

# DBJT45

## 广西壮族自治区交通运输行业指南

DBJT45/T 066—2024

### 公路工程实景三维应用规范

The application specification of 3D real scene in highway  
engineering

2024 - 09 - 03 发布

2024 - 10 - 31 实施

广西壮族自治区交通运输厅 发布



## 目 次

前言 .....	III
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 总则 .....	3
6 数据采集 .....	4
6.1 航飞条件 .....	4
6.2 设备要求 .....	4
6.3 航测范围 .....	6
6.4 航测方法 .....	6
6.5 其他采集方式 .....	10
7 数据处理 .....	11
7.1 基本要求 .....	11
7.2 数据整理及预处理 .....	12
7.3 空三过程与检查 .....	13
7.4 实景三维模型构建 .....	14
7.5 数据更新与导出 .....	15
8 数据检查与成果归档 .....	16
8.1 数据检查依据 .....	16
8.2 数据检查内容 .....	16
8.3 检查方法 .....	16
8.4 数据检查流程 .....	20
8.5 数据抽样 .....	21
8.6 质量评定 .....	21
8.7 成果归档 .....	22
8.8 成果入库 .....	23
9 勘察设计阶段应用 .....	23
9.1 一般规定 .....	23
9.2 基本要求 .....	23
9.3 设备仪器要求 .....	24
9.4 地形图制作 .....	24
9.5 方案比选 .....	25
9.6 横、纵断面生成 .....	25
9.7 征地拆迁 .....	25
10 施工阶段应用 .....	25

10.1	一般规定	25
10.2	临建策划应用	25
10.3	BIM+实景三维融合应用	26
10.4	施工现场平面图制作	26
10.5	工程原地面复测	27
10.6	施工进度管理	27
10.7	安全管理	28
10.8	结合人工智能及物联网技术的应用	28
10.9	计量管理	28
10.10	环境保护管理	28
11	运营养护阶段应用	28
11.1	一般规定	28
11.2	路面养护管理	29
11.3	道路设施管理	29
11.4	路基边坡管理	29
11.5	桥梁检测	30
11.6	隧道检测	30
11.7	环境监测	30
11.8	应急抢险	30
附录 A (资料性)	数据检查内容	31
附录 B (资料性)	精度检查报告	33
B.1	检查依据	33
B.2	具体实施方案	33
B.3	精度测试	33
B.4	误差分析	33
B.5	总结	35
附录 C (规范性)	成果质量的质量元素和权重划分	36
附录 D (规范性)	成果质量的错漏分类	38
附录 E (资料性)	成果归档资料	41
参考文献		50

## 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。

本文件由广西壮族自治区交通运输厅提出并宣贯。

本文件由广西交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：广西路桥工程集团有限公司、武汉天际航信息科技股份有限公司、广西壮族自治区自然资源调查监测院、武汉大学、广西产研院时空信息技术研究所、广西交通设计集团有限公司、广西北投交通养护科技集团有限公司、广西新发展交通集团有限公司。

本文件主要起草人：解威威、盘贻峰、林广泰、覃子秀、冯学茂、李雍友、苏强、邓希、刘先林、畅振超、邓非、陈博文、董杰、陈孝强、李洋、左天惠、李新建、薛小战、黄海峰、吕立波、严远方、王红伟、张立波、聂品、韦凯。

本文件主要审查人：陆小艺、刘长新、李琳、黄留波、荣浩、李伟鹏、蒋昌盛。



# 公路工程实景三维应用规范

## 1 范围

本文件界定了公路工程实景三维应用的相关术语和定义以及缩略语，确立了公路工程实景三维应用的总则，规定了公路工程实景三维数据采集、数据处理、数据检查与成果归档、勘察设计阶段应用、施工阶段应用、运营养护阶段应用的要求。

本文件适用于广西壮族自治区行政区域内新建及改扩建公路工程项目在勘察设计、施工、运营养护阶段的实景三维应用。

## 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 7931 1:5 00 1:1 000 1:2 000地形图航空摄影测量外业规范
- GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收
- GB/T 27919 IMU/GPS辅助航空摄影技术规范
- GB 50167 工程摄影测量规范
- CH/T 1050 倾斜数字航空摄影成果质量检验技术规程
- CH/T 1054 无人机航空摄影成果质量检查与验收
- CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范
- CH/T 3004 低空数字航空摄影测量外业规范
- CH/T 3005 低空数字航空摄影规范
- CH/T 8024 机载激光雷达数据获取技术规范
- CH/T 9015-2012 三维地理信息模型数据产品规范
- DB45/T 2364-2021 公路路基监测技术规范
- T/GAAI 003-2023 倾斜摄影测量实景三维建模技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 实景三维 3d real scene

对人类生产、生活和生态空间进行真实、立体、时序化反映和表达的数字虚拟空间。

注：实景三维是新型基础测绘标准化产品，是国家新型基础设施建设的重要组成部分，为经济社会发展和各部门信息化提供统一的空间基底。实景三维通过在三维地理场景上承载结构化、语义化、支持人机兼容理解和物联实时感知的地理实体进行构建。按照表达内容通常分为地形级、城市级和部件级。

### 3.2

#### 无人机 unmanned aerial vehicle

利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机，或者由车载计算机完全地或间歇地、自主地操作的不载人飞机。

### 3.3

#### 数字正射影像 digital orthophoto map

对航空（或航天）像片进行数字微分纠正和镶嵌，按一定图幅范围裁剪生成的数字正射影像集，是同时具有地图几何精度和影像特征的图像。

### 3.4

#### 空中三角测量 aerial triangulation

立体摄影测量中根据少量的野外控制点，在室内进行控制点加密，求得加密点的高程和平面位置的测量方法。

注：空中三角测量的主要目的是为缺少野外控制点的地区测图提供绝对定向的控制点。空中三角测量一般分为两种：模拟空中三角测量即光学机械法空中三角测量；解析空中三角测量即俗称的电算加密。模拟空中三角测量是在全能型立体测量仪器（如多倍仪）上进行的空中三角测量。它是在仪器上恢复与摄影时相似或相应的航线立体模型，根据测图需要选定加密点，并测定其高程和平面位置。

### 3.5

#### 全球卫星导航系统 global navigation satellite system, GNSS

能在地球表面或近地空间的任何地点为用户提供全天候的三维坐标、速度以及时间信息的空基无线电导航定位系统。

注：全球卫星导航系统，又称全球导航卫星系统，其包括一个或多个卫星星座及其支持特定工作所需的增强系统。全球卫星导航系统国际委员会公布的全球4大卫星导航系统供应商，包括中国的北斗卫星导航系统（BDS）、美国的全球定位系统（GPS）、俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统（GLONASS）和欧盟的伽利略卫星导航系统（GALILEO）。其中GPS是世界上第一个建立并用于导航定位的全球系统，GLONASS经历快速复苏后已成为全球第二大卫星导航系统，二者正处现代化的更新进程中；GALILEO是第一个完全民用的卫星导航系统，正在试验阶段；BDS是中国自主建设运行的全球卫星导航系统，为全球用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BIM: 建筑信息模型 (Building information modeling)

DEM: 数字高程模型 (Digital Elevation Model)

DOM: 数字正射影像 (Digital Orthophoto Map)

GIS: 地理信息系统 (Geographic Information System)

GNSS: 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)

IMU: 惯性测量单元 (Inertial Measurement Unit)

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

空三: 空中三角测量 (Aerial Triangulation)

5 总则

- 5.1 坐标系统采用 2000 国家大地坐标系，当采用其他坐标系统时，应与 2000 国家大地坐标系建立联系。
- 5.2 高程基准采用 1985 国家高程基准。
- 5.3 时间基准采用公元纪年和北京时间。
- 5.4 航摄仪的选择应根据项目地形条件和成图精度要求确定，各类航摄仪的基本性能应满足 GB 50167 的相关要求。
- 5.5 实景三维的应用宜综合考虑精度、时效性、成本因素。
- 5.6 实景三维应根据项目应用阶段和场景选择地形级实景三维建设、城市级实景三维建设、部件级实景三维建设。
- 5.7 实景三维数据所选用平台的构建应采取有效的手段保证基础数据的集中管理和存储，保障数据安全的同时实现数据的共享分发。数据成果应符合国家测绘成果保密规定。
- 5.8 实景三维在公路工程中的应用总流程见图 1。

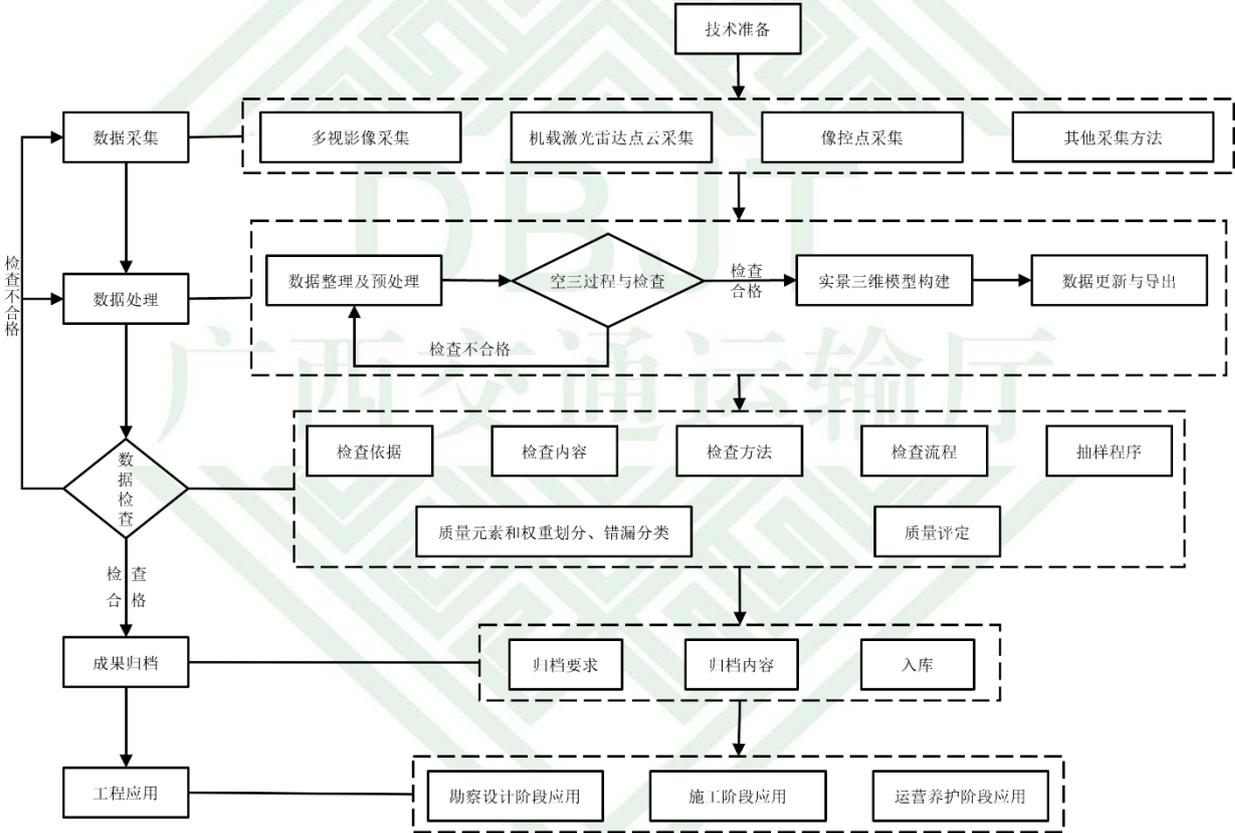


图1 实景三维在公路工程中的应用总流程图

## 6 数据采集

### 6.1 航飞条件

#### 6.1.1 操作人员条件

操作人员应取得国家认可的相应民用无人驾驶航空器操作员执照。

#### 6.1.2 空域管制条件

在管制空域开展航飞活动前，应向空中交通管理部门提出飞行活动申请。管制空域具体范围、提出飞行活动申请的具体流程及要求见《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》。

