

文章编号: 1009-3850(2004)03-0001-14

扬子地台西南缘传统型铂族矿产地质特征

丁俊, 杨家瑞

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要:传统型铂族矿产, 系指与镁铁质岩浆成矿作用有关的铂族矿产资源。华力西运动时期, 扬子地台西南缘沿超壳深断裂带发生的大陆裂谷作用, 为来自上地幔的镁铁质(拉斑玄武岩质)岩浆的上涌和侵位提供了极为有利的前提条件。含铂基性超基性岩的时空分布, 受到大陆裂谷作用的主要发生发展时期和裂谷活动带的控制。通过对典型矿床特征及其成矿作用的探讨, 论述了扬子地台西南缘主要的铂族矿床类型; 并从四维成矿的角度, 阐述了对区域成矿规律的一些基本认识。

关键词: 镁铁质岩浆侵入岩; 铂族矿产; 成矿特征; 扬子地台西南缘

中图分类号: P618.53

文献标识码: A

1 区域地质矿产概述

扬子地台西南缘, 东邻上扬子台褶带, 北与松潘-甘孜褶皱带相接, 西伴西南三江褶皱系, 南临华南加里东褶皱系。它是一个历经了漫长复杂的地质发展演化的区域。

该区域具有鲜明的地台型“三元结构”建造特征——以新太古代—古元古代地层为结晶基底, 中、新元古代地层为褶皱基底, 古生代以来地层为盖层, 受到深断裂活动的控制。不同的地质构造块体形成了不同的建造和矿产, 还构筑了该区隆、拗相间的基本构造格局。

新太古代—古元古代地层以康定群、哀牢山群、大红山群为代表, 主要由原岩为大洋拉斑玄武岩向钙碱性火山岩演化的活动型火山-复理石建造经高绿片岩相—角闪岩相变质的变质岩、混合岩和深熔岩浆(变质)杂岩组成。在大红山、哀牢山、攀枝花等地变质岩中, 获得的一批2500~1600Ma的同位素年龄值, 大致界定了扬子地台西南部原始地槽大洋火山-复理石建造变质结晶基底的形成时限。该时期

玄武质岩浆分异的镁铁质岩浆侵入活动, 导致了铁、铜、镍矿产和铂族元素矿化的发育。古元古代大红山地区基性火山喷发-沉积旋迴, 控制了“大红山式”变质古海相火山喷发-热液型富铁铜矿床的产出。

进入中元古代以后, 该区曾一度上升成陆, 继而后由结晶基底(古陆核)构成的刚性地壳发生裂隙, 地壳演化出现明显差异。扬子陆缘内侧出现了近南北向的裂隙海盆(如昆阳海槽、东川海槽), 发育了以会理群为代表的火山-类复理石建造和以昆阳群为代表的类复理石冒地槽沉积。在会理群中形成了以“拉拉厂式”为代表的火山变质铜矿; 在昆阳群中则形成了以热卤水胶体化学沉积为主、机械沉积为辅, 经变质改造富化的远火山-沉积变质改造型铜矿床(东川式)和火山-沉积改造型铁矿床。

850Ma左右的晋宁运动, 使中、新元古代地层普遍褶皱、变质, 形成大型拗陷及隆起, 并沿安宁河-绿汁江深断裂带发生了基性、超基性及大量的酸性岩浆侵入活动。北起四川泸定之北、南达云南石屏龙潭一带, 形成了长达700余公里的中酸性岩浆侵入岩带, 构成了康滇古陆上颇具远景的南北向钨锡成

收稿日期: 2004-08-25

第一作者简介: 丁俊, 1954年生, 博士, 研究员, 主要从事区域地质和矿产地质研究。

矿带。

早、中震旦世, 该区主要处于大陆环境, 形成了一套以陆相为主、局部为海相的火山岩建造及河流相碎屑岩建造。沿安宁河-绿汁江深断裂带, 有大陆相基性—中基性—酸性火山的溢流-喷发和岩浆侵入活动。晚震旦世灯影期的大规模海侵, 形成了以镁质碳酸盐为主的沉积组合, 它们是层控铅锌(银)矿床的主要含矿层位之一。

古生代, 该区总体上处于稳定的地台环境, 大部分地区为古陆遭受剥蚀, 局部地区发育了稳定的地台型海相盖层沉积。早寒武世滨海潮坪相碳酸盐建造, 生成了巨大的磷块岩矿床, 在其上的浅海海湾相细碎屑岩建造中, 有富含钼、镍、钒、银、铀的黑色岩系产出。泥盆系为铁、磷的赋存层位; 二叠系碳酸盐岩中, 有叠层状控型铅锌(银)矿床的产出。特别值得一提的是: 华力西运动时期, 扬子地台西南缘遭到普遍的张裂活动, 沿安宁河-绿汁江、洱海-红河、金河-程海等深断裂带发生了大陆裂谷作用, 导致了来自上地幔的镁铁质—超镁铁岩浆的侵入、喷溢活动, 形成了由基性、超基性岩—玄武岩—正长岩组成的“西南暗色岩系”, 是区内钒、钛、铁、铜、镍、铂族矿产的重要成矿时期。

中生代的地层发育较全, 以滨海潮坪台地相稳定型沉积为主。直至晚三叠世及其以后, 逐渐转变为海陆交互相或陆相含煤碎屑沉积和含铜砂岩沉积。

新生代时期, 随着印度板块与欧亚板块的最终碰撞, 扬子地台西南缘亦遭受到强烈的挤压、剪切活动, 不但将各时期的构造形迹融集一体, 还在陆缘的构造应力集中区, 驱动了上地幔或下地壳源的同熔型深源中酸性岩浆侵入活动, 形成了斑岩型铜(钼)、金、铅、锌等矿产。

2 主要基性超基性岩带地质特征

镁铁质—超镁铁质岩浆侵入活动形成的基性、超基性岩, 作为上地幔物质在裂谷早期穹起阶段通过上地幔扩张轴→亚幔柱→幔枝(构造)在地壳浅部定位的产物^[1], 必然地与超壳深断裂的活动密切相关, 基性、超基性岩的分布也必然表现出沿深断裂带成分布、分段集中的空间分布特点。

扬子地台西南缘的基性、超基性岩, 可划分出 3 条主要的基性超基性岩带——安宁河-绿汁江基性

超基性带(Ⅰ)、洱海-红河基性超基性岩带(Ⅱ)、金河-程海基性超基性岩带(Ⅲ)(图 1)。

2.1 安宁河-绿汁江基性超基性岩带

该岩带出露于康滇古陆轴部一带, 沿安宁河-绿汁江深断裂带呈南北向带状展布, 基性、超基性岩体主要集中分布于丹巴—泸定、攀枝花—元谋、石屏—红河地区, 主要有中条期(新太古代—古元古代)、晋宁期、华力西期等基性、超基性岩产出, 岩带全长 810 km。

1. 中条期基性、超基性岩

该期以基性岩为主, 相对集中分布于四川兴文坪—泸定、云南哀牢山东侧及石屏—红河地区。

基性杂岩体多呈层状、岩盆状、岩株状赋存于变质岩结晶基底岩系内, 同位素年龄值为 $(2524.9 \pm 724) \sim 1713 \text{ Ma}$ 。层状基性杂岩体常由暗色矿物种类、含量和斜长石含量的变化, 构成“韵律式”旋回的岩相变化, 总体表现出底部相偏基、上部相偏酸的“层状”分异特点。非层状基性杂岩体局部有超基性岩出现, 常具中心部位基性程度较高的“基性核”式分异特征。超基性杂岩体以超基性岩为主, 外侧有少量基性岩分布。超基性岩体多呈岩株状、透镜状、脉状产出, 岩石类型复杂, 蛇纹石化强烈, 变质、变形显著。

在四川兴文坪基性岩中测得 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值为 0.7044。在 A-F-M 图上(图 2), 基性、超基性岩的样点多落在高铝或拉斑玄武岩区, 并有向拉斑玄武岩演化之趋势。基性超基性岩的稀土元素属低—中含量, 轻稀土中等富集型, 钕为弱负异常—正异常。稀土分配曲线协调, 向右平缓倾斜, 钕呈小谷或小峰(图 3)。上述资料均反映了中条期基性、超基性岩为上地幔玄武质岩浆产物的特征。

基性、超基性岩的镁铁比值(M/F), 基性岩为 0.6~0.45, 一般 1.0 左右; 超基性岩为 2.5~6.0, 平均为 4.0。相当于铁质基性岩、镁铁质超基性岩类。

2. 晋宁期基性、超基性岩

该期岩体多呈岩盆、岩株、岩墙或岩枝状、脉状侵入于结晶基底变质岩系和褶皱基底变质岩系中, 与中条期基性、超基性岩具有大致同空间产出的特点。同位素年龄值为 1481~823 Ma, 属中—新元古代。

