

文章编号:0494-0911(2005)01-0050-03

中图分类号:P24

文献标识码:B

全站仪偏心测量及其精度分析

郑进凤, 郭宗河

(青岛建筑工程学院, 山东 青岛 266033)

Total Station Hidden Point Measuring and Its Accuracy Analysis

ZHENG Jin-feng, GUO Zong-he

摘要:介绍全站仪偏心测量的基本方法和测量原理,并对其精度进行分析,得出一些有益的结论。

关键词:全站仪;偏心测量;精度分析

一、引言

目前,随着科学技术的发展,全站仪已相当普及而且不断向智能化方向发展。为了使全站仪在实际生产中发挥更大的效益,就要充分利用其提供的一些特殊功能,如对边测量、悬高测量、面积测量等。下面,介绍全站仪偏心测量的基本方法、测量原理及其精度情况,供大家参考。

二、测量方法和原理

所谓全站仪偏心测量,就是反射棱镜不是放置在待测点的铅垂线上而是安置在与待测点相关的某处间接地测定出待测点的位置。根据给定条件的不同,目前全站仪偏心测量有下列 4 种常用方式。

1. 角度偏心测量

如图 1 所示,全站仪安置在某一已知点 A,并照准另一已知点 B 进行定向;然后,将偏心点 C(棱镜)设置在待测点 P 的左侧(或右侧),并使其到测站点 A 的距离与待测点 P 到测站点的距离相当;接着对偏心点进行测量;最后再照准待测点方向,仪器就会自动计算并显示出待测点的坐标。其计算公式如下

$$\left. \begin{aligned} x_P &= x_A + S \cos \alpha \cos (T_{AB} + \beta) \\ y_P &= y_A + S \cos \alpha \sin (T_{AB} + \beta) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中, S 和 α 分别为测站点 A 到偏心点 C(棱镜)的斜距和竖直角; x_A, y_A 为已知点 A 的坐标; T_{AB} 为已知边的坐标方位角; β 为未知边 AP 与已知边 AB 的水平夹角;当未知边 AP 在已知边 AB 的右侧时,上式取“ $-\beta$ ”。

显然,角度偏心测量适合于待测点与测站点通

视但其上无法安置反射棱镜的情况。

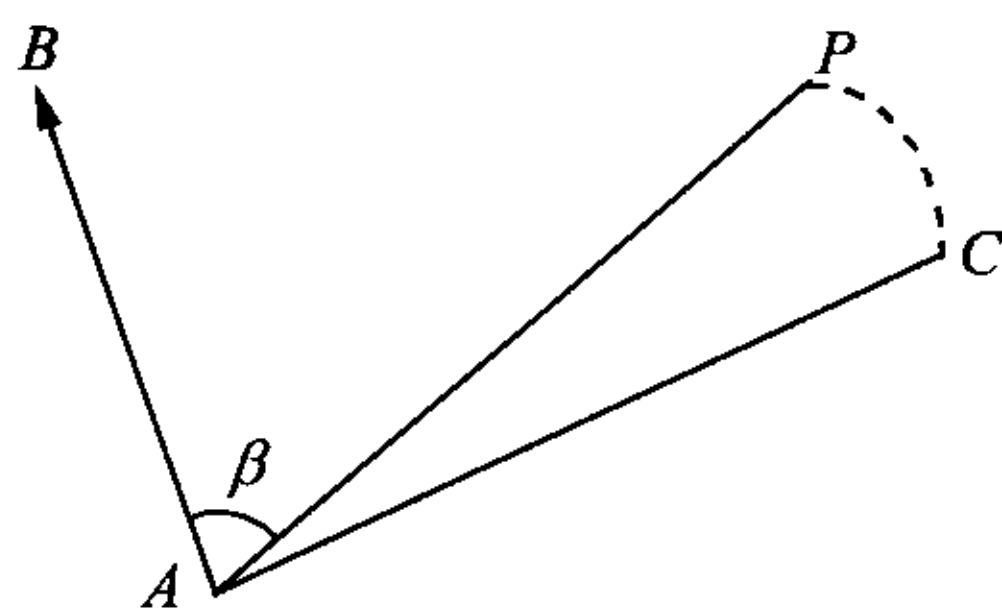


图 1

2. 单距偏心测量

如图 2 所示,待测点 P 与测站点 A 不通视。现欲测定 P 点,则将全站仪安置在已知点 A,并照准另一已知点 B 进行定向;将反射棱镜设置在待测点 P 的附近一适当位置 C。然后输入待测点 P 与偏心点 C 间的距离 d 和 CA 与 CP 的水平夹角 θ ,并对偏心点 C 进行观测,仪器就会自动显示出待测点 P 的坐标 (x_P, y_P) 或测站点至待测点的距离 D 和方位角 T_{AP} 。其计算公式如下

