# 青岛榴辉岩相蛇绿混杂岩——俯冲"洋壳"推覆体的发现及其意义*

李曙光　刘德良　葛宁洁　陈移之

（中国科学技术大学地球与空间科学系，合肥 230026）

张志敏　　韩宗珠　赵广涛

（山东省地质矿产局区域地质调查队，山东胶州 266300）　（青岛海洋大学海洋地质系，青岛 266003）

**关键词**　蛇绿混杂岩、榴辉岩相、俯冲洋壳

长期以来，人们观察到的蛇绿岩均被解释为是在板块聚敛边界仰冲侵位于陆壳内的"洋壳"残片[1]；而俯冲消减到深部的洋壳，根据现代碰撞造山模型，只能在陆壳俯冲时，作为碰撞混杂岩被推覆上来[2,3]. 例如造山带碰撞混杂岩中的榴辉岩和超镁铁岩就被解释为是早期俯冲洋壳的碎片[2]. 但是，由于它们都是岩性单一的碎块，不具备洋壳所特有的岩石组合，致使这种解释还只能是一种假说. 最近，我们在胶南隆起北缘、青岛市仰口镇发现一具有榴辉岩相的蛇绿混杂岩. 它的类似蛇绿岩套的岩石组合证明它是一古"洋壳"[1]残片；另一方面它的榴辉岩相变质相、复杂的构造变形和强烈地糜棱岩化证明它具有俯冲到深部而后被推覆上来的历史. 因此，这一榴辉岩相蛇绿混杂岩的发现为碰撞造山带的碰撞混杂岩成因假说提供了直接的地质证据. 本文将简要报道该榴辉岩相蛇绿混杂岩的基本特征并认定其为俯冲"洋壳"残片推覆体的主要地质证据.

## 一、岩石组合特征

青岛仰口榴辉岩相蛇绿混杂岩的地质产状及空间分布特征见我们测制的地质图（图 1）. 该蛇绿岩主要由超镁铁岩、玄武质和玄武安山质熔岩及少量的变含泥硅质岩和硅质岩组成. 整个岩块被强烈柔皱变形，并构造侵位于胶南群云母斜长片麻岩中. 其主要岩性单元描述如下：

**1. 超镁铁岩**　该岩石已完全蛇纹石化. 化学组成为：$SiO_2$ = 41.9%，MgO = 34.92%，$m/f$ = 8.2，属镁质超镁铁岩. 据化学成分推测其原岩为斜方辉橄岩.

**2. 玄武质和玄武安山质熔岩**　它是该蛇绿混杂岩的最主要岩性单元，与超镁铁岩呈构造接触. 该岩石已强烈变质、变形，部分已变为糜棱岩. 它的主要化学组成范围是：$SiO_2$=52.32—57.31%，$TiO_2$=0.98—1.20%，$Al_2O_3$=16.39—19.04%，$Fe_2O_3$ = 1.80—3.10%，FeO = 4.48—6.65%，MgO = 2.43—6.20%，CaO = 5.78—8.17%，$Na_2O$ = 3.54—4.54%，$K_2O$ = 1.15—2.15%. 该化学组成表明它们的原岩是火成岩（图 2），相当于玄武和玄武安山岩. 图 3 还表明该玄武质岩石属拉斑系列. 在 MFA 图中，它们表现出随 MgO 减少，FeO 先升高，而后又下降的拉斑玄武岩系列演化趋势. 但与典型的拉斑系列相比，其 $Na_2O+K_2O$ 含量偏高，因此其演化趋势移向端元 A. 由于 Na、K 都是活动性很高的元素，对于变质岩，其 Na、K 含量很

本文 1990 年 10 月 16 日收到.

* 国家自然科学基金资助项目.

1) 这里的"洋壳"泛指海底玄武质地壳，它可包括大洋、边缘海及岛弧外缘地壳.

