

**土木工程施工现场
技术管理指南丛书**

测量员

张春霞 主编



化学工业出版社

本丛书共分10册，包括：《土方工程施工》、《地基与基础工程施工》、《砌体工程施工》、《钢筋混凝土工程施工》、《预应力混凝土工程施工》、《钢结构工程施工》、《木结构工程施工》、《屋面工程施工》、《装饰装修工程施工》、《安装工程》。本丛书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

土木工程施工现场技术管理指南丛书

测量员

张春霞 主编

ISBN 7-122-03005-2

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

3005

（本书附赠光盘一张，内容为本书配套的教学资源。）

ISBN 7-122-03005-2

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。

本书可作为土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程施工的技术人员参考。



化学工业出版社

· 北京 ·

（本书附赠光盘一张，内容为本书配套的教学资源。）

（本书附赠光盘一张，内容为本书配套的教学资源。）

本书主要包括水准测量、角度测量、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、工程控制测量、线路工程测量、施工测量、建筑变形测量、管道施工测量、竣工总平面图的编绘、GPS 全球定位系统等内容。

本书可作为土木工程测量员现场进行测量工作的技术手册，亦可作为测量员岗位培训教材。

土木工程施工现场技术管理指南丛书

测量员

张春霞 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

测量员/张春霞主编. —北京: 化学工业出版社,
2008.2

(土木工程施工现场技术管理指南丛书)

ISBN 978-7-122-01984-4

I. 测… II. 张… III. 建筑测量 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 010065 号

责任编辑: 徐娟 左晨燕

文字编辑: 刘志茹

责任校对: 李林

装帧设计: 关飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14 1/4 字数 372 千字 2008 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

出版者的话

随着我国经济建设飞速发展，城乡建设规模日益扩大，建筑施工队伍不断增加，建筑工程基层施工技术管理人员（安全员、材料员、质量员、施工员、测量员、造价员、机械员、试验员、现场电工、资料员等）肩负着重要的技术和管理职责，是他们将图纸上的建筑线条和数据，一砖一瓦建成实实在在的建筑空间，他们的管理能力、技术水平的高低，直接关系到工程项目施工的质量和效率，关系到建筑物的经济和社会效益，关系到使用者的生命和财产安全，关系到建筑企业的信誉、前途和发展。

如何在建筑施工新技术、新材料、新工艺广泛应用的今天，不断提高工程项目施工现场技术管理人员的管理能力和技术水平，如何向管理要效率，如何向技术要质量，已成燃眉之急。但施工现场技术管理人员工作繁忙，很难有时间系统地学习和进修相关专业知识，为此，我们根据土木工程施工现场技术管理的实际需要，以工程项目中的各个岗位从业人员为对象，组织编写了本套《土木工程施工现场技术管理指南丛书》，以期在建筑技术不断发展的今天，能够提供一套内容简明、易查易懂、图文并茂，融新技术、新材料、新工艺与管理为一体的实用性图书。本套丛书将管理知识、工艺技术、规范与标准的内容分别整合成若干关键点进行编写，突出实际操作，注重管理的可控性，力求更为贴近土木工程施工现场技术管理的实际。

土木工程涉及内容广泛，本套丛书为开放性丛书，先期推出以下 12 册：《安全员》、《材料员》、《质量员（土建）》、《质量员（安装）》、《施工员（土建）》、《施工员（安装）》、《造价员》、《测量员》、《机械员》、《试验员》、《现场电工》和《资料员》。

本套丛书的特点是：

- （1）以新版国家法律法规、行业规程、技术管理规范 and 标准为基础，力求对其全方位解读，推动其贯彻和落实；
- （2）融入国家工程建设强制性条文的内容，对施工现场的技术管理工作更具指导性和实时性；
- （3）考虑到施工环境的南北差异，各分册内容适合我国各地土木工程施工现场的实际需要；
- （4）通过大量的数据和图表对技术和管理进行详尽而简洁、通俗、系统的归纳和梳理，具有很强的现场指导性，有利于读者现场查阅，切实提高技术和管理水平。

