

# 宝钢环保技术

冶金部宝钢环保技术编委会

一九八九

# 第一章 炼钢厂工艺概况和环保措施

## 第一节 工艺概况及技术特点

宝钢炼钢厂由日本新日铁承担总体设计，并提供成套技术设备。厂内设有3座300t氧气顶吹转炉，转炉三吹二，年产钢水量671万t，钢种大多为钢管、型钢及板用钢。最终阶段镇静钢比65.3%；连铸比47%；优质钢比约为61%；低合金钢比约22%。

炼钢厂由完成冶炼、钢水处理及连铸作业的主厂房、各种辅助作业的跨间和系统、脱整模间、炉渣处理间、落锤间、粒铁回收场、炼钢炉前分析室及公用设施、生活设施、仓库设施及办公室等组成。炼钢厂车间组成见表1-1。

### 一、生产流程简介

由4063m<sup>3</sup>高炉来的铁水用300t混铁车运送到炼钢厂，需要进行脱硫处理的送到脱硫间，然后进入倒罐站，将铁水倒入铁水罐内，经加料跨430t/80t吊车兑入转炉。混铁车内的残铁及残渣，每隔一定周期送到渣间倒出。

废钢用自卸卡车，从堆放场运到废钢装料间，用电磁盘吊车装入废钢槽，经槽车送到加料跨，用110t/110t双钩吊车加入转炉。

副原料石灰、轻烧白云石及矿石经皮带机送到地下料仓。其它副原料用自卸卡车，卸入地下料仓，经皮带机输送至炉顶料仓，再经加料系统加入转炉。

铁合金均由自卸卡车卸入地下料仓，经皮带机输送至中位料仓，再经溜槽等加入钢水罐内。

转炉出钢后，对于含氢量2PPM以内的生产厚板用钢、钢管钢、耐海水和耐大气腐蚀钢及低合金强度钢等，钢水经吹氩调温及RH真空脱气处理，一期工程全部铸锭。经整脱模系统，将钢锭送到1350mm初轧机轧制。二期工程设置板坯连铸机，将板坯送热轧机轧制。

转炉渣经ISC（即Instant slag chill之缩写）法处理及粒铁回收系统进行综合利用。详见生产总流程图1-1。

表1-1

炼钢厂车间组成

| 序号 | 车间(跨间)名称                                          | 主要生产工艺及污染源排放物                                        |
|----|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1  | 主厂房                                               |                                                      |
|    | (1) 加料跨                                           | 兑铁水、加废钢产生二次烟尘                                        |
|    | (2) 炉子跨                                           | 转炉吹炼及修炉产生烟尘<br>RH真空脱气装置抽出废气                          |
|    | (3) 铸锭跨(I、II、III、IV跨)<br>(4) 钢水罐修理跨<br>(5) OG系统设施 | 浇注镇静钢及压盖钢钢锭<br>修砌钢水罐铁水罐及真空室下部槽<br>转炉烟气净化、煤气回收和污水处理设施 |
| 2  | 混铁车脱硫间                                            | 铁水喷吹脱硫产生大量烟尘                                         |
| 3  | 铁水倒罐站                                             | 混铁车内铁水倒入铁水罐内产生烟尘                                     |
| 4  | 混铁车排渣间                                            | 倒出混铁车内残铁及残渣产生粉尘                                      |
| 5  | 废钢装料间                                             | 将废钢装入废钢槽内称量后运入加料跨产生粉尘                                |
| 6  | 副原料输送系统                                           | 输送副原料产生粉尘                                            |
| 7  | 铁合金输送系统                                           | 输送铁合金产生粉尘                                            |
| 8  | 第I脱整模间                                            | 方锭下注镇静钢脱模整模                                          |
| 9  | 第II脱整模间                                           | 压盖钢扁锭镇静钢脱模整模                                         |
| 10 | 下注底盘准备间                                           | 底盘清扫、喷涂、砌扬道、放垫板、防溅筒                                  |
| 11 | 隔热板安装间                                            | 安装钢锭模内绝热板                                            |
| 12 | 炉渣处理间                                             | 炉渣浅盘水淬法处理(即ISC法处理)                                   |
| 13 | 粒铁回收场                                             | 回收渣中废钢铁工艺生产过程中产生大量粉尘                                 |
| 14 | 落锤间                                               | 处理废钢废铁                                               |
| 15 | 炉前分析室及公用设施                                        |                                                      |
| 16 | 炼钢地区机修                                            |                                                      |

续表1-1

|    |          |        |
|----|----------|--------|
| 17 | 氧化铁皮处理场  | 处理氧化铁皮 |
| 18 | 钢锭模修理间   | 修理钢锭模  |
| 19 | 仓库设施     |        |
| 20 | 办公室及生活设施 |        |

