

建筑施工问答丛书

建筑施工测量

陈昌乐 编著

中国建筑工业出版社

本书以问答的方式，介绍了测量学的基本知识、测量误差的基本知识、距离测量、水准测量、角度测量及工业与民用建筑施工测量，介绍了测量仪器的构造、使用、检验校正与维护。

本书可供从事建筑施工、测量技术人员和工人学习参考。

* * *

责任编辑 欧剑

建筑施工问答丛书

建筑施工测量

陈昌乐 编著

*
中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*
开本：787×1092毫米 1/32 印张：6½ 字数：146千字

1989年5月第一版 1989年5月第一次印刷

印数：1—12,360册 定价：2.60元

ISBN7—112—00683—X/TU·477

(5803)

前 言

建筑施工测量是建筑施工中不可缺少的重要环节。本书是根据建筑施工测量人员在实际工作与技术学习中提出的带普遍性的问题编写的。编写时尽量结合建筑施工测量的实际，注重实践经验的介绍，重点介绍了测设的基本工作和工业与民用建筑施工测量的各项具体工作。由于采用问答的形式，不是全面、系统地介绍施工测量知识，故对测量人员容易理解和掌握的知识，如怎样认读水准尺、怎样整平水准仪等，不再赘述。为适应不同技术等级的测量工人技术学习的需要，本书在介绍基本的建筑施工测量工作时，也深入浅出地阐述了其中的理论知识。

本书在编写过程中，得到施振荣、贺明、傅仁义、李仁等同志的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

欢迎广大读者对本书中存在的缺点和错误给予批评和指正。

目 录

1. 什么是建筑施工测量?	(1)
2. 测量工作的基本要求是什么?	(2)
3. 施工测量有何特点?	(3)
4. 什么是高程? 什么是设计高程?	(4)
5. 什么是经度和纬度?	(5)
6. 高斯平面直角坐标系是怎样建立的?	(6)
7. 高斯平面直角坐标系有什么特点?	(8)
8. 在多大范围内能用水平面代替水准面?	(9)
9. 什么叫方位角? 什么叫象限角?	(12)
10. 怎样进行坐标变换?	(13)
11. 什么是坐标正算?	(16)
12. 什么是坐标反算?	(18)
13. 使用电子计算器进行坐标计算应注意些 什么?	(21)
14. ρ 是什么?	(23)
15. 为什么测量成果会带有误差?	(25)
16. 什么是系统误差?	(26)
17. 什么是偶然误差?	(27)
18. 什么是中误差?	(28)
19. 什么是最小二乘法?	(30)
20. 什么是算术平均值原理?	(31)
21. 什么是相对误差? 什么是容许误差?	(33)

22. 怎样计算带权平均值?..... (35)

23. 怎样确定权?..... (37)

24. 为什么要“四舍六入”?..... (39)

25. 距离测量有哪几种方法?..... (40)

26. 光电测距仪的测距原理是什么?..... (42)

27. 米的定义是什么?..... (45)

28. 怎样检定钢尺?..... (47)

29. 用钢尺量距怎样计算温度改正数?..... (48)

30. 用钢尺量距怎样计算高差改正数?..... (49)

31. 用钢尺量距怎样计算垂曲改正数?..... (51)

32. 怎样用精密的丈量方法量距?..... (54)

33. 怎样提高钢尺量距的精度?..... (56)

34. 怎样测设已知长度的水平距离?..... (58)

35. 水准测量的原理是什么?..... (61)

36. 水准仪是怎样提供水平视线的?..... (64)

37. 自动安平水准仪是怎样使视线水平的?..... (65)

38. 精密水准仪有何特点?..... (67)

39. 为什么有的水准仪没有制动螺旋?..... (70)

40. 怎样检校水准仪使视准轴平行于水准管轴?..... (71)

41. 水准测量为什么要求前、后视距离相等?..... (75)

42. 什么是视差?怎样消除视差? (76)

43. 水准测量中怎样进行检查校核?..... (77)

44. 怎样计算与分配高差闭合差?..... (79)

45. 怎样测设已知高程点?..... (82)

