

◎ 李建钊 主编



水利水电工程

测量员培训教材

YUANPEIXUNJIAOCAI

CELIANGYUANPEIXUNJIAOCAI

中国建材工业出版社

水利水电工程测量员培训教材

李建钊 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程测量员培训教材/李建钊主编. —北京:中国建材工业出版社, 2011.5

ISBN 978-7-80227-917-9

I. ①水… II. ①李… III. ①水利水电工程—工程测量—技术培训—教材 IV. ①TV221

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 051558 号

水利水电工程测量员培训教材

李建钊 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:北京市通州京华印刷制版厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.5

字 数:417 千字

版 次:2011 年 5 月第 1 版

印 次:2011 年 5 月第 1 次

书 号:ISBN 978-7-80227-917-9

定 价:33.00 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《工程测量规范》(GB 50026—2007)及水利水电工程相关测量标准规程为依据,结合典型水利水电工程测量实践,详细阐述了水利水电工程测量的基础理论、方法与技术。全书主要包括绪论、水准仪与水准测量、经纬仪与角度测量、距离测量、测量误差基本知识、平面控制测量、高程控制测量、摄影测量、地形图测绘及应用、GPS 全球定位系统及其应用、施工放样的基本工作、线路测量、渠道测量、河道测量、水工建筑物放样、建筑物变形观测、竣工测量等。

本书内容翔实,具有很强的实用价值,可供水利水电工程测量员培训、自学使用,也可供高等院校相关专业师生学习水利水电工程测量相关操作技巧时参考使用。

水利水电工程测量员培训教材

编写组

主 编：李建钊

副主编：王刚领 代洪卫

编 委：王端杰 苗 旺 杜爱玉 巩 玲

李良因 高会芳 李 慧 沈志娟

郑超荣 何晓卫 梁帅婷 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,须对建筑物进行变形观测,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,我们组织水利水电工程测量领域相关专家学者,以《工程测量规范》(GB 50026—2007)及水利水电工程相关测量标准规程为依据,编写了《水利水电工程测量员培训教材》一书,以供水利水电工程测量员培训及热爱水利水电工程测量工作者自学工程测量基础知识及相关操作技巧时参考使用。

与市面上同类书籍比较,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水利水电工程测量的基础理论、方法与技术,又结合典型水利水电工程测量实践,涵盖了水利水电工程测量的各个方面,是广大水利水电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。本书依据最新水利水电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。但由于工程测量领域的飞速发展,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 概述	(1)
一、测量学的内容及分类	(1)
二、水利水电工程测量的内容和任务	(1)
第二节 地面点位置的确定	(2)
一、地球的形状和大小	(2)
二、地面点的位置	(2)
第三节 用水平面代替水准面	(5)
一、地球曲率对水平距离的影响	(5)
二、地球曲率对高程的影响	(6)
第四节 测量的基本工作及原则	(6)
一、测量的基本工作	(6)
二、测量的基本原则	(7)
第二章 水准仪与水准测量	(8)
第一节 水准测量原理	(8)
第二节 水准仪的构造及使用	(9)
一、DS ₃ 型水准仪和水准尺	(9)
二、水准路线	(13)
第三节 水准测量施测和校核办法	(14)
一、水准点	(14)
二、水准测量施测	(14)
三、水准测量校核方法	(15)
第四节 水准测量成果计算	(16)
一、附和水准路线	(16)
二、闭合水准路线	(17)
三、支水准路线	(17)
第五节 其他类型水准仪简介	(18)
一、自动安平水准仪	(18)
二、电子水准仪	(19)
第六节 水准仪的检验与校正	(20)
一、主要轴线及其相应关系	(20)
二、检验与校正	(20)
第七节 水准测量的误差分析	(22)

一、仪器误差	(22)
二、观测误差	(22)
三、外界条件的影响	(23)
第三章 经纬仪与角度测量	(25)
第一节 角度测量原理	(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	(26)
一、DJ ₆ 型光学经纬仪	(26)
二、DJ ₂ 型光学经纬仪	(30)
第三节 电子经纬仪	(31)
一、电子经纬仪的构造	(31)
二、电子经纬仪的使用	(32)
第四节 水平及竖直角测量	(32)
一、水平角测量	(32)
二、竖直角测量	(35)
三、竖直角计算	(35)
第五节 经纬仪的检验和校正	(36)
一、主要轴线及其相应关系	(36)
二、检验与校正	(36)
第六节 角度测量误差分析	(39)
一、水平角测量误差	(39)
二、竖直角测量误差	(40)
第四章 距离测量	(41)
第一节 钢尺量距	(41)
一、量距工具	(41)
二、量距的一般方法	(42)
三、丈量的精密方法	(43)
四、尺长方程式与钢尺检定	(45)
五、钢尺量距的误差分析	(46)
第二节 视距测量	(47)
一、视距测量原理	(47)
二、视距测量公式	(48)
三、视距测量方法	(48)
四、视距测量误差	(49)
第三节 电磁波测距	(49)
一、红外测距仪的测距原理	(50)
二、红外测距仪的基本构造	(50)
三、红外测距仪的使用	(51)

