

覆盖层套阀管灌浆施工技术应用

邬家春 杨丙谭 阎策

中电建建筑集团有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i6.10410

[摘要] 随着我国一带一路战略影响力逐步扩大,非洲的基础设施迎来大发展,特别是这几年水利工程设施得到了快速发展。非洲水利资源丰富,大部分地区地势平坦、河道落差较大,水库大坝以碾压土石坝为主,坝高一般不超过50m。为了节约工程投资,大坝坝基一般选择修建在覆盖层上。于是坝基防渗成为施工中的一大难题和重点,直接影响大坝的蓄水能力和使用寿命。通过对覆盖层套阀管灌浆施工技术的应用研究,成功解决了覆盖层帷幕灌浆的技术难题,该项技术具有广泛应用前景。

[关键词] 碾压土石坝; 坝基防渗; 使用寿命; 帷幕灌浆

中图分类号: TV42+1.3 **文献标识码:** A

Application of grouting construction technology of overlay sleeve valve pipe

Jiachun Wu Bingtan Yang Ce Yan

Power China Construction Group Co., Ltd.

[Abstract] With the gradual expansion of China's Belt and Road strategic influence, Africa's infrastructure has ushered in great development, especially in the rapid development of water conservancy facilities in recent years. Africa is rich in water resources, and in most areas, the terrain is flat and the river drop is large. The reservoir DAMS are mainly rolling earth and rock DAMS, and the height of the DAMS is generally not more than 50m. In order to save the project investment, the dam foundation is generally built on the overlay. Therefore, the seepage prevention of the dam foundation has become a major problem and focus in the construction, which directly affects the water storage capacity and service life of the dam. Through the application research of the construction technology, the technical problem of the curtain grouting is successfully solved, and this technology has a wide application prospect.

[Key words] rolling earth and rock dam dam foundation seepage prevention; service life; curtain grouting

1 工程概况

安哥拉共和国Cuvelai(库韦拉伊)引水项目位于安哥拉南部库内内省库韦拉伊市恩度镇,大坝设在恩度河道下游,通过拦坝蓄水,旨在为当地居民及畜牧等提供生产生活用水,保障其基本生活、农业灌溉和畜牧业发展。

安哥拉库内内抗旱工程标段5-71号恩度大坝为黏土心墙土石坝,心墙呈梯形状,贯穿整个坝身。坝高33.3m,坝顶高程1227m,坝顶宽度8m,水域面积为20km²,水库总容量1.7035亿m³。坝基覆盖层厚为17.8~45.5m,上部以粉土、粉细砂为主,局部含岩石碎块,下部为岩屑夹少量岩石碎块。

2 坝基防渗方案

2.1 方案确定

葡萄牙设计单位给出的原坝基防渗方案是采用常规帷幕灌浆形式,即:沿大坝轴线布置1排灌浆孔、孔间距3m。但通过现场生产性灌浆试验情况看,按照原设计方案无法满足灌浆后透

水率小于3Lu的防渗要求。

通过对坝基地质条件的仔细分析,结合以往覆盖层灌浆施工经验,对原防渗方案进行了变更,确定采用高压旋喷灌浆+套阀管帷幕灌浆的工艺进行基础处理施工,其中桩号0+454~0+694m采用帷幕灌浆;桩号0+694~1+100m采用下部(中粗砂地层)帷幕灌浆+上部(粉细砂及细砂地层)高压旋喷灌浆相结合;桩号1+100~1+410m采用高压旋喷灌浆。

2.2 施工顺序

在施工过程中,首先要完成先导孔的打设。随后,进行上部结构的高压旋喷灌浆工作,最后执行下部帷幕灌浆。为了确保结构的整体稳定性,高压旋喷桩与帷幕灌浆之间应保持1米的搭接长度。

(1) 先导孔施工:按照设计图纸要求,从左岸至右岸每48m布置一个先导孔,孔深5~48m不等,孔径89~108mm,全孔钻孔取芯、注水试验、灌浆封口。

(2)上部高压旋喷灌浆:上部高压旋喷共计布置2排灌浆孔,排间距0.6m,孔间距0.8m,入岩深度8~15m,钻孔孔径108mm,采用二管法灌浆施工。

2.3灌浆工艺确定

坝基上部粉土、粉细砂坝基可灌性差,存在裂隙不发育、吸浆量小、浆液扩散半径有限,总体可灌性极差。下部地层以粗颗粒地层为主,局部夹杂少量岩石碎块,此类地层直接灌浆无法固定,易塌孔,无法正常实施灌浆作业,因此项目采用套阀管灌浆工艺进行施工。

