

老挝 Ban Hat~Ban Lak25 500kV 输电线路工程塔基土壤电阻率成果与取值研究

张彪¹, 移根旺², 刘祥刚¹, 陈潇¹, 严浩¹

(1.中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550081; 2.中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司, 广西 南宁 530000)

摘要:根据规范要求,在电力工程建设之前,相关勘察设计单位都需要对拟建工程项目进行土壤电阻率测试,为后期设计接地降阻提供可靠的依据,其测量结果的准确性、可靠性直接关系到项目的投资、设计、施工、运行维护等各个方面。本文以老挝 Ban Hat~Ban Lak25 500kV 输电线路工程为例,分别采用 ZC-8 型手摇接地电阻仪和 WDDS-2 型数字电阻率仪,对同一路工程塔基进行土壤电阻率测试,得到不同的电阻率值,对测试结果进行对比分析及影响因素评价,最后提出合理的土壤电阻率建议值,为类似工程提供参考。

关键词:电力工程;土壤电阻率测试;对比分析;影响因素;建议值

中图分类号:TM754

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)31-0106-03

0 引言

在电力工程项目建设之前,其勘察设计单位都需要对拟建项目进行土壤电阻率测试,土壤电阻率的大小直接关系到接地装置接地电阻的大小,是接地计算中一个重要的参数。目前我国电力工程中测试土壤电阻率常用仪器主要有 ZC-8 型手摇接地电阻仪、WDDS-2 型数字电阻率仪等。

经过几十年的发展,我国在发电、变电、送电等工程建设领域技术已相当成熟。而我国国内的电力项目日趋饱和,从而导致我国电力工程领域竞争激烈。为谋求更好的发展,我国有很多电力企业也逐步走向国际市场。

本文以老挝 Ban Hat~Ban Lak25 500kV 输电线路工程为例,同时采用 ZC-8 型手摇接地电阻仪和 WDDS-2 型数字电阻率仪对同一路工程塔基进行土壤电阻率测试。并对两种仪器测试结果进行对比分析及影响因素评价,并提出合理的土壤电阻率建议值,为类似工程提供参考。

1 工程概况

拟建的老挝 Ban Hat~Ban Lak25 500kV 输电线路起于老挝 PAKSE 省 Khinak 县西北方向约 5km 拟建的 230kV Ban Hat 变电站,然后沿着湄公河畔及老挝国家 13 号公路一路北向,终止于老挝 PAKSE 市西南方向约 20km 拟建的 500kV Ban Lak25 变电站,全长约 109km,线路塔基共计 252 基。

线路位于老挝国家南部,湄公河左岸,线路沿线地貌类型主要为湄公河侵蚀阶地地貌,地势特征呈东高西低,略有起伏,高程 87~197m,低洼处高程 83~100m,相对高差 5~50m,坡度一般 5°~20°。

线路勘测区沿线地层主要为第四系冲积层(Q^{al+pl})粉质黏土、砂土、卵砾石层和坡残积层(Q^{sd+cl})粉质黏土、侏罗系(J)粉砂岩、三

叠系(T)砂岩、新近系β¹玄武岩。

2 仪器设备及测试方法

2.1 ZC-8 型手摇接地电阻仪设备及测试方法

2.1.1 仪器设备

仪器设备为北京远东仪表有限公司生产的 ZC-8 型手摇接地电阻仪,仪器编号为:11101601。主要技术参数:

- (1)量程有×0.1Ω、×1.0Ω、×10Ω 三档,对应的精度值为0.01Ω、0.1Ω、1.0Ω。
- (2)工作环境温度 0~40℃。
- (3)工作环境湿度≤85%。

2.1.2 测试方法

(1)采用对称四极接地测试法,在被测塔位按照直线排列埋在土壤内的四根棒,它们之间的距离为α,棒的埋入深度h应不低于α/20,电极分别为C1、P1、P2、C2,将仪器四个端钮分别接在C1、P1、P2、C2 电极上。

(2)按《电力工程物探技术规程(DL/T 5159—2012)》技术要求测量,读取接地电阻表读数R(Ω),并填写“土壤电阻率测量记录表”中的各项内容,按 $\rho_0=2\pi aR$ 、 $\rho=k\rho_0$ (Ω·m)计算塔基的土壤电阻率,其中: ρ_0 -塔基范围内经季节系数修正后的平均土壤电阻率(Ω·m); ρ -塔基范围内未经季节系数修正的平均土壤电阻率(Ω·m);R-实测电阻读数(Ω);a-接地电极间距(m),a通常取20m;k-雷电保护接地装置季节系数。干:k=1.4;稍湿:k=1.6;湿:k=1.8(《交流电气装置的接地设计规范(GB 50065—2011)》)。

