

三活叶技术資料三

总 号: 331

热加工: 108

内部資料 注意保存

炉底中央送风冲天炉 用冲天炉网格特性曲线 比較各种强化措施的效果

第一机械工业部新技术先进经验
宣传推广联合办公室

1965.12

目 录

炉底中央送风冲天炉

- 一、前言 (1)
- 二、炉子结构及生产测试条件 (1)
- 三、熔炼过程特点 (9)
- 四、风口大小的探讨 (13)
- 五、操作特点 (19)
- 六、结束语 (20)

建议运用冲天炉网格特性曲线比较

各种强化措施的效果

- 一、前言 (22)
- 二、网格特性 曲线的应用..... (23)

参考文献

爐底中央送風冲天爐

福州第二機床廠

福建省重工業廳科學技術研究所

前 言

我廠自1960年7月開始試驗冲天爐中央送風，五年來，所以能夠堅持中央送風爐的試驗和生產，並取得了現有的成效，首先是由於主席思想光輝的照耀和指引，上級的親切關懷和支持。我們始終堅持自力更生、勤儉搞試驗的原則，我們處處依靠和發動工人群眾，把科學試驗變成群眾的自覺要求，做到工人既是生產者又是試驗者。試驗和生產的過程，也是一個不斷反對消極悲觀和驕傲自滿的思想鬥爭、不斷提高工人思想覺悟的過程；其次也是和院校科研部門及兄弟單位的大力協助和支持分不開的，我們先後得到了北京機械研究所、福州大學、省機械工程學會鑄造專業委員會等九個單位的热情幫助和合作。在此，我們謹致誠摯的謝意。

從爐底中央送風冲天爐的發展來看，它還是很年青的，還存在着許多問題，需要我們繼續加以探討。由於我們水平有限，試驗工作還做得很不够，希望大家對我們的工作多多批評和指正。我們相信，隨着今後試驗和推廣工作的進一步開展，爐底中央送風冲天爐將會逐步趨向完善。

二、爐子結構及生產試驗條件

現有的側吹冲天爐，在燃燒焦炭過程中，空氣流通能力受到焦炭阻力的限制，爐子邊緣風量較足、溫度較高，因而邊緣熔化速度比中心來得快，引起爐料下降不均勻。隨着爐子直徑的增加，空氣便愈難進入爐子中心，沿着爐子斷面上的燃燒更加不均勻，並在中心形成死角，因而對熔煉過程有所不利。

改善燃燒條件的較好方法是直接採用爐底中央送風。

我国近几年来，许多单位也进行了炉底中央送风的试验和生产，最初沈阳机电学院以及北京同益水泵厂等在这方面取得了一定成效〔1〕〔2〕。

我厂原有中央送风冲天炉风咀的特点是在炉底伸出长500~1000毫米的柱锥形风咀，其周围分布许多风眼。根据生产实践表明，这些风眼的排数、个数、大小、斜度等对熔炼过程有很大的影响。为了改善炉内燃烧状况，经过不断改进，终于以一种比较简单的短风口代替原有的长风嘴，使原来粗大笨重的风咀体积大大减小，制造和安装也比苏联休斯拉克工厂所采用的中央送风冲天炉长风咀〔3〕要简单得多，并在熔炼上取得良好的效果〔4〕。从而使炉底中央送风冲天炉熔炼技术得到进一步的发展。

表 1

名 称 \ 冲天炉炉号	700 [#]	500 [#]
熔化带直径(毫米)	700	500
加料口直径(毫米)	650	400
最大炉径(毫米)	900	580
最大炉径离炉底高(毫米)	400	—
有效高度(毫米)	4150	3000
炉底厚度(毫米)	300	280
过桥尺寸(毫米)	φ60	φ40
风口有效直径(毫米)	φ160	φ120
风口平面离炉底高(毫米)	100	60
热风形式	双筒炉身预热	单筒炉身预热
热风温度℃	250~265	200~220

在生产和试验过程中，本厂一共使用过大小4座炉底中央送风冲天炉。目前已发展成为具有短风口、曲线炉膛、炉身预热，前炉挡渣器的中央送风冲天炉，现仅将目前所使用的500毫米及700毫米炉子主要特征介绍出来如表1、图1、图2：

