

地面激光扫描仪的野外检测方法

杨绍海

(天津海事局海测大队, 天津 300220)

Field Test Methods for Terrestrial Laser Scanner

YANG Shaohai

摘要: 地面激光扫描仪的研制成功是继 GPS 之后的重要技术进步, 已经广泛应用到各行各业。国外众多专家学者对地面激光扫描仪的检定检测方法进行过详细研究, 但国内对此还缺乏足够的重视。首先论述检定与检测的区别, 重点研究地面激光扫描仪的野外检测方法, 供国内使用者参考。

关键词: 地面激光扫描仪; 检测; 单边法; 交叉双边法; T形法

一、引言

自 20 世纪 60 年代开始应用激光测距技术获取被测对象的三维坐标, 特别是 1997 年由美国 Cyra 技术公司成功研制地面激光扫描仪 (terrestrial laser scanner, TLS) 以来, 各种型号的 TLS 不断涌现。TLS 早已应用到考古、古建筑修复、建筑施工、计量检测、模型仿真、机械设计、工业检测、交通事故现场重建等行业, 目前已经开始应用到工程测量、变形测量等传统测绘领域。

与传统全站仪及 GPS 接收机相比, TLS 具有显著的优点: 能够快速、高精度及高密度地获取被测物体表面的三维空间信息。若 TLS 还配有数码相机, 在 TLS 扫描被测目标的同时, 数码相机也能够同时获取被测目标的数字影像, 从而获得被测物体表面图像的颜色信息。依据这些海量信息, 科研人员可以构建出被测对象精准的三维立体模型。

虽然 TLS 出现已经 10 多年了, 但各个仪器生产厂家仍采用不同的术语和指标来表示仪器的精度指标, 采用各自的检定方法对 TLS 进行检定, 形成了各自为阵的混乱局面。产生这种被动局面的原因有两种: ① 生产厂家不太重视 TLS 的检定; ② 缺乏简捷的检定方法与恰当的检定标准。在使用 TLS 时, 也需要建立一套完善的方案对仪器进行检测, 以确认 TLS 是否处于良好的工作状态, 其测量精度应满足生产厂家的出厂指标。

我国的法制计量体系对测量仪器的检定与检测要求是不相同的, 在对 TLS 进行检定时, 不仅需要遵守国家权威部门发布的检定规程, 而且需要建立各种标准装

置。鉴于目前国内对 TLS 的研究与使用现状, 无法完成对 TLS 的检定工作。本文仅研究 TLS 的检测问题。

二、检定与检测的定义

主管我国法制计量的原国家质量技术监督局对检定与检测进行了严格的区分。文献 [1] 给出了权威定义。

1 检定 (verification)

检定是由法制计量部门 (或其他法定授权组织), 为确定和证实计量器具是否完全满足检定规程的要求而进行的全部工作。

检定是由国家法制部门所进行的测量, 在我国主要是由各级计量院 (所) 以及授权的实验室来完成。检定是我国开展量值传递最常用的方法。检定必须严格按照检定规程运作, 对所检仪器给出符合性判断, 即给出合格还是不合格的结论, 而该结论具有法律效应。

2 检测 (test)

检测是对给定的产品、材料、设备、生物、物理现象、工艺过程或服务, 按照规定的程序确定一种或多种特性或性能的技术操作。

检测又称为测试或试验, 通常是依据相关标准对产品的质量进行检测, 检测结果一般记录在称为检测报告或检测证书的文件中。

三、TLS 的野外检测方法

1 单边法 (SPD)

(1) 检测方法

单边法的检测场地如图 1 所示。

收稿日期: 2011-01-25

作者简介: 杨绍海 (1957—), 男, 天津人, 工程师, 主要从事测绘生产和管理工作。

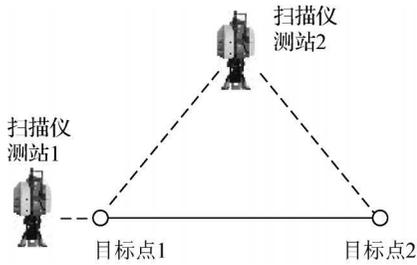


图 1 单边法检测场示意图^[2]

1) 建立一个检测边 1—2 根据所需设置 1—2 之间的距离及高差变化, 可以将其设为两种状态: 一种为检测边 1—2 尽量水平 (称为 SDP1 方案); 另一种为检测边 1—2 具有明显的高度差 (称为 SDP2 方案)。

