

西秦岭下拉地超基性岩体的地球 化学特征及构造意义

费一清¹, 周贤君²

(1. 中国科学院油气资源研究重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省地矿局
第二地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 系统研究了西秦岭下拉地超基性岩的地质与地球化学特征, 结果表明: 下拉地超基性岩具有低 SiO_2 、富 Mg 和贫碱特点; 变质原岩主要属于橄榄岩类; 不同岩石类型之间微量元素及稀土元素的分布具有一定差异; 下拉地岩体的原生超基性岩岩浆主要起源于上地幔, 成因类型属于俯冲带地幔橄榄岩; 岩浆演化过程中受到壳源物质的加入和海相碳酸盐物质的加入, 造成下拉地超基性岩高 Al_2O_3 、高 CaO 的特殊地球化学组成特点。笔者对由于蚀变作用影响形成的地球化学特征的原因进行了初步探讨。

关键词: 下拉地; 超基性岩; 地球化学; 岩浆成因; 构造意义

中图分类号: P595 **文献标识码:** A

下拉地超基性侵入岩体位于甘肃省岷县境内, 区域构造上位于西秦岭造山带中部, 属于凉帽山-下拉地超基性侵入体的东段组成部分。下拉地超基性岩体由于分布面积小, 一直未能引起足够的重视。20 世纪 60 年代以前, 有关单位对下拉地超基性侵入岩的分布、岩石学特征和成矿特征进行了初步的地质调查, 后来又先后进行过多次相关区域地质调查和研究(陕西区调队, 1969; 甘肃省区调队, 1988; 甘肃地质科学研究所, 1992; 甘肃省地质矿产局, 1999; 甘肃省地质矿产局, 2007), 然而这些调查研究缺乏专门深入对地质成因以及地质矿产意义等方面的探讨(余超等, 2010)。尽管下拉地超基性侵入岩规模小, 但由于其特殊的构造形成环境, 在解决诸如西秦岭中生代大地构造演化等方面具有重要的指示意义。笔者对该岩体的岩石学和地球化学进行了分析, 并较为系统地研究了该超基性岩的

成因及其岩浆演化, 就其地质构造环境意义展开讨论, 为今后更深入地研究西秦岭构造演化提供参考依据。

1 区域地质特征

下拉地超基性侵入体位于岷县-临潭断裂带北侧, 隶属于西秦岭构造岩浆区(图 1)。该岩体出露面积约为 0.07 km^2 , 呈透镜状产出, 展布方向为 285° , 严格受北西西向区域断裂控制。侵位地层为上石炭统下家岭组(C_x)(图 1), 围岩为灰岩及陆源碎屑岩。岩体与地层接触面总体北倾, 倾角较大(约 78°)。岩体边部未见明显高温接触变质现象, 围岩接触带周围呈现一定程度的构造破碎。下拉地超基性岩有较强的蚀变表现, 岩石被蚀变为

收稿日期: 2012-02-18; 修回日期: 2012-06-12

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX05008-00W-X0)、甘肃国土资源厅项目(1: 250000 “岷县幅”地质矿产调查项目)

作者简介: 费一清(1967-), 男, 上海人, 博士研究生, 地质化探工程师, 主要从事地质矿产和矿产地球化学研究。E-mail: xtd 2008. fg@163. com

碳酸盐化蛇纹岩、硅化蛇纹岩和滑石绿泥片岩等。同时, 由于受到后期构造和变质作用的改造, 岩石内明显发育片理化矿物, 致岩石矿物的初始结晶状态受到改造破坏, 因而导致岩体的矿物结晶分异现

