

青岛榴辉岩的变形特征及其构造抬升问题

纪壮义

(山东省地质矿产局区域地质调查队)

提要 青岛榴辉岩具有复杂的变形特征,包括宏观的褶皱变形和微观的矿物变形。它们是榴辉岩形成环境和构造抬升的直接证据。本文结合对岩相学和地球物理资料的分析,认为早期的伸展作用和后期的挤压作用以及剪切逆冲作用是青岛榴辉岩抬升的主要动因。

近20年来,榴辉岩被作为解释板块构造运动机制和了解地幔岩特征的一种关键性岩石,虽然逐渐引起人们的重视,但已有的资料多侧重于榴辉岩的岩石学、矿物学、地球化学等方面的报道,而涉及榴辉岩自身变形特征方面的文献则很少见到。众所周知,榴辉岩无论是从地球的深部被抬升至地表,还是形成于超高压变质作用,都与构造作用密切相关。榴辉岩自身的变形特征就是这种构造作用的最好记录。本文通过对青岛榴辉岩的构造环境及变形特征的初步研究,不仅提供了这方面的记录,而且还对其变形机制及与构造抬升作用有关的问题进行探讨。

一、地质背景和岩石学

青岛榴辉岩出露于青岛市崂山区王哥庄镇仰口村东海边,位于五莲—荣城构造带^①的中部(图1a),是鲁东榴辉岩带^②的组成部分。榴辉岩与围岩的总体出露面积约1km²,其南、西、北三面被崂山花岗岩($r_5^{(1)}$)所侵入,东部被黄海水体掩盖(图1b)。榴辉岩的主要围岩为花岗质糜棱岩、细纹条带状超糜棱岩、糜棱岩化片麻岩(白云斜长片麻岩、二云斜长片麻岩)、构造片岩、浅粒岩、石榴橄榄岩、石英正长斑岩及煌斑岩等。除后两种晚期岩脉外,其它所有岩石均不同程度地遭受了韧性变形作用的改造。如在仰口湾北侧,榴辉岩呈大小不一的构造透镜体产于韧性变形带中,并在围岩中清楚地显示了经受过两期韧性变形作用(图1c)。南侧的榴辉岩则与糜棱岩、糜棱岩化片麻岩一起形成北西向韧性变形带(图1d)。

