

市政工程施工速学丛书

市政工程 测量放线速学手册

郑大为 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

市 政 工 程 施 工 速 学 丛 书

市政工程 测量放线速学手册

主 编 郑大为

副主编 史海波



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书内容主要包括市政工程测量基本知识、常见测量方式、常用测量仪器的使用、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、施工测量的基本工作、大比例地形图测绘与应用、道路工程测量与施工放线、管道工程测量与施工放线、桥梁工程测量与施工放线、市政工程变形测量、测量放线的技术管理。

本书适用于市政测量施工的新入职人员使用，也可作为相关企业岗位的培训教材使用，同时还可供相关专业大中专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

市政工程测量放线速学手册/郑大为主编. —北京: 中国电力出版社, 2010. 4

(市政工程施工速学丛书)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 0211 - 2

I. ①市… II. ①郑… III. ①市政工程 - 建筑测量 - 技术手册 IV. ①TU990.01 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 042248 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑: 关 童 邮箱: guan_tong@cepp.com.cn

责任印制: 陈焊彬 责任校对: 王开云

北京市同江印刷厂印刷·各地新华书店经售

2010 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

700mm × 1000mm 1/16 · 12.25 印张 · 238 千字

定价: 28.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 (010 - 88386685)

编写人员名单

丛书主编 张 彬 张向东

本书主编 郑大为

本书副主编 史海波

本书参编 卜玉坤 王笑冰 白雅君 刘向辉

巩玉发 朱忆鲁 许艳秋 张 军

张立国 张宝成 罗利华 洪 岩

郝凤山 戴成元 马文颖 于 涛

张 楠 李 林 李晓玲 苏 莹

王 玉 齐丽娜 邵 晶 高 彤

前 言

随着市政工程施工规模的越来越大，技术难度越来越高，对市政施工专业测量放线人员的需求也日益增加。为满足本需求，本书打破传统学习教材长篇大论的形式，采用科学的速学式体系编排。

一、本书强调教材的全面性、系统性，突出各章节的独立性

全书共分为 12 章，内容包括市政工程测量基本知识、常见测量方式、常用测量仪器的使用、距离测量与直线定向、测量误差的基本知识、施工测量的基本工作、大比例地形图测绘与应用、道路工程测量与施工放线、管道工程测量与施工放线、桥梁工程测量与施工放线、市政工程变形测量、测量放线的技术管理。全文在论述基础理论和方法的同时，重视基本技能的训练，写法上注重实用，图文并茂。

二、采用“模块式”的方式进行编写

本书各章节内容均按照【要点】、【解释】和【相关知识】三大版块进行编写。先提出结论性的要点，然后对要点进行了详细的阐述，最后对相关知识和关键词进行扼要说明。力求能够使读者快速把握章节重点，理清知识脉络，提高学习效率。

三、本书强调实践性和可操作性

市政工程测量放线技术实践性要求很高，针对书中实践要求较高、演算较复杂的一些内容，增设了例题，便于读者进一步理解与掌握相关知识。

本书适用于市政测量施工的新入职人员，也可作为相关企业岗位的培训教材使用，同时还可供相关专业大中专院校师生参考。

本书编写过程中，参考了相关的规范标准、政策文件和文献资料，在此对所参考资料的作者们致谢。由于时间仓促以及编者水平有限，虽经反复推敲核实，可能仍存在许多不足之处，编者深感集思广益的必要，恳请广大读者提出宝贵意见，我们将认真听取，并及时改正和完善。

编 者

目 录

前言

第一章 市政工程测量基本知识	1
一、测量的任务与作用	1
二、测量的原则和程序	2
三、测量工作的基准面	5
四、地面点位的确定	7
第二章 常见测量方式	11
一、水准测量	11
二、角度测量	22
第三章 常用测量仪器的使用	28
一、水准仪的使用	28
二、经纬仪的使用	30
三、全站仪的使用	33
四、GPS 全球卫星定位系统在工程测量中的应用	39
第四章 距离测量与直线定向	43
一、钢尺量距	43
二、视距测量	48
三、光电测距	52
四、直线定向	53
第五章 测量误差的基本知识	58
一、测量误差产生的原因和分类	58
二、衡量精度的标准	61
三、误差传播定律	62
四、算术平均值及其中误差	64
第六章 施工测量的基本工作	68
一、测设的基本工作	68
二、测设已知坡度的直线	72
三、测设平面点位的方法	74
第七章 大比例地形图测绘与应用	78
一、地形图基本知识	78

