

中国煤矿防治水技术经验汇编

《中国煤矿防治水技术经验汇编》编委会

煤炭工业出版社

中国煤矿防治水技术经验汇编

《中国煤矿防治水技术经验汇编》编委会

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书主要是以煤矿水害事故的发生、发展和治理过程为实例，全面、系统地介绍了煤矿各种水害的防治技术。全书收集了68篇文章，并分成六个部分：矿井水文地质勘探、注浆堵水、疏干降压、防排水、水体下采煤的防治水、其它，分别阐述了对不同的水害采取的治理方法。在每篇中，还概括地介绍了该项技术的应用范围、基本理论及国内外发展现状。本书可供煤矿及其它行业有关专业的工程技术人员和管理干部学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国煤矿防治水技术经验汇编/《中国煤矿防治水技术经验汇编》编委会编. —北京: 煤炭工业出版社, 1997

ISBN 7-5020-1532-9

I. 中… II. 中… III. ①煤矿开采-矿山防水-经验②煤矿开采-矿山治水-经验 IV. TD824. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 22508 号

中国煤矿防治水技术经验汇编

《中国煤矿防治水技术经验汇编》编委会

责任编辑: 牟金锁 罗醒民 吕代铭

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京朝阳区霞光里8号 100015)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

*

开本 787×1092mm^{1/32}; 印张 34^{1/4}; 插页 1

字数 818 千字 印数 1—2, 155

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月第 1 次印刷

书号 4301 定价 60.00 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

编辑委员会

主任委员 赵全福

委员 (以下按姓氏笔划为序)

马启勋 王柏荣 刘宗荫 陈世杰 沈昌炽

李周尧 李德安 郑世书 顾文灿 高俊起

前 言

水害是煤矿五大灾害之一。在煤矿建设和生产过程中，经常遇到水的危害，发生小窑水、地下水、老空水、地表水等通过断层、陷落柱、采动裂隙和钻孔溃入井下的淹井事故，直接威胁矿工生命和国家财产安全，甚至造成众多人员伤亡和经济上的巨大损失。我国煤矿广大职工与矿井水害进行了长期的斗争，为战胜水害，保证安全生产作出了重大贡献，并创造和积累了许多防治水害的宝贵经验。

近十余年来，煤矿随着开采深度的不断加大，水害的威胁越来越严重，曾多次发生重大突水淹井事故，局部受灾的事故更是层出不穷，对煤矿水害的预防与治理，已是煤矿灾害预防的突出问题。煤矿广大防治水工作人员在治理水害过程中，不仅积累了丰富的实践经验，并且在防治水理论研究方面，也产生了一定的飞跃。煤炭工业部生产司原地质测量处一直酝酿把这些防治水的经验进行全面、系统地搜集、总结，让这笔宝贵的财富充分发挥作用，以指导全国其它煤矿的防治水工作。几年前，鉴于煤矿水害事故不断，预防不力的情况，我们曾出过一本《煤矿水害事故典型案例汇编》，目的是让各煤矿的有关人员从中吸取教训。但该书并没有系统介绍水害的防治技术，随着防治水技术水平的不断提高，目前已经具备了总结、升华并推广的条件，为此，我们又组织力量编辑了这本《中国煤矿防治水技术经验汇编》，以满足煤矿防治水工作人员的迫切要求。本书可与前一本书构成上下篇，供煤矿防治水工作参考使用。

本书总结了改革开放以来我国煤矿贯彻执行国家“安全第一，预防为主”的安全生产方针，依靠科技进步，掌握自然规律，采取相应措施，战胜水害的经验。主要有：运用物化、钻探和采用先进勘测仪器等技术手段，查明水文地质条件，掌握自然规律预防水害的经验；采用疏、堵、截、排相结合，建设防治水技措工程；采用科学监测技术手段，综合治理水害，预防透水事故的经验；强化防治水管理，严格执行《煤矿安全规程》，加强水文地质工作，认真制订与落实防治水规划，防止透水事故的经验；掌握透水事故规律，采用防止事故扩大的措施和各种快速、安全处理透水事故的经验；综合治理水害与水资源开发利用相结合，变害为利的经验等。

不断地总结和因地制宜地推广防治水经验，对于进一步掌握防治水的规律，推动防治水技术进步，更有效地预防及战胜水害，实现安全生产，保护矿工生命安全，提高企业经济效益和社会效益具有十分重要的意义。希望更多地创造和总结防治水的新经验，以丰富我国矿井防治水的经验宝库，为提高矿井防治水理论水平和技术水平，提高治理水害的综合能力，取得煤矿安全生产主动权，保证煤炭工业持续稳定、健康发展作出新贡献。

赵全福

.....

点章

正字

方法

目 录

.....

前言

.....

总论 顾文灿 (1)

.....

