

ICS 07.040

CCS A xx

TB

团 体 标 准

T/ CSGPC XXX—20XX

# 点云实时传输和渲染显示技术规范

Technical specification for realtime point cloud  
transmission and rendering

(征求意见稿)

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

中国测绘学会 发布

# 目 录

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	2
5 一般规定 .....	3
6 数据采集与渲染显示设备 .....	3
6.1 点云数据属性 .....	3
6.2 采集速率 .....	3
6.3 数据质量 .....	4
6.4 渲染显示设备 .....	5
7 数据传输组织 .....	5
7.1 点云数据预处理 .....	5
7.2 点云数据压缩基本处理方式和策略 .....	6
7.3 点云数据传输处理流程 .....	7
8 数据结构化和渲染显示 .....	7
8.1 数据结构化处理 .....	7
8.2 渲染显示基本流程 .....	8
8.3 数据内外存交换 .....	8
9 数据要求与数据服务 .....	9
9.1 数据要求 .....	9
9.2 数据服务 .....	9
附录A: 点云数据节点可视性筛选 .....	12
A.1 视锥体裁剪 .....	12

## 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。  
本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件起草单位：深圳市其域创新科技有限公司、广东省国土测绘院、中国地质大学、哈尔滨工业大学、中国石油大学、福建警察学院、南京龙测测绘技术有限公司、山东中绘云科技有限公司、武汉天宝耐特有限公司、四川百隧云科技有限公司、深圳市武测空间信息有限公司。

本文件主要起草人：赵开勇、汪祥春、曾德泽、黄伟、颜雪松、胡成玉、刘小波、唐力明、刘金沧、王斌、施少怀、刘伟峰、王强、褚晓文、董风彬、卢永强、刘春雷、马玉坤、张小星、常入鑫、韩珞、张晓寒、吴江、杨翻、陶满园、张盼。

# 点云实时传输和渲染显示技术规范

## 1 范围

本规范规定了实时点云数据数据采集、传输组织、渲染显示的基本规范、技术要求。  
本规范适用于实时点云数据采集、处理、传输、渲染显示及应用。

## 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。

1. GB/T 1.1 标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则
2. GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号
3. GB/T 30319 基础地理信息数据库基本规定
4. GB/T 33453 基础地理信息数据库建设规范
5. GB/T 36100 机载激光雷达点云数据质量评价指标及计算方法
6. GB/T 39623 基础地理信息数据库系统质量测试与评价
7. CH/Z 3017 地面三维激光扫描作业技术规程
8. CH/T 011-2023 地理空间点云数据管理服务规范
9. CH/T 012-2023 地理空间点云数据压缩规范
10. CH/T 8023 机载激光雷达数据处理技术规范
11. GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收
12. GB/T 19710 地理信息元数据
13. GB/T 33453 基础地理信息数据库建设规范
14. CH/T 3020-2018:3.6 实景三维地理信息数据激光雷达测量技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**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。

### 3.2

#### **点云几何信息 point cloud geometry**

点云空间几何结构属性，表示点在三维空间中的位置，通常用(x,y,z)表示。

### 3.3

#### **点云属性信息 point cloud attribute**

点云非几何结构属性，包括颜色、反射强度、回波次数、法线信息、扫描角度、采集时间等属性，用于进一步描述点云。

### 3.4

#### **压缩 compression**

通过利用原始数据中的冗余和不相关性来降低目标质量的编码方式，以便在有限的带宽通道和存储设备上传输和存储。

### 3.5

#### **解压 decompression**

将压缩数据重新转换为采用的表示格式，输出与点云数据编码的格式相同或相似点云格式数据，以便可以对其进行呈现和显示的过程。

### 3.6

#### **压缩比 compression ratio**

原始点云数据大小与通过压缩后的点云数据大小之比。

### 3.7

#### **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。

### 3.8

#### **点云帧 point cloud frame**

点云采集设备每一次完整数据采集周期生成的点云数据。

## 4 缩略语

PCL-PCC: 点云库的点云压缩技术 (point cloud library point cloud compression)

G-PCC: 动态图像专家组的点云压缩技术 (geometry-based point cloud compression)

LOD (Levels of Detail)：一种通过构建数字模型不同几何精细粒度，在不同的距离或者设备上显示呈现不同粒度模型的技术。

降采样 (Down Sampling)：按照一定规律对原始数据集进行处理生成新的数据集，新数据集通常是原始数据集的子集。

## 5 一般规定

### 5.1

点云实时传输和渲染显示总体和通用性要求及规范，主要涵盖以下几个方面：数据采集和渲染显示设备技术要求、数据传输组织和处理、点云数据结构化渲染显示技术要求、数据服务和数据规范要求。