1. 风口构造与安装

我厂在1964年9月以前，中央送风冲天炉所使用的是由耐火材料制

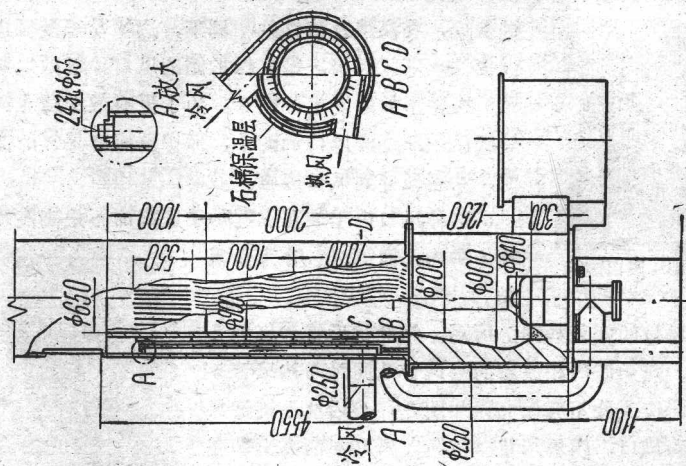


图1 700毫米冲天炉。

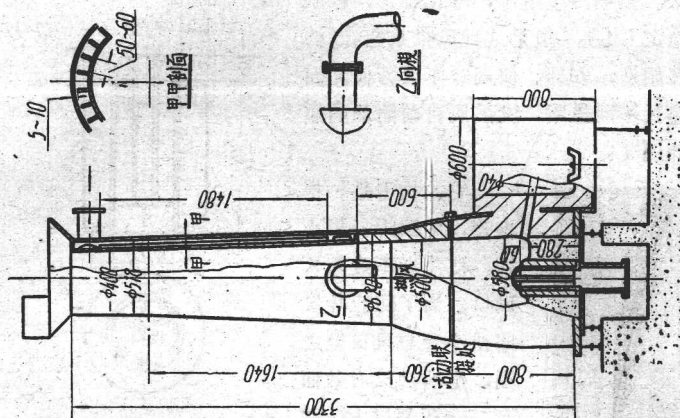


图2 500毫米冲天炉。

造而成的长风咀如图3。这种风咀通过不断改进,使用寿命一般达2~3炉次。长期用于生产,熔化正常,铁水温度稳定〔4〕。但是这种风咀重达85公斤;在制造,安装、使用时不太方便。因此,经过不断摸索,发展成目前简单的短风口如图4。



图3 长风咀。

它的构造是一根钢管,中间焊一根小管,使焦炭不致落入风口。为了防止焦炭塞住小管与风口壁之间,影响送风有效面积,在顶部焊上数根铁条。每次使用用

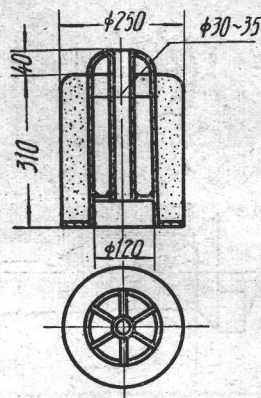


图4 500毫米冲天炉风口。

50%耐火土及50%石英砂,配8%水份桩在风口外围作为保护圈。这种风口,最初没有保护圈,它直接放在炉底,周围仅用筑炉底用的同样背砂筑成,在高温及渣铁的冲刷下,边缘易于侵蚀,致使铁水落入风口。带有保护圈的风口,有效地避免了这种事故的发生如图5。为了更有效地防止因炉底侵蚀而烧穿风口如图6,保护圈应有足够的高度,甚至延伸到风口底板。



图5 风口边缘侵蚀情况。

这种风口由于装在靠近炉子底部而不是高高地伸入炉内,因此使用寿命很长。

风口的安装如图7所示。修好炉后将炉底门2关上,与炉底门相连接的集风管3同时与热风管5相接,接头处用夹板夹紧如图8,然后放上筑好保护圈的风口,四周用背砂桩紧。风口平面高出炉底60~100毫米,以保证熔化后的铁水沿其周围流入前炉。

