



加拿大选矿实践

编辑 [加] D. E. 皮克特

副编辑 [加] W. S. 霍尔

[加] G. W. 史密斯

李怀先等译

冶金工业出版社

加拿大选矿实践

编辑 [加] D.E.皮克特

副编辑 [加] W.S.霍尔

[加] G.W.史密斯

李怀先等译

冶金工业出版社出版

(北京红庙口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 36 3/4 字数 878 千字

1983年7月第一版 1983年7月第一次印刷

印数00,001~1,500册

统一书号: 15062·3922 定价3.75元

译者的话

加拿大是一个矿业发达的国家,矿物产值(除燃料、化工外)居世界前列。据1975年国际采矿会议公布的资料,加拿大生产的镍、锌和石棉占世界第一位;银和钾盐占世界第二位;铜和金占世界第三位。

加拿大的选矿工业已有360多年历史,现在无论在镍、锌、铜、银、铁、金、铂、钨等金属矿方面,还是在钾盐、石棉、煤、沥青等非金属矿方面,都拥有一批具有一定技术和自动化水平的选矿厂,其生产规模和实践,均为各国重视。

《加拿大选矿实践》(Milling Practice in Canada)是由加拿大矿业学会编辑和出版的。书中总结和阐述了1957~1977年加拿大选矿工业的技术发展、工艺水平、生产状况、经验教训、今后趋势。著者除分节描述了100余个选矿厂的生产全过程外,还专章谈到自动化仪器仪表控制、尾矿处理、综合利用、环境保护、复田植被等,内容丰富,涉及面广,对我们了解和学习国外的先进选矿技术,取长补短,有一定帮助,可供金属和非金属矿选矿生产、设计、科研和教学人员借鉴参考。

本书由冶金工业部北京有色冶金设计研究总院译校,参加翻译的有:李怀先(前言、序、导言、第1、2、12、15章和第7、8章一部分)、丁平衡(第3章)、赵魁国(第4章)、徐炳通(第5、14章和第8章一部分)、汪世刚(第6章)、周以瑛(第9章及第7、8章一部分)、朱国民(第10章)、仲晓敏(第11章)、周详(第13章)、黄奕清(第8章一部分)。参加校对的有:陈贤书(第15章和总校)、徐赞生(第1、3、9、12章及第8章一部分)、李怀先(第4、6、7、10、13、14、15章及第8章一部分)、靳海昌(第2章)、喻谷新(第5章)、陈维东(第8章一部分)。

译校者水平有限,不妥之处,请批评指正。

前 言

历史上，加拿大矿业的推动力是寻找和开发金银。这些金属是早期加拿大采矿工业形成的背景和主要目标。同时并没有忽略早期对于矿物与金属的兴趣，诸如铁、铅、锌、铜、煤、石棉、镍和钴。事实上，五十年前的加拿大，就是世界上产石棉、镍和钴的主要国家。加拿大金属工业的迅速发展，是由于在贵金属的兴隆年代给予采矿工业以巨大推动力的结果。当金产量几年来下降时，其他金属和矿物的产量却在继续上升，成为加拿大经济生活中的主要因素。

加拿大矿山生产人员、设计工程师和科研人员的创造性，已表现在勘探开发、设计革新和选矿新技术的最前列。加拿大实践中所用的、并为世界广泛采取的矿物提取法证明加拿大是一个值得注意和可靠的专门技术发源地。早年发展的氰化法和浮选、脉冲脉汰机和翻床选别、磨矿技术、钼和钨精矿的浸出、铀和镍的湿法冶炼工艺的改进以及过程控制系统等等都证明了这一点。

由于要使加拿大矿山保持在市场上的竞争力，所以加拿大选矿实践得到了越来越快的发展。一般地说，加拿大缺乏高品位矿床，因此，我们在许多情况下要依赖提高采矿与选矿水平，将废石变成矿石。当我们转移到到处都是气候最恶劣的一个边远地区生产矿物时，我们还面临着保持对世界其他区域的竞争优势的挑战。