岩株、岩盆、岩墙状基性杂岩体多侵位于构造复合部位和褶皱轴部, 岩枝、岩脉状岩体则受派生断裂

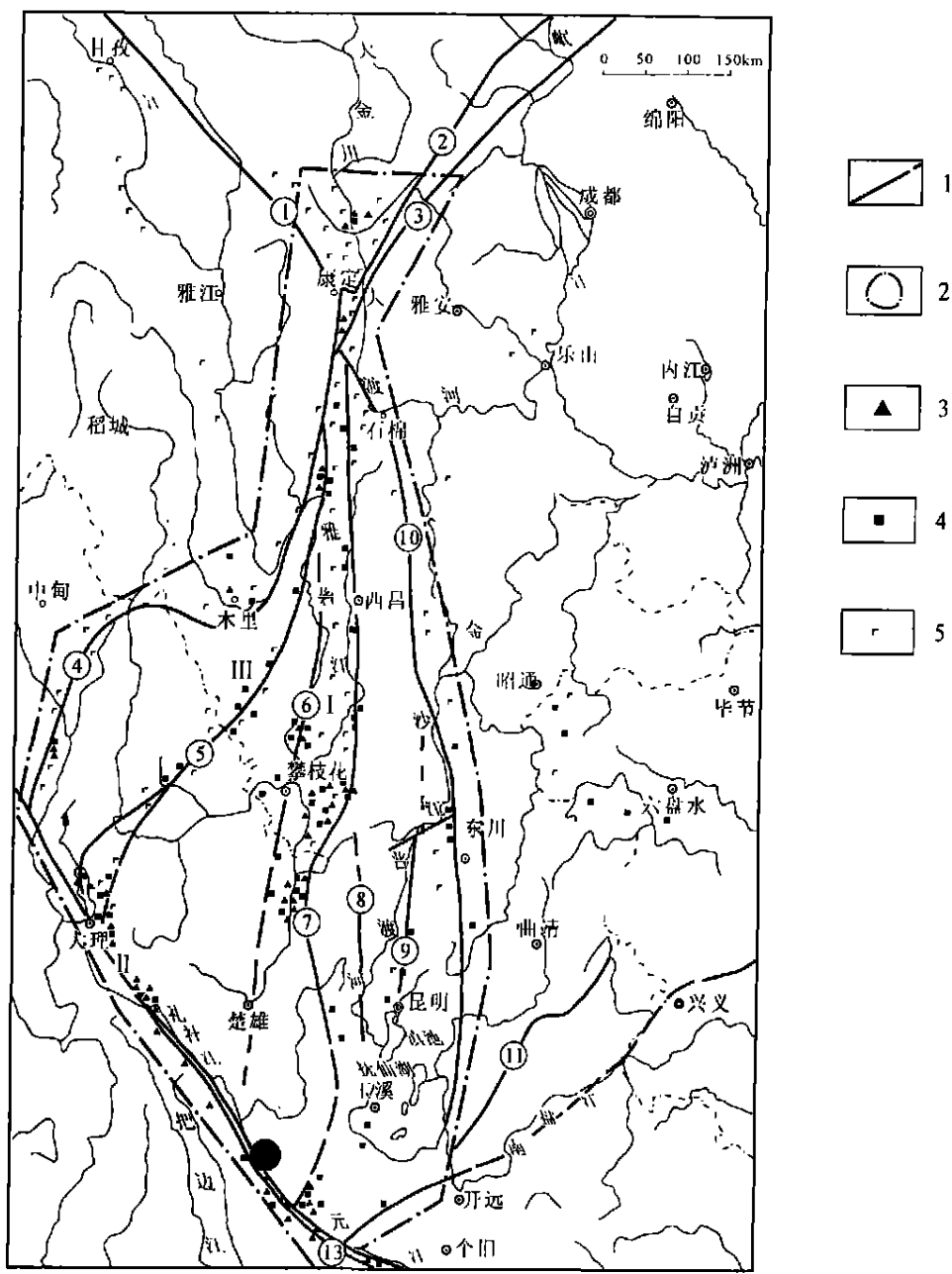


图 1 扬子地台西南缘基性、超基性岩分布略图

1. 深大断层; 2. 研究区范围; 3. 超基性岩群; 4. 基性岩群; 5. 基性火山岩。①. 鲜水河断裂; ②. 茂县-汶川断裂; ③. 龙门山断裂; ④. 剑川-玉龙雪山断裂; ⑤. 金沙江-程海-洱海断裂; ⑥. 攀枝花-楚雄断裂; ⑦. 安宁河-绿汁江断裂; ⑧. 易门断裂; ⑨. 普雄河-普渡河断裂; ⑩. 小江断裂; ⑪. 弥勒-师宗断裂; ⑫. 金沙江-点苍山-哀牢山断裂; ⑬. 红河断裂。I. 安宁河-绿汁江基性、超基性岩带; II. 洱海-红河基性、超基性岩带; III. 金沙江-程海基性、超基性岩带

Fig. 1 Distribution of the basic and ultrabasic rocks on the southwestern margin of the Yangtze platform

1= deep-seated fault; 2= limit of studied area; 3= ultrabasic group complex; 4= basic group complex; 5= basic volcanic rocks. ①= Xianshuihe fault; ②= Maoxian-Wenchuan fault; ③= Longmenshan fault; ④= Jianchuan-Yulongxueshan fault; ⑤= Jinhe-Chenghai- Erhai fault; ⑥= Panzhihua-Chuxiong fault; ⑦ Anninghe-Luzhijiang fault; ⑧= Yimen fault; ⑨= Puxionghe-Puduhe fault; ⑩= Xiaojiang fault; ⑪= Mile-Shizong fault; ⑫= Jinshajiang-Diancangshan-Ailaoshan fault; ⑬= Honghe fault. I = Anninghe-Luzhijiang basic and ultrabasic rock belt; II = Erhai-Honghe basic and ultrabasic rock belt; III= Jinhe-Chenghai basic and ultrabasic rock belt

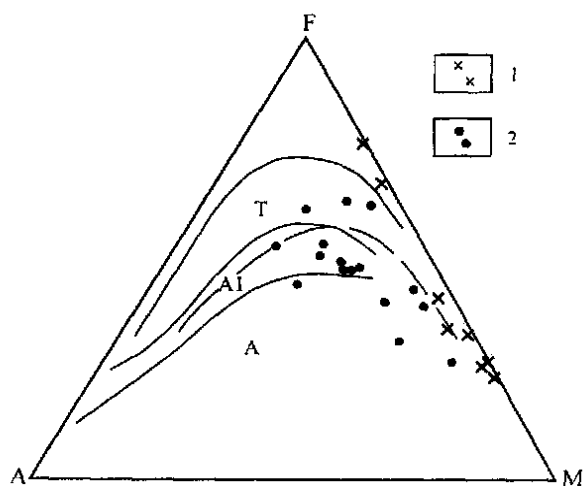


图2 中条期基性、超基性岩 A-F-M 图解(据四川省区域地质志, 1991)

T. 拉斑玄武岩; Al. 高铝玄武岩; A. 碱性玄武岩。1. 超基性岩, 2. 基性岩

Fig. 2 A-F-M diagram of the Zhongtiaoan basic and ultrabasic rocks

T= tholeiite; Al= high-Al basalt; A= alkaline basalt. 1= ultrabasic rocks; 2= basic rocks

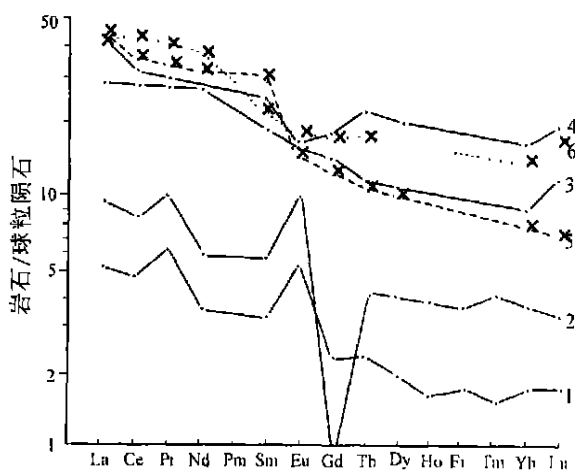


图3 中条期基性超基性岩稀土元素分配型式图

1、2、3. 椿树坪(1、2 据成都地质矿产研究所, 1983); 4. 檬子潭; 5. 兴文坪; 6. 营盘(据攀西裂谷队, 1982)

Fig. 3 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the Zhongtiaoan basic and ultrabasic rocks from Chunshuping (1, 2 and 3), Mengzitan (4), Xingwenping (5) and Yingpan (6)

和交叉断裂的控制。杂岩体中的基性岩、超基性岩常呈渐变过渡关系, 显示同源分异特点。

基性岩的镁铁比值(M/F)一般为 $0.74 \sim 1.46$, 属铁质基性岩类。超基性岩的镁铁比值(M/F)平均 6.59 , 属镁铁质—铁镁质超基性岩类。

3. 华力西期基性、超基性岩

该期岩体的分布北起四川天全昂州河, 南至云南元谋、永仁一带, 北窄南宽, 断续分布, 长约 500km 、宽 $20 \sim 50\text{km}$ 。

攀西地区以层状侵入体为主, 其中下部由辉石岩、橄榄辉石岩、橄榄岩等交替出现组成“韵律”, 其上的辉长岩中则各种暗色矿物、铁钛氧化物和斜长石含量频繁变化, 构成“韵律层”结构。主要钒钛磁铁矿层或钒钛磁铁矿型铂矿化、局部硫化物型铂矿化, 总体上产于层状岩体的中下部或底部。非层状基型—超基性杂岩体多由辉绿岩、辉长岩、辉石岩、橄榄辉石岩、橄榄岩等组成。与层状侵入体不同的是, 非层状侵入体没有岩浆结晶堆积形成的“韵律”层状结构, 而具有较明显的垂向分异特征。层状侵入体为钒铁磁铁矿的成矿母岩, 非层状侵入体则与硫化物铜镍(铂)型矿化具有较密切的关系。

