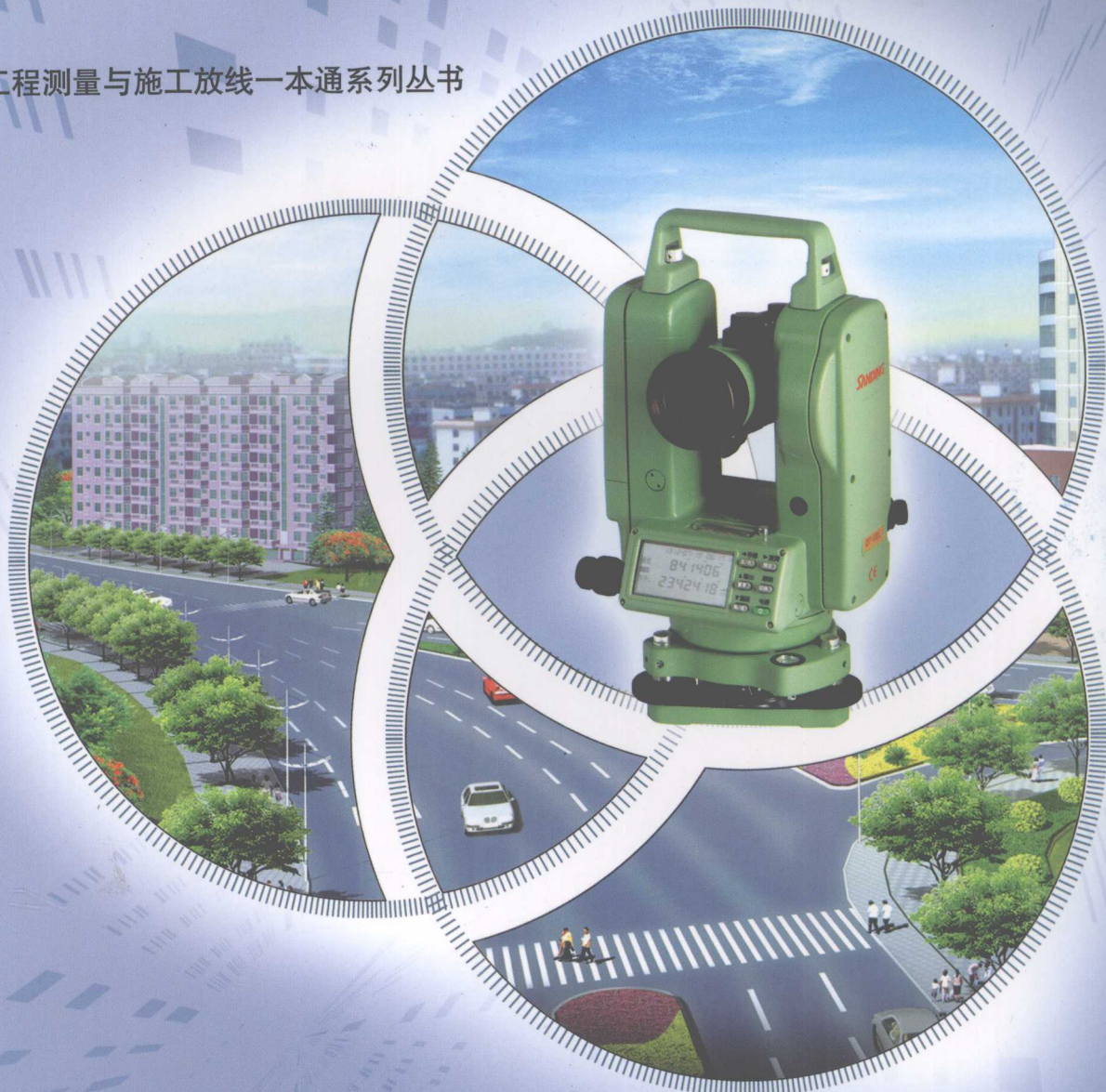


工程测量与施工放线一本通系列丛书



◎ 本书编委会 编

公路工程

测量与施工放线

一本通

中国建材工业出版社

工程测量与施工放线一本通系列丛书

公路工程测量与施工放线一本通

本书编委会 编

公路工程测量与施工放线一本通
编委会编

中国建材工业出版社

北京市西城区车公庄大街9号

邮编 100014

经 销 处 全国各大新华书店

开 本 185mm×118mm

印 张 12

字 数 300千字

版 次 2002年1月第1版

印 次 2002年1月第1次印刷

ISBN 7-881-858-7-7

定 价 40.00元

本社网址: www.jcbs.com

中国建材工业出版社

内容提要

本书根据《工程测量规范》(GB 50026—2007)、《公路勘测规范》(JTG C10—2007)和《公路勘测细则》(JTG/T C10—2007)进行编写,详细介绍了公路工程测量的基础知识、测量原理、方法和应用等。本书共分14章,主要包括:工程测量基础知识,公路工程测量用具、仪器及其使用,水准测量与角度测量,距离测量与直线定向,公路工程控制测量,公路工程地形图测绘,公路工程中线测量,航空摄影测量,数字地面模型,公路工程断面图测量,道路工程施工测量与放线,桥涵工程施工测量与放线,隧道工程施工测量与放线,公路工程测量资料提交等。

本书文字通俗易懂,叙述内容一目了然,着重于对公路工程测量人员技术水平和专业知识的培养,可供公路工程施工测量人员工作时使用,也可作为大专院校相关专业师生的学习辅导用书。

公路工程测量与施工放线一本通
编委会

主 编：王刚领

副主编：邓淑文 杜爱玉

编 委：刘梓洁 杜兰芝 高会芳 杜翠霞
宋丽华 郑超荣 王 委 马 超
吴 洁 阚 柯 岳翠贞

前 言

