

# 选矿及提取冶金国际会议论文集

SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE OF  
MINERAL PROCESSING AND EXTRACTIVE METALLURGY

(综合、选矿部份)

中国金属学会选矿学术委员会

# 前 言

中国金属学会和英国矿冶学会联合组织的选矿和提取冶金国际会议于1984年10月29日至11月2日在昆明召开。参加会议的世界几十个国家和地区的专家、学者300余人。会议发表了论文66篇。其中综合及选矿部分的论文共33篇,包括发展动向、碎磨、预选、重选、浮选、磁选、拣选、自控、检测、固液分离和移动式小选厂等方面,内容十分广泛。这些论文反映了80年代世界选矿发展的方向和水平。

为了使我国广大选矿工作者能及时地了解会议的内容,中国金属学会选矿学术委员会以最快的速度组织了本书的编辑出版工作。在编辑出版过程中,对部份论文的个别段落略有删节,此外,英文部份的译文是按照英方提供的初稿译出,与正式文本略有出入。由于时间紧迫,编辑工作中难免出现错误,希广大读者见谅并给予指正。

参加国外论文翻译工作的同志有:

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王 昕 | 王贻宁 | 李松仁 | 李尚贤 | 李启衡 | 刘孟星 |
| 刘培南 | 孙仲元 | 孙国雄 | 吴明珠 | 何娟姿 | 张廷敏 |
| 扬磊南 | 杨德森 | 钟仁宏 | 施逢年 | 谢 光 | 雷传炎 |

等(按姓氏笔画排列)。并进行互校,最后由谢光同志总审定稿。在本书出版过程中承《云南冶金》编辑部 and 个旧市科协大力协助,在此一并致谢。

# 目 录

## 现代矿物工业研究和发展动向综述

.....M·安索尼 [英国] (1)

## 岩石机械性质对粉碎作业的影响

.....P·比利 E·M·丹替尼 P·马萨西 [意大利] (13)

## 螺旋分级机数学模型的研究

.....李松仁 [中国] (26)  
D·J·斯玻提斯伍德 [美国]

## 选矿工业的近期发展

.....S·J·安德鲁斯 等 [加拿大] (37)

## 蒙特艾萨矿业公司过程模拟和控制技术发展状况评述

.....澳大利亚蒙特艾萨矿业有限公司 (48)

## 破碎磨矿流程中能量的利用

.....A·J·马格劳斯基 [美国] (58)

## 螺旋溜槽的现代化设计与生产发展方向

.....R·O·布特 [加拿大] (64)  
A·V·雅辛 [苏联]

## 一座移动式锡选厂的生产情况

.....M·爱登 [澳大利亚] (73)

## 加拿大矿业循环用水的实际应用

.....E·G·约埃 [加拿大] (79)

## M·I·M集团各有色金属选厂的实践

.....P·D·布什 [澳大利亚] (87)

## 载流分析的进展

.....L·R·威金生 等 [澳大利亚] (100)

## 有利可图的小型移动式选矿装置

.....C·阿瑟 等 [英国] (107)

## 中国云南省个旧地区锡矿石工艺评价研究

.....D·N·柯林斯 I·R·M·查斯顿 [英国] (117)

## 细粒重选设备的操作与应用

.....G·D·勃奈尔 [英国] (141)

## 马丹匹克铜选厂的强化

.....M·格鲁吉斯 D·奥瑟皮克 D·萨拉提斯 [南斯拉夫] (149)

## 重介质旋流器选别粒度为2~0毫米的有色金属矿

.....O·伯哈特 E·摩丁斯 [西德] (156)

## 英国康沃尔地区惠尔简锡矿山的选矿生产

.....W·J·哈巴 [英国] (167)

## 开路超导磁选机

.....H·E·科恩 [英国] (188)

## 絮凝剂和表面活性剂在固液分离过程中的应用

.....英国布雷德福联合胶体有限公司选矿部 (201)

## 锡石浮选新工艺

.....E·伯罗卡特 J·德库泊 [比利时] (211)  
J·文特霍夫 [法国]

## 钨细泥选别新工艺

.....孙善伦 陈启仁 杨悦 熊上峰 钟仁宏 [中国] (223)

## 采用“离—浮—磁”联合流程处理黑钨矿细泥的研究与实践

.....刘培南 王大文 [中国] (231)