46. 怎样测设已知坡度的直线?..... (84)

47. 配合施工进行抄平时如何进行检查校核?..... (86)

48. 三、四等水准测量有哪些技术要求?..... (87)

49.水准测量中应注意些什么?.....	(89)
50.什么是水平角?怎样才能测出水平角?	(91)
51.什么是竖直角?怎样才能测出竖直角?	(93)
52.什么是一次安平对中结构?.....	(95)
53.怎样用脚架整平法安置经纬仪?.....	(96)
54.复测机构起什么作用?.....	(98)
55.怎样观测水平角?.....	(100)
56.水平角测量有哪几种方法?.....	(104)
57.全圆测回法测角怎样记录计算?.....	(107)
58.经纬仪应该满足哪些几何条件?.....	(109)
59.怎样进行视准差的检验与校正?.....	(111)
60.怎样进行横轴倾斜误差的检验与校正?.....	(113)
61.怎样进行竖盘指标差的检验与校正?.....	(115)
62.怎样减小外界条件对水平角观测的影响?.....	(116)
63.为什么仪器应避免阳光直接照射?.....	(117)
64.为什么要后视长边?.....	(119)
65.水平角精密观测应遵守哪些操作规则?.....	(121)
66.什么是调焦透镜运行误差?.....	(122)
67.仪器箱里的小口装有什么用处?.....	(124)
68.仪器照准部的转动为什么会出现紧涩或晃动?....	(125)
69.怎样加强对测量仪器的维护?.....	(126)
70.怎样测设已知数值的水平角?.....	(129)
71.怎样延长直线?.....	(131)
72.怎样进行正倒镜找中定线?.....	(133)
73.为什么施工测量中较少采用视距测量?.....	(135)
74.什么是小三角测量?.....	(137)
75.什么是导线测量?.....	(139)

76.导线测量有哪些外业工作?..... (142)

77.导线计算中如何推算方位角?..... (143)

78.什么是导线角度闭合差?..... (146)

79.导线内业计算中, 怎样计算与分配 坐标增量
 闭合差? (150)

80.导线测量内业计算有哪些步骤?..... (152)

81.怎样进行建筑区高程控制测量?..... (153)

82.测设点的平面位置的方法有哪些?..... (155)

83.为什么要建立施工控制网?..... (158)

84.什么是建筑方格网?..... (159)

85.怎样测设建筑方格网?..... (160)

86.厂区(房)扩建或改建时如何建立控制网?..... (164)

87.怎样建立厂房控制网?..... (165)

88.怎样测设设备基础控制网?..... (168)

89.多层建筑施工中如何投测轴线?..... (171)

90.怎样进行预制柱安装测量?..... (172)

91.柱子安装竖直校正中要注意什么?..... (175)

92.怎样进行吊车轨道安装测量?..... (178)

93.什么是激光铅直仪?..... (181)

94.怎样进行沉降观测?..... (183)

95.怎样确定沉降观测的周期?..... (185)

96.公路测量中怎样计算圆曲线要素?..... (187)

97.怎样用偏角法测设圆曲线?..... (190)

98.怎样用切线支距法测设圆曲线?..... (195)

99.怎样测设竖曲线?..... (197)

100.怎样编绘竣工总平面图? (199)

主要参考书目 (201)

1.什么是建筑施工测量?

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面点位的科学。它的内容包括测定和测设两大部分。

所谓测定,是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,得到一系列测量数据,或者把整个或局部地球表面的形状和大小用符号缩绘到图纸上。测设则是把设计图上的建筑物、构筑物按照设计要求标定在地面上。

根据测量科学的发展和应用,测量学可分为大地测量学、地形测量学、摄影测量学、工程测量学等。工程测量学是研究工程建设在勘测设计、建筑施工和经营运转三个阶段所进行的各种测量工作的学科。工程建设的内容十分广泛,如矿山建设、交通运输、城市建设、水利工程、港口油田、输电线路与输油管道等。工业与民用建筑施工测量是工程测量的一部分。

