

# 矿山测量中交会法的分析与应用

孔凡文

(河西金矿, 山东 烟台市 265402)

**摘要:**在缺少控制点的情况下使用交会法进行控制测量,具有方便高效的优势,对其原理和误差进行分析,并给出了一应用实例。

**关键词:**矿山测量;交会法;坐标;误差

在矿山测量中,为解决不通视条件下确定两已知点间待定点的平面坐标问题,人们提出了利用数学三角函数原理,把仪器安置在待定点,观测待定点与两已知点的水平夹角和到一已知点的距离,进而解算待定点坐标的方法,此法近似于前方交会法,在这称之为变形交会法。

## 1 原理分析

如图1所示,已知点A( $X_A, Y_A$ )和B( $X_B, Y_B$ ),P( $X_P, Y_P$ )为待定点。为便于理解,现对经纬仪导线法和变形交会法进行比较。

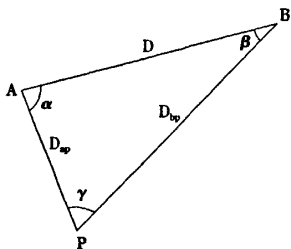


图1 测量三角形

### 1.1 经纬仪导线法

(1) 在已知点A上安置仪器,观测AP与AB的水平角 $\alpha$ 和A、P间的距离 $D_{AP}$ 。

(2) 由A、B两点的方位角 $\alpha_{AB}$ ,或通过A、B两点的坐标反算已知边AB的坐标方位角 $\alpha_{AB}$

$$\alpha_{AB} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}^{\circ}$$

(3) 由A、B两点的方位角解算未知边AP的坐标方位角 $\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \alpha$ 。若待定点P位于已知边AB方向的左侧,则坐标方位角 $\alpha_{AP}$ 应按照下式计算:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \alpha。$$

(4) 计算P点的坐标

$$\begin{cases} X_P = X_A + D_{AP} \cos \alpha_{AP} \\ Y_P = Y_A + D_{AP} \sin \alpha_{AP} \end{cases}$$

### 1.2 变形交会法

(1) 在未知点P上安置仪器,观测PA与PB的水平角 $\gamma$ 以及P、A间的平距 $D_{AP}$ 。

(2) 由A、B两点的坐标反算已知边AB的坐标方位角 $\alpha_{AB}$ 和边长D。

(3) 在如图1所示的三角形ABP中,根据正弦定理解算三角形内角 $\alpha$ :

$$\frac{\sin \gamma}{D} = \frac{\sin \beta}{D_{AP}}$$

$$\beta = \arcsin \left( \frac{D_{AP}}{D} \sin \gamma \right)$$

$$\alpha = 180^{\circ} - \beta - \gamma$$

(4) 推算未知边AP的坐标方位角 $\alpha_{AP}$ :  $\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \alpha$ 。若待定点P位于已知边AB方向的左侧,则坐标方位角 $\alpha_{AP}$ 应按照下式计算:

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \alpha$$

(5) 计算P点的坐标

$$\begin{cases} X_P = X_A + D_{AP} \cos \alpha_{AP} \\ Y_P = Y_A + D_{AP} \sin \alpha_{AP} \end{cases}$$

就外业观测来讲,变形交会法与经纬仪导线法基本相同,都只需要安置1次仪器,观测1个水平夹角和1条边。区别仅在于仪器安置的地方不同,变形交会法把仪器安置在待定点,而经纬仪导线法则将仪器安置在已知点。

## 2 误差分析

从原理分析可以看出,相对于经纬仪导线法,变形交会法最大的不同之处在于需要通过正弦定理求解出三角形各个内角,其他如方位计算,坐标计算

以及反算距离方位均与传统经纬仪导线法相同。

根据误差理论可知经纬仪导线法测定 P 点的点位中误差为:

$$m^2 = m_x^2 + m_y^2 = m_D^2 + D^2 m_\alpha^2 / \rho^2$$

式中,  $m_x$  和  $m_y$  分别为 X 坐标和 Y 坐标的中误差,  $m_\alpha$  和  $m_D$  分别为测角和测距的中误差。

变形交会法测定 P 点的点位中误差为:

$$m^2 = \frac{m_D^2}{1 - k^2 \sin^2 \gamma} + D^2 \left( 1 + \frac{k \cos \gamma}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \gamma}} \right)^2 \frac{m_\gamma^2}{\rho}$$

式中,  $k = \frac{D_{AP}}{D}$ ,  $D_{AP}$  为 P 点至 A 点间距离,  $D$  为 A, B

间反算距离,  $m_\gamma$  为交会角的中误差。

从上述两个公式中可以看出, 极坐标法的精度取决于待测点的距离和测角的角度值; 而变形交会法的精度不仅取决于待测点的距离和测角的角度值,

还存在影响因素  $k = \frac{D_{AP}}{D}$ , 为进一步探究两种方法测定

定待定点位点的误差变化情况, 假定测角中误差  $m_\alpha, m_\gamma$  均取  $\pm 5''$ , 测距中误差  $m_D$  取  $\pm 5$  mm, A, B 间距离  $D$  假设为 200 m, 选取不同的  $k$  值和交会角  $\gamma$  值, 分别利用上述两中误差计算公式计算出 P 点的点位中误差, 结果见表 1。

