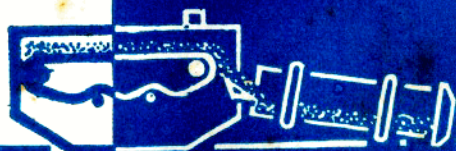


国外

鏈篦机—— 回轉窑

氧化球团文集



4 (上)

四川省渡口市科学技术情报研究所

前言

《国外往复式压缩机》文集第四集〔上〕，系《厂例专辑》，共收集了世界二十个国家的二十四家压缩机厂，其中有六十年代初期最早投产的老厂，也有七十年代建成的新厂。这些压缩机厂，除了比利时克拉伯克厂（Krausskopf）外，几乎都是爱立信（Atlas Copco）的子公司，即：“往复式·圆转式·卧式冷压机。”

[illegible]

另外,尚有几家已知的球团厂,如瑞典的球团厂、土耳其的球团厂、毛里塔尼亚萨米亚球团厂等,因资料不足,未能列入。

本文由长沙矿山设计院袁文彬同志负责本集(上)的编辑工作。本集(上)先印刷出版,本集(下)紧接着印刷出版。

由于时间关系和水平所限，本辑中错误欠妥之处，

一九八〇

目 录

前 言

一、亨博尔特球团厂〔美国〕	(1)
二、雷普布利克球团厂〔美国〕	(7)
三、恩派尔球团厂〔美国〕	(12)
四、皮奥尼尔球团厂〔美国〕	(19)
五、巴特勒球团厂〔美国〕	(25)
六、纳雄耐尔球团厂〔美国〕	(28)
七、埃弗勒思球团厂〔美〕	(32)
八、明塔克球团厂〔美国〕	(36)
九、蒂尔登球团厂〔美国〕	(41)
十、亚当斯球团厂〔加拿大〕	(48)
十一、谢尔曼球团厂〔加拿大〕	(54)
十二、塞普特艾利斯球团厂〔加拿大〕	(59)
十三、神户球团厂〔日本〕	(65)
十四、加古川一号球团厂〔日本〕	(71)
十五、加古川二号球团厂〔日本〕	(80)
十六、广畑球团厂〔日本〕	(85)
十七、邦格球团厂〔利比里亚〕	(99)
十八、怀阿拉球团厂〔澳大利亚〕	(104)
十九、冯迪多拉球团厂〔墨西哥〕	(113)
二十、瓦斯科球团厂〔智利〕	(118)
二十一、雷德卡球团厂〔英国〕	(132)
二十二、席德瓦兰格尔球团厂〔挪威〕	(141)
二十三、第聂伯河采选公司球团厂〔苏联〕	(148)
二十四、克拉伯克球团厂〔比利时〕	(151)

〔附表〕 世界链篦机一回转窑球团厂主要工艺设备技术规格一览表

一、亨博尔特球团厂

〔美国〕

——世界上第一座爱立斯·恰默斯型链篦机一回转窑球团厂

一、概 况

亨博尔特矿山公司 (Humboldt Mining Co.) 亨博尔特球团厂 (Humboldt Pellet Plant) 位于密执安州上部半岛 (Upper Peninsula) 马科特矿区 (Marquette Range)。亨博尔特球团厂系世界上第一座采用爱立斯·恰默斯型链篦机一回转窑处理浮选赤铁精矿的球团厂。

五十年代初期, 针对马科特矿区的镜铁矿, 提出了一种浮选工艺。克利夫兰克利夫斯钢铁公司创先建造了两座浮选厂。一座是马科特铁矿公司雷普布利克厂, 另一座便是亨博尔特矿山公司亨博尔特厂。亨博尔特公司系由克利夫兰克利夫斯公司与福特汽车公司合资建立, 并由克利夫兰克利夫斯公司经营。

一九五四年亨博尔特厂建成投产, 生产能力为 650 吨/日精矿。一九五五年精矿产量提高到约 1000 吨/日。选矿产品由于粒度细, 不能直接入炉, 便在福特汽车公司路达路烧结厂烧结。

一九五八年克利夫兰克利夫斯公司着手进行扩建亨博尔特破碎厂、浮选厂和兴建亨博尔特球团厂的设计工作, 球团厂设计能力为 2000 吨/日高炉球团。爱立斯·恰默斯公司、麦奇公司和克利夫兰克利夫斯公司最先于一九五七年便合作研究了浮选赤铁精矿的链篦机一回转窑球团工艺, 并且对已有的各种球团焙烧方法做了比较分析, 最后确定采用链篦机一回转窑球团法。这种机组利用了料流与气流的对流传热, 热效率高, 而且回转窑对于提供球团最终焙烧温度是很理想的。球团在窑内一边旋转滚动, 一边经受焙烧, 这有助于获得均质产品。

亨博尔特球团厂于一九五九年春季开始动工, 一九六〇年七月和九月, 两套链篦机一回转窑系统相继投产。每套系统有两台圆筒造球机, 一台链篦机, 一座回转窑和一百环式冷却机。这些主要球团设备都是由爱立斯·恰默斯公司设计和制造的。球团厂的设计与施工是由麦奇公司承担的。球团厂最初设计能力为 80 万吨/年, 一九七八年达到 90 万吨/年以上, 单套产量达到 1286 吨/日。

