

中国镍铜铂岩浆硫化物 矿床与成矿预测

汤中立 钱壮志 姜常义 等著



地质出版社

国家自然科学基金
重点项目 [40534020] 资助

中国镍铜铂岩浆硫化物矿床 与成矿预测

汤中立 钱壮志 姜常义
李文渊 闫海卿 曾章仁 著
苏尚国 刘民武 焦建刚

地质出版社

· 北 京 ·

序

“中国超大型镍铜铂岩浆硫化物矿床预测研究”是2000年中国地质调查局设立的岩浆硫化物矿床全国性综合研究项目，由汤中立院士带领的项目组经过2001~2003年三年艰辛工作，于2004年提交了项目最终研究成果。此后，在国家自然科学基金重点项目的资助下，对其中一些重点科学问题进行了更加深入的探索。本书全面反映了这一研究的主要内容。该项研究成果也是对新中国成立以来50多年广大地质工作者在该领域辛勤劳动成果的一次全面系统总结和提升，代表了我国在这一领域研究的最新进展。

本书系统总结和深入分析了我国已知的74个镍铜铂岩浆硫化物矿床的地质资料，并对11个典型矿床进行了重点研究。基于构造环境、岩浆作用和成矿特征等关键因素，将我国此类矿床划分为与古大陆边缘裂解有关的小侵入体矿床等四大类型，同时与国内外已知具超大型规模的典型产地进行了地质对比，结合我国铜镍硫化物矿床的实践工作经验，提出了小岩体成大矿的理论认识以及前两类矿床在我国最具成矿潜力的观点。基于综合研究，在全国筛选出5个进一步找矿预测区，并对其中3个重点区进行了深入研究，评估了找矿潜力，提出了找矿方向，尤其是关于金川外围的研究成果，具有更强的实战意义。本项目还研发了中国镍铜铂族矿产地数据库软件，并建成了矿产地数据库，具有很强的数据库管理和实用功能。最后，成果还就我国镍、铜、铂族矿产资源可持续发展问题，提出了系统性的意见和建议。

在世界上，我国是镍铜铂族资源的消费大国之一，且近几年的消费量是呈不断增长趋势，其资源紧缺程度十分显著。镍铜铂岩浆硫化物矿床又是我国镍、铂资源的主要来源，且根据成矿地质背景和成矿潜力分析，在今后很长一段时间内，这种状况仍将持续。

综上所述，该书成果的公开出版，对于我国该领域进一步开展理论研究和资源勘查具有重要意义。

中国科学院

中国工程院

院士

常印佛

2006 年 2 月

前 言

我国正处在工业化快速发展阶段,镍、铜、铂族(Ni、Cu、PGE,后同)资源的消费量与石油、煤、铁、有色金属等一样,一直呈不断增长的趋势。这种“消费增长”的趋势,至少在2020年以前,不会减缓。基于我国该类资源现状,中国地质调查局于2001年立项“中国超大型镍铜铂岩浆硫化物矿床预测研究”[项目编号:200110200058],开展专项科研,本书内容反映了这一研究的主要成果。

世界上,镁铁质、超镁铁质岩浆岩中的镍、铜、铂族资源占有重要地位,其中镍储量的34%,开采量的60%来自镁铁质、超镁铁质岩浆硫化物矿床;铂族元素资源90%以上来自镁铁质、超镁铁质岩中的硫化铜镍型和铬铁矿型矿床。我国镍矿储量的86%,铂族元素储量的95%,铜矿储量的11.9%来自与镁铁质、超镁铁质岩有关的岩浆硫化物矿床中。由于我国的此类矿床,已经进行了半个多世纪的系统勘查,地表找矿的难度空前加大,今后寻找这类资源的一个重要方向,是应当加强区域成矿和矿集区地质研究,深刻认识它们的成矿规律,以促使地质勘查效益的提高。由此可见,在我国开展镍铜铂岩浆硫化物矿床预测方面的研究是十分迫切的。

本书的撰写是在我国50多年来资源勘查和研究基础上进行的,特别是近十几年来国内在这一领域的研究不断深化,本书重点反映了这方面的许多新成果。因此,本书的内容也集中了我国该领域的最新成果。

本书的主要内容涉及到我国镍铜铂岩浆硫化物矿床资源的分布与现状、典型矿床实例、成矿背景、成矿规律、资源潜力与找矿方向等方面。总体而言,内容主要反映在以下方面。

1) 在系统收集整理我国已知的74个镍铜铂岩浆硫化物矿床地质资料和发表成果基础上,对我国该类矿床进行了分析研究和全面综合,集中反映了这一领域我国研究的新进展。

2) 基于按构造环境、岩浆作用和成矿富集特征等基本因素进行矿床分类的原则,将我国此类矿床划分为:①古大陆的小侵入体矿床;②与大陆溢流玄武岩有关的矿床;③造山带内的小侵入体矿床;④蛇绿岩型矿床等四大类。同时与国内外已知具超大型规模的典型产地进行了地质对比,结合我国铜镍硫化物矿床的实践工作经验,进一步论证提出了小岩体成大矿的认识以及前三类矿床在我国最具成矿潜力的观点。这一分类和认识成果,更加贴近我国此类矿床的实际和在世界上的特色,有利于推动我国铜镍硫化物矿床的勘查和研究工作。

