

拉脊山及邻区磁组构特征及其地质意义*

周 勇 王二七 李 齐 万景林

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 中国地震局地质研究所, 北京 100029)

摘要 研究了拉脊山及邻区磁组构特征. 新生代沉积物为一套未变质和弱变形的泥岩和砂岩, 磁化率椭球体以扁平型为主, 磁线理 K_{\max} 倾伏北西或南东, 最小轴 K_{\min} 多与层面极点偏离, 在北东有一优选方位, 并与 K_{\max} 垂直, 反映了磁组构主要是构造成因; 研究区新、老地层中 K_{\min} 总体方位(北东至南西)代表了近期构造主压应力方向, 该认识得到典型构造点上的磁组构与构造对比研究证实. 在上第三系内发育北西至南东至近东西向的逆断层和褶皱, 它们是北东至南西向挤压产物. 拉脊山及邻区区域构造应力场为本区在第三纪后期到第四纪持续抬升提供了重要证据.

关键词 磁组构 应力 拉脊山 隆升

在拉脊山山顶多处有中新世地层产出, 山内及其两侧的新生代地层也遭受过变形, 这为研究本区新生代后期的构造问题提供了条件. 在化隆北和青海湖南所采的花岗岩磷灰石裂变径迹年龄为始新世, 甚至更老, 说明现今的拉脊山至少在早第三纪中期已抬升在磷灰石封闭温度之上, 很可能接近地表或在地表之上; 由于断层多为脆性, 其活动时温度和压力条件不足以重新启动构造岩同位素时钟. 因此, 无法运用裂变径迹和同位素定年方法来研究本区发生在新生代后期的构造问题, 必须寻求新的研究手段.

岩石磁化率椭球体与应变椭球体不仅对应各轴方位吻合, 而且它们的大小也具有一定比例关系^[1-3]; 磁化率椭球体形状和各轴方位(即磁组构)能够为岩石所经历的构造历程提供可靠和重要信息. 因此, 磁组构这一方法在沉积和构造地质学家中已得到普遍认可. 由于磁组构对应力非常敏感, 即便是有非常微小的应变, 矿物以不同的方式作出相应调整, 将应力和应变信息保存下来^[4], 这就为人们研究岩石应变和新构造运动提供了全新手段. 在国内, 磁组构主要运用在断裂带和岩体的侵位机制方面^[5,6], 在沉积方面的文献还非常少见.

在拉脊山及邻区的新生代沉积物内发育少量断层, 既有正断层, 又有逆断层, 但现在还不清楚这些不同构造类型间的关系; 拉脊山山顶的厚层紫红色新生代沉积物距山底同时代沉积物已抬升 40~80 m, 这是由断层正断或是逆冲挤压造成? 至今仍无确凿证据; 区域构造应力场便可为这一问题作出回答. 本文主要从磁组构的角度来揭示拉脊山及邻区在新生代后期的构造应力状况, 探讨构造运动性质.

1 地质背景

拉脊山位于青藏高原东北部, 呈北西西至南东东向展布, 为祁连山南缘地带. 在山内出露

2001-02-21 收稿, 2001-06-27 收修改稿

* 国家重点基础研究发展规划(G1998040800)、中国科学院青藏高原研究(KZ951-A1-204, KZ95T-06)和国家自然科学基金(批准号: 49902019)资助项目

地层较多,从元古界到新生界都有产出.元古界和古生界主要是侵入岩、片麻岩、片岩和板岩,中生界是板岩和砂砾岩;这些岩石遭受了程度不同的变形,形成走向北西西至南东东向的主要构造线,构造发育.在山内及其南、北两侧有较多新生代半固结-疏松沉积物(图 1).新生代地层变形相对较弱,其中仍可见少量褶皱和断层,地层总体以低缓角度倾斜为主,局部呈陡倾状.

2 样品采集和测试

本批样品在横穿拉脊山的 3 条剖面上采集,它们分别是:(1) 满坪-官亭;(2) 贵德-湟中和(3) 湟源-龙羊峡(图 1).在满坪-官亭剖面,主要采集的是上新统临夏组砂岩和泥岩,在剖面南端还采集了白垩纪变形含砾砂岩.在贵德-湟中剖面采集的样品分布在早古生代闪长岩和超基性岩、石炭纪片岩-板岩、下第三系、中新统西宁组、上新统临夏组和贵德组中.在湟源-龙羊峡剖面样品主要采集于新元古代片岩、三叠纪板岩和白垩纪砂岩.