## 磁—光分选机及其在黑钨矿的应用

.....施逢年 [中国] (238)

## 细粒锡石浮选的生产实践

.....田忠诚 吴振东 [中国] (245)

## 锡矿泥重选新设备及新工艺

.....李尚贤 李 季 杜体尧 [中国] (251)

## 从个旧地区选锡尾矿中综合回收锡和其它伴生金属 的选冶联合工艺

.....谢 光 [中国] (268)

## 细粒重选产品精选分离技术的革新

.....何娟姿 刘孟星 [中国] (274)

## 摇动溜槽分选行为的研究

.....黄 枢 顾 枫 [中国] (281)

## 氧化和混合铅锌矿石浮选工艺特点的研究与实践

.....田世杰 [中国] (292)

## 凡口复杂难选铅锌矿石浮选新工艺流程研究

.....张会文 [中国] (300)

## 硫化汞锑矿石浮选分离的研究

.....汪修尧 吴振东 [中国] (306)

## 选冶联合从铜阳极泥中回收贵金属

.....雷传炎 朱佩华 等 [中国] (313)

## 从包头共生铁矿中回收优质稀土精矿的研究

.....罗家珂 陈祥涌 [中国] (319)

# 现代矿物工业研究和发展动向综述

英国国际BP矿物有限公司 M·安索尼

## 摘 要

近年来,采矿业衰退和研究与开发费用不足的影响日趋明显。同时,出现了只愿开发高品位普通矿床的严重局面。解决复杂技术问题的研究与开发的兴趣也随之下降。尽管如此,仍进行了许多开创性的工作,为今后矿物加工技术的发展开辟了广阔的领域。

现代过程研究的主要方向为借助微处理机使设备更为有效,以进一步发展矿物处理工艺。矿物学家首次能观察和收集新数据,并将其结果迅速准确地进行整理分析。另外,许多妨碍工艺发展的狭隘的技术界线业已打破,多学科工艺的优越性正迅速显示出来。

本文将讨论上述问题,并对现代世界矿物研究与开发的动向加以评述。重点讨论某些潜在的新领域,并借此对研究机构的作用和不断增长的重要性予以评述。

## 近十年概况

关于当今科研工作,简略回顾工艺学家研究方向是不无裨益的。研究与开发工作的特点是其长时期的延续性,1984年开始的工作不过是若干年前工作的延续。

回顾十年前的情况即可看出,今天研究者面临的任务和处理的对象与之大不相同。可归纳为下列几点:

### 矿物资源及其需求

尽管六十年代提出的主要矿物资源短期内日趋枯竭的预言已不足为信,但十年前却出现过解决新的复杂的原料资源处理问题的强烈愿望,随后导致产生新的研究目标,如经济地处理深海锰结核、红土矿、粘土及复杂硫化物等资源。

现在的情况却截然不同,组成资助伙伴共同进行深海锰结核回收研究的各公司对此已无多大兴趣,建立处理低品位复杂矿物选厂的需求几乎不复存在,只是从国家安全角度考虑到战略物资生产,政府才不得不对维持这种研究提供援助。

事实上,不仅寻求新资源的进展缓慢,许多技术问题并不复杂的矿床也未得到开发,一些矿业公司甚至大幅度降低其矿山产量。显然,尽管努力保持合理的世界金属需求是合乎逻辑的,但经济效益仍是人们考虑的首要问题。这种趋向在短期内不可能有所

变化。

### 金属价格

除个别情况外，金属价格并未促进生产发展。表1列出1977和1982年的价格和产量。从表中可以看出，只有黄金呈上升趋势。

表1 五种金属平均价格和产量

|   | 1977年      |        | 1982年      |        |
|---|------------|--------|------------|--------|
|   | 价 格        | 产 量    | 价 格        | 产 量    |
| 铜 | 65.8美分/磅   | 9066千吨 | 67.1美分/磅   | 9504千吨 |
| 镍 | 2.36美元/磅   | 715千吨  | 2.22美元/磅   | 621千吨  |
| 锡 | 10.82美元/公斤 | 222千吨  | 12.83美元/公斤 | 220千吨  |
| 钨 | 171美元/公制   | 43千吨   | 104美元/公制   | 43千吨   |
| 金 | 148美元/盎司   | 1225 吨 | 376美元/盎司   | 1352 吨 |

