

采用经纬仪的变电站地基沉降监测分析法

王运田

(国网四川省电力公司检修公司 , 四川 成都 610000)

摘要: 针对地基不均匀沉降对丹巴变电站造成的影响,以及目前的监测分析方法存在过于复杂难以在高海拔、地质条件恶劣地方实际应用现状,提出了一种采用经纬仪的监测分析法。首先采用经纬仪进行监测,然后由两点对比法对监测结果进行分析,通过分析结果判断不均匀沉降的发展趋势,最后对沉降的可能原因进行了分析并提出管控措施,有效地防止了二次灾害的发生,证明了该方法的有效性和实用性。

关键词: 经纬仪;地基沉降;变电站;两点对比法

中图分类号: TH721 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)05-0049-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.05.010

Monitoring and Analysis Method of Foundation Settlement for Substation Based on Theodolite

Wang Yuntian

(State Grid Sichuan Maintenance Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Aiming at the impact of uneven settlement of foundation in Danba substation and the situation that the current monitoring and analysis methods are too complex to be applied to the areas with high altitude and poor geological condition, a monitoring and analysis method using theodolite is proposed. Firstly, the theodolite is used for monitoring, and then the monitoring results are analyzed based on two-point comparison method, and the development trend of uneven settlement is judged by the analysis results. Finally, the possible causes of settlement are analyzed and the control measures are put forward, which can effectively prevent the occurrence of secondary hazard. So it proves the validity and practicability of the proposed method.

Key words: theodolite; foundation settlement; substation; two-point comparison method

0 引言

地基沉降指地面下沉的现象,是目前国内各大变电站面临的一个主要地质问题。它可引起建筑物倾斜,基础开裂,给生产和生活带来很大影响,可能导致严重的财产损失。

近十年,随着变电站的加速建设,已建变电站地基下沉的情况多有发生,这对变电设备的安全生产带来巨大的安全隐患,严重的将造成重大经济损失,如在《中国电网风险管理报告(一)》中就提及了“山西某 220 kV 变电站 1998 年发生地基沉陷,直接经济损失数百万元^[1];甘肃某电厂 2003 年因地面突然下陷造成墙体开裂,直接经济损失约 48 万元^[2];某 500 kV 变电站工程在投运前发现主变压器基础与

散热器基础发生不均匀沉降导致设备受损”^[3]。可见电网运行管理不仅要对电力设备本身的安全性进行专业维护管理,还要加强对设备所在地的地基环境等基础设施进行严密的定期监测。

地基沉降是一个复杂的环境地质问题,一直受到各国学者的普遍关注。目前,国内外监测地基沉降的方法有很多种,主要采用全站仪、水准测量、双曲线法和沉降差法,都是通过线性拟合来预测地基的沉降。尽管这 4 种方法线性拟合都很好,但相对费用高,后两种误差高达 53%^[4-5],并且理论和监测手段过于复杂,需要专业测量人员才能开展,不利于国网四川检修公司所辖的藏区偏远变电站地基沉降的跟踪监测。

下面提出的根据经纬仪垂直角测量原理,采用的两点对比观测法简单,不需要专业测量人员参与,

可以由驻站运维人员经过短时间的经纬仪理论与实际操作强化训练就可独自开展,经现场实践验证可行。对站址边远的藏区高海拔变电站具有极大的优势。同时针对地基沉降形成、发展过程进行了大量研究,分别从地面沉降成因、产生机理、监测数据分析和防治5个方面系统地介绍了丹巴变电站沉降研究现状。这些工作为开展地基沉降的防治工作奠定了良好的基础。

1 丹巴变电站地基沉降概述

丹巴变电站位于四川省甘孜州丹巴县,海拔2158 m,于2013年10月投入运行,担负着藏区水电送出的重要任务。然而,不均匀沉降导致的隐患正在严重威胁着该站的安全稳定运行。

