苏 北 蛇 绿 岩

樊 金 涛

（江苏省地质矿产调查研究所 南京 211135）

摘 要 苏北构造混杂岩中大部分超镁铁岩和部分榴辉岩、角内岩、石英岩等岩块为变质橄榄岩、堆积超镁铁岩和镁铁岩、英云闪长岩、斜长花岗岩、岩墙群、镁铁质熔岩、深海硅质岩等，属于构造解体的蛇绿岩。苏北－胶南地体是扬子古陆板块北缘的晋宁期沟弧盆体系。苏北蛇绿岩原生于晋宁期胶北地体与苏北－胶南地体间的洋盆环境，构造侵位始于晋宁期，属于科迪勒拉型蛇绿岩。

关键词 蛇绿岩；晋宁期；洋盆；科迪勒拉型；江苏

分类号 P588.125

苏北新沂－东海－赣榆地区出露的东海杂岩是苏胶杂岩的重要组成部分，它代表苏胶造山带的古老中下地壳，是研究中下地壳物质组成、流变行为和苏胶造山带早期演化历史的重要地区。对其变质镁铁-超镁铁岩的研究，始于 60 年代，如王鹤年（1963）；大规模的综合研究则在 1986 年以后，如 Enami（1986，1988）、刘若新（1989）、张树业等（1989，1991）、Hirajima 等（1990）、杨建军（1991）[1]、从柏林等（1991，1994，1996）[2]、张儒瑗等（1991，1993）[3]、王清晨等（1991，1992，1996）、张泽明等（1995）[4]、魏春景等（1996）。但是，他们的研究侧重于榴辉岩等高压-超高压变质带，而对变质镁铁-超镁铁岩中的蛇绿岩研究尚少。本文在蛇绿岩组分鉴别和榴辉岩、超镁铁岩原岩恢复的基础上，建立苏北蛇绿岩理想柱状剖面，探讨其原生时代、构造环境、构造侵位和类型等。

1 苏北蛇绿岩地质构造特征

由于多期变质、变形、变位，构造解体，苏北蛇绿岩套的原始层序基本被破坏，形成超镁铁岩、榴辉岩及斜长角闪岩、石英岩、大理岩等大小不等，变形强度不同的构造岩块。它们分布于扬子古陆板块北缘，苏北-胶南地体（沟弧盆体系）的西北部，大致呈南南西-北北东向带状展布，向南西被郯庐断裂带截切，向北东延入山东日照、青岛、荣成等地，是一条受五莲-荣成深大断裂控制的区域性解体的蛇绿岩带。这些构造解体的蛇绿岩与片麻状花岗岩、表壳岩系和糜棱岩等共同构成大型的苏胶构造混杂岩带（图 1）。

在研究区内，已发现有 500 余个榴辉岩和超镁铁岩块（体），成群出现，带状排列。其中榴辉岩经原岩恢复，部分岩石为蛇绿岩的基性熔岩和堆积镁铁岩[5]；超镁铁岩大都

1997 年 10 月 3 日收稿。

作者简介：樊金涛，1945 年出生，高级工程师，地质地球化学专业。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

属于蛇绿岩的变质橄榄岩和堆积超镁铁岩[6]。

苏北榴辉岩和超镁铁岩等岩块均属无根的小型规模, 面积 0.0001 ~0.15km^2; 呈水滴状、透镜体状、扁豆状和条带状等拉长形态。它们主要赋存于晋宁期片麻状花岗岩类中, 其中少部分呈包体产出, 其边缘常发生角闪岩相退变作用, 形成石榴角闪岩或斜长角闪岩等, 其长轴方向与区域片麻理等构造线的总体方向一致, 但显示比围岩经历了更深层次和更多世代的变形变质, 其剪切面理与围岩片麻理平行至大角度斜交; 大部分呈构造接触关系, 沿岩块边缘及平行其长轴方向发育规模不等的糜棱岩带, 或发生强烈的片理化和退变质作用, 形成石榴角闪(片)岩、斜长角闪(片)岩、绿帘黑云母片岩(千糜岩)等。许沟超镁铁岩块的底部有一层不厚的热动力变质的石榴角闪岩, 在特罗多斯、巴布亚、纽芬兰和我国的雅鲁藏布江、藏北东巧等地蛇绿岩的底部都有这样的变质晕圈, 它是苏北蛇绿岩构造侵位的有力证据。

