

德州学院 学报

双
月
刊

1985年创刊

2023年第39卷第4期

(总第190期)

2023年8月出版



编委会主任：李永平

编委会副主任：张秀玲

编委会委员（以姓氏笔画为序）：

于家峰	马洪才	王鹤	田屹
吕志轩	刘印房	刘艳芹	许士才
孙乃龙	李永平	李春光	李洪亮
杨莲莲	杨颖	张秀玲	张建臣
张锦辉	陈立华	陈伟	赵岩
顾相伶	徐慧清	唐延柯	谈家水
黄传波	曾强成		

主编：李永平

常务副主编：张秀玲

副主编：陈立华 谈家水 徐慧清

德州学院学报

(双月刊)

2023年 第4期
第39卷 (总第190期)

数理科学

- 大数据下Logistic模型的最优子抽样算法研究……………韩坤凌 (1)
一种新型组网雷达成像信息处理技术……………张 涛 (5)

生命·医药科学

- 长链非编码RNA MITA1表达下调对肝癌细胞增殖、迁移和凋亡的影响
……………金 雯, 王 波, 周健坤, 施 炜 (12)

信息科学

- 基于像素偏移值信号增强算法的单脉冲候选体分类方法研究 ……扈 钰, 马 硕 (16)
元宇宙赋能图书馆高质量发展研究……………陈立华 (22)
高校档案信息化建设策略研究……………赵志杰, 赵爱学 (28)

动力·能源与交通

- 深孔内抛物面数控镗刀设计……………谭德宁 (32)

生态与资源环境

- 传统桑文化对夏津椹果特优区古桑树群保护和传承的影响分析…………尹训刚, 周振亚 (39)

经济·管理学研究

- “双碳”背景下海尔智家ESG表现对企业绩效影响研究……………夏秀芳, 姜子怡 (46)

经济交往与社会整合

——以喀什地区巴扎研究为例·····梁 媛,李紫陌(53)

德州市数字经济发展水平与产业融合发展的耦合度研究·····肖风华,王金波(58)

应用型本科高校建设专项资金绩效评价指标体系的设计与应用

——以D高校为例·····滕 艺(66)

体育与运动科学

我国青少年体育俱乐部治理实效影响因子与改进策略

——基于结构方程模型的实证研究·····刘 丽(75)

高校学生工作研究

高校辅导员对大学生心理危机事件的预防与干预·····李芳菲(84)

高校学生党建样板支部引领大学生思想政治教育路径研究

·····蔡胜男,冯立顺,武珊珊(89)

高校教学研究

气体自由膨胀的数值模拟实验设计·····徐 雷(93)

《生态学》教学中思政教育知识点解析

·····张乃芹,贾海慧,郑 芳,刘丽云,冯建英,徐荣艳(98)

跨界融合深化应用型人才培养模式改革

·····陈 洁,许保彬,孙秀云,冉玉梅,吴延霞(102)

工程教育认证背景下基于PBL的教学改革与实践

——以数据结构课程为例·····戎丽霞,吕文志,徐志敏(107)

JOURNAL OF DEZHOU UNIVERSITY

Vol. 39 No. 4

August 2023

MAIN CONTENTS

- Research of Subsampling Algorithm Based on Logistic Model in Big Data
.....HAN Kun-ling (1)
- A New Type of Network-borne Radar Imaging Processing Technology
.....ZHANG Tao (5)
- Effect of down-regulation of Lnc RNA MITA1 on Proliferation, Migration and Apoptosis of Hepatoma Cells
.....JIN Wen, WANG Bo, ZHOU Jian-kun, *et al* (12)
- Single Pulsar Classification Research Based on OffsetHighlights Signal Augmentation Algorithm
.....HU Yu, MA Shuo (16)
- The Design on CNC Boring Tool of Inner Paraboloid in Deep Holes
..... TAN De-ning (32)
- Analysis of the Impact of Traditional Mulberry Culture on the Protection and Inheritance of Ancient
Mulberry Tree Groups in Xiajin Mulberry Fruit Special Quality Area
..... YIN Xun-gang, ZHOU Zhen-ya (39)
- Research on the Influence of Haier's ESG Performance on Corporate Performance under the Background
of “ Carbon Peaking and Carbon Neutrality ”
..... XIA Xiu-fang, JIANG Zi-yi (46)
- Factors Influencing the Effectiveness of Youth Sports Club Governance and Improvement Strategies in China
——An Empirical Study Based on Structural Equation Modeling
.....LIU Li (75)
- Prevention and Intervention of College Counselors to Mental Health Crises of College Students
..... LI Fang-fei (84)
- Numerical Simulation Experiment Design of Gas Free Expansion
.....XU Lei (93)

大数据下Logistic模型的最优子抽样算法研究

韩坤凌

(德州学院 数学与大数据学院, 山东 德州 253023)

摘要: 抽样方法在大数据研究中发挥着重要作用, 子抽样作为其中之一可以非常高效地解决数据量大的问题, 无论是线性回归模型还是Logistic回归模型都有相应的子抽样方法。本文使用大数据下基于二元Logistic模型的两种子抽样方法, 分别是普通子抽样方法和两阶段最优子抽样方法, 并利用实际数据评估了算法的优良性, 得出以下结论: 基于两阶段子抽样算法建立的Logistic回归模型在估计精度上优于基于普通子抽样建立的模型; 基于L最优准则下的子抽样虽然比基于A最优准则下的子抽样估计精度略低, 但耗费的运算时间更短。

关键词: 最优子抽样; 大数据; Logistic模型

中图分类号: F224

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444 (2023) 04-0001-04

1 引言

伴随着信息科技的进步和互联网行业的不断发展, 人们已经步入大数据时代。现在, 面对海量的数据, 当我们无法针对全部数据在可容许的时间内进行有效分析计算时, 抽样仍是一种值得采纳的策略。在数据科学领域, 传统的抽样方法逐渐演化为处理大数据的子抽样方法, 目的是从体量大且复杂度高的数据中提取有效信息。子抽样的基本思想是使用完整数据的子集作为替代, 并使用子数据的计算结果来近似完整数据的计算结果。该方法不仅能够降低运算量, 且抽取的样本具有一定的代表性。

目前已有的子抽样方法已经广泛应用于不同的模型, 最常见的模型是线性模型和Logistic模型。针对线性模型子抽样的方法主要是Leverage抽样, Drineas和Mahoney^[1]最早讨论了Leverage抽样方法, Ma和Sun^[2]给出了Leverage重要性抽样的定义, 并提出基于杠杆值对抽样得到的样本进行参数估计的方法。秦磊等人^[3]借鉴Leverage重要性抽样的思想, 提出两种稳健改进的抽样算法纯净子集选择方法和基于聚类的多数选择法。

针对Logistic模型子抽样的方法主要是局部病例对照抽样 (Local case-control sampling), 由Fithian和Hastie提出。该方法借鉴流行病学中的病例-对照实验思想, 相比于标准的病例对照抽样, 局部病例对照抽

样能更充分地利用样本信息, 得到的估计量性质更优良^[4]。Logistic回归中的最优子抽样方法由Wang和Zhu^[5]等人提出, 文章通过最小化子样本估计量的渐进均方误差 (MSE) 来确定最优子抽样概率。最优子抽样方法不仅适用于二分类的Logistic回归, 也适用于多分类的Logistic回归^[6]、广义线性模型和分位数回归^[7]。本文研究基于Logistic模型子抽样的算法, 目的是解决含有分类变量的大数据处理问题, 通过选取具有现实意义的大型数据集进行实证分析, 为基于Logistic模型子抽样方法应用提供借鉴。

2 二元Logistic回归模型参数估计

假设 $\{x_i, y_i\}_{i=1}^N$ 是 N 个独立同分布的观测值, 其中 $x_i \in \mathcal{R}^d, i=1, 2, \dots, N$ 是协变量, $y_i=1, 2, \dots, N$ 是响应变量, 给定 x_i , 响应变量 $y_i \in \{0, 1\}$ 满足:

$$p(y_i=1|x_i) = p(x_i, \beta) = \frac{\exp(x_i^T \beta)}{1 + \exp(x_i^T \beta)},$$

其中, $\beta \in \mathcal{R}^d$ 是参数, 权值向量 β 是我们想要估计的模型参数。

在求解参数模型时, 可以通过如下的最大化对数似然函数 $l(\beta) = \ln[L(\beta)] = \sum_{i=1}^N \{y_i \cdot (x_i^T \beta) - \ln[1 + \exp(x_i^T \beta)]\}$ 得到参数的最大似然估计。

收稿日期: 2023-04-11

作者简介: 韩坤凌(1999-), 女, 山东德州人, 助教, 硕士, 主要研究方向为抽样技术。

二分类的Logistic模型无法利用一阶导数等于0的方式得到极值点,只能使用迭代算法如牛顿迭代法来计算,得到的 $\hat{\beta}$ 被称作是 β 参数的极大似然估计。

3 子抽样算法

3.1 普通子抽样算法

普通的子抽样算法是通过某种抽样方式有放回地从总体中抽取样本,并用抽取的样本来估计参数 β 。具体步骤如下:

1) 有放回的子抽样。对每个样本赋予相应的权重 $\{\pi_i\}_{i=1}^N$,且 $\sum_{i=1}^N \pi_i = 1$ 。基于给定的抽样概率有放回地抽取 n ($\ll N$)个子样本,每个子样本表示为 $\{x_i^*, y_i^*, \pi_i^*\}_{i=1}^n$ 。其中 x_i^* 表示协变量, y_i^* 表示响应变量, π_i^* 表示抽取样本的概率。

2) 参数 β 的估计。由于子抽样的概率是依赖于总体的,我们需要使用 π_i^* 的倒数作为极大似然估计中的权数,所以回归系数的估计量 $\hat{\beta}_{sub}$ 通过最大化 $\ell^*(\beta) = \sum_{i=1}^n \frac{y_i^* \beta^T x_i^* - \log\{1 + \exp(\beta^T x_i^*)\}}{\pi_i^*}$ 求得。

然后使用牛顿迭代法,通过迭代以下公式直到 $\tilde{\beta}^{(t+1)}$ 和 $\tilde{\beta}^{(t)}$ 足够接近。

$$\tilde{\beta}^{(t+1)} = \tilde{\beta}^{(t)} - \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{w_i^*(\tilde{\beta}^{(t)}) x_i^* (x_i^*)^T}{\pi_i^*} \right\}^{-1} \sum_{i=1}^n \frac{\{y_i^* - p(x_i^*, \tilde{\beta}^{(t)})\} x_i^*}{\pi_i^*} \quad (1)$$

其中 $w_i^*(\beta) = p(x_i^*, \beta)\{1 - p(x_i^*, \beta)\}$ 。

3.2 两阶段最优子抽样算法

A-最优准则下的子抽样的基本思想就是找到能使 $\hat{\beta}_{sub} - \hat{\beta}_{MLE}$ 的渐进方差-协方差阵(表示为 V_N)最小的子抽样概率,即取 V_N 的迹最小的抽样概率。在A-最优准则下的最优子抽样概率可以表示为:

$$\pi_i^{opt A} = \frac{\|y_i - p(x_i, \hat{\beta}_{MLE})\| \|M_L^{-1} x_i\|}{\sum_{j=1}^N \|y_j - p(x_j, \hat{\beta}_{MLE})\| \|M_L^{-1} x_j\|}, i=1, \dots, N \quad (2)$$

其中

$$M_L^{-1} = N^{-1} \sum_{i=1}^N p(x_i, \hat{\beta}_{MLE}) \{1 - p(x_i, \hat{\beta}_{MLE})\} x_i x_i^T$$

L-最优准则下的子抽样方法省去 M_L^{-1} 的计算,其最优子抽样概率使 $M_L^T V_N M_L^T$ 的迹最小,表达式为:

$$\pi_i^{opt L} = \frac{\|y_i - p(x_i, \hat{\beta}_{MLE})\| \|x_i\|}{\sum_{j=1}^N \|y_j - p(x_j, \hat{\beta}_{MLE})\| \|x_j\|}, i=1, \dots, N \quad (3)$$

为解决由于 $\hat{\beta}_{MLE}$ 未知导致无法求最优抽样概率的问题,引入初始样本估计量来代替公式(2)和

(3)中的 $\hat{\beta}_{MLE}$ 。可通过简单随机抽样或病例对照抽样抽取初始样本,抽取的概率分别为 $\pi_i^0 = N^{-1}$ 和 $\pi_i^0 = \left(2 \sum_{i=1}^N y_i\right)^{-y_i} \left(2N - 2 \sum_{i=1}^N y_i\right)^{y_i-1}$ 。具体步骤如下:

1) 进行初始抽样。确定抽取的子样本数量 n_0 和子抽样概率 π_i^0 ,使用3.1节算法抽取进而得到初始子样本的估计量 $\hat{\beta}^{sub,0}$ 。每个子样本表示为

$$\{x_i^{*0}, y_i^{*0}, \pi_i^{*0}\}_{i=1}^{n_0}$$

2) 进行第二阶段抽样。将 $\hat{\beta}^{sub,0}$ 代入公式(2)和(3),计算近似的最优子抽样概率 $\hat{\pi}_i^{opt A}$ 或 $\hat{\pi}_i^{opt L}$,确定第二次抽取的样本量 n_1 (应大于初始样本量 n_0),根据抽样概率 $\{\hat{\pi}_i^{opt A}\}_{i=1}^N$ 或 $\{\hat{\pi}_i^{opt L}\}_{i=1}^N$ 再次使用3.1节方法,第二阶段抽取的子样本表示为

$$\{x_i^{*1}, y_i^{*1}, \pi_i^{*1}\}_{i=1}^{n_1}$$

3) 估计参数 β 。合并初始样本和第二阶段抽取的样本,并表示为 $\{x_i^*, y_i^*, \pi_i^*\}_{i=1}^{n_0+n_1}$,通过最大化

$$\ell_{sub}^*(\beta) = \sum_{i=1}^{n_0+n_1} \frac{y_i^* \beta^T x_i^* - \log\{1 + \exp(\beta^T x_i^*)\}}{\pi_i^*}$$

得到最终的估计量 $\tilde{\beta}^{OS}$ 。

4 实证研究

4.1 数据来源

本文数据来源于kaggle官网(<https://www.kaggle.com/>)公开的数据集——人力资源分析数据,共14999个样本,8个变量,变量包括:员工对工作的满意度、最后一次绩效评估得分、参与项目数、月平均工作时长、工作年限、是否有过失误、近五年是否有晋升、员工是否离职。响应变量是一个示性变量,它用于说明员工是否已经离职(1为离职,0为在职)。本文对前7个协变量建立Logistic模型。除是否有过失误、近五年是否有晋升、员工是否已经离职这三个变量为分类变量外,其余变量均为数值型变量。各变量的具体情况如表1所示。

表1 变量描述性统计表

变量	变量名称	极小值	极大值	均值	标准差
V_1	满意程度	0.09	1.00	0.61	0.25
V_2	绩效评估	0.36	1.00	0.72	0.17
V_3	项目数	2	7	3.80	1.23
V_4	每月平均工作时长	96	310	201.05	49.94
V_5	工作年限	2	10	3.50	1.46
V_6	工作是否出过差错	0	1	0.14	0.35
V_7	5年内是否升职	0	1	0.02	0.14
V_8	是否离职	0	1	0.24	0.43

由表1可以看出员工对公司的平均满意度为0.61；员工的平均绩效为0.72；员工完成项目数最多的是7个，最少的是2个，平均为3.80个；每月平均工作时长为201.05个小时（正常为176小时/月），标准差为49.94，说明员工间工作时长差别较大，部分员工存在过度加班的情况；员工的工作年限在2-10年之间，平均工龄为3.5年；只有14%的员工在工作中出过差错；5年内升职的员工只有2%。这说明各个员工的工作状况各异，同时也说明评估各因素影响员工离职的必要性。

4.2 不同抽样算法的比较

由于最优子抽样方法更适用于连续型变量，对于含有0-1数据的分类型变量难以有效处理，因此本文将自变量确定为 V_1-V_5 ，因变量确定为 V_8 。

由于本文使用的两阶段最优子抽样算法更适合平衡数据集，而实证分析所用的人力资源分析数据存在不平衡性，可能会造成分类结果不够准确。故本文采用smote算法对已离职员工的样本数据按照1:3的比例进行扩充，以解决非平衡数据集的问题。建立Logistic回归模型，由训练集得到结果如表2所示。

表2 基于训练集的Logistic模型参数估计

变量	估计系数	标准误	t值	p值
常数项	0.622470	0.104211	5.973	2.33e-09 ***
V_1	-3.807113	0.095075	-40.043	< 2e-16 ***
V_2	0.759211	0.144038	5.271	1.36e-07 ***
V_3	-0.278498	0.019220	-14.490	< 2e-16 ***
V_4	0.003327	0.000496	6.708	1.97e-11 ***
V_5	0.354260	0.018317	19.341	< 2e-16 ***

Signif. codes: '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

从结果中发现，所有变量的p值均小于0.05，通过显著性检验。根据Logistic模型参数估计表中回归系数和常数项的估计值，可以得到Logistic模型的回归方程为：

$$y = 0.6225 - 3.8071 \times V_1 + 0.7592 \times V_2 - 0.2785 \times V_3 + 0.0033 \times V_4 + 0.3543 \times V_5$$

接下来比较普通子抽样、基于A最优准则两阶段最优子抽样和基于L最优准则两阶段最优子抽样算法的性能。首先确定样本量，固定第一次抽取的

样本量为 $n_0 = 200$ ，改变第二次抽取的样本量 n_1 ，理论上第二次抽取的样本量不小于第一次抽取的样本量，故取 $n_1 = 200, 300, 400, 500, 600$ ，每组样本运行1000次。图1为改变第二阶段抽取的样本量后每种抽样算法的均方误差MSE，其计算公式为 $MSE = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S \|\tilde{\beta}_i^* - \hat{\beta}_{MLE}\|^2$ ，其中S为算法的运行次数， $\tilde{\beta}_i^*$ 为第i次运行算法时利用获得的样本建立模型得到的参数估计值， $\hat{\beta}_{MLE}$ 为利用所有样本建立模型的参数估计值。一般而言，均方误差越小，表明抽样方法越好。

由图1可以发现随着抽取的样本量的增加，均方差整体是下降的，说明样本量越大，参数估计的效果越好，样本的代表性越强；普通子抽样的均方误差一直高于两阶段最优子抽样，说明两阶段最优子抽样方法得到的估计值更接近总体真值；基于A最优准则两阶段最优子抽样要略优于基于L最优准则两阶段最优子抽样算法，原因是L最优准则下无需计算 $\hat{M}_L(\hat{\beta}^{sub,0})^{-1}$ 导致运算精度降低。

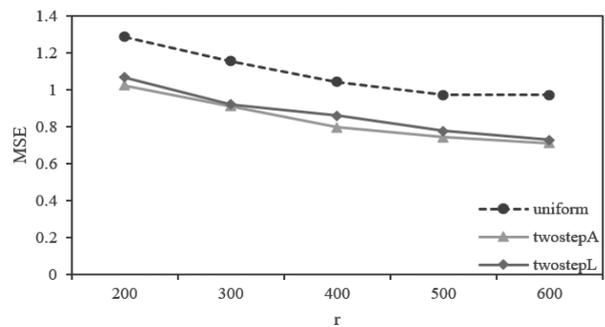


图1 MSE比较

为比较3种抽样方法抽取的子样本代表性的大小，本文以 $n_0 = 200$ ， $n_1 = 500$ 为例，为了降低结果的随机性，每组样本运行 $S=1000$ 次。从模型的平均参数估计和CPU运行时间进行分析，表3为不同的抽样方法所建立模型的平均参数估计值及估计的平均标准误。其中，全样本是对所有数据建立的Logistic回归模型，作为对照组，Uniform为采取普通子抽样方法抽取样本建立模型，twostepA和twostepL是分别基于A和L最优准则下的两阶段子抽样算法。

表3中的数据为1000次运行结果的平均标准误，加粗表示3种抽样方法的平均标准误中的最小值。观察表3可以发现3种抽样方法得到的平均标准误大于全样本建立的Logistic回归模型得到的平均标准误，一些变量的平均标准误大于0.05，这主要是因为利用子样本建立模型，样本量相对较小，因此

不如利用全样本所得的结果好。普通子抽样对所有样本的近似程度最差，基于A最优准则下的两阶段子抽样估计效果更好，但是运算时间更长，基于L最优准则下的两阶段子抽样简化了计算过程，而估计精度也略有下降。

表3 基于各抽样方法得到的参数估计值的平均值

	全样本	Uniform	twostepA	twostepL
β_0	0.1419922 (0.1161974)	0.1605612 (0.7234542)	0.1631015 (0.5139815)	0.145614987 (0.544046742)
β_1	-4.1345085 (0.0951351)	-4.2174940 (0.4957317)	-4.1593105 (0.3878313)	-4.160363588 (0.389842474)
β_2	0.7621197 (0.1426846)	0.7893002 (0.5950528)	0.7778755 (0.5055779)	0.765015107 (0.541915716)
β_3	-0.3025850 (0.0204281)	-0.3119505 (0.0944980)	-0.3083031 (0.0821831)	-0.304730882 (0.082603436)
β_4	0.0043586 (0.0004929)	0.0043930 (0.0019902)	0.0042786 (0.0018985)	0.004323181 (0.001872008)
β_5	0.1971188 (0.0141593)	0.2037820 (0.0684669)	0.2026880 (0.0602989)	0.205011890 (0.060781747)
CPU of MSE	50.65	3.6	17.61	17.32

5 结论

目前对于大数据的处理仍存在诸多问题，为了降低计算机的运行负担同时又尽量保持估计精度，子抽样不失为一种处理大数据的方法。本文针对二分类的Logistic回归模型介绍了两种子抽样方法，分别是普通子抽样方法和两阶段最优子抽样方法。普通子抽样方法是按照某一概率有放回地抽取子样本；两阶段最优子抽样方法基本思想是通过初始样本计算最优抽样概率，再根据最优抽样概率进行第二次抽样，最后将两个阶段的子样本进行合并，估

计总体参数。

为验证子抽样方法是否能够从大样本中抽取有代表性的样本进而对参数进行有效估计，本文选取人力资源数据进行研究，得出以下结论：基于两阶段子抽样算法建立的Logistic回归模型与基于普通子抽样建立的模型相比，前者估计的参数更接近总体，且MSE更小；基于L最优准则下的子抽样虽然比基于A最优准则下的子抽样估计精度略低，但运算效率却更高。

参考文献：

- [1] Drineas P, Mahoney M W, Muthukrishnan S. Sampling algorithms for l2 regression and applications[C]//Proceedings of the seventeenth annual ACM-SIAM symposium on discrete algorithm. USA: society for industrial and applied mathematics, 2006: 1127-1136.
- [2] Ma P, Sun X. Leveraging for big data regression[J]. Wiley interdisciplinary reviews: Computational statistics, 2015, 7(1): 70-76.
- [3] 秦磊, 熊巍, 田茂再. 大数据下Leverage重要性抽样方法的稳健改进[J]. 统计研究, 2016, 33(8): 101-105.
- [4] Fithian W, Hastie T. Local case-control sampling: Efficient subsampling in imbalanced data sets[J]. Annals of statistics, 2014, 42(5): 1693.
- [5] Wang H Y, Zhu R, Ma P. Optimal subsampling for large sample logistic regression[J]. Journal of the american statistical association, 2018, 113(522): 829-844.
- [6] Yao Y, Wang H Y. Optimal subsampling for softmax regression[J]. Statistical papers, 2019, 60: 585-599.
- [7] Wang H, Ma Y. Optimal subsampling for quantile regression in big data[J]. Biometrika, 2021, 108(1): 99-112.

Research of Subsampling Algorithm Based on Logistic Model in Big Data

HAN Kun-ling

(School of Mathematics and Big Data, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: Sampling methods play an important role in big data research. As one of them, subsampling is an effective way to deal with big data problems. Both linear regression models and logistic regression models have corresponding subsampling approaches. In this article, we use two subsampling approaches based on binary logistic models, which are general subsampling method and two-step optimal subsampling method. The real data is used to evaluate the superiority of the algorithm. The results are as follows: The estimation accuracy of logistic regression model based on two-step subsampling algorithm performs better than that based on general subsampling algorithm. Algorithms under L-optimality are less efficient in coefficient estimation but more efficient in terms of computing time than Algorithms under A-optimality.

Key words: optimal subsampling; big sample; Logistic regression

一种新型组网雷达成像信息处理技术

张 涛

(淮南联合大学 智能制造学院, 安徽 淮南 232038)

摘 要: 组网雷达成像探测是一种新型的探测方式, 它致力于挖掘隐藏在噪声中的一些微小的信息。传统的雷达在探测目标时, 往往只能探测到信噪比相对强的目标, 对于一些信噪比相对较弱但实际存在的目标则无法探测, 只能将之舍弃, 这势必会造成很大的信息浪费。文章采用多雷达回波数据时空同步融合技术, 将多组雷达成像回波信息时频对齐叠加处理。先进行了基本的三发一收的实验仿真, 之后将该方法用于SAR成像的探测做了仿真和研究。仿真表明, 在没有更大功率雷达的前提下, 可以考虑采用多个雷达对同一片区域成像的方式, 最后将成像结果进行叠加, 从而可有效地提高图片的清晰度, 使得成像质量得到提升。该处理方法可以拓展到其他雷达信号处理领域, 为雷达信号处理提供一种新的思路。

关键词: 组网雷达; 时频同步; 匹配滤波; SAR成像

中图分类号: TN957.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2023)04-0005-07

1 引言

雷达利用目标对电磁波的反射来发现目标并测定其位置。对于经典的雷达而言, 通过对收发信号的相干累积结果进行检测, 只有超过门限的目标才能测量其方位、距离、散射强度等信息, 并按该格式输出检测数据。对于一些信噪比相对弱的目标, 则不能检测出相关的信息。

传统的组网雷达的检测和数据融合仍旧是在信息层面完成共享。在组网中, 各个雷达仍旧按照单站的方式完成检测。将雷达站址、检测时间, 检测到的目标方位、距离、散射强度构成的检测输出数据。之后, 将这些输出数据通过传输网络进行融合, 为航迹关联等应用提供服务。但需要注意的是, 如果各个雷达仍旧无法检测到一些微小的目标, 那么, 即使是组网, 也无法获取其关键的信息。通常对于此类的组网雷达而言, 电磁波和承载的信息是局域有序的并且仅在信息层面可数据共享, 电磁波本身仅起到了提高检测积累能量的作用。

现代战争条件下, 反辐射导弹、隐身目标、超低空突防和综合性电子干扰等装备广泛使用, 使得雷达系统获得的目标回波能量大为减少, 对目标的检测效果也大为降低, 目标信息急剧减少, 杂波信息却迅

速增加, 使得传统雷达难以检测到目标, 对雷达检测目标提出了严峻挑战^[1-2]。

为了提高探测效率, 可以预见的进一步发展途径是在现有的技术条件下, 追求更高功率、工艺更好的天线等。但毫无疑问这会受到较大的限制。对于经典的雷达而言, 不超过门限的目标会被舍弃, 而这些舍弃的信号中往往含有大量的有效信息, 只是碍于现有的检测机制无法被检测。因此, 能否寻求一种新的手段, 将这些舍弃的但很可能含有信息的样本加以综合利用, 形成电磁大数据, 挖掘出这些可能存在的信息, 从而达到用较少的资源就能获取较多信息的目的。

在组网雷达探测中, 多个雷达系统之间通过通信网络进行数据传输和信息共享。使用外部标准时钟源(铷原子钟), 通过基站之间的光纤传输同步信号, 实现基站之间的时钟同步, 使得基站接收到的信号时间戳具有一致性。在组网雷达中, 天线接收到的多个雷达信号可以通过合成处理, 提高信号的强度, 从而增加信噪比。同时, 组网雷达中使用多个视角的数据可以提供更丰富的目标信息, 例如目标的方向、速度和形状等, 这有助于提高目标识别和分类的准确性。

2 雷达基本原理

收稿日期: 2023-05-23

基金项目: 安徽省高校拔尖人才培养项目(gxgnfx2022128)

作者简介: 张涛(1986-), 男, 安徽阜阳人, 硕士, 讲师, 研究方向为雷达探测与雷达成像技术。

2.1 雷达基本方程

为了求得雷达能在多元的距离发现目标, 我们引入雷达方程。雷达方程将雷达的作用距离和雷达发射、接收、天线和环境等因素联系起来。因此, 不仅可以通过雷达方程来判断雷达的检测距离, 还能把它当做设计雷达的一种工具^[3-5]。

考虑一部带有全向天线的雷达。这种类型的天线一般具有球面辐射方向图, 空间内任意一点的峰值功率密度可以定义为^[6]

$$P_D = \frac{\text{峰值发射功率 } W}{\text{球面积 } m^2} \quad (1)$$

假设传播无损耗, 离雷达距离为R的地方的功率密度是

$$P_D = \frac{P_t}{4\pi R^2} \quad (2)$$

其中 P_t 是雷达峰值发射功率。

实际使用时, 雷达总是使用定向天线增加某一特定方向的功率, 引入天线增益G来表示天线在其实际辐射方向上功率增加的倍数。因此, 距离雷达R的地方的功率密度是^[7-8]

$$P_D = \frac{P_t G}{4\pi R^2} \quad (3)$$

雷达辐射能量撞击目标时, 目标截获一部分能量并向各个方向重新辐射, 辐射能量与目标的尺寸、定向、材料等有关, 这些因素集合在一起形成一个总的特定参数即雷达截面积 (RCS), 用 σ 来表示^[9]。那么在雷达处回波信号的功率密度可以表示为:

$$P_{Dr} = P_D \frac{\sigma}{4\pi R^2} = \frac{P_t G \sigma}{(4\pi R^2)^2} \quad (4)$$

σ 的大小和目标本身有关, 雷达在接收天线时, 仅仅收集了回波功率的一部分, 设 A_e 为天线的有效接收面积, 那么 P_{Dr} 可以改写为

$$P_{Dr} = \frac{P_t G \sigma A_e}{(4\pi R^2)^2} \quad (5)$$

当接收到的回波功率小于最小可检测到的信号 S_{min} 时, 雷达达到其作用最大距离 R_{max} , 那么有

$$R_{max} = \left[\frac{P_t G \sigma A_e}{(4\pi)^2 S_{min}} \right]^{1/4} \quad (6)$$

通常对于收发共用的天线, 天线的增益G和有效接收面积 A_e 的关系为

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (7)$$

于是, 可以把 (6) 式改写为如下的形式

$$R_{max} = \left[\frac{P_t A_e^2}{4\pi \lambda^2 S_{min}} \right]^{1/4} \quad (8)$$

这便得到了雷达的基本方程。

2.2 雷达测距

雷达的基本任务之一便是测距。在均匀的介质中, 电磁波是以光速传播的, 利用此特性, 便可以达到测距的要求。在A点处有一雷达, 设有一目标处于B点。由于光速已知, 目标和雷达之间的距离R便可以通过电磁波往返一次的用时 t_R 得到, 即

$$t_R = \frac{2R}{c} \quad (9)$$

而时间 t_R 即为回波相对于发射信号的延迟, 因此, 对往返时间 t_R 的精确测定, 便是测量目标距离的关键之处。另外, 根据雷达的波形不同, 测定距离的方法也不相同。除了所介绍的脉冲雷达的测距外, 对于连续波的雷达通常是根据傅里叶变换后频率的差值进行距离的测量。

光速是很快的, 所以回波相对于发射波形的延迟时间 t_R 通常很短, 代入光速 $c = 3 \times 10^5 \text{ km/s}$, 得到

$$R = 0.15 t_R \quad (10)$$

式中, t_R 以微秒为单位, 距离R的单位是km。早期的雷达用显示器作为终端, 在显示画面上根据扫掠量和回波位置测量时间 t_R , 而现代的雷达发展迅速, 一般都采用电子设备自动读取。

往返一次的时间 t_R 常用的定义有两种, 其一是以回波到达的瞬间所延迟的时间作为 t_R ; 其二是以回波中心到达的瞬间所延迟的时间作为 t_R 。尽管两种方法的定义不同, 但是对于一个点目标, 采用上述两种 t_R 的定义方法算得的距离差相差了一个固定值, 只要通过调零便可以去除两者之间的误差。

2.3 线性调频波形

线性调频 (LFM) 是一种常用的技术, 频率从上至下或按相反的方向线性地扫过脉冲宽度。其中脉冲宽度为 τ , B为脉冲的带宽。

典型的线性调频波形可以表示为:

$$s_1(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) e^{j2\pi(f_0 t + \frac{\mu}{2} t^2)} \quad (11)$$

其中, $\text{rect}(t/\tau)$ 表示宽度为 τ 的矩形脉冲。 f_0 表示雷达的中心频率。 μ 表示线性调频系数且 $\mu = B/\tau$, 同样, 可以得到 $s_1(t)$ 的复包络函数 $s(t)$ 为

$$s(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) e^{j\pi\mu t^2} \quad (12)$$

由于 $e^{j2\pi f_0 t}$ 项作用仅为引入了一个关于 f_0 的频率, 并没有对原信号的幅度进行改变。那么, 只要求得信号的复包络 $s(t)$, 则可以确定 $s_1(t)$ 的谱。对 $s(t)$ 做傅里叶变换, 得到

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) e^{j\pi\mu t^2} e^{-j\omega t} dt = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} e^{j\pi\mu t^2} e^{-j\omega t} dt \quad (13)$$

用 $C(x)$ 和 $S(x)$ 表示菲涅尔积分, 定义如下

$$C(x) = \int_0^x \cos\left(\frac{\pi v^2}{2}\right) dv \quad (14)$$

$$S(x) = \int_0^x \sin\left(\frac{\pi v^2}{2}\right) dv \quad (15)$$

对式(13)进行积分, 可以得到

$$S(\omega) = \tau \sqrt{\frac{1}{B\tau}} e^{-\frac{j\omega^2}{4\pi B}} \left\{ \frac{|C(x_2)+C(x_1)|+j|S(x_2)+S(x_1)|}{\sqrt{2}} \right\} \quad (16)$$

其中

$$x_1 = \sqrt{\frac{B\tau}{2}} \left(1 + \frac{2f}{B}\right) \quad (17)$$

$$x_2 = \sqrt{\frac{B\tau}{2}} \left(1 - \frac{2f}{B}\right) \quad (18)$$

2.4 匹配滤波器

匹配滤波器最独特的性能是, 如果输入端收到的是带有高斯白噪声信号, 那么, 经过匹配滤波器以后, 输出的信号将会在某一处产生可能达到的最大的瞬时信噪比^[10]。

匹配滤波器的输入信号可以表示为

$$x(t) = Cs_i(t-t_1) + n_i(t) \quad (19)$$

其中, C 是常量, t_1 是未知时延, $n_i(t)$ 是输入白噪声。由于输入噪声是白的, 其自相关函数和功率谱密度 (PSD) 为

$$\overline{R_{n_i}}(t) = \frac{N_0}{2} \delta(t) \quad (20)$$

$$\overline{S_{n_i}}(\omega) = \frac{N_0}{2} \quad (21)$$

式中 N_0 是常数。令 $s_o(t)$ 和 $n_o(t)$ 表示信号和噪声滤波器的输出。则输出可以表示为

$$y(t) = Cs_o(t-t_1) + n_o(t) \quad (22)$$

其中

$$s_o(t) = s_i(t) * h(t) \quad (23)$$

$$n_o(t) = n_i(t) * h(t) \quad (24)$$

算子 $*$ 表示卷积, $h(t)$ 是滤波器的脉冲响应。

令 $R_h(t)$ 表示滤波器的自相关函数。则输出噪声自相关和 PSD 函数为

$$\overline{R_{n_o}}(t) = \frac{N_0}{2} \delta(t) * R_h(t) = \frac{N_0}{2} R_h(t) \quad (25)$$

$$\overline{S_{n_o}}(\omega) = \frac{N_0}{2} |H(\omega)|^2 \quad (26)$$

式中, $H(\omega)$ 是滤波器响应 $h(t)$ 的傅里叶变换。

总平均输出噪声功率等于 $\overline{R_{n_o}}(t)$ 在 $t=0$ 时的值, 即

$$\overline{R_{n_o}}(0) = \frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} |h(u)|^2 du \quad (27)$$

时间为 t 时的输出信号功率的值为 $|Cs_o(t-t_1)|^2$,

进一步得到

$$s_o(t-t_1) = \int_{-\infty}^{\infty} s_i(t-t_1-u)h(u)du \quad (28)$$

时间 t 时输出信噪比的一般表达式可以写成

$$SNR(t) = \frac{|Cs_o(t-t_1)|^2}{R_{n_o}(0)} \quad (29)$$

将方程代入, 可得

$$SNR(t) = \frac{C^2 \left| \int_{-\infty}^{\infty} s_i(t-t_1-u)h(u)du \right|^2}{\frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} |h(u)|^2 du} \quad (30)$$

Schwartz 不等式表明

$$\left| \int_{-\infty}^{\infty} P(x)Q(x)dx \right|^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} |P(x)|^2 dx \int_{-\infty}^{\infty} |Q(x)|^2 dx \quad (31)$$

式中, 当且仅当 $P = kQ^*$ (k 为常数) 时等号成立,

有

$$SNR(t) \leq \frac{C^2 \int_{-\infty}^{\infty} |s_i(t-t_1-u)|^2 du \int_{-\infty}^{\infty} |h(u)|^2 du}{\frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} |h(u)|^2 du} \quad (32)$$

上式说明, 当 $h = ks_i^*$ 时, 有峰值瞬时信噪比。

更确切地说, 如果假设 $t = t_0$ 表达式两边相等, 且 $k = 1$, 那么

$$h(u) = s_i^*(t_0 - t_1 - u) \quad (33)$$

最大的瞬时信噪比为

$$SNR(t_0) = \frac{2C^2 \int_{-\infty}^{\infty} |s_i(t-t_1-u)|^2 du}{N_0} \quad (34)$$

用 Parseval 定理简化

$$E = C^2 \int_{-\infty}^{\infty} |s_i(t-t_1-u)|^2 du \quad (35)$$

其中, E 代表输入信号的能量。因此, 峰值瞬时信噪比可以写为

$$SNR(t_0) = \frac{2E}{N_0} \quad (36)$$

由此可以得到如下的重要结论: 在峰值点, 瞬时的信噪比将取决于信号的能量和噪声功率的比值, 而与其他因素无关。

最后, 如果希望峰值发生在 $t_0 = t_1$ 时刻, 那么可以得到非因果关系的匹配滤波器的脉冲响应:

$$h_{nc}(t) = s_i^*(-t) \quad (37)$$

反之, 有因果关系的脉冲响应为

$$h_c(t) = s_i^*(\tau - t) \quad (38)$$

这种情况下, 峰值发生在 $t_0 = t_1 + \tau$ 时刻。

匹配滤波器输出 $y(t)$ 可以用卷积表达:

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(u)h(t-u)du \quad (39)$$

将方程代入可得

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(u)s_i^*(\tau - t + u)du = \overline{R_{x s_i}}(t - \tau) \quad (40)$$

上式中, $\overline{R_{x_i}}(t-\tau)$ 是 $x(t)$ 和 $s_i(\tau-t)$ 之间的互相关函数。所以, 匹配滤波器的输出可以从雷达接收信号和发射波形延迟的副本之间的互相关函数来计算。如果输入信号与发射信号相同, 那么输出就是它的自相关函数。

2.5 雷达成像

雷达成像在当今已经成为了一个重要的观测手段, 它所具有的长时间的工作特点使得其在多种方面已经取得了广泛的应用, 经过一系列的发展已经取得了不错的成果, 此处对于雷达成像中经典的距离多普勒算法进行介绍。

雷达与目标之间存在着相互的运动, 从而导致了两者之间的相对位置在不断改变, 这便是实现合成孔径的物理基础。SAR成像就是根据两者之间的相对位置进行研究的。

在RD算法中, 对于雷达系统而言, 接收到的回波信号为

$$s_0(\tau, \eta) = A_0 \omega_r [\tau - 2R(\eta)/c] \omega_a(\eta - \eta_c) \times \exp\{-j4\pi f_0 R(\eta)/c\} \exp\{j\pi K_r (\tau - 2R(\eta)/c)^2\} \quad (41)$$

其中, A_0 为任意复常量, τ 为距离时间, η 为近距方位时间, η_c 为波束中心偏离时间, $w_r(\tau)$ 为矩形窗函数, $w_a(\eta)$ 为sinc平方型函数, $R(\eta)$ 为瞬时斜距, 并且有

$$R(\eta) = \sqrt{R_0^2 + V_r^2 \eta^2} \quad (42)$$

首先进行距离压缩, 选取的匹配滤波器为

$$H(f) = \text{rect}\left\{\frac{f}{K|T}\right\} \exp\left\{j\pi \frac{f^2}{K}\right\} \quad (43)$$

那么距离压缩的输出就可以写为

$$s_{rc}(\tau, \eta) = A_0 p_r [\tau - 2R(\eta)/c] \omega_a(\eta - \eta_c) \times \exp\{-j4\pi f_0 R(\eta)/c\} \quad (44)$$

之后, 进行距离徙动的校正, RCM的校正办法一般有两种, 一种是进行插值运算, 插到距离多普勒域中, 假设RCMC插值是精确的, 信号将变为

$$s_{rc}(\tau, \eta) = A_0 p_r [\tau - 2R_0/c] W_a(f(\eta) - f(\eta_c)) \times \exp\{-j4\pi f_0 R_0/c\} \exp\left\{j\pi \frac{f_\eta^2}{K_a}\right\} \quad (45)$$

进行完距离徙动的校正后便进行方位压缩。匹配滤波器的脉冲响应为

$$H_{az}(f_\eta) = \exp\left\{-j\pi \frac{f_\eta^2}{K_a}\right\} \quad (46)$$

这样, 经过压缩后的最终信号为

$$s_{ac}(\tau, \eta) = \text{IFFT}_\eta \{S_3(\tau, f_\eta)\} = A_0 p_r [\tau - 2R_0/c] p_a(\eta) \times A_0 p_r [\tau - 2R(\eta)/c] \omega_a(\eta - \eta_c) \times \exp\{-j4\pi f_0 R_0/c\} \times \exp\{j2\pi f_\eta c\} \quad (47)$$

经过距离向和方位向的匹配滤波后, 便可得到相应的图像。

3 组网雷达

3.1 基本处理方法

文章中寻求的一种新型的电磁系统探测方法主要为组网雷达的检测, 主要为多个雷达针对同一个目标进行探测, 简要的原理介绍如下。

假设有三个雷达检测同一个目标, 对于通常的网络雷达而言, 每个雷达所收到的回波中均能检测到目标的信息, 其波形如图1所示, 之后将这些信息进行后续的融合处理。

而当因为种种原因, 信噪比较小的时候, 可能出现的情况是三个雷达收到的信号回波均无法探测到目标, 表面上无法看到任何的信息。如图2所示, 此时, 传统的网络雷达由于是对于每个雷达监测到的数据进行处理, 于是便会得不到任何的信息, 本实验则是想寻求一种可以获得信息的方法。

一般而言, 对于这种只能看见杂波的信号, 通常是予以舍弃。但是注意到, 由于噪声之间是独立互不相关的, 而信号的回波之间有关联。那么, 如果对这些舍弃掉的信号进行对齐叠加, 可能出现的情况之一是叠加后的目标信号足够大, 使之信噪比明显增强, 如图3所示。这时, 该目标便可以检测到。这种新型的探测方法就是对这些舍弃掉的信号进行处理, 以期获得单个雷达无法看到的信息。

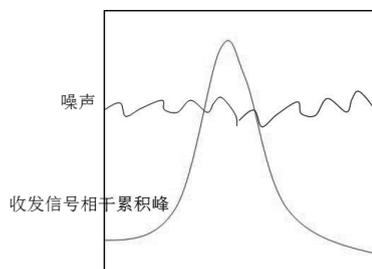


图1 一般的雷达回波信号

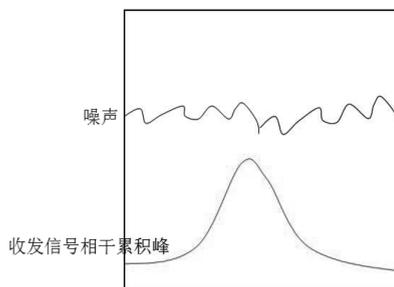


图2 回波信号被噪声所淹没

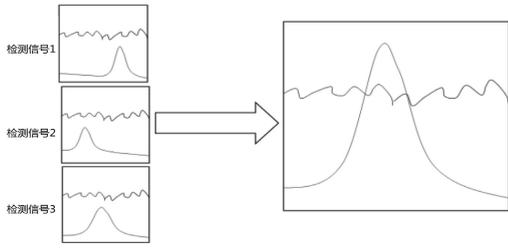


图3 新型的组网雷达探测图示

为了更好地对上述分析中的组网雷达的探测方式展开研究，在上述完成理论分析的基础上，基于MATLAB软件展开相关的理论仿真工作。通过前文中的理论分析建立基本的雷达收发模型，然后选择应用广泛的线性调频信号进行初步仿真，最后对仿真中得到的结果进行分析和做深入研究。

3.2 LFM信号组网

实验中仿真时的收发构型采用了三发一收的基本构型，目标点为一个散射系数为1的点目标，其中雷达收发机的位置和目标的位罝如表1所示

表1 雷达与目标位罝坐标

	x/km	y/km	z/km
发射机1	0	70	0
发射机2	-50	-50	0
发射机3	50	-50	0
接收机	70	50	0
目标	0	0	10

仿真中的三个发射机均发射线性调频信号。其中，第*i*路发射的信号可以表示为

$$s_i(t) = \frac{1}{\sqrt{T_c}} \text{rect}\left(\frac{t}{T_c}\right) \cos\left[2\pi f_i t + \frac{1}{2}\pi k_i t^2 + \phi_i\right] \quad (48)$$

其中， T_c 表示脉冲持续时间； f_i 为第*i*路发射的载波信号； k_i 为第*i*路发射的调频斜率。假设第*i*路的调频带宽为 B_i ，则调频斜率 $k_i = B_i / T_c$ ； ϕ_i 为初始相位。 $\text{rect}(\cdot)$ 表示矩形窗函数，定义为

$$\text{rect}\left(\frac{t}{T_c}\right) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq T_c \\ 0, & t < 0 \text{ 或 } t > T_c \end{cases} \quad (49)$$

其中，三个发射机发射的信号参数如下表2所示。

表2 发射信号参数

	载频 f_i/GHz	带宽 B_i/MHz	初始相位 ϕ_i	脉冲持续 时间/ μs
发射机1	1.28	200	0	10
发射机2	2.74	100	30	15
发射机3	5.05	150	90	20

仿真中，添加相应的噪声，接收机的噪声一般可以表示为

$$N_0 = kTB_n \quad (50)$$

式中， T 为温度， B_n 表示接收机的带宽， k 为玻尔兹曼常数， $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ，以热力学温度计算，仿真中 B_n 设为300MHz。雷达接收机接收到的回

波功率为

$$P_{rec} = P_{tr} \frac{\sigma A_e^2}{4\pi R_1^2 R_2^2 \lambda^2} \quad (51)$$

于是可以得到对于需要添加的噪声信噪比为

$$\text{SNR} = \frac{P_{rec}}{N_{rec}} = \frac{P_{tr} \sigma A_e^2}{4\pi R_1^2 R_2^2 \lambda^2 kTB_n} \quad (52)$$

添加相应的高斯白噪声以后，接收机收到来自三个发射机的信号如图4所示。

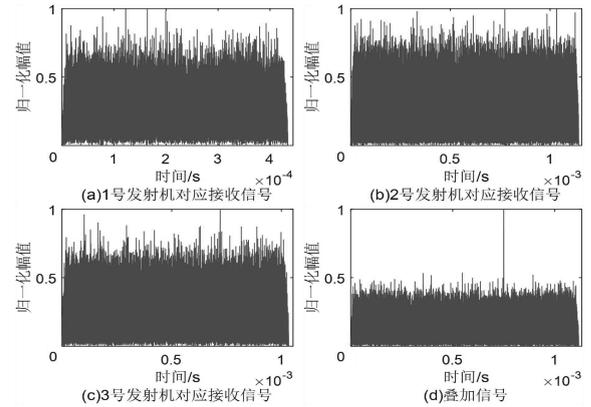


图4 接收机接收信号波形

从图中可以看出，三个发射机无论哪一个均无法检测出目标的存在，由于目标的位置是已知的，便可以根据时延确定对于三个信号其目标出现的时间，将其进行精确的对齐并叠加以后的结果如图4(d)所示。从图中可以明显看出，将三路信号叠加以后，可以明显地检测目标。说明此种方法理论上是可行的。

3.3 雷达成像组网

除了测距外，尝试将该结论推广到更多的方面如测角，成像等，此处对雷达成像进行仿真。由上述相关理论知识可知，在此处采用SAR雷达成像经典的RD算法，为简化，斜视角设为0，进行正侧视点目标仿真。在仿真中距离向详细的仿真参数如下表3所示。

表3 成像仿真参数

名称	参数
雷达平台高度	3km
工作频率	10GHz
波束的斜视角	0
速度	100m/s
脉冲宽度	10 μs
方位向的分辨率	1m
距离向的分辨率	1m
方位向的分辨率	1m
测绘带宽度	200m
测绘带长度	400m
目标点相对位置	[0,0]以及[100,100]

仿真中仅仅是证明该方法的可行性，故对于同一个雷达，其在相同的条件下自发自收3次，这3次成像

的噪声也是不相关的。3次雷达成像的结果如下图5。

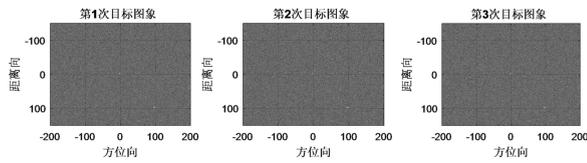


图5 三次成像的结果图

3次自发自收成像的结果中，全部被噪声所覆盖，无法看出目标，将3幅图进行叠加，叠加后的结果如下图6所示。

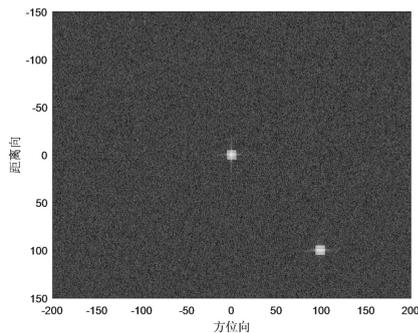


图6 三次成像图叠加结果

可以看到，这种探测的方法对于雷达成像也同样适用。而实际上一般雷达的成像并不会像仿真中的结果一样几乎全部是噪声，成像时一般总是可以看出大致的轮廓，只是有时成像很模糊，成像的质量并不高。根据上文中的仿真结果，在没有更大功率雷达的前提下，可以考虑采用多个雷达对同一片区域成像的方式，最后将成像结果进行叠加。从而有可有效提高图片的清晰度，使得成像质量得到提升。

现实中，不同雷达之间的功能各不相同，有的雷达用于通信，有的雷达用于探测。虽然这些雷达在功能上不尽相同，但它们所完成的功能中或多或少都有些相同的属性，如果能将这些属性通过某种手段后进行融合处理，也可能发现隐藏的信息。

此处考虑较为简单的情况，在前文的仿真中，已经仿真验证了一维单纯的测距，二维的成像均适用。而无论是雷达成像还是测距中，结果中均包含了距离这一属性，故而尝试将二维图像中的距离提取出来用于和一维单纯的测距信号进行叠加，以寻求类似的效果。

假设有一雷达对一目标进行SAR成像，同时另有一个雷达对该目标发LFM波形进行测距。其中，仿真的相关参数诸如接收机带宽等和上文中所设置的参数完全相同，只是LFM雷达的采样率稍有不同，此处为了简化，成像和测距采用了相同的采样率。雷达进行成像后的结果和测距后的结果分别如图7和图8所示。

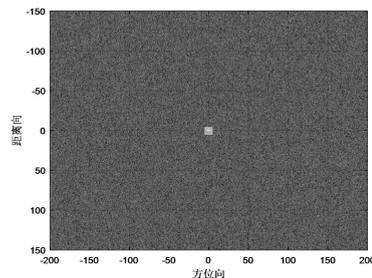


图7 成像结果图

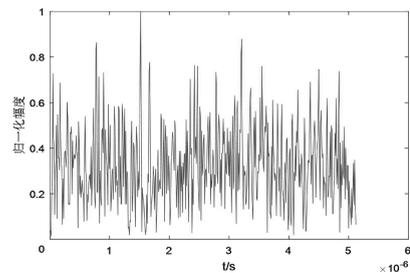


图8 测距结果图

对于经典的RD算法，其流程一般先在距离向做FFT进行脉冲压缩，之后进行二次FFT以消除距离徙动，最后，再在方位向上做FFT进行压缩，进行输出。那么不妨考虑对输出的信号在方位向上进行IFFT操作，得到消除距离徙动后的图像进行后续处理。这里不选用经过方位向压缩后的信号的原因是为了增大检测到的概率，因为无法保证在真实像点处噪声的影响大小，只能把误差降到最低。

由于成像图是二维的，考虑将二维信号中根据目标点的位置抽取一行，仿真中目标点处于中心位置，于是取出后的结果如图9所示。

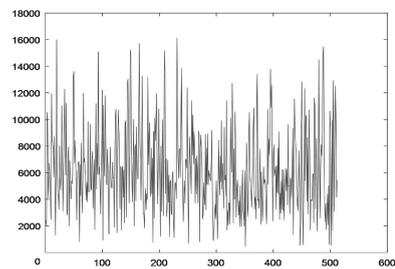


图9 取出目标所在的行

将图8进行相应的坐标变换后和图9进行叠加后的结果如下图10所示。

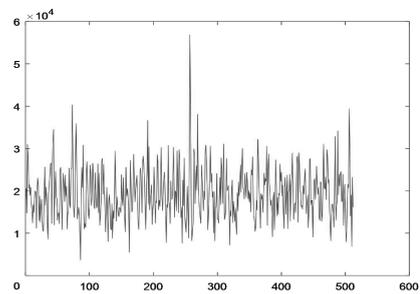


图10 对齐叠加后的结果

从图10可以看出，该方法已经产生了一定的效果，仿真中虽然效果并不稳定，有时会出现叠加后检测不到的情况，但事实上可以通过增大雷达的个数来提高性能，一个显然的结论是当叠加的波形越多时，效果越明显。

所以，通过上述的仿真可以看出，当不同功能的雷达中有着某些相同的属性时，是可以通过类似的手段获取新的信息的。本仿真中是最基本的状况，对于实际中则要考虑的还有很多。

4 结语

雷达探测技术随着时间的推移变得越来越高，传统的雷达探测技术已经相当成熟，想要强行提高雷达的探测能力势必会收到现有技术条件的限制。因此，如何在合理利用现有的条件下，去探索一种可能的新方法来挖掘电磁波中的隐藏信息就受到了广泛的关注。文章便是在这样的一个大背景下，针对组网雷达的探测展开了相关的研究。虽然对组网雷达的成像做了一系列的分析、仿真等，但遗憾的是主要工作仍旧以仿真为主，并未有实际的数据做支撑，与实际中的应用相比还有很大的差距，这也是今后需要改变的关键点。下一步可以从实验入手，对文章中做出的大量仿真进行实际的观测，之后可以对接收信号之间

的叠加方法等展开研究。

参考文献：

- [1] 丁海龙, 赵温波. 基于点迹的雷达弱信噪比目标检测跟踪研究综述[J]. 微波学报, 2014, 30(S1): 627-635.
- [2] 丁海龙, 赵温波. 雷达组网GMPHDF关键参数研究[J]. 现代雷达, 2015, 37(9): 44-49.
- [3] 杨干. 基于微波多普勒雷达的海洋小目标检测研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
- [4] 朱伏生. 车载雷达通信系统综述[J]. 中兴通讯技术, 2018, 24(3): 32-38.
- [5] 陈小龙, 张海, 孙嘉辰, 等. 机载预警雷达网络化协同探测模式及性能分析[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2020, 18(2): 215-221.
- [6] 李尚. 基于多传感器信息融合的导弹精确制导技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2017.
- [7] 裴雷. 雷达对抗效能评估系统与仿真[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2013.
- [8] 杨申昊. 阵列雷达回波信号模拟器的软件设计[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2014.
- [9] 邓忆秋. 基于分数傅里叶变换的雷达通信一体化信号设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2018.
- [10] 王玉军. 线性调频雷达干扰新技术及数字干扰合成研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.

A New Type of Network-borne Radar Imaging Processing Technology

ZHANG Tao

(School of Intelligent Manufacturing, HuaiNan Union University, Huainan Anhui 232038, China)

Abstract: Network radar imaging detection is a new type of detection method that aims to uncover some small information hidden in noise. Traditional radar can only detect targets above the noise level when detecting targets, and it cannot detect targets below the noise level but actually exist, which will inevitably cause great information waste. This paper uses multi-radar echo data space-time synchronization fusion technology to align and superimpose multiple radar imaging echo information in time and frequency. First, a basic three-radar-one-receiver experiment was simulated, and then this method was used for SAR imaging detection simulation and research. The simulation shows that under the premise of no larger-power radar, it is possible to consider using multiple radars to image the same area, and finally, the imaging results are superimposed, thus effectively improving the clarity of the picture and improving the imaging quality. This processing method can be extended to other radar signal processing fields, providing a new idea for radar signal processing.

