

基于三维激光扫描在水泥厂钙质原料预均化堆场设备倾斜测量中的应用

王海军¹ 王晶²

1. 宝鸡市测绘院; 2. 中冶地集团西北岩土工程有限公司

摘要: 为了测定复杂结构的构筑物中轴的倾斜度, 本文首先采用三维激光扫描仪对构筑物内外进行全方位扫描, 采集构筑物的点云数据及全方位影像; 然后以三维点云数据为数据源, 对构筑物进行精细化三维模型制作, 实现构筑物的三维可视化; 最后对三维模型进行水平面及立体剖面分析, 进而测定中轴线的倾斜程度, 为设备的运行和维护提供可靠的检测数据。

关键词: 三维激光扫描; 点云; 倾斜测量; 切片

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.116

一、引言

某水泥厂钙质原料预均化堆场中设备是提供一种实现高品质的重质碳酸钙原料均化的生产装置, 该设备为竖型装置, 结构复杂, 在使用过程中中轴易发生倾斜, 会造成原料均化出现偏差, 直接影响产品质量, 因此必须对设备中轴定期进行检测, 以往采用传统测量方法, 受人为因素及周边环境影响误差大精度差, 是长期以来难以解决的难题。为精准测量中轴倾斜度, 本文利用三维激光扫描系统在三维空间数据采集及场景复制的优势, 将三维激光扫描技术应用到该设备中轴的倾斜测量中, 并对数据进行全面分析与测算, 为设备安全运行维护提供可靠的基础数据及科学依据。

三维激光扫描技术是继全球导航卫星系统(GNSS)技术之后的又一重要技术革新。三维激光扫描具有三维测量、快速扫描功能, 是通过高速激光扫描测量方法, 能大面积、高分辨率地快速获取被测对象表面的三维坐标数据, 三维激光扫描突破了单点测量的局限, 具有高效率、高精度、海量数据的独特优势, 结合全景照片R、G、B色彩信息, 能高效地对真实世界进行三维模型和虚拟重现, 可利用软件对三维模型进行量算、分析。因此三维激光扫描技术已成为当前研究热门点之一, 在文物数字化保护、土木工程、工业测量、自然灾害调查、数字城市地形可视化、城乡规划等领域有广泛的应用。



图1 车间设备资料

二、三维数据采集

(一) 仪器介绍

本次数据采集采用瑞士徕卡公司生产的RTG360三维激光扫描仪进行数据采集作业; Leica RTC360扫描速率高达2000000点/秒, 有效测程为130米, 测距精度为1mm, 扫描视场角 $360^{\circ} \times 290^{\circ}$, 可以很好的应对复杂环境的扫描任务, 确保了扫描数据的准确性和完整性。



图2 Leica RTC360扫描仪

(二) 数据采集

根据项目需求, 采用自由设站的方式进行该设备外

部及周边的点云数据的采集；为保证采集点云数据的完整性，扫描站点需选择视野开阔、角度适合的位置架设。



图3 现场扫描

三、数据处理

(一) 数据预处理

利用徕卡点云数据处理软件Cyclone REGISTER 360进行。三维激光点云在采集过程中由于受到包括仪器本身接收信号的误差、空气质量、外界施工干扰等多种因素的影响，采集的点云原始数据不能全部直接用于设备三维模型建立和数据分析使用，为了保证后期的三维模型构建的效果及精度，在获取三维点云数据后，需要利用一些滤波算法过滤掉现场作业时背景等遮挡物的点云数据和离散点，保留被测构筑物的主要点云数据，预处理工作主要有点云数据配准、点云裁剪、点云去噪、点云重采样、坐标修正以及数据格式转换等几个方面。图4为去噪前点云数据，图5为去噪后点云数据。