许多矿山与未来工程的位置，已经决定了并还将决定着基础工程的高昂成本，会影响总的投资额。矿物处理效率的进一步提高，以及加拿大顾问和生产工程师们在设计和投资方面以最大节约建厂的能力，必定会对加拿大采矿工业的经济和持续的良好前景做出有益的贡献。

本书介绍的加拿大矿物工业当前选矿实践是在许多人的协作下编写成的。协作者们慷慨地将他们的时间和学识献给了加拿大采矿与冶金学会。本集对全世界矿物处理工业将有所裨益。

加拿大矿冶学会会长H.M. 赖特
(Harold M. Wright)

序

本书的目的是修订1957年第六届联邦采矿与冶金学会出版的“加拿大选矿”一书。

由加拿大矿冶学会主办的这个专集，是在加拿大选矿工作者的支持与协助下，通过本学会会员的努力汇编而成的。撰稿完全出于自愿。编辑委员会向各专章与选厂描述的作者深致谢意，特别要感谢那些支持撰稿者和编辑人员所作努力的公司与院校，尤其还应提及有关出版社和专业团体，承蒙他们允许我们利用实例资料。可以相信，所有这些材料都得到了充分信任。

由于许多显而易见的原因，选矿人员是很繁忙的，不可能提供现在所有生产选厂的充分描述资料。如果有资料可用，编委会成员就代为撰写介绍这些选厂的简短文章。虽然这种介绍资料缺乏全部由一个作者所提供的材料的一致性。但是，认真的读者将会注意到，本书收入的描述文章，不仅反映了选厂的设计与生产的差别，而且也反映了这些作者的观点与兴趣的不同。遗憾的是，这部历史性记录不能包括1957至1977年的20年间投产和关闭的所有选矿厂。

除几个新近投产的选矿厂外，采用公制规格的设备很少，所以没有必要将英制单位换算成公制单位。由于某些原因，技术上的习惯例如“48"×10'哈丁磨矿机”，在用公制表示时，是另外一个概念。有几位作者指出，应通过“双重”单位制来进行换算，因而，在再次修订本书时，公制尺寸无疑将是标准的。

选矿厂的准确位置和矿山区域示于地图900 A “加拿大主要矿物分布区域图”。该图是由渥太华能源、矿业和资源部提供的，已附在封底里面的纸袋中[●]。

正如读者将会发现，本书的编写工作，是由选矿工业的所有方面——大学、采矿公司、顾问公司、设备供应公司、技术杂志社和政府机关——共同分担进行的，没有他们的协作，就不会完成。作为报答，但愿本书将有益于所有的选矿工作者，有益于将要进入这一行业的大学生，有益于一切希望更多地了解加拿大选矿实践的人们。

编辑委员会：

主 任：D.E.皮克特 (D.E.Pickett)

副主任：W.S.霍尔 (Watson S.Hall)

G.W.史密斯 (Gordon W.Smith)

委 员：A.L.马拉 (A.L.Mular)

R.L.科尔曼 (R.L.Coleman)

B.S.克罗克 (Bunting S.Crocker)

G.M.贝伦德 (G.M.Behrand)

K.R.科因 (K.R.Coyne)

● 译文中未附此图。——译者注

R.埃勒曼 (R.Ellerman)

K.V.科尼格斯曼 (K.V.Konigsman)

D.A.利文斯通 (D.A.Livingstone)

S.A.麦凯 (S.A.MacKay)

W.S.穆洛因 (W.S.Muloin)

L.L.西洛伊斯 (L.L.Sirois)

H.M.伍德罗夫 (H.M.Woodrooffe)

