

煤矿企业智能化人才培养策略研究*

张一如,张蕙,刘乘溢,卢亚杰

(西安科技大学 安全科学与工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要:“双碳”战略是推动我国能源产业改革的催化剂。针对智能化人才队伍较难满足煤矿智能化高速发展的问题,以2021—2022年间就职于煤矿企业的近5年高校毕业生问卷数据为研究样本,利用皮尔逊相关性算法对问卷数据进行信度检验和效度检验。在此基础上,运用卡方检验算法分析人才培养的薄弱环节。然后,基于层次聚类算法进一步分析学科教学与企业需求间的矛盾,并融合主成分分析算法和DBSCAN密度聚类算法,探讨煤矿智能化专业人才培养过程中,专业师资力量对其产生的影响。最后,对“双碳”目标约束条件下煤矿智能化专业人才培养建设策略进行了研究,该策略的有效实施,为加快煤矿智能化人才培养提供了新的思路,可助力“双碳”目标的实现。

关键词:煤矿智能化;“双碳”目标;人才队伍建设;主成分分析;密度聚类

中图分类号:TD164+.1;G71 **文献标识码:**A

文章编号:1005-2763(2024)06-0258-11

0 引言

“十四五”规划纲要提出,力争2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和。“双碳”目标的提出,正在带来一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。在这一趋势下,尽管煤炭作为主体能源的地位不会改变,但在一定程度上将倒逼煤炭行业必须加快绿色低碳转型,将智能化技术与煤炭行业融合发展,助推行业转型升级^[1]。现阶段,煤炭行业转型处于关键时期,行业内外重点聚焦“煤矿智能化建设”,从人才培养和技术创新等方向,加快推进智能矿山建设,努力实现“双碳”目标。

依据《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》等文件要求,2025年大型煤矿和灾害严重煤矿要基本实现智能化,2035年各类煤矿基本实现智能化。为此,建设和培养素质优良、结构合理和协同创新的人才队伍是实现煤矿智能化建设的重要保障,也是推动煤炭行业高质量发展、落实能源安全新战略的主

要动力来源^[2-5]。

为深入贯彻落实中央人才工作会议精神^[6],扎实做好“双碳”背景下能源领域人才队伍能力素质的迭代升级,在“十四五”期间需要建设一支素质过硬、本领高强、适应高质量发展的能源人才队伍,从而实现“安全、少人无人、高效”的煤矿生产,为未来实现“双碳”目标奠定基础^[7]。在此过程中,需要我国高等院校结合社会和企业的实际需求,改变传统办学思维,调整人才培养标准,优化现有教学模式,深化人才培养机制,充分发挥人才在企业发展过程中的知识价值,提升企业创新能力。然而,目前高校的人才培养模式相对单一,培养形式较为陈旧,较难完全满足煤矿智能化的发展要求,由此造成煤矿企业内部人才匮乏,亟需研究“双碳”背景下煤矿智能化专业人才培养的建设策略,从而吸纳智能化技术人才,以便适应煤矿转型发展的需要,最终形成“建好一批智能化煤矿,培养好一批智能化高技能人才,让智能化在煤矿开花结果”的美好愿景。

1 煤矿智能化人才队伍发展现状研究

目前,依托人工智能、大数据、物联网等先进技术和智能装备,煤矿企业正逐步告别传统的“人海战术”发展模式,向减人增效的高质量发展方向快速迈进。据2022年应急管理部公布的统计数据显示,2016年以来,全国煤矿井下作业人数共计减少37万人,其中山东省累计减少岗位人数3.4万人,陕西和内蒙古等地的部分煤矿企业可以实现单班下井80人以内,综采工作面人数可以降到3~5人^[8]。然而,随着煤矿企业作业人数的减少,人才资源的匮乏问题越来越凸显。以华亭煤矿为例,2022年,该矿共有职工2230人,研究生学历9人,本科学历278人,大专学历495人,中专学历492人,高中及以下学历956人,分别占全矿总人数的0.4%、12.5%、22.2%、22.1%和42.8%。其中,具有高级职

* 收稿日期:2023-08-21

作者简介:张一如(2002—),女,河南杞县人,主要从事煤矿智能化建设研究,E-mail:zhyru2002@163.com。

称的人员仅 23 人,中级职称的人员共计 121 人,分别占全矿总人数的 1% 和 5.4%^[9]。由此可见,目前煤矿企业的专业技术人员数量较少,尤其是智能化专业人才数量的匮乏,较难满足煤矿安全生产的需求和高质量发展的需要。通过煤矿企业的调研和分析发现,目前煤炭企业智能化建设中,因存在高校教学内容滞后企业新技术发展、煤矿智能化人才培养周期长、煤矿企业智能化专业人才稀缺等问题^[10],严重制约了智能矿山建设的深入推进。

为解决上述问题,以 2021—2022 年间就职于煤矿企业的近 5 年高校毕业生问卷数据为研究样本,针对上述问题进行深入的数据分析与研究,提出“双碳”目标约束条件下煤矿智能化专业队伍的建设策略。

2 针对煤矿智能化人才培养的数据分析

2.1 研究方法

(1) 文献研究法。搜集和梳理煤矿智能化转型背景下有关人才需求与培养模式的文献资料,并进行分析和研究。在研究过程中,主要通过中国学术期刊网(CNKI)、中国知网等学术文献数据库等提供文献资料的支撑。

(2) 问卷调查法。在理论研究的基础上,设计科学的调查问卷,进而收集大量的相关数据,最后利用统计软件对数据进行系统分析。

(3) 深层访谈法。为保证受访人员足够了解煤矿智能化及人才供给模式或在该领域内具有一定权威,依据预先编制的访谈提纲,分别对相关高校的资深教师以及多家煤矿企业的一线工程师进行访谈。

(4) 描述统计法。通过内部一致性系数进行信度分析,以及利用 KMO 检验与巴特利特球状检验进行效度分析,明确调研问卷所得数据之间的相关性,在此基础上进行后续的数据分析。

(5) DBSCAN 聚类分析。融合 DBSCAN 聚类算法^[11]和调查问卷法,对学生对煤矿智能化的认识程度进行聚类分析,获得调查对象对煤矿智能化的认识程度。

(6) PCA 主成分分析。通过 PCA 主成分分析法^[12-15]对煤矿智能化调研数据进行相关性分析,确定占比较大的相关因子。此外,根据同种方法明确学生综合能力提升涉及的因素。