### 研究机构和装备

随着60年代经济相对繁荣，公立和私立研究机构得到大力支持，获得了良好的设备和优秀的人才。今天则不同，削减政府预算严重影响了院校和政府研究机构的经费来源，许多重要矿业公司减少或合并了其研究开发机构。

#### 小 结

上述情况对今天的研究工作所产生的后果是显而易见的。尽管研究机构和学术团体已基本适应这些情况，但仍有不少问题有待解决。虽然某些特殊目标(如锰结核的研究)与工业应用似乎相距甚远，但从这些特殊课题研究过程中获得的信息却往往使别的课题从中受益。类似问题还会不时出现，这对长期的研究工作有着较为复杂的影响。

某些较大的研究项目(如火法冶金)会受到严重影响，应该意识到工业冶炼流程研究的漫长过程。

就研究与开发而言，在矿物处理方面有着广泛的领域来实现长期连续获利，尽管其受益缓慢。

对这一领域的认识、对世界矿业技术力量以及近年来一些现象的评价，将导致研究和开发工作的方向和水平进一步协调。

## 新工艺和新设备

当今工艺学家较之十年前具有的有利条件是广泛地享有先进工艺和设备。装备精良的试验室，几分钟内即可获得过去可能要在花费数周时间才能获得的极为精确的试验结果。

先进的供显微粒度分析用的激光设备、改进了的pH、Eh和溶氧检测手段和离子—

选择电极（如用于测定氟化物）就是极好的例子。黑兹浮选槽和小型连续高压釜已装备于试验室，可以迅速准确地进行高度重现和真实的试验。

使用微处理机可准确控制试验过程、迅速进行数据收集、储存和处理。科学家将处于一种得天独厚的位置，即能将其设想付诸实践并找出崭新的矿物处理方法。

### 矿物分析

充分认识所处理的矿物，对研究者至关重要。需要确切掌握矿物组成、粒度和形状。虽然光学显微镜将在试验室继续发挥作用，但现在需要的是更精确的矿物分析，而检测设备的重大改进则使其得以实现。

两种自动检测方法是可行的，即面检测和线检测。两者的细微差别在于其成像技术，即用光束或电子束照射，或用由电子束照射产生的X射线。

全自动面检测系统采用电视扫描技术，主要通过光学信号识别矿物。这种类型的代表为昆特墨特（Quantimet）及其先进的软件自控系统。

墨尔本卡赛罗（CSIRO）最近配备了一台带电子探针的扫描电子显微镜和X射线能谱仪。这种名为QEM—SEM的设备，用电子和始发X射线扫描，可同时鉴定背景中的14种元素。结果以数字形式显示，整理后可确定矿物性质。

具有相同信号选择能力的试验检测系统，能显示出被测点的接触边界，其结果可用于确定矿物粒度、形状和成分。

伦敦帝国大学M·P·琼斯已将凯墨克（Cameca）电子探针微分析仪改为图象分析仪，包括四台光谱仪和一套计算机网络，进行点定量分析。其它扫描电子探针X射线微分析仪也是适用的（如吉歌〔Jeol〕）。其特点、软件包和价格因系统不同而异。

这些设备对改进选矿方法是十分重要的。也许十年后，它们会得到广泛应用。它能向研究者提供三维结果，即EDS的综合性、晶体分析仪的速度、全自动和超细粒范围测定。

以凯墨克公司设备为例，其原理及结构示于图1和图2，试验结果列于表2。

### 分析技术

化学分析领域也有了重大进展，可行的分析方法和先进设备有电热雾化技术（如冷蒸汽测汞法，氢化物评价法），等离子发射光谱法（特别是ICP法）、先进的XRF法（如计算机干扰补偿法，高能量样品分散器）和活化分析法（如黄金中子活化法）。

以进入工业应用的气体吸附设备为例，吸附红外线的气体可在200米距离内检出1ppm的水平，单位扫描率为100米<sup>2</sup>/秒。

把来自分离激光的两种波长的反射射线加以比较，该法不受温度和湿度等其它因素的影响。

GP—Elliott生产的伊格尔（Eagle）装置示于图3。（图略）

### 多学科技术

今天的技术背景和资源问题，最后应提到的是各基础科学学科之间相互关系的极大变化。近年来，传统选矿学家和提取冶金学家与有机化学家、微生物学家、核物理学家和各个领域的科学家及工程师紧密合作，以极大的灵活性进行了多学科合作攻关的尝试。这种由多国、多行业组成的技术联合实体已积极参加工业活动，它对开展新的研究极为有利。

