

矿物加工工程智能化人才教育初探*

李龙江^{1, 2, 3} 沈智慧^{1, 2, 3} 李先海^{1, 2, 3} 程伟^{1, 2, 3}

(1. 贵州大学矿业学院 贵州贵阳 550025; 2. 贵州非金属矿产资源综合利用重点实验室 贵州贵阳 550025; 3. 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室 贵州贵阳 550025)

摘要: 在国务院《新一代人工智能发展规划》和《高等学校人工智能创新行动计划》的引领下, 矿物加工工程专业的智能化人才培养迎来了发展契机。本研究调研矿物加工工程专业智能化人才培养现状, 从智能化培养的国内国际环境、矿物加工工程专业的智能化需求方向、硬件建设情况、软件建设情况、培养体系情况、课程设置情况、师资队伍情况、教学与科学研究情况进行了现状总结, 并指出未来的发展方向。

关键词: 专业建设 国家一流专业 智能化 智慧化 金课

中图分类号: G642.0 **文献标识码:** A

DOI: 10.12218/j.issn.2095-4743.2022.52.122

一、概述

国务院《新一代人工智能发展规划》明确指出, 人工智能在移动互联网、大数据、超级计算、传感网、脑科学等新理论新技术以及经济社会发展强烈需求的共同驱动下,^[1]人工智能加速发展, 呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新特征。^[2]人工智能已经成为国际竞争的新焦点、经济发展的新引擎。^[3]《高等学校人工智能创新行动计划》也明确指出, 面对新一代人工智能发展的机遇, 高校要进一步强化基础研究、学科发展和人才培养方面的优势, 进一步加强应用基础研究和共性关键技术突破, 不断推动人工智能与实体经济深度融合、为经济发展培育新动能, 不断推动人工智能与人民需求深度融合、为改善民生提供新途径, 不断推动人工智能与教育深度融合、为教育变革提供新方式, 从而引领我国人工智能领域科技创新、人才培养和技术应用示范, 带动我国人工智能总体实力的提升。^[4, 5]

在国务院《新一代人工智能发展规划》和《高等学校人工智能创新行动计划》的引领下, 矿物加工工程专业的智能化人才培养迎来了发展契机。矿物加工是根据矿石中的物理化学差异, 通过碎矿、磨矿、筛分等准备作业后, 通过重选、浮选、磁选、电选、化学选矿以及浸出等方法, 将有用矿物与脉石矿物分离, 并使各种共生(伴生)的有用矿物尽可能相互分离, 除去或降低有害杂质, 以获得冶炼或其他工业所需原料的过程。^[6]矿物加工生产过程由一系列连续的作业所组

成, 包括准备作业、选别作业^[7]、产品处理作业。现代工厂高品质产品对矿物原料的要求越来越高, 而原矿由于开采年限增加, “贫、细、杂”现象严重, 直接应用往往不达标, 而原矿通过选矿加工后则可以满足要求。从矿山自动化到数字矿山, 再到如今的智慧矿山, 数字经济化时代, 有关未来矿山建设与实现方式的概念不断被刷新。^[8]矿业领域转型升级的主要途径是大数据、人工智能、云计算、移动互联网等现代信息技术的应用, 智慧矿山、智能勘探、矿业物联网、智慧选矿等的出现正引领传统矿业加速向绿色、安全、智能、高效方向发展。矿物加工过程智能化, 主要是通过对工艺过程进行检测, 取得定量的结果和数学上的表征的参数数据, 同时通过适当的控制算法, 将目标参数控制在给定值范围内, 或者自动跟踪矿石性质、设备状态等变化, 最大限度提高设备的运行效率, 合理回收有用矿物和稳定产品的质量。矿物加工过程自动化的内容既决定于选矿方法, 也决定于选矿工艺流程, 重选厂、浮选厂和磁选厂的工艺过程不同, 其可测控参数也是有差异的, 但最主要的控制项目则是共同的, 如必须对原料及产品质量、料位及液位、产品粒度、矿浆浓度、矿浆流量、矿浆流速、原料及产品的品位等进行检测与控制等。^[9]