2.2 数据来源

2.2.1 预调研数据

在将要调研的 108 家煤矿企业中随机选取 4 家

煤矿企业,分别向就职于煤矿企业的近 5 年高校毕业的基层员工发放 36 份问卷,向高层领导岗位人员发放 12 份煤炭企业中高层问卷。初步筛选收集到的 192 份调查问卷,去除掉所有选项均相同和有 70% 选项均为缺失数据的调查问卷,最终获得有效预调查样本 176 份。

基于上述有效的预调查样本数据,首先统计分析了企业高校毕业生受教育程度和智能化设备普及率,结果如图 1 和图 2 所示。

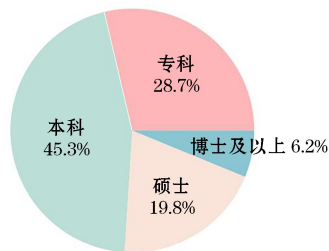


图 1 企业高校毕业生员工教育程度分布
Fig.1 Distribution of education level of college graduates in enterprises

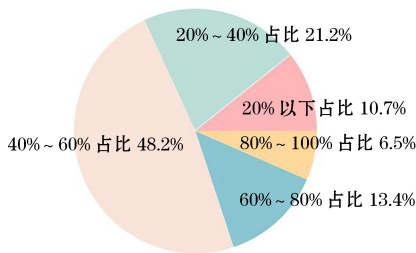


图 2 智能化设备普及率分布
Fig.2 Distribution of the penetration rate of intelligent equipment

在进行图 1 和图 2 等调查数据的相关性分析之前,需要考察问卷的可信度和有效性,即信度检验和效度检验。效度是指测量到的结果反映所想要考察内容的程度,测量结果与要考察的内容越吻合,则效度越高;反之,则效度越低。本文通过 SPSS 软件分别对近 5 年毕业生问卷及煤炭企业中高层问卷中的受调人员信息数据进行可信度分析(选择克隆巴赫 Alpha 模型^[16]),统计分析结果见表 1。

表 1 可靠性统计分析结果

Table 1 Reliability statistical analysis results

问卷类别	克隆巴赫系数	项数
近 5 年毕业生问卷	0.738	17
煤炭企业中高层问卷	0.819	6

当克隆巴赫系数为 0.7~0.9 时,意味着数据内

部一致性较好,因此,可以继续进行分析。再次使用 SPSS 软件对上述调研数据进行了有效性分析(选择 KMO 检验^[17]和巴特利特检验),数据分析结果见表 2。

表 2 近 5 年高校毕业生和企业中高层问卷因子分析
Table 2 Questionnaire factor analysis of college graduates in the past 5 years and senior managements in enterprises

检验方法	因子检验结果	
	高校毕业生问卷	企业中高层问卷
KMO 取样适切性量数	0.749	0.805
巴特利特球形度检验	0.006	0.010

通过近 5 年高校毕业生和企业中高层问卷因子分析可知,KMO 检验值均大于 0.6,巴特利特球形度检验值均小于 0.05。当 KMO 值大于 0.6,且显著性小于 0.05 时,说明该分析数据可以使用探索因子分析(EFA)^[18]方法进行进一步分析,因此,就职于煤矿企业的近 5 年高校毕业生问卷及煤炭企业中高

层问卷调查数据均符合使用探索性因子分析条件,检验通过。

上述的 KMO 检验是对原始变量之间简单相关系数和偏相关系数的相对大小进行检验。如果原始数据中确实存在公共因子,则各变量之间的偏相关系数应该很小,此时 KMO 检验的值会接近于 1。

在此基础上,利用 SPSS 软件对数据进行探索性因子分析,得到表 3 与表 4 的总方差计算结果。其中,成分表示从调查问卷中选择的用于参与数据计算的题项;初始特征值显示主成分即问卷中的题项;提取载荷平方和显示特征值大于 1 的主成分的方差贡献率,表示主成分能够涵盖原变量信息、替代原来的变量的能力;旋转载荷平方和表示旋转以后因子的提取结果。

通过对表 3 和表 4 的分析可知,毕业生问卷的 17 个题项可以化为 5 个维度,选择的企业中高层问卷的 6 个题项可以化为 2 个维度。

表 3 近 5 年高校毕业生问卷总方差

Table 3 The total variance of questionnaire about college graduates in the past 5 years

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累计/%	总计	方差百分比	累计/%	总计	方差百分比	累计/%
1	4.266	25.096	25.096	4.266	25.096	25.096	3.957	23.275	23.275
2	3.616	21.268	46.365	3.616	21.268	46.365	3.660	21.527	44.801
3	2.391	14.067	60.432	2.391	14.067	60.432	2.235	13.150	57.951
4	1.313	7.725	68.157	1.313	7.725	68.157	1.474	8.671	66.622
5	1.135	6.676	74.833	1.135	6.676	74.833	1.396	8.211	74.833
6	0.915	5.382	80.214	—	—	—	—	—	—
7	0.884	5.202	85.416	—	—	—	—	—	—
8	0.671	3.947	89.363	—	—	—	—	—	—
9	0.507	2.983	92.346	—	—	—	—	—	—
10	0.365	2.146	94.492	—	—	—	—	—	—
11	0.302	1.778	96.270	—	—	—	—	—	—
12	0.173	1.015	97.285	—	—	—	—	—	—
13	0.161	0.948	98.232	—	—	—	—	—	—
14	0.103	0.607	98.839	—	—	—	—	—	—
15	0.095	0.561	99.400	—	—	—	—	—	—
16	0.089	0.522	99.922	—	—	—	—	—	—
17	0.013	0.078	100.00	—	—	—	—	—	—

表 4 企业中高层问卷总方差

Table 4 The total variance of questionnaires about senior managements in enterprises

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累计/%	总计	方差百分比	累计/%
1	3.160	52.666	52.666	3.160	52.666	52.666
2	0.970	16.167	68.832	—	—	—
3	0.767	12.791	81.624	—	—	—
4	0.519	8.645	90.269	—	—	—
5	0.357	5.946	96.215	—	—	—
6	0.227	3.785	100.00	—	—	—

