

三维激光扫描技术在变电站扩建工程中的应用研究

胡峰¹, 范亮²

(1. 广东电网有限责任公司肇庆供电局, 肇庆 526000; 2. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 文章提出一种将三维激光扫描技术应用于变电站扩建改造工程测量中的新方法。从控制测量、点云数据获取及预处理、在三维环境下快速绘制变电站现状二维地形图、构建参数化模型、可视化资产管理、变形检测等问题入手, 详细讨论三维激光扫描技术在变电站扩建改造过程中的各种应用情况。最后阐述三维激光扫描在变电站扩建改造工程中的意义。

关键词: 三维激光扫描; 点云模型; 可视化资产管理; 剖面图; 变形检测;

中图分类号: TM63

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)02-0092-04

Research on the Application of 3D Laser Scanning Technology in Substation Expansion Project

HU Feng¹, FAN Liang²

(1. Zhaoqing Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Co., Ltd., Zhaoqing 526000, China;

2. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: This paper presents a new method to measure the expansion and reconstruction project of the substation by using the 3D laser scanning technology. Full text from the control measurement, point cloud data acquisition and preprocessing, in the 3D environment fast rendering of substation of two-dimensional topographic map, building parametric model, visual asset management, deformation detection of are discussed in detail. The 3D laser scanning technology in substation expansion and reconstruction in the process of application. Finally, the significance of 3D laser scanning in the reconstruction project of substation is expounded.

Key words: 3D laser scanning; point cloud model; visual asset management; profile; deformation detection

随着社会高速发展, 土地资源日益减少, 而人类对电力的需求量越来越大, 故当前越来越多的变电站面临着扩建改造问题。为了变电站的扩建改造提供基础数据, 需要用测绘的手段获取完整的现状资料。然而变电站不可能因扩建改造测量而停止运行, 故采用传统方法在变电站带电运行情况下测量具有很大的危险性, 且表现内容不一定全面, 外业工作量繁重。

1 三维激光扫描技术

1.1 系统介绍

三维激光扫描技术是一种“实景再现”技术。具

有不接触被量测目标、扫描速度快、点位和精度分布均匀、获得数据真实全面等特点。利用三维激光扫描系统(如图1所示)对变电站进行完整数据采集, 获得全面的数字化档案, 包括点云模型、地形图、三维参数化模型、剖面图等, 不仅为变电站的扩建改造提供准确的资料, 为将来的变形检测提供重要依据; 而且可以在不影响变电站正常运作及保证现场安全的情况下, 花费较短时间就能得到完整的数据, 并可导入到电网基础地理信息系统中进行基于位置的三维可视化物资管理。

1.2 工作原理

三维激光扫描系统是无合作目标激光测距仪与角度测量系统组合的自动化快速测量系统, 在复杂的现场和空间对被测物体进行快速扫描测量, 直接获得激光点所接触的物体表面的水平方向、天顶距、斜距和反射强度, 自动存储并计算, 获

得点云数据。



图1 三维激光扫描系统

Fig. 1 Three Dimensional Laser Scanning System

三维激光扫描系统本身主要包括激光测距系统和激光扫描系统。在仪器通过两个同步反射镜快速而有序地旋转, 将激光脉冲发射体发出的窄束激光脉冲依次扫过被测区域, 测量每个激光脉冲从发出经被测物表面再返回仪器所经过的时间(或者相位差)来计算距离, 同时内置精密时钟控制编码器, 同步测量每个激光脉冲横向扫描角度观测值 α 和纵向扫描角度观测值 $\theta^{[1]}$ 。因此任意一个被测点云的三维坐标, 如图2所示。

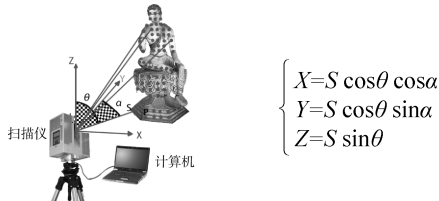


图2 工作原理

Fig. 2 Principle of Operation

2 作业流程

基于三维激光扫描技术在变电站工程现状资料恢复的主要作业流程如图3所示:

