

国家安全生产监督管理总局规划科技司 编
科技部社会发展科技司

“十五” 国家 安全生产优秀科技成果汇编

SHIWUGUOJIA

ANQUANSHENGCHANYOUXIUKUKEJICHENGGUOHUIBIAN

“十五” 国家科技攻关计划科技成果（煤矿分册）

煤炭工业出版社

国家安全生产监督管理局规划科技司 编
科技部社会发展科技司

“十五”国家 安全生产优秀科技成果汇编

SHIWUGUOJIA

ANQUANSHENGCHANYOUXIUKETJICHENGGUOHUIBIAN

“十五”国家科技攻关计划科技成果（煤矿分册）

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

“十五”国家安全生产优秀科技成果汇编: “十五”国家科技攻关计划科技成果 (煤矿分册) / 国家安全生产监督管理局规划科技司, 科技部社会发展科技司编. —北京: 煤炭工业出版社, 2007.6

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3073 - 5

I. 十… II. ①国…②科… III. 安全生产 - 科技成果 - 汇编 - 中国 IV. X93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 054729 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 $889\text{mm} \times 1194\text{mm}^{1/16}$ 印张 $75^{1/4}$
字数 2187 千字 印数 1—3,100
2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷
社内编号 5873 定价 220.00 元
(共 4 册)

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

编委会名单

主任 王显政

副主任 杨 富 马燕合

委员 (以姓氏笔画为序)

王广湖	王 浩	王端武	宁 宇	田保国	任树奎	伊 烈
刘成江	刘铁民	刘 强	安国森	朱凤山	闫 金	何学秋
张平远	张瑞新	李中锋	金磊夫	郭云涛	袁 亮	黄智全
黄盛初	彭玉敬					

主 编 何学秋

副主编 周北驹 麻名更 申宝宏 张兴凯

编写人员 (以姓氏笔画为序)

孔 勇	文光才	王兆丰	王 威	王恩元	王继仁	王魁军
邓 军	邓云峰	兰西柱	卢鉴章	叶发先	刘见中	刘功智
刘正伟	刘志忠	刘明举	刘泽功	刘英波	刘 剑	刘春富
刘秋兰	刘晓明	刘新军	向衍荪	多英全	孙东玲	朱 昆
邢福康	阴建康	何肇瑜	吴宗之	吴 桁	吴殿虎	吴燕清
张兴华	张延松	张设计	张宏伟	张国顺	张英喆	张 烁
张 浪	张 超	李 平	李传贵	李 扬	李红臣	李铁良
李 群	李德文	李成武	杜乐清	杨宏民	苏振忠	陆守香
陈功胜	陈庆锋	陈 钢	邹忠有	邹宏君	周心权	周德昶
林 岚	林柏泉	武 强	罗吉敏	罗海珠	范志杰	郑 卉
金玉明	金龙哲	俞启香	柏发松	胡千庭	贺佑国	赵云发
赵 伟	赵 英	夏抗生	聂百胜	柴建设	耿 凤	袁俊霞
郭 华	郭 洁	曹 垚	曹海龙	梁运培	黄 刚	黄克葵
栗 新	彭苏萍	程远平	董 华	瑞 昭	廖光煊	廖斌琛
蔡周全	薛 生	霍中刚	魏利军	魏建平		

序

安全生产关系人民群众生命财产安全,关系国民经济发展和社会稳定大局。安全科技是构成安全生产的重要要素,是安全生产的有力支撑和根本保障,代表安全生产的发展水平,反映了安全生产工作的发展方向和内在要求。胡锦涛总书记在中央政治局第30次学习会的讲话中指出,要加大安全生产的治本力度,加快安全生产科技进步。温家宝总理也明确要求,加快推进安全生产科技进步,针对重点行业和领域的共性、关键性安全生产技术难题,组织开展安全生产科研攻关,提高安全生产技术水平和安全装备水平。因此,坚持科技兴安战略,重视和加强安全科技工作,抓好安全生产科技成果的研发、推广和应用,对推进安全发展、构建和谐社会,具有十分重要的意义。

“十五”期间,全国安全科技工作取得了长足发展。目前已初步建立了企业为主体、科研机构 and 大专院校为中坚力量、社会广泛参与、国内外密切合作的“产学研”一体化科技创新体系。培育了一支具有较大规模、较高水平的安全科技队伍。在安全科学基础理论研究与应用、重大工业事故预防预警与应急救援、重大危险源监控、事故重大隐患治理、安全管理等方面取得了一系列新的科研成果。安全生产科技持续创新、优秀科技成果得到不断推广与应用,安全科技支撑和引领“安全发展”的作用日趋显著。

为便于各地、各部门和各行业领域学习、借鉴和推广应用已取得的科研成果,国家安全监管总局和科技部组织编写了《“十五”国家安全生产优秀科技成果汇编》一书。该书以煤矿、非煤矿山、危险化学品、烟花爆竹、城市公共安全等行业领域为重点,汇集了“十五”以来国家安全生产科技攻关成果,第一、二、三届安全生产科技成果奖获奖成果、优秀推广项目和安全生产示范技术项目等。希望通过安全科技成果的结集出版,进一步激发各地、各部门和各单位加强安全生产科技工作的积极性,加快新科技成果的推广应用步伐,将安全生产科技工作不断推向新阶段。

新时期安全科技工作面临着安全事故“易发期”带来的严峻挑战,肩负着探索安全生产规律、化解事故风险的重要使命。必须坚持以科学发展观和安全发展理念为指导,遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的方针,贯彻“自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来”的科技工作理念,大力实施“科教兴安”战略,整合安全生产科技资源,构建安全生产科技创新、技术研发与成果转化体系,全面提升安全生产科技水平,为安全生产“十一五”规划目标的实现提供强有力的科技支撑。

在发展思路上,坚持以增强安全生产科技自主创新能力为中心,大力加强安全生产理论基础研究,开展共性、关键性重大安全科技攻关。强化企业科技创新主体地位,推进安全理论创新和安全技术创新。加强先进、适用技术的开发、推广和应用,实施安全科技示范工程。各行业、各生产企业要加强与有关科研机构和专业院校的联系与配合,健全安全科技工作机制,增强原始创新、集成创新和在引进先进技术基础上的消化、吸收、再创新能力,争取在安全学科前沿和高技术领域占有一席之地。各有关科研部门和机构,要深入分析,针对安全生产领域共性、关键性安全技术和科学难题,积极开展科技攻关,加快科技创新步伐,争取在重点领域取得突破。要进一步加大淘汰危及安全的落后工艺和设备的力度,广泛采用安全性能可靠、先进实用的新技术、新工艺、新设备和新材料,切实提高安全生产的保障能力。

