

# 帷幕灌浆施工技术在水库大坝基础防渗加固处理中的应用

马 坤<sup>1</sup> 倪志刚<sup>1</sup> 徐 利<sup>2</sup>

(1. 山东大禹工程建设有限公司, 山东 济南 250000;  
2. 泰安市大河水库管理处, 山东 泰安 271600)

**【摘要】** 帷幕灌浆技术的应用一方面能提高水库工程建设质量水平,另一方面能够对使用年限长的水库进行除险加固处理,进而极大提高水库工程运行的安全性和稳定性,同时为中国社会经济的持续性发展提供坚实的保障。本文结合一定的实例对帷幕灌浆施工技术在水库大坝基础防渗加固处理中的具体应用进行详细探讨,以供今后参考使用。

**【关键词】** 帷幕灌浆施工; 水库大坝; 基础防渗; 除险加固; 应用分析

中图分类号: TV543

文献标识码: A

文章编号: 1005-4774(2017)02-0022-04

## Application of curtain grouting construction technology in reservoir dam foundation anti-seepage reinforcement treatment

MA Kun<sup>1</sup>, NI Zhigang<sup>1</sup>, XU Li<sup>2</sup>

(1. Shandong Dayu Engineering Construction Co., Ltd., Ji'nan 250000, China;  
2. Tai'an Dahe Reservoir Management Office, Tai'an 271600, China)

**Abstract:** Application of curtain grouting technology can improve the construction quality level of reservoir project on one hand, risk removal reinforcement treatment can be implemented on the reservoirs with long service life on the other hand, and then improve the safety and stability of reservoir project operation greatly. Meanwhile, solid guarantee can be provided for the sustainable development of society and economy in China. In the paper, certain examples are combined for discussing concrete application of curtain grouting construction technology in reservoir dam foundation anti-seepage reinforcement treatment in detail, and it can be referred and used in the future.

**Key words:** curtain grouting construction; reservoir dam; foundation anti-seepage; risk removal reinforcement; application analysis

水库工程运行的稳定性与安全性对我国经济发展、人们正常生活等具有十分重要的影响意义,而帷幕灌浆技术的应用能够在一定程度上解决水库运行中的安全问题,因而在水库除险加固工程中使用较多。另

外,帷幕灌浆技术应用成本较低,安全性高,因此其经济效益、防洪效益以及其生态效益较高,同时也提高了水库坝基的渗透稳定性,对提高工程质量与水库运行安全系数等具有一定作用。

## 1 工程概况分析

为了更加全面地了解帷幕灌浆施工技术在水库加固工程中的具体应用,本文将结合工程实例对其具体情况进行详细的介绍。

湖南西部黄石水库大坝是由黏土斜新墙堆石坝建成,其坝轴线角度为北东 $27^{\circ}$ ,坝顶长 $627.0\text{m}$ ,宽 $10.0\text{m}$ ,坝顶高 $205.5\text{m}$ ,而最大坝高为 $72.2\text{m}$ 。另外其大坝上游坝坡 $1:1.75$ ,下游坝坡 $1:1.5$ ,大坝基础帷幕是悬挂式,轴线长 $933.5\text{m}$ 。其设计标准为基岩渗水率小于 $5\text{Lu}$ ,同时坝基基岩渗透岩层主要集中在水库坝中端和右段上部位置,而水库坝中段基岩下 $20\sim 35\text{m}$ 范围内的渗水率为 $2837.8\text{Lu}$ ,透水性是以河床向右岸递减趋势为主。

除此之外,水库大坝左岸渗漏主要为构造裂隙形式,之后是层面裂隙,且该类型裂隙呈现上窄下宽的特点,以囊状为主;面渗透流主要是由坝基基岩和蚀余红土之间白云粉砂层所引起;而漏水通道则是由两端坝肩灰岩断裂岩或坝基溶沟等所引起的。从整体上分析,水库工程帷幕灌浆施工过程中应当对施工环境进行详细分析,针对其具体情况制定帷幕灌浆工序设计,并做好相关准备工作,切实保证工程施工质量水平,以保障今后工程应用的安全性。

## 2 帷幕灌浆防渗加固设计分析

通过对水库工程实际情况分析可知,帷幕灌浆施工技术的实施是解决填土层、蚀余红土层渗漏问题的有效途径之一,同时帷幕灌浆施工技术的应用成本低、施工技术简单,效果也比较明显,故而在水库除险加固工程中应用比较广泛。

### 2.1 帷幕设置

该水库坝基工程应当进行双排灌浆帷幕,其中桩号范围在幕 $0+159.7\sim$ 幕 $0+454.85$ ,而下游排灌浆深度值设置范围为 $52\sim 65\text{m}$ ,通过原坝基灌浆廊道完成灌浆施工。首先,坝基右段,渗透率值在 $11\sim 46\text{Lu}$

