

团 体 标 准

T/SZS XXXX—2026

城市级三维高斯模型数据规范

Specification of city-level 3D Gaussian splatting modeling data

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

深圳市深圳标准促进会 发 布

目次

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 基本要求 2

6 基本内容与规格 3

7 精度指标 2

8 数据组织及要求 3

9 质量检查与验收 5

10 数据共享及应用 5

附录 A（资料性） 航摄飞行记录表模板 6

附录 B（规范性） 城市级三维高斯模型数据元数据 7

附录 C（规范性） 城市级三维高斯模型数据质量元素、权重、错漏分类 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。

本文件由XXXX提出。

本文件由深圳市深圳标准促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：XXX。

城市级三维高斯模型数据规范

1 范围

本文件规定了城市级三维高斯模型数据的基本要求、基本内容与规格、精度指标、数据组织及要求、质量检查与验收、数据共享及应用等内容。

本文件适用于城市级三维高斯模型数据的采集、生产、管理、质量检查、共享和应用。

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。

GB/T 18316—2008 数字测绘成果质量检查与验收

GB/T 27920.1—2011 数字航空摄影规范 第1部分：框幅式数字航空摄影

CH/T 9024 三维地理信息模型数据产品质量检查与验收

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三维高斯模型 3D Gaussian splatting model

采用显式三维高斯泼溅表达作为核心表示方法的三维模型。

[来源：GB/T 47022—2026, 3.11]

3.2

高斯点元 Gaussian primitive

构成三维高斯模型（3.1）的基本单元。

注：包含位置、协方差、颜色、不透明度等属性。

3.3

视觉保真度 visual fidelity

模型在未见视角下与真实影像的一致性程度。

3.4

视觉表现 visual representation

模型在渲染输出后呈现出的整体视觉效果与细节还原程度。

注：包含纹理清晰度、边缘完整性、地物类别辨识度等维度。

3.5

漂浮点 floater

脱离真实地表、无地理归属的异常高斯点。

3.6

位置精度 position accuracy

模型在水平方向上的地理坐标精度。

3.7

高程精度 height accuracy

模型在高程方向上的精度。

3.8

接边精度 edge matching accuracy

相邻区块之间同一地物的几何和视觉一致性程度。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

3DGS: 三维高斯泼溅 (3D Gaussian Splatting)

GCJ02: 国家测绘局2002坐标系 (State Bureau of Surveying and Mapping Coordinate System 2002)

GCP: 地面控制点 (Ground Control Point)

ICP: 迭代最近点 (Iterative Closest Point)

LPIPS: 学习型感知图像块相似度 (Learned Perceptual Image Patch Similarity)

PSNR: 峰值信噪比 (Peak Signal-to-Noise Ratio)

POS: 定位定姿系统 (Position and Orientation System)

RMSE: 均方根误差 (Root Mean Square Error)

SfM: 运动恢复结构 (Structure from Motion)

SSIM: 结构相似性指数 (Structural Similarity Index Measure)

