

攀西地区红格钒钛磁铁矿床地球化学异常特征分析及矿床成因探讨

郝江波¹, 刘严松^{1,2}, 何政伟^{1,2}, 闫浩瑜¹, 曹发生¹

(1. 国土资源部构造成矿成藏重点实验室(成都理工大学), 四川 成都 610059;

2. 成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要:攀西地区基性-超基性含矿岩体以赋存超大型钒钛磁铁矿矿床而闻名于世,是我国重要的铁矿产地和重要的钒钛资源基地。通过对该矿床的地质特征、构造与围岩对成矿的控制作用及地球化学异常特征分析研究,认为红格钒钛磁铁矿成矿物质来源于上地幔,玄武岩浆结晶分异过程中有地壳物质混入地幔物质。矿床的形成对时间与空间要求严格。基性-超基性岩、灯影组白云质灰岩和峨眉山玄武岩是形成红格钒钛磁铁矿床的必要条件。

关键词:钒钛磁铁矿;峨眉山玄武岩;矿床地质特征;四川红格

中图分类号:P618.51;P618.61 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-6248(2016)01-0206-08

Geochemical Anomaly Characteristics and Genesis of the Hongge Vanadic Titano-magnetite Deposit in Panzhihua-Xichang Region

HAO Jiangbo¹, LIU Yansong^{1,2}, HE Zhengwei^{1,2}, YAN Haoyu¹, CAO Fasheng¹

(1. Key Laboratory of Tectonic Controls on Mineralization and Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Land and Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Key Laboratory of Geo-special Information Technology, Ministry of Land and Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The Panzhihua-Xichang region is famed at the world for the super-large V-Ti magnetite deposit occurred within the mafic-ultramafic ore-bearing rock-masses there. It's an important producing area of iron ore and a momentous base of vanadium titanium resource in China. After studying and analyzing the geologic characteristic of this deposit, as well as the controlling effects of tectonics and wall rocks on mineralization, it's pointed that the ore-forming materials of the Hongge vanadic titano-magnetite deposit were originated from the upper mantle, and the crustal material mixed with mantle material during the crystallization differentiation process of basaltic magma. The formation of this deposit must meet the requirements of time and space. Basic ultra-basic rocks, dolomitic limestone in Dengying Formation and Emeishan basalt are necessary conditions for the formation of the Hongge vanadic titano-magnetite deposit.

Keywords: vanadic titano-magnetite; Emeishan basalt; geological characteristics of mineral deposit; Hongge, Sichuan

收稿日期: 2015-06-02; 修回日期: 2015-08-03

基金项目: 中国地质调查局地质调查工作项目“四川攀枝花深部找矿疑难问题研究(1212011220867)”、成都理工大学“里伍矿田控矿构造特征研究及隐伏矿体预测”联合资助

作者简介: 郝江波(1989-), 男, 成都理工大学, 硕士研究生, 现主要从事成矿规律与成矿预测的研究工作。E-mail: 924431556@qq.com

1 矿区地质概况

研究区属攀西成矿带,其大地构造位置位于康滇地轴中南段(图 1),区域断裂发育,以北西—北西西向、南北向为主。其主要的深大断裂为近南北向

的金河-菁河断裂带、攀枝花断裂带、安宁河断裂带和昔格达深大断裂带。强烈发育的断裂不仅形成了红格地区的山谷地貌,同时,第四纪断陷盆地的形成和展布也受断裂控制。南北向构造带控制着矿产、岩体的产出条件和分布规律,尤其是对含钒钛磁铁矿层状辉长岩杂岩体控制作用十分明显。笔者通过