在 3 条剖面上的 37 个样点采集样品,每件样品在野外定向,并在室内钻取岩芯,其规格为直径 2.5 cm,高 2.1 cm,岩芯总数为 257 个.由于新生代沉积物基本上呈半固结至疏松状态,取样和岩芯钻取都比较困难,因此个别样点上岩芯数量较少,绝大多数样点处的岩芯均不少于 6 个.样品测试是在中国地质大学(北京)古地磁实验室完成,所用仪器为 HKB-1 数字化磁化率桥,其精度为 2×10^{-6} SI.

3 磁组构特征

3.1 磁化率大小与矿物关系

磁化率算术平均值 $K_{\text{mean}} (= (K_{\text{max}} + K_{\text{int}} + K_{\text{min}})/3)$,单位为 10^{-6} SI)随岩性有很大变化.本区不同岩石中的 K_{mean} 值相差可达约 300 倍(由于灰岩是反磁性矿物,其磁化率值为负,未预考虑)(附录).可以看出,前新生代片岩、板岩和砂岩磁化率值总体上要高于新生代半固结砂岩和泥岩,可能与其被压实、甚至在更高的温度和压力下使一些矿物发生相变磁化率值随之增高有关.另外,在新生代沉积物中,同一取样位置的磁化率值在不同岩芯间变化较大,可能是沉积物中矿物种类易受邻近物源影响所致.

3.2 磁组构型式

磁化率椭球体的形状和特征通常用各轴的比率表示为:磁线理 $L = K_{\text{max}}/K_{\text{int}}$,磁化率椭球体各向异性因子 $P = K_{\text{max}}/K_{\text{min}}$,磁面理 $F = K_{\text{int}}/K_{\text{min}}$,磁化率椭球体扁率 $E = K_{\text{int}}^2/(K_{\text{max}} \times K_{\text{min}})$.

在岩石有限应变研究中,常用付林图解或改进了的付林图解来表示不同类型的均匀应变,在磁组构分析中,也有类似图解,以 L (或 $\ln L$)为纵坐标,以 F (或 $\ln F$)为横坐标,将数据投影于该坐标系;以 $E = 1$ 为界,将坐标系划分为两个区域,如果 $E > 1$,磁化率椭球体为扁球型,岩石中磁面理较磁线理发育;如果 $E < 1$,磁化率椭球体为长球型,岩石中磁线理较磁面理发育^[2].在满坪-官亭剖面,分布在上新统临夏组中的样点 E01、E03 ~ E10 和第四系中的样点 E11、E12 均是 $E > 1$,而样点 E02 的 $E < 1$;样点 E13 和 E14 分布在白垩纪地层内, $E < 1$ (附录,图 2(a)),说明本剖面上新统内以发育磁面理为主,而白垩纪地层发育磁线理.

