

浅谈两井间贯通误差的整体预计法

张居灿 金启贵

青海省环境地质勘查局

[摘要] 为了确保两井间大型巷道贯通及竖井反接工程的正确进行, 研究提高贯通误差预计准确度的新方法是很有必要。测量平差理论的发展和计算机的普及已为这种研究从理论上和计算工具上准备了必要的条件。本文所述的整体预计法就是再此基础上提出来的。鉴于本方法运用了测量平差理论和严密的计算程序, 所以避免了目前常用的分段预计法的许多缺陷, 其逼真性和准确度都有了明显的提高。

[关键词] 两井间贯通; 误差; 整体预计

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.353

一、原理简述

如大家所知, 两井间贯通测量的基本做法是: 布设地面控制网, 建立近井点; 进行联系测量, 将地面坐标系引入井下; 在井下进行导线测量, 为巷道掘进标设方向线和坡度线。由于测量不可避免地存在着误差, 并且依照一定的规律进行积累, 所以在贯通点上总会存在偏差。如果我们能够做到贯通测量设计就是实际测量过程的重现, 二者之间没有任何差异的话, 则实际的贯通偏差与预计的偏差会完全一致。虽然这是不可能的, 但却可以由此看出预计的准确性取决于设计中的预计误差与实际测量过程中的真正误差的近似程度。也就是说, 取决于预计中所用的先验方差与实测中的方差以及预计偏差所用的计算程序与实测中误差传布规律的逼近程度。毫无疑问, 近似程度越高, 误差预计的准确性也就越高。因此, 改善这两个方面的逼真度, 都可以提高预计的准确性, 一般来说, 为了使预计的误差有一定的保险系数, 所取先验方差总要大于实测中可能产生的方差。这样, 提高预计预算程度的逼真度就成了提高预计准确性的关键之所在。本文就是针对这个问题进行讨论的。

两井间贯通测量观测元素空间分布的基本形状可用图一表示。A、B、C、D为地面高级网, I、II为近井点, K为设计贯通点。由于井下导线在井巷贯通之前不能闭合, 一直处于支导线的状态, 因此正如文献(5)所述, K点实际上被分解成两个点, 可分别以K'、K''表示。如果全部测量没有误差的话, 井巷接通之后, K'、K''必然会重合于K点; 但实际上K'、K''绝对不会完全重合, 必然存在着误差, 其偏差量的方位与大小取决于K'、K''点的点位误差。而K'、K''的位置误差又分别是由A、B、C、D、I、K'和A、B、C、D、II、K''观测路线上的所有误差引起的(不考虑起始点A、B、C、D误差影响的话), 因此, 可将全部观测路线视为一个整体, 采用坐标平差法求解系数阵的方法, 求出K'和K''的协因数阵Q:

$$\begin{matrix} Q_{x'x'} & Q_{x'y'} & Q_{x'x''} & Q_{x'y''} \\ Q_{x'y'} & Q_{y'y'} & Q_{y'x''} & Q_{y'y''} \\ Q_{x'x''} & Q_{y'x''} & Q_{x''x''} & Q_{x''y''} \\ Q_{x'y''} & Q_{y'y''} & Q_{x''y''} & Q_{y''y''} \end{matrix}$$

再根据Q阵, 按照下式算出K'与K''两点间相对误差椭圆的诸元素E、φ、φE:

$$E^2 = 1/2\mu^2 Q_{\Delta X \Delta X} + Q_{\Delta Y \Delta Y} + (Q_{\Delta X \Delta X} + Q_{\Delta Y \Delta Y})^2 + 4Q_{\Delta X \Delta Y} \quad (1)$$

$$F^2 = 1/2\mu^2 Q_{\Delta X \Delta X} + Q_{\Delta Y \Delta Y} - (Q_{\Delta X \Delta X} - Q_{\Delta Y \Delta Y})^2 + 4Q_{\Delta X \Delta Y} \quad (2)$$

$$\Phi = 1/2 \arctg (2Q_{\Delta X \Delta Y} / (Q_{\Delta X \Delta X} - Q_{\Delta Y \Delta Y})) \quad (3)$$

当Q $\Delta X \Delta Y$ 为正值时, φE取1, 3象限; 否则, 2, 4象

限。

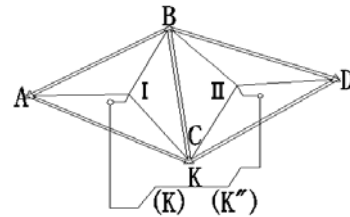
式中:

μ-单位权中误差

$$Q_{\Delta x \Delta x} = Q_{x'x'} + Q_{x''x''} - 2Q_{x'x''}$$

$$Q_{\Delta y \Delta y} = Q_{y'y'} + Q_{y''y''} - 2Q_{y'y''}$$

$$Q_{\Delta x \Delta y} = Q_{x'y'} + Q_{x''y''} - Q_{x'y''} - Q_{x''y'}$$



图一

这样就可利用相对误差椭圆对贯通误差做出较为准确的预计, 如果预计值达不到工程要求, 可视误差椭圆的位差分布情况, 找出主要影响因素, 修正方案再重复以上步骤, 直至方案达到最优。实际工作中, 为了减少一次解算法方程式的阶数, 可根据分区平差原理, 以相关观测值S I K'、L I K'及S II K''、L II K''分别取代I-K'、II-K''观测路线上的全部观测值, 并将相关观测值作为地面控制网中的虚拟观测值(如图二所示)参加全网的坐标平差。这样不但可以照样严密地求出K'、K''的协因数阵Q, 还可以大大简化计算工作量即使利用计算器也不难进行计算。

二、方法与步骤

绘制地面贯通控制网略图(比列尺不宜低于1:25000), 将设计贯通点展绘在图上, 以虚线表示虚拟观测边, 如图二。在略图上量取每一条观测边的边长及坐标方位角(包括虚拟观测边, 或量取点的坐标, 设计贯通点K), 按照边角网方向坐标平差法组成法方程式系数阵

$$N = BTPB$$

式中: P为观测边及观测方向值的权阵, 其中由于I-K'、I-K''是边长和方向同测的虚拟观测边, 其值为S I K'、L I K'和S II K''、L II K'', 因此它们的权应按求相关观测值自协因数阵的公式进行计算。

绘制I-K'、II-K''观测路线平面略图(比例尺1:2000为宜), 见图三。分别建立导线I-K'、II-K''的假定坐标系, 以便依式(6)、(7)计算相关观测值及其权倒数。根据文献(3)中的(5-4-5)、(5-4-16)式和文献(5)中的(6)、(16)式, 结合本文图三, 可直接给出计算相关观测值及权倒数的公式为:

$$L = \beta l + \arctg (y_n' / x_n') \quad (4)$$

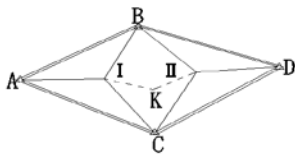
$$S = x_n'^2 + y_n'^2 \quad (5)$$

$$Q_{SS} = 1/S^2 \sum_{i=1}^n (x_n' \cos T_i' + y_n' \sin T_i') Q_{Si} + (1000/P)^2 \cdot 1/S^2 \sum_{i=1}^n (x_n' y_i' - y_n' x_i')^2 Q_{\beta i+1} \quad (6)$$

$$Q_{LL} = 1/S^2 \sum_{i=1}^n (x_n' \sin T_i' + y_n' \cos T_i') Q_{Si} + (Q_{\beta 1}/2) + (1/S^2) \sum_{i=1}^n (S^2 - x_n' x_i' - y_n' y_i') Q_{\beta i+1} \quad (7)$$

式中：

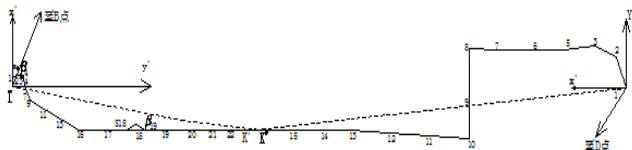
- β_i —导线第一条边与定向方向的夹角
- $x_i' y_i'$ —导线点在假定坐标系中的坐标值
- T_i' —导线边在假定坐标的系中的坐标方位角
- Q_{Si} —导线边边长观测值权倒数
- $Q_{\beta i}$ —观测定向角 β_i 的权倒数
- $Q_{\beta i+1}$ —导线转折角权倒数



图二

建立假定坐标系的方法是：

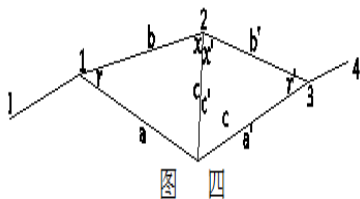
绘制 I-K' 及 II-K'' 的观测路线略图，见图三。以 I, II 点分别作为各自假定坐标系的原点，x' 轴指向第一条导线边，y' 轴右旋与 x' 轴垂直，则 x' -- I -- y' 和 x' -- II -- y' 即分别为导线 I-K'、II-K'' 的假定坐标系。



