

ICS 07.040
CCS A 77



团 体 标 准

T/CAGIS 12—2024

无人机载激光雷达测量系统

Unmanned aerial vehicle LiDAR mapping system

2024-03-15 发布

2024-03-15 实施

中国地理信息产业协会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 系统分级及代码	2
4.1 分级方法	2
4.2 代码结构	2
5 特征码技术要求及试验	2
5.1 第一位特征码	2
5.2 第二位特征码	3
5.3 第三位特征码	4
5.4 第四位特征码	5
6 系统一般要求	6
6.1 组成	6
6.2 外观	6
6.3 激光源安全性	6
6.4 影像系统	7
6.5 工作环境	7
7 标志、标签和随行文件	7
7.1 标志、标签	7
7.2 随行文件	7
8 包装、运输及贮存	7
8.1 包装	7
8.2 运输	8
8.3 贮存	8
9 质量保证	8
参考文献	9

前 言

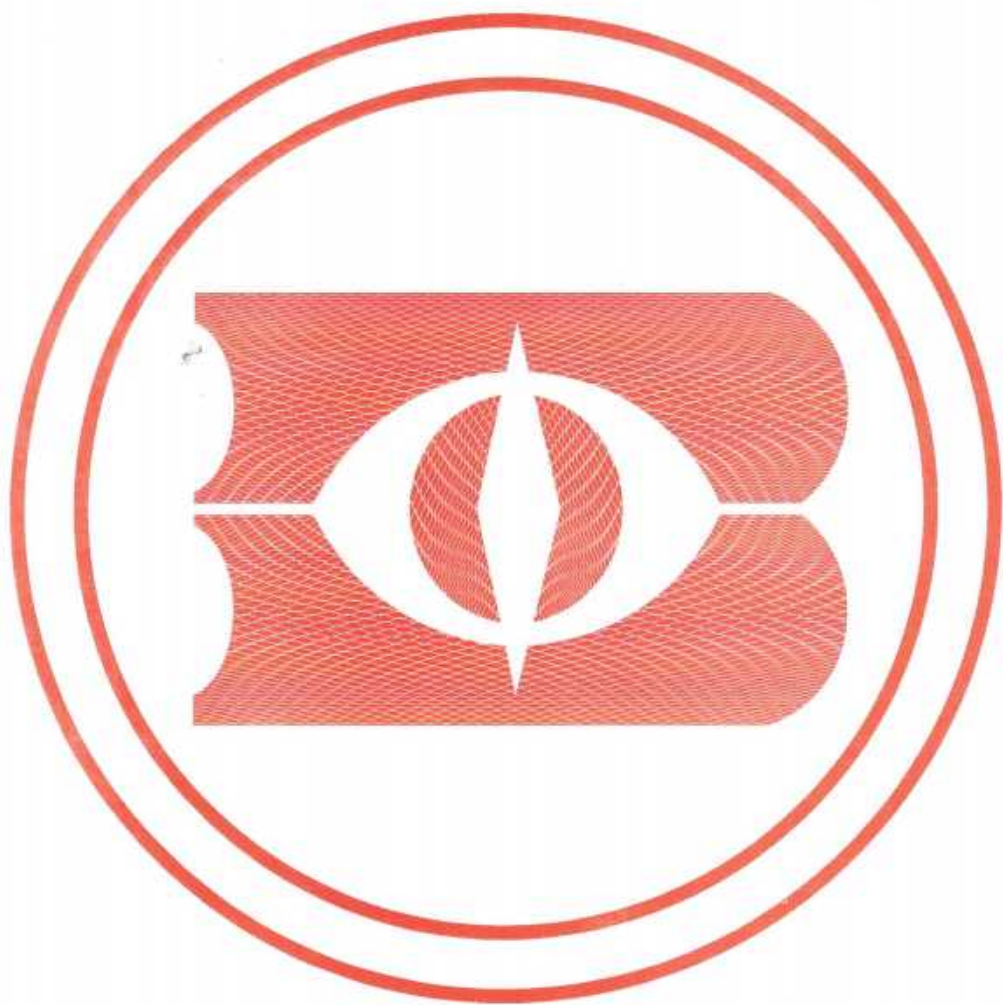
本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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。

