

论造山带中超镁铁岩的成对分布

张旗 张魁武 李达周

(中国科学院地质研究所)

主题词: 横断山区; 造山带; 蛇绿岩; 火山弧型超镁铁岩; 一对超镁铁岩带。

提 要: 文中把俯冲—碰撞型造山带中出露的超镁铁岩分为蛇绿岩型和火山弧型两类, 后者又细分为义敦型、阿拉斯加型及橄榄岩—闪长岩型等三个亚类。在同一造山带内, 如果蛇绿岩与火山弧型超镁铁岩在空间上相伴分布, 侵位的时间相近, 则可共同组成一对超镁铁岩带。蛇绿岩代表封闭的洋盆遗迹, 而火山弧型岩体则来自过渡壳之下、消减带之上的地幔楔。文中还概述了造山带中成对超镁铁岩的分布、产出条件及其在造山带研究中的意义。

在造山带中常出露有各种类型的超镁铁岩, 根据它们产出的时间, 可分为造山前、造山期和造山后期三个阶段。造山前系指洋盆裂开前的裂谷阶段, 陆壳减薄, 地幔上涌, 玄武岩喷溢, 伴有小规模裂谷型超镁铁岩(以富铁和碱质为特征)的侵入。造山后期主要为改造型的超镁铁岩, 根据不同作者的理解, 有下述一些提法: 变质或交代型、整合型、山根带及橄榄岩—榴辉岩型等等。这类岩体皆产于中深变质岩区, 成因有争论。Den Tex认为, 山根带型不是蛇绿岩, 其典型组合是橄榄岩—榴辉岩, 是陆壳底部变质作用的产物^[1]。Ernst则认为它可能来自陆壳下上地幔的深部^[2]。有人认为它们都是变质或交代成因的, 可来自不同类型的岩石^[3]。

造山期的超镁铁岩十分复杂。根据它们产出的构造环境, 大体可分为两类: 一类是蛇绿岩^①, 产于已消亡的洋盆内, 代表洋壳底部和上地幔单元的岩石组合; 另一类产于火山弧或活动大陆边缘环境, 称为火山弧型超镁铁岩, 来自活动的陆壳(即过渡壳)下部的上地幔, 与板块的俯冲作用有关。根据岩石组合后者又可分为“义敦型”、阿拉斯加型和橄榄岩—闪长岩型超镁铁岩等三个亚类(可能还不止这三个亚类)。这三个亚类虽然都产于消减带之上的火山弧或活动大陆边缘环境, 但成因各异: 义敦型代表过渡壳之下的地幔楔物质, 而阿拉斯加型及橄榄岩—闪长岩型超镁铁岩则与玄武质或安山—玄武质岩浆的分离作用有关, 后者还与中酸性侵入岩有成因上的联系。

造山前期形成的裂谷型超镁铁岩, 在造山带中保存较少。通常被当作地台区的岩类, 是陆壳转化为过渡壳阶段的产物; 而改造型超镁铁岩成因复杂, 争论颇多。对上述两类岩石, 本文不拟详述。下面仅就蛇绿岩和火山弧型超镁铁岩的特征, 尤其是这两类岩石在造山带中的成对分布问题, 谈一点不成熟的看法。

各类超镁铁岩的主要特征

关于蛇绿岩的定义, 不同学者有不同的理解。最近有一种倾向, 似乎把造山带中几乎所

① 蛇绿岩分为形成期和侵位期两个阶段, 当它在洋脊扩张中心处形成时, 属于造山前期, 通常在造山阶段侵位, 本文强调它的侵位阶段。

有的镁质超镁铁岩都当成蛇绿岩的成员。按我们的理解,蛇绿岩指的是包括洋壳和上地幔单元的一套岩石组合,通常与深海沉积物及由板块的消减、拚合和碰撞作用所产生的一套岩石组合(如高压变质带和混杂岩)伴生,产在古缝合带或其附近,代表已消亡的洋盆残迹。

阿尔卑斯型这一术语是Benson于1926年提出来的,几十年来,对这一术语的理解十分混乱。一般认为,似乎造山带中除了阿拉斯加型岩体之外,其它的都是阿尔卑斯型的^[4,5]。据研究,阿尔卑斯型超镁铁岩可分为两类:一类是蛇绿岩,另一类不是蛇绿岩。为避免混乱,我们称后者为“义敦型”。

