

# 毛尔盖水电站深大调压竖井水平固结灌浆 施工技术探讨

高永民, 侯丽君, 罗英

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川成都 610072)

**摘要:**介绍了毛尔盖水电站深大调压竖井工程采用的水平固结灌浆施工技术, 对该项目成功应用的同步灌浆平台及高空作业电动吊篮等创新技术进行了详细分析与探讨, 可供类似深大竖井工程的开挖、支护、混凝土浇筑和灌浆等借鉴。

**关键词:**毛尔盖水电站; 深大调压竖井; 高空作业; 同步灌浆平台; 电动吊篮

**中图分类号:** TV7; TV52; TV543

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2019)02-0014-03

## 1 工程概述

毛尔盖水电站位于四川省阿坝藏族羌族自治州黑水县境内的黑水河中游, 电站为引水式单一发电工程, 工程规模为大(2)型, 电站利用落差260 m, 设计装机容量420 MW。毛尔盖水电站调压竖井工程井筒采用钢筋混凝土衬砌, 开挖直径为26 m, 衬砌后的内径为22 m, 衬砌厚度为2 m。底部高程2 012.5 m, 顶部井口高程2 183.5 m, 井身高度为171 m, 阻抗孔直径为3 m。调压竖井容水容量为63 862.3 m<sup>3</sup>, 规模巨大, 号称“亚洲第一井”。

调压井段的基岩为中厚层状石英砂岩夹深色薄层含炭绢云母千枚岩。井口以下0~30 m段为强卸荷岩体, 岩体松弛, 完整性差, 呈碎裂结构及散体结构, 围岩类别为V类; 30~70 m段为弱风化岩体, 较破碎, 呈镶嵌-碎裂结构, 以IV类围岩为主; 70~171 m段为微新岩体, 完整性中等, 呈块裂-镶嵌结构, 以III-2类围岩为主。

该工程调压井井筒设计采用水平方向固结灌浆, 环间距(高度方向)为3 m, 每环(圈)布置27个固结灌浆孔, 孔深要求深入基岩12 m。固结灌浆实施范围为高程2 183~2 026 m, 总长度为157 m, 共布置灌浆孔53排, 累计钻孔20 034 m, 灌浆17 172 m。

## 2 固结灌浆采用的施工技术

### 2.1 施工准备

#### (1) 预埋灌浆管。

采用 $\phi 60$ 钢管作为预埋管, 预埋管管口装有

埋管弹簧, 钢管预先穿过钢筋并固定好, 埋管弹簧压缩在模板内, 滑模模板滑过时预埋管通过弹簧弹出后即可精确找到预埋管管口。

(2) 同步灌浆台车及载人电动吊篮的安装与调试。

由于调压井井筒直径大、高度深, 脚手架搭设工程量大、耗时长、成本高, 项目部经论证后决定采用同步灌浆台车代替脚手架搭设方案。同时, 为避免人员上下与灌浆施工间的冲突、加快施工进度, 项目部设计并定制了载人专用电动吊篮。

升降式同步灌浆台车主要用于井壁水平固结灌浆造孔及灌浆施工。平台(自重20 t)可承载一定的活荷载(10 t)并通过调压井顶部设置的5台卷扬机的牵引实现上下移动, 台车上下移动时, 依靠井壁边平台上安装的防摩阻轮起到水平限位作用, 以免台车被卡住。

台车组装在调压井内阻抗孔平台高程2 026 m处进行安装, 安装完毕, 由专业人员进行调试。调试完成后进行荷载试验, 最后邀请专家、安监部门、建设单位等联合验收并备案。

载人电动吊篮的施工及验收程序同灌浆台车, 单次载人数量不超过6人。

#### (3) 关键工序采用的安全保障措施。

在同步灌浆平台工作时, 特别安装了五个丝杆千斤顶进行水平定位, 竖向定位除采用卷扬机钢绳稳住平台外, 另外增加了五个5 t手动葫芦将平台与调压井壁预埋的灌浆管安装的挂拉架拉紧, 使灌浆平台更加稳定。

