

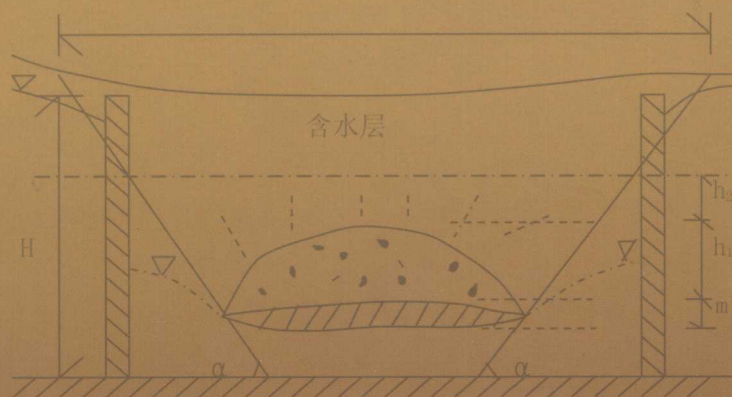
中国矿业大学图书馆藏书



C01687013

矿山帷幕注浆堵水 工程设计与施工

丛 山 主 编



地 质 出 版 社

TD745

C-741

矿山帷幕注浆堵水 工程设计与施工

主 编 丛 山

副主编 万中杰 王桂森 靳长军 宋室彤 郝 峰

韩 龙 王江波

编 委 卢 峰 苏厅云 颜 堂 丁 薇 岳成利

李先成 臧唯岩 李士明 崔海平 陈光亮

张成祥



中国矿业大学图书馆藏书



C01687013

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书主要介绍矿山帷幕注浆堵水工程的注浆试验、工程设计、参数确定、施工方法、质量评价和工程总结等具体内容和工作方法。针对基岩裂隙含水层注浆的基本特征,结合矿山注浆堵水工程设计施工的具体条件和方法,对一些多年需要解决但一直没有解决好的矿山帷幕注浆技术和理论问题作了比较深入的分析和研究,提出了一些新的观点和想法。比如,如何确定矿山帷幕注浆的防水标准和结束标准问题、注浆材料的合理利用率如何计算的问题、裂隙含水层浆液扩散半径的合理核定以及帷幕注浆质量如何评价等问题,书中都作了比较深入的研究,引入了一些新的概念和方法,提出了一些新的观念和思路,对矿山注浆堵水技术理论的深入发展具有一定的实际意义。

本书可供矿山帷幕注浆堵水工程勘测、设计、施工、监理、管理以及科研、教学等有关人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

矿山帷幕注浆堵水工程设计与施工/丛山主编. —
北京:地质出版社,2011.6

ISBN 978-7-116-07234-3

I. ①矿… II. ①丛… III. ①矿山注浆堵水-防渗帷幕-工程施工 IV. ①TD745

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 103099 号

责任编辑:祁向雷 李从蔚

责任校对:杜悦

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部);(010) 82324577 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787 mm×1092 mm^{1/16}

印 张:18.5

字 数:450千字

版 次:2011年6月北京第1版

印 次:2011年6月北京第1次印刷

定 价:68.00元

书 号:ISBN 978-7-116-07234-3

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

序

在我国，无论在北方还是南方都广泛分布着寒武系、奥陶系石灰岩等溶隙强含水层，此类含水层周围往往赋存着多种金属和非金属矿产，很多矿山属于大水矿山。通过长期实践人们逐步认识到，大水矿山如果一味采取疏干强排治水方法，虽然比较安全有效，但对矿山周围自然环境会造成一定的破坏性影响。因此，近些年来人们对大水矿山地下水治理不再一味强调疏干强排，而是重新关注帷幕注浆的方法。帷幕注浆的方法具有明显的优越性，它既可以为企业节省大量排水电费，降低采矿成本；又可以避免疏干强排引发的地面塌陷等工程地质问题，既能够保护自然生态环境，又可以防止破坏地下水资源与自然景观等环境问题。尤其像我国这样一个水资源比较缺乏、矿山开采数量越来越多、开采深度越来越大的大国，更应该注意保护地下水资源和自然生态环境。

