

氟异常定量计算的初步研究

地质部物探研究所 谢 勇

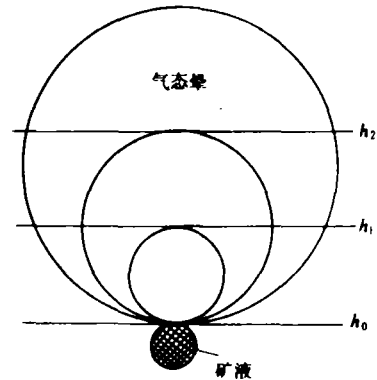
本文涉及的氟异常评价的定量计算,是以地球化学、物理化学为理论基础,以气、液两相的理想成晕模式出发,从宏观与微观之能量入手,综合考虑地球化学成晕的主要影响因素,建立起热力成晕地球化学场公式。地球化学场,是指在某物理化学作用的地球空间范围内,某元素的含量有规律变化的作用力。经过推演,根据氟异常的几个参量,得到预测矿体埋深 h 的定量计算公式。经两江铜矿和马雄锑矿及其他矿区的实践,预测了矿体埋深,取得了一定成果。

方 法 原 理

卤族元素在热液成矿作用中,是重要的矿化剂,能与很多金属元素形成络合物,在气相和液相中迁移,并沿着穿透性偏高带的岩层呈微包的气体,能穿透矿床以上相当的高度(见波利卡尔波奇金著《次生分散晕和分散流》)。实践表明,卤素中的氟,是寻找盲矿体的很好的指示元素,选择氟元素为化探异常评价的定量计算研究对象,是具有实际意义的。

1.成矿热力释放与定量计算模式 从热力学观点出发,氟异常是在物理化学热力扩散力的作用过程中形成的。因此,必须研究氟元素成晕的物理现象和化学现象,找出主要的、普遍的规律,建立起地球化学场的成晕物质的数量关系式。

在地质成矿和地球化学作用的复杂过程中,氟元素从矿液中释放出来直达地表成晕。从氟的地球化学性质分析,可能呈微包的气态氟分子,在成晕的范围内,以矿体为中心,向上覆地层进行扩散,形成了热液点场源的气液理想成晕模式,见



● 矿体 ○ 晕的分布 h 为矿体埋深

图1 热液点场源理想成晕模式

图1。

2.氟异常参量与矿体埋深 h 的关系 根据上述模式,研究氟异常的三个参量异常(元素含量)的强度 C_i ,异常的宽 S ,异常的梯度 dC_i/dS 之夹角 α 的变化规律,找出参量 C_i, S , 夹角 α 的数值变化与矿体埋深的关系。当矿体埋深 h 最小,则其相对应的异常宽度 S 也最小,而异常强度 C_i 和异常梯度变化的夹角 α 最大;若矿体埋深 h 最大,则相对应的异常宽度 S 最大,而异常强度 C_i 和异常梯度变化的夹角 α 最小;当矿体埋深 h 处在它们之间时,则参量 S, C_i, α 也处在它们之间,为此得到异常与矿体的埋深是随 $h_2 \rightarrow h_1 \rightarrow h_0$ 变小,则 $S_2 \rightarrow S_1 \rightarrow S_0$ 也变小,而 $C_{i2} \rightarrow C_{i1} \rightarrow C_{i0}$ 和 $\alpha_2 \rightarrow \alpha_1 \rightarrow \alpha_0$ 则变大从而说明了矿体的埋深愈大,异常的宽度愈大,而异常强度和异常梯度变化的夹角愈小,反之亦然。因此有异常宽度 S 与矿体埋深 h