3) 较详细地阐述了我国11个典型矿床的特征,并提出了几个相应的矿床地质模式,在以往研究的基础上又有所深化和提高,为进一步开展区域成矿规律的总结和矿床预测提供了基础。

4) 本研究工作中取得了一批新的精细定年数据(均为Re-Os法),为深入探讨与成

矿有关的科学问题提出了新内容（如金川贫矿石（二辉橄榄岩）年龄值为 (1217 ± 37) Ma，而网状矿石则为 (960 ± 140) Ma），也有力支持了矿床成矿模式的建立。

5) 从全国着眼，通过成矿区域地质背景和岩浆系列及岩石组合的分析，揭示了岩浆作用在不同构造背景和不同矿床大类间的变异特点；指出蛇绿岩型含矿岩体均属镁质超基性岩，其余3种类型含矿岩体属铁质和富铁质超基性岩和基性岩，大多数含矿岩石属拉斑玄武岩系列，少数属钙碱性系列和碱性玄武岩系列；论证了重要成矿区带的岩浆源区性质，总结了我国此类矿床的成矿规律，并提出了组合成矿模式。

6) 基于上述成果以及其他方面的研究，在全国筛选出5个需进一步工作的找矿预测区，并对其中3个重点区（丽江—弥渡—金平，金川外围和甘新交界处的北山地区）进行了深入研究，对找矿潜力进行了评估，对找矿方向提出了建议。最后，本书就我国镍、铜、铂族矿产资源可持续开发问题，提出了初步的意见和建议，以供下一步开展资源战略性研究和找矿工作部署参考。

与本书内容相对应，新编制了我国1:500万镍、铜、铂岩浆硫化物矿床分布图和成矿预测图；开发了中国镍铜铂族矿产地数据库软件，并建成了矿产地数据库。

本书是项目组成员集体研究的成果，各子专题组负责分工内容编写，具体章节编写为：前言，汤中立；第一章，汤中立、曾章仁、苏尚国；第二章，汤中立、闫海卿、钱壮志、姜常义；第三章，汤中立、钱壮志、姜常义、闫海卿、李文渊、焦建刚、曾章仁、刘民武、王瑞廷；第四章，姜常义、闫海卿；第五章，钱壮志、姜常义、李文渊、焦建刚、王万银；第六章，焦建刚、钱壮志、张振飞；第七章，汤中立、钱壮志、姜常义、李文渊；结语，汤中立、钱壮志。本书统稿由汤中立、钱壮志完成。1:500万镍铜铂岩浆硫化物矿床分布图和预测图及其数据库说明由焦建刚、刘继庆负责完成。在研究及本书编写中，研究生朱士飞、张蓬勃、唐冬梅、姜寒冰、王小红、夏明哲、汤棣及温久然作了大量的图件整理和数据库工作，曾章仁老师为数据库资料收集和原始整理付出了大量劳动。

本书初稿曾与常印佛院士、骆耀南总工、赫英教授、王东生和齐文教授广泛交换意见，深得裨益和启发。中国地质调查局矿产资源部负责同志及西北项目办主任杜玉良研究员在项目组织和实施过程中给予了多方面的关心和支持，西北大学赫英教授在项目研究中给予了多方面的帮助，在此一并向他们致以衷心的感谢！

中国地质调查局、地质调查局西北项目办、西安地质矿产所地质调查部、长安大学科技处和资源学院的有关领导给予了充分关照和帮助，陕西地质勘查局、甘肃地质勘查局、新疆地质勘查局、青海地质勘查局、云南地质勘查局、四川地质勘查局、广西地质勘查局、内蒙古地质勘查局、吉林地质勘查局、黑龙江地质勘查局、金川公司、西北有色地质勘查局、国土资源部资料馆等多家单位，在本项目研究和资料收集中给予了大力帮助，在此一并致以衷心的感谢！

