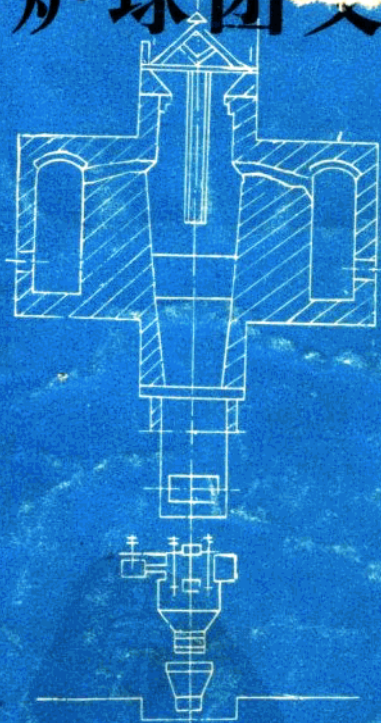


竖炉球团大集



冶金工业部
《烧结球团》编辑部

竖 炉 球 团 文 集

《竖炉球团文集》编辑组

冶 金 工 业 部
《烧结球团》编辑部

竖 炉 球 团 文 集

冶 金 工 业 部
《烧 结 球 团》编 辑 部 出 版
(长 沙 黑 色 冶 金 矿 山 设 计 研 究 院,
湖 南 省 航 务 管 理 局 印 刷 厂 印 刷
1080×780 1/32 印 张 8 $\frac{1}{4}$ 字 数 189.5千 字
1985年 7 月 第 一 版 1985年 7 月 第 一 次 印 刷
印 数 00,000~1200

编者的话

《竖炉球团文集》是根据1984年3月冶金部烧结球团情报网在广州召开的“正、副网长单位（扩大）工作会议”以及1984年11月冶金部在凌源钢铁厂召开的“全国竖炉球团生产座谈会”的决定编辑的。

编辑出版本文集，旨在回顾和总结我国竖炉球团的发展过程；促进竖炉球团生产以及科研工作的进一步开展。本书以文集的形式出版，共收录了有关竖炉球团生产及科研方面的论文23篇。对个别文章，在编辑过程中有所删节。

由于水平和人手有限，本书在编辑过程中缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

《竖炉球团文集》编辑组

1985年5月

序 言

我国从1966年开始建设竖炉，1968年济南钢铁厂第一座竖炉投入生产，至今已有十九个年头了。十九年来，在发展中积累了经验和教训，特别是近几年，我国的球团竖炉生产更取得了明显的进步，产量逐年上升，质量不断改进。1977年全国竖炉球团产量只有40万吨，1984年产量提高到122万吨。目前拥有竖炉的生产厂已发展到杭钢、济钢、凌源、通化、安阳水冶、莱芜、承德、萍乡钢铁厂八个单位，其中七个用磁铁精矿作原料的厂，单座竖炉的平均年产量已超过原设计水平。

济钢在竖炉内采用导风墙和烘干床措施是工艺设备上的重大突破，使竖炉球团有了生机，产量质量显著提高。杭钢在不断完善工艺和设备、改进操作方面作了不少工作，他们结合本厂原料条件，首先采用膨润土做粘结剂生产酸性球团矿。从产量来看，杭钢一座8平米竖炉球团的年产量达到30万吨，作业率89%，热耗14万千卡，能耗40公斤标准煤/吨，抗压强度、氧化亚铁含量等主要指标都达到了国外同类设备的先进水平。其次是济钢年产量达到24万吨以上。我国竖炉以高炉煤气为燃料，这就使它有着广泛的燃料来源，低热值的高炉煤气得到充分利用，节约了能源，是今后发展的有利条件。而国外是烧重油或天然气，与他们比较，我们的竖炉在工艺和设备上都具有中国特色。

十多年的生产实践，使我们加深了对竖炉球团生产规律的认识。建设竖炉一定要从本厂原料的具体条件出发，特别是精矿的粒度、水分、二氧化硅含量等，寻找出合理的造球工艺、焙烧制度；选择适宜的粘结剂，而不能照搬照抄。回顾历史可

