

矢量分析在辽宁大地构造研究中的应用

辽宁冶金地质勘探公司研究所 张树森

不同地质空间有其自身的发展过程和沉积间断史。在编制辽宁省大地构造图的过程中,我们根据相邻地质空间地质发展过程的不同,划分了 I~V 级构造单元。

全省共划分出 I 级构造单元 2 个, II 级 4 个, III 级 11 个, IV 级 24 个, V 级 31 个。本次矢量分析只做到 III 级构造单元。I、II、III 级构造单元的名称见图。

既然不同地质空间即不同构造单元沉积间断存在着差异,或者上升遭到剥蚀,或者下降接受沉积,这种升降对矿产形成后的影响,就是区域找矿工作中不可忽视的一个问题。因为矿产形成后,可能由于所处空间的上升而使其被剥蚀到某个水准或被全部剥蚀掉,也可能由于地质空间下降而使其覆盖上新的岩层,至今尚未出露地表。

辽宁省大地构造 III 级构造单元矢量分析,为我们提供了整个地质时期各构造单元差异升降幅度的相对大小。

省内的几条深大断裂的特点是:①在辽宁省大地构造中都作为不同级别构造单元的界线;②活动的时间均持续较长;③与矿产分布有着间接的时空关系。

本文通过矢量分析藉以说明:①本省三级构造单元在整个地质时期差异升降幅度的相对大小;②在郯城—浑河深大断裂以南的抚顺—新宾隆起(Ⅲ₃)寻找红透山式铜矿的可能性;③深大断裂活动的起止时间;④矢量分析在找矿中的应用。

本次计算资料来源有:①辽宁省构造图;②辽宁省地质图;③辽宁省区域地层表。

计算的依据是:①辽宁省大地构造图构造单元的划分原则;②辽宁省区域地层表地层对比方案。

矢量分析及其计算方法

(一)数据的收集 以纵向表示 11 个 III 级构造单元,横向表示 44 个地质时期。采用数

量化数据,用 1 和 0 分别表示每个构造单元某个地质时期建造的有无(有为 1,无为 0)。最后填成数据(表 1)。

需要说明的是:前震旦界的对比方案尚未确定,目前还没有一个统一的意见。我们在编制有关图件时,将辽东地区的辽河群与辽西地区的建平群瓦子峪组对比;将辽东地区的鞍山群与辽西地区的建平群大营子组、小塔子组对比。前震旦界持续的时间很长。格陵兰古老地层的同位素年龄为 37 亿年;河北省迁西县古老地层的同位素年龄为 36 亿年,并认为可能延续到辽宁的凌源、抚顺、新金一带。如果按 36 亿年计算,到辽河群顶部 17 亿年,它经历了 19 亿年。然而从寒武纪到现在它才经历了 6 亿年左右。所以前震旦界的历史是极其复杂的,各地质空间的差异升降也是肯定存在的。本次计算只能据现有认识对比处理。

(二)数学原理

1. III 级构造单元矢量分析:

(1)将表 1 数据看作是一个矩阵:

$$[A]_{11 \times 44} \quad (11 \text{ 行}, 44 \text{ 列})$$

(2)矩阵 $[A]$ 乘以 $[A]$ 的转置矩阵 $[A]^T$, 结果为一方阵 $[B]$ 。

$$[A]_{11 \times 44} \cdot [A]_{44 \times 11}^T = [B]_{11 \times 11} \quad (11 \text{ 行}, 11 \text{ 列})$$

在计算机程序里可以由下面通式完成:

$$B_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik} \cdot a_{jk} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