在施工阶段进行的测量工作叫施工测量,如施工控制网的建立、放线与抄平、竣工测量与变形观测等。施工测量的主要工作是把设计图上建筑物、构筑物和各种设备的平面位置和高程位置按照设计要求以一定精度标定在地面上,作为施工、安装的依据,并在施工过程中进行一系列的测量工作,以衔接、指导施工,使建筑物、构筑物和设备各部分的尺寸、位置符合设计要求。施工完毕之后,应进行竣工测量,即测出各种建筑物、构筑物建成后的实际位置,绘制竣工总平面图,供日后管理、维修、扩建之用。在施工期间与竣工之后,还要对需要进行变形观测的建筑物、构筑物,观测其位移、偏斜与沉降,以利建筑物、构筑物的安全使用,

并为验证设计是否合理提供资料。

测设已知角度的水平角、测设已知长度的水平距离和测设已知高程点是施工测量最基本的工作。

2. 测量工作的基本要求是什么？

1) 无论是地形测量还是施工测量，都是首先用较精密的仪器、工具和比较精确的方法测定少数点的平面位置和高程位置。这些点叫控制点。控制点组成的几何图形称为控制网。布设控制网即测定控制点之间相互位置关系的工作叫做控制测量。控制网是地形测量、建筑物定位等碎部测量的基础。建立了控制网，不仅可以在若干个控制点上同时测图或放样，还可以使碎部测量的误差不致于累积过大或影响整个测区，保证了测区的整体精度。因此，从高精度到低精度，从整体到局部，先控制测量后碎部测量，是测量工作的基本要求之一，也是测量工作必须遵守的基本程序。

2) 测量工作是一项精细的集体性工作，无论外业工作还是内业计算，稍有不慎，都可能出现错误。如果出现了错误又未能及时发现纠正，会造成严重后果。所以每项测量工作都必须检查校核，决不允许存在错误，前一步工作未经检查校核不得进行下一步工作。

3) 测量工作的精度必须满足工程需要。对于地形测量来说，精度由测图比例尺和测区地形决定。施工测量的精度则由测设对象即由建筑物、构筑物的大小、材料、用途、施工方法等因素决定。应该根据工程精度要求选用仪器工具、测量方法，研究制定满足工程精度要求的措施。

4) 测量工作是一项技术性较强的工作。测绘科学的不断

断发展，新仪器新技术的广泛应用，要求每一个测量工作人员努力学习科学文化知识，不断提高技术水平。

3. 施工测量有何特点？

施工测量有下述特点：

1) 测量精度由测设对象决定。一般地讲，高层建筑的测设精度应高于低层建筑；工业建筑的测设精度应高于民用建筑；钢结构工业厂房的测设精度应高于钢筋混凝土结构的厂房；装配式建筑物的测设精度应高于非装配式建筑物。

2) 施工测量与施工进度有密切关系。施工测量人员必须了解施工全过程，了解施工进度与施工现场的变化，若不能及时配合施工，将会直接影响施工进度。

3) 施工测量对工程质量影响很大，测量成果的精度必须符合设计和工程质量要求。测量工作中有错误会酿成事故，危害巨大，因此必须严格遵守技术规范和操作规程，采用多种方法加强内业外业的检查校核。

4) 施工测量施测环境复杂，测量标志容易被破坏或移位，因此设置点位时要熟悉总平面图和施工平面布置图，把点位设置在开挖范围和堆场之外。还要注意保护点位，经常检查点位和宣传保护测量标志。点位如有损毁位移要及时恢复。由于施测环境复杂，工作时要特别注意人身与仪器的安全。

5) 施工测量通常是先计算好放样数据而后实地放样的。所以施测前必须熟悉控制测量成果，熟悉设计图纸，计算好放样数据，仔细检查校正仪器。

4. 什么是高程? 什么是设计高程?

地面点的高程, 通常指的是绝对高程, 亦称海拔, 即地面点到大地水准面的铅垂距离。

什么是大地水准面呢?

