

56.5412

01477

11-112

中国地质科学院地质力学研究所

地质力学论丛

第 5 号



科学出版社

12

中国地质科学院地质力学研究所

地质力学论丛

第 5 号

科学出版社

1979

内 容 简 介

本辑论丛主要由三部分组成：第一部分内容是关于断裂问题的分析和讨论以及应用古地磁方法对旋扭构造活动方向的验证；第二部分是关于超基性岩体、金属矿田和岩溶水以及煤田地质方面构造控制的研究；第三部分是对典型地震区的构造特征和活动性构造体系的探讨，以及三维地应力测量的计算。

地 质 力 学 论 丛

第 5 号

中国地质科学院地质力学研究所

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979年4月第一版 开本：787×1092 1/16

1979年4月第一次印刷 印张：20 3/4

印数：精：1—4,760 插页：精7 平5

平：1—6,670 字数：243,000

统一书号：13031·944

本社书号：1343·13—14

定 价： 精装本 2.10 元
平装本 1.35 元

目 录

广东高要—四会—清远古生代地层 S 形挠曲的古地磁研究·····	
·····广东省地质局区测队 林 潜 邢玉蕻 (1)	
赣南地区两个旋扭构造运动方向的古地磁验证·····	马醒华 李 普 (17)
山西霍山断裂带的应力矿物分析及力学性质讨论·····	江南生 辛书庆 (25)
地质力学中的断裂问题·····	地质力学研究所 金汉平 (33)
构造带的特征与超基性岩体和铬铁矿体的分布关系·····	
·····中国地质科学院地质力学研究所铬矿研究小组 (44)	
辽宁新村帚状构造及其对多金属矿田的控制作用·····	辽宁省第二区测队一分队 (56)
湖南煤田地质特征的初步分析·····	湖南省煤田地质勘探公司 (64)
湖南涟邵煤田上二叠统龙潭组煤变质带的展布与构造体系的关系·····	
·····湖南省地质局四六八队 韩雄刚 (82)	
昔阳地区的构造体系及其与岩溶裂隙水的关系·····	
·····山西省地质局第一水文地质队 昔阳地质组 (95)	
·····中国地质科学院水文地质工程地质研究所	
三维地应力测量的计算·····	中国地质科学院地质力学研究所 (106)
·····国家地震局地震地质大队	
辽宁海城地震地质初步考察·····	东北地质科学研究所 (125)
临汾盆地活动构造体系与地震活动·····	国家地震局地震地质大队 (140)
·····北京大学地质地理系	
陕甘宁青活动构造体系及其控震作用的初步分析·····	兰州地震大队地震地质队 (151)

广东高要—四会—清远古生代地层 S形挠曲的古地磁研究

广东省地质局区测队 林 潜 邢玉菽

前 言

古地磁学主要是通过测定岩石的天然剩余磁化强度矢量,研究各地质时期地球磁场的方向、强度及其演化规律。由于它能定量地获得以往地质时期的古地磁极座标位置与标本形成时期取样产地的古纬度。所以,古地磁学的研究成果,已直接用于地层学、构造地质学、矿床学等有关问题的解决,发挥了一定的积极作用。

为配合我队 1:50 万广东省构造体系图的编图工作,我们对高要—四会—清远一带古生代地层的 S 形挠曲,试用古地磁学加以探讨。

根据古地理图的分析,认为这一 S 形挠曲的成因是:加里东早期活动造成了北东向构造带,随之又与在南北向挤压作用下形成的纬向构造带复合,出现 S 形挠曲。早泥盆世晚期至中泥盆世早期广东地块陆续遭受到印支方向向东推进的海水浸漫,使这一 S 形断陷沉降带同时遭受海浸,泥盆纪地层便沉积于其上,经后期构造运动使这套地层原地隆起。这是加里东后期运动所造成的中泥盆世早期本区的古地理概貌。

上述对 S 形挠曲形成于泥盆纪之前的推断,尚感依据不足,故借古地磁学的研究,提供证据。

定向标本的采集与岩石磁性的测量

我们在高要—四会—清远一带的古生代地层 S 形构造带的不同部位分九个地质剖面采集了定向标本。

九个地质剖面及采样情况简述如下(图 1):

(1) **悦城—风村圩剖面** 剖面长约 10 公里,呈北西—南东向与近北 40° 东的构造线相垂直。地表露头较少,且岩石遭受风化剧烈。在六个层位 (ϵ_{bc^a} 、 ϵ_{bc^b} 、 O_{1he} 、 O_{3sw} 、 S_{2+3} 、 D_{1-2gt^a}) 中,共采定向标本 28 块。

(2) **禄步—播植剖面** 剖面长约 12 公里,与悦城—风村圩剖面平行,相距约 15 公里。剖面垂直构造线。沿禄步—播植公路两侧陡壁,露头虽多,但岩石风化相当厉害,特别是志留系下统的条带状页岩及炭质页岩,均已风化成碎片。27 块定向标本采集于七个层位 (O_{1he} 、 O_{3sn} 、 S_1 、 S_{2+3} 、 D_{1-2gt^b} 、 D_2l 、 C_1dc) 中。此外,还在禄步煤矿采集煤系地层(J_1^a) 的砂岩标本 3 块。

(3) **大洲-小湘剖面** 剖面长约 13 公里,呈北北西方向横切近东西向构造带。由三榕峡口逆西江而上,沿江边公路,露头新鲜,选取适合古地磁研究的岩层,在九个层位中采定向标本 52 块。

(4) **肇庆-麦源剖面** 剖面长约 11 公里,穿越大王坑顶(739 米),与大洲-小湘剖面平行,相距约 6 公里。沿线路露头良好,在九个层位采集定向标本 58 块。

(5) **水坑-铜古剖面** 剖面呈北西-南东向与北东 40° 构造线相垂直,长约 5 公里。自水坑北上进入九坑河水库,沿新开公路,露头新鲜,分层(O_3sn , D_{1-2gt^a} , D_{1-2gt^b} , D_2l)采集定向标本 26 块。

(6) **三坑-石角剖面** 剖面近东西向,横切近南北向的构造带,分东西两段,全长约 12 公里。地表露头较少,且岩石表面遭受风化厉害,岩层局部受挤压破碎,适合于古地磁研究的标本较难采集,七个采集目的层中,仅在其中四个层位采集定向标本 19 块。

