



中华人民共和国国家标准

GB/T 40766—2021

数字航天摄影测量 控制测量规范

Digital space photogrammetry—Specifications for control survey

2021-10-11 发布

2021-10-11 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 通用要求	3
4.1 空间参考	3
4.2 基础控制测量成果	3
4.3 像控点类型及精度	4
4.4 卫星影像资料	4
4.5 区域似大地水准面精化成果	5
4.6 仪器设备	5
5 准备工作	5
5.1 资料收集	5
5.2 测区踏勘	6
5.3 资料分析	6
5.4 技术设计	6
6 基础控制点布设和测量	6
6.1 基础控制点布设	6
6.2 基础控制点测量	7
7 像控点布设	7
7.1 布点影像要求	7
7.2 点位要求	7
7.3 布设方式	7
7.4 单模型布点	8
7.5 单景影像布点	8
7.6 区域网布点	9
7.7 特殊情况布点	12
8 像控点测量	13
8.1 外业像控点测量	13
8.2 图解像控点测量	14
8.3 像控点编号及成果表	15
9 像控点整饰	15
9.1 控制像片整饰	15
9.2 电子像控点点之记制作	15

9.3 像控点信息采集	16
10 质量控制	16
10.1 基本要求	16
10.2 过程质量控制	16
10.3 成果质量检查与验收	17
11 成果整理与上交	17
11.1 成果整理	17
11.2 成果上交	17
附录 A (资料性附录) 像控点成果表	19
附录 B (资料性附录) 电子像控点点之记	20
附录 C (资料性附录) 像控点信息数据	21
参考文献	23

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国地理信息标准化技术委员会(SAC/TC 230)归口。

本标准起草单位：自然资源部测绘标准化研究所、自然资源部第二地形测量队、中国测绘科学研究院、浙江合信信息技术有限公司、深圳市勘察测绘院(集团)有限公司、自然资源部第一地形测量队、武汉大学、自然资源部四川测绘产品质量监督检验站、自然资源部第一航测遥感院、天津市测绘院。

本标准主要起草人：马聪丽、赵文普、严竞新、张力、刘念、王西萍、傅晓珊、朱正荣、黄献智、周贻港、张过、陈骏、张志军、彭飞宇、安德恭、吴桐、宋耀东、刘钰、李书丹、姚娜。

引 言

近年来随着航天技术的不断发展,遥感卫星以能够长时间、周期性地对地球成像,具备数据获取快速、成本低且不受区域限制的优势,逐渐成为人们观测地球空间信息的重要手段,其所具备的高空间分辨率、高敏捷机动能力、高定位精度为卫星影像数据的应用开拓了广阔的市场。目前光学遥感卫星影像已成为基础地理信息资源建设以及其他遥感应用领域的主要数据源,有必要制定数字航天摄影测量规范,建立完善的航天摄影测量标准体系,填补数字航天摄影测量标准的空白。

为适应当前测绘生产的技术要求和发展水平,有必要制定数字航天摄影测量中控制测量的规范,对标准体系予以完善。与本标准配套使用的标准有《数字航天摄影测量 空中三角测量规范》《数字航天摄影测量 测图规范》。

数字航天摄影测量 控制测量规范

1 范围

本标准规定了数字航天摄影测量生产中控制测量的基本规定、准备工作、基础控制点布设和测量、像控点布设、像控点测量、像控点整饰、质量控制、成果整理和上交的要求,描述了对应的证实方法。

本标准适用于线阵推扫式光学卫星影像采用摄影测量方法的 1:5 000、1:10 000、1:25 000、1:50 000、1:100 000 基础地理信息数字成果在控制测量阶段的生产作业。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 12341 1:25 000 1:50 000 1:100 000 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

CH/T 1001 测绘技术总结编写规定

CH/T 1004 测绘技术设计规定

CH/T 2009 全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字航天摄影测量 digital space photogrammetry

基于航天飞行器搭载的传感器获取的地面连续数字影像,结合外业获取的控制点平面和高程信息,利用计算机系统测制数字基础地理信息成果的全过程。

3.2

立体卫星影像 stereoscopic satellite image

具有同轨或异轨立体成像能力的卫星获取的能够构成立体像对(同名光线空间交会角大于 10°)的卫星影像。

3.3

单片卫星影像 monolithic satellite image

不具有立体成像能力的卫星获取的卫星影像,或具有立体成像能力的卫星获取的不能构成立体像对(同名光线空间交会角小于 10°)的卫星影像。

3.4

单景卫星影像 single-view satellite image

一景或一张单片卫星影像。

3.5

像控点 image control point

位于影像特定位置和特定目标上,具有成图坐标系中坐标信息的控制点。

注:采用野外实地测量获得点位三维坐标的像控点称为外业像控点;在已有基础地理信息成果中提取点位三维坐标的像控点称为图解像控点;用于检查成果正确性的像控点称为检查点(本标准中是指用于评定空中三角测量精度的像控点)。

3.6

连接点 tie point

能够构建立体模型或建立相邻模型(影像)之间连接关系的同名像点。

注:采用空中三角测量方法解求出点位三维坐标的连接点称为加密点;相邻平差区域网之间共同存在同一影像目标的加密点称为区域网间公共点(简称“公共点”)。

3.7

单模型 single stereo model

由立体卫星影像构成的单个立体模型。

3.8

卫星影像定向参数 satellite image orientation parameter

用于描述卫星影像在成图坐标系中的空间绝对位置和姿态的参数。

注:在本标准中是指通用的3阶有理多项式(rational polynomial coefficient, RPC)参数。

3.9

卫星影像侧视角 side view angle of satellite image

一景影像各像点成像入射角的平均值。

注:成像光线与入射点处大地椭球面法线之间的夹角称为成像入射角,由于卫星影像中各像点的成像入射角有一定差异,需取平均值进行描述。卫星影像的侧视角等于 90° 减去成像高度角。

3.10

立体区域网 stereo block

利用成片分布的立体卫星影像,且单模型间能够相互重叠,用于获取基础地理信息数字成果(数字表面模型(DSM)、数字高程模型(DEM)、数字正射影像(DOM)、数字线划图(DLG))生产所需的卫星影像定向参数构建的区域网。

3.11

平面区域网 horizontal block

利用成片分布的单片卫星影像,且影像间能够相互重叠,用于获取DOM生产所需的卫星影像定向参数构建的区域网。

3.12

单景影像定向 single-view image orientation

在单景卫星影像上量测一定数量的像控点,通过平差计算,获取用于DOM生产所需的卫星影像定向参数的过程。

3.13

单模型定向 single model orientation

在单模型卫星影像上量测一定数量的连接点和像控点,通过平差计算,获取用于基础地理信息数字成果生产所需的卫星影像定向参数的过程。

3.14

区域网平差 block adjustment

在立体区域网或平面区域网内量测一定数量的连接点和像控点,通过平差计算,获取卫星影像定向参数的过程。

3.15

基础影像控制网 basic image control network

具有满足成图精度要求的已有航空或航空中三角测量立体区域网,成果包括区域网中的影像数据和对应的影像定向参数。

4 通用要求

4.1 空间参考

一般情况下,采用 2000 国家大地坐标系,高斯-克吕格投影,1:5 000、1:10 000 按 3°分带,1:25 000、1:50 000、1:100 000 按 6°分带,高程基准采用 1985 国家高程基准。

