

# 基于点云数据的变电站 三维仿真模型的实现及展望

田小壮<sup>1</sup>, 赵丰刚<sup>2</sup>, 刘海影<sup>3</sup>, 曾庆松<sup>1</sup>, 刘力帅<sup>1</sup>

(1. 国网新疆电力公司检修公司, 新疆 乌鲁木齐 830000;

2. 新疆大学电气工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830047;

3. 深圳市爱科赛科技有限股份公司, 广东 深圳 518000)

**摘要:** 使用 GPS、StreetView 全景相机、室内三维移动扫描仪 IMS3D、DPI-8 手持式三维激光扫描仪的作业方法, 获取变电站室内室外设备、场景等的多角度实景照、片点云数据, 进而对获取的数据进行分析处理。然后使用 Autodesk 3d Max 工具, 对三维场景中的变电站设备、建筑及周边地形环境等按照给定的建模标准进行高精度建模。首先建立设备模型库; 再结合真实地形绘制整个变电站三维模型; 最后获得与现场一致的三维模型。

**关键词:** 变电站三维模型; 点云数据; 3d Max

中图分类号: TM63 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)04-0032-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.04.008

## Realization and Prospect of 3d Simulation Model of Substation Based on Point Cloud Data

Tian Xiaozhuang<sup>1</sup>, Zhao Fenggang<sup>2</sup>, Liu Haiying<sup>3</sup>, Zeng Qingsong<sup>1</sup>, Liu Lishuai<sup>1</sup>

(1. State Grid Xinjiang Maintenance Company, Urumqi 830000, Xinjiang, China;

2. School of Electric Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830047, Xinjiang, China;

3. Shenzhen Aikesai Technology Co. Ltd., Shenzhen 518000, Guangdong, China)

**Abstract:** Using GPS, StreetView panoramic camera, indoor 3d mobile scanner IMS3D and DPI-8 hand-held 3d laser scanner, the multi-angle real imaging and a piece of point cloud data for indoor and outdoor substation equipment are obtained and processed. Then, using Autodesk 3d Max tool, the high and fine modeling of substation equipment, construction and surrounding terrain environment in 3d scene is carried out according to the given modeling standard. The equipment model library is established, and the 3d model of the whole substation is drawn with the real terrain. Finally, the three-dimensional model is obtained.

**Key words:** 3d model of substation; point cloud data; 3d Max

## 0 引言

随着国家的发展, 中国电力网络容量不断扩大, 电网结构也更复杂。变电站作为电力系统的重要组成部分, 其维护与检测的效率与效果和电力系统的稳定运行息息相关<sup>[1-4]</sup>。先进的检测技术与高素质运维人员能够提高变电站的运维可靠性, 国内变电站培训仿真系统主要以接线图、数字图表、设备照片

和现场录像等常规多媒体方式作为表现手段, 随着三维建模技术的进步, 变电站三维模型应用于高压设备远距离的非接触检测与变电站仿真培训系统<sup>[5]</sup>。另一方面, 为了适应日益繁重的电力设施安全维护工作, 发展智能电网是有效的途径。通过建设智能变电站, 可通过计算机系统对变电站的各项设施运行状况进行实时监控, 在增强电网安全运行可靠性的同时避免投入大量的人力和物力。建立精细的变电站数字三维模型是建设智能变电站的基础, 目前变电站安全运维工作日益繁重的情况下, 变

基金项目: 国家自然科学基金(51467020, 51007077); 新疆维吾尔自治区自然科学基金(2017D01C08S)

