

斜孔综合投影BASIC程序 及投影位移规律初探

刘宗禄 罗本成

(湖南省煤炭工业学校)

根据斜孔投影原理编制出一个BASIC程序,可同时计算五种投影、打印数据和绘制综合投影图件。文中推出的公式,可用已知的测斜数据(方位角、天顶角、岩心倾角、岩层走向)准确计算岩层真倾角并判定钻进的方向。探讨了投影位移规律。上述程序和规律,适用于各类层状或似层状矿床。

关键词: 斜孔综合投影; 投影位移规律; BASIC程序



工作方法

目前,在生产和科研中,斜孔剖面绘制多采用垂直投影和走向投影等传统方法,仍使用非可编程序型计算器,使计算、列表和投影制图停留在手工操作阶段。

为提高投影的计算效率和精度,使列表制图自动化,笔者综合出斜孔的五种投影计算方法,并编写了BASIC程序。本程序简便、功能较全、实用性强,可供野外生产、科研和教学使用。

通过推证,笔者提出了利用孔段天顶角、方位角、岩心倾角和岩层走向,求算孔内岩层真倾角的公式;同时,设计了一种自动判断孔内顺(或逆)岩层倾向钻进的方法,一并应用于本程序中。

在大量实例计算的基础上,还初步探讨了斜孔综合投影位移的基本规律,也借此作一介绍。

数学原理

斜孔剖面投影方法很多,笔者认为,计

算法优于作图法、图算法和表算法。能够修正投影高程的垂向倾斜投影法、斜向倾斜投影法、尤其是直角四面体投影法优于传统的垂直投影法和走向投影法。

笔者还采用计算机综合进行上述五种方法的计算、列表、绘图。

这五种方法的综合投影示意和投影原理见图1和图2,投影过程中岩(矿)层真倾角与

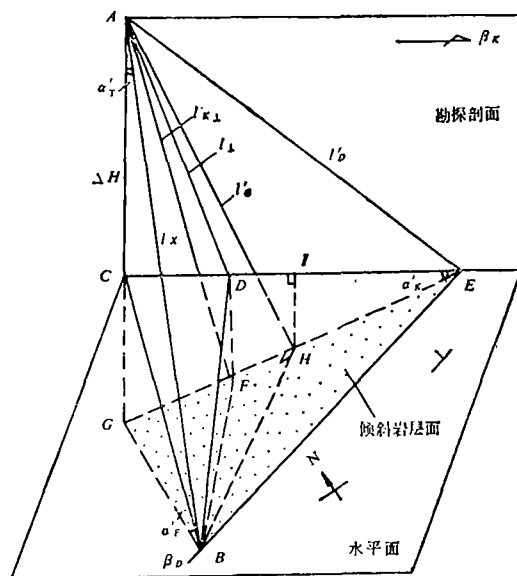


图 1 斜孔综合投影示意图



各种视倾角的相互关系见图3。上述三图的解析均以某一孔段逆岩层倾向钻进为例。

孔轴线 l_x ; CB 为 AB 的水平投影长 l_p , 且表示该孔段歪斜方位角 β_F ; AC (或 AG)为铅垂线, AC 是 AB 的垂直投影长 ΔH ; CE 为

勘探剖面方位 β_K , BE 为岩层走向 β_D ; D 、 E 、 F 、 G 、 H 分别为 AB 孔段止点 B 在勘探剖面上的垂直投影点、走向投影点、斜向倾斜投影点、直角四面体投影点; DF 、 CG 、 IH 分别为 AB 孔段垂向倾斜投影、斜向倾斜投影、直角四面体投影的高程修正增量 $\Delta h_{K\perp}$ 、 Δh_s 、 Δh_G ; CD 、 CE 、 CI 分别为孔段 AB 垂直投影(及垂向倾斜投影)、走向投影和直角四面体投影的剖面位移增量,铅垂面 AGE 为勘探剖面; 倾斜面 BEG 为岩层面; 平面 $BCDE$ 代表某一水平面, GE 为勘探剖面与岩层面的交迹线; α_D (图3中的 $\angle CMG$) 代表岩层真倾角; $\angle BAC$ 为孔段天顶角 α_T , $\angle CEG$ 为勘探线剖面上的岩层视倾角 α'_K , $\angle GBC$ 和 $\angle DBF$ 分别为孔斜方位和垂直于勘探线方位的岩层视倾角 α'_F 和 $\alpha'_{K\perp}$ 。