四川丹巴和云南元谋—永仁地区多以岩株、岩

盆、岩墙或以层状基性—超基性杂岩体为主, 以超基性岩占主导地位。元谋—永仁地区主要有辉石橄榄岩—橄榄岩型、橄榄岩型、辉石岩型、橄榄岩—辉石岩—辉长岩型和辉石岩—辉长岩—正长岩型(属燕山早期)5个岩体类型, 岩体多具“下基上酸”的层带状垂向分异或中心偏基、两侧偏酸的同心环带状对称分异特征。前4类主要属镁铁质超基性岩类, 后一类为富铁质—铁质—超基性岩类; 前4类均具硫化物铜镍型铂矿化, 后一类则是赋存钛磁铁矿型铂矿化的岩体类型。

攀西地区基性、超基性岩的同位素年龄主要在 $400 \sim 300\text{Ma}$ 之间, 有极个别 $567 \sim 510\text{Ma}$ 的年龄值出现; 元谋—永仁地区基性、超基性岩同位素年龄值为 $418 \sim 328\text{Ma}$, 大致相当于泥盆纪—石炭纪, 仅安益岩体获得 187Ma 的同位素年龄数据。结合华力西早中期金河断裂与安宁河断裂之间出现的玄武岩—粗安岩—菱长岩—碱流岩和晚期分异的碱性花岗岩组合, 以及安宁河断裂与小江断裂之间存在的玄武岩或碱性玄武岩组合等大陆裂谷典型的双模式岩浆系列, 可以认为, 安宁河—绿汁江构造带是一个在中、新元古代盐边—昆阳古裂谷带和会理火山弧背景的基础上发展起来的华力西期古裂谷带。该古裂谷带

在加里东末期开始发动,而于华力西期达到高潮的发展过程,不但导致了拉斑玄武质岩浆的广泛喷溢,还造就了华力西期基性、超基性岩与晋宁期基性、超基性岩大致同空间的侵位。华力西期基性—超基性(主)杂岩体,孕育了迄今最有价值的硫化物铜镍型铂钯矿化。

2.2 洱海-红河基性超基性岩带

该岩带北起云南大理海东地区,南至南华五顶山,呈北西向延长大于90km。据航磁异常推测,隐伏基性、超基性岩带可能往南东方向继续延伸。

岩带位于扬子地台西南边缘,已知含铂基性超基性岩群出露在北西向构造与北纬 $25^{\circ}40'$ 左右隐伏东西向基底构造复合部位的北东、南东西侧,是构造应力特别集中的区域。

以超基性岩为主的基性—超基性杂岩体多呈岩床、岩株状侵入于奥陶系、泥盆系中,岩体与围岩呈侵入接触关系,围岩普遍发生角岩化、绿泥石化、硅化、滑石化、大理岩化蚀变。在金宝山超基性岩体橄榄岩中测得同位素年龄为304和322Ma,略晚于元谋—永仁地区含铂基性—超基性杂岩的形成时期,但同属华力西期。

含铂基性—超基性杂岩体有3个岩体类型——橄榄岩(主)型、橄榄岩(主)-辉石岩-辉长岩型、橄榄辉石岩-辉石岩-辉长岩型。橄榄岩型分异不明显,岩相较单一,略显中心相偏基、边缘相偏酸的层带状对称分异特征;而其他两个类型分异较好,层带状对称分异特征明显。M/F值为1~5.27,多数为2~4,主要属镁铁质基性—超基性岩类。部分岩体的铂钯含量高达 0.137×10^{-6} 和 0.520×10^{-6} 。3个岩体类型均产出有硫化物铜镍型铂钯矿床。

2.3 金河-程海基性超基性岩带

该岩带北起四川石棉西,向南经金河、箐河西侧进入云南,沿程海深断裂带分布。为一斜置于安宁河-绿汁江岩带和洱海-红河岩带之间的基性超基性岩带,长约450km。

岩带的组成以玄武岩、苦橄玢岩、基性侵入岩为主,超基性岩分布较零星,多呈脉状、岩床状产出,但沿程海断裂西侧,有一系列推测为基性、超基性岩引起的航磁异常分布。除在四川冷水箐基性—超基性杂岩体中,已知有小型硫化铜镍矿产出以外,岩带的含铂性尚不明了;但在云南宁蒗、丽江地区,有规模较大、分异较好、以超基性岩为主的基性—超基性杂

岩体存在。因此,岩带的含铂性依然不可忽视。

3 典型矿床

扬子地台西南缘的铂族金属矿产主要分布在安宁河-绿汁江、洱海-红河基性超基性岩带内,迄今已发现大、中、小型矿床14个,矿点、矿化点20处以上。因对四川钒钛磁铁矿型铂矿化、硫化物铜镍型铂矿化、与玄武岩有关的铂矿化的研究工作尚待深入,现仅以研究程度相对较高的云南铂矿床为例。

3.1 云南金宝山铂钯矿床

云南金宝山铂钯矿床位于扬子地台康滇地轴的滇中中台坳西部边缘,紧靠红河深断裂东侧分布(杨廷祥等,云南省弥渡县金宝山铂钯矿典型矿床研究报告,1989)。它产出于局部出露的由泥盆系组成的短轴背斜轴部一带。由于其处于北西向构造与隐伏东西向基底构造交汇部位,以及红河、哀牢山、阿墨江等深(大)断裂收敛部位东侧的三江褶皱系与扬子地台的交接部位附近,超基性岩的侵位和成矿作用,毫无疑问地受到华力西期哀牢山次级洋壳板块向扬子地台俯冲的强大影响,与由此而诱发的红河深断裂带华力西期的陆缘裂谷作用密切相关^[2]。

金宝山超基性岩群共有岩体11个,总体呈顺层侵入的岩床状产出(图4)。以含矿的1号岩体规模最大,已知南、北总长4760m,东西宽760~1223m,垂直厚8.16~170.11m,常见华力西期基性岩被超基性岩“捕虏”的现象。岩体岩相较单一,以单辉橄榄岩为主,单辉辉石橄榄岩、单辉橄榄辉石岩、单辉辉石岩仅呈现小异离体分布于岩体中部或下部。岩体铂钯含量高达 0.502×10^{-6} ,M/F值2.5~5.9,一般为3.5~4.4,主要属镁铁质超基性岩类。在单辉橄榄岩中测得K-Ar法年龄302Ma、Rb-Sr法年龄322Ma。

岩石造岩矿物以贵橄榄石、单斜辉石为主,次为普通角闪石、黑云母、斜长石和少量的斜方辉石;副矿物为铬尖晶石、钛铁矿、磁铁矿。

据岩石化学分析结果进行岩石化学参数特征值计算,作出尼格里-巴特尔阳离子法 $OI'-Ne'-Q'$ 图解(图5)、麦克-唐纳参数值A-F-M图解(图6)、C.I.P.W.参数值Di-Oi-Hy-Q-Ne投影图(图7),表明矿区基性、超基性岩具有相对富铝贫碱、二氧化硅极不饱和的特点(图7),基性、超基性岩是亚碱性拉斑玄武质岩浆同源分异的产物。