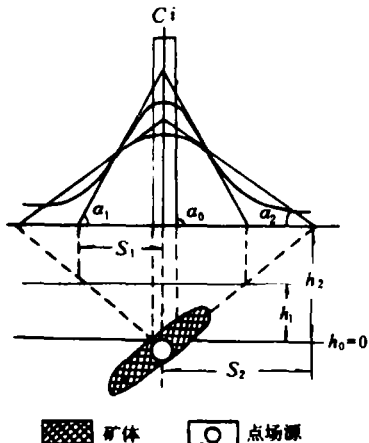


图2 异常与矿体埋深示意

成正比和异常强度 C_i 、异常梯度的变化夹角 α 成反比的关系(图2) 这是热力扩散所致。

3.热力成晕及定量计算公式的建立 据热力学热量传递的特性,温度总是从高温向低温传递,热液地球化学场的成晕,也服从这些客观规律。若成晕环境的温度发生变化时,主要是矿体的高温,向其周围以至地表岩石的低温方向传递,因此由高温到低温的热力释放,造成热力的不平衡状态,使氟分子迁移,这就是矿液热力释放成晕。从化学反应的实验也可得到证明。当化学反应进行时,也要放出或吸收热量,为此借助热力扩散成晕,建立化探异常评价定量计算公式。

地球化学晕的形成,是成矿溶液物质分子活动的结果。而成晕分子的活动又依赖于成矿的热力,故成矿温度(T)、压力(P)和矿液中成矿组分的克分子数(n)均是成晕的直接因素。假设晕是来源于单一组分的理想气体,成晕自由能 μ 是 $n, P, T, V, h, \nu, \zeta$ 的函数。

$$\begin{aligned} \text{则} \quad d\mu = & \left(\frac{\partial \mu}{\partial n} \right)_{P, T, V, h, \nu, \zeta} dn + \left(\frac{\partial \mu}{\partial P} \right)_{n, T, V, h, \nu, \zeta} dP \\ & + \left(\frac{\partial \mu}{\partial T} \right)_{n, P, V, h, \nu, \zeta} dT + \left(\frac{\partial \mu}{\partial V} \right)_{n, P, T, h, \nu, \zeta} dV \\ & + \left(\frac{\partial \mu}{\partial h} \right)_{n, P, T, V, \nu, \zeta} dh + \left(\frac{\partial \mu}{\partial \nu} \right)_{n, P, T, V, h, \zeta} d\nu \\ & + \left(\frac{\partial \mu}{\partial \zeta} \right)_{n, P, T, V, h, \nu} d\zeta \end{aligned} \quad (1)$$

据物理化学的化学位观点,认为克分子数 n ,克分子密度 ρ ,克分子量 M_E 和温度 T 等诸因素为主要影响地球化学场的物理量。

$$\text{设} \quad \mu = n \frac{\rho^*}{\rho} \frac{M_E^*}{M_E} RT \quad (2)$$

(1)(2)两式中, n 为成晕的克分子数; P 为压力; T 为温度; h 为成晕在三度空间的扩散投影的总距离即矿体中心到地表的垂直距离; V 为克分子扩散速度; ζ 为计算的转换定数; ν 为光子频率(爱因斯坦光化定律:一个光子活化一个分子或原子所含光的频率); ρ 为矿液中成晕的标准克分子密度; ρ^* 为矿液中成晕的克分子密度; M_E 为矿液中成晕组分的标准克分子量(在工程热力学中为混合气体的克分子量); M_E^* 为矿液中成晕的克分子量(在工程热力学中为混合气体某组分气体的克分子量)。

据热力学,气、液两相在封闭系统中,物质的变化量:设 $\frac{\rho^*}{\rho}, \frac{M_E^*}{M_E}$ 为克分子密度和克分子量在成晕体系和矿液体系中的基本分配比例因数; RT 为以气体成晕为对象的热力强度因素的能量。

公 式 推 导

据(2)式 $\mu = n \frac{\rho^*}{\rho} \frac{M_E^*}{M_E} RT$ 热力学内能公式(本文为矿液自由能)

$$U = 3RT \quad [1] \quad (3)$$

$$\text{将(3)代入(2)} \quad \therefore \mu = n \frac{\rho^*}{\rho} \frac{M_E^*}{M_E} \frac{U}{3} \quad (4)$$

