

[变电所]

降低变电所接地电阻试验的重复率

文/国网浙江省杭州市余杭区供电公司 陈永健
国网浙江省杭州市萧山区供电公司 吕佳

随着电力事业的快速发展，变电所对接地系统的要求越来越严格。但由于接地网设计不全面、施工不精细和测试不准确等原因，近年来已发生了多起接地网引起的事故，所以接地网对电力系统的安全稳定运行起着非常重要的作用。状态检测班一般通过直线法或 30° 夹角法对接地网进行试验，但是试验重复率很高。主要探寻一种降低试验重复率的方法，降低工作量，提高工作效率。

随着电力事业的快速发展，电力系统中对接地系统的要求越来越严格。变电所接地系统的好坏直接关系到变电所内部各种设备是否能正常运行，更涉及到人身与设备的安全。但由于接地网设计考虑不全面、施工不精细和测试不准确等原因，近年来仍发生了多起接地网引起的事故，有的不仅烧毁了设备，故障还通过电缆窜入主控室，造成事故扩大，所以接地网对电力系统的安全稳定至关重要。

1) 接地网。由垂直和水平接地极组成的水平网状接地装置，供发电厂、变电所使用，兼有泄流和均压作用。

2) 接地电阻试验。测量变电所接地网接地电阻值大小的试验。试验方法有直线法和 30° 夹角法，示意图如图1、图2所示。

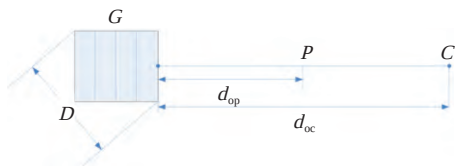


图1 接地电阻试验（直线法）

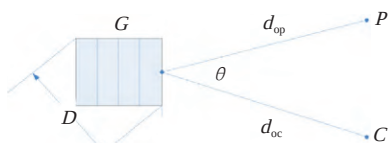


图2 接地电阻试验（ 30° 夹角法）

G 为被测接地装置； C 为注入电流的电流极； P 为零电位点（电压极位置）； D 为接地网最大对角线长度。电力行业标准DL 475—2006《接地装置特性参数的测量导则》中建议电流极与接地装置之间的距离 $d_{oc} = (4 \sim 5) D$ ； $d_{op} = (0.5 \sim 0.6) d_{oc}$ 。

根据《高压试验原始报告》，调查了2015年1月到4月间公司所辖12座110 kV变电所接地网接地电阻的试验情况，如图3所示。

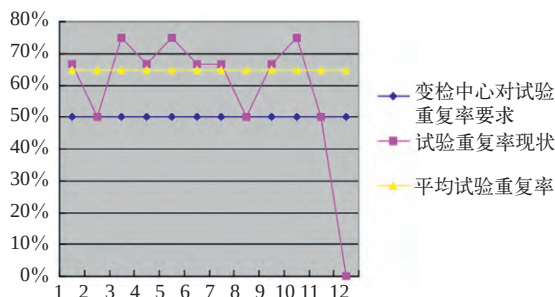


图3 接地电阻试验重复率折线图

由以上数据可知2015年1月到4月变电所接地网接地电阻试验中总体试验重复率达到了64.7%，重复率高。过高的试验重复率不仅降低了工作效率而且增加了试验人员的工作负担。

接下来主要从试验流程、工器具和人员操作熟练程度等多方面进行调查，寻找降低变电所接

地电阻试验重复率的方法。

试验重复率过高的原因

从高压原始试验报告、试验流程等多个方面进行调查,寻找造成试验重复率过高的各种原因。

1. 原始试验报告

针对接地电阻试验重复率过高的问题,首先调查了2015年1月到4月间12座110 kV变电所接地电阻试验的原始报告,其中110 kV余杭变电所、110 kV红阳临时变电所接地电阻原始试验报告如图4所示。

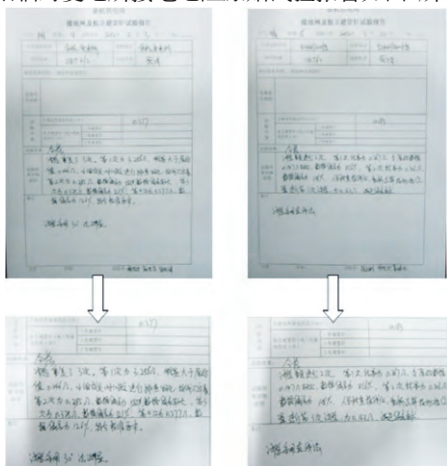


图4 接地电阻试验报告

图4变电所接地电阻试验原始报告中详细记录了试验数据、试验重复原因等信息。110 kV余杭变电所共进行4次接地电阻试验其中因数据偏差大造成试验重复3次。由于《杭州市供电公司电力设备预防性试验规定》指出:110 kV主接地网的接地电阻为 $\leq 0.5 \Omega$,测量值与原始数据比较,其数据偏差不应大于20%。对余杭变电所接地网进行第4次接地电阻试验时数据偏差为12.6%,满足标准要求,试验完成。由此可见,试验数据偏差过大是造成试验重复率过高的主要原因。

