

Civil Engineering
Constructional Measurement Handbook



土木工程

施工测量手册

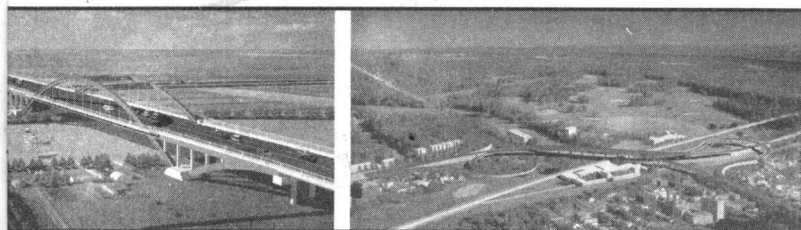
胡伍生 潘庆林 黄 腾 【主编】



人民交通出版社
China Communications Press

Civil Engineering
Constructional Measurement Handbook

TU198
9



土木工程 施工测量手册

胡伍生 潘庆林 黄 腾 【主编】



人民交通出版社

内 容 提 要

这是一本介绍土木工程施工测量技术的工具书,是为工程技术人员全面掌握工程测量领域的实用知识、并力求解决工程中常见的测量技术问题而编写的。手册中编入了许多工程实例,以增加读者的感性认识,并增加手册的实用性,具有广泛的参考价值。

本手册共分四篇,分别为施工测量基本知识、建筑工程施工测量、交通土建施工测量、变形测量。内容上侧重于交通土建领域,结合大量工程实例,详细介绍了大型工程(如地铁、桥梁、高速公路等)中的施工测量技术。本手册淡化理论,注重实际操作;不强求系统性,但注重讲深、讲透关键要点和注意事项,语言简明扼要,可操作性强;在选材上有一定的先进性、新颖性和典型性;在编排上图表丰富,以方便读者学习查用。

本书是专为从事土木工程测量的工程师而写的一本非常理想的工具书,对从事土木工程相关设计、施工、科研、管理人员以及高等院校相关专业的师生亦有很好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工测量手册/胡伍生,潘庆林,黄腾主编.
北京:人民交通出版社,2005.1
ISBN 7-114-05428-9

I. 土… II. ①胡…②潘…③黄… III. 土木工程—施工测量—技术手册 IV. TB22-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第005083号

书 名: 土木工程施工测量手册

著 作 者: 胡伍生 潘庆林 黄腾 主编

责任编辑: 吴有铭 (wym64298973@126.com)

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店、建工书店、交通书店

印 刷: 北京明十三陵印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 31.75

字 数: 790 千

版 次: 2005年1月第1版

印 次: 2005年1月第1版第1次印刷

印 数: 0001—5000 册

书 号: ISBN7-114-05428-9

定 价: 64.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

本手册共分四篇,分别为施工测量基本知识、建筑工程施工测量、交通土建施工测量和变形测量。

本书内容全面,重点突出。书中全面介绍了土木工程施工测量的各个领域,重点介绍了交通土建施工测量,如公路工程、桥梁工程、隧道工程、地铁工程施工测量等,并将变形测量专门列为一篇进行了详细介绍。对测量领域中不少内容进行了全面概括,如:施工控制测量技术、地下工程中的联系测量技术等,以方便读者查阅和应用。

本书内容编排新颖,特色鲜明。在介绍各种工程施工测量时,先列出其精度要求,再简单介绍其原理,最后介绍具体操作和应用,让读者在应用中加深理解。本书不强求系统性,但注重讲深、讲透关键要点和注意事项,语言简明扼要,可操作性强。

本书图表清晰,工程实例丰富,实用性强。大量的测量工程实例中,有不少是编者亲身参与的,所有这些工程实例可以增加读者的感性认识,并帮助读者解决实际工程中常见的测量技术问题。丰富的图表,可以方便读者学习查用。