二、大比例地形图测绘	85
三、地形图的应用	91
第八章 道路工程测量与施工放线	99
一、道路中线测量	99
二、圆曲线的主点测设	105
三、圆曲线的详细测设	106
四、缓和曲线的测设	110
五、路线纵、横断面测设	115
六、道路施工测量	122
第九章 管道工程测量与施工放线	128
一、管道中线测量	128
二、管道纵横断面测量	129
三、管道施工测量	130
四、顶管施工测量	136
第十章 桥梁工程测量与施工放线	139
一、桥梁施工控制测量	139
二、桥梁墩台中心与纵横轴线的测设	141
三、桥梁施工测量	145
四、桥梁变形观测	149
五、涵洞施工测量	153
第十一章 市政工程变形测量	156
一、变形测量中的沉降观测	156
二、变形测量中的位移观测	160
三、变形测量中的裂缝与挠度观测	166
四、变形测量中的日照与风振变形观测	169
第十二章 测量放线的技术管理	174
一、测量放线工作的管理	174
二、测量放线技术资料管理	178
参考文献	188

第一章 市政工程测量基本知识

一、测量的任务与作用

【要点】

市政工程测量的任务包括两个方面：一为测定，二为测设。市政工程测量在市政工程建设过程中起着重要的作用，贯穿始终，为市政工程的每一个阶段服务。

【解释】

◆ 市政工程测量的任务

1. 测定

测定（又称测图）是指使用测量仪器和工具，通过测量和计算，并按照一定的测量程序和方法将地面上局部区域的各种固定性物体（地物）和地面的形状、大小、高低起伏（地貌）的位置按一定的比例尺和特定的符号缩绘成地形图，供工程建设的规划、设计、施工和管理使用。

2. 测设

测设（又称放样）是指使用测量仪器和工具，按照设计要求，采用一定的方法将设计图纸上设计好的建筑物、构筑物的位置测设到实地，作为工程施工的依据。

◆ 市政工程测量的作用

市政测量是市政工程施工中非常重要的一项工作，在市政工程建设中有着广泛的应用，它服务于市政工程的每一个阶段，贯穿于市政工程的始终。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；在工程设计阶段，应用地形图进行总体规划和设计；在工程施工阶段，以此作为施工的依据，将图纸上设计好的建筑物、构筑物的平面位置和高程按设计要求测设于实地；在施工过程中的土方开挖、基础和主体工程的施工测量；在施工中还要经常对施工和安装工作进行检验、校核，以保证所建工程符合设计要求；施工竣工后，还要进行竣工测量，施测竣工图，供日后扩建和维修之用；在工程管理阶段，对建筑和构筑物进行变形观测，以保证工程的安全使用。

在工程建设的各个阶段都需要进行测量工作，而且测量的精度和速度直接影响到整个工程的质量和进度。综上所述，工程技术人员必须掌握工程测量的基本理论、基本知识和基本技能，掌握常用的测量仪器和工具的使用方法，初步掌握小地区大比例尺地形图的测绘方法，正确掌握地形图应用的方法，以及具有一般土建工程施工测量的能力。

【相关知识】

◆ 市政测量工作的要求

测量放线是市政道路工程很重要的一项技术工作，贯穿于施工的全过程，从施工前的准备到施工过程，到施工结束以后的竣工验收，都离不开测量工作。如何把测量放线做得又快又好，是对技术人员一项基本技能的考验和基本要求。

工程开工前，应在全面熟悉设计文件的基础上，由勘测设计单位进行现场测量交底，按设计图认清现场水准基点、导线桩、交点桩等，做好桩位交接记录，对位于施工范围内的测量标志，必须采取妥善保护措施。关于测量交底方面，需要强调的是桩位的保护，即在设计单位交桩以后，应及时采用砌砖墩或浇筑水泥墩等方法予以保护，以免丢失。这些桩一般在于农田或居民区内，很容易被人破坏，而一旦破坏，再让勘测设计单位来补测，则既耽误施工，又要增加一定的费用。

