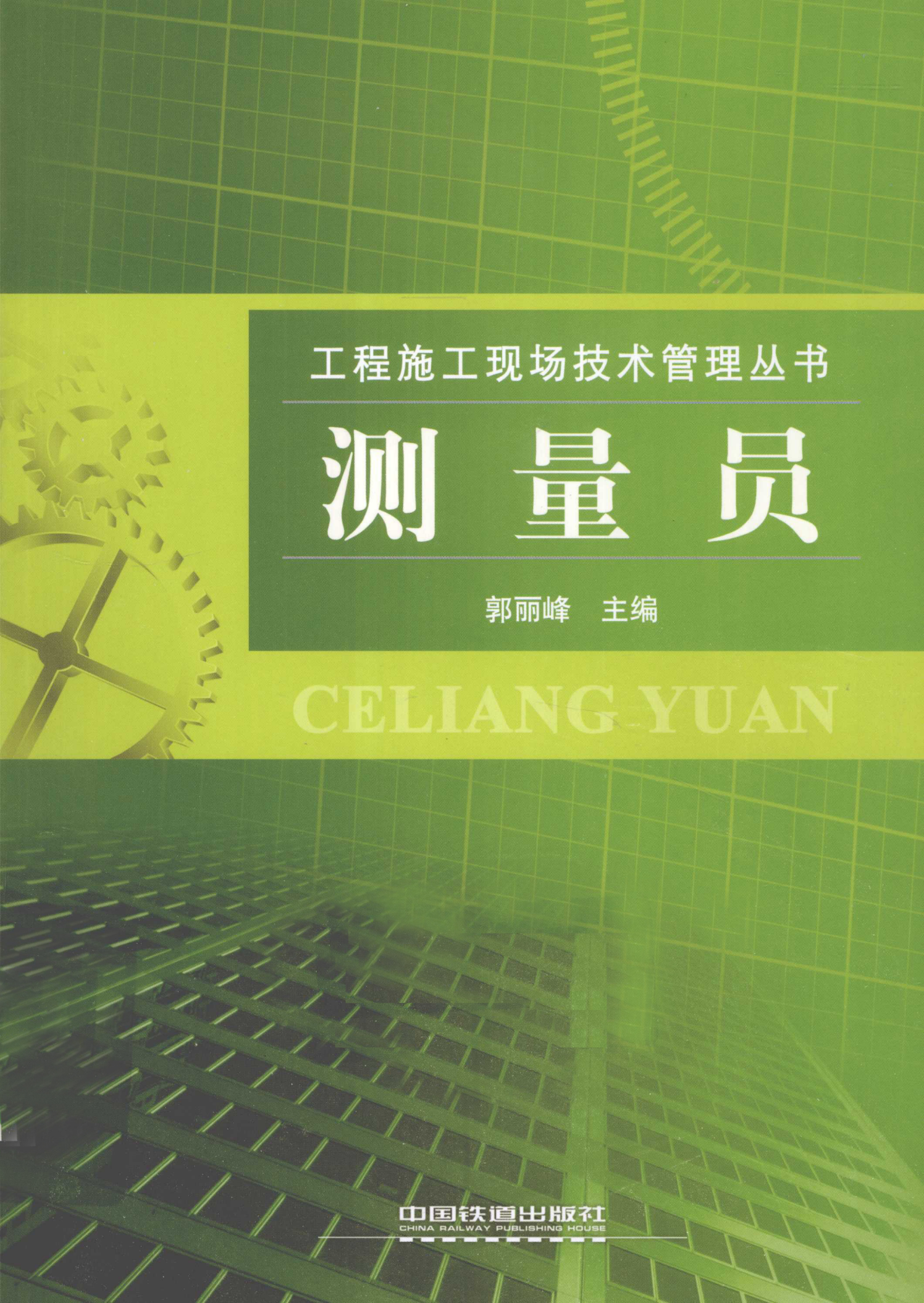




工程施工现场技术管理丛书

测量员

郭丽峰 主编

CELIANG-YUAN

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

工程施工现场技术管理丛书

测量员

郭丽峰 主编

中国铁道出版社
2010年·北京

内 容 提 要

本书作为工程施工现场技术管理丛书之一,内容丰富,层次分明,理论联系实际,且将技术与管理知识融为一体。

全书共分十六章,包括绪论,水准测量,角度测量,距离测量,直线定向,全站仪及其使用,测量误差,小地区控制测量,地形图的基本知识测绘及其应用,建筑施工测量,铁路线路测量,桥梁施工测量,隧道工程测量,既有线路及既有站场测量以及GPS卫星定位技术等。

本书均按照现行测量规范编写,既可作为测量管理人员参考用书,又可作为测量技术人员培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

测量员/郭丽峰主编. —北京:中国铁道出版社,2010.12

(工程施工现场技术管理丛书)

ISBN 978-7-113-11927-0

I. ①测… II. ①郭… III. ①建筑测量—基本知识 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 184803 号

书 名: 工程施工现场技术管理丛书
测 量 员

作 者: 郭丽峰

策划编辑: 江新锡 徐 艳

责任编辑: 曹艳芳 电话: 51873017

封面设计: 崔丽芳

责任校对: 张玉华

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市华丰印刷厂

版 次: 2010年12月第1版 2010年12月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17 字数: 419千

书 号: ISBN 978-7-113-11927-0

定 价: 36.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电(010)51873170, 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504, 路电(021)73187