本书介绍了测绘新技术、新仪器及其应用,具有先进性。书中融入了编者和其他学者在土木工程施工测量领域的最新研究成果,如 GPS 技术及其在桥梁施工控制网和地铁施工控制网中的应用、全站仪公路纵横断面测量一体化技术、桥梁施工测控技术、GPS 精密高程测量技术、神经网络技术、电子数字水准仪、变形测量技术及其技术要领等。

本书是一本非常理想的工具书,是工程设计、施工、科研、管理等有关人员必备的手册,也可供高等院校有关专业的师生参考。

参加本手册编写工作的有:东南大学胡伍生(第 1、2、3、4、5、10、14 章,第 15 章 1、2、3 节),南京工业大学潘庆林(第 6、7、8、12 章,第 13 章 4、6 节)、河海大学黄腾(第 9、11 章,第 13 章 1、2、3、5、7、8 节,第 15 章 4、5 节)。东南大学何辉明参编了第 2 章和第 3 章。全书由胡伍生和潘庆林统稿。

在编写过程中,编者参考了很多教材、专著和手册,收集和整理了有关科技人员和编者的大量学术论文,谨在此向本书参考文献的所有作者致谢。限于编者的水平,书中的缺点和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2004 年 10 月于南京

Email: ws.hu@jlonline.com

目 录

第一篇 施工测量基本知识

1 施工测量概述	1
1.1 施工测量的任务和作用	1
1.2 施工测量的特点	1
1.3 施工测量的基本原则	2
1.4 施工测量的其他要求	2
1.5 测量的度量单位	4
1.6 测量的基本工作	5
1.6.1 高程测量	5
1.6.2 角度测量	9
1.6.3 距离测量	12
2 测量仪器简介	16
2.1 水准仪	16
2.1.1 水准仪概述	16
2.1.2 DS ₃ 型光学水准仪	17
2.1.3 自动安平水准仪	19
2.1.4 精密水准仪	20
2.1.5 激光水准仪	21
2.1.6 电子水准仪	22
2.2 经纬仪	25
2.2.1 经纬仪概述	25
2.2.2 DJ ₆ 型光学经纬仪	26
2.2.3 DJ ₂ 型光学经纬仪	29
2.2.4 激光经纬仪	30
2.2.5 电子经纬仪	31
2.3 光电测距仪	32
2.3.1 光电测距仪概述	32
2.3.2 短程光电测距仪简介	33
2.4 全站仪	35
2.4.1 全站仪的概念	35
2.4.2 全站仪的数据通讯	37
2.4.3 全站仪简介	39
2.5 GPS 接收机	44

2.5.1	GPS 定位系统简介	44
2.5.2	GPS 接收机	48
2.6	测量仪器的检校与检测	53
2.6.1	水准仪的检验与校正	53
2.6.2	经纬仪的检验与校正	55
2.6.3	光电测距仪的检验与校正	58
2.6.4	全站仪的检测	60
2.7	测量仪器的保养	63
3	测量误差基本知识	65
3.1	测量误差概述	65
3.1.1	测量误差产生的原因	65
3.1.2	测量误差的分类	65
3.1.3	多余观测	66
3.1.4	偶然误差的特性	66
3.2	精度的概念	68
3.3	评定精度的标准	69
3.3.1	中误差 m	69
3.3.2	极限误差(容许误差)	70
3.3.3	相对误差 K	70
3.4	观测值精度的评定	71
3.4.1	算术平均值	71
3.4.2	改正数	71
3.4.3	依据改正数计算中误差	72
3.5	误差传播定律及其应用	73
3.6	权的概念及其应用	75
4	施工控制测量	78
4.1	坐标系统与坐标转换	78
4.1.1	坐标系统	78
4.1.2	坐标转换	79
4.1.3	坐标正算和坐标反算	80
4.2	平面控制测量	81
4.2.1	建筑方格网	81
4.2.2	导线测量	85
4.2.3	边角测量	96
4.2.4	GPS 测量	99
4.3	高程控制测量	106
4.3.1	水准测量	106
4.3.2	光电测距三角高程测量	111
4.3.3	跨河高程控制测量	113
4.3.4	GPS 精密高程测量	117

