

矿山注浆堵水帷幕 稳定性及监测方法

● 张省军 袁瑞甫 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

矿山注浆堵水帷幕 稳定性及监测方法

张省军 袁瑞甫 编著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2009

内 容 提 要

本书共7章,主要是以张马电铁矿注浆堵水帷幕为工程背景,测试了注浆帷幕体试样的力学性质、透水性、声发射特性等,通过建立矿山三维地质及力学模型,分析了帷幕注浆区域的应力场分布情况;介绍了监测注浆帷幕区域稳定性的矿山微震监测系统,并对微震监测数据和背景应力场分布进行了对比研究,分析了注浆帷幕稳定性指数,同时,还介绍了基于微震信息的突水预期指标确定方法。

本书可供从事地下开采矿山动力灾害防治,尤其是防治水研究的科研单位、生产企业的工程技术人员参考,也可供大专院校的教师和学生阅读,对其他岩土工程技术人员也有一定指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

矿山注浆堵水帷幕稳定性及监测方法/张省军,
袁瑞甫编著. —北京:冶金工业出版社,2009.11
ISBN 978-7-5024-5093-9

I. 矿… II. ①张… ②袁… III. ①矿山注浆
堵水—防渗帷幕—稳定性 ②矿山注浆堵水—防渗
帷幕—监测 IV. TD745

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第189764号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010) 64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 杨盈园 美术编辑 张媛媛 版式设计 孙跃红

责任校对 栾雅谦 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5093-9

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009年11月第1版,2009年11月第1次印刷

850mm×1168mm 1/32;4.5印张;118千字;131页;1-2000册

20.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

我国很多地区的地下矿床水文地质条件相当复杂，涌水量大，用疏干方法难以达到降压排水安全开采的目的，合理可行的方法就是查清水源，构筑注浆帷幕截源，然后再辅以疏干方法达到降压排水的目的。

注浆堵水帷幕就是在矿区地下主要进水通道上采用注浆的方法构筑帷幕，堵截地下水，以确保安全开采的一种防治水技术措施。其方法是于地面（或井下）布置足够的注浆钻孔，用注浆泵或自然压力，将充填材料注入钻孔，并通过钻孔扩散到进水的岩石裂隙或岩溶中去，这样，裂隙、岩溶就被充填，多个注浆钻孔相连，形成帷幕隔水墙切断含水层或径流通道的分流。注浆堵水（防渗）帷幕封堵了地下水的主要进水通道，解决了常规疏干排水开采的弊端，节省了疏干排水费用，大大减少了矿山开采对自然环境的破坏，使矿山的治水工作有了根本性的突破，成为地下开采矿山尤其是大水矿山中广泛应用的一项防治水技术。

矿山注浆堵水帷幕形成后，随着开采深度和开采范围的增加，采掘活动越来越靠近堵水帷幕，帷幕附近的开采活动必然引起帷幕及附近区域岩体的应力状态发生变化，从而对帷幕的稳定性造成影响；同时，随着开采深度的增加，帷幕内外也将产生较大水力压差，水力压差越高，帷幕受到的水的渗透作用也越大，帷幕的稳定程度也就越差。另外，由于

注浆帷幕附近区域水文地质条件比较复杂，注浆帷幕形成后要经受长时间的地下水渗透和侵蚀，再加上注浆帷幕是隐蔽性工程，受施工工艺的限制，堵水帷幕各处并不均匀，存在薄弱位置和相对不稳定区域。因此，为保证矿山开采安全，开展注浆帷幕稳定性及其监测方法的研究和实践，实现对注浆堵水帷幕稳定性的实时连续监测，对于保证矿山的安全生产具有重要的现实意义。

在正常生产情况下，如果帷幕的稳定性发生变化，必然是应力场变化所诱发的帷幕内部岩体微破裂萌生、发展、贯通等致使岩体失稳的结果。因此，在帷幕发生失稳破坏前，帷幕内部必然有微破裂前兆，而诱发微破裂活动的直接原因则是开采活动及水力梯度变化而引起的帷幕岩体内部应力场的变化。

基于上述认识，以济南张马屯铁矿注浆帷幕为工程对象，对注浆区域现场采样，研究注浆体岩石的力学性质、透水性、声发射特性等，建立矿山三维地质及力学模型，分析帷幕注浆区域的应力场分布情况，同时，应用加拿大 ESG 公司的微震监测设备（MMS），在帷幕区域建立矿山微震监测系统，对帷幕体的微震活动进行 24h 连续采集，形成了微震监测与应力场分析相结合的帷幕稳定性分析系统。

