

山东科学实验成果资料

编号: 72-004

8 米² 球 团 豎 炉

济 南 钢 铁 厂

(内 部)

山东省革命委员会生产指挥部科技办公室情报组

一 九 七 二 年 七 月

毛主席语录

路綫是个綱，綱举目张。

中国应当对于人类有較大的貢獻。

人类总得不断地总结經驗，有所发现，有所发明，有所創造，有所前进。

目 录

一、前言	(1)
二、球团竖炉的原料、燃料条件	(1)
三、工艺流程图	(2)
四、竖炉生产试验的几个阶段	(6)
五、球团竖炉各项经济技术指标	(15)
六、球团矿在255M ³ 高炉中的使用效果	(18)
七、存在的主要问题	(19)
八、今后作法	(20)

8 米² 球 团 豎 炉

一、前 言

我厂 8 米² 球团豎炉是在 1.05 米² (1.5×0.7 米) 球团豎炉半工业性试验的基础上, 于 1966 年春天开始设计, 1968 年 3 月建成投产的工业性试验豎炉。

在毛主席无产阶级革命路线的指引下, 广大革命职工, 遵照毛主席“中国应当对于人类有较大的贡献”的伟大教导, 发扬敢于革命, 敢于创新, 敢于攀登世界先进水平的雄心壮志, 克服了重重困难, 突破了一道道难关, 使豎炉设备基本适应生产要求, 产量和质量逐步上升, 为高炉多吃精料, 优质高产开辟了一条新路子。

我厂豎炉在生产发展过程中, 大体上可分为四个阶段:

- (一) 68 年 3 月——70 年 5 月, 群策群力, 改进设备。
- (二) 70 年 5 月——71 年 8 月, 抓主要矛盾, 解决料层阻力大的问题。
- (三) 在炉内增设导风墙提高豎炉生产能力,
- (四) 利用炉口余热进行烘干生球试验。

经过四个阶段改进, 使设备的作业率达到 80% 以上。豎炉实际平均日产量在 600 吨以上, 日历平均日产量为 462 吨 (均指高炉入炉量)。

二、球团豎炉的原料、燃料条件

(一) 原料条件

1. 化学分析

表一

原 料	化 学 分 析															
	TFe	FeO	MnO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	P	Cu	Co	Ni	TiO ₂	烧减	水	
金岭精矿粉 (1960 年)	67.20	28.55	0.08	1.37	1.26	0.31	1.19	0.24	0.02	0.03	0.008	痕	0.03	负值	8.0	
金岭精矿粉 (72 年 5 月)	65.7	26.0	0.144	2.78	1.6	0.61	2.08	0.145		0.021						
金岭精矿粉 (72 年 2 月)	65.05	27.0	0.19	3.24	1.6	1.93	1.72	0.56		0.03						9.4
消石灰	5.60	2.38	0.015	4.42	60.3	1.55										18.7

2. 粒度组成

表二

原料名称	粒 度 组 成 (%)							
	<5mm	5~3mm	3~0mm	<75目	<100目	<180目	<200目	>200目
金岭精矿粉				2.4	6.2	20.7	10.3	60.4
消石灰	100							