本文件由中国地理信息产业协会提出并归口。

本文件起草单位：广州南方测绘科技股份有限公司、首都师范大学、中国测绘科学研究院、北京四维远见信息技术有限公司、深圳市大疆创新科技有限公司、上海华测导航技术股份有限公司。

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



无人机载激光雷达测量系统

1 范围

本文件规定了无人机载激光雷达测量系统分级及代码、特征码及试验、系统一般要求及试验,以及标志标签、随行文件、包装、运输、贮存和质量保证。本文件不涉及用于无人机载激光雷达测量系统数据采集和处理的软件。

本文件适用于集成了控制系统、定位定姿系统、激光扫描系统、影像系统的无人机载激光雷达移动测量系统的生产及试验。

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 电工电子产品环境试验 第2部分:实验方法 试验A:低温

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

GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)

GB 7247.1 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求

GB/T 7723 固定式电子衡器

GB/T 36100—2018 机载激光雷达点云数据质量评价指标及计算方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人驾驶航空器 **unmanned aerial vehicle; unmanned aircraft**

由遥控设备或自备程序控制装置操纵,机上无人驾驶的航空器。

注:在不引起混淆的情况下,本文件中将“无人驾驶航空器”简称为“无人机”。

[来源:GB/T 41300—2022,3.1]

3.2

无人机载激光雷达测量系统 **unmanned aerial vehicle LiDAR mapping system**

在无人机平台上,搭载并集成了控制系统、定位定姿系统、激光扫描系统、影像系统的综合测量系统。

注1:在不引起混淆的情况下,本文件中将“无人机载激光雷达测量系统”简称为“系统”。

注2:激光雷达的英文缩略语为LiDAR(light detection and ranging system)。

3.3

定位定姿系统 **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(global navigation satellite system, GNSS)接收机和惯性测量装置(inertial measurement unit, IMU)集成。

[来源:CH/T 8024—2011,3.2,有修改]

3.4

点云密度 density of point cloud

以高程方向为法向方向,单位面积上点云中激光点平均数量。

[来源:GB/T 36100—2018,3.4]

3.5

性能等级 performance level:PL

根据系统的测程、点云密度、精度、重量等指标,确定和划分系统综合技术性能的差异程度。

4 系统分级及代码

4.1 分级方法

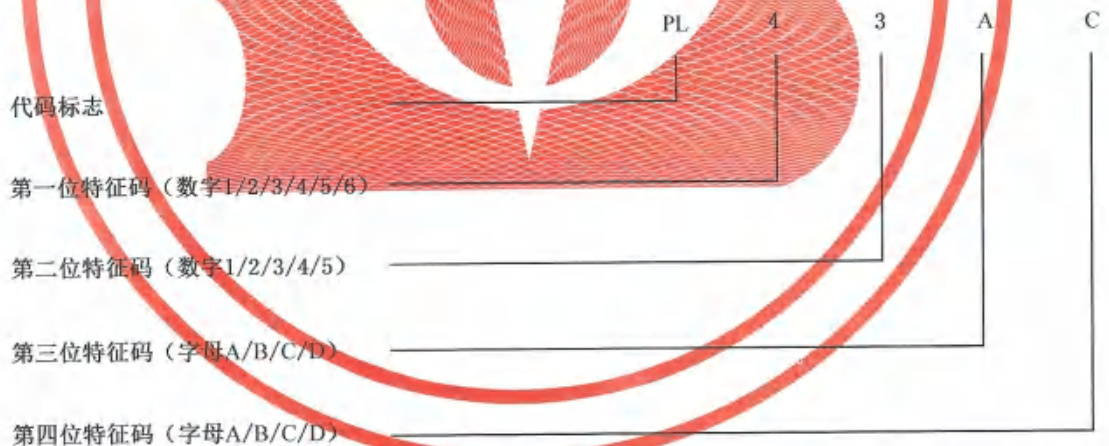
本文件用 PL 代码对系统的核心性能进行标定和分级,以标注主要技术指标。主要技术指标有四项,分别为:系统测程、点云密度、系统精度和系统重量。

4.2 代码结构

PL 代码由代码标志“PL”和 4 位数字和字母的特征码组成,格式为:PL_{xxxx}。

特征码从左到右排列,各特征码如下设定:第一位特征码表示系统测程等级,为 1-6 中的一位数字;第二位特征码表示点云密度等级为 1-5 中的一位数字;第三位特征码表示系统精度等级为 A/B/C/D 中的一个字母;第四位特征码表示系统重量等级为 A/B/C/D 中的一个字母。