象不易观察。但根据一些保留的原始辉石矿物的形态恢复, 显示辉石矿物基本为细-中粒等粒结构, 这种结构特征在岩体的各个部位中基本没有明显变化。

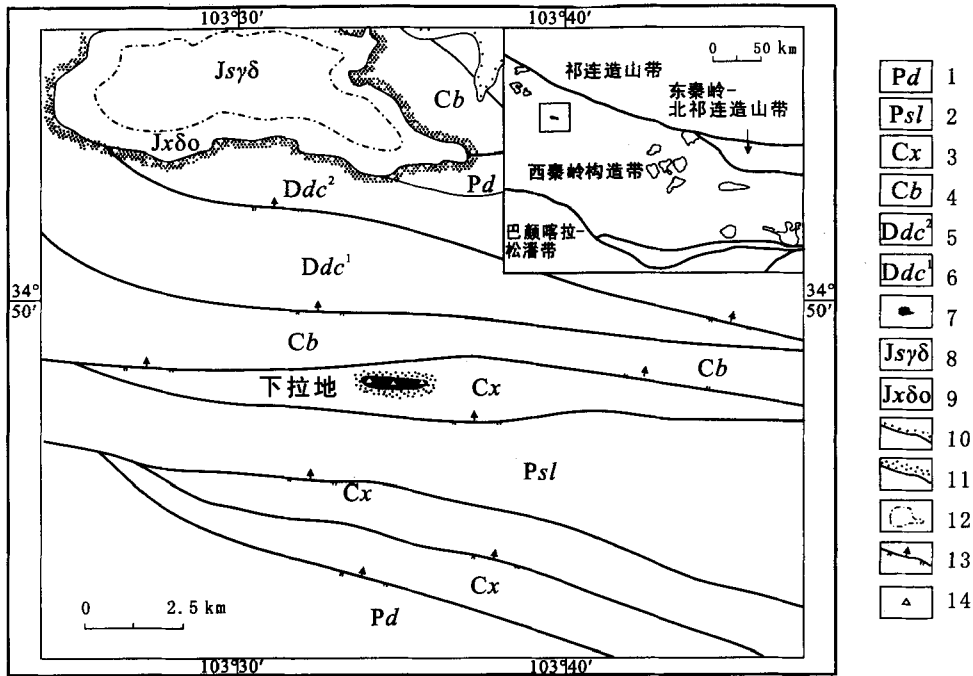


图1 下拉地超基性岩位置及构造纲要与采样位置图

Fig. 1 Location and tectonic outline map of Xialadi ultrabasic rocks

1. 大关山组; 2. 十里墩组; 3. 下家岭组; 4. 巴都组; 5. 大草滩组上段; 6. 大草滩组下段; 7. 下拉地超基性岩; 8. 美武水湖滩单元; 9. 美武响子沟单元; 10. 不整合接触界线; 11. 侵入接触界线; 12. 涌动接触界线; 13. 断层; 14. 采样位置

目前, 下拉地超基性侵入岩侵入时间尚未有明确的同位素年代学证据。岩体侵入晚石炭世地层, 其上与侏罗纪地层呈角度不整合接触关系。在岩性及岩石化学特征方面, 下拉地岩体可以与同构造带的宕昌良恭小儿山超基性侵入岩进行对比, 而后者岩体侵入的最新地层为二叠系。由此大体推定下拉地超基性侵入岩的侵入时代应晚于二叠纪, 可能为印支期产物。同时考虑到超基性岩的侵位需要特殊的洋-陆壳地质构造背景转换条件(李旭平等, 2007), 而印支期是西秦岭地区海陆转化的重要时期(张国伟等, 2004; 金维浚等, 2005), 古洋壳和陆壳的碰撞为幔源超基性岩的生成和侵位创造了有利条件。

2 样品采集与分析

笔者共采集岩石样品 3 个, 采样位置分布于岩

体东、中和西部(图 1)。其中, 含磁铁矿蛇纹岩均采自岩体内部。采集方式既考虑了样品在岩体不同部位的代表性, 同时也考虑到主要岩石类型含磁铁矿蛇纹岩和碳酸盐化蛇纹岩。因此, 主要对其 2 种样品进行了分析对比和研究。

对样品进行了岩石化学和微量元素分析。其中, 主量元素在湖北地质实验室研究所进行, 采用的 XFR 方法, 分析精度优于 5%。微量元素和稀土元素分析在中国地质大学进行, 采用 ICP-MS 方法测定, 分析精度和分析准确度分别优于 10% 和 5%。

3 岩石学特征

下拉地超基性岩普遍遭受较强蚀变。其中, 以

蛇纹石化最为常见,原岩基本变为蛇纹岩,另有碳酸盐化、硅化和滑石绿泥片岩化等,因而造成岩体的岩石类型复杂多样。其中,以含磁铁矿蛇纹岩为主,碳酸盐化蛇纹岩次之。含磁铁矿蛇纹岩为浅灰绿色,鳞片变晶结构和纤维变晶结构,具明显的网格状结构(图 2a)和叶片状结构,块状构造。矿物组成中:蛇纹石含量大于 93%,磁铁矿含量约 5%,另有少量的绿泥石等。碳酸盐化蛇纹岩呈灰黑、黄褐色,具有鳞片变晶结构和纤维变晶结构,局部具网格状和叶片状结构,块状构造(图 2b)。成分主要由叶片状蛇纹石和纤维状蛇纹石

(>90%)组成,碳酸盐含量约 7%,含少量滑石和辉石。辉石均被蛇纹石交代(蛇纹石特有柱状辉石假象,或见有辉石颗粒残余)。次生矿物有白云石、方解石和磁铁矿等,偶见钛铁矿和磷灰石。

岩石类型和矿物组成特征在下拉地超基性岩体的不同位置有一定的差别。含磁铁矿蛇纹岩自岩体的边部向核心部连续分布,岩性较为均一。岩体边部以碳酸盐化蛇纹岩最为常见,特别是碳酸盐矿物含量较高的围岩出现时,同时伴生少量硅化蛇纹岩。通常碳酸盐化蛇纹岩的产出没有明显的分带现象,呈非均一的团块状分布。

