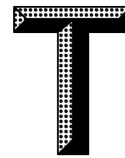


ICS 07.040  
CCS P 55



团 体 标 准

T/CI 1212—2025

# 激光雷达点云数据质量评价规范

Specification for quality evaluation of light detection and ranging (LiDAR)  
point cloud data

2025-10-20 发布

2025-10-20 实施

中国国际科技促进会 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 术语及定义 .....	1
4 基本规定 .....	2
4.1 点云密度要求 .....	2
4.2 点云精度要求 .....	2
4.3 数学精度检测 .....	3
4.4 质量评定 .....	3
4.5 质量报告编制 .....	4
5 点云数据质量评价指标 .....	4
5.1 点云密度 .....	4
5.2 高程精度 .....	4
5.3 平面精度 .....	5
5.4 综合精度 .....	5
6 点云数据质量综合评价指标计算方法 .....	5
6.1 激光雷达点云平面精度 .....	5
6.2 激光雷达点云高程精度 .....	6
7 数据质量评价报告编制 .....	8
7.1 检查报告的主要内容 .....	8
7.2 格式体例要求 .....	8
参考文献 .....	10

## 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。

本文件由长江水利委员会水文局长江上游水文水资源勘测局提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：长江水利委员会水文局长江上游水文水资源勘测局、长江水利委员会水文局荆江水文水资源勘测局、吉林大学、长江水利委员会水文局三峡水文水资源勘测局、湖北省国土测绘院、青海岩土工程勘察院有限公司、武汉天宝耐特科技有限公司、四川省地质工程勘察院集团有限公司、成都理工大学。

本文件主要起草人：冯国正、孙振勇、王进、秦凯、李棠、王兴文、王宝成、陈睿、刘杰、聂金华、黄虎文、李启涛、刘天成、尹高虹、全小龙、周威、华辉、宋小燕、彭粤、唐甜、刘瑞斌、向本焕、湛长才、董章内、何庐山、郭亮、董秀军、蒋韵秋、袁惠煜、彭安修、陶冶、石永恩、李全福、何海林、张春、王俊营、赵晓云、吴亚玲。

# 激光雷达点云数据质量评价规范

## 1 范围

本文件规定了激光雷达点云数据(以下简称“点云数据”)质量评价的基本规定、评价指标、评价方法、及评价报告编制要求。

本文件适用于工程规划、勘察、设计、施工、运维各阶段点云数据的质量评价,其他行业应用可参照执行。

## 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 24356 测绘成果质量检查与验收

GB 55018 工程测量通用规范

## 3 术语及定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**激光雷达 light detection and ranging; LiDAR**

发射激光束并接收回波以获取目标三维信息的系统。

[来源:GB/T 14950—2009,4.150]

### 3.2

**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]

### 3.3

**点云密度 density of point cloud**

以高程方向为法线方向,单位面积上点云中激光点的平均数量,一般用每平方米的点数表示。

[来源:GB/T 36100—2018,3.4,有修改]

### 3.4

**点云成果 result of point cloud**

经激光雷达等设备获取的三维离散点集,通过去噪、标定、误差校正等预处理后,再按地理要素属性进行分类筛选,最终形成的符合精度要求的专题数据集。其核心特征为通过空间坐标与属性信息,精准映射现实世界的三维形态特征。

### 3.5

**数字正射影像图 digital orthophoto map; DOM**

经过正射投影改正的影像数据集。

[来源:GB/T 14950—2009,6.26]

### 3.6

#### 高精度检测 high accuracy test

检测的技术要求高于生产的技术要求。

[来源:GB/T 24356—2009,3.18]

### 3.7

#### 同精度检测 same accuracy test

检测的技术要求与生产的技术要求相同。

[来源:GB/T 24356—2009,3.19]

## 4 基本规定

### 4.1 点云密度要求

点云数据密度应能满足内插数字高程模型数据的需求,具体值见表 1 的规定。平坦地区点云密度适当放宽,地貌破碎地区等特殊区域适当加严。

表 1 点云密度要求

分幅比例尺	数字高程模型成果格网间距/m	点云密度/(点/m <sup>2</sup> )
1:500	0.5	≥16
1:1000	1.0	≥4
1:2000	2.0	≥1
1:5000	2.5	≥1
1:10000	5.0	≥0.25