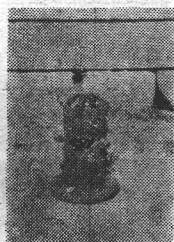


图6 烧穿后的风口。

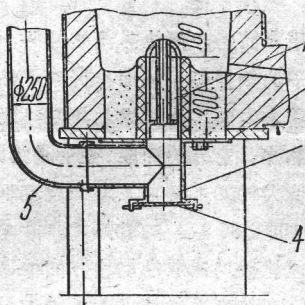


图7 700毫米冲天炉风口安装图：

- 1——风口；2——炉底门；3——集风管；
4——集风管小门；5——热风管。

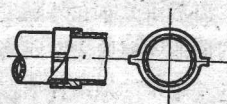


图8 集风管与热风管接头处的构造。

2. 炉型特点

合理的炉型是保证正常熔炼的主要因素之一，我厂中央送风冲天炉的内型结构，通过生产实践的不断改进，得到目前认为比较合理的炉型如图9。

由图可见，炉底中央送风冲天炉实际上是不带炉缸的冲天炉。

大家知道由风口鼓入的空气在风口上部进行强烈燃烧，气体体积相应的增大。当气流上升到熔化带处时，温度将降到 1300°C 左右，气体体积也将相应减小。为了适应这种变化，因而熔化带以下直径做成逐渐扩大形式。同时炉料熔化之后，在这个区域所形成的炉渣等将降低了炉料的透气性，增大炉膛面积，可以减小炉料对炉气的阻力。另外，由于炉膛加大，使底焦充足，底焦高度相对稳定。实际上这种炉型是由每次熔炼完毕后，长期观察炉壁侵蚀情况而加以确定的，并根据其侵蚀位置的高低而确定出现有最大直径的位置。

炉身部分的作用在于保证正常炉料下降过程中给予充分的预热作用。我们知道，在低温条件下，热交换是以对流传热为主，它在很大程度上决定于流速。锥形的炉身提供了这种有利的条件。此外，炉料在预热过程中也要膨胀，锥形的炉身有利于炉料顺利下落。因而克服了原来直筒形炉身经常挂料的现象。

3. 炉身预热器

我厂现用的700毫米冲天炉是采用双筒炉身预热器预热鼓风。空气由冷风进入预热器的外圈，以减少炉子的热损失，从而也提高了热风温度。而后由分布在外圈顶上的24个孔转入内圈。为了增加热交换面积，在内圈的内筒壁上沿四周焊上41条散热片。它分为四段，头一段为 $550 \times 80 \times 4$ 毫米的钢条焊成，底下是两段皆为 $1000 \times 80 \times 4$ 毫米波浪形散热片。在底部导出热风的地方焊上82条 $100 \times 80 \times 4$ 的散热片，并与炉子成 60° 角。以保证沿散热片下来的热风比较均匀地沿切线方向导入热风管，然后再由热风管从炉底送入炉内。在热交换器底部的炉壳内层以及热风管均用石棉加以保温。

由于炉身热交换器吸收了炉气的热量，使加料口的炉气温度减少到 $150 \sim 200^\circ\text{C}$ 。而热风温度达到 $250 \sim 265^\circ\text{C}$ 。

