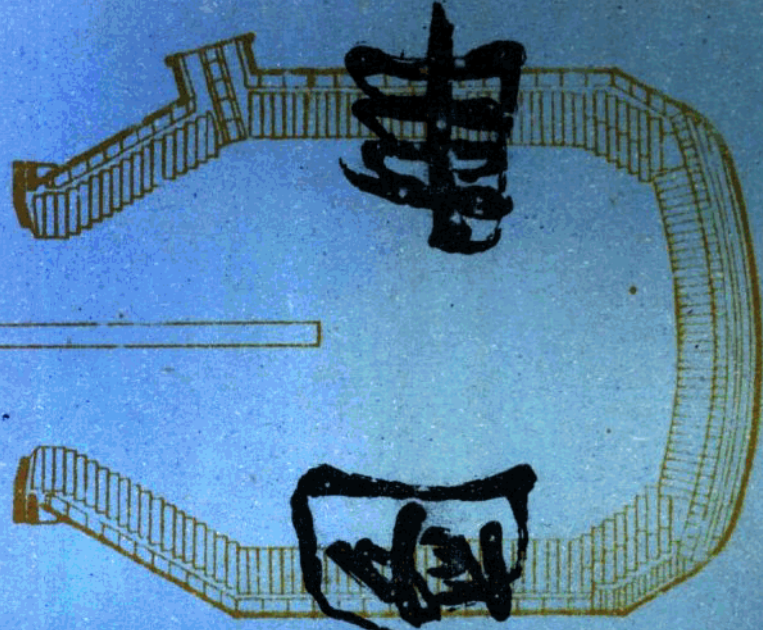


转炉

图

册

型



北京钢铁设计研究院

炼钢科转炉组

1979年5月

I. 转炉型分析及说明

目 录

I、转炉炉型分析及说明

- 一 发展状况简述
- 二 炉型的选择及分析
- 三 炉子主要技术参数的确定
- 四 炉衬

II、附表

- 一 国内外1000~1500T转炉有关参数
- 二 国外1500~2000T转炉有关参数
- 三 国外2000~2500T转炉有关参数
- 四 国内外2500~3000T转炉有关参数
- 五 国外3000T以上转炉有关参数

III、转炉图册

一 发展现状简述

转炉迅速发展证明了它的优越性，从产量质量及成本上是花得来的。

世界上主要的产钢国家氧气转炉钢产量占总钢产量的比例不断上升，比例最高的是日本近年来一直稳定在80%左右。1961年世界氧气转炉钢产量还不到1800万吨，占世界钢总产量的4%左右。而1974年产量就为4亿1千万吨，占世界钢总产量的60%左右。

随着世界钢铁需要量的不断增加，转炉朝着大型化发展。1967年有282座氧气顶吹转炉投入生产，平均出钢量105吨。现有400多座转炉平均出钢量为114吨，最大出钢量是西德布鲁克豪森380吨转炉。近年新建的转炉容量多在150~250吨之间，到1976年止世界各国已建250吨以上转炉有105座。

转炉大型化要求炉型也适应这一发展。碱性底吹工艺对第一座氧气顶吹转炉设计的影响从图1-1可看出，但大型化后的转炉只能从理论上考虑，因小炉子的实践经验不能简单地搬到大型转炉上使用。大型转炉更要求形状简单，修建方便，生产操作安全。从世界各国的生产实践总结出（参看“转炉图册”）：大容量的转炉一般均采用正炉口；熔池由圆柱体和球缺或截锥和球缺所组成，死炉底。这种炉子能保证生产的正常进行。

由于炉容量增大，操作工艺的改进，多孔喷枪的采用等等，影响转炉参数的确定。因此大型转炉的炉型参数与小转炉的炉型参数是有所区别的。

这里收集了一百多个转炉的主要参数列于附表中，仅供参考。

二 炉型的选释及分析

由于氧气转炉平炉炉村的发展，各国实践中的炉子形状又有统一的格式，但大体上归纳为三种类型。从转炉图册看出美国、日本采用直筒型较普遍，西德采用橄榄型较普遍。其因是西德生铁中含硫相对值高有关，橄榄型的炉子熔池是由截锥和球缺组成。与同容量直筒型炉子相比，若熔池深度相同，前者的熔池面积比后者大，即熔池反应面积大，有利于钢—渣反应。第三种喷石灰渣的炉子，用来冶炼高磷生铁的。目的在于用纯氧喷吹快速脱磷，同时，提早脱硫、脱磷。因此要求及早造渣石灰多，起泡沫并氧化能力强（即 P_2O_5 含量高）的熔渣。此种炉子炉膛很大，以适应渣量大的工艺要求。世界上法国、比利时、卢森堡用此种炉型较多。