此外,企业近 5 年高校毕业生问卷的累计方差贡献率为 74.833%,大于 60%,企业中高层领导问卷的累计方差贡献率为 52.666%,大于 50%,说明该数据维度划分合理,调研数据可以使用。总的来说,通过上述问卷数据分析可知,调研问卷中的数据可以有效提取,效度检验通过。

2.2.2 正式调研数据

在上述预调研工作的基础上,进行正式调研工作。本次调研工作分为两个阶段。第一阶段调研工作于 2021 年 7 月展开,共发放 10 734 份问卷,基于

上述有效样本确定方法,得到正式调查实际有效问卷 9834 份,有效问卷占总问卷数的 91.7%。其中近 5 年高校毕业生有效问卷 7182 份,煤炭企业中高层有效问卷 2652 份。第二阶段调研工作于 2022 年 7 月展开,共发放 10 572 份问卷,得到正式调查实际有效问卷 9759 份,有效问卷占总问卷数的 92.3%。其中,近 5 年高校毕业生有效问卷 7431 份,煤炭企业中高层有效问卷 2328 份。

基于上述两个阶段的调查问卷数据,可以为研究“双碳”背景下煤矿智能化专业人才培养策略提供数据支撑。

2.3 不同视角下的数据分析

2.3.1 人才培养模式角度

选取产教融合评价维度中的题项,对定类问题进行描述性统计分析,了解企业调查对象对产教融合相关问题的选择分布,设置了“非常符合”“符合”“不确定”“不符合”和“极不符合”5 个选项结果。针对上述问卷调查,基于 Q3、Q8 和 Q12 三个题项,对 5 类不同的选项结果进行了数据的统计分析,如图 3 所示。其中,Q3、Q8、Q12 分别表示“您认为近 5 年校招员工对煤矿智能化相关技能的掌握情况如何”“根据企业煤矿智能化发展的需要,您希望与高校建立什么样的关系”“贵公司当前对政府、企业和学校三方共同促进产教融合现状的评价”。

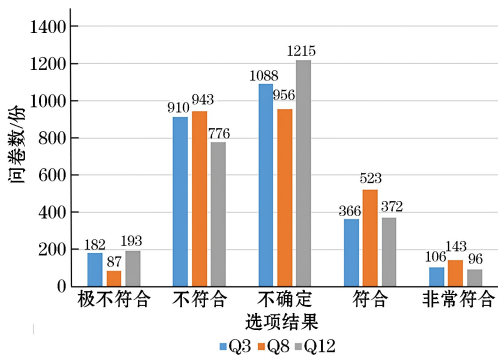


图 3 产教融合相关问题选择情况分布

Fig.3 Distribution of the selection of issues related to the integration of industry and education

通过上述数据分析发现,企业中高层领导对于产教融合现状大多满意度较低,造成此现状的主要原因是校、企、政三方驱动力不足,需要迫切解决的问题是加强对产教融合主体的激励。

为进一步探讨企业对于产教融合现存主要问题的评价与造成此问题主要因素之间的评价,选择“企

业认为产教融合现存问题”与“企业认为近 5 年招收员工专业能力掌握情况”两个直观题项进行分析。由于各题项均为定类问题,因此,选择卡方检验判断差异性最为合适。

通过表 5 的数据分析可知,两个题项之间的皮尔逊卡方检验值为 3.85。由于样本数量较多,因此,选择渐进显著性来检验数据结果是否可靠,表 5 中其显著性为 0.062,小于 0.1,因此,数据间具有一定的相关性。由于卡方值越大,数据间的差异性越大,则偏差越小,因此,可得出结论:产教融合现存主要问题与近 5 年高校毕业生员工专业能力掌握方向单一的因素之间具有一定程度上的相关性。

结合访谈调研发现,大部分高校教师也认为现有人才培养体系及课程设计难以达到煤矿智能化发展的要求,大多数煤矿专业院校培养模式依旧是传统的单一方向,传统院校培养的毕业生虽然具备一定的专业技能,但其在智能设备使用、管理以及相关技术开发与研究等多层面缺少必要的知识储备^[19]与操作能力。

表 5 卡方检验系数

Table 5 Chi-square test coefficient

检验方法	检验值	自由度	渐进显著性 (双侧)	精确显著性 (双侧)	精确显著性 (单侧)
皮尔逊卡方	3.85	1	0.062	—	—
连续性修正	2.79	1	0.080	—	—
费希尔精确检验	—	—	—	0.070	0.050

2.3.2 学科交叉融合角度

根据效度分析中对问卷题项的划分,选取毕业生员工知识能力结构评价维度中的题项进行数据分析。由于该维度具有较多题项,数量较多会导致数据计算复杂、效率低下,因此,首先利用层次聚类分析方法,如图 4 所示,将相关题项聚类成两大类,选取其中代表性题项进行相关度分析。其中 Q1、Q3、Q4、Q5、Q13、Q16、Q17 分别表示“我了解我所学专业本科生人才培养目标”“我认为学校制定的专业人才培养计划与我的期望一致”“我毕业后能直接胜任特定的工作岗位”“学校非常注重学生综合素质的培养”“我觉得自己所学的专业知识和技能能够应用于实习中”“学校安排的实习岗位与所学专业相符合”“学校开展的考核能够体现人才培养的专业性、实践性与应用性”。

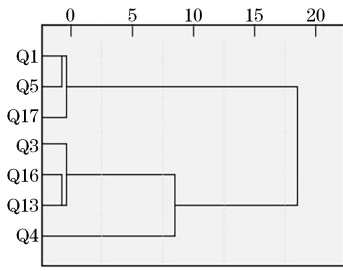


图 4 平均联接(组间)的谱系

Fig.4 Lineage of mean joins (between groups)

由图 4 的题项划分可知,最终聚类的两类维度代表性的题项分别为“毕业生对于院校综合培养的评价”和“毕业生对于院校教授知识适应企业工作程度的评价”。

在此基础上,利用层次聚类方法进一步对调研数据进行相关性分析发现,上述两个题项之间呈现正相关且相关性较强,说明院校综合培养学生能力的情况与学生知识能力结构满足企业工作需求之间存在一定程度上的影响关系。

