

◎ 华克见 主编



市政工程

测量员培训教材

YUANPEIXUNJIAOCAI

CELIANGYUANPEIXUNJIAOCAI

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

市政工程测量员培训教材/华克见主编. —北京:
中国建材工业出版社, 2011. 6
ISBN 978 - 7 - 80227 - 933 - 9

I. ①市… II. ①华… III. ①市政工程—工程
测量—技术培训—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 089191 号

市政工程测量员培训教材
华克见 主编

出版发行: **中国建材工业出版社**

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 19

字 数: 511 千字

版 次: 2011 年 6 月第 1 版

印 次: 2011 年 6 月第 1 次

书 号: ISBN 978 - 7 - 80227 - 933 - 9

定 价: 40.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。电话: (010)88386906

对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书责编联系。邮箱: dayi51@sina.com

内 容 提 要

本书以《城市测量规范》(CJJ 8—1999)、《工程测量规范》(GB 50026—2007)及相关标准规程为依据,结合典型市政工程测量实践,详细阐述了市政工程测量的基础理论、方法与技术。全书主要内容包括绪论、市政工程测量基本工作、测量误差的基本知识、控制测量、地籍测量、全球定位系统(GPS)测量、地形图测绘与应用、道路工程测量、桥梁工程测量、管道工程测量、隧道工程测量、航空摄影测量、全站仪及其基本操作等。

本书内容翔实,具有很强的实用价值,可供市政工程测量员培训、自学使用,也可供高等院校相关专业师生学习掌握市政工程测量相关操作技巧。

市政工程测量员培训教材

编写组

主 编：华克见

副主编：苗 旺 杜爱玉

编 委：王端杰 何晓卫 梁帅婷 巩 玲

李良因 高会芳 李 慧 沈志娟

郑超荣 王刚领 代洪卫 岳翠贞

前 言

工程测量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,在工程建设勘测、设计、施工、验收、管理等各个阶段都需进行工程测量工作。在工程勘测、设计阶段,工程测量工作为工程建设用地的选择、道路管线位置的确定等提供必备的基础数据资料和图纸;施工阶段则需要通过工程测量工作来衔接,以配合各项工序的施工,为工程建设项目施工提供指引,从而保障工程建设的质量;工程项目竣工后的竣工测量,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,须对市政工程建构筑物进行变形观测,以确保工程的安全使用。

近年来,随着工程建设水平的快速发展与提高,工程测量的技术面貌也发生了深刻的变化,如电子计算机技术、微电子技术、微光技术以及空间技术等新技术的发展与应用,为工程测量技术的进步提供了新的方法与手段。同时,由于建设领域科技的进步,对工程测量工作也提出了新任务、新课题和新要求,广大工程建设测量人员必须不断努力学习,以提高自身的业务能力和专业水平,满足工程建设测量水平发展与提高的需要。

为了满足工程建设测量人员培训教学和热爱工程测量工作人员自学工程测量基础知识的需要,我们组织市政工程测量领域相关专家学者,以《城市测量规范》(CJJ 8—1999)、《工程测量规范》(GB 50026—2007)及相关标准规程为依据,编写了《市政工程测量员培训教材》一书,以供市政工程测量员培训及热爱市政工程测量工作者自学工程测量基础知识及相关操作技巧参考使用。

与市面上同类书相比较,本书主要具有以下特点:

(1)理论与实践相结合。本书内容既注重讲述市政工程测量的基础理论、方法与技术,又结合典型市政工程测量实践,涵盖了市政工程测量的各个方面,是广大市政工程施工测量人员工作时的实用工具书。

(2)内容新颖,通俗易懂。本书依据最新市政工程测量相关标准规范进行编写,且书中叙述语言大众化,基本上能满足初中以上文化程度的读者培训及自学的需要。

(3)内容全面,实用性强。本书以倡导先进性,注重可行性,强化可操作性为指导,在编写时既考虑了内容的相互关联和体系完整,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,书中就没有进行深入

的讨论。

参与本书编写的人员大都是具有丰富工程测量实践工作经验的专家学者，书中内容体现了他们多年的经验成果，具有很强的实用价值。但由于工程测量技术的飞速发展，尚有很多新的工程测量课题与任务需要不断去摸索与研究，正因为如此，尽管本书编写人员已尽最大努力，但书中错误及不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以利及时修订与完善。