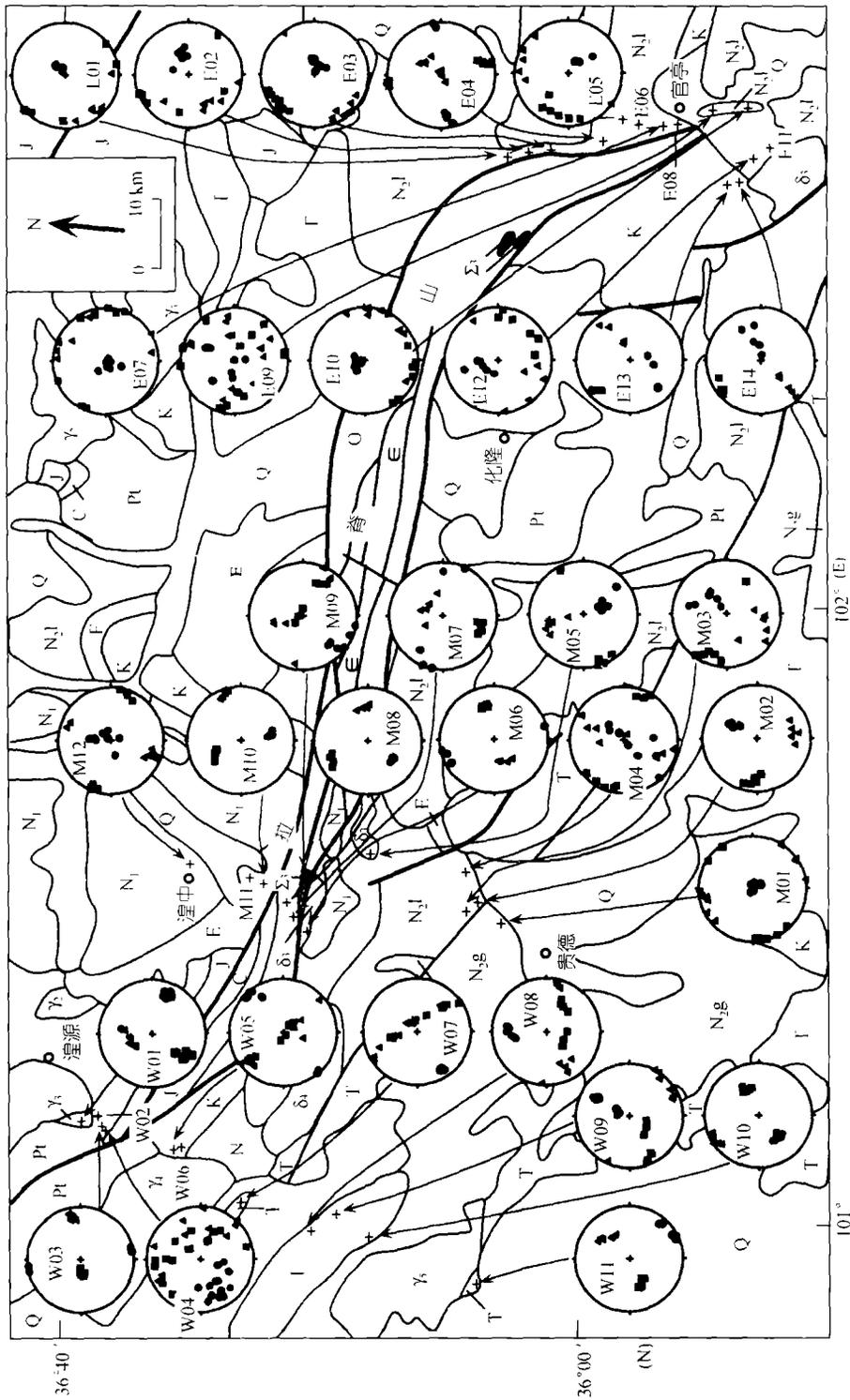


图 1 拉脊山及邻区构造简图及磁化率椭球体主轴下半球等面积投影^[7]

Pt: 元古界; C: 奥陶系; O: 寒武系; T: 二叠系; E: 白垩系; N₁: 第三系; N₂: 中新统; N₃: 上新统; N_{2g}: 第四系; N_{2j}: 第四系; Q: 第四系; Y: 元古界; F: 早古生代超基性岩; δ₁: 早古生代花岗岩; δ₂: 早古生代花岗岩; γ: 中生代花岗岩; +: 取样品点; ●: 最大轴; ▲: 中间轴; ■: 断层; ▨: 最小轴 (据曹海管 1:100 万地质图修改, 1991)

在贵德-湟中剖面, 样点 M01, M02, M03 和 M04 分布在上新统内, 前三处的 $E>1$, 最后一处 $E<1$. 样点 M05 和 M06 分布在早古生代闪长岩中, 前者 $E<1$, 后者 $E>1$. 样点 M07 和 M08 在石炭纪板岩中, E 值分别小于和大于 1. 样点 M09 处是早古生代超基性岩, $E>1$. M10, M11 和 M12 的样品分别采自下第三系和中新统西宁组, 具有 $E>1$ 的特点(附录, (图 2(b)). 由此可以看出在本剖面中, 拉脊山基岩内发育磁面理和磁线理, 而新生界中仍主要发育磁面理.

在湟源-龙羊峡剖面, 除分布在新元古代灰岩中的样点 W04 外, 其余所有样品具有 $E>1$ 的特点, 说明该剖面以发育磁面理为特征(附录, 图 2(c)).