二、原 料 准 备

亨博尔特矿所开采的是一种低品位磁石、镜铁矿和磁铁矿混合矿石, 含有少量假象赤铁矿和绢云母。铁氧化物呈不同厚度带条状赋存于铁磁岩中, 有些地方, 氧化物呈极细粒状变体遍布在各磁石层中。

采矿是用普通的穿孔爆破露天开采方法，采下的矿石用电铲装入自卸汽车运至初破碎站。破碎到12.7毫米以下的原矿再经过下述处理：1. 磨矿和分级：先开路棒磨、后球磨加水力浮槽振动分级机闭路磨矿，磨到65%小于200目；2. 脱泥：两段串联旋流器，溢流粒度小于20微米。

脱泥旋流器沉砂含固体65~70%，给入串联配置的调浆搅拌槽内调制一定时间。在调浆槽内分段加入各种浮选药剂，然后给入浮选流程。

浮选流程由三段组成：粗选、精选和二次精选，在二次精选阶段获得最终精矿。粗选尾矿用泵打入扫选机，得出最终尾矿和扫选精矿。扫选精矿加到一次精选和二次精选的尾矿一起给入扫选精选机，获得的精矿返回各浮选系列的头部。浮选精矿用泵打入浓浆机。浮选精矿品位均为62.5% Fe, 8.8% SiO_2 。精矿粒度为40~45%小于325目。

该公司研究表明，为使制出的生球具有足够的强度，精矿需要再磨到小于325目占

75~80%，所以在选厂设有再磨段。再磨设备有：带式给料机、皮带运输机、两台 3.2×4.88 米球磨机、四台直径2.05米八槽盘式过滤机、滤液泵；两段真空皮带脱水机和球团厂输送再磨精矿滤饼的运输机系统。精矿再磨过程中，每四小时取样一次，分析再磨精矿粒度组成，以调节磨机的给料量。再磨精矿滤饼的水分控制，与精矿粒度同样重要。每两个小时取样，分析一次滤饼水分，使精矿滤饼水分保持为9.0~9.5%正式。

目前，霍普布利克厂的初选精矿由铁球团厂玉亨博尔特厂供生产球团。在用海板分级法选别之前，精矿用闭路球磨机再磨，磨到80~82%小于325目，比表面积为1480厘米²/克，滤饼水为9.0%。

三、造球与焙烧

玉亨博尔特球团厂工艺流程与设备配置方式分别示于图1-1至图1-4中。

再磨精矿由选矿厂用宽810毫米皮带机运到球团厂，装卸到一台板式皮带机上装入四个450吨圆锥型矿槽内，可供给球团厂生产14小时的原料。精矿经直径2.6米圆盘给料机由矿槽给到皮带机并由皮带秤自动称量。

皂土用密闭罐车皮运入厂内，借螺旋泵和空气压缩机将干皂土粉送入四个85吨皂土槽内，皂土槽排气经袋式除尘器除尘。皂土槽装有圆辊给料机，正常给料量为68公斤/小时。

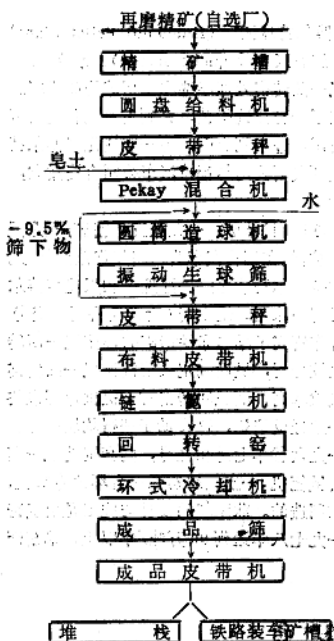
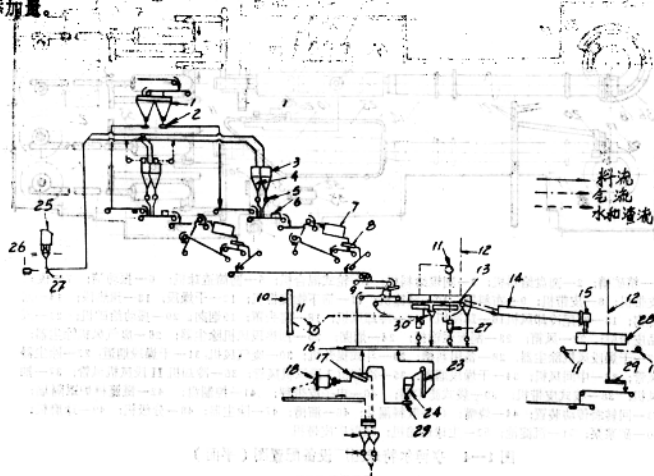