目前,在智能化开采条件下,煤矿机械化和自动化水平不断提高,煤矿开采技术显著变化,因此,高校的专业课程体系也应该进行针对性的调整或重构。然而,由于校企合作不够深入,煤矿专业院校现行培养模式单一,学科交叉融合程度低,过度依赖理论知识对人才进行培养,忽略技术层面的实践对人才教育的锻造;部分课程教学内容比较陈旧,学生缺乏对新技术、新知识的了解和认知,导致人才培养质量较难满足企业要求。在新的背景条件下,不仅需要增强学生适应新环境的能力,提高学生核心能力素质,加强学生知识储备,构建学生多元化的知识结构,也需要融合煤炭开采等专业知识,具备大数据思维和管理知识,具有学习能力和手脑并用的能力。

2.3.3 课程体系角度

根据效度分析中对问卷题项的划分,选取院校课程培养体系维度中的题项进行数据分析。由于该维度中题项仅有 5 项,并且均为等级变量,因此,直接对 5 个题项进行皮尔逊相关分析最为方便准确,利用皮尔逊相关分析方法,对各题项之间进行相关度显著性的计算,结果见表 6。其中,Q2、Q10、Q11、Q12、Q14 分别表示“我认为学校开设的课程能满足我的职业需求”“我认为学校开设的课程与应用型人才培养目标相符合”“我认为理论课程与实践课程比例安排的很合理”“授课教师的知识体系,不局限于课本”“我能够通过课程的学习获取专业所需要的知识与能力”。

表 6 各题项间相关度显著性

Table 6 Significance of correlation between each item

题项	Sig.(双尾)				
	Q2	Q10	Q11	Q12	Q14
Q2	1	0.041	0.018	0.000	0.026
Q10	0.041	1	0.457	0.046	0.022
Q11	0.018	0.457	1	0.014	0.039
Q12	0.000	0.046	0.014	1	0.752
Q14	0.026	0.022	0.039	0.752	1

由于 Q10 与 Q11、Q12 与 Q14 两两之间显著性均大于 0.05,说明其相关程度较高,故为方便计算,根据显著性合并去除 Q10 与 Q12,仅对 Q2、Q11 与 Q14 三个题项进行统计分析,如图 5 所示。由图 5 可知,调查问卷结果中“不确定”的显著性最强,其次是“不符合”,“非常符合”、“非常不符合”的显著性最弱,说明企业近 5 年招收高校毕业生对于院校课程培养体系与人才培养目标适应度的评价主要集中在不确定与不符合选项。

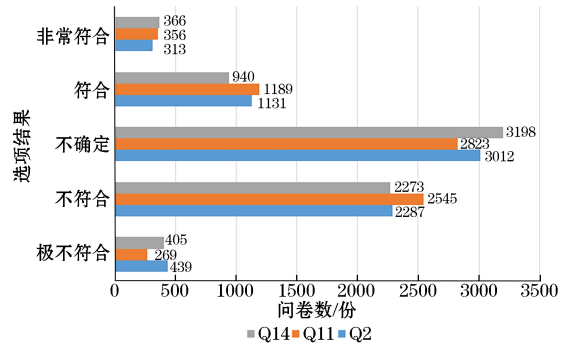


图 5 Q2、Q11 和 Q14 选项之间选择情况的对比

Fig.5 Comparison of selections among Q2, Q11 and Q14 options

对于煤矿企业的大部分员工来说,学校教授传授的知识较为单一且传统老旧,导致员工在院校所学知识无法与企业工作良好衔接。总的来说,现阶段传统专业课程体系已无法适应煤矿智能化条件下煤炭企业对人才的需求目标。

在此基础上,结合煤矿院校毕业的员工描述分析可知,院校仅将一些普通的技术理论传授给学生,并未针对学生的就业工作能力做出更多的努力与培养。加之教材内容比较陈旧,更新速度较慢,已经跟不上智能化时代随时变换的人才培养需求。目前,课程体系不够完备,课程之间关联性不强,课程层次性不够清晰,课程仍需进一步完善和优化。

2.3.4 专业师资队伍角度

针对专业师资队伍不强、难以平衡理论和技

的问题,分别选取师资力量评价体系维度中的题项进行数据分析。由于该维度包括 8 个题项,因此利用主成分分析方法进行因子分析,用于获得最重要的因子题项。具体数据见表 7。

其中,因子载荷表示每个变量即题项和公共因子的相关系数,反映变量对公共因子的重要性;共同度表示数据所包含的信息能被公共因子解释的程

表 7 因子分析

Table 7 Factor analysis results

变量	旋转因子载荷估计				旋转后得分函数				共同度
	\bar{F}_1	\bar{F}_2	\bar{F}_3	\bar{F}_4	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	
1	0.9642	0.1354	0.211	0.156	0.8561	0.0129	-0.611	0.0583	0.9925
2	0.3858	0.0643	0.9117	0.5981	-0.463	0.0971	0.9792	-0.815	0.9843
3	0.2303	-0.817	0.3858	-0.286	-0.071	-0.262	0.259	0.1861	0.8692
4	0.8102	0.0024	0.5737	-0.421	0.3406	0.0137	0.0602	-0.441	0.9856
5	0.1466	0.9785	0.0673	-0.512	0.0386	0.3454	0.0615	0.151	0.9836
6	0.1283	0.91	0.177	-0.246	-0.88	0.3552	0.2405	0.3324	0.9888
7	-0.554	0.5444	-0.481	0.017	-0.179	0.1748	-0.114	-0.289	0.8341
可解释方差	0.3046	0.4121	0.2316	0.2594	—	—	—	—	—

由于上述这 4 个题项均为等级评价问题,为进一步探寻 4 个题项主要反应的现状与问题,根据上述主成分分析得出的结果,利用 DBSCAN 聚类方法继续进行分析,模型参数为 $\text{eps}=0.3, \text{min samples}=10$,聚类如图 6 所示。

由图 6 可知,黄色代表“不确定”问卷调查结果,红色代表“不符合”问卷调查结果,黑色代表“符合”问卷调查结果(颜色标记见电子版),毕业生员工对于这 4 个题项的评价程度主要集中在“不确定”和“不符合”两大类中,说明学生对于院校师资力量的评价普遍偏低。