义敦型岩体以具变质组构的二辉橄榄岩和方辉橄榄岩为主,次为纯橄岩(通常有强烈的蛇纹石化),可伴有少量具岩浆结构的超镁铁、镁铁质甚至中性的侵入岩。单个岩体规模小,常成群成带出现,受构造控制明显。围岩有低压相系的变质岩、浅海相沉积岩和岛弧火山岩(流纹岩—安山岩—玄武岩)。

阿拉斯加型岩体中的岩石常呈环状分布,故又称为“环状侵入体”。中心是超镁铁岩,如纯橄岩、异剥橄榄岩,向边部出现辉石岩、角闪辉石岩,最外边为辉长岩。也有许多不呈环状分布。通常是核部的超镁铁岩晚于辉长岩的侵入,相反的情况较少见。常产于变质岩或火山岩中。

橄榄岩—闪长岩型岩体是美国一些学者在研究加利福尼亚和克拉玛斯山的某些超镁铁岩(如Bear山和Emigrant岩体)时提出来的^[6],大体相当于Wyllie划分的岩基杂岩中呈次要组分的超镁铁岩类^[7]。后者还包括同造山阶段生成的富闪深成岩(appinite)及各类煌斑岩,范围比较广,而Snoke等人的命名则强调了橄榄岩与闪长岩之间的密切关系,我们采用他们的命名。

橄榄岩—闪长岩杂岩规模较小,常呈岩株产出,也有呈环状分布的,核部常见异剥橄榄岩、单辉岩,边部为角闪辉石岩、辉长岩及闪长岩。也有的以角闪石岩为主,边部为辉长岩和闪长岩,少数情况下,辉长岩和闪长岩不发育,仅以角闪石岩为主。镁铁—超镁铁岩及闪长岩的接触关系比较复杂,有渐变的,也有侵入的,但有一点是一致的,即它们都早于岩基状的英云闪长岩、花岗闪长岩和斜长花岗岩,常被包裹于大岩基中(也有的在边部不远的地方)。

造山带中超镁铁岩的成对分布

最近几年我们在横断山区考察时,在四川西部印支期的义敦造山带和云南西部海西—印支期的临沧造山带中,鉴别出几类非蛇绿岩型的超镁铁岩类(图1),统称为火山弧型超镁铁岩,其中包括义敦型(如四川白玉县的洛绒、章都—擦哈、德格县的忍庆龙、上色坝、巴塘县的苏洼龙、云南省维西县的攀天阁等),阿拉斯加型(如云南省维西县的吉岔、景谷县的半坡、蕨里等)及橄榄岩—闪长岩型(如云南省景洪县的南联山、怕冷岩体等)。它们大多侵位在晚三叠世的沉积—火山岩系中,少数侵入在二叠系变质岩中(如巴塘苏洼龙)。维西县吉岔岩体侵入在二叠系和上三叠统,东南侧与侏罗系为断层接触(据1:20万地质图维西幅)。景谷县半坡岩体围岩为三叠系,南端被侏罗系红层不整合覆盖(有的认为是断层接触)。虽然还未获可靠的年龄资料,但大都认为是印支晚期侵位的。

在火山弧型超镁铁岩带东侧,有二条蛇绿岩带,北部的为玉树—理塘蛇绿岩带,南部的

称哀牢山蛇绿岩带。虽然它们之间的连接问题还没有解决（在四川西南、云南西北的三江口一带有洋盆拉开初期的二叠纪裂谷型超镁铁质岩）。但我们认为它们很可能是相连的，是扬子板块西缘的主要在三叠纪时（也可能包括一部分晚二叠世）发育起来的小洋盆。该洋盆于晚三叠世时闭合，板块向西俯冲（玉树—理塘带向西俯冲已无争论，哀牢山缝合带过去大多认为向东俯冲，黄汲清等在1984年提出应向西俯冲^[8]，与我们的意见一致）。西侧的火山弧型超镁铁岩位于俯冲带的上盘。这样，在横断山区就存在两条超镁铁岩带：东带是蛇绿岩带（玉树—理塘—哀牢山岩带），西带是火山弧型的义敦—澜沧江岩带〔包括义敦型（北段）、阿拉斯加型和橄榄岩—闪长岩型（南段）〕，它们侵位的时间相近，空间上相伴分布，似乎共同组成一对超镁铁岩带。