改革开放以后，各种矿业开发建设如雨后春笋，蓬勃发展，各种地下工程和矿山建设高速发展，矿山开采的规模和深度越来越大，其中遇到的主要问题之一就是地下水患。其中，帷幕注浆堵水便是重要的应用技术之一。

帷幕注浆是一门既需要具有坚实理论基础又需要具有丰富实践经验的应用技术。为了提高和发展帷幕注浆堵水技术理论，在深入研究国内外注浆经验和丰富资料的基础上，作者对矿山帷幕注浆堵水技术理论进行了深入研究，参考了国内外大量文献资料，总结实践经验，数易其稿，最终编写成本书。

矿山帷幕注浆已经成为大水矿山和各种地下工程建设卓有成效的重要技术之一。但由于地质多变，条件复杂，又属地下隐蔽工程，没有坚实理论做指导，施工时难免会带有一定的盲目性和随意性，致使有些注浆工程即使花费了很大代价，也不能达到预期效果。只有认真总结经验，加强技术研究，提高理论水平，积累丰富经验，才能够提高矿山帷幕注浆的科学性，减少盲目性。

本书在详细介绍矿山帷幕设计、施工方法、注浆材料、浆液配置、质量检查、资料整理、帷幕评价内容和方法的同时，提出了下述几个值得讨论和研究的新观点和新认识。其中有些观点和认识目前还仅处于理论探讨和经验推理阶段，尚未得到实际工程的实践和验证，有待今后继续深入研究。

第一，现有的矿山帷幕注浆工程没有明确的帷幕防渗标准。通过注浆以后，只要帷幕的堵水结果基本能够满足矿山企业的要求，就没有因为没有明

确的注浆防渗标准而出现不同意见和产生纠纷。这并不说明矿山帷幕注浆可以不设帷幕防渗标准。做任何工程都必须有个标准，不存在没有标准的工程。像矿山帷幕注浆堵水这样的大工程，更应该有一个明确的防渗标准。可以明确地说，没有防渗标准的帷幕是不可以的。

矿山注浆帷幕的防渗标准应该根据企业的需求和矿山的具体水文地质条件制定，有什么样的条件就应该有什么样的标准，注浆帷幕才能够达到符合条件要求的堵水效果。帷幕防渗标准既不能高也不能低，标准高了增加注浆难度，提高注浆成本，没有必要；标准低了堵水效果差，达不到堵水要求，更不行。必须恰到好处，该用什么样的标准就用什么样的标准。

第二，书中提出了确定矿山帷幕注浆的注浆结束标准的新方法。这个标准确定方法的提出，具有很大的实际意义。因为目前矿山帷幕注浆结束标准的制定很不统一，差别比较大。一般情况下，各个注浆公司对注浆结束标准基本是这样确定的：注浆压力和注浆稳定时间指标基本都差不多，唯独浆液注入率结束指标差别比较大：小者相差几倍，大者相差十几倍、甚至几十倍，这是其一；其二，不管这个公司在什么地方注浆、做什么样的注浆工程、注浆段有多长、注浆深度有多大、使用的注浆压力有多高，注浆结束标准都是一样的；其三，不管矿山企业要求的堵水效率是多少，帷幕的地质条件如何不同，都是采用公司早已规定好了的、只有一个数字的浆液注入率结束标准；其四，不同公司即使在一个帷幕工程中注浆，各个公司使用的浆液注入率结束标准也并不相同。这虽然不可理解，但实际中确有这样的实例。出现这种情况的实质在于，矿山帷幕注浆还没有制定出一种大家公认的、行之有效的确定浆液注入率结束标准的方法。因此，书中作者提出了一种确定各种帷幕工程条件和注浆条件的浆液注入率结束标准的具体方法和计算公式，为制定矿山帷幕注浆结束标准提供了一定的理论基础和工作方法。

