

# 浅谈往子沟水电站接地改造技术方案

何 雪

(四川省内江水利电力建筑勘察设计研究院,四川 内江 641000)

摘 要:通过往子沟水电站接地改造,证明了利用低电阻率的水源,敷设水下接地网是降低水电站接地电阻的主要方法之一,特别是高电阻率地区的小水电站,接地面积一方面受到地形地貌的限制与约束,另一方面由于土壤电阻率极高,对降低电阻设置了诸多难题与障碍。因此,采用水下接地网对降低水电站的接地电阻具有明显且切实有效的效果。

关键词:设计思路;地网敷设;防腐措施;效果和经历

中图分类号:TV7;U264.7+4

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2015)02-0118-02

## 1 概 述

往子沟水电站位于稻城县俄牙同乡境内东义河支流往子沟上,厂房位于往子沟右岸台地上,系引水式电站。往子沟电站是为解决东义河干流电站施工用电问题而新建的水电站。该站近期作为色苦水电站施工电源,远期以35 kV线路一回输送至色苦水电站并入四川电网。

往子沟水电站厂房面积为39×17米,接地网面积为60×30米。原接地网采用接地干线95 mm<sup>2</sup>镀铜钢绞线构成5×5米网格,引上线采用120 mm<sup>2</sup>镀铜钢绞线敷设,接地极采用14.2 mm,长度1.22 m的镀铜钢接地棒,两组接地棒通过两组接地极连接组成2.44米一组,共42组。设计要求实测接地电阻不大于1.0 Ω。该地区河流溪水的电阻率为100~300 Ω·m。工程施工完毕后,实测站内接地地网电阻值约为2.5 Ω,不能满足设计要求,故需对接地系统进行整改。

## 2 设计思路

按规范要求该站接地网的接地电阻应满足≤1 Ω。根据相关材料,站内可供敷设地网面积约为60×30=1 800 m<sup>2</sup>。接地电阻要求高。以传统的接地方法在站内难以达到接地要求,故考虑沿河道以铜包钢绞线作为水平接地极敷设水下地网,并辅以电解离子接地极进一步降低接地电阻。

### 2.1 土壤电阻率计算

有相关资料可知,往子沟水电站可利用接地网面积约为60×30=1 800 m<sup>2</sup>。

该站所在地区平均土壤电阻率计算:

收稿日期:2015-03-30

$$R_1 = \frac{0.5\rho}{\sqrt{S}} \quad (1)$$

式中  $\rho$  为土壤电阻率,Ω·m; $R_1$  为站内地网接地电阻值,Ω; $S$  为可利用接地网面积,m<sup>2</sup>;

带入数据到公式(1), $R_1 = 2.5 \Omega$ , $S = 1 800 \text{ m}^2$ ,可反推出:

$$\rho = 212.13 (\Omega \cdot \text{m})$$

### 2.2 改造新增地网计算

(1)本次新增地网采用水下地网,并保证新增地网能被水完全淹没。该地区水的电阻率为100~300 Ω·m,结合上述计算的平均土壤电阻率,本次取水的电阻率为212.13 Ω·m。要使接地电阻达到设计,应使新增地网面积与原地网可比拟,故本次新增水平地网面积设计值约为1 800 m<sup>2</sup>,由于水的电阻率取212.13,故新增水平地网接地电阻值也取2.5 Ω。

(2)新增水平地网与原地网并联后的电阻为:

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \div \eta \quad (2)$$

式中  $R$  为新增水平地网与原地网并联后电阻; $R_1$  为站内地网接地电阻; $R_2$  为新增水平地网接地电阻,Ω; $\eta$  为屏蔽系数,0.8;

带入数据到公式(2), $R_1 = 2.5$ , $R_2 = 2.5$ , $\eta = 0.8$ ,可知

$$R_2 = 1.56(\Omega)$$

(3)若总地网接地电阻值不大于1 Ω,需敷设辅助垂直地达到的接地电阻值

$$R = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \div \eta \quad (3)$$

式中  $R$  为设计要求的接地电阻值; $R_2$  为站内地网接地电阻; $R_3$  为辅助垂直地网接地电阻, $\Omega$ ; $\eta$  为屏蔽系数,0.8;

