

三维向量筛及其在遥感地质找矿中的应用

张永北 李光强

胡广耀

(中国地质大学, 武汉, 430074) (核工业西南地质勘查局云南地质调查队, 昆明, 650106)

内容提要 三维空间具某种属性的向量集群通常呈椭球状分布。用常规的方法提取这部分信息,要通过复杂的计算才能实现。本文推导出一种能快速提取三维信息的方法,称为三维向量筛。并介绍一个它在遥感图像中提取金矿化蚀变带信息的应用实例。

关键词 三维向量筛 信息提取 遥感图像处理 找矿

三维向量问题在许多领域中广泛存在。在大批量的三维数据处理过程中,特别在遥感图像信息处理过程中^[1~4],设计一个向量筛,使之快速准确提取有用信息,是很有意义的。本文将通过三维直角坐标系,推导出一个三维向量筛,并介绍一个它在遥感图像中提取金矿化蚀变带信息的应用实例。

1 三维向量筛的推导

1.1 数学原理

在 X、Y、Z 三维空间中,设一组具有某种属性的向量集为 $P_i = (x_i, y_i, z_i), i = 1, 2, 3 \dots n$ 。在这个向量集中,可以找到一个特征向量来有效地标识它的属性。该特征向量通常用 x_i, y_i, z_i 数据的概率中心 $P_s = (x_s, y_s, z_s)$ 来表示(图 1, P_s)。该集合其它元素的空间分布,通常是以 P_s 为的概率事件,该空间在直角坐标系中可视为以 P_s 为中心的椭球状分布的点群^[1,2](图 1)。

如果在垂直于特征向量 P_s 的平面上,取 XOY、XOZ、YOZ 三平面所截的范围,获 ΔABC 。该三角平面通过特征向量,将向量集分成上下两半。

每一个向量 $P_i = (x_i, y_i, z_i)$ 在直角坐标系中实际上是 $x = x_i, y = y_i, z = z_i$ 三个平面的交点。而且这三个平面在 ΔABC 平面上可以形成分别平行于三个底边的三条交线,构成另一个三角形(图 1, P_1, P_2)。它们与向量之间有如下关系:①如果向量 P_i 在 ABC 平面上,则三线交于一点,实质上就是一个面积等于 0 的三角形(图 1, P_s);②新三角形的大小与向量 P_i 到 ABC 面的距离成正比(图 2);③ ΔABC 三条边实际上是 0 向量;④如果向量位于 ABC 面上方,则构成三

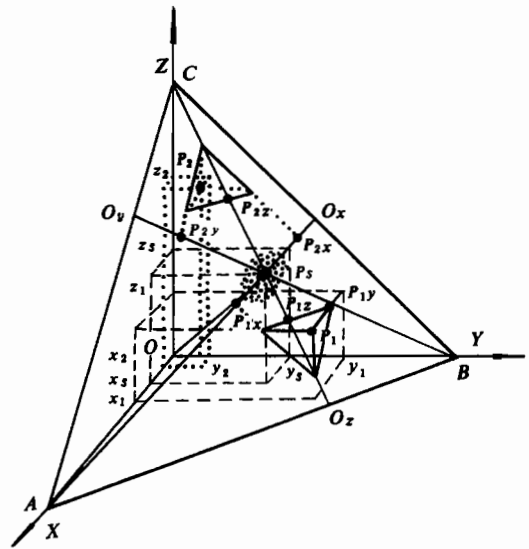


图 1 三维向量平面图解示意图

Fig. 1 2-dimension figure of 3-dimension vectors

边平行于 ΔABC 三底边的倒三角形(图 1, P_1 及图 2a); ⑤如果向量位于 ABC 面下方, 则构成立三角形(图 1, P_2 及图 2b)。因此, 任意向量在 ABC 面上都可以找到一个对应的三角形。向量与这种三角形是一一对应关系。这就是向量筛的理论基础。

如图 1 所示, 将 ΔABC 每顶点 A, B, C 分别与 P_i 点相连并延长至对应边, 获连线 AO_x, BO_y, CO_z 。容易证明它们就是 ΔABC 的三高, 而且任意向量 P_i 在 ABC 面上所产生的交线也与这三高垂直, 其中的垂足(如 P_1 的 P_{1x}, P_{1y}, P_{1z} 及 P_2 的 P_{2x}, P_{2y}, P_{2z}) 则分别对应于 P_i 的每一个分量。因此, ΔABC 中每三高上的这些垂足的组合与向量 P_i 也是一一对应的。通过三个垂足作三高的垂线构成的三角形就是前述 $x=x_i, y=y_i, z=z_i$ 三平面与 ABC 面的交线所构成的三角形。因此, 可以利用这种三角形来代表向量 P_i 。