第四节 直线定向	(52)
一、标准方向的种类	(52)
二、表示直线方向的方法	(53)
三、几种方位角之间的关系	(53)
四、坐标方位角的推算	(54)
五、用罗盘仪测定磁方位角	(54)
第五节 全站仪测量	(55)
一、全站仪的主要特点	(56)
二、全站仪的主要技术指标	(56)
三、全站仪的构造及功能	(57)
四、全站仪的使用	(58)
五、全站仪菜单设置	(61)
六、全站仪使用注意事项	(64)
第五章 测量误差基本知识	(65)
第一节 测量误差概述	(65)
一、系统误差	(65)
二、偶然误差	(65)
第二节 衡量观测值精度的标准	(67)
一、中误差	(67)
二、相对误差	(67)
三、容许误差	(68)
第三节 误差传播定律	(68)
一、线性函数误差传播	(68)
二、非线性函数误差传播	(69)
三、测量精度分析	(70)
第四节 等精度观测的平差	(72)
一、最或是值计算	(72)
二、观测值的中误差	(72)
三、算术平均值的中误差	(73)
第五节 不等精度观测的平差	(73)
一、权与中误差的关系	(73)
二、加权算术平均值及其中误差	(74)
第六章 平面控制测量	(75)
第一节 导线测量	(75)
一、导线测量概述	(75)
二、导线测量外业工作	(75)
三、导线测量技术要求	(76)
四、导线测量内业计算	(77)
第二节 三角测量	(82)

一、三角测量概述	(82)
二、三角测量外业工作	(83)
三、三角测量技术要求	(84)
四、三角测量内业工作	(85)
第三节 交会定点	(85)
一、前方交会	(85)
二、后方交会	(86)
三、侧方交会	(87)
第七章 高程控制测量	(88)
第一节 概述	(88)
第二节 三、四等水准测量	(88)
一、测量技术要求	(88)
二、测量观测方法	(90)
三、测站计算与校核	(90)
四、高程计算	(91)
第三节 三角高程测量	(91)
一、三角高程测量原理	(91)
二、三角高程测量技术要求	(92)
三、三角高程测量观测	(93)
四、三角高程测量计算	(93)
第八章 摄影测量	(94)
第一节 地面摄影测量	(94)
一、地面立体摄影测量	(94)
二、交向摄影测量	(98)
三、近景摄影测量	(99)
第二节 航空摄影测量	(101)
一、概述	(101)
二、影像平面图测图及像片调绘	(107)
三、照相、晒印与冲洗处理	(108)
四、立体测图	(109)
五、影像平面图制作	(111)
第九章 地形图测绘及应用	(113)
第一节 地形图基本知识	(113)
一、地形图的比例尺	(113)
二、地形图的分幅与编号	(114)
三、地形图的图外注记	(114)
四、地物符号	(116)
五、地貌符号	(118)
第二节 大比例尺地形图测绘	(120)

一、测图前的准备工作	(120)
二、测量碎部点平面位置的基本方法	(121)
三、碎部测量方法	(122)
四、地形图测绘技术要求	(123)
五、地形图拼接、整饰、检查与验收	(125)
第三节 水下地形图测绘	(125)
一、水下地形测量方法	(125)
二、水下地形点高程	(126)
三、水深测量	(126)
四、水下地形测量技术要求	(127)
第四节 白纸测图	(127)
一、概述	(127)
二、地物测绘	(129)
三、地貌测绘	(130)
四、土质和植被测绘	(130)
第五节 地形图的应用	(131)
一、地形图应用的基本内容	(131)
二、地形图在水工工程中的应用	(133)
三、图形面积量算方法	(135)
四、根据地形图平整场地	(136)
第十章 GPS 全球定位系统及其应用	(139)
第一节 全球定位系统(GPS)的组成	(139)
一、空间星座部分	(139)
二、地面监控部分	(140)
三、用户设备部分	(140)
第二节 GPS 坐标系统及定位原理	(140)
一、GPS 坐标系统	(140)
二、GPS 定位原理	(141)
第三节 GPS 测量的实施	(142)
一、GPS 网精度指标的确定	(142)
二、网形设计	(143)
三、选点、建立标志	(143)
四、GPS 测量的观测工作	(143)
第十一章 施工放样的基本工作	(146)
第一节 概述	(146)
一、施工放样的概念	(146)
二、施工放样的内容和特点	(146)
第二节 施工控制网的布设	(147)
一、平面控制网的建立	(147)

