

津巴布韦大岩墙 Darwendale 次岩浆房铂族元素 成矿分布和成矿机制探讨^①

张明云, 苏俊亮, 孙国锋

(河南省地质调查院, 河南郑州 450007)

摘要:大岩墙超铁镁质岩层上部主要有三个硫化物带, 铂族元素(PGE)主要分布在这些矿带中, 尤其富集在硫化物带的底部。下部两个矿带属星散硫化物成矿, 二者距离较远; 上部矿带铂族元素品位较高, 分布在十分薄的岩层中。目前对层状硫化物矿床形成的模式尚未进行足够的研究。初步认为下部两个矿带是硫化物从硅酸盐岩浆中经连续的结晶分凝作用形成; 上部矿带是由于岩浆房底部比较原始的岩浆与顶部伴生浆液混合形成。

关键词:大岩墙; 次岩浆房; 铂族元素; 成矿分布; 控矿特征

中图分类号:P588

文献标识码:A

研究区位于占津巴布韦国土面积70%的太古界克拉通中部, 克拉通内广泛发育花岗-绿岩地体, 并伴有多期韧性剪切带构造变形和花岗岩、闪长岩及基性-超基性岩侵入, 是金、镍、铬及铂族元素矿产的主要产出地段。津巴布韦大岩墙是侵位于克拉通中部的一个典型岩浆单元体。

1 地质概况

津巴布韦大岩墙为一延伸很长的墙状铁镁质和超铁镁质侵入体, 长达550 km, 侵入在津巴布韦克拉通太古界花岗岩和绿岩带内(图1)。大岩墙不但以富含高品位铬矿而著名, 而且也是重要的铂族元素成矿地带。大岩墙岩石呈层状产出, 总体为向斜形态, 两边岩层向中间轴部呈缓倾斜状, 岩墙深部有明显的岩体通道。由图1可知, 大岩墙分南、北两个主岩浆房, 两主岩浆房又分5个次级岩浆房组成。所谓次岩浆房是指在一个较大的岩浆结晶分异体系中, 由于受不同物理化学及地质条件变化的控制, 往往使岩浆房形成多个占有一定的时间和空间, 且包括与之相关的矿产, 在成因上彼此密切联系, 具有岩石化学和矿物成分上一些共性的侵入体。本次主要对位于北部的 Darwendale 次岩浆房的含矿分布及控矿特征进行研究。该次岩浆房下部为超铁镁质岩层, 厚度可达2 000 m, 上部仍有风化残留的铁镁

① 收稿日期:2007-03-12

基金项目:国外矿产资源风险勘查项目-津巴布韦 Chinhoyi-Chipinge 一带铬铁铜铂矿勘查研究。

第一作者简介:张明云(1968~)男, 山东曹县人, 地质工程师, 从事矿产资源勘查开发研究工作。

质岩层,主要为辉长岩,厚 1 100 m。下部超铁镁质岩层又分为两层,底部为纯橄榄岩,上部为古铜辉石岩,见插图 2A。超铁镁质岩发育多个岩浆熔离旋回单元,它们大多厚 100 ~ 200 m。铂族元素矿层主要分布在最上部的第一旋回单元内(图 2B)。

2 第一旋回单元特征

该旋回单元岩层在中心部位厚达 420 m,产出的下部超铁镁质橄榄岩和古铜辉石岩层与上部辉长岩的过渡地段。有三个硫化物带发育在该单元内,硫化物带中主要硫化矿物为磁黄铁矿、辉铜矿、黄铜矿、硫铂矿,所有硫化物带均赋存有铂族元素矿层,其中最上部的硫化物带 S1 的底部具有较大的铂族元素矿开发利用潜力。图 2B 中可以看出,该旋回单元可以分为六个次级单元。下部三个单元 1c - 1f 岩层含有铬铁矿,主要为橄榄石组成。1b 层最厚,主要为古铜辉石组成,不含铬铁矿。1a 单元最上部有 40 m 厚的二辉岩,其下部为较薄的古铜辉石岩,并逐步过渡为橄辉岩。该旋回单元岩层的边缘主要以辉石岩为主,所有的次级单元层均变薄,以致橄榄岩在此完全尖灭(图 2C)。明显的特征是在旋回单元岩层的边部多出现含镁较高的古铜辉石,在各次级单元层中均未发现热液作用形成的矿物存在。