5 施工测量的基本工作	131
5.1 已知距离的测设	131
5.2 已知水平角的测设	132
5.3 已知高程的测设	133
5.4 点的平面位置的测设方法	135
5.4.1 直角坐标法	135
5.4.2 极坐标法	136
5.4.3 角度交会法	136
5.4.4 距离交会法	137
5.4.5 正倒镜投点法	138
5.4.6 全站仪三维坐标法	139
5.5 已知坡度线的测设	141
5.5.1 概述	141
5.5.2 水平视线法	141
5.5.3 倾斜视线法	142
5.6 测设精度分析	142
5.6.1 距离放样的精度分析	142
5.6.2 归化法放样角度的精度分析	145
5.6.3 极坐标法测设点位的精度分析	146

第二篇 建筑工程施工测量

6 工业建筑施工测量	147
6.1 工业建筑施工测量的精度标准	147
6.2 厂房基础施工测量	149
6.2.1 工业厂房控制网的测设	149
6.2.2 混凝土杯形基础施工测量	150
6.2.3 钢柱基础施工测量	151
6.2.4 混凝土柱子基础与柱身及平台施工测量	153
6.2.5 设备基础施工测量	154
6.3 厂房结构安装测量	157
6.3.1 柱子安装测量	158
6.3.2 吊车梁安装测量	162
6.3.3 吊车轨道安装测量	164
6.3.4 屋架安装测量	165
6.3.5 刚架安装测量	167
6.4 机械设备安装施工测量	167
6.5 管道工程施工测量	169
7 民用建筑施工测量	175
7.1 民用建筑(多层)施工测量精度标准	175

7.2	民用建筑主轴线测量	176
7.2.1	主轴线的设计	176
7.2.2	主轴线测设的方法	176
7.3	民用建筑定位测量	177
7.4	民用建筑基础施工测量	181
7.5	民用建筑主体施工测量	182
7.5.1	轴线投测	182
7.5.2	高程传递	183
7.5.3	楼梯放样及室内地坪抹灰	184
8	高层建筑施工测量	185
8.1	高层建筑施工测量的特点及其精度标准	185
8.2	高层建筑桩位放样与基坑标定	187
8.3	高层建筑基础施工测量	188
8.4	高层建筑的轴线投测	189
8.4.1	外控法	189
8.4.2	内控法	192
8.5	高层建筑的高程传递	197
9	特殊工程施工测量	199
9.1	钢结构施工测量	199
9.1.1	钢结构安装精度要求	199
9.1.2	平面和高程控制	200
9.1.3	安装测控	201
9.1.4	工程实例	202
9.2	广播电视塔工程的施工测量	205
9.2.1	平面控制	205
9.2.2	高程控制	206
9.2.3	沉降观测	206
9.2.4	工程实例(上海东方明珠电视塔施工测量)	206
9.3	圆弧平面图形建筑物施工测量	211
9.4	椭圆形平面图形建筑物施工测量	219
9.4.1	椭圆形平面曲线的作图方法	219
9.4.2	椭圆形平面曲线的施工放线	220
9.5	双曲线平面图形建筑物施工测量	223
9.5.1	双曲线形平面曲线的作图方法	223
9.5.2	双曲线平面图形的施工放线	225

