

基于三维激光扫描技术的电缆线路及通道管理系统

袁 博*, 马凌波, 吴 茜

(国网西安供电公司高压电缆运检中心, 陕西 西安 710000)

摘要: 由于地下电缆通道环境复杂、线路繁多, 准确立体地展示电缆通道内部情况是实现电缆专业精益化管理、数字化转型的重要举措。使用三维激光扫描技术, 快速获取电缆及通道完整、准确的点云数据, 利用该数据对电缆及通道进行准确地三维建模, 直观展现通道内部结构、电缆线路位置及走向, 解决了二维GIS图中不能表达空间逻辑关系的问题, 为电缆运行情况评估、故障分析诊断、应急抢险方案制定等工作提供了技术支撑。

关键词: 激光扫描; 电缆线路; 测量技术; 三维软件建模

中图分类号: TM769

Cable Route and Channel Management System Based on 3D Laser Scanning Technology

YUAN Bo*, MA Lingbo, WU Qian

(State Grid Xi'an Electric Power Supply Company High Voltage Cable Inspection Center, Shanxi Xi'an 710000, China)

Abstract: It is an important measure to accurately and stereoscopically display the internal situation of the cable channel to realize the lean management of cable specialty and Digital transformation. Use 3D laser scanning technology to quickly obtain complete and accurate data of cables and channels. Use this data to accurately model cables and channels in 3D. Visually display the internal structure of the channel, cable route location, and routing. Solved the problem of not being able to express spatial logical relationships in two-dimensional GIS images. Provide technical support for cable operation assessment, fault analysis and diagnosis, and emergency rescue plan development.

Keywords: laser scanning; cable route; measurement technology; 3D software modeling

0 引言

传统电力电缆运维中多使用二维图形信息进行电缆线路及通道管理, 仅能对整体通道走径, 无法反映出通道内部多条电缆线路的实际敷设关系。本文使用三维激光扫描技术, 可实现对电缆通道内部三维场景快速构建, 提供三维场景中场景浏览、设备定位、设备属性与资源管理、编辑与维护等功能, 实现电缆及通道三维业务场景应用。

近年来, 西安地区电缆设备量连年增长超过25%, 准确获取电缆通道内原始完整数据对电缆的运维检修十分重要。传统的数据采集方式, 须记录电缆设备的名称、型号、状态、地理位置、现场照片等不同类型的信息, 上述信息无法在使用二维图形信息管理的方式下直观、便捷地表达, 也无法反

收稿日期: 2023-07-05

映出通道内不同电缆之间的真实空间关系, 为电缆的检修和维护带来不便。使用三维可视化技术可直观展现出地下通道内电缆线路的具体位置及走向, 有效解决二维GIS图中不能表达空间逻辑关系的短板。助力检修人员快捷、精准地定位, 解决线路故障^[1-2]。

1 工作原理及功能设计

1.1 技术原理

三维激光扫描测量技术, 克服了传统测量技术单一、复杂、工作量大的局限性。通过激光测距原理, 采用非接触主动测量方式, 直接获取高精度三维数据, 能够对任意物体进行扫描, 环境适应性强, 可快速将现实世界的信息转换成可以处理的空间点云数据, 迅速自动建立结构复杂、不规则的三维可视化模型, 经过处理, 可输出二维、三维等多种成

果, 实现与 CAD、三维处理等工具软件的对接^[2]。该方法具有扫描速度快、实时性强、精度高、主动性强、全数字特征等特点, 可极大地提高工作效率, 节约时间, 使用方便^[3]。

1.2 系统功能设计

建立电缆三维精益化管理平台, 作为电力电缆日常运维及检修工作的管理工具, 为现场检修作业提供数据支撑与精准指导。该电缆及通道三维数据系统功能主要包括: 电缆线路设备台账导入、管理、关联与三维展示, 电缆消防监测设备数据的接入与展示, 电缆动态环境监测设备数据的接入与展示, 电缆及通道内监测视频数据的接入与展示, 电缆线路三维数据的更新与维护。

2 数据采集与数据处理

2.1 数据采集系统方案

三维数据采集系统由外业采集系统、三维软件建模和入库软件组成。

外业采集系统: 通过三维激光扫描仪、GPS 采集设备、管线探测仪、相机等设备, 采集地下电缆工井、电缆及通道、电缆管沟、埋设单元等地下电缆对象的点云数据、具体位置及现场照片。

三维软件建模: 实现电缆点云数据的内业处理。将基于外业采集的地下电缆点云数据进行处理, 如现场照片采集、三维建模、属性维护, 生成剖面图、属性表、三维模型等, 完成电缆外业数据的处理。

数据入库软件: 依据电缆数据采集的相关标准规范, 对三维建模软件自动生成的数据成果进行标准化整理, 形成符合电缆数据入库模板标准的电缆成果数据。

2.2 数据采集集成

通道三维点云数据集成。电缆线路及通道激光点云数据由外业数据采集人员下井作业采集, 数据采集完成后, 对点云数据进行拼接、配准处理, 点云数据处理完成后可导出对应的点云文件。

点云数据文件处理完成后, 须导入三维管理平台, 并将数据再次进行抽稀处理, 在保证场景展示视觉效果的前提下, 减小点云文件的大小, 提高场景的渲染效率。点云文件导入完成后, 可通过点云管理实现对点云文件的预览。

通道三维模型数据集成。三维点云数据处理完

成后, 建模人员根据三维点云数据进行通道内设备三维模型的创建。模型创建完成后, 使用三维模型管理工具可将创建的三维模型或场景导入到三维平台中, 根据模型位置在场景中生成设备模型。