工程测量学是研究地球空间中具体几何实体的测量描绘和抽象几何实体的测设实现的理论方法和技术的一门应用性学科。工程测量学直接为国民经济建设和国防建设服务,是测绘学中最活跃的一个分支学科。近些年来,随着测绘科技的飞速发展,工程测量的技术面貌也发生了深刻的变化,这主要体现在:一是电子计算机技术、微电子技术、激光技术、空间技术等新技术的发展与应用,以及测绘科技本身的进步,为工程测量技术进步提供了新的方法和手段;二是随着社会的发展,建筑领域科技的进步,各种大型建(构)筑物和特种精密建设工程等不断增多,对工程测量不断提出新的任务、新课题和新要求,使工程测量的服务领域不断拓宽,有力地推动和促进了工程测量事业的进步与发展。

建设工程测量属于工程测量学的范围,在工程建设中有着广泛的应用,它服务于工程建设的每一个阶段,贯穿于工程建设的始终。建设用地的选择,道路管线位置的确定等,都要利用测量所提供的资料和图纸进行规划设计;施工阶段则需要通过测量工作来衔接,以配合各项工序的施工;竣工后的竣工测量,可为工程的验收、日后的扩建和维修管理提供资料;而在工程管理阶段,须对建(构)筑物进行变形观测,以确保工程的安全使用。同时,建设工程测量的精度和速度直接影响到整个工程的质量和进度,其地位举足轻重。

为适应工程建设测量技术快速发展的要求,中华人民共和国原建设部于2007年10月25日发布实施了《工程测量规范》(GB 50026—2007),该规范的颁布实施必将进一步促进我国工程测量水平的发展与提高。为帮助广大工程测量人员把握工程测量领域的发展趋势,学习和理解《工程测量规范》(GB 50026—2007)的内容,我们组织工程测量领域的专家学者和工程建设测量技术人员编写了《工程测量与施工放线一本通系列丛书》。本套丛书包括以下分册:

建筑工程测量与施工放线一本通
市政工程测量与施工放线一本通
公路工程测量与施工放线一本通
水利水电工程测量与施工放线一本通

本套丛书主要具有以下特点:

(1)丛书的编写既注重讲述学科的基本理论、方法与勘测技术,又结合典型工程的测量实践,涵盖了从经典理论到最新技术应用,从工程建筑物的设计、施

工放样到变形监测及工业测量、精密工程测量等的全部内容,是广大工程施工现场管理人员工作时的实用工具书。

(2)丛书的编写以“必须、够用”为度,以“讲清概念、强化应用”为重点,深入浅出,注重实用,从工程测量人员的需求出发,在对测量基础理论知识进行阐述的同时,列举了大量的测量应用实例,注重对读者实际操作技能的培养。

(3)丛书资料翔实、内容丰富、图文并茂,编写时力求做到文字通俗易懂、叙述的内容一目了然,以倡导先进性、注重可行性、强化可操作性为指导思想,在编写过程中既考虑了内容的相互关联和体系的完整性,又不拘泥于此,对部分在理论研究上有较大意义但在实践中实施尚有困难的内容丛书中就没有进行深入的讨论。

本套丛书在编写过程中,参考或引用了有关部门、单位和个人的资料,得到了相关部门及工程施工单位的大力支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。由于编者的学识和水平有限,丛中缺点及不当之处在所难免,敬请广大读者提出批评和指正。

本书编委会

目 录

第一章 工程测量基础知识	(1)
第一节 工程测量概述	(1)
一、工程施工测量内容	(1)
二、工程测量任务与原则	(1)
三、工程测量程序	(2)
第二节 工程测量坐标系	(3)
一、大地坐标系	(3)
二、平面直角坐标系	(3)
三、高斯平面直角坐标系	(3)
四、GPS 轨道的大地参考坐标系	(5)
第三节 公路测量标志与记录	(5)
一、测量标志	(5)
二、测量记录	(7)
第四节 工程测量符号与常用数据	(27)
一、测量符号	(27)
二、线路测量常用数据	(30)
三、工程施工测量常用数据	(33)
第二章 公路工程测量用具、仪器及其使用	(39)
第一节 定位与放样用具	(39)
一、钢尺与皮尺	(39)
二、花杆与测钎	(39)
三、方向盘与方向架	(40)
四、边坡样板	(40)
第二节 水准仪的构造和使用	(41)
一、DS ₃ 水准仪	(41)
二、DS ₁ 精密水准仪	(45)
三、自动安平水准仪	(46)
四、电子数字水准仪	(47)
第三节 经纬仪的构造和使用	(47)
一、光学经纬仪的构造	(47)

二、光学经纬仪的使用	(48)
第四节 平板仪的构造和使用	(50)
一、平板仪的构造	(50)
二、平板仪的使用	(51)
第五节 全站仪的构造及技术指标	(52)
一、全站仪的构造	(52)
二、全站仪的主要技术指标	(55)
第六节 红外测距仪与罗盘仪	(55)
一、红外测距仪	(55)
二、罗盘仪	(57)
第三章 水准测量与角度测量	(59)
第一节 水准测量	(59)
一、水准测量的原理	(59)
二、水准路线测量	(59)
三、水准仪的检验和校正	(62)
四、水准测量误差的来源及其影响	(65)
第二节 角度测量	(67)
一、水平角观测	(67)
二、竖直角观测	(70)
三、经纬仪的检验和校正	(73)
第四章 距离测量与直线定向	(76)
第一节 钢尺量距	(76)
一、直线定线	(76)
二、距离丈量	(77)
三、钢尺的精密量距	(77)
四、钢尺的检定	(78)
第二节 视距测量	(79)
一、视距测量原理	(79)
二、视距测量方法	(80)
三、视距测量误差的来源	(80)
第三节 直线定向	(81)
一、标准方向线	(81)
二、方位角	(81)
三、正反坐标方位角	(81)
四、象限角	(82)