目 录

译者的话

前言

序

导言 1

第一部分 技术专论 5

第一章 磨矿20年——1957~1977磨矿工艺的发展 5

简述 5

1957~1977年磨矿发展要点 6

1977年的磨矿“工艺状况” 14

棒磨机 14

球磨机 15

“原矿”磨矿机 15

砾磨机 16

“大块”磨矿机或一段砾磨机 17

参考文献 18

第二章 加拿大的尾矿处理 20

简述 21

尾矿特性 21

扬送 22

管线 22

尾矿坝 23

排水方法 24

澄清 25

再循环 26

处理 26

废水排除 27

植被 28

回垦 29

参考文献 30

第三章 加拿大矿业中的选厂仪表与过程控制 31

演变过程 32

概念与综述 33

选厂仪表及其运用 34

过程控制中的截流分析仪 38

选厂厂仪表的选择、安装和维护 39

仪表和传感器的选择与安装导则 42

流量测量 42

重量测量 47

料位测量 52

压力测量	55
温度测量	56
分析	58
其它各种测量	58
维修的经济措施	59
第二部分 金属矿选矿	62
第四章 金银矿选矿	62
金银矿选矿导言	64
阿格尼科-伊格尔矿业有限公司黄金分公司	66
阿格尼科-伊格尔矿业有限公司银分公司	69
卡姆弗洛矿业有限公司	71
坎贝尔红湖矿业有限公司	74
科明科有限公司科恩选矿厂	77
迪肯森矿业有限公司	81
多美矿业有限公司	83
东马拉蒂克矿业有限公司	85
埃乔贝矿业有限公司	87
季安特-耶洛奈夫矿业有限公司	89
克尔·艾迪生矿业公司	92
拉马魁矿业公司	95
帕莫尔·波丘潘矿业公司舒马赫分公司	98
帕莫尔·波丘潘矿业公司帕莫尔1号选矿厂	106
泰莱采矿勘探公司银熊选矿厂	110
威罗伊矿业公司马卡萨分公司	112
第五章 铜和铜钼矿石选矿	116
铜和铜钼矿石选矿导言	118
伯利恒铜公司	119
布伦达选矿厂	124
坎贝尔希布加莫选矿厂	130
克雷格蒙特矿业有限公司	133
鹰桥铜有限公司-奥佩米斯加分公司	139
加斯佩铜矿有限公司	141
直布罗陀铜山有限公司	152
格兰比采铜公司菲尼克斯分公司	158
格兰达克经营公司	163
格兰尼斯铜有限公司	166
洛奈克斯采铜有限公司	172
马德林铜山有限公司	175
诺兰达铜山有限公司铜铃分公司	178
帕蒂诺铜山(魁北克)有限公司	182
希米尔卡敏采铜有限公司纽曼特采铜公司	185
犹他铜山有限公司艾兰铜矿	189

白马铜矿有限公司	193
第六章 镍-铜矿石选矿	197
镍-铜矿石的选矿导言	199
鹰桥镍公司萨得伯里选矿厂	199
国际镍公司曼尼托巴分公司汤普森选矿厂	203
国际镍公司安大略分公司选矿厂	208
兰米尔选矿厂	216
矿物勘探与采矿联合公司蒂埃里选矿厂	218
第七章 铜、铅和锌矿石的选别	221
铜-铅-锌选矿厂分布	222
铜、铅和锌矿石的选别导言	223
美国熔炼与精炼公司巴肯斯选矿厂	224
不伦瑞克矿冶有限公司选矿厂	227
沙利文矿业公司居帕-台斯特利子分公司	231
鹰桥铜公司杜福尔特湖子分公司	236
希斯·斯蒂尔矿业有限公司	240
赫德森湾矿冶有限公司弗林·弗朗选矿厂	244
马塔比矿业公司	250
马达加米湖矿业公司	254
厄加杜河矿业公司-沙利文采矿公司	259
诺兰达矿业公司杰科子分公司	261
奥昌矿业公司	266
赛尔科采矿公司南海子分公司	269
谢里特·戈登矿业公司福克斯选矿厂	274
谢里特·戈登矿业公司拉坦选矿厂	278
德克萨斯湾加拿大有限公司基德里克选矿厂	281
西部矿业公司	290
威罗伊矿业公司	295
科明科公司霍顿-本申选矿厂	299
科明科公司沙利文选矿厂	302
塞浦路斯·安维尔采矿公司选矿厂	313
纳尼西威克矿业公司	321
派恩·波因特矿业公司	323
肯诺希尔联合矿业公司艾萨选矿厂	330
第八章 铁矿石选矿	334
铁矿石选矿导言	336
多米尼翁钢铁公司亚当斯矿	338
阿尔戈马钢铁有限公司矿石分公司	342
加拿大钢铁公司格里菲斯矿	346
希尔顿矿	354
国际镍公司铁回收厂	358
加拿大铁矿公司卡罗尔湖选矿厂	361

