

350

# 球团矿

冶金工业部钢铁生产技术司 編

冶金工业出版社

76.111  
(1)

# 球 团 矿

冶金工業部鋼鐵生產技術司 編

冶金工業出版社

本書是1958年7月間冶金工業部鋼鐵生產技術司召開的鐵精礦粉球團礦研究工作會議的資料彙編。書中還從鋼鐵雜誌上選入了三篇有關方面的論文。

球團礦是鐵礦粉和鐵精礦造塊的重要的方法之一，這種造塊方法具有廣闊的發展前途。

鋼鐵“元帥”已經升帳，中小型高爐遍地開花。目前地方煉鐵工業的原料中有10~30%的鐵礦粉需要經過造礦加以利用。由於我國貧鐵礦的資源相當豐富，這些鐵礦石的利用將要通過選礦和造塊才能實現。因此，造塊技術的發展無論是在現在或是將來都將促進鋼鐵工業的發展。

本書可供造塊工作者和煉鐵工作者在工作中參考。

## 球 團 礦

冶金工業部鋼鐵生產技術司 編

編輯：徐敏時

設計：韓晶石

校對：劉霞芸 王坤一

1958年12月第一版

1958年12月北京第一次印刷 40,500冊

850×1168-1/32·140,000字·印張5 $\frac{14}{32}$ ·定價 0.56元

中央民族印刷廠印

新華書店發行

書號 1176

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

## 前 言

1958年7月1—4日冶金工业部鋼鐵生产技术司召开了、鉄精矿粉球团矿研究工作會議，参加會議的有鋼鐵研究院，化工冶金研究所，中南矿冶学院，东北工学院，鋼鐵工业学院，鞍鋼、武鋼、石鋼和本鋼等九个单位的代表，會議还得到了苏联造块专家B. M. 維邱金同志的帮助和指导。

在會議上，各单位共提出九篇研究报告，这些报告充分地反映了我国在这方面的研究工作有了飞跃的进展，如研究圓盘造球的强化措施，使生产率提高到 $1.2\text{吨}/\text{米}^2/\text{时}$ ；研究应用固体燃料在带式焙烧机上焙烧球团矿的方法，生产率达到了 $2.5\text{—}3\text{吨}/\text{米}^2/\text{时}$ ，这些指标都达到了相当高水平。

球团矿是高爐炼鉄原料处理的一项技术革命，是强化高爐炼鉄的发展方向之一。球团矿的性能較燒結矿有显著的优点，它不但机械强度高，粒度均匀，而且还原性好。

现将这些报告汇编成册，供有关单位参考。

# 目 录

前言..... (IV)

用鉄精矿制造球团矿.....B. M. 維邱金 (1)

鉄精矿滚动成型的理論和实践.....B. M. 維邱金 (21)

鞍山磁鉄矿精矿在圆盘造球机中  
     滚动成型的研究.....B. M. 維邱金 易国仁等 (35)

大冶細磨矿和精矿的球团矿研究方向.....刘孟星 彭文友 (49)

自熔性球团矿的显微結構.....袁孝惇 戚大光 (67)

本溪自熔性球团矿初步研究.....杜鶴桂 田永煥等 (79)

磁鉄矿精矿自熔性湿球干燥  
     过程的研究.....B. M. 維邱金 张国祥 (89)

鉄精矿生球的焙烧理論和实践問題.....B. M. 維邱金(104)

应用固体燃料焙烧  
     鞍山鉄精矿球团的研究.....B. M. 維邱金 王篤暘等(120)

球团矿生产試驗.....鋼鉄工业研究院球团矿研究組(141)

細磨磁鉄矿精矿及其加有添加物的  
     混合物的成球性.....王九如 肖琪(150)