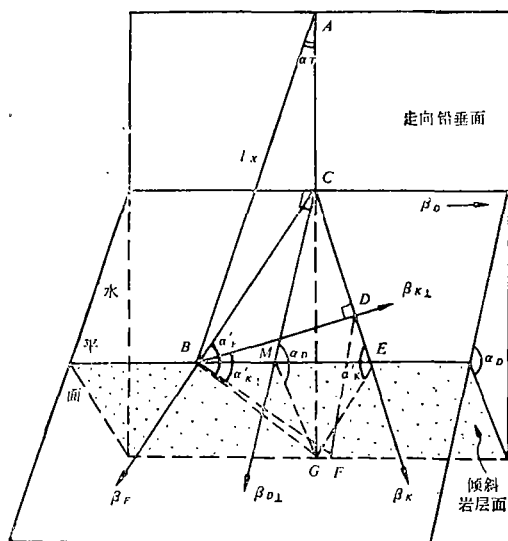


图3 岩(矿)层各种倾角及方位角示意图

垂直投影法(即正投影法、法线投影法)和走向投影法已有微型机的BASIC和FORTRAN语言等程序。垂直投影的实质是把极坐标换算为以孔口为原点、勘探剖面线为横轴的工程坐标; 走向投影计算的依据是正弦定理或利用垂直投影成果来换算。这两种投影方法简单、直观, 用EL-5100型程序计算器, 可一次完成全部计算, 但其共同的缺

陷局限了投影质量的提高。

垂向倾斜投影法(即视倾角投影法)是在垂直投影的基础上, 再用其垂直投影方向的岩层视倾角($\alpha'_{K\perp}$)求出修正高程增量 $\Delta h_{K\perp}$, 这比垂直投影法已进了一步[1]。

斜向倾斜投影法(即归心投影法、直孔表示法)是将斜孔中各控制点分别沿孔段至斜方位、顺倾斜岩层面依次向孔口铅垂线投影, 再用各孔段方位的岩层视倾角 α'_F , 求出修正高程增量 Δh_s , 使各孔段的修正高程及地质界线全部体现在孔口铅垂线上, 它无剖面横向位移增量[2]。

直角四面体投影法(即直接投影法、产状投影法)是将斜孔及其所揭露的地质界线(如止点 B)向“倾斜岩层面与勘探剖面的交迹线”作垂线 BH , 其交点 H 为 B 点在勘探剖面上的投影点, 该点到勘探剖面水平线的垂距 IH 为高程修正增量 Δh_G , DI 的长度为 B 点投影的剖面位移校正量。该投影是在一个直角四面体内, 采用垂直投影和走向投影成果的基础上, 考虑勘探线剖面上的岩层视倾角 α'_K 的综合计算方法[1, 2]。

除垂直投影法外, 其余四种均需利用岩层走向 β_D ; 除垂直投影法和走向投影法外, 其余三种还需要利用岩层真倾角 α_D (据此换算成视倾角, 用以校正投影高程)。然而, 任意斜孔中地下岩层产状很难获得, 故一些文献相继推荐产状算法或产状图算法, 但其实用性尚待实践验证。