加拿大铁矿公司塞珀特-伊利斯选矿厂	368
马莫莱顿采矿有限公司	375
加拿大国家钢铁公司穆斯·蒙顿矿	380
魁北克-卡蒂尔采矿公司芒特·赖特选矿厂	382
谢尔曼矿	384
西得贝克-诺尔曼斯有限公司火湖-卡蒂尔港工程	388
陡岩铁矿有限公司	396
德克萨达矿业有限公司	401
沃巴什矿业公司	408
韦斯弗罗布矿业有限公司	414
第九章 铀矿石选矿	422
铀矿石选矿导言	423
阿格纽湖矿业有限公司	425
丹尼森矿业有限公司	426
埃尔多拉多核有限公司	430
加拿大海湾矿物有限公司	433
马达瓦斯卡矿业有限公司	436
里奥·阿尔戈姆有限公司	440
第十章 钼和其它金属矿石选矿	444
钼和其它金属矿石选矿导言	446
布伦达矿业有限公司	448
凯耐克斯矿业有限公司恩达科分公司	450
洛耐克斯矿业有限公司	453
诺兰达矿业有限公司博斯山分公司	454
犹他矿业有限公司——艾兰铜矿	460
其他金属矿选矿厂	463
德海姆矿业与资源联合公司	463
科明科公司平奇湖矿	466
尼奥贝克公司	468
圣劳伦斯科金属公司	473
加拿大铝业有限公司贝尼克湖选矿厂	474
魁北克铁钨公司	478
第三部分 非金属矿物的选矿	480
第十一章 加拿大钾碱矿石选矿	480
第十二章 石棉矿石选矿	494
石棉矿石选矿导言	495
石棉公司石棉山选矿厂	503
加拿大约翰斯-曼维尔公司	507
魁北克莱克石棉公司	514
第十三章 阿萨巴斯卡的沥青砂	521
第十四章 选煤	528
选煤导言	529

阿卡迪洗煤厂	530
凯普·布雷东开发公司维多利亚·江克兴选煤厂	531
加拿大联合煤炭公司卡迪纳河选煤厂	535
福丁煤矿有限公司	538
凯泽资源公司埃尔克未尤选煤厂	541
第四部分 加拿大的试验设施	548
第十五章 加拿大的选矿试验设施	548
导言	549
可委托的试验机构名单	550
试验机构概述	551

导 言

D. E. 皮克特

关于本书的导言,读者最好去看1957年出版的“加拿大选矿”(The Milling of Canadian Ore)一书中有加拿大各选矿领域的描述和加拿大选矿史。在L. E. 德金赫赞(Dj-ingheuzian)主编的那本书中,包括了从1620年魁北克省第一个石灰厂起,到1957年的选矿工业止,共337年的选矿史。从那本书出版以来的20年间,已有许多重要变化——出现了新选厂、新设备和技术与生产的改进。在那个较早的版本中所描述的一些选矿厂,直到1977年仍在生产,因而,本书中对这些选矿厂的描述,可直接用来衡量1957年以来选矿工业所取得的进步。

由于矿山的平均开采年限略少于过去的20年,所以新矿的开采就给选矿工业带来了若干重要变化。1957年注册的正在生产和将要生产的金属矿选矿厂约160个,其中约有45个厂在1977年仍在生产。从1957年以来,增加了80个新选矿厂。许多在本书中未叙述的选矿厂,是在过去20年内开工并关闭了的。

新矿山一般说来规模较大,矿石品位较低。提明斯(Timmins)著名的新的得克萨斯湾大型高品位矿床和北极圈的纳尼西威克新矿区正在发现的一些高品位小矿床属于例外。但是,不列颠哥伦比亚省的新斑岩铜矿床的品位比较低,有的低于0.5%,而规模则比1957年开采的那些矿山大得多。新铁矿床的铁含量低于45%,同1957年前直接外运的矿石比较,品位下降了。这就要求在魁北克、拉布拉多和安大略省建设大型的铁矿选矿厂和团矿厂。

