

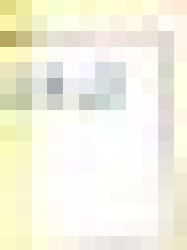
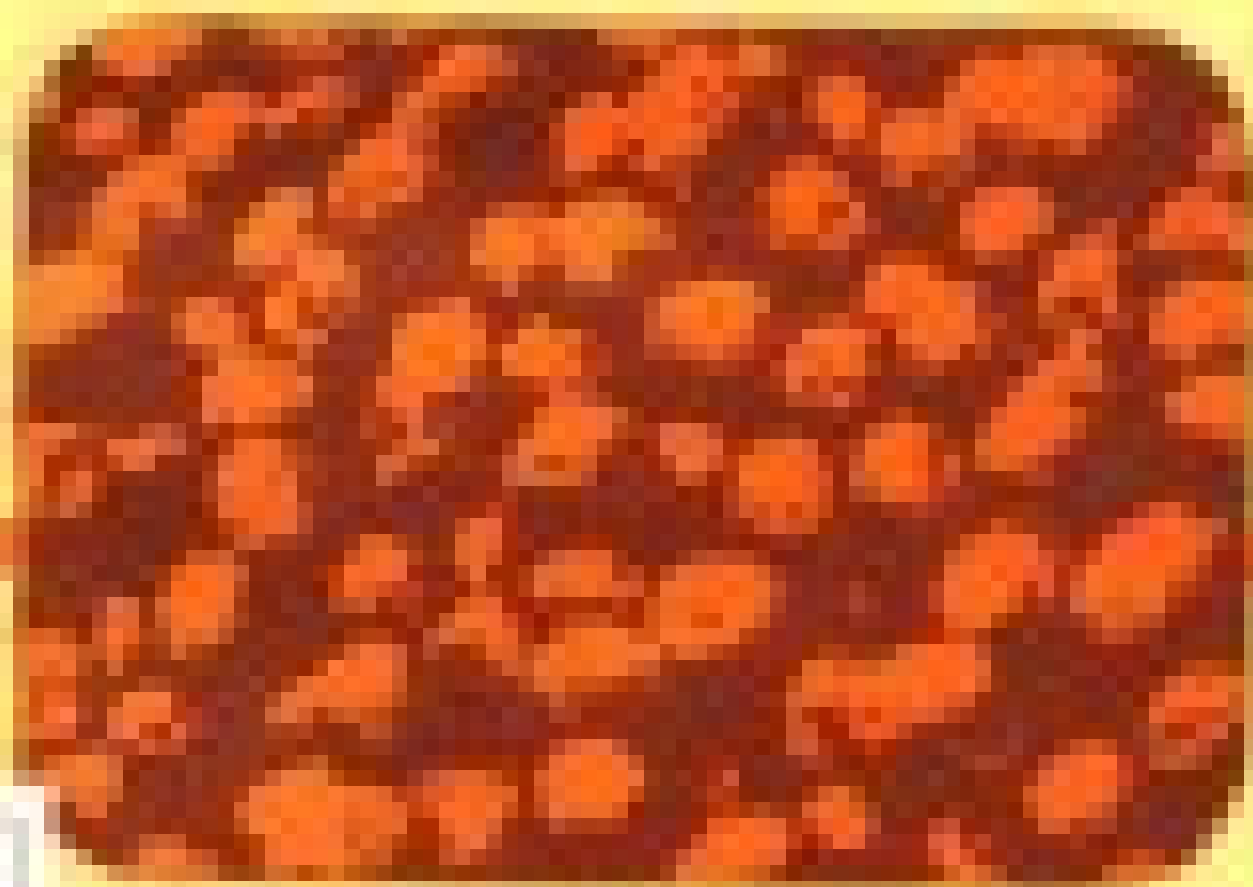
# 铁矿造块设备热工计算