5 基本要求

5.1 航摄要求

5.1.1 航摄环境要求

航摄环境应光照条件均匀、能见度良好，避免强反光和过长阴影。晴天应选择当地时间正午前；阴天不应太暗。

5.1.2 航摄作业要求

5.1.2.1 飞行高度应根据测区地形、成图比例尺及传感器性能确定。

5.1.2.2 航线规划应保证影像重叠度满足成图要求，且航线应与测区边界保持合理缓冲。

5.1.2.3 航摄分区应综合考虑地形起伏、影像分辨率及作业效率，分区边界宜沿明显线状地物划分。

5.1.3 航摄采集要求

航向重叠度、旁向重叠度均不低于80%。其他指标按GB/T 27920.1—2011的规定执行。

5.1.4 影像质量要求

5.1.4.1 影像应清晰，层次丰富，反差适中，色调柔和；应能辨认出与地面分辨率相适应的细小地物影像，能够建立清晰的立体模型。

5.1.4.2 影像上不应有云、云影、烟、大面积反光、污点等缺陷。

5.1.4.3 拼接影像应无明显模糊、重影和错位现象。

5.1.4.4 融合形成的高分辨率彩色影像不应出现明显色彩偏移、重影、模糊现象。

5.1.5 影像数据要求

三维高斯模型数据制作的主数据源为多角度倾斜摄影影像数据，辅助数据源为机载激光点云、像控点、街景影像，影像地面分辨率要求不低于0.05 m。

注：全套原始数据清单包括原始影像、位姿数据、相机内参/畸变系数、测区范围、航线、像控点、设备信息、说明文档、飞行记录表、提交清单等。

5.2 数学基础

5.2.1 测绘基准

5.2.1.1 坐标系统

采用GCJ02坐标系。

5.2.1.2 投影方式

投影采用高斯—克吕格投影，按3°分带。

5.2.1.3 高程基准

采用1985国家高程基准。

5.2.2 时间基准

日期采用公元纪年，时间采用北京时间。

5.3 数据安全

5.3.1 数据分发、应用及传输过程应符合国家及测绘行业关于保密和数据安全的相关规定。

5.3.2 涉密数据的处理活动应执行相应的保密管理要求。

6 基本内容与规格

6.1 城市级三维高斯模型应覆盖城市全域范围，且能够准确表达城市所有地表及以上地物，覆盖要素包括但不限于水系、居民地及设施、交通、地貌等。

注：覆盖要素不包含室内、地下、动态目标要素。

6.2 城市级三维高斯模型数据包括核心数据、辅助数据以及其他信息。

6.3 核心数据符合表1的规定。

表 1 核心数据内容、格式

数据名称	包含信息	信息名称	信息内容	数据格式	备注
照片	N 组照片	—	—	jpg	—
位姿	位置和姿态信息	位置信息	X（经度）	csv、txt	位置坐标应采用统一空间参考基准
			Y（纬度）		
			Z（高度）		
		姿态	横滚角	—	应明确标注转角系统与坐标系定义；可采用 Roll/Pitch/Yaw、 ω / ϕ / κ 等行业通用命名方式
			俯仰角		
			航向角		

6.4 辅助数据符合表 2 的规定。

表 2 辅助数据内容、格式

数据名称	数据内容	数据格式	备注
范围	测区范围	kml	—
航线	飞行航线	kml	—
像控点	照片控制点	csv	—
像元	像元大小	txt	—

6.5 其他资料符合表 3 的规定。

表 3 其他资料内容、格式

资料名称	资料内容	资料格式	备注
设备情况	明确飞行平台和相机名称及型号	txt	示例：大疆 M300_RTK，赛尔 202spro 倾斜摄影相机-五目
readme	记录交付成果基本信息	txt	应说明交付成果基本信息： a) 交付成果、日期及项目名称； b) 数据基本信息，包括坐标系、拍摄高度、目标高度、目标基础海拔、数据大小、照片格式、照片数量、其他数据格式类型等； c) 采集设备及其参数情况； d) 交付人及联系方式。

飞行记录 表	记录航摄飞行相关信息	. docx	示例表见附录 A
提交清单	提交所有数据资料清单	xlsx	

7 精度指标

7.1 位置精度

以激光点云作为真值，采用迭代最近点（ICP）算法进行坐标配准后，计算采样点与真值点平面坐标的均方根误差（RMSE）。

- 示例 1：建筑区平面坐标的 RMSE 不大于 0.6 m。
- 示例 2：植被区平面坐标的 RMSE 不大于 1.0 m。

7.2 高程精度

以激光点云作为真值，采用迭代最近点（ICP）算法进行坐标配准后，计算采样点与真值点高程方向的 RMSE。

- 示例：建筑区高程方向的 RMSE 不大于 0.35 m。

7.3 视觉表现

7.3.1 评价指标

模型渲染效果不出现大面积色偏、画面模糊、鬼影、漂浮点及明显拉伸变形等视觉缺陷。模型视觉表现量化评价指标如下：

- a) 峰值信噪比（PSNR）不低于 30 dB；
- b) 结构相似性（SSIM）不低于 0.85；
- c) 学习感知图像块相似度（LPIPS）不大于 0.20。

7.3.2 峰值信噪比

7.3.2.1 峰值信噪比用于衡量渲染影像与真实影像之间的像素级差异，值越高表示重建质量越好。峰值信噪比按式（1）计算。

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10}(MAX^2/MSE) \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中：

- PSNR——信噪比；
- MAX——像素最大取值，归一化到[0, 1]的浮点影像取 MAX=1；8-bit 影像取 MAX=255；
- MSE——均方误差。