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 测量学简介	(1)
一、测量学的概念	(1)
二、测量学的内容及任务	(1)
三、测量学的作用	(2)
第二节 地面点位的确定	(2)
一、地球的形状与大小	(2)
二、地面点平面位置的确定	(3)
三、地面点高程位置的确定	(4)
第三节 用水平面代替水准面的限度	(5)
一、平面代替曲面所产生的距离误差	(5)
二、平面代替曲面所产生的高程误差	(6)
第二章 市政工程测量基本工作	(7)
第一节 水准测量	(7)
一、水准测量的原理	(7)
二、水准测量仪器	(8)
三、水准仪的操作	(10)
四、水准测量的方法	(11)
五、水准路线测量结果计算	(14)
六、水准仪的检验与校正	(15)
七、水准测量误差的来源	(17)
第二节 角度测量	(18)
一、水平角观测	(19)
二、竖直角观测	(22)
三、经纬仪的应用	(24)
四、角度测量误差及消减方法	(29)
第三节 距离测量	(30)
一、钢尺量距	(30)

二、视距测量	(35)
三、电磁波测距	(38)
第四节 坐标正算与反算	(43)
一、坐标正算	(43)
二、坐标反算	(44)
第三章 测量误差的基本知识	(45)
第一节 概述	(45)
一、测量误差产生的因素	(45)
二、测量误差的分类	(45)
三、偶然误差的统计特征	(46)
第二节 衡量精度的标准	(47)
一、中误差	(47)
二、容许误差	(47)
三、平均误差	(47)
四、相对误差	(48)
第三节 误差传播定律	(48)
一、倍数函数	(48)
二、和差函数	(49)
三、线性函数	(49)
四、非线性函数	(49)
第四节 算术平均值及其中误差	(50)
一、算术平均值	(50)
二、同精度观测值的中误差	(50)
三、算术平均值的中误差	(51)
第四章 控制测量	(53)
第一节 概述	(53)
一、基本术语	(53)
二、城市平面控制测量	(54)
三、城市高程控制测量	(56)
四、小地区控制测量	(57)
第二节 导线测量和三角形网测量	(57)
一、导线测量	(58)
二、三角形网测量	(65)
第三节 城市高程控制测量	(70)

一、水准测量	(70)
二、三角高程测量	(72)
第五章 地籍测量	(76)
第一节 概述	(76)
一、地籍测量的具体内容及任务	(76)
二、地籍测量的特点	(76)
三、地籍调查	(77)
第二节 地籍要素测量	(81)
一、地籍要素测量对象	(81)
二、地籍要素测量方法	(81)
三、界址点	(82)
第三节 地籍图绘制	(82)
一、地籍图的基本内容与形式	(82)
二、地籍图的分幅与编号	(83)
三、地籍图的绘制方法	(83)
四、地籍图绘制精度要求	(84)
第四节 面积量算与地籍修测	(84)
一、面积量算	(84)
二、变更地籍测量	(85)
三、地籍修测	(86)
四、地籍资料整理、检查验收与成果提交	(86)
第六章 全球定位系统(GPS)测量	(88)
第一节 概述	(88)
一、GPS 的基本组成	(88)
二、GPS 的功能与特点	(90)
第二节 GPS 定位的坐标系统与时间系统	(91)
一、GPS 定位的坐标系统	(91)
二、GPS 定位的时间系统	(92)
第三节 GPS 定位原理	(93)
一、卫星定位测量的技术要求	(93)
二、GPS 定位的观测量	(94)
三、绝对定位原理	(95)
四、相对定位原理	(95)
第四节 GPS 接收机	(96)

一、GPS 接收机的结构构成	(96)
二、GPS 接收机分类	(97)
三、GPS 接收机的检定	(98)
第五节 GPS 定位测量工作的实施	(99)
一、级别划分与测量精度	(99)
二、布设的原则	(99)
三、选点与埋石	(100)
四、观测	(104)
五、外业成果记录	(105)
第六节 GPS 全球定位系统在工程测量中的应用	(106)
一、GPS 在控制测量中的应用	(106)
二、GPS 在地形、地籍及房地产测量中的应用	(106)
三、GPS 在其他方面的应用	(106)
第七章 地形图测绘与应用	(108)
第一节 基本知识	(108)
一、地形图	(108)
二、比例尺	(112)
三、图廓、图名、图号	(113)
四、地物符号	(113)
五、地貌符号	(116)
六、地形图精度要求	(119)
第二节 地形平面控制测量	(121)
一、地形平面控制测量的内容	(121)
二、基本控制测量	(121)
三、图根控制测量	(121)
第三节 大比例尺地形图测绘	(122)
一、测图前的准备工作	(122)
二、碎部点平面位置的测绘方法	(124)
三、经纬仪测绘法	(125)
四、平板仪测量	(126)
五、地形图的绘制	(128)
第四节 地形图的识读与应用	(132)
一、地形图识读	(132)
二、地形图应用	(133)

