



全国水文勘测技能培训系列教材

# 水文测量

水利部水文局 组织编写  
周国树 主 编  
宋政峰 副主编  
李 里 主 审



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

全国水文勘测技能培训系列教材

# 水文测量

|        |      |
|--------|------|
| 水利部水文局 | 组织编写 |
| 周国树    | 主 编  |
| 宋政峰    | 副主编  |
| 李 里    | 主 审  |



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书是“全国水文勘测技能培训系列教材”的其中一本。针对水文系统基层职工的现状及新形势下对水文技能人才的需求情况,在介绍测量基本知识的基础上,介绍水文测量的工作,特别注重新技术、新设备及新方法的应用。全书共9章:第1章水文测量综述;第2章测量基础知识;第3章水准测量;第4章角度及距离测量;第5章卫星定位测量;第6章水文高程测量;第7章水文断面测量;第8章水文地形测量;第9章水文测量工作的拓展。每章均有小结、思考题与练习题。

本书力求体现职业培训特点,原理简明,循序渐进,深入浅出,图文并茂,示例丰富,宜教宜学。本书可作为水文职工技术技能培训用教材,也可供从事水文测量工作的技术人员及大中专学校相关专业师生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

水文测量 / 周国树主编. — 北京:中国水利水电出版社, 2016.12  
全国水文勘测技能培训系列教材  
ISBN 978-7-5170-5076-6

I. ①水… II. ①周… III. ①水文测验—技术培训—教材 IV. ①P332

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第323213号

|      |                                                                                                                                |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 全国水文勘测技能培训系列教材<br><b>水文测量</b><br>SHUIWEN CELIANG                                                                               |
| 作 者  | 水利部水文局 组织编写<br>主编 周国树 副主编 宋政峰 主审 李里                                                                                            |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话: (010) 68367658 (营销中心) |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                   |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                                |
| 印 刷  | 北京瑞斯通印务发展有限公司                                                                                                                  |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 20.5印张 486千字                                                                                                  |
| 版 次  | 2016年12月第1版 2016年12月第1次印刷                                                                                                      |
| 印 数  | 0001—3000册                                                                                                                     |
| 定 价  | <b>42.00元</b>                                                                                                                  |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

## 编 委 会

|       |     |     |     |     |     |  |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 主 任   | 林祚顶 | 杨诚芳 |     |     |     |  |
| 副 主 任 | 张建新 | 周济人 |     |     |     |  |
| 委 员   | 周国树 | 熊亚南 | 罗国平 | 黄红虎 | 朱春龙 |  |
|       | 周建康 | 王晓平 | 李 里 | 陈松生 | 宋政峰 |  |
|       | 马 倩 | 李正最 | 阴法章 |     |     |  |
| 办 公 室 | 张海翎 | 李 帆 | 董秀颖 | 李 静 | 李 薇 |  |

## 主 编 单 位

水利部水文局  
扬州大学

## 致 谢 单 位

长江水利委员会水文局  
黄河水利委员会水文局  
淮河水利委员会水文局  
珠江水利委员会水文局  
太湖流域管理局水文局  
天津市水文水资源勘测管理中心  
辽宁省水文局  
黑龙江省水文局  
吉林省水文水资源局  
上海市水文总站  
江苏省水文水资源勘测局  
浙江省水文局  
安徽省水文局  
河南省水文水资源局  
湖北省水文水资源局  
湖南省水文水资源勘测局  
广西壮族自治区水文水资源局  
贵州省水文局  
陕西省水文局  
甘肃省水文局  
青海省水文局  
水利部南京水利水文自动化研究所

# 序

为满足我国经济社会发展对水文的新要求，近年来水文服务范围不断扩大，水文现代化建设突飞猛进，水文监测能力不断提升，水文的基础作用和支撑能力明显增强，我国的水文事业取得了跨越式的发展。

水利部一直以来高度重视水文人才队伍建设，持续不断地开展人才培养和培训工作，不断提升水文队伍素质。近年来，随着水文事业不断发展，水文先进技术和仪器设备不断得以应用，在新形势、新需求下，水文人才培养尤为重要。为适应新时期水文事业的发展需求，2014年伊始，在水利部人事司的指导下，水利部水文局主持并启动了水文勘测技能培训系列教材的编撰工作。