第四节 坐标正反算	(82)
一、坐标正算	(82)
二、坐标反算	(83)
第五章 公路工程控制测量	(84)
第一节 概述	(84)
一、控制测量网分级	(84)
二、公路工程控制测量桩及其埋设	(85)
第二节 公路工程平面控制测量	(86)
一、一般规定	(86)
二、平面控制测量技术要求	(88)
三、平面控制网的设计	(89)
四、观测的技术要求	(91)
五、资料整理计算	(94)
第三节 公路工程高程控制测量	(98)
一、一般规定	(98)
二、高程控制测量的技术要求	(99)
三、高程控制点的布设	(99)
四、水准测量观测要求	(99)
五、GPS 高程测量	(100)
六、光电测距三角高程测量	(100)
七、跨河水准测量	(102)
八、观测结果的重测和取舍	(103)
九、外业成果的整理	(103)
第四节 公路工程导线测量	(104)
一、导线布设的形式	(104)
二、导线测量工作要求	(104)
三、经纬仪导线测量的计算	(106)
四、全站仪导线测量与计算	(109)
第六章 公路工程地形图测绘	(111)
第一节 概述	(111)
一、公路工程地形图常用图例及应用	(111)
二、公路工程地形图测绘规定	(116)
第二节 公路工程地形图测量	(120)
一、一般规定	(120)
二、碎部点的选择	(121)

三、地形图测绘方法	(122)
四、图根平面控制测量	(125)
第三节 公路工程地形图测绘及其数字化	(127)
一、一般规定	(127)
二、控制点的展绘	(128)
三、水下地形图测绘	(130)
四、公路工程地形图数字化	(131)
第四节 地形图测绘资料提交	(133)
第七章 公路工程中线测量	(134)
第一节 公路工程中线测量概述	(134)
一、公路工程测量简介	(134)
二、公路中线测量的内容和作用	(134)
三、公路中线测量准备与中线敷设	(135)
第二节 路线交点与转点的测设	(136)
一、路线交点的测设	(136)
二、路线转点的测设	(137)
第三节 路线转折角的测设	(139)
一、标定直线与修正点位	(139)
二、转折角的测定与计算	(139)
三、路线桩位的钉设与固定	(139)
四、路线转折角精度检查	(141)
第四节 中线里程桩的设置	(141)
一、里程桩分类	(141)
二、里程桩设置要求	(141)
三、里程桩桩号的书写与埋设	(143)
四、断链处理与路线固定	(143)
第五节 圆曲线与缓和曲线的测设	(144)
一、圆曲线的测设	(144)
二、缓和曲线的测设	(147)
第六节 复曲线和回头曲线的测设	(156)
一、复曲线的测设	(156)
二、回头曲线的测设	(158)
第七节 高等级公路回旋曲线的测设	(161)
一、回旋曲线的种类及特点	(161)
二、回旋曲线的测定方法	(163)
第八节 GPS 技术在中线测量中的应用	(163)

一、GPS 中线测量的准备与实测	(163)
二、坐标计算通式	(164)
三、线路上任一中桩点坐标转换	(165)
第九节 公路中线的展绘	(166)
一、选定比例尺	(166)
二、导线展绘	(166)
三、勾绘地形等高线	(167)
第八章 航空摄影测量	(168)
第一节 航空摄影	(168)
一、一般规定	(168)
二、航空飞行质量要求	(168)
三、航空摄影质量要求	(169)
四、航空摄影分区	(169)
第二节 航空测量内业与外业	(171)
一、航空测量内业	(171)
二、航空测量外业	(175)
第三节 航空摄影资料的提交	(178)
一、航带设计资料	(178)
二、航摄单位资料	(179)
三、航测内业资料	(179)
四、航测外业成果资料	(179)
第九章 数字地面模型	(180)
第一节 地面数据的获取与处理	(180)
一、一般规定	(180)
二、基础数据的精度	(180)
三、地面数据的获取	(181)
四、数据编辑和预处理	(183)
第二节 DTM 的构建与应用	(184)
一、DTM 的构建	(184)
二、DTM 的应用	(185)
第三节 数字地面模型资料提交	(186)
第十章 公路工程断面图测量	(187)
第一节 基平与中平测量	(187)
一、基平测量	(187)

