

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2026.03.028

高端人才驱动下精细爆破技术 培育体系构建与实践*

彭胜^{1a}, 杨菁毅^{1a}, 谢先启², 姚颖康², 何理^{1b}, 钟东望^{1b}, 夏开宗³, 陈凤琪^{1a}

- (1. 武汉科技大学 a. 城市建设学院; b. 冶金工业过程系统科学湖北省重点实验室, 武汉 430065;
2. 江汉大学 精细爆破全国重点实验室, 武汉 430056;
3. 中国科学院 武汉岩土力学研究所 岩土力学与工程安全全国重点实验室, 武汉 430071)

摘要: 当前,我国“交通强国”战略向纵深推进,深地、深海、深空工程对爆破技术提出了更高精度、更低扰动的严苛要求。然而,传统爆破专业培养体系存在学科壁垒固化、工程实践脱节等短板,难以支撑复杂环境绿色爆破与城市更新精细拆除的行业转型需求。为满足新时代工程领域高端人才培养需求,江汉大学落实新工科建设部署,立足学术与产业双重导向构建交叉融合课程体系,融合理论授课、技术研发与工程实践教学;通过深化校企协同、创新产教融合机制,以科研成果反哺教学、引入前沿工程案例,形成工程问题驱动型教学模式。针对精细爆破高端人才实践能力培养,该校搭建工程需求导向的校内外一体化实践实训平台。系列教学改革完善了“理论基础—关键技术—工程应用”三位一体人才培养模式,既可支撑复杂工况下精细爆破技术难题攻关,亦为爆破行业高质量发展输送创新型专业人才。

关键词: 精细爆破; 高端人才驱动; 产教融合; 育人机制; 三位一体

中图分类号: TU375 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2026)03-0274-08

Development and Implementation of a High-level Talent-driven System for Advancing Precision Blasting Technology

PENG Sheng^{1a}, YANG Jing-yi^{1a}, XIE Xian-qi², YAO Ying-kang²,
HE Li^{1b}, ZHONG Dong-wang^{1b}, XIA Kai-zong³, CHEN Feng-qi^{1a}

- (1. a. College of City Construction; b. Hubei Province Key Laboratory of Systems Science in Metallurgical Process, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, China;
2. State Key Laboratory of Precision Blasting, Jiangnan University, Wuhan 430056, China;
3. State Key Laboratory of Geomechanics and Geotechnical Engineering Safety, Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: At present, China's "transportation power" strategy is advancing in depth, and deep-earth, deep-sea, and deep-space projects have posed strict requirements for technologies with higher precision and lower disturbance. However, the professional training system has shortcomings, such as the solidification of disciplinary barriers and the disconnection from engineering practice, making it difficult to support the industry transformation needs of complex

收稿日期 (Date of reception): 2026-04-02

网络首发日期 (Published online): 2026-07-08

作者简介: 彭胜 (1989-), 男, 博士、副教授, 主要从事工程爆破理论及技术研究, (E-mail) pengsheng@wust.edu.cn。

基金项目: 湖北省自然科学基金资助项目 (2022CFB662); 武汉市知识创新专项项目曙光计划项目 (2023020201020403); 江汉大学精细爆破全国重点实验室开放基金 (PBSKL2022D05)

About the author: PENG Sheng (1989-), male, Ph. D, associate professor, mainly engaged in engineering blasting theory and technology, (E-mail) pengsheng@wust.edu.cn.

Fund Programs: Natural Science Foundation of Hubei Province funding project (2022CFB662), Wuhan Knowledge Innovation Special Project Dawn Plan Project (2023020201020403), Open Fund of State Key Laboratory of Precision Blasting, Jiangnan University (PBSKL2022D05)

green development, urban renewal, and fine demolition. To meet the demand for high-level talent in engineering in the new era, Jiangnan University has implemented a development plan for new engineering disciplines. Grounded in both academic and industrial orientations, the university has established an interdisciplinary curriculum system that integrates theoretical instruction, technological R&D, and engineering practice. By deepening university-industry collaboration and innovating mechanisms for industry-education integration, the university leverages research outcomes to enrich teaching and incorporates cutting-edge engineering case studies into the curriculum, thereby forming an engineering-problem-driven teaching model. To cultivate the practical skills of high-level professionals in precision blasting, the university has established an integrated on-and off-campus practical training platform aligned with engineering needs. A series of educational reforms have refined the three-in-one talent development model of theoretical foundation-key technologies-engineering applications', which not only supports the resolution of technical challenges in precision blasting under complex conditions but also supplies innovative professionals to drive the high-quality development of the blasting industry.

