环境与资源
2024 年 12 月第 6 卷第 4 期

人工智能赋能智能采矿课程体系构建与实践

胡　晔[1]　高巧琴[1]　杜一平[1]　李　辉[2]

1．吕梁学院数学与人工智能系，吕梁；
2．吕梁学院资源与机械工程系，吕梁

摘　要 | 本文探讨了智能采矿专业教育的重要性，并提出了适应新时代需求的智能采矿专业课程体系建构方案。文章回顾了智能矿山技术的国际发展，分析了中国在智能矿山建设方面的进展，并针对当前教学课程体系所面临的挑战，本文提出了涵盖基础知识教育、科研培养和创新教育的课程体系构建方案。此外，文章还讨论了人工智能技术在智能矿山中的应用，特别是在煤层气气液两相流动模拟方面的实践，以及机器人学科竞赛在培养智能采矿领域专业人才中的关键作用。

关键词 | 人工智能；智能矿山；课程体系；机器人竞赛

基金项目：山西省高等学校省级教学改革创新项目（J20241425，J20241426，J20241428）；山西省高等学校指令性教学改革创新项目（Z20240046）；山西省高等学校校级教学改革创新项目（XJKCSZ202206）。
通讯作者：胡晔，吕梁学院副教授，研究方向：智能计算。
文章引用：胡晔，高巧琴，杜一平，等．人工智能赋能智能采矿课程体系构建与实践［J］．环境与资源，2024，6（4）：110–120.
https://doi.org/10.35534/er.0604010

1 引言

随着科技的飞速发展，人工智能（AI）技术已成为推动社会进步和产业变革的重要力量。特别是在传统行业，例如矿业，人工智能的应用不仅提升了作业效率，还极大地增强了安全性和可持续性。智能采矿，作为矿业与人工智能技术深度融合的新领域，正逐渐成为全球矿业发展的趋势。在此背景下，智能采矿专业的教育和人才培养显得尤为重要，而构建一个适应新时代需求的智能采矿专业课程体系，则是实现这一目标的关键。

智能矿山（Intelligent Mine）作为矿业领域的一项革命性技术，在全球范围内正迅速发展。芬兰在1992年首次提出智能矿山计划[1]，随后“智能化矿山”或“无人化矿山”发展规划由瑞典、澳大利亚等国家先后实施[2-6]。目前全球大型生产企业正在进入工业4.0时代，这表明矿业的发展前景是向智能控制系统过渡，其中包括设计、运营矿山工程系统，以及对这些系统的状态监控中人类角色的改变[7]。Komatsu公司已经设计了一套远程预测和状态监控系统，该系统能够将铲斗发动机操作参数的日常统计数据发送给远程操作员，这些参数包括压力、燃料消耗、温度和发动机转速[7]。这表明智能矿山技术正在全球范围内得到发展和应用。

中国在智能矿山建设方面也取得了显著进展，在“互联网+人工智能+煤矿开采”开采模式进行了大量的研究和实践[8]。国家政策密集出台，加速引导矿山行业的智能化发展。2020年3月，由国家发展改革委、能源局等8部委联合印发了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，提出到2025年，大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，形成煤矿智能化建设技术规范与标准体系。截至2026年，中国致力于构建一套全面的矿山智能化标准体系，以促进矿山数据的整合与流通。目标是实现对矿山环境的智能监测、系统的自动协调，以及对重大灾害风险的智能预警。此外，计划使全国煤矿的智能化生产能力至少达到60%。

在全球范围内，智能矿山的建设正如火如荼地进行，各国政府与企业正加大对相关技术的投资，旨在提升矿山的安全性、效率及可持续性，推动全球矿

https://doi.org/10.35534/er.0604010

业的转型升级。尽管智能采矿的设想及基于数字矿山概念的课程研究已有所发展，但当前的智能采矿教学课程体系仍面临显著挑战[9]。一方面，该体系存在重理论轻实践的问题，实践教学缺乏系统性和针对性；另一方面，课程内容繁多且杂乱，教师实战经验不足，且部分课程内容未能紧跟产业发展趋势和技术创新步伐，导致学生在毕业后难以适应市场需求，制约了应用型本科院校的发展。