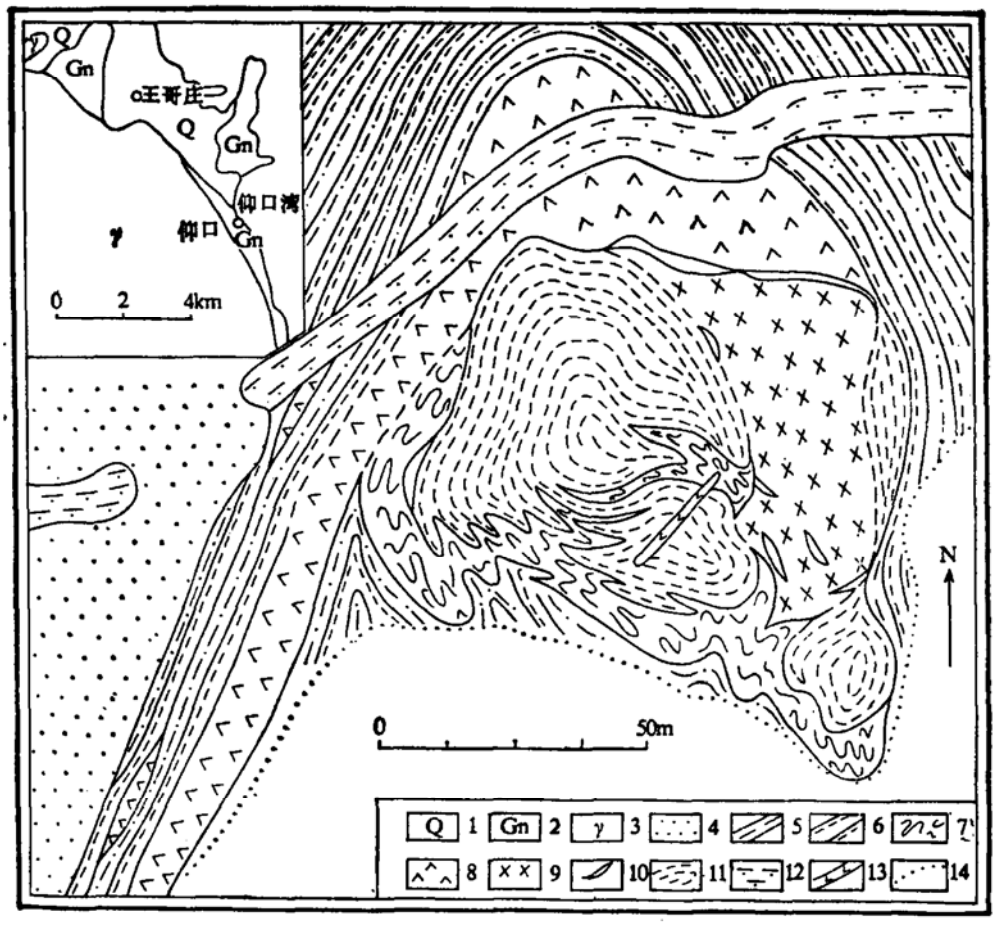


图 1　青岛仰口湾北段地质图

1.第四系冲、海积物；　2.片麻岩、变粒岩夹浅粒岩及变晶糜棱岩、薄层构造片岩；　3.钾质白岗岩；　4.海积砂；　5.浅粒岩；　6.片麻岩夹构造片岩；　7.硅质岩，变含泥硅质岩，糜棱岩夹榴辉岩透晶体，它们构成复杂褶皱层；　8.蛇纹石化橄榄岩；　9.糜棱岩化含柘榴石玄武安山岩；　10.透镜状榴辉岩带；　11.糜棱岩(原岩为玄武安山岩)；　12.石英正长斑岩脉；　13.煌斑岩脉；　14.低潮海岸线

