



专注智能开采，助推煤炭工业高质量发展

——记中国煤炭科工集团首席科学家任怀伟



任怀伟

研究员，博士，博士生导师，中国煤炭科工集团首席科学家

中煤科工开采研究院有限公司科创中心副主任，新加坡国立大学访问学者，兼任《煤炭科学技术》青年编委，中国自动化学会智慧矿山专委会秘书长，国际矿业青年科学家论坛学术委员会执行主席。杰出工程师青年奖、全国煤炭青年科技奖获得者。

主要研究方向为煤矿综采成套装备系统设计制造、工作面智能化控制技术，带头攻克了液压支架-围岩动力学耦合及抗冲击高可靠性设计技术、工作面装备群组协同控制方法等，解决了超大采高、超长工作面连续稳定开采等难题。近5年来，先后主持了国家自然科学基金面上项目、山东省重点研发计划项目、山西省重点研发计划项目各1项；作为项目核心人员参与国家自然科学基金重点项目、973计划、863计划、国家重点研发计划等国家项目13项，省部级项目3项；作为技术负责人承担煤炭行业智能矿山建设重大项目4项。发表学术论文63篇，出版专著3部，获得国家发明专利14项，制修订国家标准3项。获得国家科技进步二等奖1项，中国机械工业科技进步一等奖1项（第一完成人），中国煤炭工业协会特等奖、一等奖共4项，其他省部级奖10项。

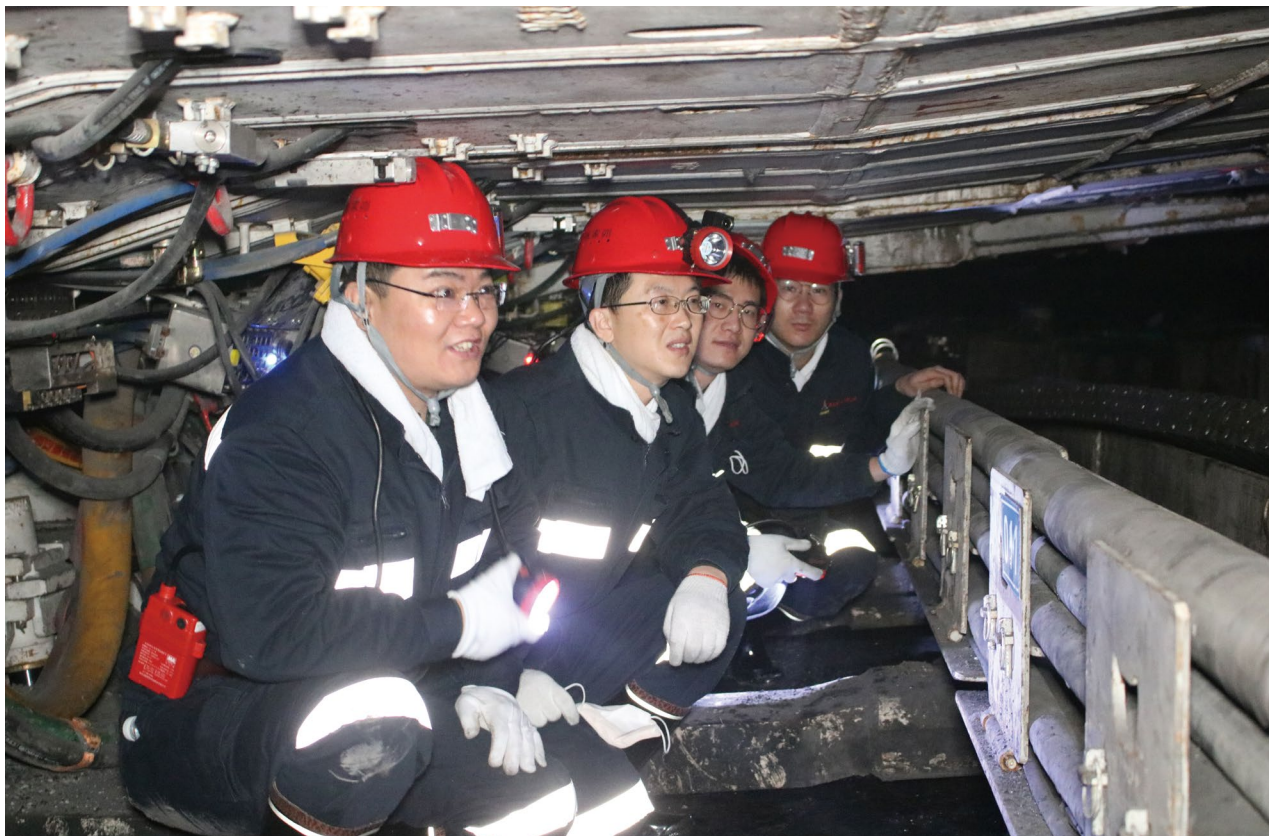
煤炭是我国的基础能源和重要工业原料，是国家能源安全、支撑工业生产和社会民生的重要战略物资。在推进碳达峰碳中和目标、建设多能融合的新型能源体系过程中，煤炭担负着能源稳定供应“压舱石”和结构化升级“稳定器”的作用，肩负着保障国家经济社会平稳运行，确保国家能源安全的重要使命。当前煤炭工业正转向高质量发展阶段，对煤矿智能化提出了更为迫切的要求。2020年，国家发展改革委等八部委联合发布了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，吹响了加快我国煤矿智能化建设步伐的新号角，指明了我国煤炭工业智能化发展的方向；2021年，国家能源局正式颁布《智能化煤矿建设指南》，指出了我国煤矿智能化建设的原则、目标和技术架构。煤矿智能化已成为煤炭行业的技术共识和发展趋势。