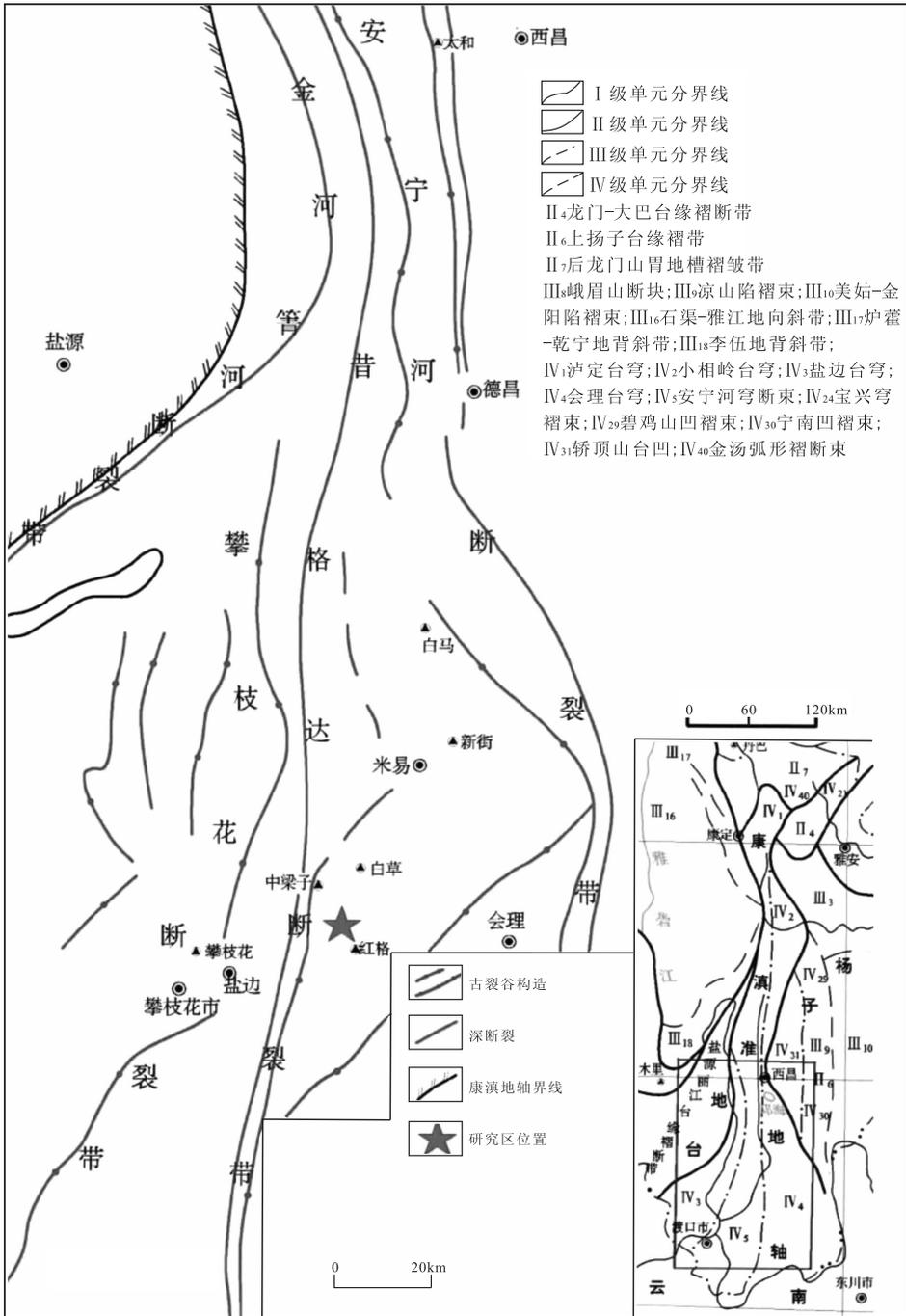


图 1 研究区构造纲要图及主要断裂构造展布略图 (据傅敏军, 2013)

Fig. 1 Structure chart and main research outline of faulted structure sketch (After Minjun, 2013)

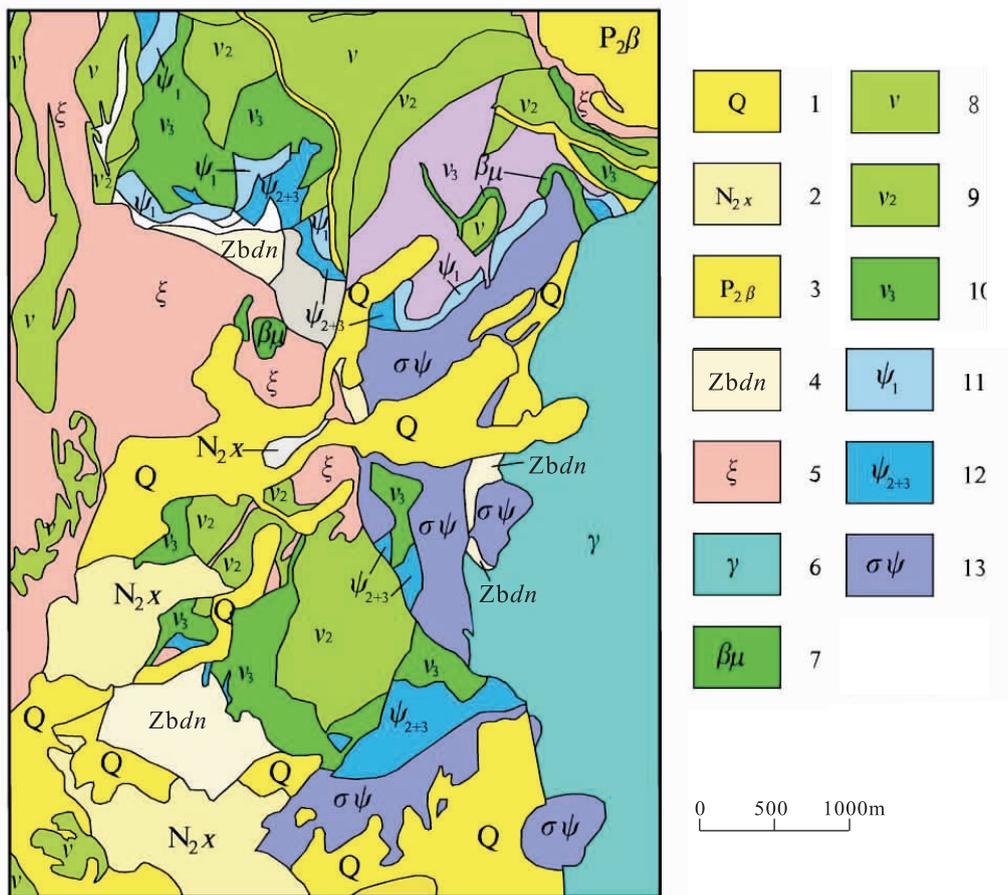
对红格钒钛铁矿床的地质特征、控矿构造及主、微量元素分析研究,进而来探讨红格钒钛铁矿成矿物质来源和矿床成因。