示例:



系统出厂时,应根据载荷的技术参数,在说明书上注明 PL 代码。当更换载荷,导致参数发生变化时,应及时变更 PL 代码。

5 特征码技术要求及试验

5.1 第一位特征码

5.1.1 特征码内容

第一位特征码表示系统测程等级。表 1 给出了特征码数字所对应系统测程,以及应用范围建议。

表 1 系统测程等级

第一位特征码	测程	应用范围建议
1	≤ 100 m	激光扫描仪能够对 100 m 内地物进行测距。 宜用于教学实验
2	> 100 m ≤ 300 m	激光扫描仪能够对 300 m 内地物进行测距。 宜用于低空作业
3	> 300 m ≤ 500 m	激光扫描仪能够对 500 m 内地物进行测距。 宜用于平原地形作业
4	> 500 m $\leq 1\ 000$ m	激光扫描仪能够对 1 000 m 内地物进行测距。 宜用于丘陵(相对高差小于 200 m)、平原地形作业
5	$> 1\ 000$ m $\leq 2\ 000$ m	激光扫描仪能够对 2 000 m 内地物进行测距。 宜用于低山(相对高差 200 m~500 m)、丘陵、平原地形作业
6	$> 2\ 000$ m	激光扫描仪能够对 2 000 m 外地物进行测距。 宜用于中高山(相对高差为 500 m~1 000 m)、低山、丘陵、平原地形作业

5.1.2 特征码试验

5.1.2.1 试具

系统测程等级试验不必搭载在无人机上进行,试具如下:

- 漫反射目标板,包含 20%、80% 反射率规格;
- 全站仪,测距精度 $\leq (3 \pm 2 \times 10^{-7} \times d)$ mm。

注: d 为距离,单位为 m。

5.1.2.2 试验条件

试验条件如下:

- 根据系统测程等级对应的距离范围,分别设立 20%、80% 反射率规格的漫反射目标板作为标靶,用全站仪测出激光扫描仪中心与标靶间的水平距离,确保标靶距离准确;
- 开启激光扫描仪,满功率采集标靶上一定数量(不低于 1 000 点)的数据,计算得到标靶点云与激光扫描仪的平均距离。

5.1.2.3 接收条件

以下两种接收条件应同时满足:

- 对于 80% 反射率规格的漫反射目标板,若试验得到的距离大于或等于表 1 规定的特征码对应的测程等级,则性能合格;
- 对于 20% 反射率规格的漫反射目标板,若试验得到的距离大于或等于表 1 规定的特征码对应测程等级的 50%,则性能合格。

5.2 第二位特征码

5.2.1 特征码内容

第二位特征码表示系统点云密度等级。表 2 给出特征码数字所对应的系统点云密度,以及应用范

围建议。

表中所有点云密度,均由无人机在相对航高 100 m 条件下作业所得激光雷达点云密度进行判定。

表 2 系统点云密度等级

第二位特征码	点云密度	应用范围建议
1	>4 个/ m^2 ≤ 16 个/ m^2	系统得到的点云密度每平方米大于 4 个,小于或等于 16 个。可用于 1:1 000、1:2 000 地形图等工程作业
2	>16 个/ m^2 ≤ 36 个/ m^2	系统得到的点云密度每平方米大于 16 个,小于或等于 36 个。可用于 1:500 地形图等工程作业
3	>36 个/ m^2 ≤ 64 个/ m^2	系统得到的点云密度每平方米大于 36 个,小于或等于 64 个。可用于 1:200 地形图等工程作业
4	>64 个/ m^2 ≤ 100 个/ m^2	系统得到的点云密度每平方米大于 64 个,小于或等于 100 个。 可用于地籍测量、电力巡线等工程作业
5	>100 个/ m^2	系统得到的点云密度每平方米大于 100 个。可用于高精度三维建模等工程作业

5.2.2 特征码试验

5.2.2.1 试具

系统点云密度等级试验应搭载在无人机上进行。

5.2.2.2 试验条件

选择开阔平整地形,使用无人机搭载系统采集该地形点云。无人机作业时,应选择 100 m 相对航高,飞行速度为 8 m/s,飞行姿态俯仰及翻滚角小于 2° ,对目标地形进行单次扫描,航带间无重叠。