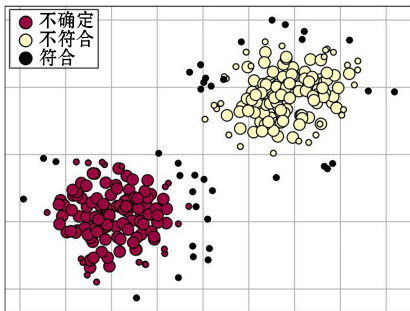


图 6 DBSCAN 聚类可视化

Fig.6 Visualization of DBSCAN clustering

2.3.5 企业员工角度

结合企业员工与企业工程师访谈发现,随着煤矿智能化的高速发展,很大一部分老员工因为教育水平较低、常年使用传统型采煤设备、年龄接近退休

度;可解释方差表示题项之间的关联程度。由表 7 的数据分析可知,所有因子可主要解释为能够分别得到 4 个因子 x_1 、 x_3 、 x_5 和 x_6 ,即“院校老师专业知识能力程度”“对院校师资力量满意度”“授课老师知识体系课外延伸程度”及“对院校考核体系的评价”等,各题项的共同度较高,可解释方差较小,说明这 4 个题项相关性密切,可聚为一类。

年龄、学习能力较差,已经不能适应现如今的智能化建设的发展需要,而目前大多数煤矿企业中这类老员工数量占比较高,导致煤矿企业智能化人员整体技术水平偏低。

现在的年轻人虽然接受了良好的高等教育,但是对煤矿存在固有偏见,认为井下作业环境危险系数较高,导致企业不易招到优秀的年轻员工,致使煤矿行业人才黄绿不接,加剧了煤矿智能化背景下人才断层的问题。

3 煤矿智能化专业人才培养队伍的建设策略

3.1 创建产业和教育与人才“三链”融合的人才培养新模式

通过“产业链牵引”促进高校和煤矿企业深度合作,将高校人才培养方案与企业用人、用工标准有机融合。通过“人才链互通”需求,倒逼解决“高理论能力—高工作效力”人才培养路径问题。通过“教育链互通”构建教育共同体系,解决学校教育需求脱节问题,从而实现“三链”融合的人才培养新模式,如图 7 所示。基于该人才培养模式,可以依据产业链中企业的用人需求,加强学生的实践、实训能力。此外,企业通过制定用工薪酬激励政策,设立智能装备工程师、智能装备运维技师等专业型、技能型人才晋升通道^[20],促进人才储备和技术革新,为建设高水平的智能化人才队伍提供必要条件。

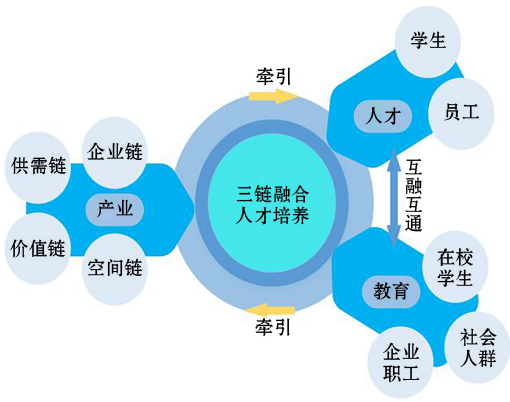


图7 “三链”融合人才培养模式

Fig.7 Talent cultivation model of “three-Chain” integration

3.2 构建良性互动和协同创新的产学研用多主体培养机制

高校内部需要从顶层设计入手,优化学科交叉模式,深化人才培养供给侧结构性改革,通过关、停、并、转等形式,进行专业优化与调整,开拓与“煤矿智能化”有关的学科方向。高校还应与国外能源、机械、安全等前沿高校建立合作关系,基于联合培养、学分互认、短期交换等具体措施,建立国际合作学科交叉融合机制。高校外部需通过“校企联合”和“教研融合”等模式整合学校、企业和社会的多种资源来共同支撑学科交叉融合发展^[21-22]。具体的产学研用多元培养机制模式如图8所示。

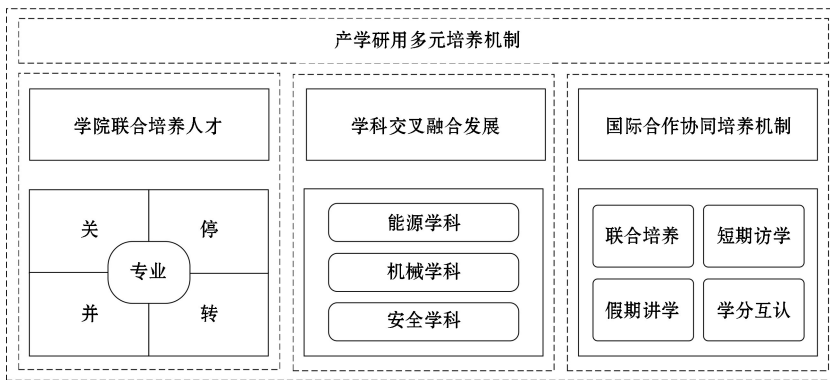


图8 产学研用多元培养机制模式

Fig.8 Multi-stakeholder cultivation mechanism model for industry-university-research-application collaboration

(1) 挖掘学科“交叉点”。煤矿智能化相关专业建设的关键是学科交叉发展融合。在人才培养中须进一步加强学科的深度交叉融合^[23],如设置智能采矿交叉微专业、跨学科学部,培养具有煤矿智能化技术背景的专业型人才和应用型人才。

(2) 找准智能“结合点”。通过构建智能化煤矿基本构成理论模型,形成智能开采基础理论体系。将该理论与煤矿智能化系统耦合理论、基于 ABCD (人工智能(Artificial intelligence)、区块链(Block chain)、云计算(Cloud computing)、大数据(Big data))的智能化煤矿系统耦合技术^[24]相结合,从而挖掘智能技术与煤矿开采理论之间的结合点。

(3) 探寻多方“发力点”。通过校企联合创建的实验室平台和校外的工程实践,不仅能让学生深入掌握采矿学科基础理论知识,而且能形成“螺旋式上升”的实践机制^[25],有助于从多方面解决目前高校学科理论与企业实践脱节的问题。

3.3 搭建以“国家一流本科课程”为核心的三层次五维度课程体系

三层次五维度课程体系遵从人才成长认知规

律,融入煤矿智能化发展特色,将“知识—能力—素质”扩展为易于操作的“思政教育、行业教育、专业教育、科研训练、社会实践”五维度,提出“基础课程—提升课程—融合课程”的渐进式课程层次。将煤矿智能化专业的“学科理论基础、学科专业知识、科学素养、职业道德”贯穿于人才培养全过程,以实现思想政治素质、专业素质及解决复杂工程问题能力的全面培养。具体的课程架构及其逻辑关系如图9所示,对应“以国家一流本科课程”为核心的三层次五维度课程体系。