第一篇 矿井水文地质勘探

目

总论 郑世书 (15)

1. 孙庄矿大青灰岩勘探试验方法 陈镇忠 (25)

2. 应用红外遥感技术和电测方法探测井下隐伏含水构造 吕春义 刘振权 (33)

3. 离子示踪剂在防治水工作中的应用
..... 煤炭科学研究总院西安分院水文地质室水化学组 (38)

4. 平顶山矿区氡氧同位素水文地质研究 易绍亚 周骏业 孙继朝 张发旺 (46)

5. 根据地下水中溶解氧的动态分析矿区的水文地质条件 梁仲华 谢昌运 (60)

6. 峰峰五矿中央区大青灰岩含水层水文地质条件 高俊起 李云鹤 (66)

7. 综合立体勘探在矿井水文地质勘探中的应用 元 刚 虞 修 (74)

8. 采煤过程中底板隔水层钻孔压水试验方法
..... 煤炭科学研究总院西安分院 峰峰矿务局 邯郸矿务局 (88)

9. 应用压水试验确定底板破坏 肖洪天 李白英 (91)

10. 南高余煤矿地下水数值计算及水文地质条件分析
..... 刘茂泉 孙 超 齐桂明 李 建 窦金明 (94)

11. 水文地质条件电算模拟分析与底板砂岩疏降预测
..... 开滦矿务局范各庄矿 煤炭科学研究总院西安分院 (100)

12. 井陘煤矿华北类型喀斯特矿井突水水量预测的概率统计方法 李庆广 王廷福 (110)

13. 时间序列叠合模型及其在矿井涌水量预报中的应用
..... 杨永国 许友志 郑世书 (115)

14. GIS在焦作东部矿区喀斯特水害预测中的应用
..... 郑世书 孙亚军 张大顺 李景贤 (119)

第二篇 注 浆 堵 水

绪论 沈昌焱 (129)

15. 峰峰四矿封堵大青灰岩水补给通道
..... 蔡康明 高俊起 周维生 袁桂森 张景海 (136)

16. 焦作中马村矿堵水复矿 刘洪明 (151)

17. 范各庄矿“奥灰”喀斯特陷落柱特大突水灾害的治理
..... 元 刚 顾文灿 虞 修 沈昌焱 (158)

18. 肥城大封矿10204工作面快速高效注浆封堵水 张海洲 (164)

19. 龙泉矿149工作面动水注浆堵水	李志东 马光军	(173)
20. 淮北杨庄矿动水注浆治水	余才英 李成明 沈昌炽 南生辉	(178)
21. 九里山矿一二皮带上山突水封堵治理	宋道军 黄北海 张耀	(186)
22. 定向导斜动水注浆治理突水技术	牛景才 赵苏启 沈昌炽 郑士田	(198)
23. 大面积注浆改造薄层灰岩	于树春	(207)
24. 郭庄矿立井井筒采用置换注浆过表土流砂层施工技术	郭廷瑞 原振德	(214)
25. 林南仓矿井筒注浆堵水的实践和认识	顾文灿 崔新平	(220)
26. 动水注浆治理采煤工作面底板突水	新汶矿务局 协庄煤矿	(231)

第三篇 疏 干 降 压

绪论	陈世杰	(239)
27. 在厚表土流砂群中深层真空降水	上海大屯煤矿工程指挥部	(245)
28. 义安煤矿斜井井筒过含流砂厚冲积层预疏干方法	陈世杰	(254)
29. 流砂层下开采的疏干方法	张国祥	(259)
30. 防治含水砂层水害的几点作法	鹤岗矿务局地质测量处	(264)
31. 朱仙庄矿第四、第五含水层水的防治途径和方法	邵传林	(268)
32. 荆各庄矿九煤层顶板截流疏水	李 璞	(272)
33. 淄博石谷煤矿九煤层底板承压水合理疏降	石谷煤矿技术科	(277)
34. 湖南煤炭坝煤矿底板茅口灰岩巷道疏干	罗树安	(284)
35. 郑州芦沟矿疏水降压采煤	张银海 牛景才 阎伯钧 郭启文	(293)
36. 焦作矿区疏水降压采煤技术	高建中 杨以勤	(300)
37. 淮南矿区A组煤的疏水降压限压开采	王柏荣 刘登宪	(314)
38. 乌鲁木齐矿区浅截疏排防治水技术	乌鲁木齐矿务局	(324)
39. 矿井疏供结合的条件与技术	开滦矿务局地测处 开滦赵各庄煤矿 煤炭科学研究总院西安分院水文所	(332)
40. 中国南方喀斯特管道型矿井突水防治方法探讨	王积宽 邹学林	(337)

第四篇 矿 井 防 排 水

绪论	李周尧	(343)
41. 贾汪矿区地面防治水工程实施与效果	陈世杰	(351)
42. 白茆沟防洪工程总结	石炭井矿务局地测处	(356)
43. 红菱煤矿工业场地防洪及北沙河治理	艾术奇	(358)
44. 石嘴山矿区防治黄河水工程措施	石天才	(361)
45. 水木垆河漏水分析与治理	蒋扬荣	(365)
46. 斗、恩、桥矿区以地面为主综合防治水	朱亚日	(369)
47. 赣江洪泛区小煤窑水患的防治	曹华九	(373)
48. 老空水的防治	李周尧	(375)
49. 钱家营矿井下泥石流成因及其治理	朱新华	(384)
50. 红岩煤矿防治喀斯特管道流的实践与体会	王积宽 邹学林 严 正	(387)

51. 三汇三矿+170m西主石门喀斯特突水治理 邵瑞琦 吴庆璞 (392)
52. 焦作矿区防水闸门硐室设计与实践 吴 强 (398)
53. 青山泉矿二号井封闭泵房设计及其应用 施秉年 姜广仁 (404)
54. 大型潜水泵在抢救矿井及追水复矿中的应用 汤玉宝 (409)
55. 唐山大地震后开滦矿区的复矿排水 顾文灿 (412)
56. 密封泵房的设计及其应用 谭经建 金安生 姚贤声 (426)