前 言

我国正处在经济和社会快速发展的历史时期,工程建设作为国家基本建设的重要部分正在蓬勃发展,铁路、公路、房屋建筑、机场、水利水电、工厂等建设项目在不断增长,国家对工程建设项目投资巨大。随着建设规模的扩大、建设速度的加快,工程施工的质量和安全生产问题、工程建设效率问题、工程建设成本问题越来越为人们所重视和关注。

加强培训学习,提高工程建设队伍自身业务素质,是确保工程质量和安全的有效途径。特别是工程施工企业,一是工程建设任务重,建设速度在加快;二是新技术、新材料、新工艺、新设备、新标准不断涌现;三是建设队伍存在相当不稳定性。提高队伍整体素质不仅关系到工程项目建设,更关系到企业的生存和发展,加强职工岗位培训既存在困难,又十分迫切。工程施工领域关键岗位的管理人员,既是工程项目管理命令的執行者,又是广大建筑施工人员的领导者,他们管理能力、技术水平的高低,直接关系到建设项目能否有序、高效率、高质量地完成。

为便于学习和有效培训,我们在充分调查研究的基础上,针对目前工程施工企业的生产管理实际,就工程施工企业的关键岗位组织编写了一套《工程施工现场技术管理丛书》,以各岗位有关管理知识、专业技术知识、规章规范要求为基本内容,突出新材料、新技术、新方法、新设备、新工艺和新标准,兼顾铁路工程施工、房屋建筑工程的实际,围绕工程施工现场生产管理的需要,旨在为工程单位岗位培训和各岗位技术管理人员提供一套实用性强、较为系统且使用方便的学习材料。

丛书按施工员、监理员、机械员、造价员、测量员、试验员、资料员、材料员、合同员、质量员、安全员、领工员、项目经理十三个关键岗位,分册编写。管理知识以我国现行工程建设管理法规、规范性管理文件为主要依据,专业技术方面严格执行国家和有关行业的施工规范、技术标准和质量标准,将管理知识、工艺技术、规章规范的内容有机结合,突出实际操作,注重管理可控性。

由于时间仓促,加之缺乏经验,书中不足之处在所难免,欢迎使用单位和个人提出宝贵意见和建议。

编 者
2010 年 12 月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 测量员的测量任务	(1)
第二节 工程测量基本知识	(4)
第二章 水准测量	(12)
第一节 水准测量原理及水准仪的种类	(12)
第二节 DS3 微倾式水准仪的构造	(13)
第三节 DS3 微倾式水准仪的使用方法	(16)
第四节 水准测量方法	(19)
第五节 水准测量的成果计算	(24)
第六节 水准仪的检验与校正	(25)
第七节 水准测量误差及削减	(27)
第八节 精密水准仪	(30)
第九节 电子水准仪	(32)
第三章 角度测量	(35)
第一节 角度测量原理	(35)
第二节 DJ ₆ 型光学经纬仪	(36)
第三节 经纬仪的使用方法	(39)
第四节 水平角观测	(41)
第五节 竖直角观测	(43)
第六节 经纬仪的检验及校正	(47)
第七节 角度测量的误差分析	(53)
第八节 其他测角经纬仪	(54)
第四章 距离测量	(59)
第一节 钢尺量距	(59)
第二节 光电测距	(64)
第三节 视距测量	(69)
第五章 直线定向	(72)
第一节 标准方向的种类	(72)
第二节 直线方向的表示方法	(74)
第三节 方位角测量	(76)
第六章 全站仪及其使用	(80)
第一节 全站仪的基本构成	(80)

第二节 全站仪的使用	(82)
第七章 测量误差	(85)
第一节 测量误差概述	(85)
第二节 算术平均值及其中误差	(88)
第八章 小地区控制测量	(93)
第一节 控制测量概述	(93)
第二节 导线测量	(99)
第三节 交会定点	(108)
第四节 高程控制测量	(111)
第九章 地形图的基本知识测绘及其应用	(115)
第一节 地形图的比例尺	(115)
第二节 大比例尺地形图的分幅编号及图廓	(116)
第三节 地物符号	(117)
第四节 地貌符号	(120)
第五节 地形图的测绘	(128)
第六节 地形图测绘应用	(137)
第十章 建筑施工测量	(145)
第一节 施工测量概述	(145)
第二节 施工场地的控制测量	(152)
第三节 多层民用建筑测量	(158)
第四节 高层建筑测量	(167)
第五节 工业建筑施工测量	(168)
第六节 钢结构测量	(176)
第七节 管道测量	(177)
第十一章 铁路线路测量	(191)
第一节 线路测量基本知识	(191)
第二节 铁路新线测量	(192)
第三节 曲线测设	(200)
第四节 线路的断面测量	(208)
第五节 线路施工测量	(213)
第十二章 桥梁施工测量	(218)
第一节 桥梁中线复测	(218)
第二节 桥梁施工控制测量	(219)
第三节 桥梁墩、台中心的测设	(222)
第四节 桥梁施工测量	(225)
第十三章 隧道工程测量	(229)
第一节 隧道洞外控制测量	(229)