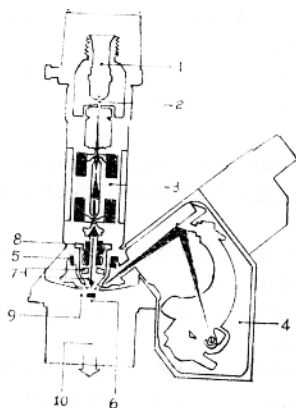


图1 凯墨巴克斯 (Camebax) X射线扫描电子探针微分析仪示意图

- 1、用机械校正和隔离闸控制灯丝变化的1~50kv电子枪
- 2、可于不同电压下获得最大亮度的可调焦距阳极
- 3、带有电子束流稳压器的万向三透镜电子光柱
- 4、四台全聚焦波谱仪和一台能谱仪
- 5、微线圈探针组成的透镜
- 6、高精度机械台和旋转样品室
- 7、柯西欧 (Coaxial) 高分辨率轻型光学显微镜
- 8、SEM扫描线圈
- 9、40mm样品进入密封枪通道
- 10、高速抽吸

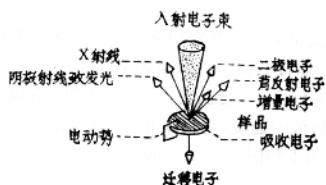


图2 微电子束冲击样品发出信号的图解

表2

样 品 分 析

| 项 名  | 拦截<br>次数 | 拦 截<br>总长度 | 百 分 组 成 |        |        |        |
|------|----------|------------|---------|--------|--------|--------|
|      |          |            | 数 目     | 长 度    | 数 目    | 长 度    |
| 环氧树脂 | 2247     | 159600     | 41.24   | 79.80  |        |        |
| 黄铁矿  | 2468     | 36078      | 45.29   | 18.04  | 77.08  | 89.30  |
| 闪锌矿  | 497      | 2962       | 9.12    | 1.48   | 15.52  | 7.33   |
| 黄铁矿  | 184      | 994        | 3.38    | 0.50   | 5.75   | 2.46   |
| 砷黄铁矿 | 53       | 366        | 0.97    | 0.18   | 1.66   | 0.91   |
| 合 计  | 5449     | 200000     | 100.00  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

## 问 题

不时有人断言,今天可供进行选矿方法研究的范围甚窄。对为获得矿物解离而进行的磨矿/分级作业(占贱金属生产90%左右)加以评价,即可否定这种论断。磨矿作业将有价矿石解离到合理粒度范围、耗费巨大能量,而其效率仅为5%。没有任何工业能够忍受在其最主要生产作业中的这种不合理状况。

就磨矿到电解精炼的硫化物常规流程而言,其回收率、品位和经济分析仍与理想化相距甚远。除了一些特别理想的矿物外,磨矿效率不高使浮选给矿中仍有尚未解离的有价值矿物和难于处理的细粒。

由于火法冶金不能直接分解硫化物,因此冶金过程只得用分段处理各种给料的方法来脱除大量的气体。

精炼作业需要很大的作业空间、耗电量大、效率远远低于最大理论值。

结论是明显的,事实上选矿和冶金仍有改进余地。

当然,每一种金属生产过程和非标准矿物资源处理都会遇到各种特殊问题。如含铁锌溶液、难处理的金矿石、溶剂萃取中钼/钨或镍/钴选择性、细粒锡石或砷沾染等。通常也有办法解决这些问题,也能生产上述金属,但不甚经济。例如,黄钾铁矾法就是一种用于解决锌浸出液中含铁的有效方法,但是,在这种情况下,钱花于脱铁而不是用于生产可售产品。

至于工艺学家如何对待这些问题,可分为两类,即已进行过的各种尝试和能够导致产生全新处理方法的研究。还有一些介于两者之间,它们看来似乎不够新颖,但仍不失为新方向,因为它们或者是极不相同,或者是尽管概念由来已久但仍未获得发展。

## 开展的研究和进展

### 选 矿

最好的磨矿回路与先进的设备相结合,在矿石性质允许的条件下采用自磨和半自磨(S·A·G)。此时,按照过程模型用计算机控制产品粒度和矿浆浓度。世界各地正开展扩大S·A·G应用的可行性试验,研制更好的动力学模型以获得最佳控制。

