

# 控制性灌浆工艺在老挝南立 1 水电站 围堰防渗中的应用

黄俊杰, 胡 鸣, 张卫东

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘 要:**围堰作为水利水电工程中重要的围护结构,其防水防渗能力的好坏影响着工程项目的开展。结合老挝南立 1 水电站围堰防渗处理,阐述了控制性灌浆技术在围堰基础防渗处理中的应用,简要分析了控制性灌浆的灌浆设计以及其在实际工程项目中的施工应用。

**关键词:**南立 1 水电站;控制性灌浆;围堰防渗;孤块石地层

**中图分类号:**TV7;TV52;TV543

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2019)02-0032-03

## 1 工程概述

南立 1 水电站位于老挝万象省北部 Phon-Hong 区的 Nam Lik 河上,电站距离上游南立 2 水电站直线距离约 33 km。电站为河床式电站,最大坝高 47.67 m,设计正常蓄水位高程 195 m,水库最低运行水位高程 191.5 m,电站装机容量为 64.72 MW。

电站下游围堰地处河床中央,兼顾基坑挡水及过河通道功能,早期韩国的施工单位采用大块石及黏土进行围堰填筑并用钢板桩进行围堰防渗。但由于堰体底部存在大量的孤石,渗漏通道难以封闭,且随着河水长期不停冲刷、掏空,进一步加剧了堰体渗水,严重影响到基坑的开挖以及后续工作的顺利开展,因此,围堰防渗处理势在必行。

## 2 防渗工艺的选择

目前水电站基础防渗采取的工艺以高喷防渗墙、混凝土防渗墙、控制性灌浆、喷灌结合防渗墙等为主,几种工艺各具优劣。

高喷防渗墙适用于淤泥、淤泥质土、粉土、砂土、碎石土等地基基础的防渗和加固处理;对基岩和碎石土中含有卵石、块石、漂石呈骨架结构的地层以及地下水流速过大和已涌水的地基工程适用性差,应慎用。

混凝土防渗墙一般适用于黏土、砂土、淤泥和卵石粒径小于 100 mm 的砂砾石地层;对松散漏失及涌水的地层,其槽孔护壁困难,成槽难度大,

应慎用。

控制性灌浆技术地层适应性强,灌浆中加入膨胀及速凝材料后,对漏失地层具有较好的处理效果。

喷灌结合防渗墙技术综合了高喷防渗墙与控制性灌浆技术的特点,具有地层适应性强,防渗效果好等优点;但其施工难度大,设备人员投入大。

结合本工程围堰基础底部多孤石且存在大量渗水通道的地质特点,综合考虑施工工期、防渗能力、施工质量控制及经济效益等指标,最终决定采用控制性灌浆工艺进行围堰防渗处理。

## 3 控制性灌浆方案的设计

### 3.1 孔位布置

结合下游围堰现场实际情况,首先进行下游围堰素混凝土子围堰漏水的处理。沿素混凝土子围堰共布置了 7 排控制性灌浆孔,其中子围堰槽口位置布置了 4 排,孔距预先设置为 1~2 m,再根据现场初灌情况设置具体的孔距。要求终孔深度应深入地层 15 m。灌浆过程中先灌迎水面排,再灌背水面排,最后灌中间排。

主围堰控制性灌浆孔上下交错布置两排,每排 26 个孔,每孔深 15 m;根据灌浆后的实际情况,再对漏水汇集处进行加密处理。

### 3.2 灌 浆

本工程控制性灌浆先灌注迎水面排,再灌背水面排。同排孔分两序施工,即先施工 I 序孔,再施工 II 序孔。灌浆时,将迎水面的灌浆孔灌浆压力控制在 0.2~0.3 MPa;将背水面的灌浆孔灌浆

收稿日期:2019-03-07

压力控制在 0.3~0.6 MPa。

对于渗水通道大而密集的部位采取加密、反复灌浆的处理方式。处理过程中,必要时灌注水泥砂浆、掺外加剂(水玻璃等)或膨胀性材料以达到更好的阻水防渗效果。

#### 4 控制性灌浆施工

##### 4.1 钻孔

子围堰控制性灌浆钻孔采用地质钻机造孔,根据现场施工实际情况,子围堰槽口混凝土浇筑后,上吊地质钻机于混凝土上钻加密孔。

主围堰控制性灌浆钻孔采用地质钻机潜孔锤偏心跟管钻进,钻孔孔径为 127 mm,套管采取螺纹连接,钻进、扩孔、跟套管护孔连续完成。

钻进过程中,详细、准确记录钻孔时遇到的各种现象,根据返渣情况、钻进速度、钻压以及冲击器运行情况判断地下水位、漂(孤)石的分布、埋深,地层的架空、漏失与串通,动水及地下承压水等的分布状况,为后续灌浆提供依据。