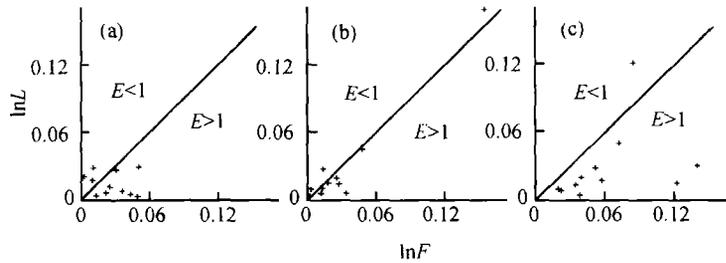


图 2 $\ln L-\ln F$ 图解

(a) 满坪-官亭剖面; (b) 贵德-湟中剖面; (c) 湟源-龙羊峡剖面

除 P 可以表示磁各向异性度外, Jelinek^[8]还提出了校正磁各向异性度 P_j , 其大小与变形强度呈明显正相关^[9]:

$$P_j = \exp\{2[(\ln K_{\max} - \ln K_{\text{goem}})^2 + (\ln K_{\text{int}} - \ln K_{\text{goem}})^2 + (\ln K_{\min} - \ln K_{\text{goem}})^2]\}^{0.5}.$$

由于 P_j 中包括了 K_{\max} , K_{int} , K_{\min} 和磁化率几何平均值 $K_{\text{geom}} (= (K_{\max} \times K_{\text{int}} \times K_{\min})^{1/3})$, 故比 P 所反映的信息更准确^[4]. 拉脊山及邻区的 P_j 值变化较大, 其趋势是早古生代中、酸性岩体最高(1.2278), 其次为新元古代岩石(1.1353), 再次是三叠纪板岩(1.0912)和石炭纪板岩(1.0434), 白垩纪砂岩和新生代半固结沉积物的 P_j 值最低. 本区基岩的 P_j 值总体上明显高于新生代沉积物的 P_j 值, 与它们所遭受的变形强度依次降低相符.

3.3 K_{\max} , K_{int} 和 K_{\min} 的方位特征

(1) 满坪-官亭剖面. 在该剖面上新统临夏组中, 样点 E01~08 的三轴分异明显, 有的还非常集中(E03~05, E07), K_{\max} 主要向北西或南东倾伏, 倾角一般较缓(附录, 图 1). 样点 E09 为紫红粗砂岩, 各轴分布散乱, 可能主要是矿物颗粒比较粗大, 在沉积过程中无优选定向排列, 并在成岩及其之后磁组构也未曾受到较大影响. 而样点 E10 的 K_{\min} 相对集中并垂直层面, K_{\max} 和 K_{int} 分布在一个大圆环带上(图 1), 为原生沉积组构. 样点 E11 和 E12 为第四纪细砂岩, 磁化率椭球体的最小轴相对集中, 而最大和中间轴分布比较分散, 与其固结程度低有关. 样点 E13 和 E14 为白垩纪含砾砂岩, 磁线理 K_{\max} 非常集中, 向北西缓倾, 而 K_{int} 与 K_{\min} 则分布在一个圆环带上, 但有明显分异, 均具有 $L>F$ 特征, 即磁线理较磁面理发育, 属构造成因^[10-12].

(2) 贵德-湟中剖面. 样点 M01 的磁化率椭球体 K_{\min} 非常集中, 近于直立; 其 K_{\max} 的倾伏方向为南西或北东, 各岩芯的矢量和方向为 $245^\circ \angle 2^\circ$. 分布在上新统的 M02 和 M03, 早第三纪的 M10 及中新统西宁组的 M12 的 K_{\max} 向北西或南东倾伏, 磁化率椭球体三轴各自相对集中(附录, 图 1), 与满坪-官亭剖面的上新统中的磁组构情况相似. M04 的 K_{\max} 亦向北西或南东倾伏, 但其中间和最小轴分布在一大圆环带上, 属构造成因^[10-12].

样点 M05 ~ 09 分布在拉脊山内, 除 M07 外, 其余各点的磁化率椭球体各轴分布都非常集中; 但不同样点间各轴的方位变化较大, M08 和 M09 的 K_{\min} 倾向南西, 而 M05 ~ 07 的 K_{\min} 倾向北西或南东, 且其倾角较缓, 甚至近于水平. 这与新生代沉积物中的情况不同, 可能与山体内外大小断裂发育, 岩体受到强烈挤压变形后发生旋转有关.