2 矿床地质特征

红格钒钛铁矿含矿岩体总体上受南北向昔格达断裂、安宁河断裂以及红格东西向构造的控制。含钒钛铁矿基性-超基性岩体分布在凉山州会理县与攀枝花市米易县、盐边县接壤地区,岩体南北长约21km,东西宽5~10km,总面积约100km²。包括安宁村、白草、马鞍山、中梁子、红格南北、湾子田、中干沟和秀水河等8个矿区(图2)。红格岩体主要以层状-似层状侵入体为主,具有明显岩相分带性和韵律旋回性特点(图3a、图3b)。前人通过对红格含矿基性-超基性岩体观

察研究,将该岩体的岩相带和韵律层进行了划分(张成江,2009),总体上红格岩体可划分为3个岩相带,即辉长岩相带、辉石岩相带和橄辉岩相带。每个岩相带大致可分为2个含矿层,矿体主要分布在各岩相带下部,呈层状、似层状、条带状产出,产状与岩体产状一致。

红格钒钛铁矿矿体主要由稀疏或稠密浸染状和星散浸染状矿石组成。根据矿石铁钛氧化物含量将矿石分为星浸矿(10%~20%)、稀浸矿(20%~35%)、中浸矿(35%~65%)及稠浸矿(65%~85%)4类。红格钒钛铁矿矿物种类较多,已知矿物都为常见矿物,金属矿物以钛磁铁矿、钛铁矿为主,其次含少量的磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿等;脉石的主要矿物是橄榄石、普通辉石,也含有其他硅酸盐矿物。例如,斜长石等,一些矿样见部分的磷酸盐、碳酸盐矿物(傅敏军,2012;罗金华等,2013)。



1. 第四系泥质沙土砾石;2. 第三系昔格达组;3. 二叠系峨眉山玄武岩;4. 震旦系灯影组;5. 正长岩;6. 印支期花岗岩;7. 辉绿岩;8. 辉长岩;9. 中部含矿辉长岩层;10. 下部含矿辉长岩层;11. 上部辉石岩含矿层;12. 中下部辉石岩含矿层;13. 橄辉岩含矿层

图2 红格岩体地质简图

Fig. 2 Hongge rock-body geological sketch



图 3 (a)红格岩体韵律旋回图和(b)红格岩体辉长岩似层状特征图

Fig. 3 (a)The sketch showing Hongge rock-body cycle and (b)characteristic of Gabbro's quasi-lamellar

红格矿石结构主要有包含结构、海绵陨铁结构、反应边结构和交代结构;矿石构造总体表现为由岩体上部的稀疏浸染状构造、条带状构造逐渐变为下部的稠密浸染状或块状构造,块状矿体主要分布在红格岩体的中下部。

3 构造与围岩对成矿的控制作用

红格矿区位于米易至红格地段,此地段受川滇南北向构造之安宁河与昔格达两大断裂所控制。该区的断陷盆地、岩浆活动和含矿岩体的产出条件和分布规律都受昔格达断裂带控制,与其相伴生的还有北东、北东东、近东西和南北向的次一级断裂。断裂的形成和演化不但对与岩浆作用有关的矿产起了重要的作用,而且对区内其他热水沉积成矿作用也起了一定的控制作用(刘家泽等,2007)。早期形成的深大断裂具有控岩控矿的特征,后期形成部分南北向断裂,以及近东西向断裂则具有破坏矿体完整程度的作用,从而在红格矿区形成了“棋盘状”的格子断块构造形迹(何政伟等,2012)。