鉴此, 笔者推导了一个孔内岩层产状计算公式, 并已应用于本程序中。该式可把本不在同一铅垂面内斜孔的孔段天顶角 α_T 和岩心倾角 θ_x , 换算到真倾斜方位的同一剖面内, 亦即变换为垂直于岩层走向的斜孔的数据(可直接加减), 从而自动计算出真倾角和视倾角。该式只用一个测点的天顶角、孔段方位角、层心倾角和岩层走向, 便可计算出相应深度岩层真倾角(唯一解)。该式的计算需先确定岩层走向, 据知, 国内已有较实用的

测定孔内岩层走向的仪器, 这为本程序的使用提供了更为方便的条件[3, 4]。

计算公式

1. 孔段止点位置计算公式

孔段高程增量 $\Delta H_P = l_x \cdot \cos \alpha_T = AC$

孔段止点高程 $H_P = H_{P-1} - \Delta H_P$

孔段纵坐标增量 $\Delta x_P = l_x \cdot \sin \alpha_T \cdot \cos \beta_F$

孔段止点纵坐标 $x_P = x_{P-1} + \Delta x_P$

孔段横坐标增量 $\Delta y_P = l_x \cdot \sin \alpha_T \cdot \sin \beta_F$

孔段止点横坐标 $y_P = y_{P-1} + \Delta y_P$

2. 垂直投影法计算公式

将某孔段投影到勘探剖面上:

沿剖面位移增量

$\Delta I = CI = l_x \cdot \sin \alpha_T \cdot \cos(\beta_F - \beta_K)$

垂直于剖面位移增量

$\Delta K = BD = l_x \cdot \sin \alpha_T \cdot \sin(\beta_F - \beta_K)$

或 $\Delta K = \Delta I \cdot \tan(\beta_F - \beta_K)$

$\Sigma I = \Sigma I_{P-1} + \Delta I$

$\Sigma K = \Sigma K_{P-1} + \Delta K$

3. 走向投影法计算公式 (可由两种途径求得)

(1) 依据正弦定理计算:

将某孔段走向投影到勘探剖面上:

沿剖面位移增量

$\Delta D = CE = l_x \cdot \sin \alpha_T \div \sin(\beta_D - \beta_K) \times \sin(\beta_D - \beta_F)$

沿走向位移增量

$\Delta J = BE = l_x \cdot \sin \alpha_T \div \sin(\beta_D - \beta_K) \cdot \sin(\beta_K - \beta_F)$

(2) 利用垂直投影成果计算:

$\Delta D = \Delta I \div \tan(\beta_K - \beta_D)$

$= \Delta I + \Delta D'$

$\Delta J = \sqrt{[(\Delta K)^2 + (\Delta D - \Delta I)^2]}$

4. 垂向倾斜投影法计算公式

(1) 垂直于勘探剖面方位岩层视倾角 ($\alpha'_{K\perp}$)

$\alpha'_{K\perp} = \angle DBF = \tan^{-1}[\tan \alpha_D \times \cos(\beta_K - \beta_D)]$

(2) 孔段止点高程修正增量 ($\Delta h_{K\perp}$)

$\Delta h_{K\perp} = DF = \tan \alpha'_{K\perp} \cdot \Delta K$
 $= |\Delta K \cdot \tan \alpha_D \cdot \cos(\beta_K - \beta_D)|$

(3) 孔段止点的修正高程 (H_K)

$H_K = H_P + \sum_{i=1}^P \Delta h_{K\perp} = H_P$
 $+ \sum_{i=1}^{P-1} \Delta h_{K\perp} \pm \Delta h_{K\perp}$

(程序中 $\Delta h_{K\perp}$ 自动取正或负)

(4) 求沿剖面位移值 (ΔI) 和垂直于剖面位移值 (ΔK) 均与垂直投影法相同。

5. 斜向倾斜投影法计算公式

(1) 孔段歪斜方位的岩层视倾角 (α'_F)

$\alpha'_F = |\tan^{-1}[\tan \alpha_D \cdot \sin(\beta_F - \beta_D)]|$

(2) 勘探线剖面方位的岩层视倾角 (α'_K)

