

中国核工业勘察设计协会文件

核设协[2024]30 号

关于中国核工业勘察设计协会立项的团体标准 《核工程无人机航空摄影测量技术规范》 公开征求意见的通知

中国核工业勘察设计协会立项的团体标准《核工程无人机航空摄影测量技术规范》已经完成草案编制工作。依照《中国核工业勘察设计协会团体标准管理办法》的相关规定，现面向会员单位和社会广泛征求意见。

烦请相关领域的专家查收《核工程无人机航空摄影测量技术规范》团体标准编写说明（详见附件 1）和《核工程无人机航空摄影测量技术规范（征求意见稿）》（详见附件 2），并于 2024 年 4 月 19 日前将《征求意见表》（详见附件 3）发送至联系人邮箱。

联系人：李林，13683818903，526209406@qq.com

感谢对中国核工业勘察设计协会团体标准工作的大力支持！

附件：

1. 《核工程无人机航空摄影测量技术规范》团体标准编写说明
2. 《核工程无人机航空摄影测量技术规范》（征求意见稿）
3. 征求意见表

中国核工业勘察设计协会

2024年3月19日



抄 送：理事长、副理事长、秘书长、副秘书长

中国核工业勘察设计协会秘书处 2024年3月19日印发

中国核工业勘察设计协会
《核工程无人机航空摄影测量技术规范》团体标准
编制说明

一、 工作简况

（一） 任务来源

根据核设协〔2021〕80号《关于征集中国核工业勘察设计协会2022年度团体标准申报立项的通知》文件，中核勘察设计研究有限公司作为牵头单位于2021年9月26日向中国核工业勘察设计协会提出《核工程无人机航空摄影测量技术规范》立项申请。根据核设协〔2022〕29号《关于〈核电站施工控制网建造测量标准〉等14项团体标准立项的通知》同意本团体标准立项，2022年3月25日经公示后正式立项。项目立项编号：CNIDA-LX-2022-004，完成周期12个月。

（二） 标准制定的目的和意义

目前核工程无人机航空摄影测量相关规范仅《核电厂工程测量规范》（GB 50633-2010），满足不了核工程迅速发展进步的需求，本标准的目的是统一核工程无人机航空摄影测量工作程序，明确各环节的质量控制要求，规定了核工程无人机航空摄影测量所采用的方法、工作内容、质量技术要求、资料整理要求。

（三） 编制过程

1. 起草单位及主要起草人

2021年9月，本标准立项申请确定了主、参编单位；2022年4月明确了编制组成员及任务分工。

主编单位：中核勘察设计研究有限公司

参编单位：核工业航测遥感中心、国核电力规划设计研究院有限公司、融纬勘测有限公司、核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司、河北中核岩土工程有限责任公司。

主要起草人：苗长伟、李林、何光源、张宇、李世烜、黄善明、孔令鹏、董建军、朱玉祥、马若璇、王晓雯、杨海成、武伟、顾志强、王昆、常頔、张高峰、郭霞、俞祥清、刘朋、张乾。

2. 大纲编制

该标准列入拟申请报批标准计划后，主编单位积极组织各参编单位开展准备活动，认真收集分析国内相关标准、规范、规定、规程资料，起草标准编制大纲和项目实施工作计划，初步拟定了标准框架内容，并筹备成立标准编制组。

2022年4月2日，中核勘察设计研究有限公司主持召开了第一次标准编制工作视频会议，经会议讨论成立了标准编制组。会议初步确定了本规程基本框架结构和各章节内容，明确了标准编制后续计划和单位分工。

3. 大纲评审

2022年10月27日编写组向团标评审平台系统上传了编制大纲，11月17日收到7位专家评委意见总计27条，编写组针对评委意见逐一进行了分析和处理。2022年12月13日中国核工业勘察设计协会工程勘察专业委员会组织进行了大纲专家评审会，会议上主编单位就大纲编写情况、目录结构、初审意见及处理情况进行了一一汇报，评委针对标准编制的背景、目的、工作基础、章条安排、附录内容、编写内容及编制组的分工进行了评议，一致通过评审，并形成会议纪要。2022年12月27日编写组向团标

评审平台上传了大纲终稿、大纲意见汇总处理表及大纲评审会议纪要，并通过平台审核。

4. 征求意见稿编写

标准大纲通过评审并经平台审核通过后，编写组按照分工编写标准讨论稿。2023年11月24日，编写组召开视频会议对讨论稿进行讨论，会议对讨论稿尚存在的问题达成最终修改意见。在此基础上形成征求意见稿，并于2024年3月8日将标准征求意见稿、编制说明上传至团标评审平台。

二、 标准编制原则和主要内容

（一）编制原则

涉核工程目前是安全等级最高的工程类型之一，目前核工程无人机航空摄影测量相关规范仅《核电厂工程测量规范》（GB 50633-2010），满足不了核工程迅速发展进步的需求。统一核工程无人机航空摄影测量工作程序、明确各环节的质量控制要求，确保为核工程无人机航空摄影测量提供准确、可靠的数据支撑。

（二）主要内容

本标准按照 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。标准共分为12章节6个附录，主要内容包括：范围，规范性引用文件，术语、符号和缩略语，基本规定，无人机航空摄影，像片控制点，空三加密，数字正射影像图，数字高程模型，实景三维模型，数字线划图，调绘，附录。

三、 主要试验（或验证）情况

无。

四、 标准中涉及专利的情况

标准中没有涉及专利的问题。

五、 预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

制定中国核工业勘察设计协会团体标准《核工程无人机航空摄影测量技术规范》，统一核工程无人机航空摄影测量工作程序、明确各环节的质量控制要求，确保为核工程无人机航空摄影测量提供准确、可靠的数据支撑。

六、 与国际、国外标准对比情况

未收集到国际、国外相关标准。

七、 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准的编制，以《中华人民共和国核安全法》、《中华人民共和国测绘法》等法律法规为依据，充分参考国家强制性标准《工程测量标准》GB 50026、《核电厂工程测量技术规范》GB 50633、《工程摄影测量规范》GB 50167、《工程测量通用规范》GB 55018；推荐性国家标准《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923、《国家基本比例尺地形图分幅和编号》GB/T 13989、《地理空间数据交换格式》GB/T 17798、《数字地形图系列和基本要求》GB/T 18315、《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356、《航空摄影技术设计规范》GB/T 19294、《国家基本比例尺地图图式 第1部分：1:500、1:1000、1:2000 地形图式》GB/T 20257.1、《IMU/GNSS辅助航空摄影技术规范》GB/T 27919、《数字航空摄影规范》GB/T 27920.1、《倾斜数字航空摄影技术规程》GB/T 39610、《低空数字航摄与数据处理规范》GB/T 39612；行业标准《测绘技术设计规定》CH/T 1004、《基础地理信息数字产品元数据》CH/T 1007、《航空摄影成果质量检验技术规程第2部分：框幅式数字航空摄

影》CH/T 1029.2、《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》CH/T 2009、《低空数字航空摄影测量内业规范》CH/T 3003、《低空数字航空摄影测量外业规范》CH/T 3004、《低空数字航空摄影规范》CH/T 3005、《数字航空摄影测量控制测量规范》CH/T 3006、《数字航摄仪检定规程》CH/T 8021、《基础地理信息数字成果 1:500、1:1000、1:2000 数字高程模型》CH/T 9008.2、《基础地理信息数字成果数据组织及文件命名规则》CH/T 9012 等技术标准，并进行扩展，与以上标准内容不冲突。

八、 重大分歧意见的处理经过和依据

标准在起草过程中未遇到重大分歧意见。

九、 标准性质的建议说明

团体标准为自愿性标准。

十、 贯彻标准的要求和措施建议

标准经批准后，由团标办公室统一编号、协会发布，并在协会网站和全国团体标准信息平台上发布。

十一、 废止现行相关标准的建议

标准为首次制定。

十二、 必要专利信息披露情况说明

无。

十三、 其他应予说明的事项

无。

《核工程无人机航空摄影测量技术规范》编写组

2024 年 03 月 01 日

团 体 标 准

T/CHINA XXX-202X

核工程无人机航空摄影测量技术规范

Technical Specification for Aerial Photogrammetry by Unmanned Aerial
Vehicle in Nuclear Engineering

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施中国

核工业勘察设计协会发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、符号和缩略语	2
3.1 术语	2
4 基本规定	3
5 无人机航空摄影	4
5.1 资料收集和分析	4
5.2 测区踏勘	4
5.3 技术设计	4
6 像片控制点	5
6.1 像片控制点选点要求	5
6.2 像片控制点布设要求	5
6.3 像片控制点测量	7
7 空三加密	7
7.1 一般规定	7
7.2 工作基本流程	8
7.3 成果质量检查	11
7.4 成果提交	11
8 数字正射影像图	11
8.1 一般规定	11
8.2 工作基本流程	12
8.3 成果要求	12
8.4 精度要求	14
8.5 影像质量	15
8.6 图廓整饰	15
8.7 数据存储	15
8.8 文件命名	15
8.9 质量检验	15

8.10 成果提交	15
9 数字高程模型	16
9.1 一般规定	16
9.2 工作基本流程	16
9.3 成果要求	17
9.4 质量检查	19
10 实景三维模型	20
10.1 一般规定	20
10.2 工作基本流程	20
10.3 成果质量检查	22
10.4 资料整理	22
11 数字线划图	23
11.1 一般规定	23
11.2 立体像对测制数字线划图	24
11.3 三维模型测制数字线划图	25
11.4 数字线划图质量成果检查	25
12 调绘	25
12.1 一般要求	25
12.2 工作基本流程	25
12.3 调绘底图	26
12.4 补测	26
12.5 调绘接边	27
附录 A(资料性)相机与像空间坐标系的关系示意图、相机安装方位示意图	28
附录 B(资料性)航摄飞行记录表	29
附录 C(资料性)旋角计算示意图	30
附录 D(资料性)航摄分区示意图和航线示意图	31
附录 E(资料性)摄区完成情况图	33
附录 F(资料性)像片控制点成果表与点之记样例	35

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。

本文件共分 12 个章节 6 个附录，主要有：范围，规范性引用文件，术语、符号和缩略语，基本规定，无人机航空摄影，像片控制点，空三加密，数字正射影像图，数字高程模型，实景三维模型，数字线划图，调绘等。

本文件由中国核工业勘察设计协会提出。

本文件由中国核工业勘察设计协会团体标准办公室归口。

本文件主编单位、参编单位编制组成员：

主编单位：中核勘察设计研究有限公司

参编单位：核工业航测遥感中心

国核电力规划设计研究院有限公司

融纬勘测有限公司

核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司

河北中核岩土工程有限责任公司

编制组成员：苗长伟 李 林 何光源 张 宇 李世烜 黄善明 孔令鹏 董建军
朱玉祥 马若璇 王晓雯 杨海成 武 伟 顾志强 王 昆 常 嶝
张高峰 郭 霞 俞祥清 刘 朋 张 乾

