

浅析南水北调渠堤高填方段锥探灌浆施工技术应用

张贺强

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 成都 610072)

摘要:本文针对南水北调中线漳古段 SG09 标渠道路基高填方段锥探灌浆施工关键技术进行了分析,总结出渠堤粘土锥探灌浆技术要点,以供类似工程参考。
关键词:锥探灌浆;注水试验;制浆;灌浆压力;防渗
中图分类号:TV7;TV52**文献标识码:** B**文章编号:**1001-2184(2018)01-0107-04

1 概述

南水北调中线漳古段 SG09 标起自河北省邢台市内邱县中宅阳村,止于内邱县西邵明村,桩号 133 + 870 ~ 145 + 580,标段全长 11.71 km。其中渠道总长 11.023 km,填方段长 8.037 km,渠堤顶宽为 5 m,最大填筑高度 7.4 m,平均填高 5 m,渠道堤身压实度不小于 0.98。渠道主体施工完成后,将原设计方案为高填方渠段衬砌板分缝防渗涂料进行设计方案优化,优化后方案为高填方段采取锥探灌浆措施增强渠段的抗渗能力。

通过对南水北调中线漳古段 SG09 标高填方段路基粘土锥探灌浆施工技术要点的总结和分析,锥探灌浆主要控制好泥浆比重、泥浆粘度、孔口灌浆压力、灌浆时间、灌浆压力,因此锥探灌浆中各环节质量控制直接影响渠道路基的防渗效果。

2 施工规划

2.1 施工方案设计

根据设计方案优化,沿线锥探灌浆渠段共 12.983 km(左右渠堤),详桩号及工程量见表 1。

表 1 锥探灌浆工程量表

序号	部位	桩号	长度 /m	备注
1		133 + 966.00 ~ 136 + 303.00	2 337	
2	左堤	136 + 816.00 ~ 138 + 197.00	1 381	
3		138 + 573.00 ~ 140 + 680.00	2 107	
4		133 + 966.00 ~ 136 + 303.00	2 337	
5	右堤	136 + 816.00 ~ 138 + 347.00	1 531	
6		138 + 590.00 ~ 141 + 590.00	3 000	
7		141 + 790.00 ~ 142 + 080.00	290	
合 计			12 983	

根据实测原始地面横断面图所示,锥探灌浆渠段渠堤填筑高度 3 ~ 7.8 m,堤顶 ~ 堤基以下 2 m 范围内无地下水。

根据现场通过试验得出最佳施工参数(布孔间距、孔口灌浆压力、灌浆时间、注水试验、灌浆量等)以及选择合适的灌浆机具,锥探灌浆优化后设计方案如下:

布孔:锥探灌浆孔沿渠道轴线方向布置在距堤顶迎水面(渠道上开口线)1.2 m 处,共 1 排,孔距 3 m,孔深入堤基下不小于 2 m。

灌浆压力:灌浆管管口距孔底 0.5 ~ 1 m,灌浆时孔中压力应不大于 50 kPa(以孔口回浆管安装的压力表为准)。灌浆不得对衬砌面板产生影响,不允许出现堤身劈裂现象。

成孔工艺、制浆材料、浆液性能以及灌浆技术要求形成《锥探灌浆试验大纲》。

(1) 注水试验。严格按《水利水电工程注水试验规程》(SL345 - 2007)的试验方法执行(与设计沟通,仅灌浆前作注水试验)。根据我方锥探灌浆试验施工经验,按注水试验止水段长度 1 m,注水测试段长度 L 按 $2\text{ m} \geq L \geq 1\text{ m}$ 考虑,并结合设计要求“注水试验孔孔底距渠堤基面距离 $\geq 2\text{ m}$ ”,则设注水试验孔处渠堤填筑高度 $\geq 4\text{ m}$,根据实测原地面渠道横断面图,由于锥探灌浆渠段渠堤填筑高度局部约为 3 m。若严格按设计要求“注水试验孔间距 100 m 左右”布置注水孔,可能出现锥探灌浆注水孔穿透渠堤的现象,为此注水试验孔布置原则为:首先保证注水试验孔频率为 1 个/100 m,以每 100 m 渠段一个注水孔并布置在渠段中央为布置原则,相邻两个 100 m 渠段间

注水孔间距尽可能地按 100 m 等距控制;若按 100 m 等距布置注水孔出现孔深穿透填筑堤身情况时,则该注水孔在对应 100 m 渠段范围内调整位置至满足孔深的部位。