二、高程控制网的建立	(147)
第三节 水平距离、水平角及高程放样	(147)
一、水平距离放样	(147)
二、水平角放样	(148)
三、高程放样	(150)
第四节 测设放样点的基本方法和要求	(151)
一、基本方法	(151)
二、基本要求	(155)
第五节 圆曲线的测设方法	(156)
一、圆曲线测设	(156)
二、缓和曲线测设	(159)
三、圆曲线带有缓和曲线测设	(160)
四、复曲线与回头曲线测设	(163)
第十二章 线路测量	(169)
第一节 线路定测	(169)
一、中线测量	(169)
二、纵、横断面测量	(172)
第二节 道路施工测量	(178)
一、恢复中线测量	(178)
二、测设施工控制桩	(178)
三、路基边桩测设	(179)
四、竖曲线测设	(180)
第三节 管道测量	(182)
一、测量准备工作	(182)
二、管道施工放样	(182)
三、管道竣工测量	(183)
第四节 输电线测量	(184)
一、路径的选择	(184)
二、定线测量	(184)
三、平断面测量	(185)
第十三章 渠道测量	(186)
第一节 渠道选线测量	(186)
一、踏勘选线	(186)
二、水准点的布设与施测	(187)
第二节 渠道中线测量	(187)
一、平原地区的中线测量	(187)
二、山丘地区的中线测量	(188)
第三节 渠道纵横断面测量	(189)
一、纵断面测量	(189)

二、横断面测量	(191)
第四节 渠道纵横断面图绘制	(192)
一、渠道纵断面图绘制	(192)
二、渠道横断面图绘制	(192)
第五节 渠道边坡放样	(193)
一、标定中心桩	(193)
二、边坡桩放样	(193)
第六节 渠道土方量计算	(194)
一、断面挖、填范围的确定	(195)
二、断面挖、填面积计算	(195)
三、土方计算	(195)
第十四章 河道测量	(196)
第一节 水位测量	(196)
一、工作水位的测定	(196)
二、同时水位的测定	(196)
三、洪水调查测量	(197)
第二节 水深测量	(197)
一、测深杆	(197)
二、测深锤	(197)
三、回声测深仪	(198)
第三节 水下地形测量	(199)
一、水下地形点	(199)
二、水下地形施测	(200)
第四节 河道纵横断面测量	(201)
一、河道横断面图绘制	(201)
二、河道纵断面图绘制	(203)
第十五章 水工建筑物放样	(204)
第一节 概述	(204)
第二节 施工控制网的布设	(204)
一、平面控制网的布设	(204)
二、高程控制网的布设	(204)
第三节 土坝施工测量	(205)
一、坝轴线的确定	(205)
二、坝身控制线的测设	(206)
三、高程控制网的建立	(207)
四、土坝清基开挖线放样	(207)
五、坝脚线放样	(207)
六、边坡放样	(208)
第四节 混凝土坝放样	(209)

一、坝轴线的测设	(209)
二、坝体的控制测量	(209)
三、清基开挖线放样	(210)
四、坝体立模放样	(210)
第五节 水闸放样	(211)
一、主轴线的测设和高程控制线的建立	(212)
二、基础开挖线放样	(212)
三、闸底板放样	(212)
四、上层建筑物的轴线测设	(213)
第六节 隧洞放样	(213)
一、洞外控制测量	(214)
二、隧洞施工测量	(215)
三、隧洞开挖断面放样	(217)
四、竖井联系测量	(218)
第十六章 建筑物变形观测	(221)
第一节 概述	(221)
一、变形观测的概念与任务	(221)
二、产生变形的原因	(221)
三、观测频率与观测精度	(221)
第二节 位移观测	(222)
一、视准线法观测水平位移	(222)
二、竖直位移观测方法	(224)
第三节 裂缝观测	(225)
一、水工建筑物裂缝观测	(225)
二、混凝土建筑物裂缝观测	(225)
第四节 倾斜观测	(226)
一、一般建筑物倾斜观测	(226)
二、塔式建筑物倾斜观测	(226)
第五节 沉降观测	(228)
一、常见的沉降观测方法	(228)
二、沉降观测外业成果整理	(229)
第六节 挠度观测	(229)
一、建筑物挠度观测	(229)
二、大坝挠度观测	(230)
第十七章 竣工测量	(232)
一、竣工测量的内容	(232)
二、竣工总图的编绘	(232)
三、竣工总图的实测	(233)
参考文献	(234)

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、测量学的内容及分类

测量学是研究地球形状和大小以及确定地面点位置的科学。根据研究范围和对象的不同,测量学包括以下几个分支学科:

(1)普通测量学——研究地球表面较小区内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科。它是测量学的基础,主要是指用地面作业方法,将地球表面局部地区的地物和地貌等测绘成地形图。因此,普通测量学的核心内容是地形图的测绘和应用。

(2)大地测量学——研究在广大区域建立国家大地控制网,测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术与方法的学科。它为测量学的其他分支学科提供最基础的测量数据和资料。

(3)摄影测量学——利用摄影或遥感技术来测绘地形图,其中航空摄影测量是测绘国家基本地形图的主要方法。

(4)工程测量学——研究工程建设在勘测、规划设计、放样施工和运营管理阶段所进行测量工作的理论、方法和技术的学科。工程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)地图制图学——研究各种地图的制作理论、工艺技术和应用的学科。其任务是编制与生产不同比例尺的地图。

二、水利水电工程测量的内容和任务

水利水电工程测量是为水利水电工程建设服务的专门测量,属工程测量管理的范畴,主要解决水利水电工程建设在规划、设计、施工及管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法。它的主要任务如下:

(1)测绘。其为水利工程规划设计提供所需的地形资料。规划阶段需提供中、小比例尺地形图及有关信息,建筑物设计时要测绘大比例尺地形图。

(2)测设。将图上设计好的建筑物或构筑物按其位置、大小测设到实地上,以便据此施工,亦称为施工放样。

(3)变形观测。在施工过程及工程建成管理中,需要定期对建筑物的稳定性及变化情况进行监测,以确保工程质量和安全运行。

总之,工程的勘测、规划、设计、施工、竣工及运营后的监测、维护都需要测量工作。由此可见,测量工作贯穿于工程建设的始终,作为一名水利工作者,必须掌握必要的测量知识和技能,才能担负起工程勘测、规划设计、施工及管理各项任务。

第二节 地面点位置的确定

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的,而地球表面有高山、平原、海洋等起伏变化的地貌,其自然表面是极不规则的。陆地上最高的珠穆朗玛峰,高出海平面 8844.43m,也有低于海平面 11022m 的太平洋西部的马里亚纳海沟,但因地球的半径约为 6371km,故地球表面的起伏相对于地球庞大的体积来说是极微小的。同时,整个地球表面上海洋面积约占 71%,陆地面积仅占 29%,所以人们将静止的海水面向陆地延伸形成一个封闭的曲面来代替地球表面,这个曲面称为水准面。由于潮汐的影响,海水面有涨有落,水准面就有无数个,并且互不相交。在测量工作中,把通过平均海水面并向陆地延伸而形成的闭合曲面称为大地水准面。它所包围的形体称为大地体。

大地水准面的特性是处处与铅垂线正交,然而,由于地球内部物质分布不均匀,使得垂线方向具有不规则的变化,因而大地水准面成为一个不规则的复杂曲面,且不能用数学公式来表达,因此,为了便于测量、计算和绘图,选用一个椭圆绕它的短轴旋转而成的椭球体来表示地球形体,称为参考椭球体。

它是由椭圆 $NWSE$ 绕其短轴 NS 旋转而成的形体(图 1-1),其形状和大小取决于长半径(赤道半径) a 、短半径(旋转轴半径) b 和扁率 $f\left(=\frac{a-b}{b}\right)$ 。目前,我国采用的椭球元素: $a=6378137\text{m}$, $f=1/298.257222101$ 。由于参考椭球的扁率很小,在小区域测量中,可近似将地球视作圆球体,其半径为 6371km。

地球的形状确定后,还应进一步确定大地水准面与旋转椭球面的相对关系,才能把观测结果化算到椭球面上。如图 1-2 所示,选择地面上一点 P ,设想把椭球与大地体相切,切点 P_0 点位于 P 点的铅垂线方向上,这时椭球面上 P_0 的法线与大地水准面的铅垂线相重合,使椭球的短轴与地球的自转轴保持平行,且椭球面与大地水准面差距尽量小,从而确定了椭球面与大地水准面的相对位置关系。

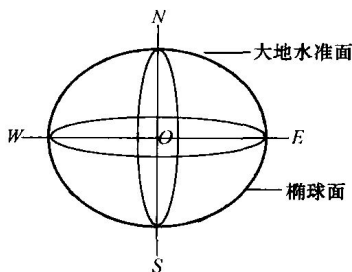


图 1-1 参考椭球体

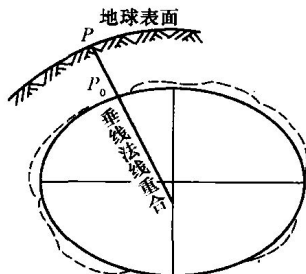


图 1-2 参考椭球定位

二、地面点的位置

测量工作的基本任务就是测量地面点的位置,而地面点的位置是用三维坐标来表示的。用以确定地面点位的坐标系有以下几种。