本书的主要内容有：

（1）对注浆技术的发展进行了简要叙述，重点介绍了我国注浆堵水帷幕的应用现状；简要介绍了注浆堵水帷幕常规监测方法及其相关指标的确定；介绍了微震监测技术的原理、

主要特点及其发展和应用现状。

(2) 对张马屯铁矿注浆堵水帷幕的区域水文地质条件、堵水帷幕的施工工艺及目前的堵水效果进行调查；对堵水帷幕体的岩石力学性质进行了实验，查明了目前帷幕内外水力差异，水力梯度及含水层、隔水层与堵水帷幕的水力联系，掌握了帷幕体的力学参数和水文地质参数。

(3) 利用 MTS 系统和声发射系统对注浆堵水帷幕体试样进行了高压渗流试验和声发射特征实验，得到了帷幕体的渗流—应力—声发射特性的耦合关系，揭示了水力梯度对帷幕透水性的影响和帷幕体岩石破裂透水的机理。

(4) 建立了堵水帷幕区域的三维地质力学模型，运用大规模计算技术对堵水帷幕内矿体的应力分布进行了数值模拟计算，分析采场扰动对注浆堵水帷幕的影响范围和影响程度，为进行岩石破裂失稳研究和建立监测系统提供基础性数据。

(5) 应用加拿大 ESG 公司生产的矿山微震监测设备 (MMS)，建立了张马屯铁矿床帷幕体稳定性微震监测系统，实现了对帷幕区域的微震活动 24h 连续、自动监测，初步掌握了注浆堵水帷幕体的微震活动规律。

(6) 建立了矿山微震监测分析系统，实现了矿山微震监测信息与三维岩石破裂过程分析系统之间的信息交换，揭示了背景应力场演化与微震活动的关系，以及堵水帷幕突水孕育过程中的微震活动时空演化规律，形成了堵水帷幕突水预警预报系统，为矿山预防突水灾害提供有力保证。

(7) 介绍了基于微震监测信息的岩体失稳预警指标的计

算方法，并根据现场监测和声发射实验的结果，确定了张马屯铁矿注浆帷幕体失稳突水的具体预警指标，对预防矿山突水灾害，指导安全生产有重要的意义。

本书由张省军和袁瑞甫（河南理工大学）合作完成，在写作过程中参考了大量的相关文献和专业书籍，在此谨向有关作者表示感谢。

还要感谢唐春安教授、李元辉教授、杨天鸿教授、赵文教授、王在泉教授、赵兴东副教授的帮助和指导。感谢王在泉教授、马天辉博士、孙辉博士、于成峰硕士在实验、数值计算方面的协作。感谢济南钢城矿业有限公司相关工程技术人员在现场试验和监测方面提供的大力合作和帮助。

由于作者水平有限，对于本书的不足之处，恳请广大读者批评指正。

作 者
2009年6月

目 录

1 绪论	1
1.1 地层注浆技术及其发展概况	1
1.1.1 注浆技术概述	1
1.1.2 注浆技术发展概况	2
1.2 注浆堵水帷幕概述	6
1.3 主要研究内容和方法	8
2 注浆堵水帷幕常规监测方法及评价指标	11
2.1 注浆堵水帷幕稳定性研究现状	11
2.2 注浆帷幕稳定性常规监测方法及评价	14
2.2.1 注浆堵水帷幕稳定性常规监测方法	14
2.2.2 注浆帷幕稳定性监测方法的评价	17
2.3 微震监测方法及应用现状	18
3 张马屯铁矿注浆堵水帷幕概况	21
3.1 矿山概况	21
3.2 水文地质条件	22
3.2.1 区域水文地质概况	22
3.2.2 矿区水文地质	23
3.2.3 矿床水文地质条件	23
3.2.4 矿床构造	27
3.3 注浆堵水帷幕概况	28
3.3.1 帷幕建设情况和参数	28
3.3.2 帷幕区水文地质条件分析	30
3.4 注浆堵水帷幕堵水效果及分析	34