图1-1 玉亨博尔特球团厂工艺流程示意图

左右，设计皂土添加量为0.5%，目前一般用量为7.2~8.4公斤/吨球团，由上述皮带秤控制添加量。



1—原料槽；2—圆盘给料机；3—石灰槽；4—皂土槽；5—圆盘给料机；6—轮式混合机；7—垂直滚动机；8—垂直滚动机；9—垂直滚动机；10—垂直滚动机；11—垂直滚动机；12—垂直滚动机；13—垂直滚动机；14—垂直滚动机；15—垂直滚动机；16—垂直滚动机；17—垂直滚动机；18—垂直滚动机；19—垂直滚动机；20—垂直滚动机；21—垂直滚动机；22—垂直滚动机；23—垂直滚动机；24—垂直滚动机；25—垂直滚动机；26—垂直滚动机；27—垂直滚动机；28—垂直滚动机；29—垂直滚动机；30—垂直滚动机；31—垂直滚动机；32—垂直滚动机；33—垂直滚动机；34—垂直滚动机；35—垂直滚动机；36—垂直滚动机；37—垂直滚动机；38—垂直滚动机；39—垂直滚动机；40—垂直滚动机；41—垂直滚动机；42—垂直滚动机；43—垂直滚动机；44—垂直滚动机；45—垂直滚动机；46—垂直滚动机；47—垂直滚动机；48—垂直滚动机；49—垂直滚动机；50—垂直滚动机；51—垂直滚动机；52—垂直滚动机；53—垂直滚动机；54—垂直滚动机；55—垂直滚动机；56—垂直滚动机；57—垂直滚动机；58—垂直滚动机；59—垂直滚动机；60—垂直滚动机。

图1-2 亨博尔特球团厂工艺设备衔接图

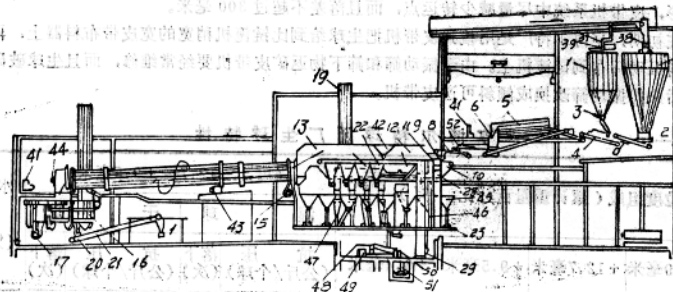
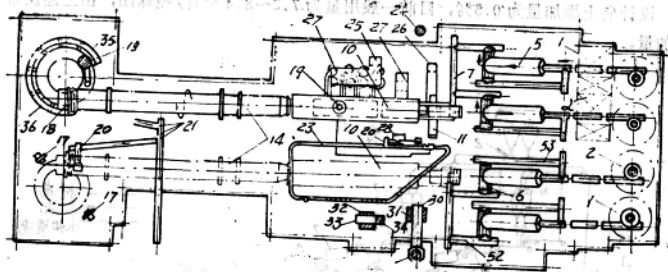


图1-3 亨博尔特球团厂设备配置图(剖面)



- 1—筛矿槽；2—圆盘给料机；3—圆锥给料机；4—轮式混合机；5—圆筒造球机；6—振动筛；7—板式皮带机；8—皮带机；9—布料器；10—球磨机；11—筛下物皮带机；12—干燥段；13—预热段；14—回转窑；15—普通冷却风机；16—环冷机；17—冷却风机；18—影头罩；19—烟囱；20—振动给料机；21—成品皮带机；22—风箱；23—刮板输送机；24—烟囱；25—预热段风机除尘器；26—废气风机除尘器；27—干燥段风机除尘器；28—备用料槽；29—斗式提升机；30—废气风机；31—干燥段烟道；22—除尘器风管；32—中间风机；34—干燥段烟道；35—冷却机I段风机风管；36—冷却机II段风机风管；37—抽风机；38—板式皮带机；39—一级除尘器；40—电子皮带秤；41—控制盘；42—链篦机炉罩隔墙；43—回转传动装置；44—烧嘴；45—原料漏斗；46—溜槽；47—除尘器；48—分级机；49—球磨机；50—矿浆泵；51—沉淀池；52—生球输送机；53—返矿皮带机

图1-4 亨博尔特球团厂设备配置图(平面)

精矿与粘结剂经轮式混合机充分混合之后输入造球系统。造球系统的皮带机宽度为760毫米。亨博尔特厂有两个造球系列，每一系列有两台圆筒造球机，造球机直径为2.74米，长度为9.14米，由一台60马力直流电动机传动，圆筒转速范围为8~16转/分，一般用12~13转/分。圆筒斜度为0.125米/米，采用往复式刮刀，刮刀速度范围为15~60次/分，一般用36次/分。生球经带螺旋切口的排料端排出，均匀分布到振动生球筛上。生球筛宽1.54米，长4.27米，倾斜15°，振动频率900次/分，振幅9.52毫米，筛孔9.52毫米。筛下物用返矿皮带机返回造球系统，筛上生球经布料设备布到链篦机上。为避免在输送过程中生球碎裂和变形，皮带机系统中尽量减少转运点，而且落差不得超过300毫米。

在初期，亨博尔特厂是用板式皮带机把生球给到比链篦机稍宽的宽皮带布料器上，再经过布料器振动筛布到链篦机上。由于振动筛和筛下物返矿皮带机要经常维修，而且生球破碎严重，后来将振动筛改换成倾斜可逆皮带机。

