

附件 4

河南省高等职业教育教学成果奖 附件材料

成果名称 技术链赋能 生态化重塑——高职装备制造专业群产教综合体育人创新实践

第一完成单位 郑州电力职业技术学院

主要完成人 董学武、李杰虎、赵永刚、刘光定、王云亮、刘超、侯瑞楠、薛慧、闫俊英、张义俊、李延民、莫延亮、丁英晖、潘爱民

推荐序号 无

附件目录：

- 一、《教学成果总结报告》（附查新查重证明）。
- 二、国家级和省级教学项目。
- 三、国家级和省级科研项目。
- 四、教学成果校外推广应用及效果证明材料。
- 五、教育教学类论文、论著。
- 六、省级及以上新闻媒体报道。
- 七、成果及主要成员获得奖励及荣誉。
- 八、教材成果。

目 录

五、教育教学类论文、论著	1
1.等温锻造工艺对机械筋板用 AZ80 合金性能的影响	1
2.注塑成型制品翘曲变形优化建模分析	8
3.基于 PCA 和 GA—SVM 联合模型的数控转台升降系统故障诊断	15
4.矩形栅格结构航空齿轮润滑性能及机制研究	23
5.产教融合视域下民办高职院校服务社会路径研究	41
6.校企合作形式下高职人才培养质量保障体系建设探析	48
7.高职院校创新创业型人才培养模式探索与实践	52
8.高职院校工业机器人专业多功能工业机器人工作站的教学实践	57
9.智能制造背景下数控机床故障诊断与维修课程教学改革	64
10.基于“教、学、做、用、创”人才培养模式的机械类专业教学改革实践	71
11.河南“三区一群”建设背景下高职院校创新创业型人才培养模式研究	77
12.基于“课岗契合、课证融通、以赛促学”的机电一体化专业教学改革研 究与实践	82
13.基于粒子群优化算法的串并混联坐标测量机标定技术研究	90
14.碳中和视域下新型电力装备人才培养教学改革探究	98
15.基于粒子群算法在串并混联机构多参数优化中的 MATLAB 实现及改进策 略	105
16.高职教育构建“教学做用创”五位一体人才培养新模式的研究与实践	114

五、教育教学类论文、论著

1. 等温锻造工艺对机械筋板用 AZ80 合金性能的影响



C 目次 CONTENTS

热加工工艺

综述

- X 射线焊缝图像缺陷检测算法综述 王思宇, 高炜欣, 张翔松 (1)

试验与研究

- Al-Si 合金的晶粒细化与凝固行为研究 姚丽娟, 朱满, 坚增运, 等 (9)
- 微量 Sr 干预下 Ce 含量对 ZL101 合金组织及性能的影响 刘蒙恩, 李梅, 彭银利 (12)
- 激光功率对 TC4 钛合金薄板对接焊缝形貌的影响 姜毅, 张颖云, 朱胜利, 等 (16)
- Ti₂AlNb/Ti6Al4V 异种钛合金脉冲激光焊接接头微观组织与性能的研究
..... 余浩魁, 高晓龙, 李思阳, 等 (19)
- 一种先进高强钢搭接焊缝加热对接头性能的影响 詹三林, 赵海强, 桂国 (25)
- Ti 和脉冲磁场对 Al-4.5Cu 合金凝固组织的影响 黄政, 陈乐凯, 朱益文, 等 (28)

铸造技术

- 电动汽车自动分电器筒体压铸工艺分析与优化 管桐, 李勇强 (32)
- 熔模铸造成型的钛合金连接件的微观组织和拉伸性能 宗学文, 刘文杰, 杨学东 (36)
- Q345A-V 含钒建筑耐候钢的铸造工艺优化 陈剑波, 陈丽华 (39)
- ZM4 镁合金复杂薄壁壳体铸件低压铸造工艺研究 刘峰, 张俊奇, 寿麟, 等 (43)
- 基于 PID 参数模糊自整定的压铸镁合金性能研究 黄鑫, 严英 (48)
- 汽车外壳零件用新型镁合金的压铸工艺优化 黄政杰, 郭春洁 (51)
- 压铸工艺对新型镁合金汽车铸件性能的影响 梁银凤, 杨荣敏 (54)
- 床身的铸造工艺设计及数值模拟 王华, 刘艺 (58)

锻压技术

- 贝氏体塑料模具钢 SDP1 热压缩流动应力及晶粒度的研究 张铮, 李娜 (64)
- 基于有限元软件的锻造工艺参数对牵引拉杆成形的影响分析
..... 孙世仁, 陈文琳, 周永锋, 等 (68)
- 多向锻造和时效处理对 2014 铝合金滑动磨损性能的影响 周裕杰, 王春伟, 严伟林 (73)

期刊基本参数: CN61-1133/TG * 1972 * s * A4 * 160 * zh * P * 20.00 * 38 * 2020-08

基于多目标优化的镁合金机械外壳挤压工艺研究.....	李秋琴 (76)
汽车空调支架用镁合金的挤压工艺优化	周艳微, 丁代存 (80)
挤压温度对 AZ80 镁合金组织与力学性能的影响	李双成 (83)
锻造温度对机械轴承套圈用新型不锈钢性能的影响	叶婷, 周立华 (86)
基于模糊 PID 控制的新型镁合金挤压组织及力学性能	陈杰, 陈文奎 (90)
基于上模芯优化的汽车轮毂热锻模具改进	韩风, 胡强 (93)
等温锻造对机械筋板用 AZ80 合金性能的影响	潘爱民, 祁建中 (96)

焊接技术

含工艺缺陷 PE 管道热熔焊接接头力学性能测试分析.....	宋晓娟, 彭星煜, 喻建胜, 等 (100)
高压线夹管杆接头焊接残余应力分析	李巧全, 巫世晶, 王晓笋, 等 (104)
5083 铝合金 CMT 焊接焊缝质量研究	曹永青, 宋联美, 张锦丽, 等 (110)
基于 RSM 的 GH3128 镍基合金 MIG 堆焊工艺参数优化	刘拥军, 郭占英, 方海鹏 (114)
纯 Ti 等离子弧焊接头性能与组织研究	张太付, 张二在, 史牧云 (119)
双层平板对接焊缝残余应力研究	徐忠根, 周游, 邓长根 (122)
基于响应面法的搅拌摩擦点焊工艺参数优化及预测	张起雨, 杨峰 (129)
基于 Hilditch 算法的焊缝结构光中心线断点修补	尤帅, 张华, 周依霖, 等 (134)
焊接产生的残余应力及初弯曲对输电塔承载力的影响研究	刘春城, 陈霖 (139)
利用 3D 模型对 CT 试样中不同焊点位置电场变化的分析	张克乾, 胡石林, 唐占梅, 等 (146)
焊接速度对铝/钢激光搭接焊接接头质量的影响	罗兵兵, 张华, 雷敏, 等 (151)
蒸汽发生器封口焊缺陷回火焊道修复研究	刘鸣宇, 沈天阔, 金亮, 等 (155)

失效分析

轴承钢铸坯表面横向裂纹演变的研究.....	王伟, 董庆, 李龙, 等 (160)
-----------------------	---------------------

读者若发现本刊有印刷、装订质量问题, 请寄回编辑部调换。

等温锻造对机械筋板用 AZ80 合金性能的影响

潘爱民¹, 祁建中²

(1. 郑州电力职业技术学院 机电工程系, 河南 郑州 451450; 2. 郑州大学 机械工程学院, 河南 郑州 451450)

摘要:采用不同的变形温度和变形速率进行了机械筋板用 AZ80 合金等温锻造, 并进行了显微组织和力学性能的测试与分析。结果表明: 随锻造温度从 330℃ 增大到 430℃, 变形速率从 1 mm/s 增大到 5 mm/s, 合金的组织均先细化后粗化, 强度均先提高后下降。合适的锻造温度(380℃)和变形速率(3 mm/s)有利于提高合金的力学性能。当锻造温度 380℃ 时, 合金的抗拉强度和屈服强度均最大, 与 330℃ 锻造相比分别增大 24、36 MPa, 较 430℃ 锻造时分别增大 18、25 MPa。当变形速率 3 mm/s 时, 合金的抗拉强度和屈服强度均最大, 与 1 mm/s 变形速率锻造相比分别增大 33、42 MPa, 与 5 mm/s 变形速率锻造相比分别增大 15、21 MPa。

关键词:等温锻造; 机械筋板; 镁合金; 锻造温度; 变形速率; 力学性能

DOI: 10.14158/j.cnki.1001-3814.20183167

中图分类号: TG316; TG146.22

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2020)15-0096-04

Effect of Isothermal Forging on Properties of AZ80 Alloy for Mechanical Rib Plate

PAN Aimin¹, QI Jianzhong²

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Zhengzhou Electric Power Technology College, Zhengzhou 451450, China; 2. School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 451450, China)

Abstract: Isothermal forging of AZ80 alloy mechanical rib plates was carried out at different deformation temperatures and deformation rates. The microstructure and mechanical properties were tested and analyzed. The results show that with the increase of forging temperature from 330 °C to 430 °C and deformation rate from 1mm/s to 5mm/s, the microstructure of the alloy is refined first and then coarsened, and the strength increases first and then decreases. Suitable forging temperature (380 °C) and deformation rate (3 mm/s) are beneficial to improve the mechanical properties of the alloy. When the forging temperature is 380 °C, the tensile strength and yield strength of the alloy are the highest, which increase by 24 and 36 MPa respectively, compared with those at 330 °C forging; and increase by 18 and 25 MPa respectively, compared with those at 430 °C forging. When the deformation rate is 3mm/s, the tensile strength and yield strength of the alloy are maximum, which increase by 33 and 42 MPa respectively, compared with those at 1mm/s deformation rate forging; and increase by 15 and 21 MPa respectively, compared with those at 5 mm/s deformation rate forging.

Key words: isothermal forging; mechanical rib plate; magnesium alloy; forging temperature; deformation rate; mechanical properties

镁合金因为密度小、减震降噪性好、可回收性好等优点, 在机械筋板等领域极具应用前景。锻造作为一种常用的金属成形方法, 在镁合金成形上也较为常用。吴立鸿等^[1]对锻造镁合金及影响锻造成形的几个关键因素进行了研究。简炜炜等^[2]研究了 ME20M 镁合金在多向锻造过程中的显微组织演化情况, 并测试分析了该合金的力学性能。吴远志等^[3-4]

研究了 ZK60 镁合金在高应变速率下的锻造成形工艺过程, 研究了多向锻造 ZK60 镁合金显微组织与性能的均匀性问题。许道奎等^[5]分析了热处理条件对锻造 ZK60-Y 镁合金力学性能所产生的具体影响。高建良等^[6]综述了镁合金锻造问题的研究成果。杨洋等^[7]研究和优化了锻造 AZ80 镁合金车轮的热处理工艺。王锐等^[8]研究和分析了高应变率多向锻造对 GW93 镁合金显微组织和力学性能的影响规律, 分析和探讨了热处理对该合金组织与性能的影响。张占领等^[9]采用 Pro/E 软件和智能模具设计系统, 进行了镁合金半固态锻造模的设计和分析。等温锻造是一种有效提高镁合金性能的锻造工艺, 但是目前关

收稿日期: 2018-09-29

基金项目: 郑州市教育局项目(郑教高[2017]97号)

作者简介: 潘爱民(1968-), 女, 河南驻马店人, 高级工程师, 主要研究方向为机械制造; 电话: 13783514646;

E-mail: zyq3554924@163.com

于 AZ80 镁合金等温锻造的研究还较少。为此,本文采用等温锻造方法进行了 AZ80 镁合金锻造试验,并研究了等温锻造工艺对机械筋板用 AZ80 合金力学性能和显微组织的影响。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

以 AZ80 合金为试验材料,其化学成分如表 1 所示。采用等温锻造工艺对坯料 $\phi 26.5\text{mm}\times 300\text{mm}$ 进行成形,获得试验所需的等温锻造机械筋板用 AZ80 合金试样,试样尺寸为 $300\text{mm}\times 180\text{mm}\times 3\text{mm}$ 。各合金试样的等温锻造工艺参数如表 2 所示。等温锻造后各试样都进行了相同工艺的人工时效处理: $180^\circ\text{C}\times 8\text{h}$ 。

表 1 AZ80 合金的化学成分(质量分数,%)
Tab.1 Chemical composition of AZ80 alloy (wt%)

Al	Zn	Mn	Fe	Si	Mg
0.6~1.0	0.2~0.4	0.2~0.3	≤ 0.01	≤ 0.02	余量

表 2 合金等温锻造工艺参数
Tab.2 Isothermal forging process parameters of the alloy

试样编号	锻造温度 / $^\circ\text{C}$	变形速度 / $(\text{mm}\cdot\text{s}^{-1})$
1	330	3
2	380	3
3	430	3
4	380	1
5	380	5

1.2 测试方法

用线切割方法在 AZ80 合金等温锻件试样上沿宽度随机切取 3 个拉伸试样(图 1),在 WDW-5 拉伸试验机上进行拉伸,拉伸速度设置为 $1\text{mm}/\text{min}$,并将拉伸断口置于 JSM6510 扫描电镜下观察。

用线切割方法在等温锻造机械筋板用 AZ80 合金试样上随机切取 1 个金相试样(尺寸 $25\text{mm}\times 10\text{mm}\times 3\text{mm}$),用 $200^\#\sim 1200^\#$ 金相砂纸依次磨制,在金相腐蚀液中浸蚀 15s 后立即吹干,在 PG16 显微镜下观察内部显微组织。

2 试验结果及讨论

2.1 锻造温度的影响

当等温锻造变形速度($3\text{mm}/\text{s}$)保持不变时,采用不同锻造温度获得的等温锻造机械筋板用 AZ80 合金试样力学性能测试结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,在等温锻造过程中,锻造温度对试样力学性

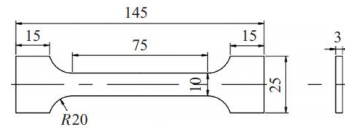


图 1 拉伸试样尺寸(mm)
Fig.1 Tensile specimen sizes (mm)

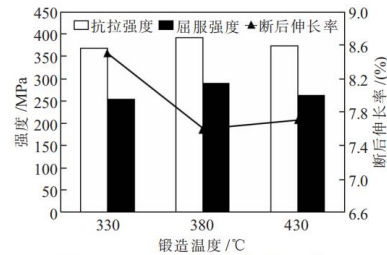


图 2 锻造温度对试样力学性能的影响
Fig.2 Effect of forging temperature on mechanical properties of specimens

能影响显著。当锻造温度过低(330°C)或者锻造温度过高(430°C),都不利于试样获得理想的力学性能。当锻造温度从 330°C 增大到 430°C ,试样抗拉强度和屈服强度先增大后减小,断后伸长率先减小后基本不变。当锻造温度适中(380°C)时,试样的抗拉强度(384MPa)和屈服强度(279MPa)均最大,其抗拉强度和屈服强度较 330°C 锻造时分别增大 24.36MPa ,较 430°C 锻造时分别增大 18.25MPa 。所以,为了获得理想的强度,等温锻造机械筋板用 AZ80 合金的锻造温度不宜过高也不宜过低,等温锻造时锻造温度为 380°C 更有利于等温锻造机械筋板用 AZ80 合金获得理想的强度。

图 3 是不同锻造温度获得的等温锻造机械筋板用 AZ80 合金试样在室温拉伸试验后的断口形貌。从图 3 可以看出,当锻造温度过低(330°C ,图 3(a))或者锻造温度过高(430°C ,图 3(c)),试样拉伸断口中除了细小的韧窝和少量撕裂棱外,还有少量解离台阶,表现出一种脆脆断裂在一起的混合断裂方式。当锻造温度为 380°C (图 3(b))时,试样拉伸断口中未见明显的解离台阶,只有细小的韧窝和少量的撕裂棱,表现出一种韧性断裂方式。

图 4 是不同锻造温度获得的等温锻造机械筋板用 AZ80 合金试样的显微组织。从图 4 可以看出,在等温锻造过程中,选用不同的锻造温度时,试样的显微组织差异较大。当锻造温度过低(330°C ,图 4(a))或者锻造温度过高(430°C ,图 4(c)),试样的显微组

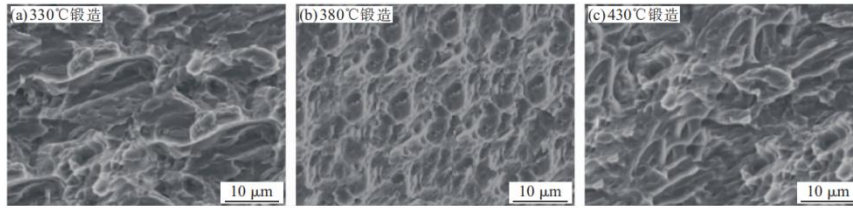


图3 不同温度锻造试样的拉伸断口形貌
Fig.3 Tensile fracture morphologies of forged specimens at different temperatures

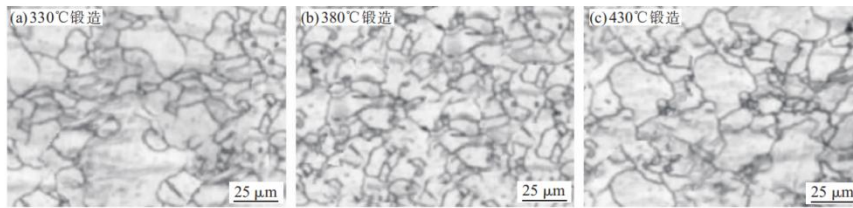


图4 不同温度锻造试样的显微组织
Fig.4 Microstructure of forged specimens at different temperatures

织都较粗大、组织分布不均匀。当锻造温度适中(380°C,图4(b)),试样的显微组织细化,组织细小且分布均匀,具有更好的锻态显微组织。在等温锻造过程中采用合适的锻造温度,有利于合金内部显微组织的细化和均匀分布,从而有利于提高等温锻造机械筋板用AZ80合金的力学性能。

2.2 变形速率的影响

当等温锻造温度(380°C)保持不变时,采用不同变形速率获得的等温锻造机械筋板用AZ80合金试样力学性能测试结果如图5所示。从图5可以看出,在等温锻造过程中,变形速率对试样力学性能影响也较为显著。当变形速率过慢(1mm/s)或者变形速率过快(5mm/s),都不利于试样获得理想的力学性能。当变形速率从1mm/s增大到5mm/s,试样抗拉强度和屈服强度先增大后减小,断后伸长率先减小后基本不变。当变形速率适中(3mm/s)时,试样的抗拉强度(384MPa)和屈服强度(279MPa)均最大,其抗拉强度和屈服强度较1mm/s变形速率锻造时分别

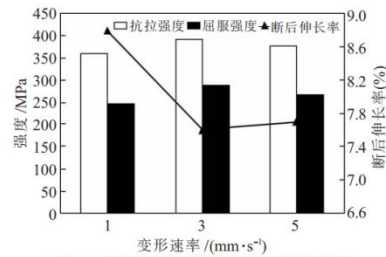


图5 变形速率对试样力学性能的影响
Fig.5 Effect of deformation rate on mechanical properties of specimens

别增大33、42MPa,较5mm/s变形速率锻造时分别增大15、21MPa。所以,为了获得较好的力学性能,变形速率不宜过高也不宜过低,等温锻造时变形速率为3mm/s更有利于等温锻造机械筋板用AZ80合金获得较好的力学性能。

图6是不同变形速率获得的等温锻造机械筋板用AZ80合金试样的显微组织照片。从图6可以看

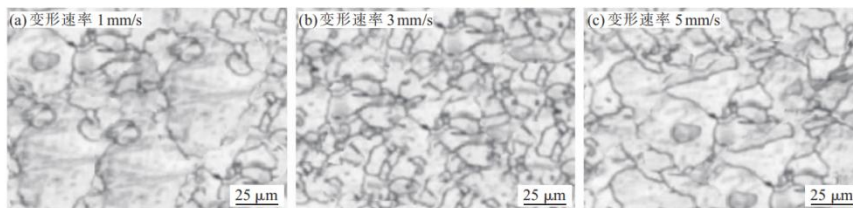


图6 不同变形速率下锻造试样的显微组织
Fig.6 Microstructure of forged specimens at different deformation rates

出,在等温锻造过程中,选用不同的变形速率时,试样的显微组织差异较大。当变形速率过慢(1mm/s,图6(a))或者变形速率过快(5mm/s,图6(c)),试样的显微组织都较粗大、组织分布不均匀。当变形速率适中(3mm/s,图6(b))时,试样的显微组织细化,组织细小且分布均匀,具有更好的锻态显微组织。在等温锻造过程中采用合适的变形速率,有利于合金内部显微组织的细化和均匀分布,从而有利于提高等温锻造机械筋板用AZ80合金的力学性能。

3 结论

(1) 等温锻造过程中,锻造温度和变形速率均对等温锻造机械筋板用AZ80合金的显微组织和力学性能产生显著影响。随锻造温度从330℃增大到430℃、变形速率从1mm/s增大到5mm/s,合金的组织均先细化后粗化,力学性能均先提高后下降。等温锻造时,适中的锻造温度(380℃)和变形速率(3mm/s),有利于提高合金的力学性能。

(2) 当锻造温度380℃时,等温锻造机械筋板用AZ80合金的抗拉强度和屈服强度均最大,较330℃锻造时分别增大24、36MPa,较430℃锻造时分别增大18、25MPa。

(上接第92页)

晶粒尺寸11μm;与常规PID控制相比,采用模糊PID控制使合金试样平均晶粒尺寸减小5μm。

(2) 模糊PID控制挤压的Mg-4Al-2Sn-0.15Ti镁合金组织由α-Mg基体、Mg₁₇Al₁₂相和Mg₂Sn相组成。

(3) 与常规PID相比,采用模糊PID控制方式挤压的Mg-4Al-2Sn-0.15Ti镁合金抗拉强度增大19MPa,屈服强度增大21MPa,断后伸长率仅减小0.8%。

参考文献:

- [1] 牟冰松,樊志新,高飞,等.感应加热控制系统在镁合金连续挤压中的应用[J].热加工工艺,2012,41(9):76-78.
- [2] 李新雷,郝启堂,蔡增辉,等.镁合金低压铸造连续化生产技术的研究[J].稀有金属材料与工程,2011(4):718-722.
- [3] 文丽华,宁慧燕,翁江翔,等.肩挤压ZM6-3.5Ce镁合金的组

(上接第95页)的磨损速率,提高上模芯的使用寿命。

参考文献:

- [1] 夏巨谋,胡国安,李爱珍,等.多向模锻中侧向挤压力的分析计算[J].华中理工大学学报,1993,21(4):102-108.

(3) 当变形速率3mm/s时,等温锻造机械筋板用AZ80合金的抗拉强度和屈服强度均最大,较1mm/s变形速率锻造时分别增大33、42MPa,较5mm/s变形速率锻造时分别增大15、21MPa。

参考文献:

- [1] 吴立鸿,关绍康,王利国,等.锻造镁合金及影响锻造成形的几个关键因素[J].锻压技术,2006,31(4):7-10.
- [2] 简伟伟,康志新,李元元,等.多向锻造ME20M镁合金的组织演化与力学性能[J].中国有色金属学报,2008,18(6):1005-1011.
- [3] 吴远志,严红革,刘先兰,等. ZK60镁合金高应变速率锻造成形[J].哈尔滨工程大学学报,2017,38(3):478-483.
- [4] 吴远志,严红革,朱素琴,等.多向锻造ZK60镁合金组织和性能的均匀性[J].中国有色金属学报,2014(2):310-316.
- [5] 许道奎,彭林,刘路,等.热处理条件对锻造ZK60-Y镁合金力学性能的影响[J].材料研究学报,2005,19(6):573-580.
- [6] 高建良,章横彦,靳丽,等.镁合金锻造研究综述[J].热加工工艺,2012,41(15):104-108.
- [7] 杨洋,王震.锻造AZ80镁合金车轮热处理工艺优化[J].轻合金加工技术,2017,45(6):63-67.
- [8] 王锐,王晓轩,张娜,等.高应变率多向锻造及热处理对GW93镁合金显微组织和力学性能的影响[J].轻合金加工技术,2017,45(4):25-31.
- [9] 张占领,张艳琴.基于Pro/E和智能模具设计系统的镁合金半固态锻造模设计[J].特种铸造及有色合金,2017,37(5):507-509. [4]

织和力学性能[J].轻合金加工技术,2018(6):52-55.

- [4] 陈鹏,王快社,关盼龙,等.连续变断面循环挤压对AZ31镁合金组织与力学性能的影响[J].轻合金加工技术,2018(8):33-37.
- [5] 曹韩学,赵东林,郝婷婷,等.汽车镁合金控制臂挤压铸造缺陷的预测分析[J].特种铸造及有色合金,2012(1):52-54.
- [6] 汪洋,王琪.基于模糊免疫PID的中频感应加热炉温度控制系统[J].实验技术与管理,2018(6):60-62.
- [7] 王锐. AZ31镁合金型材宽展挤压工艺参数研究[J].热加工工艺,2012,41(13):95-97.
- [8] 阿依布·阿布都拉,王彩霞. PID控制在冶金及热处理中的应用[J].热加工工艺,2013,42(6):226-229.
- [9] 李慧,付丽,敬茜,等. PLC控制型镁合金等通道剪切变形挤压机的结构设计[J].重型机械,2014(5):56-59.
- [10] 胡基贵,李落星,莫建虎,等. AZ31镁合金热挤压变形过程温度变化与控制[J].矿业工程,2007(4):83-86.
- [11] 刘训非. 基于模糊自适应PID控制的双螺杆挤压温度控制研究[J].饲料工业,2012,33(15):8-10. [4]
- [2] 程眉,张治民,于建民,等.多向塑性成形数值模拟[J].锻压技术,2007,32(5):129-132.
- [3] 刘建生,陈慧琴.金属塑性加工有限元模拟技术与应用[M].北京:冶金工业出版社,2003:25-29.
- [4] 胡建军,李小平. DEFORM-3D塑性成形CAE应用教程[M].北京:北京大学出版社,2011:15-18. [4]

2. 注塑成型制品翘曲变形优化建模分析



精密成形工程

JINGMI CHENGXING GONGCHENG

(原名: 金属成形工艺)

第 14 卷 第 3 期

(总第 78 期)

2022 年 3 月 10 日出版

JOURNAL OF
NETSHAPE FORMING
ENGINEERING

主管单位: 中国兵器装备集团有限公司
主办单位: 中国兵器工业第五九研究所
国防科技工业精密塑性成形
技术研究应用中心

社长: 吴护林
副社长: 张伦武 李文涛 (常务)
胡江华

主编: 吴护林
副主编: 赵祖德 陈 强

编辑部
主任: 梁爱锋
副主任: 马仕达
责任编辑: 程焯

出版部
主任: 万长清
责任编辑: 蒋红晨

地址: 重庆市石桥铺渝州路 33 号
邮编: 400039
电话: 023-68679125
网址: www.nsforming.com
电子邮箱: jmcxgc@163.com

出版: 《精密成形工程》编辑部
印刷: 重庆市联谊印务有限公司

国际标准刊号: ISSN 1674-6457
国内统一刊号: CN 50-1199/TB
广告经营许可证: 渝工商广字 040297
发行范围: 国内外公开发行
国内发行: 中国邮政集团公司重庆市报刊发行局
国外发行: 中国国际图书贸易集团有限公司
邮发代号: 78-235
定价: 35.00 元

SUPERINTENDENT: China South Industries Group Co., Ltd.
SPONSOR: No.59 Institute of China Ordnance Industry
National Research and Application Center of Precises Forming

PRESIDENT: WU Hu-lin

VICE PRESIDENTS: ZHANG Lun-wu LI Wen-tao HU Jiang-hua

EDITOR-IN-CHIEF: WU Hu-lin

ASSOCIATE EDITOR-IN-CHIEF: ZHAO Zu-de CHEN Qiang

EDITORIAL DEPARTMENT

DIRECTOR: LIANG Ai-feng

ASSOCIATE DIRECTOR: MA Shi-da

RESPONSIBLE EDITOR: CHENG Ye

PUBLISHING DEPARTMENT

DIRECTOR: WAN Chang-qing

RESPONSIBLE EDITOR: JIANG Hong-chen

ADDRESS: No.33 Yuzhou Road, Jiulongpo District, Chongqing, China

POSTCODE: 400039

TEL: 023-68679125

WEBSITE: www.nsforming.com

EMAIL: jmcxgc@163.com

PUBLISHER: Editorial Office of *Journal of Netshape Forming Engineering*

PRINTER: Chongqing Lianyi Printing Business Co., Ltd.

INTERNATIONAL UNITARY ISSUE NUMBER: ISSN 1674-6457

DOMESTIC UNITARY ISSUE NUMBER: CN 50-1199/TB

ADVERTISING LICENSE: Chongqing Industrial and Commercial
Advertisements No.040297

OVERSEA DISTRIBUTOR: China International Book Trading Corporation

DOMESTIC DISTRIBUTOR:

Chongqing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals, China Post

ORDER OFFICE: All Local Post Offices in China (78-235)

PRICE: RMB 35.00

数据库收录

全国中文核心期刊
中文科技期刊数据库(全文版)收录期刊
中国学术期刊综合评价数据库来源期刊

万方数据-数字化期刊群全文上网期刊
中国学术期刊(光盘版)入编期刊

版权声明: 凡投稿录用者均视为同意版权归本刊所有, 所付稿酬包含网络稿酬。未经本刊书面许可, 任何人不得以任何形式转载、翻译、网上发布、录入数据库。

87 AZ31 镁合金薄板的无针搅拌摩擦加工
Needleless Friction Stir Processing of AZ31 Magnesium Alloy Sheet

张会, 王进, 李宝阁, 王勇强, 王梦婷
ZHANG Hui, WANG Jin, LI Bao-ge, WANG Yong-qiang, WANG Meng-ting

94 焊接微缺陷磁光成像检测有限元分析
Finite Element Analysis of Magneto-Optical Imaging for Micro Weld Defects

刘倩雯, 叶广文, 马女杰, 高向东
LIU Qian-wen, YE Guang-wen, MA Nu-jie, GAO Xiang-dong

102 高速重复扫描激光塑料焊接工艺研究
High Speed Repeated Scanning Laser Welding Process for Plastics

题园园
TI Yuan-yuan

材料及成形性能 Material and Forming Performance

107 非均质秸秆纤维复合材料保险杠蒙皮刚度分析
Stiffness of Heterogeneous Bumper Fascia Made by Straw Fiber Composites

刘军舰, 胡豪胜, 周磊, 李伟
LIU Jun-jian, HU Hao-sheng, ZHOU Lei, LI Wei

116 自然时效、加工硬化对共享单车轮毂微观组织及性能影响研究
Effect of Natural Aging and Work Hardening on Microstructure and Performance of Shared Bicycle Wheels

李南婷, 鲁若鹏, 赵宇宏, 闫希, 崔云波, 侯华
LI Nan-ting, LU Ruo-peng, ZHAO Yu-hong, YAN Xi, CUI Yun-bo, HOU Hua

124 铸造铝硅系合金的时效研究与应用进展
Research and Application Progress on Aging of Cast Al-Si Alloy

蓝凯, 杨弋涛
LAN Kai, YANG Yi-tao

133 钛合金疲劳试样加工残余应力的表征及其对低周疲劳寿命的影响
Characterization of Residual Stress during Machining and Its Effect on Low Cycle Fatigue Life of Titanium Alloy Specimens

李志龙, 高怡斐, 马亚鑫, 张志玮
LI Zhi-long, GAO Yi-fei, MA Ya-xin, ZHANG Zhi-wei

141 正火工艺对 16Cr25N 不锈钢耐铝液腐蚀性能的影响
Effects of Normalizing Process on Corrosion Resistance of 16Cr25N Stainless Steel to Molten Aluminum

华鹏程, 龙际银, 杨弋涛
HUA Peng-cheng, LONG Ji-yin, YANG Yi-tao

应用技术 Applied Technology

148 基于神经网络 PID 控制器的压铸机压射速度控制系统的设计
Design of Injection Speed Control System of Die Casting Machine Based on Neural Network PID Controller

杨力, 徐林森
YANG Li, XU Lin-sen

154 注塑成型制品翘曲变形优化建模分析
Optimization Modeling of Warpage Deformation of Injection Molded Products

赵永刚
ZHAO Yong-gang

广告索引

封二 国防科技工业复杂构件挤压成形技术创新中心
封三 西南技术工程研究所

插页

A1 国防科技工业复杂构件挤压成形技术创新中心
A2 表面技术杂志

注塑成型制品翘曲变形优化建模分析

赵永刚

(郑州电力职业技术学院, 郑州 451450)

摘要: 目的 针对传统建模方法在预测的翘曲变形位置与实际偏差较大的问题, 开展基于 Moldflow 的注塑成型制品翘曲变形优化建模分析研究。方法 通过数据模拟分析预处理、浇注体系模型构建、基于 Moldflow 的注塑成型制品翘曲变形过程模拟等手段, 实现对注塑成型制品曲面参数优化。结果 通过对比实验证明, 新的建模方法与传统建模方法相比预测翘曲变形位置偏差更小, 预测结果更准确。结论 在实际应用中, 该建模方法能够辅助塑件加工厂提升注塑成型制品生产质量。

关键词: Moldflow; 注塑; 成型; 制品; 翘曲变形

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2022.03.020

中图分类号: TQ320.66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2022)03-0154-04

Optimization Modeling of Warpage Deformation of Injection Molded Products

ZHAO Yong-gang

(Zhengzhou Electric Power Technology College, Zhengzhou 451450, China)

ABSTRACT: The work aims to solve the problem of large deviation between the predicted warpage position and the actual warpage position of traditional modeling methods. Warpage optimization modeling analysis of injection molded products was carried out based on Moldflow. The surface parameters of injection molded products were optimized by data simulation and pre-treatment, casting system model construction and warpage process simulation based on Moldflow. Compared with the traditional modeling method, the new modeling method had smaller deviation and more accurate prediction results. In practical application, the modeling method can assist plastic parts processing plants to improve the production quality of injection molded products.

KEY WORDS: Moldflow; injection molding; forming; products; warpage deformation

在计算机辅助工程分析中, 最具代表性的软件是 Moldflow 软件, 在对成型模具进行实际加工操作之前, 通过利用 Moldflow 软件对模具的三维模型进行虚拟注塑, 以此完成对整个注塑过程的模拟分析, 得出在不同情况下制品的材料分布趋势、翘曲变形等条件^[1]。利用 Moldflow 软件进行分析后, 能够让设计者在第一时间找出模具及后续制品在制作过程中可能出现的问题, 从而及时对模具进行更改。这一过程不仅能够有效提高制品加工和生产的效率, 同时也能够有效降低制品加工和生产的成本, 减少原材料的损耗^[2]。

注塑成型是塑料材料制品成型和加工中一项十分重要的环节, 当前除少数几种材料特殊的塑件以外, 几乎所有塑件的生产 and 加工都是通过注塑成型完成。在塑件加工厂中, 注塑成型技术的应用能够一次性完成对各类复杂结构、精密尺寸以及带金属嵌件制品的制作, 同时其后期还具备修整次数少、成型周期短等优势^[3]。在注塑成型过程中, 由于不同材料本身具有一定的特殊性, 加之复杂的加工条件和工艺流程, 材料参数和边界条件的复杂性都使当前注塑成型制品极易出现翘曲变形的问题。

收稿日期: 2021-06-04

基金项目: 郑州地方高校教育教学改革工程项目 (ZZJG-A9012)

作者简介: 赵永刚 (1983—), 男, 实验师, 主要研究方向为机械设计。

为进一步提高注塑成型制品的加工质量,文中开展基于 Moldflow 的注塑成型制品翘曲变形优化建模分析。

1 注塑成型制品翘曲变形优化建模

1.1 数据模拟分析与处理

在对数据模拟分析与处理前,首先建立注塑成型制品的三维造型模型。在三维造型软件 UG5.0.1 环境下,结合注塑成型的特征以及操作要求进行建模。根据不同特征可采用旋转成型或逐层拉伸的造型方法^[5],后续在利用 Moldflow 软件对三维模型进行网格划分的过程中,若模型中存在较小的特征结构,则会出现网格划分异常的现象,严重影响后续优化的效果。因此,在进行对注塑成型制品的三维造型时,为了能够避免这一现象的产生,文中需要对较小的特征结构进行倒圆处理。

以上述模型为基础,针对注塑成型制品的外形特征和结构尺寸进行分析,并完成对所有数据模拟分析的预处理^[4]。对三维造型的网格结构进行划分,将通过上述 2 种造型方式得到的三维模型转换为 stl 格式文件,并将其导入到 Moldflow 软件中,完成网格划分。通常情况,网格的大小取值为 1.25~1.55 mm 时,能够得到最优网格匹配率^[6]。与此同时根据成型的实际情况,在对网格进行划分时,其目标边长一般为塑件壁厚度的 1.5~3 倍。为方便论述,文中以壁厚为 1 mm 的塑件为例,在对该塑件进行网格划分时,可将网格目标边长设定为 2.5 mm。在完成划分后,还需要对水平方向和垂直方向比例较大的网格进行修订。根据上述论述,得出的网格结构对应参数如表 1 所示。

表 1 网格结构对应参数
Tab.1 Corresponding parameters of the grid structure

项目	内容	数值
实体计数	三角形数量	18 603
	节点数量	8651
	柱体数量	0
	连通区域数量	1
边细节	自由边数量	0
	公用边数量	31 524
配向细节	交叉边数量	0
	不正确单元数量	0
匹配百分比	匹配百分比	98.327%
	相互百分比	98.652%

一般情况下,需要在完成划分的网格匹配率达到 85%及以上时,Moldflow 软件才能够得到更加可信的

分析结果。

1.2 构建浇注体系模型

构建的浇注体系是否合理关系到最终注塑成型制品的性能、尺寸、外观等因素^[7]。同时建筑体系模型构建的合理性,关系到 Moldflow 软件最终得出的分析结果。

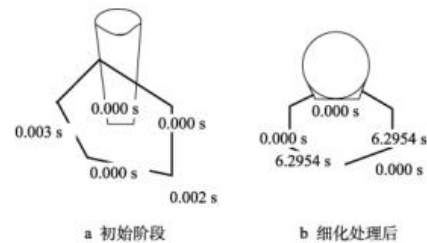


图 1 三维网格模拟浇注体系浇口位置时间信息
Fig.1 Time information of 3D grid simog casting system

图 1a 和 1b 分别为初始阶段和经过细化处理后的三维网格模拟浇注体系浇口,可知,三维流动模拟的过程中,在网格结构模型中选择注塑成型其中一个浇口时,在翘曲变形分析过程中,初始阶段给出的默认浇口大小包含在其各个点周围,并且涵盖了所有邻近的网格区域^[8]。

考虑到初始阶段得出的结果与实际模具设计阶段的浇口大小不符,因此,需要对初始阶段浇口模型及相应的网格结构进行细化处理。利用 Moldflow 软件提供的局部细化功能,将浇口网格结构中最大对角长度控制在 1.5 mm 左右,以此构建新的浇注体系,从而得到更加准确的模拟结果^[9-10]。由于模具中各个塑件的型腔均相同,因此在 Moldflow 软件模拟分析过程中,需要尽可能地减少网格计算量,并去除对称型腔,仅将其中一个型腔作为 Moldflow 软件模拟分析的依据。

1.3 基于 Moldflow 的注塑成型制品翘曲变形过程模拟

注塑成型制品出现翘曲变形的主要原因是塑件的几何形状与注塑成型模具的设计存在不合理或工艺参数设置有误等问题^[11]。因此,文中结合 Moldflow 软件在对注塑成型制品翘曲变形过程模拟时,首先明确制品出现翘曲变形与塑件本身收缩不均匀有着密切的联系^[12]。原材料在流动方向的收缩率与垂直方向上的收缩率相差较大,是导致注塑成型制品出现翘曲变形的主要原因^[13]。除此之外,影响注塑成型制品翘曲变形还包括浇注位置不当、冷却系统设计不合理、注塑保压参数错误、浇注流速等原因。

根据上述分析,得出制品在发生翘曲变形过程中应力和应变的关系如式(1)所示:

$$\{\sigma\}=[D](\varepsilon-a)\nabla T-\{\sigma_i\} \quad (1)$$

式中: $\{\sigma\}$ 为注塑成型制品翘曲变形应力大小(MPa); $[D]$ 为翘曲变形过程中的弹性模量(MPa); ε 为弹性应力大小(MPa); a 为注塑成型制品材料热传导系数($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$); ∇T 为温度差值($^\circ C$); $\{\sigma_i\}$ 为由剪切流动引起的初始应力大小(MPa)。根据式(1),结合节点自由度的有限元分析方法,对已知注塑成型制品的上表面和下表面的温度以及加工过程中周围环境等参数的变化情况进行分析^[14]。

1.4 注塑成型制品曲面参数优化

根据上述论述内容,完成对注塑成型制品翘曲变形的模拟,文中针对影响注塑成型制品翘曲变形的模具浇口、冷却系统进行调整,实现对其参数的优化。

首先,针对模具浇口参数进行调整。当熔体从主流道进入,并经过分流道进入到浇口时,其浇口的截面面积会突然缩小,为了防止在这一过程中出现翘曲变形的问题,需要通过提升剪切速度、降低粘度的方式,确保熔体在浇口位置上能够得到最理想的状态^[15]。浇口的宽度尺寸计算公式如式(2)所示:

$$b = \frac{0.3\sqrt{A}}{25} \quad (2)$$

式中: b 为浇口宽度尺寸; A 为注塑成型制品外侧面面积。

$$h = 0.3\delta \quad (3)$$

式中: h 为浇口厚度大小; δ 为浇口位置上注塑成型制品壁厚。

$$d = 0.06\sqrt{\delta^2 A} \quad (4)$$

式中: d 为浇口位置横截面直径。根据上述公式设定浇口参数,以此确保注塑成型制品在不出翘曲变形的基础上完成浇注。

浇注完成后基于Moldflow的注塑成型制品翘曲变形过程模拟结果,对冷却系统进行优化。对于粘度低、流动性良好的塑料品种而言,其注塑成型工艺的模具温度要求相对较低,可通过温水或冷水的方式对模具进行冷却。但针对粘度高、流动性较差的塑料品种,若仍然采用上述冷却系统,则会造成制品翘曲变形问题。因此,针对这一类型塑料品种,其温度需要控制在 $155\sim 200\ ^\circ C$,以达到模具的加热条件。在冷却时,采用ABS作为辅助材料,对其进行 $25\ ^\circ C$ 水冷却处理,以此确保在冷却阶段注塑成型制品不会出现翘曲变形现象。

2 实验论证分析

2.1 实验准备

以塑件加工厂中尺寸为 $55\text{ mm}\times 45\text{ mm}\times 15\text{ mm}$

的塑件制品为例,针对上述通过理论论述的方法设计出的基于Moldflow的注塑成型制品翘曲变形优化建模,对其在实际应用中的性能进行研究。为确保实验具有可对比性,文中选择将文献[4]基于CAE与正文实验的建模方法作为实验对照组,将文中建模方法作为实验组,开展如下对比实验。

2.2 制作塑件制品

实验中塑件制品的制作要求包括:表面平滑、不允许出现明显擦伤、缺口等外部缺陷,不允许出现严重的翘曲变形现象。该塑件制品的最小厚度为 1.2 mm ,最大厚度为 2.8 mm 。为保证最终得出的实验结果具有客观性,在使用2种建模方法时,其注塑成型工艺的参数均设置为默认值,塑件制品注塑成型工艺参数如下:①模具表面温度变化范围为 $55\sim 75\ ^\circ C$;②熔体温度范围为 $120\sim 220\ ^\circ C$;③顶出时温度为 $90\ ^\circ C$;④最大剪切应力为 0.45 MPa ;⑤最大剪切速率为 $45\ 000\text{ s}^{-1}$;⑥最大注射压力为 155 MPa ;⑦最大锁模力为 5710.26 N 。

2.3 实验数据采集

根据上述塑件制品注塑成型工艺参数设定,将其分别引入到2种建模方法中,对变形参数每隔 10 min 采样1次,注塑成型制品翘曲变形参数分布如下。

注塑成型制品测点区: $0\rightarrow 0.45\sigma_{con}$ (初应力变形荷载) $\rightarrow \sigma_{con}$ 应变荷 $12\text{ min}\rightarrow$ 优化。注塑成型制品的受拉区: $0\rightarrow 0.34\sigma_{con}$ (载荷力) $\rightarrow 1.34\sigma_{con}$ (结构损伤) \rightarrow 持续载荷 $30\text{ min}\rightarrow \sigma_{con}$ 优化,其中 σ_{con} 表示注塑成品应力。根据上述过程,完成对5个该塑件制品的注塑成型模拟,得到2组不同的建模结果。文中将2种建模方法得出的预测注塑成型制品翘曲变形位置的精准度作为实验评价指标,为方便验证,文中将实验组和对照组2种建模方法下预测得出的具体翘曲变形位置进行记录,并将其与完成注塑成型后制品的实际翘曲变形位置进行对比。

2.4 结果与分析

根据上述实验完成对比实验,将得出的实验结果记录如表2所示。

表2 实验组与对照组实验结果对比表
Tab.2 Comparison of experimental group and control group experimental results

制品编号	实验组预测偏差/	对照组预测偏差/
	mm	mm
1	± 0.162	± 1.245
2	± 0.425	± 2.154
3	± 0.268	± 2.465
4	± 0.642	± 3.265
5	± 0.164	± 4.215

从表2中2组建模方法的实验结果可知,实验组建模后预测出的翘曲变形位置与实际位置之间偏差均低于 ± 0.642 mm,而对照组建模后预测出的翘曲变形位置与实际位置之间偏差均高于1.245 mm,由此可知文中方法的翘曲变形偏差较小,能够更加准确地预测出在后续注塑成型阶段,制品存在的翘曲变形位置。同时,通过文中建模方法能够对具体影响该位置出现翘曲变形的原因给出明确的结果,通过对影响其发生翘曲变形的参数进行优化,能够使最终加工生产得到的塑件制品质量达到标准规范要求,提高塑件加工工厂的生产效率。

3 结语

在注塑成型制品中,是否出现翘曲变形现象是判断产品质量的重要指标,当前塑料制品的精细化和功能化程度不断提升,加之部分零件变形能力低等因素的影响,使当前注塑成型制品的生产质量受到严重影响。针对这一问题,提出了一种对注塑成型制品翘曲变形的建模方法,并结合Moldflow软件实现变形预测。在后续研究中,还将针对这一方法在实际应用中的广泛性进行优化,从而使文中方法能够应用于对更多不同材质产品的变形预测中。

参考文献:

- [1] 谭安平, 刘克威. 基于Moldflow的PC/ABS汽车后视镜翘曲变形优化分析[J]. 合成树脂及塑料, 2020, 37(1): 67-72.
TAN An-ping, LIU Ke-wei. Optimal Analysis Based on Moldflow for Warpage Deformation of Automotive Rearview Mirror Shell Prepared with PC/ABS Blend[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2020, 37(1): 67-72.
- [2] 王尚英, 秦宇志, 周川. 基于MoldFlow的汽车导风板注射模优化设计[J]. 模具制造, 2021, 21(1): 50-54.
WANG Shang-ying, QIN Yu-zhi, ZHOU Chuan. Optimization Design of Injection Mold for Automobile Air Guide Plate Based on MoldFlow Software[J]. Die & Mould Manufacture, 2021, 21(1): 50-54.
- [3] 阮婷, 汪伟东. Moldflow在汽车挡风网基座注塑成型过程中的应用[J]. 内燃机与配件, 2021(1): 85-86.
RUAN Ting, WANG Wei-dong. Application of Moldflow in Injection Molding Ptimization of the Automobile Wind Deflector Base[J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2021(1): 85-86.
- [4] 陈艳艳, 刘兵. 基于CAE与正交实验的汽车玻璃升降器钢丝绳支架注塑工艺参数优化[J]. 机械工程师, 2021(2): 131-133.
CHEN Yan-yan, LIU Bing. Injection Molding Process Parameters Optimization of Steel Wire Rope Bracket in Vehicles-Window Regulator Based on CAE and Orthogonal Test[J]. Mechanical Engineer, 2021(2): 131-133.
- [5] 刘锋, 孟海涛, 鹿建军, 等. 基于RE-RP/Moldflow/UGNX技术的注塑模具快速设计[J]. 塑料工业, 2020(12): 105-109.
LIU Feng, MENG Hai-tao, PANG Jian-jun, et al. Rapid Design of Injection Mold Based on RE-RP/Moldflow/UGNX Technology[J]. China Plastics Industry, 2020(12): 105-109.
- [6] 黄小娟. 基于Moldflow的数控机床接触式滚轮传感器的注塑模具设计与优化分析[J]. 塑料科技, 2021, 49(2): 74-77.
HUANG Xiao-die. Design and Optimization Analysis of Injection Mold for NC Machine Tool Contact Roller Sensor Based on Moldflow[J]. Plastics Science and Technology, 2021, 49(2): 74-77.
- [7] 陈显冰, 黄震东. 基于Moldflow技术的监控器底座注塑模具设计[J]. 工程塑料应用, 2019, 47(11): 94-98.
CHEN Xian-bing, HUANG Zhen-dong. Design of Injection Mold for Monitor Base Based on Moldflow Technology[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(11): 94-98.
- [8] 王金荣, 王权, 赵笑梅. 基于Moldflow的洗衣机波轮盖翘曲分析与优化[J]. 塑料工业, 2020, 48(5): 72-75.
WANG Jin-rong, WANG Quan, ZHAO Xiao-mei. Warpage Analysis and Optimization of Pulsator Cover for Washing Machine Based on Moldflow[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(5): 72-75.
- [9] 张翔祥, 康顺成. 基于Moldflow的商用车高架箱上本体浇口位置优化设计[J]. 装备制造技术, 2020(5): 106-110.
ZHANG Xu-zi, KANG Shun-cheng. The Optimization Design of Gate Position of the Upper Half Assembly of Elevated Box of Commercial Vehicle Based on Moldflow[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2020(5): 106-110.
- [10] 赵战锋. 基于Moldflow的新能源汽车手柄气辅成型工艺优化[J]. 塑料, 2020, 49(4): 73-77.
ZHAO Zhan-feng. Gas-Assisted Forming Process Optimization of New Energy Automobile Handle Based on Moldflow[J]. Plastics, 2020, 49(4): 73-77.
- [11] 谭安平, 尹小燕, 刘克威. 基于Moldflow的双色成型数值分析及正交法优化[J]. 合成树脂及塑料, 2020, 37(4): 38-42.
TAN An-ping, YIN Xiao-yan, LIU Ke-wei. Optimization for Data Analysis and Orthogonal Test of Double-Shot Molding Based on Moldflow[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2020, 37(4): 38-42.
- [12] 邵天灿, 梅益, 罗宁康, 等. 基于Moldflow和BP神经网络的MP3088连接器壳体注塑工艺优化[J]. 塑料工业, 2020, 48(9): 56-60.
YAN Tian-can, MEI Yi, LUO Ning-kang, et al. Injection Process Optimization of MP3088 Connector Shell Based on Moldflow and BP Neural Network[J]. China Plastics Industry, 2020, 48(9): 56-60.
- [13] 朱俊杰, 陆展科, 张鑫程. 基于Moldflow的LED平板灯后壳成型分析及应用[J]. 日用电器, 2020(4): 64-70.
ZHU Jun-jie, LU Zhan-ke, ZHANG Xin-cheng. Molding Analysis and Application of LED Flat Lamp Back Shell Based on Moldflow[J]. Electrical Appliances, 2020(4): 64-70.
- [14] SPOERK M, SAVANDAIAH C, ARBEITER F, et al. Optimization of Mechanical Properties of Glass-Spheres-Filled Polypropylene Composites for Extrusion-Based Additive Manufacturing[J]. Polymer Composites, 2019, 40(2): 638-651.
- [15] LUGHOFER E, ZAVOIANU A C, POLLAK R, et al. Autonomous Supervision and Optimization of Product Quality in a Multi-Stage Manufacturing Process Based on Self-Adaptive Prediction Models[J]. Journal of Process Control, 2019, 76: 27-45.

