

工程测量中抵偿坐标系的选择及计算

李林

中国建筑材料工业地质勘查中心贵州总队

DOI:10.32629/gmsm.v2i4.246

[摘要] 根据相关规范要求,为了满足工程测量和大比例地形图测绘的精度要求,平面控制测量坐标系统的选择应以投影长度变形值不超过 2.5cm/km 为原则,本文就工程测量中抵偿坐标系的选择及计算方法进行介绍。

[关键词] 投影面; 抵偿坐标系; 中央子午线

1 测量投影面与投影带的选择

1.1 归算到测区平均高程面的测距边长度

D_n 式中为归算到平均高程面上的测距边长度 (m); D_p 为测距边长度 (m); H_p 测区的平均高程 (m) H_m 测距边两端点的平均高程 (m); $D_n = D_p (1 + \frac{H_p - H_m}{R_A})$ (1)

表示参考椭球体在测线边方向法截弧的曲率半径 (m)。

1.2 测距边长度归化计算及投影变形

平面控制测量投影面和投影带的选择,主要是解决长度变形问题。这种投影变形主要由以下两方面因素引起:

(1) 测距边长归算到参考椭球面上的测距边长度按 (2) 式计算

$$D_0 = (1 - \frac{H_m}{R_m}) D_p \quad (2)$$

式中 D_0 为测距边长度 D_p 归算到参考椭球面上的长度 (m); R_m 地球平均曲率半径 (m)。 $\Delta S_1 = D_0 - D_p$ 设由 (1) 式可推导出变形值

$$\Delta S_1 = -\frac{H_m}{R_m} D_p \quad (3)$$

由 (3) 式可知 ΔS_1 一般为负值,表明将地面上实测边长归算到参考椭球面上总是变短,而且缩短量 ΔS_1 总是与归算边高出参考椭球面的平均高程 H_m 成正比。

(2) 测距边归算到高斯投影面上的长度按 (4) 式计算

$$D_g = (1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2}) D_0 \quad (4)$$

式中 D_g 为参考椭球面上的长度 D_0 归算到高斯投影面上的长度 (m); y_m 为测距边两端点横坐标的平均值 (m)。

$$\Delta S_2 = D_g - D_0 \quad \text{设由 (4) 式可推导出变形值}$$

$$\Delta S_2 = \frac{y_m^2}{2R_m^2} D_0 \quad (5)$$

恒为正值,表明将参考椭球面上的长度投影至高斯平面上总是变长,且与横坐标平方成正比,即投影边长离中央子午线愈远,其变形越大。

由于投影过程要控制长度变形,因此,在工程控制测量中选择投影面和投影带时,应作如下考虑:

1.2.1 上述两项归算投影产生的投影变形不得大于 2.5cm/km,在此前提下,应采用国家统一的高斯平面直角坐标系,使工程测量控制网与国家测量系统相一致,便于测量成果的相互利用。

1.2.2 当采用国家统一的投影面和投影带,边长的两次归算长度变形不能满足要求,可考虑采用任意带独立高斯平面直角坐标系,归算测量成果的参考面可自行选定,通常的做法有:

①通过改变 H_m 选择合适的高程参考面,用以抵偿带投影变形,这种方法称为抵偿投影面的高斯正形投影;

②通过改变 y_m 即中央子午线作适当移动,用以抵偿由实测高程面归算在参考椭球面上的投影变形,这种方法叫任意带的高斯正形投影;

③通过选择高程参考面 (H_m 改变) 和移动中央子午线 (y_m 改变),用以共同抵偿两项归算投影变形,称为具有高程抵偿面的任意带高斯正形投影。

2 工程测量中坐标系的选择及计算

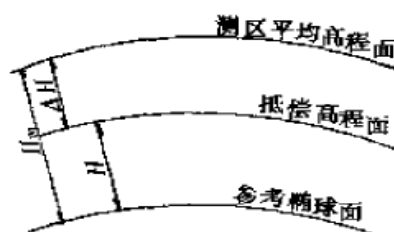
2.1 国家 3° 带高斯正形投影平面直角坐标系

在离中央子午线越近、地面平均高程越低 (一般 y_m 值不大于 40km,地区平均高程小于 100m) 的地区,可以不考虑投影变形问题,直接采用国家统一 3 度带高斯正形投影直角坐标系作为工程测量控制网坐标系。