有些新选矿厂是为加拿大或其它地方从未采过的新型矿体建设的。魁北克省奥加(Oka)铌矿的发现,导致了圣劳伦斯(St. Lawrence)铌(钶)与金属公司在1961年首次用浮选法生产烧绿石精矿。接着又发现了圣霍洛(St. Honore)烧绿石矿床,并于1976年将一个铌选厂投产。1969年,加拿大钽采矿公司在贝尼克湖(Bernic Lake)的钽-铌-锂复杂矿床开工生产,这是第一个用坑内开采矿石生产钽精矿的企业。1971年,德拉姆(Durham)联合矿业公司将第一个用浮选法生产铌的选矿厂投入了生产。

在非金属矿开采中,萨斯喀彻温省的钾矿工业在1957年以前并不著名,现在却已发展成为加拿大经济中非常重要的部门。加拿大西部新建冶金焦煤生产企业大大增加了我国的矿物出口量。从阿尔伯达省沥青砂中回收石油的新加工厂有助于解决我们的能源问题。这些新的发展,都需要新的选矿工艺,并且对在其他类型选矿厂培养的选矿人员来说,也都是新的经验。顺便说,这些人员曾对工作和国民生产总值做出了大量贡献,这是毫不夸张的。

从工艺人员的观点看,要总结选矿工业的发展是比较困难的。基本上说,在塔加尔特(Taggart)手册中未描述或未提出或在1957年以前未以某种形式实践过的东西,今天并无大的进展。在所谓“第二种最老工业”中,以20年的短暂时间,是难以取得很多根本的“突破”的。但是,选矿工业在解决所存在的问题方面,已取得了巨大进展。这些问题

是：产品需要量变化，尤其是对铁矿石工业产品的需要量变化；品位较低而难处理的矿石；劳动与材料费用上涨；劳力短缺；能源即将不足；政府加强控制。

大部分的工艺发展问题，已在本书第一部分的专门文章中述及。B.S. 克罗克补写了世界磨矿设备的述评，作为衡量加拿大磨矿发展的尺度。为了报导选矿厂的控制与仪表的发展情况，G.M. 贝伦德增写了对于可用仪表非常有用的数据和选矿厂控制技术现状的文章。R.L. 科尔曼和B.P. 沃利斯 (Wallace) 撰写了尾矿处理一章，反映了工业中对环境保护的更高要求。

在新设备的设计中，取得的最大发展是在磨矿方面。为了满足铁矿与铜矿工业中规模大和成本低的磨矿要求，需要研制采用岩石作磨矿介质的的大型磨矿机。现在，加拿大的两台最大磨矿机，是洛奈克斯选矿厂的9000马力、 $32' \times 15\frac{1}{2}'$ 半自磨机和圣劳伦斯水泥厂的8700马力、 $17' \times 60'$ 球磨机。与此相比，1957年的书中的最大磨矿机，是安装在科明科公司沙利文选矿厂的1000马力、 $8' \times 12'$ 棒磨机。细磨机橡胶衬板约于1963年开始试验，而今天已广泛采用了。橡胶衬板的好处是，节省材料、维护和劳力，增加运转时间，减少噪音与不安全事故。除少数外，在所有的磨矿设备中，细粒分级旋流器和粗粒分级弧形筛或橡胶筛，已经代替了耙式和螺旋分级机。同时设计出了更大和更有效的砂泵。由于颗粒在旋流器中的停留时间短，选矿厂最先采用球磨机自动控制，保证了作业的稳定，并且从利用旋流器的分级回路取得了均匀的产品。