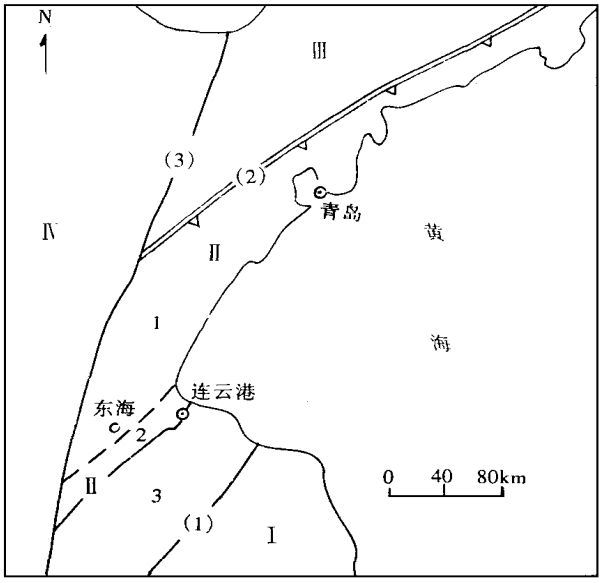


图 1　苏胶构造略图

Fig. 1　Tectonic skech map of northern Jiangsu and Jiaodong area

Ⅰ—扬子古陆板块; Ⅱ—苏北-胶南地体: 1—晋宁期海沟蛇绿混杂岩带, 2—晋宁期岛弧带, 3—晋宁期弧后盆地褶皱带; Ⅲ—胶北地体; Ⅳ—华北古陆板块; (1)—盱眙-响水断裂; (2)—五莲-荣成碰撞对接带; (3)—郯庐断裂带

2　苏北蛇绿岩岩石组合

苏北蛇绿岩虽遭多期变质、变形、变位, 被解体, 但通过原岩恢复, 蛇绿岩的各种岩石组分在区内都能找到, 在一些剖面上还能见到依次的两个组分。恢复其理想柱状剖面如图 2。

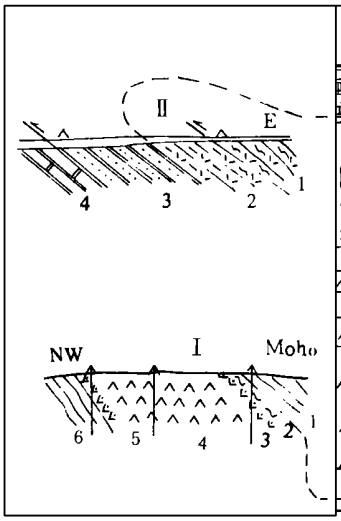
2.1　变质橄榄岩

见于许沟、黑林、蒋庄、芝麻坊等地。岩石类型以斜辉橄榄岩为主, 有少量的纯橄岩、二辉橄榄岩、石榴石二辉橄榄岩等, 矿物成分以镁橄榄石为主, 其次顽火辉石, 与世界多数地区的变质橄榄岩[7]一样, 具有极大的均一性。Ringwood(1982)提出的大洋岩石圈的构造模式把上地幔岩石自上而下分为残余的斜辉橄榄岩、残余的二辉橄榄岩和亏损的地幔岩(石榴石二辉橄榄岩)三层, 代表了洋壳以下不同深度的残余地幔岩类型[8]。本区变质橄榄岩之斜辉橄榄岩、二辉橄榄岩和石榴石二辉橄榄岩的矿物成分分别与上述三层岩石相当, 即代表不同深度的残余地幔岩。岩石具变晶结构、碎斑结构、包含结构、出熔结构或其矿物受塑性变形而呈压扁拉长状等, 块状构造、糜棱构造等。岩体蚀变强烈, 主要有蛇纹石化等。

2.2　堆积超镁铁岩

见于蒋庄、芝麻坊等地。岩石类型有石榴石辉石岩、石榴石橄榄二辉岩、石榴石二辉岩

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://ww



综合柱状剖面图	主要变质岩组合	原岩及蛇绿岩组分
	石英岩；大理岩；白云母石英片岩	硅质岩、灰岩，泥灰岩
	斜长角闪岩，榴辉岩，绿帘斜长阳起片岩等	细碧岩，玄武岩，岩墙群
	榴辉岩及含斜长角闪岩，石榴石斜长角闪岩等	堆积镁铁岩，斜长花岗岩等
	石榴石辉石岩，石榴石二辉岩，石榴石橄榄二辉岩等	堆积超镁铁岩
	变质橄榄岩：以斜辉橄榄岩为主，少量纯橄岩、二辉橄榄岩、石榴石二辉橄榄岩	残余地幔岩
	石榴石角闪岩	

图 2 苏北蛇绿岩综合柱状图

Fig. 2 The summary columuar section of the ophiolitic sequence in the northern Jiangsu area

