

利用钻孔实测数据计算地下岩层产状的方法

刘德正

(山东省核工业 248 地质大队, 山东 莱西 266601)

摘要:讨论了不同孔段组合条件下地下岩层产状的计算方法,全面而且精确地再现赤平极射投影的图解结果;对双斜孔段组合能够求出所有可能的产状解(包括逆向穿层解);对直斜孔段组合、三斜孔段组合、连续多斜孔段组合,以及双斜孔段组合中具同向穿层单解的计算对象能够给出最可能的产状解。

关键词:钻孔;计算;地下岩层;产状;岩心轴角

中图分类号:P624.5

文献标识码:A

1 概述

利用实测钻孔倾斜(倾向方位角和倾角)与岩心轴角(轴法角或轴面角)数据确定地下岩层(地层、矿层或构造层)产状(倾向方位角和倾角),是钻探地质工作中一项经常性的基础技术工作。

20 多年前,笔者等曾对利用双孔段(单钻孔穿过同一岩层的相邻二孔段或穿过同一岩层相邻二孔的对应孔段)倾斜与岩心轴角实测数据求岩层产状的计算和图解方法进行过较系统的探讨^[1]。继而,文朴、董士尤、林银山、李怀乾、唐炎森等从不同角度对这一问题予以深入讨论,提出新的计算思路与方法^[2-6]。笔者在对已提出方法逐一用实例进行检验后认为,尽管笔者等所提计算方法的思路比较传统,但在以下几方面具有优势,因而是更为实用的计算方法。

第一,能全面再现赤平极射投影法的图解结果,而且比图解结果更精确^[1,7-9]。实践证明,利用钻孔轴线倾角和岩心轴法角数据能够在赤平极射投影图上清晰地给出所有的可能解^[1]。

第二,对双斜孔段组合,能够求出所有可能的产状解(包括从不同盘面进入岩层的异向穿层解),为讨论地下岩层的可能产状提供全面的数据支持。

第三,对直斜孔段组合、三斜孔段组合、连续多斜孔段组合以及双斜孔段组合的同向穿层(从同一

盘面进入岩层)单解的计算对象,能够给出最可能的产状解,做出合理的岩层产状判断。

但当时由于篇幅所限,该文对具体的计算程序交代不够清楚,使用颇感不便;有的公式还存在错误。因此,有必要就不同孔段组合条件下的计算方法做进一步讨论。

2 双斜孔段组合的计算方法

其基础是脱胎于岩层真厚度计算公式,包含已知数和欲求数的双斜孔段联立方程:

$$\begin{cases} \sin\delta_1 \cdot \cos\alpha - \cos\delta_1 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\gamma_1 = \cos\omega_1 \\ \sin\delta_2 \cdot \cos\alpha - \cos\delta_2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos(\gamma_1 + \Delta\varphi) = \cos\omega_2 \end{cases}$$

式中: δ_1, δ_2 —1,2 孔段轴线倾角; α —岩层倾角; γ_1 —1 孔段轴线倾向方位与岩层倾向方位间的夹角; $\Delta\varphi$ —1,2 孔段轴线倾向方位(φ_1, φ_2)间的夹角; ω_1, ω_2 —1,2 孔段岩心轴法角。其中 $\delta_1, \delta_2, \Delta\varphi, \omega_1, \omega_2$ 为已知数, α, γ_1 以及岩层倾向方位角 λ 为欲求数。由联立方程导出的一元二次方程 $A \cdot \cos^2\alpha - B \cdot \cos\alpha + C = 0$ 的 3 个系数以及 α, γ_1 计算式为:

$$A = \cos^2\delta_1 (1 - \cos^2\delta_2 \cdot \cos^2\Delta\varphi) + \sin^2\delta_1 \cdot \cos^2\delta_2 - 2$$

$$\sin\delta_1 \cdot \cos\delta_1 \cdot \sin\delta_2 \cdot \cos\delta_2 \cdot \cos\Delta\varphi$$

$$B = 2[\cos\delta_1 \cdot \cos\omega_2 (\cos\delta_1 \cdot \sin\delta_2 - \sin\delta_1 \cdot \cos\delta_2 \cdot \cos\Delta\varphi)$$

$$- \cos\delta_2 \cdot \cos\omega_1 (\cos\delta_1 \cdot \sin\delta_2 \cdot \cos\Delta\varphi - \sin\delta_1 \cdot \cos\delta_2)]$$

$$C = [\cos^2\delta_1 \cdot \cos^2\omega_2 - \cos^2\delta_2 (\cos^2\delta_1 \cdot \sin^2\Delta\varphi - \cos^2\omega_1)]$$

$$- 2\cos\delta_1 \cdot \cos\delta_2 \cdot \cos\omega_1 \cdot \cos\omega_2 \cdot \cos\Delta\varphi$$