化学工业出版社环境·建筑出版分社

2008 年 1 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 测量学的任务	1
一、工程测量学的定义	1
二、工程测量学的任务	1
三、工程测量学的作用	2
四、工程测量学的发展展望	3
第二节 测量常用单位及换算	3
第二章 水准测量	5
第一节 水准测量原理	5
第二节 水准测量的仪器和工具	6
一、DS ₃ 微倾式水准仪的构造	7
二、水准尺和尺垫	9
三、DS ₃ 微倾式水准仪的使用	9
四、自动安平水准仪的构造和使用	11
第三节 水准测量外业工作	11
一、水准点及水准测量路线形式	11
二、水准测量的实施	13
三、水准测量的测站检核	13
四、水准测量的等级及主要技术要求	15
第四节 水准测量的内业	16
一、符合水准路线闭合差的计算和调整	16
二、闭合水准路线闭合差的计算和调整	16
第五节 微倾式水准仪的检验与校正	17
一、水准仪应满足的几何条件	17
二、水准仪的检验与校正	17
第六节 水准测量的误差分析	20
一、仪器误差	20
二、观测误差	21
三、外界条件的影响	21
第七节 精密水准仪和数字水准仪	22
一、精密水准仪	22
二、数字水准仪	23
第三章 角度测量	25
第一节 角测量原理	25
一、水平角测量原理	25

二、竖直角测量原理	25
第二节 光学经纬仪的构造及操作	26
一、DJ ₆ 级光学经纬仪构造	26
二、DJ ₆ 级光学经纬仪的读数装置	28
三、读数装置及读数方法	28
四、DJ ₂ 型光学经纬仪构造	29
第三节 水平角观测	30
一、经纬仪的技术操作	30
二、水平角观测	31
第四节 竖直角观测	33
一、竖直角测量原理	34
二、竖直度盘	34
三、垂直角计算公式	35
四、竖盘指标差	36
五、竖直角的观测与计算	37
六、竖盘指标差自动归零的补偿装置	38
第五节 经纬仪的检验和校正	38
一、经纬仪应满足的主要条件	38
二、水准管轴 LL 垂直于竖轴 VV 的检验与校正	39
三、十字丝竖丝应垂直于仪器横轴的检验与校正	40
四、视准轴应垂直于横轴的检验和校正	41
五、横轴与竖轴垂直的检验与校正	41
六、竖盘水准管的检验与校正	42
七、光学对中器的检验与校正	42
第六节 水平角测量的误差	44
一、仪器误差	44
二、观测误差	44
三、外界条件的影响	45
第七节 电子经纬仪	45
一、电子测角原理	46
二、电子经纬仪的读数系统	46
三、电子经纬仪的使用	47
第四章 距离测量与直线定向	48
第一节 钢尺量距	48
一、量距的工具	48
二、直线定线	49
三、钢尺量距的一般方法	50
四、钢尺量距的精密方法	51
五、钢尺的检定	52
六、钢尺量距的误差分析	53
第二节 视距测量	54

一、视距测量原理	54
二、视距测量的观测与计算	56
三、视距常数的测定	56
四、视距测量误差及注意事项	56
第三节 光电测距	57
一、光电测距原理	57
二、光电测距仪及其使用方法	57
三、测距成果整理	59
四、光电测距的误差及其注意事项	60
第四节 直线定向	61
一、标准方向	61
二、表示直线方向的方法	61
三、用罗盘仪测定磁方位角	64
四、用陀螺经纬仪测量直线的真方位角	64
第五节 全站仪及其使用	66
一、全站仪的基本结构	66
二、全站仪的操作与使用	67
三、全站仪的等级与检测	67
四、全站仪使用注意事项	68
第五章 测量误差的基本知识	69
第一节 测量误差概述	69
一、观测误差产生的原因	69
二、测量误差分类	69
第二节 衡量精度的指标	71
一、方差和中误差	71
二、相对误差	71
三、极限误差	71
第三节 误差传播定律	71
第四节 等精度直接观测值的最可靠值	72
第六章 工程控制测量	73
第一节 概述	73
一、工程控制测量的分类	73
二、控制网及平差计算	74
三、平面控制	75
四、高程控制测量	78
第二节 导线测量	79
一、导线测量概述	79
二、导线的布网形式	79
三、导线测量的外业工作	80
四、导线测量的内业计算	81
五、查找导线测量错误的方法	83