图中：Moho—莫霍面；Ⅰ—许沟1号钻探剖面西段：1—片麻岩；2—石榴角闪岩；3—二辉橄榄岩；4—斜辉橄榄岩；5—二辉橄榄岩；6—片麻岩。Ⅱ—牛河浅钻剖面西段：1—角内黑云片岩；2—黑云斜长角闪片岩；3—石英岩；4—大理岩

等，矿物成分有镁石榴石、透辉石、镁橄榄石和顽火辉石等。其岩石类型多，矿物组合复杂，与国内外大多数蛇绿岩堆积超镁铁岩的特征一致。岩石富含石榴石，并与榴辉岩共生，显示曾俯冲到深部遭受了相对低温超高压变质作用，据 Ringwood(1975)$MgSiO_3$—$Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ 组分的高压实验研究表明，压力大于 9000MPa 时，石榴石的比例显著增加。岩石具变晶结构、碎斑结构、包含结构等，块状构造、糜棱构造等。

2.3 榴辉岩

榴辉岩的分类多种多样[9]，其中以源岩性质分类能够比较合理地解释本区榴辉岩的成因。本区洋壳源榴辉岩与超镁铁岩密切共生，呈断层接触或呈包体分布于片麻状花岗岩类中。矿物成分以绿辉石和石榴石为主，其次金红石、蓝晶石、石英、黝帘石等，有的可见微粒金刚石、柯石英或其假象、蓝闪石。岩石具等轴粒状变晶、板状变晶、斑杂状变晶、包含变晶、环带变晶、碎斑等结构，块状、斑杂状、片状、片麻状、糜棱等构造，局部条带状构造，见剪切柱状节理。其原岩经恢复，以堆积镁铁岩为主，其次镁铁质熔岩(细碧岩和玄武岩)、岩墙、英云闪长岩、斜长花岗岩等[5]。

2.4 斜长角闪岩

洋壳源斜长角闪岩与超镁铁岩和榴辉岩密切共生，呈断层接触或呈包体分布于片麻岩中。岩石类型有角闪岩、斜长角闪岩、石榴黑云角闪片岩等。矿物成分以角闪石为主，其次斜长石、辉石、黑云母等。岩石具变晶结构、碎斑结构，片状构造、糜棱构造，局部见条带状构造。其原岩经恢复，以堆积镁铁岩为主，其次镁铁质熔岩(细碧岩、玄武岩和角斑岩)、岩墙等。

2.5 石英岩

可与斜长角闪岩、榴辉岩共生，呈断层接触或呈包体分布于片麻岩中。矿物成分以石英为主。岩石具变晶结构，块状构造等。其矿物都呈锯齿状或港湾状镶嵌接触，不具明显的碎

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

屑颗粒外形, 原岩应为化学沉积成因的硅质岩类。

3　苏北蛇绿岩岩石化学特征

3.1　变质橄榄岩

岩石含 SiO_2 42.29%～47.62%, TiO_2 0.01%～0.07%, Al_2O_3 1.18%～2.29%, (FeO)[①] 5.70%～8.74%, MgO 42.27%～48.14%, CaO 0.01%～0.42%, Na_2O 0.02%～0.39%, K_2O 0.01%～0.34%, 与国内外大多数地区蛇绿岩[7, 10~13]变质橄榄岩的岩石化学成分相当, 与大洋超镁铁岩、橄榄质科马提岩等大陆地幔超镁铁岩的化学成分对比, 具有高 MgO, 低 Al_2O_3, CaO, TiO_2, Na_2O, K_2O 的特征。其 MgO/[MgO+(FeO)] 比值为 0.83～0.89, 平均 .86, 与国外典型蛇绿岩变质橄榄岩的比值一致。在 Coleman (1977)给出的蛇绿岩 AFM 和 Al_2O_3—CaO—MgO 图解上, 其投影点均落入狭小的变质橄榄岩区(图 3), 属于典型的蛇绿岩变质橄榄岩。

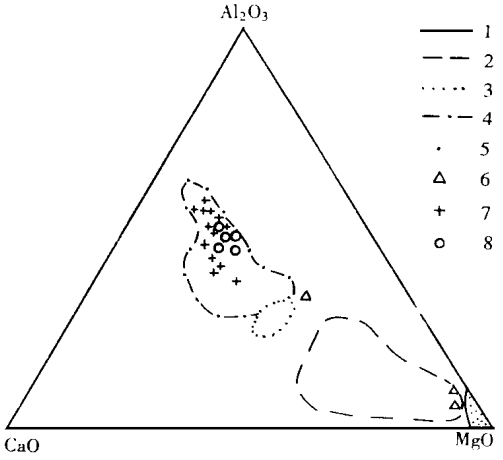


图 3　蛇绿岩 Al_2O_3—CaO—MgO 图解
(据 Coleman, 1977)

