

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50167 – 2014

工程摄影测量规范

Code for engineering photogrammetry

2014 – 07 – 13 发布

2015 – 05 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

工程摄影测量规范

Code for engineering photogrammetry

GB 50167-2014

主编部门：中国有色金属工业协会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 5 年 5 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 483 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《工程摄影测量规范》的公告

现批准《工程摄影测量规范》为国家标准，编号为 GB 50167—2014，自 2015 年 5 月 1 日起实施。其中，第 4.1.3 条为强制性条文，必须严格执行。原国家标准《工程摄影测量规范》GB 50167—92 同时废止。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 7 月 13 日

前 言

本规范是根据住房和城乡建设部《关于印发〈2009 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2009〕88 号)的要求,由中国有色金属工业西安勘察设计研究院会同有关单位在原国家标准《工程摄影测量规范》GB 50167—92 的基础上修订而成。

本规范在修订过程中,修订组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并广泛征求意见,最后经审查定稿。

本规范共分 8 章和 8 个附录,主要内容包括:总则,术语、代号和符号,基本规定,航空摄影测量,机载激光雷达测量,地面激光扫描测量,近景摄影测量,卫星遥感测量等。

与原规范相比,本次修订的主要内容是:

1. 删除原规范控制测量和数字地面模型的内容;
2. 合并原规范地面摄影测量和非地形摄影测量的内容;
3. 增加术语、代号和符号,基本规定,机载激光雷达测量和地面激光扫描测量等章节。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属工业工程建设规范管理处负责日常管理,由中国有色金属工业西安勘察设计研究院负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,如有意见或建议,请寄送中国有色金属工业西安勘察设计研究院(地址:西安市西影路 46 号,邮政编码:710054),以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国有色金属工业西安勘察设计研究院

参编单位:建设综合勘察研究设计院有限公司

中国公路工程咨询集团有限公司

铁道第三勘察设计院集团有限公司

国家测绘地理信息局第一航测遥感院

中国有色金属工业昆明勘察设计院

宁波冶金勘察设计院股份有限公司

湖南科创电力工程技术有限公司

中国电力工程顾问集团华北电力设计院工程有限公司

天津市星际空间地理信息工程有限公司

中国电力工程顾问集团西北电力设计院

深圳市勘察测绘院有限公司

主要起草人:郭渭明 常君锋 王 丹 王守彬 王长进

牛卓立 王百发 赵力彬 闫海庆 周美玉

王季宁 史华林 窦华成 王双龙 陈亚明

主要审查人:严伯铎 袁修孝 龚威平 刘豪杰 朱宝山

王晏民 张 坤 杨厚波 夏林元 曹学礼

目 次

1	总 则	(1)
2	术语、代号和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	代号	(3)
2.3	符号	(3)
3	基本规定	(5)
3.1	成果类型	(5)
3.2	坐标系	(5)
3.3	技术要求	(5)
3.4	成果整理	(9)
3.5	成果检查验收与提交	(9)
4	航空摄影测量	(11)
4.1	一般规定	(11)
4.2	航摄影像获取	(11)
4.3	像片控制测量	(18)
4.4	像片调绘	(21)
4.5	空中三角测量	(22)
4.6	数字线划图测绘	(25)
4.7	工业厂区细部坐标点的坐标量测	(29)
4.8	数字高程模型	(31)
4.9	数字正射影像图	(33)
4.10	补充测量	(34)
4.11	资料整理与归档	(34)
5	机载激光雷达测量	(36)

5.1	一般规定	(36)
5.2	数据获取	(37)
5.3	数据处理	(39)
5.4	资料整理与归档	(41)
6	地面激光扫描测量	(43)
6.1	一般规定	(43)
6.2	数据获取	(43)
6.3	数据处理	(46)
6.4	成果制作	(46)
6.5	资料整理与归档	(47)
7	近景摄影测量	(49)
7.1	一般规定	(49)
7.2	物方控制	(49)
7.3	数据获取	(50)
7.4	数据处理	(52)
7.5	成果制作	(52)
7.6	资料整理与归档	(53)
8	卫星遥感测量	(55)
8.1	一般规定	(55)
8.2	影像获取与预处理	(55)
8.3	数字正射影像图	(56)
8.4	数字线划图测绘	(58)
8.5	影像解译	(60)
8.6	资料整理与归档	(61)
附录 A	低空数字摄影飞行器及数字相机要求	(62)
附录 B	数字航摄仪检校场布设	(63)
附录 C	地面标志的形状和尺寸	(65)
附录 D	像片刺点控制片的整饰格式	(66)
附录 E	像片调绘的相关规定	(68)

附录 F 机载激光雷达检校场布设 (71)

附录 G 近景摄影测量人工标志的形状 (72)

附录 H 正直、交向摄影的精度估算公式 (73)

本规范用词说明 (74)

引用标准名录 (75)

附:条文说明 (77)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms, codes and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Codes	(3)
2.3	Symbols	(3)
3	Basic requirement	(5)
3.1	Type of result	(5)
3.2	Coordinate system	(5)
3.3	Technical requirement	(5)
3.4	Results arrangement	(9)
3.5	Results acceptance and submitting	(9)
4	Aerial photogrammetry	(11)
4.1	General requirement	(11)
4.2	Aerial photography	(11)
4.3	Control survey of photograph	(18)
4.4	Annotation of photograph	(21)
4.5	Aerotriangulation	(22)
4.6	Digital line graphic	(25)
4.7	Coordinate measurement of detail point of industrial area	(29)
4.8	Digital elevation model	(31)
4.9	Digital orthophoto map	(33)
4.10	Extra-survey	(34)
4.11	Results arrangement and archiving	(34)

5	Airborne LIDAR	(36)
5.1	General requirement	(36)
5.2	Data capture	(37)
5.3	Data processing	(39)
5.4	Results arrangement and archiving	(41)
6	Terrestrial laser scanning survey	(43)
6.1	General requirement	(43)
6.2	Data capture	(43)
6.3	Data processing	(46)
6.4	Product making	(46)
6.5	Results arrangement and archiving	(47)
7	Close-range photogrammetry	(49)
7.1	General requirement	(49)
7.2	Object control survey	(49)
7.3	Data capture	(50)
7.4	Data processing	(52)
7.5	Product making	(52)
7.6	Results arrangement and archiving	(53)
8	Satellite remote sensing	(55)
8.1	General requirement	(55)
8.2	Image of remote sensing satellite and image preprocessing	(55)
8.3	Digital orthophoto map	(56)
8.4	Digital line graphic	(58)
8.5	Image interpretation	(60)
8.6	Results arrangement and archiving	(61)
Appendix A	Technical requirement of low-altitude photography flight vehicle and photogrammetric digital camera	(62)

Appendix B	Layout of calibrating field for aerial photographic digital camera	(63)
Appendix C	Shape with size of ground mark for photogrammetry	(65)
Appendix D	Decoration format of pierced photography	(66)
Appendix E	Relevant regulations of annotation	(68)
Appendix F	Layout of calibrating field for airborne LIDAR	(71)
Appendix G	Shape of artificial mark for close-range photogrammetry	(72)
Appendix H	Formula of precision estimation of normal case and convergent photography	(73)
	Explanation of wording in this code	(74)
	List of quoted standards	(75)
	Addition: Explanation of provisions	(77)

1 总 则

1.0.1 为统一工程摄影测量的技术要求,做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于工程建设各阶段的摄影测量工作。

1.0.3 本规范应以中误差作为衡量测量精度的标准,并应以二倍中误差作为极限误差。

1.0.4 工程摄影测量作业前,应了解工程的要求,进行现场踏勘,收集、分析和利用既有资料,制定经济合理的测量方案,编写技术设计书。作业中应加强工序质量控制。作业后应进行检查验收,并应编写技术报告或说明书。

1.0.5 工程摄影测量所使用的专业仪器与设备,应做到及时检查或校正,并应进行定期保养与维护。

1.0.6 工程摄影测量工作除符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、代号和符号

2.1 术 语

2.1.1 工程摄影测量 engineering photogrammetry

工程建设领域的各种摄影测量工作。

2.1.2 细部坐标点 detail point with coordinate

用解析方法测定的重要地物的特征点。

2.1.3 基高比 base-height ratio

摄影基线长度与相对航高之比。

2.1.4 摄站 exposure station

曝光瞬间摄影机物镜前节点所处的空间位置。

2.1.5 机载激光雷达测量 airborne LIDAR

以飞行器为平台,集数字摄影、激光测距单元、扫描与控制记录单元、POS 等于一体,用于获取地表数据并生成三维地形的测量手段。

2.1.6 点云 point cloud

三维空间离散点的数据集合。

2.1.7 点云密度 density of point cloud

单位面积上激光点的数量,以每平方米点数表示。

2.1.8 点云分类 classification of point cloud

对激光点按属性进行分类的过程。

2.1.9 影像地形图 orthophoto topographic map

以数字正射影像图为基础,叠加相关的数字地形图数据而产生的复合地形图。

2.1.10 专题图 thematic plan

集中表现自然和社会经济现象中某一种或几种要素的主题内

容地图。

2.1.11 在任检校 in-situ camera calibration

一种结合摄影测量任务,在解求待定点物方坐标的同时,完成内外方位元素和相机畸变系数的解算的检校方法。

2.2 代 号

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

GNSS-RTK(real time kinematic relative positioning based on GNSS) 基于全球导航卫星系统的实时动态相对定位

IMU(inertial measurement unit) 惯性测量单元

INS(inertial navigation system) 惯性导航系统

PDOP(position dilution of precision) 位置精度因子

POS(positioning and orientation system) 定位定姿系统

TIFF(tagged image file format) 图像文件格式

TFW(TIFF world File) 影像坐标信息的文本格式

TIN(triangulated irregular network) 不规则三角网

2.3 符 号

B ——摄影基线长度;

b ——像片基线长度;

C ——常数;

D ——标志的最小宽度或圆形标志的直径;

d ——测标直径;

f ——摄影机焦距或像片主距;

G ——高程点、物方分辨率;

H_d ——基本等高距;

k ——航线间隔数、模型间隔数;

L ——标志尺寸;

l_x ——摄影机水平方向的像幅尺寸；
 M ——像片比例尺分母、成图比例尺分母；
 m_c ——检测中误差；
 m_h ——高程中误差；
 m_k ——数字高程模型的高程中误差；
 m_p ——点位中误差、视差量测中误差、像点坐标量测中误差；
 m_x ——物方空间点 X 坐标中误差；
 m_y ——物方空间点 Y 坐标中误差；
 m_z ——目标物量测摄影距离方向坐标中误差、物方空间点 Z 坐标中误差；
 N ——平高点、平高控制点的个数；
 n ——检查点个数、航线模型数；
 P ——像元、平面点；
 S ——平面位置较差、两相邻细部点间的距离；
 x_o ——主点 x 坐标；
 y_o ——主点 y 坐标；
 Z ——摄影距离；
 $Z_{\max}$ ——最大摄影距离；
 $Z_{\min}$ ——最小摄影距离；
 z ——高程较差；
 α ——地面倾角；
 β ——摄影机像场角；
 φ ——摄影光轴的偏角、交向摄影的偏角；
 ω ——摄影光轴的倾角；
 μ ——像点坐标量测中误差；
 Δ ——高程较差；
 Δ_s ——细部坐标点坐标和检测点坐标计算的位置较差；
 Δx ——被摄物体沿 x 轴方向的待测宽度；
 ΔZ ——等值距。

3 基本规定

3.1 成果类型

3.1.1 工程摄影测量成果类型可按表 3.1.1 划分。

表 3.1.1 工程摄影测量成果类型

成果分类	地形摄影测量				非地形摄影测量			
成果类型	数字线划图	数字高程模型	数字正射影像图	数字三维模型	等值线图	数字模型	立面图	剖面图

3.1.2 工程摄影测量成果应包括特征点、线、面数据文件,成果表和技术报告等。

3.2 坐标系

3.2.1 一个测区或一个摄影目标,宜采用统一的平面坐标系统和高程基准。

3.2.2 地形摄影测量的平面坐标系统和高程基准的选择,应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的规定。非地形摄影测量的坐标系宜选择假定坐标系。

3.2.3 地形摄影测量的平面和高程控制测量所建立的控制网,应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的规定。非地形摄影测量可根据工程需要建立独立的控制网。

3.3 技术要求

I 地形摄影测量

3.3.1 地形摄影测量的区域类型,可划分为一般地区、城镇建筑区、工业厂区。

3.3.2 地形摄影测量的地形类别应根据地面倾角(α)的大小划

分,并应符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 地形类别

地面倾角 α	$\alpha < 3^\circ$	$3^\circ \leq \alpha < 10^\circ$	$10^\circ \leq \alpha < 25^\circ$	$\alpha \geq 25^\circ$
地形类别	平坦地	丘陵地	山地	高山地

3.3.3 地形摄影测量地形图的基本等高距,应符合表 3.3.3 的规定。

表 3.3.3 地形图的基本等高距(m)

比例尺 地形类别	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000	1 : 10000
平坦地	0.5	0.5	1	2	2
丘陵地	0.5	1	2	2 或 5	5
山地	1	1	2	5	5
高山地	1	2	2	5	10

注:一个测区同一比例尺宜采用一种基本等高距。

3.3.4 地形摄影测量的基本精度,应符合下列规定:

1 一般地区、城镇建筑区地形摄影测量的基本精度,不应大于表 3.3.4-1 的规定;

表 3.3.4-1 一般地区、城镇建筑区地形摄影测量的基本精度

区域类型	地形类别	图上地物点的平面位置中误差(mm)	等高线高程中误差(m)
一般地区	平坦地	0.6	$\frac{1}{3}H_d$
	丘陵地	0.6	$\frac{1}{2}H_d$
	山地	0.8	$\frac{2}{3}H_d$
	高山地	0.8	H_d
城镇建筑区	平坦地	0.6	$\frac{1}{3}H_d$
	丘陵地		$\frac{1}{2}H_d$
	山地		$\frac{2}{3}H_d$
	高山地		H_d

注:阴影、摄影死角、森林、植被覆盖的隐蔽地区,沙漠、沼泽等困难地区,其地物点平面位置中误差和等高线高程中误差可放宽 50%。

2 工业厂区细部坐标点分类应符合表 3.3.4-2 的规定,测量精度不应低于表 3.3.4-3 的规定。

表 3.3.4-2 工业厂区细部坐标点分类

类别	平 面	高 程
一类	主要厂房墙角、构筑物的圆心或主要特征点、设备基础,界址点,管(支)架地面支点	主要墙外角、室内地坪、基座面、管(支)架支点地面
二类	次要厂房墙角、构筑物和设备,高炉、焦炉、圆形容器的水塔中心,管(支)架中心,电杆、高压线塔、检修井、闸、阀中心,铁路中心线及岔心,桥台	检修井、闸、阀中心地面,桥台、涵洞进、出口底部

表 3.3.4-3 工业厂区细部坐标点测量精度

类别	中误差 比例尺	平面位置中误差(m)	高程中误差(m)
一类	1 : 500	0.05	0.02
	1 : 1000	0.07	
二类	1 : 500	0.10	0.03
	1 : 1000	0.15	

注:工业厂区其他地物地貌的测量精度应符合表 3.3.4-1 城镇建筑区的规定。

3.3.5 地形图高程注记点的数量在图上 0.01m² 范围内不应少于 10 个点。当基本等高距为 0.5m 时,高程应测注至 0.01m;当基本等高距大于 0.5m 时,高程应测注至 0.1m。

3.3.6 地形图的分幅和编号,应符合下列规定:

1 对于 1 : 500~1 : 2000 比例尺地形图,可采用正方形或矩形分幅,图幅的内图廓尺寸应为 500mm×500mm 或 400mm×500mm,图幅编号宜采用图幅西南角坐标的千米数表示;

2 对于 1 : 5000 和 1 : 10000 比例尺地形图,地形图的分幅和编号应符合现行国家标准《国家基本比例尺地形图分幅和编号》GB/T 13989 的规定;

- 3 带状地形图或小测区地形图可自由分幅、顺序编号；
 - 4 已施测过地形图的测区可沿用原有的分幅和编号。
- 3.3.7 地形图图式和地形图要素分类代码的使用,应符合下列规定:
- 1 地形图图式应符合现行国家标准《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 和《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000 1:10000 地形图图式》GB/T 20257.2 的规定;
 - 2 地形图要素分类代码,宜符合现行国家标准《基础地理信息要素分类与代码》GB/T 13923 的规定;
 - 3 图式和要素分类代码的不足部分应自行补充,并应在技术报告书中予以说明。对于同一个工程或区域,应采用相同的补充图式和补充要素分类代码。
- 3.3.8 数据的存储格式宜符合应用需求或现行国家标准《地理空间数据交换格式》GB/T 17798 的规定。
- 3.3.9 特殊的工程摄影测量,应进行专门的方案设计。

II 非地形摄影测量

- 3.3.10 非地形摄影测量的精度等级划分及适用范围,宜符合表 3.3.10 的规定。

表 3.3.10 非地形摄影测量的精度等级划分及适用范围

精度等级	适用范围
毫米级	建筑物变形、沉降、滑坡、岩石位移、工业容器及重要文物等
厘米级	建筑工程、矿山采掘、冰川移动、GIS 数据采集、一般文物等
分米级	环保研究、滑坡边界、土石方计量等

- 3.3.11 非地形摄影测量成图的图幅尺寸,宜按表 3.3.11 的规定选用。

表 3.3.11 非地形摄影测量成图的图幅尺寸(mm)

图幅代号	A0	A1	A2	A3	A4
图幅尺寸	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

3.4 成果整理

- 3.4.1 工程结束后的内外业资料应及时整理归档。
- 3.4.2 成果整理的内容应包括外业原始资料、作业过程资料、最终成果资料,以及检查验收资料等。
- 3.4.3 采用数据库系统管理的测量成果,应确保成果的完整性、一致性、可追溯性和安全性。

3.5 成果检查验收与提交

- 3.5.1 测绘生产单位应建立完善的测绘质量管理体系,并应加强过程控制与最终成果检验。各级检查应保存检查记录。
- 3.5.2 工程摄影测量成果的检查验收可按两级检查和最终验收方式进行。
- 3.5.3 一级检查应符合下列规定:
 - 1 一级检查应包括作业员自检、互检及检查员检查。
 - 2 作业员的自检、互检应贯穿于作业的全过程。
 - 3 检查员检查应包括下列内容:
 - 1)起始资料的正确性;
 - 2)摘录数据的正确性;
 - 3)作业方法的正确性;
 - 4)外业测量记录、计算资料;
 - 5)计算程序和最后结果的正确性;
 - 6)图面检查率为100%、接图边检查率为100%;
 - 7)不同资料之间、新旧资料之间、作业组之间的吻合性;
 - 8)资料的完整性。
- 3.5.4 二级检查应符合下列规定:
 - 1 二级检查应在一级检查完成后,由测绘生产单位质量管理部门按有关标准进行检查。
 - 2 二级检查应包括下列内容:

- 1)起算数据的正确性;
- 2)对原始资料、计算资料、图件进行抽样检查;
- 3)对重要成果进行检查或验算;
- 4)复查一级检查记录;
- 5)技术报告或说明书和有关图表是否正确与完整;
- 6)技术报告或说明书中精度统计是否齐全正确;
- 7)成果的精度指标是否达到本规范和技术设计书或方案的要求;
- 8)成果是否满足合同或任务书的要求。

3.5.5 不合格的成果经改正后应重新进行检查。

3.5.6 大型工程、特殊工程、合同或任务书约定需要验收的工程，应组织验收。验收依据应包括下列文件：

- 1 合同或任务书；
- 2 技术设计书或方案；
- 3 有关的法律法规和技术标准。

3.5.7 资料提交应包含下列内容：

- 1 合同或任务书约定的成果资料；
- 2 技术设计书或方案；
- 3 测量技术报告或说明书。

4 航空摄影测量

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于采用数字航空摄影像或胶片数字化影像,通过数字摄影测量系统测绘一般地区 1:500~1:5000 数字线划图、城镇建筑区 1:500~1:2000 数字线划图、工业厂区 1:500~1:1000 数字现状图的航空摄影测量工作。

4.1.2 轻型飞行器、无人飞行器或其他飞行器可用于一般地区的低空数字摄影,飞行器的选择应符合本规范附录 A 的规定。

4.1.3 低空数字摄影时,应制定飞行器失控的应急预案,并应能针对应急事件立即启动。

4.1.4 使用的飞行器应性能稳定、操作安全。

4.1.5 在数字摄影测量系统中应统一定义工程项目名称、测区名称、文件名命名规则和共用数据文件。

4.1.6 航空摄影测量可提供数字线划图、数字高程模型、数字正射影像图等成果。

4.1.7 当采用摄影测量方法测定的工业厂区细部坐标点高程不能满足本规范第 3.3.4 条的规定时,应采用工程测量方法进行补充测量。

4.2 航摄影像获取

4.2.1 航空摄影可采用数字航空摄影或胶片航空摄影方法。胶片摄影获得的负片应采用扫描方法转化为数字化影像。

4.2.2 航空摄影前应根据工程特点与要求制定摄影技术方案。

4.2.3 航摄仪的选择应根据摄区地形条件和成图精度要求确定,各类航摄仪的基本性能应符合下列规定:

1 数字航摄仪的基本性能应符合表 4.2.3-1 的规定；

表 4.2.3-1 数字航摄仪的基本性能

类 别	性 能
像元	$\leq 12\mu\text{m}$
单个成像探测器面阵有效像元总数	≥ 2000 万像元
航向 60%重叠度的基高比(或旁向 35%重叠度的宽高比)	≥ 0.3
辐射分辨率	$\geq 8\text{bit}$
色差校正范围(波长)	400nm~900nm
主距检定中误差	$\leq 0.01\text{mm}$
像差检定中误差	$\leq 0.01\text{mm}$

2 低空数字航摄像机的基本性能应符合表 4.2.3-2 的规定；

表 4.2.3-2 低空数字航摄像机的基本性能

类 别	性 能
主点坐标检定中误差	$\leq 0.01\text{mm}$
主距检定中误差	$\leq 0.005\text{mm}$
畸变差改正后的残余畸变差	$\leq \frac{1}{3}$ 像元

3 胶片航摄仪和胶片的基本性能应符合表 4.2.3-3 的规定。

表 4.2.3-3 胶片航摄仪和胶片的基本性能

类 别		性 能
胶片航摄仪	像幅	230mm×230mm
	主距	85mm~310mm
	主距检定中误差	$\leq 0.01\text{mm}$
	像主点坐标检定中误差	$\leq 0.01\text{mm}$
	有效使用面积内镜头分解力	≥ 25 线对/mm
	径向畸变差	$\leq 0.015\text{mm}$
	曝光时间	0.01s~0.001s
	色差校正范围(波长)	400nm~900nm
胶片	胶片分解力	≥ 85 线对/mm
	冲洗处理后的不规则变形率	$\leq 3/10000$
	片基厚度	$\geq 0.07\text{mm}$