红格含矿岩体不但受昔格达断裂带的控制作用,而且还受围岩的控制作用。因为震旦系灯影组一套碳酸盐岩,所以碳酸盐占有相当的比例,当红格含矿岩体侵入到震旦系灯影组之中时,由于碳酸盐岩具有易溶性,所以该层位节理、裂隙较发育,易被破坏熔(溶)蚀、侵位,起易熔层的作用;然而在含矿岩体与围岩的接触部位是大理岩、变粒岩等时,这些

岩石性质较为稳定,没有碳酸盐岩那么易溶,隔挡岩浆向此层侵位,所以岩浆只能沿易熔(溶)层位——震旦系灯影组方向侵位,形成与分布在前震旦系变质岩地段的许多同类基性-超基性岩。由于围岩条件限制,分异差的小岩体截然相反的具有层状分异的大岩体的特征。同时,由于岩浆熔融体在侵入碳酸盐岩类地层时,吸收了一部分来自围岩碳酸盐岩的一些成分,使岩浆成分发生改变,熔浆中 CaO 含量有所增加,CaO 的加入对成矿具有多种有利作用。一方面,CaO 的加入使岩浆的黏稠度和流动性发生改变,不仅使岩浆的黏稠度有所降低,而且使岩浆的流动性有所提高;另一方面,CaO 的加入使得岩浆中的 SiO_2 、 Al_2O_3 更多的与 CaO 结合,从而阻止了岩浆熔融体中的 Fe 与 SiO_2 结合成硅酸盐,使 Fe 剩余而形成更多的钛磁铁矿。另外,碳酸盐岩类的熔融也会释放出大量的 CO_2 ,对岩浆进一步扩大岩浆房极其有利,这就更有利于岩浆的分异和成矿作用(吴根耀等,1987)。

4 地球化学特征

红格基性-超基性岩主要包括细粒辉长岩、中粒辉长岩、伟晶辉长岩、含橄榄石辉长岩、辉石岩和橄辉岩。除此之外,还有少量代表玄武质岩浆分异后期产物的斜长花岗岩。笔者选取红格矿区不同类型的基性-超基性岩进行主、微量测试,测试结果见表 1。

表1 红格基性-超基性岩的主量元素(%)和微量元素(10^{-6})测试结果表Tab.1 Major Elements of Hongge basic-ultrabasic rock (%) and its trace elements(10^{-6}) test results table