由物理化学光化当量公式^[1]克分子吸收光的能量

$$U = N h \nu \quad (5)$$

(5)式中 U 为矿液体系成晕的分子活化能; N 为阿伏伽德罗数; h 为普朗克常数; ν 为含光子频率。

$$\text{将(5)代入(4)}, \quad \therefore \mu = n \frac{\rho^*}{\rho} \frac{M_E^*}{M_E} \frac{N h \nu}{3} \quad (6)$$

按工程热力学^[4]阿伏伽德罗定律,在同温同压下,气体密度与分子量成正比(为组成气体的相对容积成分)的公式

$$\frac{M_E}{M_E^*} = \zeta, \text{ 并代入(6) 式}$$

$$\therefore \mu = n \frac{\rho^*}{\rho} \frac{Nh\nu}{3\zeta} \quad (7)$$

对(7) 式 $\frac{\partial^2 \mu}{\partial n \partial \zeta} = -\frac{\partial^2 \mu}{\partial \zeta \partial n}$ 的微分

$$d\mu = \frac{\rho^*}{\rho} \frac{Nh\nu}{3} \frac{d\zeta}{\zeta} \quad (8)$$

据光学原理,物理化学克分子密度基本公式变换之 $\rho^*(\rho) = \frac{M_E Nh\nu}{C^2}$ (9)

式(9) 中, ρ 为矿液体系成晕组分的克分子密度; M_E 为矿液体系成晕组分的克分子量; C 为光速。

将(9) 式代入(8) $d\mu = \frac{C^2}{3} \frac{\rho^*}{M_E} \frac{d\zeta}{\zeta}$ (10)

成晕常常通过岩石的孔隙,往往岩石中含水,层稀溶液。因此,可根据毛细原理来求氟元素扩散成晕的分子量。正因为是稀溶液,所以可作为理想气体来考虑,并应用理想气体公式。

据伯努利公式^[15] $P + \frac{1}{2}\rho V^2 - \rho gS = 0$, 化简改写

$$\rho^* V^2 - 2\rho^* gS + 2P = 0 \quad (11)$$

式(11) 为分子流动成晕关系式。 ρ^* 为成晕克分子密度; V 为分子运动速度; g 为重力加速度; P 为压力; S 为重力作用位置,即晕的扩散距离。

据理想气体压力公式^[4]

$$P = \frac{\rho RT}{M_E^*} \quad (12)$$

将(9) 代入(12), $M_E^* = M_E$, $\therefore P = \frac{\zeta (Nh\nu)^2}{3C^2}$ (13)

将(13) 代入(11)解 $\rho^* = -\frac{2\zeta (Nh\nu)^2}{3C^2 (V^2 - 2gS)}$ (14)

将(14)代入(10), $d\mu = -\frac{2R^2T}{M_E} \frac{d\zeta}{(V^2 - 2gS)}$ (15)

(15) 式积分 $\mu = \mu_0 - \frac{2R^2T^2\zeta}{M_E (V^2 - 2gS)}$ (16)

(16)式对 V S 微分解 $d\mu = \frac{3\zeta R^2T^2}{M_E (V^2 - 2gS)} \frac{d\zeta}{S}$ (17)

据(9) 式成晕克分子密度公式 $\rho = \frac{M_E Nh\nu}{C^2}$ 和(13) 式入(11),并解得

$$M_E = -\frac{2\zeta RT}{V^2 - 2gS} \quad (18)$$

将 (18) 代入 (17), $\therefore d\mu = -\frac{RTdS}{S}$ 由于成晕是矿液对体系放出热量, 能量渐减, 而相对成晕体系则是吸热, 故前式改写