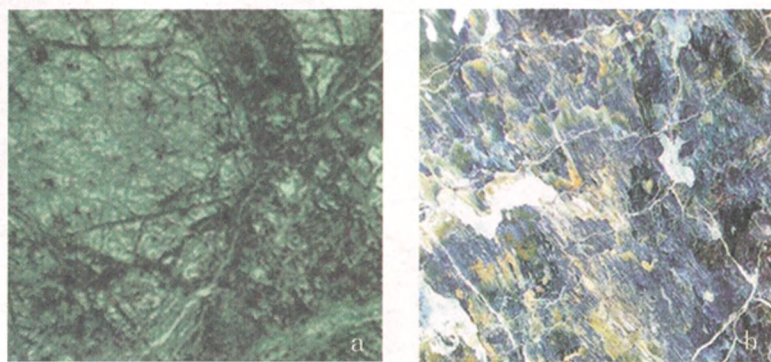


图 2 下拉地超基性岩岩石类型及构造特征图

Fig. 2 Characteristics of Xialadi ultramafic rocks

a. 含磁铁矿蛇纹岩, 网格状结构; b. 碳酸岩化蛇纹岩, 块状构造

4 岩石化学特征

下拉地超基性侵入岩岩石化学分析结果见于表 1。结果显示:含磁铁矿蛇纹岩和碳酸盐化蛇纹岩皆表现出低 SiO_2 、富 Mg 和贫碱特点, SiO_2 含量为 30.82%~40.54%,低于世界上代表性纯橄榄岩(38.29%)和二辉橄榄岩(42.95%); MgO 含量为 26.91%~36.92%; $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 小于 0.3%。这些数据均显示出一般超基性岩的共性特点。在 $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ - SiO_2 的变异图解上(图 3),所有的样品投影点落在贫碱质区,说明该超基性岩主要为贫碱岩石。

含磁铁矿蛇纹岩一般贫 Ca ($\text{CaO}<1\%$),而 Al_2O_3 的含量变化较大。其中,一个样品中 Al_2O_3 含量为 13.69%,接近世界平均辉长岩 15.48%的含量。在 FMC 图解中(图 4),显示该超基性岩属

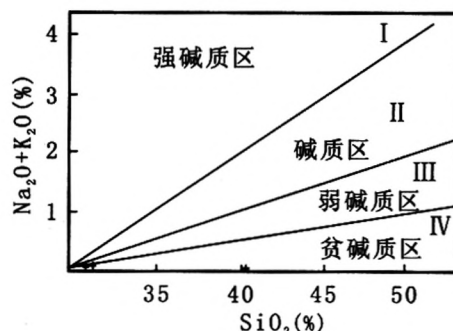


图 3 下拉地超基性岩 $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ - SiO_2 变异关系图解

Fig. 3 Diagram of variation relationship of $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ vs. SiO_2 of Xialadi ultramafic rocks

于贫 Ca 的镁铁质岩石。碳酸盐化蛇纹岩的岩石化学特点与含磁铁矿蛇纹岩有所不同,主要体现在高 CaO,二者相差 10 倍以上,可能反映出岩体中不同

表 1 下拉地超基性侵入岩岩石化学分析表
Tab. 1 Petrochemical analysis data of Xialadi ultramafic rocks

样品编号		YQ1151-2	YQ1151-6	YQ1151-7
岩石名称		含磁铁矿蛇纹岩	含磁铁矿蛇纹岩	碳酸盐化蛇纹岩
氧化物 原始 重量 (%)	SiO ₂	40.54	31.78	30.82
	TiO ₂	0.02	1.86	0.05
	Al ₂ O ₃	0.979	13.69	1.4
	Fe ₂ O ₃	4.5	3.35	3.98
	FeO	2.67	8.07	3.5
	MnO	0.068	0.288	0.13
	MgO	36.92	26.91	27.26
	CaO	0.733	0.583	7.78
	Na ₂ O	0.075	0.14	0.01
	K ₂ O	0.01	0.025	0.05
	P ₂ O ₅	0.018	0.166	0.05
	Cr ₂ O ₃	—	—	0.33
	NiO	—	—	0.42
	H ₂ O ⁺	12.22	9.6	—
	H ₂ O ⁻	1.56	1.12	—
	CO ₂	0.844	0.195	—
	烧失量	13.32	11.74	24.4
	Σ	99.85	98.6	100.25
参数	Na ₂ O+K ₂ O	0.085	0.165	0.06
	Mg [#]	93.37	83.4	90.2

