

# 乌东德水电站上游围堰右岸堰肩卷扬机安装及实施专项方案

徐传波

(中国雄安集团有限公司, 河北 保定 071700)

**摘要** 乌东德水电站上游围堰左右岸堰肩为解决各部位的材料运输, 特编制卷扬机安装方案。缆索吊装系统包括承重索、牵引索、跑车; 主要由上、下承重索锚固系统、卷扬机地锚及基础构成的锚固和基础体系组成。缆索承重索均选用 1φ16 钢丝绳, 牵引索选用 1φ14 钢丝绳。卷扬机空载试运行: 主要检验卷扬机机械和电气设备运行情况, 应保证卷扬机运行平稳, 无异常现象。缆索动载试运行: 主要检验动载下卷扬机机械和电气设备运行情况, 检验金属结构的承载能力。

**关键词** 允许应力 卷扬机 空载试运行 动载试运行

中图分类号: TV543.8; TH13

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)07-0041-03

## 1 工程概况

乌东德水电站上游围堰左右岸堰肩需通过卷扬机进行材料运输, 为解决各部位的材料运输并针对卷扬机安装和实施, 特编制本方案。

## 2 卷扬机布置

### 2.1 卷扬机布置位置及相关特性

根据本次防护材料运输要求, 卷扬机在右岸导流洞进口 EL.950m 平台布置 1 台 5T 卷扬机, 具体布置特性: 卷扬机 5t, 设计提升重量 < 0.5T, 高程 950 ~ 1060m, 长度 225m。

### 2.2 缆索吊装系统布置

#### 2.2.1 缆索系统的总体布置

缆索吊装系统包括承重索、牵引索、跑车; 主要由上、下承重索锚固系统、卷扬机地锚及基础构成的锚固和基础体系组成。

缆索承重索均选用 1φ16 钢丝绳, 牵引索选用 1φ14 钢丝绳。根据缆索的装料点及右岸堰肩边坡地形、地质情况, 本工程 1# 缆索主跨为 225m, 承重索长 250m, 牵引索长 500m, 最大扬程 110m。

#### 2.2.2 缆索起吊设备主要参数

缆索吊机主要参数: 设计起吊重量 < 0.5t (吊具等附件重量之和不超过 100kg), 起升高度 80m, 平均绳速 10m/min, 承载索规格 1φ16, 卷扬机型号 JM5C, 额定拉力 50KN, 电动机型号柴油动力 16 匹, 减速机型号 JZQ-400 KS40, 牵引索钢丝绳规格 1φ14。

#### 2.2.3 动力装置锚固系统

缆索承重索地锚均采用砂浆锚杆锚固体系。上锚点采用 3 根 Φ32, L=3.5m 锚杆, 钢筋外露 0.5m; 下锚固点采用 3 根 Φ32, L=3.5m 锚杆, 钢筋外露 0.5m; 支撑架采用 4 根 Φ28, L=2m 锚杆, 钢筋外露 0.5m; 采用 C20 混凝土浇筑形成锚固基础<sup>[1]</sup>。

根据以往施工经验: 上述锚固系统锚可满足主承重绳及牵引绳的锚固要求。

缆索卷扬机布置在右岸导流洞进口上游围堰堰肩 950m 高程卸料平台处。卷扬机平台均采用 6 根 Φ32 地脚螺栓将卷扬机基座与 C20 混凝土基础连接, 混凝土基础尺寸为: 150cm × 150cm × 100cm, 地脚螺栓采用 φ32 钢丝绳锚杆 (一头丝一头带钩), 入岩 2m, 丝扣外露 0.25cm。

### 2.3 安全验算

#### 2.3.1 基本数据

φ14 钢丝绳 0.685kg/m, 长度 500m, φ16 钢丝绳 0.8457 kg/m, 长度 250m。

#### 2.3.2 钢丝绳允许应力

卷扬机索道主要有: 承重索、牵引索各一根, 缆索承重索均选用 1φ16 钢丝绳, 牵引索选用 1φ14 钢丝绳。

根据建筑施工计算手册《结构吊装工程》中查知:

钢丝绳容许应力计算如下:

Φ16 钢丝绳容许拉力为:

$$F = \frac{0.85 \times 0.5 \times 16^2}{3.2} = 34 \text{KN}$$

Φ14 钢丝绳容许拉力为:

$$F = \frac{0.85 \times 0.5 \times 14^2}{4.5} = 18.51 \text{KN}$$

#### 2.3.3 承重索、牵引索受力计算

根据缆索起吊设备主要设计参数, 分别对 1# 和 2# 缆索 (承重索和牵引索) 进行验算。

##### 1. 荷载计算

##### (1) 缆索

$$q = \frac{0.8457 + 0.685 \times 2}{\cos\beta} \times 9.8 = \frac{0.8457 + 0.685 \times 2}{236.85/250} \times 9.8$$

$$= 0.0229 \text{KN/m}$$

##### (2) 缆车 G1=100kg (现场采用滑车、吊篮及其它附加件

表5 与钢丝绳直径匹配的绳卡数

钢丝绳直径 mm	<10	≥ 10 ~ 20	≥ 21 ~ 26	≥ 28 ~ 36	≥ 37 ~ 40
最少绳卡数目	3	4	5	6	7

重量之和不超过此值)

(3) 按最大起吊重量不超过 500kg 考虑, 则  $G_2=500 \times 1.1=550\text{kg}$

(4) 最大荷载  $Q=(G_1+G_2) \times g=6.37\text{KN}$

2. 对缆索进行验算

(1) 承重索

在缆索吊装过程中, 主索的线性和张力是相互影响的, 需采用迭代方法来计算。但本次缆索吊装验算, 根据现场实际, 取最大垂度  $f_m=20\text{m}$ , 且出现在跨中。

此时跨中水平张力为:

$$H_m = \frac{1}{f_m} \times \left( \frac{Ql}{4} + \frac{ql^2}{8\cos\beta} \right) = \frac{1}{20} \times \left( \frac{6.37 \times 250}{4} + \frac{0.0229 \times 250 \times 250}{8 \times 236.85/250} \right) = 29.35 \text{ KN}$$

承重索最大拉力位于上锚固点, 对应承重索垂直合力为:

$$V = \frac{U+Q}{2} + H_m \tan\beta = \frac{0.0229 \times 250 + 6.37}{2} + 29.35$$

$\times 80/236.85 = 15.96\text{KN}$

则:

$$T_m = \sqrt{H_m^2 + V^2} = 3.41\text{KN} < F = 34\text{KN},$$

$\Phi 16$  钢丝绳选择满足要求。

(2) 牵引索

取起吊点为距锚固点约 10m 处, 牵引初始垂度 5m, 则  $\sin r_{\max}=85/240=0.354$ ,  $\cos r_{\max}=0.935$ 。

滑轮运行阻力:  $W_1=Q(\sin r_{\max}+\mu_1 \cos r_{\max})=2.37\text{KN}$  (其中  $\mu_1$  取 0.02)

起重索运行阻力:  $W_2=2T_{\max \text{起}}(1-\eta m)=2 \times 6.37 \times (1-0.98)=0.25\text{KN}$

其中  $\eta$  为起重索穿过滑轮的效率, 为 0.98;  $m$  为起重索穿过跑车和滑轮次数, 为 1。

后牵引索的自然张力:

$$W_3 = \frac{g_{\text{牵}} \chi^2}{8f} = \frac{0.0067 \times (250-10)^2}{8 \times 5} = 9.64 \text{ KN}$$

牵引索总牵引阻力:

$$W=W_1+W_2+W_3=2.37+0.25+9.64=12.26\text{KN}$$

牵引索最大拉力  $T_m=(W+2Lg_{\text{牵}})(2-\eta^m)=(12.26+2 \times 250 \times 0.0067) \times (2-0.98^2)=16.23\text{KN} < F=18.51\text{KN}$ ,  $\Phi 14$  钢丝绳选择满足要求。

综上所述可知: 卷扬机缆索满足要求。

### 3 卷扬机安装及运行

卷扬机施工程序: 卷扬机地锚施工 - 承载绳两段锚固施工 - 安装卷扬机及承载钢丝绳 - 安装牵引绳及受料斗架 - 整体调试及运行。

#### 3.1 卷扬机地锚施工

根据现有地形及卷扬机尺寸, 卷扬机安装在平整的基岩面上。在卷扬机的周围上布设 6 根  $\Phi 32$  锚杆, 孔深 2m, 外露 0.25m, 后期锚杆与卷扬机底座焊接。

