

淮南煤矿科学技术 研究成果史料汇编

第二卷

淮南矿区巷道围岩控制及支护技术研究成果



淮南矿业（集团）有限责任公司 编著



煤炭工业出版社

淮南煤矿科学技术研究成果史料汇编

第 二 卷

淮南矿区巷道围岩控制及支护技术研究成果

淮南矿业（集团）有限责任公司 编著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

淮南矿区巷道围岩控制及支护技术研究成果/淮南矿业(集团)
有限责任公司编著. --北京:煤炭工业出版社, 2013

(淮南煤矿科学技术研究成果史料汇编; 2)

ISBN 978-7-5020-4226-4

I. ①淮… II. ①淮… III. ①矿区—巷道围岩—围岩控制—研究—淮南市 ②矿区—巷道支护—研究—淮南市 IV. ①TD263
②TD353

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第106288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 889mm × 1194mm¹/₁₆ 印张 27

字数 795 千字 印数 1—1 100
2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷
社内编号 7054 定价 136.00 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

前言

淮南煤矿历史悠久，中外闻名，1903年开矿至今，历经世纪风雨。跨越历史长河，穿过百年光影，回首沧桑岁月，百年办矿路，如同一幅气势恢宏的历史画卷，展现在世人面前。

1903年，清政府开办了淮南第一个近代意义的煤矿——大通井。1909年大通煤矿公司成立。1930年淮南煤矿局成立。1937年淮南矿路股份有限公司成立，隶属于国民政府建设委员会，宋子文任董事长。1949年1月18日，淮南煤矿和平解放。1950年7月淮南矿务局成立，先隶属于中央燃料工业部，后隶属于煤炭部。1998年3月改制为淮南矿业（集团）有限责任公司，成为省属国有企业。

新中国成立前，淮南煤矿饱受官僚资本家和日本侵略者的剥削掠夺，仅有大通、九龙岗、八公山（新庄孜）3对小煤井，平均年产煤27万t，累计出煤1070万t。20世纪50年代，淮南煤矿进行第一次大规模建设，新建8对大中型矿井。“一五”期间平均年产343万t，“二五”期间年产迅速提升到1294万t。1960年最高年产1641万t，成为当时闻名全国的“五大煤矿”之一。20世纪七八十年代，潘谢新区会战掀起了第二次建井高潮，原规划建设10对矿井，总规模3250万t，但由于瓦斯灾害制约和建井技术等方面的原因，实际建成4对现代化矿井，总规模1210万t。

众所周知，一块整装煤田的开采周期为100年左右。淮南煤矿开采了110年，还没采出十分之一的储量，这在国际采矿界并不多见。矿区第四纪冲积层厚、煤层埋藏深、地质构造复杂、开采深度大（平均在600~800m），可采煤层多（8~15层），开采煤层总厚度大（22~34m）。瓦斯、水、火、地压、地温等灾害时刻威胁着矿井生产，成为困扰淮南煤矿的“魔咒”。由于地质条件复杂，五大灾害严重，并且没有找到有效的技术方法和管理手段，长期制约了淮南煤矿的安全健康发展。新中国成立前的40多年间，各类事故频发，不胜枚举，百万吨死亡率高达38.2人，仅1943年的半年多时间就有1.3万名矿工被夺去生命。大通“万人坑”的累累白骨就是旧社会煤矿工人悲惨命运的真实写照。新中国成立后，重大事故、零星事故仍时有发生，安全状况始终没有根本好转。从1949年到2001年，煤矿百万吨死亡率平均为4.01。期间发生瓦斯事故19起，死亡413人，其中1980年至2001年发生事故17起，死亡392人；1959年以后，发生重大水害事故62起；20世纪90年代后，发生自然发火事故28起。以上原因致使矿区产量也长期徘徊在1000万t/a。

面对复杂的客观条件，淮南矿区人从未停止对改变开采历史、加快矿区发展的探索，特别是20世纪90年代中后期以来，从技术创新入手，破解难题，以攻关瓦斯综合治理技术为始，大力开展瓦斯综合治理、快速建井、地压、地温及防治水技术攻关，创

新了技术和管理理念,攻克了一系列影响淮南矿区安全高效开采的技术难题,形成了以瓦斯综合治理为引领的技术体系。

(1) 瓦斯治理从重灾区走向治本之路的重大成果。在 20 世纪七八十年代,随着矿井开采向深部推进,瓦斯含量、压力日益增大,矿井相对瓦斯涌出量最大达 $39.67 \text{ m}^3/\text{t}$ 、绝对涌出量 $150 \text{ m}^3/\text{min}$ 。进入 90 年代后,矿井瓦斯涌出量剧增,从 $270 \text{ m}^3/\text{min}$ 增加至 $820 \text{ m}^3/\text{min}$,国内罕见。1980 年至 1997 年矿区发生瓦斯事故 17 起,死亡 392 人,1987 年矿区百万吨死亡率高达 9.4。瓦斯危害矿工生命安全给矿区留下了刻骨铭心的记忆,“瓦斯不治,矿无宁日”。因此,淮南矿业集团率先提出“瓦斯事故是可以预防和避免的”、“安全生产的矛盾统一于先进的生产力”的理念,确定“发展先进生产力、保护生命、保护资源、保护环境”的发展战略。坚持对瓦斯威胁保持高度的敏感性和责任心;坚持强化瓦斯治理的自主创新和攻关研究;坚持“可保尽保、应抽尽抽”、“先抽后采、以抽定产”、“煤与瓦斯共采、治理与利用并重”、“高投入、高素质、强技术。严管理、重利用”、“只有打不到位的钻孔、没有卸不掉的瓦斯”等理念,走“以自主创新为主、产学研相结合”的瓦斯治本的技术发展之路。淮南矿业集团在不断攻克矿区瓦斯治理技术难题的同时,承担并完成了国家“十一五”科技支撑计划“地面钻孔抽采采动影响煤层及采空区瓦斯技术集成与示范”、“矿井深部开采安全保障技术及装备开发”;“十二五”科技支撑计划“煤矿深部围岩结构与应力场探测分析系统研究”、“两淮煤矿沉陷区生态环境综合治理关键技术的集成与示范”;“973”计划“煤炭资源安全开采的关键理论问题研究”、“煤与瓦斯突出灾害模拟和预警模型研究”;国家科技重大专项“两淮矿区煤层群开采条件下煤层气抽采示范工程”等科技计划 7 项。先后与中国科学院、中国矿业大学、中煤科工集团及相关院所、中国科学技术大学、安徽理工大学、河南理工大学、日本能源中心、澳大利亚联邦科学院、德国鲁尔集团等开展 50 多项技术合作。经过 10 多年的探索研发,创立了国际领先的以卸压开采抽采卸压瓦斯、沿空留巷“Y”型通风无煤柱煤与瓦斯共采为主的瓦斯综合治理技术体系,取得了“低透气性煤层群无煤柱煤与瓦斯共采技术”、“巷道安全输送和浓缩技术”、“井上下瓦斯抽采技术”、“巷道安全快速揭煤技术”等 20 项关键技术创新成果。21 世纪以来,淮南矿区瓦斯治理技术领跑于行业,并达到国际一流。2005 年、2011 年国务院在淮南召开了全国煤矿瓦斯防治现场会,推广淮南瓦斯治理 20 种理念、50 项技术、50 项管理方法。淮南瓦斯治理 18 项企业标准被吸纳上升为行业及国家标准,淮南煤矿受国家有关部门委托承办了 4 次中国(淮南)煤矿瓦斯治理国际会议。