第三节 角度前方交会	83
一、前方交会	83
二、测边交会	84
第四节 三、四等水准测量	84
一、水准路线长度和水准点的间距	84
二、每一站的观测顺序	85
三、测站计算与检核	85
四、成果计算	85
五、测量注意事项	85
第五节 三角高程测量	86
一、三角高程的测量原理	86
二、三角高程的技术要求	87
三、三角高程测量的精度	87
四、三角高程测量的观测和计算	88
第六节 路桥平面控制测量	88
一、一般规定	88
二、三角测量的主要技术要求	89
三、三边测量的主要技术要求	89
四、导线测量的主要技术要求	89
五、平面控制网的设计	89
六、水平角观测	90
七、距离测量	92
八、成果的记录、整理和计算	94
第七节 路桥高程测量	95
一、一般规定	95
二、水准点的布设	96
三、水准观测	96
四、观测结果的重测和取舍	96
五、光电测距三角高程	97
六、跨河水准测量	98
七、外业成果的整理	98
第七章 线路工程测量	99
第一节 中线测量概述	99
一、线路测量的任务和内容	99
二、线路测量的基本特点	100
三、线路测量的基本过程	100
第二节 中线定线测量	101
一、交点和转点的测设	102
二、转角测定和里程桩设置	105
三、中桩测设	106
第三节 线路曲线及其测设	107

一、圆曲线主点测设	108
二、圆曲线的详细测设	108
第四节 缓和曲线	109
一、基本公式	109
二、缓和曲线方程式	110
三、缓和曲线的插入方法	110
四、缓和曲线常数的计算	110
第五节 线路纵、横断面图测绘	112
一、高程控制测量	112
二、线路纵断面测量	114
三、纵断面图的绘制及施工量计算	115
第六节 线路横断面测量	116
一、测设横断面方向	117
二、测定横断面上点位和高差	117
三、横断面图的绘制	118
第七节 线路工程施工测量	119
一、施工控制桩的测设	119
二、边桩的测设	120
三、路基边坡的测设	121
第八节 渠道测量	122
一、渠道及其配套建筑物平面位置的测定	122
二、渠道纵断面高程测量	122
三、渠道横断面高程测量	123
第八章 施工测量	124
第一节 施工测量概述	124
一、施工测量的目的和任务	124
二、施工测量的特点	124
三、施工测量的原则	125
四、施工测量的精度	125
第二节 施工放样的基本方法	125
一、测设已知水平距离	125
二、测设已知水平角	128
三、测设已知高程	129
四、点的平面位置的放样	130
五、已知坡度线的测设	133
第三节 建筑施工控制测量	133
一、坐标系统与坐标换算	134
二、控制测量技术要求	135
三、建筑基线	137
四、建筑方格网	138
五、施工场地高程测量	140

40	第四节 民用建筑施工测量	140
801	一、测设前的准备工作	140
901	二、民用建筑物的定位	141
901	三、建筑物放线	142
901	四、基础施工的测量工作	143
901	五、墙体施工测量	145
901	六、建筑物的轴线投测	145
901	七、建筑物的高程传递	146
901	八、复杂民用建筑物施工测量	146
1	第五节 工业厂房施工测量	147
901	一、柱列轴线的测设	147
901	二、柱基的测设	147
901	三、柱子安装测量	149
901	四、吊车梁的安装测量	151
901	五、吊车轨道安装测量	152
901	六、屋架安装测量	153
9	第六节 高层建筑物测量	154
901	一、建立施工控制网	154
101	二、高层建筑物主要轴线的定位及标定	155
901	三、高层建筑中的竖向测量	157
20	第七节 钢结构测量	158
901	一、测量准备工作	158
901	二、测量控制要点	159
	第九章 建筑变形测量	160
10	第一节 建筑变形测量概述	160
101	一、建筑物地基和基础变形观测内容	160
101	二、建筑物上部变形观测内容	160
101	三、建筑变形测量的基本规定	161
30	第二节 变形控制测量	165
901	一、一般规定	165
901	二、高程基准点的布设与测量	165
901	三、平面基准点的布设与测量	166
901	四、水准测量	169
901	五、电子测距三角高程测量	172
901	六、水平角测量	174
901	七、距离测量	175
901	八、GPS 测量	176
40	第三节 沉降控制测量	178
901	一、一般规定	178
901	二、建筑场地沉降观测	179
901	三、基坑回弹观测	181