相较于常规卡塞帷幕灌浆施工工艺,套阀管灌浆工艺具有以下优点:

(1)不存在塌孔引起无法卡塞的问题,直接采用跟管钻进至终孔,钻孔完成将套阀管埋设完成后再起拔护壁套管。

(2)可以更为精准的分析各灌浆部位的水泥耗量,进而分析裂隙发育情况,有针对性的进行灌浆施工,以保证灌浆质量。

(3)采用全孔一次性成孔后下入套阀管,钻灌功效远高于常规卡塞的方式进行帷幕灌浆施工。

3 套阀管灌浆施工工艺控制要点

3.1施工工艺流程

套阀管灌浆法采用一次钻至设计孔深,在钻孔内下入带有射浆孔眼与橡皮套的套阀管,管外与孔壁间灌入填料,待填料具有一定强度后在套阀管内用双联灌浆塞进行自下而上分段灌浆。

工艺流程为:孔位测放→钻机就位→锤击护壁套管至基覆界线→换用小钎头锤击或潜孔锤凿孔至设计孔深→钻孔冲洗→钻孔检查→裂隙冲洗→压水试验→孔底段孔内卡塞灌浆→上提栓塞至上一段灌浆→基覆接触段灌浆→灌注填料→下入套阀管并拔出护壁套管与补充填料→套阀管内冲洗→管底段胶球塞卡塞灌浆→上提胶球塞至上一段灌浆→交替上提胶球塞、灌浆至孔口段→孔口段灌浆→提出胶球塞并封孔→质量检查。

3.2施工控制要点

3.2.1孔位测放

孔位按图纸要求,采用GPS进行放样,偏差满足要求后对孔位进行标记。

3.2.2抬动变形观测

①抬动观测孔布置。抬动观测孔布置于坝轴线上,间距48m,抬动孔孔深按照超过该单元最大生产孔孔深2m。②抬动变形装置安装及观测要求

(1)抬动变形观测包括相应的钻孔、抬动变形观测装置的埋设安装及观测、封孔等工序的作业。

(2)为了监测在冲洗、压力水试验和灌浆等过程中可能出现的坝体变形,必须在灌浆期间进行变形监测。所有的抬升观测设备都应该在灌浆施工开始之前安装到位,而且抬升观测孔的深度应该比相应的灌浆孔深度多出2米。为了观测在冲洗、压水试验,灌浆过程中要进行抬动变形观测,变形超过设计要求时应停止施工作业并查找原因。

(3)在灌浆施工全过程中,均应监测被灌坝体的抬动情况。

(4)在设有抬动变形观测部位的情况下,与观测孔相邻的灌浆孔段应在裂隙冲洗、压力水试验以及灌浆过程中进行持续观测,以确保监测数据的准确性和坝体安全。

(5)抬动变形观测频率不小于6次/小时,并定期检查观测仪器的灵敏性和准确性。

(6)在抬动变形观测中,应指定专门人员负责记录数据。在冲洗、压力水试验和灌浆等操作过程中,如果发现变形值快速上升或接近允许极限,应立即通知各工序的操作人员,采取措施降低压力,以防止抬动破坏的发生。若在施工过程中变形值超出规定的允许范围,必须减少压力和注入速率,甚至暂停施工,并向监理报告情况,根据监理的指示进行后续处理。这一过程中,确保安全和结构完整性是至关重要的。

(7)在工作中对抬动观测仪器要进行必要保护,防止外力撞击损坏,确保观测设备能够在正常的工作状态下运行,从而保障测试结果的精确性。

(8)完成灌浆工作后,应对抬动观测孔进行妥善的封孔处理,从抬动观测原始记录表中可以看出,本次生产性灌浆试验所有灌浆孔的抬动观测值均为0,说明在现行设计压力下灌浆不会造成混凝土的抬动。

3.2.3钻孔施工

(1)钻孔设备。在施工中,先导孔和检查孔的钻进工作应使用XY-2型地质钻机,按照自上而下的顺序逐段进行钻进;其它钻孔采用HDL-200全液压顶驱钻机全孔一次性成孔。