带入数据到公式(3), $R=1$ , $R_2=1.56$ , $\eta=0.8$ ,可知

$$R_3 = 1.64(\Omega)$$

(4)单套 XCJD-SIG-VC300 电解离子接地体的电阻

$$R_0 = \frac{\rho}{2\pi l} \left( Ln \frac{8l}{d} - 1 \right) \times 20\% \quad (4)$$

式中  $R_0$  为单根离子接地体接地电阻, $\Omega$ ; $\rho$  为土壤电阻率, $\Omega \cdot m$ ; $l$  为垂直接地极的等效长度,  $m$ ; $d$  为接地极的等效直径,  $m$ ;

带入数据到公式(4), $\rho=212.13$ , $l=3$ , $d=0.15$ ,可知

$$R_0 = 9.2(\Omega)$$

(5)要达到 1.64  $\Omega$ ,需要电解离子接地体的数量

$$R_3 = \frac{R_0}{n\eta} \quad (5)$$

式中  $R_0$  为单根离子接地体接地电阻, $\Omega$ ; $R_3$  为电解离子接地体需达到接地电阻值, $\Omega$ ; $\eta$  为垂直接地体屏蔽系数,0.7; $n$  为垂直接地极的数目,套;

带入数据到公式⑤, $R_0=9.2$ , $R_3=1.64$ , $\eta=0.7$ ,可知

$$n = 8(\text{套})$$

(6)验算

①安装 8 套 3 米电解离子接地体的接地电阻:

$$R_4 = \frac{R_0}{n\eta} \quad (6)$$

式中  $R_4$  为垂直接地系统的接地电阻, $\Omega$ ; $R_0$  为单套电解离子接地体的接地电阻, $\Omega$ ; $n$  为电解离子接地体的数量,套; $\eta$  为由于电流屏蔽效应引起的利用系数 0.7;

带入数据到公式(6), $R_0=9.2$ , $n=8$ , $\eta=0.7$ ,可知

$$R_4 = 1.64 \Omega$$

②8 套电解离子接地极与原地网和新增水平地网并联后总接地电阻值为

$$R = \frac{R_2 \times R_4}{R_2 + R_4} \times \frac{1}{\eta} \quad (7)$$

式中  $R_2$  为原地网和新增水平地网接地电阻, $\Omega$ ; $R_4$  为新增地网接地电阻, $\Omega$ ; $\eta$  为利用系数,0.8;

带入数据到公式(7), $R_2=1.56$ , $R_4=1.64$ , $\eta=0.8$ ,可知

$$R = 0.999 \Omega < 1.0 \Omega, \text{满足设计要求。}$$

故新增地网面积与原地网比拟,取新增地网面积约为 1 800  $m^2$ ,由并敷设 8 套电解离子接地极做辅助垂直接地体,能使总地网面积达到设计要求。

### 3 地网敷设

因本站接地网可敷设面积较小,传统方法难以到达接地效果,设计时采用水下地网及降阻效果明显的特殊材料用于降阻。

新增地网水平接地极采用铜包钢绞线,并与原地网焊接连通,连接点不少于 2 处。

垂直接地极采用降阻效果明显的紫铜 XCJD-SIG-VC300 电解离子接地体,并分布于主地网外沿,减小屏蔽作用,高效利用其降阻效果。

新增水平地网外缘各角应做成圆弧形,圆弧半径不小于均压带网格大小的一半,即 3  $m$ 。接地网通过设备及架构基础时,可以深埋或绕行,但接地带不能断开,接地干线交叉处采用可靠的焊接。

为了减少屏蔽作用,电解离子接地体最好设置在水平地网外围主干线上,且间距不小于 2 倍长度。

地网网格尺寸为 10  $\times$  10  $m$ 。

全站接地材料焊接采用双面施焊,搭接长度不小于接地材料宽度的 2 倍,即 10  $cm$ ,电解离子接地体与扁钢连接采用放热焊接,保证接头处的载流能力和机械强度,做到可靠连接。

### 4 防腐措施

为防止河水对地网表面锌层的冲刷破坏,水平接地扁钢采用浅埋敷设,埋深根据实际情况 0 ~ 0.2  $m$ ;水平间隔 12  $m$  采用铆钉固定一次,固定处刷防腐沥青漆。

防腐离子接地体共敷设 12 套,布置于水下。施工时根据现场施工情况结合地勘报告适当调整接地体的位置,间距不小于 6  $m$ 。防腐离子接地体施工采用机械钻孔,钻孔直径不小于 150  $mm$ ,