造山带中超镁铁岩的成对分布问题，文献中很少提及。应当指出的是，Hess早在1955年就注意到在若干年轻的造山带中有两条平行分布的超镁铁岩链。Murray^[9]则明确指出，在委内瑞拉存在一对超镁铁岩带：北带为阿尔卑斯型（可能指蛇绿岩），南带属阿拉斯加型，侵位时代均为白垩纪，指示板块向南俯冲。他还举出苏联乌拉尔的一对超镁铁岩带：东带以方辉橄榄岩为主，是早古生代的，与高压变质带伴生（如极地乌拉尔和肯皮尔赛蛇绿岩——笔者），西带是环状（阿拉斯加型）侵入体，于泥盆纪侵入，代表古岛弧火山链（著名的有下塔吉尔、卡奇卡纳尔等——笔者）。Stevens等^[10]确认在阿帕拉契亚存在二条平行的超镁铁岩带。他指出，西带是蛇绿岩带，包括著名的岛湾、贝茨湾以及塞特弗德蛇绿岩，是寒武—奥陶纪时侵位的；东带包括纽芬兰的甘德河带及美国的皮德蒙特带，以单辉岩为主，侵入在奥陶—志留纪碎屑岩中。板块向东俯冲。东

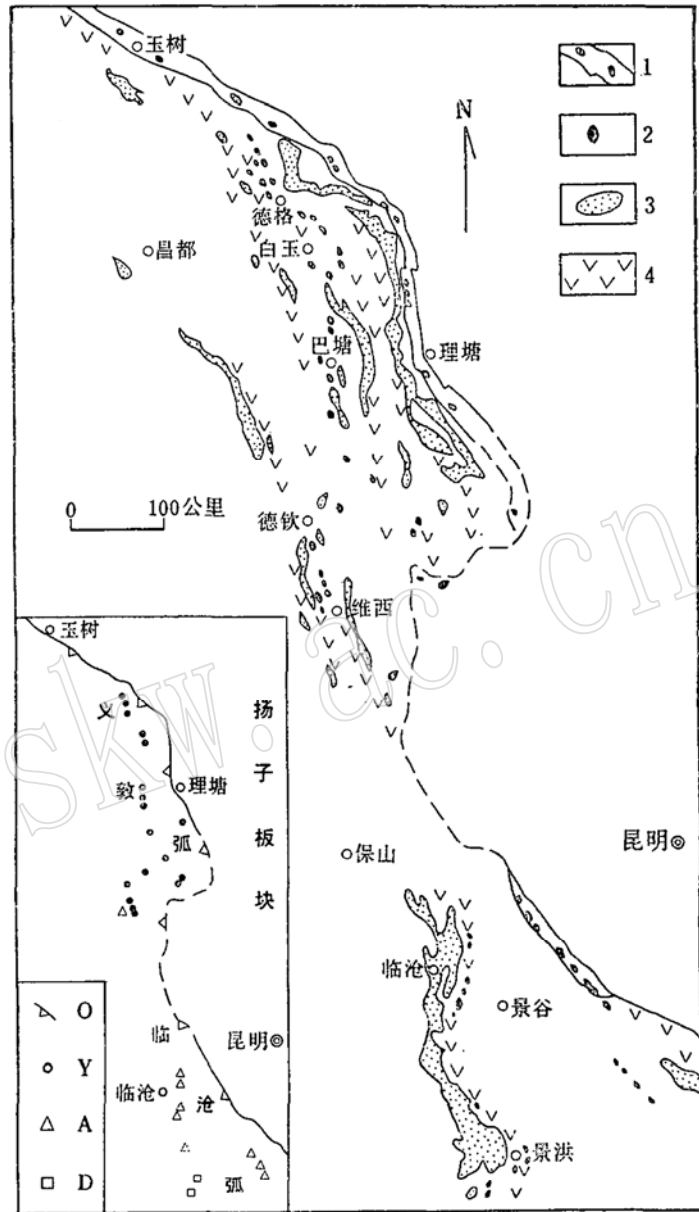


图 1 横断山区超镁铁岩分布图
Fig. 1. Map about distribution of UM from Hengduan Shan Region.