### 5.2

点云数据采集部分主要规范点云数据属性和数据质量要求，点云数据检查与验收应符合GB/T 18316《数字测绘成果质量检查与验收》标准规范。

### 5.3

点云数据实时传输应当包含数据压缩、时效性、安全性要求，并满足设备端实时网络通信带宽和延时要求。

### 5.4

点云数据采集、存储、传输、应用，应符合国家对点云数据的保密要求。

### 5.5

数据服务及规范符合GB/T 33453《基础地理信息数据库建设规范》标准规范和T/CSGPC 012-2023《点云数据管理服务技术规范》标准规范。

## 6 数据采集与渲染显示设备

### 6.1 点云数据属性

点云数据应包括各点的三维空间坐标、地物反射强度、回波次数、GNSS时间、颜色等基本几何数据和属性数据。

### 6.2 采集速率

点云数据采集速率应当大于10帧/秒，最低数据采集速率为240,000点/秒。

## 6.3 数据质量

点云数据质量符合GB/T 18316《数字测绘成果质量检查与验收》标准规范，涵盖点云数据精度、密度、完整性和一致性要求。

### 6.3.1 精度

点云数据精度是指测量值与实际值之间的接近程度，本标准要求点云数据的精度应满足以下条件：

位置精度：点云中每个点的三维坐标误差不得超过 $\pm 0.01$ 米。

强度精度：点云中每个点的强度值误差不得超过 $\pm 0.5\%$ 。

### 6.3.2 密度

点云数据的密度是指单位面积或体积内的点数，在采集设备最佳有效范围采取符合要求的采集手段时，目标区域点云数据的密度应满足以下条件：

平面密度：在平坦区域，点云密度应不低于每平方米1000个点。

体积密度：在复杂地形或建筑物区域，点云密度应不低于每立方米1000个点。

### 6.3.3 完整性

点云数据的完整性是指数据是否全面覆盖了目标区域，没有遗漏或缺失。本标准要求点云数据的完整性应满足以下条件：

覆盖率：点云数据应覆盖目标区域的99%以上。

缺失率：点云数据中不应有超过1%的区域存在数据缺失。

### 6.3.4 一致性

点云数据的一致性是指数据在不同时间、不同设备或不同操作员之间的一致程度。本标准要求点云数据的一致性应满足以下条件：

时间一致性：同一区域在不同时间采集的点云数据，其位置和强度差异不得超过 $\pm 0.02$ 米和 $\pm 1\%$ 。

设备一致性：使用不同设备采集的点云数据，其位置和强度差异不得超过 $\pm 0.03$ 米和 $\pm 2\%$ 。

操作员一致性：不同操作员采集的点云数据，其位置和强度差异不得超过 $\pm 0.04$ 米和 $\pm 3\%$ 。

## 6.4 渲染显示设备

### 6.4.1 数据处理

应配置高频率多核心中央处理器（CPU）、高频率大容量内存、高速率固定硬盘，数据处理能力应大于数据采集设备输出、数据通信接收、解压、渲染所需性能要求的2倍。

### 6.4.2 渲染显示

应配置高频率独立图形处理单元（GPU）、支持1080P及以上分辨率、60Hz及以上刷新率的显示器，图形渲染能力不低于1000万点/帧。

### 6.4.3 网络通信

应当支持有线或者无线通信，网络通信带宽满足数据采集端实时数据上行要求，推荐大于采集端通信数据带宽需求2倍，具备一定的抗干扰和防窃密能力。

## 7 数据传输组织

### 7.1 点云数据预处理

点云数据在传输前应当进行预处理，以提高数据质量和传输效率，包括点云数据降噪、抽稀、去重。数据预处理、点云数据解算符合CH/T 8023《机载激光雷达数据处理技术规范》标准规范。

#### 7.1.1 降噪

通过双边滤波、高斯滤波、统计滤波等点云滤波算法去除点云数据中的噪声点，提高数据的准确性和可靠性。对于密度不均匀的点云，可采用基于密度的滤波方法，根据局部点密度的变化识别和去除噪声点。