第三，引入了一个新的概念——幕浆比。常规帷幕注浆工程竣工以后，一般矿山帷幕注浆工程都是针对注浆工程特点进行注浆质量评价和经验总结，而对注浆材料利用效率的高低、某些设计指标是否合理和施工工艺是否存在不合理和需要改进的技术措施等问题，一般很少再涉及。因为，目前的矿山帷幕注浆理论本身尚缺乏评价这些问题的方法，存在一定技术难度，矿方不知道怎么要求，施工方也不知道如何回答。

幕浆比这个新概念引入以后，情况就不同了，解答上述诸多问题既有了理论依据也有了具体方法。对注浆材料的利用率、帷幕注浆参数设计的是否合理、施工工艺中是否存在某些尚可改进的工艺问题等，都能够做出明确的分析和评价。当然，引入幕浆比这个新概念，对注浆公司也提出了更高的要求。以前那种只要矿山帷幕注浆工程竣工就认为基本完事大吉的做法就不行

了，应该而且必须对注浆工程浆液利用率等做出深入分析和评价，对各个设计参数是否合理以及施工工艺中是否存在某些不合理成分和需要改进的技术措施等做出说明，以备矿山在之后的治水方案中加以注意。

第四，无论什么样的帷幕注浆工程竣工以后，都必须施工一定数量（或比例）的检查孔，通过施工检查孔进行压水试验和注浆来检查评价帷幕的注浆质量。不管帷幕注浆质量高低，设计检查孔的数量比例好像都占注浆孔总量的10%左右，这似乎成了惯例。本书中作者提出了施工检查孔的比例应该与注浆质量有关的观点。主张正确的检查孔比例应该根据注浆帷幕的实际注浆质量高低，采取比例大小不同的检查孔数量。注浆质量好的帷幕，设计的质量检查孔比例就应该小一些；否则，设计的质量检查孔比例就应该大一些。充分利用检查孔的二次注浆作用，保证帷幕注浆的工程质量。

第五，与传统注浆技术相比，GIN注浆技术具有一定的先进性，其最大优点是节省注浆材料，注浆工艺简单。因此，针对矿山帷幕注浆的特点，作者主张把常规注浆法和GIN注浆法两种注浆方法同时应用于同一个矿山帷幕注浆工程中去。在同一个帷幕注浆工程中，同时建造两套造浆系统，适合采取哪种注浆技术方法就采取哪种注浆技术方法，为矿山帷幕注浆提出了一种新的帷幕注浆技术方法，值得推广。这样做很可能为矿山帷幕注浆工程节约大量投资，为矿山广泛推广和采用帷幕注浆治水技术提供了良好的技术支撑。

第六，浆液扩散半径是帷幕注浆的一个主要技术参数。一般认为，测定帷幕注浆浆液扩散半径的主要方法和手段，就是沿浆液扩散的不同方向施工取心钻孔，通过观测岩心溶隙中是否存在注入的浆液结石体来判定浆液扩散半径的大小。见到浆液结石体，则认为浆液扩散半径已经到达或超过了这个距离；见不到浆液结石体，则认为浆液扩散半径没有达到这个距离。作者提出了不同的观点，认为是否见到浆液结石体不能够作为判断浆液扩散半径是否到达这个距离的正确依据。因为在溶隙含水层中注浆，实际上不可能存在近似圆形的浆液扩散半径，只存在最大和最小浆液扩散距离。溶隙含水层注浆的浆液扩散半径，应该是一个规整的、抽象的、能够反算出来的虚构数值，它只是一个人为想象的、圆形的、虚构的边界。这个边界无任何标志性的可以辨认的实物，但它范围以内各种岩体的堵水作用却是实实在在的，绝不是虚构和想象的。所以，溶隙含水层注浆的浆液扩散半径很难在野外实际观测到，一般只能够用实际注浆结果反算出来。要想从通过施工钻孔采取岩心是否见到浆液结石体来判断浆液扩散半径大小的方法是不科学的，甚至是错误的。