特殊情况下,可根据成图需要,在专业技术设计书中对平面坐标系、高程基准、投影和分带方式另行做出规定。

4.2 基础控制测量成果

4.2.1 外业像控点测量的基础控制测量成果

用于外业像控点测量的基础控制测量成果要求如下:

- a) 选用高等级基础控制测量成果作为外业像控点测量起算数据源;
- b) 用于平面控制的基础控制测量成果包括:四等及以上国家大地控制网点、E 级及以上 GNSS 点、卫星导航定位基准站;
- c) 用于高程控制的基础控制测量成果包括:等外及以上等级的水准点、GNSS 点、区域似大地水准面精化成果。

4.2.2 图解像控点测量的基础控制测量成果

4.2.2.1 基础影像控制网成果

基础影像控制网成果要求如下:

- a) 基础影像控制网中的航空或航天影像地面分辨率应达到或优于相应成图比例尺要求的卫星影像地面分辨率;
- b) 基础影像控制网平面和高程精度应达到相应成图比例尺空中三角测量加密点精度。

4.2.2.2 已有 DOM、DSM 或 DEM 成果

已有 DOM、DSM 或 DEM 成果要求如下:

- a) 用于提取像控点成果的已有 DOM 地面分辨率应优于相应成图比例尺要求的卫星影像地面分辨率;
- b) 用于提取单模型定向和立体区域网平差像控点的已有 DOM 平面精度应达到相应成图比例尺空中三角测量加密点精度,用于提取单景卫星影像定向和平面区域网平差像控点的已有 DOM 平面精度应达到或高于相应成图比例尺 DOM、DLG 地物点精度;
- c) 用于提取单模型定向和立体区域网平差像控点的已有 DSM 或 DEM 高程精度应达到相应成图比例尺空中三角测量加密点精度,用于提取单景卫星影像定向和平面区域网平差像控点的已有 DSM 或 DEM 高程精度应达到或高于相应成图比例尺 DEM 内插点精度。

4.3 像控点类型及精度

4.3.1 像控点类型

航天摄影测量的像控点采用平高控制点。

4.3.2 外业像控点精度

外业像控点精度应满足下列要求：

- a) 外业像控点平面位置中误差相对邻近基础控制点不应大于相应成图比例尺图上 ± 0.1 mm；
- b) 外业像控点的高程中误差，在 1 : 5 000~1 : 10 000 成图时，相对邻近基础控制点不应超过基本等高距的 1/10；在 1 : 25 000~1 : 100 000 成图时，相对邻近基础控制点应符合表 1 的规定；

表 1 1 : 25 000~1 : 100 000 测图像控点高程中误差 单位为米

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
1 : 100 000	± 1.5	± 2.0	± 2.5	± 5.0

- c) 大面积森林、沙漠、戈壁、沼泽以及小面积海岛(礁)等特殊困难地区像控点的平面位置中误差、高程中误差可相应放宽 0.5 倍；
- d) 最大误差为 2 倍中误差。

4.3.3 图解像控点精度

图解像控点精度应满足下列要求：

- a) 用于单模型定向和立体区域网平差的图解像控点，平面和高程精度应达到相应成图比例尺空中三角测量加密点精度；
- b) 用于单景卫星影像定向和平面区域网平差的图解像控点，平面精度达到相应成图比例尺 DOM、DLG 地物点精度；高程精度达到相应成图比例尺 DEM 内插点精度。

4.4 卫星影像资料

4.4.1 基本要求

卫星影像资料应满足下列基本要求：

- a) 卫星影像应为传感器校正后的影像产品，即对原始卫星下传数据经过辐射校正和传感器几何校正处理的初级影像产品。
- b) 卫星影像的地面分辨率、时相、成像质量应满足生产要求。
- c) 卫星影像应纹理清晰，无明显噪声、斑点和坏线，影像无明显几何变形。水网地区，不得出现大面积水面反光。
- d) 用于 DOM 生产的卫星影像应为单片卫星影像或立体卫星影像中侧视角较小且分辨率较高的影像，其侧视角平地、丘陵地不应大于 25°，山地、高山地不应大于 20°。
- e) 单景卫星影像的非永久积雪覆盖面积应小于 5%；云、雪累计覆盖面积应小于影像总面积的 15%，重要地物纹理不得被云、雪、云影、阴影等遮挡，且影像接边处不应有云覆盖。

- f) 用于构建平面区域网或立体区域网的相邻卫星影像重叠度不应小于 10%。
- g) 当卫星影像在侧视角、云雪覆盖和重叠度等方面遇到特殊情况,超过上述条目中的规定要求,但总体可以满足使用需求时,须经技术部门认可或审批后方可使用。

4.4.2 影像数据

卫星影像数据应包括以下文件:影像文件(如 TIFF 或其他标准影像格式)、影像缩略图文件(一般为 JPG 格式文件)、影像 RFM 参数文件(如 RPC 文件或 RPB 文件)或卫星姿轨参数文件、影像辅助信息文件(一般为 XML 文件,包括影像四角经纬度坐标、地面分辨率、传感器类型、成像时间、太阳方位角与高度角、成像方位角与高度角等必要信息)。

4.4.3 地面分辨率

卫星影像的地面分辨率应满足成图精度的要求,按照比例尺的不同,用于成图的全色卫星影像地面分辨率不应低于表 2 的规定。

表 2 卫星影像地面分辨率

单位为米

成图比例尺	1 : 5 000	1 : 10 000	1 : 25 000	1 : 50 000	1 : 100 000
地面分辨率	0.5	1.0	2.5	5.0	10.0

4.5 区域似大地水准面精化成果

用于计算像控点正常高的区域似大地水准面精化模型数据,其分辨率和精度不应低于表 3 的规定。

表 3 区域似大地水准面精化模型数据要求

成图比例尺	分辨率	精度	
		平地、丘陵地	山地、高山地
1 : 5 000、1 : 10 000	5' × 5'	±0.1 m	±0.3 m
1 : 25 000、1 : 50 000、1 : 100 000	15' × 15'	±0.3 m	±0.6 m

4.6 仪器设备

作业中使用的测量仪器设备应经过有资质的计量检定机构检定合格后,在有效期内使用。

5 准备工作

5.1 资料收集

5.1.1 控制测量资料

控制测量资料主要包括:

- 测区及周边的基础控制成果;
- 测区及周边可准确读取满足像控点精度的已有 DOM、DEM 等成果;
- 测区及周边能满足像控点精度的基础影像控制网成果。

5.1.2 卫星影像资料

卫星影像资料主要包括：

- a) 覆盖测区的卫星影像数据,包括全色和多光谱影像数据文件,包括标准影像格式的影像文件(如:*.tif)、缩略影像文件(如:*.jpg)、影像 RFM 参数文件(如:*.RPC 或 *.RPB)或卫星姿轨参数、影像辅助信息文件(如:*.xml);
- b) 用于立体测图的卫星影像应为立体卫星影像。

5.1.3 地图资料

地图资料包括测区及周边相关比例尺地形图、行政区划图、交通图、水利图等资料。

5.2 测区踏勘

对不熟悉情况的测区,必要时应进行测区踏勘,了解测区及周边的基础控制成果的分布、类型、完好程度等情况,了解地形、植被、交通、气候等情况,并编写踏勘报告。踏勘报告的编写要求及主要内容按 CH/T 1004 规定执行。

5.3 资料分析

对收集到的资料进行分析：

- a) 查看基础控制成果的施测年代、施测单位、作业依据、平面坐标系统和高程基准、成果精度。综合分析基础控制成果的分布、类型等情况,以确定其使用价值和使用方法。
- b) 查看卫星影像的成像信息和分布情况,综合分析影像的成像类型、覆盖情况、数据文件内容、地面分辨率、时相、侧视角、云雪覆盖、相邻影像重叠度、影像质量等情况,以确定其是否满足成图要求。
- c) 查看地图资料的施测年代、施测单位、作业依据、平面坐标系统和高程基准、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。

5.4 技术设计

技术设计应满足下列要求：

- a) 根据项目具体情况可以与空中三角测量、测图与成果生产合并编写,也可以独立编写;
- b) 应根据项目总体要求并结合踏勘报告、资料分析结果等编写;
- c) 应满足本标准规定的各项技术要求,特殊情况不能达到时应明确说明原因,并通过项目委托单位的审核批准;
- d) 编写应符合 CH/T 1004 的规定。

6 基础控制点布设和测量

6.1 基础控制点布设

基础控制点布设应满足下列要求：

- a) 当成图区域需要施测外业像控点,且没有满足精度要求的基础控制成果时,应布设和施测一定数量的基础控制点,作为像控点测量的起算点;
- b) 采用 GNSS 静态相对定位测量方法时,其布设原则应基本符合 GB/T 18314—2009 中 E 级网的规定。

6.2 基础控制点测量

基础控制点测量应满足下列要求：

- a) 布设的基础控制点平面坐标应采用 GNSS 定位测量或与其精度相当的方法施测；高程应采用等外水准测量或与其精度相当的方法施测；
- b) 采用 GNSS 静态相对定位测量方法时，其选点、观测、数据处理、成果检查与上交资料应基本符合 GB/T 18314—2009 中 E 级网的规定，其中，E 级网的平均边长等约束条件可以放宽，允许长短边存在；
- c) 采用 GNSS RTK 方法时，其精度、观测、记录、数据处理、成果检查与上交资料应符合 CH/T 2009 中控制测量的规定。

7 像控点布设

7.1 布点影像要求

在覆盖测区的全色(单片、立体)卫星影像上布设像控点。

7.2 点位要求

7.2.1 目标条件

像控点点位目标应满足下列条件：

- a) 像控点目标在影像上应成像清晰、明显，在影像上易于准确识别和量测，在实地易于准确确定位置和测量；
- b) 像控点首选目标为交角($30^{\circ}\sim 150^{\circ}$)良好的细小线状要素的交点、明显要素的拐角点，其次为影像上小于 $0.3\text{ mm}\times 0.3\text{ mm}$ 的点状要素中心，最后为细小线状要素的端点；
- c) 移动物体和非永久性地面标志不能作为选点目标，随季节变化的要素和高程急剧变化区域的要素不宜作为选点目标；
- d) 用于单片影像定向和平面区域网平差的像控点，不应选在高出地面的要素顶上。

7.2.2 像片条件

像控点像片条件应满足下列条件：

- a) 像控点按尽可能控制立体模型或单片影像最大范围的原则，布设在立体模型或单片影像四角位置。当立体模型或单片影像四角影像纹理单一(如大面积水域、云雪区域、森林覆盖区等)，没有点位目标时，可在立体模型或单片影像范围内选取明显目标布点。
- b) 用于区域网平差的像控点尽量布设在相邻立体模型或相邻影像重叠范围内同一目标点上，利于增加重复观测条件，提高平差精度。当影像重叠范围内影像纹理单一(如大面积水域、云雪区域、森林覆盖区等)，或成像时相差异等原因，无法选取共用的像控点目标时，应在相邻立体模型或相邻单片影像上分别布点。
- c) 位于成图范围附近的像控点尽量布设在成图范围线之外，利于控制成图范围线附近的成图精度。

7.3 布设方式

像控点布设方式要求如下：

- a) 按照解算定向参数的基本单元分为单模型布点、单景影像布点和区域网布点；

- b) 当单模型或单景影像能够完整覆盖成图范围,或成图范围内存在独立的单模型或单景影像时,应采用单模型布点或单景影像布点方式;
- c) 当成图范围内卫星影像能够构成区域网时,应优先采用区域网布点方式。

7.4 单模型布点

采用单模型布点时,一般应在模型四角各布设 1 个像控点,在模型中间位置布设 1 个检查点(见图 1)。

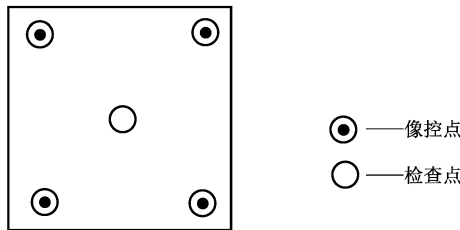


图 1 单模型布点

7.5 单景影像布点

单景影像布点有下列几种方式:

- a) 一般情况下,应在影像四角各布设 1 个像控点(见图 2);

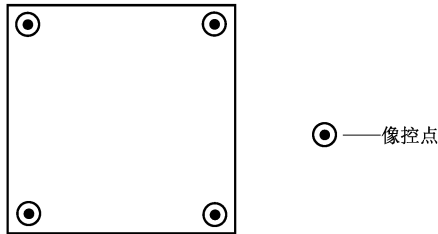


图 2 一般情况下的单景影像布点

- b) 当卫星标称无控定位精度(CE90)较高(达到或优于相应比例尺 DOM 成图精度),且影像侧视角较小($\leq 25^\circ$)时,可适当减少四角布设像控点的数量,但至少不少于 2 个像控点(见图 3);