2.2 抵偿投影面的 3° 带高斯正形投影平面直角坐标系

2.2.1 抵偿高程面的计算

利用 (2) 式和 (5) 式对于长度变形的影响为前者缩短和后者伸长的特点,人为改变归化高程使二者长度改正相互抵偿,但这没有改变统一 3° 带的投影改化方法如下图,一般情况最好是以测区中心的综合长度变形为 0, 则:



$$\frac{\Delta H}{R_m} = \frac{y_m^2}{2 R_m^2} \quad (6)$$

图中 H 为抵偿高程; H_m 为测区平均高程; ΔH 为测区平均高程与抵偿高程的差,即 $\Delta H = H_m - H$ 。则

$$\Delta H = H_m - H \frac{y_m^2}{2 R_m^2} \quad (7)$$

当然以此来选择的抵偿高程面长度变形完全抵消是不可能的,因为同一地区高程是有变化的,但只要其变形值在允许限差范围内即可。

2.2.2 抵偿高程面的坐标系计算

抵偿高程面位置确定后,就可以选择测区中心控制点作为“原点”,保持它在国家3度带内的国家统一坐标值(X_0, Y_0)不变,然后将其他控制点的坐标(X, Y)换算到抵偿高程面相对应的坐标系中去,其换算公式为:

$$X_{抵} = X_0 + (X - X_0) \frac{H}{R_m} \quad (8)$$

$$Y_{抵} = Y_0 + (Y - Y_0) \frac{H}{R_m} \quad (9)$$

2.2.3 抵偿高程面的坐标适用范围

抵偿高程面确定后可计算其坐标适用范围即使:

$$\frac{H}{R_m} - \frac{y_m^2}{2 R_m^2} = \frac{1}{40000} \quad (10)$$

设 $R_m = 6371\text{Km}$,由此可得符合限差范围的東西方向的宽度。即

$$y_m = \sqrt{12742 H \pm 2029} \quad (11)$$

由(12)式可以由抵偿高程面的高低计算测区的范围。因此,测区中心的位置决定了高程抵偿面的位置和测区范围。当抵偿高程为159m时,其抵偿范围最大,东西宽达128m,抵偿高程大于159m时,东西宽度随抵偿高程的增加而愈来愈窄,当抵偿高程为1000m时,其抵偿范围仅为18Km,且横坐标应处于(104-122)Km。

当坐标系统的范围超过某个抵偿高程的抵偿带范围时,应改用其它方式选择坐标系。

2.3 任意带高斯正形投影平面直角坐标系

这种坐标系仍将地面观测结果归算至参考椭球面上,但不采用国家3°带统一的分带方法而选择测区某条子午线作为中央子午线,借以补偿因实测结果算至参考椭球面带来的长度变形。

令综合长度变形值为0,则由(9)式得 $y_m = \sqrt{2 R_m H}$

由上式可计算出测区中央子午线位置,但在实际作业中,根据测区实际情况可选取测区边缘、或测区中央、或测区内某一点的子午线为中央子午线。

2.4 具有高程抵偿面的任意带高斯正形投影平面直角坐标系

我们已经知道,影响长度变形的因素主要有两个,一是将实地距离归化至参考椭球面的变形,另一个是将参考椭球面的长度投影至高斯平面上的变形。此种坐标系综合前两种坐标系的优点同时改变了两种变形量,这是一般工程中经常采用的建立抵偿坐标系的方法。选择测区平均高程面做投影面,通过测区中心的子午线为中央子午线,按高斯投影计算的平面直角坐标的建立可以分成以下两步:

2.4.1 利用高斯投影正反算的方法,将国家点的平面坐标换算为大地坐标(B, L);并由大地坐标计算这些点在选定的中央子午线投影带内的直角坐标(X, Y)。

2.4.2 选择测区一个控制点作为“原点”,保持该点在选定的投影带内的坐标设为(X_0, Y_0)不变,由(1), (2), (4)式

$$\text{推导出比例缩放系数 } K \text{ 的严密公式 } K = \frac{D_p (1 + \frac{H_p - H_m}{R_A})}{(1 + \frac{y_m^2}{2 R_m^2}) (1 - \frac{H_m}{R_m})} \quad (11)$$

则其他的控制点可以换算到选定的坐标系中去的公式为:

$$X' = X_0 + (X - X_0) k \quad (12)$$

$$Y' = Y_0 + (Y - Y_0) k \quad (13)$$

这种方法是将测区的平均高程面作为投影面,测区的中心子午线为中央子午线,是工程测量中常采用的测量坐标系。

3 结束语

工程测量中坐标系的选择应根据测区离中央子午线的距离及测区的抵偿高程面的情况进选择,一般具有抵偿高程面的任意带高斯平面坐标系很好地克服了国家三度带坐标系的不足,能够有效地实现两种长度变形的抵偿,可以达到控制变形对工程测量的影响,

[参考文献]

- [1]苗琦,万会.国家2000坐标系在煤炭地质勘查中的推广应用[J].能源与环境,2014(05):37-38.
[2]贝立臣,焦创局.关于工程测量中不同坐标系变换与精度的探讨[J].黑龙江科技信息,2017(09):46.
[3]董雪亮.浅谈工程测量中不同坐标系之间的相互关系[J].科技情报开发与经济,2007(23):264-265.

作者简介:

李林(1971-),男,贵州省织金县人,汉族,本科学历,高级工程师,研究方向:倾斜摄影测量在大比例尺地形图中的应用、工程测量中如何控制投影变形对施工的影响;从事工作:工程测绘。