二、矿物加工工程智能化人才教育需求

矿物加工智能化技术是一种运用控制理论、仪器仪表、计算机和其他信息技术, 对矿物加工生产过程实现检测、控

*基金项目: 2019年贵州省本科教学工程项目“在工程教育背景下《选矿自动化》课程模式改革研究与实践”(编号: 2019013); 贵州大学矿物加工工程国家级一流本科专业建设项目; 2018年教育部首批“新工科”研究与实践项目“矿物加工工程专业工程教育信息化的探索与实践”。

制、优化、调度、管理和决策,达到增加产量、提高质量、降低消耗、确保安全等目的综合性技术。^[10]矿物加工自动化主要包括自动化软件、硬件和系统三大部分。矿物加工自动化技术作为现代矿业生产领域中最重要技术之一,主要解决生产效率与一致性问题。近年来,矿物加工自动化技术有了很大的发展,正在向智能化、网络化和集成化方向发展。我国矿物加工自动化的发展道路,经历了在引进成套设备的同时进行消化吸收,然后进行二次开发和应用。矿物加工自动化与其他工业自动化系统一样本身并不直接创造效益,但它对企业生产过程技术有明显的提升作用。矿物加工过程自动化的发展与整体工业自动化发展是基本同步的,主要呈现以工业 PC 为基础的低成本过程控制将成为主流;PLC 在向微型化、网络化、PC 化和开放性方向发展;面向测控管一体化设计的 DCS 系统;控制系统正在向现场总线(FCS)方向发展;仪器仪表技术在向数字化、智能化、网络化、微型化方向发展;工业控制网络将向有线和无线相结合方向发展;图像和视频处理工具及图像分析的优化整合和摄像系统的自动化工具,如过程控制、监督体系等,将有助于改善图像和视频的解决方案;矿物加工控制软件向先进控制方向发展。为了迎合矿物加工智能化发展,矿物加工工程专业人才培养需求为:在国家一流专业矿物加工工程、新工科建设、国家工程教育认证的“以学生为中心,以产业为导向”的专业技术应用和人才培养的角度,必须了解机械、力学、电工、化工等相关学科的一般原理和方法;必须掌握计算机、通信、电子等关联学科的基本原理、方法以及相应的实验仪器和设备的使用技能;掌握控制系统分析和综合(设计)等专业知识和方法;掌握系统仿真、科学计算、软硬件开发等科学实验方法利用技术;掌握矿物加工工艺和设备方面的基础知识;具有辩证的、逻辑的、形象的和创造性的科学思维方式和对事物进行统计、分析、综合、归纳的技能,并形成较强的发现问题、分析问题和解决问题能力。本研究调研矿物加工工程专业智能化人才培养现状,从智能化培养的国内国际环境、矿物加工工程专业的智能化需求方向、硬件建设情况、软件建设情况、培养体系情况、课程设置情况、师资队伍情况、教学与科学研究情况进行了现状总结,并指出未来的发展方向。

三、矿物加工工程智能化人才培养现状

相对国际国内智能化人才培养方式,我国高等教育人才在矿物加工工程的智能化人才培养还处于起步阶段。

在选矿厂技术需求方面,各个选矿厂根据选矿工艺的不同,其技术需求也不同,由于自动化技术的推动和发展,目

前选矿厂的各个工艺过程都有智能化元素,每台机器基本都设计有计算机控制或者智能化方案,都设置有人机交互装置。选矿厂的参数控制大多都是基于 PLC 可编程控制系统和单片机控制系统。目前在机电一体化、数据融合,大数据分析、人机交互界面设计、诊断智能化、算法控制上急需大量人才。典型的智能化选矿厂,由相关的科研院所提供成套设备和控制体系,前期运用都很好,但是运行时间不长,故障率多。主要原因有两个:一是因为选矿厂环境比较复杂,属于大滞后、大噪音、大振动、大灰尘、大湿度环境,选矿厂智能化产品在设计时考虑环境因素较少,很多传感终端、接头终端以及线路、焊接点等容易损坏;二是人才的问题,选矿厂一般都有机电维护车间,由于环境因素和新职待遇问题,选矿自动化人才引进困难,其人员为矿山机电专业或者是机械自动化专业人才,或者是矿物加工工程懂机电的工作人员,主要特点是懂自动化的人员不懂专业,懂专业的人才又不懂自动化,存在“不专业”的现象,最重要的是,人才的需求和供给不对等,厂矿在矿物加工工程专业招聘不到既懂机电控制,又懂专业的矿物加工高素质人才。在设备安装和调试过程,通常都是国内大院大所进行整体机电设计,但是在运行和维护过程中,现场工作人员由于没有参与设计和进行专套系统的系统性培训,导致诊断、操作和维护相当困难。加之一般选矿厂都远离城市,对一些元器件购买困难,往往系统出现问题,都往原中标单位报修,导致维护时间延长,维护费用增加。