四、地基土分层沉降观测·····	185
五、建筑物沉降观测·····	185
第四节 位移观测·····	187
一、一般规定·····	187
二、建筑物主体倾斜观测·····	189
三、建筑物水平位移观测·····	191
四、基坑侧向位移观测·····	195
五、建筑场地滑坡观测·····	196
六、挠度观测·····	197
七、裂缝观测·····	198
第五节 特殊变形观测·····	199
一、一般规定·····	199
二、日照变形观测·····	199
三、风振观测·····	200
四、其他动荷载作用下的变形观测·····	201
第六节 数据处理分析·····	202
一、一般规定·····	202
二、数据验算与处理·····	203
三、平差计算·····	206
四、变形分析·····	206
第七节 成果整理与质量检查验收·····	207
一、成果整理·····	207
二、成果检查验收·····	208
第十章 管道施工测量·····	210
第一节 施工前的测量工作·····	210
第二节 管道施工测量·····	210
一、复核中线和测设施工控制桩·····	210
二、槽口放线与断面测量·····	212
三、地下管线施工测量·····	212
四、架空管线施工测量·····	215
第三节 顶管施工测量·····	215
一、中线测量·····	215
二、高程测量·····	216
第四节 管道竣工测量·····	217
第十一章 竣工总平面图的编绘·····	218
第一节 编绘竣工总平面图的方法和步骤·····	218
一、绘制前准备·····	218
二、竣工总平面图的编绘·····	219
第二节 竣工总平面图最终绘制·····	220
参考文献·····	222

第一章

绪论

第一节 测量学的任务

一、工程测量学的定义

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。

按工程建设的进行程序,工程测量可分为规划设计阶段的测量、施工兴建阶段的测量和竣工后运营管理阶段的测量。规划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。

按工程测量所服务的工程种类,也可分为建筑工程测量、线路测量、桥梁与隧道测量、矿山测量、城市测量和水利工程测量等。此外,还将用于大型设备的高精度定位和变形观测称为高精度工程测量;将摄影测量技术应用于工程建设称为工程摄影测量;而将以电子全站仪或地面摄影仪为传感器在电子计算机支持下的测量系统称为三维工业测量。

二、工程测量学的任务

工程测量学,按其对象分为工业建设工程测量、城市建设工程测量、公路铁路工程测量、桥梁工程测量、隧道与地下工程测量、水利水电工程测量、管线工程测量等。在工程建设过程中,工程项目一般分规划与勘测设计、施工、运营管理三个阶段,测量工作贯穿于工程项目建设的全过程,根据不同的施测对象和阶段,工程测量学具有以下任务。

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(如地籍图、宗地

图);对于道路、管线和特殊建(构)筑物的设计,还需测绘带状地形图和沿某方向表示地面起伏变化的断面图等。

2. 用图

用图是利用成图的基本原理,如构图方法、坐标系统、表达方式等,在图上进行量测,以获得所需要的资料(如地面点的三维坐标、两点间的距离、地块面积、地面坡度、断面形状),或将图上量测的数据反算成实地相应的测量数据,以解决设计和施工中的实际问题。例如利用有利的地形来选择建筑物的布局、形式、位置和尺寸,在地形图上进行方案比较、土方量估算、施工场地布置与平整等。用图是成图的逆反过程。