$\alpha'_K = |\tan^{-1}[\tan \alpha_D \cdot \sin(\beta_K - \beta_D)]|$

(3) 孔段止点高程修正增量 (Δh_s)

$\Delta h_s = CG = l_x \cdot \sin \alpha_T \cdot \tan \alpha'_F = l_P \cdot \tan \alpha'_F$

或 $\Delta h_s = |\Delta D \cdot \tan \alpha'_K|$

(4) 孔段止点的修正高程 (H_s)

$H_s = H_P + \sum_{i=1}^P \Delta h_s = H_P$
 $+ \sum_{i=1}^{P-1} \Delta h_s \mp \Delta h_s$

(程序中对 Δh_s 自动取正或负)

6. 直角四面体投影法计算公式

(1) 沿剖面位移增量校正值 ($\Delta G'$)

$\Delta G' = DI = (\Delta D - \Delta I) \cdot (\sin \alpha_K)^2$
 $= \Delta D' \cdot (\sin \alpha'_K)^2 = DH \cdot \sin \alpha'_K$

(2) 沿剖面位移增量 (ΔG) 及其累计 ($\Sigma \Delta G$)

$\Delta G = \Delta I + \Delta G'$

$\sum_{i=1}^P \Delta G = \left(\sum_{i=1}^{P-1} \Delta G \right) + \Delta G = \Sigma G$

(3) 孔段高程修正增量 (Δh_G) 及其累计 ($\Sigma \Delta h_G$)

$\Delta h_G = IH = DH \cdot \cos \alpha'_K$
 $= \Delta G' \div \tan \alpha'_K$

$$\sum_{i=1}^P \Delta h_G = \sum_{i=1}^{P-1} \Delta h_G + \Delta h_G$$

(程序中对 Δh_G 自动取正或负)

(4) 孔段止点修正高程 (H_G)

$$H_G = H_P + \sum_{i=1}^P \Delta h_G$$

7. 孔内岩层真倾角 (α_D) 的计算公式

(1) 孔段天顶角在岩层真倾向方向的投影值 (A_1)

$$A_1 = |\text{tg}^{-1}[\text{tg} \alpha_T \cdot \sin(\beta_D - \beta_F)]|$$

(2) 孔段岩心倾角在岩层真倾向方向的投影值 (C_1)

$$C_1 = \cos^{-1}[\cos \theta_z \cdot \cos A_1 \div \cos \alpha_T]$$

(3) 孔段岩层真倾角 $\alpha_D = |A_1 \pm C_1|$

(程序中对 C_1 自动取正或负)

以上, 除求孔内岩层真倾角的一组公式系笔者提出外, 其余均为引用, 部分作了改进。

程序设计

笔者设计的斜孔剖面综合投影BASIC程序共占机器内存5681字节, 预置斜孔数据后, 程序运行中, 仅有2~3次人机对话, 可任意选择输出方式。使用8K模块的PC-1500计算机, 可进行20个孔段的计算; 若用16K模块则可存储大量钻孔数据。