难反映其原岩特征，发生上述偏移是可以理解的．该拉斑系列火山岩的高 Na、K 含量可能是不同性质的交代作用造成的．如该岩石较富 Na，其 $CaO/Na_2O = 1.28—1.99$，类似细碧岩，镜下鉴定及电子探针分析也证明该岩石的斜长石为更钠长石，因此它的原岩应是细碧岩[4]．这是蛇绿岩套中常见的岩石类型，说明它们生成于海底环境，是海水蚀变作用使得拉斑玄武岩变得富 Na．与一般细碧岩不同的是该岩石还富 K．K 可能来源于陆源沉积物，它能被俯冲洋壳带到深部，并产生富 K 交代流体．这正是俯冲洋壳与仰冲洋壳的区别．

**3. 变含泥硅质岩或长石石英砂岩**　这是一种细粒、灰白色岩石，呈薄层状夹于细碧岩中，$SiO_2$ 含量高达 79.37%，还含有较高的 $Al_2O_3$(10.85%)、$Na_2O$(3.58%)、$K_2O$(3.31%)．图 2 表明它(空方块)是沉积岩(砂岩)．该岩石主要矿物组成为石英、更钠长石和钾长石及少量黑云母、绿帘石．这种矿物组成说明该含泥硅质岩是发育在陆缘海盆中．通常岛弧环境形成的蛇绿岩套中有此类沉积岩[1]．

