

高硫土铁转炉炼钢经验

上海第六钢铁厂 编



上海科学技术出版社

前 言

碱性侧吹轉炉炼鋼的优点在于投資省、建厂快、产鋼多、質量也好，因而获得了飞跃的发展。現在碱性侧吹轉炉炼鋼已成为我国产鋼的主要方法。由于目前生鉄成分含硫高，焦炭灰分大，含硫量又高，因此如何过好技术关，使轉炉鋼能够达到高产优質，提高生产效率，降低成本，就成为当前我国轉炉炼鋼工作者的一个主要任务。

由于党的正确领导，我厂从1958年大跃进以来，发动群众大鬧技术革命，按照冶金工业部和上海市冶金工业局的指示，統一了向高硫土鉄作斗争的認識，通过加强原料管理，使用双排主风口的三排小风口化鉄炉，炉外脫硫，强化碱性轉炉操作及加强生产調度工作等措施，经过几个月的实践，不仅能用高硫土鉄冶炼合格的碳素鋼，并且也冶炼出了优質电焊条鋼，逐步解决了轉炉鋼的質量問題。

为了实现1959年更大更好更全面的跃进，現将我厂有关高硫土鉄轉炉炼鋼的一些点滴經驗初步总结出来，供給大家参考，并希指正。

目 录

一、原料管理	1
1. 加强鉄料的場地管理	1
2. 发动群众掌握鉄料成分	1
3. 加强鉄料配料管理	2
4. 鉄料使用时按配比搭用和加强检查工作	2
5. 料块大小的控制	3
二、双排主风口的三排小风口化鉄炉	3
1. 化鉄炉結構及设备概况	3
2. 化鉄炉操作	5
3. 双排主风口的三排小风口化鉄炉的优点	8
三、炉外去硫	11
1. 用純碱(苏打)在鉄水包内脫硫	11
2. 用混合去硫剂去硫	13
四、轉炉操作	14
1. 轉炉设备及技术条件	14
2. 轉炉的吹炼制度	14
3. 轉炉的造渣制度及硫磷的去除	18
4. 轉炉的脫氧制度	24
5. 强化碱性轉炉操作的途徑	27
五、鑄錠操作	28
六、轉炉車間的生产組織	31
1. 計劃的編制	31
2. 生产調度	33
3. 建立班組核算	37
七、結語	43
附录: 碱性化鉄炉	45
1. 碱性化鉄炉的結構和技术条件	45
2. 碱性化鉄炉的炉衬和寿命	46
3. 去硫	47
4. 溢碳	53

一、原料管理

原料管理工作在我厂已經引起了群众的重視，不論值班主任、調度員还是有关各工段的操作同志，都知道这一項工作对土鉄炼鋼、保証化鉄炉熔煉順利及提高鋼質量所起的重要作用，因而做到了料場不亂、配料准确、群众掌握。現將原料管理方法叙述于下。

1. 加强鉄料的場地管理

我厂生鉄堆放場地狹窄，在卸貨或使用時，稍不注意就会相互混淆，而土鉄成分悬殊，弄錯一些就容易发生質量事故，所以我們在使用土鉄時，就注意到各种鉄料分类堆放，树立標記，建立了鉄料場地管理制度，每堆鉄料場地上，必須把原有鉄料用尽后，再堆放下批鉄料，不允許連續不断地堆積上去。同时建立了場地昼夜值班管理，不使夜晚运来的鉄料随便亂堆，造成好坏鉄料混淆。

場地管理人員也为生产着想，因此所有鉄料，絕大部分堆放在运输鉄路旁边，便于上料同志搬运和保証准确配料（因为以前經常发现鉄料堆得离鉄路綫过远，往往生产緊張時，操作同志不管生鉄好坏，靠近的就拿来使用，不按照規定配料，影响鋼的質量）。

