

Pt

中国含铂地质体 铂族元素地球化学 及铂族矿物

中国科学院地球化学研究所 著



中国含铂地质体铂族元素 地球化学及铂族矿物

中国科学院地球化学研究所 著

科学出版社

1981

内 容 简 介

本书对中国含铂基性超基性岩体类型进行了划分,探讨了含铂岩体的岩石化学特点及与含铂性的关系;论述了各种矿化类型中铂族元素的地球化学特征;以含铂铜镍矿床、含铂铬铁矿床及单铂型等矿床为重点,讨论了成岩成矿过程中铂族元素的演化及成矿机理。还对中国发现的铂族元素矿物的物理化学性质及地质产状进行了系统描述,划分了铂族元素矿物成因组合,探讨了铂族元素矿物及矿物成因组合的形成条件。本书可供地质科研、教学、找矿勘探人员参考。

中国含铂地质体铂族元素 地球化学及铂族矿物

中国科学院地球化学研究所 著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年3月第一版 开本:787×1092 1/16

1981年3月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:0001—1,580 字数:354,000

统一书号:13031·1502

本社书号:2064·13—15

定价: 2.40 元

前 言

中国科学院地球化学研究所铂矿研究组自 1966 年以来,逐步开展了我国含铂地质体中铂族元素的研究工作。所谓“含铂地质体”系指含有铂族元素矿体或矿化体的各类地质体。根据我国目前的实际情况,我们所研究的对象主要是基性超基性含铂岩体。此外,对华东、中南等地区的多金属及铜铁钼矿床以及下寒武统黑色岩系中的铂族元素进行了初步考察,并对几处砂铂矿做了一些工作。本书取材上以我所的工作为基础,并参阅了兄弟单位的大量资料及内部刊物。在工作过程中得到国家地质总局、冶金部及有关地质队和科研机构等兄弟单位的大力支持及热情协助,在此一并表示深切的感谢。

本书对我国各种类型铂族元素富集体的地球化学特征及其地质环境进行了综合分析,并以此为基础,探讨了铂族元素的演化过程及矿床形成机制,力求找出其规律性的东西。同时,总结和归纳了我国已发现的铂族矿物系列,划分了矿物成因组合,讨论了它们的形成条件。

本书是在涂光炽教授指导下完成的。参加各章的执笔人员如下:第一章有袁槩林、黄婉康;第二章有黄婉康、袁槩林;第三章有肖森宏、战新志;第四章有曹荣龙、倪集众、程景平、肖森宏、袁槩林、范德廉;第五章有肖森宏、袁槩林、曹荣龙;第六章有王秀璋、周玲棣。梅厚钧也参加了执笔小组的工作。此外,先后参加此项地质工作的主要人员还有:于洁、王声远、王海岗、尹汉辉、卢焕章、邓禹仁、任英忱、朱寿华、刘若新、杨秀珍、杨继武、杨敏之、肖仲洋、张宝贵、李锡林、李统锦、林学农、陈南生、章振根、谢应雯、喻茨玫、蒋寄云、解广轰等同志。本书所引用的部分分析资料是由本所选矿组、贵金属分析组、X 光粉晶分析组、电子探针分析组及岩石化学分析组提供的。

应当指出,由于各执笔人对某些问题的看法不尽一致。我们在求大同存小异的前提下,各章节中也保留了不同的观点,如对含铂岩体类型的划分;对某些热液型铂矿的认识以及 Cr、Ti 对铂族元素的聚集作用等问题。此外,由于各地区的研究程度不够平衡,以及缺乏成矿实验及矿物合成研究等等原因,使本书存在一些不足之处,请读者予以批评指正。

统一书号：13031·1502

定 价： 2.40 元

本社书号：2064·13-15

科技新书目：184-27

目 录

前言	i
第一章 我国含铂基性超基性岩体地质特征	1
第一节 含铂岩体类型及其特征	1
一、侵位于造山地区的含铂岩体	3
二、侵位于稳定地区的含铂岩体	4
第二节 含铂岩体中的主要造岩矿物	7
一、纯橄岩型含铂岩体中的主要造岩矿物成分	8
二、橄榄岩型含铂岩体中的主要造岩矿物成分	8
三、辉石岩型含铂岩体中的主要造岩矿物成分	8
四、辉长岩型含铂岩体中的主要造岩矿物成分	10
第二章 含铂基性超基性岩体的岩石化学特征及其含矿性的概率统计	11
第一节 含铂基性超基性岩体的岩石化学特征	11
一、含铂岩体的镁铁比值 (Mg/Fe)	11
二、 $SiO_2-Na_2O + K_2O$	13
三、 SiO_2-TiO_2	15
四、 $SiO_2-MgO-(FeO)$	16
五、 $MgO-(FeO)-Na_2O + K_2O$	17
六、不同成因类型含铂岩体的岩石化学特点	19
第二节 岩体含矿性的聚类分析和判别分析	28
一、K 区含橄辉岩相岩体含矿性的聚类分析和判别分析	28
二、洪拉岩体岩石含矿性的聚类分析和判别分析	35
第三章 含铂硫化铜镍矿床的铂族元素地球化学	39
第一节 铜、钴、镍及铂族元素矿化特征	39
一、含铂硫化铜镍矿石的金属矿物成分及其组合	39
二、矿石的结构、构造	42
三、铜、钴、镍矿物形成阶段及结晶顺序	43
四、铂族元素矿化阶段	43
第二节 硫化物的含铂性及硫化铜镍矿床含铂类型	47
一、硫化物的含铂性	47
二、硫化铜镍矿床含铂类型	52
第三节 铂矿石多元素回归分析与铂族元素富集的某些规律性	54
一、轻铂族元素和重铂族元素的相关关系	54
二、主金属 Cu、Ni 和铂族元素的相关关系	60
三、岩浆熔离阶段的成矿元素组合	66
四、表生条件下 Pt、Pd 的某些行为	66