表2-1 世界一些厂家生铁成分

| 序号 | 国家 | 厂名 | 生铁成分 % | | | | |
|----|-----|----------|---------|------------|----------|-------------|-------------|
| | | | C | Si | Mn | P | S |
| 1 | 日本 | 君津一炼 | | 0.421~5.1 | | 0.089~0.105 | 0.016~0.107 |
| 2 | " | 君津二炼 | | 0.42~0.47 | | 0.088~0.105 | 0.021 |
| 3 | " | 大分 | | 0.56~0.59 | | 0.099~0.105 | 0.02~0.024 |
| 4 | " | 名古屋 | | 0.33~0.381 | | 0.105~0.123 | 0.02~0.024 |
| 5 | " | 日本钢管(川崎) | 4.2~4.3 | 0.5~0.7 | 0.6~0.8 | 0.18~0.19 | 0.03~0.04 |
| 6 | " | 八幡(户畑) | 4.4~4.5 | 0.4~0.5 | 0.6~0.7 | 0.15~0.16 | 0.025~0.035 |
| 7 | " | 富士(广畑) | 4.4~4.5 | 0.6~0.7 | 0.7~1.0 | 0.17~0.19 | 0.02~0.03 |
| 8 | 意大利 | 塔兰托NO. | | 0.5~0.7 | 0.6~0.7 | | 0.025 |
| 9 | 意大利 | 迪纳维基 | 4.0~4.2 | 0.05~0.3 | 2.0~2.8 | 0.08~0.13 | ≤0.045 |
| 10 | " | 林茨 | 4.0~4.2 | 0.6~1.3 | 1.4~2.2 | 0.12~0.25 | <0.045 |
| 11 | 英国 | 托尔伯特港 | | 0.65 | 0.75 | <0.15 | <0.03 |
| 12 | 西德 | 胡金根 | | 0.62 | 0.76 | 0.161 | 0.032 |
| 13 | " | 多特蒙德-树德 | 3.6 | 0.35 | 0.50 | 0.16 | 0.045 |
| 14 | 美国 | 佐恩新港 | 4.62 | 0.85 | 0.85 | 0.09 | 0.035 |
| 15 | " | 莫里-匹兹堡 | 4.3~4.5 | 0.8~1.2 | 0.8~1.2 | 0.09~0.12 | 0.015~0.045 |
| 16 | " | 米德尔敦 | 4.0 | 0.65~0.60 | 0.4~0.43 | 0.14 | 0.025 |

1. 炉帽:

初期的氧气顶吹转炉受底吹的影响有的是采用偏炉口。其优点, 废气导向性好, 对喷溅有一定控制, 便于炉下清渣。但斜道和砌砖的不便使人们不愿用它。随着炉子操作工艺的改进, 以及多孔喷枪的使用, 使喷溅明显减少, 更无必要使用偏心炉口。正炉口不论斜道和修砌都很简单, 并且完全能满足生产工艺的要求。因此, 偏口炉帽已基本被淘汰。

2. 炉底:

从转炉图册上看出, 世界上采用整体炉底的占大多数, 美国、日本基本上都是这种。西德均采用小的活炉底。整体炉底的优点: (1)设计简单, 不受热膨胀的影响; (2)炉底没有任何加固件, 减少了总重量, 制造成本低; (3)不需炉底车; (4)炉底仅受轻微的磨损和开裂, 再重新砌耐火砖时不需完全更换; (5)操作安全, 避免了漏钢事故。活炉底的优点: (1)拆炉时炉子冷却快, 改善修炉条件和缩短砌炉时间; (2)残余炉衬易打碎; (3)修炉可上修或下修; (4)下修可用固定烟罩(无需移动烟罩)水冷管件连接简单; (5)炉底可予先在别处砌好; (6)炉底结构重量平衡了转炉上都很大重量, 这对大转炉来说是有好处的。

根据统计, 多数厂家都用死炉底, 与之相对应修炉方式也是用上修较多, 目前看来小吨上修的经验是比较成熟的, 这更有利于死炉底的采用, 在选用炉底形式时需考虑修炉方案, 及烟罩结构, 若采用上修时就需要可移动的烟罩。我国活炉底下修经验比较多, 但死炉底上修在国外是很成熟的, 并且有丰富的经验。

三. 炉子主要技术参数的确定

设计炉子主要技术参数时, 根据简单的计算, 参照附表及转炉图册中相应吨位的转炉尺寸, 而确定新设计转炉的具体尺寸。计算公式较多,

各有其局限性, 不——述说了, 仅就大转炉的计算提供参考。

根据 J. Borak 和 G. Schmidt 氏汇总的“转炉技术参数与容量关系的回归法计算结果”(表 3-1)还是可以作为初算的, 其缺点是还有述及吹炼技术和喷嘴形式的影响。