在高空作业电动吊篮工作时, 除了增加配重、

更换钢丝绳外,另外增加了六副安全绳(配安全锁),配备双重保险以提高安全性。

## 2.2 施工工艺

### (1) 施工流程。

固结灌浆采用由低到高、环间分序、环内加密的原则进行。单个孔的固结灌浆施工流程见图1。

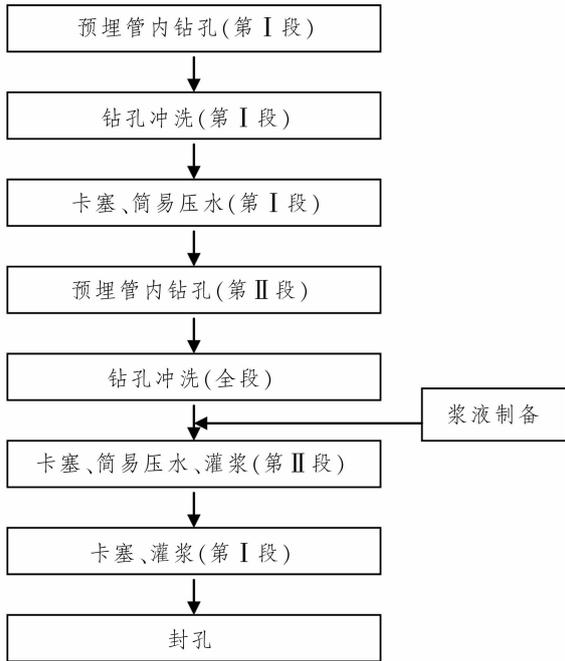


图1 单个孔固结灌浆施工流程示意图

### (2) 固结灌浆试验。

在正式实施生产性灌浆前,首先进行灌浆试验,通过比较灌前灌后的透水率,验证原灌浆施工的设计参数是否合理并提出合理的灌浆参数,用以指导后续施工。

### (3) 钻孔。

选用 YGZ-80 圆盘钻造孔,成孔直径为 60 mm。钻孔分两序,先施工 I 序孔,再施工 II 序孔,采用自上而下分段钻孔、冲洗及压水。

### (4) 钻孔的冲洗。

固结孔在灌浆前必须进行钻孔和裂隙冲洗。采用风水联合方式进行钻孔冲洗,即从孔底向孔外冲洗。裂隙冲洗的水压采用 80% 的灌浆压力;压力超过 1 MPa 时则采用 1 MPa。裂隙应冲洗至回水澄清后 10 min 结束且总的的时间要求为:单孔不少于 20 min,串通孔不少于 30 min。

### (5) 压水试验。

固结灌浆孔灌浆前的压水试验应在裂隙冲洗后选择有代表性的孔进行,试验孔数为总孔数的 5%,试验采用单点法,其余孔段可结合裂隙冲洗进行简易压水,压力为灌浆压力的 80%;若压力大于 1 MPa 时,采用 1 MPa;压水 20 min,每 5 min 测读一次压水流量,取最后的流量值作为计算流量,其成果以透水率表示。

### (6) 浆液的制备及供浆。

在调压竖井施工平台外侧适当的位置设置集中制浆站,拌制水灰比为 0.5:1 级纯水泥浆液,通过输浆泵、输浆管路送至灌浆工作面,各施工机组将其调配成所需要的水灰比进行灌注。

### (7) 灌浆。

① 灌浆方法。灌浆采用自下而上分段、卡塞纯压式灌浆,单个孔分两段,第 I 段为 0~6 m、第 II 段为 6~12 m。

② 浆液水灰比与变浆原则。灌浆全过程采用灌浆自动监测仪监控、记录并打印出灌浆原始记录。

固结灌浆水灰比采用 3:1、2:1、1:1、0.8:1、0.5:1 等五个比级,一般情况下开灌水灰比为 3:1,实际施工时需根据压水情况做进一步调整。

变浆原则同灌浆规范相关章节要求。

③ 灌浆压力及结束标准。调压井高程 2 183~2 130 m 的灌浆压力为 0.6 MPa,高程 2 130~2 090 m 的灌浆压力为 1 MPa,高程 2 090~2 050 m 的灌浆压力为 1.5 MPa,高程 2 050 m 以下的灌浆压力为 2 MPa。

固结灌浆各灌浆段的结束标准:在设计规定的压力下,当注入率不大于 1 L/min 时,继续灌注 30 min,灌浆即可结束。

对于灌浆过程中出现的串浆、冒浆、大吃浆等特殊情况下采用并孔灌浆、表面封堵、嵌缝、浓浆灌注、掺加砂及速凝剂等外加剂、间歇待凝及复灌等方式予以处理。

④ 封孔。固结灌浆全孔灌浆结束后,采用“机械压浆封孔法”封孔。

### (8) 质量检查。

质量检查方法及合格标准同灌浆规范相关章节要求。

## 3 技术创新分析与探讨

### 3.1 滑模预埋水平固结灌浆孔弹簧钢管技术

应用滑模预埋水平固结灌浆孔弹簧钢管技术

可以方便、快速地寻找钻孔,避免钻孔时损伤钢筋,工效高。但其也有不利的方面:一旦原设计的灌浆参数需要调整、特别是间排距需要调整时,原来已经埋设好的灌浆钢管将全部或部分报废,起不到预期的作用。