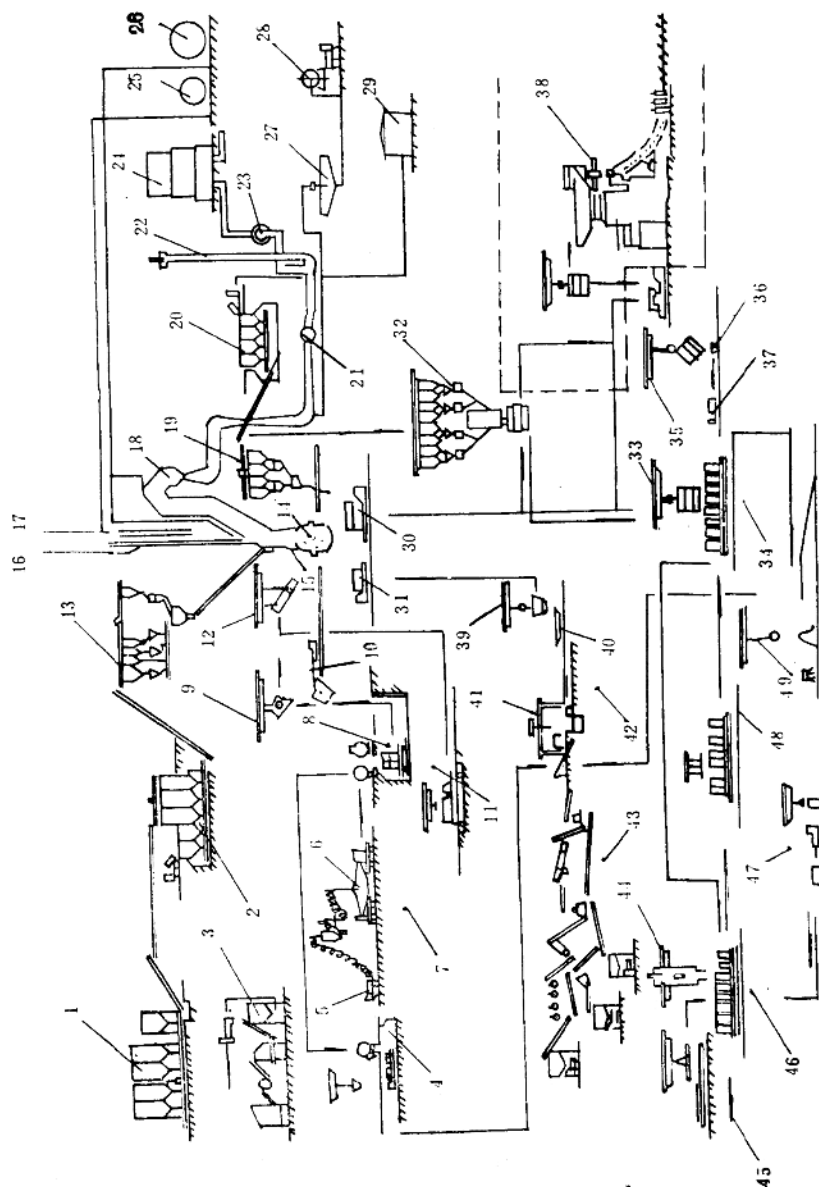


图1-1 生产总流程图

- 1—石灰车；2—副原料地下料仓；3—氧化铁皮处理站；4—混铁车倒渣站；5—石灰粉、炭化钙粉槽车；6—混铁车；7—混铁车脱渣站；8—铁水吊车；9—铁水吊车；10—铁水扒渣机；11—废钢装料站；12—加废钢吊车；13—副原料炉顶料仓；14—300t转炉；15—活动、固定烟罩；16—副枪；17—副枪；18—铁合金料仓；19—铁合金料仓；20—铁合金料仓；21—引风机；22—放散烟罩；23—水封逆止阀；24—8万m<sup>3</sup>干式煤气柜；25—煤气罐；26—煤气罐；27—中心传动液箱；28—压滤机；29—铁合金仓库；30—钢水罐台车；31—转炉渣罐车；32—RHH钢水脱气设备；33—铸机起重设备；34—铸锭；35—起重设备；36—铸锭；37—铸锭；38—铸锭；39—起重设备；40—起重设备；41—起重设备；42—ISCS渣处理站；43—渣回收站；44—渣回收站；45—渣回收站；46—渣回收站；47—渣回收站；48—渣回收站；49—渣回收站。

## 二、炼钢厂技术特点

炼钢厂的技术特点表现在:

### (一) 装备大型化

采用300t级大型纯氧顶吹转炉和与之相适应的大型化配套设备,如,320t鱼雷式混铁车,430t兑铁水吊车,440t铸锭吊车,95m<sup>3</sup>的废钢料槽及其吊车运110t的双钩吊车,440t钢水罐台车,110t渣罐台车,砖输送能力700—1400块/h的修炉塔,抽气能力7000kg/h的钢水真空脱气装置,风量210000Nm<sup>3</sup>/h,风压17500Pa,带液力偶合器调速马达的转炉OG装置除尘风机,大型化的正压布袋除尘器等。

### (二) 产量高,质量好,品种多

炼钢厂3座300t转炉一次建成,分期投产,一期工程二吹一,年产钢水318.5万t;二期工程最终阶段三吹二,年产钢锭671万t,转炉容量居于全国之首。由于引进了先进工艺设备,具有高度机械化、自动化水平和采用科学的管理方法,这就为生产优质钢、合金钢提供了良好的条件。由于采用了铁水脱硫和炉外精炼等新技术,使钢中含硫量可达0.005%以下(产品方案内钢种含硫量要求为0.015—0.05%)。含氢量的保证值为2PPm以下,有足够潜力可以多生产高纯洁度和高强度的钢。生产的锭型多达11种,钢锭单重8.5~28t。主要钢种有:油井管钢、高压锅炉管钢、焊条钢、钢轨钢、深冲钢、螺旋焊管钢、深冲铝镇静钢及吕班德(Ribond)钢等。为了生产高强度油井管钢,采用质量一贯制的生产管理方式。吕班德钢是美国开发的专利技术,这种钢既具备沸腾钢的优点,生产工艺又比铝镇静钢简单,日本、西德、法国等国连铸机也都先后生产过吕班德钢。炼钢厂二期工程投产后,根据日本新日铁1983年君津厂2座300t转炉生产统计,年产量已达到400万t。随着时间的推移,炼钢水平的提高,宝钢设计的年钢产量,无疑将会有新的突破。

