

# 调压井阻抗孔悬臂锚杆支撑衬砌混凝土施工技术

张黎, 袁幸朝

(中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066)

**摘要:**喜儿沟水电站调压井采用悬臂锚杆进行阻抗井混凝土浇筑的支撑, 依靠锚杆的支撑力和岩壁的摩擦力解决了整个混凝土的自重及其所有施工荷载。该方法操作简单, 能够解决调压井井内与下部压力管道交叉施工的矛盾, 消除了安全隐患, 加快了工程的施工进度, 降低了工程成本。

**关键词:**喜儿沟水电站; 调压井阻抗孔; 悬臂锚杆; 支撑衬砌混凝土; 施工

**中图分类号:**TV7; TV52; TV544

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2017)03-0110-03

## 1 工程概况

喜儿沟水电站位于甘肃省甘南州舟曲县境内的白龙江干流上, 是尼什峡~沙川坝河段水电梯级开发规划中的第11级电站, 是一座以混凝土闸坝挡水、一坡到底的长隧洞引水式电站。发电厂房布置在憨班乡下游右岸, 为岸边式地面厂房。厂内安装3台混流式水轮发电机组, 单机容量为24 MW, 总装机容量为72 MW。

调压井为阻抗式, 顶部为敞开式, 由大井及阻抗孔组成, 大井开挖直径19 m、衬砌厚度1.5 m; 阻抗孔开挖直径为6 m、衬砌厚度为0.9 m, 阻抗孔高28 m, 均采用钢筋混凝土衬砌。

根据现场地层揭露情况, 调压井大井上半部分围岩主要以冲积粉砂质土和冲积含漂石砂卵石为主, 部分为胶结砾岩, 大井下部及阻抗孔以碳质千枚岩为主, 夹花岗岩条带, 局部为绢英千枚岩, 有滴渗水现象, 岩体破碎, 成碎块状, 节理面光滑, 塌方掉块严重。

原方案中混凝土的施工顺序为: 调压井底部压力钢管钢衬段浇筑结束后再进行阻抗孔、大井的逐层浇筑。但由于压力钢管段暂未施工, 为满足调压井施工进度要求, 同时也为了减少人员、设备窝工, 需要对原方案进行调整: 采用悬臂锚杆进行阻抗井混凝土浇筑的支撑, 靠锚杆的支撑力和岩壁的摩擦力解决整个混凝土的自重及所有施工荷载。该方法操作简单, 能够解决施工中调压井井内与其下面压力管道的施工干扰并减少了安全隐患, 加快了工程的施工进度, 降低了工程成本。

收稿日期: 2017-04-23

## 2 施工方案的制定与实施

### 2.1 施工准备

(1) 材料。调压井阻抗孔施工用材(包括钢筋、水泥、砂石骨料)均由业主提供, 止水、外加剂、预埋件等材料由项目部自购, 所有材料质量均满足设计要求, 材料直接运输到调压井井口平台。

(2) 拌合设备。根据施工安排, 混凝土采用1台JS750型单卧轴强制式混凝土搅拌机拌制, 布置在调压井顶部平台的水泥库旁, 该设备辅配1套PLD1200型组合式混凝土配料机, 可准确对各种骨料、水泥等进行称量, 然后通过皮带将称好的骨料传送到提升斗内, 由卷扬机提升料斗至搅拌斗内。

### 2.2 施工顺序

根据设计图纸要求及现场施工情况, 调压井阻抗孔衬砌施工从底部钢衬段往上1 m开始, 待调压井阻抗孔及大井衬砌混凝土全部施工完成后, 压力钢管衬砌混凝土施工时浇筑完成阻抗孔钢衬段及预留段。

### 2.3 悬臂锚杆支撑施工工艺

在阻抗孔开挖完成后, 先对阻抗孔底部3 m左右进行加强支护处理, 具体方案为: 采用 $\phi 25$ 锚杆加强, 间距1 m, 排距0.5 m, 长度为4.5 m, 入岩4.2 m; 同时, 增加 $\phi 25@0.3\text{ m}\times 0.5\text{ m}$ 钢筋网片, 喷混凝土厚度为10 cm, 然后从钢衬顶部往上1 m处进行阻抗孔衬砌混凝土施工。

悬臂锚杆支撑的具体施工步骤如下:

第一步: 在阻抗孔钢衬顶部往上1 m处布置一圈斜撑锚杆, 锚杆直径为32 mm, 锚杆长度为4.5 m, 间距1 m, 入岩3.2 m, 外露1.3 m, 俯角 $45^\circ$ 。

第二步:在阻抗孔钢衬顶部往上1 m处水平布置 $\phi 32$ 锚杆,锚杆长度为4.5 m,间距1 m,入岩3 m,外露1.5 m(衬砌厚度0.9 m,另外0.6 m搭设施工平台)。