通道内三维模型建模范围为电缆工井、井盖、爬梯、电缆及通道、电缆排管、线路电缆、电缆支架、电缆接头、监控摄像头、通道内照明设备等, 如图 1~2 所示。

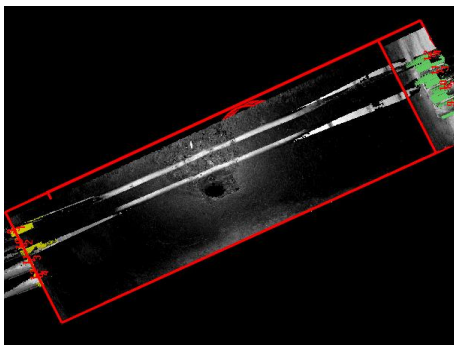


图 1 点云电缆穿线建模

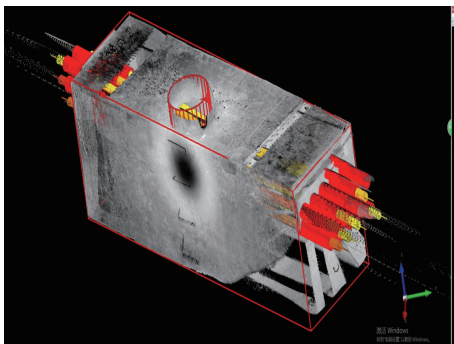


图 2 点云三维模型叠加成果

2.3 通道设备数据关联与集成

完成模型建立后, 可根据提前准备好的设备台账信息进行三维模型关联, 实现模型与实际设备、设备信息的一一对应。设备与台账关联主要有电力电缆设备台账、消防监测设备台账、视频监控设备台账、动环监测设备台账 4 大部分。

电力电缆设备台账。电缆设备主要关联的信息如下: 电缆段名称、电缆段编码、电缆型号、起点位置、终点位置、电缆段长度、供电侧变电站、受电侧变电站等。

消防监测设备台账。消防监测数据通过物联网平台提供的接口进行数据接入, 其关联设备信息主要为: 环境综合监测数据, 包含温度、湿度、氧气

含量、二氧化碳含量、硫化氢含量、甲烷含量等；烟雾报警器状态；水位报警器状态；火焰报警器状态；智能警示器状态。

视频监控设备台账。消防视频设备主要关联的信息：设备名称、设备类型、通信 IP、通信用户名、通信密码、通信端口、设备编号、设备位置。

动环监测设备台账。动环监测设备主要关联的信息包括：编号、传感部件名称、传感部件编码、传感器类型、所属电缆沟、所属电缆；三维场景内可展示电缆接地环流信息、接地环流设备数据及接地环流设备运行状态。

3 电缆线路及通道三维管理系统应用分析

电缆线路及通道三维管理系统在电缆运维检修业务中可用于以下几个场景：电缆线路的全景浏览及查看，电缆线路模型与点云的融合展示，电缆设备台账查看管理，线路电缆接头管理，电缆及通道消防监测数据的查看，电缆及通道视频监控查看，电缆线路的巡视线路管理等。

电缆线路的全景浏览与查看。该功能可在三维场景中整体查看电缆通道内部所有电缆线路的分布和其他设备设施情况，也可选中单条电缆线路，具体浏览电缆线路的位置与走向。

电缆线路模型与点云的融合展示。能够在三维场景中对采集到的通道激光点云数据进行管理，点云能够在三维场景中加载展示，利用点云数据的准确性，实现对场景三维模型数据的校准。

电缆设备台账查看。在三维场景中展示设备关联的台账信息，通过选择三维场景中的不同设备，展示所选设备的台账信息，如设备名称、电压等级、所属电站、设备类型等，如图 3 所示。



图 3 电缆线路台账信息查询

线路电缆接头管理。提供三维场景中电缆对电缆接头管理的功能，实现对电缆接头台账的查看、接地环流数据实时数据的展示，如出现运行数据异常，可辅助运维检修人员快速定位具体设备位置。

电缆及通道消防监测数据展示。进入电缆及通道内部后，通过选择消防监测点，可在三维场景中展示该消防监测点的环境监控数据（温度、湿度、氧气含量、二氧化碳含量、一氧化碳含量、硫化氢含量、甲烷含量等）及烟雾报警、水位报警、火焰报警、开关状态警示信息等。

电缆及通道视频监控查看。在三维场景中接入统一视频管理平台的视频数据，支持实时查看三维场景中监控摄像设备的信息。

电缆线路巡视管理。在三维场景中规划电缆线路的巡视路线，实现按照巡视线路在场景中的虚拟巡视。

4 结束语

电缆线路及通道三维资源管理系统采用三维激光扫描技术快速获取点云数据，准确建立电缆及通道三维模型，并在模型基础上与设备信息、传感器数据一一绑定结合，实现了对电缆及通道的全景模拟和数据台账收集、监测数据实时展示。该管理系统数据采集快捷准确，数据处理科学高效，成果展示形象具体，可精准指导运维人员更安全、高效地开展工作的。

参考文献

- [1] 陈永辉. 基于激光扫描技术的三维点云数据处理技术研究[D]. 中国科学技术大学, 2017.
- [2] 李学兵. 基于点云技术的工件表面特征建模及测量方法研究[D]. 山东大学, 2021.
- [3] 罗成. 工业自动化三维检测中点云数据处理关键技术研究[D]. 华中科技大学, 2018.

作者简介

袁博（1994—），男，硕士，工程师，从事高压电缆运维检修。

马凌波（1985—），女，硕士，工程师，从事高压电缆运维检修。

吴茜（1987—），女，硕士，工程师，从事高压电缆运维检修。

（责任编辑：袁航）