### (三) 机械化自动化水平高

转炉吹炼过程采用电子计算机。副枪动态控制,氧枪、副枪控制及副原料,铁合金输送及加入系统均采用程序逻辑控制(PLC)系统;各种重要作业区均设置有监视工业电视;操作环境较差的起重机采用无线电遥控。铁水扒渣作业,采用落地式扒渣机;转炉折炉,采用万能铲式折炉机;修炉采用机械化运送砖块的大型修炉塔;取消高温环境作业的工人取样作业,采用各种铁水、钢水取样装置;用机械手更换滑动水口;用一台万能机械手可以完成铸锭、底板清扫、涂料、填料、铺垫板及放置防溅筒等多项作业;采用自动打钉机,进行安装钢锭模内绝热板作业。

## 第二节 加强环保措施开展综合利用

近年来国外对钢铁厂环境保护和防治污染技术有了很大发展。70年代他们的治理原则是:采用区域规划、资源综合利用、能源改造和有害物质净化处理相结合的原则。

### 一、烟 尘

炼钢厂全厂散发的烟尘粉尘污染源有数十处。对转炉冶炼过程中散发出有毒、含尘浓度很高的高温烟气,采用当今世界上较为先进的OG装置予以净化回收转炉煤气和氧化铁粉尘。转炉在兑铁水、出钢、排渣及冶炼时烟罩外溢等散发出来的烟气,非转炉烟罩所能收集进入

OG 装置, 则把转炉四周封起来 (在炉前设活动门, 生产时关闭); 以大烟罩形式, 把散发出来的烟气, 抽入转炉二次烟气除尘系统; 通过正压式布袋除尘器净化排放。铁水在脱硫、倒罐、排渣、扒渣时产生的烟尘, 副原料系统地下料仓, 炉顶料仓, 铁合金及副原料输送系统等工作状态时散发出的烟尘, 通过密封大烟罩形式, 把这些烟尘收集到铁水预处理除尘系统中, 经正压式大布袋除尘器净化后排放。对其他一些布局分散及距离较远的烟尘, 粉尘物理性质和化学成分比较特殊的污染源, 则采取就地处理。分别设立各自的除尘设备, 把散发出的烟尘、粉尘收集除尘后排放。对一些不适宜使用布袋除尘器的氧化铁皮处理场则采取适当喷水, 使原料保持一定湿度, 抑制灰尘飞扬, 以达到改善环境的目的。

## 二、水

炼钢厂共计用水 $15462\text{m}^3/\text{h}$ , 其中有40%的水由于和高温烟气、RH真空处理废气及钢渣直接接触, 使水温升高、水质受污染。根据水质污染的不同情况, 分别设立了3个独立的污水闭路循环系统, 污水进行处理经沉淀和冷却后循环使用, 沉渣经脱水运出, 送作烧结原料和粒铁回收, 进一步处理和利用。为保证炼钢厂污水实现闭路循环, 在OG装置和RH真空处理系统中, 为了水质稳定而需外排的一部分排污水, 则排到钢渣水处理系统中, 作为补充水。由于灼热的钢渣和水直接接触, 会造成水的大量蒸发和一部分随钢渣带走, 从而使钢渣水处理系统产生亏水。因而需要新的补充水措施, 炼钢厂实际做到没有污水外排, 而且还需要有一定量的新水补充。

## 三、渣

炼钢厂年产钢水671万t, 钢渣和铁渣总量92.24万t, 钢渣占钢水量的13%, 铁渣4.92万t。为妥善处理 and 利用好这些钢渣铁渣, 采用日本新日铁1976年推广的ISC浅盘水淬法。即将89%的钢渣通过水淬粒化, 11%的块渣经破碎与落锤间破碎出来的钢渣铁渣一道被送到粒铁回收间, 经分级处理回收废钢铁, 渣可作建筑材料等其它用途。

## 四、噪声

炼钢厂的主要噪声来自风机、电动机、水泵、空压机、减压阀、装卸机械和落锤等设备。为把噪声控制在距离设备1m处不超过100dB, 目标值90dB以下, 对上述产生噪声的设备, 分别采取隔声、吸声和消声措施。除对一些设备基础设有防震措施外, 对风机的进出口敷以柔性接管, 增设消声器; 同时对风机外壳和OG装置风机进出口部分煤气管道, 安装隔声板, 用石棉和玻璃纤维作为吸声材料; 对落锤等设备的消声, 在技术上有一定的难度, 则采取耳塞或耳罩等办法, 给操作人员予以防护措施。

## 五、绿化

炼钢厂主要污染源, 除通过上述一系列环保治理措施外, 还辅以绿化措施。绿化不仅具有能滤尘、消声和吸收有害气体的作用, 而且还能起到改善气候、美化环境和保护环境的目的。炼钢厂区域内的办公楼、食堂、生活中心及道路两侧等处, 均设有绿化地带。利用空地尽量栽植树木花草, 并且由园林部门统一规划、统一管理。