身处全国煤矿智能化建设浪潮之中，作为煤炭行业科技创新引领企业——中国煤炭科工集团首席科学家的任怀伟，以煤炭人强烈的使命感和责任感

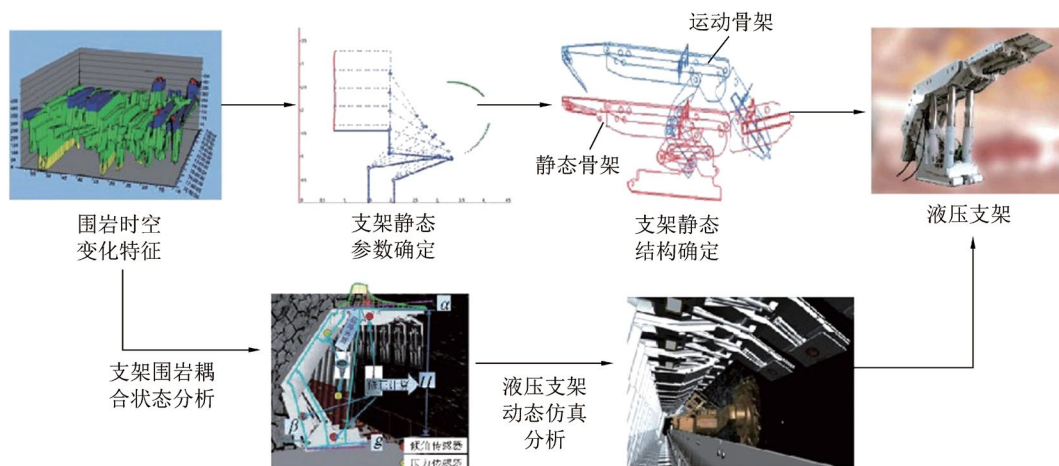
深耕煤炭装备领域13载，以实现煤矿高效智能开采、提高煤矿工人工作幸福感为己任，积极投身于煤矿智能化研发创新工作中，立志探索出一条煤炭高效、智能、绿色、安全开采之路。

