

东大别罗田地区纵弯式褶皱及其地质意义

但卫, 杨坤光, 马昌前

(中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:野外调查研究发现, 东大别罗田片麻岩区广泛发育了轴面倾向 SE 的纵弯式褶皱, 这些褶皱近平行于片麻理。整个罗田地区的片麻理显示它在区域上是一个 SE-NW 方向上的倒转背斜。三维有限应变分析发现, 罗田片麻岩区在核部、翼部的不同位置既有挤压、也有拉伸变形, 显示为纵弯式褶皱的成因机制。石英 C 轴组构显示, 罗田片麻岩区主要遭受 SE-NW 方向上的挤压作用, 并在中等温度的中上地壳环境下形成了纵弯褶皱。由片麻理显示的轴面 SE 倾向的褶皱形成于罗田穹隆形成之后, 表明自罗田穹隆开始形成后, 罗田地区乃至整个东大别又发生了一次较深层次的挤压作用。这次挤压作用促进了穹隆在早白垩世中晚期的快速隆升。

关键词:大别山; 纵弯式褶皱; 有限应变; 石英 C 轴组构

中图分类号: P542[·]2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1552(2006)04-0422-08

0 引言

大别山广泛出露的变质岩系中发育了大量的褶皱, 它们广泛应用于大别山自早中生代碰撞以来的构造变形历史的研究(江来利等, 1999; 索书田等, 2000; 钱存超等, 2003; 汤加富等, 2003)。江来利等(1999)依据识别出的同斜褶皱、紧闭-同斜褶皱和不对称褶皱等和其他构造现象, 将超高压变质岩的变形历史分为前榴辉岩相、榴辉岩相、角闪岩相和角闪岩相后四个阶段。索书田等(2000)对超高压变质岩的露头褶皱和显微褶皱进行了详细的研究, 将超高压变质岩的折返划分为三个阶段。其他一些学者也对大别山变质岩系的褶皱作了详细的野外研究和显微分析。在这些研究中, 对褶皱的显微构造上的分析还较少。

东大别罗田地区, 包裹榴辉岩(刘贻灿等, 2005)的区域片麻岩区遭受了角闪岩相变质作用, 其中也发育了丰富的褶皱。邓尚贤等(1997)对本区的褶皱从混合岩化作用的角度进行了分析, 指出

其在 129Ma 经历了燕山期的混合岩化作用。本文将对罗田片麻岩区大量出现的纵弯式褶皱进行显微构造上的分析, 并探讨褶皱的形成时代和成因, 特别是与本区的重要构造型式——“罗田穹隆”的关系。

1 地质背景

罗田片麻岩出露于罗田县周缘(图 1), 属于北大别杂岩的一部分, 大地构造位于东大别造山带中心部位。罗田地区的片麻岩, 从区域上看, 是一个倾向 SE 的褶皱。野外调查发现, 罗田地区片麻岩中的片麻理几乎都向 SE 倾斜。在罗田穹隆核部东南缘, 片麻理是正常的 SE 向的; 而穹隆核部及 NW 缘, 片麻理倒转成 SE 向。片麻理的倒转表明罗田地区 SE-NW 向的挤压作用是存在的, 发生的时代可能与纵弯式褶皱的形成时间一致。