注：“—”为未分析项目；主量元素在湖北地质实验室研究所用 XFR 方法分析，分析精度优于 5%。

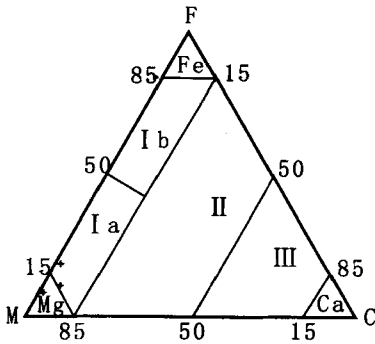


图 4 拉地超基性岩 FMC 图解

Fig. 4 Fe-Mg-Ca diagram of Xialadi ultramafic rocks
I. 贫钙质区；Ia. 贫钙质铁镁质区；Ib. 贫钙的镁铁质区；
II. 低钙质区；III. 适度钙质区

岩石类型成因机制的差异和岩体形成过程中成岩环境的多样性。

根据原生矿物的假象及残存的磁铁矿网状结构估算了各类原生矿物的含量，进而恢复原岩类型。经过大量的野外标本直观观测和统计，下拉地含磁铁矿蛇纹岩中保留橄榄石和辉石结晶结构的矿物组分分别约占 90% 和 6%，几乎不含角闪石。因此，该类岩体的变质原岩多属橄榄岩类。通常情况下，

由橄榄岩完全蛇纹石化而形成的蛇纹岩，矿物组合非常简单，主要矿物常常只有蛇纹石和磁铁矿，偶尔有绿泥石。反之，蛇纹石和磁铁矿组合则反映了橄榄岩的原始化学组成特征（Bernoulli D 等，1985）。通过 CIPW 法对 2 个含磁铁矿蛇纹岩的岩石化学计算，表明原岩中橄榄石含量最高，辉石次之。同时，考虑到其中的 CaO 可能系海相碳酸盐沉积成因（Bogoch R 等，1987；Trommsdorff V 等，2000），从而造成 CaO 含量远远超过幔源超基性的 CaO 含量。笔者选取我国一般超基性岩中的平均 CaO 含量（3.5%）进行再分配和调整。通过岩石化学计算，剔除了沉积作用对岩浆形成过程中造成的影响，从而更加合理的获取了原岩和幔源信息。在 Ol-Opx-Cpx 和 Ol-Py-Hb 超基性岩分类图解中（图 5、6），含磁铁矿蛇纹岩和碳酸盐化蛇纹岩样品投影点多数情况下落入橄榄岩类区，同样限制下拉地超基性岩的变质原岩主要属于橄榄岩类。需要说明的是，由于一个含磁铁矿蛇纹岩样品中 Al₂O₃ 含量较高，导致其在 CIPW 法计算单斜辉石的标准矿物含量为 0，无法在图 5 中进行投影。而碳酸盐化蛇纹岩由于 CaO 含量过高，致使

在图5中投入了二辉橄榄岩的区域。这些因素在一定程度上造成了进一步细化确定超基性变质原岩类型的混乱,然而通过CIPW计算的岩石标准矿物组分发现,2种类型的蛇纹岩中斜方辉石(主要为Hy和En)是最主要的辉石种类,不含或含少量单斜辉石(含量小于10%,主要为Di)。因此,下拉地超基性岩的变质原岩很可能主要为方辉橄榄岩。

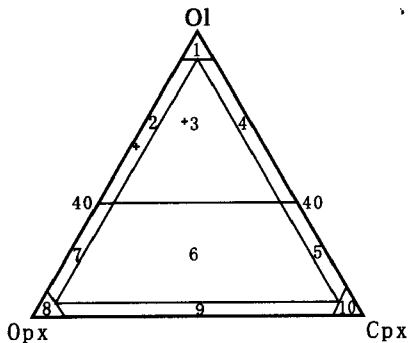


图5 下拉地超基性岩Ol-Opx-Cpx分类图解

Fig. 5 Ol-Opx-Cpx classification diagram of Xialadi ultramafic rocks

Ol. 橄榄石; Opx. 斜方辉石; Cpx. 单斜辉石; 橄榄岩类: 1. 纯橄榄岩; 2. 方辉橄榄岩; 3. 二辉橄榄岩; 4. 单辉橄榄岩; 辉石岩类: 5. 橄榄单辉辉石岩; 6. 橄榄二辉辉石岩; 7. 橄榄方辉辉石岩; 8. 单辉辉石岩; 9. 二辉辉石岩; 10. 方辉辉石岩

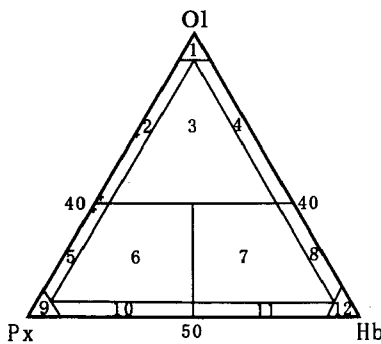


图6 下拉地超基性岩Ol-Py-Hb分类图解

Fig. 6 Ol-Py-Hb classification diagram of Xialadi ultramafic rocks

Ol. 橄榄石; Px. 辉石; Hb. 角闪石

橄榄岩类: 1. 纯橄榄岩; 2. 辉石橄榄岩; 3. 辉闪橄榄岩; 4. 角闪橄榄岩; 辉石岩类、角闪岩类: 5. 橄榄辉石岩; 6. 橄榄角闪辉石岩; 7. 橄榄辉石角闪岩; 8. 橄榄角闪岩; 9. 辉石岩; 10. 角闪辉石岩; 11. 辉石角闪岩; 12. 角闪石岩