榴辉岩呈灰绿、草绿色,具片麻状、条纹和条带状构造,在大的透镜体核部局部为块状构造,呈中细粒鳞片柱粒状变晶结构。岩石大部分发育有面理,并遭受了后期变形的改

^①山东省地矿局区域地质调查队,五莲—荣城构造带的形成、演化及其大地构造意义,1993。

^②山东省地矿局区域地质调查队,鲁东榴辉岩地质,1991。

本文于1993年5月收到,1994年3月改回。

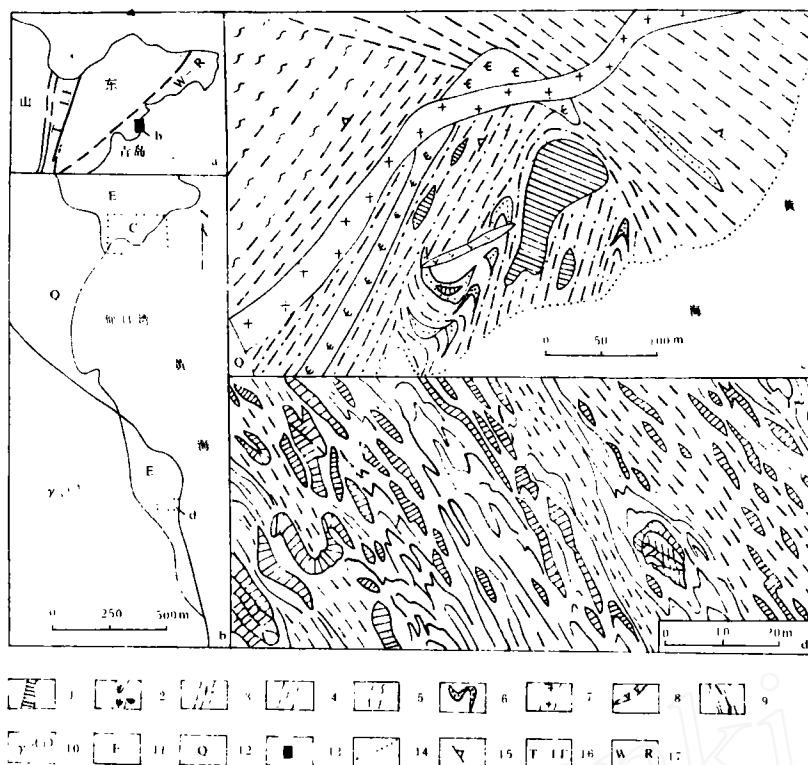


图1 青岛市仰口榴辉岩分布区构造地质略图

1. 榴辉岩; 2. 超基性岩; 3. 糜棱岩; 4. 超糜棱岩; 5. 糜棱岩化片麻岩; 6. 云母片岩夹浅粒岩褶皱层; 7. 石英正长斑岩;
8. 煌斑岩; 9. 糜棱岩化片麻岩夹条带状榴辉岩; 10. 崂山花岗岩; 11. 榴辉岩分布区; 12. 第四系; 13. 工作区; 14. 海水
低潮线; 15. 面理产状; 16. 郯庐断裂; 17. 五莲—荣成构造带

造。其矿物组成为:绿辉石 40—50%,石榴子石 20—30%,石英 2—10%,多硅白云母 5—10%,金红石 1—2%,部分含蓝晶石。在大多数榴辉岩中,绿辉石已退变为由透辉石+斜长石+石英及角闪石+斜长石+石英组成的后成合晶。韩宗珠等(1990)报道过青岛榴辉岩的岩石化学成份与 R. G. Coleman 等划分的 C 类榴辉岩相近,故认为青岛榴辉岩属 C 类榴辉岩。而最近在该地区榴辉岩的石榴子石中发现了由多晶石英集合体构成的柯石英假象^①,表明其形成深度距地表 90km 以下。

榴辉岩经受了后期变形变质的多期改造,其矿物共生组合如下:

- ①石榴子石+绿辉石+柯石英;
- ②石榴子石+绿辉石+石英+蓝晶石;
- ③石榴子石+透辉石+白云母+蓝晶石+石英;
- ④角闪石+斜长石+白云母+石英。

① 山东省地矿局区域地质调查队及青岛海洋大学,鲁东榴辉岩地质,1991。

二、榴辉岩的变形特征

与围岩韧性变形带及岩石中出现的高压矿物相吻合,榴辉岩自身也表现出强烈而且复杂的变形特征,主要表现为宏观的褶皱变形和微观的矿物变形。

1. 榴辉岩的褶皱类型及特征

本区韧性变形带中榴辉岩的褶皱构造非常发育,可归纳为以下几种类型:

1) 紧闭同斜褶皱:该类褶皱在榴辉岩中普遍存在,而且常被后期不对称非圆柱状褶皱所迭加(图 2 c)。其特点是:①褶皱单体两翼长度近于一致,一般为 0.5—5m,倾向相同;②褶皱两翼夹角较小,多为 2° — 10° ,个别呈两翼平行,显示了岩石处于高塑性状态;③褶皱轴面多与糜棱面理平行,枢纽产状表现为走向与面理走向平行,而倾伏向则有所变化。