4.2.4 数字航摄仪或低空数字摄影相机需要在检校场检校时,可在就近的同类型检校场进行;需要在摄区检校时,检校场的布设应符合本规范附录 B 的规定。

4.2.5 航空摄影宜加载 POS 系统,POS 系统的基本性能应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 POS 系统的基本性能

项 目		性 能
GNSS	接收机类型	双频
	测量方式	载波相位测量
	采样间隔	$\leq 1s$
IMU	侧滚角	$\leq 0.015^{\circ}$
	俯仰角	$\leq 0.015^{\circ}$
	航偏角	$\leq 0.035^{\circ}$
	采样间隔	$\leq 0.016s$

4.2.6 用于扫描航片的扫描仪的基本性能应符合表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 扫描仪的基本性能

类 别	精 度 指 标
几何精度	$\leq \pm 2\mu m$
最高光学分辨率	$7\mu m$
辐射分辨率	$\geq 8bit$
光学密度	$0.1D \sim 3.3D$
动态范围	$\geq 2.5D$
最小输出像元	$7\mu m$
最小有效扫描面积	$235mm \times 235mm$

4.2.7 航空摄影的成图比例尺与影像地面分辨率及相对航高,应符合下列规定:

1 数字摄影的成图比例尺与影像地面分辨率及基高比的关系,应符合表 4.2.7-1 的规定;

表 4.2.7-1 数字摄影的成图比例尺与影像地面分辨率及基高比的关系

区域类型	成图比例尺	影像地面分辨率 (m)	基高比
一般地区	1 : 500	≤ 0.05	≥ 0.3
	1 : 1000	≤ 0.10	
	1 : 2000	≤ 0.20	
	1 : 5000	≤ 0.50	
城镇建筑区	1 : 500	≤ 0.05	≥ 0.5
	1 : 1000	≤ 0.10	
	1 : 2000	≤ 0.20	
工业厂区	1 : 500	≤ 0.04	≥ 0.8
	1 : 1000	≤ 0.08	

注:航摄影基高比宜按 $\frac{b}{f}$ 估算, b 为影像基线, f 为航摄影主距。

2 胶片摄影的摄影比例尺和相对航高的选择,宜符合表 4.2.7-2 的规定。

表 4.2.7-2 胶片摄影的摄影比例尺和相对航高

地形类别	成图比例尺	摄影比例尺	相对航高(m)
平地、丘陵地	1 : 500	1 : 3000~1 : 4000	<700
	1 : 1000	1 : 4000~1 : 6000	<800
	1 : 2000	1 : 6000~1 : 10000	<1200
	1 : 5000	1 : 10000~1 : 20000	<2000
山地、高山地	1 : 500	1 : 4000~1 : 5000	<800
	1 : 1000	1 : 4000~1 : 8000	<900
	1 : 2000	1 : 8000~1 : 12000	<1500
	1 : 5000	1 : 15000~1 : 30000	<3000
城镇建筑区	1 : 500	1 : 2000~1 : 3000	<500
	1 : 1000	1 : 3000~1 : 4000	<600
	1 : 2000	1 : 4000~1 : 6000	<700
工业厂区	1 : 500	1 : 2000~1 : 3000	<300
	1 : 1000	1 : 3000~1 : 4000	<400

4.2.8 航飞季节和航飞时间的选择应符合下列规定：

1 应避免或减少地表积雪、云雾、洪水、扬沙等对影像数据获取的影响；

2 航摄时间应根据摄区的太阳高度角和阴影倍数按表 4.2.8 确定。

表 4.2.8 太阳高度角和阴影倍数

地形类别	太阳高度角	阴影倍数
平坦地	$>20^{\circ}$	≤ 3
丘陵地	$>30^{\circ}$	≤ 2
山地	$>45^{\circ}$	≤ 1

注：在一般地区的高山地，摄影时间宜选择在当地正午前后 1h 内。

4.2.9 航空摄影前宜布设地面标志，并应符合下列规定：

1 地面标志的位置应根据飞行航线和像片控制点的布设方案确定，宜利用已有的控制点。

2 地面标志点的布置应易于判读、便于联测。

3 地面目标较多的地区，宜采用圆形标志；地面目标不易寻找时，宜采用三翼标志或十字形标志。

4 城镇建筑区、工业厂区和隐蔽区地面标志的对空视角，不应小于 45° 。

5 地面标志的颜色应根据敷设处地物光谱的特性选定，应使其与周围地物或地面具有较大的反差。

6 地面标志的材料应因地制宜，并应根据色调、价格、携带方便、附着力强等因素确定。

7 地面标志的形状和尺寸宜按本规范附录 C 的规定选用。

4.2.10 采用 POS 辅助摄影时，GNSS 作业应符合下列规定：

1 基准站应设在视野开阔，且高度角在 15° 以上范围内无障碍物的地方。点位附近不应有强烈干扰接收卫星信号的干扰源或强烈反射卫星信号的物体。

2 设置基准站的控制点，其平面和高程的测量精度等级不应

低于四等。

3 基准站应分布在测区周围且不少于 3 个,相邻站间距离对于工业厂区不宜大于 10km,对于城镇建筑区不宜大于 15km,对于其他区域不宜大于 30km。

4 基准站应满足摄影开始航线、结束航线及不同航线的 IMU 初始化需求。

5 机载 GNSS 观测数据的采样间隔应与基准站同步,采样间隔宜小于 1s。

6 数据处理应采用基于载波相位的高精度动态差分或精密单点定位技术。

4.2.11 采用 POS 辅助摄影时,对于同一摄影航线 IMU 的观测时间不应大于 15min。

4.2.12 航摄飞行质量应符合下列规定:

1 航摄影像的航向倾角不宜大于 2° ,个别航向倾角最大不应超过 4° 。采用轻型飞行器、无人飞行器摄影时,航向倾角最大不应超过 8° 。

2 航摄的旋偏角不应大于表 4.2.12 的规定。

表 4.2.12 航摄的旋偏角

摄影比例尺		$>1:4000$	$1:4000\sim 1:8000$	$<1:8000$
旋偏角	数字	10°	8°	6°
	胶片	12°	10°	8°

注:1 摄影相对航高小于 700m 时,个别像片的旋偏角可放宽至 1.2 倍;

2 同一航线内,达到或接近最大旋偏角的像片不得连续超过 3 片;

3 低空摄影时,像片的旋偏角可放宽至 1.5 倍;

4 像片倾角和像片旋偏角不应同时达到最大值。

3 航线弯曲度不应大于 3%。

4 同一航线上相邻影像的航高差不应大于 20m,同一航线上影像的最大航高与最小航高之差不应大于 30m。摄影分区内实际航高与设计航高之差不应大于 50m。当航高大于 1000m 时,实际

航高与设计航高之差不应大于设计航高的 5%。

5 影像航向重叠宜为 60%，且不应小于 53%。影像旁向重叠，数字摄影宜为 25%，且不应小于 5%；低空数字摄影，可为 15%~60%；胶片摄影宜为 30%，且不应小于 15%。摄影区内不应有绝对漏洞。

6 分区摄影的组合范围应覆盖整个成图区域，各分区之间应无覆盖漏洞。沿航线方向的纵向覆盖，航带两端应各超出分区范围一条基线以上。与航线方向垂直的横向覆盖应重叠一条航带，航迹线偏移应小于像幅的 10%。

7 当摄影区域出现大面积航摄漏洞时，应补充摄影。漏洞补摄宜采用与原摄影同类型的航摄仪，覆盖范围应超出漏洞外一条基线以上。

4.2.13 摄影质量应符合下列规定：

1 当采用数字摄影时，航摄影像应符合下列规定：

- 1) 数字影像应无歪曲像差；
- 2) 黑白影像辐射分辨率不应小于 8bit，影像反差应适中、清晰，层次应丰富；
- 3) 彩色影像辐射分辨率不应小于 12bit，饱和度等级不应小于 10 级，相邻像片之间的色调应基本一致。

2 当采用胶片摄影时，航摄影像应符合下列规定：

- 1) 用目视法检查负片时，应影像清晰、层次丰富、反差适中、色调正常，可辨认与摄影比例尺相适应的细小地物的影像；
- 2) 光学框标的影像应清晰、齐全，其密度应与像幅内地面上大部分明亮地物影像的密度一致；
- 3) 航摄负片不应有明显的划痕、静电斑痕、脱胶、砂粒等缺陷；
- 4) 航摄负片的不均匀变形不应大于 3/10000。

4.2.14 胶片摄影负片的扫描数字化应符合下列规定：

- 1 扫描不应使用有图像损伤、几何变形、亮度灰暗的负片；

- 2 同一卷胶卷宜使用同一台专业扫描仪进行数字化;
- 3 影像应采用非压缩 TIFF 文件格式,扫描分辨率不应大于 $21\mu\text{m}$ 。

4.2.15 航摄成果应包括下列内容:

- 1 航摄仪及相关航摄设备的检定资料;
- 2 数字摄影的影像数据或胶片摄影的负片、数字化影像;
- 3 摄区范围图、分区划分图、航线分布图、影像索引图;
- 4 基准点数据、摄站数据、像片姿态参数等辅助航摄资料;
- 5 航摄技术报告;
- 6 其他相关资料。

4.3 像片控制测量

4.3.1 像片控制测量应包括全野外像片控制测量和空中三角测量所需的像片控制测量。像片控制点应包括像片平面控制点、像片高程控制点和像片平高控制点。

4.3.2 全野外方式布设像片控制点时,每个立体像对平高控制点数不应少于 4 点。

4.3.3 无 POS 辅助数据进行空中三角测量平差计算时,像片控制点的数量及配置应符合下列规定:

1 单航带布设时,航线两端应各布设 2 个像片平高控制点;其余像片的像片控制点应在航线内均匀布设,像片控制点的个数应按下式计算:

$$N=4+\text{Int}\left(1+\frac{n}{2}\right) \quad (4.3.3)$$

式中: N ——平高控制点的个数;

n ——航线模型数。

2 区域网布设时应符合下列规定:

- 1) 像片控制点布设的航线间隔数 k 和模型间隔数 k ,宜符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 航线间隔数和模型间隔数

摄影方式	区域类型	航线间隔	模型间隔
数字摄影	一般地区	≤ 16	≤ 16
	城镇建筑区	≤ 12	≤ 12
	工业厂区	≤ 8	≤ 8
胶片摄影	一般地区	≤ 8	≤ 8
	城镇建筑区	≤ 6	≤ 6
	工业厂区	≤ 4	≤ 4

2) 区域四角应布设像片平高控制点, 四边的航线应每间隔 k 个模型布设 1 个平高控制点。

3) 区域内像片平高控制点应以 $2k \times 2k$ 布设 8 个平高控制点为基本单元, 在其相邻处每增加一个基本单元时, 应加布 5 个平高控制点。当增加的相邻区域小于 $2k \times 2k$ 时, 应布设 5 个平高控制点。当基本单元小于 $2k \times 2k$ 时, 应按基本单元布点。像片控制点宜按要求布设(图 4.3.3)。

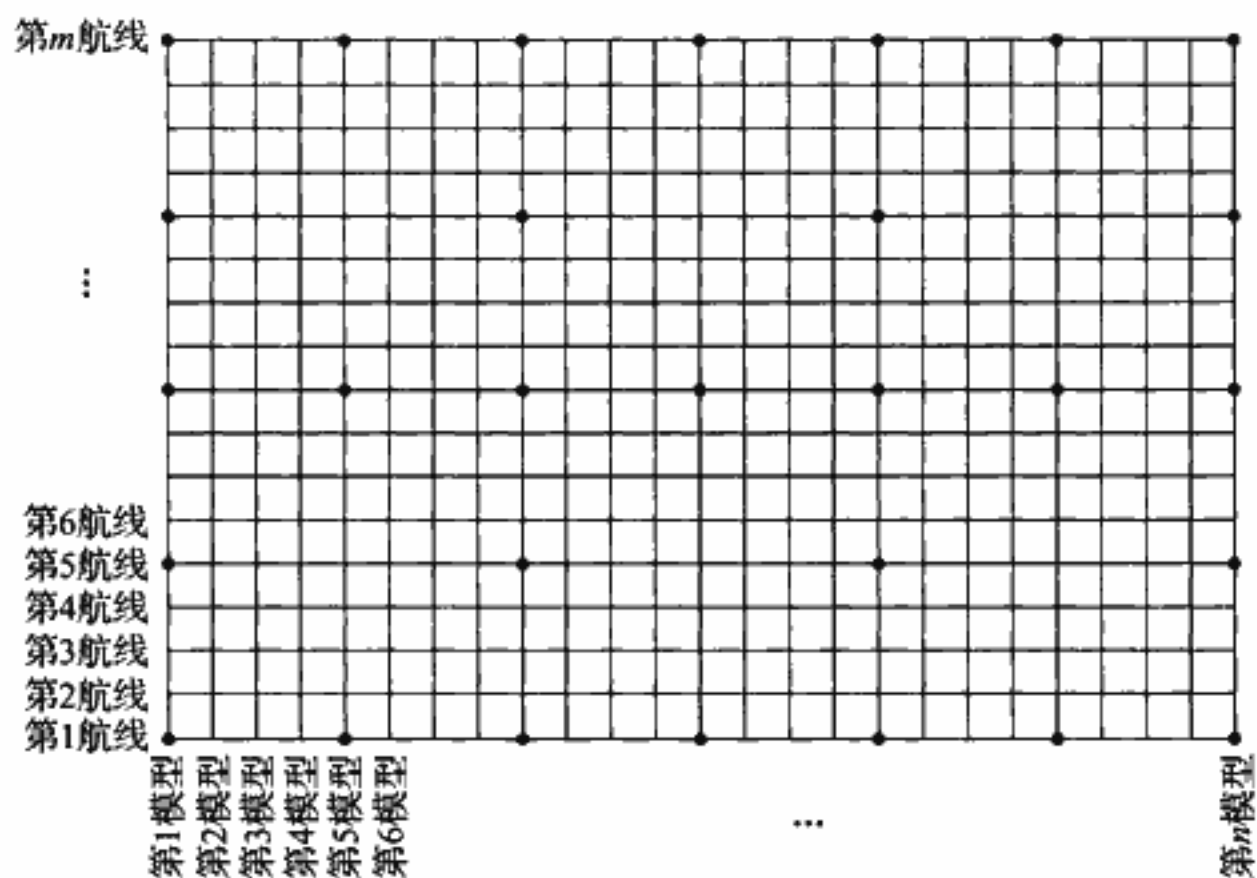


图 4.3.3 像片控制点布设示意图

4) 不规则区域网,除应按本款第 2 项要求布点外,区域凸角处应加布像片平高控制点,凹角处应加布像片高程控制点。当凹角与凸角之间的距离超过 k 条基线时,凹角处应布设像片平高控制点。

4.3.4 采用 POS 数据与空中三角测量联合平差时,像片控制点数及配置应符合下列规定:

1 单航带布设时,航线两端应各布设 2 个像片平高控制点,中部应布设不少于 1 个平高控制点;

2 区域网布设时,在区域四角附近和中部附近应各配置 1 个像片平高控制点。

4.3.5 航区或分区接合处像片控制点的布设,应选在接合处两侧航线的重叠范围内,邻区像片控制点宜公用。当像片控制点不能公用时,应分别布点。

4.3.6 像片控制点的选择与刺点应符合下列规定:

1 像片控制点距数字影像边缘的距离不应小于 1mm,与胶片影像边缘的距离不应小于 15mm。

2 像片控制点应选刺在 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 相交的明显地物的角点,点状地物的中心,地面高程变化小、各相邻像片上影像清晰且点位便于联测的目标点上。弧形地物与阴影处不得作为刺点目标。

3 当点位选在高出或低于地面的目标时,应量注其比高,其值应精确至 0.01m。

4 像片控制点的实地辨认精度,对于 1:500、1:1000 比例尺成图,不应大于图上 0.2mm;对于 1:2000、1:5000 比例尺成图,不应大于图上 0.15mm,当刺点目标与像控点规定范围不能兼顾时,应以刺点目标为主。

5 像片刺点应刺透,孔径与刺点误差均不应大于 0.1mm。一人刺孔,应经另一人实地检查,不得出现双孔。当摄影像片比例尺较小时,宜局部放大像片后再选刺像片控制点。

6 位于自由图边的像片控制点,应能控制测图范围。

4.3.7 像片刺点的整饰应符合下列规定：

1 控制片的刺点应在正面整饰,航线间公用像片控制点应在相邻航线像片上转标,并应标注出刺点航线号和像片号,当非同一摄影分区时,前面应加分区号。

2 控制片反面整饰应在选点现场完成,刺点片的反面应加注简要的点位说明,并应加绘点位略图或剖面图。需要时可对点位拍摄。点位说明和点位略图指示方位时,应以像片号字头标定上、下、左、右,并应使孔位、点位、说明、略图相一致。

3 像片刺点控制片的整饰格式应按本规范附录 D 的规定执行。

4.3.8 像片控制点相对于邻近等级控制点的平面位置中误差,一般地区的平坦地、丘陵地和城镇建筑区不应大于图上 0.1mm;一般地区的山地、高山地不应大于图上 0.15mm;工业厂区不应大于 0.05m。像片控制点相对于邻近等级控制点的高程中误差不应大于等高距的 1/10。

4.3.9 像片控制点的测量应符合下列规定：

1 像片控制点的测量应在测区控制网下进行,作业要求宜按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 有关图根控制测量的规定执行;

2 像片平面控制点可采用 GNSS、导线测量和极坐标测量等方法测量;

3 像片高程控制点可采用水准测量、电磁波测距三角高程测量、GNSS 配合精化似大地水准面等方法测量。

4.4 像 片 调 绘

4.4.1 像片上地物、地貌的属性应由外业调绘确定。

4.4.2 像片调绘的方法应符合下列规定：

1 山地、高山地和 1:5000 比例尺丘陵地的测图,可采用先外业调绘、后内业测图;

2 平坦地和 1:500~1:2000 比例尺丘陵地的测图,可采用

先内业测图、后外业对照、补漏改错；

3 城镇建筑区测图、工业厂区测图，可先采用外业重点调绘，再内业测图，最后外业补调、补漏改错；

4 调绘应反映调绘时的现状，对航摄后发生变化的地物、影像模糊的地物、被阴影遮盖的地物应实地补测。

4.4.3 像片调绘宜按本规范附录 E 的规定执行，并应符合下列规定：

1 调绘宜采用放大像片进行，放大后的影像应能清晰判读、注记和符号绘示。

2 调绘范围应调绘出测图范围外 10mm，并不应存在漏洞。调绘界线右、下应为直线，左、上应为曲线，但不应分割重要地物和街区。

3 调绘内容应按现行地形图图式在调绘片上表示，常用的、重复次数频繁的符号可简化，大面积的植被可用文字注记。

4 调绘建筑物时应以建筑物影像为准，当用户有要求时，可改正屋檐，并应在技术报告书中明确说明。

5 调绘工业厂区时，还应对拟提供建(构)筑物细部坐标的点及有关要素进行调绘。对无法辨识的细部坐标点，应以其他可辨认的点为依据，实地丈量其位置关系数据，并应绘制草图。

4.4.4 调绘完成后应进行调绘片之间的接边检查。

4.5 空中三角测量

4.5.1 加密控制点的精度应符合下列规定：

1 加密控制点相对邻近像片控制点的平面点位中误差，一般地区的平坦地、丘陵地和城镇建筑区不应大于图上 0.35mm；一般地区的山地、高山地不应大于图上 0.5mm；工业厂区不应大于本规范表 3.3.4-3 一类点的要求。

2 加密控制点相对于邻近像片控制点的高程中误差，不应大于表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1 加密控制点的高程中误差(m)

比例尺	地形类别	中误差
1 : 500	平坦地	0.2
	丘陵地	0.2
	山地	0.4
	高山地	0.6
1 : 1000	平坦地	0.2
	丘陵地	0.4
	山地	0.6
	高山地	0.7
1 : 2000	平坦地	0.3
	丘陵地	0.6
	山地	1.2
	高山地	1.4
1 : 5000	平坦地	0.6
	丘陵地	1.5
	山地	2.0
	高山地	2.5

注:1 1 : 5000 比例尺丘陵地的测图,等高距采用 2m 时,其高程中误差应为 0.6m;

2 对于选刺点困难地区,加密控制点的高程中误差可放宽至 1.5 倍。

4.5.2 空中三角测量组网应符合下列规定:

1 空中三角测量一个摄区宜组成一个区域网,也可组成若干个子区域网,几个摄区也可组成一个区域网。

2 可按成图比例尺及区域类型分别组成各个区域网。

3 各个区域网之间应有一个航带或一个模型重叠。

4 一个区域网的组成应符合下列规定:

- 1) 同一条航带相邻像片的连接点不应少于 6 个点。连接点宜按标准配置点位配置,其中 2 个点应在左右主点位置,其余点应分别在主点上下且位于旁向重叠中线附近的位

置。连接点应在航向 3 片重叠范围内,个别连接点不在航带 3 片重叠范围内时,应分别布点。

2)航带间的连接点首尾像对应位于 4 片重叠范围内,其余像对应应在 6 片范围内选点,当航带间重叠不够时,可在 5 片或 4 片范围内选点,但两相邻航带间的连接点不应少于 $n+1$ 个点。

3)交叉航线,在两个航线的公共区域,应至少选择 3 个航线连接点,且不应分布在一条直线上。

5 主点落水或主点附近无法选出明显目标或航向重叠范围内无法选出连接点时,落水像对应采用全野外布设像片控制点。对于湖滨和岛屿地区的布点,应按全野外方法布点。

4.5.3 对于数字化影像采用自动识别定位或人工交互方式进行内定向时,框标坐标量测误差应小于 0.01mm。

4.5.4 影像的相对定向精度不应大于表 4.5.4 的规定。

表 4.5.4 影像相对定向精度

影像类型	连接点上下视差中误差	连接点上下视差最大残差
数字影像	$\frac{1}{3}$ 像元	$\frac{4}{5}$ 像元
胶片数字化影像	0.01mm	0.02mm

4.5.5 数字影像模型连接较差应符合下列规定:

1 采用数字摄影时,模型连接较差的限值可按下列公式计算:

$$S=0.03M \quad (4.5.5-1)$$

$$z=0.02 \frac{Mf}{b} \quad (4.5.5-2)$$

式中: S ——平面位置较差(mm);

M ——像片比例尺分母;

z ——高程较差(mm);

f ——航摄影仪焦距(mm);

b ——像片基线长度(mm)。

2 采用胶片数字化影像时,模型连接较差的限值可按下列公式计算:

$$S=0.06M \quad (4.5.5-3)$$

$$z=0.04 \frac{Mf}{b} \quad (4.5.5-4)$$

4.5.6 自动航线连接时,应正确使用外方位元素等辅助参数。

4.5.7 区域网平差时宜加入 POS 等辅助数据进行联合平差。

4.5.8 绝对定向后的各项精度指标不应大于表 4.5.8 的规定。

表 4.5.8 绝对定向后的精度指标

项 目			精度指标
平面位置误差	基本定向点残差		$0.7m_p$
	多余控制点的不符值		$1.2m_p$
	公共点的较差		$2.0m_p$
	一般地区	平坦地、丘陵地	图上 0.3mm
		山地、高山地	图上 0.4mm
	城镇建筑区		图上 0.2mm
	工业厂区		图上 0.1mm
高程误差	一般地区	平坦地、丘陵地	$0.7m_h$
		山地、高山地	
	城镇建筑区		
	工业厂区		