收稿日期:2007-02-19;修订日期:2007-10-25;编辑:曹丽丽

作者简介:刘德正(1939-),男,河南洛阳人,高级工程师,主要从事轴、金矿产地质、地层、构造、同位素地质、数学地质等研究。

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

(注: $B^2 - 4AC = 0, \alpha = \cos^{-1} \frac{B}{2A}; B^2 - 4AC > 0, \alpha' = \cos^{-1} \frac{B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \alpha'' = \cos^{-1} \frac{B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}; B^2 - 4AC < 0$, 无解)

$$\frac{B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}, \alpha'' = \cos^{-1} \frac{B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}; B^2 - 4AC < 0, \text{无解})$$

$$\gamma_1 = \cos^{-1} \frac{\sin \delta_1 \cdot \cos \alpha - \cos \omega_1}{\cos \delta_1 \cdot \sin \alpha}$$

由1孔段计算的岩层倾向方位角为 $\lambda_1 = \varphi_1 \pm \gamma_1$ 。

为检验 λ_1 计算结果是否正确并为剔除虚解提供依据,同时计算2孔段轴线倾向方位与岩层倾向方位间的夹角 γ_2 和岩层倾向方位角 λ_2 :

$$\gamma_2 = \cos^{-1} \frac{\sin \delta_2 \cdot \cos \alpha - \cos \omega_2}{\cos \delta_2 \cdot \sin \alpha}$$

$$\lambda_2 = \varphi_2 \pm \gamma_2$$

若二斜孔段中有一孔段为逆向穿层孔段(由另一盘面进入岩层)时为异向穿层双斜孔段组合,一元二次方程的3个系数为 A, B, C , 后2系数的计算式为(A 同上列同向穿层,即同一盘面进入岩层计算式):

$$B_y = 2[\cos \delta_1 \cdot \cos \omega_2 (\cos \delta_1 \cdot \sin \delta_2 - \sin \delta_1 \cdot \cos \delta_2 \cdot \cos \Delta \varphi) + \cos \delta_2 \cdot \cos \omega_1 (\cos \delta_1 \cdot \sin \delta_2 \cdot \cos \Delta \varphi - \sin \delta_1 \cdot \cos \delta_2)]$$

$$C_y = [\cos^2 \delta_1 \cdot \cos^2 \omega_2 - \cos^2 \delta_2 \cdot (\cos^2 \delta_1 \cdot \sin^2 \Delta \varphi - \cos^2 \omega_1)] + 2\cos \delta_1 \cdot \cos \delta_2 \cdot \cos \omega_1 \cdot \cos \omega_2 \cdot \cos \Delta \varphi$$

$$\text{相应地: } \alpha_y = \cos^{-1} \frac{B_y \pm \sqrt{B_y^2 - 4AC_y}}{2A}$$

逆向穿层孔段 $\gamma_n \cdot \lambda_n$ 的计算式为:

$$\gamma_n = \cos^{-1} \frac{\sin \delta_n \cdot \cos \alpha_y + \cos \omega_n}{\cos \delta_n \cdot \sin \alpha_y}$$

$$\lambda_n = \varphi_n \pm \gamma_n$$

式中: δ_n, ω_n 分别为逆向穿层孔段的轴线倾角和岩心轴法角。

显而易见,双斜孔段组合地下岩层产状的计算结果可能有0~4个解。0解即二孔段层面法线圆锥不相切也不相交;1解为同向穿层单解或逆向穿层单解(层面法线圆锥相切);2解为同向穿层双解或逆向穿层双解(层面法线圆锥相交);3解为同向穿层双解加逆向穿层单解或同向穿层单解加逆向穿层双解;4解为同向穿层与逆向穿层各2解。计算的双斜孔段组合是否有同向穿层解和逆向穿层解可从基础数据之间的关系做出初步判断:当二孔段中至少有一孔段 $\delta + \omega > 90^\circ$ 且 $> \Delta \varphi$ 时可能有同向穿层解二孔段 $\delta + \omega$ 均 $< 90^\circ$ 且 $< \Delta \varphi$ 时无同向穿层解;二孔段中至少有一孔段 $\omega > \delta$ 时可能有逆向穿层

解,该孔段为逆向穿层孔段;二孔段 ω 均 $< \delta$ 时无逆向穿层解。是否确有同向穿层解或逆向穿层解以及解的数目,只能通过计算做出最终判断。当有2~4解时,单凭计算结果无法确定最可能产状解,需结合其他相关资料做出合理选择。

具体计算步骤详见以下实例,恕不罗列。

实例1:

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_1 342^\circ \\ \varphi_2 342^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 0^\circ \quad \begin{array}{ll} \delta_1 87^\circ & \omega_1 28^\circ \\ \delta_2 85^\circ & \omega_2 26^\circ \end{array}$$

判断:可能有同向穿层解,无逆向穿层解。

$$A = \cos^2 87^\circ (1 - \cos^2 85^\circ \cdot \cos^2 0^\circ) + \sin^2 87^\circ \cdot \cos^2 85^\circ - 2\sin 87^\circ \cdot \cos 87^\circ \cdot \sin 85^\circ \cdot \cos 85^\circ \cdot \cos 0^\circ = 0.001217974871$$

$$B = 2[\cos 87^\circ \cdot \cos 26^\circ (\cos 87^\circ \cdot \sin 85^\circ - \sin 87^\circ \cdot \cos 85^\circ \cdot \cos 0^\circ) - \cos 85^\circ \cdot \cos 28^\circ (\cos 87^\circ \cdot \sin 85^\circ \cdot \cos 0^\circ - \sin 87^\circ \cdot \cos 85^\circ)] = 0.00208016405$$

$$C = [\cos^2 87^\circ \cdot \cos^2 26^\circ - \cos^2 85^\circ (\cos^2 87^\circ \cdot \sin^2 0^\circ - \cos^2 28^\circ)] - 2\cos 87^\circ \cdot \cos 85^\circ \cdot \cos 28^\circ \cdot \cos 26^\circ \cdot \cos 0^\circ = 0.000894897186$$

$$\because B^2 - 4AC = 0; \alpha = \cos^{-1} \frac{0.00208016405}{0.002435949747} = 31^\circ$$

$$\gamma_1 = \cos^{-1} \frac{\sin 87^\circ \cdot \cos 31^\circ - \cos 28^\circ}{\cos 87^\circ \cdot \sin 31^\circ} = 180^\circ$$

$$\lambda_1' = 342^\circ + 180^\circ = 162^\circ$$

$$\lambda_1'' = 342^\circ - 180^\circ = 162^\circ$$

$$\gamma_2 = \cos^{-1} \frac{\sin 85^\circ \cdot \cos 31^\circ - \cos 26^\circ}{\cos 85^\circ \cdot \sin 31^\circ} = 180^\circ$$

$$\lambda_2' = 342^\circ + 180^\circ = 162^\circ$$

$$\lambda_2'' = 342^\circ - 180^\circ = 162^\circ$$

$$\therefore \lambda_1' = \lambda_1'' = \lambda_2' = \lambda_2'' = \lambda_{31} = 162^\circ$$

结论:同向穿层单解: $162^\circ \angle 31^\circ$

实例2(参考文献[10]例):

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_1 100^\circ \\ \varphi_2 205^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 105^\circ \quad \begin{array}{ll} \delta_1 75^\circ & \omega_1 40^\circ \\ \delta_2 62^\circ & \omega_2 52^\circ \end{array}$$

判断:可能有同向穿层解,无逆向穿层解。

$$A = 0.32528027; B = 0.478940119; C = 0.170617553$$

$$\alpha' = \cos^{-1} \frac{0.478940119 + 0.085995869}{0.66056054} = 29.72761143 = 29^\circ 43' 39.4''$$

$$\alpha'' = \cos^{-1} \frac{0.478940119 - 0.085995869}{0.66056054} = 52.84179198 = 52^\circ 50' 30.45''$$

$$\gamma_1' = \cos^{-1} \frac{\sin 75^\circ \cdot \cos 29.72761143^\circ - \cos 40^\circ}{\cos 75^\circ \cdot \sin 29.72761143^\circ} = 55^\circ 27' 54.25''$$

$$\gamma_1'' = \cos^{-1} \frac{\sin 75^\circ \cdot \cos 52.84179198^\circ - \cos 40^\circ}{\cos 75^\circ \cdot \sin 52.84179198^\circ} = 152^\circ 17' 9.88''$$

$$\lambda_1' = 100^\circ + 55^\circ 27' 54.25'' = 155^\circ 27' 54.25''$$

$$\lambda_1'' = 100^\circ - 55^\circ 27' 54.25'' = 44^\circ 32' 5.75''$$

$$\lambda_1''' = 100^\circ + 152^\circ 17' 9.88'' = 252^\circ 17' 9.88''$$

$$\lambda_1''' = 100^\circ - 152^\circ 17' 9.88'' = 307^\circ 42' 50.12''$$

$$\gamma_2' = \cos^{-1} \frac{\sin 62^\circ \cdot \cos 29.72761143^\circ - \cos 52^\circ}{\cos 62^\circ \cdot \sin 29.72761143^\circ} = 49^\circ 32' 5.75''$$

