

造斜钻进时钻孔顶角和方位角与造斜工具安装角的计算

齐 瑞 忱

(成都地质学院)

不论是用偏心楔造斜还是用连续造斜器或螺杆钻具造斜,都要经常遇到钻孔顶角、方位角以及造斜工具安装角等计算。本文以球面三角理论为基础,推出实用、方便、可靠的计算公式。

造斜后钻孔顶角和方位角的计算

已知造斜前的钻孔顶角、方位角和造斜工具的安装角与造斜角,那么造斜后的钻孔顶角和方位角是多大呢?钻孔弯曲参数的计算完全可以归结为球面三角形的计算,造斜孔段起止点的顶角和孔段全弯曲角(造斜角)即为球面三角形的边,方位角的改变值和造斜工具安装角的补角即为球面三角形的角。所以,利用球面三角学的理论,能导出钻孔弯曲参数计算的精确公式。

1. 钻孔顶角的计算

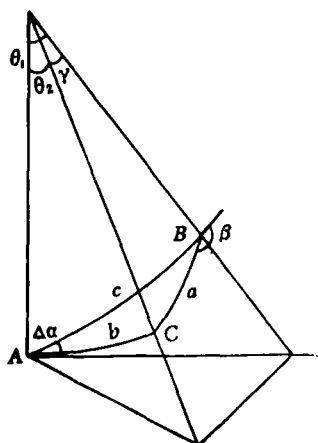
附图表明了弯曲钻孔的空间角度关系。图中ABC即为球面三角形,根据球面三角形边的余弦定理

$$\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B$$

$$\text{则 } \cos \theta_2 = \cos \theta_1 \cos \gamma + \sin \theta_1 \sin \gamma \cdot \cos(180^\circ - |\beta|)$$

$$\text{所以 } \theta_2 = \cos^{-1}(\cos \theta_1 \cos \gamma - \sin \theta_1 \sin \gamma \cos \beta)$$

式中的A、B、C分别为球面三角形的三个角,a、b、c则分别为相应的三条边; θ_1 为造斜



弯曲钻孔的空间角度关系

前的钻孔顶角; θ_2 为造斜后的钻孔顶角; β 为造斜工具的安装角; γ 为造斜角。

2. 钻孔方位角的计算

根据球面三角形的余切定理

$$\operatorname{ctg} a \sin c = \cos c \cos B + \sin B \operatorname{ctg} A$$

$$\text{则 } \operatorname{ctg} \gamma \sin \theta_1 = \cos \theta_1 \cos(180^\circ - |\beta|) + \sin(180^\circ - |\beta|) \operatorname{ctg} |\Delta \alpha|$$

整理得

$$\operatorname{ctg} |\Delta \alpha| = \frac{\sin \theta_1}{\sin |\beta|} \operatorname{ctg} \gamma + \cos \theta_1 \operatorname{ctg} |\beta|$$

考虑到计算器一般无反余切函数,而反正切函数的取值范围又为 $-90^\circ \sim 90^\circ$,所以我们这里不采用

$\operatorname{tg}^{-1} x = \operatorname{ctg}^{-1} \frac{1}{x}$ 的计算式,而是根据 $\operatorname{tg}^{-1} x +$

$\operatorname{ctg}^{-1} x = 90^\circ$ 这一关系,因而可得

$$\Delta \alpha = \pm \left[90^\circ - \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\sin \theta_1}{\sin |\beta| \operatorname{tg} \gamma} + \frac{\cos \theta_1}{\operatorname{tg} |\beta|} \right) \right]$$

$\Delta \alpha$ 的正负号由 β 而定,即 β 为顺时针旋向的安装角(β 为正值)时,则 $\Delta \alpha$ 取正值;若 β 为逆时针旋向的安装角(β 为负值)时,则 $\Delta \alpha$ 取负值。

特殊情况:

若 $\beta = \pm 180^\circ$,又当 $\gamma > \theta_1$ 时,则有 $\Delta \alpha = 180^\circ$;当 $\gamma = \theta_1$ 时,则无方位角;当 $\gamma < \theta_1$ 时,则 $\Delta \alpha = 0^\circ$ 。