3 硫化物带及铂、钯分布特征

有两个硫化物带分布在 1a 次级旋回单元中,另外一个分布在 1b 中。见插图 2。硫化物带 S1 亦称为主硫化物带,在大岩墙内所有次岩浆房的同一层位中均有分布。在 Darwendale 次岩浆房内,主硫化物带 2 m 厚,含有 10% 的浸染状硫化物,该带位于古铜辉石岩与二辉岩的接触带之间。硫化物带 S2 位于 1a 的底部, S3 位于 1b 的古铜辉石岩层内, S2 和 S3 的层厚为 5 ~ 10 m 之间,含有小于 2% 的硫化物。

铂、钯元素的富集与硫化物带分布密切相关,从次岩浆房西部边缘处施工的两个钻孔 AW - 1 和 AW - 2 中得出同样结论(图 1)。AW - 1 钻孔中对 S2 和 S3 硫化物带进行了系统取样,而在 S1 硫化物带内仅取了少量样品。AW - 2 钻孔内 S1 硫化物带进行了较多样品采集。整个岩层内铂和钯富集分异规律相似,即使在硫化物带中硫化物含量不同时,铂和钯等含量线的峰值变化趋势近于一致。铂族元素主要在硫化物带的底部富集(图 3)。每个硫化物带内由底部至顶部随硫化物含量的增加,铂族元素含量呈急剧减少的趋势变化。尤其在硫化物含量峰值区,这种趋势十分显著,而且钯的变化较铂强度高。随硫化物含量的增加, $Pd/(Pd + Pt)$ 比值曲线亦呈明显下降趋势。硫化物内铂、钯含量较低,但在硫化物带的底部