注: CE90 表示 90% 的圆形误差,即影像中 90% 以上两点之间测得的结果与实测值之间的误差等于或小于规定的精度值。

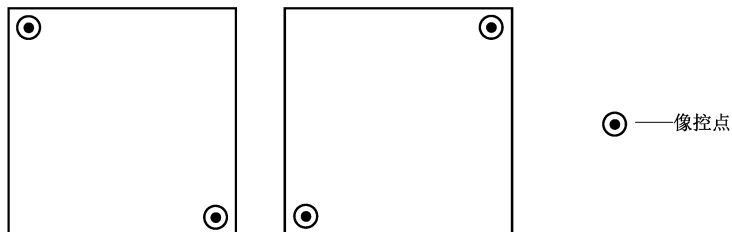


图 3 CE90 精度较高且影像侧视角较小的单景影像布点

- c) 当卫星标称无控定位精度(CE90)较低(低于相应比例尺 DOM 成图精度),且影像侧视角较大($> 25^\circ$)时,应在四角布设像控点的基础上,适当增加布设像控点(见图 4)。

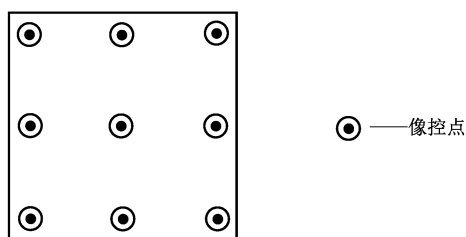


图4 CE90 精度较低且影像侧视角较大的单景影像布点

7.6 区域网布点

7.6.1 基本要求

区域网布点的基本要求：

- 以覆盖测区的全色卫星影像分布情况构建区域网。
- 允许不同卫星平台和不同地面分辨率的卫星影像一同构建区域网。
- 同一区域网内的卫星影像地面分辨率差异不应大于4倍。当影像地面分辨率差异超过4倍时,应根据实际成图精度要求划分为不同的区域网。
- 卫星影像区域网平差一般按整测区布设像控点。
- 尽可能在区域网四角各布设一对像控点,作为可靠的备选选点。

7.6.2 平面区域网布点

平面区域网布点有下列几种方式：

- 一般情况下,以单景影像为基本布点单元,在每景影像上应布设4个像控点,像控点尽量位于相邻影像重叠范围内,相邻影像间的像控点尽量共用(见图5)。

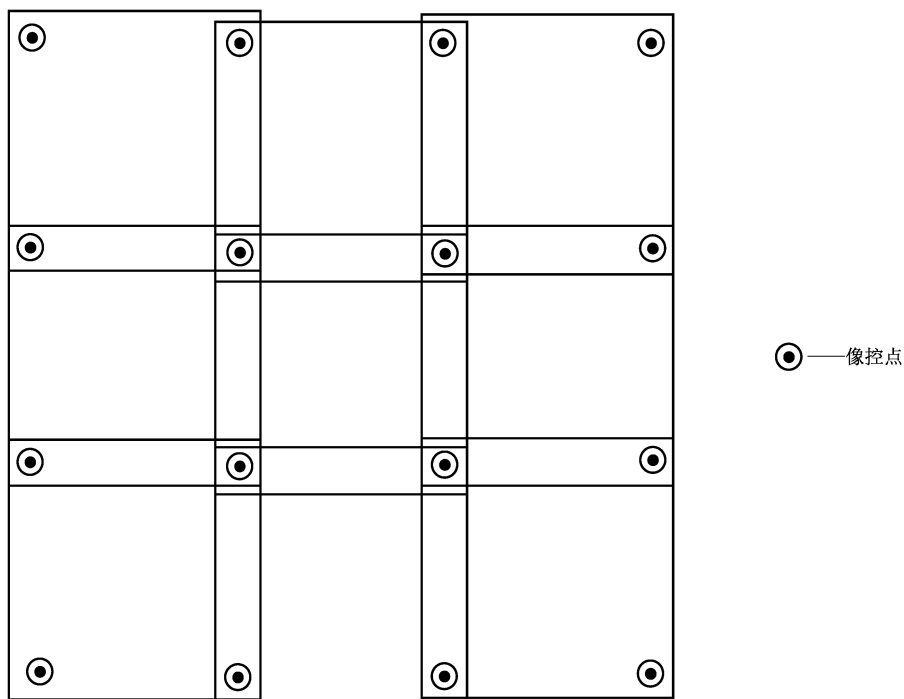


图5 一般情况的单片影像平面区域网布点

- 特殊困难地区,可在同一条带内采用隔片布点,即以同一条带内连续相邻的三景影像为基本

布点单元,每个布点单元布设 4 个像控点和一个检查点。4 个像控点布设在首末两端单景影像角点位置,检查点布设在中间影像的中间位置。像控点尽量位于同条带相邻影像和相邻条带相邻影像重叠范围内,相邻影像和相邻条带间的像控点尽量共用,见图 6 和图 7。

