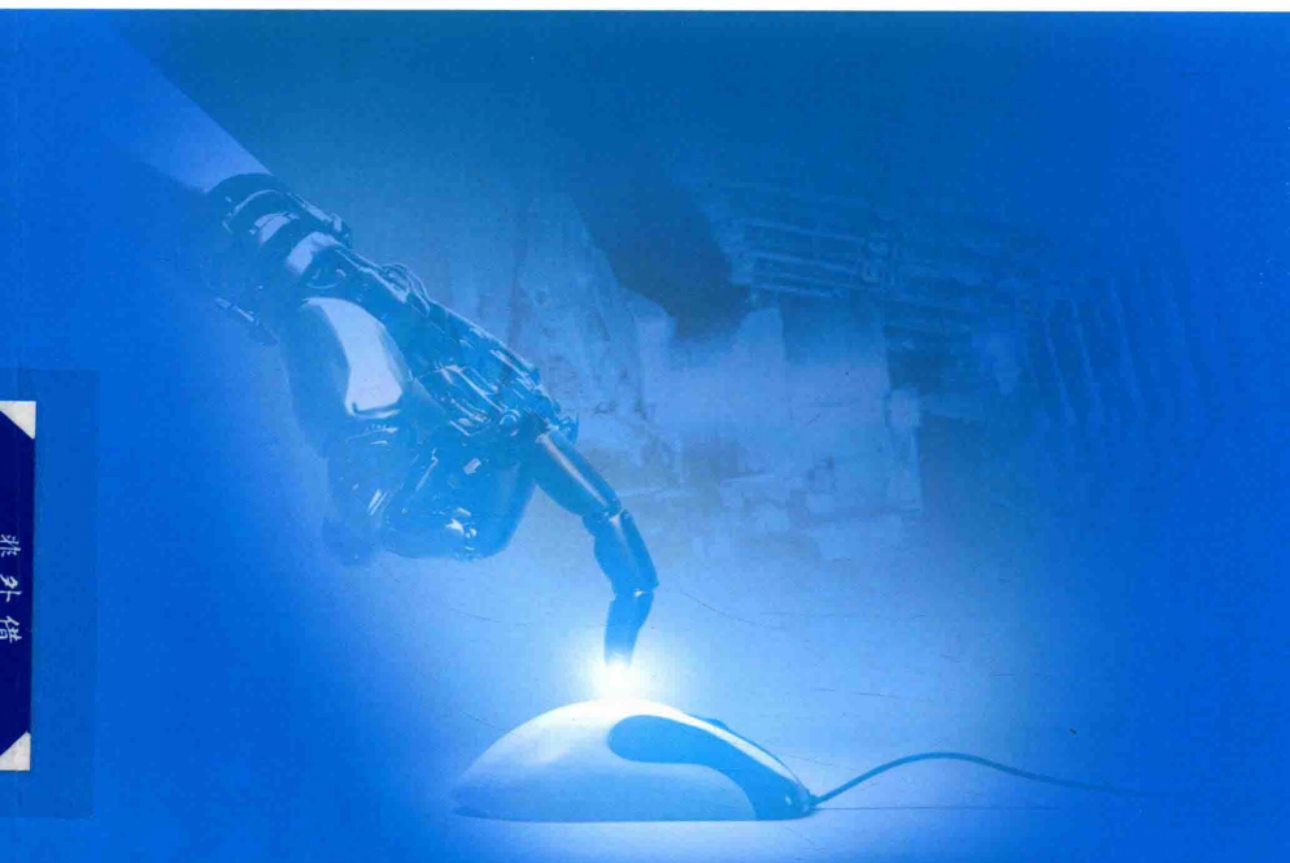


智能化无人综采技术

范京道◎著



智能化无人综采技术



煤炭工业出版社

智能化无人综采技术

范京道 著

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

智能化无人综采技术 / 范京道著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2017

ISBN 978 - 7 - 5020 - 5784 - 8

I. ①智… II. ①范… III. ①人工智能—应用—煤矿开采 IV. ①TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 071570 号

智能化无人综采技术

著 者 范京道
责任编辑 罗秀全 郭玉娟 肖 力
责任校对 尤 爽
封面设计 王 滨

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010 - 84657898 (总编室)
010 - 64018321 (发行部) 010 - 84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com

