

# 蛇绿岩岩石组合及洋脊下岩浆作用\*

张 旗 钱 青

(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

王 焰

(西北大学地质系, 西安 710069)

**主题词** 蛇绿岩 岩石组合 洋脊 岩浆作用

**提 要** 蛇绿岩的岩石组合从下至上分为 4 个单元, 即: 变质橄榄岩单元、深成杂岩单元、席状岩墙群杂岩单元和喷出岩单元。各单元的岩石组合是多种多样的: 变质橄榄岩单元主要由方辉橄榄岩、二辉橄榄岩和少量纯橄岩及斜长二辉橄榄岩组成; 深成杂岩单元包括辉长岩- 镁铁质堆晶岩和超镁铁质堆晶岩, 在深成杂岩和席状岩墙群杂岩单元内有复杂的岩浆侵入事件; 喷出岩单元不仅仅由玄武岩组成, 还包括安山岩、玻安岩、钠长岩以及角砾岩、凝灰岩等。蛇绿岩和深海钻探研究表明, 许多蛇绿岩不具层状结构。蛇绿岩剖面可分为两类: 一类为具层状结构模型的蛇绿岩, 另一类不具层状结构。不同的蛇绿岩剖面反映了洋脊之下不同的动力学过程, 主要受板块扩张速度和岩浆供给的制约。

蛇绿岩的术语最早出现在 19 世纪初叶。随着海底扩张和板块学说的提出, 蛇绿岩越来越受到地球科学界的重视, 近 20 年来, 几乎成了时髦的研究课题。进入 90 年代, 蛇绿岩好像不是那么热了, 有关蛇绿岩的问题似乎已经研究得差不多了。其实并非如此, 大陆造山带蛇绿岩和深海钻探不断提出新的资料, 有许多令人惊叹的发现, 如: 洋壳层型模式的否定, 两类蛇绿岩剖面的厘定, 扩张脊之下不存在大的岩浆房的认识等等, 突破了人们先对蛇绿岩的传统认识, 提出了蛇绿岩岩石组合和蛇绿岩剖面多样性的命题, 同时也提出了一些未解开的谜及需要进一步探索的问题。

## 1 蛇绿岩岩石组合

20 世纪 70 年代, 科学家们通过洋底地震波速率与蛇绿岩层序结构之间的比较研究, 提出了大洋岩石圈结构的层状模式: 上部由沉积岩组成, 称为层 1, 平均厚 0.5km; 其下的层 2 主要由玄武岩(包括辉绿岩)组成, 平均厚约 1.5km; 层 3 结晶较粗, 推测主要由辉长岩组成, 平均厚度接近 5km。

根据造山带蛇绿岩的研究, 蛇绿岩的岩石组合从下至上由 4 个单元组成: 变质橄榄岩、深成杂岩(包括辉长岩和镁铁-超镁铁质堆晶岩)、席状岩墙群杂岩和喷出岩。

### 1.1 变质橄榄岩单元

变质橄榄岩单元是蛇绿岩剖面底部的成员, 主要由方辉橄榄岩组成, 次为纯橄岩、二辉橄榄岩和斜长二辉橄榄岩。但有的蛇绿岩中二辉橄榄岩占相当大的比例, 如: 云南双沟蛇绿

\* 本文为国家自然科学基金资助项目(49672106, 49872027) 成果之一。

第一作者简介 张 旗, 男, 1937 年 9 月出生, 研究员, 岩石学和地球化学专业。

收稿日期 1999-01-25, 改回日期 1999-03-15

岩<sup>[1]</sup>和日喀则蛇绿岩<sup>[2,3]</sup>。斜长二辉橄榄岩在蛇绿岩中较少报道,其成分类似于模拟的未亏损的上地幔橄榄岩。美国西部 Trinity 蛇绿岩的构造研究表明,二辉橄榄岩和方辉橄榄岩是玄武质岩浆与原岩斜长二辉橄榄岩交代作用形成的<sup>[4]</sup>。此外,在变质橄榄岩单元中还发现一种“浸染橄榄岩(impregnated peridotite)”<sup>[5,6]</sup>。浸染橄榄岩中既保存了地幔残余组构,也有初始熔融岩浆珠滴的浸染,是浸润了岩浆的残留地幔岩<sup>[7]</sup>。