1469572

# 用鉄精矿制造球团矿

B. M. 維邦金

## 一、序 言

改善矿石原料的质量，大家知道，这是高爐增产和高爐焦比降低的最重要方法之一。

高爐生产的理論和实践，对矿石原料的质量提出了下列共同的要求：

- 1) 含鉄量应尽量地高，有害杂质的含量应尽量地低；
- 2) 还原性高；
- 3) 透气性高；
- 4) 碱度高；
- 5) 堆比重大。

高爐的矿石原料要能满足上述共同的要求，必須具有下列的具体性质，如：

- 1) 含鉄量不低于 50%；
- 2) 含硫量不高于 0.1%；
- 3) FeO 的含量不高于 5%；
- 4) 脉石的含量不高于 10%；
- 5) 碱度不低于 1.0；
- 6) 矿块尺寸不小于 10 公厘，不大于 50 公厘；
- 7) 轉鼓指数（按轉鼓試驗計算的机械强度）不高于 20%；
- 8) 总孔隙率不高于 30%，而微孔率不低于 15%；
- 9) 在还原气氛中的热稳定性高。

中国目前所采出的鉄矿石，絕大多数不具备这些性质。中国的貧鉄矿和綜合鉄矿，先是經過深入的选矿，然后进行燒結或制团。因而，中国目前使用着三种高爐矿石原料：天然的块状磁鉄矿和赤鉄矿富矿；用精矿和矿粉的混合物制出的燒結矿；用精矿

表 1

各种矿石原料冶金性状的评比 (以假定单位表示)

原 料 种 类	块 的 尺 寸 , 公 厘		块 的 形 状	块 均 尺 寸 的 性 质	堆 比 重	冷 强 度	热 稳 定 性	透 气 性	含 铁 量	氧 化 度	有 的 害 质 量	碱 度	还 原 性				
	由	至															
	以质量指标的假定单位表示																
磁铁矿块矿	10	200	不定	2	3	1	2	1	2	3	4	1	2	3	1	2	
赤铁矿块矿	10	200	不定	2	3	2	3	1	2	3	3	4	5	2	3	1	2
用精矿制出的团矿	170×170×65		球柱形	4	5	4	5	3	4	4	5	3	4	4	5	2	3
用精矿和矿粉混合物制出的非自熔性烧结矿	10	200	不定	2	3	1	2	1	2	2	3	3	4	4	5	1	2
用精矿和矿粉混合物制出的自熔性烧结矿	10	200	不定	2	3	2	3	1	2	2	3	3	4	3	4	4	5
用精矿制出的自熔性烧结矿	10	200	不定	1	2	3	2	3	1	2	1	2	1	2	3	4	5
用精矿制出的非自熔性球团矿	10	30	球形	4	5	4	5	3	4	4	5	4	5	4	5	4	5
用精矿制出的自熔性球团矿	10	30	球形	4	5	4	5	3	4	4	5	3	4	4	5	4	5

矿石原料的质量指标代号: 1—很不好; 2—不好; 3—中等; 4—良好; 5—很好。

\* 本文系1958年2月份苏联专家B. M. 维邱金同志于钢铁研究院召开的铁精矿球团矿研究协作会上的报告。——编者注

和少量石灰的混合物制出的团矿。

表 1 所列为这几种矿石原料的评比（以假定单位表示）。比较表明，人造矿石原料（烧结矿，团矿）的质量比天然的块状富矿要好。但是，团矿和烧结矿均未完全满足对高炉矿石原料质量的要求。例如，团矿具有不相宜的棱柱形、过大的尺寸和低下的碱度。烧结矿的块度不均匀，没有一定的形状，机械强度小（特别是用细磨精矿制出的自熔性烧结矿）。由于 FeO 含量多（通常多于 10%），甚至自熔性烧结矿的还原性都是不够高的。

目前，中国正沿着增加烧结能力和减少制团能力的道路来发展人造块状矿石原料的生产，因为团矿的隧道窑焙烧费用大，团矿的价格比烧结矿高。此外，现在的制团工艺也难以得出高碱度的矿石原料。因而，在中国改善矿石原料的质量，或者可以靠着改善烧结矿的质量，或者靠着应用一些新的、更有效的细磨精矿的造块方法来实现。

球团方法就是细磨铁矿石精矿造块新方法中的一个方法，它既适用于高炉矿石原料的准备，也适于平炉生产用矿石原料的准备。这个方法，可以避免烧结细磨精矿时所发生的一些困难，并能得出质量较高的产品（参阅表 1）。

