

罗布莎矿平硐与斜井贯通误差预计

Prediction of the Through Error of Adit and Inclined Shaft in Luobusha Mine

柴雷太

Leitai Chai

中国华冶科工集团有限公司 中国·河北·邯郸 056000

China Metallurgical Group Co., Ltd., Handan, Hebei, 056000, China

摘要: 罗布莎铬铁矿采用平硐+斜井的开拓形式, 施工时自斜井与平硐对头掘进, 线路总长度 3.6km, 包含平硐、斜井、斜坡道工程。从同一控制点将测量控制网引测至硐口, 按照贯通精度要求确定测量方案, 做出贯通误差预计。施工时, 沿巷道敷设 7" 级施工导线控制巷道掘进, 贯通后, 联测形成闭合导线, 计算闭合差是否满足规范的要求。

Abstract: The development form of adit+inclined shaft is adopted for Lobosha Chromite Mine. During construction, the inclined shaft and adit are driven opposite each other. The total length of the line is 3.6km, including adit, inclined shaft and ramp works. Introduce the survey control network from the same control point to the adit, determine the survey scheme according to the requirements of the penetration accuracy, and make the penetration error prediction. During construction, the 7 "construction traverse shall be laid along the roadway to control the roadway excavation. After the penetration, the closed traverse shall be formed through joint survey and the closure error shall be calculated to see whether it meets the requirements of the specification.

关键词: 贯通; 误差; 预计; 精度; 评定; 联测; 导线

Keywords: penetration; error; estimate; accuracy; assessment; joint test; wireway

DOI: 10.12346/etr.v4i12.7453

1 引言

罗布莎铬铁矿南部工程采用平硐+斜井的开拓形式, 施工时自斜井与平硐各组织人员对头掘进在 3930m 中段处贯通, 贯通线路总长度 3.6km。在贯通工程施工时, 测量人员的主要任务就是按照拟定贯通方案的测量精度施测控制点保证各掘进面均沿着设计位置与方向掘进, 使贯通后结合处的偏差不超过限差。显然贯通测量, 尤其是大型巷道贯通测量是矿山测量工作的一项重要工作, 贯通工程质量的好坏, 直接关系到整个矿井的建设、生产和经济效益^[1]。

贯通测量是一项要求精度较高的工程, 在工程建设中它往往关系到一项工程的成败。好的贯通能给施工方带来较大的经济效益, 相反, 一次失败的贯通将会导致整个工程产生巨大的损失, 严重的需推倒重来。因此, 在测量过程中技术人员必须注意力集中, 对结果有完善的校核, 同时, 尽量挑选有责任心的人员进行相关工作, 保证我们在整个过程中的

数据与计算准确无误。

2 设计贯通测量方案及确定贯通允许误差

本次施工贯通方案, 是依据甲方提供的(增北点、V、NXII)三个控制点做为基准点将测量控制网引测至平硐及斜井硐口近井点上, 按照设计巷道掘进方向及施工进度布置测量控制网, 确定贯通点。

在进行测量贯通误差预计时, 首先需根据现有仪器的实测数据计算测角中误差, 分别在平硐及斜井线路按照已拟定的贯通测量线路计算在贯通点处的累积误差, 确定对头掘进的累积误差是否满足规范要求的贯通测量的限差。若不足, 则需调整贯通测量方案, 提高贯通测量精度, 使贯通测量累积误差在要求范围内。