#### 6.1.3 风速条件

符合以下要求：

- 无人机起飞和降落时，地面风力宜小于 3 级；
- 飞行时最大风速应小于飞行平台可承受最大风速。

#### 6.1.4 能见度条件

当能见度较差时，应更改航摄计划，选择能见度较好的窗口期进行航摄作业，必要时可降低航高以保证影像质量。

#### 6.1.5 温度条件

室外温度宜在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### 6.1.6 光照条件

航摄时光照度应充足，高山地和高层建筑物密集的区域宜在当地正午前后1 h内摄影，阴影倍数不大于1倍。

### 6.2 设备要求

#### 6.2.1 固定翼无人机

符合以下要求：

- 应具备 5 级风力条件下安全飞行的能力；
- 巡航速度应大于  $15\text{ m/s}$ ；
- 应具备最小飞行速度、最大飞行速度限制与告警能力。

#### 6.2.2 多旋翼无人机

符合以下要求：

- 应具备 4 级风力条件下安全飞行的能力；
- 应具备仿地飞行功能；
- 在接收到刹停指令或无控制命令输入时，应具有刹停指令响应能力。

### 6.2.3 地面控制设备

符合以下要求：

- 应具备航迹规划功能；
- 应具备对无人机飞行平台和任务载荷进行监控和操纵的能力；
- 地面操纵人员可通过无线数据传输链路控制无人机飞行；
- 应具备根据无人机实时位置信息在电子地图上进行轨迹标注功能；
- 应具备历史记录及回放功能。

### 6.2.4 相机

符合以下要求：

- 相机检校应符合 CH/T 3005 的相关规定；
- 单个镜头不应低于 2 000 万 px，具备定点曝光功能；
- 镜头应定焦，焦平面应恒定无穷远，镜头与相机机身连接应稳固；
- 定位模块应满足实时动态差分（RTK）、动态后处理差分（PPK）等模式要求；
- 原始影像应以无压缩格式存储，采用压缩格式存储时，压缩倍率应不大于 10 倍。

### 6.2.5 机载激光雷达

#### 6.2.5.1 采集准备

机载激光雷达数据采集应符合以下条件：

- 根据作业区域的地形条件，以及成果对点云密度及数据精度的要求，选择适宜的机载激光雷达，并确定回波次数、扫描角度、扫描频率等相关参数；
- 应检校激光测距精度和扫描测角精度；
- 应检校系统零点位置。

#### 6.2.5.2 坐标系统

符合以下要求：

- POS 数据解算的坐标系统宜与 GNSS 获取数据所采用的坐标系统一致；
- 成果可采用国家坐标系、地方独立坐标系或假定坐标系；
- POS 应符合 CH/T 8024 的相关规定。

#### 6.2.5.3 点间距和点密度

机载激光雷达测量点间距和点云密度应符合 GB 50167 的相关规定。

#### 6.2.5.4 高程中误差

机载激光雷达测量高程中误差应符合 GB 50167 的相关规定。

#### 6.2.5.5 成果检查

机载激光雷达测量成果应进行外业实测检查，并符合以下规定：

- 检查样本间距不应大于 30 km，且不应少于 2 个，当为线状公路时，检查样本间距可放宽至 1.5 倍；
- 不同投影带的成果，每个投影带中应至少有 1 个检查样本；  
每个检查样本的检查点数不应少于 30 个，宜包含不同类别的地形、地物。

### 6.3 航测范围

根据公路功能型等级和应用阶段，以道路中心线为中心，实景三维模型的有效宽度 $W$ 取值应覆盖道路范围，并参照表1选定。互通枢纽、服务区等节点工程的模型有效宽度以实际需要为准，测区范围应充分覆盖对应区域。

表1 各阶段实景三维模型有效宽度  $W$  的规定值

单位为米

公路等级	勘察设计	施工	运营养护
高速公路、一级公路	$W \geq 500$	$W \geq 500$	$W \geq 200$
二级公路、三级公路、四级公路	$W \geq 300$	$W \geq 200$	$W \geq 200$

### 6.4 航测方法

#### 6.4.1 像控点

##### 6.4.1.1 参考规范

外业控制点采集应分别符合GB/T 7931、CH/T 3004的相关规定。

##### 6.4.1.2 像控点选取

符合以下要求：

- 像控点的位置宜选取易于判读、便于联测、高程起伏较小、易于准确定位和量测的地方；
- 地面目标较多的区域宜采用圆形标志，地面目标不易寻找时，宜采用十字形标志，具体的形状和尺寸按 GB 50167 的规定执行；
- 点位应易于到达和放置仪器，视野开阔。

##### 6.4.1.3 像控点布设

###### 6.4.1.3.1 一般规定

像控点布设符合以下要求：

- 像控点的目标应清晰、易于判别和立体量测；
- 在复杂区域布设像控点时，航飞前应布设地面标志；
- 布设像控点后，应对布设位置进行记录，可通过电子地图标注；
- 像控点在像片中的位置应符合 CH/T 3004 的相关规定。

###### 6.4.1.3.2 布设方法

主要有区域网法、航带法、GNSS辅助航摄航带法，分别符合以下要求：

- 区域网法布点应符合 CH/T 3004 的相关规定，根据公路的特点制定详细的区域网布点方案，绘制区域网布设示意图；
- 航带法布点应沿航线方向，间隔 6 条~10 条基线，对称布设 1 组平高点。在航线起点、终点和转弯处应布设 1 组平高点。每组布设 3 个平高点，宜位于道路中心附近和道路两侧测量范围外边缘；

——GNSS 辅助航摄航带法布点应沿航线方向，每千米布点不少于 3 个平高检查点，互通立交等节点控制工程可根据实际情况增设。

#### 6.4.1.4 像控点测量

符合以下要求：

- 平面控制点和平高控制点相对邻近基础控制点的点位平面中误差不应超过图上 $\pm 0.1$  mm，高程中误差不应超过基本等高距的 1/10；
- 像片控制点宜沿路线走向顺序编号，不应重号；
- 刺点与整饰应符合 CH/T 3004 的相关规定；
- 像片控制点测量应符合 GB/T 7931 的相关规定，有网络信号地区宜采用连续运行卫星定位服务系统（CORS）网测量，具体要求应符合 CH/T 2009 的相关规定；
- 像控点成果坐标系要求与项目最终成果坐标系一致。

#### 6.4.1.5 像控点编号

像控点应统一布设成平高控制点，编号为P+测区编号（A、B、C）+点号（001、002、003）。

示例：PA001、PA002、PB001、PB002。

#### 6.4.2 检查点

##### 6.4.2.1 检查点布设

检查点与像控点布设要求基本相同，检查点数量应满足精度检查要求，但检查点不参与像控点的刺点及空三解算，单独作为精度检查数据，且检查点尽量远离像控点。

##### 6.4.2.2 检查点编号

检查点应统一布设成平高控制点，编号为J+测区编号（A、B、C）+点号（001、002、003）。

示例：JA001、JA002、JB001、JB002。

#### 6.4.3 航测要求

##### 6.4.3.1 航迹规划

无人机航迹规划应根据现场环境及任务要求进行设计，主要内容包括飞行航线、作业高度、飞行架次。

##### 6.4.3.2 相机倾角

相机倾角应根据公路工程各阶段实际要求设置。若无特殊要求，单镜头相机倾角宜设置为 $45^\circ$  或  $90^\circ$ ，五镜头相机倾角宜设置为下视镜头 $90^\circ$ 、倾斜镜头 $45^\circ$ 。

##### 6.4.3.3 航摄重叠度

###### 6.4.3.3.1 正射影像

航向重叠度在陡峭山区和高层建筑物密集区域宜设计为70 %~80 %，其他地区航向重叠度宜不低于60 %；旁向重叠度宜设计为50 %~80 %，最低不低于30 %。

6.4.3.3.2 倾斜影像

当满足正射影像重叠度后，倾斜影像的航向、旁向重叠度可不再重新设计，应与正射影像一致；航摄成果用于三维建模时，其航向重叠度宜不低于53 %。

6.4.3.3.3 机载激光雷达

航线旁向重叠设计应达到20 %，最少为13 %，应保证飞行倾斜姿态变化较大情况下不产生数据覆盖漏洞，在丘陵山地地区，设计时应适当加大航线旁向重叠度；航向重叠度起始和结束应超出半幅图幅范围，旁向重叠度也应超出半幅图幅范围，超出部分不小于500 m，且不大于2 000 m。

6.4.3.4 地面分辨率

地面分辨率GSD取值宜参照表2选定。

表2 地面分辨率 GSD 取值

单位为毫米

公路等级	勘察设计	施工	运营养护
高速公路、一级公路	GSD≤80	GSD≤40	GSD≤40
二级公路、三级公路、四级公路	GSD≤80	GSD≤40	GSD≤40

注：倾斜摄影的地面分辨率GSD采用摄影主光轴垂直于地面时的地面分辨率表达。

6.4.3.5 航摄分区的划分

划分航摄分区符合以下要求：

- a) 分区界线应与图廓线相一致；
- b) 分区内的地形高差不应大于 1/6 摄影相对航高；
- c) 在地形高差符合 b) 的规定，且能够确保航线的直线性的情况下，分区的跨度应尽量划大，能完整覆盖整个摄区；
- d) 当地面高差突变，地形特征差别显著或有特殊要求时，可以突破图廓划分航摄分区。

6.4.3.6 相对航高

符合以下要求：

- 同一航线上相邻像片的航高之差不应大于 20 m，最大航高与最小航高之差不应大于 30 m，实际航高与设计航高之差不应大于 50 m；
- 起飞相对航高应依据地面分辨率、倾斜设备参数及地面情况进行分析确定，相对航高不应大于 500 m；
- 测区相对高差大于 1/4 航高时，应进行仿地形飞行。