## 第二章 综合防治技术

### 第一节 环保设计依据及其排放标准

#### 一、设计依据

炼钢厂的环保设计分为A、B两个阶段。由于A阶段日方未派环保专业人员，故只就工业废水处理的最高允许排放浓度同日方交换了意见，并进行了初步确认。

1978年7月按B阶段合同规定，在日本最后确定了以新日铁所属君津和大分厂环保实际达到的水平，作为宝钢环保设计标准。

#### 二、排放标准

##### (一) 工业废水最高允许排放浓度 (见表2-1)

表2-1

工业废水最高允许排放浓度

| 序号 | 项 目 名 称            | 标 准 值 | 备 注  |
|----|--------------------|-------|------|
| 1  | pH值                | 6—9   |      |
| 2  | 悬浮物 (mg/L)         | 100   |      |
| 3  | BOD(5天 20℃) (mg/L) | 25    |      |
| 4  | COD(铬法) (mg/L)     | 40    |      |
| 5  | 石油类 (mg/L)         | 5     |      |
| 6  | 铜及其化合物 (mg/L)      | 10    | 按Cu计 |
| 7  | 锌及其化合物 (mg/L)      | 5     | 按Zn计 |
| 8  | 氟的无机化合物 (mg/L)     | 10    | 按F计  |
| 9  | 溶解性铁 (mg/L)        | 10    |      |
| 10 | 溶解性锰 (mg/L)        | 10    |      |

注: 1. 测定方法按JIS K6102《工业废水分析方法》，部分章节译文见“冶金环保情报资料”1979年第3期

2. 悬浮物标准值，下雨除外

##### (二) 烟尘、粉尘排放标准 (见表2-2)

表2-2

烟尘、粉尘排放标准

| 序号 | 项 目 名 称                             | 标 准 值 | 备 注  |
|----|-------------------------------------|-------|------|
| 1  | 转炉烟气处理后 ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ) | 0.1   | 非回收期 |
| 2  | 袋式除尘器出口 ( $\text{mg}/\text{L}$ )    | 0.05  |      |
| 3  | 文氏管冲击式除尘器 ( $\text{mg}/\text{L}$ )  | 0.1   |      |
| 4  | 不设除尘器的排放口 ( $\text{mg}/\text{L}$ )  | 0.15  |      |

注：1. 烟尘：指转炉燃烧时产生的烟尘、灰分及金属物等

2. 粉尘：指物体的破碎筛分、其他机械处理和堆集时飞扬的物质

### (三) 工作场地粉尘浓度含量标准

工作场地粉尘含量标准为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，主要是指操作平台而言，如转炉炉前操作平台等。

### (四) 噪声控制标准

1. 在沿厂境界线宽50m，高5m以上的缓冲标带或在缓冲绿化带外侧的小河旁环境噪声标准不大于65dB。

2. 有环保技术措施的工厂，等价噪声标准为100dB以下。

3. 在技术上有可能的情况下，等价噪声标准为90dB以下。

## 第二节 综合治理与回收利用

炼钢厂环保治理的原则是突出重点、全面考虑、综合平衡。坚持三个结合，即把治理“三废”同综合利用结合起来；把节约能源、降低能耗同革新新工艺结合起来；把节约用水，提高循环率同控制排放结合起来。为消除公害保护环境，充分回收和利用二次资源，在设计上考虑和采用了行之有效的环保综合治理技术，不仅治标，而且治本。如：转炉烟气是个大户，不但有毒、易爆炸，而且含尘浓度高（初始含尘最高达 $200\text{g}/\text{Nm}^3$ ），温度高达 $1450^\circ\text{C}$ 以上。如何利用好余热和净化好烟气，不只是回收余热，净化烟气本身的事，还要考虑到主体工艺如何配合，操作上如何适应要求，把烟罩下降到最理想的最佳状态，以使CO燃烧率缩小到最低限度。同时还要考虑到烟气湿法除尘、水和除尘的关系、烟罩的形式、烟道的结构及冷却方式等都和烟气的收集、烟气的输送紧密相关。钢渣处理利用在国内是个老大难问题，到目前为止尚缺乏成熟经验可以借鉴。宝钢炼钢厂对89%流动性和比较好的转炉渣予以浅盘水淬处理。对11%的转炉块渣和铸锭注余钢渣、喷溅渣及铁渣等固态渣，则通过破碎予以分级回收。为此不但建有炉渣处理间还建有落锤间和粒铁回收场，既可以回收废钢铁，又可以把经过水淬的钢渣和碎渣转运到用户单位直接使用。由于灼热的熔渣直接和水接触，对水质要求虽不高，但由于蒸发水量大，补充水量多，则采用OG装置和RH真空水处理系统中的排污水作补充水。此法不但节约了新水用水量，相对也减少和避免了外排污水的处理，现分述如下：

## 一、转炉烟气采用OG装置净化回收

转炉在冶炼过程中散发出含有90%以上的CO可燃性气体和吨钢约16kg含有71%以上氧化铁的烟尘，通过OG装置湿法净化予以回收。这样既保护了环境，解决了污染，又节约了能源，回收了资源。

### (一) 转炉煤气回收

炼钢厂采用的是日本OG装置净化回收转炉煤气。所谓OG装置是指炉气中的CO在未燃状态下得以净化回收，并且通过活动烟罩的下降和炉口微差压调节装置来完成。使炉气在收集过程中尽量不燃烧或少燃烧，把CO的燃烧率压缩到最低，力求做到10%以下。为此炼钢厂的活动烟罩与炉口外壁最狭距离不大于50mm，同时用活动烟罩上方设置的炉口微差压装置，调节两文喉口开度，并且和带有液力偶合器调速装置的抽风机联锁，控制炉口烟气外溢。转炉自投产来，已有一年多的生产实践，炉口一般带有微正压操作，一氧化碳浓度一般都在60%以上。转炉煤气回收量和转炉煤气成分见表2-3、表2-4。

表2-3

转炉煤气回收量

| 单位发生量                        | 发生量 ( $\times 1000\text{Nm}^3/\text{a}$ ) |        |         |
|------------------------------|-------------------------------------------|--------|---------|
|                              | 一高炉阶段                                     | 二高炉阶段  | 二高炉最终阶段 |
| $>5\text{CNm}^3/\text{t}$ 钢水 | 159250                                    | 314000 | 335500  |

