

论帷幕注浆施工中的压力管理

李进勇, 吴鹏琴, 熊祖堂, 胡文榜

(湖北中南勘察基础工程有限公司, 湖北 武汉 430081)

摘要:在帷幕注浆施工中,注浆压力是一个重点控制的内容,通过注浆压力的分析、研究,可以判别浆液在岩石裂隙中充填、扩散、挤密过程,从而调节浆液浓度变化、控制注浆量,在很大程度上能控制帷幕注浆治水效果及经济成本。结合赵家湾铜矿帷幕灌浆治水工程,分析了帷幕注浆施工中浆液在岩石裂隙中充填、扩散、挤密过程注浆压力的变化规律,为注浆施工的压力控制提供依据。

关键词:帷幕注浆;注浆压力;压力管理;浆液浓度;岩石裂隙;治水效果

中图分类号:TD265.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)12-0083-03

Introduction of the Pressure Control in Curtain Grouting Construction/Li Jin-yong, WU Peng-qin, XIONG Zu-tang, HU Wen-Bang (Hubei Central South Exploration & Foundation Engineering Co., Ltd., Wuhan Hubei 430081, China)

Abstract: Grouting pressure control is an important step in curtain grouting, by the analysis on the grouting pressure, the process of grouting filling, diffusion and compaction in rock fissures can be distinguished to regulate the slurry concentration, control the grouting volume, and further more to control the water control effects in curtain grouting and the grouting construction cost to a large extent. According to a curtain grouting water control project in Zhaojiawan copper mine, analysis is made on the variation of grouting pressure during the process of grouting filling, diffusion and compaction in rock fissures, which can be the reference to the pressure control of grouting construction.

Key words: grouting curtain; grouting pressure; pressure control; slurry concentration; rock fracture; water control effect

1 工程概况

赵家湾铜矿为一矽卡岩型接触交代矿床,位于当地侵蚀基准面以下。矿床内断裂发育,矿体旁侧及断裂构造带等位置岩溶发育,深度达-200 m 以下,矿区地面北部赵家湾河水及附近低凹地带的大气降雨,通过第四系渗透补给灰岩强含水层,且赵家湾河床地带岩溶塌陷活跃,雨季河水常沿塌陷灌入坑下;前期多家民营企业无序开采,形成了众多采空区,且被水淹没,形成了为数不少的地下“水盆”;矿区内还存在未完全封好的地质勘探孔。矿坑-250 m 中段正常涌水量达 13508 m³/d,水文地质条件属中等偏复杂类型。

矿山开采过程中曾多次发生淹井事故,为治理水患,开采铜资源,采取了一些防治水措施,但由于对水文地质条件认识不足等多方面原因,均没有成功,直至 2008 年进行帷幕注浆防治水工程,水患问题才得到了根治。

帷幕注浆技术,就是在采矿移动带以外涌水通道及岩溶、裂隙发育区域施打注浆孔,通过高压注浆泵将阻水浆液压入岩层中,最终将采矿区域与外界的水力联系切断,最大限度地减少矿坑涌水量,达到

堵水的目的。帷幕注浆施工过程中通过注浆压力的控制与管理,在很大程度上能控制帷幕注浆治水效果及经济成本,在施工过程中应予以高度重视。

2 注浆压力

注浆压力是浆液在裂隙中流动、扩散的动力,是判别浆液在岩石裂隙中充填、扩散、挤密过程是否正常的主要依据,注浆压力随着注浆孔周围浆液的扩散、沉淀、充填、压裂等情况的变化而变化,一般分为 3 个力阶段:初期压力、过程压力和注浆终压。

2.1 初期压力

注浆初期,岩石通道、裂隙处于张开状态,选用的浆液浓度相对较稀,过水通道、裂隙对浆体的阻力较小,浆液扩散相对远,因此,初期注浆压力不宜过大,通常取注浆段静水压力的 0.5~1.0 倍,本工程取初期注浆压力为 0.8 倍的注浆段静水压力,取得了较好的注浆效果。

2.2 过程压力

过程压力处于初期压力与注浆终压之间,作用是使浆液在通道、裂隙中逐层的充填、扩散、挤密。随着注浆时间的延续,浆液浓度由稀逐步变浓,浆液

收稿日期:2013-07-07

作者简介:李进勇(1982-),男(汉族),浙江缙云人,湖北中南勘察基础工程有限公司工程师,地质工程专业,硕士,从事岩土工程勘察、设计、治理、研究工作,湖北省武汉市青山区和平大道 1250 号,46308923@qq.com。