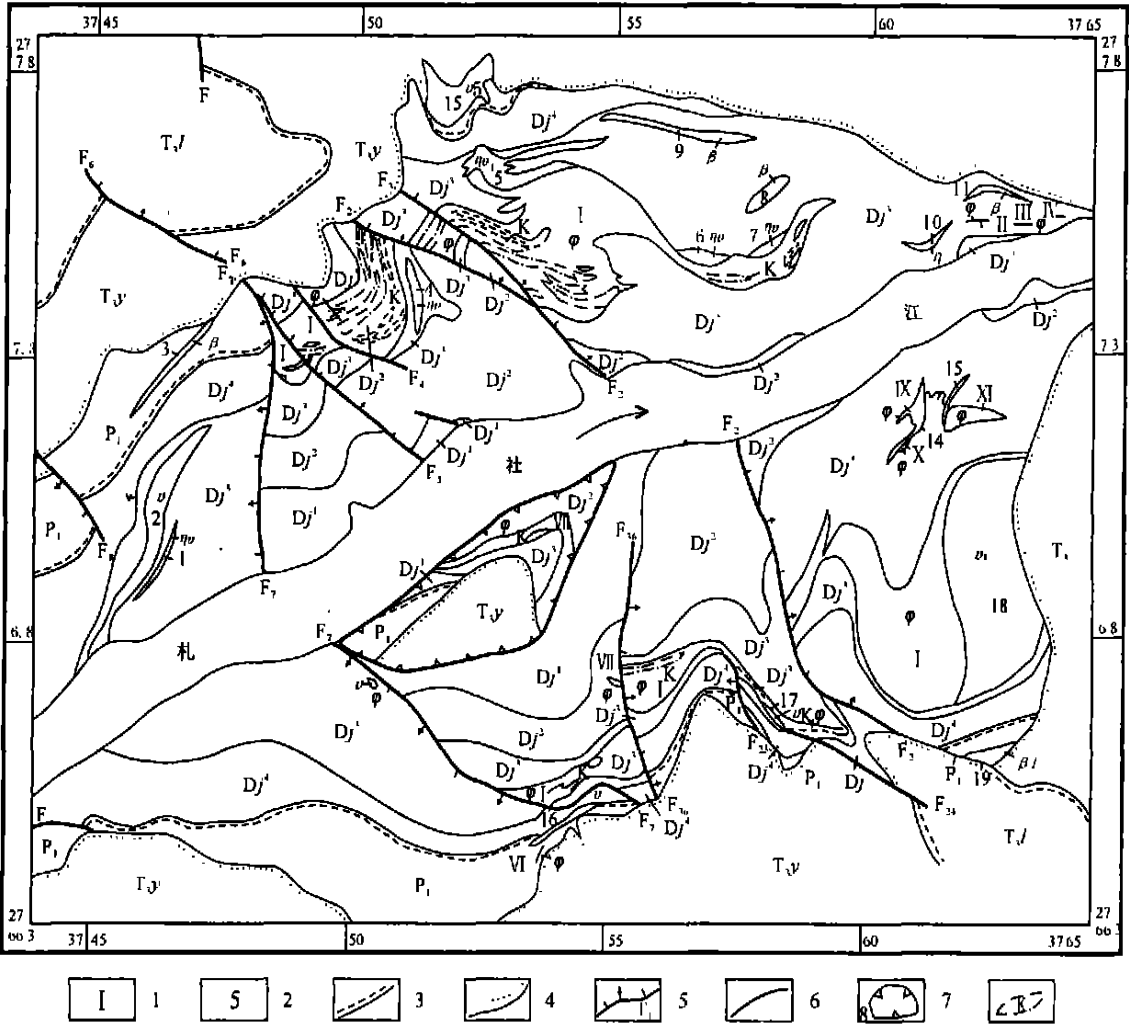


图4 金宝山矿区主要基性、超基性岩体分布图

T₃L. 上三叠统罗家大山组; T₃Y. 上三叠统云南驿组; P₁. 下二叠统; Dj⁴. 泥盆系金宝山组第四段; Dj³. 泥盆系金宝山组第三段; Dj². 泥盆系金宝山组第二段; Dj¹. 泥盆系金宝山组第一段; υ₅. 印支—燕山期辉长岩; υ₄. 华力西期辉长岩; ηυ₄. 华力西期辉绿辉长岩; φ. 华力西期超基性岩; υ. 印支—华力西期辉长岩; ηυ. 印支—华力西期辉长辉绿岩; η. 印支—华力西期辉绿岩; υη. 华力西期辉绿辉长岩; β. 蚀变基性岩。1. 超基性岩体编号; 2. 基性岩体编号; 3. 假整合界线; 4. 不整合界线; 5. 正断层及编号; 6. 性质不明断层; 7. 现代滑坡断层; 8. 矿体

Fig. 4 Distribution of the basic and ultrabasic rocks in the Jinbaoshan mining district

T₃L= Upper Triassic Luojiadashan Formation; T₃Y= Upper Triassic Yunnanyi Formation; P₁= Lower Permian; Dj⁴= fourth member of the Devonian Jinbaoshan Formation; Dj³= third member of the Devonian Jinbaoshan Formation; Dj²= second member of the Devonian Jinbaoshan Formation; Dj¹= first member of the Devonian Jinbaoshan Formation; υ₅= Indosinian—Yanshanian gabbro; υ₄= Variscan gabbro; ηυ₄= Variscan gabbro-diorite; φ= Variscan ultrabasic rocks; υ= Indosinian-Variscan gabbro; ηυ= Indosinian-Variscan gabbro-diorite; η= Indosinian-Variscan diorite; υη= Indosinian-Variscan diorite-gabbro; β= altered basic rocks. 1= ultrabasic massif and its number; 2= basic massif and its number; 3= pseudoconformity; 4= unconformity; 5= normal fault and its number; 6= unknown fault; 7= modern landslide fault; 8= orebody

矿区超基性岩稀土总量平均为 36×10^{-6} , 其中 LREE 平均 27.8239×10^{-6} , HREE 平均 9.0657×10^{-6} , L/H 值平均 3.57。基性岩稀土总量平均为

226.088×10^{-6} , LREE 平均 37.4697×10^{-6} , HREE 平均 8.5352×10^{-6} , L/H 值平均 4.39。基性岩、超基性岩稀土总量平均为 107.839×10^{-6} , LERR 平均

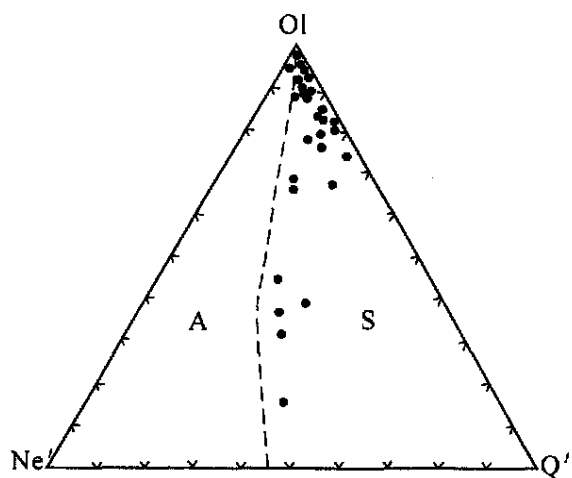


图5 Ol'-Ne'-Q'图(据杨廷祥等, 1989)

$$Ol' = Ol + 3/4Hy; Ne' = Ne + 3/5Ab; Q' = Q + 2/5Ab + 1/4Hy$$

Fig. 5 Ol'-Ne'-Q' diagram (after Yang Tingxiang et al., 1989)

$$Ol' = Ol + 3/4Hy; Ne' = Ne + 3/5Ab; Q' = Q + 2/5Ab + 1/4Hy$$

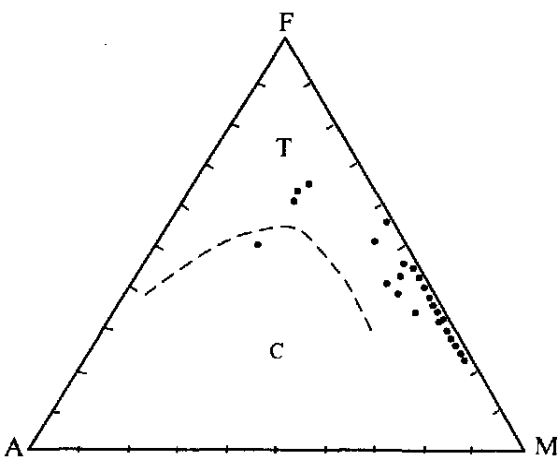


图6 A-F-M图(据杨廷祥等, 1989)

T. 拉斑玄武岩系列; C. 钙碱性系列

Fig. 6 A-F-M diagram (after Yang Tingxiang et al., 1989)

T= tholeiitic series; C= calc-alkaline series

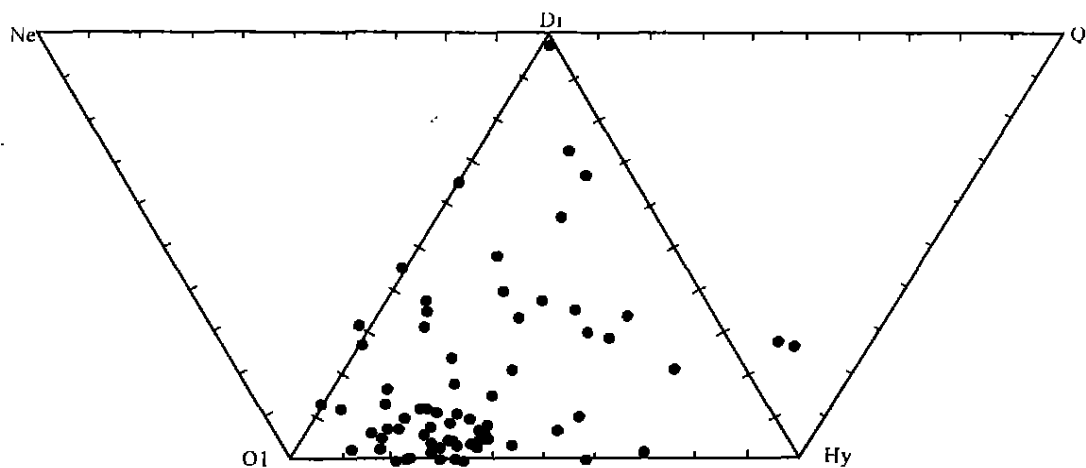


图7 Di-Ol-Hy-Q-Ne 投影图(据杨廷祥等, 1989)

Fig. 7 Di-Ol-Hy-Q-Ne projection (after Yang Tingxiang et al., 1989)

88.11×10^{-6} , HREE平均 19.727×10^{-6} , L/H 值平均3.87。把基性岩、超基性岩(含矿石)样品的 L/H 值投于图 8, 表明: 仅一件样品在大洋拉斑玄武岩区, 少数在过渡型玄武岩区和大陆碱性橄榄玄武岩区, 多数在大陆拉斑玄武岩区。La/Sm 和 La 值投于图 9, 表明: 超基性岩和矿石(1—10号)全部位于平衡部分熔融作用区, 基性岩(11—16号)均在结晶分离作用区。

上述稀土元素特征说明, 基性岩、超基性岩的稀

土总量平均值相当于玄武岩稀土总量平均值(106.57×10^{-6}), L/H 平均值 3.87, 表明钕组 $\Sigma Ce(La-Eu)$ 有明显富集, 总体相当于原始玄武岩质岩浆演化的大陆拉斑玄武岩。基性、超基性岩浆均来源于上地幔的平衡部分熔融作用, 只是先于超基性岩浆侵位的基性岩浆, 在岩浆房中曾发生过结晶分离作用。

