

· 高等专科学学校教学用书 ·

炼钢设备 及车间设计

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

冶金工业出版社

高等专科学校教学用书

炼钢设备与车间设计

重庆钢铁高等专科学校 郑沛然 编

冶金工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

炼钢设备与车间设计/郑沛然编. —北京: 冶金工业出版社, 1996

高等专科学校教学用书

ISBN 7-5024-1843-1

I. 炼… I. 郑… III. ①炼钢设备-高等学校: 专业学校-教材②炼钢-车间-建筑设计-高等学校: 专业学校-教材
IV. TF31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 10115 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

利森达印务有限公司印刷; 冶金工业出版社出版; 各地新华书店发行

1996 年 10 月第 1 版, 1996 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 8.75 印张; 209 千字; 133 页; 1-2500 册

8.80 元

前 言

本书是根据冶金部 1991~1995 年高等专科学校教材出版规划和《炼钢设备与车间设计》教学大纲编写的。

本书系统阐述转炉炼钢设备、模铸与连续铸钢设备、电炉炼钢设备的构造、工作原理、类型选择、最佳设计参数的基本知识，对典型设备作出计算举例。本书还详细介绍氧气转炉炼钢车间、电弧炉炼钢车间的设计计算与车间的合理布置方案，并对三废处理、安全生产作了深入分析。

本书作为高等专科学校钢铁冶金专业（或炼钢专业）教材。为方便电弧炉炼钢工艺教学，已将电弧炉的电气设备放在高等专科学校教材《炼钢学》的第九章（故本教材无此内容）。本书亦可作为炼钢专业学生毕业设计的主要参考书，还可供钢铁职工大学、函授大学选用，以及从事炼钢生产的工程技术人员参考。

本书由上海冶金高等专科学校史立华、重庆大学颜广庭、本溪冶金高等专科学校姜洪渤和重庆钢铁高等专科学校雷亚审稿。在编写过程中，承蒙一些设计研究院所、冶金院校、生产企业的同志提供资料和宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。由于编者水平有限，对书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

一九九三年十月

目 录

第一章 转炉机械设备及炉型参数	1
第一节 转炉炉体金属结构	1
第二节 转炉炉型及其主要参数	6
第三节 转炉倾动机构	12
第二章 转炉供料方式及设备	15
第一节 铁水供应方式及设备	15
第二节 废钢供应	18
第三节 散状材料供应	19
第四节 铁合金供应	22
第三章 供氧系统机械设备	23
第一节 氧气炼钢车间供氧系统	23
第二节 贮氧与输氧	25
第三节 氧枪及喷头	27
第四节 氧气转炉喷头尺寸计算	36
第五节 氧枪升降及更换装置	40
第四章 转炉烟气净化及回收处理设备	43
第一节 烟气和烟尘	43
第二节 烟气净化方法	44
第三节 烟气净化系统主要设备	45
第四节 转炉烟气净化系统	55
第五节 含尘污水的处理	58
第六节 除尘风机与放散烟囱	59
第五章 模铸锭设备与连续铸钢设备	62
第一节 模铸锭设备	62
第二节 连续铸钢设备	69
第六章 氧气转炉炼钢车间设计	86
第一节 转炉炼钢车间总体工艺设计原则	86
第二节 炼钢车间在钢铁厂总平面图上的布置方式	87
第三节 转炉车间炉子容量及座数的确定	89
第四节 转炉车间的组成和布置	92
第五节 转炉炼钢车间主厂房的设计	96
第七章 电弧炉的机械设备	107
第一节 电极把持器	107
第二节 电极升降机构	109
第三节 炉体倾动机构	110
第四节 炉盖开启机构	110

第五节	电炉除尘设备·····	112
第八章	电弧炉炼钢车间设计·····	116
第一节	电炉炼钢车间总体工艺设计原则·····	116
第二节	电炉炼钢车间生产规模的确定及全厂的金属平衡·····	117
第三节	电炉炼钢生产主要技术经济指标及原材料消耗·····	119
第四节	电炉容量与座数的确定·····	120
第五节	电炉炼钢车间工艺布置设计·····	122

第一章 转炉机械设备及炉型参数

氧气顶吹转炉于 1952 年和 1953 年在奥地利的林茨 (Linz) 城和多纳维茨 (Donawitz) 城先后建成并投入生产, 故称 LD 法。氧气顶吹转炉对原材料的适应性强, 生产率高, 成本低, 可炼品种多, 质量好, 投资少, 建厂速度快, 因而在世界范围内得到迅速发展, 成为近代主要炼钢方法之一。

由于氧气转炉吹炼时间短和炉容量的大型化, 因而氧气转炉车间具有以下特点:

(1) 吹炼周期短, 生产率高。每昼夜出钢炉数多, 兑铁水、加料、倒渣、出钢、浇注等操作频繁, 原材料、钢水、炉渣等的吞吐量大, 要求设备可靠性高, 具有充足的设备备件和较强的设备维修能力。

