

中国含铂基性 超基性岩体 与铂(族)矿床

杨 星 李 行 等著

西安交通大学出版社

中国含铂基性超基性岩体 与铂(族)矿床

杨 星 李 行
杨钟堂 陆 瑶 潘晓萍
姚文光 魏贵安
著

西安交通大学出版社

(陕)新登字007号

内 容 简 介

本书是国内第一部关于含铂基性、超基性岩体与铂族矿床的专著。作者从研究区域地壳构造~岩浆演化着手,通过深入分析,建立了我国绿岩、暗色岩和类暗色岩含铂建造类型与成矿区(带),并对三大含铂建造的顺序组合和含铂岩体产状、岩石、地球化学等进行了深入论述。在分析对比国内外铂矿成因类型分类的基础上,结合地质构造、岩石类型和矿化特征,首次提出我国铂族矿床分类方案,并列举了矿床实例。

本书资料多属第一次发表,该书结构合理,论证详实,研究成果独特,并有所创新。

本书可供从事岩浆矿床和地球化学专业的生产、科研人员和大专院校的师生参考。

中国含铂基性 超基性岩体与铂(族)矿床

杨 星 李 行 等著

责任编辑 李纪良

*

西安交通大学出版社出版发行

(邮政编码:710049)

西安地质矿产研究所印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 插页3 印张12.375 字数 317千字

1993年5月第1版 1993年5月第1次印刷

印数:1-800

ISBN7-5605-0569-4/P·5 定价:16.00元

序

含铂基性、超基性岩属于岩浆岩的重要一类，它主要分布于大陆地块或其边缘，是由拉斑玄武岩浆形成的镁铁系列岩石。国内外研究含铂岩体及铂族矿床已近30年，获得了许多重要成果。在研究方法上，比较偏重于岩石-矿物学、地球化学和铂族矿床特征，较少与形成的地质-构造环境联系起来。

本书着重于壳-幔演化的时空展布，比较深入地分析了隐生宙含铂绿岩建造、中晚古生代含铂暗色岩和类暗色岩建造的构造条件、建造特征，并将铂矿成生过程中与其相关的构造作用、岩浆作用、沉积-变质作用等联系起来，从理论与实践相结合的高度上，论述了我国铂矿成生规律，这是一部很有创见的研究成果。更可喜的是，在汲取中、外铂族矿床分类优点的基础上，结合中国的实际，本书突出了矿床产出的构造和火山-沉积建造地质环境，首次系统地提出中国铂族矿床分类，丰富了我国矿床学内容。

本书的出版，无疑将会推动我国含铂基性、超基性岩及有关铂族矿床理论研究和找矿工作的进一步发展。

宋叔和

1992.12

前 言

分布于中国大陆地块或其边缘,由拉斑玄武岩岩浆演化分异形成的镁铁系列岩石和它的含铂基性、超基性岩体,受壳-幔演化的有机制约。正像人们所洞察到的,不管所见含铂岩体在类型和时空的产出条件如何,它们都和一套不同类型的火山-沉积建造密切伴生产出,说明它们之间的成因联系,这一成生关系代表着大陆不同阶段裂陷作用和地幔岩浆作用的共同产物。正因为如此,作者新辟了把含铂岩体及其密切共生的火山-沉积建造统为一体,将铂矿成生过程中与其密切相关的构造作用、岩浆作用和沉积-变质作用等联系起来,从地壳构造-岩浆演化特定事件中,把握铂矿形成的诸多条件,深入揭示其成矿规律,以期达到在理论上有所创见,对成矿前景有个客观评估的目的。

呈献给读者的这本书,是作者自1986年以来承担地矿部指令性项目“国内外铂矿成矿条件对比、成因类型”课题(编号86053)的研究成果;也是作者长期从事岩浆矿床研究,集我国三十多年来地质勘查与科学研究成果,系统而全面地论述铂矿床成生地质构造条件和成因类型的一本专著。

本书共分六章,其主要内容如下:

一、从我国含铂基性、超基性岩体及铂(族)矿(床)产出分布的地质构造的客观实际出发,论述了隐生宙与绿岩建造有关的含铂岩体及其产出特征、中晚古生代与暗色岩建造有关的含铂岩体和产出特征,以及发育于中国大陆北缘过渡壳带的中晚古生代与类暗色岩建造有关的含铂岩体及其产出特征。随后,讨论了含铂岩体及相关火山-沉积建造形成和产出的环境。特别是首次提出并论述了我国独具特色的大陆边缘过渡壳带的构造环境、类暗色岩建造及含铂岩体与矿床的诸多特点。