如图 4 所示, 矿床由 5 个矿群 81 个矿体组成, 铂钯矿体主要呈似层状, 少数呈透镜状产于镁铁质

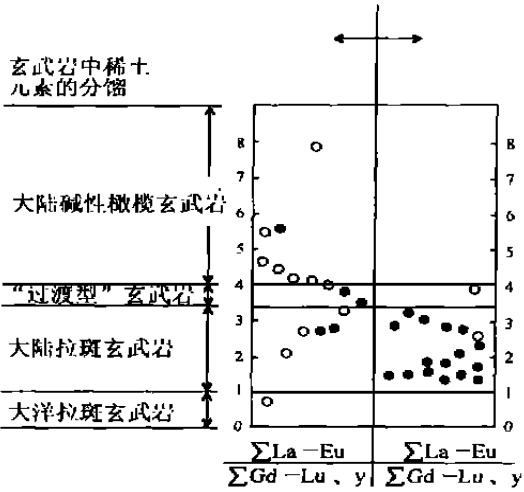


图8 金山各类基性、超基性岩轻、重稀土比值图^[3]

○. 超基性岩; ●. 基性岩

Fig. 8 LREE/ HREE ratios for the Jinbaoshan basic and ultra-basic rocks (after Tu Guangzhi et al. , 1984)

○= ultrabasic rocks; ●= basic rocks

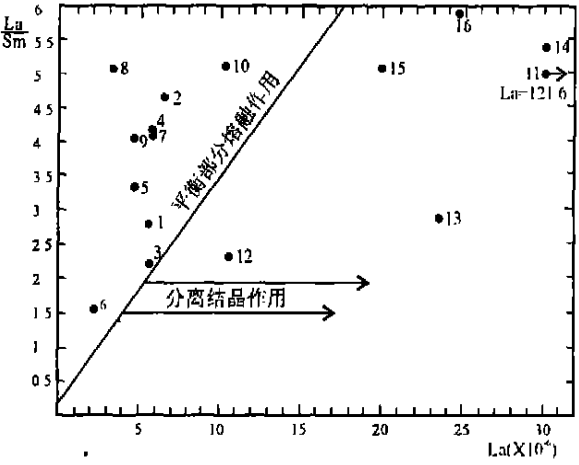


图9 平衡部分熔融作用与分离结晶作用的 La/ Sm 值(据 M. Treuil, 1975)

Fig. 9 La versus Sm diagram for the equilibrium partial melting and fractional crystallization (after M. Treuli, 1975)

超基性岩体的上、中、下部，以中部和底部为主（图 10）。极少数产于岩体外接触带围岩和基性岩捕虏体中的小矿体，亦为超基性岩含铂气液交代所致。岩体矿化范围达 97. 28%，含矿岩石主要为单辉橄榄岩，少数为橄榄辉石岩、辉石岩。

矿石结构以自形—它形粒状结构及交代结构为主，次为海绵陨铁结构、次文象-花岗结构、连晶结构、乳浊状结构。矿石构造主要为星散—稀疏浸染状构造，其次有细脉—网脉状、空心豆状（中部矿层）、水滴状构造。

矿石的矿石矿物成分极为复杂，已知有铂族矿物 5 类 31 种、金银矿物 5 种、贱金属矿物 40 种。金属硫化物以磁黄铁矿、黄铁矿、紫硫镍铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿为主，亦含少量辉镍矿、针镍矿、硫砷镍钴矿、硫钴矿、方黄铜矿等矿物。铂族矿物多与金属硫化物共生，主要有砷铂矿、碲钨矿、黄碲钨矿、丰漆矿（Pd₂Sb₂）、碲铂矿、钨等轴铂矿、铂等轴钨钨矿及自然铂、铁铂矿等。

以矿体为单位，矿石平均含 Pt + Pd (0. 98 ~ 3. 9) × 10⁻⁶，Cu 0. 03 % ~ 0. 64 %，Ni 0. 07 % ~ 0. 2 %，Co 0. 007 % ~ 0. 015 %，Os (0. 003 ~ 0. 002) × 10⁻⁶，Ir (0. 029 ~ 0. 058) × 10⁻⁶，Ru (0. 008 ~ 0. 021) × 10⁻⁶，Rh (0. 01 ~ 0. 05) × 10⁻⁶，Ag (0. 01 ~ 0. 05) × 10⁻⁶，Au (0. 01 ~ 0. 24) × 10⁻⁶，Ag

(0. 78 ~ 4. 05) × 10⁻⁶。Pt、Pd 与 Os、Ir、Ru、Rn 之间的类质同像置换十分广泛，它们之间的相关系数高达 0. 90 ~ 0. 96，且与铜、镍的关系较为密切，相关系数分别为 0. 54 和 0. 71。

矿床的时空分布特点和矿床地质特征表明金山矿床大致经历了如下的成矿过程：华力西期，西部古特提斯带的发育达到高潮，随着思茅边缘海扩张活动，哀牢山次级洋壳板块向下俯冲，不但引发了仰冲板块——扬子陆块下面地幔对流中心的扩张活动，多期活动的红河（超壳）深断裂的存在，无疑对地幔热柱扩张点（轴）的形成和地幔物质的向上运动，提供了良好的空间条件，并导致了地台边缘大陆裂谷作用的发生。上地幔局部熔融形成的玄武质岩浆，沿处于拉张时期的超壳深断裂上侵到泥盆系刚、塑相间的地层层间构造带，并捕获了沉积围岩中的部分硫、碳等物质，形成似层状超基性岩体和大致同空间产出的多期次基性岩侵入体。

金山山超基性岩体的铂钨度含量高达 0. 502 × 10⁻⁶，显示岩浆在深部就曾发生过良好的分异，使铂族元素得以初次富集。岩浆上侵到达浅部岩浆房后，由于温度下降较快，使得岩浆分异作用难以从容进行，形成岩相较单一的岩体；但在富含硫、二氧化碳、水等挥发性组分的作用下，含金属元素、铂族元素的含硫熔浆逐渐地从硅酸盐熔浆中熔离出来，在

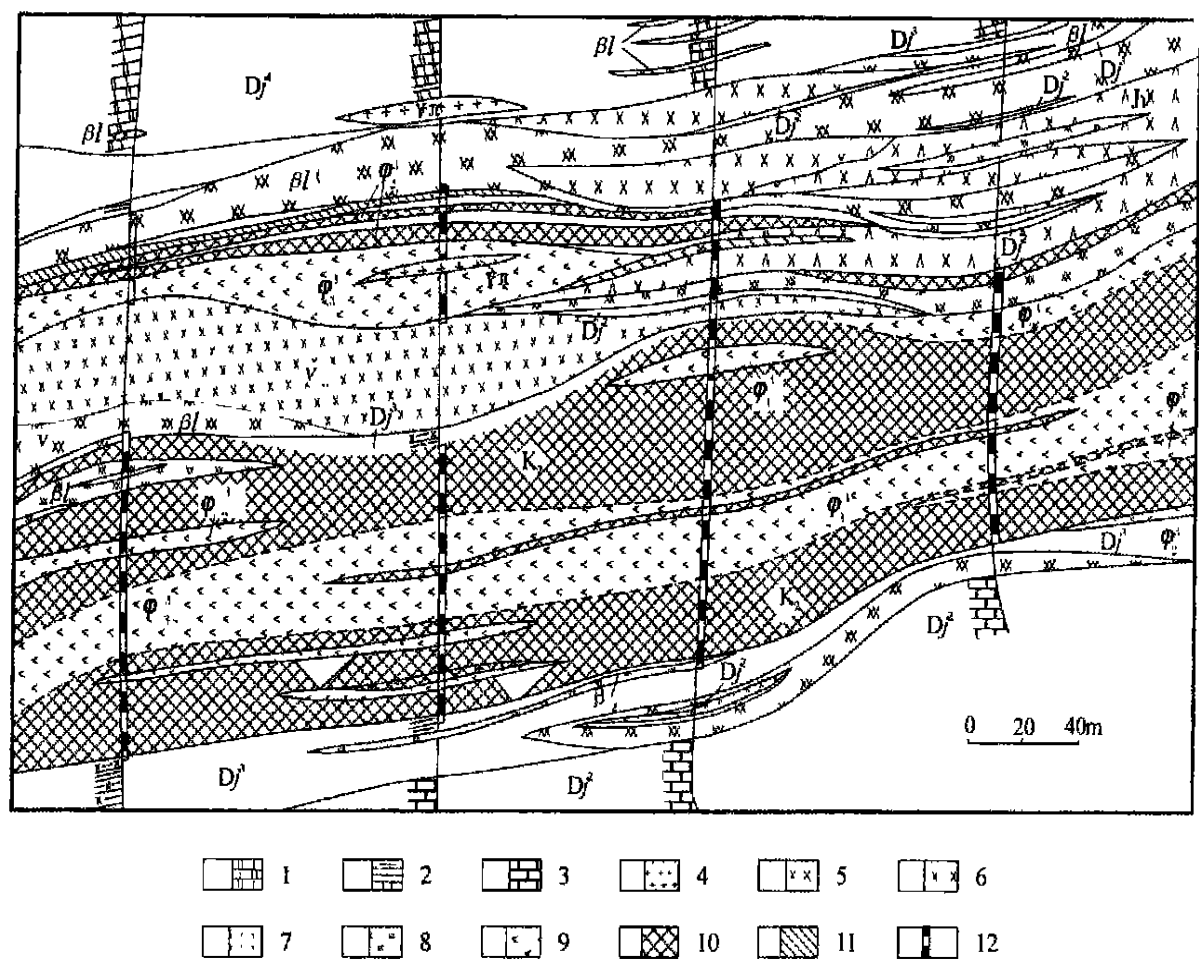


图 10 弥渡金宝山矿区铂钯矿体赋存部位剖面图(据杨廷祥等, 1989)

