

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 yīngyòng jí xiānchāng cāozuò jìshù guīfān



TD17
A-372

3

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

第三册

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)

第四章 解析法立体测图新技术及其在实际操作中的应用

第一节 解析测图仪概述

一、从模拟测图仪到解析测图仪

利用上一节介绍的模拟测图仪,借助于仪器上的投影光线或机械导杆,在进行模拟法相对定向和绝对定向之后,就可重建被摄目标的光学立体模型,获取被摄目标的几何信息。

由摄影测量基础知识可知,物点、像点和摄影中心之间存在着严格的数学关系,即共线方程。因此,如果利用电子计算机,通过严格的数学解算方法保证像点坐标和模型点坐标之间满足共线关系,建立被摄目标的数字立体模型,同样也可以完成对被摄目标的立体量测。显然,在这样的仪器上,原来复杂的光学和机械投影将由计算方法取代,称为数字投影,这便是解析测图仪。

二、解析测图仪的基本组成部分

解析测图仪是由一台精密立体坐标量测仪、一台电子计算机、数控绘图桌、相应的接口设备以及软件系统组成的测图系统。其基本组成部分如图 6-67 所示。

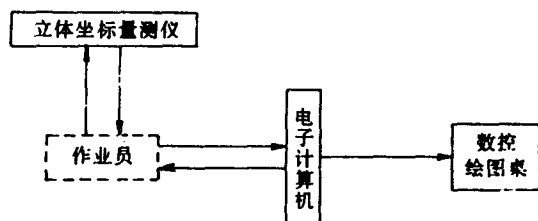


图 6-67 解析测图仪基本组成

精密立体坐标量测仪为立体观察和立体量测的部件;电子计算机为解析测图仪的核心,它实现解析测图仪的实时计算,并完成各种摄影测量作业的有关计算;数控绘图桌在电子计算机控制下,自动绘出地形图和其它各种图件。为了实现电子计算机与立体坐标量测仪和数控绘图桌的连接与信息沟通,还需利用接口设备和其它控制部件。

作业员对解析测图仪的操作除了一般模拟测图仪上的手轮、脚盘外,还可以通过电子计算机的终端和专用面板或键盘等部件来进行。

解析测图仪的量测结果首先以数字形式存贮在计算机中,通过必要的格式转换,可进入测量数据库或地理信息系统。

三、解析测图仪的特点

与各种模拟测图仪比较,解析测图仪有下列明显的优点:

①精度高。由于解析测图仪光机部分构造简单,机械传动少,易于做成稳定的结构;对于来自摄影过程中的像差、像片材料变形及仪器机械部分的系统误差等都可通过计算机软件加以改正,偶然误差的影响也可通过平差法配置,因而仪器的量测精度可达 $2\mu\text{m}$ 左右。

②功能强。采用数字解算,具有很大的灵活性,可以方便地进行数字模型、纵横断面和等高线量测,并输出数字的或图解的成果,是获取地理基础信息的主要方法。另外,数字解法不受摄影方式、摄影主距和外方位元素等方面的限制,故除常规摄影的测图外,还可处理交向摄影、全景摄影、非量测相机的像片及遥感图像资料。

③效率高。因为是电子计算机控制,在定向过程中可自动驱动到标准点位观测,或对已测过的像对恢复像对的方位,在观测过程中及时地发现观测粗差,减少空中三角测量的返工。另外,使用键盘及屏幕终端,可以进行人机对话,输入简单的命令就可以完成一连串繁琐冗长的操作,大大缩短测图辅助性操作的时间,提高总生产率。

④具有机助绘图功能,使测图过程半自动化。测图时,作业员只需在仪器上观测,成果记录和绘成地形图等工作则由计算机控制和发挥软件的功能来自动完成。

⑤便于实现测图自动化。如果在解析测图仪的基础上,增加影像相关设备,代替人眼的立体观测,就形成了在线方式的自动化测图系统。

⑥便于建立地图数据库。在解析测图仪上所取得的量测成果如点位、等高线等的量测,不仅可以通过电子绘图桌以图解的方式输出,而且还可以存储起来。另外,通过断面扫描还可专门采集数字高程模型的数据点以及制作正射影像的数据。这些数据经过相应的计算机软件处理,即可用于建立地图数据库。