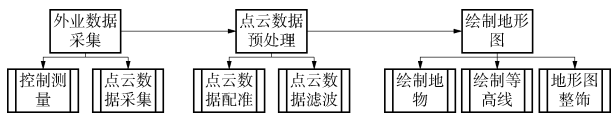


图3 作业流程

Fig. 3 Operation Flow

2.1 外业数据获取

外业数据获取包括控制测量及点云数据采集两个步骤。

2.1.1 控制测量

建立控制网主要目的是为变电站设备及相关建

筑物建立一个基准框架^[2]。其主要用途为: 作为变电站设备及相关建筑物点云拼接的基准; 用于变电站扩建改造的定位; 作为以后变电站重要设备变形检测的基础。因此, 该网在设计中对点位精度、点位密度及点位分布等方面需要综合考虑, 以满足上述三方面用途的要求, 同时还应满足变电站安全方面的相关规定。

2.1.2 点云数据采集

首先对变电站站址及周围环境进行踏勘, 初步确定仪器的位置, 站点一般应选取在开阔和易于观测被扫描对象的位置^[3]。具体观测中采用分站设点, 站点之间数据互补的原则, 较全面的采集到测区的全部数据并保证观测对象在扫描仪有效测距之内以确保数据精度。扫描分辨率设置要保证数据利用与扫描效率兼顾的原则。图4为400 kV深圳变电站开关室内点云模型。

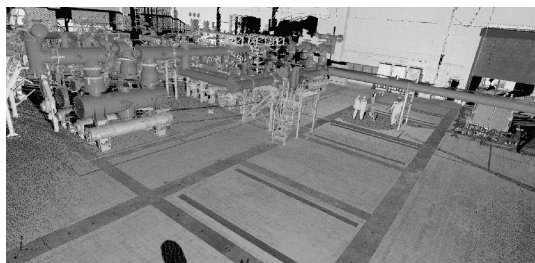


图4 开关室内点云模型

Fig. 4 Point Cloud Model of Switching Room

2.2 点云数据预处理

2.2.1 三维激光扫描数据配准

三维激光扫描每次扫描只能得到测区局部的数据, 为了得到测区完整的三维数据, 需要从不同的位置进行多次扫描, 每次得到的数据都处在以当前测站为原点定义的一个扫描站心坐标系中^[4]。因此, 在三维激光扫描同时, 每个测站单独扫描反射贴片控制点, 这些点与扫描站心坐标系相同并通过精密扫描来拟合测定得到, 点的精度在20米的范围内误差在1.5 mm以内。反射贴片控制点既可以用于不同站点之间的数据拼接, 也可以用于实现该国家坐标系和扫描站心坐标系的转换, 每次采集数据通过控制点将扫描数据直接转换到国家系中。

2.2.2 点云数据滤波

扫描过程中有可能会产生不属于扫描实体本身的数据, 导致冗余数据, 如植被、车辆、行人, 这些冗余数据如不去除则会影响点云数据后处理的精

度。因此,在绘制地形图之前有必要进行数据的滤波,通常称为去噪。

2.3 快速绘制二维地形图

采用 Riscan Pro、PointCloud 及 Cass 三种软件。绘制地形图前,应首先在 Riscan Pro 中进行数据分类(即将地物数据和地貌数据分块存储)。对于地物数据,同时打开三种软件,按照一定的顺序分区域绘图。具体步骤如下:首先在 Cass 中选取要表达对象的符号,然后在 Riscan Pro 彩色点云模型中选取要表达对象的特征点坐标,两种软件交互绘制,可以直接快速生成标准格式的地物图形;对于地貌数据,可以在 Riscan Pro 中,按照大比例地形图成图规范(根据现场情况,适当提高点密度)进行抽隙(但是抽隙有可能会失去地貌中的某些特征要素,如山脊线,山谷线等,针对此情况,按照上述绘制地物的方法,将特征要素以高程点的形式直接绘制在地形图上),并将其直接输出为 Cass 的数据格式,然后将此数据导入到 Cass 中,自动生成等高线图形。最后将地物图形和等高线图形进行叠加和编辑,对照彩色点云模型,手动修改等高线,进行整饰,图 5 为利用点云模型绘制出的地形图。