1. 灰质白云岩; 2. 变质砂岩、板岩夹灰岩; 3. 白云岩; 4. 花岗岩; 5. 辉绿岩; 6. 辉长岩; 7. 角闪辉长岩; 8. 基性岩未分; 9. 单辉橄榄岩; 10. 表内矿体; 11. 表外矿体; 12. 钻孔采样位置

Fig. 10 Cross-section showing the occurrence of the platinum-palladium orebodies in the Jinbaoshan mining district, Midu, Yunnan (after Yang Tingxiang et al., 1989)

1= limy dolostone; 2= metamorphic sandstone and slate intercalated with limestone; 3= dolostone; 4= granite; 5= diabase; 6= gabbro; 7=evjite; 8= basic rocks (undivided); 9= clinopyroxene peridotite; 10= usable orebody; 11= useless orebody; 12= sampling site

一定的重力作用下形成岩体下部、底部的似层状矿体。部分形成岩体中部、中上部的似层状、长透镜状矿体, 并形成部分海绵陨铁结构和空心豆状结构的(铬铁矿)矿石。岩浆期后阶段, 残存的含挥发分的气液与岩体自变质蛇纹石化析出的含硅热液一起, 对岩体接触带岩石和基性岩捕虏体进行交代蚀变, 形成了滑石化、硅化、碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化蚀变, 并驱使了岩体铂族元素的局部迁移和再富集, 造就小规模的内带矿体和顶部围岩中的矿体。

综上所述, 金宝山大型铂钯矿床经历了岩浆分

凝(弱)一熔离(主)一热液交代的成矿作用过程, 矿床成因类型应属晚期岩浆分凝-熔离(主)-热液型矿床。

3.2 云南朱布铂钯矿床

云南朱布铂钯矿床位于康滇地轴的元谋台拱东缘, 安宁河-绿汁江深断裂带中段与隐伏东西向基底构造复合部位南侧, 隐伏东西向构造对南北向构造的阻抗作用和华力西期安宁河-绿汁江构造带的大陆裂谷作用, 是造就含铂岩群和矿床分布的直接原因。

含矿岩体侵入于前震旦系元谋群变质岩中,为一垂深大于宽度、与长度大致相等的岩株状岩体(图 11)。K-Ar 法同位素年龄值为 406Ma, 属华力西早期。

岩体具复杂的层带状垂向分异结构,但在平面上显示一定的不对称环带状分异特征。岩体内部自上而下,由东而西可分为混染辉长岩相带—辉长岩相带—含长单辉辉石岩相带—单辉橄榄辉石岩相带—单辉橄榄岩相带。超基性岩的 M/F 值 3.0~3.9, 为镁铁质超基性岩类。

硫化物铜镍型的铂钯矿体主要为产出岩体边部的环带状边部矿体,其次为产于岩体上部的上悬矿体。

边部矿体赋存于岩体边部的混杂辉长岩带与内

部岩带之间的晚期橄榄岩相带内,在垂向上与层带状单辉辉石岩相带的展布方向大角度相交,与岩体边界如影随行,呈壳状环带包围岩体;且矿体内部流动构造发育,显示为晚期含矿橄榄质熔浆沿岩体边界构造弱化带贯入而成。上悬矿体主要呈透镜状、囊状、扁豆状成群产出岩体上部单辉辉石岩相带的上、下部和单辉橄榄岩相的底部,矿体规模小,含矿品位也远低于边部矿体。少数产于滑石碳酸盐蚀变岩和角岩中的矿体,显系热液交代所致。

矿石结构主要为自形—它形粒状结构,次为海绵陨铁结构。铂族矿物自形、半自形、它形晶并存,反映了不同阶段晶出的特点。矿石构造主要为稀疏浸染状构造,局部可见斑点状、豆状、海绵陨铁状、脉状及稠密浸染状构造。

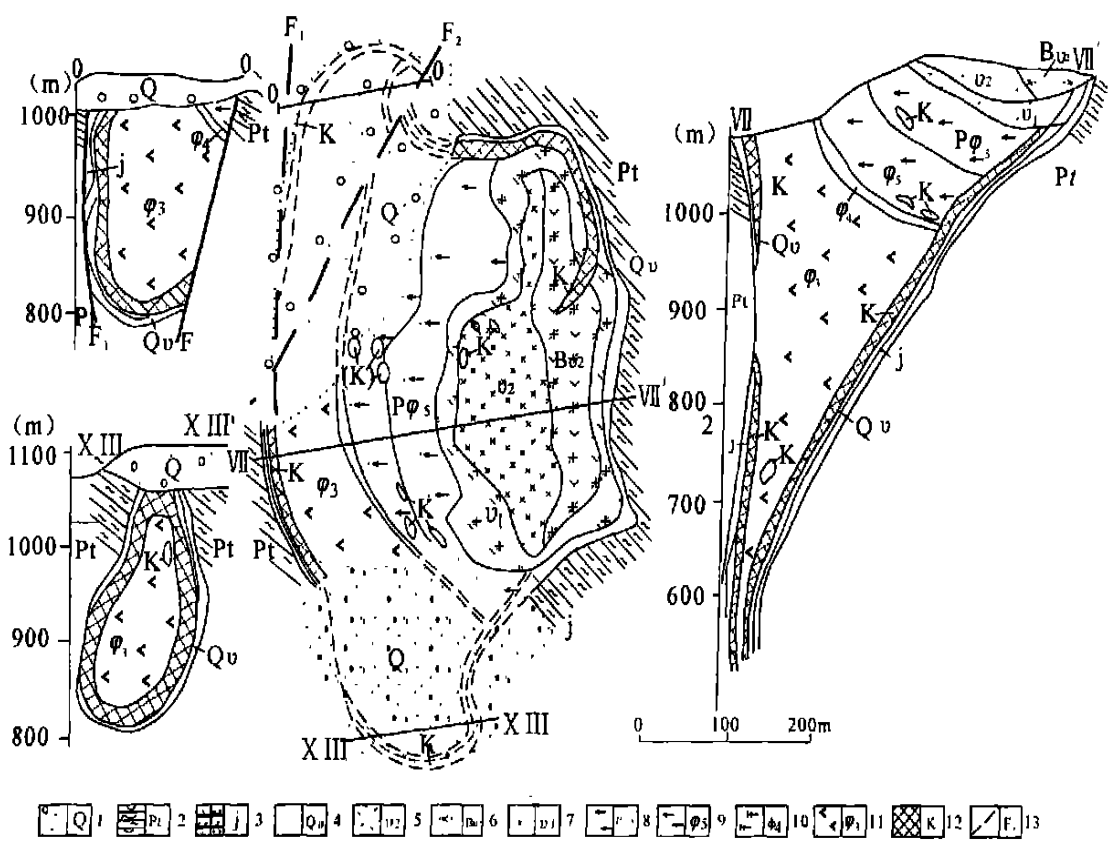


图 11 元谋朱布岩体地质图和横剖面图(据云南省地矿局, 1993)

1. 第四系; 2. 前震旦系变质岩; 3. 角岩; 4. 混染辉长岩; 5. 中色辉长岩; 6. 黑云母化中色辉长岩; 7. 暗色辉长岩; 8. 斜长辉长岩; 9. 辉石岩; 10. 橄辉岩; 11. 橄榄岩; 12. 矿体; 13. 断层及编号

Fig. 11 Geological map and cross section through the Zhubu massif in Yuanmou, Yunnan

1= Quaternary; 2= pre-Sinian metamorphic rocks; 3= hornfels; 4= hybrid gabbro; 5= mesocratic gabbro; 6= biotitized mesocratic gabbro; 7= melagabbro; 8= anorthositic gabbro; 9= pyroxenite; 10= olivine pyroxenite; 11= peridotite; 12= ore-body; 13= fault and its number

矿石的矿石矿物主要为磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、紫硫镍铁矿, 次为方铜矿、白铁矿、墨铜矿等。铂族元素绝大多数呈矿物相出现, 已知的15种铂族矿物以砷铂矿为主, 占铂族矿物总量的58%; 次为等轴铋碲钨矿, 占铂族矿物总量的35%, 其他铂族矿物含量甚微。

矿石平均品位: Pt + Pd 为 1.29×10^{-6} , Cu 为 0.26%, Ni 为 0.29%, Os、Tr、Ru、Rn 为 $(0.004 \sim 0.039) \times 10^{-6}$, Au 为 0.12×10^{-6} , Ag 为 2.0×10^{-6} 。

朱布矿床的地质特征表明, 含矿岩体需具有良好的垂向分异作用, 但它并未直接控制矿体的产出, 可能在铂族元素的早期富集上起过一定的作用。晚期岩浆阶段, 上侵的硅酸盐岩浆在逐渐冷凝固晶的过程中, 绝大多数含硫、铜、镍、铂族元素的偏基性熔浆不断地熔离出来, 并在重力作用下不断地在底部聚集, 形成含矿熔离体。在构造挤压应力和岩体内应力的共同作用下, 含矿熔浆被挤入已固结的岩体与围岩接触带, 形成具有流动构造的橄榄岩型边部矿体, 并局部形成斑点状、豆状构造和海绵陨铁结构的矿石。少量的含矿熔浆在挥发分作用下, 残留在岩体上部, 形成大致与岩相带平行分的透镜状、囊状、扁豆状小规模上悬矿体; 岩浆期后热液对岩体边部岩石的交代、蚀变作用, 对岩体铂族元素产生了一定程度的富集作用, 促使了滑石碳酸盐岩型、角岩型小矿体的生成; 从而完成了矿床的全部成矿作用过程。矿床成因类型应属晚期岩浆分凝-熔离(贯入)-热液型, 以熔离成矿作用占主导地位。