(3) 湟源-龙羊峡剖面. W01 花岗岩与贵德-湟中剖面的 M05 闪长岩一样, K_{\min} 都向南东缓角度倾伏, 磁化率椭球体三轴各自相对集中. 而新元古界中 W02 和 W03 片岩的 K_{\min} 呈近南南东至北北西向展布, 产状近水平, 磁线理陡倾. W04 分布于新元古代灰岩中, 三轴比较分散, 但 K_{\min} 有较为集中的趋势, 主要向南西呈中等角度倾伏(附录, 图 1).

W05 和 W06 分布在白垩纪紫红色砂岩中, 其磁组构特征是 K_{\min} 产状近水平, 倾伏北东或南西; K_{\max} 主要向北西倾伏, 与满坪-官亭剖面白垩纪砂岩(E13 和 E14)的 K_{\max} 具有相似倾伏方位. 样点 W07 ~ W10 皆分布在三叠纪板岩中, K_{\min} 主要向北东至南西展布, 倾角缓到中等. 样点 W11 处为龙羊峡大坝三叠板岩, 其 K_{\min} 方位特征与其他三叠系中的各点明显不同, 向南东缓角度倾伏, 可能与附近花岗岩强度相对较高而造成的应力和应变集中有关, 其原因有待进一步探索.

4 讨论

由于磁组构对应力非常敏感, 前新生代(新元古代到白垩纪)岩石的磁组构定会对本区构造运动有程度不同的记录, 表现在 K_{\min} 在南西方向有一明显优选方位(图 3(a)), 显示它们曾受到过统一的北东至南西向构造应力挤压.

在新生代沉积物中, 除少量样品显示原生沉积磁组构外, 大多数样品的 K_{\max} 走向为北西至南东(图 3(b), (c)), K_{\max} 和 K_{\min} 也有明显分异, 甚至各轴非常集中, 此种情况与前人对台湾滨海地区上新世到更新世沉积物磁组构研究结果相似^[10]. 此外, 还有个别样点的 K_{\max} 分布非常集中, 走向北西至南东, K_{\max} 和 K_{\min} 则分布在一个大圆环带上, 属构造成因.

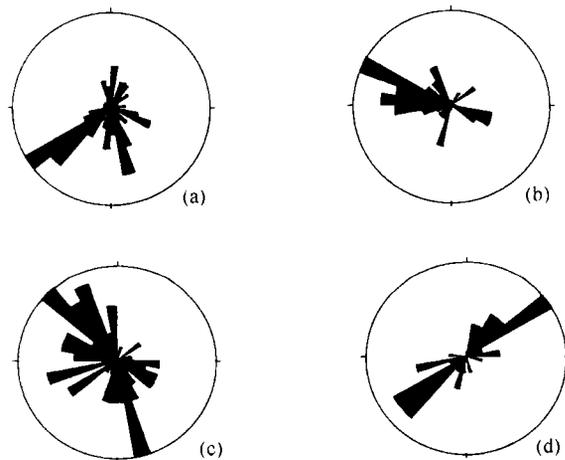


图 3 拉脊山及邻区磁化率椭球体 K_{\max} 和 K_{\min} 实际方位玫瑰花图

(a) 前新生代岩石(K_{\min}); (b) 贵德-湟中剖面(K_{\max}); (c) 满坪-官亭剖面(K_{\max}); (d) 断面附近的上新统湖相泥岩、白垩纪砂岩和新元古代灰岩(K_{\min})

本区新生代沉积物磁组构与同沉积及沉积期后变形有关, 表现在 K_{\min} 方位大多与层面极点产状有较大偏离(附录). 近年来逐渐认识到 K_{\max} 方位取向与同沉积变形间的关系, 尤其是在一些构造活动地区情况更是如此^[10-12]. 在此次工作中, 作者曾在上新统一些剖面上观察到规模大小不等、走向北西至南东、底面凹向上的沉积透镜体, 与上、下层位一样都是薄层灰绿-灰白色钙质泥岩或粉砂质泥岩, 水平层理清楚. 其中无流水构造、属湖相静水沉积, 它们指示了在沉积过程中伴随有构造运动, 使地层发生同沉积变形, 形成隆、拗相间的古地形, 这种同沉积变形是促成本区新生代沉积物 K_{\max} 走向北西至南东的一个重要因素. 此外, K_{\max} 的取向还与沉积之后的构造挤压有关.