为使该系列教材更有针对性，更具实用性，水利部水文局联合扬州大学在全国水文系统进行了广泛调研，又邀请了数十位专家、教授和技术能手，对水文勘测工作和任务进行了深入的分析研究，参考借鉴了国际上流行的能力本位教育模式（Competency Based Education，简称 CBE），按照我国人力资源和社会保障部组织制订的国家职业技能标准《水文勘测工》的有关要求，结合近年来水利部人事司、水利部水文局在扬州大学联合主办的水文职业技能培训情况和我国水文职工队伍现状，特别是根据新时期水文勘测工作所承担的职责和具体任务，编写了水文勘测技能培训教学的课程体系框架，以及各门课程教材的编写大纲。在此基础上，按计划编撰出版各门课程的教材。

这套培训教材体系完整，在阐述应知的理论知识基础上，突出实践与应用，突出新技术、新方法、新设备、新仪器的应用，针对性强，并具有一定的前瞻性，宜教宜学，紧密贴合水文勘测岗位情况，能满足新技术发展的要求，适用于水文行业职业教育和在职职工培训，也适用于大专院校相关专业师生学习参考，并可作为全国水文勘测技能竞赛培训教材。

希望这套培训教材的面世，能为全国水文职工培训和自学创造更好的条件，促进我国水文行业优秀人才不断涌现，推动我国水文事业不断发展。

编委会

2016年3月

# 前 言

《水文测量》是“全国水文勘测技能培训系列教材”的分册之一。本系列教材的编撰，以提高技术、技能为主旨，力图反映最新科技的发展，贯彻执行新的技术标准，突出新技术、新方法、新设备、新仪器的应用；理论以必需、够用为度，突出实践与应用，适当拓展，具有一定的前瞻性；循序渐进，图文并茂，示例丰富，宜教宜学。

本分册具有以下特色：突破了一般院校非测绘专业测量教材的内容及组织形式，从水文测量入手，明确水文测量的任务、特点；将原分散于各章的测量基础知识集中于一章；对测量基本技能，简明阐述原理，着重讲解仪器设备的使用、测量的方法和注意事项；将高程控制测量和平面控制测量分别融入“水文高程测量”和“水文地形测量”，结合水文行业的特点，突出水文测量的要求；突显水文高程测量、水文断面测量、水文地形测量这三部分核心内容；以丰富的水文生产实践经验和工程案例作为例题或编写素材，以《水文测量规范》（SL 58—2014）为抓手，介绍和强调水文测量的工作方法、生产流程、质量控制、安全措施等。

本分册共分9章。第1章水文测量综述；第2章测量基础知识；第3章水准测量；第4章角度与距离测量；第5章卫星定位测量；第6章水文高程测量；第7章水文断面测量；第8章水文地形测量；第9章水文测量工作拓展。每章均有小结、思考题与练习题。

本分册由扬州大学周国树任主编，上海市水文总站宋政峰任副主编。扬州大学李振、张德强，水利部长江水利委员会三峡水文水资源勘测局谭良，安徽省安庆水文水资源局杨源远参与编写。辽宁省水文局李里担任主审。

本分册的编写得到多方指导、支持与帮助。水利部水文局和扬州大学水利与能源动力工程学院予以精心组织；部水文局林祚顶副局长、张建新处长、王晓平教授，长江水利委员会水文局陈松生副总工，江苏省水文水资源勘测局苏州分局许仁康局长等，对教材的编写给予了详细指导和建议；辽宁、上海、江苏、贵州、陕西、甘肃、青海等省（直辖市）水文局（水文总站）提出了许多宝贵建议并提供第一手资料；扬州大学杨诚芳教授在教材编写的各个环节均给予了具体指导；中国水利水电出版社李亮分社长、刘佳宜编辑对