L·A·阿多江在1983年矿业年评中详述了这一研究的最新动态,包括许多颇有价值的参考文献,特别介绍了日本塔式磨机(图4)。虽然该磨机在三十年前就已研制成功,但只是近年来才成为一种先进设备(柯勃斯公司制造),并成为试验室研究的课题(如南非MINTEK)。据报道,加拿大已安装了一台这种磨机。

它的主要优点是物料再磨前可从分配盘中移出,观察一下试验结果是颇有趣味的。希望这种磨机的出现代表了磨矿界某些新概念的萌芽。

各种选矿方法,特别是浮选法数学模型的建立,是研究机构重要而广泛的研究课题(如澳大利亚JK中心;英国华伦斯普林试验室[WSL])。

各种富集方法(重介质法、磁选法)的发展也可成为设备生产厂家(如英国GEC Mechanical Handling公司)的动力。

各种不同形式的磁选法的研究最为活跃,卓有成效的是湿式强磁选机(如MINTEK

公司)和磁力旋流器(英国Boxmag-Rapid公司),后者还有发展潜力,前者已有充分报道。

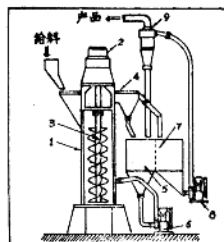


图 4 塔式磨机略图

- |           |                     |
|-----------|---------------------|
| 1、垂直筒状磨矿室 | 6、泵                 |
| 2、齿轮箱     | 7、粗物料分级器的<br>细粒产品矿仓 |
| 3、螺旋搅拌器   | 8、泵                 |
| 4、粗物料分级器  | 9、水力旋流器             |
| 5、矿仓      |                     |

超导磁体高梯度磁选技术的研究也正在进行,并对钨、锡、铌、钽及其它矿物进行过试验。瓦特森和莱西进行的试验已从浸出渣中获得金精矿。

处理细粒物料试验已在许多研究中心进行(如英国皇家矿业学院[RSM]),如液一液浮选和选择性絮凝工艺的研究,可望1984年获得其进展状况的报道。

总之。选矿工艺研究主要致力于改进传统工艺和设备,特别强调逐步改进。

### 湿法冶金

近年来,湿法冶金处理硫化矿物和精矿的潜力很大。尽管该工艺一直对氧化物料,堆浸和某些低品位矿物处理颇有吸引力,但一般未获成功。这段时间进行了一些过程研究,(Cyme, iDuval, Arbiter, Acetonitrile, Sheritt)但成效不大。

西蒙特法(Cymet)和林弗法(Duval)生产氯化亚铜,在电解中降低能耗方面一直大有可为,但在保证产品纯度方面仍需改进。

世界各地研究机构(如加拿大Cament; WSL),特别是铝生产厂家(如美国Alcoa)深入研究了氯化法。

金的处理一直是研究与开发的重点,包括浸出技术和条件、碳浆法(CIP)和碳浸法(CIL),交替浸出剂(如硫脲)和难溶矿物处理法。

浸出液中铁的处理受到极大关注,进行了RPC法研究。

### 火法冶金

与湿法冶金不同,一些进展缓慢的火法冶金方法研究业已出现生机。先进的闪速熔炼法(如奥托昆布公司),改进了的连续炼铜法(三菱, Noranda)、吉普赛特直接炼铅法、一步炼铅法(QSL)、现代顶吹转炉法(TBRC)等,事实上已进入工业应用。

因火法冶金试验的特点(和费用),近来注重的是研究工作,可以评价的新概念出现不多。瓦麦法(Wamer伯明翰大学)是为数不多的例外,它们为将来带来了新的希望。

普遍的研究方向是高温作业控制,主要由日本率先进行。

华伦斯普林实验室目前正研究带微处理机控制系统的顶吹转炉中的反应。鼓入的空

气受一系列传感器控制，用压差转换器辨认阀门位置和不同的空气流。水冷却抽吸高温计检测温度并排出气样。燃烧气体的浓度受到检测，其数据用以控制给料混合比。试验设备示于图5。