Key words: precision blasting; top-tier talent; industry-academia integration; talent development; trinity education model

随着工程建设标准的不断提升,精细爆破技术成为适应现代城市发展与重大工程建设的核心技术之一^[1]。在施工工艺控制、安全性能以及环保效益方面,该技术展现出了显著优势,不仅提升了爆破过程的精确性与可控性,也显著提高了工程建设质量与效率^[2]。在当前高难度施工场景增多、安全与环保要求日益严格的背景下,为推动精细爆破技术向更安全、更精准、更绿色的方向发展^[3],行业正不断加大关键技术的研发力度^[4]。近年来,特别是在建筑密集的城市中心、高难度施工场景和严格环境约束条件下,多个复杂环境下精细爆破项目的成功实施,标志着我国在该领域的技术应用取得了重要进展^[5]。然而,目前我国的精细爆破技术仍面临诸多挑战,其中包括技术体系不够完善、高端装备依赖进口、相关研究成果转化慢等问题^[6]。这些短板严重制约了技术的自主创新能力和产业化发展进程。在建设质量强国与推进绿色发展的战略驱动下,行业迫切需要将在精细爆破技术领域的研发不断推向新的高度。明确未来的研发方向并实施高水平的人才培养,是突破现有技术瓶颈的重要抓手。近年来,多个复杂环境下的精细爆破工程实践表明,技术发展方向正逐步向高精度、低扰动、智能化演进^[7]。特别是在数字爆破与智能控制领域,探索多学科交叉融合的新模式,推进关键技术的自主研发与核心装备的国产化已成为行业共识。高端精细爆破人才的培养则肩负着推动知识创新、提升技术水平和强化产业转型的关键任务。基于此,系统构建“技术-工程-创新”的教育模式,并实施科研成果与产业需求深度对接的机制,将为我国精细爆破技术的高质量 and 可持续发展提供有力支撑。

1 精细爆破技术人才的培养现状分析

精细爆破技术作为一门专业性突出、工程应用场景复杂且实践要求较高的学科,其核心目标应在于培养具备深厚理论基础、完备工程实践能力以及扎实科研创新素养的高端复合型工程技术人才。鉴于全球化背景下工程建设智能化、绿色化与精细化的发展需求^[8],高校在该领域的人才培养模式应紧密契合产业前沿趋势,特别是在智能爆破、绿色爆破等现代技术的教学内容方面不断加强投入。然而,当前我国高校的爆破工程专业教学仍存在显著短板,这制约了高端精细爆破人才的有效供给。

安徽理工大学在该专业的培养方案中显示,其实践环节占比约 25.7%,学生接触炸药性能测试、起爆网路故障排除等核心技能的时间明显不足,理论与现场之间存在明显的“应用鸿沟”。从课程前瞻性看,该专业对民爆行业智能化、无人化的产业变革响应滞后。核心课程仍集中于传统学科,对数码电子雷管控制、爆破数值仿真、智能爆破设计等前沿内容覆盖不足。师资结构方面,该专业博士学位教师占比超七成,学术研究力量扎实,但具有一线工程经验的“双师型”教师相对薄弱,从而制约了实践教学从模拟演练向实战实训的实质性的提升。上述问题反映了我国部分高校在教学培育体系中的共性,总结为以下几点:

(1) 理论与实践教学失衡。目前我国部分高校(如江汉大学、中国矿业大学、北京科技大学等)尽管已初步搭建了较为系统的爆破工程教学框架,但在课程设置中普遍存在实践环节薄弱的问题。依调研数据分析,多数高校的实践课程学分占比仅为 25% ~ 30%,远低于工程教育认证标准中实践环节占比要求

超过 50% 的规范,如表 1 所示。这种严重的不平衡直接削弱了学生的实践动手能力与工程适用性。

(2)学科前沿课程覆盖不足,高校课程中对前沿技术(例如智能爆破、绿色爆破技术)的关注明显不足,相关课程学分占比不足 10%。如电子雷管的应用^[9]、智能爆破系统等先进技术内容在当前大多数课程设计中尚属空白^[10]。这导致学生所学知识往往滞后于行业发展的实际需求^[11-16],《中国爆破行业中长期科学与技术发展规划(2026—2035 年)》在研判行业科技发展现状时指出,部分高校前沿技术课程建设与行业应用存在显著的时间差,课程内容更新滞后于行业技术发展进程^[17]。

(3)理论与工程实际脱节,当前理论课程的教学内容多基于简化的爆破理论模型,未充分考虑复杂非均质地质条件的爆破效果。这种理论与实际不符的局限性,使得学生在面对真实复杂工程条