7.3.2.2 均方误差按式（2）计算。

$$MSE = (1/H \times W) \times \sum_i \sum_j [I(i, j) - \hat{I}(i, j)]^2 \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中：

- MSE ——均方误差；
- H ——影像的高度（像素数）；
- W ——影像的宽度（像素数）；
- I(i, j)——真实影像（ground truth）在像素(i, j)处的值；

$\hat{I}(i, j)$ ——渲染影像在对应像素(i, j)处的值。

注：对于RGB三通道影像，通常分别计算各通道后取均值，或合并所有通道统一计算。

7.3.3 结构相似性

结构相似性从亮度、对比度和结构三个维度综合评价两幅影像的相似程度，值越接近1表示结构一致性越高。结构相似性按式（3）计算。

$$SSIM(x, y) = (2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2) / [(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)] \quad (3)$$

式中：

$SSIM$ ——结构相似性，不低于0.85；

μ_x ——影像x的局部均值；

μ_y ——影像y的局部均值；

C_1 ——稳定常数；

σ_{xy} ——影像x、y的局部协方差；

C_2 ——稳定常数；

σ_x^2 ——影像x的局部方差；

σ_y^2 ——影像y的局部方差。

注1：默认参数： $k_1 = 0.01$ ， $k_2 = 0.03$ ，L为像素动态范围（归一化影像取L=1）。

注2：SSIM在局部窗口（通常为11×11高斯加权窗口）上计算，最终结果为全图所有窗口的平均SSIM（MSSIM）。

对于RGB影像，通常对各通道分别计算后取均值。SSIM值域为[-1, 1]。

7.3.4 学习型感知图像块相似度

学习感知图像块相似度利用预训练深度神经网络的多层特征计算感知距离，比像素级指标更贴近人眼主观感受。值越低表示感知相似度越高。学习型感知图像块相似度按式（4）计算。

$$d(x, x_0) = \sum_l (1/H_l W_l) \times \sum_{h, v} \|\hat{\phi}_l(x)_{h, v} - \hat{\phi}_l(x_0)_{h, v}\|_2^2 \quad (4)$$

式中：

x, x_0 ——渲染影像与真实影像；

H_l, W_l ——第1层特征图的空间尺寸；

$\phi_l(\cdot)$ ——预训练深度网络（如VGG或AlexNet）第1层提取的特征图；

ϕ_l ——经通道维度L2归一化后的特征： $\phi_l = \phi_l / \|\phi_l\|_2$ ；

h, v ——特征图的空间位置索引。

7.4 接边精度

7.4.1 接边精度用于评定相邻分块模型间同一地物的几何形态与视觉效果的一致性。

7.4.2 相邻分块模型的接边误差符合下列规定：

- 平面接边误差、高程接边误差均不应大于0.5 m；
- 接边位置不应出现明显地物错位、色彩差异等缺陷。

8 数据组织及要求

8.1 数据组织

- 8.1.1 数据组织结构应清晰合理，满足数据存储、管理、调用及分发的便利性要求。
- 8.1.2 数据文件命名应统一规范，名称应体现数据内容、分块编号、版本等信息，便于识别与检索。
- 8.1.3 目录结构如下：根目录下应设立元数据目录、原始数据目录、中间数据目录和成果数据目录四个一级子目录，分别存放各环节的数据与资料，各子目录下可根据分块划分设立二级子目录。
- 8.1.4 应支持分块训练与分块存储，分块范围应与测区划分方案一致，分块大小应根据训练设备存储能力、建模范围合理设置，单个分块数据量不宜超过 1TB。
- 8.1.5 分块边界宜按行政区划边界划分，便于数据管理和分发。

8.2 元数据

- 8.2.1 三维高斯模型数据元数据文件应采用 JSON 格式，文件命名为 metadata.json。
- 8.2.2 三维高斯模型数据元数据应包含数据名称、数据格式、数据类型、采集日期、生产日期、更新日期、数据版本、数据摘要、数据总量、数据质量、坐标系统、高程基准、影像分辨率、平面中误差、高程中误差、高度中误差、纹理来源、训练图像数量、视觉保真度、训练平台、高斯点总数、版权单位、数据生产单位名称、数据生产单位电话、数据生产单位地址、质量检查单位名称、安全涉密等级、元数据创建日期等。三维高斯模型数据元数据应符合附录 B 的要求。
- 8.2.3 每一个交付物应包含一个 metadata.json 文件，描述信息如下：

```
JSON
{
  "project_name": "XX园区3DGS建模",
  "coordinate_system": "EPSG:4490", // 中国大地坐标系2000
  "vertical_datum": "Yellow Sea 1985",
  "average_gsd": "0.015", // 平均地面分辨率(米)
  "training_iteration": 30000,
  "software_version": "Gaussian-Splatting v1.0",
  "data_size": "2.4GB"
}
```

