

# 无粘结预应力锚索在乌江索风营水电站 Dr2 危岩体加固中的应用

周国锋, 陈红刚, 刘才高

(中国水电基础局有限公司, 天津 301700)

**摘要:** 乌江索风营水电站 Dr2 危岩体加固施工作业面高差大、场地小、施工干扰大; 危岩体岩层复杂, 多条破碎带分布在山体中, 必须穿越 L1 和 L2 裂隙。对索风营水电站 Dr2 危岩体距最低平台高差达 110 ~ 134.5 m 的上部锚索的特殊施工技术进行了介绍。

**关键词:** 无粘结预应力锚索; 栈桥; 危岩体加固; 索风营水电站

**中图分类号:** TV698.2; P642.22 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2014)10-0061-03

**Application of Unbonded Pre-stressed Anchor Cable in Reinforcement for Dr2 Dangerous Rocks in Suofengying Hydropower Station of Wujiang/ZHOU Guo-feng, CHEN Hong-gang, LIU Cai-gao** (Sinohydro Foundation Engineering Co., Ltd., Tianjin 301700, China)

**Abstract:** Difficulties of large height difference of construction surface, small working site and complicated formations of dangerous rock exist in Suofengying hydropower station of Wujiang project with several fracture zones distributing in the mountain, the borehole must be drilled through fractures. The paper introduces the special construction technology used in upper anchor cable construction for Dr2 dangerous rocks in Suofengying hydropower station, where it has 110 ~ 134.5 m height difference to the lowest platform.

**Key words:** unbonded pre-stressed anchor cable; trestle; dangerous rock reinforcement; Suofengying Hydropower Station

## 1 基本概况

Dr2 危岩体位于索风营水电站右坝肩灰岩陡壁上, 顶部高程 1085 m, 底部高程 870 m。高程 1070 m 以上为 T<sub>1</sub>m 灰岩地层形成的缓坡平台, 地形坡度 5° ~ 10°; 高程 960 m 以下下游侧为崩塌堆积体形成的斜坡, 地形坡度 24° ~ 40°, 上游侧及 960 ~ 1080 m 之间为 T<sub>1</sub>m 灰岩形成的陡壁, 地形坡度 > 70°, 局部形成倒悬坡。其后方受近于平行于岩面(河流)的 L1 ~ L7 共 7 条主要裂隙切割, 底部为 T<sub>1</sub>y<sup>3</sup> 泥岩, 形成了体积为 78 万 m<sup>3</sup> 向外凸出的危岩, 成了悬在大坝及电站进出水口上方的一把“利剑”。

2000 kN 无粘结锚索布置于危岩体上部高程 1040 ~ 1064.5 m 之间, 共 176 根, 深度 35 ~ 55 m, 是上部加固的主要措施, 目的是防止危岩体倾覆, 并阻止 Dr1、Dr2 区岩体松动脱落。

## 2 工程特点、难点及解决办法

### 2.1 工程特点和难点

(1) 锚索工程布置于危岩体上部高程 1040 ~ 1064.5 m 之间, 距离下部 930 m 施工平台高差 110

~ 134.5 m。需借助施工栈桥施工, 由于高差大、场地小、施工干扰大, 存在较大的难度和不安全因素。

(2) 钻孔精度要求高。钻机及栈桥的稳定性直接影响到钻孔的孔斜率, 钻孔精度难于控制, 而且危岩体岩层复杂, 多破碎带分布在山体中, 必须穿越 L1 和 L2 裂隙, 钻孔过程中可能遭遇塌孔、掉块、卡钻、埋钻等现象。

(3) 受施工栈桥平台狭小因素影响, 锚索运输和下索困难。

### 2.2 解决办法

针对危岩体的特点及难点, 为确保施工质量、工程安全和人身安全, 施工中采用以下措施: (1) 搭设施工栈桥作为施工平台; (2) 采用固壁灌浆扫孔钻进; (3) 采用孔内录像进行地质鉴定确定孔深; (4) 采用塔吊运输材料和设备, 在施工栈桥上编索; (5) 人工在锚索平台上运输并下索。

## 3 栈桥施工

由于 930 ~ 1080 m 为大于 70° 陡壁, 锚索距 930 m 平台以下缓坡地面最小高度 110 m, 修建锚索施

收稿日期: 2014-03-28; 修回日期: 2014-07-18

作者简介: 周国锋(1975-), 男(汉族), 河南人, 中国水电基础局有限公司工程师, 水工专业, 从事水利水电工程施工及项目管理工作, 天津市武清区雍阳西道 86 号, 441852563@qq.com。