由此可见, 通过求取这样一个三角形 (ΔABC), 用三高来代表一一对应的 X 轴、 Y 轴、 Z 轴, 直角坐标系中的所有向量都能通过它们三个分量在该三角形三高垂线所构成的新三角形来表示。这个三角形的三高的刻度划分可以通过图 1 所示的 AO, BO, CO 的长度(在后续方程中分别用 a, b, c 代替)来确定, 其公式如下:

$$\begin{cases} AO = (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2)/x_i \\ BO = (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2)/y_i \\ CO = (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2)/z_i \end{cases} \quad (1)$$

三高 AO_x, BO_y, CO_z 的实际长度与对应 AO, BO, CO 是不等的, 但可将 AO, BO, CO 的刻度换算到 AO_x, BO_y, CO_z 上, 其换算公式为:

$$\begin{cases} AO_x = AO(\sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} / \sqrt{y_i^2 + z_i^2}) \\ BO_y = BO(\sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} / \sqrt{x_i^2 + z_i^2}) \\ CO_z = CO(\sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} / \sqrt{x_i^2 + y_i^2}) \end{cases} \quad (2)$$

即用 AO 上每单位长度的 $\sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} / \sqrt{y_i^2 + z_i^2}$ 倍来代表 AO_x 轴上的单位长度, 其它以此类推。于是, 只能在立体空间表示的三维向量就被转换到平面上来表示, 使一些问题的解决变得

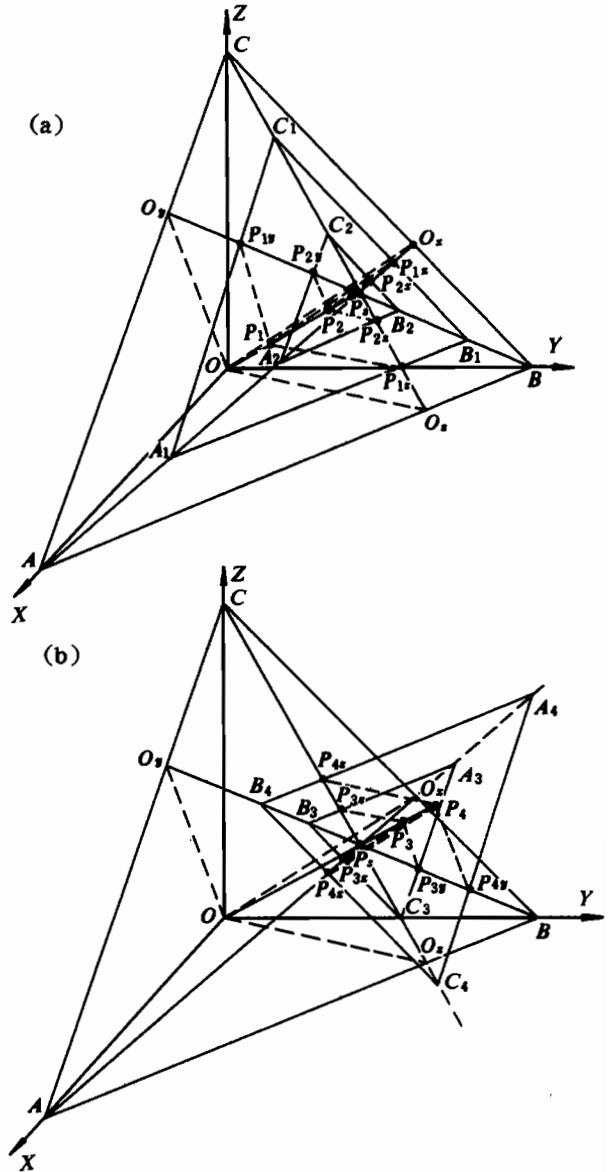


图 2 三维向量空间位置与其平面图解关系
Fig. 2 The relations between the spatial position and the 2-dimension graph of 3-dimension vectors