以看到我国竖炉球团的发展走过了由不成熟到成熟，由不完善到比较完善的一段路程。初期的竖炉工艺设备不尽合理，经过生产实践的检验暴露了不少问题，而关键是用什么样的态度和方法去对待这些问题。在这期间，冶金部先后召开过七次现场会和一次学术讨论会，组织了两次调查测试组和三次攻关组，总结经验，找出差距，解决了一个个难题，使竖炉的生产水平不断提高。杭钢、济钢为我国竖炉生产树立了两个很好的榜样。鞍山黑色冶金矿山设计研究院、长沙黑色冶金矿山设计研究院、北京钢铁学院、浙江冶金研究所、北京钢铁研究总院等院所都为我国竖炉的发展作出了贡献，可以说，我国竖炉生产所取得的成就是广大工人、科技人员共同智慧的结晶。

竖炉生产的优质球团矿，为高炉实现新型炉料结构创造了条件；竖炉球团在高炉上的使用取得了良好的经济效益。当然，竖炉球团无论从工艺、设备还是球团矿质量，都还有许多生产和科研课题要做，“七五”期间不少钢铁企业要建设竖炉，十六平方米竖炉已在本钢动工。我们希望这个文集的出版对推动我国竖炉球团的生产 and 建设发挥重要作用，为提高竖炉球团的产量、质量，加速我国钢铁工业的发展作出新贡献。

耿炳玺

1985年3月10日

目 录

- 一、褐铁矿、赤铁矿竖炉球团····· (1)
- 二、竖炉焙烧褐铁矿球团生产实践初步总结····· (22)
- 三、铁精矿球团竖炉中导风墙的作用····· (37)
- 四、对提高竖炉球团矿质量的几点看法····· (40)
- 五、球团竖炉炉型与热工制度····· (46)
- 六、球团竖炉中压力场分布的模型研究····· (58)
- 七、球团竖炉大型化若干问题探讨····· (67)
- 八、杭钢竖炉球团矿的冶金性能····· (82)
- 九、关于竖炉球团的节能问题····· (92)
- 十、国外竖炉球团现状和我国竖炉技术的进展·····(103)
- 十一、杭钢竖炉球团·····(119)
- 十二、球团竖炉燃烧室改造·····(128)
- 十三、降低氧化球团竖炉排矿温度的分析·····(138)
- 十四、影响球团竖炉气流分布的因素·····(142)
- 十五、球团矿在竖炉中运动的模拟试验·····(160)
- 十六、我国竖炉球团现状·····(165)
- 十七、球团竖炉料柱空隙度的研究·····(174)
- 十八、球团竖炉内气流分布规律的研究·····(183)
- 十九、关于竖炉内球层阻力损失计算公式的讨论·····(193)
- 二十、杭钢球团竖炉气氛与炉温的测定·····(205)
- 二十一、球团竖炉的技术改造·····(212)
- 二十二、杭钢8米²竖炉球团生产概况·····(225)
- 二十三、竖炉球团正常生产基本要求·····(235)

一、褐铁矿、赤铁矿竖炉球团

长沙黑色冶金矿山设计研究院 张兰泉

1. 前 言

竖炉球团作为铁矿球团的主要方法之一，大多只用于处理磁铁精矿。竖炉球团能否处理褐铁矿、赤铁矿？我国有关竖炉球团厂的实践证明同样是行之有效的。

褐铁矿、赤铁矿与磁铁矿的矿物组成不同，其竖炉球团的工艺流程、炉型及热工制度也不尽相同。在一系列试验研究和生产实践的基础上，褐铁矿、赤铁矿竖炉球团已形成了与之相适应的较为完善的工艺流程。

磁铁矿竖炉球团生产在国内已积累了较为成熟的经验。而褐铁矿、赤铁矿竖炉球团生产则还刚刚开始，尚有不少问题（如产量低、热耗大、除尘等）急待解决，尤其对于赤铁矿球团的焙烧固结机理尚不够清楚，研究得也不够充分，对固结机理的看法尚存在着分歧。因此，进一步对褐铁矿、赤铁矿竖炉球团生产中提出的问题及其固结机理进行研究仍然是十分重要和必要的。

竖炉球团生产的进步和发展必将为我国中、小型钢铁企业贯彻高炉精料方针、发展球团工艺作出贡献。

本文谨就萍乡钢铁厂球团竖炉焙烧褐铁矿、赤铁矿工艺的若干设计问题及生产实践作一详细介绍。

2. 设计若干问题

萍乡钢铁厂所用含铁原料是铁坑褐铁矿和上珠岭赤铁矿。

根据矿石特点，以试验研究的结果为基础，针对试生产中暴露的问题进行改造，萍乡钢铁厂球团车间用褐铁精矿配加赤铁矿的竖炉球团已形成较为完善的工艺流程。其工艺流程如图1所示。