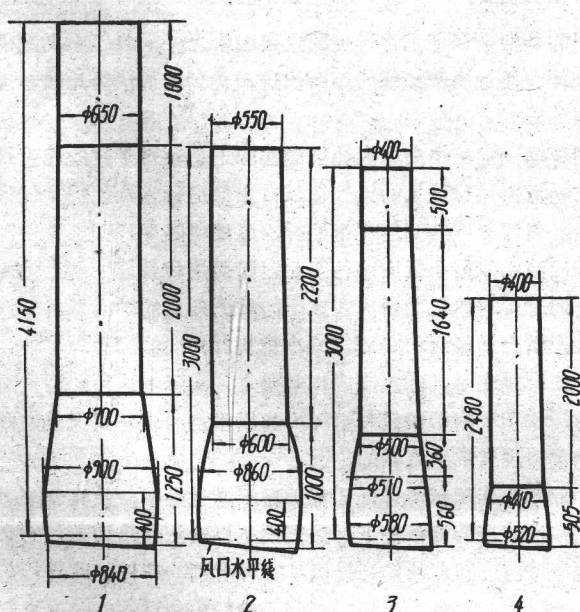


图9 四种中央送风冲天炉型。

4. 生产测试条件

风机：主要性能见表 2

表 2

风 机 形 式	离 心 式	离 心 式	备 注
风管直径(毫米)	254	254	实际使用功率较小
最大风量(米 ³ /分)	80	60	
风压(毫米水柱)	1400~1500	700~800	
电动机功率(千瓦)	55	40	
转速(转/分)	2900	2700	

风量：使用装在总风管上的环室孔板测量。但由于某些原因，风量数据以计算为依据。

其计算方法采用公式〔5〕：

$$W = CL$$

$$\text{其中 } L = 1.25 \times 4.45 \left(\frac{100 + \eta_v}{100} \right) \text{ 标米}^3/\text{公斤}$$

$$C = \frac{SK_1K_2}{6 \times 100} \text{ 公斤炭/分}$$

式中 S —熔化率 吨/小时

K_1 —炭耗百分数%

K_2 —焦炭固定碳含量%

$$\eta_v \text{—燃烧系数 } \frac{CO^2}{CO + CO^2} \times 100\%$$

风压：在风口进风管道处测定。

温度：

(1) 铁水温度：用浸入式铂铑—铂热电偶附 303 型电位差计在炉前包中测量。并用 PYROLUX I 型光学高温计测温作为参考。

铂铑—铂热电偶及 303 型电位差计用三级标准热电偶及 UJI 型电位差计进行校正。

为了记录同一炉次温度变化情况，在铁水包中镶有一端封闭的石墨套管。将热电偶套上小磁管后再插入石墨套管中，石墨套管装于接近包底并插入铁水50~60毫米。然后用带式自动记录毫伏计进行记录。

必须指出在炉前包中所测量的温度与前炉中温度相比低很多如表3。

表 3

测量次数	前炉中铁水温度 (°C)	炉前包中铁水温度 (°C)	温 差 °C
1	1470	1440	30
2	1457	1423	34
3	1457	1420	37

(2)热风温度：用装于热风管上的压力温度计测量。

(3)加料口废气温度：用镍铬—镍铝热电偶，附 MII—38型毫伏计进行测量。热电偶插于焊在炉壁上沿气体上升方向的一根约长100毫米的钢管内。

炉气：加料口废气利用真空泵抽取，储于球胆内，用奥氏气体分析仪及时分析。

靠近炉壁的炉气用钢管焊在炉子内壁抽气取样；沿炉子截面上的炉气，只是在距风口高780毫米处抽气取样。

炉料：本厂生产的铸铁牌号主要是 HT15—32及 HT21—40，而试验则以HT15—32为主要依据。配料及焦炭、石灰石成份见表4到表8。

表 4 500毫米冲天炉投料情况 单位：公斤

名称 批数	批重	新生铁	废铸铁	浇冒口	层焦	石灰石	备 注
1~4	60	24	18	18	6	3	底焦高度为1米
4~	115	46	34.5	34.5	9	3.5	每20批补焦15公斤

表5 700毫米冲天炉投料情况

单位: 公斤

名称 批数	批重	新生铁	废铸铁	层焦	石灰石	备注
1~4	200	120	80	20	10	底焦高度为1米
4~	300	180	120	24	12	每10批补焦20公斤

表6 焦 碳 成 份

固定碳 %	挥发份 %	灰 份 %	水 份 %	硫 %
83.51	1.55	14.61	0.33	0.54

表7 焦炭灰份成份

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO%	Fe ₂ O ₃ %	MgO%
45.15	35.14	5.37	6.77	3.50

表8 石灰石成份

CaO%	SiO ₂ %	MgO%	CO ₂ %
55.32	0.72	0.61	43.35

三、熔炼过程特点

1. 现有风口能维持生产的原因

在生产中人们最担心的是铁水和渣是否会流入风口, 是否会因中途停风而引起漏水。最初在长风嘴的顶部连一个小风口都不敢开, 但生产实践中发现, 当长风嘴顶部烧坏成开口状直筒风嘴时, 仍然可以正常熔