454.2

冶金工业出版社

# 铁矿造块设备热工计算



# 铁矿造块设备热工计算

〔苏〕 C.B.巴吉列维奇 等 编著

杉木 译

冶金工业出版社

## 内 容 提 要

本书系根据苏联冶金出版社1979年出版的С. В. 巴吉列维奇等编著的Теплотехнические расчеты агрегатов для окискования железорудных материалов一书译出的。

该书阐述了铁矿造块设备，如带式烧结机、带式焙烧机、竖炉、链篦机—回转窑以及有关冷却设备的热工计算方法，分析了料层内热交换与气体动力状态，探讨了造块设备形式与热工系统的选择，叙述了带式烧结机与带式焙烧机点火器及烧嘴装置的热工计算。各主要计算项目均附有例题。

本书可供铁矿造块专业的工程技术人员、科研设计人员与大专院校师生参考。

## 铁矿造块设备热工计算

〔苏〕 С. В. 巴吉列维奇 等 编著

杉 木 译

\*

冶金工业出版社出版

(北京市灯市口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

\*

850×1168 1/32 印张 6 1/2 字数 168 千字

1982年12月第一版 1982年12月第一次印刷

印数00,001~1,400册

统一书号：15062·3883 定价0.87元

## 译者的话

铁矿造块(烧结与球团)的各项工艺过程都是以料层中的传热与传质规律为理论依据的。依造块设备的类型不同,料层可以是固定的或者是移动的。造块过程的热交换方式有对流传热、辐射传热和热传导。通常,在造块设备设计之前,以及在其运转期间都必须进行热工计算,这是由于热工计算的结果不仅可以使整套设备而且可以使其各个工艺阶段的热工系统合理化,可以考虑相关配套设备的可用性,可以预先提出有关热工制度和气体动力制度,等等。这些均与改进和完善造块工艺、改造和革新造块设备,以及挖掘生产潜力有着十分密切的关系。正因如此,本专业科技人员对于铁矿造块工艺过程与工艺设备的热工计算问题是相当关注的。

C.B.巴吉列维奇等人合写的这本《铁矿造块设备热工计算》,比较系统地阐述了带式烧结机与各种形式球团焙烧设备以及冷却设备的气体动力计算和热工计算,整理和汇编了各种计算方法和有关公式,列举了计算示例。同时,还提出了一些强化造块工艺过程的措施。我把它翻译出来推荐给我国读者,希望它能起到一点参考作用。

在翻译过程中,发现了一些需要说明和补充的地方。对此,译者均尽力做出客观的页下注,并且经过查阅文献、请教同志、核对验算,力求无误。但,译者实感力不从心,弄巧成拙或者应改未改之处,定在难免。恳请读者鉴别订正。

至于译文的欠妥和谬误,就更不待言了。如蒙读者热心指正,我将是不胜感激的。

杉木

一九八一年初冬于长沙

## 主要符号

- $H$ ——料层厚度, 米;  
 $h$ ——分层厚度, 米;  
 $\rho$ ——密度(重度), 公斤/米<sup>3</sup>;  
 $\nu$ ——气体运动粘度, 米<sup>2</sup>/秒<sup>2</sup>;  
 $W$ ——过滤速度, 米/秒;  
 $\Delta P$ ——压力降, 公斤/米<sup>2</sup>;  
 $P$ ——压力, 公斤/米<sup>2</sup>;  
 $t$ ——温度, °C;  
 $T$ ——温度, K;  
 $\varphi$ ——气孔率、孔隙率, 米<sup>3</sup>/米<sup>3</sup>;  
 $f$ ——水分, 公斤/公斤湿料, 公斤/米<sup>3</sup>湿气 (或公斤/公斤湿气);  
 $\Delta V$ ——气体体积增量, 米<sup>3</sup>/米<sup>3</sup>;  
 $G$ ——生产能力, 吨/小时;  
 $V$ ——流量, 米<sup>3</sup>/秒;  
 $F$ ——面积, 米<sup>2</sup>;  
 $u$ ——速度, 米/分;  
 $\xi$ ——阻力系数;  
 $\lambda$ ——导热系数;  
 $D, d$ ——直径、粒度, 米;  
 $N$ ——功率, 千瓦;  
 $\eta$ ——效率;  
 $C$ ——热容;  
 $r$ ——潜热, 千卡/公斤;  
 $L$ ——长度, 米;  
 $n$ ——转速, 转/分;

