

建材情报资料

总第8018号

水泥类

赴朝水泥考察技术总结

建材部技术情报标准研究所

1981年6月



说 明

根据中朝一九七九年科技合作第19304号决议，我部于一九八〇年派出考察组去朝鲜民主主义人民共和国考察水泥工业现代化。在四月二十四日至五月十四日期间，主要考察了年产300万吨的SC水泥厂(干法)，此外参观了年产130万吨的二八水泥厂(湿法)。现将所了解到的情况整理出来。由于时间较短，没有设备图纸，了解情况不够深入，报告中有关数据仅供参考。不当之处，请予批评指正。

目 录

第一部分	概况	(1)
第二部分	生产工艺	(1)
一	矿山及原料破碎	(1)
二	原料的储存与预均化	(3)
三	生料的粉磨与均化	(5)
四	熟料烧成	(6)
五	水泥的粉磨与包装	(15)
第三部分	机械设备	(16)
一	回转窑	(16)
二	生料磨	(20)
三	水泥磨	(22)
四	大型斗式提升机	(23)
第四部分	自动化	(25)
一	控制中心和设备	(25)
二	检测仪表和计量设备	(27)
三	自动调节系统	(30)
四	计算机控制配料	(32)
五	小型机在供电系统中的应用	(34)
第五部分	其它	(36)
一	“二八”水泥厂水泥回转窑内二次燃烧装置	(36)
二	利用工业电视看火	(38)

第一部分 概况

朝鲜现有大中型水泥厂十座，其中年产量为300万吨的干法厂一座，130万吨的湿法厂一座，100万吨的干法厂一座，90万吨的湿法厂一座，60~70万吨的干法厂两座，20万吨的湿法厂四座。这十座水泥厂在1979年的总产量为800万吨，按人口平均达到470公斤/年·人。

SC水泥厂年产300万吨，在平安北道，1974年开始筹建，1977~1978年三条工艺线相继投产。该厂生产的水泥用“金钢牌”商标由南浦港向中国、东南亚、中东、非洲等国家和地区出口。

石灰石矿山距厂约3公里，储量约3亿吨。石灰石用大爆破开采，经三段破碎后送至厂内预均化堆场进行储存与均化。页岩用汽车送入厂内经破碎后再送至预均化堆场进行储存与均化。砂岩与铁矿石由火车运输，再送至堆场储存。石灰石、页岩、砂岩、铁矿石经荧光分析后，由电子计算机按规定的生料率值进行配合与调整。

生料制备采用泰拉克斯—尤尼丹单仓磨进行。在原料水分不高的情况下，以窑尾废气作为加热介质，生料送至双层生料库进行均化与储存。

熟料煅烧采用带史密斯型旋风预热器与尤纳克斯多筒冷却机的回转窑。出窑熟料经破碎后按品质优劣分别储存。

熟料与石膏经尤尼丹双仓磨共同磨细成水泥，为降低磨内温度，磨头与磨尾均有喷水装置。制成的水泥送至水泥库进行包装与散装。

除矿山与包装两车间外，生产过程的监视、调整与控制均在中央控制室进行。

化验室除进行常规试验外，还有x-射线荧光分析仪测定原料化学成分，x-射线衍射仪测定熟料游离石灰，EEL荧光光度计测物料中的碱等。

水源取自大同江，由本厂自来水厂供给。

电网电源电压由22万伏降至6万6千伏，经3台3万千伏安的变压器降至6千6百伏，再由车间变电所降低380伏。所有电机均为60周波，容量较大的为高压，容量较小的为380伏。工厂变电所还设有柴油发电系统作为保安电源。

纸袋厂可生产包装用纸袋。

全厂设备重量约5万2千吨，投资约8000万英镑，职工约1700人，劳动生产率在1500吨·人以上，成本在20元/吨以下。

二八水泥厂年产130万吨，在黄海北道，1955年重建，现有五条工艺线，生产硅酸盐水泥、矿渣水泥、大坝水泥、海港水泥等。全厂职工2800人，劳动生产率可达460吨/年·人，成本为20元/吨。

第二部分 生产工艺

一、矿山及原料破碎

该厂用石灰石、页岩、砂岩及铁矿石四种原料配料。石灰石矿距厂不到3公里，由皮带

机入厂。页岩由汽车入厂，砂岩和铁矿均为火车入厂。

采用无烟煤和重柴油混烧方法。由于缺混合材，现生产纯熟料水泥(4.5%石膏，95.5%熟料)。煤、重柴油和石膏均由火车入厂。原料化学成分分析如表2—1所示。

石灰石矿储量3亿吨以上，至少够用50年。 CaCO_3 为86~96%。 $\text{MgO} < 4.5\%$ 方能开采，建厂初期，通过定向爆破已将表面40~60米(约200万吨) MgO 含量高的一层剥离掉了。目前所使用的石灰石其 MgO 含量均低于4.5%。

石灰石矿采取台段开采方法，分四个台段，每个台段高10~15米，工作面宽30~50米如图2—1所示。设有6台深孔钻，孔深10~15米，采用微差爆破，炸药为硝酸铵(NH_4NO_3)。每季进行30万吨级爆破，每月进行数次10万吨级小爆破。

原料化学成份分析 表 2—1

项 目	石 灰 石	页 岩	砂 岩	铁 矿	煤 灰 分	石 膏
烧 失 量	41.7	6.6	1.2	9.55	1.32	19.7
SiO_2	4.16	59.8	85.4	31.3	56.6	0.16
Al_2O_3	0.09	19.8	5.96	3.69	25.9	0.29
Fe_2O_3	0.35	7.95	2.07	49.5	6.34	0.07
CaO	51.2	0.54	1.34	1.77	1.41	34.2
MgO	2.01	1.03	0.56	0.43	1.30	—
SO_3	—	—	—	—	—	44.0
K_2O	0.22	2.45	2.34	0.74	—	—
Na_2O	0.09	0.16	0.10	0.26	—	—
Cl^-	0.004	0.002	0.002	0.002	—	—