目 录

序

前 言

第一章 镍铜铂族金属主要用途与未来市场需求及保证程度	(1)
第一节 镍、铜、铂族元素的性质及主要用途	(1)
第二节 镍的资源、产量、未来市场需求及保证程度	(3)
第三节 铜的资源、产量、未来市场需求及保证程度	(7)
第四节 铂族金属资源、产量、未来市场需求及保证程度	(11)
第二章 国内外研究现状	(15)
第一节 全球背景下与镁铁质、超镁铁质岩有关的岩浆硫化物矿床研究	(15)
第二节 我国与镁铁质、超镁铁质岩有关的岩浆硫化物矿床研究	(18)
第三章 中国镍铜铂族岩浆硫化物矿床的矿床类型与实例	(22)
第一节 矿床分类原则与分类	(22)
第二节 与古大陆(边缘)裂解有关的小侵人体矿床实例	(23)
第三节 与大陆溢流玄武岩有关的侵人体矿床实例	(51)
第四节 与褶皱带后造山伸展有关的小侵人体矿床实例	(96)
第五节 与蛇绿岩有关的矿床实例	(119)
第四章 成矿规律	(154)
第一节 成矿地质背景与时空分布	(154)
第二节 岩浆系列与岩石组合	(168)
第三节 成矿模式与组合成矿规律	(179)
第五章 资源潜力与找矿方向	(185)
第一节 找矿类型与重点找矿地区概述	(185)
第二节 金川外围成矿预测	(186)
第三节 扬子陆块西南缘大火成岩省镍铜铂资源潜力与找矿方向	(218)
第四节 甘-新交界北山地区镍铜铂资源潜力与找矿方向	(259)
第五节 桂北及北天山东段镍铜铂资源找矿研究	(267)
第六章 矿产地数据库研究	(271)
第一节 系统启动	(271)
第二节 建库软件与库数据内容	(272)
第三节 建库实施流程	(274)
第四节 矿产地空间数据库系统简介	(275)
第五节 矿产地空间数据库软件主要功能及实现	(277)
第七章 可持续发展意见与建议	(285)
第一节 未来 20 年适宜保持的生产规模	(285)

第二节	加强镍铜铂资源的勘查	(286)
第三节	逐步开展超深度镍铜铂族资源的探测勘察工作	(291)
第四节	加强低品位镍铜铂族资源的综合利用研究	(292)
第五节	加强国际合作, 利用国外资源	(293)
结 语		(294)
主要参考文献		(295)

第一章 镍铜铂族金属主要用途与未来市场需求及保证程度

第一节 镍、铜、铂族元素的性质及主要用途

一、镍的性质及主要用途

镍是一种有色金属，银白色，相对密度 8.8 ~ 8.9，摩氏硬度 5，熔点 1452℃，沸点 3075℃，延伸率 25% ~ 45%，电导率 12.9 S/m，具有良好的机械强度和延展性。在空气中镍不氧化，加热到 700 ~ 800℃ 时仍不氧化，并保持一定强度。镍的抗腐蚀很强，碱和除硝酸外的各种酸对其均不起作用。

镍能与许多金属组成合金，是不锈钢、镍基合金和合金结构钢的主要组成元素。镍的最大使用价值就是在合金中加入镍后，可以在一个广阔的温度范围内增加合金的强度，提高合金的抗疲劳极限，以及增加耐腐蚀性。镍主要用于制造不锈钢，其耗镍量占整个镍消费量的 40% 以上。用于和其它有色金属炼制各种有色合金的镍消费量占镍总消费量的 30% 以上。电镀业约消费 20%。镍基高温合金是制造燃气涡轮、核反应堆和高速飞行器重要部件的材料，其合金中含镍量在 50% 以上。因此，镍广泛用于运输业、化学工业、电气设备、建筑业等部门。

二、铜的主要性质及用途

纯铜是一种玫瑰红色的金属，它具有良好的导电性、导热性、延展性及耐腐蚀等特性，它还容易与其它有色金属如锌、铅、镍、锡、钛组合成各种不同特性和色泽的合金。据工业发达国家统计，铜的用量约为钢的用量的 1% ~ 2%，主要应用于电子电气工业，以及建筑、机械制造、交通运输、化工及国防等工业。此外，铜的化合物在农业上可作为杀虫剂和除草剂。一般认为，铜的消费量和用途的多少，往往反映一个国家工业化程度的高低。

三、铂族金属的性质及主要用途

铂族元素 (PGE) 系指元素周期表中第八副族的铂 (Pt)、钯 (Pd)、铱 (Os)、铑 (Ir)、钌 (Ru)、铑 (Rh) 等 6 个稀贵金属，我国俗称为白金。这 6 个元素分成两个元素组，钌、铑、钯称为轻铂系元素，铱、铑、铂称为重铂系元素。铂族元素及金、银等 8 个元素统称为贵金属。

铂族金属的物理化学性质十分相似。铂族金属具有高熔点、高沸点和低蒸气压，其中铱熔点最高，达 3320 K，钯最低，为 1827 K，铂族金属都是优良的导热体和导体，具有稳定的热电性能，它们都呈顺磁性。各个铂族金属的机械加工性能相差较大。铂、钯具有良好的延展性。铑、铑加工比较困难，钌的加工十分困难，铱几乎不能加工。在所有金属元素中，致密的铂族金属具有最好的抗氧化性和耐腐蚀性。它们在常见的单一酸、碱中