注：(1)金岭精矿为磁铁精矿，粒度较细， SiO_2 较低，造球性能较好，软化温度区间较宽。

(2)所用石灰系公社土窑焙烧，质量欠佳，人工消化粒度也无法保证。

3. 配料比：

表三

配 比	原 料	精 矿 粉	消 石 灰
	公 斤 %	36 95.27	1.8 4.73

(二) 燃料条件

高炉煤气成份

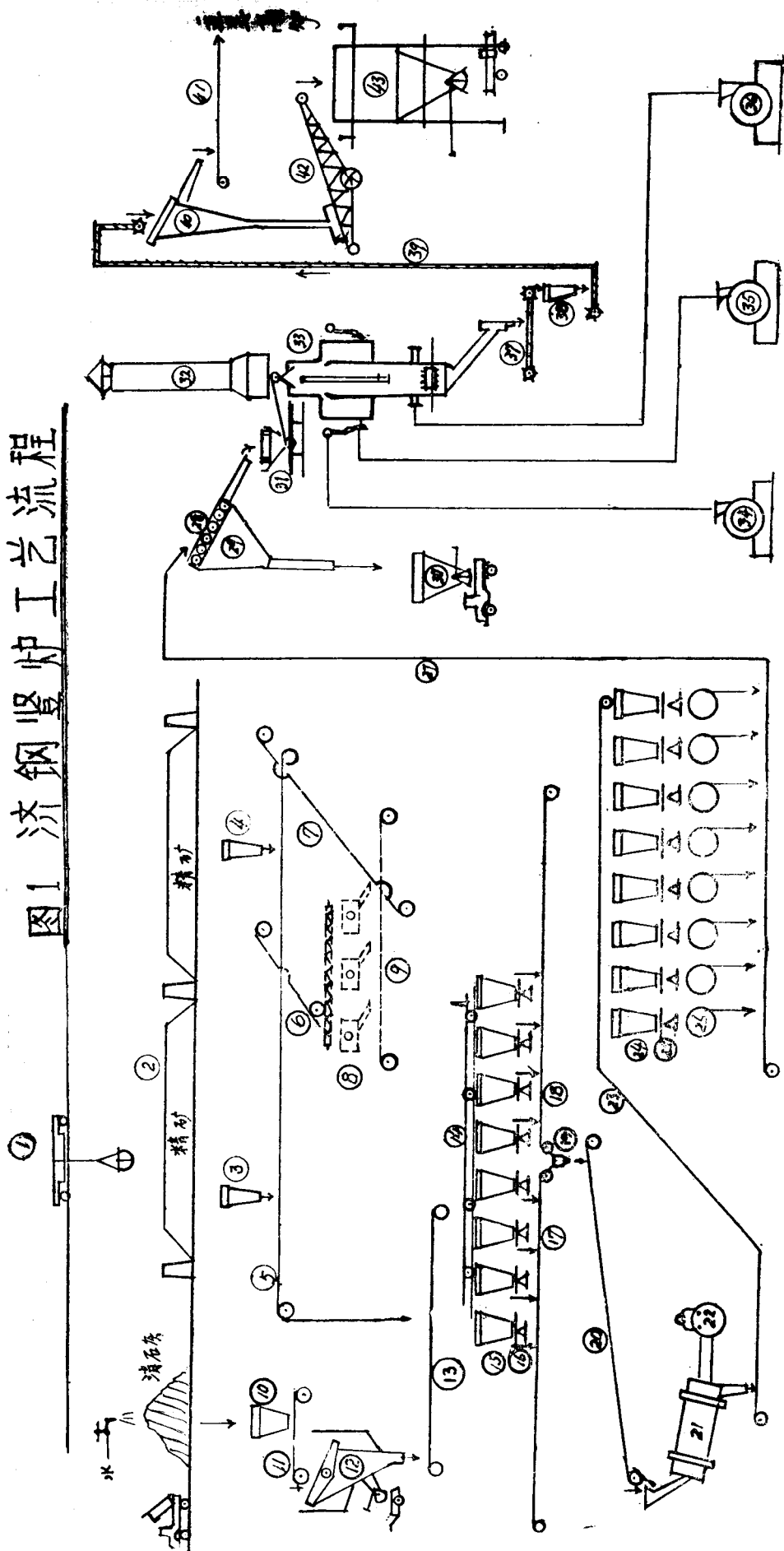
表四

项 目	CO_2	CO	O_2	H_2	CH_4	N_2	热 值 Q (低)
成份(%)	14.4	28.5	0.3	2.66	0.6	53.6	937.1

三、豎炉工艺流程图

豎炉工艺流程图

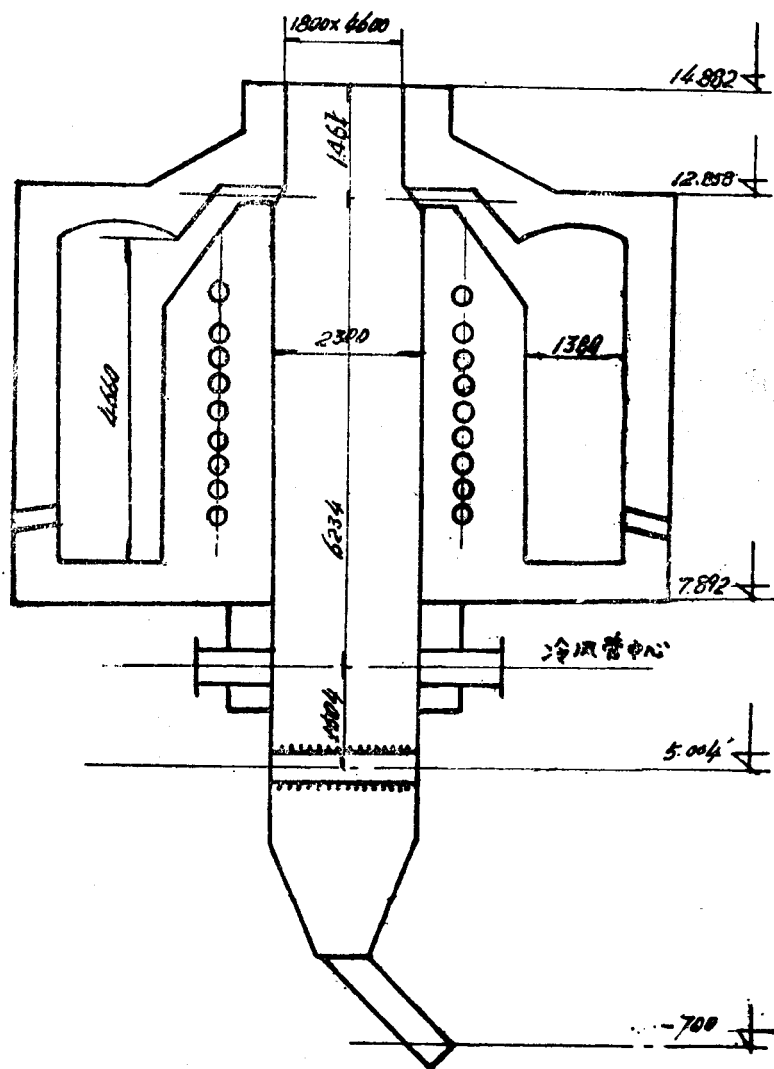
图1 济钢竖炉工艺流程



1.	桥式抓斗起重机	$Q = 5\text{ T}$,	抓斗 1.5 M^3	2 台
2.	精 矿 仓	$120,000 \times 27,000\text{ mm}$		
3.	精 矿 槽	34 M^3		
4.	粉 矿 槽	20 M^3		
5.	1 井 皮 带	$B = 650\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$,	$Q = 258.6\text{ 吨/时}$
6.	2 井 皮 带	$B = 650\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$,	$Q = 258.6\text{ 吨/时}$
7.	4 井 皮 带	$B = 650\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$,	
8.	环 磨 机	3 台		
9.	3 井 皮 带	$B = 650\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$,	$Q = 41.6\text{ 吨/时}$
10.	白 灰 料 槽	2 M^3		
11.	5 井 皮 带	$B = 500\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$,	
12.	震动筛料槽	20 M^3		
13.	6 井 皮 带	$B = 650\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$,	$Q = 258.6\text{ 吨/时}$
14.	梭式皮带机	$B = 650\text{ mm}$,		