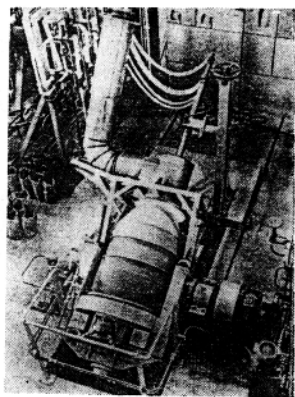
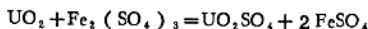
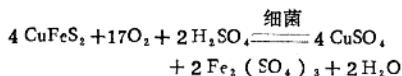
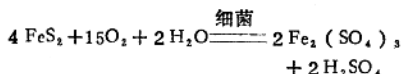


图5 微处理机控制的顶吹转炉新动向

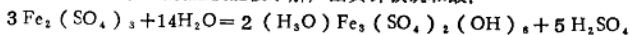
### 细菌浸出法

自40年代末期首次观察到细菌对矿物的作用后，开展了大量的研究，试图把这种现象转为工业应用，但收效甚微。很多出版物论述了这一课题，特别详述了噻酸化学自养菌噻硫细菌铁氧化性的行为。

引起兴趣的领域是硫化物和铀矿物，对铀而言，可直接或间接反应如下：



pH低于3左右，硫酸亚铁能被水解产出黄钾铁矾和酸：



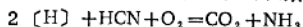
黄铁铀矿生物浸出法资料表明，在特定条件下，萃取率可达100%，比传统法提高30%。处理沥青铀矿的成果，使这种工艺值得引起重视。

硫化物的情况则截然不同。能够和药剂费用低的特点被一些缺陷所抵销，诸如时间过长，再循环负载高、选择性差，产生硫酸盐和需要中和等。

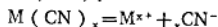
这些问题大都在加拿大温哥华不列颠哥伦比亚研究中心进行的新工艺研究中出现过。反应的催化作用抑制黄铁矿分解，同时产出硫酸铜、黄钾铁矾和元素硫。该工艺现在是在种纯酸耗作业、具有较高选择性、极大降低了基建和作业费用。

一些公司最近开展了黄金矿和砷黄铁矿研究，寻求利用细菌对含金极细粒进行生物预处理，并获得了可与氧化焙烧法相媲美的经济上颇具吸引力的结果。

提高金的溶解率，降低氰化物消耗方法的一个有趣变化，是使用可将氰化物作为其赖以生长的氮来源的细菌，因而可使氰化物水解。如下式：



氰化物可作为细菌的特殊营养物，其形式为能与一种金属紧密整合的混合物（如Ag、Zn、Ni）：



在螯合作用方面的平衡是稳定的，故水溶液中游离氰化物极少。细菌依赖痕量氰化

物生长，因而平衡变化，释放更多的氰化物，直到所有的氰化物耗完、释放出游离金属或它们的盐为止。

铝是生物处理法明显可行的另一个领域。据称细菌反应可从铁和硅中选择溶解铝，同样也正在对耐高温生物体的应用进行研究，包括英国华伦斯普林试验室的研究。

可以认为，生物浸出法的极大吸引力和近年来取得的进展，将使今后这一领域的研究比过去十年更为广泛。

当人们充分认识到细菌反应机理引导着一场开创性的工艺变革时，就可能真正出现重大突破。改进细菌以提高其选择性可能会在将来使金属萃取出现革命性变化。

### 等离子法

等离子法应用于萃取冶金的可能性的讨论已达十多年之久，尽管有某些特殊情况，将这一设想付诸实践的尝试仍微乎其微。

有两个应用该法的例子，一是将 $\text{TiCl}_4$ 氧化为颜料的 $\text{TiO}_2$ ，另一个是在铁合金工业中生产铬合金及铁锰合金。

等离子法的潜在优点有：

1. 氧分压的独立性、导致更好地控制反应条件；
2. 直接使用细粒给料仓，不用预先制团；
3. 使用较少的碳还原剂；
4. 使用无损耗电极；
5. 高能量通量可获较高单位产量并缩小设备体积；
6. 投资少。

上文提到的包括炼钢在内的最新工艺，其化学反应较简单，而等离子法可直接改进传统流程，特别是利用其优点(2)和(4)时。

大多数研究与开发工作都注重氧化还原法，只有诺旺达(Noranda)的W·H·戈文在硫化物方面进行了令人瞩目的尝试。尽管硫化物分解为金属这一设想颇具吸引力，但很明显，其缺点在于硫的燃料价值得不到利用。