二、根据大量的岩石化学、微量元素地球化学数据资料,用多种方法和图式系统分析对比了三大构造成矿区(带)含铂岩体的演变特征,同时建立了微量元素的配分模式。这些研究成果表明,三大含铂建造类型不仅具有各自的构造地质背景和与其有关的含铂岩体,而且在其内在组分上也具各自明显的特征,印证了作者建立的中国含铂基性、超基性岩体及其产出的地质构造环境的客观性与真实性。

三、就铂(族)矿床而言,分别论述了绿岩型、暗色岩型和类暗色岩型各类铂(族)矿床成生的岩体类型与产状、矿床赋存部位与岩相特征、铜-镍矿化与铂矿(化)之间的产出关系,并分别列举了各类矿床实例。这些成果资料,大多数是第一次同读者见面。另外,在对比分析国内外铂(族)矿床成因分类的基础上,结合我国实际提出了中国铂(族)矿床的特征、成因类型和分类方案。可以说,这一分类方案,丰富了我国矿床学的内容。

四、在本书中国铂矿成因条件分析与讨论部分,作者采用求实的类比法,首先将我国各类铂矿(床)的成因条件进行了分析和概括,同时结合国外同类型铂矿床的形成条件,认为我国具有各类型铂矿床形成产出的地质环境。特别指出了在我国也有可能发现镁铁-超镁铁层状杂岩体的“梅林斯基”型铂矿(床)。

尽管这样,我们还要敬告读者,限于研究工作性质和资料等原因,书中提出的一些主要观点和结论中的某些方面有待于进一步探讨和研究,更有待于地质找矿工作的检验和修正。

本书的出版若能引起专家们的关注和兴趣，并在理论研究和找矿实践的发展中起到一些作用的话，将是作者最大的欣慰。

本书编写大体分工如下，绪论、矿物岩石化学、地球化学部分由杨星、姚文光、潘晓萍编写；中国铂（族）矿床主要成因类型及其产出特征部分由杨星编写；含铂岩体地质特征部分由李行、杨忠堂编写；含铂岩体的类型划分与岩石类型部分由李行编写，其中的数理统计分析部分由陆瑶、魏贵安编写；铂矿床成矿条件分析和讨论部分由杨星、李行编写。全书最后由杨星、李行统纂定稿。

在工作过程中，得到地矿部、地质科学院和西安地矿所领导的支持和帮助，并给科研工作提供了许多方便。与此同时也得到了地矿部、冶金部所属的有关局和队的大力支持与帮助。

本书编写和定稿过程中得到了学部委员宋叔和教授的支持和关注。承蒙肖序常、安三元、梅厚钧、汤中立、白文吉、王希斌研究员（教授）以及我所李先梓、董显扬研究员和郑金田高级工程师审阅全书，提出了许多宝贵意见，并给予高度评价。

西安地质矿产研究所编辑部李纪良担任本书的特聘责任编辑，吴冠华、李西林、乔玉兰、刘爱民为本书的编辑、出版付出了辛勤劳动，陈美云、胡淑梅等同志清绘了全部图件。

作者谨向各位评审员和对本书的出版给予各方面支持与帮助的上述单位及个人表示衷心地感谢，并恳请广大读者惠予指教。

杨 星 李 行

目 录

第一章 绪 论	(1)
一、铂族元素的地球化学特征	(1)
二、铂族元素的丰度	(2)
三、铂族元素的成矿类型	(3)
四、铂矿的研究现状	(4)
第二章 中国含铂基性超基性岩体地质特征	(7)
一、中朝地块区含铂岩体地质特征	(7)
(一)燕山岩区	(7)
(二)辽吉岩区	(10)
(三)山东岩区	(13)
(四)龙首山岩带	(15)
二、扬子地块区含铂岩体地质特征	(16)
(一)川滇岩区	(16)
(二)桂北地区	(21)
(三)汉南岩区	(23)
三、中国北部过渡壳地带含铂岩体地质特征	(24)
(一)新疆岩区	(24)
(二)东北岩区	(29)
四、含铂岩体及相关火山-沉积建造形成环境的讨论	(29)
(一)绿岩建造及相关含铂岩体的形成环境	(30)
(二)暗色岩建造及相关含铂岩体的形成环境	(33)
(三)过渡壳类暗色岩建造及相关含铂岩体的形成环境	(34)
小 结	(35)
第三章 中国含铂岩体的类型划分及岩石、矿物化学特征	(37)
一、含铂岩体类型划分	(37)
二、含铂岩体的岩石类型组合特征	(39)
(一)绿岩建造型	(39)
(二)暗色岩建造型	(41)
(三)类暗色岩建造型	(41)
三、含铂岩体的岩石化学特征	(41)
(一)岩石化学成分演变趋势	(41)
(二)各类氧化物含量及变化	(45)
四、含铂岩体的主要造岩矿物及化学成分特征	(50)
(一)橄榄石	(51)