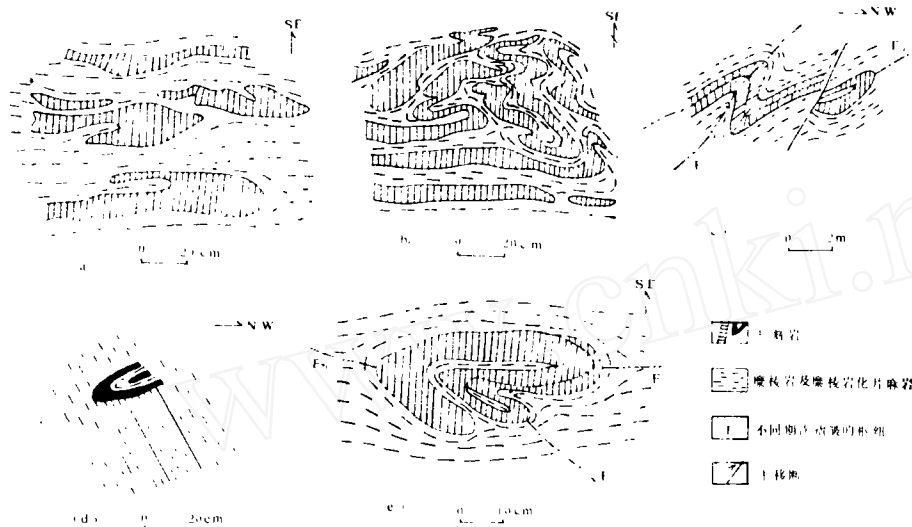


图 2 榴辉岩的褶皱类型

(a) 无根钩状褶皱; (b) 肠状褶皱; (c) 紧密同斜褶皱及其迭加褶皱; (d) A 型褶皱; (e) 多期迭加的剪切褶皱

注: a、b、e 为平面图, c、d 为剖面图

2) 无根钩状褶皱:其形态如图 2a 所示。该类褶皱多与同斜紧闭褶皱伴生出现,一般规模较小,两翼不等长,呈钩状闭合体出现在糜棱岩及糜棱岩化白云斜长片麻岩之中,其周围被糜棱面理所环绕。

3) 肠状褶皱:这是榴辉岩在韧性变形带中呈高塑性流动形成的褶皱,其特征:①肠状褶皱一般呈带状分布,带宽为 3—5m;②褶皱规模大小不一,枢纽产状各异,轴面大部分平行于围岩的糜棱面理,小部分与之斜交(图 2b)。

4) A 型褶皱:山东榴辉岩中发现此类褶皱尚属首次,它对于韧性变形带的运动学研究具有重要意义。青岛仰口南侧榴辉岩中大量出现有 A 型褶皱,其特征见图 2d。此类褶皱规模一般不大,多为圆柱状及同斜褶皱,在许多露头上表现为杆柱状构造。经测量统计表明,褶皱枢纽产状为倾向 300° — 340° ,倾角 25° — 35° ,与拉伸线理产状一致(图 3),在野外

亦可见二者相互平行的现象。

5)二期迭加不对称褶皱:它多表现为不对称的相似褶皱和顶厚褶皱,翼间角一般为 40°—70°,在榴辉岩及围岩中均有发育。前者之中该类褶皱内部往往包含有早期褶皱的残余(图 2c)。

6)三期迭加的剪切褶皱:呈孤岛状发育在糜棱岩中,类似于韧剪带中的旋转雪球构造,规模不大。但在野外仍可辨认其发生过三期褶皱变形,早、中、晚期分别为紧闭褶皱、同斜褶皱及不对称顶厚褶皱(图 2e)。该类褶皱在 XZ 面上可见,是榴辉岩在抬升过程中发生长距离剪切位移的产物。其晚期褶皱轴面与糜棱面理之锐夹角可指示剪切运动的方向。

2. 榴辉岩的矿物变形特征

显微观察发现,青岛榴辉岩中矿物的变形程度具有明显的差异性,主要表现为:仰口北侧呈较大透镜体产出的榴辉岩,核部的组成矿物变形程度较弱,大部分呈自形或半自形晶体平衡共生;而这些透镜体边部及仰口湾南侧的条带状榴辉岩中,则具有明显的矿物变形。