3. 基于 PCA 和 GA—SVM 联合模型的数控转台升降系统故障诊断



机械设计与研究

JIXIE SHEJI YU YANJIU

双月刊 公开发行 1984年创刊

主管 教育部
主办 上海交通大学
主编 邹慧君
副主编 郭为忠 梁庆华

本刊系

中国科技论文统计用期刊
全国中文核心期刊
《中国学术期刊文摘》摘录用期刊
中国科学引文数据库来源期刊
中国学术期刊综合评价数据库来源期刊
《中国学术期刊(光盘版)》全文收录期刊
美国剑桥科学文摘(CSA)收录期刊

协办单位 上海市现代设计法研究会
出版单位 《机械设计与研究》编辑部
地址 上海市华山路1954号
(上海交通大学内)
邮编 200030
电话 (021)62932023
传真 (021)62932023

中国标准连续出版物刊号 ISSN1006-2343
CN31-1382/TH

广告许可证号 3101044000015
国内发行 上海市报刊发行局
国内订阅 全国各地邮局
邮局发行代号 4-577
国外发行 中国国际图书贸易总公司
国外代码 BM3723
印刷 上海704所印刷厂
出版日期 2022-10-20
定价 30.00元

http://jsyy.sjtu.edu.cn

Administrated by: The State Education Ministry

Sponsor: Shanghai Jiao Tong University

Chief Editor: Zou Hui-jun

Edited by: Machine Design and Research Editorial
Department

Published by: Machine Design and Research Magazine
Publisher

Address: 1954 Hua Shan Road, Shanghai

Post Code: 200030

E-mail: jofmchr@126.com;jsyy@chinajournal.net.cn

Tel: 86-21-62932023

Fax: 86-21-62932023

第七届编委会名单

◆ 主 任

林忠钦 中国工程院院士、上海交通大学教授、校长

◆ 名誉编委

杨叔子 中国科学院院士、华中科技大学教授
周勤之 中国工程院院士、东华大学教授
谢友柏 中国工程院院士、上海交通大学教授
谭建荣 中国工程院院士、浙江大学教授
包起帆 上海国际港务(集团)有限公司副总裁、教授级高工
戴建生 英国伦敦大学国王学院教授
丁崑隆 美国田纳西州科技大学教授
杜如虚 香港中文大学教授
葛巧德 纽约州立大学石溪分校教授
林于一 美国密苏里大学哥伦比亚分校教授
卢文锋 新加坡新加坡大学教授
颜鸿森 台湾成功大学教授
张 丹 加拿大安大略省理工大学教授
章文俊 加拿大萨斯卡通大学教授

◆ 编 委

朱向阳 上海交通大学教授
刘 源 澳汰尔工程软件(上海)有限公司总经理
来新民 上海交通大学教授
严云福 上海振华重工(集团)股份有限公司总工程师、高工(教授级)
李文辉 上海大众汽车有限公司发动机厂高级总监
李郝林 上海理工大学教授
明新国 上海交通大学教授
邵景峰 上海汽车集团公司乘用车公司设计部总监
林 松 同济大学教授
张根保 重庆大学教授
梅雪松 西安交通大学教授
黄海涛 上海机床厂有限公司高工(教授级)
高 栋 哈尔滨工业大学教授
钱晋武 上海大学教授
胡 洁 上海交通大学教授

基于深度自动编码器的轴承故障信号诊断及有效性测试	刘小娟, 夏运东, 张明, 等 (134)
基于 PSO 优化 VMD 算法的轴承振动信号重构及故障诊断	蒋敏, 王明, 张建强 (138)

控制系统与控制技术

悬浮气垫重力补偿装置模糊 PID 控制系统设计	闫臣攀, 赵勇, 侯鹏, 等 (142)
-------------------------------	----------------------

制造技术与制造工艺

基于双机装配站的柔性装配系统的设计与实现	陈柏希, 高世钰, 张雪峰, 等 (148)
SMT 自动化设备智能云管理系统研究	余建国, 木柏林 (153)
多维旋转超声复合电解展成加工系统设计及试验	季乾旭, 赵青青, 葛正辉, 等 (158)
面向典型自由曲面的数控机床关键几何误差辨识与补偿方法	钱博增, 马剑超, 项四通 (164)

感知系统与测试技术

基于测量点云的车头曲面形状误差建模与监控	冯孝忠, 李捷, 高崢, 等 (170)
线缆拼接的高压带电引流作业电缆识别定位	刘韵涵, 林舟航, 赵镞, 等 (176)
带式输送机托辊旋转阻力在线测试方法	鲍周洋, 鲍久圣, 蔡雪晴, 等 (180)
基于边界效应理论的对接焊缝金属断裂特性试验	李瑶, 吕彭民, 王斌华, 等 (185)

工业设计与工业工程

基于在线产品评论和 TextCNN 的机械产品感性评价方法	曹书元, 耿秀丽 (189)
考虑夹具-托盘约束的柔性作业车间调度	李昱硕, 王思阳, 刘晓腾, 等 (195)
基于熵与模糊 GRA 的岸桥加高施工过程的改进 FMEA 方法	赵正洲, 李爱华, 马如宏, 等 (201)

新产品开发与与设计

垂直轴风力发电机非定常流场分析及能量收集器位置优化	莫秋云, 刘艳艳, 郭荣滨, 等 (205)
塑壳断路器操作机构第二奇异位形偏移特性	王君, 杭鲁滨, 沈毓玮, 等 (210)
高立式芦苇沙障推送喂入装置的设计分析与试验	郑一江, 葛云, 曲庆江, 等 (215)
基于 PCA 和 GA-SVM 联合模型的数控转台升降系统故障诊断	薄青红, 刘光定, 张明, 等 (221)
300M 钢耳片拉伸强度与破坏机制	周忠义, 徐武, 陆冠, 等 (225)
车辆复杂工况下减振器失效的优化及试验	张娜, 杨坤, 于振环, 等 (232)

● 广 而 告 知 ●

安徽工程大学 人工智能学院	(封二)
湖南三一工业职业技术学院	(封三)
上海交通大学 设计学院	(封底)
《机械设计与研究》征稿启事	(I)
论文插图要求	(II)
参考文献格式要求	(II)
高等教育出版社科普图书推荐	(III)
高等教育出版社科普图书	(238)
Frontiers of Mechanical Engineering 推荐	(239)
Frontiers of Mechanical Engineering 推荐	(240)

文章编号:1006-2343(2022)05-221-04

基于 PCA 和 GA-SVM 联合模型的 数控转台升降系统故障诊断

薄青红¹, 刘光定¹, 张 明², 杨 慷³, 张 勇⁴

(1. 郑州电力职业技术学院 机电工程系, 郑州 451450, E-mail: boqinghong123@126.com;
2. 河南理工大学 机械工程学院, 河南 焦作 454000; 3. 安阳工学院 机械工程学院, 河南 安阳 455000;
4. 宇通客车股份有限公司 高端产品事业部, 郑州 450016)

摘 要: 通过动态主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)的方式来实现高维数据的降维过程, 简化数据的分析过程并提升数据处理效率, 再把提取得到的主成分因子输入支持向量机中; 接着利用遗传算法(Genetic Algorithm, GA)全局搜索方式优化支持向量机(Support Vector Machine, SVM)参数, 有效克服人为选择参数所导致的盲目性, 由此得到最优模型参数。研究结果表明: 主成分信息表总共提取 4 个主元, 相对原特征参数的占比为 95.12%, 完成了原数据高效压缩与降维的效果。迭代 12 次之后达到了 98% 的平均适应度, 已经接近最佳适应度, 说明此时种群中个体已经基本获得最优解。支持向量机获得了比反向传播(Back Propagation, BP)网络更高的诊断准确率, 说明支持向量机更适合处理小样本与非线性问题, 可将其应用于其它机械控制设备。

关键词: 液压系统; 故障诊断; 主成分分析; 遗传算法(PCA); 支持向量机(GA)
中图分类号: TP206 **文献标识码:** A

Fault Diagnosis of NC Turntable Lifting System Based on PCA and GA-SVM Combined Model

BO Qinghong¹, LIU Guangding¹, ZHANG Ming², YANG Kang³, ZHANG Yong⁴

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Zhengzhou Polytechnic of Electric Power, Zhengzhou 451450, China;
2. School of Mechanical Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454000, China;
3. School of Mechanical Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang Henan 455000, China;
4. High-end Product Division, Yutong Bus Co., LTD., Zhengzhou 450016, China)

Abstract: Dynamic principal component analysis (PCA) is used to reduce the dimension of high-dimensional data, simplify the data analysis process and improve the efficiency of data processing, and then the extracted principal component factors are input into support vector machines. The global search method of genetic algorithm is used to optimize the parameters of the support vector machine, which can effectively overcome the blindness caused by artificial parameter selection and obtain the optimal model parameters. The results show that a total of 4 principal components are extracted from the principal component information table. The proportion of the original feature parameters is 95.12%, which achieves efficient compression and dimension reduction of the original data. After 12 iterations, the average fitness reached 98%, which is close to the optimal fitness, indicating that at this time, the individuals in the population have basically obtained the optimal solution. The support vector machine obtains higher diagnostic accuracy than back propagation network, indicating that the support vector machine is more suitable for dealing with small samples and nonlinear problems, and can be applied to other mechanical control equipment.

Key words: hydraulic system; fault diagnosis; principal component analysis (PCA); genetic algorithm (GA); support vector machine (SVM)

收稿日期: 2021-12-28

基金项目: 河南省科技计划资助项目(182102210019); 安阳工学院博士科研启动基金项目(BSJ2016001)

进行重型锻压生产线上胚料转运的过程中, 材料的搬运与搭接需要通过智能数控转台来完成, 其动力来源为液压系

统^[1-3]。由于液压故障存在随机性、多发性的特性,并且即使发生也难以被快速发现,有时还会出现各类故障交叉影响,故障关系复杂,受到多种随机因素的综合干扰,这对故障诊断与分析过程都造成了明显的困难^[4]。从本质层面分析,故障诊断是一种模式识别的过程,遇到故障机理不明确的情况时,实际诊断结果受到人为因素的明显影响^[5]。

采用主成分分析(PCA)方法能够准确提取出提故障状态的特征向量,由此获得更小的样本维数并简化计算过程。动态主成分分析(DPCA)把原变量静态数据通过动态时间序列建立动态时间数据,之后提取得到 PCA 特征向量,由此实现对系统动态行为的准确描述^[6-8]。支持向量机(SVM)按照结构风险最小的原则,可以有效解决非线性、小样本、局部极小值、高维数的问题,同时具备优异泛化性能,对应故障诊断过程发挥了独特优势,而模型参数则对分类结果存在显著影响^[9-10]。

鄂东辰等^[11]则根据物理与统计模型来监测翻车机液压系统的运行故障信息,针对各个运行模块构建了相应的多向主成分分析(MPCA)监测模型,综合运用分块 MPCA 模型与全变量 MPCA 模型分析压车缸发生的泄漏问题,可以达到更高故障识别率。张旭东等^[12]同时采用马氏距离与 PCA 降维的方法建立了分析模型,设计了一种支腿系统性能衰减评价的方法,可以利用上述模型精确反馈起重支腿的性能衰退变化规律,表现出了优异的鲁棒性和泛化能力。为克服智能数控转台液压系统存在故障因素复杂以及故障诊断效率低的缺陷,有学者综合运用遗传算法改进支持向量机(GA-SVM)和动态主成分分析(DPCA)方法来实现液压系统的故障诊断,为进一步提升数控转台设备维修与保养效率发挥了参考价值^[13-14]。皮晓等^[15]利用 GA 优化的 SVM 诊断航空发动机机油磨粒参数,发现 GA 优化 SVM 可以实现对航空发动机磨损故障的精确诊断,并且获得了比 RBF 与 BP 网络分析方法更准确的结果。根据以上分析,本文综合运用 PCA 和 GA-SVM 方法来实现液压系统的故障诊断,只需使用少数样本便可以精确诊断出系统故障。通过动态主成分分析的方式来实现高维数据的降维过程,利用遗传算法全局搜索方式优化支持向量机参数,有效克服人为选择参数盲目性,由此得到最优模型参数。

1 本文算法

1.1 PCA 故障特征提取

主成分分析法(PCA)属于一类多变量统计分析方法,具体过程是利用原始特征参数的线性变换过程构建得到不相关的新变量,再从中提取出主成分来达到减小维数的目的。PCA 特征向量提取属于一项静态方法,同时假定某时刻获得的观测数据不受历史数据序列的影响。观测系统总共包含了 m 个变量,各变量中存在 n 个观测值,由此得到以下的观测数据集 $\text{Rnm} \times n$ 为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1^T \\ X_2^T \\ \vdots \\ X_n^T \end{bmatrix}$$

对 X 开展标准化分析:

$$\bar{X}_i = \frac{x_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中: μ_i 与 σ_i 依次对应 x_i 均值与标准差。

为提取得到最优主元数量,以累积贡献率作为判定准则,存在以下关系:

$$\eta_k = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i / \sum_{i=1}^m \lambda_i \times 100\% \geq 85\%}$$

由此确定主元数量 k 。

1.2 GA-SVM 故障诊断

对分类线表达式 $\omega \cdot x + b = 0$ 实施归一化,由此获得符合以下条件的线性可分样本集:

$$\min_{\omega, b} \|\omega\|^2$$

$$\text{s. t. } y_i = [(\omega \cdot x + b)] - 1 \geq 0, i = 1, 2, \dots, l$$

针对具有非线性不可分特征的系统故障问题,需为目标函数设置松弛变量 δ_i ,同时设置惩罚函数,从而将之前的优化问题转化成以下的形式:

$$\min_{\omega, b, \delta} \|\omega\|^2 + C \sum_{i=1}^l \delta_i$$

$$\text{s. t. } y_i = [(\omega \cdot x + b)] - 1 \geq 1 - \delta_i, i = 1, 2, \dots, l$$

$$\delta_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, l$$

式中: $C > 0$, 属于惩罚系数。

为了将低维空间内难以处理难度较大的数据映射至高维空间内并对其进行线性计算,需要为模型设置符合 Mercer 要求的核函数 K 。当惩罚系数 C 确定后,再建立线性不可分 SVM 二次规划的优化模型,如下所示:

$$\min_{\alpha} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l y_i y_j \alpha_i \alpha_j K(x_i, x_j) - \sum_{i=1}^l \alpha_i$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^l y_i \alpha_i = 0, 0 \leq \alpha_i \leq C, i = 1, 2, \dots, l$$

式中: a 表示拉格朗日乘子; K 是满足 Mercer 条件的核函数。

为准确区分智能数控转台设备液压系统故障,本文使用以下的径向基核函数:

$$K(x_i, x_j) = \exp(-r \|x_i - x_j\|^2)$$

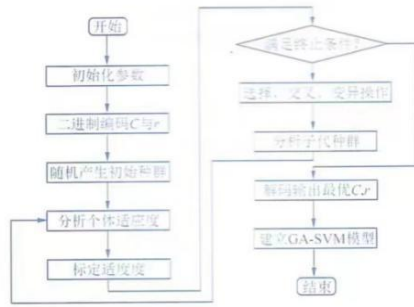
通过 RBF 核函数建立的 SVM 包含了 r 与惩罚系数 C 二个参数。由于支持向量机不具备参数选择的功能,因此需要利用遗传算法来实现参数寻优。由此获得更高的参数选择效率。

遗传算法(GA)属于一种模拟生物进化构建得到的优化算法^[16],主要利用编码方法与繁殖机制来实现对 SVM 参数的优化选择,直至参数符合终止条件或到达最大迭代次数。

1.3 本文流程

图 1 给出了根据遗传算法构建的支持向量机算法流程。

采用上述流程进行处理时,先通过动态主成分分析的方式来实现高维数据的降维过程,简化数据的分析过程并提升数据处理效率,再把提取得到的主成分因子输入支持向量机中;接着利用遗传算法全局搜索方式优化支持向量机参数,有效克服人为选择参数所导致的盲目性,由此得到最优模型参数,构建了以 PCA-GA-SVM 实现的故障诊断模型。采用上述方法能够消除模型求解的依赖性,从而获得更高的诊断



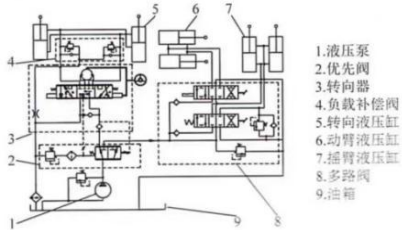
▲图1 GA-SVM 流程

精度与效率。

2 实验分析

2.1 系统原理

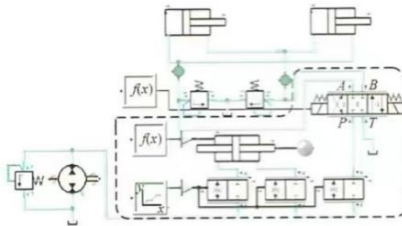
数控转台设备进行整升时会在液压缸中产生很大的载荷,对同步控制的精度要求较高,图2给出了系统液压回路故障诊断的原理。



▲图2 系统原理图

2.2 仿真模型及实验

通过AMESim软件建立整升子系统液压模型,此系统包含了电机、液压单向阀、液缸、平衡阀、溢流阀、滤油器、恒压变量泵、换向阀等多个部分构成,仿真原理见图3,表1给出了为各元件设定的仿真参数。



▲图3 仿真原理图

按照设备实际运行过程中产生的故障信息设定故障模式,具体包含以下几种情况:设定油液温度与空气含量实现

对油温异常的模拟;调节容积效率来模拟液压泵故障;降低阀芯开度来模拟换向阀故障;降低阀开启压力对溢流阀故障进行模拟;提高泄漏系数来模拟液缸泄漏。

持续采集 2 min 的测试参数,设定采样步长 1 s,总共得到 120 条数据。

根据观测向量,得到泵出口压力流量、油液温度与液缸进出口压力流量总共 20 维数据,结果见表 2。

表1 元件仿真参数表

参数名称	设定值
液缸缸径/mm	128
单向阀开启压力/MPa	0.26
液缸杆径/mm	105
液缸行程/mm	800
滤油器流量/(L·min ⁻¹)	160
液缸负载/kg	14 800
电机转速/(r·min ⁻¹)	1 400
恒压变量泵流量/(L·min ⁻¹)	80
溢流阀压力/MPa	16
换向阀阻尼比	0.82

表2 部分实验数据

序号	T/°C	P/MPa	Q/(L·min ⁻¹)
1	39.00	13.48	42.65
2	39.12	13.56	42.50
3	39.35	12.86	41.79
4	39.52	12.52	41.75
5	39.64	12.56	41.78
6	39.81	12.53	41.69
7	39.96	12.56	41.75
8	40.03	12.56	41.79
...
116	40.12	13.12	42.63
117	39.96	14.05	42.78
118	39.42	12.96	43.02
119	40.06	13.54	42.46
120	39.69	13.75	42.16

2.3 结果分析

设定滞后因子 s=2,为采集得到的原始数据建立动态PCA扩展矩阵,对该矩阵实施标准化处理来实现变量的零均值化以及单位方差化,主成分信息见表3。

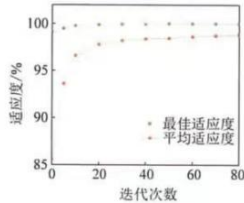
表3 主成分信息表

特征值	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	主元贡献率/%	累积贡献率/%
5.11	0.46	0.28	0.40	0.39	48.85	49.22
3.45	0.62	0.35	0.46	0.35	44.15	52.63
2.52	0.28	0.61	0.42	0.05	28.62	69.75
1.75	0.39	0.37	0.04	0.41	19.62	81.52
2.53	0.41	0.36	0.11	0.38	22.62	78.46
0.98	0.55	0.67	0.06	0.25	10.06	96.22
1.15	1.23	1.85	0.42	0.32	41.23	85.62
0.63	0.14	0.02	0.03	0.32	5.13	99.91
...
3.23	0.52	0.33	0.04	0.41	56.32	88.63
2.56	0.26	0.24	0.05	0.53	61.26	76.32
8.15	0.15	0.51	0.16	0.29	24.85	49.68
4.63	0.96	0.16	0.22	0.64	36.97	95.16
5.02	1.22	0.08	0.31	0.53	41.06	76.39

根据表3可以发现,总共提取4个主元,相对原特征参数的占比为95.12%,完成了原数据高效压缩与降维的效果。

以随机方式从PCA处理的4个主元特征向量中选取39条数据组成训练样本,再以剩下的20条数据作为预测样本,利用GA-SVM模型对其实施计算。GA-SVM模型放入遗传种群数为 $n=20$,遗传终止代数 $d=100$,通过轮赌法完成选择操作,其中,交叉概率等于0.80,变异概率等于0.05;惩罚系数 C 介于0~100之间,核函数参数 r 介于0~50;最后采用多次遗传寻优迭代的方式获得图4的适应度迭代曲线。

从图4中可以看到,迭代12次之后达到了98%的平均适应度,已经接近最佳适应度,说明此时种群中个体已经基本获得最优解,此时SVM最优惩罚系数 $C=68.25$ 。可以利用以上参数构建诊断模型。



▲图4 迭代曲线

表4 不同算法的故障类型诊断准确率结果/%

故障类型	BP网络	PCA/SVM	PCA/GA-SVM
正常状态	99.15	99.38	99.92
油温异常	87.66	89.95	94.66
液泵故障	85.68	93.46	94.85
溢流阀故障	89.26	92.25	95.52
换向阀故障	83.16	93.04	96.67
液缸故障	85.22	90.63	98.02

为比较本文诊断方法和常规诊断方法的差异性,采用BP网络进行了诊断测试,运用PCA-SVM诊断,得到表5所示的不同算法的故障类型诊断准确率结果。根据表4结果可以发现,SVM获得了比BP网络更高的诊断准确率,说明SVM更适合处理小样本与非线性问题,可将其应用于其它机械控制设备。

3 结论

(1)主成分信息表总共提取4个主元,相对原特征参数的占比为95.12%,完成了原数据高效压缩与降维的效果。

(上接第220页)

- [7] 刘丽玲. 玉米秸秆皮瓤叶分离试验研究[D]. 沈阳: 东北农业大学, 2011.
- [8] 沈中华, 李尚平, 麻芳兰, 高建立. 小型甘蔗收获机喂入能力仿真与试验[J]. 农业机械学报, 2014, 45(11): 117-123.
- [9] 史彦坤, 李国红, 刘军永, 等. 一种便于纸筒切割机进行切割的纸筒支撑装置: 河北省, CN210551530U [P]. 2020-05-19.
- [10] 王川. 散料连续输送链式输送机安全保护装置[J]. 矿山机械, 2006, 34(11): 82-84.
- [11] 金城源, 尹文庆, 吴崇友. 油菜晒机拨指输送链式输送装置研制与试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 11-18.

(2)SVM获得了比BP网络更高的诊断准确率,说明SVM更适合处理小样本与非线性问题,可将其应用于其它机械控制设备。

参考文献

- [1] 贺娅莉, 谷雨, 刘伟, 等. 数控转台液压伺服双马达系统改进PSO同步控制设计[J]. 锻压技术, 2021, 46(6): 150-154.
- [2] 戴金财, 陈小开, 魏惜峰, 等. 一种数控转台转向行驶系统的设计与分析[J]. 机械设计与研究, 2020, 36(6): 212-219.
- [3] 郑宇, 张志龙, 施卫科, 等. 基于自适应鲁棒的电液伺服转台双马达同步控制[J]. 液压与气动, 2020(7): 123-128.
- [4] 谭颖, 陶建峰, 王旭永. 基于改进粒子群算法的双液压马达同步控制策略[J]. 机械工程学报, 2020, 56(12): 254-261.
- [5] 林超群. 插篮式五坐标加工中心C轴转台旋转故障原因分析与处理[J]. 制造技术与机床, 2020(2): 112-114.
- [6] 洪晓艺, 翟东媛, 乔庆鹏. 基于LMD信号重构和支持向量机的柱塞泵故障诊断分析[J]. 液压与气动, 2021, 45(6): 91-96.
- [7] 安超, 赵文政, 刘银华. 面向车身虚拟匹配的非均匀点云数据配准算法[J]. 机械设计与研究, 2021, 37(4): 129-134.
- [8] 张立杰, 郭东辰. 基于自适应MPCA的翻车机液压系统状态监测与故障诊断[J]. 振动与冲击, 2018, 37(8): 245-250.
- [9] 陈昭明, 徐泽宇, 赵迎. DPCA与GA-SVM融合的智能台车液压系统故障诊断[J]. 控制工程, 2020, 27(11): 1980-1986.
- [10] 谭晶晶. 基于混沌步长果蝇算法优化支持向量机的齿轮故障诊断[J]. 机械设计与研究, 2021, 37(2): 88-91.
- [11] 郭东辰, 张立杰. 基于分块多向主成分分析的翻车机液压系统故障诊断[J]. 中国机械工程, 2018, 29(8): 958-964.
- [12] 张旭东, 黄亦翔, 单增海. 基于主成分分析马氏距离的支腿控制阀健康评估[J]. 振动与冲击, 2020, 39(3): 46-51.
- [13] 王二化, 刘颖. 基于PCA和改进型SVM的齿轮裂纹故障诊断方法[J]. 机械设计与研究, 2021, 37(2): 83-87.
- [14] 杜伟, 房立清, 齐子元, 等. 基于LFOA优化多核支持向量机的液泵故障诊断[J]. 机械设计与研究, 2018, 34(1): 137-139.
- [15] 皮骏, 马圣, 贺嘉诚, 等. 遗传算法优化的SVM在航空发动机磨损故障诊断中的应用[J]. 润滑与密封, 2018, 43(10): 89-97.
- [16] 魏晓朝, 倪向东, 赵新, 等. 液压调速系统遗传算法优化前馈-反馈PID控制[J]. 液压与气动, 2020(11): 21-26.

作者简介: 薄青红(1987—),女,本科,讲师;主要研究方向:机械设计,发表过论文6篇。

- [12] 高梦祥, 郭康权, 杨中平, 等. 玉米秸秆的力学特性测试研究[J]. 农业机械学报, 2003, 34(4): 47-47.
- [13] 刘立意, 廖媛媛, 董欣, 等. 玉米秸秆压缩加载条件对其裂纹和机器功耗的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 163-169.
- [14] 刘光欣, 葛云, 张立新, 等. 切割式红花采摘试验台设计及采摘性能试验[J]. 机械设计与研究, 2019, 35(2): 178-183.
- [15] 徐中儒. 回归分析与试验设计[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

作者简介: 郑一江(1994—),男,硕士研究生;主要研究方向:机械设计与制造,已发表论文3篇。

文章目录

- 1 DBN方法
- 2 基于DBN的传动主轴故障识别
- 3 实验分析
 - 3.1 数据集选取
 - 3.2 结果分析
- 4 结论

基于BP优化DBN算法的数控锻床传动主轴故障识别

薄青红

郑州电力职业技术学院,机电工程系

摘要: 滚动轴承在实际运行前会受到多种外部因素干扰,使得监测数据中会有多种工况的复杂故障信号,可以通过DBN模型的特征自适应抽取性能从复杂信号中识别出故障参数。为了解决处理更深层次神经网络会导致时间明显增加现象,在DBN基础上经过优化后再用于诊断传动主轴故障,此方法是通过建立激活函数来训练神经网络对于反向传播产生的梯度跟踪,实现了故障识别准确率的明显提升,具备显著优势。

关键词: 传动主轴; 滚动轴承; 特征提取; 深度置信网络; 激活函数; 故障识别

专题: 工程科技 I 农业科技 信息技术

专题: 金属学及金属工艺、自动化技术

分类号: TG659;TP18

期刊论文、学位论文、通用文档一键智能排版 >>

[手机阅读](#)
[HTML阅读](#)
[CAJ下载](#)
[PDF下载](#)

下载: 41 页码: 59-61 页数: 3
 大小: 2006K



引文网络



- 期刊 共 5 条
- [1] RBF神经网络在数控机床可靠性评估中的应用[J]. 杨光豪;王会良;苏建新. 机械设计与制造,2022(01)
 - [2] LTSA和深度置信网络的行星齿轮箱故障诊断[J]. 王建国;刘寅斌. 机械设计与制造,2022(01)
 - [3] DBN和深度置信网络的航空液压管路故障诊断方法[J]. 黄练芳;杨雪松;张小波;冯转. 机械设计与制造,2021(05)
 - [4] 数控机床主轴的多传感器迁移学习故障诊断[J]. 陈勇;丁文武;李荣. 机械设计与制造,2021(10)
 - [5] 编辑距离的数控机床故障诊断案例推理方法[J]. 沈斌;赵淑玉. 中国工程科学报,2017(04)

相关文献推荐

- [1] 基于进化BP神经网络的磨削温度预测研究[J]. 孙为朝;周俊. 计算机与数字工程,2021(05)
- [2] 基于BP神经网络的门式起重机械故障识别和诊断[J]. 邵铁成. 港口科技,2022(04)
- [3] 基于BP神经网络的热应力预测研究[J]. 吴康福. 天津科技,2022(06)
- [4] 基于BP神经网络的金属薄板冲压缺陷预测[J]. 蒋建军;王鑫;王健;高利峰;张文清;田晓东. 塑性工程学报,2022(08)
- [5] 基于BP神经网络的焊接工时定额模型研究[J]. 于付龙;孙俊强;李国. 现代制造工程,2014(04)
- [6] 基于BP神经网络-系统动力学耦合模型的江苏省水资源承载力预测与调控研究[J]. 薛皓;杨航. 水利水运技术(中英文),2022(11)
- [7] 基于BP神经网络的用户需求响应容量评估研究[J]. 熊皓;李健豪;谢天;莫将芝. 电力大数据,2022(10)
- [8] 基于BP神经网络的自动扶梯能耗预测方法[J]. 戴歌云飞;胡银龙;蔡晓亮;田美玲. 中国电梯,2022(03)
- [9] 基于BP神经网络的有载分接开关状态感知及故障诊断研究[J]. 杨文强;刘鹏飞;于同坤;欧乐知;彭平. 湖南电力,2021(06)
- [10] 基于BP神经网络的建筑工人不安全行为预测模型[J]. 石航;常丁强;郑鹏. 中国安全科学学报,2022(01)

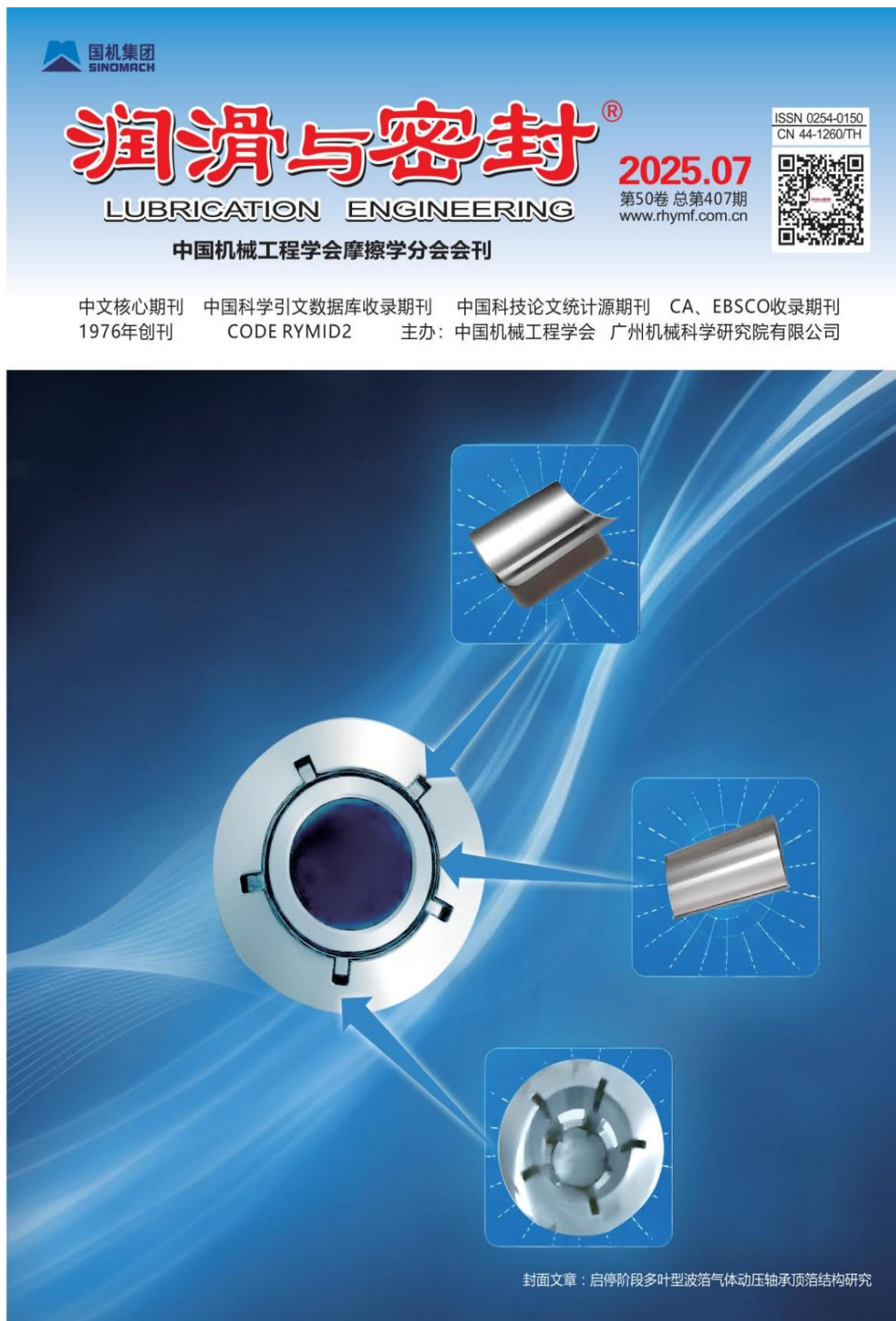
读者服务: 购买知网卡, 充值中心, 我的CNKI, 帮助中心

CNKI常用软件下载: CAJViewer阅读器, 知网研学 (CER Study), 下载中心, 标准阅读器

特色服务: 手机知网, 知网空间, 知网服务, 增值服务

客服咨询: 订购热线: 400-819-9993, 服务热线: 400-810-8868, 在线咨询: help.cnki.net, 邮件咨询: help@cnki.net

4. 矩形栅格结构航空齿轮润滑性能及机制研究



润滑与密封®

RUNHUA YU MIFENG

第50卷 第7期 (总第407期) 2025年7月

月刊 (每月15日出版)

1976年创刊



官网



公众号

主 管: 中国科学技术协会
主 办: 中国机械工程学会
广州机械科学研究院有限公司
编辑出版: 《润滑与密封》编辑部
地 址: 广州市黄埔区茅岗路828号 (510700)

主 编: 贺石中
执行副主编: 严 飞
编 辑: 刘 娜 周秀娜
版 面 设 计: 斯淑珍
美 术 编 辑: 陈雁琼
编辑部电话: (020) 32385313
编辑部邮箱: rhymf@gmeri.com
网 址: www.rhymf.com.cn

广告发行: 徐瑾瑾
广告发行电话: (020) 32385311
微信公众账号: RHYMF 1976

发行范围: 国内外发行
国内发行: 广东省报刊发行局
订 阅 处: 全国各地邮局
国 外 发 行: 中国国际图书贸易集团有限公司
(北京 399 信箱)

印 刷: 广州一龙印刷有限公司
国内邮发代号: 46-57
国外发行代号: M 549
ISSN 0254-0150
CN 44-1260/TH
定价: 38元/期, 456元/年

本刊现入编“中国科学引文数据库 (CSCD)”, “万方数据—数字化期刊群”, “中国核心期刊 (遴选) 数据库”, “中国期刊全文数据库 (CJFD)”, “中文科技期刊数据库”, “美国化学文摘 (CA)”, 美国 EBSCO 数据库, 作者如不同意将文章入编, 投稿时敬请说明。

期刊基本参数: CN44-1260/TH * 1976 * M * 16 * 204 * zh * P * ¥38.00 * * 26 * 2025-7

目 次

试验研究

- 启停阶段多叶型波箔气体动压轴承顶箔结构研究 …
肖云峰, 张樱瀚, 张志莲, 邓瑞洋, 孙鑫悦 (1)
- 润滑油理化性能劣化对摩擦学性能的影响 ……………
盛晨兴, 胡安强, 吴定海, 刘栋, 饶响 (8)
- 高压管汇 90°弯头冲蚀磨损分析及预测 ……………
…………… 莫丽, 刘雄 (15)
- 入口压差扰动下螺旋槽动压止推轴承动态响应特性
研究 …………… 董志强, 白苗岑, 于根亮 (24)
- 高速磁性液体旋转密封结构优化设计与试验研究 …
…………… 张杨, 刘峰斌, 李德才,
周晓龙, 刘浩哲, 武瑾祺 (30)
- 法向载荷作用下弹性能计算及磨损临界条件分析 …
…………… 夏成龙, 成剑锋, 汪思程 (39)
- 油气两相工况下端面密封流场特性分析 ……………
崔博文, 丁雪兴, 徐洁, 力宁, 司徒鑫 (46)
- 纳米金刚石颗粒齿轮油冷却性能与摩擦学性能研究
…………… 魏雷, 胡劲光, 张晓红,
李超, 陈松, 刘嘉明 (55)
- 基于流体本构关系的织构油膜支撑优化设计研究 …
…………… 王天慈, 卢艳, 张镐 (63)
- 铝合金微光栅重熔表面的力学行为及耐磨性研究 …
…………… 李秉臣, 黎秋萍, 季德惠,
赵火平, 熊光耀, 沈明学 (70)
- 环状咪唑啉衍生物在 H₂SO₄ 溶液中对 N80 钢的缓蚀
性能研究 …………… 汤梓杰, 王鹏杰, 宋昱灏,
李浩, 刘婉颖, 王明安, 林元华 (81)
- 考虑尺寸波动的超大液压缸用 V 形组合密封可靠性
评价 ……………
… 程茂林, 李涛, 王跃明, 张波, 郭飞 (91)
- 矩形栅格结构航空齿轮润滑性能及机制研究 ……………
…………… 刘光定, 唐俊, 林海波, 杨慷 (97)

开发应用

- 煤矿乳化液泵旋转密封寿命的关键影响参数研究 …
…………… 刘昊, 赵中梅, 曹辉, 田煜 (109)
- 不同环境工况下增摩油脂性能变化对矿井提升机摩擦
传动的影响 ……………
…………… 廖家新, 张家兵, 陈刚, 冯存做,
姜飞, 许俊, 郭宇, 肖杰, 江鑫煜,
张德坤, 刘春雷, 徐伟 (116)

前挡板结构对指尖密封泄漏量和温度分布的影响 ...
 徐伟, 王娟, 顾典海, 胡雪峰 (124)

V形橡塑往复密封寿命评估加速试验方法研究
 安宁, 张微, 张传兵, 郭腾达,
 钱太顺, 刘智慧, 李志农, 王子义 (132)

液压缸往复动密封磨损状态声发射信号特征提取与
 分析
 ... 晁婷婷, 赵秀翔, 蔡昌庚, 朱亚森 (139)

轴承腔重力回油结构流通能力实验研究
 章经文, 程艳鹏, 李光乐,
 姜会庆, 叶祎, 吕亚国 (146)

PTFE涂层对于铰链轴承与装配摩擦副磨损机制影响
 朱江, 冯成慧, 胡云鹏,
 王乾平, 屈明亮, 明全元, 万强 (153)

机械密封端面磨损与焊接金属波纹管失弹的耦合效应
 研究 夏欣龙, 倪兴雅, 孙见君 (162)

聚四氟乙烯基复合材料油润滑下往复摩擦学行为 ...
 张航, 李国一, 窦志伟,
 肖凤亮, 吕晓仁, 熊文杰, 王勇 (168)

技术探讨

基于群体智能优化算法的风机齿轮油酸值预测模型
 研究 底广辉, 胡远翔, 司明宇,
 王浩宇, 曹俊磊, 康举 (176)

带收油钩子的径向收油环收油效率试验研究
 陈伟雄, 章经文, 贺启盛, 韦瑞荣, 余木龙 (184)

基于显微成像与图像识别的在线油液颗粒传感研究
 孙冉, 林显军, 许士锦,
 杨智宏, 杨双宾, 石新发 (190)

锂基润滑脂通用极压复配添加剂组合研究
 李浩森, 储友双, 董禄虎, 莫林和, 刘庆贺 (199)

广告刊户索引

莱伯斯(上海)集中润滑技术有限公司 封二

成都中超碳素科技有限公司 封三

北京普乐科技有限公司 彩插 1

厦门天机自动化有限公司 彩插 2

上海邦安检测工程有限公司 彩插 3

河北利耐尔橡塑制品有限公司 彩插 4

阿美特克商贸(上海)有限公司北京分公司 彩插 5

济南恒旭试验机技术有限公司 彩插 6

鼎基先进材料股份有限公司 彩插 7

苏州润风达智能环保科技有限公司 目录对页

编辑委员会

主任: 路新春 清华大学 研究员

副主任: 张嗣伟 中国石油大学 教授
 黄兴 国机智能科技有限公司 教授

顾问: 温诗铸 清华大学 院士
 谢友柏 上海交通大学 院士
 王玉明 清华大学 院士
 雒建斌 清华大学 院士
 葛世荣 中国矿业大学 院士
 杜如虚 加拿大工程院 院士

委员: (按姓氏笔划排序)

丁健宁 扬州大学 教授
 王伟 合肥工业大学 教授
 王齐华 中国科学院兰州化学物理研究所 研究员
 王建梅 山西工程技术学院 教授
 王海斗 装甲兵工程学院 教授
 王黎钦 哈尔滨工业大学 教授
 田煜 清华大学 教授
 冯伟 广州机械科学研究院有限公司 正高工
 刘莹 南昌大学 教授
 刘焜 合肥工业大学 教授
 苏峰华 华南理工大学 教授
 李健 武汉材料保护研究所 教授
 李曙 中国科学院金属研究所 研究员
 李韶辉 中国石油大连润滑油研发中心 高工
 李德才 清华大学 教授
 杨焜 武汉理工大学 教授
 肖军 Rtec Instruments, Inc 高工
 吴怀超 贵州大学 教授
 汪久根 浙江大学 教授
 宋克兴 河南省科学院 教授
 张平余 河南大学 教授
 张永振 河南科技大学 教授
 张会臣 大连海事大学 教授
 张春辉 中国石化长城润滑油集团有限公司 高工
 张俊彦 中国科学院兰州化学物理研究所 研究员
 张德坤 中国矿业大学(徐州) 教授
 陈国需 陆军勤务学院 教授
 邵天敏 清华大学 教授
 林有希 福州大学 教授
 周仲荣 西南交通大学 教授
 赵运才 江西理工大学 教授
 段德莉 中国科学院金属研究所 研究员
 姚萍屏 中南大学 教授
 袁成清 武汉理工大学 教授
 顾卡丽 武汉材料保护研究所 研究员
 钱林茂 西南交通大学 教授
 高诚辉 福州大学 教授
 郭峰 青岛理工大学 教授
 黄平 华南理工大学 教授
 彭旭东 浙江工业大学 教授
 董光能 西安交通大学 教授
 程先华 上海交通大学 教授
 谢小鹏 华南理工大学 教授
 虞烈 西安交通大学 教授
 戴振东 南京航空航天大学 教授
 Z. Peng 澳大利亚新南威尔士大学 教授
 佐佐木 日本东京理科大学 教授

LUBRICATION ENGINEERING®

Monthly
Vol.50 No.7(Sum No.407) Jul.2025
Since 1976

Authorities in Charge: China Association for Science and Technology

Sponsor: Chinese Mechanical Engineering Society
Guangzhou Mechanical Engineering
Research Institute Co., Ltd.

Editor & Publisher: Editorial Office of LUBRICATION
ENGINEERING

Add: Huangpu, Guangzhou, P R China

Editorial Committee

Chairman: LU Xinchun

Vice Chairmen: ZHANG Siwei HUANG Xing

Advisors: WEN Shizhu XIE Youbai WANG Yuming
LUO Jianbin GE Shirong DU Ruxu

Members of Editorial Committee:

DING Jianning	WANG Wei	WANG Qihua
WANG Jianmei	WANG Haidou	WANG Liqin
TIAN Yu	FENG Wei	LIU Ying
LIU Kun	SU Fenghua	LI Jian
LI Shu	LI Shaohui	LI Decai
YANG Kun	XIAO Jun	WU Huaichao
WANG Jiugen	SONG Kexing	ZHANG Pingyu
ZHANG Yongzhen	ZHANG Huichen	ZHANG Chunhui
ZHANG Junyan	ZHANG Dekun	CHEN Guoxu
SHAO Tianmin	LIN Youxi	ZHOU Zhongrong
ZHAO Yuncai	DUAN Deli	YAO Pingping
YUAN Chengqing	GU Kali	QIAN Linmao
GAO Chenghui	GUO Feng	HUANG Ping
PENG Xudong	DONG Guangneng	CHENG Xianhua
XIE Xiaopeng	YU Lie	DAI Zhendong
Z. Peng	Sasaki	

Chief Editor: HE Shizhong

Vice Chief Editor: YAN Fei

Editor: LIU Na ZHOU Xiuna

Layout Design: SI Shuzhen

Tel: (8620) 32385313

Web: www.rhymf.com.cn

E-mail: rhymf@gmeri.com

Distributed Range: Distribution at home and abroad

Domestic Distributor: Newspapers and Publications
Board of Guangdong

Overseas Distributor: China International Book Trading
Corporation (P. O. Box 399, Beijing, China)

Post Distribution Code: 46-57

International Code: M 549

Contents

Research and Test

- Changes in the Structural Parameters of the Top Foil of Multi-leaf Bump Foil Aerodynamic Bearing During Start-stop Process XIAO Yunfeng, ZHANG Yinghan, ZHANG Zhilian, DENG Ruiyang, SUN Xinyue (1)
- The Influence of Deterioration of Physical and Chemical Properties of Lubricating Oil on Tribological Properties SHENG Chenxing, HU Anqiang, WU Dinghai, LIU Dong, RAO Xiang (8)
- Analysis and Prediction of Erosion Wear in 90° Elbow of High-Pressure Manifolds MO Li, LIU Xiong (15)
- Study on Dynamic Response Characteristics of Spiral Groove Dynamic Pressure Thrust Bearing Under Disturbance of Inlet Pressure Difference DONG Zhiqiang, BAI Miaocen, YU Genliang (24)
- Optimal Design and Experimental Study of High Speed Magnetic Liquid Rotary Seal Structure ZHANG Yang, LIU Fengbin, LI Decai, ZHOU Xiaolong, LIU Haozhe, WU Jinqi (30)
- Elastic Energy Calculation and Critical Wear Condition Analysis Under Normal Load XIA Chenglong, CHENG Jianfeng, WANG Sicheng (39)
- Analysis of Flow Field Characteristics of End Face Seal Under Oil and Gas Two-phase Condition CUI Bowen, DING Xuexing, XU Jie, LI Ning, SI Jiaxin (46)
- Cooling Performance and Tribological Properties of Gear Oil with Nano-diamond Particles WEI Lei, HU Jinguang, ZHANG Xiaohong, LI Chao, CHEN Song, LIU Jiaming (55)
- Optimization Design of Textured Oil Film Support Based on Fluid Constitutive Relationship WANG Tianci, LU Yan, ZHANG Hao (63)

Study on the Mechanical Behavior and Wear Resistance of Micrograting Remelting Surface on Aluminum Alloy LI Bingchen, LI Qiuping, JI Dehui, ZHAO Huoping, XIONG Guangyao, SHEN Mingxue (70)

Corrosion Inhibition Properties of Cyclic Imidazoline Derivatives on N80 Steel in H₂SO₄ Solution TANG Zijie, WANG Pengjie, SONG Yuhao, LI Hao, LIU Wanying, WANG Mingan, LIN Yuanhua (81)

Reliability Evaluation of V-shaped Combination Seals for Ultra Large Hydraulic Cylinders Considering Size Fluctuations CHENG Maolin, LI Tao, WANG Yueming, ZHANG Bo, GUO Fei (91)

Study on Lubrication Performance and Mechanism of the Aircraft Gear with Rectangular Microgrid Structures LIU Guangding, TANG Jun, LIN Haibo, YANG Kang (97)

Application and Development

Research on the Key Influencing Parameters of the Rotary Seal Lifespan for Coal Mine Emulsion Pumps LIU Hao, ZHAO Zhongmei, CAO Hui, TIAN Yu (109)

Effect of the Change of Friction-Increasing Grease Performance Under Different Environmental Conditions on the Friction Transmission of Mine Hoist LIAO Jiaxin, ZHANG Jiabing, CHEN Gang, FENG Cunao, JIANG Fei, XU Jun, GUO Yu, XIAO Jie, JIANG Xinyu, ZHANG Dekun, LIU Chunlei, XU Wei (116)

Influence of Front Baffle Structure on Leakage and Temperature Distribution of Finger Seals XU Wei, WANG Juan, GU Dianhai, HU Xuefeng (124)

Research on Accelerated Test Methods for Life Assessment of V-shaped Rubber-Plastic Reciprocating Seals AN Ning, ZHANG Wei, ZHANG Chuanbing, GUO Tengda, QIAN Taishun, LIU Zhihui, LI Zhinong, WANG Zixi (132)

Acoustic Emission Signal Feature Extraction and Analysis for the Wear Condition of Reciprocating Seals in Hydraulic Cylinders CHAO Tingting, ZHAO Xiuxu, CAI Changgeng, ZHU Yasen (139)

Experimental Study on the Flow Capacity of Gravity Oil Return Structure in Bearing Cavity QIN Jingwen, CHENG Yanpeng, LI Guangle, JIANG Huiqing, YE Yi, LYU Yaguo (146)

Influence of PTFE Coating on the Wear Mechanism of Hinge Bearing and Assembly Friction Pairs ZHU Jiang, FENG Chenghui, HU Yunpeng, WANG Qianping, QU Mingliang, MING Quanyuan, WAN Qiang (153)

Study on the Coupling Effect of Mechanical Seal End Face Wear and Welded Metallic Bellow Elasticity Degradation ... XIA Xinlong, NI Xingya, SUN Jianjun (162)

Reciprocating Tribological Behavior of PTFE Composites Under Oil Lubrication ZHANG Hang, LI Guoyi, DOU Zhiwei, XIAO Fengliang, LV Xiaoren, XIONG Wenjie, WANG Yong (168)

Technical Analysis

Research on the Prediction Model of Oleic Acid Value in Wind Turbine Gears Based on Swarm Intelligence Optimization Algorithm DI Guanghui, HU Yuanxiang, SI Mingyu, WANG Haoyu, CAO Junlei, KANG Ju (176)

Experimental Research on Oil Capture Efficiency of Radial Oil Scoop with Hook CHEN Weixiong, QIN Jingwen, HE Qisheng, WEI Ruirong, YU Shulong (184)

Research on Online Oil Contamination Particle Sensing Based on Microscopic Imaging and Image Recognition SUN Ran, LIN Xianjun, XU Shijin, YANG Zhihong, YANG Shuangbin, SHI Xinfu (190)

Study of Universal Extreme Pressure Compounding Additive Combinations for Lithium Grease LI Haomiao, CHU Youshuang, DONG Luhu, MO Linhe, LIU Qinghe (199)

DOI: 10.3969/j.issn.0254-0150.2025.07.013

文献引用: 刘光定, 唐俊, 林海波, 等. 矩形栅格结构航空齿轮润滑性能及机制研究[J]. 润滑与密封, 2025, 50(7): 97-108.

Cite as: LIU Guangding, TANG Jun, LIN Haibo, et al. Study on lubrication performance and mechanism of the aircraft gear with rectangular microgrid structures[J]. Lubrication Engineering, 2025, 50(7): 97-108.

矩形栅格结构航空齿轮润滑性能及机制研究

刘光定¹, 唐俊², 林海波³, 杨慷⁴

(1. 郑州电力职业技术学院机电工程学院, 河南郑州 451450; 2. 中南林业科技大学材料科学与工程学院, 湖南长沙 410004; 3. 四川轻化工大学机械工程学院, 四川自贡 643000; 4. 安阳工学院机械工程学院, 河南安阳 455000)

摘要: 为提高钛合金 TC 基航空齿轮摩擦学性能, 借鉴蝴蝶翅膀表面微纳结构在航空齿轮表面设计矩形微米栅格结构。利用激光烧结栅格微结构钛基航空齿轮试样 TC-A, 并将复合固体润滑剂 SnAgCu-CaF₂ (SC) 高温溶渗于微栅格中, 构建微纳米栅格结构齿轮试样 TCSC-A。摩擦测试结果表明: 与钛合金 TC 相比, 微纳米栅格结构试样 TCSC-A 摩擦学性能更为优异; 在 TCSC-A 试样中, 长 400 μm、宽 300 μm 微纳米栅格结构的 TCSC-A-3 试样的摩擦系数与磨损率最小, 这可能是因为储存在矩形栅格中的 SC 产生塑性变形并被不断挤出, 在磨痕表面铺展与延伸, 形成富含 SC 的固体润滑层。在润滑层中的 CaF₂ 包裹在 SnAgCu 中, 增强了其在摩擦表面的塑性流动, 从而可均匀地铺展并填充在微坑与裂纹中, 提高了齿轮表面抵抗摩擦损伤功能, 也提升了摩擦界面的自愈合能力。TCSC-A-3 摩擦系数约为 0.25, 磨损率约为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$, 能够满足钛基航空齿轮工业润滑需求。

关键词: 微纳米栅格结构; 航空齿轮; 润滑性能; 干摩擦; 复合固体润滑剂
中图分类号: TH117.2; TB333

Study on Lubrication Performance and Mechanism of the Aircraft Gear with Rectangular Microgrid Structures

LIU Guangding¹, TANG Jun², LIN Haibo³, YANG Kang⁴

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Zhengzhou Electric Power Vocational and Technical College, Zhengzhou Henan 451450, China; 2. College of Materials Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha Hunan 410004, China; 3. College of Mechanical Engineering, Sichuan Light Chemical Engineering University, Zigong Sichuan 643000, China; 4. School of Mechanical Engineering, Anyang Institute of Technology, Anyang Henan 455000, China)

Abstract: To improve the dry sliding wear performance of titanium alloy (TC)-based aerospace gears, an inspiration was drawn from the micro/nanostructures on the butterfly wings to design rectangular microgrids on the aerospace gear surfaces using laser sintering. The TC-A gear samples with grid microstructures were fabricated, and the composite solid lubricants SnAgCu-CaF₂ (SC) were infiltrated at high temperatures into the microgrids to form the TCSC-A micro/nano grid structures of the aerospace gears. Friction tests demonstrate that the tribological performance of the TCSC-A sample is superior to that of the TC sample. Among the TCSC-A samples, the TCSC-A-3 samples, which feature a micro-nano grid structure with a length of 400 μm and a width of 300 μm, exhibit the lowest friction coefficient and wear rate. This improvement may be attributed to the SC stored in the grids undergoing plastic deformation, which is continuously squeezed out and

基金项目: 四川轻化工大学晨光高性能氟材料创新中心项目 (SCFY2208); 河南省高等学校重点科研项目 (25B460009); 河南省科技厅科技攻关项目 (242102220054); 中国博士后科学基金项目 (2019M662484)

收稿日期: 2024-11-28; 修回日期: 2025-01-03

作者简介: 刘光定 (1982-), 男, 本科, 实验师, 研究方向为微纳结构设计及制造。E-mail: liuguangding2009@163.com。

通信作者: 唐俊 (1995-), 男, 博士研究生, 研究方向为表面工程与摩擦学。E-mail: 3865911341@qq.com。

spreads across the wear surface to form a solid lubricating layer containing a large amount of SC. The CaF_2 in the lubricating layer is encapsulated within SnAgCu, enhancing its plastic flow on the frictional surface and enabling it to spread evenly and fill micropits and microcracks. This mechanism improves the self-healing ability of the friction surface. The friction coefficient of the TCSC-A-3 sample is approximately 0.25, and the wear rate is almost $1.0 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$, meeting the industrial lubrication requirements for TC-based aerospace gears.

