

淮南煤矿科学技术 研究成果史料汇编

第六卷

淮南煤矿岩溶水水害查治技术研究成果



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

第六卷

淮南煤矿岩溶水水害查治技术研究成果

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

淮南煤矿岩溶水水害查治技术研究成果/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; 6)
ISBN 978-7-5020-4255-4

I. ①淮… II. ①淮… III. ①煤矿—岩溶水—矿山水灾—防治—研究—淮南市 IV. ①TD745

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 137797 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 60 插页 9
字数 1791 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 7083 定价 296.00 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-600m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0.5~7m,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0.88t/工、0.47t/工、3.58t/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,开创了我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

第一部分 淮南矿区地应力测试及围岩分类

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

第二部分 深井巷道围岩稳定性控制理论及工程实践

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

第三部分 动压软岩巷道工程理论及支护技术

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

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/1

第一部分 淮南矿区 A 组煤底板岩溶水水害查治技术研究/25

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/27

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/155

- 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/167
- 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/207
- 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/267
- 第六篇 淮南矿区地下水水化学特征研究及示踪试验/299
- 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/339
- 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/355
- 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/385
- 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/427
- 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/439**
- 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/441
- 第十二篇 太原群灰岩地层发育特征对比研究/541
- 第十三篇 A 组煤底板灰岩构造发育特征研究/565
- 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/577
- 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/599
- 第十六篇 A 组煤底板灰岩抽水试验/611
- 第十七篇 地下水水化学特征及其判别研究/645
- 第十八篇 地下水水动态特征研究/671
- 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/693
- 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/707
- 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/723
- 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/749**
- 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/751
- 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/799
- 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/827
- 第四部分 淮南煤矿岩溶水水害查治关键技术理论研究/869**
- 第二十五篇 大气降水入渗系数研究/871
- 第二十六篇 大气降水与地下水动态特征的研究/877
- 第二十七篇 地下水位趋势分析及衰减系数计算/885
- 第二十八篇 煤系层状沉积岩界面层的水文地质意义/891
- 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/897
- 第三十篇 孔集井田水文地质概念模型的建立与验证/905
- 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/915
- 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/929

综 述

淮南矿区煤系地层为石炭二叠系。二叠系为本区主要含煤地层，自下而上分为 A、B、C、D、E 5 个含煤组 7 个含煤段。矿井开采主要为 A、B、C 3 个含煤组的 4 个含煤段，可采煤层 13~15 层，含煤总厚度约 32 m。其中 A 组煤为山西组（第一含煤段），B 组煤为下石盒子组（第二、三含煤段），C 组煤为上石盒子组（第四含煤段）。上述可采煤层的主要直接充水含水层（组），一是开采煤系地层内的煤层顶板砂岩裂隙含水层（组），二是位于 A 组煤层底板的太原组第 1~4 层薄层灰岩岩溶裂隙含水层（组），即 $C_3 - I$ 组灰岩岩溶裂隙含水层。间接充水含水层组为奥陶系和寒武系灰岩岩溶含水层（组）。在急倾斜（如孔集矿）和倒转急倾斜矿井（如九龙岗、大通和李二矿），随着开采深度的逐渐加大，其底板或顶板塌陷角也在不断地扩展，造成对矿井和采煤工作面直接充水的岩溶裂隙含水层（组）也在不断地发生变化，即太原组第 5~12 层薄层灰岩岩溶裂隙含水层（ $C_3 - II$ 、 $C_3 - III$ 组灰岩）和奥陶系灰岩岩溶含水层（组），通过塌陷角直接充入采煤工作面，尤其是倒转急倾斜矿井，太灰和奥灰岩溶含水层（组）直接覆盖在煤系顶板之上，造成采煤工作面处在顶板岩溶水充水条件下的开采，除 A 组煤开采直接受岩溶水水害威胁，并且对 $B_4 - B_8$ 煤层的开采工作面直接充水（如九龙岗、大通和李二矿）。按淮南煤矿煤层群开采顺序，缓倾斜和急倾斜矿井充水含水层（组）可分前期和后期，前期开采 B、C 组煤层时，主要直接充水含水层（组）为煤系砂岩裂隙含水层（组），矿井后期开采 A 组煤时主要直接充水含水层（组）为 $C_3 - I$ 组灰岩岩溶裂隙含水层（组）。在倒转急倾斜矿井的 $B_4 - B_8$ 煤层开采时，岩溶裂隙含水层（组）就直接充入矿井或采煤工作面。因此，淮南矿区岩溶裂隙含水层（组）的水害查治工作的内容丰富、方法多样、任务艰巨。