(2) 根据此排灌浆孔的灌浆情况,设计单位再确定是否进行灌浆孔加密。

(3) 孔深规划:按“孔深入堤基下不小于 2.0m”为原则,沿渠分段,每段钻孔深度等长原则布置孔深。具体根据实测原地面渠道横断面图,当某渠段中各横断面钻孔位置填筑高差≤70 cm 时,按各横断面中“最大填筑高度+2 m”作为该渠段钻孔深度。灌浆泥浆容重按 12.5~13.5 kN·m³ 控制,封孔泥浆容重≥15 kN·m³。

(4) 其他未尽事项严格执行《土坝灌浆技术规范》(DL/T5238-2010)。

2.2 施工安排

因施工周期只有 13 天,施工工期紧工作量大,施工组织以内磨铁路倒虹吸为界,分成南北两段,同时安排两个灌浆作业队,每个作业队按 500 m 为一段分成若干个班组同时施工,均先进行左堤锥探灌浆,待沥青路面完工后在沥青路面上施工右堤,以避免灌浆施工影响右堤沥青路面铺设。本项目注水试验目的为检测灌浆前渠堤渗透系数,故为灌浆前注水试验,在灌浆前进行。

考虑当时主体工程已全部结束,渠道沿线用电线路基本拆除,用电不方便,锥探灌浆用电采用 50 kW 柴油发电机供电,采用地质钻钻孔,泥浆搅拌机拌泥浆,BW-160 注浆泵 5~6 个孔同时注浆。因跨渠桥梁影响,锥探灌浆左右渠段被桥梁共分成了 27 段,各渠段间机械设备采用双排座汽车转场。

2.3 灌浆材料选择

(1) 粘性土;选用外购膨润土,并送检合格后使用,力学性能见表 2。

表 2 灌浆土料物理力学性能		
项 目	数 值	备 注
塑性指数 /%	10~25	
粘粒含量 /%	20~45	
粉粒含量 /%	40~70	
砂粒含量 /%	<10	粒径小于 0.5 mm
有机质含量 /%	<2	
可溶盐含量 /%	<8	

(2) 水:采用营地生活区用水,洒水车运送到现场,水质应满足设计要求。

(3) 泥浆浆液

泥浆浆液的物理力学性能指标要求如表 3,现场检验。

表 3 浆液物理力学性能表

项 目	数 值	备 注
容重 /kN·m ⁻³	13~16	
粘度 /s	30~100	1006 型漏斗粘度计
稳定性 /g·cm ⁻³	<0.1	
胶体率 /%	>80	
失水率 /cm ⁻³ ·30 min)	10~30	

3 锥探灌浆施工

3.1 注水渗透试验

注水试验按照《水利水电工程注水试验规程》(SL345-2007)的试验方法要求执行,方法为钻孔常水头注水试验。由灌浆队伍专业人员操作完成。本工程锥探灌浆渠段为无地下水渠段,采用纳斯别尔格公式计算。公式如下:

$$K=\frac{0.432Q}{h^2}\lg\frac{2h}{r}$$

式中 K 为岩土体的渗透系数,cm/2;Q 为稳定注水量,cm³/s,(cm³/s 由流量单位 L/min 转换而来);h 为试验水头,cm;R 为钻孔或过滤半径,cm;

基本观测时间为 2 小时。

注水试验孔采用地质回转钻机干法造孔,孔径 75 mm,孔位为两灌浆孔中间;孔底沉淀物厚度不大于 10 cm;注水孔总深按 2 m、2.5 m、3 m 共 3 种深度控制,钻至预定深度后,采用专用封孔器封孔,以保证止水可靠,止水段长度 1 m,测试段长度 1~2 m,即孔深-1~-3 m 段。注水试验孔不能与锥探灌浆孔重合。

试段隔离后,用带流量计的注水管及带刻度量筒向套管内注入清水,套管中水位高出地下水位一定高度(或至孔口)并保持固定,测定试验水头值。保持试验水头不变,观测注入流量。注水试验用水均采用营地生活区用水,洒水车运送到现场。

流量观测符合下列规定:(1)开始 5 次流量观测间隔为 5 min,以后每隔 20 min 观测一次。(2)当连续两次观测流量之差不大于 10% 时,即

可结束试验,取最后一次注入流量作为计算值。
(3)当试段漏水量大于供水能力时,随时记录最大供水量。

3.2 锥探灌浆

施工工艺流程为:测量→布孔→造孔→制浆→灌浆→复灌→封孔。

3.2.1 测量

施工前由测量人员按施工方案及设计要求测放出不同孔深段起止桩号,并用红油漆标示在渠道混凝土护肩上。

3.2.2 布孔

用钢尺于现场测放,打木桩标示,并对灌浆孔进行编号。灌浆孔共一排,沿渠道轴线布置于距堤顶迎水面(渠道上开口线)1.2 m 处,间距 3 m,孔伸入堤基下不小于 2 m。