针对上述问题，智能采矿专业课程体系的构建显得尤为重要。该体系的构建旨在培养学生掌握人工智能技术在矿业领域的应用能力，涵盖智能感知、数据分析、自动化控制及决策支持等多个方面，以提升矿产资源开采效率、降低成本、保障作业安全及推动环境可持续发展。为实现这一目标，课程体系需考虑多学科交叉融合，涵盖传统矿业知识与计算机科学、数据分析、机器学习等人工智能领域，并注重理论与实践的结合，通过实验、实习、项目研究等方式提升学生的实际操作能力和创新思维。同时，为确保课程内容与行业需求对接，应加强教育者、行业专家和政策制定者的合作，以持续提升教育质量，为矿业转型升级贡献力量，为未来矿业人才培养奠定坚实基础。

2　课程体系构建

随着“互联网+人工智能+煤矿开采”模式的广泛应用，智能矿山专业教育应运而生，旨在培养能够适应未来矿业智能化、自动化、信息化发展需求的新型专业人才。这一教育模式特别强调课程体系的构建，既包含传统采矿学科的核心知识，又整合了人工智能、大数据、机器学习等新兴技术，以培养学生的技术应用能力。课程设计注重理论与实践相结合，通过实验、实习、项目研究等多样化教学方法，增强学生的实践操作能力和创新思维。智能矿山专业课程体系通过整合基础知识教育、科研培养和创新教育三个核心部分，致力于培养具有扎实理论基础、强烈科研意识和卓越创新能力的复合型人才，以适应智能矿山领域未来的发展需求。

2.1 基础知识教育

基础知识教育是构建专业课程体系的基石，包括公共基础课程、学科基础课程和学科核心课程。公共基础课程包括思想政治、高等数学、线性代数、大学体育和大学英语，旨在培养学生的综合素质和国际视野。学科基础课程涵盖工程制图、电路原理、工程力学、数字电子基础和自动控制基础，为学生奠定扎实的工程科学基础。学科核心课程深入探讨机器学习、传感器基础、嵌入式系统、微机原理和工业机器人系统，为智能矿山领域的专业技能培养提供核心支撑。

2.2 科研培养

科研培养部分着重于提升学生的科研能力和学术素养。通过科技论文写作课程培养学生的科研论文写作技巧，包括文献综述、实验设计和结果分析。定期举办的科普讲座拓宽学生的知识视野，激发科研兴趣。鼓励学生参与国内外学术交流，促进国际视野的拓展和学术交流。同时，强调学术道德，培养学生的学术责任感。

2.3 创新教育

创新教育部分致力于培养学生的创新思维和实践技能。通过参与创业大赛和各类学科竞赛，激发学生的创新思维和团队合作能力，提高解决实际问题的能力。金工实习和电子工艺实习让学生掌握基本的机械加工和电子装配调试技能，增强实践操作能力。与企业合作的企业实践为学生提供实际工作环境中的实习机会。机器人实践课程让学生掌握机器人编程和操作技能，进一步强化创新实践能力，具体课程体系如图1所示。