Keywords: micro/nanogrid-structures; aerospace gear; lubricating property; dry friction; composite solid lubricant

钛合金 TC 作为高性能飞行材料, 因其密度低、质量轻等优异特性, 可降低飞行器整体质量从而提升飞行续航能力, 因而在航空航天领域得到广泛应用^[1-3]。近年来, 轻量化钛合金已逐步应用于航空齿轮制造, 并展现出广阔的应用前景^[3-4]。然而, 其较差的摩擦磨损性能在配对齿轮摩擦界面滑动啮合过程中表现突出, 尤其在无油脂润滑条件下的关键核心齿轮部件中更为显著^[5-7]。因此, 如何提升 TC 基航空齿轮的干滑动摩擦学性能, 不仅对优化航空齿轮的摩擦学设计具有重要意义, 也将对推动我国航空工业的技术进步产生深远影响。

SHI 等^[8]和 XU 等^[9]利用放电等离子烧结 (SPS) 制备了含有质量分数 10% 银 (Ag) 的自润滑复合材料, 研究发现, 在摩擦磨损过程中, 在摩擦界面上形成了富银固体润滑膜, 实现了良好的润滑性能; 然而, 银与基体之间的润湿性较差, 导致固体润滑膜在摩擦表面分布不均, 从而降低了实验试样的摩擦磨损性能。LIU 等^[10]通过调控 Sn、Ag 与 Cu 元素含量, 制备出了润湿性更好的 SnAgCu 软金属固体润滑剂。实验结果表明, 该软金属固体润滑剂能在摩擦界面上形成均匀分布的固体润滑膜, 明显提高了材料的干滑动摩擦学性能。然而文献 [10] 的研究存在两方面的问题: 一是 SnAgCu 软金属润滑膜承载能力较弱, 在大载荷作用下固体润滑膜易出现表面剥落、截面断裂和亚表面微裂纹; 二是由于 SnAgCu 富集在基体中, 基体致密的组织结构阻碍了 SnAgCu 向摩擦表面迁移, 使其难以在摩擦表面快速富集与铺展成膜, 且在摩擦过程中难以快速补偿摩擦表面上 SnAgCu 的损耗, 这就导致摩擦界面的润滑性能难以得到进一步提高, 且摩擦表面自愈合功能难以有效实现。

针对以上两方面的问题, 本文作者为提高 SnAgCu 固体润滑膜承载能力, 利用氟化钙 (CaF_2) 与软金属 SnAgCu 构建复合固体润滑剂 SnAgCu- CaF_2 (SC), 通过 CaF_2 增强了 SnAgCu 承载能力。同时, 为提高齿轮试样摩擦界面润滑性能与自愈合能力, 借鉴蝴蝶翅膀表面微纳结构在航空齿轮试样表面设计矩形微栅格结构, 并将 SC 纳米复合润滑剂填入微栅格,

构建矩形微纳米栅格结构。该结构能够在固体润滑膜损伤后及时向摩擦表面补充润滑剂 SC, 起到及时修复固体润滑膜, 实现润滑膜自愈合功能的同时, 提高摩擦表面润滑性能。研究结果对于提高航空齿轮摩擦学设计, 增强其润滑性能具有一定的理论意义与潜在的工程价值。

1 材料制备

1.1 航空齿轮矩形微栅格结构设计制备

为提高航空齿轮的摩擦磨损性能, 借鉴蝴蝶翅膀表面微纳米栅格结构 (见图 1 (a) 与图 1 (b))^[11], 在航空齿轮表面设计矩形微栅格结构, 如图 1 (c) 所示。同时将微纳米复合固体润滑剂 SC 高温熔渗于微栅格, 在航空齿轮表面构建仿生微栅格结构的协同润滑界面, 从而提高航空齿轮的摩擦磨损性能。

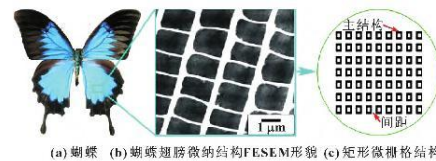


图 1 航空齿轮表面仿蝴蝶翅膀矩形微纳米栅格结构

Fig. 1 Micro/nanorectangle grid structures imitating butterfly wings on the aerospace gear surface: (a) butterflies; (b) FESEM morphology of butterfly wing micro/nanostructure; (c) micro/nanorectangle grid structure

为研究仿微栅格结构对航空齿轮滑动摩擦学性能的影响, 在齿轮表面进行等差矩形微栅格结构设计, 仿蝴蝶翅膀微纳米栅格结构的航空齿轮表面矩形微栅格主要特征尺寸如表 1 所示。表 1 同时还给出了不同微纳米栅格结构的面积以及各实验试样的命名。

利用型号为 CT-MF30 的激光烧结仪器加工航空齿轮表面矩形微栅格结构, 激光烧结波长为 1 064 nm, 扫描速度为 400 mm/s, 功率为 27 kW, 激光频率为 30 kHz。激光烧结采用 200 μs 的结束延迟、100 μs 的拐角延迟、300 μs 的切换延迟。

表1 航空齿轮表面矩形微栅格主要特征尺寸

Tab.1 The corresponding size of the microrectangle grid textures prepared on the aerospace gear surface

试样	宽度 $B/\mu\text{m}$	长度 $l/\mu\text{m}$	间隔 $c/\mu\text{m}$	深度 $h/\mu\text{m}$	分布比 例 $\phi/\%$	面积 $A/$ ($10^5 \mu\text{m}^2$)	公差		
							长-宽公差	长度公差	宽度公差
TC	0	0	0	0	0		-	-	-
TC-A-1	260	360	200	100	27.3	1.45	100	20	20
TC-A-2	280	380	200	100	28.7	1.52	100	20	20
TC-A-3	300	400	200	100	30.0	1.59	100	20	20
TC-A-4	320	420	200	100	31.2	1.66	100	20	20
TC-A-5	340	440	200	100	32.5	1.72	100	20	20

1.2 航空齿轮矩形微纳米栅格的制备

利用 MSK-SFM-3 振动混料机将质量分数 75% SnAgCu 和 25% CaF_2 粉末混合均匀, 制备复合固体润滑剂 SC。振动混料机功率为 0.25 kW, 电压为 220 V, 频率为 50 Hz, 额定电流为 1.99 A, 转速为 1 400 r/min。随后将复合固体润滑剂 SC 高温熔渗到 TC 基航空齿轮微纳米栅格结构中, 构建齿轮表面矩形微纳米栅格结构。具体方法为: 将复合固体润滑剂 SC 与激光烧结试样装入内孔直径为 30 mm 的石墨模具中, 放入人工智能箱式电阻炉进行高温熔渗, 熔渗温度为 1 100 $^{\circ}\text{C}$, 熔渗压力为 0.16 MPa, 熔渗起始温度为 25

$^{\circ}\text{C}$, 经过 30 min 加热使温度升至 1 100 $^{\circ}\text{C}$, 在该温度下保温 120 min; 随后对高温熔渗炉腔进行降温, 经 120 min 后炉腔温度降至 160 $^{\circ}\text{C}$, 取出试样, 放入试样桶内恢复至室温, 获得具有润滑功能的等差矩形微纳米栅格结构的航空齿轮试样, 如图 2 所示。TC-A-1、TC-A-2、TC-A-3、TC-A-4、TC-A-5 试样, 经高温熔渗后得到的富含 SC 复合润滑剂的摩擦试样, 分别命名为 TCSC-A-1、TCSC-A-2、TCSC-A-3、TCSC-A-4 与 TCSC-A-5。在此基础上, 对试样进行 60 min 金相磨平, 获得平整光滑的摩擦试样表面。

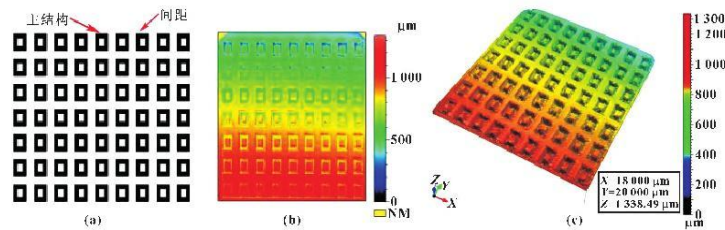


图2 航空齿轮矩形微纳米栅格 (a) 和 2D 结构 (b) 及 3D 结构 (c) 扫描形貌

Fig.2 Micro/manorectangle grid structure(a), 2D morphology(b) and 3D morphology(c) of aerospace gear

1.3 航空齿轮试样密度与硬度测试

根据 ASTM Standard B962-08 标准和阿基米德原理, 对 TC 和 TCSC-A 试样密度进行测试, 每个试样测试 5 次, 测试值如表 2 所示。可以看出, TC 和 TCSC-A 试样的密度基本相同, 表明高温熔渗后的微纳结构对 TC 试样密度影响较小。

采用 200HRS-150 型数显洛氏硬度仪测定 TC 和 TCSC-A 试样的洛氏硬度, 并转化为维氏硬度, 结果如表 2 所示。可以看出, TCSC-A 试样硬度略高于 TC 试样硬度, 这可能是由于采用的复合润滑剂 SC 与高温熔渗工艺提高了试样表面维氏硬度, 这有利于提高航空齿轮表面摩擦学特性。

表 2 TC 与 TCSC-A 试样密度与硬度测试值

Tab. 2 Test results of density and hardness of the TC and TCSC-A specimens

试样	密度 $\rho/(g \cdot cm^{-3})$					
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均值
TC	4.426	4.425	4.420	4.430	4.429	4.426
TCSC-A-1	4.423	4.424	4.422	4.429	4.426	4.425
TCSC-A-2	4.424	4.427	4.423	4.425	4.426	4.425
TCSC-A-3	4.425	4.424	4.427	4.426	4.430	4.426
TCSC-A-4	4.425	4.424	4.423	4.426	4.427	4.425
TCSC-A-5	4.423	4.425	4.426	4.424	4.427	4.425
试样	维氏硬度					
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均值
TC	HV100.8	HV96.6	HV98.6	HV96.8	HV98.8	HV98.3
TCSC-A-1	HV104.6	HV106.8	HV101.4	HV101.8	HV100.8	HV103.1
TCSC-A-2	HV103.8	HV102.5	HV104.7	HV106.3	HV102.4	HV103.9
TCSC-A-3	HV104.8	HV103.6	HV105.2	HV106.1	HV103.2	HV104.6
TCSC-A-4	HV102.3	HV101.7	HV102.6	HV101.4	HV100.2	HV101.6
TCSC-A-5	HV102.1	HV102.5	HV101.2	HV100.3	HV101.1	HV101.4

1.4 航空齿轮矩形微纳米栅格试样相成分

使用 DX-2700B 型 X 射线衍射仪分析试样成分以确定其相成分。测试前, 首先使用无水乙醇进行超声清洗 30 min, 然后通过真空干燥去除残留溶剂。采用 $15^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 扫描角度范围、 $0.01^{\circ}/s$ 扫描速度对熔渗前的 TC 试样和熔渗后 TCSC 试样进行相成分鉴定, XRD 图谱如图 3 所示。

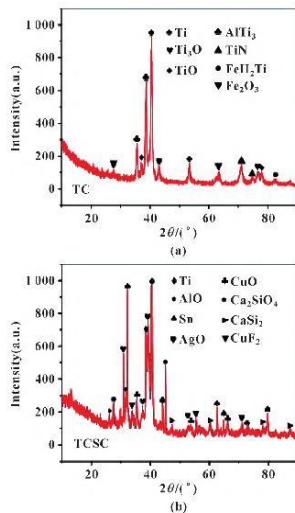


图 3 TC (a) 与 TCSC-A (b) 试样 XRD 物相分析结果
Fig. 3 XRD phase analysis results of the TC (a) and TCSC-A (b) samples

从图 3 中可以看出, TC 试样主要相成分为 Ti、 $AlTi_3$ 与 Ti 的衍生物; TCSC 试样主要相成分为 Ti、CuO、AlO、 Ca_2SiO_4 、Sn 与少量的 $CaSi_2$ 、AgO、 CuF_2 。其中, AlO 为硬质合金相, 而 Ca_2SiO_4 是空气中存在的氧气在熔渗过程中与 Ca 和 Si 元素反应生成的。此外, 在高温条件下, 熔渗过程中基体元素 Al 和软金属 Ag、Cu 与空气中的氧发生氧化反应, 形成了金属氧化物 CuO、AlO 和 AgO。

2 摩擦学性能分析

2.1 等差矩形栅格结构航空齿轮摩擦学性能

为探究等差矩形微纳米栅格结构航空齿轮摩擦学性能, 对 TCSC-A 试样开展干滑动摩擦学性能测试。图 4 所示为 TCSC-A 试样摩擦测试示意图。根据 No. G99-95 ASTM 标准编号, 采用高温高频往复摩擦测试模块对试样进行摩擦学性能测试, 滑动频率为 7 Hz, 载荷为 10 N, 对摩副为直径 6 mm、维氏硬度约 15 GPa 的 Si_3N_4 陶瓷球。每个试样测试 5 次, 取平均值。在滑动摩擦磨损过程中, 计算机软件实时记录 30 min 内的摩擦因数变化, 并生成摩擦因数曲线。在摩擦磨损测试后, 利用 D/MAX-RB3D 形貌仪对磨痕表面轮廓进行 3D 形貌扫描, 得到试样干滑动摩擦磨损三维轮廓。在此基础上对三维轮廓进行线性二维测量与计算, 得到干滑动磨痕截面积 A , 结合磨痕长度 C , 按式 (1) 计算磨痕体积 V , 按式 (2) 计算磨损率 $S^{[3]}$ 。

$$V = AC \quad (1)$$

$$S = V/(FL) \quad (2)$$

式中: A 为二维轮廓面积 (mm^2); C 为试样磨痕

长度 (mm); F 为施加载荷 (N); L 为滑动距离 (m)。

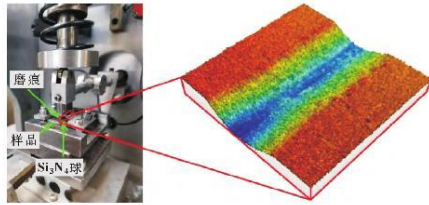
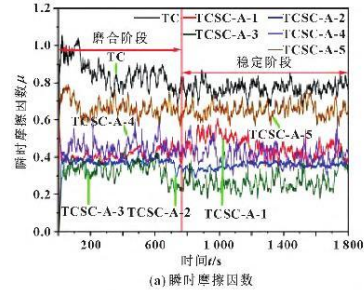


图4 摩擦测试示意与 TCSC-A 试样磨痕三维轮廓形貌

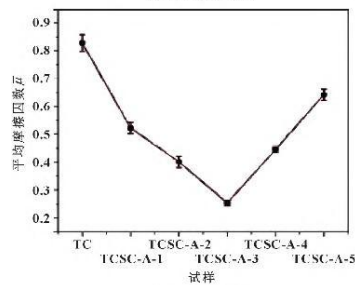
Fig. 4 Friction test schematic and 3D profile of TCSC-A sample wear marks

各试样的摩擦因数曲线、平均摩擦因数和磨损率如图 5 所示。从图 5 (a) 可以看出, 随着干滑动摩擦过程的进行, 摩擦因数总体呈现先上升后下降 (磨合阶段) 再到趋于稳定 (稳定阶段) 的变化趋势。这可能是由两方面原因造成的: 一是原本光滑的接触面在磨损过程中逐渐变得粗糙, 二是随着对摩副氮化硅陶瓷球的不断磨损, 摩擦副的接触面增大。对比 TC 试样的摩擦因数, 加入复合润滑剂 SC 的 TCSC-A 试样的摩擦因数较小, 这证实了复合润滑剂 SC 的引入在一定程度上降低了摩擦因数。图 5 (b) 所示的各试样的平均摩擦因数也证实了这一结论。

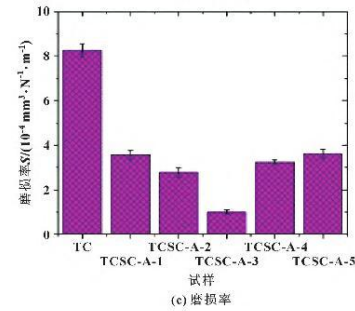
图 5 (c) 所示为各试样的磨损率。从图 5 (c) 与图 5 (b) 可以得出, TC 试样添加复合固体润滑剂 SC 后摩擦因数和磨损率降低, 其中 TCSC-A-3 试样的摩擦因数和磨损率最低, 分别为 0.25 和 $1.00 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$, 相比 TC 试样的 0.83 和 $8.25 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$, 降幅分别为 69.88% 和 87.88%。随着 TCSC-A 试样矩形等差栅格结构长宽尺寸不断增加, 磨损率从 $3.77 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$ (TCSC-A-1 试样) 降低到 $1.00 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$ (TCSC-A-3 试样), 然后升高到 $3.57 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$ (TCSC-A-5 试样), 摩擦因数从 0.52 (TCSC-A-1 试样) 降低到 0.25 (TCSC-A-3 试样), 然后增加到 0.64 (TCSC-A-5 试样)。可见, 栅格结构长 400 μm 、宽 300 μm 的 TCSC-A-3 试样具有最小的摩擦因数与最低的磨损率, 具有更加优异的摩擦学性能。然而, 导致 TCSC-A 优异的减摩擦抗磨行为的机制目前还不明确, 需要对 TCSC-A 试样开展深入研究。



(a) 瞬时摩擦因数



(b) 平均摩擦因数



(c) 磨损率

图5 TCSC-A 试样摩擦学性能

Fig. 5 Tribological properties of the TCSC-A specimens: (a) instantaneous friction coefficient; (b) average friction coefficient; (c) mean wear rate

2.2 矩形栅格结构航空齿轮摩擦磨损机制分析

为探究不同等差结构的 TCSC-A 试样减摩擦抗磨性能, 采用 FESEM 场发射扫描电镜对 TCSC-A 试样磨痕表面微观形貌进行观测。图 6 所示为不同等差微米栅格结构 TCSC-A 试样磨痕形貌。图 6 (a) 所示为 TCSC-A-1 试样磨痕 FESEM 形貌, 可以看出, 试

样磨痕表面存在大面积剥落,并且在剥落坑内有大量的磨屑;同时在摩擦表面上形成了不连续的润滑膜,并且出现了磨痕和凹坑。这说明 TCSC-A-1 试样主要磨损机制为疲劳磨损和磨粒磨损。造成这种磨损机制的主要原因是,在 7 Hz 工况下 TCSC-A-1 试样表面的矩形微栅格在摩擦力反复作用下发生的体积变形较小,只有少量的复合润滑剂 SC 从微栅格结构中被挤出,导致界面润滑不够充分;同时摩擦力反复作用使滑动表面产生凹坑,导致摩擦阻力和材料损失增加。因此,TCSC-A-1 试样的摩擦因数和磨损率不能满足航空齿轮润滑需求。

TCSC-A-2 试样摩擦表面 FESEM 形貌如图 6 (b) 所示。相比 TCSC-A-1 试样,TCSC-A-2 试样磨痕表

面剥落区域明显减少。表 3 中给出了图 6 (b) 中区域 A 的 EDS 测试结果,可知剥落区域主要成分为 SnAgCu 中的 Sn 元素和 TCSC-A-2 基体中的 Ti 元素。这说明在摩擦力作用下,TCSC-A-2 试样表面微纳米栅格结构边缘会发生变形,导致微纳米栅格结构(宽/长比 280:380)中的固体润滑剂从变形栅格边缘挤出,并不断迁移到摩擦表面。然而软金属 SnAgCu 不能产生足够的塑性变形,且与基体表面结合强度不够,这使得 TCSC-A-2 试样发生表面剥落。但存在有少量润滑剂 SnAgCu 与 CaF_2 ,这使得 TCSC-A-2 试样能够获得一定的润滑效果,故相比于 TCSC-A-1 试样,TCSC-A-2 试样摩擦学性能得到了一定提高。

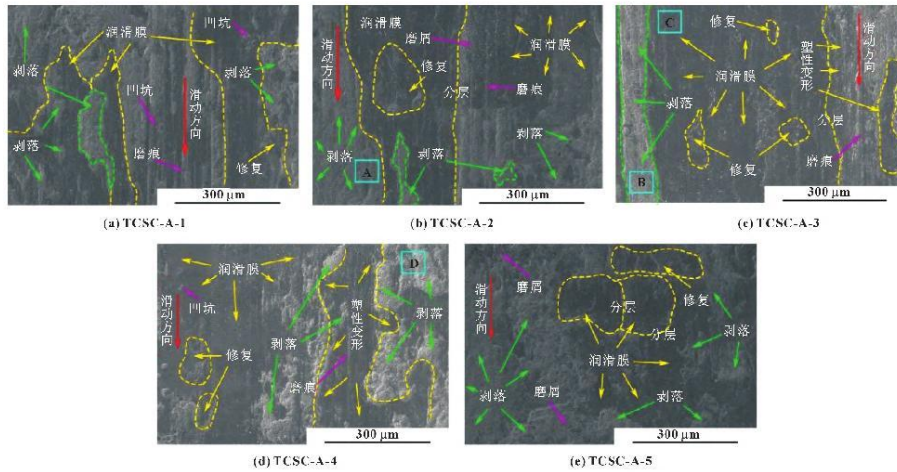


图 6 试样 TCSC-A 磨痕 FESEM 微观形貌

Fig. 6 Microscopic FESEM morphologies of the abrasion marks of the TCSC-A specimens: (a) TCSC-A-1; (b) TCSC-A-2; (c) TCSC-A-3; (d) TCSC-A-4; (e) TCSC-A-5

表 3 图 6 中磨痕表面区域 A、B、C 与 D 主要元素成分

Tab. 3 Distributions of the main elements of areas A, B, C, and D on the surface of the abrasion marks in Figure 6

区域	元素质量分数 $w/\%$								
	Ti	Sn	Ag	Cu	F	Al	O	C	Ca
区域 A	14.45	19.55	5.84	5.52	7.12	7.95	20.02	9.00	10.47
区域 B	9.02	21.04	4.03	6.01	8.89	7.18	24.25	6.75	12.02
区域 C	8.72	27.2	5.26	7.01	9.32	4.21	17.39	4.52	16.37
区域 D	32.12	10.85	3.15	4.84	6.33	14.67	16.42	5.59	6.21

图6(c)所示为TCSC-A-3试样磨痕表面FESEM形貌。可知, TCSC-A-3试样(微栅格宽/长比300:400)磨痕表面形成了较为完整的固体润滑膜, 呈现大面积分布状态, 并在膜的表面存在自修复自愈合区域, 同时发现有磨屑滚动行为。表3中给出了图6(c)中区域B与C的EDS结果, 可知固体润滑膜主要成分为SnAgCu的Sn元素和CaF₂的Ca元素。与B与A剥落区域中的Sn和Ca元素含量相比, 区域C的含量明显高于A与B剥落区域。这是由于TCSC-A-3试样在摩擦应力作用下, 表面微纳米栅格结构边缘发生较大的弹性变形, 使得储存在栅格结构中的润滑剂SC被不断挤出并迁移到摩擦表面, 形成了较为完整固体润滑膜, 并大面积分布在摩擦表面。然而, 反复的摩擦过程使固体润滑膜产生小的剥落区域, 润滑剂SC的塑性变形和磨屑剥落区域的填充功能对磨痕表面起到了良好的修复作用, 使摩擦表面得到良好修复, 实现了摩擦表面优异的自愈合功能。相比图6(b)所示剥落面积与A区域元素含量可知, 图6(c)中所示的剥落区域明显减少, 区域B中的Sn和Ca元素含量显著增加, 这表明摩擦表面上固体润滑剂含量较高, 为摩擦界面实现良好的自愈合功能提供了有益条件。结合图5与图6可得, 相比TCSC-A-1和TCSC-A-2试样, TCSC-A-3试样磨痕表面存在大面积的固体润滑膜, 因而获得了低的摩擦因数(0.25)和小的磨损率($1.0 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$)。

TCSC-A-4试样磨痕表面FESEM形貌如图6(d)所示, 可见磨痕表面产生大面积剥落, 且剥落坑中存在少量的磨屑; 同时摩擦表面有固体润滑膜存在, 并伴有小面积表面修复与小区域磨损。表3中给出了图6(d)中区域D的EDS测试结果, 可知剥落区域主要成分为SnAgCu中的Sn元素和试样基体中的Ti元素。这可能是因为在摩擦过程中, 微栅格宽/长为320:420的TCSC-A-4试样微纳米栅格结构边缘受到大的摩擦力, 导致其栅格结构产生变形。在这个过程中, 润滑剂SC发生塑性变形, 并产生流动, 导致其从栅格结构中挤出, 且快速迁移到摩擦表面并铺展成固体润滑膜。随着软金属SnAgCu包裹着CaF₂大量析出, 导致润滑膜与摩擦表面结合强度减弱, 造成固体润滑膜大面积剥落的同时, 又被剥落的磨屑和润滑剂SC共同修复。这种协同作用不能使TCSC-A-4试样获得优异的摩擦磨损性能, 因而摩擦因数和磨损率的值相比TCSC-A-3试样较高。

图6(e)所示为TCSC-A-5试样磨痕表面FESEM形貌。可以看出, TCSC-A-5试样磨痕表面

存在大面积剥落和大量磨屑, 固体润滑膜呈现岛屿状分布且出现分层现象。这可能是因为摩擦力反复作用下, 摩擦表面产生疲劳剥落, 剥落物质不断细化形成磨屑; 进一步细化的磨屑与固体润滑剂SC结合, 在摩擦力反复碾压下, 磨屑与SC不断混合与黏结, 最终在摩擦表面形成小区域固体润滑膜。在摩擦过程中, 小区域固体润滑膜在形成的润滑膜表面不断形成与堆叠, 导致固体润滑膜产生明显的分层现象, 且呈岛屿状分布在摩擦表面。这种岛屿状分层润滑膜由于分布区域较小, 且存在层状不稳定性, 这使得其无法对摩擦界面实现优异的润滑效果, 导致TCSC-A-5试样抗磨损性能降低, 减摩性能不够理想。

图7(a)所示为TCSC-A-2试样磨痕表面FESEM形貌。可知, 在TCSC-A-2试样磨痕表面存在大量磨屑和剥落区域, 且形成了固体润滑膜。根据ISO 25178标准, 对磨痕表面微观结构进行 $4\,000\ \mu\text{m} \times 4\,000\ \mu\text{m}$ 矩形微区域扫描, 扫描区域3D高度微观形貌、2D微观轮廓与高度参数统计结果如图7(b)~(e)所示。TCSC-A-2试样磨痕表面高度参数如表4所示。可知, TCSC-A-2试样磨痕区域均方根高度 $S_q = 46.001\ \mu\text{m}$, 算术平均高度 $S_a = 37.601\ \mu\text{m}$ 。相比TCSC-A-3试样高度参数 $S_q = 28.901\ \mu\text{m}$ 与 $S_a = 25.649\ \mu\text{m}$, TCSC-A-2试样磨痕表面高度参数较大, 这说明TCSC-A-2试样表面剥落面积较大, 磨损较为严重, 其摩擦磨损性能较差。

根据图7(d)所示的二维微观高度分布轮廓, 沿直线CC二维轮廓曲线可以观察到, TCSC-A-2试样微观高度分布不够均匀, 存在明显的波动和显著的起伏。这表明TCSC-A-2试样表面纹理结构较差, 存在不均匀磨损和大的表面材料损失。

图7(e)所示是图7(d)中直线微观高度统计结果。图中, Y轴为条形区域微观高度数值, X_1 轴为单个条形区域微观高度百分数, X_2 轴为对应红色曲线的条形区域微观高度总百分数。由坐标轴 X_2 、Y与图中红色曲线可知, 在 $50.00 \sim 150.00\ \mu\text{m}$ 范围内的微观高度占图7(d)中直线所示的总磨痕微观高度的59%。由坐标轴Y与 X_1 可知, $8.333\ 4 \sim 16.666\ 8\ \mu\text{m}$ 的微观高度占总微观高度的11%, $16.666\ 8 \sim 25.000\ 2\ \mu\text{m}$ 的微观高度占总微观高度的13%。这意味着TCSC-A-2试样表面纹理在该范围内变化较大, 在摩擦表面存在较深的凹坑和更明显的剥落磨损, 从而证实了TCSC-A-2试样相比与TCSC-A-3试样表面纹理结构较差, 表面材料损失较大, 减摩能力低, 抗磨性能差。

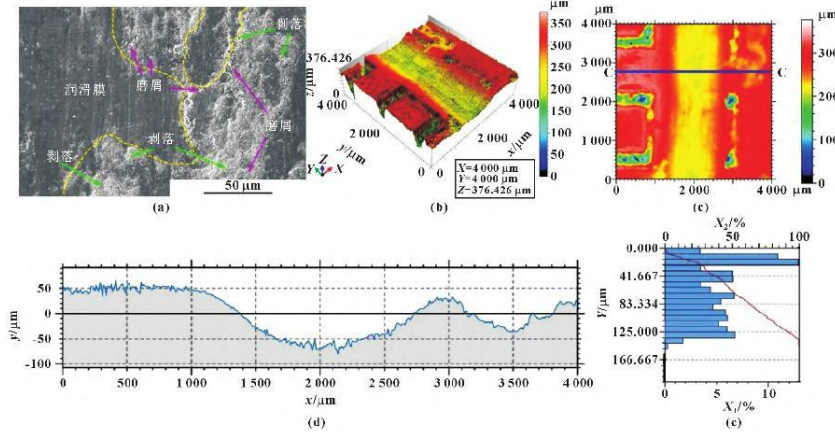


图7 TCSC-A-2 试样磨痕表面形貌和主要高度参数: (a) FESEM 形貌; (b) 扫描区域 3D 高度微观形貌; (c) 磨痕表面扫描区域高度分布云图; (d) 沿图 7 (c) 直线 CC 二维微观高度分布轮廓; (e) 图 7 (d) 微观高度统计结果

Fig. 7 Surface morphology and main parameters of the abrasion mark surface of TCSC-A-2 sample: (a) FESEM morphology; (b) 3D height microstructure; (c) cloud map of 3D height distribution of the scanned area of a abrasion mark surface; (d) 2D profile of the height distribution along a line CC in Fig.7(c); (e) statistical results of the main heights of Fig.7(d)

表 4 TCSC-A 试样磨痕表面主要高度参数
Tab. 4 Main height parameters for the TCSC-A specimens

高度参数	TCSC-A-2	TCSC-A-3	TCSC-A-4
均方根高度 $S_q/\mu\text{m}$	46.001	28.901	57.756
偏斜度 S_{sk}	-0.983	0.165	-0.834
峰度 S_{ku}	5.036	1.788	2.169
最大波峰高度 $S_p/\mu\text{m}$	111.680	145.571	126.692
最大凹陷高度 $S_v/\mu\text{m}$	264.747	81.173	215.367
最大高度 $S_z/\mu\text{m}$	376.426	226.744	342.059
算术平均高度 $S_a/\mu\text{m}$	37.601	25.649	51.278
面积材料反比 $S_{am}/\%$	6.219e-004	6.219e-004	6.219e-004
同一区域材料反比 $S_{am}/\mu\text{m}$	52.822	39.152	50.440

图 8 所示为 TCSC-A-3 试样 (微栅格宽/长比 300:400) 在 7 Hz 滑动频率下的磨痕表面 FESEM 形貌、3D 微观结构形貌和主要特征参数。从图 8 (a) 可以看出, TCSC-A-3 试样摩擦表面已形成完整的固体润滑膜。这可能是因为在摩擦过程中, TCSC-A-3 试样中的润滑剂 SC 不断从微纳米栅格结构中迁移至摩擦表面, 并在摩擦表面大量富集。通过循环摩擦力的反复作用, 固体润滑剂 SC 不断展开, 在摩擦表面上形成一层固体润滑膜, 这能够有效抵抗摩擦表面损伤, 对摩擦表面起到了很好的保护作用。根据 ISO 25178 标准, 对图 8 (b) 所示的扫描区域 3D 微观高度统计数据见表 4。可知, TCSC-A-3 试样摩擦

表面微观高度数值明显小于 TCSC-A-2 试样, 这表明 TCSC-A-3 试样获得了一个较为光滑平整的摩擦表面。

图 8 (c) 所示 TCSC-A-3 试样摩擦表面扫描区域微观高度分布云图。从图 8 (c) 与表 4 可以看出, TCSC-A-3 试样磨痕区域均方根高度 $S_q = 28.901 \mu\text{m}$, 算术平均高度 $S_a = 25.649 \mu\text{m}$, 其值均低于 TCSC-A-2 和 TCSC-A-4 试样。这表明在摩擦磨损过程中, TCSC-A-3 试样具有更加光滑平整的摩擦表面, 从而增加了与对磨副的直接接触面积, 降低了滑动界面的摩擦磨损, 表面磨损较小, 磨痕区域平均高度较低, 磨痕表面凹凸度较小。

从图8(d)所示的二维微观高度分布轮廓可以观察到, 沿着直线DD的微观高度分布较为平缓, 没有明显的凸起和凹陷, 这证明了试样TCSC-A-3磨损较小, 减摩能力较好。图8(e)所示为图8(d)中微观高度统计结果。从图中的坐标轴 X_2 、 Y 与图中红色曲线可以看出, 0.000~83.334 μm 微观高度占据了扫描区域总体微观高度的62%, 其值高于TCSC-A-2和TCSC-A-4试样, 表明TCSC-A-3试样摩擦表面较为平整、磨痕较浅、磨损较少、减摩性能较好, 表现出了优异的减摩抗磨性能。

图9所示为TCSC-A-4试样(微栅格宽/长比320:420)磨痕表面FESEM形貌、2D/3D磨痕形貌和主要特征参数。从图9(a)中可以看出, TCSC-A-4试样摩擦表面形成了较为完整的固体润滑膜, 但其表面上仍然存在剥落区域和少量磨屑。这是因为在摩擦过程中, TCSC-A-4试样中的润滑剂SC不断从微纳米栅格结构中析出, 迁移至磨痕表面, 并在磨痕表面富集, 然后铺展成一个具有良好润滑性的固体润滑膜。但在循环应力作用下, 复合润滑剂SC塑性变形所形成的固体润滑膜发生了疲劳剥落。根据ISO 25178标准, 对图9(b)中磨痕3D高度微观扫描形貌高度统计数据见表4。图9(c)所示为磨痕扫描区域高度分布云图。从表4可见, TCSC-A-4试样磨痕区域均方根高度 $S_q=57.756 \mu\text{m}$, 算术平均高度 $S_a=51.278 \mu\text{m}$, 均高于TCSC-A-2试样。

这说明TCSC-A-4试样摩擦表面磨损较大、磨痕较深, 摩擦磨损性能较差。图9(d)所示是图9(c)中扫描区域微观高度统计结果。由坐标轴 X_2 、 Y 与图中红色曲线可知, 59.861~119.721 μm 微观高度约占扫描区域所有微观高度的62%。由坐标轴 Y 与 X_1 可知, 68.4118 μm 微观高度约占总微观高度10%, 76.9634 μm 微观高度约占总微观高度24%, 85.5236 μm 微观高度约占总微观高度18%。相比TCSC-A-3试样, TCSC-A-4试样微观高度值较大, 证明了TCSC-A-4试样磨痕较深、磨损较大, 摩擦学性能不够理想。

为进一步研究TCSC-A-3试样微纳米栅格(微栅格宽/长比300:400)对摩擦学性能的影响, 文中选择TCSC-A-2试样(微栅格宽/长比280:380)作为对比试样, 对磨痕断面形貌进行FESEM分析。如图10所示。从图10(a)所示的TCSC-A-2试样FESEM断面形貌, 可以观察到明显的层状结构, 主要由固体润滑膜与增强层组成。在摩擦磨损过程中, 复合润滑剂从微纳米栅格结构中析出至摩擦表面, 形成一层薄的固体润滑膜。在滑动摩擦力反复作用下, 固体润滑剂与表面磨屑被不断碾压, 颗粒不断细化, 填充至磨痕微观剥落区域与剥落坑, 实现对摩擦表面的不断修复, 形成小区域固体润滑膜。同时在润滑膜下方形成增强层, 这对TCSC-A-2试样干滑动摩擦学性能的提高有着促进作用。

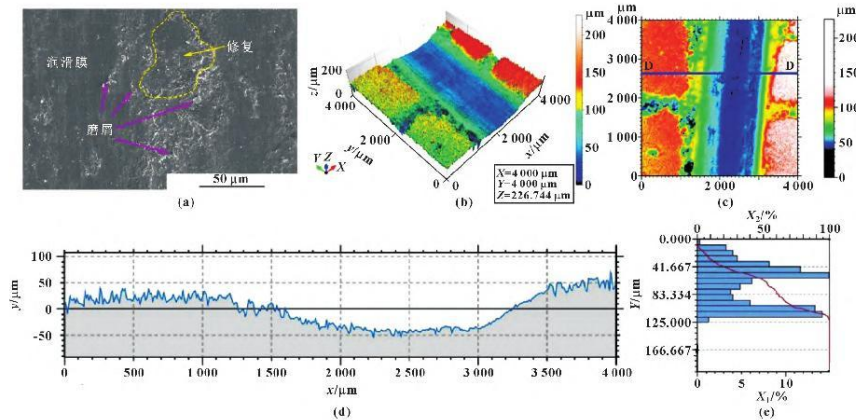


图8 TCSC-A-3试样磨痕表面形貌和主要高度参数: (a) FESEM形貌; (b) 扫描区域3D高度微观形貌; (c) 磨痕表面扫描区域高度分布云图; (d) 沿图8(c)中的直线DD二维微观高度分布轮廓; (e) 图8(d)微观高度统计结果

Fig. 8 Surface morphology and main parameters of the TCSC-A-3 sample: (a) FESEM morphology; (b) 3D height microstructure; (c) cloud map of 3D height distribution of the scanned area of an abrasion mark surface; (d) 2D height distribution profile along a line DD in Fig.8(c); (e) statistical results of the main heights of Fig.8(d)

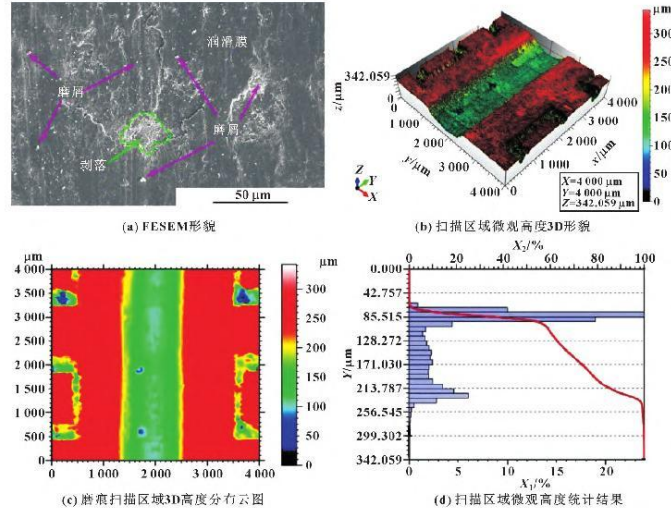


图 9 TCSC-A-4 试样磨痕表面形貌和主要高度参数

Fig. 9 Surface morphology and main parameters of the TCSC-A-4 sample: (a) FESEM morphology; (b) 3D height microstructure of the scanning area; (c) cloud map of 3D height parameters of a scanning area; (d) statistical results of the main heights of the scanning area

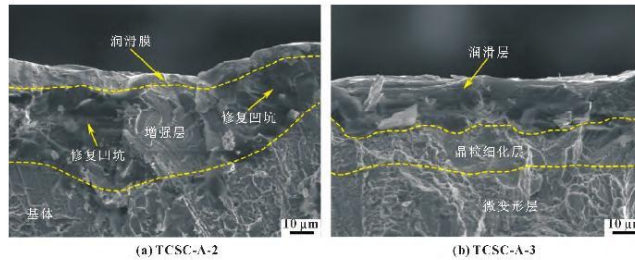


图 10 TCSC-A 试样磨痕表面 FESEM 断面形貌

Fig. 10 FESEM sectional morphology of the abrasion mark surface of the TCSC-A samples: (a) TCSC-A-2; (b) TCSC-A-3

从图 10 (b) 所示的 TCSC-A-3 试样磨痕断面 FESEM 形貌, 可以看出磨痕表面形成了一层固体润滑层, 同时在润滑层下方形成了晶粒细化层和微变形层。对比 TCSC-A-2 试样, TCSC-A-3 试样磨痕断面上的固体润滑层相对于固体润滑膜厚度得到了显著提高, 分布面积较大 (见图 6 (b) 与图 6 (e))。晶粒细化层和微变形层在固体润滑层下方形成, 这使得固体润滑层能够平缓地过渡到 TCSC-A-3 试样基体, 从而对固体润滑层实现良好的支撑、连接与稳固作用, 使其在循环摩擦力作用下不易损伤, 从而起到降低摩擦阻力、减少表面材料损失的作用。因此, 相比

TCSC-A-2 试样, TCSC-A-3 试样摩擦因数较小、磨损率较低, 能够满足航空工业对齿轮润滑的需要。

TCSC-A-3 试样磨痕断面微观形貌与主要元素分布如图 11 所示。图 11 (a) 所示为 TCSC-A-3 试样 FESEM 磨痕断面形貌。图 11 (b) — (f) 所示为 TCSC-A-3 试样磨痕断面复合润滑剂 SC 元素分布。图 11 (g) (h) 所示为 TCSC-A-3 试样基体 Ti 与 Al 元素的分布。结合图 11 (b) — (f) 所示主要元素分布, 从图 11 (a) 中可以看到, 复合润滑剂 SC 不仅修复了磨痕表面微观凹坑与剥落, 同时也与磨屑协同对 TC 基试样表面微观裂纹进行修复。这表明在干

滑动摩擦过程中, 复合润滑剂 SC 和磨屑不断混合, 实现了二者间的良好结合, 填充在 TCSC-A-3 试样表面剥落凹坑, 实现了对摩擦表面的有效修复。同时, 摩擦过程中的循环摩擦力促使润滑剂 SC 发生塑性变形, 并不断铺展, 最终在摩擦表面形成了一层固体润滑膜。CaF₂有效增强了固体润滑膜的承载能力, 提高了 SnAgCu 的塑性流动; SnAgCu 包裹着 CaF₂, 降低了 CaF₂的摩擦氧化与高温分解, 提高了 SnAgCu 与 CaF₂协同功能, 有效地增强了固体润滑膜的减摩擦抗磨行为。固体润滑膜存在于摩擦配对副之间, 提高了摩擦表面自愈合功能, 有效地保护了摩擦界面不受损伤。因此, 相比 TCSC-A-2 试样, TCSC-A-3 试样实现了更加优异的润滑功能。

为更好地分析矩形栅格结构与复合润滑剂 SC 的协同润滑机制, 图 12 示出了 TC-A-3 试样磨损机制和润滑机制示意图。图 12 (a) 所示为 TC-A-3 试样磨损机制示意图, 可以看到, 在循环应力作用下试样表面微纳米栅格结构边缘发生变形, 变形后的区域发生剥落并形成磨屑。在摩擦过程中, 由剥落物质所形

成的磨屑在摩擦力作用下增大了表面磨损, 进而形成更多磨屑。此外, 磨痕表面局部应力集中, 导致出现凹坑和大面积的剥落。磨损产生的磨屑富集在磨痕表面的凹坑和剥落区域内, 表面微纳米栅格结构在摩擦过程中可以收集磨屑, 减少摩擦表面材料损失。图 12 (b) (c) 所示为 TCSC-A-3 试样的润滑机制示意图。在干滑动摩擦过程中, 矩形微纳米栅格结构边缘在循环应力作用下发生塑性变形, 导致栅格结构中的润滑剂产生塑性变形, 使得润滑剂沿着变形的微纳米栅格结构边缘析出至磨痕表面, 如图 12 (b) 所示。随着滑动摩擦的继续进行, 复合润滑剂 SC 从微纳米栅格结构中不断析出, 并在磨痕表面不断铺展与延伸, 及时填充至磨痕表面凹坑和剥落区域。在摩擦力与表面压力等作用下, 不断压实与细化颗粒, 形成了一层富含 SC 且厚度较大的固体润滑膜。这有效地修复了摩擦界面, 愈合了滑动摩擦表面损伤, 降低了摩擦界面的滑动阻力, 减少了表面材料损失, 有效增强了 TCSC-A-3 试样的减摩擦抗磨性能, 如图 12 (c) 所示。

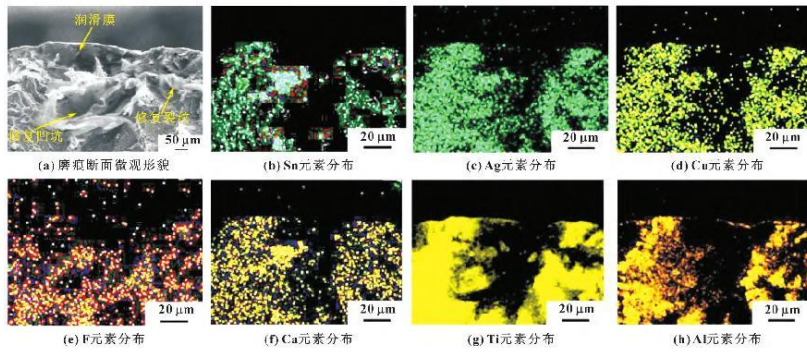


图 11 TCSC-A-3 试样磨痕断面微观形貌与主要元素分布

Fig. 11 Microscopic FESEM morphology and the corresponding element distributions of the TCSC-A-3 sample abrasion mark sections: (a) morphology of abrasion mark section; (b) element distribution of Sn; (c) element distribution of Ag; (d) element distribution of Cu; (e) element distribution of F; (f) element distribution of Ca; (g) element distribution of Ti; (h) element distribution of Al

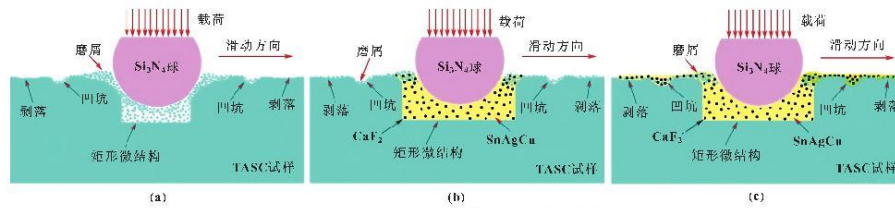


图 12 TC-A-3 试样磨损机制 (a) 和润滑机制 (b) (c)

Fig. 12 Wear mechanism (a) and lubrication mechanism (b) (c) of the TCSC-A-3 sample

基于以上讨论可知, TCSC-A-3 良好的摩擦磨损性能的主要原因在于, SnAgCu 包裹 CaF_2 在摩擦表面产生塑性流动, 携带 CaF_2 固体润滑剂均匀铺展在摩擦表面。同时 CaF_2 润滑剂优异的减摩抗磨功能有效降低了 SnAgCu 塑性流动阻力, 加速了 SnAgCu 的塑性变形, 使复合润滑剂 SC 均匀地铺展在磨痕表面, 并利用其优异的填充功能有效地修复了摩擦表面, 使得表面微坑与裂纹等微观损伤得到有效愈合。此外, SnAgCu 包裹 CaF_2 和磨屑在摩擦表面形成一层富含 SC 的固体润滑层, 润滑层中 CaF_2 的富集和磨屑起到了增强 SnAgCu 塑性变形与固体自润滑性能, 使得固体润滑层在循环应力作用下不会被轻易损伤, 显著提高了 TCSC-A-3 试样摩擦界面润滑性能。复合润滑剂 SC、表面磨屑与矩形栅格结构的协同功能, 有利于修复摩擦表面凹坑与剥落区域, 增强摩擦表面自愈合能力, 显著增强 TCSC-A-3 试样减摩抗磨性能。

3 结论

(1) 仿蝴蝶翅膀微纳栅格结构, 在 TC 基航空齿轮试样表面设计了矩形微纳栅格结构 TC-A; 通过激光烧结技术实现了微纳栅格结构的可控加工; 选用软金属 SnAgCu 与氟化钙 CaF_2 作为复合润滑剂 SC, 利用高温熔渗技术将润滑剂 SC 填充至微纳栅格结构中, 实现了 TCSC-A 航空齿轮试样微纳栅格结构的成功制备。

(2) 相比 TC 基航空齿轮, 具有微纳米栅格结构齿轮试样 TCSC-A 具有更加优异的减摩抗磨性能。其中, 微栅格宽/长比 300:400 的 TCSC-A-3 试样具有最低的摩擦因数(约 0.25) 与最小的磨损率 ($1.00 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$)。

(3) 相比 TC 基航空齿轮, TCSC-A 试样因在表面构建了矩形微纳米栅格, 摩擦过程中复合润滑剂从微栅格中析出至摩擦表面, 在滑动摩擦力作用下在摩擦表面不断铺展, 减少了对摩擦表面的损伤, 提高了对摩擦表面的修复。同时磨屑被包覆在 SnAgCu 中, 与氟化钙 CaF_2 协同提高了 SnAgCu 塑性流动, 减少了摩擦阻力与材料损失, 提高了 TCSC-A 试样摩擦学性能。

(4) TCSC-A-3 试样表面矩形微纳米栅格结构边缘更易发生塑性形变, 导致储存在栅格结构中的固体润滑剂产生塑性形变并不断挤出, 在磨痕表面不断铺展与延伸, 形成了一层富含 SC 的固体润滑层, 使得 TCSC-A-3 试样摩擦学性能更加优异。

(5) TCSC-A-3 试样优异的润滑性能还可归因于复合润滑剂 SC、表面磨屑与矩形微纳米栅格结构的协同润滑功能。SnAgCu 包裹 CaF_2 在摩擦表面产生塑性流动, 携带 CaF_2 均匀铺展在摩擦表面。 CaF_2 优异的减摩抗磨性能增强了 SnAgCu 塑性流动, 使得 SC 均匀铺展并填充在摩擦表面微坑与裂纹等损伤区域, 提高了摩擦表面自愈合能力, 保护了滑动界面不被损伤。因此 TCSC-A-3 试样摩擦因数约为 0.25, 磨损

率约为 $1.0 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$, 这一摩擦学性能能够满足 TC 基航空齿轮工业润滑需求。

参考文献

- [1] WANG X Y, LI W Y, MA T J, et al. Effect of welding parameters on the microstructure and mechanical properties of linear friction welded Ti-6.5Al-3.5Mo-1.5Zr-0.3Si joints[J]. Journal of Manufacturing Processes, 2019, 46: 100-108.
- [2] 沈益晨, 陈启东. 齿面硬化层对重载齿轮力学性能的影响研究[J]. 制造技术与机床, 2022(7): 152-157.
- [3] SHEN Y C, CHEN Q D. Influence of gear surface hardened layer on mechanical performance of heavy-duty gears[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2022(7): 152-157.
- [4] 周镇宇, 陈东琦, 袁常生, 等. 齿轮表面摩擦学设计与表面织构化研究进展[J]. 中国表面工程, 2024, 37(4): 61-78.
- [5] ZHOU Z Y, CHEN D Q, YUAN C S, et al. State of art in tribological design and surface texturing of gear surfaces[J]. China Surface Engineering, 2024, 37(4): 61-78.
- [6] 吴吉展, 魏沛堂, 刘怀举, 等. 航空齿轮钢表面完整性与滚动接触疲劳性能关联规律研究[J]. 机械工程学报, 2024, 60(4): 284-295.
- [7] WU J Z, WEI P T, LIU H J, et al. Study on the correlation between surface integrity and rolling contact fatigue performance of aviation gear steel[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2024, 60(4): 284-295.
- [8] TAKADA H, SHIMADA K, YOSHIZAWA M, et al. A case of Sweet's syndrome secondary to removal of infected mandibular titanium mesh and plate[J]. Oral and Maxillofacial Surgery Cases, 2019, 5(3): 100104.
- [9] DOMINGUEZ L A, SHOKRANI A, FLYNN J M, et al. Application of multivariate statistical analysis for CNC milling of large Ti-6Al-4V components[J]. Procedia Manufacturing, 2019, 38: 800-807.
- [10] SAW K, SHANKAR S, CHATTOPADHYAYA S, et al. Microstructure evaluation of different materials after friction surfacing: a review[J]. Materials Today: Proceedings, 2018, 5(11): 24094-24103.
- [11] SHI X L, XU Z S, WANG M, et al. Tribological behavior of TiAl matrix self-lubricating composites containing silver from 25 to 800 °C[J]. Wear, 2013, 303(1/2): 486-494.
- [12] XU Z S, ZHANG Q X, ZHAI W Z, et al. Analytical model and experimental validation of the local damage mechanism of solid lubricant films for metal matrix self-lubricating composites[J]. RSC Advances, 2015, 5(91): 74850-74857.
- [13] LIU X Y, LU Z W, DONG H, et al. Study on self-adaptive lubrication mechanism of surface micro-dimple structure filled with multiple lubricants[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2021, 861: 158479.
- [14] XU J Y, ZHANG X M, DAI J Y, et al. Biomimetic microtextured surfaces to improve tribological and antibacterial behaviors of 3Y-TZP ceramics[J]. Journal of Materials Research and Technology, 2023, 23: 1360-1374.
- [15] YANG K, MA H R, ZHAO W B, et al. Investigation of the preparation and tribological behavior of a frictional interface covered with sinusoidal microchannels containing SnAgCu and Ti_3SiC_2 [J]. Tribology International, 2020, 150: 106368.