网 址 www.cciph.com.cn

印 刷 北京玥实印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 17¹/₄ 字数 397 千字

版 次 2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

社内编号 8647 定价 56.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010 - 84657880

序

能源是人类社会存在和发展的基石，是经济发展和文明进步的基本条件。煤炭是我国主体能源和重要工业原料，是中国经济快速发展的重要支撑。改革开放以来，煤炭行业坚持依靠科技进步，科研体系日益完备，创新能力大幅度提高，形成了一大批世界一流的创新成果。一些基础理论和关键技术跻身世界先进行列，在很多技术领域正由“跟跑者”向“并行者”“领跑者”转变，整体水平实现了从量的增长向质的提升的跃升。煤炭生产实现了由原始落后的开采向机械化、智能化开采的转变，煤机装备实现了由国外引进、仿制，向自主研发、发明创造的转变。全国煤矿数量由20世纪80年代的8万多处减至目前的1万余处，煤矿单井规模由原来的不足 3×10^4 t/a提高到 4×10^5 t/a左右，建成了53处千万吨级特大型现代化煤矿和近10个智能化开采工作面。这些成果有力地推动了我国煤炭工业的结构调整与转型升级。

我国煤炭资源的赋存条件决定了适合露天开采的资源少。井工煤矿是我国煤炭生产的主体，推动井工煤矿智能化开采是煤炭技术升级的关键环节。“十二五”以来，国内部分大型煤炭企业，通过建立产学研用相结合的科技创新机制，与科研机构、大专院校和煤机装备企业开展联合攻关，研制了具有自主知识产权的综采成套装备智能化生产系统，提出了“无人跟机作业，有人安全巡视”的智能化开采生产模式，实现了综采工作面顺槽和地面控制中心远程操控采煤，引领了我国煤炭科技进步发展方向。陕西煤业化工集团黄陵矿业公司高度重视煤矿开采技术的创新发展，近5年来，联合中国煤炭科工集团的北京天地玛珂电液控制系统有限公司、天地科技股份有限公司、宁夏天地奔牛实业集团有限公司和西安煤矿机械公司，山西平阳重工机械有限责任公司、中煤张家口煤矿机械有限责任公司等技术研发和装备制造单位，经过艰苦努力，联合攻关，首创了地面控制中心远程操控采煤模式，实现了国产综采成套装备地面操控采煤常态化。智能化无人开采技术在黄陵矿业公司的成功实践，填补了煤炭智能化开采技术空白，推动我国智能化无人开采技术达到了国际领先水平。但也必须看到，目前我国智能化无人开采技术尚处

于起步阶段，在技术、工艺、管理上还存在许多未解的难题，还需要在传感、监测、控制、物联网等方面继续加大研发力度，提高智能化开采技术的系统性、稳定性和协调性，以推动我国煤炭安全高效智能化开采水平再上一个台阶，为促进煤炭产业转型升级做出新的贡献。

本书作者范京道同志多年来一直从事煤炭技术管理和企业管理工作，致力于智能化无人开采技术研究与实践，大胆创新，勇于探索，首创地面操控采煤模式，终于圆了煤矿人地面采煤的梦想。作者在负责组织“中厚煤层国产综采装备智能化无人开采技术研究与实践”项目攻关的基础上，消化和吸收了大量国内外研究成果，结合多年工作实践经验和研究成果，编写了《智能化无人综采技术》一书，为从事煤矿开采技术研究应用的学者和工程技术人员提供了一本技术先进、内容丰富、兼具理论性和应用性的参考书。相信《智能化无人综采技术》一书一定能为我国智能化无人开采技术的推广应用和理论研究发挥积极的作用。

中国煤炭工业协会会长



二〇一六年十二月

序 二

我国煤炭资源相对丰富，但是资源禀赋千差万别，多种致灾因素并存。部分煤矿存在自动化程度不高、用人多、效率低、安全可控性差等问题，煤矿在满足国家能源需求、保障国民经济持续高速发展的同时也付出了巨大的代价。

