

# 溪洛渡水电站右岸泄洪洞高边坡预应力锚索施工

易 丹, 苏 伟

(武警水电第六支队, 湖北 宜昌 443133)

**摘要:**溪洛渡水电站右岸泄洪洞出口高边坡高程 525 m 马道基础清理后,发现 2 条顺向卸荷裂隙。为了保证高边坡的稳定,设计进行预应力锚索支护。针对该部位岩石破碎、裂隙发育的特点,采取隔孔穿索注浆,并对串浆孔进行扫孔后再穿索的措施,成功防止了注浆过程中浆液通过孔间贯通裂隙串入相邻孔内的问题,保证了注浆密实。锚索支护施工完成后,经锚墩混凝土取样和应力检测分析,发现张拉效果良好,锚索使用正常。

**关键词:**高边坡裂隙区; 预应力锚索; 支护; 溪洛渡水电站

**中图分类号:** TV554.13 **文献标志码:** A

## 1 工程概述

溪洛渡水电站位于四川省雷波县和云南省永善县交界处的金沙江干流上,电站总装机容量 12 600 MW。根据施工总体规划,左右岸各布置两条泄洪隧洞,泄洪洞出口位于大坝下游原溪洛渡大桥附近,构成边坡的岩层主要是  $P_2\beta_8 \sim P_2\beta_{12}$  层玄武岩和角砾集块熔岩,风化卸荷较强。根据地质地形情况,对泄洪洞出口边坡 590~370 m 高程采取分期阶梯式开挖,台阶高度 10~35 m。

右岸泄洪洞出口高程 525(540) m 马道基础清理后揭示出 2 条顺向卸荷裂隙,为确保泄洪洞出口高程 515~540 m 段坝 1+290~坝 1+375(3 泄 1+507.993~3 泄 1+586.546) 边坡永久稳定性,分别在该段边坡范围 525、535 m 高程各布置一排 1 000 kN 锚索,长度为 25 m,间距 5 m,俯角  $5^\circ$ ,共 36 束。

## 2 施工特点、难点及处理措施

(1) 该段锚索位于高边坡上,上下交通相对较困难。搭设 4 排双立杆承重排架作为施工平台,对爬梯进行了加宽、加固。

(2) 该项目施工与下部泄洪雾化区二期开挖、支护同时进行,施工安全问题突出,故设置专职安全员观察边坡施工情况和管控下部施工道路交通。

(3) 由于该部位揭示出 2 条顺马道向卸荷裂隙,且局部岩石较为破碎,故加大了锚孔造孔施工难度。在造孔过程中分别采取了导面措施、间隔成孔措施、低压限量和间歇注浆措施。

## 3 施工程序及方法

### 3.1 锚索施工总流程

施工工艺流程如图 1。

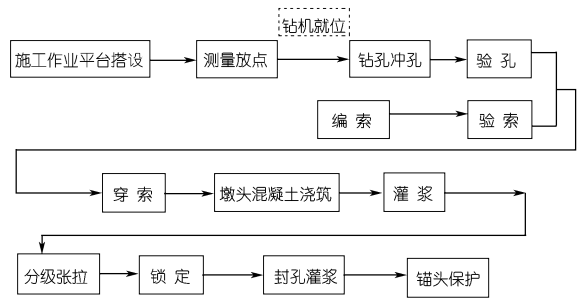


图 1 预应力锚索施工工艺流程

### 3.2 施工方法

锚索造孔采用 YG-80 型锚固钻机施工,钻头选用硬质合金钢钻头或金刚石钻头。编索采用现场生产方式,在高程 525(540) m 马道上将钢绞线顺直排列在平台上,保持每级钢绞线长度一致,不扭,不交叉,排

列均匀,按结构要求编制成束后对应锚索孔号进行挂牌标示,并做好防雨防晒措施。

编制好的锚索用人工经由排架抬至相应部位,采用手动葫芦辅助穿索。锚索灌浆选用3SNS泵灌注,承压垫座混凝土和外锚头浇筑混凝土采用商品混凝土, $\varnothing 50$ 插入式振捣器分层振捣密实。锚索张拉采用YDC240Q型预紧千斤顶进行单根预紧,YCW250B型穿心式千斤顶进行整体张拉。

## 4 锚索施工工艺措施

### 4.1 锚孔定位编号

(1) 锚孔定位。采用全站仪进行锚孔测放定位。严格检测开孔钻具与设计锚孔轴线方位保持一致。

(2) 锚孔编号。锚索孔编号为 $M_{i,j}$ 。 $M$ 代表锚索; $i$ 为行号,由低向高按自然序列递增, $i = 1, 2, 3, \dots$ ;  $j$ 为列号,对应于 $i$ 行,面对边坡,由左向右按自然序列递增, $j = 1, 2, 3, \dots$ 。