6.4.3.7 航线弯曲度

航线弯曲度不应大于3 %。

#### 6.4.3.8 漏洞补摄

航摄中出现的相对漏洞和绝对漏洞应及时补摄，补摄相机应采用前一次航摄飞行的相机，补摄航线的两端应超过漏洞之外两条基线。对于复杂区域，应增加手动补摄，直至满足要求。

#### 6.4.3.9 影像质量要求

符合以下要求：

- 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地物影像，能够建立清晰的立体模型；
- 影像上不宜有云、云影、烟、大面积反光、污点等缺陷；
- 像点位移不宜大于 0.5 px，最大不应大于 1 px；
- 不应出现因机上振动、镜头污染、相机快门故障等引起影像模糊的现象。

#### 6.4.4 外业数据质量检查

##### 6.4.4.1 像片重叠度

利用专用重叠度检查软件检查，可手工选取同名点或自动匹配同名点计算。

##### 6.4.4.2 像片倾角

通过无人机记录的姿态角元素检查，取像片的横滚角和俯仰角中的较大者作为对应像片的像片倾角。

##### 6.4.4.3 像片旋角

通过人工或者用软件辅助检查相对旋角，像片旋角计算时，选取相邻航片两个同名点，按照图2、图3计算像片旋角  $\kappa$  值。

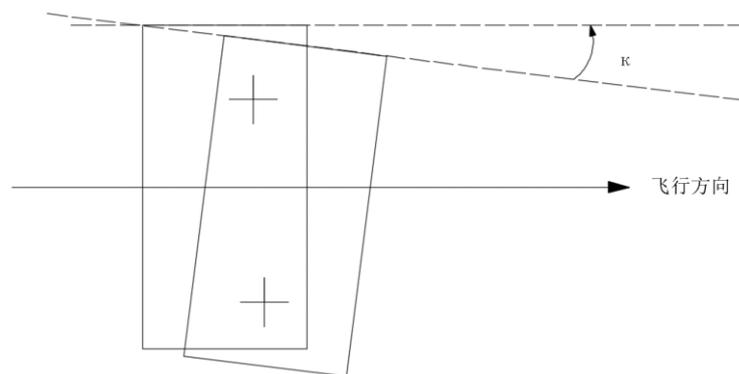


图2 像片长边垂直航向情形的旋角  $\kappa$  值计算示意

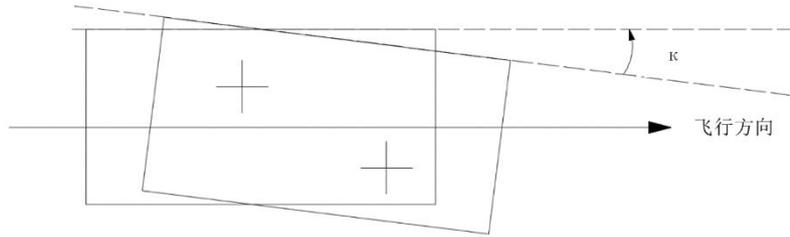


图3 像片短边垂直航向情形的旋角  $\kappa$  值计算示意图

#### 6.4.4.4 影像质量

目视观察，检查影像清晰度、是否有雾、光照均衡度、噪声、航带色差、动态范围，反差和色调情况，以及是否存在缺陷等。

#### 6.4.4.5 边界覆盖

按照GNSS记录文件检查。最外侧航线曝光点应压盖到摄区边界线，或比摄区边界多出1条航线。每条航线两端超出摄区边界线外不少于2条基线。

#### 6.4.4.6 航高检查

按照GNSS记录文件检查，应符合6.4.3.6的规定。

#### 6.4.4.7 漏洞检查

按照GNSS记录文件检查。没有漏拍设计的航片，并且旋角和倾角在合格范围内即为没有漏洞。

### 6.5 其他采集方式

#### 6.5.1 地面端设备采集

在无人机航飞采集不到或不宜使用无人机航飞进行采集的小范围区域，宜选用带有定位功能的手持像片采集设备及手持激光雷达设备。

##### 6.5.1.1 手持像片采集设备数据获取

符合以下要求：

- 地面近景摄影测量宜选择全画幅相机，镜头与焦距应根据目标物大小、摄影距离、成果精度等因素选择；
- 摄影时应对设备进行事先检校或在任检校，检校应包括下列内容：
  - 主点位置与主距；
  - 畸变差大小；
  - 相机偏心常数；
  - 同步摄影时的同步精度。
- 采用的光源应使目标物的照度均匀，并无阴影、无反光；
- 纹理数据的采集可采取对目标物多角度、多次数的拍摄方式获取。

### 6.5.1.2 手持激光雷达设备数据获取

符合以下要求：

- 地面激光扫描宜选择具备 SLAM 算法或 GNSS 定位，可在无光照、无 GNSS 条件下获取周围环境高精度、高精度的三维点云数据的激光雷达设备；
- 针对带状较长路线数据采集，将严格按照分段测量，每 200 m~300 m 分段扫描，有助于控制整体扫描精度，防止带状扫描距离过长累计误差较大。

### 6.5.2 卫星影像获取

对于大范围低精度要求的大场景数据，宜利用卫星影像和DEM数据进行叠加形成地形级实景三维。获取影像符合以下要求：

- 卫星影像遥感数据应包括卫星影像数据、影像数据的轨道/有理多项式系数（RPC）参数、影像资料说明文件等；
- 卫星遥感影像的云雾覆盖面积宜小于 5 %；分散的云、雪累计覆盖面积宜小于影像总面积的 15 %，且影像接边处不宜有云覆盖；
- 卫星遥感影像应清晰，信息丰富，无明显噪点、斑点和坏线，并应反差适中、无几何变形。卫星定位参数应完整、正确。

## 7 数据处理

### 7.1 基本要求

#### 7.1.1 数据格式

采集生产过程使用的数据主要包括原始数据、实景三维模型数据、属性数据和元数据。上述数据格式要求应符合表3规定。

表3 数据类型及数据格式

数据类型	数据格式
原始模型	.JPG、.TIFF、.PNG、.DOS、.TGA
实景三维模型	.3DS、.3DMAX、.OSGB、.FLT、.OBJ、.OSG、.WRL、.DAE
属性数据	.XLS、.DBF、.TXT、.KML、.SHP
元数据	.XLS、.DBF、.TXT、.KML、.SHP

#### 7.1.2 相机畸变差校正

原始影像数据应进行畸变差校正，可采用专用软件改正相机畸变差，也可在空三时改正相机畸变差。

#### 7.1.3 瓦片名称

在特定地理场景网格处理上，可采用非均衡二叉树划分的模式，实现场景数据上实体对象的离散化索引和优化检索。

#### 7.1.4 瓦片大小

符合以下要求：

- 以测区范围左下角为分块原点，以测区中心点为坐标原点，生成瓦片格网，格网大小为  $N m \times N m$  的整数倍；
- 设置瓦片格网大小时应考虑内存预估使用量，根据硬件配置不同适当调整，最大不宜超过硬件运行内存的  $2/3$ 。

#### 7.1.5 软硬件要求

符合以下要求：

- 宜优先选择自主、可靠、可控的信创软件；
- 服务器：实景三维建模数据量较大，对电脑配置要求高，宜满足服务器配置，宜搭建数据处理集群；
- 数据存储：三维数据存储在网络附属存储（NAS）或者硬盘上；
- 万兆光纤网卡：通过光纤线缆与交换机连接。

#### 7.1.6 生产流程

公路工程实景三维的生产流程如图4所示：

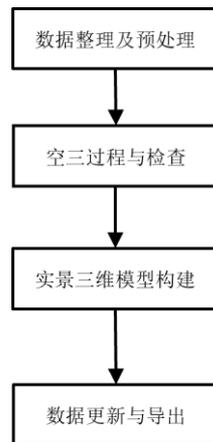


图4 公路工程实景三维生产流程

### 7.2 数据整理及预处理

#### 7.2.1 数据整理

对所收集的资料结合测图踏勘情况进行如下整理和分析，对影响后续生产的问题应及时处理：

- 分析倾斜影像资料的航摄时间、地面分辨率、重叠度、覆盖范围等是否满足生产要求；
- 分析数据生产用影像数据的色调、灰度、纹理、反差等是否满足生产要求；
- 核查控制点资料的情况，包括控制点的数量、分布、精度等级和可利用情况等是否满足生产要求；
- 查看地图资料的现势性、时空基准、比例尺、成果精度和成果质量等；
- 根据需要查看其他辅助资料，包括测区周边成图情况、接边数据、属性录入资料完整性等。

## 7.2.2 数据预处理

### 7.2.2.1 影像预处理

根据内业数据处理需要，在不影响地物立体观测、属性判读前提下，对影像进行如下预处理：

- 将格式转换为非压缩 .TIFF 格式、.JPG 格式；
- 将影像旋转与航摄方向一致；
- 对影像进行畸变纠正，去除影像畸变差；
- 对影像进行图像增强，增加地物的可读性。

### 7.2.2.2 像控点坐标预处理

根据内业处理需要对像控点坐标作如下预处理：

- 将像控点经纬度坐标投影转换为平面坐标；
- 将坐标以东、北、高的形式存储。

### 7.2.2.3 摄站点坐标与姿态预处理（IMU/GNSS 数据预处理）

根据内业处理需要对摄站点坐标作如下预处理：

- 将摄站点经纬度坐标经投影转换为平面坐标；
- 将摄站点大地高转换为目标基准高程；
- 将坐标以东、北、高的形式存储；
- 将摄站姿态转换至软件可识别的转角系。

## 7.3 空三过程与检查

### 7.3.1 空三过程

7.3.1.1 空三阶段需要外业控制点文件及点之记、原始影像及相机文件；计算机完成自动相对定向后通过人工选点、刺点完成区域绝对定向；分析误差，空三成果检查合格后可提交空三资料，最后利用空三成果进行模型重建。

7.3.1.2 人工刺点宜选取距影像边缘大于 80 px 范围内目标清晰的点位，从而减少照片边缘畸变变大带来的影响。

### 7.3.2 空三误差检查

#### 7.3.2.1 相对定向

采用数据处理软件，其相对定向指标采用反投影误差来表示。连接点的反投影中误差应优于 1 px，最大残差 3 px。每个像对连接点分布均匀，每个像对连接点数目不应少于 30 个。

#### 7.3.2.2 绝对定向

采用光束法区域网平差进行空三平差，区域网平差计算结束后，基本定向点残差、检查点误差不大于对应比例尺限差及中误差。

### 7.3.3 模型重建结果检查

模型重建结果检查应包含元数据、坐标系及模型完整性等检查项，检查内容见表 4，检查合格后方可进入数据应用环节。

表4 模型检查内容

序号	检查项	检查内容	实景项目规格指标
1	元数据	查看数据文件夹下元数据是否完整	应有.XML文件
2	绝对精度	三维模型坐标系统是否与项目技术设计书要求一致	坐标系正确与否
3	数据完整性	数据格式和文件组织形式是否与技术设计书要求一致	模型格式为项目要求格式
		数据文件夹是否完整，有无损坏，丢失	数据文件和坐标文件应齐全

