

矿山帷幕注浆特殊地层施工工艺研究

杨全¹, 高广峰², 韩贵雷¹, 姚慧敏³

(1. 华北有色工程勘察院有限公司, 河北 石家庄 050021; 2. 河北钢铁集团矿业公司中关矿, 河北 邢台 054200; 3. 天津华北地质勘查局, 天津 300170)

摘要: 为了有效保护环境水资源, 实现矿产资源的合理开采, 矿山治水常采用帷幕注浆手段, 在遇到溶洞发育地段时, 常表现出透水性强、注浆量大, 难达到结束标准等现象, 根据中关铁矿帷幕注浆工程中所遇到的溶洞特点, 将溶洞划分为不同的类别, 在实验的基础上进行了注浆添加料的选择, 从理论的角度介绍了溶洞注浆的方法以及浆液扩散形式由“管道流”向“渗流”的转化过程, 并对现场操作进行了详细的介绍, 对于类似工程帷幕注浆溶洞处理具有一定的借鉴作用。

关键词: 帷幕注浆; 矿山治水; 岩溶; 中关铁矿

中图分类号: TD265.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)11-0067-03

Study on Construction Technology of Mine Curtain Grouting For Cave Formation/YANG Quan¹, GAO Guang-feng², HAN Gui-lei¹, YAO Hui-min¹ (1. North China Engineering Investigation Institute Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050021, China; 2. Zhongguan Mining Company of Hebei Iron & Steel Group Mining Co., Ltd., Xingtai Hebei 054200, China; 3. North China Geological and Exploration Bureau, Tianjin 300170, China)

Abstract: In order to effectively protect the groundwater resources and rationally exploit mineral resources, curtain grouting is the main method for water control in mine. But in the cave development section, because of strong permeability and large grouting volume, it is difficult to come up to the grouting finished standard. According to the cave features of curtain grouting engineering in zhongguan iron mine, caves were divided into different categories; on the basis of the test, grouting adding materials were chosen. The paper theoretically introduced caves grouting method and transformation process of slurry spreading from “pipe flow” to “seepage” with field operation description.

Key words: curtain grouting; water control in mine; karst; zhongguan iron mine

0 引言

为了有效地保护环境水资源, 实现矿产资源的合理开采, 矿山治水常采用帷幕注浆手段, 即利用围岩裂隙充填高强水泥等充填物形成止水帷幕, 切断矿体内外水循环, 从而达到既能开采矿山, 又保护水资源的目的^[1,2]。

帷幕注浆钻孔在穿过裂隙、溶洞发育地段, 往往表现出透水性强、注浆量大, 难达到结束标准等现象, 造成浆液的浪费, 影响注浆施工进度^[3-5]。

针对溶洞、采空区等特殊地层帷幕注浆, 该领域有许多尝试和实践, 大体以间歇注浆、添加速凝剂和添加骨料为主, 具有一定的效果, 但普遍存在注浆效果不好和不容易操作等现象^[6-8]。本文根据中关铁矿帷幕注浆工程中所遇到的溶洞特点, 从实验及理论的角度介绍了溶洞注浆和浆液扩散形式由“管道流”向“渗流”的转化过程, 并对现场操作进行了详细的介绍。对于类似工程帷幕注浆溶洞处理具有一

定的借鉴作用。

1 工程背景

邯钢钢铁集团公司中关铁矿位于河北省沙河市白塔镇中关村附近, 北距邢台 30 km, 南距邯郸 53 km, 南北长 2000 m, 宽 800 m 左右, 矿体平均厚度 38.0 m, 最大厚度 193.06 m, 埋深 320~820 m, 总储量 9345 万 t。

注浆帷幕设计厚度 $T = 10.0$ m, 浆液扩散半径 $R = 8.0$ m, 设计孔距 $D = 12.0$ m, 注浆段平均长度 $L = 414$ m, 采用分段注浆, 每注浆段平均长度 30 m。注浆段钻孔直径采用 $\varnothing 110, 91, 75$ mm。注浆帷幕完工后的帷幕防渗性能指标 $Q \leq 2$ Lu, 帷幕形成后堵水率达 80%, 透水系数小于 $K = 0.08$ m/d, 质量要求高^[1]。

帷幕注浆工程由华北有色工程勘察院承担, 帷幕线全长 3397 m, 由 270 个注浆孔、20 个观测孔、34

收稿日期: 2010-04-27; 修回日期: 2010-08-20

作者简介: 杨全(1984-), 男(汉族), 重庆人, 华北有色工程勘察院有限公司, 土木工程专业, 从事工程地质勘查、基础施工工程及基坑降水、矿山帷幕注浆等工作, 河北省石家庄市裕华区汇通路 39 号, yangquan8888@126.com。