(二) 辉石	(51)
(三) 长石	(53)
(四) 角闪石	(65)
(五) 云母	(65)
五、数理统计及岩体类型判别分析	(66)
(一) 各类岩体总体化学成分的获取	(66)
(二) 含铂岩体岩石化学成分统计特征	(67)
(三) 含铂岩体的定量分析	(67)
小 结	(75)
第四章 中国主要含铂岩体的微量元素地球化学特征	(76)
一、绿岩型含铂岩体各类岩石稀土元素配分图式及地球化学特征	(85)
(一) 绿岩型含铂岩体稀土元素地球化学及配分图式	(85)
(二) 绿岩型亲石元素和过渡金属元素地球化学特征	(87)
二、暗色岩型主要含铂岩体岩石稀土元素配分图式及特征	(88)
三、类暗色岩型含铂岩体各类岩石稀土元素和过渡元素配分图式及特征	(92)
(一) 类暗色岩型含铂岩体各类岩石稀土元素配分图式及特征	(92)
(二) 类暗色岩型含铂岩体的岩石过渡金属元素配分图式及特征	(94)
第五章 中国铂(族)矿床地质特征及成因类型划分	(95)
一、绿岩型铂矿床的地质特征	(95)
(一) 绿岩型铂矿床的地质特征	(95)
(二) 矿床实例	(96)
二、暗色岩型铂矿床的地质特征	(112)
(一) 暗色岩型铂矿床的地质特征	(112)
(二) 矿床实例	(113)
三、类暗色岩型铂矿床的地质特征	(124)
(一) 类暗色岩型铂矿床的地质特征	(124)
(二) 矿床实例	(124)
四、其他类型铂矿	(132)
(一) 铬铁矿型伴生铂矿	(132)
(二) 钒钛磁铁矿型铂矿	(133)
(三) 铜-铂、铜-铁和石英脉型金矿床伴生铂矿	(135)
(四) 砂铂矿	(136)
五、我国已发现的铂族矿物及主要分布特征	(138)
(一) 我国已发现的铂族矿物	(138)
(二) 不同建造类型岩体铂矿床的铂族元素矿物组合及分布特征	(138)
(三) 不同建造类型铂矿床矿石的铂族元素分配特征	(140)
六、铂族元素成矿与岩体岩石成分和铜-镍矿化关系的数理统计分析	(144)

(一) 相关组分分布与铜-镍-铂矿化的关系	(144)
(二) 铂矿化类型与岩石化学成分的关系	(145)
七、中国铂矿床成因类型及分类	(154)
(一) 国内外铂矿床成因分类方案	(154)
(二) 中国铂族矿床成因分类	(155)
第六章 中国铂矿成因条件分析和讨论	(157)
一、隐生宙绿岩建造型岩体的成铂条件	(157)
(一) 科马提岩型	(157)
(二) 侵入体型	(159)
(三) 层状杂岩体	(165)
二、暗色岩建造型岩体的成铂条件	(170)
三、类暗色岩建造型岩体的成铂条件	(174)
结 语	(175)
参考文献	(176)
英文摘要	(181)