- $\alpha$ ——散热系数、回转窑斜度；  
 $m$ ——球层实体系数；  
 $M$ ——质量，公斤；  
 $\Phi$ ——填充率；  
 $\beta$ ——动自然堆角；  
 $\psi$ ——静自然堆角；氧化度；  
 $f$ ——摩擦系数；  
 $R$ ——回转窑半径，米；球团半径，毫米；  
 $g$ ——重力加速度，米/秒<sup>2</sup>；  
 $\tau$ ——时间，秒；  
 $a$ ——导温率，米<sup>2</sup>/秒；  
 $l$ ——物料所占弧长，米；  
 $S$ ——表面积，米<sup>2</sup>；  
 $q_{\text{FeO}}$ ——磁铁矿氧化反应热效应；  
 $q_{\text{CaCO}_3}$ ——碳酸盐分解反应热效应；  
 $F'$ ——球团氧化亚铁 (FeO) 初始含量，%；  
 $n_0$ ——料层相应表面上球团露出频率；  
 $\sigma$ ——绝对黑体辐射系数；  
 $Z$ ——考虑系统黑度的角系数；  
 $K_{\text{窑}}$ ——窑壁传热系数，千卡/米<sup>2</sup>·小时·°C；  
 $B$ ——正常条件下燃料用量，米<sup>3</sup>/小时，公斤/小时；  
 $Q_{\text{窑}}$ ——燃料燃烧发热量，千卡/公斤；  
 $q_3$ ——燃料化学不完全燃烧(率)；  
 $O_2$ ——烟气平均含氧量，%；  
 $C_{\text{固}}$ ——固定料层换算阻力系数，秒<sup>2</sup>/米<sup>2</sup>；  
 $\gamma$ ——比重、摆动角。

# 目 录

主要符号 .....	Ⅲ
<b>第一章 铁矿造块热工系统与造块设备 .....</b>	<b>1</b>
一、造块设备类型 .....	1
二、设备运转的热工特点 .....	8
1. 炉罩衬里 .....	8
2. 燃烧器 .....	9
3. 抽风一鼓风设备 .....	9
4. 烟道系统 .....	10
5. 烟气除尘 .....	10
6. 工艺分段分配与工艺气流系统 .....	11
7. 炉罩热工状况 .....	11
三、热工设备的要求 .....	12
<b>第二章 造块设备气体动力计算 .....</b>	<b>21</b>
一、带式烧结机 .....	21
1. 带式烧结机气流系统组成部分气体动力特性 .....	21
2. 带式烧结机与烟道系统气体动力特性计算方法 .....	49
二、带式焙烧机 .....	59
1. 带式焙烧机气流系统气体动力特性 .....	59
2. 工艺风机气流系统的漏风 .....	71
三、竖炉 .....	79
1. 移动料层阻力 .....	79
2. 移动层内气流运动方式 .....	80
<b>第三章 带式机热工计算 .....</b>	<b>84</b>
一、带式烧结机 .....	84
1. 烧结开始阶段混合料层内热质交换和气体动力特性 的计算方法 .....	84
2. 烧结开始阶段的分析 .....	94
3. 烧结料层内热交换计算方法的特点 .....	104



