

①

326-330

两类蛇绿岩剖面及其成因的探讨*

张旗 陈雨[✓] 钱青

P588.1

(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

摘要 研究表明,蛇绿岩剖面是多种多样的,至少可分为两类:第一类以特罗多斯为代表,为具层序性的、厚度较大的洋壳,特征是有席状岩墙群和较厚的堆晶岩单元;第二类以双沟为代表,仅出现镁铁质的喷出岩和侵入岩,洋壳厚度较小,缺少席状岩墙群和堆晶超镁铁岩或堆晶岩不发育。不同的蛇绿岩剖面反映了洋脊之下不同的动力学过程。

关键词 蛇绿岩 蛇绿岩剖面 扩张速度

成因, 大洋岩石圈

大洋岩石圈是由洋壳和上地幔组成的。洋壳很薄,通常不超过 12 km。地球物理探测得出的洋壳模型似乎已得到广泛的赞同,但地球物理探测由于分辨率低及具多解性,仍存在不少争论。许多人认为,洋壳剖面可能就类似于特罗多斯蛇绿岩的剖面,虽然对此还存在不同的看法^[1]。研究表明,蛇绿岩的岩石组合是多种多样的,蛇绿岩中并非只有上述一种类型的剖面。如:阿尔卑斯^[2]、双沟^[3]和甘肃大岔大坂蛇绿岩,深海钻探揭示的洋壳剖面也不尽相同。目前看来,至少存在两种类型的蛇绿岩剖面:第一类为岩石组合发育较全、厚度较大的洋壳,以特罗多斯蛇绿岩为代表;第二类的洋壳很薄,岩石组合也相对简单,以双沟蛇绿岩为代表。下面着重介绍第二类蛇绿岩剖面,并讨论两类蛇绿岩剖面的区别及其动力学意义。

1 两类蛇绿岩剖面

1.1 第一类蛇绿岩剖面

该类剖面以特罗多斯蛇绿岩为代表,其底部为地幔橄榄岩,洋壳覆于其上。洋壳的底部为超镁铁质的堆晶岩,向上依次出现堆晶辉长岩、均质辉长岩、席状岩墙群和枕状熔岩,上覆深海沉积物。特罗多斯洋壳厚约 5 km(图 1)。

1.2 第二类蛇绿岩剖面

云南双沟蛇绿岩、甘肃肃南大岔大坂蛇绿岩和阿尔卑斯蛇绿岩属于这一类。

双沟蛇绿岩的底部为变质橄榄岩,其上为辉绿-辉长岩组合和玄武岩组合(图 1)。辉绿-辉长岩组合包括辉绿岩、辉长岩和伟晶辉长岩 3 种岩性,可见明显的侵入关系;辉绿岩形成最早,有的地方见辉绿岩具角砾状被贯入的辉长岩胶结,最后是伟晶辉长岩沿裂隙贯入辉长岩,显示岩浆小规模间歇活动的特点;辉绿-辉长岩与变质橄榄岩之间的界线代表莫霍面的位置。

1996-11-15 收稿,1997-01-27 收修改稿

* 国家自然科学基金资助项目(批准号:49472101)

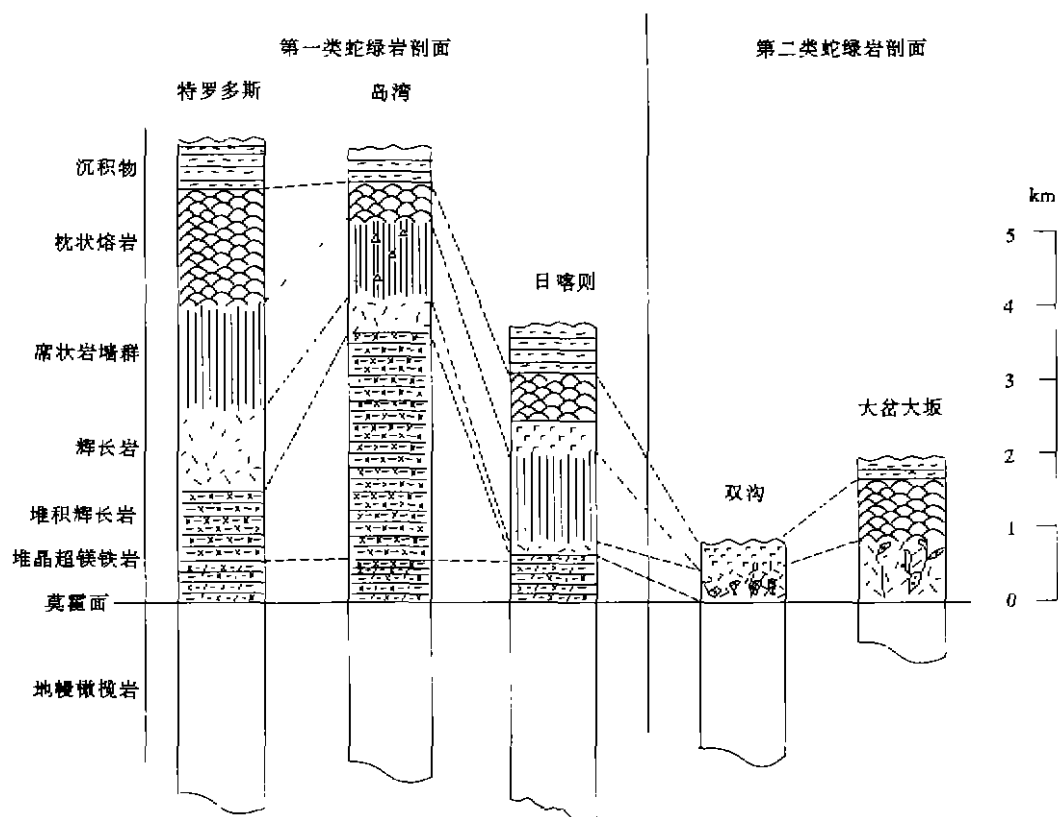


图1 两类蛇绿岩剖面的对比

特罗斯多斯据文献[4], 岛湾据文献[4], 日喀则据文献[5], 双沟据文献[6], 大盆大坂见本文

受后期改造常显示为一断层, 宽可达 50~200 m, 也有的仅 0.5~2 m, 暗示辉绿-辉长岩可能直接盖在地幔岩之上。玄武岩组合则主要由隐晶质的、细粒的以及具斜长石斑晶的玄武岩组成, 有少量安山玄武岩; 玄武岩与变质橄榄岩之间为断层接触, 但未见其与辉绿-辉长岩之间的接触关系。此外, 还见到闪长岩和石英闪长脉(宽度从 0.3~30 cm)产于辉绿岩和玄武岩中, 微量元素和同位素分析表明它们都是蛇绿岩的成员^[8]。玄武岩之上为浅变质的砂质板岩、含砾板岩、夹凝灰岩及含放射虫硅质岩层, 与玄武岩之间为断层接触。双沟蛇绿岩的洋壳很薄, 推测其厚度约 1 km。

位于北祁连造山带的甘肃肃南县大盆大坂蛇绿岩也由 3 部分岩石单元组成: 底部为变质橄榄岩, 经构造挤压已成为蛇绿混杂岩中的块体^[9], 其上为辉长-辉绿岩(与超镁铁岩为断层接触), 顶部为枕状熔岩。在辉长-辉绿岩单元内, 见辉长岩与辉绿岩呈侵入接触关系, 辉绿岩宽可达数十米, 被辉长岩侵入。常可见辉绿岩呈角砾状被辉长岩胶结的现象, 辉长岩边部有一很窄的冷凝边(图 2(a)); 辉长岩中局部见伟晶辉长岩产出, 呈脉状沿辉长岩裂隙贯入, 与辉长岩无截然的界线。还见到辉绿岩穿插辉绿岩的现象(图 2(b)), 表明辉绿岩也不止一期。在纳木桥东, 辉长岩中包裹有拳头大小的堆晶橄榄辉长岩块体。此外, 还见到辉绿岩呈脉状和不规则状贯入辉长岩的现象, 辉绿岩边部冷凝边清楚(图 2(c)), 指示了岩浆活动的多期性。辉长-辉

绿岩与枕状熔岩之间为断层接触^[9]。枕状熔岩层岩石组成相对简单,仅个别地方可见辉绿岩墙的贯入,但枕状熔岩的产状变化较大,可见到倒转的枕体。估计大岔大坂蛇绿岩的辉长-辉绿岩层和枕状熔岩层厚度均可达1 km左右。

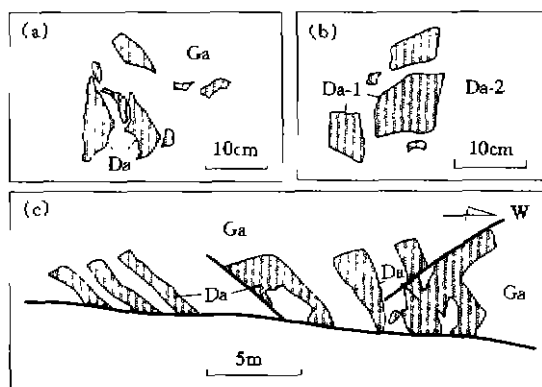


图2 甘肃肃南县大岔大坂蛇绿岩中辉绿岩与辉长岩接触关系

(a)辉长岩穿入辉绿岩,(b)两期辉绿岩,(c)穿入辉长岩中的辉绿岩墙。(a)和(b)位于张掖至祁连公路157.4 km处,(c)图位于张掖至祁连公路150.6 km处 Ga代表辉长岩, Da代表辉绿岩, Da-1和Da-2分别代表第一和第二期辉绿岩。(a)、(b)为素描图,(c)为剖面图

西阿尔卑斯和北亚平宁的大多数蛇绿岩的洋壳组合也相对简单,主要由玄武岩和辉长岩组成,有的地方见玄武岩和辉长岩直接覆盖在地幔橄榄岩之上^[2,10]。

最近对大西洋中脊剖面的研究,特别是深海钻探计划和法美联合执行的 FAMOUS 计划的研究成果揭示,北大西洋中脊的岩浆壳是非常薄的,并且在很大范围内是不连续的。在远离转换断层破裂带的扩张轴部,有蛇纹石化的上地幔橄榄岩和辉长岩直接出露在洋底,或者其上仅被一薄层的玄武岩或沉积物覆盖,在某些钻孔中,镁铁-超镁铁质角砾岩直接盖在地幔橄榄岩之上,而在另外的钻孔中,镁铁和超镁铁岩的碎块和角砾夹在熔岩流之中^[10]。

1.3 两类蛇绿岩剖面的对比

从上面的实例看出,蛇绿岩剖面至少可分为两类:第一类以特罗多斯为代表,为具层序性的、厚度较大的洋壳,特征的是有席状岩墙群和较厚的堆晶岩单元;第二类以双沟为代表,仅出现镁铁质的喷出岩和侵入岩且洋壳厚度较小,缺少席状岩墙群和堆晶超镁铁岩或堆晶岩不发育。推测第一和第二类之间还可能存在着若干过渡类型。特罗多斯、阿曼、岛湾和巴布亚蛇绿岩等属于第一类,国内日喀则、丁青、洪古勒楞大约也属于该类。上述蛇绿岩的形成环境几乎均为岛弧型的(特罗多斯据 Cameron^[11],阿曼据 Peters 等^[12],岛湾据 Elthon^[13]和 Jenner 等^[14],巴布亚据 Ishiwatari^[15],日喀则和丁青据张旗等^[6],洪古勒楞据 Laurent 等^[16]),其中,在特罗多斯、日喀则和丁青还有玻安岩产出。属于第二类的有阿尔卑斯、双沟和大岔大坂等。这类蛇绿岩的形成环境比较复杂,阿尔卑斯^[10,15],双沟^[3]是 MORB 型的,大岔大坂有玻安岩,为岛弧型的^[9]。这里要指出,对第二类洋壳的鉴定应当很慎重,必须确信在一个蛇绿岩带中没有堆晶超镁铁岩组合或该组合很不发育时,才能作出判断。因此,寻找未受构造变动的剖面是至关重要的。受到强烈构造混杂作用的蛇绿岩,已很难找到原始的接触关系,鉴别两类洋壳的问题则无从谈起。

2 讨论

2.1 不同类型蛇绿岩剖面的动力学特征

不同的洋壳剖面反映了洋脊之下不同的动力学过程。双沟、大岔大坂和阿尔卑斯蛇绿岩中镁铁质岩石之间的接触关系说明:(1)洋壳的厚度很薄,大约不超过2 km;(2)岩浆是间歇性活动的;(3)洋壳中存在脆性断裂。这3个特点暗示:洋壳是在慢速扩张和岩浆供给不充分的

条件下形成的。在慢速扩张时, 洋脊的热流量较低, 洋壳冷却快, 容许出现脆性裂隙; 岩浆供给不充分, 不可能形成大的岩浆房, 洋壳厚度也不会很大。前述北大西洋的剖面, 据认为与板块扩张速度较慢及岩浆供给不充分有关^[10]。看来, 板块扩张速度, 尤其是岩浆供给的充分与否, 对洋壳的层序、厚度及岩石组合有明显的控制作用。

2.2 扩张速度与洋壳的关系

目前看来, 板块扩张速度很可能与洋壳的岩石组成有关, 而与洋壳的化学成分关系不大。因为, 上述大西洋中脊的很薄的洋壳据认为是慢速扩张形成的, 其玄武岩成分与快速扩张的东太平洋隆的玄武岩一样, 都是 MORB 型的(表 1); 据对现代洋壳的研究, 红海的扩张速度最慢, 东太平洋最快^[17], 但它们的玄武岩也都是 MORB 型的^[18](表 1)。实际上, 如果岩浆源区中有来自消减带组分的加入, 则不论扩张速度快慢与否, 也不管部分熔融程度的大小, 所形成的岩浆中总会有消减物质的印记存在; 相反, 在与消减作用无关的扩张脊下, 如果地幔部分熔融程度高, 形成 MORB 类型的岩浆; 而在部分熔融程度低的条件下, 可形成拉斑质或偏碱性的玄武岩, 但绝不可能形成岛弧类型的火山岩。因此, 洋壳的化学成分可能更多地受地幔亏损程度、岩浆源区性质、不同源区的不同比例的混合作用、以及地幔交代作用和岩浆上升过程中与(地幔)围岩的交代作用的制约。这是否说明扩张速度只反映了洋脊下的物理过程, 而岩浆性质主要与扩张脊下的化学过程有关。

表 1 大西洋、太平洋、红海中脊玄武岩成分对比^{a)}

	大西洋	太平洋	红海
SiO ₂	50.68	50.19	49.80
TiO ₂	1.49	1.77	1.46
Al ₂ O ₃	15.60	14.86	15.32
Fe ₂ O ₃			2.29
FeO	9.85	11.33	8.32
MgO	7.69	7.10	7.48
CaO	11.44	11.44	11.65
Na ₂ O	2.66	2.66	2.74
K ₂ O	0.17	0.16	0.30
P ₂ O ₅	0.12	0.14	0.17

a) 大西洋和太平洋据 Wilson^[17]、红海据 Altherr 等^[18], 42 件样品的平均值, 其中 Fe₂O₃ 为 38 件样品的平均值

3 结论

(1) 蛇绿岩剖面可分为两类: 第一类以特罗斯多斯为代表, 为具层序性的、厚度较大的洋壳, 特征的是有席状岩墙群和较厚的堆晶岩单元; 第二类以双沟为代表, 仅出现镁铁质的喷出岩和侵入岩且洋壳厚度较小, 缺少席状岩墙群和堆晶超镁铁岩或堆晶岩不发育。推测第一和第二类之间还可能存在着若干过渡类型。

(2) 不同的蛇绿岩剖面反映了洋脊之下不同的动力学过程, 它不仅与板块扩张的速度有关, 还受扩张脊下岩浆的产生及其数量的控制。后一个因素对洋壳的层序、厚度及岩石组合的控制作用可能更能重要。

(3) 深海钻探计划(DSDP)和大洋钻探计划(ODP)对于确认洋底形成于大洋中脊作出了巨

大的贡献,但却未能解释大陆为什么张裂并怎样张裂的.现代地球表面的60%产于大洋扩张中心,洋壳的增生作用涉及到地幔中岩浆的形成、壳幔演化、扩张脊动力学、热液循环以及它们之间复杂的相互作用,对此人们还知之甚少.因此,查明洋壳剖面仍然是90年代国际岩石圈计划的一个重要课题.目前看来,深海钻探很难钻到洋壳底部,而地球物理探测由于分辨率低及具有多解性而难以满足地质学家的要求,故查明洋壳剖面的任务仍然要依靠对蛇绿岩的研究来进行,为此应大力加强蛇绿岩的基础地质研究.

参 考 文 献

- 1 Coleman R G. The diversity of ophiolites. *Geol Mijnbouw*, 1984, 63: 141~150
- 2 Ishiwatari A. Alpine ophiolites: product of low-degree mantle melting in a Mesozoic transcurrent rift ophiolites. *Contr Mineral Petrol*, 1985, 89: 155~167
- 3 张旗,张魁武,李达周.云南新平县双沟蛇绿岩的初步研究. *岩石学报*, 1988, 4: 37~48
- 4 Coleman R G. *Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere?* Berlin: Springer-Verlag, 1977
- 5 Pearce J A, Deng Wanming. The ophiolites of the Tibet Geotraverse, Lhasa to Golmud (1985) and Lhasa to Kathmandu (1986). In: Chang C, et al. eds. *The Geological Evolution of Tibet*. London: The Royal Society, 1988. 215~238
- 6 张旗,张魁武,李达周.横断山区镁铁-超镁铁岩.北京:科学出版社,1992
- 7 翟世奎,秦蕴珊.大洋钻探与大洋地壳研究. *地球科学进展*, 1995, 10: 215~222
- 8 张旗,周德进,李秀云,等.云南双沟蛇绿岩的特征和成因. *岩石学报*, 1995, 11(蛇绿岩专集), 190~202
- 9 陈雨,周德进,王二七,等.北祁连山南段大板蛇绿岩中玻安岩系岩石的发现及其大地构造意义. *岩石学报*, 1995, 11(蛇绿岩专集), 147~153
- 10 Lagabriele Y, Cannat M. Alpine Jurassic ophiolites resemble the modern central Atlantic basement. *Geology*, 1990, 18: 319~323
- 11 Cameron W E. Petrology and origin of primitive lava from the Troodos ophiolite. *Contr Mineral Petrol*, 1985, 89: 239~255
- 12 Bechennec F, Tegye M, Le-Metour J, et al. Igneous rocks in the Hawasina nappes and the Hajar Supergroup, Oman Mountains: their significance in the birth and evolution of the composite extensional margin of eastern Tethys. In: Peters T, et al eds. *Ophiolite Genesis and Evolution of the Oceanic Lithosphere (Proc Ophi Conf Muscat, Oman, 1990)*. Dordrecht: Kluwer Acad Publ, 1991. 593~611
- 13 Elthon D. Geochemical evidence for formation of the Bay of Islands Ophiolite above a subduction zone. *Nature*, 1991, 354: 140~143
- 14 Jenner G A, Dunning G R, Malpas J, et al. Bay of Islands and Little Port complexes, revisited: age, geochemical and isotopic evidence confirm suprasubduction-zone origin. *Canad J Earth Sci*, 1991, 28: 1635~1652
- 15 Ishiwatari A. Igneous petrogenesis of the Yakuno ophiolite (Japan) in the context of the diversity of ophiolites. *Contr Mineral Petrol*, 1985, 89: 155~167
- 16 Laurent R, Wang X, Bao P. The Hongguleleng island-arc ophiolite, a sequence of multiple intrusions in the Paleozoic ophiolites of Xinjiang, China. In: Ishiwatari et al, eds. *Proc 29th Inter Geol Cong, Part D, Utrecht, Netherlands, 1994*. 205~219
- 17 Wilson M. *Igneous Petrogenesis*. London: Unwin Hyman, 1989
- 18 Altherr R, Henjes-Kunst F, Puchelt H, et al. Volcanic activity in the Red Sea axial trough-evidence for a large mantle diapir? *Tectonophysics*, 1988, 150: 121~133