王显政

二〇〇七年五月·北京

目 录

淮南矿业集团煤矿瓦斯治理成果·····	1
开采高瓦斯煤层群瓦斯灾害综合防治技术·····	17
煤与瓦斯突出动态监测预警技术及装备·····	32
电磁波探测技术和装备的研究·····	49
矿井通风系统实施闭环监测、分析与决策控制系统·····	67
突出煤层区域突出危险性预测多指标分析决策系统及装备研究·····	80
突出煤层预测预报新技术研究·····	105
突出危险煤层卸压瓦斯强化抽放的被保护范围及扩界保护技术·····	121
单一松软低透气性突出煤层巷道边抽边掘技术·····	134
松软低透气性高瓦斯突出煤层定向爆破增透技术·····	151
煤与瓦斯突出区域预测瓦斯地质方法研究·····	174
矿井瓦斯富集部位地震探测技术与方法研究·····	193
瓦斯富集区高分辨率探测的地球物理响应·····	227
煤与瓦斯突出区域预测的地质动力区划和可视化技术·····	260
瓦斯涌出动态监测技术·····	273
AE 声发射预测煤与瓦斯突出技术研究·····	295
顺煤层强化抽放瓦斯防治突出成套技术研究·····	314
地面钻孔抽放采动区域瓦斯技术研究·····	328
松软低透气性煤层下向钻孔及深孔控制预裂爆破提高抽放瓦斯技术·····	363
松软低透气性煤层深孔控制预裂爆破提高抽放瓦斯效果的成套技术·····	382
预防瓦斯爆炸发生与传播的智能预测与控制技术研究·····	396
采空区及局部积聚瓦斯安全抽排技术研究·····	417
高瓦斯煤层群煤层自然发火监测及预防技术研究·····	432
矿井灾变风流动态模拟及虚拟现实技术研究·····	452
矿井通风系统安全性评价与决策技术研究·····	481
瓦斯煤尘爆炸危险性预测评价技术·····	501
高压水射流钻孔技术·····	520
特殊煤层的注水工艺技术研究·····	538
煤矿监控系统标准通信方式及协议的研究·····	558

淮南矿业集团煤矿瓦斯治理成果

淮南矿业（集团）有限责任公司

1 淮南矿业集团基本情况

1.1 概况

淮南矿业集团位于安徽省中北部，横跨淮河，纵穿一市（淮南市）两县（凤台县、颍上县），是全国 520 家大型企业集团和安徽省 17 家重点企业之一，及中国首批循环经济试点企业之一，有 90 多年开采历史，在国家煤炭工业发展进程中有着重要的地位和作用。20 世纪 30 年代成立淮南矿务局；五六十年代，就成为全国五大煤矿之一，素有“华东煤都”、“动力之乡”的美誉；七八十年代，被列为国家重点煤炭生产建设基地。1998 年改制为淮南矿业（集团）有限责任公司，并进入中国煤炭行业十强企业的行列，连续多年为工商银行“AAA”级信用企业，连续 7 年入围全国 500 家最大工业企业。

国家发改委已将淮南矿业集团列为全国 13 个亿吨级煤炭基地和 6 个煤电基地之一。矿区总体开发规划由国家发改委以发改能源[2004]2301 号文正式批复，总体规模：2007 年生产能力达 5000 万 t，两个电厂首期各 2 台 60 万 kW 机组投入运行；2010 年生产能力达 8000 万 t，两个大电厂建成，电力送出规模 480 万 kW，最终送出 1000 万 kW。

淮南矿业集团具有很大的发展优势和潜力：①煤炭储量大，生产能力强，已探明储量 300 多亿 t，其中可采储量 175 亿 t，并有丰富的煤层气（预测煤层气资源量为 5928.28 亿 m^3 ）、高岭土等煤炭伴生资源。②技术实力强，人才众多，有专业技术人才 11112 人，占淮南市人才资源的 83%，其中：享受国务院政府特殊津贴 29 人，国家有突出贡献专家 1 人，部委级专业技术拔尖人才 4 人，高级技术职务人员 1557 人。③煤炭质量优，煤种齐全，属 1/3 焦煤为主的多种优质炼焦煤和动力煤，深部有肥煤、焦煤、瘦煤，具有特低硫、特低磷、高发热量、高灰熔点等特性，有“环保产品”、“绿色能源”的美称。④区位优势明显，市场广阔，矿区面向国内经济发达区域，铁路、公路、水路四通八达，运距短，运输通道便利，煤炭产品主销江、浙、沪、闽、粤、赣、皖六省一市。

2006 年，淮南矿业集团煤炭产量已达 3334 万 t。着眼新世纪的发展，淮南矿业集团科学地制定了《淮南矿业集团总体发展战略》，其战略指导思想是：发挥优势，创新调整，稳步扩张，做大做强；其战略核心是：煤炭主业集中化，产业链发展集优化，产权结构调整多样化；其战略目标是：把淮南矿业集团建成以煤炭及煤炭相关产业多元化发展，技术先进，管理科学，面向市场，国内一流的特大型能源企业。

1.2 生产矿井及生产能力

集团公司现有 11 个生产矿、13 对生产井，14 个子公司。淮河以南老区有：新庄孜矿、谢一矿、李一矿、李二矿、李嘴孜矿，淮河以北新区有：潘一矿、潘二矿、潘三矿、谢桥矿、张集矿、顾桥矿，2006 年实际生产原煤 3334 万 t。4 对在建矿井：丁集、顾北、潘北、朱集，将于 2007~2009 年相继投产。2007 年具备 5000 万 t/a 的生产能力，2010 年生产能力达到 8000 万 t/a。

1.3 矿区“一通三防”灾害威胁

淮南矿业集团现有的 11 个生产矿中，10 个为煤与瓦斯突出矿井，矿区瓦斯涌出总量达 $820\text{m}^3/\text{min}$ ，平均相对瓦斯涌出量 $15\text{m}^3/\text{t}$ 。矿区煤层赋存和地质构造复杂，原始煤体透气性低（ $0.001135\text{m}^2/$

[MPa²·d]), 瓦斯含量高 (12~22m³/t), 瓦斯压力大 (6.4MPa), 煤质松软 ($f=0.2$)。高瓦斯采煤工作面瓦斯涌出量最大为 70m³/min, 掘进瓦斯涌出量一般为 2~4m³/min, 最大达 8m³/min。随着逐步向深部开采, 矿区瓦斯涌出量将以每年 100m³/min 的幅度递增, 预计 2010 年将达到 1500m³/min 以上; 采煤工作面瓦斯涌出量将有一半以上超过 50m³/min, 煤巷掘进面瓦斯涌出量基本上都大于 3m³/min。

淮南矿区煤尘爆炸指数高达 35%~42% 以上, 火焰长度可达 300mm, 岩粉量最大为 70%, 煤尘普遍具有爆炸危险。

矿区绝大多数煤层有自然发火倾向, 发火期一般为 3~6 个月, 最短的为 14 天。

淮南矿区历史上曾是瓦斯事故重灾区, 发生瓦斯爆炸及煤与瓦斯突出事故共 27 起, 死亡 397 人。特别是 1997 年在两周时间内发生了“11·13”事故死亡 88 人、“11·27”事故死亡 45 人, 共计 133 人, 伤亡损失惨痛。瓦斯事故造成的伤亡人数在 20 世纪八九十年代占 87%, 1998 年以前矿区百万吨死亡率高达 4.01 人, 是全国典型的瓦斯事故重灾区。