球团方法的实质，是把已润湿的精矿或精矿和溶剂的混合物，滚成直径为 10—30 公厘的球形团矿，再利用干燥和焙烧的方法使生球固结。

对于中国，细磨精矿的球团方法，具有特别巨大的意义。本文旨在向中国冶金工业部门的工程技术人员介绍国外在发展这一方法上的主要问题，并指出中国发展球团矿的途径。

## 二、发展简史

把细磨铁矿石精矿进行球团，最初是由瑞典的安德逊于 1912 年提出的〔1〕。但是，由于这一方法在当时还没有巨大的意义，而没有受到注意。30 年代，在德国、苏联和美国曾断断续续地进行过一些铁矿粉球团矿的研究。



例如，1937年苏联烏拉尔金屬研究所提出了，在圓筒中滚动成型随后在带式隧道干燥机中干燥生球的方法，进行叶里尙維金斯克矿床粉状褐鉄矿的造块〔2〕。由于干燥費用大和球团質量差，这一方法在那时未能在生产上加以应用。

在第二次世界大战末，美国开始了球团矿方面的認真的研究。1944—46年发表了这些研究的第一批結果。从那时起，世界上許多国家开始了球团矿的研究。瑞典冶金工作者特別重視矿石原料質量，他們結合自己的条件，迅速而仔細地研究了这一方法，并在1947年就建成了生产率为7吨/昼夜的試驗装置，随后在1950—1952年总生产率为200吨/昼夜的工厂就投入了生产。目前，瑞典有7个球团厂在生产，球团年产量总计为25万吨。瑞典的球团是供“維別克爐”直接炼鉄和供平爐炼鋼用的。

在美国，球团矿的发展，是由于必須进行难燒結的細磨鉄石英英精矿的造块所引起的。1948年，开始了在設計生产能力为20万吨/年的試驗厂中，进行球团矿的工业性試驗。所得球团矿經在高爐中檢驗表明了：球团矿的冶金性質良好，因此，50年代初在美国开展了工业性的球团大型工厂的建設〔3〕。

在球团矿发展的第一阶段（1954年以前），在瑞典和美国都是应用下列工艺流程。湿精矿在一个圓筒中，或依次在两个圓筒中，滾成尺寸为22公厘（美国）到32公厘（瑞典）的小球。为了得到較坚固和較热稳定的球团矿，往精矿中添加約0.5%的皂土。生球用气体燃料或液体燃料在直井爐中焙燒。这种流程簡單，但生产率小。因此它仅适合于小型瑞典冶金企业。

球团矿发展的第二阶段（从1954年开始），在美国制定了在連續作用的带式焙燒机上焙燒生球的过程。为了加速造球和焙燒过程，生球尺寸的下限降至10公厘。无烟煤粉开始被用作焙燒用的燃料，煤粉在專門的圓筒中滾在生球的表面。美国按照这种生产率較高的工艺流程，建成了大型的工厂。1957年，美国預計生产1000万吨球团矿〔4〕。

球团矿生产规模占第二位的国家是加拿大。加拿大的第一个

球团厂，在1955年初投入了生产，生产率为每年50万吨，用上述最简单的，在直井炉中焙烧的流程进行生产。第二个球团厂（1956年开始投入生产），生产率为每年100万吨，是按改进后的流程建成的，滚动成型应用倾斜的旋转圆盘，烧结用带式焙烧机〔3〕。

极为有趣的球团矿发展领域，是将生球的焙烧和原料中所含少量有色金属的氯化物和氯化物的升华相结合的过程。芬兰在工业上已成功地掌握了这种处理黄铁矿渣的综合方法〔5〕。

球团矿在瑞典、美国、加拿大和芬兰等国工业上运用所取得的成就，打消了其他许多国家冶金工作者对这一细磨精矿造块方法的效果的怀疑。在英国、西德、法国、苏联和人民民主国家都开展了广泛的实验室和半工业性研究。在这些研究过程中，制定出了更为完善的流程。例如，在英国制定出了非洲输入赤铁矿精矿的球团方法〔6〕；在苏联成功地进行了制造自熔性球团矿的试验，而且不仅可用细磨精矿制造〔7〕，还可用粗粒矿粉制造〔8〕。此外，苏联还制定了精矿加石灰，不用焙烧而用碳酸化干燥方法固结生球的球团方法〔9〕。

在中国，球团矿的研究已列入12年科学远景规划，但是，这一重大课题的研究工作，至今还开展得不够广泛，并且经常是简单地重复别国所做过的一些研究。现在，冶金工业部组织了一些研究院、学院和工厂的工作人员来进行球团矿的研究。1958年预定进行球团矿的实验室研究，并在年底开始半工业性试验。

