



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—202X

数字航空摄影测量 控制测量规范

Digital aerophotogrammetry - Control survey specifications

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2022年5月)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

| | |
|----------------------|-----|
| 前言 | III |
| 引言 | IV |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 3 |
| 5 基本要求 | 3 |
| 5.1 数学基础 | 3 |
| 5.2 基础控制点 | 3 |
| 5.3 像控点 | 3 |
| 5.4 航摄数据 | 5 |
| 5.5 仪器设备 | 5 |
| 6 准备工作 | 5 |
| 6.1 资料收集 | 5 |
| 6.2 测区踏勘 | 5 |
| 6.3 资料分析 | 6 |
| 6.4 技术设计 | 6 |
| 7 像控点布设 | 6 |
| 7.1 布设方式 | 6 |
| 7.2 布设要求 | 6 |
| 7.3 区域网布点 | 7 |
| 7.4 单航线布点 | 11 |
| 8 像控点测量 | 12 |
| 8.1 外业像控点测量 | 12 |
| 8.2 图解像控点测量 | 15 |
| 9 控制成果记录与标定 | 15 |
| 9.1 控制点编号与成果表 | 15 |
| 9.2 控制点标定 | 16 |
| 9.3 控制点点之记 | 16 |
| 10 质量控制 | 16 |
| 10.1 基本要求 | 16 |
| 10.2 过程质量控制 | 17 |
| 10.3 成果质量检查与验收 | 18 |
| 11 成果整理与上交 | 18 |
| 11.1 成果整理 | 18 |

| | |
|------------------------|----|
| 11.2 成果上交..... | 19 |
| 附录 A（资料性） 像控点成果表 | 20 |
| 附录 B（资料性） 控制点点之记 | 21 |
| 参考文献..... | 22 |

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。

本文件与GB/T 27919-2011《IMU/GPS辅助航空摄影技术规范》、GB/T 27920.1-2011《数字航空摄影规范 第2部分：框幅式数字航空摄影》、GB/T 27920.2-2012《数字航空摄影规范 第2部分：推扫式数字航空摄影》、GB/T 23236-2009《数字航空摄影测量 空中三角测量规范》、CH/T 3007.1—2011《数字航空摄影测量 测图规范 第1部分：1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型 数字正射影图 数字线划图》、CH/T 3007.2—2011《数字航空摄影测量 测图规范 第2部分：1:5000 1:10000 数字高程模型 数字正射影图 数字线划图》、CH/T 3007.3—2011《数字航空摄影测量 测图规范 第3部分：1:25000 1:50000 1:100000 数字高程模型 数字正射影图 数字线划图》共同构成支撑数字航空摄影测量工作的国家标准体系。

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国地理信息标准化技术委员会（SAC/TC 230）归口。

本文件起草单位：（暂略）

本文件主要起草人：（暂略）

引 言

数字航空摄影测量是指从航空摄影、控制测量、空中三角测量到数字测绘成果生产的整个流程均以数字影像的形式进行。数字航空摄影测量采用数字航摄仪、全球卫星导航定位系统（GNSS）、惯性测量单元（IMU）、内外业一体化仪器设备进行作业。当前，数字航空摄影测量技术已经成熟，成为数字测绘成果生产的重要方法，在测绘、城市建设、国土和工程等领域得到了广泛的应用。数字航空摄影测量采用定位测姿系统（POS）辅助数字航空摄影，实现稀少地面控制测图已十分普遍，是本文件需要规范的内容。采用POS进行无地面控制测图，由于POS系统误差和精度原因，在生产中极少采用，非本文件所规范内容。本文件为规范当前数字航空摄影测量控制测量的生产技术要求，推进数字航空摄影测量技术应用，有必要制定本规范，支撑数字航空摄影测量控制测量工作。

数字航空摄影测量 控制测量规范

1 范围

本文件规定了数字航空摄影测量控制测量的基本要求、准备工作、像控点布设和测量、控制成果记录与标定、质量控制、成果整理与上交要求。

本文件适用于1:500 1:1 000 1:2 000 1:5 000 1:10 000 1:25 000 1:50 000数字航空影像控制测量阶段生产作业。

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 12341 1: 25 000 1: 50 000 1: 1 00 000地形图航空摄影测量外业规范

GB/T 13977 1:5 000 1:10 000 地形图航空摄影测量外业规范

GB/T 18314-2009 全球定位系统（GPS）测量规范

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/T 27920.1 数字航空摄影规范 第1部分：框幅式数字航空摄影

GB/T 27920.2 数字航空摄影规范 第2部分：推扫式数字航空摄影

GB/T 39616-2020 卫星导航定位基准站网络实时动态测量（RTK）规范

CH/T 1001 测绘技术总结编写规定

CH/T 1004 测绘技术设计规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字航空摄影 **aerial photography**

利用飞机、飞艇、气球等航空飞行器作为平台，利用数字航摄仪在地球大气层范围的摄影高度上对地球表面进行拍摄的技术。

[来源：GB/T 14950-2009，4.4，有修改]

3.2

数字航空摄影测量 **digital aerophotogrammetry; digital aerial photogrammetry**

基于摄影测量原理，对数字影像进行纠正、处理，并测定目标物的形状、大小、空间位置、性质和相互关系的技术方法。

3.3

像主点 **principal point of photograph**

摄影物镜的后节点到影像平面的垂足位置。

[来源：GB/T 14950-2009, 4.61, 有修改]

3.4

航摄漏洞 aerial photographic gap

航空摄影时，影像重叠度过小或没有重叠的部分。

[来源：GB/T 14950-2009, 4.49]

3.5

基础控制点 basic control point

为控制测量工作提供依据，并控制精度而测的高精度平面位置和/或高程固定点。

3.6

像控点 image control point

用于摄影测量加密或测图需要的已知平面位置和/或高程的控制点。

[来源：GB/T 14950-2009, 4.127, 有修改]

3.7

外业像控点 field work image control point

为摄影测量加密或测图需要，直接在实地测定的控制点。

3.8

图解像控点 graphic image control point

从已有基础影像控制网或基础地理信息数字成果中提取的控制点。

3.9

平高控制点 horizontal and vertical photo control point; full control point

具有地面平面位置和高程的像控点。

3.10

高程控制点 vertical (elevation) photo control point

仅具有地面高程值的像控点。

3.11

密周边布点 densely arrange image control point in perimeter

区域网四周加密布设平高控制点的布点方案。

3.12

构架航线 control strip

控制航线

骨架航线

摄影测区内，为减少像片控制点的布设，加飞的较大比例尺若干条与测图航线交叉且近似垂直的航摄路线。

[来源：GB/T 14950-2009, 4.56, 有修改]