第二节 隧道进洞测量.....	(231)
第三节 隧道洞内控制测量.....	(233)
第四节 隧道施工测量.....	(235)
第五节 隧道贯通测量.....	(237)
第六节 隧道竣工测量.....	(239)
第七节 隧道工程施工测量的技术资料.....	(240)
第十四章 既有线路及既有站场测量.....	(241)
第一节 既有线路测量.....	(241)
第二节 既有站场测量.....	(247)
第十五章 GPS 卫星定位技术	(251)
第一节 GPS 技术的构成与测量原理	(251)
第二节 GPS 技术的应用	(254)
参 考 文 献.....	(261)

第一章 绪 论

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点位的科学。

工程测量学是研究在工程建设的设计、施工和管理各阶段中进行测量工作的理论、方法和技术。工程测量是测绘科学与技术 in 国民经济和国防建设中的直接应用,是综合性的应用测绘科学与技术。

铁路测量是工程测量学的一部分,是研究铁道工程在勘测、设计、施工和管理等各阶段所进行的各种测量工作的学科。其主要任务可归纳为测定、测设、监测。

按工程建设的进行程序,工程测量可分为勘测设计阶段的测量、施工兴建阶段的测量和竣工后运营管理阶段的测量。勘测设计阶段的测量主要是提供地形资料。取得地形资料的方法是,在所建立的控制测量的基础上进行地面测图或航空摄影测量。施工兴建阶段的测量的主要任务是,按照设计要求在实地准确地标定建筑物各部分的平面位置和高程,作为施工与安装的依据。一般也要求先建立施工控制网,然后根据工程的要求进行各种测量工作。竣工后运营管理阶段的测量,包括竣工测量以及为监视工程安全状况的变形观测与维修养护等测量工作。

第一节 测量员的测量任务

一、测量员的基本职责要求

(1)测量前需了解设计意图,学习和校核图纸;了解施工部署,制定测量放线方案。

(2)测量工作是一项科学工作,它具有客观性。在测量工作中,为避免产生差错,应进行相应的检查和检核,杜绝弄虚作假、伪造成果、违反测量规则的错误行为。因此,施工测量人员应有严肃认真的工作态度。

(3)为了确保施工质量符合设计要求,需要进行相应的测量工作,测量工作的精度,会影响施工质量。因此,施工测量人员应有“质量第一”的观点。

(4)与设计、施工等方面密切配合,并事先做好充分的准备工作,制定切实可行的与施工同步的测量放线方案。

(5)测量的观测成果是施工的依据,应需长期保存。因此,应保持测量成果的真实性、客观性和原始性。

(6)学习铁路测量必须理论联系实际,不但要掌握基本理论,而且要重视对观测、计算、绘图等基本技能的训练,在学习中养成认真负责、一丝不苟的工作作风和爱护仪器设备的良好习惯。

(7)验线工作要主动。验线工作要从审核测量放线方案开始,在各主要阶段施工前,对测量放线工作提出预防性要求,真正做到防患于未然。

(8)须在整个施工的各个阶段和各主要部位做好放线、验线工作,并要在审查测量放线方案和指导检查测量放线工作等方面加强工作,避免返工。

(9)还应有互相协作、紧密配合的团队精神,以及共同完成任务的全局观念。

(10)负责垂直观测、沉降观测,并记录整理观测结果(数据和曲线图表)。负责及时整理完

善基线复核、测量记录等测量资料。

二、工程测量的任务

1. 测图

测图是应用各种测绘仪器和工具,在地球表面局部区域内,测定地物(如房屋、道路、桥梁、河流、湖泊)和地貌(如平原、洼地、丘陵、山地)的特征点或棱角点的三维坐标,然后根据局部区域地图投影理论,将测量资料按比例绘制成图或制作成电子图。其中,既能表示地物平面位置又能表现地貌变化的图称为地形图;仅能表示地物平面位置的图称为地物图。工程竣工后,为了便于工程验收和运营管理、维修,还需测绘竣工图;为了满足与工程建设有关的土地规划与管理、用地界定等的需要,需要测绘各种平面图。

2. 测设,也称放样

放图也称施工放样、施工测设,指根据设计图提供的数据,按照设计精度要求。通过测量手段将建(构)筑物的特征点、线、面等标定到实地工作面上,为施工提供正确位置,指导施工。它是测图的逆反过程。施工放样贯穿于施工阶段的全过程。同时,在施工过程中,还需利用测量的手段监测建(构)筑物的三维坐标、构件与设备的安装定位等,以保证工程施工质量。

3. 变形测量

在大型建筑物的施工过程中和竣工之后,为了确保建筑物在各种荷载或外力作用下,施工和运营的安全性和稳定性,或验证其设计理论和检查施工质量,需要对其进行位移和变形监测,这种监测称为变形测量。它是在建筑物上设置若干观测点,按测量观测程序和相应周期,测定观测点在荷载或外力作用下,随时间延续三维坐标的变化值,以分析判断建筑物的安全性和稳定性。变形观测包括位移观测、倾斜观测、裂缝观测等。

三、工程测量的作用

测绘技术及成果应用十分广泛,对于国民经济建设、国防建设和科学研究起着重要的作用。国民经济建设发展的整体规划,城镇和工矿企业的建设与改(扩)建。交通、水利水电、各种管线的修建,农业、林业、矿产资源等的规划、开发、保护和管理”以及灾情监测等都需要测量工作;在国防建设中,测绘技术对国防工程建设、战略部署和战役指挥、诸兵种协同作战、现代化技术装备和武器装备应用等都起着重要作用;对于空间技术研究、地壳形变、海岸变迁、地极运动、地震预报、地球动力学、卫星发射与回收等科学研究方面,测绘信息资料也是不可缺少的。同时,测绘资料是重要的基础信息,其成果是信息产业的重要组成部分。