#### 7.4 实景三维模型构建

实景三维模型构建流程见图5。



图5 实景三维模型构建流程

##### 7.4.1 像对选取

倾斜影像三维自动化建模系统像对选取常用的有两种方法：基于连接点和基于距离角度。基于连接点的方式在空三加密质量较好的情况下可使用；基于距离角度的方式要保证相邻航线或同航线相连的片子能够组成像对，一般角度为 $5^{\circ}$ ，距离介于两条航线间距离的1倍~2倍之间。

##### 7.4.2 点云匹配

利用获得的空三结果，连接点（包括像点和物方点）选取需要进行匹配的像对，接着逐个像对进行核线纠正，并根据空三结果计算影像的重叠区和视差范围，然后使用半全局匹配算法对每一个像对进行密集匹配获得三维点云。

##### 7.4.3 三角网构建

基于Delaunay三角网的方法，利用依据三维点云获取到的影像高程同步模型点进行Delaunay不规则三角网(TIN)构建。

#### 7.4.4 纹理映射

在构建完成三维表面后，对于每一个需要映射纹理的面片，使用公式为每一个相片计算一个得分，并把得分最高的相片作为纹理候选片，再使用多波段融合方法沿接缝线进行色彩融合，或使用标准的泊松融合方法沿接缝线进行色彩融合。

#### 7.4.5 模型存储

实景三维模型成果按照模型块进行存储，以测区中心为原点，测区中心点坐标取整。模型块按照  $N_m \times N_m$  格网间距大小进行分块，块与块之间重叠1%。

#### 7.4.6 模型命名

模型数据文件命名包括大块成果与多极化成果，大块成果命名为“块名+文件扩展名”，多级化成果命名为“块名\_级\_影像索引号+文件扩展名”，纹理数据文件为模型数据对应的纹理影像，命名与对应模型数据一致，文件扩展名为.jpg。

示例：大块成果命名：Tile\_+001\_+001.osgb；

多级化成果命名：Tile\_+001\_+001\_0\_326.osgb；

纹理数据文件命名：Tile\_+001\_+001.jpg、Tile\_+001\_+001\_0\_326.jpg。

#### 7.4.7 模型修饰

实景三维模型修饰包括结构修饰和纹理修饰。结构修饰主要针对模型的悬浮物、扭曲、拉花、变形、粘连、孔洞等问题。纹理修饰主要针对模型的色彩、亮度、对比度及纹理的模糊、错位、扭曲、变形等问题。应用于勘察设计阶段和施工阶段的模型，修饰质量应满足T/GAAI 003-2023中II级的要求，应用于运营养护阶段的模型，修饰质量应满足T/GAAI 003-2023中I级的要求。

### 7.5 数据更新与导出

#### 7.5.1 一般规定

公路工程实景三维模型的数据成果库应具有现势性，需根据基础地理空间数据的规范进行数据的更新入库。基础地理信息数据库更新遵循以下原则：

- 现势性原则。即在基础地理信息数据库更新的过程中保证所更新数据的正确性以及应对其及时进行及时的更新；
- 精度匹配原则。即进行基础地理信息更新的过程中应避免发生更新部分和未更新部分不相匹配的现象；
- 同步更新原则。即空间信息与属性信息应实现同步更新；
- 一致性原则。即在进行基础地理信息更新的过程中，应保证各个图种之间数据的一致性以及同一个图种内的坐标系统的一致性。

#### 7.5.2 更新形式

根据需求的不同数据更新的形式分为下列三种：

- 要素更新方法：以单个三维模型要素为单位的数据更新方法，如对新增的一栋房屋进行更新，可采用要素更新方法，直接更新变化的要素；
- 区域更新方法：以变化区域为单位进行局部数据更新，对于变化较大的区域，如对整个片区进行改造，可采用局部更新的方法，即对变化区域进行整体更新；

——整体更新方法：一般适用于程序自动生成的地形模型的更新,当 DEM、DOM 更新后,可采取整体更新的方法,对由 DEM、DOM 生成的地形模型进行更新。

### 7.5.3 作业流程

基础地理信息数据库更新的基本流程见图6。



图6 数据库更新流程

### 7.5.4 数据导出

应根据项目的实际需求,建立长效的加密和安全机制,实现定制化的数据调取。

## 8 数据检查与成果归档

### 8.1 数据检查依据

数据质量检查应符合GB/T 24356、CH/T 1054以及CH/T 1050的相关规定。按GB/T 24356的规定确定抽样数范围和检查点数;按GB 50167的规定确定检查点精度要求。

### 8.2 数据检查内容

公路工程实景三维成果数据检查内容包括飞行质量、影像质量、数据质量、附件质量等,内容见附录A。

### 8.3 检查方法

#### 8.3.1 飞行质量

##### 8.3.1.1 航摄设计

对照项目合同、航摄规范等,核查航摄设计中设计用基础地理数据选择、正射影像地面分辨率设计、航摄分区基准面确定、航摄分区划分、航线敷设方法、航摄时间与航摄季节选择、地面基站设计、检校场设计、IMU/GNSS系统选择、IMU/GNSS飞行实施方案等是否满足批准后的技术设计书的要求。

### 8.3.1.2 影像重叠度

检查方法如下：

- 利用相关软件或手工选取相同航线的相邻两张影像的同名点，恢复影像的位置关系，核查影像航向重叠度的符合性；
- 利用相关软件或手工选取相邻航线的相邻两张影像的同名点，恢复影像的位置关系，核查影像旁向重叠度的符合性。

### 8.3.1.3 正射影像倾斜角

检验方法如下：

- 利用航摄飞行记录或 IMU 数据记录的姿态角元素检查影像倾斜角的符合性；
- 利用空三方法解算出影像的外方位元素，分析影像沿航线方向倾斜角的符合性。

### 8.3.1.4 正射影像旋偏角

检验方法如下：

- 采用数字影像检查时，计算相邻两张影像的旋偏角，比对分析旋偏角的符合性；
- 采用高精度的 IMU/GNSS 数据检查时，通过构造直线方程的方式检查旋偏角的符合性。

### 8.3.1.5 航线弯曲度

检验方法如下：

- 量测出航线两端像主点间直线的长度和偏离直线最远的像主点的距离，逐条航线计算弯曲度，核查航线弯曲度的符合性；
- 利用机载 GNSS 记录的影像中心点坐标进行计算，比对分析航线弯曲度的符合性。

### 8.3.1.6 航迹

拼接航线，核查、比对航迹偏离偏差，或对机载GNSS记录的影像中心点坐标进行核算，比对分析航迹的符合性。

### 8.3.1.7 飞行姿态

利用机载GNSS记录的飞行地速与设计飞行地速进行比较，核查各航线飞行地速的符合性；利用IMU/GNSS解算数据核查俯仰角、侧滚角、航偏角的符合性。

### 8.3.1.8 航高保持

检验方法如下：

- 利用机载 GNSS 或其他航摄附属仪器获取的高度数据，检查航高保持的符合性；
- 利用设计用基础地理信息数据，对照项目合同、技术设计书要求，在分区（或摄区）内选取最高海拔、最低海拔、基准面、航高明显突变等处的同名地物，计算出各处的实际航高，比对分析相邻航高之差、最大航高与最小航高之差的符合性；
- 利用设计用基础地理信息数据，对照项目合同、技术设计书要求，在分区（或摄区）内选取最高海拔、最低海拔、基准面等处的同名地物，计算出各处的实际航高，比对分析实际航高与设计航高之差的符合性。

8.3.1.9 摄区、分区覆盖完整性

8.3.1.9.1 利用垂直影像数据、倾斜影像数据、垂直浏览影像数据或垂直影像中心点坐标数据，核查航向覆盖超出分区边界线的基线数和旁向覆盖超出分区边界线的航线数的符合性；核查航摄漏洞存在情况和漏洞补摄的符合性。

8.3.1.9.2 航向覆盖应超出分区分界线一定的基线数，旁向覆盖应超出分区分界线一定的航线数，按式（1）进行计算。

$$\text{理论超出值} = \frac{\tan \theta}{2 \tan(\beta/2) \times (1-P)} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\theta$ ——倾斜相机角度，单位为度（°）；

$\beta$ ——视场角，单位为度（°）；

$P$ ——航向或旁向重叠度，为百分数。

8.3.1.9.3 在实际飞行中，由于大气等各因素的影响，航向和旁向覆盖超出边界线的实际值按式（2）、式（3）计算。

$$\text{基线数} = \text{理论超出值} + 2 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{航线数} = \text{理论超出值} + 1 \dots\dots\dots (3)$$

8.3.2 影像质量

8.3.2.1 影像地面分辨率

8.3.2.1.1 通过计算，核查垂直影像实际地面分辨率与设计地面分辨率的符合性，核查倾斜影像中心点地面分辨率、垂直影像中心点地面分辨率的符合性。倾斜影像中心点地面分辨率、垂直影像中心点地面分辨率按式（4）、式（5）计算；

倾斜影像中心点地面分辨率：

$$GSD_{mid} = \frac{\alpha_{\text{倾斜}} \times h}{f_{\text{倾斜}} \times \cos \theta} \dots\dots\dots (4)$$

垂直影像中心点地面分辨率：

$$GSD = \frac{\alpha_{\text{垂直}} \times h}{f_{\text{垂直}}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$GSD_{mid}$ ——倾斜影像中心点地面分辨率，单位为米（m）；

$\alpha_{\text{倾斜}}$  ——倾斜相机像元尺寸，单位为毫米（mm）；

$h$  ——飞行高度，单位为米（m）；

$f_{\text{倾斜}}$  ——倾斜相机焦距，单位为毫米（mm）；

$\theta$  ——倾斜相机角度，单位为度（°）；

$GSD$  ——垂直影像中心点地面分辨率，单位为米（m）；

$\alpha_{\text{垂直}}$  ——垂直相机像元尺寸，单位为毫米（mm）；

$f_{\text{垂直}}$  ——垂直相机焦距，单位为毫米（mm）。

8.3.2.1.2 通过人工寻找倾斜影像中心点与垂直影像中心点明显地物，核查垂直影像实际地面分辨率与设计地面分辨率的符合性，核查倾斜影像中心点地面分辨率、垂直影像中心点地面分辨率的符合性。

### 8.3.2.2 外观

以目视方式检查影像数据，核查影像色彩的饱和度、反差、色调、明亮度是否一致；核查影像的纹理清晰状况、纹理完整程度；核查影像中噪声、条纹、雾霾、烟、云、云影、积雪、反光等对地表要素的影响程度，阴影倍数等，确定是否符合质量要求。

### 8.3.2.3 像点位移

检验方法如下：

- 对照项目合同、技术设计书要求，核查航摄生产单位提交的测试报告，判断像点位移的符合性；
- 根据飞机的飞行地速、曝光时间设置计算出像点位移偏移值，核查比对象点位移的符合性；
- 利用相关软件对影像数据进行核算，比对分析像点位移的符合性。

