

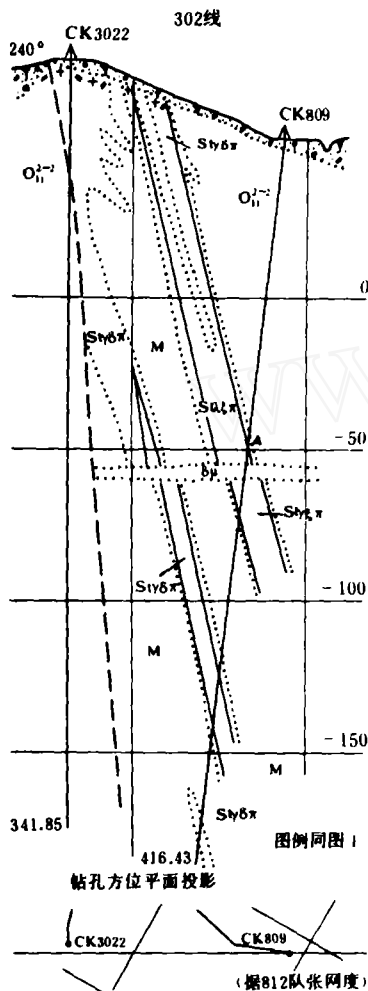


图 2

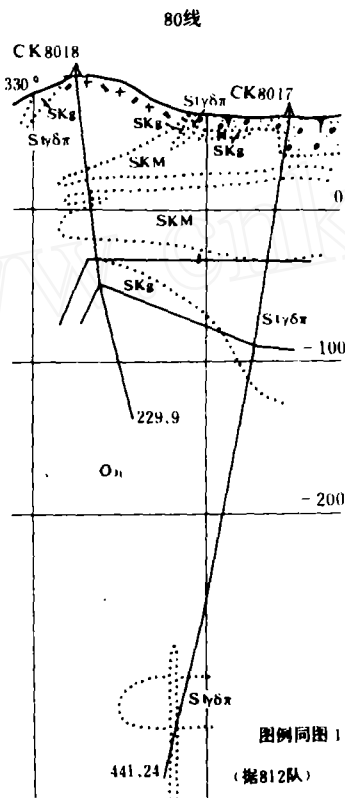


图 3

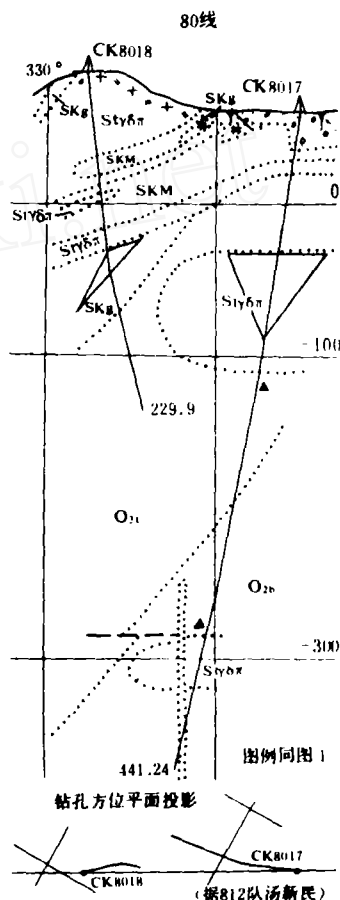


图 4

带延伸到这一段,仅是一种推测,而且深部钻探都是非系统工程的斜孔,因而矿体的联接,并非如此简单。

图 3 所示,是对上述推测持怀疑态度的一种联法。在平面上,设想了 CK 8017 孔斑岩靠近六谷排,因而其走向有可能与六谷排南部主接触带平行,成为走向 52° 的含矿岩脉;在剖面上,把 CK 8018 孔角岩矿体顶部花岗闪长斑岩同 CK 8017 含钼花岗闪长斑岩当作了一条岩脉,矿体也联接起来。这样,矿体走向基本上同剖面走向垂直,矿体在剖面上的视倾角也应接近矿体真倾角。矿体在剖面上的假厚度也接近于真厚度,因而推测矿体规模可观。