2.2 WDDS-2 型数字电阻率仪设备及测试方法

2.2.1 仪器设备

本次测试主机采用重庆奔腾数控技术研究所生产的 WDDS-2 型数字电阻率仪,其性能参数如下:

表 1 两次土壤电阻率测试结果统计

测试仪器	测试季节	统计数量	地表干湿程度	地貌微单元	土层厚度	电阻率范围值/($\Omega \cdot m$)	备注
ZC-8 型手摇接地电阻仪	旱季	133	湿	水田	大于 2.0m	$72 \leq \rho \leq 1606$	
	旱季	119	干燥	旱地	小于 2.0m	$3000 < \rho \leq 19101$	
	旱季	119	稍湿	旱地	小于 2.0m	$157 \leq \rho < 3300$	在电极处加入盐水后
WDDS-2 型数字电阻率仪	旱季	133	湿	水田	大于 2.0m	$83 \leq \rho \leq 1612$	
	旱季	119	干燥	旱地	小于 2.0m	$102 \leq \rho < 3000$	
	旱季	119	稍湿	旱地	小于 2.0m	$96 \leq \rho < 2800$	在电极处加入盐水后

(1)接收部分:

电压通道: $\pm 24V$, $\pm 0.5\% \pm 1$ 个字, 24 位 A/D;

电压最高采样分辨率: $0.01\mu V$;

输入阻抗: $\geq 50M\Omega$;

SP 补偿范围: $\pm 10V$;

电流通道: $3.5A$, $\pm 0.5\% \pm 1$ 个字, 24 位 A/D;

电流最高采样分辨率: $0.02\mu A$;

对 50Hz 工频干扰压制优于 80dB。

(2)发射部分:

最大发射功率: 3500W;

最大供电电压: $\pm 1000V$ (即 $2000Vp-p$);

最大供电电流: $\pm 3.5A$ (即 $7Ap-p$);

供电脉冲波形: 占空比为 1:1, 双极性。

2.2.2 测试方法

本次土壤电阻率测试采用常规对称四极电阻率测深法, 采用 AB/MN=5:1 的温耐尔装置。不同岩层或同一岩层由于成分或结构等因素的不同, 而具有不同的电阻率, 通过接地电极将直流电供入地下, 建立稳定的人工电场, 在地表观测某点在垂直方向的电阻率变化。现场装置示意图见图 1。图中 A、B 为供电电极, M、N 为测量电极, 它们都对称于装置中心点 O, 记录点和装置的中心点重合。

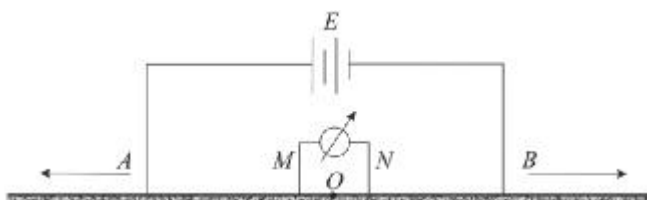


图 1 对称四极电测深法工作

按式(1)、式(2)计算装置系数 K 及视电阻率 ρ_s :

$$K = \frac{\pi \cdot AM \cdot AN}{MN} \quad (1)$$

$$\rho_s = K \frac{\Delta U_{MN}}{I} \quad (2)$$

式中: ρ_s - 岩土层的视电阻率, $\Omega \cdot m$; K - 装置系数 (m), 与供电和测量电极间距有关; ΔU_{MN} - 测量电极间的电位差, mV; I - 供电回路的电流强度, mA。

本次测试最高工作电压 90V, 供电电极距 $AB/2=30m$, 测量电极距 $MN/2=10m$ 。

每测量一次 ΔU_{MN} 及 I, 计算相应的 K 值及视电阻率值 ρ_s 。

3 塔基土壤电阻率测试成果统计与取值研究

3.1 塔基土壤电阻率测试成果统计分析

本次电阻率测试时间为老挝的旱季。根据工程需要, 此次采

用 ZC-8 型手摇接地电阻仪和 WDDS-2 型数字电阻率仪分别对线路沿线 252 个塔基进行电阻率测试。

在水田地段, 地势相对较低, 测试期间地表土壤中的含水量较大, ZC-8 测试的土壤电阻率范围值为 $72\Omega \cdot m \leq \rho \leq 1606\Omega \cdot m$, WDDS-2 测试的土壤电阻率范围值为 $83\Omega \cdot m \leq \rho \leq 1612\Omega \cdot m$, 两组测试数据基本一致。