1—玉树—理塘—哀牢山缝合带；2—超镁铁岩；3—花岗岩类 (Y₄₋₅)；4—三叠纪火山岩；O—蛇绿岩；Y—义敦型；A—阿拉斯加型；D—橄榄岩—闪长岩型

带的超镁铁岩为消减带之上的底辟作用产物。

根据我们对文献的分析,除上述造山带以外,在下列地区也可能有成对超镁铁岩的存在,如日本的三波川—领家带(侏罗—白垩纪)、新西兰南岛(二叠—中生代早期)、美国加利福尼亚和墨西哥北部、秘鲁(侏罗—早白垩世)、苏联远东地区鄂霍次克—科楚奇(早—中白垩世)以及印度拉达克(晚白垩—早第三纪)等。

除了横断山地区以外,据初步了解,我国其他造山带内也有成对超镁铁岩带存在的线索。以新疆为例,巴尔雷克岩带和阿尔曼太岩带似乎属于火山弧型超镁铁岩类。其中阿尔曼太岩带以义敦型为主,类似川西的义敦岩带。阿尔曼太岩带和南侧的克拉美里蛇绿岩带,可能组成一对超镁铁岩带,时代为海西期,指示板块向北东方向俯冲。

著名的北祁连蛇绿岩是志留纪以前侵位的,南部托赖山的东段有些岩体似乎象阿拉斯加型的,如青海省互助县的柏木峡及甘肃天祝县的大滩等。有的类似云南维西吉岔岩体,时代为加里东早或中期。看来,也许可与北祁连蛇绿岩带组成一对。

此外,在南祁连的东南部、黑龙江的呼玛、北秦岭的东段(陕西和河南的南部)也有一些类似阿拉斯加型或橄榄岩—闪长岩杂岩的岩体,但是,附近有关蛇绿岩的情况还不甚清楚,值得注意。

从上述例子中看出,造山带中成对超镁铁岩带的分布似乎具有广泛的意义。按我们的理解,成对的超镁铁岩带指的是造山带内大致同期侵位的、空间上密切伴生的由蛇绿岩和火山弧型超镁铁岩组成的一对岩带。一个洋盆消失后留下的蛇绿岩可能不止形成一个带(如纽芬兰、阿拉斯加育空地区以及雅鲁藏布江西段的阿里地区),但这并非成对分布,只有与火山弧型(一类或几类)超镁铁岩同时出现时才能构成成对分布。在造山带内,凡是有板块俯冲的地方,大概都有形成一对超镁铁岩带的条件。当然,情况是比较复杂的,还有许多需要考虑的因素,如板块消减的角度和速度、造山过程中应力的分布、热流的大小及剥蚀的深度等。看来,并不是在任何发生过消减作用的造山带内都有成对超镁铁岩的存在。有蛇绿岩带不一定能找到与它相伴的火山弧型岩带。但是,如果有火山弧型岩带,则必定存在与它对应的蛇绿岩带(这对我们认识南祁连、黑龙江和北秦岭的几个岩带可能会有所启发)。尽管由于构造作用可能找不到蛇绿岩带,但它曾经存在过则是毋庸置疑的。

成因探讨

蛇绿岩的成因在文献中已有许多讨论,本文不拟赘述。而关于火山弧型超镁铁岩成因的问题则比较棘手,我们也只是刚刚着手研究,下面只能谈一点初步的印象。

义敦型岩体以二辉橄榄岩为主,与蛇绿岩的幔源物质相比,亏损程度相对较弱。它来自过渡壳下的上地幔,可能是由于板块的消减作用,洋壳插入陆壳下地幔的深部,使地幔受到扰动,促使软流圈上升、陆壳减薄,地幔物质底辟上升所致(图2)。在四川和云南西部,晚三叠世的弧系火山岩以玄武岩和流纹岩为主,很少见安山岩,具双模式特征,似乎是弧间盆地环境。而义敦型岩体大多侵位在这类火山岩系中,暗示形成于张应力环境,而后在造山运动的中或后期挤入地壳的上部层位。

岛弧岩浆活动的成因和侵位是一个很复杂的问题,而与其有关的超镁铁岩类,由于规模甚小,往往很少受到注意,研究程度也较差。一般都同意,岛弧岩浆活动与洋壳的消减作用

有关，消减过程中洋壳逐渐被加热并脱水，即可使消减带之上的地幔楔在有水加入的情况下发生部分熔融，所形成的岩浆可能是橄榄拉斑玄武岩或高铝玄武岩成分的。玄武质岩浆上升到陆壳底部或下部的某一层位，聚集形成岩浆房，并经分离结晶作用产生含堆晶晶体的晶粥岩浆。在岩浆房受到横向压缩时，就以晶体和液体集合体的形式侵位到地壳的上部。为解释超镁铁岩与辉长岩、中酸性侵入岩及火山岩之间复杂的关系，Snoke 等^[11]提出了多阶段分异—侵位的模式。至于岩石呈环状分布，则可能受流动分异作用的控制^[9]。当然，在环状侵入体的边缘，也不排除有混染作用的因素，这对橄榄岩—闪长岩杂岩来说，可能更常见。