(2) 运输复杂, 运输量大。其数量相当于钢产量的 3~5 倍, 而且批重小, 批次多, 运输品种多。因此, 各种货流必须采用多种运输工具和采用多平面运输。

(3) 温度高, 烟尘大, 需要高效能的通风除尘设备。

(4) 转炉冶炼要求快速、准确, 故应有准确可靠的计量和通讯设备。

为了保证转炉正常连续生产, 现代转炉车间由转炉、供氧、上料、除尘回收、出钢出渣、铁水及废钢供应、连续浇注或模铸锭等作业系统和工艺设备组成, 此外, 还包括机电设备、仪表、控制和水、电、气供应部分。为保证冶炼和浇注的正常进行, 一般转炉车间均设有原料跨、转炉跨、浇注跨三个基本跨间, 并且把相应的工艺设备分别布置在三个基本跨间内。

图 1-1 为某大型氧气转炉炼钢厂的生产工艺流程。

转炉系统的机械设备, 主要指转炉炉体金属结构和炉体的倾动机构。

第一节 转炉炉体金属结构

转炉炉体金属结构由炉壳、托圈、耳轴和耳轴轴承座四部分组成 (图 1-2)。

一、炉壳

转炉炉壳的作用是承受耐火材料、钢液、渣液的全部质量, 保持炉子有固定的形状, 承受倾动扭转力矩和机械冲击力, 承受炉壳轴向和径向的热应力以及炉衬的膨胀应力。

大型转炉的炉壳如图 1-3 所示。

炉壳本身主要由三部分组成: 锥形炉帽、圆柱形炉身和炉底。各部分用钢板成形后, 再焊成整体。三部分联接的转折处必须以不同曲率的圆滑曲线来联接, 以减少应力集中。

炉壳的材质应考虑强度、焊接性和抗蠕变性, 现在主要是用碳素结构钢板制作。采用抗蠕变性能好的低合金钢板能提高炉壳的使用寿命。

炉壳各部分钢板的厚度可根据经验选定 (表 1-1)。

1. 炉帽 炉帽的形状分截头圆锥体型和半球型两种。半球型的刚度好, 但需要制作胎模, 加工复杂一些; 而截头圆锥体型制造简单, 但刚度稍差, 一般用于 30t 以下的转炉。炉帽的形状应有利于减少吹炼时的喷溅和热量损失, 有利于加料、倒渣和炉气的收集。