第五篇 水体下采煤的防治水

- 绪论** 王柏荣 (433)
57. 在新河下开采急倾斜厚煤层 徐州矿务局新河煤矿 (439)
58. 在含水砂砾层下采用“综采放顶”的防治水工作 刘廷恩 (447)
59. 淮南矿区水体下采煤技术 王柏荣 (456)
60. 沉降带内采动裂隙充水实例剖析 谢宪德 (463)
61. 柴里矿冲积层水体下厚煤层缩小防水岩柱的开采 袁德科 (470)

第六篇 其 它

- 绪论** 马启勋 (483)
62. 淄博矿区煤层底板突水资料的分析和利用 李周尧 王文杰 (487)
63. 治理“奥灰”水解放峰峰煤田“下三层”煤的途径
..... 峰峰矿务局水文地质测量处 (501)
64. 肥城矿区水害综合治理的途径
..... 肥城矿务局 煤炭科学研究总院西安分院 (509)
65. 露天、井工同采一层煤的防排水技术 李连绪 (516)
66. 代池坝滑坡泥石流治理 母培安 (518)
67. 化处矿二号滑坡的危害及治理 卢授光 (523)
68. 峰峰煤田下组煤开采中的疏排隔离问题 刘起才 (527)

总 论

开滦矿务局 顾文灿

煤矿开采多为地下作业，在井巷开拓和煤层的回采过程中，不可避免地要接近、揭露或波及破坏某些含水层（体）。只要这些工程的作业场所处于含水层（体）的水位以下，水体就会因失去原有的平衡，在重力作用下，以各种形式向井巷或采场涌出。这既可以是一般性的滴淋水，也可以是突破性的大量涌出，形成水害。这主要决定于作业场所所处的地质构造部位，含水层的富水性、可能的补给水量和水压，以及工程对各含水层的揭露、贯穿或波及破坏程度。因此，煤矿生产建设的整个过程，都存在着与地下水的斗争，矿井的生存与发展，都与这一斗争息息相关。

水害是煤矿的五大自然灾害之一。水害的严重程度，受多方面因素影响，如矿井水文地质条件，矿井开拓、开采对地下水源平衡条件的破坏等。这些因素，一般都是可以认识和预见的，因此防治水工作的任务就是：

- (1) 研究制定合理的开拓、开采方案，最大限度地限制或减少其对各层地下水原有平衡条件的破坏；
- (2) 采取针对性的技术措施，改造、限制主要水患因素；
- (3) 建立合理的矿井综合防水体系，提高矿井的抗灾变能力。

新中国建立 40 多年来，随着煤炭工业的迅猛发展，我国煤矿的防治水工作也在不断地探索前进。在学习和引进国外有关技术的同时，根据自身的条件和特点进行了研究和试验，已初步形成一套有中国特色的矿井防治水理论、对策、方法、手段和有关的管理制度。认真总结这些宝贵的经验教训，必将对我国煤炭工业的进一步发展起到重要的作用。

一、我国煤矿水害的基本特征

我国煤矿的水文地质条件比较复杂，无论是受水威胁的面积、类型，还是严重程度，都是世界罕见的。在我国 960 万 km^2 的国土上，喀斯特灰岩的分布占 200 万 km^2 ，且含水丰富。我国有 60% 的煤矿与这些喀斯特灰岩水有关，它们不同程度地威胁着煤矿的安全生产。据统计，全国统配煤矿受水威胁煤炭储量达 109 亿 t，占总保有储量的 21.1%。随着采深的加大，水害威胁越来越严重。全国统配煤矿矿务局在“六五”、“七五”10 年间，共发生突水事故 92 起，其中造成全部或局部淹井达 57 次，死亡约 90 人，直接经济损失 14.2 亿元以上，减少煤炭产量 3000 万 t 以上。从 1992 年核定的矿井水文地质条件分类结果看，复杂、极复杂的矿井占 29.1%（不包括受洪水和小窑水威胁的矿井），其中华东地区和河北、河南、湖南等省复杂矿井占 41%，安全问题非常严峻。

旧中国，全国煤矿曾多次发生突水事故，但由于当时多数矿井开采深度较浅，所处的矿山压力和地下水压力不大，且水文地质条件较复杂的区域大部分尚未建井、开采，重大的水患因素也尚未充分揭露，所以矿井突水的极大部分主要来自老窑和老空水，而煤系砂岩裂隙水和雨季地表水等一般性的突水事故，以及突喀斯特水等重大事故虽时有发生，但

所占的比例不大。新中国建国以来，随着我国煤炭工业的发展，一些过去因水大无法凿井的地方也陆续建成了新矿井，大批老矿井开采水平不断加深，地方小煤矿遍地开花，开采水文地质条件变得越来越复杂，使得我国煤矿防治水的形势和治理难度逐步升级，主要表现在：

(1) 全国煤矿的突水事故逐年增加。

(2) 矿井突水量逐年有所增加。20世纪50~60年代，矿井的突水量一般为 $5\sim 20\text{m}^3/\text{min}$ ，个别达 $50\text{m}^3/\text{min}$ ；70年代的突水量一般为 $20\sim 40\text{m}^3/\text{min}$ ，个别超过 $100\text{m}^3/\text{min}$ ；而80年代突水量已上升到 $50\sim 200\text{m}^3/\text{min}$ ，最高已达到 $2053\text{m}^3/\text{min}$ 。

(3) 突水类型趋向多元化。50年代的突水主要是老窑、老空水，其次是煤层顶板砂岩裂隙水，以及地表水、冲积层水等；60年代，地表水、薄层灰岩水、煤层顶底板水和冲积层水的突水比例有所上升；70年代的突水主要是薄层灰岩水；80年代，奥陶系灰岩水、茅口灰岩水和地表水的突水比例有较大的增长，而且薄层灰岩水和厚层灰岩水已成为这一时期较大突水事故的主要水体。开滦范各庄矿2171工作面陷落柱突奥陶系灰岩水，是这一时期突水事故的突出代表，其突水量之大，来势之猛已成为世界采矿史上的突水事故之最，它在一定程度上反映了我国大水喀斯特矿区的主要特征和可能存在的潜在危险。