### 三、球团矿现状

本节中讨论的是现有球团厂的一些典型工艺流程，以及对球团方法的继续发展具有实际意义，但目前这还是在实验室条件下和半工业性条件下所制定出来的一些流程。

瑞典流程。马里姆别给脱球团厂的工艺流程是最典型的瑞典流程〔3〕。该厂的生产率是360吨/昼夜，是1954年投入生产的。该厂处理的是磁铁矿精矿，其特性列于表2。球团矿的流程

表 2

馬里姆別給脫精矿的特性

化 学 组 成, %					顆 粒 组 成, %				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	S	P	脉石	留 在 筛 上 的				小 于 0.038公厘
					0.210公厘	0.105公厘	0.074公厘	0.038公厘	
69.000	30.100	0.004	0.009	0.887	0.01	2.00	7.03	28.37	71.63

示于图 1。精矿用圆盘给料机由承受料仓中加到配料运输机上。由第二个圆盘给料机，往精矿层上加上数量为 0.5% 的皂土。配好的料经检查称量以后，用专门的刮板分配到直径为 1.8 公尺和长度为 5.0 公尺，以 6 转/分的速度旋转着的两个圆筒造球机中。大部分的料加入第一个圆筒中，其尾端筛子的筛孔为 18 公厘。第一个圆筒造球料的筛下产物，重新返回第一个圆筒，而筛上产物由运输机系统加入第二个圆筒，其尾端筛子的筛孔为 28 公厘。圆筒的循环负荷为 200—300%。成品生球的直径是 30—32 公厘。配合料滚动成型所需的时间约为 10 分钟。

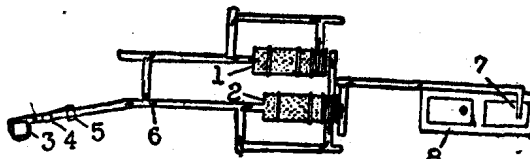


图 1 馬里姆別給脫地方的精矿造球和焙烧装置简图

- 1—第一个造球圆筒，筛子上的筛孔直径为18公厘；
- 2—第二个造球圆筒，筛子上筛孔直径为28公厘；
- 3—给精矿的圆盘给料机；
- 4—给粘合剂用的圆盘给料机；
- 5—与给料机4相联的皮带床；
- 6—刮板；
- 7—往罐子中分配生球用的运输机；
- 8—焙烧生球用的罐子

生球的焙烧在直井爐中进行，爐子有两个矩形断面（1.83 × 3.05 公尺），高度为 9 公尺的爐身。爐身的示意断面图示于图

2. 生球用梭式运输机均匀地沿爐身断面分布。在向下降的过程中，在上升热瓦斯和热空气气氛中受到焙烧。灼热的生球在爐身下部为空气所冷却。加热后的空气有一部分通过全部生球层，使磁铁矿氧化成赤铁矿。由于这一放热反应，放出約近焙烧所需热量全部的40%的热量。在爐身下部加热的空气大部分进入沿着爐身长侧边分布的雾状重油燃烧室。重油的燃烧产物，经过专门的通道引入生球层。馬里姆別給脫精矿生球的最高焙烧温度为1250°C。在这种温度下，个别生球可能有些烧結，因此在爐子的卸料部分，有一些专门的折断器。

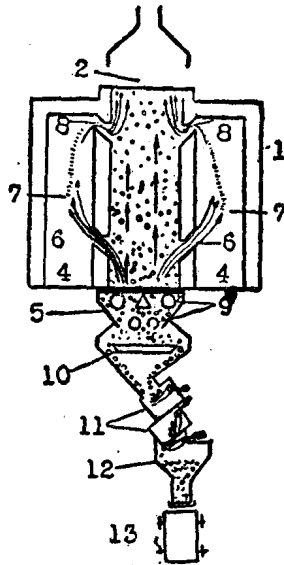


图2 馬里姆別給脫地方的球团焙烧爐簡图

1—焙烧爐；2—装生球用的运输机；3—焙烧室；4—加热室；5—往爐子中加冷空气的地方；6—热空气通道；7—燃烧器；8—热燃烧产物的通道；9—烧結球团的折断器；10—圆盘給料机；11—閘門；12—料仓；13—箕斗（爐子焙烧室以下的部分，是轉过90°后表示出来的）

