

老挝南俄 3 水电站大坝帷幕灌浆生产性 试验及成果分析

刘 炜, 马 旭, 罗 英

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

摘 要: 老挝南俄 3 水电站为一等大(I)型工程, 介绍了大坝防渗帷幕灌浆试验的设计、施工工艺及对灌浆成果进行分析的过程, 可为类似工程提供借鉴。

关键词: 南俄 3 水电站; 帷幕灌浆; 综合灌浆法; 压水试验; 施工技术

中图分类号: TV7; TV221; TV543

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2020)04-0058-03

Productive Test and Result Analysis of Curtain Grouting for Nam Ngum 3 Hydropower Station in Laos

LIU Wei, MA Xu, LUO Ying

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: Nam Ngum 3 Hydropower Station in Laos is a first-class large-scale (I) project. This paper introduces the process of design, construction technology and grouting results analysis of dam impervious curtain grouting test, which can provide reference for similar projects.

Key words: Nam Ngum 3 Hydropower Station; curtain grouting; comprehensive grouting method; water pressure test; construction technology

1 概 述

南俄 3(Nam Ngum3)水电站位于老挝中部 Xaysomboune(赛松本)省, 坝址区距首都万象公路里程 260 km, 是南俄河干流梯级开发的第 3 级(自下游向上), 为引水式电站, 以发电为主, 坝址位于南俄河和南帕河交汇口以上 4.5 km 处。枢纽主要由混凝土面板堆石坝、左岸 3 孔岸边溢洪道、右岸引水发电系统和岸边地面厂房组成。混凝土面板堆石坝坝顶高程 729.5 m, 坝顶宽 8 m, 最大坝高 210 m, 坝顶长度为 518.5 m。大坝上游坡比为 1:1.4, 下游综合坡比为 1:1.49。

南俄 3 水电站坝址区河谷呈“V”型, 两岸岸坡自然坡度为 46°~55°, 局部呈陡崖, 两岸冲沟发育, 切割深度较大, 地表植被丰茂。坝址地层岩性包括冲积层、残崩积层和沉积岩类的砂岩、粉砂岩、泥岩类以及弱-浅变质岩板岩、砂岩类和深变质岩片麻岩类。河床基岩裸露, 地质构造简单, 两岸坝基卸荷、风化较深, 岩体相对较完整, 区内断裂构造不太发育。

由于南俄 3 水电站库区死水位(坝基高程 525 m)高程 670 m 以下无放空设施, 如果防渗帷幕出现问题将无法补救, 严重影响到库区的正常蓄水, 而且防渗帷幕的成败与否关系到大坝的安全与稳定。因此, 在大面积施工帷幕灌浆前必须先进行帷幕灌浆试验以确定帷幕灌浆的相关参数、灌浆材料、施工工艺等, 用以指导后续帷幕灌浆施工, 确保帷幕灌浆一次成功。

2 帷幕灌浆试验方案的设计

2.1 帷幕灌浆试验区的选择

为使帷幕灌浆试验具有较强的代表性, 能反映坝基工程的特点, 尽可能包含较多的地层和需灌浆处理的地质缺陷, 经咨询、设计、监理及施工单位多次研究和实地踏勘, 结合现场的实际情况, 将帷幕灌浆试验场地选在大坝河床段水平趾板上, 范围为坝左 0+138.23~坝左 0+170.73。

2.2 帷幕灌浆试验参数

灌浆试验分为两个试验区, 均采用双排梅花型布置, 排距 1.5 m, 孔距分别为 1.5 m 和 2 m, 分三序施工, 孔向为铅直孔, 最大灌浆压力为 3.5

3.3.5 封孔

灌浆孔 15 m 以下灌浆结束后,其上部孔段采用“导管注浆封孔法”与“全孔灌浆封孔法”(先采用导管注浆法将孔内积水置换成水灰比为 0.5 的浓浆,而后再将灌浆塞塞在孔口进行纯压式灌浆封孔)进行封孔;检查孔自下而上灌浆结束后在孔口封孔灌浆。