注: m_p 为加密控制点的平面点位中误差,按本规范第 4.5.1 条第 1 款取值。 m_h 为加密控制点的高程中误差,按本规范第 4.5.1 条第 2 款取值。

4.6 数字线划图测绘

4.6.1 采用全野外方法布设像片控制点成图时,内定向、相对定向和绝对定向应符合本规范第 4.5.3 条、第 4.5.4 条和第 4.5.8 条的规定。

4.6.2 采用空中三角测量方法加密像片控制点成图时,应根据空中三角测量成果直接将定向模型导入测图系统,并应自动完成内定向、相对定向和绝对定向。

4.6.3 绝对定向完成后,应对像片控制点进行量测检查,平面较差不应大于 $\sqrt{2}m_p$,高程较差不应大于 $\sqrt{2}m_h$ 。

4.6.4 地形图要素应分层表示。同一工程的分层方法和图层命名宜采用统一格式。

4.6.5 数字摄影每个像对测图范围距离影像边缘不应小于1mm。胶片数字化影像每个像对的测图范围不应超出图上定向点连线外40mm,并距离影像边缘不应小于10mm。超出定向点连线10mm以外的陆地部分应采用工程测量方法补测。

4.6.6 地物的类别、属性应以调绘片为准。位置、形状应以立体模型为准,切准地物轮廓线的误差不应大于图上0.2mm。

4.6.7 测绘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。测绘不依比例尺表示地物时,测标中心应切准其相应的定位点或定位线。测绘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,应表示其定位点或定位线。

4.6.8 地貌宜用等高线表示。地貌测绘时宜先测注高程点,对地形特征点应测注高程,其数量在图上 0.01m^2 范围内不应少于10个点。

4.6.9 各类建(构)筑物及其主要设施的测绘,应符合下列规定:

1 城镇建筑区可根据测图比例尺或用图需要,对测绘内容和取舍范围加以综合。临时性建筑物可不测绘。

2 建筑物测绘应在立体模型下测绘并以影像为准,当用户要求以墙脚为准时,可在地形图编辑时进行屋檐改正。

3 当建(构)筑物轮廓凸凹部分在1:500比例尺图上小于1mm或在其比例尺图上小于0.5mm时,可用直线连接。

4 房屋、街巷的测量,对于1:500和1:1000比例尺地形图,应分别测绘;对于1:2000比例尺地形图,宽度小于1m的小

巷可合并测绘;对于 1:5000 比例尺地形图,连片的小巷和院落可合并测绘。

5 街区凸凹部分的取舍,可根据用图的需要和实际情况确定。

6 地下建(构)筑物,可只测量其出入口和地面通风口的位置和高程。

4.6.10 交通与附属设施的测绘应符合下列规定:

1 双线道路与房屋、围墙等高出地面建筑物的边线重合时,可以建筑物边线代替道路边线,道路边线与建筑物的接头处应间隔 0.2mm。

2 铁路与道路水平相交时,铁路符号应连续绘制,道路符号应在相交处间隔 0.2mm 绘制;不在同一水平面相交时,道路的交叉处应绘制桥涵符号。

3 道路路堤(堑)应分别绘出路边线与堤(堑)边线,路边线与堤(堑)边线重合时,可将堤(堑)边线移动 0.2mm 绘制。

4 当测绘 1:2000、1:5000 比例尺地形图时,可舍去密集区域的附属设施,小路可选择表示。

4.6.11 管线的测绘应符合下列规定:

1 城镇建筑区内的电力线、通信线可不连线,但应绘出连线方向;

2 同一杆架上有多种线路时,应表示其中的主要线路;

3 架空的、地面上的有管堤的管线应测绘,当架空管线支架密集时,可取舍。

4.6.12 水系及附属设施的测绘应符合下列规定:

1 河流遇桥梁、水坝、水闸等应断开表示;

2 水涯线与陡坎重合时,可用陡坎边线代替水涯线,水涯线与斜坡脚重合时,应在坡脚绘制水涯线;

3 水渠应测注渠顶高程,堤、坝应测注顶部及坡脚高程;

4 当河沟、水渠在地形图上的宽度小于 1mm 时,宜用单线

表示。

4.6.13 境界线的绘制应符合下列规定：

1 国界线的绘制应符合现行国家标准《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的有关规定；

2 境界线的转角处不得间断，应在转角上绘出点或曲折线。

4.6.14 地貌测绘应符合下列规定：

1 在植被覆盖区宜切准地面测绘等高线，当只能沿植被表面切准时，应进行植被高度改正；

2 崩塌残蚀地貌、坡、坎和其他地貌，可用相应符号表示；

3 山顶、鞍部、凹地、山脊、谷底及倾斜变换处应测注高程点，露岩、独立石应注记高程或比高；

4 土堆、堤、坎、坑等应注记高程或比高。

4.6.15 植被的测绘应按其经济价值和面积大小取舍，并应符合下列规定：

1 农业用地的测绘应按稻田、旱地、菜地、经济作物地等进行区分，并应配置相应符号；

2 地类界与线状地物重合时，可只绘线状地物符号；

3 梯田坎的坡面投影宽度在地形图上大于2mm时，应实测坡脚；小于2mm时，可量注比高。当两坎间距在1：500比例尺地形图上小于10mm，在其他比例尺地形图上小于5mm或坎高小于等高距的1/2时，可取舍。

4.6.16 工业厂区细部坐标点的坐标值应按本规范第4.7.4条的规定进行量测。

4.6.17 各等级测量控制点应依据其数值和图式符号绘示在数字线划图上，并应标出类型、等级和名称。

4.6.18 数字线划图上各种名称的注记，应采用现有的法定名称。

4.6.19 像对之间应在测图过程中进行图形接边和属性接边。像对间地物接边差和等高线接边差不应大于本规范第3.3.4条规定

值的 2 倍。接边处地物的属性应根据外业调绘内容注明,同名地物属性应一致。

4.7 工业厂区细部坐标点的坐标量测

4.7.1 工业厂区细部坐标点测量的位置及精度,应符合本规范第 3.3.4 条的规定。

4.7.2 工业厂区细部坐标点的测量方法应符合下列规定:

1 细部坐标点的平面坐标可在立体模型中量测;

2 细部坐标点的高程可采用水准测量或电磁波测距三角高程测量方法施测。

4.7.3 工业厂区细部坐标点的立体模型量测,应符合下列规定:

1 本规范第 3.3.4 条中规定的地物,在立体模型影像下能清晰辨认时,可直接量测;

2 无法直接清晰辨认的地物点,可按本规范第 4.4.3 条的调绘成果以明显地物点量取的数据进行间接计算。

4.7.4 在立体模型上量测细部坐标点或直接清晰辨认的地物点坐标,应符合下列规定:

1 内定向应符合本规范第 4.5.3 条的规定,相对定向应符合本规范第 4.5.4 条有关数字影像的规定,绝对定向后的平面位置误差应符合本规范第 4.5.8 条的规定;

2 细部坐标点或地物点坐标应采用人工方式量测,测标中心应切准地物轮廓线或拐角点,并应独立量测 2 次,坐标较差不应大于细部点平面位置中误差的 $\sqrt{2}$ 倍,并应取坐标平均值作为该点的成果;

3 内定向、相对定向、绝对定向、2 次量测等数据,均应保存记录;

4 细部坐标点的综合信息,宜在点或地物的属性中表述,当不采用属性表述时,应对细部坐标点进行分类编号,并应编制细部坐标点成果表。

4.7.5 立体模型上量测或间接计算的细部坐标点坐标,应进行外业实地检核,并应符合下列规定:

1 采用实地测量细部坐标点间距离的方法检查时,应符合下列规定:

- 1) 两被检查点宜分布于不同模型中,检查比例不应小于各类细部坐标点总数的 5%;
- 2) 两相邻细部坐标点之间的计算距离与实测距离的较差,不应大于表 4.7.5 的规定。

表 4.7.5 计算距离与实测距离较差(mm)

类 别		一类	二类
较差	1 : 500	$70 + S/2000$	$100 + S/2000$
	1 : 1000	$140 + S/2000$	$200 + S/2000$

注: S 为两相邻细部点间的距离。

2 采用全站仪极坐标法、GNSS-RTK 法散点检查细部坐标点时,应符合下列规定:

- 1) 被检查点宜分布均匀,检查比例不应小于各类细部坐标点总数的 10%;
- 2) 根据细部坐标点坐标和检测点坐标的较差所计算的平面位置中误差,不应大于表 3.3.4-3 的规定。检测中误差宜按下式计算:

$$m_c = \sqrt{\frac{[\Delta_s \Delta_s]}{n}} \quad (4.7.5)$$

式中: m_c ——检测中误差(m);

Δ_s ——细部坐标点坐标和检测点坐标计算的位置较差(m);

n ——检查点个数。

4.7.6 细部坐标点坐标经外业实地检核较差不符合本规范表 4.7.5 的规定,或经本规范式(4.7.5)计算的检核点中误差不符合本规范第 3.3.4 条的规定时,应查明原因,消除错误,重新量测。

4.8 数字高程模型

4.8.1 数字高程模型数据文件应包含文件头和数据体。文件头应包括基本信息和扩充信息。

4.8.2 数据采集前的内定向、相对定向和绝对定向,以及定向后的检查,应符合本规范第 4.6.1 条~第 4.6.3 条的规定。

4.8.3 数字高程模型格网间距的选择宜符合表 4.8.3 的规定。

表 4.8.3 数字高程模型的格网间距(m)

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
格网间距	0.5	1	2	2.5

4.8.4 数字高程模型格网点的高程中误差,不应大于表 4.8.4 的规定。

表 4.8.4 数字高程模型格网点的高程中误差(m)

比例尺	平坦地	丘陵	山地	高山地
1 : 500	0.2	0.4	0.5	0.7
1 : 1000	0.2	0.5	0.7	1.5
1 : 2000	0.4	0.5	1.2	1.5
1 : 5000	0.7	1.5	2.5	4.0

4.8.5 数字高程模型数据格式,宜采用现行国家标准《地理空间数据交换格式》GB/T 17798 中规定的数据格式或指定的通用数据格式。

4.8.6 建立数字高程模型可采用规则格网法,也可根据工程情况采用不规则三角网法。当采用不规则三角网法时应符合下列规定:

- 1 同一特征线上相邻两点的连线,应作为构建三角形的一条固定边;
- 2 当采用已有数字线划图中的等高线数据构建三角网时,宜将等高线数据作为特征点处理;

3 三角网中同一三角形的顶点不应位于特征线两侧；

4 构建三角网时应对预生成的三角网进行优化处理，并应消除三角网内不合理的三角形；

5 构建的三角网经三维透视检查应无粗差高程值所显现的点、线、面。

4.8.7 数字高程模型的数据采集应符合下列规定：

1 数据采集可采用系统自动生成方式或人机交互采集方式。

2 当采用系统自动生成方式时，采样间隔应符合本规范第4.8.3条的规定；当采用人机交互进行补充采集时，采样间距不应大于表4.8.7的规定。

表 4.8.7 数字高程模型采样间距(m)

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
采样间距	2	5	5	10

3 特征点、线应采用人工立体量测，并应建立相应的图形拓扑关系。

4 已有数字线划图时，可从图中直接提取相应的地形特征点和特征线作为数字高程模型的补充数据。

5 在立体模型上检查自动生成的匹配点和人工采集的特征点、线，其较差不应大于格网点高程中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

6 对人工采集的特征点、地性线、断裂线和边界线的完整性及合理性应进行检查。

4.8.8 数字高程模型可按图幅建立，也可按摄影分区建立。其数据覆盖范围不应小于图廓线或分区线外图上20mm。

4.8.9 数字高程模型接边时，重叠范围内同名格网点的高程较差应小于数字高程模型高程中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。重叠部分的同名点高程应取其平均值。

4.8.10 数字高程模型应采用工程测量的方法进行外业实测检查，检查点与模型插值点的较差不应大于本规范表4.8.4中数字

高程模型高程中误差的 2 倍。

4.8.11 数字高程模型的精度可按下式计算,并应符合本规范第 4.8.4 条的规定:

$$m_k = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (4.8.11)$$

式中: m_k ——数字高程模型的高程中误差(m);

Δ ——高程较差(m);

n ——检查点个数。

4.9 数字正射影像图

4.9.1 数字正射影像图地物的点位中误差应符合本规范第 3.3.4 条有关一般地区的规定。

4.9.2 数字正射影像图的制作应采用数字摄影影像或胶片摄影数字化影像,其比例尺可选用 1:500、1:1000、1:2000 或 1:5000。

4.9.3 数字正射影像图的地面分辨率不应大于表 4.9.3 的规定。

表 4.9.3 数字正射影像图地面分辨率(m)

比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000
地面分辨率	0.1	0.2	0.4	1.0

4.9.4 影像预处理应保留原有影像的色调层次,并应反映影像的细部特征,纹理应清晰,色彩宜均衡。

4.9.5 数字影像纠正应符合下列规定:

1 影像重采样可采用最邻近像元法、双线性内插法或双三次卷积内插法;

2 在数字摄影测量系统中,应导入相应格网间距的数字高程模型数据,应对左、右片同时纠正,也可对左片或右片单独进行正射纠正。

4.9.6 数字影像镶嵌应符合下列规定:

1 数字影像镶嵌应按图幅或分区进行,每一镶嵌单元应利用

该范围内的所有影像；

2 相邻影像间的镶嵌线可用人工方法选择,也可采用连接点连线作为镶嵌线,但不应切割房屋等重要地物；

3 镶嵌线两侧存在纹理、色彩差异时,应进行影像编辑。

4.9.7 数字正射影像应根据图幅范围进行裁切。

4.9.8 数字正射影像图应包括 TIF 格式的正射影像文件和 TFW 格式的影像坐标信息。

4.10 补充测量

4.10.1 有下列情况之一时,应进行补充测量：

1 等高距为 0.5m 的平坦地区地形图的高程、工业厂区细部坐标点的高程；

2 摄影时有云雾等遮挡造成影像不清、立体影像判读困难的区域；

3 利用既有影像资料成图,地形、地物产生变化的区域。

4.10.2 补充测量应采用外业实地测量,作业方法、精度等应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

4.11 资料整理与归档

4.11.1 工程完成后应整理归档下列资料：

1 资料清单；

2 航摄仪检定文件；

3 航飞日志文件；

4 测区航摄略图；

5 影像索引图、航摄负片、像片或数字航摄仪获取的影像数据；

6 基准站及 POS 数据解算文件；

7 控制测量资料；

8 连接点或测图定向点成果表；

- 9 每张像片的内、外方位元素；
- 10 控制片和调绘片；
- 11 连接点分布略图；
- 12 检查点成果及精度统计表；
- 13 细部坐标点成果表；
- 14 分幅图结合表；
- 15 产品成果文件；
- 16 检查资料；
- 17 技术设计书；
- 18 技术报告书；
- 19 其他有关资料。

4.11.2 作业单位提交给用户的成果资料,应符合本规范第3.5.7条的规定。

5 机载激光雷达测量

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于采用机载激光雷达测量方法测绘一般地区 1:500~1:2000 数字线划图和制作数字高程模型。

5.1.2 机载激光雷达测量采用的坐标系统应符合下列规定:

1 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;

2 成果可采用国家坐标系、地方独立坐标系或假定坐标系。

5.1.3 用于布设地面基准站的控制点应纳入工程项目首级控制网整体平差,平面及高程等级均不应低于现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 有关四等精度的规定。

5.1.4 机载激光雷达测量点间距和点云密度应符合表 5.1.4 的规定。

表 5.1.4 机载激光雷达测量点间距和点云密度

成图比例尺	1:500	1:1000	1:2000
测量点间距(m)	≤ 0.4	≤ 0.7	≤ 1.2
点云密度(点/m ²)	≥ 6	≥ 2	≥ 0.7

注:隐蔽或困难地区点云密度宜适当增加。

5.1.5 机载激光雷达测量高程中误差不应大于表 5.1.5 的规定。

表 5.1.5 机载激光雷达测量高程中误差(m)

高程中误差 地形类别 \ 比例尺	1:500	1:1000	1:2000
	1:500	1:1000	1:2000
平坦地	0.15	0.2	0.3
丘陵地	0.3	0.4	0.4
山地	0.4	0.6	1.0
高山地	0.6	1.2	1.2

注:隐蔽或困难地区可放宽 50%。

5.1.6 机载激光雷达测量成果应进行外业实测检查,并应符合下列规定:

- 1 检查样本间距不应大于 30km,且不应少于 2 个,当工程项目为线状时,检查样本间距可放宽至 1.5 倍;
- 2 不同投影带的成果,每个投影带中应至少有 1 个检查样本;
- 3 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,检测精度应符合本规范表 5.1.5 有关高程中误差的规定。

5.2 数据获取

5.2.1 机载激光雷达测量获取的数据应包括激光测距数据、地面基准站的 GNSS 观测数据、飞机上的 GNSS 观测数据及 IMU 观测数据等。

5.2.2 机载激光雷达测量设备应符合下列规定:

- 1 双频 GNSS 接收机的采样频率不应超过 1Hz;
- 2 激光测距扫描装置的测距中误差不应大于表 5.2.2-1 的规定;

表 5.2.2-1 激光测距扫描装置测距中误差(m)

成图比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
测距中误差	0.10	0.10	0.15

3 IMU 设备定姿精度不应大于表 5.2.2-2 的规定。

表 5.2.2-2 IMU 设备定姿精度指标

项 目	精 度
侧滚角	0.008°
俯仰角	0.008°
航偏角	0.025°
漂移误差	0.1°/h
采样间隔	0.01s

5.2.3 机载激光雷达测量技术设计应符合下列规定：

1 技术设计前宜收集地形图、影像图、数字高程模型数据、机载激光雷达测量设备参数、航摄仪检校文件等；

2 设计时应根据项目技术要求确定航线、点云密度、飞行航高、飞行速度，以及激光扫描角度、扫描频率、激光发射频率、激光强度等；

3 单条航线飞行时间不宜超过 15min；

4 航线设计的航带宽度应同时兼顾激光雷达扫描和航摄影像的宽度，其旁向重叠均不应小于 10%；

5 在进行航线设计时，应确定对机载激光雷达点云进行改正的方法。

5.2.4 航飞季节和航飞时间的选择应符合本规范第 4.2.8 条的规定。

5.2.5 数据获取后有下列情况之一时，应补飞或重飞：

1 同一航线内航高变化超过相对航高 10%；

2 POS 系统局部数据缺失记录、数据质量缺陷造成整条航线不能解算；

3 存在点云漏洞；

4 重叠度不够。

5.2.6 机载激光雷达测量宜同时进行数字影像摄影。数字航摄仪需要检校场检校时，可在就近的同类型检校场进行。需要在摄区进行检校时，检校场的布设应符合本规范附录 B 的规定。

5.2.7 GNSS 测量应符合下列规定：

1 地面基准站的布设间距不应大于表 5.2.7 的规定，且使飞行时扫描站距最邻近基准站的距离不应大于基准站间距的 2/3 倍；

表 5.2.7 地面基准站布设间距(km)

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
地面基准站间距	15	20	30

注：对于线路工程测量可放宽 1.5 倍。

2 GNSS 观测的采样间隔不宜大于 1s, 卫星数不应少于 5 颗, PDOP 不应大于 6;

3 GNSS 解算宜采用载波相位实时动态差分, 基线成果应采用双差固定解。

5.2.8 机载激光雷达测量相对航高不应大于表 5.2.8 的规定。

表 5.2.8 机载激光雷达测量相对航高(m)

比例尺	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000
相对航高	500	1000	2000

5.2.9 激光雷达测量前后, 宜采用“∞”字形飞行方式进行 IMU 初始化。同向连续航飞时间超过 15min 时, 应重新进行 IMU 初始化。

5.2.10 当采用高程改正面方法对机载激光雷达测量的点云进行改正时, 高程改正面的设置及测量应符合下列规定:

1 高程改正面宜设置在可辨识其平面位置的平坦、无遮挡且远离水域的地方;

2 高程改正面之间的距离宜为 10km, 最大不应超过 15km;

3 高程改正面的形状宜为矩形, 边长宜为本规范第 4.8.7 条有关数字高程模型采样间距的 2 倍~3 倍;

4 高程改正面的高程测量应按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 有关四等水准测量的方法施测。

5.2.11 采用检校场法进行改正时, 检校场的布设应符合本规范附录 F 的规定。

5.2.12 数据质量检查应符合下列规定:

1 POS 数据、原始激光测距数据、原始影像数据和基站数据应完整;

2 GNSS 测量数据中卫星失锁时长不宜大于 2 个采样间隔;

3 原始激光数据的回波率应大于 90%。

5.3 数 据 处 理

5.3.1 POS 数据处理应符合下列规定:

1 POS 数据处理应包括 GNSS 差分计算和 POS 联合平差计算；

2 GNSS 计算应采用最近地面基准站的数据，并应使用其他基准站的数据进行检核；

3 POS 联合平差精度应符合表 5.3.1 的规定；

表 5.3.1 POS 联合平差精度

项 目	限 差
平面位置中误差	0.05m
高程中误差	0.08m
侧滚角中误差	18"
俯仰角中误差	18"
航偏角中误差	90"

4 各激光测量点的三维坐标应以 POS 联合平差结果为依据进行计算。

5.3.2 点云与地面检查点之间的高程中误差，应符合本规范第 5.1.5 条的规定。

5.3.3 相邻航线或分区接边处的点云数据较差不应大于表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 接边处点云数据较差 (m)

平面位置较差	高程较差
0.15	0.10

5.3.4 点云分类应符合下列规定：

1 点云分类应按从整体到局部、从一般到特殊的原则进行，分类应保留重要的地形特征信息；

2 点云分类宜采用自动分类与手动分类相结合的方法，并宜利用多种数据源进行辅助分类；

3 建筑物、植被等非地面数据应与地面数据分离；

4 点云分类结果应分别存储。

5.3.5 数字成果制作应符合下列规定：

- 1 数字成果制作前应经过点云分类；
- 2 数字高程模型或等高线应由地面数据生成；
- 3 数字正射影像图应由经正射纠正后的数字影像生成；
- 4 影像地形图应由等高线与正射影像叠加生成；
- 5 数字线划图应由等高线和正射影像判测的地物及点云分类获取的地物生成；
- 6 专题图可利用非地面点云制作。

5.3.6 数字高程模型制作应符合下列规定：

- 1 数字高程模型高程中误差应符合本规范第 5.1.5 条的规定；
- 2 数字高程模型的建构宜采用不规则三角网法，也可采用规则格网法或二者组合使用；
- 3 数字高程模型按格网法采样的间距应符合本规范第 4.8.3 条的规定；
- 4 相邻分幅或分区数字高程模型数据的重叠范围不应小于图上 20mm。