五、一元线性回归分析在铂矿地质工作中的应用——关于建立 Os、Ru、Ir 三元素预报方 程问题·····	69
第四章 含铂铬矿床及其它矿化类型中的铂族元素地球化学 ·····	71
第一节 含铂铬矿床及其砂矿中的铂族元素·····	71
一、铬矿床的铂族元素矿化类型及其与含铬岩体和铬矿床的关系·····	71
二、含铂铬矿床及岩体的铂族元素特征·····	77
三、砂铂矿·····	85
第二节 与基性超基性岩有关单铂型及铜硫化物型矿床中的铂族元素·····	88
一、单铂型矿床中的铂族元素矿化·····	88
二、铜硫化物型铂矿化·····	89
第三节 与铜硫化物-钛磁铁矿有关的铂族元素矿化·····	90
一、含铂岩体地质特征·····	90
二、铂族元素矿化特征·····	91
第四节 矽卡岩及热液矿床中的铂族元素·····	91
一、我国华东和中南地区某些矽卡岩型和热液型多金属矿床中的铂族元素·····	92
二、我国其它地区矽卡岩型和热液型矿床中的铂族元素·····	97
三、选冶产品中的铂族元素·····	97
第五节 下寒武统黑色岩系中的铂族元素·····	98
第五章 铂族元素在地质过程中的演化及成矿机理问题 ·····	101
第一节 陨石和各类含铂岩体中的铂族元素配分与岩浆演化的关系·····	101
第二节 内生成矿作用中铂族元素的地球化学·····	105
一、岩浆作用中铂族元素的聚集·····	105
二、铬矿床形成过程中铂族元素的地球化学·····	111
三、硫化铜镍矿床形成过程中铂族元素的地球化学·····	117
四、单铂型矿床的形成问题·····	132
五、多金属矿床中铂族元素地球化学的几个问题·····	133
第三节 表生作用中铂族元素的地球化学·····	134
一、铂族矿物的物理化学特性与砂铂矿的矿物组合·····	134
二、含铂硫化矿床中铂族矿物的溶解与再沉淀·····	135
第六章 铂族元素矿物及其形成问题 ·····	136
第一节 我国发现的铂族元素矿物概况·····	136
一、总况·····	136
二、分布最广的矿物·····	136
三、我国首次发现的世界新矿物及新变种·····	136
四、铂族元素矿物的分布特点·····	138
第二节 铂族元素矿物的物理化学性质和地质产状·····	138
一、自然元素及金属互化物·····	139
二、砷化物·····	159
三、锑化物·····	167
四、铋化物·····	177
五、碲及碲砷化物·····	177

六、碲及碲锑、碲铋化物	194
七、含铂族元素矿物	213
第三节 铂族元素矿物的成因组合	214
一、铂族矿物成因组合分类	214
二、各类铂族矿物成因组合特征	217
三、铂族矿物成因组合与矿床类型的关系	218
四、铂族矿物成因组合与含矿岩相类型的关系	219
五、铂族矿物成因组合的地区性分布	220
第四节 铂族元素矿物形成条件的初步讨论	222
一、铂族元素的存在状态	222
二、铂族矿物在地质过程中的形成特征	222
三、铂族矿物多样性及不同铂族元素矿物成因组合形成原因探讨	224
结论	232
参考文献	237

第一章 我国含铂基性超基性岩体地质特征

我国已知的铂族金属矿体或矿化体¹⁾的绝大多数赋存于基性超基性岩体之中。我们将此类岩体简称为“含铂岩体”。大多数含铂岩体(占73%)位于稳定地区(包括台背斜及台向斜)的边缘或近边缘的深断裂带之中,并较集中分布于两个地区(K区及Y区);另一个特点是,不论含铂岩体的侵入时代如何,其中的74%侵位于前寒武纪地层内。

含铂岩体中的铂族元素矿化类型包括:1)铬铁矿型:铂矿体即铬铁矿体;2)铜镍硫化物型:铂矿体与铜镍铁硫化物密切伴生,其典型矿物共生组合为磁黄铁矿-镍黄铁矿-黄铜矿;3)铜硫化物型:与铂矿体紧密伴生的硫化物组合为黄铜矿或黄铜矿-黄铁矿,没有或偶有极少量的磁黄铁矿及镍黄铁矿出现;4)铜硫化物-钛磁铁矿型:铂矿体与黄铜矿及钛磁铁矿层相伴;5)单铂型:指铂矿体中没有上述硫化物、铬铁矿及钛磁铁矿聚集体相伴随。