电站三维场景建模的实施具有很大的必要性。

采用激光扫描系统获取变电站三维点云数据,而激光扫描系统是完善三维模型高精度应用的最佳手段之一。利用点云数据软件平台的算法对获得的点云数据进行处理,从而建立与现场一致的变电站三维模型<sup>[6-7]</sup>。点云数据的获取,国内外主要还是依靠静态扫描仪(如:Z+F/FARO)。静态扫描仪在扫描过程中需要预先布置控制点,然后在控制点的基础上进行扫描,并且是一站一站扫描,每站扫描及架站时间大概为10 min,一个楼层20个房间最少需要扫描40站,仅扫描时间就需要7 h左右,这个时间不包括布置控制点及后期点云拼接时间。但是用室内三维移动扫描仪(indoor mobile scanner 3D, IMS3D)进行扫描只需要20 min左右就可以完成扫描,并得到一套完整的、不需要拼接的、精度为1 cm的点云数据。IMS3D应用同步定位与制图算法(simultaneous location and mapping, SLAM)完全不依靠全球定位系统(global positioning system, GPS)及复杂的惯导系统就可以获取1 cm精度的点云数据,它是通过激光定位,同时通过激光获取数据。在移动的过程中不断地给自己定位,不断地获取数据,最后获得一套完整的点云数据,同时IMS3D在扫描过程中可以随意移动,不需要固定路线,不需要控制点,可以在任意点开始,任意点结束。基于即时通信管理系统(instant messaging management system, IMMS)的移动测图具有很大的优势,IMMS提供按需进行数据更新。IMS3D可用于反复获取相同场景的空间数据,并按照用户的要求进行更新。IMS3D可实现作业区域的高速扫描和空间数据获取。一次获取优于1 cm精度的空间数据成果。通过控制点实现地理参考。通过触摸屏实时监测作业动态,避免漏采数据。无需进行长时间的初始化步骤,可以极大节省作业时间。应用StreetView全景相机系统进行全景影像数据采集。使用全景相机采集设备随机后处理软件对采集数据进行全自动的结算处理,最终得到结算后的轨迹和校准后的全景影像数据。实现对建筑、设施设备进行快速、准确、生动逼真的三维建模以及基础属性数据捆绑;主要工作包括:数据整理、数据转化及录入实体模型、构建、数字化场景构建工作。

## 1 变电站三维模型的建立

### 1.1 三维建模的基本流程

通过运用“三维激光扫描+实地全景拍照”的移动测图(mobile mapping)方式获取整个变电站三维建模所需的基础资料。采用IMS3D移动测图系统采集变电站的三维激光点云,结合DPI-8手持式三维激光扫描仪获取重点设置的细部三维点云,应用StreetView全景相机系统进行全景影像数据采集。采集变电站内关键部位的全景影像数据及属性信息,并对重点位置在影像中进行标注。在此三维激光点云数据与全景影像基础上,结合近景拍摄的相片获得纹理信息,再采用3d Max软件进行三维建模。

### 1.2 所用设备简介

#### 1) StreetView 采集全景影像数据

StreetView全景相机系统是一套完整的全景影像采集系统,包括从记录显示所有的步骤,无需额外的部分或开发。相机可记录30 M像素分辨率和每秒7帧的影像。3种记录模式可供选择:通过距离、时间和手动方式。所包含的全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS)接收器包括4个独立的高精度GPS测量世界各地。专用硬件调平传感器补偿相机在拍摄过程的倾斜畸变。在处理每一个全景图时,自动调平并有经纬度、海拔高度、方向、GPS日期和时间以及本地日期和时间的充分地理参考,因此全景图与地理信息系统(geographic information system, GIS)组成一套解决方案。

#### 2) IMS3D 采集三维激光点云数据

利用IMS3D移动测图系统采集变电站的三维激光点云,作为原始数据存储入库。IMS3D可以在没有GPS的情况下,使用SLAM算法,采集点云数据。使用IMS3D移动测图系统获取二维地图数据,并记录激光雷达(light detection and ranging, LIDAR)的时间位置信息,然后建立彩色的三维点云图<sup>[8]</sup>。

细部精细扫描利用DPI-8手持三维扫描仪对重点设施的细部进行精细三维激光点云采集,作为原始数据存储入库。DPI-8作为三维数据的快速获取、易于应用的手持三维激光扫描仪,是专门为追求工作的高效率、数据的高品质、成果的即采即得的