简便快捷,由此获得的平面图,称之为三维向量平面图解。

该图解具有如下性质:①图解三边是三维0向量;②三轴交点(P_0)为三维特征向量;③任意一个三边与 ΔABC 底边平行的新三角形都代表一个三维向量;④倒(立)三角形所代表的三维向量在图1位于平面 ABC 之上(下)方;⑤三角形的大小与三维向量到 ABC 面的距离成正比。无穷小三角形(点)表示三维向量位于 ABC 面上;无穷大立(倒)三角形代表无穷大负(正)三维向量。

1.2 设计三维向量筛

在直角坐标系中,具有某一属性的三维向量集合表现为近椭球分布的点群,它以特征向量 P_0 为中心(图1)。根据性质③,在向量图解中,这些向量集合的每一个元素就表现为不同大小的立(倒)三角形。如果 ABC 面垂直于椭球某一轴,那么所有向量的三角形垂心都在椭球与 ABC 面的椭圆切面范围内。越大(越远)的三角形(向量)越局限于椭圆中心(图3)。在椭球是斜歪的情况下,向量元素的分布特征也是可想而知的(图4)。

因此,我们可以根据向量集的特征,求取椭圆切面的范围,以及不同三角形大小的分布范围。建立一个模型,这个模型可以用来筛选向量,凡是具有同一性质的向量都会落于这一模型所确定的范围内,任意一个向量的三个分量投于向量图解的坐标中,无需经过运算立即可以构成一个三角形,如果该向量有预定性质,则三角形小于一定尺度,垂心则落于相同大小三角形的分布范围内。这种模型称为三维向量筛。

2 向量筛的应用

现以滇西某金矿预测为例,示范应用三维向量筛从遥感图像中提取金矿化蚀变带波谱信息,进而进行金矿预测。该金矿是在大型走滑断裂带中发育的低温热液蚀变(如绢云母化、硅化、黄铁矿化等)的基础上,经风化淋滤作用进一步富集而成的准红土型金矿。因此,所选用的遥感图像为 TM_7 、 TM_3 、 TM_1 三波段合成图像。

根据 TM 图像各波段的波谱特性^[5], TM_7 为反射红外波段,是蚀变带的强吸收谱段,可以用来区分热液蚀变岩类; TM_3 为红波段对地质体边界最有利,能分辨地表高反差信息。 TM_1 为蓝波段,对土壤、岩石中铁离子叠加吸收谱带反映明显,能识别褐铁矿,铁帽等。因此, TM_7 、 TM_3 、 TM_1

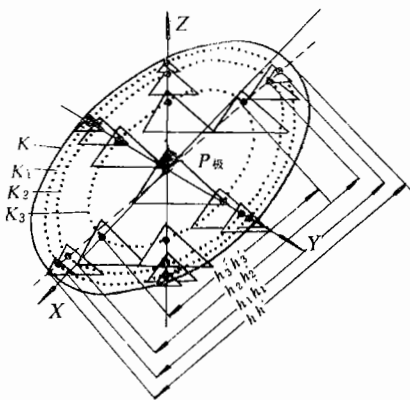


图3 已知金矿化蚀变带 TM_7 、 TM_3 、 TM_1 三维向量筛模型

Fig. 3 The pattern of TM_7 、 TM_3 、 TM_1 3-dimension vector sifter of the known alterative belt

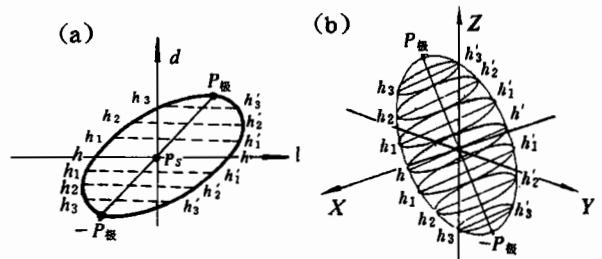


图4 蚀变带 $l-d$ 图解和三维向量筛的一般模型
Fig. 4 The general pattern of $l-d$ graph and 3-dimension vector sifter

波段组合有利于突出本区金矿化蚀变带。

2.1 求取已知蚀变带波谱数据

在建立向量筛之前,需要以典型蚀变带为实验区,从中求取蚀变带波谱数据。表 1 列出了某典型金矿化蚀变带波谱数据。该数据是建筛的基础,其特征决定蚀变带波谱向量的点群椭球大小和形状,从而也决定了相应的筛子形状。上列数据可以从预处理合成图像中采集,也可以从 TM 磁带中读出。但必须保证实验区与未知区的信息源的一致性。本数据采自 TM_7 、 TM_3 、 TM_1 合成图像各波段 TM 磁带,采集规则如下:①已知蚀变带分布范围内的像元;②向阳面光照充足地区。如此,所采集数据方能代表蚀变带对电磁波的反射特征。