程序总框图见图4, 程序清单从略。

程序使用方法

1. 置数语句DATA结构

本程序各项原始数据均应依序预置于DATA语句中, 令程序自动读取。

(1) 每个钻孔必须预置的钻孔编号及各孔段公用原始数据依次排列方法如下:
行号: "ZK\$": DATA Q1、BK、ZG、W、X₀、Y₀、H₀。

ZK\$为钻孔编号; Q1为第一孔段钻进方向与岩层倾向的相对关系代号 (逆地层倾向钻进为1, 顺地层倾向钻进为-1); BK为

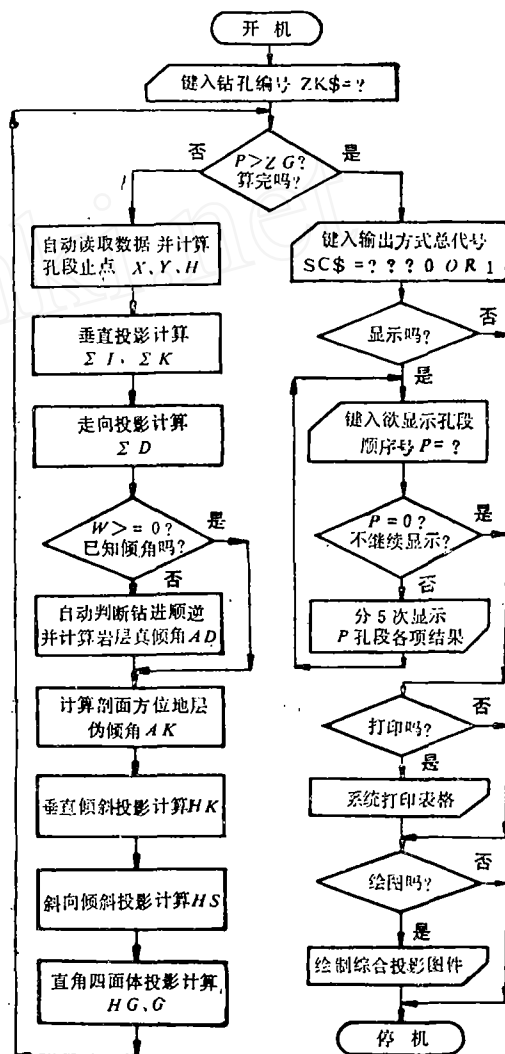


图4 斜孔综合投影BASIC
程序总框图

勘探线剖面方位(0~180°); ZG为钻孔计算孔段的段数, 包括插入的孔数在内; W为是否已知岩层真倾角AD的标识符 [当已知全孔统一的AD和BD(走向)时W为0; 当已知各孔段的AD和BD时W为1; 当未知AD、已知BD和CX(岩心倾角)时W为-1]; X₀、Y₀、H₀分别为孔口坐标、高程。

当W=0时, 在H₀后尚应设置全孔统一的AD和BD数据。

(2) 然后, 按连续行号分别依次将每

一孔段的原始数据排列在 DATA 语句中。
随 W 值不同, 孔段数据排列的方法分列于后:

$W=0$ 时, 依次为 M' 、 AT 、 BF

$W=1$ 时, 依次为 M' 、 AT 、 BF 、 AD 、 BD

$W=-1$ 时, 依次为 M' 、 AT 、 BF 、 CX 、 BD

M' 为计算孔段止深; AT 为孔段天顶角 ($0 \sim 90^\circ$); BF 为孔段方位角 ($0 \sim 360^\circ$)

2. 操作须知

斜孔原始数据预置完毕并经检查无误后, 便可开始计算和打印图表。

使用本程序的全过程, 用户仅需由键盘输入三个数据, 其余均系自动进行。这三个数据的约定内容是:

(1) 钻孔编号 (ZK\$): 可用任何字符或数字来表示, 但是必须与该钻孔第一行 DATA 语句中的标识符一致 (如 1201 或 -802 等)。

(2) 输出方式总代号 (SC\$): 规定由三位数字组成, 第一位数为屏幕显示方式 (百位), 第二位数 (十位) 为打印表格, 第三位数 (个位) 为绘制图件。当一个钻孔计算完毕时, 屏幕显示 SHU CHU FANG SHI? SC\$=?, 即询问用户选择何种输出方式, 选用哪一种方式, 就在三位数中的规定位置用 1 表示, 不选用的就用 0 表示。如, 键入指令 011, 计算机将自动打印表格、图件。

(3) 孔段代号 (P): 当采用屏幕显示方式时, 计算机屏幕询问 $P=?$ 用户可键入该钻孔的任一孔段顺序代号, 屏幕立即依次显示该孔段的各项计算结果 (每次用送入键即 [ENTER] 调出下一组数据)。当键入 0 时, 计算机立即停止屏幕输出方式。