二、中平测量	(190)
第二节 路线横断面的测量	(195)
一、一般规定	(195)
二、横断面方向的测定	(195)
三、横断面的测量方法	(197)
第三节 路线横、纵断面图的绘制	(197)
一、路线横断面图的绘制	(197)
二、路线纵断面图的绘制	(199)
第十一章 道路工程施工测量与放线	(201)
第一节 道路工程施工测量概述	(201)
一、工程测量人员	(201)
二、施工测量的任务、依据及内容	(201)
三、工程施工测量准备	(202)
四、施工测量常用资料	(203)
第二节 初测与定测	(204)
一、初测	(204)
二、定测	(211)
第三节 一次定测	(216)
第四节 道路工程施工测量复测与加密	(217)
一、施工导线点的复测与加密	(217)
二、施工水准点的复测与加密	(220)
第五节 道路工程施工测量放样	(223)
一、施工测量放样要求	(223)
二、施工测量平面位置放样技术与数据计算	(223)
三、施工测量点位高程放样技术与数据计算	(230)
第六节 路基施工测量	(234)
一、施工测量的任务	(234)
二、施工测量常用仪器及材料	(234)
三、施工测量资料的获知	(235)
四、挖方路堑施工测量	(236)
五、填方路堤施工测量	(239)
六、路基工程完工后的测量与检查	(242)
第七节 底基层、基层及路面施工测量	(242)
一、测量仪器及任务	(242)
二、测量资料的准备	(243)
三、上面层施工测量外业工作	(243)

四、上面层中桩、边桩的平面位置与放样	(243)
五、上面层桩位设计高程放样	(246)
六、上面层施工结束时的测量工作	(246)
第十二章 桥涵工程施工测量与放线	(248)
第一节 初测与定测	(248)
一、初测	(248)
二、定测	(249)
第二节 桥涵控制测量	(250)
一、桥梁三角网的布设	(250)
二、桥涵平面控制测量	(251)
三、桥梁轴线长度的测量	(252)
四、桥梁角度测量与边长测量	(254)
五、桥梁三角网平差与坐标计算	(255)
六、桥梁施工高程控制测量	(256)
第三节 桥梁墩、台定位与测设	(257)
一、桥梁墩台定位	(257)
二、桥梁墩、台的测设	(265)
第四节 桥梁基础施工放样	(267)
一、明挖基础施工放样	(267)
二、桩基础施工放样	(268)
三、管柱基础施工放样	(270)
四、沉井基础施工放样	(272)
第五节 桥梁架设施工测量	(275)
一、全桥中心线的复测	(275)
二、桥梁墩、台及支承垫石的测设	(275)
三、桥梁架设时的测设	(276)
第六节 桥(涵)台锥坡放样	(277)
一、锥坡的设计	(277)
二、锥坡的测设	(277)
第七节 涵洞施工放样	(279)
一、涵洞放样的方式	(279)
二、涵洞施工放样程序	(279)
三、涵洞施工放样操作	(279)
第十三章 隧道工程施工测量与放线	(281)
第一节 初测与定测	(281)

一、隧道初测	(281)
二、隧道定测	(281)
第二节 隧道地面控制测量	(283)
一、资料收集与现场踏勘	(283)
二、隧道开挖方式	(283)
三、洞外控制测量	(284)
四、测量坐标与施工坐标的换算	(287)
五、路线引测进洞数据的计算	(288)
六、洞口掘进方向的标定	(289)
第三节 隧道洞内施工测量	(290)
一、洞内导线测量	(290)
二、洞内中线的测设	(292)
三、洞内水准测量	(293)
四、隧道开挖断面放样	(294)
五、隧道衬砌放样	(295)
第四节 隧道竖井联系测量	(297)
一、竖井高程的传递	(297)
二、光学水准仪与陀螺经纬仪联合进行竖井联系测量	(299)
三、联系三角形定向测量	(300)
第五节 隧道贯通测量与误差调整	(301)
一、贯通误差的类型及要求	(301)
二、隧道贯通误差的测量	(302)
三、隧道贯通误差的调整	(303)
第十四章 公路工程测量资料提交	(305)
第一节 公路工程初测资料提交	(305)
第二节 公路工程定测资料提交	(312)
参考文献	(321)