平均点距不应大于 DEM 格网间距的 1/2。

### 4.2 点云精度要求

#### 4.2.1 点云平面位置中误差应满足表 2 要求。

表 2 点云平面位置中误差

单位为米

比例尺	平地	丘陵地	山地	高山地
1:200	0.17	0.17	0.22	0.22
1:500	0.30	0.30	0.40	0.40
1:1000	0.60	0.60	0.80	0.80
1:2000	1.20	1.20	1.60	1.60
1:5000	2.50	2.50	3.75	3.75
1:10000	5.00	5.00	7.50	7.50

注:隐蔽地区地物点平面位置中误差按本表能放宽至 1.5 倍。

#### 4.2.2 点云高程中误差应满足表 3 要求。

表 3 点云高程中误差

单位为米

比例尺	平地	丘陵地	山地	高山地
1 : 200	0.12	0.20	0.25	0.35
1 : 500	0.15	0.25	0.35	0.50
1 : 1 000	0.15	0.35	0.50	1.00
1 : 2 000	0.25	0.35	0.85	1.00
1 : 5 000	0.35	0.85	1.75	2.80
1 : 10 000	0.35	0.85	1.75	3.50

4.2.3 极限误差应按 GB 55018 的规定执行,以 2 倍中误差作为极限误差。

### 4.3 数学精度检测

4.3.1 激光雷达技术获取的数字地形图,单位成果高程精度检测、平面位置精度检测及相对位置精度检测,检测点(边)应分布均匀、位置明显。检测点(边)数量视地物复杂程度、比例尺等具体情况确定,当测图比例尺大于 1 : 5 000 时,检测点的平面坐标和高程采用散点法按测站点精度施测,每幅图一般各选 20 个~50 个。

4.3.2 检测点(边)数量少于 20 时,以误差的算术平均值代替中误差;大于 20 时,按中误差统计。高精度检测时,中误差按公式(1)执行;同精度检测时,中误差按公式(2)执行。

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$M = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{2n}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$M$  —— 成果中误差;

$n$  —— 检测点(边)总数;

$\Delta_i$  —— 较差。

4.3.3 航带接边精度检测;通过量取不同航带间(含同架次和不同架次)点云数据同名点的平面位置中误差和高程中误差来检查航带接边精度,并记录其误差值;平面位置中误差应小于平均点云间距,高程中误差应小于表 3 规定中误差;若中误差超限且存在系统误差,应采取布设地面控制点的方式进行系统误差改正,直至小于限差后,再进行航带拼接。

4.3.4 数学精度统计时,在允许中误差 2 倍以内(含 2 倍)的误差值应参与统计,超过允许中误差 2 倍的误差视为粗差。同精度检测时,在允许中误差  $2\sqrt{2}$  倍以内(含  $2\sqrt{2}$  倍)的误差值均应参与统计,超过允许中误差  $2\sqrt{2}$  倍的误差视为粗差。

4.3.5 数学精度按单位成果进行统计,困难时可扩大统计范围。

### 4.4 质量评定

数学精度评定按表 4 的规定采用分段直线内插的方法计算质量分数;多项数学精度评定时,单项数学精度得分均大于 60 分时,取其算数平均值或加权平均。

表 4 数学精度评分标准

数学精度值 $M$	质量分数 $S$	质量等级
$0 \leq M \leq 1/3 \times M_0$	$S = 100$ 分	优
$1/3 \times M_0 < M \leq 1/2 \times M_0$	$90 \text{ 分} \leq S < 100 \text{ 分}$	优
$1/2 \times M_0 < M \leq 3/4 \times M_0$	$75 \text{ 分} \leq S < 90 \text{ 分}$	良
$3/4 \times M_0 < M \leq M_0$	$60 \text{ 分} \leq S < 75 \text{ 分}$	合格
$M_0 = \pm \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$		
式中： $M_0$ ——允许中误差的绝对值； $m_1$ ——规范或相应技术文件要求的成果中误差； $m_2$ ——检测中误差(高精度检测时 $m_2 = 0$ )。		
注 1: $M$ ——成果中误差。 注 2: $S$ ——质量分数(分数值根据数学精度的绝对值所在区间进行内插)。		