因选择而喜欢，外行跨入新领域

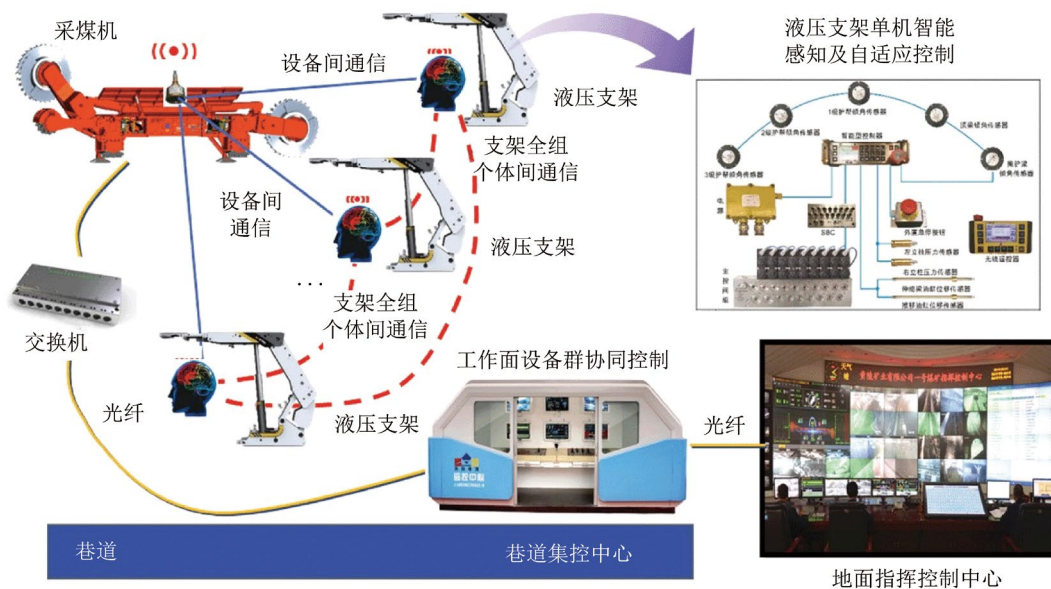
2008年12月，任怀伟毕业于山东大学机械设计与理论专业，并非矿业院校采矿专业毕业的他进入了煤炭科学研究总院博士后工作站开展博士后研究。当时他很担心无法胜任煤炭领域的研究工作，导师王国法院士鼓励他：“人都是因为选择而喜欢，而不是因为喜欢才选择，我也不是学采矿专业出身的，但我认为只要肯钻研、肯学习，很快就可以弥补专业上的不足”，在导师的鼓励和指导下，任怀伟也坚信：只要肯学习，就没有学不会的。从此便一头扎进了煤炭行业，十三载如一日，从最初的外行逐渐成长为煤炭行业智能化开采的青年专家。



任怀伟带领团队在井下跟踪工作面开采情况



液压支架动态设计方法



工作面设备群组协同控制方法

2009年3月，任怀伟在山东省的唐口煤矿第一次下矿井，井深900余m。除了煤矿井下热和闷的生理体验外，他感觉自己真实地触摸到了这个行业。“那时候的很多工作都得靠人扛着拽着去干，看见工人在粉尘、噪声环境中作业，在昏暗、泥泞的条件下坚持工作，感觉矿工真是不容易，我心里很不是滋味”，这是任怀伟第一次下矿井的感受，也正是这种深刻的感受给了他刻苦钻研的动力与耐心，利用先进的技术改善煤矿工人的作业环境，把他们从艰苦的工作环境中解放出来也成为了他事业追求的目标。

