



徕卡全站扫描仪 MS60 在全自动化港口 道路堆场施工测量中的应用

程永¹, 聂廷余², 管祖辉², 李鹏兵³

(1. 中交第三航务工程局有限公司, 上海 200030; 2. 盐田港东区国际集装箱码头有限公司, 广东 深圳 518083;
3. 广州海建工程咨询有限公司, 广东 广州 510220)

摘要: 深圳港盐田港区东作业区集装箱码头一期工程道路堆场施工采用徕卡全站扫描仪 MS60 进行测量和验收。徕卡全站扫描仪 MS60 具有高精度坐标和影像数据获取、点云数据及三维模型显示等功能, 将其与常规全站仪、水准仪、GNSS-RTK 等设备进行对比, 并总结徕卡全站扫描仪 MS60 在道路堆场中的测量与验收方法和测量过程中的注意事项。结果表明, 在道路堆场的地形测量、集卡通道测量、结构层施工测量、桩基测量等方面, 徕卡全站扫描仪 MS60 比传统仪器测量速度快、精度高, 能够较好地完成测量和验收任务。

关键词: 徕卡全站扫描仪 MS60; 地形测量; 平面格网扫描; 数据采集

中图分类号: U652.6+3; U653.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)03-0253-05

Application of Leica total station scanner MS60 in construction surveying of road and yard in fully automated port

CHENG Yong¹, NIE Tingyu², GUAN Zuhui², LI Pengbing³

(1. CCCC Third Harbor Engineering Co., Ltd., Shanghai 200030, China;

2. Yantian East Port International Container Terminals Limited, Shenzhen 518083, China;

3. Guangzhou Haijian Engineering Consulting Co., Ltd., Guangzhou 510220, China)

Abstract: Leica total station scanner MS60 is used for measurement and acceptance in the construction survey of the road yard of the first phase of the container terminal project in the east operation area of Yantian Port, Shenzhen Port. Leica total station scanner MS60 has functions of the high-precision coordinate and image data acquisition, point cloud data and 3D model display, etc. Leica total station scanner MS60 is compared with conventional total stations, level gauges, GNSS-RTK and other equipment. The measurement and acceptance methods of Leica total station scanner MS60 in road yards are summarized, as well as the precautions to be taken during the measurement process. The results show that in aspects of terrain measurement of road yards, container truck channel measurement, structural layer construction measurement, pile foundation measurement and other construction projects, Leica total station scanner MS60 is faster and more accurate than traditional measuring instruments, and can better complete measurement and acceptance tasks.

Keywords: Leica total station scanner MS60; topographic survey; planar grid scanning; data acquisition

1 工程概况

深圳港盐田港区东作业区集装箱码头一期工程位于广东省深圳市盐田区, 大鹏湾北岸, 西接盐田港区中作业区, 东邻东小梅沙, 北靠菠萝山。工程道路、堆场等面积约 115 万 m², 码头岸线长 1 470 m, 陆域平均纵深约 816 m。建设内容包括

3 个 20 万吨级集装箱泊位后方的集装箱堆场、道路、生产及辅助建筑物和相关配套设施工程, 见图 1。道路堆场铺面约 103.9 万 m², 其中主体自动化集装箱堆场区约 55.1 万 m², 施工测量和验收工作量大、要求高、任务繁重。

收稿日期: 2024-09-27

作者简介: 程永 (1979—), 男, 高级工程师, 从事工程测量。



图1 盐田港区东作业区集装箱码头一期工程道路堆场

Fig. 1 Road and storage yard of first phase project of container terminal in east operation area of Yantian Port

2 徕卡全站扫描仪 MS60 功能

徕卡全站扫描仪 MS60 (简称 MS60) 既能测量又能扫描, 一机两用, 是一种高精度的全站仪, 也是一种获取点云的扫描仪, 见图 2。它的测角精度可以达到 $0.5''$, 目标自动识别 (ATR) 距离达 $1\ 500\text{ m}$, 测距精度可达 $1\text{ mm} \pm 1.5D/10^6$ (D 为测距), 免棱镜测距为 $2\ 000\text{ m}$, 扫描距离 $1\ 000\text{ m}$, 扫描精度 0.6 mm , 使用全新的 Captivate 外业软件进行点云模型三维显示。它的一专多能体现在: 500 万像素的双相机辅助瞄准, 本地化软件进行摄影测量, 三维浏览, 建筑信息模型 (BIM) 放样立体显示导向光, 在黑暗环境下指导放样并能自主学习, 使测量步入智能时代。