核工程无人机航空摄影测量技术规范

1 范围

为统一核工程无人机航空摄影测量工作程序，明确各环节的质量控制要求，特制订本文件。

本文件规定了核工程无人机航空摄影测量所采用的方法、工作内容、质量技术要求、资料整理要求。

本文件适用于核工程无人机航空摄影测量 1:500、1:1000 和 1:2000 比例尺数字正射影像，数字高程模型，实景三维模型和数字线划图等成果的生产工作，其他比例尺的生产可参照执行。

本文件适用于核工程无人机航空摄影测量工作，其它核设施如核供热厂、实验堆、研究堆、核燃料后处理厂可参照执行。

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 50026 工程测量标准
- GB 50633 核电厂工程测量技术规范
- GB 50167 工程摄影测量规范
- GB 55018 工程测量通用规范
- GB/T 13923 基础地理信息要素分类与代码
- GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号
- GB/T 17798 地理空间数据交换格式
- GB/T 18315 数字地形图系列和基本要求
- GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收
- GB/T 19294 航空摄影技术设计规范
- GB/T 20257.1 国家基本比例尺地图图式 第 1 部分:1:500、1:1000、1:2000 地形图式
- GB/T 24356 测绘成果质量检查与验收
- GB/T 27919 IMU/GNSS 辅助航空摄影技术规范
- GB/T 27920.1 数字航空摄影规范
- GB/T 39610 倾斜数字航空摄影技术规程
- GB/T 39612 低空数字航摄与数据处理规范
- CH/T 1004 测绘技术设计规定
- CH/T 1007 基础地理信息数字产品元数据

CH/T 1029.2 航空摄影成果质量检验技术规程第2部分：框幅式数字航空摄影
CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范
CH/T 3003 低空数字航空摄影测量内业规范
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 3006 数字航空摄影测量控制测量规范
CH/T 8021 数字航摄仪检定规程
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
CH/T 9012 基础地理信息数字成果数据组织及文件命名规则

3 术语、符号和缩略语

下列术语、符号适用于本文件。

3.1 术语

3.1.1

航高 flight height

摄影平台相对于摄影基准面的垂直距离。摄影基准面是平均海平面时叫绝对航高，摄影基准面是某一基准面时叫相对航高。

3.1.2

航偏角 yaw angle

飞机沿机头方向的水平投影与地轴的夹角，即实际航向与计划航向之间以重力方向为轴转动的角度。

3.1.3

横滚角 roll angle

飞行器横轴与水平线之间的夹角，即飞机以航线方向为轴转动的角度。

3.1.4

地面分辨率 ground resolution

像片上一个像素对应的地面实际距离的长度，也叫空间分辨率，是遥感图像上能够显示的探测地物最小尺寸，一般以米为单位。

3.1.5

航向重叠度 longitudinal overlap, end overlap

沿飞行方向，相邻像片同名影像重叠的长度与像幅长度之比，通常以百分比表示。

3.1.6

旁向重叠度 lateral overlap, side overlap

垂直于飞行方向，相邻像片同名影像重叠的长度与像幅长度之比。通常以百分比表示。

3.1.7

航线弯曲度 strip deformation

航带收尾两端像主点的直线距离 L ，与偏离该直线最远的像主点到该直线的垂距 δ 之比。

即实际航迹与航线首末端像主点连线的偏离程度。

3.1.8

航测比例尺 aerial scale

图像上线段长度与实际地面长度之比。

3.1.9

像控点 photo-control point

无人机航空摄影测量时，在测区内建立的具有标志性的真实坐标点。

3.1.10

检查点 checkpoint

已知真实坐标的点，用于检验测量结果的精度。

3.1.11

空三加密 aerial triangulation

全称是空中三角测量，依据像片与地面之间的几何关系，利用已知像方和物方坐标的少量野外控制点，在室内进行控制点加密，求得加密点的高程和平面位置，从而测定测区内所有影像的外方位元素。

3.1.12

正射影像图 digital orthophoto map, DOM

利用数字高程模型对扫描数字化的(或直接以数字方式获取的)航空像片(或卫星影像)，经数字微分纠正、数字镶嵌，再根据图幅范围剪切生成的影像数据集，是我国基础地理信息数字产品的重要组成部分之一。

3.1.13

数字高程模型 digital elevation model, DEM

是定义在 x 、 y 域离散点(规则或不规则)上以高程表达地面起伏形态的数字集合，用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种数字地面模型。

3.1.14

数字线划图 digital line graph, DLG

以点、线、面形式或地图特定图形符号形式，表达地形要素的地理信息矢量数据集。点要素表示为一组坐标及相应的属性值；线要素表示为一串坐标组及相应的属性值；面要素表示为首尾点重合的一串坐标组及相应的属性值。

3.1.15

实景三维模型 Realistic 3D modeling

是对人类生产、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，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。

4 基本规定

4.1 无人机航空摄影测量工作所使用的仪器设备应经检查、校准或检定；

- 4.2 平面坐标系应采用 2000 国家大地坐标系坐标系；如有必要时，可采用独立坐标系。投影、高程系统按 GB / T 18315 执行。
- 4.3 地形图的分幅与编号应按 GB/T 13989 的规定执行，确有必要时，亦可采用自由分幅和编号。
- 4.4 核工程无人机航空摄影工作流程见图 4.4。

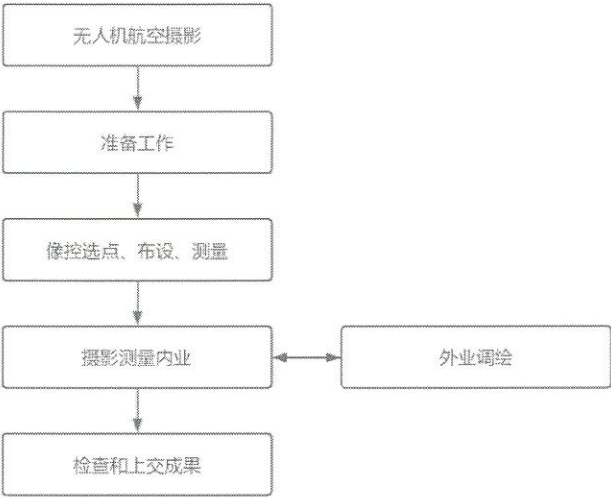


图 4.4 核工程无人机航空摄影流程图

5 无人机航空摄影

5.1 资料收集和分析

主要收集以下资料：

- a) 航摄资料，包括影像、摄站点坐标和姿态、航摄分区、飞行时航线、相机参数等，检查航摄资料的现势性、有无像主点落水、困难区域（大面积沙漠、戈壁、沼泽、森林、湖泊、河流、滩涂等）的分布、有无 GNSS 或 GNSS/IMU 辅助航摄、有无航摄漏洞等；
- b) 基础控制成果，包括基础控制点点位信息、点之记、平面和高程基准、施测单位和年代、作业时采用的标准、成果的质量情况、坐标转换资料等，并根据基础控制点的数量和分布，确定使用价值和使用方案；
- c) 各种现势性较强的地图资料，如相关的地形图、交通图、水利图、电力图、行政区划图、地名录等；
- d) 对资料分析后发现问题应及时采取适当措施进行处理。

5.2 测区踏勘

外业实施前宜了解影响航摄的因素，了解测区内与像控测量、调绘等有关的各方面情况，了解测区内和周边基础控制点的完好情况，根据需要编写踏勘报告。

5.3 技术设计

按 GB/T 19294 和 CH/T 1004 的规定以及项目总体要求，结合业主的技术要求、收集到的资料和现场踏勘情况编写技术设计书，经作业单位审核后提交业主审查。其中像片控制点的布设、测量、点之记和成果等以及外业调绘应符合本文件的相应规定。特殊情况不能达到本文件的相关规定时，应明确说明原因，采取相应的保障措施，并通过项目委托单位的审核批准。

6 像片控制点

6.1 像片控制点选点要求

a) 像片控制点的目标影像应清晰，易于判读刺点和立体量测，如选在交角良好（ $30^{\circ} \sim 150^{\circ}$ ）的细小线状地物交点、明显地物拐角点、地面标志线的角点、原始影像中不大于 6×6 像素的点状地物中心，同时应是高程起伏较小、常年相对固定且易于准确定位和量测的地点。弧形地物，阴影、高大建筑物以及高大树木附近，与周边不易区分的地点等不应选作点位目标；

b) 像片控制点宜选在像片旁向重叠中线附近，尽量远离像片边缘。

6.2 像片控制点布设要求

6.2.1 基本要求

像片控制点的布设可分为单航线布点或区域网布点。

区域网布点应满足以下基本要求：

a) 区域网的划分应依据成图比例尺、地面分辨率、测区地形特点、航摄分区的划分、测区形状等情况全面进行考虑，根据具体情况选择最优实施方案；

b) 区域网的图形宜呈矩形；

c) 区域网的大小和像片控制点之间的跨度以能够满足空中三角测量精度要求为原则；

d) 相邻像对和相邻航线之间的控制点宜公用；

e) 特殊困难地区（大面积沙漠、戈壁、沼泽、森林、湖泊、河流、滩涂、岛礁等）的可到达区域，应适当增加像片控制点数量。

单航线布点应满足以下基本要求：

单航线布点的图形宜呈“Z”型或“S”型，其余基本要求与区域网布点的基本要求一致。

6.2.2 无 GNSS 辅助航摄、无 IMU/GNSS 辅助航摄的区域网像片控制点的布设

对于两条和两条以上的平行航线采用区域网布点时，要求如下：

a) 航向相邻控制点的基线跨度应不超过表 6.2.2-1 的规定：

表 6.2.2-1 航向相邻像片控制点的基线跨度

比例尺	基线跨度
1:500	3
1:1000	4
1:2000	6

注：仅测制 DOM 时，基线跨度可放宽至 2 倍。

b) 旁向相邻控制点的航线跨度应不超过表 6.2.2-2 的规定：

表 6.2.2-2 旁向相邻像片控制点的航线跨度

比例尺	航线跨度
1:500	3
1:1000	3
1:2000	3
注：仅测制 DOM 时，航线跨度可放宽至 2 倍。	

6.2.3 有 GNSS 辅助航摄、有 IMU/GNSS 辅助航摄的区域网像片控制点的布设

采用 GNSS 或 IMU/GNSS 辅助航摄时，除应满足 GB/T 27919 规范要求外，还应满足以下要求：

a) 像片控制点连线应完全覆盖成图区域，且全部布设平高点；

b) 像片控制点采用角点布设法，即在区域网凸角转折处和凹角转折处布设平高点，区域网中应至少布设 1 个平高点，实际布设时航向相邻像片控制点的基线跨度不应超过表 6.2.3-1 的规定，旁向相邻像片控制点的航线跨度不应超过表 6.2.3-2 的规定；