表1-1

亨博尔特球团厂生球特性

粒度组成 (累计重量百分比, %)				强度: 12.7~9.5毫米				水分 (%)
+15.9毫米	+12.7毫米	+9.5毫米	+6.3毫米	抗压 (公斤/个球)	落下 (次)	抗压 (公斤/个球)	落下 (次)	
5.1	50.0	98.1	99.7	0.77	10	5.44	36	8.9

链篦机—回转窑系统的一个独特优点就是利用整个工艺系统气流的热值。球团是从链篦机转到回转窑内再给入环冷机，而工艺气流是按相反方向流动的。进入环冷机的常温空气在完成冷却作用的同时温度升高，然后作为二次燃烧用风给入回转窑，由窑尾排出的热烟气给至链篦机预热段料层上部，再下向抽风通过料层，提供球团预热所需热量。预热段排出气流经除尘后再通过链篦机干燥段上的料层。这样，整个链篦机—回转窑系统是按逆流热交换器的原理工作的，并且大部分热量是在回转窑内得到的。

生球在宽2.84米、长21.64米（轴中心距）链篦机上进行干燥和预热，料层厚度为180毫米。链篦机由一台直流电动机传动，借四条机链带动篦板，机速范围为0.25~1.27米/分。链篦机总面积为48.3米²，沿机长配置七个风箱，风箱长度2.41米，干燥段三个风箱，有效面积19.66米²（占40%），预热段四个风箱，有效面积26.48米²（占60%），干燥段和预热段均为抽风式的。预热段炉罩衬以异形耐火砖、风箱衬以耐磨浇注耐火材料，干燥段炉罩衬以可塑耐火材料，风箱不加衬里。

生球随着链篦机在前面9.14米干燥段上移动，干燥段炉罩内温度260~343℃的气流抽过料层，提供足够的干燥热量。干燥段风箱的温度为82~121℃。预热炉罩靠回转窑尾气保持1000~1100℃的温度，并由一个辅助烧嘴供热，耗油量为10加仑/小时。回转窑尾气抽过料层将球团预热，约于315~343℃的温度经预热段排出，预热球团由一个水平不锈钢铲料板铲起并经过衬以耐火砖的溜槽卸入回转窑内。

链篦机利用系数为27.91吨/米²·日。

回转窑内径3.05米、长36.58米、有效容积为289.6米³、斜度为0.047米/米，由350马力直流电机传动，转速范围为30~120转/小时，一般用112转/小时。另外还配备一台备用的汽油发电机。

回转窑内料层温度范围为1343~1354℃。窑头装有一个自动喷油的烧嘴，烧6号油，耗油量为500加仑/小时，供给回转窑焙烧球团的所需热量。现在该厂在设计采用烧天然气和燃油的混合烧嘴。口转窑头尾两端均为双层壁结构，采用强制送风冷却。窑内高温段衬以0.23米厚高级耐火砖，温度较低的窑尾段衬以0.15米厚耐火砖。

焙烧球团由窑头排到环冷机上冷却，冷却机平均直径7.72米、台车宽1.3米、有效面积为25.5米²、料层厚度为760毫米。环冷机由两台按180°配置的电动机传动，冷却机速度

表1—2 亨博尔特球团厂工艺风机技术性能

风机与代号	风 量 (米 ³ /秒)	静 压 (毫米水柱)	风温 (℃)	密 度 (公斤/米 ³)	电 动 机			功率 因数
					转 速 (转/分)	瓩	马力	
冷却风机(3B)	12.74	508	21	1.153	1285	75	100	1.0
冷却风机(3A)	8.02	508	21	1.153	1285	75	100	1.0
预热风机(1)	41.53	254	371	0.464	780	186	260	1.0
干燥风机(2A)	46.25	389	121	0.801	750	261	350	1.0
干燥风机(2B)	41.53	254	121	1.801	720	224	300	1.0

为0.5~2.5转/小时,由两台鼓风冷却风机将周围空气鼓过料层,使球团冷却到大气温度。冷却机高温段排出的高温气流回收给入回转窑。环冷机移动段衬以浇注耐火材料,固定段衬以耐火砖。

冷却球团从冷却机排矿槽排出,由皮带机转给成品皮带机再运往成品装车矿槽或给到料场堆存。

亨博尔特球团链篦机-回转窑系统工艺风机性能列于表1-2中。成品球团物理特性列于表1-3中。

表1-3 亨博尔特厂成品球团物理特性粒

粒 度 组 成 (%)					常温抗压强度(公斤)		堆比重 (公斤/米 ³)	转鼓指数 (%)	
+1.59 毫米	+12.7 毫米	+9.5 毫米	+6.4 毫米	+0.6 毫米	-15.9~ +12.7 毫米	-12.7~ +9.5 毫米		+6.4毫米	+0.6毫米
7.0	34.0	96.1	98.9	0.4	347	272	1954	96.8	3.1

主要参考文献

- [1] Blast Furnace and Steel Plant, 1961, №6.513~528;
- [2] World Mining, 1961, №11, 16~26;
- [3] J. of Metals, 1962, Apr., 303~305;
- [4] Mining Congress J., 1961, №12, 61~68;
- [5] Steel, 1960, №16, 160, 183;
- [6] Minerals Processing, 1967, №1, 24~25;
- [7] 《ベレツト》, 1977, 174;
- [8] 《Agglomeration 77》, 1977, 46~73;
- [9] 《Окомкование Тонко-измельченных Концентратов железных Руд》, 1971, 159~163;
- [10] 《矿山设计报导》, 1972, №3.