(2) “三下”采煤技术难题及研究成果。20 世纪五六十年代建设的矿井,其开采范围大多处于淮河、国家铁路及含水流砂层下面。沿淮河南岸矿区走向 20 km 范围内,密集兴建了谢一、谢二、谢三、李一、李二、毕家岗、李嘴孜、孔集等总能力为 600 万 t 的 8 对矿井,几乎每矿都存在“三下”采煤问题:李一、谢二矿国铁压煤;孔集含水砂层下压煤;李嘴孜、毕家岗、新庄孜等矿淮河水体、淮河堤压煤,还有大通、九龙岗两矿报废前井筒工广煤柱的开采等。“三下”采煤点多面广,压煤量大,难题不少。淮南

矿区在煤炭部的支持下,开展了多项研究,做了大量的工作,例如:1964年投产的孔集矿被煤炭部列为“流砂层下开采试验矿井”;1960年投产的李嘴孜矿被确定为“流砂层下和淮河下试验开采矿井”。课题以“试采”为主,通过多煤层、多采区、多工作面的试验开采,经过安全测试、实践证实可行后,作为课题成果。如孔集矿试采成果是依据对9层煤3个采区51个工作面安全开采实践与测试数据总结而成的,同样李嘴孜矿淮河河床下试采成果也是多个工作面安全开采实践数据总结而成。上述课题成果于1973年在淮南召开的全国首届“三下”采煤现场会上被交流。矿区水体下试采率先开展淮河河床区的水上施工勘探,在国内属于首次,先后投入近400个钻孔和震波CT等多种方法对60个试采面顶板冒落导水裂隙带发育高度进行探查观测,依据实测数据建立了反映不同倾角煤层工作面顶板导水裂隙带发育高度规律的经验公式,是国内首创,后推广到全行业,并被采用进入行业规范。成果曾获1983年度煤炭部“三下”采煤科技进步特等奖,1985年度国家科技进步一等奖。矿区“三下”采煤技术的成功研究,为20世纪60~90年代保持矿区产量的稳定发挥了关键的作用。矿区1969年、1979年、1989年的年产煤量分别为846万t、961万t、916万t,2002—2010年“三下”压煤总采出煤量达1.4亿t。

(3) A组煤底板太原统灰岩岩溶水突水危害及治理研究成果。1980年之前矿区灰岩发生了大小突水事故18次,其中1977年10月谢一矿33采区33113工作面突水量最大达 $1002\text{ m}^3/\text{h}$,造成延深水平井巷全部淹没的重大事故。从李二矿至孔集矿共9对矿井均有灰岩水水害隐患,矿务局于1979年编制了矿区9对矿井A组煤灰岩岩溶水水害查、治总体方案,报煤炭部审定批准,由矿务局负责组织实施。在李二矿至谢三矿的5对矿井同时大流量、大降深的疏水降压模拟放水试验中,同日同时组织600名观测人员进行井上下的观测,创当时全国新纪录。通过1979—1983年的矿区岩溶水水害查治试验研究,查明了-600 m以上A组煤水文地质条件,同时先后在新庄孜矿的A组煤工作面开展底板采动破坏突水机理和突水系数0.5的专题观测研究,并对52个工作面试采验证,从而获得具有自主知识产权的多项创新成果。课题成果获1981年度煤炭部科技进步二等奖。从1980年至今30多年以来,岩溶水水害查治成果的推广应用杜绝了岩溶水水害的发生。

(4) 复杂煤层群开采条件技术难题及研究成果。淮南矿区为复杂地质条件煤层群开采,可采煤层厚度0.5~7 m,煤层倾角 $0^\circ\sim 90^\circ$,初期采煤方法陈旧落后,如急倾斜厚煤层采用落垛式,薄及中厚煤层采用挑皮等非正规采煤方法,缓倾斜厚煤层采用以短壁工作面为主的两镐加一炮落煤工艺方法。这些方法效率低、劳动强度大、安全性差、矿井效益差,1949年、1959年、1969年的回采工年均效率分别为0.88 t/工、0.47 t/工、3.58 t/工。为改革、创新采煤方法,矿区上下做了大量研究工作。大通矿从1956年开始对急倾斜煤层采煤方法进行改革试验,至1965年成功创造发明了“急倾斜煤层柔性掩护支架采煤方法”,以其适应性强、安全性高、生产指标先进而很快在矿区所有的6对急倾斜矿井推广应用。历经60多年的不断研究,至2011年,矿区共取得6项重大研