4.5 质量报告编制

- 4.5.1 质量检查报告真实,自检工作完备。
- 4.5.2 检查资料可溯源,检查过程及结论客观。
- 4.5.3 质量指标总结全面,数据统计科学、规范,相关图表齐全。
- 4.5.4 文字表达流畅,段落结构严谨,装订质量优良。

5 点云数据质量评价指标

5.1 点云密度

激光雷达点云密度利用全测区(水域除外)激光点个数与全测区(水域除外)面积进行计算,应满足表 1 规定。

5.2 高程精度

用于评价点云数据的高程与其真实的地面高程之间误差分布离散程度的指标,采用高程中误差进行评价。

高程中误差用于评价点云数据的高程与其真实的地面高程之间的差别,利用测区野外检测点数据进行评定。利用以检测点为中心的邻近激光点内插出检测点位置的高程,进行误差计算。高程中误差应符合表 3 的规定。

高程中误差  $Z_{\text{RMSE}}$  按公式(3)进行计算。

$$Z_{\text{RMSE}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i - \hat{Z}_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

- 式中：
- $Z_{\text{RMSE}}$ ——高程中误差,单位为米(m)；
  - $Z_i$ ——第  $i$  个检测点对应的激光点内插高程值,单位为米(m)；

- $n$  ——检测点个数,单位为个;
- $\hat{Z}_i$  ——第  $i$  个检测点的实测高程,单位为米(m)。

5.3 平面精度

用于评价点云数据的平面位置与其真实的地面位置之间误差分布离散程度的指标,采用平面位置中误差进行评价。

平面位置中误差  $P_{RMSE}$  按公式(4)进行计算。

$$P_{RMSE} = \pm \sqrt{X_{RMSE}^2 + Y_{RMSE}^2} \dots\dots\dots (4)$$

其中:

$$X_{RMSE} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \hat{X}_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (5)$$

$$Y_{RMSE} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $P_{RMSE}$  ——激光雷达点云平面位置中误差,单位为米(m);
- $X_{RMSE}$  ——激光雷达点云在  $X$  方向上的平面位置中误差,单位为米(m);
- $Y_{RMSE}$  ——激光雷达点云在  $Y$  方向上的平面位置中误差,单位为米(m);
- $n$  ——检测点个数,单位为个;
- $X_i$  ——激光点在  $X$  方向上的平面位置,单位为米(m);
- $\hat{X}_i$  ——检测点在  $X$  方向上的平面位置,单位为米(m);
- $Y_i$  ——激光点在  $Y$  方向上的平面位置,单位为米(m);
- $\hat{Y}_i$  ——检测点在  $Y$  方向上的平面位置,单位为米(m)。

5.4 综合精度

从点云成果提取单点、剖面、区域面对点云高程精度进行评价,从点云成果提取地物特征点、特征线、特征面对点云平面绝对精度、点云平面线相对精度、点云平面面相对精度进行评价。

6 点云数据质量综合评价指标计算方法

6.1 激光雷达点云平面精度

6.1.1 绝对精度

点云单点绝对平面精度的评价,是以与点云同步获取的影像生成 DOM 提取地物特征点或者野外检测地物特征点为依据,在点云中提取同名特征点,比较二者特征点坐标差值,统计平面位置中误差,其精度计算如公式(4)~公式(6)。

6.1.2 线相对精度

点云平面线相对精度评价,是以与点云同步获取的影像生成 DOM 提取地物特征线或者野外检测地物特征线为依据,在点云中提取同名特征线,比较二者长度差值,进行点云线相对平面精度统计,精度计算见公式(7)。

$$L_{\text{RMSE}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \hat{L}_i)^2}{2n}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $L_{\text{RMSE}}$ ——点云线相对精度；
- $L_i$  ——第  $i$  条点云提取特征线长度,单位为米(m)；
- $\hat{L}_i$  ——第  $i$  条检测线的实测长度,单位为米(m)；
- $n$  ——检测点个数,单位为个。

### 6.1.3 面相对精度

点云平面面相对精度评价,以与点云同步获取的影像生成 DOM 提取特征面或者野外检测特征面为依据,在点云中提取同名特征面,比较二者面积差值,进行点云面相对平面精度统计,精度计算见公式(8)。

$$S_{\text{RMSE}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \hat{S}_i)^2}{2n}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