(上接40页)

- [13] 《ベレツト》, 1977, 198~199;
- [14] 《43rd Annual Meeting, AIME》, 1970, 49~52;
- [15] 《49th Annual Meeting, AIME》, 1976, 4—1—4;
- [16] E/MJ, 1979, №1, 65;
- [17] 《赴美考察资料》, 1979 (长矿院);
- [18] 《美国球团厂考察报告》, 1979, 10 (长矿院);
- [19] 《矿山设计报导》, 1972, №3 (长矿院)。

二、雷普布利克球团厂

〔美国〕

一、概 况

马克特铁矿公司雷普布利克球团厂位于密执安州上部半岛马克特矿区。马克特铁矿公司系包括露天矿、选矿厂和球团厂的联合矿山企业，由琼斯劳林钢铁公司（Jones Langhlin Steel Corp.）、惠林匹兹堡钢铁公司（Wheeling Pittsburgh Steel Corp.）、国际收割机公司（International Harvester Co.）和克利夫兰克利夫斯钢铁公司联合投资，并且克利夫兰克利夫斯公司经营管理。

雷普布利克球团厂采用两套爱立斯·恰默斯型链篦机—圆转窑，先后于一九六二年二月和十二月投入生产运转，球团厂设计能力为200万吨/年球团，单套设计日产量为2540吨，一九七七年该公司发表的数据是3828吨/日（每套），球团厂产量达到230万吨/年。

二、原 料 准 备

雷普利克厂所处理的原矿主要是镜铁矿，还有少量磁铁矿和假象赤铁矿。脉石主要是石英、绢云母、滑石、铁闪石、镁铁闪石、绿泥石以及方解石。

露天矿采下的矿石经破碎后，将小于12.7毫米的细碎产品用皮带输送机运到选矿厂的矿槽内。

雷普布利克选矿厂采用初浮选和粗精矿再磨，热浮选流程（参见图2—1）。选矿厂的原矿处理能力为800万吨/年，年产粗精矿350万吨。粗精矿品位为61.5%Fe。75%粗精矿经闭路球磨机再磨后入热浮选系统，所得最终浮选产品供给雷普布利克球团厂，其余25%粗精矿供给10公里以外的亨博尔特球团厂。

由于热浮选过程耗热量高达4.1万千卡/吨，所以目前雷普布利克厂已将采用再磨—热浮选流程处理的粗精矿量减少到40%（精矿品位提高到66.9%Fe），有40%采用再磨—虹吸脱泥机流程处理（精矿品位提高到65%Fe），其余20%再磨后直接给入球团厂。

再磨—加热浮选的精矿用三台直径13.7米浓缩机浓缩后，与虹吸脱泥机的精矿以及不再经过选别处理的再磨精矿合并，用十二台直径2.06米八圈盘式过滤机脱水，然后将滤饼送入球团厂。