淮南煤矿在岩溶水水害查治工作方面，经过了几代人的艰苦工作，形成了一套较为系统的技术理论体系，如：①在 20 世纪 80 年代开展的淮南矿区（李二—毕家岗矿）解放 A 组煤岩溶水水害查治研究工作中，针对缓倾斜浅部 A 组煤开采的矿井，在查清条件的基础上制定了“因地制宜、疏水降压、限压开采、综合治理”十六字技术方针，同时针对倒转急倾斜的李二矿则采用“疏干开采”的方法；②在 20 世纪 90 年代末和 21 世纪初开展的急倾斜孔集井田复合含水层下 A 组煤开采岩溶水水害查治研究工作中，针对其砂层水和岩溶水存在着密切的水力联系，井下疏（放）水钻孔含砂量大，存在疏水过程中，当钻孔出砂后 3~24 h 内地面就产生岩溶塌陷的特殊性，制定了“小流量、长历时、疏水控砂、疏干开采”十四字技术方针；③缓倾斜深部 A 组煤层开采岩溶水水害查治研究工作中制定了“疏采结合、巷道截流”八字技术方针；④针对谢桥矿东风井 -440 m 总回风道岩溶陷落带（柱）影响带高角度裂隙离散型突水的治理，采用“查治结合、堵水截流、围堵并重”的技术方针等。以上针对不同岩溶水水害问题所制定的技术路线均成功地应用于生产实践并取得了较大的经济效益。例如，自 1980 年至今，在 A 组煤开采过程中，已连续 30 多年未发生过岩溶水水害事故，安全采出 3000 多万吨 A 组煤；谢桥东风井岩溶陷落带（柱）影响带突水堵水率为 73.6%，丰富了岩溶陷落柱突水治理的技术理论体系。

本卷对以上所述的淮南矿区岩溶水水害查治技术进行综述，对获奖的研究成果和相关配套的专题研究报告进行汇编出版，目的是为淮南煤矿在生产实践中对岩溶水水害的查治过程中积累的丰富实践经验及理论研究方面的成果得以系统留存，同时也是充分发挥该类成果史料作用，为矿区当代工程技术人员了解淮南矿区岩溶水水害查治技术的发展历程，参阅和应用这些研究成果创造条件。

1 淮南煤矿岩溶水水害查治工作的发展

新中国成立 60 多年来,我国煤矿防治水工作经历了起始、提高、发展 3 个阶段,使煤矿防治水工作逐步走上了正轨。

淮南煤矿自新中国成立以来,其岩溶水水害查治工作经历了起始、争论—停滞、提高和发展 3 个阶段后,取得了一系列技术成果,并获得了行业和省部级科技成果奖,形成了适合于淮南矿区的岩溶水水害查治工作的技术理论体系,并在全国处于领先地位。