Fig. 3　Al_2O_3—CaO—MgO diagram of ophiolite

1—变质橄榄岩区; 2—堆积超镁铁岩区; 3—科马提岩区; 4—堆积镁铁岩区; 5—苏北变质橄榄岩投影点; 6—苏北堆积超镁铁岩投影点; 7—苏北洋壳源榴辉岩投影点; 8—苏北洋壳源斜长角闪岩投影点

苏北变质橄榄岩具有稳定的化学成分, 这是地幔残余成因充分的地球化学证据。其岩石贫 SiO_2, Al_2O_3, Na_2O+K_2O 等易熔组分, 是上地幔部分熔融的残留体。

3.2　堆积杂岩

3.2.1　堆积超镁铁岩　岩石含 SiO_2 41.05%～51.76%, Al_2O_3 0.97%～13.94%, (FeO) 8.90%～14.12%, MgO 17.87%～36.35%, CaO 0.55%～7.94%, 与国内外大多数地区蛇绿岩堆积超镁铁岩的岩石化学成分[7, 9~13]基本一致。其 MgO/[MgO+(FeO)] 比值为 0.56～0.80。在 Coleman(1977)给出的蛇绿岩 AFM 图解上, 其投影点均落入堆积超镁铁岩区; 在 Al_2O_3—CaO—MgO 图解上, 大都投入堆积超镁铁岩区(图 3)。与苏北变质橄榄岩相比, 其 SiO_2、Al_2O_3、(FeO)、CaO 高, Na_2O 低; 与 Condie(1982)给出的大洋拉斑玄武岩化学成分相比, 其 SiO_2、Al_2O_3、(FeO)、CaO 低, MgO 高。上述情况符合上地幔部分熔融岩浆早期分离结晶产物的岩石化学特征。

3.2.2　堆积镁铁岩　岩石含 SiO_2 38.52%～51.22%, Al_2O_3 10.95%～20.05%, (FeO) 10.46%～24.24%, MgO 4.18%～8.10%, CaO 8.33%～13.56%, 与国内外大多数地区的蛇绿岩堆积镁铁岩的岩石化学成分[7, 9~13]一致, 具有高 Al_2O_3、(FeO)、CaO, 低 MgO 的特征, 显示它们是岩浆结晶分离作用较晚期的产物, 在 Coleman(1977)给出的蛇绿岩 Al_2O_3—

①(FeO)= FeO+0.9Fe_2O_3, 下同

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://ww

CaO—MgO 图解上, 均投入推积镁铁岩区(图 3)。

堆积杂岩从超镁铁质到镁铁质, MgO 的含量变化很大, 由 36.35%~4.18%; 随着 MgO 含量的迅速减少, Al_2O_3 和 CaO 的含量显著升高, Al_2O_3 由 0.97%升到 20.05%, CaO 的含量由 0.55%升到 13.56%。并且它们的(FeO)/MgO 比值变化很大, 由 0.23 升到 3.95, 显示随着岩浆的分离结晶作用铁有明显的富集。

3.3 浅色岩组

岩石含 SiO_2 52.42%~67.08%, Al_2O_3 13.31%~17.72%, (FeO) 7.40%~11.38%, MgO 1.70%~5.90%, CaO 4.16%~10.70%, Na_2O 2.27%~3.68%, K_2O 0.04%~0.51%, 与国内外大多数地区蛇绿岩浅色岩的岩石化学成分[7, 10, 11, 13]基本一致, 具有高 SiO_2, 中等 Al_2O_3, 低(FeO)、MgO, 极低 K_2O 的特征。其化学成分与大洋斜长花岗岩及英云闪长岩等岩石相当, 以极低的 K_2O 区别于大陆花斑岩和大陆奥长花岗岩。大洋斜长花岗岩代表大洋拉斑玄武岩分离结晶作用的最终产物, 揭示是在低压下的封闭系统中进行的。

3.4 岩墙群

主要岩石化学成分为 SiO_2 45.75%, TiO_2 0.95%, Al_2O_3 17.26%, (FeO) 9.12%, MgO 11.53%, CaO 9.54%, K_2O 0.44%, 相当于国内外大多数地区蛇绿岩的辉绿岩化学成分[7, 10, 11, 13], 以其低 TiO_2、K_2O 区别于大陆辉绿岩。