卷扬机的正后方地锚, 选择能牢固锚固的区域布设 4 根  $\Phi 32$  锚杆, 间排距  $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ , 孔深 2m, 外露 0.3m, 方位垂直于施工面, 锚杆注浆采用 M20 砂浆, 锚杆施工完毕后用  $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ ,  $\sigma=15$  钢板, 锚杆从钢板 4 个预开的孔插入, 外露的锚杆进行对角搭接焊, 焊接时应注意锚杆与钢板之间预留出 3cm 左右间隙, 后期钢丝绳从间隙处穿出与地锚可靠连接。

#### 3.2 承载绳两端锚固施工

承载绳两端锚固在平缓的山体上, 其中上锚点采用 3 根  $\Phi 32$ ,  $L=3.5\text{m}$  锚杆, 根据轴线均匀布置, 间距 115cm, 外露 0.5m; 下锚固点采用 3 根  $\Phi 32$ ,  $L=3.5\text{m}$  锚杆, 钢筋外露 0.5m; 支撑架采用 4 根  $\Phi 28$ ,  $L=2\text{m}$  锚杆, 钢筋外露 0.5m; 并预埋缆索主承重绳固定锚件, 采用 C20 混凝土浇筑形成锚固基础<sup>[2]</sup>。

#### 3.3 龙门架(支撑架)制安

结合我局在 BC 区高位边坡治理项目中的施工经验, 龙门架的施工应根据现场实际地形按需制安, 材料使用 B28 钢筋, 龙门架基础钢筋入岩 2m, 外露 0.5m。在龙门架区域附近修整一个约  $50\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$  的材料堆放平台。材料通过卷扬机运至该平台后, 再经人工转运至工作面, 具体转运材料重量和次数、距离, 以现场实际发生及监理工程师签证为准。

#### 3.4 安装卷扬机及承载钢丝绳

(1) 卷扬机安装地点应平整。

(2) 卷扬机与载荷之间不应有可能发生危险或影响钢丝绳寿命的障碍物。

(3) 卷扬机应固定牢靠, 严防倾覆和移动, 受力时不得横向偏移。绑缚卷扬机底座的固定绳索应从两侧引出, 以防底座受力后移动; 然后和正后方地锚可靠连接。

(4) 钢丝绳的绳端固接。钢丝绳应选用与其直径相应的绳卡, 采用绳卡固接时, 绳卡数量与钢丝绳直径有关, 见表 1。工作绳卡数量不得少于 3 个, 此外还应在尾端加一个安全绳卡。绳卡间距不小于钢丝绳直径的 6 倍, 绳头距安全绳卡的距离不小于 140mm, 并用细钢丝捆扎。绳卡滑鞍放在钢丝绳工作时受力的一侧, U 型螺栓扣在钢丝绳的尾端,

不得正反交错设置绳卡。

### 3.5 安装牵引绳及受料斗架

(1) 卷扬机安装牵引钢丝绳卷绕在卷筒上的安全圈数应不少于3圈。钢丝绳末端固定应可靠,在保留两圈的状态下,应能承受1.25倍的钢丝绳额定拉力。

(2) 用调整导向轮位置的方法,使牵引钢丝绳从卷筒下方绕入卷扬机,以保证卷扬机的稳定。

(3) 应尽可能保证钢丝绳绕入卷筒的方向在卷筒的中部与卷筒轴线垂直,以保证卷扬机受力的对称性,这样能使钢丝绳圈排列整齐,不致斜绕和互相错叠挤压,在使用过程中不因受侧向力而发生摆头。