榴辉岩主要矿物的变形特征:①石英是对应变反映最敏感的矿物之一,榴辉岩中的石英表现为强塑性变形,粒度较小,多为构造重结晶的细粒石英集合体;这些集合体为长矩形、藕节状或丝带状,前者两端往往具尖灭特点(图 4a);多数石英光轴 C 与长矩形集合体延长方向平行,也与榴辉岩的条带方向一致。②白云母大部分呈云母鱼状(图 4b),据其不对称性可判别剪切方向,有的白云母生长在石榴子石旋转碎斑的影子区(图 4c)。③绿

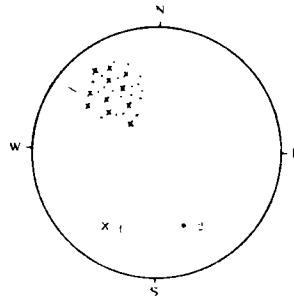


图 3 A 型褶皱与拉伸线理方位统计图
1. A 型褶皱枢纽;2. 拉伸线理

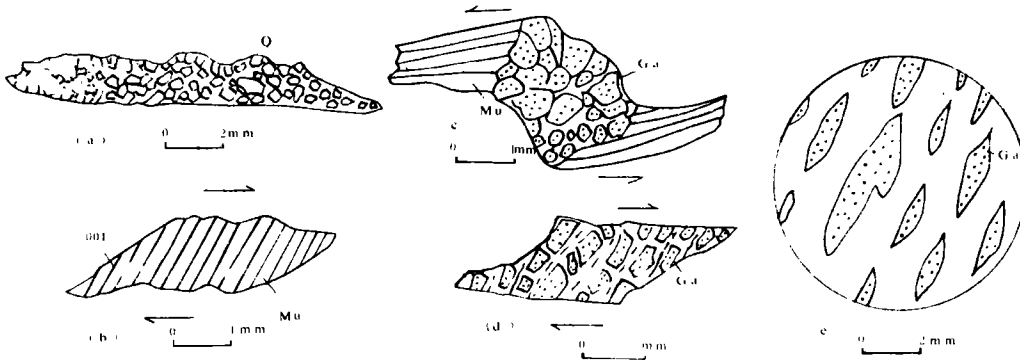


图 4 榴辉岩中矿物变形素描

Q—石英;Mu—白云母;Ga—石榴子石

辉石呈透镜状或长柱状定向排列,常形成扭折带和亚晶粒条带,与压扁拉长的石榴子石一起构成条带状构造;后期的合晶化作用,使其变形现象受到改造,但局部仍可见到核幔结构的残留。④石榴子石多碎裂解体为细小的颗粒,并被压扁拉长为微透镜状或条痕状;部分碎裂状石榴子石沿裂理呈书斜式排列,显示后期的剪切特征(图 4c、d、e)。

三、榴辉岩的变形机制及其构造抬升问题

1. 榴辉岩的变形机制

根据实际资料所反映的榴辉岩宏观褶皱变形及微观矿物变形特征,有可能对榴辉岩的变形机制作以下初步分析:

变形早期,榴辉岩遭受了纯压扁机制的变形作用。主要表现在榴辉岩形成紧闭、同斜和无根钩状褶皱等B型褶皱,以及石榴子石被压扁拉长而呈微透镜状定向排列,并与绿辉石一起构成条纹条带状构造。这是岩石在高塑性条件下经受强烈挤压而导致的变形作用,结合区域构造分析可知其挤压方向为北西—南东向。

变形晚期,榴辉岩的变形机制以剪切作用为主。其宏观表现为北西向拉伸线理的广泛发育、A形褶皱、(一定范围内出现的)肠状褶皱及(在XZ面上出现多次迭加的)剪切褶皱等;微观表现为石榴子石旋转作用及白云母的剪切标志等。这是榴辉岩及其围岩经历了自北西向南东方向大幅度逆冲作用的结果。在变形过程中,能干层榴辉岩显示其为塑性褶皱变形,而柔性层片麻岩(糜棱岩)则显示其具塑性流动特征。