测量工作中，对工程测量人员有如下要求：

(1) 树立为市政工程建设服务的思想，具有对工作负责的精神，坚持严肃认真的科学态度。做到测、算工作步步有检核，确保测量成果的精度。

(2) 养成不畏劳苦和细致的工作作风。不论外业观测，还是内业计算，一定要按现行规范规定作业，坚持精度标准，严守岗位责任制，以确保测量成果的质量。

(3) 要爱护测量仪器和工具，正确使用仪器，并要定期维护和检校仪器。

(4) 要认真做好测量记录工作，要做到内容真实、原始，书写清楚、整洁。

(5) 要做好标志的设置和保护工作。

二、测量的原则和程序

【要点】

市政工程测量工作中，无论是测绘地形图还是施工放样，都不可避免的产生误差。为了限制误差的传递，保证测区内一系列点位之间具有必要的精度，测量工作需遵循一定的原则及程序进行。

【解释】

◆ 测量工作的原则

测量工作的原则主要体现在以下两个方面：

(1) 在工程测量的过程中难免会产生相应的误差，有时甚至还会出现测量错误，为了限制误差的传递、避免错误的产生，我们必须保证一系列点之间的精设。因此在测量过程中，必须遵循“从整体到局部，先控制后碎部，由高级到低级”的原则。

(2) 测量成果的好坏，直接或间接地影响到建筑工程的布局、成本、质量与安全等，特别是施工放线，如出现错误，就会造成难以挽回的损失。而从测量基本程序可以看出，测量是一个多层次、多工序的复杂的工作，为保证测量成果准确无误，我们在测量工作过程中必须遵循“边工作边检核”的基本原则，即在测量中，不管是外业观测、放线还是内业计算、绘图，每一步工作均应进行检核，上一步工作未作检核前不能进行下一步工作。

◆ 测量工作的程序

测量工作的程序分为两步：控制测量和碎部测量。

遵循测量工作的原则和程序，既可以减少误差的累积和传递，还可以在几个控制点上同时进行测量工作，加快了测量的进度，缩短了工期，节约了开支。测量工作有外业和内业之分。

(1) 测定地面点位置的角度测量、水平距离测量、高差测量是测量的基本工作，称为外业。

(2) 将外业成果进行整理、计算（坐标计算、高程计算）、绘制成图，称为内业。

市政施工测量应遵循“先外业、后内业”或“先内业、后外业”的这种双向工作程序：

(1) 规划设计阶段所采用的地形图，是首先取得实地野外观测资料、数据，然后再进行室内计算、整理、绘制成图，即“先外业、后内业”。

(2) 测设阶段是按照施工图上所定的数据、资料，先在室内计算出测设所需要的放样数据，然后再到施工场地按测设数据把具体点位放样到施工作业面上，并作出标记，作为施工的依据。所以测设阶段是“先内业、后外业”的工作程序。

“边工作边校核”的基本原则是指用检核的数据说明测量成果是否合格和可靠。测量工作实质是通过实践操作仪器获得观测数据，确定点位关系。因此是实践操作与数字密切相关的一门技术，无论是实践操作有误，还是观测数据有误，或者是计算有误，都体现在点位的确定上产生错误。因而在实践操作与计

续表

角度单位	两者换算关系为 1 圆周 = 360° = 400^g, 所以 1^g = 0.9° 1° = 0.54' 1^{cc} = 0.324" 1° = 1.111^g 1' = 1.852° 1" = 3.086^{cc} (2) 弧度制 圆心角的弧度为该角所对弧长与半径之比。将弧长等于半径的圆弧所对圆心角称为一个弧度, 以 ρ 来表示。整个圆周为 2π 弧度。弧度与角度的关系为 $2\pi\rho = 360^\circ$ $\rho^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.295\,779\,5^\circ \approx 57.3^\circ$ $\rho' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' = 3437.746\,77' \approx 3438'$ $\rho'' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 3600'' = 206\,264.806'' \approx 206\,265''$
------	---

三、测量工作的基准面

【要点】

地球的自然表面是个极不规则的圆, 状态起伏。测量工作是在地球表面进行的, 为便于测量成果的处理, 就要掌握测量工作的基准面——大地水准面和测量计算工作的基准面——参考椭圆柱。