建设工程项目的规划设计方案,力求经济、合理、实用、美观。这就要求在规划设计中,充分利用地形,合理使用土地,正确处理建设项目与环境的关系,做到规划设计与自然美的结合,使建筑物与自然地形形成协调统一的整体。因而,用图贯穿于工程规划设计的全过程。同时在工程项目改(扩)建、施工阶段、运营管理阶段也需要用图。

3. 放图

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。

4. 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、工程测量学的作用

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。

在土木工程中,测绘科学的各项高新技术,已在或正在土木工程各专业中得到广泛应用。在建设工程的规划设计阶段,各种比例尺地形图、数字地形图或有关GIS(地理信息系统),用于城镇规划设计、管理、道路选线以及总平面和竖向设计等,以保障建设选址得当、规划布局科学合理;在施工阶段,特别是大型、特大型工程的施工,GPS(全球定位系统)技术和测量机器人技术已经用于高精度建(构)筑物的施工测设,并适时对施工、安装工作进行检验校正,以保证施工符合设计要求;在工程管理方面,竣工测量资料是扩建、改建和管理维护必需的资料。对于大型或重要建(构)筑物还要定期进行变形监测,以确保其安全

可靠；在土地资源管理方面，地籍图、房产图对土地资源开发、综合利用、管理和权属确认具有法律效力。因此，测绘资料是项目建设的重要依据，是土木工程勘察设计现代化的重要技术，是工程项目顺利施工的重要保证，是房产、地产管理的重要手段，是工程质量检验和监测的重要措施。

四、工程测量学的发展展望

工程测量的发展趋势和特点可概括为：测量内外业作业的一体化；数据获取及处理的自动化；测量过程控制和系统行为的智能化；测量成果和产品的数字化；测量信息管理的可视化；信息共享和传播的网络化。现代工程测量发展的特点可概括为精确、可靠、快速、简便、连续、动态、遥测、实时。

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。

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 etc 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。

测量过程控制和系统行为的智能化主要指通过程序实现对自动化观测仪器的智能化控制。

测量成果和产品的数字化是指成果的形式和提交方式，只有数字化才能实现计算机处理和管理。

测量信息管理的可视化包含图形可视化、三维可视化和虚拟现实等。

信息共享和传播的网络化是在数字化基础上进一步锦上添花，包括在局域网和国际互联网上实现。

第二节 测量常用单位及换算

1. 长度单位

18 世纪法国科学院派测量队进行“弧度测量”。随后以测得的子午线弧长的四千万分之一作为长度的基本单位，称为“米”。为了使用方便，用铂金属制造了几根长一米的尺子，称为米的原尺。当时，世界各国的长度标准都是由这几根米尺派生复制出来的。我国在 20 世纪 60 年代之前也一直使用这样的复制尺。

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：

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

$$1\text{km}(\text{千米})=1000\text{m}(\text{米})$$

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. 平面角单位

测量上常用的平面角单位有 60 进制的度、100 进制的新度和弧度。我国法定平面角单

位为 60 进制的度,其换算关系如下。

60 进制的度:1 圆周角 $=360^{\circ}$ (度), 1° (度) $=60'$ (分) $=3600''$ (秒)

100 进制的新度:1 圆周角 $=400\text{gon}$ (新度,称为“冈”)

1gon (新度) $=100\text{c}$ (新分) $=10000\text{cc}$ (新秒)

弧度制:以与半径等长的弧长所对的圆心角为度量角度的单位,称为 1 弧度,用“ ρ ”表示。它与 60 进制的度的关系为:

1 圆周角 $=2\pi\rho$ (弧度) $=360^{\circ}$ (度)

$1\rho\approx57.30^{\circ}$ (度), $1\rho\approx3438'$ (分), $1\rho\approx206265''$ (秒)

4. 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。

5. 单位换算

1km $=1000\text{m}$,1m $=10\text{dm}=100\text{cm}=1000\text{mm}$

1mile(英里) $=1.6093\text{km}$,1yd(码) $=3\text{ft}$ (英尺)