15.	精矿和白灰槽	每个 52 M^3		
16.	$\Phi 1500\text{ mm}$ 园盘给料机	$V = 7.5\text{ 转/分}$,	$Q = 25\text{ M}^3/\text{时}$	
17.	7 井 皮 带	$B = 500\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$,	$Q = 120\text{ 吨/时}$
18.	8 井 皮 带	$B = 500\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$,	$Q = 80\text{ 吨/时}$
19.	漏子			
20.	9 井 皮 带	$B = 650\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$	$Q = 200\text{ 吨/时}$
21.	园筒混合机	$2800 \times 6000\text{ mm}$		
22.	煤气烘干炉			
23.	10 井 皮 带	$B = 1000\text{ mm}$,	$V = 1\text{ 米/秒}$	
24.	混 合 料 槽			
25.	园盘给料机	$\Phi 1000\text{ mm}$		

26.	造 球 盘	Φ 3000 mm,	边高 400mm,	倾角 45° ,
			Q = 8吨/时,	V = 12 转/分
27.	11 井 皮 带	B = 1000mm,	V = 0.4 米/秒,	Q = 50吨/时
28.	园 辊 筛	1000 × 1836 mm		
29.	漏 斗			
30.	返 矿 槽			
31.	佈 料 车 :	大 车 皮 带	B = 650 mm,	
		小 车 皮 带	B = 650 mm,	Q = 50吨/时
32.	烟 囱	Φ 2000 mm		
33.	竖 炉	8 M ²		
34.	煤气加压机:	升压960mm水柱,	煤气量 4800 M ³ /时 × 3 台	
35.	助燃风机:	风压 1420 mm,	风量 11200 M ³ /时	
36.	冷却风机:	风压 1690 mm,	风量 42000 M ³ /时	
37.	小 链 板 机	650 × 14000 mm		
38.	中间贮料槽	5 M ³		
39.	12 井 链板机			
40.	篦 条 筛			
41.	13 井 皮带机	B = 650 mm,	V = 1 米/秒	Q = 260吨/时
42.	移动皮带机	B = 800 mm,		
43.	返 矿 槽			

