



T/CECS G #####: 2022

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction  
Standardization

公路工程实景三维测量标准

Standard for Real Scene Three-dimensional Surveying  
in Highway Engineering

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

---

征求意见稿

中国工程建设协会标准

# 公路工程实景三维测量标准

Standard for Real Scene Three-dimensional Surveying  
in Highway Engineering

T/CECS G

(征求意见稿)

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：2022年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于开展 2020 年第一批中国工程建设标准化协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》（建标协字[2018]35 号）的要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司承担《公路工程实景三维测量标准》（以下简称“本标准”）的制订工作。

本标准编写组在总结、归纳公路工程实景三维测量技术与工程应用经验的基础上，结合行业特点，对相关技术指标进行充分调研和讨论，力求规程的严密性、可操作性。

本标准分为 7 章、4 个附录。主要内容包括总则、术语、基本规定、数字摄影实景三维测量、激光扫描实景三维测量、多源数据融合实景三维建模、质量评定和资料提交、附录 A 数据采集记录表、附录 B 数据采集检查记录表、附录 C 质量评定记录表和附录 D 像控点、标靶点标志。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组。中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号，邮编：100088，电话：010-62079839，传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn）；或黄文元，地址：陕西省西安市科技二路 63 号，邮编：710075，电话：029-88322888，传真：029-88322888，电子邮箱：603168887@qq.com。

**主编单位：**中交第一公路勘察设计研究院有限公司

**参编单位：**中煤航测遥感集团有限公司、正元地理信息集团股份有限公司、北京建达道桥咨询有限公司、中交第二公路勘察设计研究院有限公司、中交公路规划设计研究院有限公司、湖南远景经纬空间信息技术有限公司、杭州五维国一空间信息技术有限公司、江苏连云港地质工程勘察院、北京东方道迩信息技术股份有限公司

**主 编：**黄文元

**主要参编人员：**

**主 审：**王守彬

## 目次

1 总 则.....	1
2 术 语.....	2
3 基本规定.....	5
3.1 一般规定.....	5
3.2 模型精度要求.....	6
3.3 准备工作.....	7
3.4 数据获取范围.....	7
3.5 数据获取方法.....	8
4 数字摄影实景三维测量.....	9
4.1 一般规定.....	9
4.2 数字摄影.....	9
4.3 基准站布设.....	11
4.4 像控点测量.....	12
4.5 像片调绘.....	13
4.6 空中三角测量.....	14
5 激光扫描实景三维测量.....	15
5.1 一般规定.....	15
5.2 机载三维激光扫描数据采集.....	15
5.3 车载三维激光扫描数据采集.....	17
5.4 固定三维激光扫描数据采集.....	19
5.5 标靶点测量.....	19
5.6 点云数据预处理.....	21
5.7 数据坐标转换.....	22
5.8 点云数据处理.....	22
6 多源数据融合实景三维建模.....	24
6.1 一般规定.....	24
6.2 单体化建模.....	24
6.3 实景三维建模.....	26
6.4 实景三维模型编辑.....	28
6.5 模型分层.....	28
7 质量评定和资料提交.....	30
7.1 一般规定.....	30
7.2 实景三维模型质量评定.....	30
7.3 位置精度评定.....	30
7.4 资料提交.....	32
附录 A 数据采集记录表.....	34
附录 B 数据采集检查记录表.....	35
附录 C 质量评定记录表.....	37
附录 D 像控点、标靶点标志.....	38
本标准用词用语说明.....	39

# 1 总 则

1.0.1 为适应公路工程需要，统一公路勘测实景三维测量技术要求，编制本标准。

1.0.2 本标准适用于公路勘测实景三维测量数据获取、处理、加工和产品应用。

1.0.3 公路工程实景三维测量的测绘基准应符合下列规定：

1 大地基准和平面坐标系统应采用 2000 国家大地坐标系、或基于 2000 大地坐标系椭球参数为基础的独立坐标系。采用工程独立坐标系统时应与 2000 国家大地坐标系建立联系。

2 用于初测和定测阶段的实景三维模型，平面坐标系统采用的中央子午线和投影面的选择应使测区内投影长度变形值小于 25mm/km，测区内大型构筑物投影长度变形值小于 10mm/km。

3 高程基准应采用 1985 国家高程基准，采用其他高程系统时应进行联测。

4 时间系统应采用公元纪年和北京时间。

**【条文说明】**《中华人民共和国测绘法》规定应采用全国统一的大地基准、高程基准，需要使用其它基准时，应与国家统一的测绘基准建立联系。长度投影变形值是影响测量精度的一个方面，选择合适的坐标系，使长度投影变形值足够小，是保证测量精度的首要前提。

1.0.4 本标准误差限差应小于 2 倍中误差。

**【条文说明】**误差大于 2 倍中误差的概率为 5%，大于 3 倍中误差的概率为 0.3%，一次观测中，测量误差大于 2 倍或 3 倍中误差的事件为小概率事件，因此本标准取 2 倍中误差作为误差的限差。

1.0.5 公路工程实景三维测量除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 实景三维 Real Scene Three-Dimensional

采用数码相机对实际场景进行多角度环视拍摄,通过后期缝合实现全景环视或 360 度全景再现的三维虚拟展示技术。

### 2.0.2 影像分辨率 Image Resolution

一个像素代表的影像上的实际长度,影像分辨率等于影像上的距离与对应像素数量的比值,通常以一个像素在影像上的长度、或像素之间的距离在影像上的长度表示,亦可以以影像上每英寸包含的影像个数表示。

### 2.0.3 地面分辨率 Ground Resolution

一个像素代表的地面实际长度,地面分辨率等于地面实际距离与对应像素数量的比值。

### 2.0.4 倾斜数字航空摄影 Inclined Digital Aerial Photography

通过在同一空中平台上搭载多台传感器,同时从一个垂直、不同倾斜方向采集数字影像的技术。

### 2.0.5 数字地面模型 Digital Terrain Model

以数字的形式表示地面特征的空间分布。公路工程的数字地面模型包括地形、地貌及地面的公路、铁路、大坝等构造物,不包括独立地物、房屋、水体、植被及高架的公路、铁路、管线、厂矿设施等建筑物和构造物。

### 2.0.6 数字表面模型 Digital Surface Model

以数字形式表示物体表面特征的空间分布,公路工程的数字表面模型是以数字形式表示地面及地表所有附着物表面特征的空间分布。

### 2.0.7 单体化 Monomerization

将单个或一类对象单独建立实景三维模型,与整体场景进行分离,实现对单个对象的操作和管理的方法

### 2.0.8 通用模型 Universal Model

表示具有相同特征对象的实景三维模型。

### 2.0.9 物理单体化 Physical Monomerization

采用实际影像建立的实景三维模型，实现对象单体化的方法。

### 2.0.10 符号化模型 Symbolized Model

以符号的方式表示的实景三维单体化模型。

### 2.0.11 元数据 Meta Data

有关数据源定义、目标定义、转换规则等相关的关键数据。

### 2.0.12 纹理 Vein

物体表面的沟纹、颜色和图案。

### 2.0.13 映射 Mapping

将物体表面图像以坐标、特征点为基准粘贴到对应数字模型上的方法。

### 2.0.14 坐标匹配 Coordinate Matching

将各种数据源以 X、Y、Z 为基准进行融合的方法。

### 2.0.15 矢量切割单体化 Vector Cutting Monomerization

用建筑物、道路、树木等对应的矢量面，对倾斜摄影模型进行切割，从物理上把连续的三角面片网分割开，实现单体化。

### 2.0.16 矢量叠加单体化 Vector Superposition Monomerization

在三维渲染过程中，动态地将对应矢量面叠加到倾斜摄影模型上，该矢量面在一定阈值范围内垂直地表方向生成包围盒，判断哪些三角网在其范围内（包括开展三角网），用半透明颜色贴合三角网，从视觉上实现模型被完整套合、单个管理操作的效果。