这就是把 CK 8017 矿体同六谷排相联起来的基本设想。从表 1 的矿点矿化特征来看,把 CK 8017 的矿体同六谷排矿体相联,要比其归并到山形山多了一些依据。就是六谷排、CK 8017 矿化岩石类型一致,而山形山却远为复杂,出现了稍偏酸性的石英二长岩,甚至是花岗斑岩。此外,地面磁测及磁参数测定结果表明,磁性体在这里是岩体或岩脉, Za 等值线平面图长轴方向毫无例外地沿着北东方向延伸,证明了岩体或岩脉(包括隐伏的)走向大多为北东向,矿化同斑岩密切相关,也就支持了 CK 8017 取北东走向的联法。

但是,更深入地分析发现,这种“充足的”根据,对矿体的联接,并不能起决定性的作用。

部 分 矿 化 特 征 对 比

表 1

矿 点 (或工程)	有用元素		有用矿物		品 位 (Mo %)		品位 (Mo) 变化系数	矿石类型
	主要	次要	主要	次 要	变化范围	平 均		
六谷排	Mo	Cu Pb Zn W	辉 钼 矿	黄铜矿 闪锌矿 黝铜矿	0 ~ 0.508	0.06 ~ 0.25	86 ~ 140 (3组11个样)	绢云母化花岗闪长 斑岩、角岩、石英脉
CK 8017	Mo	Cu Pb Zn W	辉 钼 矿	黄铜矿 闪锌矿 黝铜矿	0 ~ 0.268	0.074	107 (1组36个样)	同 上
CK 8018	Mo	Cu Pb Zn W	辉 钼 矿	黄铜矿 闪锌矿 黝铜矿				同 上
山形山	Cu Mo	Pb Zn W	黄 铜 矿 辉 钼 矿	闪锌矿 黝铜矿	0.02 ~ 0.214	0.032 ~ 0.141	18 ~ 144 (5组13个样)	绢云母化花岗闪长 斑岩、黑云母花岗 闪长斑岩、石英二 长岩、角岩、石英脉

首先,火成岩组分上的微小差异,是一种常见的现象。同一岩体,不同部位取样,或同一块标本不同部位切片,组分上常会出现差异,有时差异甚至会相当明显。这是由于岩浆侵入、分异以及同化混染作用造成的。其次,这类岩石没有暗色矿物,磁参数测定表明,含矿岩体(或岩脉)不具磁性。所以,地面磁测没有发现 330° 走向的岩脉(或岩体),但这并不等于就没有这种走向的岩脉(或岩体)。事实上,山形山岩脉带明显呈 330° 走向,磁测就没有反映。

依据上述类比,很难确定CK 8017含矿斑岩的空间联接关系,因此,必须探寻新的线索。

接触带(即斑岩同围岩的接触界面)与钻杆的轴夹角(θ 角)的应用,虽未必有助于联图问题的解决,但能提供有益的资料。

山形山共测得四个 θ 角,其变化范围在 $35 \sim 40^{\circ}$,比较一致,同岩脉的产状也基本吻合(见图2),说明岩脉产状比较稳定。六谷排只测到两个 θ 角,分别是 25° 及 50° ,变化大,除去方位及顶角的影响因素而外,主要是接触带产状变化大造成的。CK 8017的 θ 角为 10° ,同两个点的 θ 角都不相同,与山形山不一致是很自然的,因为方位不同;与六谷排不一致的原因,除产状变化大外,还可能因为南北接触带产状不同所致。因此,不能依据 θ 角的变化确定矿体的联接关系。

但是,在一定假设的前提下,对 θ 角加以分析是有助于发现问题的。

如果CK 8017含矿岩脉象图3那样,属于六谷排,走向 52° 左右,倾向若为北西,钻孔方位与其同向,钻孔倾角在这一段为 $79^{\circ}50'$,那么岩脉倾角应为 $69^{\circ}50'$;倾向若为南东,倾角则为 $59^{\circ}50'$ 。因此,不论倾向如何,岩脉都难于出现倾角近水平的产状。就是说,图3的假定同 θ 角存在着明显的矛盾。因而CK 8017同CK 8018矿体和岩体的联接,依据不足。所谓矿体厚大,有可能是一种假象。