矿山总高465米，目前已开采去约130米。爆破后的大块用手风钻打眼，进行二次爆破。

台段设有4米³挖掘机四台，2.5米³活动电铲三台，25吨自卸卡车三台。

二次爆破后的最大尺寸为1~2米。由自卸卡车输入*1或*2竖井如图2—1所示。

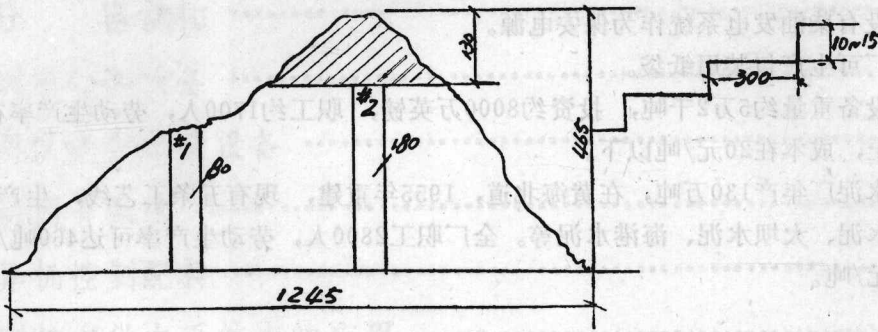


图2—1 矿山开采示意图

*1竖井为 $\Phi 6 \times 80$ 米，*2为 $\Phi 6 \times 180$ 米。竖井下各设有一台圆锥式破碎机，进行一次破碎。为保证破碎机正常工作，在破碎机室的顶部设有一台削石机，其任务是将大于1米的大块削碎。圆锥式破碎机允许入口粒度为1000毫米，出口粒度小于250毫米，生产能力1000T/H，

动力315KW。一破后由长1400米、宽1.2米的钢丝皮带机以每秒1.6米的速度输送入中间库以进行二破。

石灰石的二破采用反击式破碎机，共四台。每台破碎能力为500T/H，动力560KW。入口粒度250毫米，出口粒度25毫米。二破后仍有10%左右粒度>25毫米，故将该部分通过筛分进行三破。

三破采用四台反击式破碎机。每台能力为100T/H，动力250KW。入口粒度250毫米，出口粒度25毫米三破后由长1200米、宽1.2米钢丝皮带机输送入原料预均化堆场。据工厂介绍，该型皮带机如注意保养(安吸铁装置除去铁块免遭划破)可用50年。石膏由日本进口，为粉状(工业废品)，不需破碎。页岩用辊式破碎机破碎，其破碎能力为600T/H。砂岩和铁矿共用一台颚式破碎机破碎，其能力为600T/H。无烟煤用辊式破碎机破碎，其能力为600T/H。

在石灰石、页岩、砂岩、铁矿石的皮带机扬尘点均设有布袋收尘器收尘。但是，效果不佳，灰尘仍然很大。所用布袋收尘器基本为同一规格，挂有120个布袋，规格为 $\varnothing 200$ 毫米，长4.2米，过滤面积181.3米²。布袋为尼龙袋，半年左右更换一次。采用压缩空气清灰装置，每隔5分钟压气机自动吹洗一次。

矿山工段一班作业，破碎工段三班作业。矿山共有职工340人，占全厂1740人的20%左右。

二、原料的储存与预均化

该厂采用石灰石、页岩、铁矿石四种原料配合。为使生料成分稳定，设有原料预均化堆场如图2—2所示。

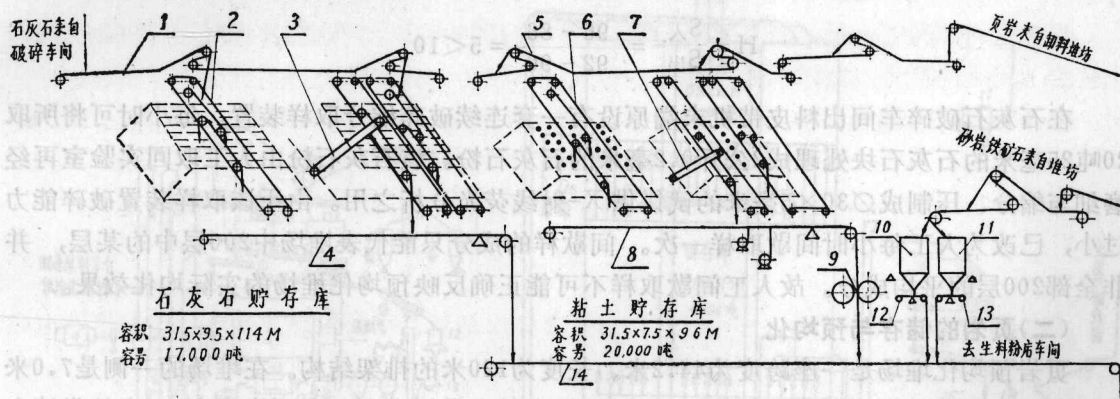


图2—2 原料预均化堆场

1—石灰石入料皮带机，2—石灰石布料机，3—石灰石取料机，4—石灰石出料皮带机，5—页岩入料机料皮带机，6—页岩布料机，7—页岩取料机，8—页岩出料皮带机，9—辊式破碎机，10—铁矿石库，11—砂岩库，12—铁矿石计量器，13砂岩计量器，14—配合原料皮带机

(一)石灰石的储存与预均化

石灰石预均化堆场是一座跨度为44.2米、长度为150米的排架结构。在堆场的一侧是7.0米宽度的入料皮带机走廊，另一侧是3.5米宽度的出料皮带机走廊，在两堵高度9.5米的纵墙之间则是石灰石堆场。堆场的主要设备有：

1) 入料皮带机一台, 规格为1400毫米×160米、槽形, 带两个卸料小车。

2) 布料机两台, 为L114T2E型, 由一台跨度为31.5米的桥式行车、一台1400毫米×20.6米固定皮带机和一台1400毫米×14.6米可逆转动皮带机所组成, 布料能力为1000吨/时。

3) 取料机一台, 为SK6T 31.5/250型, 由一台跨度为31.5米的桥式行车、一台链斗取料机和一台1200毫米×34.1米皮带机所组成, 取料能力为250米³/时。