3.3 云南安益铂钨矿床

云南安益铂钨矿床位于扬子地台康滇地轴之元谋台拱内, 处于南北向安宁-绿汁江深断裂带中段与隐伏东西向基底构造复合部位南侧。

安益含铂基性-超基性杂岩体总体呈岩株状侵入于前震旦系元谋群变质岩系中。岩体内部具有良好的层带状分异特征。除受接触带控制的边缘岩相带以外, 自上而下依次出现闪辉正长岩相带-闪辉二长岩相带-钨磁铁矿-二长辉长岩相带-含二长钛磁铁矿单辉辉石岩相带-含二长单辉辉石岩相带-含二长橄榄辉石岩相带, 总体表现了一个连续的结晶分异系列。受岩体内接触带控制的边缘相带由含二长单辉辉石岩和同化混染作用形成的岗纹辉长岩组成, 它斜切岩体内部各层带状岩相带, 并环绕岩体分布(图12)。基性-超基性杂岩体 M/F 值在

0.42~1.94之间, 为富铁质基性超基性岩类。成岩年龄187Ma。安益矿床为钛磁铁矿与铂钨共生的矿床, 铂族元素与铁、钛元素离子半径的相似性, 决定了在硫不足的情况下可相互置换和共生的成矿特点。

铂钨矿体以层状(主)和脉状两种状态产出。层状铂钨矿体赋存于岩体中部的含二长钛磁铁矿单辉辉石岩带底部-含二长单辉辉石岩带顶部, 铂钨矿体的中、上部与巨厚的层状钛磁铁矿体底部相重合, 矿体与矿体围岩呈渐变过度关系。层状铂钨矿体 Pt + Pd 品位为 $(0.3 \sim 0.98) \times 10^{-6}$ 。矿体铂钨含量在垂向上的变化规律是上、下部贫, 中部较富。上部为贫钛磁铁矿带, Pt + Pd 平均品位为 0.3×10^{-6} , TFe 含量为 15%~17%; 中部为铂钛磁铁矿带, Pt + Pd 品位为 $(0.2 \sim 0.8) \times 10^{-6}$ 。Pt/Pd 值从矿体上部向下部, 由大于 10~20 逐渐降到 0.5 以下。矿石矿物除钛铁矿、钛铁矿及少量铁的硫化矿物外, 尚未发现独立铂族矿物的存在。矿石结构以半自形-自形粒状结构为主, 局部见海绵陨铁结构、骸晶结构, 有时可见到金属矿物包嵌在辉石、黑云母等脉石矿物中的现象。矿石构造以稀疏浸染状构造为主, 少数为海绵陨铁状、条带状、致密块状构造。脉状铂钨矿体位于层状铂钨矿体下部的贫铂矿带内, 产出含金属硫化物的石英碳酸盐长石脉两侧的次闪石化蚀变带中, 矿石主要为黄铁矿、黄铜矿、方黄铜矿等金属硫化物构成的稠密浸染状、斑点状、局部致密块状构造的矿石, 已发现有砷铂矿、砷碲钨铂矿等铂族矿物的形成。矿石品位: Pt + Pd 为 $(1.22 \sim 2.56) \times 10^{-6}$, Cu 为 0.18%~0.2%, Ni 为 0.017%~0.2%。

安益铂钨矿床是迄今唯一发现并评价了的钛磁铁矿型铂钨矿床, 它的出现表明在该区域大型钨钛磁铁矿床中寻找铂钨矿床的可能性。它的成矿作用过程可以简单归纳为: 偏碱性玄武岩岩浆沿深断裂侧旁的次级构造空间上侵后, 在就地连续分异演化过程中, 钛磁铁矿在岩体中上部大致与硅酸盐矿物同时晶出, 呈浸染状半自形-自形晶均匀地分布在硅酸盐矿物粒间, 铂族元素亦可能随之呈类质同像赋存, 形成岩体中部矿体与围岩呈渐变过度的层状铂钨矿体。岩浆期后阶段, 相对富硫的成矿流体沿先成岩石的构造裂隙对辉石质岩石进行蚀变, 形成次闪石化蚀变带, 并在交代蚀变过程中, 攫取层状铂钨矿体下部贫铂矿带的铁、铜、铂族元素, 形成与金

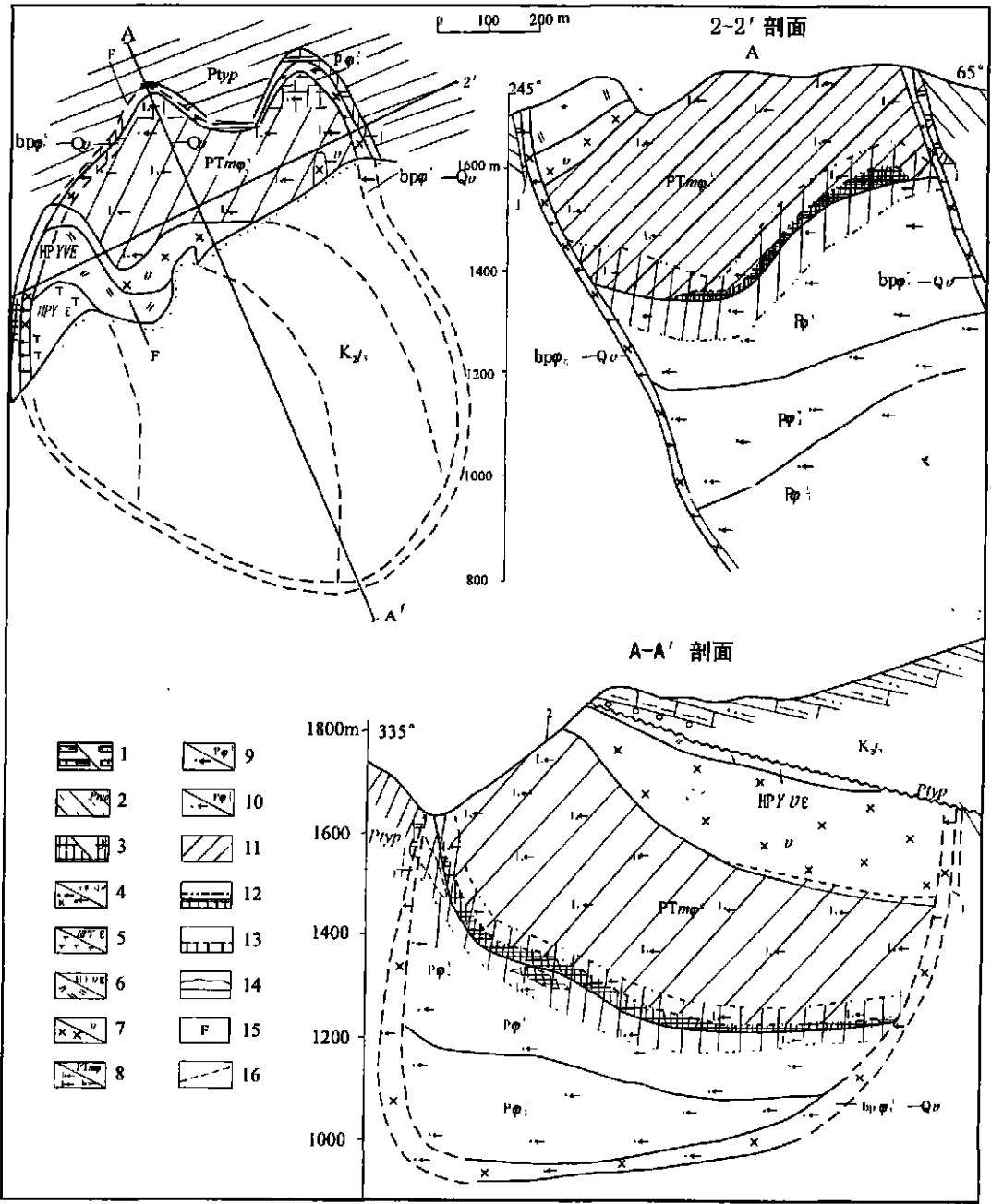


图 12 牟定安益岩体地质图(据云南省地矿局,1993)

1. 上白垩统泥质粉砂岩、钙质泥岩、砾岩; 2. 前震旦系元谋群绢云板岩、绢云绿泥千枚岩; 3. 角岩; 4. 边缘含二长单辉岩、混染岗纹辉长岩; 5. 暗色闪长正长岩; 6. 暗色闪辉二长岩; 7. 暗色钛磁铁矿二长辉长岩; 8. 含二长钛磁铁矿单辉辉石岩; 9. 含二长单辉辉石岩; 10. 含二长单辉辉石岩; 11. 贫铁矿体; 12. $Pt+Pd>0.5\times10^{-6}$ 铂钯矿体; 13. $Pt+Pd>(0.5\sim0.94)\times10^{-6}$ 贫铂钯矿体; 14. 不整合面; 15. 断层; 16. 岩相投影界线

Fig. 12 Geological map and cross-section through the Anyi massif in Mouding, Yunnan