第一章 工程测量基础知识

第一节 工程测量概述

一、工程施工测量内容

公路施工前、施工中和竣工后所进行的这些测量工作称为公路工程施工测量。

公路工程测量的主要内容包括：

(1)控制测量。在沿着路线可能经过的范围内，根据公路等级的要求，选用控制网的方式和相应的控制等级，布设控制点和测定各控制点的平面位置和高程。

(2)地形测量。以控制测量布设的控制点为基准，绘制路线带状地形图。

(3)定线测量。常用的定线测量方法有：纸上定线和现场定线两种。《公路勘测规范》(JTG C10—2007)规定：各级公路应在地形测量以后，采用纸上定线，受条件限制或地形、方案较简单也可采用现场定线。

(4)中线测量。通过直线和曲线(包括圆曲线和缓和曲线)的测设，将公路中心线的平面位置用打桩的形式具体地标定在现场上，并测定路线的实际里程。

(5)中线水准测量。中线水准测量，包括基平测量和中平测量两个方面。它的任务是在公路中线测量完成以后，测定中线上各里程桩的地面高程。

(6)横断面测量。测定中线上各里程桩处垂直于中线方向左右一定范围内的地面起伏状况。

(7)桥涵测量。测定桥轴线的长度、桥位处的河床断面以及水文等，为桥梁方案选择及结构设计提供详细、准确的数据。

(8)隧道测量。测绘隧址处地形图，测定隧道的轴线、洞口、竖井等的位置，为隧道设计提供详细、准确的数据。

二、工程测量任务与原则

1. 工程测量任务

公路野外勘测可以分为初测和定测两个阶段。

(1)初测的主要任务是：在沿线可能经过的范围内布设控制点，进行控制测量，测绘路线带状地形图、纵断面图，收集地质、水文、资源等资料，作为纸上定线、编制比较方案和初步设计的依据。根据初步设计，选定某一方案后，便可转入路线的定测阶段。

(2)定测的主要任务是：在选定设计方案的路线上进行中线测量、纵断面测量、横断面测量、局部地区的大比例尺地形图的测绘和有关调查测量等，以便为路线的技术设计提供准确、详细的外业测量资料。

1)在路线跨越河流时，拟设置桥梁跨越之前，要测绘河流两岸的地形图，测定桥轴线的长度及桥位处的河床断面，为桥梁方案选择及结构设计提供必要的数据。

2)当路线穿越高山，采用隧道工程时，应测绘隧址处地形图，隧道的轴线、洞口、竖井等的位置，为隧道设计提供必要的数据。

2. 工程测量原则

在进行测量工作时,需要确定许多地面点的位置。假如从一个已知点出发,逐点进行测量和推导,最后虽可得到欲测各点的位置,但这些点很可能是不正确的,因为前一点的量度误差将会传递到下一点。这样积累起来,最后可能达到不可允许的程度。因此测量工作必须依照一定的原则和方法来防止测量误差的积累。

在实际测量工作中应遵循“从整体到局部,由高级到低级,先控制后碎部”的原则,就是在测区整体范围内选择一些有“控制”意义的点,第一要把它们的坐标和高程用高精度的仪器和方法精确地测定出来,第二以这些点作为已知点来确定其他地面点的位置。

三、工程测量程序

以实例的形式来介绍测量工作的程序。

测量时,主要就是测定碎部点的平面位置和高程。测定碎部点的位置,其程序通常分为两步。

1. 控制测量

如图 1-1 所示,先在测区内选择若干具有控制意义的点 A 、 B 、 C …,作为控制点,以精密的仪器和准确的方法测定各控制点之间的距离 d ,各控制边之间的水平夹角 β ,如果某一条边(如图 1-1 中的 AB 边)的方位角 α 和其中某一点的坐标已知,则可计算出其他控制点的坐标。另外还要测出各控制点之间的高差,设点 A 的高程为已知,则可求出其他控制点的高程。