3.13

似大地水准面 quasi-geoid

从地面一点沿正常重力线按正常高相反方向量取高至正常高所得端点所构成的曲面。

[来源：GB/T 17159-2009, 5.30]

3.14

定位测姿系统 position and orientation system, POS

利用全球导航卫星系统（GNSS）与惯性测量单元（IMU）直接测定航空摄影时航摄仪空间位置和姿态的集成系统。

3.15

点之记 description of station

像控点点号、点名、方位、坐标以及点位情况说明的资料。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CORS: 连续运行参考站(continuously operating reference station)

DEM: 数字高程模型(digital elevation model)

DOM: 数字正射影像图(digital orthophoto map)

DSM: 数字表面模型(digital surface model)

GNSS: 全球导航卫星系统(global navigation satellite system)

GNSS RTK: 全球导航卫星系统实时动态定位(global navigation satellite system real-time kinematic)

IMU: 惯性测量单元(inertial measurement unit)

POS: 定位测姿系统(position&orientation system)

5 基本要求

5.1 数学基础

5.1.1 坐标系宜采用 2000 国家大地坐标系, 亦可根据成图需要采用依法批准的坐标系。

5.1.2 地图投影采用高斯-克吕格投影, 根据成图比例尺, 1:25 000、1:50 000 按 6° 分带, 1:500 1:1 000 1:2 000、1:5 000、1:10 000 按 3° 分带。确有必要时, 1:500 1:1 000 1:2 000 亦可按 1.5° 分带。

5.1.3 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。

5.2 基础控制点

5.2.1 影像控制测量应选用高等级控制测量的基础控制点成果作为起算点。

5.2.2 用于平面控制的基础控制点包括四等及以上国家大地控制网点、卫星导航定位连续运行基准站、E 级及以上 GNSS 点, 也可采用经过平差改算至 2000 国家大地坐标系的其他空间参考系下相应精度等级的控制点。

5.2.3 用于高程控制的基础控制点包括等外及以上等级水准点、具有相应高程精度等级的 GNSS 点、区域似大地水准面精化成果。

5.3 像控点

5.3.1 像控点分类

像控点按类型分为平高控制点和高程控制点两类。平高控制点应测定该点的平面位置坐标和高程, 高程控制点应测定该点的高程。像控点按获取方式分为外业像控点和图解像控点。

5.3.2 外业像控点

5.3.2.1 外业像控点相对邻近基础控制点的平面位置中误差应不大于表 1 的规定。

表1 像控点平面位置中误差

单位：米

| 成图比例尺 | 平地、丘陵地 | 山地、高山地 |
|----------|-------------------|-------------------|
| 1:500 | ±0.06 (图上±0.12mm) | ±0.08 (图上±0.16mm) |
| 1:1 000 | ±0.12 (图上±0.12mm) | ±0.16 (图上±0.16mm) |
| 1:2 000 | ±0.24 (图上±0.12mm) | ±0.32 (图上±0.16mm) |
| 1:5 000 | ±0.5 (图上±0.1mm) | |
| 1:10 000 | ±1.0 (图上±0.1mm) | |
| 1:25 000 | ±2.5 (图上±0.1mm) | |
| 1:50 000 | ±5.0 (图上±0.1mm) | |

5.3.2.2 1:500 1:1 000 1:2 000、1:5 000、1:10 000 测图时，平高控制点和高程控制点相对邻近基础控制点的高程中误差应不超过基本等高距的 1/10，其中 1:5 000、1:10 000 测图时，高山地按山地要求执行；1:25 000、1:50 000 测图，平高控制点和高程控制点相对邻近基础控制点的高程中误差应不大于表 2 的规定。

表2 1:25 000、1:50 000 像控点高程中误差

单位：米

| 成图比例尺 | 平地 | 丘陵地 | 山地 | 高山地 |
|----------|------|------|------|------|
| 1:25 000 | ±0.4 | ±0.5 | ±0.6 | ±1.2 |
| 1:50 000 | ±0.8 | ±1.0 | ±1.2 | ±2.5 |

5.3.2.3 大面积森林、沙漠、戈壁、沼泽以及小面积海岛（礁）等特殊困难地区外业像控点的平面位置中误差、高程中误差可相应放宽 0.5 倍。

5.3.2.4 最大误差为 2 倍中误差。

5.3.3 图解像控点

图解像控点平面位置和高程精度应不大于表3规定。

表3 图解像控点平面位置和高程中误差

单位：米

| 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 | 0.10 | 0.10 | 0.13 | 0.13 | 0.07 | 0.13 (0.07) | 0.15 | 0.23 |
| 1:1 000 | 0.175 | 0.175 | 0.25 | 0.25 | 0.15 | 0.15 (0.28) | 0.35 | 0.50 |
| 1:2 000 | 0.35 | 0.35 | 0.50 | 0.50 | 0.15 (0.28) | 0.35 | 0.50 | 1.00 |
| 1:5 000 | 0.70 | 0.70 | 1.0 | 1.0 | 0.15 (0.28) | 0.35 | 0.80 | 1.20 |

| 成图比例尺 | 平面位置中误差 | | | | 高程中误差 | | | |
|----------|----------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| | 1:10 000 | 1.75 | 1.75 | 2.50 | 2.50 | 0.30 | 1.00 | 2.00 |
| 1:25 000 | 3.50 | 3.50 | 5.00 | 5.00 | 0.30 | 1.00 | 2.00 | 3.00 |
| 1:50 000 | 8.75 | 8.75 | 12.50 | 12.50 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 3.50 |

注：括号内表示依用图需要可选用的高程中误差。

5.4 航摄数据

5.4.1 框幅式数字航摄数据应符合 GB/T 27920.1 的规定。

5.4.2 推扫式数字航摄数据应符合 GB/T 27920.2 的规定。

5.4.3 采用惯导与全球卫星导航定位系统（IMU/GNSS）辅助航空摄影时，数字航摄数据应符合 GB/T 27919 的规定。

5.5 仪器设备

作业中使用的测量仪器设备应经过法定计量部门检定合格后，在有效期内使用。

6 准备工作

6.1 资料收集

6.1.1 基础控制测量资料

数字航空摄影测量控制测量作业前，应收集相关基础控制测量资料，主要包括以下成果：

- 测区内及外围基础控制成果及点之记、布网图、路线图等；
- 当利用似大地水准面精化模型内插方法解求像控点高程时，应收集测区内及外围区域似大地水准面模型数据成果；
- 测区内及外围已有影像基础控制网成果和或加密成果，已有 DOM、DEM、DSM 等成果。