4) 出料皮带机一台, 规格为800毫米×130米、槽形。

堆场沿纵向分成两个区域, 交替进行布料和取料。图中表示左边正在布料, 右边正在取料。

由于布料机的桥式行车可沿堆场纵向移动、可逆移动皮带机可沿堆场横向移动并作可逆回转, 故可在堆场的一半区域内任何点布料。石灰石采用条形层状布料法堆存, 在9.5米的高度内约堆200~350层。层数愈多、层厚愈薄, 则均化效果愈高, 可根据石灰石成分波动情况调整层数与层厚。为使每层物料厚度相等, 布料机的逆行速度应根据入料皮带秤的荷载进行调整。

取料机的链斗在垂直于条形料堆平均刨取各层物料的同时, 还沿堆场的横向由甲侧向乙侧移动。当达到乙侧时, 行车稍稍向右移动、以使链斗能由乙侧向甲侧移动时继续刨取物料。这样一来, 取料机便可在堆场整个区域内任何点取料。取料机的运行速度可根据磨机的喂料速度调整, 不必采用磨头仓。

堆场的均化效果H与层数的平方根成正比。假定层数为200, 则均化效果为:

$$H = \sqrt{200} = 14.14 > 10$$

该厂石灰石碳酸钙滴定值波动范围在入堆场时为86~96%, 出堆场时为90~92%, 均化效果为:

$$H = \frac{S_{入}}{S_{出}} = \frac{96 - 86}{92 - 90} = 5 < 10$$

在石灰石破碎车间出料皮带机末端原设有一套连续破碎缩分取样装置, 每小时可将所取20吨25毫米的石灰石块处理成2公斤0.2毫米的石灰石粉。该石灰石粉由人工取回实验室再经磨细与缩分、压制成 $\varnothing 30 \times 5$ 毫米的试饼供X-射线荧光分析之用。由于该取样装置破碎能力过小, 已改为人工每小时间歇取样一次。间歇样的成分只能代表堆场中200层中的某层, 并非全部200层的平均成分。故人工间歇取样不可能正确反映预均化堆场的实际均化效果。

(二) 页岩的储存与预均化

页岩预均化堆场是一座跨度为44.2米、长度为120米的排架结构。在堆场的一侧是7.0米宽度的入料皮带机走廊, 另一侧是3.5米宽度的出料皮带机走廊, 在两堵高度7.5米的纵墙之间则是页岩堆场。堆场的主要设备有:

1) 入料皮带机一台, 规格为1200毫米×141米、槽形, 带两个卸料小车。

2) 布料机两台, 为C96Y2N型, 由一台跨度为31.5米的桥式行车、一台1200毫米×20.6米固定皮带机和一台1200毫米×146米可逆移动皮带机所组成, 布料能力为600吨/时。

3) 取料机一台, 为SK6T31.5/63型, 由一台跨度为31.5米的桥式行车、一台链斗取料机和一台750毫米×34.1米皮带机所组成, 取料能力为63米³/时。

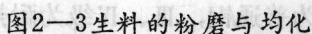
4) 出料皮带机一台, 规格为650毫米×110米、槽形。

页岩的布料和取料与石灰石的大致相同。只是由于页岩在生料中的配合比约16%左右、且其SiO₂含量波动幅度在60~63%之间,其布料层数少些、层厚大些,用圆锥形层状布料。

砂岩与铁矿石的用量不多, 和烧成用煤分别由天桥皮带机卸入同一堆场的不同区域, 按形布料法堆存。用VP2-150/32.3门型取料机将所堆存的物料取出, 经不同皮带机运砂岩、铁矿石由皮带机送到两个容积为80米³的钢板仓内, 经由可以调速的喂料机卸

这四种原料每小时取样一次,经荧光分析后由电子计算机调整和控制它们的配合比,使所得配合生料的率值分别为:LSF90~95%,SM 2.2 ± 0.1 ,IM 1.4 ± 0.1 。由于粒度、水分的变化影响荧光分析数据的准确性,每天须作一次常规化学分析进行对照。

图2—3表示生料粉磨与均化的工艺流程。由预均化堆场来的配合原料经密闭皮带机送入泰拉克斯—尤尼丹磨机进行烘干与粉磨。所得生料由仓式泵送至双层生料进行均化与储存。



- 生料磨系泰拉克斯—尤尼丹TUM5.6×8+2.8米型，内径5.6米，烘干仓长2.8米；粉磨

仓长8米。为了克服热风通过空心轴的困难，磨机进料端为滑履支承。粉磨仓内镶有分级衬板。磨机转速为13.6RPM。采用3300KW、TSF—2020B型、速比514/13.6RPM的减速机和3300KW、14极同步电动机转动。研磨体装载量为：

规格(mm)	90	80	70	60	50	40	30	25	20	总 计
数量(吨)	22	28	25	18	11	19	21	18	7	169

物料进入烘干仓后，在窑尾废气的作用下进行干燥，然后在粉磨仓内进行粉磨。粉磨物料出磨后，经分料装置、空气斜槽、斗式提升机送至两台CV8000/7100型离心式选粉机进行离析。粗粉再回磨内，细粉则由仓式泵送到生料库。

当原料水分不高时，可用温度约300℃的窑尾废气；如果水分超过10%，则必须使用辅助热风炉。出磨废气温度约60~70℃，经旋风收尘器后再由风机送至窑尾电收尘器净化，最后排入大气。

当入磨物料粒度在25毫米以下，最大含水量在4.3%以下，生料细度在90微米筛上筛余小于12%时，磨机产量为265吨/时。

粉磨好的生料在生料库内进行均化与储存。史密斯型生料库是利用“鼠洞效应”漏斗流进行均化的。一条工艺线有三个 $\varnothing$ 14米双层生料库。上层是高25米的搅拌库，下层是高31.5米的储存库。在装有生料的搅拌库底面入两个大气压的压缩空气，使生料流态化，然后依靠重力让生料粉由库底闸门流出而起到均化作用。均化生料可经卸料管和风动斜槽卸入三个储存库中的任何一个。储存库的生料用压缩空气卸出后，经螺旋输送机、斗式提升机送到钢板仓中，然后经计量器由螺旋泵送到预热器。

