

现代矿山测绘新技术与 实际应用及现场操作技术规范

xíandai kuangshan cehui xínjìshù yu
shíjī yíngyong jí xiānchāng cāozuò jìshù guīfān



TD17
A-372
4

现代矿山测绘新技术与实际 应用及现场操作技术规范

安海波 主编

第四册

西北矿业学院出版社

目 录

第一篇 矿山测绘技术总论	(1)
第一章 矿山测绘技术基础知识	(3)
第一节 测绘工程学概论	(3)
第二节 坐标系统及高程系统	(5)
第三节 地面点定位及测绘工作基本原则	(15)
第四节 国家大地测量控制网概述	(18)
第二章 矿山地理信息系统	(24)
第一节 概述	(24)
第二节 地理信息系统的组成	(32)
第三节 地理信息系统的基本功能	(35)
第四节 地理信息系统的空间数据结构	(39)
第五节 地理信息系统的应用	(48)
第三章 矿山测绘相关标准规范	(60)
第二篇 矿山测绘技术在矿山开采中的应用	(83)
第一章 矿山开采总论	(85)
第一节 采矿与采矿学	(85)
第二节 采矿工业对人类及社会经济发展的重要意义	(89)
第三节 当前世界主要矿产品的产销情况	(92)
第四节 中国采矿发展史	(98)
第五节 新中国成立以来采矿工业及技术的发展	(107)
第六节 采矿的未来	(124)

目 录

第二章 矿山地质与矿床	(131)
第一节 矿物	(131)
第二节 岩石	(142)
第三节 成矿作用与矿床地质-工业类型的划分	(149)
第三章 矿山地质工作及其矿山测绘的应用	(153)
第一节 矿山地质工作的主要职能、内容和任务	(153)
第二节 矿山基建期的地质工作	(155)
第三节 生产勘探	(163)
第三篇 矿山测绘中地下工程测量的应用	(177)
第一章 地下工程测量的任务内容与地下起始数据的传递和获取	(179)
第一节 地下工程测量的任务和内容	(179)
第二节 地下起始数据的传递和获取的概述	(181)
第三节 地面近井点和井下定向基点的设置	(182)
第四节 一井定向	(183)
第五节 一井定向精度分析	(199)
第六节 两井定向	(216)
第七节 陀螺经纬仪定向原理	(234)
第八节 陀螺经纬仪的定向方法	(243)
第九节 井下高程的传递	(253)
第二章 地下控制测量与地下施工测量及其在实际操作中的应用	(259)
第一节 概述	(259)
第二节 地下平面控制测量	(264)
第三节 地下高程控制测量	(278)
第四篇 平面测量新技术及其在实际操作中的应用	(281)
第一章 平面测量概述及角度测量仪器	(283)
第一节 平面测量概述	(283)
第二节 角度测量仪器	(284)
第二章 平面控制测量新技术及其在实际操作中的应用	(297)
第一节 控制测量概述	(297)
第二节 普通导线测量	(304)
第三节 电子计算器	(307)

第四节 坐标计算的基本原理	(316)
第五节 导线测量计算	(322)
第六节 前方、侧方交会和单三角形的计算	(329)
第七节 后方交会的计算	(338)
第八节 测边交会计算	(344)
第九节 线形三角锁的解算	(347)
第三章 经纬仪与角度测量及其在实际操作中的应用	(357)
第一节 角度测量的概念	(357)
第二节 水平角观测	(359)
第三节 竖角观测	(366)
第四节 角度观测的误差来源	(371)
第四章 距离测量与直线定向及其在实际操作中的应用	(376)
第一节 距离测量概述	(376)
第二节 钢尺量距	(377)
第三节 钢尺检定	(383)
第四节 钢尺量距成果的计算	(386)
第五节 普通视距测量	(389)
第六节 视距常数的测定	(392)
第七节 电磁波测距	(395)
第五篇 高程测量新技术及其在实际操作中的应用	(401)
第一章 水准测量及其在实际操作中的应用	(403)
第一节 水准测量的基本原理	(403)
第二节 水准测量的仪器和工具	(406)
第三节 水准仪的使用	(416)
第四节 水准仪的检验和校正	(418)
第五节 等外水准测量	(423)
第六节 水准路线的高程计算	(430)
第七节 水准测量的主要误差来源	(434)
第八节 自动安平水准仪	(440)
第九节 测量仪器的使用和保养	(442)
第二章 三角高程测量及其在实际操作中的应用	(444)
第一节 三角高程测量原理	(444)