(7) **新楼-珠坑剖面** 此剖面是沿珠坑-清远公路横切近东西向构造带,露头虽多,但岩层受挤压破碎厉害,表面风化,层面不平,逐层采集定向标本共 19 块。

此外,还在肇庆市东栏柯尾背斜,选取了两个地质剖面(腰岗-栏柯山,蚬岗-栏柯山),采集定向标本 33 块。

此次工作,共采定向标本 265 块。

全部定向标本在室内加工成 $3 \times 3 \times 3$ 立方厘米的小立方体样品 910 块。

使用大无定向磁力仪,将立方体样品置于仪器的高斯第一位置,采用偏转法进行岩石磁性的测定。仪器精度为 7.4×10^{-9} 奥斯特/毫米。如果使用赫姆霍茨线圈,抵消了地磁场,磁系在一个无磁空间中,那么仪器的灵敏度还会提高。

岩石磁稳定性的研究

岩石保存形成时期所获得的原始剩余磁化强度的性能称为岩石磁稳定性。岩石磁性稳定是古地磁研究的必要前提。为了检定岩石标本的磁稳定性,这次,我们选取了以下三种方法。

首先使用旋转交变退磁的方法进行处理,将标本置于通有交流电的螺旋管内,并使标本沿相互垂直的两个轴旋转。

全部立方体样品均依次经过强度为 50, 100, 150, 200, 250, 300 奥斯特的交变退磁(个别达到 500 奥斯特)。每块立方体在每次退磁后即进行一次测量,经过不同强度的磁清洗后测得的数值若不趋于某一稳定值(变化范围一般大于 20%),便认为是磁性不稳定。现略举几例加以说明(图 2)。

图中 257-1 号立方体有线性下降的趋势,255-3 号立方体则呈指数衰减,这两种类型标本的磁性基本是由次生不稳定成分所致;54-4 号立方体由于次生磁性与原生磁性反向,故退磁后,中间一段的比值呈线性增加。以上三种类型的标本可认为其磁性是不稳定的。56-2 号标本的曲线大致呈一水平直线,属于磁性稳定且不含次生磁性。51-1, 129-4, 63-2 号立方体是含有强度大小不一,方向不同的次生磁性,当退磁强度逐渐增高后,均出现稳定值。所以,它们的磁性一般认为是稳定的。