每个生料库的容量是：搅拌库2800吨，储存库4500吨。三个生料库共计21900吨，约为生料磨三天半的产量，窑四天的需用量。

电子计算机根据入堆场原料和出磨生料的X-射线荧光分析数据控制生料配合比。生料的LSF波动范围，原设计要求出磨和入窑时分别为 $\pm 5\%$ 和 $\pm 1\%$ 。实际波动范围，出磨和入窑时分别为 $\pm 10\%$ 和 $\pm 5\%$ ，大大降低了预均化堆场的效用。

四、熟 料 烧 成

熟料烧成包括：悬浮预热器——回转窑、多筒冷却机、燃料燃烧及制备、增湿塔及电收尘等系统，情况分述如下。

(一)悬浮预热器——回转窑

预热器的规格与布置。该厂三台悬浮预热器窑均为史密斯型。预热器为双系列，采取2-1-1-1布置，如图2-4所示。

各级均设有内筒，I、II级为普通钢，III、IV级为耐热钢。各级衬砖厚度相同，均为200毫米，外层为50毫米矿棉绝热层，里层为150毫米厚的普通耐火砖。筒内顶部衬砖，I级筒为耐火混凝土，II III IV级为普通耐火砖(吊砖镶砌)。

框架为钢结构，长×宽×高为16.5×21.2×65.9米。标高23.6米以下钢柱直径 ϕ 900毫米，其余部分为 ϕ 800毫米。

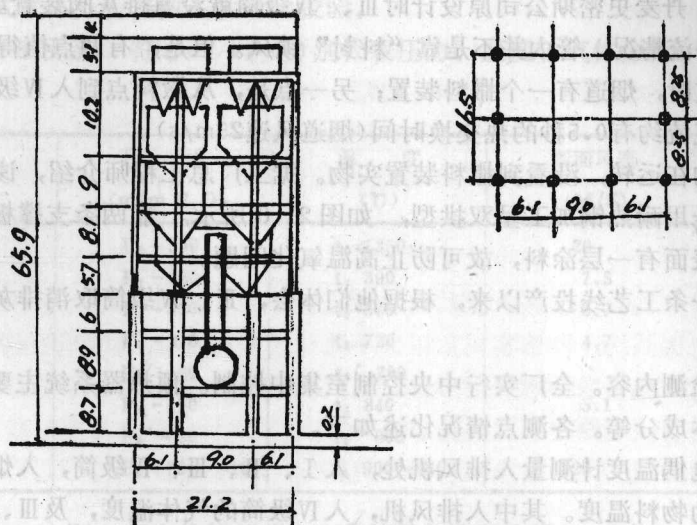


图 2-4 预热器的布置

各级预热器的尺寸如下。即:

级	D	L ₁	L ₂	a	b	c	d
I	4.35	3.46	7.15	2.5	1.25	2.0	1.5
II	6.6	5.29	6.29	2.9	1.30	3.0	2.5
III	6.6	5.29	6.29	3.3	1.65	3.0	2.5
IV	6.6	5.29	6.29	3.3	2.10	3.0	2.5

入口尺寸(a×b)、出口尺寸(d)均为扣去火砖的有效内径。

预热器 I、II 级排料管装有双锤式排灰阀, 管径 I 级为 $\phi 300$ 毫米, II 级为 $\phi 500$ 毫米, 普通钢管没涂任何耐火材料。III、IV 级排料管没设排灰阀装置, 管径 III 级为 $\phi 600$ 毫米, IV 级级为 $\phi 630$, 均为普通钢管, 但管内砌 75 毫米厚耐火混凝土。

III、IV 级排料管均设有膨胀节(有内衬)如图 2-5 所示。

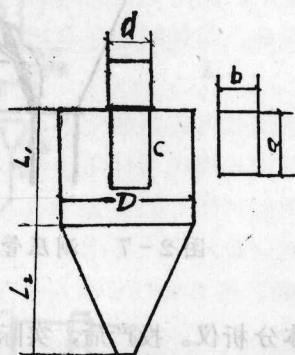


图 2-4-1 预热器的尺寸



图 2-5 有内衬的膨胀节示意图

据工厂介绍，丹麦史密斯公司原设计时Ⅲ、Ⅳ级筒就没有排灰阀装置。参观时观察了Ⅲ、Ⅳ筒排料管料流情况，管内并不是靠“料封”锁风。但是，有两点值得指出：一是从Ⅲ级筒排料管入烟道时，烟道有一个撒料装置；另一点是，从撒料点到入Ⅳ级筒入口约有14米的距离，粉料与气流约有0.5秒的热交换时间（烟道风速25m/s）。

由于三台窑均在运转，没看到撒料装置实物。据工厂总工程师介绍，该装置不是用耐火材料砌成的，而是用耐热钢加工呈双拱型，如图2-6所示。靠两条支撑板固定在烟道侧壁上。由于耐热钢表面有一层涂料，故可防止高温氧化问题。

从1977年第一条工艺线投产以来，根据他们体会，Ⅲ、Ⅳ级筒取消排灰阀对预热器的正常生产影响不大。

预热器系统检测内容。全厂实行中央控制室集中控制。预热器系统主要测量与控制各点温度、压力、气体成分等。各测点情况化述如下。

温度 用热电偶温度计测量入排风机处，入Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级筒，入烟室的气体温度及Ⅲ级Ⅳ级排料管的物料温度。其中入排风机，入Ⅳ级筒的气体温度，及Ⅲ、Ⅳ级排料管的物料温度均单独安有温度指示表，其它各点温度通过一个多点转换开关用一个表指示。入排风机温度表并有报警装置，极限温度为350℃。当温度超过350℃发生信号，控制室人员可及时采取措施。