(1) 夯实“三层次”,搭建课程“主骨架”。“三层次课程体系”即基础课程、提升课程、融合课程的渐进式课程层次。融合课程旨在融入智能化元素,结合煤矿企业创新案例,实现“智能化教育—专业学习”相互融合,内含电液传动控制等课程。

(2) 融通“五维度”,疏通课程“主动脉”。“五维度课程体系”即思政教育、行业教育、专业教育、科研训练、社会实践的多维课程体系。围绕“立德树人”根本目标,通过德育、思政及专业课程实践环节,引

导学生在实现煤矿智能化的过程中积蓄青春能量,践行并传递绿色高效的“双碳”发展理念。

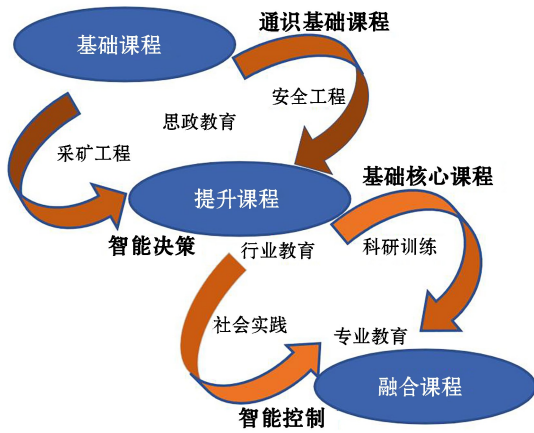


图9 三层次五维度课程体系

Fig.9 Curriculum system of three-level and five-dimension

3.4 构建“企业导师+专业教师+学生+项目”三环一点的实践模式

首先是提升专业教师师资水平,高校可通过举办各种类型的高级研讨班、进修班等形式,开展以知识普及、业务传授等为主要内容的培训活动,培养煤矿智能化领域的基础性师资人才。其次是加强企业人才引进和交流,高校可在煤矿企业内选拔出一批煤矿智能化实践专家,从而有针对性地寻求合作,聘请其为企业导师,建立“煤矿智能化”科学家工作室,推进师资队伍高端化。最后是以企业导师和专业教师指导为基础、以学生为中心、以项目产出为导向,引导学生在专业学习过程中结合煤矿智能化发展、发挥“智力”优势,产出可为煤矿智能化建设助力的科研成果及项目,引导学生在项目实践中深化知识体系,完善培养目标。具体的三环一点实践模式如图10所示。

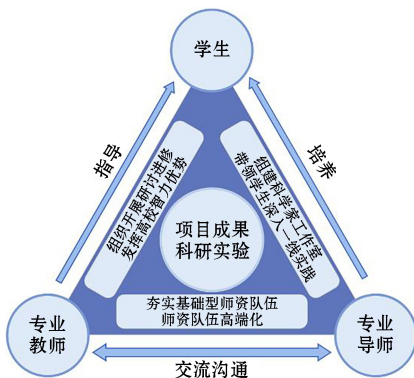


图10 三环一点实践模式

Fig.10 Practice model of three rings and one point

(1) 夯实基础师资、专业教师队伍的教学基本

功,打造“强引擎”。首先,通过专业教师的研讨课学习和企业实践基地的锻炼,提升自身的专业素养。其次,通过示范引领、以点带面,夯实教师队伍的教学基本功^[25]。最后,通过加强专业教师的监管力度,完善教师工程教学的考核评估,以便解决培训研讨流于形式的问题。

(2) 打造高端师资,企业导师当好“助推器”。高校应吸纳跨学科教师、跨行业专家、企业导师共同参与煤矿智能化人才培养方案的制定,承担具体教学任务^[25]。通过充分发挥内聘企业导师的作用,弥补专业教师实践能力较弱的问题,将专业领域的新技术和趋势引入课程教学过程中,提高理论教学与实践教学的结合能力,激发学生自主解决复杂工程问题的潜力。

(3) 发挥智力优势,项目成果充当“加压泵”。在智能化人才培养过程中,应引入协同创新模式^[25]。该模式以校内协同循环为主体,以企业外协同为辅助,推动高校联合研发项目的成果转化,突破煤矿智能化建设存在的技术、模式瓶颈,支撑煤炭工业高质量发展。以煤矿企业项目和科技竞赛为主线、教师为主导、学生为主体,将教学内容融入煤矿企业设备研发中,通过实际的案例教学等方式,实现教学与产业需求接轨、高校学生培养和企业装备创新双赢。

3.5 基于培训项目精化与提炼建设煤矿智能化人才培养案例库

基于目前煤矿智能化在企业的普及和应用程度,煤矿企业应结合自身智能化发展特点,开展形式多样的培养工作。针对工作能力和理论水平都较低的员工开展煤矿智能化前沿讲座,普及智能化基础理论;针对工作能力较高但理论水平较低的员工建立长期培训班,邀请专家老师开展各类培训。针对理论水平较高但工作能力较低的员工创建“名师带徒”培养机制,邀请企业内有经验的师傅带领员工,增长实践能力。按照煤矿智能化发展特点划分企业类型,将不同类型员工接受培训的类型归类汇总,总结煤矿企业建设人才梯队的经验,构建煤矿智能化人才建设案例库以供煤矿智能化发展进程较慢的企业参考学习。具体的煤矿智能化人才培养案例库结构如图11所示。

(1) 分析企业人才梯队建设,找准培训“突破口”。高校针对煤矿企业开设培训体系时,应先对企业员工依据“理论能力”和“工作能力”两个维度进行分类,分析煤矿企业现有各层次员工的比例,依据比例开展针对性的培训。若企业员工普遍理论能力

高、工作能力低,则开展技能类、案例类培训。若企业员工普遍理论能力低、工作能力高,则开展成果转化、项目研讨类培训,从而加快煤矿企业人才梯队向更高、更强方向发展。

(2) 结合煤矿智能化企业分类,提供培训“金钥匙”。煤矿企业通常依矿而建,所处地理环境不同、煤矿智能化水平参差不齐。因此,部分地质条件欠佳的煤矿应着重对员工进行安全性培训;地质条件较好、智能化程度较高的煤矿应着重开展智能化前

沿培训讲座。当高校为 30%以上煤矿企业开展过培训后,可建设煤矿智能化人才培养案例库,有培训意愿的企业可以在案例库中匹配与企业适配度较高的培训类型,主动联系高校进行“订单式培训”。