文献知网节

文章目录

- 1 材料制备
 - 1.1 航空齿轮形貌磨蚀缺陷设计与制备
 - 1.2 航空齿轮形貌磨蚀缺陷的制备
 - 1.3 航空齿轮试样硬度与摩擦测试
 - 1.4 航空齿轮形貌磨蚀缺陷材料成分
- 2 摩擦性能分析
 - 2.1 等速形貌磨蚀缺陷航空齿轮摩擦学性能
 - 2.2 形貌磨蚀缺陷航空齿轮摩擦学性能
- 3 结论

网络与IP: 2025-07-24 14:32

AI 智能写作

矩形栅格结构航空齿轮润滑性能及机制研究

刘安定¹ 唐俊² 林海波³ 杨博⁴

1. 郑州电力职业技术学院机电工程学院 2. 中南林业科技大学材料与工程学院 3. 四川轻化工大学机械工程学院 4. 重庆工商大学机械工程学院

摘要: 为探究航空TC基航空齿轮磨蚀性能, 基于微结构表面缺陷结构在航空齿轮表面设计矩形栅格结构, 利用激光扫描显微镜对航空齿轮试样TC-A并涂敷含固体润滑剂(SnAgCu-CaF₂) (SC) 航空齿轮进行摩擦测试, 构建微米级缺陷的TCSC-A-3, 摩擦测试结果表明: 与航空TC相比, 微结构栅格缺陷TCSC-A摩擦学性能更为优异, 在TCSC-A涂层中, 长400μm、宽200μm微米级缺陷的TCSC-A-3涂层的摩擦系数与磨痕长度小, 这可能是因为缺陷在缺陷处产生塑性变形并不断排出, 形成航空SC的固体润滑层, 在润滑层中的CaF₂包裹在SnAgCu中, 增强了其在摩擦表面的塑性流动, 从而可均匀地填充并填充在齿顶与齿槽中, 提高了齿顶齿槽的摩擦学性能, 也提升了摩擦界面的自愈能力, TCSC-A-3摩擦系数约为0.25, 磨痕率为1.0×10⁻⁴ mm²/ (N·m), 能够满足航空齿轮工业润滑需求。

关键词: 微结构栅格结构; 航空齿轮; 润滑性能; 摩擦; 复合面润滑剂

基金项目: 四川轻化工大学激光高性能材料创新中心项目(SCPY2208); 河南省高等学校重点科研项目(258460009); 河南省科技厅科技攻关项目(242102220054); 中国博士后科学基金项目(2019M662484);

中图分类号: V229.7H117.2

DOI: 10.13389/j.cnki.cnki-ai

在线发表时间: 2025-07-24 14:32 (如平台在线发表时间, 不代表文章的发表时间)

- 手机阅读
- CNKI AI阅读
- HTML阅读
- 原图阅读
- CAJ下载
- PDF下载
- 个人收藏夹下载
- 学位论文投稿

页码: 97-108 页数: 12 大小: 1915K

相关服务推荐



- CNKI学术情报
- 智能审校
- 个人智能助理
- 学术评价支撑平台
- 知网文库
- 知网书店
- 职称评审材料



引文网络



期刊 共 3 条

- [1] 航空齿轮表面完整性与滚动接触疲劳性能关联研究, 吴志展, 魏定坤, 吴少杰, 余才毅, 机械工程学报, 2024(04)
- [2] 齿面硬化层对重载齿轮力学性能的影响研究, 吴志展, 魏定坤, 魏定坤, 机械工程学报, 2022(07)
- [3] 航空齿轮表面磨蚀设计与表面缺陷研究进展, 周峰宇, 魏定坤, 余才毅, 航空学报, 2024(04)

国际期刊 共 2 条

- [1] Tribological behavior of TiAl matrix self-lubricating composites containing silver from 25 to 800°C[J]. Xiaoliang Shi, Zenghui Xu, Mang Wang, Wenzheng Zhao, Jie Yao, Siyuan Song, Abid Qamar ul Din, Qiaoxin Zhang, Wear, 2013(1)-12
- [2] Microstructure Evaluation of Different Materials after Friction Surfacing - A Review[J]. Kanhaiya Saw, Sachindra Shankar, Somnath Chatopadhyay, Pedro Vilaca, Materials Today: Proceeds ngs, 2018

相关文献推荐

相似文献 读者推荐 相关基金文献 关联作者 相关期刊 批量下载

- [1] 二硫化钼润滑膜的应用概况, 丁守忠, 固体润滑, 1984(03)
- [2] 关于齿轮润滑剂应用的研究, 夏包松, 机械科学与技术, 1999(04)
- [3] 高端齿轮产业发展对策研究, 张彤彤, 现代工业经济和信化, 2025(01)
- [4] 变转速工况下齿轮制造精度评价指标, 何秀峰, 中国造船, 2025(02)
- [5] 针对控制型齿轮磨蚀机理分析及改进, 吴志明, 王磊, 机械工业标准化与质量, 2025(01)
- [6] 基于小样本深度学习齿轮表面缺陷检测研究, 王磊, 机械传动, 2024(04)
- [7] 航空齿轮表面磨蚀缺陷研究, 曹磊, 航空学报, 2024(04)
- [8] 高性能航空齿轮材料研究, 曹磊, 航空学报, 2024(04)
- [9] 同心式航空齿轮齿形设计, 李德星, 徐庆, Muhammad Salman Yousof, 机械传动, 2024(07)
- [10] 航空齿轮齿形设计研究, 曹磊, 航空学报, 2024(04)

知网书店

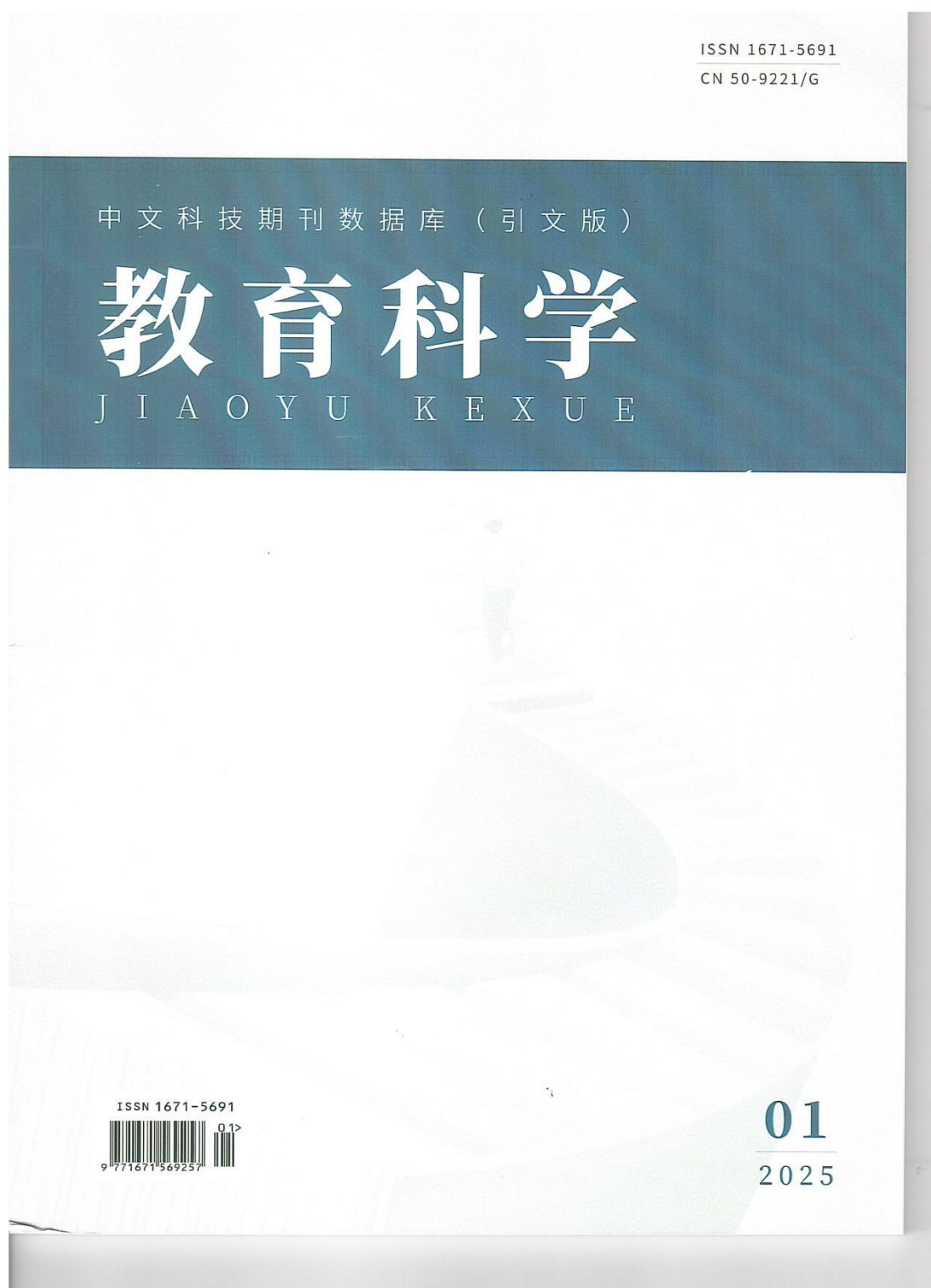
- [1] 机械设计手册(第6版), 成大先, 化学工业出版社
- [2] 机械设计手册(第6版), 成大先, 主编, 化学工业出版社
- [3] 机械设计手册(第6版), 成大先, 主编, 化学工业出版社
- [4] 认识飞行(第二版), [美] D. F. Anderson, S. 德伯哈特 (Scott Eberhardt), 译者: 周尧明, 北京联合出版有限公司
- [5] 摩托车维修从入门到精通(第2版), 林斌玉, 主编, 吴文, 副主编, 化学工业出版社

学习研究热门搭配

- CNKI AI: AI赋能学习研究, 提高效率, 降低门槛
- AI文献综述: 系统深入, 省时省力
- AI学术PPT: PPT自动生成, 专业品质
- 论文查重: 有效识别学术不端内容
- AIGC检测: 人工智能生成内容检测
- 学术情报: 第一时间掌握学术前沿动态
- 智能写作: 智能生成, 提高效率

- 读者服务: 购买图书卡, 充值CNKI, 帮助中心
- CNKI常用软件下载: CAJViewer, 知网研学, 知网空间
- 特色服务: 手机知网, 杂志订阅, 数字出版物订购, 广告服务
- 客户服务: 订购热线, 服务热线, 在线客服, 邮件咨询

5. 产教融合视域下民办高职院校服务社会路径研究



中文科技期刊数据库(引文版)

教育科学

2025年01月 高校建设与教学

主管单位: 科技部西南信息中心

主办单位: 重庆维普资讯有限公司

出版单位: 重庆维普资讯有限公司

总 编: 车东林

电 话: 023-63416211

网 址: <https://oa.cqvip.com/>

地 址: 重庆市渝北区洪湖西路
18号上丁企业公园

邮 编: 401121

国际标准连续出版物号:

ISSN 1671-5691

国内统一连续出版物号:

CN 50-9221/G

法律顾问: 闫 军

本刊声明

本刊版权归重庆维普资讯有限公司所有。作者稿件一经录用,均视为作者同意刊载以及同意在本刊合作的数据库及互联网站传播。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明。

目 次

CONTENTS

科教论坛

基于 SPSS 民办高校资助工作满意度实证研究——以西安 A 民办高校为例	张 倩 高 佳 张爱荣 商励元 1
高职建筑识图课程群数字化教学资源的应用策略及效果	刘 颀 6
“大思政课”视域下铸牢大学生中华民族共同体意识的创新路径	王 萍 10
新质生产力视域下民办高校辅导员队伍职业化专业化发展路径	张亚薇 张 静 14
英语词汇记忆策略对大学生英语语言应用能力的影响研究	张 红 18
中外合作办学背景下积极心理学融入高校德法课的路径研究	王亚楠 22
“五平台五结合”素质教育体系下的大学生发展性评价模型构建	黄 燕 熊 佳 25
教育生态学视域下高校辅导员政治引领力提升研究	李 娜 许晓云 李 哲 翟俊松 29
基于三全育人理念的高校图书馆文化育人策略探究	覃霞玲 33
提升高校高层次人才服务质效的研究	李 妮 37
探讨新时代实施大学生就业指导服务精准化的路径	杨 浩 刘盼盼 41
数字时代背景下基于 OBE 理念的高职数学课程思政建设研究	沈玲玲 45
新时代高校创新创业教育三融合模式研究	张 辉 49
“双一流”战略视阈下高校师资队伍建设的思考	夏 希 53
积极心理学视域下高校青年大学生劳动教育调研与实施策略研究——以浙江师范大学为例	郭星彤 杨臻如 蒲伟军 57
新时代大学生思想政治教育协同创新机制探究	李嘉薇 61
大学生专业认同对学习投入的影响	王天奇 白玲玲 65
产教融合视域下民办高职院校服务社会路径研究	闫俊英 69
中华优秀传统文化与高职学生德育工作相融合的研究与实践	张丹丹 73
新媒体时代大学生思想政治教育的创新路径	刘永琦 冀 昕 孟明明 籍雅元 77
民族共同体视域下红色文化资源在大学生思想政治教育中的创新应用	喻 兰 82
民办高校辅导员对大学生心理危机预防及应对	刘 晗 86
微时代高校辅导员思政教育创新路径探析	李佳佳 90
“一轴两翼三轮”一站式学生社区建设研究	陈佳兴 94
基于产教融合的高职“三教”改革路径研究	罗妙娟 97
农林高校劳动教育融入专业思想教育耦合路径探究	王博馨 曹 姗 张 松 101
高校图书馆弘扬中华优秀传统文化路径探析	荣 婷 赵丽丽 骆 瑶 李芳彬 王秀蕾 105
论红色文化在高校学生党建工作中的融入策略	应丛丛 109
高校学生社团育人实效性的困境与提升路径研究——以陕西部分高校为例	樊婧钰 王子焯 姬佳乐 113
大学生诚信价值观培育路径研究	吴林原 侯相俊 李文武 车奇涛 118

产教融合视域下民办高职院校服务社会路径研究

闫俊英

郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450

摘要: 民办高职院校承担起我国职业教育的半壁江山, 其社会服务能力是体现其社会竞争力的重要指标之一, 也是其社会责任感的重要体现。本文从研究当下的民办高职院校社会服务模式入手, 深入分析其社会服务模式中存在的问题, 进而探索出提升民办高职院校社会服务的新模式, 最终达到提升民办高职院校服务社会的能力的目的, 从而为当地的区域经济及文化发展贡献力量。

关键词: 社会服务; 产教融合; 创新; 路径

中图分类号: G250

1 研究现状

民办高职院校作为我国高职教育的重要组成部分, 其社会服务能力是体现其社会竞争力的重要指标之一。民办高职院校与公办院校相比有其天然的不足和弱势, 但也有其自身的责任和使命。改革开放以来的近 40 年, 民办高职院校在服务经济社会发展方面发挥了巨大作用, 也拓展了民办高职院校自身生存和发展的空间^[1]。然而, 民办高职院校因受其发展历史和社会认可度等因素的影响, 在社会服务方面还不适应地方经济社会发展的要求^[2]。因此, 对民办院校社会服务模式的研究和探索, 不仅对社会发展有着强大的助推作用, 对其自身的发展和完善也意义深远。

2 当前民办高职院校社会服务模式

民办高职院校与其他高等院校一样, 承担着人才培养、科学研究、文化传承和社会服务的历史重任^[3]。当下, 民办高职院校社会服务的模式主要体现在教学研一体的校企合作模式。民办高职院校从自身发展特点及优势出发, 融多种模式为一体开展社会服务。这既能将其自身的优势最大化, 也是目前最直接最有效的社会服务途径。

3 当前民办高职院校社会服务模式的缺陷不足

经过多年的发展, 民办高职院校不论在办学实力还是社会影响方面都有了一定的积累和提高, 但在服务行业、企业过程中, 其路径和模式都有待提高。比如在人才定向培养方面, 没有与当地的行业经济挂钩,

深入分析当地的经济情况, 设置与其匹配的专业, 最终导致培养的人才在当地的就业情况不理想, 导致人才流失。在校企合作方面, 没有把握校企合作的本质, 过多追求浅层面的交流, 合作深入性不够, 不管对学校和企业, 都没有形成有效良性的合作机制。与当地政府的合作不够充分, 没有充分发挥自身的优势与政府相关的活动政策为导向, 开展利民的社会活动。

4 民办高职院校社会服务的新路径

4.1 民办高职院校在“人人持证, 技能河南”中的社会服务路径

开展职业技能培训。针对市场需求设置培训课程, 深入调研当地产业发展和市场需求, 结合企业用工需求和劳动者就业意愿, 设置涵盖多个领域的职业技能培训课程。打破传统的培训方式, 充分利用现代信息技术及网络资源, 开展全方位多维度的培训模式, 最大化的提高受众群体。线下课程则在学校实训基地或企业现场进行实际操作训练, 由专业教师和企业技术人员进行指导。同时, 还可以根据学员的时间安排, 开设周末班、夜班等灵活的培训班次。与企业合作开展定向培训, 与当地企业建立合作关系, 根据企业的岗位需求和技能要求, 为企业员工开展定向培训。企业可以提供实习岗位和实践机会, 让学员在实际工作中提升技能水平。

组织职业技能鉴定。建立职业技能鉴定机构, 民办高职院校可以申请建立职业技能鉴定机构, 具备相应的鉴定资质和条件。按照国家职业技能标准, 组织开展职业技能鉴定工作, 发放对应的职业技能等级证

收稿日期: 2024年12月21日

作者简介: 闫俊英(1987—), 女, 汉族, 河南中牟人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为职业教育。

书。严格规范鉴定流程,制定科学合理的职业技能鉴定流程,确保鉴定工作的公平、公正、公开。从报名审核、理论考试、实操考核到证书颁发,每个环节都要严格按照规定执行,保证鉴定结果的真实性和权威性。提供优质的鉴定服务,为学员提供优质的职业技能鉴定服务,包括报名咨询、考前培训、考试安排等。同时,加强与企业和社会的沟通联系,及时了解市场需求和行业动态,适时调整鉴定内容及评定标准。

加强实验实训基地建设,深入推进产教融合:实验实训基地是实现校企合作,深入推进产教融合的有效途径。企业提供前沿的设备及技术,学校提供场地,共建实训基地,共同实现人才培养,最终实现互利共赢。

加强宣传与推广。宣传政策法规,全方位多维度的向社会普及“人人持证,技能河南”的意义及内容,提高大众对于职业技能培训和鉴定工作的认识和重视程度。可以利用学校官网、微信公众号、宣传栏等平台,发布政策解读、培训信息和就业案例等内容。展示培训成果,举办职业技能培训成果展示活动,邀请政府部门、企业代表和社会公众参观学员的作品和技能展示。通过展示活动,展示学校的培训实力和学员的风采,提高学校的社会影响力和美誉度。

树立典型榜样:挖掘和宣传在职业技能培训和鉴定工作中涌现出的先进典型和榜样人物,如优秀学员、优秀教师、合作企业等。通过榜样的力量,激励更多的人参与到“人人持证,技能河南”建设中来。

4.2 民办高职院校在实验室等设施资源共享方面的社会服务途径

与企业合作。与企业开展项目合作,企业可以利用民办高职院校的实验室设施进行产品研发、测试等工作。学校可以为企业提供技术支持和人才培养,实现互利共赢。

开展员工培训。利用实验室设施为企业员工提供培训服务。可以开展专业技能培训、新技术培训等,提高企业员工的素质和能力。

面向社会开放。科普教育,将实验室开放给中小学生和社会公众,开展科普教育活动。通过展示实验设备、进行科学实验演示等方式,提高公众的科学素养。技能考证培训,利用实验室设施为社会人员提供技能考证培训服务。

与其他民办高职院校或普通高校进行合作,实现实验室设施资源的互补。可以共同开展教学、科研和社会服务活动,提高资源利用率。

与其他院校合作开展科研项目,共同使用实验室设施进行科研实验。可以整合各方的科研力量,提高科研水平和创新能力。

深入推进线上资源共享平台的建设,通过平台可以及时同步实验室最新的资源动态、预约使用流程等。社会用户可以通过平台了解实验室资源情况,并进行预约使用。同时,平台也可以提供在线咨询、技术支持等服务。线下服务,设立专门的实验室资源共享服务机构,负责实验室资源的管理、协调和服务工作。为用户提供现场指导、设备维护等服务,确保实验室设施的正常使用。

4.3 民办高职院校在社会技能培训方面的社会服务路径

与企业合作开展定向培训。与企业进行深入的校企合作,了解其人才标准及需求,与企业共同制定个性化的培训课程。课程内容紧密结合企业实际工作场景,注重实践操作能力的培养。

面向社会大众提供通用技能培训。结合市场需求,开展热门技能培训,如计算机编程、平面设计、电子商务等。这些技能具有广泛的应用领域,能够满足社会大众提升自身就业竞争力的需求。除了专业技能培训外,还可以提供职业素养培训,包括沟通技巧、团队合作、时间管理、职业道德等方面的内容。

继续教育课程。为已经参加工作的人员提供继续教育课程,帮助他们更新知识、提升技能水平。可以开设专升本、在职研究生等学历提升课程,以及各类专业证书培训课程。

与政府部门合作开展公益讲座及培训。例如,与当地的人力资源和社会保障部门共同开展人才就业方面的培训,为就业困难人员、农民工、退役军人等群体提供就业指导和创业扶持。精准扶贫培训,结合国家精准扶贫政策,开展针对贫困地区劳动力的技能培训,帮助他们掌握一技之长,实现脱贫致富。社区教育服务,与社区合作,开展社区教育活动,为居民提供丰富多彩的文化和技能培训课程。

4.4 民办高职院校在科研转化服务当地经济发展的新路径

特色产业科研攻关。针对当地的特色产业,开展科研攻关,解决产业发展中的技术难题。例如,在农业产业发达的地区,民办高职院校可以开展农产品深加工、农业生态环境保护等方面的科研工作,提高当地农业产业的附加值和可持续发展能力。

产业技术创新联合体。联合当地有影响力的产业集群,联合各方优势,资源共享,技术共创,推动技术革新。学校可以与企业、科研机构、政府部门等共同组建产业技术创新联盟,开展协同创新。比如,在纺织产业集群区,民办高职院校与纺织企业、科研院所等组建纺织产业技术创新联盟,共同研发新型纺织材料和工艺。

特色产业服务平台。建立特色产业服务平台,为当地特色产业提供技术咨询、检测检验、人才培养等服务。例如,在陶瓷产业基地,民办高职院校可以建立陶瓷产业服务平台,为陶瓷企业提供陶瓷工艺设计、产品检测、人才培养等服务,促进陶瓷产业的发展。

4.5 民办高职院校在人才培养中对接当地经济发展需要的新路径

专业设置与产业需求精准对接。深入调研当地产业结构,及时调整所开设的专业类型,最大限度的匹配当地的产业结构和人才需求。发展特色专业集群。与当地的特色产业相融通,建设出与之无缝对接的专业集群。围绕特色专业,集中发展,资源整合,打造人才培养新路径。

优化改革课程体系构成,精准对接职业标准。以企业最新的职业标准为依据,将其融入课程体系,增加课程体系与对接岗位的契合度。研究岗位要求及内容,将其转化为课程教学内容和实践教学项目。

实践教学与企业生产紧密结合。在深入推进校企合作的基础上,充分发挥校企共建,校企共育的发展思路,让学生走进企业,走进真实的工作岗位,提高学生对职业的认识。

将订单班培养模式精准落地。订单班的人才培养方案,必须与企业的人才要求高度契合。而企业也必须遵守订单培养协议,不仅要保证订单班学生的就业岗位,同时也要对订单班学生的培养提供强大的人才及技术支持,校企共育,保证人才培养质量。

深入实施现代学徒制培养模式。学生实行双导师制,学校教师和企业师傅共同承担教学任务,实现理

论教学与实践教学的有机结合^[4]。

师资队伍建设与产业发展同步推进。在企业设置教师流动站,企业为学校教师提供实践的岗位和机会,以便教师利用寒暑假深入企业,提高实践教学能力,同时教师也可与企业的技术人员合作进行项目研发,为企业提供有效的技术服务。企业技术人才也可以深入学校,将实际工作中的经验和技能传授给学生,提高学生对该岗位的理解和认知。这一举措,不仅可以助推学校双师型教师队伍的建设,还可以对教学内容及模式进行改革、完善课程建设,同时对学校及企业的研发创新提供更有利的保障。

4.6 民办高职院校在提升当地人民精神文明建设方面的路径

开展社区教育与文化活动。举办文化讲座,针对当地居民的兴趣爱好和需求,举办各类文化讲座。组织技能培训。开展实用技能培训,这些培训不仅可以丰富居民的业余生活,还能培养他们的创造力和动手能力。

提供志愿服务。关爱弱势群体,组织学生志愿者为当地的孤寡老人、残疾人、贫困家庭等弱势群体提供关爱服务。参与环保行动,普及环境保护的意义和作用,可开展全方位的环境保护系列活动,共同打造美丽的居住环境。文化志愿服务,为当地的文化场馆、图书馆、博物馆等提供志愿服务。如在图书馆担任图书管理员助手,协助整理书籍、引导读者借阅;在博物馆担任讲解员,为游客介绍文物及其历史来源。

提高校园文化及精神文明建设。夯实学校办学底蕴,提高人文情怀,建设书香校园文化。利用校园文化渲染,影响当地居民的价值观和行为方式。开放校园文化设施,将学校的图书馆、体育馆、艺术馆等文化设施向当地居民开放,为他们提供学习、锻炼和娱乐的场所。同时,组织居民参加学校举办的文化活动,让他们感受校园文化的魅力。培养学生文明素养,加强对学生的思想道德教育和文明礼仪教育,培养学生的文明素养和社会责任感。学生作为校园文化的传播者,他们的言行举止会对当地居民产生积极的影响。

与当地政府和企业合作,参与文明城市创建。组织师生志愿者参与文明交通劝导、环境卫生整治、文明宣传等工作,为提升城市文明程度贡献力量。与当地企业合作,为企业提供文化建设方面的支持和服务。

与企业协同制定企业文化,提供企业的精神内涵建设,提高企业员工对企业的归属感和认同感。建立合作共建机制,与当地政府、企业和社会组织建立长期合作

共建机制,共同推动当地精神文明建设。通过资源共享、优势互补,形成合力,为当地人民提供更加丰富、优质的精神文化服务。

参考文献

- [1]耿雪.民办高校服务地方经济社会发展研究——以四川工商学院为例[J].四川工商学院学术新视野,2024,9(2):100-105.
- [2]林强.深化校企合作实现民办高职院校社会服务创新[J].科技资讯,2013,11(29):200-201.
- [3]王磊.高职院校三种社会服务模式研究[J].辽宁高职学报,2013,15(2):7-8.
- [4]韩雪姣,柴方艳,孙安妮,张雷.产教融合背景下高职电子商务专业教师职业能力提升路径探究[J].牡丹江教育学院学报,2022(5):52-54.

基金项目:河南省高校人文社会科学研究一般项目,项目名称:产教融合时域下民办高职院校服务社会路径研究,项目编号:2025-ZDJH-310.

... (faded text) ...

... (faded text) ...

文献检索

主题

请输入检索词

智能检索



高级检索 >

期刊检索 >

产教融合视域下民办高职院校服务社会路径研究 大家平台 高 认领

智能阅读

PDF下载

期刊评审资料

引用

收藏

分享到

作者: 闫俊英

机构: 郑州电力职业技术学院,河南郑州451450

摘要: 民办高职院校承担起我国职业教育的半壁江山,其社会服务能力是体现其社会竞争力的重要指标之一,也是其社会责任的重要体现。本文从研究当下的民办高职院校社会服务模式入手,深入分析其在社会服务模式中存在的问题,进而探索出提升民办高职院校社会服务的新模式,最终达到提升民办高职院校服务社会的目的,从而为当地的区域经济及文化发展贡献力量。

[摘要译文](#)

来源: 《中文科技期刊数据库(引文版)教育科学》· 2025年1期 069-072, 共4页

关键词: 社会服务;产教融合;创新;路径

中图分类号: G250 [图书情报学]

基金项目: 河南省高校人文社会科学一般项目,项目名称:产教融合时域下民办高职院校服务社会路径研究,项目编号:2025-ZD-JH-310,

期刊信息



中文科技期刊数据库
(引文版) 教育科学
影响因子: 0.002
ISSN 1671-5691
CN 50-9221/G
所属期次: 2025年1期

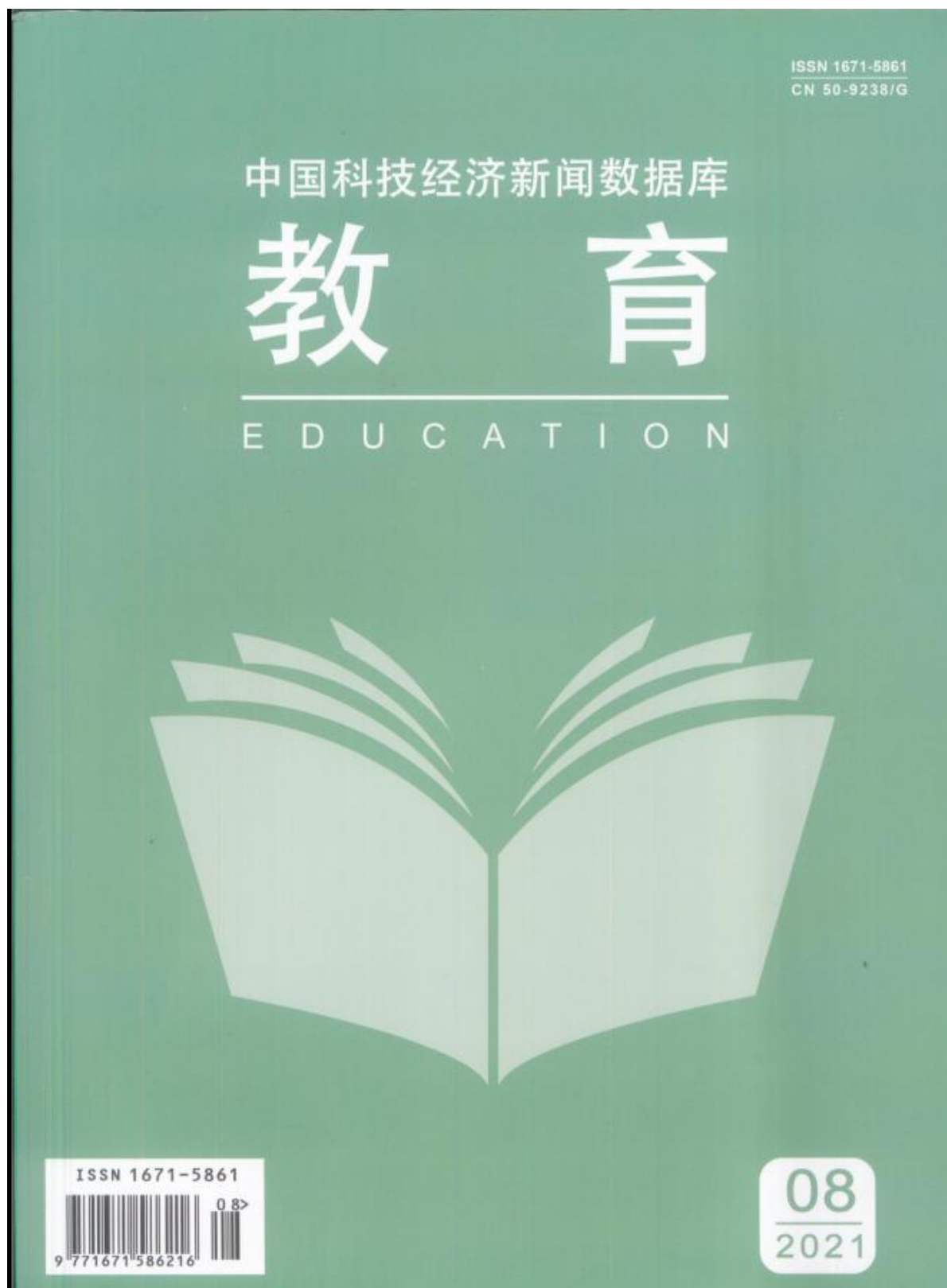
相关文章

< 1 / 6 >

- 1.产教融合视域下高职院校劳动教育实践路径研究
吴晓莹
- 2.民办高职院校产教深度融合路径研究
黄晓璇
- 3.产教融合视域下高职院校“课程思政”实施路径研究
胡晓迪
- 4.产教融合视域下高职院校创新创业教育路径研究
黄海宁
- 5.产教融合视域下高职院校工匠精神的培养路径研究
徐松杰

相关学者

6. 校企合作形式下高职人才培养质量保障体系建设探析



浅谈新课程背景下高中物理生活化教学实践	葛均云 119
浅谈初中物理教学中的生活化教学策略	邓碧强 120
高中化学教学中培养学生核心素养的研究探讨	王欣一 隋凯心 张凯丽 121
合作学习在初中物理教学中的应用与探讨	黄芬 122
初中物理教学中如何培养学生抽象思维能力	许立 123
初中英语后进生转化策略探究	宁方矿 124
浅析情感教育在初中语文教学中的应用	沙马小泉 125
关于初中体育课堂学生体能训练的分析	孙业德 126
信息化背景下的中学语文课堂教学模式	龚颖 127

高等教育

校企联合和基于项目的软件工程实践课改革——以《基于项目的软件开发测试》实训课为例	张玲 张志锋 周开来 128
新形势下大学生管理存在的问题和对策	王艳华 130
现代仪器分析课程教学方法的探索与实践	徐广然 白杰 徐毅 李春萍 王宏伟 132
工程教育认证背景下教学过程的质量监控机制——以新疆大学资源勘查工程专业为例	展新忠 张博文 陈川 133
课程思政在分子生物学检验教学中的运用与思考	魏晓琳 135
大数据时代下的大学生物化学课程改革探析	孙雷如 136

职业技术教育

中职计算机应用基础课程教学质量提升	张开国 137
浅谈新疆职业教育信息化发展——以第三师图木舒克职业技术学校为例	陈文君 徐蕊 138
论基于新时代下的高职院校思政教学的路径探究	宋英秀 139
高校工商管理专业课程教学改革的创新与实践	宋岭彦 141
浅谈微课在中专数学课堂中的应用	张泽海 143
培养高职学生体育态度及体育行为提高身体素质研究	孙燕华 144
探析项目教学法在中职计算机教学中的实践与应用	张会敏 146
基于职业核心素养培育的高职院校体育教学改革研究	袁兆强 147
多媒体教学在中职数学教学中的应用——以“正弦函数的图像和性质”为例	朱嘉麟 149
高等职业教育计算机专业的教学改革探讨	詹清华 150
高职《医学化学》实施课程思政的策略	梅楨 杨娅楠 杨艳萍 王双梅 152
课程思政视域下高职空乘专业形体训练课程研究	孙丽红 153

校企合作形势下高职人才培养质量保障体系建设探析	赵永刚 潘爱民 155
浅论加强高职汽车工程专业技能训练的途径	赵欣 刘生辉 156
人体解剖学实验教学模式改革探析	刘永思 肖美红 曲跃丽 158
创新创业教育嵌入护理药理教学探索	肖美红 杨艾 王晓芳 刘永思 杨娅楠 159
智慧工地背景下公路施工与养护专业教学体系建设探究	刘新翠 161
创新教育理念下的高职院校教育管理途径探索	吴静怡 162
基于信息技术的中职数学“情景—问题”教学探究	王丹华 164
职业能力培养视角下的高职英语教学模式改革研究	王江美子 165
新媒体环境下中职机械制图教学模式探究	俞鸥 166

思想政治教育

高中思想政治课教学中学生政治认同素养的培育策略	马玲 167
高校学生思想政治教育要注重人文关怀	刁松峰 168
“中小企业创新驱动案例述评”课程思政探索与实践	马修水 马颢 叶凌霄 钟伟红 关宏伟 169
浅析中职渗透式思想政治教育的途径	李明 171
试析充分发挥高校思想政治教育协同育人力量	王书贤 172
高校思政课教学对大学生理想信念的培育研究	刘恩苗 冯艳 174
“课程思政”理念下机械设计基础课程建设探究	宋松松 胡月 刘树伟 刘博 175
论工匠精神培养与高职思政教育的有效融合	潘授平 177
新时代独立院校网络思想政治教育生态化构建的必要性探析	谭宗扬 178
浅谈如何做好高中政治主观题	韩素莉 181
关于高职院校大学语文课程思政教育的有效途径	栾森 183

学校管理

高校制度环境下教师课程权力的实现路径研究	任国平 孙倩 赵旭 185
----------------------	---------------

教学管理

新时代初中班级管理策略研究	孙代涛 臧巧红 187
---------------	-------------

师资建设

新时代加强中小学体育师资队伍建设的途径探讨	王艳 188
-----------------------	--------

校企合作形势下高职人才培养质量保障体系建设探析

赵永刚 潘爱民

郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450

摘要: 现代高职院校所开展的教学中, 普遍重视理论和实践的有效融合, 需要全面性的培养学生, 使学生能够成为综合性的人才, 在其未来的工作中更好地应对市场的变革和发展。在这个过程中, 校企合作模式是一种重要的教学形式, 这种教学形式的具体应用过程中能够使高职院校和整个市场直接实现相对应的连接, 有效的培养优秀人才, 提高学校的教学质量, 深化教学改革工作, 保障教学的效果, 促进学生人才质量的有效提高。本文主要针对校企合作形势下高职人才培养质量保障体系建设中的相关问题进行分析, 了解到人才培养的重要价值并探讨相对应的人才培养质量保障体系的建设方式, 希望能够进一步保障高职院校人才培养的实际效果, 促进校企合作工作的有序开展。

关键词: 校企合作; 高职教学; 人才培养
中图分类号: G712 **文献标识码:** A

在高职院校所开展的校企合作教学模式中, 能够对人才的培养产生更加良好的效果, 体现出一定的优势, 受到学生的广泛喜爱。但是在实际中, 校企合作模式的应用方面仍然体现出一定的局限性, 导致人才的培养效果不是十分明显, 影响到了高职院校实际的教学质量。也就是说, 在高职院校所开展的校企合作形势下, 人才培养质量保障体系的建设仍然不够完善, 需要对其进行相对应的分析。

1 校企合作形势下高职人才培养的重要价值

在高职院校所采取的校企合作教学模式中, 最终的目的是要将高职院校的学生进行培养, 使其能够在从事到相关专业的职业时具有认真细致的工作态度以及较高的专业性, 这会对学校以及企业产生重要的影响。针对高职院校来说, 能够通过校企合作模式来获取丰富的经验, 使自身的教育改革模式得到进一步的优化。对于企业, 能够帮助企业获得一批更加专业的优秀人才, 促进企业的进一步发展。

首先, 校企合作模式下的人才培养能够促进学校以及企业的同步发展。在高校教学的过程中理论教学是重要的一部分内容, 通过理论教学能够培养一批理论知识水平极其丰富的高级知识分子, 使他们能够充分了解知识。而在校企合作模式下, 企业就可以充分利用这些人才来提高自身的综合实力水平, 企业本身所具有的真实的专业运作流程能够帮助学生提高自我实际操作能力, 采取校企合作的模式来让学生进入到企业中进行学习和实践, 帮助学生了解具体理论知识的实际应用方式和实际操作, 使学生的实力水平得到相应的提高, 改善教学的模式, 提高教学的质量^[1]。

其次, 校企合作模式下开展有效的人才培养工作, 能够帮助企业降低运营的成本。企业的发展过程中, 人才是极其重要的一部分内容, 如果没有有效的校企合作模式, 企业就只能通过社会招聘的形式来吸收一些专业的人才, 在招聘的人员进入企业之后, 还需要对其进行培训, 通过一定的时间来使之熟悉企业内部的相关业务以及具体的工作流程和模式, 在这个过程中会浪费企业的一定人力资源以及时间资源, 对企业的发展可能会造成影响。但是基于校企合作模式下, 高职院校所培养出的人才本身已经在一定程度上熟悉了企业的一些环境以及运行的模式, 相对来说会比社会招聘的人才更加符合企业当下的一些现实需求, 在其应用的过程中就不需要企业再投入培训方面的成本, 能够帮助企业节省一些运行成本。

另外, 校企合作模式下开展有效的人才培养工作能够切实提高学校的教学水平。教学工作中, 学校以及企业交流的环节能够适应一些现实情况, 通过相关人员的分析就能够明确高职院校自身的未来计划和具体的方式, 实现有效的教学改革工作。

最后, 校企模式下开展有效的人才培养工作能够使使学生更加专业, 在其工作时更加具有市场竞争力。学生在企业中所学习到的技能通常是在学校中学习时无法得到的, 而这些技能很可能是未来工作中的一些具体的需求。因此, 基于校企合作形式下培养出的高职院校专业人才本身会和企业的实际发展要求更加匹配, 在其工作中就会更加快速地完成具

体的工作岗位, 接受工作中的一些任务, 体现出良好的工作能力, 因此这部分学生会具有更强的市场竞争力, 在毕业后更加快速地完成到工作岗位中^[2]。

2 高职人才培养质量保障体系建设方面体现出的具体问题

首先, 高职院校中缺乏合理的质量评价体系与保障制度。高职院校本身的人才培养质量评价标准体现出一定的不合理性, 具体来说, 不同的专业以及教学院系在评价标准的制定方面存在差异性, 同时评价体系中的具体内容也缺乏可执行性, 设置的评价内容不够全面, 体现出局限性的特点, 无法应对所有的人力资源需求。与此同时, 高职院校的人才培养质量评价体系中具体的评价结果会受到主观因素的影响, 存在一定的随意性, 很多高职院校在校企合作模式培养人才的过程中缺乏完整的质量监控体系, 甚至有些院校没有明确了解质量监管模式的重要价值, 忽视了人员之间的联系, 没有及时传达相应的信息资源, 导致相关工作的开展价值不显^[3]。

其次, 高职院校有关人才培养质量的信息搜集不全面。由于人才培养质量保障体系的建设需要基于一定的人才数据基础来进行完善和开展, 但是实际中高职院校所搜集到的相关信息体现出不全面性的特点。即便收集到了信息, 也将其搁置, 没有对其进行进一步的分析, 导致在人才培养过程中具体的问题无法得到及时的发现和解决, 也不得按照具体的情况来提出相对应的解决对策, 导致在人才的培养过程中始终存在一些问题, 严重影响到了人才培养的效果, 阻碍了教学质量的提高。

另外, 企业在人才培养质量监控体系中的价值没有得到充分的体现。目前高职院校的人才培养工作中需要企业同步参与, 发挥出企业的实际价值。但是当前的高职院校教学过程中人才培养质量保障体系建设仍然不完善, 尤其是企业的监控价值无法得到充分的体现, 导致人才的培养目标无法得到落实和明确^[4]。

3 校企合作形势下高职人才培养质量体系的有效建设思路

3.1 进一步优化高职院校的人才培养质量监控模式

当前高职院校所开展的人才质量监控模式中需要由企业来共同参与, 让企业加入到整个人才培养质量监控的队伍中, 判断学生在学习方面的具体成果, 对学生的行为进行有效的管理, 并且将学生的表现情况进行反馈, 实现校企之间的有效合作。在这个过程中, 不但要求将各类指导人员的教育行为进行相对应的评价, 由企业中的指导人员以及学校的现场指导人员对学生的行为进行评价, 同时还需要将人才培养质量监控体系中的整个范围扩大, 体现在现代教育工作中, 校内校外教育工作的实现都应当严格遵守人才培养质量监控制度体系, 使整体的模式得到规范。除此之外, 在校企合作模式形势下, 高职人才培养过程中还需要积极履行行业内部的各种标准以及技术规范体系, 使学生更加专业化, 及时了解学生在实践过程当中的各种情况对其进行相对应

(下转第 157 页)

生的实际需求。因此需要结合学生的实际情况来创新相对应的技能训练内容,使其符合学生的客观认知。在岗位技能训练的过程中,同时融入一些职场心理素质以及学习能力等,使整体的专业技能训练系统更加完善^[1]。

3.3 为学生创造良好的专业技能训练条件

这是高职院校汽车工程专业技能训练工作能够有序开展的重要物质基础。在这个过程中需要加大相关方面的资金投入力度,提出相关方面的政策制度体系,进一步建设实训基地,使相关的设备得以优化,培养更加丰富的高素质技能人才,使其能够满足社会发展过程中对于汽车工程专业的实际需求。

3.4 创新汽车工程专业技能训练的具体方法

在教学过程中,专业技能的实际水平会反映出相关人才的实际知识能力以及实践的能力效果。因此,在教学过程中,应当充分结合学生的实际情况,适当融入一些新的汽车专业技能训练方式,使学生在学习的过程中能够积极应对各种情况,具有丰富的经验,并通过模拟职业内容,使学生能够从专业技能训练的过程中获得相关的职业体验,提高对于汽车工程专业的认识^[2]。

4 结语

总体来说,在高职院校汽车工程专业的技能训练方面本

身具有重要的价值,影响到学生的实际经验以及实践能力,同时也会对整个汽车工程专业人才需求产生相对对应的影响,在此基础上,要求高职院校本身能够重视技能训练内容、条件、意识、水平等多个方面的问题,结合实际情况来寻求新的技能训练途径,希望能够有效地提高高职院校汽车工程的专业教学水平,促进整体教学体系的改革和完善。

参考文献

- [1]张华.高职院校汽车工程类专业与企业合作模式探究[J].科技创业月刊,2019,32(1):76-79.
- [2]张华.高职院校汽车工程类专业学生职业素养与就业能力培养研究[J].湖北开放职业学院学报,2019,32(5):34-35.
- [3]石磊.中英高职院校签署合作备忘录[J].世界教育信息,2019,32(6):78-79.
- [4]龙麒任.“1+X证书制度”下高职院校会计专业“X”制订策略分析[J].哈尔滨职业技术学院学报,2020(5):57-60.
- [5]黄敏雄.用品牌企业文化项目引领高职院校校园文化建设探讨——以湖南汽车工程职业学院为例[J].产业与科技论坛,2020,19(23):242-243.
- [6]郑世界.基于汽车工程实践下的高职汽车专业学生创新能力培养研究[J].汽车实用技术,2021,46(4):178-180.

(上接第 155 页)

的分析,从而能够探讨更有效的校企合作模式^[3]。

3.2 创新高职的人才培养模式

随着现代社会的发展,校企合作模式下人才的培养体制已经在其内容以及形式方面都产生了变化。但是实际中,人才培养体系方面仍然体现出一定的局限性,导致整体的人才培养效果不明显,无法应对激烈的市场变化以及市场的变革。在此基础上,需要从内容方面来丰富教学的课程模式,针对高职院校学生的实际情况来寻找相对应的具体教学内容,丰富学生的思想和思维模式,让学生能够在学习的过程中充分了解所学专业的实际价值,了解到当前社会中行业内的实际发展情况以及具体的发展前景。除此之外,在企业的培养过程中,需要安排学生的实践,让学生能够了解到在企业中所学专业的具体工种分类以及位置安排的情况,使其能够符合学生的各项需求。在教学工作中,应当将管理类的专业学生安置在具体的管理岗位中对学生进行系统性的管理,制定相对应的管理方案,而针对技术类的学生则需要对其进行各种实践操作的有效培训,帮助学生更好地应用理论知识,了解到相关工作的经验,切实保障校企合作形势下高职人才培养的质量^[4]。

4 结语

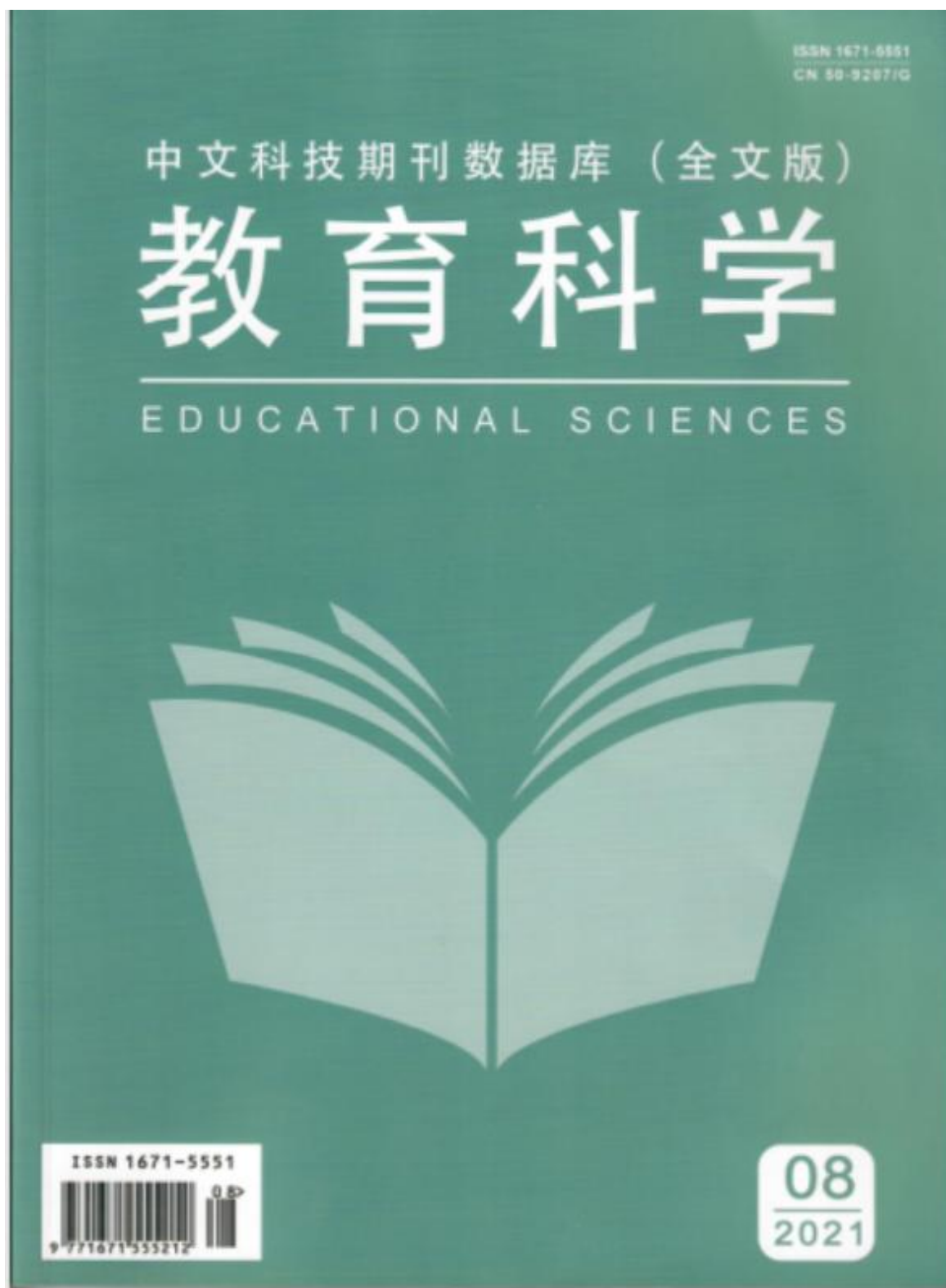
在校企合作形式下所开展的高职人才培养工作本身

现出重要的价值,能够为社会输出一批更高专业素质水平和综合能力的人才,促进社会的进一步发展,但是实际中高职人才培养质量保障体系的建设方面仍然体现出一定的局限性。本文对此进行分析,探讨实现有效建设的具体思路,希望能够为国家的发展奠定良好的人力资源基础。

参考文献

- [1]张英杰,李小六.新升格高职高专学前教育专业人才培养质量保障体系研究[J].才智,2020(1):78.
- [2]刘晓辉.协同创新视角下高职教育人才培养质量保障体系构建研究[J].科技风,2020(9):265-266.
- [3]孙会玉,潘菲菲.关于高职扩招后人才培养质量保障机制的探索与研究[J].国际公关,2020(7):218-219.
- [4]黄玉春.高职扩招100万社会群体的人才培养质量保障研究[J].继续教育研究,2020(6):57-61.
- [5]付蕾.百万扩招背景下商科类高职院校人才培养质量保障机制探究[J].天津商务职业学院学报,2020,8(5):76-80.
- [6]冯立元.校企合作形势下高职人才培养质量保障体系建设探析[J].中国管理信息化,2019,22(16):207-208.