二、带式焙烧机 .....	108
1. 料层内温度场计算 .....	113
2. 工艺气流系统 .....	118
<b>第四章 回转式造块设备、冷却机与链篦机—回转窑机组 .....</b>	<b>122</b>
一、回转窑 .....	122
1. 回转窑横断面与纵断面内球团的运动 .....	122
2. 回转窑内热质交换 .....	127
二、球团冷却机 .....	132
1. 冷却机形式 .....	132
2. 环式冷却机 .....	134
3. 球团水冷的特点 .....	136
4. 无接触式圆筒冷却机 .....	137
三、链篦机—回转窑 .....	140
<b>第五章 强化造块过程的途径 .....</b>	<b>147</b>
一、球团料层极限过滤速度的论证 .....	147
二、加大工艺过程参数条件下球团干燥与预热过程的强化 .....	161
三、球团焙烧参数的优选 .....	163
1. 带式焙烧机上料层焙烧热处理最佳温度制度的选择 .....	163
2. 最佳料层厚度与球团粒度的论证 .....	163
<b>第六章 点火器 燃料燃烧装置 .....</b>	<b>170</b>
一、带式焙烧机点火器热工计算特点 .....	170
二、带式烧结机点火器热工计算特点 .....	171
三、对带式焙烧机与带式烧结机的燃料及其输送管路系统的要求 .....	175
四、带式焙烧机与带式烧结机点火器燃料燃烧装置 .....	177
五、烧嘴装置计算 .....	181
1. 燃料燃烧计算 .....	181
2. 烧嘴装置计算 .....	184
<b>参考文献 .....</b>	<b>192</b>

# 第一章 铁矿造块热工系统与造块设备

## 一、造块设备类型

现今，人造富矿的工业性生产主要是用带式机（烧结、球团）、竖炉和链篦机一回转窑（球团）。

目前，在苏联以及其它国家，铁矿粉和铁精矿的烧结生产仍在继续发展，而且烧结矿在人造富矿生产中占据着主要地位。从1965年到1975年，世界烧结矿总产量由一亿九千三百五十万吨增长到三亿二千五百九十万吨<sup>①</sup>。

烧结生产技术进步的特点是，烧结厂生产能力的增大，原料准备与烧结工艺技术的改进。

现代铁矿粉与铁精矿烧结整套工艺设备包括：烧结原料的接受、输送、中和与准备设备，配料称量设备，混合与制粒设备，烧结机，烟道系统与除尘器、主风机和烟囱。在这一整套设备中，烧结机是主体设备。

苏联各类烧结机规格特性列于表1中。

世界各国1951~1976年期间投产的各种不同台车宽度的烧结机分布情况列于表2中。

此期间世界上大型烧结机的技术性能列于表3中。

苏联各类烧结机规格特性

表 1

(统计至1978年1月1日)

烧结面积 (米 <sup>2</sup> )	台车宽度 (米)	占全国总烧结面积比例 (%)
50	2.0	2.6
52~75	2.0	30.6
75~90	2.5~2.8	42.9
>200	4.0	23.9

① 据统计，目前世界烧结矿总生产能力可达6.5~7.0亿吨。——译者注

1955~1976年期间世界各国投产的各类烧结机分布情况 表 2

(据 180 个烧结厂统计资料)

投产时期 (年)	台 车 宽 度 (米)						
	1.5	1.5~2.0	2.5	3.0	3.5~3.7	4.0	5.0
1955~1959	0.8	24.8	64.7	3.0	6.7	—	—
1960~1964	—	7.9	39.3	33.2	15.6	4.0	—
1965~1969	—	2.6	15.0	43.1	8.9	30.5	—
1970~1972	—	—	1.7	7.7	16.6	34.8	39.2
1973~1975	—	—	3.0	12.2	—	30.9	53.9

现在,有一些国家正在建造更大型的烧结机。日本在研制有效面积达1280米<sup>2</sup>的带式烧结机<sup>①</sup>。

由此可见,目前待投产的烧结机生产能力在显著增长。烧结厂全部配套设备和部件,包括有关热工设备(如点火装置、冷却机、烟道系统以及主风机)均在相应地改变。这就对大型烧结厂的设备提出了下述共同要求:设备结构加工简单、运输安装方便、运转可靠、维护便利、部件易于检修。