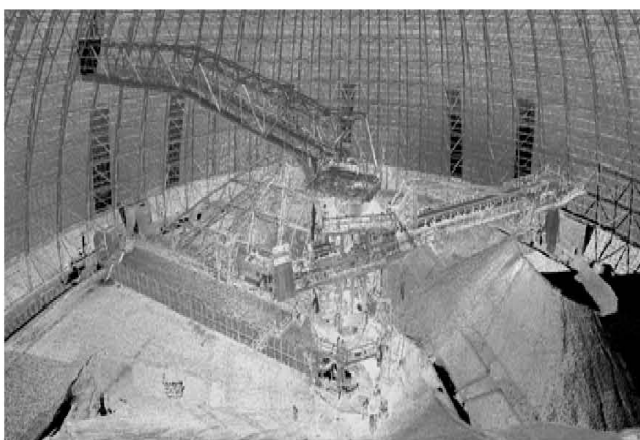


图4 去噪前点云数据

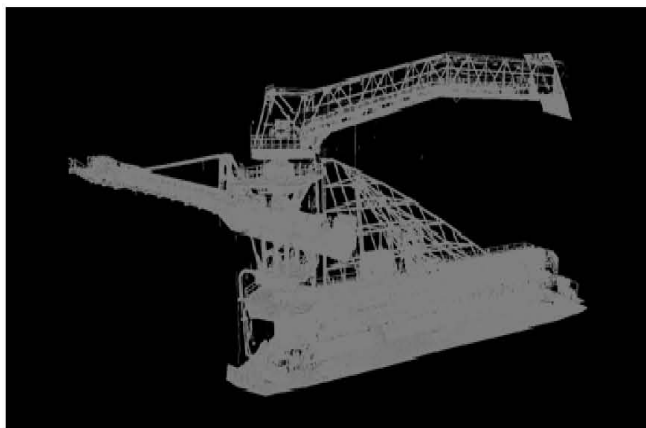


图5 去噪后点云数据

由于测量时采用自由设站的方式扫描，后期利用特征点坐标对点云数据进行修正使数据处于完全水平状态，如表1所示：

表1 坐标系修正精度

Constrained Point	Error (m)	Error Vector		
		X (m)	Y (m)	Z (m)
T19	0.003	0.000	0.000	0.003
T11	0.015	-0.011	-0.010	0.000
T14	0.004	0.003	-0.001	0.002
T13	0.005	-0.001	0.003	-0.004
T12	0.012	0.009	0.008	-0.001

(二) 倾斜检测

数据预处理完成后，利用Autocad中三维模型处理模块，对该设备三维模型进行断面绘制、倾斜度计算。首先将处理完成的点云数据发布为.rcp格式，在Autocad三维数据处理模块中加载，使用切片工具对数据进行环形垂向切片，依据点云数据绘制对应垂向断面的断面图，如图7所示：