2. 发动群众掌握鉄料成分

我厂在开始使用土鉄時，曾把各种不同形状、不同产地的

生鉄取样分析(70多种),每种鉄料上标示化学成分,作为样品展覽,对有关的操作工人同志講解各种生鉄的好坏,这样就能根据生鉄来源、外形及断面情况,与样品对比,粗略地推測生鉄成分。目前配料工人、化鉄炉工人及轉炉炉前工人,大部分已掌握了判断生鉄成分的經驗。

3. 加强鉄料配料管理

生鉄配料是一項比較重要的工作,它关系到化鉄炉正常出鉄和轉炉正常吹炼。

生鉄来厂后,我們是每批取样分析的。由于同一批生鉄成分也不够均匀,因此我們从一批生鉄的不同鉄堆上取样进行混合分析。有时鉄料供应紧张,为了及时掌握生鉄成分,負責配料的人員还經常到市内外仓库了解即将运到厂里的生鉄情况,争取配料工作的主动性。有时在鉄料随到随用的情况下,我們采用了中途取样的分析方法(即每隔几車料后再取样分析),防止来料中有所变化。在目前情况下,我們一般配料要求为:Si 0.7~1.2%;Mn 0.4%左右;P 0.1~1.0%;S 0.4%以下;Si+P=1.2%以上。当然很难达到这样理想,但是我們总是尽量做到接近这个标准。此外我們將配料工作列为我厂技术管理的中心工作,每天中午有原材料汇报制度,由車間負責同志向领导汇报,使领导同志和有关同志了解料場情况,不但做到领导心中有数,而且群众心中也有数。

4. 鉄料使用时按配比搭用和加强檢查工作

我厂生鉄是沿着运料綫兩側堆放的,生鉄进厂卸料时,就由工人把大块敲碎,随卸随敲随堆,不使大块压在下面,难以

处理。运料工人根据配料单规定的配比，从每堆生铁中取出一定数量的生铁，使每一料车都能保持一定的配比。同时加强检查工作，监督按配比加料，因此进入化铁炉的每一批料，大致能保持一定的平均成分。此外，土铁中有时夹渣较多，渣子含硫极高，若带入化铁炉里面，将使铁水含硫量增加，并使化铁炉渣子粘稠，影响熔化。因此需要经过选择，凡是渣铁分辨不清的土铁，尽可能不用。

5. 料块大小的控制

生铁块度过大，使熔化缓慢，并且可能造成炉中搭棚而阻碍熔化。因此我们将过大的生铁，用铁锤打成长度不大于300公厘的小块后再使用。每一车料都进行过磅，误差不超过1%。

土焦质量低劣，碎焦粉末极多，故在装籬前更应该处理。处理方法是先用煤锤选出大的焦炭，倒入籬中供化铁炉用，小的焦炭再用人工筛分，不使碎屑和泥砂混入，并剔除煤渣，为提高热力和减少炉渣创造条件。底焦选用较大的焦炭，焦炭每炉过磅。

