

美国工程与工业

技术评论与产品目录

第三卷

美国工程与工业

第三卷

关于金属加工和金属生产的 技术评论与产品目录

本书经美中贸易全国委员会赞助出版，在中华人民共和国印刷

The publication of this book is endorsed by

The National Council for US-China Trade

Printed in the People's Republic of China

中国冶金科技翻译公司翻译

本书在中国国际贸易促进委员会

国外新产品样本、样品介绍中心

的合作下出版并由该中心发行

1980

奇尔顿国际公司, 1980

版权所有。须经特许方可全部或部分翻印本书。

Chilton International Company, 1980

All rights reserved, Complete or partial reprint
of the book is possible only by special permission

致我们的中国朋友们:

奇尔顿国际公司能向对中华人民共和国现代化计划必然成功肩负责任的中国工程师、技术专家和官员提供《美国工程与工业》第三卷:关于美国金属加工和金属生产的技术评论和产品目录,感到荣幸。

本公司是美国最大的技术出版公司之一,专长于分析并介绍美国工业的特点。我们乐于与中国国际贸易促进委员会国外新产品样本、样品介绍中心,北京新华印刷厂和中国冶金科学技术翻译公司合作。

本书的目的有三个方面:一、评述标准技术和一些较重要的发展;二、《美国工程与工业》介绍美国公司所生产的最好设备,这些公司真诚关心于提供有助于中华人民共和国达到现代化目标的设备和服务工作;三、这一点可能是最重要的:本书可作为一个工具,您利用它可查找关于书内美国公司及设备的进一步资料。您可将书后的读者服务卡寄给中国国际贸易促进委员会、国外新产品样本、样品介绍中心,再由该中心转交我们,或者直接寄给我们。寄读者服务卡时请您放心,一定能收到您所需要的详细资料。为此,您可在读者服务卡上对本书提出评价,也可写信给我们进行评价并具体说明您所需要的资料。

《美国工程与工业》可作为想了解正在发展的美国技术的工程师的参考书,可作为选购美国设备的一个依据。本书分成两部分:美国设备生产商和供应商的技术评论和产品目录。

技术评论 本部分的文章专业性可能是很高的,是由美国大家公认的权威提供的稿。同类的其他文章讨论一些常规的方法,其工艺规程虽不一定是新的,但所用设备是新设计的。在大多数情况下,这些文章中介绍的设备是那些积极寻求与中华人民共和国金属加工和金属生产界进行贸易的美国公司生产的。

为方便您查找,我们对那些既在目录部分出现,又在技术评论某章出现的美国公司作了互相参照注明。

产品目录 目录中的技术和设备介绍是由参加的公司专为本书准备的。这些公司对中国金属加工和金属生产的需要感兴趣,并回答了您们工业界领导人和研究机构负责人提出的技术情报资料要求。

目录中展示的设备代表了当前最先进的技术发展水平。参加本目录的公司旨在为中国用户提供据以评定美国技术的基本知识。

读者服务卡 在本书后面设有可撕开的读者服务卡。您可用来索取关于美国公司和设备的进一步资料。卡片设计得使您可用一张读者服务卡同时向目录中随便多少家公司索取资料。您可将卡片寄给中国国际贸易促进委员会国外新产品样本、样品介绍中心,然后由该中心转给我们,也可直接寄给我们。

技术评论和目录结合起来，构成了这部与金属加工和金属生产有关的技术内容非常广泛的独特的资料简编。我们希望《美国工程与工业》能为您提供有用的技术资料，使您从中受益。我们期待能收到您寄来的读者服务卡，并见到您对本书的评价。（至于如何使用读者服务卡，请参见 82 页。）

乔治·赫特尔 George Hutter	出版人
丹尼斯 麦克劳克林 Dennis McLaughlin	业务经理
巴巴拉 麦萨克 Barbara Macak	执行编辑
劳伦斯 鲁弗 Lawrence Rufo	高级生产经理
瓦迪姆 尤丁 Vadim Yudin	助理编辑
内利 萨鲁卡尼安 Nelly Sarukhanyan	技术编辑
乔伊 恩格伯特 Joy Englebert	研究员
威廉 福克斯 William Fox	地区主任
乔治 曼尼恩 George Mannion	地区主任
杰克 凯 Jack Kay	地区主任

目 录

第一章	冶金设备	7
第二章	铁矿石的准备、高炉和非高炉的金属生产	9
	铁矿石的选别	10
	矿石破碎设备	11
	新的选矿工艺	10
	德腊沃—鲁奇带式焙烧机的煤的燃烧	16
	铁矿石的直接还原	18
第三章	冶金技术和设备	25
	现代高炉技术	27
	氧气转炉	29
	电弧炉	31
	感应熔炼炉	34
	连续浇铸	38
	离心浇铸	42
	滑动水口	42
	铸造系统和设备	43
第四章	金属切削方法	47
	拉削重量轻的铸件	48
	铣床	50
	仿形铣床	51
	现代齿轮生产	52
	其它齿轮切削加工方法	53
	无切削加工方法	53
	轧制和高能锻造	54
	齿轮传动效率	54
第五章	金属成型工艺	57
	使用螺旋杆预热器的自动压缩成型	58
	难成型材料的冷成型	61
	高速无飞边锻造	64
	拉伸成型的设计考虑	67
第六章	焊接技术和设备	71
	弧焊原理	71
	手工电弧焊	73
	药芯焊丝弧焊	73
	金属极气体保护焊	75
	钨极气体保护焊	75
	埋弧焊	75
	氧—燃气焊	76
	等离子弧焊	77

第一章

冶金设备

美国生产黑色金属的公司大约有 185 家，连同它们的附属部门及子公司则大约有 250 家，其中 29 个厂家居主导地位，它们的产量大约占全国冶金工业总产量的 90%。

近几年来，美国的冶金工业碰到许多新的问题：通货膨胀、能源短缺以及还必须考虑环境保护，所有这些使效率更高的工艺得以发展。新研制的设备都明显具有朝着管理自动化、增加生产能力、提高生产率方面发展的趋向。

冶金工业的这些变化首先影响到铁矿石开采。过去几年里，铁矿资源实际上已经枯竭，冶金工业所需的矿石几乎全部依赖进口。只是由于选矿新工艺的发展和低品位铁燧岩的球团化，增加了铁矿储量，才使这种局面有所改变。

到 1980 年，Minnesota 州和北 Michigan 州的矿石产量每年将增加 2650 万吨。然而，这些新探明的矿只能基本上取代那些已枯竭的矿。由于天然气短缺，正在为能够用煤烧结球团矿而作出极大的努力。美国冶金公司认为，高炉中能量的利用要比直接还原装置充分得多。