表 1 研究区 TM_7 、 TM_3 、 TM_1 金矿化蚀变带波谱数据及 d 、 l 值计算结果
Table 1 TM_7 、 TM_3 、 TM_1 spectral data of gold mineralization alterative zone in studied area and the d 、 l calculated values

TM_1	TM_3	TM_7	d	l	TM_1	TM_3	TM_7	d	l	TM_1	TM_3	TM_7	d	l
55	26	35	1.13	1.73	55	26	37	0.90	1.48	54	27	36	0.00	0.00
53	26	32	3.20	2.79	56	28	38	2.95	0.57	56	30	31	0.13	6.16
54	27	32	2.05	3.44	55	29	37	2.05	1.34	55	26	39	1.92	2.70
53	30	37	0.89	3.19	54	25	34	1.79	2.19	54	27	36	0.00	0.00
55	26	34	0.64	2.36	54	28	37	0.89	1.09	54	27	30	3.07	5.15
54	25	36	0.77	1.85	54	24	35	1.66	2.69	58	29	34	2.82	4.01
51	27	32	4.35	2.46	58	30	39	5.76	0.89	54	27	36	0.00	0.00
59	29	36	4.61	2.79	52	26	37	1.41	2.00	52	28	36	1.15	1.92
56	28	35	1.41	2.00	58	28	35	2.95	3.05	54	24	38	0.00	3.61
58	25	38	3.33	3.59	56	29	40	4.35	2.25	53	31	37	1.28	4.05
55	28	39	2.69	1.94	55	32	36	2.69	4.33	56	28	39	3.46	1.43
56	27	32	0.51	4.44	52	23	39	1.54	5.16	56	25	33	0.77	4.05
54	27	36	0.00	0.00	54	24	35	1.66	2.69	55	25	37	0.51	2.40
55	24	34	1.41	3.47	53	24	40	0.13	5.10	54	27	31	2.56	4.29
51	28	38	0.90	3.63	54	27	36	0.00	0.00	58	25	34	1.28	4.73
54	26	37	0.13	1.41	56	23	38	1.02	4.79	52	28	39	0.38	3.72
54	25	38	0.26	2.82	57	29	34	2.05	3.58	51	28	36	1.92	2.51
52	25	37	1.79	2.41	53	27	30	3.84	4.72	52	27	39	0.00	3.61
57	28	32	0.64	5.06	55	26	38	1.41	2.00	55	29	33	0.00	3.74
56	25	35	0.26	2.99	51	29	38	0.51	4.09	54	31	32	0.51	5.63
52	31	34	1.02	4.79	56	26	35	0.64	2.36	53	28	36	0.38	1.36
55	29	37	2.05	1.34	58	24	36	1.92	4.61	53	29	38	1.02	2.82
55	27	35	0.25	1.39	55	28	36	1.15	0.82	54	34	29	0.90	9.86
52	27	38	0.51	2.78	55	25	37	0.51	2.40	53	26	35	1.66	0.48
54	31	33	0.20	4.05	53	27	34	1.79	1.33	54	30	34	0.21	3.51
54	28	35	0.13	1.41	53	31	35	0.24	4.00	56	27	35	1.02	1.99
57	28	36	2.69	1.66	51	27	40	0.25	4.51	55	25	39	1.54	3.41
55	30	32	0.10	4.50	56	28	36	1.92	1.14	54	31	33	0.00	5.00
54	29	35	0.26	2.22	52	25	41	0.24	5.74	53	30	36	0.38	3.14
55	27	35	0.26	1.39	51	30	37	0.89	3.19	54	25	33	2.31	2.77

2.2 确定金蚀变带波谱特征向量

三波段合成遥感图像中的波谱信息是三维信息。金蚀变带特征向量需从已知金蚀变带的数据分析中确立。根据表 1 数据,该金矿区蚀变带在 TM_7 、 TM_3 、 TM_1 图像中各波段的波谱数据直方统计如图 5 示。根据该直方图显见,蚀变带在 TM_7 波段的灰度概率中心值为 36,在 TM_3