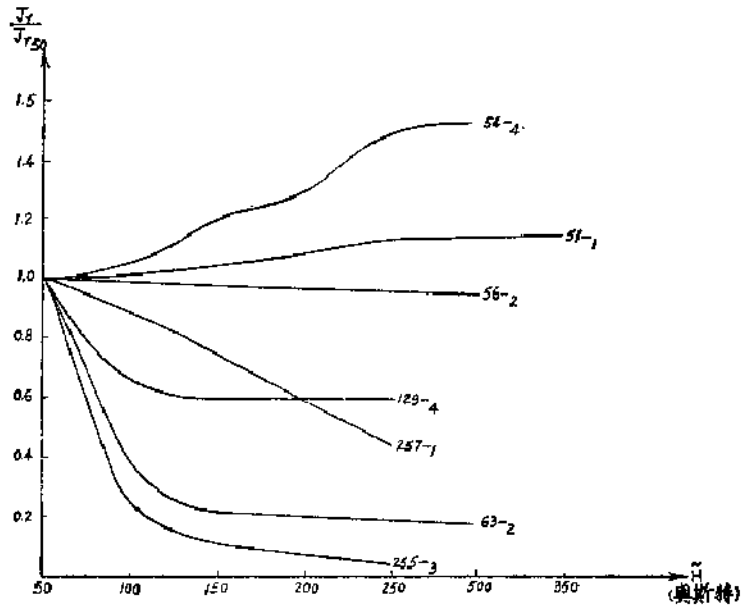


图 2 用交变磁场旋转退磁法检验岩石剩余磁性稳定性的曲线

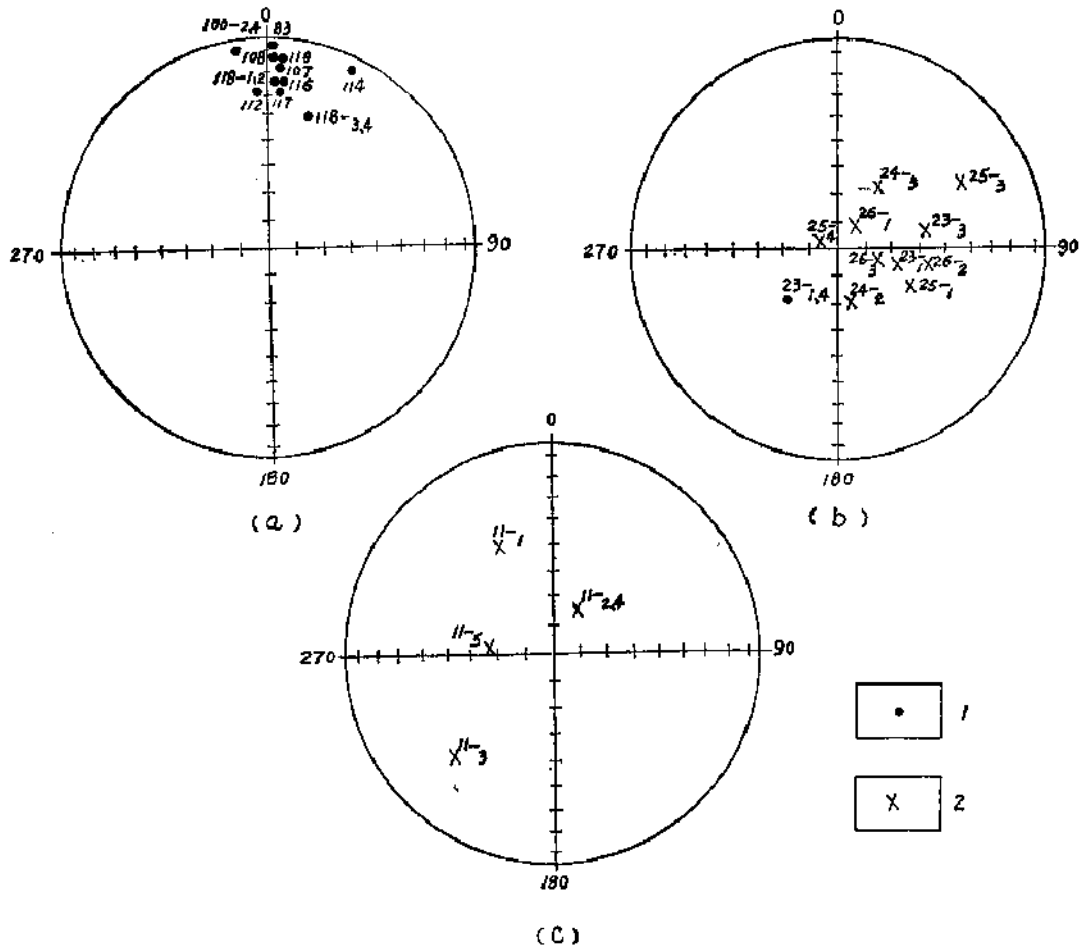


图 3 磁性分布图

1——表示磁倾角向上； 2——表示磁倾角向下。

表 1 各剖面古地磁数据表

剖面 位置	地层 代号	岩石名称及标本编号	剩余磁化强度方向		古地磁极位置		极性	精 确 度			顺 序 号
			D	J	纬度	经度		信任角 α	δp	δm	
枫城 风村圩	ϵ	棕灰、灰色 粉砂岩、页岩 151 ₁₋₅ , 152 ₁₋₃ , 153 ₁₋₂ , 156 ₁₋₄ , 157 ₁₋₃ , 159 ₁₋₂	80°45'	48°03'	N18°34'	E177°40'	+	12°42'	10°51'	16°36'	1
	O	灰、棕褐色 石英砂岩 171 ₁₋₂ , 172 ₁₋₂ , 173 ₁₋₂ , 174 ₁₋₂ , 176 ₁₋₄ , 177 ₁₋₅ , 178 ₁₋₂	79°43'	19°36'	N13°19'	W163°21'	+	5°06'	2°47'	5°20'	2
	S	灰黑色泥质 页岩、粉砂岩 165 ₃ , 166 ₁ , 167 ₁ , 168 ₁₋₂ , 169 ₁₋₂ , 169 ₁₋₂ , 170 ₁₋₂	171°19'	25°53'	S52°15'	E126°00'	+	18°36'	10°51'	20°06'	3
城步 播植	O	灰、紫色页 岩、砂岩 139 ₁ , 140 ₁₋₂ , 141 ₁₋₂	108°16'	51°45'	S1°52'	E165°39'	+	4°27'	4°09'	6°04'	4
	S	灰、黄、紫色 页岩、砂岩 145 ₁ , 146 ₁ , 147 ₁ , 149 ₁₋₂ , 150 ₁₋₂	131°27'	59°51'	S11°46'	E147°42'	+	10°36'	12°04'	15°59'	5
	D _{1-2g^p}	灰色粉砂 岩、泥质页岩 193 ₁₋₂ , 194 ₁₋₂ , 195 ₁ , 196 ₁₋₃	74°52'	5°54'	N15°04'	W154°20'	+	5°45'	2°54'	5°46'	6
大洲 小湖	J ^c	紫黄、灰色 砂岩、页岩 179 ₁₋₂ , 181 ₁₋₃	267°23'	86°23'	N22°40'	E104°28'	+	1°30'	2°58'	2°59'	7
	O	紫灰色砂岩 89 ₁₋₃	192°48'	42°57'	S40°16'	E97°08'	-				8
	D _{1-2g^p}	灰、紫灰色 砂岩 44 ₁ , 45 ₂ , 46 ₁₋₂ , 47 ₁₋₂ , 84 ₃ , 85 ₁₋₂ , 86 ₁₋₃ , 91 ₂ , 92 ₁₋₂ , 93 ₁₋₂ , 94 ₁₋₂	169°57'	57°03'	S28°30'	E121°26'	+	15°43'	16°40'	22°53'	9
大洲 小湖	D _{1-2g^p}	灰色砂岩、 页岩 49 ₂ , 50 ₁₋₂ , 51 ₁ , 52 ₁ , 53, 98 ₁₋₂ , 99 ₁₋₃ , 95 ₁₋₂ , 96 ₁₋₂	198°21'	8°05'	S57°27'	E76°41'	-	9°18'	4°43'	9°22'	10
	D _{2f}	紫、灰黄色 砂岩 37 ₂₋₄ , 38 ₁₋₂ , 39 ₂ , 40 ₁ , 41 ₂ , 82 ₁ , 83 ₁₋₂ , 104 ₁₋₂	214°27'	57°47'	S20°30'	E84°11'	+	17°21'	18°45'	25°30'	11
大洲 小湖	D _{3f}	灰色灰岩 133 ₃ , 134 ₁₋₂ , 137 ₁₋₂ , 138 ₁₋₂	20°35'	16°03'	N65°14'	W123°42'	+	7°09'	3°48'	7°22'	12
	D _{3m}	棕黄色页 岩、粉砂岩 127 ₁₋₂ , 128 ₁₋₂ , 129 ₃₋₄ , 131 ₁	41°00'	0°45'	N43°44'	W132°48'	+	15°09'	7°35'	15°09'	13
大洲 小湖	O	灰色石英砂 岩、页岩 83 ₁₋₂ , 106 ₁₋₂ , 107 ₁₋₂ , 108 ₁₋₂ , 109 ₁₋₂ , 110 ₁₋₂ , 112 ₁ , 114 ₁ , 115 ₁₋₂ , 116 ₁₋₂ , 117 ₁₋₂ , 118 ₁₋₂	177°38'	21°15'	S53°44'	E116°33'	-	5°24'	3°00'	5°41'	14