戈文进行的产出合格铁钼合金的试验研究，无疑指明了将来的方向。这项研究的目的在于寻求一种新方法以取代基建投资大、环境问题多、硅热还原段不易掌握的常规多膛焙燃法。

去年在加拿大举行的第6届国际等离子法学术会议规模极大，许多公司对等离子法研究表示欣赏，如果今后数年内有色冶金工业进展不包括这一方法，则是令人难以置信的。

### 流态床电解

这一工艺试验虽不断改进，但在工业应用中却仍未获得成功。既然缺乏发展动力以及其产品异形，保守的工业当然就不愿采用。

该工艺电耗可大于100安培，其优点为：

1. 基建投资极少(产量/体积或面积极高)
2. 环境(有可能解决产生酸雾问题)
3. 灵活性(可处理稀溶液，用pH不同的两种电解液、避免阴极击穿等)。

美国伯克利UCAL的J·W·伊万斯深入研究并评述了这一课题。指出，能耗高的问题是可以解决的。

多布罗夫斯基设计的试验槽示于图6。它已和一个1000安培的大槽串联使用，后者曾在Co、Cu、Zn、Pb、Sn、Ni和Ag处理中获得良好结果。

试验槽阳极上设计了一层膜，使导致IR损失的氧气泡不流经阴极。据报道，该槽比常规法能耗低，并适用于各种成份的阳极和阴极。

### 赛罗熔炼法

该法由澳大利亚卡赛罗\* (CSIRO) 的J·佛罗里德等研究而成。最初用于锡渣净化，后又用于处理Cu、Ni和Pb等金属。近年已发表了该法的研究报告。

该炉略图示于图7

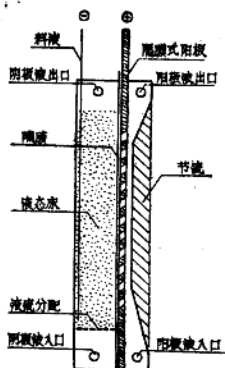


图6

多布罗夫斯基50安培试验槽

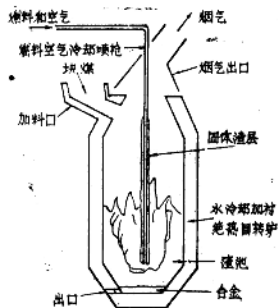


图7 赛罗熔炼法沉没燃烧  
——还原炉

燃料和空气由喷枪给入，炉渣置于转炉状容器中。沉没燃烧产生极大旋流，加入的碳还原剂一起促使Sn从渣中迅速析出，并保持炉渣呈熔溶状。锡以烟化的氧化物或富集的Sn-Fe合金形式脱出。

进行了燃料和还原剂系统试验，结果表明锡还原率极高（2小时内<1%）。

此法的优点为：

1. 因大部分Sn于铁前还原，故处理炉渣时铁再循环少；
2. 只产生少量适度的气体；
3. 基建和作业费用很低。

能与赛罗熔炼法抗衡的是硫化烟化法，但前者潜在的灵活性能够应付这一挑战，工艺学家一般也对它更感兴趣。

其 它

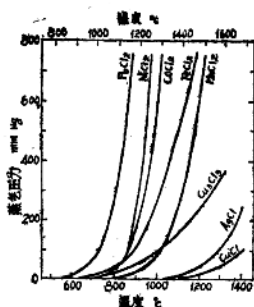


图 8 不同金属氯化物蒸气压与温度的函数曲线

当然，这里还应讨论一些其它工艺研究领域的进展。或许特别应该提及的是氯化法，它在湿法和火法冶金方面均有重大进步。从图 8 的蒸气压曲线可以看出，该法的选择是很明显的。

有一种新设想，将有价金属在粗物料制备过程中转化为气态卤化物，再用分馏法分离。它对某些矿物可能是极有价值的。

如果这些工艺的工业效益已得到充分证实，那么也同样表明，一种新方法的成功之路是极为漫长的。为了更清醒地意识到这一点，不妨将同一阶段内其它工业、特别是农产品、药物、化学和建筑工业的进展加以比较。

## 研究机构

重要的矿业大国都建立了矿物提取研究中心。蒙特利尔综合大学 R·杜弗尔教授最近评述了世界科研政策。现将一部分国家基本研究规模总结如下：

### 南非

主要机构有矿北会社（五座试验室、500名研究人员，年预算2700万南非元），它在各大学和其它中心组织研究工作，从而完成自己的研究项目。还有明特克〔MINTEK〕（700名研究人员、年预算约2000万南非元）。