炼。由此得到启发，大胆試用現有的风口。经过近一年的实践，证明了現用风口完全能进行生产。这是因为熔炼过程中在风口頂部形成一种“风帽”的結果。

当开风时，起先并没有渣铁产生。我們知道，空气在参預白热的焦炭燃烧时，必須穿入一段距离，預热到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ ，然后才能进行燃烧。其伸入的高度，在风温一定的情况下，决定于鼓风速度。当燃烧发生之后，迅速轉入扩散范围，其温度迅速地上升。熔化的渣和铁在高温区得到过热，然而流向风口的液体不可能进一步向风口伸入，它将在高温和低温交界之間形成薄薄的一层半熔融状态的外壳，附于焦炭表面。即在风口四周形成半熔化的所謂“风帽”。风口鼓入的空气将由焦炭的間隙并冲过“风帽”送入炉內，由于“风帽”的形成，即使在中途停风时，渣铁也不会流入风口。

事实上，“风帽”很容易在打炉时看到。它的底部由漆黑的焦碳堆积而成，而四周表面有一层高氧化铁的熔渣。有时熔渣深入焦碳較深，或頂部挂有一些凝結的金属。当冷却后它非常脆弱，很容易崩碎。

2. 炉气分布及热交换的特点

(1) 大家知道，側吹冲天炉炉气中 CO_2 分布特点是呈倒錐形的，炉

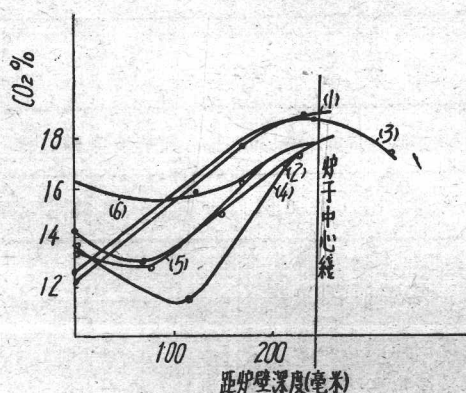


图10 在距風口高 780 毫米断面上風速对 CO_2 含量的影响。

子中心 CO_2 含量最低，温度最低。但由于炉底中心直接鼓风时完全改变了这种状况，在炉子中心部分发展为强烈的高温区，因而断面上的气体分布发生了变化。如图10所示。中央送风冲天炉中 CO_2 的分布特点是呈正錐形的，中心 CO_2 含量最高、温度最高。

(2) 铁水的过热主要决定于过热的温度和

表 9

炉次	炉号	风口有效直径 (毫米)	层焦 %	总耗炭 %	铁水温度 °C	熔化率 (公斤)	测量位置	距开风时间
4~3	500 [#]	120	8	10.1	1440	1520	前 炉	1 小时
4~6	500 [#]	120	8	9.7	1390	1320	摇 包	3 小时
5~29	700 [#]	160	8	11.5	1459	3940	前炉挡渣器	2 小时
6~17	500 [#]	120	8	10.9	1435	1476	前炉挡渣器	2 小时

度。由于风口上部的炉子中心强烈的燃烧，充分发展了由中心到四周的高温区，从而有利铁水的过热。同时铁水降落过程中，在风口上部遇到强大的向上气流使液体下降较为缓慢，也有利于铁水的过热。其次，我厂的中央送风冲天炉，实际上没有炉缸，因此避免铁水在炉缸中的降温作用。

最近所测的铁水温度，如表 9 所示。在同一炉次中的铁水温度变化情况如图 11 所示。图中曲线的最高峰表示出每次出铁之后在炉前包中的温度。

(3)一般冲天炉内燃料燃烧完全程度单排风口不如三排风口好，但是炉底中央送风情况下，并不会出现与单排风口相类似的情况。因为炉底中央送风由于空气穿透能力很强，燃烧比较充分，由表 10 可见，CO 含量并不高于一般水平。