8.3 原始数据

- 8.3.1 Images 存放用于训练的原始数据，数据格式为 JPG 或 PNG。
- 8.3.2 Sensors 存放激光雷达（LiDAR）采集的初始点云，数据格式为.las 或.e57。
- 8.3.3 ControlPoints 存放地面控制点（GCP）照片及对应坐标文本。

8.4 中间数据

稀疏重建数据应包含相机内参、相机位姿和稀疏种子点云。

8.5 成果数据

- 8.5.1 成果数据为.ply 或.splat 文件组成的 Tile 文件集，按照分级分块原则组织。
- 8.5.2 成果数据包含 tileSet 配置文件，文件中包含各 Tile 文件的位置索引，作为三维浏览软件的根文件。
- 8.5.3 成果数据以两种形态提供：

- a) 分块高斯点云文件：存放分级分块的原始高斯点云文件，文件中包含位置、缩放、旋转、不透明度及球谐函数系数等信息。
- b) 压缩包：为便于分发和部署，将散碎的 Tile 文件压缩成 2GB 的压缩包。

8.6 成果文件命名规则

文件命名符合以下要求：

- a) 文件名字符应全部采用小写形式，项目专有名词可保留原始大小写形式，但不宜强制统一为小写；
- b) 文件名中不应包含空格、中文字符、标点符号及其他特殊字符，分隔符应统一使用下划线“_”；
- c) 模型类文件名中宜包含版本标识及迭代步数信息，如 model_v1_30k.ply；版本号与迭代步数字段之间应以单个下划线分隔。

8.7 存储与管理

8.7.1 模型版本编号应符合唯一性、可追溯性要求。

8.7.2 全量存储与增量存储应分别明确适用场景及数据组织方式。

离线存储与在线存储策略应规定数据生命周期、访问延迟及一致性保障机制。

8.7.3 访问权限管控应基于角色或属性实施细粒度控制。

9 质量检查与验收

9.1 检查内容

应根据本文件第6章和第7章的内容检查数据质量，质量检查内容应包括空间参考正确性、几何精度（RMSE）、视觉保真度（PSNR/SSIM/主观巡检）、数据完整性（无大面积空洞）、高斯点分布合理性（高斯分布密度是否合理）、分块接边一致性、数据格式合规性、应用边界合规性等。

9.2 错漏分类

城市级三维高斯模型数据的质量元素、权重、错漏分类应符合附录C的要求。

9.3 检验报告

城市级三维高斯模型数据检验报告的编制按GB/T 18316—2008中附录A的规定执行。

10 数据共享及应用

10.1 按使用范围、保密等级划分共享等级。

10.2 敏感区域的模型精度应降低，模型降精度的程度不应影响基本功能的实现。

10.3 宜根据数据类型、使用场景及安全要求确定合适的脱敏方式，对敏感区域的数据进行脱敏处理；脱敏处理后的数据不应包含可识别自然人身份或组织机构唯一标识的信息。

10.4 城市级三维高斯建模数据可应用于城市规划设计、城市模拟推演、城市可视化管理、城市数字孪生建设等领域。在数据应用过程中，应根据不同的应用场景需求，匹配对应精度、不同层级的数据，保障应用运行效率与展示效果。使用过程中应保留数据的版权标识与密级标识，不应擅自改变原有密级和使用范围，数据使用方应严格遵守权限约定，不应超范围使用。

附 录 A
(资料性)
航摄飞行记录表模板

航摄飞行记录表模板见图A. 1。

航摄飞行记录表

机组 1 组_日期_ 从 10_时 00_ 分到 _时_ 分

摄区	摄区名称	150400 XX市补	摄区代号	150400 XX市补	航摄分区		垂直影像地面分辨率 /m	0.25
	航高(m)	120	摄影方向	357	航线条数	75	地形地貌	平原
	航向	80°	旁向	75°	像素分辨率	6000*4000		
飞机	飞机型号	大疆 M300RTK			飞机编号	/		
航摄	航摄仪型号		航摄仪编号		焦距(mm)	40/56		
天气	天气状况	晴	水平能见度(km)	20	垂直能见度(km)	10		
机组	机长	XXX	飞行员	XXX	摄影员	XXX		