#### 7.1.2 抽稀

可根据应用需求对采集设备输出点云进行抽稀处理，以减低点云密度和数据传输的负载。抽稀算法可按照固定的空间间隔选取点，确保抽稀后的点云仍能保持物体的基本形状和特征，也可采用基于曲率的抽稀方法，根据曲率动态抽稀，确保重要特征信息不丢失。

#### 7.1.3 去重

删除重复的点，以减少数据量和降低数据冗余。

#### 7.1.4 点云数据传输前数据结构

实时点云数据在传输前应当以帧的形式进行组织，每一帧数据包括一次完整的点云扫描采集的点云几何及属性信息，帧数据宜采用存储空间小、解析速度快的二进制格式BIN、PCD、NPY、自定义格式等形式存储。帧数据应当自描述，包括数据大小、总点数、属性数据组织方式等。

### 7.2 点云数据压缩基本处理方式和策略

点云数据压缩以减少属性间冗余、降低传输和存储数据量为目的，通过高时效性的压缩处理，获得二进制数据块。

#### 7.2.1 点云数据压缩基本处理方式

点云数据压缩分为几何信息压缩和属性信息压缩，几何数据和反射强度值应采用无损压缩方式；属性信息可根据应用需求采用无损或有损压缩，点云数据压缩基本处理方式：

- a) 数据预处理，区分几何信息和属性信息分别进行处理；
- b) 几何信息采用八叉树/三角剖分等方式进行结构化处理、通过预测编码、熵编码等方法生成二进制比特流；
- c) 属性信息采用重采样、分割、量化、熵编码等方式生成二进制比特流。

#### 7.2.2 点云压缩策略

点云压缩可分为无损压缩和有损压缩，具体压缩策略可根据应用需求选择，但应满足以下要求：

- a) 压缩时间效率满足采集设备点云数据采集周期要求；
- b) 压缩比满足网络带宽实时传输要求；
- c) 具备动态调整压缩比和压缩时间效率能力；
- d) 压缩质量满足应用质量要求。

#### 7.2.3 点云压缩评价指标

点云数据压缩评价指标包括时间效率、压缩比、峰值信噪比，点云数据压缩应满足以下要求：

- a) 点云几何数据、反射强度值采用无损压缩方式，其它点云属性信息可采用有损压缩或者无损压缩方式；
- b) 压缩方法可选用标准压缩算法、自研算法等；
- c) 压缩时间应小于1/2采集设备点云数据采集周期，最大不超过点云数据采集周期；
- d) 压缩比不低于4；

- e) 无损压缩峰值信噪比应趋向无穷，有损压缩峰值信噪比最低应大于30。

#### 7.2.4 压缩后的数据格式

点云数据压缩后以二进制数据块形式存储，压缩后的二进制点云数据块以队列形式按时间顺序进行缓存，点云压缩和处理应满足以下要求：

- a) 每个二进制压缩点云数据块应当自描述，包括数据大小、总点数、属性数据组织方式等；
- b) 每个二进制压缩点云数据块应小于256KB；
- c) 队列最大缓存数据量应大于256MB；
- d) 设备硬件处理速度应小于1/2采集设备点云采集周期；
- e) 网络通信带宽应大于压缩点云生成速率。

### 7.3 点云数据传输处理流程

点云数据传输在建立通信链路后的基本处理流程如下：

- a) 点云数据预处理，减少数据冗余；
- b) 点云数据分帧压缩，生成二进制数据块；
- c) 二进制压缩数据块入队，进入待发送缓冲队列；
- d) 依次发送缓冲队列中的分帧压缩数据块。

## 8 数据结构化和渲染显示

### 8.1 数据结构化处理

#### 8.1.1 点云结构化基本方式

实时大规模场景数据应当进行空间划分、结构化处理以适应海量数据存储和渲染显示要求，将点云数据依据其在三维空间中的位置进行分层或者分块，有助于快速检索和分块渲染，点云数据结构化处理通常采用八叉树（Octree）、KD树（KD-Tree）、网格（Grid）或者自定义数据组织方式进行场景管理。