在科研院所方面,目前国内外专门针对矿物加工智能化,建有很多开发平台和研发团队,21 世纪初,澳大利亚 CSIRO 机构开发磨机负荷在线分析系统对半自磨机磨机表面振动进行检测,优化磨机的操作参数。德国 SYMPATEC GmbH 生产的 OPUS 在线超声衰减粒度仪为先进的粒度分析仪器代表。南非的 MINTEK 公司开发了磨机排矿浓度预估器和旋流器溢流矿浆粒度预估器,芬兰 OUTOTEC 公司的图像处理技术结合在线 X 射线荧光分析仪得到的分析金属含量数据等,^[11]矿冶科技集团有限公司(原中国北京矿冶研究总院)的 BPSM 矿浆在线粒度分析仪、BOXA 型载流 X 荧光品位分析仪、半自磨机球磨机负荷监测技术、浮选泡沫图像分析仪是典型的先进代表。另外,中国最有竞争力的自动控制类研究所包括中国科学院自动化研究所等 30 家,立足智能技术,聚焦复杂信息的智能计算、复杂系统的智能控制、集成化智能系统三个重要方向,形成基础研究、应用开发与高技术产业化“三位一体”,相互支持、相互补充的格局。^[11]对于选矿自动化研究

所而言,除了矿冶科技集团有限公司以外,还有长沙矿冶研究院、西北矿冶研究院、昆明冶金研究院、东大矿冶研究院、北京有色金属研究总院、广州有色金属研究院、中国冶金建设集团公司等都成立了选矿自动化所,为选矿智能化贡献力量,这些科研机构的人才需求量比较大,对招聘专业人员和跨专业聘用人才,质量要求都比较高,需要精通技术和精通管理的高层次人才,各大院所都有工学博士或者博士点,或者和高校合作联合培养高端人才,自我培养和消化,培养出来的人才有很高的综合素质,在管理和技术创新方面都能够胜任工作。

在高校培养方案制订方面,培养方案是人才培养的顶层设计,国外有20余所知名高校有矿物加工工程专业,比如维吉尼亚工业学院采矿与矿物加工系、哥伦比亚大学地球与环境工程系、多伦多大学矿物工程系、科罗拉多矿业学院矿业工程系、密歇根工业大学矿业与材料加工工程系等,帝国理工大学地球科学与工程系、犹他大学冶金工程系等。国内有40余所高校有矿物加工工程专业,知名高校有中南大学、中国矿业大学、中国矿业大学(北京)、东北大学、武汉理工大学、昆明理工大学、贵州大学等。这些国内外高校的培养方案都设置有自动化类课程,在设置课程体系中,从时间先后主要有《电工学》《计算机编程语言》《选矿厂数学模型》《计算机在选矿过程中应用》《选矿厂辅助设备与维修》《选矿自动化》或《矿物加工自动化》《矿物加工测试技术》等,学分多为4-6个,在国家本科培养标准、新工科建设、国际工程教育认证的引领和指导下,把《选矿自动化》列为专业核心课程,这些课程的开设,在授课内容,授课学分以及达到怎么样的效果、有何毕业要求等,都没有统一的标准,各个学校根据学校的目标定位进行调整,对于智能化课程的开设目前还处于起步阶段,比如《智能控制》《神经网络算法控制》等课程。对于矿物加工工程专业来说,自动化类课程属于控制类课程,从整个培养体系来看,基础很少或者是零基础,如何重塑教学内容,深化教学改革,让培养方案顶层设计适用于矿物加工智能化人才的培养,是一个迫在眉睫需要解决的问题。