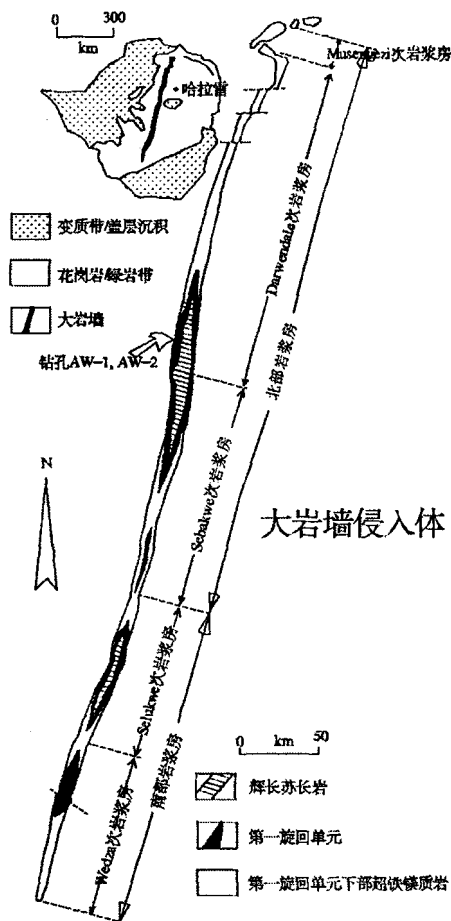


图 1 津巴布韦大岩墙岩浆房分布位置图

Fig. 1 Location of major magma chambers of the Great Dyke in Zimbabwe

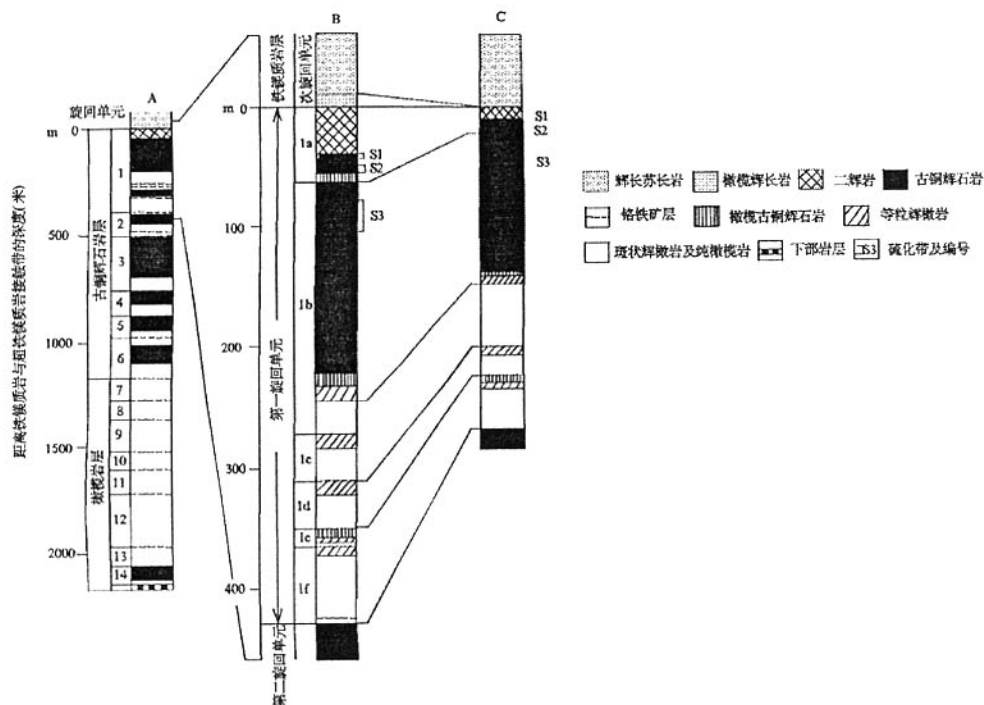


图 2 Darwendale 次岩浆房超铁镁质岩层和第一旋回单元岩性分布图

Fig. 2 Distributions of ultramafic rock formations and lithologic associations of cycle unit 1 of Darwendale subchamber

A-组成整个超铁镁质岩层的旋回单元;B-第一旋回单元组成岩性;C-西部边缘第一旋回单元岩性

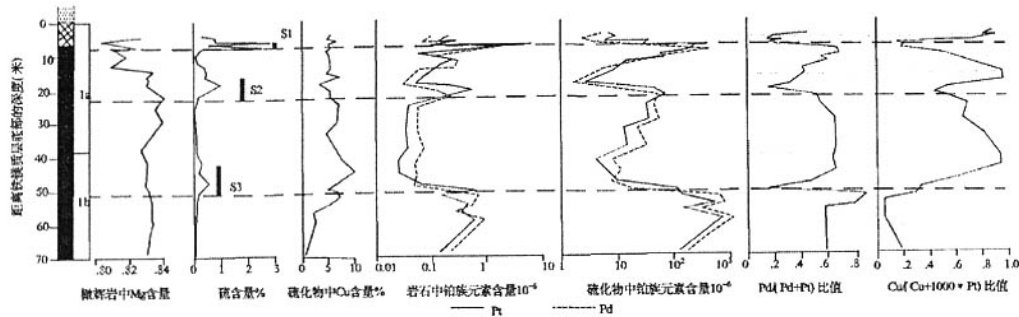


图 3 钻孔 AW-1 内硫、铜、铂族元素及其比值含量等值线图

Fig. 3 Isograms of sulfur, copper and platinum contents and Pd/(Pd + Pt), Cu/(Cu + 1000 × Pt) ratios in borehole AW-1

注:铂族元素采用中子活化分析法测定,误差小于 5%.

含量却急剧增加。铜元素在硫化物中含量变化趋势不明显,Cu/(Cu + 1000 × Pt) 比值曲线更清楚地表明铜和铂元素含量峰值位置发生偏移,三个硫化物带内 Cu/(Cu + 1000 × Pt) 比值的峰值区出现在铂含量最高值上部 2 ~ 10 m 范围内(图 3)。S1 硫化物带出露厚度较 S2 和 S3 薄,可明显划分三个次级铂族元素分带,分别为 S1(I), S1(II), S1(III)(图 4)。每个次级分带中,铂、钯的最高含量值位于硫化物浓集带下部 0.3 ~ 0.5 m, S2 和 S3 硫化物带内同样具备此分布特征。