在野外露头, 可以看到很多平行片麻理的脉体, 宽度通常大于 1cm, 有的达十几厘米。脉体平行片麻理, 并被褶皱成反“Z”型(见图 1 剖面图中的照

收稿日期: 2006-02-14; 改回日期: 2006-04-11

基金项目: 国家重点自然科学基金项目(40334037)资助。

第一作者简介: 但卫(1981-), 男, 硕士研究生, 构造地质学专业。Email: faye0424@163.com

片),轴面产状倾向SE。这些褶皱的翼间角较小,为紧闭褶皱,其主要的特点是翼部较窄而在转折端强烈加厚。这种褶皱典型的挤压特征,表明它并不是

在穹隆的隆升作用下形成的,它有另外的动力来源。由于罗田地区片麻岩中的线理也有环绕核部分布的趋势(见图1),所以热隆升作用也是存在的。因此,

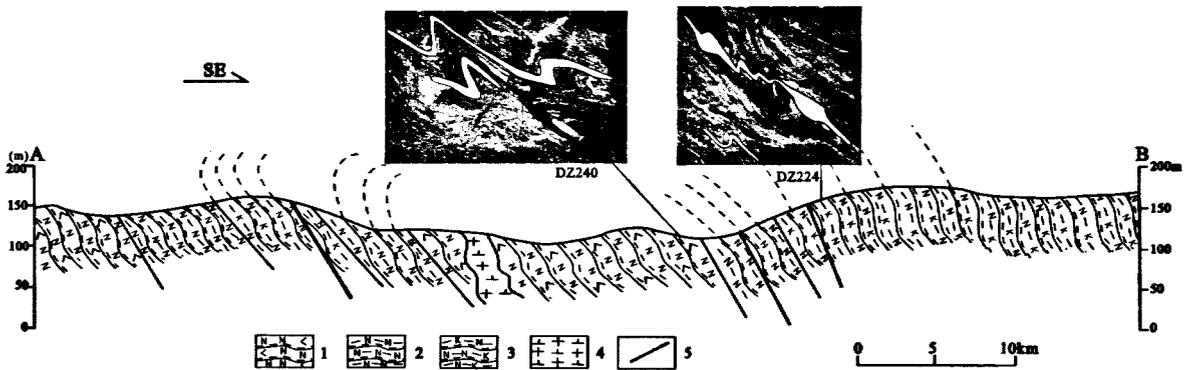
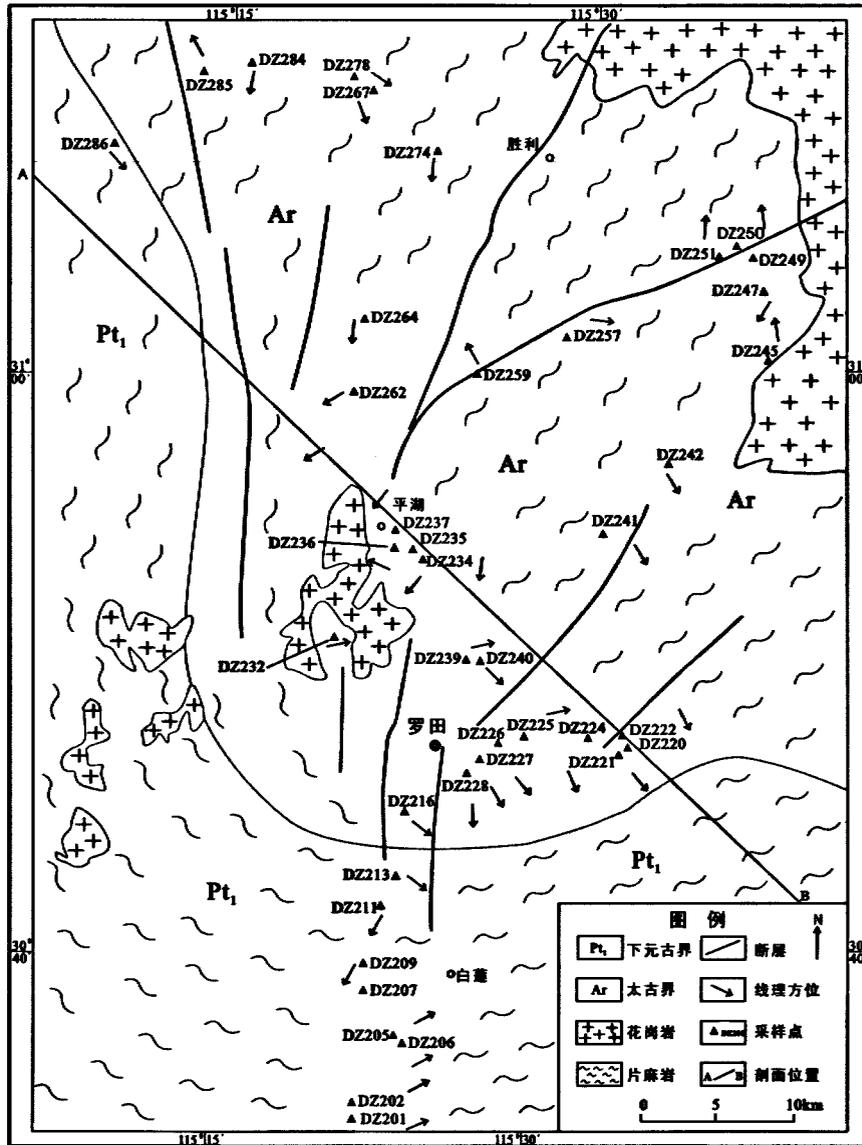


图1 罗田地区地质简图及剖面图

1-角闪斜长片麻岩;2-黑云奥长片麻岩;3-黑云二长片麻岩;4-花岗闪长岩;5-断层

Fig.1 A geological sketch and tectonic profile of Luotian area

对导致纵弯式褶皱的挤压作用和穹隆的热隆升作用的关系,还需要作进一步的研究。

2 有限应变分析

露头上,小褶皱具有纵弯式特点,即转折端明显加厚。为了更准确确认褶皱的类型与应变变量,在研究区系统采集了 40 余块定向标本,位置见图 1。在室内,对每块定向标本切制三个互相垂直的主应变面(XY, YZ, XZ)。对三个主应变面中的石英颗粒用 R/ϕ 法进行测量,每个薄片测量 40 ~ 50 个颗粒。得到三个主应变面的应变变量后,再计算出三维应变值和付林指数。由于石英含量大且对变形较为敏感,是良好的应变标志体,因而它的特点可以较好地代表整个片麻岩区的应变行为。