1ft(英尺) $=12\text{in}$ (英寸) $=30.48\text{cm}$

1in(英寸) $=2.54\text{cm}$

1n mile(海里) $=1.852\text{km}=1852\text{m}$

1 里 $=500\text{m}$

1 丈 $=10$ 尺 $=100$ 寸,1 尺 $=1/3\text{m}$

6. 角度单位换算

1 度(d) $=60$ 分(m) $=3600$ 秒(s)

1gon (新度) $=100\text{c}$ (新分) $=10000\text{cc}$ (新秒)

$1\text{gon}=0.9\text{d}$ $1\text{c}=0.54\text{m}$ $1\text{cc}=0.324\text{s}$

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

$\rho^{\circ}=3438'$ $\rho^{\circ}=206265''$

7. 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:①被舍去数值部分的首位大于 5,则保留数值最末位加 1;②被舍去数值部分的首位小于 5,则保留数值最末位不变;③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。

综合上述原则,可表述为: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 $\rightarrow$ 3.142(奇进),2.64575 $\rightarrow$ 2.646(进 1),1.41421 $\rightarrow$ 1.414(舍去),7.14256 $\rightarrow$ 7.142(偶不进)。

第二章

水准测量

地面点的高程是地面点的定位元素之一，测定地面点高程的工作称为高程测量，是测量的基本工作之一。按使用的测量仪器和获得高程的方法有水准测量和三角高程测量，此外还有液体静力水准测量、气压高程测量和 GPS 高程测量等。本章主要介绍水准测量。

第一节 水准测量原理

水准测量是利用一条水平视线，并借助水准尺来测定地面两点间的高差，这样就可由已知点的高程推算出未知点的高程。

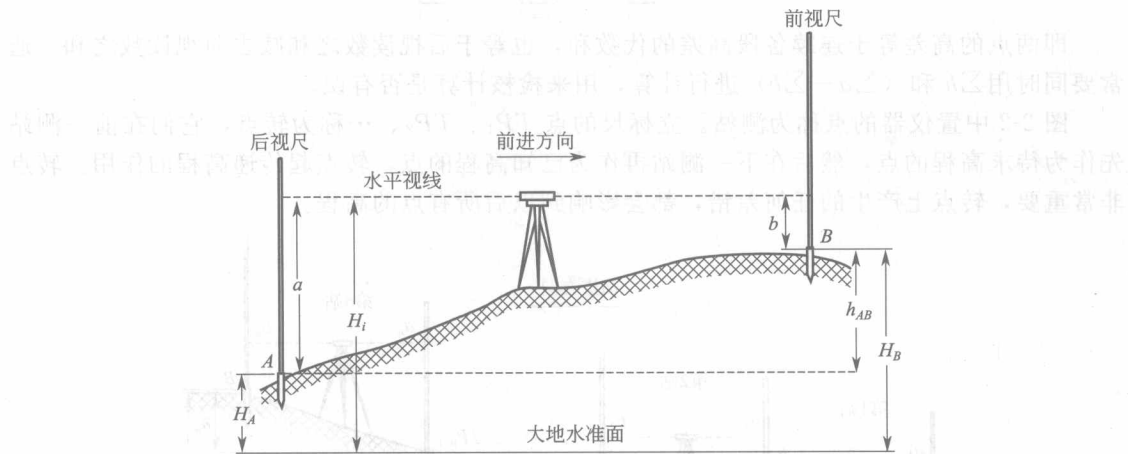


图 2-1 水准测量原理

水准测量是利用水平视线来求得两点的高差。例如图 2-1 所示，为了求出 A、B 两点的高差 h_{AB} ，在 A、B 两个点上竖立带有分划的标尺——水准尺，在 A、B 两点之间安置可提供水平视线的仪器——水准仪。当视线水平时，在 A、B 两个点的标尺上分别读得读数 a 和 b ，则 A、B 两点的高差等于两个标尺读数之差。即

$$h_{AB} = a - b$$

如果 A 为已知高程的点，B 为待求高程的点，则 B 点的高程为：

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

读数 a 是在已知高程点上的水准尺读数，称为“后视读数”； b 是在待求高程点上的水准尺读数，称为“前视读数”。高差必须是后视读数减去前视读数。高差 h_{AB} 的值可能是正，也可能是负，正值表示待求点 B 高于已知点 A，负值表示待求点 B 低于已知点 A。此外，高差的正负号又与测量进行的方向有关，例如图 2-1 中测量由 A 向 B 进行，高差用 h_{AB} 表