基本呈惰性，但耐腐蚀程度有所不同，铂、钯溶于王水，而钌、铑、钨、铱不溶于王水。铂族金属在常温下不与氧、硫、氟、氯等反应，对氧的亲合力顺序是：铂<钯<铑<铑<钨<钌，其中铑是唯一可在氧化环境中使用到 2300℃ 而不严重损失的金属。铂族金属能吸附多种气体，特别是钯能吸附相当于自身体积 2800 倍的氢，并有让氢选择性通过的特性。铂族金属是优良的催化剂，其催化活性顺序为：钨<铑<钯，钌<铑<铂，第二组元素的活性高于前一组元素。铂族矿物主要呈自然元素、金属固溶体、硫化物、碲化物、砷化物或硫盐等形式。

铂族金属以纯金属、精密合金材料、化合物、催化剂、电子浆料形式广泛用于现代工业和国民经济各部门。催化剂是铂族金属最大用途，在石油化工中用于加氢、去氢化、异构化、环化、氧化、裂解、脱羧、脱氨基等反应，以生产各种特殊用途的石油化工产品。全世界每年约生产 6000 万吨硝酸，几乎都是用铂铑、铂钯角煤网催化制得。用铂催化剂重整几乎生产了全世界汽车和内燃机所需的全部高辛烷值汽油，含铂、铂钯、铂铑的催化剂可以净化汽车和柴油机排放的毒性尾气。铂铑合金可用于生产玻璃纤维坩埚和特种光学玻璃。铂铑合金是最重要的铂族金属材料，主要用于制备测温热电偶和编织催化网。铂铑、铂铑、铂钯合金有很高的抗电弧烧损能力，被用作电接点材料，铂铑合金和铂钨合金用于制造航空发动机的火花塞接点。在氯碱工业中涂钨和铂的钛阳极代替电解槽中的石墨阳极，可提高电流效率。铂和铂合金广泛用于制造各种首饰，还备用于硬通货储备。铂族金属作为一类重要的工业新金属，其应用领域将不断扩大。

石油化学工业应用 Pt-Re 催化剂 [Pt- (0.2% ~ 0.5%) Re] 作为制造高辛烷值汽油的铂重整装置；美国环球石油产品公司 (UOP) 开发了连续催化再生 (CCR) 铂，使用 Pt-Sn 催化剂；西方国家正在建造的新型反应堆，80% 都是使用铂-锡催化剂的连续催化再生反应堆，这些新型反应堆中一部分也使用铂-铑催化剂。这种铂-铑双金属催化剂能用于新型反应堆，而铂-锡催化剂不能用于固定床重整炉 (fixed bed reformers)。

铂族金属被称为“现代工业的维他命”，它们的应用和发展在一定程度上反映了一个国家的现代化水平，并将在新的尖端技术领域起着重要作用。西方国家对铂的需求量及需求结构见表 1-1-1。

表 1-1-1 西方国家对铂的需求量及需求结构^①

需求领域	1991 年		1992 年		1993 年	
	需求量/t	所占比例/%	需求量/t	所占比例/%	需求量/t	所占比例/%
汽车催化剂	48.83	38.9	48.26	40.8	52.88	42.1
珠宝业	45.72	36.6	47.01	39.7	50.13	39.9
金融	12.75	10.1	7.94	6.7	9.49	7.5
化学	7.74	5.9	6.69	5.7	5.75	4.6
电器	5.66	4.5	5.14	4.3	5.44	4.3
石油	4.67	3.7	3.73	3.2	3.11	2.5
玻璃	3.74	3.0	2.49	2.1	2.18	1.7
其它	4.20	3.3	4.67	3.9	5.60	4.5
总计	125.66	100	118.19	100	125.66	100

① 《International Gold Mining New Sroller》，Vol. 21，No. 6，1994。

近 10 年来，铂和钯的价格已大幅度增加，分别从 1992 年每盎司 350 美元和 360 美元增加至 2000 年的 500 美元和 550 美元。

第二节 镍的资源、产量、未来市场需求及保证程度

一、镍资源概况

据美国地质勘探局 (USGS) 的调查统计 (表 1-2-1)，世界镍储量约为 4638 万吨。古巴的镍矿储量排第一位，约为 1800 万吨，其次为俄罗斯 660 万吨，加拿大 620 万吨，新喀里多尼亚 450 万吨，印度尼西亚 320 万吨，南非 250 万吨。

表 1-2-1 世界镍矿储量表 (金属量/万 t)