图2 徕卡全站扫描仪 MS60

Fig. 2 Leica total station scanner MS60

3 徕卡全站扫描仪 MS60 与常规测量仪器对比

3.1 与常规全站仪对比

MS60 具有 $0.5''$ 的超高测角精度, 是业内测角精度非常高的全站仪产品。常规全站仪一般只有 $2''$ 的测角精度, 测距精度为 $2\text{ mm} \pm 2D/10^6$, 在测量地形中需要拿棱镜测每个点, 耗时长, 且现场不能直观显示。与常规全站仪相比, MS60 具有平面格网扫描、表面格网扫描功能, 可自动快速测量地形和结构物表面特征点, 在仪器上直观显示所测地形图, 无需现场测量每个地形点^[1]。与传统大空间三维激光扫描仪相比, MS60 具备三维激光扫描的强大功能, 获取的点云数据可自动保留坐标信息, 无需对数据进行后期拼接^[2], 提高外业扫描精度以及减少内业处理的工作时间。

3.2 与常规水准仪对比

常规水准仪测量地形时每站测量长度在 100 m 左右, 需要人工扶尺, 只能测量高程, 无法精准获取地形点坐标, 测量地形速度较慢。MS60 测量长度在 500 m 左右, 一次设站不仅能获取点位的高程和坐标, 而且无需人工扶尺, 内业地形处理也快捷方便。

3.3 与 GNSS-RTK 对比

GNSS-RTK (全球导航卫星定位系统-实时动态定位) 测量地形需要人员跑点, 虽然测量范围大, 但高程精度不能满足本工程原地面测量高程容许误差 $\pm 10\text{ mm}$, 结构层高程容许误差 $\pm 6\text{ mm}$ 的要求, 而 MS60 获取点位的高程和坐标均满足要求。

4 MS60 在道路堆场中的应用

4.1 地形测量

本工程道路堆场面积 100 万 m^2 , 单个堆场长约 500 m、宽约 450 m, 其中集卡通道长 450 m、宽 20 m。如果采用水准仪、全站仪测量和验收, 工作量巨大且耗时耗力, 利用 GNSS-RTK 又不能满足精度要求。MS60 的平面格网扫描或表面格网扫描功能(图 3), 选择集卡通道 4 个矩形角点,

仪器架设在已知控制点上(可选择方位角定向、已知点定向或后方交会等方法定向), 设置完成后自动快速进行测量地形和基层验收(速度在 10 点/s 以上, 视间距而定), 测量精度在 200 m 范围高程和坐标精度满足 ± 6 mm, 也能满足本工程设计规范要求, 大幅提高了道路堆场的测量和验收的效率。道路堆场集卡通道土基面测量和验收见图 4。



图3 平面网格扫描功能选择

Fig. 3 Function selection of planar grid scanning



图4 道路堆场集卡通道土基面测量和验收

Fig. 4 Measurement and acceptance of soil base surface of container truck channel in road yard

4.2 现场测量操作流程

1) 将现场已有控制点数据输入智能全站扫描仪中, 进行设站定向。

2) 设站完成后, 选择全站扫描仪的扫描功能, 针对扫描区域进行多边形框选(还可通过已知区域坐

标点输入, 或现场实测区域), 框选区域完成后, 选择平面网格扫描针对当前选择的多边形或矩形区域进行自动测量, 通过水平间隔设置点的密度(可以按照规范 $3\text{ m}\times 3\text{ m}$ 或 $5\text{ m}\times 5\text{ m}$ 等点间隔进行扫描作业), 设置好扫描参数后, 进入扫描过程, 等待扫描数据获取结束。

3) 自动测量扫描完成后查看观测数据和生成的图形是否达到理想数据状态。现场坐标和高程数据可通过水准仪和 GNSS 数据进行对比, 确保准确无误。

MS60 在现场集卡通道地形数据采集完成后进行内业处理, 将 DAT 数据格式文件在 CASS 软件进行展点, 生成直观的高程图, 也可以导出坐标、高程数据表格。测量成果数据在 CASS 上展点效果图见图 5。

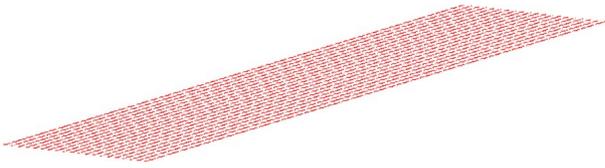


图 5 测量成果数据在 CASS 上展点效果图
Fig. 5 Effect diagram of measurement result data plotted on CASS