变质橄榄岩中常包裹许多大小悬殊、形态各异的岩块,一般为十几厘米至几米,最大的可达 200m,由辉长岩、纯橄岩、辉石岩、异剥橄榄岩、辉绿岩、角闪岩及异剥钙榴岩等组成。对于这些岩块,过去曾当成蛇绿混杂岩的块体,称为“蛇纹混杂岩”,认为是塑性的蛇纹岩挤入上覆镁铁质岩石时包裹后者形成的。实际上,它们很可能是由地幔部分熔融形成的岩浆囊或部分熔融萃取出岩浆之后留下来的残余体组成的。纯橄岩分为两类:一类是从玄武质岩浆中结晶出的橄榄石形成的,另一类则是岩浆与围岩发生交代作用形成的。第一类纯橄岩无叶理,铬铁矿少或缺失,有少量嵌晶状单斜辉石产出,局部地区单斜辉石含量多,可称为异剥纯橄岩或异剥橄榄岩。局部可出现斜方辉石,其个体比单斜辉石大,个别斜方辉石被韭闪石包裹<sup>[8]</sup>;第二类纯橄岩多呈不规则的岩脉穿入二辉橄榄岩,纯橄岩中包裹了许多透镜状的二辉橄榄岩残块,构成“假角砾岩”,各个残块中的叶理均平行于周围二辉橄榄岩的叶理。这类纯橄岩也是残留体,是由于辉石从二辉橄榄岩中“移”出而形成的。此外,变质橄榄岩中还常见各种岩脉的侵入,有纯橄岩、二辉橄榄岩、异剥橄榄岩、辉石岩、辉长岩、辉绿岩、异剥钙榴岩及闪长岩等。岩脉的成因比较复杂,有的是滞留在地幔中的岩浆产物,有的是岩浆逸出之后留下来的残余体,有的则是岩浆与地幔岩围岩交代产物。岩脉宽度可从几厘米至几十米,延伸距离不同,有的仅延伸几米即尖灭。美国加利福尼亚的 Point Sal 和加拿大岛湾地幔橄榄岩展示了复杂的水-岩交换作用<sup>[9-10]</sup>,在这个过程中,岩浆和地幔成分均经历了不同程度的改造。

## 1.2 深成杂岩单元

深成杂岩单元包括辉长岩、镁铁质及超镁铁质堆晶岩。早先认为,这种巨厚(可达 5km)的深成杂岩是由单一的大岩浆房经结晶分离作用依次形成的<sup>[11-12]</sup>。仔细的野外调查发现,堆晶岩的层序往往是反复出现的,并不遵循随温度降低矿物依次晶出的模式。而且,还发现了岩浆侵入的证据,在辉长岩中各种不同成分的岩浆相互穿切的现象更是频繁出现。因此,近期的研究基本上否定了在扩张脊之下存在一个稳定的大的岩浆房的见解<sup>[12-18]</sup>。

深海钻探计划 735B 孔在西南印度洋中脊的阿特兰梯斯 II 号破裂带上打到了洋壳深层位的辉长岩,采集了 500 多米的辉长岩岩芯。岩芯成分包括橄长岩、橄榄辉长岩、辉长苏长岩和富钛铁辉长岩等。清晰的岩相界线表明,富钛铁辉长岩侵入橄榄辉长岩,橄长岩侵入富钛铁辉长岩和橄榄辉长岩,暗示岩浆并非形成于一个稳定的大规模的岩浆房,而是由一系列小型的、快速结晶的岩体的连续的侵入作用而形成的<sup>[19]</sup>。富钛铁辉长岩沿剪切带侵入固结不久的橄榄辉长岩,说明岩浆作用和构造作用相互强烈交织在一起<sup>[18]</sup>。西南印度洋脊的扩张速率很慢,约为 0.8cm/年,洋脊下的岩浆房可能很小,存留时间短暂,推测岩浆房宽度不到 2km<sup>[20]</sup>。