分册的编辑和出版给予了大力支持。在此，一并表示诚挚感谢。

本分册的编撰参考和引用的一些专著、教材和技术文献，在书末的参考文献中都尽量注明，但难免有遗漏，在此谨向所有原作者表示谢意。

由于编者水平所限，书中难免存在不妥之处，敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

2016年6月

# 目 录

序

前言

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第 1 章 水文测量综述     | 1   |
| 1.1 水文测量的任务      | 1   |
| 1.2 水文测量的特点      | 2   |
| 1.3 水文测量技术的发展    | 3   |
| 本章小结             | 4   |
| 思考与练习            | 4   |
| 第 2 章 测量基础知识     | 5   |
| 2.1 地面点位置的表示方法   | 5   |
| 2.2 地球曲率对测量工作的影响 | 14  |
| 2.3 直线定向与坐标正、反算  | 15  |
| 2.4 测量工作方法       | 19  |
| 2.5 测量误差基本知识     | 21  |
| 本章小结             | 32  |
| 思考与练习            | 32  |
| 第 3 章 水准测量       | 36  |
| 3.1 水准测量原理       | 36  |
| 3.2 水准仪及其使用      | 37  |
| 3.3 水准测量的实施      | 43  |
| 3.4 水准测量的平差计算    | 53  |
| 3.5 水准仪与水准尺的检校   | 57  |
| 本章小结             | 64  |
| 思考与练习            | 65  |
| 第 4 章 角度及距离测量    | 71  |
| 4.1 角度测量         | 71  |
| 4.2 距离测量         | 88  |
| 4.3 全站仪及其使用      | 98  |
| 本章小结             | 106 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 思考与练习 .....                  | 106 |
| <b>第 5 章 卫星定位测量</b> .....    | 113 |
| 5.1 概述 .....                 | 113 |
| 5.2 卫星定位测量的坐标系 .....         | 124 |
| 5.3 卫星定位静态测量 .....           | 128 |
| 5.4 卫星定位差分测量 .....           | 141 |
| 5.5 卫星定位测高 .....             | 149 |
| 本章小结 .....                   | 151 |
| 思考与练习 .....                  | 152 |
| <b>第 6 章 水文高程测量</b> .....    | 154 |
| 6.1 水文高程基准 .....             | 154 |
| 6.2 高程控制网 .....              | 156 |
| 6.3 高程控制测量方法 .....           | 160 |
| 6.4 水文测站高程测量 .....           | 172 |
| 本章小结 .....                   | 179 |
| 思考与练习 .....                  | 180 |
| <b>第 7 章 水文断面测量</b> .....    | 185 |
| 7.1 断面测量方案 .....             | 185 |
| 7.2 起点距测量 .....              | 186 |
| 7.3 水位与水深测量 .....            | 189 |
| 7.4 大断面测量 .....              | 195 |
| 7.5 纵断面测量 .....              | 203 |
| 本章小结 .....                   | 206 |
| 思考与练习 .....                  | 206 |
| <b>第 8 章 水文地形测量</b> .....    | 208 |
| 8.1 平面控制测量概述 .....           | 208 |
| 8.2 平面控制测量方法 .....           | 210 |
| 8.3 地形图的基本知识 .....           | 231 |
| 8.4 地形图测绘 .....              | 240 |
| 8.5 水文测站及测验河段地形测量 .....      | 258 |
| 8.6 大水面水下地形测量 .....          | 261 |
| 本章小结 .....                   | 266 |
| 思考与练习 .....                  | 267 |
| <b>第 9 章 水文测量工作的拓展</b> ..... | 271 |
| 9.1 放样测量 .....               | 271 |
| 9.2 缆道测量 .....               | 274 |

9.3 地形图应用 ..... 280

9.4 遥感及在水文测量中的应用 ..... 293

9.5 地理信息系统及在水文测量中的应用 ..... 303

本章小结 ..... 311

思考与练习 ..... 312

参考文献 ..... 314

# 第1章 水文测量综述

## 1.1 水文测量的任务

水文测量是指水文业务中的水准测量、断面测量和地形测量，是进行测验河段查勘、测站勘察、水文测验、水文野外调查等的重要工作内容，也是一项基础性工作。在水文业务的基本观测和水文调查中，有的项目全部或部分需要直接通过测量来完成。