在实验室建设和实习实训方面,很多科研院所建立了前沿的软件硬件实验场所,在硬件建设上,有单片机系列体系、PLC可编程控制体系、图像识别等机器视觉体系、物联传感终端体系、远程监控和控制体系、传感器体系等,在软件方面建有信息传输、图像识别、监测监控、大数据分析、人机交互可视化、数字孪生、虚拟仪器及软测量技术等。并建有

电路板制作、焊接平台、雕刻平台和过塑履模平台等,国内外高校有专门自动化实验室的比较少,大多数实验室都是为了迎合科研的需要,由老师通过科研经费建立起简单参数控制的实验室,有些高校引入的自动化实验设备脱离了矿物加工这一专业属性,建成了很专业的自动化专业实验室,没有考虑到选矿厂实际的参数控制,实验室的实验项目不成体系,没有相关建设标准。

在师资队伍方面,自动化人才师资,目前企业培养人才模式都是基于“师傅带徒弟”的传帮带模式,科研院所由于环境条件的优越性,能够引入自动化领域的高级专门人才,通过企业培养和专业熏陶后,能够把自动化知识和专业知识相融合,运用自动化智能化相关知识,解决矿物加工复杂的工程问题。但是大学相关选矿自动化的师资,引入困难,很多老师都是“兼职模式”,自动化的高级专门人才宁愿在各大高校的自动化专业任教,但是却不愿意来矿物加工工程专业任教,认为不懂专业,导致很多高校开设“选矿自动化”课程,必须从别的系去聘请,从而导致老师懂控制而不懂专业,不能很好胜任自动化课程教学。

在教材建设方面,选矿自动化方面的教材建设目前还处于起步阶段,主要教材有化学工业出版社出版的《选矿过程自动化》、贵州大学出版社出版的《矿物加工自动化》、化学工业出版社出版的《矿物加工测试技术》(矿物加工工程卓越工程师培养应用型本科规划教材)、中国矿业大学出版社出版的《选煤厂电气设备与自动化》、中国矿业大学出版社出版的《矿物加工电气设备及自动化》、冶金工业出版社出版的《矿物加工过程检测与控制技术》。这些图书的出版,丰富了矿物加工工程专业选矿自动化课程的教材选择。在教材内容和章节安排上,主要有四条主线:一是基于经典控制理论和现代控制理论为主线,强调自动化控制原理基础,包括经典的三大控制理论;二是基于大型仪器测试为主线,介绍经典现代仪器检测手段与方法,比如XRD测试、XRF测试、红外光谱测试、X射线光电子能谱测试、飞行质谱仪测试、原子力显微镜测试、CT测试等;三是基于以选矿过程控制参数测试为主线,主要介绍选矿过程(作业准备、碎矿、磨矿、分级、选别、浓缩、干燥)的参数控制;四是基于选矿参数为主线,介绍温度、压力、粒度、浓度、流量、品位等的自动控制方法。对于当代先进控制理论,智能控制,特别是大数据融合、数字孪生技术、区块链、数据库、专家系统、无线传输控制、智能算法控制等与矿物加工过程相融合,还没有形成完整体系融入课程教学,尚处于起始阶段。

在专业课程融合方面,目前,矿物加工工程专业的各门课程都有机电类、设备类的课程内容,由于受到专有知识限制,选矿自动化知识还没有完全融合到各个专业知识模块体系当中。比如《选矿厂设计》课程,在进行设备选型设计过程中,牵涉到的电路设计、自动控制系统设计等方面,前沿自动化系统设计不进来。再比如专业核心课程《选矿学》,授课过程的机电一体化及自动化控制部分也很少进入授课内容体系。

在学术交流及协会方面,目前推动选矿自动化方向发展的学术交流会议主要由中国矿业联合会、中国有色金属协会等发起的全国选矿设备及控制技术学术会议,每5年举办一次,目前已经举办了8届,是国内规格高、影响大、专业性强的品牌学术会议,主要参与企业有大型矿业企业、专业设备制造商、控制技术开发企业、主要科研设计单位和高等院校,通过齐聚世界智能化人才进行学术探讨和交流,会议的推动和开展为矿物加工智能化学科前沿指明了方向。

四、矿物加工工程智能化人才教育初探

作为矿物加工工程专业智能化人才教育的主阵地,高校的矿物加工工程专业该如何做,才能顺应时代智能化人才需求的发展?