件时缺乏必要的应对能力。例如,有研究表明,复杂地质条件与均质岩体假设偏差的爆破效果误差可达 30% 以上,不仅降低了工程安全性,还对爆破经济性构成了威胁。

(4)师资力量不足与双师型人才培养难点。校内既具有理论知识又兼具丰富实践经验的“双型”教师极为稀缺,阻碍了实践课程教学质量的有效提升。《中国爆破行业中长期科学与技术发展规划(2026—2035 年)》在人才培养专题分析中指出,交叉复合型高端爆破人才短缺已成为制约行业高质量发展的突出瓶颈^[17]。汪旭光、吴春平(2024)亦指出,爆破行业正面临“交叉复合型人才短缺”的严峻挑战^[5],行业对兼具跨学科知识与工程实践能力的高端人才需求愈发迫切。这一现状反映出师资结构亟待改善,同时也凸显出高端爆破人才的培养周期愈发紧张。

表 1 爆破专业课程设置失衡

Table 1 Imbalance in curriculum provision for blasting engineering

教学类型 Teaching modality	实际占比 Actual proportion	行业标准建议 Industry standard recommendations	差距 Gap
理论教学 Theoretical instruction	65% ~ 70%	40% ~ 50%	+ 25%
实践教学 Practical teaching	30% ~ 35%	50% ~ 60%	- 20%
实习实训 Internship and practical training	< 15%	30%	- 15%

2 高层次精细爆破技术人才培养路径

基于上述技术人才培养现状的短板,本节从创新实践能力、交叉师资队伍建设和专业人才管理三方面提出培养路径。

2.1 培养学生创新实践能力

新时代精细爆破领域对高层次技术人才的培养提出了更高要求。人才不仅需要扎实的爆破理论基础,还需具备跨学科知识体系,能够在工程实践中展现技术创新素养,从而适应行业向数字化、精细化与绿色化转型的新需求^[11]。在此过程中,综合能力训练的强化尤为重要。通过整合传统实验教学内容与现代精细爆破技术实训体系,不断创新教学模式和实践路径成为关键。江汉大学依托精细爆破全国重点实验室和谢先启院士团队,构建了一套完整的校企协同与产学研结合培养体系,培养具备跨学科背景与工程实践能力的高层次精细爆破技术人才,为培

养适应未来爆破行业需求的高水平人才提供了新的思路和示范路径,同时对我国精细爆破教育体系及行业发展具有深远意义。

2.1.1 校企协同育人

为对接行业实际需求,应积极推进校企协同育人机制,与大型工程建设企业或专业爆破单位共建实践教学与实训基地,开展产学研深度融合。基地为学生提供爆破器材性能测试、爆破施工模拟操作、爆破安全监测等实践教学条件。在这方面,江汉大学与中铁三局集团签署战略合作协议,在技术研发、产品创新、人才培养等多维度开展深度合作,共同推动精细爆破技术在铁路隧道等工程中的应用,与易普力股份共建协同创新基地,在科创平台建设、科研项目合作、高端人才培养和科技资源共享等方面开展全面合作,促进民爆行业高质量发展。与武汉爆破公司建立紧密合作关系,作为“工程爆破实践课堂”的主要实施基地,共同培养实践能力强的复合

型人才,将课堂教学延伸至工程现场。同时与多家企业打造校企联合实验室与研发中心,与三峡水运新通道公司等战略工程单位建立产学研用合作机制,共同破解国家重大工程中的爆破技术难题;与葛洲坝集团三峡建设工程有限公司等央企建立就业基地,实现人才培养与企业需求精准对接。校企协同与产教融合是连接高校人才培养与行业实际需求的桥梁,能够有效提升高端人才的工程实践能力和创新能力。

2.1.2 多学科课程融合

精细爆破技术的发展对人才知识结构提出了更高的要求,传统单一学科的教学模式已无法满足需求。构建多学科交叉融合课程体系是培养高端人才的关键路径^[12]。这不仅包括爆破工程自身的专业知识,还需广泛融合地质工程、安全工程、材料科学、信息技术、人工智能等多个学科领域的最新进展。江汉大学在“双一流”学科建设中,将化学反应工程与动量传递等化工原理与爆破工程深度融合,推动精细爆破理论及技术创新,攻克了复杂环境下爆破有害效应控制、精准控爆等行业难题,培养出既懂爆炸理论又懂工程应用的复合型人才。在城市地下空间工程等专业课程中设置爆破工程、爆破安全、火炸药应用技术等精细爆破核心课程。同时与中南大学、安徽理工大学等高校合作开设智能爆破交叉学科,融合爆破力学与AI算法,填补行业人才空白。同时紧跟精细爆破技术前沿动态,定期更新课程内容。将行业内的新技术、新成果和新规范纳入课程教学,确保教学内容与行业发展同步。