https://doi.org/10.35534/er.0604010

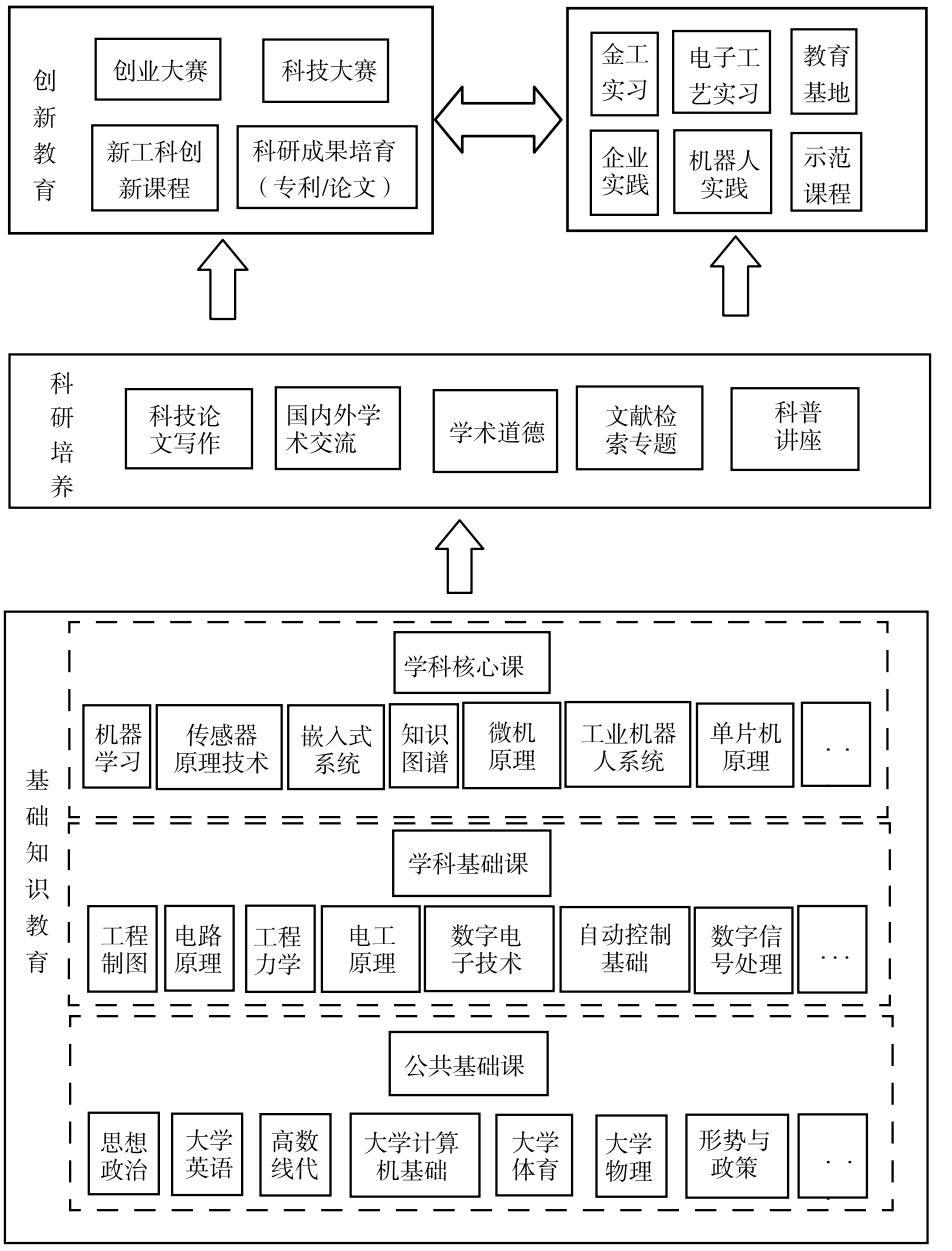

图 1　课程体系

Figure 1　Curriculum system

3　人工智能技术实践

智能矿山的蓬勃发展，预示着矿业生产正步入一个高效、安全、可持续的

全新阶段。这一转变的核心在于人工智能技术的深度应用，它不仅要求我们在基础理论层面对矿山管理进行革新，通过强大的数据分析与决策支持为矿山运营提供科学依据；更需要在任务实践层面，将人工智能技术转化为实际生产力，通过一系列创新性的应用实践，切实提升矿山的运营效率与安全保障。因此，深入探索人工智能技术在智能矿山中的基础理论实践，以及这些理论如何指导并转化为具体的任务实践，对于推动矿业未来发展具有至关重要的意义。