淮南矿区自建矿以来共发生煤与瓦斯突出 141 次。第一次突出发生在原谢二矿-127m C₁₃ 平巷, 始突标高-127m, 突出煤量 15t, 是有记载以来垂深最浅的一次突出; 最大的突出发生在潘二矿-500m W₂B 组运输石门揭煤过程, 突出煤量 1433t, 瓦斯量 22000m³; 最大的一次煤巷突出发生在 2002 年 11 月 25 日的 5213 I 下顺槽掘进过 F10-5-11 煤层, 突出煤量 1114t, 瓦斯 60684m³。矿区平均突出强度 112t, 1000t 以上的特大型突出 3 次, 中小型突出占 80%。

2 “十五”科技攻关情况

2.1 课题攻关概况

在国家科技部的领导下, 由国家安全生产监督管理局 (国家煤矿安全监督局) 组织和管理, 以淮南矿业集团及煤科总院重庆分院、煤科总院抚顺分院、中国矿业大学、辽宁工程技术大学、安徽理工大学、焦作工学院、西安科技大学、中国科学技术大学、澳大利亚联邦科学与工业研究院等为承担单位的国家“十五”重点科技攻关课题《矿山重大瓦斯煤尘爆炸事故预防与监控技术》分两期分别于 2001 年 11 月~2004 年 2 月和 2004 年 6 月~2006 年 3 月在淮南矿业集团圆满完成, 并于 2006 年 6 月 23 日通过总验收。

课题共分 33 个专题, 其中一期 17 个专题, 二期 16 个专题; 历时 4 年 7 个月, 13 家管理和科研院校的 500 余人参加了管理和研究, 其中高级职称的占 55% 以上, 具有博士或硕士学位的占 45%; 投入研究经费约 3400 万元, 其中一期 1788.98 万元 (其中国拨 800 万元), 二期 1610 万元 (其中国拨 610 万元), 淮南矿业集团在投入 2000 万元研究费用的基础上, 还投入了逾亿元的科研工程和设备资金。课题共研制出新产品、新装备 27 项, 其中一期 18 项, 二期 9 项; 研究出新技术、新工艺 43 项, 其中一期 30 项, 二期 13 项; 建立实验和示范点 46 个, 其中一期 33 个, 二期 13 个; 获得专利 7 项, 申报 3 项, 其中一期 5 项, 二期 2 项, 申报 3 项; 发表科技论文 190 篇, 其中一期 110 篇, 在国际上发表 15 篇, 二期 80 篇, 在国际上发表 10 篇; 培养并锻炼了一批科研骨干和学科带头人, 提高了我国煤矿灾害防治学科的学术水平, 培育了一支煤矿安全技术的人才队伍; 获得综合经济效益 51342.4 万元。

2.2 课题研究的重要内容

课题从瓦斯煤尘爆炸危险性评价技术、煤与瓦斯突出区域预测技术、煤与瓦斯突出动态预测技术、高产高效矿井瓦斯灾害综合治理技术、矿井通风系统安全可靠评价与决策技术、瓦斯灾害预测预报技术、瓦斯强化抽采技术、矿井安全监测及火灾模拟技术 8 方面开展攻关研究。课题的具体攻关任务及主要经济指标如下:

2.2.1 矿井瓦斯煤尘爆炸危险性预测评价技术

研制出粉尘浓度传感器, 并实现与监测系统联网; 开展瓦斯煤尘共存条件下煤尘云着火机理、矿井瓦斯煤尘爆炸传播机理及隔抑爆技术的研究, 提出瓦斯煤尘爆炸危险源的辨识方法与瓦斯煤尘爆炸事故风险预测评估方法, 开发相关的软件; 开发瓦斯煤尘爆炸危险性评价技术, 建立瓦斯煤尘爆炸防治专家系统。

2.2.2 煤与瓦斯突出的区域预测技术

(1) 开展瓦斯地质理论技术的研究, 形成一套煤与瓦斯突出区域预测的瓦斯地质方法及指标, 实现区域预测结果的可视化。

(2) 研究瓦斯在煤层中富集区的形成和发育规律, 形成一套瓦斯富集部位及突出区带预测的地球物理与地质方法及指标。

(3) 采用地质动力区划方法, 研究并形成一套完整、可靠、实用、先进的煤与瓦斯突出区域预测方法, 开发在 GIS 支持下的煤与瓦斯突出区域预测决策分析系统, 实现煤与瓦斯突出区域预测的可视化。

(4) 研究开发实用的地质雷达解释软件以及钻孔无线电波透视技术与装备, 钻孔透视距离达到 100~200m; 研究瓦斯灾害易发区预测技术, 提出探测瓦斯灾害易发区的判别方法及预测预报敏感指标及其临界值。

(5) 非突出危险区预测准确可靠性为 100%, 有突出危险区预测准确率 70% 以上。

2.2.3 煤与瓦斯突出动态预测技术

(1) 研制包括具有自调校功能的瓦斯传感器在内的瓦斯动态涌出灾害报警监测仪表及软件, 实现对工作面瓦斯灾害的实时监测和预警。

(2) 研制出煤与瓦斯突出监测的 AE 声发射传感器, 形成基于 AE 声发射的煤与瓦斯突出连续监测预测技术与装备。

(3) 研究开发煤与瓦斯突出电磁辐射非接触动态监测预报技术与系统, 实现对采掘工作面煤与瓦斯突出的动态监测及超前预报。

(4) 煤与瓦斯突出危险预测准确率达 70% 以上, 无危险准确率为 100%。

2.2.4 瓦斯综合防治技术

(1) 完善顺层长钻孔的施工技术, 研究提高低透气性煤层的高压水射流扩孔技术及装备、顺层长钻孔的抽放效果评价技术等, 形成消除煤层突出危险性的成套技术和设备; 提出预抽防突效果评价的方法和指标。

(2) 研究下向钻孔抽放瓦斯工艺技术及装备, 下向孔长度 60m 以上, 使下向孔抽放瓦斯量不低于上向孔和水平孔; 研究适合于高瓦斯低透气性有突出危险煤层的深孔控制预裂爆破强化抽放瓦斯技术, 使煤层瓦斯抽放率达到 30% 以上; 提出一套石门快速揭煤工艺技术, 使淮南矿区揭煤时间缩短 50%。

(3) 研究单一低透气煤层强化增透技术和边抽边掘技术。

(4) 研究淮南矿区不同赋存条件煤层群的开采程序及首采层瓦斯综合治理成套技术, 研究出超前开采远距离保护层、卸压瓦斯抽放技术和开采煤层顶板抽放瓦斯技术。

(5) 研制出采空区及局部积聚瓦斯自动抽放装置, 使采空区瓦斯抽放量大于 $5\text{m}^3/\text{min}$, 局部瓦斯抽排能力不小于 $2\text{m}^3/\text{min}$ 。