**4. 硅质岩**　它为细粒、黄白色、薄层岩石，与含泥硅质岩一起夹于细碧岩中．它与含泥硅质岩的主要区别是不含长石，主要由石英及少量云母组成．

上述斜方辉橄岩、细碧岩及少量变含泥硅质岩和硅质岩组合很类似岛弧型蛇绿岩．

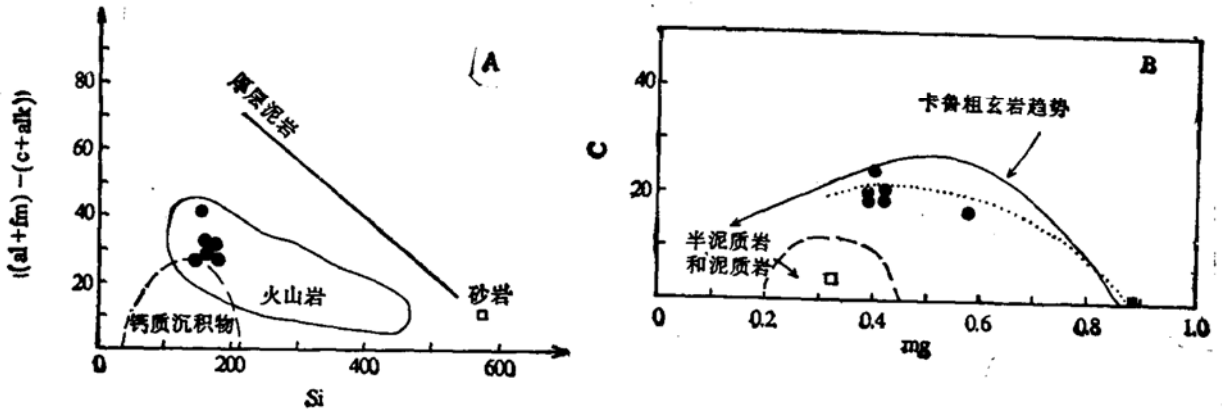


图 2　A为 (al + fm) − (c + alk) 对 Si 图解；B为 C-mg 图解；
●为青岛玄武质和玄武安山质熔岩；■为超镁铁岩；□为变含泥硅质岩

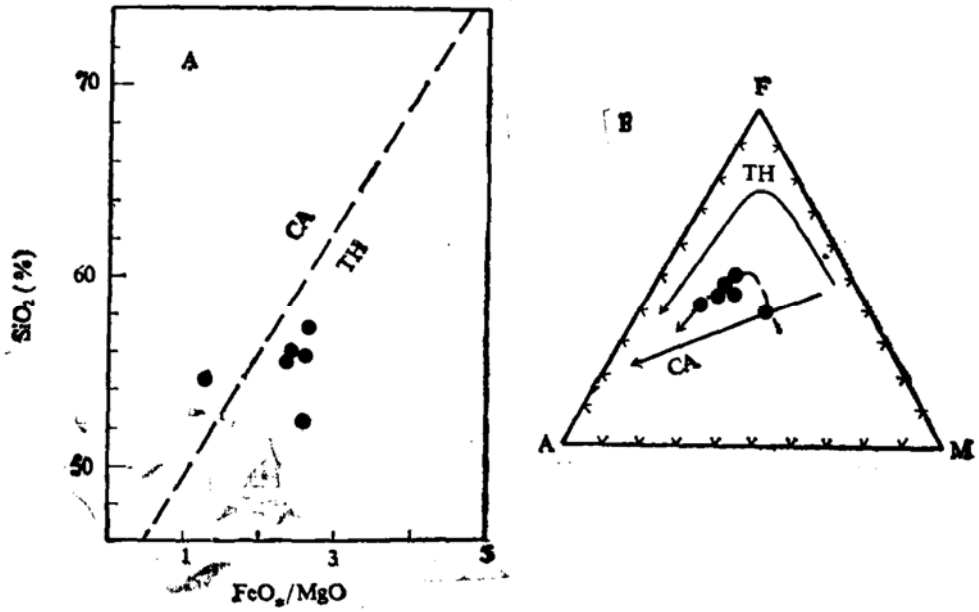


图 3　A为 $SiO_2$-FeO*/MgO 图解；B为 MFA 图解
实线为典型的拉斑系列（TH）和钙碱系列（CA）演化趋势，虚线为青岛玄武质火山岩演化趋势

## 二、榴辉岩相变质作用及复杂变质历史

该蛇绿混杂岩，表现具有复杂的变质历史．其中榴辉岩相是它的最高变质相，其特征是岩石中普遍存在石榴石-透（绿）辉石组合，在局部可见到该岩石已完全变为榴辉岩（图 1）．图 4 表明该榴辉岩中的辉石为含硬玉分子（Jd）很高的绿辉石．根据石榴子石 MgO 含量及绿辉石中四次配位 Al 所占比例，该榴辉岩为C类榴辉岩，其生成温压条件为 $T = 650 \pm 50$℃，$P = 17$kb（另有专文发表）．这说明，该蛇绿岩曾随俯冲板块下降至 60 km 处．

该榴辉岩和榴辉岩相岩石多发育有较晚期挤压片理．沿片理有较多多硅白云母分布，并见有少量蓝闪石（铝铁闪石?）．这后一期变质作用反映了该蛇绿混杂岩在榴辉岩相变质作用之后又经历了被推覆、抬升的过程．