3.4.1	放水试验情况和基本资料	34
3.4.2	帷幕堵水效果	35
3.5	注浆帷幕体岩石力学性质试验	36
4	注浆帷幕体渗透性及声发射特征试验	38
4.1	注浆帷幕体渗透特性试验	38
4.1.1	试验设备及试样参数	38
4.1.2	Darcy 流的渗透特性	42
4.1.3	试验方法和步骤	43
4.1.4	渗透试验结果及分析	44
4.2	注浆帷幕体试样声发射特征实验	48
4.2.1	实验设备及方法	48
4.2.2	实验结果及分析	49
5	注浆帷幕区域应力场分布及稳定性数值分析	55
5.1	三维建模工具简介	55
5.2	三维地质模型建立	56
5.3	三维力学模型建立	59
5.4	应力场计算分析	61
5.4.1	水压下初始应力场计算 (未开挖)	61
5.4.2	开采条件下应力场计算 (开挖)	66
5.5	三维稳定性分析	75
5.5.1	RFPA 离心机的基本原理	75
5.5.2	模型介绍及力学参数	79
5.5.3	模拟结果及分析	80
6	注浆帷幕稳定性微震监测方法	83
6.1	微震监测系统设计	83
6.1.1	微震监测系统的选择	83
6.1.2	传感器的选择	84

6.1.3	Paladin 数据采集装置	86
6.1.4	MMS 微震监测系统	87
6.2	微震监测系统的安装与调试	92
6.2.1	准备工作	93
6.2.2	传感器安装	93
6.2.3	线缆安装	94
6.2.4	Paladin 系统安装	95
6.2.5	微震监测系统的调试	96
6.3	微震监测远程无线数据传输技术	97
6.4	微震监测数据与应力场分布对比分析	99
6.4.1	噪声波形数据库建立与滤波处理	99
6.4.2	微震事件定位精度及其影响因素分析	105
6.4.3	背景应力场与微震事件分布对比分析	110
7	注浆帷幕体失稳突水预警指标分析	114
7.1	经验法确定失稳预警指标	114
7.2	微震事件空间分布分维值判别法	116
7.2.1	注浆帷幕体试样分维值计算	117
7.2.2	现场微震信号分维值计算	121
7.3	分维值变化所代表的意义	122
	参考文献	124

1 绪 论

1.1 地层注浆技术及其发展概况

1.1.1 注浆技术概述

地层注浆技术又称注浆技术 (Grouting Technique), 是将具有充填胶结性能的材料配成浆液, 用压送设备将其注入至岩、土的孔隙、裂隙、空洞或巷道、采空区中, 浆液经扩散、硬化、凝固以减少岩、土的渗透性, 增加其强度和稳定性, 达到加固地(岩)层、防渗、堵水的目的。

注浆技术因其省工省时、安全有效, 从而在矿山、水利、土木、交通建设等工程领域得到了极为广泛的应用。注浆是一门综合性很强的技术, 涉及工程地质学、水文地质学、土力学、岩石力学、流体力学、化学、地球物理勘探等学科, 并且注浆技术的发展还与液压泵技术、电子技术、岩体稳定性监测技术等息息相关。

由于浆液注入地层内部, 难以用肉眼或设备直接观测, 所以注浆工程属隐蔽性工程, 对其施工技术和检测手段要求更高、更严, 对注浆体稳定性的监测则一直是工程技术人员面临的难题。

注浆技术现已成为处理各种工程问题的重要手段之一, 只要涉及岩土工程和土木工程各个领域, 都可使用注浆技术。主要的应用范围有: 大坝、堤防的防渗和基础加固, 地下构筑物的防水和加固, 地面建筑物地基加固和阻止沉降, 地下矿山井巷、硐室的防水和加固, 隧道、井筒开凿中止水和加固软弱带, 桥基加固和防冲刷, 边坡加固, 核电站、水电站基础加固等。随着我国基础建设的发展、资源开采能力的提高, 注浆技术的发展和应