工平台困难极大。如果采用传统做法,搭设脚手架施工平台,为了保证安全,架管将很密,工程量极大,造价很高,而且影响高排架稳定性的因素很多。最后经过比较和设计,形成了搭设8层钢栈桥的实施方案(参见图1)。



图1 锚索栈桥照片

由于施工场地位于垂直崖面上,高程 EL1040 ~ 1064.5 m,施工方法是在 EL1037 m 修建水平人行栈桥,再在人行栈桥上搭设 EL1040 m 第一层型钢栈桥,然后以下层栈桥为平台搭设上层型钢栈桥。共搭设8层钢栈桥,钢板共铺4层,另外4层从下面栈桥上拆下翻至上面铺设施工。栈桥搭设钢材共499 t。

后期没有钢板的栈桥,采用铺设木板的方式搭设栈桥,进行张拉和封锚施工。

## 4 2000 kN 无粘结预应力锚索施工

### 4.1 无粘结预应力锚索工艺特点

无粘结预应力锚索是边坡加固中高性能、可靠、施工迅捷的方法与措施。无粘结预应力锚索由工作锚板、夹片、张拉段和内锚固段构成。其张拉段(自由段)为无粘结钢绞线,无粘结锚索锚具为永久持力结构。锚固后的无粘结锚索索体工作过程中受拉段全长均匀保存和传递应力,使锚索在岩体变位时,自由段能沿全长调整应变,因而可避免变形集中在局部段上而导致锚索断裂,预应力的的大小也随岩体变位自行调整;无粘结预应力锚索工艺具有快速施工、便于二次张拉等特点。

根据以上无粘结预应力锚索工艺的特点,并结合危岩体的实际情况,经过计算比较,采用2000 kN 无粘结预应力锚索对危岩体进行处理。

### 4.2 施工工艺流程

根据设计要求,锚索按栈桥施工顺序自下而上进行,并要求“按排施工、排内分两序”。主要施工工序包括锚索造孔、索体制作、锚索下设、锚固段注浆、外锚墩制作、张拉锁定及锚头封锚防护等,工艺流程见图2。

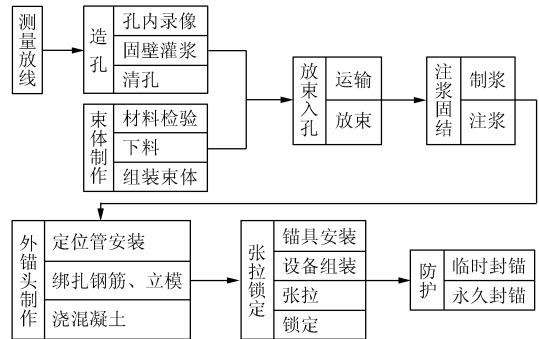


图2 预应力锚索施工流程

### 4.3 钻孔

根据危岩体的特殊情况,施工不能用水钻。经过比较,采用XY-500型地质岩心钻机,风动冲击回转钻进。

(1) 钻机对位。锚索孔开孔前,将孔口凿平,撬掉孔口松动岩块,使钻头对准孔位,钻具方向对准用全站仪测放的方向线,然后调整钻机立轴方向并用角度尺控制角度,这样钻孔方向即为锚索孔设计方位与角度,然后调整钻机高度。放出钻孔角度与方位后,用架子管及管扣将钻机固定在栈桥上,使钻机平稳、牢固,保证孔向的准确。

(2) 钻孔控制。开孔后,将钻具加长至3 m以上,并且通过调节适当风压、采用合理的钻孔参数,获得较好的孔形,控制偏斜。最大偏斜按 $3^\circ$ 控制,采用测斜仪检测钻孔孔斜。发现偏斜过大,要停止钻进,及时处理。

(3) 钻孔深度确定。当钻孔至设计深度后,采用彩色摄像系统进行孔内录像。对孔内进行物探孔壁录像方法来检查岩体的完整性。根据该段岩层是否满足内锚段要求及内锚段相互错开的原则,由地质设计确定是否加深或进入下道工序。要求是满足锚固段穿过L1裂隙5 m后,内锚段最少必须保证6 m的要求。

### 4.4 不良地质段处理

钻孔中遇破碎岩层塌孔埋钻,不能成孔,立即停止钻进,进行固壁灌浆处理。钻孔遇裂隙,钻孔终孔后全孔灌浆。灌浆采用纯压法,新开孔采用水灰比0.5:1的浓水泥浆灌注,灌浆压力0.2 MPa,灌注5 t水泥待凝。复灌的孔采用水泥砂浆灌注,水灰比