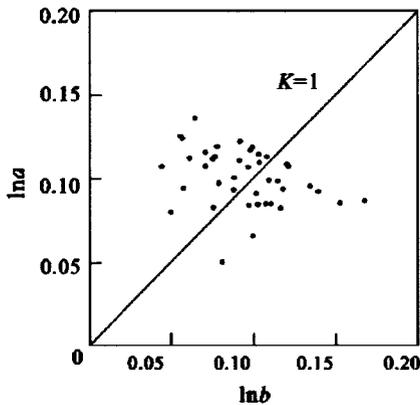


图 2 弗林指数(K)图解

Fig. 2 Flinn index (K) diagram

应变测量结果(表 1)显示,主应变轴比 X/Z 最大,在 1.45 ~ 1.75; Y/Z 在 1.26 ~ 1.54; X/Y 最小,在 1.12 ~ 1.23。但应变参数付林指数数值变化较大,在 0.50 ~ 2.49 间(图 2),平面应变(1.0 附近)、挤压应变、与拉伸应变几乎各占 1/3。从应变分析可得出:(1)由于主应变轴 X/Y 最小,且 XY 平行片理面,所以片理面主要是挤压变形面。(2)付林指数有大于 1 的,有小于 1 的,有近等于 1 的。由于采集的标本是分布于片麻岩区褶皱的各个部位,这反映了褶皱有的部位受到了拉伸,有的受到了挤压,而有的则是平面应变。所以片麻岩区遭受了正常挤压变形,即褶皱是挤压作用形成的,形成的是纵弯式褶皱。因为只有纵弯式褶皱才在不同部位有不同的应变型式,而伸展状态的横弯式褶皱 K 值均大于 1.0。(3)应变长轴(代表线理方向)区域上以向 SE 倾向为主,代表着变形过程中物质向 NW 运移,在靠近

穹隆核部陡倾有呈环形分布趋势,反应局部片麻岩区曾遭受隆升作用。应变短轴大都 NW 向倾伏,反映了受 SE-NW 向的挤压。中间轴以 NE-SW 向为主,代表纵弯式褶皱的枢纽方向。

3 石英 C 轴组构

从采集的 40 余块标本中,选择比较新鲜又相对均匀分布的 33 块标本,切制最大变形面(XZ 面)的薄片,在普通费氏台上测量石英 C 轴的方位。每个薄片测量 100 ~ 120 个颗粒。然后用计算机处理投图,得到岩组图(图 3)及其极密值(表 2)。

通过对比,岩组图中对称性以三斜对称为主,少数斜方对称(DZ211, DZ216, DZ222, DZ232, DZ235, DZ236, DZ257, DZ267, DZ284)。主要发育 I 型交叉环带优选方位形式,及 II 型交叉环带和环绕 Y 轴的大圆环带。最大极密值集中于 4% ~ 5% 区间,少数几个达到 6% 以上。极密的方位主要沿 Z 轴两侧分布。

根据 Price G P(1991)总结的石英岩组构与应变的关系,弗林指数数值在 0.67 ~ 1.5 的为平面应变,在 0.15 ~ 0.67 的为轴对称压扁与平面应变间的过渡类型,在 1.5 ~ 6.67 的为平面应变与轴对称拉伸间的过渡类型。罗田地区所测石英组构的 K 值都在 0.50 ~ 2.49,主要集中于 1 附近,所以这些岩组图反映的是平面应变的类型,并且其变形方式是共轴变形。由于岩组主要发育 I 型交叉环带及 II 型交叉环带优选方位形式,这也反映罗田地区的主要变形形式是平面应变(胡玲,1998)。

根据晶内滑移理论(刘瑞珣,1988),石英岩组的小圆环带中心指示最大挤压应力方位,由此反映罗田地区遭受了沿 Z 轴方向的挤压。结合区域分析,罗田地区经历了自 SE 到 NW 向的挤压作用。岩组极密值在 4% ~ 5% 之间,说明褶皱的变形程度中等(杨坤光等,1999),这与前面应变分析得出的结论是一致的。

岩组图中小圆环带的发育程度与半开角的大小反映岩石变形时的温度环境,其角度越大温度越高。岩组图中半开角在一般在 20° ~ 45°,变化较大,反映的温度范围相应为 300 ~ 650°C(郑伯让和金淑燕,1989;杨坤光等,1999)。这表明这一地区受过不均一的热作用,因此有的地方温度较高,这可能与燕山期的区域热作用有关(见下文)。由此反映褶皱形成时为较高的中等温度变形环境。