$$\left. \begin{aligned} x_C &= x_A + S \cos \alpha \cos (T_{AB} + \beta) \\ y_C &= y_A + S \cos \alpha \sin (T_{AB} + \beta) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} x_P &= x_C + d \cos (T_{AB} + \beta + \theta + 180^\circ) \\ y_P &= y_C + d \sin (T_{AB} + \beta + \theta + 180^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} D &= \sqrt{(x_P - x_A)^2 + (y_P - y_A)^2} \\ T_{AP} &= \arctan \frac{y_P - y_A}{x_P - x_A} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中, x_C, y_C 为偏心点 C 的坐标; β 为边 AC 与已知边 AB 的水平夹角;当 β 和 θ 为右角时,上式取“ $-\beta$ ”和“ $-\theta$ ”;其他符号同式(1)。

显然,单距偏心测量适合于待测点与测站点不

通视的情况。

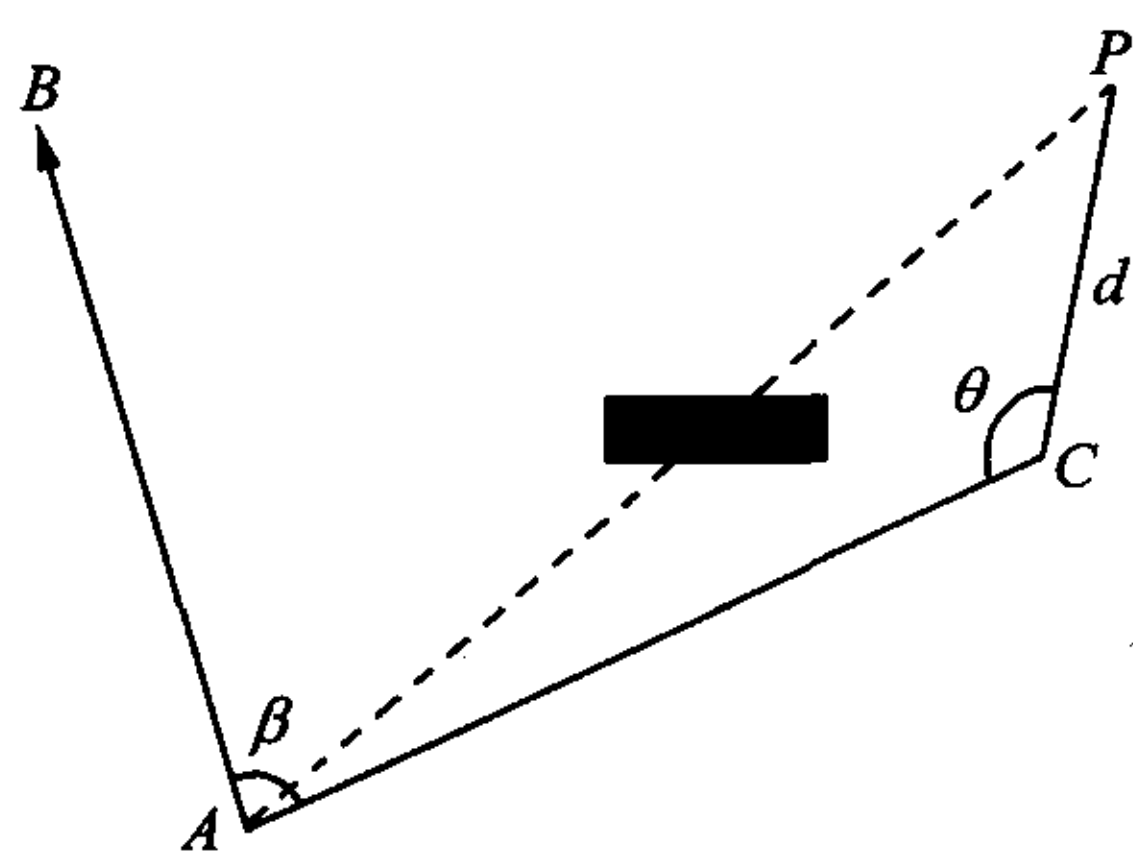


图 2

3. 圆柱偏心测量

圆柱偏心测量是单距偏心测量的一个特殊情况,即待测点 P 为某一圆柱形物体的圆心,如图 3 所示。观测时,全站仪安置在某一已知点 A ,并照准另一已知点 B 进行定向;然后,将反射棱镜设置在圆柱体的一侧 C 点,且使 AC 与圆柱体相切;当输入圆柱体的半径 R ,并对偏心点 C 进行观测后,仪器就会自动计算并显示出待测点的坐标 (x_P, y_P) 或测站点至待测点的距离 D 和方位角 T_{AP} 。其计算公式与单距偏心测量相同,只不过用 R 和 90° 代替 d 和 θ 。