6.1.2 航摄资料

控制测量作业时，应收集的航摄资料包括：

- 航摄影像数据；
- 航摄仪参数文件；
- 航摄略图，包括航摄分区划分、航线分布、图幅分幅；
- 影像接合图；
- 航摄质量验收报告；
- 其他有关资料。

6.1.3 地图资料

控制测量作业时，应收集的地图资料主要包括：

- 测区与周边相关比例尺的地形图、影像图；
- 测区与周边专题地图，包括行政区划图、交通图、水利图等其他有关资料。

6.2 测区踏勘

对不熟悉情况的测区，控制测量前可进行测区踏勘，了解测区内的行政区划、社会情况、自然地理、水文气象、通信和交通运输等与生产、生活有关的各方面情况。掌握测区及周边的基础控制点的位置与保存情况。

测区踏勘完成后可编写踏勘报告，也可以在技术设计中说明踏勘情况。

6.3 资料分析

6.3.1 航摄资料分析应检查航摄资料情况，查看航摄成果验收报告，确定其是否满足成图要求。

6.3.2 基础控制测量资料分析应检查基础控制点成果资料，根据其施测年代、施测单位、作业依据、所采用坐标系和高程基准、成果精度，控制点的数量、分布、目标点位等情况，综合分析确定其使用价值和使用方案。

6.3.3 地图资料分析应查明地图资料的施测年代、施测单位、作业依据、平面坐标系和高程基准、比例尺、成果精度、成图质量等，以确定其使用价值和使用方法。

6.3.4 测区内及外围已有影像控制网资料分析应查看影像控制网成果验收报告，确定其是否满足图解像控点测量要求。

6.3.5 测区内及外围已有 DOM、DEM 或 DSM 成果时，应查看 DOM 地面分辨率和平面精度指标，查看 DEM 或 DSM 精度指标，确定其是否满足图解像控测量要求。

6.4 技术设计

技术设计应符合以下要求：

- a) 技术设计可根据项目具体情况与空中三角测量、测图与成果生产合并编写，也可以单独编写；
- b) 技术设计应根据项目总体要求并结合踏勘报告、资料分析结果等制定科学、合理、经济的技术方案；
- c) 技术设计应满足本文件规定的各项技术要求，特殊情况不能达到时应说明原因，并通过项目委托单位的审核批准；
- d) 技术设计的编写要求及主要内容应符合 CH/T 1004 的规定。

7 像控点布设

7.1 布设方式

按照航空摄影方式和测区不同，像控点布设分为区域网布点和单航线布点。像控点布设时应按照是否采用 POS 辅助航空摄影和 POS 所测摄站点空间位置（平面和高程）的精度确定布设方案，布设方式要求如下：

- a) 当航空摄影为框幅式航空摄影，且未采用或虽采用 POS 辅助但所测摄站的空间位置（平面和高程）精度没有达到相应成图比例尺空三加密点精度时，应采用框幅式无 POS 辅助航摄区域网布点；
- b) 当航空摄影为 POS 辅助框幅式航空摄影，且所测摄站点空间位置（平面和高程）精度达到相应成图比例尺空三加密点精度时，应采用框幅式 POS 辅助航摄区域网布点；
- c) 当采用 POS 辅助推扫式航空摄影，应采用推扫式 POS 辅助航摄区域网布点；
- d) 当采用单航线航摄且为带状测图时，宜采用单航线布点。

7.2 布设要求

7.2.1 目标条件

像控点所选目标应符合以下条件：

- a) 像控点应选择影像上易于定位、识别和量测，在实地容易准确确定位置，并易于进行外业测量的目标；
- b) 像控点宜选择在交角良好($30^{\circ} \sim 150^{\circ}$)的细小线状地物交点、明显地物拐角点、影像上小于 $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm}$ 的点状地物中心、线状细小要素端点。弧形地物不能作为像控点的选择目标；
- c) 像控点宜选择常年范围相对固定，并且高程变化较小的目标。移动地物和非永久性地物不能作为像控点的选择目标。随季节变化的地物和高程急剧变化区域的地物亦不宜作为像控点的选择目标；
- d) 高程控制点应选在高程变化较小地方的目标，以线状地物的交点和平山头为宜；狭沟、太尖的山顶和高程变化急剧的斜坡等，均不宜选作高程控制点的选择目标；
- e) 用于区域网平面平差的像控点，不应选在高出地面的地物顶上；
- f) 因测区地面目标稀少导致测区内难以找到合适的像控点目标地物或者测图需要时，在航摄前应铺设地面标志作为像控点目标。

7.2.2 影像条件

像控点影像条件应符合以下要求：

- a) 像控点应选择布设在影像成像清晰、明显区域；
- b) 像控点距影像边缘和各类标志应大于 1.0mm ；
- c) 像控点应选择布设在相邻影像重叠范围内的同一目标上，宜尽量布设在航向及旁向六片或五片重叠范围内。当重叠范围内影像纹理单一，如存在大面积水域、云雪区域、森林覆盖区域或影像因时相差异等原因，无法布设共用像控点时，应分别布点；
- d) 像控点应选择布设在影像旁向重叠中线附近。当因旁向重叠过小造成相邻航线的点不能公用时，可分别布点；
- e) 位于自由图边、待成图边的测区周边像控点，应布设在图廓线外 4mm 以上；除航线首末点外，测区周边像控点宜选在三片重叠处。

7.3 区域网布点

7.3.1 基本要求

7.3.1.1 区域网要求

区域网划分应依据航摄分区与比例尺、成图比例尺、测区地形特点、图幅换带与分布等情况，应全面考虑以选择最优方案。区域网划分应符合以下要求：

- a) 框幅式航摄区域网的图形宜呈矩形或方形。当受条件限制时，亦可采用不规则区域网布点。推扫式航摄宜按照航摄分区划分区域网；
- b) 区域网大小应依据成图精度、航摄资料参数以及系统误差的处理等因素确定；
- c) 区域网应在同一投影带内。当航线跨投影带时，应在投影带结合处划分不同的区域网；
- d) 航摄分区结合处的航线不应作为区域网的首末航线；
- e) 区域网应有利于组合或拆分，以适合空中三角测量阶段作业需要。

7.3.1.2 布点要求

区域网布点应以满足空中三角测量精度要求为基本准则。布点应按以下要求进行：

- a) 像控点之间的跨度应按照成图精度要求、航摄资料参数以及对系统误差处理等因素确定；
- b) 像控点应优先选择在区域网内和区域网间相邻航线间的重叠区域，以满足共用要求；
- c) 当同一区域网内，所包含的图幅精度要求不同时，像控点布点应满足精度要求高的图幅要求；
- d) 若不同航摄分区的影像被划分在同一个区域网内，应在航摄分区衔接处的航线上布设一对平高点；
- e) 每个区域网应有不少于 1 个的平高点作为检查使用，该点应布设在区域网中心附近位置；
- f) 航线中间的像控点应布设在两端像控点的中线上，困难时可向两侧偏离 1 条基线左右；
- g) 当像控点目标条件与影像条件发生矛盾时，应优先考虑目标条件。