目 录

第二节 独立交会高程	(451)
第三节 三角高程导线	(452)
第四节 视距高程导线	(456)
第五节 经纬仪水准测高	(459)
第三章 高程传递法与高程测量误差分析及其在实际操作中的应用	(462)
第一节 高程传递方法	(462)
第二节 高程测量误差分析	(471)
第四章 测量误差及测量数据初步处理	(474)
第一节 测量误差及测量精度	(474)
第二节 误差传播定律	(480)
第三节 算术平均值与加权平均值	(484)
 第六篇 摄影测量和遥感测量新技术及其在实际操作中的应用	 (491)
第一章 航空摄影的基本知识	(493)
第一节 航空摄影	(493)
第二节 航摄像片上特殊的点、线	(496)
第三节 摄影测量常用的坐标系	(497)
第四节 航摄像片的内、外方位元素	(501)
第五节 空间直角坐标变换	(505)
第六节 中心投影的构像方程与投影变换	(511)
第七节 航摄像片的像点位移与比例尺	(515)
第八节 单张像片空间后方交会	(519)
第二章 双像解析摄影测量新技术及其在实际操作中的应用	(527)
第一节 立体视觉原理	(527)
第二节 航摄像对的立体观察与量测	(530)
第三节 双像解析摄影测量的任务与方法	(535)
第四节 立体像对的前方交会公式	(536)
第五节 双像解析计算的空间后交-前交方法	(539)
第六节 解析法相对定向	(540)
第七节 模型点坐标的计算	(551)
第八节 解析法绝对定向	(552)
第九节 光束法双像解析摄影测量	(557)
第十节 解析法空中三角测量简介	(560)

第十一节 解析摄影测量中粗差检测原理概述	(562)
第三章 模拟法立体测图新技术及其在实际操作中的应用	(565)
第一节 立体测图方法概述	(565)
第二节 模拟法测图基本原理	(566)
第三节 模拟法测图中立体像对的相对定向	(568)
第四节 模拟法测图中立体模型的绝对定向	(578)
第五节 地物与地貌的测绘	(580)
第六节 模拟测图仪的结构与分类	(581)
第七节 主要模拟测图仪简介	(584)
第四章 解析法立体测图新技术及其在实际操作中的应用	(591)
第一节 解析测图仪概述	(591)
第二节 解析测图仪的结构	(594)
第三节 解析测图仪工作原理	(598)
第四节 主要解析测图仪简介	(600)
第五节 基于 GIS 数据采集的解析测图仪	(611)
第六节 机助测图系统	(616)
第七节 电子计算机在机助和机控测图中的作用	(620)
第五章 数字摄影测量新技术及其在实际操作中的应用	(624)
第一节 概述	(624)
第二节 影像数字化与影像重采样	(627)
第三节 基于灰度的影像相关	(630)
第四节 同名核线的确定与核线相关	(635)
第五节 基于特征的影像匹配	(639)
第六节 数字摄影测量系统	(651)
第六章 遥感图像的成像原理与处理新技术及其在实际操作中的应	(655)
第一节 遥感的原理	(655)
第二节 遥感的数据源	(685)
第三节 遥感图像解译与处理	(712)
第七章 GIS 数据采集的摄影测量与遥感方法及其在实际操作中的应用	(732)
第一节 什么是 GIS	(732)
第二节 GIS 构成	(738)
第三节 GIS 用户和产品模式	(740)
第四节 GIS 基础数据的表现形式和数据结构	(743)