#### 8.1.2 点云结构化基本流程

实时点云结构化处理基本流程如图1所示（以八叉树场景管理为例），一般性规范如下：

- a) 接收实时点云数据帧，读取并解压数据；
- b) 检测数据完整性、可用性，处理异常帧数据；
- c) 区分是否是第一帧数据进行分别处理；

d) 针对第一帧数据，以当前帧数据包围盒创建八叉树结构，并遍历点云帧数据，逐点插入到八叉树中；

e) 已创建八叉树时，检查当前帧数据包围盒和八叉树包围盒关系，决定是否扩展八叉树范围、扩展八叉树深度，并遍历点云帧数据，逐点插入到八叉树中，更新八叉树全局信息。

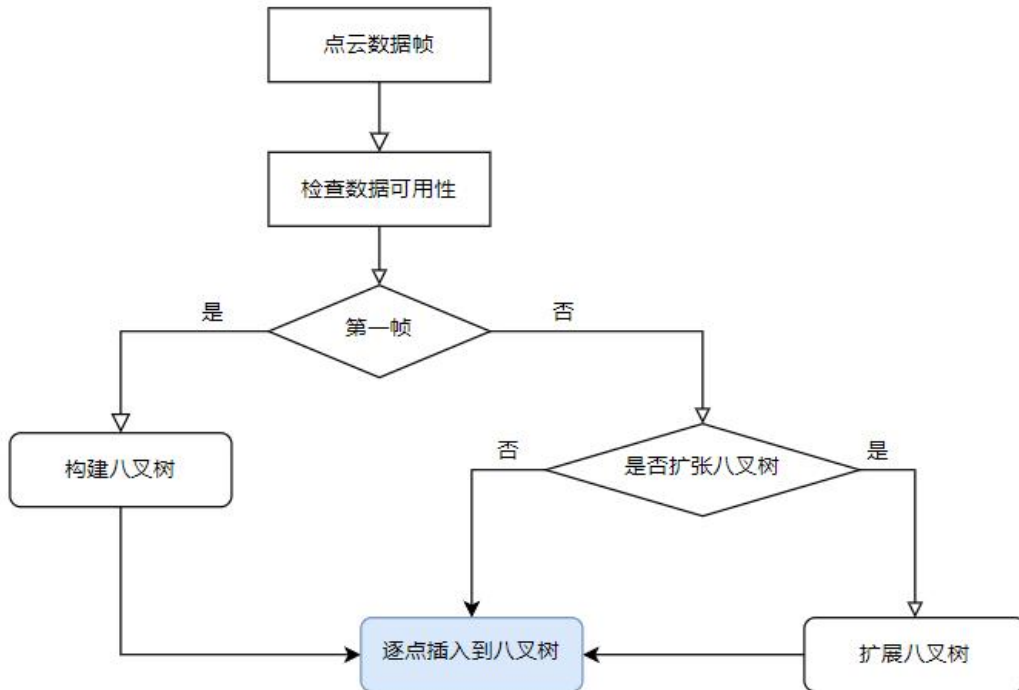


图1 点云结构化处理流程示意图

## 8.2 渲染显示基本流程

大规模实时点云数据通常不能全量渲染，应当采取分块、分LOD、视锥体裁剪形式进行点云数据渲染显示以降低硬件性能需求和控制渲染显示点云总量。

在点云数据结构化分层、分块后，渲染显示基本流程如下：

- a) 获取渲染相机位置和朝向；
- b) 遍历八叉树，获取视锥体内所有需要渲染的节点及节点的LOD；
- c) 控制渲染距离、总点数、LOD层级，渲染点云；
- d) 指定时间阈值 $t$ ，定时刷新渲染节点点云。

渲染节点及各节点LOD确定方法参见附录A。

## 8.3 数据内外存交换

大规模实时点云数据通常不能全部存储在内存中，应当根据场景管理、节点的可见性实时进行内外存交换，基本流程如下：

- a) 场景渲染时标识每个节点的渲染时间戳;
- b) 指定时间阈值 $t$ , 定时遍历所有场景节点, 将大于时间阈值 $t$ 未被渲染的节点写出到外部磁盘上, 并销毁内存中的数据;
- c) 当相机视锥发生变化, 场景节点需要被渲染但数据未在内存中时, 则需要先将节点点云数据读取到内存中再进行渲染显示, 并重新开始计时;
- d) 若新到点云帧数据需要插入到已被写出到外存储器节点时, 则将该节点数据回读到内存进行相应插入处理, 处理完毕再按上述规则进行内外存交换。

## 9 数据要求与数据服务

### 9.1 数据要求

不同采集设备平台获取的原始数据应符合以下要求:

- a) 机载激光雷达获取的原始数据应包括激光测距数据、GNSS 数据、IMU数据, 宜包括飞行轨迹记录数据、影像数据、控制点数据等;
- b) 车(船)载激光雷达获取的原始数据应包括激光测距数据、GNSS 数据、IMU数据, 宜包括里程计数据、影像数据、控制点数据等;
- c) 地面固定站式激光雷达采集的原始数据应包括测站扫描数据, 宜包括影像数据、控制点数据等;
- d) 便携式激光雷达采集的原始数据应包括激光测距数据、IMU数据, 宜包括影像数据、GNSS数据、控制点数据等。

实时点云数据应包括各点的三维空间信息, 宜包括强度、颜色、类别、回波次数、时间标记等信息。

元数据和成果数据满足T/CSGPC 011-2023《地理空间点云数据管理服务规范》标准要求。

### 9.2 数据服务

#### 9.2.1 硬件环境要求

实时大规模点云处理、存储需要算力和存储硬件系统支持:

- a) 主机房应配备独立的电力供应系统和有效的散热设施, 温度、湿度应保持在适宜范围内, 稳定的硬件运行环境, 建议配置不间断电源(UPS)和备用电源;
- b) 辅助区用于存放备用硬件、工具和维护设备, 应配置监控系统, 并具备基本的防火和防盗措施;

c) 管理区用于系统管理员和技术人员操作与监控系统，需配备必要的工作和办公设备；

d) 应当配置大容量、高速存储阵列，支持RAID配置，具备数据安全性和高速、大带宽读写速度能力；

e) 定期备份关键硬件设备，建议配置磁盘库或云存储服务，提供数据的长期保存和灾难恢复能力。

### 9.2.2 软件环境要求

#### a) 操作系统要求

点云实时传输和渲染显示应支持Linux操作系统（包括Ubuntu系统、CentOS系统）和Windows操作系统。

#### b) 数据库软件要求

应支持具备空间数据存储和查询能力的开源对象关系型数据库；

应支持能够高效处理非结构化数据的NoSQL数据库；

应支持适用于大规模数据处理的分布式存储和计算环境。

#### c) 数据传输软件要求

应支持高效的开源RPC框架，以实现点云数据的实时传输，并具有良好的跨平台支持和传输效率；

应支持全双工通信协议，用于实现采集设备端和应用端之间的点云数据实时传输；

#### d) 数据处理软件要求

应支持多线程数据处理、支持GPU并行计算、支持分布式数据处理平台，提高大数据量点云数据的处理性能；

应支持局部坐标系及带有RTK信息的地理全局坐标系。

### 9.2.3 数据存储要求

a) 宜支持压缩或非压缩点云数据存储；

b) 点云存储格式应支持自解释，可描述全局信息、坐标系及各属性元数据信息，文件格式可采用通用LAS、LAZ、PCD、BIN文件格式，根据应用要求，可选用具有广泛支持度的文件格式，也可采用自定义数据格式；

c) 点云数据应关注数据存储的安全性，防止未授权访问和数据泄露；

d) 点云存储应支持大规模数据集的存储，具备高可扩展性和灵活性，以适应不同的存储需求，且易于部署和管理。

#### 9.2.4 管理系统功能要求

数据管理服务技术满足T/CSGPC 011-2023《地理空间点云数据管理服务规范》标准要求。

#### 9.2.5 质量测评与运维管理

点云数据管理规范性、完整性、管理系统功能性、安全性及质量测试与评价，满足GB/T 39623《基础地理信息数据库系统质量测试与评价》标准要求。

## 附录A：点云数据节点可视性筛选

### A.1 视锥体裁剪

在大规模点云数据渲染时，通过渲染相机视锥体筛选出可视范围内的节点及各节点显示优先级，参考计算公式：

$$slope = \tan\left(\frac{fov}{2}\right) \quad (1)$$

$$projectSize = \frac{screenHeight}{2} \times \frac{radius}{slope \times distance} \quad (2)$$

$$angle = \arccos(camForward \cdot camToNodeCenter) \quad (3)$$

$$priority = \frac{projectSize}{|angle|+1} \quad (4)$$

式中：

*fov* —— 渲染相机垂直视场角

*screenHeight* —— 渲染窗口像素高

*projectSize* —— 节点在渲染窗上的投影面积

*camForward* —— 渲染相机前向方向向量

*camToNodeCenter* —— 渲染相机到节点中心点向量

*radius* —— 八叉树点云节点包围盒半径

*distance* —— 渲染相机到点云节点中心点的距离

计算出的*priority*值确定点云节点的显示优先级，该值越大，显示优先级越高。