2011年4月，任怀伟博士后出站后，瞄准深部复杂条件下工作面支护和自动化控制技术，并展开研究。随着多年的煤炭资源开采，我国浅部资源日益减少，埋深2 000 m以浅的煤炭资源总量为5.9 万亿t，其中埋深超过1 000 m的占50%以上。与浅部煤层相比，深部煤层地应力高，采动影响强烈，顶板垮落、冲击地压、突水等地质灾害发生率高，偶然性强，对矿工生命安全威胁极大，迫切需要通过实现自动化、智能化的安全高效生产。然而，当时的自动化开采技术及装备只应用于地质条件非常好的大型矿井，无法适应深部复杂条件，那些更加危险、

更加需要实现智能无人生产的矿井距离实现少人、无人开采还非常遥远。

专注智能开采，带头攻关核心技术

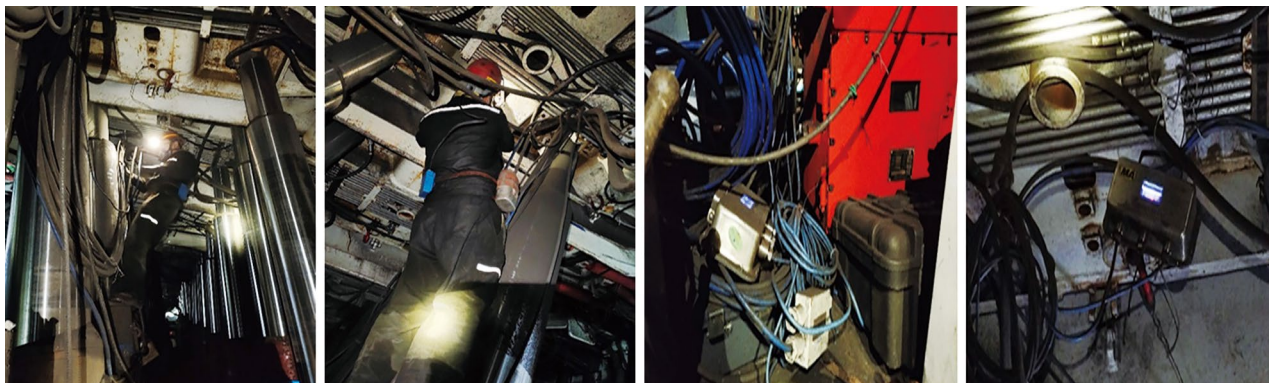
在王国法院士的指导下，2012年，任怀伟开始负责“973计划”项目“深部围岩支护稳定性原理及自适应支护设备创成方法”的研究工作。为尽快熟悉现场情况、掌握一手资料，解决液压支架在深部煤层的稳定支护问题，他带领团队驻扎在矿上，下井跟踪工作面开采情况，很多时候一盯就是一整天。在井下开采一线观察记录顶板来压、煤壁片帮等状况，采煤机割煤工艺、液压支架移架顺序等装备运行情况，拿到第一手资料。通过将装备状态与围岩的动态边界相结合，进行全新的仿真分析和数值模拟，他摸清了深部围岩条件参数对支护设备的动载作用规律，以及围岩垮落冲击作用下液压支架的动力学行为，并提出了适应深采工作面的液压支架动态设计方法，使液压支架抗冲击性能提升20%以上。后续，他又带领团队基于开采装备与围岩的耦合关系，提出了基于模糊控制的姿态自适应控制策略，建立了支护设备群组协同控制及队列一致性调控方法，以应对围岩条件的随机动态变化。这些研究开辟了工作面围岩控制及支护技术研究的新方向，为相关装备设计研发奠定了理论基础。

2017年开始，任怀伟承担“十三五”重点研发计划项目“千米深井超长工作面围岩自适应智能控制开采技术”的研发任务。这个项目的示范点选

在中煤能源集团新集口孜东煤矿，一个典型的千米深井软岩复杂条件工作面，地应力高、采动影响强烈、围岩变形破坏严重，给工作面装备连续推进带来了极大的挑战。针对这一难题，任怀伟从围岩与装备的动态感知入手，带领团队研发了集成压力、倾角和视觉传感器的工作面位姿监测系统。在长达6个月的集中攻关期内，他和团队一起在实验室改电路板、编程序、封装、测试，随时讨论并解决出现的难题，反反复复改进优化了通信、供电及系统稳定性等上百项技术。整个系统的传感器数量超过120个，最后成功在井下应用，顺利采集了工作面围岩、装备6个月的相关数据，为后续的分析决策提供了极其宝贵的数据资料。