表1 石英有限应变测量结果

Table 1 Results of finite strain analysis of quartz minerals

标本号	XY	YZ	XZ	K 值	X	Y	Z
DZ201	1.15	1.26	1.45	1.64	105°∠22°	185°∠30°	310°∠35°
DZ202	1.21	1.44	1.74	1.18	65°∠15°	175°∠27°	335°∠40°
DZ205	1.18	1.36	1.60	1.11	60°∠36°	200°∠40°	320°∠30°
DZ206	1.12	1.34	1.50	0.66	195°∠54°	105°∠60°	205°∠35°
DZ207	1.15	1.37	1.58	0.87	—	—	—
DZ209	1.18	1.38	1.63	1.14	195°∠53°	85°∠45°	320°∠38°
DZ211	1.21	1.38	1.66	1.53	195°∠84°	85°∠25°	320°∠30°
DZ213-1	1.15	1.32	1.52	1.09	155°∠70°	50°∠25°	325°∠30°
DZ213-2	1.18	1.31	1.54	1.67	100°∠65°	250°∠45°	340°∠25°
DZ216	1.21	1.38	1.66	1.53	145°∠70°	25°∠17°	330°∠33°
DZ220	1.17	1.37	1.60	1.05	135°∠63°	220°∠15°	330°∠25°
DZ221	1.21	1.35	1.63	1.88	155°∠70°	270°∠23°	350°∠60°
DZ222	1.15	1.40	1.61	0.75	170°∠35°	50°∠20°	320°∠30°
DZ224	1.17	1.48	1.73	0.71	185°∠45°	95°∠15°	345°∠50°
DZ225	1.17	1.43	1.68	0.82	60°∠13°	140°∠85°	330°∠30°
DZ226	1.19	1.47	1.75	0.89	140°∠40°	270°∠20°	20°∠35°
DZ227	1.21	1.37	1.66	1.69	165°∠10°	245°∠60°	45°∠35°
DZ228	1.15	1.41	1.62	0.72	180°∠62°	75°∠25°	325°∠40°
DZ232	1.25	1.40	1.75	2.19	65°∠67°	315°∠20°	225°∠30°
DZ234	1.19	1.47	1.75	0.89	180°∠65°	70°∠40°	310°∠40°
DZ235	1.20	1.36	1.63	1.57	220°∠10°	180°∠12°	315°∠75°
DZ236	1.20	1.30	1.56	2.49	330°∠35°	70°∠25°	170°∠45°
DZ237	1.15	1.39	1.60	0.79	210°∠50°	55°∠45°	305°∠35°
DZ239	1.23	1.36	1.67	2.25	55°∠30°	144°∠37°	335°∠37°
DZ240-1	1.15	1.54	1.77	0.50	125°∠65°	30°∠15°	300°∠40°
DZ240-2	1.15	1.50	1.72	0.54	130°∠13°	205°∠20°	330°∠40°
DZ242	1.17	1.40	1.63	0.90	175°∠60°	60°∠20°	300°∠25°
DZ245	1.20	1.41	1.72	1.50	355°∠65°	250°∠30°	145°∠30°
DZ247	1.20	1.44	1.73	1.09	210°∠40°	300°∠45°	50°∠50°
DZ250	1.22	1.40	1.70	1.54	345°∠40°	210°∠55°	90°∠35°
DZ251	1.20	1.44	1.72	1.05	—	—	—
DZ257	1.17	1.44	1.68	0.79	100°∠43°	193°∠25°	330°∠40°
DZ259	1.16	1.48	1.72	0.59	345°∠35°	225°∠42°	95°∠45°
DZ262	1.21	1.44	1.74	1.18	200°∠35°	125°∠47°	125°∠47°
DZ267	1.18	1.43	1.68	0.90	145°∠55°	245°∠23°	350°∠25°
DZ274	1.20	1.45	1.74	1.04	180°∠80°	50°∠40°	290°∠30°
DZ278	1.20	1.41	1.69	1.22	145°∠50°	245°∠20°	5°∠55°
DZ284	1.19	1.41	1.68	1.15	180°∠30°	75°∠18°	320°∠55°
DZ285	1.23	1.36	1.67	2.25	155°∠40°	80°∠47°	270°∠25°
DZ286	1.15	1.38	1.59	0.82	120°∠80°	210°∠15°	290°∠65°