球团厂原料精矿粒度为80~82%小于325目，比表面积为1410厘米²/克，滤饼水分7.5%。

雷普布利克球团厂工艺流程示于图2—1中。

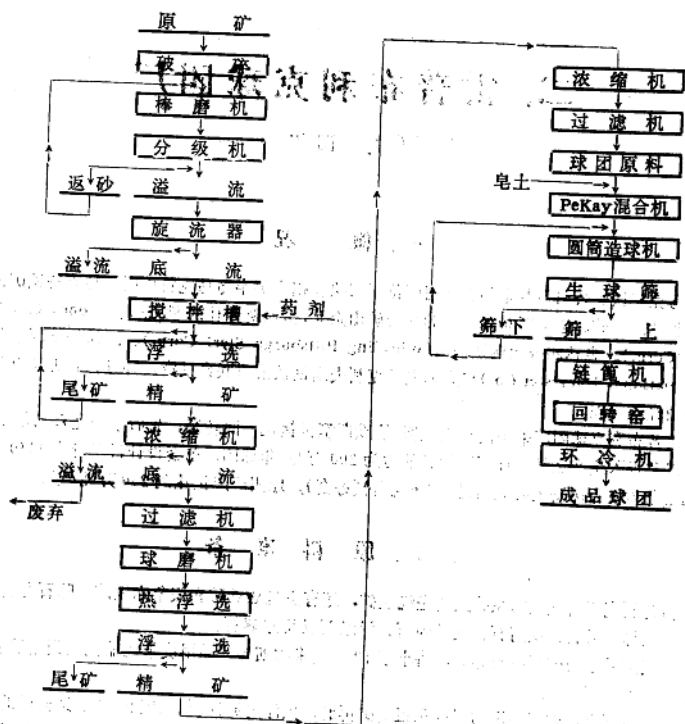


图 2—1 雷普布利克球团厂工艺流程示意图

三、造球与焙烧

雷普布利克球团厂每一链筒机-回转窑系统配四台圆筒造球机。造球机内径 2.74 米长度为 9.14 米，由一台 44.8 千瓦直流变速电动机传动，转速为 12~14 转/分。圆筒斜度为 0.125 米/米，造球机采用往复式刮刀，由一台 2.2 千瓦直流变速电动机传动，刮刀速度为 38 次/分。圆筒造球机与振动生球筛闭路，振动筛宽 1.52 米、长 4.27 米、斜度 17°，振动频率 900 次/分，振幅 9.52 毫米，筛孔 9.52 毫米。精矿与皂土等添加剂经 PeKey 型轮式混合机混合后给入造球机。给料量为 48 吨/小时。混合料中皂土添加量为 7.4~8.2 公斤/吨球团。制出的生球质量特性列于表 2—1 中。

表2-1

雷普布利克厂生球特性

粒度组成(累计重量百分比,%)				强度, -12.7~+9.5毫米				水分 (%)
+15.9毫米	+12.7毫米	+9.5毫米	+6.4毫米	湿球		干球		
				抗压 (公斤)	落下 (0.3米)	抗压 (公斤)	落下 (0.076米)	
6.1	51.7	99.2	99.7	0.86	31次	9.52	42次	8.6

在雷普布利克球团厂,与亨博尔特厂相同,初期,生球先是给到板式皮带机,再给到宽皮带布料器,最后经过一个振动筛式布料器铺到链篦机。由于振动筛及筛下返矿带皮机需经常维修,而且生球破碎严重,后来雷普布利克一号将振动筛换成倾斜可逆皮带机。雷普布利克二号在宽带布料器后面装了一台辊式布料器。

一号链篦机宽度为3.73米、长度(轴中心距)为38.53米、二号链篦机宽度为3.71米、长度为38.52米,均有十四个风箱,风箱长度为2.41米,干燥段六个风箱,预热段八个风箱,各段面积是:

机 号	干 燥 段 (米 ²)		预 热 段 (米 ²)	
	总 面 积	有效面积	总 面 积	有效面积
一 号	54.07	52.67	72.09	70.70
二 号	53.70	52.30	71.63	70.23

生球在链篦机上经过抽风干燥和预热后转入回转窑内焙烧。雷普布利克厂一、二号链篦机的利用系数为31.13吨/米²·日。

回转窑内径为4.57米、长度为34.75米,高温焙烧段衬以高铝耐火砖,两端较低温段衬以普通耐火砖。回转窑斜度为0.052米/米、转速为68转/小时。焙烧好的球团排到冷却机上冷却。

环冷机直径12.50米,台车宽度为2.13米,有十二个风箱。环冷机由一可移动的隔墙分成第一冷却段和第二冷却段。冷却机上料层厚度为760毫米。第一冷却段的高温气流作为二次燃烧用风回收给入窑内。

在正常情况下,由窑头烧嘴燃烧天然气来供给焙烧所需热量。现在雷布利克厂已装上了烧天然气与燃油的混合烧嘴。工艺气流与料流逆向通过链篦机-回转窑系统。回转窑尾气经风机抽过预热段料层(链篦机系统现已改用静电除尘器进行除尘),然后再经干燥段风机抽过干燥段料层,最后经烟囱排入大气中。

雷普布利克厂一、二号链篦机-回转窑系统工艺气流温度状况如下:

冷却机排烟	520℃
回转窑二次风	1125℃

回转窑(球团温度) 1130℃

1-3表

预热段炉罩	960℃
预热段风箱 1号	150℃
2号	190℃
3号	240℃
4号	305℃
5号	325℃
6号	370℃
7号	355℃
8号	340℃
抽风干燥段1炉罩	235℃
抽风干燥段1风箱	115℃

雷普布利克厂一、二号系统工艺风机技术特性列于表2-2中。

表2-2

工艺风机技术特性

风机与代号	风量 (米 ³ /秒)	静压 (毫米水柱)	风温 (℃)	密度 (公斤/米 ³)	电 动 机			
					转 速 (转/分)	缸	马力	功率 因数
雷普布利 克一号	冷却风机(3B与3A)	25.96	508	21	1.153	1770	186	2501.0
	预热风机(1B与1A)	58.99	254	399	0.481	721	224	3001.0
	干燥风机(2)	113.27	413	93	0.801	720	746	10001.0
雷普布利 克二号	冷却风机(3B与3A) 及预热风机(1B与 1A)均同一号系统							
	干燥风机(2)	115.62	353	121	0.849	720	597	8001.0

雷普布利克厂成品球团物理特性列于表2-3中。

表2-3

成品球团物理特性

粒 度 组 成 (%)					常温抗压强度(公斤)		堆 比 重 (公斤/米 ³)	转鼓指数 (%)	
+15.9 毫米	+12.7 毫米	+9.5 毫米	+6.4 毫米	-0.6 毫米	-15.9— +12.7 毫米	-12.7— +9.5毫米		+6.4毫米	-0.6 毫米
6.5	64.4	95.9	98.0	0.7	426	307	1986	96.9	3.0