四、解析测图仪的发展历史

解析测图仪的发展已经经历了 30 多年的历史。1957 年海拉瓦(U. V. Helava)首先发表了解析测图仪原理的论文,被认为是解析测图仪的发明者。但是由于当时电子计算机的功能差、体积大、故障多、成本高、启动时间长,所以大多数人不愿意用它来取代模拟测图仪。因此在近 20 年中一直处于提出和研制阶段(1957 ~ 1976 年),这个阶段研制的解析测图仪只是在军方使用。随后,由于电子计算机的性能有了很大改善,价格也大为降低,而且摄影测量人员在利用电子计算机进行解析空中三角测量方面已取得明显成就,人们才开始普遍重视解析测图仪。

1976 年在赫尔辛基召开的第 13 届国际摄影测量大会上展出了 7 家公司的解析测图仪,标志着解析测图仪的发展从研制阶段转人民用生产阶段(1976 ~ 1987 年)。其中以德国 OPTON 厂生产的 Planicomp C - 100 为代表,这是由长期生产模拟测图仪的主要厂家生产的功能齐全、设计合理的解析测图仪。在这个阶段设计的解析测图仪在型式、性能及价格方面都比较丰富多彩,能满足不同用户的要求,而且体积愈来愈小,价格愈来愈便宜,而性能则愈来愈高。因此,在 80 年代之后,世界主要仪器厂商已不再研制新型号的模拟测图仪,而转向解析测图仪的研制与生产。这个时期有代表性的仪器有德国 OPTON 厂生产的 Plan - icom C - 100, C - 110, C - 120, C - 130;有瑞士 Wild 厂生产的 AC1, BC2,以及瑞士 Kern 厂生产的 DSR - 1, DSR - 11 等。

然而,在这个发展阶段,人们仍然较多地从测图这个传统概念出发来考虑解析测图仪的性能,以计算机辅助或控制进行测图工作。电子计算机对所采集的数据进行处理后仍强调在数控绘图桌上绘出图解的地形图,而对中间的数字产品并未作严格的管理。各种经济型的解析测图仪的价格已等同于一般的模拟测图仪,因此,从 80 年代起,解析测图仪已渐成为摄影测量的主要仪器。

解析测图仪发展的第三阶段是面向数字测图、地形数据库和地理/土地信息系统的摄影测量数据采集阶段,它以德国 OPTON 厂 1987 年推出的新型解析测图仪 P_1 , P_2 和

P_3 为起点,是在数据库管理和操纵下的数控数据采集站。在 P 系列仪器中是用称之为 PHOCUS 的摄影测量与制图通用软件系统来进行目标分层的数据采集,强调的首先是数字产品,可以联机绘图,也可以经过图形编辑后进行脱机绘图或将产品送入地形数据库或地理信息系统中。而且在这样的仪器上往往均装有 CCD 数字摄影机,可以实时地获得待处理目标的数字影像,通过相应的数字影像匹配或相关软件,则可能取代人的立体观测工作,从而实现全数字化的自动量测和数据采集。这类仪器的代表包括 OPTON 厂推出的 P_1, P_2, P_3 , Wild 厂生产的 BC-3, Kern 厂生产的 DSR-15, 18 等等。

由于这样的系统可以面对数字化影像或直接由数字式传感器采集的数字影像,它们可以直接在高分辨率屏幕上获得供立体观测用的影像,从而使目前解析测图仪上的立体坐标量测仪光机部件不再成为必要,导致数字摄影测量系统的诞生。

第二节 解析测图仪的结构

解析测图仪可认为由两大部分,即硬件和软件部分组成,硬件是实现解析测图仪功能的基础,而软件则决定解析测图仪功能的强弱,两者缺一不可。

一、解析测图仪的硬件

解析测图仪的硬件指光、机、电各部分结构的实体,主要包括精密立体坐标量测仪、接口设备、电子计算机。下面对各部分作简要说明。

(一)精密立体坐标量测仪

在第三章中,我们已讲过立体坐标量测的原理,并介绍了几种精密立体坐标量测仪,而用于解析测图仪中的精密立体坐标量测仪按其基本结构和功能与常规的立体坐标量测仪大体相同,不同之处仅在于以下几点。

1. 机械结构要求偏重于稳定性

对常规的立体坐标量测仪,机械的精确度和稳定性都是必须考虑的,如导轨的直线性、垂直性,丝杆的精确性等都是非常重要的指标。而在解析测图仪上,许多机械方面的系统误差,只要它是稳定的系统误差,便可以通过软件来纠正。因此,对于软件性能比较完善的现代解析测图仪,在设计中偏重于稳定性,这样既可保证精度又能降低成本。

2. 增设 Dove 旋像棱镜和 Zoom 变倍系统