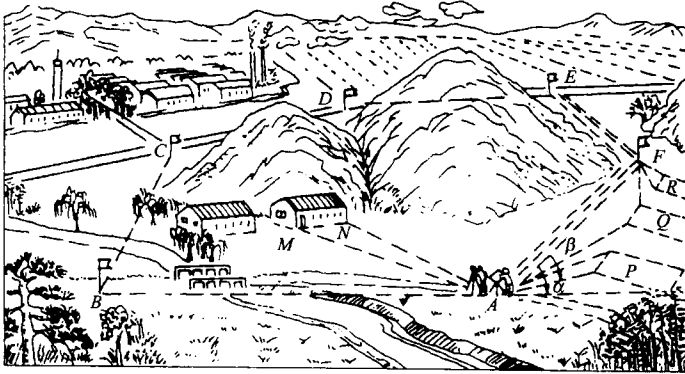


图 1-1 控制测量与碎部测量

2. 碎部测量

即根据控制点测定碎部点的位置,例如在控制点 A 上测定其周围碎部点 M 、 N 、…的平面位置和高程。应遵循“从整体到局部”、“先控制后碎部”的原则。这样可以减少误差累积,保证测图精度,而且还可以分幅测绘,加快测图进度。

当测定控制点的相对位置有误时,以其为基础所测定的碎部点位就也有错误,而当碎部测量中有错误时,以此资料绘制的地形图也就有错误。所以,测量工作必须严格进行检核,前一步测量工作未作检核则不能进行下一步测量工作。遵循“步步有检核”的原则,可以防止错漏发生,保证测量成果的正确性。

第二节 工程测量坐标系

一、大地坐标系

在大地坐标系中,地面点在旋转椭球面上的投影位置用大地经度 L 和大地纬度 B 来表示,如图 1-2 所示。

(1) P 点的大地经度就是通过 P 点的子午面与起始子午面的夹角(用 L 表示),从起始子午面算起,向东从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经;向西从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。

(2) P 点的大地纬度就是该点的法线与赤道面的交角(用 B 表示)。从赤道面起算,向北从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬;向南从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。

二、平面直角坐标系

如果测量的范围较小,可以把测区的球面当作平面看待,直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上,再用平面直角坐标来表示它的投影位置,如图 1-3 所示。

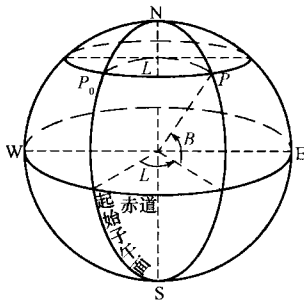


图 1-2 大地坐标系

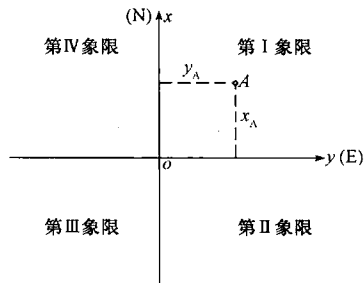


图 1-3 平面直角坐标系

平面直角坐标系,规定纵坐标轴为 x 轴,表示南北方向,向北为正;横坐标轴为 y 轴,表示东西方向,向东为正。坐标原点可假定,也可选在测区的已知点上。象限按顺时针方向编号,测量所用的平面直角坐标系与数学上常用的直角坐标系不同,测量上的直线方向都是从纵坐标轴北端顺时针方向量度的,而三角学中三角函数的角是从横坐标轴正端按逆时针方向计量,把 x 轴与 y 轴互换后,全部三角公式都能在计算中应用。

三、高斯平面直角坐标系

在研究大范围的地球形状和大小,必须用大地坐标表示地面点的位置才符合实际情况。但在绘制地形图时,只能将参考椭球面上的图形用地图投影的方法描绘到纸的平面上,这就需要相应的地图投影方法建立一个平面直角坐标系。

(1) 高斯投影平面。高斯投影是地球椭球面正形投影于平面的一种转换过程,通过下面投影过程来解说这种投影规律,如图 1-4(a)所示。

假想将截面为椭圆的一个圆柱横套在地球椭球外面,并与椭球面上某一条子午线相切,同时使圆柱的轴位于赤道面内并通过椭球中心。圆柱面与椭球面相切的子午线称为中央子午线。如果以椭球中心为投影中心,将中央子午线两侧一定经差范围内的椭球图形投影到圆柱面上,再顺着经过南、北两极点的圆柱母线将圆柱面剪开,展成平面,如图 1-4(b)、(c)所示,那么这个平面