目 录

第五节 地物属性编码方式	(751)
第六节 用解析测图仪获取 GIS 基础数据	(753)
第七节 GIS 基础数据获取的全自动化方法	(759)
第八节 GIS 基础数据获取的半自动化方法	(764)
第九节 图形数字模型的基本算法	(767)
第十节 数字地图编辑中的一些基本算法	(772)
 第七篇 GPS 全球定位系统新技术及其在实际操作中的应用	(777)
第一章 GPS 的发展及应用	(779)
第一节 卫星定位技术发展概况	(779)
第二节 GPS 的特点	(780)
第三节 GPS 系统的组成	(783)
第四节 GPS 的应用	(787)
第二章 GPS 测量数据处理	(790)
第一节 概述	(790)
第二节 GPS 基线向量的解算	(794)
第三节 GPS 定位成果的坐标转换	(799)
第四节 基线向量网平差	(805)
第五节 GPS 高程	(813)
第三章 GPS 定位的坐标系统与时间系统	(828)
第一节 坐标系统的类型	(828)
第二节 协议天球坐标系	(829)
第三节 协议地球坐标系	(835)
第四节 地球坐标系的其他表达形式	(841)
第五节 大地测量基准及其转换	(850)
第六节 时间系统	(854)
第四章 GPS 卫星定位基本原理及其在实际操作中的应用	(861)
第一节 概述	(861)
第二节 伪距测量	(863)
第三节 载波相位测量	(866)
第四节 整周跳变的修复	(870)
第五节 GPS 绝对定位与相对定位	(873)
第六节 美国的 GPS 政策	(882)

第七节 差分 GPS 定位原理	(886)
第五章 GPS 测量的误差来源及影响	(893)
第一节 GPS 测量误差的分类	(893)
第二节 与 GPS 卫星有关的误差	(894)
第三节 与卫星信号传播有关的误差	(898)
第四节 与接收机有关的误差	(906)
第五节 其他误差来源	(908)
第六章 GPS 测量的设计与实施及其在实际操作中的应用	(911)
第一节 GPS 测量的技术设计	(911)
第二节 GPS 测量的外业准备及技术设计书编写	(921)
第三节 GPS 测量的外业实施	(927)
第四节 GPS 测量的作业模式	(933)
第五节 数据预处理及观测成果的质量检核	(938)
第八篇 地图编制和地形图测绘及其在实际操作中的应用	(943)
第一章 地图编制和地形图测绘及其在实际操作中的应用	(945)
第一节 地图及地形图基本知识	(945)
第二节 地图投影与地图编制	(955)
第三节 大比例尺地形图传统测绘方法	(967)
第四节 数字化测图	(978)
第五节 地籍图与房产图测绘	(987)
第二章 地图与地形图在实际操作中的应用	(998)
第一节 地形图阅读及图上定点定线	(998)
第二节 绘制纵断面图及确定汇水面积	(1006)
第三节 面积量算及土方量计算	(1008)
第四节 数字地面模型及应用	(1011)
第三章 制图综合及其在实际操作中的应用	(1022)
第一节 制图综合的概述	(1022)
第二节 制图综合的方法	(1023)
第三节 影响制图综合的基本因素	(1031)
第四节 制图综合的基本规律	(1034)
第五节 海洋要素的制图综合	(1040)
第六节 陆地水系的制图综合	(1046)

目 录

第七节 居民地的制图综合	(1053)
第八节 交通网的制图综合	(1069)
第九节 地貌的制图综合	(1074)
第十节 植被要素的制图综合	(1082)
第十一节 境界及其他要素的制图综合	(1083)
第十二节 专题制图数据的制图实践	(1085)
第九篇 地籍测绘及其在实际操作中的应用	(1115)
第一章 地籍测量概论	(1117)
第一节 地籍测量的概念	(1117)
第二节 地籍测量的坐标系统	(1121)
第三节 地籍图的比例尺系列和分幅方法	(1125)
第四节 农村地籍图图幅元素的查取	(1129)
第五节 地籍图与地形图的差别	(1135)
第二章 地籍图的测绘及其在实际操作中的应用	(1138)
第一节 概述	(1138)
第二节 分幅地籍图的测制	(1144)
第三节 宗地图的测制	(1153)
第四节 土地利用现状图与农村居民地地籍图的编制	(1156)
第五节 房产图的测绘	(1162)
第三章 数字地籍测量新技术及其在实际操作中的应用	(1168)
第一节 数字地籍测量的基本概念	(1168)
第二节 数字地籍测量的基本原理	(1170)
第三节 数字地籍测绘系统	(1178)
第四章 航测法地籍测量新技术及其在实际操作中的应用	(1180)
第一节 航测法地籍测量概述	(1181)
第二节 航测法地籍像控点测量与地籍调绘	(1185)
第三节 解析空中三角地籍界址点测量	(1191)
第四节 航测法地籍图测绘概述	(1197)
第十篇 物理大地测量学及其在实际操作中的应用	(1205)
第一章 物理大地测量学概论	(1207)
第二章 物理大地测量学位理论基础	(1211)