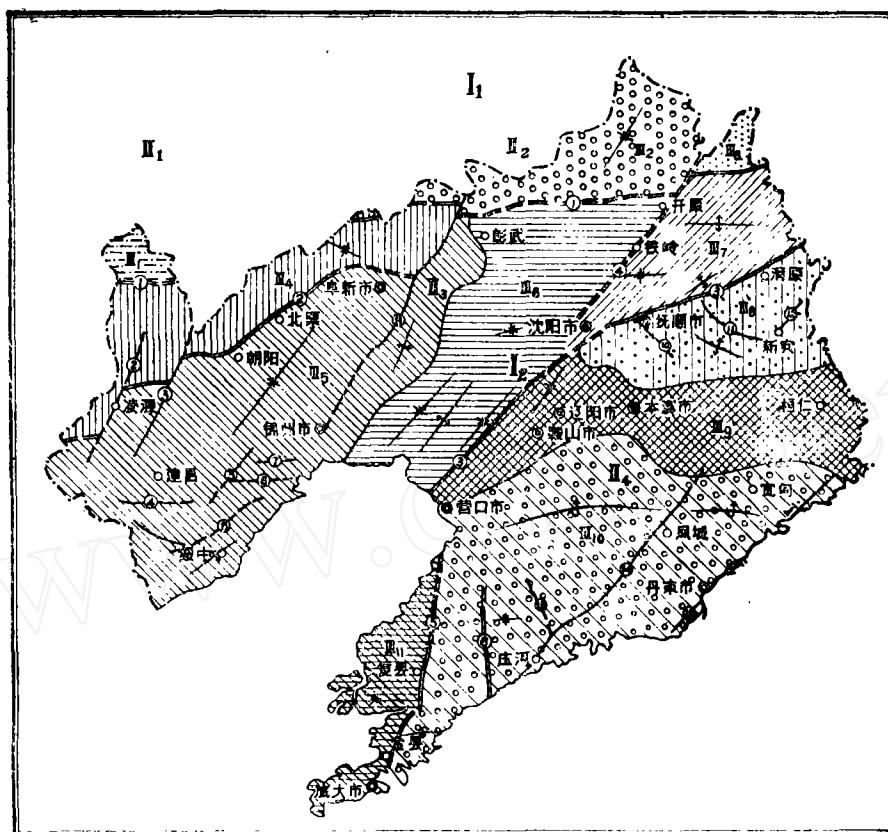
方阵 $[B]$ 的空间意义是 11 维空间里有 11 个向量。

(3)计算 11 个向量的模:

$$|b_m| = (b_{m1}^2 + b_{m2}^2 + \dots + b_{m11}^2)^{1/2}$$

$$= \left(\sum_{i=1}^{11} b_{i11}^2 \right)^{1/2}$$

$$(m = 1, 2, 3, \dots, 11)$$



构造单元划分

I₁ 天山兴安地槽褶皱区

- Ⅱ₁ 内蒙古大兴安岭华力西褶皱系
Ⅲ₁ 内蒙古华力西地槽褶皱带

Ⅱ₂ 吉黑华力西褶皱系

- Ⅲ₂ 松辽中断陷
Ⅲ₃ 张广才岭断褶带

I₂ 中朝准地台

Ⅱ₃ 辽冀台槽

- Ⅲ₄ 内蒙地轴
Ⅲ₅ 冀辽沉降带
Ⅲ₆ 下辽河中新断陷
Ⅲ₇ 铁岭平原隆起

Ⅱ₄ 辽东台隆

- Ⅲ₈ 抚顺新宾隆起
Ⅲ₉ 太子河浑江拗陷
Ⅲ₁₀ 营口宽甸隆起
Ⅲ₁₁ 复县拗陷

断裂名称

一 深大断裂

- ① 赤峰开原深大断裂
② 承德北票深大断裂
③ 郑城浑河深大断裂

- ④ 伊兰伊通深大断裂
⑤ 金州深大断裂
⑥ 碧流河深大断裂

二 基底断裂

- ⑦ 凌源叨尔登基底断裂
⑧ 中三家基底断裂
⑨ 锦西青龙基底断裂
⑩ 女儿河基底断裂
⑪ 富儿河营盘基底断裂
⑫ 拉拉屯南凤山基底断裂
⑬ 时杖子基底断裂

- ⑭ 锦州哈尔套基底断裂
⑮ 沙河基底断裂
⑯ 苏子河基底断裂
⑰ 柳河基底断裂
⑱ 哨子河基底断裂
⑲ 庄河基底断裂
⑳ 鸭绿江基底断裂

辽宁省大地构造略图

辽宁省Ⅲ级构造单元数量化数据表

表1

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
时期	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁	N ₂	N ₁	E ₃ ²	E ₃ ¹	E ₂ ²	E ₂ ¹	E ₁	K ₂	K ₁ ²	K ₁ ¹	J ₃	J ₂	J ₁	T ₃	T ₂	T ₁	P ₂	P ₁
单 元																						
Ⅲ ₁	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Ⅲ ₂	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Ⅲ ₃	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Ⅲ ₄	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Ⅲ ₅	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1
Ⅲ ₆	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Ⅲ ₇	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
Ⅲ ₈	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Ⅲ ₉	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Ⅲ ₁₀	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
Ⅲ ₁₁	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1