5.3.7 数字正射影像图的制作可按本规范第 4.9 节的规定执行。

5.4 资料整理与归档

5.4.1 工程完成后应整理归档下列资料：

- 1 资料清单；
- 2 航飞日志文件；
- 3 基准站及 POS 数据解算文件；
- 4 坐标系参数；
- 5 控制点成果表；
- 6 点云分块索引图及点云分类成果；
- 7 产品成果文件；
- 8 检查资料；

- 9 技术设计书；
- 10 技术报告书；
- 11 其他有关资料。

5.4.2 作业单位提交给用户的成果资料,应符合本规范第 3.5.7 条的规定。

6 地面激光扫描测量

6.1 一般规定

6.1.1 本章适用于工程建设领域非地形摄影测量和小范围的大比例尺地形测量。

6.1.2 地面激光扫描测量应包括固定式激光扫描测量和移动式激光扫描测量。固定式激光扫描测量可用于目标物的精细测量或建模等。移动式激光扫描测量可利用移动平台沿道路对目标物进行快速测量。

6.1.3 地面激光扫描测量用于非地形测量时,坐标系统宜采用假定坐标系,精度等级应符合本规范第 3.3.10 条的规定。

6.1.4 地面激光扫描测量用于非地形摄影测量成图时,图幅尺寸宜符合本规范第 3.3.11 条的规定。用于小范围大比例尺地形测量时,地形图的分幅和编号应符合本规范第 3.3.6 条的规定。

6.2 数据获取

6.2.1 地面激光扫描测量的技术设计应符合下列规定:

1 技术设计前宜收集测区基本资料、激光扫描测量设备参数、相机检校文件等;

2 应根据项目技术要求确定测站位置、标靶几何尺寸和扫描点间距等参数。

6.2.2 原始激光数据的回波比例不宜小于 90%。

I 固定式激光扫描测量

6.2.3 固定式激光扫描测量设备应包括下列基本配置:

1 激光扫描测量装置 1 套;

2 数字相机 1 台;

3 计算处理软硬件系统。

6.2.4 固定式激光扫描测量时,可布设标靶。标靶的几何尺寸不应小于扫描点间距的 5 倍,相邻测站间扫描重叠度不应小于 20%。

6.2.5 数字影像宜用于扫描区域、物体和点云属性的判别,以及纹理填充。

6.2.6 固定式激光扫描需要多个坐标系统成果时,应实测不少于 3 个标靶在各坐标系统的坐标值。

II 移动式激光扫描测量

6.2.7 移动式激光扫描测量采用的坐标系应符合下列规定:

1 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;

2 成果数据可采用国家坐标系、地方独立坐标系或假定坐标系。

6.2.8 移动式激光扫描测量设备应包括下列基本配置:

1 激光测距扫描装置 2 套;

2 GNSS 接收机 1 台;

3 INS 装置 1 套;

4 全景相机 1 台或数字相机 2 台;

5 计算处理软硬件系统。

6.2.9 数据获取前应对移动式激光扫描测量设备进行检校,并应符合下列规定:

1 检校内容应包括定位定姿传感器主要参数、数据采集传感器主要参数,以及传感器之间的相互配准关系;

2 绝对标定距离应根据项目测距范围确定,绝对标定距离不宜小于 20m,标定点密度不宜小于 50 点/ m^2 ;

3 传感器检校数据较差的限差不应大于表 6.2.9 的规定。

表 6.2.9 传感器检校数据较差的限差 (m)

平面位置较差	高程较差
0.10	0.05

6.2.10 移动式激光扫描测量的数据获取应符合下列规定：

1 GNSS 基准站的设置与观测应符合下列规定：

- 1)GNSS 基准站的设置宜采用多基站布设,基站间距离宜小于 30km,最大不应大于 40km;
- 2)用于设置 GNSS 基准站的控制点等级,不应低于现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 规定的四等平面控制和四等高程控制;
- 3)GNSS 基准站周边观测条件应良好、无电磁干扰;
- 4)用于测量的 GNSS 接收机应选用双频测量型,GNSS 观测的采样间隔不宜大于 1s,卫星数不应少于 5 颗。

2 数据的采集应符合下列规定：

- 1)在 GNSS 信号较弱区域,宜选择 PDOP 不大于 6 的时段进行作业,并应在作业开始前利用移动 POS 系统进行 GNSS 信号测试;
- 2)作业前后宜按“∞”字形方式进行 IMU 初始化,再进行 5min 静态观测;
- 3)移动速度不宜大于 60km/h;
- 4)激光强度应能区分不低于 12bit 色深的反射强度,最大激光发射频率不宜低于 100kHz;
- 5)相机拍摄时间间隔不应小于 1s,多台相机同步拍摄时,同步精度应小于 1/1000s。

6.2.11 数据的检查应符合下列规定：

1 数据应包括 GNSS 测量数据、IMU 记录数据、激光测距数据和影像数据；

2 激光测距数据和影像数据应覆盖测区范围,GNSS 数据和 IMU 数据应覆盖整个作业时间段；

3 GNSS 测量数据中卫星连续失锁时长不宜大于 2 个采样间隔；

4 获取的数据、记录应满足技术设计要求。

6.3 数据处理

6.3.1 地面激光扫描测量获取点云的处理应符合下列规定：

1 获取点云中的杂点应删掉。

2 多站间点云拼接可采用公共区域法和特征点匹配等方法。非地形测量,拼接后的点云相对精度应达到本规范第 3.3.10 条有关毫米级的规定。小范围大比例尺地形图的测绘,拼接后的点云相对精度应达到本规范第 3.3.10 条有关厘米级的规定。

3 非地形测量目标物,精简后的点云不应影响曲面重构或降低模型精度。小范围大比例尺地形图,精简后的点云间距应符合本规范第 5.1.4 条的规定。

4 不同测站之间的点云应通过公共点转换到相同的坐标系中。

6.3.2 采用移动激光扫描测量方式获取点云时,应进行 GNSS 差分计算和 POS 的联合平差计算,其结果不应大于表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 联合平差中误差

项 目	中 误 差
平面位置	0.03m
高程	0.06m
侧滚角	0.03°
俯仰角	0.03°
行车方向偏角	0.05°

6.3.3 点云分类应符合本规范第 5.3.4 条的规定。

6.4 成果制作

I 非地形摄影测量

6.4.1 非地形目标物的数字表面模型应采用不规则三角网法建立。

6.4.2 等值线图应采用数字表面模型生成,其等值距的确定应能准确反映目标物的形态和特征。

6.4.3 目标物的面积或体积应依据建立的数字表面模型,采用相应软件自动计算。

6.4.4 目标物在任意方向的剖面线应依据建立的数字表面模型自动提取。

II 地形测量

6.4.5 采用地面激光扫描测量方法测绘小范围大比例尺地形图的精度,应满足本规范第 3.3.4 条的规定。

6.4.6 采用地面点云制作的数字高程模型,应符合本规范第 4.8 节的有关规定。

6.4.7 采用地面激光扫描测量方法测绘小范围大比例尺地形图时,点云插值点与检查点较差应符合表 6.4.7 的规定。

表 6.4.7 点云插值点与检查点较差(m)

项 目	较 差
平面位置	<0.30
高程	<0.15

6.4.8 激光扫描测量的遮挡区域,应采用实地测量进行补充,其作业方法、精度等应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定。

6.5 资料整理与归档

6.5.1 工程完成后应整理归档下列资料:

- 1 资料清单;
- 2 扫描日志文件;
- 3 基准站及 POS 数据解算文件;
- 4 坐标系参数;
- 5 点云分块索引图及点云分类成果;
- 6 控制点成果表;

- 7 产品成果文件；
- 8 检查资料；
- 9 技术设计书；
- 10 技术报告书；
- 11 其他有关资料。

6.5.2 作业单位提交给用户的成果资料应符合本规范第 3.5.7 条的规定。

7 近景摄影测量

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于工程建设领域的非地形摄影测量。近景摄影测量可提供目标物的等值线图、立面图、剖面图、表面模型,以及二维坐标、三维坐标等成果。

7.1.2 近景摄影测量的精度等级、图幅尺寸,应符合本规范第 3.3.10 条和第 3.3.11 条的规定。

7.1.3 成图比例尺宜选用 1:50、1:100、1:200,特殊工程可选用 1:20、1:10、1:5、1:1 或放大的比例尺。

7.2 物方控制

7.2.1 坐标系宜采用假定坐标系。

7.2.2 投影面宜与目标物的主立面平行,不平行时应进行坐标系变换。当目标物为多立面时,可选择多个对应的投影面。

7.2.3 物方控制建立可采用距离、角度和几何图形的相对控制方式。物方控制点的测量中误差应符合本规范第 3.3.10 条相应等级的规定。

7.2.4 物方控制点布设应符合下列规定:

1 物方控制点宜采用人工标志,标志的形状、尺寸和颜色可按本规范附录 G 选用。在无法布设人工标志时,可采用影像清晰、容易辨别的目标物的特征点代替。

2 当采用直接线性变换解算时,1 个像对宜布设 6 个~9 个控制点且分布均匀,其分布不应接近于一个平面。当采用非直接线性变换解算时,控制点数不应少于 4 个。

3 当采用在任检校时,物方控制宜采用活动控制架。

7.2.5 物方控制点测量可采用标准尺、活动控制架或导线测量等方法进行,并应符合下列规定:

1 采用标准尺方法建立物方控制时,应将标准尺水平安置且与主立面平行,并以标准尺的刻划边缘为坐标系的 X 轴,过 X 轴的铅垂线向上为 Y 轴,构成右手坐标系;

2 采用活动控制架方法建立物方控制时,活动控制架上的标志可采用前方交会法测定;

3 采用导线测量方法建立物方控制时,宜按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定执行。

7.3 数据获取

7.3.1 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、摄影比例尺、成果精度等因素选择。

7.3.2 摄影时应对相机进行事先检校或在任检校,检校应包括下列内容:

- 1 主点位置与主距;
- 2 立体相机内方位元素及相机相对位置关系;
- 3 畸变差大小;
- 4 相机偏心常数;
- 5 同步摄影时的同步精度。

7.3.3 摄影相机内方位元素的检定中误差应小于 0.02mm 。

7.3.4 摄影前应测定物镜前节点的偏心值,测定中误差不应大于物方控制精度。

7.3.5 摄站的布设应符合下列规定:

1 摄站应根据目标特征进行布置,并应使摄影主光轴垂直于目标物的主立面;

2 多时段摄影时,应设置在带有强制归心装置的观测墩上;

3 相邻摄站间的高差,不应大于摄站间距离的 $1/5$ 。

7.3.6 摄影方式应根据目标物的大小、摄影环境、摄影设备类型,

以及数据处理方法等因素确定,可采用正直摄影、交向摄影、多基线摄影等方式。

7.3.7 正直摄影应符合下列规定:

- 1 正直摄影方式像对重叠度应为 60%~80%。
- 2 正直摄影方式中摄影基线长度的确定,应符合下列规定:
 - 1) 摄影距离与基线长度应符合下式要求:

$$\frac{Z}{B} \geq \frac{1}{2} \cot \frac{\beta}{2} \quad (7.3.7-1)$$

式中: Z ——摄影距离(m);

B ——基线长度(m);

β ——相机像场角(°)。

- 2) 摄影基线长度与目标物 X 方向的待测宽度相近时,摄影基线长度宜按下式确定:

$$B = \Delta X \sqrt{1 + \frac{l_x}{\Delta X}} \quad (7.3.7-2)$$

式中: ΔX ——被摄物体沿 X 轴方向的待测宽度(m);

l_x ——摄影机水平方向的像幅尺寸(m)。

- 3 正直摄影精度宜按本规范附录 H 进行估算。

7.3.8 交向摄影应符合下列规定:

- 1 像对重叠度不应小于 80%。
- 2 目标物中心的交会角宜为 60°~90°。
- 3 交向摄影的偏角不应大于 40°。
- 4 摄影基线长度与最大摄影距离和最小摄影距离应符合下式要求:

$$\frac{Z_{\max}}{15} \leq \frac{B}{\cos \varphi} \leq \frac{Z_{\min}}{4} \quad (7.3.8)$$

式中: φ ——交向摄影的偏角(°)。

- 5 交向摄影精度宜按本规范附录 H 进行估算。

7.3.9 多基线摄影应符合下列规定:

- 1 相邻摄站拍摄影像的重叠度应大于 60%;

2 被摄目标物影像的最大交会角不应小于 30° 。

7.3.10 拍摄静态目标物时,应使用光圈优先模式;拍摄动态目标物时,应使用快门优先模式。

7.3.11 采用的光源应使目标物的照度均匀,并应无阴影、无反光。

7.3.12 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。

7.4 数据处理

7.4.1 相对定向应符合下列规定:

1 相对定向后各点的残余上下视差应小于 0.02mm ;

2 绝对定向后的点位中误差的精度量级应符合本规范第 3.3.10 条的规定,垂直于主立面方向的中误差不应大于等值距的 $1/2$ 。

7.4.2 影像连接点距影像边缘应大于 1mm 。

7.4.3 数据处理可采用共线条件方程式、共面条件方程式或直接线性变换等方法。

7.5 成果制作

7.5.1 等值线图应能准确表达目标物的形态和特征,等值线的绘制应符合下列规定:

1 等值距应按下式计算:

$$\Delta Z = C M m_p \frac{Z}{B} = C m_z \quad (7.5.1)$$

式中: ΔZ ——等值距(mm);

C ——常数,按被摄目标物有效面积内不同坡度选取 $2\sim 4$;

M ——摄影比例尺分母;

m_p ——视差量测中误差(mm);

Z ——摄影距离(m);

B ——摄影基线长度(m);

m_z ——目标物量测 Z 坐标中误差(mm)。

2 等值线中误差应小于等值距的 $1/2$ 。

3 结构复杂、坡度变化大的目标物表面宜先采集轮廓线,再将目标物的线性部分逐一表示。当目标物边缘等值线重叠时,应合并表示。目标物隐蔽部分应补测。

4 在目标物相邻等值线较宽的区域,应加测 $1/2$ 等值线或 $1/4$ 等值线。

7.5.2 立面图的绘制应符合下列规定:

1 立面图应准确表示被摄目标物的形态和特征;

2 各类目标物的附属图形,可按其正面或侧面的形状制定依比例、半依比例、非比例的符号表示;

3 立面图中等值线的绘制应符合本规范第 7.5.1 条的规定。

7.5.3 三维模型的制作应符合下列规定:

1 三维模型制作涉及的目标应为静止目标物;

2 三维模型应利用几何模型、图像纹理和属性信息进行制作,并应建立数据档案;

3 目标区域的边界点和特征点应进行人工量测。

7.6 资料整理与归档

7.6.1 工程完成后应整理归档下列资料:

1 资料清单;

2 相机检定文件;

3 数字影像及影像覆盖示意图;

4 控制点影像及控制点分布图;

5 控制测量资料;

6 产品成果资料;

7 技术设计书;

- 8 检查资料；
- 9 技术报告书；
- 10 其他有关资料。

7.6.2 作业单位应提交本规范第 7.6.1 条第 7 款、第 9 款的成果资料,并应符合本规范第 3.5.7 条的规定。

8 卫星遥感测量

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于利用卫星遥感影像制作 1:5000、1:10000 的数字线划图和数字影像图。

8.1.2 利用卫星遥感测量制作数字线划图的地形类别、基本等高距,应符合本规范表 3.3.2、表 3.3.3 的规定。

8.1.3 数字线划图和数字影像的地物点平面位置中误差不应大于本规范表 3.3.4-1 的规定,等高线高程中误差不应大于本规范表 3.3.4-1 规定的 1.5 倍。

8.1.4 作业前应收集已有的控制点成果和现势性较强的地形图及其文字资料等。

8.2 影像获取与预处理

8.2.1 用于测量的卫星遥感影像资料应符合下列规定:

1 卫星遥感影像数据应包括卫星影像(全色、多光谱或融合)数据、影像数据的轨道/RPC 参数、影像资料说明文件等。用于构建立体模型的影像数据宜为同轨立体影像。

2 卫星遥感影像的地面分辨率不应大于表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 卫星遥感影像的地面分辨率(m)

成图比例尺	地面分辨率
1:5000	0.5
1:10000	1.0

3 卫星遥感影像相邻立体条带或相邻景影像重叠度不应小于 4%。

4 卫星遥感影像侧视角,平原地区不宜大于 25°,山区不宜

大于 20° 。

5 卫星遥感影像的云雪覆盖面积宜小于 5%；分散的云、雪累计覆盖面积宜小于影像总面积的 15%，且影像接边处不应有云覆盖。

6 卫星遥感影像应清晰，信息丰富，无明显噪声、斑点和坏线，并应反差适中、无几何变形。卫星影像定位参数应完整、正确。

8.2.2 卫星遥感影像预处理应符合下列规定：

1 卫星遥感影像预处理应对原始影像进行灰度调整，像对同名点影像灰度宜相近，特征边缘灰度变化应自然、协调，影像整体灰度宜适中，色调宜一致，并应纹理清晰；

2 阴影和薄云处的地表影像经信息增强处理后，地物影像的细部特征应明显增强，并应使立体视觉清晰；

3 灰度处理过程中，影像像素应无增加或减少。

8.3 数字正射影像图

8.3.1 数字正射影像成果的地面分辨率应符合表 8.3.1 的规定。

表 8.3.1 数字正射影像成果的地面分辨率(m)

成图比例尺	影像地面分辨率
1 : 5000	0.5
1 : 10000	1.0

8.3.2 对卫星影像进行纠正时，采用的控制点精度应符合本规范第 4.3.8 条有关一般地区的规定。

8.3.3 用于影像正射纠正所采用的数字高程模型的格网间距及高程中误差，不应大于表 8.3.3 的规定。

表 8.3.3 数字高程模型的格网间距及高程中误差(m)

比例尺	格网间距	高程中误差			
		平坦地	丘陵地	山地	高山地
1 : 5000	5	1	3	5	8
1 : 10000	10	1	3	5	10

8.3.4 卫星遥感数字正射影像,可采用单景卫星影像或卫星立体影像进行正射纠正制作,并应符合下列规定:

1 单景影像正射纠正的外参数解算可采用严格轨道模型、有理函数模型、多项式或其他模型等方式。影像纠正所用控制点应为明显地物点,其数量不应少于表 8.3.4 的规定。单景影像的四角位置应布设控制点,其余控制点可均匀分布。

表 8.3.4 模型类型和控制点数(个)

模 型 类 型	控 制 点 数
严格轨道模型	9
有理函数模型	5
多项式或其他模型	15

2 卫星影像正射纠正宜采用区域网平差成果导入的方法恢复立体模型,也可采用卫星影像定位参数利用控制点定向的方式建立立体模型。

8.3.5 多光谱影像可利用相应波段融合生成真彩色影像或假彩色影像,宜以景或工作区域为单元进行融合。

8.3.6 卫星影像配准纠正应符合下列规定:

1 卫星影像配准应以全色影像为基准对多光谱影像进行配准纠正;当多光谱影像与全色影像同时相、同星时,也可利用全色影像的纠正点对多光谱影像进行纠正。配准纠正控制点不应少于 15 点/景~20 点/景,纠正点宜均匀分布,配准纠正的控制点残差中误差不应大于 1 个像素。

2 影像配准纠正后的多光谱影像与全色影像的套合误差不应大于 1 个像素,明显地物地貌要素不应有重影。套合误差超限时,应核实控制点精度、增加控制点个数并重新纠正。

8.3.7 数字正射影像镶嵌和图幅间接边限差不应大于本规范表 3.3.4-1 中位置中误差的 2 倍。影像镶嵌线应避开大型建筑物和影像差异较大的地方,影像镶嵌后应无明显拼接痕迹,过渡应自然,色调宜一致,纹理应清晰。

8.3.8 数字正射影像的图幅裁切应按内图廓线最小外接矩形范围,或根据设计要求向四边外扩不少于一排像素进行。

8.3.9 数字正射影像的色彩、亮度、对比度和匀色色彩处理后,影像的直方图宜呈正态分布,影像应清晰,反差宜适中,色彩应自然,明显地物点应能够准确识别和定位。

8.3.10 数字正射影像成果应包括正射影像数据、影像坐标信息。数字正射影像数据应采用栅格形式存储,并按由西向东、由北向南的顺序排列,左上角第一个像元中心点的栅格坐标应为起算点。

8.3.11 数字正射影像色彩模式,可为全色、真彩色或合成彩色影像模式,宜根据工程需要选择和组合。全色影像应按灰度模式存储,像素位应为 8bit;真彩色、合成彩色影像应按 RGB 彩色模式存储,像素位应为 24bit。

8.4 数字线划图测绘

8.4.1 卫星遥感影像控制点应根据所采用遥感影像的参数和区域网平差方法,以满足相应比例尺测绘成果精度需要进行布设。

8.4.2 卫星遥感影像像片控制测量可按本规范第 4.3.8 条和第 4.3.9 条的规定执行。

8.4.3 卫星遥感影像调绘可按本规范第 4.4 节的规定执行。

8.4.4 加密点对附近野外控制点的平面位置中误差和高程中误差,不应大于表 8.4.4 的规定。

表 8.4.4 加密点中误差(m)

成图比例尺	平面位置中误差		高程中误差			
	平坦地、丘陵地	山地、高山地	平坦地	丘陵地	山地	高山地
1:5000	1.8	2.5	0.9	2.2	3.0	3.7
1:10000	3.5	5.0	0.9	2.2	3.0	4.5

注:特殊困难地区加密点中误差可放宽 0.5 倍。

8.4.5 加密点选点应符合下列规定:

1 卫星遥感影像模型连接点,应在每个立体像对覆盖范围和

相邻模型重叠区域中心线附近均匀选取,连接点应选择影像清晰、特征明显、反差较大、易于转刺和量测的目标;

2 每个立体像对内的连接点的数量应大于 5 个,当立体像对中部分区域存在视差时,应在该区域加选连接点;

3 相邻模型间的连接点应在相邻模型重叠区域中心线附近均匀选取,模型连接点数量不应少于 3 个,多度重叠区域内的点位宜优先选取,两相邻连接点间的距离不应大于 10km;

4 自由图边的连接点应选在测图界线以外。

8.4.6 加密点、地面控制点的像片坐标量测宜采用影像自动匹配方法,点位的量测精度宜小于 1 个像素。

8.4.7 卫星遥感影像区域网平差应根据卫星遥感影像所提供的影像轨道/RPC 参数情况,选取相适宜的模型参数进行平差计算。卫星遥感影像区域网平差后,定向点残差不应大于本规范第 8.4.4 条加密点中误差的 0.75 倍;检查点的不符值不应大于本规范第 8.4.4 条加密点中误差的 1.0 倍;模型间连接公共点的较差不应大于本规范第 8.4.4 条加密点中误差的 2.0 倍。

8.4.8 区域网接边加密点应符合下列规定:

1 同比例尺、同地形类别模型、区域网之间的加密点,其平面、高程较差分别不大于本规范第 8.4.4 条中误差的 2 倍时,加密点成果应取平均值。

2 同比例尺、不同地形类别模型、区域网之间的加密点,其平面、高程较差分别不大于本规范第 8.4.4 条规定的各自所在地形类别加密点中误差之和时,加密点成果应取平均值。

3 不同比例尺加密点接边,其平面、高程较差分别不大于本规范第 8.4.4 条规定的两比例尺加密点相应中误差之和时,加密点成果应按比例进行误差配赋。

4 与已成图接边,当接边差小于本规范第 8.4.4 条加密点中误差时,应以已成图为准;当接边差大于本规范第 8.4.4 条加密点中误差的 1 倍且小于或等于 2 倍时,应取平均值;当

接边差大于本规范第 8.4.4 条加密点中误差的 2 倍时,应检查原因,确系已成图错误时,应直接采用当前成果,并应在图历簿或技术报告中注明。

5 不同投影带之间接边,其公共点平面坐标应换算成同一带坐标值,较差不大于本规范第 8.4.4 条加密点中误差的 2 倍时,应取平均值。

8.4.9 数字线划图应依据立体模型和调绘片,按规定的分类与编码进行测绘,地物和地貌的测绘应按本规范第 4.6 节的规定执行。

8.4.10 对实地已发生变化的地物地貌以及云影、阴影的遮挡区域,应实地补测,实地补测作业宜按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定执行。

8.5 影像解译

8.5.1 遥感影像解译前,应对遥感影像和辅助数据进行处理,数据处理应包括遥感影像的正射纠正、云雾去除、融合、镶嵌、裁切,辅助数据与数字正射影像图的配准等。

8.5.2 用于影像解译的卫星遥感影像,可采用空间域和频率域增强,增强后的影像应清晰,地物的表现力应明显,各种地物的颜色应过渡自然。

8.5.3 解译标志应按测区或某一特定区域制作,其个数和种类应能满足全区影像解译的需求。

8.5.4 卫星遥感影像的解译应遵循先易后难的原则,解译可采用人工目视解译或计算机辅助解译。

8.5.5 人工目视解译应利用数字正射影像或立体影像及融合影像,按解译标志进行解译,解译方法可采用直判法、对比法、逻辑推测法和综合分析法等。

8.5.6 解译信息丰富的区域,可借助计算机进行监督分类或非监督分类。

8.6 资料整理与归档

8.6.1 工程完成后应整理归档下列资料：

- 1 资料清单；
- 2 已有测量成果资料；
- 3 卫星影像资料及卫星轨道或定位参数；
- 4 影像定位信息文件及影像结合表；
- 5 控制测量资料；
- 6 卫星遥感影像调绘资料；
- 7 连接点或测图定向点成果表；
- 8 连接点分布略图；
- 9 分幅图结合表；
- 10 产品成果文件；
- 11 检查资料；
- 12 技术设计书；
- 13 技术报告书；
- 14 其他有关资料。

8.6.2 作业单位宜提交本规范第 8.6.1 条第 9 款、第 10 款、第 12 款、第 13 款的成果资料，并应符合本规范第 3.5.7 条的规定。

附录 A 低空数字摄影飞行器及数字相机要求

A.0.1 低空数字摄影飞行器应符合下列规定：

- 1 平原、丘陵等地区，飞行器的升限不应小于海拔 3000m；山地、高山地、高原等地区，飞行器的升限不应小于海拔 6000m。
- 2 续航时间应大于 1.5h。
- 3 轻型飞行器应具备 5 级风力气象条件下安全飞行的能力，无人飞行器应具备 4 级风力气象条件下安全飞行的能力。
- 4 巡航速度不应大于 120km/h。
- 5 飞行器应具有 GNSS 导航定位功能。
- 6 无人飞行器的任务载荷不应小于 3kg。

A.0.2 低空数字摄影数字相机应符合下列规定：

- 1 相机镜头应采用对焦无限远的定焦焦距镜头；
- 2 镜头与相机机身以及相机机身与成像探测器，应连接稳固；
- 3 成像探测器面阵有效像元应大于 2000 万像素；
- 4 最高快门速度不应低于 1/1000s。

附录 B 数字航摄影检校场布设

B.0.1 数字航摄影检校场的组成应符合下列规定：

1 检校场(图 B.0.1)应提供 4 条十字对飞航摄飞行航线,每条航线像片数不应少于 12 张;

2 检校场地内宜有均匀分布,且数量较多的在摄影后的影像上可辨认的地物点。

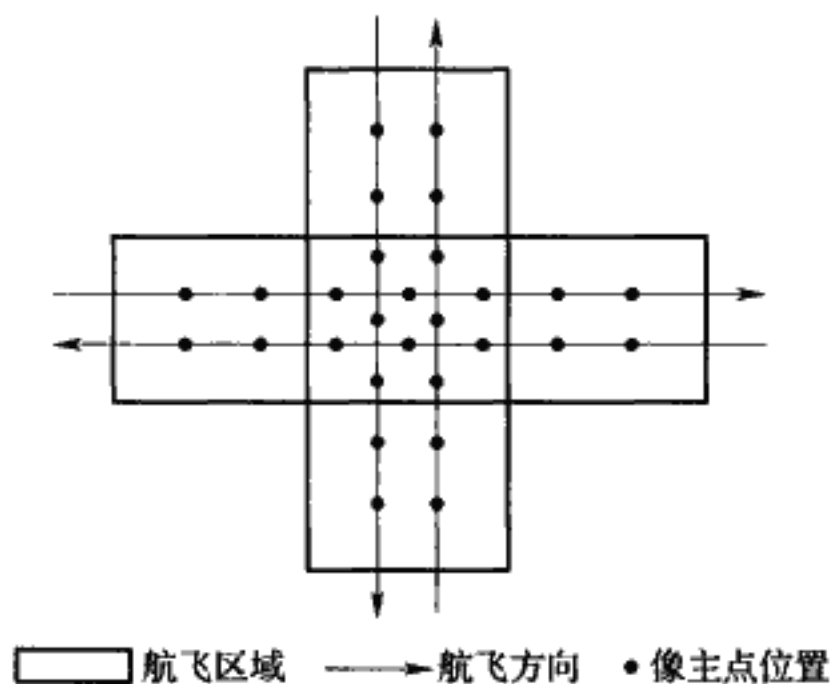


图 B.0.1 检校场的布设方案

B.0.2 数字航摄影检校场的位置应符合下列规定：

- 1 检校场地应避开大面积稻田、森林、水域;
- 2 检校场地不宜选择在高大建筑物密集的中心城区。

B.0.3 数字航摄影检校场控制点的布设应符合下列规定：

- 1 在中心重叠区宜布设 5 个~10 个;
- 2 在航线四个边缘区域宜布设共计 5 个~10 个;
- 3 检验飞行的其他区域应均匀布设 20 个;
- 4 本条第 1 款~第 3 款的控制点可为本规范第 B.0.1 条第

2 款的可辨认地物点,当无可辨认地物点直接利用时,应布设地面标志;

5 航摄影检校场平高检查点的布设宜按图 B.0.3 选取,困难地区可仅在检校场航线交叉处,均匀布设不少于 4 个平高检查点。

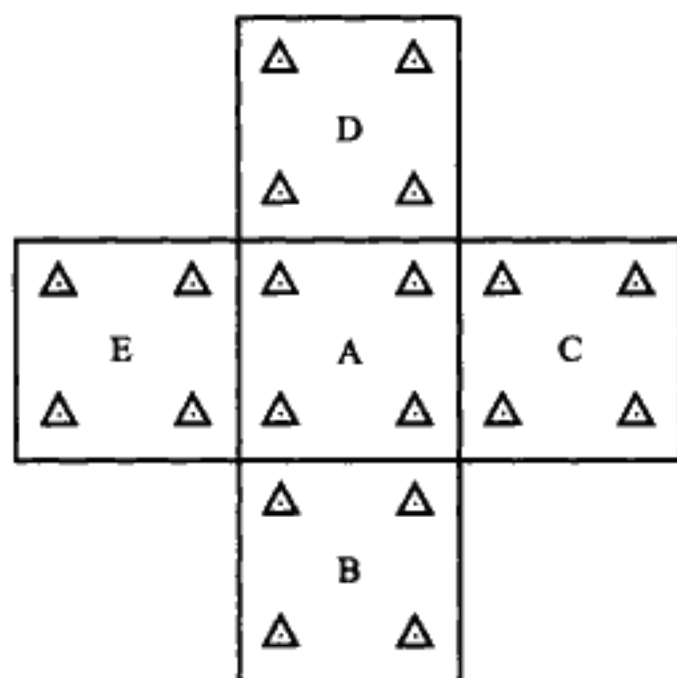


图 B.0.3 平高检查点布设方案

附录 C 地面标志的形状和尺寸

C. 0.1 地面标志的形状宜按图 C. 0.1 选取。

C. 0.2 标志的大小可根据摄影像片比例尺分母 M , 并按下式计算确定:

$$b = 0.04M(\text{mm}) \quad (\text{C. 0. 2})$$

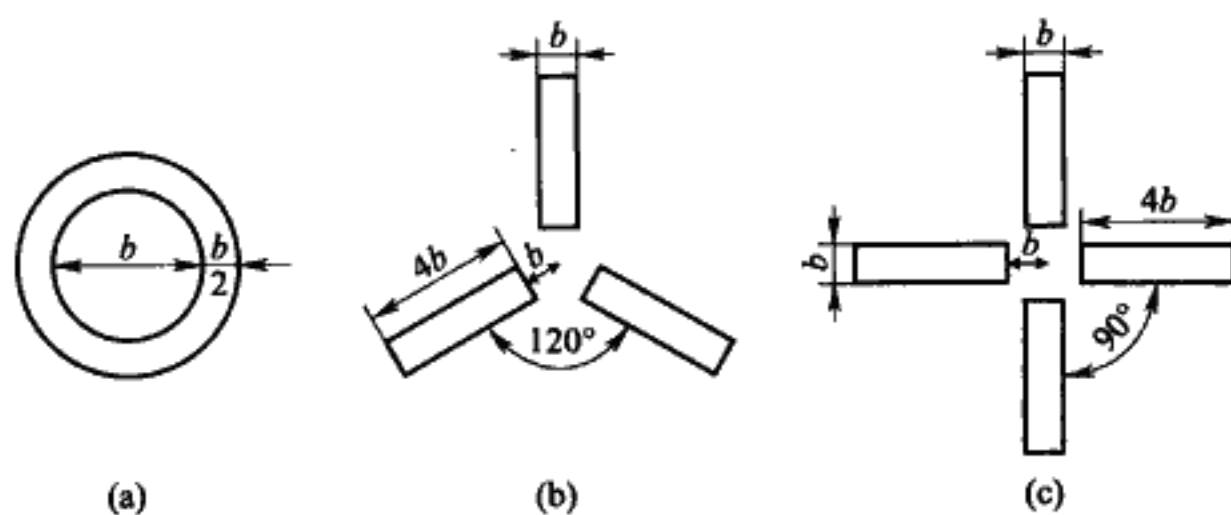


图 C. 0.1 地面标志形状

附录 D 像片刺点控制片的整饰格式

D.0.1 像片刺点控制片正面整饰编号和注记,应符合下列规定:

1 航线编号应自上而下用阿拉伯数字注于像片北部中央,像片编号宜使用航摄时的编号。当为多个航摄分区,航线编号前应加分区号。

2 控制点、水准点、像控点、其他埋石点的符号,可用边长或直径为 7mm 的三角形、正方形或圆圈表示。平面或平高控制点应用红色整饰。水准点、高程点应用绿色圆圈整饰并在圆圈内加×。转刺点应用直径为 10mm 的圆圈表示,并应用黑色整饰。其余点名、点号、高程等注记应用黑色。

3 像片控制点应用 P 代表平面点、G 代表高程点、N 代表平高点,同期成图的一个测区内应统一编号,并应采用字母后附加数字的方法,编号顺序应采用同一航线从左至右,航线间从上到下的顺序,编号中不得出现重号。

4 能准确刺出的控制点和埋石点的符号应用实线表示,概刺点应用虚线表示。

5 正面的整饰格式宜按图 D.0.1 选取。

D.0.2 控制片反面整饰应符合下列规定:

1 像片反面整饰应采用黑色铅笔,符号和方位标定应与正面影像的方位相同,准确刺点点位应整饰;

2 在点位附近应注出点号或点名,并应加文字说明,字迹应清晰、正规,说明应准确;

3 当文字说明不能确切表达点位时,应加绘点位略图或剖面图,点位图应模仿正面影像图形绘制,方位、形状应保持一致;

4 刺点者、检查者应签名并注明日期;

- 5 采用地面标志时,应注明点名或点号及标志形式;
- 6 概刺点与转刺点,反面不应整饰;
- 7 有条件时,可附带现场照片;
- 8 反面整饰格式宜按图 D. 0. 2 选取。

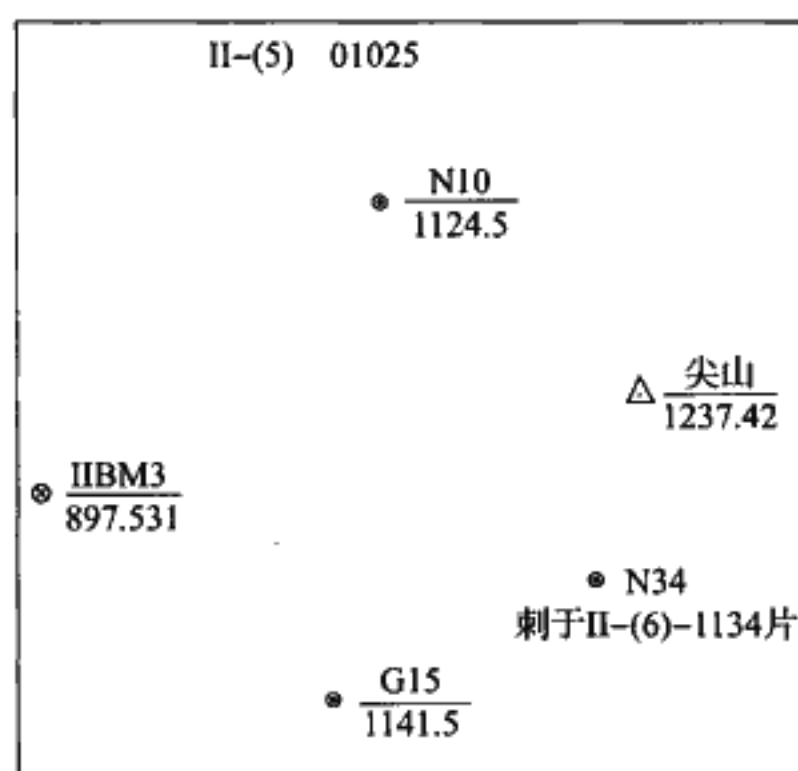


图 D. 0. 1 控制片正面的整饰格式

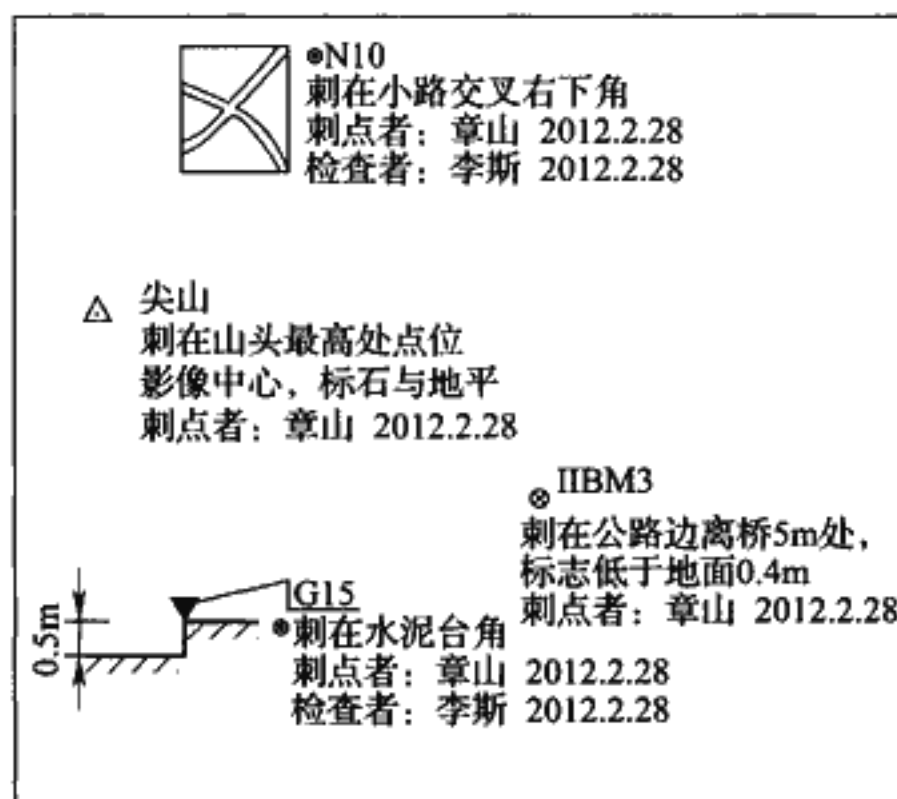


图 D. 0. 2 控制片反面的整饰格式

附录 E 像片调绘的相关规定

E.0.1 像片当天调绘应当天分色清绘,并应符合下列规定:

1 下列项目应采用黑色进行清绘:

- 1) 控制点符号及注记;
- 2) 居民地建(构)筑物的建筑材料、层次注记;
- 3) 各类独立地物符号及注记;
- 4) 各类管线垣栅符号及注记;
- 5) 道路、铁路及附属设施的符号及注记;
- 6) 各类桥梁符号及注记;
- 7) 与水系有关的水工建(构)筑物的符号及注记;
- 8) 各类航行标志、动力线和通信线标志及注记;
- 9) 田坎符号及注记;
- 10) 各类植被的符号及注记;
- 11) 各类地理名称注记;
- 12) 各类说明性注记。

2 下列项目应采用红色进行清绘,并应符合相应规定:

- 1) 地类界应采用实线清绘,线粗宜为 0.2mm;
- 2) 铁路应采用虚线清绘,线粗宜为 0.5mm,虚线长宜为 5mm,间隔宜为 2mm;
- 3) 公路应采用实线清绘,线粗宜为 0.5mm;
- 4) 已变化的地物范围应采用实线清绘,线粗宜为 0.2mm;
- 5) 已拆除的建(构)筑物或其他不存在的地物,应以红色“×”绘于地物影像上。

3 下列项目应采用绿色进行清绘,并应符合相应规定:

1)水系;

2)大面积水面,应加绘绿晕色;

3)水涯线,应以摄影影像为准。

4 天然地貌应采用棕色进行清绘。

5 大车路应采用黑色实线清绘,线粗宜为 0.3mm。

6 乡村路应采用黑色虚线清绘,线粗宜为 0.2mm,虚线长宜为 8mm,间隔宜为 3mm。

7 小路应采用黑色虚线清绘,线粗宜为 0.2mm,虚线长宜为 4mm,间隔宜为 1mm。

8 内部道路应采用黑色虚线清绘,线粗宜为 0.2mm,虚线长宜为 2mm,间隔宜为 0.5mm,并按实宽绘双线。

E.0.2 地理名称调注应符合下列规定:

1 地理名称应采用核准的标准地名,注记排列应整齐,方向宜一致;

2 地理名称注记时,乡镇以上居民地的总称、工矿企业全称,注记规格应为 6mm,其余街道、车间、村庄、河流、山脉等名称,注记规格应为 4mm;

3 当地理名称注记过密时,可进行取舍,取舍应遵循“取闻名舍一般,取固定舍易变,取总名舍分名”的原则。

E.0.3 调绘整饰和注记应符合下列规定:

1 调绘中属于说明性质的注记应采用图式的“简注表”,不得任意命名;

2 当地物密集、注记拥挤时,可用 3mm 直径红色圆圈,并用黑色阿拉伯数字编号,在调绘片范围外侧注记相应说明,相应说明应整齐、清晰。

E.0.4 需补测的地物,可在调绘时进行补测,小面积、零散地物补测可采用交会法、截距法和坐标法,需大面积补测地物时,应采用全站仪或 GNSS-RTK 方法进行补测。

E.0.5 调绘片应按航线顺序编号,像片编号可采用航摄时的编

号。当为多个航摄分区时,航线编号前应加分区号,1张放大片成4片时,应在原片号后分别加a、b、c、d编号。采用正射影像作为调绘片时,编号应与成图编号一致。

E.0.6 调绘片接边应符合下列规定:

1 调绘片接边可按范围分为图幅内部接边、幅与幅之间接边,也可按作业时间分为同期作业接边、不同期作业接边;

2 调绘片的范围宜与控制点连线一致,应用蓝色绘边线,接边后应在边线外侧注记“以与×××片接边”,自由边应用红色线绘示,并应于外侧用红色注记“自由边”字样。以正射影像作为调绘片时,应按整幅或调绘面积为调绘片的范围。

E.0.7 调绘片的右下方,应由调绘者签名并注记调绘日期。

E.0.8 调绘片应按航线装袋,封面应写明工程名称、航线号、像片原号、数量、作业单位、作业责任人及日期,并由作业责任人签字。

附录 F 机载激光雷达检校场布设

F.0.1 机载激光雷达测量检校场应符合下列规定：

1 机载激光雷达测量检校场的大小为 $2\text{km} \times 2\text{km}$ ，并应包含长度大于 1km 、宽度为 $20\text{m} \sim 50\text{m}$ 的平坦区域的机场跑道、高速公路直线段或城市主干道；

2 在本条第 1 款区域内应包含一个较大的“人”字形尖顶建筑物，建筑物长度不应小于 50m ，宽度不应小于 30m ，高度不应小于 5m 。

F.0.2 机载激光雷达测量检校场的位置应符合下列规定：

1 检校场距 GNSS 基准站的距离宜小于 15km ；

2 应远离江面、湖水等反射率低的水域。

F.0.3 机载激光雷达测量检校场高程检查点的设置，应符合下列规定：

1 在本规范第 F.0.1 条第 1 款选择的道路中心线两侧各 1m 处，应沿道路每 5m 连续设置高程检查点；

2 在校准检校场内的其他位置，应再均匀设置 10 个～15 个高程检查点；

3 高程检查点应布设在道路路面上，道路路面材质应一致。

附录 G 近景摄影测量人工标志的形状

G. 0. 1 人工标志的形状宜按图 G. 0. 1 选取。

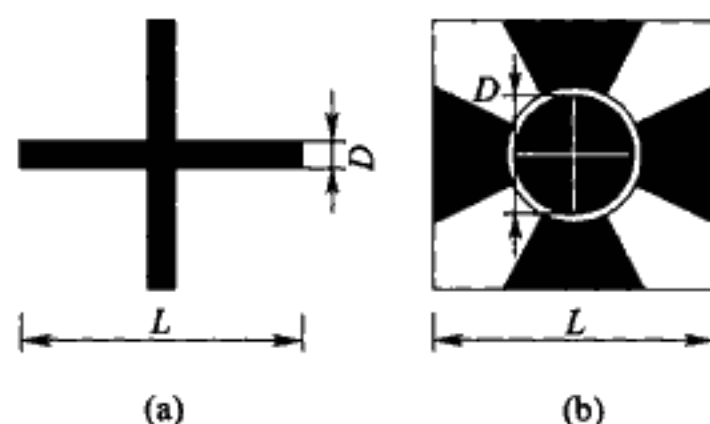


图 G. 0. 1 人工标志的形状

L —标志的尺寸; D —标志的最小宽度或圆形标志的直径

G. 0. 2 数字摄影人工标志的大小宜按下列公式计算:

1 采用本规范图 G. 0. 1(a)时,宜按下列公式计算:

$$D = 3P \frac{Z}{f} \quad (\text{G. 0. 2-1})$$

$$L = 15P \frac{Z}{f} \quad (\text{G. 0. 2-2})$$

式中: P ——像元;