1= Upper Cretaceous muddy siltstone, calcareous mudstone and conglomerate; 2= sericite slate and sericite chlorite phyllite in the pre-Sinian Yuanmou Group; 3= hornfels; 4= monzonitic clinopyroxenite and rikotite in the marginal facies; 5= melasyenodiorite; 6= melanocratic hornblende pyroxene monzonite; 7= melanocratic titanomagnetite monzogabbro; 8= monzonitic titanomagnetite clinopyroxenite; 9= monzonitic clinopyroxenite; 10= monzonitic clinopyroxene peridotite; 11= iron-poor ore body; 12= platinum-palladium orebody with the $Pt+Pd$ grades of more than 0.5×10^{-6} ; 13= platinum-palladium orebody with the $Pt+Pd$ grades of $(0.5\sim0.94)\times10^{-6}$; 14= unconformity; 15= fault; 16= boundary of lithofacies projections

属硫化物密切共生的铂族矿物,构成小规模硫化物铜镍型脉状铂钯矿体。综上所述,矿床成因应属晚期岩浆分凝(主)-热液型为宜。

4 成矿规律的一些基本认识

铂族元素是典型的地幔型元素,其地球化学性质决定了其只能来自地幔,其初始状态主要被来自上地幔的镁铁质熔融载体所携带、迁移。

从加里东运动末期开始,直至整个华力西运动时期,扬子地台西南部地幔隆起区构造薄弱地带与三江褶皱带古特提斯构造带大致同时期发生扩张,加上古特提斯构造带扩张导致的金沙江-哀牢山次级洋壳板块对扬子陆块俯冲的影响^[2],使扬子地台西南缘遭受到普遍的张裂作用。在中元古代裂谷或陆缘活动带基础上发展起来的康滇古陆轴部安宁河-绿汁江深断裂带、台缘洱海-红河深断裂带的大陆裂谷活动十分强烈,为上地幔局部熔融的玄武质岩浆上侵提供了极为有利的前提条件,也决定了含铂基性-超基性岩的时空分布特点。

该区基性、超基性岩的岩石化学、稀土元素和同位素地质特征说明,含铂基性-超基性(主)侵入杂岩体,是沿拉张阶段的超壳深断裂带-大陆裂谷带涌入的拉斑玄武质岩浆分异产物。含铂岩带的展布,与超壳深断裂带形影相随,铂矿床的空间分布,明显地受深断裂带的控制,具有成带分布,分段集中的分布规律性。在北纬 $25^{\circ}00'$ — $25^{\circ}40'$ 附近,隐伏东西向构造与北西向洱海-红河深断裂带的复合部位,南侧形成了金宝山大型铂钯矿床,北侧形成了大理海东铂矿富集区。在北纬 $25^{\circ}40'$ 附近,隐伏东西向构造与安宁河-绿汁江深断裂带的复合部位,形成了元谋铂矿富集区。与北纬 $26^{\circ}20'$ 附近的東西向构造复合,则有拱山箐铂矿床的形成。受超壳深断裂多期、多阶段活动所控制,基性、超基性岩的侵入时期有中条期、晋宁期、加里东期、华力西期,少数形成于印支期、燕山期、喜马拉雅山期;但已知硫化物铜镍型铂钯矿床的形成,与大陆裂谷作用发生的主要时期同步,以华力西期为主,仅极个别矿床形成于晋宁期、燕山期。

在扬子地台西南缘地质发展的四维空间演化影响下,由于具有相似的地质背景,相似的高镁铁物质载体和相似的岩浆演化特点,尽管扬子地台西南缘的铂钯矿床出现在地台区古隆起活动带、地台边缘活动带等不同构造位置,却依然表现了相似的成矿特点,构成了一个统一的、与镁铁质岩浆侵入活动有

关的铜、镍、铂钯、钒、钛、铁成矿系列(程裕淇等,1991,矿床的成矿系列问题)。

该区的含铂岩体均为基性-超基性杂岩体,主要有橄榄岩(主)型、橄榄辉石岩-辉长岩型、橄榄岩-辉石岩-辉长岩型、橄榄辉石岩-辉石岩-辉长岩-正长岩型、橄榄岩-橄榄辉石岩-辉石岩(主)型。橄榄岩(主)型、橄榄岩-橄榄辉石岩-辉石岩-辉长岩型是最重要的岩体类型。

基性、超基性岩的M/F值为1~5.27,超基性岩平均为2.09~2.57。产出硫化物铜镍型铂钯矿床的岩体M/F值以2.5~4.5为主, SO_3 含量大于1%,主要属镁铁质超基性岩类。从全区含矿基性、超基性岩的总体情况考虑,随着基性程度和M/F值的降低,常显示了从铂钯-铜镍-钒钛磁铁矿的成矿演化特点。据洱海-红河岩带的统计,含铂岩体内超基性岩的铂钯含量一般大于 0.1×10^{-6} ,高者可达 0.5×10^{-6} (金宝山)。铜镍含量与铂钯含量均呈正消长关系。赋存钛磁铁矿型铂钯矿床的岩体M/F值一般小于2,在0.42~1.94间,为富铁质-铁质基性超基性岩类。

含铂钯矿床的超基性岩都含有不等量的黑云母、角闪石、斜长石,辉石以单斜辉石为主,与西南地区含铬镁质、超镁质超基性岩迥然不同,含铬镁质、超镁质超基性岩一般不含或很少含黑云母、角闪石、斜长石,辉石以斜方辉石为主。硫化物铜镍型铂钯矿床的铂族元素多以矿物相出现。钛磁铁矿型铂钯矿床的铂族元素,一般可能以类质同像赋存于金属氧化物晶格中,迄今尚未发现铂族元素的独立矿物。

铂族元素的地球化学性质,是导致形成不同类型铂矿化类型的根本原因。铂族元素的离子半径与 $\text{Fe}+2$ 、 $\text{Mg}+22$ 、 $\text{Cr}+3$ 、 $\text{Ni}+2$ 、 $\text{Co}+2$ 、 $\text{Ti}+4$ 离子半径的相似性,使他们常在高铁、镁背景的含Cr、Ni、Co介质中呈类质同像被携带;与Cu、Bi、Te、Sb、As、Sn离子半径的相似性,使他们在成矿介质中可相互置换、共生。尤其是Fe、Cu、Ni、Bi、Sb等和铂族元素强烈的亲硫性,使铂族元素在成矿过程中常与金属硫化物共生一体。只有在硫、砷不足的情况下,铂族元素的亲铁性才得以显著,形成与金属氧化物有关的铂矿化。

扬子地台西南缘的铂矿化主要有以下几种类型。

晚期岩浆分凝-熔离(主)-热液型:为产于镁铁质基性-超基性杂岩体内的硫化物铜镍型铂钯矿床,它不是一种简单的成矿作用的产物,而是反映了

晚期岩浆分凝—熔离—热液作用的一个连续成矿作用过程。该类型是本区域内目前最有价值的矿床类型。

晚期岩浆分凝(主)-热液型: 为产于非层状富铁质—铁质基性—超基性杂岩体中的钛磁铁矿型铂钯矿床, 该类型矿床的成因尚有争议。但根据矿体呈现稳定层状产于岩体中部, 大部分矿体与贫钛磁铁矿体重合, 未见铂族独立矿物出现, 矿体与围岩呈渐变过渡关系, 金属矿物呈半自形—自形粒状均匀分布在硅酸盐矿物粒间和部分被包嵌在辉石、黑云母之中的特点, 认为其属晚期岩浆分凝(主)-热液型矿床为宜, 主要反映了一个就地连续分异演化-结晶的成矿作用过程。

其他尚有层状、非层状基性(主)超基性杂岩体

内的晚期岩浆分凝-熔离-热液型钒钛磁铁矿镍铂矿化、远离岩体断裂构造带中的接触交代型铂矿化、玄武岩中的热液型铂矿化等, 在四川丹巴和攀西地区都具有一定的资源前景。

本文引用了四川省地质矿产局、云南省地质矿产局的一些未刊资料, 在此表示诚挚的谢意。

参考文献:

[1] 牛树银, 孙爱群. 深源流体与地幔热柱的成矿控制作用探讨 [M]. 北京: 地震出版社, 1999.
[2] 罗君烈, 杨友华, 赵准, 等. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社, 1994.
[3] 涂光炽, 等. 地球化学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984.

The geology of the platinoid deposits associated with mafic intrusive rocks on the southwestern margin of the Yangtze platform, southwestern China

DING Jun, YANG Jia-rui
(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: The traditional platinoid mineral resources are referred to as the platinoid mineral resources associated with the mineralization of mafic magmas. The continental rifting during the Variscan orogeny within the supercrustal deep-seated fault zones on the southwestern margin of the Yangtze platform, southwestern China was responsible for the upwelling and emplacement of the mafic (tholeiitic) magmas from the upper mantle. The platinum-bearing basic and ultrabasic intrusive complexes are thus believed to be the products originated from the tholeiitic magmatic differentiation in the supercrustal deep-seated fault zones and continental rifts during extensional stages, and consist dominantly of the following types: peridotite type, olivine pyroxenite-gabbro type, peridotite-pyroxenite-gabbro type, olivine pyroxenite-pyroxenite-gabbro-syenite type, peridotite-olivine pyroxenite-pyroxenite type. The spatial distribution of the platinum deposits is apparently constrained by the deep-seated faults. Main mineralization types of the platinoid deposits in the study area include the late magmatic segregation-liquation-hydrothermal and segregation-hydrothermal types.

Key words: mafic intrusive rocks; platinoid mineral resources; mineralization; southwestern margin of the Yangtze platform