Key words: network radar; time-frequency synchronization; matched filtering; SAR imaging

长链非编码RNA MITA1表达下调对肝癌细胞增殖、迁移和凋亡的影响

金雯¹, 王波^{1,2}, 周健坤¹, 施炜¹

(1.铜陵职业技术学院 医学护理系, 安徽 铜陵 244061; 2.铜陵市仁和医院 外科, 安徽 铜陵 244021)

摘要:目的: 探究LncRNA MITA1表达下调对肝癌细胞迁移和凋亡的影响。方法: 采用siRNA调低MITA1表达水平。SMMC7721细胞转染后记为:SMCC7721组、Si-MITA1-NC组、Si-MITA1组。qRT-PCR检测MITA1 mRNA表达; MTT法检测细胞的增殖; 细胞划痕实验检测细胞迁移力; 流式细胞术检测细胞凋亡率。结果: qRT-PCR检测结果显示, siRNA MITA1转染的SMCC7721细胞株MITA1 mRNA表达水平调低 ($P<0.05$); MTT法、细胞划痕实验和流式细胞术检测结果均显示, Si-MITA1组细胞增殖、迁移率降低, 细胞凋亡率升高 ($P<0.05$)。结论: 调低LncRNA MITA1可以抑制肝癌细胞的进展, MITA1可能为肝癌诊疗潜在的靶点。

关键词: 长链非编码RNA MITA1; 肝细胞癌; 增殖; 迁移; 凋亡

中图分类号: R735.7

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0012-04

肝细胞癌 (Hepatocellular carcinoma, HCC) 是全球癌症相关死亡原因中位居第三^[1], 且5年生存率不足12%^[2]。HCC发生隐匿、机制复杂, 以致多数患者难以获得早期治疗。为此, 研究肝癌发生发展的分子机制, 找到有助于肝细胞癌早期诊断和治疗的标志物, 改善患者预后尤为重要。诸多研究证实长链非编码RNA (Long non-coding RNA, LncRNAs) 在恶性肿瘤细胞的生物学行为中发挥重要作用^[3-5]。Hu等^[6]报道, LncRNA代谢诱导的肿瘤激活剂1 (Metabolism-induced tumor activator 1, MITA1) 在非小细胞肺癌 (NSCLC) 治疗中可影响抗肿瘤耐药作用。鲜有报道LncRNA MITA1在HCC发生发展中的作用, 且生物学机制亦不清楚。为此, 进一步研究并阐明LncRNA MITA1在HCC发生中的作用及其机制尤为迫切, 可为HCC的早期诊断和靶向治疗提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

人肝癌细胞系SMMC7721 (购自美国ATCC公

司); 10%胎牛血清 (美国GIBCO公司); 胰蛋白酶 (上海碧云天生物技术有限公司); 酶标仪 (芬兰Labsystems公司); 凋亡检测试剂盒I (美国BD公司); RNAcDNA合成试剂盒 (美国Thermo Fisher公司)。

1.2 方法

1) 细胞处理与分组

SMMC7721细胞系培养在37℃、5%CO₂含有10%胎牛血清和1%青霉素-链霉素的DMEM基本培养基中。采用siRNA敲除MITA1, 用空的pcDNA3.1重组质粒载体过表达MITA1。根据制造商的协议, 使用脂质体3000转染试剂于SMMC7721生长达到60%的融合度时进行细胞转染, 将处理过的Si-MITA1分别转染至NC和SMMC7721细胞中。SMMC7721细胞转染后记为: SMCC7721组、SMCC7721细胞株LncRNA MITA1敲低-NC组 (Si-MITA1-NC)、SMCC7721细胞株LncRNA MITA1敲低组 (Si-MITA1)。

2) 实时荧光定量聚合酶链反应 (qRT-PCR) 检测MITA1 mRNA表达量

采用TRIzol试剂从组织和培养细胞中分离总

收稿日期: 2023-04-12

基金项目: 安徽高校自然科学研究重点项目 (KJ2020A0974, 2022AH052752); 安徽高校优秀青年人才支持计划重点项目 (gxyqZD2021155); 铜陵职业技术学院自然科学研究重点项目 (tlpt2020NK008); 铜陵市仁和医院“三新”项目 (铜仁医[2021]14号)

作者简介: 金雯 (1982-), 女, 汉族, 安徽泾县人, 副教授, 硕士, 主要从事肝癌发病机制的研究。

RNA。RNAcDNA合成试剂盒将总RNA逆转录成cDNA。qRT-PCR分析采用SYBR®预混式ExTaq™II和Taq曼通用混合II,在ABI棱镜7300序列检测系统上按照manufacturer's instructions,采用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 方法计算GAPDH和U6归一化后的相对基因表达量。Primer3软件设计引物序列,LncRNA MITA1正链(5'→3'): TCCCCTAGGGTTTAAAAGCG, LncRNA MITA1反链(5'→3'): CCAAAGATTGAACGCAGGC; U6正链(5'→3'): CTCGCTTCGGCAGCACA; U6反链(5'→3'): AACGCTTCACGAATTTGCGT。

3) 细胞划痕试验检测细胞迁移

胰酶消化对数期细胞后,离心收集、制成细胞悬液,细胞计数铺至6孔板中,使其浓度为 5×10^5 /孔,培养箱中过夜,待细胞铺满板后划痕。用PBS清洗3次后,去除划下的细胞,加入无血清培养基。拍下0h的划痕。37℃,5%CO₂培养箱中培养24h,再次拍照记录。采用ImageJ软件分析划痕面积,计数迁移率:(0h划痕面积-24h划痕面积)/0h划痕面积。

4) MTT法检测细胞增殖

各组细胞经胰酶消化后计数,并接种于96孔培养板中。按说明书步骤依次加入MTT stock 10 μL、DMSO 100 μL。分别于0、24h、48h、72h,参照490 nm波长,采用酶联免疫检测仪测定OD值。

5) 流式细胞术检测细胞凋亡

参照PE Annexin V凋亡检测试剂盒I制造商的协议使用。收集细胞,用预冷的PBS缓冲液洗涤2次。之后,在每个样品中加入5 μL PE Annexin V和5 μL 7-AAD溶液,室温孵育15 min。采用FACSCantoII流式细胞仪检测细胞凋亡情况。

1.3 统计学处理

采用SPSS20.0软件进行统计学分析,数据均以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用方差法进行分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 转染si-RNA后LncRNA MITA1 mRNA在肝癌细胞中表达下调

采用qRT-PCR方法检测各组细胞LncRNA MITA1 mRNA的相对表达水平,结果显示,SMCC7721组LncRNA MITA1 mRNA的相对表达水平为 1.015 ± 0.199 、Si-MITA1-NC组LncRNA MITA1 mRNA的相对表达水平为 1.027 ± 0.208 、

Si-MITA1组LncRNA MITA1 mRNA的相对表达水平为 0.495 ± 0.041 。三组间LncRNA MITA1 mRNA的相对表达水平比较差异有统计学意义($F=19.78, P < 0.0001$); SMCC7721组与Si-MITA1-NC组相比LncRNA MITA1 mRNA的相对表达水平无差异($P > 0.05$), Si-MITA1组LncRNA MITA1 mRNA的相对表达水平显著低于SMCC7721组和Si-MITA1-NC组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见图1。

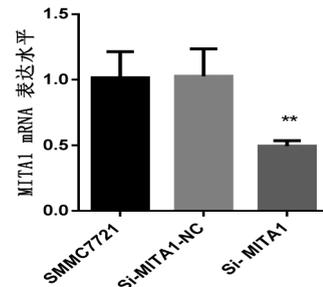


图1 转染si-RNA后三组细胞LncRNA MITA1 mRNA的相对表达量
注: ** $P < 0.01$

2.2 下调LncRNA MITA1表达抑制HCC细胞增殖

siRNA转染后,MTT法检测结果显示,三组0h OD值比较差异无统计学意义($P > 0.05$),三组于24h、48h和72h OD值比较差异有统计学意义($P < 0.05$),且Si-MITA1组分别与Si-MITA1-NC组和SMCC7721组相比,OD吸光值差异显著($P < 0.01$),见表1。

表1 转染si-RNA后各组细胞OD值比较

分组	0h	24h	48h	72h
Si-MITA1-NC	0.034 ± 0.001	0.075 ± 0.004	0.189 ± 0.004	0.426 ± 0.026
SMCC7721	0.028 ± 0.001	0.081 ± 0.005	0.177 ± 0.007	0.395 ± 0.007
Si-MITA1	0.028 ± 0.001	0.027 ± 0.002**	0.045 ± 0.006**	0.079 ± 0.005**
F	3.577	166.14	512.307	434.571
P	0.095	0.000	0.000	0.000

注: Si-MITA1组分别与Si-MITA1-NC组和SMCC7721组相比,OD吸光值差异显著, ** $P < 0.01$

2.3 下调LncRNA MITA1表达抑制HCC细胞迁移

细胞划痕实验显示,LncRNA MITA1基因敲除后,SMCC7721组HCC细胞迁移率为 $34.27 \pm 3.189\%$ 、Si-MITA1-NC组细胞迁移率为 $37.27 \pm 1.909\%$ 、Si-MITA1组细胞迁移率为 $25.51 \pm 4.392\%$ 。三组细胞迁移率比较差异有统计学意义($F=10.15, P=0.012$); SMCC7721组与Si-MITA1-NC组相比HCC细胞迁移率无差异($P > 0.05$), Si-MITA1组HCC细胞迁移率显著低于SMCC7721组和Si-MITA1-NC组,差异有统计学意义($P < 0.05$),敲除MITA1基因降低了SMCC7721细胞的迁移率。见图2。

2.4 LncRNA MITA1表达下调促进HCC细胞的凋亡

流式细胞术检测结果显示,SMCC7721组HCC

细胞的凋亡率为 $6.113 \pm 0.293\%$ 、Si-MITA1-NC组HCC细胞凋亡率为 $6.247 \pm 0.178\%$ 、Si-MITA1组HCC细胞凋亡率为 $15.91 \pm 0.193\%$ 。三组间HCC细胞凋亡率比较差异有统计学意义 ($F=18.37$, $P<0.0001$) ; SMCC7721组与Si-MITA1-NC组相比HCC细胞凋亡率无差异 ($P>0.05$) , Si-MITA1组HCC细胞凋亡率显著低于SMCC7721组和Si-MITA1-NC组, 差异有统计学意义($P<0.05$), 见图3。

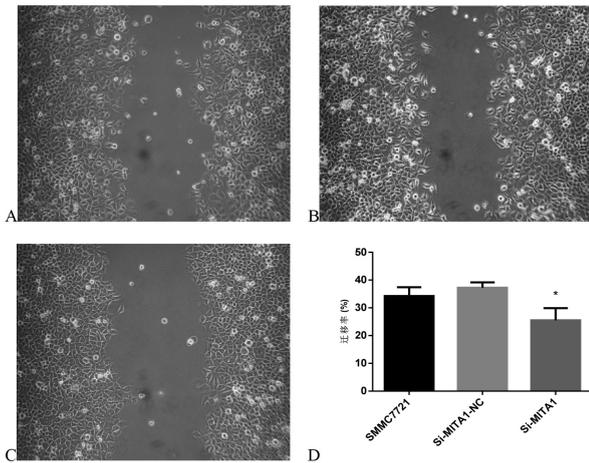


图2 转染si-RNA后各组细胞迁移率

注: A. SMCC7721组细胞迁移状况; B. Si-MITA1-NC组细胞迁移状况; C. Si-MITA1组细胞迁移状况; D. SMCC7721组、Si-MITA1-NC组和Si-MITA1组细胞迁移率比较, * $P<0.05$ 。

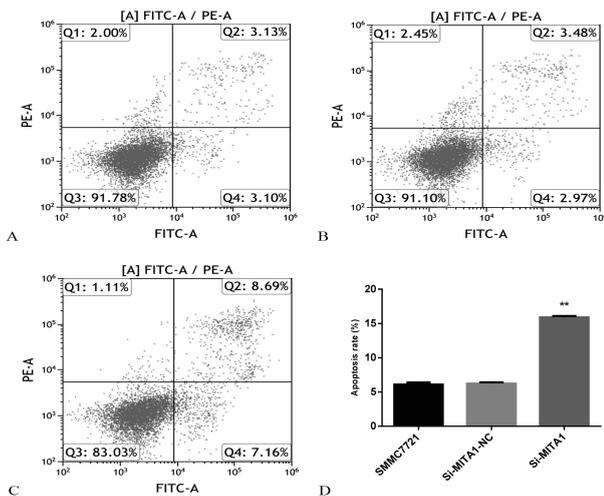


图3 转染si-RNA后各组细胞凋亡率

注: A. SMCC7721组细胞凋亡率; B. Si-MITA1-NC组细胞凋亡率; C. Si-MITA1组细胞凋亡率; D. SMCC7721组、Si-MITA1-NC组和Si-MITA1组细胞凋亡率比较, ** $P<0.01$ 。

3 讨论

HCC的发生发展是受各类高危因素影响和诸多癌基因调控的复杂生物学活动过程。由于HCC早期症状并不突出以致于被发现时多数处于中晚期, 导致手术切除率低、传统治疗效果不满意, 因此, 探索新的

治疗方法是肝癌治疗新的希望。当前, 基因治疗已逐渐成为肿瘤治疗领域中的焦点, 而探寻灵敏度高、特异性强的基因靶点是肿瘤研究中的热点。

LncRNAs曾一度被认为没有任何生物学价值, 而近年的研究发现, LncRNAs作为多功能调节因子, 可与RNA、DNA或蛋白质相互作用, 在不同的分子水平上调节基因表达, 包括表观遗传修饰、转录和转录后调节等^[7]。LncRNAs可以编码某些小肽, 因此其在包括肿瘤在内的组织亚群中发挥生物学作用^[8-9], 其具体机制可能为LncRNAs自身或其可通过调节下游的靶基因达到直接或间接地影响癌症的进展^[10]。此后, 通过高通量测序, 发现并确定了大量参与恶性肿瘤发生发展过程的LncRNAs。如: LncRNA linc00210在肝癌中上调, 并通过驱动Wnt/ β -连环蛋白信号通路激活并促进肿瘤发展^[11]。LncRNA miR503HG在HCC中下调, 并通过调节HNRNPA2B1/NF- κ B信号传导抑制转移^[12]。LncRNA LINC02560高表达可通过调控PPAR信号通路、WNT信号通路等促进结肠癌细胞的增殖和转移^[13]。上述研究提示, LncRNAs可通过特异性绑定下游靶点基因调控信号通路进而实现影响恶性肿瘤进展的功能。

LncRNA MITA1是一种新近发现的LncRNA, LncRNA MITA1基因富含染色质并可被能量诱导激活, 这种诱导受肝激酶B1-磷酸腺苷激活蛋白激酶(LKB1-AMPK)通路和DNA甲基化的控制, 在HCC上皮-间质转化中发挥关键性作用。上皮-间质转化是恶性肿瘤转移的早期和中心环节, 而LncRNA MITA1基因对肝癌早期转移的调控机制可能是与间充质细胞标志物Slug(snail家族锌指蛋白2)转录表达异常有关^[14], Slug过表达能明显减少LncRNA MITA1缺乏对HCC迁移和侵袭的影响。相应地, LncRNA MITA1的表达水平与肝癌组织中的Slug前体水平呈正相关。此后, Hu等研究^[6]发现LncRNA MITA1过表达通过抑制细胞凋亡、增加细胞活力和诱导细胞自噬导致NSCLC吉非替尼耐药, 但其机制并未阐明, 可能与LncRNA MITA1表达下调后介导LC3II、beclin-1和p62的表达水平有关。本试验采用siRNA技术转染LncRNA MITA1, 结果显示LncRNA MITA1表达水平下调; 课题组通过细胞划痕实验、MTT法以及流式细胞术检测发现, 调低LncRNA MITA1表达能够抑制SMMC7721细胞的增殖和迁移, 并可促进SMMC7721细胞的凋亡, 与上述研究的结果一致, 进一步验证了LncRNA MITA1的生物学作用, 提示LncRNA MITA1是恶性肿瘤的重要驱动因子之一, 且在基因网络调控中发挥重要作用。而新发现的AMPK-MITA1-Slug轴可能是

HCC治疗的潜在新策略。

综上所述,本研究发现LncRNA MITA1低表达可抑制肝癌细胞系的增殖和侵袭并可增加肿瘤细胞的凋亡率。LncRNA MITA1是一种潜在的HCC诊治的靶向标志物,进一步研究并阐明LncRNA MITA1的作用机制,有助于拓宽HCC的诊疗思路。须指出的是本研究暂未对LncRNA MITA1的下游靶向机制做详细探讨,此后本课题组将进一步补充相关研究并开展对LncRNA MITA1在HCC治疗中的药物实验。

参考文献:

- [1] Sung H, Ferlay J, Siegel L R, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA: A cancer journal for clinicians, 2021, 71(3): 209-249.
- [2] Zeng H M, Chen W Q, Zheng R S, et al. Changing cancer survival in China during 2003-15: a pooled analysis of 17 population-based cancer registries[J]. Lancet global health, 2018, 6(5): e555-e567.
- [3] 邢伟只, 顾朝辉, 杨锦建, 等. 长链非编码RNA-PCAT1在前列腺癌组织的表达及其临床意义[J]. 中华实验外科杂志, 2022, 39(9): 1778-1780.
- [4] Xu Y, Yu X, Sun Z, et al. Roles of lncRNAs mediating wnt/ β -Catenin signaling in HCC[J]. Front oncol, 2022, 12: 831366.
- [5] 刘蕊, 刘涛. 长链非编码RNA在肝细胞癌发生发展及转移和复发中的研究进展[J]. 重庆医学, 2022, 51(15): 2682-2686+2700.
- [6] Hu J, Dong S W, Pei Y, et al. LncRNA MITA1 promotes gefitinib resistance by inducing autophagy in lung cancer cells[J]. Biochemical and biophysical research communications, 2021, 551: 21-26.
- [7] Chen X, Tang F R, Arfuso F, et al. The emerging role of Long Non-Coding RNAs in the metastasis of hepatocellular carcinoma[J]. Biomolecules, 2019, 10(1): 66.
- [8] Gibb E A, Brown C J, Lam W L. The functional role of long non-coding RNA in human carcinomas[J]. Molecular cancer 2011, 10(1): 38.
- [9] Wu P, Mo Y, Peng M, et al. Emerging role of tumor-related functional peptides encoded by LncRNA and CircRNA[J]. Molecular cancer, 2020, 19(1): 22.
- [10] 陈雅婷, 李昂, 仵红娇, 等. LINC01936在乳腺癌中的表达及其对细胞增殖、凋亡、迁移和侵袭特性的影响[J]. 中国肿瘤, 2022, 31(3): 228-234.
- [11] Fu X, Zhu X, Qin F, et al. Linc00210 drives wnt/ β -catenin signaling activation and liver tumor progression through CTNNBIP1-dependent manner[J]. Molecular cancer, 2018, 17(1): 73.
- [12] Wang H, Liang L, Dong Q, et al. Long noncoding RNA miR503HG, a prognostic indicator, inhibits tumor metastasis by regulating the HNRNPA2B1/NF- κ B pathway in hepatocellular carcinoma[J]. Theranostics, 2018, 10(8): 2814-2829.
- [13] Luo C, Liu F, Su W, et al. Prognostic value of LINC02560 in colorectal cancer correlates with tumor microenvironment immunity[J]. Journal of cancer, 2021, 12(24): 7507-7517.
- [14] Ma M, Xu H, Liu G, et al. Metabolism-induced tumor activator 1 (MITA1), an energy stress-inducible long Noncoding RNA, Promotes hepatocellular carcinoma Metastasis[J]. Hepatology, 2019, 70(1): 215-230.

Effect of Down-regulation of Lnc RNA MITA1 on Proliferation, Migration and Apoptosis of Hepatoma Cells

JIN Wen¹, WANG Bo^{1,2}, ZHOU Jian-kun¹, SHI Wei¹

(1.Department of Medical Nursing, Tongling polytechnic College, Tongling, Anhui 244061; 2.Department of Surgery, Tongling Renhe Hospital, Tongling, Anhui 244021, China)

Abstract: Objective: To investigate the effect of down-regulation of LncRNA MITA1 on migration and apoptosis of hepatoma cells..Methods: The expression level of MITA1 was down-regulated by siRNA. SMMC7721 cells were divided into three groups: SMCC7721 group, SI-MITA1-NC Group and Si-MITA1 group. The expression of MITA1 mRNA was detected by qRT-PCR, cell proliferation was detected by MTT assay, cell migration was detected by scratch test, and apoptosis was detected by Flow cytometry staining.Results: The expression of MITA1 mRNA in SMCC7721 cells transfected with siRNA-MITA1 was down-regulated by qRT-PCR ($P < 0.05$), and the expression of MITA1 mRNA in SMCC7721 cells transfected with siRNA-MITA1 was also down-regulated by MTT assay, cell scratch test and Flow cytometry assay, in Si-MITA1 group, the cell proliferation and migration rate were decreased, while the cell apoptosis rate was increased ($P < 0.05$). Conclusion: Down-regulation of LncRNA MITA1 can inhibits the progression of liver cancer cells, and MITA1 may be a potential target for liver cancer diagnosis and treatment.

Key words: LncRNA MITA1;hepatocellular carcinoma; proliferation;migration; apoptosis

基于像素偏移值信号增强算法的单脉冲候选体分类方法研究

扈钰^{a,b}, 马硕^a

(德州学院 a. 计算机与信息学院, b. 天文科学研究院, 山东 德州 253023)

摘要: 时域射电领域观测活动经常产生海量的数据, 而随着深度学习技术近年来的不断发展, 以在海量的数据流中识别可能的单脉冲候选体成为主流方法。相对于传统的脉冲星搜寻方法, 使用深度学习领域的技术可以缩短搜寻时间, 提高搜寻效率, 同时能达到极高的预测精度。本文提出了一种像素偏移值信号增强算法, 采用经 ImageNet 预训练、以 EfficientNet-B0 为骨干网络的迁移学习模型, 可以直接处理来自射电望远镜的原始、高时间分辨率的数据集, 不需要消色散, 此方法亦可以应用于 FRB 候选体的发现。实验证明, 在来自 FAST 官方网站的数据集测试中, 该模型可达到 92.0% 的召回率以及 90.1% 的精确率。经对比, 本文提出的像素偏移值信号增强算法使得模型的 Recall 提高了 45.8%, Precision 提高了 17.5%, Accuracy 提高了 26.3%, 以及 F1-score 提高了 31.1%。

关键词: 单脉冲分类; 迁移学习; EfficientNet-B0; 像素偏移值信号增强

中图分类号: P161

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0016-06

1 前言

脉冲星是高度磁化的旋转致密星^[1], 而快速射电暴或 FRB 是来自遥远星系的极其明亮的无线电波脉冲^[2], 二者对物理学、天文学、宇航学有着广泛的影响。除了可以测量宇宙的距离, 脉冲星及快速射电暴对于研究物质的极端状态, 寻找地球太阳系以外的行星, 帮助人类找到引力波等研究具有重大意义。

在相关工作中, 有监督的机器学习已经成为对单脉冲候选体进行分类的主流方法。第一个尝试使用有监督的机器学习来筛选脉冲星的工作是 2010 年的文献[3], 其用 12 个设计好的实验特征作为输入特征, 应用人工神经网络 (Artificial Neural Network) 进行脉冲星筛选。在文献[4-5]中, Bates 等人和 Morello 等人通过优化设计的特征与 ANN 来提高性能。凌毓等人^[6]以低频射电阵列 (Low Frequency Array, LOFAR) 联合阵列巡天项目的观测数据为例, 对比分析了 GBDT、AdaBoost、随机森林和 BP 神经网络等模型对单脉冲信号识别的效果。然而, 这些设计的特征依赖于人类的经验, 会对特定类型的单脉冲候选体引入不可预见的偏差。

除了这些利用人工设计特征的方法, 近年来,

纯数据驱动的方法也在单脉冲候选体识别领域发挥着重要作用。Zhu 等人^[7]通过使用一组有监督的机器学习方法开发了基于脉冲星图像的分类系统 (PICS), PICS 基于图像模式进行分类, 其输入是四个子图 (脉冲轮廓曲线图, 时间-相位图, 频域-相位图, 色散曲线图), 而不是人工抽取的特征, 以避免人工设计的特征和依赖过多信息等这些可能存在的缺点。Zhang^[8]等人研究了如何利用显著性图分析结合深度学习来辅助搜索瞬时信号, 如快速射电暴和射电脉冲星的脉冲。Guo 等人^[9]使用深度卷积生成对抗网络 (DCGAN) 来生成更多的候选体并同时自动提取深度特征, 然后其使用深度特征对数据进行分类, 这有助于提高分类器的准确性。Zhang 等人^[10]使用卷积神经网络检测结合色散值验证, 在 2017 年 8 月 26 日采集的观测数据中新发现了 72 个来自重复快速射电暴 FRB121102 的新脉冲。Yin 等人^[11]在 2022 年提出了一种结合了深度卷积生成对抗神经网络 (DCGAN) 和深度聚合残差网络 (ResNeXt) 的脉冲星候选体识别框架, 在 HTRU Medlat 数据集上精确率、召回率和 F1 分数均为 100%。

本文使用的是基于迁移学习的深度学习方法, 通过设计像素偏移值信号增强算法增强不易识别的

收稿日期: 2023-03-01

作者简介: 扈钰 (1993-), 女, 山东济南人, 助教, 硕士, 研究方向为深度学习、计算机视觉、语义分割。

单脉冲信号,并采用基于ImageNet数据集的预训练模型,选用EfficientNet-B0作为骨干网络进行迁移学习模型,以提高脉冲星候选体识别率。为解决类别不平衡问题,使用setigen^[12]分别生成模拟的脉冲星图像和背景干扰作为输入。本研究在来自FAST射电望远镜原始、高时间分辨率的数据集上进行测试,并试图将识别范围扩大到快速射电暴领域。本文的第2部分给出了数据集及数据预处理过程,包括像素偏移值信号增强算法,第3部分介绍了EfficientNet-B0以及ResNet的算法的核心特点,第4部分给出了实验的设置、过程以及结果,总结和展望在第5部分中给出。

2 实验数据

分别使用ImageNet数据集和setigen生成的模拟单脉冲信号及背景干扰作为预训练数据集对模型进行预训练,并将其运用在FAST采集的真实脉冲星数据集上对模型进行微调,最后在真实的观测数据集上进行测试。提出了一种基于像素偏移值增强的信号增强算法,用以增强信号,以达到提高模型识别的准确率目的。

2.1 数据准备

由于真实数据集有限,试验尝试使用setigen生成模拟单脉冲信号及背景干扰作为预训练数据集。setigen是一个开源python库,用于生成人工窄带信号并将其注入射频数据。其主要模块setigen基于创建合成频谱图(动态频谱)数据,显示强度随时间和频率的变化,保存在滤波器库文件中的观测数据可以加载到setigen中,合成信号可以很容易的注入并保存到文件中。Price等人^[13]将setigen进行改进,使其可以生成逼真的快速射电暴信号。本研究在Price等人工作的基础上进一步进行改进,使setigen可以生成周期性单脉冲信号及背景干扰,生成信号如下图所示。

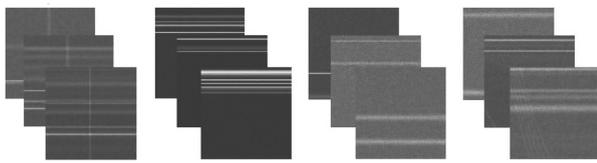


图1 setigen模拟信号及背景干扰示例图

(自左到右依次为:2000张宽带干扰负样本,500张高信噪比窄带干扰负样本,8000张负样本模拟数据,8000张正样本模拟数据)

本实验基于模拟生成的8000张单脉冲数据集,2000张宽带干扰数据集以及500张高信噪比窄带干扰数据集,并将其按8:2的比例切分为训练集和验证集。

测试数据集为真实数据,来自FAST官方网站。首先,对FAST采集的8条FITS数据进行处理变换得到8张原始单脉冲图片;其次,对8张原始的单脉冲图片进行随机裁剪,生成2624张500*500像素的正方形数据图,并根据MD5对图片进行去重,对于剩余的1875张正方形数据图通过目视筛查分别标注出正负样本,即信号与干扰。其中,MD5是一种用于验证信息、内容或数字签名的加密协议,它基于哈希函数验证两个文件是否相匹配或一致。测试数据集的正负样本构成为:正样本,即包含周期性单脉冲信号的样本,998张,负样本,即仅包含背景干扰样本,877张。

2.2 数据预处理

本文提出的数据预处理算法:像素偏移值信号增强算法(OffsetHighlights signal augmentation algorithm)。旨在通过计算机视觉处理的方法对每一张图片进行像素级别的脉冲信号增强。经裁剪处理得到的RGB三通道脉冲星图片中的信号以几何曲线的态势分布,相较于干扰信号,该信号大部分强度较弱,不易观察和识别,而基于像素偏移值的信号增强算法会使位于曲线上的信号像素点得到“突出”增强,便于模型进一步通过突出增强的像素点分布检测脉冲星信号的所在位置。像素偏移值信号增强算法共分为三个阶段:信号增强、列干扰抑制及灰度化。

像素偏移值信号增强算法的信号增强阶段主要处理步骤共分为三步。首先,对每一张图片以像素的形式进行读取,选取每行像素值的平均数或者众数作为该行像素基准值,通过计算每个像素点的像素值与该行像素点的基准值之间的偏移值来判断该像素点是否构成信号曲线。例如,对于一个像素点*i,j*:

$$Offset_{ij} = (Pixel_{ij} - Avg(Pixel_i))^2$$

其中,*i*代表像素点所在行,*j*代表像素点所在列, Pix_{ij} 为每一个像素点的像素值, $Avg(Pix_{i,j})$ 为每一行像素点的基准值(本文采用均值,亦可采取众数), $Offset_{ij}$ 为每一个像素点的偏移值。

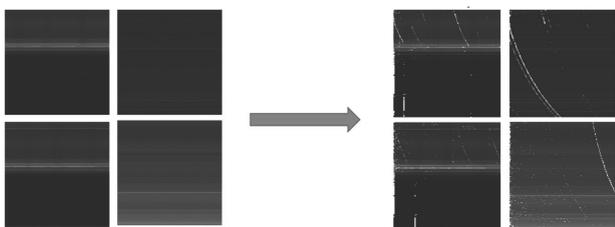


图2 像素偏移值信号增强算法信号增强阶段效果对比图(左图为算法处理前,右图为算法处理后)

算法中的参数offsetNum用以控制突出像素点的个数,并使像素点按照偏移值从大到小的顺序依次进行“突出”,若偏移值大小相同则按照从左到右的顺序依次进行“突出”,实验使用算法默认值,即offsetNum值为5。

在脉冲星图片中,垂直信号被视作干扰。像素偏移值信号增强算法的信号增强阶段会生成诸多小规模、散点状分布的白色噪点。其原因是,原本不明显的垂直干扰在信号增强阶段也得到了“突出”。因此,像素偏移值信号增强算法的第二个阶段,即列抑制阶段,会通过计算图片每一列上白色像素点的占比来对该行的干扰进行列抑制,复原该行像素值。实验选择对干扰像素点占比大于等于20%的列进行列干扰抑制。

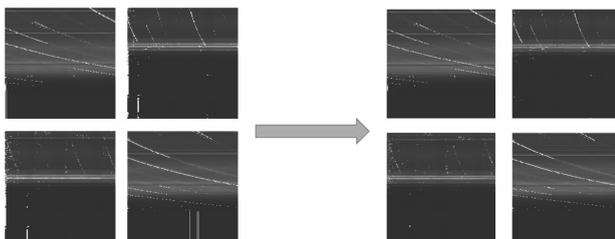


图3 像素偏移值信号增强算法列干扰抑制阶段效果对比图
(左图为OffsetHighLight进行信号增强效果图,右图为经过列干扰抑制效果图)

最后,通过参数Grayscale来控制是否对输出图像进行灰度化。

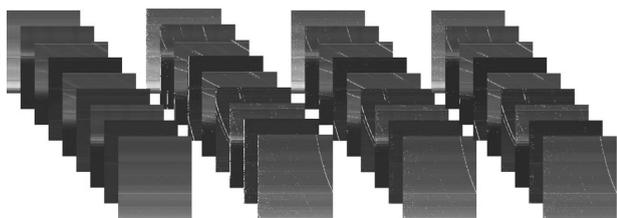


图4 像素偏移值信号增强算法完整处理流程及效果图
(从左到右依次为原始图片、信号增强、列干扰抑制、灰度化)

3 模型设计与方法

以获得具有较高精度和较高效的模型为目的,本文选取EfficientNet-B0^[14]系列网络模型算法和

ResNet^[15]系列网络模型算法进行对比实验。其中EfficientNet-B0作为2019年继ResNet残差神经网络之后谷歌提出的较为流行的卷积神经网络,从模型的深度、广度以及分辨率三个角度同时提高以获得较高的精度。

尽管在理论上,较深的深度学习神经网络有利于对更复杂特征的提取,与此同时也带来了难以对数据进行恰当拟合的问题(过拟合),反而导致预测效果下降。以EfficientNet-B0为例,模型从B0开始至B7,深度、广度、分辨率都在不断增加,但是伴随着模型训练参数的不断增加,相对的训练时间、空间成本也会增加,同时考虑实验效果及运算效率,本文采用EfficientNet-B0网络作为本实验中实际使用网络。在ResNet系列网络中,为对比在不同学习率、不同数据增强以及不同预训练流程下的测试指标来得到实验范围内最优的权重参数,本文选取ResNet18网络。

3.1 模型介绍

1) ResNet

为解决模型“退化”问题,He等人^[15]提出了ResNet,以解决随着网络层数的增加,模型性能呈现下降趋势的问题,其原因在于深度模型难以进行优化。ResNet改变网络结构,改变模型的误差曲面,使得模型更易优化。

残差网络中最重要的设计即残差块的设计,多个相似的残差块串联,即得到了残差神经网络。首先,残差神经网络使用批处理归一化层作为其核心元件,其通过调整输入层来提高网络的性能,使得梯度弥散或爆炸问题得以缓解。其次,残差神经网络利用恒等连接使网络免于网络退化问题。最后,残差神经网络使用跳连接设计提高模型效果,减少回传梯度的损失。

2) EfficientNet-B0

本文采用谷歌团队提出的Swish激活函数,其在某些基线实验中的效果甚至超过了Relu。实验选用PyTorch深度学习框架对模型网络进行搭建,由于实验所用的torch版本并未实现Swish激活函数,故采用SiLu激活函数代替。SiLu激活函数是Swish激活函数的一种特例。

$$Swish(x) = x * sigmoid(x)$$

$$SiLu(x) = x * sigmoid(\beta x)$$

EfficientNet-B0网络核心采用多个MBConv卷积层。MBConv卷积层是一种类似于残差网络的结

构,其结构图如图5所示。

其中:第一个Conv 1x1卷积层对特征矩阵进行升维;第二个Conv 1x1卷积层对特征矩阵进行降维;drop代表dropout层,其效果受参数dropout率值影响,在EfficientNet-B0算法中dropout率为0.4。

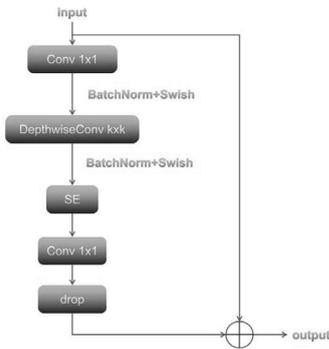


图5 MBConv卷积层算法架构图

3.2 预训练及微调

将上小节所述网络应用于单脉冲分类问题分为两个步骤:预训练和微调。在预训练中,利用基于setigen生成的大量有标记的模拟数据来学习单脉冲信号特征,为对比实验效果,同时采用基于ImageNet的预训练模型,而微调的目的是在特定任务的有标记数据集中学习规律。

1) 预训练

其中,使用setigen生成单脉冲模拟数据集完成预训练的具体步骤如下。首先,准备ResNet18及EfficientNet-B0网络、模拟单脉冲数据集和真实单脉冲数据集;第二,设计对比实验组,应用ResNet18及EfficientNet-B0网络完成对模拟数据集的训练;第三,在应用模型训练真实数据集之前,将模型的参数初始化为来自模拟数据集训练模型的参数;最后,将模型应用于真实数据集上。使用基于ImageNet的预训练模型与使用基于setigen生成的模拟数据的预训练模型仅区别在第一步中,即直接加载基于ImageNet的预训练模型权重。

2) 微调

尽管setigen模拟数据近乎逼真,但与来自FAST的真实观测数据集仍有一定的差距。此外,由于训练样本不足,模型的训练精度可能无法达到实际应用的要求。为了解决上述两个问题,一个方法是收集更多真实观测样本,另一个方法是迁移学习,即将学到的知识从源数据集迁移到目标数据集。因此,使用常用技巧微调,对预训练模型进行迁移学习。微调包括以下四个步骤:

①得到一个预训练模型,即基于setigen模拟数据的模型;

②建立一个新的模型,目标模型。该目标模型与预训练模型设计及其参数几乎完全一致,仅输出层不同;

③为目标模型添加输出层,并对其参数进行随机初始化;

④在目标数据集上(真实观测数据集)训练目标模型。输出层将从头开始训练,而其他层的参数则是完全基于预训练模型的参数,即冻结权重。

3.3 实验设置

本文统一使用CrossEntropyLoss作为所有实验使用的损失函数,并采用AdamW^[16]优化器算法及CosineAnnealingLR^[17]余弦退火算法。

1) AdamW优化器算法

为了提高模型的拟合速度以及精度,实验采用AdamW优化器算法。相较于SGD随机梯度下降优化器算法,AdamW算法省去了大量的调参过程,节约了训练所花费的时间成本,并且也能够获得较好的效果。相较于Adam优化器算法,AdamW算法直接将正则项的梯度加入反向传播的公式中,具有更高的计算效率。

2) CosineAnnealingLR余弦退火算法

学习率的数值在很大的程度上影响着模型训练的性能,较小的学习率可能会导致模型拟合过慢,学习率过大可能会导致梯度爆炸,即梯度变成NaN的情况,故一个合适的学习率对于模型的训练有着极其重要的作用。

StepLR策略是常见的学习率调整策略,通过给定一个起始值以及一个结束值,StepLR策略会使学习率等间隔大小的进行调整,通常会做一个单调的学习率线性下降过程。

CosineAnnealingLR策略调整学习率的方法基于余弦函数变换趋势,整体通常以先下降后上升的方式进行学习率的周期性改变。相对于StepLR策略,CosineAnnealingLR策略通过设置学习率最大值、学习率最小值以及变换周期来大大节省对学习率的调参时耗,更好的防止模型陷入局部最优解。具体公式如下所示:

$$lr_{now} = lr_{min} + \frac{1}{2}(lr_{max} - lr_{min})(1 + \cos(\frac{Epoch_{now}}{Epoch_{max}}))$$

其中, lr_{now} 为当前时刻学习率, lr_{min} 为最小学习率, lr_{max} 为最大学习率, $Epoch_{now}$ 为当前训练轮数, $Epoch_{max}$ 为最大训练轮数。

4 实验结果及对比

4.1 测试指标

实验同时采用分类问题常用的 Accuracy、Recall、Precision、F1-score 四种指标作为测试指标。通过对比指标在测试集上的表现，得到最优的参数模式。

Accuracy（准确率）：分类正确的样本个数占所有样本个数的比例。

$$Accuracy = \frac{TN + TP}{FP + TN + TP + FN}$$

Recall（召回率）：分类正确的正样本个数占实际正样本个数的比例。

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

Precision（精准率）：分类正确的正样本个数占所有分类为正样本个数的比例。

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

F1-score：精确率和召回率的调和平均数。

$$F1-score = \frac{2 * Precision * Recall}{Precision + Recall}$$

4.2 对照实验

为研究本文提出的像素偏移值信号增强法对模型精度的影响，设置了 2 个对照实验组，分别测试像素偏移值信号增强法在不同模型下带来的精度提升。结果如下表 1 所示：

表 1 像素偏移值信号增强法预训练阶段对照实验结果

模型	像素偏移值信号增强法（训练集及测试集）	Precision	Recall	F1-score	Accuracy
ResNet18	应用	0.909336	0.673346	0.773747	0.7904
	不应用	0.730653	0.728456	0.729553	0.712533
EfficientNet-B0	应用	0.735567	0.791583	0.762548	0.7376
	不应用	0.625886	0.543086	0.581545	0.584

注：像素偏移值信号增强法的参数设置：offsetNum 为 5，抑制率为 20%。

对于训练结果，在上述对照实验的基础上进行微调。采取了两种预训练——微调策略。一种是以基于大规模视觉数据集 ImageNet 训练的，以 EfficientNet-B0 作为骨干网络的模型，使用 70% 的

观测数据（正样本 700 张，负样本 615 张）进行微调。另一种是以基于模拟 setigen 数据训练的，以 EfficientNet-B0 作为骨干网络的模型，同样使用 70% 的观测数据进行微调。结果如下表 2 所示：

表 2 像素偏移值信号增强法微调阶段对照实验结果

预训练数据集	微调模型	像素偏移值信号增强法（训练集及测试集）	Precision	Recall	F1-score	Accuracy
ImageNet	EfficientNet-B0	应用	0.901961	0.929292	0.915422	0.908602
Setigen 模拟数据集	EfficientNet-B0	应用	0.934782	0.868686	0.900523	0.897849

注：像素偏移值信号增强法的参数设置：offsetNum 为 10，抑制率为 20%。

4.3 结果对比与分析

对比实验（表 1）结果得知，在训练集、测试集均作数据预处理的情况下，使用了像素偏移值信号增强算法的模型整体效果均优于不应用像素偏移值信号增强算法的模型。经计算，在应用于 ResNet18 模型时，Precision 提高了 24.4%，Recall 提高了 6%，Accuracy 提高了 10.9%；该方法效果在 EfficientNet-B0 上体现的则更为明显，在应用于 EfficientNet-B0 模型时，模型的 Precision 提高了 17.5%，Recall 提高了 45.8%，F1-score 提高了 31.1%，Accuracy 提高了 26.3%。

经对比实验（表 2）结果得知，在均应用像素偏移值突出增强算法时，基于 ImageNet 数据集的预训练模型以及基于 setigen 模拟数据集作为预训练模型训练的 EfficientNet-B0 结果难分伯仲：在一些

指标上（Recall、F1-score、Accuracy），使用基于 ImageNet 的预训练模型的效果要优于使用 setigen 模拟数据集作为预训练模型的效果。而使用基于 setigen 生成的模拟数据集的预训练模型在预测精确率 Precision 上要高于使用基于 ImageNet 数据集的预训练模型的效果。具体到单脉冲分类，由于本文希望识别出更多可能的单脉冲候选体，因此使用基于 ImageNet 预训练模型，即更高的 Recall，同时应用像素偏移值信号增强算法的模型。

5 总结及讨论

本文提出了一种基于像素偏移值信号增强的数据预处理算法，并通过设计第一组对照实验（表 1），对比在不同模型下应用该算法的效果，探究

单脉冲分类的数据预处理新方法。经过在ResNet及EfficientNet-B0网络上的实验证明,应用了像素偏移值信号增强算法的模型分类指标普遍高于未应用该算法的模型分类指标。因此,本文提出的基于像素值偏移突出增强的数据预处理方法有效。在第二组对照实验(表2)中,由于数据量的不足,本文首先使用setigen生成模拟单脉冲周期信号进行预训练,进而应用少量FAST数据进行迁移学习。为了对比该方法的有效性,本文亦对比了基于ImageNet大规模视觉数据集,进而应用少量FAST数据进行迁移学习的效果。实验证明,使用setigen这一小规模模拟数据集作为预训练数据集的网络模型效果仅在精确率上超过了应用ImageNet大规模视觉数据集作为预训练数据集的网络模型效果,而应用ImageNet大规模视觉数据集的模型效果在召回率、F1得分和准确率均超过了使用setigen小规模模拟数据集作为预训练数据集的模型效果。其原因可能在于,ImageNet数据集数据包罗了1400多万张不同领域的图片,规模庞大,数量远远超过本文创建的10500张小规模数据集。在进一步的研究中,本文将扩充setigen模拟数据集的数量,希望达到更高的性能指标。

参考文献:

- [1] Hewish A, Bell S J, Pilkington J D H, et al. Observation of a rapidly pulsating radio source[J]. *Nature*, 1968, 217 (5130): 709-713.
- [2] Dipanjan M. Nature of coherent radio emission from pulsars[J]. *Journal of astrophysics and astronomy*, 2017, 38 (3): 1-16.
- [3] Eatough R P, Molkenhuth N, Kramer M, et al. Selection of radio pulsar candidates using artificial neural networks[J]. *Monthly notices of the royal astronomical society*, 2010, 407 (4): 2443-2450.
- [4] Bates S D, Bailes M, Barsdell B R, et al. The high time resolution universe pulsar survey-VI. an artificial neural network and timing of 75 pulsars[J]. *Monthly notices of the royal astronomical society*, 2012, 427 (2): 1052-1065.
- [5] Morello V, Barr E D, Bailes M, et al. A straightforward machine learning solution to the pulsar candidate selection problem[J]. *Monthly notices of the royal astronomical society*, 2014, 443 (2): 1651-1662.
- [6] 凌毓, 张金区, 李乡儒, 等. 基于XGBoost的单脉冲信号识别研究[J]. *天文研究与技术*, 2022, 19 (3): 264-273.
- [7] Zhu W W, Berndsen A, Madsen E C, et al. Search for pulsars using image pattern recognition[J]. *The astrophysical journal*, 2014, 781 (2): 117.
- [8] Zhang C F, Wang C, Hobbs G, et al. Applying saliency-map analysis in searches for pulsars and fast radio bursts[J]. *Astronomy & astrophysics*, 2020, 642: A26.
- [9] Guo P, Duan F, Wang P, et al. Pulsar candidate identification with artificial intelligence techniques [J/OL] <https://arxiv.org/abs/1711.10339>.
- [10] Zhang Y G, Gajjar V, Foster G, et al. Fast radio burst 121102 pulse detection and periodicity: a machine learning approach[J]. *The astrophysical journal*, 2018, 866. (2): 149.
- [11] Yin Q, Li Y, Li J, et al. Pulsar-candidate selection using a generative adversarial Network and ResNeXt[J]. *The astrophysical journal supplement series*, 2022, 264 (1): 2.
- [12] Brzycki B, Siemion A P V, De Pater I, et al. Setigen: simulating radio technosignatures for SETI [J/OL] <https://arxiv.org/abs/2203.09668>.
- [13] Danny P, Gist: using setigen to generate FRBs[EB/OL]. <https://github.com/bbrzycki/setigen/issues/25>, 2021-09-24.
- [14] Tan M, Le Q V. EfficientNet-B0: Rethinking model scaling for convolutional neural networks[C]. *Proceedings of machine learning research*, 2019: 6105-6114.
- [15] He K, Zhang X, Ren S, et al. Deep residual learning for image recognition[C]. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2016: 770-778.
- [16] Loshchilov I, Hutter F. Decoupled weight decay regularization[J/OL] <https://arxiv.org/abs/1711.05101>.
- [17] Loshchilov I, Hutter F. Sgdr: Stochastic gradient descent with warm restarts[J/OL] <https://arxiv.org/abs/1608.03983>.

(下转第38页)

元宇宙赋能图书馆高质量发展研究

陈立华

(德州学院 学报编辑部, 山东 德州 253023)

摘要: 元宇宙作为虚实融合与交织的社会应用形态, 是互联网时代的又一技术创新, 为图书馆高质量发展提供了新方向。元宇宙赋能图书馆的技术基础内容包括接入类、构建类、映射类、应用类技术。基于此, 元宇宙赋能图书馆高质量发展需要构建虚拟服务空间、提供虚拟资源与服务、重构智慧管理体系。通过提供知识服务、建设智慧图书馆的分析, 对元宇宙赋能图书馆高质量发展进行了未来展望。

关键词: 元宇宙; 图书馆; 虚拟空间; 沉浸体验; 知识服务

中图分类号: G250.7

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0022-06

1 引言

随着数字技术和人工智能技术的快速发展, 思维变革和技术革新已经成为图书馆高质量发展的必由之路, 现今的图书馆学研究也已经迈入以大数据和人工智能为代表的“数智”环境^[1]。“数智”环境代表着数字技术与人工智能技术交互发展时代的来临。在这个时代里, 图书馆信息开发与利用必然会立足“数智”环境, 数字信息资源库和知识库成为了支柱性资源存储库^[2]。

建立在数字技术、人工智能技术基础上的元宇宙, 是一种新兴的技术形态, 其以全息技术、交互技术、智能算法的融合来支撑图书馆数字资源运行场景。元宇宙支撑图书馆多层交互内外循环机制运行, 以虚实融合共生能力打通现实世界与虚拟世界的边界, 为线上线下数据要素融合的图书馆空间落地提供了新思路。元宇宙技术已经引发了图书馆行业的高度关注, 探讨图书馆在元宇宙环境下的高质量发展已经成为业内学者达成的共识。

2 元宇宙的概念和特征

元宇宙究竟是什么? 目前还没有一个公认的定义。学术理论界和信息产业界的学者均阐述了自己的认识和观点。未来学家卢克·沙布罗^[3]认为, 元宇宙是

一个数字混合的、模糊不清的现实状况, 它不受传统物理因素的制约, 有不可代替和无限延伸的项目和角色。清华大学新媒体研究中心研究成果发现, 元宇宙是对新技术整合而产生的虚实融合的互联网应用和社会形态, 它将现实与虚拟在经济系统、社交系统、身份系统上密切融合^[4]。吴江等^[5]认为元宇宙是以数字技术为基础而构建的凭借数字身份参与的虚实相结合的多元世界数字社会。

依据现代信息技术学理论, 我们定义元宇宙, 元宇宙是由5G、区块链、AI、XR、数字孪生等新型信息技术产生的虚实融合的网络应用业态和社会应用形态, 是一个与物质实体世界相平行且完全独立的虚拟信息空间。这个定义涉及几个关键词: 虚拟现实技术、超仿真、沉浸体验、互联网、交互。我们可以理解, 虚拟现实技术的快速发展、互联网的普及应用终将会实现对现实的超仿真化、虚拟化和常态化, 以此让信息用户产生无限接近现实的超强虚拟沉浸感。基于此, 我们认为元宇宙是一种高度发达的虚拟现实交互技术, 打破虚拟与现实之间的壁垒, 消融线上与线下之间的界限, 最终形成颠覆Web3.0时代格局的新型网络空间。元宇宙赋能图书馆, 形成图书馆元宇宙。图书馆元宇宙也身处这个新型网络空间之中, 无论是在服务理念的提升上还是在服务实践的创新上, 都应该以元宇宙为技术支撑, 为多元主体创建合适的数字身份, 运用数字技术建设一个高于现实、虚实融合的

收稿日期: 2023-01-28

作者简介: 陈立华(1970-), 男, 山东德州人, 硕士, 研究馆员, 主要从事图书馆文献资源管理和参考咨询理论研究。

数字虚拟图书馆，实现信息在虚拟图书馆中自由交互和用户超仿真化的沉浸式体验。

关于元宇宙的特征，Baszucki^[6]提出了元宇宙八大核心特征：身份、朋友、沉浸感、随地、多元化、低延迟、经济和文明。图书情报界学者也对元宇宙特征提出了相应的观点，向安玲等^[7]分析总结元宇宙特征为时空延展性、人机融合性、经济增值性。刘革平等^[8]将元宇宙的特征总结为虚拟与现实的有机融合、智能技术的数字化集合、线上与线下整合一体化以及强化信息用户思维的表象化。基于以上特征分析，我们认为元宇宙的特征具有三个方面内容：（1）虚实融合。元宇宙是以成熟的数字技术为基础，构建既依赖于现实世界又独立于现实世界的数字孪生世界。它依托于虚实交互界面，沉浸于云XR技术之中，支持用户与信息在虚拟与现实空间之间的沟通，促进用户产生仿真现实又超越现实的沉浸感受，实现用户在真实与人工的多元信息世界中自由检索获取。用户在数字孪生世界里的行为或属性能够相互映射，通过用户需求虚拟化产生在场域的感受体验，实现用户需求意识获取、表达以及元宇宙中的操作执行。（2）技术整合。人工智能、区块链、云计算、虚拟现实等数字技术集合能够为元宇宙提供实现虚实融合的接口，获取超现实仿真的体验，使得用户与技术之间的互动关系更为密切。可见，元宇宙作为涵盖整个网络空间、终端设备的技术先锋，生产出虚拟与现实相结合的互联网应用生态，各类高端数字技术是其发展的基础。（3）具身社交。元宇宙本身并非具备单纯的虚拟空间，而是具有一个以人工智能系统互联为主、平行于现实世界的具身互联网。它能够为用户提供全景式的社交感知体验，构建虚实景象共存的服务场域，促使社交主体进入不同角色并获取独特的社交体验。

3 元宇宙赋能图书馆的技术基础分析

元宇宙对图书馆实施技术支撑功能，其基础技术包括接入类、构建类、映射类与应用类，而元宇宙环境下的图书馆不是一种技术就能实现的，是多种技术集合支持的结果。另外，图书馆要积极寻求元宇宙技术为自己赋能，在未来发展更加智能化、沉浸化的元宇宙虚拟空间中找到属于图书馆的“一席之地”。基于此，我们构建出基于元宇宙技术赋能的图书馆模型结构，如图1所示。

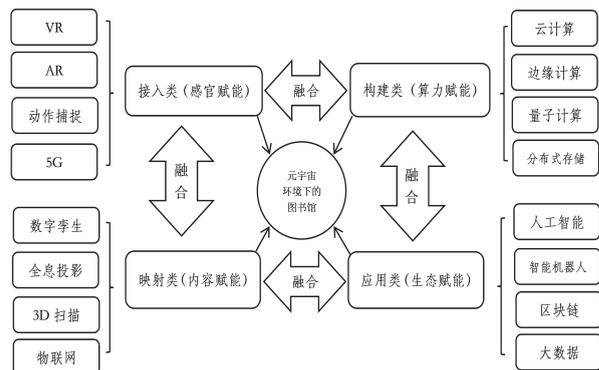


图1 基于元宇宙技术赋能的图书馆模型结构图

3.1 运用接入类技术，实现感官赋能

运用接入类技术，主要是为图书馆用户提供沉浸式体验。通过全方位接触人的视觉、听觉、触觉，以动作捕捉的方式实现元宇宙中的信息传输，让用户借助数字设备与图书馆信息进行交互与体验，在元宇宙环境中为图书馆提供感官赋能。其中，感官赋能提供的技术有VR、AR、动作捕捉及5G等。VR是一种综合网络虚拟现实技术，是由网络技术、3D建模、计算机技术综合发展的仿真系统。它能够构建一个信息交互的模拟世界，并通过穿戴设备呈现或投射，如Oculus或HTC Vive^[9]。而AR是一种将真实世界信息和虚拟世界信息“无缝”集成的新技术，它致力于将数字生成物体叠加到现实景物上，通过数字摄影机影像系统使虚拟物体与真实场景一起出现在使用者的视野中。^[10]动作捕捉是指在移动物体的指定部位安装跟踪器，且跟踪器大多设置在VR及AR设备中，确保数字形态变化与物理实体运动保持一致。

信息用户利用穿戴设备即可进入图书馆虚拟世界中，能够观看到现实世界难以观察的现象，如宇宙中的天体运动、诗词韵文中的心境等，从而增强信息用户的审阅能力。目前，VR技术已经在图书馆内被广泛应用，如我国国家图书馆的虚拟现实系统、美国布兰迪斯大学图书馆的虚拟校园之旅；AR技术支持在图书馆的现实场景上叠加一层虚拟信息，如融合移动终端的AR图书馆导航系统、芝加哥大学图书馆的AR文本投射等，并且通过VR技术与AR技术的结合实现图书馆虚实状态的融合。动作捕捉技术属于VR、AR整合后重要组成部分，基于5G的网络通信技术支持图书馆信息传输的实时性，并进一步支持为用户提供沉浸式交互体验。

在图书馆内应用接入类技术，需要其他类型技术给予配合，协同合作才能使接入类技术得以充分应用，如需要映射类技术提供数字信息丰富的虚拟环

境,需要构建类技术提供整合后的信息资源支持,需要应用类技术提供高度智能化的数字生态系统。在多种类型技术的配合下,才能实现信息用户大范围进入图书馆,信息用户自由穿行于虚拟空间和现实空间。

3.2 运用构建类技术,实现算力赋能

构建类技术主要包括云计算、边缘计算、量子计算及分布式存储等技术。构建类技术以集合的形成成为图书馆提供强大的数据支持,构建出元宇宙包涵的、永续发展的虚拟空间。云计算为图书馆提供网络服务,支持图书馆构建一种超大规模、虚拟化、易扩展、按需提供、低成本的网络服务交付和使用模式^[1]。为了配合云计算技术的执行,弥补传统计算模式实时性、隐私性及耗能方面的缺陷,引入了边缘计算技术,强调用户与信息互联。量子计算综合了多种学科技术,为图书馆虚拟空间发展提供了新型的计算技术,在处理虚拟环境数据的能力上明显优于传统计算技术。分布式存储技术为元宇宙空间的数据分析实施缓冲,以降低图书馆信息线上传输压力。总的看来,构建类技术通过数据计算分析理清了元宇宙中数据的组织顺序,为图书馆虚拟空间中的数据组织安排提供了算力支撑。

元宇宙环境下的图书馆虚拟空间中,用户的操作和交互产生大量数据要素,必将会出现数据数量的暴增,同时引起图书馆虚拟网络服务器后台更新频繁现象。可见,运用构建类技术厘清海量数据排列顺序是非常有必要的。首先,利用云计算技术对海量数据进行整理和存储,通过边缘计算技术实现用户与信息的融合。其次,发挥量子计算技术的强大运算能力,解决传统计算技术未解决的难题,进行海量数据的实时化运算和处理。最后,运用分布式存储技术,能够确保图书馆数字信息传输中的数据安全,保护数据权利。元宇宙中的数据需要分布式存储,这样就可以形成一个过程完备的数据处理流程。为此,需要计算技术和分布式存储技术共同为图书馆虚拟空间建构赋能。在图书馆虚拟空间建构中,接入类技术会生产出用户需求的数据。由于用户需求的复杂性,生产出的数据是海量级的,接入类技术具有处理海量级数据的能力,相反,海量数据也需要计算技术和分布式存储技术的支撑。

3.3 运用映射类技术,实现内容赋能

映射类技术支持图书馆现实空间与虚拟空间的互通、叠加,促进图书馆虚实两个维度的空间相互感知、理解和交互。通过映射类技术的内容赋能,构建出超现实仿真的虚拟图书馆场景,以传感器传输的方式,图书馆的运行状态及外部环境数据都可实时映射

到虚拟空间中。数字孪生、全息投影、3D扫描以及物联网是关键映射类技术。数字孪生技术支持构建细节极致、超现实仿真的图书馆虚拟环境,提供用户沉浸式的虚拟空间体验,是元宇宙赋能图书馆的蓝图规划。目前数字孪生技术在图书馆中已有初步的实践应用,如“积木式”分析与智能耦合式构建数字图书馆以及数字孪生技术支持图书馆智慧化管理。全息投影与3D扫描属于数据生产技术,两种技术均具有便利性,协助用户不再依靠复杂、繁琐的器械设备,就能得到图书馆的优质服务,使得远距离空间交互成为现实。物联网技术支持用户与信息交互向虚拟空间的拓展,将信息传感与互联网结合起来,扩展图书馆虚拟空间的范围,并统一将虚拟空间的指令和变化情况传递给现实空间,实现虚拟与现实的双向交互,如安克雷奇公共图书馆利用物联网技术提供的自助借还服务系统^[2]。

映射类技术是元宇宙环境下图书馆信息的生产者,元宇宙环境下图书馆虚拟空间运行依赖于映射类技术的支持。映射类技术进行内容生产时,要求应用类技术提供元宇宙数据环境、构建类技术提供算力支持、接入类技术提供沉浸式虚拟空间体验。通过各类技术的融合,产生合力,才能使图书馆虚拟空间中的细节更丰富、情景更逼真。

3.4 运用应用类技术,实现生态赋能

为了使元宇宙赋能图书馆能够出现高质量发展的趋势,应用类技术必须为图书馆虚拟空间提供生态赋能,赋能内容主要有数字经济生态、智能生态及用户与信息交互生态等。元宇宙环境下的虚拟图书馆不再是一个个互不联系的“孤岛”,而是多元虚拟空间的集合体,基于应用类技术能够保证各虚拟空间的独立的同时实现空间之间的互联互通。人工智能、智能机器人、区块链、大数据等技术必将成为图书馆虚拟空间生态赋能的关键应用类技术。

区块链技术的重要功能之一就是去中心化,这也是元宇宙核心理念的重要表述。在区块链技术去中心化的智能策略中,用户、图书馆甚至信息之间都能进行高效、广泛的协作,进而让图书馆中的智慧因素得以持续运转,不断创造价值。目前,区块链技术在图书馆数字文献馆际互借服务中得到广泛应用,促进了虚拟图书馆高质量发展,也奠定了馆际互借工作的基础。同时,人工智能与智能机器人技术相结合,能够支持图书馆形成数字人。数字人对图书馆虚拟空间的数字化管理具有重要的作用,数字人是人工智能技术对智能机器人改造的“虚拟馆员”,是图书馆在元宇宙环境中虚拟空间的管理者。

应用类技术对构建图书馆生态型虚拟空间具有巨大的推动作用。通过应用类技术的生态赋能，图书馆发挥数字经济、数字人文的双重作用，才能为现实社会持续创造新价值。虽然图书馆具备了数字生态空间环境的条件，但是生态空间中数字资源的秉持、用户与信息交互活动仍需其他各类技术的协同支持。在各类技术融合推动下，图书馆才能在元宇宙环境下实现沉浸化、智慧化服务。

4 元宇宙赋能图书馆高质量发展的服务体系的重构

4.1 构建虚拟服务空间

元宇宙技术支撑图书馆构建虚拟服务空间符合用户新阶段的实际需求。图书馆进行虚拟服务首先要具备导览功能，该功能以数字导览的方式呈现。数字导览不是传统导览的复制，而是运用元宇宙技术增加用户沉浸式体验的导览。在虚拟导览服务设计中，一方面，要注意还原真实场景，制造超现实仿真氛围，协助用户切实感受图书馆环境。另一方面，为用户提供虚拟空间接受服务权限，让用户切实融入虚拟服务空间中，并根据个人意愿构建个性化虚拟服务空间。还要注重用户接受服务体验的直观呈现，降低用户接受服务的时间消耗，同时以元宇宙技术支持虚拟服务空间的多元化属性，为用户提供信息检索、预览、交互及视频引导等多元化服务。