7. 高职院校创新创业型人才培养模式探索与实践



中文科技期刊数据库(全文版)

教育科学

2021年8月03

主管单位: 科技部西南信息中心

主办单位: 重庆维普资讯有限公司

出版单位: 重庆维普资讯有限公司

总 编: 车东林

电 话: 023-63416216

邮 箱: zongbianjibu@163.com

网 址: <http://www.cqvip.com>

地 址: 重庆市渝北区洪湖西路

18号上丁企业公园

邮 编: 401121

国际标准连续出版物号: ISSN 1671-5551

国内统一连续出版物号: CN 50-9207/G

法律顾问: 闫 军

本刊声明

本刊版权归重庆维普资讯有限公司所有。作者稿件一经录用,均视为作者同意刊载以及同意在本刊合作的数据库及互联网站传播。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明。

目 次

师资建设

高校“双师型”教师队伍建设路径探索

李静哲 李拴柱 1

浅谈中职计算机程序设计教学方法探究 曹利敏 2

我国县级现代教师培训机构的转型探索与发展方向研究

任兴科 3

学前教育·幼儿教育

幼儿园教学活动中师幼互动障碍及对策研究 吴 婷 5

探讨幼儿科学素养教育的实践 卢高婷 6

自主游戏中幼儿的深度学习和教师的指导策略 石珊珊 7

互动游戏在学前教育课堂中的应用探究

徐艺菲 范敬敬 8

基于幼儿园亲子活动教育价值的思考 登真启西 9

0-3岁婴幼儿早教的几点思考 石 梅 10

幼儿早期阅读教育的养成关键思路分析 马 丽 11

浅谈如何在幼儿园实施新时代爱国主义教育 杨青青 12

民间儿童故事在幼儿园教育活动中的应用研究 岳月荣 13

浅议幼儿园语言教学中增强幼儿语言能力的有效方法

史梦迪 14

浅议幼儿良好行为习惯的培养 陈云娇 15

纸箱材料在幼儿园科学游戏中的运用探讨 拓明涛 16

浅析在幼儿园学前教育中开展幼儿活动的有效教学策略

陈 蓉 17

少数民族地区幼儿教师数学教育现状的调查研究

周 瑞 陈晓雪 18

幼儿游戏的观察与指导 曹亮英 20

促进幼儿身心健康发展的策略探析 王 华 21

浅析幼儿自主游戏开展策略 蒋云艳 23

绘本阅读在农村幼儿园幼小衔接过程中的实施策略探析

张彩霞 24

浅谈如何在游戏中培养幼儿的自主性 陈 婷 26

劳动教育在幼儿园教育中的实践研究 邓廷瑞 27

幼儿园混班角色游戏的实践与思考 梁诗莹 29

幼儿园科学教育游戏化的实施策略研究 莫 维 30

浅谈幼儿园游戏环境创设的现状与建议 梁蔚慧 32

小学教育

小学英语课堂写作教学的实践研究 卫文娟 33

小学教师教学设计能力及其构成探析 美 措 34

如何建构特殊教育小学数学个性化教学模式 李 欢 35

浅议小学语文课写字教学策略 侯文杰 36

浅析课程思政在高职“基础会计”教学中的实践

刘少平 256

机械设计制造及其自动化专业教学难点与对策研究

张宝月 徐 燕 257

有关护理学基础操作课存在问题及应对的思考

姜 帆 258

中职服装设计专业教学中思政元素的融合策略研究

蒋卓群 259

中职学校创客课程“岗证赛”一体化教学研究——以龙岗二

职校为例

黄中文 赵 月 260

论“思政元素”在高职工科教学中的有效融合

范庆贤 261

高职院校创新创业型人才培养模式探索与实践

潘爱民 263

中职学生职业生涯规划教育途径探析

李敏玲 264

中等职业学校教学改革研究——以烹饪专业为例

陈芸芸 266

四年制本科医学检验技术专业实践教学改革创新探

王 颖 268

思想政治教育

高校思想政治教育中大学生逆反心理研究

倪峰飞 269

艺术类课程与思政课程相融合的探索与实践

张懿言 270

高中思想政治教学学情分析实践探讨

张 琦 272

新媒体时代增强高职院校思政课程教学实效的策略

徐晓阳 蔡子涵 273

地方历史文化资源在高校思政课实践教学中的应用——以

昆明西山为例

段云虹 何东松 丁敏红 马 燕 275

浅析如何将传统文化融入高职思政教学之中

朱美秀 277

课程思政元素在大学英语教学中的融入

刘小超 279

浅谈思政教育视域下大学生劳动精神培育路径

靳大伟 281

高校思政课改革与高校思政课堂建设探究

靳大伟 283

学校管理

大数据时代高校人事管理问题与对策创新

蔡 峰 284

教学管理

以突显地方特色为导向的环境艺术设计专业特色教学体系

张 蕾 286

论学生责任感对高中学习的重要性

李晚彤 287

基于中考背景下的九年级化学教学改革与实践

尹宝元 288

浅谈中职学校教学管理的人本化探究

郭小凤 289

浅谈沟通艺术在小学班主任管理工作中的应用研究

李瑞珍 290

科研院所研究生教育管培问题的探索

宋庆阳 291

建筑工程技术专业施工类课程教学改革的思考

郭文超 李 莹 292

教育事业

农学专业农技师类人才培养思考——以湖南农业大学为

例

易镇群 殷和军 刘继伦 曹 鑫 徐 云 294

以专业升级和数字化改造增强职业技术教育适应性的管理

研究

张阳子 296

“以赛促学”在《建筑施工组织》课程教学改革中的探索

杨春燕 298

教育论坛

构建中职数学活力课堂方法初探

柯好艳 300

任务型教学模式在高职音乐表演教育中的实际应用

王爱娟 301

制作中学形象宣传片的几点思考

何慧娟 302

数学思想在课堂教学中的渗透路径探索

徐婉娟 303

培养学生法治意识核心素养的教学探索

梁参秀 304

浅析区域校本教研的有效推进途径与策略

熊 梅 305

浅谈解决初中数学题的方法与策略

钱晓燕 306

“课程思政”视角下中职专业教学设计方法探讨

刘 磊 307

双一流建设背景下高职教育管理体制创新思路探析

陈思超 倪怀江 李文瑶 袁小宇 林孟盛 308

名师长梯队助力幼儿园发展

袁 艳 309

融入生活化情境提升英语课堂教学实效

张雪梅 310

基于信息化的中学教师教学能力提升策略

李 强 311

职业技术教育领域创新创业型人才培养策略

潘 洪 312

如何提高课程改革中教师的积极性

王 莹 郑怡仁 313

重视校园文化内涵发展强化育人功能

尹彦辉 315

“虚拟仪器技术”课程思政模式探索

刘正男 龙海燕 316

“金钱陷阱”思政教育视域下大学生不良网贷现象分析与

对策探究

张萍花 史真静 王红梅 卓 馨 李阳阳 318

我国数学英才培育路径的探究——基于中外英才培育的

对比

李玲娟 胡晓莉 320

探讨任务驱动法在高职计算机基础教育中的实践

李成成 322

“前课堂”辅助有机化学教学的探索与实践

王富强 323

中职物理课堂教学困境及策略探索

陶少伟 325

高职院校创新创业型人才培养模式探索与实践

潘爱民

郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450

摘要:随着我国教育不断的改革创新,许多学校的教学方式都发生了巨大的变化,而且在我国现在教育环境的影响下,对学生综合素质的要求越来越高。而高职院校作为培养专业技术人才的地方,需要高职院校不断对教学方法和形式进行创新,从而培养出更多优秀人才,在新型人才的培养过程中,创新人才和创业型人才就是目前高职院校主要的培养目标,这种人才的培养不仅能让不学生得到全面的发展,还能让学生学会如何发现问题、提升自己。本文中笔者针对现阶段高职院校创新型、创业型人才培养模式中存在的问题,并且对如何提升高职院校创新型、创业型人才培养模式的有效对策进行阐述。

关键词:高职院校;创新;创业型;人才培养;模式;探索;实践

中图分类号: G717.38

文献标识码: A

引言

在教育部门的要求下,对于高职院校人才培养有了新的发展方向,现阶段主要的任务就是培养创新型和创业型人才,通过这种发展方向的制定,不但能大幅度提高学生们的思维能力,还能进一步提升学生们的就业能力,同时也是对高职院校人才目标的丰富。此外由于我国社会环境的影响,也导致各行业对于创新型和创业型人才的需求也越来越高,所以说通过这种人才培养方式可以更好的锻炼学生多角度思考问题的能力,同时对于高职院校人才建设工作的开展也有很大的促进作用。

1 目前高职院校创新型和创业型人才培养中存在的问题

1.1 高职院校缺乏明确的人才培养目标

由于我国教育部门不断的改革,正在转变各大高职院校的人才培养重点,将创新能力和思维能力作为重点开发和锻炼的内容,虽然说很多高职院校都十分积极响应国家的号召,并且开设了一些创新培养和创业知识方面的选修课程,但由于这种教学模式处于起步阶段,很多学生还不是很适应这种教学模式,而且人才培养和学生的发展方向并不匹配,从而导致创新创业的培养目标难以融入日常的教学活动中,高职院校也只在一些不重视的课程中实施,从而导致高职院校的教师无法清楚明确的培养目标。这种情况的发展导致在对学生的创新能力培养的过程中,高职院校的教师无法准确把握学生的培养重点和目标,尤其在教学目标的制定方面,不够清晰、不够全面、不够详细,从而导致整个高职院校的创新创业型人才培养计划不够全面,整个培养过程也无法真正发挥出最大的作用。

1.2 缺乏一个创新创业型的培养体系

目前很多高职院校都缺乏一个创新创业型人才培养模式,对于高职院校的教师们也缺少相应的政策培养,从而导致教师们在开展人才培养模式和具体的教学计划时,无法明白创新创业型培养体系的真正意义,也让教师无法制定出适合学生们的人才培养模式^[1]。此外一些高职院校并没有将创新创业型人才培养作为重要的教学内容,只在每周安排少量的理论知识内容,这就导致学生们不能第一时间了解创新创业新课程的理论知识内容。另外由于高职院校的不重视,导致学生们只进行了相关创业理论知识的学习,对于一些实践知识的学习和实践经验的积累,还是十分欠缺。最后高职院校在进行创新创业型人才培养的过程中,过于重视学生理论知识的考核,而且只进行关于理论内容的考核,单一的考核方式不能直接反映出学生的学习情况。所以说缺少一个完善的培养体系对高职院校创新创业型人才的培养有着严重的阻碍。

1.3 目前很多院校都不够注重培养创新思维

创新思维的培养主要应用于创新创业型人才的培养过程中,而且在我国近些年的素质培养过程中,主要的培养目标就是提高学生的创新能力,让高职院校的学生们在创新思维中激发更多独特的想法,因为对于创新和创业来说灵感是十分重要的,一些内容都需要在灵感的基础上才能实施,只有这样才能让学生们具有一定的灵感才能更好的实施。但是目

前许多高职院校并不重视学生创新思维的培养,而且也不开设一些创新课程,从而导致很多学生还是存在思维模式的固化,不仅不会引导学生进行创新能力的探索,还会影响学生思考能力的方式,例如学生缺乏对自己创业问题的思考、自己想做什么、应该做什么的思考,从而严重阻碍了高职院校学生创业和创新等内容开展^[2]。

2 高职院校创新创业型人才培养模式的有效措施

2.1 加强高职院校创新创业型人才培养体系的建立

为了让高职院校更好的响应教育部门的号召,需要各大高职院校加强对创新创业型人才培养体系的建立,并且对人才培养过程中的各个环节进行完善,例如创新创业型人才培养的目标、学生学习的內容、教学计划、高职院校创新创业型人才培养教师团队以及教师评价体系的建立都是影响一个高职院校实施创新创业型人才培养的重要内容。如果任何培养环节出现问题,那么就会影响整个人才培养体系。所以说高职院校需要重视创新创业型人才培养的各个环境,并且将对教学目标的制定更符合学生们的需求,这种多元化教学方向的开展,使学生们学习得到保证。而建立一个专业性强的教师团队,也是对高职院校创新创业型人才培养的一种保障^[3]。因此根据以上问题的分析,可以看出整个人才培养体系的建立十分的复杂,所以说需要各大高职院校尽快完善自身的人才培养体系,确保在进行创新创业型人才培养的过程中有足够的保障力量。

2.2 完善创新创业型人才培养课程

由于我国的创新创业型人才培养体系还处于发展阶段,很多高职院校并没有对人才培养的过程、方式以及课程内容产生足够的重视,所以导致很多高职院校在开展创新创业型课程时,准备的不够充分,学生无法真正学习和了解有关创新创业的知识内容,而且对于一些创业经验的了解也十分有限,因此为了高职院校更好的进行创新创业型人才培养需要进一步加强有关课程体系的建立,同时还需要高职院校开展更多创业技能培养和创造能力方面的教学,尤其是这些方面的基础课程需要高职院校重点进行丰富,因为很多创业创新方面的基础知识较为枯燥,无法引起学生们学习兴趣,所以说需要在这些基础知识内容融入一些实际的创业案例,不但能让学生们在这些创业案例中学到更多经验,还能加强学生们对创新创业基础知识的理解,同时还能帮助学生们将专业知识和创新创业课程内容相融合。

2.3 健全创新创业课程的评价机制

目前很多高职院校都已经引进了专业的创新创业课程,但是对于这方面的专业教师却十分匮乏,而且对于创新创业课程教师的培养工作也没有全面开展,而且很多关于创新创业型的教师都是由相关的辅导员来担任,这样不仅会严重影响学生们学习质量,还会影响学生们对创新创业型课程的理解^[4]。因为相关的辅导员并不是专业的创新创业课程教师,而且他们的日常工作十分忙碌,不光要关注学生们的日常生活和学习情况,还需要进行创新创业课程的备课,另外对学生们反馈的教学意见和内容也不能及时吸收和改变,从而导致学生们无法真正有效的吸收创新创业知识,与此同时也会

(下转第 265 页)

2021年8月 263

学生在自我的职业期望中,理想主义色彩浓厚,大多数中职院校的学生不了解当下的就业形势,未形成清晰的职业生涯规划。他们较为喜欢追求待遇好与福利高的职业,既可以满足自己的兴趣爱好,有可以满足自己的经济需求。然而却对自己的能力认知不足,对社会现实缺乏全面清晰的认识。大部分学生过于看重关系和背景,30%的学生认为自己职业生涯和人际关系、背景相挂钩。而却忽略了勤奋、努力的重要性,学生的价值观发生了偏差,对外职业生涯的追求过重,不利于学生职业生涯的长足发展。

2.3 学校在职涯生涯教育工作上的不足

我国中职院校的职业生涯规划教育过于简单,制度保障不够完善,目前,我国中职院校的职业生涯规划教育大多数是由就业指导办公室或者德育教研组负责,而他们的工作重心并未在学生职业生涯规划教育上,而是在学生就业的安排上。然而在具体的学生职业生涯规划教学上,并没有完整的、统一的安排,任课老师和就业指导办公室之间没有沟通,二者没有统一的领导。然而任课教师在具体的教学实践中,其专业能力不够,不重视职业生涯规划的教学,许多教师在课上仅仅是让学生做一些小游戏,看一些视频,以至于学生的职业生涯规划教育流于形式。

3 中职学生职业生涯规划教育的具体路径

3.1 把德育融入课堂

通过对学生进行思想道德教育,从而对学生进行职业生涯规划指导。提高学生的自我认知能力,帮助学生树立正确的世界观、人生观、价值观。在职业生涯规划教学中,通过与学生一起开展心理健康教育,观看心理健康教育警示片,以提高学生的自我认知能力,让学生对现有的社会环境与职业前景有所了解。亦可以提供一些职业生涯规划的书,让学生进行自我阅读,让学生在自我学习中认清自我,了解工作环境,提高自我认知水平。教师在课堂上,可通过多媒体平台为学生展示拥有的人才市场网站,让学生了解现有的就业情形。也可以让学生进行自我浏览,选择自己心

仪的职业,了解其趋势和情况。

3.2 在课堂中融入职业生涯规划教育

在职业生涯规划的教学,对学生进行职业生涯规划指导,帮助学生树立起职业生涯规划的良好意识,让学生对职业生涯规划重视起来,让学生意识到职业生涯规划是个长期的过程,是一个不断学习的过程,让学生学会利用职业生涯规划使自己的丰富起来。最主要的是让学生形成自己的职业生涯规划,根据个人的实际情况,制定出属于自己的近期职业生涯规划 and 长期的职业生涯规划。结合专业的课程对学生进行职业生涯规划指导,让学生对职业生涯规划有一个系统的了解,从而让学生对职业生涯规划产生兴趣。

3.3 建立起一支专业化的教师队伍

中职院校要建立起一批专业的人才队伍,提高教师的专业素养,制定出专业的职业生涯规划从业人员标准。对现有的职业生涯规划教师进行培训,让他们接受系统和专业的学习,并要参加国家的职业生涯规划师的考试,取得职业资格证书。然后再更新现有的教学计划和教学模式,形成“重基础、活领域”的教学模式。

4 结束语

中职学生的职业生涯规划教育尤为重要,开展和重视职业生涯规划教育,对广大中职院校学生健康发展起到重要作用。所以,我们需要不断探索中职院校学生的职业生涯规划教育路径,对其进行改进和完善,以不断提高中职院校学生的社会认知能力和自我认知能力。

参考文献

- [1]张蔓. 中职学生职业生涯规划教育研究[D]. 成都: 四川师范大学, 2019.
- [2]吴锡垣. 浅析中职学生职业生涯规划教育存在等问题及解决策略[J]. 知识经济, 2018(7): 121-122.
- [3]林李红. 中职学生职业生涯规划教育现状及实施策略[J]. 东方企业文化, 2015(21): 366-367.

(上接第 263 页)

阻碍高职院校人才的培养工作。所以说根据这种情况需要高职院校引进更多有关创新创业型的人才,并且建立一套较为完善的课程评价机制,通过学生们对课程的学习感受进行全方位的课程评价,这样不但能促进教师对创新创业型课程的意见收集,还能充分让教师根据学生们的意见和建议进行教学方式的调整,从而发挥出学生在学习过程中的主导作用,最终让高职院校的人才培养工作得到全面提高^[4]。

2.4 提倡创业教育和相关企业的融合

高职院校在进行创新创业型人才培养的过程中,不能仅靠理论内容来支持,还需要相关的创业经验来积累,所以只有将理论知识和实践内容相结合才能更好的推进学生创业知识、经验的积累。因此根据这种情况需要高职院校加强和校园附近周边企业的融合,并且在让学生们进入到企业中亲自感受企业创业的过程,从而增加自身的创业经验,同时还能让学生们感受创业过程中所要承受的内容。另外高职院校还可以通过创业讲座、创业交流会等方式为学生们提供了解创业经历的平台,通过这些平台学生们可以大胆发问且积极的向企业负责人进行沟通和交流,了解这些企业人在创业初期所经历的事件,通过这种融合的方式不但能提高学生们对创业知识的接收能力,还能提高自身的思维能力、创业精神。

3 结束语

综上所述,本文中笔者针对目前高职院校创新型和创业型人才培养中存在的缺乏明确的人才培养目标、高职院校创

新创业人才培养体系不完善、高职院校不重视创新思维的培养等问题进行分析,并且对加强高职院校组织体系的建立、完善创新创业课程体系、健全创新创业课程的评价体系以及加强创业教育和相关企业的融合等相关措施进行阐述,希望给相关的企业带来帮助。

参考文献

- [1]杨新月. 高职院校“三全四阶一平台四维”的专创融合人才培养体系研究[J]. 创新创业理论与实践, 2021, 4(1): 117-119.
 - [2]刘灿. 高职院校汽车类专业创新创业型人才“一服二创三赛四训”四位一体人才培养模式探索与实践[J]. 速度(下旬), 2020(12): 29-30.
 - [3]雷哲. 高职院校创新创业型人才培养模式构建及实践探索[J]. 发明与创新·职业教育, 2021(1): 173-174.
 - [4]李伸荣. 高职院校创新创业型人才培养模式探索与实践[J]. 科技创业月刊, 2019, 32(2): 60-62.
 - [5]乔宇沫. 基于高职院校创新创业型人才培养模式探索与实践研究[J]. 新商务周刊, 2019(23): 10.
- 基金项目: 课题项目: 本文系 2017 年河南省高等教育教学改革研究与实践项目“河南‘三区’建设背景下高职教育创新创业型人才培养模式的研究与实践”(编号: 20175JCL677)。

8. 高职院校工业机器人专业多功能工业机器人工作站的教学实践



中国科技期刊数据库

科研

2022年09月01

主管单位：科技部西南信息中心

主办单位：重庆维普资讯有限公司

出版单位：重庆维普资讯有限公司

总 编：车东林

电 话：023-63416211

网 址：<http://www.cqvip.com>

地 址：重庆市渝北区洪湖西路
18号上丁企业公园

邮 编：401121

国际标准连续出版物号：ISSN 1671-5780

国内统一连续出版物号：CN 50-9230/G

法律顾问：闫 军

本刊声明

本刊版权归重庆维普资讯有限公司所有。作者稿件一经录用,均视为作者同意刊载以及同意在本刊合作的数据库及互联网站传播。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明。

目 次

CONTENTS

教育管理研究

- 产教融合视域下高职院校“双师”教师教学创新团队研究
..... 邬 晔 1
- 探究高校辅导员在大学生养成教育中的作用
..... 乔俊豪 姜奉奇 杨淇贺 5
- 乡村振兴视域下高校劳动教育的现实价值及路径
..... 郭小红 9
- 新媒体环境下高校学生教育管理的应对机制分析
..... 赵异民 13
- 案例教学法在中职会计专业教学中的应用
..... 陈 倩 17

高等教育研究

- 新时代加强大学生“四史”教育的策略研究
..... 陶春丽 21
- 中职旅游服务专业学生职业素质的培养 张秀娟 25
- 中职院校汽车检测与维修专业教学改革探索
..... 尹青福 28

文化与艺术研究

- 浅谈“双创”背景下高职院校器乐教学的现状与探索
..... 杨 眉 32
- “互联网+”背景下的初中美术课堂教学策略
..... 邱文丽 36

学科教学研究

- 初中地理课堂地图教学的有效策略 尤路路 40
- 多元文化背景下民间文学课程的教学改革探索
..... 任 宽 44
- 核心素养理念下小学英语写作教学实践思考
..... 徐 莉 48
- 基于新课改视域下初中数学教学质量的提高策略研究
..... 王占兴 51
- 浅谈小学信息技术课堂小组合作的有效性问题
..... 沙吾列·阿布德拉 55
- 清末维新数学教育思想探析 董亚丹 59
- 史料在中学历史教学中的作用分析 田 美 63
- 思维导图在《小学语文课程与教学》课程中的运用研究
..... 桑丹丹 67
- 探析小学语文教学中阅读能力提升与强化策略研究
..... 谢 佳 71
- 物理教师对可持续物理教育的探讨 梁官正 75
- 小学语文学生核心素养培养策略研究 黄彩鸿 79

幼儿学前教育中情感教育的应用研究	陈安兰 83	生活化教学在初中物理教学中的作用浅析	章春玲 136
中学生研学旅行对语文学科素养提升的研究	韩小明 87	数形结合在初中数学应用中的重要性	张红红 陈新树 140
德育思政研究		小学数学课堂教学中差异化教学方法初探	蒋沅沅 144
关于高职思政课教育教学改革创新思考——以构建“大思政”工作格局为视角	舒招平 91	新医科背景下护理本科生创新能力培养方案的构建	门华琳 郭小燕 闫明芳 牛丽莎 曹艳萍 148
高职院校青年思政课教师提升理论魅力的几个着力点	李芳佳 95	在小学数学教学中开展差异化教学的尝试研究	周继红 152
中国传统文化在高职英语课程思政教学中的渗透研究	孙 妍 99	案例教学法在干部培训中的运用	王睿倩 156
“大思政”视域下《中国文化概论》课程思政建设的探索与思考——以汉语国际教育专业为例	杨会梓 103	科教论坛	
“课程思政”视域下民族声乐教学模式的改革探讨	王丽娜 107	高校羽毛球教学方式的构建与创新	白敏敏 159
教学教法研究		高职学前教育专业学生教育实践能力的培养策略	刘迪迪 163
差异化教学在小学数学教学中的应用研究	胡益华 110	高职院校人力资源管理专业“三位一体”实践教学体系研究	杨林安 167
产教融合背景下中等职业院校教学模式优化策略研究	岳红霞 114	民办本科高校校企合作协同育人路径研究	郝建军 170
动力链在高中体育与健康实心球教学中的有效干预性研究	张艳丽 117	网络环境下高中物理实验教学中存在的不足及解决措施研究	朱忠海 173
广告艺术设计专业中高职“3+2”分段培养课程衔接研究	李洋之 121	线上线下读写模式在中学整书阅读教学中的实践	苏 鑫 胡 俊 177
高职院校工业机器人专业多功能工业机器人工作站的教学实践	王云亮 124	协同理论视阈下中职学校电子商务校企合作的影响因素探讨	柏虹妃 180
情境教学法在大学英语教学中的应用	王丹丹 128	“以学评教”课堂教学质量评价指标相关性分析实证研究——以绍兴文理学院为例	肖海岳 祝立英 吴根祥 184
如何在数学教学中进行差异化教学	付美琼 132	“检校共建”模式推动青少年法治宣传教育的路径探析	顾晓凯 李 星 黄秋香 188

高职院校工业机器人专业多功能工业机器人工作站的教学实践

王云亮

郑州电力职业技术学院机电工程学院, 河南 郑州 451450

摘要: 为了更好的利用 KUKA 多功能工作站在高职院校工业机器人专业教学实践的特点, 以培养学生的动手能力和创新能力。下文以工厂工业机器人产品装配、码垛、冲压上下料、拧螺丝、分拣场景为依据, 坚持以还原实际工程应用和自动化场景为原则, 讨论了一种集工业机器人装配模块、码垛模块、冲压模块、拧螺丝模块、分拣模块的多功能工作站在高职院校工业机器人实践教学中的应用, 以提升高职院校师生对该类 KUKA 多功能工作站在实践教学中的应用水平。

关键词: KUKA; 多功能工作站; 工业机器人专业; 实践教学

中图分类号: TH112

文献标识码: A

多功能工业机器人工作站是结合工厂实际应用和工业自动化场景, 以 KUKA KR4-R600^[1] 工业机器人本体为基础, 集成自动螺丝排列系统、气动吸取螺丝系统、自动拧螺丝装置、视觉处理系统、自动上下料装置、搬运码垛系统组件、TCP 练习系统组件^[2]、冲压系统组件、自动分拣系统组件等工业化应用, 使学习者快速学习工业机器人基本原理、伺服电机驱动控制、执行机构设计与控制设计、工业机器人编程、视觉处理技术、运动控制卡使用等知识。该平台适合于培养工业机器人产业化相关的应用人才。

1 机器人多功能工作站组成及布局

多功能工业机器人工作站是结合工厂实际应用和工业自动化工作场景, 以 KUKA KR4-R600 工业机器人本体为基础, 集成视觉处理系统、自动上下料装置、搬运码垛系统组件、TCP 练习系统组件、写字绘图组件、模拟冲压组件、自动拧螺丝组件、自动分拣系统组件等工业化实训项目。机器人多功能工作站电气: 工业插排、交换机、24V 开关电源、光源控制器、中间继电器、S7-1200 可编程控制器、驱动卡、真空发生器 CKT1、真空发生器 CKT2、RS485 控制器 1、50 芯接线端子、电磁阀 9 连座。

2 机器人多功能工作站主要功能及应用

机器人多功能工作站主要功能分成三类, 分别是入门应用部分、中级应用部分、高级应用部分。其中, 初级应用部分包含: TCP 实训模块、装配实训模块两部

分; 中级应用部分: 包含机器人码垛模块、机器人冲压模块、机器人拧螺丝模块; 高级应用部分包括: 机器人分拣模块。



①TCP 练习组件; ②模拟装配组件; ③分拣料盘; ④同轴光源 (含工业摄像头); ⑤可替换笔芯库; ⑥机器人本体; ⑦机器人工具; ⑧码垛料盘; ⑨码垛流水线; ⑩冲压下料区; ⑪冲压上料区; ⑫冲压气缸; ⑬螺丝机; ⑭螺丝板物料固定装置; ⑮打螺丝; ⑯冲压物料取放区; ⑰外部按钮; ⑱触摸屏

图 1 机器人多功能工作站组成及布局



①工业插排; ②交换机; ③24V 开关电源 G1; ④光源控制器; ⑤中间继电器 (K1-K15); ⑥S7-1200 可编程控制器; ⑦驱动器; ⑧真空发生器 CKT1; ⑨真空发生器 CKT2; ⑩RS485 控制器; ⑪50 芯接线端子; ⑫电磁阀 9 连座

图 2 机器人多功能工作站电气布局图

TCP 实训模块: 工具坐标 TCP (Tool Center Point) 是机器人运动的基准。是创建工件坐标系、工件坐标系的前提条件。以创建工具坐标为例, 首先, 建立一个新的工具数据 TCP^[1]“Tool_Pen”。然后, 在主菜单中选择投入运行、测量、工具、四点法创建 TCP 点。其次, 以 4 种不同的姿态接触标定件尖端, 分别保存数据后, 并修改工具质量, KUKA 机器人系统会计算出误差, 如果误差满足要求, 则 TCP 点创建成功; 否则, TCP 点创建失败。

装配实训模块: 首先, 将吸盘安装在机器人法兰盘上, 设定好相关的工具坐标系和基坐标系, 基坐标系需设置精确, 装配非常考验学生坐标系的设定和点位的示教。然后通过机器人示教器将点位保存, 多次手动慢速模式 T1 运行机器人确认无误后再自动运行或外部自动运行。总共有 4 种不同的装配物料, 一个物料需要示教抓取和放置点, 所以总共需要示教 8 个点 (不包含起始点和过渡点), 最终装配成一个产品。

机器人码垛模块: 机械手移动先控制右边的自动下料工具下料, 再移动到抓取区上方, 等待光电对射传感器检测到工件, 再移动到抓取区抓取工件码垛到 1 号物件区。再移动到抓取区抓取工件码垛到 2 号物件区。循环往复。通过本模块学习, 使得学生掌握码垛程序相关 I/O 口的配置、码垛程序相关工具数据的配置、码垛程序相关载荷数据的配置、码垛程序的编写和点位示教。机器人冲压模块: 冲压是靠压力机和模具对板材、带材、管材和型材等施加外力, 使之产生塑性变形或分离, 从而获得所需形状和尺寸的工件 (冲压件) 的成形加工方法。冲压和锻造同属塑性加工 (或称压力加工), 合称锻压。冲压的坯料主要是热轧和冷轧的钢板和钢带。全世界的钢材中, 有 60~70% 是板材, 其中大部分经过冲压制成成品。汽车的车身、底盘、油箱、散热器片, 锅炉的汽包, 容器的壳体, 电机、电器的铁芯硅钢片等都是冲压加工的。仪器仪表、家用电器、自行车、办公机械、生活器皿等产品中, 也有大量冲压件。冲压加工是借助于常规或专用冲压设备的动力, 使板料在模具里直接受到变形力并进行变形, 从而获得一定形状、尺寸和性能的产品零件的生产技术。该功能以模拟机器人冲压为例。上位机发送开始命令, 然后工业机器人将工件从取、放料区抓入模拟冲压机中, 等待工件加工完成后取走工件。机械臂依次到四个“取、放料区”抓取物料

进行加工, 四个“取、放料区”物料都加工完成后机器人复位。取料区和放料区为同一个位置。通过本模块的学习, 使得学生掌握冲压程序相关 I/O 口的配置、冲压程序相关工具数据的配置、冲压程序相关载荷数据的配置、冲压程序的编写和点位示教。

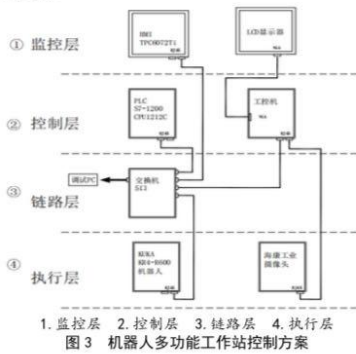
机器人拧螺丝模块: 机械臂先通过气爪从“螺丝板取、放料区”抓取物件到“螺丝板固定区”即拧螺丝工作区, 再通过电批从“螺丝排序机”取螺丝把螺丝板物料上的螺丝全部拧好。拧完螺丝后机械臂再通过夹具抓取物件从“螺丝板固定区”到“螺丝板取、放料区”。取放料为同一个位置。机械臂依次到四个“上料区”抓取物料到“打螺丝区”加工, 四个“上料区”物料都加工完成后机器人复位。机械臂依次到四个“取、放料区”抓取物料进行加工, 四个“取、放料区”物料都加工完成后机器人复位。取料区和放料区为同一个位置。通过本模块的学习, 使得学生掌握机器人拧螺丝的工作过程、机器人拧螺丝程序相关 I/O 口的配置、机器人拧螺丝程序相关工具数据的配置、机器人拧螺丝程序相关载荷数据的配置、机器人拧螺丝程序的点位示教和程序编写。

机器人分拣模块: 智能分拣的工作目标先转盘高速旋转打散物件, 再机械臂通过摄像头识别“分拣识别区 1”的物件位置, 再把通过吸嘴把“分拣识别区 1”的物件搬运到“分拣识别区 2”, 通过“分拣识别区 2”的摄像头判断物件的形状和颜色及大小和精确位置, 再把物件放到“分拣放料区”相应位置。如在“分拣识别区 1”未找到物件, 则“转盘”快速旋转, 直到在“分拣识别区 1”找到物料或连续 20 次未找到程序复位。通过分拣模块的学习, 使得学生基本掌握机器人分拣的工作过程、机器人分拣程序相关 I/O 口的配置、机器人分拣程序相关工具数据的配置、机器人分拣程序相关载荷数据的配置、机器人分拣程序的点位示教和程序编写、与上位机进行数据交换, 并使用上位机的数据进行点位偏移。

3 机器人多功能工作站控制方案

机器人多功能工作站分为监控层、控制层、链路层、执行层。其中, 监控层包括: HMI TPC6072Ti^[5]、LCD 显示器; 控制层包括: PLC S7-1200 CPU1212C、工控机; 链路层包括: 交换机、调试 PC 接口; 执行层包括: KUKA KR4-R600 机器人、海康工业摄像头。

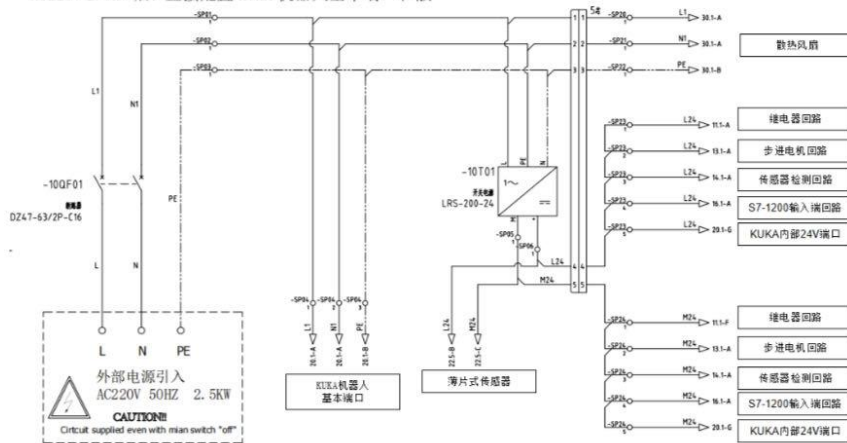
机器人多功能工作站控制逻辑：通过网线(RJ45)将 PLC S7-1200 CPU1212C、HMI TPC6072Ti、KUKA KR4-R600 机器人、工控机连接到交换机组网。其中，工控机通过 VGA 连接到触摸屏，通过网线(RJ45)连接到海康工业摄像头。KUKA KR4-R600 机器人与海康工业摄像头之间通过 PLC S7-1200 进行中转进行通信。KUKA KR-R600 机器人与 PLC S7-1200 通过硬件接线通信，海康工业摄像头与 PLC S7-1200 通过以太网开放协议^[1]进行通信。



4 机器人多功能工作站供电配置及启动

图4 机器人多功能工作站供电配置示意图

机器人多功能工作站供电方式：外部电源引入 AC220V 2.5KW 后，直接配置 KUKA 机器人基本端口和散



热风扇：利用开关电源将 AC220V 2.5KW 转换成 DC24V，分别配置到继电器回路、步进电机回路、传感器回路、S7-1200 输入回路、KUKA 内部 24V 端口。其中，继电器回路负载控制真空吸盘动作、下料气缸动作、上料气缸动作、相机光源动作。传感器检测回路负责控制洗盘真空检测、电批真空检测、下料气缸弹出检测、下料气缸回撤检测、触摸屏供电。S7-1200 输入端回路负责启动按钮、停止按钮、继续按钮、错误确认按钮、急停按钮。步进电机回路负责单轴步进电机控制器、步进电机驱动器、流水线启动、皮带线终端检测、皮带线检测。机器人多功能工作站启动方式：接通空气开关，KUKA 机器人 Smart PID 和 MCGS 屏幕电源接通，进入启动界面。打开多功能工作台上 PC 电源接通按钮，工控机显示屏进入启动界面。

5 机器人多功能工作站程序实现(以部分分拣程序为例)

```

DEF Sorting();分拣主程序
SortingNuber=0;分拣次数
GrabNuber=0;抓取次数
DroptNuber=99;放置次数
RET=EKI_SetString("KRTMessage","R","_Init");
    
```

将_Init 放置入 KRTMessage 文件中的 R 通道中

```

RET=EKI_Send("KRTMessage","R");
    
```

将 KRTMessage 中的 R 通道发送，此时 R 通道是"_Init"

```

PTP pHOME4 CONT Vel=15 % PDAT4
Tool[4]:Tool_Xi Base[5]:Sorting_BASE;过渡点
WHILE SortingNuber<8;当分拣次数小于 8 时执行下面程序
    SortingNuber=SortingNuber+1;分拣次数加 1
    ReadGrabPos();进入抓取点赋值局部子程序
    XBPICK.z=XBPICK.z+50;抓取点 Z 轴加 50
    LIN BPICK CONT Vel=0.2 m/s CPDAT7
Tool[4]:Tool_Xi Base[5]:Sorting_BASE;移动到抓取点上方 50 的位置,作为准备点
    XBPICK.z=XBPICK.z-50;抓取点 Z 轴减 50
    LIN BPICK Vel=0.1 m/s CPDAT9 Tool[4]:Tool_Xi
Base[5]:Sorting_BASE;移动实际到抓取点
    OpenAir();进入打开吸嘴局部子程序
    XBPICK.z=XBPICK.z+50;抓取点 Z 轴加 50
    LIN BPICK CONT Vel=0.1 m/s CPDAT9
Tool[4]:Tool_Xi Base[5]:Sorting_BASE;移动到抓取点上方 50 的位置
    PTP pPhotograph_up CONT Vel=15 % PDAT6
Tool[4]:Tool_Xi Base[5]:Sorting_BASE;移动到拍摄点的过渡点
    LIN pPhotograph Vel=0.1 m/s CPDAT5
Tool[4]:Tool_Xi Base[5]:Sorting_BASE;移动到拍摄点
    $OUT[6]=TRUE;打开光源
    WAIT SEC 0.5;等待 0.5S
    RET=EKI_SetString("KRTMessage","R","_Read");将_Read 放置入 KRTMessage 文件 R 通道中
    RET=EKI_Send("KRTMessage","R");发送 KRTMessage 中的 R 通道,即拍照
    WAIT FOR $FLAG[1];等待 FLAG[1]打开(数据接受)
    RET=EKI_GetFRAME("KRTMessage","Sensor/Position/XYZABC",POSDATA);将接收到的点位数据保存到 POSDATA 中

```

```

POSDATA1=POSDATA;将 POSDATA 中的点位数据赋值给 POSDATA1

```

```

$FLAG[1]=FALSE;FLAG[1]关闭

```

```

IF POSDATA.A=500 THEN;如果 POSDATA 的 A 轴为 500 (代表物件为缺陷物件)则

```

```

    $OUT[6]=FALSE;关掉光源

```

```

    PTP PNo_UP CONT Vel=10 % PDAT7 Tool[4]:Tool_Xi
Base[5]:Sorting_BASE;移动到过渡点

```

6 结论

本文以 KUKA 多功能工作站为例,对工业机器人技术专业多功能工作站实践教学为研究对象,讨论了一种集工业机器人装配模块、码垛模块、冲压模块、拧螺丝模块、分拣模块的多功能 workstation 在高职院校工业机器人专业实践教学中的应用,以提升高职院校工业机器人专业师生对该类 KUKA 多功能 workstation 在实践教学中的应用水平。

参考文献

- [1]陈桂,王建红,汤玉东. KUKA 机器人运动学仿真与实验研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2014(8):14.
- [2]刘文光. KUKA. SimPro 和 KUKA. OfficeLite 在工业机器人操作与编程教学中的应用[J]. 工业技术与职业教育, 2022(22):63.
- [3]邹伟,杨平,徐德. 基于 MCGS 组态软件的上位机控制系统设计[J]. 制造业自动化, 2008, 30(12):86.
- [4]张学锋. 基于以太网的现场总线通信接口研究[D]. 重庆:重庆大学, 2003.
- [5]汪甜. 高职院校工业机器人工作站综合实训课程的教学研究[J]. 发明与创新·教育信息化, 2019(106):96.

作者简介: 王云亮 (1992—), 男, 河南新乡人, 助教, 研究方向: 自动控制及并联机器人理论与应用。

9. 智能制造背景下数控机床故障诊断与维修课程教学改革



中国科技期刊数据库

科研

2023年07月10

主管单位：科技部西南信息中心

主办单位：重庆维普资讯有限公司

出版单位：重庆维普资讯有限公司

总 编：车东林

电 话：023-63416211

网 址：<http://www.cqvip.com>

地 址：重庆市渝北区洪湖西路
18号上丁企业公园

邮 编：401121

国际标准连续出版物号：ISSN 1671-5780

国内统一连续出版物号：CN 50-9230/G

法律顾问：闫 军

本刊声明

本刊版权归重庆维普资讯有限公司所有。作者稿件一经录用，均视为作者同意刊载以及同意在本刊合作的数据库及互联网站传播。如作者不同意文章被收录，请在来稿时向本刊声明。

目 次

CONTENTS

(高等教育研究)

- 现场教学法在高职高专院校古代文学课中的运用 焦 健 1
- 知识图谱技术在《材料力学实验》课程体系建设中的应用 吴 昊 徐咏川 徐冰倩 张肖煜 王华宁 5
- 高校《电路分析》课程一流课程建设与实践 冯玉涵 9
- 新媒体时代高职应用写作教学创新思维分析 马静影 13
- 高职院校护理专业人文教育教学实践的研究与实践 王凤荣 17
- IEET 认证理念下高职护理专业 Capstone 课程的构建研究 宁文帅 张春霞 国志玲 张欣乐 21
- 爱国主义教育背景下的高校国防教育实效性研究 陈 勇 25
- 新媒体背景下承德市高校网络意识形态安全教育实践路径探索 孙运涛 29
- 高职《计算机应用基础》课程思政教学实践研究 柯文婷 何雄伟 33
- 听障大学生融合教育课堂学习效率提升机理分析 徐 新 37
- 浅析高校学生心理健康教育与认知行为的应用 王静雯 41
- 基于 POA 的大学英语课程思政智慧教学路径研究 徐小芬 45

(文化与艺术研究)

- 探究在幼儿园社会领域活动中优秀传统文化的有效渗透策略 徐 霞 49
- 红色文化资源融入高校思想政治理论课的价值耦合与实现路径 毕毓璟 53
- 新课标视域下小学美术多元化教学的策略探析 徐晓曦 57

(教学教法研究)

- 初中数学趣味课堂构建的有效策略 过 丽 61
- 新课标视角下小学低年级语文教学模式的优化策略 陈世杰 64
- 探究科学教育培养幼儿数学兴趣的有效策略 苏晓易 68

探究思维导图在高中历史教学中的有效应用	李新花 72
探究变式训练教学模式在高中数学解题中的应用	张园园 75
课程思政视域下《食品化学》教学探析——以黄酮类化合物的提取为例	向露 79
教学学术理论视角下的混合课堂教学模式的探索与应用	吴柳芬 廖鸣霞 83

(科教论坛)

智能制造背景下数控机床故障诊断与维修课程教学改革	刘光定 86
基于手绘趣味性插画的包装设计教学改革与探讨	顾薇薇 91
理论教学与实践环节深度融合的研究与实践——以电子信息工程专业为例	林泽鸿 95
幼儿园语言教育实践探究	周浩芸 99
高校辅导员就业指导工作中存在的问题及对策	陈华蓉 103
“双减”政策的研究综述	满英菊 王凯 107
“双减”背景下教师专业发展的问题与对策	程铮 张萌 111
高职学生心理健康教育策略及研究	李娜 115

(教育管理研究)

关于高职思政教育与学生管理工作有效融合的创新性研究	雷宇 沙成凤 119
互联网背景下高校学生管理工作的策略	刘亚萍 123
当前就业政策下高校学生管理工作的主要措施	裴杨 127

(学科教学研究)

高中数学教学中数学思维能力培养的实践策略研究	苗蕊 131
小学数学主题图融入思政问题情境的创设研究	任欣玥 134
新课标背景下小学数学核心素养的培养有效策略	吴庆阳 138
特殊教育数学教学中多媒体技术的应用	马昌智 142
英语应用能力考试对高职英语翻译教学的挑战	段萍 146
初中生物高效课堂的构建策略研究	孙梦林 149
小学英语口语交际课堂教学策略分析	丑芸芸 153
小学数学教学中学生量感的培养	孙安琦 孙雯 156
数学文化融入高中数学课堂教学实践研究	潘俭 黄宇琪 杨孝光 吴铮 江湖 160
基于初中物理学科核心素养的大单元教学探析——以“机械能和内能”教学为例	王豪豪 164
核心素养下初中英语大单元整体教学设计与实施探究	王瑜 167
浅析希沃白板在小学语文作文教学中的应用探索	龙婷 171
探讨多媒体课件在护理专业课堂教学中的应用	郭佳 175
关于思维导图在初中英语阅读教学中的应用方法研究	许守梅 179

(德育思政研究)

马克思主义意识形态在高校思政教育中的应用研究	王心悦 183
大学英语课程思政教学的困境与实施路径探究	李红萍 186
新课标下初中道德与法治教学提升核心素养的措施	王江 190

智能制造背景下数控机床故障诊断与维修课程教学改革

刘光定

郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450

摘要: 随着信息技术为智能制造的进一步创新与改革, 同时智能制造的创新与改革对于整个产业的优化升级具有积极地影响。智能产业的发展对于该领域人才培养也具有重要的影响, 为了有效促进智能制造产业的有效发展, 我国高职院校相关专业也应当注重课程教学的有效改革进而为进一步提升人才专业性与综合素质奠定良好的基础。为了确保智能制造产业人才培养工作的有序开展, 围绕引领高职院校智能制造装备技术专业的建设与教学改革, 对接智能制造工程技术人员新职业标准、数控设备维护与维修职业技能等级证书, 推进“岗课赛证”综合育人。文章就智能制造背景下数控机床故障诊断与维修课程教学改革。

关键词: 智能制造; 数控诊断; 教学方法; 教学改革; 工匠精神

中图分类号: G640

1 课程教学的现实状况

结合现阶段大多数高职院校数控机床维修课程教学的实际情况来看, 数控维修技术主要涉及理论与实践两部分内容, 在以往的理论方面教育过程中通常情况下是采取的课堂教学为主, 然而关于实践方面的教学在教学过程中所占的比重相对较少。所以在开展数控维修技术教学的过程中大多数专业教师采取的是根据教学大纲实施专业理论的教学。同时在具体的教学过程中, 大多数学生对于数控维修技术方面的了解相对较少, 以至于大多数学生在学习的过程中未能够明确自身的学习目标, 进而对于学习的积极性受到一定程度的制约。采取该种教学方式将会使得坚持以学生为中心的教学原则受到影响, 同时现阶段在进行学生评价体系中通常情况下是采取考试的方式进行学生学习效果的考核的, 以至于学生们在学习的过程中主要侧重于理论方面的学习, 该种情况下使得学生们的主观能动性受到一定程度的制约, 同时实践教学不足从而使得学生们在进行分析问题以及处理问题能力的培养受到了一定程度的限制最终造成学习效果受到严重的影响。由于以往教学过程中实践教学比重相对较低, 因此学生们在学习过程中缺少实践机会, 通常情况下是教师进行示范性操作, 学生们真正意义上的实践活动相对较少, 以至于智能制造的教学效果无法达到预期。结合以往的数控维修技术课程教学的不足, 应当注重以学生为中心, 并进行人才培养的有效创新, 采用驱动教学模式, 进而实现学生们实践能力的培养,

并且采取混合式的教学, 根据数控机床虚拟装调系统, 进而实现教学水平的有效提升。

2 改革教学理念与培养目标

近些年来随着信息技术的不断发展, 在制造领域信息化不断发展的过程中智能制造理念形成。并且随着智能制造的不断深化发展, 我国关于智能制造人才培养相关理念也相应产生, 从而有效推动了智能制造产业的不断发展。该种背景下, 以往的教学模式以及教学理念无法有效满足现阶段智能制造背景下人才培养。所以在具体的教学过程中应当注重教学理念的调整以及教学模式的科学创新, 进而为社会培养高素质综合性人才, 确保制造领域的可持续发展, 实现智能制造的进一步发展。

3 本课程的教学设计与方法、教学活动与评价

3.1 教学模式

3.1.1 线上线下混合教学模式

通过建设丰富的线上教学资源、组织课前/课后的线上教学和研讨, 解决项目内容涵盖广, 知识点多的问题。网络是有记忆的, 通过线上讨论、在线作业、发帖情况等, 掌握每一位同学的学习过程、学习状态和学习效果, 真正做到以学生为中心, 以效果为导向。通过采集线上学习数据, 如视频的观看、测验成绩、讨论的参与率、点击率等, 评价每一位学生自主学习的过程, 促进学生学习的压力和动力。根据线上数据和预先的学习效果测评, 线下课堂讨论就更能有的放

矢、抓住学生认知的难点，提升课堂讨论的效果和效率。

3.1.2 构建多层次、渐进式的教学内容和要求

针对不同层次的学生和具体情况，设置多层次、渐进式教学内容和要求。增加任务的分级制，让学生根据自身情况，自主选择不同的分级任务，减少抄袭等现象。同时增加任务的挑战性，多让学生“跳一跳”留有足够宽的余地给优秀学生主动地学习、探究和创造，形成“让一部分同学先学起来，带动其他同学共同学习”的良好学习氛围^[1]。增加启发性的、综合性的、创意性的环节，比如增加智能制造装备设计方法、虚拟机床、虚拟调试等前沿科技，拓展学生视野，培养专业兴趣，适应未来发展。

3.1.3 沉浸式体验式的项目教学方式

创设问题情境，采用启发和引导式的方法，引导学生利用已有的知识、技能和经验，对问题进行分析、解释和解决，唤醒学生“内心自主探索的小人”，主动学习新知识、新技能、新方法，体验和感悟学习的快乐，创造的兴奋。师生通过共同实施一个完整的、综合的、有趣的、相对复杂的机床电气系统设计及实施项目而进行的教学活动^[2]。充分利用学习资源、营造学习情境、有计划、有固定起始时间、有能够展示的成果。最终目的在于学生通过这个过程，在知识、技能、价值观、学习能力、合作精神等方面得到全面的锻炼和提升。

3.2 混合式教学设计

在混合式教学中，教师不再是主体，但起主导作用，教师的责任更大、任务更重。传统教学教师主要是把握好自己，而项目教学中教师则必须把握全班几十位同学。教师必须事先充分准备项目教学实施的硬件设施、开发工具及软件等，对可能出现的结果应有预案。必须事先对学生进行充分动员，对学生明确要求和流程，激发学生的好奇感和创新意识。在教学过程中进行合理分组、分工，引导思考、讨论、争论及共识。教师在总结点评要有针对性，评分公正、科学、服人。