采用大型设备的趋向已扩及浮选。科明科公司在40年代就试验了大型浮选槽，但粗砂沉淀严重。制造厂家研究了浮选槽中的粗颗粒的运动特点，终于造出了大型高效浮选槽。由于奥佩米斯加铜选矿厂容积可达2000立方英尺的麦克斯韦浮选槽 (Maxwell Cell) 的成功而取得了工业界的信任，所有新的大型选矿厂都装设了许多类型和厂家的大型浮选槽。这样做的优点是设备处理能力较高、选矿指标较稳定、投资较低，需要的空间、维护和管理较少。

贱金属浮选工艺方面的发展缓慢，其原因可能是浮选设备操作在1957年前就已达到了高水平。浮选方面的重大改进，已在贱金属选矿章节中述及。余下的最困难问题，也许是多金属矿石的优先浮选问题。这类多金属矿石的铜、铅、锌硫化物细粒侵染于铁硫化物中（或彼此浸染），几乎不可能使金属精矿得到分离。磨得很细有助于单体分离，但增加了浮选的困难和成本，某些矿石的35%以上的有用金属不是损失掉了，就是留在“中矿”残余物中，无法用现有萃取设备处理。冶炼混合金属精矿的试验，没有取得预期的效果。曾考虑过好些化学萃取方法，但都没有在生产上使用。

其次的问题是损失金属不能用常规方法选出，而进入尾矿或其他金属精矿中了。目前正在试验用浸出法回收硫化铜浮选尾矿中的“氧化铜”。布伦达选矿厂是从钼精矿中浸出铜。采用冷却控制离析而后优先浮选的方法回收残留在炼铜炉渣中的铜。国际镍公司用浸出法从磁黄铁矿尾矿中回收镍，作为铁矿石团矿前的预处理阶段。现在正在采取措施回收铁矿石选矿机损失掉的细粒非磁性铁氧化物。可以完成这种作业的新型选别设备，是高磁场强度磁选机。巴特莱斯-莫兹莱伊摇床 (Bartles-Mozley table) 已在贝尼克湖选矿厂用来回收细粒钼酸盐，在基德克里克选矿厂用来回收尾矿中的锡石。

大部分的选矿研究与研制工作已投入到改进选矿厂作业控制上。若干项改进已得到承认。这些改进包括：通过过程最佳化得到较好的选矿指标、节省操作人员和使生产比较稳

定。然而在大多数情况下，选矿的研究与研制工作的主要推动力是由于现在建厂的成本、投资和劳力费用高而需要最大限度地利用选矿厂的处理能力，以求增加处理量。为了能自动或远距离控制，正在创制新型传感器和重新设计选矿设备。为了有利于过程的控制和监测，已将在线分析纳入控制系统，不过仍要用常规分析各用设备进行验证和计算最终的选别指标。

磨矿系统用的自动控制是最成功的。浮选仍要人工管理，其主要原因是选别和回路复杂，不易采用“前馈控制”。浮选中最成功的自动控制，是在药剂的添加方面，因为从浮选给矿的分析中能够确定药剂的需要量（参阅克拉腊贝尔选矿厂）。

如果用学会得到的稿件来总的估价选矿工业的发展，那么选矿工业已经在环境保护方面取得了最大的进步。今天的选矿与采矿企业已设计成在生产期间和生产之后对自然与“文明”环境的影响很小。由于需要非常高的技术水平，一个全新的专业“环境工程学”已经建立起来了。在水的处理和净化设备方面，也有许多发明。排放的烟气必须用高效的收尘器、涤气器和过滤器净化。金属元素要用复合阴、阳离子化学絮凝剂从工厂废水中沉淀与过滤出来。可溶化学药剂，例如氰化物，要用氯气或臭氧中和或者“烧掉”。在“加拿大尾矿处理”一章中，科尔曼和沃利斯描述了矿山与尾矿区复植要求的复杂技术。

选矿安全作业已有相当的改进。1957年以前很少使用的呼吸器和护耳，如今已在选矿厂的危险地区广泛使用了。在许多情况下，由于进行空气调节和用真空清扫选矿厂地板，因此防烟防尘的标准提高了。药剂在自动全密闭设备中进行大批量处理，如基德克里克（Kidd Creek）和沙利文（Sullivan）选矿厂所做的那样，所以操作工不会受到药剂和烟尘的危害。现代化选矿厂设计有适度的照明，使作业条件就像许多办公室那样好。我们正在创造条件使选矿厂的环境如苏联的克里沃洛格烧结厂一样，可以生长植物和花草。