究成果,其中获省部级一等奖2项。李嘴孜矿、潘北矿研发的“大倾角、厚煤层综采技术”成果,解决了困扰淮南煤矿多年的急倾斜厚煤层综采关键问题,获得了2011年度中国煤炭工业协会科技进步一等奖。6项采煤方法创新成果的应用,为提高矿区采煤机械化程度、提高矿井产量和回采工效提供了技术支撑,矿区1999年、2002年、2012年回采工效分别提升为7.21 t/工、14.18 t/工、30.52 t/工,2012年采煤机械化程度达95.98%,极大地推进矿区煤炭产量的高速增长,2012年达到7106万t。

(5) 深厚表土层建井技术难题及研究成果。位于淮河北岸的潘集谢桥矿区,是国家建设14个亿吨级煤炭基地之一。矿区面积1570 km², -1000 m以上储量122.4亿t,开采需要穿过厚度154~532 m的深厚冲积层。由于水文地质和工程地质条件复杂,1973—1991年开发建设的潘一、潘二、潘三和谢桥4个煤矿的20个立井,由于缺乏冻结法施工经验和快速凿井技术,穿过深厚冲积层的技术难度极大,造成凿井工期长,并有井壁破裂突水事故发生。如潘一矿主井冲积层厚度仅159.4 m,耗时9年(108个月)才建成竣工,平均月成井仅6 m;潘一矿东风井冻结竣工13个月后,井壁解冻后破裂,发生突水淹井重大事故;谢桥矿副井穿过冲积层厚度301.3 m,先后两次(1984.12.21、1987.12.24)在冲积层段井壁破裂造成突水淹井事故,历时7.3年(81个月)才竣工成井。为此,淮南矿业集团统筹组织,由企业、施工、院校科技人员组成技术攻关团队,对冻结法、钻井法凿井关键技术难题按高起点、高目标、高标准要求,从设计源头抓起,组织攻关研究,取得了突破性成果。进入21世纪后,在不到8年的工期内,安全、快速地完成了8个新矿井的31个立井凿井任务,并创造了多项行业领先的凿井施工新纪录。如朱集矿副井井深959.55 m,冲积层330.13 m,总工期11个月零6天,月平均成井79.8 m,是潘一矿主井工期的13.31倍;张集矿进风井8.3 m超大直径,立井井深440 m,穿过冲积层厚度401.22 m,采用钻井法凿井成功创造了我国8.3 m超大直径钻井法凿井成功的新纪录。冻结法凿井取得了10余项关键技术的成果,为保障煤炭基地的安全顺利建成提供了可靠的技术保障。

(6) 巷道围岩控制和支护技术难题及研究成果。淮南矿区岩巷工程所遇到的岩层以泥质页岩、泥岩、泥质胶结的粉砂岩等为主,其单向抗压强度一般小于30 MPa,部分岩层虽然岩块强度较高,但由于构造等因素的影响,节理裂隙发育,岩层呈破碎状,岩体强度很低。20世纪90年代末,由于开采深度进一步加大,巷道围岩控制与维护越来越困难,特别是谢桥、顾桥、丁集等新区,采用通常的围岩控制与支护手段难以满足正常生产需求。为从根本上扭转被动局面,淮南矿业集团就深部矿井极易离层破碎型煤岩巷道围岩控制理论与技术进行全面的攻关,通过10多年的改革实践,形成了一套具有淮南矿区特色的软岩综合支护技术体系,有效地解决了巷道掘进速度缓慢、有效断面小、维修工程量大等一系列生产建设上亟待解决的问题,全面促进了生产建设的稳步发展。

由于破解了世界性的瓦斯难题,达到了保护生命、解放和发展生产力的双重目标,从1998年以来淮南煤矿已有16年没有发生瓦斯爆炸事故,保障和极大地提高了矿区安全、生产的水平。矿区百万吨死亡率2001年前平均为4.01,2012年下降为0.07,下降

了近60倍。近10年来,淮南煤矿累计生产煤炭5.23亿t,是新中国成立前49年产量总和的52倍,比矿区前100年的总产量还多6000万t。2012年矿区总产量7106万t,比2001年的1774万t提高了近3倍。完成了企业“煤电一体化”企业体制的创新,使淮南煤矿建设成为全国6大煤电基地之一、全国10个亿吨级煤炭基地之一、黄河以南最大的煤电能源企业。

淮南煤矿瓦斯技术综合服务已发展成为矿区新的产业,截至2012年,淮南瓦斯治理经验已在全国30多个矿区100多个矿井全面推广,技术服务覆盖产能21亿t,开创了中国煤矿瓦斯治理技术产业化、商品化的先河。

技术成果的取得,不仅转变了企业的发展方式,提升了企业发展的速度,还大大加强了企业的创新能力。2005年以来,国家相继批准由淮南矿业集团组建“煤矿瓦斯治理国家工程技术研究中心”、“煤矿生态环境保护国家重点实验室”、“煤炭开采与环境保护国家工程实验室”等科技创新平台,2013年1月国家又批准由淮南矿业集团组建“煤炭开采国家工程技术研究院”。展望未来,淮南矿区人将以安全、科学、绿色开采为目标,继续加大科技创新力度,积极探索高瓦斯、高地压、高地温、复杂地质条件下的千米深井瓦斯地压、地温治理技术和工程理论,探索建设高瓦斯、煤与瓦斯突出危险条件下的千万吨级矿井、单产1000万t以上工作面的综合技术和管理标准、规范。

为继承和发扬这些技术精华,为世人了解煤炭科技,为工程技术人员应用这些先进技术获得更多宝贵财富,淮南矿业集团决定将淮南煤矿在长期生产实践过程中积累的丰富经验及理论成果以《淮南煤矿科学技术研究成果史料汇编》编纂出版,奉献给全矿区、全行业、全社会。百年淮南煤矿,数代淮南煤矿人,把开采技术条件复杂、灾害严重的小煤窑,打磨成了技术密集、多元发展的综合性现代化大型煤电企业,实践经验和研究成果浩如繁星。本《汇编》仅在与煤炭开采密切相关的“三下”采煤、建井技术、围岩控制及支护技术、瓦斯综合治理技术、煤层开采技术、水害查治技术等领域,立足行业当代技术发展水平的高度,遵循系统性、科学性、实用性、先进性的原则,以历史的眼光和视野,对各个历史阶段所取得的技术成果,进行汇集、编纂,力争为矿区和国内同行读者打造具有科学性、实用性、综合性并具有保存、推广、交流价值的企业科教文化史料丛书。