3.2.1 明确任务

以教师为主，教师提出任务，确定项目目标。教师线上布置任务，提出任务要求，设置讨论话题，发布在线学习资源（视频、课件、技术手册和文档）；学

生在线自主学习，思考并完成讨论，完成在线检测。

3.2.2 制定计划

学生制定、教师认可，确定工作步骤和程序。学生逐步成为教学的中心，教师在把学生引入到项目中后便退居到次要的位置，随时准备帮助学生解决困难。

3.2.3 实施项目

学生为教学中心，自主确定分工、团队合作，完成项目、取得看得见的成果。第二、第三阶段为课中主要内容，教师根据课前在线数据和反馈，对学生认知难点组织课堂讨论，梳理重点，布置线下实施任务和技能训练，总结方法，启迪创新^[3]。传统实践性教学方法往往是封闭的、单向的、灌输式的，而项目教学法则是开放的、双向的、交互式的。有较多的自主学习的成分，不少项目学生可以将已经掌握的知识综合运用自由发挥，减少了框框条条，与老师可以进行更多的交流，可以发表自己的意见，甚至对老师的要求可以提出自己的不同见解^[4]。这样可以将知识和技能学活，更能锻炼学生创新意识和能力，而创新能力也是将来学生从业能力的关键。

3.2.4 检查评估

自我评估、教师评价，教师学生共为中心。学生自评、互评、师评结合，老师既评过程，也评结果，现场点评，最后打分。

3.2.5 总结归档

记录归档、应用推广，总结得失，文字、图片、实物全部归档，便于下次的参考，并向其他项目推广。

在具体的教学过程中所涉及内容不仅仅是简单的课堂教学，同时在教学活动中还涉及教学计划与教学组织以及教学活动分析、实践教学合作以及教学成效评估等整个教学活动，该内容主要侧重于学生们社会能力方面的培养。对于社会能力的提升对于学生更快地适应社会具有积极地影响，同时也能够为学生们提升就业竞争力具有良好的作用^[5]。

3.3 教学方法

在整体的教学方法设计中，突出一个“动”、就是让学生动起来，抓着一个“做”，老师要做，学生也要做，实现一个“创”老师创造性工作，学生创新性学习。课程融教室与实训室为一体，利用具有装调能力的数控机床，使学生在具有真实生产情景的故障诊断实训基地进行学习和训练；融“教学做创用”为一体。

例如数控机床不能启动故障，首先数控机床供电回路检修操作，老师要做的是：讲解、操作、指导和考核，学生此时要做的是倾听、观察、模仿和练习。过渡到任务供电回路检修，学生此时要做的不仅仅是倾听、观察、模仿和练习。更多的是跟老师的互动。到任务复杂供电回路检修，就逐步过渡到行动导向的引导文教学法，基于工作过程，按照资讯、决策、计划、实施、检查、评估六个步骤来完成典型故障案例的维修。也就是说，在学习过程中，老师的讲解和操作由多到少，而学生的动手和操作由少到多。教学中注重发挥学生学习的主体作用，培养学生的职业能力和职业素养。

3.4 教学手段

采用现代教育技术与虚拟现实技术结合的教学手段。根据课程内容的特点，建立了虚拟教学环境，通过数控维修仿真模拟实际维修情景教学实训，提高了学生的学习兴趣 and 主动性。在数控维修实训车间，学生通过数控机床装调实训完成典型故障案例维修。创建了现代化的教学和学习环境，教师采用多媒体技术制作了授课课件、动画、录像等，使得教学直观，易于学生理解和复习，具有助教和助学的特点，网站学习资源丰富，包括电子教材、电子教案、动画、习题集、试卷库、实训指导书、教学录像、参考文献等，将教学从课内延伸到课外，实现了开放式教学，提高了教学质量和效率。

3.5 教学活动

教学活动基于工作过程，采用双师结构教学团队、双师素质教师组成“双师执教”，实现“学校真实生产环境”实训和企业“真实生产实例”的“双真运行”模式，融“教、学、做、创、用”为一体。

3.6 教学评价

课程考核评价为基于工作过程考核评价，基于双证融通和过程考评，实现“过程考核与结果考核相结合”、“应知考核与应会考核相结合”、“课程内容考核与职业资格取证相结合”的三结合课程考核评价新模式。

3.6.1 教学模式的优化

超星学习通主要是利用网络信息平台实现在线开放教学，该种教学模式对于翻转式教学的有效应用具有促进作用，学生们在具体的学习过程中能够通过教

学平台进行相关课程的预习，对于课程内容中存在疑惑的问题在课堂教学中及时反馈给专业教师。该种教学模式一定程度上突破了以往的教学模式，有利于智能制造背景下学生们对于制造专业的学习，以此实现教学模式的合理优化。

3.6.2 教学内容多元化

传统的教学过程中所涉及内容相对较为单一，对于学生们学习积极性造成一定程度的制约，然而超星学习通在线开放课程学习平台在具体的应用过程中能够利用影音视频以及虚拟动画从而使得抽象理念具体化，使得学生们在具体的学习过程中能够更为直观地了解专业知识理论，便于学生们理解复杂的理论知识，通过该种方式实现教学内容的多元化。

3.6.3 学习效果的即时化

以往对于学生学习效果的检测通常情况下是通过考试以及对学日常学习过程中的表现进行检测的。然而通过数字化教学平台，对于教学效果的检测具有即时化特性，通过平台进行学习任务的提交能够实现对自身实际学习效果的检测，通过此种方式进而使得学生们对自身具有明确的认知，从而分析自身学习过程中所存在的不足，不断完善自身学习，实现学习效果的进一步提升。

3.6.4 学习评价的综合性

在以往的学习评价过程中由于受到时间与空间等因素的制约，通常情况下是通过教师与评价小组进行对学生们的学习评价的。然而超星学习通在线开放课程学习平台课程能够将课程的学习评价内容进行合理量化，通过制定科学合理的指标，以此展开对学生们的即时评价，该种学习评价方式能够充分考虑到学生学习的各方面，具有较强的综合性与全面性，对于学生的全面发展具有积极地影响。

4 充分利用数字化双胞胎技术的虚拟调试技术，提高教学水平

基于数控机床数字化双胞胎技术的虚拟调试技术，如果发现问题，需要对设计进行优化，则可以在计算机上对数字模型进行更改，虚拟调试允许重新改变机械和电气设计，更改完成后，系统会再次进行测试，等虚拟调试验证通过后，再开始实际机床的制造和安装，只需要将验证过的程序写入到现场设备，由于提前测试了设备运动部件是否存在机械干涉，提前验证

了自动化编程和软件,可以使现场的调试速度更快,风险更低,缩短从设计到物理实现的时间。职业学院建立了由1台教师机和60台学生机组成的虚拟调试实验室,配备了数字化双胞胎技术系统,具备多种数控系统机床装调全过程和调试运行环境虚拟功能,优化虚拟调试技术的教学手段,有效弥补了数控机床不足,大大减少了设备、材料和能源的消耗,降低了实践成本,而且不存在安全问题,学生可以独立、大胆地进行学习和练习,有效保证了数控加工实践的效果和安全。例如:传统的数控机床调试是在机床设计完成后,制造出样机,在现场对机床进行机电联调,验证机床功能和性能。工程技术人员去现场调试时间长,调试成本高,需要工艺、机械、电气等部门协调工作,调试效率低,工程成本增加,调试进度不能严格控制。

5 依托数控设备维护实训室资源,延伸课程教学功能

5.1 实现数控设备维护与维修职业技能等级证书培训考核功能

数控设备维护与维修实训室配置数控设备维护与维修实训系统,能够按照职业技能等级标准开展数控系统操作、故障分析等实训课程,能够满足数控设备维护与维修职业技能等级证书培训教学及考核要求。以实训室承担本地区数控设备1+X证书培训考核工作,为当地数控设备复合型技术技能人才。

5.2 校企合作实习实训、工学结合人才培养功能

数控设备实训室建设针对专业课程内容和岗位群技能培养的工作环境和场所,通过实训帮助学生在跨入企业之前即对数控产业应用及新技术有充分了解,掌握基本技能,加快学生从准职业人到合格的职业人的角色转换。同时,充分利用企业及当地数控设备应用企业资源,开展技术交流和人才培养合作,开展订单培养、工学结合和工学交替的人才培养模式,推动教育教学改革。从而实现资源共享,加强联系,促进技术和人员的交流,有针对性地加强理论教学和实践教学。

5.3 “双师”素质的培养和服务社会的功能

数控设备实训室不仅满足专业人才培养需要,而且能够开展师资培训,加强和实践教学,促进专业课老师向“双师”素质转变。同时以实训平台为企业和

其他院校提供服务,面向各类院校、企业、培训机构和社会团体,开展技能实训、技能鉴定、师资培训、技能竞赛、企业培训、校企合作等服务。通过建设当地数控技术交流中心、技术支持中心,提高设备、场地的利用率,为当地企业提供数控应用技术及成熟案例参考,为当地产业自动化转型升级提供研究、测试平台。从而有效促进学院深化产教融合、加强专业建设,使实训平台在培养学生专业技能、职业素养的同时,达到服务区域经济的目。

6 课程思政建设和教学改革与创新

课程的思政建设和教学改革与创新紧紧围绕“制造强国”这一切入点,通过事例引导、在线讨论等方式,从正、反两方面来引导学生进行思考,即看到新型举国体制下重大科技领域取得的一系列历史性突破,坚定学生建设中国特色社会主义的理想信念;又辩证的看到我国高端数控装备关键核心技术需要自主创新,激发学生主动探究、创新发展的精神和使命感。以职业需求为导向、以实践能力培养为重点,校企共建了集“教育教学、定岗生产、产品研发、技术服务、技能培训”于一体、教学过程与企业生产相对接的工学结合、产学研一体校外生产性实训基地。通过校企双方共同研究和制定培养目标、教学计划、教学内容和培养方式,围绕产品生产典型工作岗位,以“教学产品”为纽带,开展以“项目驱动、能力为本位”的“教、学、做、用、创”五位一体化教学,并将精益求精的工匠精神融入教学全过程,有效促进了学生对精工制作理念的追求和前沿创新技术的吸收,实现了教育链、人才链、产业链、创新链的有机衔接。

教学改革和创新主要从教学要求、教学内容与教学方法以及正确的评价标准与激励措施等几方面入手,增加启发性的、综合性的、创意性的环节,比如增加智能设计方法、虚拟机床、虚拟调试等前沿科技。并且紧密联系生产、联系社会,并尽可能臻于实用。同时因材施教,留有足够宽的余地给优秀学生主动地发挥个性,去活动、去完成、去创造,形成“海阔凭鱼跃,天高任鸟飞”的大好局面。

思政建设采用青年学生熟悉的方式、喜欢的方式进行和展开,青年学生是网络的原住民,网络在线讨论和思辨是年轻学生喜闻乐见的方式。线上思政资源的建设为本课程思政建设重点,包括图文并茂的思政

10. 基于“教、学、做、用、创”人才培养模式的机械类专业教学改革实践



大学生心理健康问题的一般类别及识别途径	王雪雯 隆卓男 70
电子技术课程的网络教学探索	杨海兰 74
新时代中小学青年教师德现状探讨	赵雅倩 78
青少年科技创新大赛中培养学生创新思维能力的策略研究	万成明 钱 磊 81
耐火材料工程人才培养模式的产教融合研究	王慧芳 85
高校科研管理水平与服务成效提升方法研究	金旭栋 89
医学生职业选择影响因素及就业观教育引导的研究实践	王 超 93
基于OBE教育理念的中职电子商务专业教学设计改革——以《网店运营》为例	马天杰 97
STEM理念下的幼儿园大班建构游戏的实施	刘津含 101
高职学前教育专业化学与现代信息技术整合的实践探索	杨学峰 105
“制造业当家”视域下大湾区应用型本科高校新商科人才培养模式改革研究	伍嘉华 109
基于“教、学、做、用、创”人才培养模式的机械类专业教学改革实践分析	赵永刚 潘爱民 113
高职计算机网络技术专业与产业需求融合发展的路径分析	王 文 117
广义进化哲学视域下篮球运动项目内在逻辑对篮球技能教学的强化影响	宋文博 121
中职教育在乡村振兴过程中的引导作用与实践探索	梁丽咏 125
基于“云社团”模式的新时代高校教育及学生社团建设路径研究	蒋淑敏 129

(学科教学研究)

新课改背景下小学数学大单元深度教学探索	李从宪 133
新课标下高中生物教学方法的有效化实施策略	再乃甫·艾海提 136
小学生体育教学中激发学生学习兴趣的方法研究	梁昕同 140
有效课堂练习在高中数学教学中的运用分析	曹勃勃 144
生活即教育理念下小学数学生态课堂的构建策略分析	赵淑平 147
信息技术支持下小学数学活动课程的实施策略	梁辉霞 150
新高考背景下高三语文复习教学策略探析	冯绘娇 154
初中语文作文指导方式的多元化探析	邢艳飞 158
探析生活化教学策略在小学数学教学中的实践应用	王 丽 162
小学语文整本书阅读教学设计的现状及改进策略研究	卢小群 165

(德育思政研究)

临床医学专业思政教学探索与实践	徐 锋 王冬雪 卢雪红 包洪岩 169
高校声乐课程思政教育研究	王 寅 172
“大思政课”视阈下高职朋辈教育创新与实践	刘 婷 176
互联网时代高职思政实践教学模式创新分析	祁颖鹏 180
高中与大学思政课一体化建设的有效路径研究	李 岩 徐文瑶 王慧慧 184
小学道德与法治教师队伍的素质提升策略分析	刘相芹 187
新时代高质量推进“大思政课”建设的有效途径分析	刘书平 191



扫描全能王 创建

基于“教、学、做、用、创”人才培养模式的机械类专业教学改革实践分析

赵永刚 潘爱民

郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450

摘要: 随着现代制造业的快速发展和技术更新迭代, 机械类专业的人才需求也日益增长。传统的教育模式难以满足行业对于实践能力和创新思维的要求。文章倡导一种“教、学、做、用、创”的人才培养模式, 通过实施“入学即入职, 上课即上岗, 课堂即车间, 作业即产品, 毕业即就业”教学改革, 旨在通过产教融合, 促进职业教育校企合作, 工学结合, 培养出适应行业发展需求的高素质机械类专业人才。

关键词: 职业教育; 产教融合; 工学结合; 人才培养模式

中图分类号: G640

1 “教、学、做、用、创”人才培养模式概述

随着技术的不断进步和市场需求的不断变化, 机械类专业的培养模式亟待改革, 传统的教育模式注重理论知识的灌输, 而忽视了实践操作和创新能力的培养。为了培养出具备实践能力和创新思维的机械类专业人才, 需要一种新的人才培养模式, 即“教、学、做、用、创”。“教、学、做、用、创”人才培养模式是一种综合性的教育模式, 旨在培养具备实际应用能力和创新能力的人才。

教 (Teach): 注重知识传授和理论学习。在这个阶段, 教师通过系统讲解、示范和演示等方式传授基础知识, 帮助学生建立学科知识框架和理论基础。

学 (Learn): 强调学生的主动学习和思考能力。学生在教师的引导下, 通过阅读、研究和讨论等方式深入学习, 并将所学知识与实际情景结合起来, 加深对知识的理解 and 应用。

做 (Do): 着重实践操作和实际问题解决能力的培养。学生通过实验、实习、项目等实践活动, 积极参与实际工作环境和场景, 并运用所学知识解决实际问题。

用 (Apply): 侧重学生对知识的应用能力。学生通过实际案例分析、模拟演练和实际操作等方式, 将所学知识应用于解决实际业务问题, 培养能够灵活运用知识的能力。

创 (Create): 鼓励学生的创新思维和创业精神。在这个阶段, 学生通过开展创新项目和创业实践, 探索新的领域、提出新的观点, 并培养实际操作和管理能力。

通过“教、学、做、用、创”人才培养模式, 学生

可以获得丰富的知识、实践经验和创新能力, 能够更好地适应和应对复杂多变的社会环境。这种模式强调理论与实践相结合, 培养学生的实际应用能力和创新精神, 以满足社会对复合型、创新型人才的需求。同时, 教师也需充分发挥引导者和指导者的作用, 促进学生成长和发展。

因此, 机械类专业则需要通过实施“入学即入职, 上课即上岗, 课堂即车间, 作业即产品, 毕业即就业”教学改革, 从而落实“教、学、做、用、创”人才培养模式, 提高人才培养质量和毕业生的就业竞争力。

2 “教、学、做、用、创”五位一体人才培养模式的教学改革

2.1 “入学即入职”招生即招工模式

以就业为导向, 将学生的入学过程与实际职业需求相连接, 使其在入学时就能具备一定的职业技能和就业能力。通过“职业导向教育+实习就业安排+职业规划辅导”三阶段全过程就业能力、职场能力训练, 使学生能够职场化在校培养, 实现企业员工入职培训前置, 节约企业人力资源培训成本, 增强校企合作双方积极性。

职业导向教育: 强调职业导向的课程设置, 将理论知识与实际职业需求相结合, 为学生提供实践操作和职业技能培训。

实习就业安排: 积极与相关企业合作, 为学生提供实习和就业机会, 并制定相应的实习计划和就业指导, 使学生能够在实际工作环境中学习和锻炼。

2.5 “毕业即就业”是一种人才培养目标

“毕业即就业”也就意味着学生在完成学业后能够迅速就业并进入职场。通过前面几个教学环节的改革,为实现这一目标奠定了基础,加强产教融合、校企合作,做到人才需求与人才培养无缝衔接,主要从职业生涯规划、产学合作、就业信息、创业支持等方面进行保障支持及有针对性的帮扶,那么“毕业即就业”可以说是水到渠成^[1]。

2.5.1 职业指导与规划

为学生提供职业指导和规划服务,包括职业咨询、就业市场分析、职业技能培训等,帮助他们明确自己的职业方向和目标,并做好求职准备。

2.5.2 产学合作

加强与企业的合作,建立校企合作项目、实验基地等,提供学生与实际工作环境接轨的机会,并为毕业生提供就业推荐和岗位对接服务。

2.5.3 就业信息支持

为学生提供及时的就业信息和招聘渠道,包括就业交流会、招聘网站等,帮助他们了解就业市场需求和求职动态。

2.5.4 创业支持

提供创业培训和支持,鼓励有创业意愿的毕业生自主创业,为他们提供创业指导、资金支持和创业孵化服务。

在实施“毕业即就业”的过程中,学校和社会各方需密切配合,共同促进学生的就业。此外,适应市场需求的课程设置、注重实践能力培养以及职业素养的培育也是关键。通过综合性的措施,可以帮助学生更好地实现毕业后顺利就业的目标^[2]。

2.6 产教融合、校企合作是实施五位一体教学改革的前提和保障

产教融合、校企合作和工学结合是一种将教育机构与企业紧密结合的方式,旨在提高教育质量、培养适应市场需求的人才以及促进技术与实践的结合。

产教融合:产教融合是指将教育机构与相关行业的企业深度融合,形成良好的互动关系。通过与企业的密切合作,教育机构能够更好地了解当前市场需求和职业发展趋势,调整教学内容和方法,以培养符合行业要求的人才。

校企合作:校企合作是指教育机构与企业之间的

合作关系。通过与企业建立合作项目、实习基地或联合研发等形式,教育机构能够提供学生与实际工作环境接轨的机会,并为企业提供专业技术和人才支持。

工学结合:工学结合是指将理论学习与实践操作相结合的教学模式。通过增加实践环节、开设实验课程以及与企业合作的实习项目,使学生能够将所学知识应用于实际工作中,提高他们的实践能力和应用能力。

这种模式的优势在于能够使教育更加贴近实际需求,提高学生的就业竞争力和适应能力。同时,对企业来说,校企合作能够为其提供优秀的人才和创新成果,推动企业的发展和创新能力。然而,在实施过程中也需要注意平衡教育的独立性和市场需求之间的关系,确保教育的核心价值和教育目标不被商业利益所左右。同时,教育机构和企业需建立良好的沟通机制,共同制定合作计划、明确责任和合作方式,实现资源共享和互利共赢。只有通过有效的产教融合、校企合作和工学结合,才能推动高等教育的质量提升和人才培养体系的改善。

2.7 提高“教、学、做、用、创”五位一体教学模式的应用实践

以郑州电力职业技术学院为例,在机电一体化技术、数控技术、模具设计与制造、工业机器人技术、数字化设计与制造、智能制造装备技术等六个专业中进行“教、学、做、用、创”五位一体教学模式改革实践,实施“入学即入职,上课即上岗,课堂即车间,作业即产品,毕业即就业”教学改革^[3]。各专业核心课程通过校企共建,教材共编、课程共担,校企双导师联合培养,在六个专业中分别以“机电设备的安装、调试与运维、异形零件的精密制造、塑料模具的设计与制造、自动化工业生产线的机器人系统集成与编程调试、工业产品的数字化设计与制造、高端智能制造装备的安装、调试与改造”等开放式综合性项目的实施,学生在实际项目中进行设计、制造和测试等操作,不仅加深了对机械原理和技术的理解,锻炼了学生的动手能力、技术操作能力和工程实践能力,使他们能够更好地适应实际工作环境,而且在与其他成员的合作中,学生需要进行分工协作、协商决策,并解决团队合作中的各种问题,提高了团队合作能力和领导能力。同时,在项目中进行创新设计和解决方案的探索,学生需要积极思考和尝试新的方法和理念,推动项目的创新和改进,增强了学生的

职业规划辅导：提供职业规划辅导服务，帮助学生了解行业发展趋势和就业要求，指导他们制定个人职业规划并提供相应的培训和支持。

通过这种“入学即入职”的改革方式，学生能够更早地接触实际职业需求，并在入学阶段就开始培养相关的职业技能和就业能力。这种模式有助于提高学生的就业竞争力和适应能力，使他们更加顺利地进入职场并做好准备。然而，在实施过程中需要注意平衡学术知识和职业技能的培养，确保学生既具备了必要的理论基础，又具备了实际操作能力。同时，教育机构和企业需要紧密合作，制定相应的教学计划和职业导向课程，为学生提供全面的职业培养支持。这样才能实现“入学即入职”的目标，培养出适应职业需求的高素质人才。

2.2 上课即上岗的改革思路

将上课与上岗相结合是指通过将实际工作场景引入教学过程，使学生在课堂上获得真实的职业体验。通过“实践教学+行业导师+职业技能认证”全方位的技能训练，构建行业、企业、第三方互认的职业能力认证体系，实现政校企互认互通。

2.2.1 实践教学

引入实践环节，如工作坊、实习和工程实训等，让学生亲身参与实际工作任务，培养实践操作能力和问题解决能力。

2.2.2 行业导师

邀请行业专业人士担任课程导师，分享实际工作经验和案例，指导学生在课堂上应用理论知识解决实际问题。

2.2.3 职业技能认证

与相关行业的认证机构合作，为学生提供职业技能认证的机会，增强其就业竞争力。

2.3 作业即产品的连接

将作业与产品开发相连接是指将学生的作业任务与实际产品开发需求相结合，使学生的作业具有实际应用价值，旨在将学生的作业设计为真实的产品项目，并通过模拟实际工作环境，培养学生的实践能力和解决问题的能力。通过现代学徒制的师徒结对，校企双导师通过“项目学习驱动+行业合作项目开发+作业评价标准改革”，从而实现真实工作场景、真实工作项目、真实工作考核评价的“三真”任务驱动学习。

2.3.1 项目学习驱动

将课程设置为以实际项目为基础，通过学生团队合作完成各类机械产品的设计、制造和改进。

2.3.2 行业合作项目

与相关企业合作，开展真实的产品研发项目，让学生参与其中，提供实践机会并培养市场意识和商业思维。

2.3.3 作业评价标准

将作业评价标准与产品质量要求相结合，使学生在完成作业的过程中关注产品质量、工艺流程和创新性。

2.4 课堂即车间的融合

课堂与车间融为一体，学生可以亲自动手进行操作和实践，从而提高学生的学习积极性和深度理解能力。通过实际操作和项目实践，学生能够更好地理解理论知识的实际应用和意义，增强学习的实效性，提高他们的职业素养和就业竞争力。同时，这种融合模式还可以促进学科之间的跨学科整合，在车间操作中，学生往往需要综合应用多个学科领域的知识和技能，如工程学、设计学、管理学等，这有助于打破学科之间的壁垒，提高学生的综合素质和解决问题的能力。通过“虚拟仿真技术+实验实训室建设+跨学科教学”这种虚实结合、理实一体化的教学，提高教学效果和教学实效^[1]。

2.4.1 虚拟仿真技术

借助虚拟仿真技术，创建真实的车间环境和操作场景，让学生在虚拟环境中进行实践训练和操作演练。

2.4.2 实验室建设

投资建设与实际工业车间相似的实验室，提供真实的设备和工具，让学生能够进行实际操作和实验研究。

2.4.3 跨学科教学

将机械类专业的教学与其他相关学科（如材料科学、电子工程等）相结合，鼓励跨学科合作和知识交流。

然而，实施“课堂即车间”的融合模式也存在一些挑战。首先，教育资源和设施的限制可能会制约该模式的实施。其次，教师的角色转变和教学方法的改变也是一个挑战。教师需要具备丰富的实践经验和技术能力，以指导学生的实际操作和项目实践。同时，教师还需要采用更加灵活和互动的教学方法，与学生进行更密切的合作和交流。

创新能力和创业意识。

“教、学、做、用、创”五位一体教学模式在机械类六个专业的实践应用,不仅有效提升了学生的实践能力、团队合作能力、创新能力和职业能力,而且在各种职业技能大赛、技术比武、就业和升学等方面人才培养质量提升效果显著,机械类专业在全国大学生“挑战杯”大赛中荣获省级一等奖、二等奖、三等奖共7项,在“互联网+”大学生创新创业大赛中荣获二等奖和三等奖3项,在全国职业院校职业技能大赛中荣获省级一等奖,参加国赛,在全国“智能制造虚拟仿真大赛”中荣获一等奖,专升本考取率显著提升,毕业生对口就业率大幅上升。

“教、学、做、用、创”五位一体人才培养模式使学生能够在知识、能力、态度等多个方面全面发展。它不仅注重学科知识的掌握,更加强调实践能力、创新能力、团队合作能力和社会责任感的培养,为学生的综合素质提升奠定坚实基础。这种基于实际项目的培养方式为学生的整体发展提供了更加全面和贴近实际的学习机会,面向区域经济高质量发展和产业结构转型升级提供可靠的的优秀人才。

3 结论

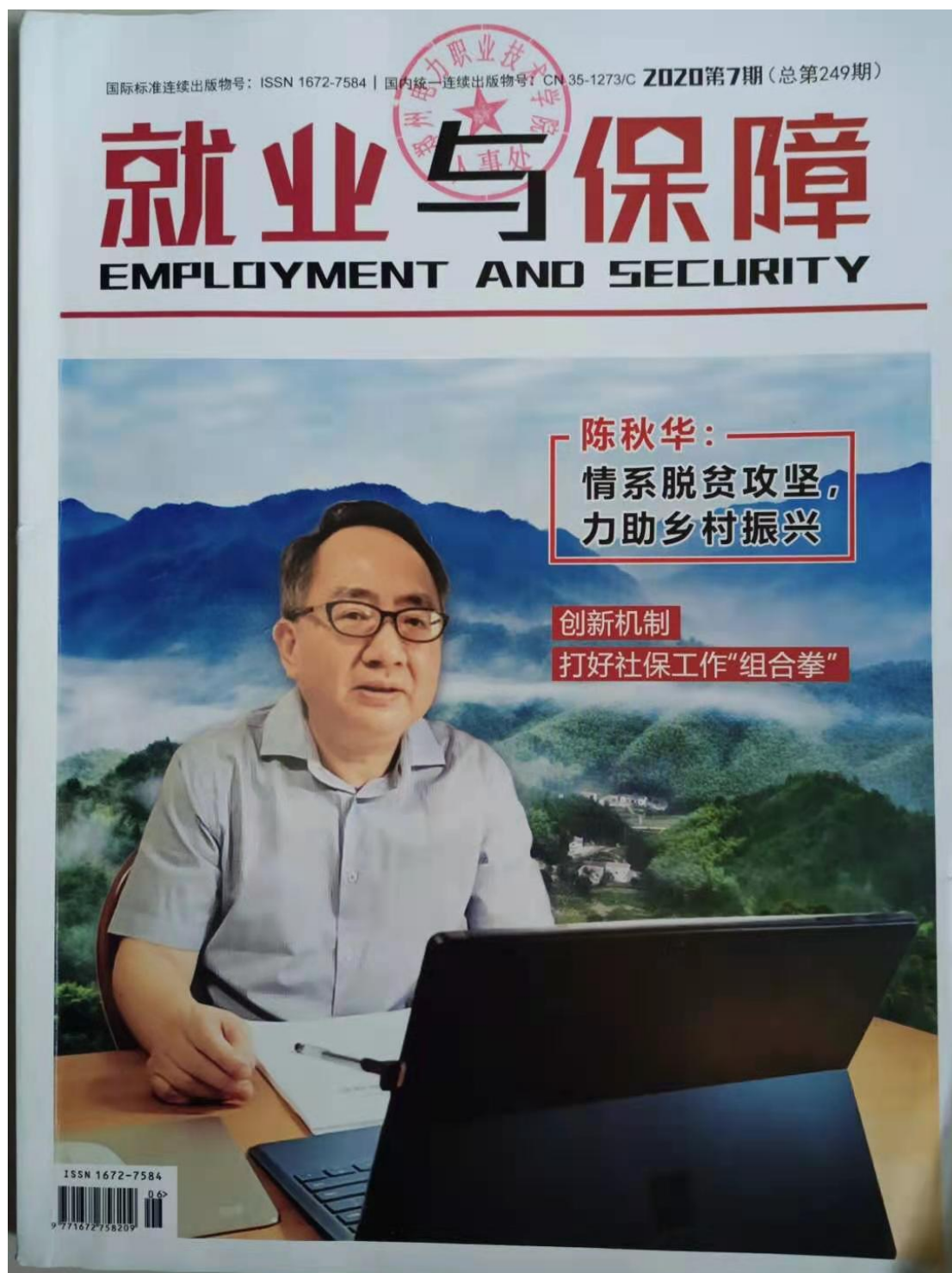
“入学即入职,上课即上岗,课堂即车间,作业即

产品,毕业即就业”是“教、学、做、用、创”创新型人才培养模式机械类专业教学改革探索和实践。通过产教融合、校企合作,实现产业链与专业链对接、人才链与技术链对接,使职业教育更好地培养具备实践能力和创新思维的机械类专业人才,提高他们的就业竞争力和适应能力。然而,实施这种改革模式需要教育机构、行业企业及相关部门的共同努力和资源投入,才能取得良好的效果。

参考文献

- [1]高教社区网.机械类专业实践教学改革创新研究[J].教育信息化研究,2020(5):12-16.
- [2]黄佳,吕萍.“上课即上岗、作业即产品”机械类专业人才培养模式探索[J].安徽农业科学,2018,46(25):272-273.
- [3]郭明儿.职业教育与工学结合的机械类专业人才培养模式实践与思考[J].实验科学与技术,2019,17(6):168-169.
- 基金项目:2021年河南省高等教育教学改革研究与实践重点项目“高职教育构建‘教、学、做、用、创’五位一体人才培养新模式的研究与实践”(文件号:教高〔2022〕138号;课题序号:68)。

11. 河南“三区一群”建设背景下高职院校创新创业型人才培养模式研究



目录 CONTENTS

技工教育

- 21 智能制造背景下技工院校数控加工专业课程体系构建路径探析 / 黄抗生
- 23 多层圆形套盒产品及注塑模设计工艺详解 / 李剑锋
- 25 中职学校学前教育专业学生顶岗实习存在的问题与对策 / 王伟红

共筑 社保

- 27 精心组织、精准施策、精细服务，助力企业复工复产 / 朱孝杭
- 28 创新机制 打好社保工作“组合拳” / 福建省社会保险中心 南平市建阳区社保中心

劳动 就业

- 29 福州市加速稳岗返还政策落地 助力企业稳岗等 6 则

行业 思考

- 31 新形势下城市人才就业竞争的现象分析 / 孙志娟
- 33 基于 BP 神经网络的政府在线审批服务便利度评价研究 / 汤弘昊 肖博
- 35 校企合作理事会促进高校学生成才的正向研究 / 徐瑶瑶
- 37 “精准扶贫”理念下高校学生资助新模式探讨 / 钱程
- 39 浅析民办高校教师薪酬制度管理的可行性路径 / 陈春梅

精准 就业

- 41 “互联网+”背景下高校就业工作的机遇及挑战 / 高志远
- 43 论职业生涯规划对少数民族大学生就业能力提升影响 / 邢金明
- 45 多维度视角下高校就业指导模式的构建研究 / 於文博
- 47 以就业为导向的高职院校教育管理模式的探讨 / 宋秀娟
- 48 广西农村社会青年就业现状及对策研究 / 王飞龙
- 51 高校毕业生高质量就业路径研究 / 范全越
- 53 辽宁省理工类高校毕业生高质量就业对策研究 / 孟奇恺 王玉 王雪 冯志强
- 55 哲学专业本科毕业生流向及就业分析 / 于谦
- 58 就业需求为导向的机械专业课程教学探索 / 董彦兵



- 60 区县模式下信息化对公共创业服务的重要性 / 凌耀如
- 62 对高职学生创新创业能力培养模式的探究 / 杨晓珍 陈光

- 64 大学生网络创业问题探析 / 陈国珍 冯渝安
- 66 河南“三区一群”建设背景下高职院校创新创业型人才培养模式研究 / 侯瑞丽
- 68 大学生“创新创业训练计划”项目管理机制探析 / 李俊文 肖福流

- 70 高校创新创业教育改革对食品类专业人才培养方式的影响分析 / 李乃干

技能 提升

- 72 从职业能力的视角构建职业学校英语人才培养策略 / 冷玉芬
- 74 浅谈对话理论在高职英语阅读教学中的有效运用 / 王永霞
- 76 项目教学法在酒店管理专业人才培养中的应用探讨 / 陈景沛
- 78 多维视角下酒店管理专业学生职业素养评价研究 / 楚晓静
- 80 基于校企合作模式下酒店人力资源管理课程教学改革探究 / 周岩
- 82 基于专业与职业分离的高校体育专业人才培养方式探析 / 赵真真

人事 人才

- 84 本科院校学习场景建设改变人才培养方式的重要性 / 周安华 陈娟 李会
- 87 基于项目教学的应用型人才培养方案研究 / 陈志坤 黄远林 张士伦 付少媛 官珍 李萍
- 90 浅析科教融合背景下应用型本科院校人才培养模式存在的问题及对策 / 金爱卿
- 92 产教融合与高职院校创新型人才培养机制建设探析 / 蒲凌 张志宇 刘兴华
- 94 高素质设施农业生产技术人才培养探析 / 安建军
- 96 论网络场域理论中高校就业人才培养的改革之路 / 丁兆顺
- 98 就业视角下高校人才培养模式研究与探索 / 杜妍
- 100 “高校-政府-企业”三螺旋创新型人才培养模式构建探索 / 刘佳彤 石乘齐

河南“三区一群”建设背景下 高职院校创新创业型人才培养模式研究

文 / 侯瑞丽

摘要：随着社会发展水平的日益提升，国家战略平台的建设与战略规划实施的不断深化，“三区一群”战略成为河南省当前统筹推进的重要课题。在“三区一群”建设背景的影响下，河南省各高职院校创新创业型人才培养模式也出现了相应的变化。本文通过分析河南“三区一群”建设背景下高职院校创新创业型人才培养现状和问题，并对其模式展开相应的研究，同时对新型创新创业型人才培养模式提出建议，从而满足社会的发展需求。

关键词：体系构建；创新创业；“三区一群”

“三区一群”是河南独有的发展战略，该发展战略的主要目的在于构建支撑未来全省发展的三大支柱——改革、开放、创新，从而使河南省的经济强省建设进入战略思想层面。作为事关河南省全省长远发展及全局发展最重要的战略，对于推动河南省全省的发展具有全局性的战略层面意义^[1]。以此发展战略为背景，高职院校在创新创业型人才培养模式上也应顺应战略发展进行进一步的调整与完善。

一、“三区一群”战略概念

“三区一群”是“三区”和“一群”的统称，其中“三区”指的是郑州航空港经济综合实验区、中国（河南）自由贸易试验区以及郑洛新国家自主创新示范区，“一群”指的是中原城市群。就功能性而言，郑州航空港经济综合实验区作为内陆地区对外开放的重要门户，是内陆开放型经济发展的先行试验区，未来也会成为内陆地区最具活力的发展区域；中国（河南）自由贸易试验区则是全面深化改革的试验田，同时，也肩负着为河南省寻求全面融入国家“一带一路”战略的重要任务，分为郑州片区、洛阳片区以及开封片区，每个片区都有着不同的功能；郑洛新国家自主创新示范区则是实施创新驱动发展的核心载体，主要功能是为创新发展探索相应的路径，从而为中原崛起创造相应的条件。中原城市群同时涉及 18 个省辖市，推动“三区”的发展再辅以“一群”的作用，能够有效集中力量实现以重大突破带动全局发展的战略目标。

二、高职院校人才培养的现状

高职院校对人才的培养是以帮助学生实现就业为最终目的，并以服务为宗旨培养从事生产、经营及管理为主的人才。通过对高职院校培养人才的实际状况进行分析，发现其在创新创业人才培养上存在两个问题：其一是过于重视对学生职业技能岗位的培养，从而导致对学生创新思想及精神上的培养程度不足，致使学生无法满足社会对创新能力的要求；其二是校方对学生创新能力与岗位操作能力的认识存在混淆的

情况，部分高职院校错将学生的实践能力当成综合素质，因此产生培养方向上的偏差，无法有针对性地培养学生的创新创业能力。

三、高职院校人才培养模式存在的问题

（一）缺乏创新创业意识教育

就当前社会实际发展情况来看，多数高职院校教师在创新创业意识方面比较薄弱，无法通过教学使学生领会并掌握创新创业的能力与思想，对学生完成学业之后的就业造成了一定程度的影响，即使是少数敢于创业的学生，创新意识的不足也容易使他们找不到创业的方向，在创业过程中屡屡碰壁^[2]。尽管有一部分高校引入了创新创业教学相关课程，但并没有投入足够的资源进行专业的建设，授课内容也只是让教师照本宣科地教授教材上的知识，这就使得学生虽然明白创新创业的概念，但对于如何实践找不到适当的方法，致使创新创业教学没有起到应有的教育作用，无法对学生产生实际性的帮助，久而久之使整个创新创业教学效果不理想。

（二）培养模式实效性差

由于众多高职院校教师对创新创业教学的认识较为片面，认为创新创业教学只是教会学生如何创办企业，导致这部分教师在教育过程中往往具有很强烈的功利性，使创新创业教育在理念上与专利教育具有高度相似性，脱离了创新创业教育的本质^[3]。甚至还有一部分院校，在进行创新创业课程的教育过程时，并不能有效结合相关知识与实际内容，致使教学理念在实效性上无法达到相应要求，也就无法实现该课程的教育目的。

（三）教育资源不足

由于创新创业相关课程在高职院校的起步较晚，再加上校方领导及相关教师的认识不足，致使该课程的教育资源严重不足，无论是用于教学及实践活动的基本设施还是校方对相关创新创业制度的制定均存在不够完善的情况^[4]。在此之中，师资力量的严重匮乏更是无法满足各大高职院校学生学

习创新创业相关内容的根本需求,甚至还存在具备相关创新创业资格证明的院校本身只是为了获取相应的荣誉,并不具备创新创业教育教学能力,也就无法发挥创新创业教育的作用。在进行创新创业相关活动时,多数高职院校骨干教师利用职权将职责强行推给年轻教师,而年轻教师往往不具备应有的经验,致使创新创业教育失去其应有的作用。

(四) 未建立有效的人才培养保障措施

创新创业具有极强的实践性,因此应注重在教学过程中强化学生的实践能力,而且创新创业往往具有一定的风险,因而,需要针对学生的经济能力、行为能力及综合素质等因素制定相应的人才培养保障措施。但多数高校在开展相应的创新创业教学工作时,因为投入不足导致教育效果差,更无力建立有效的人才培养保障措施,即使强化教学过程中理论与实践的结合,实现“工学一体化”,也很少能够根据学生的实际情况进行有针对性的培养,导致学生无法解决实际问题,致使整个创新创业教育的质量不高。

四、新型培养模式探索

“三区一群”的建设背景无疑为创新创业型人才培养模式提供了新的发展机遇与实际发展方向,随着“三区一群”建设的逐渐开展,大量新兴产业将在“三区”内得到全面的发展,“三区”对各高新技术产业及服务行业的需求也使得创新创业具有更广阔的发展空间。

(一) 构建全新体系的创新创业园

就当前该区域实际发展情况来看,构建新的创新创业园包括商业服务、电子商务、科技创新、创意设计等综合类创新创业大区。商业服务主要对传统商业模式进行创新与改革,使传统商业模式的服务质量及效率均能够得到相应提升;电子商务则主要针对网商及外贸企业展开相应的贸易业务;科技创新则是对当前各种科技运作方式进行相关研究与改进,并对已有运行模式进行优化,从而实现生产及经营上的高效性与产能规模上的升级;创意设计则以艺术阵地为主要战场,内容包括对服装设计、室内装潢、平面设计,及任何行业细节、风格与实用性上的设计内容;综合类的服务范围较大,但也意味着有更大的发挥空间。因此,可采用此种

方式帮助高职院校学生找到自己感兴趣的发展方向,从而实现学生自身创新创业的奋斗目标。

(二) 建立相应的实践体系

在“三区一群”的建设背景下,创新创业实践体系的建立应包括基本技能实训、专业技能实训、综合技能实训及顶岗实习四个环节,不同环节在实训项目上不设限制,但需保证实践时长占课程总时长的一半。首先,建设不同的实训场地与环境,强调学生先做好基本技能实训的内容,为学生创新创业夯实必备的基础;其次,强化学生专业技能的训练,由于这部分实训内容关系到学生今后从事创新创业行业方向的理解程度,以及在创新创业过程中是否能积极发挥自身主观能动性,因此,必须受到相应的重视;最后,进行综合技能实训,综合技能的实训要重视模拟演练的进行,通过模拟演练使教师发现学生在实践中存在的问题与不足,对学生的综合技能进行相应的指导,使学生的综合技能得到全面强化,适应创新创业发展的需要。在完成以上三方面实训环节之后,学生即可进入岗位进行顶岗实习,该过程与正常工作具有高度相似性,同时,也为学生适应相关社会工作提供了实践磨砺的机会。

(三) 重视构建课程体系

课程体系的构建是培养创新创业人才的重要内容,对人才的考量往往从知识、能力及素质三方面展开。因此,课程的构建需要将培养学生在创新创业的知识、能力及素质三方面贯穿整个课程体系,课程体系的构建最好具备一定的阶段性,在完成前一阶段的任务后方可进行下一阶段的学习,从而逐步提升学生们创新创业的能力及综合素质。

五、结语

“三区一群”的建设背景无疑为高职院校培养创新创业型人才提供了更多的发展空间与实践机会,因此高职院校应抓住机遇,利用好这一时代背景,对创新创业型人才培养模式中的问题进行深入研究分析,并有针对性地进行相关实践与改革,从而使培养出的创新创业型人才,满足行业与社会的发展需求。

(作者单位:郑州电力职业技术学院教务处)

参考文献:

- [1] 孟祥霖. 河南省“三区一群”建设与高职院校专业调整策略分析[J]. 科教导刊(下旬),2019(06):9-10.
- [2] 何科英. 高职院校创新创业型人才培养模式探索与实践[J]. 才智,2019(24):58.
- [3] 姚志兰,唐国伟,傅宏庆. 高职院校创新创业型人才培养模式探索[J]. 杨凌职业技术学院学报,2019(01):70-71.
- [4] 叶菊珍. 高职院校创新创业型人才培养模式的思考[J]. 中小企业管理与科技(中旬刊),2019(11):94-95.

注:本文系2017年河南省高等教育教学改革研究与实践项目“河南‘三区一群’建设背景下高职教育创新创业型人才培养模式的研究与实践”(编号:2017SJGLX677)。

文献知识节

搜索框

充值

机构登录

个人登录

注册新用户

文章目录

理论与应用, 2020(07)期

知网

- 一、“三区一群”战略概念
- 二、高职院校人才培养现状
- 三、高职院校人才培养模式
 - (一) 缺乏创新创业
 - (二) 培养模式单一
 - (三) 教育资源不足
 - (四) 未建立有效的一
- 四、新型培养模式探索
 - (一) 构建全新体系一
 - (二) 建立相应的实一
 - (三) 重规划建课程一
- 五、结语

河南“三区一群”建设背景下高职院校创新创业型人才培养模式研究

张瑞强
郑州电力职业技术学院教务处

摘要: 随着社会经济水平的日益提升, 国家战略平台的建设与战略规划实施的不深化, “三区一群”战略成为河南省当前统筹推进的重要课题。在“三区一群”建设背景的影响下, 河南省各高职院校创新创业型人才培养模式也出现了相应的变化。本文通过分析河南“三区一群”建设背景下高职院校创新创业型人才培养现状和问题, 并对其模式展开相应的研究, 同时对新型创新创业型人才培养模式提出建议, 从而满足社会的发展需求。

关键词: 体系构建; 创新创业; “三区一群”

基金资助: 2017年河南省高等教育教学改革研究与实践项目“河南‘三区一群’建设背景下高职教育创新创业型人才培养模式的研究与实践”(编号: 2017SJGLX077);

专题: 社会科学日期

专题: 职业教育

分类号: G717.38

手机阅读

扫码阅读

CAJ下载

PDF下载



下载手机APP
用APP扫此码
同步阅读该篇文章

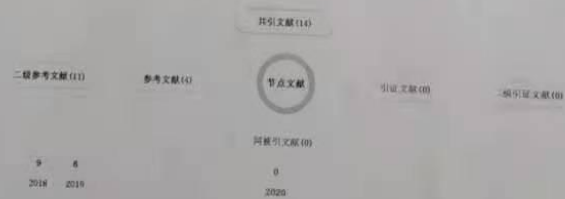
下载: 5 页码: 66-67 页数: 2
大小: 104K



核心文献推荐

研究热点	研究主题	研究分支	研究路径
高职教育	高职院校	创新创业型一	
高职院校	创新创业		体系构建
创新创业	模式探索	“三区一群”	
创新创业人一	创新创业型一	创新创业	节点文献 创新创业型一
专业设置	创业型人才一		
创新创业教育	策略分析	培养模式研究	高职院校
“双创”	专业设置		创业型人才一
人才培养模式	“三区一群”		
环境设计专业	人才培养		
“互联网+”一	创业教学		

引文网络



12. 基于“课岗契合、课证融通、以赛促学”的机电一体化专业 教学改革研究与实践

ISSN 1671-5861
CN 50-9238/G

中国科技经济新闻数据库

教育

J I A O Y U



ISSN 1671-5861



9 771671 586247

10
2024

主管单位：科技部西南信息中心

主办单位：重庆维普资讯有限公司

出版单位：重庆维普资讯有限公司

总 编：车东林

电 话：023-63416211

网 址：<https://oa.cqvip.com/>

地 址：重庆市渝北区洪湖西路
18号上丁企业公园

邮 编：401121

国际标准连续出版物号：

ISSN 1671-5861

国内统一连续出版物号：

CN 50-9238/G

法律顾问：闫 军

本刊声明

本刊版权归重庆维普资讯有限公司所有，作者稿件一经录用，均视为作者同意刊载以及同意在本刊合作的数据库及互联网站传播。如作者不同意文章被收录，请在来稿时向本刊声明。

目 次

课程研究

基于BOPPPS教学模式下的《Web 前端技术》课程改革创新与实践
..... 孙 阅 1

基于多维度评价量表的课堂教学评价——以高等数学课程为例... 马明玥 5

新工科背景下《冶金环保与资源综合利用》课程的改革
..... 金永丽 彭 军 郭文涛 9

化工原理教学中融入课程思政的探索与实践
..... 姜亦坚 陈 成 刘 达 刘海燕 王文艺 13

“标志与VI设计”在课程思政教学中的应用及效果分析
..... 汪 训 刘红魁 17

基于青草碱中毒的血液净化虚拟仿真课程的建设与应用
..... 何容芳 余燕霞 高 康 谢 鑫 22

“课程思政”视域下《建筑结构》教学思路与实践探究
..... 刘存鹏 莫 倩 黎 丽 26

《无机及分析化学》立体化课程建设路径
..... 杨顶峰 蒲红争 周 颖 代 朋 李园园 30

基于大数据背景的大学基础数学课程优化探索..... 温焕明 陶炎芳 33

《口腔修复学》课程思政教学实践探索
..... 冯丽芳 梁锐英 徐艳丽 吴文慧 邓久鹏 37

基于课程思政的《中国音乐史》教学改革路径..... 李小虎 41

基于职业院校技能大赛的《可编程控制技术》课程改革研究
..... 刘 晟 黄海斌 高 迪 45

《硒科学研究进展》课程混合式教学模式应用探讨
..... 周娇娇 桂 玥 刘媛涛 贺家乐 蔡 杰 49

《控制工程基础》课程教学改革措施..... 陈慧勤 谭凯文 53

动物遗传学课程思政元素挖掘及教学实践..... 赵 静 57

血液系统疾病课程思政建设探索
..... 唐亦舒 李 昕 李 颖 张 简 成 倩 61

案例分析法在财务管理课程中的应用..... 黄曦茜 65

中国传统文化与中医康复课程融合的策略探索
..... 汲广成 朱传喜 牟开今 魏 冰 李凌碧 69

教学园地

ADDIE理念下的混合式教学法在内科护理实践教学中的应用
..... 麻晓君 雷福莲 唐 璇 丁建华 73

天然药物化学实验教学的改革探索..... 陈 焯 尹 胜 77

安全技术与管理专业模块化教学研究与实践——以广西安全工程职业技术学院为例 冯立松 陈芳芳 81

研究者发起的临床研究在临床专业学位研究生教学中的作用和应用策略探讨
..... 张成涛 闫金松 85

田径短跑教学中的技术训练方法研究..... 严新江 90

案例教学法在管理会计教育中的作用与应用实践..... 秦华璐 94

促进学生科学本质理解的教学策略——以科学课为例..... 王 琳 98

新工科背景下土木工程学科教学改革探析	吴 懿 102
基于建构主义理论的英语学习圈教学模式实施策略	周坚坚 106
PBL 教学方法应用于儿科护理教学中的价值分析	叶金秀 110
基于慕课的混合教学模式在绿色建筑设计概论教学中的应用研究	曾 琳 114
地域文化影响下包装设计教学模式改革措施探索	张鹏飞 118
红色文化融入思政课教学的路径探析	董洋洋 122
全面育人理念下体育与健康教育跨学科融合教学的方法研究	范 恺 126
5E 教学模式与 Mini-CEX 相结合在外科护理学实训教学中的应用研究	王丽朵 吕冬 麻晓君 梁思琪 谢香璇 雷芬芳 130
工程认知创新实践教学策略探索	王 宏 135

教学教法研究

数控加工技术工学一体化教学实践研究	刘 钰 136
基于“课岗契合、课证融通、以赛促学”的机电一体化专业教学改革研究与实践	薛 慧 王云亮 143
基于 OBE 理念的财务分析课程教学改革研究	徐 青 147
浅谈中医针灸推拿实训教学改革	李 铁 杜平平 王媛媛 151
《中国历代变法和改革》课堂教学中学生积极心理场的建设路径	刘淑琳 155
新医科背景下模块化教学法提升护生核心胜任力的研究与探索	蓝小燕 梁 健 黎凤仪 丁子凌 龚 臣 159
基于 OBE 理念的 BOPPPS 教学模式在职业生涯规划课程教学中的实践探究	李敏贤 李桂新 范戆然 崔梦晨 常寿龙 165
基于劳模工作室的教学实践与创新	金米玲 170
地方应用型本科院校《中级财务会计》混合式教学研究	郑彩飞 刘 晓 石湘凤 174
学生标准化病人在《护理学基础》理论课教学中的应用探索	刘青青 李 静 179
学习管理系统在教师教学中的应用路径	任敬敏 任金金 王淑芳 孙乃旭 张艳英 183
“三全育人”背景下应用型本科土木工程专业实践教学改革创新——以南宁学院为例	韦才寿 杨伟杰 赵家永 187
基于学生职业技能提升的职业启蒙教育“三四五”教学模式实施策略与效果	程 菲 罗 婧 190
新医科背景下文化育人模式在社区护理教学中的应用	邓莉莹 岳月娟 马 婷 雷颖珠 194
基于云平台的 AI 实验教学模式探索与实践	亓 涛 198
基于学习任务群理念的全书阅读教学体系构建策略	梁邦东 202

基于“课岗契合、课证融通、以赛促学”的机电一体化专业教学改革研究与实践

薛慧 王云亮

郑州电力职业技术学院机电工程学院, 河南 郑州 451450

摘要: 高职院校在实施“课证融通”过程中, 存在教学计划制定不合理, 学生学习积极性不高, 教师的实践技能薄弱, 评价激励机制不完善等突出问题, 严重影响人才培养质量, 研究基于课岗契合、课证融通、以赛促学的机电一体化专业人才培养模式迫在眉睫。“课岗契合”是根据岗位职责对职业技能和素养要求, 修正培养目标和教学内容, 达到课堂培养与岗位职责要求目标一致。“课证融通”是构建课程考试与证书认证互相转化机制, 实现人才培养途径的多样性。“以赛促学”是通过积极参加国家级、省市级高职院校职业技能竞赛, 充分利用职业技能比赛的专业性、综合性、灵活性的特点, 检验学生专业技能掌握情况, 促进学生夯实基础、查漏补缺、灵活运用知识。“以赛促教”是充分利用职业技能比赛前瞻性、新颖性、引导性的特点, 检验老师所传授知识与现代企业单位岗位技能是否匹配, 引导老师进行课程改革、教学改革。