样号	ZK3811 -1	ZK3010 -1	ZK4211 -11	ZK4211 -15	ZK50-5 -5B-H	ZK50-5 -2-H	ZK50-5 -4B-H	ZK50-5 -8	ZK2610 -14	ZK3010 -13	HGN -02	ZK2610 -8	ZK3010 -3
岩石 类型	中粒含 橄辉长岩	含橄 辉长岩	中粒 辉长岩	中粒 辉长岩	中粒 辉长岩	细粒 辉长岩	辉 长岩	伟晶 辉长岩	伟晶 辉长岩	伟晶 辉长岩	辉 石岩	中粒含 橄辉长岩	含橄 辉长岩
SiO ₂	38.04	39.41	36.83	37.98	39.39	47.39	45.33	45.35	41.45	44.11	47.64	49.64	47.02
Al ₂ O ₃	15.52	16.03	8.75	15.02	10.94	13.41	12.97	18.35	12.12	13.62	14.53	19.59	19.03
Fe ₂ O ₃	8.31	6.48	7.06	5.79	8.79	1.42	3.35	1.83	6.85	5.03	1.58	1.83	4.14
TFeO	13.1	13.69	14.67	11.72	12.92	6.62	9.19	8.24	10.85	8.29	9.10	5.42	7.11
CaO	7.84	6.89	11.72	10.55	11.5	15.71	12.6	12.19	13.2	12.35	10.47	10.55	9.47
MgO	5.13	6.84	9.25	6.83	7.99	11.08	9.25	3.85	7.27	8.99	7.29	3.48	4.8
K ₂ O	0.375	0.35	0.13	0.22	0.18	0.16	0.48	0.69	0.17	0.21	1.04	0.64	0.43
Na ₂ O	2.95	2.87	1.52	2.71	1.79	1.25	2.01	3.02	1.71	1.8	2.65	4.03	3.64
TiO ₂	5.36	5.75	7.28	5.27	4.62	0.74	1.87	2.61	3.44	1.53	1.70	2.48	2.34
P ₂ O ₅	0.308	0.193	1.21	2.59	0.077	0.016	0.712	0.918	0.073	0.062	0.44	0.357	0.415
MnO	0.212	0.212	0.281	0.188	0.25	0.161	0.239	0.16	0.184	0.17	0.18	0.107	0.154
Cr	74.8	77.1	95.2	45.1	180	292	679	59.8	237	242	8	32.6	46
Cd	0.14	0.053	0.076	0.036	0.076	0.16	0.12	0.09	0.13	0.11	0.18	0.043	0.051
Rb	7.85	7.58	2.38	1.54	1.79	5.79	20.6	14.4	6.92	8.16	38.8	22.1	5.84
Cs	0.4	1.49	0.14	0.07	0.14	1.09	1.18	0.54	0.37	0.54	0.94	0.52	0.46
V	638	618	748	470	856	226	362	285	900	486	232	182	284
Nb	6.8	6.5	7.22	3.91	2.84	1.24	5	15.4	4.16	1.62	19.1	3.98	5.18
Ta	0.44	0.48	0.52	0.3	0.2	0.1	0.32	1.07	0.28	0.12	1.3	0.31	0.37
Zr	22.6	20.8	24.4	21.1	20.5	19.2	28.9	69.3	27	16.3	79.4	24.3	23.8
Hf	0.72	0.7	0.96	0.8	0.78	0.82	1.42	2.08	0.96	0.72	2.42	0.84	0.78
Be	0.26	0.16	0.09	0.09	0.11	0.13	0.34	0.29	0.14	0.16	0.76	0.36	0.2
Ge	1.41	1.29	1.77	1.31	1.82	1.88	2.09	1.57	1.78	1.52	0.21	1.49	1.43
U	0.25	0.13	0.082	0.093	0.075	0.074	0.13	0.38	0.21	0.12	0.68	0.36	0.11
Th	0.75	0.76	0.43	0.45	0.4	0.41	0.66	1.9	1.06	0.56	3.4	1.09	0.63
La	10.3	4.58	8.9	14	3.97	3.45	16.3	19.9	5.24	3.12	22.1	5.33	8.55
Ce	21	9.3	21.8	34.1	9.69	7.67	38.8	44.9	11.9	7.55	43.6	11.9	17.9
Pr	2.87	1.35	3.64	5.55	1.71	1.31	6.11	6.39	1.85	1.25	6.11	1.68	2.64
Nd	12.6	6.2	19.1	27.8	8.93	6.46	29.7	28.6	9.09	6.6	22.6	8.04	12.3
Sm	2.56	1.26	4.78	6.08	2.43	1.9	6.8	5.95	2.34	1.79	4.74	1.9	2.62
Eu	2.02	1.51	2.22	3.26	1.38	0.88	4.22	2.28	1.08	0.95	1.88	1.6	2.32
Gd	2.55	1.33	4.72	5.94	2.58	1.95	6.78	5.63	2.48	1.91	4.97	2.01	2.62
Tb	0.4	0.2	0.79	0.88	0.5	0.41	1.15	0.94	0.48	0.36	0.94	0.32	0.42
Dy	1.86	0.96	3.77	3.93	2.61	2.31	5.8	4.61	2.52	2.02	5.48	1.63	2

续表 1

样号	ZK3811 -1	ZK3010 -1	ZK4211 -11	ZK4211 -15	ZK50-5 -5B-H	ZK50-5 -2-H	ZK50-5 -4B-H	ZK50-5 -8	ZK2610 -14	ZK3010 -13	HGN -02	ZK2610 -8	ZK3010 -3
岩石类型	中粒含 橄辉长岩	含橄 辉长岩	中粒 辉长岩	中粒 辉长岩	中粒 辉长岩	细粒 辉长岩	辉 长岩	伟晶 辉长岩	伟晶 辉长岩	伟晶 辉长岩	辉 石岩	中粒含 橄辉长岩	含橄 辉长岩
Ho	0.35	0.18	0.69	0.7	0.5	0.48	1.09	0.89	0.5	0.39	1.09	0.31	0.38
Er	0.92	0.49	1.74	1.67	1.27	1.3	2.92	2.4	1.35	1.04	3.16	0.77	0.99
Tm	0.12	0.071	0.24	0.2	0.18	0.2	0.43	0.36	0.2	0.16	0.48	0.12	0.14
Yb	0.76	0.46	1.41	1.08	1.17	1.26	2.63	2.09	1.29	1.02	3.02	0.78	0.87
Lu	0.12	0.081	0.21	0.15	0.19	0.2	0.41	0.33	0.2	0.15	0.48	0.11	0.14
Y	9.6	5.16	20.1	19.7	13.6	13.3	31.3	25.8	14.4	11.3	29.8	8.71	10.7
Re	0.008 5	0.009	0.013	0.01	0.017	0.003	0.007	0.005	0.004	0.005	0.009 4	0.007	0.011