与此同时,在国外烧结生产实践中,可以见到烧结工艺过程正在实行自动化,烧结厂装备了相关的计量与检测仪表,而且还在简化工艺系统。

在改进烧结工艺方面,最有前途的发展,与热工技术直接有关的有以下几项:进一步加大料层厚度、烧结混合料烟气或蒸汽预热、改善烧结过程中混合料内固体燃料的利用状况、在有效冷却的前提下利用待冷却烧结矿的余热、用各种不太紧缺又较廉价的燃料代替紧缺的焦炭燃料、混合料加氧混合加热(即多段点火)、研制控制烧结过程的数学模型。

用细粒精矿配比不断增大的混合料生产优质烧结矿,这是一个重要的工艺课题。在这方面,研究混合料外部加热的热工制度,以及使通过料层的气流达到最佳过滤速度,有着决定性的意义。

① 目前,国外最大型烧结机的有效面积达600米<sup>2</sup>,已投产的共有三台,均建在日本,即新日铁公司大分2号厂和若松厂,以及住友金属公司鹿岛3号厂。——译者注

世界各国一些大型烧结机技术特性

表 3

公司、厂名、机号	投产年份 (年)	生产能力 (万吨/年)	烧结机规格		主 风 机		风机单位风量 (米 <sup>3</sup> /米 <sup>2</sup> ·分)	
			烧结面积 (米 <sup>2</sup> )	台车宽度 (米)	机 长 (米)	风 量 (米 <sup>3</sup> /分)		抽风负压 (公斤/米 <sup>2</sup> )
苏 联								
新利佩茨克厂, 4号	1974	280	312	4	78	2 × 12000	1350	77
西西伯利亚厂, 3号	1973	235	312	4	78	2 × 12000	1350	77
卡拉干达公司, 3号	1976	220	312	4	78	2 × 12000	1350	77
日 本								
川崎制铁公司, 水岛厂, 4号	1973	438	410	5	82	—	—	—
日本钢管公司, 福山厂, 4号	1971	450	400	5	80	36000	1600	90
日本钢管公司, 福山厂, 5号	1973	600	550	5	110	2 × 25000	1600	91
新日铁公司, 君津厂, 3号	1971	547	500	5	100	2 × 22000	2000	88
新日铁公司, 大分厂, 1号	1972	493	400	5	80	40000	1680	100
住友金属公司, 鹿岛厂, 2号	1973	510	500	5	100	2 × 23000	1800	92
法 国								
翁德·席戴洛公司, 隆巴厂, 2号	1971	450	400	5	80	2 × 16000	1500	80
于齐诺尔公司, 敦刻尔克厂, 3号	71	410	400	5	80	2 × 17750	1500	89
西 德								
克虏伯公司, 莱茵豪森厂, 2号	1972	480	400	4	100	2 × 22000	1400	110

铁矿球团是由磁铁精矿、赤铁精矿、褐铁精矿，以及混合精矿制成的。表4中列出了使用目前三种主要球团焙烧设备，由各种类型精矿生产铁矿球团的情况。1977年，世界铁矿球团总产量为二亿五千一百一十万吨；其中，带式焙烧机的产量为一亿四千八百三十一万吨，链篦机一回转窑和竖炉的产量分别为七千三百万吨和二千九百八十万吨<sup>①</sup>。三种焙烧设备球团产量历年变化情况示于图1中。

世界铁矿球团生产水平

表 4

(按1977年状况统计)\*

设 备	原 料 矿 石 种 类				总 产 量 (百万吨/年)
	磁铁矿	赤铁矿	混合矿	褐铁矿	
带式焙烧机	63.7	32.21	40.8	11.6	148.31
	43.0	21.6	27.5	7.9	59.05
链篦机一回转窑	41.7	14.6	16.7	—	73.0
	57.1	20.0	22.9	—	29.05
竖 炉	28.3	—	1.5	—	29.8
	95.0	—	5.0	—	11.9
合 计	133.7	46.8	59.0	11.6	251.1
	53.2	18.6	23.6	4.6	100.0