此外,在讨论含铂岩体类型之前,有必要将本书所采用的岩石分类原则及所使用的部分岩石名词略加说明。根据我国含铂岩体中具有代表性的约400个岩相薄片的统计结果,我们认为采用国际地质协会(IUGS)岩石学委员会火成岩分类分会于1973年建议使用的一个折衷方案(IUGS subcommission, 1973),对基性超基性岩进行分类是合适的。在绝大多数情况下,国际分类能很好地反映岩体中岩相分布的特点,并能避免以往分类的烦琐之处。在使用岩石名词方面,我们主张在不引起误会的情况下,精简字数。

按国际分类原则,橄榄岩类岩石的名称及其辉石含量如下:纯橄岩(0—10%);橄榄岩(10—60%);橄辉岩(60—90%);辉石岩(90—100%)。本书不采取国内地质文献通常将纯橄岩及橄榄岩再细分的办法。根据橄榄岩类岩石中辉石的种类,上述名词前的附加词采用“方辉”(斜方辉石)及“单辉”(单斜辉石),而不使用“斜辉”,如:方辉橄榄岩(见英汉综合地质学词汇,科学出版社,1975)、方辉岩(即斜方辉石岩)、单辉岩等等。在橄榄岩相岩石中,方辉橄榄岩所含的单斜辉石不超过5%;单辉橄榄岩中所含的斜方辉石不超过5%;二辉橄榄岩中的单斜辉石及斜方辉石含量分别不少于5%。将橄榄岩及二辉橄榄岩的分类范围大为扩展是目前国外各种方案的普遍趋势。

第一节 含铂岩体类型及其特征

根据我国含铂岩体所处的大地构造位置及岩相组合,并考虑到岩体的岩石化学特点及铂族元素矿化类型,对含铂岩体类型进行划分是适宜的(表1.1)。对于其中某些岩体的归类与划分,在本书执笔者中间尚存在着一定的分歧。为了使全书连贯,此分类方案是根据大多数执笔者的意见确定的,有些地方,在求大同存小异的原则下达成一定的妥协,

1) 矿化体中的铂族元素含量低于矿体,但大于0.2克/吨。

表 1.1 我国已知的含铂基性超基性岩体类型及其特征表

岩体类型	岩相组合类型	岩石化学特征	铂族元素矿化类型(含铂岩相)	其它特征	产地
一、位于造山地区的岩体	(一) 伏地槽迴返前形成的岩床	铁质* 与科马提岩系列有相似之处	铜镍硫化物型(橄辉岩中) 单铂型(辉石岩中)	侵入时期属前寒武纪,与元古界围岩同形褶皱,因而失去原始产状。长与厚之比值甚大,可达 500:1	G 区 70 号
	(二) 阿尔卑斯型岩体	镁质*	铬铁矿型(纯橄岩、方辉橄辉岩中)	侵入于优地槽	洞桥、玉沟、许梅
	(三) 冒地槽迴返时侵入的小型岩体	铁质	铜镍硫化物型(单辉岩中,但贫镍)	侵入于冒地槽中槽背斜或其附近	大道、松沟
	(一) 似同心式岩体	铁质	铬铁矿型(纯橄岩中) 单铂型(单辉岩、纯橄岩中) 铜硫化物型(单辉岩中)	与其它各类型中的单辉岩比较,富含镁	乌新
二、位于稳定地区的岩体	(二) 层状岩体		铬铁矿型(单辉岩、单辉岩中)	单辉岩不连续的围绕纯橄岩;角闪单辉岩及角闪石岩位于岩体最外缘	高台、罗沟、洪拉、三道
	(三) 似层状岩体		铬铁矿型(单辉橄辉岩中)	岩体具韵律性层状构造	兴结
			铬铁矿型(单辉橄辉岩中)	岩体具有重力分异的似层状构造。完全缺乏或微具韵律性层状构造	晓松
			铜硫化物-钛磁铁矿型(磁铁矿单辉岩中)		艾义
	(四) 小型漏斗状或岩床状岩体	属拉斑玄武岩系列	铜镍硫化物型(橄辉岩中)	此类岩体的出露面积大多不超过 1 平方公里。侵入于前寒武纪地层中的岩体,其横剖面大多呈陡倾的漏斗状;位于寒武纪以后的此类岩体常呈缓倾的岩床状,与(一)类岩床的不同之处在于前者保持了原始产状,其长与厚之比值较小,一般不超过 10:1	(1) 柏家、竹铺、竹铺南、龚山、羊留、罗岭西、黄草南 (2) 进宝、竹铺北
			同上(橄辉岩中)		黄草
					(1) 玉龙 (2) 罗岭
					肖南、陶可

* 指超基性岩中的铁钛比值,下同。Mg/(Fe²⁺ + Fe³⁺) 的原子数比值大于 6.5 者为镁质,小于此数者为铁质。

因而不完全是某一执笔人的观点。关于这一点,将在适当的地方加以说明。现将各类含铂岩体的地质特征分述如下:

一、侵位于造山地区的含铂岩体

(一) 优地槽迴返前形成的岩床

此类岩床整合地侵入于元古代地槽相地层之中。当地槽迴返时,岩床与围岩发生同形褶皱,甚至倒转,因而失去岩床的原始产状,其出露长度与厚度之比为10—500:1。岩床的侵入时期已确定为元古代,其中的一个同位素年龄分析值为 837×10^6 年。具有代表性的岩床由下至上依次出现橄榄岩—辉石岩—辉长辉绿岩,显示出垂直的分异作用。但大多数岩床只出现其中的部分岩相,如:橄榄岩—辉石岩或辉石岩—辉长辉绿岩等等。岩床中的橄榄岩相属铁质。岩石受到强烈的变质作用,如蛇纹石化、次闪石化、绿泥石化及钠黝帘石化等等,因而在恢复原岩及观察原岩结构构造方面带来困难。但在某些岩床中,可看出岩石具有浅成—次火山岩相的特点。然而尚不能肯定G区所有此类岩体皆为浅成的。

在G区70号含铂岩床中,铂钯矿化层位于辉石岩中,属于单铂型矿化。在此区的蛇纹岩—辉石岩中也见有铜镍硫化物型铂钯矿化,但未找到矿体。

值得注意的是,在岩石化学特征上,此类岩床与科马提岩(Komatiite)系列有许多相似之处,特别是G区70号含铂岩床更为相似(详见第二章第一节)。由于尚未找到枕状或粒状超基性熔岩的存在证据,目前尚难肯定此类岩床是否为科马提岩系列。

(二) 阿尔卑斯型岩体

一般认为典型的阿尔卑斯型岩体是位于优地槽中以纯橄岩及方辉橄岩为主的镁质超基性岩体,并属于蛇绿岩套的组成部分。E. D. 杰克逊及 T. P. 塞耶尔(E. D. Jackson, T. P. Thayer, 1972)将阿尔卑斯型岩体划分为方辉橄岩及二辉橄岩两个亚类。但也有人从广义上来理解,如 C. C. 集明(C. C. Зинин, 1973)划分远东地区蛇绿岩套中的超基性岩类型时,除纯橄岩—方辉橄岩之外,还包括纯橄岩—单辉橄岩—辉石岩及橄辉石岩(Оливинит)—单辉橄岩等亚类。在表1.1中,我们根据后一种考虑,把纯橄岩—单辉岩体归入到阿尔卑斯型岩体之中。

1. 以纯橄岩—方辉橄岩为主的岩体

此为典型的阿尔卑斯型岩体,其中具有铬铁矿型铂族元素矿化。一般常见于方辉橄岩中的纯橄岩分离体中,有时赋存于单独划出的纯橄岩带或方辉橄岩之中。

2. 以纯橄岩—单辉岩为主的岩体

其中的纯橄岩属镁质超基性岩,如松沟岩体的中心部分为具有透辉岩条带的纯橄岩;岩体边缘则为含有少量方辉橄岩分离体的纯橄岩带。含铂铬铁矿体位于纯橄岩中。这

一岩体侵入前震旦系中,但确切的侵入时期尚不清楚,其大地构造环境属于加里东期冒地槽中的地背斜,如大道岩体中的纯橄岩及单辉岩组成相间而互相平行的岩带。含铂铬铁矿体亦位于纯橄岩带之中。此时优地槽阶段已结束,而处于相对宁静时期。从上述两处岩体侵入时的地质环境来看,都不属于优地槽;从岩相组合来看,方辉橄岩只占次要地位。在本书执笔者中间,有人认为此类岩体属“准阿尔卑斯”型。

(三) 冒地槽迴返时侵入的小型岩体

目前仅在乌新一处见有此种岩体。整个岩体以单辉岩(透辉岩)为主。岩体下部以含橄单辉岩及单辉橄辉岩为主;中部以透辉岩为主;上部以含闪单辉岩及角闪单辉岩为主。此岩体较下述位于稳定地区的单辉岩较富含镁而贫铁(见第二章第一节)。乌新岩体中的橄辉岩与我国各地所见的橄辉岩亦不同,前者中的橄榄石结晶比单斜辉石晚。因橄榄石比透辉石含铁较高,反而形成橄辉岩比透辉岩的镁铁比值更高。与铜镍硫化物有成因联系的铂钨矿体位于透辉岩中。

二、侵位于稳定地区的含铂岩体

(一) 似同心式岩体

由于此类岩体既有与乌拉尔及阿拉斯加东南部的同心式(concentric)岩体相似之处,又有不同点,故称为似同心式岩体。此种岩体见于Y区,由纯橄岩-单辉岩-角闪单辉岩组成,其中的纯橄岩属镁质超基性岩。位于同一岩带并较邻近的高台及罗沟两岩体内部具有类似同心式构造。在高台岩体中的纯橄岩相的周围不连续地围绕着单辉岩及角闪单辉岩相,但主要分布在长透镜状纯橄岩相的两端。角闪石岩则分布在岩体两端最外缘的局部地方。罗沟岩体也具有上述情况,但单辉岩及磁铁角闪单辉岩的主要部分位于岩体的东南部。在上述两岩体中还出现橄榄岩过渡相。