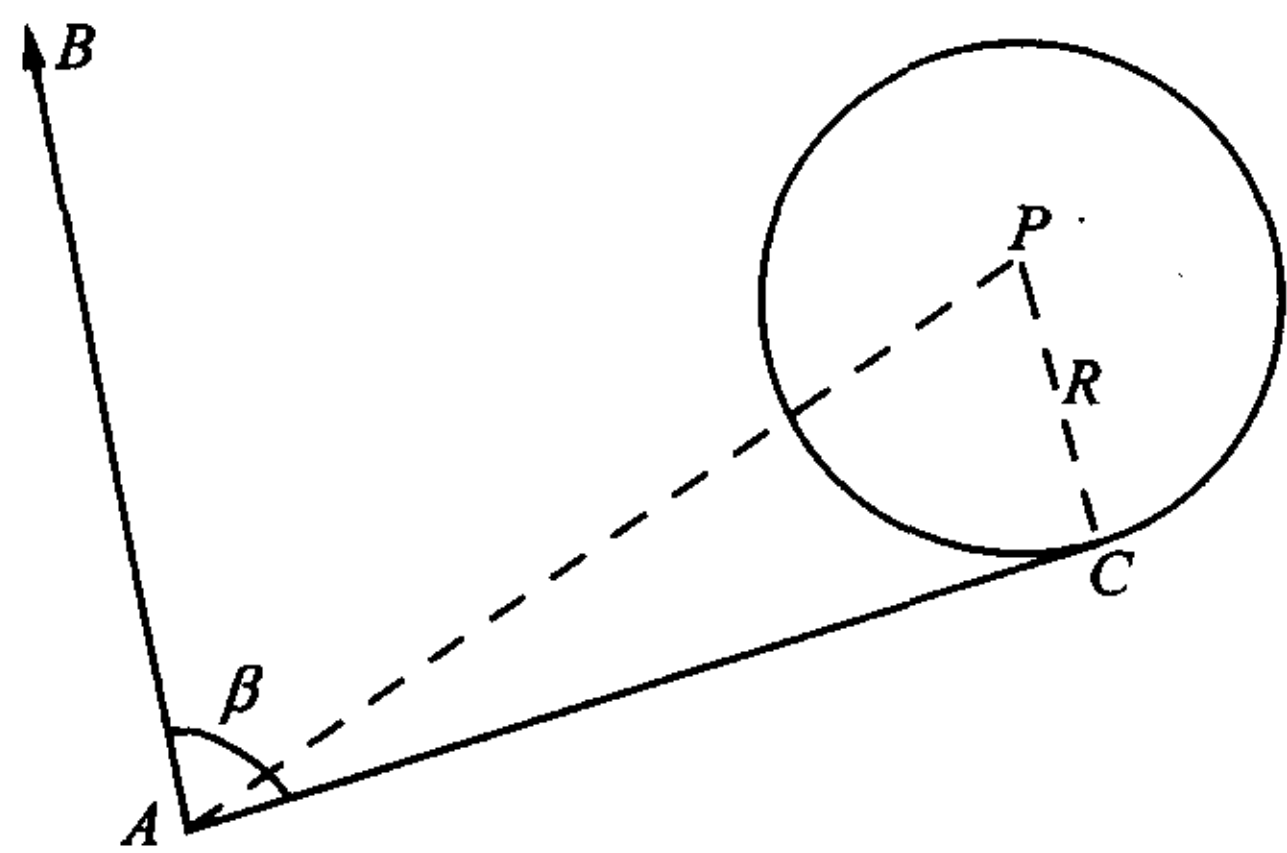


图 3

4. 双距偏心测量

双距偏心测量,是利用专制的两点式觇牌(两觇牌的间距为一定值 f ,如 SET500 全站仪为 0.5 m)来方便有效地测定出隐藏点的点位。如图 4 所示,将全站仪安置在某一已知点 A ,并照准另一已知点 B 进行定向;然后将两点式觇牌对准待测点 P (无须正交),分别测量 D 和 C 并输入 C 点到待测点 P 的距离 g ,仪器便可计算并显示出待测点 P 的坐标 (x_P, y_P) 或测站点至待测点的距离 D 和方位角 T_{AP} 。

具体计算公式分别为

D 点的坐标

$$\begin{cases} x_D = x_A + S_D \cos \alpha_D \cos (T_{AB} + \beta_D) \\ y_D = y_A + S_D \cos \alpha_D \sin (T_{AB} + \beta_D) \end{cases} \quad (5)$$

C 点的坐标

$$\begin{cases} x_C = x_A + S_C \cos \alpha_C \cos (T_{AB} + \beta_C) \\ y_C = y_A + S_C \cos \alpha_C \sin (T_{AB} + \beta_C) \end{cases} \quad (6)$$

D, C 间的平距 k 和方位角 T_{DC}

$$\begin{cases} k = \sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2} \\ T_{DC} = \arctan \frac{y_C - y_D}{x_C - x_D} \end{cases} \quad (7)$$

C, P 之平距 d

$$d = \frac{g}{f} k \quad (8)$$

P 点的坐标

$$\begin{cases} x_P = x_C + d \cos T_{DC} \\ y_P = y_C + d \sin T_{DC} \end{cases} \quad (9)$$

测站点至待测点的距离 D 和方位角 T_{AP}

$$\begin{cases} D = \sqrt{(x_P - x_A)^2 + (y_P - y_A)^2} \\ T_{AP} = \arctan \frac{y_P - y_A}{x_P - x_A} \end{cases} \quad (10)$$

式中, β_C 和 β_D 分别为边 AC 和边 AD 与已知边 AB 的水平夹角;当未知边 AC 和边 AD 在已知边 AB 的右侧时,上式取“ $-\beta_C$ ”和“ $-\beta_D$ ”;其他符号与前面公式相同。