2) 在 1—2 边的延长线上设置扫描仪测站 1, 测量目标点 1 和目标点 2。

3) 在 1—2 边的垂直方向上设置扫描仪测站 2, 同样测量目标点 1 和目标点 2。

4) 计算出两次设站获得的边 1—2 的距离差, 并比较器差值是否在容许偏差之内。

(2) 计算方法

从扫描仪测站 1 可得检测边 1—2 之间的距离

$$D_1 = \sqrt{(x_{12} - x_{11})^2 + (y_{12} - y_{11})^2 + (z_{12} - z_{11})^2} \quad (1)$$

式中, (x_{11}, y_{11}, z_{11}) 及 (x_{12}, y_{12}, z_{12}) 分别为依据测站 1 的点云数据求得的目标点 1 及目标点 2 的三维坐标。

从扫描仪测站 2 可得检测边 1—2 之间的距离

$$D_2 = \sqrt{(x_{22} - x_{21})^2 + (y_{22} - y_{21})^2 + (z_{22} - z_{21})^2} \quad (2)$$

式中, (x_{21}, y_{21}, z_{21}) 及 (x_{22}, y_{22}, z_{22}) 分别为依据测站 2 的点云数据求得的目标点 1 及目标点 2 的三维坐标。

两次扫描所获得的距离差为

$$\Delta = D_1 - D_2 \quad (3)$$

由式 (3) 计算出的 Δ 应满足限差要求。

2 交叉双边法 (CDP)

(1) 检测方法

交叉双边法的检测场地如图 2 所示。

1) 设立相互垂直的两条边 (1—2 3—4); 根据所需设置的两条边的边长及高差变化, 可以将其设为两种状态: 一种为 4 个目标点 (1~4) 尽量在一个水平面上 (称为 CDP1 方案); 另一种为目标点 2 或 4 较其他 3 个目标点具有明显的高度差 (称为 CDP2 方案)。

2) 在 1—2 边的延长线上设置扫描仪测站 1, 测量目标点 1~4

3) 在 3—4 边的延长线上设置扫描仪测站 2 同样测量目标点 1~4

4) 计算出两次设站获得的边 1—2 及 3—4 的距离差, 并比较器差值是否在容许偏差之内。

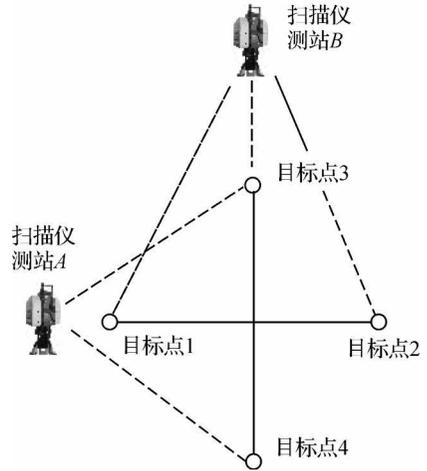


图 2 交叉双边检测场示意图^[2]

如果采用 CDP2 的目标点设置方案, 则有可能确定垂直角的偏差。

(2) 计算方法

从扫描仪测站 A 可得 2 条检测边的距离

$$\left. \begin{aligned} D_{A(12)} &= \sqrt{(x_{A,2} - x_{A,1})^2 + (y_{A,2} - y_{A,1})^2 + (z_{A,2} - z_{A,1})^2} \\ D_{A(34)} &= \sqrt{(x_{A,4} - x_{A,3})^2 + (y_{A,4} - y_{A,3})^2 + (z_{A,4} - z_{A,3})^2} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中, $(x_{A,1}, y_{A,1}, z_{A,1})$ 、 $(x_{A,2}, y_{A,2}, z_{A,2})$ 、 $(x_{A,3}, y_{A,3}, z_{A,3})$ 及 $(x_{A,4}, y_{A,4}, z_{A,4})$ 分别为依据测站 A 的点云数据求得的目标点 1~4 的三维坐标。

从扫描仪测站 B 可得 2 条检测边的距离

$$\left. \begin{aligned} D_{B(12)} &= \sqrt{(x_{B,2} - x_{B,1})^2 + (y_{B,2} - y_{B,1})^2 + (z_{B,2} - z_{B,1})^2} \\ D_{B(34)} &= \sqrt{(x_{B,4} - x_{B,3})^2 + (y_{B,4} - y_{B,3})^2 + (z_{B,4} - z_{B,3})^2} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中, $(x_{B,1}, y_{B,1}, z_{B,1})$ 、 $(x_{B,2}, y_{B,2}, z_{B,2})$ 、 $(x_{B,3}, y_{B,3}, z_{B,3})$ 及 $(x_{B,4}, y_{B,4}, z_{B,4})$ 分别为依据测站 B 的点云数据求得的目标点 1~4 的三维坐标。

由式(4)及式(5)可得距离差为

$$\left. \begin{aligned} \Delta_1 &= |D_{A(1,2)} - D_{B(1,2)}| \\ \Delta_2 &= |D_{A(3,4)} - D_{B(3,4)}| \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