虚拟导览之后，图书馆需要构建虚拟展厅来提高虚拟服务空间的强度。虚拟展厅的作用是传递数字资源，提高信息资源的利用率。元宇宙技术支持图书馆展厅由实体空间向虚拟空间转化，转化后的虚拟空间更加精准地提供服务、更加快速地提供信息资源。构建虚拟展厅，可以借助3D建模技术、虚拟现实技术提高展厅服务效率和用户体验的沉浸感。提高虚拟展厅的利用率，图书馆需要为用户提供交互服务，强化服务点评，促进服务意见反馈，并在此基础上构建数字内容丰富的图书馆虚拟服务空间。

4.2 提供虚拟资源与服务

虚拟资源的优劣决定虚拟空间服务质量。元宇宙环境下，虚拟服务的实施需要数字技术的支持，也需要企业的参与。图书馆与企业合作，运用区块链技术进行数字化虚拟资源建设，提升图书馆数字产业的完整度，从而提高虚拟资源的开发效率和利用效率。目前，图书馆对元宇宙技术的应用还处于初始阶段，未来会有更多技术应用于图书馆虚拟服务中。为此，

图书馆要主动应用元宇宙技术，抓机遇，促转型，构建完善的图书馆智慧服务体系。

4.3 重构智慧管理体系

信息资源管理是图书馆核心工作，传统的信息资源管理系统技术条件有限，而元宇宙技术支撑的信息资源管理系统能够发挥主动性，为信息用户提供个性化服务，满足用户多样化信息的需求。在数字技术支撑的信息资源管理体系中，智慧设备运行代替了手工操作，信息传输效率极大提高，人力、物力得以大幅节省，管理效率稳步提升。此外，图书馆借助元宇宙技术，以大数据分析方式，解读图书馆信息传输和知识再造活跃度，准确把握用户对信息资源的需求情况，提高服务供给能力。

5 元宇宙赋能图书馆高质量发展的未来展望

元宇宙赋能图书馆高质量发展，未来出现哪些发展趋势，图书馆界学者们进行了预测。对元宇宙图书馆未来发展有哪些愿景，学者们也纷纷勾勒出美好蓝图。

5.1 元宇宙图书馆的发展趋势

1) 确立用户在元宇宙图书馆中数字虚拟身份的有效认证

在图书馆物理空间内，用户身份认证是群体性的，各群体间因信息需求特征相互关联，群体中每一个用户扮演着不同的角色，但用户的本体是独立、唯一的。在元宇宙环境中，用户凭借数字化身份参与元宇宙空间活动，用户在元宇宙空间的身份是多重的。用户在图书馆现实空间中所实现的成就和经历各自不同，当用户在元宇宙虚拟空间中以数字化的身份沉浸式体验后，回到现实世界中就会有数字化身份认同的感受，用户渴望在元宇宙中的体验，以此获得与现实空间中同等效力的价值^[13]。

2) 促进用户在元宇宙图书馆中沉浸体验

元宇宙图书馆中的虚拟场景支持、理解用户的内心感受。元宇宙图书馆以动态、多元、适宜的交互方式完成信息传递，场景促进用户表达需求，也不断满足用户需求，最终达成用户与场景的互适、互促。元宇宙图书馆还要融入全息影像叙事结构中，拥有公共社区、私人空间等社交场景，提供沉浸式的场景服务，满足虚拟空间的角色扮演和场景互换，并通过沉浸体验和交互协作，感知理想、生动的多维人生，引发用户的情感共鸣。^[14]

3) 创设用户在元宇宙图书馆中内容创造和知识共享环境

用户进入虚拟空间, 可与兴趣一致的个人建立联系, 体会阅读乐趣, 分享感知体验, 获得精神认同。在元宇宙图书馆内, 促进用户寻求价值创造机会, 吸引更多的用户投入到新价值的创造中去, 促进形成知识共享的新环境。用户可选择独立创造, 也可依据兴趣爱好集成社群并按照共识机制实施群体创造。在推动用户主动创造、协同创造并为用户带来美好感知体验的同时也能把情绪态度、创造成果带到现实世界中。^[14]

4) 推动数字产品确权和价值交换

在元宇宙环境下, 图书馆创造的价值是以数字产品的形式表现出来。数字产品是元宇宙图书馆虚拟空间中数据运作的产物, 数字产品在不断传输与交流中体现出高价值。虚拟空间中产生的各类数字产品, 将会通过云计算直接存储在云端, 用户需要的数字产品能够在现实世界和虚拟世界里双向流通。元宇宙图书馆实施数字产品流通, 不仅是为了实现其价值, 更重要的是为了促使元宇宙赋能图书馆虚拟世界。在元宇宙图书馆中, 需要在区块链技术的支持下对数字产品进行确权, 形成安全、封闭的版权链, 以此用来解决数字版权的纠纷问题。用户创造的价值将会通过数字货币进行统一衡量, 用户可以使用数字货币在元宇宙图书馆数字平台上进行信息交易, 这种虚拟空间中的经济系统互通驱动保障了元宇宙图书馆产生不断发展的动力引擎^[15]。

5) 制作数字藏品来探索资源价值重塑

元宇宙图书馆具有塑造文献藏品的数字资产功能, 以“数字藏品”产品形式促进文献资源的生产、传播和利用。图书馆收藏有丰富的古籍、地方志, 以数字藏品的形式促进图书馆资源数字资产化, 可表现出文献资源的多元化特征, 以此推动图书馆文化的传承与利用。元宇宙图书馆以区块链为数字技术基础, 支持图书馆进行文化资源的数据存储、信息传输及数据交易。这种数字藏品既能表现区块链技术对数据流通的保障, 又包涵数字资源的唯一性和数据信息的不可分割性, 完全可以实现图书馆在保留原始权限基础上的馆藏资源的利用与开发。^[16]

5.2 元宇宙图书馆的未来愿景

1) 图书馆成为一个真正的“元宇宙”

建设元宇宙图书馆, 目的在于形成一个人与场域自由融通的统一平台, 实现图书馆事与物互联的自由运行状态。未来发展的图书馆有望成为新的元宇宙平台, 其中一个文献就是一个元宇宙, 一个用户也是

一个元宇宙。元宇宙技术支持是简捷明了的, 每一个数据知识都可以嵌入元宇宙环境, 图书馆员就是领航员, 可以引导用户自由穿越, 体验更加丰富的无限人生。

2) 在元宇宙图书馆中开展知识服务

建立元宇宙图书馆信息平台, 依据图书馆虚拟空间开展知识服务是图书馆工作的重点之一。开展知识服务需要图书馆进一步完善文献资源管理体系, 促进信息资源数字化转型, 同时还要合理设置虚拟空间知识服务流程, 实现用户群体的互动交流。要探索如何利用元宇宙技术将文献内容转化为知识、在元宇宙中如何开展多元化的知识服务。^[17]未来图书馆需要实时创新知识服务模式, 对信息资源实施虚拟化、知识化建设, 确保数字化知识在多维场景被呈现、在多种场合被获取。只有这样, 知识服务才能更好地支持学术研究, 更精准地协同跨专业合作伙伴。

3) 建设智慧型的元宇宙图书馆

图书馆实施元宇宙发展战略, 关键在于建设智慧图书馆。一方面, 完成文献资源的数字化建设, 实施数字文献资产的确权, 为开展知识服务做好保障; 另一方面, 积极构建大数据资源库, 根据用户需求提供数字文献, 且最好都是经过人工智能重组后的知识, 能实现自然语言的文本描述, 而不是目前的单一的文献条目。^[18]智慧图书馆建设目标是构建孪生数字图书馆, 实现图书馆智慧执行的最高程度。为此在元宇宙环境中, 图书馆为用户建立数字身份核实平台, 使用户凭借数字身份进入图书馆虚拟空间, 同时实现图书馆知识服务的全智能。在元宇宙技术支持的智慧图书馆中, 可以实现全天候实时阅览学习, 阅读既灵活自由又有个性化, 跨越现实环境中实施全时空的交流与互动。

6 结语

元宇宙并非凭空产生的, 而是随着云计算、人工智能、区块链、大数据等技术发展到一定程度, 所衍生出来的一种新技术、新理念。元宇宙越来越受到业界的高度关注。它对于图书馆的数字化、智能化发展而言, 是一个全新的完善和补充。图书馆可以创建自媒体推广平台, 利用丰富的营销手段提升自身影响力, 明确自身的馆藏特点和服务特点, 以特色服务和鲜明品牌形象吸引读者, 为广大读者提供高质量的知识服务和阅读资源。元宇宙技术能够有效地解决图书馆发展过程中存在的一系列问题, 在未来的几年里会给图书馆数字化、智慧化建设带来持续的、创新性

的变化,也会给图书馆的资源建设、数据管理、知识服务带来变革与创新。尽管目前元宇宙技术发展还处于初级阶段,但是图书馆产业结构的不断变化、信息技术的持续完善,目前存在的问题必将得到彻底解决,从而成为图书馆事业发展不可或缺的新兴理论与技术。

参考文献:

- [1] 孙建军,李阳,裴雷.“数智”赋能时代图情档变革之思考[J].图书情报知识,2020(3):22-27.
- [2] 甄子莹,颜祥林.“数智”赋能下的科技名人档案资源整合:动因与思路分析[J].浙江档案,2021(6):29-31.
- [3] Hackl C. The decisive metaverse of today[EB/OL].(2022-03-02)[2022-11-10]. <https://www.forbes.com/sites/cathyhackl/defining-the-etaverse-today/?sh=30d7c46f6448>.
- [4] 清华大学. 2020-2021年元宇宙发展研究报告[EB/OL].(2022-01-20)[2022-11-10]. https://coffee.pmcaff.com/article/13740883_j.
- [5] 吴江,曹喆,陈佩,等.元宇宙视域下的用户信息行为:框架与展望[J].信息资源管理学报,2022(1):4-20.
- [6] Roblox C. The Preliminary Prospectus [EB/OL].(2022-1-14)[2022-11-10]. <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1315098/000119312521049767/d87104ds1a.htm>.
- [7] 向安玲,高爽,彭影彤,等.知识重组与场景再构:面向数字资源管理的元宇宙[J].图书情报知识,2022(1):30-38.
- [8] 刘革平,王星,高楠,等.从虚拟现实到元宇宙:在线教育的新方向[J].现代远程教育研究,2021(6):12-22.
- [9] Smith F A.Virtual reality in libraries is common sense[J]. Library hi tech news, 2019, 36(6):10-13.
- [10] Hahn J. Mobile augmented reality applications for library services[J]. New library world, 2012, 113(10):429-438.
- [11] Sadiku M N O, Musa S M, Momoh O D. Cloud computing: opportunities and challenges[J]. IEEE potentials, 2014, 33(1):34-36.
- [12] Anchorage Public Library. Located inside the dimond transit centerlobby[EB/OL].(2022-03-17)[2022-11-10]. <https://www.anchoragelibrary.org/about/using-the-library/hourslocations/dimond-transit-express-library/>.
- [13] 林妹,唐义.元宇宙环境下图书馆智慧转型路径探索[J].图书馆,2022(11):43-50.
- [14] 只莹莹.元宇宙图书馆:可期的另类空间[J].图书馆理论与实践,2022(5):71-76.
- [15] 喻国明.未来媒介的进化逻辑:“人的连接”的迭代、重组与升维—从“场景时代”到“元宇宙”再到“心世界”的未来[J].新闻界,2021(10):54-60.
- [16] 赵星.国家文化数字化战略与图书馆元宇宙实践[J].中国图书馆学报,2022,48(4):34-38.
- [17] 杨新涯,涂佳琪.元宇宙视域下的图书馆虚拟服务[J].图书馆论坛,2022,42(7):18-24.

Research on the High Quality Development of Metaverse Empowered Libraries

CHEN Li-hua

(Editorial office, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: he metaverse, as a social application form that integrates and interweaves virtual and real, is another technological innovation in the Internet era, providing a new direction for the high-quality development of libraries. The technical foundation of the metaverse empowering library includes access, construction, mapping, and application technologies. Based on this, the high-quality development of metaverse empowering libraries requires the construction of virtual service spaces, the provision of virtual resources and services, and the reconstruction of intelligent management systems. Through the analysis of knowledge services and the construction of smart libraries, the future prospects for the high-quality development of metaverse empowering libraries are presented.

Key words: metaverse;library;virtual space;immerse experiences;knowledge service

高校档案信息化建设策略研究

赵志杰, 赵爱学

(德州学院 档案馆, 山东 德州 253023)

摘要: 目前我国已经进入到信息化时代, 高校档案管理模式出现显著改变, 已经向信息化方向发展。为了提高档案信息化质量, 高校应加强档案信息化建设, 根据档案信息化需求优化软硬件设备、网络系统和数字化平台, 为增强档案信息化工作效果奠定良好基础。本文主要阐述了档案信息化内涵, 分析了高校实施档案信息化建设的意义, 针对高校档案信息化工作中的问题, 提出了科学的档案信息化建设策略, 使高校档案信息化工作能够保质高效开展。

关键词: 高校; 档案信息化; 建设策略

中图分类号: G270.7

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0028-04

1 引言

在信息化时代, 高校需要注重档案信息化建设, 确保高校办公自动化转型升级。现阶段大部分高校档案工作都是以电子计算机和网络技术为基础的办公自动化系统, 档案生成方式和工作模式与以往不同, 档案文件起草、签发、归档和共享等流程都是线上进行, 高校应加大档案信息化建设力度。为了确保档案信息化建设符合实际工作需求, 高校应系统分析目前档案信息化建设中存在的问题, 结合现实情况制定合理的解决措施, 提高档案信息化建设水平。

2 档案信息化概述

档案信息化是指在国家档案行政管理部门的统筹规划和组织下, 运用信息化技术转变传统档案管理形式, 提供档案信息收集、管理和提升服务水平的过程。换句话说, 档案信息化是指档案管理方式从以档案实体为重心向以档案信息为重心转变的过程, 该过程属于长期发展过程, 在这一过程中需要运用现代信息技术装备档案部门, 提升档案数字化、智能化和自动化工作效果。1980年自中国正式加入“国际档案理事会”后, 在全球档案治理体系中发挥着越来越重要的作用, 1985年全国档案工作会议提出了档案信息化基本要求: 积极稳妥、注重实效, 成为档案信息化政策体系发展指南, 2002年颁布的《全国档案信息化

建设实施纲要》提出“建设示范性数字档案馆”的思路, 随着2014年制定《数字档案馆系统测试办法》明确档案信息化建设标准, 再到2016年的《全国档案事业发展“十三五”规划纲要》指出“加快完善档案治理体系、提升档案治理能力”, 2017年印发了《政务信息系统整合共享实施方案》, 高校档案信息化发展正在走向集约化、共享化发展的快车道, 这给档案信息化工作所处的环境带来了一系列重大变化, 为我们提出了更高的要求。

3 高校实施档案信息化建设的意义

3.1 有利于满足高校运行发展需求

高校档案信息化建设是时代发展的必然趋势。高校作为人才培养主阵地, 每年都会形成大量档案, 对数据存储和调用要求较高。如果高校实施档案信息化建设, 可以运用现代化技术建设开发档案数据库, 建设档案共享平台, 确保档案资料可以实现海量存储和即时共享, 满足高校信息化发展对教学、科研和学生管理等档案资料使用需求。以山东X高校为例, 19世纪以前完全靠传统的人工记录、检索、调卷, 出现档案检索局限、时间长、效率低、情报信息弱化的现象。随着2014年制定《数字档案馆系统测试办法》后, 实施档案信息化管理, 电子档案的利用比重逐年增加, 呈现几何式增长, 如图1所示近10年山东X高校档案馆信息化的情况。

收稿日期: 2023-04-07

作者简介: 赵志杰(1975-), 女, 汉族, 山东德州人, 本科, 馆员, 研究方向为档案管理。

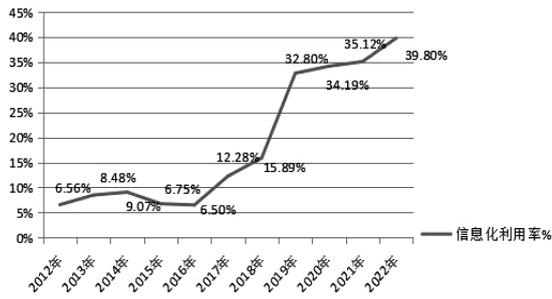


图1 山东省X高校档案馆档案信息化情况

3.2 有利于提高高校档案工作质量

以往高校档案管理是以纸质文件为主, 这些实物资料在存储的过程中受到外界环境影响, 极易出现老化、损坏或者遗失等问题。高校实施档案信息化建设, 可以有效改善纸质档案工作弊端, 运用数字化技术和计算机技术建设档案信息化工作系统, 增设档案信息保存功能, 将档案信息以电子形式录入到系统中来, 对重要档案信息进行加密处理。这样档案资料可以不受外界环境干扰长时间保存, 切实提高了高校档案工作质量。同时, 近些年高校生源较多, 档案资料数量较多, 如果仅仅依靠人力进行档案管理, 容易受到人为因素影响, 在档案信息记录、转档和保存等环节出现失误, 影响档案工作质量^[1]。档案信息化建设可以弥补这一缺陷, 高校可以将档案信息录入、分类、整理、保存和共享等工作全部转移到线上, 利用现代化技术规范各个工作环节, 避免出现人为失误, 从而有效提升高校档案工作质量。

3.3 有利于增强档案服务功能

高校档案既记录着高校建设历程和发展历程, 还涉及大量有效学术研究数据和科学成果, 对高校和社会而言都是宝贵财富。当高校实施档案信息化建设时, 可以运用数字化技术和网络技术对档案服务平台开设基础档案信息留言、共享渠道, 切实满足师生、兄弟高校、企业和社会大众等档案资料阅读需求, 进一步增强档案服务功能, 切实发挥出档案资源社会效益。经调研, 山东省X高校逐年实现档案资源向公众开放, 为师生员工提供便捷服务, 从2012年至2022年间电子档案增长率和信息化档案利用率情况如图2所示。

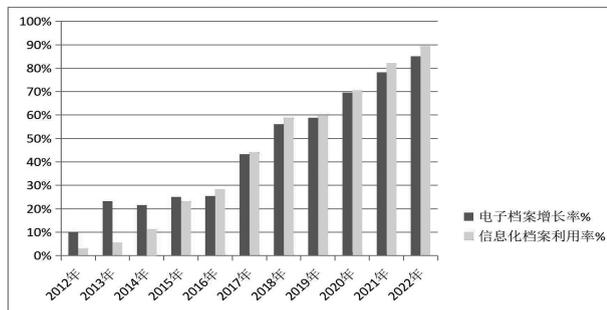


图2 近10年山东省X高校档案利用状况调查

4 高校档案信息化建设中存在的问题

4.1 高校对档案信息化建设重视程度较低

由于档案信息化建设服务性质具有不完全开放的性质, 无法在短时间内产生效益和价值, 高校领导层对档案信息化建设重视程度较低, 通常将其分配给管理层负责, 未能亲自指导档案信息化建设工作。管理层受到传统管理理念影响, 对生源管理和财务管理重视程度较高, 对档案信息化建设缺乏足够重视, 未能充分意识到档案信息化建设的必要性和重要性, 在战略层面没有制定档案信息化建设方案, 没有明确各个阶段档案信息化建设要求和建设内容, 对档案信息化建设具体工作缺乏管理。这样部分基层人员受到领导层和管理层影响, 在档案信息化建设中出现态度松懈现象, 工作行为不规范, 降低了档案信息化建设质量^[2]。

4.2 缺乏完善基础设施

高校档案信息化建设就是运用大数据替代传统纸质文字信息, 运用网络系统和计算机媒介记录、保管和共享档案信息。要想完成这一系列档案工作任务, 需要软硬件系统性能良好。但是目前部分高校在档案信息化建设中缺乏完善基础设施, 计算机设备虽然可以确保人手一台, 但是部分计算机设备年代久远, 性能较差, 无法满足档案工作需求。再者, 部分高校服务器、扫描仪和防磁声像柜等数字化硬件设备数量较少, 软件系统稳定性较差, 功能单一, 阻碍了档案信息化建设进程。

4.3 开发软件无法互用

部分高校计算机型号不同, 规格各不相同, 缺乏适合文件检索和档案信息管理的计算机管理系统, 现有的开发软件功能较少, 没有开发线上共享系统, 各部门系统独立性较强, 档案信息无法实现即时共享, 影响了档案信息化建设效率。

4.4 数据库存在不足

部分高校在档案信息化建设中, 没有从计算机信息处理技术特征和发展视角出发, 设计数据库档案管理技术标准, 建设的数据库以条目数据库为主, 全文文档信息占比较低, 只能满足单一检索查询需求, 服务类型较少, 降低了档案信息化建设服务质量^[3]。

4.5 安全保密建设有待加强

部分高校在档案信息化建设中, 侧重数字系统建设和共享平台开发, 忽视了防火墙和保密系统建设, 没有在网络系统和管理软件上设计防盗系统, 导致档案信息化安全保密建设质量较差。此外, 部分高校虽然建设了安全保密系统, 但是缺乏规范的检测标准, 再加上工作人员缺乏安全风险意识和保密意识, 在工作中没有按照安全保密规则操作各大系统和管理

软件,无疑导致重要档案信息外泄,影响了档案信息化建设的安全性。

4.6 缺乏专业的信息化人才

目前部分高校在招聘档案信息化建设人才时,没有明确专业和工作经验要求,导致招聘的档案信息化建设人才并非计算机专业或档案类专业毕业,缺乏完善的知识储备,档案信息化建设经验较少,现有工作能力无法满足高校档案信息化建设需求,影响了档案信息化建设水平。甚至部分高校档案信息化建设人才是以兼职为主,岗位人才流动性较大,整体档案信息化建设团队专业化水平偏低。

5 高校档案信息化建设策略

5.1 提高高校对档案信息化建设重视程度

首先,领导作为高校引导者,应从思想层面上高度重视档案信息化建设工作,以高校整体发展规划为主导制定档案信息化建设任务书,要求管理层和有关人员按照任务书有序开展档案信息化建设工作。其次,管理层应充分发挥管理职能,根据领导层档案信息化建设要求,提高对档案信息化建设重视程度,结合档案信息化建设现状制定管理方案,动态监管档案信息化建设工作开展情况,并将监管内容和档案信息化建设工作实施进程记录下来,定期上报给领导层,按照领导层指示不断改善档案信息化建设方案,确保档案信息化建设工作能够快速保质完成^[4]。最后,高校应通过内部宣传的方式,提高基层人员对档案信息化建设重视程度,在微信公众号上大力宣传档案功能和现代化设备工作优势,讲明档案信息化建设对高校发展的积极影响,通过图文结合的方式定期将有关知识点上传到微信公众号上来,使基层人员在阅读中能够深刻感受到高校对档案信息化建设的重视程度,从而在今后以积极认真的态度参与到档案信息化建设中来,提升档案信息化建设质量。

5.2 完善基础设施

高校应按照档案信息化建设需求设置年度专项经费,将档案信息化建设所需资金列入预算中来,加大资金投入力度,为基础设施建设提供充足的资金支持。同时,高校应要求管理层系统调研档案部门现有硬件设备类型、数量、性能和型号等,统计需要更换的设备信息,积极引进性能强的计算机、扫描仪和刻录机等硬件设备,为档案信息化建设提供良好的办公环境。再者,高校应根据现代化技术发展潮流,分析现有软件系统缺陷,积极组织专业的信息技术人员负责升级软件系统,引入功能多、稳定性良好的软件系统,增设邮件服务器、音视频转换存储服务、WEB服务器和备份服务器等,切实提高档案信

息化建设效果。此外,高校应做好基础设施维修保养工作,定期组织专业的信息技术人员负责硬件设备检修,软件系统升级更新等工作,如果发现部分软硬件设备损坏较大,应及时上报处理,确保基础设施符合档案信息化建设需求^[5]。

5.3 丰富软件功能

高校要想丰富软件功能,可以发挥校园网络互通优势。首先,分级鉴定档案资源,运用信息化录入、直接扫描或者微缩胶片转换等方式,对现有档案资源进行数字化转换,并将转换后的数字资源统一整合到档案数据库中来。其次,高校可以运用校园网接收电子文档,对电子文档资源进行一体化建设,开设校内文件材料网络传递、保存、立卷、归档和查阅等功能,利用校园网和其他高校档案网站链接,建设档案工作信息平台,拓展高校档案资源共享范围。最后,高校可以运用现代化技术建设部门业务管理系统,实现各部门档案信息互通目标,这样档案部门可以根据工作需求在各业务管理系统提取数据信息,实施档案信息网上接收管理,强化高校档案信息化建设质量。为了确保各部门提供的档案信息真实性和完善性,高校可以利用数字化校园网络,通过前端介入对各部门生成的电子文件和档案进行网络监控,并建设办公自动化系统和档案管理系统,将两个系统组合起来,科学保存和管理数量众多的档案资料,保障档案信息全面性,便于今后为师生校友提供更好的档案服务。

5.4 推进数字化馆藏建设

一方面,高校可以立足目录优先原则建设数字化馆藏,将现有馆藏档案目录信息化,建设馆藏档案目录数据库,开发全馆档案资源信息化检索功能,针对档案管理系统目录检索需求,加强全文检索、线上阅览和共享服务功能建设,实现目录和全文检索的全数据库文档覆盖,力求最大限度为不同群体提供快速、及时、准确的档案服务。另一方面,高校应转换档案保存形式,将现有的纸质文档和实物资料,通过文件袋整理、电子扫描、录入、整理和保存等方式,将其扫描成双层PDF,为后期档案信息查询和共享奠定良好基础。此外,高校应动态完善数字化馆藏档案,按照高校发展现状和各部门提供的档案信息,有计划地利用数字化技术对各类档案资源进行分类整理,按照数字化档案目录分类标准依次保存,提高数字化馆藏内容的完整性^[6]。

5.5 加强安全保密建设

近年我国数字化技术和网络系统处于发展阶段,安全保密性能较差,高校在档案信息化建设中应加强安全保密建设,防止重要档案信息受到黑客攻击或者病毒侵扰,切实保护档案信息的安全性。第

一,高校应要求有关人员在档案计算机设备上安装防盗系统、病毒查杀软件,要求档案人员定期升级网络系统,做好病毒查杀工作。第二,针对现有网络性能建设防火墙系统,组织有关人员不定期更新系统监管范围,提高网络系统的安全性。第三,应针对重要档案资源设置加密系统,明确加密系统登录权限,避免重要档案资源外泄。第四,应在档案工作系统上建设风险预警系统,在建设系统前期组织专人负责调研工作,深入了解各个档案工作环节极易出现的安全保密问题,深究各项问题引发根源,根据调研结果设计风险预警标准和提示内容。如果档案人员在后期出现操作行为不规范现象,风险预警系统可以根据前期录入程序进行提示,引导档案人员纠正不良操作行为。这样不仅可以提升档案工作质量,还能增强档案信息化建设的安全保密性。

5.6 强化档案信息化人才综合素质

首先,通过对外招聘的方式,招聘计算机专业或者档案类专业毕业的专业人员,在面试中着重考查应试者的档案信息化建设能力,根据面试结果选拔出综合素质强的档案信息化人才。其次,利用教育培训的方式,强化档案信息化人才综合素质。组织管理层负责讲解档案信息化建设内容和要求,讲明现阶段高校实施的档案信息化建设方案,这样档案信息化人才可以在培训中明确建设思路,为提高档案信息化建设质量奠定良好基础。再者,提供大量专业化培训机会,与知名高校或者知名企业联手,为档案信息化人才提供学习渠道,要求其在规定时间内前往指定高校或企业进修学习,使档案信息化人才在进修学习中完善知识体系,积累工作经验,不断强化综合素质。最后,通过考证激励手段,按照档案信息化人才证书持有数量和含金量制定绩效奖惩标准,以此调动档案信

息化人才自主学习性,使档案信息化人才在参与考证中能够全面提升综合素质。

6 结语

综上,档案信息化建设能够有效满足高校运行发展需求,提高档案工作质量,高校应重视档案信息化建设工作。为了确保档案信息化建设水平,高校既需要充分吸收档案部门在信息化建设中形成的新理念、新技术和新经验,还需要系统分析现阶段档案信息化建设中存在的问题,结合现状设计合适的档案信息化建设策略,提高高校对档案信息化建设重视程度,完善硬件基础设施并提升软件互用性,推进数字化馆藏建设、安全保密建设,加强档案信息化人才综合素质,运用多种方法改善档案信息化建设方式,切实提高档案信息化建设质量。

参考文献:

- [1] 李晓宇. 计算机网络技术在高等学校学籍档案管理信息化建设中的应用[J]. 科技传播, 2019(19): 130-131.
- [2] 郝小艳. 医院人事档案管理信息化建设中存在的问题及对策探究[J]. 现代交际, 2019(7): 235.
- [3] 郑彩云, 向少华. 基于大数据的高等学校档案管理信息化建设探讨[J]. 开封教育学院学报, 2019(8): 215-216.
- [4] 黄超平. “互联网+”背景下的人事管理信息化建设思考[J]. 人力资源, 2019(16).
- [5] 张荣. 实施文档一体化管理推进高校档案信息化建设[J]. 办公室业务, 2017(23): 123.
- [6] 张祝杰. 高校档案信息化建设的探讨[J]. 办公室业务, 2017(18): 104-105.

Research on the Strategies of University Archives Informatization Construction

Zhao Zhi-jie, Zhao Ai-xue

(Center of archives, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: In recent years, China has entered the era of informatization, since the archives management mode of colleges and universities has changed significantly and started to develop in the direction of informatization. Ultimately, the goal is to improve the quality of archives informatization. In order to improve the quality of archives informatization. Universities should strengthen archives informatization construction by optimizing software and hardware equipment, network system and digital platform on demand so as to lay a solid foundation for enhancing the effect of archives informatization work. This paper mainly elaborates the connotation of archives informatization by analyzing the significance of implementing archives informatization construction in universities, and puts forward some scientific strategies for the current situation of archives informatization work in colleges and universities, so that it can be carried out with high quality and efficiency.

Key words: universities; archives informatization; construction strategies

深孔内抛物面数控镗刀设计

谭德宁

(山东华宇工学院 机械工程学院, 山东 德州 253034)

摘要: 根据深孔内抛物面底孔的尺寸要求, 设计了深孔内抛物面镗刀的整体结构, 介绍了实现深孔内抛物面加工的机械结构。总体上由数控镗刀装置组成, 交流伺服电机通过减速装置控制进给量, 菱形刀片一边以镗刀装置的销轴做圆周运动, 工件一边也在做回转运动, 再配合镗杆的轴向运动, 数控系统通过插补软件包控制数控镗刀装置做有规律的抛物线运动, 两轴联动就加工出了深孔内抛物面, 值得在全国推广使用。

关键词: 深孔内抛物面; 数控镗刀; 插补计算

中图分类号: TG523

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0032-07

目前, 已有技术是TK2120数控深孔钻镗床, 只能加工等直径孔: 通孔、盲孔, 也可加工阶梯孔。在加工精密深孔零件时, 可以用刮滚组合刀具替代滚压头来提高生产效率。目前已经出现了深孔内球面加工的方法。但是, 用户又提出了新的要求, 需要加工抛物面形状的底孔, 用普通深孔机床加工无法实现, 于是设计了一种加工深孔内抛物面的数控镗刀装置, 满足了特殊加工要求。

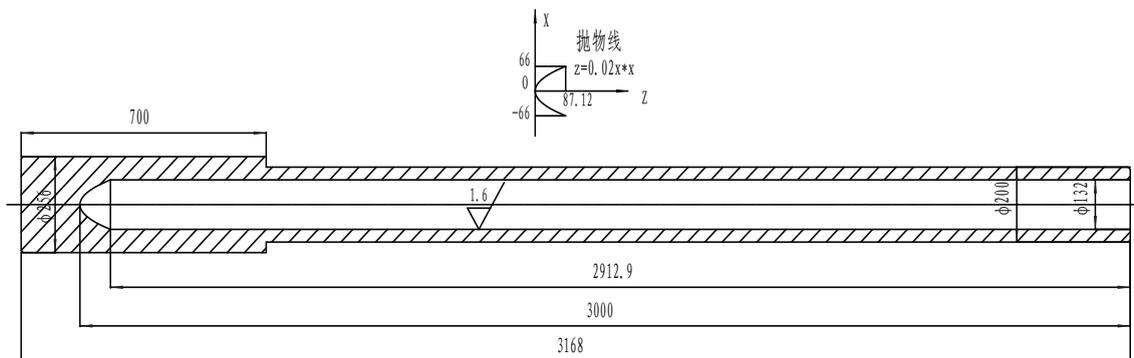


图1 加工零件图

图1为常州万山机械有限公司的一种零件, 在镗 $\phi 132\text{H}7$ 深3 m处的盲孔时需进行内抛物面的底孔加工, 要求底孔和直孔表面粗糙度为 $Ra1.6 \sim 3.2 \mu\text{m}$, 材料为40CrMn合金钢。下面介绍一种专用数控镗刀装置, 论述如下:

1 深孔内球面镗刀的方案设计

从图1可知, 直孔的底部为内抛物面。方案设计时查看了各种技术资料, 网上也查看了各种关于“深孔内抛物面加工”的内容, 找不到在深孔机床上加工内抛物面的相关刀具(孔深3-10 m)。综上所述, 采取继承和创新的设计原则, 拟定了初始方案: 深孔内抛物面镗刀包括深孔内抛物面预加工钻头、数控镗刀装置。深孔内抛物面预加工钻头是仿抛物形钻头, 为后面加工做预加工准备的; 数控镗刀装置由镗头、镗杆和驱动机构组成, 通过工件旋转、菱形镗刀的圆周运动和数控镗刀装置的轴向移动, 复合运动形成内抛物面加

收稿日期: 2023-03-07

基金项目: 山东华宇工学院2021年校级协同创新中心“智能装备技术研发协同创新中心”

作者简介: 谭德宁(1967-), 男, 湖南人, 教授, 从事机械制造及自动化方向的研究。

工。采用工件旋转、镗杆固定不旋转只轴向移动、后授油（镗杆内部供油）和授油器前部排屑斗冲屑的加工方式。^[1]

2 深孔内抛物面数控镗刀设计

2.1 深孔内抛物面预加工钻头

深孔内抛物面工艺步骤有一定难度，必须满足如下要求，如图2所示：

1) 先用 $\phi 110$ 深孔钻头钻孔，底孔端面形状为W型，如图a)所示，W型形状不适合直接采用深孔内抛物面镗刀装置进行内抛物面加工，局部加工余量过大，容易崩刃打刀；

2) 必须采用 $\phi 131.5$ 仿抛物面形钻头先将W型底孔加工成类似内抛物面的形状，如图b)所示，由于轴向为87.12大于径向半径66，仿抛物面形钻头不能做出全长结构，否则会在最深处打刀，源自实际经验。只能设计成轴向长度63.6的仿抛物面形钻头，由2段对称直线和1段圆弧R65.5组成；

3) 如图c)所示，剩下轴向23.6为待加工量，只能通过数控镗刀多次加工逐渐逼近，需要14次往复加工，最后实现抛物面的加工要求。^[2]

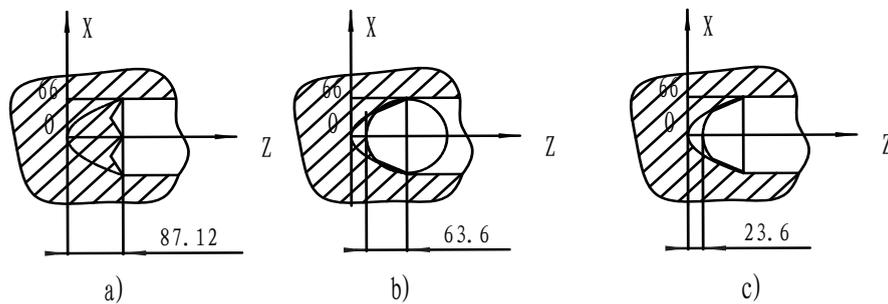
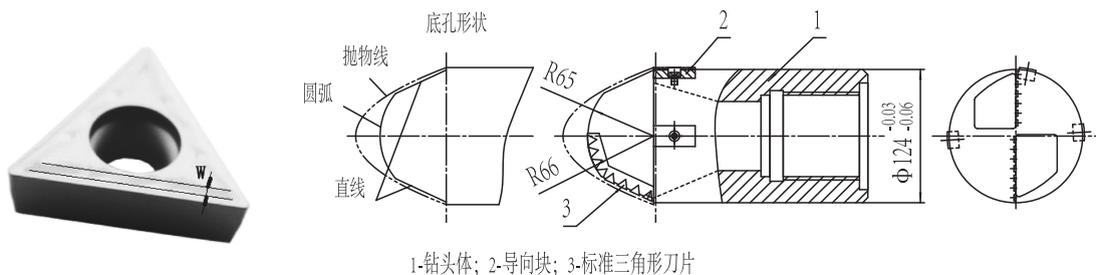


图2 底孔加工工序

深孔内抛物面预加工钻头为仿抛物形钻头，采用了机加式刀片，一旦磨损或崩刃只需更换三角刀片，有2个排屑孔。如图3所示，主要由钻头体1、导向块2和三角形刀片3等组成，加工时导向块2与工件内孔有0.02~0.03 mm的间隙，起支承作用，刀片的断屑台宽度W和深度H通常为1~2 mm和0.4~0.5 mm。深孔内抛物面预加工钻头是预加工阶段，为内抛物面镗削加工做铺垫的，使加工切削余量变动量在0.4 mm内，如图3左端所示，只能做成实线所示结构而不能做成双点划线结构，否则无法正常镗削。该深孔钻头的缺点是加工时突然抖动会使中心部位刀片容易打刀，钻头体1需要有一定的强度和硬度，刀片的压紧螺钉不至于失效。^[3]



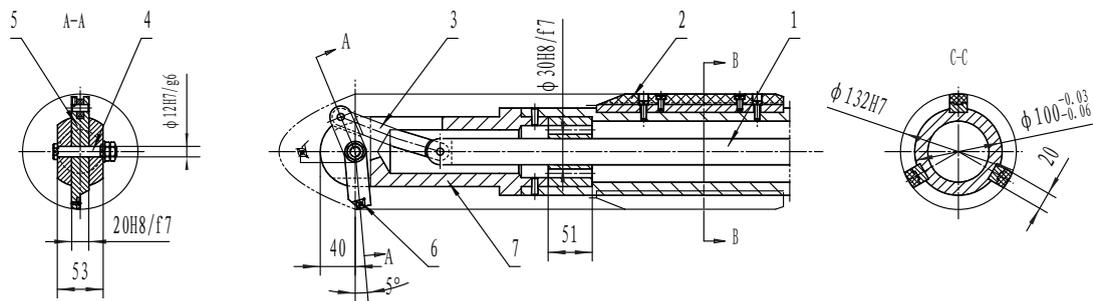
1-钻头体；2-导向块；3-标准三角形刀片

图3 深孔内抛物面预加工钻头

2.2 深孔内抛物面数控镗头

数控镗头如图4所示，镗刀前端装有一个销轴4，刀杆5可绕着销轴4旋转，刀杆一端安装菱形刀片6，刀杆另一端和连杆3相连接，通过转销连接，镗头中的芯轴1和连杆3连接，也是通过转销连接，只要芯轴移动刀杆便绕着销轴圆心做圆周运动，镗头的镗刀体7上有3个成120°均布的导向块2，刀片6为菱形涂层机夹式

刀片，芯轴1的正确位置由导向块2保证。^[3]



1-芯轴；2-导向块；3-连杆；4-销轴；5-刀杆；6-菱形刀片；7-镗刀体

图4 深孔内抛物面数控镗头

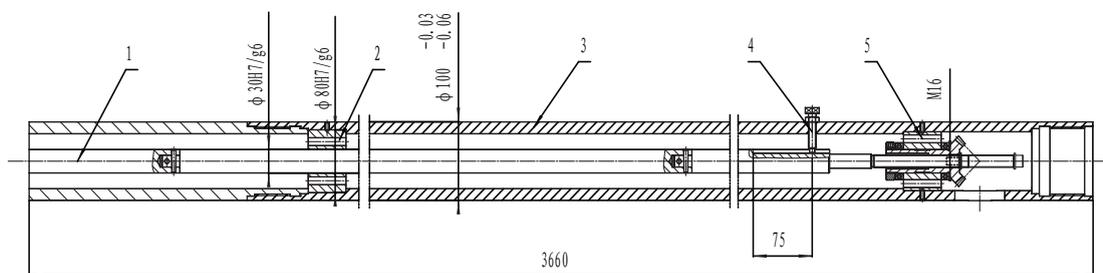
该数控镗头的结构特点：

- 1) 刀片6的旋转运动依靠芯轴1的轴向移动实现；
- 2) 刀片6为菱形涂层机夹刀片，这样便于实现尖刀精镗加工，表面粗糙度好；
- 3) 销轴位于孔的中心，这样刀杆只要旋转90°即可完成整个内抛物面的加工；
- 4) 该结构有一定的调整范围，只需更换刀杆和导向块2就可实现不同直径的内抛物面的加工。

数控镗头由于刀杆可绕着销轴做圆周运动，菱形刀片也做圆周运动，再复合工件的旋转和镗杆的轴向移动，既可展成内抛物面的成形。为了使刀杆有足够的强度和一定的刚性，采用40CrMo材料，热处理：T235，可得到很好的机械性能。

2.3 深孔内抛物面镗杆

如图5所示，镗杆内的芯轴1与镗头的芯轴是通过销连接的，镗杆内的芯轴1通过支承套2固定在正确的回转中心位置上，为滑动轴承结构，支承套2材料为铸造锡青铜QSn6-6-3；镗杆由几段组成，采用双头矩形螺纹连接可承受很大的扭矩，单根镗杆长一般不超过3m，便于加工制造，芯轴1后部(图示右侧)上加工有键槽，与镗杆3连接的螺钉4插在键槽上，间隙配合，使芯轴1不能相对镗杆转动只能移动，这样就阻止了芯轴1的转动，只能轴向移动；支承套2有4个过油孔，同时螺母5（即伞齿轮）一部分通过内孔H7/g6配合支承芯轴，螺母也有过油孔，另一部分与芯轴1锥销连接。^[4]



1-芯轴；2-支承套；3-镗杆；4-螺钉；5-螺母

图5 深孔内抛物面数控镗杆

对于镗刀的径向走刀，一方面是依靠镗杆内部的芯轴做轴向移动实现，另一方面镗杆做轴向移动实现。芯轴由数节通过锥销相连，镗杆3采用双头矩形螺纹连接，与普通镗杆连接方式相同，因此镗杆可以通过改变节数来加长或减短。镗杆不旋转、芯轴轴向移动，芯轴上开有键槽，连接在镗杆上的定位螺钉插在键槽上，间隙配合，确保芯轴不能相对镗杆转动只能轴向移动。支承套设有过油孔可以通油，从图7所示镗刀总体结构可知，加工时切削液从镗杆内孔前部流入被加工零件的内孔底部，然后将切屑从内孔排出，流入出口处下面的排屑斗。镗杆3采用40Cr磨削制造，热处理T235，表面渗氮处理；芯轴45磨削制造，热处理T235即可。

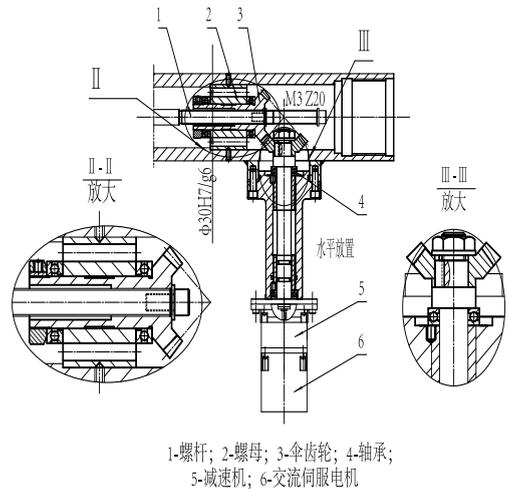
2.4 深孔内抛物面加工的驱动装置

驱动装置如图6所示，由螺杆1、螺母2、伞齿轮3、轴承4、减速机5和交流伺服电机6组成。驱动装置由一对伞齿轮3、螺杆2和螺母1组成，交流伺服电机6带动一对伞齿轮3转动，螺母1转动使芯轴只能轴向移动（螺纹传动），伞齿轮将运动关系进行了90°的转化，实现了驱动装置的安装；伺服电机6与减速机5相连，减速机传动比为1:8，为小间隙精密减速机；伺服电机6旋转一圈芯轴进给量为0.25 mm（螺距2 mm），那么轴向进给量就可由伺服电机控制。^[4]

伺服电机带动伞齿轮旋转通过螺母转动使芯轴轴向移动，这样可以控制镗刀均匀的旋转，即均匀的径向进给吃刀。这一对伞齿轮依靠成90°的连接体保证垂直方位，需要工艺镗削镗杆端面来保证，也可以通过修磨配合面来调整，否则，这一对伞齿轮啮合时别劲、抖动，不仅会使内抛物面加工表面产生振纹，也会影响内抛物面加工时的表面粗糙度。

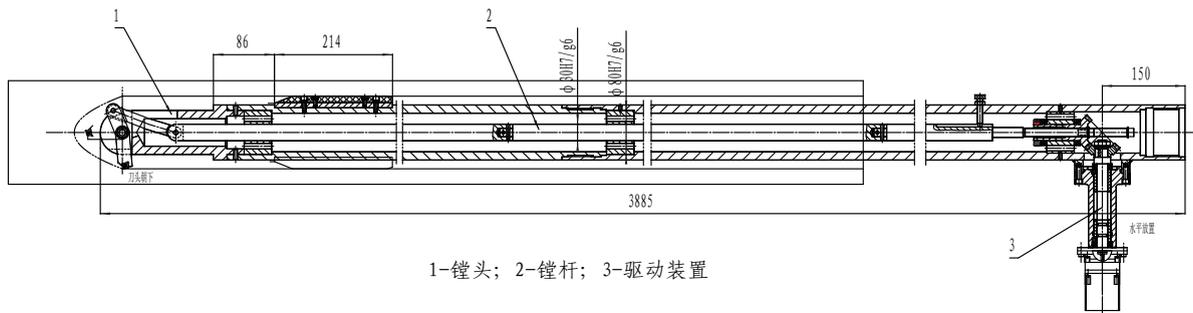
2.5 深孔内抛物面镗刀的总体结构

如图7所示，总体结构主要由镗头1、镗杆2和驱动装置3等组成。镗头1和镗杆2采用H7/g6配合销轴连接，这样加工精度高；镗杆2和驱动装置3止口通过H7/g6间隙配合，法兰盘采用螺钉连接，这样能保证伞齿轮的正确啮合。



1-螺杆; 2-螺母; 3-伞齿轮; 4-轴承; 5-减速机; 6-交流伺服电机

图6 驱动装置



1-镗头; 2-镗杆; 3-驱动装置

图7 镗刀总体结构

镗刀总体结构安装在镗杆固定架、镗杆支架（若干个）和授油器导向套上，一般3 m一个支承点，确保不弯曲；镗杆固定架机动进给使数控镗刀装置也随着进给运动，这是通过交流伺服电机驱动减速器带动滚珠丝杠旋转实现Z轴向运动。上图的驱动装置远离操作者（机床的后部），这样进行深孔内抛物面加工就容易走线了，采用工件旋转、数控镗刀装置轴向进给的加工方式，导向块选用夹布胶木，因为胶木有弹性，与工件内孔无间隙配合，加工时的振动就不会使刀片崩刃，即使偶而崩刃，只需更换一片标准菱形刀片就可，不用更换整个刀体（降低成本），能保证连续工作；在实际加工中，安装好工件后，工作时先供切削液，从镗杆的内孔进入切削区，属于外排屑方式，通过对首件工件的加工，检测镗削的内抛物面实际半径与理论半径值的偏差，可以通过调整刀杆与菱形刀片的距离来解决，需重新制做刀杆保证；考虑到经济性，可以在刀杆与销轴之间安装偏心套，根据测量半径的偏差来确定偏心套偏心量大小，转动偏心套的角度调整合适距离。^[1-2]

采用深孔内抛物面镗刀机构加工时，需要对轴向进给深度进行控制，如图4所示，镗刀杆初始位置应偏离垂直方位5°，确保在引入刀具时刀尖小于内孔直径就不会划伤已加工内孔表面；控制伺服电机旋转，使镗刀杆摆到垂直方位，然后在工件端面安放一个10 mm厚的校对块，开始时慢速移动镗杆使镗刀杆碰到校对块侧面，此时为起始位置；然后整套镗刀装置轴向移动2912.9+10 mm；镗杆固定架机动进给，无论采用滚珠丝杠传动还是齿轮齿条传动方式，交流伺服进给电机转动一圈镗刀装置轴向移动量是固定值的；由于光电编码器半闭环控制，数控系统能记住转动的圈数，这样可以通过数控系统控制实际加工深度。

用深孔内抛物面镗刀机构加工时, 工艺上需要进行11次粗镗加工、2次半精镗加工和1次精镗加工。每次粗镗加工余量为2 mm, 半精镗加工余量分别为1.2 mm、0.34 mm, 精镗的加工余量为0.06 mm, 这样既能保证不出废品, 又能获得最好的表面粗糙度, 起到修光的作用, 表面粗糙度为Ra1.6 ~ 3.2 μm; 全部过程由自动编程完成, 数控自动加工完成。

3 插补计算

从机械原理上说, 镗刀体是通过曲柄连杆机构由拉(芯)杆带动镗刀做圆周运动的, 要想进行插补计算, 需要分两步: 1) 计算镗刀体转动θ角后, 刀尖的X、Y坐标值与芯轴轴向移动量ΔZ的关系; 2) 计算由镗刀尖的圆弧坐标点如何变成抛物线的坐标点。数控系统厂家可以根据给出的计算公式编制专用插补软件包, 实现抛物线的插补加工。^[5-6]

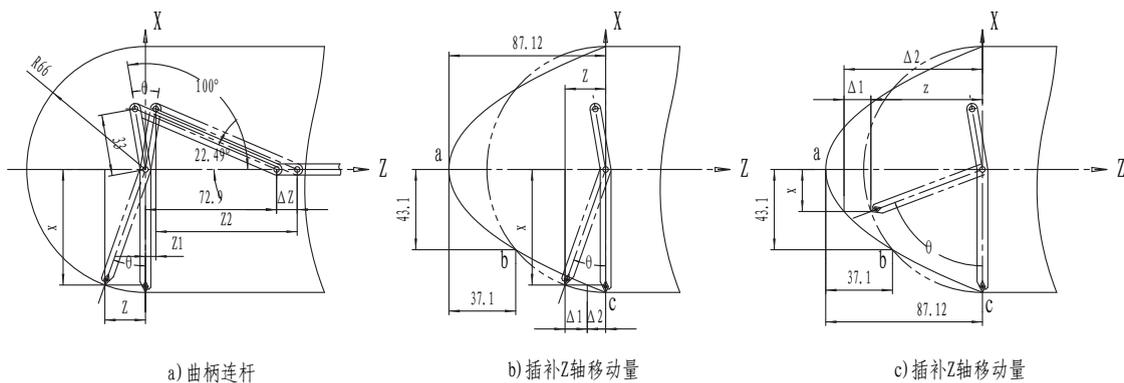


图8 插补运动图

3.1 拉(芯)杆轴向移动量ΔZ与刀尖X、Z坐标的关系

如图8所示, a)图为镗刀体通过曲柄连杆机构由拉(芯)杆带动镗刀做圆周运动的, 当镗杆体转过θ角时:

$$X = 66 \cos \theta, \quad Z = 66 \sin \theta$$

$$\Delta Z = Z2 - 72.9 - Z1 = 33 \sin(100^\circ - \theta) / \tan 22.49^\circ - 72.9 - 33 \cos(100^\circ - \theta)$$

ΔZ为芯轴的轴向变动量, θ角为镗杆体转过的角度。

从上述公式可知, X、Y和ΔZ与θ角有三角函数关系, 也就是说X、Y变了ΔZ就随之变化, 那么, X轴交流伺服电机控制ΔZ值就控制了刀尖的X、Y坐标值。

3.2 刀尖X、Y坐标转化为抛物线上的Z轴变动量(bc段)

如图8所示, b)图为bc段内的差补Z轴变动量, 刀尖需要移动Δ1才能转化到抛物线上, 此时需要镗杆Z轴正向移动, 由另一个Z轴交流伺服电机通过减速机驱动滚珠丝杠实现向右运动。抛物线方程 $Z = 0.02 X^2 - 87.12$ 。

$$X = 66 \cos \theta, \quad Z = 66 \sin \theta$$

$$\Delta 1 = Z - \Delta 2 = 66 \sin \theta - 0.02 (66 \cos \theta)^2 + 87.12$$

Δ1为镗杆Z轴变动量。

3.3 刀尖X、Y坐标转化为抛物线上的Z轴变动量(ab段)

如图8所示, c)图为ab段内的差补Z轴变动量, 刀尖需要移动Δ1才能转化到抛物线上, 此时需要镗杆Z轴负正向移动, 由另一个Z轴交流伺服电机通过减速机驱动滚珠丝杠来实现向左运动。抛物线方程 $Z = 0.02 X^2 - 87.12$ 。

$$X = 66 \cos \theta, \quad Z = 66 \sin \theta$$

$$\Delta 1 = \Delta 2 - Z = 0.02 (66 \cos \theta)^2 - 87.12 - 66 \sin \theta$$

Δ1为镗杆Z轴变动量, 此时镗杆Z轴向左运动。

4 数控系统

如图9所示为由16位或32位单片机组成的用于机床控制的通用型数控系统，为目前最普遍的MCS-96系列单片机或其它Intel公司产品，通过I/O接口电路与2轴一体交流伺服驱动器MDS-B-SVJ2相连，驱动X轴、Z轴交流伺服电机。32位微控制器的应用领域随着时代变迁也将越来越广泛，而16位单片机夹在8位和32位之间，发展空间将会越来越小。

X轴为芯轴的轴向移动量；Z轴为进给拖板的轴向移动量。通过两轴联动实现抛物面的加工。^[7]

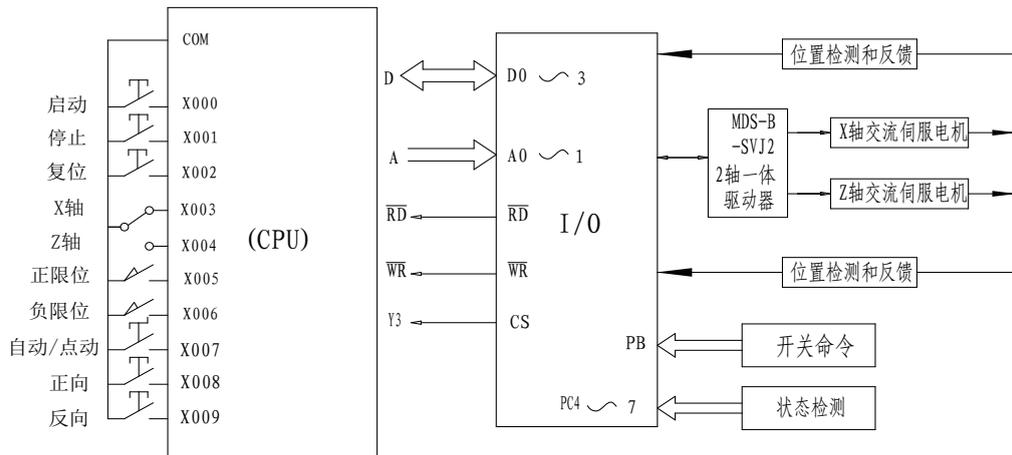


图9 数控系统

16位单片机特别适用于各类智能化加工系统，如工业控制系统、伺服驱动系统、变频调速电机自动控制系统等。由于是抛物面的曲面加工，需要在购买数控系统的时候与数控公司协商好，开发上面所述的插补软件包并安装在数控系统里面，与圆弧插补类似的插补软件，这样就多了一种专业的抛物面插补功能，也是一种软件功能扩展。^[8-9]

5 结语

在数控深孔钻镗床TK2120上进行了数控深孔镗刀装置与数控系统有机结合，通过数控化改造设计，实现X轴、Z轴联动进行抛物面的内孔镗削，表面粗糙度可达到 $Ra1.6 \sim 3.2 \mu\text{m}$ ，在孔深 $\leq 10 \text{ m}$ 上进行内抛物面的深孔加工，保证加工质量，解决深孔内抛物面加工的难题，使深孔加工技术又迈上了一个新台阶。该结构为专用数控深孔镗床，使用方便、定位可靠和通用性好，只需更换刀杆、导向块和镗杆就可以满足一定变化范围的不同直径、不同深度的深孔内抛物面加工，可以在国内推广使用。^[10]

参考文献：

- [1] 王世清. 深孔加工技术[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2003: 200-207.
- [2] 王峻. 现代深孔加工技术[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2005: 258-260.
- [3] 陈心昭. 现代实用机床设计手册[M]. 机械工业出版社, 2006: 890-920.
- [4] TS2120数控深孔钻镗床产品图纸[S]. 德州三嘉机器制造有限公司, 2010(8).
- [5] 熊军. 数控机床原理与结构[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007: 274-275.
- [6] 张俊生. 金属切削机床与数控机床[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994: 130-136.
- [7] 李福生. 实用数控机床技术手册[M]. 北京: 北京出版社, 1995.
- [8] 吴祖育, 秦鹏飞. 数控机床[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000.
- [9] 刘广强, 李俊男, 郭龙鑫, 等. 大中型转炉用六孔双结构氧枪的工业实验[J]. 德州学院学报, 2021(4): 35-38.
- [10] 谭德宁, 张志恒, 李洋, 等. 深孔内球面镗刀装置的设计[J]. 制造技术与机床, 2018(9): 140-143.

The Design on CNC Boring Tool of Inner Paraboloid in Deep Holes

TAN De-ning

(College of Mechanical and Engineering, Shandong Huayu University of Engineering, Dezhou Shandong 253034, China)

Abstract: According to the size requirements of the inner paraboloid underport in deep holes, the overall structure of the inner paraboloid boring tool in deep holes was designed, and the mechanical structure for machining the inner paraboloid in deep holes was introduced. Generally, it is composed of a CNC boring tool device. The AC servo motor controls the feed rate through the deceleration device. While the diamond shaped blade is making Circular motion with the pin axis of the boring tool device, the workpiece is also making a rotary movement, and then it cooperates with the axial movement of the boring bar. The CNC system controls the CNC boring tool device to make regular parabolic movement through the interpolation software package. The inner paraboloid in the deep hole is processed through the linkage of two axes, which is worth popularizing nationwide.

Key words: inner paraboloid in deep holes; the CNC boring tool; interpolation calculation

(上接第21页)

Single Pulsar Classification Research Based on OffsetHighlights Signal Augmentation Algorithm

HU Yu^{a,b}, MA Shuo^a

(Dezhou University a. School of Computer and Information; b. Institute for Astronomical Science, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: Observational activities in the field of time-domain radio often generate huge amounts of data. With the continuous development of deep learning techniques in recent years, it has become a mainstream method to develop automated methods to identify possible single-pulse candidates in the massive data stream. Compared with traditional pulsar search methods, using techniques in the field of deep learning can shorten the search time and improve the search efficiency, while achieving extremely high prediction accuracy. In this research, we present a pixel offset highlight approach which utilize EfficientNet-B0 as the backbone network with a pre-trained model on ImageNet. It can directly handle the raw, high-resolution temporal information from the FAST radio telescope without dispersion, and this method can also be applied to the discovery of FRB candidates. Experimentally, our method is proven to attain a recall rate of 92% and an accuracy rate of 90.1% on FAST datasets, and the OffsetHighlights signal augmentation algorithm proposed in this paper improves the Recall of EfficientNet by 45.8%, Precision by 17.5%, Accuracy by 26.3%, and F1-score by 31.1%.