2.1 原料准备与处理

造球前原料准备与处理是球团生产的重要环节。适宜的原料粒度、水分和均匀的化学成分是制取优质生球和保证竖炉生产正常的先决条件。

2.1.1 精矿干燥与松散

铁坑褐铁精矿由于含水高，精矿进厂时非松散状，大部分成块状。这种矿石直接用于球团生产是困难的，在贮存和运输过程中严重地堵塞矿槽及给料设备，影响配料准确性。因此，在造球前将这种矿石进行干燥，并恢复到原有磨矿粒度是稳定混合料物理性能和化学成分及保证造球过程顺利进行的有力措施。

1) 流程

干燥作业在配料后进行，干燥机兼作混合机用，虽工艺流程较简单，但由于在干燥机中会形成一些小球，在造球时这些小球长大所成的生球其质量较低。同时，未经干燥的精矿配料不准。因此，采用干燥单一铁坑褐铁精矿的流程是适宜的。

2) 干燥

铁坑褐铁精矿进厂平均水分达24%，经干燥后水分需降至12%方能满足造球对混合料水分的要求。设计采用一台 $\phi 2.2 \times 14$ 米圆筒干燥机，干燥机配置为顺流式，干燥介质为高炉煤气燃烧产生之高温废气。设计干燥强度为50公斤/米³·小时，干燥机小时处理能力为20吨/小时。干燥机的给料为胶带机直接给