采取上述方法,不仅缩短了外业工作时间,节省了成本,而且提高了变电站内测量工作安全系数,真正的将地形图由野外“测”搬到室内“量”。

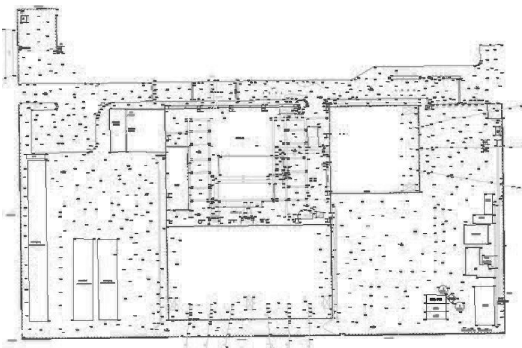


图 5 利用点云模型绘制出的地形图

Fig. 5 Using Point Cloud Model to Draw the Topographic Map

3 其他应用

3.1 可视化资产管理

数字化变电站固定资产管理是电网数字化管理中的一个重要的组成部分^[5],对变电站的资产管理非常有必要,也非常重要。

对于变电站模型的建立,国内主流方法是利用

二维设计图纸进行三维建模,但是早期变电站设计资料往往是纸质版或者设计资料不完整。所以利用三维激光扫描技术对变电站进行“实景复制”是一种行之有效的方法^[4]。

采用参数化建模方法调用多边形线、面、圆管、方管、长方体、球体圆柱等几何对象的创建命令在点上拟合成型,快速构建三维线框模型和实体,如图 6、图 7 所示。



图 6 变电站设备点云数据

Fig. 6 Substation Equipment Point Cloud Data

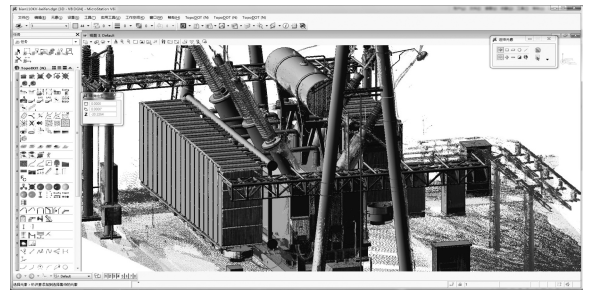


图 7 基于点云数据的变电站设备模型

Fig. 7 Substation Equipment Model Based on Point Cloud Data

随后将其导入到电网基础地理信息系统中进行基于位置的三维可视化物资管理。因为模型的尺寸和空间位置的信息非常准确,不仅可对其进行量测,而且可以对每个设备、甚至于零部件进行属性查询,完成变电站资产设备级可视化,如图 8 所示。

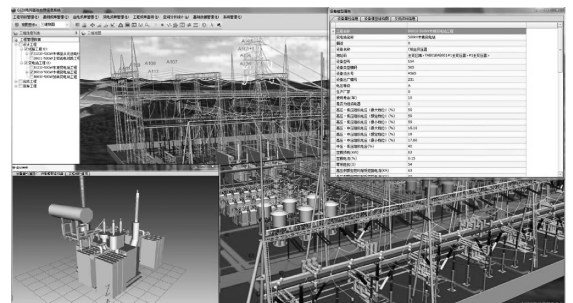


图 8 变电站资产可视化

Fig. 8 Substation Assets Visualization Management

3.2 变电站重要设备剖面图制作及变形检测

由于在改扩建过程中,大型车辆、装备进入站址内,可能会对场地造成一定影响,进而影响到变电设备,如主变压器。故在扩建改造工程后,有必要对变电站的重要设备进行周期性的变形检测^[6]。