##### 4.2 灌浆方法

(1)子围堰。实际灌浆施工中,由于子围堰槽口底板混凝土下游 2~3 m 处存在大量渗水通道,渗水量大、流速快。故在子围堰槽口混凝土浇筑前,先采取浅孔注浆并掺入水玻璃、细砂、豆石等灌浆堵漏材料。当该部位渗水量减小、待凝一段时间后进行二次造孔,余下的孔段采用孔口封闭、孔内循环法进行加压灌浆。

子围堰槽口混凝土浇筑后,上吊地质钻机于槽口混凝土上进行灌浆施工。采用孔口封闭、孔内循环灌浆法进行双液灌浆(水泥浆液+水玻

璃)。灌浆过程中,分序、分段并逐次加深,直到孔深达到设计深度且渗水得到很好的控制后结束该部位控制性灌浆施工。

(2)主围堰。主围堰控制性灌浆孔钻孔完毕,向孔内下入一根灌浆花管,花管采用  $\varphi 80$  PVC 花管,管底部切割布置水口,花管下设完毕,起拔套管,然后采用孔口封闭、孔内循环法进行双液灌浆(水泥浆液+水玻璃)。

实际灌浆施工过程中,由于主围堰底部存在大量孤石且其主要由黏土以及碎石填筑而成,存在大量的渗水通道,渗水量大,灌浆过程中存在大量漏浆,无法采取孔口封闭孔内循环法有效灌浆。于是,在主围堰第一阶段处理过程中,主要采取孔口注浆并掺入水玻璃、砂、豆石等灌浆堵漏材料并结合限流、待凝等灌浆方法的方式进行处理。当渗水量减小后,再采用“孔口封闭孔内循环法(纯压式)”进行双液灌浆(水泥浆液+水玻璃)。第一阶段处理后,围堰渗水主要汇集于中部位置(河床正中附近)。第二阶段,于渗水汇集处加密设置一排灌浆孔。灌浆前于渗水汇集处扎一小围堰,通过小围堰平衡压力的作用并结合第一阶段的处理方式灌浆。第二阶段处理后,渗水得到了很好的控制。第三阶段,为保证围堰较小的孔隙得到填充,对渗水汇集处再设置了一排加密孔进行灌浆处理。

##### 4.3 浆液配比

灌浆施工中,水泥浆与水玻璃比可根据实际情况选用 1:0.5、1:1 等配比,水泥-水玻璃浆液不同条件下的胶凝时间见表 1。

表 1 水泥-水玻璃浆液不同条件下的胶凝时间( $M=3$ )表

水玻璃浓度	$Be'=30$	$Be'=35$	$Be'=40$	W:C(质量比)
水泥浆:水玻璃	1:0.5	27"	29"	0.6:1
	1:1	50"	56"	
	1:0.5	31"	37"	0.8:1
	1:1	56"	1'12"	
	1:0.5	40"	27"	1:1.0
	1:1	1'12"	1'26"	

##### 4.4 灌浆结束标准

根据迎水、背水面灌浆孔的实际施工情况,分别采用不同的灌浆结束标准。

(1)迎水面灌浆孔:采用限量灌浆控制结束标

准或设计压力及注入率结束标准,当单位耗灰量达 1 000 kg/m 时,可结束灌浆;或当灌浆压力达到设计灌浆压力且吸浆量小于 5 L/min 时,持续灌注 15~20 min 即可结束。

(2)背水面灌浆孔:当灌浆压力达到设计灌浆压力且吸浆量小于5 L/min时,持续灌注15~20 min即可结束灌浆。

#### 4.5 封孔

灌浆孔灌浆结束后,在验收合格24 h后用水泥砂浆进行封填并将孔口压实抹平。

#### 5 结语

南立1水电站下游围堰经采用控制性灌浆防渗处理后,围堰大渗水的情况得到了根本性的控制,防渗效果良好,为基坑开挖及整个项目后续工作的顺利展开打下了坚实基础。

控制性灌浆技术具有工期短,场地适应能力强,地层适用范围广,防渗效果好等优点,在围堰、堤岸等孤石含量高、块径大、地层破碎、空间受限

(上接第3页)