(4) 卷扬机与最后一个导向轮的最小距离不得小于25倍卷筒长度,以保证当钢丝绳绕到卷筒一端时,与中心线的夹角不大于 $1.5^\circ$ 。

(5) 总体调试及运行。

### 3.6 穿索

(1) 在穿索之前将上、下锚点锚杆安装制作完毕,且强度达到要求。

(2) 将卷扬机在现场就位安装完毕,并用锚杆将其锚固固定,锚固强度达到要求。

(3) 直接利用卷扬机上的 $\Phi 14$ 钢丝绳用作牵引绳,用钢丝绳同承重索绑扎,然后牵引至上锚点,穿越锚筋束,用

绳卡将承重索固定、夹接,绳卡间距满足要求。

(4) 在下锚点处将承重索穿越锚筋束,用导链将承重索尽可能的拉直,最后用绳卡将承重索固定、夹接,绳卡间距满足规范要求。

### 3.7 施工前试运行

试运行包括卷扬机空载试运行、缆索动载试运行:

(1) 卷扬机空载试运行:主要检验卷扬机机械和电气设备运行情况,应保证卷扬机运行平稳,无异常现象。在空载下将卷扬机打开,在各种速度下正向、反向各运行3min。

(2) 缆索动载试运行:主要检验动载下卷扬机机械和电气设备运行情况,检验金属结构的承载能力。实验荷载分别是100%和110%的额定荷载,试验时将起吊重量分别达到额定荷载的100%、110%,然后开启卷扬机,用牵引索牵引全程往返三次,每循环一次中间间隔10分钟。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 & 中国国家标准化管理委员会.《起重机械用钢丝绳检验和报废实用规范》(GB/5972-2006)[S].北京:中国标准出版社,2006-04-03.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 & 中国国家标准化管理委员会.《建筑卷扬机》(GB/T1955-2008)[S].北京:中国标准出版社,2008-07-27.

(上接第24页)

波信号,如果是,就进行以下步骤:接受信号、解码地址位、校验地址位、解码数据位、输出PWM信号,经过单片机的分析处理输出三路PWM信号分别控制红、绿、蓝三组LED灯具的亮度,从而可以达到调节亮度、色彩以及色温的目的。

## 4 应用和前景

物联网技术日益发展,智能家居与物联网应用息息相关,相关应用层出不穷。作为智能家居的一部分,照明与人们生活息息相关,其中如何对照明系统进行更人性化、智能化的控制也成为了智能家居中举足轻重的一部分,智慧情景照明系统应运而生。目前,智慧生活逐渐与人和环境相结合,随着“互联网”时代的到来,智慧情景照明系统智慧化、信息化、人性化、绿色化已成为未来发展的必然趋势。此系统不但绿色环保,节约能源,还可以提升城市的形象、美化居室环境,给人们提供更加安全和舒适的照明。

## 5 结语

基于生物信息反馈的智慧情景照明系统最大的创新点就是将照明和人与环境相结合。拥有自动亮灭、明暗调节、情景照明、生理控制、健康预警、时间提醒等多项功能。硬件和软件设计都新颖实用,电力载波技术和蓝牙技术等也都合理运用,根据信息采集模块采集的生理信号(心

电、血氧、脉搏等)、红外信号以及光强信号,利用终端控制器对LED进行控制,改变灯光以符合人们随时需求,在创造舒适健康环境的同时还能节能环保,真正实现因“你”而亮。生物信息反馈的智慧情景照明系统还有很多正在发掘的优点和潜力,如可以广泛用于长期有老人生活的家庭等。

### 参考文献:

- [1] 姜亚南,杨帅,魏天勇.基于电力线通信技术的城市路灯节能监控系统[J].电源技术应用,2011(07):39-42.
- [2] 易平波,朱良学,刘志英.国内电力线载波数传模块的研发分析[J].电子科技,2009,22(02):55-59.
- [3] 王振朝,郭伟东,王伊瑾.基于电力线载波通信技术的抄表通信模块设计[J].电测与仪表,2009,46(03):72-76.
- [4] 叶玮琼,余永权,刘志煌.智能家居电力线总线研究与实现[J].微计算机信息,2008,24(03):305-307.
- [5] 王斌,兰用,刘学鹏.网络家电技术的发展现状和展望[J].电子技术应用,2006(07):1-5.
- [6] 高小平.中国智能家居的现状与发展趋势[J].低压电器,2005(04):18-21.
- [7] 冯蓉珍.基于电力载波通信的远程路灯监控系统设计[J].电力系统通信,2010(10):65-69.