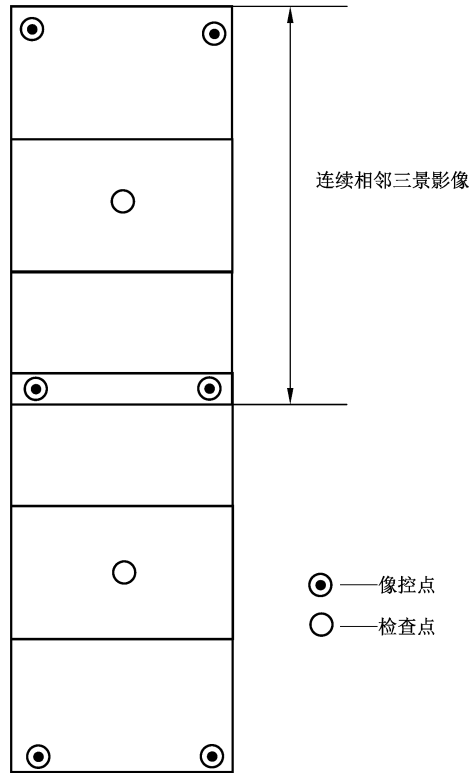


图 6 单条带隔片平面区域网布点

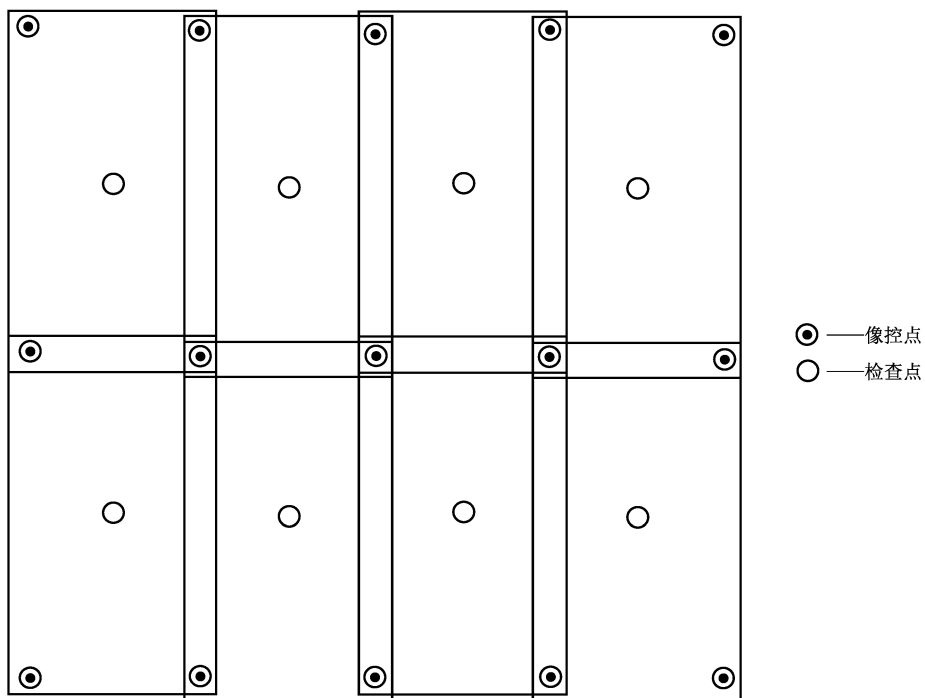


图 7 多条带隔片平面区域网布点

7.6.3 立体区域网布点

将同一条带按长度和单模型数划分为分段条带,分段条带长度(沿条带方向的地面长度)不超过 100 km,且分段条带内包含的连续单模型数量一般不超过 3 个,特殊困难地区不超过 5 个。以分段条带为基本布点单元,每个基本布点单元布设 4 个像控点和一个检查点。其中,4 个像控点应布设在分段条带首末两端单模型角点位置,检查点布设在分段条带中间位置。像控点尽量位于同条带相邻单模型和相邻条带单模型重叠范围内,相邻模型和相邻条带的像控点尽量共用,见图 8 和图 9。

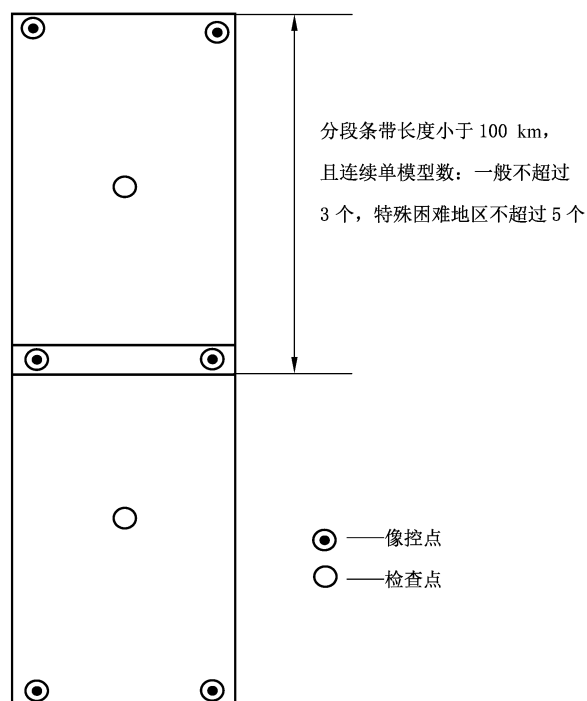


图 8 单条带立体区域网布点

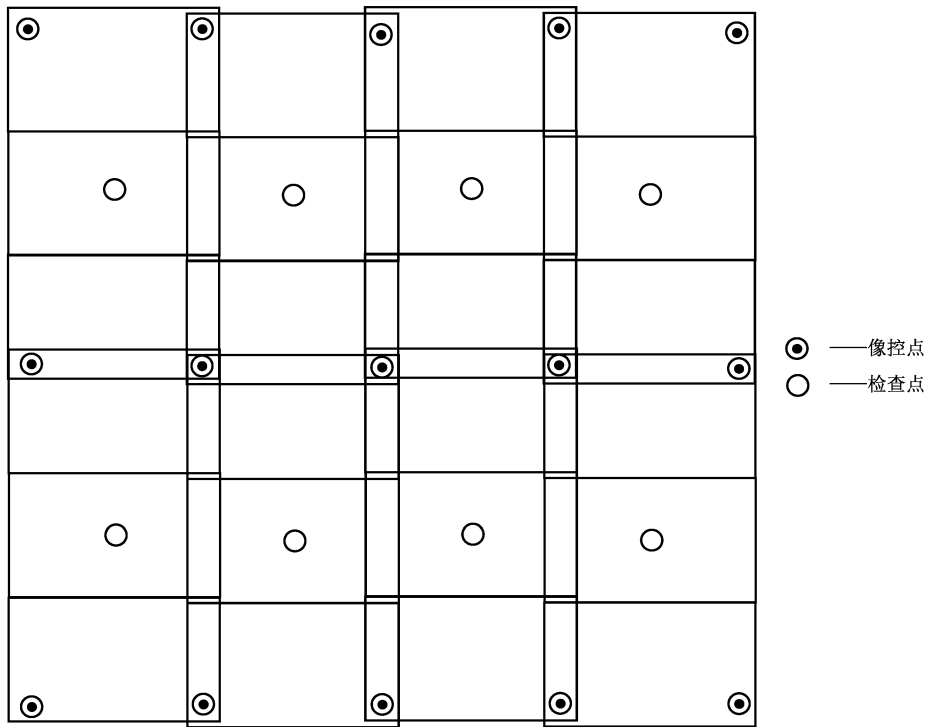


图 9 多条带立体区域网布点

7.7 特殊情况布点

当遇到海湾、岛屿及影像漏洞等特殊情况时,像控点布设应遵循控制最大陆地范围和影像有效范围的基本原则(见图 10)。对于边境地区,可采用单侧境内布设像控点。

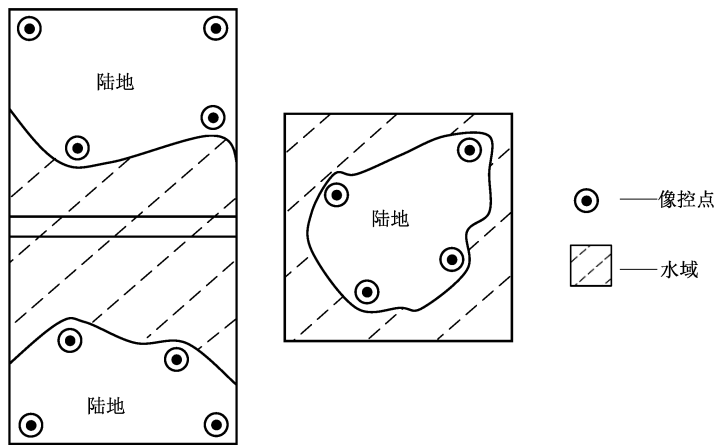


图 10 特殊情况布点

8 像控点测量

8.1 外业像控点测量

8.1.1 基本要求

外业像控点测量的基本要求是：

- a) 外业像控点测量应采用 GNSS 测量、三角锁、交会、附合导线、支导线、引点、三角高程测量、水准高程测量等方法；
- b) 采用 GNSS 测量法进行像控点测量时，像控点平面坐标采用 GNSS 静态、GNSS 双基站快速静态、GNSS RTK、GNSS 精密单点定位等方法进行测定，像控点高程采用 GNSS 水准高程拟合、GNSS 高程精化、GNSS RTK 高程测量等方法进行测定；
- c) 当测区有 CORS 站网和区域似大地水准面精化成果时，应优先使用其进行像控点测量；
- d) 当像控点无法用 GNSS 直接联测时，应在像控点附近联测一对 GNSS 点作为过渡点（两点间距应大于像控点到 GNSS 点距离），用电磁波测区支导线与测距高程支导线、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 GNSS 平面测量方法