5 微量、稀土元素地球化学特征

下拉地超基性岩的微量、稀土元素的分析结果见表2、表3。含磁铁矿蛇纹岩中微量元素Cr、Ni、Ti和Co含量较高,分布范围依次为 $233 \times 10^{-6} \sim 2320 \times 10^{-6}$ 、 $167 \times 10^{-6} \sim 1820 \times 10^{-6}$ 、 $120 \times 10^{-6} \sim 11200 \times 10^{-6}$ 和 $78.2 \times 10^{-6} \sim 29.6 \times 10^{-6}$ 。碳酸盐化蛇纹岩中Cr、Ni、Co、Mn的含量分别达到 1930×10^{-6} 、 2170×10^{-6} 、 80×10^{-6} 、 1860×10^{-6} ,而Rb、Zr、Th、Cs、Nb、Hf、U等的含量相对较低(表2)。

2个含磁铁矿的蛇纹岩样品稀土元素分布特征显示出差异:样品YQ1151-2的稀土总量 ΣREE 为 9.67×10^{-6} ,明显偏低,显示正Eu异常,为Eu富集型(δEu 为4.23),富集LREE,而亏损HREE, LREE/HREE值达到10.54, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为20.63, $(\text{Ce}/\text{Yb})_N$ 为7.62;样品YQ1151-6的 ΣREE 为 98.17×10^{-6} ,亦富集LREE和亏损HREE,但是LREE/HREE值仅为1.75, $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 为1.37, $(\text{Ce}/\text{Yb})_N$ 为1.01, Eu呈负异常,为Eu亏损型(δEu 为0.39)。

表2 下拉地超基性侵入岩微量元素分析结果表($\times 10^{-6}$)

Tab. 2 Trace element analysis data of Xialadi ultramafic rocks ($\times 10^{-6}$)

样号	YQ1151-2	YQ1151-6	YQ1151-7
岩石名称	含磁铁矿蛇纹岩	含磁铁矿蛇纹岩	碳酸盐化蛇纹岩
Cs	1.3	3.9	—
Rb	1.4	2.7	—
Sr	4.64	11.10	—
Ba	12.5	16.9	—
Ga	8.13	17.10	7
Nb	1.45	4.58	—
Ta	0.5	0.5	—
Zr	47.5	150	—
Hf	2.06	4.67	—
Th	4.69	3.87	—
V	22.5	268	21
Cr	2320	233	1930
Co	78.2	29.6	80
Ni	1820	167	2170
Sc	6.79	42.50	—
U	0.14	0.14	—
Ti	120	11200	2890

注:“—”为未分析项目;微量元素在中国地质大学用ICP-MS方法测定,分析精度优于10%。

对碳酸盐化蛇纹岩样品的稀土元素分析部分结果表明（表 3）：碳酸盐化蛇纹岩显示轻、重稀土元素的丰度相似，其 Eu 呈负异常，为 Eu 亏损型（ δEu 为 0.39），接近于样品 YQ1151-2 的稀土元素配分模式。 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 和 $(\text{Ce}/\text{Yb})_N$ 参数分别为 0.98 和 0.47。

表 3 下拉地超基性侵入岩稀土元素分析结果表 ($\times 10^{-6}$)
Tab.3 REE analysis data of Xialadi
ultramafic rocks ($\times 10^{-6}$)

样号	YQ1151-2	YQ1151-6	YQ1151-7
岩石名称	含磁铁矿蛇纹岩	含磁铁矿蛇纹岩	碳酸盐化蛇纹岩
La	3.12	7.66	1.29
Ce	2.98	14.60	1.63
Pr	0.35	3.58	—
Nd	1.21	11.60	2.01
Sm	0.23	4.04	0.52
Eu	0.33	0.57	0.06
Gd	0.25	4.98	—
Tb	0.027	0.91	0.10
Dy	0.19	7.08	—
Ho	0.043	1.57	—
Er	0.13	4.60	—
Tm	0.02	0.67	—
Yb	0.099	3.67	0.89
Lu	0.021	0.54	0.15
Y	0.67	32.10	—
ΣREE	9.67	98.17	—
LREE	8.22	42.05	—
HREE	0.78	24.02	—
LR/HR	10.54	1.75	—
δEu	4.23	0.39	0.61
La/Yb	31.52	2.09	—
Ce/Yb	30.10	3.98	—
$(\text{La}/\text{Yb})_N$	20.63	1.37	0.98
$(\text{Ce}/\text{Yb})_N$	7.62	1.01	0.47