表2-4

转炉煤气成分

| 成分<br>比例 | CO    | CO <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | 煤气发热值 $10^6\text{J}/\text{Nm}^3$ |
|----------|-------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------------|
| %        | 55~65 | 17.3~22         | 16.7~28        | 若干             | 微量             | 62802~83736                      |

注：表2-3、表2-4数据为日本保证值

### (二) 转炉高温烟气汽化冷却回收蒸汽

转炉烟气冷却装置是根据新日铁已有实际生产技术水平，分别对转炉裙罩和烟罩采用的热水密闭循环冷却系统。对烟道则采用强制循环汽化冷却系统，以回收高压蒸汽，其蒸汽参数如下：

1. 蒸汽回收量：见表2-5

表2-5

蒸汽回收量

| 单位发生量                     | 发生量 ( $\times 1000\text{t}/\text{a}$ ) |       |         |
|---------------------------|----------------------------------------|-------|---------|
|                           | 一高炉阶段                                  | 二高炉阶段 | 二高炉最终阶段 |
| $35\text{kg}/\text{t}$ 钢水 | 112                                    | 220   | 235     |

2. 蒸汽参数：

蒸汽压力

$40 \times 10^5\text{Pa}$

蒸汽温度

250℃

蒸汽量

平均10t/h, 瞬时最大80t/h

## 二、转炉污水处理和污泥回收

宝钢炼钢厂转炉烟气净化污水处理系统根据日本经验, 修改了一文喷嘴, 将一文喷嘴改为管状带有伞形帽的反溅板式, 把二级文氏管使用后的排水, 就地直接提升供一文使用。尽管悬浮物较经沉淀后的循环水含量高一些, 但由于水中pH值处于中性, 污水经一文反溅板溅开, 同高温高速气流接触, 同样可以达到雾化和粗除尘的目的。采用这一新的供水方法, 减少了沉淀池供水量39.1%, 相对沉淀池水处理构筑物的设计, 也有所减小。由于二文排水就地提升, 可省电省投资, 而且给一文供水由原来一路供水带来了两路供水, 相对也增加了对一文供水的安全性。除尘污水经沉淀, 泥浆经自动压力式过滤机脱水, 送烧结小球车间, 堆放自然干燥, 造球配作烧结原料。根据日方提供数据, 每吨钢水按16kg计算, 则每年从污水中回收含铁71%以上的烟尘(折合干烟尘), 一高炉阶段50960t/a, 二高炉阶段100480t/a, 二高炉最终阶段107360t/a。

## 三、炉渣处理回收

转炉钢渣: 炼钢厂采用新日铁开发的ISC浅盘淬水法处理钢渣中流动性比较好的A、B、C渣(指钢渣按流动性分类)。在转炉出钢后, 将钢渣倒入渣罐内, 通过渣罐台车, 把高温液态渣, 立即送到炉渣处理间。再通过无线电操纵吊车, 将罐内红渣倒入浅盘内, 并进行多次间断性喷水冷却, 使盘内薄渣凝固并产生裂纹。再倾翻到二次冷却槽车内继续冷却, 然后倒入水池内浸泡, 再用抓斗吊把池内炉渣抓起放入料仓, 经皮带机输送至粒铁回收间, 进行处理并回收其废钢。对其它钢渣和铁渣, 如铸锭注余钢渣、喷溅渣以及铁渣等固态渣, 则运送到落锤间, 进行破碎后, 再运到粒铁回收间进行处理。回收粒铁量见表2-6。

表2-6

回收粒铁量

| 名 称 | 回 收 量 (t/a) |       |         |
|-----|-------------|-------|---------|
|     | 一高炉阶段       | 二高炉阶段 | 二高炉最终阶段 |
| 钢粒铁 | 12468       | 24960 | 26640   |
| 铁粒铁 | 5040        | 10200 | 10920   |
| 精铁粉 | 22320       | 39600 | 42360   |

由此可见, 二高炉最终阶段每年从渣中回收粒度为2~300mm的高品粒铁37560t、占炉渣量的4.08%; 2mm以下的磁铁精矿粉42360t/a, 占炉渣量的4.6%。

另外经破碎筛分后, 获得活性渣78516t/a, 占渣量的85%。其粒度为: < 3mm, 占5.5%; 3~13mm, 占24.5%; 13~30mm, 占70%。

回收高位品的粒铁及磁铁精矿粉, 可做烧结原料利用, 而活性渣可用作筑路、建材或改良土壤原材料等用。

### 第三章 烟尘处理技术

氧气转炉在吹炼时产生大量含有一氧化碳和氧化铁粉尘的高温烟气，其中一氧化碳浓度高达90%以上，粉尘含铁量也在70%以上。为防止环境污染，开展综合利用，化害为利，造福人民，炼钢厂采用OG法对转炉烟气进行冷却和净化，并回收煤气、余热和氧化铁粉尘；对转炉兑铁水、出钢及排渣等产生的二次烟尘和铁水处理系统所散发的烟尘，则采用大型布袋除尘器进行净化处理。

上述除尘系统，由新日铁承担总体设计、日本川崎重工制造。总重量为9815t，约占炼钢厂引进设备总重量的27.2%；投资为3721.4万美元，约占总投资的21.1%。

此外，围绕转炉炼钢生产所建的钢锭模修理、粒铁回收及落锤等辅助车间所产生的烟尘，也分别进行净化处理，最终达到国家排放标准。

宝钢炼钢厂一期工程投产以来，通过一年多的生产实践，炼钢厂的主要通风除尘设施基本上达到了合同规定的保证值指标，各类除尘器运行正常。由于一期工程中，炼铁厂只有一座高炉生产，铁水供应不足，整个炼钢生产尚未达到满负荷状态。因此，本文所涉及的一些问题还仅是一些初步看法。