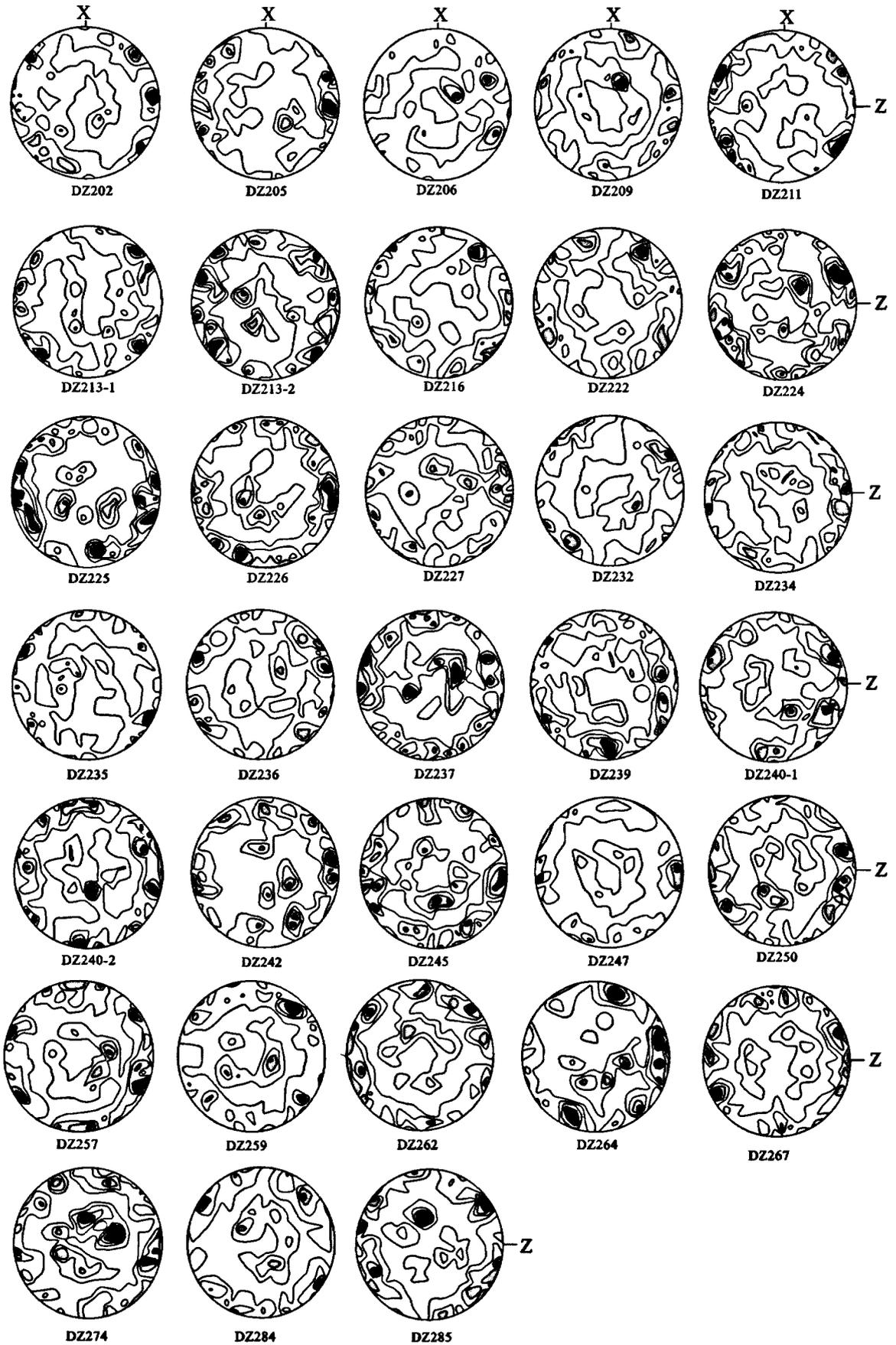


图 3 罗田地区石英 C 轴岩组图

Fig. 3 Diagrams of quartz c-axis fabrics in Luotian area

表2 石英C轴岩组测量结果

Table 2 Results of quartz c-axis fabrics measurement

标本号	面理	线理	极密(%)	岩组图特征
DZ202	105°∠20°	65°∠15°	0.8~2.3~3.5~4.7	I型交叉环带,半开角40°
DZ205	140°∠65°	60°∠36°	1.0~2.8~4.2~5.6	I型交叉环带,半开角20°
DZ206	145°∠65°	195°∠54°	0.5~2.5~3.8~5.1	II型交叉环带
DZ209	130°∠76°	195°∠53°	0.8~2.7~4.0~5.3	环绕Y轴的大圆环带
DZ211	130°∠88°	195°∠84°	0.8~2.7~4.0~5.3	I型交叉环带,半开角为33°
DZ213-1	115°∠75°	155°∠70°	0.8~2.3~3.5~4.7	I型交叉环带,半开角43°
DZ213-2	175°∠86°	100°∠65°	1.3~2.0~3.0~4.0	I型交叉环带,半开角43°
DZ216	155°∠70°	145°∠70°	0.8~2.3~3.5~4.7	I型交叉环带,半开角40°
DZ222	110°∠55°	170°∠35°	0.8~2.3~3.5~4.7	I型交叉环带,半开角45°
DZ224	140°∠55°	185°∠45°	1.0~2.0~3.0~4.0	I型交叉环带,半开角30°
DZ225	145°∠75°	60°∠13°	1.0~2.0~3.0~4.0	I型交叉环带,半开角25°
DZ226	200°∠62°	140°∠40°	1.0~2.0~3.0~4.0	II型交叉环带
DZ227	250°∠66°	165°∠10°	1.1~2.7~4.0~5.3	II型交叉环带
DZ232	25°∠80°	65°∠67°	0.9~2.9~4.3~5.7	I型交叉环带,半开角30°
DZ234	140°∠70°	180°∠65°	1.0~2.4~3.6~4.8	II型交叉环带
DZ235	180°∠12°	220°∠10°	0.8~2.3~3.5~4.7	I型交叉环带,半开角30°
DZ236	360°∠60°	330°∠35°	0.8~2.3~3.5~4.7	I型交叉环带,半开角30°
DZ237	140°∠70°	210°∠50°	1.0~2.0~3.0~4.0	I型交叉环带,半开角20°
DZ239	115°∠50°	55°∠30°	0.8~2.0~3.0~4.0	环绕Y轴的大圆环带