此外,我们把纯橄岩-单辉岩-角闪单辉岩岩相组合作为岩浆建造来看,对每一个具体的岩体说来,不一定出现所有岩相。因此,将处于同一岩带并属于同一岩浆建造的单一的单辉岩体(如洪拉岩体)以及中心部分出现橄榄岩相的单辉岩体皆归入此类。

似同心式岩体的岩石化学特征(详见第二章第一节)以及含矿性方面与同心式岩体亦有相似之处。在纯橄岩中具有铬铁矿型以Pt(罗沟)或以Ir、Os(高台)为主的矿化。在罗沟纯橄岩中以Pt为主的矿化还可以单独的出现在岩石中,形成单铂型矿化。在洪拉单一的单辉岩中则有单铂型矿床。在罗沟单辉岩中亦具有单铂型铂矿化及铜硫化物型铂钨矿化(位于岩体边缘)。

似同心式岩体除与同心式岩体有上述相似之处外,尚有以下三点不同的地方。根据杰克逊及塞耶(E. D. Jackson, T. P. Thayer, 1972)对同心式岩体所规定的分类准则之一是此类岩体位于优地槽造山带中,而高台、罗沟及洪拉等岩体所构成的岩带位于地台边缘的古老隆起区内。根据高台岩体中的粗粒角闪石测得的同位素年龄分析值为 244×10^6 年。许多人怀疑此为变质年龄。洪拉岩体中的透辉石的年龄值为 665×10^6 年,如以

此为准,此岩带的侵入时期属震旦纪。此时的大地构造环境仍属较稳定地区,并在与此相邻的凹陷地带形成巨厚的震旦纪沉积。

似同心式岩体与同心式岩体的另一个不同之处是:在高台及罗沟岩体的周围没有辉长岩相围绕。在罗沟岩体的东南缘只有宽度甚狭的辉长岩质边缘相存在。从区域上看,乌拉尔及阿拉斯加东南部同心式岩体皆分布于规模巨大的辉长岩带中;在Y区还没有见到属于此建造的较为发育的辉长岩带。虽然在阿拉斯加也有个别岩体不在辉长岩中,但大多数岩体位于辉长岩中。

第三个不同点是,同心式岩体的形态及构造呈粗略的同心圆筒状或不规则状。而Y区似同心式岩体的整个岩体或各岩相的形态均为透镜状或似脉状透镜体。

此外,在本书执笔者中间,有的同志认为似同心式岩体的侵入时代有可能属于前震旦纪,此时大地构造环境应当属于地槽,这就可以与同心式岩体完全对比,但这一推测有待证实。

(二) 层状岩体

在此类岩体中,各岩相具有韵律性层状构造,L. 韦杰及 G. 布劳温(L. Wager., G. Brown, 1968)用火成堆积说解释其形成机制。从整个岩体来看,岩石基性度由岩体底部至顶部逐渐降低。由于各岩相具有韵律性重复,可以划分出几个主堆积旋迴,在每一主旋迴中再细分出若干亚堆积旋迴。在每一主旋迴或亚旋迴中,由其下部至上部,岩石的基性度均有降低的趋势。国外几个著名的层状岩体的规模是十分巨大的,如:布什维尔德、大岩墙、斯梯尔沃特等岩体。在我国K区已发现若干层状岩体,其出露面积为中型(5—60平方公里),其中主要赋存钛磁铁矿层。岩体中所含的辉石种类只有单斜辉石,而无斜方辉石。在上述国外著名层状岩体中有大量斜方辉石,形成古铜岩、苏长岩等岩相。

最近得知,K区一〇六地质队首次发现兴结层状含铂岩体,填补了我国此类型的空白。由于此资料来源于该地质队骆耀南等同志的一份手稿¹⁾,仅知其概况。兴结岩体属单辉橄榄岩-单辉岩-辉长岩杂岩体,整个岩体由三大堆积旋迴及十个亚旋迴组成。第一旋迴下部以单辉橄榄岩及单辉岩互层为主;上部以橄榄辉长岩与辉长岩互层为主,也是主要钛磁铁矿带。第二旋迴及第三旋迴的岩相变化与第一旋迴相似,但其上部分别以辉绿辉长岩及闪长岩为主。

层状岩体中的铂族元素矿化有两种:1)位于第一旋迴近底部的铬铁矿层中;2)位于钛磁铁矿层中,是否有铜硫化物相伴生,还不清楚。此外,在单辉岩中的伟晶相有微弱的矿化显示,并与铜硫化物相伴生,但没有一定层位。

(三) 似层状岩体

在形成此类岩体时,因受垂直的重力分异作用,使其具有似层状构造。与层状岩体的区别是缺乏韵律性层状构造;与层状岩体相似之处是矿化层位于一定的层位中,岩石亦具嵌晶状结构。岩体规模属小型。