水准面是海洋或湖泊自由静止时的表面。水准面可以有无数多个, 人们选取过某一点的平均静止海水面作为大地水准面。我国在青岛设立验潮站, 长期观测和记录黄海海水面的高低变化, 取其平均值作为大地水准面的位置(其高程为零), 作为我国计算高程的基准面, 并据此建立了稳固的水准原点, 其高程为72.289m, 全国各地的高程都是以它为准测算出来的。这就是我国大地测量法式规定的1956年黄海高程系统。

当个别地区引用绝对高程有困难时, 可采用任意水准面作为起算高程的基准面, 即指定该地区某固定点的高程而其余各点高程均以这个固定点为准测算。这样的高程系统称为假定高程系统。

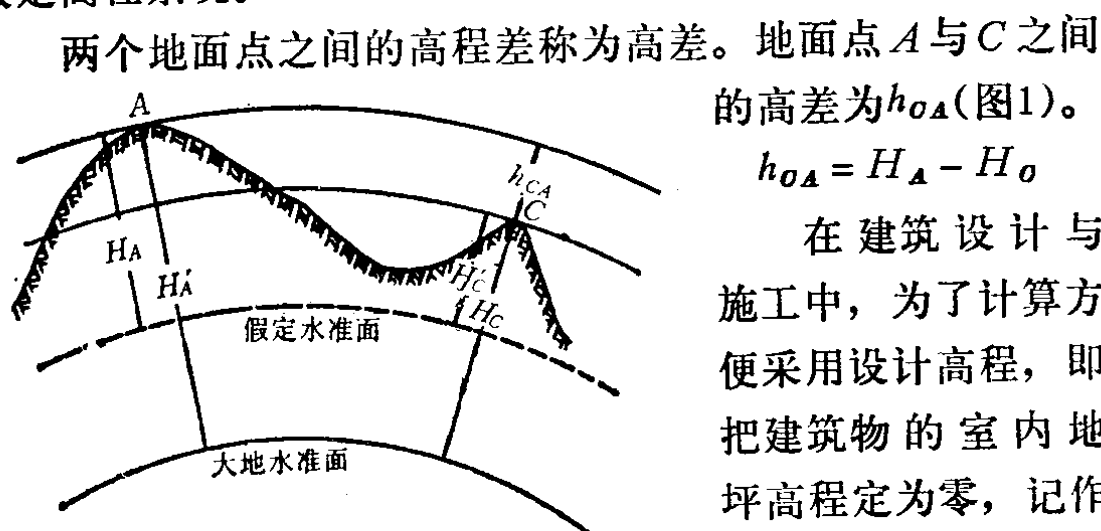


图 1

两个地面点之间的高程差称为高差。地面点 A 与 C 之间的高差为 h_{CA} (图1)。

$$h_{CA} = H_A - H_C$$

在建筑设计与施工中, 为了计算方便采用设计高程, 即把建筑物的室内地坪高程定为零, 记作 ± 0.000 , 其余部位的

高程均从 ± 0.000 起算,高出 ± 0.000 的为正,低于 ± 0.000 的为负。在设计图纸上注明该 ± 0.000 相当于绝对高程的数值,就能进行绝对高程与设计高程之间的换算。

【例 1】 已知一幢房屋的 ± 0.000 相当于绝对高程 514.200m , 该幢房屋基础底部比室内地坪低 3.5m , 基础底部的设计高程是 -3.5m , 其绝对高程值为:

$$514.200 - 3.5 = 510.700\text{m}$$

该幢房屋二楼地面的设计高程是 $+3.0\text{m}$, 即它比室内地坪高 3.0m , 绝对高程值为:

$$514.200 + 3.0 = 517.200\text{m}$$

5. 什么是经度和纬度?