严格的环境保护法迫使冶金公司要重视炼焦工艺。他们在努力提高炼焦炉的效率，改善由劣质煤生产的焦炭的质量的同时，在已有和新建的焦炉上装备了控制烟尘排放的设施。

1976 年初，Jones & Laughlin 钢铁公司在它的 Aliquippa 厂建了一座 56 孔焦炉，其上装置着新式的 Coultec 系统。在这个系统中，使配好的煤顺利地通过带有煤预热的管道系统，就能消除在焦炉装煤期间因粉尘飞扬而造成的空气污染，还可使炼焦过程加快，效率因而提高。这个炉组的产量一旦达到设计指标，

56 孔的产量将相当于 77 孔常规焦炉的产量。

内陆 (Inland) 钢铁公司在其所属 Indiana 港厂也采用了 Coultec 系统。该厂所用的煤，其水分和挥发含量高，以致常规焦炉不能使用。但该厂用这种煤炼出的焦炭质量很高，能保证高炉操作稳定、产量增加。

尽管 Inland 钢铁公司在其所属 Indiana 港厂以及 Bethlehem 钢铁公司在其所属雀点厂 (Sparrows Point) 各建了一座炉缸直径 13.7 米的高炉，并于 1977 年投产，但美国的冶金学家仍然对大型高炉不感兴趣。三座高炉中的另一座定于 1980 年投产，这座炉子建在共和 (Republic) 钢铁公司的 Gadsden 厂，其炉缸直径 9.12 米。这是美国自 1950 年以来建的最小的炉子，设计能力为 3000 吨/天。由于减薄了炉衬厚度而增加了炉子的容量，加上燃料喷吹和吹送富氧，使得每平方米炉缸表面的生铁产量提高。这座炉子的产量比另一座建于 20 年前具有相同炉缸直径的炉子的目前产量高 $\frac{1}{3}$ 。

在 60 年代转炉建设十分兴盛时期，转炉钢年产量由 50 年代初不足 180 万吨上升到大约 6800 万吨。到了 1969 年，新生产能力的建设减慢了。1970~1974 年间，美国冶金企业投产了 13 座转炉，炉体容量从 130 到 285 吨，总计年生产能力 1320 万吨。1978 年，还有新的氧气转炉投产，三家企业计划在这一年增加七座转炉，使他们目前的生产能力再增加 730 万吨。在以后两年里，还将有四座转炉投产，其生产能力为每年 430 万吨。

由于相当数量的氧气转炉已投入生产 (1974 年初，美国已有 86 座转炉)，有可能使采用新的 Q-BOP (一种底吹氧气转炉炼钢法——译注) 工艺的速度减

慢,这种工艺在欧洲简称 OBM。迄今,美国只投产了 5 座氧气底吹转炉,安装在两家钢厂里。美国钢铁公司的 Gary 厂有三座,单炉容量 190 吨,年生产能力 500 万吨,另外两座在美国钢铁公司的 Fairfield 厂,于 1974 年初投产,年生产能力为 290 万吨,1975 年生产了 180 万吨。

早在 60 年代初,美国就已不再新建平炉了。在过去 20 年里,平炉座数减少到大约 $\frac{1}{3}$,而在同期,在全部钢产量中,平炉钢产量所占的比例减少到 $\frac{1}{3.5}$ 。对于有不同类型炉子的大厂来说,平炉的使用使生产获得一定的灵活性,不过,只有在这些平炉的装备较先进且经济上有利可图时,上述灵活性才有用。

美国的电弧炉炼钢的生产能力,在过去几年里已有了相当大的增长。Lectromelt 公司制造的容量为 360 吨的世界上最大的电弧炉,已于 1971 年在西北钢和线材公司的 Sterling 厂投产。

电渣重熔炼钢法 (ESR) 在美国也得到迅速发展,其年产量从 1960 年的 90,718 吨上升到 1975 年的 114,282 吨。开始时,这种新方法的应用,由于在真空电弧炉方面已投入了大量的基建投资而发展缓慢,但是,最近几年,对电渣重熔法 (ESR) 的投资已有所增加。

开始,只有生产高合金钢和特殊钢的厂家对这项新技术感兴趣,而较多的冶金企业却不采用。在 Pennsylvania 州的 Bethlehem 钢铁公司有一台美国最大的电渣炉,于 1975 年投产,可以生产直径为 1,524 毫米,重为 68 吨的钢锭,其设计能力为年产 9,500 吨。

根据美国国家调查委员会 (U.S. National Research Council) 预测,对于电渣钢的年需求量到 1980 年时达到 450,000 吨的水平。可望在碳素钢及低合金钢生产上的增长量最大,其年产量将从 1975 年 25,000 吨的水平上升到 230,000 吨。

在六十年代末,Union Carbide (联合电石公司) 所属的 Linde 厂发展了氩氧精炼法 (AOD) 之后,此法的应用日望其长。目前,美国有 21 家氩氧精炼厂,其反应器 (reactor) 的容量从 4 吨到 90 吨不等。还有 29 个氩氧精炼厂设在另外一些国家。Armco 钢铁公司的巴特勒工厂 (Butler) 即将有一座容量为 158 吨的氩氧精炼设备投产,McLouth 钢铁公司的一座容

量为 135 吨的这种设备将马上在 Detroit 投产。氩氧精炼法最初只用于生产不锈钢,而现在却日渐增多地采用此法生产工具钢和低合金钢。

近几年来,尽管氩氧精炼法 (AOD) 和电渣重熔法 (ESR) 很受人们重视,但是美国的冶金工业还在广泛地采用真空炉炼钢。真空钢和合金的年产量已达到 150,000 吨。

连续铸锭的应用还在继续增长。一些预言者认为,在今后几年,连铸板坯将占全部板坯产量的 85%。在美国,多半采用弧型连铸机。连铸机组的总生产能力每年超过 1800 万吨。板坯连铸机是生产能力最大的机组,它的台数要占连铸机总数的 34%。国家钢铁公司 (National Steel) 采用连铸法生产断面为 $254 \times 2,286$ 毫米的扁坯,坯的定尺长度为 10.7 米。

为提高生产工艺的可靠性和效率,人们对自动化予以很大的关注。美国钢铁公司 (U.S. Steel) 拥有几台全自动连铸机组,这些机组的特点是利用电子计算机控制二次冷却。过去几年里,美国在轧材生产上,下述趋向日益明显:建设新轧机和改造旧轧机以使之现代化;轧机操作采用机械化与自动化;加热设备和剪切作业线实现电子计算机辅助的自动化并提高产品质量。

例如 Wean 联合公司为生产宽度可达 5,250 毫米铝板而发展的板轧机,各种轧制设备现在都设计成能够适应较宽薄板的生产。新的剪切作业线可以按照订货要求将薄板切割成所需尺寸,相当地减少了在较宽薄板轧制过程中所产生轧废。