任怀伟带领团队经过多次现场实测和分析，提出了基于“压力-位移”时空差异性状态的精细化支护方法，实现了在工作面不同位置、不同支架姿态情况下的立柱压力分别控制，从而适应复杂多变的支护需求；开发出了融合实时数据驱动、开采态势分析与工艺仿真、设备群组控制模型为一体的虚拟仿真决策系统；配套7 m四柱式大采高非等强支护液压支护系统，工作面年产能达到500万t，开采效率提升了38.28%，成功实现了口孜东煤矿深井软岩超长工作面安全高效支护与连续稳定开采。

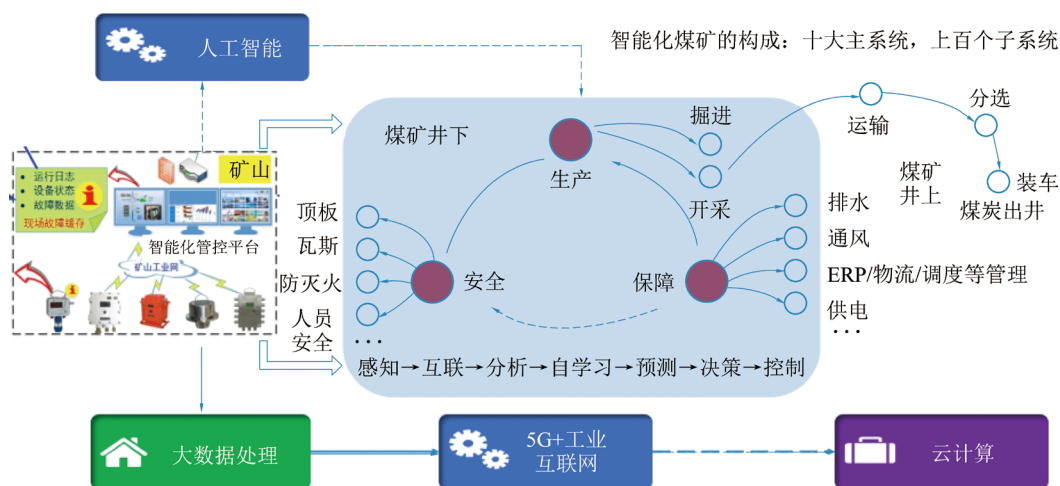
通过对2个国家级项目的连续攻关，任怀伟已经在工作面支护及装备控制的理论研究、技术应用等方面取得了多项成果，并先后在1.1 m坚硬薄煤层、3~4 m中厚煤层、6~8 m厚煤层的智能化综采中开展应用，支撑煤矿井下工作面构筑了一条坚



任怀伟带领团队在井下工作面安装姿仪器及采集数据



工作面三维虚拟仿真系统



智能化煤矿总体体系架构

实可靠的液压支架“钢铁长城”。此外，任怀伟还主持和参与了国家自然科学基金、山东省重点研发计划等各类项目10余项，获得发明专利14项，发表学术论文63篇，出版专著3部，制修订国家标准3项。其科研成果已在10余个矿区进行了应用，取得了显著的经济社会效益。

勇做智能化煤矿建设急先锋，助推煤矿智能化高质量发展

2018年开始，王国法院士团队与陕西陕煤陕北矿业有限责任公司张家峁煤矿合作的“智慧煤矿巨系统关键技术装备研发与示范矿井建设”项目成功立项，开启了行业全矿井整体智能化的序幕。任