成品球团化学成分(%)为:

TFe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	P
65.2	5.51	30.36	0.50	0.12	0.04	0.039

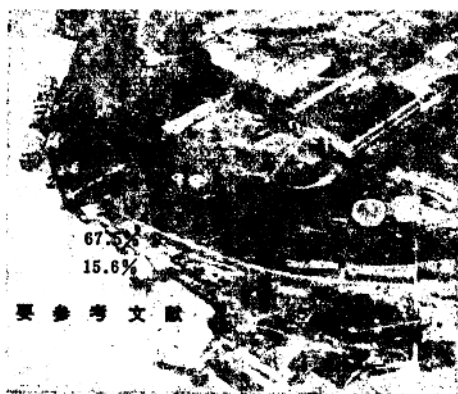
主要参考文献

- [1] Transactions of Society of Mining Engineers, 1963, June, 122~126;
- [2] Minerals Processing, 1967, No1, 23;
- [3] Skillings' Mining Review, 1977, No21, 18;
- [4] 《Agglomeration 77》, 1977, 46~73;
- [5] 《ベント》, 1977, 208~210;
- [6] 《矿山设计报导》, 1972, No3.

(上接27頁)

抗压强度
最大
最小
平均

3. 还原特性:
JIS 还原率
JIS 膨胀率



67.5%
15.6%

主要参考文献

- [1] E/MJ, 1968, No11, 92~94;
- [2] E/MJ, 1974, No11, 110~111;
- [3] Skillings' M.R., 1975, No32, 43~44;
- [4] Skillings' M.R., 1976, No31, 13~15;
- [5] Skillings' M.R., 1977, No31, 20;
- [6] Skillings' M.R., 1978, No30, 25;
- [7] Iron and Steel Engineer, 1968, No1, 109~118;
- [8] 《K Int. Mineral Processing Congr. Proceedings》, 1970, 173~238;
- [9] 《ベント》, 1977, 114~117;
- [10] 《矿山设计报导》, 1972, No3.

三、恩派尔球团厂

〔美国〕

一、概 况

美国克利夫兰克利夫斯钢铁公司恩派尔矿（Empire Mine）位于密执安州尼戈尼以南约 10 公里的帕默村附近（见图 3 照片）。恩派尔矿系一包括露天矿、选矿厂和球团厂的联合企业，它属于恩派尔铁矿公司（Empire Iron Mining Co.），该公司由以下几家公司联合投资：内陆钢铁公司 40%、麦克劳斯钢铁公司 25%、克利夫兰克利夫斯钢铁公司（兼经营公司）20%、国际收割机公司 15%。

恩派尔球团厂采用链篦机-回转窑球团法，经过三次扩建，现在该厂已拥有四套爱立斯·恰默斯式链篦机-回转窑，合计设计能力为 800 万吨/年球团。

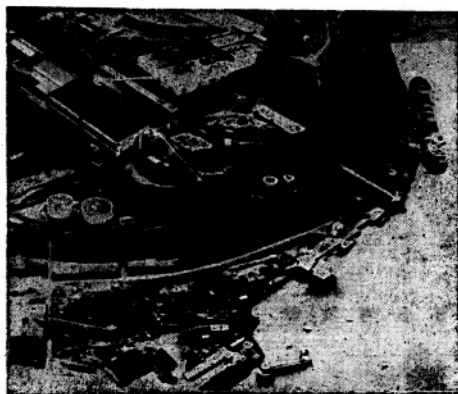


图 3 恩派尔球团厂外貌

一九六三年十二月，恩派尔一号投产，设计能力为 120 万吨/年球团。恩派尔矿一期工程（包括采矿、选矿、球团）投资为 5000 万美元。

恩派尔矿所开采的是密执安地区唯一的一个用于生产高品位球团的低品位磁铁矿床。一期工程投产时，选矿厂有六个系列，在世界铁矿工业中它是第一个采用两段自磨流程的选矿厂。恩派尔选矿厂也是世界铁矿工业中创先采用链篦机-回转窑法处理这种磁铁矿的球团厂。一期工程的

原矿处理量为 300 万吨/年。

一九六六年十月，克利夫兰克利夫斯公司完成了恩派尔矿的第一次扩建（二期工程），这次扩建工程投资为 4500 万美元，包括增建十个选矿系列和安装第二套链篦机-回转窑（恩派尔二号），球团产量增加 180 万吨/年，球团厂生产能力达到 320 万吨/年。

一九七四年十月，克利夫兰克利夫斯公司完成恩派尔矿的第二次扩建（三期工程），这次扩建工程投资 6320 万美元，包括：将矿山原矿开采量增加到 1700 万吨/年，选矿厂增建

五个系列。球团厂增设第三套链磨机（西特磨）（恩派尔三号），球团厂产量将增加180万吨/年，球团厂生产能力达到520万吨/年。

一九七六年二季度，克利夫兰克利夫斯公司着手进行恩派尔矿的第三次扩建（西期工程），拟将球团生产能力提高到800万吨/年，估计投资为2.5亿美元。西期工程计划于一九七九年晚些时候或一九八〇年初完成。第三次扩建完成后，露天矿年采剥总量将达到4800~5000万吨，其中原矿2600万吨，废石2200~2400万吨。