范围,同时右岸坡应当使用单位帷幕灌浆,以岸坡为基础灌浆的底线应当呈上升趋势,并最小深度控制在 $20\text{m}$ ;其次,坝基右岸坡基岩面 $20\text{m}$ 下属于弱透水层,透水率范围为 $1\sim 4.9\text{Lu}$ ,以单排帷幕灌浆为主,其灌浆深度控制在 $16\sim 70\text{m}$ ,并同左岸山基帷幕灌浆进行一定的连接。

通常情况下,帷幕深度值设置应当超过蚀余红土层,这样设置的目的是对渗流通道进行一定的封闭,而白云粉属于不可灌的地层范围,因此应当使用高压喷射灌浆处理手段进行处理。另外帷幕厚度 $T$ 值主要由幕体内允许坡降值决定,但是为了保证厚度值设计的准确性可以通过下述公式进行估算:

$$T = H/J$$

式中  $H$ ——最大作用水头,  $\text{m}$ ;

$J$ ——帷幕的容许比降,一般情况下黏土浆设定

$J$ 值应当在 $3\sim 4$ 之间。

一般情况下蚀余红土层的厚度值较小,使用 $1\sim 2$ 排灌浆孔就可以完成灌浆施工,但是一旦基础承受水头值超过 $25\sim 30\text{m}$ 范围时,应当设定为 $2\sim 3$ 排。另外排数、排距和孔距的设定可以从以下方面进行。水库水对混凝土具有一定的溶出性,因此帷幕厚度值设定值不应当过小,通过一定分析认为,帷幕厚度值应当设定在 $0.25\text{m}$ 以下,以 $0.25\text{m}$ 为宜。另外,为了进一步增加帷幕防渗效果,应当将帷幕灌浆设计成双排形式,将孔距值设定为 $2\text{m}$ ,排距值设定为 $1\text{m}$ 。

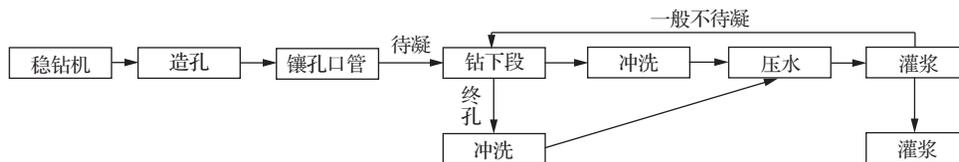
### 2.2 左、右坝肩帷幕

通过调查分析可知,左、右岸坝肩中存有一个厚度在 $7\sim 14\text{m}$ 的碎裂石灰岩层,同时这也是该水库工程产生漏水现象的主要原因,因此施工人员将帷幕厚度、排数、排距、孔距等值的设定保持一致,以双排设计方式为主,孔距设定值为 $2\text{m}$ ,排距设定值为 $1\text{m}$ 。另外,灌浆施工应当在内坡一级平台上进行,而帷幕底高程设置应当如下:下游排深入单位吸水量 $\omega$ 范围小于 $0.0/5\text{L}/\text{min}$ ,深度值在 $3\sim 5\text{m}$ 范围内,上游排深入层下限范围在 $1\sim 1.5\text{m}$ 。

### 3 帷幕灌浆主要施工技术工艺分析

#### 3.1 施工工艺流程

单孔灌浆工艺具体流程见下图。



单孔灌浆工艺流程图

#### 3.2 钻孔

首先,帷幕灌浆施工中应当进行空位测放和钻机就位工作。在进行空位测放施工过程中应当利用全站仪、水准仪和钢卷尺等必要的设备完成防线引点设置,当测放施工完成之后应当使用电钻进行空位钻眼,之后再使用钢筋楔入完成标定,并使用油漆等对钻孔位置和孔序进行标记。另外在开孔施工前应当将钻机平台进行确定和固定,特别是钻机底座应当利用水平尺完成校准检测,只有符合施工标准之后才能使用螺栓进行固定处理。而固定完成后应当进一步检查钻机的稳定性、水平度,同时还应当检查钻孔、立轴及天车三者之间是否处于三点一线的位置。其次是混凝土盖板层钻进和孔口管理设工作。通常情况下灌浆廊道底板混凝土的厚度是不同的,但是从整体水平上看其厚度值普遍较大,因此孔口管理设深度值应当控制在1~2m范围内。开孔管尺寸大小应当设定为110mm孔径,下直径为91mm。另外在镶设孔口管的施工中应当在孔内拴线注入0.5:1的水泥浓浆,之后再将其下入进孔口管中,并调整角度等待水凝土凝固至少3d时间。

#### 3.3 钻孔冲洗、压水实验

通常情况下,钻孔冲洗施工应当在各个孔段钻孔施工完成之后再行,通过使用压力水对其裂隙位置进行冲洗工作,同时裂隙位置应当保证冲洗后回水清澈10min,这一过程中施工人员应当保障冲洗时间大于30min,且压力应当设置为灌浆压力值的80%左右,但是数值不得大于1MPa。