橄榄岩—闪长岩杂岩虽与大花岗岩基伴生，但大多数人认为，二者之间尽管有某种成因上的联系，却并非是同岩浆的，可用两阶段形成模式来解释^[12,13]：首先，从某种拉斑质玄武岩浆中分离出橄榄石、单斜辉石以及钙质斜长石，形成超镁铁岩，分异出中性成分的岩浆。然后，这种中性成分的岩浆与一种长英质岩浆（例如，来自地壳岩石的深熔作用）发生周期性的混合，这种混合的岩浆（主要是花岗闪长岩成分的）向上侵位，包围并吞蚀了许多早先侵位的镁铁—超镁铁岩及其围岩，产生混染作用形成英云闪长岩。只有在中酸性侵入体边部的若干镁铁—超镁铁岩株才能保存下来，成为大的岩基杂岩中的次要组分的岩体（图2）。

阿拉斯加型和橄榄岩—闪长岩杂岩可能产于陆壳减薄的弧间或弧前盆地中，也处于拉张环境，与义敦型相仿。当陆壳加厚、流纹岩和安山岩占据优势时，则很少存在，如南美智利的例子。

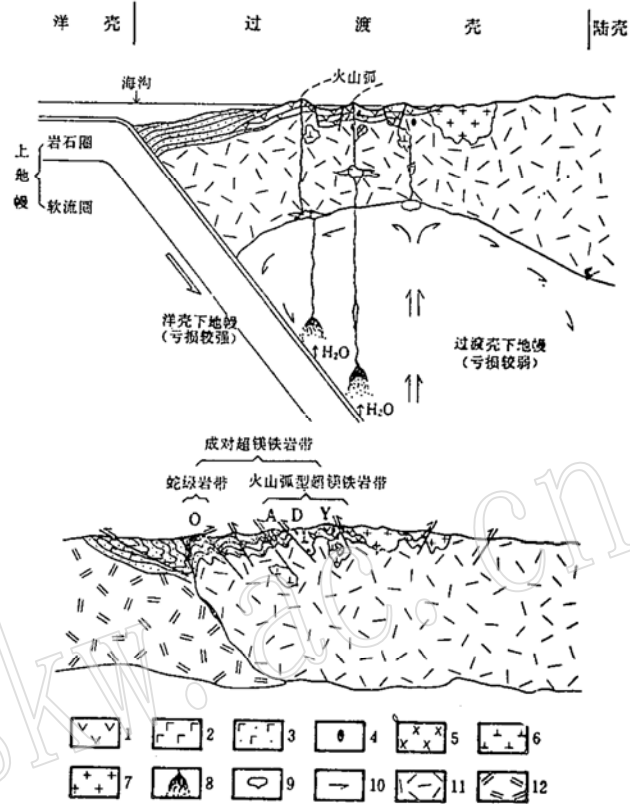


图 2 成对超镁铁岩带形成示意图
Fig. 2 Sketch map showing formation of a pair of belt of UM.

上图示俯冲阶段，下图为碰撞阶段，形成一对超镁铁岩带。说明见正文。

- 1—基性至酸性火山岩；2—玄武质岩浆；3—裂谷型火山岩；4—超镁铁质岩；5—辉长岩；6—闪长岩；7—花岗岩；8—地幔局部熔融区；9—底辟上升的地幔岩；10—过渡壳下地幔对流方向；11—活动大陆边缘前造山基底；12—被动大陆边缘前造山基底；图中代号O.A.D.Y的含意与图1同

结 语

板块构造学说的创立，给古老的地质学注入了新的生机，也为火成岩石学研究开拓了新的思路。其中之一，是把岩石与构造环境紧密联系起来。十几年来，对蛇绿岩构造环境的研究已获得丰硕的成果。继之在花岗岩的研究上也取得了可喜的突破，相比之下，对超镁铁岩（除蛇绿岩之外）的研究仍处于徘徊之中。当前地质学研究的前缘领域是大陆造山带。因

此,对造山带超镁铁岩的研究也应引起重视。研究造山带的超镁铁岩,不能只注意蛇绿岩,也不能只限于超镁铁岩,而不顾中酸性侵入岩及火山岩。看来,对造山带超镁铁岩的重新认识是十分必要的。我们觉得,在研究中应注意区分不同类型的超镁铁岩,而且在俯冲-碰撞型造山带中,成对超镁铁岩的分布可能具有普遍的意义。在空间上,它与成对的变质带可能有某种联系,但与成对变质带相比,成对的超镁铁岩带可能具有更广泛的内涵。