丹巴变电站设备场地由于采用了大量的回填土,回填土平均厚度5.85 m,基础底标高-2.00 m,220 kV设备场地回填土厚度均大于10 m。由于回填土具有高含水量、高压缩性、极低强度、欠固结等特点^[6],特别是夏季汛期地基易发生不均匀沉降^[7]。

该站自2013年10月投运后不断沉降,导致引线被绷直,如图1所示;巡视道路高低不平且严重断



图1 引线被绷紧



图2 基础开裂

裂、设备基础开裂,如图2所示;设备倾斜、组合电气设备SF₆气室气体泄漏等一系列问题,该场区沉降差约18 mm,累计裂缝缝长600 mm,缝宽20 mm。

2 采用经纬仪的监测方法

2.1 经纬仪及其测量原理

2.1.1 经纬仪

经纬仪分为光学经纬仪和电子经纬仪。光学经纬仪采用光学度盘,借助光学放大和光学测微器读数的一种经纬仪;电子经纬仪与光学经纬仪的根本区别在于用于微处理机控制的电子测角系统代替光学读数系统,能自动显示测量数据,主要用于平面控制测量、精密工程测量^[7],下面重点介绍光学经纬仪。

光学经纬仪总体可分为3部分:基座、水平度盘和照准部,如图3所示。图中:1为制动螺旋;2为望远镜物镜;3为微动螺旋;4为水平制动螺旋;5为水平微动螺旋;7为竖盘水准管观察镜;8为竖盘水准管;9为瞄准器;10为物镜调焦环;11为目镜;12为度盘读数镜;14为光学对中器;17为垂直度盘;18为度盘照明镜;19为平盘水准管。

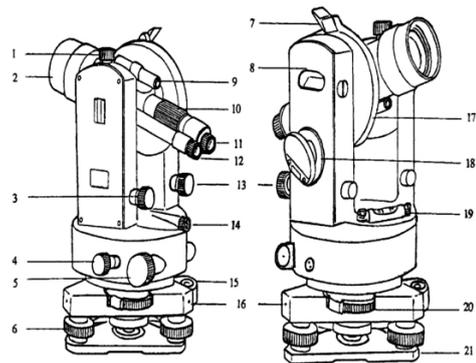


图3 光学经纬仪

2.1.2 水平角测量原理

相交于一点的两方向线在水平面上的垂直投影所形成的夹角称为水平角。一般用 β 表示,角值范围为 $0^\circ \sim 360^\circ$,如图4所示。

图4中,A、B、O是地面上任意3个点,OA和OB是两条方向线所夹的水平角,即为OA和OB垂直投影在水平面H上所构成的夹角 β 。可在O点的上方任意高度处,水平安置一个带有刻度的圆盘,圆盘中心在过O点的铅垂线上;设这两个铅垂面在刻度盘上截取的读数分别为a和b,则水平角 β 的

角值为

$$\beta = a - b \quad (1)$$

仪器上的望远镜不仅可以在水平面内转动,而且还能在竖直面内转动。经纬仪就是根据上述基本要求设计制造的测角仪器^[8-10]。

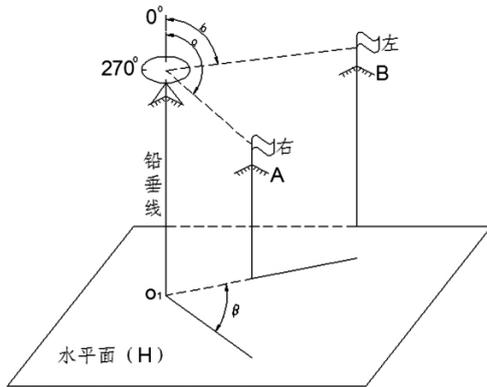


图4 水平角原理

2.1.3 垂直角测量原理

在同一铅垂面内,观测视线与水平线之间的夹角称为垂直角,也称倾角,用 α 表示,其角值的范围为 $0^\circ \sim \pm 90^\circ$,如图5所示。