肇庆 裹源	D _{1-2gg} ^a	棕红色砂岩	119 ₂₋₄ , 120 ₁₋₃ , 121 ₁₋₄ , 8 ₁₋₃ , 122 ₁₋₃	138°18'	65°21'	S10°04'	E139°37'	+	10°26'	13°43'	16°55'	15
	D _{1-2gg} ^b	紫、灰紫色砂岩	73 ₁₋₃ , 74 ₁₋₃ , 75 ₁₋₂ , 76 ₁₋₂ , 77 ₁₋₃ , 78 ₂₋₃ , 123 ₁₋₃ , 124 ₁₋₃ , 125 ₁₋₃ , 126 ₁₋₃	189°07'	2°29'	S64°03'	E91°13'	-	5°33'	2°47'	5°33'	16
水坑 铜古	D ₁	黄灰紫色粉砂岩	61 ₁₋₄ , 62 ₁₋₃	199°37'	85°42'	N15°00'	E109°29'	+	5°36'	11°02'	11°06'	17
	C _{1dc}	棕黄色页岩	223 ₁₋₃ , 224 ₁₋₃ , 225 ₁₋₃ , 226 ₁₋₃ , 227 ₁₋₃	233°41'	79°31'	N16°07'	E92°11'	+	6°33'	11°57'	12°30'	18
	O	灰黄色粉砂岩	217 ₁₋₄ , 219 ₁ , 220 _{1,3-5}	112°50'	74°13'	N9°41'	E139°56'	+	17°45'	29°05'	32°06'	19
	D _{1-2gg} ^a	灰紫、灰色白石英砂岩	212 ₁₋₃ , 213 ₁₋₃ , 214 ₁₋₃ , 215 ₁₋₄ , 216 _{1-4,4}	68°43'	76°18'	N30°02'	E140°42'	+	4°24'	7°32'	8°09'	20
三坑 石角	D _{1-2gg} ^b	紫、紫色石英砂岩	197 ₁₋₃ , 198 ₁₋₆ , 199 ₁₋₃ , 200 ₁₋₄ , 201 ₁₋₃ , 202 ₁₋₃ , 203 ₁₋₃ , 204 ₁₋₃ , 205 ₁₋₃ , 206 ₁₋₆ , 207 ₁₋₃ , 210 ₁₋₃ , 211 ₁₋₃	87°19'	52°10'	N14°26'	E172°42'	+	4°00'	3°45'	5°29'	21
	D ₁	灰紫色石英类砂岩、粉砂岩	202 ₁ , 203 ₁₋₃ , 204 _{1,3-4} , 205 ₁₋₃ , 206 ₁₋₆ , 207 ₁₋₃	130°42'	52°09'	S16°54'	E154°21'	+	9°52'	9°16'	13°32'	22
新楼 珠坑	E	灰、灰紫、棕黄色砂岩	231 ₁₋₃ , 232 ₁₋₃ , 233 ₁₋₂ , 234 ₁₋₄ , 235 ₁₋₃ , 244 ₁₋₂ , 246 ₁₋₄	54°30'	49°31'	N41°23'	W177°43'	+	4°42'	4°09'	6°15'	23
	D _{1-2gg} ^a	灰、灰紫色砂岩	228 ₁₋₄ , 229 ₁₋₃ , 235 ₁₋₄ , 236 ₁₋₄ , 237 ₁₋₃ , 238 ₁₋₃	28°57'	47°33'	N63°35'	W174°30'	+	8°16'	6°59'	10°45'	24
腰岗 栏柯山	D _{1-2gg} ^b	黄色细砂岩	242 ₁₋₄	72°13'	7°38'	N17°49'	W153°30'	+	0°14'	0°07'	0°14'	25
	D _{1-2gg} ^a	棕黄色细砂岩	258 ₁₋₂ , 259 ₂₋₃ , 260 ₁₋₃	115°15'	76°48'	N11°28'	E136°01'	+	9°24'	16°15'	17°29'	26
腰岗 栏柯山	D ₂	黄绿、棕黄色细砂岩、粉砂岩	261 ₂₋₄ , 262 ₁₋₃ , 263 ₁₋₃ , 365 ₁₋₂	231°38'	74°15'	N4°05'	E90°12'	+	2°42'	4°25'	4°53'	27
	O	灰黑色页岩	14 ₂ , 16 ₃	169°47'	24°29'	S52°42'	E129°11'	-	29°14'	16°58'	31°19'	28
腰岗 栏柯山	D _{2-2gg} ^a	棕灰色石英砂岩	18 ₃₋₄ , 20 ₁₋₃	123°46'	72°45'	N3°38'	E138°40'	+	6°27'	10°14'	11°28'	29
	O	灰色砂岩、页岩	4 ₁₋₂ , 5 ₁₋₃	153°53'	20°11'	S47°50'	E152°48'	-	13°45'	7°28'	14°14'	30
腰岗 栏柯山	D _{1-2gg} ^a	黄褐色页岩、粉砂岩	6 ₁₋₂ , 7 ₁₋₃ , 8 ₁₋₃	143°07'	50°08'	S25°28'	E147°26'	-	13°08'	11°46'	17°35'	31

这次全部 910 块立方体样品,经交变旋转退磁检定,有 227 块立方体样品由于磁性不稳定而舍弃。

交变退磁后认为是磁性稳定的标本,它们的磁性也不一定是原生的。强烈的次生作用(如雷击,变质作用,风化淋滤作用……等)也可能产生较为稳定的次生剩余磁性。由于同一层位的岩石,形成时是在同一地质时期的地磁场作用下获得原生剩余磁性的,所以其方向应基本一致;而次生磁性的成因各不相同,无一定的规律,方向分散。根据这一原理,我们把余下的 683 个立方体,分层位进行磁性分布的检查。如图 3(a) 各剩磁矢量方向基本一致,可认为是原生的剩余磁性;图 3(b) 中各标本的剩磁矢量方向杂乱,它反映的可能是次生的磁性;图 3(c) 为同一块标本所切磨成的几个立方体的剩磁矢量,其方向分散,经室内鉴定认为是由于磁性物质分布不均所致。

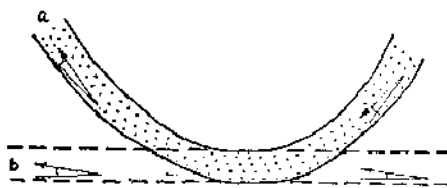


图 4 检验标本磁性稳定性的整平法示意图
a——向斜岩层横断面; b——向斜两翼展平后的岩层断面;箭头表示剩磁矢量方向。

此外,为了进一步分辨原生与次生磁性,在地质条件具备的地段,我们还采用整平法进行检查。如采自大洲-小湘剖面的一个向斜两翼的标本,将其剩磁矢量用图解法进行对比。向斜两翼标本的磁化方向是不相同的(图 4a),当把其产状恢复到水平后,岩石具有一致的磁化方向(图 4b),从而说明这些岩石的剩余磁性是原生的,标本的磁性是稳定的。否则,如果褶皱翼部岩石磁化方向一致,而在展平之后却又不相一致,这种情况应认为是磁性不稳定。

经上述岩石磁稳定性的研究,共有 442 块立方体具有较稳定的原生剩余磁性。将这些立方体标本所测得的数据进行数理统计后,其结果见表 1。

各剖面古地磁数据的比较

古地磁数据一般是指岩石的五种磁性参量(岩石的原生剩余磁化强度及其方向;岩石的磁化率;矫顽磁力和居里点),古地磁极坐标位置以及正反极性。这次,我们研究本区构造,主要是利用岩石原生剩余磁化强度的方向和古地磁极坐标位置这两组数据。

大家知道,时代相同的地层,是在同一地质时期的地磁场作用下获得原生剩余磁性的。所以,在一定的区域内,同一时代的地层其形成时所获得的剩磁偏角 D 的方向应基本一致,当岩石成岩以后,受构造运动的影响,岩层产生相对的旋扭时,保存在岩石中的剩磁偏角 D 的方向,也必定跟随着产生相应的偏转。因此,同一时代构造方向不同的岩层其剩磁偏角 D 的变化,正是忠实的记录了这些岩层相对扭转的大小和方向。显而易见,由时代相同的地层所推算得出的古地磁极坐标位置的变化,也正是客观地反映了岩石形成以后所受到的旋扭运动的大小和方向。