炉帽上设有一个或两个出钢口。出钢口最易烧坏, 为了便于修理更换, 最好设计成为

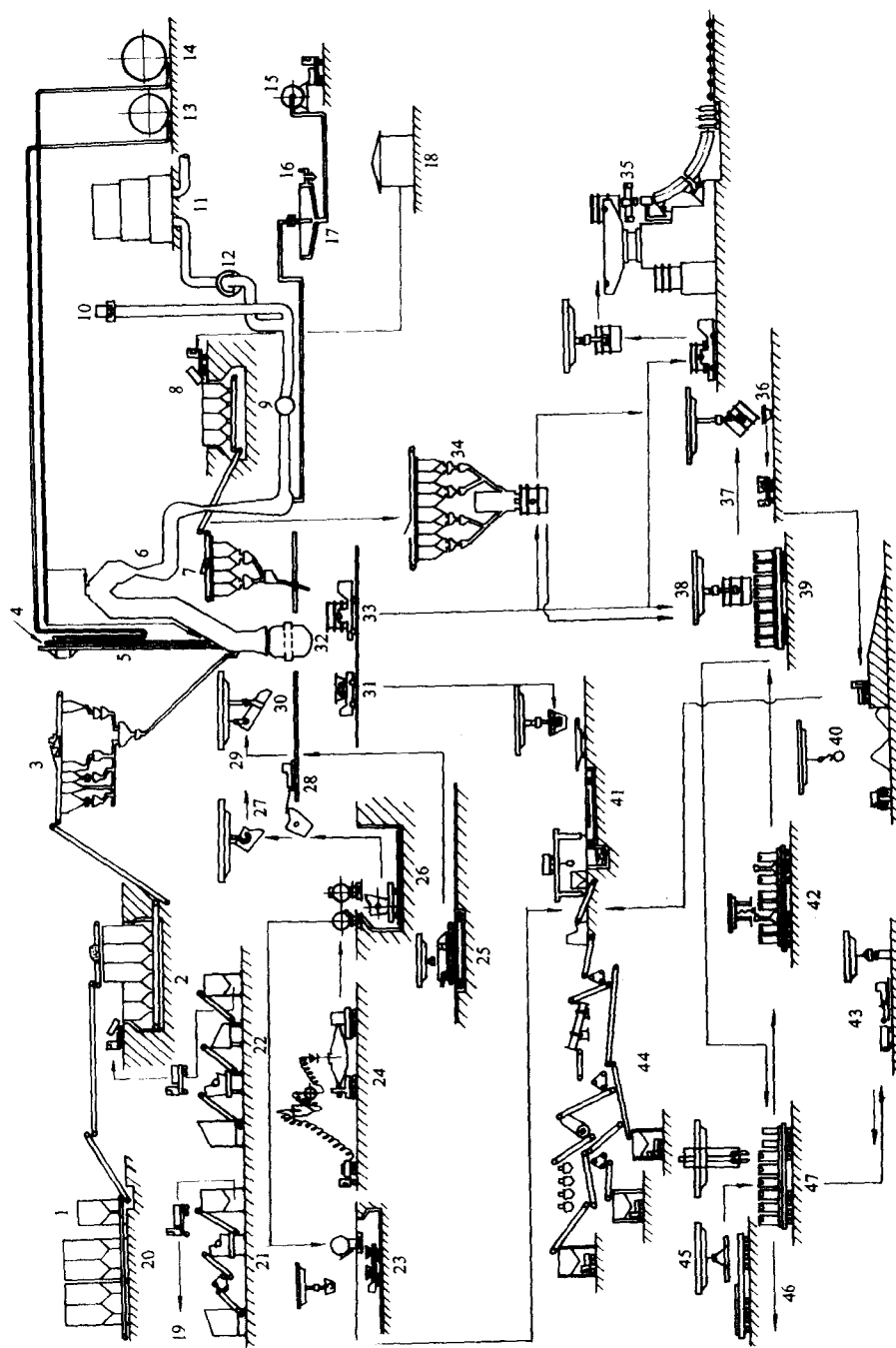


图 1-1 国内某大型氧气顶吹转炉生产工艺流程

1—中间料仓;2—散状料炉上料仓;3—散状料炉上料仓;4—氧枪;5—副枪;6—转炉炉气处理装置;7—铁合金高位料仓;8—铁合金地下料仓;9—风机;10—烟囱;11—煤气柜;12—水封逆止器;13—氧气罐;14—氧气罐;15—氧气罐;16—氧气罐;17—沉淀水槽;18—铁合金贮渣场;19—烧结厂;20—生石灰成品料仓;21—氧化铁皮处理设备;22—渣石处理设备;23—铁水车倒渣间;24—铁水脱硫间;25—废钢堆场;26—铁水倒渣坑;27—装铁水;28—扒渣机;29—起重车;30—装废钢起重车;31—转炉渣车;32—转炉;33—钢水罐车;34—钢水罐车;35—连铸设备;36—连铸;37—自装卸车;38—转炉起重车;39—转炉;40—落罐;41—渣处理间;42—绝热板准备间;43—脱模修理场;44—钢渣回收场;45—底盘准备间;46—初轧厂;47—脱锭跨

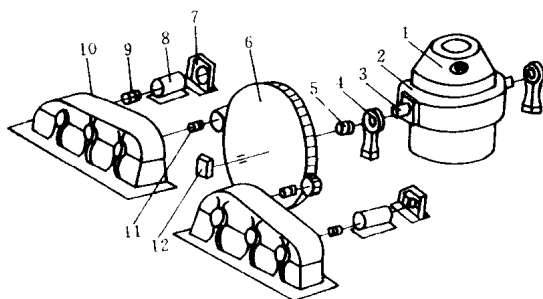


图 1-2 转炉及倾动机构

1—炉壳；2—托圈；3—耳轴；4—耳轴轴承座；5、9、11—齿形联轴器；6—主减速机齿轮；7—制动器；8—电动机；10—分减速机；12—主令控制器

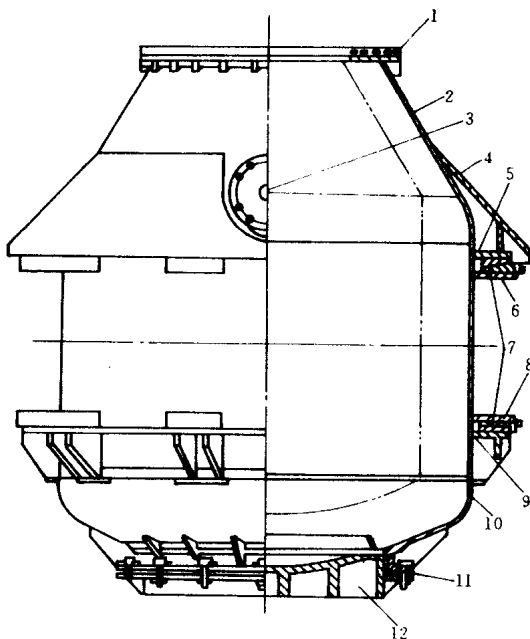


图 1-3 转炉炉壳

1—水冷炉口；2—锥形炉帽；3—出钢口；4—护板；5、9—上、下卡板；6、8—上、下卡板槽；7—斜块；10—圆柱形炉身；11—销钉和斜楔；12—活动炉底

可拆卸式的。但在一般小转炉上，出钢口还是直接焊在炉帽上。

表 1-1 转炉炉壳各部位钢板厚度 (mm)

部位	转 炉 容 量 (t)							
	15 (20)	30	50	100 (120)	150	200	250	300
炉帽	25	30	45	55	60	60	65	70
炉身	30	35	55	70	70	75	80	85
炉底	25	30	45	60	60	60	65	70