$d\mu = RT \frac{dS}{S}$, 据地球化学场定义, 令 $kCi = \mu$, Ci 为异常含量数值, k 为变换改正数, 所以

$$kdCi = RT \frac{dS}{S} \quad (19)$$

(19) 即为成晕的扩散公式。由 (19) 式积分得

$$Ci = Ci_0 + RT \ln S \text{ 或 } Ci = e^{Ci_0/SRT},$$

说明了热液成晕地球化学场的对数特性, 由此确定坐标原点 o 为定量计算埋深的所在位置。

据 (12) 式 $RT = \frac{M_E^* P}{\rho}$ 代入 (19)

$$\therefore k \frac{dCi}{dS} = \frac{M_E^*}{\rho} \frac{P}{S} \quad (20)$$

据微分意义 $k \frac{dCi}{dS} = \operatorname{tg} \alpha$ [14] (见图 2), 代入 (20)

$$\therefore S = \frac{M_E^*}{\rho} \frac{P}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (21)$$

据逸度和活度公式 [11]

$$f = \gamma_{\text{逸}} P \text{ 和 } \alpha = \gamma_{\text{活}} m \quad (22)$$

(22) 式为成晕克分子的压力校正和气液转换质量校正。 f 为逸度; $\gamma_{\text{活}}$ 为活度系数; $\gamma_{\text{逸}}$ 为逸度系数; P 为压力; α 为活度; m 为质量。

在一定条件下, 前式 $\gamma_{\text{逸}} = \gamma_{\text{活}}$ [11]

$$\therefore P = \frac{f}{\alpha} m \quad (23)$$

据地球化学, 在标准状态下, 气体的活度在数值上与其逸度相等 [11], 即 $\alpha = |f|$

$\therefore P = m$, 代入 (21) 式

$$\therefore S = \frac{M_E^*}{\rho} \frac{m}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (24)$$

据物理化学, 重力质量与惯性质量同一性, 以克分子而论, 一单位容积的质量为密度 [1]。

$\therefore \rho = m$, 代入 (24) 式

$$\therefore S = \frac{M_E^*}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (25)$$

据分子运动扩散公式 [10] $M_E^* = \Delta n \cdot m$ (26)

将 (26) 代入 (25), $\therefore S = \frac{\Delta n \cdot m}{\operatorname{tg} \alpha}$ (27)

式 (27) 为一个分子质量 m 与分子迁移个数 Δn 之积, 在地球化学找矿中为异常之含量 Ci 值。

$\therefore$ 式 (27) $S = \frac{Ci}{\operatorname{tg} \alpha}$ (28)

式 (28) 为观测剖面求异常宽度公式。

据热力做功公式 $Wi = Fi \cdot h$ (29)

式中 Wi 为三度空间成晕热力扩散力所做的功; Fi 为三度空间成晕热力扩散力; h 为成晕在三度空间 x 、 y 、 z 轴投影的距离。

$$\begin{aligned} \text{由 (29) 式得} \quad F_{ix} &= \frac{W_{ix}}{x}; \quad F_{iy} = \frac{W_{iy}}{y}; \quad F_{iz} = \frac{W_{iz}}{z}。 \\ \therefore x &= \frac{W_{ix}}{F_{ix}}; \quad y = \frac{W_{iy}}{F_{iy}}; \quad z = \frac{W_{iz}}{F_{iz}} \end{aligned} \quad (30)$$

$$\text{据 (29) 式向量合成,} \quad \therefore h = \frac{Wi}{Fi} = \sqrt{\left(\frac{W_{ix}}{F_{ix}}\right)^2 + \left(\frac{W_{iy}}{F_{iy}}\right)^2 + \left(\frac{W_{iz}}{F_{iz}}\right)^2} \quad (31)$$

$$\text{将 (30) 代入 (31),} \quad \therefore h = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (32)$$

设 x 、 y 、 z 轴的扩散距离为 $x = 2S$; $y = kx = 2kS$; $z = \phi x = 2\phi S$ 。代入 (32) 式

$$\therefore h = \sqrt{(2S)^2 + (2kS)^2 + (2\phi S)^2} = 2\sqrt{1 + k^2 + \phi^2} S \quad (33)$$