1.1 起始阶段

在 20 世纪 50 年代初,淮南仅有大通、九龙岗、新庄孜 3 对生产矿井,其中大通、九龙岗矿位于淮南的东部舜耕山地区,为倒转急倾斜煤层矿井,太原群及奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层(组)位于煤系地层的顶板。而新庄孜矿属单斜构造的缓倾斜煤层矿井,太原群及奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层(组)位于煤系地层的底板。当九龙岗、大通两对生产矿井在开采 240 m、330 m 以上煤层时,岩溶含水层(组)水就充入矿井。1955—1957 年,在苏联专家依里亚申科的指导和帮助下,在九龙岗和大通两矿开展了太原群及奥陶系井上下的地质与水文地质补充勘探工作。当时勘探的目的,主要是查明太原群煤层的可采性及其水文地质条件,预计太原群及奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层(组)对矿井充水的水量。对太原群及奥陶系岩溶含水层(组)进行了地面抽水和井下放水的立体勘探试验方法。两矿井上下共施工 64 个孔 9010.58 m,其中地面水文地质钻孔 7 个 1138.79 m,井下放水孔 15 个 2039.34 m。抽水试验 3 孔(次),井下放水试验 4 孔(次)。另外,在九龙岗井田 240 m 水平的西半石门采用巷探工程揭露太原群地层(石门总长 121.29 m),包括小眼、顺槽等工程,总巷探工程量为 1965 m。太灰和奥灰控制标高约为 -284 m(在 330 m 的水平钻孔),并分别在 240 m 水平的西七半石门,330 m 水平的西四、西七等 3 个石门进行太灰全层的放水试验。在 240 m 水平的西半石门用钻孔揭露奥陶系石灰岩含水层 270 m,并在对应的地面位置施工专门的奥陶系石灰岩抽水钻孔,分别对奥灰进行地面抽水及井下放水试验。利用抽、放水试验资料,采用从苏联引进的《专门水文地质学》中有关计算公式对渗透系数进行了计算,用于矿井涌水量的预计,并同时提交了《淮南矿务局九龙岗煤矿乌拉统水文地质资料报告书(补充地质资料)》。该报告指出,九龙岗矿开采时的直接充水含水层为乌拉统石灰岩,但含水量不大,指明奥陶系灰岩含水层是乌拉统石灰岩含水层的主要补给源,是影响矿区开采的主要含水层,并且提出对乌拉统石灰岩含水层进行疏干和利用的可行性,同时也提出了奥陶系石灰岩含水层对矿井充水问题属重大技术问题,建议列入全局需研究的技术措施。该阶段九龙岗、大通两井田的岩溶水水文地质查条件工作,为后期的淮南矿区岩溶水查治工作的开展提供了不可多得的借鉴资料,为后期在孔集井田开展的岩溶水查治工作提供了依据。

1.2 争论—停滞阶段

从 20 世纪 50 年代末到 80 年代初,在这 20 多年里,淮南矿区的岩溶水查治工作几乎处在停滞阶段,同时对岩溶水是否构成矿井充水水源、是否预计涌水量并考虑矿井排水能力等存在的两种观点争论不休。有据可考的表现是在潘二井田精查报告的审查意见中,其大意是:“关于灰岩涌水量是否进行预计,矿务局存在两种观点,一种观点是需要预计,另一种观点是灰岩没有水不予考虑”。该阶段(1960—1977 年),老区生产矿井(李二—李嘴孜矿)共发生了对生产有影响的采掘工作面底板灰岩岩溶含水层水出(突)水 28 次。1977 年 10 月 14 日,谢一矿 33113(顶)工作面出水,瞬时水量 1002 m³/h,稳定水量 772 m³/h,造成谢一矿 -480 m 水平被淹。1979 年开始对矿区岩溶水水害进行查治工作。

该阶段唯独在孔集井田开展了 3 次岩溶水水文地质查条件工程,详情如下:

(1) 在1965年6月,局地质处与孔集矿筹备处共同编制的本区太原群奥陶系石灰岩水文地质补充勘探设计,经原华东煤炭公司批准并于1965年9月由局钻探队施工。由于各种原因,该次勘探未达到设计目的。共计施工水文孔4个,工程量770 m,对新生界底部砾石层进行了一次正式抽水试验。

(2) 因A组煤既受上覆砂层水的威胁又受底板岩溶水的威胁,长期呆滞未采。该矿需要延深至-430 m和-530 m时,-530 m以上B、C组煤层开采时将要破坏-250 m以上A组煤,急需对A组煤能否开采下结论,于是在1976年2月21日—1977年2月26日在西二(I—II线)至西七石门(V—VI线)走向长4.31 km范围内,对-250 m以上 C_3^1 组灰岩进行了井上下相结合的水文地质补充勘探工作,完成钻探工程量6338.48 m,52个孔,井下放水试验4(孔)次。基本查明西三石门以东至李嘴孜西二半 C_3^1 组灰岩的富水性及水力联系情况。但由于井下疏(放)水钻孔在放水时,钻孔出砂(含砂量高)造成地面产生15个岩溶塌陷,因此该工程暂停,提交了阶段总结。