加导风墙前的炉型图



四、豎炉生产試驗的几个阶段

(一) 群策群力 改进设备

豎炉刚一投产，就发现炉皮钢板烧红变形，燃烧室火嘴跑火，炉子被迫停产。经采取增设工字钢底座，加固火嘴等办法，解决了火嘴跑火问题（以后在火嘴周围烧灌钒土耐热水泥，从根本上解决了火嘴跑火问题）。在69年一次大修中，把炉子结构做了改进，经三年多时间生产实践，效果良好。炉子火嘴跑火现象解决后，炉口的布料车和炉子下边排矿用的摇运机经常出事故，豎炉无法正常生产。原有布料车的结构笨重，传动不合理，经改进，动

作灵活，布料均匀，检修方便，提高了设备作业率。

同时将摇运机改成链板运输机，减少了事故的发生，接着又把链板运输机前面的12#皮带运输机也改成链板机，解决了热球烧皮带的问题。

竖炉排矿设备，原来采用水泥厂机械立窑的三道密封闸门，由于当时竖炉炉内冷却效果差，排料温度过高，经常使闸门烧红变形，轴承和密封圈烧坏，造成闸门跑风和不能顺利开关，严重地影响竖炉正常生产，尤其是闸门上的油压传动系统，更不能在高温下生产，油缸曾发生过着火事故。经研究后，采用料柱密封——用长溜嘴，既节省笨重设备，又保证了排料。经过一系列的设备改进，作业率有显著的提高，达到了80%左右。

（二）抓主要矛盾 解决料层阻力大的问题

设备上的一些问题解决了，在提高生产过程中，炉子本身的问题暴露出来了，主要表现在中心存在“死料柱”，料层阻力大，而边缘气流又过分发展，这样就限制了燃烧室废气量和冷却风量的增加。为了解决料层阻力大问题，在这一阶段，对竖炉进行了一系列试验和改进。

（1）为减少粉料入炉，在炉子大修时，增设了辊动筛。

（2）在第一次大修时，把喷火口面积扩大（喷火口面积由原1.01米²增加到1.55米²）效果不显著。

（3）把冷却风进口位置向上移动3.05米（由辊下1.38米移至辊上1.67米处），降低了料层高度，增加了冷却风量。

在这个基础上又曾做过冷却风进口截面积扩大的试验，没有作用。

（4）在炉子喷火口下2.6米处的炉子两端各开一个直径370毫米放风孔，把一部分冷却风从这里放出，冷却风量增加。但生产不久，这水平型管道被球团和灰尘堵住了，这次试验也就停止了。

（5）往生球中配加固体燃料（固定炭控制在1%），虽然对改善干燥过程、强化焙烧，起了一定作用，但还不能从根本上解决料柱透气性问题。

（6）在70年5月中修时，又作了三项试验：

第一、在喷火口下3.1米处增设二次冷却风的试验，虽使冷却风量增加了，但燃烧室压力升高了，大量的冷却风进入焙烧带，破坏了炉子的焙烧制度。

第二、炉口扩大也根本不能减少边缘气流，由于炉内料柱阻力没有解决，反而扩大和加深了炉中心的“死料柱”，并出现了炉口棚料现象。

第三、喷火口位置向上移动500毫米，降低了炉口至喷火口的料层阻力，燃烧室压力稍有降低（约降低150毫米水柱），但炉中心的“死料柱”仍然不能消除。

通过这一阶段试验，对如何解决气流穿不透中心的问题，当时存在两种方案，一个是增加风机压力和燃烧室压力，提高克服料层阻力的能力，增加冷却风量和废气量，来强化焙烧，提高产量；另一个是在现有条件下，从改革炉子工艺入手，采用“炉内短路”（即在炉内增设导风墙）措施，来增加冷却风量、燃烧室废气量，达到强化焙烧过程，提高生产率的目的。