(下转第 134 页)

在一定程度上也制约了水电的开发。因此,在推动水电开发的同时,应提前做好电网规划和建设。

(3)印度尼西亚水电站大部分均具有灌溉和供水的作用,因此其建设对于周边农业、工业的发展具有积极的推动作用,印度尼西亚政府在大力进行水电开发除了用电需求的增加外、带动地区经济发展也是其中重要的考量因素之一。

(4)印度尼西亚政府环境保护工作的力度亟需加强,在参观的已建成的水库内均有大量的鱼

(上接第110页)

阻,改善可控硅全控整流桥的导通,以便励磁系统的稳定和试验,同时对励磁的闭环建压启动也有一定的好处,特别对倒送电的试验起到最好的效果,显得尤为重要。因此,建议励磁系统考虑这个外加引导电阻。为了保障可控硅整流桥一开始的维持电流,根据理论和经验计算,此引导电阻  $R_s$  一般取 100 欧姆/100 W 左右参数即可,如图 3:

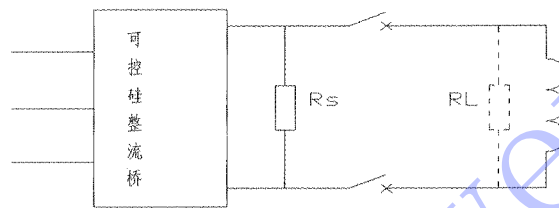


图 3

(上接第119页)

距水平地面深度不小于 3.2 m。防腐离子接地体的顶端距目前地面为 -0.2 m,采用引上线与接地扁钢连接。电极的安装和 HC 高能回填料的施工遵循产品配套的《施工演示光盘》或现场技术人员的指导。顶端的 0.2 m 区域,采用水泥灌浆密封固定,降阻的同时,加强整个水下地网的牢固性。

扁钢与扁钢之间采用电焊,焊接时应三面施焊,搭接长度不小于扁钢宽度的 2 倍,焊点作去渣防腐处理。

### 5 效果和经验

2014 年往子沟电站水下接地外延网改造完成后,实测电站的接地电阻为 0.8  $\Omega$ ,满足设计规范小于  $\leq 1 \Omega$  的要求。满足了电站正常投运发电的要求,改造资金投入相较于地面外延网投资约

类网箱养殖,已严重影响到水库的水质。

### 参考文献:

[1] 黄欣,印度尼西亚小水电投资市场初探. 能源·水利[J], 2014.8;104-106.

### 作者简介:

吴世勇(1965-),男,四川仁寿人,副总经理,教授级高工,博士,长期从事水力电力经济管理和水电建设管理;  
张德荣(1983-),男,山东聊城人,工程师,主要从事水电设计管理研究.

(责任编辑:卓政昌)

### 4 结 语

虽然励磁系统在闭环建压并网中没有任何异常,但遇上带转子倒送电时就有可能出现突变的危险,在励磁装置输出端并接一引导电阻以确保可控硅导通所需要的最低维持电流,以帮助整流桥面对发电机大电感转子的良好通流。避免励磁系统和发电机转子不必要的突变尖峰过压损害。

### 作者简介:

曾毕鹏(1964-),男,广东兴宁人,大学学历,工程师,现从事水电行业经营管理工作;  
黄柏华(1968-),男,湖北赤壁人,中专学历,工程师,现从事水电站电气二次维修及调试工作;  
汪 洁(1976-),女,湖北武汉人,本科学历,工程师,现从事水电行业技术管理工作.

(责任编辑:卓政昌)

节约 30% 左右,且达到了良好的降阻效果。本次改造证明了利用低电阻率的水源,敷设水下接地网是降低水电站接地电阻的主要方法之一,特别是高电阻率地区的小水电站,接地面积一方面受到地形地貌的限制与约束,另一方面由于土壤电阻率极高,对降低电阻设置了诸多难题与障碍。因此,采用水下接地网对降低水电站的接地电阻具有明显且切实有效的效果。

### 参考文献:

[1] 水利部水资源管理司,水利部水资源管理中心. 编著. 建设项目水资源论证培训教材. - 北京:中国水利水电出版社, 2005.

### 作者简介:

何 雪(1980-),女,四川内江人,工程师,从事电力系统及自动化工作.

(责任编辑:卓政昌)