为了說明直井焙烧爐的工作特性，表3中列出了生产率为23吨/昼夜的小爐子中，焙烧富磁铁矿精矿生球的平均料平衡和热平衡（莫斯格魯望）。对于直井爐，由于經爐壁損失的热量减少，焙烧1吨生球的热量消耗减少到20—22万仟卡，所需的重油量降到8公斤/吨球团〔3〕。

馬里姆別給脫精矿制出的球团矿的大致质量列于表4。由表4数据可以看出，球团矿是一种极好的矿石原料，既可供高爐使用，又可供平爐使用。

美国的流程。上面已經講过，目前美国和加拿大的大型球团厂是按照采用带式焙烧机的流程工作的。精矿的滚动成型，除了

表 3 [10]

收入项目	1000仟卡	%	支出项目	1000仟卡	%
1. 物理热:			1. 废气 (1100标准公尺 <sup>3</sup> , 320°C) 的物理热	114.73	43.8
a) 1060公斤生球	9.56	3.7	2. 废气燃烧不完全所损失的热量	3.37	1.3
6) 14.63公斤重油			35.07	13.4	
b) 987标准公尺 <sup>3</sup> 空气					
2. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 和 S 的氧化热	105.89	40.4	3. 球团矿 (1000公斤, 205°C) 的物理热	35.07	13.4
3. 14.63公斤重油的燃烧热	146.59	55.9	4. 85.4公斤的水 0°C 时的蒸发热	51.67	19.7
			5. 经炉壁散失的热量	57.20	21.8
总 计	262.04	100.0	总 计	262.04	100.0

表 4 [10]

直径为 20 公厘的生球			焙烧过的生球 (球团矿)		
1	湿度, %	6.9	1	密度, 克/公分 <sup>3</sup>	约 4.0
2	密度, 克/公分 <sup>3</sup>	3.47	2	焙烧时的收缩量, %	7.3
3	孔隙率, %	32.1	3	抗压力, 公斤	1970
4	不破坏的最大落下高度, 公分	105	4	还原50%所需要的时间, 分	24
5	自10厘米处落下, 未破坏前的落下次数	35	5	还原95%所需要的时间, 分	90
6	抗压力, 公斤	3.5	6	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 的含量, %	98.0
7	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 的含量, %	69.0	7	FeO 的含量, %	1.14
8	FeO 的含量, %	30.1			

用圆筒之外, 也采用倾斜的旋转圆盘。焙烧生球的燃料, 一部分是滚在生球表面的无烟煤粉, 另一部分是可燃瓦斯。

美国球团矿的主要原料是铁石英岩的磁选精矿, 精矿的大致特性列于表 5 [11]。

表 5 [11]

铁石英岩精矿的特性

化 学 组 成, %										粒度, 公厘	湿度, %
Fe (全铁)	Fe (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 中的铁)	Fe (FeO 中的铁)	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P	Mn		
64.45	42.50	21.95	8.52	0.56	0.83	0.39	0.002	0.025	0.20	0.1—0.0	10.0

在工业上采用带式焙烧机焙烧铁石英岩磁选精矿进行球团的过程，最初是由貝皮脫地方的(米涅沙脫洲)里謝尔夫·馬依涅克公司在1954年初加以实现的[3,12]。生产率稍大于1000吨/昼夜的带式焙烧机代替了四座直井焙烧爐。該厂的大致流程见后。湿度为10%的铁石英岩精矿滤餅和皂土(4公斤/吨精矿)的混合物，在两个直径为1.83公尺和长度为4.88公尺平行工作着的圓筒中，滾成粒度为9.5到16公厘的球。粒度小于9.5公厘的未成球料，用振动篩篩去，并返回第一段圓筒，而生球进入第二段圓筒。同时加入第二段圓筒的还有粒度小于0.83公厘，数量为1.0—1.5%的无烟煤粉。无烟煤被滾在生球的表面上。經過这一作业后，生球装在类似燒結机的带式焙烧机上。