石灰石和萤石也要保持清洁和一定的块度，块度不宜过大，一般保持在25公厘左右，每批过磅。

二、双排主风口的三排小风口化铁炉

1. 化铁炉结构及设备概况

我厂老车间4座化铁炉公称能力均为7吨/小时，其中1

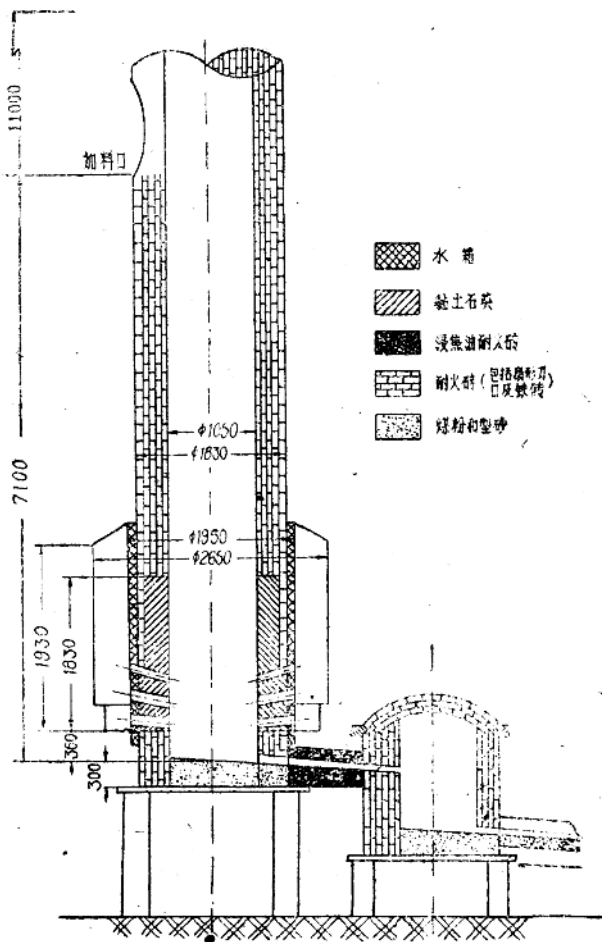


图 1

号炉有热风炉及料罐装料设备，2、3、4号炉系冷风及单面料斗加料，化铁炉熔化带均装有冷却水箱，并在炉缸外面喷水冷却。炉衬材料均为酸性，熔化带及炉缸用石英砂和白泥捣打，过桥用瀝青煮过的粘土磚砌筑，出铁口用火磚做成，化铁炉的结构如图1所示。

鼓风机有两组，一组为3只罗茨鼓风机并联，风量为 3×42 公尺³/分，风压为3500公厘水柱；另一组为1只75匹离心式鼓风机，风量为145公尺³/分，风压为1100公厘水柱。

化铁炉结构的主要技术条件如表1所示。

表 1

炉别	有效高度 (公尺)	内径 (公厘)	第一排风口			第二排风口			第三排风口			炉缸高度 (公厘)	备注		
			口径 (公厘)	只数	角度	口径 (公厘)	只数	角度	距1排 (公厘)	口径 (公厘)	只数			角度	距2排 (公厘)
#1	7100	1000	65	8	5°	65	8	10°	300	25	8	15°	300	300	有热风炉
#2	5750	1000	45	8	8°	45	8	12°	300	35	8	18°	300	300	
#3	5760	1000	45	8	8°	45	6	12°	300	30	6	18°	300	300	
#4	5760	1000	45	8	8°	45	8	12°	300	35	8	18°	300	300	

2. 化铁炉操作

(一)对底焦高度要严格控制，底焦高度为64吋(1615公厘)，超过第三排风眼以上约1000公厘，开炉时由工长亲自测量底焦高度，并经工人测量校对以求准确。在熔化过程中，为了使燃烧过程稳定，必须保持一定的底焦高度。在使用土铁土焦、焦比为1:9的情况下，每五批补一批底焦；在使用好铁好焦、焦比为1:12的情况下，每八批补一批底焦；如发现炉渣为黑色，熔化不正常，就要补底焦；若发现炉渣有气孔，底焦更

要加得多(底焦不足,鉄被氧化,渣中氧化鉄多,顏色变黑,并严重地产生气孔)。我們認為底焦高度是化鉄炉順行,保証鉄水温度和熔化率的基本关键問題,化鉄炉工長必須亲自掌握。我厂根据炉渣情况,推測底焦高度补加底焦的办法,是有效果的。

(二)我厂自使用土鉄土焦后,由于料中夹杂的泥砂、渣子、灰分多,为了避免炉渣发粘,化鉄炉批料中所配的熔剂是比較多的,一般批料組成如下:

生鉄	540公斤
焦炭	60公斤——焦比1:9
石灰石	20公斤——占焦炭重量 33%
螢石	5公斤——占石灰石重量 25%

底焦上則加石灰石100公斤,螢石40公斤。增加石灰石和螢石对化渣、清除底焦中的大量灰分和泥砂以及硫分是十分必要的,否則开炉后必然会造成渣子过粘,风口和过桥容易阻塞,使化鉄炉的順行发生困难。

我厂根据噴出渣子火星的顏色,随时调整熔剂加入量。渣子火星为淡黄色是正常的,若呈現紅色就要多加螢石,否則渣子会发粘,使风口和过桥容易結塞。

(三)料綫要經常加滿加平,保持一定高度,料綫过低,在用单面加料斗的条件下,容易造成料綫傾斜,往往使块度較大的生鉄与块度較小的焦炭及石灰石分在两边,造成布料不均匀的情况,使炉温与熔化率降低,并使炉衬寿命縮短。現在我厂的鉄料是用料斗加的,批焦与熔剂是用人工从炉子上面加的,加入后再从加料处观察予以調整或扒平,这样就消除了由于布料不均匀而产生的不正常現象。

(四)处理风口結塞故障的几点措施:

(1)輕微的結塞可以用鉄条通风眼，掉下的渣子尽可能从风眼中取出，不要向里面推，避免阻碍进风，但經常通风眼容易使风眼扩大，风速降低，以后就更容易結塞。我厂工人采取了补风眼的办法，风眼太大了就用泥料补小。小风眼风速大，不易結塞。

(2)那一边的风眼結塞了，就向那一边补一批底焦，等这一批焦炭下去以后，这一边的温度升高，結渣就自然熔化。这些措施要取得早，等同一边的风眼完全結死就无效了，因为风进不去，虽然焦炭多温度也是提不高的。

(3)个别风眼結塞用泥堵死，以免冷风吹进越結越大，堵死后利用炉內的輻射热，使风口区域温度提高，結渣或結鉄就能自然熔化。

(五)防止和处理过桥結塞的措施：

(1)开炉后头几炉渣眼不要塞，引导燃气經過桥入前炉，以提高过桥和前炉的温度，避免过桥和前炉冻结。

(2)修炉时要把前炉保險眼打通一下，以防万一过桥阻塞，可以从这里通过桥口，严重时可以用氧气燒，或者将过桥上盖打开后，再用氧气燒通。

(3)适当放大过桥口，可以防止过桥結塞并減輕熔渣对过桥的侵蝕。我厂过桥成喇叭形，內口为 80×100 公厘，外口为 90×100 公厘。

(六)配合轉炉生产，化鉄炉必須停风时的临时措施：

(1)轉炉坏了一只，两只化鉄炉供应一只轉炉，鉄水自然有剩余，这时一面增加焦炭，降低熔化率，同时使二只化鉄炉輪流停风，开风。这样每次停风時間不長，而且增加焦炭，温度提高了，可以不致发生冻结事故。

(2) 如果化鉄炉被迫長時間停風，必須先放盡鉄水，停風后或恢復開風前加四批焦炭（每批約 60 公斤），并應間斷地鼓入一些小風。這樣開爐后，雖然第一、二爐爐溫低，以后溫度可以提高，即使在停風期間爐內有局部凍結現象，也將因溫度提高而逐漸消除，不致擴大。

