

# 喇嘛沟水电站取水口低压远距离供电方案的实施

郝林, 徐文召, 邓君

(四川久隆水电开发有限公司, 四川 成都 610041)

**摘要:**喇嘛沟水电站取水口(大坝)位置偏僻、远离电源,坝区河道水情无法得到有效监视,给电站运行带来了严重的安全风险。介绍了喇嘛沟水电站取水口低压供电方案的实施,可为其他小电站取水口低压远距离供电提供参考。

**关键词:**远距离; 低压; 输电; 喇嘛沟水电站

**中图分类号:** TV7; TV732; TV737; TV738

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2184(2018)增2-0058-02

## 1 概述

喇嘛沟水电站取水口处于偏远山区,交通不便、远离市电、环境恶劣,自电站投运以来大坝长期无电。由于无法有效监视大坝河道水情,机组运行、停机避峰完全凭借经验操作,经多年运行隧洞内河沙淤积、机组磨损严重,严重影响发电效率。

喇嘛沟水电站总装机容量为 21 MW,电站取水口为底格栏栅取水,通过无压隧洞引水方式至前池,经压力钢管引至机组,水头为 685 m,隧洞长 2 664 m。目前厂房至前池已架设低压铝芯架空线,导线截面积为 16 mm<sup>2</sup>,长度约 900 m。大坝共设两道平板闸门,采用螺杆式启闭机,分别为廊道冲沙闸门和沉沙池 1#洞冲沙闸门,两道闸门各配置交流电动机一台,闸门最大开度约 1.5 m。

## 2 供电线路路径选择

由于该电站地理位置和环境等因素,供电线路架设共有三条路径可供选择:①通过山顶沿大坝与厂房连线相近线路架设;②沿着山体间河道架设;③沿引水隧洞架设布线。经比较,第③种架设方式具有无高山树林、无野生动物的破坏、架设线路短、成本低、施工便捷等优点,遂最终选择第③条架设线路的方案。

## 3 供电方案

### 3.1 大坝负荷统计

现有设备:三相交流异步电机 2 台,电压:380 V,功率:2.2 kW,转速:1 420 r/min,额定电流:4.8 A。

计划增加设备:照明、摄像机和闸门控制设备

等,功率  $P_L$  约为 220 W。

### 3.2 供电方案的选择

方案 1:大坝供电线路采用三相低压供电,闸门机电源以及其他负荷电源均由厂房至大坝供电线路直接提供(图 1)。



图 1 大坝三相线路供电方案示意图

方案 2:根据闸门操作频率较低且单次运行时间较短的特点,在大坝增加直流系统,闸门电机采用直流电机,电机及其他负荷电源由直流系统蓄电池直接提供,蓄电池由厂房至大坝线路供电(图 2)。



图 2 大坝单相线路供电方案示意图

根据电机启动压降要求,对恒定负载或重负载,如螺杆启闭机等电机启动时端电压应不低于  $0.9U_n$ ,即最低电压不低于 342 V 电机方能正常启动。方案 1 中大坝负荷电源采用由厂房直供方式,线路导线截面积根据导线直阻计算公式计算:

$$R_{\theta} = \rho_{\theta} \times C_j \times \frac{L}{A} \quad (1)$$

式中  $R_{\theta}$  为导线温度为  $\theta$  °C 时的导线电阻,单位为  $\Omega$ ;  $\rho_{\theta}$  为导线温度为  $\theta$  °C 时的电阻系数,单位为  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ;  $C_j$  为绞入系数,单股为 1,多股为 1.02;  $L$  为电缆长度, m;  $A$  为导线截面积,  $\text{mm}^2$ 。

收稿日期:2018-03-26

环境温度为 20 ℃ 时,铝芯导线电阻系数为 0.028 2 Ω · mm<sup>2</sup>/m,铜芯导线电阻系数为 0.017 2 Ω · mm<sup>2</sup>/m,取 1.02,在不考虑导线电抗情况下,线路运行温度以 20 ℃ 计算。根据式(1),架空铝线每相电阻  $R_{L1}$  为 1.62 Ω,电机启动时允许最大压降:

$$\Delta U = (U_e - 0.9U_n)k \quad (2)$$

式中  $U_e$  为大坝母线电压,取 400 V; $U_n$  为电机额定电压,为 380 V; $k$  为隔离变变比,取 1.5。根据式(2),计算得  $\Delta U$  为 87 V。电机启动时线路最大电流  $I_{\max}$  为:

$$I_{\max} = (I_{st} + 0.7)/k \quad (3)$$

式中  $I_{st}$  为电机启动电流,按 7 倍  $I_e$  考虑;常用负载取 0.7 A,根据式(3)计算  $I_{\max}$  为 22.87 A。