3.5 镁铁质熔岩

岩石含 SiO_2 46.32%~55.62%, Al_2O_3 14.93%~18.21%, (FeO) 7.99%~14.77%, MgO 3.78%~7.50%, CaO 7.26%~10.16%, Na_2O 2.75%~4.45%, 与国内外大多数地区的蛇绿岩镁铁质熔岩的岩石化学成分[7, 10~13]基本一致。与堆积镁铁岩相比, 具有高 SiO_2、Na_2O, 低 CaO 的特征, 说明镁铁质岩浆喷出海底后普遍遭受了细碧岩化作用, 其岩石类型以细碧岩为主, 其次角斑岩和玄武岩, 具有蛇绿岩火山岩的岩石组合特征。

3.6 硅质岩

岩石含 SiO_2 97.26%, TiO_2 0.04%, Al_2O_3 0.65%, Fe_2O_3 0.00%, FeO 1.28%, MnO 0.03%, Na_2O 0.13%, K_2O 0.10%。其亲陆元素 Al_2O_3、Fe_2O_3、K_2O 等的含量较低, MnO/TiO_2 比值较大, 为 0.75。据 Sugisaki 等(1982)研究[14], MnO/TiO_2 比值是一个有效判断沉积环境的地球化学标志, 深海沟至深海沉积物的 MnO/TiO_2 比值大于 0.5, 因此, 上述岩石为海沟至深海沉积的硅质岩。它与燧石(俄亥俄州、阿尔堪萨斯州)、海相硅藻土(乌里扬诺夫斯克省)、海棉岩(格鲁吉亚)、放射虫岩(加里曼丹、日本)化学成分[15]对比, 最接近于放射虫硅质岩。

4 苏北蛇绿岩原生构造环境

蛇绿岩的原生构造环境有大洋中脊、洋盆、边缘盆地、初生岛弧、转换断层等。蛇绿岩中火山岩的地球化学特征是揭示蛇绿岩原生构造环境的重要线索。苏北蛇绿岩之玄武岩含 Na_2O+K_2O 不高, 碱度率(A.R.)为 1.24~1.43, 在 Wright 碱度率图解上, 落入钙碱性和弱碱性区, 在 SiO_2-(Na_2O+K_2O)图解上, 均投入欧文(1971)划分的亚碱性区, 具有洋中脊蛇绿岩火山岩的基本属性。在 Irvine 和 Baragar(1971)判别 CA 和 TH 的 AFM 图解上, 均落入 TH 区, 属于拉斑玄武岩系列。其基性岩的平均化学成分为 SiO_2 48.56%, TiO_2 1.22%,

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

Al_2O_3 17.01%, (FeO) 10.41%, MgO 6.37%, CaO 9.45%, Na_2O 3.00%, K_2O 0.65%, 与 Condie(1982)给出的洋脊拉斑玄武岩的平均化学成分十分接近, 具有低 SiO_2、(FeO), 高 TiO_2、MgO、Na_2O 的特征, 而与岛弧拉斑玄武岩有较大的差异。在邓万明(1984)给出的玄武岩(Al_2O_3/TiO_2)—TiO_2 图解上, 它们均处于岛弧区外, 但亦非全部落入洋脊玄武岩区。在 Miyashiro(1977)TiO_2—(FeO)/MgO 图解上, 投入大洋中脊拉斑玄武岩内邻近岛弧火山岩区一侧。在 Ishizuka(1981)相对稳定的微量元素 Ti—Cr 图解上, 投影点远离洋岛拉斑玄武岩区, 处于深海拉斑玄武岩区及其与岛弧拉斑玄武岩的过渡区(图 4)。苏北蛇绿岩之玄武岩的岩石化学和以上一系列构造地球化学图解表明, 它具有大洋拉斑玄武岩的特征, 亦有岛弧拉斑玄武岩的某些特征, 故推测苏北蛇绿岩原生于板块会聚边缘附近的洋盆环境或弧后盆地环境。但据孙贤　等(1978)研究, 形成于弧后盆地扩张中心的玄武岩属低钛玄武岩($TiO_2 \leqslant 0.6\%$)。苏北蛇绿岩玄武岩 TiO_2 的含量高, 为 1.10% ~1.34%, 因此, 它原生于扬子古陆板块北缘苏北-胶南地体与胶北地体间会聚边缘附近的洋盆环境。并且, 它富集大离子亲石元素、稀土元素和轻稀土元素, 属于 E 型洋脊玄武岩, 可能原生于洋盆环境中的局部异常脊[5]。