表 3-1 转炉技术参数与炉容量之关系

| 序号 | 项 目 | 单 位 | 符 号 | 与炉容量之关系 |
|----|-----------|-------------------|-----------|----------------------|
| 1 | 炉口直径 | 米 | d_{M_1} | $= 1.10 + 0.0089T$ |
| 2 | 熔池直径 | " | d_B | $= 0.62 + 0.0147T$ |
| 3 | 炉壳直径 | " | d_G | $= 0.41 + 0.0147T$ |
| 4 | 熔池深度 | " | h_B | $= 0.922 + 0.00353T$ |
| 5 | 炉膛高度 | " | h_N | $= 0.600 + 0.0128T$ |
| 6 | 炉壳高度 | " | h_G | $= 0.693 + 0.0135T$ |
| 7 | 炉容比 | 米 ³ /吨 | V/T | $= 0.891$ |
| 8 | 熔池负荷 | 吨/米 ² | B_B | $= 0.01 + 0.0088T$ |
| 9 | 炉壳高度/炉壳直径 | | h_G/d_G | $= 1.53 - 0.00105T$ |
| 10 | 炉膛高度/熔池直径 | | h_N/d_B | $= 2.11 - 0.00279T$ |

表 3-2 转炉主要参数计算公式

| 序号 | 项 目 | 公 式 |
|----|----------|--|
| 1 | 喷枪时工作容积 | $V_A \text{ 喷枪} = 0.0265 \times d^2 \times \frac{O}{n}$ |
| 2 | 泡沫渣时工作容积 | $V_A \text{ 泡沫渣} = L \cdot 8 \times d \times \sqrt{\frac{O}{n}}$ |
| 3 | 自由容积 | $V = 7 \times d^2 \times \frac{\pi}{4} \times h \quad \left \begin{array}{l} \eta = 0.2 (2+h/d) \\ A = 1 + 6 \times \sqrt{d^3 - 1} \end{array} \right.$ |
| 4 | 要求之熔池直径 | $d_H = L \cdot 0.7 \left(\frac{O}{T} \right)^{\frac{1}{2}} \times n \times T \quad Q182$ |

式中: T——出钢量, 吨,

d——砌砖内径, 米,

L=N——砌砖内腔高度,

n——喷枪孔数,

O——氧流量, 标米³/分,

$V_A = V - T / \eta$ ——工作容积, 米³。

表 3-2 提出的数学公式也并非绝对通用, 仅作为讨论的基础。影响炉子尺寸的因素很多, 主要是炉容量的影响, 也就是说炉子的尺寸参数是炉容量的函数(图 3-1)。值得注意的是近些年来多孔喷枪的使用带来了一系列的变化, 操作枪位降低、喷枪面积扩大、氧流穿透深度减小, 避免了喷枪等等, 这些变化影响到炉型的设计, 如熔池直径加大, V/T 下降……。

1 熔池尺寸

表 3-1 中公式是统计分析了 500 个 300~3000 吨转炉尺寸的统计上得出来的。用序号 2 公式对一些厂家的炉子进行验算, 绘于图 3-1 (a) 中可看出 1000 吨~2500 吨的转炉, 应用此公式计算的结果与实际采用的数据基本相符。而 250 吨以上的转炉稍有出入, 计算值比实际采用值大些。

熔池直径的设计与氧流量、喷嘴孔数关系甚大。设计单孔喷枪每分钟每平方米熔池只能吸收 15.25 米³ 的氧, 三孔喷枪吸收 25.9 米³ 的氧, 七孔喷枪吸收 45.7 米³ 的氧。用表 3-2 中序号 4 公式进行计算得出的熔池直径和实际熔池直径相差不大。例如弗·克劳伯钢铁公司莱茵豪森钢厂初期建设的 110 吨转炉, 熔池直径 3.7 米, 按 280 米³/分供氧量计算, 3 孔喷枪, 3.7 米的熔池直径足够了。又例如阿尔斯特钢厂 270 吨转炉熔池直径 0.05 米, 采用 7 孔喷枪氧流量约为 1000 标米³/分, 此直径与计算是相符的。三例布鲁克豪森按 350 吨转炉计算, 7 孔喷枪供氧量 1500 标米³/分, 计算熔池直径 0.57 米, 与实际 0.45 米相差不大。参看下表(3-3)举例。