### 3.2 高空作业电动吊篮技术

竖井工程通常选用直爬梯或旋转楼梯作为施工人员的上下通道,这种方法大量消耗施工人员的体力,影响施工进度。该项目引用高层建筑施工用高空作业电动吊篮技术,经有针对性的技术修改后作为工作人员上下交通的工具,既经济、又安全,真正体现了“以人为本”的施工理念。

### 3.3 深大调压竖井应用同步灌浆台车技术

对于深大调压竖井施工,采用常规搭设满堂钢管脚手架的方式工程量太大且极不安全,施工耗时太长。同步灌浆操作台车技术在该工程中的应用,使灌浆施工既安全、又快捷,不但满足了竖井水平固结灌浆施工,同时亦可作为闸门槽安装

及二期混凝土施工平台,进一步节约了施工成本。但是,该技术在本次应用过程中无论从制作、安装及验收程序上,还是在运行过程中保持同步的要求上均不正规,有待今后使用时提高。

## 4 结语

毛尔盖水电站调压井水平固结灌浆工程创新引入并成功应用了滑模预埋水平固结灌浆孔弹簧钢管技术、高空作业吊篮技术以及同步灌浆平台技术等,保证了施工安全、质量及工期,取得了良好的社会、经济效益,得到建设、设计、监理等单位的高度评价,所取得的经验可供类似深大竖井工程灌浆施工借鉴和参考。

#### 作者简介:

高永民(1974-),男,四川都江堰人,高级工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

侯丽君(1979-),女,四川成都人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

罗英(1971-),女,四川成都人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)

(上接第13页)

孔施工的基础上掺加了千分之一的化学泥浆进行造孔施工,在施工过程中记录了主要施工工时、孔内特殊情况发生的次数及影响程度,检查并测量了槽内泥浆的各项指标。

通过对两个槽段的施工情况进行分析可知:在同样的地层中,配置相同数量的施工机械设备、人员等,9#槽段造孔施工的工效明显优于11#槽段的施工工效(9#槽段造孔工效为 $13.1 \text{ m}^2/\text{d}$ ,11#槽段造孔的工效为 $10.9 \text{ m}^2/\text{d}$ );添加化学泥浆的槽段在造孔过程中孔内事故发生的几率明显低于纯黏土泥浆造孔的槽段,处理孔内事故的简易程度优于纯黏土泥浆的槽段。在采取添加化学泥浆的措施后,利用其本身可以降低悬浮颗粒物的特性,使得在清孔过程中几乎所有的钻渣已沉淀到孔底,清孔时可一次性清理至合格标准。同时,由于其本身不悬浮钻渣,自然不会发生二次沉淀,因此,只需在清孔过程中适当加入新鲜的化学泥浆浆液即可保持造孔施工过程中泥浆的各项指标。

## 4 结论及建议

该研究课题通过在古瓦水电站防渗墙中的探讨研究与应用,成功地解决了砂砾石地层条件下

黏土泥浆护壁存在的泥浆制备繁琐、稳定性差、回收率低且难度大、废浆多、易塌孔、易漏浆、处理成本高、孔底沉渣多、清孔质量较难保证等难题,确保了工程质量、缩短了施工工期,节约了成本,取得了良好的社会及经济效益。研究成果为中国水电十局在砂砾石地层施工防渗墙方面提供了科学的理论及实践依据,对今后复杂地层的防渗墙施工具有重要的指导意义及推广应用价值。

由于该研究课题针对的是砂砾石地层,对于化学泥浆的使用推广仍具有一定的局限性,因此,其它地层条件若采用化学泥浆必须进行相关的泥浆性能试验以确定采取与否。

#### 参考文献:

- [1] 高强,王勇,魏玉麟.化学泥浆钻抓成槽施工技术在亚曼苏水电站防渗墙中的应用[J].四川水力发电,2017,36(7):104-106.

#### 作者简介:

何国勤(1973-),男,四川成都人,工程师,注册岩土工程师,从事水电工程建设技术与管理工作;

赵启强(1975-),男,四川巴中人,高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

郑印(1990-),男,河南洛阳人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)