c) 当有构架航线时，航向相邻像片控制点的基线跨度、旁向相邻像片控制点的航线跨度可适当放宽。

表 6.2.3-1 航向相邻像片控制点的基线跨度

比例尺	基线跨度
1:500	12
1:1000	15
1:2000	20
注：仅测制 DOM 时，基线跨度可放宽至 2 倍。	

表 6.2.3-2 旁向相邻控制点的航线跨度

比例尺	航线跨度
1:500	6
1:1000	6
1:2000	6
注：仅测制 DOM 时，航线跨度可放宽至 2 倍。	

6.2.4 单航线像片控制点的布设

采用单航线布点时，相邻控制点间的航向跨度可参照本文件 6.2.2 的规定设计，在需布点像片的上下标准点位处均需布设控制点。

6.2.5 全野外像片控制点的布设

全野外像片控制点的布设按照 CH/T 3006 要求执行。

6.2.6 特殊情况的像片控制点的布设

a) 当摄区像主点、标准点位落水，或处于海湾岛屿地区、航摄漏洞等区域时，视具体

情况以满足空中三角测量和立体测图要求为原则布设控制点，具体方法按照 CH/T 3006-2011 的 6.3.2.3 要求执行；

b) 测区内普遍难以找到合适的像片控制点目标时，航摄前应铺设地面标志。

6.3 像片控制点测量

6.3.1 测量精度

像片控制测量精度应满足以下要求：

a) 像片控制点相对邻近基础控制点的平面位置中误差不应超过地物点平面位置中误差的 $1/5$ 、高程中误差不应超过基本等高距的 $1/10$ 。特殊困难地区（大面积沙漠、戈壁、沼泽、森林、湖泊、河流、滩涂，以及登岛困难的岛礁等），像片控制点的平面位置中误差和高程中误差可相应放宽 0.5 倍；

b) 像片控制点最大误差为 2 倍中误差。

6.3.2 像片控制点测量与数据处理

a) 采用 GPS、电磁波测距附和导线和支导线等方法测定，测量方法和要求按照 CH/T 3006-2011 的第 7 章执行，测量精度应符合本规范第 6.3.1 的规定；

b) 根据现场情况确认刺点位置是否满足像片控制点刺点和观测要求。如不满足时可与内业沟通在附近重新选点；

c) 像片控制点测量时，拍摄像片控制点的现场照片，分别为清晰地反映像片控制点与周边地物相对方位关系的现场照片、清晰地反映像片控制点实地准确位置的现场照片。

d) 测量后应对像片控制点测量成果进行检查、并据情况进行坐标转换，坐标转换成果应使用未参与坐标转换参数计算的点位进行检核；

e) 将像片控制点的最终成果数据整理、制作像片控制点成果表，格式见附录 C 像片控制点成果表；

f) 点之记、刺点片、像控点成果表宜制作成电子数据。

6.3.3 飞行质量应符合下列规定：

a) 航向重叠宜为 $60\% \sim 65\%$ ，且不得大于 75% ，不应小于 53% 。

b) 旁向重叠宜为 $30\% \sim 35\%$ ，且不应小于 15% 。航线间不得有相对漏洞和绝对漏洞。

c) 像片倾角不宜大于 2° ，且不应大于 4° 。

d) 旋偏角不宜大于 6° ，且不应大于 10° 。在同一航线上达到或接近最大旋偏角的像片不得连续超过三片。

e) 航线弯曲度不应大于 3% 。

f) 航线偏离图幅中心线不应大于像片上 3cm 。

g) 一条航线最大和最小航高之差不得超过 30m ，分区实际航高与预定航高之差不应大于航高的 5% 。

7 空三加密

7.1 一般规定

7.1.1 区域网平差计算结束后，连接点对最近野外控制点的平面位置中误差、高程中误差

不得大于表 1 的规定。连接点的中误差一般采用检查点（多余像片控制点）的中误差进行估算，具体要求见表 7.1.4。

7.1.2 特殊困难地区（大面积沙漠、戈壁、沼泽、森林等）的平面和高程中误差均可放宽至 1.5 倍，应在技术设计书中明确规定。

7.1.3 1:500 成图，平地、丘陵地连接点平面位置中误差、高程中误差不能满足表 1 规定的精度时，应采用平高全野外控制布点 1:1000 与 1:2000 成图，连接点平地高程中误差不能满足表 7.1.4 规定的精度时，应采用高程全野外控制布点。

7.1.4 仅生产 DOM 产品时，连接点平地、丘陵地高程中误差可放宽至 2 倍。

表 7.1.4 连接点对最近野外控制点平面位置与高程中误差

单位：m

成图比例尺	平面位置中误差				高程中误差			
	平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1:500	0.2	0.2	0.28	0.28	0.15	0.28 (0.15)	0.35	0.5
1:1 000	0.4	0.4	0.55	0.55	0.28 (0.15)	0.35	0.5	1.0
1:2 000	0.8	0.8	1.1	1.1	0.28 (0.15)	0.35	0.8	1.2

注：表中加括号处为 0.5m 等高距的高程中误差。

7.1.5 检查点的平面位置中误差、高程中误差分别按公式(1)、(2)计算。

$$m_s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i^2 + \Delta y_i^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$m_h = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta h_i^2)} \dots\dots\dots(2)$$

式中：
 m_s —检查点平面位置中误差，单位为米(m)；
 m_h —检查点高程中误差，单位为米(m)；
 Δ —检查点野外实测值与解算值的差值，其中， $\Delta x_i, \Delta y_i$ 为检查点的平面坐标较差， Δh_i 为检查点的高程较差，单位为米(m)；
n—参与评定精度的检查点数，一幅图应至少有一个检查点。

7.2 工作基本流程

7.2.1 连接点匹配

a) 连接点一般为自动匹配获得，当自动匹配困难时，应人工加刺；

- b) 每个像对连接点应分布均匀, 连接点数目一般不少于 30 个;
- c) 标准点位区落水时, 应沿水涯线均匀选择连接点;
- d) 航线连接点宜 3 度重叠, 旁向连接点宜 6 度重叠;
- e) 人工加点时, 连接点距离影像边缘不应小于 15 个像素;
- f) 自由图边在图廓线以外应有连接点。

7.2.2 相对定向与模型连接

a) 相对定向连接点上下视差中误差不应大于 1/2 个像素, 连接点上下视差最大残差不应大于 1 个像素, 特别困难资料或地区可放宽 0.5 倍。

b) 模型连接较差限值可按照公式(3)、公式(4)计算, 高程较差限值一般不大于 1/2 倍等高距。

$$\Delta S = 0.06 \times m_{\text{像}} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

ΔS —平面位置较差, 单位为米(m);

$m_{\text{像}}$ —像片比例尺分母。

$$\Delta Z = 0.04 \times \frac{m_{\text{像}} \times f_k}{b} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

ΔZ —高程较差, 单位为米(m);

$m_{\text{像}}$ —像片比例尺分母;

f_k —航摄仪焦距, 单位为毫米(mm);

b —像片基线长度, 单位为毫米(mm)。

7.2.3 自由网平差

自由网平差后像点坐标残差不应大于 2 个像素。

7.2.4 绝对定向与区域网平差

7.2.4.1 区域网平差计算结束后, 基本定向点残差、检查点不符值、区域网间公共点较差不应大于表 7.5.4.1 的规定。

表 7.5.4.1 基本定向点残差、检查点不符值、公共点较差限值

单位: m

成图比例尺	点别	平面位置限值				高程限值			
		平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1:500	基本定向点 残差	0.15	0.15	0.2	0.2	0.11	0.21 (0.11)	0.26	0.4
	检查点 不符值	0.25	0.25	0.35	0.35	0.19	0.35 (0.19)	0.4	0.6
	公共点较差	0.4	0.4	0.55	0.55	0.3	0.56 (0.3)	0.7	1.0

1:1000	基本定向点 残差	0.3	0.3	0.4	0.4	0.21 (0.11)	0.26	0.4	0.75
	检查点 不符值	0.5	0.5	0.7	0.7	0.35 (0.19)	0.4	0.6	1.2
	公共点较差	0.8	0.8	1.1	1.1	0.56 (0.3)	0.7	1.0	2.0
1:2000	基本定向点 残差	0.6	0.6	0.8	0.8	0.21 (0.11)	0.26	0.6	0.9
	检查点 不符值	1.0	1.0	1.4	1.4	0.35 (0.19)	0.4	1.0	1.5
	公共点较差	1.6	1.6	2.2	2.2	0.56 (0.3)	0.7	1.6	2.4
注：表中加括号处为 0.5m 等高距的精度要求。									

7.2.4.2 仅生产 DOM 产品时，平地、丘陵地高程中误差可放宽至表 7.5.4-1 要求的 2 倍。

7.2.4.3 区域网根据航摄分区，可利用像片控制点的分布以及地形条件等情况灵活划分，可合并多个航摄分区为一个区域网。

7.2.4.4 平差计算时应对连接点、像片控制点进行粗差检测，应剔除或修测检测出的粗差点。

7.2.4.5 对于 IMU/GNSS 辅助空中三角测量和 GNSS 辅助空中三角测量，应导入摄站点坐标、像片姿态参数进行联合平差。

7.2.4.6 当采用自检校区域网平差消除系统误差时，应满足以下要求：

a) 像点坐标改正量大于 1 个像素时，应输出相机检校报告或直接输出根据自检校参数纠正后的影像；

b) 相机检校报告应包含自检校模型和模型对应的各参数值。

c) 水系区域的平差应注意以下要求：

d) 应把野外施测的水位点高程换算至摄影时期的水位高程，作为控制定向点直接参与平差计算；

e) 平差计算后，根据野外施测的水位点和内业测量的水位点，在立体观测下，根据地势变化状况，加减配赋改正，其加减改正数不应大于平地连接点高程中误差。

7.2.4.7 接边原则应满足以下要求：

a) 同比例尺、同地形类别像片、航线、区域网之间的公共点接边，平面和高程较差不大于表 7.5.4-1 的规定，取中数作为最后的使用值。

b) 同比例尺、不同地形类别接边时，平面位置较差不大于表 7.5.4-1 规定的连接点平面位置中误差之和，高程较差不大于表 7.5.4-1 规定的连接点高程中误差之和；将实际较差按中误差的比例进行配赋作为平面和高程的最后使用值。

c) 不同比例尺接边，平面位置较差不大于表 7.5.4-1 规定的连接点平面位置中误差之和，高程较差不大于表 7.5.4-1 规定的连接点高程中误差之和；将实际较差按中误差的比例进行配赋作为平面和高程的最后使用值。

d) 与已成图或出版图接边，当较差小于上述规定限差的二分之一时以已成图或出版图为准；当较差大于上述规定限差二分之一，但小于规定限差时，应取中数作为最后使用值；超限时，要认真检查原因，确系已成图或出版图错误，直接采用当前成果，在图历簿中注明。

e) 不同投影带之间公共点平面坐标接边，首先换算成同一带坐标值，在规定限差内取中数，然后再将中数值换算成邻带坐标值。

7.2.4.8 根据需要从连接点中选择精度较高的点作为测图定向点。

7.2.4.9 根据需要进行单模型绝对定向，检查测图定向点残差，若超限应进行人工修测。

7.3 成果质量检查

空中三角测量质量成果的质量元素包括：数据质量、布点质量、资料质量。

7.3.1 数据质量的检查项包括：

数学基础：大地基准、高程基准、地图投影等；

数学精度：基本定向点、检查点、公共点平面位置和高程精度，区域网间公共点较差、公共点中误差、公共点使用值符合性；

计算质量：内定向精度、相对定向精度、区域网划分合理性、控制点量测准确性、利用GNSS辅助空三数据的正确性。

7.3.2 布点质量的检查项包括：

控制点布设符合性、连接点分布符合性、加密点分布符合性。

7.3.3 资料质量的检查项包括：

资料完整性、资料正确性、整饰质量。

7.4 成果提交

空中三角测量成果按照以下内容整理并上交：

- a) 相机参数文件或检校报告；
- b) 像片外方位元素；
- c) 畸变纠正后影像；
- d) 测图定向点像片坐标和大地坐标；
- e) 测区加密分区图；
- f) 空三加密报告；
- g) 其他相关资料。