新式轧辊更换装置可以在 3~4 分钟里完成轧辊更换作业,这样快的更换速度,对提高新旧轧机的工作效率十分可观。提高轧机效率的另一途径是提高轧制速度。最新连续式线材轧机成品机架的轧制速度可达 75 米/秒。

薄板宽度和轧辊压下自动调节器保证了薄板成品尺寸的精确性。新式的 Morgan 轧机具有自动打包作业的功能,各种商品板材冷却后,就被自动计数并卷成薄板卷或垒成板垛,以供发货。

综上所述,增加机组的原单位能力,进一步加强电子计算机辅助的工艺过程自动化,改善产品质量,提高劳动生产率,这些便是美国黑色冶金工业发展的基本趋向。

第二章

铁矿石的准备、高炉和非高炉的金属生产

1979年美国矿山开采的有用铁矿石的产值估计为22亿美元。30家公司生产铁矿石，这些公司经营47个矿山，38个选矿厂和19个球团厂。矿山包括42个露天采矿场和5个地下采矿场。露天采矿场的采矿量为总产量的97%。原矿总产量的98%（估计为二亿二千万吨），在运走之前都经选矿。从铜和钛采矿作业中生产回收所得的副产品估计为铁矿石总产量的1%以下。约为总产量的89%的铁矿石在装运以前，在矿山或是在矿山附近进行造块。含61~66%铁和含2.6~8.75%SiO₂的球团物料，约占供应钢铁工业使用的全美国铁矿石产品的88%。目前，在美国开工的球团厂额定能力为7900万吨/年，现有球团厂经扩建以后，到1980年将再增加1500万吨。1985年美国由矿石炼铁的产量估计为8千万短吨，到2000年将达到1亿短吨。

美国的铁矿石在生产能力、矿石储量和竞争能力方面均占相当强的地位。美国地质调查局 (Geolo-

gical Survey) 估计美国铁的储量为90亿吨，已证实的铁资源（包括储量）为1010亿吨。美国的储量仅为世界总储量的4%，但以目前的开采速度计算，这足可供生产一百年。

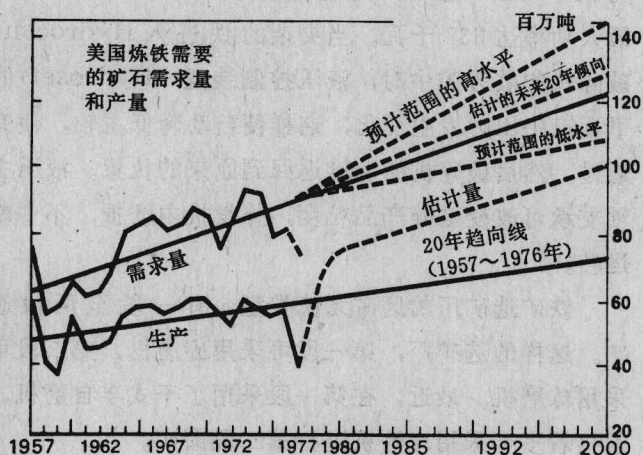
美国矿务局 (Bureau of Mines) 计划美国铁矿石的需求量，到2000年，年增长率为1.6%。这是根据钢的需求量也以大致相同的增长率而估算的。预报指出，1985年全美铁矿石的需求量为14500万吨，而到2000年，将增加到17500万吨。

美国矿务局还估算，在预报期间内，75%的铁需求量（用矿石炼的）由国内满足，25%靠进口来解决。1981年可望达到这样的水平。1985年国内矿山可提供约11000万吨的矿石供消费，到2000年，可提供13000万吨。为了维持这样的供需关系，国内矿山的生产能力要根据预报的需求，按比例地每年增长。按目前的价格计算，今后20年，估计需要总投资额20~30亿美元。

未来需要13000万吨铁矿石，是因钢铁生产中越来越多采用碱性氧气转炉，铁的需求量增加所引起的。因为这样的碱性氧气转炉所用的铁矿石量比平炉多。

过去十年，美国依赖进口的矿石量占35%左右。到1981年，可望进口减少到25%左右，这是因为明尼苏达州 (Minnesota) 和密执安州 (Michigan) 的生产增加的结果。估计2000年需要进口2500万短吨。1979年期间，主要由加拿大 (1977年占65%)、委内瑞拉、巴西和利比里亚进口。

美国年出口铁矿石量为200~300万吨，几乎全部输往加拿大。1974年停止向日本出口。到1981年，每年输往加拿大的铁矿石量可望达到500~600万吨。



II.1 矿物的供应与需求的展望

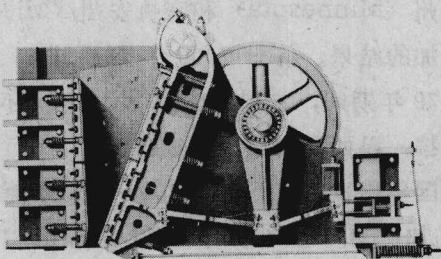
铁矿石的选别

在美国铁矿石的发展期间,即由大部分靠处理直接运来的经洗涤和已筛分的天然矿石的工业,发展到主要处理低品位矿石生产球团的工业期间,在铁矿石选矿技术方面,有了许多工艺的改进。在美国,从处理默萨比(Mesabi)的低品位磁铁矿,到处理密执安州(Michigan)赤铁矿-磁铁矿、密苏里州(Missouri)磁铁矿和西部的混合铁矿石,都有了发展。

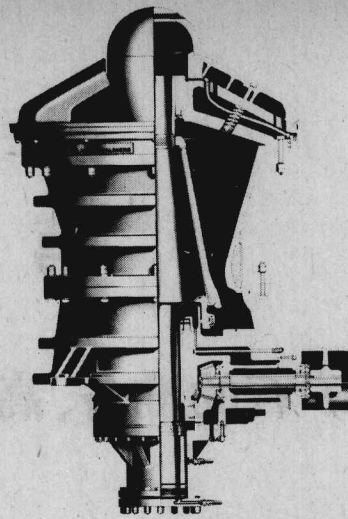
矿石破碎设备

能源费用的上涨和需要处理的低品位矿石的数量日益增加,要求提供更为有效的破碎设备。一般的棒磨机、球磨机,以及自磨机的尺寸却在相应增大。在明尼苏达州和密执安州的新建和扩建的铁矿企业中,安装了一些非常大型的设备。自动控制系统、改进的磨机传动装置、耐磨的磨矿介质和较有效的维修方法,都是提高破碎和磨矿生产能力的致力目标。