3.2.3 造孔

采用地质钻顺渠道轴线方向分段,干法钻孔,一次成孔,成孔孔径 75 mm。造孔保证铅直,水平尺控制机台平整度,孔倾斜度不大于 2%,孔位偏差 不大于 10 cm。所有钻孔编号、孔深、孔斜度按 要求严格执行控制。钻孔过程中做好钻孔的记录 和描述。成孔在灌浆前必须采用封堵等方式保 护,防止杂物掉入或堵孔。

对于右岸堤顶为沥青路面,在每个钻孔位置 采用切割机将沥青按 10 cm × 10 cm 切除,灌浆完 成后熬制合格沥青补空。

3.2.4 制浆

(1)制浆采用立式拌浆机拌制,搅拌成浆后 先筛除大粒径和杂物,灌浆前再通过 36 孔/cm² 筛网过滤。筛选过的细浆流入下设的拌浆筒内, 继续搅拌,防止浆液沉淀。

(2)各项浆液指标应满足设计要求,灌浆过 程中浆液密度每小时检测 1 次,浆液稳定性和胶 体率每 10 天检测 1 次,如浆液材料发生变化,应 增加检测频率。

结合本工程试验段膨润土泥浆配比试验,本 段泥浆配比详见表 4。制浆用水均采用营地生活 区用水,洒水车运送到现场。初灌泥浆按容重 12.5 ~ 13.5 kN · m⁻³ 制作,存储。复灌泥浆容重 ≥15 kN · m⁻³。

3.2.5 灌浆

(1)灌浆压力:采用灌浆机纯压式自下而上

灌浆,孔口压力应不大于 50 kPa。

表 4 膨润土泥浆配比实验表

序号	水 /g	Ca 基膨润土 /g	Na 基膨润土 /g	容重 /KN · m ⁻³	粘度 /s
1	1 200	540	200	13.4	34
2	2 000	1 650	360	15.2	35

(2)采用“先稀后稠、孔底注浆、少灌多复”的 施工方案,分序灌注。根据本管工艺性施工方案 初灌泥浆按容重 12.5 ~ 13.5 kN/m³。

(3)泥浆流量的测定。现场灌浆试验时,采 用自制有刻度泥浆桶量出泥浆的体积,在一定的 灌浆压力和泥浆容重下,测出在一定的时间内的 灌浆量。然后计算出泥浆平均流量,以便测定现 场施工时的灌浆量。

(4)灌浆方法:采用自下而上进行灌浆,钻孔 至设计深度,提出钻具。在钻孔中下入直径比钻 孔略小的灌浆管,在距离孔底 0.5 ~ 1 m 处,灌浆 管与钻孔孔壁要结合紧密,防止灌浆时浆液沿孔 壁上行至堤顶冒浆。采用“少灌多复”的方式,开 始时先用流动性稍大的稀浆灌注,然后逐渐加大 到规定的泥浆浓度,继续灌浆。复灌时采用浓度 较大的泥浆,浆按容重不低于 15 kN/m³。复灌时 间间隔和复灌次数可根据前次复灌的吃浆量确 定。每次最大灌浆量应根据实际情况进行控制, 每孔灌浆次数通过试验确定。对吃浆量大的灌浆 孔限制每次吃浆量,延长灌浆时间,采用小注入 量、排量大的泵可同时灌注多孔。为保证灌浆质 量,每孔需少灌多复几次(连续不少于 2 次),每 孔灌浆时,应该一次连续灌满。

3.2.6 灌浆结束标准及封孔

(1)当浆液升至孔口、经连续三次复灌不吃 浆(50 kPa 压力,持续 10 min 时间)即可终止灌 浆。

(2)当长期达不到结束标准时,报请监理人 共同研究处理措施。

(3)灌浆完毕,应及时进行封孔,方法为将灌 浆管拔出,向孔内注满密度大于 15 kN/m³ 的稠 浆。如果浆液面下降,则应继续灌注稠浆,直至浆 液升至孔口不再下降为止。

4 质量控制

为保证渠堤灌浆质量和渠堤安全,检验灌浆 效果,灌浆过程中应有观测人员负责观测工作,全

面控制灌浆质量,及时发现和解决问题。

(1)渠堤变形观测

横向水平位移监测沿堤轴线方向每隔 10 ~ 20m 设一组观测标点,至少在渠堤顶内外侧堤前各设一个观测标点;竖向位移桩与水平位移桩相结合,并同时进行观测,灌注前至少应观测 2 次,灌注期间每天观测 1 ~ 2 次,非灌注期间每 5 天观测 1 次。