设在封闭体系中, 三度空间成晕的热力扩散力相等, 令 $1 = k = \phi$, 所以式 (33) 为

$$h = 2\sqrt{3} S \quad (34)$$

由于地质成矿是多因素作用, 所形成的异常复杂, 又因实测的异常各异, 故 $1 \neq k \neq \phi$ 。

为此令

$$\begin{aligned} \sqrt{1 + k^2 + \phi^2} &= \sqrt{3} - \beta, \text{ 代入 (33),} \\ \therefore h &= 2(\sqrt{3} - \beta) S \end{aligned} \quad (35)$$

式中 β 为异常改正系数。

据 (28) 式设异常左支见图 2, $S_1 = \frac{Ci}{\lg a_1}$; 右支 $S_2 = \frac{Ci}{\lg a_2}$,

$$\text{令 } S = \frac{S_1 + S_2}{2} = \left(\frac{Ci}{\lg a_1} + \frac{Ci}{\lg a_2}\right) \cdot \frac{1}{2}, \text{ 代入 (35) 式}$$

$$\therefore h = (\sqrt{3} - \beta) \left(\frac{Ci}{\lg a_1} + \frac{Ci}{\lg a_2}\right)$$

据成晕的对数性质, 令 $Ci = Ci_{max}$ (Ci_{max} 为异常的原始含量极大值), 代入前式,

$$\therefore h = (\sqrt{3} - \beta) Ci_{max} \left(\frac{1}{\lg a_1} + \frac{1}{\lg a_2}\right) \quad (36)$$

(36) 式为化探氟异常定量计算求矿体埋深 h 的公式。

公式的应用效果

本方法的理论计算, 始于 1978 年, 即在两江铜矿的“天窗”外围被泥盆系覆盖的深埋盲矿体, 采用等效各向同性的成晕公式 $h = 1.7Ci_{max} \left(\frac{1}{\lg a_1} + \frac{1}{\lg a_2}\right)$ 进行计算。经 3 号和 1-1 号已被钻探揭露的勘探线剖面上的实践, 效果较好, 尔后又对其他 5 条勘探线剖面的次、原生氟异常作了计算。从 8 条已知矿剖面的理论计算与钻孔揭露的矿体的实际埋深对比, 说明计算精度是高的, 误差从 0 到 12.8% (详见附表及图 5)。

为了探索定量计算公式在不同矿区和不同矿种的应用, 我们在 1980 年用了异常改正公式, 即

定量计算与矿体实际埋深对比表

剖面号	原点位置	理论计算值 (m)	实际埋深 (m)	误差	% 差	备 注
1	98.2	464	408	56	12.8	两江原生晕
7-1	75.5	380	373	7	1.9	"
3-1	17.1	432	432	0	0	"
3-1		448	446	2	0.45	两江次生晕
2-1		159.6	160	0.4	0.3	"
3	102.5	290	282	8	2.8	"
7-1	70	515.8	500	15.8	3.1	"
29-1		630	600	30	4.88	"
0	51.4	409.6	408	1.6	0.4	马雄次生晕
12	111.3	465.1	447	11.9	2.5	" "
32	107.8	230.1	229	1.1	0.5	" "
28	109	317.6	320	2.4	0.8	" "
			平 均	9.1	2.54	

(原点位置, 即计算埋深的所在位置)

$h = (\sqrt{3} - \beta) C i_{mu} \left(\frac{1}{\lg a_1} + \frac{1}{\lg a_2} \right)$, 对马雄锑矿的 0 号和 8 号勘探线剖面的氟异常进行计算, 同样取得满意的结果。接着计算 12、32、28 等已知矿的勘探线剖面的矿体埋深, 理论与实际误差只有 0.4 % 至 2.5 % (见附表及图 6)。