### 2.0.17 模型重建单体化 Model Reconstruction Monomerization

以连续倾斜摄影数据为基础数据源，结合地面照片、低空数据等将建模成果进行精化编辑，通过模型重建在原有场景上达到分离效果，实现单体化，在单体化同时完成整个场景的修饰。模型贴图自动从影像中采集、映射。

#### 2.0.18 场景 Scene

表述地表特征的数据集合，包括空间位置、大小、颜色、形状等信息。

#### 2.0.19 相似面 Similarity Surface

几何要素和物理要素与原型的表面对应要素相似的模型。

征求意见稿

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

3.1.1 同一公路工程采用各类建模方式建立的实景三维模型应采用统一的平面和高程测量基准。

3.1.2 进行公路工程实景三维测量前应全面掌握测区的地形、地貌、植被、独立地物的种类和分布状况，并根据现场踏勘情况编写详细的技术设计书。技术设计书的内容主要应包括：

- 1 测区状况，主要应包括测区范围、地理位置、地形状况、交通状况等。
- 2 测区主要地形、地貌、植被、地物分类。
- 3 大面积地表建模、面积较小的地表建模，隐蔽和遮挡地区的地表、构造物、建筑物及其他独立地物建模采用的方法。
- 4 需要单体化建模的地物种类、单体化建模的方法等。
- 5 各类模型分类存储要求。
- 6 坐标和高程系统，像控点、标靶点的布设和测量要求等。
- 7 各类模型的精度要求。
- 8 提交资料的要求。

3.1.3 数据采集过程中应记录数据采集位置、数据采集方式等情况，记录格式宜按照附录 A 的规定执行。

3.1.4 数据采集完成后应对所有采集的数据进行检查，数据采集检查记录格式宜按照附录 B 的规定执行。

3.1.5 公路工程实景三维测量后，应编写详细的技术总结，技术总结应根据实际作业情况进行编写，内容应全面、详细、真实，数据引用应与计算报告、检测报告等一致。技术总结的内容主要应包括：

- 1 测区状况，主要应包括测区范围、地理位置、地形状况、交通状况、与技术设计书的差异等。
- 2 测区主要地形、地貌、植被、地物分类、与技术设计书的差异等。

- 3 各类地物、地貌建模采用的方法和数据统计。
- 4 各类模型分类、存储情况的说明。
- 5 实际采用的坐标和高程系统、长度投影变形值的计算说明。
- 6 像控点、标靶点的布设和测量情况、精度情况等说明。
- 7 各类模型的检测精度和检测数据。
- 8 提交的资料。

3.1.6 公路工程实景三维模型应进行抽样检测并进行质量评定，质量评定宜按附录 C 的要求填写。

## 3.2 模型精度要求

3.2.1 公路工程实景三维模型的平面中误差应根据用途按照表 3.2.1 选用。

表 3.2.1 实景三维模型平面中误差要求

等级	一级	二级	三级	四级	五级
模型平面中误差(m)	$\leq \pm 0.05$	$\leq \pm 0.10$	$\leq \pm 0.30$	$\leq \pm 0.60$	$\leq \pm 1.20$

【条文说明】 实景三维模型平面中误差中的一级对应于公路改扩建中桩平面位置中误差，二级对应于新建公路中桩平面位置中误差，三级对应于 1:500 地形图重要地物平面位置中误差，四级对应于 1:1000 地形图重要地物平面位置中误差，五级对应于 1:2000 地形图重要地物平面位置中误差。

3.2.2 用于公路勘测的实景三维模型高程中误差应符合表 3.2.2 的规定。

表 3.2.2 公路勘测实景三维模型高程中误差要求

等级	一级	二级	三级	四级	五级	六级
模型高程中误差(m)	$\leq 0.02$	$\leq 0.05$	$\leq 0.07$	$\leq 0.10$	$\leq 0.15$	$\leq 0.20$
高速公路 一级公路	改扩建 公路路面	重要地物 区域	一般地物 区域	平原、微丘 其他区域	重丘、山岭 其他区域	---
二级及以下 等级公路		---	重要地物 区域	一般地物 区域	平原、微丘 其他区域	重丘、山岭 其他区域

【条文说明】 实景三维模型用于公路勘测的高程精度基本与现行《公路勘测规范》（JTG C10）、《公路勘测细则》（JTG/T C10）一致。

3.2.3 用于地形图测绘实景三维模型高程中误差应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 地形图测绘实景三维模型高程中误差要求

等级		一级	二级	三级	四级	五级
地形类别	平原(m)	$\leq \pm 0.06$	$\leq \pm 0.15$	$\leq \pm 0.15$	$\leq \pm 0.25$	$\leq \pm 0.35$
	微丘(m)	$\leq \pm 0.10$	$\leq \pm 0.25$	$\leq \pm 0.35$	$\leq \pm 0.35$	$\leq \pm 0.85$
	重丘(m)	$\leq \pm 0.15$	$\leq \pm 0.35$	$\leq \pm 0.50$	$\leq \pm 0.85$	$\leq \pm 1.75$
	山岭(m)	$\leq \pm 0.20$	$\leq \pm 0.50$	$\leq \pm 1.00$	$\leq \pm 1.00$	$\leq \pm 2.80$

【条文说明】 实景三维模型用于地形图测绘的高程精度基本与《基础地理信息数字成果 1: 500 1: 1 000 1: 2 000 1: 5 000 1: 10 000 数字表面模型》(CH/T 9022) 一致。

### 3.3 准备工作

#### 3.3.1 数据获取前应收集下列资料：

- 1 公路工程区域内的行政区划、通信、交通、地形、植被、气候等情况。
- 2 公路工程推荐线、比较线路方案布置资料。
- 3 互通式立体交叉方案布置资料。
- 4 大桥和特大桥工程方案布置资料。
- 5 隧道工程方案布置资料。

#### 3.3.2 数据获取前应对公路工程区域内下列内容进行踏勘和调查：

- 1 主要独立地物的大小、形状和分布位置。
- 2 桥梁、隧道等具有隐蔽部位构造物分布和数量。
- 3 主要植被种类和分布情况。
- 4 具有方位意义的独立树分布和数量。

#### 3.3.3 资料收集和踏勘、调查后应对技术设计书进行补充和完善。

### 3.4 数据获取范围

3.4.1 数据获取范围应能够满足公路工程实景三维模型建立的需要，并留有一定富余量。

3.4.2 预工可和工可阶段的数据采集范围应包含所有拟设方案，路线方案两侧宜超过中心线各 1000m，工程起、终点处采集范围应纵向向外延伸 5 000m。

3.4.3 初测和定测阶段的数据采集范围宜按路线方案及互通式立体交叉、桥梁、隧道等工程方案进行设计，并应符合下列规定：

1 公路路线采集范围，新建公路工程宜超过路线方案中心线两侧各 300m；改扩建公路工程原路拼接加宽扩建方案宜超过现有道路中心线两侧各 100m，分离式线位方案宜超过路线方案中心线两侧各 300m。

2 互通式立体交叉或服务区采集范围，新建公路宜自工程范围线向外延伸 300m，改扩建公路宜自工程范围线向外延伸 100m。

3 工程起、终点处采集范围，应纵向向外延伸 1 000m。

**【条文说明】** 3.4.2、3.4.3 数据采集范围基本与现行《公路勘测规范》（JTJ C10）、《公路勘测细则》（JTJ/T C10）的要求一致。

### 3.5 数据获取方法

3.5.1 用于公路勘测实景三维模型、地形图测绘的三维实景一级和二级模型的数据采集，宜采用三维激光扫描方式进行数据采集。

**【条文说明】** 公路勘测实景三维建模、地形图测绘三维实景一级和二级模型的高程精度较高，因此宜采用三维激光扫描方式进行数据采集。

3.5.2 基于摄影测量的实景三维模型的影像数据可根据实际需要采用倾斜数字航空摄影、近景摄影测量等方式获取，数据采集方式宜按照下列规定选取：

- 1 大面积实景三维模型可通过倾斜数字航空摄影方式采集。
- 2 局部小面积、隐蔽地区实景三维模型可通过近景摄影方式采集。
- 3 细小地物可通过常规相机进行数据采集。