事物总是发展的，帷幕注浆堵水技术也在不断发展，不管什么观点和方

使矿山帷幕注浆技术理论得到不断完善和发展，达到新的更高水平。

本书中提出了一些新的观点和认识，这些观点和认识是作者联系实际、潜心思考得到的。有些属于理论研讨阶段，尚未得到工程实践和试验验证。该书的出版较全面地汇集了矿山帷幕的注浆经验、技术理论、注浆材料、工艺方法、设备材料及应用范围等技术问题，希望能够得到注浆专家、学者和相关技术工作者的关注，共同提高和完善注浆技术理论，在矿业开发和经济建设发挥更大作用。

宋书爱

2011年5月

前 言

随着经济技术的发展，人们的环境意识普遍得到了很大提高。疏干强排治水方法虽然安全有效，但对矿山周围自然环境会造成一定影响，不如帷幕注浆方法优越，既能够为企业节省大量排水费用，降低采矿成本；又能够避免疏干强排引发的地面塌陷等工程地质问题，保护自然生态环境，防止破坏地下水资源与自然景观等环境问题。

矿山帷幕注浆技术是一种既需要以雄厚理论作指导，又需要具有丰富实践经验的综合应用技术。到目前为止，国内外对注浆理论和技术的研究，虽然取得了很大成绩，但在实际工作中基本都是以总结经验和质量评价为主，很少涉及注浆技术和注浆理论方面的探讨。作者在深入研究国内外丰富注浆经验和资料的基础上，参考大量中外文献，对矿山帷幕注浆堵水技术理论进行了深入的研究，提出了一些值得共同探讨的新的观点和认识，编写了《矿山帷幕注浆堵水工程设计与施工》一书。其目的仅在于抛砖引玉，提出问题，引起讨论，以期达到共同提高的目的。

《矿山帷幕注浆堵水工程设计与施工》一书，在详细介绍矿山帷幕设计、施工方法、注浆材料、浆液配置、质量检查、资料整理和帷幕评价的内容和方法的同时，指出了此前矿山帷幕注浆没有防渗标准和常规注浆浆液注入率结束标准只有一个数字的错误性，提出了制定矿山注浆帷幕防渗标准和注浆结束标准的新的方法和公式；创立了帷幕浆液比（或幕浆比）这一新概念，解决了许多从前无法解决的技术经济问题；对溶隙含水层注浆浆液扩散半径的概念提出了新的认识；介绍了新的注浆技术——GIN注浆技术；提出了施工注浆检查孔的正确比例和方法，为矿山帷幕注浆事业的发展，提供了新的思路和方法。这些新的观点和方法，有些属于理论研讨，尚未得到工程实践和试验验证，在责任感的驱使下，作者将这些观点和认识记述了下来，以抛砖引玉，共同讨论，仁者见仁，智者见智，共同提高。

本书编写过程中参考了多种文献资料，有出版的也有尚未出版的总结和论文，书中没有一一注明；书中的附图、附表除了作者自编的以外，大都引自有关文献。在此特向有关作者致以深切的感谢。