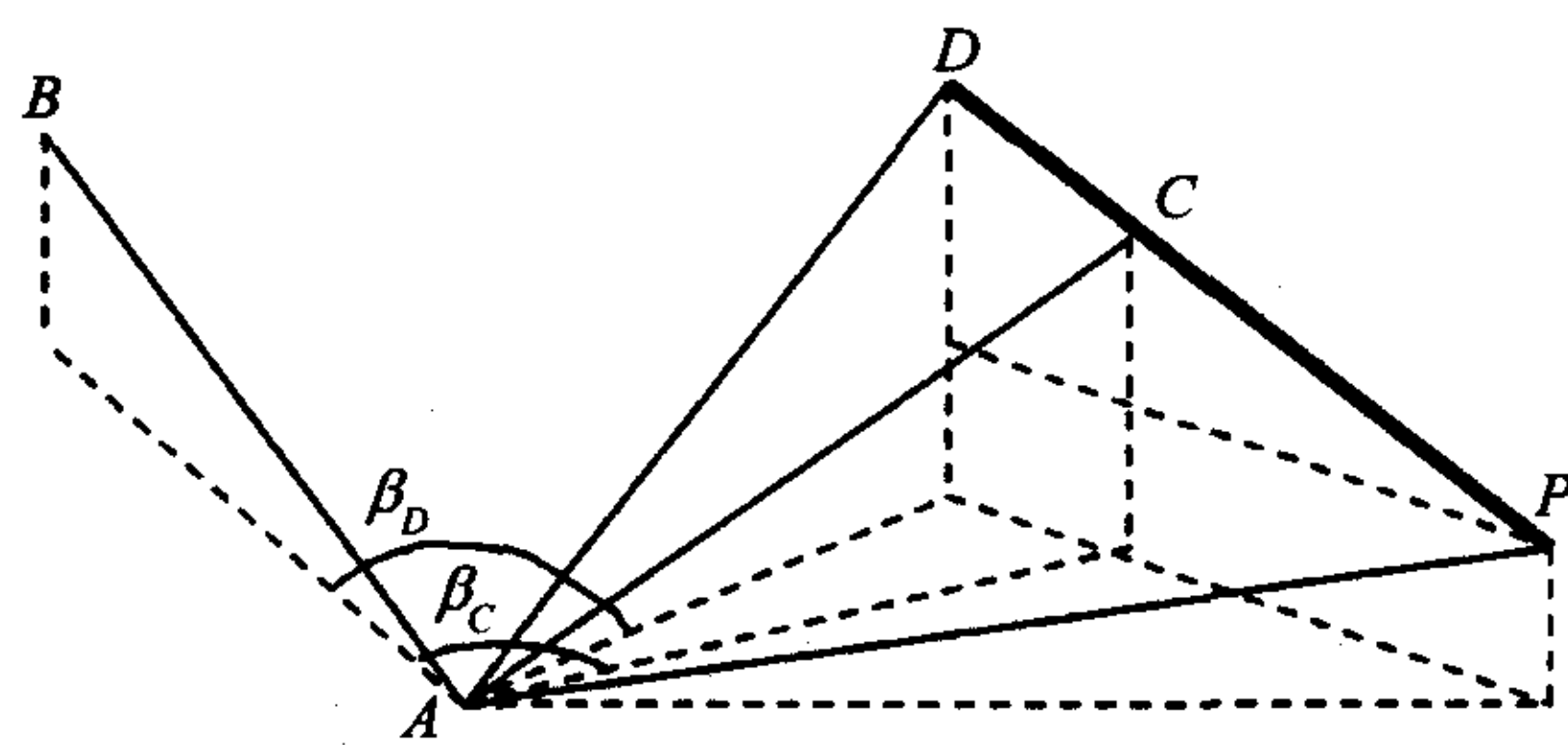


图 4

三、精度分析

从前面的介绍可知,全站仪偏心测量可有多种方式,其相应的计算公式亦有所不同;但它们都有一个共同的基本公式(1)。为此,我们先分析公式(1)的误差情况。

对公式(1)取全微分并转换为中误差(不顾及已知数据误差),可得 P 点的点位中误差为^[1]

$$m_P^2 = m_{x_P}^2 + m_{y_P}^2 = \cos^2 \alpha m_S^2 + S^2 \sin^2 \alpha \frac{m_a^2}{\rho^2} + S^2 \cos^2 \alpha \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \quad (11)$$

式中, m_a 和 m_β 分别为竖直角和水平角的测角中误差; m_S 为测距中误差。

现设 $m_\alpha = m_\beta$, 又因 $\cos^2 \alpha \leq 1$, 所以上式可写成

$$m_P \leq \pm \sqrt{m_S^2 + S^2 \frac{m_\alpha^2}{\rho^2}} \quad (12)$$

若取 $m_S = \pm (2 + 2 \times 10^{-6})$ mm, $m_\alpha = m_\beta = \pm 2''\sqrt{2} = \pm 3''$ 时, 当 $S = 100$ m, $m_P < 3$ mm; 当 $S = 1\,000$ m, $m_P < 15$ mm。

由此可见, 仅顾及测角和测距误差, 全站仪极坐标法测定一点的平面精度完全可以满足一般测量工作的要求。但在此基础上形成的全站仪偏心测量, 其精度还需进一步分析。如角度偏心测量, 公式(1)中的 S 和 α 分别为测站点 A 到偏心点 C (棱镜) 的斜距和竖直角, 并非是测站点 A 到待测点 P 的斜距和竖直角; 代替的前提是测站点 A 到待测点 P 和到偏心点 C (棱镜) 的距离相当, 即 $D_{AP} = D_{AC}$; 若不等, 将直接影响待测点的点位中误差, 影响值即为偏