Key words: single pulsar classification; transfer learning; EfficientNet-B0; OffsetHighlights signal augmentation

传统桑文化对夏津椹果特优区古桑树群保护和传承的影响分析

尹训刚^{1,2}, 周振亚¹

(1. 中国农业科学院 农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 夏津县大数据中心, 山东 德州 253200)

摘要: 夏津椹果特色农产品优势区是目前全国308个国家级特优区之一, 拥有中国树龄最高、规模最大的古桑树群, 古桑树群被认定为全球重要农业文化遗产。本文立足特优区文化价值开发不足的现状, 在实地调研和查阅文献的基础上, 从我国传统桑文化影响视角, 探究夏津椹果特优区古桑树群保留至今的内在逻辑, 发现技术保障、文化认同、精神统摄、情感共鸣、精神寄托是推动特优区劳动人民世代植桑、敬桑、畏桑、爱桑的精神动力和重要机制, 从而实现了古桑树群的传承与保存。鉴古知今、继往开来, 在此基础上, 提出挖掘历史文化、强化传承发扬、推进开发利用等建议, 为特优区多元化综合发展提供理论支撑和参考依据。

关键词: 传统桑文化; 夏津椹果特色农产品优势区; 古桑树群; 保护和传承

中图分类号: S888 K203

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0039-07

1 引言

“特色农产品优势区”的概念最早出现于2017年中央一号文件《国务院关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见》中。建设特色农产品优势区是推动农业供给侧结构性改革、提高农业供给体系质量和效率、拓宽农民增收渠道的有效途径, 对丰富和优化农业结构、带动区域经济增长具有重大意义。“十三五”时期, 我国共认定308个国家级特色农产品优势区, 夏津椹果特色农产品优势区是其中唯一一处以椹果为主要产品的国家级特优区, 其核心区域为400公顷, 拥有迄今所发现的中国树龄最高、规模最大的古桑树群, 曾于2014年和2018年被认定为“中国重要农业文化遗产”和“全球重要农业文化遗产”。古桑树群是夏津椹果特优区的物质载体, 更是文化内核, 研究古桑树群传承与发展的原因是揭示夏津椹果特优区形成机制的重要方面。关键在于, 夏津椹果特优区的古桑树群为什么能够延续数百年甚至上千年? 古桑树群作为一项稳定的农业生态系统, 其形成需经历漫长而复杂的过程, 是

自然、地理、经济、政治、社会、文化等多重因素遵循一定规律共同作用的结果。仅从文化因素分析, 它对果园的作用, 短期内具有隐蔽性, 但对其长期的演变和发展却具有重要意义^[1]。现实中, 特优区的经济效益和生态效益备受关注, 而文化的作用和价值却容易被忽略, 本文在调研走访和查阅文献的基础上, 从传统桑文化的影响视角, 探究夏津椹果特优区古桑树群传承至今的内在逻辑, 以期筑牢文化根基、赓续农桑文脉、挖掘时代价值, 为特优区的全面可持续发展提供理论支撑。

2 夏津椹果特色农产品优势区概况

夏津椹果特色农产品优势区位于山东省夏津县, 现有果桑种植面积3580公顷, 其核心产区所在的夏津黄河故道森林公园是2000多年前古黄河遗迹, 面积8533.3公顷。历史上, 黄河在数次改道过程中, 曾两度流经夏津, 分别为第一次大改道(公元前602年~公元11年)和第三次大改道(公元1048年~1194年)时期, 累计在夏津行水近800年, 为该区域带来了大量沙质沉淀物, 留下约30万亩黄

收稿日期: 2023-03-01

基金项目: 农村农业部特色农产品优势区评估与农产品产销对接分析项目(11210016)

作者简介: 尹训刚(1981-), 男, 山东夏津人, 硕士, 研究方向: 农业区域发展。

通讯作者: 周振亚(1981-), 男, 河北河间人, 博士, 研究方向: 农业区域发展、农业项目评估、农业品牌建设。

河故道沙河地^[2]。当地先民为防风固沙世代种植桑树, 种植时期跨度很长, 比较突出的是元明清三个朝代, 最鼎盛时期植桑规模曾达到5333公顷^[3-4], 探索出一条以桑治沙、植桑成林的人与自然和谐共生之路, 也为后世留下一片宝贵的古桑群落。夏津椹果特优区现存古桑树约400公顷, 集中分布于黄河故道森林公园颐寿园和杏坞园区域, 100年以上古桑树达20128株。其中, 100~300年(不含300年)古桑树17852株, 300年(含300年)以上古桑2276株, 最高树龄达1200年。2011年4月, 夏津县被中国经济林协会评定为“中国椹果之乡”。

夏津椹果特优区拥有36个果桑品种, 1800份古桑树种质资源, 曾年产椹果约5万吨。桑树全株均可利用, 椹果可以鲜食, 椹果、桑叶、桑枝、桑黄可以进行深加工, 全县桑加工企业30家, 相关农民合作社和加工作坊60家, 围绕桑的全元素开发, 利用椹果、桑叶、桑枝、桑黄等研制出4大类200多种产品, 年加工椹果干800吨、椹果酒4000吨、椹果白兰地300吨、椹叶茶80吨、桑黄500千克, 销售区域已覆盖全国各地, 部分产品销往韩国等国际市场, 桑产业综合开发年产值约10亿元, 纳税约150万元, 从业人员达3.5万人。同时, 依托黄河故道古桑树群, 建立黄河故道森林公园, 建有颐寿园、香雪园、朱国祥纪念馆、温泉度假村、椹仙村旅游小镇、桑文化博物馆、前屯古桑文化村落等文旅景点, 发展以绿色采摘、观光旅游、休闲娱乐、住宿餐饮、森林康养、文化传承为特色的农桑文旅融合产业, 每年接待游客200多万人次, 2021年旅游综合收入15亿多元, 实现了显著的经济效益、社会效益和生态效益。经过多年的探索, 已形成桑树规模化种植、桑产品加工、桑资源综合利用、古桑文化传承、生态旅游等五大领域为主的产业融合发展新格局, 实现了产业从无到有的重大突破, 并初步打造出一条相对完整的产业链条, 也创造了具有夏津椹果特优区特色的发展模式。

3 桑和桑文化概述

桑树是人类栽培和利用最早的树种之一。中国作为世界上最早植桑养蚕的国家, 植桑历来和农耕相提并论, 素有“农桑立国”的悠久传统。黄河流域植桑养蚕的历史非常久远, 《史记·五帝本纪》《通鉴外史》等史学经典记载, 黄河流域部落首领黄帝的元妃嫫祖“始教民育蚕, 治丝茧以供衣服”^[5]。1926年中国考古学之父李济曾在山西省夏

县西阴村仰韶文化遗址发现过被人工切割的半个碳化蚕茧。2020年吉林大学考古学院、山西省考古研究所、运城市文物工作站又在师村遗址发掘出一枚距今6000多年的石雕蚕蛹和疑似丝绸的文物, 这是我国年代最早的石雕蚕蛹, 将华夏民族养蚕织造的历史推前到距今6000~7000年的新石器时代中期, 也说明丝织技术在当时已十分普遍。河南省安阳殷墟遗址中有带丝织物残痕铜片, 甲骨卜辞中有象形的“桑”和“蚕”字。因此, 有学者认为桑蚕起源于黄河流域^[6]。2022年西南大学代方银科研团队绘制完成全球首张家蚕超级泛基因组图谱, 从生物学角度证实家蚕起源于黄河中下游地区, 与考古发现相互佐证。春秋战国时期, 植桑已实现规模化, 黄河中下游的山东地区桑蚕业较为发达, 养蚕缫丝、男耕女织已成为当时人们主要的生活方式。由此可以推测, 地处古黄河下游地区的夏津人民生活与桑蚕密切相关。

黄河流域是中华文明孕育和发生的重要区域, 也是中华文化形成的核心基础和构成主体, 而农耕文化与草原文化共同构成了黄河流域的主流文化形态^[7]。随着桑蚕对农耕社会的影响, 桑蚕文化发展成为农耕文化的重要分支, 由此衍生的丝绸文化也不断壮大, 到西汉时期和陶瓷文化构成了汉文化的主体, 标志着中原文化进入鼎盛时期(图1)。

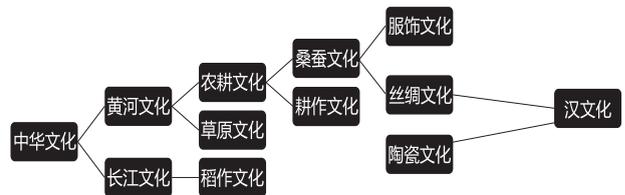


图1 中国农业文化发展脉络

英国人类学家爱德华·伯内特·泰勒在《原始文化》中指出, 从广泛的民族学意义来说, 文化是包括全部知识、信仰、艺术、道德、法律、风俗以及作为社会成员的人所掌握和接受的任何其它才能和习惯的复合体^[8]。由于桑树与生产生活密切相关, 桑元素逐渐渗透到人类的语言文字、风俗习惯、思想观念、伦理道德、法律制度等方方面面。古人以桑树为载体, 用农桑典故和农桑诗词记录生产生活, 用与桑有关的神话、传说、书画、歌曲、俗语、成语等多种形式生动形象地反映自然和社会的变化, 创造出种类繁多、底蕴深厚、久经不衰的农桑遗珍。譬如, 《山海经》《尚书》《诗经》等古代经典著作都对桑有记载和描述。据统计, 《全唐诗》与蚕桑有关的诗篇多达490余篇, 《清诗铎》收录蚕桑诗100多首^[9]。同时, 人们通过民间

习俗和节庆活动传播和弘扬文化。桑园起初作为满足人们生存之需的客观实体,在漫长的发展过程中逐渐与当地的生活空间、风俗习惯、文化艺术等相融合,形成了独具特色的地域桑文化空间^[10]。自公元前602年,黄河第一次改道流经夏津,历经春秋战国、秦和西汉等朝代,正是黄河流域桑产业和中原桑蚕文化的繁荣兴盛时期。夏津黄河故道地区的发展史也是一部黄河文化的传承史,黄河故道古桑树群是黄河文化和农耕文明的集大成者^[11]。由此可以推测,夏津先民的生产生活深受桑文化的熏陶。夏津椹果特优区至今保留着敲架鼓、踩高跷、剪纸等与桑有关的民间艺术,当地的文学、文艺爱好者围绕古桑主题创造了大量文化作品,百姓保持着敬树、爱树、护树的传统,这种独特的“乡土文化”体系体现了果农对古桑树的依赖情感^[12]。

4 桑文化对夏津椹果特优区古桑树群保护和传承的影响机制

文化具有满足需求、认知、记录、传播、教化、调节、动力等功能,桑不仅为人类提供物质资料,也满足了人类文化和精神的需求。夏津黄河故道古桑树群所蕴含的文化功能和价值对椹果特优区的形成具有重要推动作用,其所承载的生产技术、服饰文化、精神信仰、文化内涵,引发夏津先民对桑蚕依赖、认同、敬畏、爱护的跨时空情感共鸣,从精神和意识层面引领着当地百姓保持世代植桑的传统,最终为后世留下了400公顷古桑林,并以此为基础积厚成势发展成为国家级椹果特优区。桑文化的作用机制主要包括五个方面。

4.1 农桑生产经验的传承为世代植桑提供了技术保障

科学技术既是生产要素,也是特殊的文化。在漫长的农业生产生活实践中,我国劳动人民探索积累了一批科学实用的农业生产技术、农业生活经验、农业管理艺术和农村社会习俗,起初这些技术和经验的传承依靠耳濡目染、言传身教,前人在农业生产实践中向后人传授生产知识,后人在继承的基础上进行生产,生产工具也随之传承,农业形态改进缓慢,基本处于沿袭循旧的状态。文字形成后,人们将这些技术和经验进行记述,一些有识之士将这些经验和知识进行系统总结,形成卷册浩繁、内容丰富的农学著作,汇聚博大精深的农业思想,极大丰富了我国农桑文化,推动了农业生产技术的传承与发展,也造就了我国古代科技体系中的最基础学科。王毓瑚编著的《中国农学书录》收录

我国古代农书541种,而且这并不代表古农书的所有数量,依然有潜力可挖^[13]。桑蚕产业作为农业的主要部门,在浩如烟海的农学典籍之中占有重要位置,尤其对黄河流域桑蚕生产技术记载较多。例如,成书于西汉晚期的《汜胜之书》被认为是我国历史上最早的农业科学著作,该书对西汉时期黄河流域的农业生产经验和操作技术进行了总结,其中对桑的栽培方法进行了介绍。北魏时期贾思勰所著《齐民要术》是中国现存最早的一部综合性农业著作,该书系统总结了六世纪以前黄河流域下游地区的农业生产知识,其中对栽桑养蚕也进行了记载。《务本新书》《农桑辑要》《农政全书》等古代农书均提到桑树的嫁接技术。康熙13年(1674年)朱国祥任夏津知县后,传授当地百姓以“包袱地”的方式种植桑树和庄稼,用来防风固沙、维持生计,在他的倡导下夏津掀起新一轮植桑高潮,使桑树资源得到及时补充,目前现存的许多古树就种植于那个时期。夏津黄河故道森林公园内建有朱国祥纪念馆,纪念植桑固沙造福当地百姓的卓越功绩。桑树栽培和管理技术的世代传承,使夏津植桑规模得到拓展和延续。夏津椹果特优区的果农至今仍在沿用着“穴土施肥”、“土炕坯围树”桑树施肥、“抻包晃枝”椹果采收、制作椹干延长保存期等一系列传统实用技术,成为因地制宜的典范,也反映了技术传承与生产发展相互促进的关系。

4.2 对丝绸和服饰文化的认同推动世代植桑

以蚕桑为基础的丝绸和服饰文化是中华民族文化的重要部分。唐代孔颖达所著《春秋左传正义》载,“中国有礼仪之大,故称夏;有服章之美,谓之华”^[14],我们之所以被称为华夏,原因之一就是因为我们有着华美的服饰,古代服饰生产的主要原料是丝绸,源头在于桑蚕。丝绸作为商品由来已久,很早就被先民用来物物交换,春秋时期丝绸类商品的流通已非常普遍^[15],鲁缟齐纨享誉四方。西汉张骞出使西域以来,中原蚕丝织品被源源不断运到世界其它地方,成为展示古老中国的一张靓丽名片,并由此开辟了著名的“丝绸之路”。据《唐六典》记载,唐朝时期,包括夏津所属的贝州在内的山东地区向朝廷缴纳丝绢的数量占全国的1/3,居全国之首,是全国最密集、最普遍、最集中的丝绸供应地^[16]。同时,由于蚕丝的生物特性,丝绸制品具有舒适、美观、高端的特征,可满足人类的审美需求,加之数千年来积累形成的工艺技术,使丝绸在服装、家纺、装潢、工艺品等美化生活方面的价值更加突出。从古代的鲁缟齐纨、蜀锦吴绫到当代五彩

缤纷的各种服饰,无不印证了丝绸在古今人们追求美丽服饰的潮流中发挥的永恒作用。虽历经数千年演进,服饰的样式和种类不断丰富,但无论选材如何变化,都没能撼动丝绸服饰的文化内涵和历史价值,即便是在各类新型纺织材料涌现的现代社会,蚕丝制品依然占据市场重要地位。相关数据表明,当前蚕丝制品在全球衣着和家纺领域的应用比重分别达到50%和30%^[17],体现出人们对桑蚕和丝绸的深厚情感和长期依赖。至今,夏津居民仍有较强的丝绸情结,尤其在节庆、婚育、乔迁等重要节点将应用丝绸制品作为一种时尚。这也说明,经过长时间的渗透,丝绸和服饰文化逐步成为中国民族文化的一部分,并上升为民族灵魂和民族意识,潜移默化而又深远持久地影响人们的思想和行为,形成群体文化认同。在文化认同和当时社会条件下,加之受封建统治阶级劝课农桑政策的影响,夏津先民形成固有的认知体系和惯性思维,保持了世代植桑的历史传统,“因地制宜”植桑养蚕,实现桑林的新旧更替。近代以来,随着棉花在中国的广泛种植和工业技术的发展,夏津桑品种逐渐由“叶用”桑向“叶果兼用”桑转变,为椹果特优区的形成奠定了基础。夏津黄河故道古桑树群从“养蚕缫丝”到“丝棉并重”再到“以棉为主”、从“叶用桑”到“果用桑”的转变,不仅见证了当地桑蚕丝绸文化兴起与衰落的历史,也体现了该系统对经济社会变化的动态性和适应性^[18]。

4.3 对桑的崇拜和敬畏有助于桑林的积累延续

以桑为意象的神话、社祭和原始宗教对人类的精神信仰具有统摄作用。在我国古代神话传说类文学作品中,桑意象频频出现。例如,《山海经》第五卷《中山经》记载“又东五十里曰宣山……其上有桑焉,大五十尺,其枝四衢,其叶大尺余”^[19]。《神异经》有“东方有桑树焉,高八十丈……其叶长一丈,广六七尺,其上自有蚕,作茧长三尺。……有椹焉,长三尺五寸,围如长”的记载^[20]。《海内十洲记·扶桑》记载:“扶桑在碧海之中,地多林木,叶皆如桑,长者二千丈,大二千余围”^[21]。可见,在众多古代文学作品中,古人把桑树描述成为高大无比、枝繁叶茂的神树,认为是太阳升起的地方和天虫的栖息地,凝聚了太阳的精华,是神灵的象征。同时,因桑树易于栽植、生命旺盛、枝繁叶茂、果实聚集,尤其具备采摘后再生、继续生长的能力,在古典文献中也常用来象征生命繁衍不息,被认为是具有无限再生能力的“生命之树”。许多圣贤英雄的出生都与以桑命名的地

方有关,例如,《吕氏春秋》《天问》《春秋元命苞》《春秋演孔图》等典籍记载,颛顼、夏启、伊尹、后稷、孔子皆诞于空桑之地,因此,在古人对自然的认知条件下,桑林顺理成章地成为古时祭祀、求子、祈福、祈雨等活动的理想场所。《淮南子》中记载:“汤旱,以身祷于桑林”^[22-24]。夏津素有敲架鼓的习俗,据当地百姓介绍,起初这是遇到自然灾害时请求神灵保护的仪式,后来演化为一种娱乐活动,现在每逢传统节日和节庆活动,当地依然保留着这种仪式。受传统文化和乡土文化的影响,桑树成为古人信仰和崇拜的对象,散发着原始宗教的神秘气息和对人类思想的统摄力量,使古人对桑树产生敬畏之心^[25],人们对桑树不敢轻易砍伐,这更有助于桑林的积累。此外,人们往往将果园中树龄长、产量大的果树奉为“树王”或“树后”,这种树木崇拜的行为折射出古人对风调雨顺和生生不息的渴望之情。在夏津椹果特优区的古树群落中,至今还有“椹树王”“柿树王”“梨树王”“梨王后”的存在,反映出夏津劳动人民对古树的敬仰与崇拜,这也是古桑群落得以世代传承和保护的文化动力。随着时代的发展和科技的进步,人们对桑树的崇拜和敬仰逐渐淡化,认识趋于理性和客观,但在夏津椹果特优区古桑树群周边的村庄依然流传着“青帝巡察植林木”“佛手桑”“帝王树”“老皮子的故事”等传说和故事,展现了人们在抗争灾害、改造自然、顺应规律过程中的敬畏意识和美好追求,也是该特优区历经千年的历史佐证和文化载体。

4.4 对桑的情感共鸣有利于桑林的保护和传承

以桑为主题的文学意象和文化意蕴凝集着人类多种情感意识。桑文化产生于人类的生活生产实践,又通过引领人类的情感意识发挥社会调节作用。意象是中国传统文化最重要的范畴之一,也是中国古典文化中最具诗意的命题^[26]。在古代各类文学典籍和作品中,“桑”意象广泛、内涵丰富,主要包括男女爱情、吉凶之兆、故乡田园、时光变化等。例如,《诗经》作为我国最早的一部诗歌总集,也是桑题材诗歌的源头,涉及“桑”的有20多篇30多处,大多与男女情事相关。同时,桑在古代也是吉祥祥瑞和团圆团聚的象征。《三国志·蜀书·先主传》《贾谊新书》等均记载了桑与富贵人物相互联系或象征祥瑞之兆的故事。唐代诗人孟浩然著名诗句“开轩面场圃,把酒话桑麻”,经常被后世用来描述亲朋好友团聚的场景,表达对欢聚的热切盼望和对亲朋好友吉祥平安的美好愿景。而与

此相反,因“桑”与“丧”谐音、与“伤”音近,在部分文学作品和习俗中,桑也成为悲伤亡故的象征。例如,《搜神记》《益部耆旧传·杂记》等作品中都有这类故事的记载^[9,27]。受这一意象的影响,夏津部分村庄至今保留着“前不栽桑,后不栽柳”的民俗,认为出门见“桑”(丧)不吉利。

“五亩之宅,树之以桑,五十者可以衣帛矣”及“唯桑与梓,必恭敬止”的说法^[28],将桑与父母、家园、故乡联系在一起,说明古人对桑树有着极为深厚的感情。另外,“沧海桑田”“桑田碧海须臾改”等大量成语或诗词以“桑”象征时光变化^[29],体现了桑在古人意识中的根深蒂固。意象是蕴含着作者丰富情感的艺术形象,是主观意识与客观物质的统一、抽象与具体的融合^[30],意象与情感彼此依托、互为生成^[31]。桑意象的广泛存在,彰显了桑在人类社会的重要地位,也表明桑是古人情感的重要载体,这种意象经过世代传承、积淀,最终固化于人们内心深处,成为难以磨灭的集体情感。传统桑意象将夏津的社会历史和文化传统融入其中,形成踩高跷、夏津民歌、小调、剪纸、谱牒编修等植根于农桑社会的多种文化形态,沉淀了当地深厚的文化内涵和历史底蕴,衍生了近80项非遗项目。桑意象所包含的爱情、吉凶、故乡、田园、时光等,可引发古人强烈的情感共鸣,唤醒人们追求美好爱情、向往田园生活、守望精神家园、寄托心灵归宿的内在动机,使道德、礼仪、习俗、禁忌、制度等得以维系,使社会运行更加规范,对桑园本身的传承和保护也起到推动作用。

4.5 桑园作为文化空间曾是人们的精神寄托

在古代社会,桑园不仅是物质空间,也是一种文化和精神空间,这主要体现于桑是爱情和家园的象征。《周礼·地官·媒氏》记载“中春之月,令会男女。于是时也,奔者不禁”;《汉书·地理志下》也有“卫地有桑间濮上之阻,男女亦亟聚会,声色生焉”的记载,后来“桑中”“桑间”暗指约会之意。马跃敏等^[32](2002)认为,桑林成为表达爱情的文化空间,具有浓郁的人性美和人情美,是深层次的文化意蕴。悠久的植桑历史和男耕女织的社会分工奠定了“桑”成为情爱意识原型和表征的客观基础,古代女性生活生产主要围绕着蚕桑展开,采桑纺织是其主要职责,桑林作为女性生产活动的主要空间,很容易成为男女约会的场所。采桑作织与女性构成认同关系,并内化为固有的道德意识和价值标准,“桑、蚕、织”三位一体构成情爱文学原型,形成妇女——采桑(表达情

爱)——养蚕(生成情爱)——作织(维护爱情)的模式。在桑文化长期的滋养和熏陶下,夏津先民为桑树也赋予爱情内涵。例如,夏津椹果特优区至今流传着“爱情树”的故事,区内有三株历经千年的古桑树,被人们称为“巨龙桑”“腾龙桑”“卧龙桑”,相传他们是黄河龙王的三个儿子,因痴迷爱情留到人间,并最终化成三棵桑树,永远守护着自己的恋人。现在还有许多年轻人来此地祈求爱情和美,婚姻幸福。艺术是人类社会生活和思想意识的反映,“爱情树”的故事映射出夏津先民对桑的热爱之情。尽管这只是一个传说,但在农桑时代却有不可抗拒的现实逻辑。同时,桑也与家园密切相关,东汉以来“桑梓”被用来借指故乡或乡亲父老,成为文学作品的一个重要主题。汪萍^[27](2008)认为,桑作为家园的象征,代表着人们对田园生活的追求,尤其是在阶级社会国家四分五裂时期,是心灵寄托和归隐的暗喻。在科学技术不发达的情况下,桑文化作为农耕时代的“根”和“魂”,为劳动人民克服困难、生生不息提供强大的精神支撑和丰富的文化滋养。因此,夏津先民世代植桑、护桑、爱桑的内在动力,不仅来自生活所需和防风固沙,也源自对精神家园和心灵归宿的深层守望。即便是在当代社会,当地居民依然把桑树当做一种精神寄托。自2008年以来,每年5月中旬至6月中旬夏津县举办椹果生态文化节,期间举办文艺演出以及与古桑有关的诗歌、书画、摄影、歌曲、曲艺、视频等文艺作品展览系列活动,以此发掘和弘扬古桑文化,延续精神命脉,涵养情感之源。

5 讨论与建议

5.1 讨论

在漫长的农耕时代,桑与人类的生产生活密切相关,并与文化深度融合,形成多维度的桑文化。经过广泛渗透和长期涵养,桑文化逐渐延伸至人类社会的各个领域,渗透到百姓生活的每一个角落,融入到整个民族的文化和思想体系。作为一种内生动力,桑文化通过生产技术、诗歌兴象、文学意象、文化价值、文化象征等形式和技术保障、文化认同、精神统摄、情感共鸣、精神寄托等机制对人类的思想意识、价值观念、行为方式产生深刻影响,使夏津先民对植桑、爱桑形成共同的心理特征和价值取向,激发跨越时空的情感共鸣、精神寄托,产生长久的感染力和影响力,以潜移默化、春风化雨、润物无声的方式赓续植桑、敬桑、爱桑、

护桑的精神系谱。这种价值取向是夏津百姓保持世代植桑的精神动力,也是特色农产品优势区形成和发展的深层机制之一(图2)。

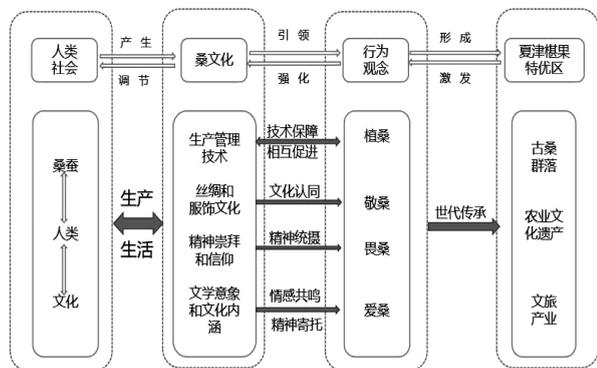


图2 文化对夏津椹果特优区形成作用机制

夏津椹果特优区古桑群落历经上千年的演变,依然保持400公顷以上的规模,成为全国规模最大、树龄最高的桑树群落,先后入选中国重要农业文化遗产和全球重要农业文化遗产,原因之一就是农桑本身具备文化传承属性,这种属性使“桑”不再是自然意义上的桑,而被赋予更多的社会文化内涵。经久繁荣的桑蚕产业孕育了蔚为壮观的蚕桑文化,桑蚕文化的传承与发扬也推动了桑蚕产业的不断发展,贯穿于桑产业发展的全过程,两者相互融合、相互促进。文化的传承和发扬是特色农产品优势区内涵发展的重要内容和职责。鉴古知今,通过剖析夏津椹果特优区形成的文化作用机制,为文化的传承和弘扬拓展路径、提供借鉴。

5.2 建议

1) 挖掘历史文化。对夏津椹果特优区的黄河文化、农桑文化、饮食文化、历史故事、民风民俗等进一步挖掘整理,总结提炼其中蕴含的哲学思想、教化思想、人文精神、奋斗意识、道德理念,筑牢文化根基,夯实文化底蕴,丰富文化内涵,增强特优区文化活力。

2) 强化传承弘扬。对夏津椹果特优区蕴含的传统文化进行批判继承,对其中积极向上的内容进行继承和弘扬,结合时代条件赋予新的涵义;把特优区人民在长期生产实践中产生和形成的优秀传统文化精髓提炼出来,依托特优区农桑文旅发展机制推动创造性转化、创新性发展,赋予夏津椹果特优区独特的文化气质和生生不息的生命力,助力夏津乡村振兴。

3) 推动开发利用。知其本来才能开创未来。当前,特色农产品优势区的发展时常面临极端天气等自然环境和复杂多变经济社会因素的挑战,赓续

夏津椹果特优区优秀传统文化基因,秉承道法自然、天人合一,厚德载物、自强不息,取之有度、用之有节等理念,推进夏津椹果特优区治理现代化,为其多维度、多元化、可持续发展提供有益借鉴和思想智慧。同时,依托古桑资源,开发有文化内涵的生态农产品和特色食品以及观光、休闲、度假、康养、研学、文创等多种形态的旅游产品,将文化与生态优势转变为经济发展优势,实现特优区经济效益、社会效益、生态效益的统一。

参考文献:

- [1] 宋宁艳. 黄河流域传统果园农业系统研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2020.
- [2] 陈列, 王斌, 刘某承. 山东夏津黄河故道古桑树群的演变及其现实意义[J]. 南京林业大学学报(人文社会科学版), 2016, 16(2): 76-83.
- [3] 王照红, 陈传杰, 郭光, 等. 夏津古桑群保护现状及开发利用[J]. 北方蚕业, 2014, 35(4): 50-51.
- [4] 董玉龙, 许士涛. 黄河故道的古桑[J]. 生态文化, 2014(2): 55-56.
- [5] 王文君. 颛顼诞生于若水之野[J]. 巴蜀史志, 2016(6): 11-13.
- [6] 李继华. 山东桑树栽培历史和现状[J]. 山东林业科技, 1985(3): 70-71+69.
- [7] 王海飞. 论黄河文化的形成过程、内涵与形态[J]. 中国非物质文化遗产, 2022(3): 22-31.
- [8] Tylor, Edward B. Primitive culture[M]. New York: Dover publications, 2016.
- [9] 任江维. 古代文学作品桑意象蕴藉之考察[J]. 现代语文(学术综合), 2017(5): 4-5.
- [10] 郭占锋, 张森, 黄民杰. 旅游文化发明与乡村市场体系重构—对一个关中村庄的社会学剖析[J]. 社会学评论, 2021, 9(6): 233-252.
- [11] 安蕊. 源远流长的文化 山东夏津黄河故道民间艺术[J]. 世界遗产, 2018(Z1): 144-146.
- [12] 闵庆元, 王斌, 才玉璞. 山东夏津黄河故道古桑树群[M]. 北京:中国农业出版社, 2017.
- [13] 彭世奖. 略论中国古代农书[J]. 中国农史, 1993(2): 93-100.
- [14] 孙庆伟. 出土资料所见的西周礼仪用玉[J]. 南方文物, 2007(1): 50-65.
- [15] 周琼, 颜欣彤. 中国丝绸文化典籍传播: 历史脉络、传承现状和数字创新[J]. 华夏传播研究, 2021(2): 176-189.
- [16] 高洪雷. 丝绸之路: 从蓬莱到罗马[N]. 中国企业报, 2020-5-19(15).
- [17] 金佩华. 新时代中国蚕丝绸文化的功能探析[J]. 湖州师范学院学报, 2021, 43(11): 18-25.
- [18] 侯洁如. 山东夏津黄河故道古桑树群[J]. 中国投资(中英文), 2019(11): 75.
- [19] 袁珂. 山海经校注[M]. 成都: 巴蜀书社, 1996.
- [20] 周淑敏. 《神异经》研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.

- [21] 李伟男. 漫话扶桑[J]. 文物春秋, 1998(1): 29-30.
- [22] 林家骊. 楚辞[M]. 北京: 中华书局, 2009: 81.
- [23] 李爽. 中国古代的桑信仰和宗教祭祀研究[J]. 宗教学研究, 2019(1): 241-246.
- [24] 谢伟峰. 蚕神崇拜与桑林文化新论[J]. 榆林学院学报, 2007, 17(1): 41-43.
- [25] 韩惜花. 桑意象的文化内涵及其演变[J]. 现代语文(学术综合), 2015(10): 4-6.
- [26] 张燕玲. 中国古代文论中的“意境”、“境界”、“意象”辨析[J]. 北京科技大学学报(社会科学版), 2006(1): 104-111.
- [27] 汪萍. 中国古代文学中桑意象的象征意蕴[J]. 安顺学院学报, 2008, 10(4): 6-8.
- [28] 郝敬宏. 《寡人之于国也》三问[J]. 中学语文教学, 2009(6): 60-61.
- [29] 田世英. “东海^①三为桑田”今释[J]. 山西大学学报(哲学社会科学版), 1984(4): 91-93.
- [30] 朱海澎, 陈童. 虚拟网络视频: 信息的意象化传播[J]. 现代传播(中国传媒大学学报), 2010(7): 160-161.
- [31] 杨吉华. 乡村意象、情感共鸣与文化自信: 李子柒短视频文化传播的深层机制[J]. 三明学院学报, 2021, 38(1): 66-74.
- [32] 马跃敏, 刘明. 桑与中国情爱文学的文化源流[J]. 平顶山师专学报, 2002, 17(3): 22-24.

Analysis of the Impact of Traditional Mulberry Culture on the Protection and Inheritance of Ancient Mulberry Tree Groups in Xiajin Mulberry Fruit Special Quality Area

YIN Xun-gang^{1,2}, ZHOU Zhen-ya¹

(1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; 2. Xiajin County Big Data Center, Dezhou Shandong 253200, China)

Abstract: The area producing local specialty agricultural product of mulberry in Xiajin is one of the 308 national special areas, which has the oldest and largest mulberry tree group in our country. The mulberry tree group is considered to be a GIAHS. The dynamics of the inheritance and development of mulberry tree group is an important content to reveal the formation mechanism of the Special Area of mulberry fruit in Xiajin County. Based on the current situation of insufficient development of cultural values in the special fruit areas, and on the basis of on-the-spot investigation and literature review, this paper explores the internal logic of the inheritance of ancient mulberry trees in the special fruit areas of Xiajin County from the perspective of the influence of traditional mulberry culture in China, it was found that technical support, cultural identity, spiritual domination and emotional resonance were the spiritual motive force to promote the working people in special areas to keep mulberry, protect mulberry and plant mulberry for generations. On this basis, the author puts forward some suggestions, such as excavating the historical culture, strengthening the inheritance and development, promoting the development and utilization, so as to provide theoretical support and reference for the diversified and comprehensive development of characteristic agricultural product advantage areas.

Key words: traditional mulberry culture; the area producing local specialty agricultural product of mulberry in Xiajin; ancient mulberry trees; protection and inheritance

“双碳”背景下海尔智家ESG表现对企业绩效影响研究

夏秀芳, 姜子怡

(青岛理工大学 商学院, 山东 青岛 266520)

摘要: 在“双碳”背景下, ESG表现是衡量企业绿色经济可持续发展的重要指标。本文以海尔智家为研究对象, 梳理其开展ESG实践的过程, 分析良好的ESG表现对其短期和长期绩效的影响。研究发现: 良好的ESG表现在短期内能使海尔智家的股价产生超额收益, 且超额收益的幅度逐年递增; 在财务绩效方面, ESG实践虽然在短期内增加了海尔智家的研发费用, 但从长期看提高了其获利能力, 增强了业务质量, 改善了经营现金流, 并加强与利益相关者之间关系的维持, 最终提升了企业绩效。

关键词: “双碳”政策; ESG表现; 企业绩效

中图分类号: F272.5

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0046-07

1 引言

2020年9月国家主席习近平提出“碳达峰、碳中和”的“双碳”政策, “十四五”规划及新发展理念都强调绿色环保在经济发展中的重要性, 这为我国经济社会发展指引了新方向, 促使企业转变发展方式, 将绿色、低碳、环保的理念融入日常经营活动。

ESG是Environment(环境)、Social(社会)和Governance(治理)的简称, 是有关企业环境责任、社会责任和治理责任的绩效体系, 为利益相关方提供了一种新方式来衡量企业绩效, 不再局限于传统财务指标, 而是关注企业的环境、社会和治理这些非财务指标对企业绩效的影响。有研究表明, ESG具有价值创造的功能(白雄等, 2022)^[1]。根据利益相关者理论和资源依赖理论, 良好的ESG表现使企业获得利益相关方更多的关注和青睐, 加强其对企业的支持, 从而获取经营所必需的资本、技术、人力等资源, 企业将资源合理分配于生产经营和日常管理, 可增强抵御风险能力, 提升企业绩效和价值, 进一步加强利益相关方的支持, 实现企业ESG表现与利益相关方之间的良性互动(席龙胜、赵辉, 2022)^[2]。

海尔智家作为白色家电龙头企业, 于2020年

正式实施ESG战略, 在绿色发展、社会责任和公司治理方面不断发力, 2021年3月设立ESG管治委员会。作为国内ESG实践的先行者, 海尔智家ESG表现获得国内外权威机构的认可, 于2022年获评“ESG绿色公司之星”和“卓越社会责任企业”。本文以海尔智家为研究对象, 分析其推行ESG的策略和良好的ESG表现对公司绩效的影响。

2 海尔智家概况

2.1 海尔智家经营战略

海尔智家于1984年在山东青岛成立, 是一家以白色家电制造、研发及销售为主业的股份制上市公司, 其实际控制人和最终控制人均均为海尔集团。截止2021年12月其营业总收入达2276亿元, 相较2020年增加8.54%。公司根据所处不同时代及自身发展现状, 不断调整战略定位, 公司发展战略大致分为六个不同阶段: 1984—1991年品牌发展战略; 1991—1998年多元化发展战略; 1998—2005年国际化发展战略; 2005—2012年互联网时代全球化品牌战略; 2012—2019年网络化发展战略; 2019年至今生态品牌发展战略。

在中国经济可持续发展和“双碳”政策提出的大背景下, 海尔智家2020年正式实施ESG战略并于

收稿日期: 2023-04-20

基金项目: 山东省社会科学规划项目“基于不同混改模式的山东国有企业治理效率提升研究”(21CAJL11)

作者简介: 夏秀芳(1973-), 女, 烟台牟平人, 博士, 青岛理工大学商学院教授、硕士生导师, 研究方向: 研发投入、投资效率、混合所有制改革、财务风险。

2021年3月设立ESG管治委员会,公司积极制定自身ESG战略并在全球业务范围内推行,贯彻落实绿色发展理念,加大社会责任方面的投入,不断完善公司内部治理体系,赋予ESG更高的公司站位和战略认知。

2.2 海尔智家ESG评级

在当前ESG全球盛行的背景下,不同机构从环境、社会和公司治理这三个维度出发,下设数量不等的明细项目,并根据企业在各明细项目的表现进行评分,综合得出企业ESG评级。ESG评级主要衡量企业的可持续发展能力和长期价值,评级越高代表企业ESG表现越优异,企业蕴含较大的长期发展潜力,在经营环境面临挑战时更具竞争力和抗风险能力;反之,ESG评级越低,表明企业对ESG不够重视,企业可持续发展能力有待提高。当前比较权威的ESG评级主要包括国际上的富时罗素、MSCI ESG RATINGS;国内的中证指数、中财绿金院、商道融绿、盟浪、中诚信和华测CTI的ESG评级。

表1是国际和国内不同权威机构对海尔智家及同行业代表性企业格力电器和美的集团的ESG评级,可以看出海尔智家在白色家电龙头企业中ESG评级最高,这意味着海尔智家更重视ESG实践,ESG表现优异,其抵御风险能力更强,具有较大长期发展潜力,更易获得机构投资者青睐。

表1 不同机构对海尔智家及同行业企业ESG评级

机构公司	富时罗素	中证指数	中财绿金院	商道融绿	盟浪	中诚信	华测CTI
海尔智家	2.6	AAA	A+	A-	A+	A+	B
格力电器		A	C+	C+	BBB-	BBB+	CC
美的集团		AA	A	B+	A	A+	CCC

资料来源:新浪财经

(注:不同机构评级日期有差异,富时罗素2022Q3、中证指数2022年、中财绿金院2022Q4、商道融绿2022Q3、盟浪2022Q2、中诚信2023Q1、华测CTI2022Q1)

3 海尔智家ESG理念实践历程

海尔智家已连续十几年发布社会责任报告,尤其自2020年以来海尔智家积极响应国家“双碳”政策号召,通过主动学习贯彻ESG理念,坚持可持续发展,同时积极承担绿色发展责任、社会责任并加强公司治理能力建设,最终实现了企业价值与社会价值的双赢。

3.1 海尔智家践行环境保护(E)

1) 实现产品全生命周期减碳

为最大限度降低生产经营活动产生的废料、废气等有害物对环境的影响,海尔智家在“绿色设计、绿色生产、绿色经营、绿色回收、绿色处置、绿色采购”6-Green(6G)战略的指引下,实施基于研发、原材料、生产、包装和运输、产品回收的产品全生命周期减碳策略,取得了较好成效。其中:2020年海尔智家的单位产值能耗为3.57千克标准煤/万元收入,较上年同期下降了2%,全年减排二氧化碳425吨,单台废弃物产生量为0.47千克/台,同比下降了6.74%;2021年单台产品废弃物产生量同比下降4.06%,实施节能减排项目109个,推进危废减量项目40个,62种产品获得节能环保、绿色低碳、健康安全等全球产品认证,符合可持续产品生产要求。此外,海尔智家在青岛西海岸新区建立的中德智慧园区成为首个实现碳中和的“灯塔基地”,预计可减排二氧化碳1.3万吨。

2) 加快构建废弃物循环利用体系

海尔智家积极响应国家2022年中央经济工作会议要求,加快构建废弃物循环利用体系,主动承担山东省完善废旧家电回收处理体系、推动家电更新消费试点的任务。在国家发改委等有关部门支持下,启动全国首个家电再循环产业大数据平台建设,以家电回收业务为切入点,延伸至拆解再利用领域,探索全行业绿色循环经济模式。

3) 设立环境保护委员会

为进一步做实做好环境保护工作,海尔智家在企业内部设立环境保护委员会,优化环保工作领导小组体系,实现工作任务标准化、流程化,将整体业务分成制造、研发、贯标、采购和证券五大类,不同部门根据其业务特点的不同均承担了相应的环保责任和义务,力求将环境保护理念贯穿经营的全过程和各方面。

3.2 海尔智家履行社会责任(S)

1) 维护员工权益,实现价值共享

海尔智家在全球设立公司、工厂,以公平公正方式广泛吸纳人才,截止2020年,海尔智家员工总人数达99299人,其中海外员工数达34955人,占比约35%。通过多渠道开展员工沟通,了解员工诉求,形成畅通的内部沟通体系;通过营造包容的工作环境,让不同性别、肤色、背景的员工在平台上共同学习交流,以此提高企业创新能力。从2009年至今,海尔智家共推出5期股权激励计划和6期员工持股计划,激励对象涵盖公司正式员工及管理層5200多人。

2) 注重产品责任, 保障客户权益

为保证产品的质量和品质, 海尔智家建立严格的供应商选择标准, 对于无法提供高质量货物或服务以及有违法违规现象的供应商, 海尔智家将其列入黑名单并不再与其开展商业合作。2020年海尔智家中国区所有产品类工厂全部通过环境管理体系认证, 并且全部产品实现年度“零召回”, 为消费者提供安心服务与健康产品。高品质、高质量的产品使海尔智家积累了数量可观且愿意重复消费的忠诚顾客群, 为改善销售状况、提高营业收入奠定了坚实的基础。

3) 投身社会公益, 回馈社会

海尔智家在实现自身发展的同时积极承担社会责任, 主要通过希望工程、乡村振兴、急难救助和爱心志愿四个方面回馈社会。其中2021年在国内希望工程教育领域累计投入786万元, 总累计投入1.22亿元; 通过技术帮扶和知识助力参与支持乡村建设; 新冠疫情爆发后公司第一时间向国内外捐助口罩、呼吸机等医疗物资, 2021年投入2000万元用于抗洪救灾; 鼓励员工定期积极参与慰问空巢老人等社会公益活动。

3.3 海尔智家优化公司治理 (G)

1) 科学设置ESG管治架构, 治理结构愈加完善

海尔智家拥有完整合理的管理体系和公司架构, 其公司管理架构主要分为股东大会、监事会、董事会和管理层四大层次。为贯彻ESG管治理念, 海尔智家于2021年3月设立ESG管治委员会, 代表董事会履行ESG管治职责, 对海尔智家ESG相关事宜进行全面监督, 同时还发布了《海尔商业行为准则》指导ESG工作。ESG委员会下设环境、社会及管治执行办公室和工作组, 其中工作组由各部门领导和ESG负责人组成, 在治理层、管理层与执行层搭建起ESG管治架构, 由此将ESG理念贯彻至企业各部门。

2) 建立多元开放的董事会结构

海尔智家董事会结构充分考虑了ESG对企业董事多元化和专业化需求的特点, 在选举过程中打破性别、年龄、教育背景、专业经验、技能等因素限制, 进行综合评估考量, 最终选出董事会成员。2021年公司外部董事人数为8人, 其中独立董事4人, 外部董事占公司董事会总人数比例为72.73%, 独立董事占比36.36%, 这一比例在上市公司中处于较高水平, 在一定程度上保证了董事会能够客观公正履行职责。同时, 各董事在各自擅长领域均拥有丰富的管理和研究经验, 提高了董事会决策效率,

降低了管理风险, 保证了企业可持续发展。

3) 持续的分红及股权激励计划

ESG实践要求企业注重与利益相关方关系的维护, 股东作为利益相关方中的资本提供者, 其提供的资本对海尔智家自身经营和资本市场上形象声誉的建立有重要影响。海尔智家坚持持续稳定的股利分配政策, 每年的股利分配计划均在充分考虑对投资者的回报、公司长远发展、股东整体利益这三方面的基础上制定实施。海尔智家每年进行现金分红, 稳健的股利分配政策为股东提供共享企业发展成果的机会, 保障股东权益。

为不断凸显员工价值, 海尔智家建立了员工、管理层与全体股东利益捆绑一致的长、短期激励体系, 推出覆盖国内外不同考核周期, 多层次、立体化的激励方案, 激励范围不断扩大。股权激励计划的行权条件依据企业目标营业利润和个人业绩考核制定, 有效实现了高管与员工的个人利益以及企业整体利益的一体化, 以此吸引留住人才, 激励高管及员工的工作积极性、主动性, 调动全体员工的主人翁责任感, 进而提升企业绩效。

4 海尔智家ESG表现对绩效的影响

海尔智家ESG表现不仅在资本市场中向投资者传递了积极的信号, 引起股价的波动, 而且对公司的长期业绩如销售状况、经营现金流、资金成本和偿债能力、股利分配政策及部分成本费用都产生了不同影响。本文将从海尔智家ESG表现的短期和长期两个视角展开绩效分析。

4.1 海尔智家ESG表现的短期绩效分析

根据声誉理论, 良好的ESG表现和高ESG评级能帮助企业树立良好社会形象, 形成良好声誉, 给投资者带来投资收益, 拉动股价增长, 即企业通过实施ESG战略获得良好ESG表现和高ESG评级, 使得资本市场投资者在股票市场获得额外收益(李瑾, 2021)^[3]。本文借助事件分析法分析(方明和范焯, 2017)^[4], 采用市场模型(1)对个股实际收益率进行计算。

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i R_{mt} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中 R_{it} 表示*i*公司在时间*t*的实际收益率; R_{mt} 表示市场收益率。由模型(1)对估计期内样本进行回归, 得出 α_i 和 β_i , 继而计算窗口期内股价预期收益率 \hat{R}_{it} , 即模型(2); 实际收益率与预期收益率的差就是*i*公司异常收益率 AR_{it} ($AR_{it} = R_{it} - \hat{R}_{it}$); 窗

日期异常收益率的累计和就是投资者所获得的累计超额收益率CAR_i (CRA_i=∑AR_{it})。

R̂_{it}=α_i+β_iR_{mt} (2)

2020年海尔智家首次在社会责任感报告中明确提出企业实施ESG战略,2021年3月在治理结构中设立ESG管治委员会,但这两次重大ESG战略实施的首次对外公告时间分别为2021年3月31日发布2020年社会责任报告与2022年3月31日发布2021年ESG报告的当日,因此本文分别选取海尔智家2021年3月31日和2022年3月31日发布报告的当天作为事件分析法的事件日,以事件日前后10个交易日作为窗口期,窗口期前120个交易日作为估计期,以此来分析海尔智家ESG战略实践及设立ESG管治委员会的行为对投资者带来的短期效应,并进一步分析随着海尔智家实行ESG战略年份的增加其超额收益是否会增加。

本文借助stata15软件得到的两个窗口期的超额收益率见表2,相应的窗口期的累计收益率趋势图分别如图1和图2。

表2 事件分析法下海尔智家累计超额收益率 单位: %

Table with 8 columns: 第一次公告 (2021年3月31日) and 第二次公告 (2022年3月31日), each with sub-columns for 时间, 预期收益, 超额收益, 累计超额收益率. Rows range from t=-10 to t=10.

数据来源: CSMAR数据库

2020年是海尔智家明确对外提出进行ESG实践的第一年,在2021年3月31日社会责任报告发布后其累计超额收益率显著增加,最高达到6%,虽后

续略微下降,但仍明显高于报告发布日之前,且累计超额收益率维持在4.5%的稳定水平(见图1)。海尔智家2021年3月在治理结构中设立ESG管治委员会这一重大战略,在2022年3月31日通过其ESG报告发布,公告发布后其累计超额收益先是有小幅的波动,在报告发布第4天后累计超额收益率陡然上升,最高达到14%,高于第一年实施ESG战略所获取超额收益的最大值(如图2所示)。

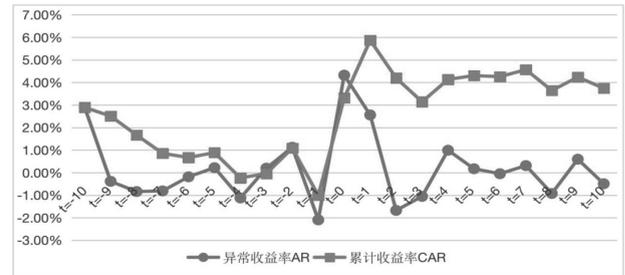


图1 海尔智家2021-3-31发布公告的累计超额收益率

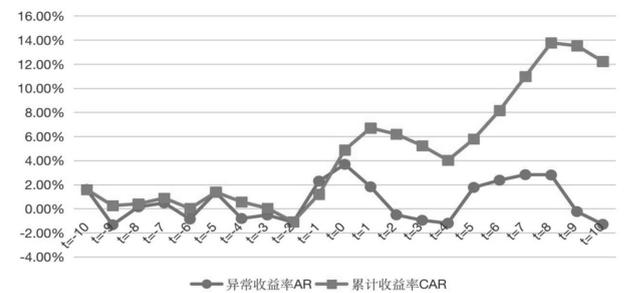


图2 海尔智家2022-3-31发布公告的累计超额收益率

通过分析可知:1.海尔智家ESG战略实践及设立ESG管治委员会的行为短期内给投资者带来了超额收益,且超额收益处于稳定的状态;2.随着海尔智家实行ESG战略年份的增加,其获取超额收益的幅度也在增加。

4.2 海尔智家ESG表现的长期财务绩效分析

1) 销售状况优异,盈利能力提升

根据资源基础理论,产品生产过程中进行环境管理和环保技术的投入可使生产的产品获得区别于同类产品的独特竞争优势,以其独特和稀缺性吸引消费者购买产品(李井林等,2021)[5]。消费需求的不断升级使消费者更倾向于消费绿色低碳产品,绿色、节能和可持续性产品的销售增长速度是传统产品的五倍。

海尔智家将ESG理念融入产品生产过程,生产销售绿色低碳产品并实施高端品牌战略,产生品牌效应,增强消费粘性。2020年,其独创生态场景品牌三翼鸟,通过拉动消费者的生态场景需求,在一定程度上减少疫情、房地产市场收缩及经济环境不景气对需求端消费的冲击。目前,三翼鸟平均客

单价已达22万元，店面效率是传统门店的5倍。虽然该类产品售价高于普通产品，但绿色低碳的消费需求可在一定程度上降低消费者对产品价格的敏感性，即愿意接受绿色低碳产品的溢价。销售增长速度的加快使企业的销量增加，消费者较低的价格敏感性和较高的消费粘性使销售收入增加，二者合力最终实现营业收入增长。

海尔智家自2020年践行ESG社会责任过程中执行严格的供应商选择标准，拒绝与无法提供质量保证的供应商开展合作，因此营业外收入中“质量索赔和罚款”项目金额由2019年2.78亿元锐减至2020年4291万元，从而导致2020年净利润下降，并非主营业务所致，公司这一行为为产品质量提供保障，更易获得消费者青睐，因此2021年营业收入增长至2276亿元（公司销量和营业收支变动见图3和图4）。海尔智家的社会责任表现尽管在短期内使营业外收入减少，但从长期看则增强了公司主营产品质量，提高了销售量，增强了主营业务的盈利能力。

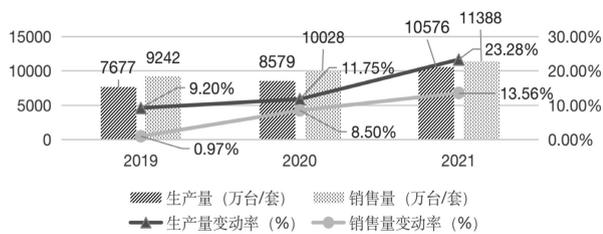


图3 海尔智家销售量增长率

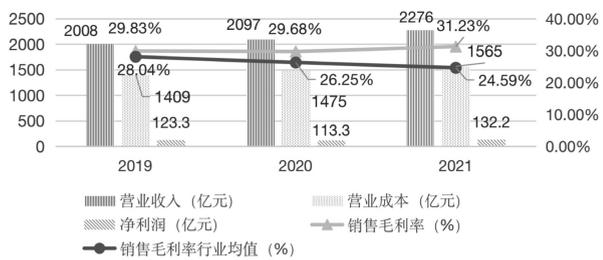


图4 海尔智家营业收支变动情况

2) 经营活动现金流量改善，获利含金量及变现能力提高

现金流量是衡量企业经营情况的“晴雨表”，投资者在选择投资对象时首先关注的就是企业经营活动现金流，特别是企业通过自身经营带来的现金流入，能直接反映企业自身业务发展状况和质量。海尔智家自2020年践行ESG后，经营活动现金流量净额呈上升趋势（见图5）。海尔智家在ESG环保方面的优异表现使其产品顺应了当下消费需求，提高了销售量和销售收入，助力经营活动现金流入量进一步增加，最终实现了经营活动现金流净额增

长，保证了海尔智家日常经营活动资金链畅通，降低了经营风险。ESG战略的推行一方面改善海尔智家经营活动现金流，提升净现比，增强公司获利变现能力和获利含金量，提高了企业盈利能力；另一方面，实施ESG战略使海尔智家拥有充足经营活动现金流，增强了其主营业务质量，坚定投资者的投资意愿。

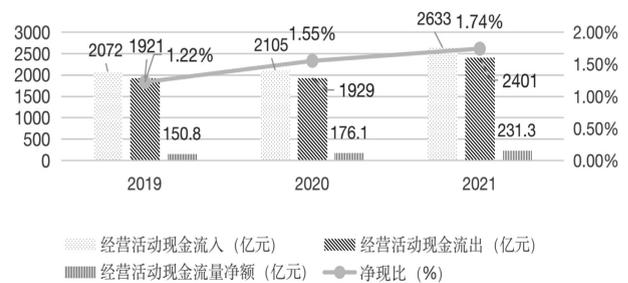


图5 海尔智家经营现金流量及净现比变动情况

3) 资金成本降低，偿债能力增强

ESG评级表现作为衡量企业可持续发展能力的重要指标，会促使企业以更谨慎的方式开展生产经营活动，定期调整资本结构，使自身的资本结构长期保持在合理区间。

海尔智家自2020年来资产负债率总体维持在65%左右，这一比率在白色家电行业中处于“舒适区”。海尔智家在ESG环保方面的良好表现提升了盈利能力，从而通过改善经营现金流使其拥有充足运营资金。由于海尔智家具备资金基础及高业务质量，使债权人对其短期借款倾向较高，因此，海尔智家流动负债率处于上升态势，这也在一定程度上降低了企业融资成本。财务费用中的利息费用大幅下降，2021年同比下降46.42%，利息费用的降低和利润总额的增加使其利息保障倍数处于上升趋势，表明公司拥有较强的长期负债偿债能力（见图6）。

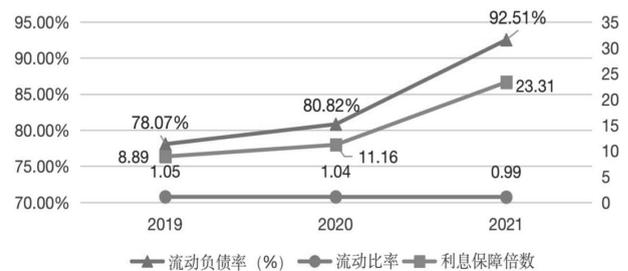
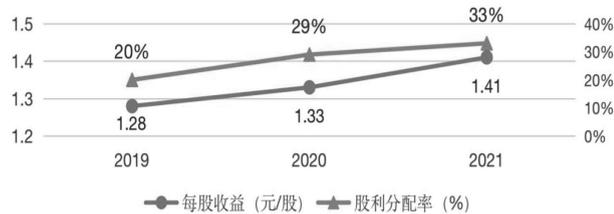


图6 海尔智家偿债能力指标

4) 积极的股利分配政策，与股东共享价值创造意愿增强

根据利益相关者理论，实行ESG战略的企业更注重维持与利益相关者的关系，维护利益相关者的合法权益，以此获取更多的资本、技术等资源（李

井林等, 2021)^[5]。海尔智家通过生产绿色低碳产品进行ESG环保实践, 通过改善销售状况、提升盈利水平, 使其每股收益增加, 2020和2021年分别为1.33元/股和1.4元/股, 股东可享受更多分红; 在ESG公司治理方面, 海尔智家重视与利益相关者维持良好关系, 通过每年发放现金股利来保障股东权益, 其股利分配率逐年提升, 由2019年的20%提高到2021年的33% (见图7), 表明公司与股东共享价值创造的意愿持续增强, 股利分配政策也体现其积极派发股息红利的意愿。积极的股利分配政策使股东认为自身合法权益得到保障, 因而对海尔智家未来发展前景持乐观态度, 信赖度和忠诚度进一步提升, 更易继续加码增持海尔智家股份, 使海尔智家能够持续筹集资金用于未来研发投入, 这种企业与股东之间的良性循环互动可助力企业可持续发展, 在发展中实现价值增值。



数据来源: 海尔智家年度报告、CSMAR数据库

图7 海尔智家2019—2021年股利分配情况

5) 研发投入比重增加, 促进产品创新改善销量
 海尔智家2019—2021年研发人员数量和比重持续增加, 且研发人员数量增速加快, 尤其是2021年, 研发人员数量达到22161人, 占比突破20%。具有较高学历和较强专业能力的研发人员的工资薪酬处较于高水平, 研发人员数量增加意味着工资薪金支出增加, 研发投入持续增长且研发投入占营业收入比重上升 (见图8), 这些因素都对企业短期利润产生负向影响。但从长期看, 研发投入能优化产品生产流程, 以较低碳排放量生产产品并促进产品创新, 提高产品绿色智能化水平, 在同行业中形成产品差异化竞争优势, 改善产品质量, 使产品更符合绿色环保要求和消费需求, 从研发和生产端来提高未来销售量和销售收入, 最终改善净利润水平。

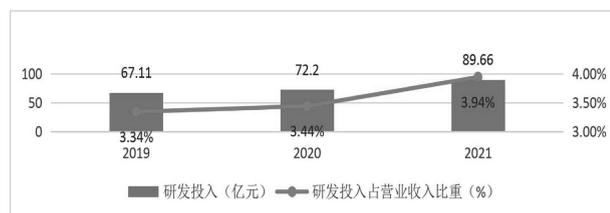


图8 海尔智家研发投入及变动情况

5 结论与启示

5.1 结论

企业良好的ESG表现会改善企业经营现状, 形成差异化竞争优势, 提升企业绩效促进长期可持续发展。海尔智家紧跟国内外发展趋势, 积极响应国家“双碳”政策, 并推行ESG战略, 加强ESG表现, 在“双碳”政策和ESG战略双重指引下, 海尔智家在短期和长期绩效方面均有提升。

1) 在短期绩效方面, 海尔智家ESG战略实践及设立ESG管治委员会的行为在短期内给投资者带来稳定的超额收益, 且超额收益幅度呈逐年上升趋势。

2) 在长期财务绩效方面, ESG环保和公司治理的实践使海尔智家研发投入比重增加, 成本费用上升, 在一定程度上影响短期利润水平, 对绩效产生一定负面影响; 但从长期看良好的ESG表现更多体现出改善企业绩效, 提升企业价值的作用。海尔智家在推行ESG战略、加强自身ESG表现后, 销售状况改善, 盈利能力增强; 经营活动现金流量改善, 获利含金量及变现能力提升, 盈利质量增强; 降低借款成本, 长期偿债能力增强, 财务风险降低, 财务韧性增强; 重视维护与利益相关者关系, 实施积极股利分配政策, 与股东形成“双赢”局面。

5.2 启示

1) 上市公司应积极响应我国“双碳”政策, 将ESG理念贯彻落实到企业日常经营管理过程中。企业管理层应首先树立起ESG理念, 在公司架构中建立ESG组织体系, 负责企业ESG实践, 向下级各部门、分支机构传递ESG理念和实施要求, 向董事会等上级定期汇报ESG实践的情况, 再将董事会的决策和下一步ESG实践要求传递至下级各部门, 以此实现企业ESG实践工作的整体贯通。

2) 投资者应树立ESG投资理念, 将企业在环境、社会和治理方面的表现纳入投资决策过程。投资者进行投资决策时, 在考虑传统财务绩效的基础上还应考虑企业ESG表现情况, 已有研究证明: 拥有良好ESG表现的企业可能会因为研发投入的增加对短期利润产生负向影响, 但从长期看这类企业具有较高发展潜力, 其财务绩效在未来会得到显著提升, 投资该类企业也会带来更高收益。此外, 投资者的投资理念和偏好在资本市场上发挥“风向标”作用, 进行ESG投资也会促使各上市公司积极

转型, 大力开展ESG实践, 以此获得资本市场的青睐。

3) 政府及相关部门机构应建立健全企业ESG信息披露标准, 鼓励支持当地企业积极开展ESG实践。政府及相关部门机构应建立统一、具有可比性的ESG信息披露标准, 规范企业的ESG信息披露, 保证企业披露信息的真实准确性, 防止出现虚假ESG信息误导信息使用者的现象。对于积极开展ESG实践, 加强自身ESG表现的企业, 政府应给予相关政策优惠扶持; 将不践行ESG和ESG表现较差的企业列入负面清单, 通过“赏罚结合”的机制促使企业重视自身ESG表现, 树立长期可持续发展理念。

参考文献:

- [1] 白雄, 朱一凡, 韩绵绵. ESG表现、机构投资者偏好与企业价值[J]. 统计与信息论坛, 2022, 37(10): 117-128.
- [2] 席龙胜, 赵辉. 企业ESG表现影响盈余持续性的作用机理和数据检验[J]. 管理评论, 2022, 34(9): 313-326.
- [3] 李瑾. 我国A股市场ESG风险溢价与额外收益研究[J]. 证券市场导报, 2021(6): 24-33.
- [4] 方明, 范焯. 股权激励对A股上市公司的短期影响分析[J]. 财会通讯, 2017, 733(5): 41-44.
- [5] 李井林, 阳镇, 陈劲, 等. ESG促进企业绩效的机制研究——基于企业创新的视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2021, 42(9): 71-89.