焙烧带的宽度为1.83公尺和长度为37.8公尺。在生球层高度为380公厘和焙烧速度为25公厘/分的条件下，焙烧机的生产率为50吨/时生球。生球装在焙烧带上以后，用冷却成品球团矿所得的热空气进行干燥，然后用中間真空室抽出的較热的烟道气預热和用天然瓦斯在1260—1316°C的溫度下点火。焙烧生球所需的热量由燃烧无烟煤(40%)供給。

檢驗带式焙烧机上焙烧得出的球团矿的机械强度表明，虽較低于瑞典的球团矿，但是結果是令人滿意的。例如，在ASTM轉鼓中試驗粒度大于9.5公厘、总重量为22.7公斤的球团矿試样时，轉100轉后，1.65—0公厘粒級的产率等于10%左右[13]。

按照貝皮脫地方球团厂的型式在西尔維·貝地方建筑了設計生产能力为年产1000万吨球团矿的戴維斯·瓦克斯大型球团厂。該厂第一期工程已于1956年9月正式开工，生产能力为375万吨/年。該厂的工艺流程示于图3[14]。

粒度小于150目、含有80%小于325目的铁石英岩精矿，以含水为 $10 \pm 0.25\%$ 的滤餅的形式，加入6組平行作业的机組。每組安装有3台一次圓筒造球机，三台往生球表面滾上煤粉的圓筒和一台带式焙烧机。

在湿精矿給入圓筒造球机之前，加上0.4%的皂土和300%

左右的未很好成球的返料。每个圆筒造球机生产率为30—40吨/时，圆筒造球机的直径为2.74公尺，长度为9.14公尺，以10—11转/分的速度旋转。为了分出未成球料（-9.5公厘的粒度），在

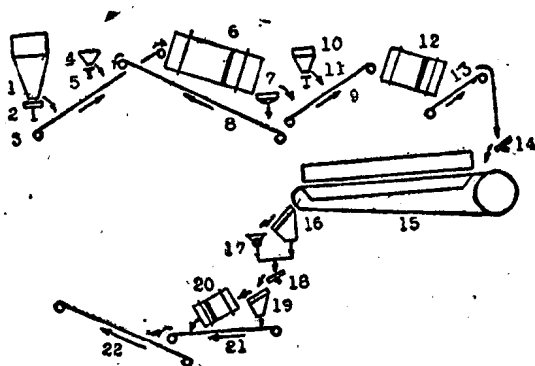


图3 西尔维·贝地地的戴维斯·瓦克斯球团厂流程（美国）

- 1—原精矿仓；2,5,11—圆盘给料机；
- 4—皂土给料斗；3,8,9,13,21,22—皮带输送机；
- 6—圆筒造球机；7,19—振动筛；10—煤粉仓；
- 12—加滚煤粉用圆筒，14,18—振动给料机；
- 15—带式焙烧机；16—棒条筛；17—辊碎机；
- 20—冷却圆筒

圆筒之后安装有振动筛。往大小合格的生球（+9.5公厘的粒度）中添加煤粉（2.7—3.0%），煤粉在每个生产率为30—40吨/时的专门圆筒中滚在生球的表面上。这些圆筒的直径是2.44公尺，长度是3.68公尺，以10.5转/分的速度旋转。准备好的生球，用振动给料器装在宽为1.83公尺和长为51.3公尺的带式焙烧机的筛篦上。带式焙烧机在带速为1.52公尺/分时的生产率为90—110吨/时。带式焙烧机的焙烧室长度为9.0公厘，装有22个燃烧重油的喷嘴。焙烧室主要是用来保证生球层很好地点着，并部分地用来直接焙烧上层的生球。焙烧室的最高温度约可达1316°C。

制成的球团矿由焙烧机上卸至棒条筛上。筛上产物是烧结在一起的球团矿，在辊式破碎机中破碎。破碎产物和棒条筛的筛下

产物合在一起，送给振动筛。分出三种产物：1) - 5 公厘的粒级；2) + 5 - 50 公厘的粒级；3) + 50 公厘的粒级。- 5 公厘的粒级加入螺旋分级机，分出 - 0.6 公厘的粒级，返回再次造球。+ 50 公厘的粒级送入冷却圆筒。成品是 + 0.6—5.0 公厘，+ 5—50 公厘和冷却后的 + 50 公厘粒级，它们混合在一起送入堆栈。