个检查孔、36个加密孔,共360个钻孔构成,总进尺201906延米。

中关铁矿帷幕注浆工程地层条件复杂,第四系与寒武系石灰岩接触带存在有采空区,石灰岩地层赋存有大量溶洞及贯通裂隙(表1为部分钻孔岩溶统计),施工难度大,普通的注浆施工工艺难以满足施工的要求。

表1 部分钻孔岩溶统计表

孔号	顶板位置/m	底板位置/m	高度/m
K76	468.9	469.1	0.2
K77	468.4	468.9	0.5
	450.0	456.0	6.0
K81	472.0	473.1	1.1
	484.0	485.8	1.8
K83	481.5	483.5	2.0
K139	346.0	349.4	3.4

2 岩溶采空区注浆研究

根据溶洞大小、地下水流速及溶洞连通性,可将溶洞划分为不同的等级,进而采取不同的措施,建议采用表2的分类法。

表2 溶洞特性等级划分

溶洞特性等级划分	地下水流速		
	快	中	慢
小	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
中	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
大	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ

溶洞透水性的影响因素较多,上述溶洞特性等级研究还不成熟。中关铁矿帷幕注浆对所遇到的溶洞分两类进行处理。

2.1 采用混合浆液

针对连通性较差、透水性较弱的溶洞以增加浆液浓度、降低浆液流动性为指导思想,以采用混合浆液注浆(水泥尾矿砂)为主,主要采用比例为0.8水灰比添加20%~30%尾矿砂,0.6水灰比浆液添加10%~20%尾矿砂。

浆液扩散形式由“管道流”向“渗流”的转化。

石灰岩含水层中赋存有大量的溶洞、裂隙,其连通性较好,当钻进过程中出现掉钻现象时,可根据掉钻的情况判断溶洞及裂隙的大小,进而确定采取相应的注浆手段。如果溶洞尺寸较大,经多次间歇注浆无效果时,可采取向钻孔内加入一定粒料的方式,将孔内的浆液流动形式由“管道流”向“渗流”的转化(如图1所示),但为了保证一定的浆液扩散半径,该种注浆方式的启用关键时间为下式决定的注

浆量,在加入粒料后正常注浆一次可达到正常的结束标准。采取措施时的注浆量可根据下式确定^[6]:

$$V = \alpha 2\pi R^2 (L + 2R/3) (h/\sum n_i)$$

式中: α ——经验调整系数; L ——注浆段长; R ——浆液扩散半径; h ——回次岩心长度; n_i ——裂隙宽度。

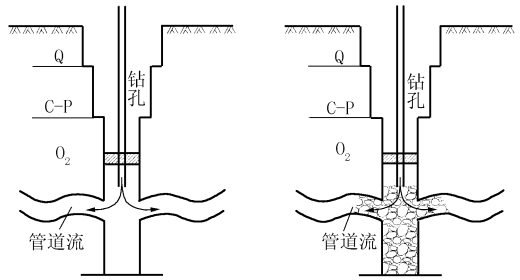


图1 浆液扩散方式

2.2 溶洞添加料的选择

2.2.1 材料的特点

为了保证注浆效果及帷幕的强度、耐久性和抗渗性,在具有宽大裂隙、溶洞等吃浆量很大的岩体中注浆时,需要采用水泥混合浆液及粗骨料。所选用的材料需具备以下特点:

- (1)要因地制宜,物美价廉;
- (2)制作混合浆液添加材料符合设计要求;
- (3)粗骨料的添加过程具有现场可操作性(粗骨料粒径控制在0.3~1.0mm之间,自然休止角控制在38°~42°之间)。

2.2.2 材料的性能要求

根据上述要求,中关铁矿帷幕注浆溶洞注浆材料选用尾矿砂混合浆液及建筑石屑,中关铁矿帷幕注浆实验室对水泥砂浆混合浆液及粗骨料进行了相应的实验研究,应具备如下性能^[5]:

- (1)适合于受注岩层的地质条件和灌注施工的凝结时间;
- (2)在一定时间内保持稳定状态,不离析沉淀;
- (3)具有一定的流动性,使浆液在岩体裂隙中能够扩散一定范围;
- (4)结石强度满足一定要求。

部分实验参数要求见表3、表4、图2。

表3 尾矿砂细度模数分析

名称		>2.5	2.5~	1.25~	0.315	<0.16	累计	细度
		mm	mm	mm	~0.16	mm		
尾矿砂	质量/g	18.2	12.6	44.8	320	604.6		
	分计筛余/g	2	1.5	4.5	32	60		
	累计筛余/g	2	3.5	8	40	100	153.5	1.54

表 4 尾矿砂颗粒组成分析

指标名称	d_{10}/mm	d_{30}/mm	d_{50}/mm	d_{60}/mm	C_u	C_c
尾矿砂	0.031	0.080	0.139	0.16	5.16	16.1