压力 Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级筒顶端均安有现场指示的负压表。Ⅲ、Ⅳ级筒排料管，入排风机及入烟室各测点除有现场指示仪表外，均有二次仪表集中在中央控制室，Ⅲ、Ⅳ级筒排料管的压力表装有报警装置，极限值为Ⅲ级筒-60毫米 H_2O ，Ⅳ级筒-30毫米 H_2O 。当超过极限特发出信号，说明预热器有结皮或有堵塞情况发生。但据工厂介绍，也有例外，有时控制人员根据发出的警报通知现场巡回检查人员去处理时，发现不是预热器本身问题，而是测压管出了毛病（天长日久积灰太多，测压管本身堵塞）。目前测压管为普通1/2水管，测点安在锥体部分距排料管法兰约500毫米（如图2-7所示）。

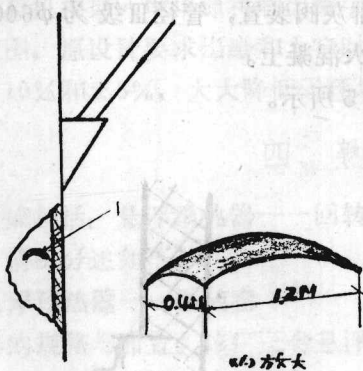


图 2-6 撒料装置示意图

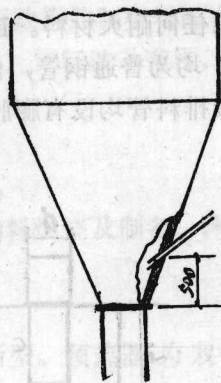


图 2-7 测压管的位置

气体分析 原设计出窑尾及出Ⅰ级筒均安有气体分析仪。投产后，实际仅在出Ⅰ级预热器装有自动气体分析仪，自动分析与记录废气中 $O_2\%$ 、 $CO\%$ 。一氧化碳分析仪有报警装置，当废气中 $CO\%$ 为0.2%时发出信号，当达到0.6%时能自动切断电收尘器。自动气体分析仪

每天由人工用奥式气体分析器做一次对比校验。

测点如图 2-8 所示，符号p、t、c分别代表压力、温度、气体分析。其代表性数据列举如下：

测 点	压 力 (m/m H ₂ O)	温 度 (℃)	断面风速 (M/S)	气体分析 (%)
入排风机	P ₀ - 500	t ₀ < 350	29	CO < 0.2%
I 级 筒	P ₁ - 460	t ₁ 390	7.5	O ₂ 2~3%
II 级 筒	P ₂ - 330	t ₂ 570	3.7	
III 级 筒	P ₃ - 210	t ₃ 720	4.7	
	P ₃ ' - 60	t ₃ ' 700		
IV 级 筒	P ₄ - 100	t ₄ 840	5.1	
	P ₄ ' - 30	t ₄ ' 800		
烟 室	P ₅ - 70~-100	t ₅ 900~950	25	

出 I 级筒气体，分别入各自的排风机(双系列两台排风机平行工作)，其风量 Q = 5600 米³/分，风压 p = 580 毫米/H₂O (350℃时)，动力 960KW，转速 880RPM。排风机入口没设进冷风装置。当温度超过 350℃时，通过关风、降低风机转速或者减煤等措施解决降温问

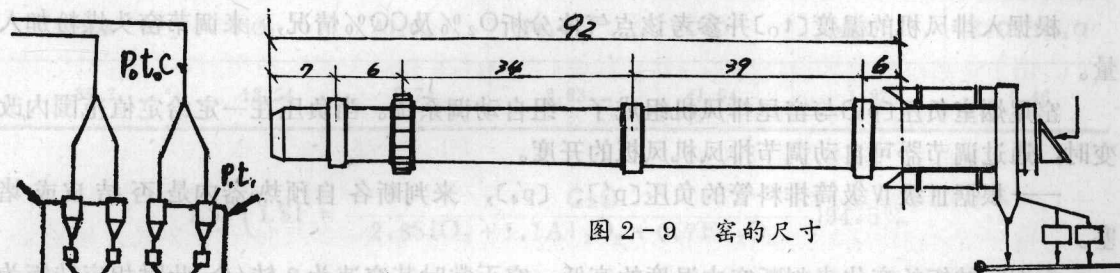


图 2-9 窑的尺寸

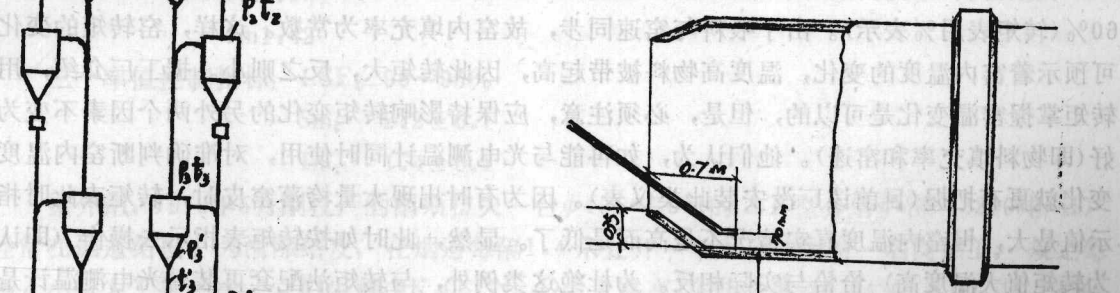


图 2-10 窑尾下料装置

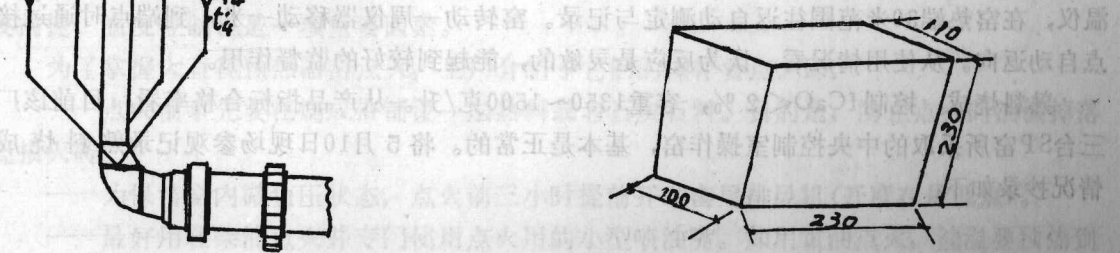


图 2-11 耐火砖尺寸

图 2-8 预热器的测点

题。

回转窑的操作与控制。窑的尺寸及窑尾下料舌头伸入窑内情况,分别如图2-9、图2-10所示。据工厂介绍,从未发生过窑尾倒料问题。各带耐火砖厚度相同,均为230毫米。烧成带为铬镁砖(由日本进口),尺寸如图2-11所示。其它各带为高铝砖。喂料系统与窑同步。窑速允许变动范围0.5~2.0转/分,但是,窑速每班基本固定2转/分不变。窑系统本身有以下检测仪表:

——物料的计量有生料、煤粉及重油入窑量的计量(自动记录);

——压力测定有窑头、窑尾负压及喷油管压力等压力指示仪表。其中窑尾负压与预热器系统排风机组成自调系统,即依窑尾负压大小通过调节器去变动排风机百叶窗风板的开度;

——温度测定有窑体表面温度连续测定仪,出窑熟料温度及入窑重油温度测定仪;

——窑速测定有转矩测定仪及转速表。

中央控制人员借助于控制盘上仪表对预热器——窑系统的生产,进行监视与遥控。譬如:

根据Ⅲ级筒排料管测点的物料温度 $[t'_3]$,来调窑头重柴油的加入量。 t'_3 与加油量在一定温度范围内组成了自动调约系统。 t'_3 改变时,通过给出信号可自动调节窑头喷油嘴的顶针伸进或退出位置,从而达到改变喷油量的目的。

根据入排风机的温度 $[t_o]$ 并参考该点气体分析 $O_2\%$ 及 $CO\%$ 情况,来调节窑头煤粉加入量。

窑尾烟室负压 $[p_s]$ 与窑尾排风机组成了一组自动调系统。当负压在一定给定值范围内改变时,通过调节器可自动调节排风机风板的开度。

——根据Ⅲ级Ⅳ级筒排料管的负压 $[p'_3]$ 、 $[p'_4]$,来判断各自预热器内是否结皮或堵塞。

根据窑转矩的变化来判断窑内温度的高低。窑正常时其窑速为2转/分,此时相应转矩为60%(转矩表用%表示)。由于喂料与窑速同步,故窑内填充率为常数。这样,窑转矩的变化可预示着窑内温度的变化,温度高物料被带起高,因此转矩大,反之则小。据工厂介绍,用转矩掌握窑温变化是可以的,但是,必须注意,应保持影响转矩变化的另外两个因素不变为好(即物料填充率和窑速)。他们认为,如再能与光电测温计同时使用,对准确判断窑内温度变化就更有把握(目前该厂没安装此类仪表)。因为有时出现大量垮落窑皮时,转矩表此时指示值是大,但窑内温度真实情况不是高而是低了。显然,此时如按转矩表指示去操作(即认为转矩值大温度高)恰恰与实际相反。为杜绝这类例外,与转矩法配套再装一光电测温计是必要的。

根据窑体表面温度连续测定仪能及时判断窑内窑皮或火砖厚簿情况。红外线扫描连续测温仪,在窑热端30米范围往返自动测定与记录。窑转动一周仪器移动一米,到端点时通过接点自动返向。从使用情况看,认为反应是灵敏的,能起到较好的监督作用。

熟料烧成,控制 $fCaO < 2\%$,容重1350~1500克/升。从产品指标合格率看,目前该厂三台SP窑所采取的中央控制室操作窑,基本是正常的。将5月10日现场参观记录熟料烧成情况抄录如下:

10/5	容重(克/升)	fCaO(%)	熟料成份	
1	1440		烧失量	0.2%
2	1360	1.14	SiO ₂	21.39%
3	1095		Al ₂ O ₃	5.48%
4	1460	1.1	Fe ₂ O ₃	4.11%
5	1480		CaO	64.14%
6	1500	0.93	MgO	3.01%
7	1452		fCaO	1.5%
8	1310	2.37		

容重每一小时做一次，fCaO每二小时做一次。对连续不合格的熟料，控制室人员将指令输入次品库以备搭配使用。

据工厂介绍，该厂三台窑除投产初期由于没经验操作失误(窑温忽高忽低)，发生过一、二次Ⅲ级筒、Ⅳ级筒结皮堵塞事故外，迄今窑的运转一直正常，不存在由于结皮堵塞影响预热器正常生产问题。他们认为，生料K₂O、Na₂O含量低(<0.6%)是很关键的。但是，也体会到控制温度的高低和波动幅度大小也是很重要的。该厂三台窑控制入Ⅳ级筒气体温度低于850℃，入烟道温度不大于950℃，波动900~950℃。

以5月10日为例，其生料成份如下：

烧失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O、Na ₂ O
35.7	13.54	3.74	2.63	41.54	1.97	0.46

$$LSF \left(LSF = \frac{CaO}{2.8SiO_2 + 1.1Al_2O_3 + 0.7Fe_2O_3} \right) 94.5\%$$

Sm2.12

Im1.42

三个率值控制指标：LSF：90~95%

Sm：2.2±0.1

Im：1.4±0.1

据介绍，1979年5月刚投产的南斯拉夫一台φ4.6×70M的AT型分解炉窑(3200吨/日)经常在烟道结皮。为清除结皮，在烟道每隔1.4米处开一个人孔并配有一名岗位工，规定每隔4小时人工捅一次。它们生料中K₂O、Na₂O含量略高(如烧失量35.94%，SiO₂13.94%，Al₂O₃3.57%，Fe₂O₃1.84%，CaO42.14%。K₂O、Na₂O0.83%)。烟室温度1000~1050℃。所述的两类操作条件表明，生料中K₂O+Na₂O含量少是减少或避免预热器结皮或堵塞的必要前提，温度控制也是一项重要因素。