作者水平有限，谬误之处在所难免，望批评指正。谢谢。

目 录

序	
前 言	
第一章 概述	(1)
第一节 注浆发展简史	(1)
第二节 注浆原理	(1)
第三节 注浆种类	(4)
一、预注浆	(4)
二、后注浆	(5)
三、注浆系统	(6)
第四节 帷幕堵水的注浆形式	(8)
一、水平型帷幕	(8)
二、垂直型帷幕	(9)
三、倾斜型帷幕	(10)
第五节 常用注浆机械	(10)
一、钻探机械	(10)
二、注浆机械	(11)
第二章 帷幕注浆试验	(12)
第一节 帷幕注浆试验的目的和任务	(12)
第二节 注浆试验的主要内容	(12)
第三节 试验前期地质分析	(13)
一、岩层溶隙发育程度分析	(13)
二、岩层强度	(14)
三、岩层的可注性	(15)
第四节 注浆试验地段的选择	(16)
第五节 试验压力的确定	(16)
一、确定注浆压力的原则	(16)
二、注浆压力的确定	(17)
三、注浆压力的组成	(19)
第六节 注浆孔施工	(22)
一、钻孔口径	(22)
二、钻孔方向	(22)
三、钻孔偏斜	(22)
四、钻孔冲洗	(24)

第七节 压水试验	(25)
一、简易压水试验	(25)
二、压水试验	(25)
三、压水试验成果表示	(25)
四、压水试验成果计算	(26)
五、检查性压水试验	(26)
六、压水试验的作用	(26)
七、压水试验的稳定标准	(27)
八、压水试验成果判断	(28)
九、压水试验成果计算	(29)
十、测定岩层临界注浆压力	(32)
十一、压水试验资料的利用	(34)
第八节 试验结果检查	(36)
一、试验资料的整理与分析	(36)
二、试验效果检查	(36)
三、试验效果评价	(37)
四、编写试验报告	(37)
第三章 注浆材料与浆液配值	(40)
第一节 概述	(40)
第二节 注浆材料分类	(40)
一、按原材料性质分类	(40)
二、按用途和使用要求分类	(42)
三、对注浆材料的要求	(42)
第三节 注浆材料的特性	(42)
一、注浆材料的选择	(42)
二、原材料与性能试验	(43)
第四节 浆液与浆液凝结体	(54)
一、浆液	(54)
二、浆液性能试验	(54)
三、物理试验	(55)
第五节 单液水泥浆	(56)
一、水泥浆液性能	(56)
二、水泥浆液的基本性能与试验	(56)
三、水泥浆液性能指标与试验	(58)
四、改善单液水泥浆液的性能与方法	(62)
第六节 粘土浆液	(65)
一、粘土浆液的配制	(65)
二、粘土浆液的主要性能指标	(67)
三、粘土浆液的试验项目	(67)

四、各种附料用量对粘土浆液性能的影响	(69)
第七节 水泥-粘土浆	(69)
一、水泥-粘土浆的配制	(70)
二、水泥-粘土浆液性能试验	(71)
三、浆液各种成分用量与浆液性能的变化规律	(71)
四、稳定浆液	(74)
第八节 水泥-水玻璃浆液	(80)
一、水泥-水玻璃浆液的配比与性能	(81)
二、各种因素对浆液性能的影响	(81)
第九节 水玻璃浆液	(85)
一、水玻璃类浆液的基本性能	(85)
二、水玻璃浆液浓度的变换	(85)
三、几种常用水玻璃浆液的室内试验结果	(85)
第四章 矿山帷幕注浆设计	(91)
第一节 做好帷幕注浆设计的前期准备	(92)
一、矿床地质、水文地质调查与分析	(92)
二、详细了解矿床构造特征	(92)
三、重视注浆含水层的溶隙发育特征	(94)
四、深入研究水文地质报告	(94)
五、了解矿床开采方案	(94)
六、了解矿山企业对帷幕注浆的要求	(95)
七、合理选取注浆参数	(95)
八、拟定帷幕注浆方案	(96)
第二节 矿山帷幕注浆防渗标准	(96)
一、矿山帷幕注浆设计防渗标准	(96)
二、矿山注浆帷幕防渗标准与堵水效果	(97)
三、矿山帷幕注浆的特殊性	(99)
四、矿山帷幕防渗标准是评价帷幕注浆质量的重要指标	(100)
五、帷幕注浆防渗标准的确定方法	(100)
第三节 幕浆比	(103)
一、幕浆比定义	(103)
二、幕浆比的计算	(104)
三、矿山帷幕工程的合理幕浆比值	(105)
第四节 注浆帷幕设计	(106)
一、帷幕形式的确定	(106)
二、帷幕位置的选择	(106)
第五节 注浆参数设计	(109)
一、单孔排帷幕注浆参数设计	(109)
二、多孔排帷幕注浆参数设计	(110)