改革开放以来，煤炭开采在理论、技术和装备方面取得了举世瞩目的成就，在地质勘探、煤炭高效开采、矿井灾害预警与防治、煤与伴生资源协调开发和煤矿大型化及信息化等科学领域取得了重大突破，尤其在综合机械化采煤和煤与瓦斯共采等领域，中国已走在世界的前列，这极大地支撑了我国煤炭工业的安全、高速、健康发展。

同时我们也应该清醒地看到，我国煤矿群死群伤事故还时有发生，生产效率不高、地质情况不清、致灾机理不明、重大技术难题还没有解决等问题还大量存在。要想从根本上破解煤矿安全高效生产难题，煤炭工业必须由劳动密集型升级为技术密集型，从简单定性型向精准开采型转变。随着科技的发展，煤矿开采必将走智能、少人（无人）、安全的开采之路。一是要实现采场和致灾因素的信息化，构建透明地球和透明采场。二是要提升自动化和智能化水平，精简人员，实现煤矿开采少人、主要工艺流程无人。三是要提升传统采矿技术水平，实现在少人（无人）情况下的煤炭安全高效开采。第三次工业革命势头强劲，信息化技术日新月异，这给采矿业由经验型、定性决策为主向精准型、定量智能决策为主转变提供了又一次创新、发展的机遇，也为实现智能少人（无人）的煤炭科学开采提供了可能。

煤矿的机械化、自动化、信息化和智能化程度以及井下人数在很大程度上决定了矿井的现代化水平和安全状况。煤矿井下环境特殊，既有甲烷、一氧化碳等易燃易爆有害气体，也有矿尘、淋水、电磁波和杂散电流。煤矿井下的特殊性，掣肘了煤矿的机械化、信息化、智能化发展步伐，制约着地面相关技术直接应用于煤矿井下。全球采矿业经过近百年的摸索，机械化水平有了很大的提高，但煤矿自动化水平还有很大提升空间。尽管信息化、少人（无人）智能化还处于起步阶段，但机械化、信息化和智能化仍是实现科学采

矿的必由之路。

结合煤炭开采面临的挑战和现代信息技术发展方向，黄陵矿业公司开展智能化无人综采技术研究与实践，运用现代化信息技术改造传统采矿，向着煤炭精准开采科学构想迈进。煤炭精准开采基于透明空间地球物理，以多物理场耦合、智能感知、智能控制、互联网、物联网等少人（无人）开采技术和大数据、风险智能判识、监控预警、安全防控、智能巡航等智能安全开采技术为支撑，以数字化、信息化为重要手段，可实现高效智能少人（无人）安全开采，对推动煤炭产业变革、实现煤炭开采颠覆性技术创新意义重大。

黄陵矿业公司从2008年开始研究和实践智能化无人综采技术，符合煤炭发展现状及长远要求。黄陵矿业公司应用高水平自动化控制、高可靠性安全运行的智能化综采成套设备，采用“以工作面自动控制为主，监控中心远程干预控制为辅”的工作面自动化生产模式，实现了“无人跟机作业，有人安全值守”的作业目标，首创了地面采煤的生产模式。

本书作者范京道博士多年来从事煤矿安全生产技术管理和企业管理工作，致力于智能化无人综采技术研究与工程实践。在“中厚煤层国产综采装备智能化无人开采技术研究与实践”研究中，提出了实现煤炭精准开采的基于可视化的远程干预型智能化无人综采技术路线，以网络通信为基础，以采煤机记忆截割、液压支架自动跟机、远程集中控制、可视化远程监控为手段，以自动化控制系统为核心，首创了综采地面操控采煤模式，其研究成果实现了智能化作业、地面遥控采煤的目标，圆了煤炭人地面采煤之梦。

作者编写的《智能化无人综采技术》在总结“中厚煤层国产综采装备智能化无人开采技术研究与实践”项目研究成果和工程实践的基础上，消化吸收了国内外技术研究成果经验，系统介绍了黄陵矿区矿井在水、火、瓦斯、煤尘、顶板“五害”俱全的情况下，智能化无人综采的生产工艺、关键设备选型、控制技术、保障体系及工程实践，真实展现了实现煤炭精准开采的智能化无人综采技术成果。本书介绍的技术全面，内容翔实，兼顾理论和实践，将对智能化无人综采技术的研究和应用发挥积极的指导和借鉴作用。

中国工程院院士



二〇一六年十二月

序 三

煤炭是我国的主体能源和重要工业原料，是我国经济健康发展的重要支撑。煤炭占一次能源的90%的特征，决定了我国“煤为基础，多元发展”的能源方针在相当长时间内不会改变。中央提出要推进能源革命，加快能源技术创新，建立“清洁、低碳、安全、高效”的现代能源体系。通过工程、技术与管理的创新，建立高效率、低消耗、低污染、经济与环境相协调的产业生态体系，获取最大经济效益、环境效益和社会效益，实现“自然—人—社会”“自然—经济—社会”的和谐发展，是煤炭行业转型升级的方向和趋势。

在自然—科学—技术—工程—产业—经济—社会的知识网络中，思考和处理局部与整体，工程与科学、技术、经济、社会的关系，实现由征服自然观向和谐发展观的理念转变，是项目决策、实施过程中必须应用的哲学。煤炭企业要通过转型升级实现可持续发展，就必须在生产侧坚持安全绿色智能化开采，在应用上实现清洁高效低碳化利用。实行以煤为基，资源高效循环利用的大、纵、深产业群建设，是新时期煤炭企业工程实践的主要目标。陕煤化集团黄陵矿业公司坚持走新型工业化道路，一方面建成“煤炭开采洗选—精煤炼焦—焦炉煤气制甲醇—弛放气制合成氨”和“煤炭开采洗选—煤泥煤矸石疏干水发电—灰渣制建材”两条循环经济产业链，实现了黑色资源绿色发展、高碳产业低碳运行；另一方面完成国产综采装备智能化无人开采技术研究与应用项目，在国内率先实现了地面远程操控采煤，填补了我国煤矿智能化无人综采技术的空白，为建设本质安全型矿井和煤矿生产方式变革进行了有益的探索和尝试。2016年12月，黄陵矿业公司荣获第四届中国工业大奖，成为煤炭企业创新发展的标杆。

黄陵矿区煤、油、气共生，水、火、瓦斯、煤尘、顶板以及油型气、油气井“七害”俱全。黄陵矿业公司能成功应用智能化无人综采技术，我认为，一方面是企业绿色安全高效发展的迫切需要。黄陵矿业公司煤田总面积561 km²，地质储量1.57×10⁹ t，可采储量1.14×10⁹ t。公司成立以来，开采煤层厚度基本在2 m以上，1.8 m以下的较薄煤层资源长期采滞，成为影响企业可持续

安全高效发展的突出问题。探索智能化无人综采技术，实施“薄厚”搭配开采，提高了资源回收率，解决了矿井可持续发展的问题；实现“无人则安、少人则安”，把矿工从艰苦危险的环境和高强度体力劳动中解放出来，解决了矿井安全发展的的问题；通过可视化远程干预型智能化开采，实现综采工作面“有人安全巡视、无人跟机作业”常态智能化无人开采，解决了企业高效发展的问题。另一方面是企业实施创新驱动发展的需要。智能化无人开采是一项庞大的系统工程，离不开机械化、自动化、信息化技术的广泛应用，需要规范化、精细化管理的支撑，必须有一支素质高、执行力强的职工队伍作保障。长期以来，黄陵矿业公司大力实施工业化和信息化高度融合，为智能化无人开采系统接入和整体融合提供了支撑；深入推进精细化管理，将精细化管理和岗位管理文化融入智能化无人综采技术的探索中，形成了一系列适应智能化无人综采工作面现场的管理规范和制度；全面实施员工素质提升工程，完善培训制度与设施，构建员工成长成才通道，以项目锻炼人才，培养了一大批技术骨干和高技能操作人才，调动了职工自觉参与智能化无人综采技术创新的热情。在智能化无人综采技术实践过程中，黄陵矿业公司取得了良好的安全、经济和社会效益，在煤炭市场的寒冬中始终保持企业盈利，提高了煤矿工人的社会地位，树立起煤炭企业良好的社会形象。