详细的野外研究,发现蛇绿岩的辉长岩单元存在频繁的岩浆穿插关系,如云南双沟和甘肃大岔大坂九个泉蛇绿岩<sup>[1,21-22]</sup>。在美国加利福尼亚 Trinity 蛇绿岩的深成杂岩单元内,细、中、粗粒辉长岩、伟晶辉长岩、辉绿岩、闪长岩以及斜长花岗岩之间的侵入接触关系也十

分清楚, 辉绿岩或斜长花岗岩通常是最晚期侵入的。Beuber<sup>[13]</sup>描述了阿曼蛇绿岩中深成岩系中各类辉长岩(细粒、中粒、微晶辉长岩、淡色和深色辉长岩)和异剥橄榄岩之间复杂的侵入关系。有趣的是, 在原先认为的堆晶岩层序中识别出许多岩床状侵入体(单个岩床厚度可达 50m); 原先由矿物颗粒大小为标志的层, 可能是重结晶作用造成的; 辉长岩的垂直线理组构可追踪到岩管带, 似乎与纯橄岩顶部的异剥橄榄岩有关。

纽芬兰岛湾蛇绿岩的深成杂岩单元是由各种堆晶岩和侵入其中的同造山的网格状的岩席(厚度超过 50m)所组成的<sup>[17]</sup>。原先认为的堆晶辉石岩可能是堆晶辉长岩与饱和辉石的玄武质岩浆发生同化作用形成的。具 MORB 特征的初始岩浆与辉长岩反应形成斜长岩。而橄榄辉长岩似乎主要是因为初始岩浆与已共结的堆晶岩的混染作用产生的。该单元上部的层状辉长岩, 原先认为是具 MORB 的岩浆结晶萃取形成的, 实际上辉长岩不是简单的由斑晶堆晶或自身沉淀形成的, 而是同化作用、混合作用和分离结晶作用的产物。

特罗斯多斯深成杂岩的上部是由多个侵入体组成的, 成分从异剥橄榄岩到斜长花岗岩。许多超镁铁岩体, 宽度可达几百米至 1000m<sup>[12, 23]</sup>。推测超镁铁质岩体的母岩浆为玄武质熔体加入下的地幔橄榄岩高程度部分熔融物, 它们是早先存在的晶体-流体悬浮物, 当地幔底辟时, 变形的洋壳和晶粥的释放导致了橄榄岩的侵入<sup>[15]</sup>。

深成杂岩与下伏地幔橄榄岩之间主要表现为两种接触关系: 一种为整合接触关系, 堆晶岩或辉长岩覆于地幔橄榄岩之上, 如日喀则<sup>[2]</sup>和双沟蛇绿岩<sup>[22]</sup>, 大西洋中脊的深海钻探也发现这种现象<sup>[24]</sup>; 另一种为复杂的过渡带, 由地幔橄榄岩、堆晶岩及镁铁质岩浆岩组成, 经历了强烈的构造变形改造, 岛湾辉长岩底部还发育糜棱岩化作用。

### 1.3 席状岩墙群杂岩

岩墙群杂岩是蛇绿岩特有的岩石组合, 但岩墙群杂岩出露很少。深海钻探已经发现了席状岩墙群, 位于赤道太平洋的 DSDP/ODP 第 504B 孔已经钻进到岩墙群单元, 岩墙群单元的厚度超过 1100m<sup>[18]</sup>。席状岩墙群杂岩的成分很复杂, 在一个蛇绿岩剖面中, 可以出现不同时期和不同类型的岩墙, 如在日喀则至白朗公路的德村之南, 席状岩墙群由拉斑玄武岩、苦橄岩、辉长岩、斜长花岗岩和玻安岩组成, 具对称和不对称的冷凝边<sup>[25]</sup>, 暗示岩浆的多来源和多期次的侵入事件。