少数工艺领域很少或没有进展。能源、劳力和建设费用上涨超出了与金属价格的正常比例，已经影响到效率。劳力不稳定、短缺和熟练人员不能长期稳定，使产量下降，甚至迫使一些矿山关闭。采银工业几乎消失了，原因是低品位的银精矿销路不好。由于金矿石告罄，金矿数目由46个锐减到11个。不论金价如何上涨，黄金工业复苏的希望都微乎其微。输出富铁矿石的景况也几乎不见了。甚至加拿大的镍工业也受到其他国家红土矿的竞争和从海洋采镍的可能性的威胁。值得注意的是，加拿大的技术和工艺虽有显著的发展，但铜-铅-锌多金属矿石的金属回收率仍然较低。加拿大资源中的钛、锰和铬的生产没有进展。加拿大的选矿工业仍面临一些问题。

不难看出选矿工业进一步变化的某些趋势。可以预言，选矿厂规模将越来越大，以实现大规模选矿的优越性。这就要求将一个矿区的若干小矿体的矿石集中处理，现在的帕莫尔波丘潘矿业公司和其他一些公司就是这样做的。就地浸出将得到更加广泛的采用。斯坦洛克铀公司（Stanrock Uranium）倡导的这种采铀方法，正被阿格纽湖公司（Agnew Lake）用来浸出大约半数的坑内矿石。选矿厂控制仪表将发展到能够从技术上对选矿厂实行全部自动控制。但是，从实际上考虑，选厂区至少要有一名技术人员做好准备，以便在警报声和计算机指示出故障点时，能迅速更换烧坏的电阻。如果电子设计目前的趋势继续下去，就可能要更换整个的印刷电路。我们大部分的镁和锡，目前是从海洋中取得的，在今后20年中，如果技术不断发展，国际政治问题能够解决，我们就会从海底取得镍、钴、铜、锰。

也许，对选矿工业最大的挑战，就是金·保尔·德洛勒特(Jean-Paul Drolet)在1977年1月在加拿大选矿工作者学会上致的欢迎词中所指出的“就国家来说，至少有20%已经采出的贱金属未回收……如果改进选矿工艺和技术，我们就能从现有探明储量的矿石中多回收10%的贱金属，其近几年的总价值将超过1975年这些金属总产量价值大约3倍”。作为结束语，我相信选矿工业将会取得必要的进步，来解决这个问题。

第一部分 技术专论

第一章 磨矿20年——1957~1977

磨矿工艺的发展

B.S.克洛克(Bunting S.Crocker)