表 3-3 氧气转炉参数举例

| 举 例 | 操 作 特 性 值 | | | 按表 3-2 计算 d_B |
|-----|-----------|--------------------|-------|-----------------|
| | T·吨 | 转米 ³ /分 | d_B | |
| 1 | 30 | 100 | 2.8 | 2.76 |
| 2 | 110 | 280 | 3.7 | 3.38 |
| 3 | 175 | 250 | 5.50 | 3.97 |
| 4 | 210 | 500 | 7 | 3.02 |
| | 270 | 1000 | 6.05 | 4.38 |
| | 366 | 1000 | 0.66 | 6.05 |
| | 400 | 1500 | 0.61 | 5.65 |
| | | | 0.45 | 6.57 |
| | | | 0.61 | 6.51 |

表 3-3 明显地表明, 熔池直径与喷嘴结构有较大的关系。采用多孔喷枪的转炉直径可相应大一些。

熔池尺寸的另一参数是熔池深度, 它和氧流量、喷嘴结构的关系更为密切, 这是众所周知的, 单孔喷枪熔池较深, 多孔喷枪熔池较浅。

在设计时要考虑球底半径“R”对熔池深度的影响, “R”大则熔池变浅, “R”小则熔池变深。从国外的情况来看, 2.0G吨以上炉子炉底球半径“R”与熔池直径“d_B”之比小于1, 随炉容量的增大 R/d_B 值下降可参见图 3-10, 大炉子 R/d_B 值一般在 0.8~1.0。

表 3-4 一些厂 R/d_B 值的情况

| 厂 号 | 厂 名 | 炉子吨位 | R/d _B |
|-----|---------|------|------------------|
| 1 | 拉卡瓦约 | 230T | 0.8 |
| 2 | 塔兰托瓜 1 | 300T | 0.9 |
| 3 | 威尔顿 | 300T | 0.925 |
| 4 | 摩根——培马克 | 300T | 0.85 |
| 5 | 软克尔克 | 200T | 0.92 |

大转炉熔池深度从附表中看出一律均在 1540~2000 毫米左右。而日本近几年转炉向高处发展, 因此炉子熔池深度超过了 2 米。如福山一、二、三炼分别为 2228、2373、2395 毫米。

2 炉口

炉口尺寸应在满足充铁水、加废钢加辅料、出渣、修炉等操作的前提下, 尽可能缩小, 以减少散热损失。

确定炉口尺寸有三种方法: (1)根据阻止空气进入炉口, 废气速度不超过 1.5 米/秒~2.0 米/秒。送样即可在出钢后包内测得钢的含氮量 $\leq 8PPm$ 以下。(2)根据炉口面积, 按经验一般为每吨炉料 0.25~0.35 米²。(3)根据炉口直径与炉底直径之比, 一般推荐为 0.43~0.53, 小炉子逸大一些, 大炉子逸小一些。

炉口尺寸是和炉帽倾角相关连的。实际使用中, 炉帽倾角大多在 5.5°~7.0°, 大炉子要小一些。炉帽部分的有效容积, 大约是整个转炉有效容积的 30% 左右。

3 炉子高宽比 H/D , A/d_B :

炉壳高度 H 和直径 D 随炉容量的增大而增加, 但其比值是下降的。这说明直径的增加比高度的增加更快。从日本资料来看(图 3-2), 大约 70 吨炉容量开始, 曲线发生明显曲折, 说明炉身高度的增加变缓。

炉子高度和直径之比影响炉子的操作和建设费用。在最初设计转炉的 H/D 值选得较大, 经过实践证明, 过大的 H/D 值没有必要。因此在后来的设计中, 转炉的 H/D 值又明显的减少, 最典型的炉子是 62 年美国大湖公司 270 吨转炉的 H/D 值仅为 1.04。生产操作中喷溅很严重。因而 1969 年后各国新建的转炉 H/D 值又有增加的趋势(图 3-3)。把美国和日本炉子的 H/D 值做一比较, 从图 3-4 中看出: 同样容量的炉子, 美国炉子的 H/D 值较低, 而日本炉子的 H/D 值较高。

日本资料还认为: 随转炉炉壳内容量的增加, H/D 值是下降, 但下降到一定值后(即此时炉壳内容量为 225 米³, $H/D=1.4$) 维持不变(图 3-5)。也有资料认为维持在 1.3~1.5 之间。

转炉内衬的 A/d_B 值也是随炉容量的增加而下降。炉池面至炉口要保持一定的高度才能避免喷溅, 有的资料认为保持 5 米, 有的认为保持 8 米。一般的炉子 A/d_B 值在 1.6~1.7 左右。

4 炉容比 V/T :