在铁路工程测量中,铁路的各种建筑物(如线路、桥梁、隧道、站场等)既相互联系,在设计、施工和养护中对测量工作又各有其特殊的要求和方法。为了确定一条最为经济合理的路线,必须先测绘路线附近的地形图,在地形图上进行路线设计,然后将设计路线的位置标定在地面上以指导施工。当线路跨越河流时,必须建造桥梁,在建桥之前,要测绘河流两岸的地形图,测定河流的水位、流速、流量和河床地形图以及桥梁轴线长度等,为桥梁设计提供必要的资料,最后将设计桥台、桥墩的位置用测量的方法在实地标定。当路线穿过山岭需要开挖隧道时,开挖之前,必须在地形图上确定隧道的位置,隧道施工通常是从隧道两端相向开挖,需要根据测量成果指示开挖方向,保证其正确贯通。铁路建成后运营期间,还需要测量工作为线路及其构筑物的维修、养护、改建和扩建提供资料,包括变形观测和维修养护测量等。由此可见,铁路测量工作内容十分丰富,涉及面也很广。

铁路测量贯穿铁路工程建设的始终,服务于施工过程中的每一个环节,而且测量的精度和进度直接影响到整个工程的质量与进度。因此铁路测量在铁路工程建设中起着十分重要的作用。

四、测量工程的基本原则

- (1)任何测量工作都必须遵循“从整体到局部、先控制后碎部”及“边工作边校核”的原则。
- (2)“从整体到局部”,是指进行任何测量工作都必须先总体布置,然后分期、分区、分项实施,任何局部的测量过程都必须服从全局的要求。
- (3)“先控制后碎部”,即先在测区内选择一些有控制意义的点(称为控制点),把它们的平面位置和高程精确地测定出来,然后根据这些控制点测定出附近碎部点的位置。这种测量方法可以减小误差积累,而且可以同时几个控制点上同时进行测量,加快工作进度。
- (4)当测定控制点的相对位置有错误时,以其为基础所测定的碎部点或测设的放样点,也必然有错。为避免错误的结果对后续测量工作的影响,测量工作必须重视检核,因此,“前一步工作未作检核不进行下一步工作”,是测量工作的又一个原则。

五、测量的基本工作

1. 平面直角坐标的测定

如图 1-1 所示,设 A、B 为已知坐标点, P 为待定点。首先测出了水平角 β 和水平距离 D_{AP} ,再根据 A、B 的坐标,即可推算出 P 点的坐标。

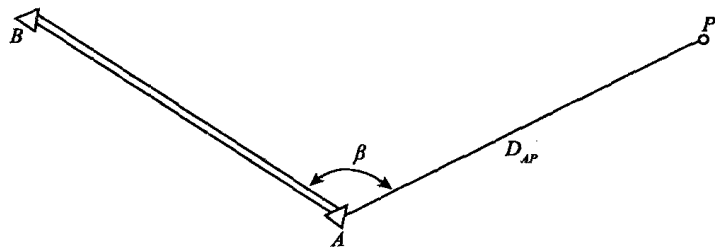


图 1-1 平面直角坐标的测定

因此,测定地面点平面直角坐标的主要测量工作是测量水平角和水平距离。

2. 高程的测定

如图 1-2 所示,设 A 为已知高程点, P 为待定点。则 P 点的高程为:

$$H_P = H_A + h_{AP}$$

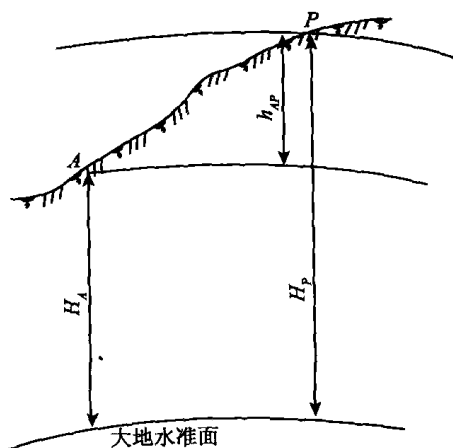


图 1-2 高程的测定

只要测出 A 、 P 之间的高差 h_{AP} , 利用公式 $H_P = H_A + h_{AP}$, 即可算出 P 点的高程。

因此, 测定地面点高程的主要测量工作是测量高差。

综上所述, 测量的基本工作有: 高差测量、水平角测量、水平距离测量。

第二节 工程测量基本知识

一、水准面、水平面以及大地水准面

测量工作是在地球的自然表面进行的, 而地球自然表面是不平坦和不规则的, 有高达 8844.43m 的珠穆朗玛峰, 也有深至 11022m 的玛利亚那海沟, 虽然它们高低起伏悬殊, 但与地球的半径 6371km 相比较, 还是可以忽略不计的。地球表面海洋面积约占 71%, 其中, 陆地面积仅占 29%。人们设想以一个静止不动的海水面延伸穿越陆地, 形成一个闭合的曲面包围了整个地球, 这个闭合曲面称为水准面。水准面的特点是水准面上任意一点的铅垂线都垂直于该点的曲面。与水准面相切的平面, 称为水平面。

