

# 回龙电站接地网的技术改造

王善武

(国电电力发展股份有限公司桓仁发电厂, 辽宁 本溪 117201)

**摘要:**介绍回龙电站采用深孔爆破压力灌浆法降低接地电阻的原理以及该法在改善回龙电站接地电阻中的应用情况. 实践证明, 回龙电站接地网经技术改造后, 接地电阻值大大减小, 取得了预期的效果, 可供类似工程借鉴.

**关键词:**接地电阻; 接地网; 回龙电站

**中图分类号:**TV734.3

**文献标识码:**B

**文章编号:**1006-7647(2002)02-0050-01

回龙电站系桓仁电站下游的一座中型电站, 接地网直径长达 2.5 km, 虽多次改造, 但接地电阻仍然远远超过标准, 1995 年测试为  $2.5 \Omega$ , 跨步电压超过 350 V. 近年来, 随着自动化设备的投入, 短路电流的增加, 该网接地电阻已无法使用. 由于该电站地质条件极差, 整个地层均为石灰岩, 初步计算接地网面积为 15 万  $\text{m}^2$ , 且土壤电阻率大, 据估算电阻率在  $2000 \Omega \cdot \text{m}$  以上, 所以当冲击电流作用时, 地面的电位分布不均匀. 如果用外伸法扩大接地网面积, 地面的电位差更大, 如果将接地的电流垂直和水平向外扩散, 充分利用垂直方面的分量, 将较大的电流引入地的深层, 可以达到降低接地电阻的目的.

## 1 深孔降阻原理

据文献[1]可知, 变电所接地电阻值的大小为

$$R = 0.5\rho/\sqrt{S} \quad (1)$$

式中:  $\rho$  为土壤电阻率,  $\Omega \cdot \text{m}$ ;  $S$  为大于  $100 \text{ m}^2$  的闭合接地网面积,  $\text{m}^2$ .

当土壤电阻率一定时, 变电所的接地电阻阻值主要决定于接地网的面积. 但由于冲击电流(雷电流和短路电流)的作用时间非常短, 陡度很大, 可能引起沿水平接地网的电位分布很不均匀. 离冲击电流引入点愈远的地方, 接地电位愈低, 甚至为零, 其变化规律按指数规律曲线衰减.

流过地面的电流, 沿垂直和水平方向向外扩散, 如果土壤电阻率比较均匀, 电流呈半球形等位面, 如果把垂直接地体加深, 将较大的电流引入地的深层, 可减小接地网的面积. 大多数接地网不合格的地方, 其土壤电阻率不但很高, 且都不均匀.

根据国内外资料, 深孔接地可使接地网的电阻减小一半, 当接地网的面积相同, 垂直嵌入地下的接

地网的接地电阻会减小 29.3%, 如果地层下面有低电阻率的散流质, 采用立体网的效果将更加显著, 能大幅度减小接地电阻.

## 2 深孔爆破灌浆法在回龙电站接地网改造中的应用

1999 年 10 月 11 日, 对回龙电站土壤电阻率进行实测, 所得数据如下: 深度 20 m 时, 土壤电阻率为  $2000 \Omega \cdot \text{m}$ ; 深度 40 m, 60 m, 80 m 时, 土壤电阻率均为  $500 \Omega \cdot \text{m}$ .

立体接地网的设计, 可按下列公式<sup>[2]</sup>计算:

$$R = \frac{\rho_a}{2\pi L_a} \cdot K_p \quad (2)$$

式中:  $\rho_a$  为等值土壤电阻率,  $\rho_a = \sum_{i=1}^n L_i / \sum_{i=1}^n (L_i / \rho_i)$ ,  $\sum_{i=1}^n L_i$  为垂直接地板穿透不同土壤层深度变化总和,  $\sum_{i=1}^n (L_i / \rho_i)$  为土壤电阻率随深度变化面变化量总和;  $L_a$  为等值半径;  $K_p$  为屏蔽系数(取值 1.3).

$$L_a = \frac{\rho_a I}{2\pi E_j} \cdot K_m K_p \quad (3)$$

式中:  $\rho_a$  为等值土壤电阻率;  $I$  为流经接地装置的最大短路电流;  $E_j$  为接触电压(取 350 V);  $K_m$  为接触系数(取 1.069);  $K_p$  为屏蔽系数(取 1.3).

回龙电站的等值土壤电阻率为  $500 \Omega \cdot \text{m}$ , 接地短路电流按 4 kA 计算, 由式(3)可得其等值半径  $L_a = 1264 \text{ m}$ .

该等值半径基本上满足接触电压 350 V, 接触系数小于 1.069 的要求. 由此可计算出  $R = 0.08 \Omega$ . 每孔按 50 m 计算, 则共挖孔  $n = 1264/50 = 25$  个.