常规的水文测量任务有以下几项：

(1) 水文高程测量。引测或校测水准点、水尺零点、断面基点、固定点及水文设施的高程；在测站地形测绘和断面测量中建立高程控制，进行高程测量。最常见的水文高程测量是，测站水准点和水尺零点高程的校测、断面测量中确定水面和岸上地形转折点的高程、洪水痕迹高程的测量。水文高程测量的关键是对水位高程基准的控制。

(2) 水文断面测量。因测站勘察、水文测验、水文调查、河势演变、冰情观测、水毁等需要，进行纵断面、横断面测量。最常见的是流量测验中大断面测量，包括陆上部分测量和水下部分测量。

(3) 水文地形测量。因测站查勘、测站考证、水文调查、河势演变、冰情观测、水毁等需要，进行测站和测验河段的地形测量，最常见的是测站地形图的测绘。在地形图上应表达各种水文要素和标注各水文观测断面。

(4) 其他水文测量工作。更多的水文测量工作，还包括或涉及平面控制测量、区域水准网联测、缆道测量、沉降观测、应急测量等。

历史上，水文测量被称为“普通测量”，20世纪90年代后改称为“水文普通测量”。带有“普通”的称谓，意在区别于普遍意义上即测绘行业的测量工作的表达。之所以称“普通测量”有两方面原因：一是在水文业务中，测量工作内容，只是测绘专业系统里测绘工作内容中的一部分，即仅针对水文测站水准点、水尺、大断面、测站地形等水文测验中所涉及的测量项目，而且往往以局部或碎部测量为主，较少涉及控制测量，即便涉及控制测量也大多等级较低、范围较小、测量技术利用相对单一，也就是，水文测量工作内容存在局限性；二是早期的水文测量技术装备水平相对较低，有些甚至无法严格满足通用测量技术要求，如有些测站没有双面水准尺而不能进行四等及四等以上水准测量。装备条件不足，使得局部的技术方法及要求的设立存在特殊性。为了注意区别水文测量工作中所采用的测量技术与测绘学意义上专业测量的系统技术，较长一段时期，一直以“普通测量”表述水文业务中的测量工作。

随着时代的发展变化，2012年修订《水文普通测量规范》(SL 58—1993)时，根据水文业务中水文测量工作的拓展和测量技术装备的改善，对规范主题正式取消“普通”两字，意味着水文业务中的相关测量工作，在技术上与测绘学意义上专业测量技术完全

衔接。

## 1.2 水文测量的特点

水文测量与测绘学范畴中的工程测量关系相近,几乎所有水文测量工作的技术方法、要求、指标均与工程测量一致,但水文测量又有其自身特点。

(1) 对于水位资料,测站不同断面之间、测站年份之间、站与站之间的数值关系,在水文预报、水文计算分析中非常敏感,要求测站的高程基准要稳定可靠,并且需要采取有效的技术措施,以应对水准点沉降、变动等对高程基准控制的影响,高程基准控制的要求相对较高。

(2) 为了获得水位观测、比降观测和水头差的准确度,相应要求水尺零点高程的水准测量的精度指标达到甚至超过国家三、四等水准测量,从被测对象的角度而言,高于工程测量的相应要求。

(3) 水文测量中的河道地形图,因需要进行洪水淹没、泥沙运动、河势演变等的分析利用,均为大比例尺图,且基本等高距相对较小,一般为0.5m或0.2m、有的仅为0.1m。要求在地形图测绘中,需要建立精度较高的高程控制,同时对碎部点高程测量的要求也相对较高,以保证成图的高程精度。

(4) 针对大断面岸上部分的断面测点以及条件限制下洪水痕迹的水准测量,设置了五等水准,相当于工程测量中图根水准的要求。地面点参照图根控制要求,高于工程测量的相应要求。