2.1.3 案例驱动教学

把实际案例融入课堂,工程案例是连接理论知识与工程实践的纽带,将典型精细爆破工程案例融入课堂教学,能够有效提升学生的工程实践能力和问题解决能力。采用“案例导入-理论讲解-案例分析-小组讨论”的教学模式实施案例教学^[13]。首先,通过播放案例工程的视频资料或展示现场图片,导入教学主题;然后,结合案例讲解相关的理论知识;接着,引导学生对案例的爆破方案设计、施工工艺、安全措施等进行深入分析;最后,组织学生以小组为单位进行讨论,提出案例中可优化的环节或解决方案。另外通过组织学生观摩真实爆破工程,把爆破现场变成教室,通过专家现场讲解,使学生掌握爆破设计原理、安全控制和环境保护等核心技术。不仅为课堂的实景教学提供了坚实的技术保障,还加深了学生对专业的认知,培养了严谨的科学态度,坚定扎根一线做科研的信心。

2.1.4 科研反哺教学

科研是高端人才创新能力培育的核心驱动力,将科研成果转化为教学资源,实现科研反哺教学,能够显著提升人才培养质量。将教师主持或参与的精细爆破科研项目转化为教学案例。在课堂教学中,教师通过案例分析的方式,向学生讲解项目的研究背景、技术难点、解决方案和创新点,及时更新课程知识点,避免知识的滞后性。使学生能够接触到学科最前沿的知识,培养科学精神和创新思维。各高校可依托综合实验平台,结合教师在精细爆破、振动控制、智能监测等方面的科研课题,设立具有明确工程背景与创新导向的专题研究项目,推动理论教学与工程实践紧密结合。通过项目驱动,增强学生对专业理论的理解深度,激发学习主动性,培育科学素养与创新潜能。

在高层次人才培养过程中,应融入创新创业教育理念,鼓励学生参与各类创新竞赛与创业训练计划,提升团队协作与工程管理能力,为精细爆破领域输送兼具创新精神与实践能力的复合型高端人才。

江汉大学培养精细爆破技术人才的创新措施如图1所示。

2.2 创新建设交叉师资队伍

面向新时代精细爆破技术集成化、智能化发展的趋势,高层次爆破人才的培养亟需建立一支结构多元、能力复合的师资队伍。传统爆破教学团队多集中于土木或采矿方向,知识结构相对单一,难以适应精细爆破对跨学科知识融合与工程实践能力的高要求^[14]。为此,应围绕“精爆破、强交叉、重实践”的建设目标,组建具备地质工程、振动控制、数字化技术等多学科背景的教学团队,推动教师持续跟踪行业最新政策、技术标准与工程案例。

在能力提升方面,教师应主动拓展专业视野,强化工程系统思维与课程整合能力。教学团队应定期组织联合备课、教学研讨与工程案例解析等教研活动,构建协同发展的教师学习共同体。鼓励教师赴爆破企业、重点工程项目进行技术实践与培训,参与实际工程设计与施工管理,一方面深入了解行业对人才能力的具体需求,另一方面提升工程素养与教学内容的实践性。

在校企协同方面,可积极引进企业专家担任产业导师,参与课程设计、毕业指导和前沿讲座,从工程实际视角拓展学生的专业认知,增强教学内容的针对性与时代性,构建高校与行业双向赋能的高水平师资发展机制。

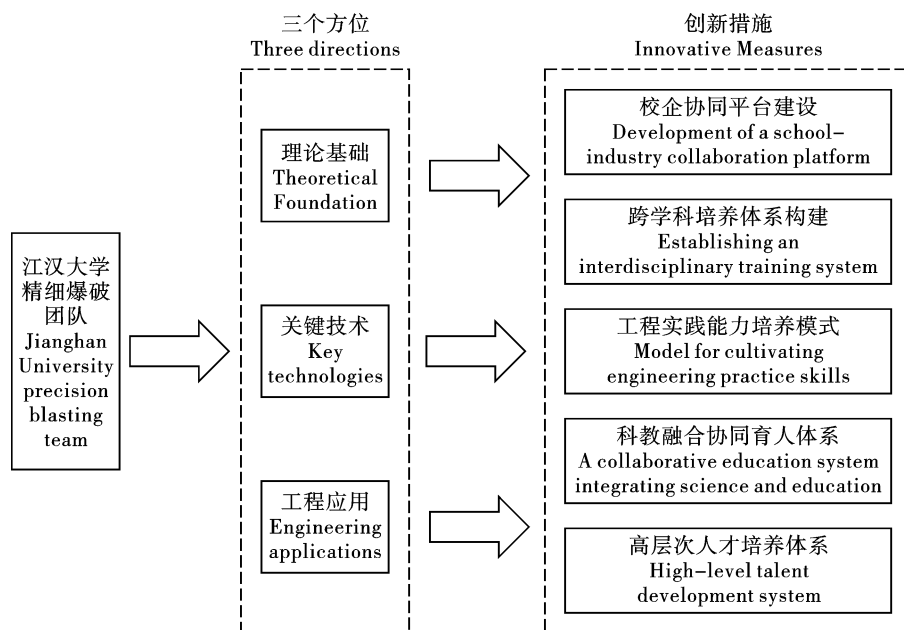


图 1 江汉大学培养精细爆破技术人才的创新措施

Fig. 1 Innovative measures for cultivating precision blasting talents at Jiangnan University