浓度的增加,使得浆液粘度提高,注浆层过水断面减小,注浆压力也随之不断升高,因此,过程压力不是一个定值,而是随时间在初期注浆压力到注浆终压之间的一个变值。

2.3 注浆终压

注浆终压出现在注浆末期,是注浆的结束压力,受注浆岩层岩溶裂隙的发育程度和充填程度、注浆材料的种类、受注地层的深度、帷幕的抗渗指标等因素影响。本工程结合上述情况,按注浆段深度对注浆终压进行初步设定,详见表 1。

表 1 注浆终压随注浆深度取值表

深度/m	注浆终压/MPa	深度/m	注浆终压/MPa
20 ~ 40	0.9	160 ~ 200	4.9
40 ~ 60	1.5	200 ~ 250	5.5
60 ~ 80	2	250 ~ 300	6
80 ~ 100	2.5	300 ~ 350	6.8
100 ~ 130	3.3	350 ~ 400	7.5
130 ~ 160	4		

施工过程根据该表进行适度的调整,如:在岩溶裂隙发育地段及主要过水通道位置等,适当提高注浆终压,使浆液充分充填、挤密岩溶裂隙及过水通道;在岩溶裂隙不发育、吃浆量小或基本不吃浆地段,可以适当降低注浆终压;在上覆地层很薄、极易产生地面抬动等地段,宜适当降低注浆终压,以防地面抬动等现象,使得注浆孔扭曲变形,无法进行下部地段注浆,该部位在全孔注浆结束后,再进行复注,以密实该部分地层。

3 注浆压力控制

注浆压力是指注浆段所受的全压力,即孔口压力表上指示的压力、压力表至注浆段间浆柱的压力和压力表至注浆段间管路摩擦损失压力三者之和,即:

$$P = P_1 + P_2 + P_f$$

式中: P ——注浆压力,MPa; P_1 ——孔口压力表上指示的压力,MPa; P_2 ——浆柱压力,MPa; P_f ——管路损失压力,MPa。

3.1 注浆压力的选定

注浆压力随钻孔深度增加而增加,本工程为了便于操作,将注浆压力换算成孔口处压力表上的表压值,根据压力表上的表压值来调整和控制压力,详见表 2。

3.2 注浆压力的控制

表 2 注浆压力参考表

深度/m	注浆终压/MPa	换算成孔口表压值/MPa
20 ~ 40	0.9	0.3
40 ~ 60	1.5	0.6
60 ~ 80	2	0.8
80 ~ 100	2.5	1
100 ~ 130	3.3	1.3
130 ~ 160	4	1.5
160 ~ 200	4.9	1.8
200 ~ 250	5.5	2
250 ~ 300	6	2.1
300 ~ 350	6.8	2.2
350 ~ 400	7.5	2.3

注浆压力的控制有一次升压法、分级升压法 2 种。一次升压法是在规定的注浆压力下,通过调整浆液浓度,逐步达到注浆结束标准;分级升压法是根据吸浆量的变化情况,通过调整注浆压力,逐步达到注浆结束标准。

(1)一次升压法:即注浆开始就将注浆压力迅速的上升到规定的压力值,每一级浓度浆液吸浆量达到一定值后,再更换另一级浓度浆液,逐级加浓,直至达到注浆结束标准。该方法适用于渗透性较小,岩溶、裂隙不甚发育,岩石较完整的中硬以上岩层。

(2)分级升压法:即在注浆过程中,将注浆压力分为几个阶段,在某级压力下,吸浆量下降到一定程度后,再将注浆压力变换到高级,如此逐级升高,直至达到规定的注浆压力下,地层单位吸浆量减少到结束注浆标准时为止。该方法适用于透水性强,单位吸浆量大,岩溶、裂隙发育,岩石破碎,规定注浆压力难以很快达到要求的岩层。