怀伟又承担起了项目技术负责人的角色，将工业互联网、5G、人工智能、大数据及云计算等先进技术引入矿井生产系统的各个环节。

智能化煤矿建设是一项复杂的系统工程，涉及采矿、机电、通信、人工智能等不同的专业，需要多方面人才组成团队，集中力量攻坚克难才能完成。在不断的实践探索中，逐渐形成了一支以任怀伟为带头人的杰出青年科学家团队——任怀伟煤矿智能化创新团队，团队成员包括中国煤炭科工集团的赵国瑞、杜毅博、庞义辉、文治国等科研骨干，以及多名毕业于清华大学、大连理工大学、西安交通大学等985名校的青年科技人才。这支20多人的创新团队目前已经成为引领煤矿智能化技术进步、支撑智能化煤矿建设的中坚力量。

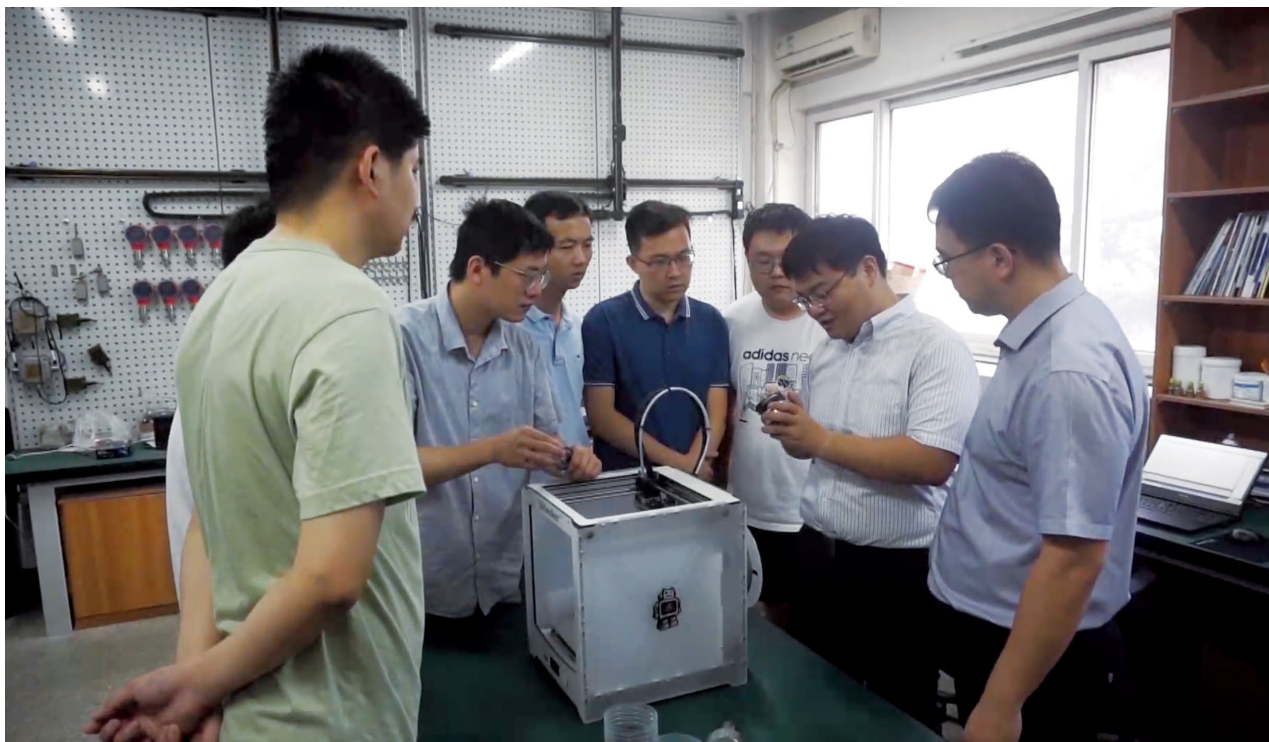
为做好张家崙智能化煤矿建设的大项目，任怀伟带领团队长期驻矿调研、开展工作，每天要跟矿上不同部门，以及中国煤炭科工集团内部单位交流想法、统一认识。团队每个人各自负责一部分任务，各司其职，每天由任怀伟组织逐项讨论，不停地在各专业领域之间协调，做好各部分工作的衔接。任务紧张的时候，每天只能睡2~3 h。