4.1 主量元素特征

红格基性-超基性岩 SiO₂ 含量为 36.83% ~ 49.64%。TiO₂ 含量变化较大,一组为 0.74% ~ 1.87%,另一组为 2.34% ~ 7.28%,前者归属于峨眉山大火成岩省低钛玄武岩系列,而后者属于其中的高钛玄武岩。红格基性-超基性岩具有相对高的 Fe₂O₃, TFe, 和 MgO 含量,其变化范围较大,依次为 1.42% ~ 8.79%, 3.74% ~ 14.67% 和 3.48% ~ 11.18%。Al₂O₃ 的含量较高且比较集中,为 15.52% ~ 19.03%。红格基性-超基性岩一般呈现出低 K₂O、Na₂O 和高 CaO 的特征,本次测试结果显示其含量分别为 0.13% ~ 1.04%, 1.25% ~ 4.03% 和 6.89% ~ 15.71%(表 1)。

在 TAS 图解上(图 4),部分基性-超基性样品落在普通玄武岩区域,其余落在苦橄质玄武岩区域,样品散落分布在碱性和亚碱性的区域内。在 Zr/TiO₂ × 0.0001 - SiO₂ 图解上(图 5),红格岩体所有基性-超基性样品均落在亚碱性的玄武岩区域。同时对该区样品进行了单纯微量元素投图,在 Nb/Y - Zr/TiO₂ × 0.0001 图解上(图 6),除了个别离群点,大部分基性-超基性样品投在亚碱性玄武岩区域。因此,红格基性-超基性岩应该属于亚碱性玄武岩系列岩石。

在 AFM 图解上(图 7),除了 2 个离群点,其余所有红格基性-超基性样品均落在拉斑玄武岩系列的区域内。

综上所述,红格基性-超基性岩具有低硅,高铁、镁、钙,低钠、钾的特征,归属于亚碱性拉斑玄武岩系列岩石。依据 TiO₂ 含量,红格地区基性-超基性岩可以划分为低钛和高钛玄武岩类。