第三篇 交通工程施工测量

10	公路工程施工测量	227
10.1	公路工程施工测量的精度标准	227

10.1.1	平面控制测量的精度标准	227
10.1.2	高程控制测量的精度标准	228
10.2	公路施工前的准备工作	229
10.3	公路中桩测量	231
10.4	曲线元素和坐标的计算	234
10.4.1	单圆曲线元素的计算	234
10.4.2	缓和曲线元素的计算	235
10.4.3	曲线坐标的计算	239
10.5	曲线测设	241
10.5.1	单圆曲线的测设方法	241
10.5.2	缓和曲线的测设方法	245
10.5.3	极坐标一次放样法	251
10.6	纵横断面测量	254
10.6.1	纵断面测量	254
10.6.2	横断面测量	256
10.6.3	全站仪纵横断面测量一体化技术	258
10.7	道路边桩和边坡的放样	262
10.7.1	道路边桩的放样	262
10.7.2	道路边坡的放样	264
10.8	竖曲线的测设	265
11	桥梁工程施工测量	268
11.1	桥梁工程施工测量的精度标准	268
11.2	桥梁施工控制网的布设	275
11.2.1	桥梁施工平面控制网	275
11.2.2	桥梁施工高程控制网	279
11.2.3	工程实例:南京长江二桥首级施工控制网布设	281
11.3	普通桥梁施工测量	283
11.3.1	普通桥梁施工测量的主要内容	283
11.3.2	桥梁下部构造的施工测量	283
11.3.3	普通型桥梁架设的施工测量	285
11.4	大跨径预应力混凝土连续梁桥施工测量	290
11.4.1	大型桥梁双壁钢围堰施工测量	290
11.4.2	大跨径预应力混凝土连续梁桥悬浇法施工测量	298
11.4.3	南京长江二桥悬浇法施工线形控制	298
11.4.4	特大型桥梁主梁施工测量	304
11.5	大型斜拉桥(悬索桥)施工测量	312
11.5.1	索塔柱施工测量	312
11.5.2	高塔柱索道管精密定位测量	320
11.5.3	主梁索道管的精密定位测量	328
12	隧道工程施工测量	335

12.1	隧道工程施工测量的精度标准	335
12.2	隧道施工地面控制测量	338
12.2.1	地面平面控制测量	338
12.2.2	高程控制测量	340
12.2.3	进洞测量	340
12.3	竖井联系测量	344
12.3.1	竖井定向测量(一井定向)	345
12.3.2	竖井定向测量(两井定向)	352
12.3.3	竖井高程传递	356
12.4	地下洞内施工控制测量	357
12.4.1	地下洞内平面控制测量(地下导线测量)	357
12.4.2	地下洞内高程控制测量(地下水准测量)	359
12.4.3	洞内施工测量	360
12.5	隧道贯通测量	362
12.6	隧道竣工测量	365
13	地铁工程施工测量	366
13.1	地铁工程施工测量的精度标准	366
13.1.1	地铁工程施工测量的内容及特点	366
13.1.2	地铁工程施工测量的技术要求及精度标准	367
13.2	地铁施工控制网的布设与观测	371
13.2.1	地面控制网的布设原则	371
13.2.2	控制网精度指标的确定	372
13.2.3	工程实例:南京地铁一号线工程地面控制网布设与观测	372
13.3	地下车站施工测量	378
13.3.1	明挖顺作法施工测量	378
13.3.2	盖挖逆作法施工测量	380
13.4	盾构法掘进隧道施工测量	383
13.5	矿山法隧道施工测量	388
13.6	暗挖隧道贯通误差及断面测量	389
13.7	明挖法隧道施工测量	392
13.8	地铁铺轨施工测量	392
13.8.1	铺轨基标设置位置和种类	393
13.8.2	铺轨基标测设前的准备工作	393
13.8.3	铺轨基标的测设方法	395
13.8.4	铺轨基标检测和限差要求	396