第八章 道路工程测量	(141)
第一节 概述	(141)
一、道路工程测量准备工作	(141)
二、道路工程测量内容	(141)
第二节 道路勘测及中线测量	(142)
一、带状地形图测绘	(142)
二、道路中线测量	(142)
第三节 道路纵横断面测量	(150)
一、纵横断面测量的主要任务及步骤	(150)
二、基平测量	(150)
三、中平测量	(151)
四、纵断面测绘	(153)
五、横断面测绘	(154)
第四节 道路平曲线测设	(157)
一、圆曲线的测设	(157)
二、缓和曲线的测设	(161)
三、复曲线、回头曲线的测设	(170)
四、困难条件下的曲线测设	(172)
第五节 道路施工测量	(175)
一、道路施工测量的准备工作	(176)
二、道路施工测量的工作内容	(176)
第六节 道路竣工测量	(179)
一、一般要求	(179)
二、竣工平面图、纵断面图	(180)
三、竣工总平面图	(180)
第九章 桥梁工程测量	(182)
第一节 桥梁工程控制测量	(182)
一、测量准备工作及要求	(182)
二、平面控制测量	(182)
三、高程控制测量	(189)
第二节 桥梁墩台定位与轴线测量	(191)
一、直线桥梁的墩台定位	(191)
二、曲线桥梁的墩台定位	(193)
三、墩台定位的方法	(197)

四、墩台纵横轴线	(201)
第三节 桥梁施工测量	(201)
一、准备工作	(201)
二、基础施工测量	(203)
三、墩、台身细部放样	(209)
四、梁体施工测量工作	(210)
五、墩台锥坡放样	(210)
六、墩、台顶部施工测量	(212)
七、上部结构安装测量	(212)
第四节 涵洞施工测量	(212)
一、涵洞施工测量任务及要求	(212)
二、涵洞施工测设内容	(213)
第五节 桥梁变形观测与竣工测量	(214)
一、桥梁变形观测	(214)
二、桥梁工程竣工测量	(215)
第十章 管道工程测量	(217)
第一节 概述	(217)
一、管道工程测量的任务及要求	(217)
二、管道工程测量的主要内容	(217)
第二节 管道中线测量	(217)
一、管线主点的测设	(217)
二、钉(设)里程桩和加桩	(218)
第三节 管道纵、横断面测量	(218)
一、管道纵断面测量	(218)
二、管道横断面测量	(220)
第四节 管道施工测量	(220)
一、准备工作	(220)
二、施工过程中的测量	(220)
三、架空管道的施工测量	(222)
四、顶管施工测量	(222)
第五节 管道竣工测量	(224)
一、管道竣工纵断面图	(224)
二、管道竣工平面图	(225)
第十一章 隧道工程测量	(226)

第一节 地面控制测量	(226)
一、地面控制测量的准备工作	(226)
二、地面导线测量	(227)
三、地面水准测量	(228)
四、地面三角测量	(228)
五、GPS 控制测量	(230)
第二节 隧道施工测量	(230)
一、隧道施工测量的主要内容及任务	(230)
二、隧道洞外控制测量	(231)
三、隧道洞内控制测量	(233)
第三节 竖井联系测量	(237)
一、竖井定向测量	(237)
二、竖井高程传递测量	(239)
第四节 隧道贯通误差的测定与调整	(246)
一、隧道贯通误差的基本概念	(246)
二、隧道贯通误差的测定	(248)
三、隧道贯通误差的调整	(249)
第五节 测量坐标与施工坐标的换算	(251)
第六节 隧道开挖断面施工放样及竣工测量	(252)
一、隧道开挖断面施工测量	(252)
二、隧道衬砌施工放样	(253)
三、隧道竣工测量	(256)
第十二章 航空摄影测量	(258)
第一节 概述	(258)
一、摄影测量	(258)
二、航空摄影	(259)
第二节 像控点布设与测量	(263)
一、像控点布设	(263)
二、像控点测量	(266)
第三节 影像测图及像片调绘	(269)
一、影像测图	(269)
二、像片调绘	(275)
第四节 照相、晒印与冲洗处理	(275)
一、照相	(275)