3.5.3 基于三维激光扫描测量的实景三维模型的点云数据可根据实际需要通过机载、车载和固定站三维激光扫描方法采集，扫描方法宜按照下列规定选取：

- 1 大面积实景三维模型可通过机载三维激光扫描方法采集。
- 2 既有道路路面实景三维模型可通过车载、机载三维激光扫描方法采集。
- 3 局部小面积、隐蔽地区实景三维模型宜通过固定站三维激光扫描方法采集。

## 4 数字摄影实景三维测量

### 4.1 一般规定

4.1.1 倾斜数字航空摄影地面分辨率应根据实景三维模型平面等级要求按照表 3.2.1 的规定选择。

表 4.1.1 影像地面分辨率

等级	一级	二级	三级	四级	五级
影像地面分辨率(m)	≤0.016	≤0.033	≤0.100	≤0.200	≤0.400

【条文说明】影像地面分辨率根据实景三维模型的平面中误差确定，地面分辨率一般等于模型平面中误差的 1/3。

4.1.2 倾斜数字航空摄影时，宜在地面同时架设基准站，基准站宜架设在基础控制点上。

### 4.2 数字摄影

4.2.1 倾斜数字航空摄影影像获取范围按照下列规定确定：

1 倾斜数字航空摄影应超出测区边界线外按照式 4.2.1-1 计算的宽度。

$$L_{\text{外扩宽度}} \geq H_1 \times \tan\theta + H_2 - H_3 + L_1 \quad (4.2.1-1)$$

式中： $H_1$ ——相对航高，单位为 m；

$\theta$ ——相机倾斜角，单位为°；

$H_2$ ——基准面高度，单位为 m；

$H_3$ ——摄取边缘最低点高度，单位为 m；

$L_1$ ——半个像幅对应的地面水平距离。

2 倾斜数字航空摄影航向超出的基线数、旁向超出航向数分别按照式 4.2.1-2、4.2.1-3 确定：

$$N_{\text{超出边界基线数}} \geq \frac{\tan\theta}{2 \tan(\beta/2) \times (1-P)} + 2 \quad (4.2.1-2)$$

$$N_{\text{超出边界航线数}} \geq \frac{\tan\theta}{2\tan(\beta/2) \times (1-P)} + 1 \quad (4.2.1-3)$$

式中： $\theta$ ——相机倾斜角，单位为 $^{\circ}$ ；

$\beta$ ——相机视场角，单位为 $^{\circ}$ ；

$P$ ——航向或旁向重叠度。

**【条文说明】** 实景三维测量数据采集需要满足三维实景模型生产的要求，采集的数据需要超出实景三维测量范围一定的宽度。

4.2.2 倾斜数字航空摄影影像重叠度应按照下列规定执行：

1 垂直影像航向重叠度在陡峭山区、高层建筑物密集区域应大于 70%，其他地区应大于 60%。

2 倾斜影像航向重叠度应大于 53%。

3 无人机倾斜航空摄影影像航向重叠度和旁向重叠度均应大于 70%。

4.2.3 倾斜数字航空摄影垂直影像倾斜角不宜大于 $3^{\circ}$ ，最大不应大于 $6^{\circ}$ 。

4.2.4 倾斜数字航空摄影垂直影像旋偏角不宜大于 $25^{\circ}$ ，在确保航向、旁向重叠度满足要求的前提下最大不应大于 $35^{\circ}$ 。

4.2.5 倾斜数字航空摄影航线弯曲度不宜大于 1%，当航线长度小于 5000m 时，最大不应大于 3%。

4.2.6 倾斜数字航空摄影同一航线上相邻影像的航高差不宜大于 30m，最大航高和最小航高之差不宜大于 50m，实际航高与设计航高之差不宜大于 50m。

**【条文说明】** 4.2.2、4.2.3、4.2.4、4.2.5、4.2.6 倾斜数字航空摄影的技术指标基本与《倾斜数字航空摄影技术规程》（CH/T 3021）一致。

4.2.7 近景摄影超出边界线的宽度、像片重叠度、摄影基线的弯曲度等可参照倾斜数字航空摄影进行。近景摄影可通过固定站方式，亦可通过常规相机进行数据采集。

4.2.8 摄影范围内的阴影部分、遮挡部分、典型植被等应按照下列要求进行调绘和摄影：

- 1 阴影部分应进行补充摄影。
- 2 桥梁下部、隧道内部等遮挡部分可根据需要采用近景摄影方法获取其位置和影像。

3 典型植被应采用近景摄影方式获取其影像。

#### 4.2.9 影像质量应符合下列要求：

1 影像应清晰、层次丰富、反差适中、色调柔和，获取的像片应进行匀光匀色处理。

2 影像上不应有云、云影、烟、大面积反光、污点等缺陷。

3 因飞机地速的影响，在曝光瞬间造成的像点位移不宜大于一个像素，最大不应大于 1.5 个像素。

4 拼接影像应无明显模糊、重影和错位现象。

5 融合形成的高分辨率彩色影像不应出现明显色彩偏移、重影和模糊现象。

6 预处理后的影像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。如细小地物影像的分辨率达不到规定要求应在野外调绘时补充处理。

7 影像畸变较大时，应进行畸变差改正。

**【条文说明】** 影像质量的技术指标基本与《倾斜数字航空摄影技术规程》（CH/T 3021）一致。

### 4.3 基准站布设

4.3.1 基础控制点不能满足地面基准站要求时，可架设在固定点上，固定点应与基础平面控制网和高程控制网进行统一平差计算；当分开计算时，应采用基础控制网进行检核。

#### 4.3.2 地面基准站的选址应符合下列规定：

1 远离大功率无线电发射源，其距离不应少于 200m；远离高压输电线和微波无线电信号传送通道，其平面距离不应小于 50m。

2 周围应便于安置接收设备和操作，视野开阔，视场内障碍物的高度角不宜超过 15°。

- 3 充分利用符合要求的已有基础控制点。
- 4 交通方便，并有利于其他测量手段扩展和联测。
- 5 附近不应有强烈反射卫星信号的物件。
- 6 基准站稳定，利于维持点位稳固。

4.3.3 基准站间距不应大于 30km，且控制范围应包含整个测区。

4.3.4 地面基准站架设的控制点应同时具有平面坐标和高程，地面基准站平面坐标测量宜采用 GNSS 测量方法，高程测量宜采用水准测量方法。基准站平面坐标和高程的等级均不宜低于四等。

#### 4.4 像控点测量

4.4.1 像控点测量前应对现场进行踏勘，收集测区已有的平面、高程控制点成果及点之记，并通过现场踏勘分析控制点可利用的程度。

4.4.2 倾斜航空摄影像控点布设应符合以下规定：

1 像控点宜按九宫格形式均匀布设，航向和旁向相邻像控点间的间距应符合表 4.4.2 的规定，四角和拐点均应布设为平高点。畸变差较大时，应减小像控点间距。

表 4.4.2 像控点间距

实景三维等级	一级	二级	三级	四级	五级
像控点间距(m)	≦150	≦300	≦1000	≦2000	≦4000

2 航空摄影前应实施模拟飞行初步选定像控点的分布位置，并结合测区地形、地貌和地物实际情况，确定控制点布设方案。

3 像控点应采用实地布设地标的方式，地标标志可采用“L”、“十”、“T”形状或扇形等，其尺寸应符合本标准附录 D 规定。

4 像控点的目标影像应清晰易判读，应与周围地物形成一定的灰度反差，应避免受到阴影的影响。

5 像控点的位置应便于测量，采用 GNSS 方法测量时应远离大片反射面、电视塔、高压线等干扰 GNSS 信号的区域。

**【条文说明】** 像控点间距按照 1.0 万个像素实际表示的地面距离并结合目前生产中的实际情况取整确定, 像控点实地布设地标的方式根据目前生产中的实际情况。

4.4.3 近景摄影测量像控点布设应按照下列规定执行:

1 每一个测站像幅范围内不宜少于 4 个像控点, 相邻测站间公共像控点应不少于 2 个。

2 像控点外围连线包含的范围应大于需测量范围。

3 像控点可利用被摄对象上的明显特征点, 无明显特征点时应预先布设标志, 标志可参照本标准第 4.4.2 条第 3 款执行。

4.4.4 像控点测量应符合下列要求:

1 像控点的平面位置测量可采用导线测量、GNSS 测量等方法进行, 其点位中误差不应超过本标准第 3.2.1 条相应等级平面位置中误差的 1/5。

2 像控点的高程可采用三角高程测量、水准测量和 GPS 测量等方法进行, 其中误差不应超过本标准第 3.2.2 条、3.2.3 条相应等级高程中误差的 1/10。

3 高程测量采用 GNSS 测量方法时求取转换参数的已知点宜分布在作业区域的边缘, 能控制住作业区域。精度要求较高时应进行高程异常改正, 并采用水准测量方法进行抽样检查。

4.4.5 施测像控点时应测量检查点, 检查点测量应按照下列要求进行:

1 航空摄影每一个摄影分区之间布设的检查点不应少于 3 个, 摄影分区内不少于 2 个。

2 近景摄影每一个测站像幅范围内布设的检查点不应少于 1 个, 检查点应布设在距离像控点较远的位置。

3 检查点平面坐标和高程应独立于像控点进行测量。

4 检查点测量精度宜优于像控点测量要求。

## 4.5 像片调绘

4.5.1 实景三维模型测量应根据需要对摄影范围内的居民地、厂矿、道路、桥梁、河流、湖泊、海洋、水库、山岭、山沟、林场、景点、高压线伏数、地下管

线地面标志等对公路勘察设计相关的名称和属性进行现场调绘。

**【条文说明】** 实景三维模型测量调绘内容是根据公路工程的需要作出的规定。

4.5.2 采用实景三维模型进行地形图测绘时，像片调绘应按照现行《公路勘测规范》（JTG C10）、《公路勘测细则》（JTG/T C10）执行。

4.5.3 摄影影像不清楚或分辨率达不到要求的独立地物，应测量其几何特征点获取其位置、形状，或采用近景摄影等方法获取其位置和影像。

## 4.6 空中三角测量

4.6.1 空中三角测量前应对 POS 数据进行融合处理，分步骤进行基站静态数据格式转换、机载 GNSS 数据格式转换、数据完整性检查、GNSS 数据解算，解算精度应符合相应等级的像控点精度要求。

4.6.2 应按照计算机计算能力，对测量区域进行分区划分，分区之间应具有一定的重叠度，重叠区域应不小于一条基线且应包含一组像控点。

4.6.3 应按照下列要求进行相对定向空中三角测量：

1 应加入所有清晰像片和 POS 数据进行影像匹配，自动匹配出影像中的同名点进行相对定向的空中三角测量计算。

2 相对定向加密点的平面和高程中误差不应大于相应等级像控点中误差的 1.4 倍。

4.6.4 应按照下列要求进行绝对定向空中三角测量：

1 应在相对定向空中三角测量符合要求后，加入像控点坐标和高程数据。

2 在像片上读出像控点相对定向后的坐标和高程，利用两套坐标和高程数据进行绝对定向的空中三角测量计算。

3 绝对定向加密点的平面和高程中误差不应大于相应等级像控点中误差的 1.7 倍。

## 5 激光扫描实景三维测量

### 5.1 一般规定

5.1.1 基于激光扫描测量的实景三维建模方式在进行点云数据采集时,应进行影像数据的采集。

5.1.2 采用机载、车载三维激光扫描方法进行采集时,应在地面架设基准站,基准站测量应按照本标准第 4.3 节的要求执行。

5.1.3 采用固定站三维激光扫描方法进行采集时,宜架设在地面控制点上。

5.1.4 三维激光设备应在开始作业前进行通电检测,并应在载体启动前 5 分钟开机,载体停稳后 5 分钟关机。

5.1.5 激光点云密度宜优于表 5.1.5 的规定。

表 5.1.5 激光点云密度

工程类型	新建公路	改扩建公路
机载激光点云密度(点/m <sup>2</sup> )	4	40
车载激光点云密度(点/m <sup>2</sup> )	—	400
地面激光点云密度(点/m <sup>2</sup> )	—	900

5.1.6 数码影像的地面分辨率宜优于表 5.1.6 的规定。

表 5.1.6 数码影像地面分辨率

工程类型	新建公路	改扩建公路	局部工点
地面分辨率(m)	≤0.2	≤0.1	≤0.05

### 5.2 机载三维激光扫描数据采集

5.2.1 机载三维激光扫描仪选择应符合下列规定:

- 1 激光安全等级应为 1 级。
- 2 激光扫描仪需支持的最高激光发射频率宜根据公式 (5.2.1) 确定。

$$f_p = \frac{1}{800} h \times \theta \times v \times p d \quad (5.2.1)$$

式中： $f_p$ ——激光扫描仪需支持的最高激光发射频率(kHz)；

$h$ ——飞行航高(m)；

$\theta$ ——视场角(rad)；

$v$ ——飞行速度(m/s)；

$pd$ ——所需要的点云密度(个/m<sup>2</sup>)。

- 3 激光测距标称精度，新建、改扩建公路工程宜分别优于 25mm、20mm。
- 4 激光束发射度宜不大于 0.3mrad。
- 5 最大视场角宜不小于 1.05rad。
- 6 公路改扩建工程应选择具有点云强度信息的激光扫描仪。
- 7 宜选择全波形数字化激光扫描仪。

5.2.2 POS 系统应符合下列规定：

- 1 应采用双频 GNSS 接收机。
- 2 侧滚、俯仰和航偏角的测量精度要求应根据航飞高度确定，并宜符合表

5.2.2 的规定。

表 5.2.2 侧滚、俯仰和航偏角测量精度要求(°)

航飞高度(m)	改扩建公路（低空）		新建公路、改扩建公路（高空）	
	侧滚、俯仰角(°)	航偏角(°)	侧滚、俯仰角(°)	航偏角(°)
$h \leq 200$	$\leq 0.005$	$\leq 0.010$	—	—
$200 < h \leq 500$	$\leq 0.003$	$\leq 0.007$	$\leq 0.01$	$\leq 0.015$
$h > 800$	—	—	$\leq 0.005$	$\leq 0.008$

- 3 IMU 数据记录频率宜不低于 200Hz。
- 4 GNSS 空间定位精度平面宜不大于 0.05m，高程宜不大于 0.1m。
- 5 当需要连接数码相机时，应具有信号示标输入器接口且脉冲延迟宜不大于 1ms。
- 6 系统应具有良好的抗加速能力。

5.2.3 用于生产数字化产品时，数码相机应符合下列规定：

- 1 像素数量宜大于 3 000 万。
- 2 焦距宜为 35~80mm。
- 3 应为中心快门，最短曝光时间宜达到 1/500 s。

#### 5.2.4 机载三维激光扫描应符合下列规定：

- 1 航摄飞机或直升机的飞行转弯坡度宜不大于  $15^{\circ}$ ，最大应不大于  $22^{\circ}$ 。
- 2 航线时间大于 30 分钟时，应先进行一次回头弯飞行再开始正式航线飞行。
- 3 航线飞行应符合下列规定：
  - 1) 航摄飞机或直升机进入测区之前，先飞“8”字型。
  - 2) 采用左转弯和右转弯交替方式飞行。
  - 3) 航偏角宜不大于  $6^{\circ}$ ，最大应不大于  $15^{\circ}$ 。
  - 4) 航线俯仰角、侧滚角宜不大于  $2^{\circ}$ ，最大应不大于  $4^{\circ}$ 。
  - 5) 航线偏离、航高上下偏离均应不大于 25m。
  - 6) 航线弯曲度应不大于 3%。