(2)钻孔孔径。先导孔、检查孔采用地质钻机施工。

其余钻孔采用HDL-200C液压履带式钻机钻进至设计深度,终孔孔径不小于76mm。

(3)钻孔深度。钻孔深度不小于设计孔深,并保证进入不透水层(透水率小于3Lu)深度不小于5m(现场仅对先导孔进行了适当加深)。

(4)混凝土盖重。帷幕灌浆钻孔在盖重混凝土的条件下进行。

3.2.4钻孔冲洗及裂隙冲洗

(1)所有灌浆孔和灌后检查孔均在钻孔结束后,采用自孔底向孔外压力水流(或压力风)冲洗钻孔,孔底沉积小于20cm为止。

(2)裂隙冲洗。自下而上分段灌浆时,基岩段在灌浆前对全孔进行一次裂隙冲洗。

在孔口或段顶安放灌浆塞(孔口封闭器),向孔内泵入压力水流(或压力风),压力可为灌浆压力的80%,并不大于1MPa,冲洗时间至回水澄清时止或不大于20min。

3.2.5灌注填料

填料配比:水泥:黏土:水=1;2.6;4。下料时使用导管从下至上孔底下端不间断注入浆液,不得停歇直至浆液溢满导管。套阀管安装采用Φ76(或Φ48)套阀管成品塑料件。管底封闭,管周灌浆孔眼外裹橡皮套。待浆液灌入完成后马上设置套阀管,对管道进行分段连接形成整体。

3.2.6套阀管内灌浆

在套阀管内下入双联胶球塞至管底段,注浆之初第一个重要环节是开环,开环最好是使用清水,不间断连续注入至少6~12分钟,再是采用制好的浆液进行灌浆,注入压力一般控制在1~2MPa。

3.2.7灌浆压力

灌浆压力与孔深详见表1。

表1 灌浆压力与孔深关系表

孔深(m)	0~2	2~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~40	>40
灌浆压力(MPa)	0.2	0.4	0.7	0.8	1	1.2	1.6	2	2

注：灌浆压力为表压力。压力值读取压力表指针摆动的中值。

3.2.8灌浆质量检查

(1)防渗结构质量检查主要依据为压水试验结果和芯样的完整性,同时参考其它检测资料进行综合评估,以便对整个工程的质量进行综合评估。

(2)灌浆试验段检查孔布置按照每个试验区各布置一个检查孔,其余部位检查孔的数量按照每个灌浆施工单元布置一个质量检查孔。

(3)严格按水利工程钻探规程施工,钻取岩芯并编录,拍摄岩芯照片,绘制钻孔柱状图。

采用单动双管金刚石钻具回转钻进,冲洗介质为清水。

3.2.9特殊情况处理

(1)在施工作业暂停期间,应当对钻孔孔口进行适当保护,以防止污水流入和异物落入。如果因特殊原因需要保留已完成灌浆的孔洞,可以在孔内回填细砂,并在孔口处进行封堵,以确保安全。

(2)当钻孔发生偏斜导致相邻灌浆孔之间的距离超出预定范围时,应实施适当的补救措施。如果情况需要,应补钻新的灌浆孔以确保灌浆作业的连续性和工程质量。

(3)若套阀管开环困难,检查灌浆塞位置是否正确,并加以调整;使用较高压力,进行高压开环;高压开环无效时,可上移或下移一环进行开环,两环合并灌注;连续两环高压开环无效时,可采用水压切管器将该部位套阀管炸裂或切开,而后进行灌注^[1]。

3.3质量控制标准

(1)当灌浆压力保持不变,注入率持续减少时,或注入率不变而压力持续升高时,不改变水灰比;当某级浆液注入量已达300L以上,或灌注时间已达30min,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,改浓一级水灰比;当注入率大于30L/min时,可根据具体情况越级变浓^[2]。

(2)灌浆作业标准:基岩段自下而上分段卡塞灌浆时,液压栓塞卡塞在段顶,每段间隔2~5m。孔底段灌浆结束,采用手动葫

芦三角架提升液压栓塞,上提2~5m,进行灌浆,达到结束标准,继续上提2~5m并灌浆,直至全部基岩段灌浆结束。之后进行覆盖层孔段的灌浆。

(3)灌浆结束标准:当基岩灌浆段在最大设计压力下,注入率降低至不大于1L/min后,屏浆10min,且屏浆期间的平均注入率不大于1L/min^[3]。

(4)检测试验标准:防渗合格标准为3Lu及等量渗透系数;接触段透水率(渗透系数)合格率100%,其余各段的合格率不小于90%^[4],不合格试段的透水率(渗透系数)不超过设计规定值的150%且分布不集中,灌浆质量可评为合格。

4 灌浆效果评价

(1)灌浆试验效果评价。帷幕灌浆试验选取在有代表性的部位进行,结合现场大坝开挖情况及后续盖重混凝土浇筑计划,生产性灌浆试验区选择在右岸坝区桩号0+790~0+838段进行。