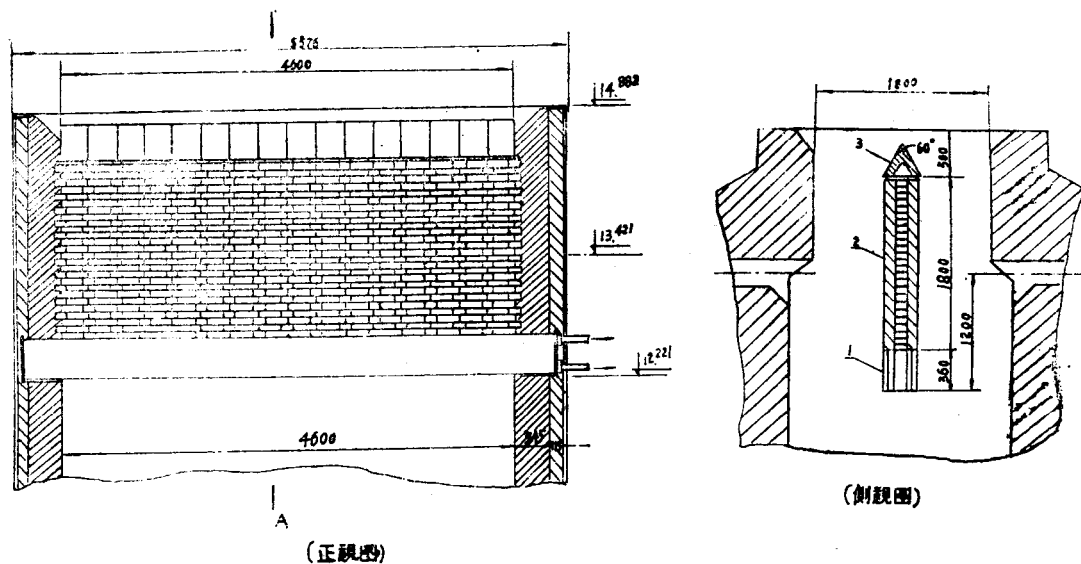
大家对这两个方案，进行了充分讨论、分析，认为前一个方案，需要把冷却风机换成高压的，由于炉内气流压力增加，使燃烧室压力增加，要求助燃风机和煤气的压力也要相应增加，炉子结构和密封性也要加强，排矿溜槽更需要采取密封措施，根据目前我厂具体情况，这些条件不易解决。就是这些问题能够解决，但适应高压条件的生球质量，目前也难以达到。因此，大家认为后一个方案是切实可行的。

(三) 炉内中心增设导风墙 提高竖炉生产能力

炉内中心增设导风墙措施，开始试验的主要目的是探求工艺的合理性。

1. 炉内增设导风墙结构(见图三)：

球团矿竖炉“炉内短路”试验图



件号	名 称	材 料 及 规 格	材 质	数 量	备 注
1	水 梁	400 × 360 × 5400	A ₃	1	焊接件
2	导风墙	230 × 115 × 65 粘土耐火砖	耐火砖	1300块	
3	风 帽		耐火混 凝 土	16	

图 3

在火道中心线下1.2米处,在炉墙两侧(指炉墙窄面)各打开近500×500毫米一个孔洞,然后将事先焊在一起的两根36#工字钢的水梁(见图3)平放在1.2米处墙的平面上,然后将两孔洞砌死。这时用230×115×65毫米耐火粘土砖,在水梁上砌砖,墙当中按相等距离留出十六个115×172毫米的风眼(风眼总面积为0.32米²)准备往上引风。当砌到1.8米高时,在上面盖上一排钒土耐热水泥风帽,风帽下面要留出40毫米间隙,以便从风帽两侧往外跑风。风帽的做法:将钒土耐热水泥三分之一,碎耐火砖(小于15毫米)三分之二,加水配合混好,然后捣固成型,在大气中干燥后即可使用。

导风墙安装后到现在变化情况:

①导风墙:

使用四个月后,发现砖墙侧向稍有弯曲变形,但整个炉墙砌砖处于良好状态,以后变形逐渐严重,到七个半月时,侧向弯曲变形挠度达100毫米左右。在72年4月17日按装炉口干燥设备时,把导风墙拆掉重砌,直到现在没有变形。

②风帽:

开始用铸铁风帽,使用一个月就烧变形,氧化断裂,后改钒土耐热水泥,直到1972年3月19日按装炉口干燥设备时拆除,尚保持良好。

③水梁:

试验两个半月,因停水水梁端部开焊一次,第二次在试验后三个月零20天也在水梁端部开焊一次。直到72年4月17日换新水梁时,才发现水梁弯曲变形挠度达120毫米。水梁内部也结成了一层水垢。通过8个月的试验,虽然水梁在端部开焊两次,但我们认为这与施工时焊接质量不好有关。并不是由于温度高和气流速度影响的。

水梁是采用高炉与竖炉本身循环水,杂质多,进水温度在40℃左右。

④导风墙风眼:

试验二个半月时发现靠墙下部风眼都有堵塞现象,特别靠炉子两端堵的比较严重。试验三个月零20天时又发现堵塞,堵塞部位与第一次同。在试验7个半月时,仍然发现堵塞。

2. 炉内增设导风墙的作用。

(1) 消除了炉子上部中心“死料柱”。

原来,由于气流的边缘效应,中心气流极弱,形成炉中心“死料柱”(即透气性差,甚至完全不透气的湿料柱)。当下料速度加快时,“死料柱”成楔状向下伸入焙烧带,其上部则发展成愈来愈厚的湿料层,甚至引起塌料现象。同时,中心料层烧不透,在冷却带又冷不