(3) 停風時停止爐膛外噴水。

(七) 開爐加鉄料前，如果底焦已結塊，必須一面鼓風，一面從風眼打散底焦，吹去灰燼，否則底焦不通風，必然造成不良后果。

(八) 新爐子頭 50~60 爐，冷卻水開得小些，以減少吸熱，提高爐溫。

(九) 打爐前多加四批焦炭（每批 60 公斤），放完最后一包鉄水后延長打風 2~3 分鐘，可以使熔化帶不結塊，容易打爐，并且打爐后爐壁容易清理。

(十) 處理棚爐時的措施：

(1) 在高處棚爐時，用鉄棒由加料口向下通。

(2) 間歇停風利用風力沖擊，使料層下落。

(3) 棚爐解除后，補加一、二批焦炭，并酌量減少送風量。

(十一) 出鉄口堵塞，如用鉄鎬鎬不開時，可用氧氣或乙炔焰加熱出鉄口使其熔化。

3. 雙排主風口的三排小風口化鉄爐的優點

我廠化鉄爐本來是按照大風口標準設計的，后来因為焦炭質量低劣，不容易生產高溫鉄水，所以在 1957 年 8 月底，首先在本廠 3 號化鉄爐進行改用小風口的試驗。開始根據沈陽的經驗作成單排主風口的三排小風口，即將主風口的直徑改

小为 50 公厘,双排三排輔助风口的直徑改为 25 公厘,炉子結構和操作等均不变动。但是熔化結果,鉄水温度不高,研究其原因,可能是由于双排輔助风口面积小,进风量太少,因此双排輔助风口附近燃燒着的热焦炭,为主风口附近的焦炭燃燒所排出的气体所瀰漫时,这些气体由于含氧量少,与焦炭发生了 $C + CO_2 \rightarrow 2CO$ 的吸热反应,损失了热量的緣故。接着我厂又作了第二次試驗,这次将原来的第二排輔助风口也改得和第一排一样大小,只留第三排作輔助风口(即双排主风口的三排小风口化鉄炉),熔化操作与以前一样,經過試驗,結果良好,这說明我們的想法是对的。在小风口大风速的基础上,增加了双排风口的进风量以后,不但阻止了 $C + CO_2 \rightarrow 2CO$ 的吸热反应,并且还能发生 $C + O_2 \rightarrow CO_2$ 及 $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ 的放热反应,使底焦燃燒均匀,也就是使全部底焦都能在均热的情况下燃燒,增加了鉄水滴落过程中的吸热机会,因而使鉄水温度大大提高。通过这次試驗后,我厂将全部化鉄炉都改为此种小风口。按照我厂 3 号炉来計算,风眼面积約占炉膛面积的 3.375%,风口处风速約为 80 公尺/秒,估計漏风为 10%,則风速約为 70 公尺/秒,較一般大风口风速为 15 公尺/秒左右要大得多。在目前焦炭强度低、块度小、灰分多及炉渣粘的条件下,小风口大风速有很多优点:

(一)化鉄炉熔炼是一个热交換过程,炉内高温带的温度越高,鉄水吸热情况越好,小风口大风速可以克服小焦炭的阻力,吹到炉膛中心,消除炉膛中心供氧不足現象,使炉子中心部分燃燒均匀,高温区比較集中。同时双排主风口又能保持高温区有一定高度,使鉄水过热机会增加,因此在同样焦比条件下,小风口化鉄炉的鉄水温度一般要比大风口化鉄炉提高

30~40°C, 出鉄温度經常保持在1350°C左右。

(二)使用双排主风口的三排小风口以后,能使 $C + O_2 \rightarrow CO_2$ 及 $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$ 的放热反应继续进行,同时阻止了 $C + CO_2 \rightarrow 2CO$ 的吸热反应,这样可以大大提高热效率,使焦炭燃烧完全,底焦中排出的气体温度增高,层焦消耗量降低,当鉄料降落到熔化带时,已预热到很高的温度,因而提高了熔化速度,降低了层焦数量。我厂使用小风口后,用好鉄好焦熔炼时,焦比从1:8降低到1:12,熔化率从7吨/小时提高到11吨/小时左右;用土鉄土焦熔炼时,焦比降低到1:9,熔化率也可达到9吨/小时左右。

(三)由于燃烧地位向炉子中心集中的结果,使炉衬附近熔渣减少,大部分熔渣从中心区域下流,减轻了对炉衬的强烈化学侵蚀,同时高温区集中于炉子中心后,炉衬受热亦减轻,因而延长了炉衬的寿命。在使用鉄、焦的条件相同的情况下,过去大风口化鉄炉每月平均炉龄为71炉,改用小风口后,每月平均炉龄为124炉,炉龄延长了74.7%,而且一般每修炉一次,可以連續熔炼6个班以上,打炉后炉衬侵蚀情况也很正常,并不比大风口损坏严重。