三、注浆钻孔方向	(110)
四、浆液有效扩散半径 (R) 设计	(111)
五、溶隙含水层浆液扩散半径的意义	(112)
六、能否见到浆液结石体不能作为判定浆液扩散半径的依据	(115)
七、帷幕边界设计	(115)
八、注浆段长度	(120)
九、注浆压力	(121)
十、注浆材料选择	(122)
十一、浆液浓度	(123)
十二、浆液注入量估算	(124)
第六节 注浆结束标准	(124)
一、浆液注入率结束标准不能只采用一个数字	(125)
二、有什么注浆条件就应该采用什么样的注浆结束标准	(125)
三、注浆结束标准应该有一组数字	(126)
四、注浆结束标准的制定方法	(127)
第七节 注浆质量检查与评价	(128)
一、帷幕注浆质量检查	(128)
二、帷幕注浆质量评价	(129)
三、注浆帷幕效果评价	(133)
四、注浆帷幕堵水效果	(135)
第五章 矿山帷幕注浆施工	(137)
第一节 施工的一般原则	(137)
一、分序次施工的原则	(137)
二、先试验后设计的原则	(138)
三、注浆连续性原则	(138)
四、坚持统筹原则	(139)
第二节 注浆形式	(139)
一、分段下行纯压式注浆	(139)
二、上行式注浆	(141)
三、综合分段注浆法	(142)
第三节 注浆方式	(143)
一、纯压式注浆	(143)
二、循环式注浆	(143)
第四节 注浆类型与浆液分类	(144)
一、注浆类型	(144)
二、浆液种类	(146)
第五节 注浆技术方法	(148)
一、常规注浆技术方法	(148)
二、注浆强度 (GIN) 注浆技术方法	(149)

三、两种矿山帷幕注浆技术方法都应该采用	(151)
第六节 注浆工艺	(152)
一、常规注浆方法注浆压力的调控	(153)
二、常规注浆方法浆液浓度的调控	(154)
三、注浆强度 (GIN) 注浆方法	(161)
四、稳定浆液配制	(165)
五、注浆结束标准	(167)
第七节 注浆特殊情况的处理	(167)
一、两种注浆情况	(167)
二、非正常情况注浆	(168)
第六章 注浆质量分析与评价	(172)
第一节 帷幕注浆资料整理	(172)
一、帷幕注浆资料整理	(172)
二、注浆资料分析	(178)
第二节 检查孔与物探结果评价	(182)
一、检查孔检查和帷幕注浆质量评价	(182)
二、物理探测检查与评价	(183)
第三节 质量检查孔比例应该与帷幕注浆质量密切相关	(183)
一、合理检查孔比例应该与注浆质量密切相关	(184)
二、注浆设计可以不设计检查孔	(184)
三、施工检查孔之前,帷幕注浆质量高低有充分的时间论证	(184)
四、抽水试验(或坑道放水试验)是评价堵水效率的有效权威方法	(185)
第七章 矿山帷幕注浆渗流与计算	(186)
第一节 帷幕渗流对露天边坡的影响	(186)
一、地下水渗流对露天边坡或围岩稳定性的影响	(186)
二、疏干对露天边坡塌陷变形的影响	(187)
第二节 闭合帷幕的渗流计算	(187)
一、平面平行渗流	(188)
二、径向对称渗流计算	(191)
第三节 矿山帷幕注浆堵水效率计算	(194)
一、闭合式落地帷幕堵水效率	(194)
二、平行平面流落地帷幕堵水效率	(195)
第八章 矿山井筒注浆	(196)
第一节 矿山井筒注浆前地质调查与研究	(196)
第二节 矿山井筒注浆方法	(196)
一、井筒注浆方法	(196)
二、各种注浆方法的优、缺点	(197)
三、注浆方案选择	(197)
第三节 井筒预注浆设计与施工	(200)

