

团 体 标 准

T/CAGIS 5—2021

车载激光移动测量系统

Vehicle-Mounted LIDAR mobile mapping system

2021-03-31 发布

2021-03-31 实施

中国地理信息产业协会 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 系统构成	2
5 系统精度分级	2
6 系统要求	3
6.1 外观	3
6.2 系统整体使用环境	3
6.3 激光扫描系统	3
6.4 全景影像系统	4
6.5 定位测姿系统	4
6.6 控制系统	4
6.7 里程计	4
7 测定方法	4
7.1 测定项目	4
7.2 激光扫描系统技术指标测定	4
7.3 系统绝对精度测定	5
7.4 影像与点云套合误差测定	5
7.5 低温和高温试验	6
8 产品标志、标签和随行文件	6
8.1 标志、标签	6
8.2 随行文件	6
9 产品包装、运输及贮存	6
参考文献	7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海华测导航技术股份有限公司、北京四维远见信息技术有限公司提出。

本文件由中国地理信息产业协会归口。

本文件起草单位：上海华测导航技术股份有限公司、北京四维远见信息技术有限公司、首都师范大学、广州南方测绘科技股份有限公司。

本文件主要起草人：刘先林、陈长军、王留召、刘若尘、钟若飞、蒋文利、张攀科、黄小川、梁卫鸣。

引 言

车载激光移动测量系统是一种在车载平台上,具备集成控制系统、定位测姿系统、激光扫描系统、全景影像系统、里程计等多传感器的综合测量系统。该装备以其全面、快捷、准确地获取地理空间三维信息、信息表现形式多样等优势,在城市空间三维数据采集及相关领域得到广泛应用。随着自动驾驶技术和智慧城市建设发展,车载激光移动测量技术还将在三维建模、结构分层、数据自动提取和处理等方面,展现出更广阔的应用前景。

作为近年发展起来的新型测量方式,车载激光移动测量装备由于技术系统复杂,市场发展迅速等原因,目前还没有成熟的行业标准。为鼓励创新、满足市场需求、促进该技术的推广应用,特制定本文件。

本文件是在综合国内多家生产商现有企业标准的基础上,通过分析国内外最新研究成果,并参考《车载移动测量数据规范》《车载移动测量技术规程》等相关内容,提出了车载激光移动测量系统的一套完整统一的技术指标和相应的测定方法,供生产商、用户和第三方机构使用。本文件的要求内容,既体现出技术先进性,也考虑到市场现状和适用性,并为未来该技术进一步拓展应用空间打下了良好基础。

车载激光移动测量系统

1 范围

本文件确立了车载激光移动测量系统的分类和精度等级,规定了车载激光移动测量系统的系统构成、技术要求和对应的测定方法。本文件不涉及用于移动测量数据采集和处理的软件。

本文件适用于集成了控制系统、定位测姿系统、激光扫描系统、全景影像系统、里程计等多传感器的车载移动测量系统,其他移动测量系统可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 4208—2008 外壳防护等级(IP代码)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

车载激光移动测量系统 **vehicle-mounted LIDAR mobile mapping system**

在车载平台上,具备集成控制系统、定位测姿系统、激光扫描系统、全景影像系统、里程计等多传感器的综合测量系统。

3.2

定位测姿系统 **position and orientation system**

用于确定传感器空间位置参数和姿态参数的系统,一般由全球导航卫星系统和惯性测量装置集成。

[来源:CH/T 6004—2016,3.3]

3.3

里程计 **distance measure instrument;DMI**

测量车辆在道路上行驶距离的装置。

3.4

点云 **point cloud**

以离散、不规则方式分布在三维空间中的点的集合。

[来源:CH/T 8023—2011,3.3]

3.5

激光雷达点云 **LIDAR point cloud**

通过激光雷达扫描获得的点云。

[来源:CH/T 8023—2011,3.4]

3.6

激光有效距离 effective ranging of the laser

激光扫描仪可以探测的距离。

[来源:CH/T 8024—2011,3.8]

3.7

车载激光点云 vehicle-borne laser point cloud

在车载移动载体上采用激光探测和测量技术,获取的地物连续密集激光测量点的集合,具备空间位置,还可包含强度或色彩等信息。

[来源:CH/T 6003—2016,3.8]

3.8

车载移动全景影像 vehicle-borne panoramic image

对同一位置地理场景、不同方位拍摄的多幅车载移动实景影像,按成像视场进行拼接融合得到的水平方向为 360°、垂直方向大于 270°的影像。

[来源:CH/T 6003—2016,3.5]