下来。因而造成产量低、质量差、易结大块、破坏行程、喷吹严重，排料温度高等现象发生。炉中心设置导风墙，正好取代了“死料柱”，导风墙外壁的边缘效应和导风墙内导出到中心湿料层的冷却风，大大发展了中心气流，“死料柱”被消除。焙烧区湿料层大大缩小，因此，焙烧带不再受干扰和破坏。

(2) 形成较稳定的焙烧带。

原有冷却风全部穿越焙烧带，而且是大量吸热的过程，其流量又随料柱阻力变化而波动，使焙烧带在高度上和平面上的温度不稳定，干扰甚至破坏了焙烧过程。另一方面由于边缘效应的作用，冷却风沿炉墙上升，在喷火口同热废气发生“顶牛”，影响热废气吹入和减弱它的穿透能力。实现导风墙之后，部分冷却风从导风墙内导出，焙烧区内总气流量减少，在燃烧室压力显著降低的情况下，热废气吹入量增加并稳定，而且助长了热废气对料柱的穿透能力。因此焙烧带的区间固定（与冷却带区分开了），温度也比较均匀稳定，从而使焙烧能力大大强化。这是生产率提高的主要因素。从料面观察，也改变了过去中心冒蒸汽，两边冒火的现象。使整个料面的炉料活跃起来。

(3) 提高了冷却效率。

冷却风从两侧吹入，部分由炉中心导出，对减弱冷却风的边缘效应起了一定作用。改善了冷却风的流向（穿越料柱），有利于热交换，加之上部高温料柱（约2200毫米）被短路，料柱总阻力大大减小，冷却风量大增，而风在上升过程中渐趋中心，使冷却带断面上的冷风分布均匀，因而提高了冷却效率。

(4) 干燥能力获得一定程度的强化。

由导风墙溢出的热风进入湿料层进行烘干，而且燃烧室废气量增加，不但加速了烘干和焙烧过程，也避免了焙烧前湿球形成的大料块。这对保证炉况顺行、炉内气流均匀分布是关键的一环。自试验以来，基本上消除了结块和炉顶大喷吹现象。