CONTENTS

Preface.....	(1)
Chapter I. Introduction.....	(1)
1. Geochemical characteristics of platinum group elements.....	(1)
2. Abundance of PGE.....	(2)
3. Metallogenic process type of PGE.....	(3)
4. Present situation of studying on platinoid ore.....	(4)
Chapter II. Occurrence geological characteristics of the PGE-bearing basic and ultrabasic rocks in China.....	(7)
1. PGE-bearing bodies in Sino-Korean land mass area.....	(7)
2. PGE-bearing rock bodies in Yangtze land mass area.....	(16)
3. PGE-bearing rock bodies distributed in the transitional earth belt in North of China.....	(24)
4. Discussion on formative environment of PGE-bearing rock bodies and related volcanic-sedimentary formation.....	(29)
Preliminary summary.....	(35)
Chapter III. Classification of PGE-bearing rock bodies occurred in China and their petrological and mineral chemistry features	(37)
1. Classification of PGE-bearing rock bodies.....	(37)
2. Features of petrological type assemblage.....	(39)
3. Litho-geochemical features of PGE-bearing rock bodies.....	(41)
4. Essential rock-forming mineral and mineral chemistry.....	(50)
5. Mathematical statistics and discriminant analysis.....	(66)
Chapter IV. Microelement geochemistry of main PGE-bearing rock bodies in China.....	(76)
1. Greestone-type PGE-bearing bodies.....	(85)
2. Melanocratic rock type PGE-bearing bodies.....	(88)
3. Quasi-melanocratic rock type PGE-bearing bodies.....	(92)
Chapter V. Geological characteristics of platinoid deposits and their classification of genetic type in China.....	(95)
1. Greenstone-type platinoid deposits.....	(95)
2. Melanocratic rock type platinoid deposits.....	(112)
3. Platinoid deposits in quasi-melanocratic rock.....	(124)
4. Other types platinoid deposits.....	(132)
5. Main distributed feature of known platinoid mineral assemblage	

in China.....	(138)
6. Mathematical statistic analysis about the relationship between PGE metallogenic process and petrological composition of PGE- bearing bodies as well as Cu-Ni mineralization.....	(144)
7. Genetic classification of platinoid deposits in China.....	(154)
Chapter V. Genetic condition analysis and discussion on platinoid deposits of China.....	(157)
1. Condition of platinum-forming in greestone-formation-typa bodies, Cryptozoiceon	(157)
2. Condition of melanocratic rock-formation-t-type bodies.....	(170)
3. Condition of quasi-melanocratic rock-formation bodies.....	(174)
Summary	(175)
References	(176)
Abstract in English.....	(181)

第一章 绪 论

一、铂族元素的地球化学特征

铂族元素属于周期表第Ⅷ付族的两个组合(Ru、Rh、Pd位于第5周期, Os、Ir、Pt位于第6周期)。它们的物理化学和晶体化学特征如下(表1-1)。

表 1-1 铂族元素地球化学参数*

铂族元素	钌(Ru)	铑(Rh)	钯(Pd)	锇(Os)	铱(Ir)	铂(Pt)
原子序数	44	45	46	76	77	78
原子量	101.07	102.9055	106.4	190.2	192.22	195.09
电子构型	4d ⁷ 5s ¹	4d ⁸ 5s ¹	4d ¹⁰ 5s ⁰	5d ⁶ 6s ²	5d ⁷ 6s ²	5d ⁹ 6s ¹
离子半径 [10 ⁻¹⁰ m(12配位)]	1.325	1.345	1.376	1.338	1.357	1.388
离子半径 [10 ⁻¹⁰ m(6配位)]	1.25	1.25	1.28	1.26	1.27	1.30
离子半径 [10 ⁻¹⁰ m(6配位)]	0.69(+3) 0.67(+4)	0.68(+3)	0.80(+2) 0.65(+4)	0.88(+4) 0.69(+6)	0.68(+4)	0.80(+2) 0.65(+4)
地球化学电价	0, 2+, 3+ (4+)(6+)	0, 2+, 3+ 4+(6+)	0, 2+(3+) 4+	0, 2+, 3+ (6+)4+	0, 2+, 3+ 4+(6+)	0, 2+, (3+) 4+(6+)
电负性	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2
电离势(eV)	7.364	7.46	8.33	8.5	9	9.0
离子电位(V)	4.35(+3) 5.97(+4)	4.41(+3)	2.5(+2) 6.16(+4)	4.55(+4) 8.70(+6)	5.88(+4)	2.5(+2) 6.15(+4)
还原电位(V)	Ru ³⁺ →Ru ²⁺ -0.11	Rh ⁴⁺ →Rh ³⁺ 1.43	Pd ²⁺ →Pd 0.83	OsO ₄ +8H ⁺ →Os 0.85	IrCl ₃ →Ir+ 6Cl ⁻ 0.77	Pt ²⁺ →Pt -1.2
FK 值	9.10(+4)			8.90(+4)	8.93(+4)	
电导率(×10 ⁻⁶)	0.005	0.001	0.013	0.05	0.001	0.005