8 数字正射影像图

8.1 一般规定

数字正射影像（digital orthophoto）是将地表航空航天影像经垂直投影而生成的影像数据集。参照地形图要求对正射影像数据按图幅范围进行裁切，配以图廓整饰，即成为数字正射影像图（digital orthophoto map, 简称DOM），它具有像片的影像特征和地形图的几何精度，是国家基础地理信息数字成果的主要组成部分之一。

8.1.1 成果构成

数字正射影像图由数字正射影像数据（包括影像定位信息）、元数据及相关文件构成。相关文件指需要随数据同时提供的信息，如图廓整饰等。

8.1.2 成果分类

数字正射影像图按颜色分为两类，其分类及代号见表 8.1.2。

表 8.1.2 数字正射影像图分类及代号

分类	代号
全色	D
彩色	C

8.2 工作基本流程

8.2.1 纠正

利用精度满足 CH/T9008.2 规定的数字高程模型，对影像数据进行数字微分纠正，生成像片数字正射影像。纠正范围选取像片的中心部分，同时保证像片之间有足够的重叠区域进行镶嵌。平地、丘陵地一般采用隔片纠正，居民地密集区采用逐片纠正，山地、高山地一般采用逐片纠正。

检查像片数字正射影像的影像质量，对影像模糊、错位、扭曲、变形、漏洞等问题及现象，应查找和分析原因，并进行处理。对高架桥、立交桥、大坝等引起的影像拉伸和扭曲进行必要的处理。

8.2.2 匀色及影像处理

对影像进行色彩、亮度 and 对比度的调整处理。匀色处理应缩小影像的色调差异，使影像色调均匀、反差适中、层次分明，保持地物色彩不失真。处理后的影像不应有匀色处理的痕迹。

对影像中的脏点、划痕等问题及现象，应查找和分析原因，并进行相应的影像处理。

8.2.3 镶嵌

对相邻的像片数字正射影像应检查镶嵌的接边精度应小于 2 个像元，误差超限时应返工处理。镶嵌的接边差符合要求后，选择镶嵌线进行镶嵌处理。镶嵌线应避开大型建筑物和影像差异较大的地方，尽量选择线状地物，一般可选择河、路、沟、渠、田埂等的边沿。镶嵌后的影像应确保无明显拼接痕迹，过渡自然，纹理清晰。

8.3 成果要求

8.3.1 数学基础

坐标系采用 2000 国家大地坐标系，确有必要时，亦可采用依法批准的独立坐标系。

地图投影采用高斯-克吕格投影，按 3° 分带，确有必要时按 1.5° 分带。

8.3.2 分幅与编号

数字正射影像图的分幅与编号应符合 GB/T20257.1 的规定。

8.3.3 分辨率

数字正射影像图影像地面分辨率应优于表 8.3.3 的规定

表 8.3.3 数字正射影像图分辨率

单位为：m

比例尺	1:500	1:1000	1:2000
地面分辨率	0.05	0.1	0.2

8.3.4 影像定位

数字正射影像是由二维相元构成的栅格数据。水平方向为行，顺序从上至下排列；垂直方向为列，顺序从左至右排列；左上角第一个像元的栅格坐标定为 $(0, 0)$ ，对于的高斯平面坐标 $(X_{起}, Y_{起})$ （见图 1）为 DOM 的起始点。一般情况下，栅格坐标系平行于平面坐标系，DOM 栅格的平面坐标值应为像元分辨率的整数倍。

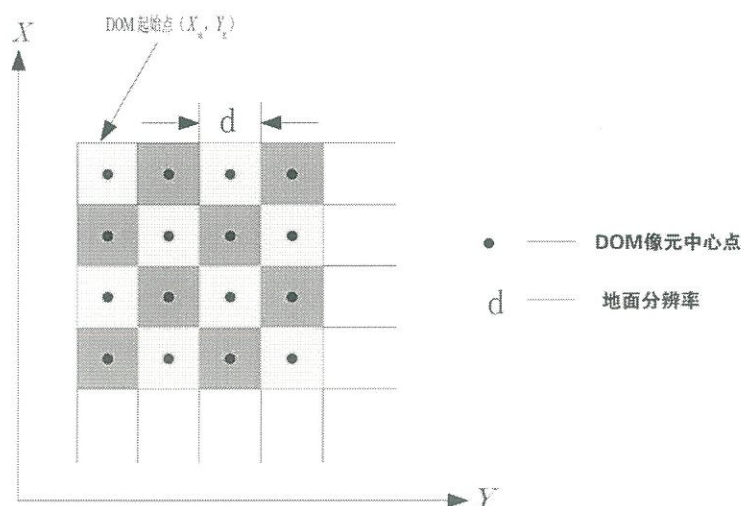


图 8.3.4 影像定位示意图

数字正射影像按正方形或矩形分幅时，以 GB/T20257.1 规定的图幅向四边扩展（图上约 10mm）提供数据；按梯形分幅时，以 GB/T20257.1 规定的图幅内图廓线最小外接矩形，向四周扩展（图上约 10mm），以矩形覆盖范围为单位提供数据。起止点坐标按式（1）、式（1）、式（2）、式（3）、式（4）计算（点位关系如图 8.3.5 所示）。

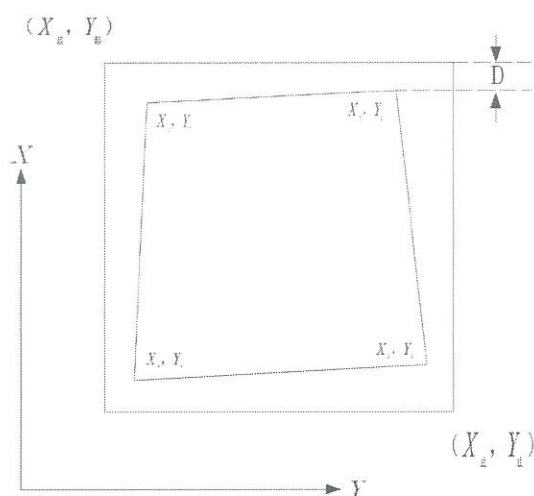


图 8.3.5 数字正射影像图起止点与图廓关系示意图

$$X_{起} = INT((MAX(X_1, X_2, X_3, X_4) + D) / d) \times d \quad (1)$$

$$Y_{起} = INT((MIN(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) - D) / d) \times d \quad (2)$$

$$Y_{止} = INT((MAX(X_1, X_2, X_3, X_4) - D) / d) \times d \quad (3)$$

$$Y_{止} = INT((MIN(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) + D) / d) \times d \quad (4)$$

式中:

$X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4$ ———— 内图廓点高斯平面坐标, 单位为米 (m);

$X_{起}, Y_{起}, X_{止}, Y_{止}$ ———— 影像起止点高斯平面坐标, 单位为米 (m);

D ———— 数字正射影像图裁切时外扩尺寸, 单位为米 (m); $D = 0.01 \times M$, M 为成图比例尺分母;

d ———— 影像地面分辨率, 单位为米 (m);

INT ———— 将数字向下舍入到最接近的整数;

MAX ———— 返回参数列表中的最大值;

MIN ———— 返回给定的参数表中的最小值。

8.4 精度要求

8.4.1 平面位置精度

数字正射影像图明显地物点的平面位置中误差不应大于表 8.6.1 规定, 平面位置中误差的两倍为其最大误差。

表 8.4.1 平面位置中误差

单位:mm (图上)

比例尺	平原、丘陵地	山地、高山地
-----	--------	--------

1:500、1:1000、1:2000	0.6	0.8
---------------------	-----	-----

8.4.2 接边

数字正射影像图应与相邻影像图接边，接边误差不应大于 2 个像元。

8.5 影像质量

8.5.1 色彩模式

根据生产使用数据源的不同，数字正射影像图的色彩模式分为全色和彩色两种形式，全色影像为 8 位（比特），彩色影像为 24 位（比特）。

8.5.2 色彩特征

整个图幅内的影像都应反差适中，色调均匀，纹理清楚，层次丰富，无明显失真，灰度直方图一般呈正态分布。

8.5.3 影像缺损

避免出现因影像缺损（如影像的纹理不清，噪声、影像模糊、影像扭曲、错开、裂缝、漏洞、污点、划痕等）而造成无法判读影像信息和精度的损失。

8.6 图廓整饰

数字正射影像图可根据需要进行图廓整饰如按设计书增加必要的要素、符号及注记等。数字正射影像图的图廓整饰及注记部分可以矢量或栅格文件或两者组合的形式存储或分层存放。

8.7 数据存储

数字正射影像图数据存储时，应按照由西向东、由北向南的顺序排列。数据格式宜满足 GB/T 17798 的要求。

8.8 文件命名

数字正射影像图元数据的内容、结构和格式应符合 CH/T 1007 的要求。

8.9 质量检验

数字正射影像图的质量检验内容包括：空间参考系、位置精度、逻辑一致性、时间精度、影像质量、附件质量。

- 空间参考系检查包括：坐标系统、投影参数；
- 位置精度检查包括：平面位置中误差、影像接边；
- 逻辑性一致检查包括：数据归档、数据格式、数据文件、文件命名；
- 时间精度检查包括：原始资料现势性和成果数据现势性；
- 影像质量检查包括：分辨率、格网参数、影像特征；
- 附件质量检查包括：元数据错漏、附属材料的完整性、正确性和权威性。

8.10 成果提交

数字正射影像图成果按照以下内容整理并上交：

- a) 分幅结合表;
- b) 数字正射影像图;
- c) 元数据、图历簿;
- d) 其他相关资料

9 数字高程模型

9.1 一般规定

数字高程模型是在一定范围内通过规则格网点描述地面高程信息的数据,用于反映区域地貌形态的空间分布,数字高程模型是国家基础地理信息数字成果的主要组成部分。

根据技术方法和测区条件,可以采用影像相关生产的像方数字高程模型(DEM)与特征数据构成不规则三角网(TIN)的方法生成DEM,也可以采用特征数据和等高线、高程注记点数据构TIN的方法生产DEM。