3.3.6 特殊情况的处理

(1)当灌浆塞安装过程中出现栓塞卡不住的情况时,主要采取加长栓塞胶囊长度和上提灌浆塞的方式进行处理(灌浆段长不大于 8 m),以达到封闭灌浆段的目的。

(2)对于在灌浆过程中灌浆量大的情况,主要采取低压、限流灌注的方式,并按设计和规范要求逐级或越级变浓浆液,直至正常灌注结束。

4 成果分析

4.1 灌前透水率成果分析

1.5 m 孔距试区下游排 I 序孔的平均透水率为 7.3 Lu, II 序孔的平均透水率为 5.23 Lu, III 序孔的平均透水率为 3.73 Lu; 2 m 孔距试区下游排 I 序孔的平均透水率为 7.05 Lu, II 序孔的平均透水率为 6.04 Lu, III 序孔的平均透水率为 3.84 Lu。

从灌前透水率统计成果看:帷幕灌浆试验区处于坝基河床段,所处地质情况相对较好,属于中、弱透水岩层;不论是在 2 m 孔距试区,还是在 1.5 m 孔距试区,在灌浆孔逐步加密过程中基岩中的裂隙、漏水和渗水通道逐步被水泥浆液充填,使裂隙中的充填物得到了挤密,从而使基岩的防渗能力逐步得到提高,后灌孔的渗透通道逐渐减少,灌前透水率随之减小。各次序之间灌前透水率的递减符合灌浆一般递减的规律,反映了分序加密的灌浆效果^[5]。

4.2 单位注入量分析

单位注入量成果见表 2。

从表 2 可以看出:

(1)1.5 m 孔距试区和 2 m 孔距试区的上游排单位注入量均远远小于下游排单位注入量,体现了分序加密的灌浆效果,符合灌浆的一般规律。

(2)1.5 m 孔距试区的单位注入量略小于 2 m 孔距试区。单位注入量递减率:1.5 m 孔距试区相对于 2 m 孔距试区要快一些,说明灌浆孔距

表 2 单位注入量成果汇总表

施工部位	孔序	单位注入量 /kg	递减率 /%
1.5 m 孔距试区	下游排	106.46	
	上游排	41.34	61.2
	小计	73.74	
2 m 孔距试区	下游排	114.9	
	上游排	56.11	51.2
	小计	85.42	

的大小在水泥注入量上存在一定的差异,即孔距越大,单位注入量越大。

4.3 检查孔压水试验成果分析

帷幕灌浆试验共布置了 3 个检查孔,其中 WSJ-1 号检查孔位于 1.5 m 孔距试区,WSJ-2 号检查孔位于两个试验区中间,WSJ-3 号检查孔位于 2 m 孔距试区。压水试验采用单点法进行。WSJ-1 号检查孔压水 11 段,其中有 1 段吕荣值大于 3 Lu; WSJ-2 号检查孔压水 11 段,其中有 2 段吕荣值大于 3 Lu; WSJ-3 号检查孔压水 11 段,其中有 1 段吕荣值大于 3 Lu。大于 3 Lu 的段次主要分布在基岩 5~20 m 孔深段,尤其是 WSJ-2 号检查孔的第 3 段和第 4 段连续两段吕荣值大于设计值。

从整个试验区来看,不合格试段均集中在第 3 段,从质量评定标准看不合格。

分析检查孔吕荣值不合格的原因主要有:①吕荣值不合格段裂隙发育、不贯通(陡倾角裂隙发育、横向裂隙不连通),灌浆浆液无法扩散到裂隙中;②该段发育有细微裂隙,可灌性较差;③检查孔压水试验的压力采用 2 MPa,而水的渗透能力、劈裂能力很强,对岩层和已形成的帷幕体产生了劈裂破坏(如 WSJ-1 号检查孔第 3 段在压水试验初期能正常升压至 2 MPa,但压力随压水时间逐步降低)。

5 加密孔施工

针对检查孔吕荣值不合格的孔段,项目部在上下游排之间增加了一排加密孔(孔距 2 m),按照帷幕灌浆要求进行施工,加密孔孔深入岩 20 m,采用自上而下的灌浆方式,经加密灌浆后其透水率满足设计要求。综合分析灌浆成果后,后续生产施工的布孔方式采用双排梅花型。排距为 1.5 m,孔距为 1.5 m。局部坝段、局部孔段根据

(下转第 73 页)