为了加快消化引进技术，逐步推广到国内各项工程中去，现根据已有资料和一年多的生产实践，初步总结如后。

#### 第一节 转炉烟气净化及煤气回收技术

##### 一、转炉烟气净化及回收流程

当前世界上有代表性的转炉烟气处理方法有法国的I-C法（敞口烟罩）、德国的KRUPP法（双烟罩）和日本的OG法（单烟罩）三种。这三种流程均为未燃法湿式系统。由于OG法技术先进运行安全，目前已成为世界上广泛采用的转炉烟气处理方法，其他方法在新设计中极少采用。转炉吹炼时，从氧枪吹入的氧及作为冷却材料而加入转炉的铁矿石中的氧与铁水中的碳反应，生成大量含CO气体和氧化铁烟尘的高温烟气，部分CO与O<sub>2</sub>继续燃烧生成CO<sub>2</sub>，CO的燃烧率为10%。

OG装置主要由烟气冷却系统、烟气净化系统以及其他附属设备所组成，其流程图见图3-1。

烟气冷却系统包括活动裙罩、固定烟罩和汽化冷却烟道。其中活动裙罩和固定烟罩采用密闭热水循环系统；烟道采用强制循环汽化冷却系统，并对冷却高温烟气所产生的蒸气加以回收利用。根据构造上的不同，活动裙罩又分为下部裙罩和上部裙罩；固定烟罩分为下部烟罩和上部烟罩；汽化冷却烟道则分为下部锅炉和上部锅炉。

活动裙罩由液压装置进行升降，在回收期为充分限制炉气在炉口燃烧，进行闭罩操作。

高温烟气通过汽化冷却烟道（包括烟罩热水冷却）由1450℃降至1000℃以下，然后进入烟气净化系统。

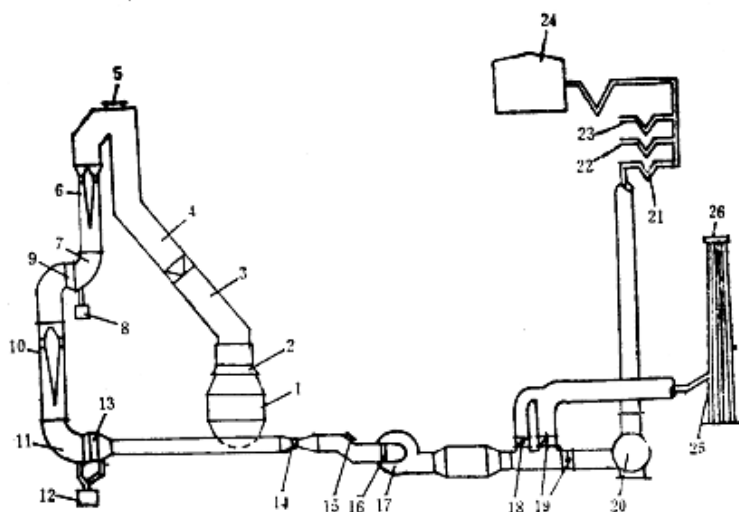


图3-1 OG装置流程

- |               |              |               |
|---------------|--------------|---------------|
| 1—转炉;         | 2—活动裙罩;      | 3—固定烟罩;       |
| 4—汽化冷却烟道;     | 5—上部安全阀;     | 6—第一级手动可调文氏管; |
| 7—第一级弯管脱水器;   | 8—排水水封槽;     | 9—水雾分离器;      |
| 10—第二级R—D文氏管; | 11—第二级弯管脱水器; |               |
| 12—排水水封槽;     | 13—挡水板水雾分离器; | 14—文氏管流量计;    |
| 15—下部安全阀;     | 16—风机多叶启动阀;  |               |
| 17—引风机及液力偶合器; | 18—旁通阀;      |               |
| 19—三通切换阀;     | 20—水封逆止阀;    |               |
| 21—V型水封阀;     | 22—2号OG装置;   |               |
| 23—3号OG装置;    | 24—煤气柜;      |               |
| 25—放散塔;       | 26—点火装置;     |               |

烟气净化系统包括两级文氏管洗涤器和附属的90°弯管脱水器及挡水板水雾分离器等设备。

第一级文氏管采用手动可调喉口形式，烟气由1000℃降至饱和温度75℃，并进行粗除尘。

第二级文氏管采用R—D形式（系RICE BALL—DAMPER的缩写），由炉口微差压装置自动调节二文喉口开度以适应烟气量的变化，控制波动的烟气高速通过喉口，进行精除尘。二文后的烟气温度继续下降，一般可达67℃左右。

烟气经文氏管降温净化后，均通过90°弯管脱水器进行脱水。为进一步分离烟气中的剩余水分，在R—D文氏管的90°弯管脱水器后再增设挡水板水雾分离器。净化后的烟气通过文氏管型的流量计由引风机排出。

排出烟气根据时间顺序控制装置，由气动三通联锁切换阀进行自动切换，分别进行回收或放散。通常初期和末期CO浓度不高，烟气燃烧后向大气放散。回收时，煤气经水封逆止阀和V型水封阀送入煤气柜贮存。煤气柜为全干式橡胶密封型，容量为8万m<sup>3</sup>。