(5) 由于测站地形图的测区范围较小,且一般会独立应用,往往与国家或地区基础测绘资料中的地形图没有拼接的需要,所以通常可以采取自定义独立坐标系,这样,对平面控制要求相对较低。另外,水文测站地形图,一般不涉及地籍因素,对地物精度要求相对较低。

(6) 工程测量的任务对象广泛,不同任务的环境条件千差万别。水文测量的对象则相对单一,单站的测量任务及其测量环境几乎长期不变,一定区域内测站之间的测量任务也基本相似。当然,不同气候带或地理区的测量任务有所差别。

(7) 水文测量手段均为测量学意义上成熟测量技术的利用,一般不涉及复杂的技术问题。较大范围情况下需要进行控制测量,也因水文测量测区小而变得相对简单。观测新技术主要在碎部测量范畴中应用,较少触及高等级控制测量。

(8) 虽然在涉水测量中有激光扫描、多波束声呐、图像声呐、遥感、地理信息等技术的运用,但在实务的测站水文测量工作中其作用有限,就水文测量普遍的工作任务来说,仍是高程测量、断面测量、地形测量三大任务,水文测量生产中多普遍采用常规技术手段和方法。

(9) 由于水文的专业特点和环境特征,水文测量技术仅仅是工程测量技术的一部分,使得过去不少水文测量工作的从业者,对测绘学科知识的客观需求、测绘基础理论的深入理解、测量技术的系统掌握均较低,当遇到测量范围较大、理论和技术要求较高时,容易产生技术认识的局限甚至产生失误。

## 1.3 水文测量技术的发展

### 1.3.1 仪器装备

20 世纪 80 年代以前,水文行业的测量仪器装备一直处于落后状况,大部分水文测量使用微倾式光学水准仪,6s 甚至 10s、20s 级别的光学经纬仪,小平板与丝尺照准器,很少有正像的仪器,2s 的经纬仪也非常罕见,有的测站甚至没有双面水准尺而不得不以两次仪高法来替代观测。那时的水文测量工作处于光学测角、视距测距或钢尺量距的旧技术时代,劳动生产率低,精度不佳,测洪等应急反应能力较弱。

20 世纪 90 年代以后,光电一体测量仪器和电子测量仪器开始陆续装备水文行业,自动安平水准仪、全站仪、测深仪首先进入水文测站。到 21 世纪初,精密测深仪、卫星定位测量设备等也逐渐成为水文部门的常备测量仪器,并且在不断更新换代。数字测图、自动化水下地形测量等技术也大量被采用,地形图告别了手绘而采用绘图仪输出。近 10 年来,电子水准仪开始被大量使用,多波束声呐也已经在多地水文部门装备,水文测船更加专业化、现代化。

### 1.3.2 技术应用

水文测量的工作特点使水文行业的测量技术实践曾长期存在:水文测量的从业人员测量知识和技能更新慢,对测量技术系统理解不够,综合技术能力不足,测量技术水平总体上较低;长期面对单一的测量对象与环境条件,总的测量作业实施的频次也较低,客观经验不够丰富;控制测量的技术实践相对比较少,或者控制测量技术应用相对较为简单,普遍缺乏较大范围控制测量工作的实践经验与技术积累。

随着水文业务的发展,水文系统开始了向工程测量领域的技术拓展,开始了静态 GPS 控制网、区域水准网等控制测量的生产实践。基本控制、加密控制、平差计算、数字测图等具体环节逐渐有序,测量技术方案逐渐系统、完善,测量实施逐渐规范,与二三十年前相比,测量技术有了极大提高。在水环境治理、河道调查、水利普查等测量生产实践中,已经有越来越多的方法严密、操作规范、多种测量技术手段综合利用的成功案例。

### 1.3.3 技术规范

新修订的行业标准《水文测量规范》(SL 58—2014),吸收了大量的新技术、新方法,淘汰了一些旧的技术方法。增加了电磁波测距高程导线测量、卫星定位高程测量、卫星定位平面坐标测量、数字测图,取消了经纬仪量距导线测量、旁点交会导线。新规范在技术上完全与专业测绘技术标准接轨,同时保留了针对水文特殊需要的相关内容,既充分反映水文测量技术的时代发展,同时也对传统水文测量技术进行必要的历史继承。