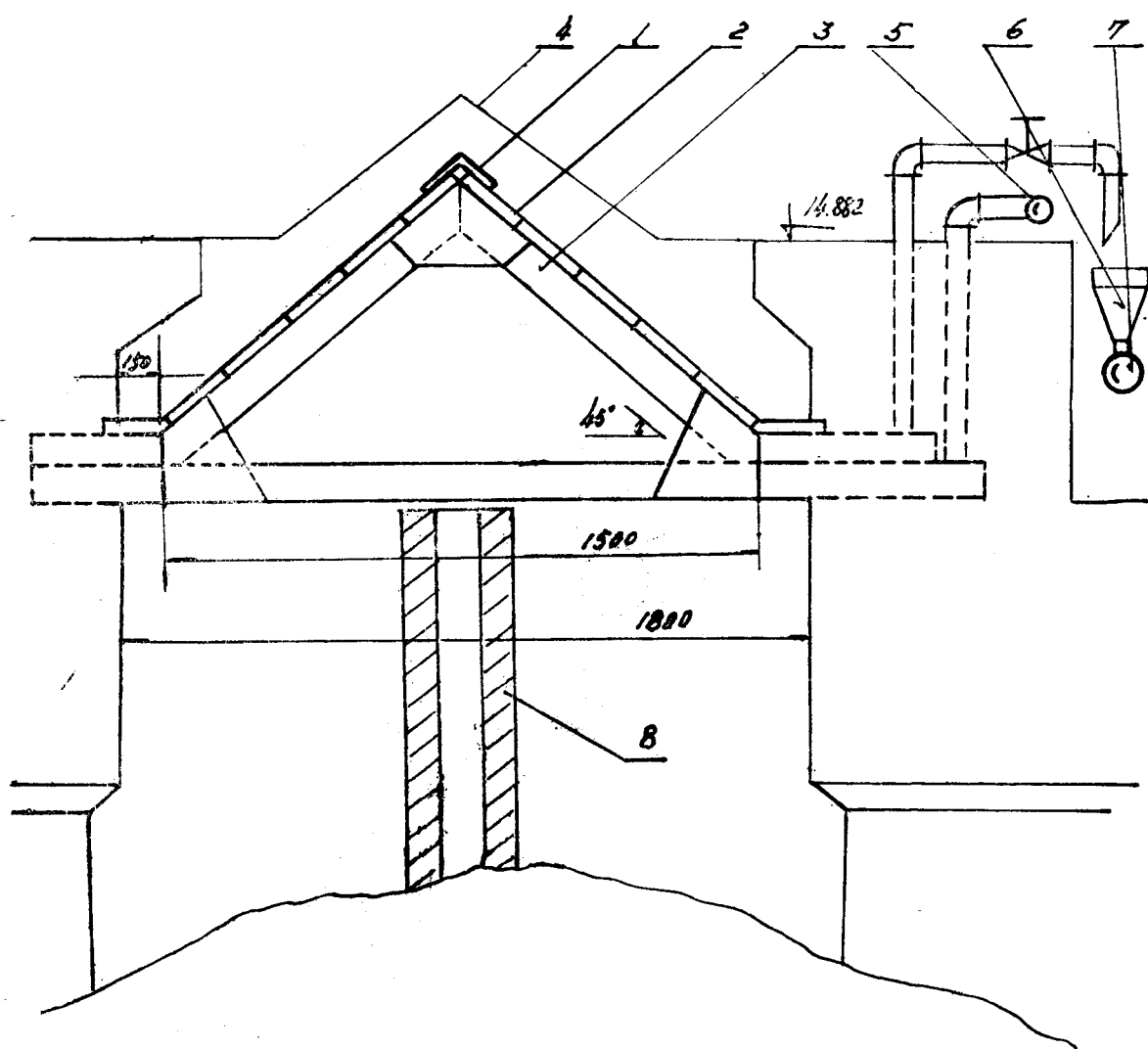
(四) 利用炉口余热进行烘干生球试验

炉内加导风墙试验成功以后，中心“死料柱”消除了，通过料层的热废气量增加，产量提高了。但进一步提高产量，就必须增加冷却风量与热废气量，这就出现了边缘气流过分发展和生球严重的吹碎现象，大量的热量白白跑掉，而中心炉料的透气性也随着变差。因此要进一步提高炉子生产能力，必须改变炉子干燥状态，提高炉料的透气性。

经过反复研究最后确定利用炉口余热，进行烘干生球试验方案。于1972年3月19日开始进行第一次试验。通过第一次试验暴露的问题，又经过近一个月的施工准备，于1972年4月17日又进行了第二次试验，到6月20日，经过两个月试验表明，这一措施，加速了干燥过程，提高了炉料透气性，强化了焙烧，达到了进一步提高产量的目的。

1. 第一次烘干装置结构（如图四）

竖炉炉顶烘干装置结构图(一)



8	导 风 墙
7	回 水 管 $\Phi 3''$
6	漏 斗 QS-01-4
5	上 水 管 $\Phi 2''$
4	挡 板 QS-01-3
3	托 架 QS-01-2
2	篦 子 QS-01-1
1	角 钢 $<125 \times 12 \times 4.80$

图 4

1	布 料 车
2	炉 篦 子
3	冷 却 水 梁 (5 条)
4	横 水 梁
5	火 道
6	导 风 墙

说明 (1) 耐热铸铁炉篦子 520×20 共660根, 单重3.8Kg, 总重2500Kg。

(2) 炉篦縫隙8mm, 烘床有效面积 2.532M^2

这次试验比较全面的总结了第一次试验的经验教训, 对烘干结构进行了一些改进。经过二个月试验, 烘干结构使用良好。①将原来炉篦子缩短加厚改窄, 变成单根炉条, 其材质采用含铬约35%的耐热铸铁(实际分析其成分为(C: 5.35 S: 2.14 Mn: 1.5 Cr: 38.5), 经二个月试验在 $550-750^{\circ}\text{C}$ 温度条件下和强氧化气氛中, 弯曲变形挠度仅1—2毫米。②水梁经二个月试验, 处于良好状态, 但炉篦子顶端一根水梁由于断水弯曲变形, 后来拿下来调直后接好。③炉子焙烧带增加200毫米, 炉口干球层高度增加200毫米, 皮带头轮与炉篦子顶端距离相应提高, 基本上解决了边墙生球爆裂现象, 防止了炉篦子露出影响烘干的现象。④增加了测定炉篦子下温度和导风墙排出的冷风温度的热电偶, 初步的找到了排料速度的规律性。⑤炉喉适当扩大(宽度增加到240毫米), 基本消除了卡料现象。