### 1.4 喷出岩杂岩

蛇绿岩的顶部喷出岩层不仅仅由玄武岩组成, 还包括安山岩、玻安岩、钠长岩以及角砾岩、凝灰岩等。深海钻探资料提供了不少有关该层的资料, 第 504B 号钻孔在枕状熔岩底部见到了一层厚约 200 m 的玄武岩角砾<sup>[18]</sup>, 火山岩碎块与熔岩流混合在一起。

在肃南九个泉蛇绿岩的塔墩沟剖面, 喷出岩单元由玄武岩、火山角砾岩和凝灰岩组成(钱青等, 未刊)。火山角砾岩有 3 层, 每层厚约 30~40m, 角砾大小不等, 角砾成分主要为玄武岩、辉绿岩和辉长岩, 其次有硅质岩和钙质泥岩。凝灰岩与块状玄武岩呈互层状产出。

特罗斯多斯喷出岩可分为 3 组, 分别代表 3 期岩浆事件和火山旋回<sup>[12]</sup>: A 组由玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩组成, 产于熔岩层底部; B 组出露在喷出岩层的顶部, 由苦橄岩-玄武岩和玄武质安山岩组成; C 组则由玻安岩组成。不同岩浆的产出说明在扩张脊之下不存在大的持续时间很长的岩浆房<sup>[16]</sup>。

此外, 在喷出岩层中也有辉绿岩和辉长岩岩床及岩墙产出, 有的还有斜长花岗岩和煌斑岩脉贯入。

## 2 讨论

### 2.1 洋脊下的岩浆作用

对慢速扩张的大洋中脊的地球物理调查表明,该处的岩浆增生作用不仅随时间而变,而且沿大洋中脊轴部发生变化,是一个与大洋中脊的分段作用有关的三维过程。地幔上涌只是沿大洋中脊的某些区段进行,因而岩浆的形成、地壳的厚度也沿中脊轴向变化。也就是说,洋壳复杂的三维结构与扩张速率、岩浆供给有关,而不存在一个规模巨大的岩浆房。辉长岩并非来自岩浆组成的岩浆房,而是由于晶粥的多次侵入而形成的,从而导致了火成岩组成和结构的复杂性。这是岩浆作用、构造作用和蚀变作用相互影响的结果。因此,目前的资料至少可以推断在慢速扩张的大洋中脊处,洋壳结构不符合层状结构模式,而是被不均匀的岩浆增生和构造作用所复杂化了<sup>[18]</sup>。代表洋壳下部组成的深成杂岩单元是被焊接在一起的不同岩体构成的镁铁-超镁铁岩聚合体。

在洋壳内还存在岩浆的混合现象。Bedard<sup>[17]</sup>提出,可以把洋壳作为一种反应过滤器(reactive filter)来考虑。初始岩浆的化学演化主要取决于混染作用以及与结晶分离作用所产生的早期堆晶岩之间的反应。例如:纽芬兰岛湾的 North Arm Mountain 蛇绿岩主要是由各种堆晶岩和侵入其中的同造山的网格状的岩席所组成的,在固结的堆晶辉长岩与初始岩浆之间存在局部的同化作用(assimilation)。铬铁矿是因辉石和长石的不一致熔融形成的,并进入辉石不饱和的岩浆。许多下地壳的辉石岩可以解释为堆晶辉长岩与饱和辉石的岩浆同化作用的产物。再次上升的 MORB 岩浆(橄榄石的  $F_o=89$ )进入上覆的辉长岩,与之反应形成了斜长岩,这可能是由于相对于辉长岩的共结比例过多的斜长石而造成的。而橄榄辉长岩似乎主要是由于初始岩浆与共结的堆晶岩的混染作用(Hybridization)产生的。野外证据表明,辉长岩不是简单的由斑晶堆晶或自身沉淀形成的,而是复杂过程的最终产物。在这个过程中,同化作用、混合作用和分离结晶作用同等重要。假定 MORB 的演化是从初始的饱和橄榄石的岩浆开始的,因为管道系统的几何学和动力学限制使得母岩浆在上升到洋底的过程中与辉长质的堆晶岩达到平衡。这个模式与最近从扩张脊处得到的资料是吻合的,说明蛇绿岩可以提供洋脊之下岩浆形成的概念性的框架,解释了 MORB 的多样性<sup>[17]</sup>。