二、矿石准备

恩派尔矿所采矿石主要为磁铁矿，其次为假象赤铁矿，以及少量重工业用磁铁矿和赤铁矿。主要脉石为褐石、磷灰石、石英等。原矿含铁34%，磁铁矿含量为21~23%。原矿经破碎后，用汽车运到设有两台颚式破碎机的破碎站（原有一台，西期工程增加一台）。破碎后，矿石用皮带机运到原有的15万吨堆场（西期工程新建的50万吨堆场）。在破碎站和矿石仓库之间设有中间堆场，供破碎机修理时临时贮矿，但该中间堆场只供应恩派尔一、二、三号。

破碎矿石用皮带机运到选矿厂的磨矿工段，一段磨矿采用湿式自磨机，二段采用砾磨机，共有二十四磨矿系列，一期十个、二期六个、三期五个、四期三个。最终磨矿粒度为89~91%小于500目，比表面积为2060厘米²/克。

恩派尔矿选矿工艺流程示于图3-1。

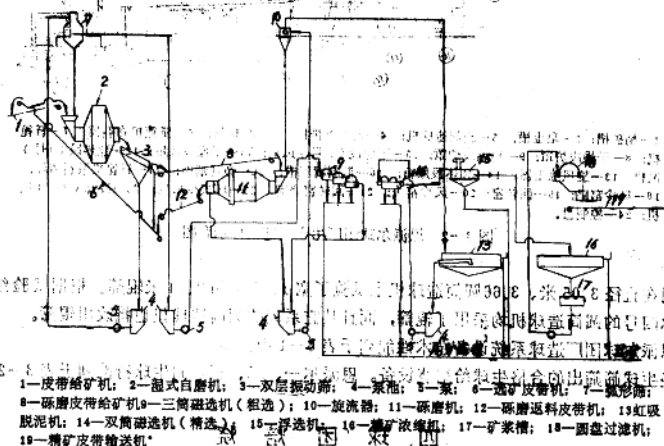


图3-1 恩派尔矿选矿工艺设备流程图

矿石磨细之后进行两段磁选。磁选精矿品位为63%Fe、6%SiO₂。为了提高和细磨精矿

品位，降低二氧化硅含量。磁选精矿还经过一流风浮选，将精矿品位达到68.56%，二氧化硅含量降到6~7%。

精矿经浓密机浓缩后输入圆盘过滤机脱水。恩派尔一、二、三、四号均采用直径2.06米八圆盘式过滤机，滤饼水分为10.8%。

三、配料与造球

恩派尔厂球团生产工艺流程示于图3-2。

精矿滤饼、皂土与石灰石分别贮存于料槽内，由圆盘给料机给到皮带机上，并用Pekay型轮式皮带混合机混合。皂土添加量为0.8~1.2公斤/吨精矿。

混合料给入圆筒造球机内造球。恩派尔一、二号采用直径3.05米，长9.44米造球机。

三、四号采用直径3.66米，长10.96米造球机。这两种造球机各用一台440千瓦和1.6千瓦变速直流电动机通过减速机直接联结传动齿轮和电动机轴进行传动。

恩派尔一、二、三号圆筒造球机均用振动筛分生球，筛孔为0.5毫米。恩派尔球团厂

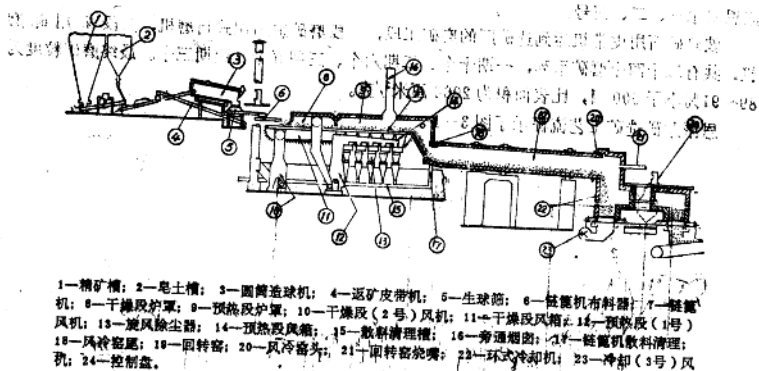


图3-2 恩派尔球团厂生产工艺流程示意图

曾分别在直径3.05米、3.66圆筒造球机上试验了宽1.80米和2.44米棍筛。根据试验结果，恩派尔四号的圆筒造球机构采用了棍筛，而且其它系列的圆筒造球机也将改用棍筛。

恩派尔球团厂造球系统设备技术性能列于表3-1中。

经生球筛筛出的合格生球给焙烧设备。恩派尔一、二、三号的生球特性列于表3-2中。

四、球团焙烧

生球用板式皮带机布给到一条比链篦机稍宽的宽皮带布料器上。宽皮带往链篦机那侧倾斜。恩派尔一、二、三号还采用一种叶轮式布料器，叶轮旋转方向与链篦机运行方向相反，