炉子 V/T 值是炉型设计中一个非常重要的参数。希望有效容积较小而收得率较高, 这与转炉内径、氧气流量、喷枪孔数等有关。通过表 3-2 中的公式计算看出: 30 吨小炉子用单孔喷枪 $V_{\text{喷}}/T=0.84$ 米³/吨而 $V_{\text{池}}/T=1.82$ 米³/吨, 110 吨炉子用 3 孔喷枪 $V_{\text{喷}}/T=0.46$ 米³/吨而 $V_{\text{池}}/T=0.73$ 米³/吨, 270 吨炉

子用 7 孔喷枪 $V_{\text{喷}}/T=0.66$ 米³/吨, 而 $V_{\text{池}}/T=0.63$ 米³/吨, 400 吨炉子用 7 孔喷枪 $V_{\text{喷}}/T=0.73$ 米³/吨而 $V_{\text{池}}/T=0.57$ 米³/吨。小炉子 $V_{\text{池}}/T$ 大于 $V_{\text{喷}}/T$, 大炉子 $V_{\text{喷}}/T$ 大于 $V_{\text{池}}/T$, 这就说明小炉子的操作稳定性差, 特别是在降罩操作的情况下, 更难控制。而大转炉操作稳定性较好, 控制较易。因此随炉容量的增加 V/T 值有所下降。从世界各厂家的实践也证明这点。把各厂转炉 V/T 值绘于图 3-6 中, 可看出: (1) V/T 的发展情况, 1956 年~1961 年因一些老转炉技术其原来的容量成倍的增长, V/T 较低。而这些超装的经验使得新建的大转炉在 63~65 年倾向于另一极端, V/T 值相当高。(2) 日本、美国的 V/T 是较高的, 而西德 V/T 较低。(3) 大转炉 V/T 值一般都在 0.8~1.0 米³/吨。

西德一篇文章介绍了快速确定炉子有效容积的方法, 利用图 3-7, 决定数值是: (1) 每年生产粗钢的百万吨数, (2) 每年的操作天数, (3) 日产粗钢的吨数, (4) 出钢至出钢的周期, 分钟数, (5) 给定了炉容量的吨位, (6) 用炉容量和炉容比 V/T 确定了有效容积(7)。对于小炉子 V/T 选 1 左右, 大炉子 V/T 取小一些。

为了确定有效容积给出的炉子尺寸, 列于表 3-5 中。表中的值是平均仅供参考, 若采用炉底, 总高、炉体容量均大一些。

字母所代表的参数表示在图 3-8 中。

表 3 - 5 碱性氧气转炉的主要尺寸

| V _B m ³ | V _N m ³ | V _B VN | H mm | D mm | H D | A mm | d mm | A d | M mm | 炉壳重炉衬重 | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|-----|
| | | | | | | | | | | T | T |
| 64 | 25 | 2.36 | 6600 | 3800 | 1.73 | 5800 | 2500 | 232 | 1650 | 75 | 114 |
| 123 | 50 | 2.48 | 7500 | 4700 | 1.60 | 6500 | 3250 | 200 | 1800 | 55 | 214 |
| 176 | 75 | 2.35 | 8150 | 5400 | 1.51 | 7050 | 3900 | 18 | 1950 | 80 | 290 |
| 222 | 100 | 2.22 | 8700 | 6000 | 1.45 | 7500 | 4450 | 168 | 2150 | 110 | 335 |
| 266 | 125 | 2.12 | 9100 | 6550 | 1.390 | 8000 | 4950 | 1.61 | 2350 | 140 | 410 |
| 310 | 150 | 2.06 | 9500 | 7000 | 1.360 | 8400 | 5400 | 1.55 | 2550 | 165 | 470 |
| 350 | 175 | 2.00 | 9860 | 7400 | 1.330 | 8700 | 5700 | 1.53 | 2750 | 195 | 520 |
| 400 | 200 | 2.00 | 10200 | 7700 | 1.330 | 9000 | 6000 | 1.5 | 3000 | 220 | 580 |
| 432 | 225 | 1.92 | 10500 | 7950 | 1.330 | 9300 | 6200 | 1.49 | 3200 | 250 | 620 |
| 470 | 250 | 1.87 | 10700 | 8100 | 1.330 | 9450 | 6400 | 1.48 | 3400 | 275 | 640 |
| 506 | 275 | 1.84 | 10900 | 8300 | 1.330 | 9600 | 6500 | 1.47 | 3650 | 305 | 670 |