Z ——摄影距离(m);

f ——摄像机主距(m)。

2 采用本规范图 G. 0. 1(b)时,宜按下列公式计算:

$$D = \frac{5}{3}d \frac{Z}{f} \quad (\text{G. 0. 2-3})$$

$$L = 3D \quad (\text{G. 0. 2-4})$$

式中: d ——测标直径(mm)。

附录 H 正直、交向摄影的精度估算公式

H. 0. 1 正直摄影的精度宜按下列公式估算：

$$m_x = \mu G \quad (\text{H. 0. 1-1})$$

$$m_y = \mu G \quad (\text{H. 0. 1-2})$$

$$m_z = \mu \frac{Z}{B} G \quad (\text{H. 0. 1-3})$$

式中： m_x 、 m_y 、 m_z ——物方空间点坐标中误差(m)；

μ ——像点坐标量测中误差(像元)；

G ——物方分辨率(m/像元)；

Z ——摄影距离(m)；

B ——摄影基线长度(m)。

H. 0. 2 交向摄影的精度宜按下列公式估算：

$$m_x = m_p G \sec \varphi \quad (\text{H. 0. 2-1})$$

$$m_y = m_p G \quad (\text{H. 0. 2-2})$$

$$m_z = m_p \frac{\sqrt{2}}{2B} Z G \csc \varphi \quad (\text{H. 0. 2-3})$$

式中： m_x 、 m_y 、 m_z ——物方空间点坐标中误差(m)；

m_p ——点位中误差(像元)；

G ——物方分辨率(m/像元)；

φ ——摄影机像场角(°)；

B ——摄影基线长度(m)；

Z ——摄影距离(m)。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《工程测量规范》GB 50026
- 《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
- 《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
- 《国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5000 1:10000 地形
图图式》GB/T 20257.2

中华人民共和国国家标准

工程摄影测量规范

GB 50167-2014

条文说明

修 订 说 明

《工程摄影测量规范》GB 50167—2014,经住房和城乡建设部2014年7月13日以第483号公告批准发布。

本规范是在《工程摄影测量规范》GB 50167—92的基础上修订而成,原规范的主编单位是中国有色金属工业总公司西安勘察院;参编单位是煤田航测遥感公司、国家地震局武汉地震研究所、中国有色金属工业总公司昆明勘察院、冶金工业部勘察研究总院、冶金工业部宁波勘察研究院、铁道部专业设计院、能源部西北电力设计院;主要起草人是孙觉民、赖昌意、赵培洲、王庆廷、翟为檀、丁伯皋、徐介民、胡庭辉、戴春彦、王黎、沈祖敬、李志良、李笃行、张玉林、郭铁雄。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《工程摄影测量规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1	总 则	(83)
2	术语、代号和符号	(84)
3	基本规定	(85)
3.1	成果类型	(85)
3.2	坐标系统	(85)
3.3	技术要求	(85)
3.4	成果整理	(87)
3.5	成果检查验收与提交	(87)
4	航空摄影测量	(89)
4.1	一般规定	(89)
4.2	航摄影像获取	(90)
4.3	像片控制测量	(92)
4.4	像片调绘	(94)
4.5	空中三角测量	(95)
4.6	数字线划图测绘	(97)
4.7	工业厂区细部坐标点的坐标量测	(99)
4.8	数字高程模型	(100)
4.9	数字正射影像图	(101)
4.10	补充测量	(102)
5	机载激光雷达测量	(103)
5.1	一般规定	(103)
5.2	数据获取	(103)
5.3	数据处理	(105)
6	地面激光扫描测量	(106)

6.1	一般规定	(106)
6.2	数据获取	(107)
6.3	数据处理	(109)
6.4	成果制作	(111)
7	近景摄影测量	(112)
7.1	一般规定	(112)
7.2	物方控制	(112)
7.3	数据获取	(113)
7.4	数据处理	(115)
7.5	成果制作	(116)
8	卫星遥感测量	(117)
8.1	一般规定	(117)
8.2	影像获取与预处理	(117)
8.3	数字正射影像图	(118)
8.4	数字线划图测绘	(118)
8.5	影像解译	(119)

1 总 则

1.0.1、1.0.2 这两条说明了本规范制定的目的和用途。

《工程摄影测量规范》GB 50167—92 执行以来,对保证工程测量作业质量,促进测绘事业的发展,起到了应有的作用。二十多年来,测绘技术、仪器设备、作业手段发生了很大变化,因此,本规范对其进行了一次全面修订。增加和补充了已发展成熟的新技术和新经验,调整和删除了原规范中某些已不适当、不确切的条款,按新规范编写规定修改了体例,并与有关规范进行了协调。

本规范主要用于 1:500~1:5000 大比例尺航空和地面摄影测量及非地形摄影测量工作。随着航天、航空、数据处理、计算机、激光等技术的发展和应用,使得摄影测量与数字高程模型、工程遥感的关系越来越密切,且在各部门中形成一定的基础。因此,本规范对其成熟的经验和方法、定性和定量等方面制定了相应的规范条文,以指导生产实践工作。

1.0.3 根据偶然误差出现的规律,以二倍中误差作为极限误差时,其误差出现的或然率不大于 5%,这样规定是合理的。

1.0.5 摄影测量所使用的专业仪器与设备是摄影测量的主要工具,其良好的运行状态对摄影测量作业至关重要,所以本规范要求对摄影测量所使用的专业仪器与设备要进行定期检定、保养与维护。

2 术语、代号和符号

本章主要对规范中使用的术语、代号和符号作出说明,以便于理解和使用。对于已录入《工程测量基本术语标准》GB/T 50228的术语,本规范不再重复说明。

3 基本规定

3.1 成果类型

3.1.1 工程摄影测量成果繁多,但按成果类型进行划分,不外乎地形摄影测量和非地形摄影测量两类,其中地形摄影测量成果较好理解,这里的非地形摄影测量成果主要是指本规范第6章和第7章所生产的成果。本条仅列出了目前较常使用的主要成果,其他成果可根据工程需要或用户要求进行生产。

3.1.2 由于特征点、线、面数据,成果表,各种电子文件,技术报告对工程摄影测量成果的使用者来讲比较重要,所以规定成果中通常应该包括这些文件。

3.2 坐标系

3.2.1 本条规定的目的是使测量成果具有统一基准。

摄影测量坐标系有以Y轴为主轴的 $\varphi-\omega-\kappa$ 系统、以X轴为主轴的 $\varphi'-\omega'-\kappa'$ 系统和以Z轴为主轴的 $A-\alpha-\kappa_a$ 系统。为了航测、近景摄影等不同测量手段的统一性以及公式推导、使用的一致性,本规范采用以Y轴为主轴的 $\varphi-\omega-\kappa$ 系统。

3.2.2 对非地形摄影测量,由于其摄影测量的目标物较小,精度要求较高,所以平面坐标系的选择越简单越好,既可减少联测换算的麻烦,又可减少误差的积累。

3.3 技术要求

I 地形摄影测量

3.3.1 现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 中的地形测量部分,将区域类型划分为“一般地区”、“城镇建筑区”和“工业厂区”等

多个类型,而原规范仅适用于“一般地区”的工程摄影测量。随着摄影测量技术的发展和提高,本次修订扩充了适用范围,增加了“城镇建筑区”和“工业厂区”两个区域类型的应用。

3.3.2、3.3.3 工测成图、航测成图虽然成图方法、手段各异,但其服务的目的、用途是完全一致的,因此,地形类别的划分、基本等高距与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 是一致的。

地形类别的这种划分,是各工测单位根据多年的实践经验和理论分析形成的,也是目前工测成图、航测成图在兼顾用户对不同地形类别的平面和高程精度要求下可达到的,应该予以延续。

3.3.4 本条是地形摄影测量的基本精度要求。

一般地区地形摄影测量的基本精度要求与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 一致。

城镇建筑区图上地物点的点位中误差与一般地区的平坦地和丘陵地相同,等高线插求点高程中误差与一般地区相同。

根据工业厂区地物的重要性将细部点分为一、二两类。细部坐标点平面精度是根据不同成图比例尺按类分别规定的。细部坐标点高程精度是根据类别规定的。一类细部坐标点的要求与现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 一致,二类细部坐标点的平面精度,给予了适当放宽。

从测图的内容、方法与详细程度要求看,工业厂区与城镇建筑区并无差别。与城镇建筑区相比,工业厂区由于设计图、竣工图和现状总图的特殊要求,一类、二类地物的精度要求较高,需要实测大量细部点坐标。

3.3.5 对地形图图上高程点测注的数量要求,主要是基于一般地区保证等高线插绘精度的要求,城镇建筑区和工业厂区保证地形图高程判读精度的要求。所以,本规范延续了原规范对高程点测注每方格内不应少于 10 个点的要求。

3.3.8 现行国家标准《地理空间数据交换格式》GB/T 17798 对数据存储格式已有比较明确的规定,一般情况下遵循此标准即可,

实际生产中,如果用户有特殊要求,只要满足用户数据格式要求和数据共享即可。

II 非地形摄影测量

3.3.10 本条规定了非地形摄影测量的精度等级和适用范围,但在实际工作中,要根据项目的具体情况和用户要求,选择合适的精度等级。由于非地形摄影测量的实施比较复杂,而且多数目标物的测定精度要求较高,因此,摄影测量工作者除应努力学习边缘科学外,还应注意与有关方面的协同,制定出最佳的作业计划和方案。

3.3.11 由于非地形摄影测量目标物的特殊性,其成图的图幅尺寸有别于地形摄影测量图幅,采用了国际通用标准纸张的尺寸。

3.4 成果整理

3.4.1、3.4.2 由于工程摄影测量资料内容繁杂、数量大、载体形式多样,涉及原始记录、影像、图件、数据文件等,而且有些为涉密资料,因此这里作出了专门规定。

3.4.3 随着采用数据库系统管理测量成果的普及和广泛应用,摄影测量成果的完整性、一致性、可追溯性就显得尤其重要,所以本条对其进行了规定。

3.5 成果检查验收与提交

3.5.2 两级检查即过程检查和最终检查,过程检查是在自检互检的基础上,由作业部门进行的检查,过程检查是针对作业过程中的作业人员、生产流程、工序,除了及时发现生产过程中的质量问题,也是为质量管理、技术管理提供第一手资料。最终检查是在过程检查的基础上,由生产单位质量检查部门完成的检查工作,是针对整个生产单位生产能力、技术水平的合格验证,是生产单位的最后一道质量关。

测绘成果也是一种商品,测绘生产单位应该对其提供的测绘

成果质量负责。根据项目具体情况,验收工作可以由用户组织,也可以由测绘生产单位质量主管部门组织。本条专门对此进行了规定。

3.5.3~3.5.5 规定了两级检查的具体内容及不合格产品的处理方法。

3.5.6 本条规定大型工程和特殊项目完成后应组织验收,对于小型工程和普通项目,视具体情况或事先约定确定是否进行验收工作。

3.5.7 考虑到测绘过程资料繁多,中间资料对于用户既无意义又容易用错,本条列举了生产单位应该提交的测绘成果资料。

4 航空摄影测量

4.1 一般规定

4.1.1 数字摄影测量是基于数字影像和摄影测量的基本原理,应用计算机技术、数字影像处理、影像匹配、模式识别等多学科的理论与方法,提取所摄对像以数字方式表达的几何与物理信息。由于数字摄影技术在测量领域的广泛应用,本次修订时将其纳入本规范的适用范围。

考虑到胶片摄影目前仍在广泛使用,本次修订仍保留了采用胶片摄影时的相关规定。

由于摄影测量技术的发展和数字处理技术的成熟,摄影测量精度大大提高,据有关文献记载和工程实例,现代摄影测量技术已能满足城镇区和工业厂区地形测量的精度要求,所以,本次修订时将适用范围进行了放宽。

4.1.2 随着低空数字摄影测量技术研究的不断深入,其作为一种新的测绘手段以灵活机动、快速反应等优势越来越得到广泛应用。但其具有像幅小、影像变形大、姿态差等缺点,所以本条规定低空摄影测量仅适用于一般地区的航空摄影地形测量。

4.1.3 由于采用轻型或无人飞行器进行低空航摄时,受空域和气流的影响较大,所以飞行器的飞行安全尤为重要,特别在人口较密集区域更是如此。为保障安全,应根据飞行器失控可能产生的后果,有针对性地制定应急预案,且一旦应急事件发生应能立即启动。应急预案的内容通常包括:人员紧急救助办法、无人机的人工应急干预方法、安全迫降地点和迫降方式、无人机的搜寻方案等,本条作为强制性条文必须严格执行。

4.1.4 由于现在低空飞行器生产厂家很多,而我国目前还没有低

空飞行器的适航标准 and 安全性要求等相关标准,本条特别强调飞行器的稳定性和安全性这是对所使用的飞行器的最基本要求。

4.1.5 航空摄影测量在产品制作过程中,对于同一工程项目,存在着采用不同数字摄影测量工作站、不同测绘人员协同完成的情况,为了提高生产效率和测绘成果的规范化管理水平,本条对工程项目名称、测区名称、文件名命名规则和共用数据文件格式作出了规定。

4.1.7 虽然现代航空摄影测量技术已达到较高的平面精度,但对于工业厂区细部点高程精度要求有时仍难以满足,所以当不能满足时,本条作出了采用工程测量方法进行补测的规定。

4.2 航摄影像获取

4.2.1 航空摄影测量历经模拟、解析、数字时代,虽然目前航空摄影测量已进入数字航空摄影时代,但考虑到胶片摄影仍广泛使用,本次修订时保留了对胶片摄影的要求,同时考虑到数字摄影测量工作站的大量使用,模拟测图仪及解析测图仪已经淘汰不再使用的现实,故规定需将胶片影像经扫描后转化成数字化影像。

4.2.2 技术方案设计是根据测图比例尺、地面分辨率的要求,选择合理的摄影仪,在考虑安全航高、地形图的高程精度要求前提下,设计能减少内、外业工作量,提高作业效率的经济合理、技术先进的摄影测量方案。

4.2.3 航摄仪是保证摄影测量成果质量最重要的仪器设备,只有选择合格的航摄仪,才能保证获取合格的影像,故本规范对航摄仪的基本性能进行了规定。

鉴于工程摄影中数字航摄仪和胶片航摄仪都在使用的情况,本规范在航摄仪选取方面给予用户一定的灵活性,只是对两大类航摄仪的基本性能作了规定。

4.2.5 POS 辅助航空摄影测量能实现直接获取航摄仪曝光时刻外方位元素数据,能减少航空摄影测量作业量,或完全免除地面控

制点,甚至无需空中三角测量即可测图,从而大大缩短作业周期、提高生产效率、降低成本。为保证定位、定姿的精度,本规范对其基本性能进行了规定。

4.2.6 由于目前摄影测量作业是基于数字摄影测量工作站,采用胶片摄影时,需将胶片摄影获得的负片进行扫描转化为数字化影像,为保证扫描影像的质量,规范对航片扫描仪的基本性能进行了规定。

4.2.7 对于数字摄影,地面分辨率是评价影像质量的重要指标,能衡量影像有差别地区分开两个相邻地物的最小距离的能力。表 4.2.7-1 中对各区域类型不同成图比例尺所需影像的地面分辨率进行了规定,但仅满足地面分辨率要求,仍不能保证成图的高程精度,由于目前用于航空摄影的数字相机种类较多,各相机像幅、像元、焦距差别较大,难以对摄影比例尺和相对航高进行规定,因此,表 4.2.7-1 引入了基高比指标,表中基高比数据是根据目前常用摄影仪的参数推算得到的经验值。

对于胶片摄影,仍沿用原规范的技术指标。

4.2.8 由于航空摄影仅能获取地表影像,而地形图表示的是地面的地物地貌信息,因此,为提高航空摄影测量高程精度,选择合适的摄影季节是容易理解的。

对于山地、高山地和城镇建筑区航摄,为避免大片阴影覆盖地物、地貌,尽可能在中午前后进行航摄,其太阳高度角及阴影倍数是根据多年经验总结的经验值。

4.2.10、4.2.11 采用 POS 辅助摄影时,GNSS 基准站设置的合理性直接影响外方位元素数据质量。

根据大量工程实践和研究成果,基准点的平面精度和高程精度均不低于四等精度的要求可有效保证 POS 解算的成果不低于传统像片控制测量的精度。

GNSS 精度随机载 GNSS 与地面基准站之间距离的增大而降低,第 4.2.10 条第 3 款的规定是综合不同行业应用实践总结的经

验值,实践证明是可行的。

为了控制漂移误差的累积和提高定位、定姿的精度,本规范对 IMU 的观测时间进行了规定,15min 的要求是根据大量实践总结的经验值,也与其他规范相一致。

4.2.12 根据目前大比例尺摄影的实际情况,由于摄影时的相对航高较低,飞机受气流不稳定的影响较大,产生了航摄像片的旋偏角,表 4.2.12 对不同摄影方式和不同比例尺航摄的旋偏角作出了最大限值的規定。在表注 1 中,当摄影相对航高小于 700m 时,气流的影响更大,表中规定的限值很难达到,故提出个别像片的旋偏角可放宽至 1.2 倍。

在表注 3 中,低空摄影主要指采用无人机、航模等轻型飞行器进行的航空摄影测量,由于飞行器本身质量较轻,加上低空时气流的影响更大,故规定了其旋偏角可放宽至 1.5 倍。

4.2.14 本条为新增内容,主要是考虑扫描后影像的质量而作的規定。扫描分辨率不应大于 $21\mu\text{m}$,其目的就是为了保证数字化后的影像能够满足测图的精度。使用同一台扫描仪对同一卷胶卷进行数字化,主要是为了保证数字化后影像的灰度、对比度等技术指标的一致性。

4.3 像片控制测量

4.3.2 全野外布点分为平高控制点全部采用野外布点和仅高程采用全野外布点两种方式。全野外布点方法精度高但成本大、效率低,现代航空摄影测量较少采用。

通常在下列情况下采用全野外方法:①小面积区域航测成图;②航摄比例尺较小而成图比例尺较大,内业加密无法保证成图精度;③成图精度要求较高,采用内业加密无法保证成图精度;④由于像主点落水或其他特殊情况,内业不能保证相对定向和模型连接精度。

4.3.3 现代航空摄影通常载有 POS 辅助设备,本条对无 POS 辅

助设备航摄时,规定了像控点布设位置及数量。

1 单航带布设像控点时,除航线两端的模型上各布设 2 点外,其他像控点在航线内均匀布设。

2 本款对区域网布设作出规定。

1)航线间隔数和模型间隔数,对于胶片摄影是根据原规范测图放大系数(摄影比例尺与成图比例尺之比)4 倍~5 倍的关系总结得到的,数字摄影时,放宽了 1 倍。

2)采用区域网布设像控点时,除区域网四角布设像片平高控制点外,四周按第 2 项规定的航线间隔数和模型间隔数布设,其他像控点可按航线方向以 $2k$ 模型间隔、 $2k$ 条航线间隔进行布设。例如,采用数字摄影测绘一般地区地形图时, k 值取 16,在第 1 条航线每隔 16 个模型布设 1 个平高点,第 33($2 \times 16 + 1$)条航线每隔 16 个模型布设 1 个平高点,第 17 条航线每隔 32 个模型布设 1 个平高点,依次类推,布满整个区域网。图 4.3.3 为胶片摄影模式测绘工业厂区地形图(k 值取 4)的例图。

4.3.4 21 世纪初出现的机载 POS 技术,可用于直接获取航摄像片的 6 个外方位元素,因此备受摄影测量工作者的关注。

利用机载 POS 系统测定的未经检校的像片外方位元素直接进行测图的精度很低,且带有明显的系统误差。其原因主要是惯性测量装置 IMU 与航摄仪之间存在视准轴误差、IMU 定姿累积漂移误差以及 POS 与航摄仪之间的时间不同步等引起的误差。为消除这些系统误差的影响,需采用地面像控点对 POS 系统进行校准。

实践证明,当在区域角隅设置 1 个平高地面控制点进行 POS 系统校准后,系统误差能得到很好的消除,平面精度提高约 90%,高程精度提高约 99%,但随着像控点数量的增加,平面精度提高缓慢。当区域四角布设 4 个平高控制点时,平面精度比利用 1 个控制点时仅提高了约 50%,但高程精度基本不变,所以,本规范对像控点数量要求大大减少。

4.3.6 像控点的选刺是提高成图精度的重要一环。本条强调了像控点应选在相邻像片上影像清晰、位置符合要求、点位便于联测的明显目标点上,在 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 相交的固定地物交角、点状地物中心、小路交点或拐角、影像清晰的电杆等内业与实地都易于辨认的位置上,有利于定向精度的提高和减少系统误差对测图的影响。这种辨认对于1:500、1:1000比例尺成图不应大于图上0.2mm,实地应分辨0.1m、0.2m的范围;对于1:2000、1:5000比例尺成图不应大于图上0.15mm,实地则应分辨出0.3m、0.75m的范围。生产作业时应严加掌握,才能保证选刺质量。

本条增加了数字摄影像控点在影像上的位置要求,对胶片摄影仍沿用原规范的相关规定,其目的是减小影像变形对像控点精度的影响。

4.3.8 本条增加了城镇建筑区和工业厂区测图时,对像控点测量的精度要求,其中工业厂区不应大于0.05m的精度要求,是引用本规范第3.3.4条第2款中1:500测图一类地物细部点平面位置中误差的规定值。其他误差值仍沿用原规范的相关规定。

4.3.9 像片控制点的平面和高程测量,是在整个测区的平面和高程控制测量完成后进行的工作。目前平面坐标测量通常采用的是GNSS-RTK测量、连续运行参考站、导线测量、交会法测量等方法,本次修订取消了原规范中三角锁(网)的联测方法。高程测量通常采用的是图根水准测量、电磁波测距三角高程测量、GNSS-RTK测量、连续运行参考站、GPS拟合高程等方法,各种方法可以混合使用。