如果CK 8017矿体同山形山相联,则走向 330° 。至于倾向,依据钻孔方位同岩脉走向夹角小(4°), θ 角也小(10°),那么钻孔偏离方位(图4)大多代表了岩脉倾向,从而可能为北东向。当然,按照钻探的右旋法则,钻孔本身的钻进机械性能(钻粒、钻丝)也能导致向右偏离方位,即CK 8017向北东跑方位,因而不能孤立地按CK 8017所跑方位确定岩脉倾向。但是,CK 8018并未按右旋法则偏离方位,说明异致方位偏离的主要因素是岩脉的倾向。因而判断倾向北东仍然是有根据的。倾角可按式计算:

$$\sin \alpha = \frac{\sin \theta \sin \gamma \sin \beta + \cos \beta \sqrt{\cos^2 \beta + \sin^2 \gamma \sin^2 \beta - \sin^2 \theta}}{\cos^2 \beta + \sin^2 \gamma \sin^2 \beta} \quad (1)$$

式中 α —接触带倾角;

θ —接触带界面同钻杆的轴夹角;

γ —钻杆方位同地层走向的夹角;

β —钻孔天顶角。

如前所述,取 $\theta = 10^\circ$, $\gamma = 4^\circ$, $\beta = 10^\circ 10'$, 得倾角 $78^\circ 50'$, 同山形山岩脉带产状基本一致。

通过 θ 角的分析,我们可以得到一个结论,就是不论矿体取那种走向,都是陡峻的,从而否定了矿体水平产状的联法。至于矿体的真厚度,则可不考虑其走向,直接按 θ 角求出:

$$M = m \sin \theta = 11.07 \text{ (米)} \quad (2)$$

式中 M = 真厚度;

m = 见矿厚度,如前所述,取 $m = 63.79$ 米。

统计学及地质实践告诉我们,个别 θ 角的代表性是有限的。就是说,对于这样一个工作量少的地区所取得的唯一的 θ 角,固然不能象图 3 那样不予考虑,但也不足信。普查阶段自然不可能通过系统工程来验证 θ 角的代表性,唯一可行的,是在已经取得的资料中辨别 θ 角的代表性。

CK 8017 这一厚大矿体中,钼矿脉短而弯曲,辉钼矿也呈弯曲的晶片,这在整个山形山岩脉带的钼矿体中都能看到,但与六谷排钼矿体中的平直的小脉及平整的片状晶体则显然不同。无疑,这是断裂活动造成的。识别矿脉及矿物的这一特征固然重要,但是,它只说明 CK 8017 含矿岩脉在受构造活动影响上,同山形山岩脉带有同一性,这还不能确定矿体的联接关系。

CK 8017 含矿岩脉接触带存在一种角砾岩。角砾可能是被热液淋失的结果,呈多角形洞室,壁上毛发状的次透闪石附着在作为角砾胶结物的褐色显晶质闪长玢岩上。这是山形山岩脉接触带上常见的一种现象,虽然角砾为大理岩、斑岩,但胶结物都是褐色闪长玢岩。对于这种闪长玢岩,自然可以作出各种揣测,但有几点是共同的。由于出现了角砾,就说明这种闪长玢岩是沿着性质相同的断裂活动,是含矿岩脉成岩以后的;有时易溶的大理岩角砾被热液淋失,说明断裂多是在成矿前或成矿期活动的,再考虑到矿体中矿脉

与矿物的特征,就可以确定它是成矿期的断裂,它反映了成矿期是处在一种断裂活动频繁的不稳状态,而不是一种简单的成矿后断裂活动。如果进一步考虑断裂活动的波及范围,可包括接触带在内的整个山形山岩脉带。若承认这种活动是成岩前构造活动的有选择性继承的话,那么可以确定,岩脉同灰岩是侵入接触,从而排除了 CK 8017 岩脉同灰岩是成矿后的断层接触关系。确定了 CK 8017 孔的断裂同山形山岩脉带的断裂是同一时期、同一序次、同一性质的断裂,也就有理由相信它们的方向应当相同。