厂区至大坝电缆导线截面积  $S_{\text{铝}}$  为:

$$S_{\text{铝}} = \rho_{20} \cdot L \cdot I_{\max} / \Delta U = 17.1 (\text{mm}^2)$$

式中  $\rho_{20}$  为铜芯线 20℃ 时的电阻,根据式(1)计算为 0.017 54 Ω · mm<sup>2</sup>/m; $L$  为电缆长度,取 3 700 m。根据式(3)计算得到的导线截面积  $S_{\text{铝}}$  为 17.1 mm<sup>2</sup>。

方案 1 中的大坝负荷电源采用由厂区直供方式。经计算,600 V 供电时,采用铜芯线时导线截面积应不低于 17.1 mm<sup>2</sup>。供电线路虽然简单,但对供电线路导线截面积要求较高。方案 2 通过厂区至大坝 220 V 供电线路为大坝蓄电池提供充电电源,再由蓄电池对闸门相关设备供电,虽然增加了供电环节,但对输电线路导线截面积要求较低,在输电线路中断的情况下仍可短时监视坝区河道水情并进行闸门启、闭操作;同时,通过线路分闸方式,可以避免因线路落雷对大坝电气设备造成的损害。最终决定采用方案 2 实施供电。

### 3.3 电机及蓄电池容量的选择

为满足电机输出转矩与原电机转矩不变的要求,新电机选用功率为 2.2 kW、电压为 48 V 的直流电机,转速为 1 500 r/min,额定电流为 46 A。蓄电池组容量以单座闸门连续两次启、闭操作所需电量应不大于蓄电池组额定容量的 80% 计算。冲沙闸门日常运行闸门开度达 1 m 即可满足使用要求。根据设备资料,经计算,电机提升闸门高度 1 m 需运行约 7 min(按 8 min 计算),闸门一次启闭所消耗蓄电池电量  $C_{\text{消耗}}$ :

$$C_{\text{消耗}} = I \cdot t \quad (4)$$

式中  $I$  为电机额定电流, A; $t$  为闸门启、闭一次运行时间, h。根据式(4)计算得知,  $C_{\text{消耗}}$  约 17.87 Ah。蓄电池组额定容量  $C_{\text{总}}$  为 44.67 Ah,所选择的蓄电池组容量应不低于 45 Ah。考虑到蓄电池大电流放电时可用容量会低于标称容量及使用寿命,故蓄电池选用标称容量为 60 Ah、单体电压为 12 V 的动力蓄电池,数量共 8 只。

### 3.4 前池至大坝输电线路导线截面积的计算

大坝最大负荷功率  $P_{\text{总}}$  为大坝常用负荷(约 220 W)和蓄电池恒流充电功率(576 W)之和,约为 796 W。

根据负荷性质,线路末端电压按不低于 85%  $U_n$  对线路导线截面积进行计算,电缆线路沿隧洞架设,其长度取 2 800 m。由于导线电抗较小,故不予考虑。

线路总电阻  $R_L$  为:

$$R_L = 0.85(1 - 0.85)U_n^2/P_{\text{总}} \quad (5)$$

式中  $U_n$  取 400 V; $P_{\text{总}}$  为大坝负荷功率,796 W。根据式(5)计算得知  $R_L$  为 25.5 Ω。前池至大坝线路电阻  $R_{L2}$  为 22 Ω。根据式(1)计算得知前池至大坝导线截面积  $S_{L2}$  为 4.42 mm<sup>2</sup>,故前池至大坝导线截面积应不小于 6 mm<sup>2</sup>。

### 3.5 施工过程的质量控制

(1)线路安装高度应高于运行最高水位 20 cm 以上。

(2)电缆中间接头采用先绞合后再焊接的方式连接,防止接头直阻过大。

(3)电缆绝缘层做两道防水处理,以防止水份浸入。

(4)架设时禁止拖拽、踩踏电缆,防止护套层损伤。

## 4 实施效果

供电方案实施后,根据闸门启、闭操作情况,闸门提升速度约为 12 cm/min,电机运行电流为 40 A。蓄电池组总容量为 120 Ah,在线路供电中断情况下可以连续运行 24 h 以上,蓄电池恒流充电时线路末端电压约为 346 V,达到设计要求。

大坝闸门实现闸门远控操作,降低了人员现场操作闸门的安全风险。通过坝区河道摄像机实时监视大坝水情、及时调控机组运行,有效降低了隧洞中泥沙的淤积,提高了机组发电效益,经过 3 a

(下转第 112 页)