【解释】

◆ 大地水准面

假设某一个静止不动的水面延伸而穿过陆地, 包围整个地球形成一个闭合曲面, 这个曲面便称为水准面。水准面是由于受地球重力影响而形成的重力等势面, 主要特点是面上任意一点的铅垂线都垂直于该点上曲面的切面。水平面是指与水准面相切的平面, 重力的方向线称为铅垂线, 铅垂线可作为测量工作的基准线。

水面的高低不一决定了水准面有无数多个, 其中与平均海水面相吻合并向大陆、岛屿内延伸而形成的闭合曲面, 称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体, 称之为大地体, 如图 1-1 所示。

◆ 参考椭圆柱

为了方便进行测量数据的处理, 一般用参考椭圆柱来代表地球的形状, 通

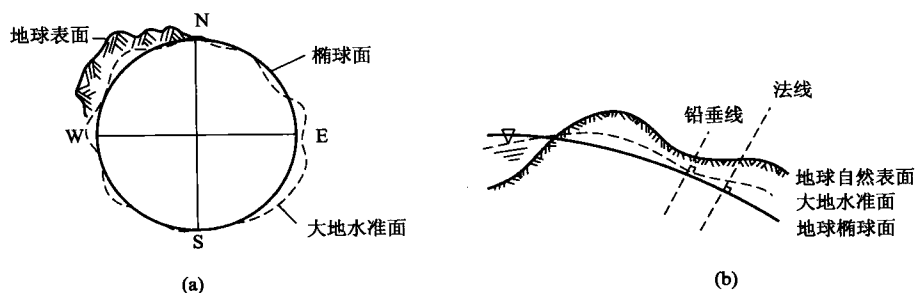


图 1-1 地球表面、大地水准面与地球椭球面

(a) 大地水准面; (b) 铅垂线

常把参考椭圆体的表面作为测量工作的基准面。

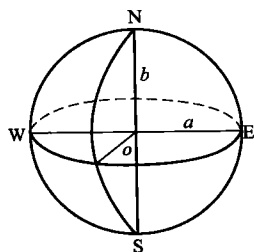


图 1-2 地球椭球体

参考椭圆体是由一个椭圆绕其短轴旋转而成，又称旋转椭球，如图 1-2 所示，旋转椭球面即作为测量计算工作的基准面，而法线就作为测量计算工作的基准线。旋转椭球体由长半径 a 、短半径或扁率 α 决定。我国目前采用的地球椭球参数为

$$a = 6\,378\,140\text{m}$$

$$b = 6\,356\,755\text{m}$$

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$$

由于地球的椭球半径扁率小，故而我们常将椭球半径按地球半径计算，其半径 $R = 6371\text{m}$ 。

【相关知识】

◆ 高程基准面

高程基准面就是地面点高程的统一起算面，由于大地水准面所形成的体形——大地体是与整个地球最为接近的体形，因此通常采用大地水准面作为高程基准面。

大地水准面是假想海洋处于完全静止的平衡状态时的海水面延伸到大陆地面以下所形成的闭合曲面。事实上，海洋受着潮汐、风力的影响，永远不会处于完全静止的平衡状态，总是存在着不断的升降运动，但是可以在海洋近岸的一点处竖立水位标尺，成年累月地观测海水面的水位升降，根据长期观测的结果可以求出该点处海洋水面的平均位置，人们假定大地水准面就是通过这点处实测的平均海水面。

长期观测海水面水位升降的工作称为验潮，进行这项工作的场所称为验

潮站。

根据各地的验潮结果表明,不同地点平均海水面之间还存在着差异,因此,对于一个国家来说,只能根据一个验潮站所求得平均海水面作为全国高程的统一起算面——高程基准面。

1985 国家高程基准面是根据青岛验潮站 1952 ~ 1979 年 19 年间的验潮资料计算确定,根据这个高程基准面作为全国高程的统一起算面,称为“1985 国家高程基准”。