注：“—”为未分析项目；稀土元素在中国地质大学用 ICP-MS 方法测定，分析准确度优于 5%。

6 结果与讨论

近年，国内外的研究者对造山带中超基性岩的研究取得了较大的进展，发现了很多造山带型橄榄岩（通常称为阿尔卑斯型橄榄岩），并划分出俯冲

带地幔橄榄岩、俯冲带基性-超基性堆晶杂岩体和洋壳俯冲变质橄榄岩三种成因类型。通过野外岩石观测统计和岩石化学的分析计算，推断下拉地超基性岩变质原岩可能为方辉橄榄岩，代表了地幔岩石转化形成的岩石类别（李旭平等，2003）。
根据野外宏观产状和岩石类型分布状况分析，下拉地超基性岩各类岩石堆积序列不完整，岩性为常见的含磁铁矿蛇纹岩和碳酸盐化蛇纹岩，变质原岩可能主要为方辉橄榄岩。这与俯冲带基性-超基性堆晶杂岩体的特征结晶序列、少见方辉橄榄岩以及与榴辉岩互层产出的特征有所不同，同时也不具有洋壳地幔俯冲变质橄榄岩的榴辉岩完整的岩枕构造和强烈的 LREE 亏损（Anderson D L，1982）等特征。因此，下拉地超基性岩应不属于上述 2 类成因类型，但与俯冲带地幔橄榄岩的产状和岩石类型相比有所相似，由此认为下拉地超基性岩属俯冲带地幔橄榄岩，即残留地幔型橄榄岩。另外，该岩体产出状态单一，周围未发现伴生相同的超基性岩体，岩体边部也未见明显高温接触变质现象，同时在围岩接触带呈现一定程度的构造破碎，这些特点和造山带超基性岩的特征是一致的。
岩石的地球化学特征在揭示超基性岩的成因方面具有重要作用，但蚀变过程对于岩石的地球化学行为会有一定的影响，其影响机理十分复杂（凌其聪等，2002）。本次研究中采用的蛇纹岩属于超基性岩蚀变而来，因此，其中的一些原始地球化学信息遭到了破坏，会影响到对下拉地超基性岩体成因的认识。例如，造山带中的超基性岩若在变质过程中没有受到明显的流体和熔体的交代作用，就基本保留原有的地球化学特征，二辉橄榄岩具有轻稀土略微富集或平坦的形态，方辉橄榄岩则具有轻稀土亏损形态。下拉地超基性岩中的含磁铁矿蛇纹岩稀土元素总体为轻稀土富集型，而碳酸盐化蛇纹岩为轻重稀土相对平衡，这与变质原岩恢复的结果相矛盾（表 2）。李秀云等（1993）认为蛇纹石+磁铁矿集合体 REE 值低和 LREE 略亏损是由于橄榄石蚀变成磁铁矿和蛇纹石的过程中有水加入，致使 LREE 增加了（李天福等，2006）。在俯冲、折返的造山过程中，岩石往往经历了多期流体和熔体的交代作用，因而俯冲造山带的方辉橄榄岩、纯橄榄岩和斜方辉石岩的球粒陨石标准化的稀土元素常常呈现复杂的配分模式（李秀云等，1993）。现代蛇

纹岩化深海橄榄岩的稀土含量低于原始地幔,认为蛇纹岩化过程对橄榄岩中稀土和微量元素的配分模式有很大影响 (Frey F A, 1985)。

一些地球化学信息可能被保留下来。下拉地超基性岩的 YQ1151-6 样品 Al_2O_3 含量超过 13%, 高于一般的超基性岩的铝质含量, 显示了明显的高铝特点。含磁铁矿蛇纹岩样品来自岩体内部, 岩性均一, 反映岩体内部遭受后期改造作用不强, 同时, 含磁铁矿蛇纹岩中的蚀变作用类型相对单一。因此, 这些较高含量的铝质组分是由蚀变作用造成的可能性较低, 因而可能代表了原始地壳的组分特点。有研究认为 (Bernoulli D 等, 1985; Frey F A, 1985; 李天福等, 2006), 陆壳俯冲过程以相对缺乏流体为特征, 洋壳俯冲带中超基性岩都有一定程度的蛇纹岩化。其间在超基性岩的蛇纹岩化和脱蛇纹岩化过程中, 造山带中的流体伴随着俯冲和折返在地幔-地壳中运移, 并把地壳的物质带到地幔。