放散时，水封逆止阀切断，以防煤气柜内的煤气回流。净化后的烟气由高80m的放散塔点火燃烧放散。

表3—1为冶炼周期时间分配表。

(单位, min)

|                     |            |          |                    |
|---------------------|------------|----------|--------------------|
| 冶 炼 周 期 : 36        |            |          |                    |
| 吹炼期: 16             |            |          | 非 吹 炼 期 : 20       |
| 前 期<br>5            | 回 收 期<br>9 | 末 期<br>2 | 包括兑铁水、出钢等顺序        |
| 引风机转速: 1430 (r/min) |            |          | 引风机转速: 600 (r/min) |

### (一) 烟气量

转炉吹炼时所产生的烟气量是随时间而变化的。图3—2是日本某一试验炉上所测定的

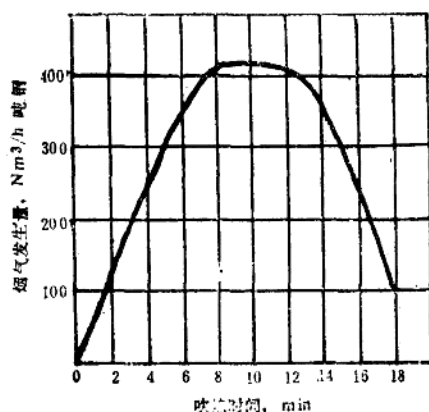


图3—2 转炉烟气量变化曲线

实例，在吹炼初期和后期较低，在中期由于炉内铁水温度升高，烟气量急剧升高，因此在设计中必须按最大烟气量进行计算，并以此作为选取引风机排气量的依据，其计算过程如下：

### 1. 供氧量

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| 吹氧量   | 70000Nm <sup>3</sup> /h |
| 铁矿石用量 | 45kg/t (钢)              |
| 加矿石时间 | 9min                    |
| 矿石含氧量 | 0.19Nm <sup>3</sup> /kg |
| 炉容量   | 300t                    |
| 燃烧率   | 10%                     |

$$\begin{aligned}\text{总供氧量} &= 70000 + 0.19 \times 45 \times 300 \times 60 \div 9 \\ &= 70000 + 17100 = 87100 \text{ Nm}^3/\text{h}\end{aligned}$$

## 2. 标况烟气量 $V_0$ 。

炉气量为供氧量的2倍, 则

$$87100 \times 2 = 174200 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

燃烧10%的CO后烟气量(容量)增至

$$\begin{aligned} & 0.9 (\text{CO}) + 0.1 (\text{CO}_2) + 0.5 \times \frac{0.79}{0.21} \times 0.1 (\text{N}_2) \\ & = 1.188 \text{ 倍} \end{aligned}$$

$$\text{则 } V_0 = 174200 \times 1.188 = 21 \text{ 万 Nm}^3/\text{h}$$

## 3. 工况烟气量 $V_{0.c}$

机前工况: 压力:  $P_B = -12000 \text{ Pa}$

饱和水蒸汽分压力:  $P_H = 27870 \text{ Pa}$

饱和气体含水量:

$$d_H = 0.804 \frac{P_H}{P - P_H}$$

$$P = 103300 - 12000 = 91300 \text{ Pa}$$

$$\therefore d_H = 0.804 \frac{27870}{91300 - 27870}$$

$$= 0.804 \times 0.4394$$

$$= 0.3533 \text{ kg/Nm}^3$$

则工况烟气量为:

$$\begin{aligned} V_{0.c} - V_0 & \left[ \left( 1 + \frac{d_H}{0.804} \right) \left( \frac{273 + t}{273} \right) \left( \frac{103300}{103300 + P_B} \right) \right] \\ & = 210000 \left[ \left( 1 + \frac{0.3533}{0.804} \right) \left( \frac{273 + 67}{273} \right) \left( \frac{103300}{103300 - 12000} \right) \right] \\ & = 210000 (1.4394 \times 1.2454 \times 1.1314) \\ & = 210000 \times 2.0282 \\ & = 42.6 \text{ 万 m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

## (二) 烟气成分及煤气回收

转炉吹炼时产生的烟气主要成分为CO和CO<sub>2</sub>。在吹炼前期, 铁水温度较低, 碳的氧化速度较慢, 主要是铁水中的硅锰及硫磷先氧化, 故炉气中的CO含量较低。随着吹炼时间的增加, 炉温升高, 碳氧反应激烈发生, 炉气中CO含量也逐渐增加, 最高可达90%以上。图3—3为日本某厂转炉烟气成分变化的实测曲线, 可供参考。

关于煤气回收量, 根据近年来新日铁报道, 已达80~90Nm<sup>3</sup>/t(钢)(热值为8373.6kJ/Nm<sup>3</sup>), 最高可达140Nm<sup>3</sup>/t(钢)。这样高的回收水平, 是在回收技术熟练和有关操作制度相适应的情况下取得的。由于煤气回收量与装备水平、操作制度及回收技术熟练程度紧密相关, 特别是铁水比和铁水含碳量, 因此一般情况下, 每吨钢回收量在60Nm<sup>3</sup>以上。

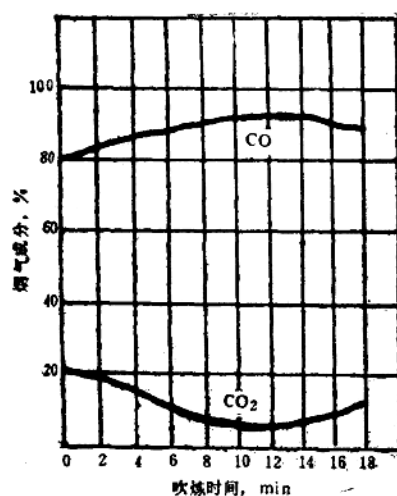


图3—3 转炉烟气成分变化图

由于考虑到生产初期运行尚不稳定,工人操作技术不够熟练等因素,日方在合同中规定保证值为:回收煤气的CO浓度为55~66%,煤气回收量为 $50\text{Nm}^3/\text{t}$ (钢), (热值相当于 $8373.6\text{kJ}/\text{Nm}^3$ )。随着生产时间的推移,回收技术逐渐熟练,各环节加强配合,这个指标必将突破。事实上,从炼钢厂生产一年来,目前回收量已大大超过了合同规定的 $50\text{Nm}^3/\text{t}$ (钢)保证值指标。据1986年7月份生产统计回收煤气量已达 $88.71\text{Nm}^3/\text{t}$ (钢)。