4.4 像片调绘

4.4.2 根据多年来大比例尺航测成图的实践经验及对测区现状的综合分析,总结出可供不同测图比例尺及不同地理条件的像片调绘方法。本条规定的三种不同方法能适应不同情况,从而有效

地节约工作量,保证航测的成图质量,提高作业效率。

4.4.3 对有屋檐建筑物的像片调绘,通常以建筑物影像为准,这是根据航空摄影垂直投影的特点所决定的。当工程设计确实要求墙角时,调绘时需实量屋檐宽度,但内业测图时仍要依影像进行判测,成图后再依调绘数据进行屋檐改正。

4.5 空中三角测量

4.5.1 根据实践和理论的分析,加密点相对于邻近等级控制点的误差可以根据起始数据误差不得超过总误差的 1/3 的原则来确定。此时起始数据误差对总误差的影响不超过 5%,其计算公式为:

$$A\% = \frac{\sqrt{m_{\text{总}}^2 + m_{\text{起}}^2}}{m_{\text{总}}} - 1 \quad (1)$$

式中:A——起始数据误差对总误差的影响概率;

$m_{\text{总}}$ ——起始数据误差(mm);

$m_{\text{起}}$ ——总误差(mm)。

本条规定加密点相对于邻近野外控制点的平面点位中误差,平地、丘陵地不大于图上 0.35mm,山地、高山地不大于图上 0.5mm,高程中误差不大于表 4.5.1 的规定。将这些值分别代入式(1),算得邻近已有控制点规定的误差,平面为图上 0.1mm,高程为 1/10 等高距。其对内业加密点平面点位及高程中误差的影响无论在什么地形条件下均在 5%以内。同时,再根据图上地物点的平面和高程规定的中误差限值,即平地、丘陵地为 0.6mm,高山地为 0.8mm 等分别代入式(1),也可算出和加密点的规定误差,其对测图地物点平面和高程中误差的影响也均在 5%以内,从而可以保证成图的最终精度。

表 4.5.1 注 2 中“对于选刺点困难地区”,系指森林、植被密集覆盖的隐蔽地区,沙漠、沼泽地区,地物影像模糊不清或阴

影等造成等立体模型不明显或构成无法切准地面目标点的地区。

本条所规定的内业加密点的精度可归纳为：

(1)平面点位中误差以不大于地物点中误差的 $1/\sqrt{2}$ 为限；

(2)高程中误差对于丘陵地和山地以不大于等高线高程中误差的 $1/\sqrt{3}$ 为限，对于高山地以不大于等高线高程中误差的 $1/\sqrt{2}$ 为限。

(3)对于平坦地和 1 : 500 的丘陵地，加密点高程中误差给予了适当的放宽。

4.5.2 由于目前空三加密算法已广泛采用光束法，空三加密时对网型已无限制，所以，组网时可以将整个摄影区域作为一个网用于空三加密，也可以将一个测区作为若干个网分别进行空三加密，本条对网型无具体要求。

将一个测区作为若干个网分别进行空三加密时，各网之间要有重叠，当分界线略垂直航向时，各网之间要有一个模型重叠。当分界线略平行于航向时，各网之间要有一个航带重叠，以免测区出现裂隙。

无论是将整个摄影区域作为一个网，还是将一个测区作为若干个网，其模型连接点数、配置点位位置等要求是一样的。

4.5.3 内定向时框标坐标量测误差沿用原规范的规定。

4.5.4 相对定向精度增加了对数字影像的要求，表 4.5.4 中的精度指标是参考相关规范制定的，胶片数字化影像的精度指标仍沿用原规范的规定。

4.5.5 根据理论公式推导，综合相对定向元素误差和模型量测误差的影响，并顾及前后模型的相同误差，求得连接点的平面坐标和高程较差公式为：

$$\Delta s = 1.66 \times 2\sqrt{2}m_p M \quad (2)$$

$$\Delta h = 1.21 \times 2\sqrt{2}\frac{Mf}{b}m_p \quad (3)$$

式中： Δs ——连接点的平面坐标较差(mm)；

m_p ——点位中误差(mm)；

M ——成图比例尺分母；

Δh ——连接点的高程较差(mm)；

f ——像片主距(mm)；

b ——像片基线长度(mm)。

m_p 取 0.01mm 时,计算得： $\Delta s \approx 0.05M$, $\Delta h \approx 0.03 \frac{f}{b}M$ 。本

规范取 0.06 和 0.04 是合适的。

数字摄影方式模型连接较差的限值按胶片摄影模型连接较差的 0.5 倍计算。

4.5.7 POS 辅助航空摄影测量可获取高精度的外方位元素,包括三个线元素和三个角元素,其中三个线元素可通过 GNSS 技术获得,而三个角元素可通过 IMU 提供的相对于参考坐标系的姿态获取。大量的空三加密精度分析和实践结果表明,在区域网中引入 POS 等辅助数据进行空三联合平差,不仅可减少外业像片控制测量的工作量,而且还能进一步提高空中三角测量的加密精度,特别是在地形比较困难的地区,采用 POS 辅助航空摄影更加具有明显的优势,因此,本条作出了在区域网平差时宜加入 POS 等辅助数据进行联合平差的规定。

4.5.8 绝对定向后的各项精度指标沿用原规范的规定,与相应规范基本吻合,实践验证这种规定可以保证不符值的中误差在绝大多数情况下,不会超过加密点中误差的规定。

4.6 数字线划图测绘

4.6.2 当采用空中三角测量完成像片控制点的加密时,已完成了所有模型的内定向、相对定向、绝对定向和区域网平差工作,测图时不能进行重新定向,否则,将会造成本模型精度与区域网精度的不一致,所以本条作出了直接将模型导入测图系统的规定。

4.6.3 像片控制点的量测和检查均在测图系统中进行,是同等精度的,按照平差理论其较差即为中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

4.6.4 地形图要素分层表示的要求是为了便于对数字化地形图的管理、编辑和批量修改,并为用户提供多用途产品服务。要素的图层分层和属性表示以满足用户需要为原则,并同时兼顾建立地形图数据库的需要。

4.6.5 实践证明,当数字影像测图距离影像边缘小于 1mm 时,很难达到相应测图比例尺精度要求。对胶片摄影测量,仍沿用原规范的相关规定。

4.6.6 本条是采用摄影测量方法测绘地形图地物、地貌元素的基本要求。地物测绘 0.2mm 的误差指标是沿用原规范的规定。

4.6.7 对于依比例尺表示的地物的测绘较好理解,测绘不依比例尺表示的地物时,由于独立符号定位点并非符号几何中心,所以,规范提出了测标中心应切准其相应的定位点或定位线的要求。

4.6.8 航测成图时,单个高程点测注精度略高于等高线测绘,所以规定在测绘地貌时,宜先测注高程点。地形特征点是指山顶、鞍部、凹地、山脊、谷底、倾斜变换处等,对地形特征点测注高程的要求是必要的,也是容易理解的。高程注记点数是根据不同比例尺高程注记点间距推算确定的。

4.6.9~4.6.12、4.6.14、4.6.15 为了使航测内业测图人员更好地把握各种比例尺地形图地物的取舍和切绘,这里作出了较为详细的规定,为本次修订新增的内容。对于第 4.6.9 条第 2 款,在内业测图时,由于在纠正后的立体模型上建筑物的影像大多数仅能看到屋顶,对于有屋檐的房屋,很难切准其墙脚的影像,若以墙脚为准,屋檐改正的工作量会很大。所以规定内业测绘建筑物时应以影像为准,当用户提出要以墙脚为准时,应在外业调绘时实量屋檐尺寸,内业编辑时予以修正。

4.6.13 国界线作为国家与国家之间界线的标志,是国家主权范围的边界。《中华人民共和国测绘法》明确规定“中华人民共和国

国界线的测绘,按照中华人民共和国与相邻国家缔结的边界条约或者协定执行。中华人民共和国地图的国界线标准样图,由外交部和国务院测绘行政主管部门拟订,报国务院批准后公布”。

4.6.17 各等级测量控制点是地形图的主要内容之一,也是工程测量的重要依据,并要求在地形图中准确表示。所以本条规定等级测量控制点要直接用坐标数据展绘表示,而不是用影像切绘表示。

4.7 工业厂区细部坐标点的坐标量测

4.7.2 随着摄影测量技术的不断进步,实践证明,当航测的各种条件良好时,在立体模型中量测的细部点平面精度能满足规范要求,高程精度目前尚不能满足,所以本条规定平面坐标可在立体模型中量测,高程还需采用工程测量方法进行测量。

4.7.3 为了保证工业厂区细部坐标点的精度,在立体模型中量测时,细部点必须清晰可见,否则测标不能切准地物点。

4.7.4 工业厂区细部坐标点在立体模型中的量测方法与数字地形测绘地物点的量测方法相同,但为了保证细部坐标点的量测精度,本条规定应进行2次独立量测。因为2次量测为等精度观测,故规定2次量测的较差不应大于中误差的 $\sqrt{2}$ 倍。

关于细部坐标点的分类编号及成果表的编制,在数字地形测图时是可以不必专门考虑的,但考虑某些专业设计院的用图习惯,本条仍要求编制。具体编制要求详见现行国家标准《工程测量规范》GB 50026。

4.7.5 工业厂区细部点坐标的检查是保证成果质量的一个重要过程,检查方法及检查工作量是历年来工程测量部门为了保证成果质量总结出来的一套行之有效的方法。本条外业实地检核的限值是引用现行国家标准《工程测量规范》GB 50026中的相关规定。

式4.7.5中 $\Delta_s = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$, Δx 、 Δy 为细部坐标点与检查点的坐标差。

4.7.6 测量成果质量不能满足规定的精度要求时,必须查明原因,消除错误,进行返工,本条明确了该要求。

4.8 数字高程模型

4.8.1 文件头中的基本信息包括:数据文件的格式名称、版本号、方向角、压缩方法、角点坐标、格网间距、行列数、格网值类型、高程放大倍率等。

文件头中的扩充信息包括:坐标系类型、坐标单位、参考椭球、投影类型及参数、高程基准、格网值范围等。

4.8.2 为了保证数字高程模型的采集精度,数据采集前需要对空中三角测量的内定向、相对定向和绝对定向的精度进行检查,确认其满足要求。

4.8.3、4.8.4 实践证明,采样间隔与数字高程模型的精度要求、测图比例尺、图上所表示的地形起伏频率、地形特征以及计算机技术水平等有关。一般数字高程模型的精度要求越高,点的密度就越大。地形越复杂,为了正确反映地形特征,也要求有较大的点位密度。鉴于现代计算机技术的发展水平,本条对原规范中的技术指标进行了调整,目的是建立高精度的数字高程模型,以满足不同工程建设项目的需要。

4.8.5 现行国家标准《地理空间数据交换格式》GB/T 17798 中规定了格网数据交换格式,目前主流的几种全数字摄影测量工作站系统都有各自的数字高程模型数据格式。有的系统提供数字高程模型格式转换功能,有的则需另外编程转换。实际工作中可根据需要选用适当的格式。

4.8.6 规则格网(GRID)、不规则三角网(TIN)是数字高程模型的两种表示方式,各有优缺点。规则格网点的坐标信息可隐含高程数据规则,后续的数据处理利用起来较为方便。但由于格网点不一定落在地形特征点上,而是将相邻两个 DEM 点之间的地形视为线性变换,因而不能有效地表达山脊线、山谷线、陡坎等地形

特征。而不规则三角网(TIN)是将地形特征点按一定规则连接成三角网,能以不同层次的分辨率更精确地表示更加复杂的地面。特别当地形包含有大量特征如断裂线、构造线时,TIN 模型能更好地表现出这些特征。

第4款中的不合理的三角形主要有平三角形、边界处异常大三角形,它们的产生主要是由于该处缺少地形三维信息或在边界处的约束线不正确导致的,在生产作业时,应注意避免。

4.8.7 数字高程模型的数据采集分为系统自动生成方式和人机交互方式。目前采用系统自动生成为主的方式进行数据采集,人机交互方式主要用于对特征点、线的补充采集,本条分别对不同采集方式进行了规定。本次修订的格网间隔比原规范要求更为严格,主要是考虑到数字高程模型的精度主要取决于数据采集密度,而目前计算机存储能力有了很大提高,实践也证明这种规定是合理的。

4.8.8 本条对数字高程模型的图幅没有严格规定,工作中可根据工程实际情况处理,但对数据覆盖范围本条进行了具体规定,目的是有效保证数字高程模型的正确性。

4.8.9 根据误差传播定律,由于格网点的高程为等精度,故接边处高程较差小于数字高程模型高程中误差的 $\sqrt{2}$ 倍是合理的。

4.8.10、4.8.11 数字高程模型完成后,还需采用工程测量方法进行外业检查,其插值点的较差和高程中误差的计算均基于外业检查值为真值。

4.9 数字正射影像图

4.9.2 本条结合工程测量地形图比例尺系列,规定了数字正射影像图比例尺的选用。数字正射影像图比例尺反映了用户对正射影像图精度和内容的要求,是正射影像图的基本属性之一。正射影像图比例尺的选用主要考虑用图特点、用图细致程度、设计内容和地形复杂程度。

4.9.3 考虑到正射影像图在工程应用领域的实际情况,参照本规

范第 4.2.7 条对影像地面分辨率作了适当放宽。

4.9.5 影像重采样的三种方法各有特点:最邻近像元法简单、计算量小,但可能会造成影像灰度不连续;双线性内插法比最邻近像元法复杂,计算量大,不会出现灰度不连续,但高频分量受损图像轮廓可能会模糊;双三次卷积内插法计算量最大,但图像效果最好。

为了消除投影差,数字正射影像纠正时,导入数字高程模型数据的规定是非常必要的。

4.9.6 镶嵌线两侧影像存在纹理、色彩差异时,在镶嵌处会产生人为的假边界,假边界将给影像判读带来困难和误导,同时也影响了正射影像图的整体效果,因此需进行处理。

4.9.8 影像坐标信息数据(*.TFW)是确定数字正射影像图中影像位置的重要文件,是必不可少的定位数据。

4.10 补 充 测 量

4.10.1 摄影测量的高程精度一般低于其平面精度,特别是在平坦地区,高程精度往往难以达到规范要求。另外,有遮挡、影像分辨率不够、时效性差等情况,会使航测内业测量难以达到规范规定的精度要求。这些情况均需要进行补充测量。

5 机载激光雷达测量

5.1 一般规定

5.1.1 本条对机载激光雷达测量的适用范围及成图比例尺进行了规定,主要是基于机载激光雷达测量在工程中的大量实践应用和工程建设用图的一般比例尺范围。

5.1.2 本条第1款对POS解算与获取数据采用的坐标系统未作严格规定,重点是要求在数据获取和数据处理过程中坐标系统的一致性。我国目前采用的是WGS-84坐标系统,随着我国北斗卫星导航系统、俄罗斯格洛纳斯系统和欧盟伽利略系统等在我国的应用,也可采用其定义的坐标系统。

本条第2款对成果采用的坐标系进行了规定,主要是要满足工程的需要。

5.1.3 本条规定主要是为了保证不同航飞架次点云精度的一致性及坐标转换的精度。另外,通常将数据从WGS-84坐标系转换到地方坐标系或工程独立坐标系时,也要通过首级控制网的两套坐标进行转换。

5.1.4 通常有效地面点数都大于激光点云总数的70%,表5.1.4规定的点间距和密度指标,是参考了大量生产实际数据,根据数字高程模型格网间距和有效地面点比率计算而得的。

5.1.5 本条规定主要考虑了目前国内常用的几种机载激光雷达的高程精度指标,以7个工程实例,统计了73818个外业实测点与机载激光雷达点之间的较差,经过精度统计分析,制定了本条的精度指标。

5.2 数据获取

5.2.2 本条第3款是根据激光雷达测量高程中误差,以及IMU

精度对其影响综合考虑制定的激光测距精度要求。

目前国内有多种型号的 IMU 应用于生产实际中,其侧滚角、俯仰角精度均为 0.008° ,实践检验证明能满足工程建设需要,本条第 3 款规定了 IMU 的最低精度要求,虽然有所保留,实际证明是可行的。

5.2.3 单条航线飞行时间不宜超过 15min 的规定,是根据实践总结的经验数值,可有效避免因同向连续飞行,IMU 漂移误差积累对成果精度的影响。

航线的旁向重叠度设置为 10%,主要考虑了三个因素:一是激光雷达直接获取的是点云,无需通过外控连接;二是根据大量的航飞经验,10%的旁向重叠度就可以避免出现点云漏洞;三是考虑同步拍摄的数字影像的航线宽度一般都比激光雷达的扫描范围宽,正常情况下航线间重叠度不小于 20%,能够满足航测生产的需要。

5.2.7 GNSS 的精度随机载 GNSS 和地面基准站之间距离的增大而降低,根据设立的专项应用研究课题和大量的工程实例,以及对扫描站和基准站距离与测距精度关系的研究,制定了表 5.2.7。

5.2.8 根据设立的专项应用研究课题和大量的工程实例,机载激光脚点的定位误差随着航高的增加和扫描角的增大而增加。同时参考目前国内工程中常用的各型号激光雷达的相关参数指标(扫描频率、采样频率、扫描宽度等),以及不同比例尺对点云密度的要求,制定了本条规定。

5.2.9 IMU 在姿态测量过程中因惯性会产生误差积累,采用左转弯和右转弯交替飞行方式,目的是进行 IMU 的初始化,以消除 IMU 的误差积累。

5.2.10 在测区中间隔一定的距离布设一定数量的高程改正面,对机载激光雷达测量的点云进行改正,目的是进一步提高 GPS 定位的高程转换精度,可采用高差平移法、曲面拟合法等方法。改正面的高程测量按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的四等

水准测量方法施测,也是为了保证改正面的高程精度。

5.3 数 据 处 理

5.3.1 表 5.3.1 规定的精度指标是对我国早期引进的仪器设备开展试验和生产所获得的经验值,且能满足工程需求,目前国内所使用设备的精度均不低于早期引进的设备,故本条规定是合适的。

5.3.3 对相邻航线接边限差的规定,主要来源于工程项目的统计分析。统计列表如下:

表 1 相邻航线接边限差统计表(m)

项目编号	平面位置中误差	高程中误差
1	0.122	0.078
2	0.118	0.062
3	0.118	0.089
4	0.138	0.081
5	0.116	0.07
6	0.113	0.066
7	0.127	0.084
8	0.134	0.076
9	0.12	0.066
10	0.121	0.067

从表 1 的 10 个项目的统计结果可以看出,航线之间的接边平面误差不大于 0.15m,高程中误差不大于 0.1m。

5.3.4 点云分类就是对激光脚点打在何种地物上进行区分,将打在不同地物上的激光脚点按属性分层,例如:地面点、植被点、建筑物点、电力线点等。本条规定了点云分类的原则、方法以及存储形式等。

6 地面激光扫描测量

6.1 一般规定

6.1.1 地面激光扫描测量技术是近几年发展起来的全新技术手段,以其高频率、高精度、主动式非接触测量等特点逐步得到广泛应用,但由于激光扫描易受地物相互遮挡影响导致数据获取不完整、数据处理对软件依赖性大、用户难以独立进行精度检验检校等缺点,目前尚未大范围用于地形摄影测量,所以本章仅就工程建设领域的非地形摄影测量领域和小范围大比例尺地形测量进行了相关规定。

6.1.2 固定式激光扫描测量类似于传统测量中的全站仪,由一个激光扫描仪和一个内置或外置的数字相机以及软件控制系统组成。二者的不同之处在于固定式扫描仪采集的不是离散的单点三维坐标,而是一系列的点云数据,这些点云数据可以直接用来进行三维建模。数字相机的功能就是提供对应模型的纹理信息。

移动式激光扫描测量是集激光扫描仪、POS 设备以及数字相机为一体的数据采集和记录系统,基于车载移动平台,获得原始数据作为三维建模的数据源。

本条根据目前生产实践中激光扫描测量所搭载的平台进行了规定,固定式激光扫描测量多用于静态测量,利用其获取的高密集点云数据对目标物进行精细测量等,移动式激光扫描测量多以机动车为搭载平台对目标物进行快速扫描测量。

6.1.3 目前固定式激光扫描测量多用于非地形摄影测量,且大多数情况下目标物测定精度要求均较高,为了减少误差累积与联测换算带来的不便,选择假定坐标系作为其坐标系统。

6.2 数据获取

6.2.1 激光扫描测量设备参数、相机检校文件为移动式激光扫描测量设备的基础文件,与系统硬件直接相关,通常情况下由设备制造商提供,为保证技术设计的科学性,需要在技术设计前与测区基本资料一并收集。由于地物相互遮挡,一站扫描往往很难获取一个完整的目标物数据,因此通常需要架设多个站点,针对此种情况,同时考虑到测距对成果精度的影响及后续多站间数据拼接处理等因素,为保证成果精度,减少不必要的内、外业工作量,需要根据具体要求确定相应的测站数、测站位置及扫描间距等参数。

6.2.2 工程经验表明,除干净水域或其他对激光吸收比大的区域外,原始激光数据回波比例均保持在 90% 以上,因此此项规定是合适的。

I 固定式激光扫描测量

6.2.3 现有固定式激光扫描测量设备中的激光扫描测量装置用于获取地物几何图形数据,数字相机用于获取地物纹理信息,二者互为补充。此外,由于单独依靠人力无法进行数据处理,所以同时需要相应的计算处理软硬件系统作为支持。

6.2.4 多站扫描数据需要进行拼接匹配,工程经验表明,标靶几何尺寸大于 5 倍扫描点间距时才能保证点云数据能够精确识别其中心,同时各站间公共区域不少于 20% 地均匀安置标靶有助于保证点云拼接精度、提高拼接效率,所以进行了该项规定。

6.2.5 由于高精细三维点云数据无限逼近目标物真实表面,基于点云进行数据获取量测可有效保证精度,而影像自身为二维信息且存在畸变,所以进行了该项规定。

6.2.6 由于固定式激光扫描测量采用假定坐标系,欲将其转换至指定坐标系统时,需要有转换用参考点,而点云数据可以精确识别标靶,利用 3 个标靶作为坐标转换参考点有助于保证转换精度,所以进行了该项规定。

II 移动式激光扫描测量

6.2.7 对 POS 解算与获取数据采用的坐标系统未作严格规定,重点是要要求在数据获取和数据处理过程中坐标系统的一致性。目前采用的是 WGS-84 坐标系统,以后也可采用其他坐标系统,重点是要满足工程的需要。

6.2.8 由于受目标物相互遮挡、激光扫描仪自身测距能力等因素影响,一套激光测距扫描装置往往难以保证数据的完整性,所以规定基本配置为 2 套。现有工程实践表明,2 台 GNSS 接收机可以辅助提高行车方向偏角定位精度,2 台数字相机可以保证单方向目标物纹理信息的完整采集,1 台全景相机则可以采集任意点 360° 视角范围内的目标物纹理信息,本条根据以上特点进行了相关规定。