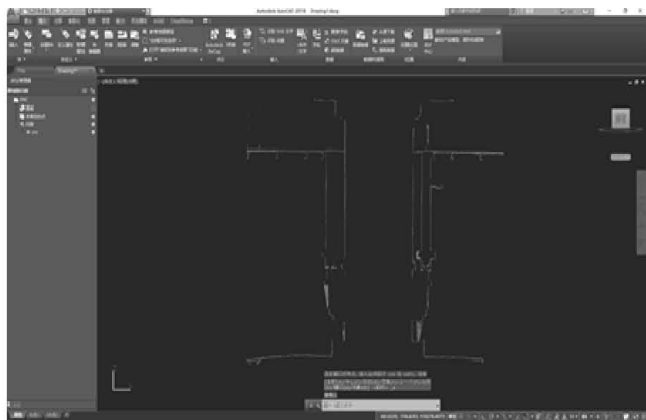


图7 垂向切片

在利用模块中标注功能，对各个断面线进行角度标注（见图9），并绘制环形垂向断面位置示意图（见图8）。

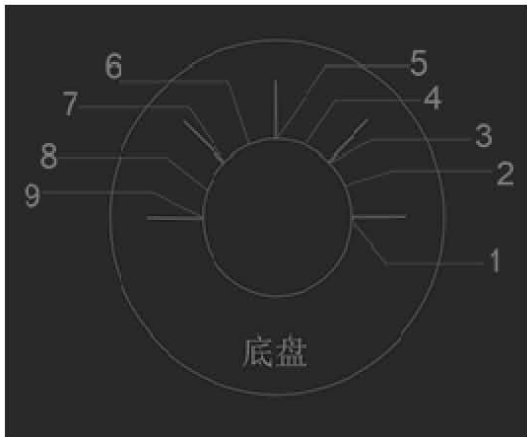


图8 断面示意图

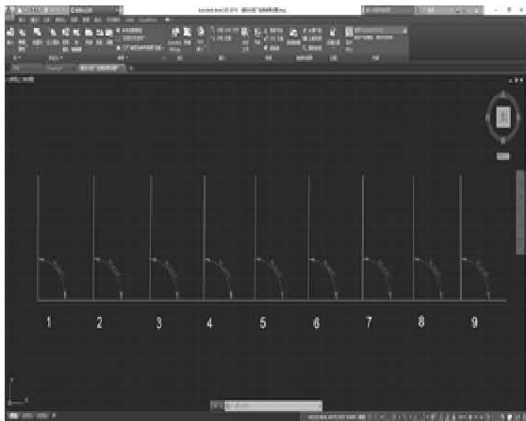


图9 倾斜度标注

(三) 数据整理及分析

利用量测标注的倾斜度数据，整理各个环形垂向断面倾斜角度成果表（见表2）。

表2 断面倾斜度检测成果表

断面编号	倾斜角度/°	与竖直方向 夹角/°	测量方法
1	89.6 901	0.3 099	点云断面与水平面夹角
2	89.4 324	0.5 676	点云断面与水平面夹角
3	89.2 513	0.7 487	点云断面与水平面夹角
4	89.2 474	0.7 526	点云断面与水平面夹角
5	89.3 123	0.6 877	点云断面与水平面夹角
6	89.4 877	0.5 123	点云断面与水平面夹角
7	89.7 715	0.2 285	点云断面与水平面夹角
8	90.0 533	-0.0 533	点云断面与水平面夹角
9	90.3 153	-0.3 153	点云断面与水平面夹角

通过数据分析，该设备中轴处于倾斜状态，其中3#、4#、5#、9#断面倾斜角度较大，其中倾斜最大4#断面倾斜角度0.7526°，该分析数据提交设备维护部门组织维护检修，以保证设备安全运行。

结束语

利用三维激光扫描进行非接触测量，采集海量点云数据对被测构筑物进行三维精确建模，利用Autocad技术进行量算，实现对碳酸钙原料均化设备的倾斜度测量，相对于传统测量手段具有数据采集高效、量算精度高的优势。本文介绍的方法流程成熟，操作性强，为传统测量方法难以实现的非接触变形测量，提供了较好的解决方案，在风电塔柱、热电设备、钢构与支撑日常检测维护，滑坡体等灾害监测方面具有较好的借鉴意义。

对于大型构筑物的检测，利用三维激光采集海量点云建立数据模型，结合AI技术及人工智能测绘，采用数据算法，为智慧城市建设及应急灾害管理提供准确、及时的数据支撑。

参考文献

[1] 韩萌萌, 李莉娟. 基于三维激光扫描技术的溜井测量与垮塌分析[J]. 测绘技术装备, 2023 (3) 第25卷第一期: 80~84.

[2] 闻亚, 施向丰. 三维激光扫描技术在中心对称结构古亭垂直度检测中的应用[J]. 江西理工大学学报, 2021 (1): 47-51.

[3] 柳新强, 乔丙新. 基于三维激光扫描技术的工业设备形位检测研究[J]. 北京测绘, 2018, 32 (8): 887~890.

[4] 张立伟, 刘鹏飞, 李冠. 三维激光扫描技术在古建筑测绘中的应用研究[J]. 北京测绘, 2017 (S2): 68~72.

[5] 付晨, 徐爱功, 徐辛超. 基于三维激光扫描的校园建筑物三维建模研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40 (11): 133~136.

[6] CH/Z 3017-2015, 地面三维激光扫描作业技术规程[S].

[7] 梁静. 三维激光扫描技术及应用[A]. 郑州: 黄河水利出版社, 2020. 5.

[8] 谢宏全, 谷风云等. 地面三维激光扫描技术与应用[A]. 武汉: 武汉大学出版社, 2016. 2.