(3) 标记。用红油漆在所测放的孔位处标明锚孔中心点及编号,并在具有代表性的点位上用人工打入钢筋作为永久性参考点,用以核查锚索孔孔位。

### 4.2 造孔

(1) 钻孔设备与方式。采用YG-80型锚固钻机配高压冲击器在施工平台上造孔,钻孔的孔位、孔深、倾斜度按设计要求严格控制。在锚索部位搭设施工脚手架,按孔位、孔向架设钻机,开孔时力求精确,孔深严格按照要求控制;在钻孔过程中,用高压风加发泡剂增加排渣能力。并根据地层的变化,随时调整钻孔参数和钻孔工艺,以提高工效。

(2) 对破碎地层段的钻进措施。在遇破碎地带时,钻具会发生跳动,钻进负荷加大,甚至会发生坍孔、卡钻、埋钻事故,给正常钻进带来不利影响。为保证成孔质量及效率,先对破碎地层段进行固结灌浆,待凝等强后重新扫孔钻进。若遇到难以成孔或注浆量大等特殊状况,及时报知监理人共同研究处理措施。

(3) 造孔质量控制。① 钻孔孔位、孔向、孔径和孔深。锚索孔钻孔按设计图纸要求或监理人指定的位置进行,确保开孔偏差不大于10 cm,孔深不允许欠深,超深不得大于20 cm,端头锚固孔的孔斜误差不得大于孔深的2%;钻孔孔径要求不小于设计要求的孔径,同一孔径钻至终孔;钻孔孔深,设计孔深25 m,确保锚固段置于稳定岩体内,锚索长度根据实际孔深确定。② 钻孔孔斜控制。采用粗径钻杆加设平衡器和扶正器,并在施工过程中,用BUZ-D型测斜仪检测孔斜,保证孔斜偏差不大于孔深的2%。

### 4.3 锚索制作与安装

(1) 锚索参数。无粘结端头预应力锚索基本参数见表1,结构形式见图2。

表1 无粘结端头预应力锚索基本参数

锚索吨位/kN	钢绞线数量/束	锚索孔径/mm	钢垫板尺寸/mm	锚墩混凝土土标号	锚具型号
1 000	7	115	250 × 250 × 50	C35	ESM15 - 7

(2) 锚索制作。① 下料。钢绞线下料前,将钢绞线放在平坦干净的水泥地面上或工作平台上,摊开理直,按设计施工图纸要求的尺寸或实际钻孔深度测量下料,使用砂轮切割机对钢绞线切割下料,严禁电弧切割。无粘结端头锚索下料长度为孔深+锚墩长度+锚具长度+张拉千斤顶长度+必要的安全外露长度。本工程锚索锚具长度为20 cm、张拉千斤顶长度为50 cm、必要的安全外露长度不小于30 cm。② 组装。将钢绞线顺直排列在平台上,保持每级钢绞线长度一致,清洗锚固段钢绞线。③ 顺直安装注浆管和回浆管,平行不交叉,锚固段注浆管端部距孔底为10~20 cm,回浆管深入锚固段0~20 cm。捆扎时,为使锚索处于锚孔中心,无粘结锚索要求锚固段每隔1.0~2.0 m设置隔离架一个,之间50 cm处用铅丝绑扎成枣核状,张拉段沿轴线方向上每隔2.0 m安设一个隔离架。

(3) 穿索。锚索验收合格后采用手动葫芦辅助人工安装,各支点间距离不得大于2.0 m,转弯半径不得小于3.0 m。穿索前再次核对锚索各检查项目,穿束期间由专人协调指挥,行走速度均匀平稳缓慢,防止在推送过程中损坏锚索配件。推送锚索时不得使锚索转动,在将锚索体推送至预定深度后,检查回浆管和注浆管是否畅通,否则应拔出锚索体,排除故障后重新安装。

### 4.4 锚索注浆

(1) 浆液及材料。锚固浆液为水泥净浆。采用浆液配比试验确定的水灰比,水泥结石体强度要求: $R_{7d} \geq 30$  MPa。在水泥浆液中掺加的减水剂和其它外加剂不得含有对锚索产生腐蚀作用的成分。

(2) 制浆。使用ZJ-400、100/3.5搅拌机搅拌,按配合比先将计量好的水加入搅拌机中,再将袋装水泥倒入搅拌机中,搅拌均匀。搅拌时间不少于3 min。制浆时,按规定配比称量材料,控制称量误差小于5%。水泥等固相材料采用重量称量法。