赤铁矿浮选精矿球团的新式流程，是由克兰夫林—克里福斯公司在里派勃里克工厂加以实现的。该厂在 1956 年制出了 7 万吨球团矿，但在 1957 年预计生产 60 万吨。

所处理的浮选精矿，选矿后的粒度小于 0.21 公厘，含铁 60%，含石英 8%，湿度为 3%。为了改善精矿的成球情况，精矿进行补充磨碎，使小于 0.043 公厘的粒级含量达到 65%。在过滤机上脱水后的精矿，送去进行球团。该球团厂的流程示于图 4 [15]。

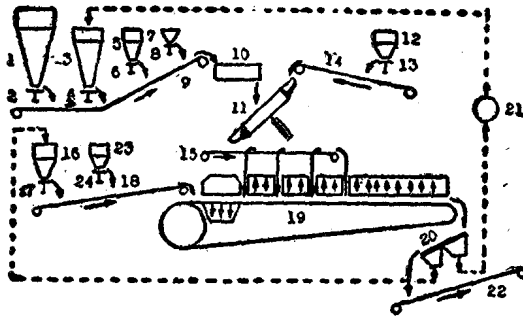


图 4 里派勃里克球团厂流程 (美国)

- 1—精矿仓；2, 4, 6, 8, 13, 17, 24—圆盘给料机；
- 3—返粉仓；5—石灰石仓；7—皂土给料斗；
- 9, 14, 15, 18, 22—皮带运输机；10—混料机；
- 11—带有滚煤用斜槽的圆盘造球机；
- 16—点火料层料仓；19—带式焙烧机；20—振动筛；
- 21—球磨机；12, 23—煤粉仓

加有 2.5% 磨细石灰石和 0.5% 的皂土的湿精矿，在倾斜的旋转圆盘上滚成尺寸为 9.5—12.7 公厘的球。厂内安装有四台直径为 5.5 公尺与水平线的倾角为 50° 的圆盘造球机。在盘舷的外



側連接有不深的环形斜槽。尺寸合格的生球，經盘舷进入斜槽。同时往斜槽中加入数量为4%的磨碎无烟煤，表面滚有无烟煤的生球由斜槽中出来，在盘的旋轉周速为1.0—1.2公尺/秒时，生产率可达到500吨/昼夜。

生球的焙烧在带式焙烧机上进行，带的有效宽度为1.83公尺、长度为71公尺。生球焙烧过程本身在长度为51公尺的焙烧带的第一部分进行，焙烧带的其余部分用以冷却球团矿。焙烧带以760公厘/分的速度运动。焙烧带在装料端有5个配置在下面的真空室，而后有23个配置在上面的真空室。最初往焙烧带上装上火层，它是由粒度为6.3—12.7公厘的返料和一些磨细无烟煤所组成的。点火层的高度约为100公厘。装有点火层的焙烧带走到燃烧丙烷煤气的点火口的下面。燃烧产物被吸入配置在下面的5个真空室，真空室在125公厘水柱的负压下工作。往灼热的点火层装上第一次200公厘高的生球层。焙烧带进入配置在上面的真空室的下面，并由于空气自下而上运动，生球被干燥和点着。然后在焙烧带的工作长度上再相繼地装三次生球，每次生球层高度为200公厘。因此在焙烧带的末端有800公厘高的生球层。最后几个真空室的真空度最大，约为500公厘水柱。焙烧机的生产率为2000吨/昼夜。

在焙烧带上冷却后的生球流经篩子，分出三个粒級：+12.7公厘；+6.3—12.7公厘；-6.3公厘。第一粒級作为成品，第二粒級用来造成点火层，第三粒級在球磨机中磨碎后送去再次滚动成型。虽然在文献中沒有列出有关成品质量的具体数字，但它的质量是高的。

1956年初开工的，柯毕·克里夫地方的加拿大球团厂的流程（參閱图5）是由西德的魯尔奇公司所制定的。这一流程的特点是带式焙烧机有独特的构造和工作制度〔5〕。

球团矿用的原料是貧錳矿优先浮选得出的鉄精矿，它含有65%的鉄和2%的石英〔3〕。滚动成型时，不用皂土，也不加固体燃料。用純精矿做成的生球，靠燃烧重油进行焙烧。由