在以上这些方面,江汉大学通过“三位一体”模式全面重构师资队伍,构建“院士领衔-教授骨干-青年博士”梯队,每位核心教师配备 1~2 名地质、计算机、力学等不同学科背景的助手,目前精细爆破全国重点实验室已形成 45 人的研究团队,其中跨学科背景教师比例达 48.9%,远超行业平均水平(表 2)。同时,与武汉爆破公司共建“双师型”教师培养基地,教师每两年须在企业实践不少于 6 个月。对

爆破专业课程进行重构,打造“地质-力学-爆破-计算机”四模块融合的核心课程群,开设“智能爆破设计”、“爆破数值模拟”等前沿课程。高校爆破专业可参考江汉大学精细爆破全国重点实验室的模式,将跨学科背景教师比例纳入师资队伍建设核心指标,力争 3~5 年内达到 30% 以上,为我国爆破工程教育和行业高质量发展提供人才支撑。

表 2 传统爆破教学团队与江汉大学精细爆破团队指标比较

Table 2 Comparison of indicators between traditional blasting teaching team and Jiangnan University precision blasting team

指标 Indicator	传统爆破教学团队 Traditional blasting teaching team	江汉大学精细爆破团队 Jiangnan University precision blasting team
跨学科背景教师比例 Proportion of faculty with interdisciplinary backgrounds	<20%	48.9%
爆破参数智能设计课程覆盖率 Course coverage for intelligent design of blasting parameters	<40%	100%
爆破数值模拟教学深度 Depth of blasting numerical simulation teaching	基础应用 Basic application	全流程仿真 Fullprocess simulation
学生解决复杂爆破问题能力 Students' ability to solve complex blasting problems	单一方案设计 Singleplan design	多学科协同优化 Multidisciplinary collaborative optimization
国家级科研项目承担数量 Number of undertaken nationallevel research projects	年均 <3 项 <3 per year(average)	年均 12 项 12 per year(average)

2.3 强化精细爆破专业人才管理

精细爆破技术的持续创新与产业升级,离不开科学化、系统化的人才管理机制^[15]。当前,需从行

业发展战略高度出发,明确精细爆破人才的能力结构与岗位需求,完善人才发展体系,加强专业技术人员的继续教育与岗位培训。

人才是推动精细爆破技术迭代升级与产业高质量发展的核心资源。在引才环节,应建立科学规范的招聘机制,可参考航空航天、高端装备制造等高科技行业的成熟招聘标准,构建“专业素养+综合能力”的多维考察体系:既要重点考核候选人在爆破力学、安全工程、智能监测等领域的专业知识储备,也要注重评估其创新思维、解决问题能力及团队协作能力,精准吸引具备跨学科背景与丰富工程实践经验的优秀青年人才。在人才使用与激励方面,应构建以能力为核心、以绩效为导向的考核评价体系,通过常态化培训与实操演练强化员工的安全责任意识、质量管控意识与团队协作素养,打破论资排辈的传统桎梏,推动人才评价标准与行业技术发展趋势、市场实际需求深度接轨,充分激发人才队伍的内生动力。

在机制建设方面,应加强与高校、科研机构的协作,建立包括薪酬激励、职业发展、科研支持在内的综合保障体系。设立具有行业竞争力的薪酬结构与福利机制,在公平、透明的制度环境下建立畅通的晋升通道与职业疏导机制,为高层次人才提供充分的发展空间与资源支持。通过制度化管理与人性化服务相结合,不断激发人才的创新活力与发展动力,为精细爆破领域的可持续发展提供坚实人才支撑。

3 精细爆破行业创新发展措施

高层次人才的培养为精细爆破行业注入了源头活水,但人才的价值最终需要在行业创新发展的实践中得到检验与释放。高层次人才所具备的理论素养与科研视野,唯有嵌入行业创新体系的具体环节,才能真正转化为驱动技术进步的现实力量。人才培养是蓄力,创新措施是发力,二者共同构成精细爆破高质量发展的完整逻辑链条。基于上述关系,本节从人才驱动视角,对精细爆破行业创新发展的关键措施展开论述。

3.1 推进市场化与标准化进程

加快推动精细爆破领域的市场化进程与标准体系建设,是提升行业整体效益与核心竞争力的重要抓手。需以高端人才为核心进一步完善行业市场机制,依托“重大工程需求数据库”与“产学研用”协同平台,促进“设计-施工-监测-咨询”一体化工程服务模式创新—如江汉大学精细爆破全国重点实验室构建的综合性技术服务体系,已通过数百项工程实践实现科技成果向现实生产力的有效转化,近两年直接经济效益达 4.011×10^9 元。通过深化制度改革与开放合作,既要引导企业积极借鉴“技术-资本-装