除以炉衬容积比行为指标外，又以炉壳容积比做为指标。炉壳容积的大小是随着炉子大小的主要因素，它不受砌衬厚度的影响，因此，比较能客观的反映出炉子的真实大小情况。

四 炉衬

炉衬的材质及尺寸直接影响了最后的转炉炉壳尺寸和炉衬寿命。尽管炉型设计的比较合理，如果炉衬厚度选择不合适，也同样是不能达到理想设计效果的。目前的转炉大多数是采用三层（即，永久层、填充层和工作层）。但也有个别转炉又有填充层。在确定炉衬时，必须了解炉衬的受蚀情况，根据不同的部位受蚀情况，使用不同材质的耐火材料，不同的厚度，这就是目前有些国家采用的平衡炉衬。例如日本福山一、二、三炼，美国拉士瓦纳，西德多特蒙德胡德等（参见转炉图册）。

各国顶吹转炉炉衬的材质、寿命、单位消耗见下表 4-1。

表 4-1 各国炉衬材质、寿命、单位消耗

| 序号 | 国厂名 | 炉子吨位 | 炉衬材质 | 寿命 | | 单位消耗 kg/T |
|----|------|------|---------|------|-----|-----------|
| | | | | 最高 | 平均 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 日本八幡 | 60 | 焦油爱顿半稳定 | | | |
| | | | 性烧成白云石砖 | 1113 | 775 | |
| 2 | | 60 | 焦油白云石砖 | 833 | | |
| | | | 焦油爱顿半稳定 | | | |
| | | | 性烧成白云石砖 | | | |
| 3 | 日本钢管 | 85 | 焦油白云石砖 | 882 | | 2.90 |
| 4 | 日本富士 | 100 | 焦油白云石砖 | 701 | | 3.26 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|-------------|-----|----------------------------|--------------|-----|------|
| 5 | 美招特汽 车公司 | 250 | 焦油铁砖 焦油爱顿烧成铁砖并采 用垫黄补 | 1518 1701 | | |
| 6 | 美伯利恒 | 200 | 焦油白云石砖 焦油铁砂 | 655 | | |
| 7 | 西德奥古 斯特 | 215 | 焦油白云石砖 | 727 | 579 | 2~3 |
| 8 | 西德莱切 厂 | 180 | 熟处理焦油白云石砖 | 761 | | 2.2 |
| 9 | 法国 | 160 | 焦油白云石砖 | 626 | 538 | 3.3 |
| 10 | 法国 | 60 | 焦油白云石砖 | 481 | 423 | 6.7 |
| 11 | 意巴尼奥利 | 150 | 焦油白云石砖 | 977 | 717 | 2.86 |
| 12 | 意塔兰托 | 300 | 焦油白云石砖 | 793 | 439 | 2.90 |
| 13 | 瑞典布代尔 | 40 | 焦油爱顿烧成铁砖 | 937 | | |
| 14 | 挪威塞 | 140 | 焦油白云石砖 | 388 | | |
| 15 | 苏新利别 莱克 | 110 | 焦油白云石砖 方铁石尖晶石砖 | 646 | | 2.95 |
| 16 | 捷克 | 120 | 焦油白云石砖 | | 350 | 3.14 |

经过改造，目前世界上主要产钢国家氧气顶吹转炉衬寿命，平均为500~700炉。日本炉令较高，1976年平均炉令为1500炉。若津一炼1976年10月达10110炉。

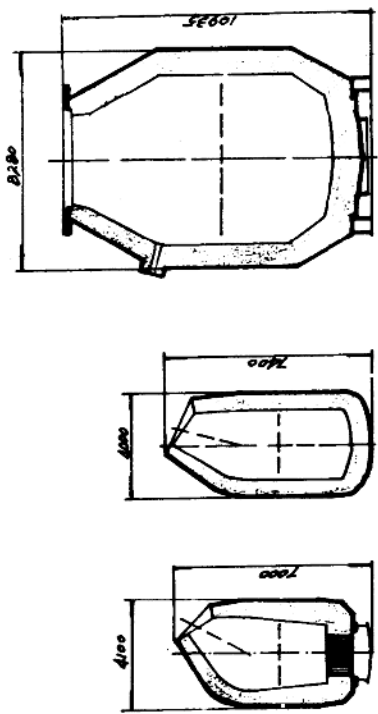
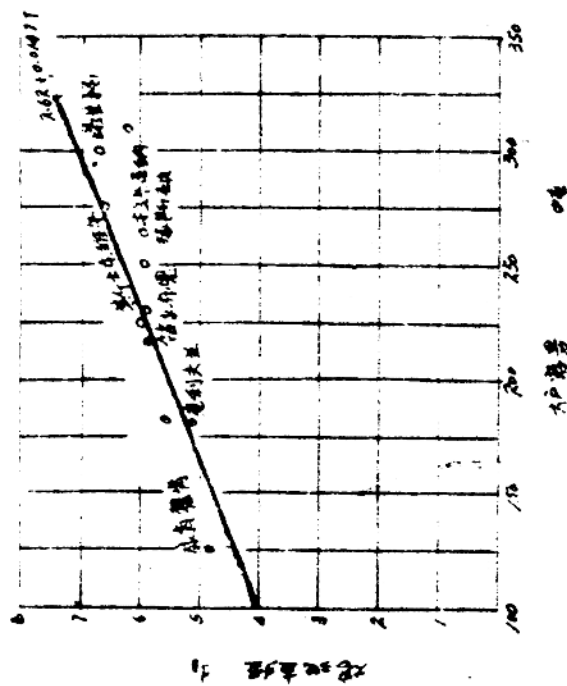
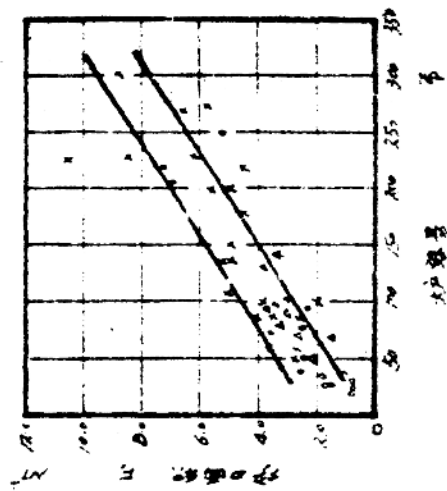