选矿需要各种各样的筛分设备。选矿工业供应厂商正在不断提高这些产品的质量。列克斯诺德公司(Rexnord Inc.)的冈德累思机械分公司(Gundlach Machinery Div.),介绍了一种双辊破碎机,它带有可调的独立的辊子,以供高处理量和细粒时使用。这些8024 DAM(双辊可调节)的破碎机可接受粒度为762毫米至小到 31×0 毫米的给料。小时处理能力为12000吨。如破碎产品可大一些,则处理能力就更高。阿利斯·查默斯(Allis-Chalmers)出售选矿厂粗碎、第二段破碎和第三段破碎用的旋回破碎机、圆锥破碎机和颚式破碎机,以及整套系列的水平和倾斜的振动筛和振动给矿机。粗碎用的颚式破碎机为布雷克(Blake)型双肘颚式破碎机,其给矿口尺寸有 $813\times$



II.2 阿利斯·查默斯制造的颚式破碎机



II.3 阿利斯·查默斯制造的旋回破碎机

1067毫米; 1067×1219 毫米; 1219×1524 毫米。处理能力每小时达544吨。特别有意思的设计特点是干式滚柱肘座装置,无需润滑。液压的升降装置,简化了排矿口的调节,补偿磨损或产品粒度的变动。

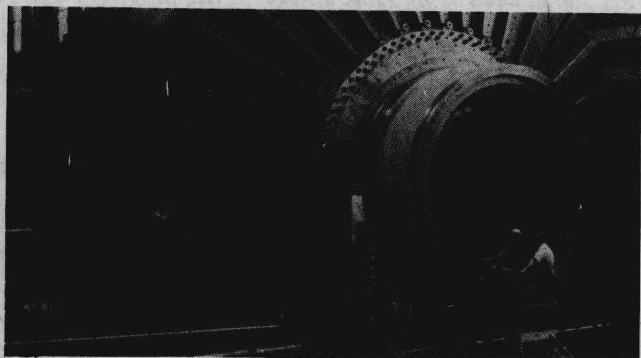
旋回破碎机通常用于破碎大块给矿,和大能力的采矿作业中。粗碎能力在380~6000吨/小时之间。最大功率在220~745千瓦之间。产品粒度为63.5~305毫米。

阿利斯·查默斯公司(Allis-Chalmers)出售粗碎用的Superior旋回破碎机,破碎动锥底部液压支承调节,设计的特点是锻造的主轴与动锥配合成整体,带锰钢的锥衬壳。破碎腔的轮廓,根据不同的用途,用计算机程序进行设计。Superior旋回破碎机也可用于第二段破碎。处理能力在180~1360吨/小时之间。最大使用功率为95~290千瓦。产品粒度为50~140毫米。

Hydrocone破碎机用于第三段破碎,圆锥尺寸为550~2150毫米。处理能力由9~1200吨/小时,最大功率达337千瓦。当夹杂的铁进入Hydrocone破碎机的破碎腔中时,液压控制装置(Hydroset)的平衡缸中压力发生变化,这样便自动降低主轴,使铁通过。然后破碎机的动锥返回到原来的位置。液压主轴支承可改变破碎产品粒度,补偿机内磨损,不中断运转。

铁矿选矿厂的磨矿系统类型,有一段至两段磨矿。这样的选矿厂,第一段可采用棒磨机,第二段可采用球磨机。最近,在第一段采用了干式半自磨机,紧接着多半采用球磨机进行第二段磨矿。

过去十年,自磨机在磨矿设备市场占有重要的地位。当磨适当的矿石时,这些磨机无需磨矿介质的费



II.4 阿利斯·查默斯制造的世界最大的自磨机

用。根据矿石的性质，在自磨机中所产生细泥量比一般棒磨机和球磨机少。在铁矿石方面，有采用较大型磨机的倾向。希宾铁燧岩公司 (Hibbing Taconite Co.) 选择六合阿利斯·查默斯 (Allis Chalmers) 湿式自磨机，每台磨机规格为 11 米(直径)×4.5 米(长)，每台由两台 4,400 千瓦电动机带动。自磨回路的最独特的特点是，仅一段磨矿，磨机的产品便可达到球团的粒度。希宾铁燧岩选矿厂的磨矿已达到设计能力的 95% 左右。正在进行一个改善控制回路的规划，以达到小时磨矿 406.5 吨的设计能力。

新的选矿工艺

最近的一些发展，诸如采用自磨、磁选与间接浮选的结合，湿式强磁场磁选的全面发展、选择性脱泥、高生产能力设备的发展，以及采用细筛等，这些对于改善铁矿石的选别，尤其重要。

在美国的铁矿石选别中，也许最近最重要的成就是创制了一个成功的工业系统，从克利夫兰·克利夫斯的蒂尔登采矿公司 (Cleveland Cliffs, Tilden Mining Co.) 的细粒假象赤铁矿-赤铁矿石中，选择性絮凝氧化铁和阳离子浮选二氧化硅。这种矿石需要磨至 85%—25 微米，以便矿物单体分离。

美国矿务局已研究出选择性絮凝继之阴离子浮选的方法。在蒂尔登 (Tilden) 选矿厂，一种制备好的淀粉溶液用于选择性絮凝氧化铁。用浓密的方法，可废弃给矿中大约三分之一的二氧化硅。胺浮选二氧化

硅废弃了残留的三分之二之中的绝大部分，产出纯的铁精矿 (在 14.1 米³的浮选槽尾矿中)。蒂尔登选矿厂设计年处理 1010 万吨平均含铁 36% 的原矿，年产 406 万吨铁品位为 65% 的铁精矿。

由于研制了生产能力较高的设备，以及需要处理磁化率低的品位较低的矿物，选矿工业对湿式强磁场磁选 (WHIMS) 又有兴趣，在今后的五年至十年，这种磁选将大为应用。

美国国内铁矿工业紧密注视湿式强磁选的潜力和经济问题。设计了有希望的流程，它采用湿式强磁场磁选作为预选，接着再磨和浮选，生产规定品位的最終精矿。

宾夕法尼亚州的伊利 (Erie) 的伊利兹磁力公司 (Eriez Magnetics)，制造了小时处理能力达 120 吨的湿式强磁选磁选机。伊利兹中心试验室也正在进行研究，采用压力给矿系统以提高能力，达到同样的选矿结果。

德腊沃 (Dravo) 公司的矿物与金属分公司 (Minerals & Metals Division)，目前，正在制定一个既采用弱磁场磁选也采用强磁场磁选的铁矿石选矿流程。矿石磨至 -48 网目后，矿粒先经弱磁场磁选机 (LIMS) 选别。尾矿经伊利兹湿式强磁场磁选机选别以便补充回收，湿式强磁场磁选机选别的铁矿物颗粒，经再磨后，送浮选以便降低磷含量。

美国钢铁公司的试验研究单位，正在研究扩大使用磁选 (粗碎和除去非铁物料)，以便减少选矿厂处理的弱磁性矿石量。主要的想法是减少给入选矿回路的废料，因而节省选矿厂的费用。