备”一体化整合经验,培育具备全链条综合服务能力的行业龙头企业,也要推动其依托“一带一路”基建项目参与国际竞争,将“绿色精细爆破”、标准框架、高层建筑物“定向倾倒”等自主技术标准输出至东南亚等区域,增强我国在该领域的话语权与影响力^[7]。未来,随着城镇更新与重大基础设施建设需求的持续释放,精细爆破行业在年消耗工业炸药超 4.5×10^6 吨、工业雷管约 7×10^8 发的全球最大市场基础上,具有更为广阔的发展空间。应重点支持建立集设计、施工、监测与咨询于一体的综合性服务平台,而江汉大学精细爆破全国重点实验室应整合 1.5×10^4 平方米室内实验室与 800 亩野外试验基地的智算资源,积极探索“标准沙盒监管”、“技术入股分红”等有利于行业高质量发展的政策环境;通过推动精细爆破在城市更新、交通隧道、露天矿山等领域的规模化应用—如在城市地铁施工中推广无线智能起爆装备、在资源开发中应用“透明地质雷达+AI 参数优化”技术,不断优化行业发展结构,拓展国内外市场空间,最终形成“高端人才引领创新、标准规范市场秩序、市场反哺技术升级”的良性发展格局。

3.2 加强技术研发与集成创新

在高端人才引领下,精细爆破技术的研发与集成创新已成为推动行业转型升级的核心动力,是提升工程安全性、精准性与环境友好性的关键支撑。当前行业正处于从传统经验型向智能精准型的战略转型关键期,应着力突破制约行业发展的技术瓶颈,重点优化爆破设计与智能控制系统,发展高精度延时起爆、振动精准预测与智能监测等核心技术,其本质是通过多学科交叉的高端人才团队构建“基础研究-关键技术-集成应用”的全链条创新体系,实现技术逻辑与工程需求的深度耦合。从理论层面看,需依托爆炸力学、材料科学、智能控制等领域人才的跨学科协作,突破爆破作用机理与介质响应规律的认知边界;在技术攻关环节,通过“人才-项目”双轮驱动模式,将理论成果转化为精准控制、智能监测等核心技术能力,推动技术体系从“经验驱动”向“数据驱动”跃迁^[16];而集成创新则聚焦高端人才的协同网络构建,实现技术、产业与服务的多维融合,最终形成以人才链支撑创新链、以创新链引领产业链的行业发展新范式。在商业模式方面,应积极探索基于全过程咨询与数字化交付的服务创新。例如,通过研发新型低爆速炸药、优化爆破参数智能设计系统、推广爆破效果数字化模拟平台等手段,在显著提升爆破精度与控制水平的同时,有效降低综合成本

与环境影响,为行业创新发展提供持续动力。

3.3 加大政策与资金支持力度

加大政策与资金支持力度是推动精细爆破行业创新发展的核心保障。作为工程建设领域的关键技术,精细爆破的可持续发展需以系统性政策与稳定资金为双轮驱动—在构建国家“绿色精细爆破技术”专项、行业《精细爆破技术等级评价规范》、地方“一省一策”场景培育的多层次政策体系基础上,需进一步健全行业价值补偿与激励机制,对深耕智能爆破、绿色爆破等新兴方向的企业给予差异化扶持。同时,依托工信部、科技部等跨部门联席会议机制强化风险管控^[15,16],在优化企业融资流程、简化信用

贷款审批的同时,建立行业风险评估与预警平台,针对爆破安全、市场波动等制定动态应对方案,并通过规范企业内部资金管理与财务运作筑牢稳健根基。此外,创新培育环节需持续发力,放宽青年人才项目考核指标的同时,加快技术示范园区建设,推动龙头企业牵头组建产业技术创新战略联盟。唯有通过政策引导、资金撬动、风险防控、创新培育的多维协同,才能充分释放高端人才创新活力,加速精细爆破技术向安全、绿色、高效的现代工程需求转型,为行业高质量发展奠定坚实且长远的基础。