方向相同,只能说明 CK 8017 孔含矿岩脉不能同六谷排相联,但这还不能说明含矿岩脉处在山形山岩脉带上及确定它同山形山岩脉带的联接关系。确定联接关系,要取决于 CK 8017 岩脉所处空间位置。

一般,联图都要考虑地质体的空间位置,初始(包括终了)概念的形成是建立在平面或剖面图上的。由于自然条件、钻探机械和工艺条件的限制,有时地质体不在同一平面或剖面上,当尚未弄清地质体的产状时,垂直投影编制的图件往往不可靠。若有系统工程揭露时,则也不会影响对地质体总体的正确描绘。笔者虽应用点集理论进行联图作过初步尝试,但很不成熟,出发点是希望引出一切实可行的方法。

如前所述,山形山岩脉带受一组 330° 走向的断裂控制。从理论上讲,不论岩脉是主动或被动侵位都可通过模拟实验及数学分析建立起热力学方程,精确地描述其空间位置。但是,这需要作系统的工程揭露和大量测试工作。工程揭露少时,寻求精确的表达式可能是徒劳的。因此,本文只讨论山形山、六谷排一组粗略的方程,分别近似地描绘空间形态,从而确定 CK 8017 矿体的联接关系。

在数学上,可以把山形山岩脉带及六谷排岩体定义为不同区间的三维空间点集。包就是岩脉带或岩体,境界是最外层接触带界面(例如,山形山岩脉带最外侧一条岩脉的外接触界面)。我们

的任务是确定境界的表达式, 因为确定了境界, 包就知道了。这时, 再求出CK 8017含矿岩脉的空间坐标所在核的区间, 这样, 就能判断它的联接关系了。

假定六谷排岩体的点集为 A , 山形山岩脉带的点集为 B 。 A 的境界只取与命题相关的部分, 因而北东、南西两面不予封闭, 北西面也同样置于无穷远处, 也就是只取 $\Gamma(A)_{SE}$; 而 B 的境界只取北东、南西两面, 北西和南东两端不予封闭。

建立境界方程所需的坐标为直角坐标系, 但有两个约束条件, 一个是工程必须穿透整个剖面的岩脉带或岩体, 也就是要能确定是最外层接触界面, 一般至少要有两条完整的剖面; 另一个是所确定的境界渐近平面方程, 要同已知岩脉或岩体接触带产状的变化区间吻合。也就是说, 拟合的是平面方程, 要求较多的工程及坐标数据, 同时也要求地质体的产状变化幅度不能太大。这样, 我们选取如下坐标值 (表 2):

点集元素的坐标值 表 2

点 集	元 素		坐 标		
	工 程	接触带	X	Y	Z
A	CK 788	SE	1173.5	542.0	-134.5
	CK 831	SE	1314.0	759.0	-42.0
	CK 832	SE	1335.0	742.0	-148.5
B	CK 3067	SW	1107.5	707.0	-223.5
	CK 3041	SW	1007.5	762.0	-202.5
	CK 3023	SW	998.0	808.5	-437.5
	CK 3067	NE	1117.5	752.0	13.0
?	CK 8017		1163.0	671.0	-34.0

点集元素坐标变更后的值 表 3

点 集	元 素		坐 标		
	工 程	接触带	X	Y	Z
A	CK 788	SE	x_1	y_1	z_1
			73.5	-155.0	-134.5
			x_2	y_2	z_2
	CK 831	SE	214.0	52.0	-42.0
B	CK 832	SE	x_3	y_3	z_3
			235.0	35.0	-148.5
			x_1	y_1	z_1
	CK 3067	SW	7.5	0.0	-223.5
B	CK 3041	SW	x_2	y_2	z_2
			-92.5	55.0	-202.5
			x_3	y_3	z_3
	CK 3023	SW	-102.5	101.5	-437.5
B	CK 3067	NE	x_1	y_1	z_1
			17.5	45.0	13.0
?	CK 8017	C	x_c	y_c	z_c
			163.0	-36.0	-34.0