1) 106地质队4分队(1978):兴结层状基性超基性岩体地质及矿化特征。

1. 单辉橄岩为主的岩体

只见于晓松。岩石中富含铬尖晶石及斜长石(大多水钙榴石化)。较晚形成的辉石岩-辉长岩体侵于晓松岩体的下盘。铬铁矿带主要位于橄岩体的底部,它由许多似层状、透镜状及不规则矿体组成。矿体与围岩的界线一般是过渡的。岩体本身看不到象层状岩体所具有的十分清晰的韵律性层状构造。有人叙述过,在矿石中具有韵律性薄层状构造,但延续性并不好,仅局部见到。此岩体的铂族元素矿化位于铬铁矿体之中。

2. 单辉橄辉岩-单辉岩-辉长岩-暗色正长岩体

艾义岩体由下部至上部的这一岩相变化次序显示出垂直分异作用,各岩相呈似层状构造,各层产状平缓,仅在岩体边缘变陡。铜硫化物-钛磁铁矿型铂钯矿化位于磁铁单辉岩中,而不在岩体底部的橄辉岩相中。

总之,层状及似层状岩体中的铬铁矿都富含钛及铁,其含矿岩石皆属铁质超基性岩,而与阿尔卑斯型及似同心式岩体中的铬铁矿较富 Mg 贫 Fe 有所不同。

(四) 小型漏斗状或岩床状岩体

目前所知的此类小型岩体规模不大于3平方公里,实际上大多数岩体小于1平方公里。然而,我国已知的具有经济价值的铂矿床皆赋存在此类小型岩体中。岩体的横剖面形态主要有两种:陡倾斜的漏斗状及缓倾斜的岩床状。前者见于侵位在前震旦系组成的台背斜中的岩体;后一种岩体侵位于台向斜中。岩体中赋存有铜镍硫化物型铂钯矿化。

1. 以橄岩为主或具有橄岩相的岩体

在此类岩体中,铜镍硫化物型铂钯矿体主要位于橄岩相中。目前已知有二辉橄岩及单辉橄岩两种类型,但具有重要经济价值的矿床则位于二辉橄岩中。

此类岩体的橄岩相,由中心至边缘,橄石含量渐减,在岩体边缘形成宽数米的边缘带,由内向外,依次出现橄辉岩-辉石岩-辉长岩。在外接触带则形成致密的暗色角岩状岩石,它由石英及斜长石所构成的微文象体与细鳞片状黑云母组成,这种混染现象也会出现在内接触带。由于主要的铂钯矿体(即铜镍矿体)常位于岩体边缘,因而含矿岩石除以橄岩为主外,也包括边缘带岩石,甚至部分矿体进入围岩之中。关于边缘带的产生,在本书执笔者中间有两种看法:一种意见认为可能是岩浆在侵入过程以及到达侵位后,受含硅铝质较高的围岩混染而成。按此种观点,认为含矿岩石以橄岩为代表,边缘带岩石是橄岩受到混染而成。另一种意见认为橄岩体形成中心相、过渡相及边缘相是由于岩浆边结晶边侵入的过程中,先晶出的较贫 Si 的镁铁矿物(如橄石)在熔体中向中心集中,而使边缘较富 Si 的结果。而围岩的混染仅具有从属意义。

连续性较好的主要矿体集中分布于陡倾岩体的边缘处或缓倾岩床的底部(如:柏家、竹铺、龚山及羊留等岩体)。在某些厚度不大的岩床中,当硫化物含量较低的情况下,铂钯矿层没有十分固定的部位(如:黄草南、进宝等岩体)。

2. 以橄辉岩为主的岩体

目前只见黄草岩体一例,为单辉橄辉岩体。铂钨矿体出现在岩体中的各个部位,但仍以岩体底部及边部矿体的连续性较好。

3. 以辉石岩为主的岩体

闪辉岩亦归入此类。已知有二辉岩(玉龙岩体)及单辉岩(梦岭岩体)两类。在梦岭岩体中,除以角闪单辉岩为主体外,在岩体边缘矿带中还出现少量橄辉岩。矿体中 Ni 的含量一般很低,在铜镍硫化物型矿体中是含硫化镍最低的一种。

4. 辉长岩型岩体

如肖南及陶可岩体以暗色辉长岩为主。矿体主要位于岩体边部及底部及邻近的围岩中。除岩浆晚期熔离贯入矿体外,并有气成热液期脉状矿的叠加。

综上所述,可以把含铂岩体类型、含铂岩相与铂族元素矿化类型之间的关系归纳如下: 1) 在阿尔卑斯型及似同心式岩体中,属于镁质超基性岩的纯橄岩及方辉橄岩相内赋存有铬铁矿型矿体,单铂型矿化次之。2) 在层状及似层状岩体中,属于铁质超基性岩的单辉橄岩内亦赋存有铬铁矿型矿化体,但因其富含 Fe 而使铬铁比值较前一种大为降低。3) 在其它各类属于铁质超基性岩的含铂岩相中具有铜镍硫化物型、铜硫化物型、铜硫化物-钛磁铁矿型以及单铂型等矿化类型。