示, 其值为正; 反之由 B 向 A 进行, 则高差用 h_{BA} 表示, 其值为负。所以说明高差时必须标明高差的正负号, 同时要说明测量进行的方向。

当架设一次水准仪要测量出多个前视点 B_1 、 B_2 、 $\dots$ 、 B_n 点的高程时, 采用视线高程 H_i 计算这些点的高程就非常方便。设使用水准仪对竖立在 B_1 、 B_2 、 $\dots$ 、 B_n 点上的水准尺读取的读数分别为 b_1 、 b_2 、 $\dots$ 、 b_n 时, 则有高程计算公式为

$$\left. \begin{aligned} H_i &= H_A + a \\ H_{B_1} &= H_i - b_1 \\ H_{B_2} &= H_i - b_2 \\ &\vdots \\ H_{B_n} &= H_i - b_n \end{aligned} \right\}$$

当两点相距较远或高差太大时, 则可分段连续进行, 如图 2-2 所示, 可得:

$$\left. \begin{aligned} h_{A1} &= h_1 = a_1 - b_1 \\ h_{12} &= h_2 = a_2 - b_2 \\ &\vdots \end{aligned} \right\}$$

$$h_{(n-1)B} = h_n = a_n - b_n$$

则 A 、 B 两点间高差的计算公式为

$$h_{AB} = \sum_{i=1}^n h_i = \sum_{i=1}^n a_i - \sum_{i=1}^n b_i$$

即两点的高差等于连续各段高差的代数和, 也等于后视读数之和减去前视读数之和。通常要同时用 $\sum h$ 和 $(\sum a - \sum b)$ 进行计算, 用来检核计算是否有误。

图 2-2 中置仪器的点称为测站。立标尺的点 TP_1 、 TP_2 、 $\dots$ 称为转点, 它们在前一测站先作为待求高程的点, 然后在下一测站再作为已知高程的点, 转点起传递高程的作用。转点非常重要, 转点上产生的任何差错, 都会影响到以后所有点的高程。

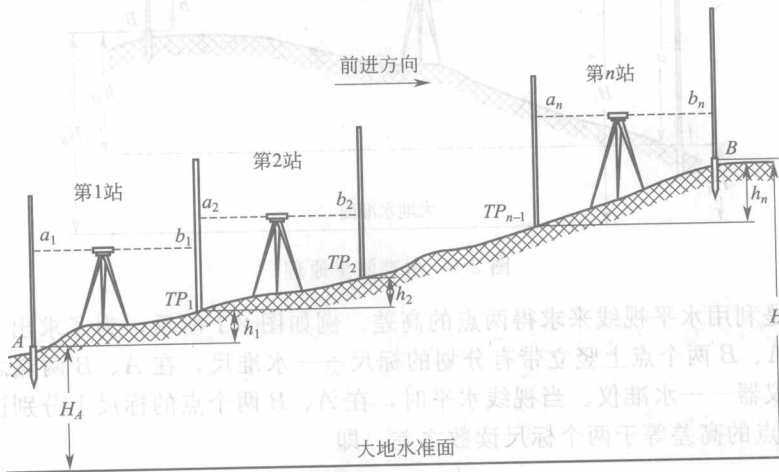


图 2-2 转点水准测设

第二节 水准测量的仪器和工具

水准仪是进行水准测量的主要仪器, 它可以提供水准测量所必需的水平视线。目前通用的水准仪从构造上可分为两大类: 一类是利用水准管来获得水平视线的水准管水准仪, 其主