#### 5.2.5 在数据采集前、后应进行系统检校，检校场宜尽量布设在摄区内，并应符合下列规定：

- 1 检校场应选择在测区或机场等地势平坦、有线性关系好的明显地物附近。
- 2 检校场内应不存在激光回波高吸收地物。
- 3 检校场应选择有较宽、较长且直的公路区域。
- 4 检校场应进行重叠飞行，应包含平行与垂直交叉飞行不小于 3 条航线，每条航线长度宜为 3~5km。

#### 5.2.6 机载三维激光扫描数据采集应符合下列规定：

- 1 新建公路飞行速度宜不大于 180km/h，改扩建公路飞行速度宜不大于 120km/h。
- 2 改扩建公路宜沿现有道路中心线进行相对航高不大于 200m 的低空机载激光数据采集。
- 3 激光点云数据的旁向重叠应不小于 13%。
- 4 影像航向重叠应不小于 56%，宜大于 60%；影像旁向重叠度应不小于 15%。

### 5.3 车载三维激光扫描数据采集

#### 5.3.1 车载三维激光扫描仪应符合下列规定：

- 1 激光安全等级应为 1 级。
- 2 标称测距精度宜优于 10mm。

- 3 有效测距距离应不小于 50m。
- 4 激光束发射度宜不大于 0.3mrad。
- 5 宜能支持全景扫描。
- 6 最高激光发射频率新建公路工程宜不低于 50 kHz，改扩建公路工程宜不低于 200 kHz。

7 改扩建公路工程应选择具有点云强度信息的激光扫描仪。

5.3.2 车载三维激光扫描系统的 POS 系统的选择可按第 5.2.2 条的有关规定执行。

5.3.3 车载三维激光扫描系统数码相机宜选用全景相机，并应符合下列规定：

- 1 全景影像像素数量宜大于 3000 万。
- 2 全景影像覆盖范围宜大于 75%。
- 3 应具备连续拍摄及高速存储功能。

5.3.4 车载三维激光扫描应采集既有道路路面，宜采集既有道路路基。

5.3.5 车载三维激光扫描数据采集应符合下列规定：

- 1 激光点云数据的旁向重叠应不小于 20%。
- 2 应匀速行驶，速度应不小于 20km/h，且不大于 60km/h。
- 3 不宜急转弯行驶，转弯速度应不小于 20km/h，且不大于 30km/h。
- 4 单次作业的持续时间宜不大于 3h。
- 5 宜不停车通过收费站、施工管制等路段。
- 6 宜在数据采集车辆前后 50m 范围内安排前导车和后卫车协同数据采集。
- 7 宜采集高分辨率数码影像。

5.3.6 车载三维激光扫描检校场应符合下列规定：

- 1 应选择地形开阔、GNSS 观测条件良好、无信号干扰源区域作为检校场。
- 2 校检场地形起伏不宜过大。
- 3 校检场内用于校检的主体建筑物应四角转折明显，建筑表面平整，不能有大面积的玻璃幕墙等弱反射材质。
- 4 建筑四周应平整，且有与建筑物外边线基本平行的硬化道路围绕。
- 5 检校场内控制网应全面控制扫描区域，控制点应均匀分布在目标物的四

周。

6 检校场内靶标点应均匀分布在目标物的四周且高低错落，并进行编号。

#### 5.4 固定三维激光扫描数据采集

5.4.1 固定站三维激光系统应符合下列规定：

- 1 防护等级不应低于 IP52。
- 2 激光扫描仪的激光安全等级应为 1 级。
- 3 仪器宜具有双轴补偿功能。
- 4 激光扫描仪的测距范围应不小于 150m。
- 5 激光扫描仪的标称测距精度宜优于 5mm。

5.4.2 固定站三维激光测量系统的数码相机选用宜按本标准第 5.3.3 条的规定执行。

5.4.3 固定站三维激光数据采集应符合下列规定：

- 1 雨雪天或强光环境下不宜进行现场扫描作业。
- 2 应根据实际公路工程类型设置合适的点云采集间距。
- 3 仪器在扫描过程中出现移位、振动、宕机、断电等异常情况时，应重启设备重新进行扫描。
- 4 数码相机无法拍摄全景时，应分幅正面拍摄。

5.4.4 固定站三维激光扫描检校场宜按本规程第 5.3.6 条的有关规定执行。

#### 5.5 标靶点测量

5.5.1 基于三维激光点云的实景三维建模应根据需要布设、施测标靶点和像控点，用于地形图测绘和新建公路勘测的像控点和标靶点分布和测量要求应按照本标准第 4 章的要求执行。

5.5.2 标靶点的标志应符合下列规定：

- 1 平面标靶点宜采用易于激光点云识别的材质进行敷设，可直接采用具有明显位置特征且能在激光点云中准确识别的点。
- 2 平面标靶点应具有明显中心位置的几何图形，形状宜为“L”、“十”、

“T”或扇形等，其尺寸应符合本规程附录 D 规定。

3 人工预布的标靶点中心位置应做明显固定标记。

5.5.3 标靶点应按平面标靶点和路面高程标靶点分类并统一编号。

5.5.4 应现场拍摄标靶点，拍摄的影像应能清晰反映标靶点特征及其与周围地物关系。

5.5.5 公路改扩建路面标靶点布设的位置、间距、个数应符合下列规定：

1 宜在道路两侧交叉排列，并应避免树木、交通标志标牌遮挡。

2 路面平面标靶点间隔宜不大于 2 000m。

3 路面高程标靶点间隔，机载激光测量宜不大于 500m，车载激光测量宜不大于 200m。

4 固定站三维激光测量每一扫描站的路面标靶点个数应不少于 4 个，相邻两扫描站的公共路面标靶点个数应不少于 3 个，且均匀分布。

5 宜布设在道路两侧靠近护栏的平整路面处，距离道路硬路肩外侧边缘应不小于 0.2m，不大于 0.5m。

6 采用 GNSS 测量时，路面标靶点距离大功率无线电发射源（如电视台、电台、微波站等）应不小于 200m，距离高压输电线和微波无线电信号传送通道应不小于 50m。

5.5.6 公路改扩建平面标靶点等级应不低于四等；路面高程标靶点等级应不低于四等，其平面位置测量等级应不低于一级。

5.5.7 公路改扩建路面平面标靶点宜采用双基准站快速静态 GNSS 测量方式，观测技术要求应符合表 5.5.7 规定。

表 5.5.7 路面平面标靶点 GNSS 测量观测技术要求

技术指标	静态测量
基线长度(km)	≤10
卫星高度角(°)	≥15
同步锁定卫星数(颗)	≥4
几何精度因子(GDOP)	≤6
观测时间(min)	≥20

5.5.8 公路改扩建路面高程标靶点的高程应采用水准测量，其平面坐标可采用

GNSS 测量或导线测量。路面高程标靶点测量应符合下列要求：

1 水准测量应起闭于四等以上高程控制点并应符合表 5.5.8-1 的规定。节点间的长度不大于表 5.5.8-1 中规定的水准路线长度 0.7 倍。

表 5.5.8-1 路面高程标靶点水准测量技术要求

每公里高差中数中误差全中误差(mm)		水准路线长度(km)	视线长度(m)	观测次数		往返较差、附和或环线闭合差(mm)	
				附和或闭合路线	支线或与已知点联测	平原、微丘	重丘、山岭
偶然中误差	全中误差						
≤±5	≤±10	≤16	≤100	往一次	往返各一次	≤±20√L	≤±6√n

注：L 为水准路线长度(km)；n 为测站数。

2 GNSS 测量宜采用双基准站快速静态或 GNSS RTK 方式，观测技术要求应符合表 5.5.8-2 规定。

表 5.5.8-2 GNSS 测量观测技术要求

技术指标	快速静态	GNSS RTK
基线长度(km)	≤10	≤5
卫星高度角(°)	≥15	≥15
同步锁定卫星数(颗)	≥4	≥5
几何精度因子(GDOP)	≤6	≤6
观测时间(min)	≥15	—
观测历元数(个)	—	>20