\* 分子—球团产量，百万吨/年；

分母—用该种焙烧设备生产的该种矿石球团占总产量的百分比，%。

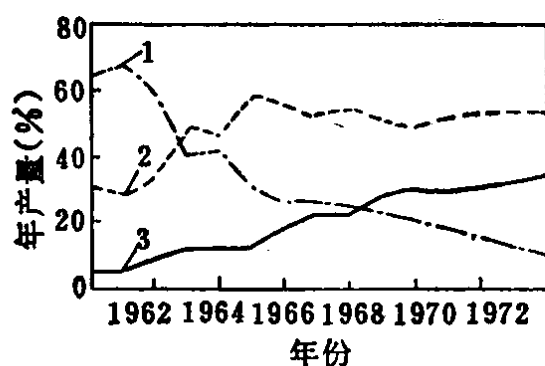


图 1 世界铁矿球团产量历年变化状况

1—竖炉；2—带式焙烧机；3—链篦机一回转窑

① 目前世界上铁矿石球团总产量约2.9亿吨/年，其中带式焙烧机法为1亿6500万吨/年，链篦机一回转窑法为9800万吨/年，竖炉法为2650万吨/年。——译者注

现代球团焙烧用竖炉为矩形断面，宽1.8~2.0米，长4.27~4.58米<sup>①</sup>，球团料柱高达18.3米。这种竖炉的单炉生产能力达1440吨/日。球团竖炉是按逆流原理操作的。

竖炉焙烧一吨球团的单位风量为750~1000米<sup>3</sup>[1~5]，耗电量为19.2~20千瓦·小时<sup>[2]</sup>，耗热量为12.6~26.0万千瓦卡<sup>[1,2,6~10]</sup>，送入炉内的燃烧室气流温度为1000~1370°C，排出废气温度为115~150°C<sup>[2,10]</sup>。

世界上第一台工业性带式焙烧机是建在美国银湾（Silver Bay）里塞夫球团厂，台车宽度为1.84米，有效面积为94.5米<sup>2</sup>，生产能力为2500吨/日<sup>[11]</sup>。现代带式焙烧机的宽度达到4米，单机生产能力达到10000吨/日<sup>②</sup>。

与球团竖炉不同，铺到带式焙烧机移动台车上的球团料层是固定的，球团的干燥、预热、焙烧和冷却是借热载体（烟气）或冷却风流滤过料层的方式来进行的。根据球团焙烧工艺的不同，带式焙烧机划分成若干工艺段，每一工艺段具有各自相应的温度—时间参数。因此，各个带式焙烧机的热工系数和焙烧制度本质上差别是很大的。在带式焙烧机各点火加热段内通过燃烧液体或气体燃料获得高温热载体。焙烧机排出的高温尾气一般均用作球团干燥的热载体。

带式焙烧机焙烧一吨球团的单位风量为2300~2700米<sup>3</sup>[12,13]；耗电量为25~35千瓦·小时<sup>[11]</sup>；耗热量为15~50万千瓦卡<sup>[1,14~16]</sup>，焙烧温度为1200~1375°C；排出废气温度为225~450°C<sup>[12,16,17]</sup>；机上卸出的球团温度为90~375°C<sup>[12,16,18]</sup>。

与其它球团生产方法相比，带式焙烧机的特点是，单机生产能力大，温度制度控制简单。

带式焙烧机的生产技术经济指标可以通过改进气流系统和重新分配各工艺段面积的方法来改善。国外现代带式焙烧机的特点

① 北美有几座矩形球团竖炉，断面宽2.4~2.9米，长5.5~6.4米。——译者注

② 目前世界上最大的带式焙烧机有效面积达704米<sup>2</sup>，台车宽4米，建在巴西乌布角球团厂，生产能力为500万吨/年。——译者注

是<sup>[19,20]</sup>：工艺分段分配方式合理、高温循环气流的热利用效率高、球团冷却效果好<sup>[21]</sup>。因此，带式焙烧机利用系数可达1.2吨/米<sup>2</sup>·小时，单位热耗为17~19万千卡/吨。