3.1 基础理论实践

在流体力学中，段塞流气泡过障碍的现象指的是气泡在液体中以段塞形式移动，并在遇到障碍物时发生的行为变化，如分裂、合并或路径偏转。这一现象对于理解多相流动力学至关重要。此现象对于深化多相流动力学机制的认知具有重要意义。为了增进对这一复杂过程的理解，建议学生利用MATLAB软件平台开展数值模拟实验，以此作为探究工具。通过建立数学模型，设定边界和初始条件，利用MATLAB的数值求解器对流体动力学方程进行求解，模拟气泡在液体中的行为。仿真结果的分析和可视化将帮助学生观察气泡与障碍物相互作用的细节，理解流体流动的复杂性。通过改变参数进行敏感性分析，学生能够进一步掌握影响气泡行为的关键因素，从而在理论和实践之间架起桥梁，增强对流体力学基础理论的认识和应用能力。

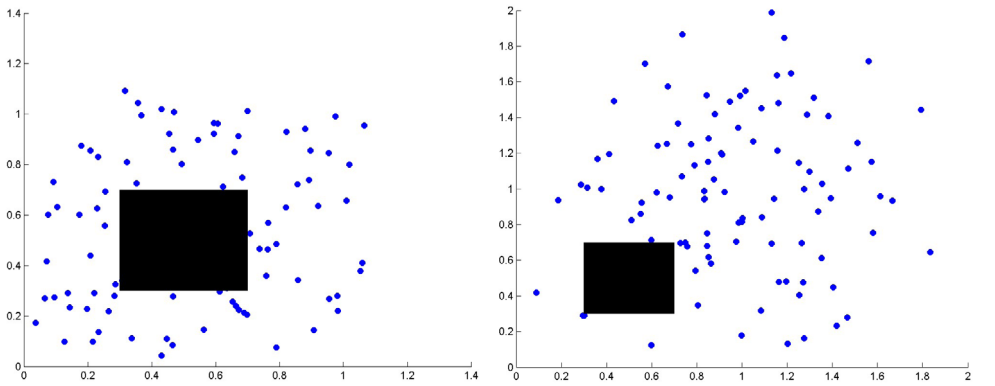

图 2 气泡穿越障碍的仿真图像

Figure 2 Bubble simulation image of crossing obstacles

https://doi.org/10.35534/er.0604010

3.2 煤层气气液两相任务驱动实践

在煤层气开采中，气液两相流动是一个关键问题，尤其是在考虑煤层气的提取和输送过程中。结合Cahn–Hilliard方程，具体如下：

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = \epsilon^2 \nabla^2 \phi - \kappa \phi(\phi - 1)(\phi - 0.5) \quad (1)$$

这里 $\epsilon^2 \nabla^2 \phi$ 表示扩散项，其中 ϵ 是界面宽度参数。$-\kappa \phi(\phi - 1)(\phi - 0.5)$ 表示非线性项，其中 κ 是一个常数，控制相分离的动力学。据此设计任务驱动的实践，以加深学生对煤层气气液两相流动的理解和应用，具体实践任务的描述如下。

3.2.1 模拟气液两相流动

使用MATLAB模拟煤层气中的气液两相流动，观察不同参数（如界面宽度 ϵ 和迁移率 κ 对流动行为的影响。设置初始条件，如气液两相的初始分布。调整参数 ϵ 和 κ，观察不同参数下气液界面的演变。使用可视化工具展示气液界面随时间的变化。

3.2.2 参数敏感性分析

分析不同参数对气液两相流动行为的影响，特别是界面宽度 ϵ 和迁移率 κ。设定一系列不同的 ϵ 和 κ 值。对每个参数组合进行模拟，记录气液界面的演变。分析参数变化对流动模式和界面稳定性的影响。

3.2.3 实际应用模拟

模拟特定煤层气开采条件下的气液两相流动，如不同压力和温度条件下的流动。根据实际煤层气开采条件设定参数。模拟在特定压力和温度条件下的气液两相流动。分析不同条件下的流动特性和界面行为。