井巷贯通的容许偏差值, 由矿技术负责人和测量负责人根据井巷的用途、类型和运输方式等不同条件研究决定。贯

【作者简介】柴雷太(1986-), 男, 中国河北邯郸人, 本科, 工程师, 从事项目管理研究。

通结合处的偏差值，发生在三个方向上：

①水平面内沿巷道中线方向上的长度偏差，这种偏差只对贯通在距离上有影响，而对巷道质量没有影响。

②水平面内垂直于巷道中线的左、右偏差 $\Delta x'$ 。

③竖直面内垂直于巷道腰线的上、下偏差 Δh ^[1]。

考虑到本工程为有轨巷道，故此，贯通巷道的容许偏差值，可用以下计算方法来确定。

$$\Delta x' = \frac{2lv}{s} \quad (1)$$

$$\Delta h = 2li_{\text{极限}} \quad (2)$$

式中：l——由完全铺设好永久轨道的巷道到贯通相遇点的距离，即铺设临时轨道的距离，一般l=20~30m；

V——轨距与车轮间距之间的容许差值，一般v=20mm；

S——电机车头的轴间距，本项目采用3T架线式电机车，轴距1.8m；

$i_{\text{极限}}$ ——贯通巷道的实际坡度与设计坡度之间的容许差值， $i_{\text{极限}}=0.002\sim 0.003$ 。

按照上述公式可以计算出本项目 $\Delta x' = 0.44\text{mm}$ ， $\Delta h = 200\text{mm}$ 。

3 确定贯通测量方法及贯通误差预计

根据贯通巷道的种类和允许偏差，选择合理的测量方案与测量方法。对重要的贯通工程，要编制贯通测量设计书，进行贯通测量误差预计。

本项目主线路为对头掘进，从3890m平硐施工关键线路为：3890m平硐——3890m分段平巷——斜坡道——3900m分段平巷——斜坡道——3910m分段平巷——斜坡道——3920m分段平巷——斜坡道——3930m分段平巷——预计贯通点；贯通线路总长度2160m。从4030m斜井施工关键线路为：4030m斜井——3930m阶段平巷——3930m分段平巷——预计贯通点；线路总长度为1440m。

贯通测量方法：该工程为两井内的重要贯通工程，贯通巷道控制导线全长3600m（对头掘进各自测量，贯通后联测形成闭合导线），导线分别以3890m平硐口的Z801#——Z802#边和3930m斜井口XPA301#—XPA302#边为起算边，通过3920~3930平斜坡道快结束位置处为贯通K点。每隔20~30m测设一组施工导线指导巷道掘进，每隔70~80m测设一级导线，一级导线的观测次数不小于2，同时，每隔一段距离需用一级导线复测施工导线，对不符合精度要求的施工导线及时进行调整以指导巷道的正确贯通。巷道贯通后采用I级导线精度将整个控制网复测为闭合导线，按照闭合导线平差要求平差后作为本项目剩余工程的基准控制网。

施工导线与I级导线测设精度均为7"级。对施工导线高程使用由全站仪测定的三角高程，I级导线用三角高程及四等水准高程两套系统相互检核。

3.1 主要外业作业及限差

①在连接点上用测回法测量角度，用光电测距仪测量边长，水平角观测与测距仪量边的技术要求如表1所示。

表1 水平角观测限差表

导线等级	测回数	半测回归零差 /"	一测回内2c互差 /"	同一方向测回差 /"
一级	2	20	12	12
施工	2	30	12	12

表3.2 光电测距的技术要求表

等级	测距中误差 mm/km	往返次数	单程各测回较差 /mm
一级	5	2	15
施工	5	2	15

3.2 现场作业要求

①在延长导线之前，必须对上次所测导线的钉子位置及线绳下垂位置进行检查，为避免用错导线点，要使用的导线间距离也应检查。确认无误后方可向前延长导线。②为了保证导线测量的精度，经常深入现场检查中、腰线点是否受巷道的压力和人为的破坏而移动，凡检查出中、腰线点有破坏或移动现象，及时用仪器进行校正，以保证巷道按设计施工。③随着巷道的延伸，及时延长中、腰线点，中、腰线点的延长不超过45m。每组腰线点不少于3个，并在帮上钉上小钉做为腰线的标志，设置中线点时，每组不少于3根，点与点之间距离不小于1.5m，并在巷道帮写上点号做为标志。