(四)使用小风口后,由于降低了化学元素烧损的结果,熔损亦有显著降低。大风口时测定熔损为1.8%,分析炉渣成分为 SiO_2 40~43%, MnO 2.8~4.3%, FeO 5~7%;小风口时测定熔损为0.98%,分析炉渣成分为 SiO_2 34~42%, MnO 2.5~3.4%, FeO 2~5%,小风口较大风口熔损降低了0.82%。再拿炉渣成分来进行比较,小风口炉渣中 FeO 含量显著降低,生鉄中的砂、锰元素烧损亦相应降低。

(五)使用小风口后,由于风速大,足以吹开风口前面的熔

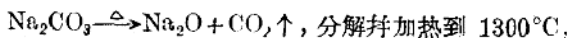
渣;因而风口結渣情况好轉,进风正常,燃燒也完全,加料口不再发生噴火的現象。

根据我厂工人的操作經驗,主风口角度大(12°),鉄水温度高,炉缸容易损坏,熔化率比較低,而主风口角度小(5°),則恰恰相反。这是由于主风口的角度大,促使高温带下移,炉缸温度升高,而熔化带相对縮短的緣故,而且角度向下,风向下,产生冲刷力量,也是影响化鉄炉寿命的一个原因。

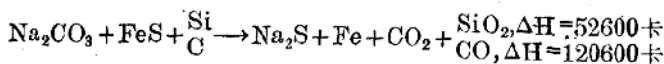
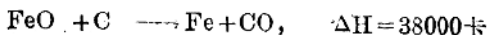
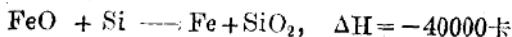
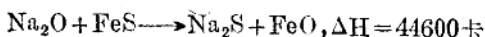
三、炉外去硫

1. 用純碱(苏打)在鉄水包內脫硫

純碱去硫反应是按照下式进行的,各式的热效应如下(均以 1 公斤分子純碱計算):



$$\Delta H = 48000 \text{ 卡}$$



由于純碱去硫反应是大量吸热反应,因此鉄水温度高,有利于純碱去硫反应的进行;另一方面,純碱去硫是扩散反应,温度高也加快了去硫反应的速度。純碱去硫反应与熔渣的 $\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{SiO}_2}$ 比值成正比, $\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{SiO}_2}$ 值愈高,去硫反应也就愈好,

因此要求化鉄炉不准流出酸性渣(如流出后,把它扒干净兑入轉炉)。我厂随着操作水平的提高,純碱去硫效率已从去年的40~45% 提高到60%。关于純碱去硫反应,我厂曾做过一些試驗,如使用碱性鉄水包以及用純碱及 Fe-Mn 或Al同时进行去硫,結果效果均不显著。根据我厂經驗,只要鉄水温度高,化鉄炉酸性渣不流出,就能得到良好的去硫效果。我厂1959年曾使用坏料冶炼电焊条鋼,化鉄炉采用提高焦比、加大风量强化化鉄炉等操作后,鉄水温度有較大的提高,再使用二次純碱去硫^①,去硫效率达到75% 以上。

二次去硫的操作是首先在鉄水包內加 2.5% 的純碱粉,然后出鉄,出鉄后 3~5 分鐘进行扒渣,扒渣后再在鉄水面上加 0.3~0.5% 的純碱粉,并进行攪拌,然后再次扒渣。为什么要进行二次扒渣呢? 我們認為純碱去硫反应是扩散反应,在鉄水与純碱渣接触处,一定是含硫量濃度最大的地方,故当第一次扒渣后,加入0.3~0.5% 的純碱粉并进行攪拌,可以迅速提高熔渣中 $\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{SiO}_2}$ 的比值,对去除这些濃集的硫是比較有效的。純碱炉外去硫由于鉄水温度高,化鉄炉酸性渣流出少,并进行二次純碱去硫,所以去硫效果較好,平均达 76% 以上