对高要-四会-清远 S 形挠曲的研究,我们用上述两组古地磁数据分别进行分析。

(一) 原生剩余磁化强度偏角 D 的对比

为对比方便,将 S 形挠曲按其构造带方向分为五段,连同腰岗-栏柯山,蚬岗-栏柯山

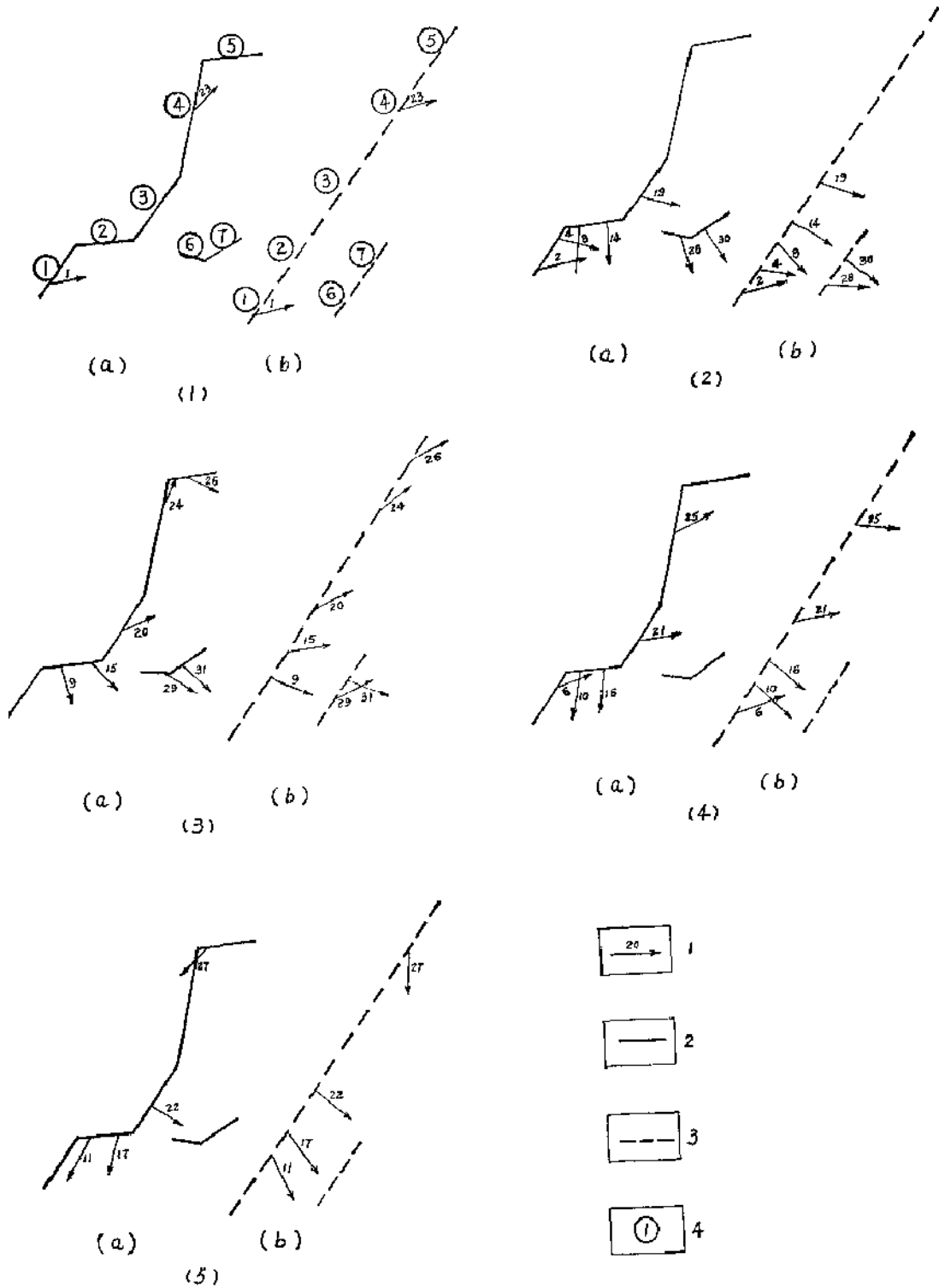


图5 S形挠曲与其剩磁偏角D的正反演示意图

1——剩磁偏角D的方向及表1的顺序号；2——S形挠曲构造带；3——反演后的构造带；4——构造带分段编号。
 (1)寒武系；(2)奥陶系；(3)下中泥盆统桂头群下亚群；(4)下中泥盆统桂头群上亚群；(5)中泥盆统老虎坳组。

两剖面均编号, 详见图 5(1) 之 a、b。

根据表 1 的数据, 分别将五个地质时代的地层——寒武系 (C), 奥陶系 (O), 下—中泥盆统桂头群下亚群 ($D_{1-2g}^{t^a}$)、上亚群 ($D_{1-2g}^{t^b}$), 中泥盆统老虎坳组 (D_2l) 的剩磁偏角 D, 按 S 形挠曲各段的采样剖面位置在图 5 中标出其剩磁偏角方向。

分析图 5(1)—(5) 之 a, 可归纳出以下两个特点:

(1) 时代相同, 构造方向相近的地层, 其剩磁偏角的方向基本一致。如禄步—播植剖面与水坑—铜古剖面, 构造带方向都是近北东 40° , 其奥陶系的剩磁偏角方向分别为 108° 和 112° ; 泥盆系桂头群上亚群的剩磁偏角方向分别为 75° 和 87° 。

(2) 时代相同, 构造方向不同的地层, 其剩磁偏角方向指向分散, 但偏角 D 与其构造带方向的夹角却相接近。如肇庆—麦源剖面奥陶系岩层的剩磁偏角为南东 177° , 而水坑—铜古剖面的则为南东 113° , 但它们与其构造带的夹角分别为 87° 和 73° 。又如三坑—石角剖面泥盆系桂头群下亚群 ($D_{1-2g}^{t^a}$) 的剩磁偏角方向是北东 29° , 而新楼—珠坑剖面则为南东 115° , 但它们与其构造带的夹角分别为 14° 和 25° 。

上述剩磁偏角方向分布的两个特点说明: 构造方向相近的地层, 在同一次构造运动的影响下, 都同时受到角度大致相等的扭转。所以, 同一时代的地层其剩磁偏角 D 方向大体一致; 构造方向不同的地层, 由于在构造运动中, 地层被扭转的方向和角度大小不同, 所以, 它们的剩磁偏角方向指向分散, 但各地层剩磁偏角 D 的方向与其构造带的夹角却相接近。这正说明了各采样剖面的岩层随着构造带同时作了一定角度的扭转。