7.3.2 框幅式无 POS 辅助航摄

7.3.2.1 平高控制点布设

7.3.2.1.1 布设方法

平高控制点宜采用密周边布点法。密周边布点法包括周边6点法、周边8点法和周边多点法。周边6点法的布设示例见图1，周边8点法的布设示例见图2，周边多点法布设示例见图3。

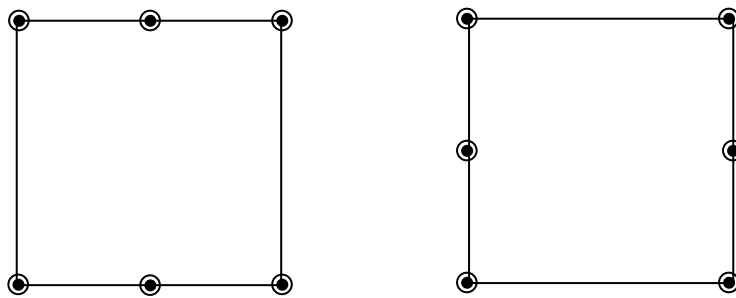


图1 周边 6 点法示例

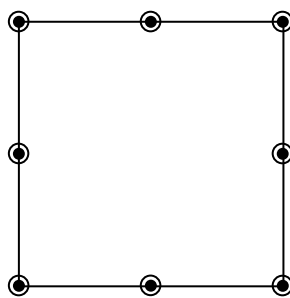


图2 周边 8 点法示例

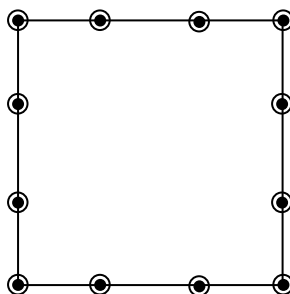


图3 周边多点法示例

7.3.2.1.2 布设要求

区域网内平高控制点布设应按照以下要求：

- 区域网四角平高控制点应尽量位于主片标准点位附近，上下对点的偏离宜小于半条基线。1:25 000、1:50 000 测图时，上下对点的偏离不得大于 1 条基线；
- 中间的平高控制点应布设在四角像控点的中线交点附近。1:500、1:1 000、1:2 000、1:5 000、1:10 000 测图时偏离宜小于 1 条基线；1:25 000、1:50 000 测图时偏离宜小于 2 条基线，困难地区偏离中线不得大于 3 条基线；
- 1:500、1:1 000 测图，当区域网内航线数小于等于 4，航向基线数小于等于 8 时，宜按周边 6 点法布设平高控制点。当航线数大于 4，航向基线数大于 8 时，宜按周边 8 点法布设平高控制点；
- 1:2 000 测图，当区域网内航线数小于等于 6，航向基线数小于等于 20 时，宜按周边 6 点法布设平高控制点。当航线数大于 6，航向基线数大于 20 时，宜按周边 8 点法布设平高控制点；
- 1:5 000、1:10 000 测图，当区域网内图幅数小于 16 幅时，宜采用周边六点法布设平高控制点。区域网内图幅数大于等于 16 幅，并且小于 48 幅时，宜采用周边八点法。区域网内图幅数大于 48 幅时，宜采用周边多点法；
- 1:25 000、1:50 000 测图，当区域网内航线数和航向基线数小于或等于 6 条时，宜按周边 6 点法布设平高控制点。当区域网内航线数和航向基线数都大于 6 条时，宜按周边 8 点法布设平高控制点。

7.3.2.2 高程控制点布设

7.3.2.2.1 布设方法

高程控制点宜采用网格布点法，按间隔进行布设。高程控制点的布设图形示例见图4。

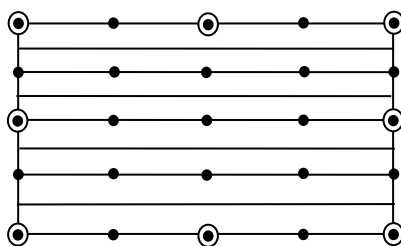


图4 高程控制点布设图形示例

7.3.2.2.2 布设要求

相邻高程控制点间基线数和航线数宜符合表4的规定。仅测制DOM时，航线跨度、基线跨度可放宽至 2 倍。

表4 高程控制点间隔

| 成图比例尺 | 基线数 | | | | 航线数 | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| | 平地 | 丘陵地 | 山地 | 高山地 | 平地 | 丘陵地 | 山地 | 高山地 |
| 1:500 | ≤6 | ≤6 | ≤10 | ≤10 | ≤6 | ≤6 | ≤8 | ≤8 |

| 成图比例尺 | 基线数 | | | | 航线数 | | | |
|----------|-----|----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | ≤6 | ≤6 | ≤10 | ≤10 | ≤6 | ≤6 | ≤8 | ≤8 |
| 1:1 000 | ≤6 | ≤6 | ≤10 | ≤10 | ≤6 | ≤6 | ≤8 | ≤8 |
| 1:2 000 | ≤8 | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤6 | ≤6 | ≤8 | ≤8 |
| 1:5 000 | ≤8 | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤6 | ≤6 | ≤8 | ≤8 |
| 1:10 000 | ≤8 | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤6 | ≤6 | ≤8 | ≤8 |
| 1:25 000 | ≤8 | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤6 | ≤6 | ≤8 | ≤8 |
| 1:50 000 | ≤8 | ≤8 | ≤10 | ≤10 | ≤6 | ≤6 | ≤8 | ≤8 |

7.3.2.3 补飞航线布点

补飞航线布点应符合以下要求：

- a) 当区域网内有补飞航线时，应在补飞航线两端上下标准点位处布设平高控制点，原航线和补飞航线结合处的平高控制点应尽量公用，不能公用时应分别布设平高控制点；
- b) 补飞航线内高程控制点应符合 7.3.1.2 的规定；
- c) 补飞航线布点示例见图 5。