表 2

炉 号	去硫前鉄水含硫量(%)	去硫后鉄水含硫量(%)	純碱去硫率
472	0.33	0.081	75.5
476	0.37	0.089	76.0
482	0.34	0.081	76.1
488	0.29	0.058	80.0
平 均			76.9%

① 在生产中如鉄水含硫量过高时,采用二次去硫方法。

(一般为50%)。根据冶炼中取样的4炉分析结果,如表2所示。

2. 用混合去硫剂去硫

由于纯碱系化学工业的重要原料,而且价格昂贵,为了降低成本,减少纯碱消耗量,我厂在1959年4月份即使用由石灰粉、纯碱粉、萤石粉组成的混合去硫剂。根据多次试验结果,现使用的混合去硫剂配比和每吨铁水加入量如下:

石灰粉 10 公斤/吨,

纯碱粉 8 公斤/吨,

萤石粉 5 公斤/吨。

使用混合去硫剂要预先进行拌匀,然后在出铁前加入铁水包内。在正常情况下,一般去硫效果为50~55%。除铁水温度外,影响混合去硫剂去硫效果的主要因素如下:

1. 石灰粉颗粒度: 石灰粉颗粒度愈小则石灰与铁水的接触面愈大,熔化也愈好,去硫效果就高。我厂在试验时亦曾用过2~3公厘大小的石灰,结果去硫效率仅30%左右,现使用石灰粉的颗粒度均小于40目。

2. 搅拌时间的长短: 搅拌时间的长短及剧烈程度会影响去硫剂的熔化情况和去硫效果。在试验时,为了使去硫剂熔化正常,曾将去硫剂在出铁过程中分批投入铁水包,结果因为搅拌时间太短,去硫效果仅35%。从以后的试验及生产结果来看,去硫剂熔化情况主要是由石灰颗粒度决定,加入方式及时间对熔化情况影响不大。

3. 石灰干燥情况: 石灰水化后就要影响去硫效果,这是我厂目前去硫效果发生波动的主要原因,因此必须加强管理,缩短石灰储藏期,防止水化。

四、轉 炉 操 作

1. 轉炉設備及技术条件

我厂轉炉車間有 6 座固定式碱性側吹渦鼓形轉炉，公称能力均为 3 噸，炉衬是用瀝青、白云石和鎂砂磚衬砌，轉炉各部尺寸如图 2 所示。鼓风机每組用 3 只罗茨式鼓风机并联，使用双排风眼吹炼，风量为 3×42.5 公尺³/分，风压为 3500 公厘水柱，风眼第一排是 7 只，直徑为 42 公厘，第二排是 3 只，直徑为 45 公厘。

我厂轉炉自采用了双排风眼，增加了鼓风量(过去采用单排风眼时风量为 2×42.5 公尺³/分)吹炼后，能使廢气中的一氧化碳燃燒成二氧化碳，吹炼時間較单排风眼縮短 $\frac{1}{3}$ ，并提高出鋼温度 20°C 。根据热力学上的計算，金屬中 0.1% 的碳燃燒成一氧化碳，仅能提高金屬温度 1.8°C ，而燃燒成二氧化碳时，即能使金屬温度提高 19.5°C ，故轉炉采用双排风眼或三排风眼是强化轉炉操作的重要措施之一。

2. 轉炉的吹炼制度

吹炼制度对側吹轉炉炼鋼来講是特別重要的。側吹轉炉炼鋼實質上就是利用鼓风中的氧气来氧化鉄水中的杂质，并且利用杂质氧化发出的热量来提高炉內温度，从而将鉄水吹炼成鋼的过程。

吹炼角度决定着风眼与鉄水面之間的相对位置，亦即吹