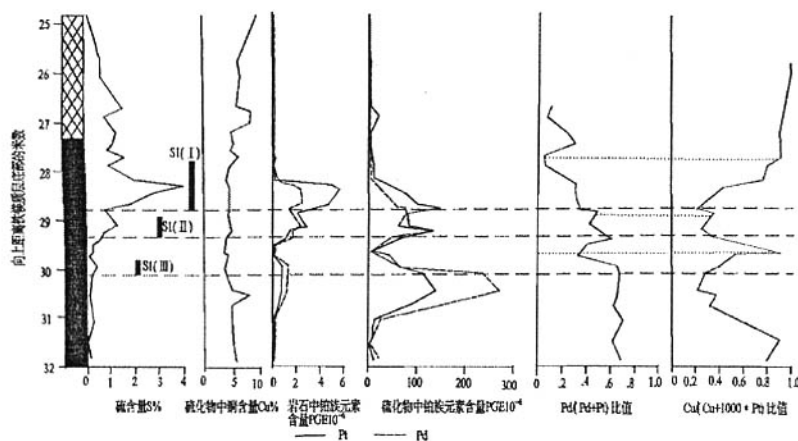


图 4 钻孔 AW-2 内硫、铜、铂族元素及其比值含量等值线图

Fig. 4 Isograms of sulfur, copper and platinum contents and $\text{Pd}/(\text{Pd} + \text{Pt})$, $\text{Cu}/(\text{Cu} + 1000 \times \text{Pt})$ ratios in borehole AW-2

S1(I)、S1(II)和 S1(III)分别为第一硫化物带的三个亚带

4 层状侵入体内硫化物和铂族元素成矿机理

目前有关层状侵入体内层控型铂族元素的成矿机制存在两种观点,一种认为由于铂族元素在硅酸岩浆与含硫化物浆液的过渡相内具有较高的分异系数,随着硫化物热液从岩浆中逐步分离出来,同时铂族元素也发生富集分异,形成矿体。另一种观点认为铂族元素赋存在富含氯的矿液中,随着矿液的运移变化,铂族元素发生沉淀从而富集成矿。因为富含氯的磷灰石以及其它含汽水较多的伟晶岩矿物多出现在世界著名的产铂族矿的杂岩体中,如南非的布什维尔德和 Stillwater 杂岩体,这些岩体内存在热液分异作用,这是铂族元素热液成矿的一个重要证据。但大岩墙内的磷灰石中氯的含量较低,其他伟晶岩矿物也未出现,在第一旋回单元内仅有金云母出现,而金云母在 Darwendale 次岩浆房边缘部位发生富集,它们的形成与硫化物形成无明显的相关联系。而与较晚晶出的斜长石、碱性长石和石英密切相关。

区内铂族元素与硫化物密切相关,而且每个硫化物内铂、钯的分布类型相似,这些充分说明成矿作用是岩浆演化的结果。对南非布什维尔德和 Stillwater 杂岩体中富含铂族元素的硫化物形成进行研究认为,由于斜长石的大量晶出,矿液密度变大,炽热的原始矿液向上运移,喷泉般地挤入较冷的残留岩浆中,形成岩浆脉动成矿理论。然而大岩墙的成矿机制则明显不同,硫化物带内,斜长石还未晶出,因此分异矿液的密度小于原始岩浆密度,而且大岩墙内存在两个明显差别的硫化物带,一种是 S1 厚度较薄但品位较高, S2 和 S3 则属于厚度较大但矿化不集中。同一个成矿机制导致两个不同的控矿类型,这种现象在其它层状侵入体中还未发现。

5 矿床模式

随着 A 点原始岩浆温度下降,橄榄石和辉石大量结晶,以致剩余岩浆中硫化物含量呈现饱和状态,少量硫化物开始与残留岩浆热液分离,在岩浆下部富集,其中硫化物带 S3 的形

成模式就是典型的一例。在上述岩浆演化分异阶段发生之前,新的岩浆未形成脉动侵入。

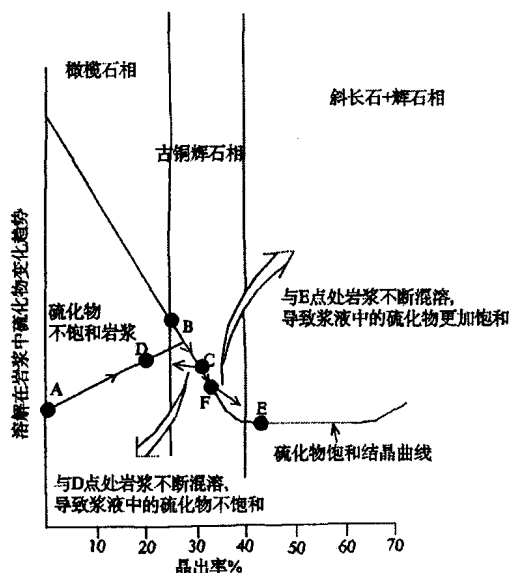


图5 大岩墙岩浆分异作用与硫化物、铂族元素成矿模式演化示意图

Fig. 5 Schematic map showing magma differentiation and metallogenic model of sulphide and platinum group elements in the Great Dyke