序 号	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
时期	C ₃	C ₂	C ₁	D ₃	D ₂	D ₁	S ₃	S ₂	S ₁	O ₃	O ₂	O ₁	Є ₃	Є ₂	Є ₁	Z _{2b}	Z _{2a}	Z ₁	Z _f	Z _c	P ₁₁	A _r
单 元																						
Ⅲ ₁	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ⅲ ₂	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ⅲ ₃	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ⅲ ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Ⅲ ₅	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
Ⅲ ₆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Ⅲ ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Ⅲ ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Ⅲ ₉	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Ⅲ ₁₀	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Ⅲ ₁₁	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1

单 元 名 称	1. 内蒙华力西褶皱带	2. 松辽中断陷	3. 张广才岭断褶带	4. 内蒙地轴	5. 燕辽沉陷带	6. 下辽河中新断陷	7. 铁岭清源隆起	8. 抚顺新宾隆起	9. 太子河浑江拗陷	10. 营口宽甸隆起	11. 复县拗陷
---------	-------------	----------	------------	---------	----------	------------	-----------	-----------	------------	------------	----------

所以 $|Ⅲ_1| = |b_1| = \left(\sum_{i=1}^{11} b_{1i}^2 \right)^{1/2}$

$$|Ⅲ_2| = |b_2| = \left(\sum_{i=1}^{11} b_{2i}^2 \right)^{1/2}$$

.....

$$|Ⅲ_{11}| = |b_{11}| = \left(\sum_{i=1}^{11} b_{11i}^2 \right)^{1/2}$$

(4) 将11个向量模按大小排队。

2. 地质时期矢量分析:

将竖起来的数表即 $[A]^T$ 看作一个 矩阵

$[C]_{44 \times 11}$, 计算方法同前, 求得 $|Q_4|$, $|Q_5|, \dots, |A_r|$ 44个向量模, 然后按大小排队。

计算结果及地质认识

(一) Ⅲ级构造单元矢量分析

1. 计算结果:

内蒙华力西地槽褶皱带

$$Ⅲ_1 = 48.71$$

松辽中断陷

$$Ⅲ_2 = 36.04$$

张广才岭断褶带

$$Ⅲ_3 = 51.94$$

内蒙地轴

$$Ⅲ_4 = 35.82$$

燕辽沉陷带

$$Ⅲ_5 = 52.26$$

下辽河中新断陷

$$Ⅲ_6 = 36.78$$

铁岭清原隆起	$I_7 = 40.51$
抚顺新宾隆起	$I_8 = 35.11$
太子河浑江拗陷	$I_9 = 45.20$
营口宽甸隆起	$I_{10} = 43.66$
复县拗陷	$I_{11} = 43.87$

按向量模的大小排队:

$$I_6 > I_5 > I_1 > I_0 > I_{11} > I_{10} > I_7 > I_8 > I_9 > I_4 > I_3$$

结果说明Ⅲ级构造单元差异升降幅度的相对大小。数值越小表明上升幅度越大,数值越大表明下降幅度大。

2.地质认识:

根据目前地层对比方案,辽宁省在整个地质时期上升幅度最大的是抚顺新宾隆起(Ⅲ₈),它比内蒙地轴(Ⅲ₄)上升幅度还大;辽宁省下降幅度最大的是燕辽沉陷带(Ⅲ₅),其次是张广才岭断褶带Ⅲ₃。