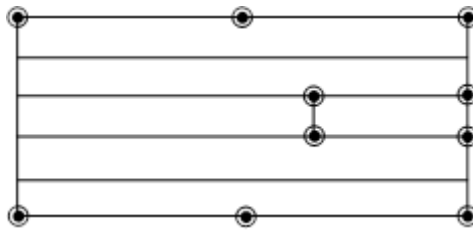


图5 补飞航线布点示例

7.3.2.4 不规则区域网布点

不规则区域网布点除应符合7.3.2.1和7.3.2.2的规定外，还应在区域网周边凸角处加布平高控制点，凹角点处加布高程控制点。不规则区域网布点见示例图6。

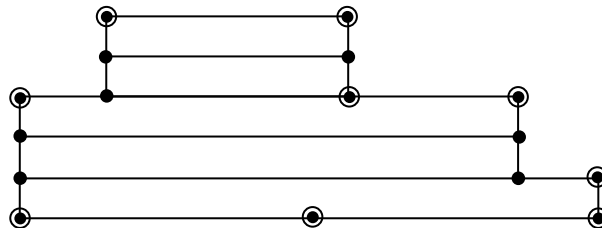


图6 不规则区域网布点示例

7.3.3 框幅式 POS 辅助航摄

7.3.3.1 规则区域网布点

框幅式POS辅助航摄为规则区域网时，像控点布设应符合以下要求：

- a) 区域网四角位置应各布设一个平高控制点，中心应至少布设一个检查点；
- b) 区域网四角像控点应尽量位于主片标准点位附近，上下对点的偏离宜小于半条基线。1:25 000、1:50 000 测图时上下对点的偏离不得大于 1 条基线；

- c) 航线中间的检查点应布设在四角像控点的中线交点附近。1:500、1:1 000、1:2 000、1:5 000、1:10 000 测图时，检查点偏离中线宜小于 1 条基线。1:25 000、1:50 000 测图时，检查点偏离中线宜小于 2 条基线，困难地区偏离中线不得大于 3 条基线；
- d) POS 辅助航摄规则区域网布点示例见图 7。

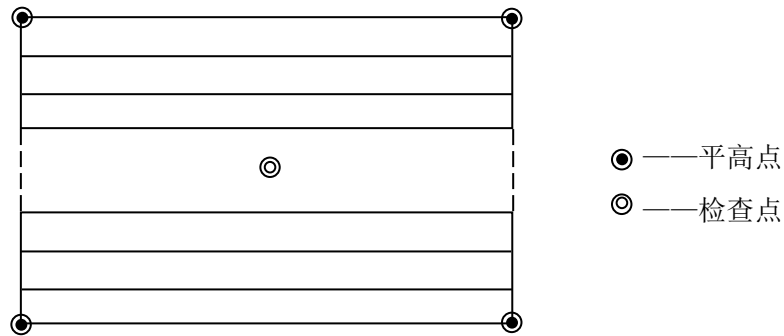


图7 框幅式 POS 辅助规则区域网布点

7.3.3.2 非规则区域网布点

框幅式POS辅助航摄且区域网不规则时，像控点布设应符合以下要求：

- a) 区域网首末航线两端主片标准点位处应各布设一个平高控制点，并按照控制区域网范围最大的原则，在区域网周边凸角处应布设平高控制点，区域网中心应至少布设一个检查点；
- b) 像控点应尽量位于主片标准点位附近；
- c) 当非规则区域网内有补飞航线时，应在补飞航线两端上下标准点位处布设平高控制点；
- d) 框幅式 POS 辅助非规则区域网布点示例见图 8。

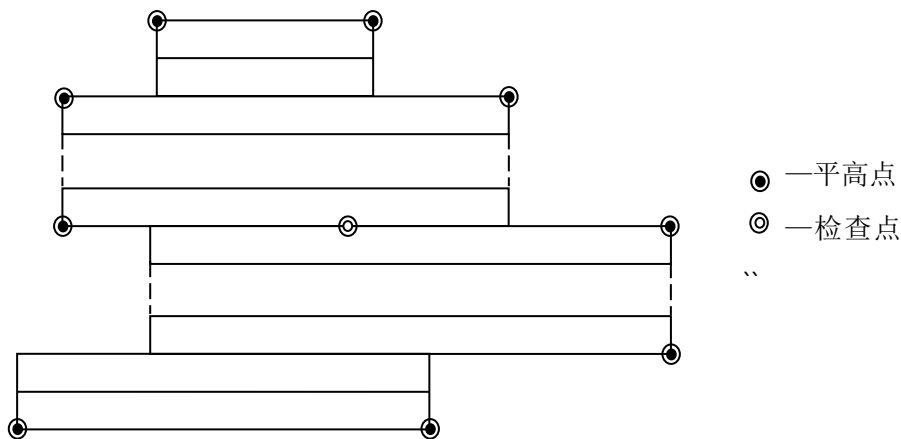


图8 框幅式 POS 辅助不规则区域网布点示例

7.3.4 推扫式航摄

推扫式航摄区域网，可在区域网四角各布设1个平高控制点。

7.4 单航线布点

7.4.1 非 POS 辅助航摄布点

非POS辅助航摄单航线内平高控制点布设应符合以下要求：

- a) 航线两端上下两个像控点（简称“上下对点”）应布设在同一立体像对内，尽量位于主片上下标准点位附近，上下对点的偏离宜小于半条基线；
- b) 航线中间平高控制点应在航线内成对均匀布设，其基线跨度应符合表 5 规定；
- c) 单航线无 POS 辅助航摄布点示例见图 9。

表5 平高控制点间隔

| 成图比例尺 | 基线数 | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| | 平地 | 丘陵地 | 山地 | 高山地 |
| 1:500 | ≤6 | ≤6 | ≤10 | ≤10 |
| 1:1 000 | ≤6 | ≤6 | ≤10 | ≤10 |
| 1:2 000 | ≤8 | ≤8 | ≤10 | ≤10 |
| 1:5 000 | ≤8 | ≤8 | ≤10 | ≤10 |
| 1:10 000 | ≤8 | ≤8 | ≤10 | ≤10 |

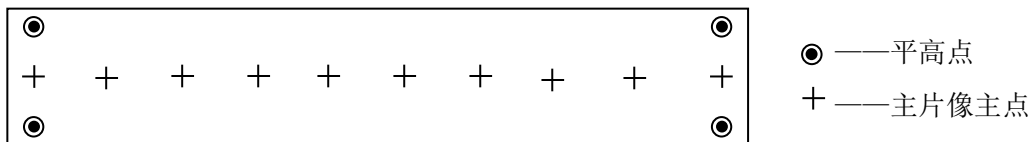


图9 非 POS 辅助航摄单航线布点示例

7.4.2 POS 辅助航摄布点

POS辅助航摄单航线布点应符合以下要求：

- a) 应在航线两端布设 4 个平高控制点，在航线中间至少布设一个检查点；
- b) 航线两端上下两个像控点（简称“上下对点”）应布设在同一立体像对内，尽量位于主片上下标准点位附近，上下对点的偏离宜小于半条基线；
- c) 检查点应按平高控制点施测。检查点应布设在首末像控点的中线附近，检查点向两侧偏离宜小于 1 条基线；
- d) POS 辅助航摄单航线布点示例见图 10。