(6) 研究出淮南矿区特殊煤层的注水工艺技术及成套装备, 使注水后煤的水分增量达到 1.0% 以上, 回风巷粉尘浓度降低 50% 左右。

2.2.5 矿井通风系统安全性评价和决策技术

(1) 研究矿井通风系统合理性、稳定性和可靠性的评价准则、评价方法与优化改造决策技术体系。

(2) 研究矿井灾变条件下,通风网络二维、三维烟流流动规律的动态分析方法与基于虚拟现实技术的灾害重现技术。

(3) 研究通风系统安全可靠评价与决策可视化软件系统及局域数据共享网络化技术。

(4) 研究结合煤矿安全监测与控制系统,建立矿井通风系统实时闭环监测、分析、决策控制系统。

2.2.6 瓦斯煤尘灾害预测技术

在前期已取得成果的基础上,完善瓦斯煤尘爆炸的预测与控制技术研究,进行抑制瓦斯煤尘爆炸技术研究与应用。在完成了样机研制、现场试验的基础上,进一步研究完善淮南矿区地质构造的探测技术,高瓦斯区域预测技术、基于多指标决策和瓦斯含量及流量法的煤与瓦斯突出预测技术与装备;深入研究电磁辐射等非接触式瓦斯动力灾害预测技术及装备。加强技术的现场考察与验证,提高成果的使用效果并扩大应用范围。建立瓦斯煤尘灾害的预测及防治示范工程。

通过本部分的研究,进一步完善矿井瓦斯灾害预测与检测技术,实现高瓦斯和煤与瓦斯突出矿井区域性预测和瓦斯灾害的连续检测,预测不发生煤与瓦斯突出灾害准确率达到100%,预测发生煤与瓦斯突出灾害的准确率不低于70%。

2.2.7 突出危险煤层瓦斯强化抽采技术研究与示范

进一步研究低透气性突出危险性煤层水射流钻扩孔、边掘边抽、预裂爆破等瓦斯强化抽采技术,完善提高煤层透气性与抽采效果的成套工艺技术;研究综放(采)开采的高瓦斯煤层群瓦斯抽采条件下煤层自然发火预测与防治技术;开展地面钻井抽采采动影响区域瓦斯技术与装备研究等。重点是对已取得的重要成果进行改进完善、优化集成,扩大应用范围,提高使用效果,系统总结并形成完善的技术体系。在淮南矿区真正建立起瓦斯抽采的示范工程。

通过本部分的研究,对高瓦斯和煤与瓦斯突出煤层瓦斯灾害治理技术进行完善配套,使淮南矿区瓦斯抽采量“十五”末期达到1.5亿 m^3 ,矿井瓦斯抽采率达到40%以上。建立淮南矿区瓦斯治理示范工程,矿区突出煤层实现高效开采,基本控制重大瓦斯灾害的发生,为在其他类似矿区推广应用提供示范。

2.2.8 矿井安全生产的监测监控及网络化管理技术研究

针对我国目前煤矿安全监测系统存在相互独立、互不兼容等问题,研究新型煤矿监控系统的技术发展方向,提出煤矿监控系统统一的通信协议与技术标准,促进煤矿安全监控的网络化与信息化,实现矿井及矿区系统资源的共享。在前期成果基础上,开展煤矿瓦斯爆炸减灾控制技术的研发,完善矿井灾害模拟及虚拟现实技术。

通过本部分的研究,初步形成矿井安全生产检测监控系统统一的通信协议与标准,实现煤矿安全监控的网络化、各类监控系统的互联互通以及资源共享。

2.3 课题取得的主要成果

课题经过4年多的研究,在瓦斯煤尘爆炸评价、瓦斯危险区域预测、瓦斯突出危险性监测、高瓦斯煤层群高效开采、矿井通风系统可靠性评价、瓦斯危险区域预测、高瓦斯煤层群煤与瓦斯安全高效共采、矿井安全生产的监测监控及网络化管理技术等方面的关键技术研发和重大装备的研制分别取得了重要成果,主要有:

(1) 煤尘着火机理及瓦斯煤尘爆炸机理研究取得实质性进展,建立了矿井瓦斯煤尘爆炸危险性评价模型,提出了瓦斯煤尘爆炸危险性预测评价技术,建立了瓦斯煤尘爆炸的危险性评价和防治专家系统,并成功研制出了与监测系统联网的GCG1000型粉尘浓度传感器,提高了矿井瓦斯灾害预测的准确性和预防瓦斯煤尘爆炸的技术水平。

瓦斯煤尘爆炸一直是困扰煤矿安全生产的重大灾害之一。课题针对目前瓦斯煤尘爆炸及危险性评价存在的主要问题,在理论上从单颗粒粉尘着火着手,结合实验研究了粉尘云着火及燃烧过程,得出

了影响煤尘云初始火焰核有一作用半径,与初始火焰核半径、煤尘粒子在热辐射作用下的临界着火温度和初始火焰核温度有关,预热层内煤尘云粒子温度达到其临界着火温度时,形成初始火焰核向外传播的重要结论。

课题建立了粉尘云着火及燃烧过程简化模型。粉尘空气混合物点火过程中慢速导热燃烧模式到快速辐射燃烧模式的转变具有爆炸特征,系统中点火诱导期与高温固体颗粒燃烧产物的质量分数和燃烧阵面中的热辐射有关。在爆炸极限范围内,颗粒相浓度和颗粒点火温度越低火焰加速效果越明显。辐射热损失可能导致燃烧区域的重构,粉尘与空气混合物火焰稳态结构发生明显的变化。

在矿井瓦斯煤尘爆炸传播机理研究方面,采用高速运动分析系统、动态数据采集系统等先进测试手段,研究了瓦斯爆炸传播规律,得出了爆炸波、火焰的传播特性,障碍物对爆炸波、火焰的作用特性以及爆炸波与火焰在时间和位置上的相互关系,巷道端面积变化、分叉及支架、壁面热效应对爆炸波和火焰的影响作用。在瓦斯爆炸过程中,爆炸波在火焰前方,先于火焰传播,其传播速度明显高于火焰,爆炸波与火焰之间的时间差不仅和位置有关,而且还和障碍物的数量有关。在爆源附近,它们之间的时间差较大,随着障碍物的增多,爆炸波和火焰时间差有所减小。

在瓦斯爆炸危险性评价技术方面:对矿井瓦斯煤尘爆炸危险源采用安全检查表和事故树方法进行了初步分析研究,提出了矿井瓦斯煤尘爆炸危险评价模型。通过征求有关技术专家的意见,列出了矿井主要危险源(掘进工作面和采煤工作面)的安全检查表。用事故树方法分析了掘进、采煤工作面瓦斯煤尘爆炸产生的影响因素及权重、可能发生事故的模式和避免瓦斯煤尘爆炸事故发生所要采用的途径。用故障树分析法与人-机-环系统分析法相结合的分析方法分析瓦斯爆炸事故,并建立了矿井瓦斯爆炸事故的分析模型;分析了矿井瓦斯爆炸事故,确立了矿井采煤工作面、掘进工作面瓦斯爆炸危险性评价指标体系,瓦斯煤尘爆炸风险分级考虑瓦斯煤尘爆炸易发性指标和后果严重性指标,确立了爆炸危险性等级的划分。建立了瓦斯煤尘爆炸的危险性评价和防治专家系统,开发了矿井瓦斯煤尘爆炸危险性评价软件及专家系统软件。