(3) 1976年10月22日至1978年7月,为解决孔集矿西六风井施工问题,在西六石门进行了水文地质钻探及抽水试验工作。完成钻探工程量1829.86 m,20孔,正式抽水试验2次,简易抽水试验3次,放水试验2次。

另外,1980—1982年,在淮南矿区解放A组煤底板岩溶水水文地质条件及防治方法研究的勘探过程中,由于孔集矿水文地质条件极为复杂,在课题进行了一年多后,于1981年11月22日至26日,在由原煤炭部生产司和科技局共同主持召开的淮南矿区灰岩防治方法座谈会纪要中决定“由于孔集井田水文地质条件较复杂,会议认为1982年以前可进行局部疏水降压试验,其水文地质条件和防治方法的研究应另组织专题。因而按会议纪要精神只施工了工广、西二灰岩地面观测孔及井下放水孔计2841.54 m,36孔,未做任何试验工作。

1.3 提高和发展阶段

自1980年开始,在走向长22 km范围内的9对生产矿井,为防治岩溶水水害开展了全矿区的岩溶水水文地质补充勘探条件工作。从矿井防治水害角度出发,立足于水文地质单元,为确定防治水方案提供可靠的水文地质依据而开展的水文地质查条件补充勘探工作,即“查、治”结合,其特点:其一是勘探研究范围大,不能按原勘探阶段所划分井田边界为研究界线,而是立足于水文地质单元,查明直接充水含水层和间接充水含水层的水文地质条件。其二是研究问题深入,是为同类型同一水文地质单元所存在的共性水文地质问题,寻找防治水技术途径。

井上下综合水文地质补充勘探和试验研究的具体内容是:地面施工了118个灰岩观测孔和8个奥灰直通式放水钻孔,钻探进尺28023.53 m。井下施工了197个疏放水钻孔,钻探进尺17010.77 m。进行了14次大型(参加观测人数500多人)的多矿、多水平的干扰联合放水试验和10次联通试验。从查条件、水量计算等方面要求,采用不同富水性块段、不同标高、不同放水方法(即定流量和敞开钻孔最大限度放水)和单个采区沿走向单行单列孔群放水,沿走向和倾斜两个矿、两个水平单列双行孔群放水条件下疏水降压试验等方法。开展了1.5 km的地面岩溶物探试验工程,沿舜耕山山脉—八公山山脉,对出露的奥陶系灰和寒武系灰进行了地质剖面调查,并对构造裂隙、岩溶发育及地下水露头进行了调查编录;对地下水露头及地面钻孔、井下放水钻孔进行取样并开展了环炉、氦、汞及水化学分析等。对1977年以前的岩溶水突水资料进行了调查、分析和总结;选择新庄孜矿4303工作面开展了A组煤开采底板破坏深度的试验研究,为验证缓倾斜矿井A组煤开采,验证确定的太灰I组为矿区A组煤开采的直接充水含水层(组),利用太灰II组灰岩作为防奥灰突水的相对隔水层利用的正确性,并验证选择0.05 MPa作为A组煤限压开采安全临界值的可靠性,同时选择52个A组煤试采工作面进行生产实践验证等。在孔集井田内的岩溶水水害查治的工作中,采用遥感地质对二道河井田隐伏于新地层之下的岩溶陷落柱、山金家—山王集断层、黑龙潭断层分布特征等进行了解疑和控