9.1.1 成果构成

数字高程模型成果由数字高程模型、元数据及相关文件构成。相关文件指需要随数据同时提供的说明信息,如高程推测范围等。

9.1.2 成果分级

数字高程模型成果按精度分为三级,其分级与代号见表 9.1.2

表 9.1.2 数字高程模型及代号

精度等级	代号
一级	A
二级	B
三级	C

9.2 工作基本流程

9.2.1 特征数据采集

a) 特征数据采集包括特征点线、水域线面和高程推测区等信息的采集。特征点线信息不足时,应采集等高线。

b) 特征数据宜按照图幅范围采集,采集时测标应切准地面进行三维坐标量测。

c) 特征点(如山头、洼地、鞍部、沟心、谷底等)高程采集精度应符合高程注记点的精度要求。特征线(如山脊线、山谷线、变坡线、陡坎,以及堤坝、沟渠等的上、下沿线)高程采集精度应符合等高线的精度要求。

d) 水域线面包括双河线、面状静止水域等。双线河应根据实际情况采集河岸上、下沿线。

9.2.2 数字高程模型生成

DEM 生产应满足以下要求:

- a) DEM 格网大小应符合下表 9.3.3 的规定;
- b) 易使用特征数据,等高线、高程注记点数据等参与 DEM 的生成;

c) 宜构 TIN 生成 DEM;

d) DEM 生成可根据所采用方法按以下要求进行:

- 1)可通过影像相关生成像方 DEM,并与立体模型叠合进行检查和像方编辑,对偏离地面的像方 DEM 点高程进行编辑修改,需要时可加测特征点线,使像方 DEM 点切准地面,真是反映地貌形态,林区无法切准地面时,应加植被高度改正。然后利用像方 DEM 格网点及特征数据的高程够 TIN。
- 2)可直接利用所采集的特征数据、等高线和高程点构 TIN。将 TIN 与影响匹配进行检查。对匹配不好区域加测特征点线,用量测点内插的方式消除误差,然后重构 TIN,最终使所构 TIN 的每个三角形都贴于地面,且无不合理的三角形。
- 3)按下表 9.3.3 的规定的格网间距,由 TIN 通过插值进行生产规则格网的 DEM。

9.2.3 DEM 检查和编辑

将 DEM 套合到立体模型上,检查点位是否切准地面,DEM 是否真实地反映地貌形态。当高程差大于 1 倍高程中误差时,应进行修测。面状水域的 DEM 格网点高程应符合水面高程特征及规律。

9.2.4 接边镶嵌

DEM 接边,应保证不少于 2 排同名格网点。当同名格网点高程差小于 2 倍高程中误差时,取平均值作为同名格网点最终高程;大于 2 倍高程中误差时,应分析原因,检查 DEM 数据、特征数据是否切准地面,以修改或重新生成 DEM,符合要求后重新接边。

对 DEM 进行镶嵌,检查有无漏洞,确保无拼接缝。

9.2.5 图幅裁切

按 CH/T9008.2 规定的范围裁切 DEM 数据,生成以图幅为单元的 DEM。

9.3 成果要求

9.3.1 数学基础

坐标系采用 2000 国家大地坐标系,确有必要时。亦可采用依法批准的独立坐标系。地图投影采用高斯-克吕格投影,按 3° 分带,确有必要时,亦可按 1.5° 分带。高程基准采用 1985 国家高程基准。确有必要时,亦可采用依法批准的其他高程基准。

9.3.2 数字高程模型成果的分幅与编号应符合 GB/T20257.1 的规定

9.3.3 1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型成果宜采用的格网尺寸见表 9.3.3。

表 9.3.3 数字高程模型的格网尺寸

单位:m

比例尺	格网尺寸
1:500	0.5
1:1000	1
1:2000	2

9.3.4 数字高程模型成果的精度用格网点的高程中误差表示,其精度要求见表 9.3.4。高程中误差的两倍为采样点数据最大误差。1:500、1:1000、1:2000 数字高程模型高程值应取位至 0.01m。高程值存储时可以采用浮点型或放大至整型。

表 9.3.4 数字高程模型精度指标

单位:m

比例尺	高程中误差		
	一级	二级	三级
1:500	平地 0.20	平地 0.25	平地 0.37
	丘陵地 0.40	丘陵地 0.50	丘陵地 0.75
	山地 0.50	山地 0.70	山地 1.05
	高山地 0.70	高山地 1.00	高山地 1.50
1:1000	平地 0.20	平地 0.25	平地 0.37
	丘陵地 0.50	丘陵地 0.70	丘陵地 1.05
	山地 0.70	山地 1.00	山地 1.50
	高山地 1.50	高山地 2.00	高山地 3.00
1:2000	平地 0.40	平地 0.50	平地 0.75
	丘陵地 0.50	丘陵地 0.70	丘陵地 1.05
	山地 1.20	山地 1.50	山地 2.25
	高山地 1.50	高山地 2.00	高山地 3.00

9.3.5 静止水域范围内的 DEM 高程值应一致,其高程值应取常水位高程。流动水域内的 DEM 高程应自上而下平缓过渡,并且与周围地形高程之间的关系正确、合理。

9.3.6 数字高程模型数据中心达不到规定高程精度要求的区域应划为高程推测区。

9.3.7 空白区域是指获取的数据源出现局部中断等原因无法获取高程的区域。位于空白区域内的格网高程值应赋值-9999,对空白区的处理要完整地记录在元数据中。

9.3.8 数字高程模型的格网坐标原则上平行于高斯平面坐标系,以水平方向为行,顺序从上至下排列;以垂直方向为列,顺序从左至右排列。数字高程模型数据以左下角第一个格网点的格网坐标 (0,0) 对应的高斯平面坐标 ($X_{起}$, $Y_{起}$) (见图 9.3.8) 为起始点。

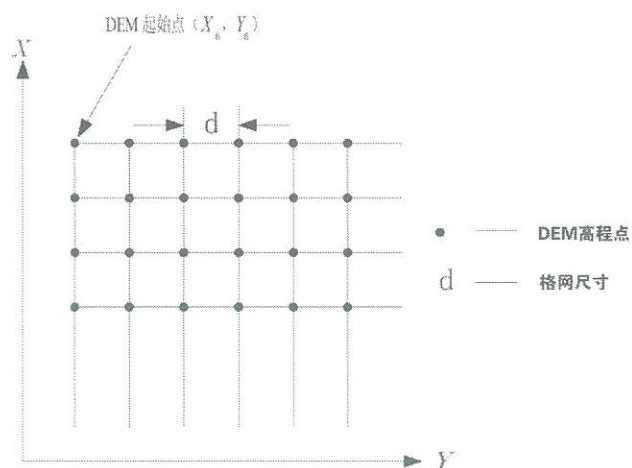


图 9.3.8 格网定位示意图

9.3.9 数字高程模型按正方形或矩形分幅时,以 GB/T 20257.1 规定的图幅向四边扩展图上

约 10mm 提供数据，按梯形分幅时，以 GB/T 20257.1 规定的图幅内图廓线最小外接矩形，向四边扩展图上约 10mm，以矩形覆盖范围为单位提供数据。起止格网点坐标按式（1）、式（2）、式（3）、式（4）计算。

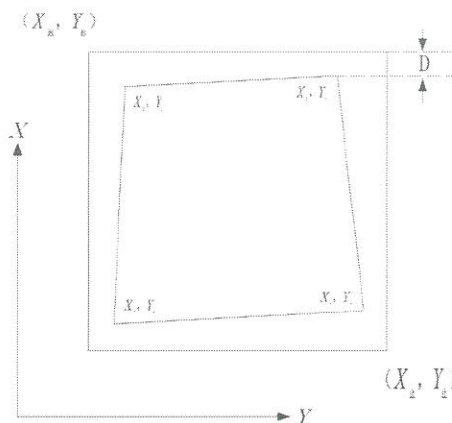


图 9.3.9 数字高程模型起止点与图廓关系示意图

$$X_{\text{起}} = \text{INT}((\text{MAX}(X_1, X_2, X_3, X_4) + D) / d) \times d \quad (1)$$

$$X_{\text{起}} = \text{INT}((\text{MIN}(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) - D) / d) \times d \quad (2)$$

$$Y_{\text{止}} = \text{INT}((\text{MAX}(X_1, X_2, X_3, X_4) - D) / d) \times d \quad (3)$$

$$Y_{\text{止}} = \text{INT}((\text{MIN}(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) + D) / d) \times d \quad (4)$$

式中：

$X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, X_4, Y_4$ ----- 内图廓点高斯坐标，单位为米（m）；

$X_{\text{起}}, Y_{\text{起}}, X_{\text{止}}, Y_{\text{止}}$ ----- 起止格网点高斯坐标，单位为米（m）；

d ----- 格网尺寸，单位为米（m）；

D ----- DEM 裁切时外扩尺寸，单位为米（m）； $D = 0.01M$ ， M 为 DEM 所对应的比例尺分母；

INT ----- 将数字向下舍入到最接近的整数；

MAX ----- 返回参数列表中的最大值；

MIN ----- 返回给定的参数表中的最小值。

9.3.10 相邻数字高程模型应接边，接边后数据应连续，接边的 DEM 格网不应出现错位现象，相邻图幅重叠范围内同一格网点的高程值应一致。

9.4 质量检查

数字高程模型的质量检验内容包括：空间参考系、位置精度、逻辑一致性、时间精度、栅格质量、附件质量；

空间参考系检查包括：坐标系统、高程基准、投影参数；

高程精度检查包括：高程中误差、套和差、同名格网高程值；
逻辑性一致检查包括：数据归档、数据格式、数据文件、文件命名；
时间精度检查包括：原始资料现势性和成果数据现势性；
栅格质量检查包括：格网尺寸、格网范围；
附件质量检查包括：元数据错漏、附属材料的完整性、正确性和权威性。

10 实景三维模型

10.1 一般规定

实景三维模型数据获取和处理应遵循以下规定：

- a) 使用无人机平台应严格遵守国家民航局的有关规定，并严禁在禁飞区飞行、无执照飞行等影响空域安全的行为；
- b) 实景三维建模工程所使用的软件应经实际检验有效；
- c) 实景三维建模工程使用的测量测绘仪器应经相关部门检定，并应具备有效力的仪器检定证书。

10.1.1 倾斜数码相机性能要求

倾斜数码相机的基本性能应满足一下要求：

- a) 各相机的内方位元素和相机畸变参数可精确测定；
- b) 单个相机的像素不低于 2400 万；
- c) 多个相机组成的相机组各相机之间的相对位置和姿态关系刚性稳定；
- d) 各相机曝光时间差不大于 120ms；
- e) 倾斜影像的中心点的地面分辨率不宜低于垂直影像的中心点地面分辨率。

10.1.2 倾斜数码相机检定

倾斜数码相机的检定项目和方法参照 CH/T 8021，出现下列情况之一应进行重新检定：

- a) 一个或多个相机未检定或已超过检定有效期；
- b) 经过大修或主要部件进行拆卸更换后；
- c) 在使用或运输的过程中产生剧烈震动后；
- d) 其他可能影响倾斜数码相机稳定性的情况。