第一节 引力和引力位	(1211)
第二节 质体位	(1213)
第三节 单层位和双层位	(1214)
第四节 拉普拉斯方程和布桑方程	(1217)
第五节 格林公式	(1217)
第六节 球谐函数	(1219)
第七节 边值问题	(1227)
第三章 地球重力场及其与测绘学的关系	(1231)
第一节 重力和重力位	(1231)
第二节 水准面和垂线	(1232)
第三节 地球引力位的球谐函数展开式	(1233)
第四节 大地水准面	(1236)
第五节 斯托克斯定理	(1236)
第六节 地球的正常重力场	(1238)
第七节 扰动重力场	(1239)
第八节 重力异常、垂线偏差、大地水准面高与扰动位的关系	(1244)
第九节 球近似和 T 、 N 、 Δg 的球谐函数展开式	(1246)
第四章 重力测量、重力归算和重力异常的推估及其在实际操作中的应用 ...	(1248)
第一节 概述	(1248)
第二节 绝对重力测量	(1250)
第三节 海底绝对重力仪和深拖海洋重力仪	(1251)
第四节 超导重力梯度仪	(1252)
第五节 机载重力测量	(1252)
第六节 重力参考系统	(1255)
第七节 重力控制网	(1255)
第八节 重力归算	(1256)
第九节 重力异常的推估	(1262)
第五章 推求地球形状及其外部重力场的理论和方法及其 在实际操作中的应用	(1268)
第一节 概述	(1268)
第二节 斯托克斯理论	(1270)
第三节 维宁·曼乃兹公式	(1271)
第四节 面积分的计算	(1272)

目 录

第五节 莫洛坚斯基理论	(1274)
第六节 布耶哈默尔方法	(1279)
第十一篇 动力大地测量学及其在实际操作中的应用	(1281)
第一章 动力大地测量学概论	(1283)
第二章 地球表面及内部构造	(1287)
第一节 地球内部	(1287)
第二节 地球大气	(1290)
第三节 地球表面的各种构造形态	(1291)
第四节 地壳均衡学说	(1293)
第三章 地球自转及其影响自转的因素和变化	(1296)
第一节 概述	(1296)
第二节 岁差和章动	(1297)
第三节 地球自转的理论基础	(1298)
第四节 影响地球自转的各种因素	(1301)
第五节 极移	(1303)
第六节 地球自转速度变化	(1308)
第七节 地球自转参数的测定	(1310)
第四章 地球的固体潮及其对实际操作的影响	(1314)
第一节 概述	(1314)
第二节 平衡潮理论	(1316)
第三节 引潮力位	(1316)
第四节 洛夫数	(1317)
第五节 固体潮特征数及其观测	(1318)
第六节 固体潮观测的干扰因素	(1319)
第七节 数据处理	(1319)
第五章 板块大地构造学说	(1321)
第一节 概述	(1321)
第二节 板块构造运动	(1324)
第三节 全球板块分布模型	(1326)
第四节 全球板块运动模型	(1331)
第六章 地壳运动的监测及其在实际操作中的应用	(1336)
第一节 概述	(1336)