数和施工工艺,使其更具有适应性。但该规范也有使用的具体环境和条件,要将该规范中的内容要求应用到国内水电灌浆工程中还需要做大量的研究分析以及验证试验工作。虽然目前其在国内施工中存在较大争议,但因其操作和执行起来非常简单,相对于国内灌浆规范在某些方面宽松得多,利于控制成本,提高工效,缩短施工工期。笔

等地层或区域的防添加固领域具有广泛的应用前景,值得类似工程参考借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 胡平均.湖南株溪口电站土石围堰控制性灌浆施工工艺[J].科技信息,2009,22(13):659.
- [2] 于明鑫,颜秉仁,等.控制性水泥灌浆在土石围堰防渗中的应用[J].广西水利水电,2008,36(3):63-65.
- [3] 石建成,李连喜.控制性灌浆在某工程土石围堰防渗中的应用实践[J].西部探矿工程,2011,22(4):8-14.

#### 作者简介:

黄俊杰(1992-),男,福建福州人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工

胡鸣(1993-),男,四川遂宁人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工

张卫东(1971-),男,四川都江堰人,技术员,从事水利水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

者相信:通过不断深入进行研究比较,在不久的将来,还是有机会将两者融合起来的。

#### 作者简介:

陈秉政(1968-),男,四川资阳人,工程师,从事水利水电工程施工技术及商务合同管理工作;

邓树密(1971-),男,四川广安人,教授级高级工程师,从事水利水电、房屋建筑、市政工程施工技术与管理工

廖聪(1992-),男,四川眉山人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术及管理工

(责任编辑:李燕辉)

## 行业分析:当前抽水蓄能发展关键问题及趋势研判

2018年,能源供给侧结构性改革深入推进,煤电产业结构持续优化,新能源消纳情况进一步好转。其中,电源结构的优化调整、电网安全的可靠保障以及电力行业效率的持续提升都离不开抽水蓄能电站对“源—网—荷”三侧的有效支撑。近期,我国新开工5座抽水蓄能电站,总装机容量600万千瓦并计划于2026年相继投产,抽水蓄能电站建设迎来机遇期,在能源领域供给侧改革推进中必然大有可为。同时,抽水蓄能亟需解决发展中的一系列关键问题。截至2018年底,我国抽水蓄能水电站装机2999万千瓦,在建规模4305万千瓦。从实际运行情况看,抽水蓄能水电站面临一系列问题。一是当前“源—网—荷”协调发展水平有待提升,抽蓄电站的精准规划和合理布局难度增加;二是抽蓄电站成本疏导存在困难;三是在抽蓄电站开发需求大的地区,站址资源不足。抽水蓄能电站发展形势研判:

(一)经济社会可持续发展将为电源建设提供较大空间。随着我国城镇化水平、工业化水平、电能替代水平的提升,我国电力需求将持续增加,预计2030年全社会用电量需求将达到11万亿千瓦时,电源建设仍有较大需求。目前,我国抽蓄电站装机比例与世界发达国家相比存在较大差距,日本在役抽蓄装机占总电源装机的比重最高,达到8.5%,其次为意大利、西班牙、德国、法国,比重为3.5%~6.6%之间。我国在新能源装机快速发展的情况下,2018年底抽蓄电站装机占比仅为1.6%。(二)当前是清洁能源并网和特高压输电通道发展的关键期,电网平衡能力不足、安全可靠性下降等问题突出,抽水蓄能电站是解决当前电网安全可靠运行的重要手段之一:一是新能源与核电并网运行,导致电力系统调节能力下降,电网平衡能力受到挑战。一方面,新能源发电具有随机性和波动性,多呈现“反调峰特性”。预计2035年新能源日最大功率波动可达6亿千瓦,将给电网带来15%~30%反调峰压力。二是特高压输电通道发展,需要大型灵活性电源提供快速功率备用。我国未来还将陆续投建数条特高压工程,以实现能源资源在全国范围内的大规模优化配置。对于多直流馈入的受端电网,电网大功率缺失后,有功潮流将大范围转移,转移功率与相关断面正常输送功率叠加,会造成主要断面或局部设备长时间过载,甚至导致系统功角失稳,电网频率特性呈恶化趋势,有功控制压力激增,亟需在受端地区布局大型快速灵活性电源,抽蓄电站是最优选择之一。

(能源研究俱乐部 2019年4月18日)