当然,就全国而言,在总体装备水平有所提高、测量技术取得较大进步的同时,由于不同地区的人力资源、技术水平、设备条件等存在差异,一些地方仍然存在先进测量手段普及应用不够,新装备的功能没有得到充分发挥,对测绘新技术和测量基础理论缺乏系统

了解,综合测绘技术应用水平总体较低,甚至生产应用中出现技术差错等问题。这也是组织编写本书,全面促进提高水文职工勘测技术水平的原因所在。

## 本章小结

水文测量的任务,即水文高程测量、水文断面测量和水文地形测量。水文测量所运用的基本理论与技术方法,与一般工程测量的理论、方法相同或相近,但水文测量也具有自身的特点,特别是对高程测量,在某些方面,水文测量高于一般工程测量的相应要求。过去,由于考虑水文测量的工作任务及运用的理论和技术,仅仅是测绘学意义上的一部分,所以冠以“水文普通测量”称谓。20世纪90年代以后,水文测量在仪器装备、从业人员理论和技术素质、测量新技术的应用等方面均有不同程度提高,特别是进入新世纪,更是得到飞速发展,为此,修订了水文测量规范内容,以完全适应时代和新时期水文业务发展的需要。

## 思考与练习

- 1.1 水文测量的任务是什么?
- 1.2 与一般工程测量工作相比水文测量工作有哪些特点?
- 1.3 水文测量的发展体现在哪些方面?

## 第2章 测量基础知识

### 2.1 地面点位置的表示方法

#### 2.1.1 地球的形状和大小

测量工作是在地球的表面上进行的,因此有必要先了解地球的形状和大小,理解和掌握重力、铅垂线、水准面、大地水准面、参考椭球面和法线等概念,并了解它们之间的关系。

地球表面不平坦也不规则,有高山、丘陵、平原、江、河、湖、海等,海洋面积约占71%,陆地面积约占29%,珠穆朗玛峰海拔高达8844.43m,马里亚纳海沟深达海平面以下11022m。

尽管地球的自然表面是高低起伏的,但相对于地球庞大的形体来说,还是很有限的,不妨将地球总的形状看成是一个被海水包围的球体。也就是设想一个静止的海水面,向陆地延伸而形成一个封闭的曲面,把这个静止的水面称为水准面。受潮汐影响,水准面有无数个,其中与平均海水面吻合的水准面称为大地水准面,它所包围的形体称为大地体。

如图2.1所示,由于地球的自转,其表面的质点 $P$ 除受万有引力的作用外,还受到离心力的影响。 $P$ 点所受的万有引力与离心力的合力称为重力,重力的方向称为铅垂线方向。

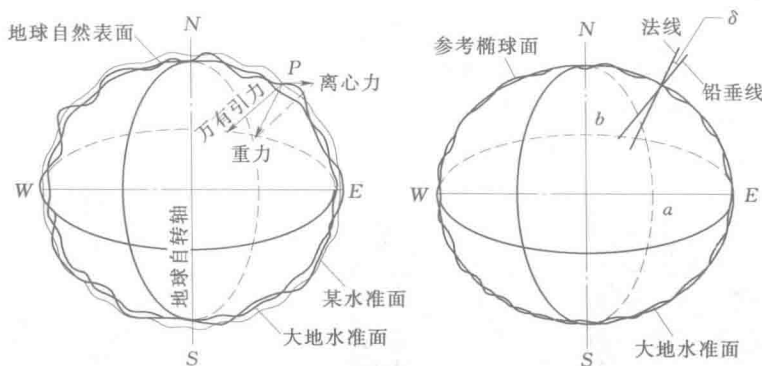


图 2.1 地球自然表面、水准面、大地水准面、参考椭球面、铅垂线、法线间的关系

由于地球内部物质的密度分布不均匀,造成地球各处万有引力的大小不同,致使重力方向产生变化,所以大地水准面仍是有微小起伏、不规则、很难用数学方程表示的复杂曲面。如果将地球表面上的物体投影到这个复杂曲面上,计算起来将非常困难。为了解决投影计算问题,选择一个与大地水准面非常接近、能用数学方程表示的椭球面作为投影基准

