

ICS 号

中国标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/GLAC XXXXX.8-2021

---

## 室内定位系统：第 8 部分 室内移动测图数据获取技术规范

Technical specification for indoor mobile mapping data acquisition

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

---

中国卫星导航定位协会 发布

# 目 次

前 言.....	3
1 范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	4
4 总则.....	6
4.1 基本要求.....	6
4.2 时空基准要求.....	6
4.3 精度要求.....	6
5 技术准备.....	6
5.1 资料准备.....	6
5.2 仪器设备及检校.....	6
5.3 技术设计.....	7
6 测图计划.....	8
6.1 测图计划制定.....	8
6.2 测图路线设计.....	8
6.3 与 CGCS2000 联测方案.....	8
7 测图实施.....	9
7.1 测图设备.....	9
7.2 测图速度.....	9
7.3 测图姿态.....	9
7.4 补测与重测.....	9
7.5 其他注意事项.....	9
8 数据预处理.....	10
8.1 预处理主要内容.....	10
8.2 影像数据处理.....	10
8.3 IMU 数据处理.....	10
8.4 激光数据处理.....	10
8.5 控制数据处理.....	10
9 质量控制.....	10
9.1 质量控制内容.....	10
9.2 点云数据质量评价方法.....	11
10 相关文件制作.....	13
11 成果整理与上交.....	13

## 前 言

本文件起草规则依据 GB/T 1.1《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规划》。

本文件由中国卫星导航定位协会提出并归口。

本文件起草单位：同济大学、中国科学院地理科学与资源研究所、中国电子科技集团公司第 54 研究所、卫星导航系统与装备国家重点实验室。

本文件主要起草人：吴杭彬，刘春，岳晗，许正文，陆锋，张恒才，许晨光，薛云，杨慧敏，蔚保国、李隽。

# 室内移动测图数据获取技术规范

## 1 范围

本文件规定了室内移动测图数据获取阶段的基本要求，以及技术准备、测图计划与实施、数据处理、质量控制与评价、成果提交等技术要求。

本文件适用于室内环境下，移动测图装备在数据获取阶段的生产作业。其他性质的测绘作业可以参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 14950-2009 摄影测量与遥感术语

CH/T 1001 测绘技术总结编写规定

CH/T 1004 测绘技术设计规定

CH/T 8021-2010 数字航摄仪检定规程

CH/T 8024-2011 机载激光雷达数据获取技术规范

GB50026--2007 工程测量规范

ISO/TS 10303-1831:2019 INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS AND  
INTEGRATION — PRODUCT DATA REPRESENTATION AND EXCHANGE —  
PART 1831: APPLICATION MODULE: SCAN DATA 3D SHAPE （工业自动化系统  
和集成—产品数据表示和交换—第 1831 部分：应用模块：3D 形状扫描数据）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 激光雷达 (LIDAR)

发射激光束并接收回波获取目标三维信息的系统。

[GB/T 14950—2009，数据获取 4.150]

### 3.2

#### 激光扫描仪 (laser scanner)

发射激光脉冲，通过记录激光脉冲从发射经目标物反射到接收单元的时间延迟，测定发射点到目标物反射点之间距离的激光测距系统。

[CH/T 8024-2011, 机载激光雷达数据获取技术规范 定义 3.3]

### 3.3

#### 惯性测量单元 (Inertial measurement unit (IMU))

测量物体三轴姿态角 (或角速率) 以及加速度的装置。

### 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。

[CH/T 8024-2011, 机载激光雷达数据获取技术规范 定义 3.5]

### 3.5

#### 点云密度 (density of point cloud)

单位面积上点的平均数量。

注: 一般用每平方米的点数表示。

[CH/T 8024-2011, 机载激光雷达数据获取技术规范 定义 3.7]

### 3.6

#### 检定主距 (calibrated focal length)

根据最适合使用条件的畸变值分布, 对等效主距进行数学调整后得到的主距值。

[CH/T 8021-2010, 数字航摄仪检定规程 定义 3.8]

### 3.7

#### 径向畸变 (radial distortion)

以对称主点 PPS 为中心沿辐射方向的畸变, 以实际像点与理论像点的距离之差表示。

[CH/T 8021-2010, 数字航摄仪检定规程 定义 3.9]

### 3.8

#### 最佳对称主点 (principal point of symmetry)

像场内所有几何影像的径向畸变, 无论是由于物镜的像差, 还是镜片在加工和安装过程中的缺陷所造成的, 都应该尽可能地对称于某点 S, 该点就称为对称主点。

## 4 总则

### 4.1 基本要求

室内移动测图数据获取应符合以下基本要求:

- a) 室内移动测图数据获取除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定;
- b) 室内移动测图数据获取过程中应使用性能稳定、状态良好的仪器设备,仪器设备应具有权威机构的检测证书,并在计量检定有效期内,按使用说明书使用和保养;
- c) 室内移动测图数据获取应包含技术准备、测图实施、数据处理及质量控制等内容;
- d) 数据处理前,应对记录数据进行严格检查,处理后应编制总结报告。

### 4.2 时空基准要求

室内移动测图数据获取的时空基准应符合以下要求:

- a) 坐标系统应采用 2000 国家大地坐标系 (CGCS2000),如采用其他坐标系,应与 CGCS2000 建立联系;
- b) 时间基准中,日期应采用公元纪年,时间应采用北京时间。

### 4.3 精度要求

室内移动测图数据精度应符合以下要求:

- a) 点云密度应能满足室内移动测图平面拟合的需求;
- b) 点云的离散度达到厘米级;
- c) 点云的相对平面位置中误差达到厘米级。

## 5 技术准备

### 5.1 资料准备

资料准备一般应收集以下资料:

- a) 测图区域的行政区划、交通、通信、出入口等情况;
- b) 测图区域内已有的测量资料 (如建筑施工的 CAD 图纸、二维平面图等);
- c) 测图区域的建筑类型、环境复杂程度、测图面积、以及人流量等基本情况;
- d) 提前一天以上进行实地踏勘获取相关资料和信息。

### 5.2 仪器设备及检校

### 1) 激光扫描仪

激光扫描仪应符合以下要求:

- a) 根据测图区域的环境条件, 以及成果对于点云密度及数据精度的要求, 选择适宜的激光扫描仪, 并确定回波次数、扫描角度、扫描频率等相关参数;
- b) 激光测距精度和扫描测角精度经过检校, 并具备相应的检测证书;
- c) 系统零点位置经过检校。

### 2) 视觉相机

视觉相机应符合以下要求:

- a) 根据测图区域的环境条件, 以及成果对于影像数据精度的要求, 选择适宜的视觉相机, 并确定相机的内参数、畸变参数等相关参数, 并具备相应的检测证书;
- b) 几何精度要求: 对称主点优于  $3\ \mu\text{m}$ , 径向畸变改正后残差小于  $1/3$  像元, 检定主距优于  $3\ \mu\text{m}$ ;

### 3) 惯性测量单元

惯性测量单元应符合以下要求:

- a) 惯性测量单元测角精度要求: 侧滚角和俯仰角不大于  $0.005^\circ$ , 航偏角不大于  $0.02^\circ$ ;
- b) 惯性测量单元记录频率应不低于  $64\text{Hz}$ ;
- c) 具备相应的检测证书。

惯性测量单元的检定应符合相关标准的规定。

### 4) 传感器外参数标定

传感器外参数标定精度应符合以下要求:

- a) 相机经标定后重投影误差应小于 1 个像元;
- b) 激光扫描仪外参数标定误差应小于  $1\text{cm}$ ;
- c) 惯性测量单元标定得到安置角的误差应低于  $1^\circ$ ;
- d) 具备相应的标定证书。

## 5.3 技术设计

技术设计的主要要求如下:

- a) 技术设计时应根据项目总体要求以及测区资料等编写设计书;
- b) 技术设计应包含以下主要内容:
  - 1) 测图计划, 如制定测图计划、设计测图路线、布设室内控制、与 CGCS2000 联测方案等;
  - 2) 测图实施, 如测图设备、测图速度与姿态要求、补测与重测要求等。

## 6 测图计划

### 6.1 测图计划制定

室内测图计划应根据实际任务的需求进行拟定, 结合测图环境的复杂程度和测区的面积进行具体事项的决策, 应当明确以下主要技术内容:

1) 对于激光雷达点云数据获取应明确:

- a) 获取激光雷达点云的方式;
- b) 激光雷达设备类型、技术参数和附属仪器参数;
- c) 室内激光点云数据密度要求;
- d) 室内激光点云数据精度要求;
- e) 点云数据附属信息要求;
- f) 点云数据的精度检测要求。

2) 对于视觉影像获取应明确:

- a) 相机类型、相机的技术参数和附属仪器参数;
- b) 影像间重叠度的要求;
- c) 视觉影像对测区的覆盖度要求;
- d) 摄影质量的要求;
- e) 其他相关的技术要求等。

### 6.2 测图路线设计

测图路线涉及的具体要求如下:

- a) 路线的设计应满足地图覆盖度要求;
- b) 测图路线设计时, 应根据 IMU 误差累积的指标确定每条测图路线的直线长度;
- c) 采集视觉影像数据时, 路线中旁向重叠度设计应达到 20%, 最少为 13%, 应保证数据覆盖漏洞最小化。

### 6.3 与 CGCS2000 联测方案

若需要进行室内外空间基准统一, 则使用四等以上导线向室内引控制点; 或进行室内外联测, 并在室外部分进行四等以上图根控制测量。

室内引控制点的数量, 应根据成图比例尺、测图方法、室内场景复杂程度或隐蔽情况, 以满足测图需要为原则, 一般不少于 5 个。

室外图根控制点一般布设于测图区域主要出入口外, 不少于 5 个。



## 7 测图实施

### 7.1 测图设备

测图前准备要求如下：

- a) 室内测图任务执行前一周内应对所有涉及到的设备进行检查，宜在期间进行传感器检校测试，生成传感器检校测试报告；
- b) 室内测图任务执行前应提前安排人员前往测区进行勘察，根据室内的使用时间同委托方协商测图的具体时间与辅助测图人员要求；
- c) 测图当天应提前 10 分钟开启测图设备，再次检查各类数据的完整性；
- d) 应准备第二套室内测图方案，以备有客观原因导致的测图失败。

### 7.2 测图速度

使用移动测图平台进行室内测图时，应保持匀速直线行驶，避免因速度过快造成的数据稀疏。

### 7.3 测图姿态

测图过程中姿态的要求如下：

- a) 室内测图平台一次性采集的姿态解算精度宜不超过  $1^{\circ}$  ；
- b) 室内测图平台使用前，应在测图现场对 IMU 进行地磁初始化。若在室外采用 GNSS 信号初始化，则室内测图时间不得超过 15 分钟；超过时间后应当重新进行初始化。

### 7.4 补测与重测

出现以下问题时，需要进行补测与重测：

- a) 数据采集出现异常，发生遗漏或错误记录等情况，并会对最后成图的质量带来直接影响；
- b) 处理后得到的地图未达到测图覆盖度、测图精度要求中的任意一项。

### 7.5 其他注意事项

室内测图的其他注意事项：

- a) 室内测图设备运行过程中应着重于数据的完整性检查，以减少补测和重测现象；
- b) 测图工作工程中应减少人员进入测图设备的感知区域，以此避免噪声的产生以及成图质量的影响；
- c) 测图完成应及时生成测图报告。

## 8 数据预处理

### 8.1 预处理主要内容

对采集得到的原始数据进行解码，获取激光数据、影像数据、惯性测量数据等，将这些数据文件进行整理并保存。

### 8.2 影像数据处理

影像数据的处理要求如下：

- a) 获取整个测区内带有时间戳的影像数据，；
- b) 剔除数据中存在强、弱光照等现象，成像质量差的影像；

### 8.3 IMU 数据处理

IMU 数据处理的要求如下：

- a) 检核 IMU 数据完整程度、时间同步是否符合相关规定要求；
- b) 对 IMU 数据进行噪声估计，宜采用滤波进行降噪；

### 8.4 激光数据处理

激光数据处理的要求如下：

- a) 结合角度观测值与距离观测值进行点云解码，解码后点云包含点的三维坐标以及强度等其它信息；
- b) 应采用技术手段去除点云的大尺度噪声，宜选用滤波平滑点云的小尺度误差。

### 8.5 控制数据处理

对室内外联测导线或室外图根控制测量数据进行处理，要求如下：

- a) 导线平面精度在 1/2000 以上；高程精度优于 1cm；
- b) 室外图根点能完整覆盖测图区域。

## 9 质量控制

### 9.1 质量控制内容

#### 1) 数据文件

数据文件质量控制的内容如下：

- a) 影像数据检查和备份。下载影像原始数据并存储，检查影像数据文件编号记录完整性和影像质量；
- b) 激光点云数据检查和备份。下载点云原始数据并存储，检查文件记录编号的完整性；

- c) 惯性测量数据检查和备份。下载惯性测量原始数据并存储,检查、分析数据记录编号的完整性。
- d) 控制数据检查和备份。将室内或室外控制点的平面坐标、高程数据进行存储、检查。

## 2) 影像数据

影像数据质量控制的内容如下:

- a) 统计影像片数,检查是否漏拍;
- b) 检查影像是否覆盖整个测区,是否有漏洞;
- c) 检查影像数据重叠度是否与设计一致;
- d) 检查影像的画面质量,包括色调、阴影和模糊等情况。

