

式中 n 为 6° 带的带号。 6° 带的最大变形在赤道与投影带最外一条经线的交点上，长度变形为 0.14% ，面积变形为 0.27% 。

3° 投影带是在 6° 带的基础上划分的。每 3° 为一带，共 120 带，其中央子午线在奇数带时与 6° 带中央子午线重合，每带的中央子午线经度可用下式计算：

$$L_3 = 3^\circ n' \tag{1.2}$$

式中 n' 为 3° 带的带号。 3° 带的边缘最大变形为长度缩小 0.04% ，面积缩小 0.14% 。

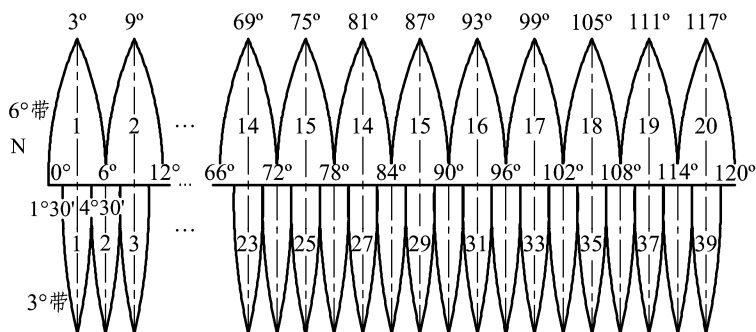


图 1.6 6° 带和 3° 带投影

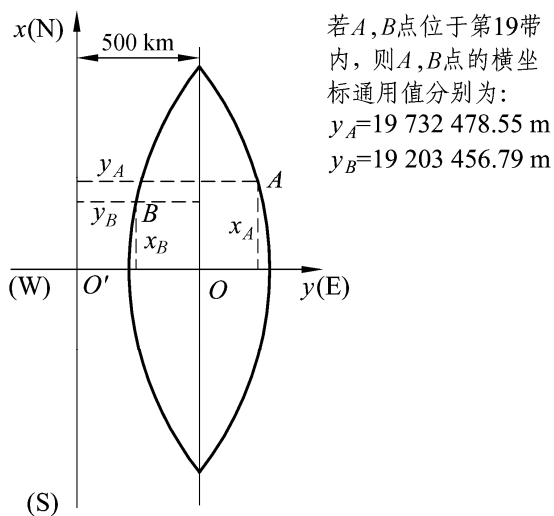


图 1.7 高斯平面直角坐标

我国领土位于东经 $72^\circ \sim 136^\circ$ 之间，共包括了 11 个 6° 投影带，即 13~23 带；22 个 3° 投

影带，即 24~45 带。成都位于 6°带的第 18 带，中央子午线经度为 105°。通过高斯投影，将中央子午线的投影作为纵坐标轴，用 x 表示，将赤道的投影作为横坐标轴，用 y 表示，两轴的交点作为坐标原点，由此构成的平面直角坐标系称为高斯平面直角坐标系。如图 1.7 所示。对应于每一个投影带，就有一个独立的高斯平面直角坐标系，区分各带坐标系则利用相应投影带的带号。

1.4.2 确定点的高程系

地面点到大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程或海拔，简称高程，通常用 H 加点名作下标表示。如图 1.8 中 A 、 B 两点的高程表示为 H_A 、 H_B 。我国规定以 1950—1956 年间青岛验潮站多年记录的黄海平均海水面作为我国的大地水准面，由此建立的高程系统称为“1956 年黄海高程系”。新的国家高程基准面是根据青岛验潮站 1952—1979 年间的验潮资料计算确定的，依此基准面建立的高程系统称为“1985 国家高程基准”，并于 1987 年开始启用。

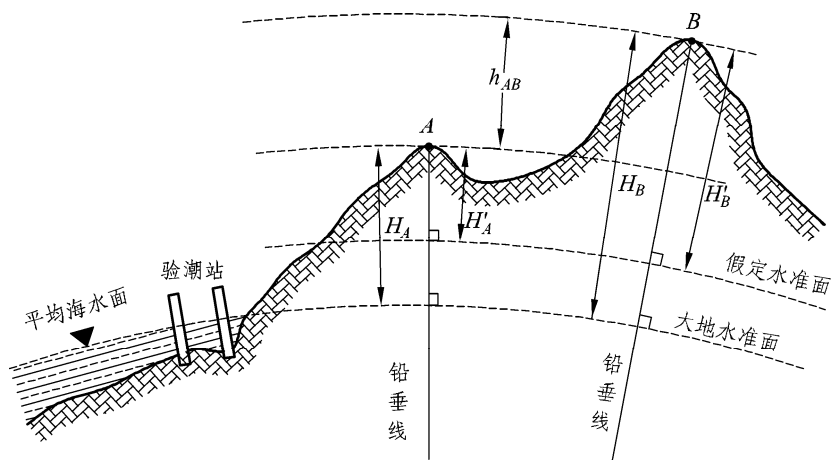
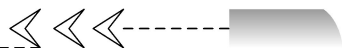