(3) 汇总企业人才队伍建设方案,填充典型“案例池”。部分煤矿企业通过专业创新团队建设,形成以院士为引领,多学科交叉融合的专业人才创新团队为依托的创新团队群体,可以为其他煤矿企业的人才队伍建设提供专业性的指导意见和方案。

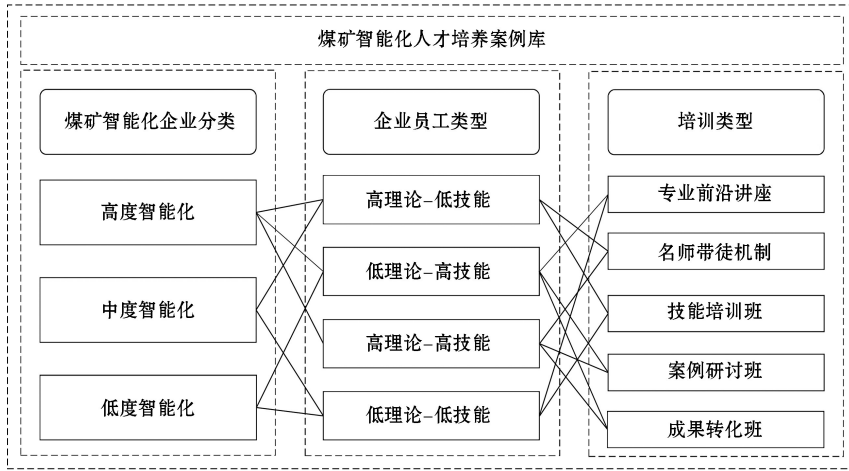


图 11 煤矿智能化人才培养案例库结构

Fig.11 Structure of case database for talent cultivation in intelligent coal mining

4 结论

以 2021—2022 年间就职于煤矿企业的近 5 年高校毕业生问卷数据为研究样本,利用皮尔逊相关性算法对问卷数据进行信度检验和效度检验。在此基础上,基于卡方检验算法分析人才培养薄弱环节。之后,基于层次聚类算法进一步分析学科教学与企业需求间的矛盾问题,并融合主成分分析算法和 DBSCAN 密度聚类算法分析专业师资力量对煤矿智能化专业队伍建设的影 响。最后,针对智能化人才培养现状,研究了“双碳”目标约束条件下煤矿智能化专业队伍的建设策略。该策略的有效实施,为加快煤矿智能化人才培养提供了新的思路,可以助力“双碳”目标的实现。

未来,笔者会将所提策略应用于国内各类煤矿企业,并在企业反馈下完成对高校和企业人才问题的系统研究,以便帮助煤矿企业快速完成智能化人才队伍建设,最终为煤炭行业培育一批优质科学家,打造一批卓越工程师,淬炼一批精英工匠,从而推动企业形成数量充足、梯次配备结构合理、素质优良的

一流煤矿智能化人才队伍。

参考文献 (References):

[1] 王艳红,曹文涛,王月芳.智能化背景下民营煤炭企业人力资源管理分析[J].智能城市,2022,8(3):60-62.
WANG Yanhong, CAO Wentao, WANG Yuefang. Analysis on human resource management of private coal enterprises under the background of intelligence[J]. Intelligent City, 2022,8(3):60-62.

[2] 朱妍.中煤协发布《煤炭工业“十四五”人才队伍建设指导意见》:将智能化开采纳入教学新内容[N].中国能源报,2021-07-07.
ZHU Yan. China National Coal Association issued the Guiding Opinions on the Construction of Talent Teams in the 14th Five Year Plan for the Coal Industry: including intelligent mining into the new teaching content[N]. China Energy News,2021-07-07.

[3] 刘珊珊.“双碳”形势下,煤矿智能化人才队伍建设[J].内蒙古煤炭经济,2021(19):54-55.
LIU Shanshan. Under the situation of “carbon peaking and carbon neutrality goals”, the coal mine intelligent talent team construction[J]. Inner Mongolia Coal Economy, 2021 (19):54-55.

[4] 闫晰.新常态下煤矿专业技术人才队伍建设研究与探索[J].中国煤炭工业,2015(4):80-81.