考虑到电子计算器的容量有限, 必须将坐标值尽量量化小, 因而将坐标平移, 变更表 2 为表 3:

$$r_{(A)SE} = 20473x - 16906y + 6735.2z - 6219232 = 0 \quad (3)$$

全微分 (3) 式得:

$$20473dx - 16906dy + 6735.5dz = 0 \quad (4)$$

$$\tan \nu (\nu \text{ 为走向}) = \frac{\partial x}{\partial y} = 1.211 \quad (5)$$

$$\nu = 51^\circ$$

同时, 由 (4) 式可知, 当 $dz > 0$, 则 $dx < 0$, $dy > 0$; 当 $dz < 0$, 则 $dx > 0$, $dy < 0$, 可知: 知倾向北西。同样, 由 (4) 式或 (5) 式可

$$\tan \alpha (\alpha \text{ 为倾角}) = \frac{20473 \sin 51^\circ + 16906 \cos 51^\circ}{6735.5} \approx 3.9 \quad (6)$$

$$\alpha \approx 76^\circ$$

从而得知 $r_{(A)SE}$ 的产状为走向 51° , 倾向北西, 倾角 76° , 已知六谷排岩体南东接触带走向 52° 左右, 倾向北西, 倾角 74° 左右, 两者基本吻合, 所得 $r_{(A)SE}$ 方程有效。

这样, A 集的表达式为:

$$A = (\infty, 20473x - 16906y + 6735.5z - 6219232 = 0) \quad (7)$$

同样, 可得 B 集的表达式:

$$B = (13901.5x + 23710y - 4100z - 1243054 = 0, \\ 13901.5x + 23710y - 4100z - 1356575.5 = 0) \quad (8)$$

假定 CK 8017 含矿岩脉顶板 (图 4) 这一点为元素 C, 且 $C \in A$, 则将其坐标值 (表 3) x_c, y_c, z_c 分别代入 (3) 式得:

$$20473x - 16906y + 6735.5z - 3652054.5 = 0 \quad (9)$$

将 (9) 式同 (7) 式的常数项比较, 此方程在 $r_{(A)SE}$ 以南, 显然 $C \in A$, C 不能同 A 相联, 这与前面的结论是一致的。如果 $C \in B$, 将 C 的坐标值代入 (8) 式得:

$$13901.5x + 23710y - 4100z - 1261129.5 = 0 \quad (10)$$

将 (10) 式的常数项同 (8) 式比较, (10) 式的常数 1261129.5 在 (8) 式的常数 (1243054, 1356575.5) 区间以内显然 $C \in B$, CK 8017 的岩脉可同山形山岩脉带相联。既然 $C \in B$, $C \in A$, 那么 $C \in A \cdot B$, 则更进一步肯定了同山形山相联的唯一性。3081 孔。它的遇矿空间位置, 就是 CK 8017 孔的见矿坐标, 不同的是钻孔的方位转了 90° 。验证的结果 (图 5), 说明这种判断是正确的。矿体的产状、厚度与计算的结果基本一致。如厚度, 计算是 11.07 米, 实际为 9.60 米。图 6 中 CK 8019 孔的实际材料, 更证明了这种联图的正确。

不仅如此, 通过对 $r_{(B)}$ 产状的计算, 证明前述 θ 角分析时所得倾角 $78^\circ 50'$ 也是可信的, 从而确认了 θ 角的代表性, 通过 θ 角所计算的矿体厚度有效。

根据上述分析, 我们重新对 80 线剖面图进行了编制 (图 4)。但是, 这种判断是否正确呢? 我们设计了一个钻孔予以验证, 也就是 308 线的 CK

这里, 有个问题要说明, 就是 CK 8017 含矿岩脉及深部岩脉, 它们的方程落在 B 集 SW 境界附近及其外侧, 这是断裂错动的结果, 可由图 1 直观判断, 无需再作数学处理。