DZ240-1	125°∠65°	125°∠65°	1.0~2.4~3.6~4.8	环绕Y轴的大圆环带
DZ240-2	190°∠25°	130°∠13°	0.8~2.0~3.0~4.0	环绕Y轴的大圆环带
DZ242	140°∠70°	175°∠60°	1.3~2.5~3.8~5.0	环绕Y轴的大圆环带
DZ245	325°∠70°	355°∠65°	1.1~2.1~3.2~4.2	环绕Y轴的大圆环带
DZ247	250°∠50°	210°∠40°	1.2~3.4~5.1~6.7	Z轴的点极密
DZ250	265°∠75°	345°∠40°	0.8~2.0~3.0~4.0	I型交叉环带,半开角20°
DZ257	140°∠50°	100°∠43°	0.8~2.0~3.0~4.0	环绕Y轴的大圆环带
DZ259	275°∠55°	345°∠35°	1.1~2.7~4.0~5.3	I型交叉环带,半开角40°
DZ262	155°∠40°	200°∠35°	0.9~2.1~3.1~4.1	环绕Y轴的大圆环带
DZ264	165°∠20°	185°∠20°	1.1~2.2~3.2~4.3	环绕Y轴的大圆环带
DZ267	170°∠57°	145°∠55°	0.9~2.2~3.3~4.4	I型交叉环带,半开角25°
DZ274	130°∠85°	180°∠80°	1.0~2.0~3.0~4.0	II型交叉环带
DZ284	125°∠47°	180°∠30°	0.9~2.4~3.7~4.9	I型交叉环带,半开角35°
DZ285	120°∠50°	155°∠40°	0.9~2.2~3.3~4.4	I型交叉环带,半开角30°

4 讨论与结论

4.1 罗田地区纵弯式褶皱是客观存在的

对于广泛出露片麻岩的罗田地区的构造型式,曾有各种讨论。一是认为它是一系列北东向复杂褶皱构造(湖北省地质矿产局,1990),二是认为这一区域现今所表现的片麻理多是不同时期的剪切面理,并否定穹隆构造的存在(索书田等,1993)。经过研究我们认为,罗田地区的纵弯式褶皱是广泛发育的。主要证据有如下几点:①从区域剖面图上可以看出,区域片麻理呈纵弯式倒转褶皱;②罗田地区广泛出露的片麻岩中,发育大量轴面产状倾向SE

并近平行于区域片麻理的纵弯式褶皱,这是野外最直接的证据;③应变分析显示罗田地区的总体变形以平面应变式纵弯机制为主,而岩组分析也得出了与应变一致的结论。因此,从区域尺度到显微构造上互相印证了罗田地区的总体变形是以挤压为特征,形成了纵弯式褶皱。

罗田地区的纵弯褶皱表现为具有剪切流变的特征,形成的时代又较早(见下文),并且其寄生的浅色体是深熔成因的(邓尚贤等,1997)。因而纵弯式褶皱形成于地壳较深处,大致位于中上地壳。岩组分析显示的褶皱形成于中等温度的变形环境也支持这一结论。