- YAN Xi. Research and exploration on the construction of professional and technical personnel in coal mines under the new normal[J]. China Coal Industry,2015(4):80-81.
- [5] 丁隆端.煤矿企业技能型人才队伍建设的实践与思考[J].中国煤炭工业,2012(9):58-60.
- DING Longduan. Practice and thinking on the construction of skilled talents in coal mining enterprises[J]. China Coal Industry,2012(9):58-60.
- [6] 杨庚宇.依托现代大学,建设高水平的培训基地[C]//中国职业安全协会 2007 年学术论文集.北京:中国职业安全协会,2007:251-252.
- YANG Gengyu. Relying on modern universities, to build a high-level training base[C]//Collected Papers of the 2007 Academic Conference of the China Occupational Safety Association. Beijing:China Occupational Safety Association, 2007:251-252.
- [7] 陈一兵.矿用智能润滑系统的统一标准探析[J].中国设备工程,2022(3):18-20.
- CHEN Yibing. Unified standard analysis of intelligent lubrication system for mining use [J]. China Plant Engineering,2022(3):18-20.
- [8] 朱妍.煤矿“新人”告急:煤炭行业正在由劳动密集型人才技术密集型转变,缺的是新型智能化人才[N].中国能源报,2022-04-01.
- ZHU Yan. Coal mine “new” emergency: coal industry is from labor intensive talent technology intensive transformation, is the lack of new intelligent talent [N]. China Energy News,2022-04-01.
- [9] 马佳.煤矿人才队伍建设的现状与对策[J].大陆桥视野,2022(8):94-96.
- MA Jia. The present situation and countermeasures of coal mine talent team construction[J].New Silk Road,2022(8):94-96.
- [10] 武鹏.煤炭企业职工素质提升工作研究[J].财讯,2021(10):55-56.
- WU Peng. Research on improving the quality improvement of employees in coal enterprises[J]. Financial News, 2021(10):55-56.
- [11] 朱苗,熊晶晶.一种网络 APT 识别方法和系统:202211076919.X[P].2023-09-05.
- ZHU Miao, XIONG Jingjing. A method and system for the identification of a network APT: 202211076919. X [P]. 2023-09-05.
- [12] 吴翔华,冯洁玉,丁明慧.基于 PCA-DEA 的人才安居政策绩效评价:以南京市为例[J].建筑经济,2022(增刊 1):1084-1088.
- WU Xianghua, FENG Jieyu, DING Minghui. Research on the performance evaluation of talent housing policy on PCA-DEA model: a case study of Nanjing [J]. Construction Economy,2022(S1):1084-1088.
- [13] 王玲.基于 PCA-DEA 组合模型的我国普通高校资源利用效率研究[J].西部素质教育,2022,8(8):11-14.
- WANG Ling. Research on resource utilization efficiency based on PCA-DEA combination model[J]. Western China Quality Education, 2022,8(8):11-14.
- [14] 何佩龙,杨庆.基于模糊综合评判:PCA 的沈阳市人才生态环境评价研究[J].黑龙江生态工程职业学院学报,2021(3):53-56.
- HE Peilong, YANG Qing. Study on the evaluation of human resource ecological environment in Shenyang based on fuzzy comprehensive evaluation-PCA [J]. Journal of Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering, 2021(3):53-56.
- [15] 张鲲鹏.基于 PCA 分析法的深圳市科技人才竞争力评价研究[J].经济研究导刊,2019(8):84-90.
- ZHANG Kun. Study on the evaluation of the competitiveness of the science and technology talents in Shenzhen city based on the PCA analysis method [J]. Economic Research Guide,2019(8):84-90.
- [16] 毕德全,王飞.基于克隆巴赫系数的大学生创业能力影响因素分析[J].安徽农业科学,2013,41(29):11928-11932.
- BI Dequan, WANG Fei. Influencing factors analysis of college students' entrepreneurial ability based on Cronbach's Coefficient [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013,41(29):11928-11932.
- [17] 解坤,张俊芳.基于 KMO-Bartlett 典型风速选取的 PCA-WNN 短期风速预测[J].发电设备,2017,31(2):86-91.
- XIE Kun, ZHANG Junfang. Short-term wind speed forecasting using PCA-WNN based on KMO-Bartlett typical wind speed selection [J]. Power Equipment, 2017,31(2):86-91.
- [18] 祝青芳,华剑.高职学生数学能力的测评因子分析及针对性的教学方法探索[J].考试周刊,2017(35):35-36.
- ZHU Qingfang, HUA Jian. Evaluation factor analysis of vocational students' mathematical ability in higher vocational colleges and exploration of targeted teaching methods [J]. Examination Weekly,2017(35):35-36.
- [19] 苏康友,柳贵东,杨建平.基于人工智能产业应用型人才培养体系的探究[J].教育教学论坛,2022(52):37-40.
- SU Kangyou, LIU Guidong, YANG Jianping. Research on training system of applied talents based on AI industry [J]. Education and Teaching Forum,2022(52):37-40.
- [20] 刘军,贾宏福,杨通,等.智能化开采条件下的煤矿安全专业人才培养模式[J].中国集体经济,2019(16):113-114.
- LIU Jun, JIA Hongfu, YANG Tong, et al. Training mode of coal mine safety professionals under the condition of intelligent mining [J]. China Collective Economy, 2019(16):113-114.
- [21] 周继国,焦健,孙晓慧,等.绿色智能矿山背景下煤矿开采技术专业人才培养研究[J].职业教育研究,2022(4):47-52.

- ZHOU Jiguo, JIAO Jian, SUN Xiaohui, et al. Research on the cultivation of professional talents in Coal Mining technology under the background of green intelligent mine [J]. Vocational Education Research, 2022(4):47-52.
- [22] 边岗亮.煤炭行业智能化转型对劳动力结构的影响及对策研究[J].煤炭工程, 2021, 53(9):182-186.
- BIAN Gangliang. Influence of intelligent transformation of coal industry on labor structure and the countermeasures[J]. Coal Engineering, 2021, 53(9):182-186.
- [23] 成科扬, 孟春运, 詹永照.“人工智能+”人才培养新模式探索[J].计算机教育, 2019(12):68-71+75.
- CHENG Keyang, MENG Chunyun, ZHAN Yongzhao. Exploration of a new model of “AI+” talent training[J]. Computer Education, 2019(12):68-71+75.
- [24] 王国法, 任怀伟, 赵国瑞, 等.智能化煤矿数据模型及复杂巨系统耦合技术体系[J].煤炭学报, 2022, 47(1):61-74.
- WANG Guofa, REN Huaiwei, ZHAO Guorui, et al. Digital model and giant system coupling technology system of smart coal mine[J]. Journal of China Coal Society, 2022, 47(1):61-74.
- [25] 封志明, 郑亮, 费凌, 等.新工科背景下地方高校智能制造人才培养改革探索[J].实验技术与管理, 2021, 38(7):23-29+35.
- FENG Zhiming, ZHENG Liang, FEI Ling, et al. Exploration of the reform of intelligent manufacturing talent training in local universities under the background of new engineering[J]. Experimental Technology and Management, 2021, 38(7):23-29+35.

Study on Intelligent Talent Training Strategies for Coal Mining Enterprises

ZHANG Yiru, ZHANG Hui, LIU Chengyi, LU Yajie

(College of Safety Science and Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: The double-carbon strategy is a catalyst to promote the reform of China's energy industry. However, the lack of intelligent talent teams leads to the difficulty in meeting the needs of the rapid development of coal mine intelligent. To address this issue, the questionnaire data of college graduates in the past five years who worked in coal mine enterprises from 2021 to 2022 was taken as the research samples, and the Pearson correlation algorithm was used to test the reliability and validity. On this basis, the chi-square test algorithm was used to analyze the weak links of talent training. Then, based on the hierarchical clustering algorithm, the contradiction between subject teaching and enterprise demand was further analyzed, and the principal component analysis algorithm and DBSCAN density clustering algorithm were integrated to explore the influence of professional teachers on the construction of intelligent professional talent teams in coal mines. Finally, the construction strategy of intelligent professional talent teams in coal mines under the constraint condition of double-carbon targets was studied. The effective implementation of this strategy can provide a new idea for accelerating the cultivation of intelligent talents in coal mines and is conducive to achieve the of double-carbon goals.

Key words: Intelligent coal mine, Double-carbon targets constraint, Construction of professional talent team, Principal component analysis, Density clustering