规模在不断扩大，见表 1-1。

表 1-1 注浆技术在工程中的应用

功 能	工程类别	应 用 场 所
加 固	建筑工程	(1) 建筑物地基加固； (2) 摩擦桩侧面或端承桩底部； (3) 已有建筑物或基础裂隙修补； (4) 桥基、路基加固； (5) 动力基础的抗振加固
	岩土工程	(1) 大坝、堤防基础加固； (2) 水电站、核电站基础加固； (3) 重力坝注浆加固； (4) 边坡、挡土墙等加固
	地下工程	(1) 地下隧道、涵洞、管线路围岩加固； (2) 矿山井巷、硐室围岩加固； (3) 裂隙或破碎岩体补强加固
防治水	建筑及岩土工程	(1) 坝基注浆帷幕堵水； (2) 隧道开凿帷幕堵水； (3) 大坝、堤防的防渗堵水
	地下工程	(1) 井筒掘进堵水； (2) 地下开采区域注浆帷幕堵水； (3) 井巷、硐室掘进堵水； (4) 恢复被淹矿井堵水截源
其 他	矿山工程	(1) 井下采空区注浆充填； (2) 井下注浆防灭火

1.1.2 注浆技术发展概况

1.1.2.1 注浆技术发展历史

注浆技术应用于地层堵水和加固至今已有 200 多年的历史。注浆法的开拓者当属法国人查理斯·贝里格尼 (Charles Berigny)。1802 年，贝里格尼采用注浆技术修复被水流侵蚀了的挡潮闸的砂砾土地基。在修复基础的木板桩后，通过闸板，钻间距为 1m 的孔，采用一种“压浆泵”，把塑性黏土通过钻孔注入。

压浆泵由一个内径为 8cm 的木制圆筒组成，筒内装满塑性黏土，顶部安装木制活塞，将黏土挤入孔内，直至黏土完全充填底板与地基之间的空隙。这次注浆的应用取得了巨大成功，修复的挡潮闸又投入使用。1824 年英国人阿斯普丁研制成功硅酸盐水泥，之后，以水泥浆为主要注浆材料的注浆方法开始推广。1845 年，美国人沃森在一个溢洪道陡槽基础下灌注水泥砂浆试验成功。1856 ~ 1858 年，英国人基尼普尔用水泥作为注浆材料进行了一系列试验，并获得成功。1864 年，巴洛利用水泥浆液在隧洞衬砌背后充填注浆并用于伦敦、巴黎地铁。同年，阿里因普瑞贝硬煤矿井的一个竖井应用水泥注浆技术并取得成功，这是注浆技术首次应用在矿山中。1876 年，美国人托马斯、霍克斯莱利用浆液下流方式向腾斯托尔水坝的岩石地基注入硅酸盐水泥浆液。1885 年，德国人提琴斯采用向岩层裂隙注入水泥浆的方法防止涌水取得成功，并在欧洲矿山建设中广为应用。1886 年英国研制成功压缩空气机和类似目前压力注浆泵等注浆设备，为注浆技术的推广应用创造了条件。1887 年，德国人杰沙尔斯基在钻孔中注入浓水玻璃，在临近孔中注入氯化钙，从而创造了硅化法，并成功应用于建桥固砂工程，开创了化学注浆的先河。1880 ~ 1905 年，在法国北部秘鲁煤矿工作的罗伊曼克斯、玻蒂埃尔、萨克雷埃尔、弗兰士等人，在涌水量大的立井施工中，用硅酸盐水泥进行注浆试验，对注浆材料的配方、注浆泵和注浆工艺做了不少改进，为现在的岩层注浆技术奠定了基础。1909 年，德国和比利时先后获得水玻璃注浆材料和双液单系统注浆法专利。1914 年比利时阿尔伯特·弗兰克伊斯用水玻璃和硫酸铝浆材注浆，而后德国的汉斯耶德研制了水玻璃和水泥浆一次压注法。1920 年，荷兰工程师乔斯顿首次论证了化学浆液的可靠性，并创造了水玻璃—氯化钙双液系统两次压注的“乔斯顿注浆法”，并于 1926 年取得专利，使水玻璃注浆法得以广泛的应用。1924 年，日本在旧丹那铁路隧道中采用水泥-水玻璃混合浆液注入断层破碎带，取得了良好的效果，并在隧道工程中广泛应用。