2. 试验流程

为了全面找出症结所在,从试验流程的各个方面展开分析,试验流程如图5所示。

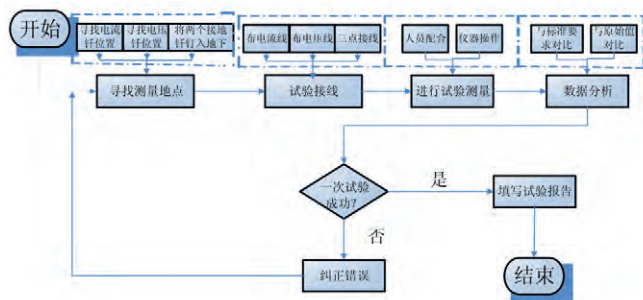


图5 接地电阻试验流程

由流程图可以看出,试验可以分成4部分,即寻找测量地点、试验接线、进行试验测量和数据分析。每个环节都有可能造成试验重复,通过调查多个变电所接地电阻试验重复原因,绘制原因构成饼图,如图6所示。

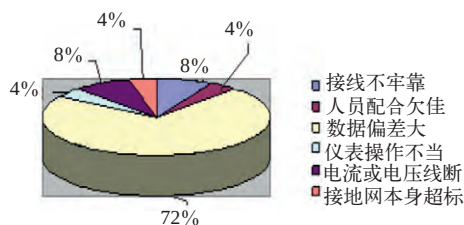


图6 试验重复的原因饼图

从饼图可以看出,试验数据偏差大所占比例为72%,是造成试验重复率高的主要原因。

要因确认

针对上述调查,寻找出可能造成试验重复的4条末端因素,如表1所示。

表1 末端因素

序号	原因	确认方法	日期
1	培训不足	现场调查	4.10
2	实际操作能力差	现场验证	4.13
3	电流钳、电压钳氧化腐蚀	现场测试	4.18
4	缺乏精确的测距(角度)工具	现场测试	4.20

随后按照末端因素逐一确认。

1. 确认一

查看培训记录。经过查看班组的2011年1月到2013年4月的技术培训记录,所有测量人员的参加培训情况和培训时间如图7所示。

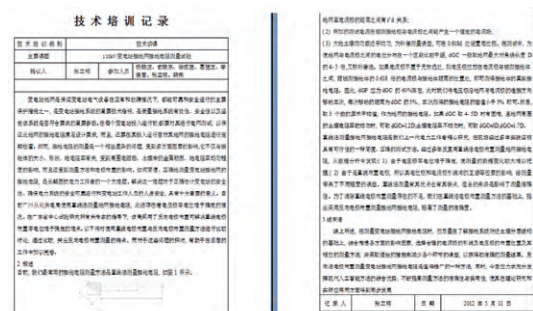


图7 110 kV变电所接地网接地电阻试验培训记录

培训内容、培训时间和培训次数均符合标准,该末端因素属于非要因。

2. 确认二

对检测班所有试验人员进行了“接地电阻试

验”的现场考核，包括理论知识考试、实际操作考核等方面，如图8所示。



图8 现场考核

全体小组成员在该项的操作能力均达到了A级标准（90分以上），该末端因素属于非要因。

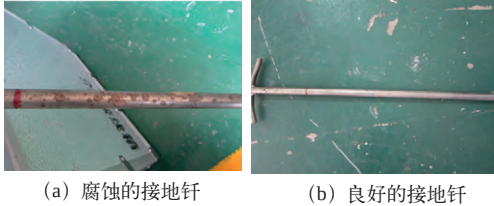
3. 确认三

首先使用回路电阻测试仪对仓库内氧化的接地钎和良好的接地钎进行氧化层接触电阻测量，相应数据如表2所示。

表2 氧化层电阻

氧化层 接触电阻/ Ω	良好电流、 电压接地钎	氧化的电流、 电压接地钎
	0.032	0.962

分别应用良好和氧化的接地钎进行接地电阻测量，其中接地电阻测试仪、导线和接地钎位置等不变，记录试验数据。腐蚀与良好的接地钎对比如图9所示，不同接地钎测量结果如表3所示。