以前，某些磁性矿石都需要数段碎磨，然后才能有效地用磁轮选别。但是，目前在磁选方面的进步，使得它可以选出较大块矿石，结果在粗碎磨后便能进行磁选。美国钢铁公司完成了半工业试验，正在准备在怀俄明 (Wyoming) 选矿厂的一个棒磨机的线路上安装这种的磁选系统。

美国钢铁公司开始研究弱磁场磁选 (LIMS)，以便提高回收率。该公司正在研究某些过程变量，特别注意磁场的强度和形状对回收率的影响。

美国密苏里州沙利文 (Sullivan) 附近中等规模的梅拉梅克采矿公司 (Meramec Mining Co.)，是世界铁矿产家中最富有革新精神的集团之一。梅拉梅克

公司的皮·里奇 (Pea Ridge) 矿山正常年产 170 万吨左右的氧化铁球团, 这是世界上最纯的产品, 这种球团平均约含铁 67%, 含二氧化硅 2%。梅拉梅克厂是北美为数不多能生产适于直接还原炼铁的氧化球团的铁矿产家之一。

梅拉梅克选矿厂粗磁选是安排在四条选矿线路中进行回收的。它们的原矿, 是三段破碎和筛分回路准备的-16 毫米的产品。这种产品再经 3 毫米筛孔的筛分, 加以粗选, 迅速除去非磁性溢流, 加以废弃, -3 毫米的细粒在螺旋分级机中进行砂-泥分离。

选出的磁性产品和分级机的返砂经一台开路的棒磨机, 送入水力旋流器泵池, 在此与机械分级机的矿泥汇合。泵池的水力旋流器给矿用砂泵泵送给 508 毫米的水力旋流器, 后者与四台球磨机成闭路。第一段水力旋流器的沉砂送球磨机, 60~70% -325 网目的溢流给到粗选磁选机选别。每一磨矿机线路, 粗选磁选机都由八台泽弗里 (Jeffrey) 三圆筒磁选机组成, 这种磁选机采用阿尔尼科 (Alnico) 即铝镍钴合金的永久磁铁。八台磁选机中每台磁选机都是平行给矿, 每一圆筒的磁性产品再调浆供下面精选。磁性产品经

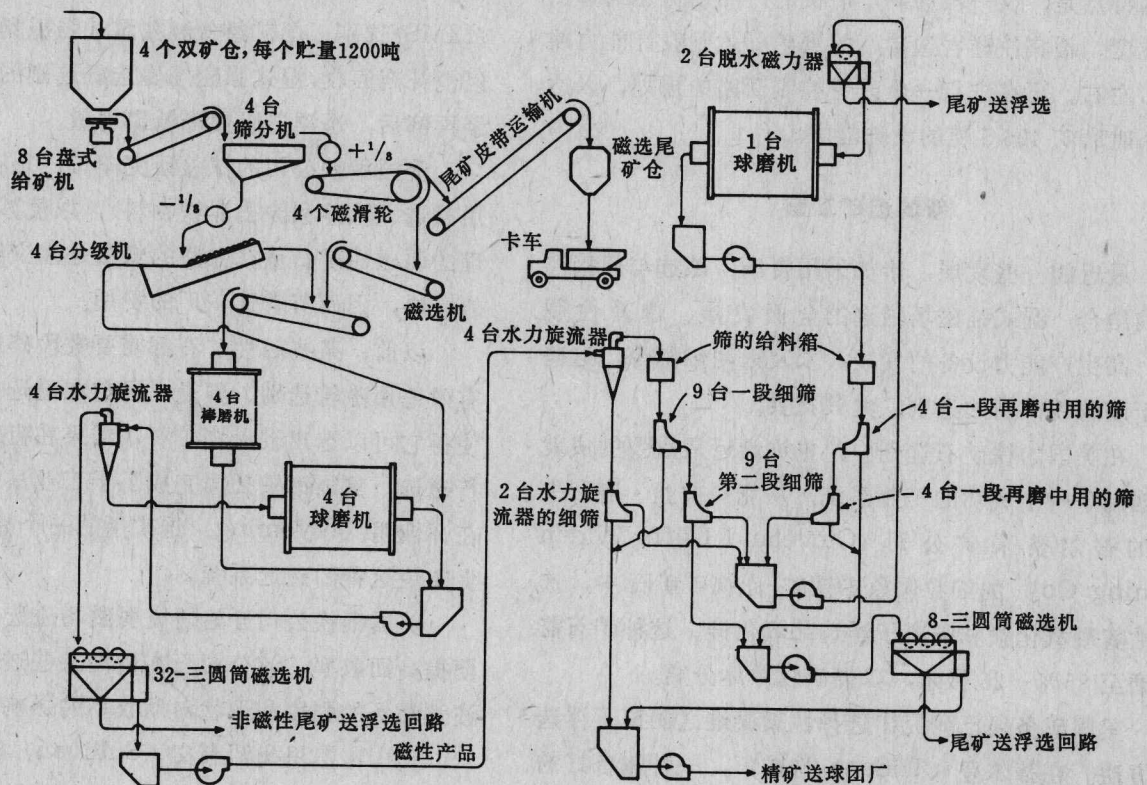
再磨回路, 非磁性产品送到 30.5 米的水力分离机中。

再磨回路由水力旋流器、一组精制的弧形筛 (DSM), 一台肯尼迪·冯·松 (Kennedy Van Saun) 型的 3.5×4.6 米再磨球磨机、脱水磁力器以及一套八台三圆筒磁选机组成。

在这个回路的上端, 装有一套四台克列布斯 (Krebs) 254 毫米的水力旋流器。在水力旋流器分选中, 产生一个重介质分选的效果。因此, 具有 0.25 毫米筛孔的弧形筛能从沉砂中筛出筛下产品, 生产品位高的磁性产品。这种产品泵往泵池, 然后再泵送给球团厂。某些筛上产品送再磨机再磨。

水力旋流器的溢流, 通过两段一套的弧形筛, 弧形筛筛板筛孔为 0.1 毫米。第一段弧形筛的筛下产品送磁性精矿的泵送系统; 第二段细筛的筛下产品, 在再磨回路的磁选机再精选。

第二段弧形筛的筛上产品经脱水磁力器, 再给入再磨机。后者装有 22 毫米直径的钢球。与两段弧形筛成闭路。这两段的弧形筛筛孔, 都为 0.1 毫米。再磨回路的弧形筛的筛下产品都送磁选, 其筛上产品返回再磨机中。