带式焙烧机的利用系数在很大程度上取决于所处理的原料矿石种类。其中，就几种主要精矿来说，处理磁铁精矿时，利用系数为1.074，赤铁精矿为0.833，混合矿为0.78，褐铁精矿为0.674。

1966年，全苏冶金热工研究所（ВНИИМТ）与乌拉尔黑色冶金动力托拉斯（УЭЧМ）同索科洛夫斯克—萨尔拜依斯克采选公司（ССГОК）一起共同论证了球团带式焙烧机的一种合理热工系统<sup>[22]</sup>。在该系统中提出了焙烧磁铁精矿球团时带式焙烧机各工艺段内热工系统及球团料层热处理（焙烧）制度的主要改进方向。

后来，带式焙烧机的热工系统经过了改造，并且在冶金部门的全部带式机球团厂内得到应用，从而明显改善球团厂的生产技术经济指标<sup>[22~30]</sup>。

在链篦机—回转窑机组中，球团焙烧的各道工艺过程是在三个单独的设备内分别进行的，这三个设备由工艺气流系统连接成为一个整体。生球干燥与预热，使用的是在比较不太高的温度下运转的链篦机。链篦机上球团料层厚度（比带式焙烧机）薄得多，这保证了气流过滤速度较快，而且沿料层厚度上温度分布较匀。球团高温焙烧，使用的是回转窑，球团料层在窑内翻转滚动，热处理时间较长，保证了物料断面上温度分布均匀，成品球团质量良好。球团冷却，使用的是单独的各种冷却机。

用链篦机—回转窑机组生产球团的方法，最初是由美国爱立斯·恰默斯公司（Allis-Chalmers）研究出来的，该法英文原名为“Grate-Kiln”（亦即“链篦机—回转窑”之意）。世界上第一座链篦机—回转窑球团厂系根据美国亨博尔特矿山公司（Humboldt Mining Co.）的订货于1960年建成投产的。

链篦机—回转窑操作原理系统示于图2。准备好的混合料

(铁精矿、石灰石、膨润土) 给入圆筒造球机或圆盘造球机造球，生球经生球筛清除碎粉后铺到链篦机上。链篦机划分为干燥段和预热段。在干燥段内，温度为 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$  (由预热段排出) 的气流自下而上通过生球料层，温度为 $110\sim 130^{\circ}\text{C}$ 的废气排入大气。经过干燥之后，料层平均球团温度达到 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，在采用双向给入热载体 (气流) 的系统时，此温度可达 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 。在预热段内，球团受到来自回转窑的 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 高温烟气的物理热的作用进行加热和预固结。球团的最终固结是在回转窑内于 $1250\sim 1350^{\circ}\text{C}$ 温度下进行的。高温球团排入冷却机<sup>[34]</sup>。在一些机组系统中，环冷机第一冷却段出口处球团平均温度为 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，在第二冷却段出口处为 $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ <sup>[8, 31, 33]</sup>。链篦机—回转窑法的燃料单位耗量一般不超过20万千卡<sup>[15, 31, 32, 34, 35]</sup>，耗电量不超过40千瓦·小时<sup>[32, 35]</sup>。