为了长期、牢固地表示出高程基准面的位置,作为传递高程的起算点,必须建立稳固的水准原点,用精密水准测量方法将它与验潮站的水准标尺进行联测,以高程基准面为零推求水准原点的高程,以此高程作为全国各地推算高程的依据。在“1985 国家高程基准”系统中,我国水准原点的高程为 72.260m。

这里必须指出,我国在解放前曾采用过以不同地点的平均海水面作为高程基准面。由于高程基准面的不统一,使高程比较混乱,因此在使用过去旧有的高程资料时,应弄清楚当时采用的是以什么地点的平均海水面作为高程基准面。

四、地面点位的确定

【要点】

测量工作的基本任务就是确定地面点的空间位置。地面点的位置需用坐标和高程来确定。坐标是指地面点投影到基准面上的位置,高程表示地面点沿投影方向到基准面的距离,根据不同的需要,采用不同的坐标系,可以在地理坐标、独立测区的平面直角坐标和高斯平面直角坐标中选用。

在测量中,测量的区域较小时,允许用水平面代替水准面。

【解释】

◆ 天文地理坐标

天文地理坐标(天文坐标)是用天文经度 λ 和天文纬度 φ 来表示地面点在大地水准面上的位置。如图 1-3 所示, A 点的经度 λ 是 A 点的子午面与首子午面所组成的二面角,其计算方法为自首子午线向东或向西计算,数值在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 之间,向东为东经,向西为西经。 A 点的纬度 φ 是过 A 点的铅垂线与赤道面的夹角,其计算方法为自赤道起向

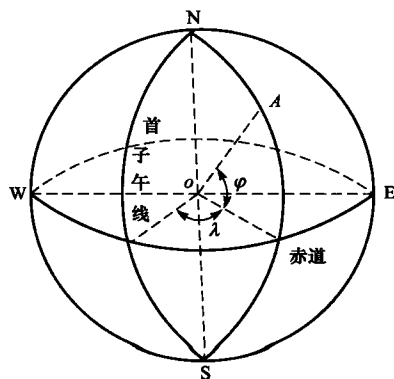


图 1-3 地理坐标

北或向南计算,数值在 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间,在赤道以北为北纬,在赤道以南为南纬。天文地理坐标可以在地面点上用天文测量的方法测定。

天文坐标系常用于导弹的发射、天文大地网或独立工程控制网起始点的定向。天文地理坐标依据的基准面是大地水准面,基准线是铅垂线。

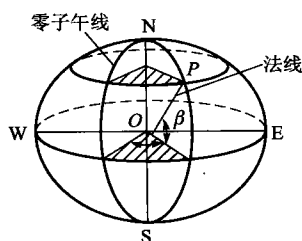


图 1-4 大地坐标

◆ 大地地理坐标

以参考椭球面为基准面,地面点沿椭球面的法线投影在该基准面上的位置,称为该点的大地坐标。该坐标用大地经度和大地纬度表示。如图 1-4 所示,包含地面点 P 的法线且通过椭球旋转轴的平面称为 P 的大地子午面。过 P 点的大地子午面与起始大地子午面所夹的两面角就称为 P 点的大地经度,用 L 表示,其值分为东经 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 和西经 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。过点 P 的法线与椭球赤道面所夹的线面角就称为 P 点的大地纬度,用 β 表示,其值分为北纬 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 和南纬 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

大地坐标 (L, β) 因所依据的椭球体面不具有物理意义而不能直接测得,只可通过计算得到。它与天文坐标有如下关系式:

$$L = \lambda - \frac{\eta}{\cos \varphi}$$

$$\beta = \varphi - \xi$$

式中 η ——过同一地面点的垂线与法线的夹角在东西方向上的垂线偏差分量;
 ξ ——在南北方向上的垂线偏差分量。

◆ 独立测区的平面直角坐标

当测区的范围较小,能够忽略该区地球曲率的影响而将其当作平面看待时,可在此平面上建立独立的直角坐标系。一般选定子午线方向为纵轴,即 x 轴,原点设在测区的西南角,以避免坐标出现负值。测区内任一地面点用坐标 (x, y) 来表示,它们为独立的平面直角坐标系,与本地区统一坐标系没有必然的联系。