(a) 腐蚀的接地钎 (b) 良好的接地钎

图9 腐蚀与良好的接地钎对比

表3 不同接地钎测量结果

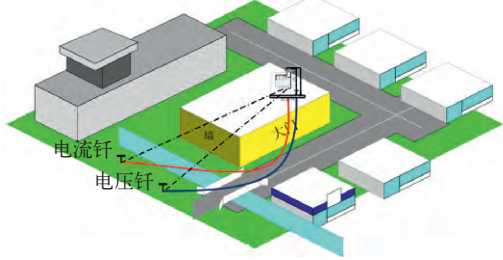
接地电阻/ Ω	良好电流、 电压接地钎	氧化的电流、 电压接地钎
	0.258	1.562

应用氧化的电流、电压接地钎进行变电所接地电阻测量试验，测量值会明显升高，从而影响试验数据偏差，进而增加试验重复率。属于主要原因。

4. 确认四

余杭供电公司所辖的变电所周围环境复杂，有些变电所门前空间小，布线只能向两边布，由于有墙等遮挡物、地势的起伏或池塘的阻隔，普通的卷尺、米尺无法测距。这种情况下，依靠人

估计很容易出现几米、几度的测量位置偏差。现场模拟图如图10所示。



测量110 kV星桥变电所的独立避雷针接地网的接地电阻，精确地按照30°法进行布线，完成试验；将电流钎、电压钎延长2.5 m、5 m进行测量；将电流钎侧面移动，使角度变为32°进行测量，记录以上数据并对比分析，试验结果如表4所示。

表4 试验结果

项目	不同的 测量地点	接地电阻值 / Ω	偏差 (%)
星桥变独立 避雷针接地网 接地电阻测量	精确测量地点	3.47	-3.1
	移动电流极、 电压极 (2.5 m)	4.2	17.3
	移动电流极、 电压极 (5 m)	5.7	59.2
	移动电压极 (32°)	5.0	42.7
	星桥变独立避雷针接地网接地电阻 的原始值为3.58 Ω		
备注			

由于缺乏精确的测距（角度）工具，当距离、角度的准确性超过标准要求时，数据偏差很大，故此末端因素为主要原因。

制订对策

由以上分析可知，影响接地电阻试验重复的原因主要有接地钎氧化和缺乏精确的测距（角度）工具。针对接地钎氧化一般可采用机械打磨去除氧化层的方法，在试验前必须进行外观检查；针对第二点就要研制一套适用于该试验的定位工具。市面上定位工具很多，主要包括红外线测距、超声波测距和卫星定位等。

红外线测距传播速度快、折射率低、研制较容易且费用较低，但是变电站周围一般都会有建筑物，或者较多植物，红外测距的前提是两发射器间不能有障碍物，穿透性较弱，应用局限性较大。

超声波穿透性强，但发生器较大、携带不方便且研究成本较高。

卫星定位测距是利用3个GPS模块进行定位，之后用无线通信技术传送地理位置信息到主机，由主机计算出电流钎、电压钎与接地网测量点之间的角度和距离，利用GPS卫星定位技术、无线通信技术、数据显示和处理技术，精度高、实现方便、成本较低且操作简单。

经过综合对比认为研制出一套适合接地网电阻试验的卫星定位工具更据可行性。

对策实施

1. 确定装置的总体开发方案

首先确定装置的总体结构，然后确定各部分的功能，以便进行后续的研发工作。

(1) 装置结构

装置采用主-分结构，包含一台主机，两台从机。主机与接地网的测量点（接地电阻测试仪放置位置）绑定，两个从机分别绑定电流钎和电压钎，对三点进行定位和计算距离、角度，如图11所示。

主机称为接地电阻试验专用定位仪，两个从机分别称为接地电阻试验专用定位仪（从机1）、接地电阻试验专用定位仪（从机2）。

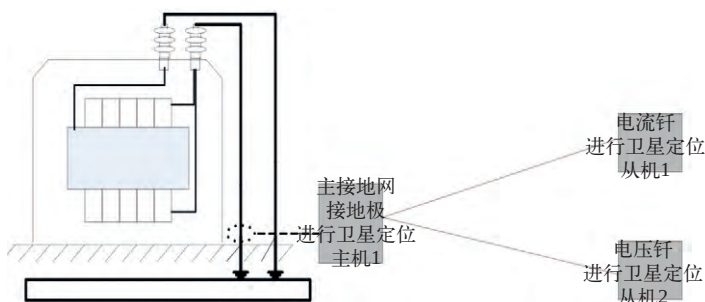


图11 装置结构

图11利用GPS卫星定位、无线通信原理的装置应用示意图

(2) 装置具体功能

主机、从机1及从机2，各自搜索卫星，测量到自己的经纬度。从机1、从机2将自己的经纬度信息传送给主机，主机根据三点的经纬度信息计算AB、AC距离及 $\angle BAC$ ；之后把这些信息传送给从机1、从机2。装置功能如图12所示。