水准面有无数个, 其中与平均海面相吻合的水准面称为大地水准面, 它是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的形体, 称为大地体。它代表了地球的自然形状和大小。

二、铅垂线

地球上任一点都同时受到离心力和与地球引力的作用, 这两个力的合力称为重力, 重力的方向线称为铅垂线, 铅垂线是测量工作的基准线。如图 1-3 所示, 在测量工作中, 取得铅垂线的方法是用细绳悬挂一锤球, 细绳在重力作用下形成的下垂线, 即为悬挂点的铅垂线。



图 1-3 铅垂线

三、地球椭球

由于地球内部质量分布不均匀, 引起铅垂线的方向产生不规则的变化, 致使大地水准面成为一个有微小起伏的复杂曲面, 如图 1-4(a) 所示, 人们无法在这样的曲面上直接进行测量数据的处理。为了解决这个问题, 选用一个既非常接近大地水准面, 又能用数学式表示的几何形体来代替地球总的形状。这个几何形体是由椭圆 NWSE 绕其短轴 NS 旋转而成的旋转椭球体, 又称地球椭球体, 如图 1-4(b) 所示。

决定参考椭球面形状和大小的元素是椭圆的长半轴 a 、短半轴 b 。根据 a 和 b 还定义了扁率 f 、第一偏心率 e 和第二偏心率 e' 。

$$f = \frac{a-b}{a}$$

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}$$

我国采用过的两个参考椭球元素值以及 GPS 测量使用的参考椭球元素值列于表 1-1。

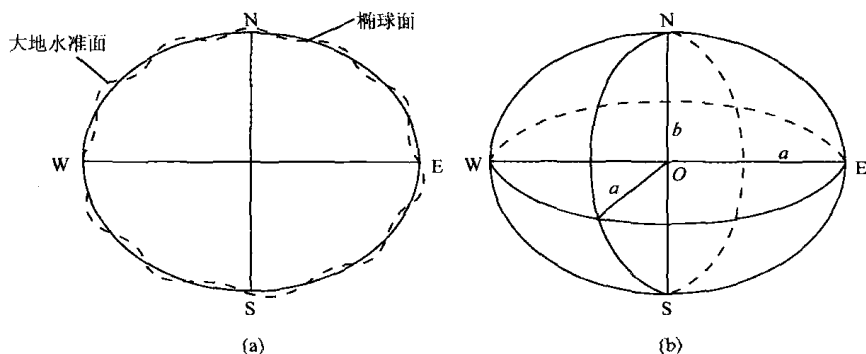


图 1-4 大地水准面与地球椭球体

(a) 大地水准面; (b) 地球椭球体

表 1-1 参考椭球元素值

坐标系名称	$a(\text{m})$	f	e^2	e'^2	参考椭球
1954 北京坐标系	6 378 245	1 : 298.3	0.006 693 421	0.006 738 525	克拉索夫所基椭球
1980 西安坐标系	6 378 140	1 : 298.257	0.006 694 384	0.006 739 501	IUGG1975 椭球
WGS-84 坐标系 (GPS 用)	6 378 137	1 : 298.257	0.006 694 379	0.006 739 496	IUGG1979 椭球

注: IUGG——国际大地测量与地球物理联合会(International Union of Geodesy and Geophysics)。

由于参考椭球的扁率很小,当测区范围不大时,在普通测量中可以将地球近似地看作圆球体,其半径为 $R = \frac{1}{3}(a+b+c) \approx 6\,371\text{ km}$ 。

四、测量的坐标系

在工程建设中常用的坐标系统有:大地坐标、高斯平面直角坐标、独立平面直角坐标、WGS-84 坐标。

1. 大地坐标

大地坐标,是以参考椭球面及其法线为依据建立起来的坐标系统,用大地经度 L 和大地纬度 B 表示,如图 1-5 所示。过 P 点的子午面与起始子午面之间的夹角 L ,称为 P 点的大地经度。过 P 点的法线与赤道面的夹角 B ,称为 P 点的大地纬度。

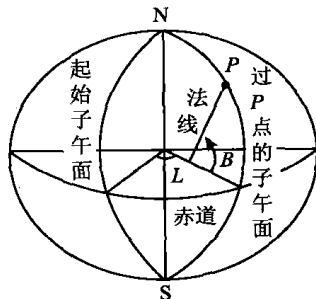


图 1-5 大地坐标

大地坐标自起始子午面起,向东 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称东经,向西 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称西经;自赤道起,向北 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称北纬,向南 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称南纬。例如北京某点的大地坐标为东经 $103^\circ 14'$ 北纬 $28^\circ 36'$ 。

2. 高斯平面直角坐标系,该坐标系如何建立

地球椭球面是一个不可展的曲面,必须通过投影的方法将地球椭球面的点位换算到平面上。地图投影方法有多种。利用高斯投影法建立的平面直角坐标系,称为高斯平面直角坐标系。

(1)高斯投影法是将地球划分成若干带,然后将每带投影到平面上。如图 1-6 所示,投影带是从首子午线起,每隔经度 6° 划分一带,称为 6° 带,将整个地球划分成 60 个带。带号从首子午线起自西向东编, $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第 1 号带, $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第 2 号带, … 位于各带中央的子午线,称为中央子午线,第 1 号带中央子午线的经度为 3° ,任意号带中央子午线的经度 λ_0 ,可按式计算。