5　苏北蛇绿岩原生时代、构造侵位及类型

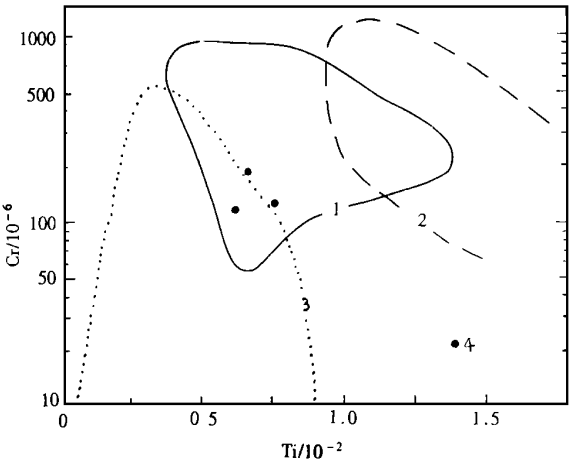


图 4　玄武岩 Ti—Cr 图解

(据 Ishizuka 1981)

Fig. 4　Ti—Cr diagram of basalt

1—深海拉斑玄武岩; 2—大洋岛弧拉斑玄武岩; 3—岛弧拉斑玄武岩; 4—苏北蛇绿岩之玄武岩投影点

苏北东海芝麻坊石榴石二辉橄榄岩(亏损地幔岩)获得了 925 ± 53Ma 单矿物 Sm—Nd 等时年龄[16], 可能代表苏北变质橄榄岩的形成年龄。在苏北蛇绿岩带东延的山东日照县棱罗树石榴石辉石岩获得了 827.51Ma 全岩 K—Ar 同位素年龄[17], 可能代表上地幔部分熔融岩浆分离结晶作用形成的堆积超镁铁岩的年龄, 即代表洋壳形成的年龄。在诸城片麻状花岗岩类中榴辉岩获得了 788 ±10Ma(蒸发-沉积法, 锆石)[18]。从柏林等(1991)的榴辉岩同位素年龄资料显示主要形成于新元古代、古生代和早中生代[2]。考虑到蛇绿混杂岩应形成于洋壳俯冲阶段, 早于地体碰撞、拼贴和陆内俯冲阶段, 因此, 新元古代是早期形成的洋壳俯冲到深部发生榴辉岩相变质的主要时期。而古生代和早中生代则可能代表地体碰撞拼贴后陆壳俯冲推动晚期形成的洋壳和陆壳前缘到深部发生榴辉岩相变质的时期。上述同位素定年资料与本区以下沉积建造、岩浆活动、地质构造及其演化历史相符。

本区元古宙沉积建造代表一个由稳定到活动又回归稳定的陆缘性质。东海岩群上部, 即东海杂岩中表壳岩系的古元古代岩层和海州群下部盖层纪和锦屏组均由(白云石)大理

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://ww

岩、白云母石英片岩、石英岩等组成，以碳酸盐岩建造为主。进入延展纪，本区开始了大陆边缘的活动时期。地质、重力和航磁资料显示，胶北地体与苏北-胶南地体分界的五莲-荣成断裂为倾向南东的深大断裂[17, 19]。在其南侧是蛇纹混杂岩带，其中C型榴辉岩（有的见蓝闪石）代表了高压低温变质带。在苏北-胶南地体北西部出露的震旦纪石桥群或朋河石组[20]、蓬莱群下部[21]以明显的角度不整合覆盖在前震旦纪地层或花岗片麻岩之上，为一套斜层理、交错层理发育的以次棱角状为主的陆源滨源-浅海相砾质、砂质、泥质混杂堆积或陆屑堆积，属复理式或磨拉式建造。在苏北-胶南地体的中部禹山、杜沟、牛山、邱家、御驾山、膝家、大时家等地有大量的晋宁期（少量震旦期）二长花岗质、花岗闪长质及部分闪长质、石英闪长质、碱性花岗质片麻岩[22, 23]，大都属钙碱性系列，具有岛弧岩浆岩组合特征，可能代表高温低压变质带。在苏北-胶南地体的南部，沉积了延展纪-加宽纪海州群云台组数千米厚的双峰式细碧-石英角斑质和碱流纹质沉积-火山建造，它形成于一个基底为硅铝壳的弧后张裂边缘海（裂谷地槽）[24]。上述情况说明，在苏北-胶南地体北部外侧存在古洋壳沿其北缘海沟向南俯冲的作用，苏北-胶南地体是扬子古陆板块北缘一发育完整的晋宁期沟弧盆体系（图1），因此，苏北蛇绿岩原生于晋宁期。