* 据刘英俊, 1987。

1) 铂族元素的原子构型是电子次外层充填, 氧化态遵守过渡元素变迁规律, 即沿周期由左向右逐渐降低, 零价单质金属在自然界中最稳定。

2) 原子序数较大, 电荷多, 电子层结构复杂, 离子半径不大而形成的电离势较大, 不失电子, 具有较大的极化能力。

3) 除Ru外, 还原电位较其他过渡元素 Fe(0.408)、Ca(0.342)、Ni(0.23)、Cr(0.74)、Co(0.28)要高。

4) 电负性中等, 多形成共价化合物。

5) 熔点、沸点高, 尤其是Os、Ir最高, Pt、Pd相对较低, 由此造成成矿作用类型上的

由于铂族元素的地球化学性质与第Ⅷ族过渡金属元素相似, 即在镁铁质和超镁铁质岩石中表现出亲铁性及其对硫化物的亲合性(J.H.Crocket, 1981)。一般说, 代表地幔深部的阿尔卑斯型超镁铁质岩, 岩石相对富镁、贫铁、贫硫。铂族元素成矿类型以高温点的

铂族元素——Os、Ir、Ru、Rh组合为特征 (H.J.Rosler、H.langè, 1975), 且主要形成 Os、Ir、Ru、Pt的自然元素及金属互化物。而由地幔部分熔融形成的橄榄拉斑玄武岩浆分异的富铁超镁铁质岩, 相对以低熔点的Pt、Pd组合成矿为特征, 铂族元素常与S、Te、As、Sb和Bi等形成化合物。

二、铂族元素的丰度

铂族元素的宇宙丰度值($\times 10^{-6}$) (刘英俊和曹励明, 1987) (标准Si=10) Ru 0.9—1.5, Rh 0.2, Pd 0.6—0.7, Os 0.6—1.0, Ir 0.8, Pt 1.3—1.6。

在各类陨石中, 铁陨石的铂族元素含量明显高于球粒陨石 (表1-2), 且在铁陨石中Os和Ir、Pt和Ru呈明显的正相关。

表 1-2 铁陨石和球粒陨石中铂族元素平均含量* ($\times 10^{-6}$)

元素	陨 石	样品数	含量范围	平均值	可能误差
Pt	球粒陨石	24	0.20—5.6	1.20	0.11
	铁陨石	38	0.50—30.0	7.00	1.30
Pd	球粒陨石	12	0.50—3.9	(0.95)	0.60
	铁陨石	15	1.20—7.7	3.6	1.00
Os	球粒陨石	16	0.58—1.24	(0.90)	0.09
	铁陨石	17	0.60—17.00	2.10	0.50
Ir	球粒陨石	45	0.08—0.60	0.40	0.03
	铁陨石	39	0.01—10.30	2.50	0.60
Rh	球粒陨石	20	0.1—0.70	(0.15)	0.07
	铁陨石	7	2.10—4.10	(2.54)	0.60
Ru	球粒陨石	15	0.70—1.30	(0.95)	0.09
	铁陨石	40	0.60—15.30	3.4	0.30

* 据杨敏之, 1973。

在地球各层圈中铂族元素的丰度列于表1-3。从表所见, 由地壳到地核铂族元素的含量依次增高。地核中铂族元素同铁、镍一样有强烈的聚集性 (如钌在地核中的丰度比在地壳高16 000倍)。在地幔物质演化过程中, 铂族元素富集在耐熔的偏基性组分中, 而在硅铝质岩石构成的地壳中 (主要是Si、Al质成分), 铂族元素的含量最低。

地壳中有些铂族元素还可能来自宇宙尘 (刘英俊和曹励明, 1987)。

表 1-3 铂族元素在地球各层圈中的丰度* ($\times 10^{-6}$)

元 素	地 壳	上地幔	下地幔	地 核	地 球
钌(Ru)	0.001	0.1	0.1	16	5
铑(Rh)	0.001	0.02	0.02	3	1
钯(Pd)	0.01	0.09	0.12	5.5	1.8
铱(Ir)	0.001	0.05	0.05	8	2.6
铂(Pt)	0.001	0.05	0.05	2.6	0.8
铂(Pt)	0.05	0.2	0.2	13	4.2

* 据蔡彤, 1976。

三、铂族元素的成矿类型

从已发现的铂矿床类型和所占储量统计,铂族元素成矿主要与基性、超基性岩有关,并与硫化物或铬铁矿密切伴生;而其他类型矿床种类虽多,但不占主要地位。主要成矿类型如下。

(一) 基性、超基性侵入体中的含铂富镍铜硫化物矿床

铂族金属总是产于Ni-Cu硫化物矿石中,因而目前Ni-Cu矿是开采回收铂族金属的主要来源之一,亦是世界主要工业矿床类型。如加拿大的萨德贝里和我国的甘肃金川等矿床可属此类型。

(二) 造山带蛇绿岩型变质橄榄岩中与铬铁矿有关的铂矿床

此类铂矿有时可能具很高的品位,特别是Os、Ir、Ru、Rh组合铂矿,因铬铁矿床规模受开采利用条件所限,尚无实际工业价值,意义较小。不过,这类铂矿经后期风化剥蚀冲刷搬运,可于河床下游形成砂铂矿床,如哥伦比亚的乔科。我国也有这类砂铂矿床发现,因其品位率低未开采。

(三) 镁铁、超镁铁层状杂岩中梅林斯基型铂矿和UG₂铬铁矿型铂矿

含铂品位较高,矿层稳定,延伸大,构成“梅型”或UG₂型铬铁矿中的铂矿主要还是同硫化物伴生。这类铁矿除著名的超大型布什维尔德和美国斯蒂尔沃特铂矿(床)外,还有南非洲的大岩墙以及中小型层状杂岩中的铂矿(床),如加拿大的群岛湖、Fox河岩床、澳大利亚的吉姆贝拉纳、芬兰北部的Penikat铂矿(床)等。我国新近发现的几处镁铁层状杂岩体也有含铂显示或具有铂矿化。

(四) 大陆裂谷(陷)带与暗色岩有关的岩床状基性、超基性岩体中的铂矿

在类型上,也属一种含铂Ni-Cu矿或Cu-Ni-Pt共生矿(床)。矿石多以浸染状为主,块状矿石占一定数量。前苏联著名的西伯利亚诺里尔斯克矿床是其典型代表。我国川滇暗色岩分布区的金山、杨柳坪等铂矿床也可以归入此类型铂矿。

(五) 绿岩带中与科马提岩共生的含铂铜-镍矿(床)

通常产在绿岩建造的下部,含矿岩石为一套镁铁质、超镁铁质熔岩,具特殊的鬃刺结构。含铂硫化物大部分产于科马提岩下部或近接触带上。这类铂矿床有著名的澳大利亚西部的坎姆巴达矿床和Ungara镍矿带等。我国也有几处中、小型矿床。

(六) 黑色页岩或砂岩中的铂矿床

由热流体对镁铁-超镁铁岩的作用,含铜砂页岩中部分Pt和Au元素可能由生物脱硫和自氧化作用而聚集成矿。如波兰西部的Zeohetein。

(七) 含铂金矿(床)

包括长英质火山岩中的含铂多金属矿床,如澳大利亚北部科罗内申希尔;石英脉型含铂硫化物矿床,如巴西、哥伦比亚、加拿大和前苏联等国家发现的矿床。我国河北红石砬铂矿也可归入此种矿床。

(八) 其他多金属矿床、硫化铜石矿床和铜-钼矿床中的伴生铂矿

铂族元素一般可作综合利用回收。此外,在火山热液变成的基鲁纳型铁矿中也含铂,

其含量为 0.04×10^{-6} — 0.47×10^{-6} 。

四、铂矿的研究现状

1975—1989年间国际上已召开过5次铂矿会议,充分反映出在世界矿产资源研究中铂矿所居的重要地位。在发展趋势上,已从早期的地区性和典型矿床的研究,逐步发展到洲际性或全球性合作对比研究。研究领域不断扩大和深化,一些系统介绍有关研究成果的专著、专辑大量出版,主要包括以下几方面。

(一) 重视区域成矿条件和成矿地质构造环境的研究

近10年来,国外不少研究者开始从火山-沉积建造或层序学途径来研究不同古老大陆地块内构造-岩浆演化系列特征,力图从区域成矿学解释有关含铂岩体和矿床的形成条件及成因模式。其中发展较快的为绿色岩和暗色岩建造的组合层序学研究,如D.I.Groves(1982)通过西澳地块太古代绿岩带的火山-沉积层序学研究,分析了西澳地块火山沉积盆地形成发展演化历史,得出含铂的坎姆巴达铜-镍矿床属火山橄榄岩型矿床,多选择裂谷早期扩张阶段近沉积活动带轴部的构造环境,同不连续火山喷发中心有关。E.C.I.Hammerbeck(1982)对南部非洲绿岩系和层状杂岩的形成也从组合层序学角度进行了分析和讨论,提出与太古代绿岩系有关的铜-镍矿床属同造山岩浆作用产物,含铂和铜-镍矿的布什维尔德和大岩墙层状杂岩体则为元古代造山后岩浆作用产物。