## 3) 激光点云数据

点云数据质量控制的内容如下:

- a) 检查测图路线是否与设计一致,无绝对漏测;
- b) 点云数据覆盖范围满足要求;
- c) 点云拼接误差满足要求;
- d) 点云噪声情况;
- e) 点云密度满足要求;
- f) 点云数据精度满足要求。

## 4) 惯性测量数据

惯性测量数据质量控制的内容如下:

- a) 设备初始测图的角速率和加速度等信息绝无遗漏;惯性测量单元的实际采样频率与设计采样频率一致,每一帧数据完整采集绝无遗漏;
- b) 惯性测量单元误差累积满足相关规定要求。

# 9.2 点云数据质量评价方法

点云评价指标如下:

## 1) 点云离散度

点云离散度用于评价激光在扫描面结构即墙体结构时对于同一墙面扫描结果的离散程度,离散程度越大点云扫描的质量越低。

点云离散度计算首先应取所得点云场景中若干墙体的点云片段,可采取特征值法、最小二乘法、稳健的特征值法等方法计算出点云的平面方程;其次,对每个片段的点云逐点计算出每点到平面的距离 $d_{ij}$ ,再次,根据每片段得到的 $d_{ij}$ 计算每个面的离散程度 $\sigma_i$ ,最后,由每个面的离散程度 $\sigma_i$ 取平均即可得到点云场景的点云离散度 $\sigma$ 了。具体计算公式如下式:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{(d_{ij} - \bar{d}_i)^T (d_{ij} - \bar{d}_i)}{n_i - 1}} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{\sigma_i}{N} \quad (2)$$

其中，各变量的含义如下：

i—选取的 N 个点云片段中的第 i 个；

j—选取的第 i 个点云片段中的第 j 个点；

$d_{ij}$ —第 i 个平面中第 j 个点到平面的距离,单位为米；

$\bar{d}_i$ —第 i 个平面各个点到平面距离的均值，单位为米；

$n_i$ —第 i 个平面的总点数；

N—选取的点云片段的总量。

## 2) 相对平面位置中误差

相对平面位置中误差用于评价激光雷达点云数据平面位置的内部变形程度，可利用点云场景特征点的坐标差按下式(3)(4)进行计算，也可利用激光测距仪和皮尺等进行量测后按式(5)进行计算：

$$XY_\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (d_{ij} - \widehat{d}_{ij})^2}{n}} \quad (3)$$

$$XY_\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (d_{ij} - \widehat{d}_{ij})^2}{n}} \quad (4)$$

$$\widehat{d}_{ij} = \sqrt{(\widehat{X}_i - \widehat{X}_j)^2 - (\widehat{Y}_i - \widehat{Y}_j)^2} \quad (5)$$

其中，各变量含义如下：

$XY_\sigma$ —相对平面位置中误差，单位为米；

n—选取的量测距离数或选取的特征点的点对数；

$d_{ij}$ —第 i 个特征点和第 j 个特征点之间的点云空间距离，单位为米；

$\widehat{d}_{ij}$ —第 i 个特征点和第 j 个特征点之间的实际空间距离，单位为米。

$X_i$ —第 i 个特征点在点云空间的 X 坐标；

$Y_i$ —第 i 个特征点在点云空间的 Y 坐标；

$X_j$ —第 j 个特征点在点云空间的 X 坐标；

$Y_j$ —第 j 个特征点在点云空间的 Y 坐标；

$\widehat{X}_i$ —第 i 个特征点在真实空间的 X 坐标；

$\widehat{Y}_i$ —第 i 个特征点在真实空间的 Y 坐标；

$\widehat{X}_j$ —第 j 个特征点在真实空间的 X 坐标；

$\widehat{Y}_j$ —第 j 个特征点在真实空间的 Y 坐标。

## 10 相关文件制作

根据技术设计的要求，编写技术总结，主要内容包括测图的基本情况、获取的原始数据基本情况、数据处理结果及过程中出现的问题、解决方法以及点云数据精度评价等。图历簿内容应完整准确，表达清楚。

按 CH/T 1001 的要求编写技术总结。

## 11 成果整理与上交

测图任务中涉及的所有文档资料（纸质和电子），数据资料，保存原件一份进行存档。上交的成果和文件组织由技术设计书明确规定。

需要整理并上交的成果如下：

- a) 成果清单；
- b) 原始影像数据、IMU 数据、激光点云数据；
- c) 技术设计书；
- d) 技术总结报告；
- e) 点云精度评价报告；
- f) 其他相关资料。