4.2 纵弯式褶皱与穹隆构造的形成时序

关于穹隆的存在与否问题,前人作了许多研究(王国灿和杨巍然,1998),我们不否认穹隆的存在。褶皱的载体即最能体现出纵弯式褶皱形态的是浅色体,它是片麻岩形成后,再次经过变形变质作用分泌出来的脉体。由于纵弯式褶皱是近平行于片麻理的,所以褶皱形成的时间与区域片麻理形成的时间相当或之后。片麻岩的年龄许多人(郑祥身等,2000;葛宁洁等,2001;吴元保等,2001;谢智等,2004)作过锆石 U-Pb 年龄,主要集中于三个区间,800~600Ma、250~210Ma 和 137~126Ma。一般认为,800~600Ma 代表片麻岩原岩的形成时代,250~210Ma 表示片麻岩(或其原岩)参与了三叠纪的超高压变质作用,137~126Ma 反映了片麻岩折返后受白垩纪大规模岩浆活动的影响。穹隆开始形成的时代是 150~145Ma,主要形成于 150~96Ma 之间(王国灿和杨巍然,1998)。按照传统的观点,穹隆形成后,片麻岩区主要处于伸展体制下,所以纵弯式褶皱形成时代应早于穹隆形成时代。即纵弯式褶皱形成于穹隆的早期,大致形成于 170~145Ma 的晚造山期(Xu *et al.*, 2002)。

但是,罗田地区纵弯褶皱里脉体的形成年龄为 129Ma(邓尚贤等,1997),表明这些脉体是在燕山期强烈的岩浆作用诱导的混合岩化作用下形成的。因而,纵弯褶皱形成的时代应晚于 129Ma。这意味着,在罗田穹隆开始形成后,罗田地区乃至整个东大别又发生了一次较深层次的挤压作用,发生的时代可能位于大别山中生代构造体制转换的时间(135~127Ma)(马昌前等,2003;续海金等,2005)之后。即在中国东部,白垩纪并不是传统认为的一直处于后造山伸展环境(邓晋福等,2005),在后造山伸展环境前(或中间)还发生了区域性的挤压作用。这次挤压作用也使侵入于片麻岩围岩中的早白垩世(约 131Ma)天堂寨与九资河岩体发育了产状为 SE110~140°∠45~75°的挤压片麻理。其动力来源,应该是太平洋板块在此阶段向东亚大陆以 NWW 向高速俯冲的结果(桑隆康等,2000;徐贵忠等,2001;范蔚茗和郭锋,2005;Zhu *et al.*, 2005)。这次俯冲,在中国东部产生了一系列的 NE-NEE 向构造,并使郟庐断裂产生了第二次大规模的左行平移(王勇生等,2003;Zhu *et al.*, 2005)。

这次区域性的挤压作用与大别山东部燕山晚期区域变质-混合岩化-岩浆活动是同一时期的(简平等,1996),与早白垩世中下地壳岩石圈的拆沉作

用(李曙光等,2001)所起的作用是一样的,都是促进了穹隆在早白垩世的快速隆升。只是拆沉作用是深部的动力作用,促使热隆的发生;而之后的挤压作用促进了穹隆在 130~120Ma 的快速隆升(简平等,1996)。

致谢:承蒙审稿人细心审阅,并提出中肯的审稿意见。徐亚军博士和谢建磊硕士在野外给予了极大的帮助,全军硕士在室内做了部分应变测量工作,在此一并感谢!

参考文献(References):

- 邓晋福,赵国春,苏尚国,刘翠,陈亦寒,李芳凝,赵兴国. 2005. 燕山造山带燕山期构造叠加及其大地构造背景. 大地构造与成矿学,29(2):157-165.
- 邓尚贤,王江海,孙敏,常向阳. 1997. 湖北省罗田凤凰关混合岩浅色体的类型及其锆石 U-Pb 年龄. 地球化学,26(2):75-86.
- 范蔚茗,郭锋. 2005. 华北地区晚中生代镁铁质岩浆作用及其地球动力学背景. 大地构造与成矿学,29(1):44-55.
- 葛宁洁,李惠玉,秦礼萍,侯振辉,柏林. 2001. 大别山麻粒岩和 TTG 片麻岩的 Sr、Nd、Pb 同位素地球化学. 地质学报,75(3):279-284.
- 湖北省地质矿产局. 1990. 湖北省区域地质志. 北京:地质出版社,583-592.
- 胡玲. 1998. 显微构造地质学概论. 北京:地质出版社,121-126.
- 简平,马昌前,杨坤光. 1996. 大别造山带东部燕山晚期区域变质-岩浆活动与区域构造抬升的同位素地质年代学证据. 地球科学——中国地质大学学报,21(5):519-523.
- 江来利,刘贻灿,吴维平,苏文. 1999. 大别山超高压变质岩的变形历史及折返过程. 地质科学,34(4):432-441.
- 李曙光,黄方,李晖. 2001. 大别-苏鲁造山带碰撞后的岩石圈拆离. 科学通报,46(17):1487-1491.
- 刘瑞琦. 1988. 显微构造地质学. 北京:北京大学出版社,171-191.
- 刘贻灿,徐树桐,李曙光,陈冠宝,彭练红. 2005. “罗田穹隆”中的下地壳俯冲成因榴辉岩及其地质意义. 地球科学——中国地质大学学报,30(1):71-77.
- 马昌前,杨坤光,明厚利,林广春. 2003. 大别山中生代地壳从挤压转向伸展的时间:花岗岩的证据. 中国科学(D辑),30(9):817-827.
- Price G P. 1991. 石英岩的优选方位. H R 温克主编. 金振民,钟增球,金淑燕译. 变形岩石和金属的优选方位——现代结构分析概论. 武汉:中国地质大学出版社,259-275.