本《汇编》所收录的科研成果史料,是企业参与攻关研究的历代工程技术人员及有关科研院所、高校的专家、教授长期潜心钻研、艰苦探索、忠诚奉献的心血和智慧的结晶,是历届历任领导为推进淮南煤矿科技进步精心谋划、献计献策所培育的硕果,也是参与矿区科学试验研究广大矿工的劳动成果。在汇编出版之际,特此向领导和所有的同志们表示衷心感谢和崇高敬意。

由于时间、能力有限,汇编中还存在不足和错误,恳请读者批评指正。

总 目 录

第一卷 淮南煤矿深厚表土层建井技术研究成果

综述

第一部分 冻结法、冻结注浆结合法、钻井法凿井技术研究

- 第一篇 淮南矿务局张集矿井立井过深厚钙质黏土层凿井技术研究
- 第二篇 淮南矿区特厚表土层冻结法凿井关键技术研究及其应用
- 第三篇 立井深厚表土层“S”孔地面预注浆与冻结造孔完全平行施工综合技术研究
- 第四篇 净径 8.3 m 超大井筒穿厚表土钻井法设计施工关键技术与智能监控方法研究
- 第五篇 潘谢矿区新井建设相关论文选编

第二部分 过深厚表土层深井凿井综合技术理论研究与应用

- 第六篇 信息技术在深厚表土层立井冻结施工及井壁受力分析中的研究与应用
- 第七篇 千米深井安全快速揭煤技术研究与应用
- 第八篇 深井冻结壁融化规律与井壁优化注浆研究
- 第九篇 深立井连接硐室群围岩动态响应规律及其支护技术研究
- 第十篇 千米深井井底车场高地应力软弱围岩巷道（硐室）群支护技术研究

第二卷 淮南矿区巷道围岩控制及支护技术研究成果

综述/ 1

第一部分 淮南矿区地应力测试及围岩分类/ 37

- 第一篇 煤巷围岩地应力测试及围岩分类/ 39
- 第二篇 岩巷地应力测试及围岩分类/ 65

第二部分 深井巷道围岩稳定性控制理论及工程实践/ 107

- 第三篇 极易离层破碎型煤巷围岩控制理论与工程实践/ 109
- 第四篇 无煤柱沿空留巷围岩控制理论与工程实践/ 205

第三部分 动压软岩巷道工程理论及支护技术/ 295

- 第五篇 淮南矿区岩巷围岩控制理论与工程实践/ 297
- 第六篇 高地应力软岩巷道主动支护与锚注加固技术/ 395

第三卷 淮南煤矿瓦斯治理技术研究成果

综述

第一部分 淮南矿区局部瓦斯治理技术

- 第一篇 采煤工作面瓦斯治理技术
- 第二篇 采空区瓦斯治理技术
- 第三篇 边抽边掘抽采瓦斯消突理论与技术
- 第四篇 煤层自然发火综合防治技术

第二部分 松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术

- 第五篇 岩层卸压瓦斯抽采理论与技术
- 第六篇 卸压开采增透抽采瓦斯理论与技术
- 第七篇 松软低透强突出煤层强化抽采消突技术
- 第八篇 地面钻井抽采瓦斯技术
- 第九篇 采掘工作面（包括石门揭煤）突出预测预报敏感指标体系及其临界值的确定
- 第十篇 深井强突出煤层安全钻进防喷技术与装置研制
- 第十一篇 矿井瓦斯抽采与消突的安全监控及数字化管理系统研制及应用
- 第十二篇 突出区域预测瓦斯地质方法研究与应用
- 第十三篇 瓦斯综合利用技术

第三部分 低透气性煤层群无煤柱煤与瓦斯共采技术

- 第十四篇 绪论
- 第十五篇 无煤柱煤与瓦斯共采理论基础
- 第十六篇 无煤柱留巷围岩控制技术
- 第十七篇 新型巷旁充填材料与快速留巷充填工艺系统
- 第十八篇 无煤柱留巷钻孔法抽采瓦斯技术
- 第十九篇 安全保障体系
- 第二十篇 无煤柱煤与瓦斯共采工程实践