炉帽接近高温炉气，直接受喷溅物烧损和烟罩辐射热的作用，其温度经常高达 300~400℃。为了保护炉口，目前普遍采用水冷炉口。在炉口通水冷却，这样既可以减少炉口变形，提高炉帽寿命，又能减少炉口结渣。即使炉口结渣也较易清理。

水冷炉口有水箱式和埋管式两种结构。水箱式水冷炉口用钢板焊成（图 1-4）。在水箱内焊有若干块隔板，使进入的冷却水在水箱中形成一个回路。隔板还起到增强炉口刚度的作用。但设计时应注意使回水管的进水口接近水箱顶部，避免水箱上部积聚蒸汽引起爆炸。

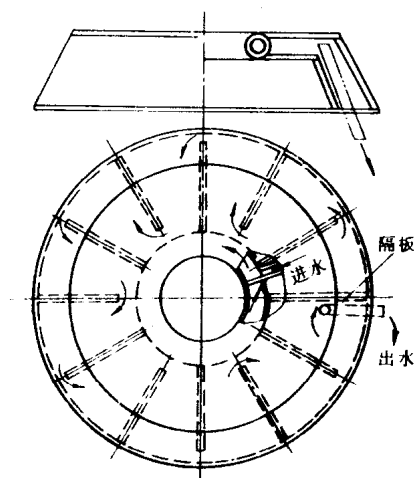


图 1-4 水箱式水冷炉口结构

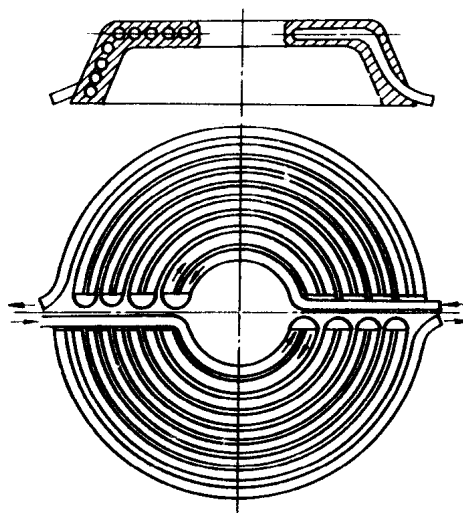


图 1-5 埋管式水冷炉口结构

埋管式水冷炉口（图 1-5）是把通冷却水用的蛇形钢管埋铸于灰口铸铁、球墨铸铁或耐热铸铁的炉口中，这种结构的安全性和寿命均比水箱式炉口高。

水冷炉口可用销钉-斜楔与炉帽连接，但由于喷溅物的粘结，往往在更换损坏了的炉口时不得不用火焰切割。因此我国中、小型转炉采用卡板焊接方法将炉口固定在炉帽上。

通常炉帽还焊有环形伞状挡渣护板（裙板），用于防止喷溅物烧损炉体及托圈装置。

2. 炉身 炉身一般为圆筒形。它是整个炉壳受力最大的部分。转炉的整个质量通过炉身钢板支撑在托圈上，并承受倾动力矩，因此炉身钢板应比炉帽和炉底适当加厚一些。炉壳中部和托圈之间留有 100~150mm 间隙，有利散热，并可防止或减少炉壳中部变形（椭圆和胀大）。

出钢口通常设置在炉帽和炉身耐火炉衬的交界处。设计其位置、角度和长度时，应考虑出钢过程中炉内钢水液面不得从炉口溢出，并保证炉内钢水全部顺利倒完。

3. 炉底 炉底有截锥型和球形两种。截锥型炉底制造和砌砖都较为简便，但其强度不如球型好，适用于中、小型转炉。

炉底部分与炉身的联结分为固定式与可拆式两种。上修炉方式采用固定式炉底，下修炉方式采用可拆式活动炉底。

国外有些大型转炉为了减少停炉时间，提高钢产量，达到二吹二或一吹一的目的，将

不能继续吹炼的待修炉体从马蹄形开口水冷托圈中移至炉座外修理，而将事先准备好的炉体装入活炉座内继续吹炼。

二、托圈与耳轴

托圈和耳轴是用以支撑炉体和传递倾动力矩的构件。小型转炉托圈一般做成整体的箱式结构（钢板焊接或铸件）。对大、中型转炉的托圈，考虑到机械加工和运输的方便，可将托圈制成二段或四段，然后到现场再用圆销、斜楔连接成整体。图 1-6 为分成四段焊接制造的圆销斜楔连接而成的整体托圈。

焊接托圈断面的高宽比为 2.5~3.5，托圈断面高度为炉壳全高的 20~24%，托圈断面宽度约为炉壳直径的 12%。

托圈与耳轴相联接，并通过耳轴座落在轴承座上，转炉则座落在托圈上，转炉和托圈的全部载荷都通过耳轴经轴承座传给地基。

托圈与炉壳的联接既要安全可靠，又要防止炉壳受热膨胀产生应力造成的破坏性影响。炉壳与托圈一般采用球面三点支承联接，联接方法随炉型大小而异。对小型转炉主要考虑拆卸方便，炉壳与托圈常用销钉联接，如图 1-7 所示。