但是在旱地地段, 地势相对高, 受旱季高温影响地表水分蒸发量较大, 表层土壤中含水量极低, 地表极其干燥, 其中该地段 119 个测点 ZC-8 型手摇接地电阻仪测量范围值为 $3000\Omega \cdot m < \rho \leq 19101\Omega \cdot m$ 。而该地段 WDDS-2 型数字电阻率仪测量的电阻率范围值为 $102\Omega \cdot m \leq \rho < 3000\Omega \cdot m$, 经对比发现两组测试数据差别较大。

初步推测, 可能是该地段土壤中含水量低, 电极与土壤接触不良所致, 于是测试人员对旱地地段进行复测, 并且复测过程中采用盐水浇湿四个电极附近, 以降低电极接地电阻, 再分别进行电阻率测试。

由于测试数据较多, 本次主要按照测试时间、测试仪器、测试季节、地表潮湿程度、地貌微单元、电阻率范围值等进行分类统计, 两种仪器塔基土壤电阻率测试成果见表 1 和图 2 所示。

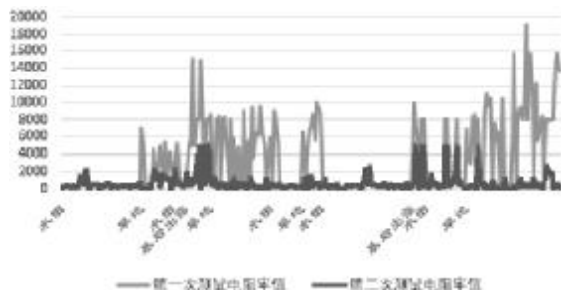


图 2 两种仪器测试土壤电阻率值折线走势图

3.2 土壤电阻率的取值

根据表 1 和图 2 对比分析可知, 位于水田地段的 133 个 ZC-8 测试的土壤电阻率值和 WDDS-2 测试的土壤电阻率值基本一致。

但是由于位于旱地地段 119 个测试点因地表土壤含水量低, 电极与土壤接触不良, 第一次测试期间未在电极处加入盐水处理的情况下, ZC-8 测试的土壤电阻率范围值为 $3000\Omega \cdot m < \rho \leq 19101\Omega \cdot m$, WDDS-2 测试的土壤电阻率范围值为 $3000\Omega \cdot m < \rho \leq 19101\Omega \cdot m$, 两组测试数据相差较大。

发现异常后, 并对该地段采用盐水浇湿四个电极附近, 以降低电极接地电阻后再次进行电阻率复测。经复测后对比发现, WDDS-2 型数字电阻率仪测量的结果变化较小, 误差在 3% 以内。但 ZC-8 型手摇接地电阻仪测量范围值变为 $157\Omega \cdot m \leq \rho < 3300\Omega \cdot m$, 与 WDDS-2 型数字电阻率仪测量的值相接近, 远低于

(下转第 298 页)

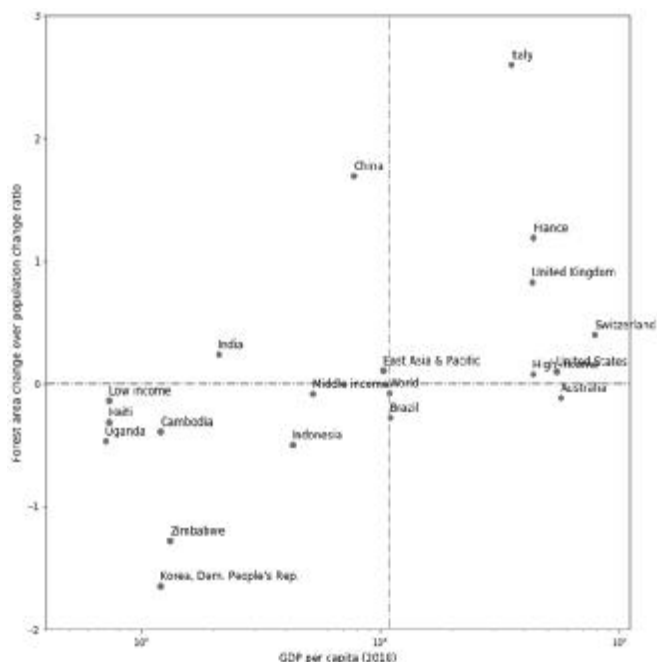


图4 森林、人口和经济之间的关系(资料来源:世界银行)