10.1.3 机载 IMU/GNSS 系统

机载 IMU/GNSS 系统应满足 GB/T 27919 的规定。无人机航摄可配置 PPK，具备条件时也可以使用 RTK，IMU 的数据记录频率不宜小于 100Hz。

10.2 工作基本流程

实景三维模型的工作基本流程主要包括：航摄计划、航摄设计、航摄实施等。

10.2.1 航摄计划

航摄计划根据项目需求制定，包括一下内容：

- a) 摄区范围与地物地貌特征；
- b) 飞行平台类型、技术参数；
- c) 垂直影像地面分辨率；

- d) 航线敷设方法、垂直影像的航向和旁向重叠度;
- e) 执行航摄任务的季节、气候和时间;
- f) 航摄仪类型、技术参数和航摄附属仪器参数;
- g) 航摄成果的类型、名称和数量等。

10.2.2 航摄设计

10.2.2.1 航摄分区的划分

划分航摄分区应遵循以下原则:

- a) 航摄区域划分参考 GB/T 27920.1;
- b) 在满足分辨率和重叠度要求的前提下, 航摄分区尽可能少。

10.2.2.2 摄区、分区航线覆盖要求

摄区、分区航线覆盖的要求如下:

- a) 摄区的航向覆盖应超出摄区边缘线不少于 $1/(1-\alpha)$ 条基线数, α 为航向重叠度;
- b) 摄区的旁向覆盖应超出摄区边缘线不少于 $1/(1-\beta)$ 条航线, β 为旁向重叠度;
- c) 分区覆盖的要求与摄区覆盖要求相同。

10.2.2.3 航线敷设要求

航线敷设应遵循以下原则:

- a) 航线按摄区大致走向敷设, 尽可能减少航线数量;
- b) 对于建筑物低矮、稀疏区域可根据大部分建筑物分布、朝向以及地形敷设;
- c) 对于建筑物高大、密集区域宜适当加大航向、旁向重叠度。

10.2.2.4 航摄季节、时间的选择

航摄季节和航摄时间的选择应遵循以下原则:

- a) 航摄应选择摄区内气象条件有利的季节, 应尽量避免或减少积雪、洪水、扬沙等对摄影的不利影响, 确保航摄影像能够真实地显现地表细部特征;
- b) 航摄时间一般根据 GB/T 39610 规定的摄区太阳高度角或阴影倍数确定;
- c) 陡峭山区和高层建筑物密集区宜在当地正午前后各 1 小时内摄影。

10.2.2.5 影像重叠度要求

影像重叠度要求如下:

- a) 垂直影像: 航向重叠度一般不低于 60%; 旁向重叠度一般不低于 40%; 在地形变化急剧、高层建筑物密集区适当增加航向和旁向重叠度;
- b) 倾斜影像: 当满足垂直影像重叠度后, 倾斜影像的航向、旁向重叠度不做要求。

10.2.3 航摄实施

10.2.3.1 飞行质量要求

飞行质量要求参考 GB/T 39610。

10.2.3.2 影像质量要求

影像质量要求如下:

- a) 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;
- b) 影像上不应有云、云影、烟、大面积反光、污点等缺陷。虽然存在少量缺陷, 但不

影响立体模型的连接和测绘时，则认为可以用于测制线划图；

c) 因飞行器与被摄面存在相对速度，曝光瞬间造成的像点位移一般不应大于 1 个像素，最大不应大于 1.5 个像素。

10.2.3.3 IMU/GNSS

IMU/GNSS 数据处理要求如下：

- a) 垂直影像 IMU/GNSS 数据处理参考 GB/T 27919 执行；
- b) 倾斜影像 IMU/GNSS 数据处理依据垂直影像 IMU/GNSS 数据和倾斜相机与垂直相机之间的相对位置和姿态关系解算获得。

10.2.3.4 补摄

出现下列情况应进行补摄：

- a) 航摄影像出现漏洞；
- b) 高山地、建筑物密集区同一视角倾斜相机连续漏片数大于 2 张；
- c) 飞行质量、影像质量以及 IMU/GNSS 数据不满足本文件要求。

补摄时应遵循一下原则：

- a) 应采用前一次航摄飞行的同型号倾斜数字航摄仪补摄；
- b) 漏洞补摄应按原设计要求进行；
- c) 补摄航线的两端应至少超出漏洞之外不少于 2 条基线，补摄航线的两侧应至少超出漏洞之外不少于 1 条航线。

10.3 成果质量检查

10.3.1 检查项目

成果质量检查项目包括航摄设计、影像重叠度、覆盖完整性、影像倾角、影像旋角、航线弯曲度、航高保持、摄区分区覆盖完整性、影像质量、IMU/GNSS 成果、附件质量。

10.3.2 检查方法

航摄实施单位应对成果质量进行全面检查。影像重叠度、影像倾角、航高保持的检查方法应符合 GB/T 27920.1 的要求。航摄设计、影像旋角、航线弯曲度、摄区分区覆盖完整性、影像质量、附件质量的检查方法应符合 CH/T 1029.2 的要求。IMU/GNSS 成果质量检查应符合 GB/T 27919 的要求。

10.3.3 质量检查报告

检查报告、检验报告的内容、格式应符合 GB/T 24356 的要求。

10.4 资料整理

10.4.1 影像编号

影像编号参考 GB/T 39610。

10.4.2 IMU/GNSS 数据

IMU/GNSS 数据应按照以下要求执行：

- a) IMU/GNSS 数据中影像名编号与影像编号一致；
- b) IMU/GNSS 数据与影像数据一一对应；
- c) IMU/GNSS 数据需要标明坐标系统、转角系统以及相应的单位；

10.4.3 文档资料整理

文档资料整理参考 GB/T 39610。

11 数字线划图

11.1 一般规定

11.1.1 数字线划图(DLG)的数据通过无人机航空摄影测量方法获取。

11.1.2 成图软件的选用应符合下列规定：

- a) 首次使用前，应对软件的功能、图形输出的精度进行测试，并应在满足本规范要求
和工程需要后投入使用；
- b) 数据的传输通信应具有通用数据接口，数据格式应为通用格式或可转换为通用格式；
- c) 成图软件的线划与符号，应符合国家现行有关图式标准的规定。

11.1.3 根据工程的不同用途，数字线划图的比例尺可按表 11.1.3 选用。

表 11.1.3 数字线划图的比例尺选用

比例尺	用途
1:5000	可行性研究、总体规划、厂址选择、初步设计等
1:2000	可行性研究、初步设计、施工图设计等
1:1000	初步设计、施工图设计；竣工验收等
1:500	

11.1.4 地形的类别划分应符合表 11.1.4 的规定。

表 11.1.4 地形类别的划分

地形类别	划分原则
平坦地	大部分地面坡度在 2°（不含）以下地区
丘陵地	大部分地面坡度在 2°（含）~6°（不含）的地区
山地	大部分地面坡度在 6°（含）~25°（不含）的地区
高山地	大部分地面坡度在 25°（含）以上的地区

11.1.5 数字线划图的基本等高距应符合表 11.1.5 的规定。一个测区同一比例尺，宜采用
一种基本等高距。

表 11.1.5 数字线划图的基本等高距(m)

地形类别	比例尺			
	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
平坦地	0.5	0.5	1	2
丘陵地	0.5	1	2	5
山地	1	1	2	5
高山地	1	2	2	5

11.1.6 图上地物点相对于邻近平面控制点的点位中误差和地物点相对于邻近地物点的间
距中误差应符合表 11.1.6 的规定。

表 11.1.6 图上地物点平面位置精度 (mm)

地形类别	点位中误差	邻近地物点间距中误差
平坦地、丘陵地	0.5	0.4
山地、高山地	0.75	0.6

11.1.7 等高线插求点相对于邻近图根点的高程中误差应符合表 11.1.7 的规定, 困难地区的高程中误差可按表 11.1.7 的规定值放宽 0.5 倍。

表 11.1.7 等高线插求点的高程中误差

地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地
高程中误差	$1/3 \times H$	$1/2 \times H$	$2/3 \times H$	$2/3 \times H$

注:H 为基本等高距。

11.1.8 地形点的最大点位间距不应大于表 11.1.8 的规定。

表 11.1.8 地形点的最大点位间距 (m)

比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
一般地区	15	30	50	100

11.1.9 地形图上高程点的注记, 当基本等高距为 0.5m 时, 应精确至 0.01m, 当基本等高距大于 0.5m 时, 应精确至 0.1m。

11.1.10 要素的图式表达宜符合现行国家标准《国家基本比例尺地图图式 第 1 部分:1:500、1:1000、1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1 的规定。

11.1.11 数字线划图的成果文件命名宜按现行行业标准《基础地理信息数字成果数据组织及文件命名规则》CH/T 9012 的有关规定命名, 数据存储格式宜符合现行国家标准《地理空间数据交换格式》GB/T 17798 的有关规定。

11.1.12 地形图的分幅和编号应符合下列规定:

- 地形图的分幅可采用正方形或矩形方式;
- 图幅的编号宜采用图幅西南角坐标的千米数表示;
- 带状地形图或小测区可采用顺序编号;
- 对于已施测过地形图的测区, 也可沿用原有的分幅和编号。

11.2 立体像对测制数字线划图, 可用于 1:1000、1:2000、1:5000 航测成图。

11.2.1 数字线划图数据采集应符合下列规定:

- 数据采集可采用先外业调绘、后内业成图, 也可采用先内业测图、后外业调绘再编绘成图的方式;
- 对地图要素进行图形采集的同时, 宜按现行国家标准《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923 规定, 对实体以点、线、面以及注记方式进行分类采集, 并应根据要求分层存放;
- 像片测图范围不应超出图上定向点连线 10mm, 超出部分离像片边缘不应小于 10mm;
- 采集依比例尺表示地物时, 测标中心应切准轮廓线或拐角测点连线; 采集不依比例尺表示地物时, 测标中心应切准地物相应的定位点或定位线; 采集独立地物依比例尺表示时,

应实测外廓，填绘符号；不依比例尺表示时，应表示定位点或定位线；

e) 自然形态的地貌宜用等高线表示，等高线宜采用测标切准模型描绘，崩塌残蚀地貌、坡、坎和其他特殊地貌应用相应符号或用等高线配合符号表示。施工区可不绘等高线。地貌测绘时宜先测注高程点，对地形特征点应测注高程，高程点密度为图上每 100cm^2 范围内不应少于 10 点。

11.2.2 数字线划图小组接边应符合下列规定：

- a) 各小组之间应实现无缝接边；
- b) 各类地物的拼接，不应改变实际形状及相关位置，并应自然连接，同名地物属性应一致；
- c) 地貌接边不应产生变形。

11.2.3 数字线划图的内业检查，采用小组自查、小组互查和项目部检查的方法进行，内业检查采用全数检查。

11.3 三维模型测制数字线划图，可用于 1:500 航测成图。

11.3.1 数字线划图数据采集应符合下列规定：

- a) 数据采集采用先内业测图、后外业核查再编绘成图的方式；
- b) 采集地物时，利用三维测绘系统进行“裸眼”测图，采集地形图各类要素；
- c) 自然形态的地貌宜用等高线表示，等高线宜采用点云数据生成；崩塌残蚀地貌、坡、坎和其他特殊地貌应用相应符号或用等高线配合符号表示，施工区可不绘等高线。