南非金处理和铁合金加工方面技术力量特强，开展了等离子法研究。

### 美国

美国矿务局下属十个研究中心和一座工程试验室，拥有800名研究人员，年预算超过1亿美元。工业界与设有矿物专业的院校联系十分紧密。

美国主要长于贱金属研究，可望在遗传工程发展方面大显身手。

### 英国

除了煤的研究机构外，最大的官方研究中心即华伦斯普林试验室，包括选矿和金属提取两部分。许多大学也进行矿物研究。矿物工业研究组织（MIFO）有50多个公司参加，数百年来代表其成员组织开展联合研究工作。

锡和铂族金属的处理是英国研究工作的重点之一。

### 日本

日本最大的组织是全国污染与资源研究协会，拥有400名研究人员、年预算约40亿日元。十二所学院或大学设有矿业系。

### 法国

矿物研究由地质与采矿研究局（BRGM）领导，在国内和世界50多个国家开展工作。有2000名研究人员，年预算10亿法郎。

法国的研究重点包括铀矿和低品位矿石处理工艺。

## 其它国家

较重要的国际研究中心还有瑞典选矿研究协会，加拿大的Canmet（长于氯化法研究）和下面的澳大利亚研究机构。

**表 3 澳大利亚矿业研究协会（AMIRA）**

|            |                    |
|------------|--------------------|
| 成员数目       | 70~80              |
| 现有研究课题     | 50~60              |
| 1983年经费    | 约 3 百万澳元           |
| 涉及学科       | 地质、采矿、选矿、生态学、工程及分析 |
| 部分研究课题和中心  |                    |
| 课 题        | 研究中心               |
| 铁矿物中的磷酸盐   | 卡赛罗                |
| 电子探针扫描图象仪  | "                  |
| 煤泥脱水       | "                  |
| 稳定乳胶的聚合物   | 斯温本工学院             |
| 矿物可浮性      | 墨尔本大学              |
| 锡浮选        | 卡赛罗                |
| 浮选中二氧化硫的应用 | 阿姆德尔*              |
| 金回收技术      | 卡赛罗                |
| 细粒浮选       | 纽卡斯尔大学             |
| 细粒回收       | IC和WSL（英国）         |
| 浮选         | 斯温本大学              |
| 疏脉的应用      | "                  |
| 炉渣性质       | "                  |
| 液浴         | 墨尔本大学              |
| 铁矿石还原性     | 昆士兰大学              |
| 砷废料        | 新南威尔士大学            |
| 设备检测       | 莫纳升大学              |

\* 澳大利亚矿物发展研究中心——译者

## 研究联合会

一种新颖的研究和开发的组织形式是研究联合会。它在进行研究和开发时有下述优点:

1. 经费——成员分摊;
2. 灵活性——研究工作可在各个中心进行。如大学、政府试验室或现场;
3. 技术交流——可得到各成员和机构的大力协助;
4. 管理——专业课题得到协调管理;
5. 范围——适合任何企事业。

从理论上来说, 多边研究不局限于每个公司各自的特定专题, 所以这种方式可受益非浅。

这些研究联合会可经常组织活动, 而不是安排项目。例如, 过去一年中矿物工业研究组织 (MIRO) 曾举办过技术的发现与建立、金分析以及土地复原等报告会。

也许最著成效的联合会是澳大利亚矿业研究协会, 表 3 和该会 82/83 年鉴中报道的情况即为这种活动的典范。

联合会能圆满完成各公司课题, 用户、研究单位及政府均可从中受惠。人们希望这种活动更加普及。

## 结 论

撰写这样一份范围极广而又颇有意义的评述, 无疑是困难重重的。同时形成的一些有助思考的观点, 似乎也适于用以结束本文:

1. 矿物工业有利可图的技术革新天地广阔;
2. 世界上拥有开展研究开发的优良设备;
3. 任何进步都应来自研究方向和管理的统一;
4. 近来产生的几种设备有助于加快试验工作步伐;
5. 广泛运用生物浸出、等离子、流态床电解、喷射冶金和氯化等工艺;
6. 广泛地开展研究联合会活动有助于复杂工艺的研究。