帷幕灌浆试验段完成抬动孔1个(工程量42.4m)、先导孔1个(工程量53.8m),完成钻灌工程量2709.64m,具体详见表2。帷幕灌浆完成后采用检查孔取芯、压水试验进行灌浆质量检查,完成检查孔注水/压水实验工程量121.2m。从检查孔取芯情况看,从检查孔岩芯情况看,芯样多呈长柱状、大部分岩芯采取率达76.0%,RQD值达58.4%,岩芯采取率相对高、芯样相对完整,具体详见表3所示。地层被水泥浆液充填置换率高,芯样连续,地层的裂隙被水泥浆液充填良好;压水试验结果满足设计要求的并不大于3Lu的防渗要求,具体详见表4所示。灌浆效果压水试验情况见表4所示。

表2 试验段完成工程量统计表

序号	项目名称	单位	工程量	备注
1	抬动观测孔	m	42.4	1个
2	先导孔(取芯)	m	53.8	2个
3	灌浆孔	m	2709.64	74个
4	检查孔	m	121.2	3个
合计		m	2925.24	

表3 检查孔取芯情况统计表

序号	孔号	孔深(m)	岩芯长度(m)	岩芯采取率(%)	备注
1	12-J1	40.4	29.69	73.5	
2	12-J2	40.4	30.78	76.2	
3	12-J3	40.4	31.63	78.3	
合计		121.2	92.1	76	

表4 取芯情况灌浆前后压水试验情况表

段次	起止孔深(m)		段长(m)	透水率(Lu)/渗透系数(cm/s)		地层代码
	起	止		灌浆前	灌浆后	
1	0.4	1.4	1	42.79×10 ⁻⁵	2.08×10 ⁻⁵	ZH3
2	1.4	3.4	2	11.21×10 ⁻⁵	2.18×10 ⁻⁵	
3	3.4	6.4	3	5.96×10 ⁻⁵	1.11×10 ⁻⁵	
4	6.4	8.4	2	4.24×10 ⁻⁵		
5	8.4	10.4	2	11.03	1.39	ZH1
6	10.4	13.4	3	10.8	2.24	
7	13.4	18.4	5	6.82	1.86	
8	18.4	23.4	5	9.35	1.04	
9	23.4	28.4	5	11.51	0.7	
10	28.4	33.4	5	5.3	1.53	
11	33.4	40.4	7	7.5	2.35	
		代表透水率大于3Lu或渗透系数大于3.0×10 ⁻⁵ 孔cm/s的孔段				
		代表透水率小于3Lu或渗透系数小于3.0×10 ⁻⁵ 孔cm/s的孔段				

(2)大坝总体灌浆情况评价。恩度大坝基础处理共计完成帷幕灌浆工程量26769. 0m, 完成高压旋喷灌浆工程量32613. 4m。帷幕灌浆最小单位注水水泥量为11. 16kg/m, 最大单位水泥注入量为83. 1kg/m, 平均单位注入水泥量为52. 41kg/m, 帷幕灌浆段地层具有一定的可灌性, 但总体可灌性一般。从灌后检查孔施工情况看, 检查孔芯样完成、岩芯采取率

高、地层被水泥浆液置换充填率高, 通过抗压强度检测28天芯样强度约3Mpa, 结石强度满足规范要求, 能够满足大坝蓄水后的防渗要求。灌后检查孔压水试验透水率最大值为2. 33Lu、最小值为0. 08Lu, 灌后检查孔透水率全部达到设计要求的小于3Lu的要求。

5 结束语

通过恩度大坝套阀管灌浆施工效果看, 采用套阀管帷幕灌浆施工工艺进行此类地层的灌浆是可以解决覆盖层坝基帷幕灌浆的难题, 对大坝防渗设计与施工具有较高的推广应用价值。灌浆质量满足欧洲灌浆标准Execution of special geotechnical work—Grouting《BS EN 12715:2020》^[6]相关要求, 大坝初期蓄水效果显著, 下游未发现渗漏水情况, 为大坝建成后的顺利蓄水提供了有利条件。大坝建成后, 可较大程度缓解当地居民及畜牧等提供生产生活用水困难, 保障其基本生活、农业灌溉和畜牧业。

[参考文献]

[1]水电水利工程施工覆盖层灌浆技术规范:DL/T 5267-2012[S].
[2]吕昌红.浅议水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[J].甘肃农业,2006(11):395-396.
[3]BS EN ISO 22282-1:2012《Geotechnical investigation and testing—Geohydraulic testing》.
[4]BS EN 12716-2018《Execution of special geotechnical work—Jet Grouting》.
[5]BS EN 12715-2020《Execution of special geotechnical work—Grouting》.

作者简介:

邬家春(1987--),男,汉族,四川省泸州市合江县人,本科,工程师,长期从事房屋建筑工程基础处理和水利工程相关技术岗位工作。