20 世纪 60 年代以后，有机高分子化学材料得到了迅速发展，各种新的化学浆材和改性水泥材料相继问世，先后研制出各种性能的丙烯酰胺（AM-9）类、木质素类、脲醛树脂类、酚醛树脂类、聚氨酯类、环氧树脂类、呋喃树脂类等有机高分子化学浆材，注浆技术的研究和应用进入了一个鼎盛时期。注浆技术应用工程规模越来越广，它涉及几乎所有的岩土和土木工程领域，比如矿山、铁道、油田、水利水电、隧道、地下工程、岩土边坡稳定、市政工程、建筑工程、桥梁工程、地基处理和地面沉降等。但是自从 1974 年日本福冈发生丙烯酰胺注浆引起环境污染造成中毒事故后，化学注浆材料及其技术的研究和应用曾一度跌入低潮，日本禁止除水玻璃之外的所有其他化学浆液的应用，世界各国也禁止使用毒性较大的化学浆材。

20 世纪 80 年代，由于化学浆材的改进，化学注浆技术又得到继续发展。目前，针对水泥浆材和化学浆材的缺点，世界各国展开了改善原有注浆材料和研制新的注浆材料的工作，先后研制出一批低毒、无毒、高效能的改进型浆材。

综上所述，注浆技术经过 200 多年的发展，由开始的单液注浆发展到多液注入，注浆材料由黏土类浆液发展到高效无毒易注的化学类浆液，设备也由单一的注浆设备发展到勘测、制浆、灌注、记录、检查分析配套专用设备，工艺技术日臻完善，应用领域愈加广泛。

1.1.2.2 注浆技术在我国的发展和应用

我国注浆技术的应用与发展是在 20 世纪 50 年代初期从壁后注浆封堵立井井壁淋水开始的。50 年代初东北的鸡西小恒山立井、鹤岗兴安台立井、河南焦作 39 号井因井壁淋水大，使工程进行极其困难，采用壁后注水泥浆封堵涌水才顺利将井筒建成。其后壁后注浆的应用更为广泛，在水大的焦作矿区已把壁后注浆作为建设立井一道不可缺少的工序。

井巷工作面预注浆封水在我国第一个“五年计划”期间得到广泛应用，1955 年洪山新博二井，其后峰峰东大井，焦作中

马村风井、朱村风井，蛟河奶子山主副井等井筒，在井筒排水设备尚不完善的情况下，用工作面预注浆封住涌水，完成了凿井任务。

地面预注浆于 1958 年峰峰矿区薛村竖井首先使用，其后峰峰泉头、孙庄竖井，焦作演马庄、李庄竖井均采用地面预注浆法穿过坚硬含水层及第三系砾石含水层。目前用地面预注浆法施工最深的立井为宣东 2 号主副井，注浆的深度达到 859.06m，有效地封堵了涌水，为实现打干井作出了重要贡献。

我国许多矿山井田由于水文地质条件特别复杂，含水层水量丰富，在生产、建设期间，往往突然涌水淹没矿井或采区，给国家造成经济损失和人员伤亡，特别是华北型煤田，如太行山东麓和南麓的焦作、鹤壁、峰峰、开滦等矿区受水害威胁很大，时有突水淹井事故发生，恢复矿井生产和建设的方法，多采用地面钻孔向突水点注浆堵水或用局部注浆截流隔绝水源以减少涌水。1984 年用注浆堵水和局部截流处理了范各庄矿最大涌水量达 $2053\text{m}^3/\text{min}$ 的特大透水事故，恢复了矿井生产，使注浆堵水技术达到了一个新的高度。

近几年，由于我国矿山开采深度增加，深部巷道围岩变形量大，底鼓严重，维护困难，注浆加固配合锚喷支护方法已成为控制巷道围岩变形最常采用的技术之一。

注浆技术在我国岩土工程领域的应用始于 20 世纪 50 年代末期，1959 年 6 月，三峡岩基专题研究组在北京召开的长江三峡工程水泥注浆材料研究会上，提出首份“塑化剂对水泥分散稳定性的影响报告”；1960 年 3~8 月，三峡岩基专题研究组又以环氧类可以制成起始黏度低、固化物强度高、对岩石黏结力强的浆材，成为第一批化学注浆文献；1964 年，中国科学院广州化学研究所研究开发出丙烯酰胺（即丙凝）浆材并用于工程施工，直到日本福冈事件，丙凝被禁止使用。同年，木质素化学浆材，尤其是铬木质素浆材被研究开发并应用；1968 年，广州化学研究所研制出以糠醛-丙酮为稀释剂的环氧树脂化学浆材；1973