现已普遍认为,世界已知主要成型铂矿床均同古老大陆地块中的太古代、元古代和晚古生代—中生代三大构造-岩浆旋回作用密切相关。其中太古宙旋回相对以绿岩建造中与科马提岩有关的富铜镍型伴生铂矿为主;元古宙旋回以层状杂岩体类型铂矿为特征,包括富铂铬铁矿的UG₂型,贫硫化物的梅林斯基和J-M层型,富硫化物的萨德贝里型等;晚古生代—中生代旋回主要为暗色岩建造类型的含铂基性、超基性杂岩,亦属富铜镍型伴生铂矿。另一方面,还普遍提出无论科马提岩、层状杂岩和暗色岩建造类型的岩体或矿床,均普遍产出于一种由裂谷或裂隙作用形成的线性火山-沉积盆地构造环境。含铂岩体既可以是其中火山层序的组成部分,也可以成为火山作用稍前或稍后的侵入体。它们通常代表着裂谷或裂隙作用早期拉张阶段的岩浆作用产物。

(二) 系统发展火成层序学研究

层状杂岩体中梅林斯基型铂矿层的发现,使火成层序学已作为查明含铂层位以及铂族元素富集的岩石、矿物、地球化学和构造标志的重要手段。其中最为系统和深入研究的是布什维尔德、斯蒂尔沃特和Penikat等层状杂岩体。现普遍认为梅林斯基型铂矿的形成,系由早期超镁铁单元的残余液相与新注入岩浆混合作用的结果。硫主要来自新注入岩浆,而铂、钯主要来自超镁铁单元残余液相。

据R.W.Tathington等(1986)报道,加拿大安大略群岛湖(LDI)层状杂岩中已发现Roby带(层)内的辉长苏长岩堆积岩含Pt+Pd+Au可达 16.7×10^{-6} — 2.31×10^{-6} 的富贵金属层。继而又在芬兰北部Penikat层状杂岩中上部(第Ⅳ循环单位)的辉长苏长岩和斜

堆积层中找到了3层铂矿,其Pt+Pd+Au含量分别为 2.6×10^{-6} , 4.3×10^{-6} 和 6.3×10^{-6} (T. T. Alapict等, 1986)。

(三) 注意多种综合成因信息和成矿标志的研究

该研究也包括外来混染硫、热液作用和构造动力条件在铂矿成矿过程中的影响。其中外来混染硫对铂矿成矿的贡献已由硫同位素分析所证实。如萨德贝里 (Naldrett, 1984)、诺曼斯克 (M. H. 哥德列夫斯基, 1986)、布什维尔德和斯蒂尔沃特 (W. C. Elliott, 1982) 矿床等。甚至, Naldrett (1984) 还注意到美国德卢斯杂岩体中的含铂硫化物多与含量高达 10% 的石墨伴生。这种现象同样在布什维尔德梅林斯基层和斯蒂尔沃特的 J-M 铂矿层中被 Elliott (1986) 观察到。就此, 一些研究者提出石墨矿物的出现可能对找矿有一定意义, 也即作为铂矿成矿的特征标志之一。其次, 人们还注意到梅林斯基层和 J-M 铂矿层与其下岩石单元间普遍存在一种构造或火成不连续面的特征。S. D. Todd 等人推测这种火成不连续面实际还应是一个明显的构造弱化带。W. C. Elliott 等人 (1982) 则发现梅林斯基层和 J-M 层常位于一种特殊的锅穴 (Pothale) 构造中。这种现象在其他类型岩体和铂矿床中也可见及, 如西伯利亚某些火山橄辉岩型矿床。除此之外, 一些研究者还提出热液 (包括挥发组分) 作用对铂矿成矿的影响, 如 A. B. Mostert (1982) 依据某些砷、碲、铋铂矿物在梅林斯基层中的出现, 认为这些矿物是晚期热液流体活化早期铂族元素形成的, 热液流体活动的明显例证是梅林斯基层的特殊粗粒—伟晶结构和黑云母、滑石和蛇纹石矿物的出现。且范围仅限于梅林斯基层岩单元, 其上、下岩石却很少有所反应。有关这方面, 也涉及到后期构造和热液流体对其他类型铂矿富集问题。