### 8.3.2.4 几何精度

抽样检查正射影像的相对定向报告，核查相对定向精度的符合性、相对定向点位分布的合理性。

### 8.3.2.5 影像完整性

以目视方式核查影像是否存在波段缺失、影像遮挡，无效像元等，或利用相关软件进行检查。

### 8.3.2.6 影像数据质量

检验方法如下：

- 原始数据：对照项目合同、技术设计书、航线影像结合图，通过逐分区、航线对照摄区覆盖进行核查，核对原始影像数据的齐全性、完整性，检查数据格式、文件命名的正确性；
- 浏览影像数据、像片数据：对照航线影像结合图，逐片核查浏览影像数据、像片数据的齐全性、完整性，检查数据格式、文件命名的正确性。

## 8.3.3 数据质量

### 8.3.3.1 GNSS 数据

检验方法如下：

- 机载 GNSS 数据：对照航摄飞行记录，逐架次核查 GNSS 观测数据及其相关的记录文档、技术文件的齐全性、完整性；依据 GNSS 数据处理报告或 GNSS 数据记录的飞行航迹，核查机载 GNSS 数据是否正常、信号是否失锁；
- 地面基站 GNSS 数据：对照技术设计书要求和航摄飞行记录，逐架次核查各地面基站 GNSS 观测数据及其相关的记录文档、技术文件的齐全性、完整性；依据地面基站 GNSS 数据处理报告，核查地面基站 GNSS 数据是否正常、信号是否失锁；核查地面基站点位测量是否满足精度要求；
- 精密星历数据：采用 GNSS 精密单点定位技术时，核查精密星历数据的齐全性、完整性和时效性。

### 8.3.3.2 IMU 数据

检验方法如下：

- 对照飞行记录，逐架次核查机载 IMU 记录数据及其相关的记录文档、技术文件的齐全性、完整性；
- 依据机载 IMU 数据处理报告，核查机载 IMU 数据是否正常。

### 8.3.3.3 IMU/GNSS 解算处理成果

依据 IMU/GNSS 数据处理报告，检查 IMU/GNSS 数据解算精度，数据解算精度应符合 GB/T 27919 的相关规定。

### 8.3.3.4 外方位元素成果

对照航摄飞行记录，逐架次核查影像外方位元素成果的齐全性、完整性。

## 8.3.4 附件质量

### 8.3.4.1 技术文档

依据项目合同、技术设计书，按照资料移交清单检查技术文档的齐全性、完整性。

### 8.3.4.2 检定资料

核查倾斜数字航摄仪设备检定报告、地面基站与机载 GNSS 接收机检定报告、IMU 设备检定报告的完整性、符合性。

### 8.3.4.3 整饰

核查影像像片制作、存储及包装注记等的符合性，各项数据、记录文件、过程计算资料、最终成果的规整性和存储介质及包装的符合性，各类电子文档资料的文档格式、存储组织、介质及包装样式的符合性。

### 8.3.4.4 附图和附表

检查、核查各类附图、附表的完整性、符合性。

## 8.3.5 数据精度

利用三维模型浏览平台对比野外检查点位置在模型上测取检查点坐标，内业进行平面及高程精度比对分析，验证成果能否满足规定的技术指标要求，出具数据精度检查报告，见附录 B。

## 8.4 数据检查流程

检验工作流程包括检验前准备、抽样、成果质量检验、质量评定、报告编制和资料整理。具体内容如下：

- a) 检验前准备应收集项目合同、技术设计书、相应技术资料及标准，明确检验内容和方法，准备检验物资，制定工作计划；必要时，应根据需要编制检验方案；
- b) 抽样按 8.5 的规定执行；
- c) 对单位成果质量实施检验；
- d) 对单位成果进行质量评定，对批成果进行质量判定；
- e) 按有关要求编制检验报告；

f) 汇总并整理数据及相关资料。

## 8.5 数据抽样

### 8.5.1 单位成果确定

单位成果以倾斜数字航空摄影范围内航摄分区为单位，未划分航摄分区时，以交验区域为单位。

### 8.5.2 批成果确定

批成果为交验的同一技术设计要求下生产的同一摄区的同时相、同规格的单位成果集合。

### 8.5.3 抽样

采用全数检查。

## 8.6 质量评定

### 8.6.1 质量表征

单位成果、批成果质量水平以百分制表征。

### 8.6.2 质量等级

单位成果质量评定为优、良、合格、不合格四级，批成果质量判定为优、良、合格三级。

### 8.6.3 单位成果质量评定

#### 8.6.3.1 单位成果质量评定内容

单位成果质量元素及其权重划分、错漏分类按附录C和附录D的规定执行。检验GNSS或IMU/GNSS辅助倾斜数字航空摄影的单位成果质量的质量元素和权重划分时，应增加检验附录C中标注“\*”的相关内容。

#### 8.6.3.2 单位成果质量评分方法

8.6.3.2.1 首先将质量元素得分预置为 100 分，按照 GB/T 24356 的规定对相应质量元素中出现的错漏逐个扣分的值按式（6）计算，扣分值调整系数  $t$  一般为单位成果中正射影像总数的 1/100。

$$S_1 = 100 - [\alpha_1 \times (12/t) + \alpha_2 \times (4/t) + \alpha_3 \times (1/t)] \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$S_1$  ——质量元素得分；

$\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  ——质量元素中相应的B类错漏、C类错漏、D类错漏个数；

$t$  ——扣分值调整系数。

8.6.3.2.2 采用加权平均法计算单位成果质量得分的值按式（7）计算。

$$S = \sum_{i=1}^n (S_{1i} \times P_i) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$S$ 、 $S_{1i}$  ——单位成果质量、质量元素得分；

$n$  ——单位成果中包含的质量元素个数；

$P_i$  ——相应质量元素的权。

### 8.6.3.3 单位成果质量等级评定标准

8.6.3.3.1 根据单位成果质量得分，按表 5 评定质量等级。

表5 单位成果质量等级评定标准

质量等级	质量得分
优	$S \geq 90$ 分
良	$75 \leq S < 90$ 分
合格	$60 \leq S < 75$ 分
不合格	$S < 60$ 分

8.6.3.3.2 当单位成果出现以下情况之一时评定为不合格：

- 单位成果中出现附录 D 中的 A 类错漏；
- 质量元素质量得分小于 60 分。

### 8.6.4 批成果质量判定

#### 8.6.4.1 批成果质量评分方法

8.6.4.1.1 当批成果中出现不合格单位成果时，判定批成果质量为不合格。

8.6.4.1.2 全部单位成果合格后，根据单位成果的质量得分，按正射影像数的加权平均方式计算批成果质量得分。当检验成果划分为多个批成果时，根据各批成果的质量得分，按正射影像数的加权平均方式计算检验成果的质量得分。

#### 8.6.4.2 批成果质量等级

根据批成果质量得分，按表6判定批成果质量等级。

表6 批成果质量等级判定标准

质量等级	质量得分
优	$S \geq 90$ 分
良	$75 \leq S < 90$ 分
合格	$60 \leq S < 75$ 分

## 8.7 成果归档

### 8.7.1 要求

应符合下列规定：

- 原始数据齐全；
- 数据处理记录规范、齐全；
- 质量检查各项指标明确；

- 资料文档齐全、完整、内容真实，表述准确；
- 成果检查存储完整。

### 8.7.2 内容

成果归档资料应包括以下内容，相关参考内容见附录E：

- 原始影像、像控点成果及点之记；
- 服务内容规定的成果及附属成果；
- 航飞质检表、空三报告、质检报告；
- 技术设计、项目总结相关资料；
- 提交成果清单。

### 8.8 成果入库

数据成果质检完成后，应将数据进行统一归档和入库，应根据实际需要建立通用模型库，采用各类建模方式建立的实景三维模型应分类、分层存储，遵循相关编码原则和编码结构行数据的处理和转换。

## 9 勘察设计阶段应用

### 9.1 一般规定

9.1.1 满足勘察设计阶段应用的实景三维数据包括数字高程模型（DEM）、数字表面模型（DSM）、数字正射影像（DOM）、倾斜摄影三维模型、激光点云等。

9.1.2 用于勘察设计阶段的实景三维模型可应用于公路新建、改扩建及养护工程设计，其有效范围和精度应满足相应应用场景要求。

9.1.3 模型和应用成果应具备延续性，可应用于施工阶段的深化设计、施工组织设计、场址布设、施工模拟、进度及安全监测等工作。

### 9.2 基本要求

9.2.1 实景三维模型满足下列要求：

- 航测时航向重叠度宜设计为 70 %~80 %；旁向重叠度宜设计为 50 %~80 %。使用五镜头相机采集时需确保五个方向航片完整，不应遗漏；
- 模型地面分辨率宜优于 5 cm，岩溶、滑坡、危岩、崩塌、采空区等不良地质区域地面分辨率宜优于 3.5 cm；
- 模型平面精度和高程精度宜优于 15 cm，用于横、纵断面提取的模型平面和高程精度宜优于 10 cm；
- 模型修饰质量应满足 T/GAAI 003-2023 中 II 级的要求。

9.2.2 数字正射影像满足下列要求：

- 地面分辨率宜优于 10 cm，平面位置精度宜优于 60 cm；
- 岩溶、滑坡、危岩、崩塌、采空区等不良地质区域地面分辨率宜优于 3.5 cm。

9.2.3 机载激光雷达点云数据满足下列要求：

- 点云高程精度宜优于 10 cm，平面位置精度宜优于 10 cm；
- 点云密度宜大于 8 点/m<sup>2</sup>，岩溶、滑坡、危岩、崩塌、采空区等不良地质区域点云密度宜大于 16 点/m<sup>2</sup>。

9.3 设备仪器要求

9.3.1 用于倾斜摄影测量和垂直摄影的相机，单个相机镜头不宜小于 3 000 万 px，倾斜相机的倾斜角度不宜大于 60°。

注：倾斜摄影测量是指通过飞行平台搭载相机从多个不同视角同步采集地表影像，获取到丰富的地表信息用于测绘产品生产的过程。

9.3.2 用于获取点云的机载激光雷达设备，最大扫描速度不宜低于 200 线/秒，水平定位精度宜优于 5 cm，垂直定位精度宜优于 10 cm。

9.4 地形图制作

9.4.1 利用实景三维模型制作的工程地形图应符合国家、行业相关标准的规定。

9.4.2 机载激光测量工作中地面基准站点不宜低于一级控制点精度。

9.4.3 平面控制测量精度四等网最弱边相对中误差不应超过 1/35 000。图上地物点平面精度应满足表 7 的规定。

表7 图上地物点的点位中误差

单位为毫米

重要地物	一般地物
≤±0.6	≤±0.8

9.4.4 基本等高距根据地形类别需要，按表 8 规定选用。

表8 基本等高距

单位为米

比例尺	地形类型			
	平地	丘陵地	山地	高山地
1:500	0.5	0.5	1.0	1.0
1:1 000	1.0	1.0	1.0	2.0
1:2 000	1.0	1.0	2.0	2.0