本书作者范京道同志长期从事煤矿安全生产技术工作，作为企业的掌舵人，他不拘泥于技术本身，而是将管理作为技术、设备、工程实践的连接器和催化剂，将智能化无人综采技术成功地应用于工程实践之中。本书在详细介绍智能化无人综采技术和工程实践的同时，对安全管理、信息化管理、精细化管理、标准化管理以及人才培养等工作也做了重点介绍，可以说是一本理论、实践和管理的综合书籍。相信《智能化无人综采技术》一书的出版，一定会对煤炭工业的转型与发展做出积极的贡献。

中国工程院院士



二〇一六年十二月

我国综合机械化采煤技术发展经历了三个阶段,从最初的人工操作,发展到20世纪80年代末的半自动控制,再到21世纪初的全自动控制,现在正进入智能化无人开采的崭新时代。我国是世界上煤炭生产和煤炭消费第一大国,煤炭产量约有90%出自井工煤矿,井工煤矿水、火、瓦斯、煤尘、顶板等灾害严重。频发的安全事故、严峻的安全形势和方兴未艾的能源革命,已使得煤炭安全绿色智能化开采和清洁高效低碳化利用成为煤炭科技创新的主攻方向。只有加快实施创新驱动战略,注重人才、科技在战略实施中的支撑与保障作用,努力实现由规模速度型向质量效益型转变、由劳动密集型向人才密集型转变、由常规综采型向“两化”融合型转变,才能实现煤炭工业的健康可持续发展。而现代信息化、自动化、智能化技术以及高端装备制造技术与煤矿开采技术的深度融合,已使得采用国产综采装备实现智能化无人开采成为可能。

智能化无人综采技术是指采用具有感知能力、记忆能力、学习能力、决策能力的液压支架、采煤机、刮板输送机等装备,以自动化控制系统为核心,以可视化远程监控为手段,实现综采工作面采煤全过程“无人跟机作业,有人安全巡视”的安全高效开采技术。这是在信息化与工业化深度融合基础上煤炭开采技术的深刻变革,构建了煤矿创新发展、安全发展、可持续发展的全新技术体系,引领了世界煤炭技术发展的时代潮流,必将带来煤矿生产方式、组织方式、管理方式的深刻变革。

为了推动煤炭科技进步,促进企业升级转型,实现煤炭资源绿色、安全、高效安全开采,陕煤化黄陵矿业集团公司坚持走“产学研用”相结合的道路,联合中煤科工集团的北京天地玛珂电液控制系统有限公司、天地科技股份有限公司、宁夏天地奔牛实业集团有限公司、西安煤矿机械有限公司、山西平阳重工机械有限公司、中煤张家口煤矿机械有限责任公司、西安科技大学等技术研发和装备制造单位,团结协作,共同攻关,在集成创新和引进消化吸

收再创新的基础上,实施自主创新,首创了地面远程操控采煤模式,实现了国产综采成套装备地面操控采煤常态化,圆了人们长久以来地面采煤的梦想,推动我国智能化无人开采技术达到了国际领先水平。本书总结了煤炭行业智能化无人开采技术的发展历程与丰硕成果,梳理了攻关团队推进智能化无人综采技术创新的艰苦努力和重大突破。同时,本书还尝试着回答为什么智能化无人综采技术能在黄陵矿业公司转化为现实生产力这一受到普遍关注的问题。尽管该项技术尚处于起步阶段,但我相信,对智能化无人开采技术已有成果的系统总结,将能够为继续破解煤炭开采领域的技术难题起到抛砖引玉的作用,并有力推动煤矿开采技术取得新突破。