发,则可利用其机动、快速、经济等优势,在阴天、轻雾天也能获取合格的影像,从而将大量的野外工作转入内业,既能减轻劳动强度,又能提高作业的效率 and 精度。

(4) 真实性。倾斜影像能让用户从多个角度观察,可以更真实地再现地物的实际情况,无限逼近真实世界,弥补了传统正射影像的不足。

(5) 可量测性。倾斜影像通过配套软件的应用,可以直接基于成果影像进行高度、长度、面积、角度的量测,实时获取数据。

(6) 丰富纹理。与传统垂直影像相比,倾斜影像具有自己独特的优势:它能提供丰富的建筑物立面信息。有了建筑物的立面信息,即获取了建筑物表面纹理,对于三维建模等方面具有深远的影响。

5 结 语

此次无人机摄影测量在巴丹托鲁项目成功应用的经验表明:多数情况下,无人机摄影测量技术

(上接第60页)

检查孔压水试验结果进行了加密灌浆处理。

6 结 语

(1) 本次试验孔与孔之间分为三序施工。根据以往工程的实践经验,二序施工和三序施工的灌浆效果是一样的,而施工效率却大为提高。因此,笔者建议:在今后的灌浆施工中应使用二序施工,即把目前试验的二序孔改为一序孔,三序孔改为二序孔。

(2) 本次试验的分段方式为:第一段2 m、第二段3 m、第三段及以下各段5 m。根据《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(DL/T5148—2012)“5.4.2 帷幕灌浆段长一般可为5~6 m,岩体完整时可适当加长,但最长不应大于10 m;岩体破碎、孔壁不稳时段长应缩短。混凝土结构和基岩接触处的灌浆段段长宜为2~3 m。”因此,笔者建议:在后续帷幕灌浆施工中,第五段及以下各段应调整为6 m段长。

(3) 采用“自上而下与自下而上相结合的综合灌浆法”能够建造出满足设计要求的帷幕墙,相对于传统的“孔口封闭灌浆法”降低了趾板被抬动的

可以取代劳动强度大、工作效率低、传统的地形图测量方式,其具有操作简便、速度快、采集信息量大等优点,可为工程建设项目管理全寿命周期进行增值,使建设过程更经济、高效和便捷^[5]。

参考文献:

- [1] 李党罗. 无人机在工程测量中的应用研究[J]. 科技资讯, 2017, 14(18): 71~72.
- [2] 无人机数字航空摄影测量与遥感外业技术规范, GDEILB007—2014[S].
- [3] 控制测量及地形测量(2007美标版), EM_1110—1—1005[S].
- [4] 摄影测量(2002美标版), EM 1110—1—1000 USACE[S].
- [5] 杨卫彬. 浅析无人机在工程建设中的应用[J]. 基层建设, 2017, 77(18): 1 573—1 574.

作者简介:

张际泽(1973-),男,四川资阳人,高级工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工
刘 礼(1977-),女,四川仁寿人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

风险,同时亦降低了工程造价。

(4) 在帷幕工程量、帷幕轴线较长的工程中,针对检查孔透水率不合格试段采取局部坝段、局部孔段进行加密灌浆处理的方式是可行的,加密孔的孔深应根据检查孔透水率不合格试段的深度确定,无需与原灌浆孔深一致。

参考文献:

- [1] 孙 钊. 大坝基岩灌浆[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004.
- [2] 张景秀. 坝基防渗与灌浆技术[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002.
- [3] 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范, DL/T5148—2012[S].
- [4] 许厚才, 乔润国, 李 强. 琅琊山抽水蓄能电站上水库帷幕灌浆试验研究[J]. 人民长江, 2007, 52(2): 43—46.
- [5] 史青松, 刘 炜, 李成斌. 北川开茂水库帷幕灌浆生产性试验施工技术[J]. 四川水力发电, 2015, 34(5): 13—15+19.

作者简介:

刘 炜(1982-),男,四川南充人,工程师,从事水利水电基础工程施工技术与管理工
马 旭(1989-),男,甘肃庆阳人,助理工程师,从事水利水电基础工程施工技术与管理工
罗 英(1971-),女,四川都江堰人,工程师,从事建设工程施工技术与经营管理工作。

(责任编辑:李燕辉)