通过对粉尘颗粒散射光的理论研究,建立了适合于大颗粒粉尘气溶胶光散射数学模型,采用能量高、单色性好的激光光源和负压气流引射的方法研发出了 GCG1000 型粉尘浓度传感器。该传感器具有高灵敏度、高分辨率、高稳定性、低噪声的特点,解决了光学测量窗粉尘污染的技术难题。测量范围: $0 \sim 1000 \text{ mg/m}^3$; 测量误差: 量程 $0 \sim 100 \text{ mg/m}^3$ 时为 $\pm 20\%$; 量程 $100 \sim 1000 \text{ mg/m}^3$ 时为 $\pm 10\%$, 能与矿井安全监测系统联网使用。建立了粉尘浓度实验室标定系统。根据现场实际对自动抑爆装置的传感器、抑爆器等进行了重新设计研究,解决了传感器防污染、抑爆器防堵塞问题,对灭火剂进行了选型试验,提高了自动抑爆装置的抑爆性能和煤矿现场的适用性能。

(2) 课题形成了突出区域预测的瓦斯地质方法和配套的技术与装备。研究成功了突出多因素模式识别概率预测技术,开发了在 GIS 支持下的突出区域预测决策分析及可视化软件;运用地球物理探测技术,研究出了一套矿井瓦斯富集部位地震探测技术与方法;开发出电磁波探测技术与装备,研究出探测瓦斯灾害易发区的探测技术和判别方法;最大限度地降低了掘进和回采过程中的瓦斯影响,显著地提高了掘进速度、回采工作面产量和煤与瓦斯区域预测技术的水平。

通过地质动力区划的研究,查明了淮南矿区区域地质构造背景,明确了矿区发生突出的地质条件,同时还发现淮南煤田处在两个相交的凹地,这两条凹地的交叉点是高度渗透性地区,并与地壳的全球性拉伸区有联系,这就决定了在煤田里的自然地质动力过程。分析出了潘一矿、谢一矿两个矿区乃至淮南矿区具有高瓦斯含量,是产生突出的重要原因。研究中还查明矿区 I ~ V 级活动断裂构造,展现了淮南矿区现今构造运动的构造格架,得出了矿区突出事件与查明的活动断裂关系密切及突出受各自活动断裂影响或控制的规律;分析了潘一矿和谢一矿井田的岩体应力状态和煤岩体与瓦斯的物理、力学相互作用规律;确定了活动构造和岩体应力对突出的影响,并划分出应力升高区、应力降低区和应力梯度;开发了突出多因素模式识别概率预测计算机软件;选择活动断裂、最大主应力、应

力梯度等 8 个因素为划分突出的危险区、威胁区和安全区的主要影响因素, 开发出了具有图、文、声和像的可视化功能的突出区域预测决策分析系统软件; 研制成功了 TY-2000 型吸附特征测定仪和 WT-2000 型瓦斯放散速度测定仪, 可以快速测定出煤样瓦斯放散速度指标和煤层瓦斯压力。

采用瓦斯地质方法, 建立了瓦斯地质理论与物探技术相结合的多技术(数字地震勘探、无线电波透视和构造软煤测井曲线识别)集成的多尺度(矿井突出区和工作面突出带)瓦斯突出区域预测瓦斯地质新方法; 提出了以瓦斯地质单元为基础的、由构造软煤厚度(H)和煤层瓦斯压力(P)相配套的突出区域预测瓦斯地质指标, 初步确定研究区域内构造软煤厚度的突出临界值为 0.90m; 开发了具有信息输入、动态管理和空间分析功能的瓦斯突出区域预测 WebGIS 信息平台, 实现了瓦斯突出区域瓦斯地质方法的自动化和可视化。

采用地球物理探测技术, 形成了一套矿井瓦斯富集部位地震探测技术与方法。根据钻孔、掘进巷道以及瓦斯地质等资料, 研究了淮南矿区煤层瓦斯富集地质特征和规律, 摸清了淮南矿区的煤岩类型与性质、主要含煤地层的地质构造, 分析出了沉积和构造是影响煤层瓦斯富集的两大因素, 得出了矿区内煤和瓦斯突出危险性具有区域性分布规律, 即突出区域呈带状分布的规律。建立了由 3D3C 地震技术、AVO 技术、地震反演技术、地震属性分析技术、地震波形分类技术、瓦斯地质技术等构成的瓦斯富集部位地质-地震预测模式, 形成了瓦斯富集部位探测的核心技术。

采用电磁波透视技术, 成功研制出了探测煤层瓦斯灾害易发区的技术和装备, 提出了判定瓦斯灾害易发区的敏感指标和临界值, 形成一套适于瓦斯灾害易发区的判别方法。通过研究主采煤层电性参数随煤体承受不同应力、瓦斯压力和瓦斯含量的变化趋势及变化幅度, 建立煤体电磁波衰减场与煤体物理力学性质、地应力、瓦斯压力等因素的关系模型; 利用速度、结构分析和相关分析理论对电磁波反射和吸收特性进行定量分析, 提取地质不良体的空间位置特征, 建立不同环境下的地质不良体特征数据库, 由此建立了电磁波反射和吸收特征数据库和地质异常体的识别系统, 并得出了瓦斯灾害易发区分布规律。课题还研究出了地质雷达软件和电磁波探测系统的探测技术, 形成瓦斯灾害易发区预测技术。成果在新庄孜、潘一矿试验表明: 探测距离达到 100~200m, 探测出突出易发区的面积小于整个工作面的 50%, 瓦斯灾害易发区预测准确率 95% 以上。研制出突出煤层无线电波透仪有效探测距离大于 250m, 能分辨误差大于 1.5m 断层, 平面分布直径大于 20m 的瓦斯富集区, 探测精度大于 75%。

突出区域预测技术的应用表明: 非突出危险区预测准确性为 100%, 突出危险区预测准确性超过 70%; 瓦斯突出灾害治理防御面积减少 42%, 减少工作面治理措施工程量 50%, 提高采掘速度 40%。

(3) 根据对掘进工作面煤与瓦斯突出非接触动态预测预报的需要, 分别研究出了基于动态瓦斯涌出规律原理、AE 声发射原理和电磁辐射原理的工作面连续监测技术与装备。

通过对淮南矿区典型矿井掘进工作面煤壁、落煤瓦斯涌出及影响因素测试研究, 得出了淮南矿区掘进工作面动态瓦斯涌出规律, 并以此为基础建立了掘进工作面动态瓦斯涌出量预测数学模型; 通过研究掘进工作面的瓦斯动态涌出特征曲线、瓦斯动态涌出规律与工作面地质条件的关系、不同作业工序瓦斯动态涌出曲线的典型特征, 分析了瓦斯涌出动态变化规律与突出危险性的关系; 对瓦斯动态涌出特征波形进行实时监测, 并从波形中提取与突出危险性相关的特征指标, 建立了煤巷掘进炮后 30min 的吨煤瓦斯动态涌出量指标、瓦斯涌出变异系数指标、炮后瓦斯涌出最大速率指标等连续预测指标, 研究确定了这几种指标与炮掘工作面突出危险性的关系, 并得出了指标临界值, 从而根据这些指标综合判断工作面所处地点的安全状况以及前方的潜在危险性, 实现了淮南矿区炮掘工作面瓦斯动态涌出预测, 为我国煤矿提供了一种新的瓦斯涌出量预测方法和煤与瓦斯突出预测工艺技术; 研制出 TC-1 型煤与瓦斯突出连续监测系统, 该系统实时监测巷道瓦斯涌出量、风速、掘进进尺等技术指标, 可与任何矿井环境监测系统联网, 连续实时预报工作面突出危险性。使利用瓦斯动态涌出进行煤