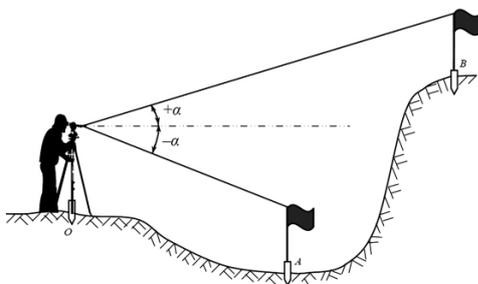


图5 垂直角测量原理

图5中,望远镜瞄准目标的视线与水平线分别在竖直面内有对应读数,两读数之差即为垂直角的角值。视线在水平线的上方,垂直角为仰角,符号为正($+\alpha$);视线在水平线的下方,垂直角为俯角,符号为负($-\alpha$)。垂直角测量原理即度盘上两个方向的读数之差。

所以,测量垂直角时,只要瞄准目标读出竖盘读数,即可计算出垂直角。

2.2 采用经纬仪的监测方法探讨

针对丹巴变电站投运后地质沉降问题,选用光学经纬仪每月跟踪监测分析的方法,相对于其他测量手段,该方法简单、便捷,不需要专业测量人员参与,可以由驻站运维人员经过短时间的强化培训就可自行开展,对站址非常边远的藏区高海拔变电站

具有极大的应用价值。

基于地质沉降主要有竖直沉降和偏移,选取丹巴变电站220 kV场地3号独立避雷针为其中一个主要监测对象,选用经纬仪进行监测。

为了便于观察比较及减少监测误差,采用经纬仪选取同一设备不同高度观测点作为监测对象,如图6所示。

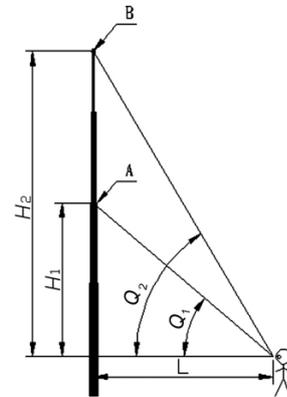


图6 经纬仪测量原理

图6是采用光学经纬仪选取220 kV场地3号避雷针不同高度观测点A、B 2个点作为监测对象的原理图,观测线上的测试点设在固定地点,该点距离避雷针正下方的水平距离为L,A、B点与测量点的相对高度分别为 H_1 、 H_2 。根据垂直角原理,测得固定点与A、B点的夹角分别为 Q_1 、 Q_2 。因此,可以得出如下结论:测量角度 Q 随避雷针高度 H 的变化而相应发生改变,只需要通过经纬仪定时定点测量 Q 角就能反应出高度 H 的变化趋势。根据图6,存在式(2):

$$H = L \cdot \tan Q \quad (2)$$

图7为对同一个设备通过测量2个点位判别沉降类型的原理图,通过经纬仪对2个监测点测量到的数据 Q_1 、 Q_2 ,将监测点前后2次的高度变化值 ΔH

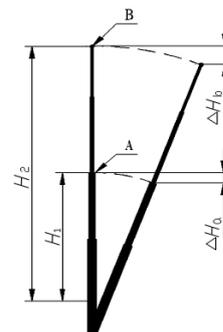


图7 两点法判别沉降和偏移原理

表1 采用经纬仪每月监测数据

Q	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次
Q ₁	50°48'46"	50°48'28"	50°48'20"	50°48'18"	50°48'16"	50°47'42"
Q ₂	65°1'28"	65°1'24"	65°1'18"	65°1'10"	65°1'4"	65°1'

表2 计算后的相对高度

H	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次
H ₁	19 994.889	19 992.749	19 989.812	19 986.659	19 984.348	19 982.334
H ₂	34 994.876	34 992.717	34 989.778	34 986.511	34 984.152	34 982.094

进行比较,其值就是2个点在该段监测时间内的相对沉降值,不仅可以反映出地基下沉趋势也可以反映出设备的偏移情况。

每个监测点连续二次测量的高度变化量为 ΔH 。根据图7可以得出以下结论:

1) 以第1次监测到的 H_1 作为对照,得到相对沉降量为

$$\Delta H_n = H_1 - H_n \quad (3)$$

2) 以每个监测点连续2次测量的高度变化量差值得到偏移量为

$$\Delta H' = \Delta H_b - \Delta H_a \quad (4)$$

$\Delta H' = 0$ 无偏移; $\Delta H' > 0$ 有偏移,且值越大偏移程度越大。

3 采用经纬仪的监测数据及结果分析

经过运维人员每月一次的定时跟踪测量,测得数据记录如表1所示。将表1数据代入式(2)中,计算出3号避雷针的相对高度如表2所示。将表2相邻2次的高度值进行比较,得到 ΔH 如表3所示。

表3 相对高度变化量(沉降量) ΔH 单位:mm

计算参数	T1	T2	T3	T4	T5
ΔH_a	2.14	2.937	3.153	2.311	2.014
ΔH_b	2.159	2.939	3.267	2.359	2.058
$\Delta H_a - \Delta H_b$	0.019	0.002	0.114	0.048	0.044

通过6次监测分析结果见图8和图9。

由图8可见3号避雷针场地沉降不断发展,既存在沉降,又存在偏移。随着沉降量的增加,偏移程度呈现无规律变化,但是考虑到测量误差的存在,横向偏移可忽略不计^[11]。可以认为3号避雷针基础主要是竖直沉降。

由图9可见3号避雷针场地沉降时快时慢,呈现无规律变化,但逐渐趋于稳定。

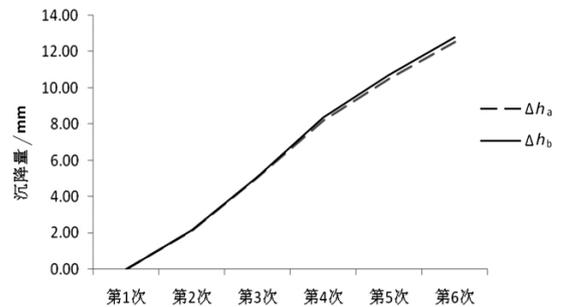


图8 利用经纬仪测量变电站地基沉降量变化

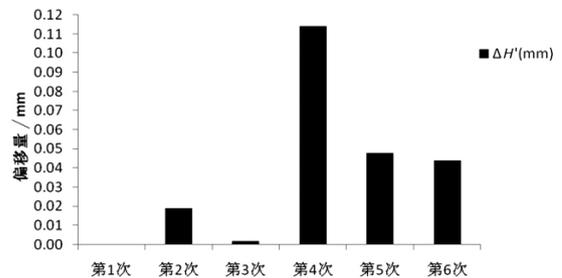


图9 采用经纬仪测量变电站地基沉降偏移程度变化

4 沉降可能原因分析及管控措施

4.1 沉降可能原因分析

1) 丹巴变电站站址区位于高山峡谷斜坡中下部缓坡台地上,属典型的高山峡谷地貌,地下以碎(块)石地层为主,局部分布有含碎石粘性土透镜体。主要基础持力层为碎(块)石土层,以中密为主,局部稍密或密实,主要成分为中等风化花岗岩,粒径变化较大。此地质特征易发生地质沉降现象^[12]。

2) 回填土质量差,固结变形尚未完成。由于地质情况较为特殊,土质较差,基本为中等风化花岗岩,粒径变化较大,碎石粒径一般20~170mm,块石粒径一般250~2000mm,碎(块)石的含量可达65%~75%,缺少小颗粒。回填施工困难,回填密实度难以保证,影响了质量,造成后期沉降较大。

3) 填方区高差较大。原始地面坡度约 30° ,填土厚薄不均 约 $5 \sim 10 \text{ m}$,填土自身有一个自重作用下的固结变形过程 填土厚的地段沉降变形大 填土薄的地段沉降变形小。回填土厚薄不均造成差异沉降 是造成回填土整体向西侧发生沉降变形及位移的重要原因。