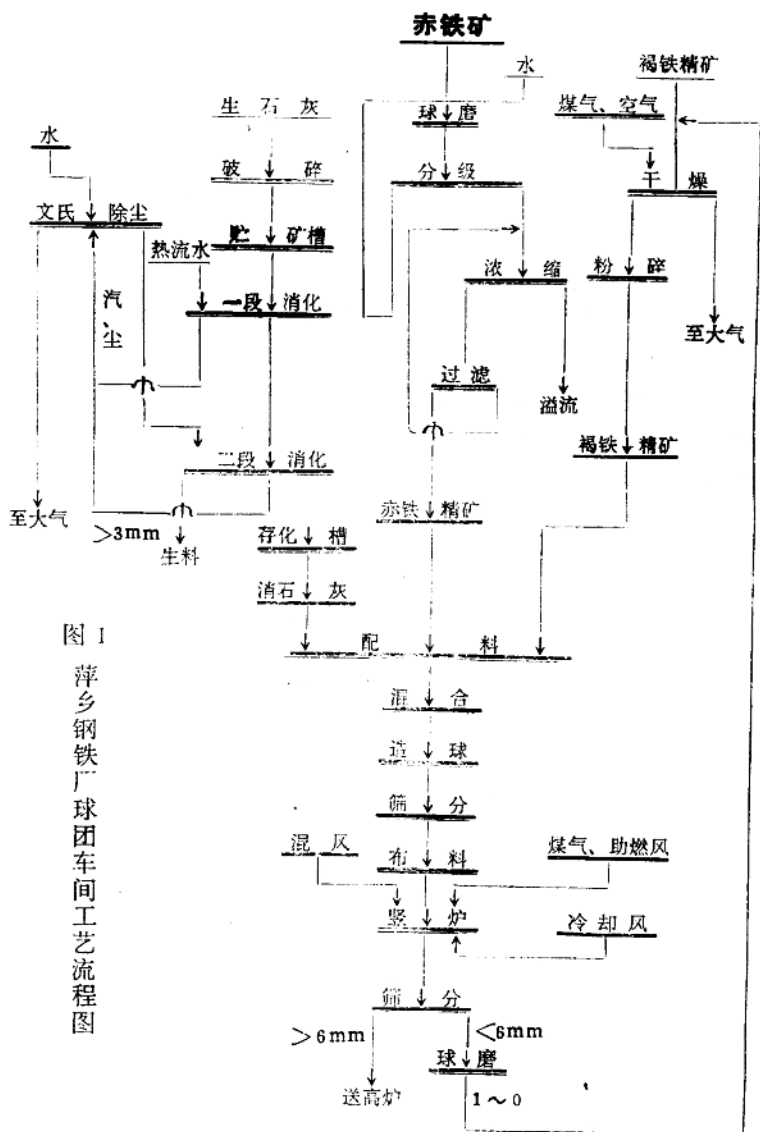


图 1 萍乡钢铁厂球团车间工艺流程图

料。干燥介质由烟囱直接排出，无收尘设施。

3) 燃烧炉

干燥机燃烧炉一般结构型式如图 2 所示。这种结构型式的燃烧炉目前在生产中尚存在下列问题：

a. 燃烧炉温度较高，顺流式配置的干燥机其下料管总是暴露在高温气流中，普通材质的下料管使用寿命较短，常被烧坏，严重者只能用 7~8 天就需更换；

b. 干燥机进料端的密封圈一般与燃烧炉炉壁联结，在高温气流的作用下，易变形漏气，影响干燥作业进行；

c. 采用胶带机直接给料的干燥机，其给料处密封不严，下料管在一定程度上起了烟囱的作用，恶化了胶带机头部的操作环境和工作条件。

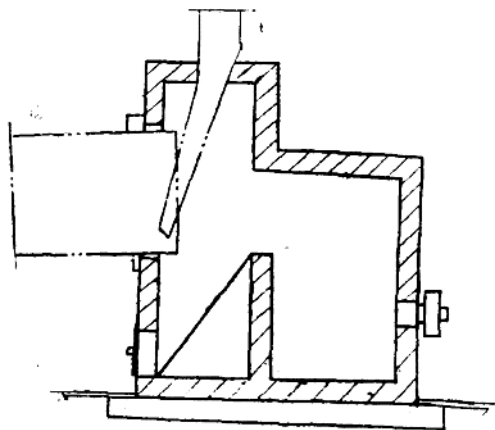


图 2 一般燃烧炉结构简图

铁坑褐铁精矿粒度细、粘性大、水分高，生产中容易发生粘筒壁的现象，影响干燥效率。提高炉头温度是减少和避免筒

壁粘料的有力措施。而提高炉头温度，势必会进一步恶化目前这种结构型式的燃烧炉所存在的问题。根据上海吴泾化工厂的经验所设计的燃烧炉结构形式如图3所示。其特点是在燃烧室内砌筑一道隔墙，将燃烧炉与干燥机进料端和下料管隔开；在隔墙上设一导火筒，高温干燥介质由导火筒直接导入干燥机筒体。这样避免了高温介质对下料管和密封圈直接烘烤，既保护了下料管和密封圈，又强化了干燥过程。同时，其胶带机头部的操作环境和工作条件也得到改善。

4) 松散

散状物料在干燥过程中不易结块，无需对干燥产品进行破碎。铁坑褐铁精矿因在进料时已成块状，且块度较大，干燥过

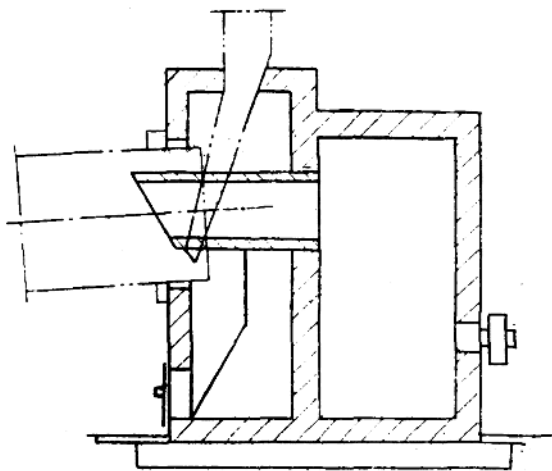


图3 设计燃烧炉结构简图

程中块状物料不能完全粉碎。因而，在干燥机后面设置粉碎工序，将块状精矿粉碎到原有粒度，是不能缺少的。

萍钢采用的是 $\phi 1200$ 鼠笼混合机，作精矿松散兼混合用。

2.1.2 生石灰消化

设计中采用二段消化工艺流程，其设备联接系统图如图4所示。

该流程小时生产能力约5吨，产品粒度范围为3~0毫米，产品含水5%左右。

图示二段消化工艺流程具有下列特点：

1) 贮矿槽贮备块灰。生石灰吸水性强，吸水后极易粉化，粉化后很易扬尘。因而生石灰的贮备不宜采用料仓或料棚，而宜将进厂块灰随即破碎至小于25毫米（或小于40毫米）转入贮矿槽贮备。贮矿槽容积根据来料情况确定；

2) 块灰用星形给料机给料。星形给料机密封性能好、给料均匀；

3) 圆筒化灰机作消化兼筛分用，流程简化、劳动条件好；

4) 设置存化槽。生石灰经两段消化后已基本消化，但尚有部分小颗粒。这部分小颗粒在存放过程中会进一步吸水消化。一般存化时间为5~7天就可使产品完全消化为1~0毫米，在条件许可时，存化槽容积应保证存化时间的需要。存化槽以设置几个轮流使用为宜；