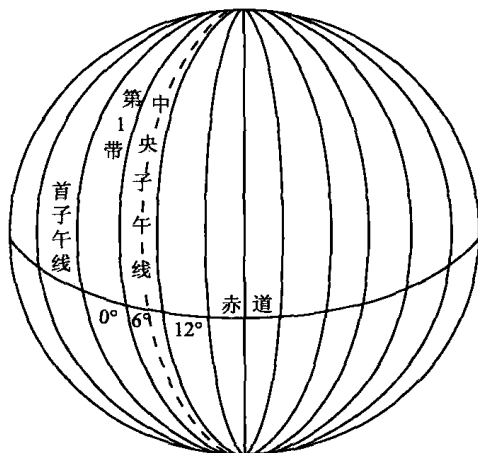


图 1-6 高斯平面直角坐标的分带

$$\lambda_0 = 6^\circ n - 3^\circ$$

式中 n —— 6° 带的带号。

(2)设想把投影面卷成圆柱面套在地球上,如图 1-7(a)所示,使圆柱的轴心通过圆球的中心,并与某 6° 带的中央子午线相切。在球面图形与柱面图形保持等角的条件下,将该 6° 带上的图形投影到圆柱面上。然后,将圆柱面沿过南、北极的母线 KK' 、 LL' 剪开,并展开成平面,这个平面称为高斯投影平面。如图 1-7(b)所示,投影后在高斯投影平面上,中央子午线和赤道的投影是两条互相垂直的直线,其他的经线和纬线是曲线。

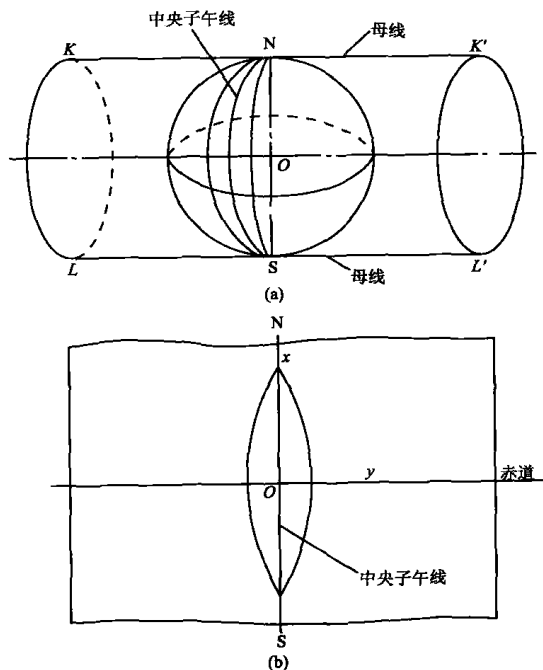


图 1-7 高斯投影及平面

(a)高斯投影;(b)高斯投影平面

(3)规定中央子午线的投影为高斯平面、直角坐标系的纵轴 x ;赤道的投影为高斯平面直角坐标系的横轴 y ,两坐标轴的交点为坐标原点 O 。并令 x 轴向北为正, y 轴向东为正,由此建立了高斯平面直角坐标系,如图 1-8 所示。在图 1-8(a)中。地面点 A 、 B 的平面位置,可用高斯平面直角坐标 x 、 y 来表示。由于我国位于北半球, x 坐标均为正值, y 坐标则有正有负,如图所示, $y_A = +136780\text{m}$, $y_B = -272440\text{m}$ 。为了避免 y 坐标出现负值,将每带的坐标原点向西移 500km ,如图 1-8(b)所示,纵轴西移后:

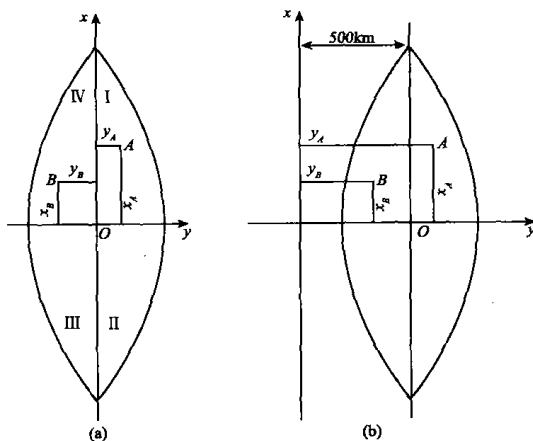


图 1-8 高斯平面直角坐标

(a)坐标原点西移前的高斯平面直角坐标;(b)坐标原点西移后的高斯平面直角坐标

$$y_A = 500000\text{m} + 136780\text{m} = 636780\text{m}, y_B = 500000\text{m} - 272440\text{m} = 227560\text{m}$$