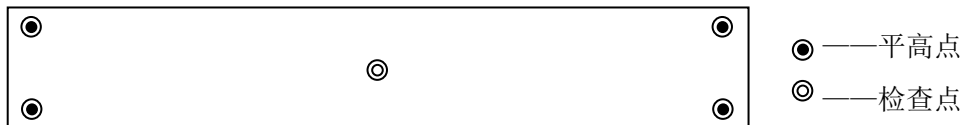


图10 POS 辅助航摄单航线布点示例

8 像控点测量

8.1 外业像控点测量

8.1.1 测量要求

外业像控测量要求如下：

- a) 像控点测量可采用 GNSS 测量、三角锁、交会、附合导线、支导线、引点、三角高程、水准高程、似大地水准面精化模型内插、水准高程拟合、Lidar 高程测量等方法；
- b) 当测区内有 CORS 站网和区域似大地水准面精化模型成果时，应优先使用其进行像控点测量；
- c) 采用 GNSS 测量法进行像控点测量时，像控点平面坐标可采用 GNSS RTK、GNSS PPK、GNSS 精密单点定位（PPP）、GNSS 静态或双基站快速静态相对定位、星站差分、千寻位置等方法进行测定。像控点高程可采用 GNSS RTK 高程测量法进行测定；
- d) 当像控点无法用 GNSS 直接联测时，可在像控点附近选取一对 GNSS 过渡点（两点间距应大于像控点到 GNSS 点距离）作为定向边，用电磁波测距支导线与高程支导线、等外水准或测图水准等方法联测像控点的平面坐标和高程。

8.1.2 平面测量

8.1.2.1 GNSS RTK 测量

用GNSS RTK对像控点平面坐标进行测量时应满足下列要求：

- a) 采用 GNSS RTK 定位技术测量像控点的平面坐标时，应符合 GB/T39616-2020 中 8.2 的规定；
- b) 基于 CORS 站网采用网络 RTK 定位技术测量像控点平面坐标时，流动站到基准站的距离不受限制，但应在 CORS 站网有效服务范围内。

8.1.2.2 GNSS 精密单点定位测量

GNSS精密单点定位测量像控点平面坐标应满足以下要求：

- a) GNSS 精密单点定位初始化时间依据像控点精度要求而定，一般不应少于 15min；
- b) GNSS 精密单点定位观测时应利用周边具有 2000 国家大地坐标系成果的 D 级（含）GNSS 点或四等（含）以上国家大地控制网点进行定位精度检测，其平面点位互差应不大于 20cm，高程互差应不大于 22cm；
- c) 采用 GNSS 精密单点定位测量时，观测技术要求应符合表 6 规定；
- d) GNSS 精密单点定位测量数据处理应使用专用解算软件，且精度应满足本文件 5.3.2 相应规定。

表6 精密单点定位（PPP）观测技术要求

| 等级 | 观测方式 | 观测卫星个数 (颗) | 卫星截止高度角 (°) | 观测时段 (个) | 观测时间 (min) | 采样间隔 (") |
|-----|------|---------------|----------------|-------------|---------------|-------------|
| 像控点 | 静态 | ≥4 | ≥15 | ≥1 | ≥60 | 5~30 |

8.1.2.3 GNSS 静态或双基站快速静态相对定位测量

GNSS静态或双基站快速静态定位法测量像控点平面坐标应满足以下要求：

- a) 采用 GNSS 静态定位技术测量像控点平面坐标时，GNSS 网的观测、记录、数据处理、成果检验应符合 GB/T 18314-2009 中 E 级网的规定，其相邻点间平均距离可不考虑；
- b) 双基站快速静态定位技术测定像控点平面坐标时，技术指标应符合表 7 规定；

表7 GNSS 双基站快速静态测量技术指标

| 同步观测接收机数 (台) | 卫星截止高度角 (°) | 有效观测同类卫星数 (颗) | 观测时段数 (个) | 时段长度 (min) | 数据采样间隔 (s) | PDOP 值 |
|-----------------|----------------|------------------|--------------|---------------|---------------|--------|
|-----------------|----------------|------------------|--------------|---------------|---------------|--------|

| 同步观测接收机数 (台) | 卫星截止高度角 (°) | 有效观测同类卫星数 (颗) | 观测时段数 (个) | 时段长度 (min) | 数据采样间隔 (s) | PDOP 值 |
|-----------------|----------------|------------------|--------------|---------------|---------------|--------|
| 3 | 15 | ≥4 | ≥1 | 25 | 5~15 | ≤8 |

- c) 测量时为提高坐标系转换精度，可视区域网范围的大小、地形起伏变化程度等情况，将区域网分为若干个分区分别构 GNSS 网。网与网之间不应少于 3 个公共点。公共点的较差应小于点位中误差的 $\sqrt{2}$ 倍；
- d) 采用 GNSS 静态或双基站快速静态相对定位技术测量像控点平面坐标时，GNSS 网内应有无约束平差位置基准起算点 1 个；
- e) 空间参考系转换时，应在 GNSS 网及周边联测或使用不少于 3 个该坐标系已知基础控制点，作为二维约束平差的起算点。联测或使用的起算点应能控制全网。应采用七参数法求解转换参数，检查点应不少于 1 个。

8.1.2.4 其他平面测量方法

采用三角锁、交会、附和导线、支导线、引点法测量平面坐标按测图比例尺应分别符合GB/T 7931、GB/T 13977、GB/T 12341的规定。

8.1.3 高程测量

8.1.3.1 似大地水准面精化模型内插

当测区有满足精度要求的区域似大地水准面精化模型数据成果时，可利用似大地水准面精化模型数据，内插计算出像控点位置的高程异常值，从而将像控点的大地高转换为正常高。计算像控点正常高的似大地水准面模型数据分辨率和精度应不低于表8的规定。

表8 似大地水准面模型数据要求

| 成图比例尺 | 分辨率 | 精度 | |
|-----------------------|-------------|--------|--------|
| | | 平地、丘陵地 | 山地、高山地 |
| 1:500、1:1 000、1:2 000 | 2.5' × 2.5' | ±0.05m | ±0.05m |
| 1:5 000、1:10 000 | 5' × 5' | ±0.1m | ±0.3m |
| 1:25 000、1:50 000 | 15' × 15' | ±0.3m | ±0.6m |

8.1.3.2 GNSS RTK 高程测量

采用GNSS RTK定位技术测定像控点高程时，应按照GB/T 39616-2020中8.2所规定的技术要求执行，并对测量数据进行转换。

8.1.3.3 水准高程拟合

如果测区无满足精度要求的区域似大地水准面精化成果时，可在观测网中联测一定数量的等级水准点，采用平面或曲面拟合算法进行高程拟合，获得网内其他点（包括像控点）的正常高。水准高程拟合应符合以下要求：