MS60 的平面格网扫描或表面格网扫描功能在道路堆场 5 000 m²(3 m×3 m 网格)地形测量与普通水准仪、全站仪、GNSS-RTK 进行对比,见表 1。可以看出,MS60 测量地形大幅提高了效率,测量精度也能满足要求。由于全站仪、GNSS-RTK 的测量精度不能满足本工程的设计规范要求,所以仅用 MS60 的平面格网扫描或表面格网扫描功能结果与普通水准仪的测量结果进行对比,见表 2。

表 1 MS60 与常规测量仪器的效率对比

Tab. 1 Efficiency comparison between MS60 and conventional measuring instruments

使用仪器	投入人员数量/人	测量速度	精度	内业处理
MS60 全站仪平面格网扫描功能	2	速度快,10 min 左右	平面、高程 200 m 范围±5 mm,满足要求	软件出图、出表快
普通水准仪	2	速度慢,90 min 左右	只能测量高程,100 m 范围±5 mm,满足要求	数据整理出图、出表较慢
GNSS-RTK	1	速度一般,60 min 左右	范围内平面±10 mm、高程±20 mm,测量精度较低	出图、出表较快
普通全站仪	2	速度慢,70 min 左右	测量高程 200 m 范围±(10~20) mm,平面±10 mm,测量精度较低	数据整理出图、出表较快

表 2 MS60 与水准仪测量数据对比

Tab. 2 Measurement data comparison of MS60 and level instrument

B 坐标/m	A 坐标/m	MS60 高程/m	水准仪高程/m	差值/m
1 256.00	1 281.00	4.902 3	4.901	0.001
1 256.00	1 280.00	4.905 4	4.902	0.003
1 256.00	1 279.00	4.911 5	4.909	0.003
1 256.00	1 278.00	4.913 1	4.913	0.000
1 256.00	1 277.00	4.922 0	4.920	0.002
1 256.00	1 276.00	4.925 0	4.922	0.003
1 256.00	1 275.00	4.930 0	4.932	-0.002
1 256.00	1 274.00	4.934 2	4.935	-0.001
1 256.00	1 273.00	4.943 1	4.940	0.003
1 256.00	1 272.00	4.943 0	4.945	-0.002
1 256.00	1 271.00	4.947 7	4.950	-0.002
1 256.00	1 270.00	4.941 1	4.944	-0.003
1 256.00	1 269.00	4.937 7	4.940	-0.002
1 256.00	1 268.00	4.932 1	4.930	0.002
1 256.00	1 267.00	4.926 9	4.924	0.003
1 256.00	1 266.00	4.922 2	4.921	0.001
1 256.00	1 265.00	4.916 4	4.915	0.001
1 256.00	1 264.00	4.912 2	4.911	0.001
1 256.00	1 263.00	4.908 1	4.908	0.000
1 256.00	1 262.00	4.901 0	4.900	0.001

完成后进入扫描测量功能界面进行扫描作业;根据精度需要再进行仪器的搬站,重复之前的操作获取点云;站点扫描结束后,进入项目作业中查看完整的目标点云数据,通过旋转、平移、放大等多种浏览工具查看点云数据的完备性^[3]。高速影像全站扫描仪的扫描速度高达 3 万点/s。这种高速扫描能力使得 MS60 能够在短时间内完成大量的数据采集工作,提高了工作效率。此外,MS60 的扫描精度高达 0.6 mm/50 m,保证了扫描数据的准确性,平面和高程精度达到 ±5 mm,成为高精度测量和建模的理想选择^[4-5]。



图 6 MS60 在道路堆场桩基或结构层设站
Fig. 6 MS60 set up in road yard pile foundation or structural layer

4.3 桩基及堆场结构成品验收

在测量桩基和结构成品时,先将现场已有控制点数据输入 MS60 中,进行设站定向(图 6);设站

利用 Infinity 软件将 MS60 中的桩基或结构成品扫描数据 SDB 文件转换为 PTS 格式。打开 Cyclone 3DR 软件将 PTS 文件加载,在软件中查看扫描数据,将点云的噪点及冗余点删除,可以切换多个视角检查从而确保将噪点及冗余点全部清除,保留需要处理的点云^[6]。

将点云输出为 PTS 格式用以建立三维实体模型。从点云的显示效果来看,实测部位的点云分辨率和纹理清晰度与现场符合性一致^[7]。相较于以往的单点数据更加准确与直观,可实时查询到尺寸位于模型的位置区域。MS60 扫描桩体点云效果图见图 7。

