维普资讯 http://www.cqvip.com

第 11 卷 第 1 期
2004 年 3 月

地学前缘(中国地质大学,北京)
Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing)

Vol. 11 No. 1
Mar. 2004

中国镁铁、超镁铁岩浆矿床成矿系列的聚集与演化

汤中立

(长安大学 地球科学学院、陕西 西安 710054)

摘 要:矿床成矿系列的聚集与演化,是人们十分关注的问题。论述了元古宙以来的镁铁、超镁铁岩浆矿床成矿系列及成矿式,划分了中国岩浆矿床类型,归纳总结出岩浆矿床的 3 种聚集成矿方式及演化过程:(1)岩浆侵入体成矿;(2)与大陆溢流玄武岩有关的成矿;(3)与蛇绿岩有关的成矿。提出了岩浆矿床聚集与演化的特征:(1)3 种聚集方式,形成 5 类支撑性矿产(Ni-Cu-Co-Pt,金刚石, Fe-V-Ti, Cr,石棉),两类世界级超大型矿床式(金川式(Ni-Cu-Co-Pt),攀枝花式(Fe-V-Ti));(2)两个主成矿期(元古宙、古生代)和两个成矿高峰期(中元古代、晚古生代);(3) 具有"继承与发展"和"戛然而止"的演化特征。进行了世界对比,讨论了岩浆矿床的勘查方向及存在的问题。

关键词:岩浆矿床;成矿系列;类型;聚集;演化

中图分类号:P611.1+1 **文献标识码**:A **文章编号**:1005-2321(2004)01-0113-07

矿床成矿系列的聚集与演化,是人们十分关注的问题。本文论述的岩浆矿床范畴,是指中国与超镁铁、镁铁质岩成矿作用有关的成矿系列类型,这类矿床一般包含镍、铜、钴、铂族金属、钒钛磁铁矿、铬铁矿、金刚石、蛇纹石、玉石等许多具重要经济价值和用途的矿产。为了深入认识这类矿产的形成规律,本文在系统地研究岩浆矿床成矿系列的基础上,进行了初步地概括与讨论。

1 岩浆矿床成矿系列的时空分布

我国岩浆矿床成矿系列的时空分布见图 1。

1.1 元古宙岩浆矿床成矿系列与矿床式①

(1)华北陆块北缘东段辽吉古元古代与裂谷作用有关的 Ni,Cu,Co,Pt 矿床成矿系列(赤柏松式,矿床规模:中型,成矿时代:2 242 Ma,傅德彬,1987);(2)华北陆块北缘中段中元古代与裂陷活动有关的 Fe,V,Ti 矿床成矿系列(大庙式,矿床规模:中型,成矿时代:1 656.4 Ma,叶东虎,1989);(3)华北陆块西南缘中元古代龙首山与伸展构造有关的岩浆型 Ni,Cu,Co,Pt 矿床成矿系列(金川式,矿床规模:超大型,成矿时代:(1 508±31) Ma,汤中立等,1992;911 Ma,卢纪仁,1993);(4)扬子陆块东南缘与中元古代四堡期溢流玄武岩有关的 Ni,Cu 矿床成矿系列(大坡岭式,矿床规模:小型,成矿时代:2 219 Ma,毛景文等,1990;982 Ma,毛景文等,2001);(5)扬子陆块西缘中元古代青河—程海断裂带 Ni、Cu 矿床成矿系列(冷水箐式,矿床规模:小型,成矿时代:1 031 Ma,袁海华,1984);(6)扬子陆块北缘勉略宁活动带 Ni、Cu 矿床成矿系列(煎茶岭式,矿床规模:大型,成矿时代:(878±23) Ma,刘民武、王瑞廷,2003)。

1.2 古生代岩浆矿床成矿系列与矿床式②

(7)北准噶尔造山带与镁铁—超镁铁岩建造有关的 Cu、Ni 矿床成矿系列(喀拉通克式,矿床规模:大型,成矿时代:华力西中期);(8)西准噶尔造山带与蛇绿岩建造有关的 Cr、石棉矿床成矿系列(萨尔托海式,矿床规模:大型,成矿时代:奥陶纪—泥盆纪);(9)东准噶尔造山带与洋壳阶段蛇绿岩建造有关的 Cr、石棉矿床成矿系列(平顶山式,矿床规模:小型,成矿时代:泥盆纪?);(10)北天山与镁铁—超

收稿日期:2003-12-22;**修订日期**:2004-01-10

基金项目:中国工程院咨询项目(6/2001c);地质大调查综合研究项目(K1.4-3)

作者简介:汤中立(1934—),男,教授,中国工程院院士,主要从事岩浆矿床、区域成矿、地质矿产勘查及矿山环境研究。E-mail: zltang@sohu.com

① 这部分内容转引自沈保丰等《前寒武纪成矿作用》报告,并有修改补充。

② 这部分内容转引自汤中立等《古生代成矿作用》报告,并有修改补充。

维普资讯 http://www.cqvip.com

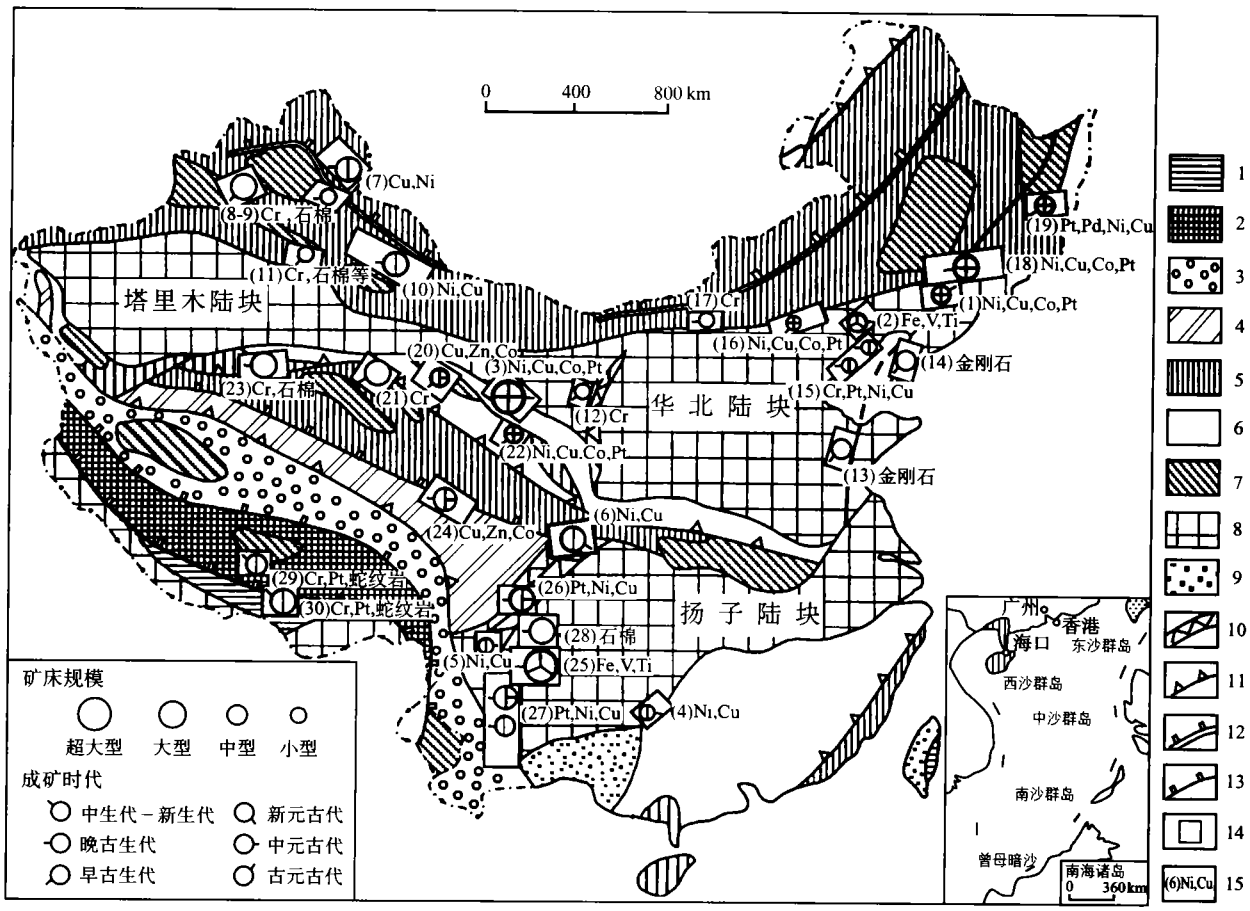

图1 中国镁铁、超镁铁岩浆矿床成矿系列时空分布图

(底图据李文渊,1996[1]修改)

Fig. 1 Temporal and spatial distribution of metallogenic series of mafic-ultramafic magmatic deposits in China

1～8—造山带与古陆块:1—新生代(喜马拉雅);2—白垩纪(晚燕山);3—侏罗纪(早燕山);4—三叠纪(印支);5—晚古生代(华力西);6—早古生代(加里东);7—微古陆块;8—前寒武纪陆块;9—叠置在古老褶皱带上的弧后和陆内盆地;10—叠瓦大山脉;11—消减带;12—准噶尔—贺根山缝合线;13—欧亚板块与其他板块缝合线;14—成矿系列中矿床式分布区;15—成矿系列号与主要矿种;图中括号内数字代表矿床成矿系列与矿床式

镁铁岩有关的 Ni、Cu 矿床成矿系列(黄山式,矿床规模:大型,成矿时代:石炭纪末期);(11)南天山与蛇绿岩有关的 Cr、石棉、滑石、蛇纹岩矿床成矿系列(库米什式,矿床规模:小型,成矿时代:早古生代);(12)华北陆块西部(阿拉善,宁夏)与辉长岩有关的 Cr 矿床成矿系列(小松山式,矿床规模:小型,成矿时代:加里东中期);(13)华北陆块东南部受深源断裂控制的金伯利岩型金刚石矿床成矿系列(常马庄式,矿床规模:中型,成矿时代:加里东中期);(14)华北陆块东北部与金伯利岩有关的金刚石矿床成矿系列(瓦房店式,矿床规模:中型,成矿时代:加里东中期);(15)华北陆块北缘中段与镁铁—超镁铁岩有关的 Cr,Pt,Ni,Cu 矿床成矿系列(高寺台式 Cr、Pt 矿床,矿床规模:小型,成矿时代:华力西期;铜碉子式 Ni、Cu 矿床,矿床规模:小型,成矿时代:华力西期);(16)华北陆块北缘西段与基性—超基性岩有关的 Ni,Cu,Co,Pt 矿床成矿亚系列(小南山式,矿床规模:小型,成矿时代:加里东期?);(17)内蒙古华力西造山带与蛇绿岩有关的 Cr 矿床成矿系列(索伦山式,矿床规模:小型,成矿时代:华力西期);(18)张广才岭造山带与镁铁—超镁铁岩有关的 Ni,Cu,Co,Pt 矿床成矿系列(红旗岭式,矿床规模:大型,成矿时代:华力西中期);(19)小兴安岭—张广才岭—太平岭造山带与基性—超基性有关的 Pt,Pd,Ni,Cu 矿床成矿系列(五星式,矿床规模:小型,成矿时代:早加里东期);(20)北祁连与蛇绿岩有关的 Cu,Zn,Co 成矿系列(石居里式,矿床规模:中型,成矿时代:加里东期);(21)中祁连南侧西段与蛇绿岩有关的 Cr 成矿系列(大道尔吉式,矿床规模:大型,成矿时代:加里东期);(22)中祁连南侧东段与超镁铁侵入

维普资讯 http://www.cqvip.com

岩建造有关的 Ni,Cu,Co,Pt 矿床成矿系列(拉水峡式,矿床规模:小型,成矿时代:加里东期);(23)祁连—昆仑造山带与蛇绿岩有关的蛇纹石、石棉矿床成矿系列(茫崖式,矿床规模:大型,成矿时代:华力西期);(24)东昆仑南部与蛇绿岩有关的 Cu,Zn,Co 成矿系列(德尔尼式 Cu,Zn,Co 矿,矿床规模:大型,成矿时代:943 Ma(章午生, 1995),(345.3±7.9) Ma(陈亮等,2001),赛什塘式 Cu 矿,矿床规模:大型,成矿时代:华力西期);(25)扬子陆块西缘 西昌—攀枝花与富铁超镁铁—镁铁岩有关的 Fe,V,Ti 矿床成矿系列(攀枝花式、太和式、白马式、红格式等,矿床规模:超大型,成矿时代:华力西晚期);(26)扬子陆块西缘 丹巴—会理—元谋与铁质镁铁—超镁铁岩有关的 Cu,Ni,PGE 矿床成矿系列(一类是贫 PGE 的 Cu-Ni 矿床,如力马河式,矿床规模:中型;另一类是贫 Cu-Ni 的铂钯矿床,如朱布式,矿床规模:小型;还有一类为含 PGE 的 Cu-Ni 矿床,如丹巴杨柳坪式,矿床规模:大型,成矿时代:华力西期);(27)扬子陆块西缘 大理—弥渡—金平与铁质镁铁—超镁铁岩有关的 Cu,Ni,PGE 矿床成矿系列(金宝山式铂钯矿床,矿床规模:大型,Rb-Sr 同位素年龄 304.87 Ma(杨延年,1998,转引自陶琰,2002);白马寨式 Cu-Ni 矿床,矿床规模:中型,该矿床辉石岩中锆石 U-Pb 年龄为(302±9.2) Ma,本项目测定);(28)扬子陆块西缘 石棉县一带与镁质超镁铁岩有关的蛇纹石棉矿床成矿系列(四川石棉县石棉矿床,有用矿产除石棉外,还有滑石、蛇纹石、角闪石石棉。矿床规模:大型,成矿时代:华力西期)。

1.3 中—新生代岩浆矿床成矿系列与矿床式①

(29)冈底斯怒江板块缝合带与蛇绿岩有关的 Cr、Pt、蛇纹岩矿床成矿亚系列(东巧式,矿床规模:中型,成矿时代:燕山期至喜马拉雅早期);(30)冈底斯雅鲁藏布江板块缝合带与蛇绿岩有关的 Cr、Pt、蛇纹岩矿床成矿亚系列(罗布莎式,矿床规模:大型,成矿时代:燕山期至喜马拉雅早期)。

2 岩浆矿床类型

在前述成矿系列和矿床式的基础上,按照构造背景、侵位方式、岩体规模、主要岩石、矿床式、矿床规模和主矿元素将中国岩浆矿床类型划分见表 1。说明如下:(1)本表包含了已知成矿矿种全部超大型、代表性大型和部分具成因意义的中小型岩浆矿床式,具有较好的代表性。(2)具两种成矿背景,即古大陆(克拉通)和造山带。古大陆上的大部分重要岩浆矿床都发育于克拉通边缘,与那里曾经发生过的裂谷作用或大规模溢流玄武岩有关,少数重要矿床如大庙式等产于克拉通内部;造山带中有产于侵入体和蛇绿岩中的两类岩浆矿床,前者常常发育于造山作用的弛张环境,后者通常形成于地史中的洋脊和洋壳环境,构造迁移并残留于现代相关的造山带中。(3)关于小侵入体,笔者提出过一种划分意见[2],即以岩体面积 10 km^2 为小侵入体的上限,< 10 km^2 可称小侵入体。与小侵入体有关的成矿作用,即为小侵入体成矿,这是我国侵入岩体的主要成矿方式。(4)由于现代造山带中的蛇绿岩代表一种洋壳的残片,是"非原地"形成的,因此它们的规模大小与赋存的矿体之间不具必然的联系。(5)按照岩浆矿床产出的两种构造背景、3 种侵位方式、结合主矿元素,将我国岩浆矿床划分为 15 种主矿元素类型和 30 个矿床式。

3 岩浆矿床的聚集与演化

3.1 3 种聚集(成矿)方式

上述岩浆矿床成矿系列与矿床式可归纳为 3 种聚集(成矿)方式:岩浆侵入体成矿;与大陆溢流玄武岩有关的成矿;与蛇绿岩有关的成矿。

(1)岩浆侵入体成矿:是指来自深源地幔的镁铁质超镁铁质岩浆一次或多次侵入地壳的现存空间成岩成矿,一般形成几个至几十个岩体(甚至更多)组成的岩体群或岩体带,而成矿的岩体通常只有一个或几个。它们通常聚集成一个(金川式、喀拉通克式等)或几个矿集区(黄山式等),这种聚集(成矿)方式包含元古宙的 1,2,3,5,古生代的 7,10,12,13,14,15,16,18,19,22 共 14 个岩浆矿床成矿系列的矿床式。

(2)与大陆溢流玄武岩有关的成矿方式:是指地史时期与大规模大陆溢流玄武岩喷出相关的岩浆侵入成岩成矿,这种方式的特点之一,就是侵入岩体的分布与溢流玄武岩有密切的空间关系,这也是与"岩浆侵入体成矿"的主要区别。它们通常聚集成多个矿集区(攀枝花式、白马式、太和式、红格式等),这种

① 这部分内容转引自裴荣富等《中生代成矿作用》报告和王登红等《新生代成矿作用》报告。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 中国镁铁、超镁铁岩浆矿床类型

Table 1 Types of mafic-ultramafic magmatic deposits in China

构造环境	侵位方式	岩体规模	主要岩石	矿床式	矿床规模	主矿元素类型
古大陆	侵入体	大	斜长岩、辉长岩	大庙式	中	Fe,V,Ti
		小	二辉橄榄岩	金川式	超大	Ni,Cu,Co,Pt
			辉绿辉长岩	赤柏松式	中	
			辉长岩、辉绿岩	铜硐子式	小	
			辉长岩	小南山式	小	
			单辉橄榄岩-辉长岩	小松山式	小	Cr
			金伯利岩	常马庄式	大	金刚石
			金伯利岩	瓦房店式	大	
	与溢流玄武岩有关侵入体	大	辉长岩	攀枝花式 白马式 太和式 红格式	超大	Fe,V,Ti
		小	闪长岩-辉长辉绿岩-辉石岩	大坡岭式	小	Ni,Cu,Co,Pt
			闪长岩-辉长岩-橄榄岩	力马河式	中	
			辉长岩-辉石岩-橄榄岩	白马寨式	中	
			辉绿辉长岩-橄榄岩	金宝山式	大	Pt,Pd,Ni,Cu
			辉长岩-橄榄岩	杨柳坪式		
造山带	侵入体	小	顽火辉石岩	红旗岭式	大	Ni,Cu,Co,Pt
			辉长岩-橄榄岩-二辉橄榄岩	黄山式	大	
			苏长岩-橄榄苏长岩	喀拉通克式	大	
	蛇绿岩	大	斜辉辉橄岩-纯橄岩	罗布莎式 东巧式	大	Cr,Pt,蛇纹石
		小	纯橄岩-单辉辉石岩	大道尔吉式	大	Cr
			斜辉辉橄岩	萨尔托海式鲸鱼式	大	Cr,石棉等
			斜辉橄榄岩-斜辉辉橄岩-纯橄岩	石棉县式 茫崖式	大	石棉、蛇纹石等
			玄武岩-火山碎屑岩-碧玉	石居里式	中	Cu,Zn
			滑镁岩-斜辉辉橄岩	煎茶岭式	大	Ni,Cu
			辉石岩-橄榄岩-斜辉辉橄岩	德尔尼式	大	Cu,Zn,Co,S

聚集(成矿)方式包含元古宙的 4,古生代的 25,26,27 共 4 个岩浆矿床成矿系列的矿床式。

(3)与蛇绿岩有关的成矿方式:蛇绿岩岩石组合由下而上一般包括超镁铁杂岩、辉长质堆积杂岩、镁铁质席状岩墙杂岩和镁铁质火山杂岩(含枕状构造)4 部分[3,4],不同部分的成矿作用不尽相同,通常成矿是在洋壳的生成和迁移阶段,由于构造侵位而以残片被保留于造山带中。残片代表的部位不同,显现了成矿的多样性。因此这里包含元古宙的 6,古生代的 8,9,11,17,20,21,23,24,28 和中新生代的 29、30 共 12 个岩浆矿床成矿系列的矿床式。

3.2 岩浆矿床式的演化

我国没有发现与太古宙有关的岩浆矿床。最早的岩浆矿床式(赤柏松)出现于古元古代,最晚的矿床式(罗布莎式、东巧式)产生在燕山期至喜马拉雅早期,因此古元古代-喜马拉雅早期这一漫长的地史期间都有岩浆矿床式的形成。从演化的角度看,元古宙发育了 6 个岩浆矿床式,古生代形成了 22 个岩浆矿床式,而中新生代只有两个岩浆矿床式,并且罗布莎式、东巧式都属于蛇绿岩型的"非原地"矿床式,它们成矿于洋脊或洋壳环境,只是在喜马拉雅早期,由于构造侵位于现代的造山带中。因此,我国大陆与镁铁、超镁铁岩浆有关的成矿作用,主要发生在元古宙和古生代,古生代末期以峨眉玄武岩为标志的重大岩浆事件之后,似乎就给人以"戛然而止"的感觉。

元古宙的 6 个岩浆矿床式有古元古代 2 个(中型 Ni,Cu,Co,Pt,小型 Ni,Cu),中元古代 3 个(超大型 Ni,Cu,Co,Pt,中型 Fe,V,Ti,小型 Ni,Cu),新元古代 1 个(大型 Ni,Cu),形成了一个"低高低"的旋回。从成矿方式说,岩浆侵入体成矿 4 个,与溢流玄武岩有关的 1 个,与蛇绿岩有关的 1 个,主矿元素以 Ni,Cu,Co,Pt 为主,其次为 Fe,V,Ti。其高峰期为中元古代,以超大型金川式(Ni,Cu,Co,Pt)的形成为标志。

古生代发育了 22 个岩浆矿床式,加里东期 10

维普资讯 http://www.cqvip.com

个、华力西期 12 个，这是岩浆矿床爆发期，主矿元素以 Fe, V, Ti-Ni, Cu, Co, Pt-金刚石-Cr, 石棉-Cu, Zn, Co 为主，其高峰期为古生代末期，以峨眉玄武岩喷发和超大型攀枝花式、太和式、白马式、红格式(Fe, V, Ti)等的形成为标志。

中新生代有 2 个矿床式(大型 Cr、Pt 中型 Cr、Pt)。

3.3 聚集与演化特征

(1)3 种聚集方式，形成 5 类支撑性矿产，两类世界级超大型矿床式，岩浆侵入体成矿方式形成了 Ni-Cu-Co-Pt，金刚石；与溢流玄武岩有关的成矿方式形成了 Fe-V-Ti；与蛇绿岩有关的成矿方式形成了 Cr，石棉。这 5 类矿产是全国之最，其中金川式(Ni-Cu-Co-Pt)和攀枝花式、太和式、白马式、红格式(Fe-V-Ti)是世界级超大型矿床式。

(2)两个主成矿期和两个成矿高峰期，元古宙、古生代为两个主成矿期，中元古代和晚古生代是两个成矿高峰期。前者对应金川式的形成为标志，后者对应攀枝花式、太和式、白马式、红格式的形成为标志。

(3)“继承与发展”和“戛然而止”的特征并存，由元古宙到古生代是继承与发展的关系，元古宙具有的 Ni-Cu-Co-Pt 和 Fe-V-Ti 两类矿床式到古生代仍然都有，表现出明显的继承性，而古生代在矿种与矿床式的数量方面，又比元古宙大大地发展了；直到古生代晚期，可能由于地幔柱作用，发育了大规模的大陆溢流玄武岩(峨眉玄武岩等)，相应的大规模成矿作用(Fe, V, Ti)亦达到了高峰；进入中生代，这种发展趋势就突然停止下来，这一现象属于区域大规模成矿问题，需要立足于中国大陆演化的特点，从地球动力学发展过程来加以解释[5]，它总体说明自中生代之后，中国大陆地壳开始进入了一个拼合、挤压和增厚的时期，深源幔源镁铁、超镁铁岩浆作用大大减弱，仅有极少的蛇绿岩型“非原地”矿床式(罗布莎式、东巧式)，它们成矿于洋脊或洋壳环境，在喜马拉雅早期，由于构造侵位于现代的造山带中。

4 与世界几类岩浆矿床的对比

纳尔德雷特曾提出过镍铜铂族岩浆矿床的划分意见(Naldrett, 1997)[6]，现列述于表 2。此表囊括了世界所有著名的与镁铁、超镁铁岩有关的镍铜铂族岩浆矿床。

(1)Ni-Cu-Co-Pt 岩浆矿床。诺里尔斯克—塔尔纳赫、萨德贝里、金川、沃依塞湾、康姆巴尔达、贝辰加、汤普逊带等是世界级超大型镍、铜、铂族(Ni-Cu-Co-Pt)矿床，它们主要产于太古宙绿岩带、古大陆内部和古大陆边缘，而产于显生宙造山带中的与辉长岩有关的一些矿床规模相对较小一些。我国除在古大陆边缘产有世界级超大型金川矿床之外，还产多处大中小型 Ni-Cu-Co-Pt 矿床，其中多处大型矿床(红旗岭、黄山、喀拉通克)就产于显生宙造山带中。所以从矿床规模的构架来看，世界和中国的情况总体上相似，但前者的产出背景更复杂、更多样，例如产于太古宙绿岩带和古大陆边缘裂谷中与科马提岩有关的矿床、与苦橄岩有关的矿床，产于古大陆(克拉通)内部与古陨石坑有关的矿床等，在我国都未发现相应的实例；此外我国的此类超大型、大型矿床，一般都产于小型的镁铁、超镁铁岩岩体中，如世界级超大型金川矿床的母岩体只有 1.34 km^2，红旗岭式、喀拉通克式等大型矿床的母岩体面积甚至不足 0.1 km^2，远远小于世界同类矿床岩体的规模，超大型、大型矿床产出在很小的岩体中，这是中国岩浆矿床的一个重要特点。

(2)与大陆溢流玄武岩(CFB)有关的岩浆矿床。一般认为，大陆溢流玄武岩是在地史上一个较短的时期(约 1 Ma)内发生的巨量喷发的产物，也是一次重大地质事件。有的大陆溢流玄武岩常伴随强烈的成矿作用：表 2 的诺里尔斯克－塔尔纳赫(Norilsk Talnakh，俄罗斯)是世界最大的 Ni-Cu-Co-Pt 岩浆矿床，成矿母岩为辉长辉绿岩体，它就是西伯利亚暗色岩(CFB)的席状侵入相，成岩时代为 250 Ma[7]；再如德鲁斯杂岩体(Duluth，美国)，乃是明尼苏达基维诺玄武岩(CFB)的辉长岩侵入体。该岩体成岩时代为(1 087 ±1.6) Ma 左右[8]，伴随有超大型低品位 Ni、Pt 矿化，而在基维诺玄武岩的上部，却产有巨量自然铜富铜矿[8]。

我国伴随成矿的大陆溢流玄武岩，主要有产于扬子陆块西缘华里西晚期的峨眉玄武岩和扬子陆块东南缘中元古代的四堡期玄武岩，前者的侵入相辉长岩体中并未发现超大型 Ni-Cu-Co-Pt 岩浆矿床，却产有世界级超大型攀枝花式、白马式、太和式和红格式 Fe, V, Ti 矿床，这也是我国的岩浆矿床有别于世界的又一重要特色；后者的侵入相中，产大坡岭式小型 Ni-Cu-Co-Pt 岩浆矿床。

(3)以铂族和铬铁矿为主的岩浆矿床。表 2 示

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 2 与镁铁、超镁铁岩有关的镍铜铂族岩浆矿床类型

Table 2 Types of magmatic Ni-Cu-PGE deposits associated with the mafic-ultramafic rock

构造环境	岩体类型	实 例
太古宙绿岩带	与科马提岩有关	康姆巴尔达(Kambalda,澳大利亚),Perseverance, Trojan, shangani, Langmuir
	与苦橄岩有关	贝辰加(Pechenga,俄罗斯), Lynnlake
古大陆(克拉通)内部	与溢流玄武岩有关的 Ni-Cu-Co-Pt 岩浆矿床	诺里尔斯克-塔尔纳赫(Norilsk Talnakh,俄罗斯),德鲁斯杂岩体(Duluth,美国),Insizwa
	与斜长岩有关	沃依塞湾(Voisey,s Bay,加拿大)
	与古陨石坑有关辉长岩、苏长岩岩体	萨德贝里(Sudbury,加拿大)
	含铂族元素层状杂岩体	布什维尔德杂岩(Bushveld,南非),斯提尔渥特杂岩(Stillwater,美国),大岩墙(Great Dyke,津巴布韦)
古大陆边缘裂谷	与科马提岩有关	汤普逊带(Thompson Belt,加拿大), Cape Smith Belt(加拿大)
	与拉斑玄武岩有关	金川(Jinchuan,中国),Niquelandia(巴西)
	含铂族元素侵入体	Panikaat
显生宙造山带	辉长岩体	Rona,Aberdeenshire 辉长岩,缅因的 Moxie
	其他	芬兰的各种矿床,Selibe-Phikwe,Botswana

知,这类矿床主要产于古大陆内部的含铂族元素层状杂岩体中,这些岩体如布什维尔德杂岩(Bushveld,南非),斯提尔渥特杂岩(Stillwater,美国),大岩墙(Great Dyke,津巴布韦)的规模十分巨大,从 $n\times10^2\sim n\times10^4$ km^2,产有超大型富铂族金属($n\times10^3\sim n\times10^4$ t)和超大型铬铁矿($n\times10^7\sim n\times10^8$ t)。

中国迄今没有发现巨大规模的层状杂岩体。仅在峨眉玄武岩分布区的一些规模较小($n\times10^0$ km^2)的席状岩体中,产有 Pt、Pd 矿,如金宝山、杨柳坪,铂族金属可达 $n\times10$ t;我国的铬铁矿主要赋存于蛇绿岩中,以罗布莎式 为最大,铬铁矿石可达 $n\times10^6$ t。

由于没有发现巨大规模的层状杂岩体,我国的 3 种聚集(成矿)方式虽已形成了一些重要矿床式,但规模还不够大,所以铂族金属和铬铁矿仍然是我国十分紧缺的矿种。

5 问题与讨论

(1)太古宙是发育与科马提岩有关岩浆矿床的时期[9],如加拿大、澳大利亚等都有这类大矿床,迄今我国尚未发现。如果这类矿床式在我国发生过,就存在两种可能性:①研究认识程度不够,华北古陆太古宇中存在一些大规模镁铁质火山岩建造,值得加强研究;②我国太古宙克拉通稳定性较差,由于改造破坏和剥蚀作用,现已不复存在。

(2)上述 3 种成矿方式是我国岩浆矿床勘查的主要方向,仍然具有很大的潜力。在已知矿床式的深部、外围和新区勘查中都应给予足够的重视。其中岩浆侵入体成矿方式要重视与小侵入体有关的成矿;与溢流玄武岩有关的成矿方式除应加强对峨眉玄武岩和四堡期玄武岩有关的研究之外,还应重视地史上在其他地区已经出现的大面积基性喷发事件和可能存在的成矿作用,如华北古陆晋豫地区的西洋河群、塔里木古陆边缘二叠纪大规模基性喷发事件等。

(3)从勘查的角度来看,岩浆小侵入体成矿和与大陆溢流玄武岩有关的成矿是两类最有前景的岩浆矿床类型,前者已经形成了超大型和多处大型 Ni,Cu,Co,Pt 矿床,后者也已形成了超大型 Fe,V,Ti 和数处 Pt,Pd,Ni,Cu 矿床,不仅在这些矿床的外围和深部,而且在具有相似地质条件的新区,都应加强相应的科学研究和勘查工作。

References[参考文献]:

[1] LI W Y. *Metallogenic Series and Geochemistry of Nickel-Copper Sulfide Deposites in China*[M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Publishing House, 1996(in Chinese). [李文渊. 中国铜镍硫化物矿床成矿系列与地球化学[M]. 西安:西安地图出版社,1996.]

维普资讯 http://www.cqvip.com

[2] TANG Z L. Magmatic ore deposits in small rockbody in China[J]. *Engineering Science*, 2002,4(6): 9-12(in Chinese). [汤中立. 中国的小岩体岩浆矿床[J]. 中国工程科学, 2002,4(6):9-12.]

[3] COLEMAN R G. *Ophiolites(Ancient Oceanic Lithosphere)* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992. [科尔曼 R G. 蛇绿岩古老洋壳[M]. 北京:地质出版社, 1992.]

[4] ZHANG Q, QIAN Q, WANG Y. Rock assemblages of ophiolites and magmatism beneath oceanic ridges[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2000,19(1):1-7 (in Chinese). [张旗, 钱青, 王焰. 蛇绿岩岩石组合及洋脊下岩浆作用[J]. 岩石矿物学杂志, 2000,19(1):1-7.]

[5] ZHAI Y S. Hundred years'retrospect and developing trend of mineral deposit geology[J]. *Advance in Earth Sciences*, 2001,16(5): 719-725(in Chinese). [翟裕生. 矿床学的百年回顾与发展趋势[J]. 地球科学进展, 2001, 16(5): 719-725.]

[6] NALDRETT A J. Key factors in the of Noril'sk, Sudbury, Jinchuan, Voisey's Bay and other world-class Ni-Cu-PGE deposits: Implications for exploration[J]. *Australian Journal of Earth Sciences*, 1997, 44: 283-315.

[7] COURTILLOT V E, RENNE P R. On the ages of flood basalt events[J]. *C R Geoscience*, 2003,335: 113-140.

[8] ZHU Bingquan. Continental flood basalts and copper deposits of the Keweenawan type[J]. *Geology Geochemistry*, 2003(2):1-8(in Chinese). [朱炳泉. 大陆溢流玄武岩成矿体系与基韦诺(Keweenaw)型铜矿床[J]. 地质地球化学, 2003(2):1-8.]

[9] ARNDT N T, NALDRETT A J, HUNTER D R. Ore deposits associated with mafic magmas in the Kaapvaal craton [J]. *Mineralium Deposita*, 1997,32: 323-334.

THE ACCUMULATION AND EVOLUTION OF METALLOGENIC SERIES OF THE MAFIC-ULTRAMAFIC MAGMATIC DEPOSITS IN CHINA

TANG Zhong-li

(*Faculty of Earth Sciences, Chang'an University, Xi'an* 710054, *China*)

Abstract: The accumulation and evolution of magmatic deposits are the subjects to which close attention have been paid all the time. In the paper the metallogenic series of magmatic deposits since the Proterozoic Era and their modes have been expounded, and the types of magmatic deposits in China are classified. Three kinds of ways of accumulation of magmatic deposits and their courses of evolution have been summarized: (1)the mineralization of magma intrusion; (2)the mineralization associated with the continental flood basalt; (3)the mineralization related to ophiolites. The characteristics of the accumulation and evolution of magmatic deposits are proposed as follows: (1) three kinds of gathering ways that formed five kinds of support mineral resources(Ni-Cu-Co-Pt, diamond, Fe-V-Ti, Cr, asbestos), and two kinds of world-class super-large scale deposit modes(Jinchuan mode(Ni-Cu-Co-Pt), Panzhihua mode (Fe-V-Ti)); (2) two main metallogenic epochs(the Proterozoic Era, the Palaeozoic Era) and two peak metallogenic epochs (the mid Proterozoic Era, the late Palaeozoic Era); (3)the evolution characteristics of "inheriting and developing" and of "terminating abruptly". The author compares the types of deposits in China with those over the world and discusses the direction of prospection and the problems of magmatic deposits.

Key words: mafic-ultramafic magmatic deposits; metallogenic series; type; accumulation; evolution