- a) 为提高高程拟合精度，可根据测区范围大小、地形起伏变化程度、像控点精度要求等情况，将测区划分为若干个分区，进行区域似大地水准面模型拟合。分区似大地水准面模型间公共点的较差应小于点位中误差的 $\sqrt{2}$ 倍；
- b) 一个网中应联测不少于 8 个（困难地区不少于 6 个）分布均匀的国家等级水准点或者是通过等级水准联测的点作为高程起算点，检查点应不少于 1 个；
- c) 任选 5~6 个高程起算点，循环拟合产生多种高程异常面拟合结果，通过其余水准点对拟合结果进行综合分析，剔除精度差的水准点，利用精度可靠、分布均匀的水准点进行高程异常面拟合，求得最佳拟合结果；
- d) 所有待求点宜在起算点控制范围以内。

8.1.3.4 其他高程测量方法

采用三角高程测量、水准高程测量法测量高程时，应按测图比例尺分别符合GB/T 7931、GB/T 13977、GB/T 12341的规定。

8.2 图解像控点测量

8.2.1 测量方法

图解像控测量可采用人工目视判读法和影像自动匹配提取法。一般宜优先采用影像自动匹配提取法。

8.2.2 人工目视判读法

人工目视判读法采用人工目视识别的方法选取像控点。像控点选择要求如下：

- a) 图解像控点应优先选择已有基础影像控制网中的像控点；
- b) 若无基础影像控制网或像控点不足，应选择区域网中需布设像控点位置附近被测影像与已有DOM中的同名目标；
- c) 基于DOM成果提取的图解像控点应选取地面目标；
- d) 图解像控点不应选择影像上已发生变化的目标；
- e) 像控点平面位置坐标和高程利用基础影像控制网进行空中三角测量区域网平差得到。或者先在已有DOM中读取像控点平面坐标，再利用读取的平面坐标在已有DSM或DEM中内插求得像控点的高程坐标。

8.2.3 影像匹配法

影像自动匹配提取法利用区域网内影像与基础影像控制网或已有DOM进行影像匹配，经过粗差别除后得到的同名目标作为像控点。像控点平面位置坐标和高程通过软件自动在基础影像控制网或已有DOM、DEM中获取。

9 控制成果记录与标定

9.1 控制点编号与成果表

9.1.1 控制点编号

控制成果包括控制影像、基础控制点和像控点，其编号要求如下：

- a) 控制影像编号宜采用原航摄影像编号，若原航摄影像无编号，其编号应符合 GB/T 27920.1、GB/T 27920.2 的规定；
- b) 基础控制点中已有基础控制点应使用其原编号。新布设的基础控制点应统一编号，同一测区内基础控制点编号不得重复；
- c) 像控点应按技术设计书规定进行统一编号，同一测区内的编号不得重复。

9.1.2 控制点成果表

控制点成果表应按整个测图区与或任务区，以电子表格文档格式制作。表内记录内容包括坐标系、高程基准、分带方式、投影方式、中央经线、带号、点号、X坐标、Y坐标、高程、制表单位、制表者和检查者姓名及日期等。成果表文件命名范例为：“**项目**测区（任务区）控制点成果表.xls(xlsx)”。控制点成果表参见附录A。

9.2 控制点标定

控制点应在控制影像上判定、标记，并标示点位准确位置。在本文件中将该工作称为控制点标定。控制点标定应符合以下规定：

- a) 控制点标定应以内业易判、易读、准确为原则，在影像上提取并标记位置。控制点可以以标记位置为中心截取并输出不同放大倍率的影像，同时结合点位说明制作点之记。点之记制作应符合本文件 9.3 的规定；
- b) 控制点应准确标定位置，平高控制点实地标定误差应小于图上 0.1mm；
- c) 当控制点在树冠上或标记位置上有 1m 以上的植被覆盖，且影像上看不清地面时，应量出标记位置的植被高度至 0.1m 并记录。当标记位置在高于地面的地物顶部时，应量出顶部与地面的比高至 0.1m 并记录。控制点在陡坎等地物边缘时，应记录在坎上或坎下；
- d) 航线间的公用控制点应在相邻航线影像上转标，并标出标记控制点的航线号和影像号，当不在同一航摄分区时，应在前面增加分区号；
- e) 控制点应标记点名、点号、位置、比高、标记者、转标者、检查者等；
- f) 控制点提取标记、点位说明和点位略图绘制应在实地进行，并经第二人实地检查。

9.3 控制点点之记

控制点宜制作点之记。控制点点之记应满足：

- a) 点之记应以电子表格文档格式按多文档制作，每个文档存放一个点之记。点之记成果文件命名格式为：“**项目**测区（任务区）控制点点之记.xls(xlsx)”；
- b) 点之记的记录内容包括点号或点名、影像文件名、像控点来源、点位标记影像略图、位置说明、实地照片、刺点者和检查者签名及日期等；
- c) 点之记所使用的点位标记影像略图包括表达控制点的概略位置的影像缩略点位图，反映局部位置的点位概略图，以及反映详细位置点位详图；
- d) 点之记所使用的点位标记影像略图用控制点所在的影像裁切制作；
- e) 点位实地照片取景角度应与影像方向基本一致；如不一致，应说明拍摄时的镜头朝向；
- f) 点之记示例参见附录 B。

10 质量控制

10.1 基本要求

10.1.1 数字航空摄影测量控制测量质量控制采用过程质量控制和成果质量检查验收的方式实施。

10.1.2 过程质量控制由测绘单位作业人员承担，每一道作业工序完成后采用自查和互查的方式，实现面向全作业流程的检查。过程质量控制的检查比例应为 100%。

10.1.3 成果质量检查验收应采用二级检查一级验收的方式进行，即依次通过测绘单位作业部门的过程检查，测绘单位质量管理部门的最终检查，项目管理单位组织的验收或委托具有资质的质量验收机构进行的验收。

10.1.4 过程检查应采用全数检查。

10.1.5 最终检查宜采用全数检查。涉及野外的检查项可采用抽样检查，抽样时样本量应符合 GB/T24356 的规定。样本以外的内业应实施全数检查。

10.1.6 验收宜采用抽样检查。抽样时样本量应符合 GB/T24356 的规定，必要时可对样本以外的单位成果的重要检查项进行概查。

10.1.7 质量控制各阶段应独立、按顺序进行，不得省略、代替或颠倒顺序。

10.2 过程质量控制

10.2.1 检查项

过程质量控制的检查项包括像控点布设、外业像控点测量、图解像控点测量、标定与整饰、附件资料检查。

10.2.2 像控点布设

检查像控点点位选择与布设的正确性与合理性，检查内容包括：

- a) 像控点是否完整覆盖测区范围，自由图边覆盖范围是否满足要求；
- b) 像控点点位布设方式是否符合技术设计要求；
- c) 像控点间距是否符合技术设计要求；
- d) 实地核查点位观测环境的符合性；
- e) 核查点位目标大小、判读清晰度和位置条件的符合性；
- f) 核查点位选择的合理性。