以上情况表明，随着我国煤炭工业的发展，某些大水矿区的潜在水患因素还在不断地被揭露，矿井防治水的主要矛盾点在演化、转移，其治理难度也在不断升级。

二、我国煤矿防治水工作的发展

新中国建立前，我国煤矿因在建井前一般均未经正规勘探，投产后又无人从事专门的水文地质工作，故矿井的水文地质条件不清，对井下突水事故，只能治表，不能治本。因此，不仅事故不能杜绝，而且有些事故反复出现，有不少矿井因水火而停产、停建；有不少煤炭资源丰富的地方，因水大而不能建井。新中国建立40多年来，国家对煤矿防治水工作给予了高度重视，从一开始就认真抓了技术人才的培养，狠抓了基础工作，加强了科学化、管理，使煤矿防治水工作逐步走上正轨。40多年来，我国煤矿防治水工作主要经历了以下三个发展阶段。

(一) 起始阶段

50年代初，我国煤矿防治水的基础工作极为薄弱，各矿的水文地质工作几乎是一片空白，其中最大的问题是缺乏技术力量和没有可供遵循的规章制度。

50年代中后期，我国自己培养的地质和水文地质大中专毕业生开始分期、分批地分配到各局、矿及勘探部门，从而开始了早期的煤矿防治水工作。当时的工作重点主要是井下探放水，矿区（井）的水文地质补充勘探和有关的水文地质基础工作。有些矿区还针对生产建设中存在的水害问题，先后开始了某些专门的治理和观测研究，如淄博矿务局采用地面打钻，通过静水注浆封堵了旧中国淹井的夏家林矿井下突水点，恢复了被淹矿井；开滦林西矿风井，采用冷冻法通过了50多米厚的流砂层；京西门头沟矿对地表河床漏水段进行了铺底堵漏处理；开滦赵各庄矿四水平地层倒转区奥灰水位下的疏干开采和唐山矿七水平急倾斜区，在100多米厚的含水冲积层下进行了特厚煤层开采的观测试验，等等。总之，这一时期的煤矿防治水工作不仅卓有成效，而且积累了初步经验，为我国煤矿的防治水工作奠定了基础。

(二) 提高阶段

从60年代初到70年代末,是我国煤矿防治水工作开始成熟和提高的重要时期。

从60年代开始,煤炭科学研究院在北京、西安、重庆、唐山等研究所先后组建了水文地质、水体下开采、注浆堵水等研究室(组),有些省和矿务局也先后组建了有关的科研机构,针对当时生产建设中所揭露出来的主要水患问题,采取生产和科研相结合的方式进行了研究和试验。1964年7月,煤炭工业部决定以焦作矿区为战场,组织全国性的“矿井水文地质会战”。会战的目标是分析、研究焦作矿区地下水的来源、水力联系以及补、径、排条件,找出矿井突水的有关规律,为安全生产和新区开发提供依据。

这次会战,不仅得出了一些十分可贵的技术参数和经验公式,而且锻炼了队伍。目前,我国广泛应用于防底板突水的“突水系数”,就是在此基础上发展起来的。我国不少大水矿区的水文地质补充勘探和防治水工作,多数也是在焦作会战以后才真正开展起来的。焦作会战的参加者,后来有不少成了各局、矿防治水的骨干。

“十年动乱”期间,尽管煤矿生产受到严重干扰,然而大部分水文地质工作者仍然在与水患作不懈的斗争,而且有不少局、矿在这一时期内进行了水文地质补充勘探等工作。有不少重要的研究课题,观测试验项目和防治水专项技术,在这一时期中也取得了重大的进展。如水体下安全开采方面,60年代初,淮南、开滦、淮北、枣庄、本溪、辽源、北票、邢台、井陘等局矿和北京煤炭开采研究所、唐山测量研究所,先后开始进行了各种不同条件下的试验开采和系统地观测研究,掌握了试采矿区煤层采后覆岩采动破坏及导水冒裂带高度等有关规律,并用于指导安全开采,取得了很好的效果。到70年代中后期,全国性的综合分析成果已基本完成,从而使我国煤矿水体下安全开采的可靠性和合理性进入了一个新阶段。

在注浆堵水方面,我国于60年代初已进一步把单液水泥浆用于井筒开凿前的地面预注浆堵水和井巷突水点的治理;60年代中后期快速地发展了水泥-水玻璃双液浆,MG646化学浆液等多种堵水材料,并在70年代广泛应用于大、中型帷幕截流和对大型突水点的动水注浆封堵。1972年,开滦赵各庄矿九水平突水、就是在奥陶系灰岩水水压高达6.0MPa和水量高达3162.6m³/h的条件下,采用水泥-水玻璃双液快凝浆液,在边排水,边生产的动水条件下封堵成功的。

在防底板突水方面,在分析峰峰、焦作、淄博、井陘等矿区历史资料的基础上,提出了防底板突水经验判别值——“突水系数”这一概念;淄博矿务局还针对本矿区的特点,用结构力学的观点,分析、概括了影响底板突水的六大因素,建立了底板突水条件的综合关系表达式,并用大量实际突水资料加以具体化,得出了该矿区4个典型矿井预测突水危险程度的应用方程,而且都取得了良好的应用效果。