在一些露头上可观察到良好的构造标志, 构造分析支持了磁组构研究结果. 在样点 W04 处为新元古代灰岩, 该处有明显的近期逆断层活动, 断层面上发育摩擦镜面和方解石擦痕, 并有胶结致密的碎裂岩(cataclasite)产出, K_{\min} 主要向南西倾伏, 各岩芯的 K_{\min} 矢量之和为 $236^\circ \angle 39^\circ$, 指示近期的构造应力方向为北东至南西; 断层面产状为 $32^\circ \angle 50^\circ$, 其上的擦痕侧伏角达 80° , 所指示的最大主应力方向与 K_{\min} 方位基本吻合(图 4(a)). 样点 E13, E14 和 W05 及 W06 皆为白垩纪砂岩, 紧临断层面; 它们的 K_{\min} 倾伏方向为北东或南西, 与由断层面上擦痕和略具定向排列的矿物所指示的主应力方向一致(图 4(b)~(e)).

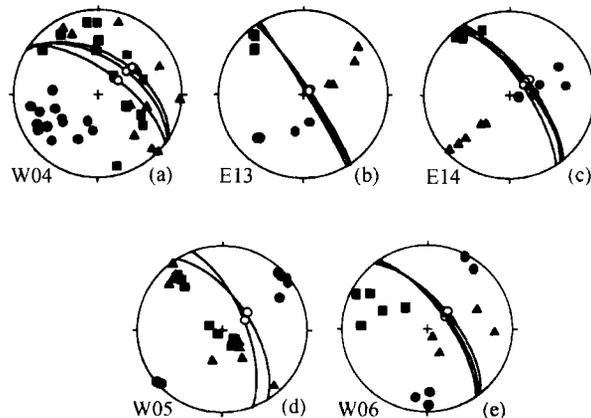


图 4 受逆断层影响的磁化率椭球体主轴方位、逆断层面及线理(或擦痕)产状投影图
下半球等面积投影, 线条示断层面, ○示断层面上线理(或擦痕)

样点 M02 和 M03 为湖相静水沉积的上新统白色钙质泥岩, 厚约 40 cm, 层位稳定, 延伸较远; 它们的磁化率椭球体最小轴 K_{\min} 实际产状矢量之和分别为: $32^\circ \angle 50^\circ$ 和 $35^\circ \angle 53^\circ$, 与层面极点($15^\circ \angle 51^\circ$ 和 $15^\circ \angle 50^\circ$)已有一定偏离, 说明受到后期构造叠加; 显然, 这一偏离是与附近逆断层和倒转褶皱有关(图 1).

不难看出, 图 4 所揭示的构造应力方向与不同时代岩石在遭受近期断层活动后的现今 K_{\min} 方位相一致(图 3(d)), 由此说明本区在第三纪后期到第四纪曾受到北东至南西向的构造应力挤压, 为拉脊山山顶的中新世沉积物的挤压抬升而成的认识提供了力学依据. 遗憾的是, 现在还

无法对这一北东至南西向应力的初始作用时间作出限定。

此外, 上第三系内不仅发育逆断层和褶皱, 而且还伴有正断层产出, 断层面走向北北东至南南西到北北西至南南东, 倾角较陡, 这两组断裂常成对出现, 相向倾斜, 并与本区北西至南东区域构造线近直交。鉴于本区应力场特征, 它们可能是在北东至南西向挤压背景下的从属横断层。

5 结论

(i) 磁化率算术平均值与岩性有密切关系, 随岩石中矿物种类及其含量而有很大变化。

(ii) 在前新生界中, 磁面理为主要的磁组构型式, 还有一定的磁线理产出; 新生代沉积物则以发育磁面理为主。校正磁各向异性度 P_j 值变化较大, 其趋势是在基岩中高, 在新生代沉积物中低。