下拉地碳酸盐化蛇纹岩中碳酸盐的成因是一个值得关注的问题, 主要在于它能反映超基性岩形成中的环境问题。碳酸盐化蛇纹岩中碳酸盐一般有多种成因, 碳酸盐原岩浆喷发、交代作用碳酸盐和沉积海相成因是最主要的类型。其中, 碳酸盐原岩浆喷发在规模和分布上极其有限, 一般较为独立, 世界范围内极为少见。笔者研究认为, 下拉地碳酸盐化超基性岩中的碳酸盐组分可能主要来自海相沉积成因, 主要考虑有以下原因: 一方面下拉地碳酸盐化蛇纹岩具有网眼结构, 主要表现为碳酸盐穿插于蛇纹岩角砾之间。蛇纹岩角砾结构的形成被大多数学者认为是构造作用造成的, 是在主断层向上辐射时造成蛇纹岩角砾, 在地表处形成小规模、破裂成网格状的蛇纹岩, 同时接受海相碳酸盐沉积充填, 形成最终的碳酸盐化蛇纹岩。可以认为, 海相碳酸盐进入蛇纹岩是在主体蛇纹岩形成之后, 碳酸盐并没有严重影响到蛇纹岩主体矿物的地球化学特征, 这一点从对岩浆演化作用的地球化学研究中已经得到了很好的证实。另一方面, 下拉地碳酸盐化蛇纹岩的 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 和 Ti/Eu 参数分别为 0.98 和 48 000, 与认为的具有碳酸盐交代作用的橄榄岩相比 (Niu Y, 2004), 差别极大, 由此也支持了下拉地超基性岩中碳酸盐可能主要来自海相沉积的论断。

参考文献 (References):

- 陕西区调队. 1: 20 万《岷县幅》地质调查报告 [R]. 1969.
- Team of Regional Geological Survey of Shanxi Province. 1: 200000 regional geological survey report of Minxian area [R]. 1969. (in Chinese)
- 甘肃省区调队. 1: 20 万《岷县幅》修测报告 [R]. 1988.
- Team of Regional Geological Survey of Gansu Province. 1: 200000 regional geological re-survey report of Minxian area [R]. 1988. (in Chinese)
- 甘肃地质科学研究所. 下拉地-羊沙一带专题研究 [R]. 1992.
- Institute of Geological Sciences. Monographic study on geology of Xialadi-Yangsha area [R]. 1992. (in Chinese)
- 甘肃省地质矿产局.《冶力关幅-新城幅》1: 5 万区域地质调查报告 [R]. 1999, 77-78.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province. 1: 50000 regional geological survey report of Yeliguan and Xinchang area [R]. 1999, 77-78. (in Chinese)
- 甘肃省地质矿产局.《岷县幅》1: 25 万区域地质调查报告 [R]. 2007, 225-231.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Gansu Province. 1: 250000 regional geological survey report of Minxian area [R]. 2007, 225-231. (in Chinese)
- 余超, 余君鹏. 西秦岭下拉地铅锌矿构造控矿规律及找矿应用 [J]. 地质与勘探, 2010, (2): 261-266.
- Yu Chao, Yu Junpeng. Structure-controlled mineralization rules and their implications to prospecting in the Xialadi lead-zinc deposit, western Qinling [J]. Geology and Prospecting, 2010, (2): 261-266. (in Chinese with English abstract)
- 李旭平, 张立飞. 高压超高压变质带中超基性岩的成因类型及其流体活动 [J]. 地学前缘, 2007, 14 (1):