规定在横坐标值前冠以投影带带号,这样可以区分某点所处投影带的位置,如 A 、 B 两点均位于第 20 号带,则:

$$y_A = 20636780\text{m}, y_B = 20227560\text{m}$$

(4)在高斯投影中,除中央子午线外,球面上其余的曲线投影后都会产生变形。离中央子午线近的部分变形小,离中央子午线愈远变形愈大,两侧对称。当要求投影变形更小时,可采用 3° 带投影。如图 1-9 所示, 3° 带是从东经 $1^\circ 30'$ 开始,每隔经度 3° 划分一带,将整个地球划分成 120 个带。每一带按前面所叙方法,建立各自的高斯平面直角坐标系。各带中央子午线的经度 λ'_0 ,可按式计算。

$$\lambda'_0 = 3^\circ n$$

式中 n —— 3° 带的带号。

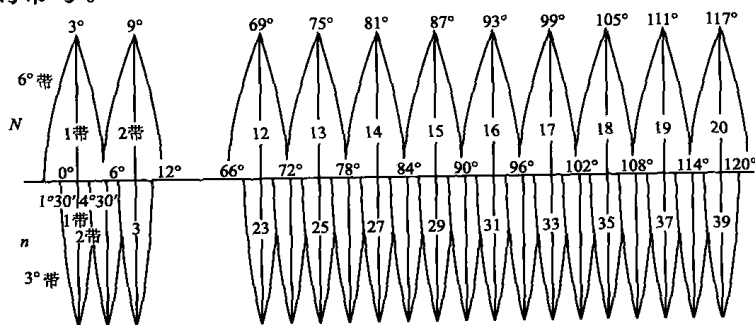


图 1-9 高斯平面直角坐标系 6° 带投影与 3° 带投影的关系

3. 独立平面直角坐标系

(1)当测区范围较小时(如小于 100km^2),可以用测区中心点的切平面来代替大地水准面,

如图 1-10 所示,在切平面上建立的测区平面直角坐标系即为独立平面直角坐标系。

(2)坐标系的原点一般选在测区前西南角,以使测区内点的 x 、 y 坐标均为正值;以过测区中心的子午线方向为 x 轴方向,向北为正,过原点并与 x 轴垂直的方向为 y 轴,向东为正;坐标系的象限以顺时针方向排列,如图 1-11 所示。

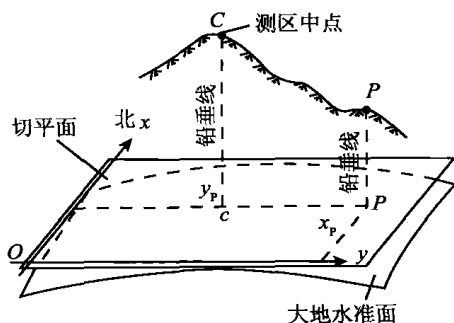


图 1-10 独立平面直角坐标原理图

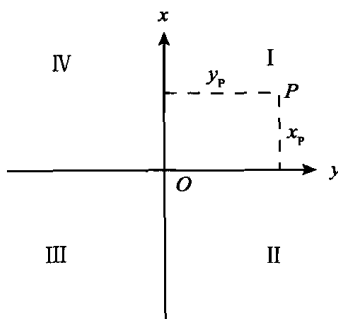


图 1-11 独立平面直角坐标系

(3)将测区内任一点 P 沿铅垂线投影到切平面上得 P 点,通过测量计算出的 P 点坐标 x_p 、 y_p ,就是 P 点在独立平面直角坐标系中的坐标。

(4)测量平面直角坐标系与数学中常用的笛卡儿坐标系不同,二者区别在于坐标轴互换、象限顺序相反。这样,所有平面上的数学公式均可直接在测量中使用,同时又便于测量的方向和坐标计算。

4. 中国测量体系中所用的坐标系

(1)新中国成立后至今为止,我国先后采用了两套平面坐标系,即“1954 北京坐标系”和“1980 西安坐标系”,大地点的坐标 x 、 y 为高斯平面直角坐标。

(2)建国初期,由于缺乏天文大地网观测资料,我国暂时采用了克拉索夫斯基椭球,并与前苏联 1942 年坐标系统进行联测,通过计算建立了我国大地坐标系,称为 1954 北京坐标系。

(3)到 20 世纪 80 年代初,我国已基本完成了天文大地测量,我国天文大地网近 5 万个点的整体平差从 1972 年开始到 1982 年完成。1980 西安坐标系,采用国际大地测量与地球物理联合会推荐的 1975 椭球,大地原点位于西安市北 60km 处的泾阳县永乐镇。

五、地面点的高程

1. 绝对高程

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程,简称高程,用 H 表示。如图 1-12 所示,地面点 A 、 B 的高程分别为 H_A 、 H_B 。

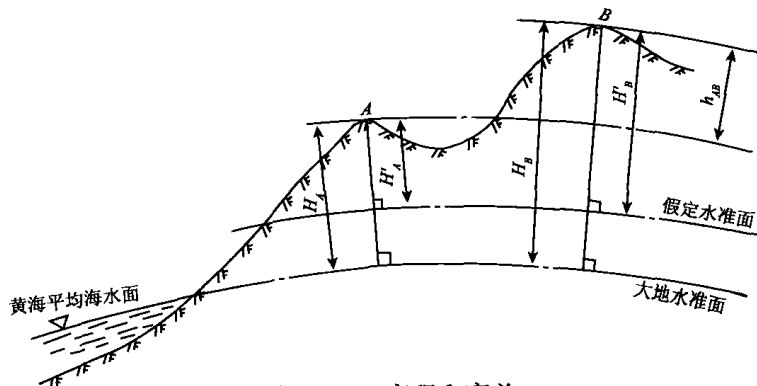


图 1-12 高程和高差

个别地区采用绝对高程有困难时,也可以假定一个水准面作为高程起算基准面,这个水准面称为假定水准面。地面点到假定水准面的铅垂距离,称为该点的相对高程或假定高程。如图 1-13 所示, A、B 两点的相对高程为 H'_A 、 H'_B 。