研究地球的形状和大小及在大范围内进行测量工作,表示地面点的位置要使用球面坐标经度和纬度。

地球是一个两极略扁的椭球体,平均半径约为 6371km 。地球表面上海洋的面积约占 71% ,陆地面积只占 29% 。地面的高低起伏相对于地球半径来说是很小的。可以设想大地水准面延伸穿过岛屿、陆地,形成一个闭合的曲面,用其包围的体形来代表地球的体形,其就叫大地体。用大地体来表示地球的形状和大小是比较恰当的,但是由于大地水准面是一个略有起伏的不规则曲面,不能作为测量计算的基准面。为方便起见,人们选用了与大地体非常接近,而且可以用简单数学公式表述的旋转椭球体来代替地球形体,作为测量工作的基准面,这就是地球椭圆体,亦称参考椭圆体。在大范围内进行测量工作时,就用球面坐标表示地面点投影到地球椭圆体表面的位置。

通过地球的旋转轴（南北极）可以作无数个平面——子午面。子午面与地球表面的交线称为子午线。子午线也有无数多条。国际上规定，经过英国格林威治天文台旧址的子午线称为首子午线（零子午线）。地面上一个点 B 的经度，是指

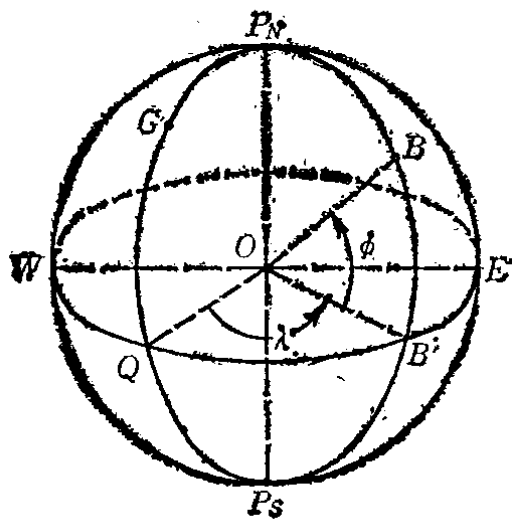


图 2

过 B 点的子午面与首子午面之间的夹角，用 λ 表示。经度自首子午线向东、向西计算，称为东经、西经，都从0度到180度。

B 点的纬度 ϕ 是过 B 点的法线与赤道平面的夹角。纬度自赤道向北、向南计算，称为北纬、南纬，都是从0度到90度（图2）。

一个点的经、纬度是多少，是用天文测量方法测定的。纬度相差一度所对应的经线长度约为111km。

6. 高斯平面直角坐标系是怎样建立的？

虽然地球是一个椭圆柱体，测量计算的基准面是参考椭圆柱面，但是对较小范围内的测量工作来说，用球面坐标经度和纬度表示点位是很不方便的，在球面上进行计算也很麻烦。为了将球面上的元素表示在平面上并能在平面上进行测量计算，人们采用高斯投影的方法，将地面点位确定在高斯平面直角坐标系内。