(三) 发展阶段

80年代,是我国煤矿防治水工作日趋成熟、取得全面发展的时期。当时,全国煤矿防治水工作面临的形势比较严峻,70年代中、后期,随着大量新矿井的投产和老矿井的延深改造及石炭二叠系下组煤的开采,煤矿突水事故呈上升趋势。特别是从1984年1月到1985年8月,全国统配煤矿共发生较大的突水事故19次。为了保障安全生产,有针对性地解决当时存在的各种问题,从煤炭工业部到各矿区,都做了大量工作,推动了煤矿防治水工作的发展,并取得了成效。

1. 建立和不断完善了有关的规章制度

80年代初,煤炭工业部颁发了《煤矿水文地质规程》,第一次提出了我国煤矿的水文地质条件分类问题,对各类矿井的水文地质补充勘探、基础工作、基本图件及水害的探测与预防等,提出了具体要求。1985年又颁发了《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》,对水体下安全开采防水煤岩柱的留设方法做了具体规定。1986年,颁发了《煤矿防治水工作条例》,对防治水的组织领导、技术管理和各项基础工作,技术标准,审批制度,奖惩办法等提出了明确要求。各局矿都根据上述《规程》、《条例》的规定,结合各自的水文地质条件和水害威胁情况,分别制订“实施细则”和具体的制度,从而使矿井防治水工作做到了有章可循、有法可依,为走向管理规范化和科学化打下了基础。

2. 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;加强了对水情、水害的预测预报。

3. 防治水工程全面上马并初见成效

(1) 在部分有突水淹井危险的矿井中,增建了抗灾强排泵房及防水闸门等防、控水设施,提高了矿井的防水抗灾能力。

(2) 在一些具有突水危险,而水文地质条件又不清的矿井,进行了必要的水文地质补充勘探和组织了大型联合放水试验,查明了水害隐患。

(3) 有重点、有针对性地完成必要的防治水工程。

4. 理论研究有了新突破

在防治水工作实践过程中,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,不仅丰富完善了防治水工作理论,而且在下列一些方面的研究还有了新的突破。诸如:①矿井水文地质条件分类理论研究;②矿井突水机理理论研究,包括突水系数的理论研究及应用,开采层顶板以上“上三带”及底板以下“下三带”理论的研究,“承压含水层原始导高”理论研究,等等;③利用水文地质参数,采用电模拟方法确定地下水流场的理论研究;④注浆堵水技术结束标准的理论研究,等等。另外,在煤矿突水预测、预报的综合研究方面,也取得了很大进展。

5. 防治水手段不断更新和完善。

(1) 探测手段不断更新。在引进匈牙利的磁偶源频率探测仪、SSS—1井下防爆地震仪,前西德的井下槽波地震仪,加拿大的地电仪,捷克的井下横波地震仪和美、法等国的高分辨地震仪等探测仪器的同时,我国自行研制了一批具有较高水平的探测仪器。如煤炭科学研究总院重庆分院研制成功了超前距为40m的井下地质雷达和坑道透视仪;西安分院研制成功了防爆数字直流电法仪、高灵敏度井下防爆测温仪、钻孔水位遥测仪;河北煤研所研制成功了精度为100Pa的孔口数字水压测定仪和抗干扰的Ⅲ型无线电坑道透视仪,等等,且均已通过部级鉴定,并投入生产和使用。

(2) 探测技术不断发展。在水的地球化学探测技术方面,采用有机、无机和同位素氙等示踪剂进行连通试验,利用环境同位素判别水源,揭示地下水的运移途径以及用微量特征来鉴别补给水源等等,都取得了较大的进展。在水的物理探测技术方面,利用不同含水层的微温差、微电导等研究确定补给方向和寻找隐伏导水构造等方法在一些矿区取得了较好的效果。

(3) 电子计算机技术已被广泛应用于水文地质计算、数据处理、图件绘制和水患的预

测、预报等方面，并已取得了良好的效果。

6. 煤矿水害威胁得到了缓解

到80年中后期，全国煤矿突水淹井次数明显减少，解放了大量受水害威胁的煤炭储量，使一部分受水威胁的矿井得到继续发展。不少有突水淹井危险的矿井，通过增建强排泵房增大了排水能力、建立高压防水闸门和留设分区隔离防水煤柱等工程设施，提高了矿井的防水抗灾能力。有的矿井虽然在这期间发生了突水，但却都未造成矿井被淹。

7. 防治水的技术水平和管理水平有了较大的提高。

(1) 战胜了突水量为 $2053\text{m}^3/\text{min}$ 的世界采矿史上最大的突水灾害，突破了动水条件下注浆封堵导水陷落柱和在最大流速为 3.78m/s 的动水条件下，全断面注浆封堵过水通道的一系列技术难点。

(2) 进行了淮河、微山湖等大江大河及巨厚含水冲积层下煤层的安全开采，并形成了一整套具有我国特色的水体下煤层安全开采的理论、措施和成功经验。

(3) 发展了新的注浆工艺和配方，扩大了注浆的应用范围，创造了地面深孔定向钻进、定点注浆，孔内水下爆破阻水和小钻孔下大水泥包等特种堵水技术。

(4) 初步取得了对薄层灰岩进行局部注浆改造和综合治理南方型喀斯特洞穴水、地下暗河等的成功经验。

(5) 初步建立了一整套符合我国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，为实现科学化、规范化管理，打下了一定的基础。