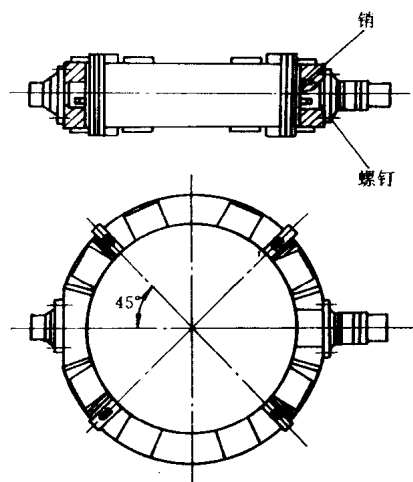


图 1-6 大型转炉剖分式焊接托圈

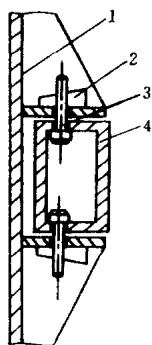


图 1-7 转炉与托圈用销钉联接

1—炉壳；2—斜块；3—销子；4—托圈

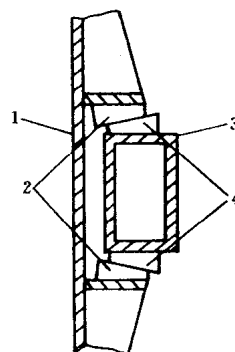


图 1-8 转炉与托圈用支撑斜块联接

1—炉壳；2—固定斜块；3—托圈；4—活动斜块

对大、中型转炉，应考虑炉体和托圈位置能适当调整，以保持炉体中心的正确位置，同时考虑炉壳受热后产生膨胀，所以支撑件做成斜块形的。支撑斜块示意于图 1-8。当炉体中心位置调整好后，才将活动斜块焊死。

耳轴是给转炉和托圈传递低速、重载荷、大扭矩的传动件，它在高温、多尘、托圈受热后会产生耳轴轴向上的伸长和挠曲变形，因此应具有足够的强度和刚度。不同容量的转炉耳轴直径如表 1-2 所示。

表 1-2 不同容量转炉的耳轴直径

转炉容量, t	30	50	120	200	300
耳轴轴承处直径, mm	630~650	800~820	850~900	1000~1050	1100~1200

耳轴与托圈的联接分为法兰盘螺栓联接、焊接、热装联接三种方式。图 1-9 为耳轴与托圈焊接联接结构。

通常,耳轴做成空心轴,里面通水冷却。冷却水经过耳轴、托圈、炉口水箱,必要时也采用水冷炉帽。水冷耳轴的优点是可以带走耳轴及轴承上的热量,避免由于受热而使耳轴变形。

三、耳轴轴承座

转炉耳轴轴承是支承炉壳、炉衬、铁水和炉渣的全部质量的部件,负荷大,转速慢,温度高,工作条件十分恶劣。

目前我国转炉耳轴轴承大体分为滑动轴承、球面调心滑动轴承、滚动轴承三种类型。滑动轴承便于制造安装,在小型转炉上使用较多。但这种轴承无自动调心作用,托圈变形后磨损较快。球面调心滑动轴承是滑动轴承改进后的结构,磨损有所减少。为了有效地克服滑动轴承磨损快的缺点,在大、中型转炉上普遍采用了滚动轴承。采用自动调心双列圆柱滚子轴承,能补偿耳轴由于托圈翘曲和制造安装不准确而引起的不同心度和不平行度。该轴承结构如图 1-10 所示。

为了适应托圈的膨胀,传动端的轴承设计为固定的,而另一端设计成为可沿轴向移动的。

为了防止脏物进入轴承内部,轴承外壳应采取双层或多层密封装置,这对于滚动轴承尤其重要。

第二节 转炉炉型及其主要参数

一、转炉炉型

转炉炉型是指耐火材料炉衬所包围的空间形状。合理的炉型应能适应炉内金属、炉渣和炉气的流动,以便促进炼钢物化反应,减少喷溅,减少对炉衬的侵蚀;降低金属消耗及耐火材料消耗,提高炉子作业率,改善劳动条件,并使炉衬砌筑和维护方便,炉壳易于加工制造。