本书是集体智慧的结晶,是团队协作的成果。许多专家学者、煤矿科技工作者、设备制造厂家为智能化无人开采技术的研发、配套与应用付出了艰辛的努力,特别是黄陵矿业集团公司一号煤矿的干部职工在实践中积累的技术经验与创新成果,为本书提供了科学基础。本书的写作得到了中国煤炭工业协会王显政会长、中国工程院袁亮院士和金智新院士的热情鼓励,并欣然为本书作序;得到了西安科技大学常心坦教授、索永录教授、张俭让教授、曹现刚教授和李学文教授等专家的悉心指导与热情帮助;得到了中煤科工集团、天地科技公司、天玛公司、西安煤机公司、黄陵矿业集团公司有关领导、科研人员、管理人员及煤矿智能化开采技术创新中心徐建军、李川、张玉良等同志的鼎力支持与全力配合。西安科技大学安全学科发展基金为本书的出版提供了资助,煤炭工业出版社为本书编辑出版给予了周到安排。在此一并表示衷心的感谢和崇高的敬意!

作者

二〇一六年十二月

1 绪论

1

- 1.1 智能化无人综采技术发展 1
 - 1.1.1 我国采煤技术发展概况 1
 - 1.1.2 综采技术发展概况 2
 - 1.1.3 无人开采技术概况 5
 - 1.1.4 国外智能化综采技术 6
 - 1.1.5 我国智能化综采技术 7
- 1.2 智能化无人综采的关键技术 8
- 1.3 黄陵智能化无人综采实践过程与效果简介 9
 - 1.3.1 黄陵智能化无人综采技术发展过程 9
 - 1.3.2 黄陵智能化无人综采技术效果 10

2 智能化无人综采生产工艺

13

- 2.1 概述 13
- 2.2 工作面地质条件 16
- 2.3 工作面巷道布置 19
 - 2.3.1 长壁采煤工作面巷道布置方式 19
 - 2.3.2 智能化工作面巷道布置 22
- 2.4 开采参数确定 25
 - 2.4.1 工作面倾向长度 25
 - 2.4.2 工作面采高 28
 - 2.4.3 工作面走向长度 29
- 2.5 采煤工艺 30
 - 2.5.1 传统采煤工艺基本特点 30
 - 2.5.2 智能化开采割煤方式及过程控制 33
 - 2.5.3 智能化开采“割三角煤”工艺 39
 - 2.5.4 智能化开采支护方式 41
 - 2.5.5 工作面矿压规律 49
 - 2.5.6 运煤与采空区处理 73

2.5.7 工作面作业循环	74
---------------------	----

3 智能化无人综采关键设备

76

3.1 选型要求	76
3.1.1 选型原则	76
3.1.2 选型依据	76
3.2 设计选型	77
3.2.1 液压支架选型	77
3.2.2 采煤机选型	79
3.2.3 三机选型	81
3.2.4 泵站选型	87
3.2.5 带式输送机选型	89
3.2.6 超前支架选型设计	90
3.2.7 工作面设备配套总成	96
3.3 工作面供电系统设计及设备选型	98
3.3.1 供电系统设计	98
3.3.2 移动变电站选型	98
3.3.3 矿用隔爆兼本质安全型真空组合开关选型	101
3.3.4 电缆选型	107
3.3.5 工作面供电系统图	111
3.4 工作面生产能力核算	111
3.4.1 1.4~2.2 m 煤层配套设备生产能力核算	111
3.4.2 1.5~2.8 m 煤层配套设备生产能力核算	112
3.4.3 4.0~6.0 m 煤层配套设备生产能力核算	113

4 智能化无人综采控制技术

116

4.1 智能化无人综采控制技术现状	116
4.1.1 国外现状	116
4.1.2 国内现状	117
4.2 单机控制系统现状与集成控制系统需求分析	117
4.3 智能化无人综采控制系统	118
4.3.1 方案设计	121
4.3.2 系统设计	128
4.4 系统集成	151
4.4.1 技术平台	151