在任怀伟煤矿智能化创新团队的不懈努力下，张家崙煤矿首创了生产型矿井全面智能化升级建设新模式，开发和应用了基于工业互联网的智能综合管控平台及大数据系统，实现了全矿井92个在用系统的集成和优化，“井上-地面”一键式全流程管控，打通数据壁垒，数据利用率整体提升50%以上。建立了矿井级5G高速信息传输网络及高精度人员、设备定位系统，开启了井下信息“高速公路”，为设备实时精准控制、无人驾驶、人员安全防控提供了坚实基础；突破了BIM+GIS融合与虚拟仿真的井下信息实时动态更新技术，实现了采掘过程、人员、地质等动态信息的自动更新和实时显示，全面掌控井下生产状况；研发了首套1.1 m硬煤薄煤层大功率高效智能化开采成套技术与装备；

首次研发了辅助燃油物料车和锂电池驱动人车无人驾驶系统及智能调度系统，实现了车辆转向、制动和驱动智能化控制及地面到井下的全程无人调度运行，累计运行1 200 km；构建了安全管理智能双重预防机制，建设了多数据融合的企业信息化管理系统，形成了矿区智能化网络管理、高效协同运行新生态。

任怀伟煤矿智能化创新团队负责的张家崙煤矿“智慧煤矿巨系统关键技术装备研发与示范矿井建设”项目构建的矿区全域多源数据深度融合的智能化煤矿管理系统，实现了需求动态预测、信息实时反馈、生产精准组织、装备自适应控制、人员安全智能分析，形成了煤矿智能化集中管控新模式。张家崙全矿井数据利用率由不足20%提升至50%以上，年成本降低了10%以上；实际井下作业人员减少50人以上，系统运行效率大幅提升，工人平均作业时间降低了20%以上。

张家崙生产型矿井智能化建设的成功是煤炭智能化开采发展道路上的重要标志，引领了全行业智能化建设的浪潮。在实践过程中，形成了较为完整的煤矿智能化标准体系，全面支撑煤炭工业第四次



任怀伟煤矿智能化创新团队（部分成员）



张家峁智能化煤矿综合管控平台

技术变革，推动了煤炭工业高质量发展。此后，任怀伟带领团队又相继负责了国家能源投资集团有限责任公司、陕西煤业化工集团有限责任公司、山东能源集团有限公司、华能煤业有限公司、陕西延长石油矿业有限责任公司等多个大型煤业集团的智能化矿井建设顶层设计及关键系统研发。同时，任怀伟充分发挥王国法院士团队的技术引领作用，支撑国家能源局、智慧矿山联盟等相关标准和文件的起草工作，建立煤炭智能化标准体系。深耕煤炭科研

工作13载，任怀伟获得了国家科技进步奖、中国煤炭工业协会科技进步特等奖等奖项16项，担任中国自动化学会智慧矿山专委会秘书长、国际矿业青年科学家论坛学术委员会执行主席等学术兼职，已成长为我国煤矿智能化技术领域的青年领军人才。