(3) 注浆。注浆方式采用孔口阻塞、全孔1次有压注浆工艺。注浆前,检查制浆设备、灌浆泵是否正常;检查送浆及注浆管路是否畅通无阻,确保灌浆过程

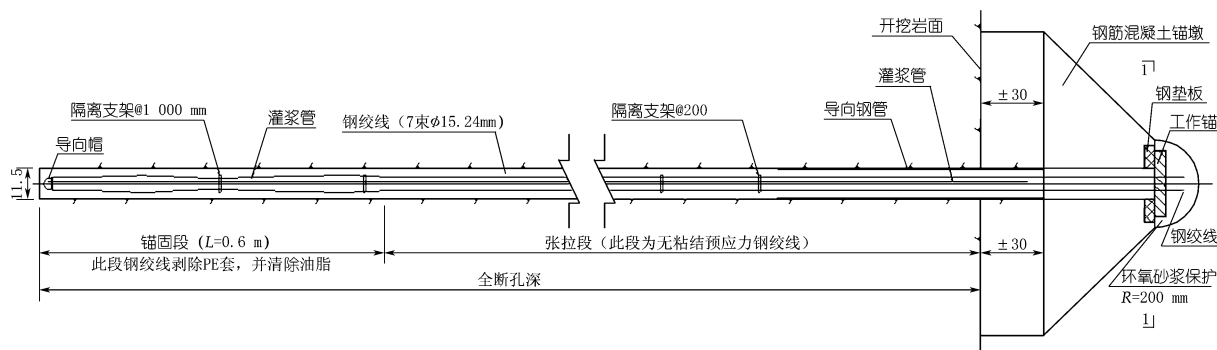


图2 1000 kN无粘结预应力端头锚索结构示意图(尺寸单位:cm)

顺利,避免因中断情况影响锚索注浆质量。采用3SNS泵灌注,阻塞封闭灌注。排出的浆液比重与注入的浆液比重相同时,方可屏浆,屏浆压力宜为0.3~0.4 MPa,屏浆时间宜为20~30 min。为防止注浆过程中浆液通过孔间贯通裂隙串入相邻孔内造成相邻孔堵塞,采取间隔穿索注浆的措施,便于串浆后扫孔。

#### 4.5 锚墩施工

灌浆结束后即进行锚墩混凝土浇筑。在立模前先按设计要求开挖、清理岩石面,使其表面清洁,然后按图施工安装孔口管与锚垫板,埋设骨架钢筋、钢筋网,架立模板后浇筑。拆模后要及及时养护。

锚墩结构如图3所示。

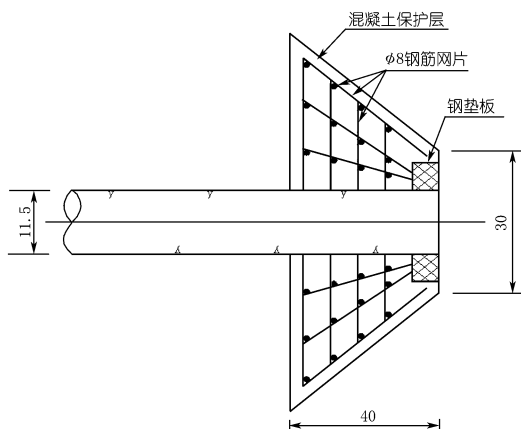


图3 锚索墩头结构示意图(单位:cm)

#### 4.6 张拉

为保证张拉控制力的准确性,在张拉作业前对张拉设备系统进行“油压值—张拉力”对应关系的率定。采用YCW250B型千斤顶和ZB4-500S型电动油泵配套进行锚索张拉,单根预紧采用YDC240Q型千斤顶。

在进行锚索张拉时,记录力传感器、千斤顶读数以及钢绞线在不同张拉吨位时的伸长值。锚索张拉按分级加载进行,先采用YDC240Q单束预紧,预紧力为30 kN,单根两次预紧伸长率不大于3 mm时,开始采用整束分级张拉。加载共分为5级,分别为25%、50%、

75%、100%、105%设计吨位。前四级张拉稳压时间应为7 min。如果张拉过程中有异常情况,可延迟稳压时间。最后一次张拉(设计吨位)时持续稳压10~20 min后方可锁定,见图4。

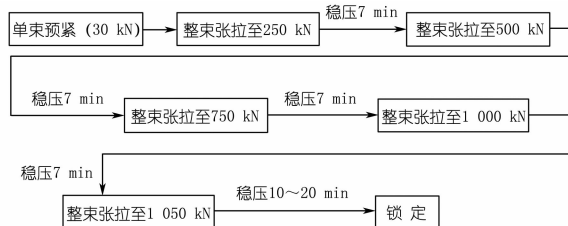


图4 1000 kN预应力锚索张拉流程

本工程锚索所装监测仪器主要为锚索应力计,根据监测锚索受力情况进行判断是否需要补张拉。

张拉时禁止人员在千斤顶受力方向危险区内穿行或停留。张拉过程中必须防止以下情况发生:①夹片脱落或飞出;②高吨位时内锚头突然失效;③断丝与滑丝。

#### 5 结语

采取隔孔穿索注浆的措施成功处理了裂隙串浆问题;采取降压、间歇灌注等方法有效解决了灌浆过程汇总单孔吃浆量大,久注不满的问题;在施工过程中加强了质量管理力度,重点对造孔、注浆、锚墩浇筑和锚索张拉等工序进行严格控制,确保了工程质量。该部位锚索已于2009年8月施工完毕,注浆及锚墩混凝土取样结果和锚索应力计检测显示锚索质量合格,张拉情况良好,使用正常。

#### 参考文献:

- [1] 邓良超. 溪洛渡水电站右岸泄洪洞预应力锚杆施工[J]. 人民长江, 2008, 39(7): 15-17.

(编辑:常汉生)

(下转第67页)