首先调研企业需求和科研院所需求,找准学科前沿,聚焦前沿热点。以应用为基础,以学生为中心,以成果为导向,重新构建专业培养体系、优化培养方案、重塑课程教学内容、改革教学方法,让学生所学知识能够运用到选矿厂实际,能够适应国家一流专业发展以及达到国际工程教育认证的标准要求,能够在智能化控制领域,解决矿物加工复杂的工程问题。

其次应该夯实基础,在学科大类选修、专业选修、个性化选修模块应该增加《选矿数学模型》《单片机控制》《PLC可编程控制》等课程,把《选矿自动化》设为专业核心必修课程,并增加相应的学时和学分,建议学时为64学时以上,学分设置为4—5个学分,增加实验学时,实验学时建议为20学时。重塑教学内容,引入课程思政,课程教学内容设置体系,分为6个模块知识体系,包括测控内容和发展趋势、基本模块的使用、基本参数传感器的使用、实验平台的使用、软件入门与使用(基本单片机软件、PLC可编程控制器软件等)以及智能控制方法等。

再次是构建开放的授课和实验平台,在授课过程中,应当实现线上线下的混合模式平台授课,构建授课小车,主要功能为课上演示,装备有计算机、各种自动化模块(包括单

片机、可编程控制器、触摸屏、按钮、接触器、继电器、变频器等),并设置有相应的电路及接口,能够快速地拔插更换。计算机装有各种控制软件和电路图控制软件。实验平台应该购置多台套实验平台,购置相应矿物加工过程参数检测的传感器(温度、流量、液位、物位、声音、pH等),购置电路板制作、线路焊接等机器,并配套控制系统工具箱。

最后,整合师资资源,引入企业自动化师资和自动化专业的高级专门人才。高校一定要和企业合作,和科研院所合作,通过科研促进教学、科研发展教学、教学促进科研的模式,外聘企业导师和科研院所导师,和高校老师组成专家授课团队。并整合教材资源,引入前沿科技、结合当代自动化的研究应用成果,与矿物加工工程培养目标体系深度融合,建立矿物加工智能化毕业要求及本科生、研究生培养标准。

参考文献

- [1] 刘鹏. 试论人工智能在教学中的运用[J]. 新西部, 2017(1): 66.
- [2] 陈丝宇, 李华. 人工智能时代下畜牧业人才培养模式的初步思考[J]. 科技风, 2022(4): 78.
- [3] 国务院. 关于印发《新一代人工智能发展规划》的通知[OL]. 国发〔2017〕35号, 2017. 07. 20.
- [4] 教育部. 关于印发《高等学校人工智能创新行动计划》的通知[OL]. 教技〔2018〕3号, 2018. 04. 02.
- [5] 吴晓冰. 人工智能技术推动高校人才培养模式改革研究[J]. 无线互联科技, 2019(6): 89.
- [6] 王静. 矿物加工工程技术发展和研究[J]. 中国金属通报, 2020(12): 6-7.
- [7] 朱云生, 侯实. 以工艺流程为核心的工业遗产调查和研究方法——以个旧选矿厂为例[J]. 中国文化遗产, 2022(2): 11.
- [8] 汤化明, 王玲. 人工智能在矿物加工技术中的应用与发展[J]. 金属矿山, 2022(02): 1-9.
- [9] 黄宋魏, 李龙江. 矿物加工自动化[M]. 化学工业出版社, 2017.
- [10] 齐超. 基于CPS的数据采集系统的设计与实现[J]. 复旦大学硕士学位论文, 2010(5): 99.
- [11] 张涛. 矿业新形势下选矿自动化技术应用及建议[J]. 世界有色金属, 2018(14): 21-22.

作者简介

李龙江(1979—),男,汉族,籍贯:贵州毕节,博士,副教授,主要从事矿物加工工程专业自动化教学和科研工作。