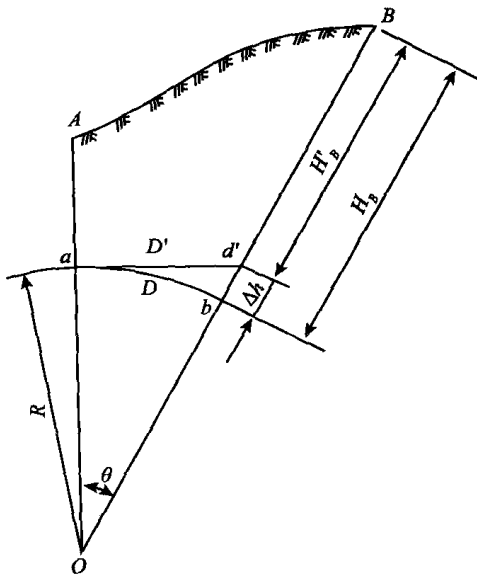


图 1-13 用水平面代替水准面对距离和高程的影响

2. 高差

高差是指地面两点间的高程之差,用 h 表示。高差有方向和正负。A、B 两点的高差为:

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

当 h_{AB} 为正时, B 点高于 A 点;当 h_{AB} 为负时, B 点低于 A 点。

B、A 两点的高差为:

$$h_{BA} = H_A - H_B$$

因此, A、B 两点的高差与 B、A 两点的高差,绝对值相等,符号相反,即

$$h_{AB} = -h_{BA}$$

六、用水平面代替水准面的限度

(1) 与水准面相切的平面称为过切点的水平面。在实际测量工作中,当测区面积不大时,往往以水平面直接代替水准面,也就是把这部分地球表面上的点直接投影到水平面上来决定其位置。这样做简化了测量和计算工作,但却给测量结果带来误差,如果这些误差在所容许的限差范围之内,这种替代是允许的。

(2) 通常在 100km^2 范围内进行测量时,实测的水准面上的长度和角度可以看作是水平面上的长度和角度,可以忽略水准面与水平面上长度和角度的差异。

(3) 在一般高程测量中,用水平面代替水准面时产生的高程误差是不可忽视的,必须考虑其影响。

七、测量中常用的计量单位及其换算

1. 长度单位

国际通用长度基本单位为 m,我国法定长度计量单位采用的米(m)制与其他长度单位关系如下:

1m(米)=10dm(分米)=100cm(厘米);1000mm(毫米); $10^6\mu\text{m}$ (微米)= 10^9mm (纳米)

1km(千米)=1000m(米)

2. 面积与体积单位

我国法定的面积单位,当面积较小时用 m^2 (平方米),当面积较大时用 km^2 (平方千米), $1\text{km}^2=10^6\text{m}^2$,体积单位规定用 m^3 (立方米或方)。

3. 时间单位“秒”的定义

经典的时间标准是用天文测量方法测定的。设将测量仪器的望远镜指向天顶,则某一天体连续两次通过望远镜纵丝的时间间隔就等于 24h(小时)。1h 的 3600 分之一就等于 1s(秒)。当然精确的“秒”要用一年甚至几年的时间间隔细分后求得。自 20 世纪 70 年代起才改用原子钟取得时间的标准。

4. 长度单位换算

1km=1000m,1m=10dm=100cm=1000mm

1mile(英里)=1.6093km,1yd(码)=3ft(英尺)

1ft(英尺)=12in(英寸)=30.48cm

1in(英寸)=2.54cm

1n mile(海里)=1.852km=1852m

1 里=500m

1 丈=10 尺=100 寸,1 尺=1/3m

5. 角度单位换算

1 度(d)=60 分(m)=3600 秒(s)

1gon(新度)=100c(新分)=10000cc(新秒)

1gon=0.9d1c=0.54m,1cc=0.324s

$\rho^\circ=180^\circ/\pi=57.30^\circ$

$\rho^\circ=3438'$, $\rho^\circ=206265''$

6. 测量数据计算的凑整规则

测量数据在成果计算过程中,往往涉及凑整问题。为了避免凑整误差的积累而影响测量成果的精度,通常采用以下凑整规则:被舍去数值部分的首位大于 5,则保留数值最末位加 1;被舍去数值部分的首位小于 5,则保留数值最末位不变;被舍去数值部分的首位等于 5,则保留数值最末位凑成偶数。即大于 5 则进,小于 5 则舍,等于 5 视前一位数而定,奇进偶不进。例如:下列数字凑整后保留三位小数时,3.14159→3.142(奇进),2.64575→2.646(进 1),1.41421→1.414(舍去),7.14256→7.142(偶不进)。

八、工程测量的发展趋势

(1)测量内外业作业的一体化系指测量内业和外业工作已无明确的界限。过去只能在内业完成的事现在在外业可以很方便地完成。测图时可在野外编辑修改图形,控制测量时可在测站上平差和得到坐标,施工放样数据可在放样过程中随时计算。

(2)数据获取及处理的自动化主要指数据的自动化流程;电子全站仪、电子水准仪、GPS 接收机都是自动地进行数据获取,大比例尺测图系统、水下地形测量系统、大坝变形监测系统等都可实现或都已实现数据获取及处理的自动化。用测量机器人还可实现了无人观测,即测量过程的自动化。