航摄飞行示意图



备注:

填表人: XXX

图A. 1 航摄飞行记录表模板

附 录 B
(规范性)
城市级三维高斯模型数据元数据

表 B.1 中规定了城市级三维高斯模型数据元数据。

表B.1 城市级三维高斯模型数据元数据

序号	元数据元素	样例说明	是否必填
1	数据名称	“*****”	是
2	数据格式	.ply/.splat	是
3	数据类型	如字符型、数值型等	是
4	采集日期	*年**月**日	是
5	生产日期	*年**月**日	是
6	更新日期	*年**月**日	是
7	数据版本	*****版本	是
8	数据摘要	产品的基本介绍	是
9	数据总量	**GB	是
10	数据质量	合格	是
11	坐标系统	GCS2000	是
12	高程基准	1985 国家高程基准	是
13	影像分辨率	*****	是
14	平面中误差	*****	是
15	高程中误差	*****	是
16	高度中误差	*****	是
17	纹理来源	是否由原始影像生成	是
18	训练图像数量	*****	是
19	视觉保真度	PSNR/SSIM 等	是
20	训练平台	主流开源训练平台	是
21	高斯点总数	*****	是
22	版权单位	*****	是
23	数据生产单位名称	**公司	是
24	数据生产单位电话	***-*****	是
25	数据生产单位地址	*省**市**区**街道**号	是
26	质量检查单位名称	*****	是
27	安全涉密等级	涉密/政务/公众	是
28	元数据创建日期	*年*月*日	是

附 录 C
(规范性)

城市级三维高斯模型数据质量元素、权重、错漏分类

- C.1 城市级三维高斯模型数据的质量元素、权重质量元素、权重见 CH 9024—2014 中的表 1。
C.2 城市级三维高斯模型数据的错漏分类见表 C.1。

表 C.1 城市级三维高斯建模数据的错漏分类

类别	示例
A 类（严重错漏）	RMSE > 1.2 m；存在大面积鬼影或漂浮点；无法正常渲染
B 类（一般错漏）	局部纹理模糊；PSNR<30 dB；轻微错位
C 类（轻微问题）	小范围噪点；个别树木变形

参 考 文 献

- [1] GB/T 7930 1:500 1:1 000 1:2 000 地形图航空摄影测量内业规范
 - [2] GB/T 14911 测绘基本术语
 - [3] GB/T 13923 基础地理信息要素分类与代码
 - [4] GB/T 18314 全球定位系统 (GPS) 测量规范
 - [5] GB/T 23236 数字航空摄影测量 空中三角测量规范
 - [6] GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收
 - [7] GB/T 27919 IMU/GPS辅助航空摄影技术规范
 - [8] GB/T 47022—2026 信息技术 大规模场景多视图三维重建系统技术规范
 - [9] CJJ/T 8 城市测量规范
 - [10] CJJ/T 157 城市三维建模技术规范
 - [11] CH/T 1004 测绘技术设计规定
 - [12] CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量 (RTK) 技术规范
 - [13] CH/T 3006 数字航空摄影测量 控制测量规范
 - [14] CH/T 3007.1 数字航空摄影测量 测图规范 第一部分：1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型 数字正射影像图 数字线划图
 - [15] CH/T 8023 机载激光雷达数据处理技术规范
 - [16] CH/T 9008.2 基础地理信息数字成果 1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型
 - [17] CH/T 9008.3 基础地理信息数字成果 1:500 1:1000 1:2000 数字正射影像图
 - [18] CH/T 9015 三维地理信息模型数据产品规范
 - [19] CH/T 9016 三维地理信息模型生产规范
 - [20] CH/T 9017 三维地理信息模型数据库规范
 - [21] CH/Z 3003 低空数字航空摄影测量内业规范
 - [22] CH/Z 3005 低空数字航空摄影规范
 - [23] 自然资源部办公厅. 关于印发《实景三维中国建设技术大纲 (2021版)》的通知:自然资源部发 (2021) 56号. 2021年
-