- 钱存超, 汤加富, 高天山. 2003. 岳西菖蒲地区超高压变质带内的构造地层序列与叠加褶皱型式. *大地构造与成矿学*, 27(3): 212-221.
- 桑隆康, 王人镜, 张泽明, 王强, 何斌. 2000. 九资河-天堂寨地区燕山晚期花岗岩与大别造山带核部隆升. *地质学报*, 74(3): 234-246.
- 索书田, 桑隆康, 韩郁菁, 游振东, 钟增球, 王江海, 周汉文, 张泽明. 1993. 大别山前寒武纪变质地体岩石学与构造学. 武汉: 中国地质大学出版社, 65-74.
- 索书田, 钟增球, 游振东. 2000. 大别地块超高压变质期后伸展变形及超高压变质岩石折返过程. *中国科学(D辑)*, 30(1): 9-17.
- 汤加富, 侯明金, 李怀坤, 吴跃东, 孙乘云. 2003. 扬子地块东北缘多期叠加变形及形成演化. *大地构造与成矿学*, 27(4): 313-326.
- 王国灿, 杨巍然. 1998. 大别造山带中新生代隆升作用的时空格局——构造年代学证据. *地球科学——中国地质大学学报*, 23(5): 461-467.
- 王勇生, 朱光, 王道轩, 刘国生, 宋传中. 2003. 大别山东缘郟庐两期走滑剪切带形成的温压条件与造山带折返的关系. *大地构造与成矿学*, 28(3): 228-238.
- 吴元保, 陈道公, E Deloule, 夏群科, 李彬贤, 程昊. 2001. 北大别片麻岩的锆石 U-Pb 年龄离子探针测定及其地质意义. *地质论评*, 43(7): 239-244.
- 谢智, 高天山, 陈江峰. 2004. 北大别片麻岩的多阶段演化: 锆石 U-Pb 年代学证据. *科学通报*, 49(16): 1653-1659.
- 徐贵忠, 周瑞, 闫臻, 余宏全, 王艺芬, 杨茂森, 李兵. 2001. 论胶东地区中生代岩石圈减薄的证据及其动力学机制. *大地构造与成矿学*, 25(4): 368-380.
- 续海金, 马昌前, 余振兵. 2005. 大别造山带中生代构造体制转换的时间: 侵入岩锆石 SHRIMP 定年. *矿物岩石地球化学通报*, 24(增刊): 172-173.
- 杨坤光, 姚淑梅, 马昌前. 1999. 大别地区花岗岩体石英 C 轴组构分析及其意义. *地质科技情报*, 18(1): 29-32.
- 郑伯让, 金淑燕. 1989. 构造岩岩组学. 武汉: 中国地质大学出版社, 77-97.
- 郑祥身, 金成伟, 翟明国, 石永红. 2000. 北大别灰色片麻岩原岩性质的探讨: Sm-Nd 同位素年龄及同位素成分特点. *岩石学报*, 16(2): 194-198.
- Xu Changhai, Zhou Zuyi, Ma Changqian and Reiners P W. 2002. Geochronological constraints on 140-85 Ma thermal doming extension in the Dabie orogen, central China. *Science in China (Series D)*, 45(9): 801-817.
- Zhu Guang, Wang Yongsheng, Liu Guosheng, Niu Manlan, Xie Chenglong and Li Changcheng. 2005. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of strike-slip motion on the Tan-Lu fault zone, East China. *Journal of Structural Geology*, 27: 1379-1398.

THE BUCKLING FOLD AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE IN LUOTIAN AREA OF EASTERN DABIE MOUNTAINS

DAN Wei, YANG Kunguang and MA Changqian

(Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: In Luotian area, many buckling folds occur which are nearly parallel to the gneissosity direction, and the gneissosity shows that it is an overturned anticline striking to SE-NW. Strain analysis for the Luotian area indicates that compression deformation and extension deformation occur in the core and also in the limbs of the Luotian area. These data reflect that the gneiss in Luotian area has suffered buckling. Quartz C-axis fabrics, which usually develop high maxima parallel to the Z-axis, show that the gneiss also suffers SE-NW compression. The SE-NW compression results in the bulking fold in the middle-upper crust. These bulking folds, shaped after the Luotian dome, indicate that Luotian area has suffered a deeper compression after the formation of the Luotian dome. This compression serves to accelerate the uplifting of the Luotian dome during the earlier Cretaceous.

Keywords: Dabie Mountains; bulking fold; strain analysis; quartz C-axis fabric