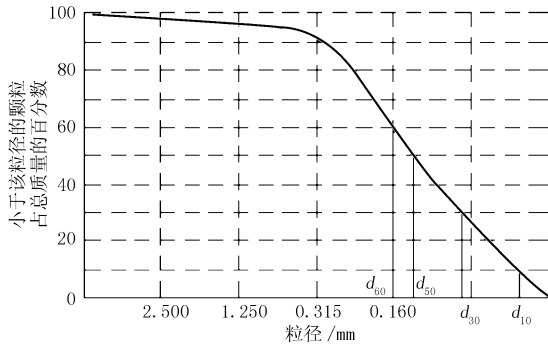


图 2 尾矿砂颗粒级配曲线

3.2 效果分析

根据表 5 的统计分析可以发现,将溶洞分类处理,并采取相应的措施后,溶洞注浆具有明显的可控性,通过定性的分析可以发现,针对 K81 发现的 1.1 m 和 1.8 m 的溶洞,通过添加尾矿砂和骨料,注灰量明显减少,为预计量的 35% 左右,溶洞注浆具有明显的可控性。

表 5 溶洞处理结果

孔号	溶洞高度/m	注灰量/t	尾矿砂/t	骨料/ m^3
K81	1.1	945.57		
	1.8	311.92	63.37	11.1
K83		532.20		
K83	2	83.9	10.39	8.18
K139	3.4	385.9	29.98	5.05

4 结语

本文通过对中关铁矿特殊地层帷幕注浆施工工艺进行了研究。

(1)对地层溶洞特性进行了分类,并结合中关铁矿帷幕注浆工程提出了相应的措施。

(2)对浆液扩散形式由“管道流”向“渗流”的转化过程进行了细致的分析。

(3)在试验和理论研究的基础上,进行了现场实施,取得了较好的效果,在保证注浆质量的条件下注灰量为预计注灰量的 35%。

参考文献:

- [1] 邯钢集团沙河市中关矿业有限公司中关铁矿帷幕注浆工程施工设计[Z]. 河北石家庄:华北有色工程勘察院,2008.
- [2] 孙钊. 大坝基岩灌浆[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.
- [3] 李清来. 帷幕注浆堵水在红卫岩溶充水铜铁矿床防治地面塌陷中的应用[J]. 中国岩溶,1997,(4):404-412.
- [4] 程秀德. 安徽新桥硫铁矿大型帷幕注浆试验工程[J]. 探矿工程. 2000,(3):29-32.
- [5] 王军. 岩溶矿床帷幕注浆截流新技术[J]. 矿业研究与开发, 2006,(B10):151-154.
- [6] 王自清. 水利水电工程地层注浆堵水与施工新技术及标准规范[M]. 北京:中国知识出版社,2006.
- [7] 祝世平,王伏春,曾夏生. 大红山矿帷幕注浆工程实践及治水效果[J]. 矿业研究与开发,2006,(B11):91-93.
- [8] 曾绍权. 水口山铅锌矿鸭公塘矿区大型帷幕注浆治水工程技术的应用[J]. 中国有色冶金,2006,(6):55-59.
- [9] 白聚波,张国军,周辉峰. 帷幕注浆在矿山治水中的应用[J]. 西部探矿工程,2008,(3):96-98.
- [10] 王立生. 帷幕注浆法在冬瓜山铜矿的应用[J]. 金属矿山, 2008,(3):58-60.

3 工程实践

3.1 实施过程

根据上述理论,对中关铁矿帷幕注浆过程中所遇到的溶洞,根据不同的溶洞特点进行了相应的处理,具体操作如下。

(1)详细调查溶洞特征,确定溶洞顶底板、高度及透水连通情况。

(2)经过理论计算确定首次注浆量,根据注浆后扫孔情况判定溶洞的连通性及下步所采取的措施:如果溶洞内有较多的水泥结石,证明溶洞连通性较差,经过再次的常规注浆(可采用添加尾矿砂的混合浆液)即可达到正常的注浆结束标准;如果溶洞内无水泥结石或有少量的水泥结石,证明溶洞内连通性较好,必须采用“管道流”向“渗流”的转化的处理方法。

(3)添加粗骨料遵循“分次添加,间歇注浆”的原则,以保证骨料充分的扩散及固结,大致可按以下程序进行:利用 $\text{Ø}73 \text{ mm}$ 或 $\text{Ø}89 \text{ mm}$ 钻杆将粗骨料投放到溶洞内,在投放骨料过程中利用水泵送水,以保证骨料投放过程中不会塞堵钻杆,每次添加 $0.1 \sim 0.2 \text{ m}^3$ 左右,多次扫孔,保证骨料向溶洞内充分扩散,并详细记录骨料的添加量和孔底高度的抬升。当溶洞底部有 0.5 m 左右的抬升时注浆 $2 \sim 3$ 次,保证填入溶洞内部骨料和水泥浆的充分固结。反复上述过程即可以达到既保证注浆质量又加快施工速度的效果。