3. 炉衬侵蚀情况

炉衬侵蚀决定于高温的炉气和炉渣的冲刷作用。在炉底中央送风的情况下，同侧吹冲天炉相反，燃烧集中于炉子中心，减少了



图11 500毫米冲天炉熔炼过程中铁水温度变化情况。

对炉壁的侵蚀作用。并且炉壁四周侵蚀较均匀。

4. 元素烧损情况

中央送风冲天炉内金属元素烧损情况如表11所示。对于500毫米冲天炉的数据可以参阅表14。

由表中可以看出：

(1) 碳元素在中央送风情况下一般变化不大，对于 HT15—32 都是减低 3~6%。

(2) 硅烧损为 10~15% 左右；锰烧损在 10~20% 左右。

(3) 渣中一氧化铁含量为 6~10%。

5. 铸铁机械性能。见表12

表 10

炉 号	CO%	CO ₂ %
500 [#]	6~9	13~15
700 [#]	4~9	14~15

表 11

炉 次	炉 号	烧 损 %		
		C	Si	Mn
10~20	400 [#]	6.5	9	10
11~60	400 [#]	3	10.5	20
11~21	400 [#]	0	17.5	13.5
10~15	600 [#]	6.5	13	11.5
10~24	600 [#]	7	19	25.3
11~25	600 [#]	2	14.5	16
4~20	700 [#]	4.1	21	13

表 12

試样编号	化 学 成 份 %					抗弯强度 (公斤/毫米 ²)	挠度 (毫米)	断面位置	断面性质	备 注
	C	Si	Mn	S	P					
641205	3.57	1.90	0.79	0.097	0.090	42.6	2.8	中	脆性	試样直径 $\phi 30$
650225	3.44	1.27	0.90	0.074	0.10	54.8	3.6	中	脆性	
650320	3.50	1.40	1.28	0.10	0.13	49	3.1	中	細晶	

四、风口大小的探討

1. 风口試驗

由风口鼓入的空气与焦炭发生强烈的燃烧，燃烧的范围和深度，在风温一定的条件下将随着风速的变化而改变。即它与风量、风口尺寸和形状有着密切的关系。因而合理的风口对改善炉内燃烧状况起了重要的作用。在生产实践中也证实了这一点。

为此，风口試驗的目的在于找出不同的鼓风速度对中央送风冲天炉熔炼过程的影响，从而更合理地确定风口的参数。試驗是在 500 毫米的炉子进行，所使用的风口尺寸如表13所示。

表 13

风 口 直 径 (毫 米)	占 熔 化 带 面 积 %
100	4
120	5.7
145	8.4

試驗結果列于表14。表中鼓风速度是以标准状态进行計算。这样既表示了风口大小变化的規律，也表示了单位時間內鼓风量的变化。

2. 結果分析

由高于风口 780 毫米处炉子中心 CO_2 数量的分析結果表明如图 12

表14 500 毫 米 冲 天 炉

炉 次			2~18	2~25	2~27	3~2	3~4
风 口 直 径 (毫米)			120	120	100	100	100
鼓 风 量 (米 ³ /分)			19.60	19.20	16.60	21.20	20.25
鼓 风 速 度 (米/秒)			28.90	28.30	35.00	44.80	45.00
风 压 (毫米水柱)			700	740	720	820	840
熔 化 率 (吨/小时)			1,650	1,710	1,379	1,597	1,760
炉前包中铁水温度 °C			1385	1390	1365	1374	1393
废 气 成 份	CO %		8.10	6.90	7.40	3.90	9.30
	CO ₂ %		14.00	13.90	15.40	15.60	12.40
	$\frac{CO_2}{CO+CO_2} \times 100\%$		63.00	66.80	63.20	80.00	57.20
铁 水 成 份 %	C	化 验	3.54	3.65	3.70	3.53	3.73
		烧 损 %	7.82	4.95	3.60	8.20	2.80
	Si	化 验	1.90	2.10	1.85	1.90	1.77
		烧 损 %	4.03		6.51	4.00	10.35
	Mn	化 验	0.56	0.64	0.57	0.585	0.62
		烧 损 %	18.30	6.60	13.70	12.80	6.10
	S	化 验	0.114	0.074	0.084	0.085	0.115
		烧 损 %					
	P	化 验	0.100	0.100	0.140	0.130	0.150
		烧 损 %					
炉 渣 成 份 %	CaO		29.33	24.90	28.15	27.90	31.56
	MgC		0.63	1.25	0.84	—	—
	SiO ₂		47.55	46.30	41.50	44.10	43.00
	Al ₂ C ₃		11.85	14.81	15.25	9.77	10.66
	FeO		5.30	5.00	5.15	10.64	8.05
	MnO		3.19	3.83	2.40	1.40	0.83
CaO/SiO ₂			0.615	0.560	0.678	0.635	0.734
計算渣量(公斤/百公斤生铁)			5.93	7.02	7.35	6.20	5.60
层 焦 %			8	8	8	8	8
总 耗 炭 %			9.38	9.53	9.50	9.50	9.44
炉 子 热 效 率 %			53.80	54.30	53.20	52.30	50.80
铁 水 热 效 率 %			48.10	48.10	46.60	47.10	46.60