转炉炉型按金属熔池形状不同可分为筒球型、锥球型、截锥型三种。(图 1-11)。

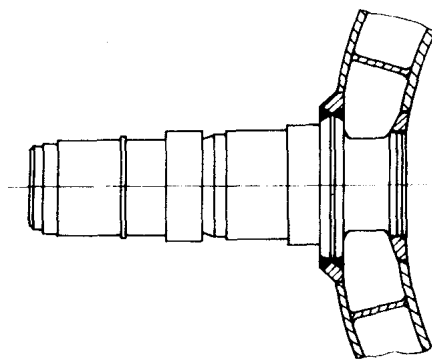


图 1-9 耳轴与托圈焊接联接方式

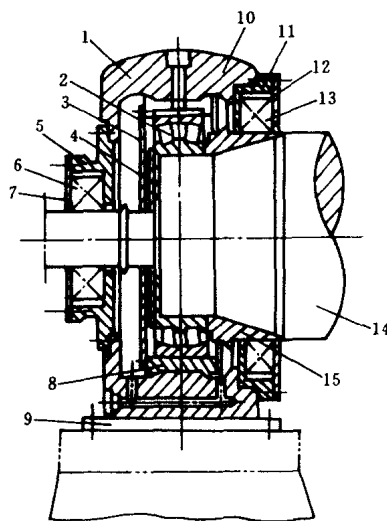


图 1-10 自动调心滚动轴承座

1—轴承盖; 2—自动调心双列圆柱滚子轴承; 3、10—挡油板; 4—轴端压板; 5、11—轴承端盖; 6、13—毡圈; 7、12—压盖; 8—轴承套; 9—轴承底座; 14—耳轴; 15—甩油推环

1. 筒球型 熔池由球缺体和圆筒体两部分组成,这种炉型形状简单,砌砖方便,炉壳容易制造,为国内外大、中型转炉普遍采用。

2. 锥球型 熔池由球缺体和截圆锥体组成。与相同容量的筒球型比较,锥球型加深了熔池,有利于保护炉底,在同样熔池深度情况下,如采用适当的底部尺寸,熔池直径可以比筒球型大,增加了熔池反应面积,有利于去磷硫。我国中小型转炉采用这种炉型较普遍。

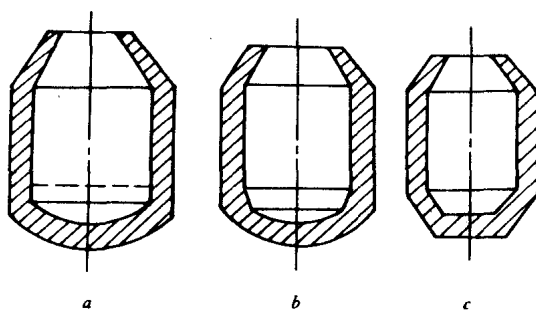


图 1-11 氧气转炉常用炉型
a—筒球型; b—锥球型; c—截锥型

3. 截锥型 这种炉型构造较为简单,平的熔池底较球型底容易砌筑。在一定的反应面下可保证熔池深度,适用于小炉子,我国 30t 以下的转炉采用较多。

二、转炉主要参数的确定

现在还不能完全从理论上计算确定转炉的炉型和各部分尺寸。主要是通过总结现有转炉的生产情况,结合一些经验公式并通过模型试验来确定新转炉的炉型和尺寸。转炉主要尺寸如图 1-12 所示。

1. 熔池直径 D 熔池直径指转炉熔池在平静状态时金属液面的直径。它主要与金属装入量和吹氧时间有关。我国设计部门推荐的计算熔池直径的经验公式为:

$$D = K \sqrt{\frac{G}{\tau}}$$

式中 D —— 熔池直径, m;

G —— 新炉金属装入量, t;

K —— 系数, >30t 转炉, $K=1.85\sim 2.1$;

<20t 转炉, $K=2.0\sim 2.3$;

τ —— 吹氧时间, min。

2. 熔池深度 H_0 熔池深度指转炉熔池在平静状态时,从金属液面到炉底的深度。对于一定容量的转炉,炉型和熔池直径确定之后,可利用几何公式计算熔池深度 H_0 。

对筒球型熔池:考虑炉底的稳定性和熔池有适当的深度,一般球形底的半径 R 为熔池直径的 1.1~1.25 倍。国外 >200t 的转炉为 0.8~1.0 倍。当 $R=1.1D$ 时,金属熔池的体积 V_M 为:

$$V_M = 0.79H_0D^2 - 0.046D^3$$

因而

$$H_0 = \frac{V_M + 0.046D^3}{0.79D^2}$$

对锥球型熔池:根据统计, $R=1.1D$, $h_1=0.09D$ 的设计较多 (h_1 为球缺体的高)。倒置圆台的底面直径 b 一般为熔池面上直径 D 的 0.895~0.92 倍,如取 $b=0.895D$,则在上述条件下,熔池体积和熔池直径及熔池深度有如下关系:

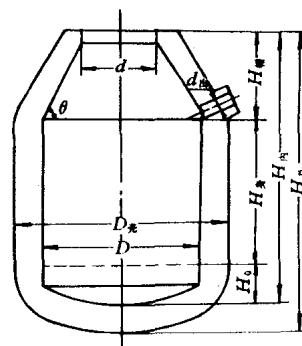


图 1-12 转炉主要尺寸

H_0 —熔池深度; H_* —炉身高度;

$H_{帽}$ —炉帽高度; $H_{总}$ —转炉总高;

$H_{内}$ —转炉有效高度; D —熔池直径;

D_* —炉壳直径; d —炉口直径;