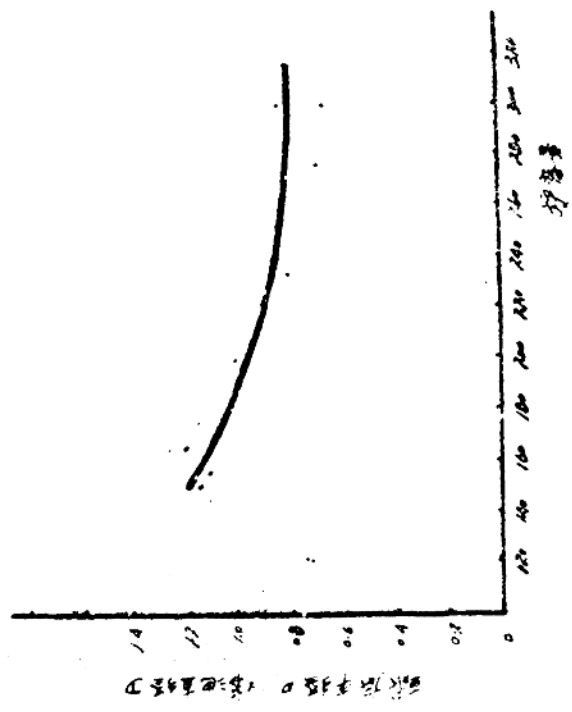
图1-1 最早的炉子和现在的炉子



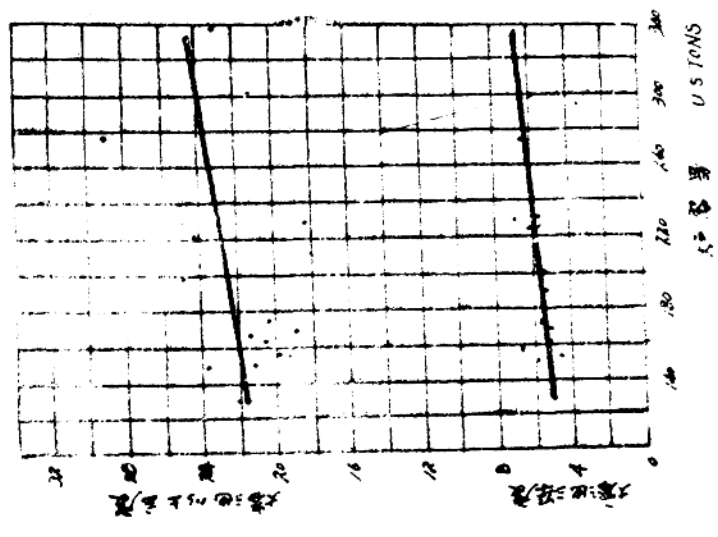
A 炉膛直径与炉容量之关系



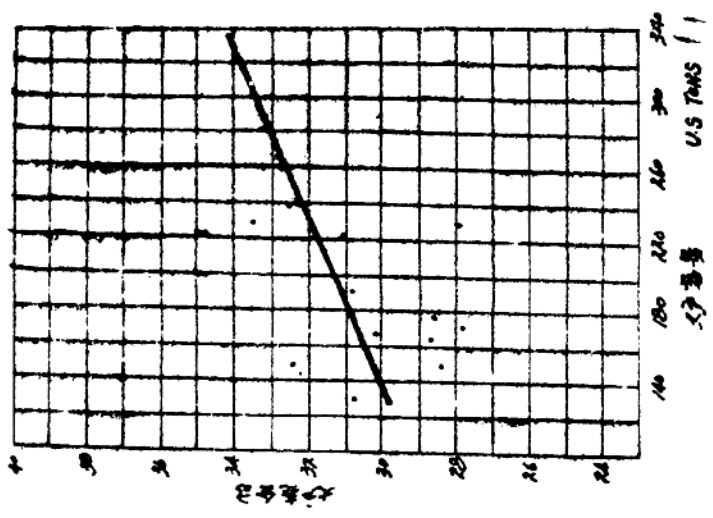
B 炉膛面积与炉容量的关系



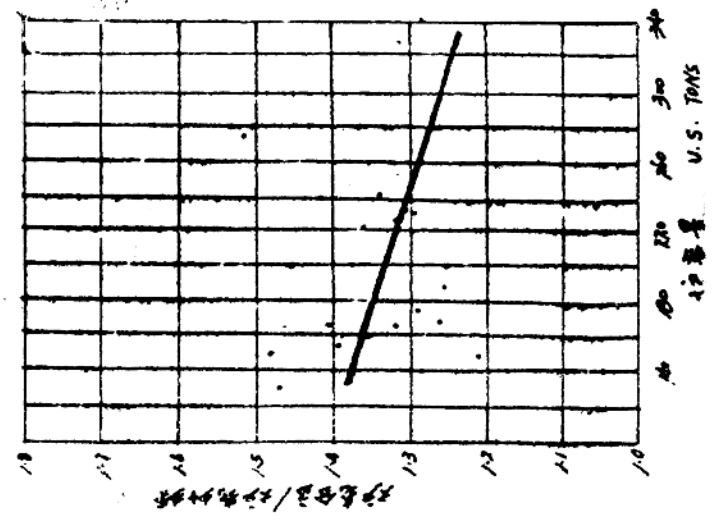