第四卷 淮南矿区煤层开采技术研究成果

综述

第一部分 急倾斜煤层开采技术

- 第一篇 急倾斜煤层柔性掩护支架采煤方法
- 第二篇 大倾角厚煤层综采技术

第二部分 倾斜厚及中厚煤层开采技术

- 第三篇 高瓦斯“三软”厚煤层倾斜长壁大采高综采工作面高产高效综合技术

第四篇 深井“三软”中厚煤层综采工作面安全高效综合技术

第三部分 卸压薄煤层开采技术

第五篇 卸压薄煤层开采技术与装备

第六篇 淮南矿业集团谢一煤矿 5111C15 工作面薄煤层综采技术

第五卷 淮南煤矿“三下”安全开采技术研究成果

综述

第一部分 淮南煤矿井筒及工广下、国铁下、住宅下安全开采技术研究

第一篇 淮南大通煤矿井筒、工广煤柱安全开采技术研究

第二篇 淮南九龙岗煤矿主、副井井筒及工业广场煤柱安全开采试验研究

第三篇 大张线望李段 K_{16} — K_{17} 铁路下 C_{13} 槽急倾斜煤层铁路煤柱试采

第四篇 新庄孜矿麻纺厂职工住宅区下采煤研究

第五篇 淮南谢家集二矿 24 m 大跨度铁路桥下采煤研究

第二部分 淮河堤下采煤堤防安全论证、堤坝损害及维护研究

第六篇 淮堤下采煤堤防安全的技术论证

第七篇 淮河黑李堤下采煤安全技术论证

第八篇 淮南矿区采动段淮堤稳定性安全论证

第九篇 淮河堤坝下垮落法采煤堤坝的损害及防治研究

第十篇 淮南煤矿新庄孜、李嘴孜矿区淮堤采动段工程地质条件评价及
裂缝疏松带探测试验

第三部分 淮南煤矿水体下采煤试验研究成果

第十一篇 淮南矿区水体下采煤试验研究实践历程与成果回顾

第十二篇 谢桥煤矿水体分类的条件勘查与评价研究

第十三篇 潘谢矿区风氧化带煤层综采压架出水条件勘查测试与防治方法
研究

第十四篇 淮南孔集矿复合水体下急倾斜 A 组煤开采水害防治方法试验
研究

第十五篇 孔集井田 A 组煤采后顶、底板破坏震波 CT 探测试验研究

第六卷 淮南煤矿岩溶水水害查治技术研究成果

综述

第一部分 淮南矿区 A 组煤底板岩溶水水害查治技术研究

第一篇 淮南矿区 A 组煤底板岩溶水水文地质查条件及防治方法研究

第二篇 淮南矿务局谢一矿 -250 m 水平三三采区 33113 顶工作面底板突水
水文地质调查研究

- 第三篇 淮南矿区李二至孔集井田太原组地层勘探及初步研究
- 第四篇 淮南矿区 A 组煤底板岩溶含水层放水、模拟疏水降压试验
- 第五篇 淮南矿区李二至毕家岗井田地质构造特征及控水构造研究
- 第六篇 淮南矿区地下水水化学特征研究及示踪试验
- 第七篇 淮南矿区李二至孔集井田灰岩岩溶发育规律及富水性特征研究
- 第八篇 淮南矿区新庄孜井田 4303 工作面底板隔水层采动破坏变形规律及突水系数测试、验证试验研究
- 第九篇 淮南矿区李二至新庄孜井田直接充水含水层—太原群 I 组灰岩涌水量预测计算研究
- 第十篇 淮南矿区“直通式”及“过采空区”水文地质深孔施工技术

第二部分 淮南矿务局孔集井田 A 组煤底板岩溶水水害查治

- 第十一篇 孔集井田 A 组煤底板岩溶水水文地质条件勘探试验
- 第十二篇 太原群灰岩地层发育特征对比研究
- 第十三篇 A 组煤底板灰岩构造发育特征研究
- 第十四篇 A 组煤底板灰岩上覆第四系分布规律及富水性特征研究
- 第十五篇 A 组煤底板灰岩岩溶发育规律及富水性特征研究
- 第十六篇 A 组煤底板灰岩抽水试验
- 第十七篇 地下水水化学特征及其判别研究
- 第十八篇 地下水水动态特征研究
- 第十九篇 孔集煤矿 -250 m 水平东翼采区 A 组煤疏水降压试验开采研究
- 第二十篇 九龙岗、大通井田倒转急倾斜矿井在顶板岩溶充水条件下的 A 组煤开采实践研究
- 第二十一篇 孔集井田 -250 m 水平太原群 II、III 组灰岩放水试验

第三部分 谢桥矿东风井 -440 m 水平回风巷注浆堵水技术研究

- 第二十二篇 谢桥矿东风井 -440 m 水平回风巷注浆堵水工程设计
- 第二十三篇 谢桥矿东风井 -440 m 水平回风巷注浆堵水第一阶段总结
- 第二十四篇 谢桥矿东风井 -440 m 水平回风巷注浆堵水技术研究报告

第四部分 淮南煤矿岩溶水水害查治关键技术理论研究

- 第二十五篇 大气降水入渗系数研究
- 第二十六篇 大气降水与地下水动态特征的研究
- 第二十七篇 地下水位趋势分析及衰减系数计算
- 第二十八篇 煤系层状沉积岩界面层的水文地质意义
- 第二十九篇 华北型煤田突水系数理论依据及淮南矿区的实践特征
- 第三十篇 孔集井田水文地质概念模型的建立与验证
- 第三十一篇 淮南煤田北西向断裂与岩溶陷落柱(带)发育方向关系的研究
- 第三十二篇 潘谢矿区岩溶陷落柱(带)标志性特征的初步研究

综 述

1 淮南矿区软岩及软岩巷道的特点

1.1 淮南矿区概况

淮南煤田位于华北板块南缘,东起郟庐断裂,西至麻城阜阳断层,北接蚌埠隆起,南以老人仓—寿县断层与合肥中生代拗陷相邻。淮南煤田的构造运动主要发生在印支、燕山期,构造形式为近东西向的盆地,盆地南北两侧对冲形成叠瓦状的推覆构造,盆地内部则为较宽缓的呈北西西向的向斜构造。煤田在南北向的推挤作用下,构成了两翼对冲推覆构造格局。推覆体构成迭瓦扇、断夹块,致使地层直立倒转,次级褶皱发育与密集。

淮南矿区位于安徽省中北部的淮南市,横跨淮河两岸。现有 12 处生产矿井,随着高定位技术改造工程完工和新建矿井的逐步投产,2011 年原煤产量达到 6751 万 t,2015 年生产能力将达到 9000 万 t/a。淮南矿区煤田地表冲积层厚,煤层埋藏深(目前大多数矿井都已开拓到了地下 800 m 左右,有的矿井正在向地下 900~1000 m 深度延伸),矿区不同矿井的软化临界深度范围为 600~750 m,多数处于过渡阶段,巷道层位选择不合理通常导致巷道维护失败。淮南矿区煤田可采煤层多(8~15 层),可采煤层总厚度大(22~34 m),煤层瓦斯压力高,瓦斯含量大,突出的危险性进一步增大(主采煤层吨煤瓦斯含量为 12~22 m³,多数矿井为煤与瓦斯突出矿井),地温高(地温 31~37℃),地质构造复杂,断层构造多,裂隙发育,软岩遇水膨胀,地压大,特别是水平方向地应力大,随着采深的进一步增加,围岩松散破碎程度进一步加剧,软岩范畴的岩层约占煤系地层总厚的 60% 以上,特别是 13 槽煤层顶板为富含煤线的厚层状松散破碎复合顶板,埋藏深,构造应力显现强烈,巷道通风断面大,跨度大,维护难度十分罕见,巷道围岩控制技术成为制约现代化生产发展的重要技术难题。