制；采用震波“CT”技术对急倾斜复合含水层下厚煤层开采后的覆岩破坏特征、底板塌陷角及波及的岩溶含水层情况进行了定性和定量解释。查明了太灰和奥灰岩溶水水文地质条件，它包括：含隔水层厚度、地质边界和水动力学边界、构造控水特征、地下水化学特征、岩溶发育特征等。全国煤矿系统率先利用地下水水化学资料，建立了同一含水层不同区域、同一区域不同含水层的水化学判别的方法和特征离子比值的含量。开展了太灰 I 组——直接充水含水层（组）多井田和多水平联合放水试验，查明了直（间）接充水含水层（组）地下水流场特征，即直接充水含水层太灰 I 组等水位线沿地层走向展布并受断层控制，形成若干个降落漏斗；间接充水含水层（组）——奥灰等水位线沿地层走向展布，在 F_{12-12} — F_{23} 断层之间为一个降落漏斗， F_{13-8} 、 F_{17} 等断层为奥灰地层中浅部的强径流带。对疏水降压开采时的灰岩涌水量进行了计算。利用奥灰直通式放水钻孔开展了谢一和谢二矿的联合放水试验，并查明了奥灰水对太灰的补给量。通过以上的工作和试验研究，建立了矿区水文地质概念模型，利用均衡原理建立了大气降水入渗系数的计算公式。制定了淮南矿区不同地质及埋深条件下的 A 组煤开采时的岩溶水害防治技术方针，为确保矿区 A 组煤安全开采 42 年奠定了坚实的理论和实践基础，同时指导了新区 A 组煤开采底板岩溶水水害防治技术的落实。

防治水的基础工作得到了加强，建立、完善了井上下各主要含水层的动态观测系统和地表河流等的观测站；建立了水文地质观测试验数据台账、基础图纸和专用分析图件。

建立和不断完善了有关的规章制度，按照原煤炭工业部颁发的《煤矿水文地质规程》，对各矿进行了水文地质条件分类。初步建立了一整套符合淮南煤矿自然条件和现有经济技术的规章、制度，使防治水工作做到有章可循、有法可依，为实现岩溶水水害防治工作科学化、规范化管理，打下了一定的基础。

在岩溶水水害查治的工作实践过程中，各生产、科研单位密切配合，对一些技术难度大的课题组织攻关，取得了重大成果，不仅丰富完善了岩溶水水害防治工作理论，而且在以下方面的研究中还有了新的突破：

一是矿井突水机理理论研究，包括突水系数的理论研究及应用。

二是对岩溶地下水流场的理论研究等，利用放（疏）水试验建立了淮南矿区灰岩岩溶水涌水量预计公式。

三是建立了各含水层在矿区不同水文地质单元内，地下水水位与大气降水的关系的数学公式。对岩溶水水位趋势进行了分析并建立了数学公式，同时对放水实验水量衰减建立了相关方程。

四是对大气降水入渗系数进行了研究并建立了数学公式。

五是化探技术在岩溶水水害查治工作中的应用取得了较大的进展。

在开展了主要含水层的水化学特征研究外，微量元素分析、气体成分分析、溶解氧分析和放射性元素、环境同位素等都在不同矿区的矿井水文地质勘探中得到不同程度的应用。

(1) 在大量试验和资料分析的基础上，对不同矿区主要含水层的水化学特征、类型及部分微量元素和水中氡气含量进行了研究，总结出了区分矿区不同含水层水化学基本特征的鉴别指标。分别以水质类型、溶解固形物、总硬度、氡含量、离子的特征比值、水质图像等来鉴别和区分充水水源。

(2) 应用水化学方法配合放水试验、联通试验等其他勘探手段，探查某些矿井水文地质问题。例如，测定地面不同含水层钻孔和井下放水孔的水样溶解氧含量及其动态变化，判别太原组、奥陶系灰岩水径流条件和水力联系的部位。根据氡含量结合放水实验资料确定了岩溶水的径流带，如 F_{17} 、 F_{13-8} 等断层是谢家集井田内的强径流带。

(3) 采用 I^- 、 Br^- 等离子示踪剂探查水源，查明不同含水层之间水力联系程度，了解大气降水或地表水与地下水的补给关系以及探查地下水的渗漏地段，探明某些断层的导水性及导水段，查明地下水的补给源及主要来水方向、主要径流通道和计算地下水流速等。

(4) 开展了水环境同位素研究。水环境同位素，特别是氢、氧同位素，和水化学一样，研究地

下水自身组分的变化,从微观上判别和认识不同水源间差异和联系。在判别矿井突水水源、确定不同水的混合比例、计算入渗高度和径流带、地下水的流速,分析地下水的形成条件和计算地下水的相对年龄等。

