

# 花土沟地区 GPS 网工程测量投影面的选择

康英平

(中石油工程设计有限公司 青海分公司,甘肃 敦煌 736202)

摘要:首先介绍了工程测量投影面选择时应该考虑的一些基本概念性内容,然后以柴达木盆地花土沟地区 GPS 工程控制网投影面的选择和计算过程为例,得到一些有用结论。

关键词:花土沟;投影面;工程测量;GPS

中图分类号:P228.4 文献标识码:B 文章编号:1672-5867(2012)02-0176-02

## Decision of Projection Plane in Kunbei GPS Engineering Network

KANG Ying - ping

(China Petroleum Engineering Co. Ltd. Qinghai Branch Dunhuang 736202, China)

Abstract: At first, some conceptual contents are introduced and then the conclusion is drawn through the choice and computing of projection plane by taking Huatugou GPS Engineering Network as an example.

Key words: Huatugou; projection plane; engineering measurement; GPS

### 0 引言

有关测量规范规定,国家大地控制网一般要依据高斯投影方法进行3°带或6°带进行分带和计算,并把观测成果归算到参考椭球面上。但是对于工程测量,特别是高海拔地区或测区跨度大的工程,既有测制大比例尺地形图的任务,又有满足各种工程建设和市政施工放样工作的要求。如何根据这些要求和目的合理地选择投影面和投影带,本文以花土沟地区的工程投影面的选择为例展开讨论。

### 1 投影面选择的一些概念<sup>[1-3]</sup>

#### 1.1 影响投影变形的因素

平面控制测量的投影面和投影带的选择,主要是为了解决长度变形,而长度变形主要是由以下因素造成的。

1) 实测边长归算到参考椭球面上的变形,其值为  $s_1$ ,有:

$$s_1 = -\frac{sH_m}{R} \quad (1)$$

式中:  $H_m$  为归算边高出参考椭球面的平均高程;  $s$  为归算边的长度;  $R$  为归算边方向参考椭球法截弧的曲率半径,概值取 6 370 km。

2) 将参考椭球面上的边长归算到高斯投影面上的变形影响,其值为  $s_2$ ,有:

$$s_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{y_m}{R_m} \right)^2 s_0 \quad (2)$$

式中:  $s_0 = s + s_1$ ,即  $s_0$  为投影归算边长;  $y_m$  为归算边两端点横坐标平均值;  $R_m$  为参考椭球面平均曲率半径。

#### 1.2 工程测量平面控制网的精度要求

工程测量控制网不但要作为测绘大比例尺产品的控制基础,还是各种工程建设施工放样测设数据的依据。一般来说,施工放样的测量精度为 1/5 000 ~ 1/20 000。因此,由投影归算引起的控制网长度变形应小于施工放样允许误差的 1/2,即相对误差为 1/10 000 ~ 1/40 000,也就是说,每千米的长度改正数不应该超过 10 ~ 2.5 cm。

#### 1.3 工程测量投影面和投影带选择的基本出发点

1) 在满足工程测量精度要求的前提下,为使测绘结果一测多用,这时应该采用国家统一的 3°带高斯平面直角坐标系。当测区平均高程在 100 m 以下,而且  $y_m$  一值不大于 40 km 时,其投影变形值  $s_1$  及  $\Delta s_2$  均小于 2.5 cm,可以满足大比例尺测图和工程放样的精度要求。因此,在离中央子午线不远和地面平均高程不大的地区,无需考虑投影变形问题,直接采用国家 3°带高斯正形投影平

收稿日期:2011-01-10

作者简介:康英平(1984-),男,陕西合阳人,助理工程师,学士,主要从事测绘工作。

面直角坐标系作为工程测量控制网。

2) 当边长归算投影改正不能满足精度要求时,为了保证工程测量结果的直接使用和计算方便,可采用下面三种方法实现之。

①通过改变  $H_m$  从而选择合适的高程参考面,将抵偿分带投影变形,这种方法通常称为抵偿投影面的高斯正形投影;

②通过改变  $y_m$  从而对中央子午线做适当地移动,来抵偿由高程面的边长归算到参考椭圆面上的投影变形,这就是任意带高斯正形投影;

③通过既改变  $H_m$  (选择高程参考面),又改变  $y_m$  (移动中央子午线),来共同抵偿两项归算改正变形,这就是具有高程抵偿面的任意带高斯正形投影。

### 2 花土沟地区 GPS 工程控制网的投影问题

花土沟 GPS 工程网控制面积约为  $100 \text{ km} \times 45 \text{ km}$ ,测区覆盖花土沟基地、狮子沟口、红柳泉、一厂联合站、油砂山、昆北草原、切克里克、乌南等区域。属于戈壁荒滩地,海拔高度一般在  $2\ 900 \sim 3\ 300 \text{ m}$ ,最高为  $3\ 324 \text{ m}$ 。测区经线跨度约为  $90^\circ 49' \sim 91^\circ 19'$  [2]。