程序运行过程中, 屏幕依次显示正在计算的孔段顺序号和该孔段的岩层倾角, 或显示正在打印表格和绘图。

综合投影示例

举例: ZK8610 孔的计算机直接输出成果见表和图 5。

ZK8610 原始数据

7160: "8610": DATA 1, 95, 8, -1, 15 3.20,
245.62, 218.46
7161: DATA 25, 5, 10 5.36, 50, 75, 1 1.118.30,
30, 50, 125, 17.30, 121, 24, 50
7162: DATA 175, 20.30, 130.30, 20, 50, 225,
25, 141, 15, 50, 275, 31, 147.30, 10, 50
7163: DATA 278.56, 35, 152.20, 9, 50, 306.28,
35, 152.20, 9, 50

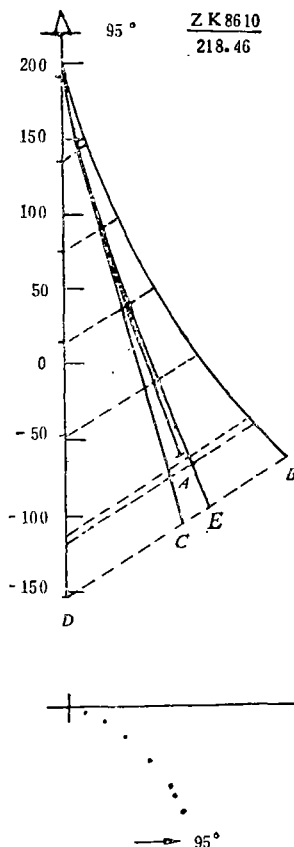


图 5 综合投影图

图 5 剖面上各种投影曲线, 分别由下列计算成果自动绘制: 用 ΣI 和 H_p 绘制垂直投影曲线 A; 用 ΣD 和 H_p 绘制定向投影曲线 B; 用 ΣI 和 H_k 绘制垂向倾斜投影曲线 C; 用 FI_s

综合投影程序计算输出成果(KZ8610)

孔段止点位置			垂直投影位移		走向投影	垂向倾斜投影			斜向倾斜	直角四面体	
纵坐标 $X(P)$	横坐标 $Y(P)$	高程 $H(P)$	沿剖面 $I(P)$	垂直剖面 $K(P)$	剖面位移 $D(P)$	真倾角 $AD(P)$	视倾角 $AK(P)$	高程 $HK(P)$	投影高程 $HS(P)$	高程 $HG(P)$	剖面位移 $G(P)$
152.64	247.72	193.56	2.15	0.38	2.52	40.00	30.41	193.33	192.06	193.39	2.24
148.08	256.11	144.47	10.89	4.18	15.08	40.00	30.41	141.99	135.53	142.64	11.98
140.34	269.00	96.79	24.41	10.77	35.16	39.58	30.39	90.40	75.92	92.06	27.21
128.97	282.31	49.95	38.66	20.94	59.61	39.58	30.39	37.54	14.61	40.77	44.11
112.55	295.61	4.64	53.34	36.14	89.48	33.59	30.40	-16.79	-48.43	-11.22	62.75
90.83	309.45	-38.22	69.02	56.57	125.59	40.01	30.42	-71.78	-112.72	-63.04	83.75
89.02	310.39	-41.14	70.12	58.29	128.41	39.60	30.41	-75.72	-117.31	-66.71	85.30
74.94	317.78	-63.84	78.70	71.68	150.38	39.60	30.41	-106.37	-153.05	-95.30	97.36