为 27, TM_1 为 54。由此可确定蚀变带特征波谱向量 $P_i = (36, 27, 54)$ 。

2.3 三维向量筛平面图解形态、大小、坐标的确定

将 $P_i = (36, 27, 54)$ 代入 (1)(2) 式, 求得向量筛平面三角形三高 $AO_x = 159.79, BO_y = 198.20, CO_z = 142.93; X, Y, Z$ 三轴的单位长度为 1.164, 1.083, 1.562; 三高的对应坐标刻度分别为 137.25, 183, 91.5。据此数据建立三维向量平面图解如图 6 示。

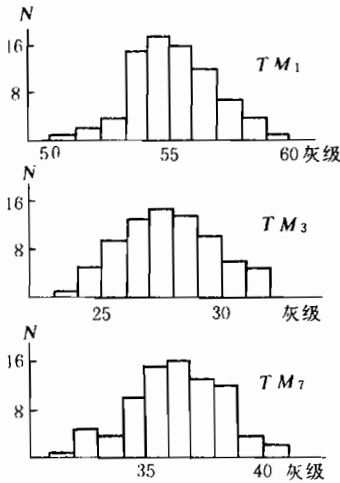


图 5 研究区已知金矿化蚀变带 TM_7, TM_3, TM_1 波谱数据直方图
Fig. 5 TM_7, TM_3, TM_1 spectral data histogram of known gold mineralization alternative belt of studied area

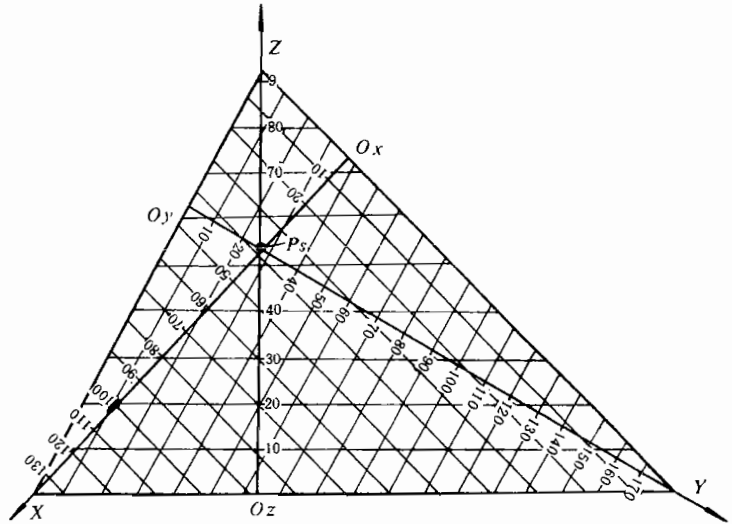


图 6 研究区金矿化蚀变带 TM_7, TM_3, TM_1 三维向量平面图解
Fig. 6 2-dimension graph of TM_7, TM_3, TM_1 3-dimension vectors of known gold mineralization alternative belt of studied area

2.4 确定向量筛蚀变带波谱向量动态范围

2.4.1 无穷小三角形的分布范围

即椭球体在向量筛平面上截取的椭圆。是指那些位于或接近于筛面 (ABC 面) 上的点群, 因此, 必须符合方程:

$$bcx + acy + abz - abc \approx 0 \quad (3)$$

其动态范围的求法是将表 1 满足方程 (3) 的向量投于图 6 中, 用一个有代表性的椭圆将这些点圈出。获得的无穷小三角形分布状态如图 7 所示。该椭圆 (K) 代表了其动态范围。而那些不在筛面上, 即不满足方程 (3) 的向量分布范围将用下文其它方法确定。

2.4.2 确定极大三角形大小和垂心位置

容易证明: 椭球体上每一个向量到向量筛平面距离 (d) 及其到椭球中心 (P_i) 的距离在筛面上的投影 (l) 有如下公式:

$$d = \left| \left(\frac{bcx + acy + abz}{abc} - 1 \right) / \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \right| \quad (4)$$

$$l = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} - d^2 \quad (5)$$

极大三角形代表椭球体内到向量筛平面最远的极点, 即

$$d = \text{Max} \left| \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \left(\frac{bcx + acy + abz}{abc} - 1 \right) \right|$$

因此,关键是求 d 的极大值及相应的 l 值。

该值的确定可用 $l-d$ 图解实现。将表 1 数据代入(4)(5)式,求得 d 值为纵坐标, l 值为横坐标,投入该图解所得的点群呈椭圆分布(图 8 椭圆 L)。画出有代表性的椭圆圈。作图原则是:①包络点群分布密集的范围,去除点群稀疏部分,②椭圆范围应将绝大多数点包罗在内。图 8 椭圆 L 内点数占 $[(92-6) \div 92] \times 100\% = 95.63\%$;③椭圆长轴($2l$)的长度应与椭圆 K (图 7)的长轴一致。根据图 8 可以确定 d 极大值(4.00)及相应的 l 值(0.00)。