国 家	储 量		储量基础	
	1995	1999	1995	1999
古 巴	1800.00	550.00	2300.00	2300.00
俄罗斯	660.00	660.00	730.00	730.00
加拿大	620.00	630.00	1400.00	1500.00
新喀里多尼亚	450.00	450.00	1500.00	1500.00
印度尼西亚	320.00	320.00	1300.00	1300.00
南 非	250.00	250.00	260.00	1200.00
中 国	73.00	370.00		790.00
澳大利亚	220.00	370.00	680.00	1100.00
菲律宾	41.00	41.00	1100.00	1100.00
巴 西	67.00	67.00	430.00	600.00
博茨瓦纳	48.00	78.00	90.00	83.00
多米尼加	45.00	72.00	68.00	130.00
哥伦比亚	56.00	56.00	74.60	110.00
赞比亚	7.70	24.00	10.00	26.00
美 国	2.30	4.30	250.00	250.00
芬 兰	8.00	—	10.00	—
希 腊	45.00	45.00	90.00	90.00
其它国家	25.00	45.00	1000.00	1200.00
世界合计	4638.00	4600.00	11000.00	14000.00

资料来源：USGS Mineral Resources Program, 2000。

1999 年统计数据 (表 1-2-1) 表明，现世界镍矿的基础储量为 1.4 亿吨。古巴排第一位，约为 2300 万吨，其次为加拿大 1500 万吨，新喀里多尼亚 1500 万吨，印度尼西亚 1300 万吨，南非 1200 万吨，澳大利亚和菲律宾均为 1100 万吨。我国为 790 万吨，约占 6%。

据《中国矿产资源报告》(1997~1998),我国截止至1997年累计探明镍储量为873.14万吨,保有储量777.10万吨,保有工业储量(A+B+C)约370万吨(表1-2-2)。

表 1-2-2 中国镍矿储量 (金属量/万 t)

	1978 年	1985 年	1990 年	1996 年	1997 年	2000 年
探明储量	792.6				873.14	
保有储量	767.1	766	795.6	784.08	777.10	
保有工业储量					370	

在1992年的《固体矿产地质勘探规范总则》和1999年的《固体矿产资源/储量分类》(GB/T17766-1999)颁布之前,我国长期沿用的储量分类标准与国际上公认的分类标准差别较大,二者难以对应。我国的探明储量或保有储量大致相当于储量基础(基础储量),而保有工业储量或A+B+(部分)C级储量大致对应于国际上的储量(经济储量,矿产储量)。据此,按储量基础排位,我国列第八位,按储量排位,我国与澳大利亚以370万吨并列第五位。

镍矿石有两个类型,硫化铜镍矿石和氧化镍矿石。前者主要产在岩浆型硫化铜镍矿床中,后者产于红土型镍矿床中。世界已查明镍储量的66%为红土型,34%为岩浆硫化铜镍矿型,但当前矿石开采量仍以硫化镍矿石的比重大,约占60%。我国镍矿产地以硫化镍矿床为主,其储量占全国镍储量的86%。

除陆地资源外,海底锰结核中也有巨大的潜在镍资源,估计约有镍储量6.9亿吨。太平洋海底典型锰结核分析表明,含锰25%,镍1.0%,铜1.0%,钴0.22%。

另外,从含镍废料中回收镍金属也是另一重要的镍资源,据世界研究组织报道,镍年回收量约为35万吨,为消费量的1/4。另据美国地质勘探局(USGS)发行《Mineral year book》(1994~1998)的记载,1992~1998年,美国镍金属年回收量为5.4万~6.9万吨,占消费量的32.4%~35.9%。二次镍主要来源于不锈钢,约占80%。

二、镍矿开采量 (矿山产量)

矿山矿石开采量亦译称为矿山产量,有色金属矿山一般用矿石经选矿后所获精矿所含金属总量来表述。

目前世界镍矿山主要分布在俄罗斯、加拿大、古巴、澳大利亚、新喀里多尼亚等18个国家。据英国《世界金属统计年鉴》(2001),1991~2000年,世界镍矿山开采总量由87.25万吨增至115.89万吨,年均增长3.4%(表1-2-3)。俄罗斯是世界第一镍生产国,1999年开采量达25万吨。

据《中国矿产资源报告》(1997~1998),我国1995~1997年镍矿开采量分别为4.48万吨、4.38万吨、4.66万吨,3年间开采量变化不大。据《世界金属统计年鉴》(2001),由1991~2000年我国镍矿开采量由3.04万吨增至5.11万吨,年均增长6.3%(表1-2-3)。

三、精炼镍产量

据《世界金属统计年鉴》(2001),由1991~2000年世界精镍产量由84.18万吨增至109.11万吨,平均年增长率为3.0%(表1-2-3)。冶炼生产能力超过10万吨的国家有俄罗斯、日本、加拿大和澳大利亚,他们是目前最大的精镍生产国。