Research on the Influence of Haier's ESG Performance on Corporate Performance under the Background of " Carbon Peaking and Carbon Neutrality"

XIA Xiu-fang, JIANG Zi-yi

(School of Business, Qingdao University of Technology, Qingdao Shandong 266520, China)

Abstract: Under the background of “carbon peaking and carbon neutrality”, ESG performance is an important indicator to measure the sustainable development of green economy of enterprises. This paper takes Haier as the research case, combs the process of ESG practice, and analyzes the influence of good ESG performance on its short-term and long-term performance. The results show that good ESG performance can make the share price of Haier generate excess returns in the short term, and the range of excess returns increases year by year. In terms of financial performance, although ESG practice increases Haier's R&D expenses in the short term. In the long run, it improves its profitability, enhances business quality, improves operating cash flow, strengthens the maintenance of the relationship with stakeholders, and finally improves corporate performance.

Key words: “carbon peaking and carbon neutrality” policy; ESG performance; enterprise performance

经济交往与社会整合

——以喀什地区巴扎研究为例

梁媛¹, 李紫陌²

(1. 云南财经大学 旅游与酒店管理学院, 云南 昆明 650221; 2. 北京理工大学 法学院, 北京 102488)

摘要: 经济人类学研究发现, 人类的生活生产具有双重关系, 一面是自然关系, 另一面是社会关系。人类的经济交往是沉浸在社会关系中的。社会关系的搭建和社会文化的汇聚, 需要一个场域。在喀什, 统合人、物、市场、社会、文化因素的经济场域, 被称为“巴扎(bazaar)”。笔者通过跨越4年对喀什地区巴扎的田野研究发现, 作为经济、社会、文化的“交点”的巴扎, 不仅承载着人的交往、物的流动以及经济社会的交融与交互, 也推动着当地人经济圈层、社交圈层和文化圈层的形成与发展。

关键词: 经济人类学; 非物质文化遗产; 经济交往; 社会整合

中图分类号: F127.4

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0053-05

“巴扎(bazaar)”是喀什地区经济交流、社会交往的重要场域。马克思、恩格斯曾提到, 生产是个体交往的前提^[124]。进入巴扎, 意味着生产完成的产品, 离开了“生产语境”, 进入到功能语境、交换语境和市场语境, 开始参与更广泛的社会经济活动。

巴扎的形成需要几个因素共同参与: 流通物, 人, 场域。从拉丁语的造词看, “流通物(commercium)”一词不仅指代经济联系, 也有社会性互惠关系搭建的意涵^[2146]。马塞尔·莫斯(Marcel Mauss), 爱弥尔·涂尔干(Emile Durkheim), 亨利·于贝尔(Henri Hubert)在《论技术、技艺与文明》中提到, 物品在不同群体之间交换, 是社会生活的常态, 而这种交换也创造了社会本身^[2147]。人是市场语境的核心要素。涂尔干认为, 社会关系缔结的原因之一, 在于分工使人人与人之间产生了需要^[3171]。场域是人交流、交往、交融的物质空间和文化空间。人们在巴扎中交易、消费, 不仅具有个体性, 也具有集体性。它维护着符号秩序与组织完整, 是一套沟通体系, 也是一种交换结构。在“巴扎”这样的市场语境中, 不同文化体系中的个体(包括物、人、文化元素等)被聚集在一起^[4115]。因此, 让·鲍德里亚(Jean

Baudrillard)认为, 消费与亲缘体系一样, 是一种“含义秩序”。^[5]

马克思恩格斯认为, 人类的生产生活兼具自然关系与社会关系^[11133]。卡尔·波兰尼(Karl Polanyi)也曾提到: 人类的经济交往是沉浸在社会关系中的^[6]。那么, 社会关系的缔结、社会文化的汇聚与社会秩序的搭建, 需要一个场域进行衔接。在喀什, 统合这些因素的场域是“巴扎”。

在喀什, 大大小小的巴扎有若干, 如蜡烛巴扎、菜巴扎、油巴扎、玉米巴扎、皮料巴扎、帽子巴扎等, 它们在社会整体中发挥着各自的功能, 分别整合起与之相关的经济贸易往来与社会关系。本文选取了喀什地区花盆巴扎、牛羊巴扎、手工艺巴扎作为民族志考察的主要田野点, 试图从人类学、社会学的视角, 解答市场(即巴扎)如何发挥经济、社会、文化的整合作用, 如何将零散的个体整合到经济圈层中来。

1 花盆巴扎的器物流动与经济交往

我们知道, 一件手工制品并非天然存在于商品市场中, 需要有人销售它。^[7]为了控制产品的流通成本和销售成本, 喀什地区最初从事制陶的土陶

收稿日期: 2023-04-20

基金项目: 国家社会科学基金西部项目“国家、社会、家庭三维视角下边疆民族地区手工艺传承与文化再生产研究”(项目批准号: 21XMZ018)。

作者简介: 梁媛(1988-), 讲师, 博士, 硕士生导师, 主要从事艺术人类学、文化产业管理、非物质文化遗产研究。

艺人也兼而从事手工制品的销售。起初，他们多在家中从事生产劳动，生活空间既为生产空间，也为商品交易空间。后来，随着社会分工的细化，土陶艺人因为忙于加工制作，无法专注于经营管理。于是，专门从事经商活动的商人开始到土陶艺人家中进货，并运输到巴扎销售。

一开始，这些商贩并没有店面，而是在路边、巴扎或自己家中摆摊设点。久而久之，摆摊的土陶艺人聚拢到喀什老城东侧的土台上售陶，购买者也习惯于到此选陶、购陶。市场的“磁性”吸引了越来越多的买陶者与卖陶者到此聚集，形成了著名的“特克西塔克巴扎（textek bazzar）”，即“花盆巴扎”。



图1 花盆巴扎旧景



图2 2018年8月的花盆巴扎



图3 2020年7月的花盆巴扎

（图片来源：图1为笔者翻拍旧照片，原作者不详；图2为笔者于2018年8月12日拍摄于喀什老城花盆巴扎；图3为笔者于2020年7月25日拍摄于喀什老城花盆巴扎。）

“花盆巴扎”是喀什地区土陶贸易往来的核心区域。这里的商户从土陶作坊和土陶艺人手里批量购入土陶，再零售给客户。除了提供消费品满足市场需求之外，他们在“土陶圈”的作用还有几个，一是将劳动产品变现，维系土陶市场的资金流动；二是传递市场需求，促进制陶者变更手工艺技术和产品。

我曾在花盆巴扎访谈土陶商人艾孜提·艾力：“你们老家一直住在花盆巴扎吗？”

“我爷爷就住在这里。爷爷去世了，就把房子留给我的爸爸和叔叔。”艾孜提·艾力对祖传的老宅充满感情，他接着说：“以前，这个附近都是卖石灰的、卖石膏的，逐步发展，卖土陶的也越来越多。一直到十年前吧，这条街的两边都是卖土陶

的，有自己做的，也有进货卖的。小时候，我们就看着爸爸、爸爸的爸爸在这里卖土陶。”

（访谈对象：艾孜提·艾力；访谈时间：2019年1月19日；访谈地点：喀什老城花盆巴扎。）

据艾力回忆，初中的时候，因父亲生病，他便退学回家，接手了家里的土陶生意，店铺的进货、销售、仓储管理都由他负责。每隔3、4个月，艾孜提·艾力会到附近的土陶作坊订购一批土陶器。但是，近几年来生意每况日下，进货量也逐年减少。一次的进货量以“窑”为单位计算，一窑出产大小不等的土陶器约600件。艾孜提·艾力的土陶店每年的进货量与销售量基本持平，2018年店铺的销售额约3万元。

距离艾力的土陶店不远，阿布都克热木江·阿布都热（以下称“克热木”）也经营着一家土陶店。他1992年出生于喀什市，家住高台民居。他15岁时便离开学校，随兄长到北京、上海、山东等地做服装、化肥、首饰生意。2016年，他回到喀什，接手了父亲的生意。小小的土陶店目前由父子两人共同打理。父亲负责采购和财务管理，儿子负责管理店面。如今，父亲每天上午10点会到花盆巴扎把店门打开。午餐后，克热木再到店里接手父亲的工作。据克热木说，他的祖辈在清朝时期就在此经营，家中还保存有民国时期的经营许可证。在他记事以来，爷爷将土陶生意交给了叔叔，叔叔又将生意交给了父亲，祖业传到克热木，已是第6代。因此，这是一家“百年老店”。

虽然，如今的花盆巴扎仅剩7家商户仍坚持经营土陶，但这里仍是喀什人记忆中重要的文化坐标。

花盆巴扎作为喀什老城社会结构中的经济单位和社会组织之一，也作为社会整体中的局部，它建立起了土陶制品“进来”与“出去”的通道。弗雷德·迈尔斯（Fred Myers）曾说：让手工制品向外流动，最简单的方法就是将其作为营销结构中的一员^[8]。同时，花盆巴扎还进一步明确了生产与销售的社会分工关系，在社会聚合的过程中提供了空间和社会支持（social support），发挥了社会整合（social integration）作用。

在喀什，如花盆巴扎一样的经济组织单元还有若干，它们分布于喀什老城大大小小的街巷中。在史书典籍中，就曾记载喀什地区手工业发展之繁荣而多样。据《汉书》记载“罽宾地平……其民巧，雕文刻镂，治宫室，织罽（麻布），刺文绣，好治

食。有金银铜锡,以为器。市列。”^[9]此段文字描述了2000年前,西域农耕生产、手工制作之景象。王时样认为,自西汉起,喀什人就脱离游牧生活而发展农业,继而是发达的手工业,这是上古时期社会进步的标志。蓬勃兴盛的丝路贸易,极大地促进了古疏勒物质文明的发达,其雄厚的经济实力又反哺了丝绸之路的贸易经济。^[10]

如今,喀什的“生意圈”仍呈现巴扎林立、生意网交织之势。加工制造业只是经济链条上的一环,而交易才是经济关系建立的核心,以“生意”为生是当地人一项重要的生计选项。喀什人善于经商,经营门类众多,有工艺品店、药店、蔬菜店、古董店、饭店、牙科诊所等。经营门类相似的店铺集中于某一区域,形成了以不同商品种类划分形成的巴扎。

“巴扎”如同社会交往的枢纽,将一个个零散的手艺人和社会要素整合到同一条社会链条上、同一个“相互作用圈(sphere of interaction)”^[11],形成了一定地理空间内相对稳定的社会和文化共同体。

同时,“逛巴扎”也成为喀什人的文化习惯。就如玛丽·道格拉斯(Mary Douglas)提出的“消费可以定义为一种仪式活动”,是一种民间自发组织的集体行动。她认为,商品是中性的,但用途是社会性的,它既像栅栏,又像桥梁^[12]。

祖力甫卡尔·阿巴拜克力作为本地人,对喀什的历史旧貌非常熟悉,他曾告诉我:“你现在看到的手艺人和他们开的店,数量只有原来的十分之一。你看啊,一个是高台民居,一个是喀什老城,特别是吾斯塘博依路和阿热亚路这块儿,就是喀什噶尔最大的商业区。以物换物的年代,这是一个商贸中心,也是城市的地理中心。铁匠、铜匠、裁缝、木匠、土陶艺人,牙科医生都在里面。这里的店涉及衣食住行方方面面,全是老百姓能用到的,包括五金店啊,牙科诊所啊。每周逛街的人都到这里面来钉马掌,买东西,坐着喝茶。旁边的努尔贝西路,全是卖吃的。你去逛巴扎,做啥的都有,顺便还可以看看牙科医生。”

(访谈对象:祖力甫卡尔·阿巴拜克力;访谈时间:2019年8月20日;访谈地点:喀什老城。)

“巴扎”不仅是“物”的集散中心,也是当地人口的聚居区和商业互市的核心区。在这里,人们不仅可以购买到粮食、蔬菜、药材,即使不买东

西,也喜欢到巴扎凑个热闹。尤其在节日期间,人们会停下活计,精心打扮,邀约亲朋同行,“逛巴扎”成为庆祝节日和体现仪式感的方式。

2 牛羊巴扎的牲畜交易与社会往来

喀什市疏勒县荒地乡的“活畜交易市场”是喀什地区牛、马、羊等大型牲畜交易的经济场域,当地人称其为“牛羊巴扎”。据老人说,牛羊牲畜的交易在喀什地区已经形成和发展超过百年。过去,喀什作为丝绸之路之上、沙漠戈壁之中的驿站,驼队、马帮经常在此留宿、中转、交易。牛马作为农耕生活、牧业生活、商业生活中重要的食物来源和劳动力,是当地经济交易的重要内容。



图4 羊巴扎



图5 剪羊毛



图6 牛巴扎



图7 马巴扎

(图片来源:图4为2019年8月11日笔者拍摄于喀什市荒地乡牛羊巴扎;图5、图6、图7为2021年6月28日笔者拍摄于喀什市荒地乡牛羊巴扎。)

历史上,喀什地区的牛羊交易主要在“东巴扎”一带进行。近年来,牛羊巴扎迁至距离喀什市中心约20公里的荒地乡,占地约60亩。赶集一般以“周”为周期进行,周日开市。每逢集日,卖主们一大早便赶上牛、羊、骆驼、马、驴等牲畜从各地赶来,少的牵上一、二头,多则百十头,牲畜价格从数百元至数万元不等。

每到“集日”,卖家将牲畜拴在木桩上,或圈好,供买主挑选。买主通过望、嗅、问、触等方式了解牲畜品相,决定是否购买。人们会在选中的羊身上做上标记,买卖双方经过一番讨价还价,达成交易。交易过程中,除了买主和卖主,一般还有一位“中间人”,负责了解需求,传递信息,帮助接洽、议价和交易的完成。其间,中间人可

获得一定报酬。这种“摸索式”的交易方式，被当地人称为“袖子里的交易”。阿帕杜莱（Arjun Appadurai）认为，这种“沉默交易现象（silent trade phenomenon）”，是商品交易中文化与社会之间的最小默契。^{[4]15}

3 手艺巴扎的文化交往与社会整合

在喀什，“巴扎”不仅是经济交易中心，也是文化汇聚的中心。以花盆巴扎所在的阿热亚路和库木代尔瓦扎路为例，这里如“萨帕里索迪噶尔（sapal sodigar，土陶商人）”一样，以专营某一项手工制品为生的商人还有很多。如“雅噶索迪噶尔（yaga sodigar，木器商人）”“坎土曼索迪噶尔（tomorn sodigar，铁器商人）”“玛辛其（machenq，裁缝）”“苏拉其（sulaq，照相师）”等，不同的手艺人 and 商人，聚集在喀什老城及其周边的不同区域从事生产经营，呈现出分区性和集群性。如土陶艺人主要聚居于喀什老城东侧的高台民居，铜匠大多集中于老城东片区的东侧，皮草的交易和衣帽裁缝集中于汗巴扎东侧，皮料的交易和鞋匠集中于老城东片区的欧尔达西克路中段，做笼屉和木工的匠人集中在阿热亚路中段及库木代尔瓦扎路。因此，当地人把这些手工艺人和手工艺商品聚集的区域称为“手艺巴扎”。

贡纳尔·雅林（Gunnar Jarring）在《重返喀什噶尔》中写道：“在城里……街道两边都是手工匠人：鞋匠，裁缝，修理裂了缝或破瓷器的老匠人。”^{[13]107}“在巴扎上，每一个行业和手工艺行当都有固定场所。在编制品和地毯巴扎，宁静且没有嘈杂声，这与铜匠巴扎上的噪音形成了鲜明对比”^{[13]58}。可见，喀什地区的手艺巴扎形成已颇有年代，当地人有到巴扎上交易手工艺产品的习惯。

近五年来，由于旅游业的发展，喀什老城的游客数量和商户数量不断增加。根据田野调查统计，截至2019年1月，库木代尔瓦扎路的商铺共66户。2020年9月，商铺数量增加至118户。新进驻的商家、往来的游客、“喀漂”等更多元化的群体影响着喀什地区经济、社会 and 文化的构建与重塑。部分游客对当地的自然风光和人文环境感兴趣而长期居住下来。同时，他们因为文化参与而对地方性文化产生更深层次的理解和热爱，成为“新的老城人”。老城的原住居民与“新的老城人”来自不同族源、不同文化区，如今，却在喀什老城中共同劳动、生活、消费，他们共同塑造着老城多元的经济

交往关系和社会结构网络。

新的经济参与者带来新项目、新产品和新文化。距离花盆巴扎不远处的阿热亚路，一家以经营河南汝窑瓷器的店铺——“汝韵斋”，于2019年7月17日开业，店主是河南籍商人王来拴。王来拴说，之所以经营汝瓷，一是因为汝瓷是家乡河南的特产，货源有保障；二是喀什的旅游产业起步不久，经营成本低，同类产品少；三是当地人有消费工艺品的习惯，预期有一定的市场需求。王来拴的店铺与喀什地区当地的土陶艺人祖力甫卡尔·阿巴拜克力的泥巴工作室相邻，前者经营来自中原的汝瓷，后者经营本地手艺人制作的土陶，两人关系非常融洽。王来拴说，“汝韵斋”的招牌，正是请祖力甫卡尔·阿巴拜克力帮忙制作的。二人经营的器物来自不同产地，出自不同艺人之手，在巴扎这一交点上相遇，文化也在此得到交流交融。

文化的交流没有高低优劣，正如人类学家博厄斯（Franz Boas）所说，学术研究应该对不同文化形式具有包容性，文化价值具有相对性。文化是相互学习、借鉴、采借的，只是所处的阶段不同^[14]。

在繁荣的市场经济中，地方性文化生于斯、长于斯，但是如何进来和出去？这就需要回到当地文化和社会经济流动交融的一个重要环节——市场化（marketization）。“巴扎”作为市场化的核心场域，它整合并引导着当地人的经济共益、社会共建和文化共享。如今，社会发展的趋势正走向群体多元、消费多元和文化多元。曾经，地方性社会中的“我者”，也常常作为异文化社会中的“他者”，而每个社会成员都可能影响着“他者”的经济生活，或受到更多元文化的影响。

爱弥尔·涂尔干认为，劳动分工产生的社会团结，不仅使每个人都成为交易的中间人，而且在人与人之间建构起权利责任体系和社会规范，保证相互分化的功能能够稳定协作。^{[3]354-367}作为经济、社会、文化“交点”的“巴扎”，不仅本身具有流动性、多元性、兼容性，也以自身“交点”之功能，统合着圈圈交织的社会经济文化网络。

4 结语

花盆巴扎、牛羊巴扎和手艺巴扎是喀什地区众多集市中的几个典型代表，它们反映和见证了古往今来当地人经济交换、社会交往与文化交流的图景。作为经济、社会、文化之“交点”的巴扎，不仅承载着人的交往、物的流动、资金的交换以及经

济社会的交融与交互,也推动着当地人经济圈层、社交圈层和文化圈层的建构,促进着经济共同体与文化共同体的形成与发展。

参考文献:

- [1] 马克思,恩格斯.马克思恩格斯全集·第三卷[M].北京:人民出版社,2016.
- [2] 马塞尔·莫斯,爱弥尔·涂尔干,亨利·于贝尔.论技术、技艺与文明[M].北京:世界图书出版公司,2010.
- [3] 爱弥尔·涂尔干.社会分工论[M].北京:生活·读书·新知三联书店,2000.
- [4] Appadurai A. Introduction: Commodities and the politics of value[J]. in A. Appadurai (ed.), The social life of things: Commodities in cultural perspective. Cambridge: cambridge university press, 1986.
- [5] 让·鲍德里亚,刘成富.消费社会[M].南京:南京大学出版社,2014: 60-61.
- [6] 卡尔·波兰尼.大转型:我们时代的政治与经济起源[M].杭州:浙江人民出版社,2007: 39-41, 49.
- [7] Spooner B. Weavers and dealers: the authenticity of an oriental carpet [J]. in Arjun Appadurai, The Social life of things: commodities in cultural perspective, Cambridge: cambridge university press, 1986: 224.
- [8] Fred M. Painting culture: The making of an aboriginal high Art[M]. London: duke university press, 2002: 137, 142, 154.
- [9] 班超.汉书·卷九十六上·西域传第六十六上[M].北京:中华书局,2007: 965.
- [10] 王时祥.喀什噶尔史话[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1992: 13.
- [11] 张光直.考古人类学随笔[M].北京:生活·读书·新知三联书店,1999: 234-235.
- [12] Mary D, Baron I. The world of goods: Towards an anthropology of consumption[M]. New York: Basic books, 1979: 26-39, 45.
- [13] 贡纳尔·雅林.重返喀什噶尔[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2013.
- [14] 弗朗兹·博厄斯.原始人的心智[M].北京:国际文化出版公司,1989:151.

Economic Communication and Social Integration

-- A Case Study of Bazaar in Kashgar Area

LIANG Yuan¹, LI Zi-Mo²

(1. School of Tourism and Hotel Management, Yunan University of Finance and Economics, Kunming Yunan 650221, China; 2. Law School, Beijing Institute of Technology, Beijing 102488, China)

Abstract: The study of economic anthropology found that human life and production have dual relations, one is the natural relationship, the other is the social relationship. The economic exchanges of Human are submerged in a social relationship. The construction of social relations and the convergence of social culture need a field to connect. In Kashgar, the field that integrates these economic, social and cultural relations is called bazaar. Through the field research of Bazaar in Kashgar area spanning four years, the author found that as the “intersection” of economy, society and culture, Bazaar not only carries the communication of people, the flow of things and the integration and interaction of economy and society, but also promotes the construction of local economic circle, social circle and cultural circle.

Key words: economic anthropology; intangible cultural heritage; economic exchanges; social integration

德州市数字经济发展水平与产业融合发展的耦合度研究

肖风华, 王金波

(德州学院 经济管理学院, 山东 德州 253023)

摘要: 推动产业发展是新时代背景下欠发达地区实现经济高质量发展的重要途径。采用熵权法与耦合度模型, 根据山东省地级市 2011~2021 年的面板数据, 实证考察了德州市数字经济发展水平与产业融合发展之间的耦合协调关系。研究表明: (1) 德州市数字经济与产业融合总指数呈现波动性增长趋势, 其中, 虽有下降但波动性不大稳中向好。通过横向比较发现, 二者的融合发展水平在省内位置还相对较低, 位于省内平均水平以下, 与省内其他城市相比还存在较大差距, 这也从侧面说明促进德州市数字经济与产业融合发展还存在较大的发展潜力, 通过挖掘“数字红利”可以更好地拓宽德州市数字经济与产业融合的发展空间。(2) 德州市数字经济对产业发展的推动作用相对较弱, 传统产业对“数字红利”的吸收能力不足, 还有待提高, 产业的数字化发展过程还相对滞后, 二者呈现初级协调关系。(3) 相对于产业发展而言, 德州市数字经济的发展相对缓慢, 并且数字经济的发展严重滞后于产业的发展, 这突出的表现在数字经济对产业发展的拉动作用不明显, 传统产业在发展过程中, 数字化优势并不突出。

关键词: 数字经济; 产业融合; 熵权法; 耦合度模型

中图分类号: F49、F121

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0058-08

1 引言

Tapscott (1996)^[1]最早提出了数字经济的概念, 他认为数字经济是智慧、知识与创造力的网络结合, 是创新网络化与数字信息化相结合的新经济。Moulton (2000)^[2]将信息技术、电子商务、知识网络的发展统一概括为数字经济。2016年, 二十国集团(G20)在杭州峰会上正式将数字经济的概念定义为:以使用数字化的知识和信息作为关键生产要素、以现代信息网络作为重要载体、以信息通信技术的有效使用从而推动经济发展的经济活动和经济形态。国内学者赵西三(2017)^[3]认为数字经济的内涵包括三个方面, 一是数字经济的发展是信息化发展到一定阶段的产物; 二是数字经济是属于社会基础设施的一部分; 三是数字经济在技术经济范畴内对于推动社会变革与发展中起着重要作用。

数字经济具有强大的推动力, 在过去十几年中随着我国数字经济的蓬勃发展, 催生了新业态、新模式、新产业。而数字经济对整个产业体系的影响是通过信息技术与传统产业的融合来实现的。产业融合的核心是技术融合, 从技术的角度看, 产业融合是将不同产业的生产过程, 用一套完整的技术链条将各个独立的产业整合起来, 形成一个统一的产业生态系统。而产业融合是将不同产业或同一产业不同行业利用标准技术链条相互影响、相互渗透形成一个完整的统一体。国内学者分别从数字经济与产业升级二者关系入手, 考察了数字经济对传统产业的影响。其中, 周明生(2022)^[4]研究发现, 数字经济可以有效地促进制造业和服务业的融合进程, 进而从整体上推动了制造业和服务业的产业升级, 数字经济对产业结构升级的影响主要是通过数字经济直接驱动、数字普惠金融支撑、技术投入驱动以及要素禀赋驱动来实现(彭炳

收稿日期: 2023-03-01

基金项目: 德州市哲学社会研究课题(2023DZZS007); 德州学院社会科学类横向课题项目(HXKT2022063); 德州学院博士基金项目(30103513)

作者简介: 肖风华(1978-), 女, 山东临邑人, 硕士, 德州学院经济管理学院讲师, 研究方向: 企业数字化转型与人力资源。

忠, 2021)^[5]。肖远飞(2021)^[6]从实证角度考察了数字经济、产业升级与经济高质量发展之间的关系, 结果表明, 数字经济通过促进产业结构合理化强化了对经济高质量发展的正向效应, 而数字经济的产业结构高级化效应并不明显, 对经济高质量发展的影响表现为不显著。除此之外, 部分学者从更加具体的区域视角考察了数字经济对不同区域内产业融合发展的影响。如, 黄淑华(2021)^[7]以江西电子产业为研究对象, 考察了数字经济对江西电子产业发展的影响, 结果表明, 以5G、云计算、大数据、物联网为基础的数字化过程显著地促进了江西电子产业的发展。王永坤(2022)^[8]从实证角度考察发现, 数字经济以产业升级为中介促进了高质量发展。

以上研究均是从宏观角度对二者关系进行了系统考察, 德州市作为省内唯一一座京津冀协同发展区内的城市, 其数字经济发展水平如何? 数字经济与产业发展呈现出何种特征? 二者是否具有协调融合发展特征? 这些问题的回答, 对于政府部门把握数字经济的先机, 促进数字经济与产业融合发展具有重要的现实意义。

2 研究设计

2.1 数字经济与制造业融合发展的指标体系构建

1) 指标体系

本文在黄群慧(2019)^[9]研究的基础上, 分别从数字经济基础设施、数字经济技术水平、数字经济效益规模三个维度构建数字经济的二级指标。其中, 数字经济基础设施下设5个三级指标, 分别用以下5个四级指标来描述: (1) 以人均电信业务总量表示互联网总产出; (2) 以计算机服务和软件业从业人员数衡量互联网就业规模; (3) 以每百人互联网宽带接入用户数衡量互联网普及人数; (4) 以每百人移动电话用户数量衡量移动电话普及人数; (5) 用数字普惠金融指数衡量银行业务的信息化程度, 有参考北京大学数字金融研究中心关于数字普惠金融的构建原则, 数字普惠金融指数在具体测算过程中包含了数字金融覆盖广度、数字金融使用深度以及数字化水平三个方面。数字经济技术水平下设3个三级指标, 分别用3个四级指标来体现: (1) 用高新技术企业数衡量企业水平; (2) 用研究与开发人员衡量人才装备; (3) 用R&D成果应用及科技服务经费支出、R&D成果应用及科技服务条目数衡量投入产出水平。数字经济效益规模下设2个三级指标, 分别用2个四级指标体现: (1) 用电子信息产业利润衡量数字经济的硬件效益; (2) 用软件业务收入衡量数字经济的软件效益。产业发展包含了产业结构升级、产业结构高级化和制造业全要素生产率三个指标。具体而言, 各个指标体系的构建与分解如表1所示。

2) 测度方法

本文在指标体系构建的基础上, 进一步采用熵权法对2011~2021年德州市数字经济发展水平进行测算, 其方法如下:

①数据的标准化:

$$Y_{ij} = \begin{cases} \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}, X_{ij} \text{ 为正向指标} \\ \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}}, X_{ij} \text{ 为负向指标} \end{cases} \quad (1)$$

②计算指标比重:

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}} \quad (2)$$

表1 数字经济与产业融合的指标体系分解

总指标	一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	属性	数据来源
数字经济与 产业融合发 展指数	数字经济	基础设施	互联网产出	人均电信业务总量	正向	中国城市统计年鉴、山东统计年检、 山东各市统计资料公报。 根据北京大学数字金融研究中心编制的数字金融普惠指数、山东各市统计资料公报计算得出。 中国科技统计年鉴、中国高新技术产业统计年鉴、山东省统计年鉴、山东各市统计资料公报。 国研网《信息产业数据库》、山东各市统计资料公报。 中国城市统计年鉴、山东省统计年鉴、山东各市统计资料公报。
			互联网就业规模	以计算机服务和软件业从业人员数	正向	
			互联网普及人数	以每百人互联网宽带接入用户	正向	
			移动电话普及数	每百人移动电话用户数量	正向	
			数字普惠金融发展指数	中国数字金融普惠指数	正向	
			企业水平	高新技术企业数	正向	
			人才装备	研究与开发人员	正向	
			R&D成果应用及科技服务经费支出	R&D成果应用及科技服务条目数	正向	
			投入产出水平	R&D成果应用及科技服务条目数	正向	
			数字经济的硬件效益	电子信息产业利润水平	正向	
			数字经济的软件效益	软件业务收入	正向	
			产业结构层次系数： $ISU = \sum \theta_i \times IS_i$			
			产业结构升级	其中， θ_i 为三次产业对应的权重； IS_i 为各产业增加值占GDP的比重，赋权1、2、3分别予第一、二、三产业。	正向	
			第三产业发展	第三产业发展/第二产业发展	正向	
			制造业全要素生产率	以制造业增加值为产出变量、就业人员数、资本存量为投入变量构建Malumquist指数测得	正向	

③计算熵值:

$$e_j = -k \times \sum_{i=1}^n [P_{ij} \times \log(P_{ij})] \tag{3}$$

④计算差异系数:

$$g_j = 1 - e_j \tag{4}$$

⑤计算熵权 W_j ，其中m为指标数:

$$W_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \tag{5}$$

⑥计算综合得分:

$$S = \sum W_j Y_{ij} \tag{6}$$

2.2 耦合度模型

耦合度模型是物理学中的概念，是指两个或两个以上的系统通过各种形式相互影响。为此，耦合度模型本质上用于描述系统或要素的相互影响程度。在前人研究的基础上，进一步构建数字经济与产业发展的耦合度模型，通过定量分析用于考察数字经济与产业发展的融合程度，为此将模型设定如下：

$$C = \sqrt{S_1 \times S_2} / (S_1 + S_2)$$

其中，C为耦合度指数，取值位于0~1区间内； S_1 为数字经济指数； S_2 为产业发展指数。如果指数C越趋近于1，表明数字经济与产业发展二者之间趋于协调，二者的融合发展程度较高。反之，当指数C越趋近于0时，表明数字经济与产业发展二者之间趋于发散，表现为不协调，二者发展的融合度相对较低。当指数C等于0时，表明二者之间的发展相对独立，呈无序发展状态。为进一步考察德州市数字经济与产业发展的协调状态，进一步构建二者的耦合协调度模型如下：

$$D = \sqrt{C \times T}$$

$$T = a \times S_1 + b \times S_2$$

其中，T为两个系统的综合协调指数；a与b为带估计参数，在推动地区经济高质量发展过程中，数字经济与产业发展对经济高质量发展的影响具有同等作用。为此，将参数a与b都设定为0.5。D为耦合协调度，取值位于[0, 1]区间内，取值越接近于1，表明系统间的协同效应越强；反之，取值接近于0时，表明系统之

间趋于发散,呈现无序发展状态,结合已有研究,将耦合度与耦合协调度划分如下等级(表2)。

表2 耦合协调度等级划分标准

耦合度等级划分	C 值范围	等级类型	等级代码
	0	耦合无关	1
耦合度等级划分	0 ~ 0.29	超低度耦合	2
	0.30 ~ 0.49	低度耦合	3
	0.50 ~ 0.69	中度耦合	4
	0.70 ~ 0.89	良性耦合	5
	0.90 ~ 1	高度耦合	6
耦合协调度等级划分	D 值范围	等级类型	等级代码
	0 ~ 0.19	严重失调	1
	0.20 ~ 0.29	中度失调	2
	0.30 ~ 0.39	轻度耦合	3
	0.40 ~ 0.49	濒临失调	4
	0.50 ~ 0.59	勉强失调	5
	0.60 ~ 0.69	初级协调	6
	0.70 ~ 0.79	中级协调	7
	0.80 ~ 1	良性协调	8

尽管耦合协调度模型反映了数字经济与产业发展之间的耦合协调关系,但却难以衡量二者之间的相对发展速度,为此进一步引入关于二者的相对发展速度模型如下:

$$\beta = \frac{S_1}{S_2}$$

其中: S_1 代表数字经济总体水平; S_2 代表产业发展状况。当 $\beta > 1$ 时,数字经济发展水平领先于产业发展规模,即产业发展水平相对滞后。当 $\beta < 1$ 时,数字经济发展水平滞后于产业发展规模,即产业发展水平相对领先。当 $\beta = 1$ 时,数字经济发展水平趋同于产业发展水平,二者具有协调发展状态。借鉴段光君(2021)的研究,将相对发展速度根据特定的临界值,划分为以下几个阶段(表3)。

表3 数字经济与产业发展相对速度

相对速度	相对特征
$0 \leq \beta \leq 0.8$	数字经济发展滞后于产业发展,系统趋于退化
$0.8 < \beta \leq 1.2$	数字经济发展趋同于产业发展,系统趋于优化
$\beta > 1.2$	数字经济发展超前于产业发展,系统趋于退化

3 实证分析

3.1 德州市数字经济与产业融合指数测算及其变动

表4给出了2011~2021年德州市数字经济与产业融合度指数测算情况,总体而言,其指数在2011~2021年间总体呈现波动性增长趋势,其间,虽有下降但波动性不大稳中向好。具体而言,2011年为0.531,2021年为0.689,增长率约30%。其中,最小值出现在2015年,其值为0.414,最大值出现在2021年为0.689,均值为0.567,这表明德州市数字经济发展水平与产业发展的融合趋势呈现逐年加强的态势。

表4 2011~2021年德州市数字经济与产业融合发展指数测算

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
融合度	0.531	0.570	0.612	0.446	0.414	0.568	0.567	0.553	0.619	0.669	0.689	0.567

表5给出了德州市数字经济与产业融合度同省内其他兄弟市之间的比较情况。由表5所示,就省内横向比较而言,出现了以济南、青岛为城市核心,其他城市为边缘的“核心-边缘”结构。其中,济南、青岛、潍坊、烟台,位居前四;鲁南地区的临沂位居第五;鲁西南、鲁西北的城市排名较为靠后,其中德州市数

字经济与产业融合度同省内其他城市比处于中下游,明显高于聊城和滨州市,但就平均值而言与鲁西南的菏泽市存在一定差距。通过表4看出,虽然就纵向来看,德州市数字经济与产业融合趋势呈逐年加强趋势,但是,通过横向比较发现,二者的融合发展水平在省内位置还相对较低,位于省内平均水平以下,与省内其他城市相比还存在较大差距,这也从侧面说明促进德州市数字经济与产业融合发展还存在较大的发展潜力,通过挖掘“数字红利”可以更好地拓宽德州市数字经济与产业融合的发展空间。

表5 2011~2021年德州市数字经济与产业融合度指数的区域比较情况

城市	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
济南市	1.457	1.578	2.848	2.743	2.802	2.842	2.989	3.015	3.035	3.278	3.376	2.724
青岛市	1.572	1.642	1.979	4.108	1.898	2.023	2.145	2.277	1.466	1.583	1.631	2.029
淄博市	0.598	0.670	0.734	0.792	0.980	0.796	0.853	0.698	0.729	0.787	0.811	0.768
枣庄市	0.915	0.948	0.983	1.008	1.005	0.386	0.392	0.400	0.089	0.420	0.433	0.662
东营市	0.440	0.479	0.456	0.452	0.423	0.454	0.420	0.426	0.417	0.450	0.464	0.444
烟台市	0.986	1.023	1.144	1.115	1.368	1.654	1.100	1.104	1.181	1.275	1.314	1.206
潍坊市	1.336	1.132	1.223	1.407	1.432	1.205	1.230	1.237	1.140	1.231	1.268	1.258
济宁市	0.579	0.696	0.858	0.930	0.782	0.793	0.855	0.866	0.830	0.896	0.923	0.819
泰安市	0.577	0.611	0.647	0.647	0.729	0.574	0.576	0.568	0.547	0.591	0.608	0.607
威海市	0.369	0.558	0.481	0.665	0.461	0.490	0.483	0.493	0.422	0.456	0.469	0.486
日照市	0.379	0.306	0.317	0.364	0.388	0.445	0.474	0.351	0.422	0.453	0.466	0.397
莱芜市	0.124	0.205	0.239	0.142	0.139	0.145	0.149	0.257	0.238	0.257	0.265	0.196
临沂市	1.119	1.273	1.211	1.186	1.133	0.820	1.240	1.262	1.206	1.302	1.342	1.190
德州市	0.531	0.570	0.612	0.446	0.414	0.568	0.567	0.553	0.619	0.669	0.689	0.567
聊城市	0.425	0.450	0.497	0.343	0.484	0.543	0.451	0.559	0.596	0.644	0.663	0.514
滨州市	0.303	0.328	0.372	0.376	0.349	0.453	0.474	0.469	0.517	0.558	0.575	0.434
菏泽市	0.616	0.697	0.773	0.843	0.920	1.087	0.721	0.742	0.742	0.794	0.797	0.794
均值	0.725	0.774	0.904	1.033	0.924	0.899	0.889	0.899	0.835	0.902	0.929	0.883

3.2 德州市数字经济与产业发展耦合协调度及其变动

表6给出了德州市数字经济与产业融合发展的协调情况,由表6可知,德州市数字经济与产业发展融合的协调趋势呈现波动性的逐年加强趋势,其中2011年为0.634,2021年为0.732,增长率约15%。其中,最大值出现在2021年为0.732,最小值出现在2015年为0.598,均值为0.652,其耦合协调等级为第6等级,表现为初级协调,这说明德州市数字经济对产业发展的推动作用相对较弱,传统产业对“数字红利”的吸收能力不足,还有待提高,产业的数字化发展过程还相对滞后。

表6 2011~2021年德州市数字经济与产业发展耦合协调度测算

时间	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
耦合协调度	0.634	0.646	0.655	0.610	0.598	0.644	0.644	0.641	0.658	0.711	0.732	0.652

由表7所示,数字经济与产业融合协调度的省内均值为0.684,协调规模处于第6等级“初级协调”阶段。其中,济南、青岛、烟台、潍坊等城市协调度明显高于全省水平,其均值分别为0.916、0.848、0.763、0.775,分别位于“良性协调”与“中度协调”等级内。而德州市的协调度仅为0.652,低于山东省的平均值0.684,等级位于“初级协调”阶段。这表明,虽然从时间纵向来看,德州市数字经济与产业融合发展协调度呈上升趋势,但就上升幅度来看较省内其他城市相对较慢,我市数字经济与产业发展的协调状态欠佳,有进一步提升的空间。

表7 2011~2021年德州市数字经济与产业融合协调度的区域比较

城市	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
济南市	0.794	0.806	0.911	0.905	0.913	0.917	0.927	0.929	0.930	1.004	1.035	0.916
青岛市	0.793	0.802	0.835	0.971	0.831	0.844	0.856	0.867	0.791	0.854	0.880	0.848
淄博市	0.638	0.654	0.665	0.677	0.711	0.681	0.692	0.662	0.668	0.721	0.743	0.683
枣庄市	0.706	0.712	0.716	0.722	0.722	0.581	0.584	0.587	0.409	0.442	0.455	0.603
东营市	0.594	0.608	0.599	0.599	0.591	0.602	0.593	0.595	0.592	0.639	0.659	0.606
烟台市	0.715	0.721	0.744	0.741	0.776	0.808	0.741	0.741	0.752	0.812	0.837	0.763
潍坊市	0.775	0.743	0.760	0.783	0.786	0.758	0.762	0.763	0.750	0.810	0.834	0.775
济宁市	0.641	0.668	0.697	0.710	0.684	0.686	0.698	0.700	0.693	0.748	0.771	0.700
泰安市	0.634	0.642	0.650	0.652	0.670	0.637	0.638	0.636	0.631	0.681	0.702	0.652
威海市	0.566	0.624	0.607	0.654	0.601	0.609	0.608	0.611	0.589	0.636	0.655	0.615
日照市	0.586	0.558	0.555	0.574	0.584	0.604	0.615	0.574	0.599	0.647	0.666	0.597
莱芜市	0.438	0.495	0.513	0.454	0.451	0.456	0.458	0.523	0.514	0.555	0.572	0.494
临沂市	0.746	0.765	0.759	0.755	0.747	0.697	0.764	0.767	0.759	0.820	0.844	0.766
德州市	0.634	0.646	0.655	0.610	0.598	0.644	0.644	0.641	0.658	0.711	0.732	0.652
聊城市	0.605	0.613	0.625	0.573	0.622	0.640	0.614	0.646	0.656	0.708	0.730	0.639
滨州市	0.544	0.555	0.572	0.573	0.564	0.600	0.608	0.607	0.621	0.671	0.691	0.600
菏泽市	0.667	0.685	0.698	0.712	0.726	0.754	0.689	0.694	0.694	0.750	0.772	0.713
均值	0.652	0.665	0.680	0.686	0.681	0.678	0.676	0.679	0.665	0.718	0.740	0.684

3.3 德州市数字经济与产业发展相对速度及其变动

表8给出了2011~2021年德州市数字经济与产业融合发展相对速度的变化情况,由表8可知,2011~2021年间相对速度呈现缓慢上升趋势,其中,最小值为0.107出现在2015年,最大值0.177出现在2021年,均值为0.146,并且在考察期内,相对变化速度均位于区间 $[0, 0.8]$ 之内,这表明相对于产业发展而言,数字经济的发展相对缓慢,并且数字经济的发展严重滞后于产业的发展,这突出的表现在数字经济对产业发展的拉动作用不明显,传统产业在发展过程中,数字化优势并不突出。

表8 2011~2021年德州市数字经济与产业融合发展相对速度

年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
相对发展速度	0.137	0.146	0.158	0.115	0.107	0.147	0.146	0.142	0.159	0.172	0.177	0.146

表9给出了德州市数字经济发展水平与产业融合发展相对速度的省内比较,通过表9看出,就整体而言,相对于产业结构、产业规模的蓬勃发展,山东省的数字经济发展水平相对滞后,但从时间纵向上来看总体趋势向好,山东省数字经济发展水平相对滞后的现象有所改善。从区域比较来看,相对于省内其他城市,德州市的数字经济发展水平总体偏低,明显低于胶东沿海开放城市以及环省会经济圈的部分城市。其中,济南、青岛、临沂、潍坊、烟台的数字经济发展水平相对较高,而地处鲁西内陆的聊城、滨州、东营相对较低,排名第一的济南市与排名最后的莱芜市差额高达0.640,而济南市与德州市的差额则为0.549,极差比高达85.9%,表明德州市数字经济发展水平较省内其他城市还存在较大差距,与产业发展速度相比数字经济发展水平较缓慢,二者的融合发展关系呈现出一定的比例失调,融合度相对较低有待于进一步提高。

表9 2011~2021年德州市数字经济与产业发展相对速度的区域比较

城市	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
济南市	0.376	0.411	0.741	0.710	0.715	0.723	0.756	0.763	0.767	0.828	0.853	0.695
青岛市	0.431	0.448	0.538	1.102	0.508	0.537	0.565	0.600	0.386	0.417	0.429	0.542
淄博市	0.167	0.188	0.209	0.224	0.276	0.222	0.237	0.194	0.203	0.219	0.226	0.215
枣庄市	0.251	0.259	0.271	0.276	0.274	0.105	0.105	0.108	0.024	0.026	0.027	0.157
东营市	0.123	0.133	0.128	0.126	0.116	0.125	0.113	0.115	0.113	0.122	0.126	0.122

烟台市	0.274	0.284	0.309	0.300	0.365	0.443	0.293	0.294	0.315	0.340	0.350	0.324
潍坊市	0.352	0.306	0.323	0.371	0.378	0.317	0.323	0.325	0.299	0.323	0.333	0.332
济宁市	0.154	0.187	0.234	0.253	0.212	0.214	0.231	0.234	0.224	0.242	0.249	0.221
泰安市	0.161	0.170	0.180	0.178	0.200	0.156	0.156	0.154	0.148	0.160	0.165	0.166
威海市	0.106	0.160	0.135	0.185	0.128	0.137	0.135	0.137	0.117	0.126	0.130	0.136
日照市	0.098	0.079	0.085	0.098	0.104	0.118	0.124	0.092	0.110	0.119	0.122	0.104
莱芜市	0.035	0.058	0.067	0.040	0.039	0.041	0.042	0.072	0.067	0.072	0.075	0.055
临沂市	0.295	0.339	0.318	0.313	0.299	0.216	0.325	0.331	0.316	0.341	0.352	0.313
德州市	0.137	0.146	0.158	0.115	0.107	0.147	0.146	0.142	0.159	0.172	0.177	0.146
聊城市	0.108	0.114	0.128	0.088	0.124	0.138	0.114	0.141	0.150	0.162	0.167	0.130
滨州市	0.085	0.092	0.104	0.105	0.097	0.125	0.129	0.128	0.141	0.152	0.157	0.120
菏泽市	0.150	0.170	0.192	0.209	0.229	0.270	0.177	0.183	0.183	0.198	0.204	0.197
均 值	0.194	0.208	0.242	0.276	0.245	0.237	0.234	0.236	0.219	0.236	0.244	0.234

4 结论与对策

4.1 研究结论

1) 通过计算德州市数字经济与产业融合总指数发现：在2011~2021年间总体指数呈现波动性增长趋势，其中，虽有下降但波动性不大稳中向好。虽然就纵向来看，德州市数字经济与产业融合趋势呈逐年加强趋势，但是，通过横向比较发现，二者的融合发展水平在省内位置还相对较低，位于省内平均水平以下，与省内其他城市相比还存在较大差距，这也从侧面说明促进德州市数字经济与产业融合发展还存在较大的发展潜力，通过挖掘“数字红利”可以更好地拓宽德州市数字经济与产业融合的发展空间。

2) 通过计算德州市数字经济发展水平与产业融合的耦合协调度发现：德州市数字经济与产业发展融合的协调趋势呈现波动性的逐年加强趋势，其中2011年为0.634，2021年为0.732，增长率约15%。其中，最大值出现在2021年为0.732，最小值出现在2015年为0.598，均值为0.652，其耦合协调等级为第6等级，表现为初级协调，这说明德州市数字经济对产业发展的推动作用相对较弱，传统产业对“数字红利”的吸收能力不足，还有待提高，产业的数字化发展过程还相对滞后。

3) 通过计算德州市数字经济与产业融合相对发展速度发现：2011~2021年间相对速度呈现缓慢的上升趋势。其中，最小值为0.107出现在2015年，最大值0.177出现在2021年，均值为0.146，并且在该考察期内，相对变化速度均位于区间 $[0, 0.8]$ 之内，这表明相对于产业发展而言，德州市数字经济的发展相对缓慢，并且数字经济的发展严重滞后于产业的发展，突出表现在数字经济对产业发展的拉动作用不明显上，传统产业在发展过程中，数字化优势并不突出。

4.2 政策建议

1) 加强新型基础设施建设。德州市要强化数字基础设施的全局性、基础性、战略性地位，加快5G基站、大数据中心、工业互联网等新型基础设施建设，完善区域布局、扩大覆盖范围、实现互联互通。同时，促进数据开放共享，完善数据采集规范和标准，建设数据开放共享公共服务平台，提高数据的社会开放度。此外，要加强数字安全保护，提高数字基础设施的安全保障水平，提升数据安全预警能力和安全处置响应速度。

2) 加快推动数字技术扩散融合。传统经济固于地区时空的限制，限制了要素资源的合理流动，市场分割较为严重，供求机制的互动性较弱。随着数字经济的发展，这一局限将被打破，企业数字平台的应用可以打破时空封锁，促进生产要求的自由流动，企业通过应用数字技术进行互动式学习可以及时了解消费者个性化、定制化和场景化需求，通过深入挖掘数字经济提供的海量信息数据能够促使企业提供更加差异化、多样化的产品与服务，数字经济的快速高效传播，重塑了产业格局，提升了实体经济效率。

3) 推进数字技术人才供给侧改革。推动数字产业的融合发展，需要大量掌握数字信息技术以及数字经济发展规律的相关专业人才。同时，在引导数字产业融合的过程中也需要更多不同产业技能的跨界型、复

合型人才,为产业融合发展推波助澜。首先,在居住功能和文化功能方面提升城市的品质,为德州吸引更多优秀的数字化人才。其次,大力发展与城市高品质发展相适应的服务功能,建设一批中央商务区、金融集聚区、会展中心,打造一批高新经济载体。最后,德州市要积极融入国家战略中去,向北对接京津冀协同发展战略,打造山东省对接京津冀协同发展的桥头堡和开放门。同时背靠京沪高铁,深度对接省会经济圈、长三角一体化发展、粤港澳大湾区,打造沿京沪高铁“黄金通道”。向东对接胶东经济圈,加强与沿海港口合作,打通“出海通道”,促进数字人才的合理流动,积极吸引数字人才汇聚德州。

参考文献:

- [1] Tapscott D. The digital economy. Promise and peril in the age of networked intelligence[M]. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [2] Moulton B R, Thank I, Landefeld S, et al. GDP and the digital economy: keeping up with the changes understanding the digital economy: data tools and research[M]. Cambridge and London:MIT Press, 2000.
- [3] 赵西三. 数字经济驱动中国制造转型升级研究[J]. 中州学刊, 2017, 252(12): 36-41.
- [4] 周明生, 谢金雨. 数字经济发展对长三角产业结构优化的空间效应[J]. 上海商学院学报, 2022, 23(5): 17-34.
- [5] 彭炳忠, 易俊宇. 数字经济对长江经济带产业结构升级的影响研究[J]. 湖南社会科学, 2021, 208(6): 51-57.
- [6] 肖远飞, 周萍萍. 数字经济、产业升级与高质量发展—基于中介效应和面板门槛效应实证研究[J]. 重庆理工大学学报(社会科学), 2021, 35(3): 68-80.
- [7] 黄淑华, 刘飞仁, 龚茗. 江西电子信息产业发展研究—基于数字经济视角[J]. 价格月刊, 2020, 523(12): 82-88.
- [8] 王永坤, 王晨晨. 数字经济赋能高质量发展的实证检验[J]. 统计与决策, 2022, 38(4): 21-26.
- [9] 黄群慧, 余泳泽, 张松林. 互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济, 2019(8): 5-23.

Research on the Coupling Degree Between the Development Level of Digital Economy and Industrial Integration Development In Dezhou

XIAO Feng-hua, WANG Jin-bo

(School of Economics and Management, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: Promoting industrial development is an important way for underdeveloped areas to achieve high-quality economic development in the new era. This paper uses the entropy weight method and the coupling degree model, and uses the panel data of prefecture-level cities in Shandong Province from 2011 to 2019 to empirically investigate the coupling and coordination relationship between the development level of digital economy and industrial integration development in Dezhou. The research shows that: (1) The total index of digital economy and industrial integration in Dezhou shows a fluctuating growth trend, among which, although there is a decline, the volatility is not stable and good. Through horizontal comparison, it is found that the integrated development level of the two is still relatively low in the province, below the average level in the province, and there is still a large gap compared with other cities in the province, which also shows that there is still a large development potential to promote the development of digital economy and industrial integration in Dezhou from the side. By tapping “digital dividend”, the development space of digital economy and industrial integration in Dezhou can be better expanded. (2) The digital economy in Dezhou has a relatively weak role in promoting industrial development. The absorption capacity of traditional industries to “digital dividend” is insufficient and needs to be improved. The digital development process of the industry is still relatively lagging behind. The two show a primary coordination relationship. (3) Compared with the industrial development, the development of digital economy in Dezhou is relatively slow, and the development of digital economy is seriously lagging behind the development of industry. This is mainly reflected in the fact that the digital economy has no obvious pulling effect on the industrial development, and the digital advantage is not prominent in the development of traditional industries.