取式(6)中的最大者为最后结果,即

$$\Delta = \max(\Delta_1, \Delta_2) \quad (7)$$

由式(7)计算出的 Δ 应满足限差要求。

3 T形法

T形法是由德国德累斯顿技术和经济高等专业学院的 Wehm ann 教授提出,检测场地如图 3 所示。扫描站与目标点的坐标为已知,用高精度全站仪或其他设备进行确定。目标点 1 和目标点 2 用来检测扫描仪的距离测量部分;目标点 3 和目标点 4 用来检测扫描仪的角度测量部分。

如果扫描站与目标点的坐标为未知,则检测原理与前述的“交叉双边法”类似,需要首先将 TLS 架设在目标点 1 处对目标点 2~4 进行扫描;然后再将 TLS 架设在图 3 中的位置,对目标点 2~4 进行扫描。依据“交叉双边法”计算出需要结果。

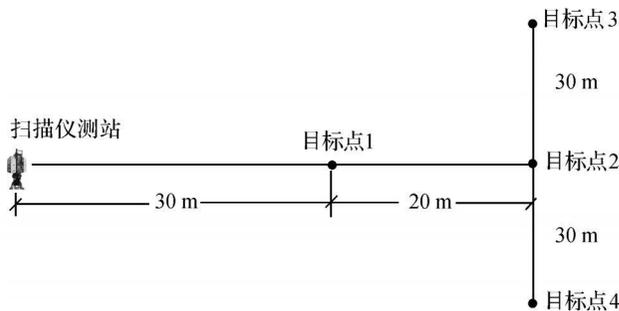


图 3 T形法检测场示意图^[3]

文献[3]给出了一个采用 T形法检测瑞士徕卡

公司 ScanStation2 的例子,如表 1 所示。

表 1 采用 T形法检测 ScanStation2 的结果^[3]

测量参数	目标点号	已知距离 /m	实际距离 /m	距离差 /mm
距离	1	24.007	24.005	2
	2	47.989	47.987	2
角度	3	60.070	60.068	2
	4	59.482	59.481	1

四、结束语

虽然国外公认三维激光扫描技术是继 GPS 导航技术之后测绘仪器领域的又一个里程碑式的技术进步,有许多专家学者对三维激光扫描仪的检定检测方法进行了详细研究,但国内对此的研究几乎还是空白。吸取国外成熟的检定 / 检测方法并依此建立相应的检定方法是迅速填补空白,并满足广大用户需求的一条捷径。

参考文献:

[1] 国家质量技术监督局. 通用计量术语及定义解释 [M]. 北京: 中国计量出版社, 2001.

[2] GOTTWALD R. Field Procedures for Testing Terrestrial Laser Scanners (TLS): A Contribution to a Future ISO Standard [C] // FIG Working Week 2008. Stockholm: [s n], 2008: 1-14.

[3] WEHMANN W. Feldprüfverfahren Für Terrestrische Laserscanner [EB/OL]. 2010-09-10 http // www. geom atk-hamburg.de/tls/tk2009/in ages/05_tk2009_Wehmann.pdf

(上接第 9 页)

高,但离散态粗差和孤立态粗差不能识别,说明区域态粗差在低频段更易识别;离散态粗差主要集中在 d2、d3、d4 这 3 层,并且时间分辨率很高;孤立态粗差在 d2 层得到体现,而且相当突出,孤立态粗差点在 d3、d4、d5 层却无法识别,说明孤立态粗差在高频段更易识别。本文提出的模型通过分析正则性和分解层数对粗差表现的影响,为选择合适的小波函数进行粗差识别提供了一定的依据。

参考文献:

[1] 梁晋文, 陈林才, 何贡. 误差理论与数据处理 [M]. 北京: 中国计量出版社, 1989: 66-69.

[2] 刘大杰, 陶本藻. 实用测量数据处理方法 [M]. 北京: 测绘出版社, 2003: 30-34.

[3] 王坚, 高井祥, 孙祥中, 等. GPS 单历元形变信号的小波降噪 [J]. 测绘科学. 2004, 29(1): 24-25.

[4] 胡绍林, 孙国基. 靶场外测数据野值点的统计诊断技术 [J]. 宇航学报, 1999(2): 68-73.

[5] BERNETT V, LEWIS T. Outliers In statistics Data [M]. New York: John Wiley Press, 1978: 36-41.

[6] HAMPEL F R, DKON W J, ANSCOMBE F J. Robust Statistics approach Based on Influence [M]. New York: John Wiley Press, 1986: 28-36.

[7] YANG Y X. Robust Estimation for Dependent Observation [J]. Manuscr Geod, 1994(19): 10-17.