表 1-2-3 中国及世界镍的开采量、产量和消费量 (金属量/万 t)

中 国				世 界		
年度	镍精矿产量	镍产量	消费量	开采量	精炼镍产量	消费量
1991	3.04	2.89	3.20	87.25	84.18	79.85
1992	3.28	3.08	3.50	93.62	87.20	79.90
1993	3.08	3.05	3.90	84.60	79.66	80.36
1994	3.69	3.13	4.20	88.68	83.19	87.48
1995	4.48	3.89	3.80	97.35	91.64	98.11
1996	4.38	4.46	4.53	103.22	95.82	91.15
1997	4.66	4.33	4.09	108.79	101.43	96.60
1998	4.87	4.81	4.20	113.77	104.15	96.57
1999	4.95	4.44	3.85	106.46	104.72	107.41
2000	5.11	5.09	5.76	115.89	109.11	114.13
平均年增长/%	6.3	6.9	8.37	3.4	3.0	4.0

据《中国矿产资源报告》(1997~1998)和《世界金属统计年鉴》(2001),由1991年至2000年,我国(精)镍产量由2.89万吨增至5.09万吨,平均年增长率为6.9%。甘肃金川镍业公司是我国最大的镍矿山和冶炼厂,镍产量占全国总产量的88%^①。

对比镍产量与矿山镍开采量关系,各国不一样,如俄罗斯、加拿大、澳大利亚等国矿山开采量大,精炼镍产量亦多;日本、美国、德国等国镍资源少,矿山开采量少甚至没有,但冶炼能力很大,依靠进口镍精矿冶炼镍。还有一些国家(地区),如新喀里多尼亚、印度尼西亚、菲律宾等,矿山开采量大,所获精矿砂绝大部分供出口。我国镍矿开采量与(精炼)镍产量基本是协调的,二者相差不多,同步增长。

四、镍的消费量

据《世界金属统计年鉴》(2001),1991~2000年世界镍的消费量由79.85万吨增至114.13万吨,平均年增长率为4.0%(表1-2-3)。镍消费量最大的国家或地区依次为日本、美国、德国、中国台湾、韩国。日本2000年消费镍19.17万吨(表1-2-4)。

我国镍消费量居世界中等水平。1991~2000年消费量3.2万吨增至5.76万吨,平均年增长率为8.37%(表1-2-3)。

世界镍消费量与精镍产量相比,二者基本相近。但各国(地区)情况差别较大,如中国台湾、韩国镍资源缺乏和精炼镍产量极低,但镍消费量大,镍全靠进口。我国镍产销基本平衡,每年进口数量有限。

五、未来市场需求预测与资源保证程度

镍是一种与钢铁工业紧密相关,并且在近代工业技术中发挥重要作用的有色金属,它的许多直接或间接用途与国防相关,所以镍又是战略控制物资,具有重要经济地位。

近10年世界镍的消费量虽有所波动,但总变化趋势是不断增长,10年来平均年增长率为4%,与之相应世界镍矿山开采量和精炼镍产量的年均增长率为3.4%和3.0%。考

① 光明日报,2002年10月22日。

考虑到近年来世界的经济增长速度放慢，将 2001 ~ 2020 年镍需求量的年均增长率预测为 3.0%，那么 2010 年镍需求量预测为 153.4 万吨，2020 年为 182.61 万吨。

表 1-2-4 世界各国精镍产量及镍消费量表（金属量/万 t）

国家或地区	产 量/万 t					消费量/万 t				
	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年
俄罗斯	19.59	24.09	23.39	24.58	23.66	3.21	3.48	3.17	3.15	3.13
日 本	13.05	12.46	12.65	13.21	15.80	18.71	17.74	16.13	16.40	19.17
加拿大	13.01	13.16	14.67	12.43	13.42	1.82	1.38	1.05	1.38	1.52
澳大利亚	7.40	7.37	7.96	8.57	11.26	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
中 国	4.46	3.99	4.81	4.44	5.09	4.63	3.69	4.20	3.85	5.76
新喀里多尼亚	4.22	4.43	4.45	4.53	4.39					
古 巴	2.70	3.40	3.87	3.80	3.14					
南 非	3.36	3.37	3.67	3.58	3.66	2.48	3.10	3.12	3.12	3.12
美 国	1.51	1.60	0.43			11.93	12.14	11.56	15.80	15.29
德 国						8.60	9.34	9.01	9.74	10.36
法 国	1.12	1.07	1.18	1.17	1.22	4.43	4.83	5.49	4.90	5.27
英 国						2.39	2.16	2.45	3.51	3.10
韩 国						5.03	6.66	7.24	8.95	9.01
中国台湾						5.00	7.48	8.04	10.35	10.59
其 它	25.40	27.39	27.27	28.41	27.47	22.85	24.44	24.95	26.14	27.66
世界总计	95.82	101.43	104.35	104.72	109.11	91.15	96.60	96.57	107.41	114.13