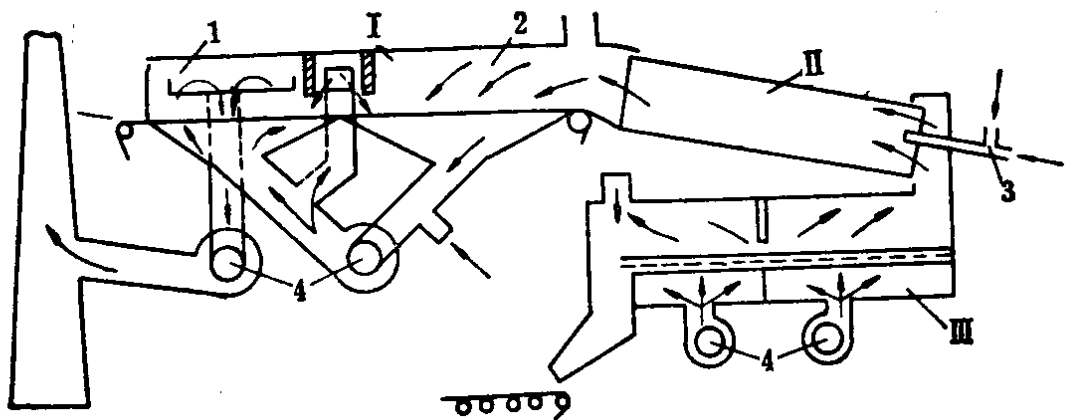


图 2 链篦机—回转窑机组示意图

I—链篦机；II—回转窑；III—环冷机

1—干燥段；2—预热段；3—窑头烧嘴；

4—工艺风机和烟囱

在现有链篦机—回转窑机组中已经采用的链篦机的宽度为 $2.85\sim 3.75$ 米，机长达 $53.3$ 米；回转窑直径为 $3.0\sim 6.5$ 米，窑长为 $35\sim 48$ 米，回转窑转速为 $30\sim 120$ 转/小时<sup>①</sup>。

① 目前，世界上最大的链篦机—回转窑建在美国的蒂尔登球团厂，链篦机宽 $5.66$ 米、机长 $64.2$ 米；回转窑直径为 $7.62$ 米，窑长 $48.73$ 米。——译者注



## 二、设备运转的热工特点

### 1. 炉罩衬里

苏联的带式焙烧机全部设计采用箱形炉罩。OK-108型带式焙烧机的2~6号改进型均无回热管道与外部燃烧室。OK-7-108型、OK-306型和OK-520型带式焙烧机设有回热管道与外部燃烧室。在OK-7-108型和OK-306型带式焙烧机上，所有各工艺段的炉罩结构均相同。在OK-520型带式焙烧机上（与西德鲁奇式带式焙烧机一样），仅预热段和焙烧段的炉罩结构是相同的，而在干燥段和冷却段上，设计采用的是单独的金属罩，罩内有衬里，或者罩外加绝热层。衬层的主体部分是高铝耐火砖（ $Al_2O_3$ 含量为45%）。耐火砌体的寿命决定于以下因素：支撑冷却装置的工作效率、侧壁砌体内有无埋设的耐热钢带、砌体的密实程度、干燥与烘炉制度、带式机停机频度、耐火砌体的检修质量。一般来说，焙烧段与冷却段炉罩纵向侧壁以及焙烧段与相邻各段的隔墙寿命最短。在受热强度大于50万千卡/米<sup>3</sup>·小时的条件下，耐火衬里的寿命急剧缩短。

改进炉罩衬里的远景措施，应当是：采用重量较轻、效果较好、但目前尚紧缺的耐火材料和绝热材料，如ШЛБ-0.4、ШЛБ-0.6、ВГЛ-1.0、ВГЛ-1.3号轻质耐火材料和高级耐火材料；ВГО-72、ВГП-72号（ $Al_2O_3$ 含量在72%以上）高铝耐火材料；1100°C工作温度下绝热用的高岭土耐火纤维；以及1000°C工作温度下用的轻质耐热混凝土（容重在400公斤/米<sup>3</sup>以下）。

从减小砌缝周长和缩短砌衬检修（更换）时间的角度来看，最迫切的问题是使用大砌块代替标准耐火材料。

加大带式焙烧机有效面积，以及利用苏联已有的各种国产先进耐火材料，可以降低焙烧机每平方米有效面积的耐火材料单位耗用量。如：

机 型	OK-7-108	OK-306	OK-520
炉罩与烟道耐火材料			