3 导线测量技术要求应符合表 5.5.8-3 规定，导线网节点间的长度应不大于表 5.5.8-3 中导线长度的 0.7 倍。

表 5.5.8-3 导线测量技术要求

测量等级	导线长度(km)	边数(条)	每边测距中误差(mm)	测角中误差(″)	方位角闭合差(″)	导线全长相对闭合差
四等	12	12	10	2.5	≤5√n	≤1/35000
一级	6	12	14	5.0	≤10√n	≤1/17000

注：n 为转折角个数。

## 5.6 点云数据预处理

5.6.1 POS 数据处理应符合下列要求：

1 各时刻 GNSS 天线的中心位置坐标应采用地面 GNSS 基准站坐标联合激光

扫描载体 GNSS 观测数据进行精密后处理。

2 应选择距离摄区最近的基站数据进行解算或采用多基站数据联合解算, 确保采用最优解算结果。

3 应选择最小几何精度因子 (GDOP) 的可见卫星组合。

4 POS 数据应顾及系统检校已量测的偏心分量值, 基于差分 GNSS 结果与 IMU 数据进行联合解算。

5.6.2 影像预处理应将影像进行匀光、匀色和几何畸变校正等处理, 并基于原始数码影像数据、检校参数、航迹文件或车辆轨迹文件或测站信息, 解算数码影像外方位元素。

5.6.3 点云数据应联合 POS 数据、激光测距数据、系统检校数据、标靶点数据进行解算, 生成三维点云。

5.6.4 点云拼接平差应将不同平台、不同条带或测站间的点云数据进行拼接和系统误差改正, 激光点云拼接误差应小于  $2\sqrt{2}$  倍点云中误差。

## 5.7 数据坐标转换

5.7.1 数据坐标转换应采用七参数转换模型将点云数据转换至成果坐标系中。平面坐标的转换精度应优于 30mm, 高程转换精度应优于 15mm。

5.7.2 无法获取已知的转换参数时, 应选取覆盖该数据区域且均匀分布的 3 个及以上基础控制点, 解算相应的转换参数。

5.7.3 应利用检查点对数据坐标转换精度进行检查, 坐标和高程转换精度应分别不低于 50mm 和 15mm。

5.7.4 激光点云的精度检查应符合下列规定:

1 抽检路段长度宜不少于路线总长的 5%, 包括不同地形、不同种类植被覆盖区域, 对重点路段可根据工程项目需要进行精度检查。

2 检查点应均匀分布于各抽检区段。

## 5.8 点云数据处理

5.8.1 机载三维激光扫描点云数据宜按  $1\text{km}\times 1\text{km}$  进行分块, 车载三维激光扫描点云数据宜沿采集条带长度方向按  $0.5\text{km}$  长度进行分块, 地面三维激光扫描点云数据宜按测站进行分块。

5.8.2 点云分类应符合下列规定:

- 1 宜采用人机交互的方法去除点云中临时地物、移动地物等噪声点。
- 2 改扩建公路工程应利用路面标靶点对激光数据进行精化处理。

5.8.3 点云平面位置的精化处理应符合下列规定:

- 1 宜采用分段仿射变换修正。
- 2 分段长度宜为  $5\sim 10\text{km}$ 。
- 3 每个分段包含的路面平面标靶点个数宜不少于 3 个, 相邻分段公共点宜不少于 1 个。

5.8.4 点云高程的精化处理应符合下列规定:

- 1 应采用路面高程标靶点构建三角网或线性高程误差补偿模型。
- 2 三角网高程误差补偿模型应采用路面高程标靶点向公路两侧各平面偏移  $500\text{m}$  的虚拟高程控制点进行构建。
- 3 三角网高程误差补偿模型应采用三角面插值修正激光点云高程误差。
- 4 线性高程误差补偿模型应能贯穿整个数据区域, 宜根据激光点所在分段的投影坐标对其进行高程误差线性修正。
- 5 线性高程误差补偿模型应采用线性插值修正激光点云高程误差。

5.8.5 改扩建公路工程应对检查道路路面、桥面处点云的平面和高程精度进行检测, 检测点测量应按照下列要求进行:

- 1 检查点宜均匀分布。
- 2 每个路面标靶点形成的高程路线至少应检查两段, 每段检查点的数量应大于 20 个。
- 3 检查点平面坐标和高程应独立于路面标靶点进行测量。
- 4 检查点测量的要求和精度宜优于路面标靶点的测量要求。

## 6 多源数据融合实景三维建模

### 6.1 一般规定

6.1.1 基于多源数据融合的实景三维建模宜以像控点、标靶点的坐标和高程为基准进行数据匹配,局部小面积的实景三维数据融合宜以特征点为基准进行数据匹配。

6.1.2 公路工程实景三维模型底层应同时具有数字地面模型和数字地表模型。

**【条文说明】** 数字地面模型可用于对地面的操作、管理,数字地表模型可用于地表地物的操作、管理。

6.1.3 对公路勘察设计有直接影响的地物、地貌应进行单体化建模。

**【条文说明】** 单体化建模是实景三维模型能否实现公路工程应用的关键,只有对公路勘察设计有直接影响的地物、地貌进行单体化建模,才能对影响公路勘察设计的因素进行操作和管理。

6.1.4 公路工程实景三维建模应根据实际需要按照下列规定选择不同的建模方式:

1 大面积的地表场景可选择以航空摄影、机载三维激光扫描、车载三维激光扫描等采集的数据进行实物建模。

2 面积较小、隐蔽和遮挡地区的地表、隧道等场景,构造物、建筑物等独立地物模型可选择以近景摄影、固定三维激光扫描、常规相机等采集的数据进行实物建模。

3 各类具有通用特征的地物、地表、河流等可选择通用模型。

4 各类测量控制点可采用符号化建模的方法。

### 6.2 单体化建模

6.2.1 预工可、工可阶段实景三维模型中下列对路线走廊选择有较大影响的地物应进行单体化建模:

1 路线走廊内的干线公路、铁路、机场、码头、大型管线、干线输电线路、大型厂矿、大中型水库、主要河流、大型养殖场、大型变电站及其他与公路设计干扰的敏感场地和主要附属设施。