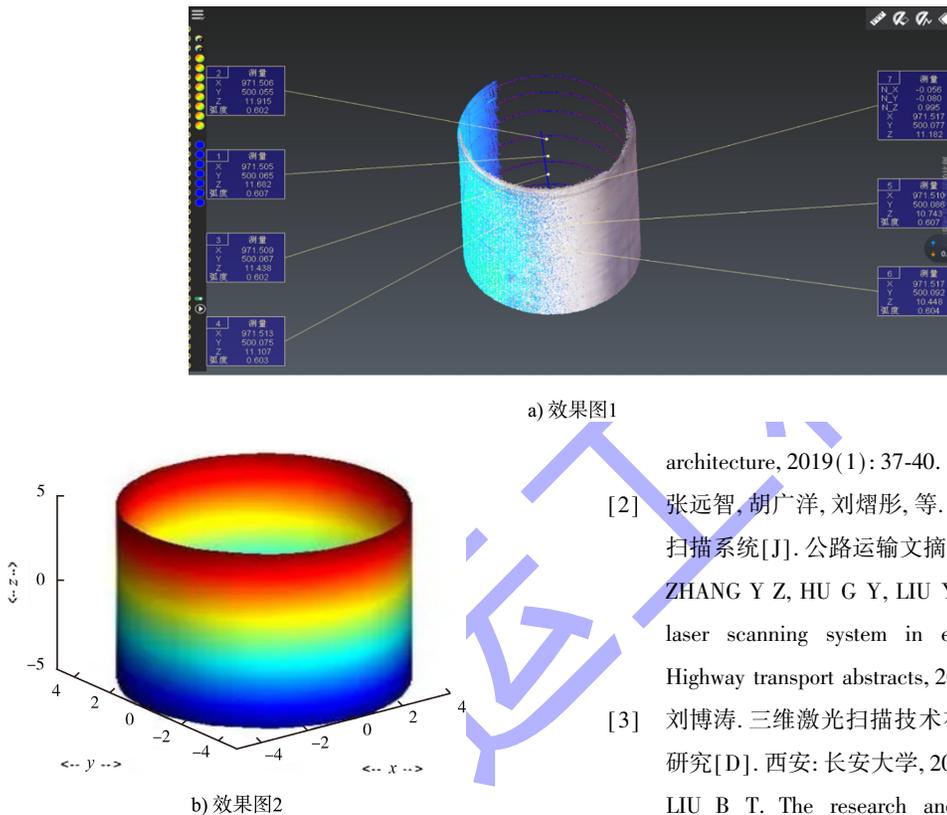


图 7 MS60 扫描桩体点云效果图

Fig. 7 Point cloud effect diagram of scanning pile body by MS60

5 结语

1) MS60 测量扫描精度可以达到 ± 5 mm; 测量速度快,可减少测量人员参与;测量地形和结构物数据信息量大、精度高、图形直观。

2) MS60 在大面积道路堆场施工测量及验收中效率高、优势明显。通过 MS60 的自动精确定位,避免了大量人工照准目标枯燥、繁琐调焦的工作,值得在类似工程测量中推广和应用。

参考文献:

[1] 周恩海. 基于徠卡 TM 系列全站仪在变形监测中的应用与探讨[J]. 广州建筑, 2019(1): 37-40.
ZHOU E H. Application and discussion of Leica TM Series total station in deformation monitoring [J]. Guangzhou

architecture, 2019(1): 37-40.
[2] 张远智, 胡广洋, 刘熠彤, 等. 基于工程应用的三维激光扫描系统[J]. 公路运输文摘, 2001(9): 38-40.
ZHANG Y Z, HU G Y, LIU Y T, et al. Application of 3D laser scanning system in engineering projection [J]. Highway transport abstracts, 2001(9): 38-40.
[3] 刘博涛. 三维激光扫描技术在地面沉降监测中的应用研究[D]. 西安: 长安大学, 2014.
LIU B T. The research and application of 3D laser scanning techniques in land subsidence monitoring [D]. Xi'an: Chang'an University, 2014.
[4] 杨敏. 三维激光扫描技术在检测及改造中的应用[C]// 全国建筑物鉴定与加固标准技术委员会江苏分会, 江苏省土木建筑学会. 江苏省工程结构鉴定与加固改造第七届学术交流会论文集. 南京: 全国建筑物鉴定与加固标准技术委员会江苏分会, 2017: 69-71.
YANG M. 3D laser scanning applications in detection and transformation [C]// Jiangsu Branch of National Building Appraisal and Reinforcement Standard Technical Committee, Jiangsu Civil and Architectural Society. Proceedings of the 7th Academic Exchange Meeting of Jiangsu Province Engineering Structure Appraisal and Reinforcement. Nanjing: Jiangsu Branch of National Building Appraisal and Reinforcement Standard Technical Committee, 2017: 69-71.

(下转第 288 页)