绘制斜向倾斜投影修正高程线 D ；用 ΣG 和 H_G 绘制直角四面体投影曲线 E 。

图5平面上孔段止点的投影，可用 x_P 和 y_P 控制，但笔者认为改用 ΣI 和 ΣK 更为简便、直观、迅速，并且在计算机上采用此工程坐标式的数字作图更佳。

平、剖面图可各自单独绘制，互不依赖，并可对应吻合。

计算机绘图时，可依据不同孔深和纵向横向位移的大小，由程序自动选择图件的比例尺（1/2000，1/5000和1/10000三种），并合理选定孔口铅垂线的适当位置。

投影位移规律初探

斜孔各种投影计算似乎杂乱、互不相关，但通过大量实例计算发现，其相互联系甚为密切，变化亦有规律可循。初步归纳如下：

1. 平面位移值

(1) 投影点位置：当 ΣI 、 ΣG 、 ΣD 的值自动显正时，表明该点位于勘探剖面方位 β_K 指向的相同一端；反之，显负时，表明该投影点位于相反一端。

(2) ΣK 永远位于 ΣI 所在的同一端。当 ΣK 为正时，表示该孔段止点位于 β_K 指向线的顺时针方向一侧；当 ΣK 为负时，表示该孔段止点位于逆时针方向一侧。

(3) 同一钻孔的各 β_P 值，分别大于和小于 β_K 或 $\beta_K \pm 180^\circ$ 或 $\beta_K \pm 90^\circ$ 者称为“跨区

孔”。通常，非跨区孔 $|\Sigma I| < |\Sigma G| < |\Sigma D|$ （这与顺或逆岩层倾向钻进无关），当 $|\beta_K - \beta_D| \approx 90^\circ$ 时（即倾向剖面），各孔段 $\Sigma I \approx \Sigma G \approx \Sigma D$ ，此时的垂直投影点、直角四面体投影点和走向投影点三者近于重合。

(4) ΔI 、 ΔK 及 ΔD 的大小与钻进的顺、逆无关。当 l_x 、 α_T 不变时， $|\beta_P - \beta_K|$ （锐夹角）越接近 90° ，则 ΔI 、 ΔG 、 ΔD 越小，而 ΔK 相对较大。

(5) 同一钻孔，采用 β_K 和 $\beta_K \pm 180^\circ$ （或者 β_D 和 $\beta_D \pm 180^\circ$ ），分别进行计算，则所输出的 ΣI 、 ΣG 、 ΣD 和 ΣK 的正负号将发生改变，此时，前述第1、第2项中判断投影点位置（或止点位置）的原则、方法仍适用，投影点和止点的实际位置仍未改变。

2. 剖面上的投影（或投影修正）高程值

(1) H_G 、 H_K 、 H_S 都为孔段止点投影后的修正高程，其很大程度取决于孔段止点高程 H_P （也是垂直投影高程和走向投影高程）以及岩层的真假倾角和钻进的顺逆。

(2) 岩层倾角 $\alpha_D = 0^\circ$ 时， $H_P = H_G = H_K = H_S$ 。除此，高程修正增量累计值 $|\Sigma \Delta h_G|$ 、 $|\Sigma \Delta h_K|$ 、 $|\Sigma \Delta h_S|$ 与 α_D 成正比。

(3) 逆地层倾向钻进时， $H_P > H_G > H_K > H_S$ ，即投影点的位置由高而低；顺岩层倾向钻进时，与此相反。但跨区孔有例外。

3. 孔段止点的坐标和高程

(1) x_p 、 y_p 、 H_p 的大小仅取决于 l_x 、 α_T 、 β_F 和 x_0 、 y_0 、 H_0 ，与 β_K 、 β_D 、 α_D 、 θ_x 无关，亦不因投影方法而异。

(2) 同一孔段止点经纬值（或通用平面直角坐标值） x_p 、 y_p 与工程坐标值 ΣI_p 、 ΣK_p 在数值上常不相同，但其落点位置却应完全重合。

4. 岩层的真、假倾角

(1) α_D 值取决于 α_T 、 β_F 、 θ_x 大小及钻进的方向（ β_F 与 β_D 夹角的值）；不同方位视倾角取决于 α_D 及该方位与 β_D 的夹角大小。