图 1.8 高程与高差的定义及相互关系



当在局部地区应用高程有困难时，可采用假定高程系，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该点的相对高程，通常用 H' 加点名作下标表示。

如图 1.8 中 A 、 B 两点的相对高程表示为 H'_A 、 H'_B 。

在建筑施工测量中，常选定底层室内地坪面为该工程地面点高程起算的基准面，记为 ± 0.000 。建筑物某部位的标高，是指该部位的相对高程，即该部位距室内地坪 (± 0.000) 的垂直间距。

两个地面点的高程差称为高差，用 h 表示。

$$h = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.3)$$

由式 (1.3) 看出，高差与高程的起算面无关。

1.4.3 确定地面点位的三个基本要素

如前所述，地面点的空间位置是由地面点在投影平面上的坐标 X 、 Y 和 H 确定的。在实际的测量中 X 、 Y 和 H 的值不能直接测定，而是通过测水平角 β_a 、 β_b ...，水平距离 D_1 、 D_2 ...，以及各点间的高程 h ，再根据已知点 A 的坐标和 AB 边的方位角计算出 B 、 C 、 D 、 E 各点的坐标和高程，如图 1.9 所示。

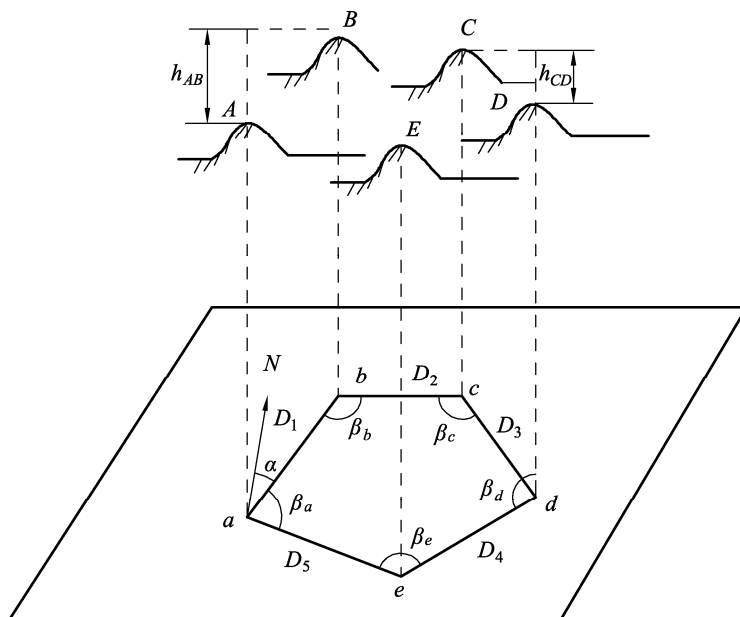


图 1.9 确定各点的坐标和高程

由此可见，水平距离、水平角和高程是确定地面点位的三个基本要素。水平距离测量、水平角测量、高差测量是测量的三项基本工作。

1.5 地球曲率对测量工作的影响

当测区范围较小时，可将大地水准面近似当作水平面看待。下面分析，当测区范围究竟多大时，用水平面代替大地水准面所产生的距离和高差变形才不超过测图误差的允许范围。

1.5.1 水平面代替水准面对距离的影响

如图 1.10 所示， A 、 B 两点的水准面上的距离为 D ，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



$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \text{ 或 } \frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1.4)$$

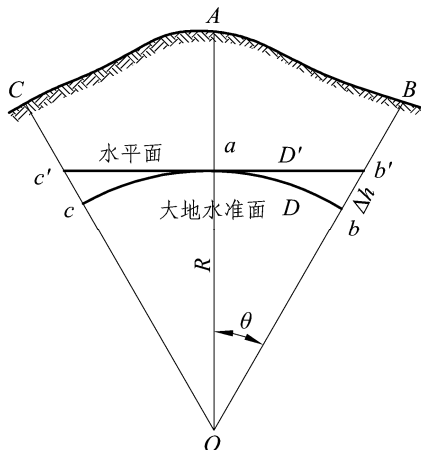


图 1.10 水平面代替水准面

根据地球半径 $R=6\,371\text{ km}$ 及不同的距离 D 值带入式 (1.4) 得到表 1.1 所列的结果。

表 1.1 距离及误差

距离 D/km	距离误差 $\Delta D/\text{cm}$	距离相对误差 $\Delta D/D$
10	0.8	1/120 万
25	12.8	1/20 万
50	102.7	1/4.9 万
100	821.2	1/1.2 万