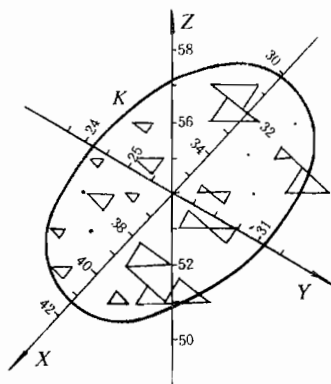


图 7 已知金矿化蚀变带中位于 TM_7, TM_3, TM_1 三维向量筛平面附近的点群分布范围

Fig. 7 The distribution range of vectors locating near the plane of TM_7, TM_3, TM_1 spectral vector sifter of the known gold mineralization alterative belt

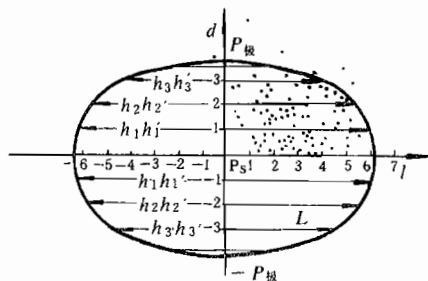


图 8 已知蚀变带 TM_7, TM_3, TM_1 三维向量 $l-d$ 图解

Fig. 8 TM_7, TM_3, TM_1 -dimention vectors $l-d$ graph of known alterative belt

利用 d 极大值与 l 值查寻其所对应的向量($x_{极}, y_{极}, z_{极}$)投入向量筛即可确定极大三角形大小与垂心($P_{极}$)位置。本例 $P_{极}$ 由图 8 显见应与 P_s 重合,相应的三角形三高为:

$$\Delta x = x_s(d / \sqrt{x_s^2 + y_s^2 + z_s^2}), \Delta y = y_s(d / \sqrt{x_s^2 + y_s^2 + z_s^2}), \Delta z = z_s(d / \sqrt{x_s^2 + y_s^2 + z_s^2})$$

2.4.3 其它三角形分布范围

在无穷小与极大三角形之间还有很多过渡的三角形,即那些不满足方程(3)的向量,其分布范围因其到筛面距离,即三角形大小,而变化的。表现为不同大小的,与椭圆 K 相似的,但它们的长轴互相平行的椭圆。这些三角形的大小及其相应的椭圆范围可以通过作图方法,分以下两种情形确定。

如果 P_s 与 $P_{极}$ 重合,如本例,步骤如下:①通过垂心 $P_{极}$ 作椭圆 K, L 长轴(hh'),如图 8、图 7 所示。②作椭圆(L)的线段 $P_s P_{极}$ 的等分线(图 8)。根据三维向量平面图解性质⑤,每一等分线段代表对应三角形是极大三角形的分数。即自 P_s 点起 $1/4 P_s P_{极}$ 处对应的三角形是极大三角形的 $1/4$ 。这些三角形代表的向量到筛面距离等于那些位于椭圆极点处的向量距离的 $1/4$ 。③作每一等分点的平行线。这些平行线被椭圆(L)的截线($h_1 h'_1, h_2 h'_2, h_3 h'_3$)就是对应三角形分布椭圆范围长轴。这些线段在椭圆(K)中是重合的(图 3)。

如果 P_s 与 $P_{极}$ 不重合,那么 $l-d$ 图解中 $P_{极}$ 不在 d 轴上(图 4a 示)。由此,仍可以用等分线段 $P_s P_{极}$ 的方法求取小椭圆(K_1, K_2, K_3)的长轴。用 d 极对应向量($x_{极}, y_{极}, z_{极}$) 在向量筛构成

三角形垂心确定 $P_{\text{板}}$ 位置,再求此线段($P, P_{\text{板}}$)的等分线位置,将 $h_1h_1', h_2h_2', h_3h_3'$ 置于 $P, P_{\text{板}}$ 线段(图 4b)的对应等分点,使之平行于 hh' ,最后分别作它们与椭圆(K)相似的小椭圆(图 4b, K_1, K_2, K_3)。