为了掌握大直径预热器窑点火，工厂介绍了它们的操作要点。即：

——点火前事先要在烧成带铺设一层熟料或者石灰石料。目的是，防止点火时油滴掉落烧损火砖。

——为保持窑内微负压状态，点火前三小时提前开动窑尾排风机(开度在最低点)。

——最好用轻柴油点火并专门使用点火用的小型喷油嘴。如用重油点火，油温要预热到120℃左右使其粘度小于2°E(恩氏粘度)。

点火后一小时内不转窑(大窑径与小窑径限制该时间是不同的)。而在:

1~3小时内每隔20分转1/4转(转90°)

3~12小时内每隔10分钟1/4转(转90°)

12~20小时范围内用辅助电机转窑。

当IV级筒温度(t_4)达700℃时,开动窑的主电机(停辅助电机),并更换工作喷嘴。

当IV级温度(t_4)大于750℃时开始加料。此时窑速为正常窑速(2转/分)的75%,料子为正常的60%。当物料到达烧成带时,将料子调到75%即与窑同步。

——当入IV级筒气体温度达820℃以上时,并 $O_2\%$ 为2~3%左右,此时可开动电收尘器和转入正常操作。

——从点火到正常操作一般应控制在72小时左右。

窑主要技术经济指标。窑年运转率各窑不一,波动在80~86%。检修换砖较频,砖耗1.2公斤/吨。电收尘回收量为7~8吨/时,料耗1.6公斤/公斤熟料。热耗800大卡/公斤熟料(原设计760~780)。电耗28度/吨熟料(综合电耗100度/吨水泥)。水泥成本20元/吨(相当人民币19元/吨)。窑产量原设计日产3100吨/日(台时129.2吨/时),正常时日产可达3300吨。熟料强度达300*(软练)。

窑烧成带物料填充系数(ϕ)6.5%(当窑耗 $n=z$ 、窑斜率3.5%及物料停留时间80分钟时)。

出I级筒废气量 $5.1M^3/KgK(350^\circ C)$ 或 $2.2NM^3/KgK$ 。

入窑物料分解率(e)45~55%(物料烧失量19~21%)。

出I级筒空气过剩系统1.2($O_2\%$ 3~4%)。

(二)多筒冷却机

该厂三台窑均采用尤纳克斯型多筒冷却机。其规格为10— $\phi 2.25 \times 25.2$ 米。如图2-12所示进料端6米长一段为耐火砖,中间段9米长一段挂有勺式扬料斗(如图2-13所示),出料端为普通钢槽型扬料装置(如图2-14所示)。

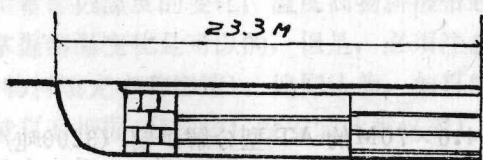


图2-12 多筒冷却机

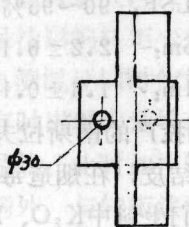


图2-14 扬料装置

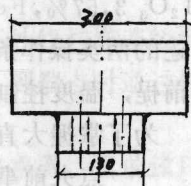
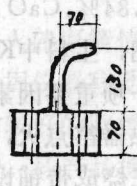


图2-13 勺式扬料斗

中间段勺式斗是用 $\phi 30$ 毫米螺杆与胴体联结的,在9米长度内共挂2000个。斗安装后,在其表面浇注100毫米厚耐火混凝土。

出料端为槽型斗(类似槽钢型),是沿胴体焊接固定。每隔0.7米挂一排,斗宽70毫米,高140毫米,为防止磨损,沿每排的空道加焊一层厚10毫米钢板(防磨板)。

原设计出冷却机熟料温度为 100°C ,热效率73.3%。即熟料带入热焓 400KCal/Kg ,出冷却机带走热为 30KCal/Kg ,胴体散热 75KCal/Kg ,二次风吸热为 295KCal/Kg 。但是,目前由于窑头漏风较多,出冷却机熟料温度常在 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 左右。二次风温低于 600°C 。虽效率没达到预期目标,工厂认为多筒冷却机还有它的长处,与篦冷机比它没收尘问题,结构简单,省略鼓风机系统,电耗低等等。当前存在主要问题是,入口火砖磨损太快。工厂准备改为磷酸盐耐火混凝土整体浇注。

(三)燃料燃烧及制备

窑采用煤油混烧系统,重油每小时耗量约 $5\text{M}^3/\text{H}$,煤粉为 $7\text{T}/\text{H}$ 。

重油由火车进厂导入各自 1万米^3 的油库。入窑前为满足雾化要求,需由蒸汽预热到 120°C 左右(小于油闪点温度),使其粘度达到恩氏 $1.5\sim 2.0\text{E}^{\circ}$ 。重油含硫 $<1\%$,热值 $9000\sim 9600\text{KCal/Kg}$ 。经高压油泵($30\text{Kg}/\text{Cm}^2$)打入窑内喷嘴。油量通过叶轮式计量表计量。

煤为无烟煤,原煤水份 $4\sim 6\%$ 。入窑煤粉细度 $5\sim 10\%$ 。工业分析的年平均值列举如下:

水份%	挥发份%	灰份%	固定炭%	热值(KCal/Kg)
1~2	8~10	13~16	70~74	5000~5200

一台窑设两台煤磨,其规格为 $\phi 3.2\times 8.4\text{M}$ (其中前2米一段为烘干段),动力 610KW 。装球 64T ,I仓19吨II仓装45吨。即:

I仓 $\phi 60$ 毫米3.5吨

II仓 16×16 毫米13.5吨

$\phi 50$ 毫米4.0吨

19×19 毫米19吨

$\phi 40$ 毫米6.0吨

22×22 毫米8.5吨

$\phi 30$ 毫米5.5吨

当控制细度 $<5\%$ 时产量 $25\text{T}/\text{H}$,细度为 $10\sim 15\%$ 时产量 $32\text{T}/\text{H}$ 。其流程如图2-15所示。