随着工作的进展,我国含铂岩体类型及铂族元素矿化类型会进一步扩充。在我国尚未见到的含铂岩体类型有侵位于造山地区的属于拉斑玄武岩系列的苦橄岩亚型(加拿大温大略省)及斜长岩亚型(加拿大魁北克省及温大略省)、科马提岩系列岩体(澳大利亚西部、加拿大温大略省);侵位于非造山地区的大型层状杂岩体(布什维尔德、萨德伯里),相当于溢流玄武岩成分的岩床及岩席(美国新泽西州、南极洲)以及环状杂岩体中的碱性超基性岩体(苏联阿尔丹)等等(A. J. Naldrett, L. J. Cabri, 1976)。

最后,需提及本书执笔者中间的另一种意见。有人认为表 1.1 所列的阿尔卑斯型岩体中的第 2 亚类及第(三)类以及似同心式岩体可能同属于半稳定地区的岩体类型,而有别于典型的稳定地区及造山地区的岩体。

第二节 含铂岩体中的主要造岩矿物

在基性超基性岩体中的造岩矿物种类及其成分变化可反映出岩石化学特点及成岩过程的分异作用,特别是橄辉石、斜方辉石及单斜辉石反映得更为灵敏,因而本节只涉及这三种矿物¹⁾。无论何种含铂岩体类型,在镁质超基性岩体中的造岩矿物种类比较简单,主要是橄辉石、斜方辉石及单斜辉石,而斜长石较为少见或居次要地位。在铁质超基性岩中,主要造岩矿物种类除上述三种外,还有原生角闪石、黑云母及斜长石。

1) 本章节所列举的根据光性测定、化学分析及电子探针分析结果计算出的造岩矿物成分,是来自中国科学院地球化学研究所、西北地质研究所、某省地质局第六地质队及某省冶金地质勘探公司 607 队等单位的内部资料。

一、纯橄岩型含铂岩体中的主要造岩矿物成分

在具有镁质纯橄岩相的含铂岩体(简称为纯橄岩型岩体,包括阿尔卑斯型及似同心式岩体)中的橄榄石成分变化范围为 Fa_{3-13} ¹⁾ (洞桥南、大道及高台七个测定值),以镁橄榄石为主;洞桥南岩体的方辉橄榄岩中的斜方辉石成分为 $Fs_{8.1-8.5}$ ²⁾ (两个化学分析值),并随着结晶作用的进行及岩石基性度的降低,使其成分由 $Fs_{14.8-17.8}$ 至 $Fs_{26.4}$ (共三个分析值),包含于斜方辉石中的微量硅酸钙分子百分含量亦由 0.4% 增至 4.6%。在大道及高台两个纯橄岩-单辉岩体中的单斜辉石成分相似,皆为透辉石,其成分变化范围为 $Ca_{45-47} Mg_{47-50} Fe_{4-6}$, 五个的平均值为 $Ca_{46} Mg_{48} Fe_6$ (图 1.1 A 中的 V 区)。

二、橄榄岩型含铂岩体中的主要造岩矿物成分

在具有铁质橄榄岩相的含铂岩体(简称为橄榄岩型岩体,皆属稳定地区的小型岩体)中的橄榄岩所含的橄榄石成分为 Fa_{13-24} , 斜方辉石的成分为 Fs_{15-25} (包括竹铺、竹铺南、柏家、龚山、黄草南及进宝等 24 个光性测定及化学分析值)。似层状晓松岩体的单辉橄榄岩所含单斜辉石为各类岩体中含 Ca 最高者,属深绿辉石-透辉石,其成分变化范围为 $Ca_{49-53} Mg_{41-43} Fe_{6-9}$, 其三个的平均成分为 $Ca_{50} Mg_{42} Fe_8$ (图 1.1 A 中的 IV 区)。在竹铺岩体,位于橄榄岩体之上,有形成较早的顶部各岩相,具有垂直的分异作用,由下至上为橄辉岩、斑状单辉岩及暗色辉长岩,其中所含的单斜辉石成分随着岩石基性度降低而使其镁铁比值及 Ca 含量均减少,即 Ca:Mg:Fe 由 45:47:8 转为 38:36:26 (5 个测定值)(图 1.1 B 中的 Z 线),其演化曲线完全与一般正常岩浆相吻合。为了对比,我们将富铜镍硫化物却贫 Pt 的红岭 1 号及 3 号岩体中的单斜辉石成分投影在图 1.1 B 中。此二岩体也具有垂直的分异作用,其单斜辉石成分演化曲线(图 1.1 B 中的 H_2 及 H_3 线)与竹铺岩体顶部岩相所见完全不同(Z 线)。红岭 3 号岩从古铜岩、二辉岩到辉长苏长岩的单斜辉石成分演化趋势是 Ca 含量逐渐增加,而红岭 2 号岩体的 H_2 线出现由右至左的异常演化趋势。其岩体下部为角闪古铜橄榄岩,向上为辉长苏长岩。虽然我们不能根据少数例子对含铂及贫铂岩体的差异性作出什么结论,但这是一个值得注意的现象。

总之,在稳定地区小型岩体各类基性超基性岩相中的单斜辉石的成分范围较其它类型贫 Ca (图 1.1 A 中的 I 区)。而且以柏家岩体的单斜辉石最为贫 Ca 富 Mg。此岩体赋存有重要经济价值的铜镍铂矿体。