2.4.4 向量筛的代表性估计

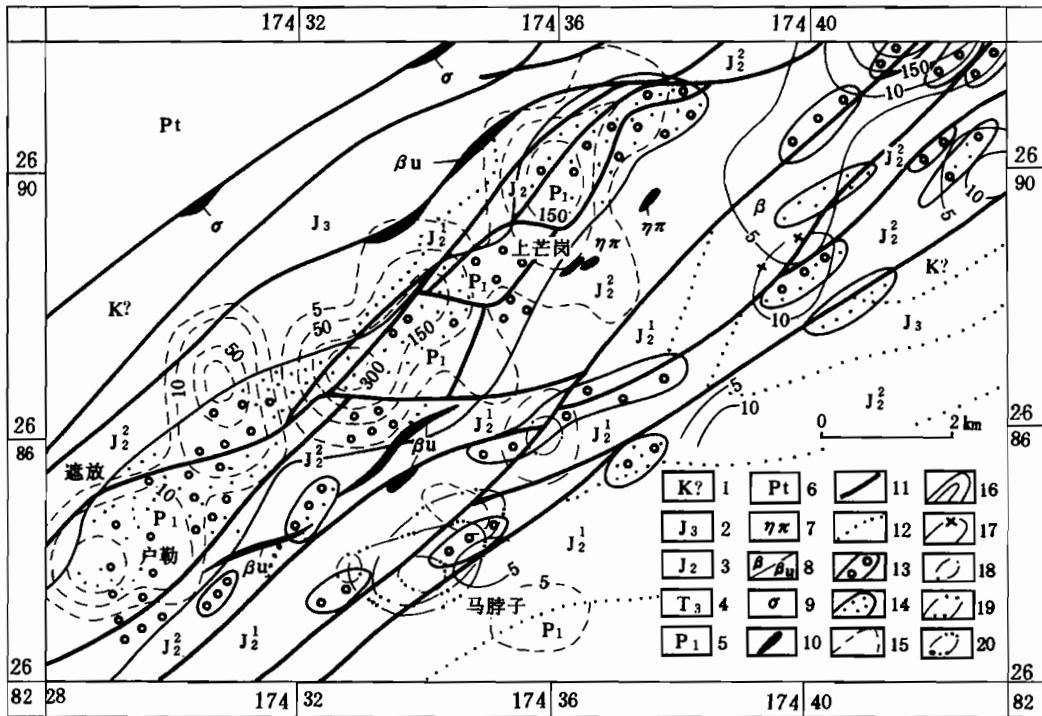


图 9 研究区 TM_7, TM_3, TM_1 图像金矿化蚀变带信息分布图

(地质、化探资料据核工业云南地质调查队)

Fig. 9 The distribution map of gold mineralization alternative information identified from TM_7, TM_3, TM_1 image of studied area

(The geologic and geochemical data is cited from Yunnan Geological Survey Party of Nuclear Industry)

1—白垩系黄色杂砂岩、含砾砂岩;2—上侏罗统浅灰—黄含砾长石、石英砂岩、含生物碎屑灰岩;3—中侏罗统上部(J_2^2)黄—灰绿粉砂岩、细砂泥岩、泥质灰岩、生物碎屑灰岩/中侏罗统下部(J_2^1)紫红色粉砂岩、泥岩,夹白云质灰岩、泥质灰岩;4—上三迭统灰色砂岩、粉砂岩、页岩、硅质岩、混有辉橄玄武岩;5—下二迭统白云岩、白云质灰岩;6—元古界混合岩、变粒岩、片岩;7—二长斑岩;8—玄武岩/辉绿岩;9—超基性岩;10—岩体;11—走滑断裂;12—地层界线;13—向量筛解译的蚀变带;14—目视法解译的蚀变带;15~20—土壤化探异常;15—Au($\times 10^{-9}$);16—Cu($\times 10^{-6}$);17—Ag($\times 10^{-9}$);18—Sb($\times 10^{-6}$);19—Hg($\times 10^{-9}$);20—As($\times 10^{-6}$)

1—Cretaceous, yellow graywacke and pebbly sandstone; 2—Upper Jurassic, gray-yellow pebbly arkose, quartzite bioclast bearing limestone; 3—middle Jurassic, upper part(J_2^2), yellow-ashygreen siltstone, silty mudrock, pelitic limestone, biocalcarenite/lower part(J_2^1), violet-red siltstone, mudrock, with dolomitic limestone, pelitic limestone; 4—upper Triassic, gray sandstone, siltstone, shale, silicilith, with augite peridotitic basalt; 5—lower Permian, dolomite, dolomitic limestone; 6—Proterozoic, migmatite, granulitite, schist; 7—monzonitic porphyry; 8—basalt/diabase, gabbro; 9—ultrabasic rock; 10—magmatic body; 11—strike-slip fault; 12—stratigraphic boundary line; 13—alterative belt identified by vector sifter; 14—alterative belt identified with naked eyes; 15~20—earth geochemical anomalous. illustration as former