3.2.4 优化开采策略

基于模拟结果，提出优化煤层气开采策略的建议。分析不同开采条件下气液两相流动的效率和安全性。提出改进措施，如调整开采参数或采用新的开采技术。评估优化措施对提高煤层气开采效率的潜在影响。

3.2.5 结果验证与实验对比

将模拟结果与实验数据进行对比，验证模型的准确性和实用性。收集或获

取实际煤层气开采的实验数据。将模拟结果与实验数据进行对比分析。根据对比结果调整模型参数，提高模型的预测准确性。通过对模型实践仿真，学生不仅能够深入理解煤层气气液两相流动的物理过程，还能学习如何将理论知识应用于实际问题的解决中，提高解决实际工程问题的能力。

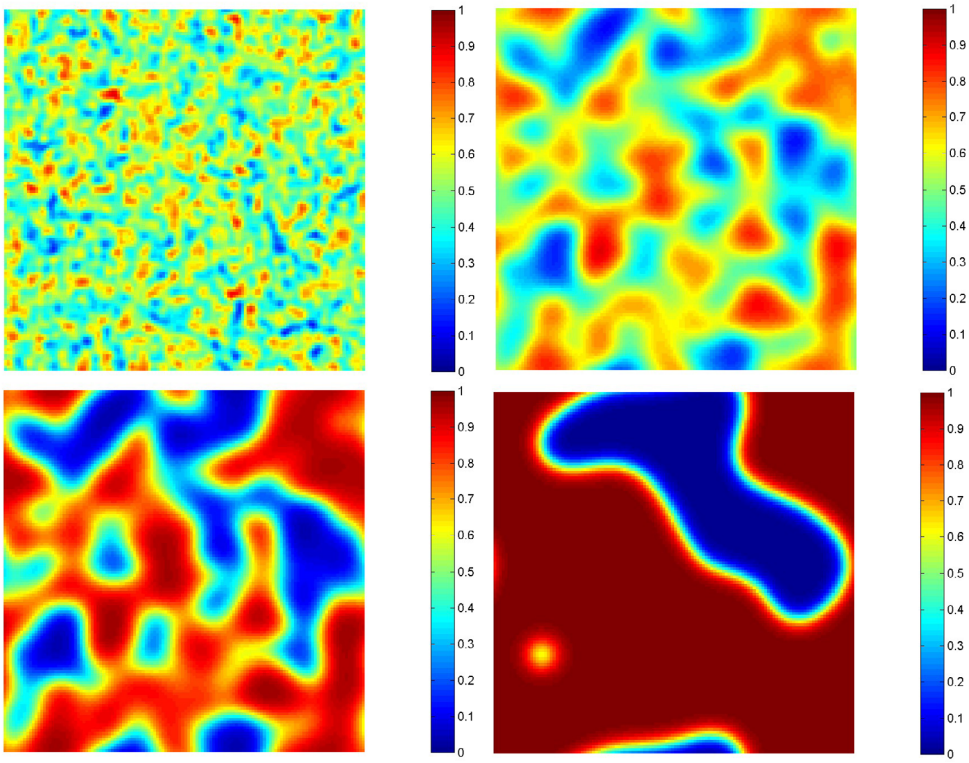

图 3　气液两相演化图

Figure 3　Evolution diagram of gas–liquid two–phase

4　机器人学科竞赛

机器人学科竞赛在智能采矿领域发挥着重要的催化作用，它不仅是技术创新与研发的强大驱动力，加速了适用于矿山环境的智能机器人技术的快速发展，而且还作为培养专业人才和促进产学研合作的纽带，源源不断地为智能采矿的未来输送高质量人才，并极大地促进科技成果向实际应用转化。在此基础上，机器人学科竞赛在基础课程学科体系中也占据着举足轻重的地位，其重要

https://doi.org/10.35534/er.0604010

性具体体现在以下三个方面。

4.1 增强实践技能和工程应用能力

机器人学科竞赛促使学生将理论知识付诸实践，以解决具体问题为目标，通过自主设计、编程及调试机器人来完成预设任务。此过程不仅深化了学生对基础课程内容的理解层次，而且有效锤炼了他们的实践操作技能和工程应用能力。在竞赛中，学生需全面融合机械设计、电子工程、计算机编程等多个学科的知识体系，这种跨学科的实践探索对于培育学生的综合工程素养至关重要。