### 2.2 两类蛇绿岩剖面

DSDP、ODP 在过去 20 多年的调查中已取得了大量不利于洋壳层状结构模型的证据。DSDP 第 37、45、82 航次沿大西洋中脊的钻探发现地幔橄榄岩和下地壳岩石已出露在洋底表面。1986 年,“阿尔文”号深潜器也在大西洋中脊裂谷西坡发现了地幔橄榄岩的露头<sup>[18,24]</sup>。大西洋中脊 15°N~23°N 地区填图发现,地幔橄榄岩和辉长岩累计出露长约 30km,被薄层(几百米或更薄,局部缺失)的玄武岩覆盖,暗示地幔橄榄岩是构造侵位在洋底轴部或接近洋底轴部的<sup>[26]</sup>。

近 20 年来,在世界各地发现的蛇绿岩不计其数,但除了众所周知的特罗多斯、阿曼、岛湾、日喀则等少数几处外,几乎很少能见到岩石组合发育齐全、厚度较大的蛇绿岩。它们大多是因为受到构造肢解的作用而被称为“蛇绿混杂岩”。但也不排除有洋壳形成时造成的,如云南双沟蛇绿岩,其底部为变质橄榄岩,上覆辉绿-辉长岩和玄武岩。野外观察辉绿-辉长岩与变质橄榄岩之间的界线仅被一个 0.5~2m 宽的断层隔开,暗示辉绿-辉长岩可能直

接盖在地幔橄榄岩之上<sup>[1,22]</sup>。据报道,在阿尔卑斯和北亚平宁也见到玄武岩和辉长岩直接覆盖在地幔橄榄岩之上的现象<sup>[24]</sup>。看来,蛇绿岩剖面可分为两类:一类以特罗斯多斯为代表,岩石组合发育齐全、具层状结构模型;另一类以双沟和阿尔卑斯蛇绿岩为代表,岩石组合发育不全,不具层状结构。

不同的洋壳剖面反映了洋脊之下不同的动力学过程。双沟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 2km;②岩浆是间歇性活动的;③洋壳中存在脆性断裂。这三个特点暗示: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<sup>[24]</sup>。看来,板块扩张速度和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。

### 3 结论

蛇绿岩的岩石组合从下至上分为 4 个单元,即:变质橄榄岩单元、深成杂岩单元、席状岩墙群杂岩单元和喷出岩单元。

变质橄榄岩单元主要由方辉橄榄岩、二辉橄榄岩和少量纯橄岩及斜长二辉橄榄岩组成。斜长二辉橄榄岩类似于模拟的未亏损的上地幔橄榄岩,而二辉橄榄岩、方辉橄榄岩和纯橄岩是地幔部分熔融的残留组分,而浸润了岩浆的残留地幔岩称为“浸染橄榄岩”。

深成杂岩单元包括辉长岩-镁铁质堆晶岩和超镁铁质堆晶岩。深成杂岩中存在不同期岩浆的侵入事件,岩浆相互之间复杂的穿插关系和构造作用,暗示扩张脊之下的岩浆活动是非常频繁的,不存在大的长时期活动的岩浆房。代表洋壳下部组成的深成杂岩单元实际上是不同岩体焊接在一起组成的镁铁-超镁铁岩聚合体。