三、水害防治对策研究

新中国建立以来，经过反复实践，结合现有经济技术条件，对各类水害的防治，已初步形成了有效对策。

1. 地表水的防治

我国不少煤矿受河流和水库等地表水体以及雨季洪水的威胁，历史上曾多次发生地表水（含雨季洪水）通过井眼、矿井安全出口、采后塌陷坑、煤系含水层露头、喀斯特塌陷等直接或间接地透入矿井而造成事故。此外，由于河床等地表水体底部渗漏而增大矿井涌水量者则更为常见。对这类水患的防治，其基本对策和要点是：首先在矿井设计时，要符合煤矿安全规程和环境保护的要求，如井口工业广场的标高，要高于当地最高洪水位、并建拦洪坝、截水沟等防洪工程，防止地表水从主井、副井、风井口直接灌入井下。

近山区或丘陵区矿井的防洪措施，上游主要是营造山坡植被、挖鱼鳞坑、筑拦洪坝、沟谷设石棚栏等，以减慢洪水的流速，减少泥砂的夹带量，避免泥石流的形成；开挖分洪道，减少流经井田或井口区的水量。中游主要是加深、拓宽主排洪道，加大和加速水流的通过能力。下游主要是清淤、排障、加快水流的下泄速度。

平原区矿井的防洪措施，主要是结合农田水利建设和地理环境，随着采区扩大，开挖和延展主、支网状排洪渠，加速向矿区外疏导水，必要时建立排洪站，以防止内涝和河水倒灌。

基岩裸露或表土覆盖层较薄，不能起到有效阻隔水作用的地区，对河流、水库、积水洼地等地表水体、除按规定严格留设保护煤柱、严防波及破坏外，还要通过观测分析，对隐伏在地表水体下方的喀斯特溶洞，灌注粘土（或黄土）、碴石等物，并反复充填夯实。对煤炭开采造成的塌陷坑和塌陷裂缝，必须填平夯实，进行防漏处理。洪水或地表水流有可

能突入塌陷区的危险地段，必须筑坝截水，加以安全隔离。

当基岩为厚度大于 50m 的冲积层覆盖，且冲积层含有稳定、可靠的中间隔水层，经观测证明地地表水体与冲积层下部含水层无水力联系时，可以先进行小规模试采，然后再决定是否改道搬迁或留设保护煤柱。但位于水体下方及波及影响区下方的急倾斜煤层，则绝对禁采。

2. 冲积层水的防治

我国不少矿区、煤系基岩上覆盖有冲积层，由于后者分布面积较大，能广泛接受和储存大气降水，并与下伏基岩含水层呈角度不整合接触而使两者的水力联系较好，因而它不仅成为压在矿坑上方的一个巨大的含水层，而且也是矿井涌水的补给来源。我国煤矿开采史上，曾有过多次透冲积层水的恶性事故。

对这类水患的防治，新中国建立以来已积累了不少比较成熟的经验，并已在有关规程中做了明确的规定。防治冲积层水的基本方法如下。

(1) 首先是查明冲积层本身的富水性及其分层结构，特别要查明冲积层底部含水层、隔水层的厚度变化，查明采区上方基岩顶面的起伏变化、标高，和冲积层与地表水体及其它含水层之间可能存在的水力联系，以便采取对策。

(2) 根据冲积层的富水性和分层结构，特别是其底部有无良好的隔水层，以及地层倾角、采高和煤层顶板岩组的力学特性等，按《规程》留设相应的安全煤（岩）柱。

(3) 采用能够有效控制采高、防止抽冒的采煤方法。开采时严格按开采设计控制采高和上风道的标高，严格做到上、下层（指中斜煤层或缓斜煤层）及上下阶段（指急斜煤层）之间的间歇开采。

(4) 在冲积层含水性较弱，地下水动、静储量有限的地区，可采用疏干开采；冲积层含水性中等，地下水动、静储量不太大，预计矿井中、后期有可能疏干的地区，前期仍必须按规程留设防护煤柱，但后期再根据水位疏降的实际情况另行对待。

3. 煤系砂岩裂隙、孔隙水的防治

煤系砂岩裂隙、孔隙含水层，在没有地表水、冲积层水及其它水源补给的情况下，其动、静储量往往不很大，不会对煤矿的安全生产形成很大的威胁。但不少平原区的煤田，煤系之上多数覆盖有不同厚度和不同富水性的第四系、第三系冲积层松散含水层，因砂岩裂隙、孔隙含水层常常成为补给含水层的直接通道。有时，它们还可能通过导水断裂、陷落柱等得到地表水、喀斯特水等越流补给，成为矿井涌水、突水的直接水源和影响正常安全开采的重要因素。

对于受冲积层水顺层补给、且补给水量不很大的裂隙、孔隙含水层（组）的治理，主要是超前疏放水。如对位于煤层（群）顶板上方的裂隙、孔隙含水层，可在本水平第一个可采煤层的最下方先掘出一条煤巷作为泄水巷，也可采用钻探手段向该含水层打钻放水，提前形成疏水漏斗，给上方的采掘工作创造条件；另外，在开采顺序上也可以先采最上面的较薄煤层，再采其下的较厚煤层，利用薄煤层采后对覆岩的泄水作用，来保障其下较厚煤层的正常安全开采。然后，在本水平最低洼的构造部位，进行顶板集中疏放水。另外，还可从采煤方法和工作面的布设上做文章，如采取倾斜长壁式开采，把工作面的涌水引向采空区一边。