年，天津大学等单位研究开发出聚氨酯（即氰凝）化学浆材；1979年，长江科学院、广州化学研究所等研制出弹性聚氨酯浆材，成为我国独创化学浆材之一，并为长江葛洲坝水利枢纽工程的薄层封闭式护坦止水作出重要贡献；1988年，中铁隧道集团科研所研制出改性水玻璃浆材，较好地解决了北京地铁粉细砂层的注浆难题，从而使浅埋暗挖法在北京地铁大量推广应用；1996年，中铁隧道集团科研所针对广州地铁杨箕-体育西路区间隧道动水粉细砂层，研究开发了超细水泥-水玻璃双液浆，并将其成功应用于该工程的注浆堵水、加固中；1997年，中铁隧道集团科研所针对深圳向西路人行通道工程动水粉细砂层，研究开发出TSS注浆管材专利产品，并将其成功应用，标志着动水粉细砂层注浆技术基本完善。

21世纪初，中铁隧道集团科研所在渝怀铁路圆梁山隧道，成功地应用了普通水泥浆、普通水泥-水玻璃双液浆、超细水泥浆、超细水泥-水玻璃双液浆和TGRM浆（HSC浆）注浆材料组合体系，攻克了高压（水压力为3.5MPa）动水粉细砂层充填型溶洞、淤泥质充填型溶洞注浆加固技术难题，实现了隧道地下工程“以堵为主、限量排放”的设计构思和理念，并形成了多套注浆施工法，从而使地下工程注浆技术迈上了一个新的里程碑。

1.2 注浆堵水帷幕概述

注浆堵水帷幕指的是在矿井水源方向或含水层，用排孔切断进水口或径流通道的流水，其方法是于地面（或井下）布置多个注浆钻孔，用注浆泵或自然压力，将充填材料注入钻孔，并通过钻孔扩散到进水的岩石裂隙或岩溶中去，这样裂隙、岩溶就被充填，多个注浆钻孔相连，从而堵塞进水通道，形成帷幕隔水墙。

由于注浆堵水（防渗）帷幕技术封堵地下水的主要进水通道，解决了常规疏干排水开采的弊端，节省了疏干排水费用，大大减少了矿山开采对自然环境的破坏，使矿山的治水工作有了根

本性的突破，成为地下开采矿山尤其是大水矿山中广泛应用的防治水技术。

在国内，帷幕注浆法先是在水电部门作为坝基防渗漏的主要手段。随之，在煤炭、冶金和非金属矿山治理水患中，也逐渐推广应用。我国很多地区矿井水文地质条件相当复杂，涌水量大，用疏干方法难以达到降压排水的目的，用注浆封堵突水口，难以根本避免水害，合理可行的方法就是查清水源，构筑注浆帷幕截源。目前，进行帷幕充填注浆封堵矿井的涌水，一般有以下几种情况：

- (1) 地面河流水渗入井下（明流变暗流）而危害矿井；
- (2) 邻近矿井涌水，因无足够隔水岩（煤）柱，大量漫入另一矿井；
- (3) 切断山区地下水流入矿井地下径流通道；
- (4) 切断含水层之间的补给，减少矿井水量；
- (5) 切断含水层涌水流入矿井的通路。

例如，徐州青山泉煤矿利用注浆帷幕切断2号井与3号井之间含水灰岩的水力联系，保证了3号井的安全生产；山东新汶协庄煤矿为切断地表水和第四纪冲积层水通过河床对石灰岩的补给通道，施工了长达3000余米的浅截注浆工程；新疆大黄山煤矿白杨河7号井为切断白杨河河水与烧变岩含水层的联系，设计施工了长250m，高50~160m，厚约20m的注浆帷幕工程，总施工体积达 $6 \times 10^5 \text{ m}^3$ ；平煤集团七星煤业公司运用浅截、帷幕注浆截流技术，封堵了地表水与灰岩含水层的水力补给联系，减少了矿井涌水量，不仅达到了确保矿井安全生产的目的，还保护了矿区外围十分珍贵的水资源；河北沙河市中关铁矿由于所处地区水文地质条件复杂，为减少建井后的涌水量，保护水资源，对矿区南端矿量集中区实施环形单排全封闭帷幕注浆方案，是我国首个对矿山先进行治水，然后再建井的例子；重庆松藻煤矿通过施工截流巷并辅以注浆堵水帷幕的方案成功解决了困扰矿井20多年的C₆岩溶水害问题；安徽白象山铁矿2006年因断层导水发生了