参 考 文 献

- [1] Den Tex, E., 1969, Origin of ultramafic rocks, their tectonic settings and history: A contribution to the discussion of the paper "The origin of ultramafic and ultrabasic rocks" by P.J. Wyllie. *Tectonophy.*, 7, 457-488.
- [2] Ernst, W. G., 1978, Petrochemical study of lherzolitic rocks from the western Alps. *J. Petrol.*, 19, 341-392.
- [3] Chidester, A. H. and Cady, W. M., 1972, Origin and emplacement of Alpine-type ultramafic rocks. *Nature Physical Sci.*, 240, 27-31.
- [4] 卡迈克尔、特纳和弗尔福根, 1974, 《火成岩石学》, 地质出版社。
- [5] 都城秋穗和久城育夫, 1984, 《岩石学》, 地质出版社。
- [6] Snoke, A. M., Sharp, W. D., Wright, J. E. and Saleeby, J. B., 1982, Significance of mid-Mesozoic peridotitic to dioritic intrusive complexes, Klamath Mountains-western Sierra Nevada, California. *Geology*, 10, 160-166.
- [7] Wyllie, P. J. (ed.), 1967, *Ultramafic and related rocks*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- [8] 黄汲清、陈国铭和陈炳蔚, 1984, 特提斯-喜马拉雅构造域初步分析, 《地质学报》, 58, 1-17.
- [9] Murray, C. G., 1972, Zoned ultramafic complexes of the Alaska type: Feeder pipes of andesitic volcanoes. *Mem., Geol. Soc. Am. Inc.*, 132, 313-335.
- [10] Stevens, R. K., Strong, D. F. and Kean, B. F., 1974, Do some eastern Appalachian ultramafic rocks represent mantle diapirs produced above a subduction zone? *Geology*, 2, 175-178.
- [11] Snoke, A. W., Quick, J. E. and Bowman, H. R., 1981, Bear Mountain igneous complex, Klamath Mountains, California: an ultrabasic to silicic calc-alkaline suite. *J. Petrol.*, 22, 501-552.
- [12] Joplin, G. A., 1959, On the origin and occurrence of basic bodies associated with discordant bathylites. *Geol. Map.*, 96, 361-373.
- [13] Batchelor, R. A. and Bowden, P., 1985, Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chem. Geol.*, 48, 43-56.

On Paired Ultramafic Rock Belts in Orogens

Zhang Qi

Zhang Kuiwu

Li Dazhou

(Institute of Geology, Academy Sinica)

Key words: Hengduan Mts Region; orogenic belt; ophiolite;

UM of "volcanic arc type"; a pair of belt of UM

Abstract

In this paper, the ultramafic rocks distributed within underthrust-collision

orogenic belts are divided into two groups, namely, ophiolites and ultramafic rocks (UM) of volcanic arc type; and the latter is subdivided into Yidun type, Alaska type and peridotitediorite type. If both ophiolites and UM of volcanic arc type appear in parallel distribution in the same orogen, and are emplaced in nearly the same period, they may form a pair of ultramafic belts. The ophiolites represent the remaining traces of a closed oceanic basin, while the UM, which are usually emplaced in the late stage of the orogenic movement, indicate an island arc or active continental marginal setting on the obducted side of the plate above the subduction zone.

Recent work in the Hengduan Mts region has led the authors to conclude that there are a pair of ultramafic belts in the region; the eastern belt is composed of ophiolites(including Yushu—Litang belt and Ailaoshan belt), while the western belt consists of UM of volcanic arc type (including the three subtypes). These two belts are roughly parallel in distribution and both were emplaced in almost the same period, i. e., Late Triassic. As it is known that paired UM belts probably exist in Venezuela, the Appalachians, western U.S., Ural and the maritime regions of U.S.S.R., Japan and the south Island of New Zealand. Moreover, there are also clues for the existence of paired UM belts in Xinjiang and Qilian Mts region in China. Therefore, the authors think that the distribution of paired UM belts might be of worldwide significance. With the exception of some cases, if the subduction of plate occurs within an orogen paired UM belts might be formed therein. The authors also noted that the metamorphic belt might be related to the paired ultramafic belts. However, compared with the former, the paired ultramafic belts are probably more implicative.