风 口 試 驗 总 表

3~6	3~9	3~11	3~13	3~16	3~18	3~24	3~26	3~29	4~22	4~24
100	100	100	120	120	120	120	180	120	145	145
19.10	22.55	17.80	21.70	20.85	19.60	19.68	21.40	18.30	18.30	19.15
40.50	47.70	37.60	32.00	30.80	28.90	29.00	31.50	27.00	19.60	20.50
800	900	700	710	710	700	640	690	680	650	
1,525	1,758	1,457	1,459	1,416	1,537	1,556	1,552	1,407	1,260	1,310
1360	1358	1362	1377	1381	1390	1387	1379	1378	1365	1367
7.40	4.20	6.60	2.00	2.60	8.00	6.95	7.45	7.10	7.47	6.50
13.80	16.00	13.70	13.60	15.50	14.40	13.25	15.30	15.00	15.07	16.26
65.20	79.00	67.50	89.00	86.00	64.50	65.70	67.40	64.50	67.07	71.50
3.70	3.53	3.70	3.79	3.62	3.70	3.63	3.58	3.59	3.51	3.55
3.65	8.07	9.00	2.83	3.77	1.75	4.48	3.97	4.03	5.65	4.07
1.87	1.30	1.67	1.70	1.71	1.67	1.70	1.90	1.90	1.04	2.15
5.56	34.34	9.50	8.35	13.20	15.30	16.40	4.70	10.60	14.60	0
0.56	0.58	0.510	0.46	0.61	0.55	0.527	0.61	0.90	0.61	0.71
15.80	13.80	6.26	15.40	13.90	22.40	11.90	19.80	—	15.80	2.20
0.113	0.089	0.122	0.120	0.130	0.130	0.124	0.128	0.012	0.18	0.126
0.180	0.166	0.13	0.17	0.160	0.330	0.170	0.170	0.13	0.225	0.21
30.40	29.46	27.48	30.31	31.17	31.89	34.29	29.50	22.23	30.61	30.03
—	—	1.14	0.69	0.88	1.08	1.01	1.93	1.08	1.28	1.43
42.90	40.45	48.99	45.30	44.30	43.28	44.20	44.30	41.60	42.87	42.72
10.81	11.72	13.26	13.46	14.91	12.68	12.80	17.28	20.18	16.81	14.20
8.68	8.68	7.48	8.05	7.44	7.80	8.05	8.46	11.42	6.66	8.86
1.27	0.92	1.21	1.28	1.00	2.08	1.42	1.51	1.75	1.66	1.83
0.710	0.73	0.572	0.670	0.703	0.738	0.776	0.666	0.536	0.714	0.75
5.87	6.04	6.80	6.23	6.10	6.40	6.94	6.45	7.30	7.56	7.75
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9.77	9.25	9.42	10.12	9.91	10.02	9.82	10.70	10.18	11.20	11.00
50.30	49.80	52.70	49.60	48.60	49.80	51.30	49.20	49.70	45.00	47.10
45.20	44.70	46.60	44.10	44.40	44.10	44.70	43.50	43.30	39.00	40.80