1.2 淮南矿区软岩的特点

1. 赋存范围广

淮南矿区属软岩范畴的岩层约占煤系地层总厚的 60%,其中大部分为黏土类岩层,遇水立即崩解、泥化,强度随之急剧降低,软化系数平均为 0.3~0.5,巷道开挖后即出现围岩剧烈变形。

2. 岩层强度低

矿区岩巷工程所遇到的岩层主要是泥质页岩、泥岩、泥质胶结的粉砂岩等,其单向抗压强度一般小于 30 MPa,有的只有几个兆帕。有些岩层虽然岩块强度较高,但由于构造等因素的影响,节理裂隙发育,岩层呈破碎状,岩体强度也很低(表 1-1)。

表 1-1 淮南矿区深部岩巷围岩体物理力学参数测定值

围岩类别	密度 $\rho/(g \cdot cm^{-3})$	内摩擦角 $\varphi/(^{\circ})$	黏结力 C/MPa	抗拉强度 σ_t/MPa	弹性模量 E/GPa	泊松比 μ
I	2.65	45	2.0	0.7	20	0.225
II	2.60	40	1.5	0.5	15	0.25
III	2.50	35	1.0	0.3	10	0.3
IV	2.35	30	0.5	0.1	5	0.325

3. 软化与吸水膨胀性强

淮南矿区有些巷道长期处于高速变形,修复周期只有数月,主要原因是发生大流变破坏。淮南矿区不同矿井的软化临界深度范围 600 ~ 750 m,多数处于过渡阶段,巷道层位选择不合理通常导致巷道维护失败。X 衍射矿物分析结果:泥岩中含 92.3% 的高岭石,7.7% 的伊利石和蒙脱石,属弱膨胀性岩石。同时,岩石浸水后,其强度大大降低。

4. 具有显著的流变特征

矿区已掘进的深部软岩巷道长期处于较大的变形速度下,维修周期很短,帮底的过度修复常常导致支护结构的破坏,进一步加剧变形。

1.3 淮南矿区软岩巷道的特点

1. 软岩巷道的地应力特征

淮南矿区采用全过程套孔应力解除法,选择 4 个典型矿井开展了地应力场测试。通常在一个钻孔中进行测试,获得多个测点有效资料,再根据所测试得到的应变值和室内试验所测定的弹性模量、泊松比计算出测试部位的应力状态。

测试结果均表明:①测孔区最大水平主应力量值为 17.6 ~ 27.81 MPa,属高应力水平;最大水平主应力方位角为 311.7° ~ 334.7°。②地应力测孔区侧压系数均大于 1,即水平应力大于铅直应力,说明该测试区的应力场是以水平向应力为主,因而,构造应力是影响该区域地应力及巷道稳定的主要因素。

2. 软岩巷道的变形形态

由于巷道围岩赋存特性、应力和开采环境不同,其变形形态也不一样。矿区软岩巷道表现出如下工程现象:①来压快、强度大、持续时间长。②压力分布不均匀,地压分布与岩性和岩层结构及矿物组成、岩层产状及空间几何位置、岩石力学性质、工程因素等有关。同一测量断面不同位置的支架载荷值相差可达 10 倍以上。层状软岩采准巷道这种现象十分突出,常见由于偏心受压或集中载荷作用支架变形折损。③塑性变形大,具有明显的流变性质,很容易产生松散地压。由于围岩应力大,强度低,塑性变形量非常可观,长时间不能完成塑性变形。由于维护不当,巷道周边位移在无约束或低约束状态下任意增大,变形地压转化为松散地压。④具有明显的时间效应。巷道围岩位移随时间变化的趋势是初期迅速增长,随后位移增加变缓,到一定阶段趋向稳定,但通常稳定后的收敛速度仍达到毫米级,难以满足长期维护的要求。

影响软岩巷道稳定的主要因素有:①岩性因素:岩体本身的强度、结构、胶结程度及胶结物的性能,膨胀性矿物的含量等影响软岩巷道变形的内在因素。②工程应力的影响:它是造成围岩变形的外在因素,具体涉及垂直应力、构造应力、残余应力、工程环境和施工的扰动应力及邻近巷道施工、采动影响等,特别是在多种应力相互叠加的情况下影响更大。③水的影响:包括地下水及工程用水,尤其是对膨胀岩,水对其变形的影响极大,水不仅造成黏土质岩的膨胀,同时还大大地降低了岩石的强度。④时间因素:流变是软岩的特性之一,巷道的变形与时间密切相关。

3. 软岩巷道的阶段性变形特征

①掘巷之初的剧烈变形和应力调整阶段,随巷道围岩裂隙的发育,变形速度快速衰减,同时围岩变形量增长很快。初期来压快,变形量大,软岩巷道自稳能力很差,如不加控制很快会发生岩块冒落、巷道破坏,但如果用不适应软岩大变形特点的刚性架,也将很快被压坏。②二次应力场初步形成,破裂范围趋向稳定变形阶段,围岩变形速度基本保持一致,位移量表现为缓慢增长。多为非对称环向受压,且巷道开挖后不仅顶板变形易冒落,底板也将产生强烈底鼓,如巷道支护对底板不加控制,往往出现强烈底鼓并引发两帮破坏、顶塌落。③应力扰动、围岩长时强度降低、采动影响等导致围岩稳定性降低,围岩进一步加速变形阶段。超过临界深度,支护的难度就明显增大,且软岩巷道变形在不同的应力作用下,有明显的方向性。软岩的失水和吸水均可造成软岩发生膨胀变形破坏或泥化