高斯投影即高斯——克吕格投影，又名等角横切椭圆柱投影。可以这样来了解高斯投影（见图3(a)）：

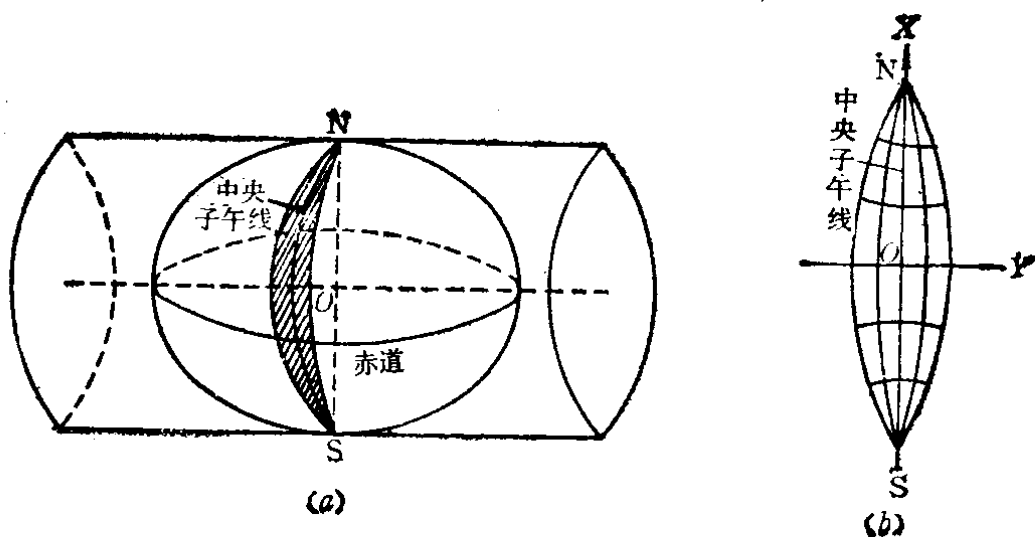


图 3

假想有一个椭圆柱套在地球的外面，椭圆柱中心通过地球椭球中心。椭圆柱面与地球椭球的某一子午线相切，即这条子午线与横椭圆柱面重合，这条子午线称为中央子午线或轴子午线。在地球椭圆体面与横椭圆柱面上保持等角的条件下，将中央子午线东西两侧一定经差范围内地区投影到椭圆柱表面上。然后将横椭圆柱沿着通过南北极的母线切开并展成平面，就得到这部分地区在平面上的形象了（图3(b)）。

通过投影，中央子午线与赤道都成了直线。以中央子午线的投影作为纵坐标轴（ X 轴），赤道的投影作为横坐标轴（ Y 轴），两轴的交点为坐标原点（ O ），这样就建立起了高斯平面直角坐标系。

为了减小投影变形的影响，采用了分带投影的方法，即从 0° 子午线起，以经度每差 6° 为一带，把地球分成60个带进行投影。在1:10000或更大比例尺测图时，为保证测图精度，采用 3° 带投影。 3° 带投影是从东经 $1^\circ 30'$ 起，经度每差 3° 划分为一带进行投影。

对于大比例尺测图和工程测量来说，都是在较小范围内

进行的，此时可以把地球表面的一部分当作平面看待，地面点的位置可以直接用平面直角坐标系来确定。在多大范围内可以不考虑地球曲率，将局部地球表面看成平面，将在后面予以介绍。