专业人员而设计。DPI-8 搭载 Phi. 3D 三维数据成像系统可直接将采集的点云进行实时加载、处理、显示和存储<sup>[9]</sup>。

### 3) 三维建模软件 3d Max

3d Max 是目前世界上使用最广泛的专业 3D 建模、动画和图像制作软件<sup>[10]</sup>。3d Max 是 3D Studio Max 的简称,是 Autodesk 公司 Discreet 分公司推出的一款功能强大的三维设计软件,对变电站的应用最有优势的是 2015 版,不仅可以读取点云资料,还可以让点云被呈现出来,利用点云(point cloud)显示可让模型师在视觉上更加精确且工作效率更高,如图 2 所示。



图 1 IMS3D 室内三维移动扫描仪(左)和 DPI-8 手持三维扫描仪(右)



图 2 点云参考建模功能

## 2 变电站三维模型的实现

### 2.1 卫星遥感影像的获取

获取变电站所在区域内的设备、建筑及周边输电线路廊道 1000 m 带宽,长 5 km 的正摄影像图、数字高程模型(digital elevation model, DEM)、数字表

面模型(digital surface model, DSM),通过数字正射影像图(digital orthophoto map, DOM)处理将其作为纹理图片贴于数字高程模型模拟的三维地形表面<sup>[11]</sup>,提高三维地形仿真的真实感,建立设备模型库 DOM 采用 0.8 m 分辨率的卫星遥感影像来达到高精细的建模要求<sup>[12]</sup>。

### 2.2 全景影像采集及数据处理

应用 StreetView 全景相机系统进行全景影像数据采集。采集变电站内关键部位的全景影像数据及属性信息,并对重点位置在影像中进行标注。使用全景相机采集设备随机后处理软件对采集数据进行全自动的结算处理,最终得到结算后的轨迹和校准后的全景影像数据。针对问题数据,及时重采补采。将文字注释、图片、语音视频等与全景影像链接。将全景影像资料以发布服务的方式(IIS 或 tomcat)发布成 Web 服务,并按照“一点一址”的原则提供 URL 信息,须确保 URL 通过浏览器打开时不需要登陆即直接能看到清晰正确的影像。

### 2.3 变电站高精度三维激光点云获取

利用 IMS3D 采集变电站的三维激光点云,作为原始数据存储入库。IMS3D 能够精确采集室内外点云数据。在仪器扫描时,获取所有可见的设备位置数据,并记录光学数据,再建立彩色的三维点云数据。对一些 IMS3D 无法进入扫描的场景,采用 DPI-8 手持式三维激光扫描仪进行设备细部结构的扫描,作为 IMS3D 的补充。

### 2.4 三维模型建立

#### 1) 变电站三维模型制作方式

变电站的整体采用高级建模多边形(Polygon)建模方法制作,3d Max 中多边形建模方式占用的计算机内存小,操作简单。制作复杂表面时,表面可任意分割放大,在绝缘子串的建模时可以很好地体现优势。变电站模型的制作步骤可分为数据处理、建模两大部分。数量处理、建模流程如图 3 所示。部分模型库如图 4 所示。

变电站主要采用单体建模方式,首先通过每个零部件的构建,组成自己的模型库,实现多次复用,在复用基础上依据点云位置实现精确复用。图 5 为以变电站的绝缘子为例的模型,3d Max 软件可将其进行精细化,也可以进行多对象组的复制粘贴,节省