利用已知蚀变带波谱向量(表 1 数据)估计向量筛代表性。计算公式如下:向量筛的代表性=(落于椭球范围内的向量总数/向量总数)×100%。将表 1 数据投于向量筛中。统计结果如下:92 个蚀变带向量,有 8 个落于椭球外,84 个落于椭球内。因此,该向量筛的代表性为 91.30%,已将绝大多数蚀变带信息包罗在内。具有很强的代表性。

2.5 向量筛的实际应用

通过以上步骤,设计而成的研究区金蚀变带向量筛如图 3 示。小椭圆的数目可以根据精度要求确定。精度越高, $P_S P_{\text{区}}$ 线段等分数越高,对应的椭圆也越多。一旦筛子建成之后,运用起来十分方便。将研究区 TM_7 、 TM_3 、 TM_1 图像中每一像元的波谱向量按向量筛三轴坐标投入,即构成三角形。如果该三角形小于向量筛的某一级三角形,且垂心线落于该级三角形分布范围内,这个向量即属于蚀变带信息。通过这种方法确定研究区内的金蚀变带如图 9 示。

3 使用效果简评

运用三维向量筛提取 TM 图像金蚀变带波谱信息,是一种波谱信息的监督分类。较繁杂的工作是建立向量筛。这里有较多的计算、统计工作。一旦筛子建成后,运用起来十分方便,只需将遥感图像中波谱向量投入向量筛,立见分晓。

现有的监督分类方法一般用向量相似系数与模量差两个指标。需建立两个文件,用起来很不方便。判别标准是相似系数大于某值,且模量差小于某值。这一标准反映的点群分布范围在直角坐标中实际上是一圆锥台,与向量点群椭球形分布的事实有差距。因此,向量筛的分类方法较现有的监督分类方法更方便准确。

对研究区通过向量筛求得的蚀变带进行地面调查,均发现蚀变岩。化探验证这些蚀变带均有金及相关化探异常(图 9)。

参 考 文 献

- 1 H. 斯韦思(美),S.M. 戴维(美)主编. 遥感定量研究方法. 朱振福,董寿彬,张晋,舒守荣译. 北京:科学出版社,1984. 110~115 页.
- 2 许殿元,丁树柏. 遥感图象信息处理. 北京:宇航出版社,1990. 121~167 页.
- 3 周坚华,黄顺忠. 三维量遥感调查:一种估算城市绿化环境效益的新方法. 上海建设科技,1995,(4):41~42.
- 4 陈玉明. 遥感地质数据的三维综合,一种找油方法. 遥感技术与资源开发,1993,(2~3):5~10.
- 5 杨凯,卢键,林开恩,蓝云超,孙家柄. 遥感图象处理原理和方法. 北京:测绘出版社,1988. 71~72 页.

Three-Dimensional Vector Sifter and Its Application in Geological Exploration

Zhang Yongbei, Li Guangqiang

Hu Guangyao

(China University of Geosciences, Wuhan, 430074) (Yunnan Geological Survey Party of Nuclear Industry, Kunming, 650106)

Abstract

The vectors, with certain attributes in three-dimensional space, are usually distributed at random and form an ellipsoidal cluster. The extraction of this part of information with the conventional method is always very difficult owing to complex calculation. The three-dimensional vector sifter, which can extract information rapidly, is developed in this paper, and an application example is given, which is used in the extraction of the information of a gold mineralization-

alteration zone in remote-sensing images.

Key words: three-dimensional vector sifter; information extraction; remote-sensing image possessing; geological exploration

作 者 简 介

张永北,男,1967年生。分别于1986年和1992年在中国地质大学(武汉)构造地质学专业和遥感地质学专业获学士和硕士学位,现为岩石学专业博士研究生。主要从事遥感技术快速勘查国土资源的理论和方法研究。通讯地址:430074,武昌喻家山中国地质大学(武汉)地球科学学院。电话:027—7482947,7482949;电子信箱:dxcl@cug.edu.cn;传真:027—7801761。