2 大型滑坡、崩塌、泥石流等地质病害。

6.2.2 初测阶段除按照本标准第 6.2.1 条的要求进行单体化建模外，下列对路线方案选择有较大影响的地物还应进行单体化建模：

1 房屋、桥梁、涵洞、高压线电杆、电塔等独立地物及附属设施。

2 管线、堤坝、栅栏等面状和线状物体及附属设施。

6.2.3 定测阶段除按照本标准第 6.2.1 条、6.2.2 条的要求进行单体化建模外，下列对公路勘察设计有影响的地物还应进行单体化建模：

1 输电线路、通信线、电杆、变压器等独立地物及附属设施。

2 路面、桥面、隧道内衬面、水面、公路护栏、道路标志标牌、公里桩等地物及附属设施。

6.2.4 典型植被等应按照下列要求进行建模：

1 预工可、工可阶段的植被可不进行处理。

2 初测、定测阶段低矮成片的植被可不进行处理。

3 初测、定测阶段独立高大植被应进行单体化建模，树木的大小应按照实际大小构建，纹理按照影像映射，或从公共模型库中选取贴图。

4 初测、定测阶段成片高大植被周边的植被应按照独立高大植被的要求进行建模，内部植被可不进行处理。

**【条文说明】**第 6.2.1、6.2.2、6.2.3、6.2.4 条单体化建模的内容是根据公路工程的需要作出的规定。

6.2.5 单体化模型采用方式可按下列规定执行：

1 公路工程实景三维模型单体化可采用矢量切割单体化、模型重建单体化，不宜采用矢量叠加单体化。

2 公路工程实景三维模型制作应尽可能从单体化通用模型库选取使用单体化模型。

3 通用模型库中没有的模型，应采用实物建模的方式进行单体化建模。

4 单体化实物模型可选择以近景摄影、固定三维激光扫描、常规相机等采集的数据进行建模。

6.2.6 单体化模型的尺寸应与实际尺寸相符，位置应准确，颜色应与实际情况相符。位置可根据场景模型确定，场景模型不清晰的应进行实地测量其位置。

6.2.7 单体化模型应与周边环境协调一致、过渡自然，不能出现锯齿边界甚至漏洞。

6.2.8 平面控制点、高程控制点可从通用模型库中选取并按照实际位置贴图，应选取与周围环境有明显差异的颜色。

### 6.3 实景三维建模

6.3.1 采用数字摄影的实景三维建模应在空中三角测量符合要求后从影像中抽取更多的特征点构成密集点云，密集点云应能够精确地表达地物的细节。

6.3.2 采用三维激光点云进行实景三维建模，点云应能够精确地表达地物的细节。

6.3.3 点云漏洞不能表达实际情况时，应进行实地补测并进行补充摄影。

6.3.4 利用点云生成的数字表面模型中应剔除车辆、船舶、飞机等移动、临时停放物体。

6.3.5 数字表面模型应保留架空管线、电力线、通信线、立交桥、高架桥等对公路设计有影响的线状地物和附属设施。

6.3.6 数字表面模型拼接应形态合理，数据覆盖完整、位置正确、接边处高程一致、地形过渡自然，DSM 裁剪应外扩至少一排 DSM 格网。

6.3.7 水面、路面、桥面、隧道内表面等连续面，管线、路边线、公路护栏等线状地物应进行平滑处理，出现突变的地方应实际进行检查并进行改正。

6.3.8 新建公路工程点高程插值应提取被插值点周围半径 10m 范围内的地面点，改扩建公路工程路面或边坡点高程插值应提取距该点周围半径 0.5m 范围内的地面点。

6.3.9 应对数字表面模型的高程精度进行抽检,抽检面积应不少于产品面积的5%;检测样本应均匀分布,兼顾不同地形类别、不同种类植被覆盖区域,图上每100mm×100mm 内不少于 1 个。

6.3.10 高程内插应符合下列规定:

- 1 点高程内插宜采用三角面插值法。
- 2 构造物复杂区域的点高程内插应结合地物特征采用邻近点插值或赋值。

6.3.11 格网类数字表面模型应按下列要求采集特征线:

1 道路边线、河流边线、面状水域(湖泊、水库、池塘等)应具有高程信息的范围线。

2 流动水域以及河流、湖泊等面积较大的无数据水体区域,应采集水涯线。流动水域的高程应根据上下游水涯线高程进行分段赋值。

3 不同地物类别的特征线应放在不同的图层内,特征线接边处应无缝连接。

6.3.12 点云类数字表面模型地物应保持真实性,不应出现明显错位和变形,特征线不明显的线状地形、地貌、地物应采集特征线。

6.3.13 利用数字地表模型制作实景三维时应应对以下内容进行检查:

1 特征线与影像或点云应吻合。

2 特征线所赋的高程值应正确。

3 特征线所在图层应正确。

4 数字地表模型成果及生成的晕渲或等值线,与立体模型、数字正射影像、数字线划图等资料进行对比,检查是否存在异常值。

5 流动水域的高程值应自上而下平缓过渡,湖泊、水库、池塘等面状水域边线的高程值应一致。

6 采用断面图、构 TIN 等方式检查地形、地物有无错位、变形,地形地貌表达是否完整。

7 移动物体等非地面附着物过滤的正确性、合理性。

8 接边处特征线应一致。

6.3.14 实景三维建模应按下列要求进行:

- 1 采用纹理映射时应从所有影像中提取比较清晰的影像。
- 2 应采用以坐标为基准的方式将纹理映射到对应数字表面模型上。
- 3 局部小面积可采用以特征点为基准的方式将纹理映射到对应数字表面模型上。
- 4 影像不清晰、阴影部分可采用相似面贴图的方式进行纹理粘贴。
- 5 单体化模型应以坐标为基准的方式进行粘贴。

6.3.15 实景三维模型应对面状模型的纹理拉花、塌陷等缺陷进行踏平处理，对规则线状模型的锯齿、波浪、断裂等缺陷进行拉直处理。

## 6.4 实景三维模型编辑

6.4.1 实景三维建模应按照下列要求进行标注：

- 1 应将野外调绘的居民地、厂矿、道路、桥梁、河流、湖泊、海洋、水库、山岭、山沟、林场、景点等名称和管线属性、高压线伏数等地物属性标注于实景三维模型中。
- 2 对公路勘测设计有影响的细小地物如影像不清晰应进行绘制。
- 3 标注字体大小应适中，应能够清晰判读且不遮挡主要地物。
- 4 标注字体应能够根据实景三维比例尺缩放。

6.4.2 建立的实景三维模型应按照下列要求进行修饰：

- 1 应结合立体影像对生成的实景三维模型整体进行检查，分区、分段的结合处应无缝衔接、过渡自然。
- 2 面状地物应踏平，无波浪起伏和纹理拉花、塌陷现象。
- 3 线状地物应无断裂、错位现象。
- 4 点状地物从各个不同的角度显示的图像应与实际形状相符。

6.4.3 遮挡部分应将遮挡的影像切除，并利用相似面进行贴图、修饰。

## 6.5 模型分层

6.5.1 采用各类建模方式建立的实景三维模型应分类、分层存储。

6.5.2 公路工程实景三维建模应根据实际需要建立通用模型库。

6.5.3 公路工程实景三维模型分类、分层宜按照表 6.5.3 的执行：

表 6.5.3 实景三维模型分类、分层表

序号	类名	模型形式	层号
1	平面控制点	符号化模型	1
2	高程控制点	符号化模型	2
3	地貌、地表模型	实物模型、通用模型	3
4	房屋及工矿设施	实物模型、通用模型	4
5	交通及附属设施	实物模型、通用模型	5
6	电力线、通信线及附属设施	实物模型、通用模型	6
7	管线及附属设施	实物模型、通用模型	7
8	水系及附属设施	实物模型、通用模型	8
9	植被及相应附属设施	实物模型、通用模型	9

## 7 质量评定和资料提交

### 7.1 一般规定

7.1.1 实景三维模型应根据需要进行质量评定，质量评定元素主要应包括空间坐标系、位置精度、模型质量、逻辑一致性、场景效果、附件质量等。

7.1.2 提交的资料应说明清楚，数据获取范围图中应展绘路线、构造物方案。

### 7.2 实景三维模型质量评定

7.2.1 空间坐标系检查内容应包括大地基准、高程基准、地图投影等。

7.2.2 模型质量应包括结构质量、纹理质量、地形精细度。结构质量应检查模型与实际真实结构的接近度，纹理质量应检查模型与现实地物纹理的接近度，地形精细度应检查模型与实际地形符合度。

7.2.3 逻辑一致性应包括格式一致性、文件可读性。格式一致性应包括模型文件存储、命名是否正确，文件可读性应检查文件能否准确、完整读出。

7.2.4 场景效果应包括完整性、协调性、视觉质量。完整性应包括场景地物模型构建完整程度，协调性应检查场景地物关系协调程度，视觉质量应包括场景视觉效果与现实场景的一致性。

7.2.5 附件质量应包括技术文档的完整性、齐全性、准确性。

### 7.3 位置精度评定

7.3.1 位置精度应包括平面精度和高程精度。

7.3.2 用于初测、定测中桩和横断面量测的实景三维数字表面模型应按下列要求进行检测：

1 平面和高程均应进行抽样检测，抽样比例应大于勘测里程或工点数量的15%，样本应按1km分段均匀分布于整个路线，每个样本段检测中桩数不应小于20个，每个样本段检测横断面数量不应小于5个，检测时应剔除地面覆盖物对

高程的影响。

2 用于中桩量测时测点平面、高程检测精度应分别符合表 7.3.2-1、7.3.2-2 的规定。

表 7.3.2-1 中桩测点平面检测中误差

公路等级	中桩平面中误差 (m)
改扩建公路	$\leq \pm 0.05$
新建公路	$\leq \pm 0.10$

表 7.3.2-2 中桩测点高程检测中误差

公路等级	地形类别	改扩建公路路面(m)	重要地物区域(m)	一般地物区域(m)	其他区域(m)
高速公路	平原、微丘	$\leq \pm 0.02$	$\leq \pm 0.05$	$\leq \pm 0.07$	$\leq \pm 0.10$
一级公路	重丘、山岭				$\leq \pm 0.15$
二级及以下 等级公路	平原、微丘		$\leq \pm 0.07$	$\leq \pm 0.10$	$\leq \pm 0.15$
	重丘、山岭				$\leq \pm 0.20$