上述这一结果, 是利用剩磁偏角 D 的变化规律来研究旋扭运动的大小和方向的必要前提。

各地段(或地块)的构造运动总是相对的。现要复原(反演) S 形挠曲出现之前本区的构造形态, 就必须以某一地段的构造带为基准。根据地质力学分析, 本区出现 S 形挠曲之前是存在着北东向的华夏褶皱带。因此, 我们以水坑—铜古剖面的走向北东 40° 的构造带为基准, 然后将其他剖面所在地段的构造带连同矢量方向扭转(或平移)到北东 40° 。

如将大洲—小湘、肇庆—麦源、新楼—珠坑三个剖面的构造带逆时针扭转 50° ; 三坑—石角剖面的构造带顺时针转 25° ; 再将腰岗—栏柯山、蚬岗—栏柯山两剖面的构造带分别逆时针扭转 65° 和 20° ; 而悦城—凤村圩和禄步—播植两剖面的构造带呈北东 40° 与水坑—铜古剖面的构造带平行, 因此不必扭转, 只须向东平移一段距离, S 形挠曲的构造带就反演为构造方向呈北东 40° 的褶皱带。见图 5(1)—(5) 之 b。

分别对比图 5(1)—(5) 中之 a、b, 可见从寒武系至中泥盆统老虎坳组, 五个不同时代的地层, 由 S 形挠曲反演为北东 40° 的构造带之后, 同一时代, 构造方向不同的各采样剖面岩石的剩磁偏角 D 的方向由指向离散变为指向基本一致, 这说明了上述构造带复原的方法是合理的。并表明此 S 形挠曲是在中泥盆世之后形成的, 因为从古地磁的原理来看, 假如 S 形构造带形成于上述五个地质时代中的某一个时代, 那么该时代以后形成的地层, 不论其构造方向如何, 在未经构造带的反演之前, 其剩磁偏角的方向都应该指向一致, 或受后来的构造运动影响, 作其他形式的变化。

(二) 对比分析古地磁极位置移动曲线

图 6 是将表 1 中各采样剖面不同时代的古地磁极位置依次用圆滑曲线连接。下面将九个剖面,按各段构造带的方向分成三组进行讨论。

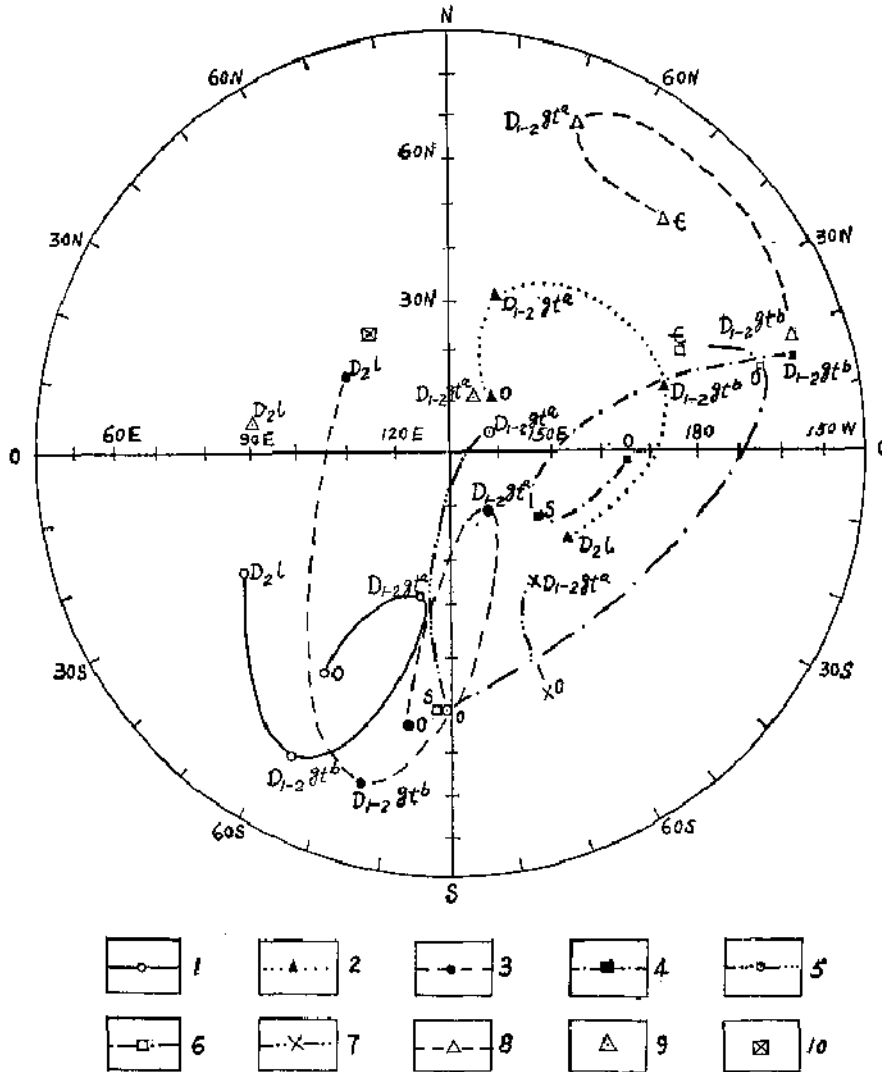


图 6 各剖面的古地磁极位置图

1——大洲-小湘剖面数据; 2——水坑-铜古剖面数据; 3——肇庆-麦源剖面数据; 4——禄步-播植剖面数据; 5——腰岗-栏柯山剖面数据; 6——悦城-凤村圩剖面数据; 7——砚岗-栏柯山剖面数据; 8——三坑-石角剖面数据; 9——新楼-珠坑剖面数据; 10——标本采集地点。

1. 构造带近东西向的五个剖面

由图 6 可见, 大洲-小湘和肇庆-麦源两剖面的奥陶纪至中泥盆世的古地磁极位置移动曲线极其相似, 其形状与阿基米德螺线相近, 螺线的纵轴指向标本采样地。两者可能由于岩石的断裂错动而相对平移一段距离; 腰岗-栏柯山剖面 and 砚岗-栏柯山剖面虽仅有奥

陶系和泥盆系桂头群下亚群的数据,但与前二剖面的相应地质时代的古地磁极位置比较,却存在位置相近,曲线形状相似的特点。此外,这二剖面的古地磁极位置移动曲线相互不平行,存在一定的交角,腰岗-栏柯山剖面的曲线相对颀岗-栏柯山剖面的曲线顺时针扭转了一个角度,这与它们之间构造带相对扭转的方向是吻合的;新楼-珠坑剖面仅有泥盆系桂头群下亚群和中泥盆统老虎坳组的数据,中间缺失桂头群上亚群的数据,故不宜用圆滑曲线连接,将这两个古地磁极位置与以上四个剖面的相应古地磁极位置比较,可见它们是较为接近的。