3. 烘干的作用。

(1) 炉口增设烘干措施后, 增加了烘干面积(达 9米^2), 炉内的热废气(由导风墙导出的冷却风——实际是热风, 同穿过炉内料层排出的热废气在炉篦下空间进行混合, 其温度在 $550-750^{\circ}\text{C}$), 经过炉篦子上面料层(约150毫米厚左右)时将湿球烘干。湿球从炉篦子顶端移动到炉喉的过程中, 在炉内热废气的作用下, 湿球水份迅速蒸发, 约经5—6分钟, 水份由原来的8.5%左右降到1.5%以下。烘干后的生球在通过炉喉时按自然堆角(实际测定堆角为 $35^{\circ}25'$), 向炉子中心滚动, 进行炉料的再分布。由于球的粒度不均, 小球和粉末多聚结在炉墙附近(离炉墙240毫米), 而大球具有大的动能, 多滚向中心导风墙(见表五)。这样

炉内不同地点粒度组成

表五

取 样 地 点 \ 粒 度 组 成	$> 15 \text{ mm}$	$15-5 \text{ mm}$	$< 5 \text{ mm}$
导 风 墙	82%	15.2%	2.8%
中间(离炉墙 360mm)	62%	31.6%	6.4%
炉 墙	73.6%	16.7%	9.7%

①由于炉墙料层加厚和接近炉墙多聚结小粒和粉末，基本上控制了边缘气流的过分发展。相反的由于中心料层减薄和多聚结大球，有利于中心气流的发展，从而扩大了燃烧室废气的穿透能力，强化了焙烧。

②解决了过去入炉湿球变形，彼此之间易粘连的现象，炉料透气性得到了很大的改善；又由于料层适当降低，使料层阻力减少，燃烧室和冷却风压力的显著降低。这样进一步增加了燃烧室废气量和冷却风量，强化了焙烧。

(2) 增加烘干措施，生球烘干后呈现散料状态，消除了生球在焙烧过程中的粘结现象，使料层透气性改善，形成更加合理的焙烧制度，从而提高成品球的强度和脱硫率。

(3) 增加炉口烘干措施后，由于气流首先在炉篦下空间混合，均匀通过篦上料层，消除了过去由于边缘气流局部过大温度过高引起的湿球爆裂现象。进入炉喉的生球，由于在炉篦子上得到了进一步烘干，显著的提高了耐压强度和破裂温度，这就增加了热废气量，强化了焙烧，提高了生产率。

(4) 提高了热利用。

采用炉口烘干后，由于使炉篦下热废气(温度约 650°C)经过湿料层时进行热交换，表面温度降到 110°C 左右(测定数字为炉篦子上部 50°C ，中间 110°C ，靠炉墙 180°C ，平均 113°C)，有效的利用了炉口热量。

(5) 布料设备进一步减少，布料操作大大简化。采用炉顶烘干措施后，简化了布料工艺，布料车由原来的平面布料改为直线布料，大大方便了操作。取消了布料小车后，节省了一套传动装置，并给下一步改为一条皮带机布料，创造了条件。

4. 试验中存在的问题和操作注意事项：

(1) 炉篦子间隙是10毫米左右，生产试验后出现堵塞现象，一般一周至二周要清理一次炉篦子，否则就要影响烘干效果。

(2) 在操作上还不能适应新的生产工艺要求，如原料条件不变时，炉口废气温度究竟控制多少，热废气和冷却风量的加入量应该是多少合适，热废气和冷却风量怎样配合，还没有摸出经验。因此造成球团矿质量的波动，产量有时忽高忽低。

(3) 在开炉时一定要把熟球布满炉篦子，当废气温度上升到 600°C 时，才能布生球进行生产。否则炉篦子温度不够，造成严重生球粘炉篦子和生球卡炉喉的事故。如果不布熟球，直接往炉篦子上布生球，也会造成粘料现象，同时由于烘干效果不好，当生球到炉喉时，遭到边墙气流严重吹碎。

(五) 混合料烘干措施

金岭精矿粉水份高，超过造球时需要的适宜水份，使造球困难，特别是在严冬季节，精矿粉冻结，造球更加困难。虽然在精矿仓及造球室安装简陋的防寒设施，但仍无济于事。为着降低混合料水份，给造球创造条件，曾在今年三月份，在圆筒混料机后边，装设燃烧高炉煤气的烘干炉，热废气由圆筒混合机出料端进入，进料端烟囱逸出。经六月初测定，其烘去水份平均值为 0.41% (烘干前平均混合料水份 8.54% 烘后 8.13%)，有一定效果，但仍不能满足造球需要。