8.1.2.1 GNSS 静态或双基站快速静态测量

GNSS 静态或双基站快速静态定位技术测定像控点平面坐标应满足下列要求：

- a) 采用 GNSS 静态定位技术测定像控点平面坐标时，GNSS 网的观测、记录、数据处理、成果检查参照 GB/T 18314—2009 中 E 级网的规定执行，其相邻点间平均距离可不考虑；
- b) 采用 GNSS 双基站快速静态定位技术测定像控点平面坐标时，技术要求应符合表 4 规定，其流动站与基准站的距离应满足测量要求。

表 4 GNSS 双基站快速静态测量技术要求

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

8.1.2.2 GNSS RTK 测量

GNSS RTK 测量像控点平面坐标应满足下列要求：

- a) 采用 GNSS RTK 定位技术测定像控点平面坐标时，按照 CH/T 2009 中 RTK 地形测量部分的图根点测量技术要求执行；
- b) 基于 CORS 站网采用网络 RTK 定位技术测定像控点平面坐标时，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。

8.1.2.3 GNSS 精密单点定位 (PPP) 测量

GNSS 精密单点定位测量像控点平面坐标应满足下列要求：

- a) GNSS 精密单点定位初始化时间依据像控点精度而定,一般不应少于 15 min;
- b) 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,其平面点位互差小于或等于 ± 20 cm,高程互差小于或等于 ± 22 cm;
- c) 采用 GNSS 精密单点定位测量法联测像控点时,观测技术要求应符合表 5 规定;

表 5 精密单点定位(PPP)观测技术要求

等级	观测方式	观测卫星数量 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

- d) 应使用精密单点定位测量专用解算软件进行数据处理。

8.1.3 GNSS 高程测量方法

8.1.3.1 GNSS 水准高程拟合

当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 GNSS 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 GNSS 点(包括像控点)的正常高。具体要求如下:

- a) 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,为提高高程拟合精度,可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 GNSS 网中应联测不少于 8 个(困难地区不少于 7 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 GNSS 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。

8.1.3.2 GNSS 高程精化

当测区有满足精度要求的区域似大地水准面精化成果时,可利用区域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。

8.1.3.3 GNSS RTK 高程测量

采用 GNSS RTK 定位技术测定像控点高程时,按照 CH/T 2009 中 RTK 地形测量部分的图根点测量技术要求执行。

8.2 图解像控点测量

8.2.1 基本要求

图解像控点测量的基本要求是:

- a) 图解像控点成果从已有基础影像控制网或已有基础地理信息数字成果(DOM、DSM 或 DEM)

中提取；

- b) 用于单模型定向和立体区域网平差的图解像控点，一般情况下，应优先从已有基础影像控制网中提取平面坐标和高程；特殊情况下，可从不低于相应成图比例尺的 DOM 成果中提取平面坐标，从优于相应成图比例尺的 DSM 或 DEM 成果中提取高程；
- c) 用于单景影像定向和平面区域网平差的图解像控点，既可从已有基础影像控制网中提取平面坐标和高程，也可从不低于相应成图比例尺的 DOM 成果中提取平面坐标，从不低于相应成图比例尺的 DSM 或 DEM 成果中提取高程；
- d) 基于 DOM 成果提取的图解像控点应选取地面目标。

8.2.2 测量方法

图解像控点测量的测量方法是：

- a) 人工目视判读法：在成图使用的卫星影像布设的像控点位置，通过人工目视识别的方法，选取卫星影像与基础影像控制网中的影像或已有 DOM 中的同名目标作为像控点，利用基础影像控制网进行空中三角测量区域网平差得到像控点平面坐标和高程；或在已有 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值；
- b) 影像匹配提取法：将成图使用的卫星影像与基础影像控制网中的影像或已有 DOM 进行影像匹配，经过粗差剔除后得到的同名目标作为像控点，通过软件自动在基础影像控制网中或已有 DOM、DEM 中提取得到像控点平面坐标和高程。

8.3 像控点编号及成果表

8.3.1 像控点编号

按整个成图区或任务区以“像控点标识符+阿拉伯数字”统一编号，编号不得重复。其中像控点标识符为两个英文字符，“CP”为外业像控点，“TP”为空中三角测量加密点，“DP”为 DOM、DEM 量测点，“JP”为检查点。

示例：外业像控点点号 CP3001，检查点点号 JP8001。

8.3.2 像控点成果表

按整个成图区或任务区以电子表格文档格式制作像控点成果表。表内记录内容包括平面坐标系、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、制表者和检查者名字及日期等。成果表文件命名应包含项目名称等信息。像控点成果表样式参照附录 A。

示例：成果表文件名为“* * 项目 * * 测区(任务区)像控点成果表.xls(xlsx)”。

9 像控点整饰

9.1 控制像片整饰

控制像片上像控点的选刺与整饰按照 GB/T 13977 和 GB/T 12341 执行。

9.2 电子像控点点之记制作

电子像控点点之记制作应满足：

- a) 电子像控点点之记以电子表格文档格式按多文档制作，每个文档存放一个像控点点之记。

示例:点之记成果文件名为:“* * 项目 * * 测区(任务区)像控点点之记.xls(xlsx)”。

- b) 电子像控点点之记记录的内容应包括点号、全色影像文件名、像控点来源、点位标记影像略图、点位描述、实地观测照片、刺点者和检查者签名及日期等。
- c) 电子像控点点之记所使用的点位标记影像略图,从像控点所在的某一景全色影像提取。点位标记影像图包括整景影像缩略点位图、点位概略图(原始分辨率)和点位详图(原始分辨率放大300%)。
- d) 点位实地照片取景角度应与影像方向基本一致。
- e) 电子像控点点之记示例参见附录B。

9.3 像控点信息采集

像控点信息采集应满足下列要求:

- a) 将卫星影像定向平差使用的像控点采集为像控点信息数据,作为建立像控点影像库的基础数据源。
- b) 像控点信息数据包括像控点索引影像文件和像控点信息文件。其中像控点索引影像文件以RGB彩色模式采用非压缩图片格式存储,像控点信息文件采用文本格式存储。一个像控点生成一对信息数据文件。