(2)灌浆压力和灌浆量观测

灌浆压力观测,在注浆管上端安装压力表,压力表读数增大不进浆,说明输浆管堵塞。可用水冲开管路,同时严格泥浆过滤,保证浆液的合理指标。

灌浆量一般采用泥浆流量和灌浆时间来控制。冒浆观测,灌浆期间要有专人经常巡视渠道衬砌面板、外堤坡。如发现冒浆,应停止灌浆并及时处理,同时做好相应记录。

5 结 语

通过对高填方段防渗方案优化,采用锥探灌

浆措施至今本渠堤未出现渗水现象。对于锥探灌浆来说,灌浆的布孔间距、泥浆粘度、孔口灌浆压力、灌浆时间、注水试验、灌浆量等参数对施工过程中的质量控制起关键性的作用,有效的指导施工,从而满足设计及规范要求,节约了工期,提高了质量,降低了经济成本,值得今后类似工程借鉴。

参考文献:

[1] 《水工混凝土施工规范》(DL/T5144-2001).
[2] 《水利水电工程注水试验规程》(SL345-2007).
[3] 《土坝灌浆技术规范》(DL/T5238-2010).
[4] 《土石坝安全监测技术规范》(SL60-94).
[5] 《堤防工程施工规范》(SL260-98).
[6] 《堤防工程施工质量评定与验收规程》(试行)(SL239-1999).

作者简介:

张贺强(1983-),男,河南新郑人,河海大学水利水电工程专业毕业,工程师,注册一级建造师,从事水利水电工程和桥梁工程施工与技术管理工作。

(责任编辑:姚国寿)

国内最高心墙堆石坝 2017 年长高超过 60 米

2017 年,在中国电建旗下水电五局和水电十二局组成的“两河口水电站一二·五联合体”数千名建设者的共同努力下,国内最高心墙堆石坝“长”高 61.7 米。两河口水电站拥有 295 米的坝高,工程建成后将成为我国最高的心墙堆石坝,比美国胡佛水坝还要高 50 米,大坝总填筑方量约 4 244 万立方米。

中国电建成功预警大渡河猴子岩水电站山体滑坡事故

1 月 30 日,大渡河猴子岩水电站发生山体滑坡,因中国电建水电七局安全监测人员的监测发现并及时预警,成功避免了滑坡造成的人员伤亡和财产损失。1 月 17 日 19 时至 18 日凌晨 6 时,大渡河猴子岩水电站上游库区约 14.5 公里处开顶变形体冲沟处发生的 7 次高位岩体崩塌。在滑坡事故发生前,当天下午 15 时 21 分,水电七局 GNSS 自动化监测成果反映该变形体部分监测点变形值超过 20 毫米/天,根据监测数据,建设单位立即启动Ⅱ级预警响应,对省道 S211 进行交通管制,禁止一切人员和车辆通行。因此,滑坡造成省道 S211 断道,但没有造成人员伤亡和财产损失。

四川:清洁能源发电量占总发电量八成以上 水电装机全国第一

1 月 28 日从正在召开的四川省两会上获悉,四川省 2017 年水电装机容量达 7 564 万千瓦、稳居全国第一,清洁能源发电量占总发电量的 88%,初步建成国家重要的清洁能源基地。近年来,四川省依托省内丰富的水力资源,初步建成了全国最大的水电生产和外送基地。同时,四川还主动适应当前全国电力行业形势,优化水电开发思路,“十三五”期间严格控制中型水电项目核准,全面停止小型水电项目开发。据国网四川省电力公司相关人员透露,去年四川外送水电 1 389.52 亿千瓦时,相当于为受电地区节约标煤 5 000 多万吨,减少二氧化碳、二氧化硫排放分别超过 1.3 亿吨、125 万吨。

乌东德首台 800 兆帕级高强钢蜗壳完成全部安装焊接

近日,乌东德左岸地下电站主厂房 6 号机组的蜗壳完成全部安装焊接。乌东德工程左岸地下电站蜗壳采用 800 兆帕级高强度钢板制造,是国内首次将该等级钢板应用于大型水轮发电机组蜗壳。6 号机蜗壳于 2017 年 7 月 5 日开始首个定位节安装,到最终完成蜗壳盘形排水阀安装焊接及无损检测、防腐,历时约 6 个半月。