II.5 磨矿和磁选

第一段磁性尾矿，再磨的磁性尾矿和脱水的磁性产品都给入浮选。黄铁矿浮选采用黄原酸盐。硫化物浮选的尾矿，用硅酸钠、脂肪酸和燃料油调整搅拌以后，进行磷酸盐的浮选。

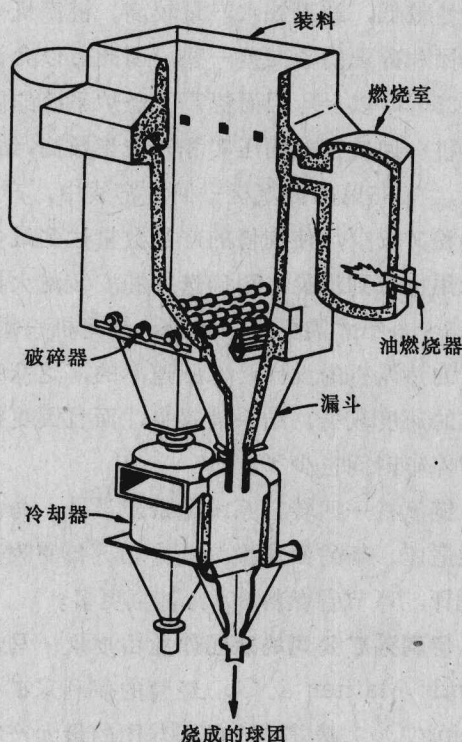
浮选回收赤铁矿时，既采用脂肪酸，也用胺。赤铁矿也用赖切特 (Reichert) 圆锥分选机回收，接着与弧形筛成一路，产出含铁 62% 的赤铁矿精矿。

球团厂装有五座伯利恒 (Bethlehem) 设计的竖炉，每炉上部水平横断面尺寸为 4.6×5.2 米，装有底部冷却器。

在固结段的较低部分，装有碎散结块用的辊式破碎机 (辊棒装置) 以便球团块在其排出竖炉之前加以碎散。炉的焙烧段最高温度可达 1287°C 。单炉日产 1100 吨球团，转鼓指数为 93%，"Q" 指数为 90%。

造块机械化大规模的采矿、破碎和筛分，继之选矿以满足日益增长的需要，就必定产生大量的粉矿，有时达到矿石开采量的 50% (以重量计)，此外，还有当地产生的粉矿等等。在处理磁性矿石的情况下，整个精矿量都是以细粒状获得的，这种精矿在烧结或团粒以后才用以炼铁。

提高高炉的生产率和降低高炉燃料消耗费用的压



II.6 梅拉梅克采矿公司的理想球团厂的竖炉

力，导致全世界的高炉作业以球团块代替天然铁矿石。

世界钢铁供需关系的改变，以及烧结和球团的技术经济的原因，使有关这些物料未来趋向的任何预测都充满冒险性。

在国际的铁矿石业中，球团和烧结矿之间的选择，取决于以下一些因素：

- 含铁物料的可获得性和化学性质；
- 能源的供应；
- 环境保护问题的抑制；
- 高炉中生产和燃料效率之间的平衡；
- 资金是否能得到；
- 运输的经济问题。

在北美，使用球团，已经成为一种重要的工业发展动向。这种情况，与六十年代日本大部分高炉有效地使用烧结矿；以及欧洲日益增加使用烧结矿，尔后短暂然而成功地使用球团，形成了对照。

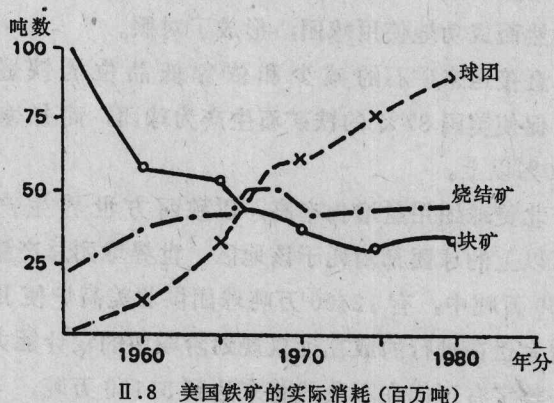
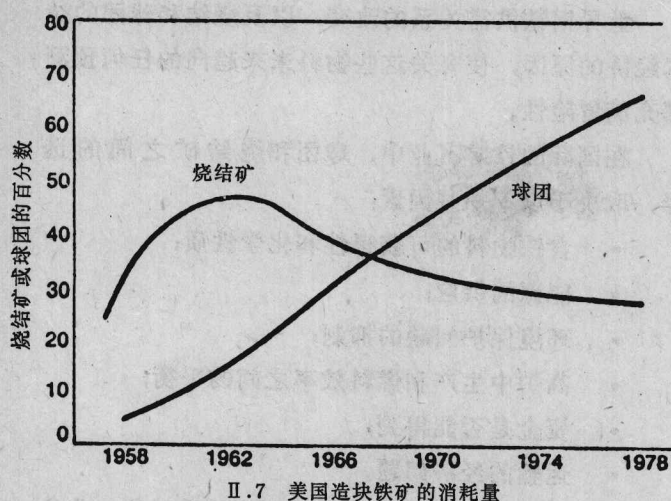
直接运来矿石的减少和依靠低品位的铁燧岩矿，促使美国 87% 的铁矿石生产为球团，而加拿大为 50% 以上。

北美球团用量增长率高，以致西方世界生产的 60% 以上的球团都消耗于该地区。世界球团总产量的 16900 万吨中，有 12400 万吨球团供北美高炉使用。靠增大正在进行的或在远景规划阶段中的设计能力，这一数字有可能在不久的将来达到 31100 万吨。

维护费用以及不花费很多的投资就不能满足环保要求，使北美的烧结厂让位。据伯利恒钢铁公司 (Bethlehem Steel Corp.) 负责钢铁生产的副总裁瓦尔特·威廉斯 (Walter Williams) 称，六十年代烧结厂曾得到一定的普及。由于环保要求和投资短缺继续迫使濒于边缘的烧结厂关闭，可能在近期将来继续向更多使用球团作业方向发展。

伯利恒 (Bethlehem) 型的高炉，根据厂的位置不同，混用球团和烧结矿。公司所用的球团和烧结矿之间的百分比在 70/30 至 50/50 之间。大湖 (Great Lake) 附近的高炉，采用 70/30 的球团和烧结矿的混合物，因为球团可从默萨比铁燧岩矿区获得，而烧结矿缺乏。靠近北大西洋和世界市场的厂家，采用 50/50 的球团和烧结矿的混合物。

尽管采用特殊的炼铁物料，然而，在过去的三十



年间，改善高炉的操作的最重要因素仍是原物料的准备问题。其它别的因素，诸如高炉的高温、辅助燃料的喷射、炉顶高压、布料设备等等，都是重要的因素。但是，如果没有现在所要求的配料准备的水平，在现代高炉工艺中，许多其它因素的充分实行和获益是不可能的。高炉良好操作的要素如下：