比较上述五个剖面的古地磁极位置移动曲线,可见它们具有形状相似,位置相近的特点,均近似于阿基米德螺线,螺线的纵轴指向标本采集地,曲线分布在采样地点的正南方。而在地质构造上,它们所在地段的构造带都是东西向或近于东西向。

2. 构造带呈北东 40° 的三组剖面

由于悦城-风村圩剖面只有下古生界的古地磁极数据,禄步-播植剖面又缺少泥盆系桂头群下亚群的数据,故这二剖面不宜用古地磁极移动曲线对比。三坑-铜古剖面的古地磁极数据比较完整,其移动曲线亦呈阿基米德螺线状。将这三个剖面的数据(志留纪除外,因其他剖面无此时代数据可对比)综合起来看,古地磁极位置移动曲线大致呈螺线形,螺线的纵轴指向标本采样地,曲线分布在采样地的东面。

3. 构造带呈北东 15° 的三坑-石角剖面

该剖面缺少奥陶系和泥盆系桂头群下亚群的数据,故其古地磁极位置移动曲线呈现缺失左半边的阿基米德螺线,螺线的纵轴大致指向标本采样地,曲线分布在采样地的东北方向。

比较三组构造方向不同剖面的古地磁极位置移动曲线,其形状均似阿基米德螺线,各条螺线的纵轴均指向标本采样地。这些共同的特点,一方面证明了古地磁极数据的可靠程度;另一方面说明本地区由寒武纪或奥陶纪起经早一中泥盆世至中泥盆世的古地磁极位置是近似地沿着阿基米德螺线移动。

假如处于 S 形挠曲不同地段的地质层,在 S 形挠曲形成的过程中,均未发生相对的扭转。那么,这三组螺线应基本重合,其纵轴的取向应趋于一致。由图 6 可见,构造方向相同的各剖面的螺线纵轴取向大体一致,曲线亦基本重合,说明了构造方向相同的各地段,相互之间没有发生过较大的相对旋扭运动。但构造方向不同的三组螺线,其纵轴以采样地为中心成不同的交角,从而表明这些地段之间产生过较明显的相对旋扭运动。

如果我们以 S 形挠曲中构造带呈北东 40° 的地段为基准,即螺线分布在采样地东面,其纵轴大致呈东西向。那么,构造带呈东西向各地段的螺线,曾相对北东 40° 方向顺时针扭转了一个角度,而使曲线落在标本采样地的正南方。引起古地磁极曲线位置的这一变迁,应归结到地层受到了相应的扭转,才能得到合理的解释。因此根据螺线位置发生顺时针扭转的现象,可反过来解释构造带呈东西向各地段的地层是相对北东向的地层顺时针扭转了一个较大的角度而出现 S 形挠曲。同理,构造带呈北东 15° 的地段,其螺线亦以采样地为中心,以北东 40° 方向为基准,逆时针扭转了一个较小的角度,从而也说明此地段

的地层亦相对地逆时针扭转了一个同样的角度。

由图 6 可见, 构造带呈北东 15° 及呈东西向各地段的螺线位置以采样地为中心, 相对基准地段螺线纵轴呈不同角度的转动时, 是整条螺线一起转动。从而表明, 自寒武纪至中泥盆世的地层, 均在某一应力场的作用下发生了相应的扭转, 故推断 S 形挠曲的形成时间应在中泥盆世之后。

综上所述, 从各剖面剩磁偏角方向的比较及古地磁极移动曲线的分析, 说明以下两个问题:

1. 如果以水坑—铜古剖面古生代地层的构造方向 (北东 40°) 为对比的基准, 则构造方向不同的其他各地段, 均曾相对地发生了水平旋扭运动, 而形成 S 形挠曲。
2. S 形挠曲形成的时间应发生在中泥盆世以后。

综合对比分析

众所周知, 今天的地磁北极与地理北极并不重合, 地磁轴与地球旋转轴有 11.5° 的夹角, 近两千年的地磁资料说明, 地磁北极是在北纬 70° 的纬圈内摆动, 但其平均位置与地理北极是基本重合的。以此推理, 对于某一地质时代的古地磁极位置而言, 同样应以这个时代的时间间隔内大量数据的平均值, 才更具有代表性。

鉴于古地磁极这一摆动的特点和数理统计的规律, 同时本区又存在构造带方向相同的各剖面的古地磁数据较为接近的前提。因此, 我们将九个剖面的数据按其构造带的方向分成三组进行综合的数理统计。即构造带为北东 40° 的悦城—风村圩、禄步—播植、水坑—铜古三个剖面为第 I 组; 构造带呈东西向的大洲—小湘、肇庆—麦源、新楼—珠坑、腰岗—栏柯山、岷岗—栏柯山等五个剖面为第 II 组; 构造带为北东 15° 的三坑—石角剖面为第 III 组。综合统计的结果见表 2 和图 7。

首先对剩磁偏角 (D) 的方向进行比较, 为对比方便起见, 把表 2 中的 D 值提出来, 以 I 组为基准与 II、III 组分别比较, 其结果列于表 3。由表可知, 如果以构造带呈北东 40° 的 I 组为基准, 那么构造带近东西的 II 组被顺时针扭转了大约 90° ; 构造带呈北东 15° 的 III 组, 则被逆时针扭转了约 25° , 从而形成了 S 形挠曲。此外, 经过综合统计整理后, 分别表示 I、II、III 组数据的三条古地磁极移动曲线 (图 7), 它们的形状更近于阿基米德螺线, 其纵轴均指向标本采集地。以 I 组为基准, II、III 组被扭转角度的大小和方向与剩磁偏角 (D) 方向的对比结果完全一致。若将 II 组古地磁极移动曲线逆时针转动 $90^\circ 44'$, 得出曲线 II'; III 组的古地磁极移动曲线顺时针转动 $25^\circ 33'$, 得出曲线 III'。通过这样反演推导后, 由图 7 可见, I、II' 和 III' 三条古地磁极移动曲线是基本重合的。从而说明, 上述分析推断是合理的。

现在我们反过来推断 S 形构造带出现之前本区的构造形态。将三坑—石角剖面所在地段的构造带 (北东 15°) 顺时针扭转约 25° , 结果与水坑—铜古剖面所在地段的构造带相一致 (北东 40°); 再将新楼—珠坑剖面以及大洲—小湘和肇庆—麦源两剖面所在地段的构造带分别逆时针扭转大约 80° — 90° , 呈北东 0° — 10° , 与水坑—铜古剖面轴线大约呈 30° 交角。这一反演结果将说明, 本区 S 形构造带出现之前是存在一个北端略向西偏, 南端略向