问 题 讨 论

1. 点场源及其板状矿体的成晕模式 化探异常定量计算公式求矿体埋深与哪些因素有关? 实践证明, 氟异常在预测矿体埋深与成晕的扩散作用范围和扩散晕的浓度, 有一定的关系。作为在点场源作用下, 导出的气液扩散成晕求矿体埋深 h 的公式见图 1, 为头部晕模式, 大家容易理解, 而点场源在实际地球化学成晕是很少有或者根本不存在的。作为热力成晕点场源, 是理想化用于公式的建立和推导。在实际应用中, 把点场源扩大为球状或板状体, 假设点场源的所在位置不变, 只要它的三度空间 x 、 y 、 z 坐标发生了变化, 这就构成板状体或脉状体, 见图 3。若成晕作用点不变, 以原点为中心, 沿轴 x 、 y 、 z 距中心愈远, 作用愈弱, 从而得到图 2 的形式。由于成晕作用在 x 、 y 、 z 是不同的,

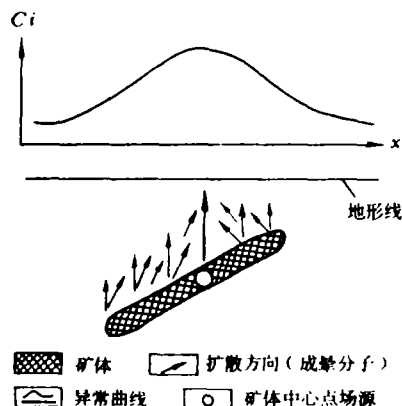
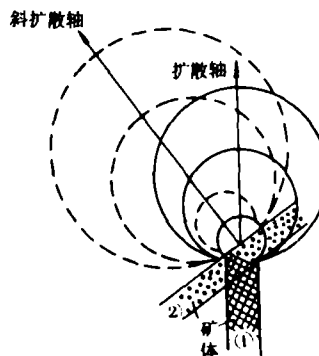


图 3 层状矿体的成晕模式

图 4 垂直于斜矿体的成晕模式
1 实线垂直头晕; 2 虚线倾斜侧晕

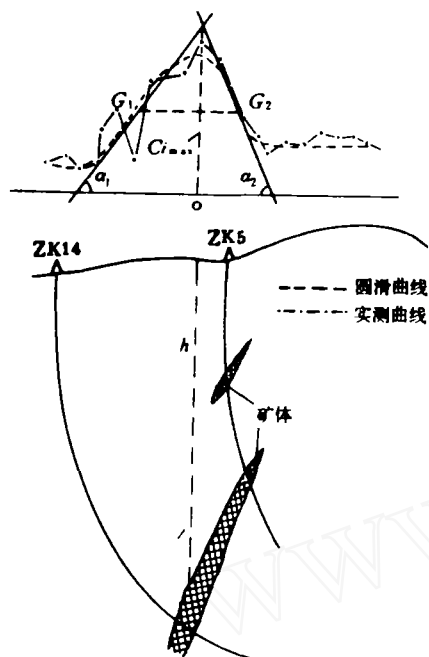


图5 两江7-1剖面次生晕定量计算图示
 $\alpha_1 = 54^\circ$; $\alpha_2 = 66^\circ$; 原始含量 $C_{i\infty} = 2.8$;
 矿体实际埋深为490米, 计算埋深为498米

所获异常形态也不同。为此采用 $\frac{dC_i}{dS}$ 来改正。

2. 矿体的倾斜与定量计算公式的关系 要正确运用理论计算公式, 这是提高定量计算精度和正确反映客观见矿深度的关键。要理解不同矿床的产出特点和影响成晕的因素, 在公式建立时, 要考虑到合理, 并力求理论与实际相一致。从图4可以看出, 矿体垂直时, 晕的作用范围与成晕浓度的分布是对称的, 随着矿体的倾斜度不同, 晕的作用范围和浓度分布也不同, 造成不对称的状态。为尽可能切合实际, 公式中用 $S = \frac{S_1 + S_2}{2}$ 来改正。虽然如此, 仍有误差。