$$\gamma_2'' = \cos^{-1} \frac{\sin 62^\circ \cdot \cos 52.84179198^\circ - \cos 52^\circ}{\cos 62^\circ \cdot \sin 52.84179198^\circ} = 102^\circ 42' 50.1''$$

$$\lambda_2' = 205^\circ + 49^\circ 32' 5.75'' = 254^\circ 32' 5.75''$$

$$\lambda_2'' = 205^\circ - 49^\circ 32' 5.75'' = 155^\circ 27' 54.25''$$

$$\lambda_2''' = 205^\circ + 102^\circ 42' 50.1'' = 307^\circ 42' 50.1''$$

$$\lambda_2''' = 205^\circ - 102^\circ 42' 50.1'' = 102^\circ 17' 9.9''$$

$$\therefore \lambda_1' = \lambda_2'' : \lambda_{29.72761143} = 155^\circ 27' 54.25''$$

$$\therefore \lambda_1''' \approx \lambda_2''' : \lambda_{52.84179198} = \frac{307^\circ 42' 50.12'' + 307^\circ 42' 50.1''}{2} = 307^\circ 42' 50.11''$$

结论:同向穿层双解: $155^\circ 27' 54.25'' \angle 29^\circ 43' 39.4''$; $307^\circ 42' 50.11'' \angle 52^\circ 50' 30.45''$ 。

实例3(参考文献[1]例3):

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_1 0^\circ \\ \varphi_2 140^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 140^\circ \quad \begin{array}{l} \delta_1 20^\circ \\ \delta_2 20^\circ \end{array} \quad \begin{array}{l} \omega_1 40^\circ \\ \omega_2 20^\circ \end{array}$$

判断:无同向穿层解;可能有逆向穿层解(1孔段可能逆向穿层)。

$$A = 0.687008438$$

$$B_y = 2[\cos 20^\circ \cdot \cos 20^\circ (\cos 20^\circ \cdot \sin 20^\circ - \sin 20^\circ \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 140^\circ) + \cos 20^\circ \cdot \cos 40^\circ (\cos 20^\circ \cdot \sin 20^\circ \cdot \cos 140^\circ - \sin 20^\circ \cdot \cos 20^\circ)] = 0.185235905$$

$$C_y = [\cos^2 20^\circ \cdot \cos^2 20^\circ - \cos^2 20^\circ (\cos^2 20^\circ \cdot \sin^2 140^\circ - \cos^2 40^\circ)] + 2\cos 20^\circ \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 40^\circ \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 140^\circ = 0.00188460563$$

$$\alpha_y' = \cos^{-1} \frac{0.185235905 + 0.170685223}{1.37406877} = 74.98708295^\circ = 74^\circ 59' 13.5''$$

$$\alpha_y'' = \cos^{-1} \frac{0.185235905 - 0.170685223}{1.37406877} = 89.39322498^\circ = 89^\circ 23' 35.61''$$

$$\gamma_{a1}' = \cos^{-1} \frac{\sin 20^\circ \cdot \cos 74.98708295^\circ + \cos 40^\circ}{\cos 20^\circ \cdot \sin 74.98708295^\circ} = 19^\circ 40' 22.76''$$

$$\gamma_{a1}'' = \cos^{-1} \frac{\sin 20^\circ \cdot \cos 89.39322498^\circ + \cos 40^\circ}{\cos 20^\circ \cdot \sin 89.39322498^\circ} = 35^\circ 0' 15.89''$$

$$\lambda_{a1}' = 19^\circ 40' 22.76''$$

$$\lambda_{a1}'' = 34^\circ 19' 37.24''$$

$$\lambda_{a1}''' = 35^\circ 0' 15.89''$$

$$\lambda_{a1}''' = 324^\circ 59' 44.11''$$

$$\gamma_2' = \cos^{-1} \frac{\sin 20^\circ \cdot \cos 74.98708295^\circ - \cos 20^\circ}{\cos 20^\circ \cdot \sin 74.98708295^\circ} = 159^\circ 40' 22.7''$$

$$\gamma_2'' = \cos^{-1} \frac{\sin 20^\circ \cdot \cos 89.39322498^\circ - \cos 20^\circ}{\cos 20^\circ \cdot \sin 89.39322498^\circ} = 175^\circ 0' 15.89''$$

$$\lambda_2' = 299^\circ 40' 22.7''$$

$$\lambda_2'' = 340^\circ 19' 37.3''$$

$$\lambda_2''' = 315^\circ 0' 15.89''$$

$$\lambda_2''' = 324^\circ 59' 44.11''$$

$$\therefore \lambda_{a1}'' \approx \lambda_2'' : \lambda_{74.98708295} = 340^\circ 19' 37.27''$$

$$\therefore \lambda_{a1}''' \approx \lambda_2''' : \lambda_{89.39322498} = 324^\circ 59' 44.11''$$