在加宽纪云台组沉积结束时，海州裂谷地槽活动基本结束。进入覆冰纪，在胶北地体和苏北-胶南地体的广大地区沉积了石桥群或朋河石组、蓬莱群等浅海相砂泥质碎屑岩或碳酸盐岩等盖层沉积，与上已有很大差别，说明在此之前的晋宁期末，两地体发生了碰撞拼贴，成为扬子古陆板块的一部分。这可从本区晋宁晚期禹山、虎山、大吴山等碰撞型混合花岗岩体形成得到估证。由于地体的碰撞拼贴，早期洋壳俯冲到深部变质形成的高压（超高压）变质蛇绿岩块，包括洋壳源榴辉岩、石榴石辉石岩、石榴石二辉石岩等和变质橄榄岩，以及俯冲到尚难转变为榴辉岩深度的洋壳源角闪岩折返后进一步遭受强烈破碎，被推挤到东海杂岩中，成为苏北俯冲带混杂岩中的不同深源岩块。因此，苏北蛇绿岩的早期构造侵位应发生于新元古代。

胶北地体与苏北-胶南地体碰撞拼贴，结束了自盖层纪以来的洋壳俯冲（B型俯冲）作用阶段，进入了多期陆内俯冲（A型俯冲）作用阶段。区内榴辉岩、多硅白云母、硬绿泥石、钾长石、角闪石等的645～196Ma同位素年龄和集中于220Ma左右，广泛发育的由多硅白云母、硬绿泥石等组成的印支期低温高压变质带——韧性剪切带，以及胶北地体东南部出露的晚侏罗纪莱阳组以明显的角度不整合覆盖在胶东岩群或胶南杂岩（即东海杂岩）之上，其早期为一套砾质、砂质、泥质混杂堆积，以紫红色巨砾岩、砂砾岩为主，厚度变化很大（390～2674m）[21]，属于磨拉式建造等说明，这是经历了震旦（兴凯）、加里东、华力西和印支并以印支陆内俯冲作用为主的连续发展过程。在陆内俯冲作用过程中，胶北地体推动晚期形成的洋壳和陆壳前缘到达深部形成了以印支期为主的超高压变质榴辉岩，这正是华北陆板块与扬子陆板块间大规模造山时期。因此，胶北地体与苏北-胶南地体晋宁期的碰撞拼贴运动是华北陆板块与扬子陆板块印支大规模碰撞造山前陆间海中的岛弧之间或岛弧与大陆之间的一次间歇性碰撞拼贴运动，它与殷鸿福研究的秦岭[25]一样，是古特提斯洋多岛小洋盆的演化过程，只是其演化的时间比秦岭要早。

苏北蛇绿岩的上述岩石组合、构造特征、产状、伴生岩石等与美国西部科迪勒拉型蛇绿岩的特征相似，属于Coleman（1985）和张旗（1990）划分的科迪勒拉型蛇绿岩[26]。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

6　结　论

(1)苏北构造混杂岩中大多数超镁铁岩和部分榴辉岩、斜长角闪岩、石英岩等岩块为变质橄榄岩、堆积超镁铁岩和镁铁岩、英云闪长岩、斜长花岗岩、岩墙群、镁铁质熔岩、深海硅质岩等, 属于构造解体的蛇绿岩。

(2)苏北蛇绿岩原生于胶北地体与苏北-胶南地体间的洋盆环境。

(3)苏北-胶南地体是扬子古陆板块北缘的晋宁期沟弧盆体系。苏北蛇绿岩是晋宁期蛇绿岩。

(4)苏北蛇绿岩构造侵位始于新元古代。

(5)苏北蛇绿岩属于科迪勒拉型蛇绿岩。

参　考　文　献

1　杨建军. 苏鲁榴辉岩及有关超基性岩. 北京: 地质出版社, 1991. 32～38

2　从柏林. 中国苏北-胶南高压变质带的同位素地质年代学初探. 中国科学院地质研究所岩石圈构造演化开放实验室年报(1989～1990). 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 68～72

3　张儒媛. 苏鲁超高压变质地体及其成因解释. 岩石学报, 1993, (3): 211～223

4　张泽明, 游振东, 韩郁菁, 等. 大别—苏鲁榴辉岩带的岩石学、变质作用过程及成因研究. 地质学报, 1995, (4): 306～325

5　樊金涛. 苏北东海榴辉岩地球化学及原岩成因. 岩石矿物学杂志, 1995, 14(1): 26～35

6　樊金涛. 苏北东海超镁铁岩研究. 中国区域地质, 1996, (1): 9～16

7　Coleman R G. Ophiolites(Ancient Oceanic Lithosphera). New York: Springer—Verlag Rerlin Heidelberg, 1977

8　Ringwood A E. Phase transformations and differentiation in subducted lithosphere implications for mantle dynamics basalt petrogenesis, and crustal evolution. Jour. Geol., 1982, 90(6): 611～643

9　Carswell D A. Eclogites and the eclogite facies: Definition and Classification. In: Carswell D A ed. Eclogite Facies Rocks. Blackie and Son Ltd, 1990: 1～13

10　王希斌等. 西藏蛇绿岩. 北京: 地质出版社, 1987

11　汤耀庆等. 东秦岭蛇绿岩的形成时代和构造环境. 成都地质学院学报, 1986, 13(2): 52～65

12　张　旗等. 横断山区镁铁-超镁铁岩. 北京: 科学出版社, 1992.