我国镍的消费量呈不断增长趋势，1991 ~ 2000 年均增长率为 8.4%，与之相应，镍精矿（矿石开采量）年均增长率为 6.3%，精镍产量年均增长率为 6.9%。2002 年和 2003 年我国镍产量分别为 5.7 万吨和 6.5 万吨，镍销量分别为 9 万吨和 11.6 万吨。两年间，镍产量增长 14%，销量增长 29%。由这些数据分析，把 2001 ~ 2020 年镍需求量平均年增长率定为 10%，以中等变幅的 1998 年消费量为基数，预测 2010 年镍需求量为 13.18 万吨，2020 年为 34.17 万吨（表 1-2-5）。

表 1-2-5 镍需求量预测表（金属量/万 t）

年份	需求量/万 t		镍累计（从 2001 年起算）/万 t		平均年增长率/%
	2010	2020	2010	2020	
世界	153.4	182.6	1347.6		3
中国	13.2	34.2	89.1	320.2	10

以 1997 年我国保有镍工业储量与 1996 ~ 2000 年平均年开采量相比较，镍矿静态保证年限为 77 年，与 2001 ~ 2010 年累计需求量相比较，其比值为 4.2；以保有储量与 2001 ~ 2010 年累计需求量相比较，其比值为 8.7。可见未来 10 年我国镍资源基本可以保证需求

的。

以 1999 年世界镍储量与同年开采量相比较，镍静态保证年限为 43 年，与 2001 ~ 2010 年累计需求量相比较，其比值为 11.9。可见未来 10 年世界镍资源是可以保证需求的。

以 1997 年我国保有镍工业储量与 2001 ~ 2020 年累积镍需求量相比较，其比值为 1.2，以保有储量 (A + B + C + D) 与 2001 ~ 2020 年累计镍需求量相比较，其值为 2.4。可见未来 20 年镍资源不能完全保证需求。

据《中国矿产资源报告》(1997 ~ 1998)，我国已开发利用的镍矿区 20 个，保有镍储量 302.72 万吨，占储量总量的 63%，尚可利用的矿床有 22 个，保有镍储量 131.14 万吨，占储量总量的 17%，尚有一些镍矿床，由于品位低等原因，储量尚难以利用，约占总储量的 20% (表 1-2-6)。由此可见，我国后备镍矿产地特别是中等以上规模的镍矿产地还是比较紧缺的。该报告预测，到 2010 年，镍矿产量不能保证需要。

表 1-2-6 我国镍、铜、铂族元素矿产储量利用情况

矿产名称	储量单位	已利用矿区			可规划利用矿区			合 计		
		矿区数	保有储量		矿区数	保有储量		矿区数	保有储量	
			合计	其中： A + B + C		合计	其中： A + B + C		合计	其中： A + B + C
镍	镍/万 t	20	498.4	302.3	22	131.14	23.20	42	629.68	325.93
铜	铜/万 t	424	3383.3	1991.72	285	1808.21	533.68	709	5192.04	2525.41
铂族金属	金属/t	8	177.6		2	12.21		10	189.27	

前已述及，1992 ~ 1998 年美国镍金属二次回收量占镍消费量的 32% ~ 36%，我国废杂镍回收量每年仅 0.2 万 ~ 0.3 万吨 (中国有色金属工业年鉴) 约占全年镍销量 4% ~ 6%。以上未来镍资源保证分析，尚未考虑再生镍的份额，如果考虑再生镍在未来需求量中的份额，那么资源保证会好些。

第三节 铜的资源、产量、未来市场需求及保证程度

一、铜的资源概况

世界铜矿资源较为丰富，据美国矿业局 1993 年统计，世界陆地铜资源估计为 16 亿吨，深海结核中铜的资源为 7 亿吨。1992 年世界铜储量为 3.10 亿吨，储量基础为 5.90 亿吨。其中储量最多的为智利，其次为美国、俄罗斯、波兰、墨西哥 (表 1-3-1)。

我国是世界上铜资源较丰富的国家之一，截止至 1997 年底，保有铜储量 6273 万吨，其中工业储量 (A + B + C) 2525 万吨 (表 1-3-2)。与国外的储量基础相比，在世界上大概排第四位 (表 1-3-1 中我国储量数据为美国矿业局的估计，可能偏低)。

世界上铜的矿床类型较多，其中斑岩型、砂页岩型、黄铁矿型和硫化铜镍型这四大类型是世界上最重要的勘查和开采类型。尤其是斑岩型和砂页岩型分别占世界总储量的 55% 和 24%。

表 1-3-1 世界铜储量和储量基础 (金属量/万 t)