精细爆破行业创新发展的措施如图 2 所示。

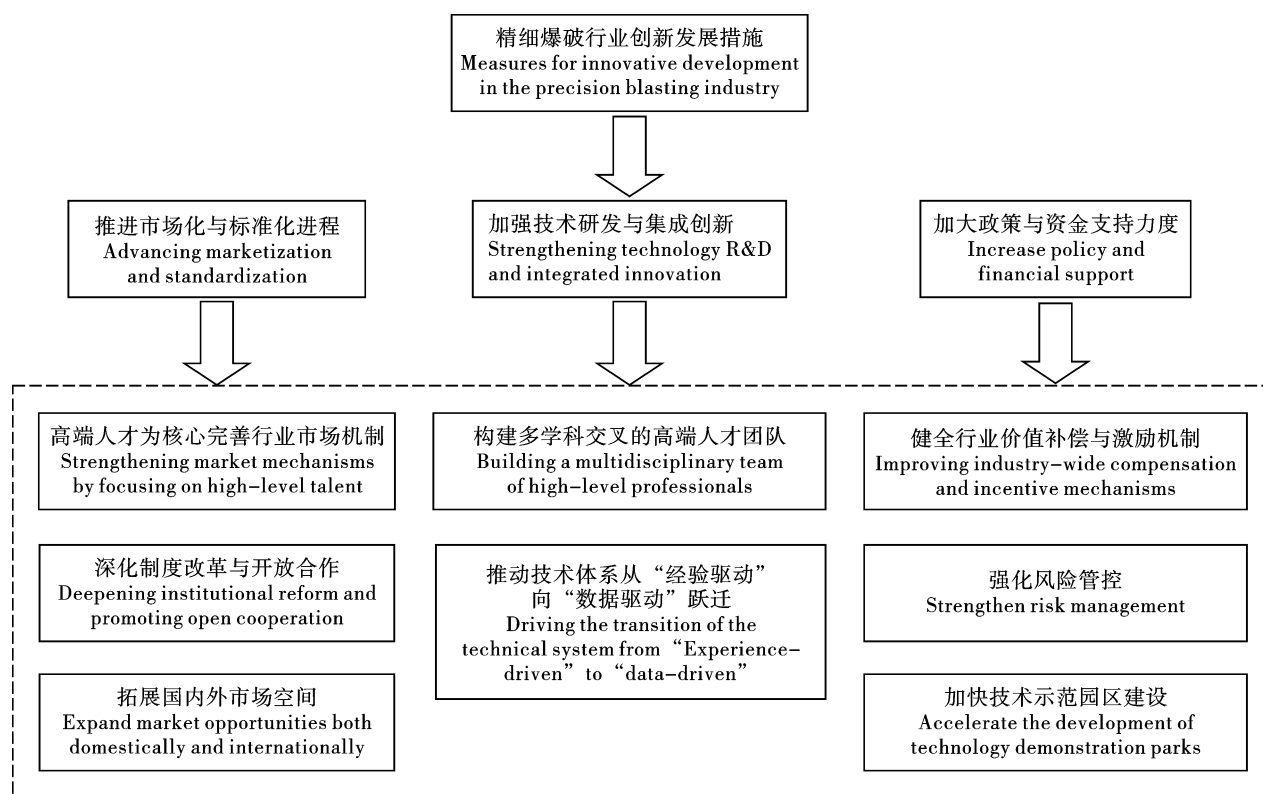


图 2 精细爆破行业创新发展措施

Fig. 2 Measures for innovation and development of the precision blasting industry

4 结论

立足精细爆破领域“技术体系不完善、高端装备依赖进口”的现实困境,构建了“理论基础—关键技术—工程应用”三位一体的人才培养与技术创新路径。

(1)理论基础补短板。依托跨学科培养体系构建,融合地质工程、安全工程、材料科学、信息技术、人工智能等学科,填补了精细爆破在复杂环境下作用机理与控制理论的知识断层,从源头夯实自主创新的理论根基。

(2)关键技术强能力。通过科教融合协同育人体系,将高端爆破装备研发、智能爆破设计软件等“卡脖子”技术攻关前置到教学科研环节,使人才在参与装备国产化替代中练就真本领,逐步摆脱对进口装备与核心技术的依赖。

(3)工程应用促转化。借助校企协同平台建设与工程实践能力培养模式,将理论成果与关键技术快速导入国家重点工程现场,打通“实验室研发—现场试验—产业化推广”的转化链条,以人才驱动实现技术从消化吸收到集成再创新的跨越。

新时代背景下,精细爆破技术的发展与升级离

不开国家政策的有力支持与技术体系的持续完善。作为现代工程建设领域不可或缺的关键技术,精细爆破在推动工程安全、精准与绿色转型方面具有重要作用。未来发展中,需充分融合数字化、智能化等技术手段,推动爆破设计、施工与控制全过程向标准化、精细化方向提升。同时,应紧密结合工程实际与市场需求,加强企业风险管理与合规建设,优化行业结构,提升核心竞争优势,为我国工程建设行业的高质量与可持续发展提供坚实支撑。

参考文献 (References)