对于变电站重要设备的变形检测,我们可采用模型比较法或者剖切线比较法,前者将两期模型叠加在一起,以不同颜色显示实际变形量;后者将叠加后的两期模型设置为统一的视图后沿着相同的部位进行剖切,可在 AutoCad 中对其偏差进行标注。

除了上述介绍的变形检测方法外,针对于特定情况(如:主变压器是很重要的设备,其对水平度要求特别高),还可以采取特定的方法,如特征提取法:以水平面作为固定基准面,使用主变压器顶部平面及侧面的点云分别拟合平面,分别计算这几个面的空间方程,以此计算出主变器顶部平面及侧面与固定基准面的夹角信息,进而可以与设计资料对比,指导设备维修。

(责任编辑 高春萌)

(上接第 91 页 Continued from Page 91)

3.3 220 kV 户外变电站

采用国网公司 2013 年版通用设计 220-A2-1(35)方案,变电站尺寸 86 m × 102.5 m。远景规模为:主变 3 × 180 MVA; 220 kV 出线 6 回,双母线接线,架空出线; 110 kV 出线 10 回,双母线接线,架空出线; 35 kV 出线 12 回,单母线分段接线,电缆出线; 220 kV 采用 GIS 设备,户外布置; 110 kV 采用 GIS 设备,户外布置; 主变采用一体式户外布置; 35 kV 采用中置柜户内布置。由于长度超出原站址尺寸,需要适当征地或者利用原站前生活区。

3.4 220 kV 半户内变电站

采用国网公司 2013 年版通用设计 220-A3-4(10)方案,变电站尺寸 80 m × 85.5 m。远景规模为:主变 4 × 180 MVA; 220 kV 出线 10 回,双母线单分段接线,混合出线; 110 kV 出线 12 回,单母线分段接线,混合出线; 10 kV 出线 28 回,单母线分段接线,电缆出线; 220 kV 采用 GIS 设备,户内布置; 110 kV 采用 GIS 设备,户内布置; 主变采用一体式户外布置; 10 kV 采用中置柜户内布置。由于长度超出原站址尺寸,需要适当征地或者利用原站前生活区。

4 结论

本文将三维激光扫描技术应用于变电站扩建改造工程中,可以快速获得变电站站址现状的二维地形图,三维模型,电器设备的剖面图等,不仅为变电设计人员设计提供了更为准确的现状二维、三维模型资料,而且为日后的变形检测提供了丰富的数据支持,具有一定的现实意义。采用本文的方法可以高效、安全、方便的对变电站扩建改造工程进行测量,同时还大大节省了人力和物力,具有一定的可行性和优越性。

参考文献:

- [1] 范亮. 地面激光雷达技术在土方变化量监测中的应用 [J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(11): 249-251.
- [2] 陈秀忠,王晏民. 太和殿 3 维激光扫描精密控制网建立研究 [J]. 测绘通报, 2006(10): 49-51.

4 结论

上述 110 kV 半高型变电站一般位于原来的城郊或者中心城镇,在原有电网中处于关键节点和重要位置。随着经济社会的不断发展,周边地块的陆续开发,目前已经融为城市或者开发区的一部分,而此类地区寻找新的合适的站址和通道,变得日益困难。因此如何规划好整体改造方案,提升单个变电站的供电能力,发挥地块的最大效用,显得尤为重要。本文对此问题进行了积极探索和实践,总结出一套相对行之有效的办法和思路,为后续工程提供有益参考。有兴趣的读者也可以对上述方案进行进一步的拼接、组合、优化,结合具体工程提出相应解决方案。

参考文献:

- [1] DL/T 5056—2007. 变电站总布置设计技术规程 [S].
- [2] GB 50016—2006. 建筑设计防火规范 [S].
- [3] GB 50059—1992. 35 kV~110 kV 变电所设计规范 [S].
- [4] GB 50060—2008. 3~110 kV 高压配电装置设计规范 [S].
- [5] 刘振亚. 国家电网公司输变电工程通用设计 110(66)~500 kV 变电站分册(2011 年版) [M]. 北京:中国电力出版社, 2011.

(责任编辑 高春萌)