◆ 高斯平面直角坐标

地理坐标是球面坐标,不能直接用在测图和工程建设中,测量上的计算和绘图最好在平面上进行。如将旋转椭球面的图形展绘到平面图纸上,必将产生变形。我国通常采用高斯投影的方法使变形减小。高斯投影是将地球划分成 60 个或 120 个带,分别采用每 6° 或 3° 一个带投影到平面上。在高斯平面直角坐标系中,以每一带的中央子午线的投影作为直角坐标的纵轴 x ,向北为正,向南为负;以赤道投影为直角坐标的横轴,向东为正,向西为负,两轴交点 O 为坐标原点。

◆ 地面点高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程，亦称海拔或标高。如图 1-5 所示， H_A 、 H_B 即为地面点 A、B 的绝对高程。

当在局部地区引用绝对高程有困难时，可采用假定高程系统，即假定任意水准面为起算高程的基准面。地面点到假定水准面的铅垂距离，称为相对高程。如图 1-5 所示， H'_A 、 H'_B 即为地面点 A、B 的相对高程。建筑物某部位的标高，系指某部位的相对高程，即某部位距室内地坪（±0.000）的垂直间距。

两个地面点之间的高程差称为高差，用 h 表示。 $h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$ 。

【相关知识】

◆ 以水平面代替水准面对水平距离的影响

现假设 A、B 两点在水准面上的距离为 D ，如图 1-6 所示，在水平面上的距离为 D' ，则 ΔD ($\Delta D = D' - D$) 是用水平面代替水准面对距离的影响值。它们与地球半径 R 的关系为：

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad \text{或} \quad \frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \tag{1-1}$$

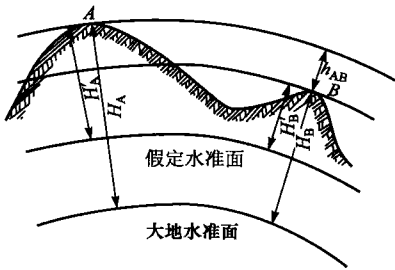


图 1-5 绝对高程与相对高程

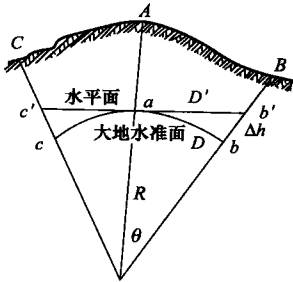


图 1-6 以水平面代替水准面

根据地球半径 $R = 6371\text{km}$ 及不同的距离 D 值，代入式 (1-1)，得到表 1-2 所列的结果。

表 1-2 用水平面代替水准面对距离的影响

D/km	$\Delta D/\text{cm}$	$\Delta D/D$
10	0.8	1:1 250 000
20	6.6	1:300 000
50	102	1:49 000

由表 1-1 可见，当 $D = 10\text{km}$ ，所产生的相对误差为 1/1 250 000。目前最精

密的距离丈量时的相对误差为 $1/1\,000\,000$ 。因此得出结论为：在半径为 10km 的圆面积内进行距离测量，用水平面代替水准面，可以不考虑地球曲率对距离的影响。

◆ 以水平面代替水准面对高程的影响

如图 1-4 所示， $\Delta h = bB - b'B$ ，这是用水平面代替水准面对高程的测量影响值。其值为：

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1-2)$$

用不同的距离代入式 (1-2) 中，得到表 1-2 所列结果。

从表 1-3 可以看出，用水平面代替水准面，在距离 1km 内就有 8cm 的高程误差。由此得出结论，地球曲率对高程的影响很大。在高程测量中，即使距离很短，也要考虑地球曲率对高程的影响。实际测量中，应该考虑通过加以改正计算或采用正确的观测方法，消除地球曲率对高程测量的影响。

表 1-3 用水平代替水准面对高程的影响

D/km	0.2	0.5	1	2	3	4	5
$\Delta h/\text{cm}$	0.31	2	8	31	71	125	196

◆ 以水平面代替水准面对水平角度的影响

根据球面三角学，同一个空间多边形在球面上投影的各内角之和，较其在平面上投影的各内角之和大。计算表明，对于面积在 100km^2 以内的多边形，只有在最精密的测量中才考虑地球曲率对水平角度的影响，一般在面积为 100km^2 范围内的水平角度测量可忽略地球曲率影响。