面。这个椭球面是由长半轴为  $a$ 、短半轴为  $b$  的椭圆  $NESW$  绕其短轴  $NS$  旋转而成的旋转椭球面。旋转椭球又称参考椭球，所以，其表面又称参考椭球面。

由地表任一点向参考椭球面所作的垂线称为法线，地表点的铅垂线与法线一般不重合，其夹角  $\delta$  称为垂线偏差。

决定参考椭球大小的元素为椭圆的长半轴  $a$  和短半轴  $b$ 。此外，根据  $a$  和  $b$  定义了扁率  $\alpha$ ，其定义为长、短半轴之差与长半轴之比，即

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (2.1)$$

$a$ 、 $b$  和  $\alpha$  称为参考椭球元素。现将我国建立大地测量坐标系采用过的两套参考椭球元素值及 GPS 测量使用的 WGS-84 坐标系参考椭球元素值列于表 2.1 中。

表 2.1 坐标系参考椭球元素

| 序号 | 坐标系名称       | 长半轴 $a/\text{m}$ | 短半轴 $b/\text{m}$ | 扁率 $\alpha$     |
|----|-------------|------------------|------------------|-----------------|
| 1  | 1954 年北京坐标系 | 6378245          | 6356863.0188     | 1/298.3         |
| 2  | 1980 西安坐标系  | 6378140          | 6356755.2882     | 1/298.257       |
| 3  | WGS-84 坐标系  | 6378137          | 6356752.3142     | 1/298.257223563 |

地球的扁率是很小的，因此，当测区范围不大时，可以将参考椭球近似看作为圆球，其半径  $R = \frac{1}{3}(a+a+b) = 6371\text{km}$ 。

决定参考椭球相对于地球的位置称为参考椭球定位，参考椭球面与大地水准面相切的点称为大地原点，该点的铅垂线与法线重合。新中国成立以来，我国先后两次选用不同的地球椭球元素以解决椭球体的定位，使其尽量与大地体吻合并建立大地测量坐标系。

新中国成立初期，采用苏联克拉索夫斯基椭球体元素，依此建立了“1954 年北京坐标系”，其大地原点位于苏联西北部（现俄罗斯圣彼得堡）的普尔科沃。

20 世纪 80 年代，采用国际大地测量与地球物理协会（IUGG）1975 年推荐的地球椭球体元素，在我国陕西省泾阳县永乐镇设大地原点，建立了新的大地测量基准，即“1980 西安坐标系”。1980 西安坐标系的大地原点如图 2.2 所示，其中图 2.2（a）为大地原点所在地的大门，图 2.2（b）为大地原点的塔楼，图 2.2（c）为大地原点的标志。

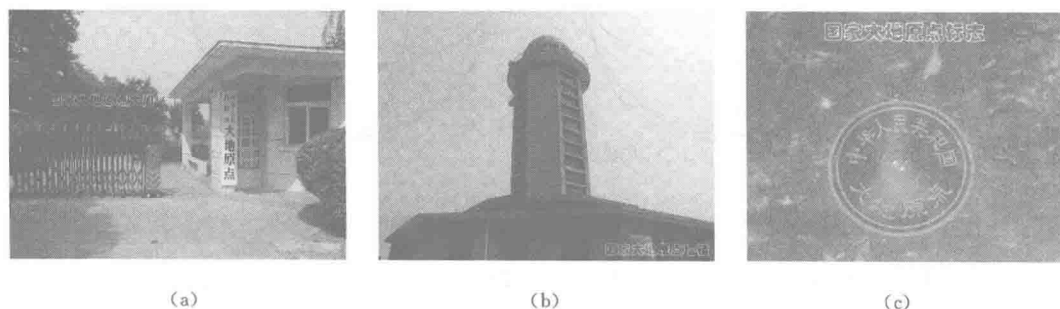


图 2.2 1980 西安坐标系大地原点