如果采用国家统一的  $3^\circ$  带高斯正形投影平面直角坐标系,测区海拔平均高程取  $H_m = 3\ 000 \text{ m}$ ,测区最西边缘距中央经线大约为  $1.42 \text{ km} \times 49' = 69.58 \text{ km}$ ,最东边缘的距中央经线大约为  $1.42 \text{ km} \times 1^\circ 19' = 112.18 \text{ km}$ ,下面计算  $s_1, s_2$ ,测定实测边长  $s = 1\ 000 \text{ m}$ ,有:

$$s_1 = -\frac{sH_m}{R} = -0.487 \text{ m} \quad (3)$$

及

$$s_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{y_m}{R_m} \right)^2 s = 0.155 \text{ m} \quad (4)$$

而

$$s_1 + s_2 = -0.332 \text{ m} \quad (5)$$

超过了每千米的长度改正数不应该超过  $10 \sim 2.5 \text{ cm}$  的精度要求。为了把长度变形控制在精度范围内,常见的做法是,选择合适的高程参考面,使长度变形为零,即使式(5)为 0,于是有:

$$H = \frac{y_m^2}{2R} \approx 987 \text{ m} \quad (6)$$

即将地面实测距离归算到:

$$H = H_m - H = 3\ 100 - 987 = 2\ 113 \text{ m} \quad (7)$$

的高程面上,此时  $s_1, s_2$  的值为:

$$s_1 = -0.155 \text{ m} \quad (8)$$

$$s_2 = 0.155 \text{ m} \quad (9)$$

即:

$$s_1 + s_2 = 0 \quad (10)$$

两项长度改正得到完全补偿。

但是,工程不可能都在测区平均高程面上,这要根据允许变形值来确定,取变形容许的相对中误差为  $1/40\ 000$ ,则有:

$$\frac{H}{R_m} \leq \frac{1}{40\ 000} \quad (11)$$

故:

$$H \leq R_m / 40\ 000 = 159 \text{ m} \quad (12)$$

据此可计算出实际允许高程面的最大值和最小值,即:

$$H_{\max} = H_+ - H = 2\ 272 \text{ m} \quad (13)$$

$$H_{\min} = H_- - H = 1\ 954 \text{ m} \quad (14)$$

即在高程为  $1\ 954 \sim 2\ 272 \text{ m}$  和距离中央经线  $69.58 \text{ km}$  到  $112.18 \text{ km}$  的测区范围内,以  $2\ 113 \text{ m}$  为抵偿面进行高斯投影可使长度变形不大于  $1/40\ 000$ 。

在确定  $y_m$  时,上面是选取测区的最边缘的  $y$  值,采用下面的选择可使投影最大边长变形大为缩小。

1) 当测区位于中央子午线一侧时:

$$y_m = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{y_{\max}^2 + y_{\min}^2} \quad (15)$$

2) 当测区跨越  $3^\circ$  带中央经线时:

$$y_m = \frac{\sqrt{2}}{2} \max \{ |y_{\min}|, |y_{\max}| \} \quad (16)$$

按上面方法有:

$$y_m = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{y_{\max}^2 + y_{\min}^2} = 93\ 343 \text{ km} \quad (17)$$

带  $y_m$  到式(6),可得:

$$H \approx 683 \text{ m}$$

有:

$$s_1 = -s_2 = 0.107 \text{ m}$$

这样,以  $H = H_m - H = 2\ 417 \text{ m}$  为高程抵偿面时,在  $H_{\min} = H_m - H = 2\ 941 \text{ m}$ ,  $H_{\max} = H_m + H = 3\ 259 \text{ m}$  内,长度变形得到完全补偿。与式(13)(14)相比,高程投影面适用范围基本能覆盖测区绝大部分 [3]。

### 3 结束语

1) 本文介绍了工程测量投影面应该考虑的因素,并分析和计算了花土沟地区工程投影面的选择,选取合适的高程投影面,为后续的花土沟地区 GPS 工程测量控制网的数据处理提供了基础。

2) 该地区测绘成果大部分是 20 世纪 50 ~ 60 年代为石油勘探服务而建立的,由于系统偏多,精度不统一,虽经过有关方面对控制点标志进行过部分恢复和统一归算,仍无法满足工程测量的精度要求。因此,这同时也是柴达木地区重要的工程测量依据,为以后的大比例尺地形图测绘和工程施工放样提供了重要的控制基础。

### 参考文献:

[1] 田青文,刘万林. 控制测量学[M]. 西安:西安地图出版社 2004.

[2] 李建平,康英平. 花土沟地区 GPS 控制网测绘技术总结报告[R]. 敦煌: CPE 青海分公司 2009.

[3] 孔祥元,郭际明. 控制测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社 2009.

[编辑:胡雪]