3. 公式中 β 值的改正 公式的建立, 是从理想化出发, 运用封闭体系, 热力扩散力在 x 、 y 、 z 轴相等的假设条件, 这是为简化公式的推导, 考虑成晕的扩散作用服从各向同性的理论, 但从实际成晕过程, 并非如此。为了更切合实际, 在公式中应用系数 $\sqrt{1+k^2+\phi^2}$ 项加以改正。由于 k 、 ϕ 难以测出, 而成晕的各向异性确实存在, 故采用 β 值改正, 使之更切合实际。

4. 次生晕与原生晕的应用问题 通常用于普查和勘探评价的地球化学找矿方法是原生晕及次生晕。原生晕是与成矿作用过程的有关元素, 在压力、温度的影响下, 成矿溶液 (溶剂、溶质) 沿着成晕通道运动, 扩散交代而成晕, 次生晕是在矿床和原生晕 (异常), 通过表生地球化学作用, 使成晕元素转入残坡积层中, 因此原生晕与矿体是直接的关系, 位置准确。而次生晕则与原生晕关系密切, 它们均是来自矿体, 是同源产物。在应用中, 大家都知道原生晕更为准确可靠, 但从氟异常定量计算结果看, 却是次生晕更精确些。据李惠同志资料: 甘肃某矿厚层外来黄土覆盖 (20~30米) 区, 发现氟有清晰的异常与深部火山岩铜矿体相对应; 加拿大巴腊互利铜锌矿区被12至18米的湖积物粘土覆盖, 采地表雪样品分析氟元

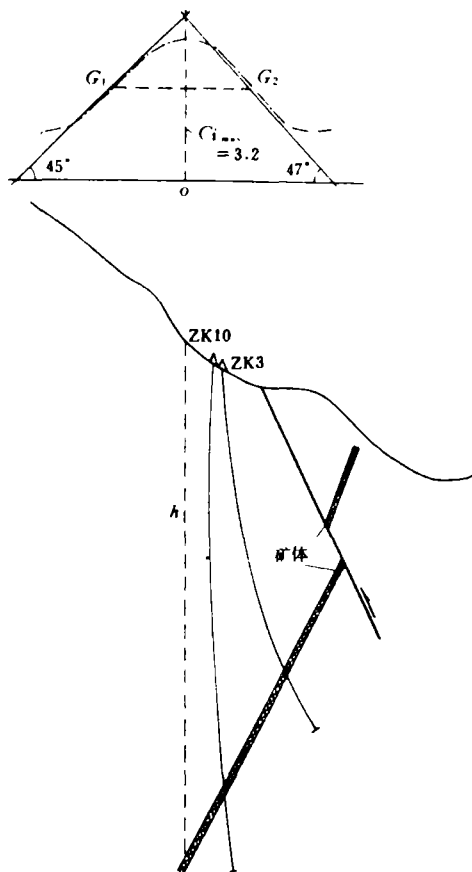


图6 马雄0线定量计算图示
 $\alpha_1 = 45^\circ$; $\alpha_2 = 47^\circ$; 原始含量 $C_{i\infty} = 3.2$; 矿体实际埋深为408米; 计算埋深为409.6米

素, 结果有清晰的氟异常与矿体相对应; 据J. P. 拉格德推测, 氟是呈氢氟酸蒸气, 通过盖层达地表雪中成晕。据已有定量计算的资料, 利用次生或原生异常, 同样能达到预测矿体埋深的目的。尤其是次生晕(如图5、图6), 精确度是相当高的。

在本方法的研究、探索中, 得到有关专家和同志们的关怀和支持, 在此仅表衷心的感谢。

主要参考文献

- [1] 黄子卿, 物理化学, 高等教育出版社, 1960
- [2] 吉林大学, 物理化学基本原理, 人民教育出版社, 1975
- [3] 无机化学编写组, 无机化学(下册), 人民教育出版社, 1979
- [4] 同济大学等, 工程热力学, 人民教育出版社, 1979
- [5] 饶纪龙, 地球化学中的热力学, 科学出版社, 1979