4) 沉降区域无排水措施 造成排水不畅 汛期的降雨又集中在沉降区域从而加剧不均匀沉降的进一步恶化^[7]。

综上所述 造成地基沉降的可能原因 既有内在原因(回填土厚薄不均、质量差 固结变形尚未完成等) 又有外在原因(沉降区域排水效果差等) ,同时汛期大量降雨对内外两方面因素形成不利影响。总体而言 地质环境脆弱、回填材料松散破碎、回填区域薄厚不均 是促使其变形的内因和物质基础; 而沉降区域排水效果较差 汛期的降雨又加剧了不均匀沉降的变化发展。

4.2 管控措施

1) 采用新的技术手段来实时监测场地沉降情况 根据监测数据进一步制定相应的处理方案。

2) 请专业测量人员定期到站对地基沉降进行定点测量 观察其变化趋势 分析运行风险 及时做好应对措施。

3) 对驻站运维人员开展经纬仪使用技能的培训 驻站人员定期定点进行监测 分析其变化趋势 将结果汇报给专业人员 制定相应的处理方案。

5 结 语

变电站地质沉降是山区变电站存在的普遍问题 已建变电站地基下沉的情况时常发生 这对变电设备的安全生产带来巨大的安全隐患 严重的将造成重大经济损失。针对丹巴变电站投运后地质沉降观测问题所提出的采用经纬仪每月跟踪监测分析的方法 方法简单、便捷 不需要专业测量人员参与 可以由驻站运维人员经过简单的仪器培训就可自行开

展 该方法特别是对站址非常边远的藏区变电站具有极大的优势。

参考文献

- [1] 王宏茹, 郭剑黎, 秦莉敏, 等. 滨河变电站地基不均匀沉降的分析及治理 [C]. 中国电机工程学会年会论文集 2011.
- [2] 罗伶. 某变电站主变压器地基不均匀沉降分析与处理 [J]. 广东水利电力职业技术学院学报 2004, 2(2): 24 - 27.
- [3] 张计, 胡胜刚, 姜志全. 深圳机场中心变电站地基处理沉降监测分析 [J]. 土木建筑 2012, 26(5): 32 - 34.
- [4] 黄广军. 地基沉降的几种预测方法的可靠性分析 [C]. 全国地基处理学术讨论会 2008.
- [5] 黄广军. 沉降差法在恒载阶段的软土地基沉降预测中的应用 [J]. 矿产勘查 2007, 10(7): 43 - 46.
- [6] 朱进军, 魏来. 填土场地变电站基础差异沉降分析与处理 [J]. 山西建筑 2013, 39(35): 63 - 64.
- [7] 刘陕南, 吴林高. 工程降水引起的前期固结压力增长对软土工程性质影响的试验研究 [J]. 工程勘察 1997(4): 9 - 11.
- [8] 曾贤华. 输电线路测量 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1992.
- [9] 刘浩, 练进根. GYR1 型电子式光学测风经纬仪的特点及使用常见错误纠正 [C]. 2011 年底气象水文海洋仪器学术交流会 2011: 217 - 221.
- [10] 李岩, 刘治稳, 姚红亮. 利用经纬仪光学对中器安置仪器的探讨 [C]. 中国电机工程学会青年学术会议, 2010: 292 - 296.
- [11] 蒲鹏程, 郭晓松, 周召发. 经纬仪水平度传感器安装误差补偿方法 [J]. 计算机测量与控制 2012, 20(2): 277 - 278.
- [12] 杨峰. 经纬仪横轴误差对竖直角观测的影响 [J]. 测绘工程 2011, 20(4): 67 - 69.

作者简介:

王运田(1987), 助理工程师、技师, 从事超高压变电站运行维护研究工作。

(收稿日期: 2018 - 05 - 08)

欢迎订阅《四川电力技术》