结论:逆向穿层双解: $324^\circ 59' 44.11'' \angle 89^\circ 23' 35.61''$; $340^\circ 19' 37.27'' \angle 74^\circ 59' 13.5''$ 。

实例4(参考文献[1]例4):

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_1 90^\circ \\ \varphi_2 240^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 150^\circ \quad \begin{array}{l} \delta_1 75^\circ \\ \delta_2 75^\circ \end{array} \quad \begin{array}{l} \omega_1 80^\circ \\ \omega_2 72^\circ \end{array}$$

判断:可能有同向穿层解,同时可能有逆向穿层解(1孔段可能逆向穿层)。

按实例2程序计算得同向穿层双解: $0^\circ 59' 21.33'' \angle 79^\circ 22' 42.48''$; $148^\circ 26' 15.45'' \angle 71^\circ 45' 40.08''$ 。

按实例3程序计算得逆向穿层双解: $60^\circ 9' 44.36'' \angle 86^\circ 59' 59.78''$; $89^\circ 17' 59.7'' \angle 85^\circ 0' 4.03''$ 。

结论:同向、逆向穿层各2解(如上)。

部分双斜孔段组合在计算 α 时, $B^2 - 4AC$ 出现负值而无解,说明两孔段层面法线圆锥既不相交也不相切。如果其值不大,表明二者有相近点,可以令 $B^2 - 4AC$ 等于0,近似地求出其岩层产状($\lambda_j \angle \alpha_j$)。进一步计算 γ 时;如果反余弦函数 < -1 ,说明因近似计算而致该角超过 180° ,可以分解为 -1 和负的零点几,再计算其相应数值。

实例5(参考文献[9]例):

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_1 11^\circ \\ \varphi_2 48^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 37^\circ \quad \begin{array}{l} \delta_1 86^\circ \\ \delta_2 74^\circ \end{array} \quad \begin{array}{l} \omega_1 74^\circ \\ \omega_2 60^\circ \end{array}$$

判断:可能有同向穿层解,无逆向穿层解。

$$A = 0.050786534$$

$$B = 0.023003399$$

$$C = 0.002622319505$$

$$B^2 - 4AC = -0.00000355769666$$

$$\alpha_j = \cos^{-1} \frac{B \pm \sqrt{0}}{2A} = 76.91058073^\circ = 76^\circ 54' 38.09''$$

$$\gamma_{j1} = \frac{\sin 86^\circ \cdot \cos 76.91058073^\circ - \cos 74^\circ}{\cos 86^\circ \cdot \sin 76.91058073^\circ} = 137^\circ 1' 57.81''$$

$$\lambda_{j1}' = 148^\circ 1' 57.81''$$

$$\lambda_{j1}'' = 233^\circ 58' 2.19''$$

$$\gamma_{j2} = \cos^{-1} \frac{\sin 74^\circ \cdot \cos 76.91058073^\circ - \cos 60^\circ}{\cos 74^\circ \cdot \sin 76.91058073^\circ} = \cos^{-1}$$

$$(-1.05149809) = 180^\circ + (92^\circ 57' 6.94'' - 90^\circ) = 182^\circ 57' 6.94''$$

$$\lambda_{j2}' = 230^\circ 57' 6.94''$$

$$\lambda_{j2}'' = 225^\circ 2' 53.06''$$

$$\therefore \lambda_{j1}'' \approx \lambda_{j2}'$$

$$\lambda_p = \frac{233^\circ 58' 2.19'' + 230^\circ 57' 6.94''}{2} = 232^\circ 27' 34.5''$$

结论:同向穿层近似单解: $232^\circ 27' 34.5'' \angle 76^\circ 54' 38.09''$

3 直斜孔段组合的计算方法

设 ω_x 为直孔段岩心轴法角; $\delta_x, \gamma_x, \omega_x$ 分别为斜孔段轴线倾角、轴线倾向方位与岩层倾向方位间的夹角、岩心轴法角,其联立方程为:

$$\begin{cases} \cos \alpha = \cos \omega_x \\ \sin \delta_x \cdot \cos \alpha - \cos \delta_x \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma_x = \cos \omega_x \end{cases}$$

显而易见:

$$\alpha = \omega_x$$

$$\gamma_x = \cos^{-1} \frac{\sin \delta_x \cdot \cos \alpha - \cos \omega_x}{\cos \delta_x \cdot \sin \alpha}$$