安大略省多伦多市克尔波恩有限公司副总经理

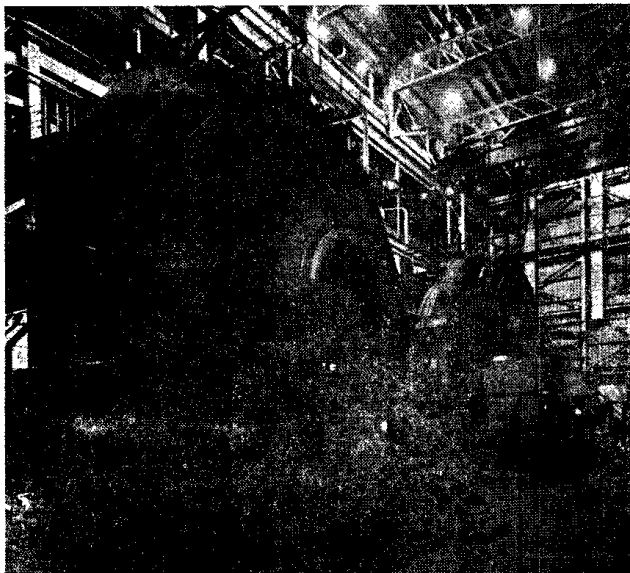


图 1-1 魁北克省塞珀特-伊利斯加拿大铁矿公司30'直径的半自磨机

简述

20年是一段漫长的时间，所以破磨工艺发生了许多变化，这是不足为奇的。但即便如此，我认为读者在研究本报告所附表格时，必定会对磨碎工艺的发展程度感到惊讶。最明

显的是采用的设备规格的变化。这种变化是由矿物的经济价值和自然的发展带来的。许多选矿厂只有大大提高处理量,才能抵销生产和基建费用上升与很多矿体品位下降造成的影响。选矿工业的建筑费用上升得很快,除非做出种种努力来降低选矿厂的基建投资,否则企业就无法生存下去。这就意味着要在破碎和磨矿回路安装尽可能大的设备。但这样做又对生产成本没有好处,因为停车检查和修理就变得更加昂贵了。

1957年以前,趋向于用棒磨机代替细碎机。这种趋向一直继续到“原矿”自磨设备流行为止。1957年,棒磨-球磨(或砾磨)回路的单位处理量很少超过700吨/日,1000吨/日的机组为数极少。当时的矿石,一般都是由坑内采场通过竖井提升后供给的。近5年间,10000吨的磨矿机组并不罕见,而且设想要处理更大的矿量,这是因为大型露天矿采用了1957年尚不能预见到的那种大规格电铲、铲斗和汽车。大型选矿厂,主要是选铁和选铜。

1957年,差不多是铀市场最兴旺的一年。铀矿石细磨后用酸和氯酸盐浸出,然后将酸和氯酸盐用石灰中和。磨矿钢球的钢屑耗去了上述的化学药剂,所以,许多选厂继棒磨之后改用砾磨,既节省了磨矿钢球费用,又节省了酸、氯酸盐和石灰。很多选厂节省的每吨磨矿费用超过0.3加元。

铀市场兴旺后不久,就出现了钾盐市场的兴旺。但是,这并没有给我们的磨矿带来好经验,因为磨盐类和氯化钾只需要1.5~2.0千瓦小时/吨的动力。

魁北克和拉布拉多铁矿石的畅销,给使用大直径短筒体的一段自磨(或“原矿”磨矿机)以巨大推动力。这些选厂取消了常规破碎和湿式棒磨机。大多数自磨机装有占装载量5~7%的钢球。鉴于用汉弗莱螺旋选矿机选别,自磨机将钨铁磨至解离所需的动力很小,仅3.5千瓦小时/吨,所以自磨机的订购对采矿界人士有很大影响。自磨机将矿石磨到大约10网目。对于冬季露天采场采出的冻结矿石来说,这确实是一个重大的物料处理任务!在这种情况下,大直径短筒体“原矿”磨矿机能圆满地完成任务。

对于主要产于密执安和明尼苏达州铁山地区的铁燧石,磨到-325目所需的动力,达25千瓦小时/吨。在技术上,这是值得注意的磨矿工作。处理量很大而品位低,结果就发展出一些大型的磨矿机和经济实用的磨矿系统。

1957~1977年间,对磨矿回路有全面影响的另一个重大发展,是利用自动控制、连续筛分和分析技术。现在,有些选矿厂已经有效地利用电子计算机帮助指挥和控制磨矿设备,甚至控制整个选矿厂。

在这20年期间,分级设备发生了急剧变化。我们开始是用耙式或螺旋分级机和浮槽分级机,后来这些分级机逐渐被旋流分级机代替,而到70年代,几乎全部分级设备都采用旋流器或筛子。DSM筛和衬胶水平筛迅速发展,并且被用于专门地点。大多数选矿厂使用旋流器。这是一个重要的发展,因为单段旋流器虽然能产出良好的溢流产品,但其底流中有大量成品物料,结果大大增加了循环负荷量。今天,500~700%的循环负荷是常见的事,而1956年的循环负荷才100~200%。

1957~1977年磨矿发展要点

1957年

德金赫赞(L.E.Djingheuzian)主持了“球磨磨矿”讨论会,编制出47种球磨机的数据表。芬兰的胡基(R.J.Hukki)发表了关于棒磨机和球磨机超临界速度运转的第一篇论文。