若 $\beta = 0^\circ$,均有 $\Delta \alpha = 0^\circ$ 。

则造斜后的钻孔方位角为

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \Delta \alpha$$

造斜工具安装角及造斜角的计算

已知条件为:造斜前的钻孔顶角和方位角(实际测得),造斜后所预计达到的钻孔顶角和方位角(根据设计要求确定)。应确定的条件是:造斜工具的安装角和造斜角。

根据球面三角形的余切定理,可得造斜工具安装角的计算公式

$$\beta = \pm \left[90^\circ - \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{\cos \theta_1}{\operatorname{tg} |\Delta \alpha|} - \frac{\sin \theta_1}{\sin |\Delta \alpha| \operatorname{tg} \theta_2} \right) \right]$$

式中 β 正负号的选取视方位角的变化趋向而

定,即方位角按顺时针方向变化时, β 取正;方位角按逆时针方向变化, β 取负。 β 的正负表明安装角的旋向。

特殊情况:

若 $\Delta\alpha = 0^\circ$,又 $\theta_1 < \theta_2$ 时,则 $\beta = 0^\circ$;

若 $\Delta\alpha = 0^\circ$,又 $\theta_1 > \theta_2$ 时,则 $\beta = 180^\circ$;

若 $|\Delta\alpha| = 180^\circ$,而 $\theta_2 = 0^\circ$ 时,则 $\beta = 180^\circ$ 。

根据余弦定理,可推得造斜角的计算公式

$$\gamma = \cos^{-1}(\cos\theta_1\cos\theta_2 + \sin\theta_1\sin\theta_2\cos\Delta\alpha)$$

由上式计算所得出的造斜角,若使用偏心楔造斜,则为偏心楔的楔顶角(若 γ 值较大,可分几次

造斜,视所具备的偏心楔的楔顶角值而定);若使用连续造斜器或螺杆钻具造斜,则可求出应造斜的孔段长度 $L(L=\gamma/K$,其中 K 为所使用的连续造斜器或螺杆钻具的造斜率)。

本文推导的公式,应用方便,不须进行任何代换和变换,直接代入,即可得到所需结果。

参考文献

- [1] 吴礼生,地质与勘探,1990,第1期。
- [2] 朱恒银,地质与勘探,1987,第6期。
- [3] 林齐华等,《空间角度计算的球面法》,上海科学技术出版社,1978年。

泵压骤变原因与预防

在正常钻进中,泵压主要随钻孔深度的增加而增加,变化缓慢。有时泵压骤然升高,即常说的“憋泵”原因是:①岩心堵塞;②某些钻探机具内部机构失灵(如正作用冲击器孔内不工作引起的泵压骤增);③孔内岩粉多;④钻具下到孔底后,钻柱不旋转而开泵送液。①、②两种情况均为直接“憋泵”,处理时,需先迅速关闭泥浆泵,并将钻具提离孔底一段距离,用不同泵量送液(特别是对某些机具引起的“憋泵”),改变立轴转速的方法调整。因岩心堵塞而“憋泵”,还可小范围活动钻具,并结合改变泵量、转速、轴压予以调整。第③种情况,可临时采用加大泵量,提高立轴转速的方法,但这只是权宜之计,最好是清除孔底堆积岩粉,改善冲洗液性能。第④种情况为特例,在现场观察到,钻具下到孔底后,钻柱不旋转开泵送液与钻柱旋转后开泵送液,二者相差甚大。笔者认为:立轴不旋转时,钻具是静止的,因泥浆具有触变性,浆液相对静止,泥浆中的粘土颗粒形成结构,泥浆切力增大,此时

剪切速率趋于零,泥浆塑性粘度增大,由此造成开泵后的泵压急剧增大。使用清水时,因岩心粉屑、渣质等在水中的聚沉稳定性差,沉积于钻头部位,而且剪切速率趋于零,由此造成泵压骤增。钻头旋转后,孔内浆液流动,剪切速率增大,泥浆结构被破坏,塑性粘度降低,泵压逐渐下降;随着泵量的增大,结构的破坏与恢复达到平衡,此时,泵压处于一种较稳定的状态。

综上所述,有时泵压骤增与冲洗液流变性质有关。为减少“憋泵”,应采用优质泥浆,以提高携粉能力,同时配备除砂净化装置,保持孔内清洁。岩心堵塞,则可采用冲击回转钻进。

泥浆泵出厂前均已安装安全阀,以控制泵压骤增过载。但多数机台的此种装置已失去过载保护能力,因此,安全阀的设计制造除动作可靠外,还应经久耐用。此外,使用单位也应定期检查和维护保养,以使钻进顺利进行。

(内蒙古地质研究队 贾宪平)