5) 采用文丘里除尘器，消化工艺与除尘相结合，既强化了消化过程，又保证优良的除尘效果。

生石灰消化过程是放热过程，1公斤CaO消化时可放出277大卡热量。所放出的热量，一部分使生石灰得到加热，强化消化过程；另一部分热量用来蒸发水分。消化过程所产生的热气流（汽、气和尘）在其位压头和文丘里除尘器负压的作用下，

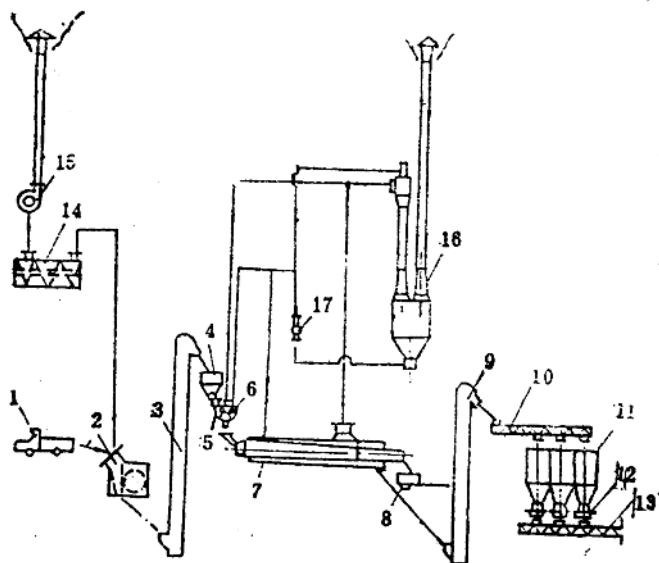


图4 生石灰消化设备联接系统图

- 1.汽车； 2.颚式破碎机； 3.斗式提升机； 4.贮矿槽 5.星形给料机；
 6.双轴消化器； 7.圆筒化灰机； 8.生料小车； 9.斗式提升机；
 10.螺旋运输机； 11.存化槽； 12.圆盘给料机； 13.螺旋运输机；
 14.螺旋回转除尘器； 15.风机； 16.文丘里除尘器； 17.砂泵

进入文丘里除尘器将98%的尘收集于水中，并使蒸汽冷凝，得到含 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 2%、温度约 $80\sim 85^\circ\text{C}$ 的热水。再用泵将热水送至双轴消化器和化灰机作工艺消化用水，强化消化过程。同时，也送至文丘里除尘器作除尘用水，循环使用。文丘里除尘器每小时耗水量约为60吨，其中大部为循环水。生石灰消化工艺耗水为0.7吨/吨（生石灰）。