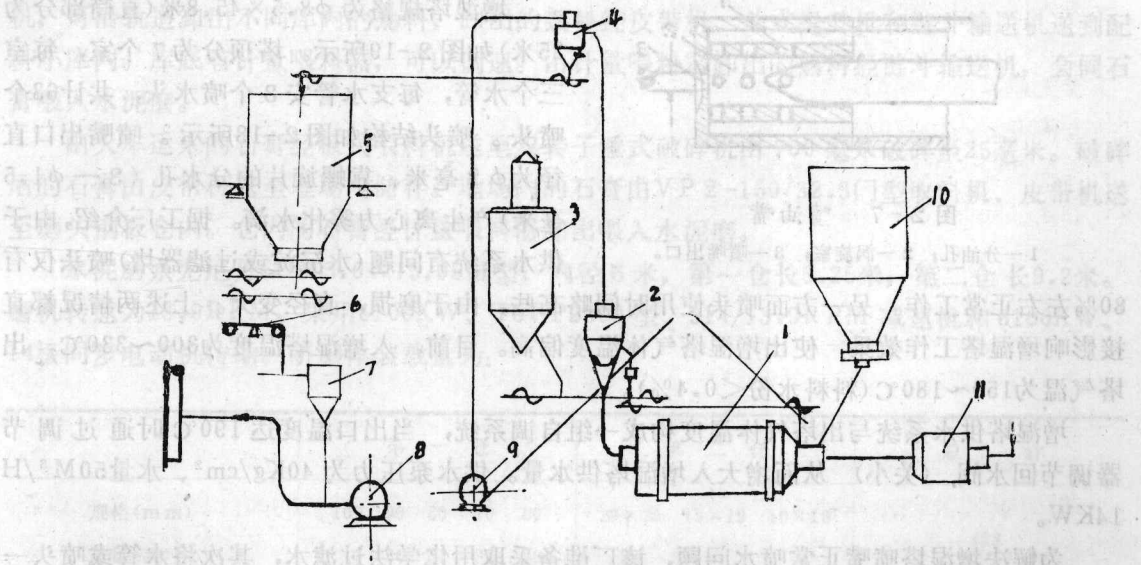


图2-15 煤粉强备

- 1.一煤磨; 2.一粗分离器; 3.一电收尘器; 4.一旋风收尘器; 5.一煤粉库; 6.一入窑煤粉计量称;
7.一中间仓; 8.一一次风风机; 9.一煤磨风机(160KW); 10.一原煤仓; 11.一热风炉。

煤磨采用FBT-60-4050-2型电收尘,电压60KV-400mA。允许通过风量730米³/分,最大含尘浓度为30g/M³。该系统收尘是参观过程中所见最好的收尘点。从外观看,出电收尘气体如同白水蒸汽,烟尘极小,效果良好。据介绍,该电收尘系统只装温度报警系统,控制温度不超过70℃(超过调冷风入风机)。没装CO%自动气体分析仪。电收尘为正压操作。

煤风管为 $\phi 450$ 毫米,喷煤嘴出口直径(d.)为 $\phi 320$ 毫米。一次风风量370米³/分,风压230~250毫米H₂O,鼓风机动力150KW。喷油嘴安在煤风管内,其出口与喷煤嘴一齐如图2-16所示。

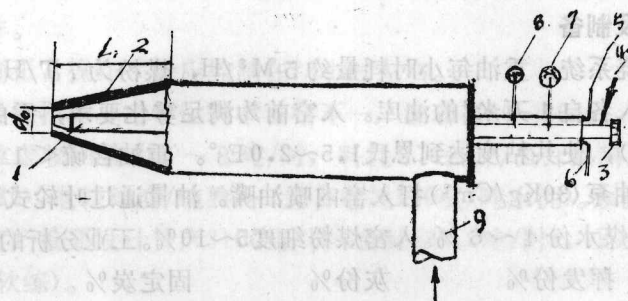


图 2-16 燃料喷嘴

- 1—喷油嘴; 2—煤风管拔梢 $L_1=1.5$ 米; 3—油顶调节器; 4—油杆; 5—水蒸汽入口;
6—水蒸汽出口; 7—油压表; 8—油温表; 9—一次风入口。

喷油嘴采用新型压力喷嘴,其结构如图2-17所示。油管直径为 $\phi 90$ 毫米,油从油管导入分油孔(1)(共四个,孔径 $\phi 3 \sim \phi 5$,目前使用的为 $\phi 4$ 毫米孔),然后通过涡旋室(2)从喷油嘴(3)喷出。喷油嘴直径根据产量情况可更换,目前为 $\phi 18$ 毫米。

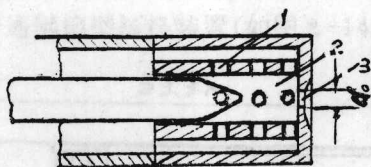


图 2-7 喷油嘴

- 1—分油孔; 2—涡旋室; 3—喷嘴出口。

(四)增湿塔及电收尘

增湿塔规格为 $\phi 8.5 \times 45.8$ 米(直筒部分为25米)如图2-19所示。塔顶分为7个室,每室三个水管,每支水管安3个喷头,共计63个喷头。喷头结构如图2-18所示。喷嘴出口直径为 $\phi 2$ 毫米、靠螺旋片的分水孔(3— $\phi 1.5$ 毫米)产生离心力雾化水滴。据工厂介绍,由于供水系统有问题(水沉淀或过滤器堵)喷头仅有

80%左右正常工作。另一方面喷头使用时间略高些,由于磨损,直径变大。上述两情况都直接影响增湿塔工作效果,使出增湿塔气体温度偏高。目前,入增湿塔温度为300~330℃,出塔气温为150~180℃(料料水份 $<0.4\%$)。

增湿塔供水系统与出塔气体温度构成一组自调系统,当出口温度达190℃时通过调节器调节回水阀(关小)从而增大入增湿塔供水量。供水泵压力为40Kg/cm²、水量50M³/H 14KW。

为解决增湿塔喷嘴正常喷水问题,该厂准备采取用化学法过滤水,其次将水管或喷头一律改为不锈钢。

窑尾电收尘器为2 FAA-32-32-7290-1型。整流器容量为70KV—80mA,极板间距250