(iii) 新生代沉积物中的磁线理(K_{\max})总体倾伏方向为北西或南东, 是同沉积变形和沉积之后构造叠加的综合产物。

(iv) 新生代沉积物与前新生界的 K_{\min} 方位集中在北东至南西; 通过典型构造点上的构造与磁组构对比分析, 证实了本区 K_{\min} 优选方位代表构造主压应力方向, 揭示出在第三纪后期到第四纪曾发生过北东至南西向的构造应力挤压, 为本区持续抬升提供了重要证据。

参 考 文 献

- 1 Kneen S. The relationship between the magnetic and strain fabrics of some haematite-bearing Welsh slates. *Earth Planet Sci Lett*, 1976, 31: 413 ~ 416
- 2 Rathore J S. Application of magnetic susceptibility anisotropy technique to the study of geological structures in the Armorican massif, France. *Tectonophysics*, 1979, 60(3-4): 207 ~ 216
- 3 Rathore J S, Henry B. Comparison of strain and magnetic fabrics in Dalradian rocks from the southwest Highlands of Scotland. *Journal of Structural Geology*, 1982, 4(3): 373 ~ 384
- 4 Tarling D H, Hrouda F. *The Magnetic Anisotropy of Rocks*. London: Chapman & Hall, 1993. 1 ~ 64
- 5 沈忠悦, 方大均, 叶焱, 等. 江山-绍兴碰撞带的磁组构特征及其构造地质意义. *科学通报*, 1999, 44(10): 1093 ~ 1098
- 6 万天丰, Teyssier C, 曾华霖, 等. 山东玲珑花岗质岩体侵位机制. *中国科学, D辑*, 2000, 43(4): 337 ~ 344
- 7 青海省地质矿产局. *青海省区域地质志*. 北京: 地质出版社, 1991
- 8 Jelinek V. Characterization of magnetic fabric of rocks. *Tectonophysics*, 1981, 79: T63 ~ T67
- 9 周 勇, 许荣华, 阎月华, 等. 喀喇昆仑断裂带磁组构特征及其构造意义. *岩石学报*, 2000, 16(1): 134 ~ 144
- 10 Lee T Q, Kissel C, Laj C, et al. Magnetic fabric analysis of the Plio-Pleistocene sedimentary formations of the coastal range of Taiwan. *Earth Planet Sci Lett*, 1990, 98: 23 ~ 32
- 11 Kissel C, Barrier E, Laj C, et al. Magnetic fabric in "undeformed" marine clays from compressional zones. *Tectonics*, 1986, 5(5): 769 ~ 781
- 12 Bakhtari H R, Frizon de Lamotte D, Aubourg C, et al. Magnetic fabrics of Tertiary sandstones from the Arc of Fars (Eastern Zagros, Iran). *Tectonophysics*, 1998, 284: 299 ~ 316