一般情况下,在裂隙冲洗完成之后应当进行压力试验操作,而对于灌浆序孔应当使用压水法、先导孔或者是检查孔法,因为这些方法操作简单,因而在实际施工中应用比较广泛。

#### 3.4 灌浆

该水库工程的帷幕灌浆施工中灌浆施工是重要环节之一,而灌浆中应当将孔口进行封闭处理,从上到下,以孔内循环的方式进行灌浆,且射浆管与孔底之间的距离应当小于0.5m。而灌浆压力的设置应当使用从上到下的孔内循环方式,其灌浆压力值是孔口回浆管的压力值;纯压式灌浆的压力值是指孔管口进浆压力值,一般情况下帷幕灌浆施工中灌浆压力应当依照设计压力参数完成。

另外,帷幕灌浆施工过程中经常会发生一些特殊的状况,而施工技术人员应当根据实际情况采取相应的解决措施。当发生串浆时,施工人员应当立即通过封堵、降压、浓浆及限流等多种方式来解决这一问题;当灌浆施工突然中止时,施工人员应当立即进行处理并在短时间内恢复灌浆施工。这一过程中尤为注意的是,一旦灌浆停止时间超过30min,施工人员应当用对孔管口进行冲洗,再开始进行灌浆。

### 4 帷幕灌浆施工质量控制与监测分析

水库大坝基础防渗加固处理施工中应当对施工质量水平给予高度重视,并根据相关的规定对施工质量进行监测评价,进一步保障水库今后使用的安全性。

该水库工程帷幕施工具体情况如下。

#### 4.1 单元工程质量评定标准及情况

水库大坝基础帷幕灌浆各个单位工程施工质量具体情况见表1。

表1 大坝基础帷幕灌浆各单位工程评定汇总

部 位	总孔数	单元数	合格单元		优良单元	
			个数	合格率/ 100%	个数	优良率/ 100%
河 床	172	18	18	100	18	100
左右坝肩	405	38	38	100	37	97.3

从表1中可以看出,该水库帷幕灌浆施工中各单元工程质量全部都合格,且优良率高达97.3%~100%,水库帷幕灌浆施工质量较好。

#### 4.2 单位耗灰量分析

水库大坝基础帷幕灌浆各分段分排序单位的耗灰量汇总结果见表2。

表2 大坝基础帷幕灌浆单位耗灰量汇总

部 位	孔 排		平均单位耗灰量/(kg/m)		
			I序	II序	III序
河 床	双排	上	85.78	59.43	52.17
		下	332.07	148.3	106.84
	单排	411.34	195.25	118.53	
左坝肩	双排	上	18.59	13.60	10.67
		下	232.19	16.84	110.07
	单排	214.26	148.99	101.53	
右坝肩	单排	165.99	116.77	60.37	

从表2中可以看出,在灌浆排、序逐渐增加的过程中,其单位部分的耗灰量也呈现一定的增减走向,而这种现象的存在也是灌浆效果的一种表现,属于正常灌浆现象。

#### 4.3 孔透水率检查

通常情况下,帷幕灌浆施工中对灌浆孔进行检查的过程是以孔总数的10%来进行检测的,主要是通过钻孔取芯和压水实验两种方式进行,本文实例中帷幕灌浆施工中各部分压水结果见表3。

表3 帷幕检查孔压实验结果

工程位置	孔数	段数	透 水 率 (Lu) 区 间 段 数 / 频 率							
			≤1		1~3		3~5		>5	
			段数	频率/100%	段数	频率/100%	段数	频率/100%	段数	频率/100%
河 床	20	191	164	86	25	13	2	1	0	—
左右坝肩	38	297	30	10	258	87	9	3	0	—
合 计			231	41	316	57	12	2	0	—

从表3中可以看出,水库帷幕施工中孔口透水率都在5Lu以下,符合规定的防渗标准要求,同时约有98%孔段的透水率都在3Lu以下,符合相关施工的基本要求。

## 5 结 论

综上所述,不同水库工程建设的基础条件不同,即使是同一个水库大坝建设中,其不同部位的条件也存在一定差异,因此施工技术人员在施工过程中应当严格遵守帷幕灌浆施工的相关规范要求,同时还应当加大对后期施工质量、建设质量的检测,保证灌浆效果符

合施工技术标准,以保障水库工程今后使用的稳定性和安全性,进而为中国社会经济的发展打下坚实的基础。◆

#### 参考文献

- [1] 陈秋华. 水泥化学复合灌浆技术在锦屏一级拱坝基础处理中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2015(S2).
- [2] 龙爱华. 张掖市酥油口水库除险加固施工中存在问题与处理措施[J]. 水利规划与设计, 2015(4).
- [3] 黄兆友. 高喷灌浆技术在水库大坝防渗加固施工中的应用[J]. 建材与装饰, 2016(8).
- [4] 徐安诺. 帷幕灌浆在水库除险加固工程大坝坝基处理中的应用[J]. 水利规划与设计, 2016(7).