对位于煤层群底板以下的砂岩裂隙、孔隙含水层、当其与开拓层位较近时，在具有一

定静水压力的条件下，要想完全摆脱其影响和避免突水，几乎是不可能的。为避免掘进工作面集中涌水，从巷道傍侧用长钻孔超前放水，能起到较好作用。如果条件允许，最好把掘进层位选择在与含水层相隔大于15~20m的较坚硬岩石中，然后根据需要，以适当的间距向该含水层打钻，有控制地进行放水，把水压降下来，以防止在掘进工作面集中涌水或突水。

对于地下水静、动储量丰富的砂岩裂隙、孔隙含水层，在查明其补给水源和主要的补给通道后，采取针对性措施，如封堵其与补给水源的构造联通部位、截断其主要的补给水源等，再进行有效的疏放水。

4. 北方型薄层灰岩水的防治

我国北方石炭二叠纪煤系下部常常含有数层灰岩，由于它们或被夹在几个可采煤层之间，或被夹在煤层与奥陶系灰岩之间，与煤层间距都比较近，喀斯特裂隙又都比较发育，在构造断裂的作用下，不仅其本身的含水性较好，而且有的还与相邻的薄层灰岩、冲积层及奥陶系灰岩等有较好的水力联系，因而在开采下组煤时，常常发生突水事故。

根据这类水害的特点和现有技术水平，其防治的基本对策和要点如下。

(1) 首要问题是探明采区内可能存在的各条中小型断层；探明隔水岩组岩性、结构、厚度等的变化；观测、研究煤层采动后对底板岩石的破坏深度和有效隔水层的抗水压能力等。在此基础上，按构造块段分别计算确定其可供带压开采的安全水压值和合理水位疏降值。并打钻注浆加固底板隔水岩组中的薄弱环节（构造断裂），改造底部富水的薄层灰岩，把含水层改造为相对隔水层。肥城矿务局在这方面已取得成功经验和良好的经济效益。

(2) 在突水的可能性较大、具有淹井危险的严重水患区，分区隔离是进行安全开采的一项重要措施。其目的是把井田内具有不同水患程度的区段，通过分区，分别采取不同的防治对策加以区别对待。同时，一旦突水，也能够把水患有效地控制在某个局部范围。

分区的依据主要是断裂构造单元和水文地质条件。既可以按构造块段分，也可以按水平、石门、盘区等划分。但分区的原则是，应有利于区内能采取统一的防治水措施，而区与区之间具有一定的可隔离性。

(3) 全面设防。主要包括：①留设矿井边界及各分区边界隔离防水煤柱；②建立全矿和分区的防水安全体系，建造全矿性和各分区防水、控水安全隔离闸门，确定安全避灾路线，在原有排水能力的基础上，增建必要的抗灾强排设施；③建立井上下各主要含水层的水量、水位（水压）监测系统，对可能存在的隐伏导水构造，要逐面、逐条加以查明。

(4) 对于底板承压含水层，当水压大于其上部有效隔水层的抗水压能力——“安全压力”时，必须打钻放水，把水压降到安全值以下，进行安全带压开采。

安全带压开采，对采面的长度、采高、开采强度等都有严格要求，控制底板岩石受采动破坏的深度。在开采时，还应有一套严格的开采技术管理制度和监测方法，随时取得必要的测试数据，指导安全开采。

5. 北方型厚层灰岩水的防治

我国北方，石炭二叠纪煤系的基底是奥陶系石灰岩。由于特定的地质条件，这一巨厚石灰岩中的喀斯特比较发育，富水性极好。它不仅能广泛地接受大气降水的补给，而且与地表水体、冲积层底部含水层等也有较好的互补关系，地下水动、静储量十分丰富。我国煤矿开采史上曾发生过多起突奥陶系灰岩水淹井的重大事故。其防治的对策与防治薄层灰

岩水的要求基本相同，其特殊对策还有以下几点。

(1) 建立各含水层的长期动态观测系统；采用物探、化探、钻探和放水、联通试验等综合探查方法，查明：①各条主要断层（指贯入奥陶系灰岩的断层）的空间位置；②各条断层导水性和两盘主要含水层的对接关系；③奥陶系灰岩与可采煤层之间的间距和岩性结构变化；④奥陶系灰岩与“中间含水层”的水力联系、主要补给通道和可能的补给量等；⑤奥陶系灰岩顶界面以上可能存在的“原始导水带高度”，或其顶界面以下可能存在的弱含水段的高度。对前者要切实防范，对后者要尽可能改造利用。

(2) 注浆堵水截堵奥陶系灰岩水对太原组灰岩、本溪组灰岩的补给通道、摆脱奥陶系灰岩水对煤层开采的直接威胁。

(3) 用注浆的办法，改造“中间含水层”，扩大隔水岩组的范围、改善岩组的结构，提高岩组的综合抗水压能力，变含水层为隔水层。

(4) 对奥陶系灰岩的界面（含原始导水带的顶面）、导水断层、导水陷落柱和钻入奥陶系灰岩而封堵不良的钻孔等，除预先按规程留设防水煤（岩）柱外，还要划定警戒线，禁止任何井巷工程进入。

(5) “突水系数”高于安全临界值时，必须采取疏堵结合，疏水降压或扩大、改善隔水岩组等方法，使其符合安全带压开采的要求。其中，奥陶系灰岩水的疏降水位，以雨季可能回升的最高水位作为计算、评定的依据，达不到要求时，切忌冒险开采。