(1)天山兴安地槽褶皱区(Ⅰ₁):Ⅲ₁ > Ⅲ₂ > Ⅲ₃。

本区上升幅度比较大的是松辽中断陷(Ⅲ₂),而下降幅度比较大的是张广才岭断褶带(Ⅲ₃)。

松辽中断陷(Ⅲ₂)下古生界及其以前地层全部缺失(据东北区区域地层表,1975年),即始终处于上升阶段。上古生界是否有相应的层位目前尚无资料。松辽盆地之形成主要是在中生代以后开始下陷,一直延续到新生代,特别是中生代下陷的幅度比下辽河中新断陷(Ⅲ₆)大得多,而下辽河中新断陷(Ⅲ₆)新生代下陷的幅度比较大。故就整个地质时期而言,松辽中断陷(Ⅲ₂)是地槽区上升幅度最大的。

内蒙华力西地槽褶皱带(Ⅲ₁)与张广才岭断褶带(Ⅲ₃)相比前者上升幅度较大。

(2)中朝准地台Ⅰ₂:Ⅲ₈ > Ⅲ₉ > Ⅲ₁₁ > Ⅲ₁₀ > Ⅲ₇ > Ⅲ₆ > Ⅲ₄ > Ⅲ₅。

本区8个Ⅲ级构造单元,上升幅度最大的是抚顺新宾隆起(Ⅲ₈),其次是内蒙地轴(Ⅲ₄)。下降幅度最大的是燕辽沉陷带(Ⅲ₅),其次是太子河浑江拗陷(Ⅲ₉)。

抚顺新宾隆起(Ⅲ₈)和铁岭清原隆起(Ⅲ₇)比较,相隔Ⅲ₄、Ⅲ₆,前者比后者上升的幅度大得多。这两个构造单元只为一处郯城—浑河深大断裂③所隔。但地质资料表明,深大断裂南部的抚顺新宾隆起(Ⅲ₈)混合岩化程度比北部铁岭清原隆起(Ⅲ₇)高得多。当时的混合岩化作用绝不会受断裂的阻

碍。矢量分析的结果表明,深大断裂两侧混合岩化程度的差异是由于深大断裂两侧差异升降运动造成的,也就是这两个构造单元升降的幅度不同。众所周知,混合岩化程度随深度的增加而增高。如果一个地块上升的幅度比较大,剥蚀的深,深部混合岩就暴露了地表。两者相比抚顺新宾隆起(Ⅲ₈)缺J₂, J₃, P₂, Z_q, Z_j, Z_c(前震旦亚界的升降差异尚未计算在内)。经粗略计算,两者相差累计厚度3923.2~8445.2米。

距深大断裂北侧5~10公里有红透山式沉积变质型铜矿。多少年来,曾想在其断裂南侧找到红透山式铜矿,可是收效甚微。那么,在断裂南侧抚顺新宾隆起(Ⅲ₈)上能否找到呢?看来希望不大,即使有的话,很可能被侵蚀掉了。但不排除本区中生代断陷盆地寻找斑岩型、火山筒型矿产,这是另外一个问题。

燕辽沉陷带(Ⅲ₅)和营口宽甸隆起(Ⅲ₁₀)相比,前者下降的幅度较大,而后者上升的幅度较大。地表地质特征也证明了这一结论。燕辽沉陷带(Ⅲ₅)中生代的沉积岩、火山岩、次火山岩非常发育,而营口宽甸隆起(Ⅲ₁₀)中生代的火山岩仅保留在深大断裂和基底断裂附近的断陷盆地,而大面积出露的均是中深相侵入岩体,次火山岩很少。某个时期的火山岩、次火山岩和侵入岩,总是相辅相成的,那么营口宽甸隆起这套火山岩、次火山岩哪里去了?为什么中深相侵入岩体大都暴露地表?矢量分析表明,营口宽甸隆起(Ⅲ₁₀)在中生代以后上升剥蚀。这一特征与燕辽沉陷带不同,燕辽沉陷带(Ⅲ₅)由于中生代的沉积岩、火山岩的掩盖许多岩体还未暴露地表。就找矿来说尚有许多矿产被掩盖着,所以辽西的找矿前景还很大。特别是寻找斑岩型铜矿、火山筒型的矿产,应是辽宁的重点区域之一。