表 2 构造方向不同的三组剖面的古地磁数据综合表

分组号	构造带的方向	剖面位置	地层代号	表 1 中的顺序号	剩余磁化强度方向		古地磁极位置		极性	精 确 度		
					D	J	纬度	经度		信任角 α	δp	δm
I	北东40°	悦城-凤村村 禄步-播植 水坑-轿古	E	1	80°54'	48°03'	N18°43'	E177°40'	+	12°42'	10°51'	16°36'
					88°35'	39°12'	N9°45'	W177°47'	+	7°57'	5°41'	9°30'
					159°31'	42°11'	S38°28'	E136°12'	+	12°48'	8°10'	15°44'
					68°43'	76°18'	N30°02'	E140°42'	±	4°24'	7°32'	8°09'
					82°43'	40°35'	N15°11'	W176°42'	+	7°03'	5°11'	8°32'
					130°42'	52°09'	S16°54'	E154°21'	+	9°52'	9°16'	13°32'
					267°23'	86°23'	N22°40'	E104°28'	+	1°30'	2°58'	2°59'
					174°33'	22°02'	S55°01'	E121°52'	-	7°06'	3°58'	7°30'
					147°47'	64°01'	S15°05'	E135°16'	+	6°42'	8°30'	10°40'
					192°34'	4°37'	S61°64'	E85°05'	-	4°54'	2°28'	4°55'
II	东西	大洲-小湘 肇庆-麦源 新楼-珠坑 腰岗-栏柯山 颍岗-栏柯山	D _{1-2g} ^a	8, 14, 28, 30	174°33'	22°02'	S55°01'	E121°52'	-	7°06'	3°58'	7°30'
					147°47'	64°01'	S15°05'	E135°16'	+	6°42'	8°30'	10°40'
					192°34'	4°37'	S61°64'	E85°05'	-	4°54'	2°28'	4°55'
					218°43'	69°33'	S5°59'	E90°48'	+	10°42'	15°48'	18°23'
					20°35'	16°03'	N65°14'	W123°42'	+	7°09'	3°48'	7°22'
					41°00'	-0°45'	N43°44'	W132°48'	+	15°09'	7°35'	15°09'
					253°41'	79°31'	N16°07'	E92°11'	+	6°33'	11°57'	12°30'
					54°30'	49°31'	N41°23'	E177°43'	+	4°42'	4°09'	6°15'
					28°57'	47°33'	N63°35'	W174°30'	+	8°16'	6°59'	10°45'
					72°13'	7°83'	N17°49'	W153°30'	+	0°14'	0°07'	0°14'
III	北东15°	三坑-石角	D _{1-2g} ^a	25	72°13'	7°83'	N17°49'	W153°30'	+	0°14'	0°07'	0°14'

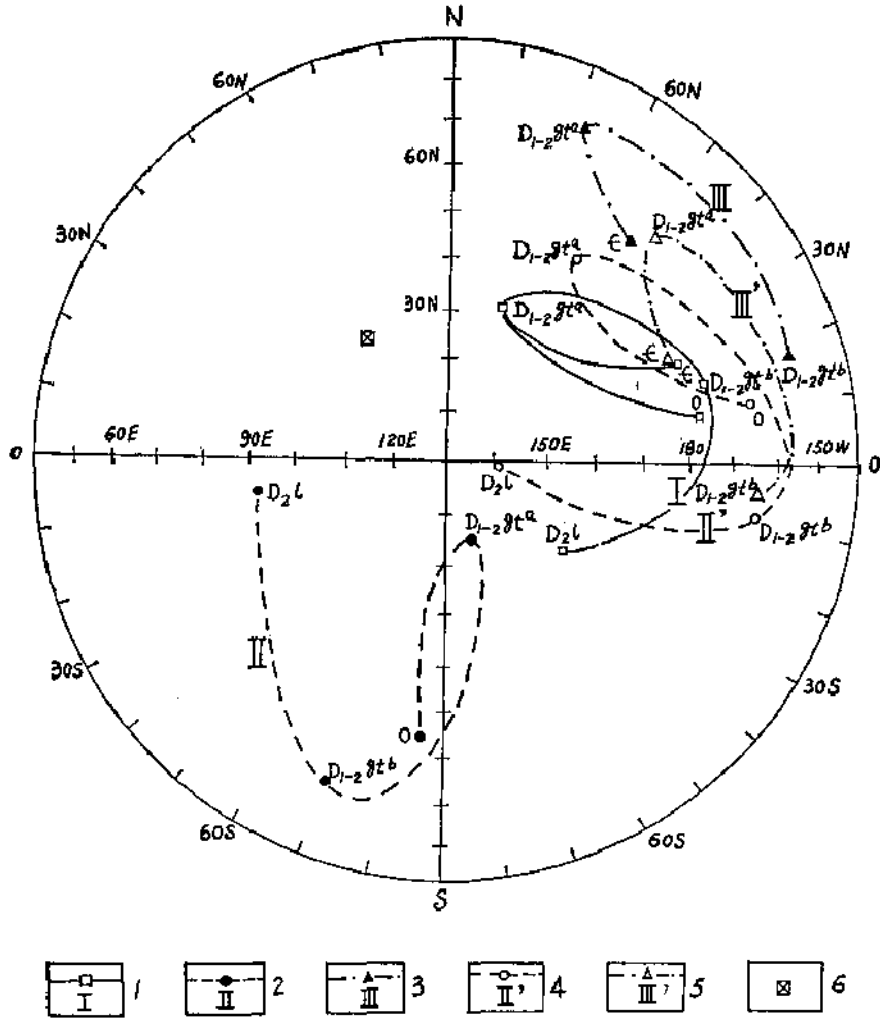


图7 构造方向不同的三组剖面的古地磁极位置图

1——构造带为北东40°各剖面的综合数据；2——构造带为东西向各剖面的综合数据；3——构造带为北东15°各剖面的综合数据；4——II组数据逆时针扭转99°44'的结果；5——III组数据顺时针扭转25°33'的结果；6——标本采集地。

表3 构造方向不同的三组剖面的剩磁偏角D对比表

D角 的 比较 地层代号	表2中的 分组号				
	I	II	III	IV	V
	D_I	D_{II}	$\Delta D_2 = D_{II} - D_I$	D_{III}	$\Delta D_3 = D_{III} - D_I$
ε	80°54'			54°30'	-26°24'
O	88°35'	174°33'	+85°58'		
$D_{1-2}gt^a$	68°43'	147°47'	+79°04'	28°57'	-39°46'
$D_{1-2}gt^b$	82°43'	192°34'	+109°51'	72°13'	-10°30'
D_2l	130°42'	218°43'	+88°01'		
ΔD的平均值			+90°44'		-25°33'

注：△D为正，表示地层被顺时针扭转；△D为负，表示地层被逆时针扭转。