6. 南方型厚层灰岩的防治

以茅口灰岩、阳新灰岩为代表的南方型厚层灰岩，其喀斯特发育的特点多以洞穴、暗河等喀斯特管道为主，其发育情况与当地侵蚀基准面的相对标高有关。喀斯特水的充水水源，主要来自地表降水和地表径流的透入。有时，地表河流与地下喀斯特暗河的方向基本一致，而且在径流过程中可能出现多次相互转换。由于这类石灰岩多赋存于主采煤层的底板附近，与煤层之间几乎没有可利用的隔水保护层，矿井的开拓、开采，根本无法摆脱其影响，因而常常发生突水、突泥，甚至突暗河水等灾害，来势迅猛，具有极大的破坏力。

对这类水害防治的基本对策和要点为：

(1) 查明该区喀斯特系统的发育规律及其与主要地质构造、基岩顶面形状、地表水系和积水区、封闭洼地等的关系；寻找喀斯特水的主要补给水源和主要补给通道。条件不清时，必须进行补充勘探。

(2) 修建地面防洪工程，减少地表水和泥砂进入喀斯特系统，封闭喀斯特水的地表进水口。

对于当地侵蚀基准面以上的喀斯特系统，可开挖泄水平硐及地表泄水渠道，采取上截下排的方式，把地表渗入喀斯特系统的水量尽可能减少，或采用自然泄水方式，把喀斯特系统中的水疏导出去。

(3) 对侵蚀基准面以下的喀斯特系统，应在井下施工排水、泄水和防水控水工程，对暗河水进行截流，减少其对矿井的威胁。矿井每个开拓水平，必须先形成必要的排水能力和建成防水闸门后才可进行开拓掘进。

(4) 在可能突水、突泥的地段或层位掘进时，先用物探超前探查，再有针对性地用钻探超前探放水。每个放水钻孔开孔后，都要安装好孔口管和阀门等控水装置，进行有控制地放水泄压。

在采取以上措施的同时，还要坚持做好地质和水文地质的日常观测、分析及正常的预测预报工作。每项采掘工程，都必须有水情、水患预测资料；每项防、探水工程施工前，必须有经过按规程要求审查和批准的正式设计和施工安全措施。

7. 老空、老窑水的防治

老空、老窑水积存于生产、开拓水平以上，虽然水量不很大，一般不致造成淹井的危害，但水量集中，来势迅猛，一旦揭露，就会以“有压管道流”的形式突然喷出，迅猛异常，具有很大的冲击力和破坏力，对人身安全的危害极大。其防治的基本对策主要就是“探”，先探后掘，坚持不探明、不放净不回采。由于其积水区的空间位置一般都很隐蔽，形状很不规则，深度和层位不一，大小各异，既有连成一片，较易于探明的较大积水区，也有深入腹地孤立存在，很难用钻探查找的较小积水区。因而需要经常核实图纸资料，监测各探放水钻孔的水量、水压变化，及时分析判断积水是否已经放净。同时，明确放水路线和行人路线，保障探放水人员自身的安全。

对于浅部老窑积水区，由于年代久远，几经复采，情况很复杂，为此应通过地面物探手段先在总体上圈定出老窑积水区的大体边界，然后再据此划定“缓冲安全带”，确定起探标高，边探边掘。探放水必须分煤层进行，严格按规程要求，以不漏掉一个积水老巷或老空为原则。放出时，要注意孔口水压、水量的变化，并与原预计的积水量进行比较核实，严防“放净”的假象。要防范积水区中还有“积水区”的可能性和危险性。

对于生产矿井本身的老空、老巷积水区，必须认真核实图纸资料，严防漏填、漏绘。要弄清楚积水区的可能范围和水量，查明最佳、最高点的位置和标高，并据此进行探放水设计。探放水钻孔的布设，应以透积水区的最注点为主，透两侧为辅，边探放水边监测水压、水量的变化，切实掌握积水水位下降的速度及其有效疏放水范围。发现积水位下降缓慢或久放不降等异常，必须查找原因。对另有水源补给者，必须先封堵水源，尔后再进行放水。对可能存在的“孤立区”或“滞流区”，应通过分析补打钻孔处理。

8. 导水陷落柱突水的防治

我国煤矿经由陷落柱突奥陶系灰岩水的事故已先后发生多次，其中以1984年开滦范各庄矿2171采面的陷落柱突水最为迅猛，高峰期11个小时的平均涌水量为 $2053\text{m}^3/\text{min}$ ，在世界采矿史上名列第一。突水20小时后，相距2315m的奥陶系灰岩观测孔水位下降96.86m，21小时后全矿被淹，并株连邻矿。这一情况表明，华北型奥陶系灰岩喀斯特水不但有极为丰富的静储量，而且还有一个连绵数十公里的喀斯特网络，它不似南方的喀斯特暗河，又胜似暗河，能够通过“网络”迅速“调集”数十公里以外的本层水和冲积层水的补给；而陷落柱作为奥陶系灰岩水的一个通道和突水口，又比导水断层的危害程度要大得多。鉴此，陷落柱突水的防治，具有十分重要的意义。其防治对策，和厚层灰岩富水体构造带的防治法类似，主要是：

(1) 通过物探手段，查清陷落柱的位置和边界，进行矿井的全面设防和对危险区实行“分区隔离”。还要建立健全各有关含水层的动态长期观测系统和采用物探、化探、钻探、放水联合试验等综合勘探和综合分析的方法，先找出可能存在的异常区，并初步划定其范围，再进一步加以探查。

(2) 加强对各种水文地质资料的分析、研究，发现以下特征时，该井田或区段有可能存在隐伏的导水陷落柱。①井田位于奥陶系灰岩的喀斯特强径流带之上；②附近曾发现过