3 用于横断面量测时测点平面、高程检测精度应符合表 7.3.2-3、7.3.2-4 的规定。

表 7.3.2-3 横断面测点平面检测中误差

公路等级	测点平面精度 (m)
改扩建公路	$\leq \pm 0.07$
新建公路	$\leq \pm 0.15$

表 7.3.2-4 横断面测点高程检测中误差

公路等级	地形类别	改扩建公路 路面(m)	重要地物区域(m)	一般地物区域(m)	其他区域(m)
高速公路、一级公路	平原、微丘	$\leq \pm 0.03$	$\leq \pm 0.07$	$\leq \pm 0.1$	$\leq \pm 0.15$
	重丘、山岭				$\leq \pm 0.20$
二级及以下 等级公路	平原、微丘		$\leq \pm 0.1$	$\leq \pm 0.15$	$\leq \pm 0.20$
	重丘、山岭				$\leq \pm 0.30$

7.3.3 用于地形图的实景三维数字表面模型应按下列要求进行检测：

1 平面和高程均应进行抽样检测，抽样比例应测图平方千米的 15%，样本应重点分布于地形陡峭、植被茂密区域，每个样检测的平面坐标和高程均不应小于 20 个。

2 检测精度应符合表 7.3.3-1 和表 7.3.3-2 的规定，高程注记点的精度应按

表 7.3.3-2 中规定的 0.7 倍执行。

表 7.3.3-1 图上地物点的点位中误差

地物类型	重要地物	一般地物
图上地物点点位中误差(mm)	$\leq \pm 0.6$	$\leq \pm 0.8$

表 7.3.3-2 等高线插值的高程中误差

地形类别	平原	微丘	重丘	山岭	水下
高程中误差	$\leq (1/3)H_d$	$\leq (1/2)H_d$	$\leq (2/3)H_d$	$\leq 1H_d$	$\leq 1.2H_d$

注： $H_d$ 为基本等高距。

**【条文说明】** 7.3.2、7.3.3 位置精度的评定内容和精度指标基本与现行《公路勘测规范》（JTG C10）、《公路勘测细则》（JTG/T C10）的要求一致。

## 7.4 资料提交

7.4.1 摄影测量数据获取应提交下列资料：

- 1 影像数据；
- 2 数字表面模型；
- 3 实景三维模型；
- 4 元数据；
- 5 索引表；
- 6 数据获取范围及路线、构造物方案图；
- 7 技术设计书；
- 8 技术总结；
- 9 检查报告；
- 10 其他相关资料。

7.4.2 三维激光扫描测量数据获取应提交下列资料：

- 1 三维激光点云数据；
- 2 影像数据；
- 3 POS 数据；

- 4 地面 GNSS 基准站观测数据
- 5 系统检校数据；
- 6 地面 GNSS 基准站测量手簿；
- 7 数字表面模型；
- 8 实景三维模型；
- 9 索引表；
- 10 数据获取范围及路线、构造物方案图；
- 11 技术设计书；
- 12 技术总结；
- 13 检查报告；
- 14 其他相关资料。

征求意见稿

## 附录 A 数据采集记录表

A.0.1 数据采集记录表应记录项目名称、数据采集位置、数据采集日期等。

A.0.2 数据采集记录表格式宜按表 A.0.2 规定执行。

表 A.0.2 数据采集记录表

项目名称		数据采集位置编号	
参加人员		记录员	
数据采集日期		天气	
数据采集位置简述:			
数据采集位置示意图:			
备注:			

## 附录 B 数据采集检查记录表

B.0.1 数据采集检查记录表应记录项目名称、数据检查位置、数据检查日期、数据采集质量说明、与周边采集数据衔接情况等。

B.0.2 数据采集检查记录表格式宜按表 B.0.2 规定执行。

表 B.0.2 数据采集检查记录表

项目名称		数据采集检查位置编号	
上、下、左、右数据衔接编号			
检查人员		日期	
数据采集检查位置示意图：			
检查区域数据采集质量说明：			
与周边采集数据衔接情况说明：			

--

征求意见稿

## 附录 C 质量评定记录表

C.0.1 实景三维模型质量评定记录表应记录项目名称、抽检位置、抽检日期、质量评定、检测精度、存在问题和检测数据等。

C.0.2 质量评定记录表格式宜按表 C.0.2 规定执行。

表 C.0.3 质量评定记录表

项目名称		抽检位置编号	
检查人员		日期	
抽检位置质量评定情况、存在问题说明：			
抽检位置精度情况说明：			
存在的问题及检测数据：			

## 附录 D 像控点、标靶点标志

D.0.1 像控点、标靶点标志尺寸根据像素大小、激光点间距确定，其标线宽度宜为 2 倍像素、激光点间距，长度或扇形直径宜为 8~10 倍像素、激光点间距。

D.0.2 像控点、标靶点标志形状宜按图 A.0.2 规定执行。

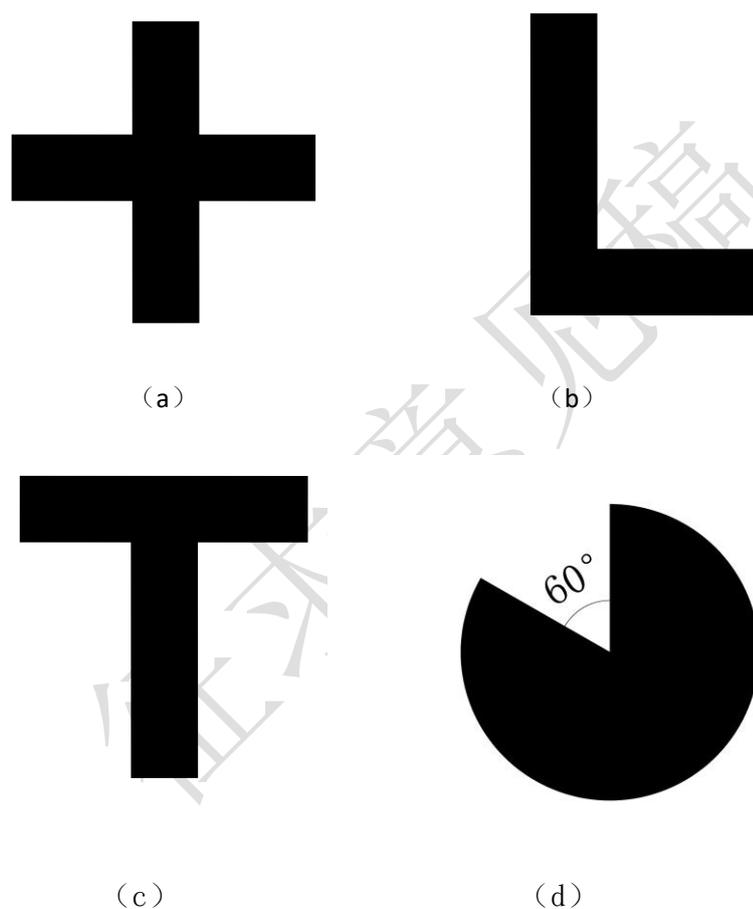


图 D.0.2 像控点、标靶点标志形状

## 本标准用词用语说明

1 本标准执行程度的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示允许有选择，在一定条件下可这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用词采用下列写法：

1) 在标准总则中表达与相关标准的关系时，采用“除符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，表述为“应符合《××××××》(××××)的有关规定”。

3) 当引用本标准中其他规定时，表述为“应符合本标准第×章的有关规定”、“应符合本标准第×.×节的有关规定”、“应符合本标准第×.×.×条的有关规定”或“应按第×.×.×条的有关规定执行”。