示例:一对信息数据文件分别为*.tif和*.inf。

- c) 像控点索引影像在点位所在的原始全色影像上采集,示例参见附录C的C.1。
- d) 像控点信息文件的内容示例参见C.2。

10 质量控制

10.1 基本要求

控制测量成果在自查互检基础上采用二级检查、一级验收的方式进行质量控制。

10.2 过程质量控制

10.2.1 要求

过程质量控制由作业员分阶段进行自查或互检、内业全数检查、外业抽样检查,检查比例不得低于二级检查要求,内容包括对基础资料采用、布点选择、观测计算或图解量、整饰、成果资料的检查。

10.2.2 基础资料

核查像控点测量采用基础资料的符合性。内容包括:卫星影像资料是否齐全,影像分辨率、侧视角和时相等是否满足设计要求;采用基础控制资料的各项参数和精度指标(如基础控制点的精度等级、已有DOM分辨率及精度、DEM格网间距及精度、区域似大地水准面精化成果模型数据分辨率和精度等)是否满足设计要求。

10.2.3 布点

检查控制点点位布设及选择的正确性和合理性。内容包括:核查控制点是否完整覆盖测区范围,点位布设方式是否符合设计要求,控制点间距是否符合技术要求;实地核查控制点点位观测环境的符合性,点位目标大小、判读清晰度和位置条件的符合性,点位选择的合理性。

10.2.4 观测计算或图解测量

核查控制点观测和计算的正确性、规范性及各项精度指标的符合性。内容包括:通过观测手簿核查观测时气象、时间和环境等条件是否符合要求,观测方法(如天线高、仪器高量测,采样间隔,时段长度和测回数等)是否正确,观测记录是否完整、正确、规范,观测计算方法和计算结果是否正确;检查计算时采用起算数据、参数设置是否正确,计算方法及过程是否符合相关要求,计算手簿内容是否完整、规范且正确;通过核查、比对分析和实地检查方式检查观测和计算过程中观测限差、中误差、闭合差等精度指标是否符合规范及设计要求;核查像控点成果采用的空间参考系是否正确。

核查图解控制测量成果的符合性和正确性。内容包括:核查图解控制采用的资料来源是否符合要求、像控点成果采用的空间参考系是否正确,对照资料来源核查图解像控点的平面坐标和高程是否正确。

10.2.5 整饰

检查控制点整饰的正确性。内容包括:根据与邻近地物的关系实地核查影像控制片上控制点位置与实地是否一致、准确,点位命名是否与设计一致,点位说明和略图是否表达完整、准确、清楚,点位整饰内容及规格是否符合设计要求。

10.2.6 成果资料

对照技术设计要求,核查成果资料是否完整,成果形式、数据组织、数据格式、文件命名、数据内容等是否符合要求。

10.3 成果质量检查与验收

控制测量成果的检查与验收过程按照 GB/T 24356 的规定执行。

11 成果整理与上交

11.1 成果整理

11.1.1 像控点测量成果

以测区(任务区)为单位整理像控点测量成果,包括像控点与检查点分布图、控制像片或电子像控点点之记、像控点信息成果、像控点成果表、外业像控点测量观测手簿和计算手簿等。

11.1.2 编写技术总结

按 CH/T 1001 要求编写。

11.2 成果上交

成果包括以下内容:

- a) 成果清单;
- b) 像控点与检查点分布图;
- c) 像控点成果表;
- d) 纸质控制像片或电子像控点点之记;
- e) 像控点信息成果;

GB/T 40766—2021

- f) 外业像控点测量观测手簿和计算手簿；
- g) 技术设计书；
- h) 技术总结；
- i) 检查报告与验收报告；
- j) 其他相关资料。

附 录 B
(资料性附录)
电子像控点点之记

电子像控点点之记示例见图 B.1。

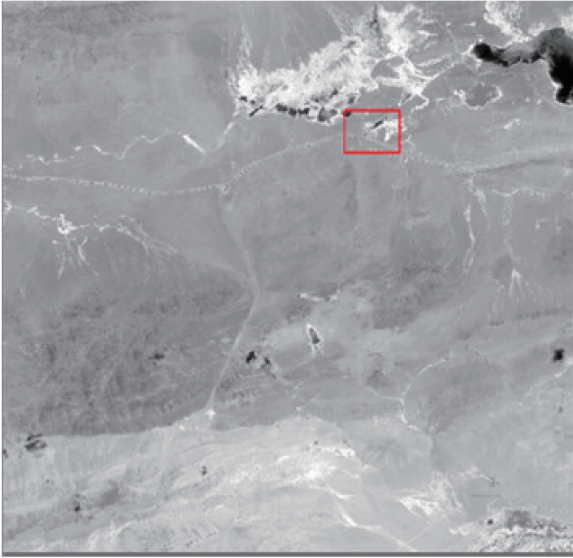

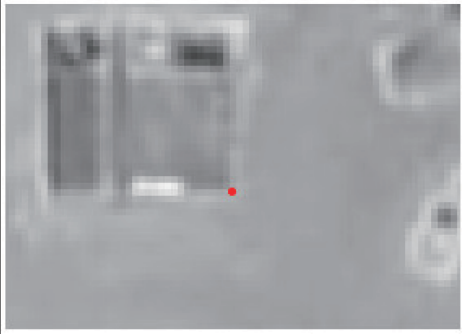

	A	B	C	D	E	F	G	H	I																								
1	点号	CP3001		像控点来源	平面和高程来源于1:1万外业像控																												
2																																	
3	全色影像文件名	GF2_PMS1_E86.9_N31.9_20180609_L1A0003249795-1036254.tif																															
4	整景影像缩略点位图					点位概略图(原始分辨率)																											
5																																	
6																																	
7														<p style="text-align: center;">点位描述</p> <p>点位位于白色线状影像拐角处,白色线状影像为围墙,点位刺在围墙拐角墙顶外侧,围墙高1.6 m,高程测至墙顶。</p>																			
8																		<p style="text-align: center;">实地观测照片</p> 															
9																						<table border="1"> <tr> <td>刺点者</td> <td>张三</td> <td>日期</td> <td>2018-5-20</td> </tr> <tr> <td>检查者</td> <td>李四</td> <td>日期</td> <td>2018-5-20</td> </tr> </table>				刺点者	张三	日期	2018-5-20	检查者	李四	日期	2018-5-20
刺点者																										张三	日期	2018-5-20					
检查者						李四	日期	2018-5-20																									
10						<p>CP3001 CP3002 CP3003 CP3004 CP3005 CP3006 CP3007 CP3008</p>																											
11																																	
12																																	
13																																	
14																																	
15																																	
16																																	
17																																	
18																																	
19																																	
20																																	
21																																	
22																																	
23																																	
24																																	
25																																	
26																																	
27																																	
28																																	
29																																	
30																																	
31																																	
32																																	
33																																	
34																																	
35																																	
36																																	
37																																	
38																																	
39																																	