一次升压法及分级升压法的升压过程见图 1。

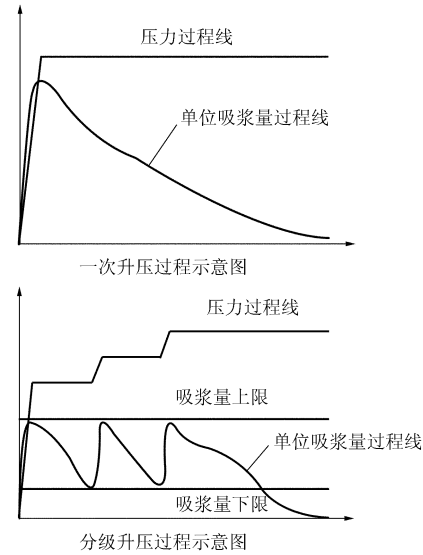


图 1 升压过程示意图

在施工过程中,分级升压法往往掌握的不是很准确,如:在某一级注浆压力下,如果单位吸浆量超过一定限度,则应将注浆压力降低一级注浆,待单位吸浆量达到下限值时,再将压力升到原来一级继续灌注。因此,在注浆过程中,要随时掌握注浆压力及单位吸浆量的变化,不断调整注浆压力,以达到预期的帷幕注浆效果及经济效果。

4 注浆压力分析

注浆压力是了解浆液在岩体中渗透情况的重要线索,是注浆施工中最基本的管理内容。根据注浆压力的变化可以进行浆液浓度等的调整,还可以在在一定程度上反映出地层内浆液流动状况。以下结合赵家湾铜矿帷幕注浆工程的施工实践,总结出导致压力变化的可能原因,以便给类似工程提供参考。

4.1 注浆压力上升缓慢

- (1)浆液在裂隙中正进行脉状渗透;
- (2)浆液浓度较稀,凝结速度缓慢;
- (3)裂隙较发育,岩层可注性较好;
- (4)部分浆液渗透到较大的裂隙中。

4.2 注浆压力不上升或有所下降

- (1)裂隙发育,连通性好,岩层可注性好;
- (2)浆液正在裂隙中流动通畅;
- (3)有部分浆液通过细小裂隙向地表溢出;
- (4)浆液由细小裂隙进入到较大裂隙、通道或溶洞中;

(5)浆液被地下水稀释,凝结缓慢。

4.3 压力上升后又突然下降且不能恢复

(1)浆液击破上部覆盖层,大量浆液向地表溢出,且无法封堵;

(2)浆液击破裂隙进入通道、溶洞中,无法充满通道及溶洞;

(3)浆液击破裂隙进入未封堵好的或正在施工的注浆孔中,形成串浆;

(4)浆液击破破碎岩层,进入地下暗河中,无法凝结。

4.4 压力上升后突然下降,后又上升

(1)浆液中的颗粒沉积堵塞了浆液通道或浆液

凝结,当压力达到某一数值后,浆液冲破堵塞,随着注浆量及注浆时间的延续,浆液通道又重新被堵塞或凝结;

(2)浆液击破裂隙进入细小通道或溶洞中,随着注浆量的增加,浆液又把通道或溶洞充满;

(3)浆液击破上部覆盖层,向地表溢出,随着注浆时间的延续及防冒浆措施的采取,浆液慢慢的凝结,堵塞了通道。

4.5 压力不停顿地上升

(1)岩石裂隙不发育,岩层可注性差,浆液不能注入;

(2)浆液凝结时间过快,堵塞了裂隙及通道,且无法击穿;

(3)岩层经过多次注浆后,达到了结束标准;

(4)注浆管堵塞。

5 结语

注浆压力是注浆施工过程中重要的管理内容,通过注浆压力的观测,可以反映出地层内浆液流动状况及渗透情况,进而验证帷幕注浆效果。在注浆施工过程中要引起重视,以期能达到预定的经济效益。

参考文献:

- [1] 邹金锋.劈裂注浆机理分析及应用研究[D].湖南长沙:中南大学,2004.
- [2] 孙辉,王在泉,吴净洁,等.灰岩注浆帷幕体渗透特性的试验研究[J].地下空间与工程学报,2009,(10).
- [3] 张民庆,彭峰.地下工程注浆技术[M].北京:地质出版社,2007.
- [4] 王杰.谷家台大水矿床裂隙岩体帷幕注浆理论研究与应用[D].辽宁沈阳:东北大学,1998.
- [5] 郝哲,王介强,刘斌.岩体渗透注浆的理论研究[J].岩石力学与工程学报,2001,20(4):492-496.
- [6] 罗平平.岩体注浆理论研究现状及展望[J].山东科技大学学报(自然科学版),2005,24(1).
- [7] 马秀荣,郝哲.岩体注浆理论评述[J].有色矿冶,2001,17(1).
- [8] 冯志强,康红普,杨景贺.裂隙岩体注浆技术探讨[J].煤炭科学技术,2005,33(4).
- [9] 祝世平,王伏春,曾夏生.大红山矿帷幕注浆治水工程及其评价[J].金属矿山,2007,(9).