第二节	由空间大地测量所得的现代板块运动	(1338)
第三节	地壳形变的监测	(1339)
第四节	GPS 用于地壳形变监测	(1340)
第五节	常设 GPS 大地测量阵列	(1342)
第六节	陆地表层沉降的监测	(1344)
第七节	地壳应变分析	(1346)
第八节	现代地壳垂直运动的测定	(1353)
第十二篇	测绘工程施工现场操作标准及技术规范	(1355)

第六章 GPS 测量的设计与实施及其在实际操作中的应用

GPS 测量与常规测量相类似,在实际工作中也可划分为方案设计、外业实施及内业数据处理三个阶段。室内数据处理的详细内容将在第九章专门讲授。本章主要介绍 GPS 测量的技术设计及外业实施各阶段的工作。考虑到以载波相位观测量为依据的相对定位法是当前 GPS 测量中普遍采用的精密定位方法,所以在本章讲授中主要讨论区域性城市与工程 GPS 控制网的相对测量的工作程序与方法。

第一节 GPS 测量的技术设计

GPS 测量的技术设计是进行 GPS 定位的最基本性工作,它是依据国家有关规范(规程)及 GPS 网的用途、用户的要求等对测量工作的网形、精度及基准等的具体设计。

一、GPS 网技术设计的依据

GPS 网技术设计的主要依据是 GPS 测量规范(规程)和测量任务书。

(一)GPS 测量规范(规程)

GPS 测量规范(规程)是国家测绘管理部门或行业部门制定的技术法规,目前 GPS 网设计依据的规范(规程)有:

1. 2001 年国家质量技术监督局发布的《全球定位系统(GPS)测量规范》,以下简称

《规范》;

2. 1998 年建设部发布的行业标准《全球定位系统城市测量技术规程》,以下简称《规程》;

3. 各部委根据本部门 GPS 工作的实际情况制定的其他 GPS 测量规程或细则。

(二) 测量任务书

测量任务书或测量合同是测量施工单位上级主管部门或合同甲方下达的技术要求文件。这种技术文件是指令性的,它规定了测量任务的范围、目的、精度和密度要求,提交成果资料的项目和时间,完成任务的经济指标等。

在 GPS 方案设计时,一般首先依据测量任务书提出的 GPS 网的精度、密度和经济指标,再结合规范(规程)规定并现场踏勘具体确定各点间的连接方法,各点设站观测的次數、时段长短等布网观测方案。

二、GPS 网的精度、密度设计

(一) GPS 测量精度标准及分类

1. 对于各类 GPS 网的精度设计主要取决于网的用途。用于全球性地球动力学、地壳形变及国家基本大地测量的 GPS 网可参照《规范》中 AA、A、B 级的精度分级,见表 7-14;用于城市或工程的 GPS 控制网可根据相邻点的平均距离和精度参照《规程》中的二、三、四等和一、二级,见表 7-15。

表 7-14 GPS 测量精度分级(一)

级别	主要用途	固定误差 a (mm)	比例误差 b (ppm·D)
AA	全球性的地球动力学研究、地壳形变测量和精度定轨	≤ 3	≤ 0.01
A	区域性的地球动力学研究和地壳形变测量	≤ 5	≤ 0.1
B	局部形变监测和各种精密工程测量	≤ 8	≤ 1
C	大、中城市及工程测量基本控制网	≤ 10	≤ 5
D, E	中、小城市及测图、物探、建筑施工等控制测量	≤ 10	$\leq 10 \sim 20$

表 7-15 GPS 测量精度分级(二)

等级	平均距离 (km)	a (mm)	b (ppm·D)	最弱边相对中误差
二	9	≤ 10	≤ 2	1/12 万

第六章 GPS 测量的设计与实施及其在实际操作中的应用

等级	平均距离 (km)	a (mm)	b (ppm·D)	最弱边相对中误差
三	5	≤ 10	≤ 5	1/8 万
四	2	≤ 10	≤ 10	1/4.5 万
一级	1	≤ 10	≤ 10	1/2 万
二级	< 1	≤ 15	≤ 20	1/1 万