(下转第 65 页)

改革整体方案的基本观点就是水的可持续利用。

澳大利亚新英格兰大学水政策研究中心主要对联邦政府、州政府及各大企业承担水生态、经济、工程等方面的水政策研究,就水的调配、定价、质量管理等方面提供决策咨询,政府据此对各灌区、公司统一调配水资源,并据此对各灌区、发电站、环保部门提供服务指导。最近水政策研究中心、澳州水资源协会、悉尼科技大学等单位 and 专家针对澳大利亚水资源利用中出现的土地植被退化、河流环境恶化、水利设施老化等问题,提出了水利改革和水资源可持续利用政策,总的思路是总体规划、环境合理布局、水综合利用以及注重水生态保护和防治等。

### 3.1 可持续发展政策

对每项工程任务进行可持续发展评价(前期、中期、后期);研究新的法规措施,最低限度地使用自然水;实施水的回灌措施(补水);采用最新的水循环利用方式(工艺);运用市场机制使水的利用尽量靠近水源地;对工矿企业和农业布局进行结构调整,恢复水土生态状况;实施环境管理机制,以流域水系为单位(即不以行政区划为单位)进行管理。

### 3.2 保护水环境采取的措施

将社会、生态、环境诸因素体现在规划中;多目标利用、综合决策;认识水的价值作用;在水事管理上各方公平参与,听取多方意见;水工程建设规划包含环境原则;提高水资源利用效率,注意社会影响评价;提倡社会各方面对水多目标利用;确认对野生、有景观价值水环境的评价和保护。

### 3.3 高效利用水资源的措施

采用新技术提高农业灌溉效益;限额控制城市用水,提倡水的重复利用,更新利用;综合考虑水的供求关系,明确产权,建立水市场,通过水分配和交易实现水资源的优化配置;同时加强监督,实行水价审计,促进水市场的健康发展。

### 3.4 水管理措施

国家水改革依靠联邦、州、区域的合作体制,进行综合管理,并签订合同共担风险;水的开发利用,国家要有总体研究和利用规划;河流管理采用流域综合管理;国家注重信息系统的技术开发。

组成不同区域的合作伙伴管理组织;水资源跨区域按流域共同利用;加强全民水教育,保护水资源,增强水意识。水管理决策前充分考虑各区域、单位、个人的意见和专家咨询意见;用水法律解决矛盾冲突;财务上采取利润共享。

## 4 对我国水利改革的启示和建议

a. 坚持可持续发展的观点,坚持人口、资源、环境协调发展。目前,必须转变治水思路,从传统水利向现代水利转变,向可持续发展水利转变,坚持人与自然和谐相处,坚持水利发展与国民经济和社会发展紧密结合,在工程建设时就考虑环境治理保护问题,在水资源治理、开发和利用的同时,注重资源的优化配置和节约保护问题,加强水资源统一管理,实行水资源城乡一体化管理,保证水资源持续利用。

b. 积极稳步推进工程管理单位改革。在事业费逐步削减的情况下,必须探讨适应市场经济体制要求的新的管理运行机制,对水管单位分类改革,供水、水电等水管单位要逐步走向市场,当然,其前提条件是水价改革,使之能完全达到成本水价,从而使水管单位具有自我造血能力。

c. 对水权改革进行探讨。在国家对水资源拥有所有权的前提下,可以逐步放开使用经营权,可以先进行试点,选择部分地区,允许进行水权交易,就如同现在推行的小型水利工程产权制度改革一样。

d. 通过试点摸索出一条适合我国国情的水市场交易机制,逐步推广,以实现我国水利产业的良性运行和水资源的可持续利用。

(收稿日期:2001-01-03 编辑:熊水斌)

(上接第50页)

在实际应用中,每孔单个电阻可能有所变动,所以可用孔电阻并联的方法来设计真正的孔深度和孔总数,按回龙电站的电阻率计算,当孔深为 50 m,  $\rho$  为  $500 \Omega \cdot \text{m}$ , 孔径为 0.1 m 时,其单孔接地电阻  $R_{\text{单}} = 12 \Omega$ . 不考虑屏蔽系数,当打了 25 个孔时,其总电阻  $R_{\text{总}} = 12/25 = 0.48 \Omega$ ;若取屏蔽系数为 1.3,则实际电阻  $R_{\text{总}}' = 0.48 \times 1.3 = 0.624 \Omega$ .

原电网为 2.5  $\Omega$ ,则回龙电站总电阻  $R = 0.49 \Omega$ .

深孔施工完毕后,视情况而定进行爆破,爆破的炸药放在孔内上、中、下三处,而后用压力泵灌入降阻剂(压力不得少于 0.5 Pa,每米降阻剂用量为 10 kg 左右),埋接好线后,夯实回填土。

## 3 结 语

回龙电站应用深孔爆破压力灌浆法后,经辽宁省电力科学院测试,接地电阻完全符合标准要求,彻底解决了回龙电站多年来接地电阻过高的难题。实践证明,用深孔爆破压力灌浆法改善接地电阻是切实可行的,它投入资金少,稳定性能好,具有一定的实用性。

### 参考文献:

- [1] SDJ876, 电力设备接地设计技术规程[S].
- [2] 曾永林. 论立体接地网设计[M]. 北京:中国电力出版社, 1994.

(收稿日期:2000-10-09 编辑:张志琴)