2. 榴辉岩抬升的构造解释

青岛榴辉岩出露于华北板块与扬子板块之间的构造混杂岩带中^[1],而柯石英假象的发现则表明它形成于距地表90km深处。因此,它的抬升必定与板块构造活动密切相关。各方面的资料表明华北板块与扬子板块原属同一岩石圈板块^[2,3],而且经历了多期的启合作用。这种构造演化历史可能是一个非常复杂的过程。根据青岛榴辉岩的变形及岩石学特征,结合区域地质背景及地球物理资料,有可能对榴辉岩抬升过程中主要的构造作用提供以下线索:

1) 抬升(演化)的早期阶段,原属同一岩石圈板块的华北板块与扬子板块裂开,致使区域性伸展构造产生。与此同时,沿五莲—荣城一线的地壳厚度变薄^[4],地幔物质上拱,从而导致了榴辉岩及柯石英榴辉岩和超镁铁质岩石由上地幔上涌至下地壳。五莲—青岛—荣城一线的榴辉岩带中广泛发育有柯石英假象^[5,6],并在包裹它的石榴子石中出现张裂构造,以及这一地区榴辉岩带与超镁铁岩带相伴共存,都是这一演化阶段的地质证据。

2) 由于华北、扬子两板块的闭合作用,使处于地壳深部的榴辉岩遭受了NW—SE方向的强烈挤压作用,致使榴辉岩具有纯压扁机制的矿物变形,并产生了石榴子石+绿辉石+蓝晶石+石英及石榴子石+透辉石+石英+蓝晶石+(多硅)白云母的变质矿物组合。

3) 从榴辉岩宏观变形机制可以看出,晚期不同层次的剪切逆冲作用是青岛榴辉岩抬升于地表的又一重要因素。这期由NW→SE方向的逆冲,可能是华北与扬子两板块再次碰撞作用的结果,也可能由郯庐断裂左旋平移的转换机制沿该构造带活动的产物^[6]。

青岛地区榴辉岩显现的变形特征极其丰富,本文仅对其进行了初步研究。文中不当之处,恳请同行指正。

参 考 文 献

- [1] 刘若新等,1989,苏北胶南构造混杂岩带的地质特征和岩性地层柱。地震地质,第11卷,第1期。
- [2] 耿树芳等,1991,论扬子地台与华北地台同属一个岩石圈板块。中国区域地质,第2期。
- [3] 张树业等,1989,中国中部元古代蓝片岩—白片岩—榴辉岩古陆内裂撞带的三位一体特征。长春地质学院学报,鄂北蓝片岩带地质专辑。
- [4] 曹国权等,1990,山东胶南地体及其边界断裂五莲—荣成断裂的构造意义。山东地质,第6卷,第1期。
- [5] 夏井正树等,1991,山东榴辉岩中的柯石英假象。山东地质,第7卷,第2期。
- [6] Arall Okay, A. M. Celal Sengor, 1992, Evidence for intracontinental thrust — related exhumation of the ultra — high — pressure rock in china, *Geology*, Vol. 20. ,No. 5.

DEFORMATIONAL CHARACTERISTICS AND TECTONIC UPLIFT OF THE ECLOGITES IN QINGDAO

Ji Zhuangyi

(*The Regional Geological Survey Brigade, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources*)

Abstract

The eclogites in Qingdao have complex deformational characteristics, which include macroscopic fold — deformation and microcosmic mineral deformation. These are the direct evidence to analyse formational environment and tectonic uplift of the eclogites. Research indicates that early stage extension and late stage compression and shear — thrusting appear to be the main causes in the uplift of the eclogites in Qingdao.