第四篇 变形测量

14	变形测量的方法和内容	398
14.1	变形测量的精度要求	398

14.2	沉降观测	400
14.2.1	沉降观测概述	400
14.2.2	高程控制测量	402
14.2.3	基准点观测	404
14.2.4	沉降点观测	404
14.2.5	沉降观测数据处理	405
14.3	水平位移观测	406
14.3.1	水平位移观测概述	406
14.3.2	平面控制测量	408
14.3.3	前方交会法	411
14.3.4	精密导线测量	415
14.3.5	基准线法	416
14.4	倾斜观测	423
14.4.1	倾斜观测概述	423
14.4.2	水准仪观测	425
14.4.3	经纬仪观测	425
14.4.4	气泡倾斜仪观测	426
14.5	其他变形测量	427
14.5.1	裂缝观测	427
14.5.2	挠度观测	427
14.5.3	日照变形观测	428
14.5.4	建筑场地滑坡观测	429
14.6	变形分析	431
14.6.1	稳定性分析	431
14.6.2	观测资料整理	437
14.6.3	变形规律分析	440
14.6.4	反分析理论及其应用	445
14.6.5	变形监测资料管理系统	446
14.6.6	变形测量成果的提交	449
15	变形观测工程实例	450
15.1	基坑支护工程变形监测	450
15.1.1	基坑工程概念	450
15.1.2	基坑工程监测项目与测点布置	451
15.1.3	基坑工程监测的警戒值	453
15.1.4	基坑工程监测实例	454
15.1.5	信息化施工的实践	457
15.2	高层建筑变形监测	460
15.2.1	监测项目清单	461
15.2.2	变形监测的特点	462
15.2.3	变形监测的基本措施	462

15.2.4	电子水准仪在高层建筑沉降观测中的应用	462
15.2.5	某高教公寓主体沉降监测数据分析	466
15.3	高速公路施工沉降监测	468
15.3.1	路基填筑期沉降监测细则	468
15.3.2	预压期沉降监测细则	471
15.3.3	路面施工期沉降监测细则	472
15.3.4	数据库技术在路基施工沉降观测数据处理中的应用	473
15.3.5	资料分析与施工决策	478
15.4	地铁工程变形监测	481
15.4.1	地铁工程变形监测的内容和方法	481
15.4.2	地铁变形监测网(点)的布设方案	482
15.4.3	地铁变形观测的精度	483
15.4.4	变形观测的周期与频率	484
15.4.5	工程实例(南京地铁南京站过站区隧道施工变形监控)	484
15.5	桥梁工程变形监测	488
15.5.1	大跨度桥梁变形观测的内容	488
15.5.2	变形观测系统的布置	489
15.5.3	变形观测方法与成果整理	489
15.5.4	工程实例(番禺大桥变形监测简介)	490
参考文献		493

第一篇

施工测量基本知识

1 施工测量概述

1.1 施工测量的任务和作用

1) 定义

各种工程在施工阶段所进行的测量工作,称为施工测量。

2) 任务

施工测量的基本任务是把设计图纸上规划设计的建筑物、构筑物的平面位置和高程,按设计要求,使用测量仪器,根据测量的基本原理和方法,以一定的精度测设(放样)到地面上,并设置标志,作为施工的依据;同时施工过程中进行一系列的测量工作,以衔接和指导各工序间的施工。

3) 内容

施工测量贯穿于施工的全过程,其内容包括:

- (1)施工前的施工控制网的建立;
- (2)建筑物定位和基础放线;
- (3)工程施工中各道工序的细部测设,如基础模板的测设、工程砌筑、构件和设备安装等;
- (4)工程竣工后,为了便于管理、维修和扩建,还必须编绘竣工图;
- (5)施工和运营期间对高大或特殊的建(构)筑物进行变形观测。

1.2 施工测量的特点

1) 精度要求

一般情况下,施工测量的精度比测绘地形图的精度要高,而且根据建筑物、构筑物的重要性,根据结构材料及施工方法的不同,对施工测量的精度要求也有所不同。例如,工业建筑的测设精度高于民用建筑,钢结构建筑物的测设精度高于钢筋混凝土的建筑物,装配式建筑物的测设精度高于非装配式建筑物,高层建筑物的测设精度高于多层建筑物等。

2) 工程知识

由于施工测量贯穿于施工全过程,施工测量工作直接影响工程质量及施工进度,所以测量人员必须了解工程有关知识,并详细了解设计内容、性质及对测量工作的精度要求,熟悉有关图纸,了解施工的全过程,密切配合施工进度进行工作。