附录

拉脊山及邻区磁组构参数表^{a)}

样号	<i>n</i>	时代	岩性	K_{mean}	L	F	P	P_j	E	D_{gmax}	I_{gmax}	D_{gmin}	I_{gmin}	D_{gp}	I_{gp}
E01	6	N ₂₁	砂岩	70.2	1.0065	1.0242	1.0308	1.0327	1.0176	317	3	54	75	150	76
E02	7	N ₂₁	砂岩	108.1	1.0180	1.0119	1.0303	1.0308	0.9942	314	12	70	57	60	68
E03	8	N ₂₁	砂岩	126.6	1.0091	1.0374	1.0468	1.0497	1.0280	188	14	106	74	132	68
E04	8	N ₂₁	泥岩	289.0	1.0295	1.0541	1.0851	1.0865	1.0239	351	13	261	12	243	17
E05	6	N ₂₁	泥岩	185.3	1.0063	1.1671	1.1751	1.2066	1.1592	276	13	120	73	180	83
E06	5	N ₂₁	砂岩	296.6	1.0057	1.0456	1.0516	1.0566	1.0397	99	5	217	75	247	82
E07	8	N ₂₁	砂岩	160.4	1.0054	1.0165	1.0221	1.0231	1.0111	284	3	240	79	165	79
E08	7	N ₂₁	砂岩	147.9	1.0042	1.0155	1.0198	1.0209	1.0113	286	14	160	69	155	77
E09	13	N ₂₁	砂岩	179.8	1.0273	1.0295	1.0595	1.0600	1.0019	198	20	237	35	208	68
E10	8	N ₂₁	泥岩	323.1	1.0038	1.0527	1.0566	1.0635	1.0487	209	7	334	79	325	79
E11	4	Q	砂岩	224.6	1.0074	1.0244	1.0320	1.0338	1.0169	210	59	55	30	65	25
E12	6	Q	砂岩	136.9	1.0121	1.0275	1.0398	1.0420	1.0154	126	22	339	62	332	75
E13	4	K	砂岩	285.7	1.0217	1.0039	1.0257	1.0277	0.9825	317	16	209	44	239	3
E14	5	K	砂岩	256.1	1.0289	1.0116	1.0408	1.0423	0.9832	324	12	74	55	231	68
M01	10	N ₂	泥岩	364.4	1.0058	1.0358	1.0418	1.0455	1.0298	245	2	143	84	120	78
M02	5	N ₂	泥岩	44.9	1.0073	1.0092	1.0165	1.0167	1.0019	275	22	32	50	15	51
M03	6	N ₂	泥岩	44.1	1.0059	1.0111	1.0170	1.0176	1.0052	294	8	35	53	15	50
M04	8	N ₂	砂岩	106.1	1.0098	1.0053	1.0151	1.0159	0.9956	301	2	209	5	10	45
M05	6	Pz ₁	闪长岩	9844.3	1.1834	1.1681	1.3796	1.3863	0.9931	247	4	153	52		
M06	5	Pz ₁	闪长岩	4713.9	1.0460	1.0493	1.0975	1.0979	1.0032	38	24	350	2		
M07	5	C	板岩	302.2	1.0278	1.0122	1.0404	1.0417	0.9849	198	27	289	1	198	22
M08	4	C	板岩	325.2	1.0139	1.0298	1.0441	1.0451	1.0157	333	25	217	43	223	39
M09	7	Pz ₁	超镁铁岩	616.7	1.0107	1.0129	1.0237	1.0239	1.0022	121	11	214	14	215	18
M10	5	E	砂岩	132.0	1.0162	1.0252	1.0419	1.0423	1.0088	331	45	170	43	170	48
M11	6	E	砂岩	210.5	1.0162	1.0185	1.0351	1.0361	1.0024	202	37	300	5	170	48
M12	9	N1	泥岩	209.6	1.0034	1.0037	1.0071	1.0073	1.0003	291	0	36	72	12	23
W01	8	Pz1	花岗岩	89.7	1.0304	1.1496	1.1839	1.1993	1.1166	213	27	112	23		
W02	6	Pt3	片岩	83.2	1.0175	1.0588	1.0773	1.0817	1.0407	300	71	179	9	176	19
W03	7	Pt3	片岩	91.0	1.0288	1.0522	1.0825	1.0841	1.0227	264	70	169	2	155	5
W04	13	Pt3	灰岩	-3.2	1.1292	1.0883	1.2284	1.2402	0.9821	145	2	236	39		
W05	8	K	砂岩	208.4	1.0096	1.0192	1.0290	1.0302	1.0096	318	20	50	5	238	28
W06	5	K	砂岩	59.4	1.0084	1.0235	1.0320	1.0341	1.0151	294	32	194	7	235	20
W07	9	T	板岩	348.7	1.0042	1.0414	1.0458	1.0508	1.0370	137	33	237	16	239	23
W08	8	T	板岩	372.2	1.0135	1.0354	1.0494	1.0514	1.0216	154	57	1	33	2	43
W09	8	T	板岩	353.1	1.0148	1.1283	1.1450	1.1603	1.1119	244	40	23	46	33	38
W10	7	T	板岩	411.3	1.0201	1.0387	1.0597	1.0615	1.0181	66	45	231	44	243	44
W11	7	T	板岩	370.3	1.0512	1.0761	1.1312	1.1322	1.0237	244	46	144	9	306	24

a) n 为岩芯数, D_{gmax} , I_{gmax} , D_{gmin} 和 I_{gmin} 分别为最大和最小轴的地理偏角和倾角; D_{gp} 和 I_{gp} 分别为层面或片理极点倾向及倾角. W04 处为灰岩, 其磁化率值为负, 故对最大、中间和最小磁化率值取绝对值后再计算 P_j .