注:当边长小于 200m 时,以边长中误差小于 20mm 来衡量。

各等级 GPS 相邻点间弦长精度用下式表示

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (7-281)$$

式中 σ ——GPS 基线向量的弦长中误差(mm),亦即等效距离误差;

a ——GPS 接收机标称精度中的固定误差(mm);

b ——GPS 接收机标称精度中的比例误差系数(ppm);

d ——GPS 网中相邻点间的距离(km)。

3. 在实际工作中,精度标准的确定要根据用户的实际需要及人力、物力、财力情况合理设计,也可参照本部门已有的生产规程和作业经验适当掌握。在具体布设中,可以分级布设,也可以越级布设,或布设同级全面网。

(二)GPS 点的密度标准

各种不同的任务要求和服务对象,对 GPS 点的分布要求也不同。对于国家特级(AA、A 级)基准点及大陆地球动力学研究监测所布设的 GPS 点,主要用于提供国家级基准、精密定轨、星历计划及高精度形变信息,所以布设时平均距离可达数百公里。而一般城市和工程测量布设点的密度主要满足测图加密和工程测量的需要,平均边长往往在几公里以内。因此,现行《规范》对 GPS 网中两相邻点间距离视其需要作出了如表 7-16 的规定。现行《规程》对各等级 GPS 网相邻点的平均距离也在表 7-16 作了规定。

表 7-16 GPS 网中相邻点间距离 单位:km

级 别 项 目	AA	A	B	C	D	E
相邻点最小距	300	100	15	5	2	1
相邻点最大距	2000	1000	250	40	15	10
相邻点平均距	1000	300	70	15~10	10~5	5~2

三、GPS 网的基准设计

GPS 测量获得的是 GPS 基线向量,它属于 WGS-84 坐标系的三维坐标差,而实际需要的是国家坐标系或地方独立坐标系的坐标。所以在 GPS 网的技术设计时,必须明确 GPS 成果所采用的坐标系统和起算数据,即明确 GPS 网所采用的基准。我们将这项工作称之为 GPS 网的基准设计。

GPS 网的基准包括位置基准、方位基准和尺度基准。方位基准一般以给定的起算方位角值确定,也可以由 GPS 基线向量的方位作为方位基准。尺度基准一般由地面的电磁波测距边确定,也可由两个以上的起算点间的距离确定,同时也可由 GPS 基线向量的距离确定。GPS 网的位置基准,一般都是由给定的起算点坐标确定。因此,GPS 网的基准设计,实质上主要是指确定网的位置基准问题。

在基准设计时,应充分考虑以下几个问题:

1. 为求定 GPS 点在地面坐标系的坐标,应在地面坐标系中选定起算数据和联测原有地方控制点若干个,用以坐标转换。在选择联测点时既要考虑充分利用旧资料,又要使新建的高精度 GPS 网不受旧资料精度较低的影响,因此,大、中城市 GPS 控制网应与附近的国家控制点联测 3 个以上。小城市或工程控制可以联测 2~3 个点。

2. 为保证 GPS 网进行约束平差后坐标精度的均匀性以及减少尺度比误差影响,对 GPS 网内重合的高等级国家点或原城市等级控制网点,除未知点联结图形观测外,对它们也要适当地构成长边图形。

3. GPS 网经平差计算后,可以得到 GPS 点在地面参照坐标系中的大地高,为求得 GPS 点的正常高,可根据具体情况联测高程点,联测的高程点需均匀分布于网中,对丘陵或山区联测高程点应按高程拟合曲面的要求进行布设。具体联测宜采用不低于四等水准或与其精度相等的方法进行。GPS 点高程在经过精度分析后可供测图或其他方面使用。

4. 新建 GPS 网的坐标系应尽量与测区过去采用的坐标系统一致,如果采用的是地方独立或工程坐标系,一般还应该了解以下参数:

①所采用的参考椭球;②坐标系的中央子午线经度;③纵、横坐标加常数;④坐标系的投影面高程及测区平均高程异常值;⑤起算点的坐标值。

四、GPS 网构成的几个基本概念及网特征条件

在进行 GPS 网图形设计前,必须明确有关 GPS 网构成的几个概念,掌握网的特征条件计算方法。