3.3 保证外业精度采取的措施

井下导线测量测角误差主要来源于仪器误差、测角误差、量边误差和对中误差。测角方法误差又主要包括瞄准误差和读数误差，我们可以通过如下措施增加测角的精度：

- ①观测时应在保证通视良好，成像清晰稳定的基础上，按规程规定要求，采用测回法进行观测，每仪器站点分别进行两个测回，确保测角准确无误^[2]。
- ②针对中误差采取三架法进行测量，相应地减少各测站因对中而产生的误差。
- ③观测前，在运输大巷等运输繁忙地段，布设导线点应选在牢固不易被破坏的地方，在开始测量前尽量停止本地段的运输工作，保证测量的精度。其他巷道和工作面的运输设施影响观测时，亦应立即停止运行。
- ④观测过程中，要时刻注意仪器的变化，防止人员误触碰或者因别的原因造成仪器水准气泡偏移而影响测量精度。
- ⑤当望远镜旋转超过了要观测的目标时，必须旋转一周后重新照准，不得反向旋转。
- ⑥风速过大，对中困难的地段，应采取挡风措施，以确保对中精度。
- ⑦架设仪器后，测站、镜站都不准离人。
- ⑧丈量边长时，严格按照规程规定的测回数及读数次数进行读数^[3]。

3.4 贯通误差预计

3.4.1 测角及量边精度计算

①导线的测角精度：我们可以根据本仪器已经完成的多个独立的等精度的双次观测角度值，可根据两次观测值的差数，依下式求得一次观测的测角中误差：

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad (3)$$

其中，d为同一角度一次对中两次观测值之差，若观测左右角时，则 $d = \beta_{左} + \beta_{右} - 360^{\circ}$ 。

②根据以上公式，我们选取本仪器实测的共40组双次观测角度值进行计算，得出 $m_{\beta} = \pm 3.3''$ 。导线的量边误差：井下各边均采用光电测距的方式量取两导线点之间的距离，我们根据测距误差来源的大小估算测距精度^[4]。测距中误差可根据以下公式进行计算：

$$M_D = \pm (A + BD) \quad (4)$$

式中，A——固定误差，mm，本项目取 $A=2\text{mm}$ ；

B——比例系数，mm/km，本项目取 $B=2\text{mm/km}$ 。

根据我们各导线平均边长 $D=0.070\text{km}$ ，可求得量边中误差 $M_D = \pm 2.1\text{mm}$ 。

3.4.2 贯通处误差预计

由于测角和量边误差的累积，必然会使导线点的位置产生误差，下面我们就这一问题进行分析讨论。

任意形状的支导线，其终点K的坐标为：

$$x_K = x_1 + l_1 \cos \alpha_1 + l_2 \cos \alpha_2 + \dots + l_n \cos \alpha_n \quad (5)$$

$$y_K = y_1 + l_1 \sin \alpha_1 + l_2 \sin \alpha_2 + \dots + l_n \sin \alpha_n \quad (6)$$

由上式可知，支导线终点K的误差主要有测角及量边误差引起，下面我们来逐一进行分析：

①估算由测角误差引起的k点在 x' 和 y' 方向上的误差，我们可以用下式来进行计算^[5]：

$$M_{x_{\beta}}^2 = \frac{1}{\rho^2} \sum_1^n R_{y_1}^2 m_{\beta_i}^2 \quad (7)$$

$$M_{y_{\beta}}^2 = \frac{1}{\rho^2} \sum_1^n R_{x_1}^2 m_{\beta_i}^2 \quad (8)$$

式中， R_{x_i} ——导线终点K与各导线点i的连接在x轴上的投影长。

根据测量的部位不同，我们对此部分误差按照井上及井下分别计算，可以得出（详细计算过程在此处省略）为 $M_{x_{\beta上}}^2 = \pm 38.7\text{mm}$ ； $M_{x_{\beta下}}^2$ 为 $\pm 73.4\text{mm}$ ； $M_{y_{\beta上}}^2$ 为 $\pm 9.1\text{mm}$ ；为 $\pm 24.1\text{mm}$ 。