- $S_{\text{RMSE}}$ ——点云面相对精度；
- $S_i$  ——第  $i$  个点云提取特征面面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )；
- $\hat{S}_i$  ——第  $i$  个检测面的实测面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )；
- $n$  ——检测面个数,单位为个。

## 6.2 激光雷达点云高程精度

### 6.2.1 基本要求

点云高程精度的统计是提取点云中对应野外检测数据碎部点、断面线、地形区域为依据,进行二者高程精度统计分析。

用于检测点云单点高程精度的野外检测点,为使地形类别有代表性,可布设于高山、山区、丘陵、平地等不同的地形类别;为使地表覆盖类型有代表性,可根据测区地表覆盖类型,在不同植被高度、植被种类等布设检测点。

### 6.2.2 单点精度

点云单点高程精度统计是以检测点为依据,在点云上提取临近点或其插值点。利用检测点与提取的点云比对,进行高程较差统计,并计算中误差。

点云提取对应临近点方法：

- a) 当野外检测点处于相对平坦区域,点云成果中提取的各临近点高程接近,且小于高程允许中误差,则以距离检测点最近点作为点云单点提取高程点；
- b) 当野外检测点处于微地貌变化较大区域,但点云密度较大,点云成果中提取的各临近点高程接近,且小于高程允许中误差,则以距离检测点最近点作为点云单点提取高程点；
- c) 当野外检测点处于微地貌变化较大区域,且点云密度较小,点云成果中提取的各临近点高程差别较大时,且大于高程允许中误差,则以点云临近点插值高程值作为点云单点高程值,邻近区域取野外测点半径 1 m 的圆域,当圆域内为两点可按距离线性插值,当圆域内多于两点插值可按与检测点距离加权插值。

单点高程精度计算见公式(9)：

$$H_{\text{RMSE}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \hat{H}_i)^2}{2n}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- $H_{\text{RMSE}}$  —— 单点高程精度,单位为米(m);  
 $H_i$  —— 第  $i$  个点云提取单点高程值,单位为米(m);  
 $\hat{H}_i$  —— 第  $i$  个检测点高程值,单位为米(m);  
 $n$  —— 检测点个数,单位为个。

### 6.2.3 面积精度

点云面积精度统计以野外检测断面线为依据,以野外检测断面线两端点连线为准,基准线左偏、右偏一定距离形成闭合区域,提取闭合区域点云点集,形成剖面线,与野外检测线进行精度比较。左偏、右偏取值为 0.1 m~1.0 m,以断面形状不失真为准。

点云面积精度从以下方面进行评价。

- a) 断面面积:以一定高程线分别与检测断面、点云剖面所围成的闭合面的面积相对差为依据,评价点云剖面精度。面积相对差及面积中误差计算见公式(10)和公式(11)。

$$A_{\text{相对}} = \frac{A_i - \hat{A}_i}{A} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$A_{\text{RMSE}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \hat{A}_i)^2}{2n}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- $A_{\text{相对}}$  —— 断面面积相对差;  
 $A_{\text{RMSE}}$  —— 断面面积中误差;  
 $A_i$  —— 第  $i$  个点云提取断面面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );  
 $\hat{A}_i$  —— 第  $i$  个检测断面面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );  
 $n$  —— 检测线条数。
- b) 断面线套绘比较:利用野外检测断面线与点云提取的剖面,分别生成断面,二者套绘进行目视形态比较。
- c) 断面中误差:利用野外检测断面线与点云提取的剖面,插值相同桩号高程值,利用二者高程值中误差评价点云剖面数学形态精度比较,精度计算见公式(12)。

$$H_{\text{断面}} = \pm \sqrt{\frac{\sum \epsilon \epsilon}{2n}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- $H_{\text{断面}}$  —— 断面中误差;  
 $\epsilon$  —— 同桩号的点云断面高程插值与检测断面高程插值较差;  
 $n$  —— 统计断面个数。

### 6.2.4 体积精度

点云体积精度的统计以野外检测的地形图为依据,进行点云体积精度评价。

- a) 体积比较:提取与野外检测地形重合区域点云,用于计算一定高程面以下,野外检测地形体积、点云体积相对差为依据,评价点云体积精度。

体积相对差计算见公式(13)和公式(14)。

$$V_{\text{相对}} = \frac{V_i - \hat{V}_i}{V} \dots\dots\dots(13)$$

$$V_{\text{RMSE}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_i)^2}{2n}} \dots\dots\dots(14)$$