新时代新征程，不忘初心向前行

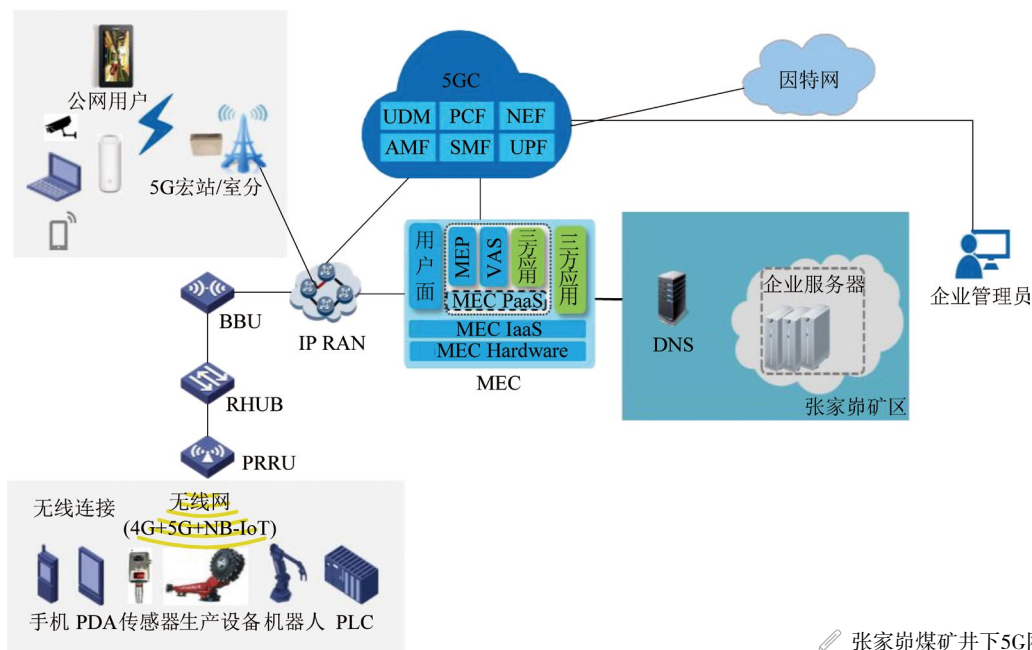
随着新一代信息技术的快速发展和应用，智能



张家峁智能化煤矿智慧中心



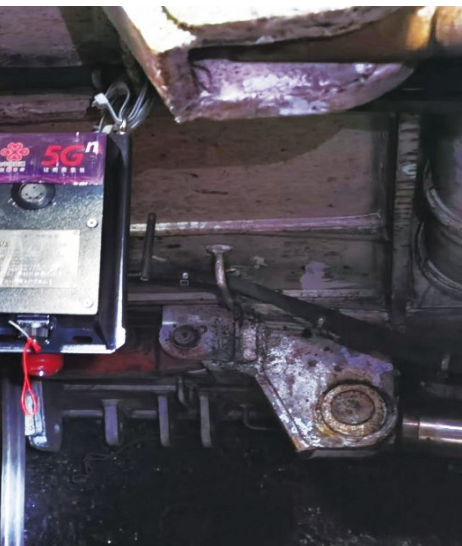
井下传感器布置



时代正在加速到来。煤矿智能化已成为煤炭行业技术变革与高质量发展的必然趋势，服务于国民经济持续快速发展以及碳达峰碳中和的国家重大战略目标。虽然煤矿智能化建设已经取得显著成效，但距离真正实现全行业技术的整体迭代进步还有很长的路要走。跨入煤炭行业的十几年，任怀伟从科研一线走向现场实践，只是做了一件自己想做的事情，就是用先进的技术改善矿工的作业环境，把他们从恶劣的工作环境中解放出来。面对未来，他也真

正领悟了王国法院士“为选择而喜欢”这句话的真谛，煤矿智能化就是值得自己继续去追寻的方向和目标。作为煤矿智能化建设的青年科技领军人才，任怀伟用他的执着追求、不断进取践行着一个煤炭科技工作者的职责和使命，责任和担当。他所带领的煤矿智能化创新团队将继续秉承责任、创新、协同的理念，弃虚向实、攻坚克难，不断为高质量建设智能化煤矿做出新贡献！

■ 责任编辑：李金松



1.1 m硬煤薄煤层大功率高效智能化开采成套技术与装备