该硫化物沉淀模式在图5中能充分体现出来,B点位于硫化物饱和和结晶曲线上,在此点岩浆分异结晶形成硫化物带S2和S3。S2和S3硫化物发生沉淀的同时,也导致铂族元素从岩浆晶出带附近的热液中分离出来,从而发生富集成矿。图5中硫化物的分离持续到C点开始停止,在D点处原始的岩浆多呈脉冲状混入硫化物趋于饱和的浆液中,这样富镁辉石在C点处的岩浆中,随着远离硫化物带S3,呈逐渐减少趋势变化(图3)。密度相对大的原始岩浆和后来较均匀的岩浆多形成连续的紊流作用补给下部含有铂族元素的浆液,古铜辉石的不断结晶和岩浆温度又一次降低,引起硫化物沉淀,最终形成S2硫化物带。

硫化物带S1部分分布在二辉岩中,与上部铁镁质层密切接触。图5中,由于斜长石不断地结晶分离,E点的岩浆应位于岩浆房上部,甚至顶部。这些岩浆与岩浆房底部的F点岩浆不断发生混合作用,并逐步朝着硫化物饱和曲线右边的岩浆趋势演化,使得更多的硫化物从硅酸盐岩浆中分离出来。有明显证据表明,在铁镁质岩层最下部的二辉岩中曾发现演化程度较高的岩浆岩体存在。

6 结论

铂族元素与基性、超基性岩中的硫化物密切相关,尤其富集于硫化物带的底部,从以上分析可以看出,岩浆分异作用为铂族元素富集的主要原因。在岩浆分异的过程中,饱和状态的硫化物与含铂族元素的浆液同时与原始岩浆分离,由于硫化物和铂族元素的活性和物理性质如密度等的差异,使得在硫化物分凝的同时,铂族元素分凝及沉淀更加迅速,形成了每一个硫化物分凝旋回底部铂族元素富集;至旋回的上部,随着硫化物继续分凝,而铂族元素因在浆液中的含量迅速降低,其在硫化物带中的含量也降低。

参考文献

- [1] 高长林,秦德余,吉让寿,等. 东秦岭三类构造环境中的铁镁-超铁镁岩的地球化学特征[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1990:106-127.
- [2] Buchan, R. Origin of chromites seams in the Hartley Complex of the Great Dyke of Zimbabwe [J]. *Economic Geology*, 1989, 45:95-113.
- [3] Barnes, Stephen J, Naldrett, A. J. Geochemistry of the Stillwater Complex [J]. *Economic Geology*, 1985, 80:709-729.
- [4] Campbell, I. H., Naldrett, A. J., Barnes, S. J. A model for the origin of the platinum-rich sulphide deposits in the Bushveld and Stillwater Complexes [J]. *Journal of Petrology*, 1983, 24:133-165.
- [5] Maltreat, A. J., Duke, J. M. Platinum metals in magmatic sulphide ores [J]. *Science*, 1980, 208:1417-1428.
- [6] Wilson, A. H. The geology of the Great Dyke, Zimbabwe: The ultramafic rocks [J]. *Journal of Petrology*, 1982, 23:240-292.

Metallogenic distribution and mechanism of platinum group elements in the Darwendale subchamber of the Great Dyke, Zimbabwe

ZHANG Ming-yun, SU Jun-liang, SUN Guo-feng
(Henan Institute of Geological Survey, 450007 Zhengzhou, China)

Abstract

Three sulphide zones with platinum group elements (PGE) mineralization have been discovered in the upper part of the ultramafic rock formations of the Great Dyke, Zimbabwe. The PGE are concentrated at the base of the sulfide zones; the lower two sulphide zones have scattered sulfide mineralization with a thick interval apart; the upper zone concentrates high grade PGE in a thinner rock formation. The models for the formation of stratabound sulphide deposits in bedded intrusions have not been interpreted adequately. It is proposed primarily that the two lower sulphide zones were resulted from continuous fractional segregation of sulphide from the silicate magma, while the upper zone was formed through mixing of a relatively primitive magma at the base of the chamber with an evolved liquid derived from the top of the chamber.

Key words: The Great Dyke; subchamber; PGE; distribution of mineralization; ore control mechanism