式中：

$V_{\text{相对}}$  —— 地形体积相对差；

$V_{\text{RMSE}}$  —— 地形体积中误差；

$V_i$  —— 第  $i$  个点云地形体积,单位为立方米( $\text{m}^3$ )；

$\hat{V}_i$  —— 第  $i$  个检测地形体积,单位为立方米( $\text{m}^3$ )；

$n$  —— 检测地形个数。

- b) 数字表面模型套合比较:分别利用野外检测地形、点云生成数字表面模型,将二者套合分析,比较数字高程模型(DEM)格网高程差值面域分布图,以此评价点云体积精度。

## 7 数据质量评价报告编制

### 7.1 检查报告的主要内容

7.1.1 成果质量控制及检测点布设应按 GB/T 24356 的规定执行。

7.1.2 检验工作概况。检验的基本情况,包括检验时间、检验地点、检验方式、检验人员、检验的软硬件设备等。

7.1.3 受检成果概况。简述成果生产的基本情况,包括来源、测区位置、生产单位、资质等级、生产日期、生产方式、成果形式、批量等。

7.1.4 检验技术依据。包括生产作业执行的标准、规范规程和有关的技术要求,相关的测绘任务书、合同中有关产品特性的文件,技术设计书和有关的技术规定,检查及质量评定的标准和依据。

7.1.5 抽样情况。包括抽样依据、抽样方法、样本数量等,若为计数抽样,应列出抽样方案。

7.1.6 检验内容及方法。简述成果的各个检验参数及检验方法。

7.1.7 检查结论。根据检查的各项质量指标情况,综合评定成果的质量。

7.1.8 存在的主要问题及处理意见。按检验参数,分别叙述样本成果中存在的主要质量问题,并举例(图幅号、点号等)说明。

7.1.9 质量综述及样本质量统计。

a) 按检验参数分别对成果质量进行综合叙述(不含检验结论)。

b) 样本质量统计:缺陷类型及数量、样本得分、样本质量评定。

c) 其他意见或建议。若无意见或建议,可不列本条。

7.1.10 附件包括附图和附表。若无附件,可不列本条。

7.1.11 点云数据存储宜采用 LAS 格式、ASCII 码格式等。

### 7.2 格式体例要求

7.2.1 测绘成果质量检验单位可参照本文件的规定编写质量检验报告。

7.2.2 检验报告编排次序为:封面、注意事项、联系方式、正文、附件,除封面外,其他页面(包括附件)均应设置页眉、页脚,并统一编制连续页码。

- 7.2.3 在检验报告中加盖检验单位公章处,加盖检验单位公章,并用检验单位公章加盖骑缝章。
- 7.2.4 编制、审核和批准栏中,应由相应人员本人手工签署,不应打印;检验结论中的签发日期应手工签署。
- 7.2.5 报告中的计量单位均应采用法定计量单位。

全国团体标准信息平台

参 考 文 献

- [1] GB/T 14950—2009 摄影测量与遥感术语
  - [2] GB/T 17278 数字地形图产品基本要求
  - [3] GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收
  - [4] 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
  - [5] CH/T 1021 高程控制测量成果质量检验技术规程
  - [6] CH/T 1022 平面控制测量成果质量检验技术规程
  - [7] CH/T 8023 机载激光雷达数据处理技术规范
  - [8] CH/T 8024 机载激光雷达数据获取技术规范
  - [9] NB/T 35109 水电工程三维激光扫描测量规程
-

中国国际科技促进会  
团体标准  
激光雷达点云数据质量评价规范  
T/CI 1212—2025

\*

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)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社印刷  
各地新华书店经销

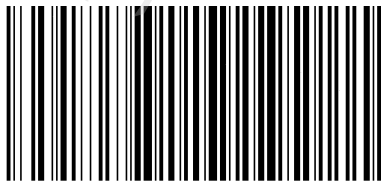
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 21 千字  
2026年 月第1版 2026年 月第1次印刷

\*

书号: 155066·5-19486 定价 43.00 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/CI 1212-2025