一、地面预注浆	(200)
二、井筒工作面预注浆	(207)
第九章 井壁壁后注浆	(217)
第一节 井壁壁后注浆设计	(217)
一、井壁施工概况	(217)
二、井壁壁后注浆方案的选择与确定	(217)
第二节 注浆工艺与流程	(218)
第三节 井壁壁后注浆参数设计	(218)
一、井壁强度	(218)
二、注水试验	(218)
三、钻孔与注浆	(218)
四、注浆压力	(219)
五、堵漏材料	(220)
六、涌水点堵漏	(222)
七、注浆结束标准	(223)
第四节 注浆效果检查与二次注浆	(223)
第十章 平巷注浆堵水	(224)
第一节 平巷注浆堵水设计	(224)
一、注浆有效范围的确定	(224)
二、平巷注浆钻孔深度的确定	(226)
三、止水岩盘	(227)
四、工作面堵漏	(228)
五、平巷注浆孔的布置	(229)
六、检查孔	(230)
七、钻孔结构	(230)
八、注浆段长与注浆方式	(230)
九、浆液凝胶时间	(231)
十、注浆材料及浆液配比	(231)
十一、注浆压力	(232)
十二、造浆	(232)
第二节 封堵涌水点	(232)
一、涌水原因和涌水形式	(232)
二、封堵突水点	(233)
第三节 堵水施工	(235)
一、施工程序	(235)
二、钻孔施工	(235)
三、压力观测	(236)
四、注浆	(236)
五、异常注浆现象的处理	(237)

六、注浆效果评价	(237)
第四节 平巷钻孔涌水量测量方法	(237)
一、水平钻孔满孔涌水的水量 Q_1	(238)
二、倾斜钻孔(倾角 α) 满孔涌水的涌水量 Q_2	(238)
三、过水断面大于半管的水平非满孔涌水量 Q_3	(238)
四、过水断面大于半管的非满倾斜孔涌水量 Q_4	(238)
五、过水断面小于半管的非满水平孔涌水量 Q_5	(239)
六、过水断面小于半管的非满倾斜孔单孔涌水量 Q_6	(239)
七、垂直向上自喷涌水钻孔的涌水量 Q_7	(239)
第五节 注浆与掘进的关系	(239)
第十一章 旋转喷射注浆	(241)
第一节 旋喷注浆原理	(241)
第二节 旋喷法特点	(242)
第三节 旋喷注浆工艺	(242)
一、单管旋喷	(243)
二、双管旋喷	(243)
三、三管旋喷	(243)
四、旋喷桩参数设计	(244)
第十二章 化学注浆	(248)
第一节 化学注浆的基本特征	(248)
一、化学注浆的基本特征	(248)
二、化学注浆的缺点	(248)
第二节 化学注浆方式	(249)
第三节 化学注浆参数	(249)
一、浆液扩散半径 (R)	(249)
二、注浆孔距 (L) 的计算	(250)
三、注浆孔排厚度 (H) 的计算	(250)
第四节 无机化学注浆	(251)
一、水玻璃-氯化钙浆液	(251)
二、水玻璃-铝酸钠浆液	(251)
第五节 有机化学浆液(高分子材料)	(254)
一、有机化学材料分类	(254)
二、有机化学注浆材料	(255)
第十三章 矿山帷幕注浆工程实例	(265)
第一节 店子铁矿帷幕注浆堵水工程——水泥-粘土浆帷幕注浆堵水工程	(265)
一、矿区水文地质概况	(265)
二、帷幕注浆工程设计	(265)
三、注浆施工	(266)
四、注浆质量评价	(267)