与瓦斯突出预测进入了实用性阶段。

开发出了一套全新的 AE 声发射监测装备,既可独立运行,又可与任何矿井环境监测系统配套,既可采集全波形信号给地面分析提供原始资料,又可进行实时统计分析,实现实时预报功能;提出了 AE 声发射滤噪综合处理技术和方法,通过阻噪、隔噪、抑噪、滤噪和有效 AE 信号提取等途径,实现了有效滤噪的目的。研究出了包括传感器在内的 AE 声发射预测工艺技术。通过理论研究 AE 声发射产生机制和应力波在煤岩体中的传播规律,以及研究实验室和现场全波形资料,分析和总结了煤岩破坏 AE 声发射规律、AE 声发射与瓦斯动力灾害的关系,得出了 AE 声发射监测煤与瓦斯突出的可行性。

通过连续监测含瓦斯煤岩流变破坏过程中产生的电磁辐射信号强度和脉冲数及其变化,实现对煤与瓦斯突出等煤岩动力灾害现象的预测预报。研究并揭示了电磁辐射与煤与瓦斯突出影响因素间的关系,提出了临界值法与动态趋势法相结合的煤岩动力灾害预警方法,开发成功了可与 KJ 系列煤矿安全监测系统联网运行的 KBD7 煤岩动力灾害非接触电磁辐射连续监测仪,实现了煤岩动力灾害的非接触、连续动态监测,并申请了国家专利。有效预测范围为 7~22m;预警方式为临界值法与动态趋势法相结合;测试方式为非接触式,无须打钻;监测指标为电磁辐射强度和脉冲数。通过用与实际突出危险性 & 常规预测指标对比、概率统计和模糊模式识别相结合的方法确定了电磁辐射预测突出的临界值。该项成果已在淮南潘三矿、谢一矿、徐州张集矿、鹤岗富力矿、新汶华丰矿等试验应用于预测预报煤与瓦斯突出和冲击地压。突出预测无危险准确率达 100%,突出危险检出率比常规预测指标少 16%。

(4) 进一步完善了高瓦斯煤层群的开采保护层瓦斯灾害综合防治技术、顺煤层强化抽放瓦斯防治突出技术、单一低透气性突出煤层巷道边抽边掘技术、采空区及上隅角瓦斯抽放技术以及特殊煤层注水工艺技术,提出了淮南矿区的瓦斯灾害治理有效技术途径,也为全国瓦斯灾害治理提供了先进的技术装备和新的模式。

课题在顺层钻孔瓦斯抽放技术和水射流扩孔技术进行了深入研究,对顺层钻孔强化抽放瓦斯技术和预抽防突效果的评价方法进行了研究试验。通过高压水射流理论研究、实验室试验,并在谢一、新庄孜、潘三等煤矿的现场试验考察,形成了一套在顺煤层钻孔中运用高压水射流扩孔和钻扩一体化技术提高瓦斯抽放效果的成套技术和装备,以及对石门揭煤抽、排瓦斯钻孔扩孔的工艺技术和方法。扩孔后钻孔直径达到 200~300mm,为扩孔前的 4.5 倍,最大扩孔直径达 619.9mm。扩一个钻孔的时间相当于施工一个钻孔时间的 1/6,而一个扩孔钻孔的抽排放瓦斯及防突效果相当于 2 个以上的钻孔。明显提高了瓦斯抽放的效果。利用这套成果经过 3~5 个月的抽放瓦斯,可使突出危险区域中煤层的瓦斯预抽率达到 30% 以上,有效地消除了瓦斯突出的危险性。而在经过强化抽放瓦斯消除了煤层突出危险性的区域进行回采时,由于减少了工作面的局部防突措施工作量并得以采用更先进的采煤方法,大幅度提高了生产效率,日产量提高了 40%,吨煤回采成本降低了 41%,具有非常显著的经济效益,为突出矿井提高经济效益开拓出了一条新的途径。

通过在淮南潘三矿和新庄孜矿的试验研究,解决了下向钻孔施工中的排渣、排水等技术难题,取得了下向孔钻探长度达到 70.1m 的良好效果。研究中发现下向钻孔瓦斯抽放量及抽放效果均优于上向钻孔,其中下向钻孔百米瓦斯抽放量为 $41.8491\text{m}^3/\text{d}$,上向钻孔百米瓦斯抽放量为 $32.0629\text{m}^3/\text{d}$,下向钻孔比上向钻孔瓦斯抽放量提高了 30.5%。研究完善了适合于高瓦斯低透气性、有突出危险煤层深孔控制预裂爆破强化抽放瓦斯技术和石门快速揭煤技术。深孔控制预裂爆破技术在潘三矿试验使煤层透气性系数提高了 7.1 倍,瓦斯抽放率 3 个月时达到 32.4%。石门快速揭煤技术在谢一矿、潘三矿、张集矿、谢李矿试验和应用,实践表明,比原来缩短揭煤时间 50%。

对于单一低透气性突出煤层巷道掘进的瓦斯抽放技术难题,通过理论研究和试验分析,发现了煤层巷道掘进工作面 and 巷道两帮的煤体在松动和原始煤体之间存在的随巷道向前掘进而向前移动的蠕变“U”形圈,在该蠕变“U”形圈内煤层的透气系数成百倍地增加。以此理论为基础,分析了煤层赋

存参数、瓦斯抽放参数对抽放钻孔抽放瓦斯效果的影响,确定边抽边掘瓦斯抽放技术参数及工艺,分析出了有效抽放半径与抽放时间的关系、抽放负压和抽放量的关系,并据此合理布置边抽边掘钻孔,其截流抽放瓦斯率可达到30%以上,并且煤体的强度有较大增加。为进一步改善抽放效果,还开发研制了高瓦斯突出煤层强化增透技术——新型药管、炸药及其配套装置。使用该产品可使边抽边掘钻孔抽放瓦斯量增加2~6倍,回采推进速度可提高4~5倍,基本控制了煤巷掘进工作面重大瓦斯爆炸和煤与瓦斯突出事故的发生,保证了安全、高效掘进。