9.4.5 等高线插求点相对于邻近图根点的高程中误差应满足下表 9 要求。

表9 等高线插求点高程中误差

单位为米

地区分类	平地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差（基本等高距）	≤1/3	≤1/2	≤2/3	≤1

## 9.5 方案比选

- 9.5.1 实景三维模型应能与设计模型融合，直观展示不同设计方案效果。
- 9.5.2 在外业勘察阶段宜利用实景三维数据辅助进行综合调查。
- 9.5.3 工程设计与现状地物有空间位置关系时，宜利用实景三维模型对图纸进行净空、空间占位等设计校核。
- 9.5.4 实景三维模型宜与工程模型融合，通过仿真模拟手段展示建成通车后场景。
- 9.5.5 计算机辅助设计（CAD）方案总体图与实景三维模型应使用统一的坐标系，实现 CAD 总体图与实景三维模型的精确套合，使设计方案的呈现更加清晰，为设计方案讨论和修改提供便利。

## 9.6 横、纵断面生成

用于横断面生成的实景三维模型精度应满足各设计阶段对道路横断面的要求。实景三维模型在植被茂密地段应加密控制点，并应对植被茂密、峡谷等地段的横断面按照不低于5%的比例进行抽检。横断面检测互差限差见表10。

表10 横断面检测互差限差

单位为米

公路等级	距离	高差
高速公路、一级公路	$L/100+0.1$	$h/100+L/200+0.1$
二级公路	$L/100+0.1$	$h/100+L/200+0.1$
三级及以下公路	$L/50+0.1$	$H/50+L/100+0.1$

注：L：测点至中桩的水平距离；h：测点至中桩的高差。

## 9.7 征地拆迁

- 9.7.1 实景三维模型精度应能满足征地拆迁的要求，宜与道路施工红线矢量数据相结合；
- 9.7.2 倾斜摄影三维模型、激光点云等地理场景通过切割、重建、矢量叠加等操作处理，将拆迁区域内的地理实体构建为三维形式的独立对象，宜具有独立表达、挂接属性以及查询统计与分析等功能。

## 10 施工阶段应用

### 10.1 一般规定

在施工阶段中多个应用宜基于同一实景三维模型，同步更新，且模型和应用成果应具备延续性，可应用于运营养护阶段。模型精度应满足项目施工中各个应用要求。

### 10.2 临建策划应用

#### 10.2.1 实景三维模型

符合以下要求：

- 范围应覆盖项目全线，在计划设置弃土场、钢筋加工场等场站的区域应有实景三维模型且模型应与主线连续不间断；

- 应与项目对接模型范围，以项目要求为准。项目无要求时，隧道口、项目驻地、弃土场、钢筋加工场等场站附近应扩大模型覆盖范围，扩大半径不宜小于 500 m；
- 宜为 .OSGB、.OBJ、.FBX 等格式；
- 应保证地面结构物：电线杆、通讯杆、河流湖泊、房屋、道路等清晰。纹理精细度不应低于 CH/T 9015-2012 中 III 级的要求。

#### 10.2.2 等高线

符合以下要求：

- 应为剔除植被后的地面高程点生成的等高线，高程精度宜优于 2 m；
- 范围应与实景三维模型范围一致；
- 宜为 .DWG、.DXF 等格式。

#### 10.2.3 离散高程数据

符合以下要求：

- 范围应与实景三维模型范围一致；
- 宜为 .DAT、.TXT、.CSV 等格式。

#### 10.2.4 坐标系

符合以下要求：

- 应满足项目使用要求。项目无要求时，实景三维模型、等高线、高程点所用坐标系应与项目工程坐标系一致；
- 应同步提供 .PRJ 格式的投影文件或提供包含投影名称和投影参数的说明文件。

### 10.3 BIM+实景三维融合应用

- 10.3.1 实景三维模型范围应覆盖项目，边界宜进行适当拓宽，拓宽宽度宜大于 500 m。
- 10.3.2 实景三维模型宜为 .OSGB、.OBJ、.FBX 等格式。
- 10.3.3 实景三维模型在传输过程中应确保瓦片信息的完整性。
- 10.3.4 GIS 底图、BIM 模型、施工矢量等数据与实景三维模型融合展示时，其位置信息应能互相匹配。
- 10.3.5 应能进行注记、点、线、面等的标绘。
- 10.3.6 应能在实景三维模型中进行测量以及施工便道、场站、弃土场等的规划。
- 10.3.7 应能与 BIM、GIS、物联网、大数据、移动互联、视频监控、人工智能等技术结合，进行融合展示。
- 10.3.8 应包含重要设备的实景三维模型和基本信息。
- 10.3.9 应附属详尽的各业务领域指标数据，集成项目进度、安全、质量、投资等多维管理数据，以宏观视角把控项目建设整体情况。
- 10.3.10 应能对比浏览多期实景三维模型数据。

### 10.4 施工现场平面图制作

- 10.4.1 利用正射影像制作的施工总平面图应规整，有效范围宜在施工红线范围的基础上外扩大于 200 m。
- 10.4.2 正射影像应能与项目矢量数据（施工红线、道路中心线、桩基号等）结合进行总体展示。
- 10.4.3 正射影像应能清晰地反映施工现场的建设情况。
- 10.4.4 正射影像宜为 .TIF、.JPG、.PNG 等格式。

## 10.5 工程原地面复测

10.5.1 航线应按照公路走向敷设，在一条航线内航高变化不应超过相对航高的 5%~10%；实际航高变化不应超过设计航高的 5%~10%；在一条航线内，飞机上升、下降速率不大于 10 m/s。

10.5.2 航带拼接时，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应小于平均点云间距，高程中误差应小于规定中误差。如果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，小于限差后，再进行航带拼接。

10.5.3 通过激光雷达获取地面点密度宜大于 16 点/m<sup>2</sup>，平坦地区点云密度适当放宽，山谷和植被茂密地区适当加密。

10.5.4 获取的地面点数据成果应满足 1:500 比例尺精度要求，点云数据高程精度应使用野外控制点数据进行检查，其高程中误差不应大于表 11 要求。

表11 高程中误差

单位为米

比例尺	地形类型	数字高程模型成果高程中误差	点云数据高程中误差
1:500	平地	0.2	0.15
	丘陵地	0.4	0.25
	山地	0.5	0.35
	高山地	0.7	0.50

注：在植被覆盖密集区域、反射率较低区域(如水域、光滑表面等易形成镜面反射的区域)等特殊困难地区，点云数据高程中误差可放宽0.5倍。

10.5.5 宜选择带有获取数字影像的设备，数字航摄影获取的数字影像，飞行质量和影像质量应符合数字航空摄影相关标准的规定；非量测型数码相机获取的数字影像，飞行质量和影像质量应符合 CH/T 3005 的相关规定。

10.5.6 地面点数据成果坐标系统应与项目所用坐标系统保持一致。

10.5.7 点云数据成果宜为 .LAS 格式。

10.5.8 对于河流、湖泊等面积较大的无数据水体区域，采集水涯线作为特征线参与高程模型的生产。当点云数据中无法获取水涯线高程时，应实地补测高程信息。

10.5.9 对于滤除非地面点后出现的零散、小面积无数据区域，制作数据高程模型时，根据数据实际情况设置较大的构网距离，保证插值结果反映完整地形，不应出现插值漏洞。

10.5.10 对数据质量不满足要求的区域，如山体、陡坎或地物遮掩严重等特殊地形处，应进行外业实测、补测高程信息。对于具备同期数码影像的，宜基于立体像对补测特征点、特征线等高程信息，保证地形细节完整。

## 10.6 施工进度管理

10.6.1 宜基于实景三维模型直接统计工程项目路基、路面、桥梁施工进度情况。

10.6.2 三维模型平面精度宜优于 30 cm，高程精度宜优于 50 cm。

10.6.3 宜将影像、视频等数据进行配准融合，便于重点场景多类数据高效展示。

10.6.4 更新频率宜高于 3 个月 1 次。

## 10.7 安全管理

- 10.7.1 宜结合具备定位功能的传感器，在实景三维模型中实时显示人员和车辆的位置信息。
- 10.7.2 宜在实景三维模型中显示视频监控摄像头的位置，并能够链接到实时监控画面。
- 10.7.3 宜与视频监控相融合，进行实景三维模型与监控视频的实时画面叠加融合展示。

## 10.8 结合人工智能及物联网技术的应用

- 10.8.1 宜利用各类监控工具结合智能算法对工地人员的穿戴、行为进行智能监测，同时在实景三维模型中融合展示。
- 10.8.2 宜结合物联网技术对设备的运行情况和数据进行智能监测，同时在实景三维模型中融合展示。

## 10.9 计量管理

- 10.9.1 建立的实景三维模型应符合土石方量计算精度要求，平面中误差和高程中误差均宜优于 5 cm。
- 10.9.2 应剔除实景三维模型中的临时建筑、车辆、预制梁、树木等影响土石方量的因素。
- 10.9.3 宜能直接出具土石方量数据、报表与横断面图。
- 10.9.4 实景三维模型应能分辨出边沟、排水沟等结构物，并能从模型上清晰地判别出结构物的起止位置，支持在模型上进行长度量测。
- 10.9.5 应支持通过手持设备采集软基换填等隐蔽工程场景下的影像数据，与无人机采集的影像数据进行融合处理，实景三维模型所展示的基坑底部边界应分明。
- 10.9.6 用于路基土石方量计算的实景三维模型平面精度和高程精度宜优于 15 cm，用于标绘收方的实景三维模型平面精度和高程精度宜优于 5 cm，用于软基换填及三背回填等小范围收方场景的实景三维模型平面精度和高程精度宜优于 5 cm。
- 10.9.7 高边坡宜采用仿地飞行方式采集影像数据。
- 10.9.8 软基换填及三背回填等小范围收方场景，数据采集及处理宜在 2 h 内完成。
- 10.9.9 软基换填等场景应以开挖后的外边界线作为两期实景三维模型的体积计算边界。
- 10.9.10 无人机搭载单镜头传感器采集高边坡数据时，设置的航线应垂直于道路中心线方向。
- 10.9.11 在实景三维模型上进行石头山体积量测时，采样间距宜小于 1 m，当石头山体积较小或高差起伏较大时，宜适当加密采样间距。
- 10.9.12 在实景三维模型上进行标绘收方时，明显转折点处应分段标注量测。

## 10.10 环境保护管理

- 10.10.1 林业用地范围、耕地保护范围和工程施工范围等矢量数据与实景三维模型融合展示时，应附着于实景三维模型表面。
- 10.10.2 实景三维模型应能直观反映边坡坡脚等位置排水情况。
- 10.10.3 超出施工范围线的施工区域宜在实景三维模型上自动标记并预警。