10.2.3 外业像控点测量

核查像控点的数学精度与观测质量，检查内容包括：

- a) 检查 GNSS 网布设是否符合技术要求，自由基线等特殊问题处理是否合理；
- b) 检查观测数据、观测记录、野外观测手簿是否齐全，内容是否完整、正确、规范；
- c) 检查观测手簿确定观测时气象、时间和环境等条件是否符合要求；
- d) 检查观测条件是否符合技术要求，如卫星高度角、有效观测卫星总数、有效观测时间、时段数、时段长度、数据采样间隔等；
- e) 检查观测方法是否正确，如归心元素、天线高、仪器高量测，采样间隔，时段长度和测回数等是否符合技术要求，是否准确；
- f) GNSS 点水准联测的合理性和正确性；
- g) 检查像控点成果采用的空间参考系是否正确；
- h) 检查起算数据、坐标转换方法、参数使用的正确性；

- i) 检查观测值数据的正确性，是否剔除了粗差及不可靠数据；
- j) 检查观测计算方法、过程是否符合相关要求，计算结果是否正确；
- k) 检查基线向量解算结果是否符合限差要求；
- l) 检查计算手簿内容是否正确、规范、完整；
- m) 检查观测和计算过程中观测限差、环闭合差、点位中误差等精度指标是否符合规范要求；
- n) 检查 GNSS 网平差中，点位精度指标是否符合要求，网与网之间的公共点较差是否超限，拟合高程与预留的已知高程点较差是否超限。

10.2.4 图解像控点测量

检查图解控制测量成果的符合性和正确性，内容包括：

- a) 核查图解法采用的资料源是否符合要求；
- b) 检查像控点成果采用的空间参考系是否正确；
- c) 检查像控点的平面位置坐标和高程是否正确。

10.2.5 标定与整饰

检查像控点标定的正确性，整饰的规范性及点位说明的准确性，内容包括：

- a) 检查像控点目标条件、影像条件是否符合技术要求；
- b) 检查像控点判点是否正确，点位略图与实地位置是否一致；
- c) 检查像控点整饰内容及规格是否符合技术要求；
- d) 检查像控点命名是否与设计一致；
- e) 检查像控点说明、注记和略图是否完整、准确、清楚。

10.2.6 附件资料

附件资料包括技术设计、仪器、布点略图和技术总结。检查内容包括：

- a) 技术设计是否符合本规范的相关技术要求；
- b) 仪器检定是否符合要求；
- c) 布点略图是否符合技术要求；
- d) 技术总结的齐全性、正确性。

10.3 成果质量检查与验收

成果质量检查和验收的内容及要求应符合GB/T 24356的规定。

11 成果整理与上交

11.1 成果整理

11.1.1 控制测量成果整理

控制成果以区域网或测区（任务区）为单位进行整理，应包括以下内容：

- a) 像控点与检查点分布图；
- b) 控制像片或影像像控点及点之记；
- c) 像控点信息成果；
- d) 外业像控点测量观测手簿，计算手簿。

11.1.2 编写技术总结

技术总结的编写应符合CH/T 1001的规定。

11.2 成果上交

上交的成果资料应包括以下内容：

- a) 成果清单；
- b) 像控点与检查点分布图；
- c) 基础控制点成果表、像控点成果表；
- d) 控制像片或影像控制点及点之记；
- e) 区域网划分和公共点分布略图；
- f) 外业像控点测量观测手簿和计算手簿；
- g) 图历簿；
- h) 技术设计书与技术总结；
- i) 检查报告与验收报告；
- j) 其他相关资料。

附录 A
(资料性)
像控点成果表

像控点成果表示例见表A.1。

表A.1 像控点成果表

| 点号 | 坐标 Y (东坐标) | 坐标 X (北坐标) | 高程(h) |
|--|------------|------------|-------|
| CP3001 | | | |
| CP3002 | | | |
| TP3003 | | | |
| 注： 1. X、Y为CGCS2000平面坐标； 2. 高程为1985国家高程基准； 3. X、Y、h单位为米。 | | | |

制表者：

检查者：

附 录 B
(资料性)
控制点点之记

控制点点之记示例见图B.1。

表B.1 控制点点之记

| | | | |
|---|------------|--|--------------------|
| 点号 | CP3001 | 像控点来源 | 平面和高程来源于1:1万外业像控测量 |
| 影像文件名 | 902021.tif | | |
| 全景影像点位分布图 | | 点位概略图(原始分辨率) | |
|  | |  | |
| | | 点位详图(原始分辨率放大300%) | |
| | |  | |
| 实测点位远景照片 | | 实测点位近景照片 | |
|  | |  | |
| 点位描述 | | | |
| 点位位于白色影像西南角,白色影像为房屋房顶,房屋稿3.15米,高程测至房顶。 | | | |
| 刺点者 | 张三 | 日期 | 2020.10.12 |
| 检查者 | 李四 | 日期 | 2020.10.15 |

参 考 文 献

- [1] GB/T 12340-2008 《1:25 000 1:50 000 1:100 000 地形图航空摄影测量内业规范》
 - [2] GB/T 12341-2008 《1:25 000 1:50 000 1:100 000 地形图航空摄影测量外业规范》
 - [3] GB/T 13977-2012 《1:5 000 1:10 000 地形图航空摄影测量外业规范》
 - [4] GB/T 13990-2012 《1:5 000 1:10 000 地形图航空摄影测量内业规范》
 - [5] GB/T 23236-2009 《数字航空摄影测量 空中三角测量规范》
 - [7] CH/T 3007.1-2011 《数字航空摄影测量 测图规范 第1部分：1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型 数字正射影像图 数字线划图》
 - [8] CH/T 3007.2-2011 《数字航空摄影测量 测图规范 第2部分：1:5000 1:10000 数字高程模型 数字正射影像图 数字线划图》
 - [9] CH/T 3007.3-2011 《数字航空摄影测量 测图规范 第3部分：1:25000 1:50000 1:100000 数字高程模型 数字正射影像图 数字线划图》
 - [10] CH/T 3009-2012 《1:50000 地形图合成孔径雷达航天摄影测量技术规定》
 - [11] CH/T 3013-2014 《数字表面模型 航天摄影测量生产技术规程》
-