C 爐身直徑與爐底半徑及爐身直徑之關係



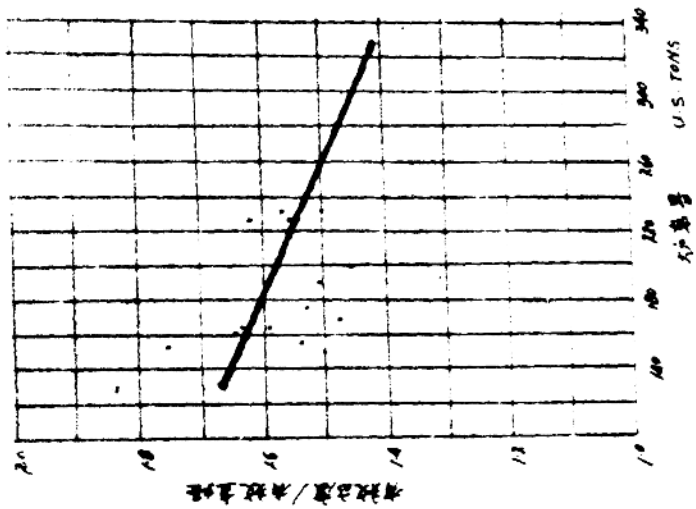
D 爐身直徑與爐身高度之關係
爐身以上高度



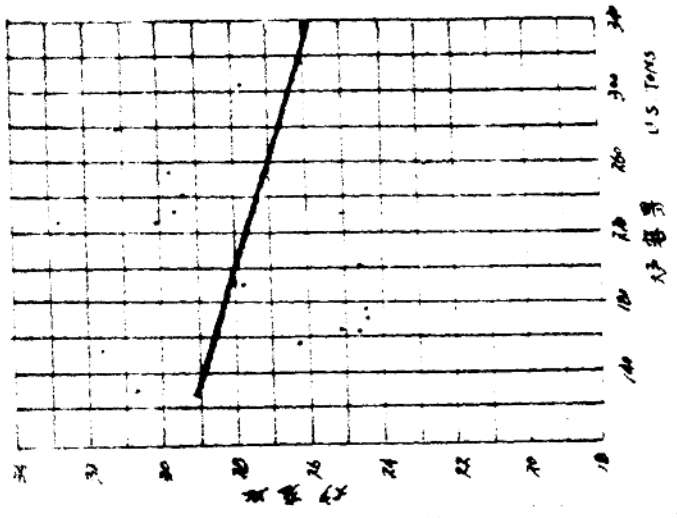
c 炉容量与炉壳全高的关系



d 炉容量与炉壳全高/炉壳外径的关系



8 炉容量与有效高度/有效直径关系



9 炉容量与炉径比的关系