6.2.9 由于移动式激光扫描测量设备高度集成了激光测距单元、扫描与控制记录单元、POS 等组件,为保证获取数据的质量,各组件间相互关系、各组件主要参数均需定期进行检校。绝对标定距离需要根据实际测量时的平均测距确定,正常情况下测距一般不小于 20m,实际工程经验表明,50 点/ m^2 的点密度可以有效识别特征点位,所以进行了该项规定。本条还结合现有不同厂家的移动激光扫描测量系统所用激光测距装置性能及 POS 性能制定了传感器检校较差要求。

6.2.10 对于地面基准站的设置,主要从分布和精度两方面考虑。在平面精度和高程精度方面要求均不低于四等,目的是保证 POS 解算的成果满足当前大多数工程实际需求的精度,基准点分布间距及数目一方面考虑到 GNSS 基线解算时采用载波相位差分技术可快速获取固定解,另一方面考虑了目前我国高等级 GPS 控制点的分布特性及移动平台测量的特性。

对于数据采集的规定,主要针对各组件实际情况考虑,由于 GNSS 信号直接影响到成果精度,为保证能够在最好的 GNSS 观测环境下进行数据采集,所以需要进行信号测试。为了控制漂移

误差的累积和提高定位、定姿的精度,根据大量研究成果和工程实践,提出了 IMU 初始化及车辆行驶速度的相关要求。考虑到灰度信息可以用于相关数据的提取,以及当前激光扫描测量硬件的性能,制定了激光强度及最大发射频率要求。结合现有激光扫描测量系统所搭载相机性能及后续数据处理要求,确定了相机拍摄时间间隔不小于 1s 的要求。多台相机同步拍摄的要求参照了其他规范的规定。

6.2.11 数据检查内容主要考虑各组件所获数据的完整性和有效性,由于地物遮挡等原因,测量过程中往往存在卫星失锁,而卫星失锁会影响载波相位差分解算精度,因此对其连续失锁时长进行了规定。

6.3 数据处理

6.3.1 通过三维激光扫描系统扫描得到的点云量非常大,所以扫描数据的处理是一项十分复杂的工作。

从整个三维建模过程来看,点云数据处理大致分为三个步骤:数据获取,数据加工处理,空间三维模型建立。数据处理可进一步细分为:点云去噪、平滑、数据配准或拼接、数据分割、数据缩减、曲面拟合和建立空间三维模型等。点云数据处理的结果将直接影响后期三维模型建立的质量。实际应用中,应根据研究对象的模型特点和三维激光扫描数据的特点及建模需求,选用合适的数据处理方法。

1 点云的去噪、平滑。采用激光扫描仪获取物体表面的采样点数据时,由于测量仪器及其他环境因素的影响,不可避免地会存在噪声点或杂点。产生噪声点的原因主要有以下三种:首先是由被扫描对象表面因素产生的误差,例如受不同的粗糙程度、表面材质、波纹、颜色对比度等反射特性引起的误差;其次是偶然噪声,即在扫描实施过程中由于一些偶然的因素造成的点云,如在扫描建筑物时,有车辆或行人在仪器与扫描对象之间,这样得到的数据就

是直接的杂点,很明显应该删除或者过滤掉;第三是由测量系统本身引起的误差。对于一些接触式测量设备来说,受测量设备灵敏度和测量人员经验判断的影响较大,测量的系统误差和随机误差是噪声点产生的主要原因。

2 点云配准或拼接。地面三维激光扫描过程中,单个空间对象具有多个视角,真实的环境场景范围跨度大,受激光扫描仪器视场角的限制,或者扫描对象间相互遮蔽的影响,每站的扫描影像不能覆盖整个空间对象,即单幅扫描数据只能获取当前站点下的点云数据。为了将研究区域构建完整,需要将不同站点上采集的点云进行重新定位,也就是把相对于当前仪器坐标系下的点云转换到一个共同的基准坐标系下,组成三维数据集。这就是配准所要解决的问题,配准也称为拼接。对于非地形摄影测量,一般要求精度较高,所以本条规定了拼接后的点云要求。对地形测量而言,由于拼接后的点云仅用于建立数字地面模型,进而绘制数字线划图,所以其精度要求相对较低。

3 实际的模型往往含有多个曲面几何特征,经过数据精简后,某些过滤后特别复杂的、曲率变化过大的实体点云还是很大,如果就此对点云进行拟合,即使是专业的软件处理起来也很困难,会加大表示曲面的数学模型和处理拟合算法的难度,也会导致无法用相对简单的数学表达式描述三维模型。这样,非但不能节约时间成本,也不能保证精度。

三维建模前通常考虑将复杂的整体点云进行分割,采用“先分割再拼接”,最后进行整体匹配恢复原始实体的形状。数据分割是根据组成研究对象外形曲面的子曲面的类型,将原始扫描数据划分到不同的点云子集中,也就是将属于同一子曲面类型的数据成组。由于数据分割后不同的点云子集所包含的点属于同一种曲面,这样就能把复杂的、庞大的数据处理问题简单化、特殊化,为后续模型重建提供方便,因此分割不同区域中的点云是曲面重建的关键环节之一。点云的分割一直是逆向工程、模型构建方面的

研究热点。

6.3.2 车载移动测量系统的载体平台在以正常速度行驶的过程中,POS 系统实时记录了载体平台行驶的轨迹,同时数字相机和激光扫描仪获取了道路两侧的影像和激光点云原始数据。对 POS 数据进行后处理,计算出高精度的、高可靠性的车行轨迹,为视频序列影像和激光点云提供精确的外方位元素,这是直接地理定位的基础。

6.4 成果制作

I 非地形摄影测量

6.4.2 等值线图是非地形摄影测量的常用成果,是对目标物进行修缮、加固和复制的必备资料。在实际工作中,等值距可根据项目的具体情况和用户要求确定,等值线绘制要突出目标物的表示重点和特征。

6.4.3、6.4.4 数字表面模型是提取非地形摄影测量成果的依据,目前使用的相关软件均具有自动计算和数据自动提取的功能,故对此进行了规定。

II 地形测量

6.4.7 表 6.4.7 的较差指标是按本规范表 3.3.4-1 平坦地的精度要求计算得到的,而激光扫描方法的测量精度一般要高于摄影测量的精度,故本条规定能满足大比例尺地形图测量的要求。

7 近景摄影测量

7.1 一般规定

7.1.1 根据目前的技术手段和多年的实践经验,近景摄影测量不以测绘地形图为主要目的,而是以测绘各类被摄目标的形状、大小和几何位置,提供图像或数据为目的,且随着激光扫描技术的发展,近景摄影测量将与地面激光扫描结合得更加紧密。故本章主要针对工程建设领域的近景摄影测量方法和技术作出规定。

7.1.3 本条规定的成图比例尺主要考虑有利于反映目标物的大小,可根据实际需要选择。

7.2 物方控制

7.2.1 本条是根据近景摄影测量实践及其测绘的对象确定的。由于近景摄影测量的目标物较小,精度要求较高,所以平面坐标系的选择越简单越好,采用假定坐标系既可减少联测换算的工作,又可减少误差的积累。

7.2.2 为了减少投影变形,更加直观地反映目标物,本条作出了投影面平行于目标物的主立面的规定。

7.2.3 在非地形摄影测量中,经常利用已知距离、已知角度或几何图形建立相对控制,有时也与高精度控制网联合使用。建立控制方式的多样化,对提高近景摄影测量的精度,简化控制工作的复杂程度和减少控制的工作量作用明显。

7.2.4 本条对物方控制点布设作出规定。

1 人工标志对于减少照准误差及提高控制点的定位精度极为重要,标志的形状和大小要根据实际情况进行设计。

标志有多种形状,较为常用的是圆形、方形。对于高精度的近

景摄影测量,广泛采用的是圆形标志,标志点图形以中心对称为佳。

标志尺寸的设计需综合考虑摄影方式、摄影距离及测标尺寸。根据试验,在点状测标的情况下,当像点的直径大于测标直径约 $1/3$ 时,应使测标位于一个浅色圆圈像点的中心,在其周围产生一个圆形光环,此时可以获得最佳的照准精度。因此圆形标志的外径至少应为测标外径的 $5/3$,本规范式(G.0.2-3)中的常数 $5/3$ 就是由此而来。在交向摄影中,由于平面标志所引起的透视变形,有时需要采用球形标志。

为了便于标志的识别,通常对标志再加一个辅助标志,例如加一个附加圆,该圆的大小一般使其在像片上的影像尺寸不小于 1mm 。为确保成果的精度,对于每项近景摄影测量工程,均应对标志的尺寸加以计算。

2 本款规定了直接线性变换解法中物方控制点的布设。利用直接线性变换解算时,需求解 11 个参数,所以物方控制点 6 个~9 个的规定是合理的。为避免解的不定性,控制点不能布置在同一个平面上,且控制点尽量均匀布置,使它环绕被测目标物,并使各控制点在影像上的控制范围越大越好。

3 活动控制架具有坚固、不变形、携带方便等特点。活动控制架常用于不宜使用常规测量方法在现场施测控制和长途运输后摄影设备的在任检校。

活动控制架上控制标志的分布、质地、形状及大小,与近景摄影测量的目标物及测量方法有关。控制标志的三维坐标一般利用室内观测墩用工程测量的前方交会法直接测定,也可以利用三维坐标量测仪或显微镜景深原理进行测定。

7.3 数据获取

7.3.2、7.3.3 相机检校的目的就是测定相机的内方位元素及物镜的光学畸变差。内方位元素、物镜的光学畸变差用于恢复光束

的形状,直接影响摄影测量的精度,故相机检校非常重要。近景摄影测量往往需要采用多个主距,主距不同物镜的光学畸变差也不同,因此规定了测定不同主距对应的内方位元素及畸变差系数。

立体相机的内方位元素是考虑两个及以上的相机作为一个整体来测定。

摄影相机检校分为事先检校和在任检校两种。事先检校一般是在室内布置一个稳定的三维控制场,控制场常用钢框架结构,控制标志设置在不同平面内。在任检校是在野外布设控制标志点,按相应的检定要求以足够的精度测定标志点的坐标。实践证明,内方位元素检校精度与被摄目标的起伏有关,不同的近景摄影测量任务对相机检校精度的要求也不同,内方位元素的检校中误差规定沿用原规范,数字相机可按像元大小进行推算,换算成像素个数。

7.3.4 本条是关于物镜前节点偏心值的测定。根据近景摄影测量的特点,其坐标系的原点一般是左摄站的摄影机物镜前节点,而一般地面摄影测量坐标系的原点常设在左摄站经纬仪(或摄影机)的旋转中心。在地形摄影中摄影距离较远其影响较小,故常忽略,而近距离高精度的近景摄影测量就必须考虑这个影响。

7.3.5 为使摄影变形减少,保证外方位线元素的精度,本条规定了摄影主光轴垂直于目标物及多时段摄影时摄影站需设置观测墩的规定。相邻摄影站间的高差,主要考虑相邻照片的重叠度问题。

7.3.7、7.3.8 精度估算应根据实际情况确定。

正直摄影情况,即按本规范附录 H 的 H.0.1 进行估算。在任何情况下 $\frac{Z}{B}$ 都应大于 $\frac{1}{2} \cot \frac{\beta}{2}$ (β 为像场角),否则就没有立体重叠了。

交向摄影情况,其精度估算公式一般假定下列三个条件:

- (1) 被摄物体到基线的距离为一常数;
- (2) 只评定被摄目标物中心的精度;

(3)交向角 $\varphi_1 = \varphi_2$, 即对称情况下。

为便于实际应用,本规范采用了附录 H 的 H.0.2 的估算方法,式中的 φ 实际上是主光轴的偏角。

7.3.9 多基线摄影测量是一种“多目”视觉方法,是目前近景摄影测量实用化摄影的主要方式,其采用多个短基线、多方向交会获取大重叠度的序列影像。短基线使得相邻影像交会角相对较小,易于匹配。多方向交会使前方交会具有多余观测,能够增加影像匹配的可靠性。短基线获取大重叠度的序列影像使得总体交会角大,能确保交会精度。

7.3.12 纹理数据的采集是三维模型制作等产品生成的重要内容,在进行纹理数据采集时,需要注意选择光线柔和、光照均匀的天气,采用正直拍摄方式,避免逆光拍摄。根据目标物的不同层次,确定拍摄需要表现的细节。重复单元表面,可拍摄目标物局部。对结构复杂或无法正直拍摄的表面,要进行多角度拍摄。

7.4 数据处理

7.4.1 相对定向后各点的残余上下视差沿用了原规范的相关规定。绝对定向后的点位中误差本规范没有给出具体规定值,主要是考虑近景摄影目标物的复杂性和适用范围的不同,其点位中误差与其精度等级相适应即可满足工程需要。

7.4.2 对影像连接点距影像边缘的距离要求主要考虑:①边缘部分影像质量相对较差;②像点受畸变和大气折光等所引起的移位较大;③倾斜误差和投影误差使得边缘部分影像变形大,会增加连接点误差。

7.4.3 共线条件方程式是表达了像点、投影中心点以及物方点应位于同一直线上的条件方程式。近景摄影测量中(单像)空间后方交会解法、(多片)空间前方交会解法和多种光线束解法均基于共线条件方程式。共面条件方程式是描述像片对内摄影基线以及同名光线应位于同一平面的一种条件方程式,近景摄影测量中根据

共线条件方程式理论形成了另外一种数据处理方案,即内定向、相对定向与绝对定向的方案。直接线性变换是建立像点坐标和相应物点物方空间坐标之间直接的线性关系的数据处理方法,该解法无需内方位元素和外方位元素的初始近似值,特别适用非量测相机的数据处理。相比较而言,(单像)空间后方交会解法、(多片)空间前方交会解法和多种光线束解法需要内方位元素值,只适用于处理量测化的相机。

7.5 成果制作

7.5.1、7.5.2 等值线和立面图是近景摄影测量中常用的成果,是对目标进行修缮、加固和复制的必备资料。这两条对等值距、等值线绘制精度和立面图绘制进行了一般规定。在实际工作中,可根据项目的具体情况和用户要求适当放宽。等值线绘制要考虑清晰和用图要求,突出被摄目标的表示重点和特征。立面图要准确表示被摄目标的形态和特征,客观反映出目标的现状。

7.5.3 由于目标表面形状的多样性、场景的复杂性对动态目标的自动识别和模型提取要求很高,实现自动重建非常困难。因此本条规定三维模型制作涉及的目标宜为静止目标物。

三维模型需要反映目标的几何模型、图像纹理和属性信息,由于几何模型、图像纹理和属性信息均以数据库形式进行存储,故本规范对此进行了规定,并要求建立数据档案。

几何模型是用点、线、面、体等基本几何元素描述实体,形成建模对象的几何形态的。图像纹理是经过正射纠正和统一匀光处理,用于表示物体色调、表面颜色饱和度、明亮度等特征的图像。从纹理加工的角度可分为普通日景纹理、带光影的日景纹理和夜景纹理,从纹理反映模型真实外观的程度可分为修饰真实纹理、不修饰真实纹理、通用纹理和示意纹理。

目标区域的边界和特征点是难以自动定义的,需要指定属性进行人工量测或指定已有的空间点。

8 卫星遥感测量

8.1 一般规定

8.1.1 1:5000、1:10000 的数字线划图和数字影像图主要用于工程建设的规划和方案论证阶段,根据卫星遥感测量的技术现状以及生产实践,制作相应图形产品和数字产品是完全可行的,故本条对其相适用的比例尺作出了规定。

8.1.3 利用卫星遥感影像制作 1:5000、1:10000 数字线划图的高程精度难以达到航空影像的高程精度,实践证明,若采用本规范表 3.3.4-1 中困难地区的精度指标是可以达到的,所以这里的高程精度放宽了 0.5 倍。

8.2 影像获取与预处理

8.2.1 关于卫星遥感影像。由于异轨立体影像受影像旋角、获取时间、范围等不确定因素影响,形成立体像对的过程比较复杂,因此本条规定用于构建立体模型的影像数据宜选用同轨立体影像。

作为数据源的卫星遥感影像的地面分辨率一般高于正射影像地面分辨率的 $1/3 \sim 1/2$,为了在后续的影像重采样和相关处理中不会丢失过多影像信息,并充分反映地形地物的特征信息,表 8.2.1 对影像的地面分辨率作出了规定。

影像获取时,越靠近影像边缘,侧视角越大,目标仰角越小,几何变形也越大。根据实践经验,当侧视角在平原地区大于 25° 、山区大于 20° 时,受地形起伏影响,影像经数字高程模型纠正后容易造成严重的拉花现象,难以满足使用要求,因此本条规定影像侧视角对于平原地区不大于 25° ,山区不大于 20° 是适宜的。

8.2.2 卫星遥感影像在制图前需对原始影像进行灰度调整、信息

增强等预处理,目的是让层次更丰富、纹理更清晰,并反映地物影像的细部特征,本条对在处理过程中有损质量的像素数量进行了规定。

8.3 数字正射影像图

8.3.1 人眼在中等亮度、中等对比度的条件下可以分辨的线划宽度为 0.1mm,取此值并依据影像图的比例尺分母确定地面分辨率。

8.3.3 用于正射影像纠正的数字高程模型,其格网间距取值太小会增加数据冗余,取值太大会损失内插精度。格网间距与比例尺、地形起伏等因素密切相关,以满足数字正射影像图的精度要求为原则,本条对数字高程模型格网间距所作规定是适宜的。

8.3.4 单景影像纠正模型类型和控制点数量是基于现阶段可获取的卫星影像及影像处理软件进行试验和生产得到的经验值,能满足 1:5000 和 1:10000 数字正射影像图的精度要求。

8.3.6 卫星多光谱影像与全色影像配准纠正控制点点数是基于现阶段可获取的卫星影像、影像处理软件进行试验和生产得到的经验值,在满足本条规定控制点数量要求时,配准精度符合要求,本条指标适用于目前常用卫星多光谱影像与全色影像的配准纠正。

8.4 数字线划图测绘

8.4.1 由于卫星高度、影像幅宽、分辨率、遥感影像的参数等差异,目前还不能用统一的布点方案要求,卫星影像控制点一般根据实际情况合理布设即可。

8.4.4 加密点的平面位置中误差与航空摄影测量要求一致,由于利用卫星遥感影像加密控制点的高程精度难以达到航空影像的要求,所以,本条规定的高程中误差相对于航空摄影测量放宽了 0.5 倍。

8.4.5 关于加密点选点。连接点的个数和间距是通过对卫星影

像进行区域网平差计算试验,在像方和物方精度满足 1:10000 地形图成图精度的情况下所得的试验结果。本规范所涉及的影像种类的分辨率和对地精度均高于试验所用影像,故本条中对相邻两连接点间距离的要求是合适的。

8.4.7 原始卫星遥感影像数据分为带有严格轨道参数模型和有理函数参数模型及其他未知的参数模型,因此本条规定采用与之相适宜的模型参数进行区域网平差。

8.4.8 卫星影像的加密区域网间的公共点中必须有控制点,公共区域的连接点相互转标后,为满足模型间矢量和影像接边处数据的合理过渡,本条规定了各项限差在满足要求时的误差处理方法。

8.4.9 利用卫星遥感立体影像测绘 1:5000 和 1:10000 地形图的方法与测绘其他大比例尺地形图的方法基本一致,只是在图式符号和要素编码方面略有差异,因此本条作出了参照本规范第 4.6 节的相关内容测绘地物和地貌的规定。

8.4.10 由于卫星遥感影像在时间上具有一定的滞后性,测区内地形地物可能存在变化。与此同时,卫星遥感影像难免有云影遮挡的情形,因此本条作出了采用工程测量的方法进行补充测量的规定。

8.5 影像解译

8.5.1 关于卫星遥感影像融合。影像融合可分为真彩色和假彩色两种,真彩色以 R、G、B 三个波段影像为基础,真彩色融合影像上地物的色彩与现实生活中地物的色彩颜色一致,主要是利用直接标志进行解译;假彩色以目标影像需要的三个波段影像为基础,假彩色融合是为了突出某一方面的信息或显示丰富的地物信息,获得最好的目视效果。一般将近红波段、绿波段、蓝波段合成为标准假彩色影像,在此融合影像上绿色植被显示为红色,红色的不同程度取决于植被叶绿素的含量,植被生长越旺盛、叶绿素含量越高,其影像颜色越红,主要用于植被普查等工作。

影像融合可采用多种方法,如主成分变换融合、乘积变换融合、比值法融合、HIS 融合、PanSharp 融合等。

8.5.2 关于卫星遥感影像调整。空间域增强是通过改变单个像元及相邻像元的灰度值来增强图像。一般使用的方法有线性变换、直方图均衡化、指数变换、对数变换、图像平滑、图像锐化等。频率域增强是对图像进行傅里叶变换,然后对变换后的频率域图像的频谱进行修改,以达到某些增强效果。

8.5.3 关于解译标志。解译标志直接反映判别地物要素的影像特征,解译者利用这些标志在图像上识别地物要素的性质、类型或状况。在影像上选择典型解译标志的要求是:范围适中以便反映该类要素的典型特征,尽可能多地表现该类要素且影像质量好。解译标志有直接标志和间接标志,直接标志是地物本身的有关属性在图像上的直接反映,如形状、大小、色调、阴影等;间接标志是指与地物的属性有内在联系,通过相关分析能够推断其性质的影像特征。

8.5.4 卫星遥感影像的解译,一般是从熟悉的地理环境或有现势资料的地区入手,由浅入深,逐步开展。

8.5.5 关于人工目视解译。人工目视解译时影像色彩一般符合人眼观察物体的习惯,采用融合后的真彩色影像进行解译标志采集时,因使用的是融合影像,影像上的地物与实际的地物有可能存在一些差异,尤其是阴影处、反射不是很强的地物,实际色彩与影像色彩存在较大的差异。这时就需要依据实际的情况,多采集解译标志,在影像上同一地物可能有多个解译标志,对每个解译标志应详细说明,以利于后期的作业。

8.5.6 人工目视解译需要外业解译标志依据人眼进行判读,对于不需要 100%解译正确的项目来说效率很低。对于解译信息丰富的区域,借用计算机按监督分类和非监督分类的方法进行解译。

监督分类又称训练场地法,是以建立统计识别函数为理论基础,依据典型样本训练方法进行分类的技术。即根据已知训练区

提供的样本,通过选择特征参数,求出特征参数作为决策规则,建立判别函数对待分类影像进行的图像分类,要求训练区域具有典型性和代表性。判别准则若满足分类精度要求,则此准则成立,反之,需重新建立分类的决策规则,直至满足分类精度要求为止。常用算法有:判别分析、最大似然分析、特征分析、序贯分析和图形识别等。

非监督分类是以不同影像地物在特征空间中类别特征的差别为依据进行的无先验类别标准的图像分类,通过计算机对图像进行集聚统计分析的方法。根据待分类样本特征参数的统计特征,建立决策规则来进行分类,不需事先知道类别特征。把各样本的空间分布按其相似性分割或合并成一群集,每一群集代表的地物类别需经实地调查或与已知类型的地物加以比较才能确定。一般算法有:回归分析、趋势分析、等混合距离法、集群分析、主成分分析和图形识别等。