- [1] 习近平. 关于《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》的说明[N]. 人民日报, 2024-07-22.
- [1] XI Jin-ping. Explanation of the resolution of the central committee of the communist party of China on further deepening reform comprehensively to advance Chinese modernization[N]. People's Daily, 2024-07-22. (in Chinese)
- [2] 洪 军,王小华,王秋旺,等. 校企协同、产教融合卓越工程科技人才培养探索[J]. 高等工程教育研究, 2024(3):37-41, 168.
- [2] HONG Jun, WANG Xiao-hua, WANG Qiu-wang, et al. On exploration of excellent engineering science and technology talents cultivation by school-enterprise collaboration and industry-education integration[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2024(3):37-41, 168. (in Chinese)
- [3] 袁志华,张得智,吴玉斌,等. 新型燃烧剂控制爆破技术[J]. 爆破, 2004(2):10-11, 24.
- [3] YUAN Zhi-hua, ZHANG De-zhi, WU Yu-bin, et al. A new type of combustion agent controlled blasting[J]. Blasting, 2004(2):10-11, 24. (in Chinese)
- [4] 谢先启. 精细爆破发展现状及展望[J]. 中国工程科学, 2014, 16(11):14-19.
- [4] XIE Xian-qi. Precision blasting, current status and its prospective[J]. Strategic Study of CAE, 2014, 16(11):14-19. (in Chinese)
- [5] 汪旭光,吴春平. 我国爆破行业发展成就、挑战与机遇[J]. 中国矿业, 2024, 33(12):1-9.
- [5] WANG Xu-guang, WU Chun-ping. Blasting industry in China: achievements, challenges and opportunities[J]. China Mining Magazine, 2024, 33(12):1-9. (in Chinese)
- [6] 谢先启. 我国爆破行业高质量发展若干问题探讨[J]. 工程爆破, 2024, 30(5):1-10.
- [6] XIE Xian-qi. Discussion on several issues of high-quality development of the explosives and blasting industry in China[J]. Engineering Blasting, 2024, 30(5):1-10. (in Chinese)
- [7] 贾永胜,孙金山,姚颖康,等. 我国拆除爆破研究进展与展望(1994—2024)[J]. 工程爆破, 2024, 30(5):45-60.
- [7] JIA Yong-sheng, SUN Jin-shan, YAO Ying-kang, et al. Research progress and prospect of demolition blasting in China (1994-2024)[J]. Engineering Blasting, 2024, 30(5):45-60. (in Chinese)
- [8] 周传波,吕国鹏,蒋 楠. 爆破振动效应研究若干进展[J]. 工程爆破, 2024, 30(5):61-74.
- [8] ZHOU Chuan-bo, LV Guo-peng, JIANG Nan. Progress in the study of blasting vibration effects[J]. Engineering Blasting, 2024, 30(5):61-74. (in Chinese)
- [9] 冷振东,范 勇,涂书芳,等. 电子雷管起爆技术研究进展与发展建议[J]. 中国工程科学, 2023, 25(1):142-154.
- [9] LENG Zhen-dong, FAN Yong, TU Shu-fang, et al. Electronic detonator initiation technology: research progress and development strategies[J]. Strategic Study of CAE, 2023, 25(1):142-154. (in Chinese)
- [10] 李萍丰,范廷翔,许献磊,等. 露天矿山智能爆破关键技术及应用[J]. 工程爆破, 2024, 30(5):171-182.
- [10] LI Ping-feng, FAN Ting-xiang, XU Xian-lei, et al. Key technologies and engineering applications of intelligent blasting in open-pit mines[J]. Engineering Blasting, 2024, 30(5):171-182. (in Chinese)
- [11] 李雨桐,周丽红,曾 山,等. ACP100 安全级 DCS 爆破阀控制系统分析[J]. 自动化仪表, 2023, 44(S1):104-108.
- [11] LI Yu-tong, ZHOU Li-hong, ZENG Shan, et al. Analysis of ACP100 safety DCS squib valve control system[J]. Process Automation Instrumentation, 2023, 44(S1):104-108. (in Chinese)
- [12] 严 卫,钱振江,邢晓双,钟 珊. 人工智能赋能高校工科实验室建设的内涵特征、实践困境及优化路径[J]. 中国高校科技, 2026(3):59-64.
- [12] YAN Wei, QIAN Zhen-jiang, XING Xiao-shuang, ZHONG Shan. Connotation characteristics, practical difficulties and optimization paths of artificial intelligence empowering engineering laboratory construction in universities[J]. China University Science & Technology, 2026(3):59-64. (in Chinese)
- [13] 薛冰寒,杨振放,方宏远. 案例式教学方法在“爆破工程”课程教学中的应用[J]. 教育教学论坛, 2025(42):93-96.
- [13] XUE Bing-han, YANG Zhen-fang, FANG Hong-yuan. Application of case-based teaching method in the course of Blasting Engineering[J]. Education and Teaching Forum, 2025(42):93-96. (in Chinese)