很多时间。

个变压器,会显示变压器的参数,如图9所示。

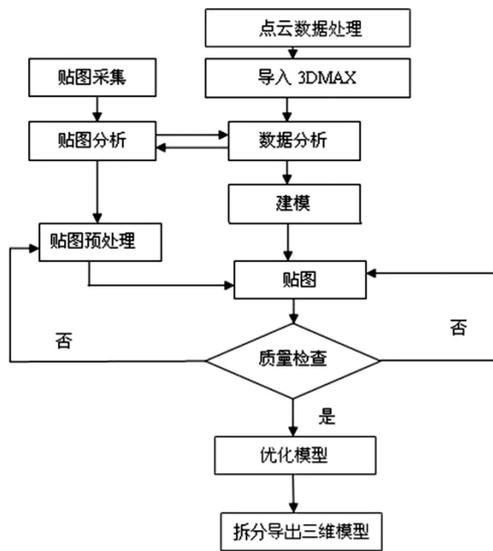


图3 数据处理、建模流程

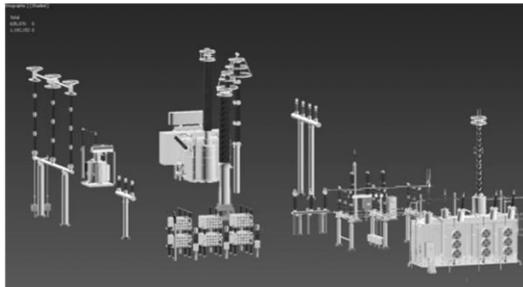


图4 部分模型库

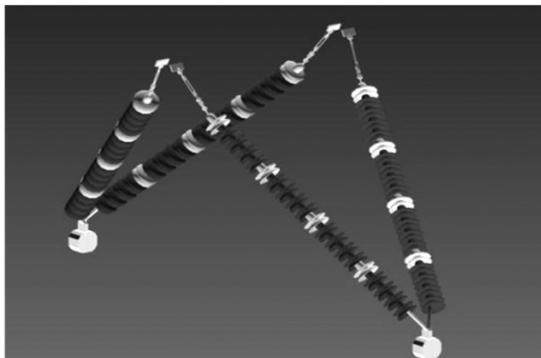


图5 绝缘子模型

### 2) 变电站三维模型的生成

经过变电站激光点云数据的获取和变电站内部电气设备的建模,再将拍到的场景照片映射到变电站的模型上,如图6所示。全景影像数据,结合3d Max制作的高精度模型,可以创造出高精度、高美观度的变电站三维场景。图7示例了3所不同的变电站从点云数据图到最后的三维全景模型。通过放大可以查看任意一个变压器模型,如图8所示;选中这

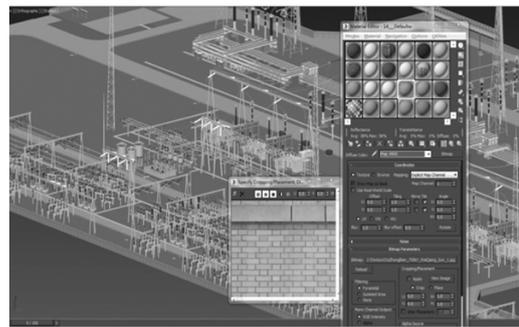


图6 视图色彩的添加演示

## 3 展望

1) 实现基于三维可视化系统应用,利用现代通信技术将电力系统各设备三维模型和通信系统连接起来,实现电力系统的信息化。

2) 实现运行参数的可视化,变电站现场异常监控,在三维虚拟场景中接入实时监测数据,同时在三维环境中加入实际监测装置,仪器仪表模型显示数据与实际一致。完成对变电站内各类异常情况的监控报警,系统通过在线监测数据,对阈值设定、辨识结果进行分析,并对异常状态进行各类报警提示<sup>[13]</sup>。

(3) 与各业务系统集成,实现三维综合监控。可与生产管理系统(production management system, PMS)交互,在设备三维模型上实时显示设备信息。