二、晒印	(275)
三、冲洗处理	(276)
第十三章 全站仪及其基本操作	(277)
第一节 概述	(277)
一、全站仪的分类、特点及作用	(277)
二、全站仪基本结构及功能	(277)
三、全站仪辅助设备	(281)
第二节 全站仪操作基础	(281)
一、全站仪的基本操作程序	(281)
二、注意事项	(289)
参考文献	(290)

第一章 绪 论

第一节 测量学简介

一、测量学的概念

测量学是研究地理信息的获取、处理、描述和应用的学科。其内容包括研究测定,描述地球的形状、大小、重力场、地表形态以及它们的各种变化,确定自然和人造物体,人工设施的空间位置及属性,制成各种地图和建立有关信息系统。

测量学包括大地测量学、地形测量学、摄影测量学和工程测量学、制图学五个学科。

(1)大地测量学。大地测量学是研究地球表面大区域的点位测定以及整个地球的形状、大小和地球重力场测定的理论和方法的学科。其为测量学的其他分支学科提供最基础的测量数据和资料。

(2)地形测量学。地形测量学是研究将地球表面局部地区的地貌及人工建筑和行政权属界限等测绘成大比例尺地形图的基本理论和方法的学科。

(3)摄影测量学。摄影测量学是利用摄影影像信息测定目标物的形状、大小、性质、空间位置和相互关系的测量工作的学科。

(4)工程测量学。工程测量学是研究各项工程建设在规划设计、施工放样和运营管理阶段所进行的各种测量工作的学科,测量在不同的工程建设项目中其技术和方法有很大的区别。

(5)制图学。制图学是利用测量所得的资料,研究如何投影编绘成地图,以及地图制作的理论、工艺技术和应用等方面的测绘学科。

二、测量学的内容及任务

1. 测量学的内容

测量学的内容主要包括测定和测设两个部分。

(1)测定。测定也称为测图,其是将地球表面的形状和大小,按一定比例尺,使用测量仪器和工具,通过测量和计算,运用各种符号及数字缩绘成地形图,供科学研究、经济建设、国防建设和规划设计使用。

(2)测设。测设也称为放样,其是将图纸上已设计好的建(构)筑物的位置,按照设计的要求及需要,运用测量仪器和工具,使用各种标志在地面上标定出来。

2. 测量学的任务

(1)测量学是利用测量仪器工具,按照一定的理论与方法量度地球或地球一部分的形状、大小和地面各种物体的几何形状和空间位置,并用特定的图形符号和文字将所量度的结果表示出来的科学。

(2)测量学是先根据图面的图式符号识别地面上的地物和地貌,然后在图上进行测量即测图,从图上取得工程建设所必需的各种技术资料,从而解决工程设计和施工中的有关问题。

(3)测量学是将图纸上设计好的建(构)筑物按照设计要求通过测量的定位放线、安装,将其位置和高程标定到施工作业面上,即放样。

(4)测量学为政治、经济、国防、科研等事业服务。

三、测量学的作用

工程测量在市政工程中的工作可分为四个阶段,其作用主要表现在以下几方面:

1. 工程勘测阶段

在工程勘测阶段,测绘地形图为规划设计提供各种比例尺的地形图和测绘资料。

2. 工程设计阶段

在工程设计阶段,运用地形图进行工程的总体规划和设计。

3. 工程施工阶段

在工程施工阶段,首先要根据具体情况在现场布置控制网,然后是定位放线、土方开挖、基础和主体工程等的施工测量,施工的每一步都离不开测量工作,既要保证平面和高程位置的正确,又要保证垂直度不发生偏差。由此测量工作在施工中不仅是一道重要的工序,而且也起着关键的主导作用。

4. 工程竣工阶段

在工程竣工阶段,还要进行竣工测量,施测竣工图,以供日后扩建和维修之用。在建(构)筑物的施工过程及以后的运营阶段,为了保证其安全,检验设计是否合理,还需要进行系统的沉降变形观测,若发现问题,需立即采取相应的措施。