为0.8:1:1,灌水泥浆和砂各5t后待凝。

#### 4.5 清孔

采用风水洗孔,加工洗孔器,自孔底向外清洗。根据清洗情况,也可考虑加入少量清水后用风吹,直至孔口无岩粉吹出,再下入孔内录像仪检查。内锚段应清洗至无岩粉、钻渣。

#### 4.6 编索

根据现场条件,编索在锚索孔施工栈桥上编制,锚索下料在危岩体顶部进行。下料长度等于“孔深+外锚墩高+工具锚高+张拉千斤顶预留长度”。下好的钢绞线用塔吊吊至栈桥上编索。

#### 4.7 锚索束体的运输及安装

用人工将锚索抬至孔口下索安装。在放索入孔过程中,保持顺畅,按量测的标记推送锚索就位,如果推送受阻,视推送深度由监理工程师决定是否拉出锚索进行扫孔,再行就位,放送到底后回拉3~5cm。

#### 4.8 内锚段、自由段注浆和外锚墩制作

锚索安装就位后,及时灌注内锚固段浆液和制作外锚墩。

(1)内锚固段和自由段注浆。注浆强度为M35。为减少浆液干缩,提高早期强度,配制时加入一定的膨胀剂和外加剂。锚固段和自由段采取同步灌浆,内锚段不设止浆环。

(2)外锚墩制作。外锚墩制作在内锚段注浆1~3d后进行。事先将锚垫板和孔口管(导向管)垂直焊接,确保牢固备用。然后将导向管放入锚索孔20~40cm,一定要保证导向管的长度,将螺旋筋穿入导向管,靠近锚垫板对中与锚墩配筋(非预应力筋)绑扎牢固,同时将注浆管引出锚墩上方外部(防止注浆管堵塞的保护措施)5~10cm。待预埋管、非预应力筋绑扎好后,再立模浇筑混凝土。

#### 4.9 张拉

(1)搭设张拉工作平台。根据张拉设备机具和现场情况,搭设牢固的张拉工作平台;张拉前将锚垫板、钢绞线表面的污物清理干净,将孔口附近妨碍张拉的混凝土、水泥砂浆清除掉,即可安装机具准备张拉。

(2)张拉预紧。为了使锚索各部位紧密接触,锚索体平直,保证锚索张拉力保持均匀,分两次循环。正式张拉前先单根预紧,设计要求张拉力为设计荷载的10%~20%,因此,采用第一循环预紧力为13.3kN,第二循环预紧力为20kN。

(3)张拉锁定。张拉时,缓慢升荷,升荷速率每分钟不超过设计应力的1/10,卸荷速率每分钟不超

过设计应力的1/5。张拉过程中以压力表读数为准,伸长值校核为辅。按设计张拉值2000kN作为锁定荷载。

#### 4.10 封锚

根据设计要求,前期外锚头采用注黄油、防水布包裹等措施进行临时保护,保留锚索外露长度为1m,以便适时进行补偿张拉。补偿张拉后采用M30无收缩水泥砂浆进行封锚。

工程结束后的现场情况见图3。



图3 锚索完工后的照片

## 5 工程质量评价

共有176个单元工程,全部合格,其中优良单元162个,单元工程合格率100%,单元工程优良率92.0%,满足了设计要求,分部工程质量等级为优良。根据后期锚索测力计观测结果显示,锚索运行情况良好,施工质量符合规程规范和设计要求。

## 6 结语

施工栈桥为高边坡施工提供了作业平台,确保了工程安全和人身安全。2000kN预应力无粘结锚索是索风营水电站Dr2危岩体处理工程重要关键处理措施,提高了Dr2危岩体高边坡的稳定性,对保证索风营水电站长期安全和正常运营有着积极的意义。这些施工措施的实施,为类似高边坡施工提供了指导和借鉴。

## 参考文献:

- [1] 李德江. 预应力锚索在水利水电工程中的应用分析[J]. 人民珠江, 2005, (5).
- [2] 欧阳和平, 李兵. 预应力锚索在欧阳海水库拱坝坝肩加固处理中的应用[J]. 湖南水利水电, 2007, (3).
- [3] 曹洪洲. 浅谈高边坡压力分散型预应力锚索防护工程技术[J]. 工程质量, 2008, (10).
- [4] 宁伯湘. 高速公路边坡锚索防护工程施工技术介绍[J]. 大众科技, 2011, (8).
- [5] 虞海丰. 水利水电工程施工过程中使用预应力技术[J]. 城市建设理论研究, 2012, (12).