表 1 待定点 P 的测量点位中误差

单位: mm

测量方法	$\gamma$									备注
	20°	30°	45°	60°	90°	120°	150°	160°	170°	
变形交会法	5.031	5.034	5.040	5.045	5.049	5.040	5.026	5.022	5.020	$k=0.1$
经纬仪导线法	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	5.023	$D=20$ m
变形交会法	5.142	5.153	5.171	5.188	5.194	5.151	5.089	5.073	5.063	$k=0.2$
经纬仪导线法	5.093	5.093	5.093	5.093	5.093	5.093	5.093	5.093	5.093	$D=40$ m
变形交会法	5.237	5.251	5.277	5.301	5.304	5.229	5.128	5.103	5.087	$k=0.25$
经纬仪导线法	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145	5.145	$D=50$ m
变形交会法	5.713	5.739	5.786	5.826	5.790	5.544	5.253	5.189	5.148	$k=0.4$
经纬仪导线法	5.363	5.363	5.363	5.363	5.363	5.363	5.363	5.363	5.363	$D=80$ m
变形交会法	6.210	6.243	6.303	6.353	6.262	5.817	5.335	5.231	5.167	$k=0.5$
经纬仪导线法	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	5.557	$D=100$ m
变形交会法	6.864	6.904	6.981	7.049	6.894	6.149	5.406	5.255	5.164	$k=0.6$
经纬仪导线法	5.785	5.785	5.785	5.785	5.785	5.785	5.785	5.785	5.785	$D=120$ m
变形交会法	7.676	7.729	7.841	7.963	7.781	6.568	5.470	5.265	5.143	$k=0.7$
经纬仪导线法	6.043	6.043	6.043	6.043	6.043	6.043	6.043	6.043	6.043	$D=140$ m
变形交会法	8.647	8.726	8.918	9.189	9.192	7.146	5.537	5.267	5.111	$k=0.8$
经纬仪导线法	6.328	6.328	6.328	6.328	6.328	6.328	6.328	6.328	6.328	$D=160$ m
变形交会法	9.775	9.906	10.27	10.95	12.27	8.075	5.626	5.277	5.082	$k=0.9$
经纬仪导线法	6.636	6.636	6.636	6.636	6.636	6.636	6.636	6.636	6.636	$D=180$ m

从表 1 中可以得出以下几点结论:

(1) 经纬仪导线法的精度, 取决于待测点的距离和测角的角度值, 并且当距离相同时, 随着测角角度的增大, 测点精度也相应提高, 而当测角角度一定时, 随着距离的增加, 测点精度随之降低;

(2) 相对于经纬仪导线法, 变形交会法的定位精度受量边距离与交会角双重影响。当交会角  $\gamma$  为定值时, 量边越短越好, 当边长的距离一定时, 其交会角越大, 点位精度越高;

(3) 当测量角度大于  $150^\circ$  时, 变形交会法比经纬仪导线法的精度要高。

### 3 实践应用

在我矿矿界相邻处有一私营井口, 2008 年被我矿收购, 欲改建为通风井, 须在井口附近设立近井控

制点, 因地形限制, 只有两个等级较高的控制点可用, 但无法通视, 初步估计交会角  $\gamma$  不小于  $130^\circ$ , 经研究, 决定使用变形交会法测定。

(1) 已知 A(4142.590, 2945.613), B(4105.283, 3124.697), 实测交会角  $\gamma = 152^\circ 26' 58''$ ,  $D_{AP} = 61.466$  m。

(2) 求解出原始控制方位  $\alpha_{AB} = 281^\circ 46' 03''$ , 反算出边长  $D_{AB} = 182.929$  m。

(3) 求解出闭合三角形其余各角  $\alpha = 18^\circ 36' 35''$ ,  $\beta = 8^\circ 56' 27''$ 。

(4) 求解出 A 点至 P 点方位,  $\alpha_{AP} = 83^\circ 09' 28''$ 。

(5) 根据 A 点坐标 A(4142.590, 2945.613),  $D_{AP}, \alpha_{AP}$ , 解得 P 点坐标(4149.913, 3006.641)。

(6) 使用仪器为 Nikon — DTM352 全站仪, 其测角中误差  $m_\gamma = \pm 2''$ , 测边中误差  $m_D = \pm 2.7$

mm;根据 $m_D, m_\gamma, D_{AB}, D_{AP}$ 的值,解得测定P点的点中误差 $m = \pm 3.1$  mm。

从以上分析和应用实例可知,在特定条件下,使用变形交会法进行控制点补点,具有准确高效的特点,是一种简洁有效的方法。

#### 参考文献:

- [1] 郭同江. 测量导线平差的计算机自动化方法[J]. 采矿技术, 2009, (4).