据Kuoha (1982) 报道, 波兰西南部的卢宾和波尔卡维茨地区, 于早二叠世火山岩 (玄武岩) 与充填裂谷的红层以及晚二叠世海相碳酸盐蒸发岩与红层接触带间 (主要是白色“氧脊”砂岩与未氧化的黑色页岩接触带间) 产出富铂的含铜页岩层 (铂族元素大于 10×10^{-6} , 控制长度 1.5 km, 其中铂品位大于 200×10^{-6} 的一段已达 50 m), 是在成岩晚期流体流动期通过有机质的自身氧化作用和脱硫作用形成的 (Kuoha, 1982)。不久前在澳大利亚北部罗内申希尔地区发现在长英质火山岩中有较高的铂族元素矿化, A·J·麦克唐纳 (1987) 认为, 矿石呈细粒浸染状产出, 平均含 Pt 0.6×10^{-6} , Pd 1.15×10^{-6} , Au 7.72×10^{-6} 。这热液矿床与陆地酸性火山作用有关。

(四) 实验岩石、矿床学的进展推进了铂矿成矿理论的深化和发展

现已系统进行过不同 P - T 条件下的S、Co、Ni、Cu、Pt、Pd、As等多元体系的实验研究,并获得了大量较为系统的实验数据,如Makovicky等(1986)用Karn P—M 方法测得的Pd-Co-S系统, W.C.Elliott等(1982)所进行的硫逸度和氧逸度实验等。目前已确定 f_{S_2}/f_{O_2} 值是富铂硫化矿化的一项重要参数。硫化物液相和富铂元素金属既可在 f_{S_2} 增加、也在 f_{S_2} 降低情况下再富集。随着宏观和微观领域的深入研究和实验数据的获得,一些新的成矿模式或假说相继被提出,诸如陨石冲击说、混合岩浆成矿说和外来硫混染成矿模式等。

(五) 广泛注意基性-超基性岩以外其他类型铂矿的发现和应用研究

如在波兰二叠系中发现富铂的含铜页岩层。在美国内华达州和科罗拉多州发现了含金-钨-铋石英脉型和与铜-钼伴生型铂矿，前者矿石铂族元素含量为 $1.56 \times 10^{-8}—31.1 \times 10^{-8}$,

最高达 34.2×10^{-6} ，后者为 0.1×10^{-6} — 0.17×10^{-6} 。这类矿床在巴西、哥伦比亚、加拿大和前苏联也相继有所发现和开采利用。一些铁铜多金属、矽卡岩和油页岩矿床中有时也伴生铂矿等。

此外，对阿尔卑斯型或蛇绿岩型基性、超基性岩中也注意了，含铂性的评价和研究。如法国曾在比利牛斯山发现有含铂族元素大于 2×10^{-6} 的二辉橄榄岩体。N.J. Page (1982) 详细研究过新喀里多尼亚Du., Sud和Tiebaghi岩体的含铂性，得出蛇绿岩型橄榄岩和超镁铁堆集岩以含Os、Ir、Rh、Ru为特征，铂族元素富集主要与铬铁矿有关。不过，多数研究者认为目前此种类型铂矿还无实际利用前景。这正如N.J. Page指出的“要想从开采铬铁矿中回收低富集程度的铂族元素副产品是很少有潜在价值的”。

在我国，自60年代发现金川超大型铜-镍-铂矿床以来，随着镁铁、超镁铁岩及其有关矿产的勘查和研究的广泛开展，铂矿研究相应也给予了重要位置。除对发现的一些含铂岩体和矿床开展过岩体地质、岩石、矿物和地球化学方面较系统的研究外，不少研究者还就我国大陆不同构造单元（地槽和地台）产出的镁铁、超镁铁岩体的含铂性、成矿条件作了概略性对比和分析研究，划分了我国主要含铂岩体和矿床类型，估价了成铂远景（袁荣林等，1981；傅荫平，1980）。进入80年代，随着一些新的铜-镍-铂矿床的发现，特别是有关中国大陆某些重大基础地质研究项目的实施，以及所提供的新成果和资料，诸如中国大陆的基本构造发展演化和不同地质时期地壳结构属性的演变特征、绿岩带和相关火山-沉积层序的确立、古老地块中不同地段科马提岩的发现和报道等，都为重新考查和总结分析中国大陆的基本成铂条件提供了必要的前提。

为此，本书一方面是在较全面了解和掌握世界已知主要铂矿床形成、产出地质特征的基础上，对比分析中国大陆有无相似的含铂岩体形成产出和成矿地质条件；另一方面在于从中国大陆实际地质条件出发，概述不同类型含铂岩体的形成和产出分布，以及各自的成铂前景及可能性，为进一步探查和研究该类矿产提供必要的参考依据。