(2) 通常 $\alpha_D > \alpha'_K$ 、 $\alpha'_{K\perp}$ 、 α'_F ；若 $\beta_K \approx \beta_{D\perp}$ （倾向剖面）则 $\alpha'_K \approx \alpha_D$ ，此时 $\alpha'_{K\perp} \approx 0$ （走向方向）。

5. 勘探剖面上各校正曲线的关系及其对比

(1) 非跨区孔，且 $\Sigma D > \Sigma I$ 时，在利用 $H_p - \Sigma D$ 、 $H_G - \Sigma G$ 和 $H_K - \Sigma I$ 三种投影计算结果所作的三条曲线 B 、 E 、 C 上，各相应点的连线为一直线，其倾斜度与计算的 α'_K 数值相等，故综合投影可相互验证，且可指导依产状准确绘图（该直线为岩层面）。

(2) 同上情况，且当上、下岩层倾角变化较小时，各 H_S 点 D 亦在上述三曲线相应点所连直线（或其延长线）上。

(3) 当 $\alpha_D \approx 0^\circ$ 时，垂直投影在所得 $H_p - \Sigma I$ 曲线 A 上，其相应点永不在上述三曲线相应点的连线上。

(4) 在天顶角 α_T 由小渐大的非跨区孔上，岩层产状稳定时，各投影曲线从上至下呈“爪”字形分布；而跨区斜孔投影曲线形

态则略显复杂。

(5) 当 $\alpha_D \approx 0^\circ$ 时，曲线 A 、 C 、 E 趋于重合； α_D 越大，则曲线 A 、 C 、 E 相应点的高程相距越大。

(6) 当 $|\beta_K - \beta_D| \approx 90^\circ$ （侧向剖面， $\alpha'_K = \alpha_D$ ）时，投影曲线 A 、 B 、 C 、 E 趋于重合； $|\beta_K - \beta_D|$ 越小则四曲线相距越远。

(7) 当 $|\beta_F - \beta_K|$ 越大（锐角）， β_D 不垂直于 β_K ，若 β_D 、 β_K 一定时，则各相应投影点相距甚大。

(8) 通常，直角四面体投影计算的 ΣG 和 H_G 值，总是介于其他方法投影位移值的中间，它的剖面位移值和标高修正值较小，即投影距离最短、可靠性较大，故此，直角四面体投影法适应性更广，准确度更高。

笔者综合五种斜孔投影计算方法和编写的BASIC程序适用于各种层状或似层状矿产的任意斜孔。当已知全孔统一的（或各孔段的）岩层走向、倾角或走向和岩心倾角时，均可顺利运行，惟在打印表格时，每项数字输出不能超过三位整数。此外，斜向倾斜投影法不宜用于岩层倾角变化较大的钻孔，若用于解决构造点投影效果亦较佳〔2〕。

参考文献

- 〔1〕青海省地质局等：《探矿工程地质编录》（上册），地质出版社，1981年，第4章。
- 〔2〕王子国：煤田地质与勘探，1983，第6期。
- 〔3〕上海地质仪器厂等：《钻孔弯曲测量》，地质出版社，1978年。
- 〔4〕毛章甫等：探矿工程，1984，第5期。
- 〔5〕中国矿业学院等：《煤田地质普查勘探手册》（下册），煤炭工业出版社，1982年，第473~513页。
- 〔6〕张校正等：《袖珍计算机PC-1500编写语言及外围设备》，气象出版社，1984年。

A BASIC Program for Calculating the Synthetic Projection for Inclined Holes and an Initial Study on the Regularity of Projection Displacement

Liu Zonglu Lo Bencheng

According to the fundamental relations of projection for inclined holes, the writers made a BASIC program for calculating projection lines (five at the same time), printing data sheet and drawing, synthetic projections. A new formula is given. It can be used to compute the true dip of a stratum and determine whether it is positive or negative. In addition, the regularity of the projection displacement is discussed. The program and the regularity are appropriated to both stratiform and stratoid deposits.