### (三) 烟尘性质及排放标准

转炉烟尘的主要成分是铁及其氧化物,其成分和冶炼操作制度、原材料质量以及炉气的燃烧率紧密相关。由于采用未燃法,因此烟尘中主要成分是低价氧化铁( $\text{FeO}$ ),其颗粒度较大,易于净化。

表3—2为烟尘成分表,表3—3烟尘颗粒度表

表3—2 烟尘成分表(干灰、重量%)

| 成分 | 全Fe | 金属Fe | FeO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | MnO | CaO | MgO | C   | 其余 |
|----|-----|------|------|--------------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|----|
| %  | 71  | 13   | 68.4 | 6.8                            | 1.6              | 2.1 | 3.8 | 0.3 | 0.6 | 微量 |

表3—4 烟尘颗粒度表

| 粒 度( $\mu\text{m}$ ) | >100 | 100~60 | 60~40 | 40~30 | 30~20 | 20~10 | <10 |
|----------------------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-----|
| %                    | 8    | 7      | 10    | 15    | 24    | 20    | 11  |

大部分颗粒度在 $20\mu\text{m}$ 以上,而小于 $10\mu\text{m}$ 的仅为少量。

烟尘的真比重为 $4.5\text{t}/\text{m}^3$ 左右。

烟尘的浓度是随吹炼时间而变化的,一般为 $120\sim 150\text{g}/\text{Nm}^3$ 。宝钢吹氧强度较高,烟尘浓度瞬时最大值可达到 $200\text{g}/\text{Nm}^3$ 。

烟尘回收量一般为10~20kg/t(钢), 宝钢的设计指标为16kg/t(钢)。转炉三吹二时, 每年可回收氧化铁烟尘107360t。

关于大气排放浓度, 日方的保证值为0.1g/Nm<sup>3</sup>以下(平均值), 低于我国排放标准0.15g/Nm<sup>3</sup>的规定。

在下列条件下, 测定排放浓度, 作为验收的依据。

1. 在放散塔内取样。
2. 从吹炼到结束连续取样。
3. 取样时煤气不予回收。
4. 共取7炉样, 去除最高和最低值, 按5炉平均值作为考核指标。

#### (四) 系统的压力损失

OG系统总压力损失在工况条件下为17500Pa, 其各段压力损失分配见表3—4。

表3—4

OG装置各段压力损失分配表

(单位Pa)

| 位 置 | 设备名称  | 回 收 期 | 放 散 期  |            |
|-----|-------|-------|--------|------------|
| 负压段 | 一次集尘器 | 2500  | 2500   | 包括文氏管及脱水器等 |
|     | 二次集尘器 | >8000 | >11800 |            |
|     | 管道等   | <1500 | <1500  |            |
|     | 小 计   | 12000 | 15800  |            |
| 正压段 | 煤气柜   | 3500  | —      |            |
|     | 管道等   | 2000  | 1700   |            |
|     | 小计    | 5500  | 1700   |            |
|     | 总计    | 17500 | 17500  |            |

#### (五) 主要技术参数汇总表

OG装置主要技术参数见表3—5。

表3-5

OG装置主要技术参数(设计值)

| 序 号 | 项 目                           | 指 标    | 备 注                                 |
|-----|-------------------------------|--------|-------------------------------------|
| 1   | 转炉公称容量 (t)                    | 300    |                                     |
| 2   | 钢水比 (%)                       | 88     |                                     |
| 3   | 吹炼时间                          | 16     | 平均值                                 |
| 4   | 吹炼周期 (min)                    | 36     | 平均值                                 |
| 5   | 炉气温度 (°C)                     | 1450   |                                     |
| 6   | 一文入口温度 (°C)                   | <1000  |                                     |
| 7   | 一文出口温度 (°C)                   | 75     |                                     |
| 8   | 二文出口温度 (°C)                   | 67     |                                     |
| 9   | 引风机出口温度 (°C)                  | 72     |                                     |
| 10  | 烟气量 (Nm <sup>3</sup> /h)      | 210000 |                                     |
| 11  | 压力损失 (Pa)                     | 17500  |                                     |
| 12  | 装机容量 (kW)                     | 3100   |                                     |
| 13  | 排放含尘量 (g/Nm <sup>3</sup> )    | <0.1   | 平均值                                 |
| 14  | 耗电量 (kW·h/t(钢))               | ~3.3   |                                     |
| 15  | 耗水量 (m <sup>3</sup> /t(钢))    | ~2.0   | 水处理循环量                              |
| 16  | 回收煤气CO浓度 (%)                  | 55~66  | 含热量相当于<br>8373.6 kJ/Nm <sup>3</sup> |
| 17  | 煤气回收量 (Nm <sup>3</sup> /t(钢)) | >50    |                                     |
| 18  | 氧化铁回收量 (kg/t(钢))              | 16     |                                     |
| 19  | 回收粉尘含铁量 (%)                   | 71     |                                     |
| 20  | 蒸气回收量 (kg/t(钢))               | 35     |                                     |