相应地,由斜孔段数据计算的地层倾向方位角为: $\lambda_x = \varphi_x \pm \gamma_x$ (φ_x 为斜孔段轴线倾向方位角)。若斜孔段 $\omega_x > \delta_x$, 可能有逆向穿层解(斜孔段逆向穿层),需按下式计算 γ_{xm} 和 λ_{xm} :

$$\gamma_{xm} = \cos^{-1} \frac{\sin \delta_x \cdot \cos \alpha + \cos \omega_x}{\cos \delta_x \cdot \sin \alpha}$$

$$\lambda_{xm} = \varphi_x \pm \gamma_{xm}$$

实例6(参考文献[6]例):

$$\begin{array}{lll} \varphi_2 = & \delta_2 90^\circ & \omega_2 65^\circ \\ \varphi_3 270^\circ & \delta_3 45^\circ & \omega_3 75^\circ \end{array}$$

判断:可能有同向穿层解;可能有逆向穿层解(斜孔段可能逆向穿层)。

$$\alpha = 65^\circ$$

$$\gamma_x = 86^\circ 25' 11.76''$$

$$\lambda'_x = 356^\circ 25' 11.76''$$

$$\lambda''_x = 183^\circ 34' 48.24''$$

$$\gamma_{xm} = 29^\circ 31' 16.92''$$

$$\lambda_{xm} = 299^\circ 31' 16.92''$$

$$\lambda_{xm} = 240^\circ 28' 43.08''$$

结论:同向逆向穿层各2共4解: $183^\circ 34' 48.24'' \angle 65^\circ$; $240^\circ 28' 43.08'' \angle 65^\circ$; $299^\circ 31' 16.93'' \angle 65^\circ$; $356^\circ 25' 11.76'' \angle 65^\circ$ 。

4 三斜孔段组合的计算方法

对三斜孔段组合,可以化为1~2,2~3两个双斜孔段组合,按双斜孔段组合的计算方法分别进行计算,并从其全部解中找出共同解为最可能产状解。

实例7(参考文献[3]例):

• 4 •

$$\begin{array}{lll} \varphi_1 0^\circ & \delta_1 60^\circ & \omega_1 30^\circ \\ \varphi_2 60^\circ & \delta_2 80^\circ & \omega_2 35^\circ \\ \varphi_3 90^\circ & \delta_3 60^\circ & \omega_3 30^\circ \end{array}$$

判断:可能有同向穿层解,无逆向穿层解。

$$1 \sim 2 \text{ 组合: } \left. \begin{array}{l} \varphi_1 0^\circ \\ \varphi_2 60^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 60^\circ \quad \begin{array}{ll} \delta_1 60^\circ & \omega_1 30^\circ \\ \delta_2 80^\circ & \omega_2 35^\circ \end{array}$$

按实例2程序计算得出同向穿层双解: $116^\circ 6' 29.57'' \angle 28^\circ 30' 40.96''$; $224^\circ 46' 39.25'' \angle 44^\circ 34' 1.4''$

$$2 \sim 3 \text{ 组合: } \left. \begin{array}{l} \varphi_2 60^\circ \\ \varphi_3 90^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 30^\circ \quad \begin{array}{ll} \delta_2 80^\circ & \omega_2 35^\circ \\ \delta_3 60^\circ & \omega_3 30^\circ \end{array}$$

按实例2程序计算得同向穿层双解: $225^\circ 15' 38.4'' \angle 44^\circ 35' 49.93''$; $327^\circ 55' 57.05'' \angle 34^\circ 4' 59.79''$ 。

4个解中最接近2解的平均值为: $\bar{\lambda} = 225^\circ 1' 8.82''$; $\bar{\alpha} = 44^\circ 34' 55.05''$ 。

结论:最可能产状解: $225^\circ 1' 8.82'' \angle 44^\circ 34' 55.05''$ 。

如果由于基础数据误差大而导致1~2,2~3组合计算无明显接近解时,可借助1~3组合计算获取第3组解以便确定最可能产状解。

实例8(参考文献[8]例):

$$\begin{array}{lll} \varphi_1 = 310^\circ & \delta_1 84^\circ & \omega_1 25^\circ \\ \varphi_2 = 324^\circ & \delta_2 80^\circ & \omega_2 22^\circ \\ \varphi_3 = 335^\circ & \delta_3 76^\circ & \omega_3 20^\circ \end{array}$$

判断:可能有同向穿层解,无逆向穿层解。

$$1 \sim 2 \text{ 组合: } \left. \begin{array}{l} \varphi_1 310^\circ \\ \varphi_2 324^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 14^\circ \quad \begin{array}{ll} \delta_1 84^\circ & \omega_1 25^\circ \\ \delta_2 80^\circ & \omega_2 22^\circ \end{array}$$