## 11 运营养护阶段应用

### 11.1 一般规定

用于运营养护阶段的实景三维模型其分辨率和精度应满足相应应用场景要求，且模型和应用成果的数据类型应统一，应具备互通性，可在运营养护阶段不同场景下互通共用。

## 11.2 路面养护管理

11.2.1 应用实景三维模型进行道路状况巡检时，模型的精细度应表现出道路沿线路面病害、标线缺损、交安设施缺损、植被绿化、边沟缺损、路面滞留物等情况。

11.2.2 对于路面病害模型精细度要求，应表现出宽度 2 mm 以上裂缝，面积 0.01 m<sup>2</sup> 以上坑槽。

11.2.3 对于边沟及标线缺损模型精细度要求，应满足养护施工需要维修时边沟或标线的缺损面积要求。

11.2.4 对于路面滞留物、洒落物等的模型精细度要求，应表现出滞留物的尺寸和特征，应能够识别滞留物、洒落物的种类、数量，为养护管理方案制定提供数据。

11.2.5 宜结合大数据分析和自动化巡检技术，建立路面病害数据库，实现对长期道路病害的统计分析，为养护决策提供长期路面状况发展数据。

11.2.6 对于标志标牌、护栏等交安设施缺损模型精细度要求，应满足养护施工需要更换的交安设施数量、长度或面积等。

11.2.7 对于植被绿化，模型应表现出中央隔离带及边坡等绿植分布特征，具备越过护栏侵入车道判别能力，为日常养护清障提供数据支持。

## 11.3 道路设施管理

11.3.1 通过实景三维模型来进行道路设施管理时，模型应完整显示道路交通关键资产，包括道路交通基础设施、道路交通管理设施、道路交通安全设施、道路交通服务设施，道路交通关键资产类目的具体内容见 GB/T 42932-2023。

11.3.2 建立实景三维模型后对于道路沿线公里桩、轮廓桩、道口桩等微小附属设施，可采用符号进行表现。

11.3.3 实景三维模型宜与 BIM 技术结合进行融合展示，精细化展示道路沿线设施结构细节。

11.3.4 实景三维模型与 GIS 底图、BIM 模型数据融合展示时，两者的位置信息应相匹配。

11.3.5 采用 BIM 与 GIS 模型融合时，应使 BIM 模型数据格式和 GIS 模型数据格式满足融合的要求。

11.3.6 通过实景三维模型的建立，宜结合 AI 智能识别技术与数据分析平台，建立公路资产数据库，实现对道路资产的巡检与动态管理。

## 11.4 路基边坡管理

### 11.4.1 边坡变形监测

符合以下要求：

——应用实景三维模型进行边坡变形监测时，模型精度应满足 DB45/T 2364-2021 中路堑及滑坡监测精度要求；

——实景三维模型建模时，坐标系宜选用 2000 国家大地坐标系，应能够对多期模型进行边坡变形位移量、变形速率以及变形趋势的对比分析；

——现场宜布设固定像控点，像控点应清晰可辨，且不少于 4 个，分布在边坡周围合理位置。

### 11.4.2 地质灾害调查

符合以下要求：

——应用实景三维模型进行地质灾害调查时，应采用能够反映地形的数据采集设备，通过点云数据建立能够反映去除地面植被后的地形三维模型；

——实景三维模型的精细度应满足地质灾害调查时灾点致灾特征尺寸的要求；

——地质灾害调查时，宜采用倾斜摄影三维模型或激光点云数据，可通过模型进行地质灾害规模和范围进行测量。

### 11.5 桥梁检测

11.5.1 建立精细化的实景三维模型，可做三维编辑、修改，测量体积、面积、长度，满足桥梁病害基础信息维护管理要求。

11.5.2 实景三维模型分辨率应能满足桥梁病害处治精细度要求，为桥梁后续的管养和维修决策的制定提供数据支持。

11.5.3 实景三维模型应表现出宽度大于 1 mm 以上的裂缝病害，对于宽度 1 mm 以下裂缝病害可采用符号进行表现。

### 11.6 隧道检测

11.6.1 建立的实景三维模型应记录隧道的真实状态，非常直观地展示隧道的三维状态。

11.6.2 模型应能够记录隧道缺陷信息，并可量化，如标注渗水区、裂缝或破损区等。

11.6.3 通过三维点云图数据，可直观显示隧道监测点的收敛变形数据。

### 11.7 环境监测

11.7.1 通过三维点云图数据实现对团雾的有效监测，通过布设在雾区前端的可变信息提示牌和可变限速标志实现对团雾的预警，并根据能见度值实时启动雾引导系统，以避免因团雾而发生的交通事故，提高道路的安全保障能力。

11.7.2 宜在实景三维模型中对团雾、路面积水等地段进行标注，以反应对应环境特征。

11.7.3 通过三维点云数据实现对道路养护施工粉尘监测，对粉尘污染路段及时预警，采取降尘措施。

### 11.8 应急抢险

11.8.1 实景三维模型用于自然灾害应急抢险时，应能够直观地反应边坡滑动迹象、危岩落石、泥石流、塌方量以及推测滑坡体的方量，获得相关图像及点云数据，为应急抢险方案决策提供有效、准确的数据。

11.8.2 实景三维模型用于交通事故应急抢险决策时，通过实景三维模型对交通事故现场进行事故现场环境重构，应对周边环境、气候状况、人员伤亡情况等扫描、拍摄等数据进行提取。

11.8.3 实景三维模型的精细度应满足交通事故应急抢险决策的要求，为应急处置现场状况展现、应急方案决策提供支持。

附录 A  
(资料性)  
数据检查内容

表A.1给出了公路工程实景三维成果数据检查内容。

表A.1 数据检查内容

质量元素	检查内容	
	检查项	具体内容
飞行质量	航摄设计	航摄时间与航摄季节选择
		计用专题数据选择
		垂直影像地面分辨率设计
		航摄分区基准面确定
		航摄分区划分
		航线布设方法
		有GNSS或GNSS/IMU辅助倾斜数字航空摄影
	影像重叠度	垂直影像航向重叠度
		垂直影像旁向重叠度
	影像倾斜角	垂直影像的倾斜角
	影像旋偏角	垂直影像的旋偏角
	航线弯曲度	每条航线的弯曲度
	航迹	航迹偏离
	飞行姿态	飞行地速、俯仰角、侧滚角、航偏角
	航高保持	相邻航高之差、最大航高与最小航高之差
		实际航高与设计航高之差
摄区、分区覆盖完整性	摄区、分区边界线覆盖，航摄漏洞及漏洞补摄	
影像质量	影像地面分辨率	倾斜影像、垂直影像中心点地面分辨率
	外观	影像色彩的饱和度、反差、色调、明亮度
		影像纹理
		噪声、条纹、雾霾、烟、云、云影、积雪、反光、阴影等
	像点位移	航摄分区最高点处像点最大位移
	几何精度	垂直影像相对定向精度
影像完整性	波段缺失、影像遮挡、无效像元等	

表A.1 数据检查内容（续）

质量元素	检查内容		
	检查项	具体内容	
数据质量	影像数据	原始影像数据的齐全性、完整性	
		浏览影像数据、像片数据的齐全性、完整性	
		数据格式、文件命名的正确性	
	偏心分量	有GNSS或 GNSS/IMU辅助倾 斜数字航空摄影	偏心分量测量数据的准确性、完整性
	GNSS数据		机载GNSS数据、地面基站GNSS数据、精密星历数据记录的 齐全性、完整性
	IMU数据		IMU数据记录的齐全性、完整性
	IMU/GNSS解算处理成果		IMU/GNSS航空摄影飞行纪录的齐全性、完整性
			IMU/GNSS数据解算处理精度的齐全性、完整性
外方位元素成果	经检校后的影像外方位元素成果数据的齐全性、完整性		
附件质量	技术文档	技术文档的齐全性、完整性	
	检定资料	检定资料的完整性、符合性	
	整饰包装	整饰包装的符合性	
	附图和附表	附图和附表的完整性、符合性	

附录 B  
(资料性)  
精度检查报告

### B.1 检查依据

B.1.1 按GB/T 24356规定的抽样数范围和检查点数执行；按GB 50167 规定的检查点精度要求执行。

B.1.2 抽样范围：全测区。

B.1.3 检查点数：检查点\_\_\_个。

### B.2 具体实施方案

B.2.1 利用三维模型浏览平台对比野外检查点位置在模型上测取检查点坐标。

B.2.2 内业进行平面及高程精度比对分析，验证成果能否满足规定的技术指标要求。

### B.3 精度测试

B.3.1 测试范围：在精度评价过程中，选取抽样区域。

B.3.2 测量时间：\_\_\_年\_\_\_月\_\_\_日。

B.3.3 负责人：\_\_\_\_\_

### B.4 误差分析

精度检测时，中误差按式 (B.1) 计算，表B.1给出了平面中误差统计表（样表），表B.2给出了高程中误差统计表（样表）。

$$M = \pm \sqrt{(\sum_{i=1}^n \Delta_i^2)/n} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$M$ ——中误差。

$n$ ——检测点(边)总数。

当 $\Delta_i = DS_i$ ，第*i*点的平面误差： $DS_i = \sqrt{D_x^2 + D_y^2}$ 。

当 $\Delta_i = Dh_i$ ，第*i*点的高程误差： $Dh_i = D_z$ 。

表B.1 平面中误差统计表（样表）

单位为米

点名	实测X	实测Y	模型X	模型Y	$D_x$	$D_y$
C01						
C02						
C03						
C04						
C05						
C06						
C07						
C08						
C01						
...						
中误差						
最大误差值						

表B.2 高程中误差统计表（样表）

单位为米

点名	实测H	模型H	$D_h$
C01			
C02			
C03			
C04			
C05			
C06			
C07			
C08			
...			
中误差			
最大误差值			

## B.5 总结

通过全测区抽样区域的精度评价分析，三维模型平面中误差\_\_m，高程中误差\_\_m，平面最大误差值\_\_m，高程最大误差值\_\_m。



附录 C  
(规范性)

成果质量的质量元素和权重划分

表C.1规定了单位成果质量的质量元素和权重划分。

表C.1 单位成果质量的质量元素和权重划分

质量元素	权重	检查项
飞行质量	0.25	1. 航摄设计 2. 正射影像重叠度（包括航向和旁向） 3. 倾斜影像航向重叠度 4. 正射影像倾斜角 5. 正射影像旋偏角 6. 航线弯曲度 7. 航迹 8. 飞行姿态 9. 航高保持 10. 摄区、分区覆盖完整性
影像质量	0.35	1. 影像地面分辨率（包括倾斜影像、正射影像中心点地面分辨率） 2. 外观 3. 像点位移（包括正射影像、倾斜影像像点位移） 4. 几何精度（正射影像几何精度） 5. 影像完整性（包括波段缺失、影像遮挡、无效像元等）