课题开展了保护层作用机理的研究,利用三维离散单元法对淮南矿区保护层开采后,采空区顶、底板煤岩体应力重新分布的规律、顶底板变形和破坏特征进行了数值模拟研究,从理论上计算了保护层开采后卸压范围向顶、底板方向发展的深度,为确定被保护层的保护效果和卸压范围提供了可靠的理论依据,同时还填补了国内外开采多重上保护层、远距离下保护层作用机理研究的空白。在全面分析淮南矿区各类煤层赋存条件和已完成的保护层考察研究成果的基础上,研究了淮南矿区不同赋存条件类型矿井的有利于瓦斯治理的煤层群开采程序。此外,针对首采保护层开采时,上下高瓦斯突出煤层的瓦斯集中向首采工作面涌出的特点,并考虑到确保和提高防突效果的要求,试验成功了多种首采层瓦斯综合治理技术措施:保护层底板巷道+上向穿层钻孔抽放瓦斯技术、被保护层顶板煤(岩)巷道+下向穿层钻孔抽放技术、首采层(保护层)顶板巷道抽放技术、首采层(保护层)顶板走向钻孔抽放技术、首采层(保护层)工作面采空区埋管抽放技术、首采层(保护层)掘进工作面边掘边抽技术。试验中对实际层间距70m(相对层间距35倍)近水平煤层群的下保护层开采和 $80^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 急倾斜近距离煤层群的下保护层开采的关键技术取得了突破,获得了较丰富的成果。这些技术成果先后在谢一矿、李二矿、潘一矿、潘三矿、潘东公司等矿进行了试验和应用,显著提高了抽放和保护效果,使试验矿首采层瓦斯综合抽放率达到了62%。

课题研究建立了采空区瓦斯运移模型,设计模拟采空区瓦斯运移规律的计算软件。通过模拟,摸清了工作面涌出瓦斯构成、采空区瓦斯涌出量及采空区瓦斯浓度分布规律,确定了抽放采空区瓦斯的工艺方法和最佳抽放位置。研制的“KJFT-2型抽放瓦斯自动控制装置”集控制主机、管路负压取气装置、DCF-1型电磁阀箱、流量调节装置和自动伸缩筒为一体,实现负压取样、参数检测和自动控制,采用压风和乳化液驱动,消除电源驱动隐患,实现本质安全的创新。完善了采空区瓦斯抽放的工艺技术,研究设计高位钻孔、边孔、采空区埋管和上隅角抽放瓦斯技术参数,实现立体抽放采空区瓦斯,自动伸缩筒将抽放管自动伸入最佳抽放地点,实现高效率抽放瓦斯。试验期间共抽出瓦斯224万 m^3 ,采空区瓦斯抽放率为56%,上隅角瓦斯浓度平均降低20%,基本消除了瓦斯积聚现象。

针对淮南矿区煤层松软、渗透性低、湿润性差,属特殊难注水煤层的特点,在对煤层注水理论研究与煤层可注性试验研究的基础上,提出和采用了先抽放瓦斯再注水、利用工作面超前压力影响带进行注水、采用动压、间断注水、使用注水添加剂、减小注水钻孔间距等提高煤层注水效果的技术。通过在谢桥、张集煤矿共112个钻孔进行的注水试验,研究总结出了注水过程的初始期、高峰期、难注水期及异常期四个阶段,并认为,对于所试验的煤层,以注水压力6.5MPa为实际注水的极限操控压力较为适宜。工作面采取煤层注水后,煤体水分增量达到1.5%~2.7%,采煤机司机处全尘降尘效率达到65.8%~72.6%,采煤机下风10m处全尘降尘效率达到67.1%~67.2%,回风巷全尘降尘效率为56.5%~56.8%,取得了较好的降尘效果,改善了采煤工作面的安全和卫生条件。

(5)研究了矿井通风系统可靠性评价与决策技术、矿井灾变风流动态模拟及虚拟现实技术,完善了矿井自动风门远程控制技术,初步实现了矿井通风系统监测、分析、决策及控制各环节的闭环运行,提高了矿井通风系统的抗灾能力。

在矿井通风系统安全可靠性评价和决策技术方面,建立了基于评价指标体系和网络仿真技术的两种矿井通风系统可靠性评价理论体系、评价方法和数学模型。开发了智能化、可视化通风系统可靠性评价和决策支持系统软件。软件的主要功能有:自动绘制矿井风网平衡图,自动识别并彩色图示通风

网络的全部角联结构,模拟矿井的最大通风能力,仿真通风系统可靠性、灵敏性,并据此对通风系统组成元件进行分类管理,自动生成评价分析报告。软件系统成功应用于潘三矿,并进行了工业试验。主要巷道的仿真结果与实际测试误差小于5%。开发了通风网络拓扑关系自动生成与处理技术。在通风网络理论、程序算法和应用技术研究方面,解决了迭代法中的人工赋初值问题。解决了固定半割集进行网络按需分风的算法问题。提出了基于无向图的角联结构数学模型,得出了角联风路仅取决于网络的拓扑关系,而与通风系统参数无关的结论,给出了角联风路的广义定义,研究实现了角联风路自动识别与关联风路分析技术。提出了自动绘制Q-H平衡图的算法。采用人工智能理论中的深度优先技术,解决了含有单向回路的网络拓扑关系算法。提出了网络最大流的独立通路法,该方法在复杂度上比Dinic法少一个数量级。提出了基于截断误差的计算通风系统可靠性的最小不交化集算法。

在矿井灾变风流动态模拟及虚拟现实技术方面。研究并完善了一维动态模拟技术,实现了模拟方案及模拟结果的数据库管理,提高了动态模拟技术应用的可靠性和效率;开发了矿井灾害风流流动模拟的GIS显示系统;实现矿井灾变动态模拟结果在矿井通风系统图各巷道通风参数的动态显示,提高模拟结果与各巷道的对应性,减少矿井灾害防治及救灾决策中应用灾变状态各参数的失误率,提高决策效率,并以此为依据,进一步完善了矿井灾害预处理计划的相关内容。开展了瓦斯爆炸后灾害状况和气体扩散的模拟研究,提出了不同积聚体积和浓度下,瓦斯爆炸对不同距离上阻挡物破坏效应计算方法。研究出了区域模拟向网络模拟转化的边界条件耦合技术及模拟方法,编制了矿井的风网模拟的Cfast与Mfire耦合模拟的程序。进行了矿井火灾区域内烟流流动的三维数值模拟研究和矿井巷道中火灾烟流流动的虚拟现实技术研究。

在通风系统自动调控方面,完善了井下自动控制风门及远程控制技术,研制了带有卸压窗和撞杆自动开启装置的远程自控风门,研制了地感线圈矿车检测装置,实现了井下人、车信号分离,采用控制命令分级管理的方法,彻底贯彻了“生产服从救灾,行人服从行车”的风门管理理念,有效地提高了通风系统的稳定性和安全可靠。

作为配套技术研究,将矿井通风系统安全可靠评价和决策技术、矿井灾变风流动态模拟及虚拟现实技术和井下风门远程控制技术等有机整合成一体,开发了软件平台,初步实现了矿井通风系统从监测、分析、决策到控制各环节的闭环运行。