- [6] 唐有琪, 化学动力学及反应器原理, 科学出版社, 1979
- [7] Л. И. 布洛欣采夫, 金星南泽量子力学, 人民教育出版社, 1959
- [8] 谢业新, 氟元素在寻找深部盲矿体方面的应用, 地质与勘探, 1980, 6
- [9] 程守洙, 普通物理学, 人民教育出版社, 1960
- [10] 福里斯, 普通物理学, 东北人民教育出版社, 1952
- [11] 南京大学地质系, 地球化学, 科学出版社, 1979
- [12] 王竹溪, 统计物理学导论, 人民教育出版社, 1961
- [13] B. A. 库得洛亚夫采夫, 高等数学简明教程, 龙门联合书局, 1958
- [14] 北京大学数学力学系, 数学分析, 人民教育出版社, 1961
- [15] 航空动力学(北京、南京航空学院教学讲义)
- [16] 高旭征, 地球化学, 地质科学, 1978, 7

(上接封三)

②XY-2钻机的基本结构类似于JU-1000钻机, 最高转速1170转/分, 最低转速66转/分, 调速比大, 中间速度分配合理。变速箱与分动箱之间采用万向轴连接, 解体性好, 拆装方便。卡盘结构类似于长年的液压卡盘。油路系统用自行设计的双联齿轮泵。

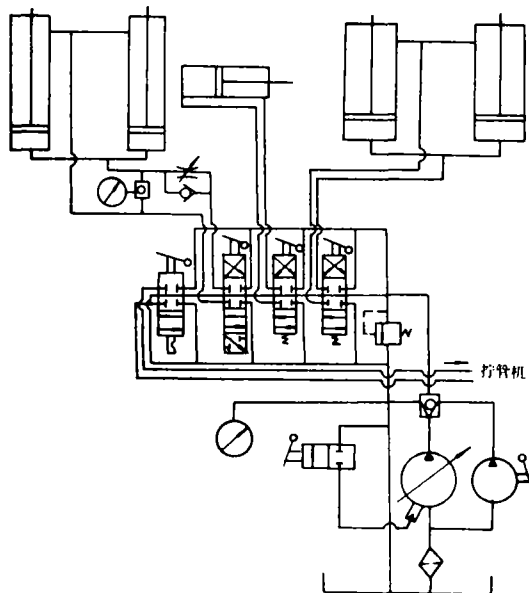


图10 X U—1000型钻机油路系统

③XU-1000钻机设计有三种型的回转器(回转倒杆器、普通型回转器和大通径回转器), 安装尺寸统一, 可任意选用。倒杆器设有上下卡盘配以带切口的主动钻杆, 可以不停车倒杆。倒杆时不必用提引器吊着钻具, 有利于提高纯钻时间, 缺点是行程短, 不适于高速回转。升降机带有水刹车, 深孔下钻平稳。该钻机的油路系统略有改进(图10), 采用40/10双联齿轮泵, 在加减压钻进时只有小泵工作, 减少功率消耗; 调压阀改为先导式, 稳态特性好, 压力稳定。但其他地方没有相应地改进, 反而增加操作上的麻烦。

综观这些新设计钻机的技术性能和结构特点, 可以认为, 随着金刚石钻进工艺水平的提高, 我国的立轴式钻机也发展到了一个新的高度。如果能在加工质量上下功夫, 尽量采用通用件, 各探矿机械厂实行专业化分工, 提高产品质量, 提高生产效率, 则我国的立轴式钻机将完全可以与世界上先进的钻机相媲美。

冶金地质系统最先推广人造金刚石钻探技术, 钻探设备亟待更新。我们有自己的设计队伍, 又有相当规模的制造厂, 相信在不久的将来, 具有我国特点的新型立轴式钻机将出现在冶金地质战线上。