本文修改与定稿过程中, 我队高峰、周贞、张福涛等同志都提出了十分中肯的改进建议, 周贞同志并提供了岩矿资料, 附图由傅榴珍同志清

绘，在此谨表谢意。

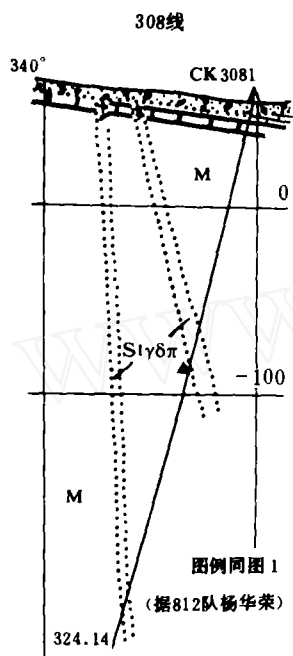


图 5

主要参考文献

- [1] 陈建功, 1958, 实函数论, 科学出版社
- [2] F. P. 阿格特伯格, 1980, 地质数学, 科学出版社
- [3] 从柏林, 1979, 岩浆活动与火成岩组合, 地质出版社



小常识

氧逸度和硫逸度符号辨析

氧逸度 (f_{O_2}) 和硫逸度 (f_{S_2}) 的符号, 在国际上通用的写法, 就是上面这个样子。但是有的书刊, 尤其是一些手稿中, 排、写式样却是五花八门的, 例如: 把斜体 f 写成正体 f ; 把下角标“和”写成与 f 平行 (即 f_{O_2} 和 f_{S_2}); 还有在 O 、 S 下面也不用角标“2”的。我国科学出版社出版的书籍, 是十分注意标准化的, 笔者在学习之余, 作了一点辨析工作, 现在写出来供同志们参考。

f 取自英语 fugacity (逸度) 一词的字头。“逸度”是个物理量, f 就是代表这一物理量的符号 (就

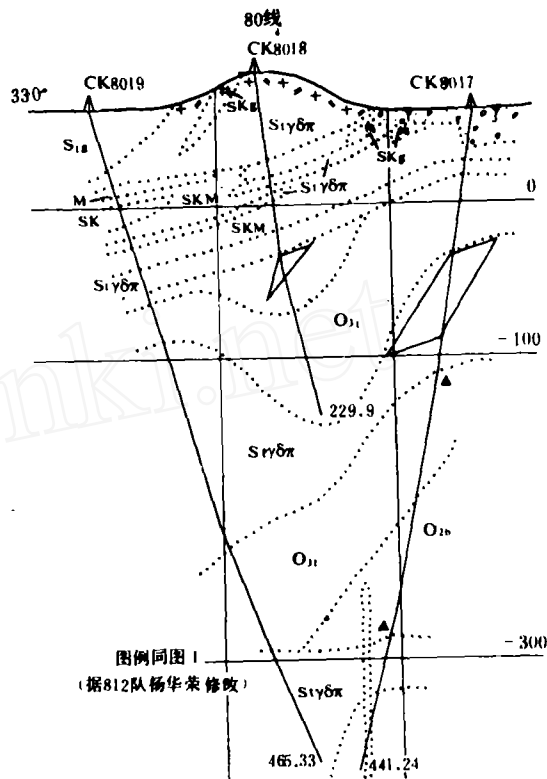


图 6

- [4] 中国科学院贵阳地球化学研究所, 1979, 华南花岗岩类的地球化学, 科学出版社
- [5] 北京地质学院矿床教研室, 1961, 矿相学, 中国工业出版社
- [6] 上海地质仪器厂等, 1978, 钻孔弯曲测量, 地质出版社
- [7] С. А. Вахромеев, 1960, Месторождения полезных ископаемых, ГОСГЕОЛТЕХИДАТ

如 l 代表长度、 h 代表高度那样)。根据国内外出版物的惯例 (包括小学教科书), 用拉丁字母表示之物理量的符号 (请注意, 不是物理量单位的符号), 都要用斜体字排印。因此, 这里的 f 就应该是斜体字。

至于这里的“ (O_2) ”和“ (S_2) ”, 因它们是表明 f 是什么物质的逸度的, 所以是以角标方式而不是与 f 并列的方式出现的 (如 l_{O_2} 表示矿脉的长度那样)。

至于“和”下角标“2”, 则是表明氧、硫是气态的。

因此, 这种由三个字组成的氧逸度 (f_{O_2}) 和硫逸度 (f_{S_2}) 符号, 在排列上应该是一字比一字低。这在印刷排版术语中称为“三踏步”。排、写成其他形式则是不标准的。

戴午尘供稿