	1992	1992	1997
国家或地区	储量	储量基础	储量
智利	8800	14000	8800
美国	4500	9000	4500
前苏联	3700	5400	
俄罗斯			2000
波兰	2000	3600	2000
墨西哥		1500	1500
赞比亚	1200	3400	
扎伊尔	1000	3000	
秘鲁	700	2500	
加拿大	1100	2300	
澳大利亚	700	2100	
印度尼西亚	1100	1700	
菲律宾	700	1100	
中国	300	800	
其它国家	5000	9800	
世界总计	31000	59000	32000

表 1-3-2 中国铜储量表 (金属量/万 t)

探明	1978 年	1985 年	1990 年	1996 年	1997 年	2000 年
累计探明储量	5414.4				7372.53	
保有储量	5040	5874	6154		6273.63	
保有工业储量					2525.41	

我国的地质背景造就了许多类型铜矿床,主要有斑岩型、矽卡岩型、沉积变质型(砂页岩型),铜镍硫化物型和黄铁矿型,分别占全国总保有储量的 41.1%、27%、10.7%、6.4% 和 5.5%。

二、铜的开采量 (矿山产量)

据英国《世界金属统计年鉴》统计,1991 年至 2000 年间,世界铜矿开采量(以铜精矿含铜总量计)由 916 万吨增至 1324 万吨,年均增长率为 4.2% (表 1-3-3)。我国铜矿开采量由 30.4 万吨增至 58.85 万吨,年均增长率为 7.9% (表 1-3-4)。我国的统计数据与表 1-3-4 数据基本相同。

三、(精炼)铜产量

据英国《世界金属统计年鉴》统计,1991 年至 2000 年世界精炼铜的产量由 1069 万吨增至 1473 万吨,年均增长率为 3.7% (表 1-3-3)。我国由 56.0 万吨增至 132.6 万吨,年均增长率为 10.8% (表 1-3-4)。

表 1-3-3 世界铜矿开采量、精铜产量和消费量 (金属量/万 t)

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	年均增 量率/%
铜开采量	916.08	945.81	947.44	957.49	1018.05	1111.07	1148.25	1228.81	1271.55	1324.37	4.2
精铜产量	1068.80	1116.93	1130.63	1116.62	1182.94	1275.64	1359.87	1414.50	1445.53	1473.15	3.7
铜消费量	1069.50	1080.07	1099.37	1166.02	1215.18	1239.99	1301.90	1336.39	1401.59	1511.35	3.9

表 1-3-4 中国铜矿开采量、精铜产量和消费量 (金属量/万 t)

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	年均增 量率/%
铜开采量	30.40	33.43	34.57	39.56	44.52	43.91	49.55	48.65	52.00	58.85	7.9
精铜产量	56.00	65.90	73.30	73.61	107.97	111.91	117.94	121.13	117.40	132.58	10.8
铜消费量	59.00	88.20	98.46	79.77	114.34	119.27	126.97	140.22	148.42	188.25	14.6
铜消费量		99.3	99.0	91.0	119.3	118.0	130.0	135.0			5.25

将(精炼)铜的产量与同年度铜的开产量相比,前者普遍多于后者,这主要是精炼铜的原料除矿山开采所获铜精矿外,还有相当比例从废旧材料中二次回收的铜。我国(精炼)铜的产量远远高于铜的开采量,如2000年铜的产量为132.58万吨,而铜矿开采所获铜精矿仅为58.85万吨,二者之比为2.25:1。大量精炼铜的原料是靠进口,如1997年我国进口铜精矿93.78万吨,废杂铜79.73万吨(表1-3-5)。此外还有一部分为二次回收的铜,如1997年就回收再生铜37.9万吨(表1-3-6)。

表 1-3-5 1996~1997 年我国进口铜材表 (金属量/万 t)

1996 年进口		1997 年进口	
铜精矿 82.48 万 t	用汇 3.93 亿美元	铜精矿 93.78 万 t	用汇 4.21 亿美元
废杂铜 71.02 万 t	用汇 3.18 亿美元	废杂铜 79.73 万 t	用汇 3.42 亿美元
粗铜和精炼铜 28.27 万 t	用汇 5.75 亿美元	粗铜和精炼铜 20.05 万 t	用汇 4.13 亿美元
铜材 42.25 万 t	用汇 10.95 亿美元	铜材 50.87 万 t	用汇 13.76 亿美元

表 1-3-6 再生铜产量表 (金属量/万 t)

	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
中 国	21.2	46.7	42.8	37.9	34.1		
世 界		371.2	375.0	339.2	331.2	322.0	206.8

四、铜的消费量

据英国《世界金属统计年鉴》(2001)统计,由1991年至2000年世界铜的消费量由1069.5万吨增至1511.4万吨,年均增长率为3.9%(表1-3-3)。我国则由59.0万吨增至