由表 1.1 可见，当 $D=10\text{ km}$ 时，所产生的相对误差为 1/120 000。目前最精密的距离丈量误差为 1/1 000 000。因此可以得出结论，在半径 10 km 的圆面积内进行距离测量，可以用水平面代替水准面，不考虑地球曲率对距离测量的影响。

1.5.2 水平面代替水准面对高程的影响

如图 1.10 所示， $\Delta h=Bb-b'B$ ，这是用水平面代替水准面对高程的影响值。其值为

$$\Delta h = \frac{D^2}{2R} \quad (1.5)$$

用不同的距离带入式 (1.5) 中得到表 1.2 所列结果。

表 1.2 距离及高程影响值

距离 D/km	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1	2	5	10
$\Delta h/\text{mm}$	0.8	3	7	13	20	80	310	1 960	7 850

从表 1.2 可以看出用水平面代替水准面 , 在距离 1 km 内就有 8 cm 的高程误差。由此可见 , 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 , 应该通过改正计算或采用正确的观测方法来消除地球曲率对高程测量的影响。

1.6 建筑工程测量的程序和原则

测量工作必须遵循的第一条基本原则是“从整体到局部 , 先控制后碎部” ; 测量工作的目的之一是测绘地形图 , 地形图是通过测量一系列碎部点 (地物点和地貌点) 的平面位置和高程 , 然后按一定的比例 , 应用地形图符号和注记缩绘而成。测量工作不能一开始就测量碎部点 , 而是先在测区内统一选择一些起控制作用的点 , 将它们的平面位置和高程精确地测量计算出来 , 这些点被称作控制点 , 由控制点构成的几何图形称作控制网 , 然后再根据这些控制点分别测量各自周围的碎部点 , 进而绘制成图 , 如图 1.11 所示的多边形 $ABCDEFGH$ 就是该测区的控制网。

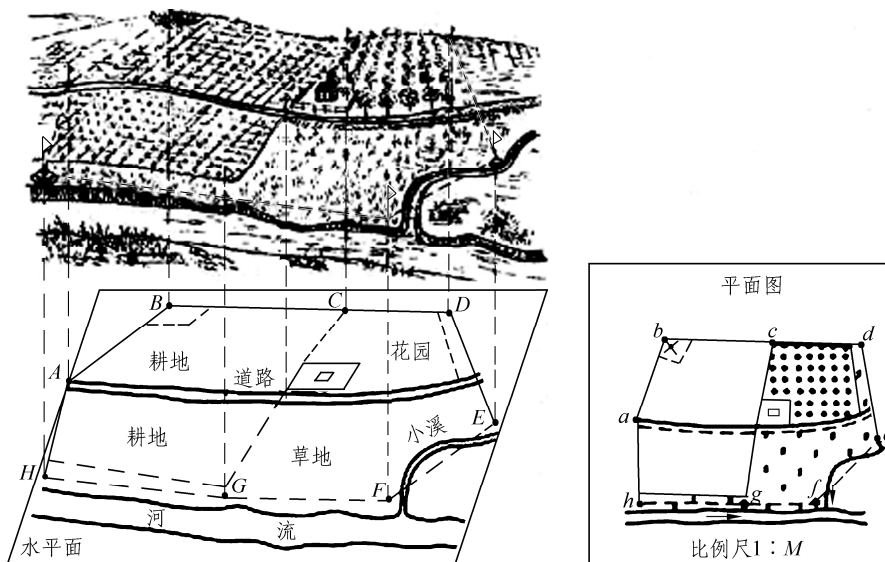


图 1.11 测量工作的基本原则

为了防止出现错误,无论是在外业或内业工作中,还必须遵循另一个基本原则:“边工作,边校核”。应用校核的数据说明测量成果的合格和可靠。测量工作实质上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,或者是计算错误,都是点位的确定上产生的错误所致。因而在实践操作与计算中都必须步步校核,校核已进行的工作有无错误。一旦发现错误或达不到精度要求的成果,必须找出原因或返工重测,以保证各个环节的可靠性。

工程测量应遵循“先外业,后内业”,也应遵循“先内业,后外业”这种双向工作程序。规划设计阶段所采用的地形图,应首先取得实地野外观测资料和数据,然后再进行室内计算、整理、绘制成图,即“先外业、后内业”的工作程序。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,并做出标记,以作为施工的依据,因而是“先内业,后外业”的工作程序。

思考题



1. 名词解释：水准面、大地水准面、高程、相对高程。
2. 水准面的特性有哪些？
3. 测量工作的基本原则是什么？
4. 何谓高程？何谓高差？若已知 A 点的高程为 498.521 m ，又测得 A 点到 B 点的高差为 -16.517 m ，试问 B 点的高程为多少？