$d_{出}$ —出钢口直径; θ —炉帽倾角

$$V_M = 0.70H_0D^2 - 0.0363D^3$$

因而

$$H_0 = \frac{V_M + 0.0363D^3}{0.70D^2}$$

对截锥型熔池：当 $b=0.7D$ (b 为倒截锥体顶面直径) 时

$$H_0 = \frac{V_M}{0.574D^2}$$

为了防止炉底直接受氧气射流的冲击，氧气射流的穿透深度 $H_{\text{穿}}$ 应小于熔池深度 H_0 。一般应使 $H_{\text{穿}} < 0.7H_0$ 。

熔池深度影响炼钢过程物理化学反应和成渣速度。

3. 炉容比 炉容比指转炉有效容积 V 与公称容量 T 的比值 V/T ，它是氧气转炉的重要参数。炉容比过小，会使喷溅和对炉衬的冲刷加剧，限制提高供氧强度，不利于提高生产率；而炉容比过大，则使设备和厂房投资增大。它的选用与铁水的配比及化学成分、冶炼操作方法、炉子容量、供氧强度和喷头孔数有关。随着铁水中硅、磷、硫含量增加，铁水比增加，供氧强度增大和采用矿石作冷却剂，炉容比也需相应增大。最近我国设计部门推荐的转炉新砌炉衬的炉容比为 $0.9 \sim 0.95 \text{ m}^3/\text{t}$ ，小容量转炉偏上限，大容量转炉则偏下限。

4. 高宽比 高宽比指转炉总高 $H_{\text{总}}$ 与炉壳外径 $D_{\text{壳}}$ 之比 $H_{\text{总}}/D_{\text{壳}}$ 。随着转炉大型化和顶底复合吹炼技术的采用，转炉由细高型趋于矮胖型，即高宽比趋于减小。这样有利于减少倾动力矩和降低厂房高度，但高宽比过小，容易造成喷溅。转炉新设计的高宽比一般在 $1.35 \sim 1.65$ 范围内选取，小型转炉取上限，大型转炉取下限。

5. 炉帽尺寸 氧气转炉一般都采用正口炉帽，形状分为截圆锥体和半球体。正口炉帽可以双面操作，炉帽形状简单，砌砖及制造方便，相应的烟罩形状也简单。

炉口直径 $d_{\text{口}}$ 在满足兑铁水和加废钢的前提下，应尽量减少以降低热损失。一般炉口直径 $d_{\text{口}} = 43 \sim 53\% D$ ，大炉子取下限，小炉子取上限。

炉帽倾角（与水平线夹角） θ 一般为 $60^\circ \sim 68^\circ$ ，大炉子取下限，小炉子取上限。倾角过小，炉衬容易倒塌；倾角过大，则出钢时易从炉口下渣。

为防止炉口内衬的蚀损和保护水冷炉口，新设计的转炉都在炉口处设直线段 $H_{\text{直}}$ ，高度一般为 $300 \sim 400 \text{ mm}$ 。因此炉帽的总高应是截锥体倾斜部分和炉口直线段部分之和。即：

$$H_{\text{帽}} = H_{\text{斜}} + H_{\text{直}} = \frac{1}{2}(D - d_{\text{口}})\text{tg}\theta + H_{\text{直}}$$

炉帽有效容积 $V_{\text{帽}}$ 为：

$$V_{\text{帽}} = V_{\text{斜}} + V_{\text{直}} = \frac{\pi}{12}H_{\text{斜}}(D^2 + Dd_{\text{口}} + d_{\text{口}}^2) + \frac{\pi}{4}d_{\text{口}}^2H_{\text{直}}$$

式中 D ——炉身内衬直径，即熔池直径。

6. 炉身尺寸 转炉在熔池面以上炉帽以下的圆柱体部分称为炉身。炉身高度 $H_{\text{身}}$ 可按下式确定：

$$V_{\text{身}} = V_{\text{总}} - V_{\text{帽}} - V_M$$

而

$$V_{\text{身}} = \frac{1}{4}\pi D^2 H_{\text{身}}$$

即

$$H_{\text{身}} = \frac{4V_{\text{身}}}{\pi D^2}$$

式中 $V_{\text{总}}$ ——转炉有效容积，可按转炉容量和选定的炉容比确定；

$V_{\text{帽}}$ 、 $V_{\text{身}}$ 、 V_{M} ——分别为炉帽、炉身和金属熔池的容积。

7. 出钢孔 出钢孔的主要参数包括出钢孔角度、位置及出钢孔直径。

出钢孔角度确定与车间类型有关，对于小炉子地坑式车间一般取 45° 角，这样才能给吊车吊着钢包出钢提供条件。对于大中型转炉高架式车间，应减小出钢孔的角度 ($15^\circ \sim 25^\circ$)，国外不少转炉采用 0° 。