## 三、结论及意义

根据上述多方面证据，可以认为青岛榴辉岩相蛇绿混杂岩不是一般意义上的仰冲“洋壳

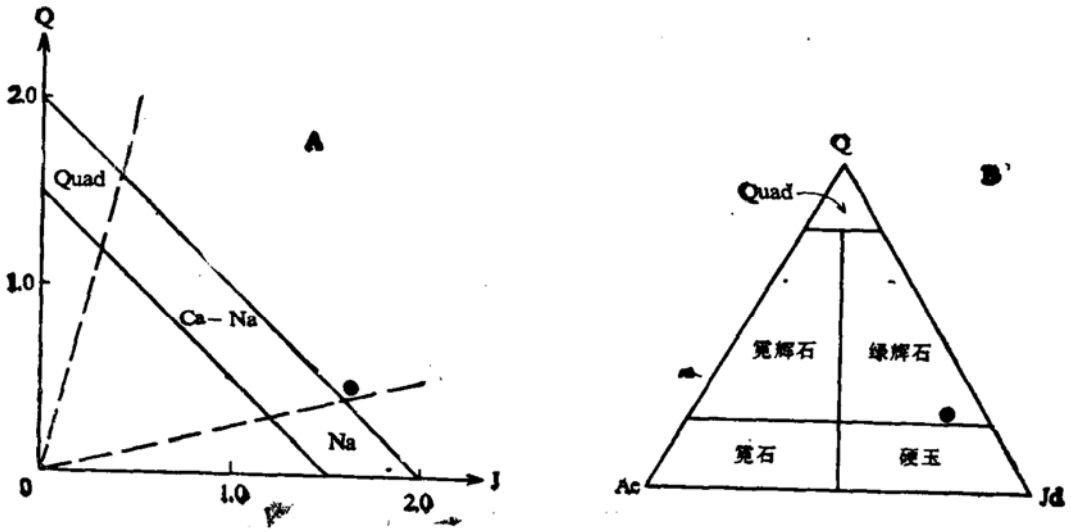


图 4　青岛仰口榴辉岩中辉石的分类图解[11]

A 图中 J 代表 Na 质辉石，Q和 $Q_{uad}$ 为 Ca，Mg，Fe 辉石，样品落在 Ca-Nd 辉石范围内；　B 为 Na 和 Ca-Nd 辉石分类图

碎片，而是一种俯冲"洋壳"的残片，并在陆-陆碰撞造山作用中被推覆上来，就位于地缝合线附近的俯冲陆壳内。这一发现具有如下意义：

1. 它以直接的岩石学证据，证明了早期俯冲到深部的"洋壳"，在碰撞造山过程中可以被推覆上来[5]。

2. 胶南隆起是大别山造山带的东延部分，只是由于郯庐断裂的平移运动使胶南隆起向北错移了几百公里[6]。长期以来，关于大别山-胶南地体最终是作为华北陆块的一部分，还是作为扬子陆块的一部分参与两大陆块的对接是有争议的。如一些文章中的构造地质略图均将该区地缝合线划在苏北[8-11]。青岛榴辉岩相蛇绿岩的发现证明了在胶南隆起与华北陆块之间曾存在一古海洋和古俯冲带。因此，华北与扬子陆块的最终地缝合线应位于胶南隆起北侧五莲断裂一线。

3. 目前我们对板块俯冲过程的认识主要来自当今岛弧区及大陆边缘造山带。人们通过对该带的火山、地震、地热研究间接推测其俯冲过程的地球化学和动力学。被推覆上来的古俯冲洋壳残片的发现，使我们有可能直接观测到俯冲过程的变质变形结果，并获得可直接测试的俯冲洋壳样品。因此，它为我们研究板块俯冲过程的变质作用、地球化学和动力学提供了另一个重要途径。

## 参　考　文　献


[1] Moores, E. M., *Reviews of Geophys. and Space Phys.*, **20**(1982), 735—760.
[2] 郝杰、刘小汉，地质科学，1988，1：1—9.
[3] 王清晨、孙枢、李继亮等，地质科学，1989，2：129—142.
[4] 夏林圻、夏祖春，中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊，**19**(1987)，1—30.
[5] 徐嘉炜、刘德良、李秀新，中新生代地质学术讨论会文集，地质出版社，1987，99—112.
[6] 马杏垣，地球科学，**14**(1989)，1—7.
[7] Sengor, A. M. C., *Nature*, **318**(1985), 16—17.
[8] Klimetz, M. P., *Tectonics*, **2**(1983), 139—166.
[9] Zhang, Zh. M., Liou, J. G. and Coleman, R. G., *Geol. Soc. Am. Bull.*, **95**(1984), 295—312.
[10] Mattauer, M. et al., *Nature*, **317**(1985), 496—500.
[11] Morimoto, N., 矿物学报，**8**(1988)，289—304.