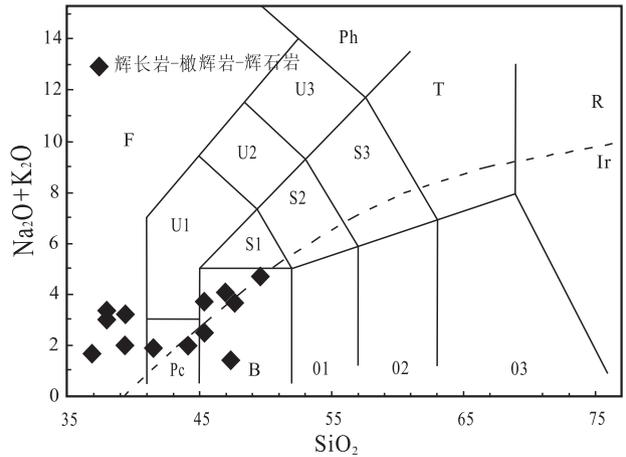


图 4 红格基性-超基性岩的 TAS 图解

Fig. 4 TAS diagram of basic-ultrabasic rocks of Hongge

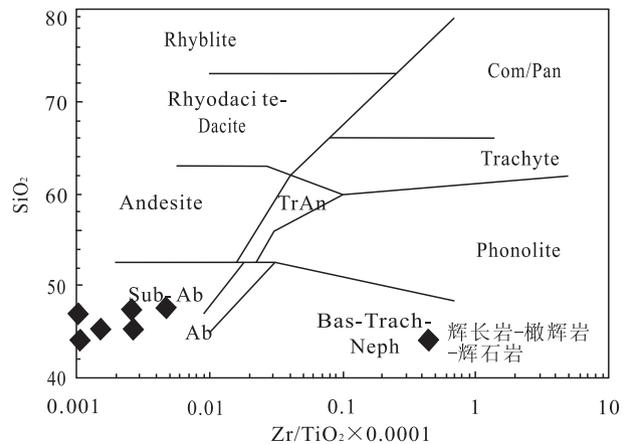


图 5 红格基性-超基性岩 Zr/TiO₂ × 0.000 1 - SiO₂ 图解

Fig. 5 The mafic ultramafic rocks of Hongge in Zr/TiO₂ × 0.0001 - SiO₂ diagram

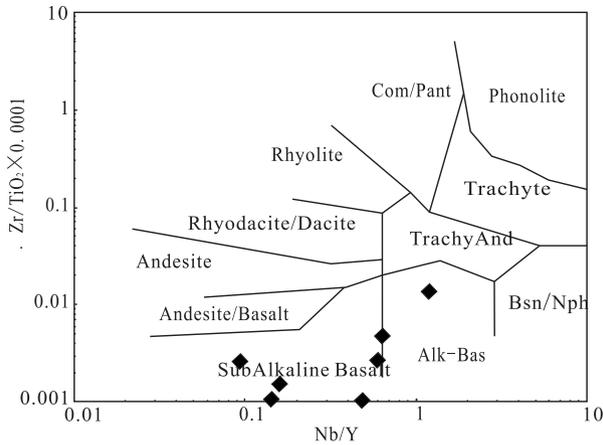


图6 红格基性-超基性岩 Nb/Y - Zr/TiO₂ × 0.000 1 图解
 Fig. 6 The mafic-ultramafic rocks of Hongge in Nb/Y - Zr/TiO₂ × 0.000 1 diagram

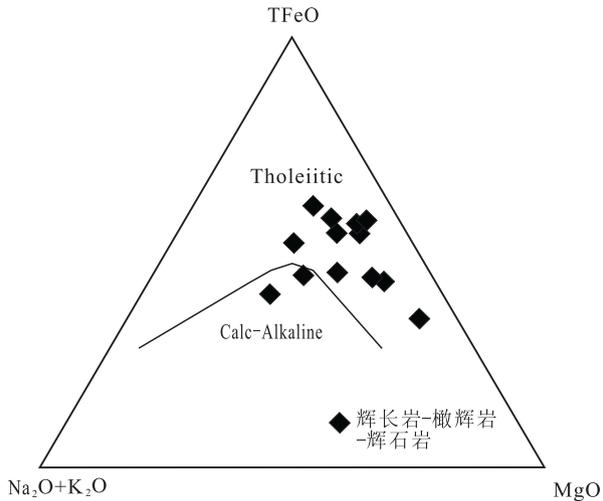


图7 红格基性-超基性岩 AFM 图解

Fig. 7 The mafic-ultramafic rocks of Hongge in AFM diagram

4.2 微量元素特征

红格基性-超基性岩稀土总量较小,为 $33 \times 10^{-6} \sim 154 \times 10^{-6}$ 。样品 LREE 为 $21.26 \times 10^{-6} \sim 108.02 \times 10^{-6}$, HREE 含量为 $16.68 \times 10^{-6} \sim 18.26 \times 10^{-6}$, LREE/HREE 值为 1.01~3.08。在球粒陨石标准化稀土配分图解(图 8)中呈轻微的右倾型,基本上有平坦分布的趋势,轻微富集轻稀土元素。(La/Yb)_N 为 1.96~9.70,轻、重稀土分馏程度不等,多数比较轻微。红格基性-超基性样品普遍发育微弱至强烈的 Eu 正异常((Eu/Eu*)_N = 1.18~3.56)。红格基性-超基性岩稀土总量略低于 OIB,但从整体趋势和特征来看,两者具有很好的相似性。

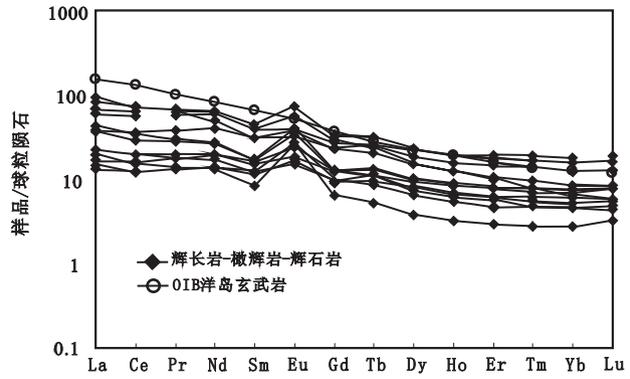


图8 红格基性-超基性岩的稀土配分图解

Fig. 8 Hongge REE and ultrabasic rocks, the graphic

参见原始地幔标准化微量元素蛛网图(图 9),发现红格基性-超基性岩,除了部分元素之外,呈现出基本一致的特征,只是绝对含量略有区别。整体来说,几乎所有样品都呈现出富集大离子亲石元素(Rb、Th、U等),显著亏损高场强元素(Nb、Ta、Zr、Hf)。将 OIB 微量元素的数据与红格基性-超基性样品进行类比,结果发现两者具有很好的可比性,暗示红格基性-超基性岩可能与 OIB 洋岛玄武岩具有相似的岩浆源区,但是在岩浆演化过程中有地壳物质混入。