按照 GB/T 36100—2018 中 5.1 规定的点云密度计算方法,对试验所采集的数据计算点云密度,飞机转弯时点云数据不纳入计算范围。

5.2.2.3 接收条件

试验得到的点云密度,若大于表 2 规定的特征码对应的点云密度等级,则性能合格。

5.3 第三位特征码

5.3.1 特征码内容

第三位特征码表示系统精度等级。表 3 给出特征码字母所对应的系统精度,以及应用范围建议。

系统精度主要由系统高程中误差衡量,系统平面中误差应小于系统高程中误差乘以 1.5。

表 3 所有系统精度,均由无人机在相对航高 100 m 条件下作业所得激光雷达点云平面和高程精度进行判定。

表 3 系统精度等级

第三位特征码	精度	应用范围建议
A	≤ 5 cm	系统高程中误差优于 5 cm。 宜用于地籍测量、道路改扩建等
B	> 5 cm ≤ 10 cm	系统高程中误差优于 10 cm。 宜用于高精度地图生产等工程作业
C	> 10 cm ≤ 15 cm	系统高程中误差优于 10 cm。 宜用于 1:500 地形图、1:1 000 地形图等工程作业
D	> 15 cm ≤ 25 cm	系统高程中误差优于 25 cm。 宜用于 1:2 000 地形图、电力走廊扫描等工程作业

5.3.2 特征码试验

5.3.2.1 试具

系统精度等级试验应搭载在无人机上进行,试具如下:

- 检查点(使用漫反射贴纸或使用漫反射油漆绘制);
- 全站仪,测距精度 $\leq (3 \pm 2 \times 10^{-6} \times d)$ mm;
- GNSS 设备,静态定位精度 $\leq (5 \pm 1 \times 10^{-6} \times d)$ mm。

5.3.2.2 试验条件

试验条件如下:

- 建立检校场。检校场宜选择裸露并带有一定坡度的硬质路面,按照 GB/T 36100—2018 中 5.2.1 对检查点的要求布设一定数量检查点,用全站仪和 GNSS 设备测出检查点三维坐标;
- 使用无人机搭载系统,在 100 m 相对航高条件下,采集检校场的点云数据,所采集的点云应能在常用激光点云浏览软件中清晰辨认出地面检查点轮廓;
- 在激光点云浏览软件中,基于所采集的激光点云数据,选出布设的检查点的准确位置,按照 GB/T 36100—2018 中 5.2.2 规定的方法与公式,计算点云的高程中误差,以及 5.3.2 规定的方法与公式,计算点云的平面中误差,作为系统精度。

5.3.2.3 接收条件

若系统高程中误差优于表 3 规定的特征码对应的精度,且平面中误差优于高程中误差乘以 1.5,则性能合格。

5.4 第四位特征码

5.4.1 特征码内容

第四位特征码表示系统重量等级。表 4 给出特征码字母所对应的系统重量,以及应用范围建议。

表 4 中各重量等级,均为系统整体重量(含影像辅助系统),以及配套的天线、线路等部件。系统重量不包含用于搭载系统的无人机及用于给系统供电的电源,系统电源应由无人机提供。

注:根据《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》,轻型无人机空机重量不超过 4 kg 且最大起飞重量不超过 7 kg,小型无人机空机重量不超过 15 kg 且最大起飞重量不超过 25 kg,中型无人机最大起飞重量不超过 150 kg,大型无人

机最大起飞重量超过 150 kg。

表 4 系统重量等级

第四位特征码	重量	应用范围建议
A	≤ 1.5 kg	可搭载在载重较小的轻型、小型或中型无人机上作业
B	≤ 3 kg	可搭载在轻型、小型或中型无人机上作业
C	≤ 10 kg	可搭载在小型或中型无人机上作业
D	> 10 kg	可搭载在中型或大型无人机上作业