(6) 形成了煤与瓦斯突出预测预报新方法和配套的技术与装备,完善了GIS支持下的突出区域预测决策分析及可视化软件;采用地球物理方法,建立了瓦斯富集区探测的地球物理响应特征,并研制成功了矿井多波地震仪和与之配套的三维三分量转换波地震资料处理系统;最大限度地降低了掘进和回采过程中的瓦斯影响,显著提高了掘进速度、回采工作面产量和煤与瓦斯区域预测技术的水平。

研究开发了FT-2005型钻屑解吸指标临界值测定仪和具有图、文、声、像可视化功能的突出区域预测决策分析系统软件;利用煤钻屑瓦斯解吸指标 Δh_2 值、钻孔瓦斯涌出初速度 q 值、钻屑量 S 值进行工作面突出预测。利用三率法、模糊模式直接识别法和数理统计法,研究获得了淮南矿区煤钻屑瓦斯解吸指标 Δh_2 的突出敏感性及其临界值指标,其中潘一煤矿13-1煤钻屑瓦斯解吸指标 Δh_2 的参考临界值为180Pa;现场测试分析了不同的煤结构、地质构造、瓦斯压力、透气性等预测指标与煤与瓦斯突出之间的关系,研究了新水平、新采区突出危险区域的预测方法。

通过与澳大利亚联邦工业与安全研究院合作,引进、消化和吸收了国外先进的煤与瓦斯突出预测技术。研制出“煤层瓦斯流量直接测定装置”并建立了实验室。研发了适合淮南突出煤层特点的井下采取煤芯的工艺和装备,使取样深度和预测深度超过了50m;形成了井下煤层瓦斯含量快速测定方法,利用井下深孔取芯工艺和瓦斯解吸法,实现了煤层原始瓦斯含量的直接快速测定。研究了瓦斯含量法预测突出的敏感性及其临界值,经过理论分析、数值模拟和现场考察对比试验,瓦斯含量指标在淮南矿区13-1煤层突出危险性预测中具有较好的敏感性,确定瓦斯含量指标预测突出临界值为

$8\text{m}^3/\text{t}$ 。

采用瓦斯地质方法,建立了瓦斯地质理论与物探技术相结合的多技术(无线电波透视技术、构造软煤测井曲线识别技术、煤体结构跟踪观测)集成的多尺度(矿区、矿井和突出区工作面)瓦斯突出区域预测瓦斯地质新方法。初步确定潘谢新区构造软煤厚度临界值:其中潘谢东区为 0.9m 、潘谢西区为 1.2m ,瓦斯含量临界值为 $8\text{m}^3/\text{t}$;基于 MapObjects 技术,在 VC++ 平台上开发了可独立运行的瓦斯地质 GIS 信息系统和多尺度突出区域预测可视化软件,实现多尺度瓦斯地质信息和突出区域预测的动态管理。对潘谢新区,按矿区(潘谢新区)、矿井(潘一矿、张集矿)、采区和工作面潘三矿 1782(3)、潘一矿 2631(3)、谢桥矿 1102(3)及谢桥矿 13318)四个尺度进行了预测和示范应用,预测结果得到了生产实际的验证。

采用地球物理探测技术,形成了一套矿井瓦斯富集部位地震探测技术与方法。改进和完善了基于三分量地震勘探技术原理的 MMS-1 型矿井多波地震仪,建立了一套相对完善的三维三分量转换波地震资料处理系统。采用地球物理测井、岩石弹性特征实验室测试、三维三分量地震探测技术、AVO 正演模拟和三参数反演等技术与方法,对瓦斯赋存地质条件、储层物性及含气性进行了探测分析,建立了瓦斯富集区探测的地球物理响应特征。通过 AVO 正演模拟和三参数 AVO 反演方法,开展了 AVO 技术探测瓦斯富集区的研究。利用 AVO 正演模拟,分析了煤体结构、顶底板岩性、煤层厚度等因素对煤层 AVO 特征的影响,瓦斯富集区域往往密度、剪切模量和体积模量都相对低。通过选取这三个参数 AVO 属性的乘积属性作为瓦斯富集区评价依据,发展了探测瓦斯富集区的 AVO 理论和方法,获得了研究区瓦斯富集区带的预测成果。课题研究已应用于淮南顾桥矿区,查清了矿区的 $\geq 3\text{m}$ 的精细地质构造和裂隙的分布,保证非突出危险区预测准确性。

通过连续监测含瓦斯煤岩流变破坏过程中产生的电磁辐射信号强度、脉冲数及其变化,实现了对煤与瓦斯突出等煤岩动力灾害现象的预测预报。完善了 KJ 系列煤矿安全监测系统联网运行的 KBD7 煤岩动力灾害非接触电磁辐射连续监测仪,实现了煤岩动力灾害的非接触、连续动态监测。完善了电磁辐射法监测煤与瓦斯突出的动态监测软件,实现与煤矿安全监测系统的联网运行,并改进数据处理方式,实现数据的实时显示和前期数据的再现,在设定报警阈值后,超限自动提示,使之能够满足和适应现场监测预警的需要。通过对潘三矿东四 8 煤轨道石门掘进工作面、14102(1)运输顺槽掘进工作面,谢一矿-790m $C_{13} \sim C_{15}$ 石门揭煤工作面大量电磁辐射测试数据与常规预测指标及实际喷孔、卡钻等突出危险性显现对比,确定了电磁辐射法预测煤与瓦斯突出的敏感指标,以及通过概率统计法和模糊模式识别法确定了电磁辐射预测突出的临界值,电磁辐射法预测煤与瓦斯突出在淮南矿区的有效预测范围为 $7 \sim 8\text{m}$ 。

从理论上分析了雷达波在煤层中的传播、反射特性,完成了针对煤岩地层的井下雷达正演模型理论研究;研究开发出适合于煤矿井下使用的、便携式高精度探地雷达样机,该样机具备本质安全防爆性能,探测距离达到 30m ,产品的仪器水平能代表当今国内外的先进水平,产品相对轻便,操作简单,现场探测工作快速,数据处理简单易懂,比较适应煤矿井下受限空间和工作环境;对样机配备的大距离雷达天线进行研究,进行大距离雷达天线方案选型,在综合考查各类天线性能参数的基础上,进行雷达天线设计和电磁场强试验。同时考虑大距离天线和雷达主机的功率耦合匹配问题,使天线和主机的效率均得到增强,使探测距离更远;运用模型试验结合井下探测经验提出了适合煤矿煤岩特性的雷达异常波形图谱,在新庄孜煤矿 66108 顺槽、52213 风巷、62113 顺槽、56104 上提顺槽和 561044 顺槽掘进头进行了超前探测预报试验,共下井探测 14 次,超前预报长度 400 余米,取得了良好的预报效果;结合淮南的情况在国内首次总结出新型脉冲防爆探地雷达的典型异常雷达特征图谱,加深了对异常反射回波的认识,大大减低解释的难度,初步形成一套可操作的井下工作和资料解释方法。

研制成功煤巷突出预测装备—连续流量法突出预测仪样机,获得一种新型的预测煤巷突出的