破坏。

2 淮南矿区巷道围岩控制及支护技术的回顾与评述

淮南矿区软岩支护改革与实践工作是从 20 世纪 50 年代九龙岗矿 -830 m 水平架设工字钢姊妹棚和微缩型装配式支架开始的。20 世纪 60 年代开始使用 U 型钢可缩性拱形棚和锚喷支护;70 年代 U 型钢可缩性支护型式逐渐增多;80 年代后,软岩支护结构逐渐合理,并开始以锚喷作为初次支护与 U 型钢棚组成联合支护体系,使用地点随着老区生产矿井的向深度开采,新区建设工程大规模展开日趋增多,软岩支护工程日益复杂多样化,在矿区的生产建设中成为更加突出的问题。

淮南矿业集团煤巷支护过去长期依赖于金属支架,包括矿工钢梯形刚性支架和 U 型钢拱形可缩性支架,在一些围岩条件特别复杂和困难的巷道,还试验过 U 型钢可缩性圆形和方环形支架。一些巷道支护效果较好,但也有一些巷道围岩变形严重,从开掘至服务结束需多次翻修,巷道维护困难,严重影响生产,而且支护和维修费用很高。

近 20 多年来,为了改善软岩煤巷的维护困难状况,减少支护维修费用,淮南矿区围绕煤巷锚杆支护改革开展了大量的课题研究。1980 年以前,主要是在煤巷及半煤岩巷中推广金属支架,进行金属锚杆支护尝试。1981—1992 年,淮南矿业集团与煤科总院北京开采所、中国矿业大学等单位合作,在Ⅱ、Ⅲ类顶板顺槽中试验和推广锚网支护;在谢一、新庄孜等矿成功地试验、应用了软岩煤巷组合锚杆支护。1992—2000 年,矿区跟踪“九五”螺纹钢高强树脂锚杆成套支护技术成果,在一些相对复杂的煤巷中继续选点试验。从总体上说,2000 年以前没有形成适应矿区复杂煤巷条件的锚杆支护技术,仍然依赖于 U 型钢金属可缩支架。

下面对淮南矿区生产过程中的巷道支护技术做一个简要回顾和评价。

2.1 软岩巷道锚喷及锚杆组合支护

锚杆支护的作用主要是加固巷道围岩,使在巷道围岩浅部形成加固层,以控制围岩塑性区、破碎区的发展,减少围岩位移,保持围岩的稳定。由于锚杆重量轻,加工、运输、安装简便,和金属支架相比,用钢量显著减少,通过锚杆的加固和主动支护作用,将围岩由载荷体变为承载体,控制围岩变形效果很好,因而自 20 世纪 40 年代锚杆支护在井下实际使用以来,得到了迅速发展,现已成为世界各国煤矿巷道支护的一种主要形式。

淮南矿区在岩巷中使用锚喷支护已有 40 年的历史,20 世纪 80 年代中期将锚喷支护应用于软岩巷道进行了试验,主要技术途径:一是在锚杆和喷层方面进行了改进,以适应围岩变形大的要求;二是增强支护体的整体稳固性,采用金属网和金属梁来增加喷层的承载能力,与锚杆组成整体,共同稳固围岩。现在该类支护型式结构有端锚加喷、小直径全锚加喷、锚喷加网或梁组合、可拉伸锚杆加柔性喷层、长锚杆和锚索等。例如国家“七五”攻关项目——可拉伸锚杆和柔性砼喷层试验。进入 20 世纪 90 年代以来,“三小”(即小直径钻头、小直径炸药、小直径锚杆)技术得到了推广和创新,进一步开发研制出了小直径全长锚固、采用螺纹钢杆体,大幅度地增强了锚固力,克服了端锚存在的眼口岩石脱落,锚杆托板失效的毛病,大大提高了锚喷支护的承载能力和适用范围。小直径全长锚喷支护在一些软岩巷道中替代了 U 型钢可缩性支护,取得了可观的经济效益。

下面通过两个实例来说明这一技术在淮南矿区的应用情况。

2.1.1 潘三矿锚喷网支护

潘三矿软岩岩巷原设计用锚喷加 U 型钢支护。1991 年淮南矿业集团与中国矿业大学、合肥煤矿设计研究院合作,进行锚喷网支护试验。锚喷网支护首先在西二采区运输石门、3 号交岔点及西二采区回风石门进行 200 m 长度的试验,随后推广到了其他巷道,应用巷道总计长度 2159 m。

1. 基本条件

(1) 围岩特性。

在西二运输石门取黏土岩试样进行物理力学性能试验，测试取得的各项力学数据见表 2-1。

表 2-1 黏土岩力学性能试验

试 件	项 目	岩 石 力 学 参 数			
		试块尺寸/mm	单向抗压强度/MPa	弹性模量/GPa	泊 松 比
1		φ49.92, H95.08	32.96	16.86	0.187
2		φ49.94, H101.34	36.27	21.33	0.125

测试结果表明，黏土岩强度较低，易破碎，但破碎后存在明显的残余强度。矿物主要成分是高岭石和伊-蒙混层矿物，具有一定的膨胀性。

(2) 巷道围岩松动圈测试。

巷道围岩的稳定状况取决于围岩岩石力学性质及地应力两个主要因素，两个因素的综合作用集中表现为塑性区、破碎区（亦称松动圈）的大小及形状。根据实测松动圈的大小及形状来进行锚杆支护设计或者调整、修正过去的设计是科学的，符合巷道的实际情况。

采用煤炭科学研究总院抚顺分院研制的 KH 超声波围岩裂隙探测仪，对围岩松动圈进行了测试，结果见表 2-2。

表 2-2 巷道围岩松动圈测试数据

序 号	测 试 地 点	巷 道 围 岩 岩 性	松 动 圈 数 值 /m
1	西一采区火药库通道	砂质黏土岩	2.4
2	西一采区火药库通道	灰色黏土岩	2.55~2.58
3	西风井西二回风石门	深灰色黏土岩	2.03~2.33
4	西二采区运输石门	黏土岩	2.41~2.65
5	西二采区运输石门	砂质黏土岩	2.84