关键词: 课岗契合; 课证融通; 以赛促学; 人才培养模式

中图分类号: TH112

0 引言

本文探讨了高职教育人才培养模式的特征, 并对其内涵进行阐述^[1], 在此基础上构建了课证融通, 以赛促学的高职机电一体化专业人才培养模式, 紧紧抓住“课证融通、以赛促学”的人才培养模式, 逐步建立“以岗定课、课证融合、证赛互补、课赛互促”人才培养机制, 根据教学的实际调整授课内容、灵活采用教学方法, 围绕提高学生适岗能力^[2]。不断加强训练, 以技能大赛为契机, 推行教育教学改革, 实现“岗课证赛”的互为融通, 有效发挥“以赛促学”“以赛促教”“以赛强技”的作用^[3], 实现高职机电一体化专业人才培养目标服务, 培养社会需要的技能型实用型人才。

1 机电人才培养现状及未来趋势

1.1 机电人才培养现状

随着我国经济结构的升级转型, 企业对高端技能型人才的需求日益旺盛, 为满足市场需求, 提高人才培养质量迫在眉睫。传统高职院校所培养出来的学生实践能力和专业能力普遍较差, 很难满足当前机电行业对人才质量的需求。

机电一体化专业是通常是涵盖机械技术和电子技术的交叉学科, 但是随着科技的日新月异和产业转型的不断发展, 电子技术在机电一体化专业方面的应用逐渐广泛, 形成了机械为基础、电子为核心、计算机编程为辅助的专业格局。高等职业院校应该将机电一体化技术专业定位为既懂机械、又懂控制、还懂计算机编程^[4]。但因缺少对新时代机电一体化技术专业特征和机电行业发展趋势的深刻理解, 导致机电一体化技术专业人才培养目标及定位不够准确, 专业课程设置陈旧, 无法满足当今机电行业发展需求。

师资作为教育教学活动中的核心部分, 其基本素养、专业能力、综合素质直接决定了一个学校或一个专业的教育教学水平。拥有一支结构合理、素质优良的教学科研团队对于专业发展至关重要。如何破解当前高职院校机电一体化技术专业双师型教师匮乏, 克服理论类教师实践技能薄弱和实践类教师理论不扎实的两难问题, 是打造一支有理想信念、有道德情操、有扎实学识、有仁爱之心的高素质、高标准教师队伍, 突破专业发展瓶颈的关键一环。

教材作为教育教学活动中的重要载体, 是学生吸取知识获取技能的关键。随着科学技术的快速迭代和行业不断转型升级发展, 为了适应机电行业发展趋

收稿日期: 2024年07月03日

作者简介: 薛慧(1970—), 女, 汉族, 河南郑州人, 本科, 高级工程师, 研究方向为机电一体化技术; 王云亮(1992—), 男, 汉族, 河南新乡人, 研究生, 讲师, 研究方向为机电一体化技术。

- 143 -

势和满足岗位迫切需求,对于机电一体化技术专业的学生来说,除了应该掌握传统机械方面和电子方面的专业知识之外,还需要掌握先进智能制造技术、数字化技术、工业互联网技术、数字孪生技术、人工智能技术,但实际上当前大多数高等职业院校所使用的教材及设备无法真正做到与行业发展共生共长、同频共振,体现不了机电行业发展的最新趋势和技术方向。机电一体化技术专业的教材各科目相对独立、相互切断,无法构成有机整体,以实现当前自动化生产线集成化、模块化、系统化的发展要求。

1.2 机电人才培养未来趋势

在当前机电人才培养与产业转型升级发展不同步的背景下,单一的学历证书或职业资格证书无法满足行业发展和企业转型升级对复合型技术技能人才的需求,也无法解决机电行业向智能化、绿色化、数字化转型升级过程中,行业岗位需求与人才培养目标不匹配的根本性问题。因此,如何破解学校专业人才培养与行业岗位需求不匹配根本性问题,需要从实践课程改革、教学团队建设、实践平台体系建设和完善评价体系等方面进行系统性研究,该工作对高职机电专业教育教学具有重要的实际意义。在高职院校中将机电一体化专业课程体系与职业资格认证、各种职业技能大赛、创新创业大赛衔接起来,带动学生综合能力发展,提高学生的创新创业实践能力和求职、转岗和任职等职业竞争力,以实现“课证融通,以赛促学”,是我国社会及经济发展的必然要求,同时也是学校未来的发展方向。

2 《机电一体化技术专业》课程教学改革目标

针对当前机电一体化专业发展中存在的课程设置陈旧、双师型教师匮乏、实训设备落后、教材不新颖、学历及能力证书单一的顽疾。围绕机电行业发展和企业转型升级需求,扎实推进产教融合、科教融汇,以学生全面发展为根本,深化课程体系建设,教学内容改革;加强师资队伍建设,打造双师型教师队伍;加强实验实训基地建设,提高实验实训条件,创建智能制造产业学院和创新创业实验实训基地;加强教学质量评估,健全实践考核标准,丰富证书认证类型。以机电一体化技术专业建设为主线,带动机电类专业集群(机电一体化技术、数控技术、模具设计与制造技术,工业机器人技术专业)转型升级,实现课程建设、

师资队伍建设和实验实训基地建设、教材建设的全面发展。

3 《机电一体化技术专业》教学改革实践

一方面,以课岗契合为抓手,发挥岗-课-赛-证在职业教育教学改革中的重要作用,开展以岗定课、以企定课,打造基于校企合作的专业课程、专业教材、师资队伍、实训基地,紧贴行业转型升级发展需要,解决行业岗位需求与人才培养目标不匹配的根本性问题,以实现机电一体化专业建设。另一方面,以课证融通、以赛促学为,发挥课证互认、课证互通、以赛促学、以赛促教在人才培养中的评价导向作用,实现课程建设、师资队伍建设和实验实训基地建设、教材建设的全面改革。

3.1 课程体系建设

(1) 重构课程教学内容,在公共基础知识模块、专业技能模块、特定职业技能模块和跨行业技能模块融入相关职业资格考试。将全国普通话考试、计算机等级考试、英语应用能力等级考试融入公共基础知识模块;将制图员职业技能等级考试、电工职业技能考试、钳工职业技能考试和车工职业技能考试融入专业技能模块;将编程程序控制系统设计、高级维修电工等资格认证融入特定职业技能模块中;将相应职业资格证书考试融入到跨行业技能模块中。

(2) 推行“证书与考试相互转化”的方式。在各个专业模块中,对应着不同的职业资格认证考试,学生在学习完该模块内容后,即可参加相关考试,只要学生能获得一种以上的职业技能等级证书,就能享受该学科“以证免考”的特殊待遇。

3.2 教学改革推进

(1) 推进产教融合、科教融汇,助力职业教育教学改革。把握政策转型方向,依托区域产业发展特点,参与由行业企业、职业院校、科研院所、政策智库、创业孵化基地等共同组建的产教融合共同体联盟,借助产教融合共同体联盟共同制定专业课程标准,并根据产业链转型升级发展趋势,企业岗位技能要求,科学、合理的选取教学内容。通过现场教学法、项目式教学法、模拟仿真法、混合教学法、反转课堂等多种教学方式,让职业岗位要求贯穿于整个教学活动过程,从而逐步提高学生职业素养和专业技能。

(2) 推行“职业技能竞赛与考试相互转化”的方

式。针对一些实践性、综合性比较强的课程，教师可以采取“以职业技能比赛转化专业课考试成绩”的形式，鼓励学生通过参加工业机器人系统集成应用技术大赛、自动化生产线安装调试技术大赛、全国机械创新设计技能大赛、电气创新大赛等职业技能大赛，以该类职业技能竞赛获奖等级转化相应课程分数，实现职业技能证书与考试成绩相互认证的考核功能。

(3) 顺应“人工智能+”教学的发展趋势，推进课程的数字化建设。借助生成式人工智能、MR混合现实等数字化技术的发展，加快数字化优质教材编写，打造更优更多的线上课程资源，实现了优质教育资源共享；建立了基于MR的实习实训教学平台，改善了实验实训教学条件，实现线上线下混合教学；坚持以学生为本的培养理念，注重学生可持续发展培养，整合通识教育课程、职业基础课程、专业群共享课程，搭建专业群线上共享课程平台，根据本专业多元岗位的特性，融入多个职业技能等级证书，实现“课证融通”。

3.3 师资队伍建设

(1) 建立以专业带头人为引领，骨干教师为基础的“教练型”教学团队；以各级各类科研课题、教学能力、职业技能大赛等活动为抓手，出台专业教师队伍建设奖励文件，建立激励机制，鼓励教师参加职业技能大赛及企业技术服务，提高教师专业实践技能水平；安排骨干教师重点参与项目课程的开发、实验室的建设、课程改革等工作及项目，培养双师型教师团队。

(2) 借助教学资源库，实现成果信息化共享，促进年轻教师快速成长。教学资源库建设项目汇聚了学校教学成果的精华，凝聚了广大一线教师的辛勤汗水，是青年教师吸取教学知识提高育人能力的重要途径，通过教学资源库成果信息化共享，能够带动青年教师以优秀教师为榜样，牢记立德树人根本任务，不忘为党育人、为国育才的使命，提高思想认识和政治站位，严于律己、以身作则，不断反思改进教学方法和授课模式，提高思想道德水平和专业技能，尽快适应现代职教的教学需要。

(3) 发挥产教融合、科教融汇的优势，聘请企业界高级技术人员或研发人员参与校内理论教学和校外实践教学；实现校企资源共享、校企双向互动，鼓励教师积极参与校企合作项目，在项目研发的过程中不

断增强对企业文化、岗位技能和专业技能的理解，并逐渐提升自身能力。

(4) 组织机电一体化专业教师到机电企业进行寒暑假岗位实习，提高实践技能和岗位胜任力。

3.4 实训条件建设

(1) 整合和提升现有的“教、学、做、用、创”一体化实训基地，改扩建普通机加工实训室、数控机床故障诊断与维修实训室、PLC仿真与创新实训室等实训室。

(2) 校企共建创新创业基地，改善学生创新创业条件，提高学生创新创业能力。紧贴智能制造装备行业转型升级需求，构建以基本技术技能培养模块、专项技术能力培养模块、复合技术能力培养模块的递进式产教融合实训教学体系，打造机电一体化专业创新创业孵化新生态新模式。

(3) 校企共建现代化智能制造装备产业学院，提高实习实训办学条件，高质量落实产教融合。与头部企业建立校企合作关系，不断拓展校外实训基地，共建“校中厂、厂中校”的生产性现代化产业学院。

4 教学改革成果

通过课题研究和实践，基本解决在人才培养模式、工学结合运行机制、评价模式等方面存在的突出问题，内涵建设取得实质性成效。通过课题研究与实践，使本校实践教学能够更好地适应区域对技能人才的需求，形成明显的优势特色。通过课题实践，全面提高教学质量和就业质量，提高了服务企业的的能力，使其成为在专业实践教学发挥引领和示范作用，影响带动本校实践教学，深化人才培养模式改革，高质量培养企业急需的技能型人才。

通过课题的研究，教师的理论水平与业务能力进步明显，师资素质有了较大提高。2023年课题组5名教师取得“双师型”教师证。课题组的教师们在自己研究过程中积累了宝贵经验，发表近10篇优秀论文。教师参与实践培训、技能竞赛等活动已成为习惯，逐步形成了学习型教师；课题组老师指导的学生在高职院校职业技能大赛中取得优异成绩，取得工业机器人赛道多项突破，先后获得市级一等奖、省级一等奖、国家级一等奖。全体教师参与课题研究，大课堂引领、小课题渗透已经成为基本模式。课题组老师完成了《基于课岗、契合课证融通、以赛促学的机电一体化专业

人才培养模式研究与实践》教学改革研究与实践项目立项。

5 总结

以岗定课、课证融合、证赛互补、课赛互促。

(1) 以岗位能力培养为核心, 全面开发课程体系。

(2) 以职业标准和技能大赛为引导, 积极优化课

程内容。

(3) 对接职业资格证书考试大纲与专业教学大纲, 实现课程与岗位、职业资格证书与课程、技能竞赛与教学的深度融合, 并以赛促学、以赛促教, 以赛强技, 多维度地提高学生专业理论知识和实践技能, 同时促进教师专业能力的提高。

参考文献

- [1] 毛少华, 李治. 1+X 证书制度下高职院校课证融通面临的问题及对策[J]. 职教论坛, 2021, 37(12): 47-51.
- [2] 曹元军, 李曙生, 卢意. 高职产业学院“岗课赛证”融通研究[J]. 教育与职业, 2022(7): 5.
- [3] 曾天山, 陈永, 房凤文. 2022 年全国职业院校技能大赛教学能力比赛总结与展望[J]. 中国职业技术教育, 2023(11): 10-20.
- [4] 邹云鹤, 唐术锋, 宋晓娟, 等. 工程认证背景下机电一体化专业教学改革与创新[J]. 教育研究, 2023, 6(2): 13-15.

基于“课岗契合、课证融通、以赛促学”的机电一体化专业教学改革研究与实践

大家平台 认领

智能阅读

免费下载

职称评审材料

引用

收藏

分享到

作者: 薛慧 王云亮

机构: 郑州电力职业技术学院机电工程学院,河南郑州451450

摘要: 高职院校在实施“课证融通”过程中,存在教学计划制定不合理,学生学习积极性不高,教师的实践技能薄弱,评价激励机制不完善等突出问题,严重影响人才培养质量。研究基于课岗契合、课证融通、以赛促学的机电一体化专业人才培养模式迫在眉睫。“课岗契合”是根据岗位职责对职业技能和素养要求,修正培养目标和教学内容,达到课堂培养与岗位职责要求目标一致。“课证融通”是构建课程考试与证书认证互相转化机制,实现人才培养途径的多样性。“以赛促学”是通过积极参加国家级、省市级高职院校职业技能竞赛,充分利用职业技能比赛的专业性、综合性、灵活性的特点,检验学生专业技能掌握。

来源: 《中国科技经济新闻数据库 教育》· 2024年10期 0143-0146, 共4页

关键词: 课岗契合; 课证融通; 以赛促学; 人才培养模式

中图分类号: TH112 [机构学]

13. 基于粒子群优化算法的串并混联坐标测量机标定技术研究



中文科技期刊数据库(引文版)

工程技术

2024年11月 电子科学与自动化

主管单位: 科技部西南信息中心

主办单位: 重庆维普资讯有限公司

出版单位: 重庆维普资讯有限公司

总 编: 车东林

电 话: 023-63416211

网 址: <https://oa.cqvip.com/>

地 址: 重庆市渝北区洪湖西路
18号上丁企业公园

邮 编: 401121

国际标准连续出版物号:

ISSN 1671-5659

国内统一连续出版物号:

CN 50-9217/TB

法律顾问: 闫 军

本刊声明

本刊版权归重庆维普资讯有限公司所有。作者稿件一经录用,均视为作者同意刊载以及同意在本刊合作的数据库及互联网站传播。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明。

目 次

CONTENTS

计算机与信息技术

一种基于 YOLOv8 的行人定向入侵检测方法

..... 岳丽云 施辰光 马振源 1

基于虚拟仿真技术的数字人直播研究..... 陈晓晖 6

大数据时代下计算机网络安全技术应用与防护研究..... 李宇轩 10

基于嵌入式的多参数环境检测系统设计

..... 张静静 周 毅 刘常乐 张振豪 魏新康 16

防火墙技术在计算机网络安全中的应用探讨..... 贾 俊 21

大数据技术在 5G 通信网络中的应用研究..... 王钰皓 25

云计算环境下网络安全风险评估及防御优化研究..... 覃增力 29

基于 5G 通信的智能物联网系统设计与实现..... 董 凯 王 岳 34

通信行业智算中心的安全防护与数据隐私保护研究..... 张泽勇 37

网络通信中的数据信息安全保障技术研究

..... 刘祖权 刘 朔 温冬阳 41

基于大数据技术的电子信息故障诊断体系的重构研究..... 王子祺 45

网络安全攻击事件中的攻击行为追踪与攻击者溯源研究..... 冯 磊 49

“互联网+”人工智能在计算机网络技术中的应用研究..... 赵美枝 53

数据加密技术在计算机网络安全中的运用

..... 刘自强 胡平平 郭佳梁 倪卫华 桑希忠 57

基于互联网时代的计算机网络信息安全防护技术..... 徐光楠 61

人工智能在 AR 眼镜中的手势识别与控制研究..... 王 腾 65

数据库脚本技术在信息系统运维中的应用研究..... 郭长鑫 69

动态防御体系在设计研究院的网络安全的应用与实践.. 赵凯文 赵新宇 74

基于数据加密技术在计算机网络信息安全处理方面研究..... 朴昌连 78

基于 DPI 的流量识别系统的开发分析..... 刘晓丹 82

自动化技术

基于 PLC、触摸屏在恒压供水系统自动化控制与应用..... 邹才明 86

垂直循环式立体车库控制系统的设计..... 康 峰 90

基于准自由流无人值守收费站管理系统的研发..... 赵娟娟 94

OPC 技术接口与全自动化实验室在水泥生产质量控制中的集成应用

..... 李 会 98

基于智能控制系统的自来水厂混凝加药精确投放技术研究

..... 陈琳云 罗 璐 张紫玉 干泽南 吴雨倩 102

高精度测量机器人与一体化智能测站在甲岩水电站自动化监测系统的研究与应用

..... 蒋小明 沈建成 黄友灿 敖 磊 周欣锦 106

机场行李系统自动控制中 PLC 技术的应用..... 任科翼 111

基于卷积神经网络的抹灰机器人自动运行技术研究

..... 柏 冬 杨丹丹 梁锦全 梁宇明 靳 洋 115

基于 STM32 单片机的盆栽自动化灌溉系统设计研究

..... 刘溢远 司志广 119

实践与应用

基于 NB-IoT 网络的电池集中器设计	李天一 谭 龙 汪芳君 姚豪立 孙苏敏 123
通信电源监控系统的设计与开发实践研究	胡其海 128
大数据背景下 GIS 在测绘管理中的数据挖掘与智能决策支持研究	王 超 131
一款水质检测无人船智能控制系统设计	任 翔 董 杰 张 斌 李香凝 韩广进 135
关于高效制冷站房智能控制系统的研究	魏安宁 140
基于物联网与云计算的数据远程监测与预警系统研究	庞 雷 李彦凯 144
基于云计算的烈士陵园办公自动化平台构建与实践	杨少鹏 148
探究中波广播在应急通信领域的应用与策略	王海全 康佳敏 邵嘉鑫 152
无线温湿度传感器网络在机房中的应用研究	郭恒昭 156
软交换测试平台在上海地铁通信系统中的应用与优化	宋优才 周 展 徐海栋 160
人工智能在水电智能化建设中的前沿应用探索	王 荣 164
基于数据采集与分析的智能化安全管理方案	王海桃 168
数字化医院 PACS 系统的构建在影像科的应用策略	郭小海 172
基于物联网的家庭废水处理系统设计与优化	胡叶飞 潘 颢 柳思云 李 敏 176
地表水环境监测与数据分析平台设计	张 强 181
自来水公司大数据平台分析与优化设计	施水刚 187
物联网背景下的高速公路机电智能化管控系统设计	艾小威 192
船载脉冲雷达接收机幅相特性影响因素分析	黄 振 王 伟 祁鹏远 田大山 197
基于物联网技术的农产品仓储管理系统设计研究	杜立群 202
高精度电气性能测试系统的设计与实现	张 群 206
试论电磁场与电磁波在电子通信技术中的应用	马 博 210
自动化控制在煤矿井下皮带运输系统中的有效运用	李 飞 214
功率电源全桥 LLC 中隔离驱动器 IC 的应用分析	郝开伟 刘苗苗 张广涵 夏红梅 熊振国 218
基于单片机设计的智能开关垃圾桶	陈文博 姜 曼 李嘉辉 伍圻韬 222
基于汽车智能防盗系统的设计研究	李 智 李松柏 王 程 王 乐 226
S7-200SMART 在伺服控制系统中的应用	刘 跃 230
海上风电机组辅助监控系统方案设计	李崇喜 李 亮 吕艳超 李培杰 李振秀 234
面向 5G 的广播电视网络架构优化技术研究	吴 强 238
基于 MCGS 与 PLC 的传送带控制系统设计	王海丽 241
5G 大规模天线技术对传输效率的提升分析	张衍滕 246
基于大数据技术的港口拖轮调度系统优化与效率提升探索	于明晖 250
燃气安全检测与预警系统的构建及效能分析	柳汉斌 254
基于粒子群优化算法的串并混联坐标测量机标定技术研究	潘爱民 王云亮 258
人工智能融合技术在节能减排复杂系统优化中的创新应用研究	林 澄 262
电子工程技术在单片机中的技术应用研究	李世涛 266
面向移动通讯设备的低功耗边缘 AI 算法优化与模型压缩技术研究	王金秀 彭希国 270

基于粒子群优化算法的串并联混联坐标测量机标定技术研究

潘爱民, 王云亮

郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450

摘要: 本文将串并联混联结构引入进了坐标测量机设计中, 对现有应用广泛的 PD-CMM 结构坐标测量机进行了改进, 并借助粒子群优化算法对现有串并联混联坐标测量机参数进行优化。根据验证结果, 与传统 PD-CMM 结构相比, 串并联混联串并联机构测量机在末端负载、操作空间、动态性能、积累误差、定位精度等方面效果更佳。该种新颖的优化方式, 为新型坐标测量机设计开发提供新的视角。

关键词: 粒子群优化算法; 串并联混联串并联机构; 串并联机构优化; 动态性能

中图分类号: TP18

0 引言

在我国由制造大国向制造强国快速转型升级背景下, 如何提高工业大生产环境下的产品质量是关乎我国产业转型升级能否跃迁至高端产业链的核心问题, 高端精密测量仪器作为保证产品制造质量的关键设备, 是衡量国家工业先进程度的重要指标, 更是发展高端制造业的必备条件。坐标测量机作为检测质量好坏的“尺子”, 被广泛应用于能源化工、航空航天、船舶制造、汽车制造、医疗仪器等行业。近些年来, 国内外一些机构和学者竞相对这种坐标测量机展开了深入研究。以合肥工业大学于连栋教授为代表专家学者, 对在坐标测量机广泛采用的 PD-CMM 结构进行了改进, 该结构设计可以非常有效地减小阿贝误差对整体设备测量精度的影响。但是由于系统光栅等装配在远心端, 在实际成品中, 会导致坐标测量机测量连杆的末端过重, 致使测量连杆的变形误差很大, 从而影响到整体设备的测量精度。该团队将串并联结构引入进了坐标测量机设计中, 对现有 PD-CMM 结构进行了改进, 并借助粒子群优化算法对现有串并联混联坐标测量机参数进行优化。根据验证结果, 与 PD-CMM 结构相比, 串并联混联串并联机构测量机在末端负载、操作空间、动态性能、积累误差、定位精度等方面效果更佳。该种新颖的优化方式, 为新型坐标测量机设计开发提供新的视角。

1 基于粒子群优化算法的串并联机构优化方法

收稿日期: 2024年11月07日

作者简介: 潘爱民(1968—), 女, 汉族, 河南平县人, 本科, 教授级高级工程师, 研究方向为智能制造; 王云亮(1992—), 男, 汉族, 河南卫辉人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为智能制造技术。

- 258 -

1.1 粒子群优化算法的基本原理及其在串并联机构优化中的应用

粒子群优化(Particle Swarm Optimization, PSO)算法是一种基于群体行为模拟自然界中群体智慧的优化算法, 起源于对鸟群捕食行为的研究^[1]。算法的基本思想是通过模拟粒子群体在多维搜索空间中的飞行和信息共享, 从而达到寻找全局最优解的目的。每个粒子代表了待求解问题的一个潜在解, 通过不断地调整自身速度和位置, 粒子们在解决空间中移动, 并依据适应度函数来评估其优劣。

PSO 算法的核心在于每个粒子的位置和速度的更新规则。粒子的速度更新公式为:

$$v_{id}(t+1) = w \cdot v_{id}(t) + c_1 \cdot r_1 \cdot (p_{id} - x_{id}(t)) + c_2 \cdot r_2 \cdot (g_d - x_{id}(t))$$

其中, $v_{id}(t)$ 是粒子 i 在第 t 代中的速度分量; w 是惯性权重, 控制前一代速度对当前速度的影响; c_1 和 c_2 是学习因子, 通常为常数, 用来调整粒子向自身最佳位置和全局最佳位置靠拢的速度; r_1 和 r_2 是在 $[0, 1]$ 之间生成的随机数; p_{id} 和 g_d 分别是粒子 i 的历史最优位置和整个群体的历史最优位置。 $v_{id}(t)$ 表示在时间序列 t 中粒子 i 的速度成分。 w 是一个惯性权重, 充当前一代速度对此刻速度的调节手段。 c_1 和 c_2 源于学习因子的之间相适应的常数, 它主张粒子向着自身最优位置或全群最优位置

的速度调整。 r_1 和 r_2 扮演的角色就是在 $[0,1]$ 之间创造出的随机数。而那个 p_{id} 和 g_{id} ,它们在此是分别代表了粒子 i 的历史最佳位置与整个群体中历史最佳位置。

粒子的位置更新公式为:

$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1)$$

在规则的操控下,粒子们始终朝着最优区域不断收缩。对于串并联机构串并联机构的优化应用,PSO算法的全局搜索能力和实施的便易性更明显。对串并联机构存在的高维复杂非线性优化难题,PSO算法俨然有优势^[2]。实施步骤先是对串并联机构的数学模型进行解析,构建关节运动中的轨迹误差、能源消耗及速度反应的优化目标函数。初始化粒子,每个粒子相当于一种串并联机构的配置方案,计算该方案的适应分数。在迭代的过程里,适应度函数的反馈引导粒子调节其速度和位置,以期寻求更优的解答。全局最优位置更新机制在PSO算法中得以实现,依赖此机制,算法取得运用群体信息,分享最优解的能力,从而提升找到全域最优解的可能性。

PSO算法因其能以粒子间的信息分享为途径,快速找到合适的解答,在串并联机构的优化中显示出了其高效和精确的特质。相对于传统优化方式,例如梯度下降法、遗传算法等,PSO算法避开对初值敏感和容易陷入局部最优的弱点。这特别适用于参数空间复杂、有许多峰值、多极值和高维度的优化问题。

粒子群优化算法在串并联机构串并联机构优化中展现了突出的优性能,提供了一种高效、稳定的优化策略,有助于提升串并联机构运动效率和定位精度。该研究为串并联机构设计及其控制领域带来了新的思路和手段,具有广泛的应用前景。

1.2 优化方法的可行性和有效性分析

粒子群优化算法的运用,在串并联机构优化方法上,无论是理论上,还是实际应用中,都展现出独特的优点^[3]。这一算法简洁而高效,能在多维全局搜索问题中的表现尤为突出,它有效地阻止了困入局部最优的可能。且在收敛率上,它的优势明显,自身可在有限的时间内找到最优解,对于串并联机构系统这种对动态性能有要求的环境特别适合。算法的可持续迭代机制,让它在适应变化过程中始终保持稳定的优化能力^[4]。试验结果显示,粒子群优化算法与传统

优化方法相比,能够显著提升关节的响应速度和定位精度。这为实际应用中的串并联机构运动优化提供了坚实的理论基础,证明了优化方法的有效性。进一步的实验验证了方法的稳定性和一致性,使其在复杂的串并联机构系统中具备广泛的应用潜力。综合分析,各项评估指标均显示出粒子群优化算法在串并联机构优化中的可行性和有效性。

2 优化方法的实验验证与分析

2.1 串并联机构优化方法的实验设计,包括实验环境数据和过程设计

试验是在串并联机构实验标准化平台进行,其中传感器和控制器方面的精度保证了数据的准确性。凭借着对各类负载情况和设定运动路径的设计,试图对优化方式的效率予以全维度评估。

在整个试验环节中,研究对象尽量仿照着正常的工业化串并联机构选择,而模型的参数设定上,参照串并联机构关节实际的物理比例和惯性特性进行设定。设定了一系列模拟的动态任务,使其更接近真实的工作状态,并且让串并联机构多次重复执行这些环节。关键变量如关节角度和速度通过传感器实时监测,并记录在控制系统的日志中。

实验采用粒子群优化算法进行多次求解,每次求解的初始状态由控制系统随机生成。通过对比优化前后的关节响应速度和定位精度,评估算法的有效性。数据处理部分利用信号分析软件,对实验所得的大量运动数据进行统计分析,并提取出关键性能指标,以此判断优化效果。

实验设计尤其注重收敛性和稳定性的测试,通过设定不同的初始条件和随机扰动因素,观察优化算法在多次重复实验中的表现,以保证结果的可靠性和可重复性。优化方法的实验设计为后续的效果分析奠定了坚实基础。

2.2 对比传统方法和新方法在关节响应速度和定位精度方面的实验结果

根据该研究,两种方法在实验中出现明显的差异。实验以相同的串并联机构平台和环境条件为基础,重复进行,以测量和记录关节在指定运动轨迹下的速度和误差。这项新的粒子群优化算法的串并联机构优化方法,在关节响应速度和定位精度上,竟有了超出一般理解的优点。与传统方法相比,新方法使得

串并联机构的关节响应速度显著提高,平均响应时间有所减少。粒子群优化算法的使用,使得串并联机构动态性能得以显著提升。在定位精度方面,新方法也表现出明显的改进,定位误差较传统方法减少了一定幅度。这种精度的提高,归因于粒子群优化算法能更好地寻找到串并联机构的最优解,使得串并联机构在复杂运动下仍能保持较高的稳定性与准确性。

实验中进一步分析了不同关节运动速度下两种方法的表现,新方法在高速运动条件下仍能保持较好的精度,而传统方法的误差则随速度增加而显著增大。这一结果验证了粒子群优化算法在提高串并联机构关节性能方面的有效性及其在实际应用中的潜力。实验结果为后续研究提供了重要依据,并展示了粒子群优化算法在串并联机构技术领域的广阔前景。

2.3 新方法的收敛性和稳定性分析

在新方法的收敛性分析过程中,采用了多组不同初始参数进行实验,以确保结果的广泛性和可靠性。通过对比粒子群优化算法在不同迭代次数下的表现,发现其在多数情况下稳定收敛于全局最优解。具体而言,优化过程中目标函数值的变化表现出逐渐减小的趋势,最终趋于稳定,表明算法具有良好的收敛性。

在稳定性分析方面,对多次独立实验的结果进行了统计。实验数据表明,粒子群优化算法在大部分实验中能够稳定找到全局最优解,且在面对一定程度的初始条件变化时,其输出结果的波动较小,这证明了其较强的鲁棒性。进一步的分析表明,粒子群优化算法能够有效避免陷入局部最优解,从而提高了优化结果的稳定性^[5]。

这一系列实验验证了基于粒子群优化算法对串并联机构优化的优化算法在收敛性和稳定性上的优越性,为串并联机构优化提供了可靠的技术支持。

3 优化方法的实用价值与研究意义

3.1 评估优化方法对提高串并联机构动态性能和操作灵活性的影响

基于粒子群优化算法在提高串并联机构动态性能和操作灵活性方面展现出了显著的优势。通过优化串并联机构,使得串并联机构能够更高效地执行任务,从而在动态性能上表现出色。这种优化方法使得串并联机构能够以更高的速度和更精确的路径完成复杂的运动任务,保持良好的稳定性。这种提升得益于粒子

群优化算法在全局搜索能力和局部搜索精细度上的平衡,使得串并联机构在不同的工作条件下都能保持优异的表现。

在操作灵活性方面,该方法通过优化关节配置,使串并联机构能够适应多样化的任务需求,无需频繁进行机械调整。粒子群优化算法有效提高了串并联机构在不同姿势下的反应能力和操作范围,增强了其适应复杂环境的能力。优化过后的关节运动轨迹更加流畅,冲击和振动减少,从而降低了机械磨损和能耗。

整体而言,这种优化方法不仅提升了串并联机构的即时性能,还为串并联机构在复杂环境中的长时间稳定运行奠定了基础。这一研究为串并联机构在实际应用中的扩展和优化提供了新的技术路径,为未来的智能串并联机构技术发展提供了重要支持。

3.2 优化方法在实际运用中的优势和潜力

基于粒子群优化算法的串并联机构优化方法在实际应用中展现出显著的优势和潜力。该方法通过优化串并联机构,从而提升串并联机构的动态性能和操作灵活性。在工业制造领域,这一优化策略可显著提高串并联机构坐标测量机的工作效率和产品质量,适应快速变化的生产需求。该方法在医疗串并联机构领域中亦具备重要价值,能够提高手术串并联机构操作的精确性,降低手术风险,增强对复杂手术的适应能力,从而提高医疗服务的安全性和有效性。在自动化仓储和物流系统中,优化后的串并联机构可实现更快速、更准确的物料搬运和库存管理,从而减少人工干预,提高运营效率和客户满意度。此优化方法所展现的优越收敛性和稳定性,保证了其在高动态环境下长期运行的可靠性,能够满足严格的工程应用要求。

该方法在学术研究和技术开发方面的潜力亦不可忽视,为新型串并联机构坐标测量机设计提供了理论支持和实践依据。随着更多复杂任务的出现,优化方法在未来将进一步扩展应用范围,带动行业发展,为基于串并联机构坐标测量机提供更多的可能性。

3.3 该研究对复杂串并联机构运动优化和后续研究的贡献与意义

该研究在复杂串并联机构运动优化领域具有重要贡献。通过基于粒子群优化算法的串并联机构优化方法,显著提高了串并联机构的动态性能,为复杂机构设计提供了新思路。这一优化策略提升了串并联机

构的响应速度、定位精及灵活性奠定了基础。这种方法的有效实施不仅可以降低能耗,还能增强串并联机构的运行稳定性和可靠性,在实际工业应用中展现出巨大的潜力。该研究为使用智能算法优化复杂机械系统提供了一个新的理论框架,推动了智能算法在串并联机构领域的深入研究。未来可在更复杂环境或任务下,进一步验证和扩展这一方法的应用范围,为下一代基于串并联机构的坐标测量机提供坚实基础,具有重要的理论和实际意义。

4 结束语

本研究深度探讨了一种基于粒子群优化算法的串并联机构优化方法,在理论和实验的基础上,提出了一套较为详实的方案,以解决基于传统 PD-CMM 机构的坐标测量机在末端负载、操作空间、动态性能、积累误差、定位精度不佳的问题。此项研究不仅创新

性地建立了基于串并联机构坐标测量机数学模型,而且成功地将优化问题转化为求解非线性方程组的问题,跨越了关于串并联机构动态性能及操作灵活性研究的一个重要难题。实验表明,相比传统的优化策略,该优化方法在关节响应速度和定位精度方面都有显著的提升,兼具更优的稳定性和收敛性,能够显著提升串并联机构的运动效率和精度,证实了优化策略的有效性。然而,虽然本文的研究成果有其明显的优势和突破,但是我们仍面临一些挑战和不足。比如,该优化算法的执行效率尚有待提高,以及如何将此优化方案做更广泛的应用,如何细致地调整参数以适应不同串并联机构结构的问题。未来我们将继续深入研究并优化相关技术,以期能适应更广泛的场景和应用,从而更好地推动基于串并联机构坐标测量机技术的发展。

参考文献

- [1]刘伯威,董小瑞,张志文,屠畅.基于麻雀算法优化粒子群算法的串并联机构路径规划[J].中北大学学报:自然科学版,2023,44(04):374-380.
 - [2]覃正祥,丁家付,张彦旻,蒋伟,王志翔.基于粒子群优化算法的串并联机构路径规划[J].无线互联科技,2020,17(07):128-129.
 - [3]程立英,金新玮,肖辉,高宣爽,张志美,张浩华.基于粒子群优化算法的串并联机构 FastSLAM 研究[J].沈阳师范大学学报:自然科学版,2019,37(04):335-339.
 - [4]田恒,王宗省,冯叶磊,王家琦.一种关节型串并联机构快速收敛的粒子群优化算法[J].机床与液压,2020,48(21):41-44.
 - [5]巫光福,万路萍.粒子群算法优化串并联机构路径规划的研究[J].机械科学与技术,2022,41(11):1759-1764.
- 基金项目:河南省高等学校重点科研项目“基于粒子群优化算法的串并联机构测量机标定技术研究”,项目编号:24B460019。

基于粒子群优化算法的串并联坐标测量机标定技术研究 大家平台

[智能阅读](#) [免费下载](#) [职称评审材料](#)

[引用](#) [收藏](#) [分享到](#)

作者: 潘爱民 王云亮

机构: 郑州电力职业技术学院,河南郑州451450

摘要: 本文将串并联结构引入了坐标测量机设计中,对现有应用广泛的PD-CMM结构坐标测量机进行了改进,并借助粒子群优化算法对现有串并联坐标测量机参数进行优化。根据验证结果,与传统PD-CMM结构相比,串并联串并联机构测量机在末端负载、操作空间、动态性能、积累误差、定位精度等方面效果更佳。该种新颖的优化方式,为新型坐标测量机设计开发提供新的视角。[摘要译文](#)

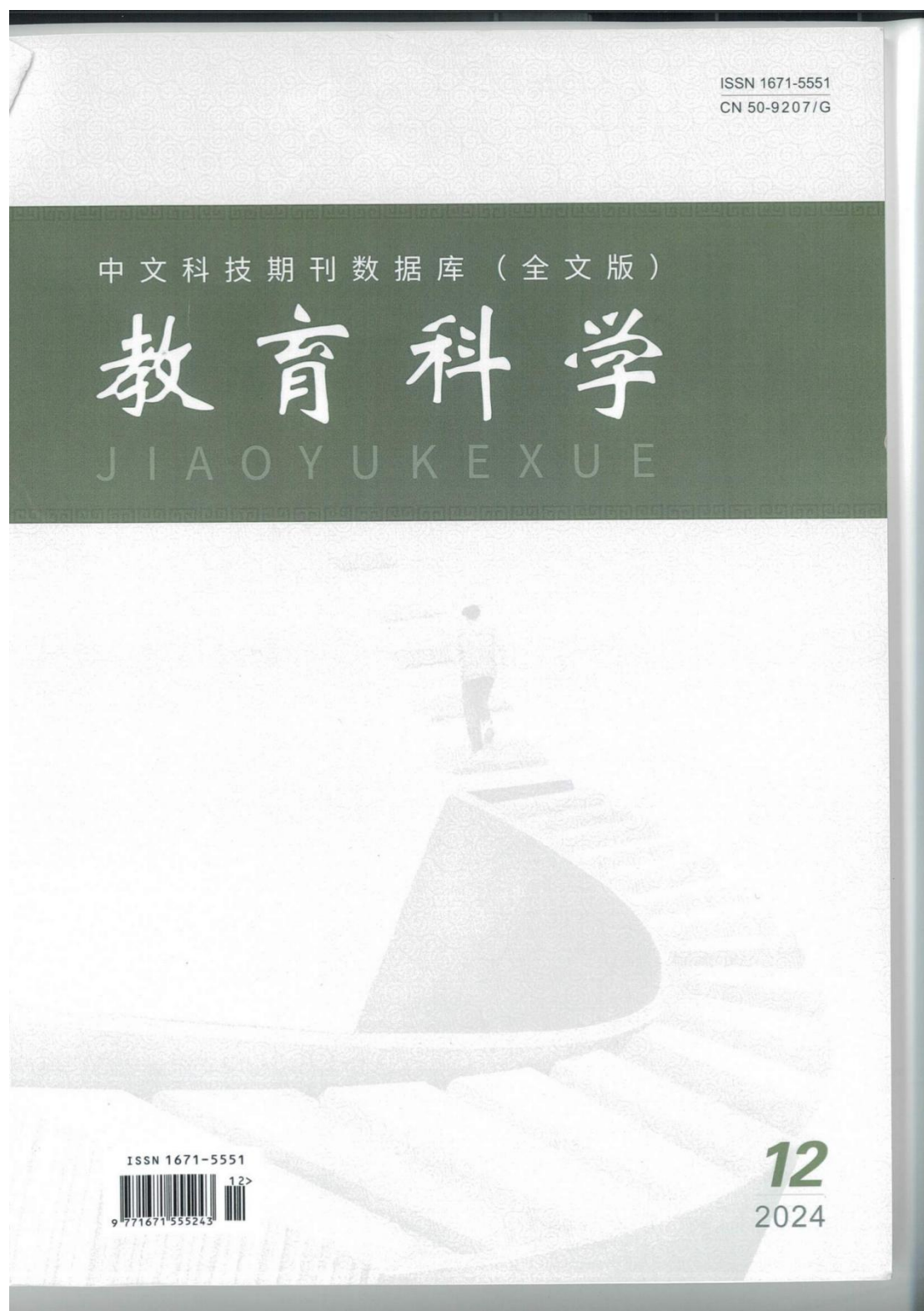
来源: 《中文科技期刊数据库(引文版)工程技术》· 2024年11期 258-261, 共4页

关键词: 粒子群优化算法; 串并联串并联机构; 串并联机构优化; 动态性能

中图分类号: TP18 [人工智能理论]

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目“基于粒子群优化算法的串并联串并联机构测量机标定技术研究”,项目编号:24B460019。

14. 碳中和视域下新型电力装备人才培养教学改革探究



中文科技期刊数据库(全文版)

教育科学

2024年12月 高等教育前沿

主管单位: 科技部西南信息中心

主办单位: 重庆维普资讯有限公司

出版单位: 重庆维普资讯有限公司

总 编: 车东林

电 话: 023-63416211

网 址: <https://oa.cqvip.com/>

地 址: 重庆市渝北区洪湖西路
18号上丁企业公园

邮 编: 401121

国际标准连续出版物号:

ISSN 1671-5551

国内统一连续出版物号:

CN 50-9207/G

法律顾问: 闫 军

本刊声明

本刊版权归重庆维普资讯有限公司所有。作者稿件一经录用,均视为作者同意刊载以及同意在本刊合作的数据库及互联网网站传播。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明。

目 次

CONTENTS

人才培养

共同体视域下生物化工类专业人才培养方案的优化设计
..... 张爱华 常 顺 杨松岭 陈 亮 胡 虹 1

高校计算机专业人能力培养研究..... 董 琴 5

“双高计划”背景下高职拔尖创新人才培养机制研究..... 岳善洁 9

智能化时代高职院校会计人才培养模式创新与思政教育融合的研究..... 王诗雅 13

碳中和视域下新型电力装备人才培养教学改革探究..... 王云亮 赵永刚 17

通识与专业教育相融合的医学技术类专业人才培养路径探讨..... 闫 岑 21

“双一流”背景下中医药大学人体解剖学人才队伍建设..... 王长明 25

双高建设背景下高职院校创新人才培养研究..... 吴海中 29

高校创新创业人才培养模式研究——以海南大学乘风书院为例..... 王 曦 杨志斌 康 宁 33

产教融合背景下高职院校药学类专业人才培养质量提升路径探究..... 于秋菊 王 娟 韩 非 孙 科 37

新一轮审核评估背景下高校应用型人才培养质量评价研究..... 刘萍莉 杨红普 42

“项目引领、思政铸魂、岗课赛证融通”人才培养模式研究——以电子信息类专业为例..... 郭倩影 王秋锋 46

基于区域经济发展需求的海南高校设计学人才培养合作模式探索与实践..... 李崇源 50

面向信创人才培养的数据结构教改探索..... 邓 超 刘利群 黄慧婷 刘炳尧 54

新工科背景下网络空间安全创新实践人才培养策略研究..... 何 鹏 郑巧仙 李 念 宋建华 张莎莎 58

面向地方工业互联网产业需求的软件工程专业人才培养模式研究——基于产教融合的四链融合育人探索..... 杨玉华 谢桂芬 谭 超 崔亚楠 62

赛训融合在高职计算机专业人才培养模式与实践教学模式探究..... 王思源 李中英 66

产教融合视角下高校经贸类专业人才培养路径探究..... 段立君 70

新质生产力引领下吉安高职院校技能人才培养对策探索..... 谢春莲 彭卫福 74

“三高四新”美好蓝图下交通设备与控制工程专业人才实践创新能力培养..... 黄 刚 于惠钧 贾 林 杨能普 陈 红 78

促进工科专业人才培养的高教模式改革与探索..... 高夫燕 李建新 刘 帅 徐美娟 82

高职院校中外合作办学建筑工程技术专业人才培养模式现状及对策探析——以广东工程职业技术学院为例..... 孙天玮 魏亚遇 廖德禾 86

培养传统文化建筑人才——以职业院校建筑专业与民间工艺的结合为例..... 陈亚晖 90

统计学类专业人才培养的改革与实践..... 张浩敏 伍欣叶 蒋远营 禹建奇 王 彬 94

大数据背景下本科数学专业人才培养模式探究..... 徐加乐 98

碳中和视域下新型电力装备人才培养教学改革探究

王云亮 赵永刚

郑州电力职业技术学院机电工程学院, 河南 郑州 451450

摘要: 新型电力(新能源)人才培养模式教学改革,是在成果转化、技术推广的价值引领下,以培养服务区域新型电力(新能源)装备产业转型升级发展的技术技能应用人才为目标。区别于目前主流以“职业行为”为基础构建的人才培养模式和以“学科分类”为基础的人才培养模式。培养的是一大批具有创新创业意识,熟悉成果转化全流程的新型电力(新能源)装备行业技术应用人才,能将技术创新成果转化为现实生产力,助推区域新型电力(新能源)装备行业转型升级和高质量发展的践行者。

关键词: 成果转化; 技术推广; 新型电力; 人才培养模式

中图分类号: G64

0 引言

新型电力(新能源)人才培养模式教学改革,是在成果转化、技术推广的价值引领下,以培养服务区域新型电力(新能源)装备产业升级发展的技术技能应用人才为目标,构建“研发创新→成果转化→推广孵化→进入市场”的技术创新成果转化全过程的项目课程集群,创设技术创新成果转化全过程人才培养环境,构建教育教学创新团队,实施教育教学,改革教学和评价制度,统筹各方力量,形成改革合力,最终形成一个科技成果转化、技术推广全过程的新型电力(新能源)装备行业技术应用人才培养改革方案。

1 课题概念界定

“碳中和”指:全社会直接或间接产生的温室气体(以二氧化碳为代表)排放总量,通过植树造林、节能减排等形式抵消,实现二氧化碳零排放的过程。中国力争2030年前实现碳达峰、努力争取2060年前实现碳中和。碳达峰碳中和(简称“双碳”)是我国重要战略决策,既是我们对国际社会的庄严承诺,也是推动高质量发展的内在要求。

新型电力(新能源)装备行业指:以光伏、风电、水电、核能、氢能等新型能源形式构成的能源体系,区别于以煤电为主的传统电力装备行业。

成果转化、技术推广指:科技成果的价值在于运用,科技成果转化是实现从科学到技术、从技术到经济的关键环节,高质量科技成果转化是推动高水平科

技自立自强,实现高质量发展、赢得全球竞争战略主动关键^[1]。

人才培养模式指:“人才培养模式”是指在一定的现代教育理论、教育思想指导下,按照特定的培养目标 and 人才规格,以相对稳定的教学内容和课程体系,管理制度和评估方式,实施人才教育的过程的总和^[2]。成果转化、技术推广的新型电力(新能源)装备行业技能人才培养模式,是在成果转化、技术推广的价值引领下,以培养服务区域转型升级技术应用人才为目标,构建“研发创新→成果转化→推广孵化→进入市场”的技术创新成果转化全过程的项目课程体系,创设技术创新成果转化全过程人才培养环境,构建教育教学创新团队,改革教学评价,从而形成成果转化、技术推广全过程的新型电力(新能源)装备技术技能应用人才培养模式^{[3][4]}。

2 新型电力装备人才培养的现状

在推动碳中和进程中,新型电力装备领域的专业人才需求呈现出显著的增长趋势。新能源应用、新型发电和储能等重要领域,正随着世界对可持续发展的深入理解与碳中和目标的推动而需求更多人才。应用新能源的环节,期望拥有对太阳能、风能等可再生资源技术专业理解的工程师和科技专才,他们能设计、安装并保养新能源发电设备,也能熟练妥善的解决实地工程的问题。至于新型发电技术,例如核能、地热能以及潮汐能等的开发和利用,亦需要拥有专业知识及安全管理能力的工程师和研究者。在储能科技领域,

收稿日期:2024年07月12日

作者简介:王云亮(1992—),男,汉族,河南新乡人,研究生,讲师,研究方向为机电一体化技术;赵永刚(1983—),男,汉族,河南郑州人,本科,高级实验师,研究方向为机电一体化技术。

尤其涉及电池技术、氢能及压缩空气储能,这些都需求掌握至尖端的储能技术和完整的系统整合的工程师及技术人员。他们能提供一定的储能解决方案保障能源系统。对于这些领域的飞速发展,除了需要专业人士,还需要有创新思维和解决复杂问题能力的跨领域人才,他们能促进技术的创新和降低成本,进而使得可再生能源和清洁能源得以广泛运用。新能源应用、新型发电和储能领域的人才需求将持续增长,并须要教育及培训系统与现实市场需求紧密配合,以培养更多能面对未来能源挑战的优质人才。

然而,新型电力装备人才培养与产业需求间出现了不匹配与脱节的现象,主要体现在以下方面。

(1) 需求激增与技能缺口:随着碳中和目标的推进,新型电力装备人才需求激增,但教育体系中的技能培养与市场需求存在显著不匹配,导致企业难以招募到掌握最新技术与具备实践经验的人才,制约了行业发展与技术应用。

(2) 技术迭代与教育滞后:电力装备技术迅速更新,而相关教育与培训体系却显得滞后,无法及时跟上技术发展的步伐。传统的教育体系因其固有的滞后性,往往难以及时吸纳并传授最新的技术进展,导致学生与职场人士在面对实际工作时,难以熟练掌握并运用最新的技术工具和操作方法,从而影响了工作效率与创新能力。

(3) 跨学科知识整合难题:新型电力装备的设计与制造是一个多学科交叉的领域,它要求融合电气工程、材料科学、智能控制等多方面的知识。然而,传统的教育体系往往偏向于单一学科的深度挖掘,而在跨学科知识的整合与教授上显得力不从心,这无疑给学生综合能力的培养以及实际应用技能的提升带来了不小的挑战。

(4) 创新能力培育缺失:在碳中和目标的大背景下,创新能力成为了衡量竞争力的关键指标。遗憾的是,传统的教育体系往往更加注重基础理论的灌输和常规实验的操作,而在激发学生的创新思维、培养其解决实际问题的能力方面显得捉襟见肘,缺乏提供真实场景下的实践机会和应对复杂挑战的训练,从而制约了学生与从业者创新潜能的充分释放。

(5) 当前,电力装备行业与教育界之间的合作机制尚显不足,缺乏紧密与有效的联动。这一现状导致教育培训的实际应用性与行业需求之间存在明显脱节,

教育机构难以准确捕捉并响应行业的快速变化与技术更新,进而影响了人才的培养质量与实际应用能力。

为破解这一困境,亟需改善现有的教育体系,加强行业与教育界的紧密合作,推动跨学科知识的深度融合,并着重增强学生的创新能力。通过这些关键措施的有效实施,将能更好地满足未来电力装备行业对高素质人才的迫切需求。

把握产教融合、校企合作政策,如何创新机制,调动新型电力(新能源)装备行业技术创新战略联盟、知识产权战略联盟(行业企业、高等院校、研究所、成果转化知识产权代理机构、孵化基地等)相关主体的积极性,创建成果转化人才培养模式需要的产-学-研-转-创环境,实现企-校-科-转-孵多主体共同育人是难点。

3 构建绿色新型电力装备人才培养模式的实施路径和策略

以服务区域行业转型升级为导向,培养具有创新创业意识,熟悉成果转化全流程,能够开展新型电力(新能源)装备行业成果转化工作的实践者为目标。尊重规律是遵循技术应用人才在成果转化、市场推广的环境中成长的客观规律,创建“产-学-研-转-创”的成果转化环境。在成果转化、技术推广的价值引领下,以培养服务区域新型电力装备产业升级发展的技术技能应用人才为目标,构建“研发创新→成果转化→推广孵化→进入市场”的技术创新成果转化全过程的项目课程体系,创设技术创新成果转化全过程人才培养环境,构建教育教学创新团队,实施教育教学,改革教学和评价制度,统筹各方力量,形成改革合力,最终形成一个科技成果转化、技术推广全过程的新型电力(新能源)装备行业技术应用人才培养改革方案。

3.1 对接产业转型升级需求,明确培养目标,优化课程体系

深入了解绿色新型电力装备行业的发展趋势、技术需求及市场空缺,积极与行业企业、研究机构合作,共同调研未来技术与人才需求。基于此,明确了创新型技术技能人才的培养规格与目标,并结合学校现有资源与企业技术资源,精心设计了涵盖基础理论、前沿技术和实践应用的课程体系。该体系包含绿色能源技术、智能电网、清洁能源储存与转化等核心内容,注重跨学科教学,旨在培养学生的综合应用能力和创

新精神。同时,从成果转化和技术推广的角度出发,我们构建了涵盖“研发创新→成果转化→推广孵化→进入市场”全过程的项目课程体系,确保学生在真实场景中掌握技术应用并了解市场需求,从而形成了产业技术进步驱动课程迭代的机制。

3.2 建立产教融合应用的成果价值导向,实现校企共建共享共创

加强校企之间的深度合作,实现资源共享、成果共享,并推动共同创新,从而为产业培养更具市场竞争力的人才,为学校提升教育质量和影响力。

(1)为加强合作,我们首先需制定合理的成果导向合作框架,明确合作协议与具体目标,预期成果可涵盖共同研究项目、技术开发、实习与就业等多方面。

(2)其次,共建资源共享机制,实现实验室设施、科研设备及教学资源的共享,以提升教学与研究效率与质量。同时,合作开发市场需求的课程,聚焦行业前沿技术与实际应用,通过行业导师与教授的共同参与,确保课程内容的实时性与实用性。

(3)为加强产学研结合,着力强化实践教学与技术转移。通过创建技术市场环境、成果转化实施环境及产业孵化实践环境,与企业建立了紧密的合作关系,有效促进了科技成果的转化与商业化。设立成果转化实施环境,支持学生创业和技术应用实践,并提供资金、场地和导师指导等全方位支持。同时,强化实验室和实训基地建设,提供丰富的仿真实验和实际操作机会,让学生在项目课程和实习中直接参与技术开发与问题解决,从而切实提升他们的技术应用和实际问题解决能力。

鼓励学生积极参与科研项目与技术创新活动,重点支持他们在绿色新型电力装备的设计、开发与改进方面的探索,旨在培养其创新意识与能力。同时,倡导联合申报科研项目,聚焦前沿技术研究,以推动绿色新型电力装备的技术革新与市场应用,加速技术与科研成果的转化,实现学术研究与市场应用的无缝对接。

(4)为进一步提升师资队伍素质与学生实践能力,实施校企双导师制,打造由教育家、技术专家与企业专家共同组成的高水平教学团队,引领教育教学创新,深化成果转化教育,促进学生全面发展。鼓励教师团队参与科研项目,推动科技成果与教学内容的有机结

合,有助于确保课程内容与行业需求紧密对接。企业导师可以分享最新的技术发展和市场趋势,帮助教师调整课程内容,使其更具实用性和前瞻性。学生通过与企业导师的互动,能够更深入地了解行业内部运作和职业发展路径,增强就业竞争力。企业导师也能提供实习和就业机会的信息和指导,帮助学生更快地适应职业环境。教师与企业导师的交流与合作,有助于教师更新自己的实践经验和行业视野,提升教学质量和科研水平。

3.3 加强国际交流与人才培养创新

为拓宽国际交流合作,学习借鉴外国先进的教育观念与教学手法,增设国际化创新创业的课程设计,以培养在全球范围内有广阔视野、具备跨文化交流能力的优秀人才。鼓励教育教学的革新变革,运用创新手段及评价机制,激发学生投身于创新创业的热情。通过设立奖学金及提供实习机会,吸引了众多学生投身于环保新型电力装备产业。

3.4 推进人才培养质量评估与持续优化

制定科技成果转化评价标准,需涵盖技术可行性、市场潜力和社会效益等多维度,以确保教学成果与实际需求紧密对接。为此,应建立完善的评估机制,形成“行业评校、企业评学、学生评教、教师互评、专家评质”的五评制度,实施多层次、全方位的评估。同时,鼓励学生参与科技成果转化项目,并通过评价激励优秀表现和创新成果。此外,还需定期评估和调整人才培养模式,收集行业反馈和毕业生就业情况,以优化课程设置和教学方法,保持与市场需求的紧密对接。

通过以上策略路径的实施,可以有效构建适应绿色新型电力装备行业发展需求的人才培养模式,为行业提供高素质、创新型的人才支持。

4 结论及展望

实施碳中和战略不仅是一种环境责任,也是企业获得市场竞争优势的重要途径。在技术创新和人才储备上领先的企业,就更能获得可持续高质量的发展。

因此,电力装备企业面临碳中和战略的迫切需求,必须通过吸引和培养高技能人才,确保在技术创新和市场变革中保持竞争力。这一战略要求减少碳排放,推动行业向更清洁、更高效的技术方向发展,包括可再生能源技术、电力设备能效提升等。实现这些目标

需要大量技术创新,如新型发电设备、智能电网技术、电池存储系统等,这些都离不开高水平的研发和工程技术人才。因此,电力装备行业的人才需求正发生结构性变化;对可再生能源、智能电网等新兴领域的技术人才需求显著增加。

因此,电力装备职业教育的人才培养模式及教学

改革就要跟随产业升级而进行优化,对接产业链和技术链,以产教融合应用的成果价值导向,驱动人才培养教学改革,实现校企专业共建,人才共育,课程共担,基地共享,技术共创,从而推动电力装备行业职业教育的高质量发展。

参考文献

- [1]田玉鹏.科技成果转化助推行业高校一流学科建设路径研究[J].科学管理研究,2020,5(38):6.
- [2]曹源,詹跃勇,张晓丽.民办职业教育服务区域经济高质量发展研究[J].合作经济与科技,2021(21):3.
- [3]黄炜.基于创新型人才培养模式的高职计算机专业教学改革研究——评《计算机专业教学改革研究》[J].电镜与精饰,2020,50(5):1.
- [4]吕华.新能源行业技能型人才培养模式与路径研究[J].市场瞭望,2023(15):123-125.