- 在装料之前除去矿粉；
- 炼铁炉料在 6~30 毫米之间范围内仔细筛分；
- 助熔矿的预煅烧；
- 全部原料化学性质要均一；
- 焦炭要严格和均一筛分。

烧结厂较早期所使用的间断式烧结机，已被各种厂家所制的连续烧结机所代替。现代的连续烧结厂具有 400~500 米² 之大的烧结带面积，能够年产 400~

500 万吨的烧结矿。

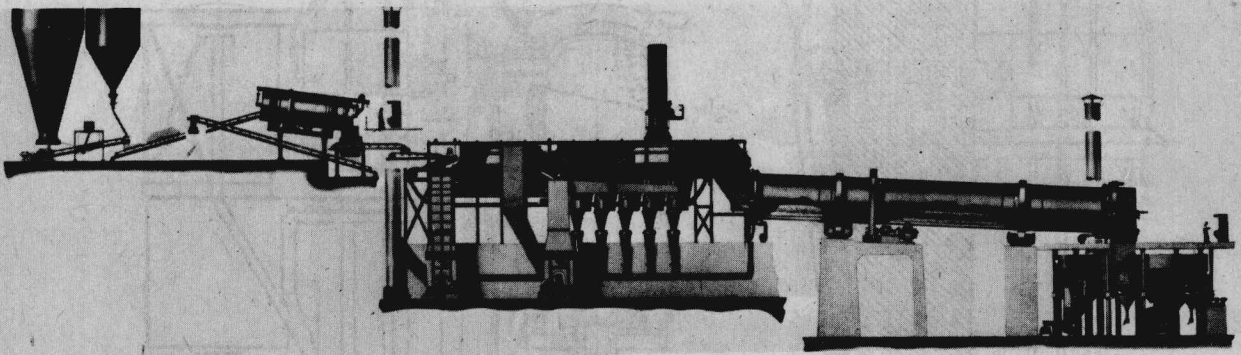
美国宾州 (Pennsylvania) 匹兹堡 (Pittsburgh) 的考伯斯 (Koppers) 公司，首先设计了 2.4 米和 3.65 米宽的烧结机。考伯斯公司与其在这一方面的同行一起，安装了 213 台烧结机，其中包括用于黑色金属的 193 台烧结机，另 20 台用于有色金属。15 台烧结机宽 3.65 米。三台宽 5 米，每台烧结机的日生产能力达 24,000 吨。

阿利斯·查默斯 (Allis Chalmers) 公司所生产的链篦机一回转窑球团系统，以其能效、产品质量高、操作费用低而著名。现在正在生产或是正在建设的 55 个链篦机一回转窑系统，具有从磁铁矿、赤铁矿、天然粉矿和这些矿石混合物中，年产 10400 万吨以上的优质酸性球团、自熔性球团或直接还原球团的能力。系统无需根本变动，在焙烧磁铁矿球团时，链篦机一回转窑系统，单套机组能有效并经济地年产达 600 万吨的球团。

比较试验表明，链篦机一回转窑的球团，在高炉和直接还原的过程中，都比带式焙烧机球团优越。在高炉中，链篦机一回转窑的球团给料性能良好，因为其压实强度较高，抗磨指数低。球团还原性较高，膨胀特性较低，结果铁水产量较高。链篦机一回转窑球团成团和碎裂的倾向差一些，因此可以允许较高的温度 (1350°C 以上)，因而提高了竖炉系统的能力。由于链篦机一回转窑球团压实和转鼓指数高，结果粉矿少，因此，在 85% 的链篦机一回转窑线中，产品无需筛分，粉矿较少，使销售的产品数量达到最多，同时循环费用也减到最少。正确选择和安装耐火衬里，可使用 2.5~3 年才需更换。此外，链篦机一回转窑系统所用的热风机的设计是低压速率的，这意味着热风机叶片的速度较低，结果磨损少，而且因更换磨损的垫片的停车时间也少了。

链篦机一回转窑系统的最新设计，与世界能源需要相适应。新的回流换热设计和设备的改进，比现在的设计，可节省燃料 30%，甚至更多。

伊利采矿公司的球团作业由皮坎·马瑟公司 (Pickands Mather & Co.) 经营的伊利采矿公司 (Erie Mining Co.)，是美国铁矿石球团的最大产家之一。该球团厂位于默萨尔矿区东端德卢思 (Duluth)，以北 65 英里的明尼苏达州 (Minnesota) 的霍埃特湖 (Hoyt



II.9 阿利斯·查默斯制造的链篦机-回转窑铁球团系统

Lakes)附近。动力厂和装运设施都在苏必利尔湖 (Lake Superior) 北岸的特科奈特港 (Taconite Harbor)。

年产 1060 万长吨铁燧岩的球团厂归纳如下: 1) 从选矿厂运来的矿浆精矿的处理、贮存、混合和脱水; 2) 精矿的造球; 3) 生球的固结; 4) 竖炉产品的筛分和皮带运输; 5) 在装运季节期间, 直接把筛分好的球团装到火车厢中, 在冬季把产品堆存起来; 6) 再处理排出的炉粉末; 7) 贮存和处理球团厂作业所使用的皂土、某些絮凝剂和选矿厂所用的药剂。

球团厂有 27 座竖炉。每个竖炉系统由造球回路、竖炉给料机、主鼓风机、竖炉本身、排料机, 以及有关的集尘系统所组成。此外, 还有一个精矿生产回路、一个产品处理和筛分回路, 后者是几座竖炉共用的。

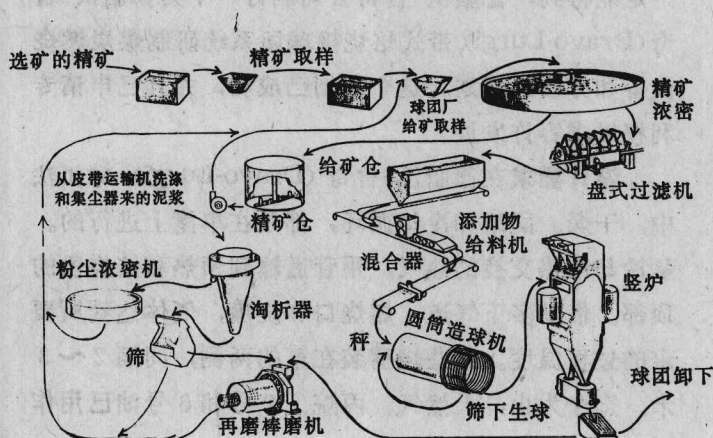
磁铁矿矿浆 (47~52% 固体浓度), 由选矿厂用砂泵抽送到球团厂的中心集浆池中。装在此池底的砂泵,