第二节 地面点位的确定

工程测量的本质任务是地面点位的确定,由几何原理可知,点组成线、线组成面、面组成体,由此构成物体形状最基本的元素是点。在测量中,由于地球表面上的地物和地貌的形状可认为是由点、线、面构成的,则点是最基本的单元,合理选择一些点进行测量,便可准确地表示出地物和地貌的位置、形状和大小。

一、地球的形状与大小

由于测量工作是在地球的自然表面上进行的,所以应了解地球的形状和大小。地球的自然表面是不规则的,有陆地、海洋,有高山、丘陵和平原,有很大的起伏。在我国西藏与尼泊尔交界的珠穆朗玛峰高达8844.43m,而在太平洋西部的马里亚纳海沟深达11022m。但这样的高低起伏相对于地球庞大的体积来说还是可忽略不计,而把地球看作球状。由于地球表面上的海洋面积约占71%,陆地面积约占29%,所以人们可以把地球总的形状看做是被海水包围的球体,也就是设想有一个静止的海水面,向陆地延伸包围整个地球,而形成一个封闭的曲面。

这个平均高度的静止的海水面称为大地水准面,大地水准面便是测量工作的基准面,如图1-1所示为大地水准面示意图。

海水有潮汐,时高时低,所以水准面有无数个,由于地球的自转运动,地球上每个点都有一个离心力,同时地球本身又具有巨大的质量,对地球上每一点又有一个吸引力,使地面上的物体不致自由离散。所以,地球上每一个点都受着离心力与地球吸引力两个力的作用。这两个力的合力称为重力,重力的作用线又称为铅垂线。铅垂线具有处处与水准面垂直的特性,因此常作为测

量工作的基准线。

虽然用大地水准面表示地球形状是恰当的,但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,致使大地水准面形成一个有微小起伏的不规则曲面,人们无法在这个曲面上进行测量数据的处理。由此,人们采用一个与大地水准面非常接近的规则几何曲面来表示地球的形状与大小,这便是地球参考椭球面,如图 1-2 所示。

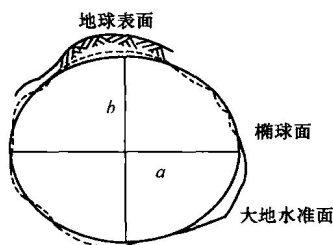


图 1-1 大地水准面

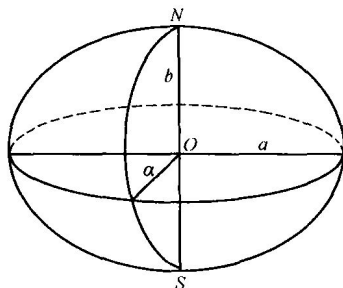


图 1-2 地球参考椭球面

椭球面可以用数学式子表达,所以采用椭球面作为测量计算的基准面是合适的。

地球的形状确定后,为了将观测结果换算到椭球面上,还应进一步确定大地水准面与椭球面的相对关系。

椭球体的基本元素有长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。

我国目前利用的参考椭球体元素是:1975 年国际大地测量与地球物理联合会通过并推荐的值:

$$\begin{aligned} a &= 6378140\text{m} \\ b &= 6356755\text{m} \\ \alpha &= \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257} \end{aligned}$$

由于参考椭球体的扁率很小,在普通测量中,可把地球当做圆球看待,其半径为:

$$R = \frac{2a+b}{3}$$

当测区面积很小时,也可以用水平面代替水准面,作为局部地区小面积测量的基准面。

二、地面点平面位置的确定

1. 大地坐标

地面点在参考椭球面上投影位置的坐标,可用大地坐标系统的经度和纬度表示。如图 1-3 所示, O 为地球参考椭球面的中心, N 、 S 为北极和南极, NS 为旋转轴,通过旋转轴的平面称为子午面,其与参考椭球面的交线称为子午线,而其中通过原英国格林尼治天文台的子午线则称为首子午线。通过 O 点并且垂直于 NS 轴的平面称为赤道面,其与参考椭球面的交线称为赤道。

地面点 P 的经度,是指过该点的子午面与首子午线之间的夹角,用 L 表示,经度从首子午线起算,往东自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经,往西自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经,经度通常用符号 λ 表示。地面点 P 的纬度,是指过该点的法线与之赤道面间的夹角,用 B 表示,纬度从赤道面起算,往北自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬,往南自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬,纬度通常用 φ 表示。