图三

在图上量取每一个导线点和每一条导线边在各自假定坐标系中的坐标 $x_i' y_i'$ 及坐标方位角 T_i' ，并代入 (4) -- (7) 式算出各自相关值 L、S 及其权倒数 Q_{SS} 、 Q_{LL} 。至于式中所用的 Q_{Si} 及 $Q_{\beta i+1}$ 多数仍可采用当前分段预计法的方法确定，只有个别特殊转折角的中误差需按下述方法确定：

1) 以一井定向进行联系测量时：



图四

以一井定向进行联系测量时，如图 (4) 所示，取其中的一个悬挂锤球点作为平差模型中的导线点，如点 2。因为该点实际上没有设立测站可称为虚拟测站点，其转折角的中误差依中误差传播定律可知其计算公式为： $m_{\beta^2} = 1/n \rho^2 (tg^2 x ((ma^2/a^2) + (mb^2/c^2) - (mr^2/\rho^2)) + tg^2 x ((ma'^2/a'^2) + (mc^2/c'^2) - (mr'^2/\rho)) + (1/c^2) ((a^2/\cos^2 x) mr^2 + (a'^2/\cos^2 x') m^2 r')$ (8)

式中：n—定向次数

井下导线中与虚拟导线点相邻的转折角 $\angle 3$ 的中误差应顾及到极点误差的影响，根据文献 (2) 中的 (2-25) 式，为预

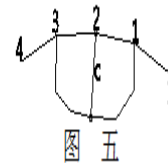
计误差方便计，取式中的 $\sin \phi = 1$ ，故 β 的中误差应按下式计算

$$m_{\beta^2} = m_{\beta i}^2 + (e/b_1) \times \rho)^2$$

式中： $m_{\beta i}$ —观测中误差

e—极点误差

如果取一次定向中误差的经验数值 m_{T0} 的话，转折角 $\angle 2$ 与 $\angle 3$ 的中误差应分别为 $m_{T0}/(2n)^2$ ，式中 n 表示设计定向次数。



图五

2) 以两井定向进行联系测量时：以两井定向进行联系测量时，如图五所示。虚拟测站点 2 转折角的中误差就是井下导线第一条边 (即 23) 的方位角中误差，故其计算方法与目前的分段预计法相同 (但不应该包括地面导线中由定向基点到结点的误差)，即：

$$m_{T^2} = m_{上}^2 + \phi^2 + m_{下}^2 \quad (9)$$

式中： $m_{上}^2 = (m_{\beta^2上}/c^2) \sum R^2 y_i + (\rho^2/c^2) \sum \sin^2 \phi_i m_i^2$

$$\theta^2 = (e/c \times \rho)^2$$

$m_{下}^2 = (m_{\beta^2下}/c^2) n-1 \sum R^2 y_{ib} + (\rho^2 a^2/c^2) \sum \epsilon_i \sin^2 \phi_i$

以上式中各符号含义详见参考文献 (2) p213--214。

如果采用一次定向中误差的经验数据 m_{T0} 的话，则转折角 $\angle 2$ 与 $\angle 3$ 的中误差分别取 $m_{T0}/(2n)^2$ 。式中 n 表示设计定向次数。

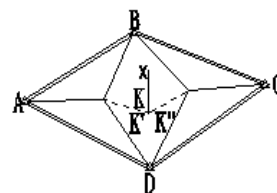
根据法方程式系数阵 N，求解 K' 与 K'' 的权系数阵 Q，

并按参考文献 (4) 所述方法计算 K' 与 K'' 两点间的相对误差椭圆诸元素和作图。绘制相对误差椭圆，量取对井巷贯通影响最大的方位角上的误差分布量 e，并取 95% 概率水平的误差作为贯通误差的限差，即取 2e 为最后的误差预计量。对预计量进行分析，修改设计方案，使方案达到最优。

(例题)

有一两井间巷道贯通工程，要求在 K 点处相遇，水平重要方向为 Kx，见图六，贯通偏差不得大于 0.5 米。

为了满足工程要求，设计在三等点 ABCD 内以插点形式插入四等点 I、II 分别作为东西两井以一井定向的方式进行联系测量，独立进行两次，一次定向的中误差取 32"。东井以二井定向方式进行联系测量，独立进行二次，一次定向中误差取 16"。地面联系测量导线的测角误差为 5"，井下导线的测角中误差为 7"，量边偶然误差系数均为 0.005 米。



图六

贯通测量地面控制网略图见图六，观测路线平差略图见图三。

在图六上量取各观测边及虚拟边的边长和坐标方位角

值见表1(略)。

在图三上量取各导线点假定坐标系中的坐标值、各导线边边长和其假定坐标方位角以及各边和各转折角的权倒数(令单位权中误差 $\rho_0=10$)见表2(略)。

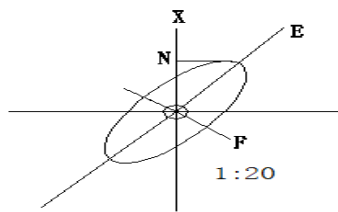
依公式(4)---(7)算得的虚拟观测边的相关观测值及权倒数为:

- $L I K' = 72^\circ 30'$
- $s I K' = 2853m$
- $L II K'' = 58^\circ 50'$
- $s II K'' = 2267m$
- $Q L I K' I K' = 7.353$
- $Q s II K'' II K'' = 17.0957$
- $Q L II K'' II K'' = 3.2413$
- $Q s II K' II K'' = 8.1549$

用方向坐标平差法平差三角网,将点K'、K''的坐标平差值排为最后四个未知数,误差方程式系数见表3(略),法方程解算及最后四个未知数的权系数阵见表4(略)。

依公式(1)、(2)、(3)算得K'、K''两点间的相对误差椭圆元素为:

- $E=0.42m$
- $F=0.09m$
- $\rho = 32^\circ 33'$



图七 比例尺 1:20

绘制相对误差椭圆见图七,采用文献(4)所述方法量取在贯通重要方向Kx上的误差分布 $KN=e=0.36m$,取2倍中误差为极限误差 $w_e=0.72m>0.5m$,可见该方案不能满足贯通工程要求,应作修改。从分析相对误差椭圆的位置分布可以看出,引起贯通误差超限的主要原因是方位误差过大,应提高井下导线测角精度。对修改后的方案再按上述步骤进行预计。

最后应说明,本例因采用手算,未顾及三等网对贯通误差的影响,在实际工作中,如果采用电算的话,最好顾及起算数据的影响,按照文献(1)86-9节所述方法进行处理,这样可以更符合实际情况。

参考文献

- [1]于宗涛、鲁成林主编:测量平差基础(增订本)测绘出版社 1982年
- [2]中国矿业学院测量教研室编:矿山测量学 煤炭工业出版社 1977年
- [3]武汉测绘学院讲义:测量平差(中) 刘大杰主编
- [4]中国矿业学院马金玲:贯通控制网的优化法 《矿山测量》1984年第1期
- [5]武汉测绘学院刘大杰:导线网相关平差《工程勘察》1984年第1期
- [6]《隧道测量精度的最优化》武汉测绘学院交流资料
- [7]《矿山测量学》周立吾 张国良 林家聪编 中国矿业学院出版社
- [8]《工程测量规范》中国有色金属工业总公司 2008年5月1日 中国计划出版社

(上接第707页)

要求对直播领域加强监管的呼声也越来越高。但是,就笔者个人观点,我们无需过快对这一新兴的电商形式失去信心,“直播带货带动乡村振兴”这一项目近年就做得很好,相信随着政府相关机构各种约束监管政策的出台,消费者的权益也会得到更加充分的保障,直播带货也会朝着越来越好、越来越正确的方向前进与发展,并不断为消费者带来福音与福利。

参考文献

- [1]宫春子,徐芳兰.电商“直播带货”中的问题解析与规制建议[J].商业经济研究,2021(6):4.

- [2]蔡琳琳.浅谈直播带货的可持续发展[J].2021.
- [3]林平,宁欢,袁静,等.直播带货对消费者购物行为的影响研究[J].消费导刊,2020,000(006):234.
- [4]沈晓宇,严宇桥.“新消费偶像”的诞生与神化--直播带货网红现象产生的原因及特点[J].中国报业,2021(14):2.
- [5]刘芹芹.直播带货与网红营销策略分析[J].经济学,2021,4(3):52-54.

作者简介:
高旗(2001-),女,河北唐山人,福建师范大学本科生

(上接第521页)

达上级部门最新工程动态、最新文件及精神。
为强化岚山区渣土运输规范管理工作,严厉打击“黑渣土车辆”野蛮驾驶、疯狂驾驶、未覆盖、覆盖不严等违法行为,几年来主抓渣土管理工作,严厉打击各项违法行为,现在已经有很大成效,道路上不再有渣石散落物、抛洒物,对老百姓安全出行带来保障,“黑渣土车”现在已经不复存在,永远不会危及人民群众的生命安全”,同时对市容市貌环境工作有很大的提高,为岚山区大环境、大环保作出应有

的贡献。
参考文献
[1]聂少峰,李玉平.加强渣土管理 守护净土蓝天 随州市城区建筑渣土治理工作纪实[J].中华建设,2020(11):16-17.
[2]赵国莲,王丽.临沂市渣土管理新策略研究[J].环境科学与管理,2020,45(09):12-17.