按实例2程序计算得同向穿层双解: $121^\circ 16' 48.35'' \angle 30^\circ 54' 56.35''$; $195^\circ 0' 51.92'' \angle 26^\circ 58' 51.02''$ 。

$$2 \sim 3 \text{ 组合: } \left. \begin{array}{l} \varphi_2 324^\circ \\ \varphi_3 335^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 11^\circ \quad \begin{array}{ll} \delta_2 80^\circ & \omega_2 22^\circ \\ \delta_3 76^\circ & \omega_3 20^\circ \end{array}$$

按实例2程序计算得同向穿层双解: $127^\circ 12' 53.25'' \angle 31^\circ 24' 9.02''$; $214^\circ 12' 43'' \angle 23^\circ 23' 44.85''$ 。

$$1 \sim 3 \text{ 组合: } \left. \begin{array}{l} \varphi_1 310^\circ \\ \varphi_3 335^\circ \end{array} \right\} \Delta \varphi 25^\circ \quad \begin{array}{ll} \delta_1 84^\circ & \omega_1 25^\circ \\ \delta_3 76^\circ & \omega_3 20^\circ \end{array}$$

按实例2程序计算得同向穿层双解: $124^\circ 55' 39.7'' \angle 30^\circ 58' 17.13''$; $206^\circ 5' 47.1'' \angle 25^\circ 48' 5.36''$ 。

6个解中较接近3解的平均值: $\bar{\alpha} = 31^\circ 5' 47.57''$; $\bar{\lambda} = 124^\circ 28' 27.1''$ 。

结论:最可能产状解为: $124^{\circ}28'27.1'' \angle 31^{\circ}5'47.57''$ 。

5 连续多斜孔段组合的计算方法

若斜孔中有连续3个以上孔段轴线倾斜与岩心轴角数据,可由上而下两两组合逐一进行岩层产状计算,把其上、下组合的计算结果作为确定其可能产状解的第2,3组解来运用。如果其中有单解的组合则更为便利。例如表1实例(参考文献[11]例),由于1~2组合和8~9组合具同向穿层单解,15~16组合具近似单解,为其他双解组合最可能产状解的确定提供了可靠依据。其计算结果表明:1~9孔段岩层倾角变化不大,但其倾向方位角由上而下逐渐向西偏转($161^{\circ} \rightarrow 169^{\circ}$);但9~15孔段岩层倾角则由小变大($28^{\circ} \rightarrow 31^{\circ}$),倾向方位角却变化不大($180^{\circ} \rightarrow 181^{\circ}$)。造成这一状况的原因,可能在9~10孔段之间有构造变动或其他原因。究竟何种原因尚需结合周围地质资料全面分析。

表1 某孔连续孔段实测数据与计算结果

孔段	φ°	δ°	ω°	λ°	α°
1	342	87	28	162°	31°
2	342	85	26		
3	345	82	23	163°42'29.7"	30°59'51.27"
4	346	79	20	165°34'25.6"	30°59'40.89"
5	346	75	16	167°11'33.6"	30°59'43.86"
6	348	72	15	167°5'43.67"	30°59'41.55"
7	348	69	10	166°49'43.2"	30°59'23"
8	349	67	8	168°32'10.4"	30°59'51.39"
9	349	65	6	169°	31°
10	350	62	5	180°39'36.3"	28°0'45.1"
11	350	61	5	180°20'18.8"	28°56'10.64"
12	350	58	6	180°18'50.93"	29°3'23.67"
13	351	56	6	181°20'58.9"	31°54'9.72"
14	351	53	8	180°50'49.8"	31°11'4.17"
15	352	51	10	181°19'23.3"	30°54'11.13"
16	354	50	12	近似 186°30'24.6"	近似 31°46'10.69"

6 结束语

利用实测钻孔倾斜和岩心轴角数据对地下岩层产状的计算是一项十分精细的技术工作,既可以在电子计算机上完成^[11],利用有存储功能的电子计算器同样可以保证计算结果的准确性。该文所有计算均用后者来完成。

为保证计算结果的准确性,需要计算工具具有足够的精度。但是,由于基础数据的精度有限,当将计算结果用于地质构造研究和储量计算时并非必需如此高的精度,可以根据需要决定取舍。

利用钻孔实测数据对地下岩层产状的计算还可以采用孔段顶角以及岩心轴面角进行,虽然计算公式和依据数据有所不同,但其计算结果是一致的(具体计算公式略),可以依照个人习惯选用。

感谢朱永昌、邢锋、上官义宁高级工程师对笔者研究工作的支持和帮助!