席状岩墙群杂岩单元是蛇绿岩特有的岩石组合,但该单元出露很少。岩墙的成分很复杂,在一个蛇绿岩剖面中,可以出现产于不同构造环境的不同类型的岩墙。

喷出岩单元不仅仅由玄武岩组成,还包括安山岩、玻安岩、钠长岩及角砾岩、凝灰岩等。角砾岩大多具山麓堆积的特征,主要由镁铁-超镁铁岩组成。喷出岩也可以划分不同的期次,代表了不同的岩浆事件。

蛇绿岩剖面可分为两类:一类为具层状结构模型的蛇绿岩;另一类则不具层状结构。前者为具层序性的、厚度较大的洋壳;而后者仅出露镁铁质的喷出岩和(或)侵入岩,洋壳厚度较小。不同的蛇绿岩剖面反映了洋脊之下不同的动力学过程,主要受板块扩张速度和岩浆供给的控制。

### 参 考 文 献

- 1 张 旗,周德进,陈 雨. 一种新的洋壳类型及其动力学意义. 科学通报, 1996, 41: 1025~ 1027.
- 2 王希斌,鲍佩声,邓万明等. 西藏蛇绿岩. 北京:地质出版社, 1987.
- 3 Nicolas A. Structures of ophiolites and dynamics of oceanic lithosphere. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1989.
- 4 Jaques A L, Green D H. Anhydrous melting of peridotite at 0~ 15 Kb pressure and the genesis of tholeiitic basalts. Contr. Mineral. Petrol., 1980, 73: 287~ 310.
- 5 Dick H J B. Partial melting in Jonsphine peridotite I: The effect on mineral compositions and consequence for geobarometry