Key words: digital economy; industrial integration; entropy weight method; coupling degree mode

应用型本科高校建设专项资金绩效评价指标体系的设计与应用

——以 D 高校为例

滕 艺

(德州学院 财务处, 山东 德州 253023)

摘 要: 为促进高等学校分类发展、内涵发展及特色发展, 中央及地方财政、各高校逐步加大资金投入力度, 着力推进应用型本科高校建设。本文围绕应用型本科高校建设重点和指导标准, 结合当前高校绩效评价管理过程中存在的问题, 科学引用平衡计分卡法、关键绩效指标及层次分析法, 设计构建一套应用型本科高校专项资金绩效评价指标体系, 并以 D 高校为例进行实例分析, 以期科学、合理地评价应用型本科高校建设成效提供借鉴。

关键词: 应用型本科高校; 平衡计分卡; 关键绩效指标; 层次分析法; 评价指标体系

中图分类号: G647

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0066-09

1 引言

2020年, 山东省出台了《关于推进应用型本科高校建设的指导意见》^[1] (以下简称指导意见), 提出“四个转变”, 明确了应用型本科高校建设的思路, 同时围绕其性质特点, 重点提出在“办学定位与治理机制、产教融合模式、师资队伍、教学资源、人才培养、学生发展、科研与社会服务、文化传承与创新、国际交流与合作及办学特色”等十个方面强化建设。省财政安排专门资金, 根据学校建设基础和转型发展推进情况, 分三批对推进成效明显的高校给予重点支持, 引领带动其他高校向应用型大学转型^[2]。

应用型本科高校专项资金使用效益是全社会关注度很高的问题, 绩效评价管理作为检验建设成效的重要手段, 必须在发展过程中逐步完善。国内针对高校绩效评价指标体系的构建较多, 但基于应用型本科高校建设重点的绩效评价指标体系尚存在研究空白, 在首批应用型本科高校建设项目支持资金成效验收之年, 本文基于BSC法下的专项资金绩效评价指标体系的设计对成效验收具有一定的指导和应用价值。

2 应用型本科高校专项资金绩效评价存在的问题

2.1 专项资金绩效目标缺乏系统设计, 与实际结合不明显

2019年教育部印发《关于全面实施绩效管理的意见》^[3]明确指出, 各单位应结合教育领域和本单位实际情况, 自主设置单位整体绩效目标、政策和项目绩效目标。突出结果导向, 重点考核实绩, 逐步探索建立健全定量和定性相结合、具有教育行业特点的绩效指标和标准体系。近年来, 各高校虽能按照主管部门要求开展绩效评价工作, 但对于优化教育资源配置, 提高教育经费使用效益导向作用并不明显。主要原因在于各专项资金绩效目标往往不能结合学校发展战略进行系统设计, 而是局限于项目建设本身, 自下而上申报汇总而来, 导致绩效评价目标与学校发展战略、规划脱节, 依据应用型大学建设重点自上而下将目标层层分解的大局意识比较淡薄, 因此无法从绩效评价结果中得到有效信息。

2.2 绩效评价主观性强, 各高校可比性差, 结果应用具有局限性

近年来, 教育部门虽加大绩效评价指标体系构建指导力度, 但尚未形成一套健全、具体的绩效评价指标体系, 各高校按照自身发展规划编制, 指标内容及权重各不相同, 评价标准各不统一, 评价结果主观性

收稿日期: 2023-05-15

基金项目: 山东省教育会计学会2022年度科研课题项目 (sdjk2022006)

作者简介: 滕艺 (1990-), 女, 山东德州人, 会计师, 硕士。

较强，导致同类型的应用型本科高校之间也无法进行横向比较。同时，学校各专项资金绩效指标均由相关业务部门编制，财务部门人员审核，因双方专业知识受限，导致绩效指标编制缺乏科学性、合理性，且各专项绩效总体目标设置不一致，无法进行专项间纵向比较，绩效评价流于形式，且很少将评价结果与以后年度预算安排及资金使用效益指导挂钩，导致权威性、严肃性不足^[4]。

2.3 关键性、个性化指标设置规矩缺乏，权重系数有待优化

高校预算绩效评价管理根本目的是优化教育资源配置，提高教育经费使用效益。但一些高校设置绩效指标时往往追求“规范化”，参照财政部共性指标体系框架设置共性指标，忽略了能够反映高校自身办学特色的个性化指标；一些高校替代性指标设置较多，指标间互补性较差，无法系统全面评价绩效目标实现程度。关键性指标设置不明晰，无法体现学校核心发展任务。如一些高校设置的“项目验收规范、内部控制管理完善、奖励顺利发放”等大多是反映项目过程管理，是否属于核心指标，能否体现项目绩效目标仍需要进一步研究验证；一些延续性项目周期较长，其产出成效需要一定的转化时间，当年资金投入可能无法及时取得效果，针对该类项目的年度绩效评价缺乏延续性和全面性^[5]。

3 应用型本科高校专项资金绩效评价指标体系设计

应用型本科高校绩效评价指标体系应围绕学校发展战略和建设重点，其内在关联与个性化设计既要满足资金使用效益的评价管理，又要达到相同类型高校绩效横向比较的要求。但考虑各高校地区间经济发展现状及办学规模等因素，任何一种评价指标体系都难以对高校的全部职能和成效作出响应，为尽量增强绩效评价指标体系通用性及可比性需求，本文选取狭义的高校专项资金作为研究对象，即由财政部门安排经上级主管部门批复下达的具有特定目标的财政项目资金，探寻应用型本科高校建设专项资金绩效评价指标体系的构建^[6]。

3.1 平衡计分卡（简称BSC）框架与关键绩效指标法（简称KPI）应用于专项资金绩效评价指标体系的可行性分析

应用型本科高校的战略目标是通过不断转变人才培养定位，建设应用型人才队伍，开设应用型专业，加强产学研学科平台建设等方式促进学校内涵发展、特色发展。这与BSC的理论基础一致，即以战略目标为导向，多角度分析获取未来核心竞争力。KPI旨以战略目标为中心，根据战略实施路径识别关键驱动因素，科学地选择和设置关键绩效指标。笔者通过对大量文献的查阅调研，以及在高校财务部门多年预算绩效管理工作的实践探索，认为BSC框架和KPI的组合运用是目前针对高校最科学合理兼具实用和操作性强的绩效评价指标体系构建方法。

3.2 应用型本科高校的平衡计分卡架构图

因高校具有明显公益类事业单位属性，所以在绩效评价方面与强调成本利润的企业有所不同。因此本文将传统平衡计分卡四个维度整合为三个，其中“客户维度”调整为“利益关联方维度”；“内部业务流程维度”调整为“实现方式维度”；“学习与成长维度”和“财务维度”整合为“服务保障维度”^[7]。根据指导意见，围绕应用型本科高校的战略目标，选取10项重点建设标准和资金保障作为关键驱动因素，分别与平衡计分卡三个维度一一对应，绘制应用型本科高校的平衡计分卡架构图，如图1所示。

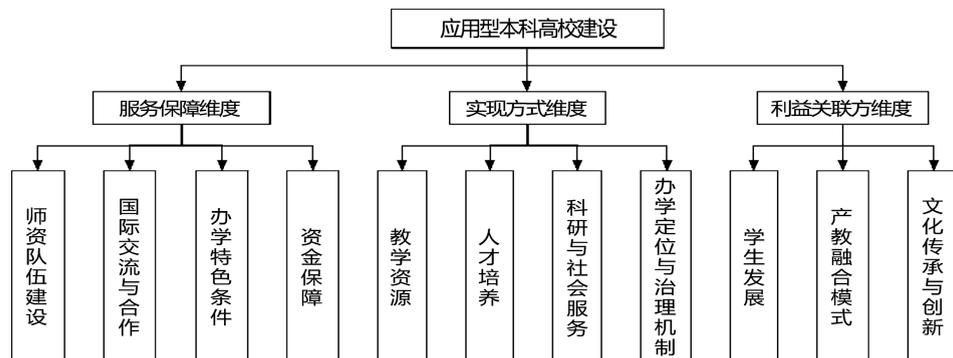


图1 应用型本科高校的平衡计分卡架构图

3.3 应用型本科高校专项资金绩效评价指标构建

该平衡计分卡架构图描述了为实现高校战略目标,利益关联方的价值主张、需要重点关注的实现方式以及相关服务保障措施。本文参考财政部《项目支出绩效评价管理办法》,结合行业专家学者研究成果等,对平衡计分卡各维度下各关键驱动因素层层细化分解,得到具体可操作易衡量的核心关键性绩效指标。设计构建应用型本科高校建设专项资金绩效评价指标体系框架,如表1所示。

表1 应用型本科高校建设专项资金绩效评价指标体系框架

BSC一级指标 (目标层)	KPI二级指标 (驱动因素层)	KPI三级指标 (方案层)
服务保障A1	资金保障B1	资金到位率C1
		预算执行率C2
		校友和社会捐赠收入C3
		实践教学经费投入增长率C4
	师资队伍建设B2	专任教师中博士学位教师占比C5
		学校拥有满足应用型人才培养的师生比C6 专任教师中,有企业工作或实践经验的教师数量C7
	国际交流与合作B3	赴境外交流学习三个月以上学生人数C8
		举办或参加国际学术会议次数C9 专任教师中具有6个月及以上国(境)外学术经历的教师(含外籍教师)数C10
办学特色(条件)B4	生均教学行政用房面积C11	
	生均图书资料数量C12	
实现方式A2	办学定位于治理机制B5	应用型高校相关协作管理制度制定数量C13
	教学资源B6	省级以上一流专业和高水平应用型专业数C14
		校外实习实训基地和学生创新创业就业基地数C15 (国家/省级)一流本科课程数C16
	人才培养B7	以培养应用型人才为目标的省级以上及校级教学改革项目数量C17
		通过专业评估或专业认证的专业数量C18
		人才培养方案中,实践学分最低比例C19
	科研与社会服务B8	横向课题到账经费总额C20
科技成果转化数C21		
获省级及以上奖励的应用基础研究和应用技术研究项目数量C22		
为地方企事业单位开展职业技能培训的人次数C23 与地方行业企业联合建设的智库和技术服务基地数C24		
利益关联方A3	学生发展B9	学生创新创业与学科竞赛参与率C25
		毕业生就业率C26
		研究生考取率C27
	文化传承与创新B10	家长满意度C28
		学生参与校园文化活动、社会实践、志愿服务人员比例C29
	产教融合模式B11	实施校企合作的本科专业数C30
校企共建合作平台数C31 用人单位满意度C32		

需要说明的是,应用型本科高校核心关键性绩效指标的选择因学校发展阶段及专项资金使用方向等变化会略有不同,学校应紧密结合战略目标和自身实际适当调整驱动因素层下各关键绩效指标。

4 基于层次分析法的指标权重赋值

层次分析法(简称AHP)是一种定性和定量相结合的分析方法,通过构建成对比较矩阵判断各指标不同的重要程度,进一步赋予指标不同权值。

4.1 构建成对比较矩阵

参考美国学者T. L. Satty的提议,比较同一层次两个指标元素相对于上一层对应因素的重要性,使用数量化相对权重值M表示,构建成对比较矩阵。如相对目标层 A_i ,将该层次下任一驱动因素 B_i 与 B_j 的相对重要性记为M,分别在1-9及其倒数中间赋值^[8](如表2所示)。

表2 M标度分析表

成对比较标准 (M值)	标准M取值含义
1	相对A层次, Bi元素与Bj元素同等重要
3	相对A层次, Bi元素与Bj元素稍微重要
5	相对A层次, Bi元素与Bj元素重要
7	相对A层次, Bi元素与Bj元素明显重要
9	相对A层次, Bi元素与Bj元素非常重要
2、4、6、8	重要性介于上述两两判断要素之间
倒数 (1/M)	两要素重要性影响与上述取值相反

4.2 一致性检验

成对比较矩阵中各项指标相对权重是由各专家主观赋值获得, 为减少主观评价带来的偏差, 需对各层次构建的成对比较矩阵进行一致性检验。首先计算成对比较矩阵 (n>1阶方阵) 特征向量及权重值, 结合特征向量计算最大特征根, 不一致程度指标CI=(最大特征根-n)/(n-1)。根据平均随机一致性指标RI (如表3所示) 求算一致性比率CR=CI/RI, 如果CR小于0.1, 说明比较矩阵构建具有合理性。

表3 RI标准值

矩阵阶数n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI值	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.36	1.41	1.45

4.3 计算合成权重

根据各成对比较矩阵得出的权重值求算各方案层指标合成权重, 计算公式如下:
 方案层指标合成权重=各目标层权重 × 该目标层下对应关键因素层权重 × 该关键因素层下对应方案层权重

5 应用型本科高校专项资金绩效评价指标体系应用研究

本研究结合应用型本科高校建设重点设计专家咨询表, 通过向D高校及同批其他3所应用型本科高校的财务、教务、科研等专家进行调研, 对应用型本科高校建设专项资金绩效评价各层指标重要性赋权, 分别构建成对比较矩阵^[9]。

5.1 应用型本科高校专项资金预算绩效评价指标层次研究

根据图1应用型本科高校建设专项资金绩效评价指标框架, 对BSC一级指标构成的三个目标层 (A1-A3) 进行AHP层次法研究, 计算分析得到特征向量为(0.491,1.617,0.892), CI=0.005, CR=0.009<0.1 (如表4所示), 说明该矩阵通过一致性检验, 各层次指标权重具有一致性, 能够比较客观反映各指标对整个评价体系的重要性。

表4 目标层 (A1-A3) 层次分析结果及一致性检验

总战略	A1	A2	A3	特征向量	权重值	最大特征值	CI值	CR值
A1	1	1/3	1/2	0.491	16.378%			
A2	3	1	2	1.617	53.896%	3.009	0.005	0.009
A3	2	1/2	1	0.892	29.726%			

依次分析BSC各目标层 (A1-A3) 下驱动因素层构建的成对比较矩阵, 并分别进行权重赋值和一致性检

验。(如表5至表7所示)

表5 A1维度下(B1-B4)层次分析结果及一致性检验

A1	B1	B2	B3	B4	特征向量	权重值	最大特征值	CI值	CR值
B1	1	1/2	3	4	1.565	32.651%	4.048	0.016	0.018
B2	2	1	4	5	2.515	46.095%			
B3	1/3	1/4	1	2	0.639	13.763%			
B4	1/4	1/5	1/2	1	0.398	7.490%			

表6 A2维度下(B5-B8)层次分析结果及一致性检验

A2	B5	B6	B7	B8	特征向量	权重值	最大特征值	CI值	CR值
B5	1	1/5	1/4	1/4	0.281	7.032%	4.094	0.031	0.035
B6	5	1	1	3	1.596	39.888%			
B7	4	1	1	2	1.364	34.102%			
B8	4	1/3	1/2	1	0.759	18.978%			

表7 A3维度下(B9-B11)层次分析结果及一致性检验

A3	B9	B10	B11	特征向量	权重值	最大特征值	CI值	CR值
B9	1	5	3	1.858	61.935%	3.087	0.043	0.083
B10	1/5	1	1/4	0.289	9.642%			
B11	1/3	4	1	0.853	28.423%			

通过以上表格可得由驱动因素层(B1-B11)分别构建的成对比较矩阵CR均小于0.1,满足一致性检验,计算所得权重具有一致性。

因方案层(C1-C32)涉及指标较多,本文对驱动因素层(B1-B11)下各方案层构建的11个成对比较矩阵层次分析结果不再一一赘述,仅列举教学资源(B6)驱动因素层下方案层(C15-C17)构建的成对比较矩阵权重赋值和一致性检验结果。(如表8所示)

表8 B6维度下(C15-B17)层次分析结果及一致性检验

B6	C15	C16	C17	特征向量	权重值	最大特征值	CI值	CR值
C15	1	2	4	1.671	55.714%	3.018	0.009	0.018
C16	1/2	1	3	0.961	32.024%			
C17	1/4	1/3	1	0.368	12.262%			

5.2 应用型本科高校建设专项资金绩效评价权重分析

通过AHP层次分析法求算应用型本科高校建设专项资金绩效评价指标加权重(如表9所示)。围绕应用型本科高校战略目标,平衡计分卡三个目标层中实现方式层(A2)所占比重最高,在目标实现过程中最为重要。通过方案层各关键绩效指标加权重可以看出权重较大的有7项指标,均在5%以上,主要集中在教学资源、人才培养、学生发展及用人单位满意度等方面,这与应用型本科高校建设目标相契合。

表9 应用型本科高校专项资金预算绩效评价指标加权重

BSC一级指标 (目标层)	KPI二级指标 (驱动因素层)	KPI三级指标 (方案层)	加权重 (%)
服务保障A1 (16.38%)	资金保障B1 (32.65%)	资金到位率C1 (14.29%)	0.76
		预算执行率C2 (23.76%)	1.27
		校友和社会捐赠收入C3 (7.12%)	0.38
		实践教学经费投入增长率C4 (54.83%)	2.91
	师资队伍建设B2 (46.1%)	专任教师中博士学位教师占比C5 (13.73%)	1.04
		学校拥有满足应用型人才培养的师生比C6 (23.95%)	1.81
		专任教师中, 有企业工作或实践经验的教师数量C7 (62.32%)	4.71
	国际交流与合作B3 (13.76%)	赴境外交流学习三个月以上学生人数C8 (55.71%)	1.26
		举办或参加国际学术会议次数C9 (12.26%)	0.28
		专任教师中具有6个月及以上国(境)外学术经历的教师(含外籍教师)数C10 (32.03%)	0.72
	办学特色(条件)B4 (7.49%)	生均教学行政用房面积C11 (20.00%)	0.25
		生均图书资料数量C12 (80.00%)	0.98
实现方式A2 (53.9%)	办学定位于治理机制B5 (7.03%)	应用型高校相关协作管理制度制定数量C13 (100%)	3.79
	教学资源B6 (39.89%)	省级以上一流专业和高水平应用型专业数C14 (55.71%)	11.98
		校外实习实训基地和学生创新创业就业基地数C15 (32.02%)	6.88
		(国家/省级)一流本科课程数C16 (12.27%)	2.64
	人才培养B7 (34.1%)	以培养应用型人才为目标的省级以上及校级教学改革项目数量C17 (56.79%)	10.44
		通过专业评估或专业认证的专业数量C18 (9.82%)	1.8
		人才培养方案中, 实践学分最低比例C19 (33.39%)	6.14
	科研与社会服务B8 (18.98%)	横向课题到账经费总额C20 (6.22%)	0.64
		科技成果转移转化数C21 (13.51%)	1.38
		获省级及以上奖励的应用基础研究和应用技术研究项目数量C22 (41.31%)	4.23
		为地方企事业单位开展职业技能培训的人次数C23 (26.08%)	2.67
		与地方行业企业联合建设的智库和技术服务基地数C24 (12.88%)	1.32
学生发展B9 (61.94%)	学生创新创业与学科竞赛参与率C25 (45.04%)	8.29	
	毕业生就业率C26 (32.07%)	5.90	
	研究生考取率C27 (8.68%)	1.60	
利益关联方A3 (29.72%)	文化传承与创新B10 (9.64%)	家长满意度C28 (14.3%)	2.62
		学生参与校园文化活动、社会实践、志愿服务人员比例C29 (100%)	2.87
	产教融合模式B11 (28.42%)	实施校企合作的本科专业数C30 (23.95%)	2.02
		校企共建合作平台数C31 (13.73%)	1.16
		用人单位满意度C32 (62.32%)	5.26

在进行绩效评价时, 可将加权重作为各指标得分进行赋值, 根据各层次下KPI三级指标实际完成率与指标得分之积求得各指标单项分值, 最终单项分值汇总求和得到该专项资金预算绩效综合得分, 便于对该专项资金使用效益作出整体评价。

由于该指标体系中驱动因素层涵盖了应用型大学重点建设的10个方面, 各层次下三级指标均选取具有代表性的关键绩效指标, 因此, 笔者认为该指标体系可以用于同类高校间应用型本科高校建设水平进行横向对比, 通过各层单项得分及整体分值对比分析能够比较清晰发现优势劣势所在, 准确定位各高校核心竞争力, 把握专项资金使用方向, 全面提升资金使用效益。同时, 通过对同一专项资金各年绩效评价结果进行纵向分析, 能够获取应用型本科高校建设进展及成效, 着力加强薄弱环节建设, 为学校发展规划提供可靠依据。

6 实例分析—以D高校“应用型本科高校建设”专项资金为例

6.1 D高校专项资金绩效评价指标年度统计结果

作为应用型本科高校建设首批支持单位，自202X年起，D高校获批“应用型本科高校建设”专项经费，该项目经费主要用于一流专业建设，稳步提升学生培养及专业建设质量；搭建产教研深度融合平台，建立多方协同育人的应用型人才培养模式；为建设高水平应用型大学提供支持。根据该项目资金支持建设周期，本文搜集了两年该项目资金建设相关数据，数据主要来源于D高校公开的预决算报告、教育经费统计报表及项目成效采集表等，其中除比率指标外，其余以绝对数表示的KPI三级指标的目标值、完成值均为当年新增数值而非累计数，具体绩效评价指标统计结果如表10所示^[10]。

表10 D高校“应用型本科高校建设”专项资金绩效评价结果

KPI 三级指标代码(方案层)	2021 年实际完成率	2021 年综合得分	2022 年实际完成率	2022 年综合得分
C1	100.00%	0.76	100.00%	0.76
C2	100.00%	1.27	100.00%	1.27
C3	100.00%	0.38	50.75%	0.19
C4	100.00%	2.91	100.00%	2.91
C5	96.29%	1.00	100.00%	1.04
C6	90.00%	1.80	96.00%	1.80
C7	100.00%	4.71	100.00%	4.71
C8	100.00%	1.26	30.00%	0.38
C9	100.00%	0.28	100.00%	0.28
C10	10.00%	0.07	100.00%	0.72
C11	93.52%	0.23	100.00%	0.25
C12	98.00%	0.96	100.00%	0.98
C13	100.00%	3.79	100.00%	3.79
C14	50.00%	5.99	100.00%	11.98
C15	100.00%	6.88	100.00%	6.88
C16	100.00%	2.64	0.00%	0.00
C17	100.00%	10.44	100.00%	10.44
C18	100.00%	1.80	100.00%	1.80
C19	100.00%	6.14	100.00%	6.14
C20	97.36%	0.62	100.00%	0.64
C21	100.00%	1.38	100.00%	1.38
C22	100.00%	4.23	100.00%	4.23
C23	100.00%	2.67	100.00%	2.67
C24	100.00%	1.32	100.00%	1.32
C25	100.00%	8.29	100.00%	8.29
C26	100.00%	5.90	74.61%	4.40
C27	89.96%	1.44	100.00%	1.60
C28	100.00%	2.62	100.00%	2.62
C29	100.00%	2.87	100.00%	2.87
C30	95.00%	1.92	100.00%	2.02
C31	100.00%	1.16	100.00%	1.16
C32	100.00%	5.26	100.00%	5.26
	合计得分	92.99	合计得分	94.78

6.2 D高校专项资金绩效评价分析

由上表可得, D高校该专项资金近两年绩效评价综合得分均大于90分, 且逐年增加, 说明项目整体建设表现优秀。项目资金执行状况良好, 均未形成结转资金; 学校战略目标导向性较强, 教师学历结构不断优化, 教育教学质量显著提高, 实践教学能力全面提升。但是对各关键绩效指标进行年度横向对比不难发现, 个别指标通过降低年度目标值, 在实际年度建设值少于上年的情况下仍获得较高完成率, 造成指标综合得分虚高, 无法充分显示项目资金使用效益, 绩效目标导向作用不足, 无法合理进行横向比较。同时一些指标在设置时未进行充分论证, 受政策、环境等外界影响因素较大, 指标完成率可控性差, 指标得分不稳定。

6.3 提升D高校预算绩效管理的建议

1) 提高政治站位, 坚持系统观念, 完善优化指标体系

绩效评价指标体系的构建是一个不断修正完善的过程, 应统一思想, 提高全员绩效管理意识, 紧紧围绕应用型本科高校建设的战略目标, 坚持问题导向, 在有效调研的基础上, 结合学校中长期工作规划及年度工作重点对专项资金绩效指标评价体系进行调整, 组建绩效评价专家小组, 对不同专项资金项目绩效目标设置进行审核, 保证各项目在共性指标的基础上合理设计个性化指标, 构建战略规划、预算编制、绩效评价相结合的全面预算绩效管理评价体系^[11]。同时各项指标需设置务实可行的年初目标值, 既有确保目标值, 即在现有资源条件下, 通过正常的努力即可实现的基本目标值; 又有优秀目标值, 即在现有资源和正常情况下, 通过最大的努力才能实现的目标值。通过设置各类目标完成率得分区间, 有效解决完成率虚高, 实际建设成效较差所造成的绩效评价偏差, 大力提升绩效评价体系的准确性及客观性。

2) 加强顶层设计, 坚持问题导向, 修订绩效管理制度

根据高等教育的特征和特点, 积极探索高校成本核算方案, 明确全面预算绩效管理的组织架构、主体责任、绩效目标, 规范工作流程、评价方法、结果应用等^{[11][74]}。全面落实省属高校财务治理任务, 完善相关管理制度、评价办法、实施细则, 着力推动制度优势转化为治理效能, 切实提高预算绩效管理的有序性及长效性。

3) 深化教材融合, 坚持综合施策, 做实评价结果应用

加强预算绩效信息化管理, 深入分析学校预算绩效管理实际情况, 结合学校绩效管理模式, 建立包括预算绩效申报、绩效目标编制、绩效中期考核、绩效自评、绩效结果分析等流程在内的完整有效的预算绩效管理系统。严格落实各单位绩效评价主体责任, 对绩效目标实现程度和预算执行进度实行“双监控”^[3], 将绩效评价结果运用到下一年度工作任务制定当中, 并作为下一年度预算编制的重要依据^{[11][74]}。强化绩效结果运用, 对绩效自评分值不高, 效果不显著的项目引入淘汰机制, 有效提升绩效评价结果的导向性及严肃性。

4) 细化评价标准, 高度协同一致, 落实落细财会监督

不断完善学校内部财务治理体系, 提高财务治理能力, 以开展全面预算绩效监督为切入点, 持续强化预算绩效管理, 对校内预算项目进行梳理归集, 优化支出结构, 实现经费使用和监督的归口管理, 研究构建内部协作、外部联动、日常监控、风险预警、问题通报的监督机制, 形成监督合力, 实现对学校各项经济活动全过程、全方位的财会监督, 切实提高办学资金和资源的使用效益。

7 结论

本文以应用型本科高校建设专项资金为研究对象, 运用平衡计分卡与层次分析法相结合的方式, 设计构建专项资金绩效评价指标体系, 并以D高校为例进行可行性分析, 通过计算对比, 聚焦核心竞争力指标, 发现薄弱环节, 采取针对性有效措施。通过一年的实施运用, D高校应用型大学建设专项资金使用效益得到明显提高, 有效促进学校高质量发展。

参考文献:

[1] 山东省教育厅山东省财政厅关于推进应用型本科高校建设的指导意见[S]. 鲁教高字[2020]2号.

- [2] 山东省应用型本科高校建设项目资金管理与绩效评价办法[S]. 鲁教高字[2021]5号.
- [3] 教育部关于全面实施预算绩效管理的意见[Z]. 教财[2019]6号.
- [4] 柳佳, 岳华, 张婵娟等. 基于BSC的高校预算绩效评价指标体系研究—以H大学专项资金预算为例[J]. 教育财会研究, 2022, 33(4): 27-30.
- [5] 张娟娟, 王仕会, 张强. 高校专项资金绩效评价指标体系设计[J]. 新会计, 2021, 151(7): 45-47.
- [6] 夏丹, 胥朝阳, 田辉玉. 基于BSC和KPI的地方高校整体支出绩效评价指标体系构建—以F大学为例[J]. 财务与金融, 2022, 200(6): 52-58.
- [7] 于鹏. 公安公交派出所绩效评价指标体系设计研究—以G派出所为例[J]. 山西警察学院学报, 2022, 30(1): 32-38.
- [8] 陈芳, 林炜基, 陈彩红等. 高校科研项目绩效评价体系的指标构建研究—基于棱柱模型[J]. 商业会计, 2021, 712(16): 61-64.
- [9] 卢一墨. 基于AHP-fuzzy法的高校绩效评价指标体系研究—以S学院为例[J]. 中国经贸导刊(中), 2020, 983(10): 121-123.
- [10] 李素英, 谢明明. 高校预算绩效评价指标体系的构建及应用研究[J]. 会计之友, 2022, 683(11): 118-125.
- [11] 马晓睿. 应用型大学全面预算绩效管理存在的问题及对策研究[J]. 当代会计, 2021, 128(20): 73-75.

Construction of Performance Evaluation Index System for Special Funds of Applied Undergraduate Universities —Take College D as an Example

TENG Yi

(Finance Office, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: In order to promote the development of higher education institutions in terms of classification, connotation and characteristics, the central and local finances and universities gradually increase the financial investment and make efforts to promote the construction of applied undergraduate colleges and universities. This paper focuses on the key points and guiding standards of the construction of applied undergraduate colleges and universities, combines the current problems in the process of performance evaluation management of colleges and universities, scientifically cites the balanced scorecard method, key performance indicators and hierarchical analysis method, designs and constructs a set of performance evaluation index system of special funds for applied undergraduate colleges and universities, and uses college D as an example for case analysis, in order to provide scientific and reasonable evaluation of the effectiveness of the construction of applied undergraduate colleges and universities. The purpose is to provide a reference for scientific and reasonable evaluation of the effectiveness of the construction of applied undergraduate universities.

Key words: applied undergraduate colleges and universities; balanced scorecard; key performance indicators; hierarchical analysis method; evaluation index system

我国青少年体育俱乐部治理实效影响因子与改进策略

——基于结构方程模型的实证研究

刘丽

(宿州学院 体育学院, 安徽 宿州 234000)

摘要: 青少年体育俱乐部经历22年发展, 已近1.3万个, 规模的快速增长需要匹配相应的管理与治理。为研究青少年俱乐部治理实效的影响结构和路径, 采用结构方程模型及扎根理论进行研究。对40名样本进行访谈, 通过编码获得18个概念以及5个范畴, 通过270份问卷检验了治理实效影响因素, 通过信效度以及验证性因子分析证明了问卷具备较好的信效度结构, 采用Amos26.0软件构建路径模型后证明: 多元化监管参与对治理实效影响最大 $\beta=0.422$ ($p<0.001$), 其次是引入竞争机制对治理实效的影响 $\beta=0.354$ ($p<0.001$), 完善资质认证、商业化发展导入以及内部精细化管理均能够有效影响治理实效, 进而根据研究结果提出改进策略和建议。

关键词: 体育俱乐部; 青少年; 多元化监管; 竞争机制

中图分类号: G812.45

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0075-09

青少年是民族复兴的希望, 青少年的身体健康事关国家与民族的未来。从新中国成立至今我国政府一直非常重视青少年的健康问题。在素质教育被提出后, 认为青少年的发展应该注重“德”“智”“体”“美”“劳”五个方面。可见青少年的茁壮成长离不开体育锻炼与身体健康。随着经济的快速发展, 我国青少年体育运动从以往的自发性体育活动以及学校和单位组织的体育活动逐渐转向“俱乐部”形式, 2000年我国建立了第一批青少年体育俱乐部, 由国家体育总局提供资金支持。伴随经济快速发展, 青少年对于体育锻炼的需求不断提高, 多样性与专业性的要求日渐增加, 市场对青少年体育俱乐部的需求极大, 在随后的20年间青少年体育俱乐部从最初的100个发展到2020年的1.2万个。随之而来的是快速发展后的管理缺位、监督缺失、建设资金乱用、资产流失等问题。为此在2000年国家体育总局与民政部联合颁发了《体育类民办非企业单位登记审查与管理暂行办法》(以下简称《办法》), 尽管该《办法》颁布20余年, 但我国体育俱乐部相关的民事诉讼案件并未减少, 反而呈现出不断增加的态势, 根据《中国体育俱乐部行业发展状况与投资规划分析报告2021-2027年》所述, 我国涉及青少年的体育俱乐部在

2020年出现6700起民事诉讼, 这一数据与2010年比增长了527%。同时预计在未来每年我国青少年体育俱乐部民事诉讼将保持每年30%左右的增长。在这种情况下有必要对我国青少年体育俱乐部的现存经营问题进行厘清, 同时探索对提高治理实效的影响路径, 并提出必要的改进政策。

1 我国青少年体育俱乐部的治理问题

1.1 内部监管缺位

青少年体育俱乐部的主体性质是法定社团组织, 属于非营利性的公益产权, 一般而言青少年体育俱乐部的内部组织架构包含了董事会、理事会、监事会以及管理层, 形成四方相互制衡的内部管理结构^[1]。而在经营形式上, 因为俱乐部本身为非营利机构, 因此与地方政府形成了“委托-代理”的关系。在外部管理中, 以地方政府的民事部门和文化体育监管部门承担主要监督治理责任。在这种情况下, 容易使经营方的内部监管人员与委托方形成深度的绑定, 进而导致监管缺位的情况出现。同时由于青少年俱乐部的所有者为国家, 而管理者并非所有者, 因此存在管理者难以将自己带入到利益相关的角色中, 即组织机构的发展与个体的现实利

收稿日期: 2022-11-05

基金项目: 安徽省教育厅2019年度高校优秀青年人才支持计划项目: 皖北地区青少年公共体育服务体系建设研究(gxyq 2019097)

作者简介: 刘丽(1983-), 女, 湖南湘潭人, 讲师, 主要研究方向为体育教学与训练。

益脱钩,进而导致管理者对青少年俱乐部的管理力度较弱,管理者容易形成“不求有功,但求无过”的管理姿态^[2]。同时由于产权归属国家,因此青少年俱乐部的经营者与监督者存在利益一致的情况,进而出现管理“舞弊”的可能。由组织架构导致的管理问题成为青少年体育俱乐部的核心问题^[3]。

除了监管执行本身存在缺失以外,监管的方案与考核的绩效评价体系也难以统一,我国现阶段的发展存在不同地区的人口密度差异大,人均收入水平和可支配收入水平差异极大,不同地区还因为地方政府对体育事业的发展方向不同,导致青少年体育俱乐部的绩效考核难以用行之有效的一套评测体系进行评价^[4]。同时青少年俱乐部的非营利性质,导致俱乐部没有足够的灵活资金用于奖励和激励员工,导致俱乐部的运行效率较低。因为缺乏激励措施,使得绩效考核缺乏现实意义。因此,所谓的考核与绩效更多地是为了工作需要,而并非为了促进经营效率,进而导致评价体系本身与现实工作脱节,绩效考核无法真实地表现出不同员工的工作情况^[5]。

基于监管者与所有者不同,以及青少年体育俱乐部为非营利的组织性质,导致青少年体育俱乐部本身缺乏内部竞争动力,同时由于国家出资建设,又具有一定的垄断性质,导致青少年体育俱乐部缺乏外部竞争环境^[6]。随着内外部的竞争机制的缺失,青少年体育俱乐部缺乏发展目标和参展对象,进而容易停滞不前,无法与时俱进。

1.2 外部监督乏力

与大多数非营利性的国有机构一样,青少年体育俱乐部的经营数据一般不对外公开,这使得外部监管缺乏有效依据。同时,除了国有监管体系外,在我国现在的实际环境下第三方评测机构难以对青少年体育俱乐部的经营进行有效监督,这就出现了外部监管乏力的情况^[7]。

在青少年体育俱乐部体系开创之初,我国仅有100余家,当时对这100家青少年体育俱乐部进行监督的难度可能较大,费用以及成本较高,但随着经济发展,我国已有超过10000家青少年体育俱乐部,有了足够的市场容量,推动了第三方监管单位的出现。第三方监管机构的监管职能与食药监管局类似,可以是政府单位组织,也可以是民营机构,但应当使其脱离所有者,即不能将经营者、所有者以及监督者置为一体^[8]。

除了有组织的第三方机构对青少年体育俱乐部进行监督之外,社交媒体以及个人应当有足够的渠

道了解其所关心的青少年体育俱乐部的经营情况,以及相应的制度、组织架构和沟通反馈机制。应当设立相应的财务和事务公布机制,引入大众监督,通过群众对青少年健康俱乐部的监督弥补外部监管的局限性^[9]。

2 青少年体育俱乐部治理实效的内涵及影响因素

2.1 国外相关研究进展

青少年体育俱乐部的治理问题由来已久,不少国家为此开展了相应的研究。日本青少年俱乐部的管理主体为政府、体育协会和体育社会公益组织,包含民间组织以及私营企业。日本《体育基本法》明确规定了“中央及地方政府、学校、社会团体以及私营企业应当为实现体育健康发展目标而互相配合”^[10]。在内部治理过程中,除了要求以政府为本位外,同时需要结合学校、体育团体以及私营企业共同参与到协同治理中^[11]。包长春等人认为多元协同管理,将管与办分离是强化青少年体育俱乐部内部治理的关键。同时从日本当下的青少年俱乐部经营组成看,通过将大量的体育服务进行外包,以俱乐部为平台将社会资源与民营企业进行结合,更加容易促进俱乐部经营效率的提升。日本体育协会在2017年发布的报告称,为有效推动体育社会组织的发展,日本政府通过《特定非营利活动促进法》等法规,减少了体育社会组织的发展阻力,促进了社会组织的社会合法性,通过税收优惠以及政策补贴给予了相应的发展空间,推动日本民间组织和私营企业的进入,同时由政府推动,将体育明星引入俱乐部的教学管理中^[11],提高了俱乐部的服务质量,提高了经营实效。同时在社区型的青少年体育俱乐部管理中,构建了管理者制度,进一步提高了政府对青少年体育俱乐部的治理实效^[12]。

在对英国的青少年体育俱乐部治理的研究中,陈洪等人研究发现,英国政府通过推动体育俱乐部的标准化认证,确保了青少年体育俱乐部的服务水准与基础,通过严格的认证方案,对俱乐部进行考核,按照赛事项目、安全服务标准、社区服务内容以及俱乐部管理水平进行评价,将地方体育联合组织与体育协会作为考核的主要主体,弱化了政府的直接参与,将管理交给了第三方机构^[13],这样形成了政府支持与提供资源并规定制度、社区俱乐部自主经营、第三方机构进行监管的三方治理格局。为保障社区俱乐部的经营基础,英格兰体育理事会提

出一项俱乐部领袖计划(SECL), 通过多渠道确保社区俱乐部的经营财政健康, 包括税收减免、低利率的融资渠道以及线上和线下的社会募集资金。这些手段改善了英国青少年体育俱乐部的竞争环境, 俱乐部的经营决定了外部资金的供给, 竞争机制的引入保证了俱乐部的内部治理实效得到提升, 与日本不同的是英国的治理驱动来自竞争环境, 而日本则更多的是来自政府要求^[14]。

2.2 国内的相关研究进展

由于我国青少年体育俱乐部的组建时间较短, 因此针对青少年体育俱乐部的研究较少, 研究进展大致形成了三个阶段。2000-2006年, 以我国青少年体育俱乐部发展模式及组织架构细化作为研究内容, 进而对体制管理以及经营现状的基础进行调研^[15], 这一阶段的研究着重于将当时我国青少年体育俱乐部的发展状态进行描绘; 2006-2015年前后这一阶段的研究开始着眼于青少年体育俱乐部治理的相关研究, 通过对2006年之前的发展经验进行总结开始探索影响青少年体育俱乐部发展的内外动因和阻力, 同时不少学者着手深层次的体制管理研究以及俱乐部的实效研究^[16]。肖林鹏对我国自2000-2015年的青少年体育俱乐部发展情况进行了全面的汇总, 包括经营组织架构、俱乐部经营效率、管理体系以及社会效益进行了全面的分析, 得出了我国青少年体育俱乐部发展空间大、地区差异大、管理体制不健全、需要引入竞争机制等结论^[17]。2015年后随着学者以及组织机构认识到青少年体育俱乐部快速发展与组织架构的稳定性脱节后, 开始将青少年体育俱乐部的治理作为研究重点, 期望通过调查研究发现青少年体育俱乐部的发展问题以及提出相应的解决对策。如王清梅等人对青少年体育俱乐部的管理研究中探究规范化发展路径, 发现行政管理部的发展要求与实际的社会需求存在一定的脱节, 俱乐部的发展应朝向实体化和市场化, 需要借鉴日本的发展模式引入退役运动员, 通过专业化丰富市场服务的供给, 提高服务质量, 进而增强市场的竞争力^[18]。

2.3 青少年体育俱乐部治理实效的内涵

从日本和英国对青少年体育俱乐部的治理实践分析, 到我国青少年体育俱乐部的治理实效分析可以发现, 青少年体育俱乐部治理实效因素可以分为六大类。第一, 人员专业性, 组织架构下的管理人员的专业程度以及体育教练和服务人员的专业程度, 人员专业性体现了青少年体育俱乐部管理组织上的治理能力^[19]; 第二, 资金使用效率, 作为公

益性组织机构, 青少年体育俱乐部运营管理的开支主要是依靠国家以及地方政府的政策性财政支持, 因此资金是否充沛以及运作效率的高低决定了不同地区青少年体育俱乐部的治理效果^[20]; 第三, 管理职责混乱, 我国现阶段的青少年体育俱乐部的所属上级部门并不统一, 一部分地区归属于体育局, 一部分地区将其归属为民事局或者文化局, 上级直属领导的不同导致了青少年体育俱乐部的发展倾向以及管理制度不同, 从而出现管理混乱的情况, 更有甚者可能出现多部门同时管理的情况, 从而导致青少年体育俱乐部管理效率低下^[21]。第四, 监督多元化, 组织机构的发展绩效以及治理实效除了自身建设和约束外, 还需要引入外界力量。由于青少年体育俱乐部属于国资性质, 因此在之前难以引入第三方监管, 而体系内的督察又容易出现“监管舞弊”, 因此对于青少年体育俱乐部的监管有必要实现多元化。从深圳等地区实践经验可以发现, 当引入社会监管以及媒体监管后, 青少年体育俱乐部的经营表现更出色^[22]。第五, 缺乏市场竞争机制, 青少年体育俱乐部的建立大部分是当地政府提供场地以及资金购置设备, 所提供的服务主要以休闲类为主, 辅以业余体育教学作为主要的经营内容, 由于绝大部分(存在1%不到的主体为企业法人)主体为非营利性组织, 因此形成了相对稳定的垄断地位, 而缺乏竞争机制, 导致经营效率和管理效率下降^[23]。从英国和日本等国家的发展经验可知, 通过引入民营企业将会促进当地俱乐部的经营效率的提升^[24]。

2.4 青少年体育俱乐部治理实效影响研究的不足与探索

当前对于青少年体育俱乐部治理实效的研究仍然处于探索阶段, 不可否认存在着研究片面的情况, 不同学科领域学者对于这一问题的出发点不同, 导致了研究倾向存在差异。以往研究的路径以“社会经验→概括为理论→进行实证研究”为主, 易因研究者的主观因素从而使得研究结果内容缺失的情况出现。为避免这一问题, 本研究拟采用扎根理论的研究范式, 通过对从业者和行业专家进行深度访谈, 将访谈内容概念化形成具体的理论范畴。以这种自下而上的范式研究, 尽量避免先验主义思想影响, 得到当下青少年体育俱乐部的治理实效的影响因素, 将其编制为问卷进行量化研究。

3 研究方法: 访谈及扎根理论

扎根理论得益于符号互动理论的发展，通过对符号互动理论进行发展而得到的一种质性研究方法。Glaser与Struass首先提出扎根理论的研究范式，他们认为扎根理论的本质仍然是定性研究，研究者可以以文本或语音资料通过不断的经验归纳形成有效的研究系统理论^[25]。这一工作内容中包括了前期对文献资料的整理及概括，通过概念对比与整合形成具体研究的理论内核，随后研究者针对研究的内容编制开放性或半开放性的访谈题目，形成访谈提纲。随后根据自己的研究目的选择合适的访谈对象进行访谈，并对访谈的资料进行收集和整理。将有用的文本信息进行汇总并对其进行编码，根据与研究主旨有关的词语句子进行整理汇总及精简。随后采用归纳法对不同的词语句子赋予概念，而后用新的方案对概念和概念下含的自概念进行关系关联，这个过程就是对信息的编码^[26]。

3.1 访谈对象

本研究的访谈对象包括在青少年体育俱乐部的从业人员、在青少年体育俱乐部参与活动或培训的学生家长、与青少年体育俱乐部存在监管关系的其他人员以及领域内的研究学者、专家。由于本次访谈对象的异质性较高，因此限定本次访谈对象需要具备以下几个特征：第一，了解青少年体育俱乐部的经营属性以及能够分辨其与健身房、体育馆的区别；第二，参与青少年体育俱乐部相关工作时间超过1年，或子女在青少年体育俱乐部学习培训超过1年；第三，自愿参与访谈。对访谈对象进行研究目的的介绍，并进行责任与义务告知。研究预计选择40名访谈对象，其中从业人员10名，学生家长10名，领域学者、专家10名，存在监管关系的其他人员10名。其中随机在访谈样本中抽取4名作为理论饱和检验对象，其余36名访谈对象进行扎根理论研究。

3.2 访谈问卷

研究针对青少年体育俱乐部治理实效进行详细的文献收集与整理，形成具有针对性和可比较性的访谈问卷，如下：

1) 引导问题

问题1：以您对青少年体育俱乐部治理现状的了解，请您说出三项您所了解的青少年体育俱乐部在经营管理过程中存在的问题，并说明原因。

问题2：日本的青少年体育俱乐部组织形式与我国类似，而英国则引入了民营资本，您觉得是国资建设对于青少年体育俱乐部的发展管理好还是引人民营资本更好？请说明您的理由。

问题3：根据您上述所列的三项经营管理问题，请您给出相应的改革建议。

2) 核心访谈问题

问题1：您认为在国资背景下，青少年体育俱乐部的管理是否会存在舞弊的可能，原因是什么？

问题2：您是否了解关于青少年体育俱乐部的经营监管程序和体系，您觉得监管是否能够加强治理实效，如果赞同，您觉得怎么才能加强监管？

问题3：组织机构正常的运转需要资金，当下青少年体育俱乐部的资金来自政府拨款，您觉得这样是否合理，或者让其自负盈亏是否合理？请您仔细思考，并给出理由。

问题4：您觉得当下青少年体育俱乐部的组织管理和经营是否高效？请您给出能够提高当下青少年体育俱乐部组织效率的建议。

3.3 开放性编码

从前文所述可以看到，扎根理论在文本信息编码过程中分为三个步骤。第一个步骤是开放性编码，主要对关键词语或句子的内容进行编码。其次是主轴编码，将概念形成范畴获得轴心关系。最后是选择性编码，通过文本信息所表述出的各变量关系形成故事线从而提出扎根理论的模型。

开放性编码的主要内容包括了对访谈文本的分解、整理、内容相互之间的比较，从而将文本信息形成有用的概念及范畴。本研究采用“问卷编号—问卷内容—句子顺序”的编号方式对所获得的访谈文本信息进行整理编码。具体工作由4位XX专业的博士以及2位XX专业的教授进行，每个人的工作与其他人之间相互独立，对编码之中存在的不一致情况进行比较和讨论，最终得到以下访谈结果（表1）：

表1 开放性编码表

概念化编码	概念	样本选取	关键词句展示
C1	管理 人员 素养	P2\P19\P36等	青少年体育俱乐部这种单位的管理人员，要懂得组织管理，要用经营的思维去管理，而不是以政府行政方式管理
C2	教练 水平	P8\P22\P30等	俱乐部教师教练的水平直接影响了俱乐部的发展水平
C3	培训 资质	P17\P11\P23等	俱乐部中不少培训项目是否具备培训资质我们并不了解，应当告知消费者
C4	完善 分级 制度 专业	P11\P25\P29等	俱乐部的分级制度有必要实施，这可以让不同的个体去自己合适的俱乐部参加体育锻炼和培训
C5	监督 机构	P4\P17\P27等	国内青少年体育俱乐部逐渐增多，有必要设立专门的监督机构

C6	社交媒体监督	P5\P23\P38等	外部的监管非常重要，尽管难以从专业渠道监管，但是社交媒体对非民营机构的治理的确起到了正向的督促作用
C7	自查机制	P21\P29\P36	俱乐部应当建立实时的自查机制，防止资产流失，提高经营水平
C8	信息披露体系	P6\P12\P25等	青少年体育俱乐部应当快速建立完善的信息披露体系，从而方便各方进行监督
C9	管办分离	P4\P7\P19等	现在青少年体育俱乐部的主体单位就是其主要监督方，应当把这两者分开，将管理方与执行方区分为两个独立的部门体系
C10	业务外包	P2\P13\P40等	国家给俱乐部提供了场所，而俱乐部可以把自己作为平台，将一部分的业务外包给其他体育服务提供商
C11	商业项目合作	P1\P11\P13等	俱乐部可以根据自己的实际资源以及优势项目对外进行商业合作，诸如广告、赛事等
C12	提供多样服务	P9\P15\P24等	除了针对学生的体育健康培训外，青少年体育俱乐部还可以提供商业开发业务
C13	引入民营企业	P8\P17\P39等	一个行业或者产业仅有国资很难让这个产业兴旺，尽管青少年体育俱乐部偏向于社会福利性质，但是仍然投入了大量资金，有必要让民营资本进入，促进行业的活力
C14	市场退出机制	P2\P12\P13等	其实很多俱乐部都经营不善，去的人已经很少了，真的有必要设定退出机制，让人不敷出或者社会价值绩效低下的青少年体育俱乐部退出行业
C15	系统内考核评比机制	P1\P29\P34等	在国内应该完善对于不同水平的青少年俱乐部的评级考核机制，并对不同级别的俱乐部进行标识，促进内部竞争机制的成立
C16	完善追责制度	P3\P6\P14等	对于体育项目事故，应当建立完善的追责机制，对玩忽职守追责问责、对滥竽充数的教职人员要更加严格的考核，以保障服务质量
C17	制定发展规划	P9\P20\P31等	不同的俱乐部的社会责任不同，同样发展目标也不尽相同，因此每个俱乐部应当制定可行的年度发展规划并努力完成
C18	量化考核内容	P4\P23\P36等	对参与俱乐部管理和经营的各部门人员，设定可行的相对公平的量化考核内容

通过文本信息进行编码，一共获得18个概念，随后对这18个概念进行范畴化以及主轴编码。

3.4 主轴编码

主轴编码的过程实际上是概念形成范畴的规程，将不同的概念进行整合，抽取其中的共同因素，从而自下而上地组建出多个可以涵盖概念的范畴，见表2。

表2 主轴编码表

主范畴	概念间关系内涵	概念化编码	概念
完善资质认证	从俱乐部实体到管理人员以及教练都应当具备相应的资质，包括从业资格、行业认证等，对于俱乐部而言应当完善以俱乐部为单位的资格评定	C1	管理人员素养
		C2	教练水平
		C3	培训资质
		C4	完善分级制度
多元化监管参与	多元化监管参与包括内部的管理、第三方专业机构以及大众媒体，同时还应当建立自身的自查和信息披露体系	C5	专业监督机构
		C6	社交媒体监督
		C7	自查机制
		C8	信息披露体系
		C9	管办分离
商业化发展导入	作为国家出资的非营利性机构，为保障青少年体育俱乐部的发展稳定性应当将商业化发展适度引入体系内，从而拓宽收入来源	C10	业务外包
		C11	商业项目合作
		C12	提供多样服务
引入竞争机制	将民营企业引入到俱乐部建设中，提高体系内的俱乐部的竞争意识，同时还应当对无法产生社会效益的单位建立淘汰机制	C13	引入民营企业
		C14	市场退出机制
		C15	系统内考核评比机制
内部精细化管理	主要包含追责制度与发展规划，通过量化考核提高内部管理的精细化	C16	完善追责制度
		C17	制定发展规划
		C18	量化考核内容

将18个概念最终集成5个主范畴，分别是完善资质认证、多元化监管参与、商业化发展导入、引入竞争机制以及内部精细化管理。

3.5 选择性编码

根据变量之间的关系，最终可以确定出1个主要关系路径，即所获得的5个范畴是否可以有效表达对青少年体育俱乐部治理实效的影响因素？同时要考虑不同影响因素之间的关系是并列的还是相互影响或者是否可能成为一个高阶变量？

研究的主要目的在于细致地探寻、分析我国青少年体育俱乐部治理实效的影响因素。从主轴分析得到的结果可以看到，5个主范畴之间大部分存在明显的相互影响关系，5个主成分都能构成完整独立的因子，同时每个部分相互独立又不存在较强的二阶关系，因此认为5个主范畴之间相互平行共同组成一个单一的上层概念。

3.6 理论饱和检验

通过开放性编码以及主轴编码的解析，所有的样本信息中被提炼有用的信息后，理论的内涵将会

达到饱和，这个时候，将不会出现新的概念内容，同时具体的范畴也具备了明确的下属概念，这些范畴之间相互独立，概念内存在一定的相关程度，而范畴间的概念则具备相应的区分。随后为了检验访谈信息被有效的涵盖及抽取，对4个样本访谈内容进行比对核实，将这4个用于饱和和检验的样本重新进行概念解构，将上文得到的概念与范畴同这4个样本得到的概念进行比对。从实际结果看这4个样本不存在上文中未提及的概念，因此认为理论达到饱和。

4 实证调研及结果

4.1 研究工具

1) 青少年体育俱乐部治理实效问卷

问卷参考赵炬民的研究进行设定^[27]，包含4个题目分别为“您对体育俱乐部的管理满意度水平”“您是否满意青少年体育俱乐部的制度流程”“您是否满意体育俱乐部从业人员的资质证件情况”“您对青少年体育俱乐部的收费情况是否满意”。四个题目均采用里克特五点计分，其中1分为非常不满意，5分为非常满意。

2) 影响因素问卷

从扎根理论进行的质性分析得到了5因子结构，根据具体的描述语句编制出《青少年体育俱乐部治理影响因素问卷》。根据量表进行实证分析，拟通过实证研究对扎根理论得到的5因子18题项模型进行量化研究验证。

4.2 研究对象及研究过程

样本对象选择为北京市、上海市、重庆市、广东省、云南省、陕西省、湖南省七个地区，每个地区选择100名参与青少年体育俱乐部活动超过一年的学生家长，共计测试700名，使用电话以及线上的方式开展调研，问卷调查并收集了639份问卷样本，问卷有效率为91.29%。

4.3 研究假设

通过扎根理论将青少年体育俱乐部治理实效进行了内涵拆解，构成了5个影响因素并得到对应研究假设如下：

H1：完善资质认证显著正向影响青少年体育俱乐部治理实效；

H2：多元化监管参与显著正向影响青少年体育俱乐部治理实效；

H3：商业化发展导入显著正向影响青少年体育俱乐部治理实效；

H4：引入竞争机制显著正向影响青少年体育俱乐部治理实效；

H5：内部精细化管理显著正向影响青少年体育俱乐部治理实效。

4.4 研究结果

1) 探索性因子分析

问卷结果的KMO值是0.817，其大于0.8意味着各个题目的相关性程度高，也说明了偏相关较低的各个变量是可以进行因子抽取的。巴特利特球形检验的值为5340.565、巴特利特球形检验的自由度df=153，在比较巴特利特球形检验卡方值与自由度后，得出显著性Sig<0.001，证明母子集群之间存在着较高的关联性，即此问卷是适合因子分析与后续检验的。

表3 解释方差及旋转成分矩阵表

	成 份				
	多元化 监管参与	完善资 质认证	商业化 发展导入	内部精细 化管理	引入竞 争机制
T09	0.902				
T06	0.883				
T07	0.861				
T08	0.830				
T05	0.826				
T03		0.878			
T04		0.873			
T02		0.866			
T01		0.825			
T11			0.923		
T12			0.876		
T10			0.876		
T17				0.874	
T16				0.833	
T18				0.822	
T13					0.853
T14					0.805
T15					0.789
旋转成分 特征值	3.769	3.081	2.526	2.278	2.071
解释率	20.939	17.115	14.034	12.656	11.508

通过KMO和巴特利特球形检验后可以对问卷题目进行主成分分析，接下来采用主成分分析法和正交旋转法对预测问卷的18个题项进行探索性因素分析。首先采用主成分分析法提取公共因素，得出初始符合矩阵；再用正交旋转法求出旋转因素符合矩阵。通过题目分析可以看到18个题目进行了主成分检验，设定抽取特征值大于1进行主成分提取的标准后，共有5个成分被抽取出来，这5个成分的累计方差解释率达到76.251%，这一标准已经大于60%的基础标准，说明通过18个题目抽取出的5个因子保留了原始题目60%以上的原始信息，抽取后的维

度在极大程度上保留了题目的信息特征，因此可以证明成分的抽取效果较好。

在旋转成分结果中18个题目被区分成5个成分，每个成分内的题目具备一定同质性，不同成分之间可以用概念相互区别，因此5个成分的结果较好，题目予以保留。

2) 信度分析

表4 信度分析

变量	项目	校正的项总计相关性	项已删除的Cronbach's Alpha 值	Cronbach's Alpha	项数
完善资质认证	T01	0.715	0.888	0.918	4
	T02	0.790	0.860		
	T03	0.791	0.859		
	T04	0.799	0.856		
	T05	0.741	0.908		
多元化监管参与	T06	0.819	0.893	0.902	3
	T07	0.792	0.898		
	T08	0.743	0.908		
	T09	0.852	0.886		
商业化发展导入	T10	0.770	0.890	0.767	3
	T11	0.853	0.820		
	T12	0.796	0.869		
引入竞争机制	T13	0.667	0.613	0.837	3
	T14	0.558	0.741		
	T15	0.584	0.706		
内部精细化管理	T16	0.675	0.796	0.811	
	T17	0.763	0.709		
	T18	0.660	0.811		

根据上表结果，在5个变量的信度分析中，信度大于0.9的为多元化监管参与和商业化发展导入，其余项皆大于0.7，由此可见信度结果较好。根据校正的项总计相关结果，题目与因子的项总计相关在各因子内部均大于0.5，说明题目和因子之间存在着较高的关联程度。此外，项已删除的克隆巴哈信度结果也小于因子信度，说明既有的因子中删除题目不会导致因子信度的增加，因此保留题目。

3) 验证性因子分析

在探索性因子分析得到基础的题目与维度的结构关系后，采用另一部分样本进行验证性因子分析，得到标准化载荷表：

表5 标准化载荷表

变量	项目	Estimate	S.Estimate	S.E.	C.R.	P
完善资质认证	T01	1	0.813			
	T02	1.072	0.875	0.069	15.536	***
	T03	0.898	0.686	0.074	12.135	***
	T04	0.808	0.634	0.073	11.068	***
	T05	1	0.853			
多元化监管参与	T06	1.091	0.94	0.048	22.729	***
	T07	0.982	0.868	0.05	19.640	***
	T08	1.025	0.86	0.053	19.340	***
	T09	1.081	0.931	0.049	22.061	***

商业化发展导入	T10	1	0.882			
	T11	0.999	0.918	0.046	21.717	***
	T12	0.898	0.872	0.045	19.956	***
引入竞争机制	T13	1	0.821			
	T14	0.883	0.669	0.072	12.264	***
	T15	1.183	0.888	0.07	16.900	***
内部精细化管理	T16	1	0.799			
	T17	1.068	0.806	0.085	12.565	***
	T18	0.947	0.76	0.077	12.299	***

从表中可以看到，所有题目与维度的标准化载荷值均大于0.5，说明题目与维度的归属关系较高，证明了在既定框架内，题目与维度的关系的确紧密。足以证明题目确实属于具体维度。同时可得模型拟合指数：CMIN/DF为1.736，该值小于3，GFI=0.918、NFI=0.942、TLI=0.977以及CFI=0.978均大于0.9，RMSEA为0.046，该值小于0.05说明模型拟合较好。由此认为影响因素问卷具备较好的结构。

4) 路径模型

根据研究假设构建路径模型，以影响因素问卷的18个题目为外生显变量，5个影响因素作为外生潜变量，将青少年体育俱乐部治理实效4个题项为内生显变量，以治理实效为内生潜变量构建路径模型。通过极大似然法计算得到研究结果如表6。

表6 路径系数表

假设	Beta	t	p	检验结果
H1: 完善资质认证→治理实效	0.167	2.133	0.013	成立
H2: 多元化监管参与→治理实效	0.422	4.961	***	成立
H3: 商业化发展导入→治理实效	0.287	3.779	***	成立
H4: 引入竞争机制→治理实效	0.354	3.701	***	成立
H5: 内部精细化管理水平→治理实效	0.245	3.692	***	成立

从结果可以看到完善资质认证显著正向影响治理实效beta=0.167 (p=0.013)；多元化监管参与显著正向影响治理实效beta=0.422 (p<0.001)；商业化发展导入显著正向影响治理实效beta=0.287 (p<0.001)；引入竞争机制显著正向影响治理实效beta=0.354 (p<0.001)；内部精细化管理水平显著正向影响治理实效beta=0.245 (p<0.001)，模型拟合结果CMIN/DF为1.922，该值小于3，GFI=0.903、NFI=0.936、TLI=0.969以及CFI=0.972均大于0.9，RMSEA为0.049，该值小于0.05说明模型拟合较好，结果可靠。

5 讨论及改进策略

5.1 讨论

从结果可见,完善资质认证、多元化监管参与、商业化发展导入、引入竞争机制以及内部精细化管理水平均为治理实效的有效影响因素。其中,多元化监管参与的影响最高,其次是引入竞争机制,而完善资质认证和商业化发展导入以及内部精细化管理水平则影响相对较弱。造成这种现状的原因主要包括两个方面,第一个是新媒体时代对于信息影响的放大作用,新媒体的出现促进了社会群体对于非营利性组织的了解,但存在的信息差推动社会群体更加关注组织的竞争力,同时社会群体通过新媒体渠道有了对青少年体育俱乐部的监管需求,这种监管需求推动了多元化监管参与对于治理实效的提高。第二个是由于国资非营利组织本身缺乏第三方监管,存在着监管缺失的情况,因此引入第三方监管也非常重要。而引入竞争机制则体现了大众群体对于青少年体育俱乐部竞争力的担忧,以及社会资源是否高效利用的担忧。多渠道的监管以及将监管信息公布,有助于提高公众信任,同时也能提高管理者的执行效率。

尽管完善资质认证、商业化发展导入、内部精细化管理也可以对青少年体育俱乐部治理实效产生有效的影响,但是影响效果较低,商业化发展的导入已经在部分地区开始实施,由于青少年体育俱乐部发展本身的定位问题,除了深圳、上海、杭州等个别地区外绝大部分城市都未引入私营体系,不过相关的领导和监管部门已经允许青少年体育俱乐部逐渐展开商业化合作,包括广告、赛事承办、资格监督以及技能培训等。这些合作一方面可以二次引入外界监督,同时也可以将市场经济下的契约精神引入体育俱乐部管理,从而强化了治理实效。内部精细化管理则是自身发展的必然结果。

5.2 改进策略

1) 加强职能部门的监督管理本位作用

从产权归属来讲,青少年俱乐部的产权归属并不统一,不同地区的青少年体育俱乐部可能归属于民事局,文化局等。不同单位对青少年俱乐部管理的方式倾向不同,以及青少年体育俱乐部的发展规划不同,从而可能使得不同地区的上级管理存在较大差异,无法有效明确地衡量青少年体育俱乐部的工作效益,并给予相应的奖惩^[28]。这种情况也容易造成青少年体育俱乐部之间缺乏横向对比的参考依据,从而导致评级的混乱。因此首先应当强化政府职能部门的管理本位作用,同时厘清青少年体育俱乐部的归属问题。随着青少年体育俱乐部的数量快速增加,应当将其归为一个确定的职能部门来进

行管理,从而能够标准化地对俱乐部进行治理和考核。在考核方面应当摒除掉职能部门的作风,以企业组织的形式对其进行考核,即以产出和结果为导向,减少不必要的行政监管^[29]。

2) 建立多元协调监督机制

当下新媒体快速发展,民众采用新媒体获取信息的能力极大提高,同时对于职能部门和非营利性组织的关注水平也大幅度提高。信息爆炸式发展的环境下,青少年体育俱乐部的管理缺位和工作疏漏容易被放大,从而引发热点出现^[30]。因此有必要将青少年俱乐部的治理过程与成果在公众媒体上披露,从而满足民众对于监管的需求^[31]。同时建立第三方监督体系,设立专门的监督组织对青少年体育俱乐部的工作与管理进行考核,引入类似英国体育理事会组织,通过非政府部门对青少年体育俱乐部进行管理和监督。在建立多渠道监督的体系基础之上,还应当构建各监督机构之间的信息交流平台,强化监督信息的沟通与公示^[32]。

3) 建立市场化机制,构建竞争环境

青少年体育俱乐部的主体机构为政府职能部门,因此其本身定位为非营利或不以营利为核心经营目的,在这种情况下,青少年体育俱乐部的经营缺乏足够的竞争^[33],无法通过外部刺激提高组织活力。而市场经济的重要作用之一就是提高组织的经营效率,因此在现在的俱乐部体系下,应当适度放开体系敞口,建立市场化机制,引入民营资本进入。一方面可以给体系内的俱乐部更多借鉴和学习的标本,通过市场化机制扩大经营范围,从而开拓收入来源,提高服务质量。另一方面市场化体制的引入本身可以加剧行业内竞争,包括人力资源等诸多资源的竞争以及市场竞争,从而引发“鲑鱼效应”,提高体制内的经营效率^[34]。

4) 完善资质和机构评定体系,建立分级市场制度

我国现存的青少年体育俱乐部的评级体系以职能部门的考核方式为主,缺乏退出机制和升降级机制。同时学生和家長对于青少年体育俱乐部的评级了解较少,不少俱乐部也未对相应的资质进行公示。需要建立专业的俱乐部评定机制,包括俱乐部的级别评定以及从业者的职业评级,进而将提供的服务内容专业度与评级对标。这样可以服务对标不同的需求群体^[35],同时不同级别的青少年俱乐部还可以通过升降级的机制进行相互竞争,级别较高的俱乐部可以承办较高级别的赛事组织,通过比赛吸引更多群体参与到体育运动中,从而扩大市场容量^[36]。

参考文献:

- [1] 包长春, 杨志, 康博舒. 我国青少年体育俱乐部多元协同治理研究[J]. 体育文化导刊, 2021(4): 35-40.
- [2] Work F. Management of social welfare organizations[M]. 2011.
- [3] Liu S, Hou L, Chen O. construction of open model of “youth sports club management” in school sports venues[J]. Contemporary sports technology, 2017, 7(18): 112-113.
- [4] Ibrahim S S, Hantosh S, Jasim H T. The role of higher management of the general administration of the ministry of youth and sports in the decision-making process[J]. Al-Rafidain journal for sports sciences, 2021, 24(74): 225-235.
- [5] Singh S K, Gupta S, Busso D, et al. Top management knowledge value, knowledge sharing practices, open innovation and organizational performance[J]. Journal of business research, 2021, 128: 788-798.
- [6] 陈昌. 场域视角下国家青少年体育俱乐部发展模式研究[J]. 广州体育学院学报, 2018, 38(1): 51-54.
- [7] 刘芳梅. 我国青少年体育俱乐部与政府合作模式的构建——以资源相互依赖理论为视角[J]. 广州体育学院学报, 2011, 31(3): 33-38.
- [8] 张江福, 蒋宏宇, 吴新怡, 等. 我国青少年体育俱乐部的研究历程与进展[J]. 体育科学进展, 2021, 9(3): 401-406.
- [9] 付丽敏, 崔景辉. 河北省青少年体育俱乐部经营管理现状调查与对策研究[J]. 河北体育学院学报, 2003, 17(3): 1-3.
- [10] 日本体育指导实务研究会. 体育振兴基本计划体育指导实务必携[M]. 东京: 行政出版社, 2002.
- [11] 日本又术一7少年团. 又术一7少年团育成报告书[M]. 东京都: 日本体育协会, 2017.
- [12] 王占坤, 周以帖, 李款, 等. 日本青少年公共体育服务治理经验及启示[J]. 沈阳体育学院学报, 2020, 39(6): 18-26.
- [13] 陈洪, 梁斌, 孙荣会, 等. 英国青少年体育俱乐部治理经验及启示[J]. 西安体育学院学报, 2017, 34(3): 257-262.
- [14] Liu C. Study on the government purchase of youth sports club service relying on the establishment of the school[J]. Liquor city education, 2016.
- [15] 刘艳丽, 龚晓洁. 非营利组织与公共服务视野中的青少年体育俱乐部动力机制及深层发展问题研究[J]. 体育科技文献通报, 2006, 14(10): 73-74.
- [16] 周俊余, 徐元玉. 《青少年体育“十三五”规划》对我国城市青少年体育俱乐部的影响和对策研究——以扬州市为例[J]. 体育科技, 2018, 39(3): 81-83.
- [17] 肖林鹏. 中国青少年体育俱乐部发展报告: 2015 [M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2015.
- [18] 王清梅, 钱俊伟, 史健, 等. 国家级青少年体育俱乐部规范化研究[J]. 四川体育科学, 2017, 36(1): 5-9.
- [19] 刘芳梅. 我国青少年体育俱乐部绩效管理体系的构建——以平衡计分卡为理论视角[J]. 北京体育大学学报, 2009, 32(2): 39-43.
- [20] 张永韬. 非营利体育组织对体育培训市场的影响研究——以四川省青少年体育俱乐部联合会为例[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2013, 38(4): 136-140.
- [21] 蔡端伟, 杨再准. 影响上海市青少年体育俱乐部市场运营发展的因素分析[J]. 四川体育科学, 2007(1): 7-13.
- [22] 招惠芬. 中日青少年体育俱乐部运行方式的比较研究[J]. 资治文摘(管理版), 2010(5): 172-173.
- [23] 伍淑凤, 王林. 对广东省青少年体育俱乐部发展现状的调查研究[J]. 广州体育学院学报, 2014, 34(4): 13-15.
- [24] 方港, 朱琳, 杨胜峰. 国家青少年体育俱乐部引入市场经营管理模式研究——以广州体育学院青少年体育俱乐部为例[J]. 广州体育学院学报, 2010, 30(5): 124-128.
- [25] Strauss A L, Corbin J M. Grounded theory in practice: A collection of readings[M]. London: SAGE publications, 1997.
- [26] Mohajan D, Mohajan H K. Constructivist grounded theory: A new research approach in social science[J]. Research and advances in education, 2022, 1(4): 8-16.
- [27] 赵炬民. 美中非营利体育组织比较研究——从BGCA看中国青少年体育俱乐部[D]. 北京: 北京体育大学, 2011.
- [28] 彭菲, 周霖丽. 青少年体育俱乐部发展战略研究——基于社会治理新常态理论视角[J]. 四川体育科学, 2018, 37(5): 12-17.
- [29] 赵家庆. 我国青少年体育俱乐部发展面临的困境与应对策略[J]. 中国学校体育(高等教育), 2018, 5(9): 22-26.
- [30] 李晓佳. 要进一步规范青少年体育俱乐部的管理——全国青少年体育俱乐部发展建设研讨会在成都举行[J]. 中国学校体育, 2003(1): 37.
- [31] Yang L. Function of We-Media supervision and judgment and its development[J]. Journal of shandong university of science and technology (Social sciences), 2018.
- [32] 秦小喆. 英国青少年体育新策略对我国的启示[J]. 体育教学, 2021(4): 64-66.
- [33] Sun R. Internal governance of national youth sports club[J]. Journal of beijing sport university, 2017, 40(6): 12-18.
- [34] 赵艳. 青少年体质健康促进的载体——我国青少年体育俱乐部的价值研究[C]. 2018年中国生理学会运动生理学专业委员会会议暨“科技创新与运动生理学”学术研讨会论文集, 2018: 127-128.
- [35] 肖林鹏. 我国青少年体育俱乐部管理体制及运行机制[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2009.
- [36] Ng K, Mäkelä K, Parkkari J, et al. Coaches' health promotion activity and substance use in youth sports[J]. Societies, 2017, 7(2): 1-11.

高校辅导员对大学生心理危机事件的预防与干预

李芳菲

(德州学院 经济管理学院, 山东 德州 253023)

摘要: 呵护学生心理健康是维护校园安全稳定的重要内容之一, 学生安全关乎高校高质量发展的底线。大学生面临成长、求学、择业、家庭、人际关系等诸多适应与发展问题, 容易导致心理失衡, 因心理危机引发的校园安全事件呈逐年攀升的趋势。高校辅导员的角色贯穿学生心理危机关键管理节点的全过程, 其是否具有心理健康思维、危机干预意识、必要的专业支撑, 以及扎实细致的工作态度, 对学生心理危机事件的预防处置和维护校园和谐稳定起着至关重要的作用。

关键词: 心理危机; 高校辅导员; 识别; 预防干预; 校园安全

中图分类号: G448

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0084-05

1 引言

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上强调, “要坚持不懈促进高校和谐稳定, 培育理性平和的健康心态, 加强人文关怀和心理疏导, 把高校建设成为安定团结的模范之地。”^[1]《高等学校学生心理健康教育指导纲要》提出: “发展性与预防性相结合。重视心理问题的及时疏导, 加强心理危机预防干预, 最大限度预防和减少严重心理危机个案的发生。”^[2]面临成长发展、生活境遇、自我认同和心理状态等方面出现的问题, 大多数学生能够积极应对, 但部分学生遭遇挫败、变故、冲突等, 可能会导致心理失衡, 引发心理危机事件。

高校学生工作一线的辅导员, 在学生心理危机个案的识别发现、协助干预、预后评估、制定方案、实施方案等过程中, 往往呈现出情绪易慌乱、处置流程不明晰、沟通表达困难、政策法规界限不清等状态, 从而导致某个危机事件不能得到妥善有效的处理, 这可能会对日常教育管理秩序、高校校园安全甚至社会和谐发展产生极其严重的负面影响。

2 大学生常见心理危机事件的类型

根据危机源的性质, 大学生常见的心理危机事

件可分为成长发展型危机、生活境遇型危机、自我冲突型危机、精神病理型危机。

2.1 成长发展引发的心理危机

学生在正常的成长过程或发展阶段中有时会出现急剧的变化或转变, 例如升学、就业、恋爱等历程中遇到重大的挫败或转折。如果大学生在这些重大转折中可以顺利度过, 往往能促进心理品质的提升, 相反, 则容易导致学生出现明显身心反应, 引发心理危机。常见的危机事件涉及新生适应、中途休学复学、延期毕业及就业受挫等学业发展阶段问题, 宿舍矛盾、恋爱挫折、交友困难等常见话题。

2.2 生活境遇引发的心理危机

学生日常生活中如果出现了罕见或者超常的事件, 例如在遇到重大交通事故、家庭变故、被伤害等突发性灾难性的负性生活事件时, 学生感到无法预测和控制, 容易产生无助无解感引发心理危机。常见的危机事件涉及家庭变故带来的学业危机, 网络诈骗、情感纠纷引发的情绪危机等, 也包括突发的公共事件对学生群体的影响, 例如新冠肺炎疫情引发学生情绪波动, 学校高坠事件对其他师生的影响等。

2.3 自我冲突引发的心理危机

心理学家埃里克森提出的心理社会发展阶段理论认为, 个体在青年期的主要发展目标就是解决自

收稿日期: 2023-05-26

基金项目: 2023年山东省职工与职业教育重点课题(2023-139)

作者简介: 李芳菲(1988-), 女, 山东德州人, 讲师, 硕士, 主要从事大学生心理健康教育、思想政治教育的研究。

我同一性问题，实现自我的统合，获得明确的生活意义。部分学生的生活经历会使其困惑于人生目的、责任、独立性、自由和承诺等成长发展议题，由此带来强烈的内在冲突和焦虑、对生活意义或存在意义的迷茫，长期积累从而引发心理危机。常见的危机事件涉及原生家庭教养方式、生活经历对学生内心世界的影 响，缺乏自主性的生活带来的无意义感和焦虑不安，性别认同带来的冲突矛盾等等。

2.4 精神障碍引发的心理危机

在精神疾病中，诸如抑郁症、双相情感障碍、躁狂症、精神分裂症等精神障碍的发作、复发或康复过程中，经常会出现情绪波动、思维混乱、行为失控等表现，进而对学生自身、校园安全、社会稳定带来不利影响。此类危机事件在大学生群体中并不少见。对于精神障碍的识别、监控、干预、跟踪和预防，已经成为校园心理危机预防的一个重要方面。

3 大学生心理危机事件产生的原因分析

3.1 个人素质

根据应激-素质模型理论，危机事件往往在应激与素质的共同作用下发生的，学生个体的素质基础是危机发生的重要因素。面对同样的应激事件，学生存在不同的应对方式：部分学生独立思考能力突显但易走极端，接受新事物能力较强但缺乏辨别真伪能力，有的学生经历少、耐受力低、逆反心理强、心理承受能力不足，容易陷入思维僵化。诸多危机案例显示，许多大学生心理危机事件的诱因往往是很小的一个刺激点，其危机出现的原因越来越复杂化，识别难度越来越大。

3.2 家庭因素

原生家庭结构、氛围、教养观念、亲子交流模式、父母的情绪稳定程度及行为方式等因素对学生个人成长影响是深远的。部分家长缺少科学的心理健康知识和教育方法，对孩子成长发展干预不当，容易导致巨婴症与空心病等心态，使其产生强烈的无意义感。当家长高期待与孩子低现实产生矛盾时，容易忽视学生内在感受。许多大学生心理危机的发生是与父母沟通中不被关注、理解和接纳，从而出现负气绝望、心理崩塌等应激反应，极易激发自杀等极端心理危机事件的发生。

3.3 社会因素

网络信息时代，社会快速发展所带来的价值多元、竞争激烈、贫富差距、就业压力等，无形中增强

了大学生潜意识中的焦虑与不安，全球抗击新冠肺炎疫情等重大公共事件也对大学生思想观念产生了一定冲击。步入大学后，面临着异地求学、学习方式、管理模式、群体文化、价值认同等多重适应压力，面对世界范围内日益剧烈的政治、经济、文化竞争，他们通过自我解嘲、降低欲望的方式来缓解在现实中的无力感。^[9]如果不能尽快调整心态，容易惊慌失措、逃避心态或情绪崩溃，导致出现较重的应激性适应障碍，例如头痛、学习能力下降、不愿社交、易暴易怒等情况，产生心理危机。

3.4 人际交往因素

在出现心理危机的学生中，大多数人的社会支持系统不足，这一定程度上反映了大学生在亲子关系、人际交往和情感沟通中存在问题。大学期间，宿舍矛盾、恋爱关系、朋辈交友、网络社交等都是学生面临的热点话题，一方面，学生对大学社交生活充满憧憬渴望，情感需求强烈，另一方面，地域、家庭、习惯、经验、性格等方面的差异和社交新媒体的蓬勃发展又会对人际交往产生多重影响，学生容易情绪波动大。有的学生甚至因为宿舍矛盾的升级或不能妥善解决恋爱纠纷，严重影响个人的情绪状态和心理功能，诱发极端情绪和危机事件。

4 高校辅导员如何识别预防学生心理危机

4.1 开展谈心谈话是识别危机的有效手段

谈心谈话是高校辅导员开展大学生思想政治教育的基本功，也是精准掌握学生思想动态，深入了解学生诉求，发现学生苗头性问题，落实日常心理危机识别排查工作的重要手段。日常工作中，辅导员需要做到关键时间节点谈、重点关注群体谈、突遭生活境遇变故谈。

关键时间节点谈主要包括新生入学季、开学季、考试季、毕业季。新生入学季的谈话是建立良好信任关系，了解学生基础信息、家庭情况、成长历程、性格特征、发展需求等的重要途径，形成学生人物画像、一人一档，为后期工作打下坚实基础，谈话建议覆盖全体同学。开学季第一个月是各类问题的萌芽期和集中爆发期，通过走访宿舍集体谈话、班干部谈话、个别谈话等形式了解学生假期的生活际遇和变故，能及时帮助学生解决实际问题，杜绝诱发心理问题。考试季需要重点关注学业预警学生、曾有考试违纪的学生和评奖评优意愿强烈学生，帮助学生树立信

心、缓解焦虑,避免因信念偏差出现的行为错误。毕业季是学生升学就业压力、情绪情感纠葛、角色转变迷茫等问题叠加的时期,需要重点关注考研受挫、就业困难、失恋分手、延期毕业等情况的学生,及时识别苗头倾向,帮助学生研判发展路径。

重点关注群体谈主要包含学业困难、家庭经济困难、人际交往困难、心理问题、家庭关系紧张五类。学生学业出现问题,尤其是多门考试不及格出现学业预警的情况和转专业学生学习困难情况,辅导员必须进行个别谈话,了解主客观原因,提供有针对性的帮扶,必要时可进行家校沟通。家庭经济困难学生的谈话,需要重点了解学生所处家庭结构、亲子关系、收入来源、日常交友,是否存在单亲或父母离异、事实无人抚养、孤儿等情况,这类学生性格坚韧但不易经受生活委屈或孤独,精神陪伴有时比经济帮扶更重要。心理问题学生的谈话需要分类进行,一般心理问题可以通过辅导员倾听、关心、引导或专业心理咨询师定期咨询得到缓解;严重心理问题超出心理咨询范畴的需要定期评估治疗,辅导员谈心谈话更多的是提供心理支持和关注。学生人际交往困难和家庭关系紧张学生一般缺乏牢固的社会支持系统,遇事容易产生无力感无助感或者引发和他人的冲突事件,导致危机升级。

突遭生活境遇变故谈主要包含遭遇家庭变故、情感变故、校园霸凌、感情和性事件、冲动和成瘾行为、陷入经济和法律问题等重大生活负性事件,辅导员需要第一时间进行谈心谈话,及时帮助学生树立正确认知、寻找支持系统、探讨解决路径、关注后续发展,防止极端事件的发生。

4.2 常态化的心理筛查是识别危机的关键途径

《教育部办公厅加强学生心理健康管理工作的通知》提出:“针对学生在学习、生活、人际关系和自我意识等方面可能遇到的心理失衡问题,主动采取措施,避免因压力无法缓解而造成心理危机。”^[4]根据海因里希安全法则和墨菲定律,辅导员应对可能存在的危机隐患保持高度警惕和底线意识,可以通过入学筛查、学期排查、周查周报、日常观察的全程心理筛查工作机制,有效识别危机学生。在工作队伍上,重视通过心理社团成员、学生干部、班级心理委员、宿舍长等朋辈力量加强对学生日常心理健康状况的关注,尤其关注个人网络社交平台发声、生活习惯的突然转变等情况。在新生心理健康状况问卷的设计上,可涵盖个人基本信息、大学初体验、UPI问卷、抑郁筛查量表、房树人人格投射测验等多项内容,尽可能的掌握学生个人和家庭相关基本信息。实践表明,

高校心理危机事件并非都发生在重点关注对象身上,一些危机发生在平时心理状况良好的学生身上,具有一定的反差性和隐蔽性。所以,在个人基本信息收集上,尽可能收集网络平台账号、既往病史、家庭成员情况、是否有留守儿童经历、近亲中是否有心理问题、对录取专业满意度、对大学生活的期待等内容,尽量做到摸排工作的细致精准。同时也要了解经历过地震、灾情、刑事事件等社会公共危机的学生,这部分学生的创伤后应激障碍反应具有反复性,需要在某些节点适当关注。

4.3 掌握重点人群是预防危机的重要前提

心理危机预防工作重在平时,做好心理危机干预的前提是要预警及时到位,能对重点关注学生精准识别。高校辅导员平均分管着百余个学生,需要提前摸清学生情况,建立重点关注学生台账,动态关注,分级分类进行管理,在发生突发事件时,能及时预警,这是危机干预的前提也是重要的工作抓手。根据工作经验,辅导员一般情况下需要重点掌握这9类学生的相关基本信息和家庭情况,为心理援助打好基础:在心理测评中发现有严重心理问题或自杀倾向的学生、遭遇突然打击或受到意外刺激的学生、学习压力特别大的学生、性格内向且严重贫困学生、新生中出现严重适应不良产生心理问题的学生、毕业生中前途迷茫且家庭经济严重困难学生、有严重心理疾病学生、既往有自杀未遂史或身为自杀遗族的学生、由于身边同学出现个体危机状况而受到影响的学生等。对于进入重点关注台账的学生,并不意味着辅导员要全天候24小时的盲目“监管”,更不是只做表面功夫而掉以轻心,置之不理或放任自流。需要每周动态关注的学生,辅导员要及时采用合情合理的方式方法介入。例如,对双向情感障碍病史复学的学生,日常关注其用药、情绪状态、上课出勤等是有效识别危机信号的重要前提。

4.4 加强日常心理教育是预防危机的重要基础

有针对性地面向学生开展精神卫生、心理健康知识教育,有助于促进学生积极心理品质的提升,开发学生心理潜能,增进主观幸福感、生活满意度。高校辅导员可以利用心理健康教育通识课程、班级例会、团体辅导、户外素质拓展、心理集市等形式,抓住入学、3·25善爱我、5·25我爱我、10·10国际精神卫生日、12·25珍爱我等时间轴线,丰富符合专业特质、贴近学生需求的心理健康知识宣传教育体系,既有漫灌大雨,又有滴灌细雨,有意培养学生识别心理危机的信号和遇到问题向各方求助的意识,增强学生的自我效能感和心理调适能力,营造良好的

校园氛围。

5 高校辅导员做好学生心理危机事件的干预对策

5.1 辅导员强化自身专业能力是危机干预成功的关键

学生的心理危机表现千变万化，实施危机干预的条件无法预测，辅导员的专业能力对干预是否成功起到重要作用。如何尽早发现学生异常，较早进行干预，要求辅导员具备扎实的理论知识和丰富的实践经验。各高校普遍重视辅导员心理危机干预能力的培训，以提升辅导员心理健康思维、危机干预意识、危机干预技能、评估个案风险的能力、熟知相关政策法规、舆情处置能力等等。例如，如何在法律框架下合情合理合法的开展学生心理危机个案的管理、精神障碍学生的复学流程有哪些注意事项、如何与监护人沟通带学生前往医疗机构进行精神鉴定等，需要辅导员熟练掌握《精神卫生法》《高等教育法》《高等学校学生管理规定》《学生伤害事故处理办法》等相关法律法规的条款，厘清法律责任、明确职责界限。日常工作中，辅导员要不断总结完善应用于心理危机学生的情况告知书、病情处置授权委托书、家校共同管理承诺书等书面协议的内容要求，这是家校共同做好重点关注学生在校期间身心安全监护工作的重要环节。同时，注意保存相关工作记录，能够证明辅导员已经尽到合理的注意义务，并对重点关注学生提供了高频次的注意和关怀。

5.2 朋辈心理队伍是辅导员心理危机干预不可或缺的重要力量

加强朋辈心理工作队伍的建设，通过专业培训、不具名分析案例情况、案例实操演练等形式，强化他们对异常心理、危机事件识别意识及应对能力，协助辅导员开展危机预警、信息传递和协同干预等方面工作。对于大学生来说，如果一味地通过家长、辅导员或心理咨询师进行干预，并不利于其自我的成长与发展，有时可能反而会导致被关注学生产生逆反心理或自我效能感的降低。经过培训，班级心理委员能够有意识随时掌握全班同学的心理状况，发现同学有明显的情绪或行为异常及时向辅导员汇报，严格执行心理情况月报制度；宿舍心理守护员和宿舍成员如果能很好地陪伴和支持，在危机干预期间既能给受关注同学一个较为宽容的心理支持环境，也能起到很好的关注和监护作用。例如，在新冠肺炎疫情期间，学生高某在居家隔离期间因与家人产生严重人际冲突导

致情绪焦虑、抑郁，出现睡眠、饮食问题，于某日深夜在朋友圈发布自伤图片，辅导员通过班级学生干部第一时间了解这一情况后，在联系心理咨询老师介入评估风险等级和情绪整理之余，协同朋辈力量通过网络媒体给予情感支持和帮助，经过及时处理，危机解除。在网络自媒体时代，辅导员也应注重组建网络信息员团队，协助开展网络舆情、危机事件关注筛查、危机学生安抚谈话等工作，这对抓住危机干预时机、快速有效处理各种危机事件至关重要。

5.3 建立职责范围内的应急反应机制是辅导员心理危机干预的底线

心理危机干预是一个系统工程，无论是发现危机线索，还是对已发现的危机快速反应、及时干预，都离不开校内各单位的协同联动。目前，各高校基本建立了全程全员、协同主动、多维立体的危机干预反应机制，制定了学生心理危机干预工作方案，对学生心理危机预防、紧急处置和善后追踪等环节提出了明确要求。多数新入职辅导员皆缺乏系统化的心理学理论知识的学习研究，不仅存在专业的盲区，更存在实践的短板。^[9]但心理危机事件的高发，需要辅导员对学校心理危机干预流程了如指掌，遵循“生命高于一切”的原则，在识别发现、应急干预、事后评估、善后跟踪等方面建立基于职责范围的工作反应机制。例如，在疑似精神障碍发作学生的危机干预流程中，辅导员应在准确定位学生、朋辈看护保障安全的同时，立即向学院学生工作负责人汇报，调取学生心理健康档案，在尽可能保护学生隐私的前提下，向学生本人及家长、舍友、班级心理委员、学生干部等了解情况，全面获取信息，进行初步风险评判。在征得学生本人同意后，陪同前往学校心理中心进行心理评估，根据评估结果，联系学生监护人委托或授权转入精神专科医院，并做好后续的持续跟踪随访。

5.4 主动加强与家医社的联动是辅导员“转危为安”的有力支持

学生在经历危机时和危机过后初期都是自我力量比较微弱的时候，辅导员在危机干预过程中，能够调动所需资源，与家长结成治疗同盟、医校联动开辟绿色通道、校社合作解决实际问题等，对帮助学生建立支持系统，提升当事学生自我力量感是非常关键的，有助于帮助学生建立“危机一求助”的联结，促使学生在产生心理危机后第一时间向身边家人、朋友、老师或心理中心求助。经系统治疗后复学的学生反映，“休学一年的转变主要来自于家人对我和我的状态的接纳”，辅导员需要掌握危机发现预警、安全陪护和精神疾病医疗中家校合作的关键点，通过家庭

的力量引导学生探索内部资源和外部支持的链接,找到自身的积极资源,重建自信心,提升自我力量感,从危机中看到改变的希望,改变过往的应对方式。在社会支持方面,面临因家庭经济困难、就业困难等原因导致的心理危机,辅导员可以与家长共同借助社会资源,为危机学生重构社会支持网络,提升自我意识,制定职业生涯规划,恢复社会功能,促进自助成长,实现学生进入社会前的过渡与衔接。

大学生心理危机的及时发现和干预得益于高校不断建立的“学校—学院—班级—寝室—家庭—医院—社会”七级心理危机干预机制,以及逐步形成的专兼队伍结合、校内外资源整合、家庭亲友配合、学校社会融合的“四合”统筹协调心理育人工作格局。在这个过程中,辅导员是实施心理危机干预的重要力量。目前,学生心理危机呈现新的特点,具有动态性、复杂性、隐匿性,学生的心理应激反应传染性强、隐蔽性强、消极示范作用大,要求辅导员在干预工作中坚持及时性、协同性、持续性原则,既要有宏

观的系统思维,又需要以危机预防的思维细致入微地处理好每一个环节,促进学生心理健康水平的提升和健全人格的养成,维护校园和谐发展。

参考文献:

- [1] 习近平在全国高校思想政治工作会议上的讲话[N]. 人民日报, 2016-12-9.
- [2] 中共教育部党组关于印发《高等学校学生心理健康教育指导纲要》的通知[EB/OL]. (2018-07-04) [2018-07-07]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A12/moe_1407/s3020/201807/t20180713_342992.html?from=groupmessage&isappinstalled=0.
- [3] 张睿, 吴志鹏, 黄枫岚. “00后”大学生的思想观念及行为倾向研究[J]. 思想理论教育, 2021(6): 93-99.
- [4] 教育部办公厅加强学生心理健康管理工作的通知[EB/OL]. (2021-07-07) [2021-07-12]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A12/moe_1407/s3020/202107/t20210720_545789.html.
- [5] 马宁谦, 邹雷. 高校新入职辅导员应对大学生心理危机策略研究[J]. 大连大学学报, 2023, 44(1): 139-144.

Prevention and Intervention of College Counselors to Mental Health Crises of College Students

LI Fang-fei

(School of Economics and Management, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: Caring for students' mental health is one of the important aspects of maintaining campus safety and stability, as student safety is essential for the high-quality development of universities. College students are faced with many adaptation and development problems such as growth, study, career choice, family, interpersonal relationship, which easily lead to psychological imbalance, and the campus security incidents caused by psychological crisis are increasing year by year. The role of college counselors runs through the whole process of the key management nodes of students' psychological crisis. Whether they have the professional support of mental health thinking and crisis intervention consciousness, as well as a solid and meticulous work attitude, plays a crucial role in the prevention and treatment of students' psychological crisis events and the maintenance of campus harmony and stability.

Key words: psychological crises; college counselor; identify; prevent and intervene; campus safety

高校学生党建样板支部引领大学生思想政治教育路径研究

蔡胜男^a, 冯立顺^a, 武珊珊^b

(德州学院 a. 医药与护理学院; b. 组织部 山东 德州 253023)

摘要: 大学生思想政治教育与学生党建工作密切相关, 两者具有相互补充促进的作用。深化加强样板支部建设的政治引领、价值引领与教育引领, 有力发挥学生党支部的战斗堡垒作用和学生的先锋模范作用, 是高校大学生思想政治教育工作的重要举措。本文以第二批“全省党建工作样板支部”培育创建单位——德州学院医药与护理学院第一学生党支部(以下简称第一学生党支部)为研究对象, 分析样板支部建设对大学生思想政治教育过程中存在的育人路径的协同性、育人内容的融入性与育人效果的实效性等方面的问题, 探究样板支部建设对大学生思想政治教育的引领作用, 提出“党建+制度建设、思政建设、志愿服务”和“四个一工程”的思政育人新思路, 创新学生党建与学生思想政治教育相互融合发展的新途径。

关键词: 样板支部; 学生党建; 大学生思想政治教育

中图分类号: D267.6 G641 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9444(2023)04-0089-04

为全面贯彻落实习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的二十大精神, 深入贯彻落实全国高校思想政治工作会议精神, 坚持和加强党对高校的全面领导, 推动全面从严治党向高校基层延伸, 落实立德树人根本任务, 培养德智体美全面发展的社会主义建设者和接班人, 培养担当民族复兴大任的时代新人。2018年教育部党组印发了《关于高校党组织“对标争先”建设计划的实施意见》, 以两年为一个周期, 面向全国高校首批培育创建10所党建工作示范高校、100个党建工作标杆院系、1000个党建工作样板支部。高校党建样板支部的培育建设, 这是增强高校基层组织政治功能, 推进党建工作和学校教育事业发展的深度融合, 引领推动高等教育高质量发展的重要举措。立足新时代的历史方位, 如何充分发挥高校学生党建样板支部对大学生思想政治教育的引领作用, 有力拓深教育引领的系统化路径, 是高校思想政治工作的重要理论与实践问题。

1 新时代高校学生党建样板支部对大学生思想政治教育的引领作用

立足党支部的本质定位与职责要义, 党建工作样板支部着重围绕严格“三会一课”、创新工作方

法、发挥“两个作用”, 按照《新时代高校党建“双创”重点工作任务指南(基层党支部)》指标要求, 做到“七个有力”。基于此, 高校学生党建样板支部有力引领着大学生思想政治教育的目标方向、渠道拓展与成效巩固。

1.1 高校学生党建样板支部引领大学生思想政治教育方向

党的二十大报告强调, “教育是国之大计、党之大计。培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题。”^[1] 高校学生党建工作始终秉持“为党育人、为国育才”的育人方向, 是做好高校思想政治工作的前沿阵地和战斗堡垒, 明确了大学生思想政治教育的育人方向和目标。学生样板支部建设不仅丰富大学生思想政治教育的内容, 而且能够提升学生党建工作质量和育人水平, 从而更加切实有效地发挥支部建设对思政育人的引领作用。大学生思想政治教育离不开高校学生党建工作的领导, 学生党建工作是思想政治教育的“生命线”, 要强化思想引领, 树立价值导向, 明确教育方向。^[2]

1.2 高校学生党建样板支部拓深大学生思想政治教育渠道

高校学生党建工作与大学生思想政治教育工作具有共同的指导思想与理论基础, 高校学生党支部既

收稿日期: 2023-05-26

作者简介: 蔡胜男(1990-), 女, 山东博兴人, 讲师, 硕士, 主要从事大学生思想政治教育研究。

是培养学生党员的重要载体,又是高校大学生思想政治教育工作的突破口和切入点。^[1]学生样板支部的创建和培育,可以通过支部建设拓宽理论学习和实践活动的内容与渠道,加强学生党员的理想信念教育和社会主义核心价值观教育,提高大学生的思想政治意识,培育有理想、敢担当、能吃苦、肯奋斗的新时代好青年作为党的助手和后备军。同时,又可以通过样板支部的培育建设进一步提升学生党员的教育和管理质量,引导学生党员树先锋、做表率,用自己的实际行动影响带动身边同学践行共产党员的初心使命。

1.3 学生党员发挥榜样作用,夯实大学生思想政治教育成效

“一个支部就是一座堡垒,一名党员就是一面旗帜”,学生党员是学生党支部贯彻落实党的路线、方针、政策“最后一公里”的执行人。因此,学生党员是思想政治教育中的一面旗帜,是广大团员青年学习的榜样,他们政治立场和政治信仰坚定,是“六有大学生”的表率。在开展思想政治教育的过程中,需要学生党员发挥朋辈引领作用,通过宣传党的理论方针政策、党的光荣事迹和英雄人物,吸引更多学生了解党的先进性和科学性,营造浓厚的党史学习氛围,引导广大学生积极向党组织靠拢。同时,学生党员要发挥在思想政治教育中的桥梁纽带作用,作为信息员时刻洞察、了解同学们的思想心理动态,及时准确地向老师反馈情况,夯实大学生思想政治教育成效。

2 新时代高校学生党建样板支部对大学生思想政治教育引领的困境

坚持目标导向与问题导向相结合,对党支部建设引领大学生思想政治教育的现状予以深入分析,聚焦育人路径的协同性、育人内容的融入性与育人效果的实效性,厘清面临的问题,分析内在的原因。

2.1 样板支部建设与大学生思想政治教育的协同性有待进一步提升

学生支部建设与大学生思想政治教育工作是高校育人体系的重要组成部分,两者相辅相成、协同发力是促进大学生成人成才的重要举措。但是,目前高校学生党建工作与大学生思想政治教育双向融合还有待进一步提升。一是党建工作对思政教育的引领力度不够,由于支部书记是兼职,大部分精力放在学生管理业务工作上,减弱了将样板支部建设与全体大学生的思想政治教育双向融合度,大幅度降低学生党建工作对大学生思想政治教育的引领作用。二是思想

政治教育工作借助样板支部这个平台意识不强,思政人员仍然用老办法、老习惯进行工作,忽视了样板支部的思想政治教育功能。

2.2 样板党支部建设对大学生理想信念的融入性有待进一步巩固

学生党支部虽然能够严格落实“三会一课”和主题党日活动,但是党员们对于理论学习理解不深刻,运用到实践能力较差,党内教育活动开展方式方法不够丰富,完成规定动作多,创新形式少,党内学习缺乏互动和体验,理想信念教育内容难以入脑入心。不能够发挥理论教育在“七个有力”中教育党员有力、管理党员有力、凝聚党员有力上的真正实效,使得大学生理想信念不够坚定,难以树立正确的人生观和价值观。因此,学生党建工作样板支部建设需要贯穿大学生思想政治教育的始终,并要时刻保持政治的先进性,加强支部在思政教育中的战斗堡垒作用和学生党员的模范带头作用,进而带动全体大学生坚定理想信念,时刻靠拢党组织。

2.3 样板党支部建设在大学生思想政治建设中实践育人的实效性有待进一步夯实

“实践育人”作为“十大育人体系”重要的一部分,需要教育引导学生在亲身参与中增强实践能力、树立家国情怀。党支部开展实践活动是实践育人的重要载体,实践活动能够增强党员的主动性、创造力和凝聚力,能够让党员在实践中感受组织的感召力。当前,样板党支部依托南丁格尔志愿服务队参与社会实践和志愿服务,但是普通学生参与率低,缺少党员带动辐射力。同时,志愿服务活动形式比较单一,内容设计缺乏创意和互动。因此,如何利用多个志愿服务平台,让支部建设带动学生工作开展,让支部党员带动全体学生投身社会实践和志愿服务,让广大青年学生都能从实践中增强能力、树立家国情怀,是样板支部发挥实践育人实效需要思考的问题。

3 高校学生党建样板支部引领大学生思想政治教育的路径

思想政治教育是大学生自我发展、自我完善、自我提升的重要途径,基于样板支部建设背景下,学生党建工作对大学生思想政治教育创新发展具有一定的指导意义。立足样板支部建设,大学生思想政治教育的内容深化与形式创新相协同,加强大学生理想信念教育,推进学生工作和支部建设相融合,为培养德智体美劳全面发展的社会主义合格建设者和可靠接班

人贡献力量。

3.1 以样板支部制度建设引领思想政治教育,落实“党建+制度建设”机制保障

建立一套科学有效的党建管理运行体系才能保障新时代样板支部工作的质量和落实情况,才能打造一支政治素质高、组织能力强、思想作风硬的班子队伍。样板支部建设要指导学生工作明确育人目标,健全育人体系,构建“理论学习、学风建设、志愿服务、榜样引领”四位一体的思政工作体系,充分发挥样板支部在管理育人、服务育人、实践育人、网络育人、组织育人等方面的功能。第一学生党支部坚持党员发展标准,严格党员发展程序,注重政治合格,落实团组织推优,严格按照组织部要求的25个步骤,保证程序合规、手续完备,把政治突出、思想进步、学习优良、品德高尚的同志吸纳到组织中。制定完善了《入党积极分子培养教育实施细则》《学生党员教育与跟踪机制》等措施,通过制定一整套科学系统的党支部管理制度,确保党支部基础工作规范有序开展,落实“党建+制度建设”机制保障。

3.2 以样板支部理论建设强化理想信念教育,落实“党建+思政建设”互融共育

习近平总书记在庆祝中国共产主义青年团成立100周年大会上讲话中提到“火热的青春,需要坚定的理想信念”,有坚定的共产主义理想信念,才能增强对社会主义事业的认同感。在样板支部建设过程中,发挥党建带团建、党员带团员的引领作用,支部委员要定期为党员、团员上党课、团课,加强理论学习;支部党员要结合清明、端午、建党、建军、国庆等一系列时间节点深入结对团支部,协助开展旗帜鲜明、形式多样的爱党爱国爱社会主义教育。在这个过程中,学生党员要积极主动发挥自己的先锋模范作用,将党的基本理论、纲领、路线、方针、政策适时引入实践活动,通过学生党员将正能量传递给班级同学、宿舍同学。第一学生党支部在样板支部建设中打造“医心向党”多维讲堂理论学习平台,围绕家国情怀、文化自信、社会责任、科学精神、人文素养五个维度,由教师党员、学生党员、入党积极分子分别担任主讲,定期开展专题讲座、沙龙研讨等活动,通过PPT演讲、自制微视频展示、主题研讨等方式交流分享,推动政治学习日常化、创新化、活泼化,切实提高理论学习效果,加强大学生的理想信念教育。

3.3 以样板支部品牌建设深化引领实践育人,落实“党建+志愿服务”联动共建

第一学生党支部打造“南丁格尔实践育人工程”,依托院团委结对共建社区、山东省科普教育

基地和健康教育协会社团,开展“医养健康党员志愿服务行”等系列志愿服务和社会实践活动。学生党员带领广大青年志愿者积极投身暑期“三下乡”“青鸟计划”“社区实践”等社会实践活动,围绕“建党百年”“精准扶贫”“乡村振兴”“医疗改革”等社会热点进行调查研究,为乡村百姓送去健康义诊、健康咨询、义务支教等服务。支部积极推荐3名优秀共青团干部到社区任兼职基层团组织副书记,协助社区做好基层网格化管理,协助团组织做好团务工作。成立社区结对共建基地五个,围绕社区生态保护、安全宜居、医养健康等公共需求,聚焦社区青少年、老年人、残疾人等群体需求,依托“金晖助老”“牵手关爱”“阳光助残”“希望小屋”等品牌项目,集中开展政策宣讲、健康义诊、防诈骗知识宣传、防艾禁毒、反邪教、防溺水、助力文明社区创建等志愿服务活动。支部依托山东省科普教育基地,党员志愿者担任讲解员,带领中小学生学习参观人体生命奥秘馆、人体科学馆、动物标本实验室、植物昆虫标本室和中医药国粹展示馆等主题科技馆,志愿者们在服务过程中弘扬了南丁格尔志愿服务精神,更好地践行了初心和使命。支部依托健康教育协会开展禁毒、防艾、防结核等健康教育宣传活动,增强全校师生的健康意识。支部不断落实“党建+志愿服务”联动共建,带领更多的大学生在志愿服务中接受革命教育、感受红色文化、提升爱国主义精神,注重实践育人成效的发挥。

3.4 以样板支部“四个一”工程建设,落实“我为群众办实事”精准服务

学生党员从学生中来,到学生中去,时刻掌握学生的思想动态和困难需求,发挥积极引领和先锋模范作用,协助老师落实“我为群众办实事”精准服务。第一学生党支部实施“四个一”工程促进党员作用发挥,即“树立一面旗帜、办好一件实事、奉献一片爱心、带好一帮同学”,激励党员和入党积极分子在学习、工作和生活中发挥好骨干带头作用。树立一面旗帜:支部设置“党员监督墙”,开展党员宿舍挂牌活动,设立学生党员和入党积极分子示范岗,把宿舍建设成以学生党员牵头的思想教育阵地,在日常学习生活工作中亮出党员身份、立起先进标尺、树立先锋形象;办好一件实事:支部成员围绕专业学习、技能提升、生活适应、人际交往、科技竞赛等方面,联系一个同学或者一个宿舍,开展“1+1”结对帮扶,结合学科专业特色为学生办实事,锻炼学生党员的创新意识、党性意识和服务意识;奉献一片爱心:支部成员每月至少开展1次志愿服务活动,发挥专业优势,深入学校、社区、敬老院等开展健康义诊、健康

宣教等服务,将所学医学理论知识转化成实践,真正做到为群众办实事;带好一帮同学:支部注重挖掘身边典型经验、典型人物、典型事迹,利用校内校外、线上线下等平台,通过组织宣讲报告、座谈交流等形式,广泛宣传典型,充分发挥示范带动作用。

4 结语

加强高校学生党支部建设,充分发挥学生党支部的战斗堡垒作用和学生党员的先锋模范作用,是落实立德树人根本任务的重要保障。学生党支部是一支能够引领大学生思想政治教育的可靠队伍和战略阵地,样板支部建设项目举措处处体现对学生党员乃至全体大学生的思想政治教育。作为一名高校学生工作,作为一名基层党务工作者,在接下来的学生工作

中要充分挖掘学生党建工作与大学生思想政治教育协同育人规律,不断提升支部建设在学生工作中的战斗堡垒作用和共产党员在思政育人中的朋辈引领榜样模范作用,以样板支部培育创建工作提出“党建+制度建设、思政建设、志愿服务”、“四个一工程”的思政育人新思路。

参考文献:

- [1] 习近平. 党的二十大报告学习辅导百问[M]. 北京: 党建读物出版社, 2022: 26.
- [2] 何妍. 以学生党建工作引领大学生思想政治教育创新发展[J]. 中共太原市委党校学报, 2022(3): 25-29.
- [3] 赵辉. 高校学生党建工作样板支部的创建研究[J]. 湖北开放职业学院学报, 2020, 33(22): 75-76.

Research Based on the Construction of Model Party Branches to Find the Path of Leading College Students' Ideological and Political Education through Party Building

CAI Sheng-nan^a, FENG Li-shun^a, WU Shan-shan^b

(Dezhou University a. School of Medicine & Nursing; b. Organization Department, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: Ideological and political education for college students is closely related to students' party building, they are complementary and promoting effect on each other. Deepening and strengthening the political leadership, value leadership and education leadership of model branches construction, and play the role of the party branch as a battle ground, and exemplary vanguard role of student party members, is an important measure to the ideological and political education of college students. This text takes the second batch of "Provincial Party Building Model Branches" cultivation and creation units - the First Student Party Branch of Dezhou University College of Medicine & Nursing as the research object (hereinafter referred to as the First Student Party Branch), analyzing the issue of the synergy of educational paths, integration of educational content and the effectiveness of educational on the process of Ideological and Political education. Explores the leading role of the model branch in ideological and political education of college students, propose new ideas "Party Building + institutional construction, ideological and political construction, and volunteer service" and "Four One Project" for ideological and political education, to create a new approach about the integrated development of student party building with ideological and political education.

Key words: model party branches; the party building of college students; the ideological and political education of college students

气体自由膨胀的数值模拟实验设计

徐 雷

(德州学院 物理与电子信息学院, 山东 德州 253023)

摘 要: 气体自由膨胀是一个意义重大且相对简单的分子运动过程。采用蒙特卡罗方法数值模拟气体分子自由膨胀过程, 发现气体分子随着分子随机移动次数的增加而逐渐趋于均匀分布在系统各处, 同时其熵一直在增加, 直到系统达到稳定状态时, 熵才逐渐趋于稳定。此数值模拟结果与理论结果符合较好, 而且数值模拟方法还展现出理论方法和实验方法都无法比拟的优越性。此案例不仅能够进一步丰富计算物理学实验教学内容, 还可以作为计算物理学与其他物理学科交叉的一个范例, 为计算物理学应用于物理实际问题提供合适的参考。

关键词: 气体自由膨胀; 蒙特卡罗; 数值模拟; 计算物理学

中图分类号: O522.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0093-05

1 引言

在一个系统中, 当物质内部粒子数密度在空间上不均匀时, 分子的无规则热运动会导致分子从高密度处移动到低密度处, 这种现象称为扩散运动^{[1][2]}。扩散现象在自然界中无处不在, 不论是固体、液体还是气体都会发生。有一种特殊的气体扩散形式是在封闭绝热系统中进行, 这被称为气体自由膨胀。气体自由膨胀是不可逆过程, 热力学第二定律可以证明这一点^{[1][2][3]}。研究这种过程不仅在热力学和统计学中具有重要意义, 在生物学、天文学和化学等学科中, 气体自由膨胀模型仍然具有重要的参考价值。然而, 对气体自由膨胀的研究通常只关注其结果, 即初始状态和结束状态, 而很少有对中间膨胀过程进行分析, 并且大多数气体自由膨胀分析都没有进行实验研究。

蒙特卡罗方法是一种利用随机数统计规律进行计算和模拟的方法, 也被称为随机取样法或统计试验法^[2]。随着计算机科学的发展, 蒙特卡罗方法在现代科学各个领域都有着广泛的应用。这种方法可以补充一般理论模拟无法描述的不足, 同时也可以克服理论物理和实验物理遇到的各种问题, 因此与计算物理学的交叉产生了一个新的学科——计算物理学。在理论物理方面, 计算物理学为理论研究提供了数据, 为理论计算提供了进行复杂的数值和解析运算的方法和手段; 在实验物理方面, 计算物理学可以帮助解决实验

数据的分析、控制实验设备以及自动化获取数据等问题^[3]。蒙特卡罗方法作为计算物理学中的一种重要的数值计算和数字仿真方法, 在如今的许多领域都有着广泛的应用^[4-6]。它可以直接模拟普通实验物理无法完成或技术条件限制的实验, 并代替昂贵的实验材料, 因此在气体系统研究中具有广泛的应用前景。

本文主要采用蒙特卡罗方法研究气体的自由膨胀过程, 并对模拟结果进行分析。这种数值模拟的方法能够让人比较直观地“看到”并理解气体分子的自由膨胀过程。这样不仅能明白怎样用计算物理学的数值算法解决物理实际问题^[7], 还能够提高计算物理学的实验质量, 丰富其实验内容。

2 气体自由膨胀的模型建立

自由气体是指在系统内无相互作用力的气体, 它的运动不受到任何阻碍或干扰, 可以完全自由地运动。如图1, 以一个封闭绝热盒子为例, 为了观察自由气体的运动, 我们可以将盒子内部隔成两个相等的部分A和B, 其中A部分填充若干可自由运动的气体分子, B部分保持真空状态。当打开两部分之间的隔板时, 气体分子便开始自由膨胀, 并向各个方向自由扩散。随着时间的推移, 气体分子将会均匀地分布在整个盒子内, 这种状态如图1中的(b)所示。此自由气体系统即为本文将要研究的对象, 这是物理学中一个非

收稿日期: 2023-01-14

作者简介: 徐雷(1983-), 男, 江苏宿迁人, 副教授, 博士, 主要从事低维量子输运研究。

常经典的模型。一方面是因为物理学专业学生在大学一年级就已经系统地学习过此模型,而其他理工科的学生则在大学物理课程中也学过此模型,所以其受众很广;另一方面,这种自由气体的运动是热力学中非常基础而又重要的一个问题,它可以帮助我们深入理解气体分子的运动规律和能量转化的方式,同时也有助于我们进行气体系统的研究和优化设计。

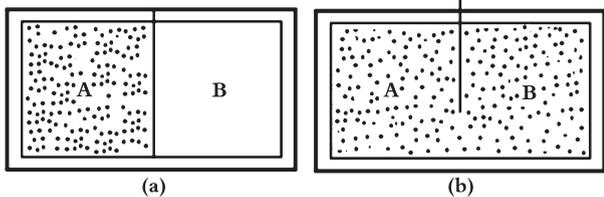


图1 气体自由膨胀示意图

在真实气体分子自由膨胀的过程中,由于气体分子之间存在短程的排斥和长程的吸引作用,分子间的相互作用能会发生改变,从而导致气体分子内能的变化。在自由膨胀中,气体分子向外膨胀,分子间距离变大,从而增加了分子之间的总势能,导致气体分子内能减小,温度降低^[8],因为气体的内能主要受到气体分子间相互作用能的影响。

然而,由于自由膨胀的过程中气体不满足热力学平衡的条件,因此无法用状态函数来描述气体分子自由膨胀的状态。我们只能研究其初态和末态的状态量,从而了解自由膨胀过程中的一些性质。因此,大多数的实验和理论都是对气体分子的初态和末态进行研究,而对气体自由膨胀的演化过程没有太多的涉及。

3 气体自由膨胀的模型建立

鉴于气体分子自由膨胀过程的复杂性,人们只能使用统计的方法实现对自由膨胀的模拟,而被称为统计试验法的蒙特卡罗方法正好适用于此系统。

假设初始时刻有 N 个气体分子均匀分布在A部分中,随着时间的推移,气体分子不断地向B部分膨胀。为了计算A部分和B部分气体分子的数量,可以采用如下的方法进行模拟计算:

(1) 在初始时刻,A部分的气体分子数为 N ,而B部分的气体分子数为0。

(2) 在进行第一次计算时,先在A部分随机选取一个气体分子进入B部分,这个气体分子在A部分的占比就是 $N/(N+0)$,即1。

(3) 之后的每一次选择都按照A部分和B部分气体分子数所占的比例来进行选择。如果在A部分选

择,对应的选择概率为A部分气体分子数/(A部分气体分子数+B部分气体分子数),如果在B部分选择,对应的选择概率为B部分气体分子数/(A部分气体分子数+B部分气体分子数)。

(4) 每次选中一个气体分子,将它转移到另一部分。如果从A部分选中,那么将这个气体分子转移到B部分,反之亦然。

(5) 重复以上步骤,直到达到一定的计算次数。在每次转移后,统计A部分和B部分的气体分子数并记录下来。

(6) 最后根据统计出的结果可以得到A部分和B部分的气体分子数占比,从而推算出各自所占的体积与压强。

通过这个模拟计算,可以得到气体从A部分向B部分自由膨胀的过程中,气体分子的扩散与运动情况的数值解。

上述模型的建立是解决此问题的基础。此模型非常简洁,它抓住了问题的主要方面,忽略了真实气体在自由膨胀过程中的一些影响较小的因素,有利于学生理解。根据此模型,设整个系统气体分子数为 N ,在第 x 次进行随机选择气体分子移动时,右边B部分的分子数是 n ,那么左边A部分的分子数为 $N-n$:

$$N - n = \frac{N}{2} \left[1 + \exp\left(-\frac{2x}{N}\right) \right] \quad (1)$$

根据这个关系式其实可以看出随着移动次数 x 增加直到 $x \rightarrow \infty$,B部分和A部分的气体分子数量都趋近于 $N/2$,即气体处于平衡状态,整个系统气体分子分布趋近于均匀分布。

由上述公式(1)可以看出,随机选取的分子移动次数 x 和初始时刻系统内的总分子数 N 将最终决定A部分和B部分气体分子数。因此,在模拟试验中我们可以通过改变移动次数 x 和初始时刻的总分子数 N 来研究它们对实验结果的影响。在本文中,我们固定初始时刻系统内的总分子数 N ,只改变移动次数 x 来研究它对模拟实验结果的影响。

从这种简单的模型和公式出发,可以非常直观地观察和研究气体分子自由膨胀的全过程,这不仅可以引起学生的学习兴趣,还可以让他们将学过的物理学基础知识与计算物理学实验联系起来,使所学的知识融会贯通,并能够学以致用。

4 模拟结果与分析

4.1 气体自由膨胀过程模拟

使用MATLAB语言编程,对气体自由膨胀进行计算机模拟,计算过程中使用5000个气体分子进行气体自由膨胀实验模拟。气体自由膨胀的MATLAB程序如下:

```
N=5000;           %选取5000个气体分子进行自由膨胀实验模拟
B=ones(1,N);
a=0;
for i=1:20000     %移动次数为20000
    k=ceil(rand(1)*N); %均匀分布随机数
    B(k)=-B(k);
    cn=length(find(B==1));
    n(i)=cn;
end
plot(n./N, 'k-'); %用实线绘制数值模拟曲线
xlabel('x');
ylabel('(N-n)/N');
x=1:20000;
y=N*0.5*(1+exp(-2*x./N)); %理论公式
plot(x,y./N, 'r--'); %用虚线绘制理论公式曲线
xlabel('x');
ylabel('(N-n)/N');
```

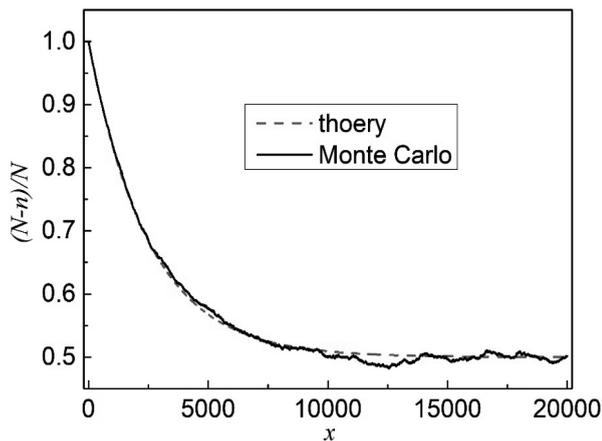


图2 $(N-n)/N$ 随移动次数的变化曲线。虚线为理论公式的曲线,实线为蒙特卡罗数值模拟曲线

如图2所示,在气体分子刚开始进行移动时,A部分中有大量气体分子转移到B部分中,这时A部分中的分子数减少速率最大,但是随着分子移动次数的增加,A部分中分子数目减少的速率将逐渐减小。当气体分子移动次数接近10000次时,我们发现A部分的分子数目减少速率和B部分的分子数目增加速率几乎相等且都趋近于零,这时A、B两部分的分子数都几乎不发生较大变化。在10000~20000次的区间内,A部分和B部分的气体分子数一直都在2500个左右波

动,没有出现较大的粒子数增减情况,这时可以认为两部分分子数达到稳定状态。

理论结果和模拟结果都表明,随着随机移动分子次数增加,A部分的气体分子数逐渐减少,与总分子数的比值逐渐接近0.5。这意味着经历多次随机选择后,A部分和B部分气体分子数几乎相同且各占一半,即气体分子随着分子随机移动次数的增加而逐渐趋近于均匀分布在系统各处。

通过比较理论曲线和模拟曲线可以发现,蒙特卡罗模拟结果与理论结果基本相符合,而两者不同之处在于当随机移动次数足够大时,蒙特卡罗模拟结果出现震荡行为。从理论曲线可以看出,当随机移动次数为14000次左右时, $(N-n)/N$ 已经接近于0.5。由于理论公式为指数函数,随着移动次数 x 的增加, $(N-n)/N$ 的比值只会无限地接近于0.5,却不能够达到或小于0.5,也就是说,在理论公式的预言中,B部分的分子数目不可能大于A部分的分子数目。虽然理论公式已经明确指出了气体自由膨胀的理论规律和清晰的物理图像,但是对于真实的气体而言却不会出现B部分气体分子数目始终都无法大于A部分分子数目的情况,而应该是这两部分气体分子数目在相等值附近波动。一般情况下,真实气体分子始终都在做无规则的热运动,这会导致系统中两部分的气体分子数目出现涨落,而这种涨落在理论公式中无法体现,反而在蒙特卡罗模拟的结果中体现得较好。

需要指出的是此处的图形并不是使用上述MATLAB程序直接绘制出来的,而是将算出来的模拟数据和理论数据导出到Origin软件中重新绘制成一个图形以便于比较。Origin软件也是一个非常重要的科学绘图软件,希望学生能够学会使用此软件。

4.2 气体自由膨胀过程中的熵变

熵是热力学中最重要的状态参量之一,是用于描述系统粒子混乱程度的度量^[9]。在孤立系统中,熵永远不会减少,其中发生的不可逆过程总是导致熵的增加。气体自由膨胀是在绝热孤立系统中发生的,因此也符合熵增原理。为了验证熵增原理并观察熵的变化趋势,在本例中,我们将使用蒙特卡罗数值模拟方法计算自由气体系统在膨胀过程中的熵变化量。通过这个实例向学生展示如何使用蒙特卡罗数值模拟方法来计算某个具体的物理学参量。

在一般的气体分子自由膨胀研究中,获取系统状态参量是非常困难的。但是在计算机模拟中,通过调控相关变量可以相对容易地得到系统的状态参量值。本实验将通过改变模拟变量来展示绝热自由膨胀过程中系统熵的变化情况。

设气体在自由膨胀的初始状态时所有气体分子都在A部分, 气体总体积为 V_1 , 熵为 S_1 , 发生分子转移后的气体总体积为 V_2 , 熵为 S_2 , m 为系统内气体物质的量, n 为转移的气体分子数, R 为普适气体常量, 则气体自由膨胀过程前后气体的熵变为

$$\Delta S = S_2 - S_1 = mR \ln \frac{V_2}{V_1} = mR \ln \left(1 + \frac{2n}{N}\right) \quad (2)$$

这里需要特别指出, 考虑到A和B两部分体积相同, 所以发生分子转移后的气体总体积 V_2 可以表示为分子转移后B部分分子数 n 与总分子数的一半 $N/2$ 的比值乘以 V_1 再加上 V_1 , 即 $V_2 = \left(1 + \frac{2n}{N}\right)V_1$ 。

假设系统内分子数为5000, 随机移动次数为20000, 用MATLAB语言编程, 对气体自由膨胀过程中的熵变进行计算机模拟, 可以得到系统熵变的变化曲线图。计算气体自由膨胀过程中熵变的MATLAB程序如下:

```
N=5000; %选取5000个气体分子进行实验模拟
B=ones(1,N);
for i=1:20000 %移动次数为20000
    k=ceil(rand(1)*N); %均匀分布随机数
    B(k)=-B(k);
    cn=length(find(B==1));
    n(i)=cn;
end
plot(log(2*n./N+1), 'k-'); %绘制数值模拟曲线
xlabel('x');
ylabel('ΔS/(mR)');
```

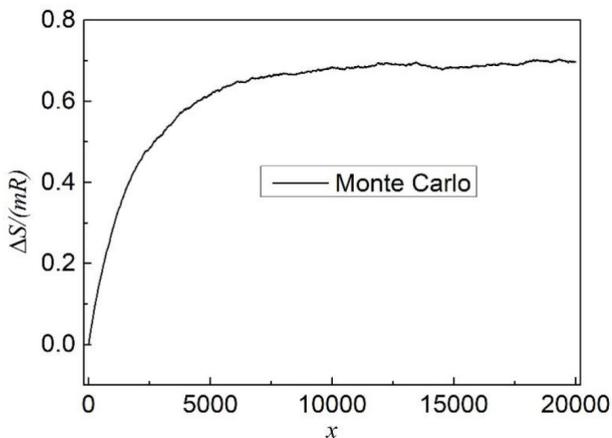


图3 气体自由膨胀过程中的熵变曲线

从图3中可以看出, 自由气体系统在膨胀过程中, 其熵一直在增加, 直到系统达到稳定状态时, 熵才逐渐趋于稳定。这与热力学系统的熵增原理是一致的。自由气体系统是一个典型的孤立系统, 其熵永远不会减少。但是, 图3中的曲线在趋于稳定时仍然存在

在波动。原因在于虽然自由膨胀过程是不可逆的, 但是在该过程中, 系统中的A和B两部分分子的数目仍然存在涨落, 正是这些分子数目的涨落导致熵的变化呈现波动。

5 结论

在本文中, 我们采用了蒙特卡罗方法对气体分子在绝热封闭系统内自由膨胀过程进行了计算模拟。通过对结果的对比分析, 我们发现计算模拟的结果与理论结果相符合较好。这表明蒙特卡罗方法是一种有效的计算方法, 可以很好地用来模拟气体分子自由膨胀过程。不仅如此, 蒙特卡罗模拟结果还可以展现出气体自由膨胀过程中的相关行为, 给出气体的状态参量, 这些都是优于实验和理论方法的地方。此案例亦可作为计算物理学与其他物理学科交叉的一个范例, 为计算物理实验教学提供合适的参考。因此, 蒙特卡罗数值模拟方法弥补了实验和理论教学中的一些不足之处, 进一步丰富计算物理学实验教学内容。通过气体自由膨胀模拟实验设计, 能够让学生学会使用计算物理学方法模拟一些实际问题, 达到辅助教学的目的, 同时还可以拓展他们的思维, 培养其创新精神。

参考文献:

- [1] 秦允豪. 热学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
- [2] 刘金远, 段萍, 鄂鹏. 计算物理学[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 173.
- [3] 马文淦. 计算物理学[M]. 北京: 科学出版社, 2016: 1-4.
- [4] Rasmussen C J, Vishnyakov A, Neimark A V. Monte Carlo simulation of polymer adsorption [J]. Adsorption, 2011, 17(1): 265-271.
- [5] Fang Q Q, Boas D A. Monte Carlo simulation of photon migration in 3D turbid media accelerated by graphics processing units [J]. Optics express, 2009, 17(22): 20178-20190.
- [6] Preis T, Virnau P, Paul W, et al. GPU accelerated Monte Carlo simulation of the 2D and 3D ising model [J]. Journal of computational physics, 2009, 228(12): 4468-4477.
- [7] 顾锦华, 钟志有, 王皓宁, 等. 计算机辅助高校物理实验教学的研究[J]. 教育现代化, 2018, 5(24): 147-149.
- [8] 高云飞. 气体自由膨胀的蒙特卡罗模拟[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学物理科学与技术学院, 2020.
- [9] 汪志诚. 热力学·统计物理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 41-43.