表C.1 单位成果质量的质量元素和权重划分（续）

质量元素	权重	检查项
数据质量	0.3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 影像数据（包括原始影像压缩数据（如有）、原始影像数据、浏览影像数据、像片数据等）</li> <li>2. 偏心分量（偏心分量测量数据）*</li> <li>3. GNSS数据（包括机载GNSS数据、地面基站GNSS数据、精密星历数据）*</li> <li>4. IMU数据 *</li> <li>5. IMU/GNSS解算处理成果 *</li> <li>6. 检校场相关数据（包括检校场影像数据、检校场空三成果等）*</li> <li>7. 外方位元素成果（经过检校后的影像外方位元素成果）</li> </ol>
附件质量	0.1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 技术文档（包括技术设计书、航摄批文、航摄资料保密审查报告、航摄飞行记录、质量检查报告、技术总结报告、资料移交书等）</li> <li>2. 检定资料（包括倾斜数字航摄影单相机检定参数、平台参数等检定资料和其他附属设备检定资料）</li> <li>3. 整饰包装</li> <li>4. 附图和附表（包括各类注记、摄区完成情况图（含航摄分区图）、航线影像结合图、航摄鉴定表、影像中心点结合图（正射影像）、影像中心点坐标数据（正射影像）等）</li> </ol>

附 录 D  
(规范性)  
成果质量的错漏分类

表D.1规定了单位成果质量的错漏分类。

表D.1 单位成果质量的错漏分类

质量元素	错漏类别			
	A类	B类	C类	D类
飞行质量	1. 正射影像航向和旁向重叠度、倾斜影像航向重叠度、正射影像倾斜角、正射影像旋偏角、航线弯曲度、航迹、飞行姿态、航高保持、覆盖完整性等任一项超限，致使后续工序无法作业 2. 其他严重的错漏	1. 航摄设计不符合合同或规范的相关规定 2. 正射影像航向和旁向重叠度、倾斜影像航向重叠度、正射影像倾斜角、正射影像旋偏角、航线弯曲度、航迹、飞行姿态、航高保持、覆盖完整性等任一项偏离较大，致使后续工序作业困难 3. 其他较重的错漏	1. 正射影像航向和旁向重叠度、倾斜影像航向重叠度、正射影像倾斜角、正射影像旋偏角、航线弯曲度、航迹、飞行姿态、航高保持、覆盖完整性等任一项偏离较小，对后续工序影响较小 2. 其他一般的错漏	其他轻微的错漏

表D.1 单位成果质量的错漏分类（续）

质量元素	错漏类别			
	A类	B类	C类	D类
影像质量	1. 倾斜影像中心点地面分辨率低于正射影像中心点地面分辨率 2. 正射影像实际地面分辨率与设计严重不符 3. 外观质量差，严重影响后续工序生产 4. 波段或局部影像缺失，无效像元较多，严重影响后续工序生产 5. 影像存在明显模糊、重影，大部分信息无法判读 6. 正射影像、倾斜影像像点最大位移值超限 7. 正射影像几何精度超限 8. 其他严重的错漏	1. 外观质量差，影响影像质量 2. 波段或局部影像缺失，无效像元较少，可进行后续工序生产 3. 影像不清晰，层次感差、饱和度不足、反差过小或过大使得影像信息损失 4. 其他较重的错漏	1. 外观质量较差，轻微影响影像质量 2. 影像欠清晰，层次感较差、色调较差、反差较小或较大使得局部影像信息损失 3. 其他一般的错漏	其他轻微的错漏
数据质量	1. 原始影像数据无法读出或数据丢失造成无法使用 2. 因GNSS信号失锁、IMU数据异常或丢失造成无法解算，严重影响后续工序生产 3. GNSS或IMU/GNSS航空摄影数据解算处理成果精度不符合要求 4. 其他严重的错漏	1. 浏览影像数据缺失或不符合规定 2. 偏心分量测量错误对数据处理产生严重影响 3. 地面基站异常或采集参数设置与要求不符，对数据处理产生严重影响 4. 精密星历数据异常，对数据处理产生严重影响 5. 其他较重的错漏	1. 影像数据整理不符合规定 2. 偏心分量测量错误对数据处理影响较小 3. 地面基站异常或采集参数设置与要求不符，对数据处理影响较小 4. 精密星历数据异常，对数据处理影响较小 5. 其他一般的错漏	其他轻微的错漏

表D.1 单位成果质量的错漏分类（续）

质量元素	错漏类别			
	A类	B类	C类	D类
附件质量	1. 倾斜数字航摄仪设备 检定（单相机检定和平台 检测）未按规定执行或检 定的项目精度不符合要求 2. 重要技术文档缺失 3. 其他严重的错漏	1. 技术文档、附图和附 表不符合要求 2. 成果整饰包装不符合 要求 3. 其它较重的错漏	1. 技术文档、附图和附 表不完全符合要求 2. 成果整饰包装不完全 符合要求 3. 其它一般的错漏	其他轻微的错漏



E.2 表 E.2 给出了外业像控/检查点点之记样表。

表E.2 外业像控/检查点点之记（样表）

点号:		( ) 实测		( ) 转测	
测区名称					
片号/航线号					
2000国家大地坐标系		纬度 (° ' ")		经度 (° ' ")	
刺点位置说明:					
概略点位:			点位详图:		
实景照片:			实景照片详图:		
刺点者		刺点日期		XXXX年XX月XX日	
检查者		检查日期		XXXX年XX月XX日	

E.3 表 E.3 给出了航飞质量检查验收记录表。

表E.3 航飞质量检查验收记录表

测区：						
合同编号：				任务编号：		
影像分辨率：		飞机型号：		作业单位：		
飞行日期	飞行任务 (每次所建的任 务工程名称)	参数名称	设计要求值 (按设计书要求 填写)	作业实际值 (平均值)	结论 (优/良/合格/ 不合格)	备注
		分辨率				
		航向重叠度				
		旁向重叠度				
		倾斜角				
		旋偏角				
		云覆盖率				
检查者：		修改者：		复查者：		保存期X年
日期：XXXX.XX.XX		日期：XXXX.XX.XX		日期：XXXX.XX.XX		

广西交通运输厅

E.4 表 E.4 给出了质检报告参考目录。

表E.4 质检报告参考目录

章节	包含内容
1. 检查工作概况	1) 检查时间 2) 检查地点 3) 检查方式 4) 检查人员 5) 检查的软硬件设备
2. 受检成果概况	1) 成果来源 2) 测区位置 3) 生产日期 4) 生产方式 5) 成果形式
3. 检查依据	列举相关规范性文件以及本项目技术设计书
4. 检查内容及方法	1) 检查内容 2) 检查方法
5. 主要质量问题及处理	列举成果数据所存在的问题以及是否处理完善
6. 质量统计及质量综述	1) 成果质量综述 2) 检查报告汇总表 3) 成果质量评分表
注：检查报告汇总表、成果质量评分表见表E.5、表E.6。	

E.5 表 E.5 给出了检查报告汇总表。

表E.5 检查报告汇总表

任务名称		生产日期	
生产单位		地址	
合同编号		任务编号	
检验面积		设计分辨率	
影像数量		检查者	
检查日期		检查地点	
检查依据	DBJT		
检查参数	广西交通运输厅		
检查结论			
备注			
注：生产日期填写航飞开始日期至成果生产结束日期。			



E.7 表 E.7 给出了技术设计书参考目录。

表E.7 技术设计书参考目录

章节	包含内容
1. 概述	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 任务来源</li> <li>2) 工作范围</li> <li>3) 工作内容</li> <li>4) 工作完成时间</li> </ul>
2. 测区概况及已有资料情况	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 测区概况</li> <li>2) 已有资料情况及利用分析</li> </ul>
3. 作业依据	列举相关规范性文件
4. 产品（成果）规格及主要技术指标	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 数学基础</li> <li>2) 影像地面分辨率</li> <li>3) 数学精度</li> <li>4) 影像图质量</li> <li>5) 数据文件命名</li> </ul>
5. 设计方案	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 总体技术路线及生产流程</li> <li>2) 软硬件设备</li> <li>3) 无人机航摄</li> <li>4) 数字航空摄影外业控制技术指标与要求</li> <li>5) 影像质量检查</li> <li>6) 空三</li> <li>7) 成果数据制作</li> </ul>
6. 质量控制与验收	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 质量评定</li> <li>2) 质量检查</li> <li>3) 检查内容</li> </ul>
7. 项目保障	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 人员投入</li> <li>2) 安全文明生产</li> <li>3) 成果保密措施</li> </ul>
8. 工期进度计划	说明相关各阶段工作的时间安排
9. 上交成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) 成果要求</li> <li>2) 成果资料项目</li> </ul>

E.8 表 E.8 给出了总结报告参考目录。

表E.8 总结报告参考目录

章节	包含内容
1. 任务概况	1) 任务来源 2) 工作内容及任务量 3) 测区范围及概况 4) 任务完成情况
2. 作业依据	列举相关规范性文件
3. 基本要求及精度指标	1) 基本要求（坐标系统、高程系统、成果命名等） 2) 精度指标（控制测量精度要求、空三要求、成果数据精度要求等）
4. 作业组织实施	1) 软硬件投入 2) 生产人员投入 3) 技术路线 4) 工艺流程 5) 无人机航摄 6) 像片控制测量 7) 空三生产 8) 成果数据制作
5. 质量控制	1) 生产前培训 2) 成果质量验收
6. 作业过程中的技术问题及处理方法	描述本项目实施过程中碰到的问题及处理方法
7. 上交成果	列举本项目需上交的成果文件

E.9 表 E.9 给出了成果数据清单。

表E.9 成果数据清单

成果	格式	提交与否
原始影像	.JPG格式	
像控点成果及点之记	.CSV、.DOC格式	
航飞质检表	.DOC格式	
空三报告	.PDF格式	
三维模型成果及附属成果	.OSGB、.OBJ格式	
质检报告	.DOC格式	
技术设计书	.DOC格式	
项目总结报告	.DOC格式	
提交成果清单	.DOC格式	

DBJT  
广西交通运输厅

### 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国务院，中华人民共和国中央军事委员会. 无人驾驶航空器飞行管理暂行条例. 2023年6月28日.
- [2] GB/T 7930 1:500 1:1 000 1:2 000地形图航空摄影测量内业规范
- [3] GB/T 17798 地理空间数据交换格式
- [4] GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收
- [5] GB/T 23236 数字航空摄影测量 空中三角测量规范
- [6] GB/T 35641 工程测绘基本技术要求
- [7] GB/T 42932-2023 道路交通资产管理体系实施指南
- [8] CH/T 3003 低空数字航空摄影测量内业规范
- [9] CH/T 3026 实景三维数据倾斜摄影测量技术规程
- [10] CH/T 8023 机载激光雷达数据处理技术规范
- [11] CH/T 9016 三维地理信息模型生产规范
- [12] CH/T 9017 三维地理信息模型数据库规范
-



中华人民共和国广西交通运输行业指南

公路工程实景三维应用规范

DBJT45/T 066-2024

广西壮族自治区交通运输厅统一印刷

版权专有 侵权必究