11.3.2 数字线划图小组接边要求参照本标准 10.2.2 中的规定。

11.3.3 数字线划图的内业检查要求参照本标准 10.2.3 中的规定。

11.4 数字线划图质量成果检查

数字线划图质量成果检查参考《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356 的规定执行。

12 调绘

12.1 一般要求

调绘的主要内容分为：控制点、水系、居民地及其设施、交通、管线、境界、地貌、植被与土质、各类名称注记等。各类要素调绘的具体要求应符合 GB/T 20257.1 的规定，需要补充或修改时，应在技术设计书中明确。调绘成果使用的符号、文字宜参考 GB/T 20257.1 的要求，以方便内业人员准确判读为原则。所用符号、文字应准确恰当、清楚易读，取舍恰当、综合合理，整饰清晰。具体要求在技术设计书中明确规定，必要时采用图例说明。

12.2 工作基本流程

12.2.1 调绘前应熟悉测区像片、地形，研究测区特征，制订具体工作计划，选定工作重点区，确定调绘路线，提出具体措施。

12.2.2 可按先内业测图后外业调绘、或先外业调绘后内业测图的方式进行外业调绘。

- a) 先外后内

采用全要素调绘方式，要素的符号和注记设置以方便立体测图人员准确判读为原则，可

由技术设计书明确规定。调绘时应尽量避免要素的丢漏、属性的丢漏。

b) 先内后外

调绘前,对立体测图采集的数据进行检查,主要检查采集的所有要素是否有遗漏、空间位置关系是否正确以及综合取舍是否合理。

调绘时,对内业判读和采集数据进行实地核查,对差错漏等进行修改,补测立体测图无法或不能准确采集的要素,如新增地物、阴影区地物、隐蔽部位、地形复杂部位等。并实地补测内业无法获取的地理名称、地貌要素属性和注记等。当属性内容注记需要调整时,应在专业设计书中明确,最终形成调绘成果。

12.2.3 调绘前,对立体测图采集的数据进行检查,主要检查采集的数据是否正确、有无遗漏以及综合取舍是否合理。

12.2.4 调绘人员要认真仔细的校对图面上表示的地物,做到跑到、看到、量到、表示到,逐块逐片清理,描绘清楚无误。并进行必要的定性或定量的补测。

12.2.5 调绘成果应在内业以及外业全幅检查,主要检查地图要素综合取舍是否合理、主要地物有无遗漏、符号运用是否得当、属性或注记是否正确、图面整饰是否清晰明白等。对检查发现的问题以及内业反馈的问题应予以确认,必要时进行重新调绘。

12.2.6 调绘图纸应妥善保存,不得丢失、损毁;电子调绘成果应及时备份;并按照相关规定做好保密工作。

12.3 调绘底图

12.3.1 调绘底图可采用以下形式,具体要求如下:

a) 底图调绘,使用矢量数据或者矢量数据套合正射影像图作为调绘底图,先内业后外业时宜使用底图调绘;

b) 像片调绘,使用测区内最新的正射影像图制作调绘像片。先外业后内业或者内外业同时进行时可使用像片调绘;

c) 可使用电子数据调绘。

12.3.2 一般以标准图幅为调绘基本单位。像片调绘时,应先根据正射影像图按照标准分幅进行分幅,按照标准图幅来进行调绘。可视地物复杂程度调整像片比例尺,地物复杂地区应适当放大,以保证判读和方便使用为原则。也可根据调绘人力、调绘区域内地形特点选择接边最少的方案,如以线状地物为界进行调绘区域的划分。

12.3.3 调绘范围必须略大于绘图范围。

12.4 补测

12.4.1 调绘要尽可能反应当前的最新情况,对航测后已拆除地物打叉,对变化较大的居民区、施工区等应进行补调或补测。

12.4.2 高程精度无法达到要求时的补测,应按照以下要求执行:

a) 当立体测图无法达到高程注记点高程精度要求时,应野外实测足够的高程注记点。高程注记点应为明显地物点和地形特征点,密度为图上 100 cm^2 内 5-20 个。补测宜采用 GNSS RTK 按照 CH/T 2009-2010 中 6.3.3 和 6.3.4 进行;

b) 等高线由内业立体采集,采集时紧贴地面;植被茂密地区,根据调绘内容,减去植

被高度。

12.4.3 当补测地物图上密集，使数据与地物无法清晰易读时，在图廓线外边绘出放大图，正确绘制略图，注清数据。放大图的编号与图内编号一致。

12.5 调绘接边

12.5.1 调绘图应逐边接边，同期调绘作业人员应统一规定接边顺序，并完成交图前的自查和检查员的检查工作。

12.5.2 接边要素应保持其真实形状和位置关系，不得出现矛盾或者表示不一致的现象，应保证要素一致，拓扑关系正确，直线要素不出现明显转折，走势保持一致。

12.5.3 地物、地貌要素的平面和高程接边差不应大于相应成果的平面和高程位置中误差。

12.5.4 调绘与立体测图应有效衔接，补测的地物、地貌要素应和立体采集的地物、地貌要素接边，以保证地形要素表达的完整性和准确性。

附录 A(资料性)

相机与像空间坐标系的关系示意图、相机安装方位示意图

A.1 相机与像空间坐标系的关系示意参考图 A.1。

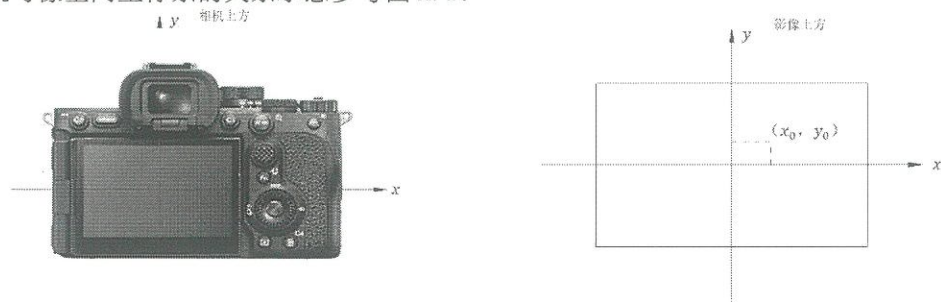


图 A.1 相机与像空间坐标系的关系示意图

A.2 相机安装方位示意图，通过影像上方箭头标明与飞行方向的关系，如图 A.2、图 A.3、图 A.4、图 A.5。

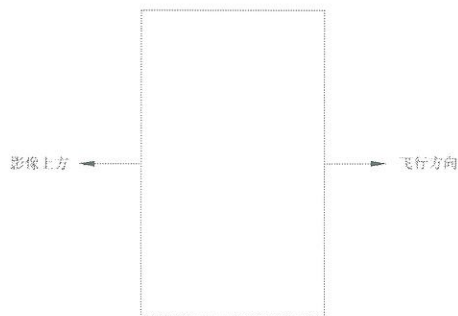


图 A.2 相机安装方位情形 1 示意图

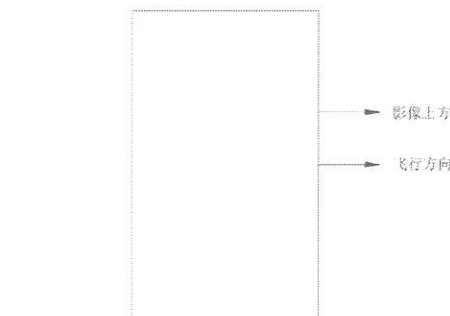


图 A.3 相机安装方位情形 2 示意图

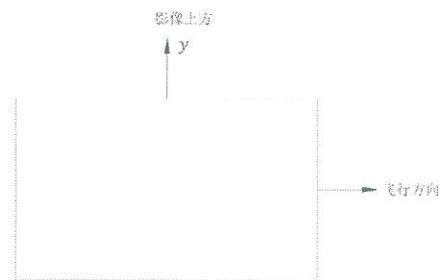


图 A.4 相机安装方位情形 3 示意图

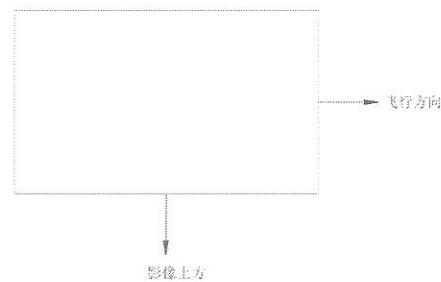


图 A.5 相机安装方位情形 4 示意图

附录 B(资料性)

航摄飞行记录

航摄飞行过程中，应填写航摄飞行记录表，格式如下。

航摄飞行记录表

机组		日期		从 时 分到 时 分				
摄区	摄区名称		摄区代号		航摄分区		地面分辨率	
	绝对航高		摄影方向		航线条数		地形地貌	
飞行器	飞行器型号		飞行器编号		飞控系统			
相机	相机型号		相机编号		镜头号吗		焦距	
	滤光镜		光圈		曝光时间		感光度	
影像	存储盘号				摄影时间			
	航摄前试片				航摄后试片			
天气	天气状况		水平能见度		垂直能见度			
机组	操控手		地面站人员		摄影测量员		机械师	
航线飞行示意图								
备注:								

填表人_____ 提交人_____ 接收人_____

附录 C(资料性)