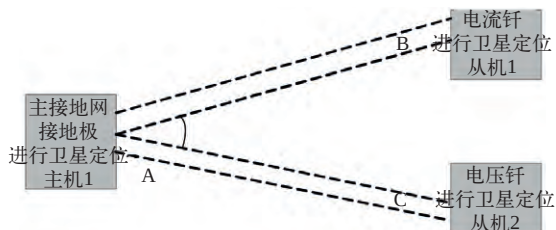


图12 装置功能

2. 确定关键元件及装置材料

关键元件及装置材料如表5所示。

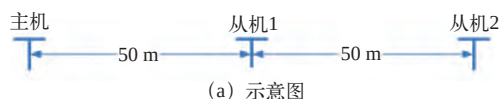
表5 关键元件及装置材料

模块	元件
数据处理模块	控制电路处理器采用ATMEL公司的ATmega128单片机
数据显示	采用液晶显示屏显示方位信息
通信模块	采用低功耗GPRS数据传输模块，实现主-从机之间的通信
定位模块	采用MSTAR芯片组的GPS模块
装置的外壳材料	1 mm厚的硬质塑料板制作，不仅机械强度高而且美观

3. 对装置进行校验

利用卫星定位装置完成直线法、 30° 夹角法测量精度试验。

1) 试验内容。主机、从机1及从机2呈直线排列，间距为50 m。直线法精度校验如图13所示。



(a) 示意图



(b) 小组成员验证

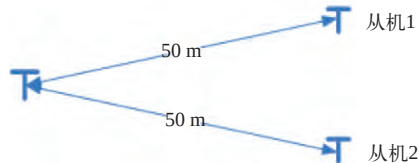


(c) 装置显示结果

图13 直线法精度校验

通过装置显示结果可知，主机位置确定，从机1位置偏差0 m，从机2位置偏差1 m，角度相差为 1° ，精度较高。

2) 试验内容。主机、从机1、从机2呈 30° 排列，间距为50 m。 30° 法精度校验如图14所示。



(a) 示意图



(b) 小组成员验证



(c) 装置显示结果

图14 30° 法精度校验

通过装置显示结果可知,主机位置确定,从机1位置偏差0 m,从机2位置偏差1 m,角度偏差 1° ,精度较高。

3) 现场验证。使用接地电阻试验专用定位仪进行110 kV星桥变的主接地网接地电阻试验,采用 30° 测量方法,距离为150 m。利用卫星定位装置进行精确定位。现场验证如图15所示。



(a) 从机1

(b) 从机2



(c) 试验仪器和主机

(d) 主机显示的测量数据



图15 现场验证

应用接地电阻试验专用定位仪后,测得110 kV星桥变电所主接地网的接地电阻为 0.244Ω ,原始数据为 0.254Ω ,数据偏差为 -3.9% ,显然没有了数据偏大的情况。

结束语

通过现场调查、要因确认、制定对策和对策实施4个方面循序渐进的解决了目前变电所接地电阻试验重复率高的问题,研制出一套适用于该试验的定位工具,大大降低了试验人员的工作量,提高了工作效率,并且该定位工具可以应用到线路干塔定位、测距和测角度等电力建设项目中,应用范围较广。EA

(收稿日期:2015.06.19)

(编辑:刘群立)

西门子推出新一代Sirius Act按钮指示灯产品

在“2015中国国际工业博览会”上,西门子推出了新一代Sirius Act按钮指示灯产品。Sirius Act提供了独一无二、设计精致的按钮、指示灯和开关——精美、智能、坚固、可靠,可以轻松应对一切恶劣环境,其创新的卡装式设计甚至可以让用户单手完成安装。

全新一代的Sirius Act按钮指示灯产品可广泛应用于工业领域,这款外观设计感超强的产品具有更加强大、突出的卓越性能。

新一代Sirius Act系列按钮指示灯采用优质金属和高性能塑料材质,基于先进的LED技术,防护等级达到IP69K。在含有高压粉尘或水雾的应用场合,Sirius Act也能确保功能性,即使在有油、碱液等物质影响的极端环境,Sirius Act也能可靠运行。

Sirius Act按钮指示灯产品包括塑料、金属、金属亚光和纯平金属亚光系列产品,不管是平头还是凸头样式,金属还是塑料元件,都具有卓越的功能性和现代化的设计,并为用户提供了多样化的选择。

Sirius Act按钮指示灯产品还具有强大的通讯能力。用户除了采用标准化布线,还可将按钮指示灯通过AS-Interface直接连接到现场控制器,通过IO-Link直接连接到控制柜中的控制器,从而可大幅缩短布线时间,减少布线工作量和误操作,为将来更改和扩展提供灵活性。此外,Sirius Act即将可以连接到Profinet,进一步确保高效通讯和系统的可靠运行。



▲ 西门子推出新一代Sirius Act按钮指示灯产品