- and geothermometry. *Am. J. Sci.*, 1977, 277: 801~ 832.
- 6 Nicolas A, Boudier F, Bouchez J L. Interpretation of peridotite structures from ophiolites and oceanic environments. *Am. J. Sci.*, 1980, 280A: 192~ 220.
  - 7 Evans C A. Magma "metasomatism" in peridotites from the Zambales ophiolite. *Geology*, 1985, 13: 166~ 169.
  - 8 Carter B A, Quick J E. The ultramafic rocks at Eunice Bluff, Trinity Peridotite, Kalamath Mountains, California: in: Hill M L, eds. Cordilleran section of the Geological Society of America, in the collection Decade of North American Geology Project Series, Centennial field guide. *Geol. Soc. Am.*, Boulder, CO, United States, 1987, 1: 283~ 288.
  - 9 Hopson C A, Frano C J. Igneous history of the Point Sal ophiolite, Southern California. in: Coleman R G, et al., eds. North American Ophiolites. Portland: Dept. Geol. Mineral Indus, State of Oregon, 1977, 161~ 183.
  - 10 Edwards S J, Malpas J. Multiple origins for mantle harzburgites: examples from the Bay of Islands ophiolite, Newfoundland. *Can. J. Earth Sci.*, 1995, 32: 1046~ 1057.
  - 11 Elthon D. Geochemical evidence for formation of the Bay of Islands Ophiolite above a subduction zone. *Nature*, 1991, 354: 140~ 143.
  - 12 Robinson P T, Malpas J. The Troodos ophiolite of Cyprus: New perspectives on its origin and emplacement. in: Malpas J, et al., eds. Ophiolites, Oceanic Crustal Analogues. Nicosia, Cyprus: Geol. Sur. Dept., 1990, 13~ 26.
  - 13 Beuber I. Geometry and flow pattern of the plutonic sequence of the Salahi Massif (northern Oman ophiolite) — a key to decipher successive magmatic events. in: Peters T J, eds. Ophiolite Genesis and Evolution of the Oceanic Lithosphere Dordrecht (Netherlands). Kluwer Acad. Publ, 1991, 83~ 103.
  - 14 Peterson S W, Barnes C G, Hoover J D. The Billy's mafic complex of the Trinity sheet, California: Roots of a Paleozoic island arc. in: Cooper J D, et al., eds. Paleozoic Paleogeography of the Western United States. *Pac. Sect., Soc. for Sediment. Geol.*, Los Angeles, Calif. 1991, 625~ 633.
  - 15 Laurent R. Peridotite intrusions emplaced in the fossil suprasubduction zone environment of Cyprus. in: Parson, et al., eds. Ophiolites and their Modern Oceanic Analogues. London: Geol. Soc. Publ. House, 1992, 233~ 239.
  - 16 Taerney J, Marsh N G. Lavas groups and volcanic stratigraphy of the CCSP Boreholes CY\_1 and CY\_1A, Troodos ophiolite, Cyprus. in: Gibson I L, eds. Cyprus Crustal Study Project: initial report, Hole CY\_1 and la. Ottawa: Energy, Mines and Resources Canada, 1992, 133~ 176.
  - 17 Bedard J H. Ocean crust as a reactive filter: Synkinematic intrusion, Hydridization, and assimilation in an ophiolitic magma chamber, western Newfoundland. *Geology*, 1993, 21: 77~ 80.
  - 18 金性春, 周祖翼, 汪品先 (编著). 大洋钻探与中国地球科学. 上海: 同济大学出版社, 1995.
  - 19 Dick H J B, Meyer P S, Bloomer S, et al. Lithostratigraphic evolution of an in\_situ section of oceanic layer 3. In: Von Herzen et al., eds. Ocean Drilling Program, Scientific Results, Proceedings, 118: 541~ 552.
  - 20 Malpas J, Robinson R. 1997. Oceanic Lithosphere I. The origin and evolution of oceanic lithosphere: introduction. *Geosci. Can.*, 1991, 24: 100~ 107.
  - 21 张旗, 孙晓猛, 周德进等. 北祁连蛇绿岩特征、形成环境及其构造意义. *地球科学进展*, 1997, 12: 366~ 393.
  - 22 张旗, 陈雨, 钱青. 两类蛇绿岩剖面及其成因的探讨. *自然科学进展*, 1998, 8: 326~ 330.
  - 23 Malpas J, Langdon G. Petrology of upper pillow lava suite, Troodos ophiolite, Cyprus. in: Gass I G, et al., eds., Ophiolites and Oceanic Lithosphere. *Geol. Soc. of London Spec. Publ.*, 1984, 13: 155~ 167.
  - 24 Lagabriele Y, Cannat M. Alpine Jurassic ophiolites resemble the modern central Atlantic basement. *Geology*, 1990, 18: 319~ 323.
  - 25 张旗, 周云生, 李达周. 西藏日喀则-白朗地区蛇绿岩中的席状岩墙群. *岩石学研究*, 1982, (1): 65~ 80.
  - 26 Cannat M, Lagabriele Y, Bougault H, et al. Ultramafic and gabbroic exposures at the Mid-Atlantic Ridge: geological mapping in the 15°N region. *Tectonophys.*, 1997, 279: 193~ 213.

## Rock Assemblages of Ophiolites and Magmatism beneath Oceanic Ridges

Zhang Qi    Qian Qing

(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Wang Yan

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

**Key words:** ophiolite; rock assemblage; oceanic ridges; magmatism

### Abstract

A complete ophiolite section can be divided from bottom to top into four units, namely metaperidotite unit, plutonic complex unit, sheeted dike complex unit and extrusive rock unit, each unit having varied rock assemblages. The metaperidotite unit is mainly composed of harzburgite and lherzolite together with minor dunite and plagioclherzolite. The plutonic complex unit consists of gabbro, mafic cumulate and ultramafic cumulate. There exist complicated magmatic intrusive events in the plutonic complex and sheeted dike complex units. The extrusive rock unit includes basalt, andesite, boninite and albitite as well as breccia and tuff. Researches of ophiolites and Deep Sea Drilling Project and Ocean Drilling Project, however, indicate that many sorts of ophiolites have no layered structure. Ophiolite sections can thus be classified into two types: one is the section with layered structure, and the other is the section without layered structure. These different ophiolite sections actually reflect different dynamic processes beneath oceanic ridges, which are mainly controlled by the plate spreading velocity and the amount of magmatic supply.