参考文献:

- [1] 刘德正,曹显煌,肖雷同.利用岩心轴角求地层产状问题之探讨[J].地质与勘探,1981,(6):31-38.
- [2] 文朴.利用单孔测斜数据计算地下矿层产状[J].地质与勘探,1983,(2):37-39.
- [3] 董士尤,屈溢泉.单钻孔确定地下岩层产状的原理与方法[J].浙江大学学报,1984,18(4):123-132.
- [4] 林银山.利用钻孔资料确定岩层产状[J].华东地质学院学报,1987,10(4):75-87.
- [5] 李怀乾.用钻孔资料求构造面产状[J].河南地质,1997,15(2):143-146.
- [6] 唐炎森.根据钻孔资料确定地下岩层产状——通用地质坐标系应用实例(之四)[J].连云港化工高专学报,1997,3(3):28-30.
- [7] 钱祥麟.根据单钻孔资料确定地下岩层产状[J].地质科技,1976,(6).
- [8] 胡火炎.赤平极射投影在岩心钻探地质上的应用[J].地质与勘探,1978,(1):39-54.
- [9] 何绍勋.构造地质学中的赤平极射投影[M].北京:地质出版社,1979.
- [10] 杨本锦,刘云霞.利用岩心轴角换算地层产状的方法[J].地质与勘探,1977,(2):42-44,28.
- [11] 林银山.用钻孔数据求岩层产状的BASIC程序[J].地质与勘探,1988,(2):35-37.

(下转第10页)

XU Fang

(Qixia Jinxing Mining Company, Shandong, Qixia 265300, China)

Abstract: Houkuang gold mine in Qixia city locates at the top of the Houkuang domal structure in Jiaobei uplift with the trend of NE. Intrusive rock and quartz veins are major ore - controlling elements for gold ore - forming. This deposit belongs to medium and low temperature thermal quartz vein type. Ore prospecting symbols are summarized and two ore - forming predication areas are circled in this paper. It is suggested that basic work should be strengthened to carry out ore - prospecting work in surrounding areas.

Key Words: Shancheng gold deposit; geological characteristics; ore - prospecting direction; ore - forming predication; Qixia City in Shandong Province

(上接第5页)

Practical Method on Measuring Underground Formation Occurrences by Using Observed Drilling Datas

LIU De - zheng

(No. 248 Geological Brigade of Shandong Nuclear Industry, Shandong Laixi 266601, China)

Abstract: Methods for measuring underground formation occurrence under different formation combination are studied, and overall and accurate graphic results gained by stereographic projection are showed in this paper. All possible occurrence results in double downward hole formation (including incongruous transverse graphic results); and most possible occurrence graphic results in direct downward hole formation, tri - downward hole formation, serial multi - downward holes formations and concordant single graphic result in double downward hole formation can be measured.

Key words: Drilling hole; measurement; underground formation; occurrence; axial angle of bore core

胶州市加强房地产市场秩序整治

为进一步整顿和规范全市房地产市场秩序,胶州市国土资源局坚持“标本兼治,综合治理”的原则,重点对项目审批、土地供应、开发用地、中介管理等环节进行集中清查,促进了全市房地产市场秩序的规范健康发展。

(1)规范项目行政审批,提高服务效能。为进一步提高服务效能,该局重新理顺了用地预审、土地征用等10多项业务审批事项,并在市行政服务中心窗口集中受理。同时,结合商业贿赂专项治理工作,该局加强了对土地出让、土地供应、土地登记等环节的监督检查,确保房地产市场的规范有序发展。

(2)规范土地出让行为,打造“阳光国土”。为保证房地产用地依法规范取得,该局对2006年1月至2007年6月以来,全市32宗房地产用地进行了集中清查。依据《招标投标挂牌出让国有土地使用权规定》、《招标投标挂牌出让国有土地使用权规范》等法律法规,重点查处土地招标投标挂牌出让过程中的违规行为。

(3)查处违法违规用地,促进依法用地。该局重点查处了非法占地、私下协议圈占使用集体土地,私自改变土地用途等违规行为。截至目前,共查出未批先建、改变土地用途等违法违规单位6家,均已按照法定程序依法进行了行政处罚,其中因涉嫌触犯《刑法》移送司法机关追究刑事责任2宗,提出党纪处分建议1人次。

(4)规范中介机构业务,维护市场秩序。为规范房地产市场中介服务机构及从业人员行为,该局对全市21家房地产评估中介机构进行排查梳理,重点查处未取得职业资质、未按规定备案开展房地产中介业务,任意抬高或压低评估价格的违法违规行为,切实维护房地产市场的正常秩序。

(姜善勇)