4 系统构成

车载激光移动测量系统的系统构成,包括控制系统、定位测姿系统、激光扫描系统、全景影像系统和里程计等。

5 系统精度分级

车载激光移动测量系统依据在车辆行驶轨迹旁附属物及侧方建筑物的测量范围,系统整体精度按照在 50m 和 100m 处能够满足的位置精度来划分,分为 4 个等级。

各等级系统精度应符合表 1 规定。

表 1 系统精度等级

单位为厘米

精度	1 级	2 级	3 级	4 级
平面精度(在 100 m 处)	≤10	≤20	≤50	>50
平面精度(在 50 m 处)	≤5	≤10	≤30	>30
高程精度(在 100 m 处)	≤10	≤20	≤50	>50
高程精度(在 50 m 处)	≤5	≤10	≤30	>30

注:该精度均为全球导航卫星系统信号良好情况下的指标。

位置精度由车载激光点云与控制点的中误差 m_1 按公式(1)进行计算。

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_i \Delta_i]}{n}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

m_1 ——车载激光点云与控制点的位置中误差;

n ——观测值个数;

Δ_i ——车载激光点云与控制点位置之差。

6 系统要求

6.1 外观

产品的外观应满足下列要求：

- a) 仪器表面光洁、平整,不得有碰伤、划痕、锈蚀等缺陷。
- b) 仪器表面油漆色泽一致,无划痕、气泡、补漆现象。
- c) 仪器盖板及部件接合处整齐且密封良好。
- d) 所有螺钉无毛口现象。
- e) 扫描仪的棱镜表面清洁,无擦痕、霉点、棉毛、手印等污渍。
- f) 成像系统的镜头清洁,无污渍。

6.2 系统整体使用环境

系统整体使用环境参数：

- a) 工作温度： $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 工作湿度： $\leq 80\%$,无凝结。
- c) 防尘、防水：系统整体不低于 GB/T 4208—2008 中 IP41 的要求。
- d) 电源：使用车辆供电连续工作时间不宜低于 10 h,使用电池供电连续工作时间不宜低于 6 h。

6.3 激光扫描系统

激光扫描系统宜选择 1 级激光。

激光扫描系统的主要技术参数应符合表 2 规定。

表 2 激光扫描系统主要技术参数

参数	1 级	2 级	3 级	4 级
最大测量距离(反射率 $\rho \geq 60\%$ 条件下)/m	≥ 200	≥ 200	≥ 100	≤ 100
测距误差(100 m 以内中误差)/cm	≤ 2	≤ 4	≤ 6	≤ 10
测距误差(50 m 以内中误差)/cm	≤ 1	≤ 3	≤ 5	≤ 10
角度分辨率/ $^{\circ}$	≤ 0.001	≤ 0.01	≤ 0.1	≤ 0.7
线频/Hz	≥ 200	≥ 100	≥ 100	≥ 20

6.4 全景影像系统

全景影像系统主要技术参数：

- a) 单个相机分辨率：不低于 500 万像素。
- b) 全景分辨率：不低于 3 000 万像素。
- c) 连续采集频率：不小于 2 帧/秒(fps)。
- d) 影像与点云套合误差：不大于 0.4° 。

6.5 定位测姿系统

全球导航卫星系统宜满足能接收 GPS L1/L2、GLONASS L1/L2、BDS B1/B2/B3 信号。定位测姿系统主要技术参数应符合表 3 规定。

表 3 定位测姿系统主要技术参数

参数	1 级	2 级	3 级	4 级
数据更新率/Hz	≥ 200		≥ 100	
航向角精度/ $^{\circ}$	≤ 0.010	≤ 0.02	≤ 0.1	≤ 0.5
俯仰角精度/ $^{\circ}$	≤ 0.005	≤ 0.01	≤ 0.05	不做要求
横滚角精度/ $^{\circ}$	≤ 0.005	≤ 0.01	≤ 0.05	不做要求
后处理定位精度(卫星良好)	水平 0.03 m, 高程 0.05 m		水平 0.05 m, 高程 0.1 m	
后处理定位精度(卫星失锁持续时间不大于 10 s)	水平 0.05 m, 高程 0.1 m		水平 0.1 m, 高程 0.2 m	
注: 全球导航卫星系统信号良好, 共视卫星数 ≥ 10 颗, PDOP 值 ≤ 3 。				

6.6 控制系统

控制系统主要技术参数: 时间同步精度 $\leq 10 \mu\text{s}$, 统一到全球导航卫星系统时间系统。

6.7 里程计

里程计主要技术参数: 分辨率 ≥ 512 脉冲/转。

7 测定方法

7.1 测定项目

车载激光移动测量系统出厂前, 应进行下列项目测定:

- 激光扫描系统技术指标测定(见 7.2)。
- 系统绝对精度测定(见 7.3)。
- 影像与点云套合误差测定(见 7.4)。

7.2 激光扫描系统技术指标测定

激光扫描系统技术指标按以下方法进行测定:

- 借助激光标靶进行测定。
- 测距范围的测定方法:
 - 根据表 2 对应的距离范围设立标准反射率标靶(反射率 $\rho \geq 60\%$);
 - 采集标靶上一定数量(不低于 1 万点)的数据;
 - 解算得到标靶点云至激光扫描头的距离。
- 测距误差的测定方法:
 - 利用更高精度测量设备获取激光扫描仪中心与标靶(反射率 $\rho \geq 60\%$)间的水平距离[保证测距精度 $\leq (3 \pm 2 \times 10^{-6} \times D)\text{mm}$, D 为测量的距离, 单位为千米];
 - 对准标靶(反射率 $\rho \geq 60\%$)进行数据采集(不低于 1 万点), 解算得到激光点云的水平

距离；

3) 按公式(2)计算距离中误差 m_2 。

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_i \Delta_i]}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

m_2 ——车载激光点云与标靶点的距离中误差；

n ——观测值个数；

Δ_i ——车载激光点云与标靶点距离之差。不同距离下激光测距和高精度测量设备测距。

7.3 系统绝对精度测定

系统绝对精度测定应在动态测量的过程中完成。具体方法为：

- a) 建立检校场。可以借助特殊建筑物，例如有特征点的高层建筑，在建筑立面上均匀布设一定数量(不少于 50 个)的特征点。
- b) 根据表 1 对应的距离范围，量取检校场中特征点在点云数据中的三维坐标，与利用更高精度测量设备获取的相同点的三维坐标信息进行比较，按公式(3)计算位置中误差 m_1 ，从而得出系统的精度参数。

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_i \Delta_i]}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

m_1 ——车载激光点云与控制点的位置中误差；

n ——观测值个数；

Δ_i ——车载激光点云与控制点位置之差。

7.4 影像与点云套合误差测定

7.4.1 影像与点云套合误差的测定方法

影像与点云套合误差的测定方法如下：

- a) 选取开阔街道采集数据。
- b) 根据影像的位置和姿态数据将影像和点云套合显示。
- c) 在距离摄影中心 5 m 以外，50 m 以内范围内，量取明显特征点在影像上像素坐标和其三维点云投影到全景影像上的像素坐标，均匀选取不少于 30 个点，计算像素坐标差评定影像与点云套合精度。

7.4.2 影像与点云套合中误差计算方法

设全景影像的宽度为 W 像素、高度为 H 像素，所拍摄某一目标点在影像上像素坐标为 (x, y) ，目标三维点云投影到全景影像上的像素坐标为 (x', y') ，则影像与点云套合误差按公式(4)和公式(5)计算：

$$\Delta_x = 360^\circ \times (x - x') / W \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta_y = 180^\circ \times (y - y') / H \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Δ_x ——为 x 方向的套合误差；

Δ_y ——为 y 方向的套合误差。

则 x 、 y 方向影像与点云套合中误差按公式(6)和公式(7)计算：

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_{x_i} \Delta_{x_i}]}{n}} \dots\dots\dots (6)$$

$$m_y = \pm \sqrt{\frac{[\Delta_{y_i} \Delta_{y_i}]}{n}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- n ——观测值个数；
- m_x ——为 x 方向影像与点云套合误差；
- m_y ——为 y 方向影像与点云套合误差；
- Δ_{x_i} ——为 x_i 方向的套合误差；
- Δ_{y_i} ——为 y_i 方向的套合误差。

7.5 低温和高温试验

按 GB/T 2423.1—2008 和 GB/T 2423.2—2008 中的规定进行低温和高温试验。

8 产品标志、标签和随行文件

8.1 标志和标签

在仪器的明显位置应有标志和标签，内容应包括产品型号、商标、出厂编号及能显示精度等级的标志。

8.2 随行文件

产品的随行文件应包括：

- a) 产品合格证。
- b) 产品说明书。
- c) 质量保证书。
- d) 装箱单。
- e) 随机备、附件清单。
- f) 安装图。
- g) 出厂检测报告。
- h) 搬运说明。
- i) 维修保养注意事项。
- j) 其他有关文件。

9 产品包装、运输及贮存

产品包装、运输及贮存注意事项如下：

- a) 仪器应密封包装，裸露在外的激光头和相机应有保护罩。仪器箱应防水、防震、防尘。
- b) 整机一体化、集成式设计，置于仪器箱中运输，易拆卸，易安装。
- c) 贮存温度：-20℃~50℃。贮存湿度：≤90%，无凝结。

参 考 文 献

- [1] CH/T 6003—2016 车载移动测量数据规范
 - [2] CH/T 6004—2016 车载移动测量技术规程
 - [3] CH/T 8023—2011 机载激光雷达数据处理技术规范
 - [4] CH/T 8024—2011 机载激光雷达数据获取技术规范
 - [5] 韩友美、杨伯钢著.车载移动测量系统检校理论与方法.北京:测绘出版社.2014.
-