(5) 应用数学地质方法分析整理水化学资料,用于提高常规水化学资料(特别是简分析资料)的应用价值。采用聚类分析方法、模糊综合评判方法和判别分析法等数学地质方法已在分析整理矿区常规水化学资料中得到了更好的应用,对判别矿井水源起到了重要的作用。

另外,对灰岩层间富水的特征研究为矿区深部 A 组煤开采底板岩溶水水害防治提出了技术方法;淮南煤田北西向断裂与岩溶陷落(带)柱发育方向关系的研究;潘谢矿区岩溶陷落带(柱)标志性特征的初步研究;谢桥矿东风井-440 m 总回风道灰岩(岩溶陷落影响破裂导水带)水害的治理技术的研究等,对将来深部开采岩溶水水害查治、岩溶陷落柱水害的查治都将起到积极的借鉴作用。

2 淮南煤矿岩溶水水害查治技术研究成果简介

淮南矿区岩溶含水层水害问题,在 20 世纪 60 年代的缓倾斜和倒转急倾斜矿井就有表现。但由于开采深度较浅、岩溶水突出量小,对矿井没有构成威胁,同时也没有认识到岩溶水水害的严重性。随着开采深度的加大,岩溶水水害的发生频率增大,岩溶水突水量增大,并在 1977 年 10 月 14 日发生了谢一矿 33113(顶)工作面下部底板岩溶水突水事故,最大涌水量为 $1002 \text{ m}^3/\text{h}$,造成三三采区及 -370 m 至 -480 m 延深水平井筒巷道全部淹没。事故发生后,1979 年局领导研究决定,开展淮南矿区岩溶水水害查治的专项科研攻关,从此拉开了淮南煤矿岩溶水水害查治研究的序幕,使矿区沉寂了 20 多年的岩溶水水害查治工作步入了轰轰烈烈的勘探、试验和研究工作,并取得了优异成果。

为防治水害而开展的水文地质查条件补充勘探工作,从矿井防治水害角度出发,立足于水文地质单元,要充分认识到地下水的 3 个特点:

(1) 地下水具有两种边界条件:地质边界、地下水动力学边界。

(2) 水具有 5 种特性:时空性、流动性、可恢复性、区域性、三水转化性。

(3) 防治水要遵循的技术思路:水源是根本,地层、构造是条件,水压是关键,采掘是诱因,突(出)水是结果。

因此,在为岩溶水水害防治而开展水文地质查条件补充勘探工作时,其主要目的是为确定防治水方案提供可靠的水文地质依据。其特点:勘探研究范围大,不按原勘探阶段所划分井田边界为研究界线;研究问题深入,是为同类型同一水文地质单元所存在的共性水文地质问题,寻找防治水技术途径。主要成果如下:

(1) 首先于 1980—1983 年在老区李二一毕家岗井田区内开展了“淮南矿区解放 A 组煤底板岩溶水水文地质条件及防治方法研究”,提出了“因地制宜、疏水降压、限压开采、综合治理”十六字技术方针,通过 52 个 A 组煤工作面的试采,确定的十六字岩溶水防治方针,在 1984 年至 1997 年矿区扩大开采应用中,连续 18 年确保了老区谢一、谢二、谢三矿,新庄孜矿,毕家岗矿,李一矿 -480 m 以上 A 组煤的安全开采,安全采出煤量 1195 万 t 以上,无一工作面发生岩溶水水害事故。为 -660 m 以上 A 组煤 4189.6 万 t 地质储量查清了条件。该项目于 1985 年获煤炭部科技进步二等奖。

截至 2011 年安全采出 A 组煤 3000 万 t,连续 32 年无岩溶水突出事故发生。

该课题总结了淮南矿区突水系数理论和实际应用效果,并据淮南矿区的岩性及其结合特征、地下水的赋存条件、岩溶化程度等多种因素下,如何确定安全水头限压标准进行了较为详细的总结,使突水系数理论的应用进一步具体化,可为我国其他矿区的水害防治工作借鉴。

在新庄孜矿 4303 工作面开展了底板破坏观测实验和研究,并取得了一些成果(表 2-1)。山东矿业学院特殊开采研究所和邯郸矿务局煤研所利用其研究成果,推导出了用于全国的底板破坏深度的经验公式。