旋角计算示意图

像片旋角计算时，选取相邻航片两个同名点，按照图 C.1、图 C.2 计算像片旋角 α 值。

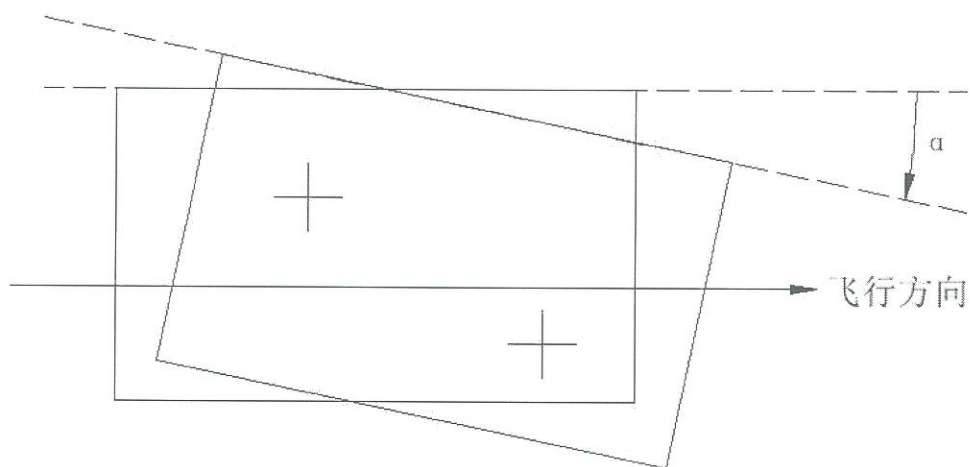


图 C.1 像片长边垂直航向情形的旋角 α 值计算示意图

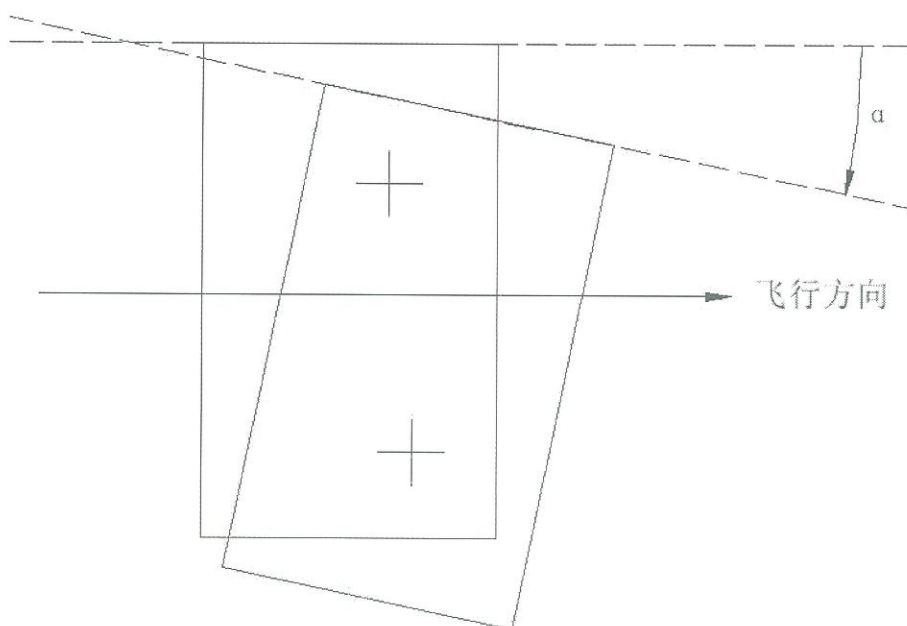


图 C.2 像片短边垂直航向情形的旋角 α 值计算示意图

附录 D (资料性)

航摄分区示意图和航线示意图

D.1 面状航摄分区示意图标注摄区范围线和分区号, 参考图 D. 1



图 D. 1 面状摄区航摄分区示意图

D.2 对每个面状摄区子分区绘制航线示意图参见图 E. 2 (简写标注分区号、飞行方向、航线号及航片流水号)



图 D. 2 面状摄区分区航线示意图

D.3 线状摄区航线示意图参见图 E.3。（标注分区、飞行方向、航线号及航片流水号）

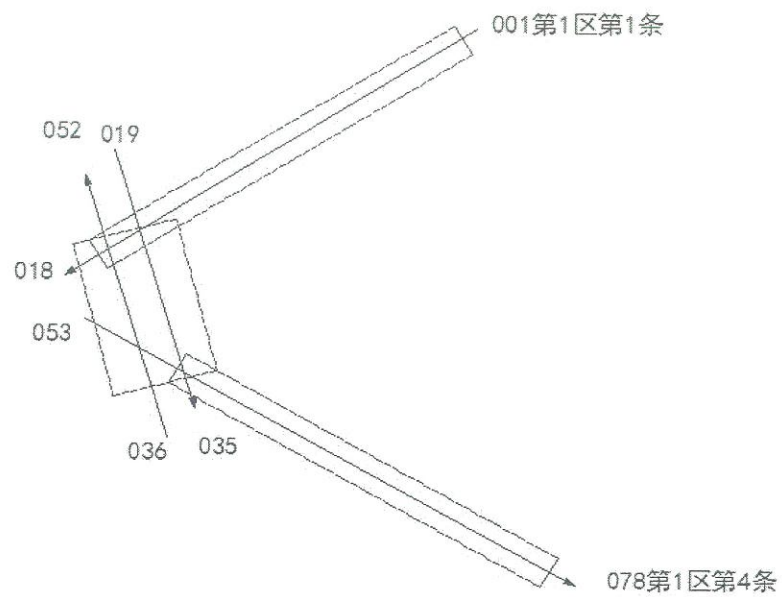


图 D.3 线状摄区航线示意图

附录 E(资料性)

摄区完成情况图

E.1 摄区完成情况图制作要求

E.1.1 制图单元

一般以完整摄区为单位制作摄区完成情况图；当摄区范围较大或分区零散时,也可以分区为单元制作摄区完成情况图。

E.1.2 图面内容

图面内容主要包括以下内容：

- a) 以适合比例尺的数字线画图为地图；
- b) 接摄区多边形拐点成摄区图廓线，标注摄区图廓拐点经纬度坐标；
- c) 在摄区外接矩形范围内，以 1:10000 标准图幅为单位，绘制图幅结合表；
- d) 以 1:10000 标准分幅作为标注图幅单元，绘制标注图幅结合表，并标注图幅号；
- e) 绘制完成区域边界时，按照完成情况分为“以前完成区域”“本次完成区域”“未成区域”“需补飞区域”“禁飞区域”等类别，采用不同颜色 50%透明填充。

E.1.3 图外整饰

图外整饰内容主要包括以下内容：

- a) 图形顶端居中处注图名：“xx 摄区完成情况图”。
- b) 图形底部注记内容包括：
 - 1) 摄区名称；
 - 2) 摄区代号；
 - 3) 地面分辨率；
 - 4) 航摄相机型号及镜头机身编号；
 - 5) 相机主距；
 - 6) 摄区面积；
 - 7) 本次完成面积；
 - 8) 以前完成面积；
 - 9) 未完成面积；
 - 10) 需补飞面积；
 - 11) 禁飞面积；
 - 12) 航摄日期；
 - 13) 航摄单位；
 - 14) 制作者；
 - 15) 检查者。

E.1.4 图件输出以 A4 纸幅面、300 dpi~500 dpi 输出。

E.2 摄区完成情况示意图

摄区完成情况示意图参见图 E. 1。

摄区完成情况示意图

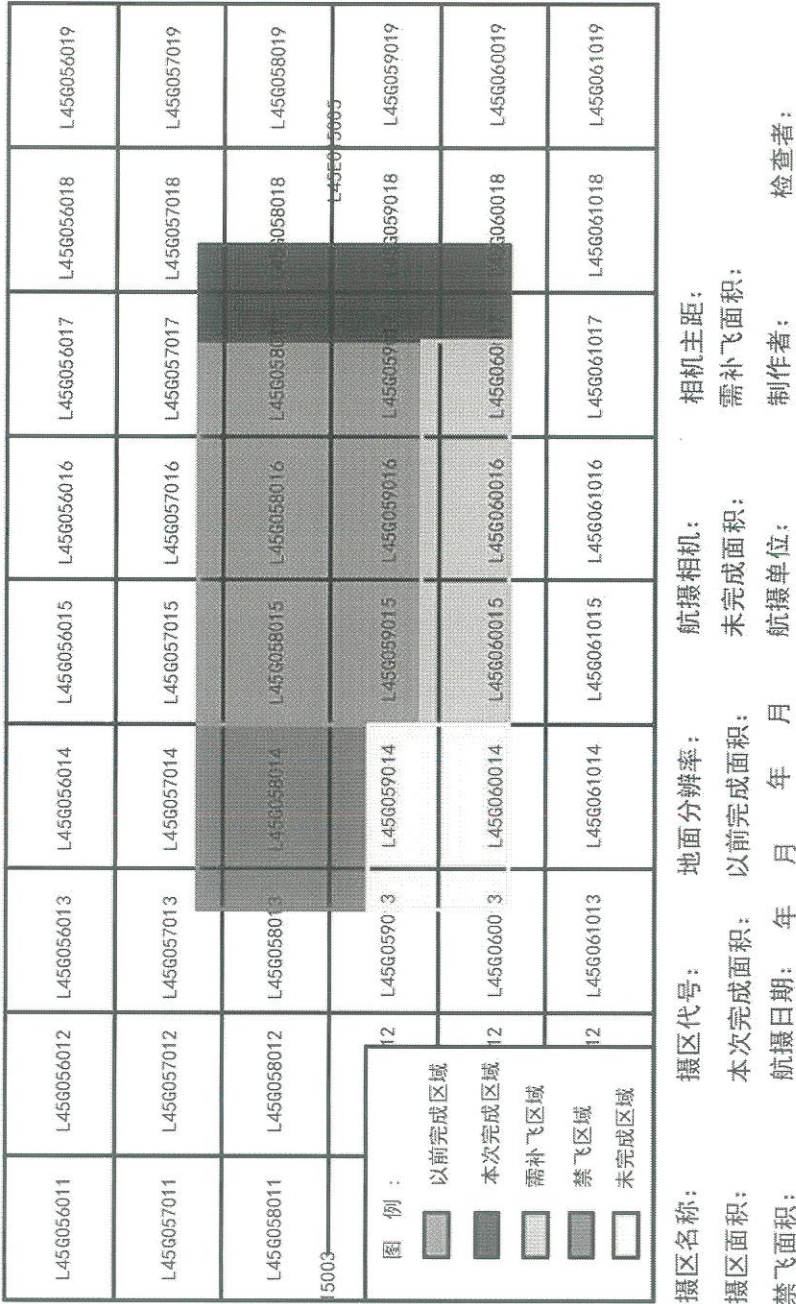


图 E. 1 摄区完成情况示意图

附录 F (资料性)

像片控制点成果表与点之记样例

F.1 像片控制点成果表示例参见表 F.1。

表 F.1 像片控制点成果表

点名	X	Y	H	B	L	H
1	53*****21	61*****02	5***	32*****	114*****	—0****

注：x 、 y 为 CGCS2000 平面坐标，h 为 1985 国家高程基准，x、y、h 单位为（m）

B、L 为 CGCS2000 经纬度坐标，单位分别为度（°）分（'）秒（"），H 为大地，高单位为（m）

F.2 点之记示例参见表 F.2，像片控制点概略点位图参见表 F.2 的图 a)，像片控制点方位图参见表 F.2 的图 b)，像片控制点实地照片参见表 F.2 的图 c)。

表 F.2 点之记

点号			所在像片号			
刺点者		检查者			日期	
坐标	X/m		Y/m		H/m	
	像素 x		像素 y		说明	
a) 像片控制点概略点位图			b) 像片控制点方位图			
			c) 像片控制点实地照片			
点位说明						
备注						

附件 3

中国核工业勘察设计协会
团体标准编写大纲/标准征求意见表

大纲/标准名称				
意见提出人			所在单位	
联系电话			邮箱	
意见反馈内容				
序号	所在页次	大纲/标准章 条编号	大纲/原标准内容	建议修改及依据

中国核工业勘察设计协会
团体标准征求意见稿（续页）

[illegible]

共 页第 页