... (faded text) ...

展望未来

... (faded text) ...

... (faded text) ...

碳中和视域下新型电力装备人才培养教学改革探究 大家平台 实名认证

智能阅读

免费下载

职称评审材料

引用

收藏

分享到

作者: 王云亮 赵永刚

机构: 郑州电力职业技术学院机电工程学院,河南郑州451450

摘要: 新型电力(新能源)人才培养模式教学改革,是在成果转化、技术推广的价值引领下,以培养服务区域新型电力(新能源)装备产业转型升级发展的技术技能应用人才为目标。区别于目前主流以“职业行为”为基础构建的人才培养模式和以“学科分类”为基础的人才培养模式。培养的是一大批具有创新创业意识,熟悉成果转化全流程的新型电力(新能源)装备行业技术应用人才,能将技术创新成果转化为现实生产力,助推区域新型电力(新能源)装备行业转型升级和高质量发展的践行者。 [摘要译文](#)

来源: 《中文科技期刊数据库(全文版)教育科学》· 2024年12期 017-020, 共4页

关键词: 成果转化; 技术推广; 新型电力; 人才培养模式

中图分类号: G64 [高等教育]

15. 基于粒子群算法在串并混联机构多参数优化中的 MATLAB 实现及改进策略



中文科技期刊数据库(引文版)

工程技术

2024年12月 电子科学与自动化

主管单位: 科技部西南信息中心
主办单位: 重庆维普资讯有限公司
出版单位: 重庆维普资讯有限公司

总 编: 车东林

电 话: 023-63416211

网 址: <https://oa.cqvip.com/>

地 址: 重庆市渝北区洪湖西路
18号上丁企业公园

邮 编: 401121

国际标准连续出版物号:

ISSN 1671-5659

国内统一连续出版物号:

CN 50-9217/TB

法律顾问: 闫 军

本刊声明

本刊版权归重庆维普资讯有限公司所有, 作者稿件一经录用, 均视为作者同意刊载以及同意在本刊合作的数据库及互联网站传播。如作者不同意文章被收录, 请在来稿时向本刊声明。

目 次

CONTENTS

计算机与信息技术

计算机辅助运维在监测台监测系统中的应用分析..... 郭长鑫 1
基于攻击方视角的网络安全防御策略分析
..... 左德山 张良源 赵甲文 岑鹏瑞 李 璐 6
基于多算法融合的农业知识平台设计与研究
..... 揣小龙 王鸣锐 曾雨松 李嘉楠 于 璐 10
网络信息安全大数据环境下的隐私保护与数据安全研究..... 王天昊 14
基于定位和区块链技术的温室大棚数据管理系统设计
..... 徐钦超 毛汪荧 万 忠 17
基于物联网的建筑电气设备远程监控系统设计..... 万鑫放 21
基于深度学习的斜井施工工艺中的危险行为检测研究
..... 曾智勇 黎雪松 何俊仪 唐 杰 栾江伟 25
基于光纤通信技术的无人机地面信息传输系统设计..... 张 伟 29
基于粒子群算法在串并混联机构多参数优化中的 MATLAB 实现及改进策略
..... 潘爱民 王云亮 33

自动化技术

机场行李(智能)分拣系统及关键技术
..... 姚哲之 刘 祥 宋先德 朱科亮 刘 亭 38
基于 PLC 技术的电气工程自动化控制研究..... 魏友悦 43
基于 5G+物联网的工厂无人值守地磅房管理系统设计与实现 朱 越 47
甲板片预制焊接过程中的机器人自动化技术分析..... 龚 明 52
轧钢厂电气自动化控制系统应用优化..... 何碧翠 55

实践与应用

数字电子电路的调试方法与技术分析..... 杨占奎 58
人工智能驱动的网络安全工程态势感知平台设计..... 王鲁川 62
基于物联网技术的学校土建预算实时监控系統研究与开发..... 丁良永 66
基于 5G 通信技术的智能数字化集控站数据处理研究
..... 高 翔 朱杰媛 钟 昀 王丽莉 高超 70
基于 M-LAG 技术网络架构稳定性与应用研究..... 倪小龙 73
智慧城市云平台网络架构研究..... 韦鸿流 77
编码式光电传感器测试台的设计、开发及应用..... 刘德怀 81
基于遥感技术的地理信息系统设计研究..... 危 雷 86
关于电子设计自动化技术在自动控制领域的应用分析..... 龙迎春 90
基于人工智能的电子信息资源实时共享方法..... 董晓宁 94
物联网设备电磁干扰源识别与抑制方法研究..... 李志强 98
机场自助设备与人工智能化的融合: 用户体验与安全风险的平衡
..... 骆 杨 102
公立医院电子信息工程系统的精细化设计与深度优化研究..... 郑 岩 107
通信信息工程传输与接入网技术研究..... 陈清智 111
5G 通信技术在城市轨道交通的应用分析..... 段晓开 115
基于 PLC 与变频技术的智能供水系统优化设计与实现..... 张 琦 119

基于粒子群算法在串并混联机构多参数优化中的 MATLAB 实现及改进策略

潘爱民 王云亮

郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450

摘要: 本文将粒子群优化算法应用于串并混联机构坐标测量机的多参数优化中, 在 MATLAB 环境中实现对其多参数优化并提出了多种改进策略。根据仿真结果, 串并混联机构在末端负载、操作空间、动态性能、积累误差、定位精度等方面效果更佳。显著提高了串并混联坐标测量机的动态性能和操作灵活性。该种新颖的优化方式, 为新型坐标测量机设计开发提供新的视角。

关键词: 粒子群优化算法; 串并混联机构; 多参数优化; MATLAB

中图分类号: TP18

0 引言

相对于串联机构和并联机构, 串并混联机构结合了串联和并联机构的优点, 既具有较高的承载能力和刚度, 又具有较好的灵活性和稳定性^[1]。通过多参数综合优化往往能够获得不错的运动特性和定位精度, 因此被广泛的应用于对定位精度、末端负载及稳定性要求严苛的精密机械、重载机械等领域。粒子群优化算法由于具有简单易实现、全局搜索能力强、收敛速度快、对多维空间的优化效果好等特点, 已发展成解决最优化问题的通用方法, 被广泛的应用于函数优化、组合优化、机器学习等工程实践中。该团队将粒子群优化算法应用于串并混联机构的多参数优化中, 在 MATLAB 环境中实现对其多参数优化并提出了多种改进策略。根据仿真结果, 串并混联机构在末端负载、操作空间、动态性能、积累误差、定位精度等方面效果更佳。该种新颖的优化方式, 为基于串并混联机构新型坐标测量机设计开发提供新的思路。

1 粒子群优化算法在 MATLAB 中的实现

1.1 粒子群优化算法简介

粒子群优化 (Particle Swarm Optimization, PSO) 算法是一种基于群体智能的优化技术, 最初由 Kennedy 和 Eberhart 在 1995 年提出^[2]。作为一种启发式搜索算法, PSO 借鉴了鸟群和鱼群等生物群体运动的社会行为, 通过简单个体之间的信息共享来引导

整个群体寻找最优解。

该算法的核心思想在于模拟鸟群觅食的行为, 其中每个粒子代表问题空间中的一个潜在解, 粒子通过跟踪个体历史最佳位置以及群体历史最佳位置来更新自己的速度和位置, 进而逐步逼近问题的最优解。PSO 算法因其原理简单、易于实现、调节参数少等特点, 在各种工程和科学问题中得到了广泛应用, 尤其在优化领域显示了其强大的生命力。

1.2 MATLAB 代码结构与优化逻辑

MATLAB 中实现 PSO 算法模型^[3], 通常需要经历以下步骤:

- (1) 初始化粒子群的参数, 包括粒子的位置、速度、个体最优解和全局最优解。
- (2) 设置 PSO 的参数, 如粒子数量、维度、学习因子、惯性权重等。
- (3) 进入主循环, 迭代更新粒子的位置和速度, 计算适应度, 并更新个体和全局最优解。
- (4) 当达到迭代次数或收敛条件时终止循环, 并输出最终结果。

下面通过部分简化版 MATLAB 代码案例, 展示 PSO 算法的基本结构和优化逻辑。

```
% 假设目标函数为 f(x)
function [bestFitness, bestPosition] =
    pso(numberOfParticles, dimensions,
        maxIterations, w, c1, c2)
```

收稿日期: 2024年11月07日

作者简介: 潘爱民 (1968—), 女, 汉族, 河南西平人, 本科, 教授级高级工程师, 研究方向为智能制造; 王云亮 (1992—), 男, 汉族, 河南卫辉人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为智能制造技术。

```

% 初始化粒子位置和速度
position = rand(numberOfParticles,
dimensions);
velocity = rand(numberOfParticles,
dimensions);
% 初始化个体最优和全局最优
bestPosition = position;
globalBestPosition = position(1, :);
globalBestFitness = inf;
for iteration = 1:maxIterations
    for i = 1:numberOfParticles
        % 计算当前粒子的适应度
        currentFitness =
f(position(i, :));
        % 更新个体最优解
        if currentFitness <
f(bestPosition(i, :))
            bestPosition(i, :) =
position(i, :);
        end
        % 更新全局最优解
        if currentFitness <
globalBestFitness
            globalBestFitness =
currentFitness;
            globalBestPosition =
position(i, :);
        end
    end
    for i = 1:numberOfParticles
        % 更新速度和位置
        velocity(i, :) = w *
velocity(i, :) ...
+ c1 * rand *
(bestPosition(i, :) - position(i, :)) ...
+ c2 * rand *
(globalBestPosition - position(i, :));
        position(i, :) = position(i, :)
+ velocity(i, :);
    end
    % 输出当前迭代的结果, 可选
    disp([' Iteration
num2str(iteration) ' - Global Best Fitness:
num2str(globalBestFitness)]);
    end
    bestFitness = globalBestFitness;
    bestPosition = globalBestPosition;
end

```

在这个示例中, $f(x)$ 是需要优化的目标函数, numberOfParticles 是粒子数量, dimensions 是问题的维度, maxIterations 是最大迭代次数, w 是惯性权重, $c1$ 和 $c2$ 是个体学习因子和社会学习因子。每个粒子的速度和位置按照以下公式更新:

$$\begin{aligned} \text{velocity}(i, :) &= w * \text{velocity}(i, :) + c1 * \\ &\text{rand} * (\text{bestPosition}(i, :) - \text{position}(i, :)) + \\ &c2 * \text{rand} * (\text{globalBestPosition} - \\ &\text{position}(i, :)); \\ \text{position}(i, :) &= \text{position}(i, :) + \\ &\text{velocity}(i, :); \end{aligned}$$

其中, rand 函数生成 0 到 1 之间的随机数, 确保个体学习和社会学习的随机性。

每次迭代后, 如果某个粒子的新位置比之前的个体最优位置更优, 则更新个体最优位置; 如果所有粒子的全局最优位置更优, 则更新全局最优位置。

参数 w 、 $c1$ 、 $c2$ 的选取对算法性能至关重要。通常这些参数需要根据具体问题调整。调整这些参数时, 需要考虑算法的探索 (exploration) 和开发 (exploitation) 能力, 以达到良好的收敛速度和收敛精度。

2 粒子群优化算法在串并联机构参数优化中主要步骤概述

2.1 粒子群优化算法 (PSO) 的初始化

粒子群优化算法 (PSO) 的初始化过程包括粒子位置和速度的随机生成。每个粒子代表问题空间中的一个潜在解, 其位置由优化问题的维度决定。初始化时, 粒子群的位置通常在可能解空间范围内随机分布。速度初始化则决定了粒子移动的方向和速度。速度的初始值不宜过大或过小, 太大可能导致粒子在初期即越过最优解, 太小则使粒子移动缓慢, 增加收敛时间。MATLAB 软件中, $\text{rand}(N, D)$ 用于生成一个 N 行 D 列的矩阵, 矩阵中的每个元素都在 0 到 1 之间随机

取值。然后通过简单的数学变换将这个随机值范围调整到我们希望的区间。在初始化速度时,我们还需要考虑到速度不应该太大,所以取值范围通常会比位置的取值范围小。

适应度函数是用来评估粒子位置好坏的函数,也叫目标函数或者评价函数。在 PSO 中,每个粒子的适应度值是决定其更新速度和位置的重要因素。适应度函数的选择完全取决于具体优化问题。例如,在多峰函数优化中,适应度函数可能是多峰值的,而在其他类型的问题中,适应度函数可能需要反映成本、误差或其他性能指标。一个常见的适应度函数是欧几里得距离,用于测量粒子与最优解之间的距离。在 MATLAB 中实现时,可以通过定义一个函数句柄(function handle)来表示适应度函数。arrayfun 用于对 X 矩阵中的每个元素应用 fitnessFunction 函数。Rastrigin 函数是一个常见的测试函数,用于评估优化算法的性能。适应度函数的选择对于算法的收敛性能和效率都有重要影响。

2.2 粒子群优化算法(PSO)的迭代过程

粒子的速度更新是 PSO 算法核心的迭代过程之一。速度更新受到粒子自身历史最佳位置(pBest)和群体历史最佳位置(gBest)的影响。粒子的速度决定了其在搜索空间中的移动方向和距离。

速度更新公式一般如下:

$$v_i^{(t+1)} = w * v_i^{(t)} + c1 * rand() * (pBest_i - x_i^{(t)}) + c2 * rand() * (gBest - x_i^{(t)})$$

其中, $v_i^{(t)}$ 是第 t 次迭代粒子 i 的速度, $x_i^{(t)}$ 是粒子 i 在第 t 次迭代的位置, $pBest_i$ 是粒子 i 的最佳位置, $gBest$ 是整个群体的最佳位置。 w 是惯性权重, $c1$ 和 $c2$ 是学习因子, $rand()$ 是介于 0 到 1 之间的随机数,用于引入随机性,使算法具有全局搜索的能力。

位置更新是通过将速度向量应用到当前位置来完成的,在实际操作中,需要确保粒子的新位置不超出问题的解空间边界。如果超出,需要根据具体问题采取适当的边界处理策略,如限制位置值在允许范围内,或者将超出部分反射回来。位置更新和边界处理是迭代过程中实现粒子群在解空间中有效搜索的关键步骤。通过合理设定速度和位置更新机制,粒子群能

够有效地探索解空间,向最优解靠近。

2.3 粒子群优化算法(PSO)收敛性分析与评估

在粒子群优化算法中,设定合理的收敛条件是确保算法有效运行的关键。收敛条件通常是基于适应度值的改变量、迭代次数或者达到设定的解质量标准。适应度值改变量:如果在连续几次迭代中,群体最佳适应度值没有显著变化,则可以认为算法已收敛。迭代次数:可以通过设置一个最大迭代次数来终止算法,这是一种简单的停止准则。解质量标准:例如,可以设定一个目标值,一旦找到满足这个目标值的解,则停止搜索。MATLAB 中通过 newFitness 是当前迭代的群体最佳适应度,oldFitness 是上一次迭代的群体最佳适应度值。如果适应度值的改变量小于设定的 convergenceThreshold 阈值,则认为算法已经收敛,终止迭代。

适应度评估方法是判断粒子群是否接近最优解的关键,对于不同优化问题,适应度评估的标准也有所不同。通常,评估方法可以基于以下几点:目标函数值:对于优化问题而言,目标函数值直接反映了粒子的质量,因此目标函数值的降低意味着找到更优的解。误差量:在回归分析或机器学习问题中,误差量是衡量模型预测准确性的关键指标。成本函数:在资源分配或成本最小化问题中,成本函数的降低表明资源利用更加高效。MATLAB 中通过 minimizationFunction 是定义的目标函数,fitnessValues 是通过应用目标函数于所有粒子位置 X 所得到的适应度值矩阵。在实际应用中,适应度评估方法需要根据具体问题详细设计。在粒子群算法的每一次迭代中,所有的粒子都会根据这个适应度评估方法得到一个适应度值,以指导下一步的搜索。

3 PSO 算法实现特点与改进策略

3.1 标准 PSO 的原理与实现

粒子群优化(PSO)算法是一种群体智能优化方法,由 Kennedy 和 Eberhart 在 1995 年提出。该算法受到鸟群和鱼群的社会行为启发,通过模拟鸟群寻找食物的行为来解决优化问题。在标准 PSO 算法中,每个粒子代表优化问题中的一个潜在解。粒子通过跟踪个体历史最佳位置(pbest)和全局历史最佳位置(gbest)来调整自己的飞行路径和速度^[4]。粒子群算法的核心是粒子位置和速度的更新方程:

$$v_i(t+1) = w * v_i(t) + c_1 * rand() * (pbest_i - x_i(t)) + c_2 * rand() * (gbest - x_i(t))$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$$

其中, $v_i(t)$ 表示粒子在时间 t 的速度, $x_i(t)$ 表示粒子的位置, w 是惯性权重, c_1 和 c_2 是学习因子, $rand()$ 是产生 $[0, 1]$ 之间随机数的函数, $pbest_i$ 是粒子 i 的个体最佳位置, $gbest$ 是整个粒子群的全局最佳位置。

PSO 算法的关键优势在于实现简单, 调整参数较少, 且能够快速收敛到最优解。然而, 标准 PSO 也存在局限性, 如容易陷入局部最优、参数设置敏感等问题。局部搜索能力弱: 标准 PSO 对局部搜索能力有限, 容易在寻优过程中错过局部最优解。参数敏感: 算法性能对参数设置十分敏感, 需要仔细调整以获得最佳性能。易陷入局部最优: 若种群缺乏多样性, 粒子可能集体陷入局部最优解。速度与位置限制: 粒子的速度和位置更新没有天然的限制机制, 可能导致解的偏差。

3.2 各粒子群算法(PSO)变种算法的改进点与应用场景

为了克服标准 PSO 的局限性, 相关研究者提出了许多 PSO 的变种算法^[9]。以下是几种常见的变种算法及其特性。带收缩因子的 PSO (CPSO): 通过引入收缩因子以提高收敛速度和稳定性。动态惯性权重的 PSO (DPSO): 动态调整惯性权重, 以平衡全局和局部搜索能力。自适应学习因子 PSO (ALPSO): 根据粒子当前状态动态调整学习因子。混合 PSO 算法 (HPSO): 结合其他优化算法, 如遗传算法或模拟退火算法, 提高搜索效率。这些变种算法通过不同的策略和机制, 旨在提高算法的收敛速度, 避免局部最优, 增强全局搜索能力。

每种变种算法都有其改进点及适用的应用场景:

CPSO: 适用于需要快速收敛且对精度要求不高的问题。收缩因子的引入提高了算法的稳定性, 减少震荡。DPSO: 特别适合于解空间动态变化的问题, 例如在动态环境中进行优化。ALPSO: 适合于解空间复杂和问题多样性较高的优化问题, 能根据问题变化自我调整学习策略。HPSO: 适合于求解多峰值和高维优化问题, 通过融合不同算法的机制来互补各自的不足。各种变种算法在实际应用中表现出不同的优势和

特点, 适用于不同的优化问题和环境。

3.3 该研究对复杂串并联机构运动优化和后续研究的贡献与意义

近些年, 许多研究和实践成功地应用了 PSO 算法及其变种。例如, 在无线传感器网络中, PSO 算法被用于优化网络节点的布局以提高网络性能。在电力系统中, 通过改进的 PSO 算法优化机组的运行方式, 减少了能耗并提高了效率。在机器学习模型参数优化中, PSO 算法帮助快速定位最佳参数组合, 提高了模型的泛化能力。本次将 PSO 算法应用于复杂串并联机构运动优化。该研究在复杂串并联机构运动优化领域具有重要贡献。通过基于粒子群优化算法的串并联机构优化方法, 显著提高了串并联机构的动态性能, 为复杂机构设计提供了新思路。这一优化策略提升了串并联机构的响应速度、定位精度及灵活性奠定了基础。这种方法的有效实施不仅可以降低能耗, 还能增强串并联机构的运行稳定性和可靠性, 在实际工业应用中展现出巨大的潜力。该研究为使用智能算法优化复杂机械系统提供了一个新的理论框架, 推动了智能算法在串并联机构领域的深入研究。未来可在更复杂环境或任务下, 进一步验证和扩展这一方法的应用范围, 为下一代基于串并联机构的坐标测量机提供坚实基础, 具有重要的理论和实际意义。

4 结束语

本研究深度探讨了一种改进型粒子群优化算法在串并联机构中的应用及 MATLAB 实现, 提出了一套较为详实的方案, 通过优化配置粒子位置与速度的初始化、适应度函数的定义与选择、速度更新机制、位置更新及边界处理、收敛条件的设定、参数调整、算法并行处理等方式, 在 MATLAB 中实现了改进型 PSO 算法在串并联机构中多参数优化。以解决基于串并联机构在末端负载、操作空间、动态性能、积累误差、定位精度不佳的问题。相比传统的优化策略, 该优化方法在关节响应速度和定位精度方面都有显著的提升, 兼具更优的稳定性和收敛性, 能够显著提升串并联机构的运动效率和精度, 证实了优化策略的有效性。然而, 虽然本文的研究成果有其明显的优势和突破, 但是我们仍面临一些挑战和不足。比如, 该优化算法如何简化确定多参数权重, 如何巧妙利用并行处理提高执行效率尚有待提高, 以及如何进一步提高此

优化方案泛化能力。未来我们将继续深入研究并优化 好地推动基于串并联机构坐标测量机技术的发展。相关技术,以期能适应更广泛的场景和应用,从而更

参考文献

- [1]曾庆山,马飞凡.一种可实现多运动模态的串并联机构的运动学分析[J].郑州大学学报(理学版),2024,56(1):25-31.
- [2]潘俊男,宋智,王帅.基于改进粒子群算法的阻抗匹配网络研究[J].电子世界,2020(10):2.
- [3]江鸿杯,金晓怡,邢亚飞,等.基于粒子群优化算法的五自由度机械臂轨迹规划[J].机械设计与研究,2020,36(1):4.
- [4]巫光福万路萍.粒子群算法优化串并联机构路径规划的研究[J].机械科学与技术,2022,41(11):1759-1764.
- [5]马森标,黄正鹏,徐飞,等.一种基于变种 sigmoid 函数和粒子变异的 PSO 改进算法:202210326805[P][2024-11-04].

基金项目:河南省高等学校重点科研项目“基于粒子群优化算法的串并混联串并联机构测量机标定技术研究”,项目编号:24B460019。

基于粒子群算法在串并混联机构多参数优化中的MATLAB实现及改进策略 大家平台

认领

智能阅读

免费下载

职称评审材料

引用

收藏

分享到

作者: 潘爱民 王云亮

机构: 郑州电力职业技术学院,河南郑州451450

摘要: 本文将粒子群优化算法应用于串并混联机构坐标测量机的多参数优化中,在MATLAB环境中实现对其多参数优化并提出了多种改进策略。根据仿真结果,串并混联机构在未端负载、操作空间、动态性能、积累误差、定位精度等方面效果更佳。显著提高了串并混联坐标测量机的动态性能和操作灵活性。该种新颖的优化方式,为新型坐标测量机设计开发提供新的视角。 摘要译文

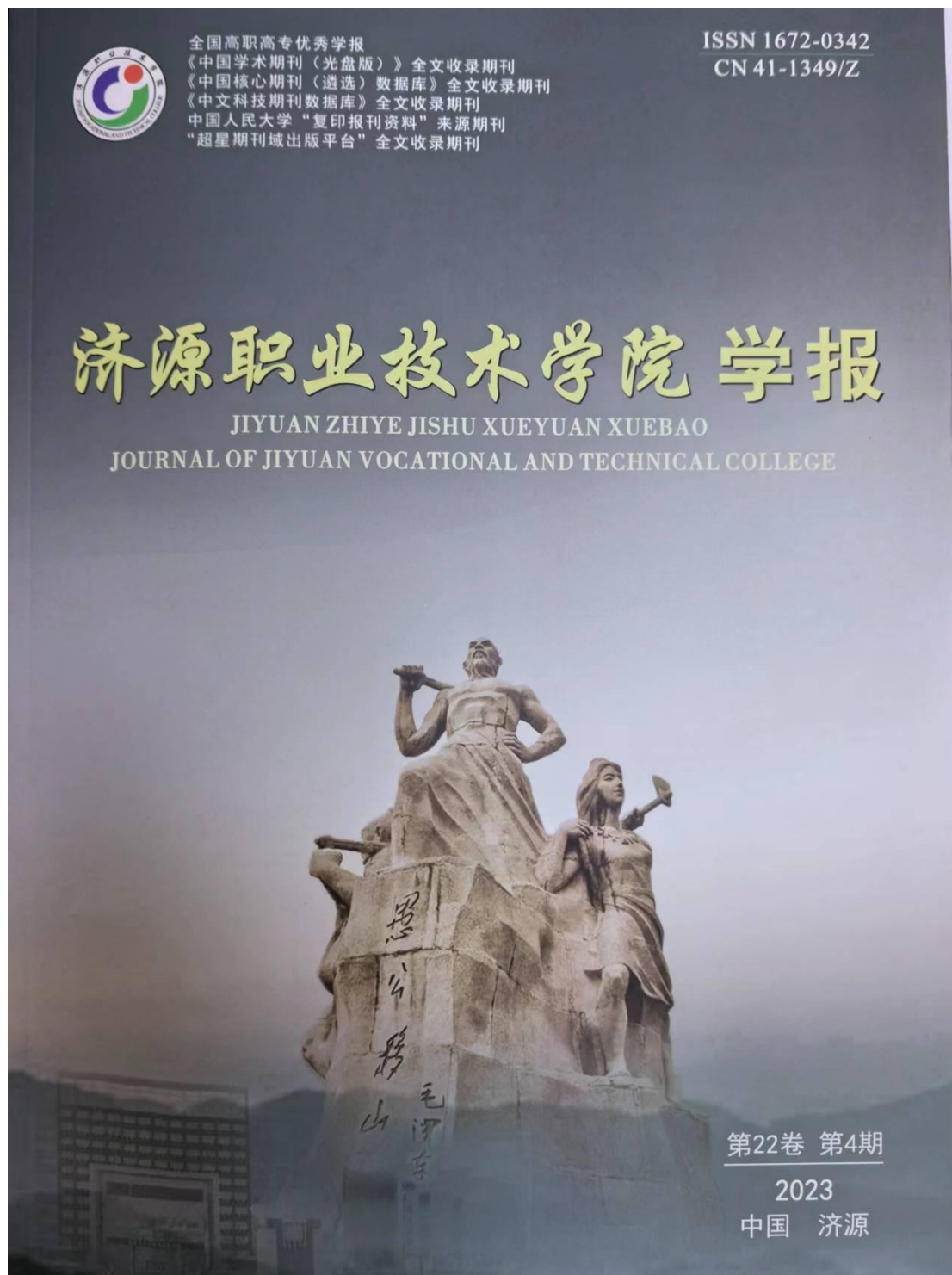
来源: 《中文科技期刊数据库(引文版)工程技术》· 2024年12期 033-037, 共5页

关键词: 粒子群优化算法;串并混联机构;多参数优化;MATLAB

中图分类号: TP18 [人工智能理论]

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目“基于粒子群优化算法的串并混联串并机构测量机标定技术研究”,项目编号:24B460019。

16. 高职教育构建“教学做用创”五位一体人才培养新模式的研究与实践



目次

思想政治·理论探索

- 基于模糊评价法的河南省市域农业循环经济发展水平对比研究 张艳清(1)
- 黄河流域红色基因中的创新元素探究 牛曼冰(7)
- 论马克思主义历史主动精神及其中国化发展 王家瑞(12)
- 《实践论》之于优秀传统文化的创造性转化和创新性发展的价值 张晨昕(17)
- 数字检察背景下逮捕社会危险性量化评估模型的构建 李娟(23)

高职教育·专业建设

- 高职教育构建“教学做用创”五位一体人才培养新模式探索
..... 杜福磊,侯瑞丽,王培义(28)
- 以强化人文素养为导向的全科医学生叙事医学课程模式构建 ... 吕晓龙,严旭,章涵(33)
- 市场营销现代学徒制建设研究
——以J学院为例 卫苗;孙德营(38)

高职教育构建“教学做用创”五位一体 人才培养新模式探索

杜福磊, 侯瑞丽, 王培义

(郑州电力职业技术学院, 河南 郑州 451450)

摘要: 探索并建构“教学做用创”五位一体人才培养新模式是职业教育人才培养需求改革的必然方向,是积极应对就业创业的必由之路,是服务地方产业与经济高质量发展的必然所需。“教学做用创”五个环节总体目标与具体目标都十分明确,构成一个线性递进的闭环路径,深入推进构成内容、人才培养新模式构建,积极实施“三教”改革、产教融合、校企合作、数字化赋能等具体举措,探索总结出全方位人才培养创新体系,取得了明显的成效。

关键词: 职业教育;人才培养新模式;教学做用创;五位一体;创新体系;实施路径

DOI: 10.3969/j.issn.1672-0342.2023.04.006

中图分类号: G718.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-0342(2023)04-0028-05

进入新时代,我国职业教育担负着培养技术技能人才、促进就业创业创新、推动中国制造业和服务经济社会高质量发展的重要时代责任。当前,新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构,职业教育要围绕国家重大战略,紧密对接产业升级和技术变革趋势,优化专业与课程供给,促进职业教育的“专业群”与区域经济发展的“产业群”实现无缝对接。

在长期教学实践中,经过不断探索,我们提出并实施建构了“教学做用创”五位一体人才培养新模式,系统搭建立德树人、德技并修、工学结合的人才培养框架体系,着力培养学生岗位技能、职业发展和创新创业能力,提升学生的职场竞争力、岗位适应力,有效提高了教育教学质量和技术技能人才培养质量,具有一定的探索价值和启示意义。

一、人才培养新模式构建的 理论政策依据和实施的必然性

(一) 职业教育人才培养需求改革的必然方向

2019年1月24日国务院颁发的《国家职业教育改革实施方案》中指出:“落实好立德树人根

本任务,健全德技并修、工学结合的育人机制,完善评价机制,规范人才培养全过程。”2020年9月16日教育部等“九部委”联合颁发了《职业教育提质培优行动计划(2020—2023年)》,部署了我国的职业教育全面实施“提质培优”行动。2021年10月12日中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于推动现代职业教育高质量发展的意见》中明确规定:“职业教育必须坚持立德树人、德技并修;坚持产教融合、校企合作;坚持面向市场、促进就业;坚持面向实践、强化能力;坚持面向人人、因材施教。”2022年新修订的《中华人民共和国职业教育法》以法律形式将“加快构建现代职业教育体系,建设技能型社会,弘扬工匠精神,培养更多高素质技术技能人才、能工巧匠、大国工匠,为全面建设社会主义现代化国家提供有力人才和技能支撑”作为人才培养的目标任务。党的二十大报告中强调:“统筹职业教育、高等教育、继续教育协同创新,推进职普融通、产教融合、科教融汇,优化职业教育类型定位”,“努力培养造就更多大师、战略科学家、一流科技领军人才和创新团队、青年科技人才、卓越工程师、大国工匠、高技能人才”^[1],进一步明确了我国高等教育与

收稿日期:2023-10-26

基金项目:河南省高等教育教学改革研究与实践(高等职业教育类)重点项目(2021SJGLX705)

作者简介:杜福磊(1953—),男,河南罗山人,教授,研究方向为职业教育。

职业教育的未来发展方向。

探索人才培养新模式,旨在积极响应国家人才培养政策导向,力求在推动现代职业教育体制机制改革创新,进一步促进高职教育办学特色的形成,切实提高应用技术技能型人才培养质量、提升学生的实际动手能力和就业创业能力,提升服务地方产业发展和经济社会发展能力。从理论和实践结合上作出对策性研究和探索性实践,与“推动现代职业教育高质量发展”的目标要求是高度一致的。

(二) 积极应对就业创业的必由之路

随着工业4.0时代到来,人工智能席卷全球,国家实施了“中国制造2035”“供给侧结构性改革”“抢占人工智能时代制高点”等系列重大战略。一些简单重复性岗位、工种正在逐渐消失,传统型岗位面临着智能化改造,而新工作岗位又在不断产生,工业、企业“机器换人”已成为时代不可逆转之潮流。产业、企业发展要升级,人的智能也要升级,肩负培养产业大军、高技能人才重任的职业教育更要转型升级,人才培养模式改革是职校学生实现成功就业创业的必由之路。

(三) 服务地方产业与经济必然所需

创新驱动、科教兴国、人才强国战略将在传统产业提质发展中高位嫁接,在战略性新兴产业发展中抢占先机,在未来产业孵化和培育中前瞻布局。职业院校必须围绕区域产业发展办专业、围绕企业需求育英才、围绕地方需要促就业,大力实施适应地方经济社会发展与产业发展所需的高素质技术技能型人才培养战略。

二、构建人才培养新模式的内涵与学理逻辑

(一) “教学做用创”五位一体人才培养新模式的核心要义

1. 总目标要求

“教学做用创”五位一体人才培养新模式构建的总目标是:落实立德树人根本任务,以服务地方经济社会和产业发展为宗旨,以促进就业为导向,以学生能力培养为本位,以“厚德精技”为育人宗旨,紧紧围绕地方经济社会发展和产业发展需求,着力培养学生职业岗位技能和专业创新能力,提升学生职场竞争力、岗位适应力和就业创新创业能力,全方位提高职业教育教学质量和技术技能型人才培养质量,实现“毕业即就业”。

2. “五位一体”的具体目标要求

在教学和人才培养实践中,主要采用分段式组织教学,即前两年以校内学习为主,实现课程教学与实践教学相结合,完成实验—实训—工学结合(跟岗实习);第三年(不少于6个月)以生产性实训为主,完成岗位实习、实训—专业教研—毕业设计等环节。教学过程中,坚持“教学做”一体化,“教”的方法根据“学”的内容,“学”的方法根据“做”(动手能力培养)的要求。专业技能需要怎样做教师便怎样教,需要怎样做学生便怎样学,怎样教和怎样学都以该怎么做为中心。在教学目标、教学内容的设定上,都要与“岗位需求”和“专业技能证书”融为一体,实现课证融通,实施以赛促学、以考促学、以证代考的教学改革^[2]。“用”即应用,将生产性实训(岗位实习、专业教研、毕业设计)与企业生产环节融为一体,强调在企业真实工作环境中完成企业真实工作任务。“创”就是将创新创业教育融入教育教学全过程,以校内实习实训基地和“众创空间”为平台,开展创新创业实践活动,着力培养学生的创新创业能力;实现教室即职场(车间)、上课即上岗、作业即作品(产品)、实习即工作、毕业即就业的职业教育人才培养课堂教学改革目标,实现真正意义上“岗课赛证”综合育人。

(二) “教学做用创”的学理逻辑

“教学做用创”五位一体人才培养新模式是一个线性递进的过程,其实践程度是不断加强的,是一个强有力的闭环路径。其关键是通过老师有针对性的“教”引导学生有效的“学”,通过学生有效的“学”然后再去实践性的“做”;通过“做”加强知识领悟与实践体验在实际岗位中的“用”;在“用”中逐步提升到创新创业的“创”。在这个逻辑链条当中,新模式逐层深入,效用逐层增强,其价值实现是一个“由认识到再认识”的深化过程,是由理论到实践、由实践到认识、由认识再到成功实践的具体提升过程。其逻辑起点是“教”与“学”,逻辑终点是“用”与“创”,中间环节是“做”(即反复实践),这样就构成了“教学做用创”人才培养新模式育人体系构建的核心。其中“教”与“学”是基础,“做”与“用”是关键,“创”是目标和结果。三个部分相互关联,互为前提,全面、系统构成了“教学做用创”五位一体人才培养新模式构建的全链条路径。

三、“教学做用创”人才培养新模式建构的实施路径与具体举措

(一) 创新管理机制, 构建全链条教学管理保障体系

遵循职业教育“类型”定位, 制定“教学做用创”五位一体人才培养新模式相关配套的聚集“建设、运行、保障、评价”为一体的保障体系, 具体包括九个方面: 一是基于产业、专业能力需求和高等职业学校专业教学标准, 全面修订人才培养方案和课程标准, 完善课程体系; 二是基于岗位需求和职业能力(岗位证书)培养需要, 重构所有专业课内容; 三是基于岗位工作过程和生产流程, 组织理论教学和实践教学活动的实施; 四是基于学生实践动手能力和“双创”能力培养需要, 改革课堂教学方法(推进“课堂革命”); 五是基于“教学做用创”人才培养模式改革需要, 建设模拟仿真和一体化生产性实训场所; 六是基于教学能力和教学质量提高需要, 打造专兼结合的“双师型”教师队伍; 七是基于构建新教学模式改革的需要, 多举措促进现代信息化技术、人工智能技术与教育教学改革的深度融合; 八是基于推进1+“X”证书制度, 建立“教学做用创”一体化课程评价体系; 九是基于配套、激励、全面、有效的原则, 构建全链条教学管理质量保障体系等。

(二) 深化“三教”(教师、教材、教法)改革, 推进人才培养新模式建设走深走实(教、学)

1. 打造一支“德技精湛”的教师队伍

一要优化教师整体结构, 制定教学创新团队、骨干教师、“双师型”教师培养和管理制度; 二要发挥学术和专业带头人、骨干教师等优秀教师的传、帮、带作用, 提高他们的教学能力和研究水平, 从而在开展专业建设、课程建设、教材建设、教育教学改革等方面发挥积极作用; 三要制定企业兼职教师管理办法, 增加专业教师中具有企业工作经历的教师比例达到50%以上; 四要安排专业教师到企业顶岗实训、挂职实践, 积累“双师”实际教学经历, 全面提高实践教学能力; 五要适量聘请行业企业的专业人才和能工巧匠到学校担任兼职教师(占全部师资的25%), 营造课堂教学改革新气象; 六要积极组织教师参加包括国家级、省部级等各级各类教师教学能力提升培训, 与大中型企业共建“双师型”教师培养培训基地、教师企业实践流动站等; 七要着力组织开展并积极参加国家

30

级、省部级教学能力竞赛和课程思政课堂教学创新比赛等, 不断加强教师的“厚德精技”能力、专业教学能力、综合育人能力和自主发展能力的培养; 八要不断完善教师考核评价制度, 对“双师型”教师的考核评价要充分体现现代技术技能水平与专业教学能力的有机结合。

2. 建设一批优质精良的规划教材

一要加强教材建设改革研究, 完善教材的编写、审核、选用、使用、更新、评价监管机制, 提高教材的选用质量; 二要立项建设与行业企业共同开发、紧密结合生产实际的校级、省部级校企合作共编教材, 确保优质教材进课堂; 三要倡导使用新型活页式、工作手册式教材并配套开发信息化资源; 四要及时动态更新教材内容, 及时将新理论、新技术、新设备、新工艺等充实进教材内容, 实现“岗课赛证”教学内容的有机融通^[2]。

3. 形成一套精准施教的职教教法

一是教学过程中突出实践性、开放性和职业性, 通过课堂教学、实验实训、岗位实习三个关键环节的改革, 带动专业调整与建设, 引导课程设置、教学内容的改革; 二是着力推广翻转课堂、混合式教学、案例教学、项目化教学、仿真式教学、理实一体化教学等新型教学模式, 推动实施“课堂革命”; 三是每学期组织一次全校性的“中青年教师课堂教学大奖赛”, 每年实施校级“课堂教改”研究项目立项, 在教改实践中总结形成一套精准施教的职业教育成功教法或案例; 四是改革考试考核方法, 着重提高学生综合运用所学知识、解决专业技术实际问题的能力。

(三) 坚持产教融合、校企合作“双元”育人, 在人才培养新模式构建中具体实施“六个对接”“九个共”“七个有”“三业贯通”“四链融通”的教改新举措(做、用)

一是职业教育坚持走“产教融合、校企合作、工学结合”办学之路, 要围绕“双高”建设, 积极探索和实现“六个对接”: 人才培养对接地方经济社会发展需求、专业设置对接地方产业发展需求、专业链构建对接产业链人才链和创新链、学生能力培养对接职业岗位需求、教学过程对接生产研发过程、实验实训内容对接职业岗位标准^[3]。二是真正做实“产教融合、校企合作”育人工作, 要达到“九个共”, 即校企双方实施“专业共建、人才共育、资源共享、教材共编、课程共开、过程共管、责任共担、就业共谋、成果共享”的“九共”协同育人

实践,构建校企合作办学命运共同体,开创新教融合协同育人新格局。三是在举办产教融合、科教融汇、校企合作育人的特色产业学院、学徒制学院、专业联盟建设等方面,要切实达到“七个有”的要求:(1)要有校企合作办学、合作育人的协议;(2)要有校企合作人才培养的基地和牌子;(3)要有校企双方合作制定的人才培养方案;(4)要有学生顶岗实习的专业对口岗位;(5)要有吸纳职业院校毕业生就业的实际成果;(6)要有“双师型”教师培训的过程成果;(7)要有校企合作双方在办学过程中形成的一套完整的“教学做用创”的教改成果资料。四是职业院校要围绕产业办专业,办好专业促就业,贯通“产业、专业、就业”立交桥(三业贯通)。五是以专业学院为主导,与产业学院、众创空间、专业联盟等相协同,为各二级学院搭建校企合作育人宽广的运营平台,打通教育教学与实验实训无缝对接的“最后一公里”。六是精准培养人才,服务产业发展,要融通“产业链、专业链、创新链、人才链”的固有壁垒,着力打造“三业”(产业、专业、就业)贯通、“四链”(产业链、专业链、创新链、人才链)融通的特色产业学院、学徒制学院的育人新模式。

(四)推动“创新创业”教育贯穿人才培养全过程(创)

一是职业院校要将创业意识、创新精神和创业就业能力培养纳入人才培养方案;二是搭建起“双创”理论课程、技能培养、实践训练、众创空间服务“四大平台”;三是通过开展创业讲座、创新成果展、讲好创新创业故事、创新训练营等活动形式,增强学生的创新创业意识;四是通过专业教育、专业实习和岗位实习,打通“双创”能力提升路径,实现学生认知、创意、实践、就业、创业和发展等创新能力的全面提升。五是积极组织开展校级专业技能大赛、创新创业大赛,积极组织参加省级、国家级专业技能大赛、创新创业大赛,检验培养成果,调动学生走“技能成才”“技能报国”之路的积极性。

(五)塑造智慧生态,让数字化、信息化赋能职教高质量人才培养

一是现代职业教育要引入大数据、人工智能等现代教育技术,主动适应和把握现代信息技术飞速发展的新趋势,促进数字技术与教育教学深度融合^[5];二是利用信息技术重塑课堂教学模式,优化教学组织形式和教学过程,强化师生互

动,推动教师利用微课、慕课等多种在线开放课程资源来创新课堂教学;三是持续推进虚拟仿真实验教学体系建设,提升实验教学的信息化、智能化和现代化水平,让数字化、信息化、智能化赋能学校高质量人才培养;四是以智慧平台带动智慧教育,依托国家及省级智慧教育平台,加快学校在线平台建设,推出一批专业教学资源库、在线开放课程等,建成一批虚拟仿真实验教学项目,为学生提供丰富的课程实践与实训案例资源,有效推进人才培养与社会实践、科技创新的有机结合,不断提升应用技术技能型人才培养质量。

(六)构建“教学做用创”人才培养新模式的创新体系

经过近三年的研究与实践探索,在教改中形成了“1个目标、2个突出、3个模块、4个结合、5个提升、6个保障”的“123456”全方位人才培养工作的完备体系建构。

“1个目标”——即全力培养高素质的技术技能型人才,着力打造精工技师的“母校”,能工巧匠、大国工匠的“摇篮”。“2个突出”——即突出地方性专业建设特色,突出提升服务地方经济社会发展与产业发展能力。“3个模块”——即构建与人才培养方案相对应的“基础课互通、专业核心课分设、专业拓展课互选”的专业群人才培养课程体系模块^[6]。“4个结合”——即课内与课外相结合,校内与校外相结合,线上学习与线下学习相结合,教学内容与竞赛、技能证书和岗位技能需求相结合。“5个提升”——即最后达到:提升专业(群)建设质量,提升教师教学能力和水平,提升课堂教学质量,提升学生实践能力和岗位适应能力,提升学生综合素质、创新创业能力的目标要求。“6个保障”——即从教学管理、师资队伍、校内外实验实训基地、教学质量监控、教学信息化数字化赋能、第二课堂实践教学六个方面来切实保障高等职业教育教学质量和应用技术型人才培养质量的真正实现。

(七)人才培养新模式建构与实施的应用成效

2020年,郑州电力职业技术学院的供用电技术专业群入选河南省高等职业“高水平专业群”建设学校。全校建设过程中均深入实施“教学做用创”五位一体教学模式改革实践,学生在各种职业技能大赛、技术比武、就业和升学等方面彰显了人才培养质量的提升。近三年我校在职业技能竞赛活动中获得国家级奖励3项,省级奖励85

项,师生联合获得国家发明专利 17 件。仅 2023 年在参加国家级技能竞赛、省级技能竞赛、互联网+创新创业大赛中,我校就获得了国家级三等奖 1 项、省级一等奖 1 项、二等奖 3 项。专升本考取率显著提升(由过去的 7% 提高到 2023 年的 35%),毕业生对口就业率大幅上升,毕业生就业率三年来都在 96% 以上,实施“1+X”证书学生“双证”获取率达 90% 以上,形成了以赛促学,以赛促教,以赛促创的双向促进提质培优育人机制,涌现出了一批以张亚东、邓安洲、李帅、陈磊、冯洋洋、刘陈洋等为代表的新型高技能人才,获得了“中国大学生自强之星”“就业创业成功人物”“国家技能竞赛获奖者”“河南省最美大学生”等荣誉称号。近三年来,中国教育报网站、省教育厅网站、今日头条、《人民日报》《河南日报》《中央电视台》等新闻媒体先后多次对我校的人才培养成果作了报道。电力工程学院的优秀毕业生邓安洲获得“全国最美一线工人”荣誉称号;机电工程学院优秀毕业生冯洋洋,现任郑州维普斯机械设备有限公司技术研发部部长,设计的卫生自动化包装设备出口多个国家,销量达到亚洲第一;航空机电设备维修专业优秀学生刘陈洋,在校期间就获得发明专利三项。2020 年 6 月,中央电视台新闻直

播间报道了我校机电工程学院农家学子张亚东同学。他在新冠疫情突然爆发、学校实施线上教学期间,在家乡庄稼地和菜地里自己动手设计建造“高铁之路”的机电实验项目(高铁在庄稼地蜿蜒穿梭而行、穿越自建的铁路、隧道、桥梁之间运行自如,自报站名),在他的家乡引起强烈反响。事实说明了“教学做用创”五位一体人才培养新模式的建构与实施应用确能取得显著效果。

参考文献:

- [1] 习近平:高举中国特色社会主义伟大旗帜,为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗:在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [N]. 人民日报,2022-10-16(1).
- [2] 周香. 高职机械类专业“岗课赛证”融合育人的人才培养模式构建 [J]. 才智,2021(12):146-149.
- [3] 肖万娟,王万春,朱丽,等. 基于产教融合的高职工程造价专业“1236”人才培养模式的构建与实践 [J]. 教育观察,2022,11(1):78-82.
- [4] 刘伟斌.“分类分层”精准育人视角下高职院校创新创业人才培养模式的构建与实践研究 [J]. 湖北开放职业学院学报,2021,34(12):3-7.

[责任编辑 任联齐]

Research and Practice on Constructing a New Five – in – One Talent Training Model of “Teaching, Learning, Doing, Using, and Innovating” in Higher Vocational Education

DU Fulei, HOU Ruili, WANG Peiyi

(Zhengzhou Electric Power Technology College, Zhengzhou 451450, Henan)

Abstract: To explore and construct a new five – in – one talent training model of “teaching, learning, doing, using and innovating” is the inevitable direction of the reform of vocational education talent training needs, the only way to actively cope with employment and entrepreneurship, and the inevitable need to serve local industry and economic development. The overall goals and specific goals of the five links of “teaching, learning, doing, using and innovating” are very clear, forming a linear and progressive closed – loop path, further promoting the composition content and the construction of a new model of talent training, actively implementing specific measures such as the “three education” reform, the integration of production and education, school – enterprise cooperation, and digital enabling, and exploring and summarizing the all – round talent training and innovation system. Remarkable results have been achieved.

Key words: vocational education; new mode of talent training “teaching, learning, doing, using and innovating”; Five – in – One; innovation system; implementation path