寻找这类矿产的地区还有全省下降幅度比较大的张广才岭断褶带(Ⅲ₃)、内蒙华力西地槽褶皱带(Ⅲ₁)、复县拗陷(Ⅲ₁₁),此外,太子河浑江拗陷(Ⅲ₉)、下辽河中新断陷(Ⅲ₆)北部,浅成、超浅成岩体均比较发育。在全省上升幅度比较大的几个Ⅲ级单元,还要注意深大断裂、基底断裂附近的火山盆地。如果断陷地中酸性小斑岩体或次火山岩附近有面型蚀变或蚀变分带现象应

值得进一步工作。

在地质科研工作中, 还应注意下列问题的探讨:

(1) 不同地质空间或不同构造单元矿产分布的专属性; (2) 某种矿产或岩性, 不同侵蚀部位元素组合的规律, 矿物组合, 蚀变组合的规律; (3) 同时期的岩浆岩或变质岩, 不同侵蚀部位钾氩同位素年龄数值的使用; (4) 不同地质空间、老基底建造上的差异与不同地质空间差异升降之间的关系; (5) 省内是否具备寻找国外某些大型铁铜矿产的条件, 哪些单元为有利的地质空间。

(二) 各地质时期矢量分析

1. 计算结果表 2, 表 3。

2. 地质认识: 表 2 按向量的大小排列, 表明各时期某种建造在 11 个Ⅲ级构造单元分布广度的差异。由表可见, Q_4 、 Q_3 、 Q_2 、 J_3 和 K_1 最发育, 向量模分别为 38.61 和 35.13; 其次为 Q_1 、 N_2 , 向量模为 35.07。最不发育的是 T , 向量模为 5.0~0; 次为 D_3 、 D_2 , 向量模为 5.29。

表 3 中除少数向量模相同外, 其他均不相同, 这种不同也说明了各构造单元的差异

各地质时期矢量分析

表 2

表 3

向量模	地质时期	所在单元	地质时期	向量模
38.61	Q_4, Q_3, Q_2, J_3	$I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, I_9, I_{10}, I_{11}$	Q_4, Q_3, Q_2	38.61
35.13	K_1	$I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, I_9, I_{11}$	Q_1, N_2	35.07
35.07	Q_1, N_2	$I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, I_{10}, I_{11}$	N_1	21.89
30.25	J_1	$I_1, I_3, I_4, I_5, I_7, I_9, I_{10}, I_{11}$	E_3^2	11.45
29.41	I_2	$I_1, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_9, I_{10}$	E_3^1, E_2^2, E_2^1	11.62
25.53	Ar	$I_4, I_5, I_7, I_8, I_9, I_{10}, I_{11}$	E_1	11.45
24.94	Pt_1	$I_4, I_7, I_8, I_9, I_{10}, I_{11}$	K_2	15.07
24.33	P_1, C_3, C_2	$I_1, I_3, I_5, I_9, I_{10}, I_{11}$	K_1^2	8.77
23.73	O_2, O_1	$I_1, I_2, I_3, I_5, I_{10}, I_{11}$	K_1^1	35.13
23.66	P_2	$I_1, I_3, I_5, I_7, I_9, I_{10}$	J_3	38.61
21.89	N_1	$I_1, I_2, I_3, I_6, I_7, I_8$	J_2	29.41
19.80	E_3	$I_4, I_5, I_6, I_9, I_{10}, I_{11}$	J_1	30.25
16.97	E_2, E_1	I_5, I_9, I_{10}, I_{11}	T_3	5.00
15.07	K_2	I_1, I_2, I_4, I_5	T_2	0
15.07	Zza	I_8, I_9, I_{10}, I_{11}	T_1	4.58
15.03	Zc	I_4, I_5, I_6, I_7	P_2	23.66
13.27	S_3, S_2, S_1, D_1, D_3	I_1, I_2, I_3	P_1, C_3, C_2	24.33
12.61	Zzb	I_9, I_{10}, I_{11}	C_1	9.75
11.87	Zf	I_5, I_6, I_7	D_3, D_2	5.29
11.62	E_3^1, E_2^2, E_2^1	I_3, I_6, I_8	S_3, S_2, S_1, D_1, O_3	13.27
11.45	E_3^2, E_1	I_6, I_7, I_8	O_2, O_1	23.73
9.75	C_1	I_1, I_3	E_3	19.80
8.77	K_1^2	I_2, I_3	E_2, E_1	16.97
8.54	Zq	I_5, I_7	Zzb	12.61
5.29	D_3, D_2	I_1, I_3	Zza	15.07
5.00	T_3	I_5	Zq	8.54
4.58	T_1	I_9	Zf	11.87
0	T_2	均无	Zc	15.03
			Pt_1	24.94
			Ar	25.53