把矿浆泵送到 14 台精矿浓密机中进行第一段脱水。浓密机的排出矿浆, 借重力给到 55 台真空过滤机中, 然后将精矿贮存在各竖炉的缓冲仓中。滤饼的湿度约为 10%。

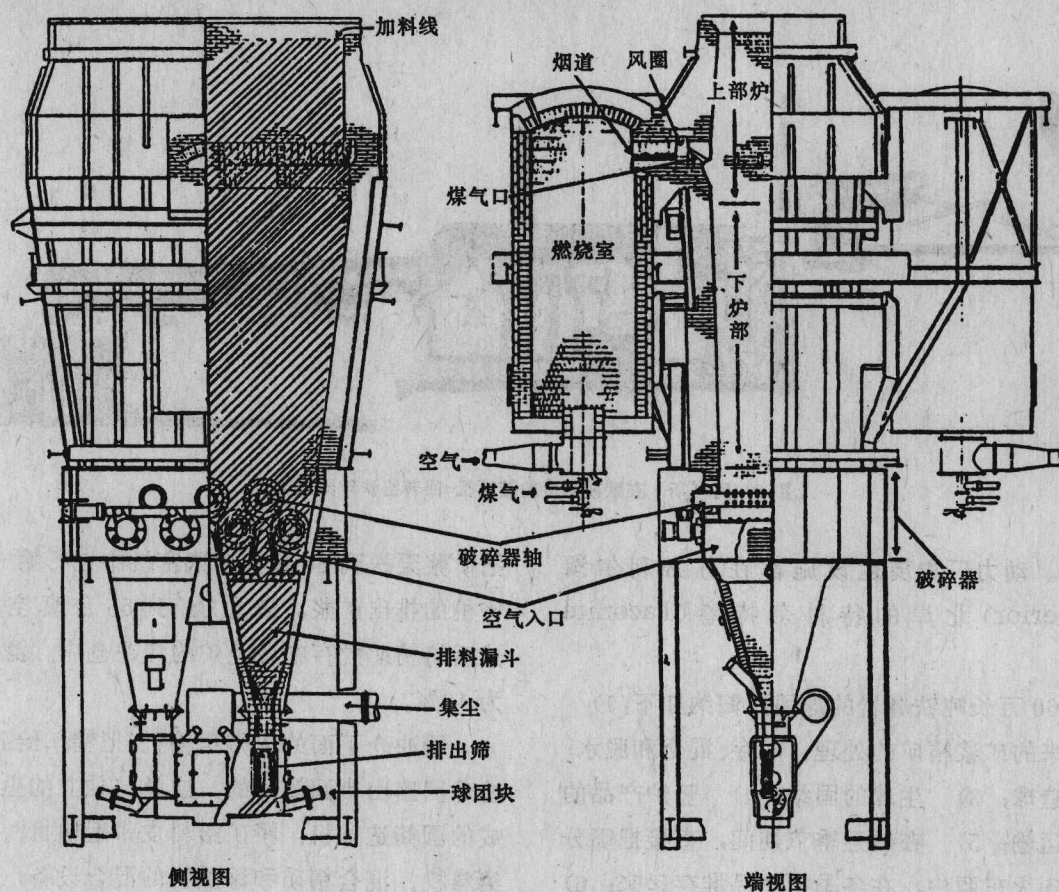
缓冲仓下面的皮带运输机, 把精矿给到造球回路。造球回路由带圆筒筛的, 或是与独立的生球振动筛组成的圆筒造球机、精矿给料皮带运输机、秤、添加物给料机、混合精矿和添加物的混合设备, 以及筛下生球循环的运输机系统所组成。整个运输机系统由八台或更多的皮带运输机组成。其中最后一台皮带运输机是一台往复式运输机, 它把生球给入炉中。

标准的竖炉是一个衬有耐火衬里的钢制立式炉体, 高 15.5 米, 横断面成矩形, 炉顶 2.1 米 (宽) × 5.6 米 (长)。未焙烧的湿生球连续均匀分布于炉顶上, 炉料以每分钟 1.2~3.8 厘米的速度, 在竖炉中下降。在两个燃烧室燃烧燃料供热, 燃烧室在炉的两侧, 每侧一个, 温度控制在 1288°C。热气通过布置于炉的周边的约离炉顶 2.7 米的 44 个文丘里喷管引入炉料中, 开始控制温度 1288°C, 在由磁铁矿转变为赤铁矿时, 保持放热反应, 大约在料线以下 30 厘米处开始转变, 当到达喷管处便基本完成了。大气吹入炉的较低部分, 并迫使向上与下降的焙烧球团相对流, 空气冷却球团, 用另一种办法热交换所失去的热。固结和冷却后的球团连续从炉底排出。

竖炉产品排到胶带运输机上, 以便将此球团给到双层振动筛上, 筛出筛下产品。筛上产品由运输机送到装卸仓中, 以便直接装入火车厢中, 或是运至堆积场, 冬存起来。



II.10 伊利采矿公司的球团作业



II.11 典型的竖炉

德腊沃-鲁奇 (Dravo-Lurgi) 带式焙烧机的煤的燃烧

作者：德腊沃公司 (Dravo Corp.)

G. P. 莱顿 (G. P. Leighton) M. A. A. 德克劳弗 (M. A. A. Deklaver)

希宾铁燧岩公司 (Hibbing Taconite Co.) 和美国内陆钢铁采矿公司 (Inland Steel Mining Co.) 的铁燧岩球团厂，都位于明尼苏达州默萨比矿区中心附近，美国所采的大部分铁矿石均采自此地区。这两公司的球团厂都由美国宾夕法尼亚州匹兹堡的德腊沃公司承包设计和建设施工，并且利用德拉沃-鲁奇 (Dravo-Lurgi) 带式焙烧机的球团法，生产高质量的氧化铁球团。

这种球团炉体现一种革命性的新的燃料室思想，以燃烧过程燃料。这种燃烧室适用于直接燃烧天然气、2号和6号燃料油以及粉煤。由于天然气和燃料油不

一定能得到，德腊沃-鲁奇公司制订一个为德腊沃-鲁奇 (Dravo-Lurgi) 带式焙烧机球团系统研制煤炭燃烧设备和方法的规划。这个规划已成功，并且已申请专利权以求容许发展。

设计要求在德腊沃-鲁奇 (Dravo-Lurgi) 球团法中，干燥、固结和冷却循环，都是在单篦上进行的。从冷却段热交换的热气，用管道输到预热和焙烧段的顶部。借助多下气道、燃烧口和烧嘴，气体达到所要求的过程温度。这些烧嘴装在篦的两侧，间隔2~3米。迄今为止，天然气、丙烷、2号和6号油已用作燃料。