林面积通常随着人口的增加而减少。然而,在高收入国家,随着经济发展到一定水平,发展重点逐渐由第一产业、第二产业向第三产业转移。此外,这些国家的教育水平和环境意识也有所提高。在这些国家,森林面积往往随着人口的增加而增加。

6 结论

综上所述,由于有效的政府政策和环保企业活动,中国为全球森林增长做出了最大的贡献。中国的森林面积随着人口的增

长和经济的发展而出现增长。中国的发展模式与印度类似,在世界各发展中国家中呈现出独有的现象。在全球范围内,中低收入国家的森林面积增长与人口增长呈负相关。高收入国家经济发展水平高,环境保护意识强,森林发展与人口呈正相关。虽然中国的森林发展在经济发展的总体模式中是一个特例,但其经验教训对其他发展中国家也具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 森林面积(占土地面积的百分比)[EB/OL]. 世界银行, 2019-05-03. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS>.
- [2] 我国新一期沿海防护林体系建设工程解读[EB/OL]. 国家林业和草原局, 2017-10-13. <http://www.forestry.gov.cn/main/3957/20171031/1042049.html>.
- [3] 支付宝画廊:2019年春天蚂蚁森林植树情况[EB/OL]. 支付宝集团, 2019-04-30. <https://medium.com/alipay-and-the-world/alipay-gallery-ant-forest-tree-planting-spring-2019-dc4e0578cc7c>.
- [4] Chen, C., Park, etc. China and India lead in greening of the world through land-use management[J]. Nat Sustain, 2019(2): 122-129.
- [5] 《三北防护林体系建设工程40年综合评价报告》发布会[EB/OL]. 中华人民共和国国务院新闻办公室, 2018-12-24. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/37601/39515/index.htm>.
- [6] 冯灏. 气候变化或助中国绿化行动“国际化”[EB/OL]. 中外对话, 2019-8-30. <https://chinadialogue.net/zh/3/44248/>.

收稿日期: 2021-07-06

作者简介: 晏哲铭(2002—), 男, 汉族, 上海人, 高中在读, 研究方向为地理学。

(上接第107页)

未浇盐水之前的测量值。

通过上述综合分析, 建议选取 WDDS-2 仪器测得的土壤电阻率值作为本项目最终设计建议值。

4 结论

通过对上述电阻率成果的对比分析影响因素评价, 结合类似工程经验, 得出以下结论:

(1) 在相同的电阻率测试点, 采用不同的仪器, 地表湿度较大的情况下, 电极接地电阻较低, 两种仪器测得电阻率值基本一致。

(2) 在电阻率测试过程中, 尽量采用精度较高的数字电阻率仪器进行测试; 并且在测试之前对选择的仪器进行校正, 从而避免仪器带来的误差的影响。

(3) 在旱季测试土壤电阻率时, 若测点土壤中的含水量较低, 地表干燥, 建议在电阻率测试过程中采用盐水或其他降阻剂处理电极与土壤连接处, 其测试值更接近真实值。

(4) 在电阻率测试过程中, 建议结合土壤中导电离子的浓度、土壤中的含水量、地层岩性、季节因素、温度及土壤的致密性等因素随时对测试结果进行综合分析, 可以及时修正测试中的异常数据。

(5) 在土壤电阻率的取值的过程中, 除了分析影响因素, 对测试结果进行修正之外, 还需结合同一地区类似工程相关成果及经验进行综合取值。

参考文献

- [1] 中华人民共和国建设部. 岩土工程勘察规范: GB 50021—2001(2009年版)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 国家市场监督管理总局. 330kV~750kV 架空输电线路勘测标准: GB/T 5048—2018[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- [3] 中国国家能源局. 电力工程物探技术规程: DL/T 5159—2012[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [4] 老挝 Ban Hat-Ban Lak25 500kV 输电线路工程(详细勘察阶段)(施工图)塔基土壤电阻率测试报告[Z]. 2017.

收稿日期: 2021-07-12

作者简介: 张彪(1981—), 男, 土家族, 贵州凤冈人, 本科, 高级工程师, 主要从事水电、火电、风电、光伏、送变电等电力工程项目勘察工作。