工业与民用建筑施工中，为了施工方便，通常建立坐标轴与建筑物基本轴线平行的建筑坐标系。建筑坐标系是通过平面直角坐标系平移和旋转来建立的。

7. 高斯平面直角坐标系有什么特点？

数学中的平面直角坐标系如图4(a)，横轴是 X 轴，向右为正，纵轴是 Y 轴，向上为正，横轴正方向为标准方向，象限按逆时针方向编号。

高斯平面直角坐标系纵轴是 X 轴，向上为正，该方向是标准方向，横轴是 Y 轴，向右为正，象限按顺时针方向编号，见图4(b)。

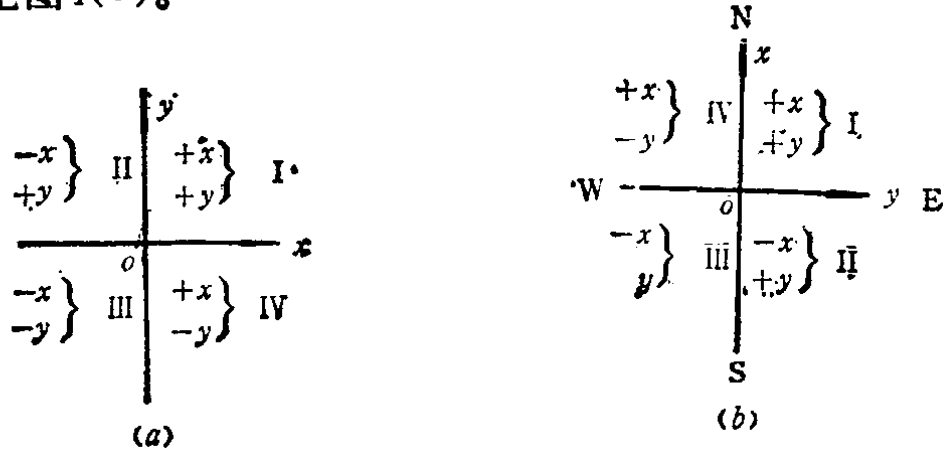


图 4

高斯平面直角坐标系将纵轴规定为 X 轴，是因为测量工作中将南北方向作为标准方向定向方便，按顺时针方向进行象限编号，是为了使南北方向作为标准方向后，数学上的公

式能不作任何改变直接用于测量计算。

关于高斯平面直角坐标，还有二个问题值得一提。一是我国领土均在北半球， X 坐标值均为正值，而 Y 坐标值却是有些点为正，有些点为负。坐标值有负值使用不方便，为解决这个问题，人为地将每一投影带的坐标纵轴向左（西）平移500km，即在每一个点的 Y 坐标值上加上500km。例如 A 点的 Y 坐标值原来是32564m，坐标纵轴平移后变成了532564m。 B 点的 Y 坐标值原来是-48370m，加上500km后变成了451630m。这样就避免了 Y 坐标值出现负数。二是 6° 带投影时将地球分成了60个带，投影后成为60个各自独立的坐标系。为了能根据 Y 坐标值确定一个点是在哪一个投影带内，便将该带的带号加在 Y 坐标值前面。如 A 点在20带，其 Y 坐标值又从532564m变成了20532564m。 B 点若在第18带，其 Y 值又从451630m变成了18451630m。这样的 Y 坐标值称为 Y 坐标通用值，除去带号、纵轴平移加上去的500km这两部分后剩下来的 Y 坐标值，称为 Y 坐标自然值。

8.在多大范围内能用水平面代替水准面?

前面讲到，在较小范围内进行测量，可以不考虑地球曲率，将局部地球表面当成平面。这个范围究竟多大呢？

如图5， A 、 B 、 C 是地面点，它们在大地上水准面上的投影点是 a 、 b 、 c ，用该区域中心点的切平面来代替大地水准面后，地面点在水平面上的投影点是 a 、 b' 和 c' ，下面来分析由此产生的影响。

(1) 水平面代替水准面对距离的影响

图 5 中， A 、 B 两点在水准面上的距离为 D ，在水平面上的距离为 D' ，两者之差为 ΔD 。

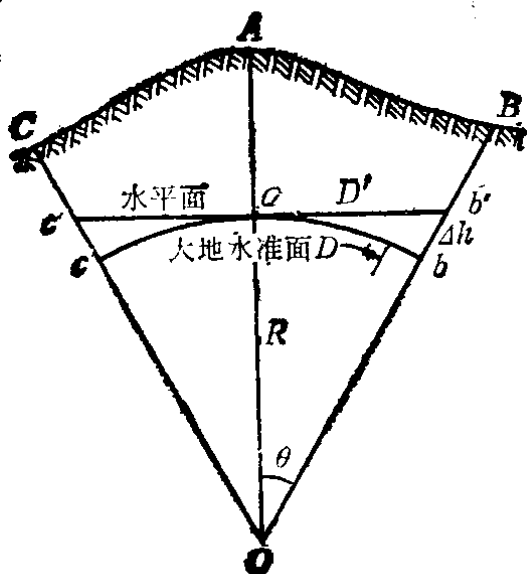


图 5

$$\Delta D = D' - D = R \tan \theta - R \theta = R(\tan \theta - \theta)$$

因 θ 角较小，取 $\tan \theta \approx \theta + \frac{1}{3} \theta^3$

因 $\theta = \frac{D}{R}$ ，故

$$\Delta D = R \left(\theta + \frac{1}{3} \theta^3 - \theta \right) = \frac{D^3}{3R^2}$$

或 $\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2}$

地球平均半径 $R = 6371\text{km}$ ，取不同距离 D 代入式中，得到表 1 所列的结果。

表 1

$D \text{ (km)}$	$\Delta D \text{ (cm)}$	$\Delta D/D$
10	1	1:1000000
20	7	1:300000
50	102	1:49000
100	821	1:12000

(2) 水平面代替水准面对高程的影响

从图 5 中可以看出，地面点 B 的高程应是铅垂距离 Bb ，用水平面代替水准面后， B 点的高程为 Bb' ，两者之差 Δh 即为水平面代替水准面对高程的影响。