4.2 激发创新思维和解决问题的能力

竞赛环境为学生提供了一个激励创新与尝试新颖解决方案的平台。在机器人学科竞赛的框架下，学生被积极促使去深思如何精进机器人的性能表现，如何提升作业效率，以及面对技术难题时如何寻求破解之道。这一探索与创新的历程对于塑造学生的创新思维模式及强化其问题解决能力具有深远影响，为他们在未来科研或工业领域的职业生涯奠定了坚实的基础。

4.3 培养团队合作和沟通能力

机器人学科竞赛通常要求学生组成团队合作完成项目。在团队中，每个成员需要发挥自己的专长，掌握与他人协同工作的技能，共同克服挑战，对于解决问题至关重要。通过团队合作，学生可以提升他们的交流技巧和集体协作意识。此外，竞赛中的展示和答辩环节也锻炼了学生的表达和沟通技巧，这对于他们未来的职业生涯非常有益。通过参与机器人学科竞赛，学生能够在基础课程学习的基础上，获得宝贵的实际操作经验，这些经验将对他们未来的学习和工作产生深远的影响。

参考文献

[1] P Seppanen. Intellimine research and development [J]. World Mining Equipment, 1993 (11): 15-16.

[2] 冯夏庭，王泳嘉．采矿科学发展的新方向——智能采矿学［J］．科技导报，1995（8）：20–22.

[3] 谢贤平，童光煦．采矿科学和技术向智能化的发展［J］．矿业研究与开发，1996，16（3）：1–6.

[4] 吴立新，朱旺喜，张瑞新．数字矿山与我国矿山未来发展［J］．科技导报，2004（7）：29–31.

[5] 文兴．基律纳铁矿智能采矿技术考察报告［J］．采矿技术，2014，14（1）：4–6.

[6] 袁亮．煤炭精准开采科学构想［J］．煤炭学报，2017，42（1）：1–7.

[7] M Rylnikova，D Radchenko，D Klebanov．Intelligent Mining Engineering Systems in the Structure of Industry 4.0［J］．The Second International Innovative Mining Symposium，2017（21）：1–8.

[8] 万志军．智能采矿人才培养定位及课程体系的构建［J］．煤炭高等教育，2019，37（5）：77–82.

[9] 何东晓，金弟，王英奎．新工科背景下的新型人工智能课程体系构建［J］．软件导刊，2023，22（6）：1–6.

https://doi.org/10.35534/er.0604010

The Construction and Practice of a Basic Curriculum System for Intelligent Mining Empowered by Artificial Intelligence

Hu Ye [1] Gao Qiaoqin[1] Du Yiping[1] Li Hui[2]

1. Department of Mathematics and Artificial Intelligence, Lvliang University, Lvliang;

2. Department of Resources and Mechanical Engineering, Lvliang University, Lvliang

Abstract: This paper explores the importance of education in intelligent mining and proposes a curriculum system for intelligent mining education that meets the needs of the new era. The article reviews the international development of intelligent mining technology, analyzes the progress of China in intelligent mining construction, and in response to the challenges of the current teaching curriculum system, proposes a curriculum system construction plan that includes basic knowledge education, scientific research training, and innovative education. In addition, the paper discusses the application of artificial intelligence technology in intelligent mining, especially in the practice of simulating the two-phase flow of coalbed methane, and the key role of robot competitions in cultivating professional talents in the field of intelligent mining.

Key words: Artificial intelligence; Intelligent mining; Curriculum system; Robot competition