2.2 竖炉焙烧

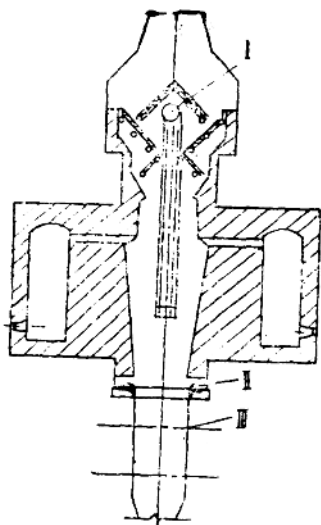


图5 萍乡钢铁厂球团竖炉炉型简图

- I——混风管
- II——设计冷却风进口
- III——实际冷却风进口

竖炉是一种热交换设备。褐铁矿、赤铁矿球团在竖炉内的焙烧过程是综合传热过程。竖炉焙烧包括生球的干燥、脱水、预热、焙烧及球团的冷却。

萍乡钢铁厂球团竖炉炉型简图示于图5。炉子技术性能见表1。

2.2.1 干燥、脱水

褐铁矿、赤铁矿竖炉焙烧的关键

是干球入炉。焙烧球团的质量在很大程度上取决于生球在干燥时的状况。因此，生球干燥是焙烧过程中一个极其重要的环节，是强化焙烧过程的先决条件。

1) 干燥介质的温度和速度

生球的干燥必须在不发生破裂的条件下进行。静态下生球的“破裂温度”在实际生产中是无意义的。生球的“破裂温度”与矿石种类、干燥介质的温度和速度有关。

铁坑褐铁矿、上珠岭赤铁矿所制得的生球在干燥时的热稳定性比一般磁铁矿所制得的生球要差，其“破裂温度”较一般

竖 炉 主 要 技 术 性 能 表 1

| 序号 | 名 称 | 单 位 | 数 据 |
|----|-----------------|---------------------|--------------------|
| 1 | 炉 子 面 积 | 米 ² | 7.1 |
| 2 | 炉 子 有 效 面 积 | 米 ² | 4.8 |
| 3 | 炉 子 单 位 面 积 产 量 | 吨/米 ² ·时 | 2 |
| 4 | 球 团 单 位 热 耗 量 | 大卡/吨 | 450000 |
| 5 | 煤 气 | 热 值 | 大卡/标米 ³ |
| | | 耗 量 | 标米 ³ /时 |
| 6 | 助 燃 空 气 | 压 力 | 毫米水柱 |
| | | 耗 量 | 标米 ³ /时 |
| 7 | 冷 却 空 气 | 压 力 | 毫米水柱 |
| | | 单 耗 | 米 ³ /吨 |
| 8 | 混 风 | 耗 量 | 米 ³ /时 |
| | | 压 力 | 毫米水柱 |
| 9 | 竖 炉 高 度 | 预 热 带 | 米 |
| | | 焙 烧 带 | 米 |
| | | 均 热 带 | 米 |
| | | 冷 却 带 | 米 |
| | | 排 矿 带 | 米 |
| 10 | 喷 火 口 截 面 积 | 米 ² | 0.765 |
| 11 | 导 风 墙 通 风 面 积 | 米 ² | 1.12 |
| 12 | 燃 烧 室 容 积 | 米 ³ | 34.54 |

磁铁矿所制得的生球为低，这和褐铁矿系胶质物并含结晶水、赤铁矿含泥有关。

铁坑褐铁矿含结晶水9.27%，结晶水以 $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ （针铁矿）形式存在。结晶水是在针铁矿受热分解析出水分以后才蒸发。根据中南矿冶学院对铁坑褐铁矿球团干燥的测定结果表明：铁坑褐铁矿开始脱水温度250~260℃，化学沸腾温度330℃。到380℃结晶水的脱除基本完成。因而，铁坑褐铁矿和上珠岭赤铁矿所制得的生球除排除物理水的干燥过程外，尚有一结晶水受热分解和蒸发的脱水过程。温度太高和升温速度太快均会引起物理水和结晶水的急速析出而导致生球破裂。故铁坑褐铁矿和上珠岭赤铁矿所制得的生球只宜在低温（< 300℃）、慢

速（延长干燥时间）的条件下进行干燥，以适应脱水过程的需要。竖炉具有骤然加热的特点，上部气流温度很难控制。对于“破裂温度”低的生球直接在竖炉上部料柱内进行干燥是不适宜的。

增大干燥介质速度能强化干燥过程，但干燥介质速度过大又将使生球的“破裂温度”降低。褐铁矿、赤铁矿生球干燥，其介质速度的选取应不使其“破裂温度”明显降低为前提。设计中尽可能地增大干燥介质流量以适应低温干燥的要求。

2) 三层炉篦干燥床

三层炉篦干燥床是单层炉篦干燥床的发展。第一层干燥床炉篦采用组合百叶窗结构形式，如图6所示。这种结构形式的炉篦可防止湿球堵塞篦孔。第二、三层干燥床炉篦采用顺排炉条式结构形式，这对于经过部分干燥的生球是不易堵塞的，且在停炉清扫更换时也较为方便。根据各层工作温度不同，设计中第一层炉篦干燥床材质为RTSi—5.5（高硅耐热铸铁），第二、三层材质为含铬32~36%的高铬铸铁。干燥床分别由15根水冷梁支撑。

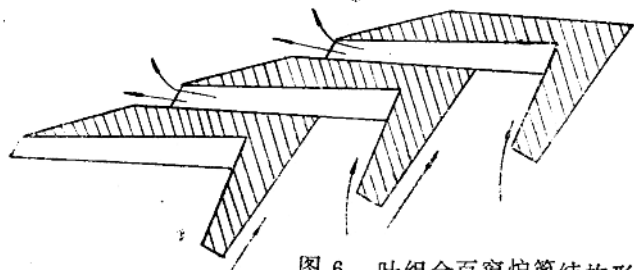


图6 叶组合百窗炉篦结构形式

竖炉燃烧室喷出的高温废气在焙烧预热生球后温度约