②估算由量边误差引起的K点在 x' 和 y' 方向上的误差，我们可以用以下公式来进行计算：

$$M_{x_l}^2 = \sum_1^n \cos^2 \alpha_i m_l^2 \quad (9)$$

$$M_{y_l}^2 = \sum_1^n \sin^2 \alpha_i m_l^2 \quad (10)$$

由于测边的量边中误差均为 $\pm 2.1\text{mm}$ ，带入本项目实测数据可得 $M_{x_l上}^2$ 为 $\pm 7.8\text{mm}$ ； $M_{x_l下}^2$ 为 $\pm 6.5\text{mm}$ ； $M_{y_l上}^2$

为 $\pm 8.7\text{mm}$ ； $M_{y_l下}^2$ 为 $\pm 7.9\text{mm}$ 。

③根据上述两项误差分析，可得K在 x' 和 y' 方向上的误差和分别为：

$$M_{x_k} = \pm \sqrt{38.7^2 + 73.4^2 + 7.8^2 + 6.5^2} = 83.6\text{mm} \quad (11)$$

$$M_{y_k} = \pm \sqrt{9.1^2 + 24.1^2 + 8.7^2 + 7.9^2} = 28.3\text{mm} \quad (12)$$

④计算贯通点K处的点位误差：

$$M_K = \sqrt{83.6^2 + 28.3^2} = 88.3\text{mm} \quad (13)$$

⑤估算LS5—K边的坐标方位角中误差为：

$$M_{\alpha_{LS5-K}} = \pm m_{\beta} \sqrt{n} = \pm 3.3 \sqrt{50} = \pm 23.3'' \quad (14)$$

⑥贯通在水平重要方向 (x') 上的预计误差：

$$M_{x_{k预}} = \pm 2 \times 83.6\text{mm} = \pm 167.2\text{mm} \quad (15)$$

⑦贯通相遇点在高程上的误差。

由三角高程测量引起的贯通相遇点在高程上的误差为：

$$M_H = \pm m_{HI} \sqrt{L} \quad (16)$$

式中， m_{HI} ——每千米长度三角高程路线的中误差，可取值为 $\pm 50\text{mm/km}$ ；

L——三角高程测量路线总长度，取 3.6km 。

可得出为 $\pm 94.87\text{mm}$ 。

⑧贯通点在高程上的预计误差为：

$$M_{H预} = \pm 2 \times 94.87 = 189.74\text{mm} \quad (17)$$

3.4.3 贯通方案可行性分析

根据原设计要求，中线偏差值不大于 440mm ，腰线偏差值不大于 200mm 。我们的预计误差均小于允许偏差值，说明我们的贯通测量方案是可行的。

4 结语

贯通测量工作是矿山测量工作中的重中之重，本次贯通严格按照相关要求结合实际能达到的精度进行计算，取得了良好的应用效果。保证了精度的同时，为工程的顺利完成奠定了扎实的基础。

参考文献

- [1] 王金宝.井巷贯通工程误差分析与实践[C]//2018年第九届中国矿业科技大会论文集,2018:37-39.
- [2] 邓传满.矿山贯通测量技术的研究[J].建筑工程技术与设计,2015(27):251.
- [3] 王为申,宗琳,齐长春.落陵煤矿M701中运贯通测量方案的设计和精度评定[J].矿山测量,2011(1):2.
- [4] 张建红,韩炜,孟海东.井下巷道贯通误差预计及精度提高措施[J].内蒙古煤炭经济,2015(9):2.
- [5] 李春祥.井下导线测量误差来源和消除方法研究[J].地球,2014(9):132-139.
- [6] 张国良,朱家钰,顾和和.矿山测量学[M].徐州:中国矿业大学出版社,2011.