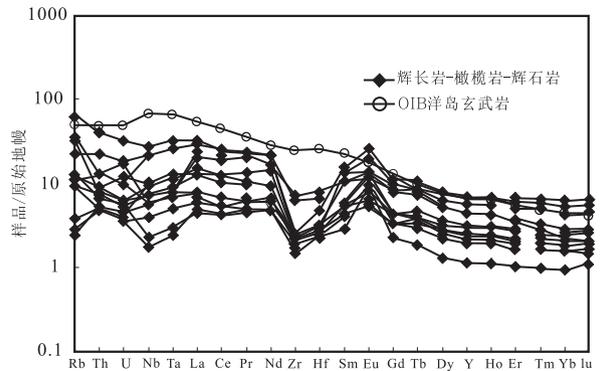


图9 红格基性-超基性岩的微量元素蛛网图

Fig. 9 The trace element of Hongge spider diagram of basic-ultrabasic rocks

5 矿床成因

综上所述,红格基性-超基性岩与 OIB 洋岛玄武岩具有相似的岩浆源区,成矿物质来源于上地幔,玄武岩浆结晶分异过程中有地壳物质混入地幔物

质。矿床的形成对时间与空间要求严格。基性-超基性岩、灯影组白云质灰岩、峨眉山玄武岩是形成红格钒钛磁铁矿床的必要条件。

参考文献(References):

- 张成江,刘家铎,刘显凡,等. 攀西地区金属成矿系统[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2009, 36(4): 377-383.
- ZHANG Chengjiang, LIU Jiaduo, LIU Xianfan, et al. Metal mineralization system in west area [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Natural Science Edition), 2009, 36(4): 377-383.
- 傅敏军. 攀西红格钒钛磁铁矿床地质特征及控矿因素分析[D]. 成都:成都理工大学, 2012.
- FU Minjun. Geological features. Climbing lattice V - Ti magnetite deposits and ore controlling factors of [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2012.
- 罗金华,邱克辉,张佩聪,等. 红格钒钛磁铁矿中钛磁铁矿的矿物学特征研究[J]. 矿物岩石, 成都:成都理工大学, 2013, 33(3): 1-8.
- LUO jinhua, QIU Kehui, ZHANG Peicong, et al. Hongge magnetite titanomagnetite in the mineralogical characteristics [J]. Minerals and rocks, Chengdu: Chengdu Science Industry and Trade University, 2013, 33(3): 1-8.
- 刘家铎,张成江,李佑国,等. 攀西地区金属成矿系统[M]. 北京:地质出版社, 2007: 22-30.
- LIU Jiaduo, ZHANG Chengjiang, LI Youguo, et al. Metal mineralization system in West Beijing [M]. Beijing: Geology Press, 2007: 22-30.
- 吴根耀,王明坤,刘成. 红格岩体的围岩及其时代[J]. 地层学杂志, 1987, 11(4): 251-259.
- 胡素芳,周新华. 镁铁-超镁铁层状侵入体研究现状[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(1): 53-57.
- HU Sufang, ZHOU Xinhua. Mafic ultramafic layered intrusions of [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2001, 20(1): 53-57.
- 李德惠,陈芝董,张懋功. 红格基性超基性层状侵入体北部岩相特征[J]. 成都地质学院期刊, 1980, 1: 1-15.
- LI Dehui, CHEN Zhidong, ZHANG Maogong. Lithofacies of the northern part of the northern based layered intrusion of the northern lithofacies [J]. Chengdu Institute of Geology, 1980, 1: 1-15.
- 李红阳,卢记仁,侯增谦,等. 峨眉山幔柱与超大型矿床[J]. 矿床地质, 2002, 21(S1): 149-151.
- LI Hongyang, LU Jiren, HOU Zengqian, et al. Emei mantle plume and super large deposit [J]. Mineral Deposits, 2002, 21(S1): 149-151.
- 李忠全,刘顺,等. 构造地质学(第三版)[M]. 北京:地质出版社, 2009: 26.
- LI Zhongquan, LIU Shun, et al. Structural geology (Third Edition) [M]. Beijing: Geology Press, 2009: 26.
- 赵伟. 四川省红格钒钛磁铁矿床地质地球化学特征[D]. 成都:成都理工大学, 2012.
- ZHAO Wei. Sichuan Province Hongge magnetite deposit geological and geochemical characteristics of [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2012.
- 张云湘,骆耀南,杨崇喜,等. 攀西裂谷[M]. 地质出版社, 1988.
- ZHANG Yunxiang, LUO Yaonan, YANG Chongxi, et al. Panxi Rift Valley [M]. Geological Publishing House, 1988.
- 何政伟,刘严松,刘明哲. 四川攀枝花深部找矿疑难问题研究[R]. 成都:成都理工大学地质调查研究院, 2012.
- 何政伟,刘严松. 四川攀枝花深部找矿疑难问题研究续作工作项[R]. 成都:成都理工大学、成都地质调查中心, 2013.