3) 灵活应变与相互协调

建筑施工现场多为地面与高空各工种交叉作业,并有大量的土方填挖,地面情况变动很大,再加上动力机械及车辆频繁,因此,对测量标志的埋设应特别稳固,且不被损坏,并要妥善保护,经常检查,如有损坏应及时恢复。同时,立体交叉作业,施工项目多,为保证工序间的相互配合、衔接,施工测量工作要与设计、施工等方面密切配合,并要事先充分做好准备工作,制定切实可行的施工测量方案。

目前,建筑平面、立面造型既新颖又复杂,因此,测量人员应能因地、因时制宜,灵活适应,选择适当的测量放线方法,配备功能相适应的仪器。在高空或危险地段施测时,应采取相应的安全措施,以防发生事故。

为了确保工程质量,防止因测量放线的差错造成损失,必须在整个施工的各个阶段和各主要部位做好验线工作,每个环节都要仔细检查。

1.3 施工测量的基本原则

1)先整体后局部

测量工作中的误差是不可避免的,但错误是不容许的。施工测量必须遵循“先整体后局部”的原则。该原则在测量程序上体现为“先控制后碎部”。即,首先在测区范围内,选择若干点组成控制网,用较精确的测量和计算方法,确定出这些点的平面位置和高程,然后以这些点为依据再进行局部地区的测绘工作和放样工作。其优点为:

(1)由于控制网的作用,可以控制误差积累,保证测区的整体精度;

(2)根据控制网,把整个测区分为若干局部地区,分区进行施测,可以提高工效、缩短工期、节省经费开支。

2)逐步检查

施工测量同时必须严格执行“逐步检查”的原则,随时检查观测数据、放样定线的可靠程度以及施工测量成果所具有的精度。其主要目的是防止产生错误,保证质量。

1.4 施工测量的其他要求

1)施工测量的一些基本准则

(1)遵守国家法令、政策和规范,明确为工程施工服务。

(2)遵守先整体后局部、逐步检查的工作原则。

(3)要严格审核原始依据(设计图纸、测量起始点位、数据等)的正确性,坚持测量作业与计算工作步步有校核。

(4)选用科学、简捷、能满足精度要求的施测方法。合理选择、正确使用仪器,在测量精度满足工程需要的前提下,力争做到省工、省时、省费用。

(5)一切定位、放线工作要经自检、互检合格后,方可申请主管部门验线。严格执行安全、保密等有关规定,用好、管好设计图纸和有关资料。实测时要当场做好原始记录,测后要及时保护好桩位。

(6)测量人员要紧密配合施工,发扬团结协作、不畏艰难、实事求是、认真负责的工作作风;并及时总结施工测量的经验。

2)测量记录的基本要求

测量记录应做到:原始、正确、完整、工整。具体要求为:

(1)应在规定的表格上记录。开始应将表头所列各项填好,并熟悉表中所载各项内容和相应的填写位置。

(2)记录应当场及时填写清楚,不允许先写在草稿纸上后转抄誊清;记错或算错的数字,应将错数画一斜线,将正确数字写在错数字的上方,以保持记录的“原始性”。

(3)字迹要工整、清楚。相应的数字及小数点应左右成列、上下成行、一一对齐。记录中数字的位数应反映出观测精度,例如水准读数应读至毫米,如读数 1.560m,不应记为 1.56m。

(4)记录过程中的简单计算,如取平均值等,应在现场及时进行,并做校核。草图、“点之记”等,应当场绘制,其方向、有关数据和地名等均应标注清楚。

(5)记录人员应根据现场实况以目估法随时校核所测数据,以便及时发现观测中的明显错误。

(6)测量记录,多为保密资料,应妥善保管。如采用电子手簿记录,最好打印一份原始数据,并刻录光盘,将打印稿和光盘妥善保管。

3)计算工作的基本要求

计算工作应做到:依据正确、方法科学、严谨有序、步步校核、结果正确。具体要求为:

(1)图纸上的数据和外业观测结果是计算工作的依据。计算前,应认真仔细逐项审阅与校核,以保证计算依据的正确性。

(2)计算一般均应在规定的表格上进行。按图纸或外业记录在计算表中填写原始数据时,严防转抄错误。填好后,应换他人校对,这项校核十分重要。

(3)计算中,必须做到步步有校核。每项计算应在前者数据经校核无误后,才能进行后者数据的计算。校核方法以可靠、简单为原则,常用的计算校核方法有:

①复算校核:将计算的结果重算一遍,条件许可时,最好换他人校核,以免因习惯性错误而“重蹈旧辙”,使校核失去意义;

②变换计算方法校核:例如,坐标反算可采用按公式计算和用计算程序计算两种方法;

③总和校核:例如,水准测量中,终点对起点的高差,应满足下式条件:

$$\sum h = \sum a - \sum b = H_{\text{终}} - H_{\text{始}}$$

式中: $\sum h$ ——水准测量各段高差的总和;

$\sum a$ ——水准测量各段后视读数的总和;

$\sum b$ ——水准测量各段前视读数的总和;

$H_{\text{终}}$ ——水准测量终点高程;

$H_{\text{始}}$ ——水准测量起点高程。

④用几何条件校核:例如,闭合导线中的所有内角之和 $\sum \beta$,应满足下式条件:

$$\sum \beta = (n - 2) \cdot 180^\circ$$

式中: n ——闭合导线多边形的边数。

(4)计算中所用数字应与观测精度相适应,在不影响结果精度的情况下,要及时合理地删除多余数字,以提高计算速度。删除多余数字时,宜保留到有效数字后一位,以使最后结果中的有效数字不受删除数字之影响。删除数字应遵循“四舍六入、五凑偶(即单进、双舍)”的原则。如 1.8155 和 27.6645 保留小数三位,则应为 1.816 和 27.664。

(5)各种计算校核一般只能发现计算过程中的问题,不能发现原始数据是否有误。原始数

据有错应到现场重测。

4) 施工测量人员应具备的基本能力

(1) 看懂设计图纸, 结合测量放线工作能核审图纸中的问题, 并能绘制放线中所需的大样图或现场平面图。

(2) 了解并掌握不同工程类型、不同施工方法对测量放线的不同要求。

(3) 了解仪器的构造和原理, 并能熟练地使用、检校、维修仪器。

(4) 能够对各种几何形状、数据和点位进行计算与校核。

(5) 熟悉误差理论, 能针对误差产生的原因采取有效措施, 并能对各种观测数据进行数据处理。

(6) 熟悉工程测量理论, 能针对不同的工程采用不同的观测方法和校测方法, 高精度、高速度地完成施工测量任务。

(7) 能够针对施工现场的不同情况, 综合分析和处理有关施工测量中的其他问题。

1.5 测量的度量单位

1) 长度单位

我国测量工作中法定的长度计量单位为米(meter)制单位:

$$1\text{m}(\text{米}) = 10\text{dm}(\text{分米}) = 100\text{cm}(\text{厘米}) = 1000\text{mm}(\text{毫米})$$

$$1\text{km}(\text{千米或公里}) = 1000\text{m}$$

在外文测量书籍中, 还会用到英(美)制的长度计量单位, 它与米制的换算关系如下:

$$1\text{in}(\text{英寸}) = 2.54\text{cm}$$

$$1\text{ft}(\text{英尺}) = 12\text{in} = 0.3048\text{m}$$

$$1\text{yd}(\text{码}) = 3\text{ft} = 0.9144\text{m}$$

$$1\text{mi}(\text{英里}) = 1760\text{yd} = 1.6093\text{km}$$

2) 面积单位

我国测量工作中法定的面积计量单位为平方米(m^2), 大面积则用公顷(hm^2)或平方公里(km^2)。我国农业上常用市亩(mu)为面积计量单位。其换算关系如下:

$$1\text{m}^2(\text{平方米}) = 100\text{dm}^2 = 10000\text{cm}^2 = 1000000\text{mm}^2$$

$$1\text{mu}(\text{市亩}) = 666.6667\text{m}^2$$

$$1\text{are}(\text{公亩}) = 100\text{m}^2 = 0.15\text{mu}$$

$$1\text{hm}^2(\text{公顷}) = 10000\text{m}^2 = 15\text{mu}$$

$$1\text{km}^2(\text{平方公里}) = 100\text{hm}^2 = 1500\text{mu}$$

米制与英(美)制面积计量单位的换算关系如下:

$$1\text{in}^2(\text{平方英寸}) = 6.4516\text{cm}^2$$

$$1\text{ft}^2(\text{平方英尺}) = 144\text{in}^2 = 0.0929\text{m}^2$$

$$1\text{yd}^2(\text{平方码}) = 9\text{ft}^2 = 0.8361\text{m}^2$$

$$1\text{acre}(\text{英亩}) = 4840\text{yd}^2 = 40.4686\text{are} = 4046.86\text{m}^2 = 6.07\text{mu}$$

$$1\text{mi}^2(\text{平方英里}) = 640\text{acre} = 2.59\text{km}^2$$

3) 体积单位

我国测量工作中法定的体积计量单位为立方米(m^3), 在工程上简称为“立方”或“方”。

4) 角度单位

测量工作中常用的角度单位有“度分秒(DMS)制”和“弧度制”。

(1) 度分秒制

1 圆周 = 360° (度), $1^\circ = 60'$ (分), $1' = 60''$ (秒)

(2) 新度新分新秒制

1 圆周 = 400° (新度), $1^\circ = 100^\circ$ (新分), $1^\circ = 100^\circ$ (新秒)

两者的换算关系为:

$$1^\circ = 0.9^\circ, 1^\circ = 1.111^\circ$$

$$1^\circ = 0.54', 1' = 1.852^\circ$$

$$1^\circ = 0.324'', 1'' = 3.086^\circ$$

(3) 弧度制

弧长 l 等于半径 R 的圆弧所对的圆心角称为一个弧度, 用 ρ 表示 (见图 1-1)。因为整个圆周长为 $2\pi R$, 故整个圆周为 2π 弧度。弧度与度分秒的关系如下:

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi}$$

上式中 $\pi = 3.141592654$, 由此可计算一个弧度所对应的度数、分数和秒数分别为:

$$\rho^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ.2957795 \approx 57^\circ.3$$

$$\rho' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60 = 3437'.74677 \approx 3438'$$

$$\rho'' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60 \times 60 = 206264''.806 \approx 206265''$$

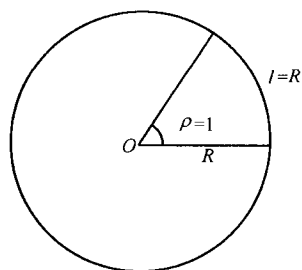


图 1-1 一个弧度的概念

1.6 测量的基本工作

1.6.1 高程测量

1) 高程测量方法

测定地面点高程的工作称为高程测量。高程测量按所使用的仪器和施测方法不同, 主要有水准测量、三角高程测量、GPS 拟合高程测量和物理高程测量等, 其中水准测量是最常用的一种方法。

2) 水准测量原理及方法

(1) 原理

水准测量的原理是利用水准仪获得的水平视线, 测定两地面点间的高差, 从而由已知点高程推求未知点高程。如图 1-2 所示, 要测定 A 、 B 两点的高差, 可在两点之间安置水准仪, 在 A 、 B 两点上竖立有分划的水准标尺, 经调整使水准仪视线水平, 分别在标尺上读取 a 和 b 。由图可知, 因为 AB 很短, 可视水准面为水平面, 则 A 、 B 两点间的高差为:

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

式中: a ——后视读数;

b ——前视读数。

(2) 高差法