第三步:将水平与斜撑锚杆之间用 $\phi 32$ 钢筋进行连接支撑,并且将紧挨支撑面的所有锚杆进行环向焊接、形成整体。悬臂锚杆细部结构见图1。

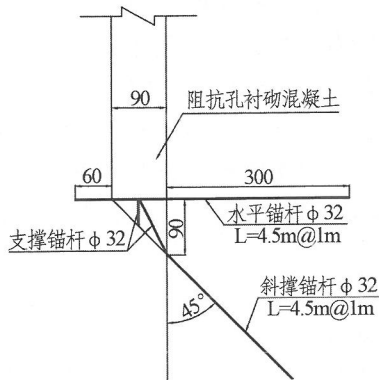


图1 悬臂锚杆布置详图 单位:cm

第四步:从阻抗孔首仓衬砌混凝土底部往上1 m处开始增加 $\phi 25$ 系统锚杆,锚杆长度为3.9 m,间排距 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ ,入岩3 m,外露0.9 m。另外,将原阻抗孔开挖初期支护的系统锚杆加长,延长至衬砌厚度0.9 m。

为确保安全,悬臂锚杆支撑结构衬砌分仓采用以下原则:第一仓分仓高度为1 m,第二仓分仓高度为2 m,其余仓位均按设计要求3 m进行。具体衬砌施工布置形式及分仓情况见图2。

#### 2.4 钢筋、模板、埋件的安装

(1) 钢筋。在阻抗孔首仓悬臂混凝土施工中,外侧竖向钢筋分别外露不低于0.5 m和1 m并相间布置,内侧竖向钢筋外露0.5 m并增设“654”橡胶止水带一条,止水布置在仓位中间部位。

(2) 模板。调压井阻抗孔衬砌主要采用P3015和P1015钢模进行施工,局部采用木模板镶嵌,模板的使用满足相关要求。针对首仓混凝土,底部模板直接在悬臂水平支撑锚杆面上铺设,用木楔找平底面,然后开始按设计图纸布设钢筋并安装模板。

(3) 埋设件的安装。埋设件包括“654”橡胶止水、灌浆预埋管、监测仪器及电缆线等。其中橡胶止水、监测仪器及电缆线埋设按照设计要求施工。为便于后续灌浆施工钻孔,灌浆孔采用预埋

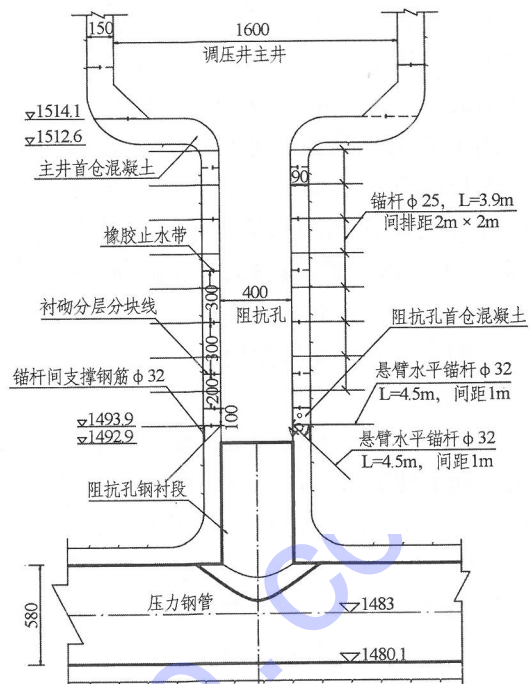


图2 调压井阻抗孔衬砌施工布置图 单位:cm

$\phi 50$ 钢管、孔位按设计灌浆孔布置,预埋管长度与混凝土实际厚度相等;埋设时不依靠钢筋固定,而是利用施工插筋单独焊接固定牢靠。混凝土浇筑时由专人值班保护,埋管周围大粒径骨料由人工清除,并用小振捣器振捣密实。

#### 2.5 混凝土入仓与振捣

(1) 混凝土运输、入仓及铺料方式。

由于仓位较长、仓位面积较大,混凝土入仓强度较高,采取拌和站料斗下通过混凝土溜槽连接溜筒,由溜筒直接输送入仓,局部采用塔机吊 $1\text{ m}^3$ 卧罐入仓。混凝土浇筑时,为避免冷仓、确保混凝土质量,采用平铺法铺料,每层铺料厚度为30~50 cm。

(2) 混凝土平仓振捣。

混凝土主要采用人工持铁锹配合振捣器平仓,振捣器平仓与振捣时间相比,大致为1:3,但平仓不能代替振捣。在靠近模板和钢筋较密的部位仍采用人工平仓,可使骨料分布均匀;各种预埋仪器周围均采用人工平仓,以防止位移或损坏。混凝土振捣采用电动高频插入式 $\phi 80$ 型或 $\phi 50$ 型振捣器,混凝土入仓后按梅花型插入进行振捣。对于模板、金结、埋件周围采用 $\phi 50$ 电动软轴插入式振捣器振捣。