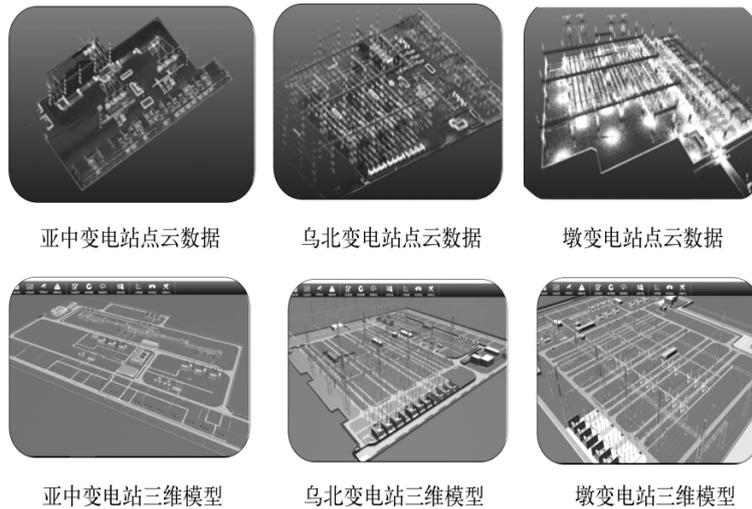


图7 变电站点云数据与三维全景模型

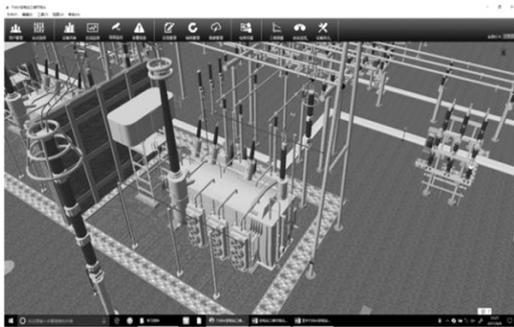


图8 变压器三维模型

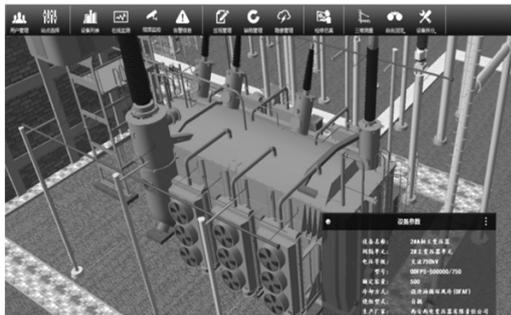


图9 变压器设备参数

采用三维可视化技术手段,可以直观、准确、快速地为实时数据提供直观的表现,电网的运维人员在三维系统的基础上查看和管理实时状态和数据将更加方便,定位更加准确。

参考文献

[1] 霍沫霖,单葆国. 欧洲智能用电发展综述及启示[J]. 中国电力 2012 45(11):91-95.

[2] 彭小圣,邓迪元,程时杰,等. 面向智能电网应用的电力大数据关键技术[J]. 中国电机报 2015 35(3):503-511.

[3] 张东霞,姚良忠,马文媛. 中外智能电网发展战略[J]. 中国电机工程学报 2013 33(31):1-14.

[4] 张东霞,苗新,刘丽平,等. 智能电网大数据技术发展趋势研究[J]. 中国电机工程学报 2015 35(1):2-11.

[5] 王仁德,杜勇,沈小军. 变电站三维建模方法现状及展望[J]. 华北电力技术 2015(2):19-23.

[6] 高绍伟,薄志毅,王晓龙. 利用三维激光点云数据绘制地形图[J]. 测绘通报 2014(3):67-70.

[7] 谢晓娜,常政威,冯世林. 变电站视频监控系统三维智能布点软件开发与应用[J]. 四川电力技术 2015, 38(3):8-11.

[8] 彭检贵,马洪超,高广,等. 利用机载 LiDAR 点云数据提取城区道路[J]. 测绘通报 2012(9):16-19.

[9] 罗先波,钟约先,李仁举. 三维扫描系统中的数据配准技术[J]. 清华大学学报(自然科学版) 2004 44(8):1104-1106.

[10] 赵春林. 基于三维全景快速建模的变电站可视化的研究和应用[D]. 威海:山东大学 2013.

[11] 张云龙,杨松林,罗晓燕,等. 北斗/GPS 抗差移动窗口定权位移探测[J]. 测绘学报 2016 45(S2):72-81.

[12] 彭维吉,李孝雁,黄飒. 基于地面三维激光扫描技术的快速地形图测绘[J]. 测绘通报 2013(3):70-72.

[13] 闫阳阳,李永强,王英杰,等. 三维激光点云联合无人机影像的三维场景重建研究[J]. 测绘通报 2016(1):84-87.

作者简介:

田小壮(1972) 高级工程师 研究方向为变电运维;  
赵丰刚(1993) 硕士研究生 研究方向为 EAP 材料电学特性研究。

(收稿日期:2018-04-04)