5.4.2 特征码试验

5.4.2.1 试具

试具为电子台秤。电子台秤应满足 GB/T 7723 三级电子台秤要求。

5.4.2.2 试验条件

使用电子台秤测量除无人机外系统正常工作所需所有部件，系统重量为所有部件的重量之和。

5.4.2.3 接收条件

通过试验得到的系统重量，若小于或等于表 4 规定的特征码对应的重量等级，则性能合格。

6 系统一般要求

6.1 组成

无人机载激光雷达系统应包含控制系统、定位定姿系统、激光扫描系统、影像系统等子系统。各子系统满足以下条件：

- a) 控制系统应包含电源控制、传感器时间同步以及数据存储装置；
- b) 定位定姿系统应包含 GNSS 接收机和 IMU；
- c) 激光扫描系统应包含激光扫描仪；
- d) 影像系统应包含数码相机。

注：无人机作为系统作业搭载平台，不在系统组成范围内。

6.2 外观

外观满足以下条件：

- a) 表面光洁、平整，不应有碰伤、划痕、锈蚀等缺陷；
- b) 表面油漆色泽应一致，无划痕、气泡、补漆现象；
- c) 盖板及部件接合处应整齐且密封良好；
- d) 激光扫描仪的镜面应清洁，无擦痕、霉点、棉毛、手印等污渍；
- e) 影像系统的镜头应清洁，无污渍。

6.3 激光源安全性

激光源应满足以下要求：

- a) 符合 GB 7247.1 中的 1 级激光产品的定义和要求；
- b) 具有安全性标识和警示标志,指示其输出波长、最大平均功率和脉冲能量等参数；
- c) 配备安全锁或开关,防止未经授权的使用或误操作。

6.4 影像系统

相机满足以下要求:

- a) 镜头应为定焦镜头,且对焦无穷远；
- b) 镜头与相机机身、相机机身与成像探测器应稳固连接；
- c) 成像探测器面阵应不低于 2 000 万像素；
- d) 最高快门速度应不低于 1/1 000 s。

6.5 工作环境

工作环境满足以下要求:

- a) 工作温度:应在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下正常工作；
- b) 防尘、防水:应不低于 GB/T 4208—2017 中 IP54 的要求；
- c) 电源:可使用无人机系统进行供电；
- d) 系统在无人机上作业时,作业时间应 $\geq 30\text{ min}$ ；
- e) 系统内移动存储器:容量应不低于 100 GB。

注:采用以下方法对工作温度及防尘、防水要求进行试验:

- a) 按 GB/T 2423.1 和 GB/T 2423.2 中的规定,进行低温和高温试验；
- b) 按 GB/T 4208 中的规定,进行防水防尘试验。

7 标志、标签和随行文件

7.1 标志、标签

在明显位置应有标志或标签,内容应包括型号、商标、出厂编号和能显示本文件规定的性能等级 PL 代码。

7.2 随行文件

随行文件应包括:

- 产品合格证；
- 产品说明书；
- 装箱单；
- 随机备、附件清单；
- 维修保养注意事项；
- 保修卡。

8 包装、运输及贮存

8.1 包装

应密封包装,裸露在外的激光头和相机应有保护罩。

包装箱应防水、防震、防尘。防护等级应达到 GB/T 4208—2017 中规定的 IP67。

8.2 运输

整机应采用一体化、集成式设计,且易拆卸,易安装,置于箱中运输。

8.3 贮存

贮存温度: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

贮存湿度: $\leq 90\%$,无凝结。

9 质量保证

自发货之日起1年内,用户在遵守保管和使用规则的条件下,因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时,制造商应无偿地为用户修理或更换。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3098.1—2010 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
 - [2] GB/T 14912—2017 外业数字测图技术规程
 - [3] GB/T 25480—2010 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法
 - [4] GB/T 39612—2020 低空数字航摄与数据处理规范
 - [5] GB/T 41300—2022 民用无人机唯一产品识别码
 - [6] CH/T 3005—2021 低空数字航空摄影规范
 - [7] CH/T 6004—2016 车载移动测量技术规范
 - [8] CH/T 8023—2011 机载激光雷达数据处理技术规范
 - [9] CH/T 8024—2011 机载激光雷达数据获取技术规范
 - [10] 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例(中华人民共和国国务院、中华人民共和国中央军事委员会令 第761号)
-

团体标准
无人机载激光雷达测量系统
T/CAGIS 12-2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 21 千字
2024年3月第一版 2024年3月第一次印刷

*

书号: 155066·5-7113 定价 31.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CAGIS 12-2024