4.4.2 顺槽监控中心平台	155
4.4.3 地面指挥控制中心平台	160

5 智能化无人综采保障体系

163

5.1 矿井信息化建设	163
5.1.1 网络支撑平台	164
5.1.2 数据中心	164
5.1.3 信息集成	164
5.2 安全保障体系	170
5.2.1 矿井通风安全技术	170
5.2.2 矿井瓦斯防治技术	176
5.2.3 矿井综合防尘技术	186
5.2.4 矿井火灾防治技术	190
5.2.5 矿井顶板灾害防治技术	195
5.2.6 矿井水害防治技术	197
5.2.7 智能化无人综采安全跟踪分析系统	201
5.3 管理保障体系	203
5.3.1 精细化管理	204
5.3.2 标准化管理	208
5.3.3 安全管理	211
5.3.4 员工素质提升工程	213
5.3.5 “261”工作法	214

6 工程实践

216

6.1 顶层设计	216
6.1.1 考察调研	216
6.1.2 统一思路	217
6.1.3 组织与措施保障	217
6.2 整体设计	218
6.2.1 总体要求	218
6.2.2 设备技术标准	218
6.2.3 控制系统技术标准	220
6.3 设备配套研制	221
6.3.1 设备配套	221
6.3.2 设备研制	222

6.4 安装调试	225
6.4.1 单机调试	225
6.4.2 地面联合调试	225
6.4.3 井下安装	225
6.4.4 系统调试	226
6.5 技术攻关及工业性试验	228
6.5.1 技术攻关	228
6.5.2 工业性试验	239
6.6 设计功能实现情况	241
6.7 生产组织	243
6.7.1 人员配置	243
6.7.2 岗位职责	243
6.8 远程干预数据分析	244
6.8.1 支架压力数据分析	244
6.8.2 采煤机数据分析	248
6.9 生产用时分析	250
6.10 创新点	254
6.11 经济社会效益	258
6.11.1 经济效益分析	258
6.11.2 社会效益	259
6.12 推广应用	260
6.13 推动科技进步的作用	260

1 绪 论

1.1 智能化无人综采技术发展

1.1.1 我国采煤技术发展概况

采煤技术是煤矿生产的核心技术,核心技术的突破必将带动矿井生产建设的关键技术和相关技术的进步。采煤技术的发展首先体现在采煤方法的发展上,特别是采煤工艺的发展上。依靠科学技术进步是我国煤炭工业发展的重要方针。采煤方法改革的根本出路在于发展机械化、自动化、智能化,从而实现安全、高效、绿色开采的目的。

我国煤炭赋存条件多样,开采条件复杂。新中国成立后经过不断的采煤方法改革,发展了以长壁采煤方法为主的采煤方法体系。长壁采煤技术的发展为机械化采煤创造了条件,采煤机械化水平逐年提高。

新中国成立初期,绝大多数煤矿的设备设施极为简陋,采煤方法多采用无支护的穿硐式和高落式。在三年经济恢复时期推行了以壁式体系为主的采煤方法。1952年,国营煤矿采用以长壁式为主的正规采煤方法。第一个五年计划期间,继续进行采煤方法改革。1957年,全国采煤机械化程度达12.57%。1974年开始采用综合机械化采煤技术设备,从此,我国煤炭开采走上现代化发展的道路。

20世纪50—70年代我国采煤技术以炮采为主,50年代末60年代初开始探索机械化采煤技术,到70年代开始发展综合机械化采煤技术。我国综合机械化采煤技术的发展大体经历了以下几个阶段:

(1) 20世纪70年代开始发展综采技术,1974—1979年我国成套引进43套综采设备,进入了对外国先进综采技术消化和吸收阶段。1975年开滦唐山矿综采队创造了月产125393 t的好成绩,1977年又创造了日产13446 t的纪录。

(2) 20世纪80年代开始在统配煤矿全面发展综采,1979—1987年我国先后引进了100多套综采设备,并和先进产煤国家进行了广泛的技术交流,加速了我国综采技术的发展。综采设备国产化加快,研制出了ZY3500/17/35型液压支架、MLS3170型采煤机、SGW730/320型刮板输送机等设备。