13　朱宝清等. 新疆西准噶尔西南地区古生代蛇绿岩. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1987, 17: 3～55

14　Sugisaki R et al. Triassic bedded cherts in central Japan are not pelagic. Natrue, 1982, 298: 644～647

15　邱家骥, 林景仟. 岩石化学. 北京: 地质出版社, 1991

16　白文吉等. 胶东-苏北石榴石二辉橄榄岩形成条件及年代. 岩石矿物学杂志, 1992, 11(4): 299～305

17　曹国权等. 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, 1990, 6(1): 1～10

18　王来明等. 山东榴辉岩的生成时代——单颗粒锆石$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄. 科学通报, 1994, 39(19): 1788～1791

19　马杏垣等. 江苏响水至内蒙古满都拉地学断面. 地质学报, 1991, 65(3): 199～215

20　张增奇等. 山东胶南岩群重新厘定及朋河石组的建立. 中国区域地质, 1994, (4): 354～356

21　山东省地质矿产局. 山东省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991

22　李曙光等. 青岛榴辉岩及胶南群片麻岩的锆石 U—Pb 年龄: 胶南群中晋宁期岩浆事件的证据. 科学通报, 1993, 38(19): 1773～1777

23　王兰中等. 荣成超单元的基本特征. 山东地质, 1994, 10(2): 13～23

24　樊金涛. 苏北海州双峰式火山岩稀土组成及其成因. 地球化学, 1994, (增刊): 182～191

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://ww

25 殷鸿福, 黄定华. 早古生代镇浙地块与秦岭多岛小洋盆的演化. 地质学报, 1995, 69(3): 193~204
26 张 旗. 蛇绿岩分类. 地质科学, 1990, (1): 54~61

OPHIOLITE IN NORTHERN JIANGSU

Fan Jintao
(*Jiangsu Surverying Institute of Geology and Mineral Resources*)

Abstract The metamorphic ophiolite in northern Jiangsu, disintegrated by tectonic movements is concentrated in the melange which is situated in the zone of subduction in the south of Wulian—Rongchen deep—great fracture zone. Recovering its protolith and stratigraphic sequence, the ophiolite is composed of metamorphic aureole, metamorphic peridotite, accumulated ultramafite, mafic rock, plagiogranite, dike swarm, mafic lava, silica rock et al. from bottom to top. The metamorphic peridotite, is insufficient of aluminium and alkali and is the relict of upper mantle which has been moderately melted. The existence of mafic rock and plagiogranite proves that sufficient froctional crystallization happened to the magma. The ophiolite is originally produced in the ocean basin between the Subei—Jiaonan terrane and Jiaobei terrane which are located on the north margin of Yangtze palaeocontinental plate during Mesoproterozoic and Neoproterozoic, and tectonic emplacement happened to it in the Upper Neoproterozoic. The ophiolite belongs to Cordillera type palatophiolite which was formed in a foreign terrane matching movement before the collision orogenic movement between Huabei continetal plate and Yangtze continental plate in Hercynian—Indosinian orogeny.

Key words ophiolite; Jinning stage; ocean basin; Cordillera type; Jiangsu

黑曜岩矿有待开发

在我国广为分布的火山岩地区, 赋存有丰富的黑曜岩矿资源, 如广西的容县、福建的香炉山以及浙江、江苏等地。其矿体大都赋存于白垩纪的凝灰岩及熔结凝灰角砾岩中, 矿体呈层状、似层状产出, 一般矿体规模较大, 厚 8~35 米不等, 长百米至千米, 且连续性较好, 有些矿体与沸石矿共生, 其成分中以酸性玻璃质基质为主, 含少量石英斑晶。过去, 由于人们对该矿接触少, 未引起重视。目前, 我国开发的非金属矿已有 120 种, 但黑曜岩仍榜上无名。这种局面亟待改观。

黑曜岩的岩石性质与玄武岩、珍珠岩和沸石十分相似, 同样具有活性, 因此它可广泛用作水泥混合材料, 以代替矿渣、炉渣。当掺合量达到 10%时, 能改善水泥稳定性, 提高抗折强度, 缩短水泥初凝和终凝的间隔, 降低成本(每吨混合材料可降低 10 多元)。黑曜岩还能使水泥颜色变深, 玻璃光泽增强。此外, 人们也可利用黑曜岩做观赏石以及填料等。

陈祖荣

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww