维普资讯 http://www.cqvip.com

院士论坛

中国的小岩体岩浆矿床

汤中立
（兰州大学，兰州 730000）

[摘要] 我国没有发现与巨型层状岩体有关的岩浆矿床，但是在许多小岩体中，却发现了超大型和大型的岩浆矿床；提出了小岩体岩浆矿床是今后一个重要的研究和勘查方向。

[关键词] 小岩体；岩浆矿床；勘查
[中图分类号] P611 [文献标识码] A [文章编号] 1009－1742（2002）06－0009－04

镍（铜、钴）、铂族、钒钛磁铁矿、铬铁矿等许多金属矿产和金刚石都产于岩浆矿床中。这类矿床受到地质学家的关注已有约 150 年的历史。但是，从总结岩浆硫化物矿床的角度，明确提出“小岩体成大矿”的问题，还是近 10 年的事情[1-3]。从这个意义来说，小岩体岩浆矿床是传统矿产中的非传统类型。最近国内外的勘察实践表明，这种小岩体岩浆矿床，具有极大的潜力。研究这个方向，具有重要意义。

1 岩浆矿床的发展历程

1.1 19 世纪后半叶至 20 世纪 30 年代

世界范围内发现并探测了加拿大萨德贝里硫化镍矿，岩体面积 1 000 多 km^2，形态盆状，主要由层状苏长岩组成，为世界最大的硫化镍矿；南非布什维尔德，岩体面积大于 50 000 km^2，形态盆状，主要由层状苏长岩、斜长岩、辉石岩组成，产世界最大的铂族矿床、超大型铬铁矿床和超大型钒钛磁铁矿床；津巴布韦大岩墙，岩体面积约 5 000 km^2，形态是延伸达几百公里长的岩墙，横切面上，岩相成层并向中心倾斜，由上而下主要由苏长岩、辉石岩和斜辉橄榄岩组成，产超大型铂族矿床和超大型铬铁矿矿床等这样一些最大的岩浆矿床。因此长期以来流行一种观点，即认为规模越大的，产状缓（岩盆、岩盘）、基性岩（苏长岩）、层状结构的岩体，有利于形成大的岩浆矿床[4]。后来又发现了美国斯提尔沃特超大型层状铂族、铬铁矿矿床等多处层状大矿床，更加强化了这种认识。一代又一代的地学工作者和某些天体工作者，考察研究这些矿床，形成大量的科学文献。

1.2 20 世纪 20—60 年代

发现并探测了俄罗斯乌拉尔肯皮尔赛等一系列岩浆铬铁矿矿床和诺里尔斯克－塔尔纳赫岩浆镍、铜、铂族矿床，由于矿床规模非常大，使俄罗斯的铬、镍、铂族金属储量跃居世界的前列。同时，对上述成矿概念也有所发展：首先与铬铁矿有关的岩石、在这里主要是纯橄榄岩、斜方辉橄岩和橄榄岩[5]；此外、与大规模溢流玄武岩喷发有关的浅成侵入岩，能够形成巨型的岩浆硫化物矿床。

1.3 20 世纪 60—80 年代

主要在澳洲发现并勘测了一系列与太古代科马提岩有关的硫化镍矿床。这种科马提岩流和侵入相岩体断续分布达 800 km[6]。

1.4 20 世纪 90 年代至今

值得提及的是在加拿大勘测了沃依塞湾硫化镍铜钴矿和坦桑尼亚卡半加硫化镍矿[7,8]。前者呈西

[收稿日期] 2001－10－18；修回日期 2002－04－08
[作者简介] 汤中立（1934－），安徽安庆市人，中国工程院院士、兰州大学教授

维普资讯 http://www.cqvip.com

头细东头粗的岩墙状侵入体，投影面积约 3 km^2，岩石为橄榄斜长岩，赋存镍储量 206×10^4 t，镍品位 1.66%；铜储量 109×10^4 t，铜 0.88%。后者由两个透镜状橄榄岩－苏长岩体组成，串珠状产出，面积均小于 1 km^2，赋存镍储量 46.4×10^4 t 镍品位 2.18%。显然，这是超大型和大型小岩体矿床，是近 10 年来的重大勘查成就。

1.5 发展趋向

传统的、经典的岩浆层状矿床的研究方向持续发展；重大岩浆事件成矿、新的岩浆矿床类型受到重视；小岩体岩浆矿床开始崛起。

2 我国的岩浆矿床

2.1 20世纪50—60年代

我国发现勘察了甘肃金川小侵入体镍矿和四川攀枝花与溢流玄武岩有关的侵入体钒钛磁铁矿。

金川岩体的面积只有 1.34 km^2，却赋存了 $545\cdot10^4$ t 镍储量（镍 1.06%）和 350×10^4 t 铜储量，这样巨大的金属储量是怎么在这样小的岩体中形成的？作为一个典型的“小侵入岩体成大矿”的实例因而受到广泛的关注。

攀枝花具有近 50×10^8 t 钒钛磁铁矿石储量（全铁 22.13%～28.16%），主要由攀枝花（岩体面积 28.06 km^2，下同）、红格（6.61 km^2）、白马（20.19 km^2）太和（3.6 km^2）等矿区组成。产于与峨眉玄武岩有关的辉长岩侵入相岩体中，它的发现说明，与溢流玄武岩有关的侵入体，不仅形成了巨型的镍、铜、铂族矿床（俄罗斯），而且也能形成巨型钒钛磁铁矿床（中国）。

在此期间，还发现和勘察了河北大庙钒钛磁铁矿和四川力马河硫化镍矿等岩浆矿床。

2.2 20世纪60—80年代

我国又发现和勘查了一系列岩浆矿床如吉林红旗岭1、红旗岭7、赤柏松，新疆喀拉通克、黄山，云南白马寨，青海拉水峡，陕西煎茶岭，广西大坡岭等硫化镍矿床；云南金宝山、朱布，四川杨柳坪、黑龙江五星等铂族矿床；西藏罗布莎，新疆金鱼，甘肃大道尔吉等铬铁矿矿床；山东、辽宁的金刚石矿床等。

2.3 我国的岩浆矿床特点

1）我国没有发现 100 km^2 以上的大型层状矿床。赋存矿体的岩体面积一般都在几平方公里以下，大多数小于 1 km^2，只有攀枝花这类岩体规模较大和少数铬铁矿岩体如罗布莎的面积达到 70 km^2[9]。所以，我国是以小岩体岩浆矿床为主。

2）以金川和攀枝花为代表的“小侵入体岩浆硫化物矿床”和“与溢流玄武岩有关的侵入体钒钛磁铁矿矿床”是我国最重要的两类岩浆矿床，也分别是世界主要的岩浆矿床类型之一。

3）金川代表了一种与岩浆喷发事件没有直接关系的小侵入体矿床，这种矿床往往都赋存于区域镁铁、超镁铁岩带或岩群中。

4）攀枝花矿床的背景显示，与峨眉玄武岩有直接的关系，可能是这种喷发岩的浅成侵入相。因此，这类矿床可能还有相当的远景，可能形成其他矿种的这类矿床？

5）我国岩浆矿床有较广泛的发现，按照矿种、储量相对大，品位达到工业要求等原则，可以划分为岩浆硫化镍矿床如金川、喀拉通克、黄山、红旗岭、赤柏松、力马河、白马寨、拉水峡；钒钛磁铁矿矿床如攀枝花、红格、白马、太和、大庙；铂族矿床如金宝山、杨柳坪；铬铁矿矿床如罗布莎、金鱼、大道尔吉；金刚石矿床如山东蒙阴、辽宁复县等。这些矿床的岩体面积，虽然都未超过 100 km^2，但是它们的背景和成矿作用仍然差别甚大，需要进一步界定。

6）金宝山是一个层状铂族岩浆矿床，由辉长岩、橄辉岩依次贯入形成。铂钯资源达 40 余吨，铂钯品位 1～2 g/t，局部块段大于 4 g/t，平均品位偏低。杨柳坪也是这种情况。由于现阶段这是我国最好的独立铂族矿床，虽然品位较低，还是列入了岩浆矿床。

3 关于小岩体岩浆矿床的讨论

3.1 研究意义

前已述及，岩浆矿床按矿种分为五种类型，每种类型还应进一步划分。这些矿床几乎囊括了岩浆矿床成矿的全部主要矿种。实践证明：所有这些矿种都有可能形成小岩体大矿床，有的形成了小岩体超大型矿床。因此，明确提出“小岩体，成大矿”，有利于进一步研究和勘查这种矿床。

3.2 小岩体岩浆矿床的定义

小岩体岩浆矿床是指那些“规模小的岩浆岩体的内部和/或附近的围岩中形成了与岩浆岩体有关的规模相对大而富的矿体的矿床”。岩浆岩体的面

维普资讯 http://www.cqvip.com

积一般可以大到 n（$n<10$）km^2，小到 $0.00n$ km^2；所谓“相对大而富”是相对于岩体的规模而言。

3.3 岩浆矿床的深部预富集机制

由于岩体小，矿体相对大而富，这种矿体不可能从这个小岩体自身产生出来。因此，矿体在就位现存空间之前的深部或在就位过程中，发生了预富集成矿作用。其中岩浆硫化物矿床的预富集机制为：深部熔离—贯入成矿机制，即指母岩浆侵入现存空间之前，在深部就发生了熔离作用和部分结晶作用，使母岩浆分离为不含矿岩浆、含矿岩浆、富矿岩浆、矿浆几部分，然后对现存空间一次或多次上侵贯入成矿　一般来说，经过深部熔离后的不含矿岩浆的体积，比含矿岩浆、富矿岩浆和矿浆的体积要大得多，在上侵过程中，不含矿岩浆大部分都侵入到不同的空间或喷溢出地表，形成岩群或岩流，剩余的岩浆、含矿岩浆、富矿岩浆和矿浆可以多次贯入同一空间成岩、成矿（金川），也可以分别贯入不同的空间成岩、成矿（红旗岭）。比照就地熔离的矿床，这种深部熔离—贯入矿床的岩体体积就小得多，含矿率和矿石品位也高得多，所以这种成矿作用导致形成小岩体、大矿床（见图 1）。不久之前，笔者同翟裕生院士考察了南非 Premier 金刚石矿床，这个矿床日产金刚石 2 kg，他们利用不同的同位素方法对金刚石中的包体榴辉岩、二辉橄榄岩和斜方辉橄岩进行了测定，年龄分别为 1 150±60 Ma，1 900 Ma，3 200 Ma[10~12]，第一个数据推测与岩管的形成相当，后面的包体数据则说明，大量的金刚石在岩管就位以前，早就在深部形成了。所以金刚石小岩体矿床的深部预富集作用，也是可信的。总之具有深部预富集成矿作用，是小岩体岩浆矿床的共同特征。但是，不同矿种的深部预富集机制可能是不同的，甚至是很不相同的，需要进一步深入研究。

3.4 研究与勘查方向

从我国的优势出发，重点研究勘查以金川为代表的小侵入体岩浆矿床和以攀枝花为代表的与溢流玄武岩有关的浅成侵入相矿床。前者可形成以镍、钴、铂族金属、铬铁矿、金刚石为主的矿床，后者成矿可能以铁、钒钛、铂族金属、镍、钴等为主。

3.5 区域重点及基础研究

加强岩浆矿床与相关的镁铁、超镁铁岩流，镁铁、超镁铁岩群，或镁铁超镁铁岩带以及可能存在的浅部岩浆房的成矿演化关系的研究与勘查；开展成矿系列（成矿系统）与岩浆系列的研究。

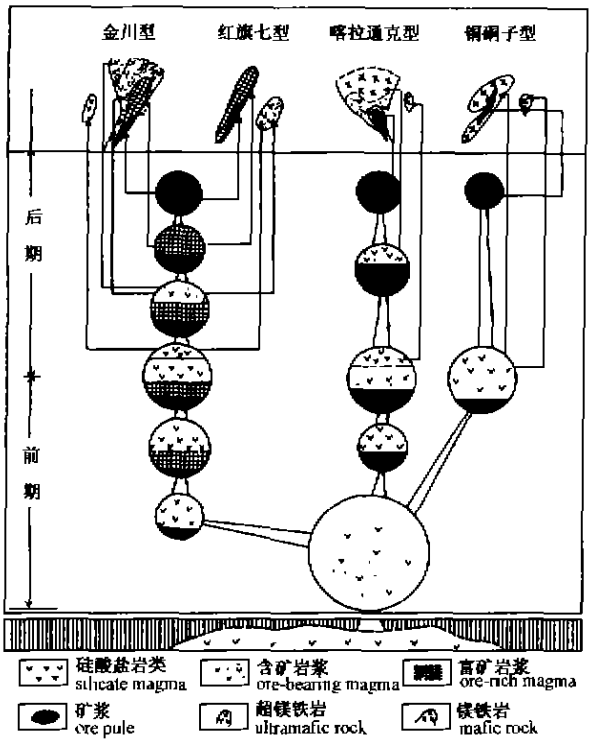


图 1　组合成矿模式示意图

Fig.1　Assemblage metallogenic model diagram

3.6 成矿预测及新区勘查

开展典型矿床外围和深部成矿预测；我国西部新区勘查，要注重小岩体岩浆矿床的勘查与评价。

致谢　感谢翟裕生院士、雒耀南总工程师就钒钛磁铁矿提供的重要意见和宝贵资料

参考文献

[1] Tang Zhongli. Neckel deposits of China, Edited by The Editorial Committee of The Mineral Deposit of China, Mineral Deposits of China, Geological Publishing House, Beijing, China, Vol. 2, 1992, 52~99

[2] 汤中立. 金川铜镍硫化物(含铂)矿床成矿模式及地质对比[M]. 北京：地质出版社，1995. 38~58

[3] 汤中立　中国岩浆硫化物矿床的主要成矿机制[J]. 地质学报，1996, 70(3)：237~243

[4] 戈尔德施密特 V M. 地球化学[M]. 北京：科学出版社，1959. 406~407

[5] 索科洛夫 ГА　乌拉尔铬铁矿[M]. 北京：地质出版社，1958. 32~35

[6] Marston R J, Groves D I, Hudson D R, 等　西澳大利亚的硫化镍矿床：述评美国《经济地质》[M]. 北京：

维普资讯 http://www.cqvip.com

地质出版社，1981

[7] Lightfoot P C, Naldrett A J. Geological and geochemical relationships in the Voisey's Bay intrusion [A]. Keays R R, Lesher C M, Lightfoo P C, et al. Dynamic processes in magmatic ore deposits and their application in mineral exploration [M]. Geological Association of Canada, Short Course Notes, 1999

[8] Evans D M, Bycmelwa L, Gilligan J. Variability of magmatic sulphide compositions at the Kabanga nickel prospect, Tanzania [J]. Journal of African Earth Sciences, 1999, 29(2): 329～351

[9] 张浩勇，巴登珠，郭铁鹰等. 罗布莎铬铁矿床研究 [M]. 拉萨：西藏人民出版社，1996. 19～27

[10] Richardson S. Latter-day origin of diamonds of eclogitic paragenesis [J]. Nature, 1986, 322

[11] Richardson S. Eclogitic diamonds of Proterozoic age from Cretaceous Kimberlites [J]. Nature, 1990, (346): 54～56

[12] Richardson S. The life and times of three generations of diamond inclusions from Premier mine. Nature (in press), 1993

Magmatic Ore Deposits in Small Rockbody in China

Tang Zhongli

(*Lanzhou University, Lanzhou 730000, China*)

[**Abstract**] There is not any large deposit associated with giant layered igneous complex in China. But superlarge and large magmatic deposits have been discovered in many small intrusions. Therefore, research and exploration direction having great potentialities for the magmatic deposits of small intrusions is defined. The *Jinchuan and Panzhihua deposits represent two important types of the magmatic deposits in China.*

[**Key words**] small rockbody; magmatic deposits; exploration

中国工程院

ENGINEERING SCIENCE (English Edition)

《中国工程科学》(英文版)征稿启事

由中国工程院出版委员会主办的综合学术科技期刊 **ENGINEERING SCIENCE English Edition (Quarterly)**——《中国工程科学》英文版(季刊)将于2002年9月创刊。它以国内外科技工作者及高校师生为读者对象，报道工程科学技术的最新研究成果及发展趋势。本刊欢迎有关机械、运载、信息、电子、化工、能源、矿业、土木、水利、建筑、农业、轻纺、环境、医药卫生等工程领域及工程管理方面的高质量学术论文、最新科技信息、综述、书评等稿件。

来稿要求及注意事项

1. 论文要用英文撰写，要求论点明确，数据可靠，条理分明，文词精炼，一般不超过8 000单词。来稿一定是5号字(12～10 pt)的打印件，中英文各2份，并附软盘。

2. 来稿要有100～200单词的英文摘要和3～8个关键词。如引用他人研究成果时要指明出处，并在参考文献中列出。本刊参考文献的著录格式采用"顺序编码制"。如文稿阐述的研究工作受到基金资助，请在文章首页注明(脚注)基金种类和资助项目编号。

3. 图表要清晰准确。图件最好用计算机绘制，激光打印；照片用原件或高线扫描件；表格采用"三线表"。

4. 论文的撰写应符合国际惯例，执行国家标准和法规，使用法定的计量单位和量符号。

5. 请附信简要说明工作背景、成果意义及学科分类。请提供作者简介(如姓名、性别、出生年、毕业学校及专业、学位及技术职称、工作单位及主要研究方向等)和联系方式。同时提供2～4位非本单位的同行专家学者的详细通讯方式，以便稿件送审时参考。

文稿采用与否，由本刊编委会审定。如作者在投稿后的三个月内未得到录用或修改稿件通知，可自行处理。切莫一稿两投。

来稿请寄：

北京西直门外文兴街1号

《中国工程科学》杂志社

(注明：英文版)

邮编：100044

电话及传真：

010－68336805

E－mail:

bees@public3.bta.net.cn