#### 2.6 养护与拆模

混凝土浇筑完毕 12 h 内应采取养护措施。可对混凝土表面采用覆盖和浇水养护,井壁侧模拆除后悬挂草带或麻袋并浇水养护,每天浇水次数应满足能保持混凝土处于湿润状态的要求。

模板的拆除应根据各部位的特点,按规范规定的混凝土需达到的强度要求决定模板拆除时间,防止因抢进度提前拆模,进而影响混凝土的外观质量。对于首仓混凝土底模,待调压井阻抗孔、大井衬砌完成后方能拆除模板。

### 3 应用情况

悬臂锚杆支撑衬砌混凝土施工技术在由中国水电五局承建的喜儿沟水电站调压井工程中成功应用,圆满完成了调压井大井和阻抗孔衬砌钢筋 150 t、混凝土 3 000 m<sup>3</sup>、橡胶止水带 600 m 等主要工程量,减少了人员、设备窝工,解决了施工中调压井井内与其下面压力管道的施工干扰,降低了安全隐患,加快了工程的施工进度,节约了工程成本。该施工技术开创了新的思路,具有显著的科

(上接第 74 页)

(1)深化安全教育,强化安全意识。工地操作人员必须持证上岗,做到上岗必有证,无证不上岗,严禁无证上岗操作;工作人员上岗前必须进行技术培训和安全教育,牢记“安全第一”的宗旨,安全员坚持持证上岗。

(2)每月定期检查工地一次,平时进行不定期检查,做到及时发现隐患、及时整改。

(3)双保险安全保护。选择坡顶直径 8 cm 以上牢固、可靠的乔木做为两根尼龙机制安全绳(φ18、破断拉力为 29.7 kN)的悬挂点,将安全绳系于树干根部;对于个别边坡坡顶无可靠、安全的乔木,需在坡顶线向外不少于 2 m 处采用风钻钻孔,插入 φ25 钢筋,注浆固定,有效深度不小于 1 m,横向间距不小于 50 cm 处、以同样的方式钻孔插筋做为顶部固定点,一根安全绳做为主绳,将作业人员的安全带与坐板连接其上,另一根做为副绳,采用自锁防坠器(型号 φ18 ~ φ28)将作业人员连接,最终形成双保险双点悬挂支撑体系,保证作业人员的安全。作业人员使用该锚杆前,由项目安全员进行检验,确认其安全可靠。

(4)TBS 边坡防护在其施工过程中,为确保道路通行安全,在各作业面前后 50 m 处设置安全警示牌,必要时安排专职人员进行安全警戒。施

技进步意义,经济社会效益显著。

### 4 结语

近年来,我国水利水电工程建设发展迅速,在建工程的数量和规模都达到了前所未有的水平。而悬臂锚杆支撑装置施工技术不仅实用于竖井、斜井等水利水电工程,还实用于线型、圆型工程中所有竖向承重的岩土工程。依托工程申报的《调压井阻抗孔悬臂锚杆支撑装置》还荣获 2012 年国家实用新型专利授权。该技术成熟,使用材料均为工地现有材料,能结合系统锚杆和随机锚杆施工,成本较低,易于操作,能够有效降低钢管脚手架的搭拆与其它支撑承重的人工费用并提高工作效率,减少上下施工面的干扰,加快施工进度。

作者简介:

张黎(1983-),男,贵州三穗人,处长,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

袁幸朝(1985-),男,湖南隆回人,工程师,从事水电工程科技管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)

工过程中加强边坡坡顶巡视,避免边坡落石伤人。

### 5 结语

安徽绩溪抽水蓄能电站路基边坡、高边坡原设计方案为采用拱形骨架防护、框格梁混凝土,但开挖揭露的路基边坡地质情况多数为强、中等风化岩质,边坡自稳性较强。鉴于拱形骨架防护需在边坡、高边坡上运送大量片石,材料运送难度大,成本较高,施工进度缓慢且安全隐患较大;框格梁混凝土在坡面上由大量工人进行钢筋制安及模板固定,混凝土入仓难度大,成本高,最终决定采用 TBS 植被防护工程技术用以成功替代拱形骨架防护、框格梁混凝土,将安全风险降低并具有一定的价格优势,与浆砌石拱形骨架防护相比可节省投资 20% ~ 30%,与框格梁混凝土防护相比节省投资比例更大,为零成本恢复植被。可以期待,在日后各类工程建设边坡处理中,TBS 植被防护必将成为逐渐替代传统浆砌石护坡、框格梁混凝土及部分岩质边坡喷锚防护的、最环保和贴近自然的边坡防护措施。

作者简介:

王建民(1986-),男,河南新乡人,项目总工程师,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

王彩红(1986-),女,甘肃兰州人,助理工程师,从事水利水电工程施工经营管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)