依据围岩松动圈分类原则，表 2-2 所列松动圈数量均属 V 类较软围岩。

2. 支护设计

巷道支护的作用就是要控制塑性区、破碎区（松动圈）的发展，将巷道变形控制在能够保持围岩稳定的范围内。在锚喷网支护中，锚杆是支护的主体构件，控制塑性区、破碎区的发展和围岩的变形；喷层与钢筋网只起局部作用。喷层能及时封闭围岩，防止围岩风化与潮解，喷层加设钢筋网是为了提高喷层的抗弯与抗大变形的能力。

圆形巷道断面受力条件最好，但巷道底板施工难度较大，因此决定选用缺圆拱形断面。巷道最大允许收缩量定为 200 mm。

锚杆间排距均选取 500 mm，为了获得巷道围岩整体的组合拱结构，锚杆沿巷道全断面封闭布置。考虑到施工单位实践经验仍选用缝管锚杆，其规格性能见表 2-3。

表 2-3 缝管锚杆的规格性能

杆 体						托 盘		圆 环		
外径/mm	长度/m	缝宽/mm	壁厚/mm	材质	拉断负荷/kN	规格/mm	抗压缩负荷/kN	圆环内径/mm	圆钢直径/mm	拉断负荷/kN
43	1.8	16	2.5	Q235	100	140×140	200	45	6.5	90

为了保证锚杆工作阻力达到 50 kN 以上，在不同岩层中要用不同直径 D 的钻头打眼，黏土岩中钻头直径 D 为 39~40 mm；砂质黏土岩中 D 为 41 mm；砂岩中先用 D=43 mm 的钻头打 900~1000 mm

深，剩下再用 $D=42\text{ mm}$ 的钻头打眼。这样，每根锚杆的安装时间都在 1 min 左右，锚固力都可达到 50 kN 以上。

喷层总厚度为 120 mm ，初喷 70 mm ，当围岩变形稳定后再复喷，厚度 50 mm 。喷料配比（重量比）：水泥：砂子：瓜子石 = $1:2:2$ ；水泥为 525 号；速凝剂用量为水泥重的 4% ；水灰比： $0.4\sim0.5$ 。

钢筋选用 $\phi 6\text{mm}$ 圆钢，网格为 $125\text{ mm}\times125\text{ mm}$ ，每片网规格：长 $\times$ 宽 = $1625\text{ mm}\times1125\text{ mm}$ 。巷道圆周方向为搭接式，搭接长度 125 mm ；巷道轴向为挂钩式。锚喷网支护主要参数见表 2-4，西二采区运输石门断面施工图如图 2-1 所示。

表 2-4 锚喷网支护主要参数 mm

序号	名 称		参 数	备 注
1	缝管锚杆		$\phi 43\times1800$	摩擦式全长锚固
2	锚杆间、排距		500×500	
3	钢筋网		$6\times125\times125$	网片规格(长 $\times$ 宽) = 1625×1125
4	喷层	总厚度		普通混凝土
		一次	初喷	30
			复喷	30
		二次	最后喷	50

3. 支护效果

巷道掘出后，围岩应力集中，围岩变形量和变形速度较大。随着时间的推移，变形速度逐渐减少而趋于稳定。应力调整期一般为 3 个月左右，此期间的围岩变形量为 $15\sim55\text{ mm}$ ，稳定后的围岩变形速度为 $0.01\sim0.018\text{ mm/d}$ 。在软岩岩巷中，这个结果是比较理想的。底鼓量和底鼓速度较大，这是因为底板受到水的长期浸泡所致。除了应将底板积水及时排出外，还应增加防治底鼓的技术措施。综合评价锚喷网支护效果很好。

在西二运输石门左右两帮各设置了 3 点深部位移计，以测量两帮围岩深部 1 m 、 2 m 、 3 m 的位移。现场实测围岩表面点位移结果显示，巷道围岩表面点与 1 m 、 2 m 点的位移差很小，只有 $0.98\sim4.63\text{ mm}$ 。 1 m 点、 2 m 点、 3 m 点的位移量分别为表面点位移量的 $96\%\sim97\%$ 、 $92\%\sim94\%$ 和 $63\%\sim73\%$ 。这说明，锚杆区域围岩近似整体移动。

4. 锚喷网支护经济分析

所试验的西二采区运输石门、3 号交岔点、回风石门共 200 m 巷道，锚喷网支护与原设计的锚喷支护相比，虽然锚杆增加了 9724 根，喷射混凝土增加了 165.64 m^3 ，但节省了 287 t U 型钢，锚喷网支护总费用 141.47 万元 ，较锚喷架支护总费用 204.85 万元 减少了 63.38 万元 ，降低了 30.9% 。

2.1.2 新庄孜矿锚喷网支护

淮南矿业集团与煤科总院北京建井所、中国矿业大学、中科院武汉岩土力学研究所合作，在新庄

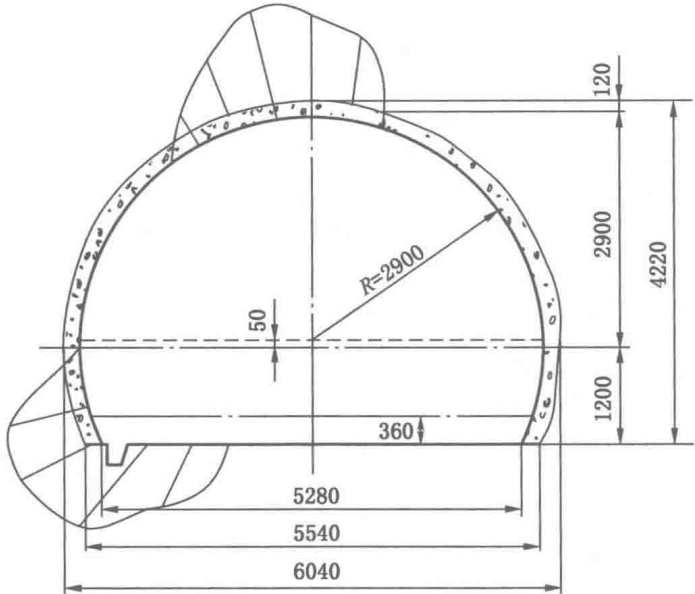


图 2-1 西二采区运输石门断面施工图