图 B.1 电子像控点点之记

注 1: 像控点来源分为外业像控点测量、空中三角测量加密、DOM&DEM 量测三种,且在三种来源描述前标明成图比例尺,以便明确反映控制点几何精度。比如“平面和高程来源于 1:1 万外业像控点测量”、“平面和高程来源于 1:1 万空中三角测量加密”、“平面来源于 1:1 万 DOM 量测,高程来源于 1:1 万 DEM 量测”。

注 2: 若像控点为图解像控点,则点之记中的“实地观测照片”为空。

附录 C
(资料性附录)
像控点信息数据

C.1 像控点索引影像

像控点索引影像示例见图 C.1。

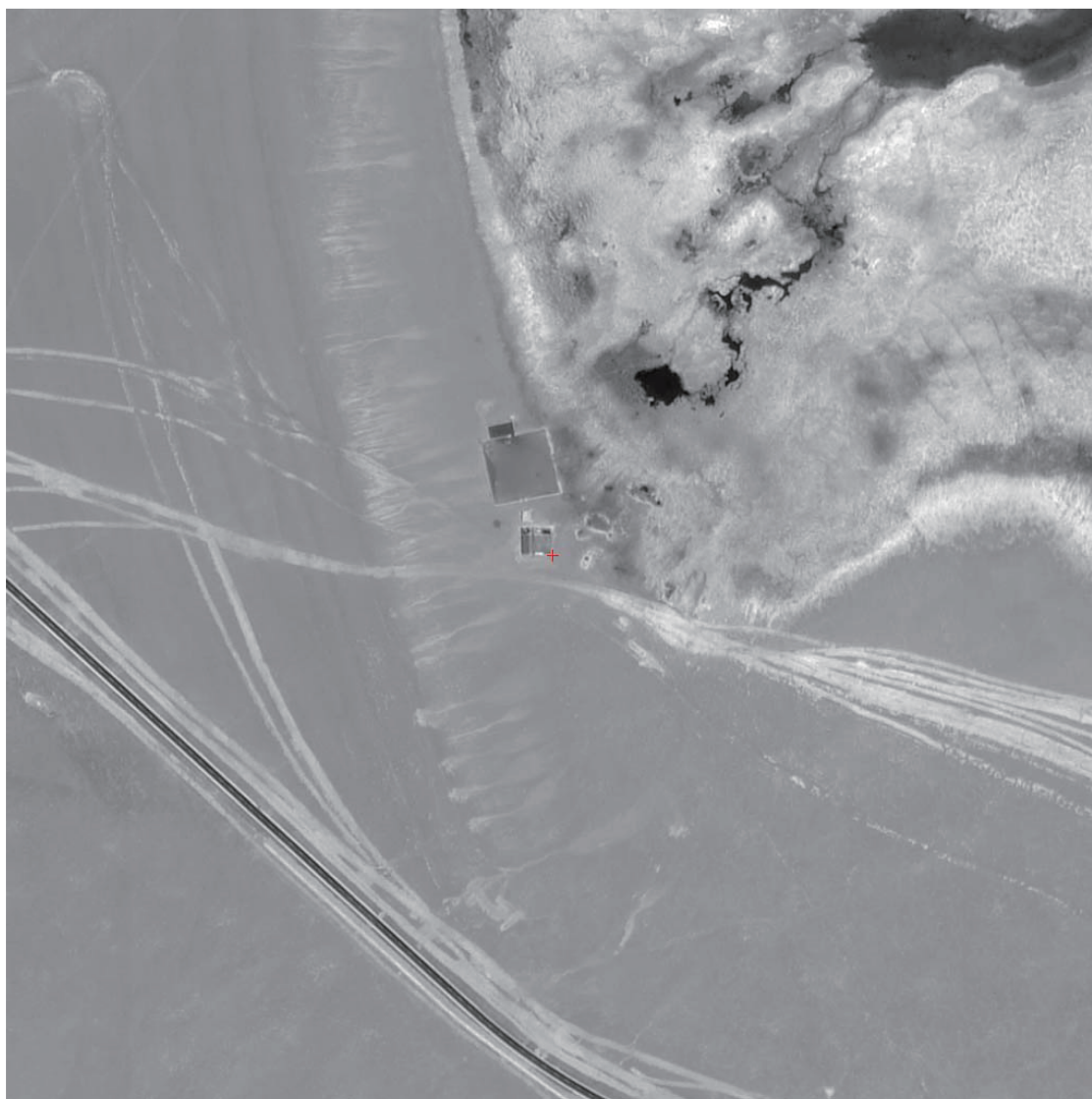


图 C.1 像控点索引影像

一般应按以下步骤和要求进行索引影像的采集：

- a) 以点位所在的像素为中心,向上下左右四个方向各外扩 511 个像素裁切得到宽高均为 1 023 个像素的影像,超出原始影像边界的部分以背景色(灰度值为 0)填充;
- b) 将裁切得到的影像转换为 RGB 彩色模式(三通道,24 位),以点位为中心,绘制一红色十字丝作为点位标识,十字丝直线宽度为 1 个像素,水平和垂直方向长度均为 11 个像素。

C.2 像控点信息文件

像控点信息文件内容样例如下：

[Control point info]	
Geographic:Lat= 31°59'58.044"	//地理坐标,纬度
Geographic:Lon= 113°21'35.551"	//地理坐标,经度
Geodetic:X= 3544228.510	//大地投影坐标,南北方向
Geodetic:Y= 723021.310	//大地投影坐标,东西方向
Geodetic:Z= 1120.310	//高程
PointType=CP	//控制点类型:外业像控点、加密点、DOM、DEM 量测
ImgResolution= 1.0	//影像地面分辨率,单位:米
ConSource=平面和高程来源于 1:1 万外业像控	//控制点采集来源:外业像控、空中三角测量加密、DOM 量测
Memo=围墙拐角外侧墙顶	//记录控制点的描述信息,此项可选

像控点信息文件中各参数项要求：

- a) 像控点信息文件中坐标系、投影参数、高程基准应与成图采用数学基础保持一致，投影坐标和高程单位为米。
- b) 控制点类型(PointType)项分为外业像控点、加密点、DOM&DEM 量测点三种类型，其中外业像控点填写为“CP”，加密点填写为“TP”，DOM&DEM 量测点填写为“DP”。
- c) 控制点采集来源(ConSource)项分为外业像控点测量、空中三角测量加密、DOM&DEM 量测三种，且在三种来源描述前标明成图比例尺，以明确反映控制点几何精度。如“平面和高程来源于 1:1 万外业像控”、“平面和高程来源于 1:1 万空中三角测量加密”、“平面来源于 1:1 万DOM 量测，高程来源于 1:1 万 DEM 量测”。

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
- [6] CH/T 3006—2011 数字航空摄影测量 控制测量规范
- [7] CH/T 3007.1—2011 数字航空摄影测量 测图规范 第1部分:1:500 1:1 000
1:2 000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:1:5 000 1:10 000 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:1:25 000 1:50 000
1:100 000数字高程模型 数字正射影像图 数字线划图
- [10] CH/T 3009—2012 1:50 000 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
-