1981年大同同家梁矿和永定庄矿同时出现了年产百万吨的综采队,为此煤炭部及时组织开展了争创百万吨综采队的活动。到1987年,全国有19个综采队实现年产百万吨。综合机械化程度1979年为6.36%,到1987年上升为29.06%。这期间我国积累了丰富的综采经验,综采逐步进入成熟阶段。此后百万吨综采队不断涌现,到1990年百万吨综采队达到46个;1991年和1992年百万吨综采队分别为47个和48个,处于稳定状态。1992年,重点煤矿综采程度上升至41.07%,综采工作面达到297个,平均月产达50412 t。在创建百万吨综采队的基础上,有条件的矿井开始向高产高效发展。潞安矿务局在1992年

和1993年都有两个综采队年产突破2 Mt。1994年煤炭部颁发的《建设高产高效矿(井)暂行管理办法》明确指出,煤矿都要把实现高产高效矿井作为企业的奋斗目标,于是以高产高效为目标争创百万吨综采队的活动进入一个新的高潮。1995年就涌现了年产百万吨以上的综采队65个,其中年产2 Mt以上的综采队9个、年产3 Mt以上的综采队2个。1996年年产百万吨以上的综采队增至72个,其中年产2 Mt以上综采队11个。在此期间,大采高综采技术开始发展,1993年邢台东庞煤矿大采高综采面年产过百万吨。

(3) 20世纪90年代后,综采综放向高产高效方向快速发展。

2000年我国重点煤矿的采煤机械化程度达到74.43%,其中综合机械化采煤程度达到56.73%,全国综采工作面达到266个,综采工作面平均单产达到 8.724×10^5 t。

近几年来,由于对采煤方法进行了改革,一批煤矿跨入了现代化安全高效煤矿的行列。以神东、兖州、潞安、晋城等地的煤矿为代表。神府矿区采用大采高综采技术,工作面年单产已接近10 Mt。

建设高产高效矿井的根本目的是促进煤矿经济效益的提高,我国近年来的实践也充分体现了这一点。“十二五”末,全国煤矿数量减少,大型煤矿的比重增加。2015年底,全国煤矿数量1.08万处,其中,年产1.2 Mt以上的大型煤矿1050处,比2010年增加400处,产量比重由58%提高到68%;大型现代化煤矿的比重不断提高,国内千万吨级特大型矿井53处,全国煤炭供应保障能力显著增强,大型煤炭基地建设稳步推进。14个大型煤炭基地产量占全国总产量的92.3%左右,产量超过亿吨的煤炭省区有8个,产量比重为84.1%。神华集团、同煤集团、山东能源集团、陕煤化集团、中煤集团、兖矿集团、山西焦煤集团、冀中能源集团、河南能源集团等9家企业产量均超亿吨,总产量 1.41×10^9 t,占全国总产量的38.2%。

1.1.2 综采技术发展概况

目前,我国煤炭综采装备水平已接近或达到世界先进水平。综采工作面实现自动化生产,难度极大,发达国家也没有很成熟的技术和应用案例。综采是我国煤矿最主要的采煤工艺,近几年国内有很多单位开展了有关自动化综采工作面的研究,提高综采工作面生产的自动化水平也是当前国际采矿界研究的热点。

综采工作面工作环节复杂,设备数量多,设备之间相互制约、相互协调,任何设备都无法脱离其他设备而单独完成任务,同时这些设备的任何一个动作还受地质条件的限制。一个标准的综采工作面一般由多台设备构成,核心设备有采煤机、刮板输送机、液压支架、转载机、破碎机和带式输送机,实现自动化的难度很大。随着自动化技术的发展及采煤装备水平的提高,在地质条件允许的情况下实现自动化采煤逐渐具备了可行性。

在工作面采煤机、刮板输送机、液压支架等设备实现单机自动控制功能的基础上,通过工作面三机与顺槽监控中心的联网通信,实现监控中心对三机的实时监测与控制。目前对自动化智能化综采工作面的主要设备和控制技术的研究主要体现在以下几个方面:

1) 液压支架智能控制系统

20世纪90年代,煤炭科学研究总院太原分院、郑州煤矿机械公司、北京煤矿机械公司分别自主开发出电液控制系统,但受当时的技术水平和煤炭行业状况限制而未能推广;