差值 $\Delta D = D_{AC} - D_{AP}$ 。因此, 角度偏心测量的主要误差来源于偏心点位置的选取。同样, 对于单距偏心测量, 其主要误差来源于偏心距 d 和偏心角 θ 的测定误差; 对于圆柱偏心测量, 其主要误差来源于半径 R 的测定误差和偏心点位置的选取 (即 AC 与 CP 是否垂直)。至于利用专制的两点式觇牌进行的双距偏心测量, 由于 f 和 g 可以精确量取, 其测定误差主要来源于全站仪测定 C 和 D 的误差; 但应注意: 由于 f 值较小 (一般为 0.5 m), 为了保证必要的精度, 最大测程不要超过 100 m。

参考文献:

- [1] 郭宗河, 郑进凤. 全站仪面积测量及其精度分析[J]. 测绘通报, 2002(3).

(上接第 9 页)

参考文献:

- [1] 焦文海, 魏子卿. 地心坐标系及我们的选择[R]. [s.l.]: [s.n.], 2001.
- [2] 顾旦生, 张莉, 程鹏飞, 等. 我国大地坐标系发展目标[J]. 测绘通报, 2003, (3): 1-4.
- [3] 陈俊勇. 关于中国采用地心 3 维坐标系统的探讨[J]. 测绘学报, 2003, 32(4): 283-288.
- [4] 陈俊勇. 世界大地坐标系统 1984 的最新精化[J]. 测绘通报, 2003, (2): 1-3.
- [5] 陈俊勇. 现代大地测量在大地基准、卫星重力以及相关研究领域的进展[J]. 测绘通报, 2003, (6): 1-7.
- [6] 陈俊勇. 邻近国家大地基准的现代化[J]. 测绘通报, 2003, (9): 1-3.
- [7] 陈俊勇. 改善和更新我国大地坐标系统的思考[A]. 陈俊勇主编. 大地测量论文专集——祝贺陈永龄院士 90 寿辰[C]. 北京: 测绘出版社, 1999.
- [8] 魏子卿. 关于建立新一代地心坐标系的意见[A]. 地面网与空间网联合平差论文集(三)[C]. 北京: 解放军出版社, 1999.
- [9] 魏子卿. 我国大地坐标系的换代问题[J]. 武汉大学学报, 信息科学版, 2003, 28(2): 138-143.
- [10] 魏子卿, 段五杏, 杨元喜, 等. 我国大地坐标系的更新问题[A]. 地面网与空间大地网联合平差论文集(四)[C]. 北京: 解放军出版社, 2003.
- [11] 郭海荣, 杨元喜, 焦文海. 地心运动时间序列的抗差谱分析[J]. 测绘学报, 2003, 32(4): 308-312.
- [12] YANG Y. Robust Estimation of Geodetic Datum Transformation[J]. Journal of Geodesy, 1999, 73: 268-274.
- [13] 杨元喜. 大地坐标系研究及实施年度进展(2002)[A]. 中国测绘学科发展蓝皮书[C]. 北京: 中国测绘学会, 2003.
- [14] 唐颖哲, 杨元喜, 宋小勇. 2000 国家 GPS 大地控制网数据处理方法与结果分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2003, 23(3): 77-82.
- [15] 联合平差总体组. 地面网与空间大地网联合平差二期工程综述[A]. 地面网与空间大地网联合平差论文集(四)[C]. 北京: 解放军出版社, 2003.
- [16] YANG Y, XU T. Combined Method of Datum Transformation between Different Coordinate Systems[J]. Geo-spatial Information Science, 2002, 5(4): 5-9.
- [17] 朱华统, 杨元喜, 吕志平. GPS 坐标系统的转换[M]. 北京: 测绘出版社, 1994.
- [18] 魏子卿. 正常重力公式[J]. 测绘学报, 2003, 32(2): 95-101.
- [19] 秦显平, 杨元喜. 用 SLR 数据导出的地心运动结果[J]. 测绘学报, 2003, 32(2): 120-124.