- [2] 中国有色金属协会. 工程测量规范[M]. 北京: 中国计划出版社, 2008.

- [3] 梁盛智. 测量学(第二版)[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2005.

- [4] 张国良. 矿山测量学[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001.

(收稿日期: 2010-01-18)

作者简介: 孔凡文(1978-), 男, 山东烟台人, 助理工程师, 从事矿山测量工作。

#### (上接第97页)

以“花园文化”、“家园文化”、“乐园文化”、“四全工程”、“六小活动”为基础构建和谐矿山。各单位、职能部门要抓住根本点, 打造人与企业和谐关系的凝聚力。建立健全单位、部门管理与配套管理责任制。人是一切文化的创造者和享有者, 作为具有中国式文化属性的会锌公司, 要把员工放在第一位。党、团、工会工作, 应该拟定出怎样引导和做好员工的思想政治工作的办法, 配合公司抓生产管理的职能部门应着力构建“人企和谐、人人和谐”的会锌文化体系, 不断增强企业的凝聚力和向心力。

花园文化就是不断加大投入, 高标准、高起点培育公司环境区域亮点, 把每一块石头、每一片土地、每一棵树木、每一条道路都赋予其深刻的寓意, 形成浓厚的文化气息。家园文化则突出人文关怀, 构建人文会锌。乐园文化则突出情趣培养, 把岗位培养成员工倾情依恋的“乐园”。“四全工程”就是为全面提升员工综合素质, 做到“全员学习”、“全员健身”, 倾心力打造一流员工队伍, 实现“全员创新”管理和“全员准备”参与管理的活动载体, “四全工程”是以活动提升管理的安全管理工程。“四全工程”中, 健身是基础, 学习是手段, 创新、创效是目的。员工只有拥有了健康的身体, 才能有精力学习, 才能实现创新创效。“六小活动”即: 小演讲、小文化角、小练兵、小厨房、小药箱、小美化。

结合上述形式, 会锌应该不断加大投入, 尽力改善工作环境, 实现人、企业、环境的高度和谐, 保证员工身心健康, 并开展“民心工程”、“情感工程”, 强化亲情关怀。党、团、工会是开展形式多样的文体活动的管理部门, 要使员工认识安全生产, 达到享受工作的乐趣, 追求事业的成功, 体现人生价值的境界, 就应该结合公司实际, 开展各种有益于员工身心健康的活动。通过活动的开展, 倡导员工建立终身“健康、学习、创新”的文化理念, 树立“健康自己, 奉献

企业”的思想。

#### 3 结 语

企业的安全生产管理要从部门、单位进行真实有效的管理, 要实现规范管理、科学管理、制度管理。公司的多个职能部门必须要有责任制度, 做到责权利相结合。同时通过安全管理措施的完善, 确保公司的可持续发展, 并有一个安全的人、机、物环境。充分做到“能者上, 庸者让”, 才能抓好生产经营的各项管理工作, 推动公司管理再上一个新台阶, 才能不断提高员工的综合素质, 才能充分发挥员工参与管理的积极性和创造性, 让安全生产在会锌公司的每一个员工心中生根发芽, 开花结果, 才能构建和谐矿山, 才能保障矿山企业安全管理的规范化和可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 黄涛. 利用建设和谐文化契机创建安全标准化矿山[J]. 采矿技术, 2008, 8(3): 131~132.
- [2] 张银岳. 传统思维定势: 管理创新的内阻及应对[J]. 宁波大学学报(人文科学版), 2003, (1): 110~111.
- [3] 孙道华. 立足三点强基固本[J]. 中国有色金属报, 2009, (4): 28.
- [4] 黄涛. 会理锌矿女职工劳动保护现状与思考[J]. 采矿技术, 2004, 4(1): 75~76.
- [5] 杨春林. 会理锌矿安全生产标准化建设的实践与探索[J]. 采矿技术, 2005, 5(4): 112~114.
- [6] 陈忠华, 尹贤刚. 会理锌矿的采矿安全隐患及防治措施[J]. 矿业研究与开发, 2004, 24(3): 66~68.
- [7] 郝玉龙. 试论建立矿山安全生产长效机制[J]. 中国安全科学学报, 2005, 25(5).
- [8] 王成, 孙宝生, 张建, 等. 中国矿山安全现状与对策[J]. 矿业研究与开发, 2006, 26(2).
- [9] 黄涛. 浅析矿山企业突破旧思维定势的管理创新[J]. 采矿技术, 2009, 9(1): 70~71.
- [10] 黄涛. 建立矿山企业安全监管长效机制的探讨[J]. 采矿技术, 2004, 8(4): 97~98.

(收稿日期: 2010-01-08)

作者简介: 黄涛(1963-), 女, 政工师, 主要从事行政管理