五、帷幕工程质量评价	(267)
六、帷幕堵水效果	(268)
第二节 金岭铁矿闪长岩天窗加盖帷幕注浆堵截地下水垂直渗流的水平盖层 帷幕注浆堵水工程	(270)
一、矿床水文地质条件简述	(270)
二、矿床地下水治理方法	(271)
三、水平帷幕加盖注浆堵水工程	(272)
四、注浆施工	(273)
五、注浆质量及评价	(273)
六、注浆效果与评价	(274)
第三节 张马屯铁矿大帷幕注浆堵水工程——纯水泥浆帷幕注浆堵水工程	(275)
一、矿区水文地质条件简述	(275)
二、帷幕工程设计	(276)
三、注浆施工	(276)
四、工程质量检查与评价	(277)
五、注浆效果检查与评价	(277)
六、堵水效率计算	(277)

第一章 概 述

第一节 注浆发展简史

采用注浆方法改变地层透水性的历史不算太长, 如果从 1802 年法国人贝鲁尼 (Charles · Berigny) 第一次向地层中注入粘土和水凝性石膏改善地层的稳定性和透水性算起, 至今才有 200 多年的历史。1824 年发明了波特兰水泥。1864 年英国人首先开始在隧道建设中采用注浆的方法 (主要用于充填衬砌层背后的空间); 1885 年德国人提琴斯 (Tiejens) 在开凿竖井时, 采用向岩层中注入水泥浆的方法防止井筒涌水获得成功; 1899~1904 年 5 年时间内, 法国、德国和比利时等先后在 88 个矿井中采用了注浆堵水的方法, 均收到了良好的效果, 但真正采用机械搅拌浆液, 利用机械泵提高注浆压力注浆是从 1905 年贝屠纳 (Bethune) 公司开始的。到 1907 年, 美国在采矿作业中开始采用注浆法。此后, 利用水泥浆注浆堵水的方法被世界各国广泛采用, 至今已有 100 多年的历史。我国煤炭、水电、冶金和交通等部门采用注浆的方法, 也有半个多世纪的历史了。20 世纪 50 年代初期, 随着经济建设的发展, 我国水电、冶金、煤炭、化工等矿山部门在注浆方面有了较大的发展。

注浆材料发展也很快。第一个采用化学浆液注浆的实例是在 1920 年, 荷兰矿山技师尤斯登 (Joosten) 首先发明了使用水玻璃-氯化钙浆液注浆加固地层的方法。

随着社会的发展和科技进步, 注浆方法、注浆工艺、注浆材料和注浆设备等都有了很大的发展。注浆类型从充填注浆、固结注浆发展到了帷幕堵水注浆; 注浆材料从水泥浆液发展到化学浆液; 注浆工艺从单液注浆发展到双液注浆; 注浆应用范围也从地面竖井预注浆发展到帷幕堵水工程注浆和井下工作面注浆堵漏等; 注浆设备从单液柱塞泵发展到双液比例泵; 注浆孔的深度从几十米加深到几百米甚至上千米; 注浆帷幕的规模也从几十米长发展到几百米乃至几千米。注浆工程规模越来越大, 注浆技术越来越高, 注浆效果也越来越好。

随着社会的发展, 人们的环保意识逐步提高。在矿山地下水治理过程中, 以前那种单纯疏干放水的治水方法, 已经不能算是最佳方法了, 因为矿山疏干后或多或少都会对矿山周围的生态环境产生一定影响, 有些影响甚至是不可逆的。因此, 帷幕注浆堵水的方法又被人们重新关注和重视起来。

第二节 注浆原理

矿山围岩地层中总会存在一些空隙, 这些空隙的规模和作用在大水矿山不可小视。采矿过程中它们会把大量地下水导入矿坑形成突然涌水, 给矿山企业带来巨大损失甚至造成