Numerical Simulation Experiment Design of Gas Free Expansion

XU Lei

(School of Physics and Electronic Information, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: Gas free expansion is a significant and relatively simple molecular motion process. By using the Monte Carlo method to numerically simulate the gas molecules free expansion process, it is found that gas molecules gradually tend to be uniformly distributed throughout the system with the increase of the number of random movement of molecules. At the same time, the entropy keeps increasing until the system reaches a stable state. The numerical simulation results are in good agreement with the theoretical results, and the numerical simulation method also exhibits an unparalleled superiority over both theoretical and experimental methods. This case can not only further enrich the experimental teaching content of computational physics, but also serve as an example of the intersection between computational physics and other physics disciplines, and provide a suitable reference for the application of computational physics to practical physics problems.

Key words: gas free expansion; Monte Carlo; numerical simulation; computational physics

(上接第83页)

Factors Influencing the Effectiveness of Youth Sports Club Governance and Improvement Strategies in China

——An Empirical Study Based on Structural Equation Modeling

LIU Li

(School of Physical Education, Suzhou College, Suzhou Anhui 234000, China)

Abstract: After 22 years of development, there are nearly 13,000 youth sports clubs, and the rapid growth in size needs to be matched with corresponding management and governance. To investigate the structure and pathways of influence on the effectiveness of youth club governance research was conducted using structural equation modelling and rooting theory. In this study, 40 samples were interviewed, 18 grid concepts and 5 categories were obtained through coding, and the questionnaire of influencing factors of governance effectiveness was tested by 270 points of questionnaire, and the questionnaire had a good reliability and validity structure, which was proved by the reliability and validity and confirmatory factor analysis. Amos 26.0 software was used to construct the pathway model, which proved that the greatest impact of diversified regulatory participation on governance effectiveness was $\beta=0.422$ ($p<0.001$), followed by the impact of introducing competition on governance effectiveness $\beta=0.354$ ($p<0.001$), improving accreditation, introducing commercial development and internal refinement of management were all effective in influencing governance effectiveness. The study then proposes strategies and recommendations for improvement based on the findings.

Key words: sports clubs; youth; diversity regulation; competition mechanism

《生态学》教学中思政教育知识点解析

张乃芹, 贾海慧, 郑芳, 刘丽云, 冯建英, 徐荣艳

(德州学院 生态与资源环境学院, 山东 德州 253023)

摘要: 思政教育作为立德树人的中心环节, 必须贯穿于大学教育教学全过程, 从而实现全过程育人和全方位育人。本文从生态学角度出发, 挖掘生态学与思政教育的契合点, 开展以生态文明教育为引领的生态学课程教学, 实现课程思政与思政课程的同频共振, 培养德才兼备的复合型人才。

关键词: 生态学; 思政; 知识点

中图分类号: G642.4

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0098-04

2016年12月, 习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上强调, “把思想政治工作贯穿教育教学全过程, 实现全程育人, 全方位育人, 努力开创我国高等教育事业发展新局面”^[1]。“立德树人”是高校的魂和命脉, 高校专业课教师应当与时俱进, 积极主动地探索新的教学内容和模式, 实现专业课教学和思政教育的自然融入和相互渗透, 达到启智润心, 激扬斗志的教学效果, 为党育人, 为国育才。

生态学研究的是生物及其环境之间的相互关系^[2-3]。绿水青山就是金山银山、生态文明、可持续发展、环境承载力等理念, 都是生态学理论的具体体现。本文阐述了大学生思政教育的意义, 剖析了当前思政教育教学中存在的问题。在此基础上, 充分挖掘生态学教学与思政内容的契合点, 目的是通过课堂教学, 以春风化雨、润物细无声的方式传授给学生, 使得生态学教学与思政教育能够同向同行。

1 大学生思政教育的意义

1.1 有助于大学生形成稳固而健康的思想体系

大学生结束了紧张而又单纯的高中生活, 步入大学校园, 学习、生活和思想意识等都会面临很大的变化。外来思想的侵蚀、纷繁复杂的网络信息、观念的碰撞, 可能会使学生无所适从, 甚至无法甄别真伪, 从而影响学生对未来世界的认知, 严重的会导致心理危机、道德危机及信仰危机。及时引领学生从各种迷茫中摆脱出来, 提高缘事析理、明辨

是非的能力, 形成健康的思想体系, 树立正确的世界观、人生观和价值观。

1.2 培养学生的社会责任感

一个人的世界观、人生观、品德修养等, 往往都是在大学阶段基本成型的。大学实际是一个人生的熔炉, 教师通过熔炉锻造新人, 是时代和国家的需要, 更是义不容辞的义务。专业课教师在课堂教育过程中, 紧密结合课程教学内容开展思政教育, 做到知识传授、能力培养、品德塑造三位一体, 培育学生对自然规律的科学态度和对社会的责任感, 成为堪当民族复兴重任的时代新人^[2]。

1.3 培养大学生的大局意识, 家国情怀

习近平总书记强调: “今天的学生就是未来实现中华民族伟大复兴中国梦的主力军, 广大教师就是打造这支中华民族“梦之队”的筑梦人”^[1]。教师要时刻坚守初心, 铭记责任与担当, 厚植学生的家国情怀, 使学生深刻地认识到天下之本在国, 国之本在家, 每个人的成长和生活都与国家命运紧密相连。培养学生识大体、顾大局、讲团结、讲奉献, 生逢盛世, 定不负盛世, 让自己的人生更精彩。

2 高校思政教育过程中存在的主要问题

2.1 缺乏完善的管理体系及考核机制

长期以来, 我国高校学生思政教育课与专业课各司其职, 两者并无交集, 是两条平行轨道; 同时思政课成绩考核评价机制单一, 主要还是通过笔试进行考核, 部分学生考前临时突击、死记硬背获得比较高的成绩, 所以分数的高低无法准确反映学生

收稿日期: 2022-12-08

作者简介: 张乃芹(1967-), 女, 山东济阳人, 副教授, 硕士, 主要从事生态学教学与研究。

的思想道德水平和综合素质。

2.2 思政教育渠道单一

一直以来,大学生思政教育的主要渠道是思政理论课,课程种类有限,学时有限,而且部分学生将思政课当成单纯的“学分课”,课程结束,收获的只是学分而已,严重偏离了思政课的开设初衷,背离了大学生立德树人的培养目标。

2.3 思政教育师资力量相对薄弱

目前,各高校均普遍开始重视思政课教学的创新探索,但是在传统高等教育体系下,思政教育专业师资队伍的建设难以在短时间内完成,因此,高校教师人人参与思政教学,将思政教育融入专业课教学过程是当务之急。专业课教师充分挖掘并梳理专业课内容中的思政元素,无缝衔接到专业课的教学过程中。各高校应该搭建更有效的交流平台,整合精品课程资源,尽快解决思政课“潮起来”而导致的师资瓶颈问题。

2.4 思政教育缺乏时效性

思政教育不是空洞的脱离实际的说教,不能搞形式主义,过度“政治化”,这样会适得其反。应将思政内容渗透到学生的学习生活中,与学生的信息需求、成长成才、就业创业等结合起来,关注生活实际、关注社会热点,以突出思政教育的有效性和时效性。

2.5 强行植入与思政教育契合度不高的教学内容

专业课教学过程中,若强行植入契合度不高的思政内容,容易引起学生的抵触情绪,也起不到应有的效果。教师应精细挖掘专业课内容中的思政点,以有机互融的方式,与思政教育建立生成性的内在契合关系,潜移默化地传输给学生,达到教书育人的效果。

3 生态学教学中思政知识点解析

3.1 生态学理念培养

1) 绿水青山就是金山银山

随着我国城市化进程的加快,环境污染、生态平衡失调、能源资源短缺、粮食安全等问题日益突出,而这些问题的解决离不开生态学原理和方法的运用。2005年8月,时任浙江省委书记的习近平同志在浙江安吉余村考察时,提出了“绿水青山就是金山银山”的科学论断。教学过程中让学生充分意识到保护生态环境的紧迫感和责任感,意识到大学生肩负的责任和担当,使学生们灵活运用所学专业知识,从自身做起,积极参与到生态环境调查、生态环境修复、环境污染治理、生态环境风险化解等工作中,实现经济发展和环境保护的双赢,从而构

建经济与环境协同共进的地球家园,在建设美丽中国、实现中国民族伟大复兴中实现人生价值。

2) 低碳生活

低碳生活,是指通过低消耗、低能量、低开支的生活方式,减少二氧化碳的排放,相比较于传统的生活方式,它更健康、更自然、更安全。大学生应该做低碳生活的引领者,号召并呼吁整个社会,人人争当“低碳族”,让低碳生活成为一种常态化的生活态度,全方位减少二氧化碳的排放,保护碧水蓝天和我们的美丽家园。

3) 可持续发展

可持续发展是指既满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展^[3]。可持续发展有两大主线,一是处理好人与自然的关系;二是平衡人与人之间的关系。课堂教学过程中使学生了解可持续发展的由来和发展过程,掌握可持续发展的概念及其内涵,同时延伸到当今世界存在的影响可持续发展的诸多问题,如环境问题、政治问题、社会问题和战争问题等。作为一名大学生,应该清醒地意识到把经济、社会的发展和人口资源环境等协调的意义和重要性,在思想上重视可持续发展理念,行动上践行可持续发展理念,汇聚并传播可持续发展信息与思想,共同谱写中国新时代可持续发展华章。

4) 生物多样性

生物多样性是指生物及其环境形成的生态复合体,以及与此相关的各种生态过程的综合^[3]。生物多样性使地球充满生机,也是人类生存和发展的基础。自然界每个物种都有其存在的价值。《荀子·天论》中有一句话:“万物各得其所和以生,各得其养以成”,意指天下万物得到各自的和气和气而生成,得到各自的滋养以成长。人类应承认自然的客观性,顺应自然、敬畏自然、与自然和谐相处,保护生物多样性就是保护地球家园,也有助于促进人类的可持续发展。纵观人类历史上发生的多次重大疫情,几乎都与生物多样性的破坏和野生动物有关。SARS、新冠肺炎的肆虐是沉痛的血的教训,人类必须深刻反思。作为前车之鉴,提高全民对生物多样性的保护意识,拒绝食用并保护野生动物,为自然守住安全边界和底线,构筑人与自然和谐共生的格局。

5) 生态平衡与和谐社会

生态平衡是指生态系统各组成部分之间,在长期的发展变化过程中,通过相互转化、相互制约而建立起来的一种动态的平衡关系^[3]。人类作为自然界的一个物种,赖以生存和发展的基础是自然界,如果自然界的生态平衡被打破了、崩溃了,和

谐就无从谈起,更何况是社会的和谐。因此,单向地、不断地向社会、向大自然索取,但没有回馈和维护,生态平衡就会失调,和谐社会只能是空中楼阁,可望而不可及。

6) 生态承载力

生态承载力是一定的条件下,生态系统为生物生存和人类活动所能持续提供的最大生态服务能力^[3]。生态承载力的评价方法有多种,生态足迹是衡量生态承载力的指标之一。生态足迹是指提供人们所需资源或消纳废物所需要的、具有生物生产力的地域空间。如果一个地区的生态承载力超过了生态足迹,则说明有“生态盈余”,反之则会出现“生态赤字”。“生态赤字”即表明该地区的人口数量超过了其生态容纳量,人类的生存和生活质量就会受到影响。因此,决不能以“生态赤字”换取经济发展,我们要响应习近平总书记提出的号召,要算大账、算长远账,坚持把生态保护放在第一位,绝不能以牺牲生态环境为代价换取发展的经济。引导启发学生思考需从哪些方面做起,才能最大限度地降低生态足迹,提高生态承载力,维护社会的可持续发展。

3.2 立德树人,强化素养

1) 生态位与职业规划

生态位是指生态系统中的不同种群,在时间空间上所占据的位置,以及其与相关种群之间的功能关系与作用^[3]。生态位是生态学中一个很重要的概念和方法,对人生的意义极大。自然界中无论动物还是人类,都有属于自己的生态位。大学是人的思维及价值观成熟定性的重要时段,这就相当于给自身定位的过程。因此,每位学生在大学期间都必须根据自己的性格、特长、优势、社会资源等,确立自己的生态位,并根据生态位做好职业规划。课堂教学过程中,针对生态位概念,提示学生以下几点,一是正确认识自己。认识自我,是实现自我的前提条件,只有充分了解自我,才能做出适合自身的职业规划,只要方向正确,就不怕路途遥远。二是不断提升自己,拓宽生态位,人到了什么位置,就有什么人生,有了更高层次的生态位,就会重新解读自己的人生。

2) 抗疫攻坚彰显制度自信

突如其来的新冠肺炎疫情,短时间内席卷全国,一度让我们措手不及,但全国人民齐心协力、攻坚克难,以强大的力量和高效的行动诠释了“生命至上”抗疫精神,究其背后是以制度自信为支撑的“中国治理”,这种自信正是源于坚持党的集中统一领导、坚持以人民为中心、坚持集中力量办大事的理念。正如英国学者马丁·雅克所言,中国非凡

而果断的决策得到了中国人民非凡而积极的响应,这是政府与人民上下一心、通力合作的典范^[4]。

3) 主导因子、限制因子定律与优势、突破

生物的生存和繁殖依赖于各种生态因子的综合作用,其中起主导作用的因子为主导因子,限制生物生存和繁殖的因子为限制因子。找到限制因子,研究并突破它的限制性,就可以为生物的生存和发展拓宽领域。大学生生活丰富多彩,包含了学习、生活、人际交往及社会活动等诸多内容。大学生应全面分析构成大学生生活的各种因子,正确研判其中的主导因子和限制因子,努力发挥主导因子的优势引领作用,更重要的是找到突破限制因子的方法和途径,做到固强补弱,全面发展。

4) 生活史对策与人生

生活史对策是指生物在生存与发展过程中形成的生存对策,也称生态对策^[3]。由生物生活史延伸到大学生对人生的思考,思考如何度过自己的一生,引导学生将国家和社会的需要作为自身的奋斗目标,认识到本专业在国家和社会区域发展中的定位和作用,并为之而努力学习,使学生在专业技能提高的同时,树立正确的三观,达到专业能力和思想素养的同步提升^[5-6]。另外,引导学生学会在逆境中如何选择生活或生存对策,不断锤炼自己的心智,增强攻坚克难的能力。

5) 碳达峰、碳中和与大国风范

将“气候变化→碳中和→碳达峰”的思路导入课程思政。实现碳达峰、碳中和不仅是加强生态文明建设,推动高质量发展的重要实施路径,同时也有利于提升国际形象。中国承诺2030年实现碳达峰,2060年实现碳中和,从实现碳达峰到碳中和所用30年的时间远远短于发达国家时间,这就意味着相比于发达国家,我国的减排力度、减排难度都更大。我国提出要构建人类命运共同体,推进碳达峰碳中和是我国以身作则的表现,也充分体现了中国作为负责任的大国的风范和担当。当代大学生要以实际行动践行低碳生活,向社会发起低碳倡议,共建山美水美、万物和谐的美丽家园。

6) 土壤是万物之源与爱国报国之心

土壤是万物之源。由于温度、水分、地形、生物等成土过程的条件不同,造就了五彩斑斓的土壤,也孕育了不同的土壤文明。产中华大地上蕴含着源远流长的华夏文明,大学生们应深深扎根于这片沃土,学得一身本领,真才实干,服务于我们伟大的国家,这就是乡土情结,这就是爱国报国之心。

7) 种群、群落生态学与生命共同体

种群、群落生态学讲授过程中,结合专业内

容,融入思政元素,如“种间的共生关系与山水林田湖草生命共同体”“种群在有限环境中的增长与人类发展道路的选择”等为切入点,启示同学们应该充分认识到人类和自然是命运共同体,应遵循自然规律,顺应自然、敬畏自然、与自然和谐共处,共生共荣。

8) 生态系统服务功能与环保意识及责任感

通过讲授生态系统的结构、功能以及分析“秦岭植被破坏”等典型案例,使学生了解由于人类的肆意开发和掠夺利用,造成部分地区生态系统结构和功能的较大破坏,面临生态失衡的危机,直接影响到人类的生活质量与身体健康。通过触目惊心的案例,激发学生的环境保护意识和责任感,使学生充分了解党和国家高度重视对生态保护的建设和生态安全对确保中华民族长盛不衰、社会可持续发展具有的重大而深远意义。

3.3 生态文明,永恒的主题

生态文明是指人类遵循人、自然、社会和谐发展客观规律而取得的物质与精神成果的总和^[7]。生态文明思想的提出,为中国未来的发展指明了方向,是促进中国可持续发展、高质量发展的必然选择^[5]。大学生是社会主义建设的新生力量和未来的主力军,强化并引导学生形成正确的生态文明观,站在时代背景下学习生态文明思想,将生态文明思想内化于心、外化于行,积极参与到保护生态环境实践中。

4 结语

习近平总书记提出的“同向同行”和“协同效

应”为高校课堂教学如何加强思想政治教育指明了方向^[8]。通过对《生态学》教学中思政教育知识点的探讨及解析,将生态文明等相关理念融入整个教学过程,学生的认同感和参与度显著提升,生态环保意识不断加强。同时,高校教师应当绵绵用力,久久为功,深挖专业教学过程中的思政元素,做既是精通专业知识的、授业解惑的“经师”,又是涵养德行、润己泽人的“人师”,守好一段渠,种好责任田。力争使每个学生都能成为方向明、主义真、学问高、德行正的时代新人,在青春的赛道上跑出好成绩,堪当时代赋予的使命和责任。

参考文献:

- [1] 习近平. 用新时代中国特色社会主义思想铸魂育人 贯彻党的教育方针落实立德树人根本任务[N]. 人民日报, 2019-3-19(1).
- [2] 伍玉鹏, 胡荣桂, 赵劲松, 等. “生态学基础”课程思政改革探索[J]. 科教文汇, 2019(3): 89-91.
- [3] 牛翠娟, 娄安如, 孙儒泳, 等. 基础生态学(第3版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [4] 田克勤, 张林. 全球抗疫下的中国制度和治理优势思考[J]. 东北师大学报(哲学社会科学版), 2020(4): 9-17.
- [5] 王艳红, 伊力塔, 曾燕如. 《生态学》教学中“课程思政”教育的探索[J]. 高教学刊, 2020(9): 170-172.
- [6] 吕宁. 高校“思政课程”与“课程思政”协同育人的思路探析[J]. 大学教育, 2018(1): 122-124.
- [7] 方精云, 朱江玲, 吉成均, 等. 从生态学观点看生态文明建设[J]. 中国科学院院刊, 2013, 28(2): 182-188.
- [8] 田鸿芬, 付洪. 课程思政: 高校专业课教学融入思想政治教育的实践途径[J]. 未来与发展, 2018(4): 99-103.

Analysis of knowledge Points of Ideological and Political Education in Ecology Teaching

ZHANG Nai-qin, JIA Hai-hui, ZHENG Fang, LIU Li-yun, FENG Jian-ying, XU Rong-yan

(School of Ecology, Resources and Environment, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: As the central link of establishing morality, ideological and political education must run through the whole process of university education and teaching, to realize the whole process and all-round education. From the perspective of ecology, this article discusses the conjunction of ecology, ideological and political education, and carries out the teaching of ecology guided by ecological civilization education, so as to realize the same frequency resonance of ideological and political course, and cultivate compound talents with both ability and political integrity.

Key words: ecology; ideological and political education; knowledge

跨界融合深化应用型人才培养模式改革

陈洁, 许保彬, 孙秀云, 冉玉梅, 吴延霞

(德州学院 能源与机械学院, 山东 德州 253023)

摘要: 在分析企业与高校的发展需求、资源优势与不足的基础上, 发掘各主体合作的内动力, 探索融合之道, 改变以往校企合作过程中“冷热不均的局面”, 实现各主体之间相互服务、协同发展, 使企业能够切实参与到高校人才培养的全过程, 从而提高人才培养质量。同时, 高校之间要相互学习、深化合作, 资源共建共享。考虑到工科技应用的学科交叉性, 将相关专业资源整合, 拓宽学生的知识面, 提高其社会适应性, 将是跨界融合深化应用型人才培养模式改革的重点所在。

关键词: 跨界融合; 应用型人才; 培养模式; 共建共享

中图分类号: G649.21

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444(2023)04-0102-05

现在我国已建成世界最大规模的高等教育体系, 高校在学总人数超过4430万人, 入学率达到57.8%以上, 已进入高等教育普及化阶段。在我国庞大的高等教育体系中, 地方高校占比90%以上, 是非常重要的组成部分, 是区域高素质人才资源的主要供给者、科技创新的重要引擎, 也是先进文化的引领者, 多年来一直支撑着区域经济的稳定发展。地方高校的人才培养定位及培养质量直接影响区域经济的发展速度与水平, 培养什么样的人? 如何去培养? 多年来高等教育工作者在不断探索。地方高校在学科水平、资源配置、发展优势与特色等方面, 与部属高校都存在很大差异, 人才培养定位不能盲目对标部属高校, 也不宜采用相同的评价标准。2020年10月13日, 中共中央国务院印发《深化新时代教育评价改革总体方案》, 这是我国第一个关于教育评价系统性改革的文件^[1]。文件指出, 推进高校分类评价, 引导不同类型高校科学定位, 办出特色和水平, 探索建立应用型本科评价标准, 突出学生专业能力和实践应用能力的培养。文件强调不可用一把尺子衡量不同层次、不同类型高校, 尤其地方高校要根据自身学科专业特色和区域优势, 明确办学定位, 改革人才培养模式, 有效对接区域经济发展, 做到精准服务。可见, 地方高校要

与时俱进, 与相关行业同步同频发展, 突出创新性应用型人才培养目标。

围绕应用型人才, 国内外学者做了大量的研究, 近年来有关“跨界融合”“人才培养”的研究较多, 2019年3月, 哈佛大学校长劳伦斯·巴科和剑桥大学校长斯蒂芬·图普相继到访北京大学并发表演讲, 他们不约而同地提出, 要深化全球大学之间、大学与社会之间的协作, 寻求人类共同面临的重大问题的解决方案, 面向未来, 大学必须有“跨界”的格局, 围绕共同科学命题和时代使命, 突破学校内外各个层面的固化界限, 实现资源和能力的互补, 聚焦协同行动, 推动共同发展^[2]。

1 准确定位, 更新理念, 开放办学

在这个网络连接一切的智能化时代, 物联网、互联网把所有的人、财、物全部连接起来, 数字化、信息化、智能化改变着人们的生活方式。在这个过程中, 组织的界限越来越模糊, 服务意识逐渐渗透到众多行业^[3]。处于这样的大背景下, 高等教育也不例外, 更新办学理念, 打破学校界限、专业界限, 甚至行业界限, 主动与新技术对接, 将新技术、新模式、新业态引入校园, 服务于人才培养。

收稿日期: 2022-12-31

基金项目: 德州学院教学改革研究项目“跨界融合探索电气工程专业应用型人才新模式”; 德州学院教学改革研究项目“车辆工程专业在教学全过程中开展课程思政的研究与实践”; 德州学院教学改革研究项目“‘学用结合’的电气工程及其自动化专业实践教学体系研究与实践”

作者简介: 陈洁(1975-), 女, 山东德州人, 副教授, 工学硕士, 主要研究方向为电气控制。

随着5G时代的到来, 师资、设备等教学资源更不应该成为羁绊学校发展的理由, 与相关行业跨界融合, 与兄弟院校资源共享, 彼此服务、协同发展, 成为互惠互利的共同体。

以地方院校的电气工程及其自动化专业为例, 为适应地方经济发展对人才的需求, 以培养具有良好的职业精神、专业知识、工程能力和创新理念的专业技术人才为目标, 毕业生能够在发电厂、变配电所、自动化生产线、电气控制设备制造等领域从事系统运行、设备检修、维护管理、技术支持等工作, 能够从事系统设计、集成、施工与管理等工作。地方高校电气工程及其自动化专业发展时间较短, 专业基础比较薄弱, 师资力量、教学设施等软、硬件资源欠缺。为弥补自身不足, 必须改变传统教育理念, 开放办学, 与社会资源广泛合作、深度融合, 在高校与企业之间、高校与高校之间、专业与专业之间寻求合作之路, 深入分析各自的优势与劣势, 实现资源共享、相互服务, 协同发展。

2 高校与企业之间深度融合

据调研, 近十年来很多高校都探索并尝试过校企合作, 但合作内容与合作形式比较单一, 主要是高校学生进入企业实习。工科专业的人才培养必然要求有企业实习环节, 例如专业实习、生产实习、毕业实习, 都要通过企业实际生产环境完成, 在这个过程中, 高校积极主动性很强, 但是企业因“无利可图”, 还需要派出专人来负责讲解、培训、带

工, 而且还可能影响正常工作节奏, 因此企业的积极性不高, 最终将生产实习变为参观实习, 实习效果大打折扣。因此, 可以说以往的校企合作取得了部分成功, 但是对于学生的工程实践教育收效甚微, 距离企业与高等教育协同发展的目标还有很大差距。如何解决在合作过程中的“冷热不均”^[4], 充分调动各方积极性与主动性, 真正形成合力推动高等教育发展? 为此, 本课题对地方高校与企业进行了调研, 深入分析各自的资源优势、劣势与发展需求。

2.1 地方高校与企业的资源优势与不足对比分析

高校是专业人才培养基地, 教学内容成体系, 基础教育扎实, 理论功底强, 同时又是人才汇集阵地, 高学历人才丰富, 科研潜力大。但是, 电气、电子、信息等技术发展非常迅速, 学校的知识更新、实验/实践设备更新相对落后, 不能与行业发展同步共进, 人才培养质量不能满足企业需求, 出现“所培非所需”的局面。

企业始终站在行业发展的前沿, 掌握行业发展方向, 拥有设备、场地等雄厚的硬件资源, 工程经验丰富。但是很多企业在发展过程中也存在诸多不足与无奈: 招工难, 招到符合企业要求的人才更难, 且新入职人员企业认同感较差, 人才流失较大。另外, 缺乏高学历人才, 影响技术的研发与创新, 这些都制约着企业的发展。

经过调研分析, 对地方高校与相关企业的资源优势与不足梳理如图1所示。

2.2 校企资源整合确定人才培养模式

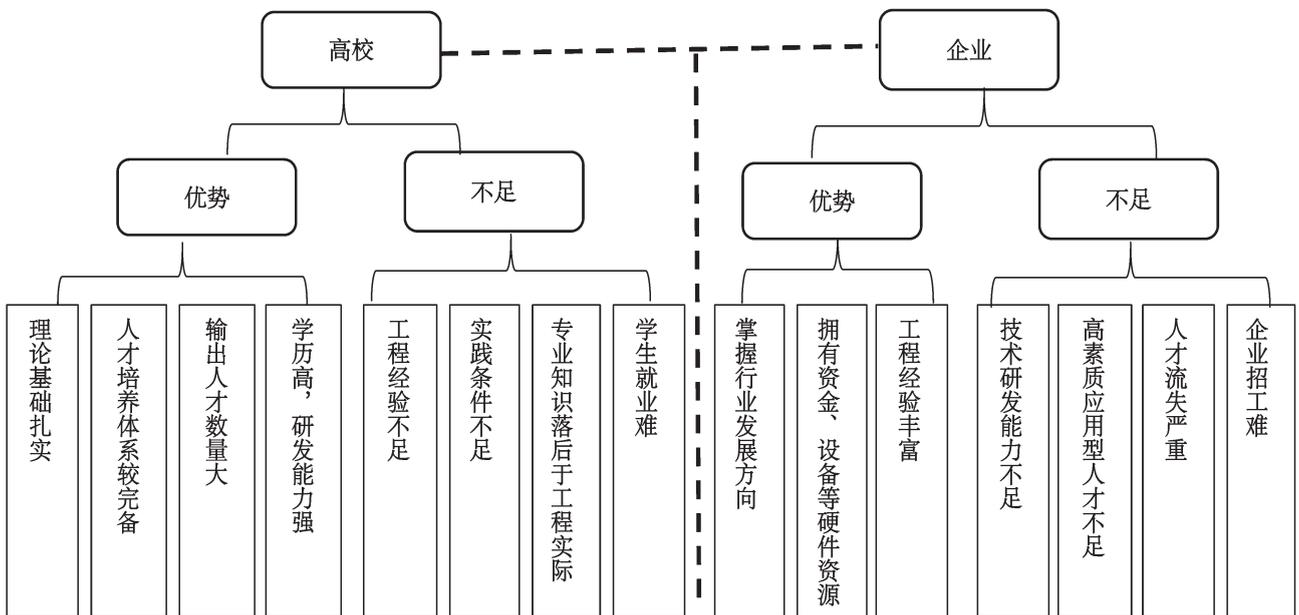


图1 高校与企业的资源优势与不足对比图

通过对高校与企业发展现状的调研与分析，可以看出双方的资源优势与不足互补，因此在高校与企业之间探索一种互通有无、深度融合的协作模式，使双方都能扬长避短，彼此借力，可以有力推动高校与企业的协同发展，实现互利共赢。

1) 人才培养方案由校企双方共同制定

鉴于高校教学内容滞后于行业技术发展，与企业需求相脱节的现状，而企业是高校输出人才的

最大用户，清楚对人才的素质要求，因此由校企双方共同制定人才培养方案，兼顾学生的思想政治教育、基础教育和专业教育，专业教育环节主要结合企业的工程经验、专业技术发展现状与方向来设定教学内容与模式。在专业教学过程中融入行业发展、企业文化等内容，增强学生的行业/企业认同感，毕业生就业时不仅能缩短融入企业的时间，还能有效降低企业的人才流失率。结合企业需求与高

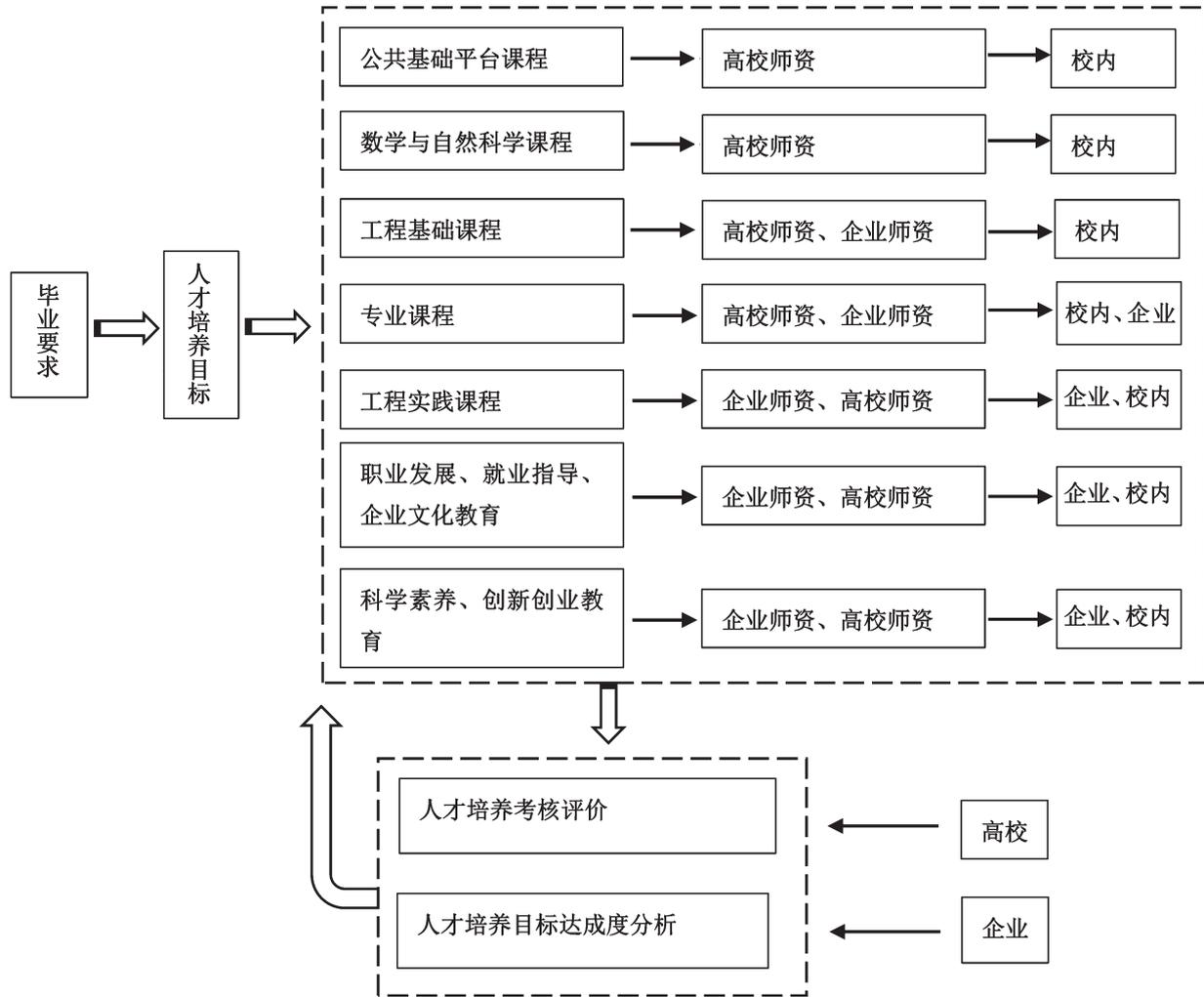


图2 跨界融合人才培养模式

校自身特色制定人才培养模式如图2所示。

2) 校企共建师资队伍与技术研发队伍

人才培养的质量，师资是关键，由于大部分高校教师是从学校到学校，缺乏社会实践，工程能力不足，难以满足创新性应用型人才培养的要求。古人云：“国之人才，当为国所用”^[5]，不必拘泥其隶属关系，在共享经济的当下更应如此，基于跨界的思想，优化师资队伍建设。一方面将企业技术骨干纳入教师队伍，根据个人特长，分别充实到理论教学与实践教学的师资队伍中；另一方面，鼓励部

分高校教师进入企业挂职锻炼，在工程实际中将理论与实践相结合，提高教师自身实践能力的时候，发挥理论面广且基础知识扎实的优势，加入企业技术研发团队，为企业技术革新贡献力量。人力资源的跨界使用，拓宽了选才、用才的视野，放大了人才的使用效率，达到多方共赢的效果。

3) 实验/实践教学资源共享

鉴于高校实践教学设备不足、更新换代较慢，设备的先进性和实时性滞后于行业发展的情况，充分利用企业资源，部分教学环节在企业完成，尤其

是认识实习、生产实习、专业实习、毕业实习等实践教学。

2.3 政府相关部门建立保障机制

由前述分析可见,高校与企业人才与技术上的界限日益模糊,双方有一个共同的目标:高素质应用型人才培养。高校与企业之间资源、技术深度融合,互相借力,既节约了教育与企业发展成本,又增大了各自的收益,是一种“双赢”的融合模式^[6]。为确保这种跨界融合模式能长久向好发展,地方政府相关部门要搭建平台,出台相应激励政策和保障机制,明确高校与企业合作的内容与方式,责任与义务,确保双方的人力资源、设备资源、技术、资金等流动起来,实现“不为所有,但为所用”,真正做到深度融合、资源共享。

3 高校之间深化合作,专业之间交叉融合

每一所大学都有自己的优势与不足,相互学习、取长补短也是推动高校进步的一种方式。尤其地方高校在专业建设、课程建设、教学模式等方面多向高水平大学学习,既要“引进来”,也要“走出去”,将名师、名课等优质教学资源引进来,服务于本校人才培养,本校教师也要走出去,有针对性地进名校学习深造^[7]。同时,不断深化高校之间的交互程度,例如高校之间组成开放式的教研室,定期召开研讨会,共同为专业建设、人才培养出谋划策;跨校组建课程教学团队,发挥各自的优势,共同建设高水平的课程资源,实现软资源的共建共享。高校之间拓展交互范围,深化交互程度,对先进的办学理念、优质的教育资源、科学的人才培养模式等互学互鉴、资源共享,提高师资素质、拓宽人才培养途径,在开放与合作中共同发展。

工科技术的社会应用本身就是多学科交叉的,某个问题的解决可能需要用到两个或几个专业的知识,尤其在当今新技术快速发展的时代,许多新问题新情况非常复杂,只用单一专业知识来审视,难免管中窥豹,必须构建“跨学科”“跨专业”的研究模式,把不同学科的理论、工具、方法等有机统一起来,才能在科技和社会前沿问题上实现颠覆性创新,取得重大突破。作为人才培养基地的高等院校,需要改革专业组织模式,完善跨专业组织架构和制度环境,深化跨专业、整体性研究,在人才培养方案、课程设置、教学计划、教学实施等各个环

节,把理科、工科甚至文科的相关力量整合进来,拓宽学生的知识面,提高培养人才的社会适应性。

4 改革效果

德州学院电气工程及其自动化专业成立于2015年,2019年开始跨界融合人才培养体系建设。通过调研获取用人单位对该专业学生的素质评价与要求,校、企共同组成专家团队,对人才培养方案进行多次深入探讨,根据社会发展需求不断完善人才培养体系,整合校内、校外硬件与软件资源,达成互利共赢协作机制。经过四年的闭环运行,人才培养质量不断提高,近四届毕业生的科技成果统计如表1所示,可见学生的创新意识及工程应用能力明显提升,学生自主学习的内动力也相应增强。

表1 电气工程及其自动化专业学生科技成果统计

	2019届	2020届	2021届	2022届
专业总人数	78	79	80	80
科技文化竞赛获奖人次	27	36	42	45
发表论文数量	7	21	20	23
获批专利数量	9	6	11	12

该专业近四届毕业生一次就业率均高于92%,就业单位满意度高于97%,对毕业生的综合评价为“思想道德素质高,专业基础扎实,工作能力强,谦虚好学,创新意识及团队协作意识强,爱岗敬业,符合企业对人才的需求”,这是用人单位对德州学院电气工程及其自动化专业人才培养质量的认可,体现了校企资源深度融合,共同进行专业建设的实际效果。

5 结论

目前,地方本科高校正处于向应用型大学转型的关键阶段,在人才培养方面要看到自身的不足,善于发现能为我所用的外部资源,加强与外界的深入合作,努力探索多方互利共赢的方式方法,通过校企深度融合、高校之间资源共享以及学科交叉等多渠道资源整合,完善人才培养体系,提高人才输出与社会需求的匹配度。“天地交而万物通,上下交而其志同”,打破行业界限,探索跨界融合之道,集聚社会资源,完善协作机制,对于推动高等教育发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 新华社. 中共中央国务院印发《深化新时代教育评价改革总体方案》[EB/OL]. (2020-10-13)[2021-12-1]. http://www.gov.cn/zhengce/2020-10/13/content_5551032.htm.
- [2] 教育部高等教育司. 教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知[Z]. 教高司函[2017]6号.
- [3] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.
- [4] 张永康, 莫纪平. 协同创新, 探索人才培养的有效机制[J]. 高等教育管理, 2012, 6(4): 4-6.
- [5] 葛艳, 卢晓东. “以学生为中心”的实践教学案例设计与实现[J]. 实验技术与管理, 2020(2): 178-181.
- [6] 周小杰, 黄友锐. 产教融合的人才培养模式的改革与实践——以电气工程及其自动化专业为例[J]. 喀什大学学报, 2021, 42(6): 97-101.
- [7] 刘波, 欧阳恩剑. 职业教育产教融合的本质、特征与价值取向——基于耦合理论的视角[J]. 职教论坛, 2021(8): 60-67.

Cross-boundary Integration, Deepen the Reform of Application-oriented Personnel Training Model

CHEN Jie, XU Bao-bin, SUN Xiu-yun, RAN Yu-mei, WU Yan-xia

(School of Energy and Mechanical Engineering, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: Based on the analysis of the development needs, resource advantages and disadvantages, we explore the internal driving force of cooperation and explore the way of synergy between universities and enterprises. In order to change the “Uneven hot and cold situation” in the process of cooperation between universities and enterprises in the past, and realize mutual service and coordinated development among various subjects, so that enterprises can effectively participate in the whole process of talent training in universities, to improve the quality of talent training. At the same time, universities should learn from each other, deepen cooperation, and build and share resources. Considering the interdisciplinary nature of engineering technology, relevant professional resources should be integrated, to broaden students' knowledge horizon and improve their social adaptability.

Key words: cross-border integration; applied talent; training mode; co-construction and sharing

工程教育认证背景下基于PBL的教学改革与实践

——以数据结构课程为例

戎丽霞, 吕文志, 徐志敏

(德州学院 计算机与信息学院, 山东 德州 253023)

摘要: 依据工程教育认证以产出为导向、以学生为中心的理念, 针对数据结构课程理论性强、内容抽象等特点, 提出基于PBL的数据结构课程教学改革思路。对数据结构的课程教学目标、教学模式和课程评价体系进行重构, 并给出了基于PBL教学模式的具体实施案例。最后, 通过开课前后课程平均成绩和达成度的对比分析, 验证了基于PBL教学模式的有效性。

关键词: 数据结构; 工程教育认证; PBL; 课程思政

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

文章编号: 1004-9444 (2023) 04-0107-04

数据结构课程是计算机及信息技术相关专业的专业基础课程, 运用计算机解决实际问题时, 主要研究数据的组织、存储及相关操作算法。教学目标要求学生掌握各类数据结构的特点及应用场合, 并能够根据实际问题选择合适的数据结构及存储方式进行相应的运算。通过这门课程的学习, 可以提高学生分析和解决实际问题的能力。

数据结构课程在专业课程体系中起着承上启下的核心作用, 但数据结构课程的理论性强, 比较抽象, 学生难以掌握。传统的教学内容和模式不能适应工程教育认证以学生为中心、产出为导向和持续改进的教学理念, 因此需要从课程的教学目标、教学内容与教学模式以及课程评价体系等方面对数据结构课程进行改革, 以适应工程教育认证背景下新的人才培养模式的改革^[1,2]。

1 教学理念

在这个网络连接一切的智能化时代, 工程教育认证以学生为中心, 成果导向和持续改进的核心理念在加强工程实践教学、提高教育教学质量方面起着重要的推动作用^[3]。我国自2006年开始, 依据国际可比性和等效性的原则, 参照《华盛顿协议》的基本框架要求, 进行工程教育认证的试点工作, 争取工程教育学位和专业资格的国际互认。计算机、

机械、化工、电气工程4类专业成为首批试点专业。随着专业认证工作的不断推进, 它极大地促进了我国高校工程专业的建设和改革, 对提高人才培养质量起到了极大的促进作用。

以问题为导向的教学模式 (Problem-Based Learning, PBL) 是一种以学生为主体、把问题作为学习起点, 以问题为核心规划学习内容, 围绕问题寻求解决方法的一种教学模式^[4]。教师在教学过程中, 由教学的主导者变成教学的推进者, 课堂中教师不再以讲授知识为核心, 而是针对教学内容设计专业领域的开放性问题, 鼓励学生自己分析和讨论问题, 寻求解决问题的方法, 教师进行适当的分析和引导, 从而激发学生的学习兴趣, 活跃课堂气氛, 以期达到提高学生的自主学习、自我管理、团队合作和创新能力的要求。

随着工程教育认证的普遍开展, 各高校纷纷开展课程教学改革以适应人才培养模式的转变, 从而提高教育教学质量。基于PBL的教学模式以问题为导向, 注重提高学生的工程实践能力, 符合工程教育认证成果导向的理念^[5-7]。

2 基于PBL的课程教学改革思路

2.1 基于工程教育认证的课程目标制定

根据工程教育认证的标准, 计算机科学与技术专

收稿日期: 2022-10-05

基金项目: 德州学院教学改革项目: 工程教育认证背景下基于PBL的数据结构课程教学改革 (dzums21-33)

作者简介: 戎丽霞 (1976-), 女, 山东禹城人, 副教授, 硕士, 研究方向为机器学习、大数据分析。

业的人才培养方案中的毕业要求划分为12个大项, 40个指标点, 数据结构课程支撑其中的4个指标点。

依据计算机科学与技术专业的人才培养方案,

结合本专业的毕业要求, 构建以产出为导向、符合工程教育认证理念并融合课程思政的课程教学目标。具体内容如表1所示:

具体内容如表1所示:

表1 产出需求与课程目标对应关系

序号	产出需求	课程目标
1	工程知识	能够清楚表述数据结构和算法的基本概念, 并能判断计算机处理不同数据时所采用的组织方法、操作原理和实现方法。
2	问题分析	能够针对具体问题, 运用数据结构课程相关知识和批判思维, 分析计算机处理对象的结构特征, 选择合适的数据存储结构, 设计高效的操作算法。
3	工程实践	能够综合运用数据结构的基本原理和设计方法, 研究复杂问题的特征, 自主设计可行的求解方案, 并能运用高级语言编写实现问题求解的应用程序, 再验证其正确性。
4	职业规范	能够了解中华民族传统美德和社会主义核心价值观的相关内容, 增强社会责任感, 能够在工程实践中理解并遵守计算机相关的工程职业道德和规范, 履行责任。

2.2 基于PBL的教学内容设计

针对数据结构课程理论性强、内容抽象等特点, 采用基于PBL的教学模式, 对数据结构核心教

学内容进行设计, 帮助学生理解, 增加学生的学习兴趣, 以期提高课程的教学质量。基于PBL的教学模式设计框架如图1所示:

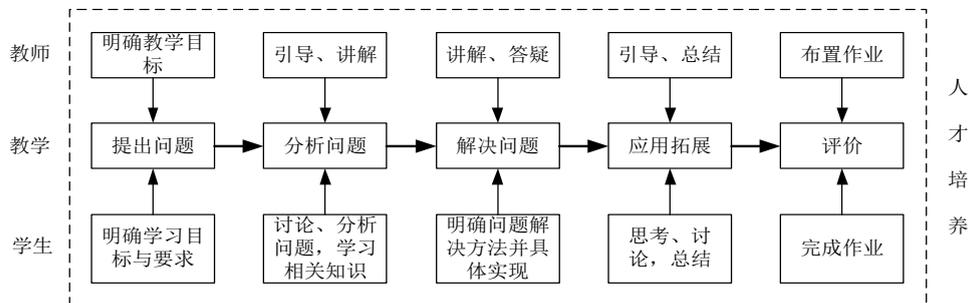


图1 基于PBL的教学模式设计

部分教学内容设计如表2所示:

表2 基于PBL的核心内容教学设计

章节	内容	问题	教学设计				思政结合点
			课前思考	课上分析讨论	课上讲解实现	课下应用拓展	
线性表	手机通讯录管理	手机通讯录信息具有什么特点, 信息如何存储, 实现手机通讯录管理主要有哪些操作, 如何实现?	以提问的形式让学生讨论手机通讯录信息管理中信息的特点、存储、操作和实现等问题, 针对学生的结论进行分析, 引导出需要讲解的理论内容。	以手机通讯录信息管理为例, 讲解线性表的顺序存储结构的特点、数据类型定义, 相关操作及实现。	列举现实生活中与手机通讯录信息管理问题类似的其它问题, 选取一个问题进行分析、设计与实现。	通过手机通讯录功能的发展理解“科学不是为了个人荣誉和个人私利, 是为人类谋幸福”; 分析顺序表的优缺点时, 引导学生找准自己的定位, 做自己最擅长的事情, 发掘无限潜能。	
栈和队列	排队现象	排队现象有什么特点, 它与通讯录信息管理有哪些相同与不同之处, 如何进行数据的存储与操作?	学生讨论课上思考的问题, 并进行分析总结; 引导学生利用前面所学知识解决排队问题。	根据学生分析实现的情况, 有针对性地讲解解决排队现象需要的理论知识及具体实现。	找出现实生活中满足队列特点的问题, 并尝试着用所学知识解决。	通过排队现象树立学生的“规则”意识, 尊重社会公德, 树立正确的社会主义核心价值观; 通过思考讨论培养学生的自主学习能力, 增强学生不畏困难, 勇于创新的品质。	
图	最小生成树	村村通工程中村庄之间的道路如何用计算机来表示, 它是一种什么结构, 如何进行道路规划使得村村通工程的建设费用最小?	这一部分内容有难度, 在学生讨论分析村村通工程中村庄之间道路规划问题的特点及实现时, 适当加以引导, 并给出分析讲解。	根据分析引出最小生成树问题, 并讲解构造最小生成树的定义、性质及经典算法。	除了村村通工程中村庄道路规划问题, 最小生成树还可以解决什么问题, 查阅相关资料了解。	通过案例的讲解, 引导学生认识村村通工程的重大意义, 引导学生认识国家的飞速发展和变化的实际情况及重大意义, 引导学生苦学本领, 献身祖国建设事业。	

2.3 持续改进的多环节多维度的课程评价体系构建
打破“一考定成绩”的传统课程评价模式,将课程评价分成理论评价和综合实践评价2个环节。

理论评价分成过程性评价和期末评价2个环节,其中过程性评价由实验、作业和章节测验3个维度组成。具体的评价体系如表3所示:

表3 数据结构课程评价体系

评价环节及比例		评价标准	评价形式	评价依据
理论评价 4学分	过程性评价 40%	实验 20%	实验报告、程序	线上 超星平台数据
		作业 30%	作业评价标准	线上 超星平台数据
		测验 50%	测验评价标准	线上、线下相结合 超星平台数据、教师评价
	期末评价 60%	试卷评价标准	线下 教师评价	
综合实践评价	1学分	实验报告、作品展示、答辩	线上、线下	校友邦、教师评价

3 基于PBL的教学设计举例

通案例的道路设计开发,培养对图的基本应用的认识和理解,提高学生应用图的基本理论解决实际问题的能力和水平。

本部分以最小生成树为例,给出了一个具体的基于PBL的教学设计案例,本次课的主要内容为:

3)情感(思政)目标(对应课程目标4):通过案例的讲解,引导学生认识村村通工程的重大意义,引导学生认识国家的飞速发展和变化的实际情况及重大意义,引导学生苦学本领,献身祖国建设事业。

- (1) 最小生成树的定义与性质;
- (2) 最小生成树的Prim算法的基本原理;
- (3) 最小生成树的Prim算法实现。

3.1 基于工程认证的教学目标设计

3.2 基于PBL的教学实施过程

针对以上课程目标与毕业要求的对应关系,制定本节课的教学目标:

针对本次课的教学重点和难点,根据基于PBL的课程教学模式,在整个教学环节中设计相应的问题,引导学生一步一步进入课程内容,帮助学生更好地理解相关知识点,并进行拓展应用。具体教学实施过程如表4所示:

- 1) 认知目标(对应课程目标1):掌握无向图的基本应用方法,进一步理解图的基本知识。
- 2) 技能目标(对应课程目标2、3):通过村村

表4 最小生成树教学实施过程

教学步骤	教 师	学 生	支 撑 教学目标
课前思考	案例:国家村村通工程中,某乡镇共有n个村庄,要在n个村庄之间铺设标准道路,主要目标是要使这n个村庄的任意两个之间都可以通路,但铺设道路的费用较高,且各个村庄之间铺设道路的费用不同,如何设计选择铺设道路的方案,既充分保证实现村村通的目标,同时铺设道路的总费用最低。	思考问题,根据已学知识寻求解决问题的方法	2
提出问题 导入 课程内容	(1)提问:国家村村通工程中,村庄与村庄之间的道路是一种什么样的结构,如何用计算机表示?要想使得工程的建设费用最小,如何设计规划方案,用到我们所学的哪些知识? (2)引导:分析学生给出的答案,引导学生透过现象看本质,从计算思维的角度思考问题,总结案例呈现出的理论问题,从而引出本节讲授的内容。	(1)思考老师提出的问题,讨论 (2)思考老师的分析	1、2
一、预备 知识介绍	(1)生成树的概念 (2)图的遍历、深度优先生成树、广度优先生成树	听讲、理解概念	1
二、案例分析	分析:案例分析,引导学生认识村村通工程的重大意义,引导学生认识国家的飞速发展和变化的实际情况及重大意义,引导学生苦学本领,献身祖国建设事业。 总结:启发学生把村庄抽象成顶点,村与村之间铺设道路的费用看成是带权值的边,把村村通工程问题抽象成图的问题。	(1)思考老师的分析 (2)讨论、理解	2、4
分析问题 解决问题	1. 最小生成树的定义 2. 最小生成树的性质 提问:最小生成树与生成树的区别,最小生成树需要满足的根本条件? 3. 最小生成树的Prim算法(重点、难点) (1)讲解:讲解算法实现的基本原理与步骤。 (2)引导:引导学生结合具体实例完成算法步骤。(3)练习:实例讲解与练习。 (4)提问:算法得到的最小生成树是否唯一,不同最小生成树具有的共同特点是什么? (5)总结:算法的核心思想,算法中关键步骤的处理,以及算法实现过程中需要注意的问题。	(1)听讲 (2)思考 (3)讨论 (4)回答老师问题 (5)练习	1、2、3
应用 拓展	(1)提问:最小生成树可以解决现实生活中的哪些问题,举例说明。 (2)总结:总结同学们给出的问题及解决方法,进行对比分析,问题留给同学们课下去进一步探讨。鼓励学生大胆想象,敢于创新。 布置作业:1.(认知)Prim算法实例求解。 2.(技能)Prim算法编码实现与调试。 3.(情感)分组讨论课堂老师提出的问题,下节课分组展示。	思考问题,进行讨论,给出自己的解决方法	2、3、4
评价	评价标准:以程序代码为核心,考核每个学生的成绩,成绩包括3部分,分别为学习态度、课程知识运用、代码质量和运行情况。其中:代码质量和运行情况共占总分的60%;学习态度、课程知识运用,各占总分的20%。	完成作业	1、2、3、4

4 教学效果评价

为了验证基于PBL的课程教学效果,本研究对任课班级进行了在线问卷调查,问卷采用匿名的方式,主要针对学生对课程的满意度、PBL教学模式对学生学习积极性的促进、PBL教学模式是否有利于学生对教学内容的理解等。调查结果显示,学生对课程的满意度高达90.2%,其中45.3%的同学对课程非常满意;在学习积极性的促进方面,76.8%的同学认为PBL教学模式有利于促进学生的积极性,关于是否有利于学生对教学内容的理解方面,68.5%的同学感觉PBL教学模式能够帮助对教学内容的理解。

同时,本研究对开课前2020级和开课后2021级学生的数据结构课程的平均成绩和课程达成度进行了对比,结果如图2、图3所示:

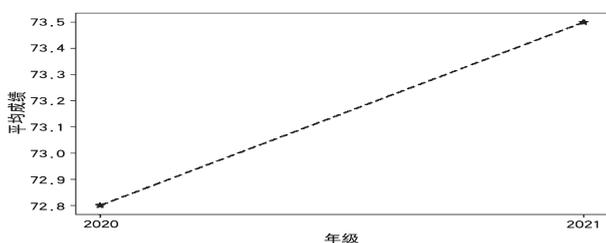


图2 开课前后平均成绩对比

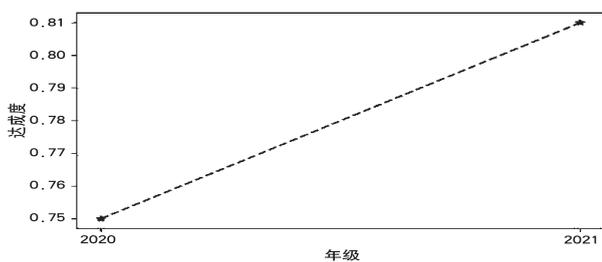


图3 开课前后达成度对比

从图中可以看出开课后数据结构课程的平均成绩和课程达成度比开课前都有了一定程度的提高,从而有效的证明了基于PBL教学模式的效果。

5 总结

为了提高数据结构课程的教学效果,基于工程教育认证理念,提出了基于PBL的教学改革思路。以学生为中心,以学生最终取得的学习成果为出发点,通过引入案例,在分析案例的过程中提出问题,让学生参与到教学过程中,从而在获取知识的同时,掌握分析问题、解决问题的过程,激发学生学习热情,增强创新意识和自主学习能力。将问题引导贯穿始终,实现知识点的前后贯通和实际问题的结合,让学生更好的把握理论知识在实际问题中的应用。同时,本着专业教学与育人同向同行的原则,将思政教育融入专业教学过程中,实现社会主义核心价值观对学生的价值引领。

参考文献:

- [1] 董薇,张淑丽.基于工程教育专业认证的数据结构课程教学改革[J].中国现代教育装备,2020(21):23-25.
- [2] 杨彬,王青正.工程教育专业认证背景下的数据结构教学改革[J].计算机时代,2020(4):61-63.
- [3] 蒋宗礼.新工科建设背景下的计算机类专业改革[J].中国大学教学,2017(8):34-39.
- [4] 张建伟.基于问题式学习[J].教育研究与试验,2000(3):55-60.
- [5] 孙连山,付菊,赵晓,等.产出导向的数据结构课程教学改革与实践[J].计算机教育,2021(1):75-79.
- [6] 杨雷,马安香,张晓红,等.新工科建设的背景下基于PBL的《数据结构》课程教学模式研究[J].高教学刊,2021(8):105-108.
- [7] 郭小波,刘永平.基于PBL教学模式的数据结构课程改革初探[J].电脑知识与技术,2019(11):122-125.

Teaching Reform and Practice Based on PBL under the Background of Engineering Education Certification

——Take the Data Structure Course as an Example

RONG Li-xia, LV Wen-zhi, XU Zhi-min

(School of Computer and Information, Dezhou University, Dezhou Shandong 253023, China)

Abstract: A reform idea of data structure course based on PBL is proposed, according to the concept of output oriented and student-centered in engineering education certification, and in view of the characteristics of data structure course such as strong theory and abstract content. The teaching objectives, teaching modes, and course evaluation system of data structure curriculum are reconstructed, and a specific implementation case based on PBL is provided. Finally, the effectiveness of teaching model based on PBL is verified, through the comparative analysis of the average score and achievement degree before and after the course.

Key words: data structure; engineering education certification; PBL; curriculum ideology and politics