- 117-124.
- Li Xuping, Zhang Lifei. Classification of ultramafic rocks in HP-UHP organic belt and fluid activity [J]. *Earth Science Frontiers*. 2007, 14 (1): 117-124. (in Chinese with English abstract)
- 张国伟, 郭安林, 姚安平. 中国大陆构造中的西秦岭—松潘大陆构造结 [J]. *地学前缘*, 2004, 11 (3): 23-31.
- Zhang Guowei, Guo Anlin, Yao Anping. Western Qinling - Songpan continental tectonic node in China's continental tectonics [J]. *Earth Science Frontiers*, 2004, 11 (3): 23-31. (in Chinese with English abstract)
- 金维浚, 张旗, 何登发, 等. 西秦岭埃达克岩的定年及其构造意义 [J]. *岩石学报*, 2005, 21 (3): 959-966.
- Jin Weijun, Zhang Qi, He Dengfa, et al. SHRIMP dating of adakites in western Qinling and their implications [J]. *Acta Petrologica Sinica*. 2005, 21 (3): 959-966. (in Chinese with English abstract)
- 李旭平, 张立飞, 艾永亮. 新疆西天山长阿吾子蛇绿混杂岩中与榴辉岩伴生的异剥钙榴岩的发现及其地质意义 [J]. *自然科学进展*, 2003, 13 (07): 18-25.
- 凌其聪, 刘丛强. 低级变质岩在热液蚀变过程中的微量元素地球化学行为——以赣东北银山地区双桥山群为例 [J]. *岩石学报*, 2002, 18 (1): 100-108.
- Ling Qicong, Liu Congqiang. Geochemical behavior of trace element during hydrothermal alteration in low-metamorphic rock: a case study for Shuangqiaoshan Group in Yinshan area, northwestern Jiangxi province, China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2002, 18 (1): 100-108. (in Chinese with English abstract)
- 李天福, 杨经绥, 张儒媛. 亏损上地幔中的富钾熔体和碳酸盐交代作用: 来自 CCSD 预先导孔橄榄岩的地球化学证据 [J]. *地球科学*, 2006, 31 (4): 457-474.
- Li Tianfu, Yang Jingsui, Zhang Ruyuan. K rich and carbonatic melt metasomatism in depleted upper mantle: geochemical evidences from peridotites in prepilot hole of Chinese Continental Scientific Drilling Project [J]. *Earth Science*, 2006, 31 (4): 457-474. (in Chinese with English abstract)
- 李秀云, 黄忠祥, 张旗. 云南双沟地幔橄榄岩中部分熔融物的 REE 特征 [J]. *岩石学报*. 1993, 9 (3): 308-311.
- Li Xiuyun, Huang Zhongxiang, Zhang Qi. REE characteristics of partial melts in the mantle Persition from Shuanggou, Yunnan Province [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1993, 9 (3): 308-311. (in Chinese with English abstract)
- Frey F A, Suen J, Stockman H W. The Ronda high temperature peridotite: Geochemistry and petrogenesis [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1985, 49: 2469-2491.
- Niu Y. Bulk rock major and trace element compositions of byssal peridotites: implications for mantle melting, melt extraction and post-melting processes beneath Mid-Ocean Ridges [J]. *Journal of Petrology*, 2004, 45: 2423-2458.
- Bernoulli D, Weissert H. Sedimentary fabrics in Alpine ophiolites, south Pennine Arosa zone, Switzerland [J]. *Geology*, 1985, 13: 755-758.
- Bogoch R, Bahat D, Kisch H. The Tarr albitite: a metasomatic plagiogranite from mainly non-intrusive protoliths [J]. *Ofioliti*, 1987, 12: 8-22.
- Trommsdorff V, Hermann J, Muntener O, et al. Geodynamic cycles of subcontinental lithosphere in the Central Alps and the Arami enigma [J]. *Journal of Geodynamics*, 2000, 30 (1/2): 77-92.
- Anderson D L. Chemical composition and evolution of the mantle [C]. In *High-pressure Research in Geophysics* (S Akimoto and M Manghnani, eds.), 1982, 301-318, D Reidel, Dordrecht, Neth.

Geochemical Characteristics of Xialadi Ultrabasic Intrusion of Western Qinling and Its Tectonic Significance

FEI Yi-qing¹, ZHOU Xian-jun²

(1. Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Second Institute of Geological and Mineral Exploration of Gansu Province Bureau of Geology and Mineral Resource, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The geological and geochemical characteristics of Xialadi ultrabasic rock of western Qinling were studied systematically in this paper. The results show that the characterization of Xialadi ultrabasic rocks is low SiO₂, Mg rich and alkaline poor, in which metamorphic preexisting rocks belongs to the class of peridotite. The distribution of trace elements and rare earth elements (REE) among various rock types is different. The primary magma of Xialadi ultrabasic rocks originates from upper mantle, whose genetic type belongs to the mantle peridotite of subduction zone. Materials of crustal source and marine carbonate were added to Xialadi ultrabasic magma during its evolution, which resulted in the special geochemical composition characteristics of Xialadi ultramafic rocks with high Al₂O₃ and CaO. In this paper, a preliminary discussion was carried out on the reasons of the differences in geochemical characteristics of Xialadi ultrabasic rocks due to the effects of alteration.

Key words: Xialadi; ultrabasic rock; geochemistry; magma genesis; tectonic implications

西北地区原始地质调查资料清理试点工作部署暨培训会议成功召开

为了加强原始地质资料管理及社会化服务工作,中国地质调查局近年组织开展原始地质资料清理试点研究工作,建立地质调查项目原始地质资料目录数据库,研究探讨原始地质资料管理方法与服务模式,为全国开展原始地质资料清理奠定基础。2012年7月10日至13日,中国地质调查局西安地质调查中心根据中国地质调查局发展研究中心试点项目总体工作部署及西北原始地质资料清理试点年度工作任务,在西安组织召开“西北地区原始地质资料清理试点工作部署暨培训会议”。

参加会议的人员有西北五省(区)24个单位35位会议代表。会议主要内容为:年度工作任务部署和原始地质资料清理著录要求、著录软件培训及软件应用操作应用、疑难问题解答等。最后,中国地质调查局西安地质调查中心将2012年与会各单位的原始地质资料清理任务进行了统一部署安排。本次会议达到了预期效果,取得了圆满成功!

(信息资料处 宿晓虹)