三、辉石岩型含铂岩体中的主要造岩矿物成分

位于地槽区乌新岩体属地槽迴返后的小型岩体,以单辉岩为主,其中的橄辉岩相所含橄榄石的成分为 Fa_{12-31} , 属贵橄榄石-透铁橄榄石。如前节所述,橄辉岩中的橄榄石比透辉石形成要晚,前者比后者更富含铁,因而使此岩体的橄辉岩的镁铁比值低于透辉岩,这

1) Fa 为橄榄石中的铁橄榄石分子百分数。

2) Fs 为斜方辉石中铁辉石的分子百分数。

与其它各地所见的是完全相反的。一般在稳定地区所见的橄辉岩大多呈嵌晶结构；即橄榄石早于单斜辉石晶出，并为后者所包裹。而乌新岩体的橄辉石在单斜辉石粒间呈网脉状分布。乌新岩体中的单斜辉石为我国此类矿物中较富 Mg 的一种，属透辉石，其成分变化范围为 $\text{Ca}_{45-48} \text{Mg}_{45-49} \text{Fe}_{4-10}$ ，七个的平均值为 $\text{Ca}_{46} \text{Mg}_{47} \text{Fe}_7$ （图 1.1 A 中 II 区）。与此相似的成分是大道及高台等似同心式及阿尔卑斯型纯橄岩-单辉岩体中的透辉石。这也是执笔者中间有人主张把这三种类型统一划入半稳定地区的理由之一。在乌新岩体中还有少量二辉岩，其中的斜方辉石成分为 Fs_{240} 。

位于稳定地区的玉龙小型二辉岩体中的斜方辉石成分为 Fa_{14-25} ；单斜辉石成分为 $\text{Ca}_{45} \text{Mg}_{46} \text{Fe}_7$ （两个平均），这与乌新的透辉石成分相似。由于此岩体侵位于地槽区（？）的中间古老隆起带，其大地构造性质尚存在争论。在岩体类型分类表中（表 1.1）将玉龙岩体暂归入稳定区的小型岩体中，也许它与乌新岩体同具半稳定地区的岩体特点。

属于似同心式岩体系列的洪拉单辉岩体中的单斜辉石属次透辉石，其成分变化范围为 $\text{Ca}_{46-50} \text{Mg}_{31-44} \text{Fe}_{8-23}$ （图 1.1 A 中的 III 区），较乌新的透辉石富含 Fe，这与它们各自的岩石化学特点相吻合。

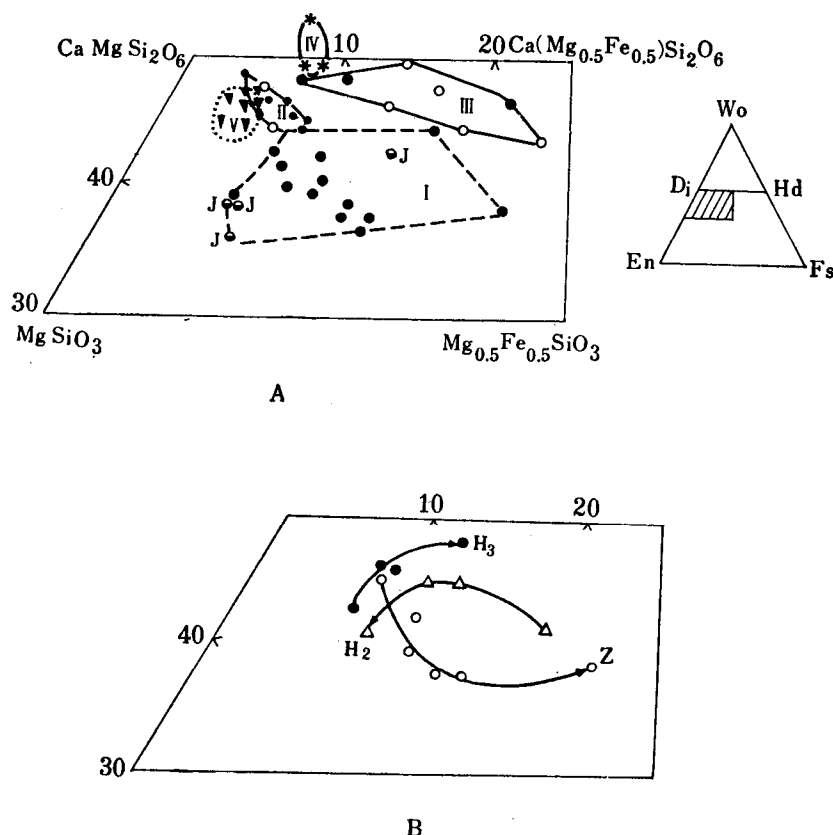


图 1.1 各类型含铂岩体单斜辉石成分图解

图 1.1 A 中的 I 区——稳定地区小型橄辉岩型岩体的单斜辉石成分范围，其中的 J 为柏家；II 区——乌新、玉龙岩体；III 区——洪腊、梦岭岩体；IV 区——晓松岩体；V 区——大道、高台岩体。

图 1.1 B 中的竹铺 (Z)、红岭 2 号 (H_2) 及红岭 3 号 (H_3) 单斜辉石成分演化曲线；箭头示演化方向。