按向量模的大小排列

按地质时期的顺序排列

运动。否则各时期的某种建造在11个Ⅲ级构造单元分布的广度应该是相同的。深大断裂活动的实质在于不同地块的移动；因此，在不同向量模的界线上，即数值不同的各地质时期的界线上，都有深大断裂活动。

统计省内几条深大断裂的活动起止时间如下：

(1)开原赤峰深大断裂①，从太古代(Ar)开始活动，一直到早第三纪(E)末结束。(2)承德北票深大断裂②，从长城纪(Zc)末开始，到晚第三纪(N)末结束。(3)郯城浑河深大断裂③，从太古代(Ar)开始，到现在仍然活动。(4)伊兰伊通深大断裂④，从早侏罗世(J₁)开始，直到现在仍然活动。(5)金州深大断裂⑤，从青白口纪(Zq)末开始，一直到早白垩世(K₁)末结束。

矢量分析的应用

矢量分析可以作为一种简单统计方法应用于矿区及其外围普查找矿和区域性成矿预测、矿产统计预测。

在矿区，可利用矢量分析对比所有矿体的好坏；在区域性找矿工作中，可对比若干岩体的含矿性，若干火山岩筒含矿性等，还可确定主要找矿标志。在应用中应注意：

1.充分利用已知的、并被确定下来的地质规律和认识。

2.统计指标选择要合理，它随着所研究的问题的而异。要选择真正起作用的并与所研究的问题有关系的指标。

3.数量化数据可采用定性的，也可以将定量数据化为二态变量，但取值要正确。

我们将矢量分析用于研究大地构造仅是初步尝试，地质认识肤浅，不当之处请批评指正。

本文插图由张厚琪、闻晶、杨敏同志清绘；在写作中赵鹏大教授曾提出宝贵意见，在此一并致谢。

附：矢量分析程序(BASIC语言)

```
0010 READ M, N
0015 DIM B(N, N), C(N), E(N)
```

```
0020 DIM X*(10)
0030 DIM A(M, N), B(M, M), D(N, M),
      O(N, M), C(M), E(M)
0040 MAT READ A
0050 MAT O=TRN(A)
0060 GOSUB 140
0070 LET T=M
0080 LET M=N
0090 LET N=T
0100 DIM A(M, N), B(M, M), D(N, M),
      C(M), E(M)
0110 MAT A=0
0120 GOSUB 140
0130 STOP
0140 MAT D=TRN(A)
0150 MAT B=A*D
0160 FOR I=1 TO M
0170 LET S=0
0180 FOR J=1 TO M
0190 LET S=S+B(I, J)+2
0200 NEXT J
0210 LET C(I)=SQR(S)
0220 , 'G('I')=' , C(I)
0230 NEXT I
0240 LET X*='MAXnTOuMIN'
0250 , X*
0260 FOR J=1 TO M
0270 LET E(J)=J
0280 NEXT J
0290 FOR I=1 TO M-1
0300 FOR K=I+1 TO M
0310 IF C(I).LT.C(K) THEN 330
0320 GOTO 390
0330 LET F=C(I)
0340 LET C(I)=C(K)
0350 LET C(K)=F
0360 LET G=E(I)
0370 LET E(I)=E(K)
0380 LET E(K)=G
0390 NEXT K
0400 , 'R('E(I)')=' , C(I)
0410 NEXT I
0420 , 'R('E(K)')=' , C(K)
0430 RETURN
0440 END
0500 DATA 样品数, 变量数
0510 DATA 原始数据……
```

在通程序的过程中天津冶金地调所电算室的同志给予大力协助，为此深表谢意。

注：若M>N，则在电传上删掉0015语句。