出钢孔位置应位于出钢时钢液最深处，这样在出钢时减少带渣，钢液容易出净。一般都安置在炉帽和炉身的连接处。

出钢孔直径 $d_{\text{出}}$ 可按下式近似确定：

$$d_{\text{出}} = \sqrt{63 + 1.75T} \quad \text{cm}$$

式中 T ——平均炉产钢水量，t。

国内外几座转炉炉型主要工艺参数见表 1-3。

表 1-3 国内外几座转炉炉型主要工艺参数

序 号	厂 名		中国 L-1 J	中国 定型 设计	中国 H-3 J	中国 H-1 J	中国 Q-1 J	新日铁 广畑 一炼	中国 S-7 T	中国 F-1	美 国 伯利恩 拉卡奥 纳厂	日 本 钢管公 司福田 山二炼	中国 引进 新日铁
1	公称容量	t	15	20	25	30	50	100	120	150	230	250	300
2	设计或投产日	年	72.4	73	70	65	72	60/65	71/74		64	69/71	80
3	炉壳全高	H mm	5920	5880	6270	7000	7470	8500	9750	9250	11732	11000	11500
4	炉壳外径	D mm	3630		3840	4420	5110	5400	6670	7000	7720	8200	8670
5	炉膛有效高度	H _内 mm	5171	4900	5530	6220	6491	7672	8150	8480	1060		10458
6	炉膛直径	D _膛 mm	2250	2380	2400	2480	3500	4000	4860	5260	6250	5670	6832
7	炉内有效容积	V m ³	18.14	18.16	20.4	24.30	52.72	80	121	129.1	209.3	193	315
8	炉口直径	d _口 mm	1070	1000	1100	1100	1850	2200	2200	2500	2360	3000	3600
9	熔池直径	D _熔 mm	2250	2380	2400	2480	3500	4000	4860	5260	6250		6740
10	熔池深度	H _熔 mm	800	820	1000	1000	1085		1350	1447	1725		1954
11	熔池面积	S m ²	3.97	4.4	4.52	4.53	9.62	12.57	18.85	21.73	30.70		33.9
12	熔池容积	V _熔 m ³							19.4				33.9
13	炉帽倾角	θ 度	60°	62°	62°	65°36′			62°6′	60°			
14	出钢口直径	d _出 mm	100	100	100	120			170	180			200
15	出钢口倾角	度	30°		15°	45°			20°	20°			15°
16	H/D		1.63	1.59	1.61	1.66	1.46	1.57	1.46	1.32	1.52	1.45	1.33
17	H _内 /D _膛		2.24	2.01	2.20		1.855	1.92	1.66	1.61	1.72		1.53
18	V/t		1.21	0.908	0.816	0.81	0.95	0.83	1.01	0.86	0.91	0.774	1.05
19	S/t		0.23	0.22	0.181	0.152	0.192	0.126	0.157	0.145	0.1166	0.10	0.115
20	d _口 /D _膛	%	47.6	42	48.5	44	52.9	55	45.3	47.5	53.7		52.7

三、转炉炉衬

转炉炉衬由隔热层、永久层、填充层和工作层组成。

炉壳与永久层之间为石棉板隔热层，石棉板厚度为10~20mm。在不用石棉板隔热层的转炉上，永久层则紧贴炉壳钢板，修炉时一般不拆除。

永久层的主要作用是保护炉壳，正常生产时它不损耗。一般是侧砌一层标准型镁砖即可。

填充层介于永久层和工作层之间，厚度为60~100mm。一般用在炉帽和炉身部位，填充层通常是用焦油镁砂或焦油白云石散状料捣打而成。此层的作用是减轻炉衬膨胀时对炉壳的挤压，而且也便于拆除工作层残砖，避免损坏永久层。

有的厂炉衬不设填充层，因而可增加工作层厚度，以提高炉衬寿命。

对转炉炉衬寿命起主要作用的是工作层，一般炉墙部分工作层厚度为400~800mm，炉底和炉帽部分为350~600mm。在转炉生产中，炉衬工作层经常受到高温化学侵蚀，机械冲刷和冲击，温度的剧变等作用，工作条件十分恶劣。因此，要求转炉炉衬工作层应能满足以下要求：

- (1) 耐火度高。在炼钢条件下耐火材料的耐火度必须高于炼钢温度。
- (2) 荷重软化点高。即在炼钢温度下有一定的结构强度。这是因为向转炉兑铁水，加废钢，以及吹炼过程中的钢液、炉渣、气体的运动，都影响炉衬寿命。
- (3) 抗化学侵蚀能力强。炼钢炉渣中的氧化铁和酸性氧化物对碱性炉衬有侵蚀作用，要求炉衬有较高的抗渣能力。
- (4) 耐急冷急热性好。转炉吹炼时间短，温度变化频繁而剧烈，故要求耐急冷急热性好的耐火材料。

基本上能满足上述要求，并为国内外普遍采用的耐火材料是氧化镁质耐火材料。根据氧化镁的含量、结合方式和制砖工艺的不同，目前使用的有焦油白云石砖、焦油镁白云石砖、焦油镁砂砖、镁碳砖和镁铬砖等。

白云石 ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) 的理论成分是： $\text{CaO}=30.41\%$ ， $\text{MgO}=21.87\%$ ， $\text{CO}_2=47.72\%$ ， CaO/MgO 值为1.39。当此比值 <1.39 ，则白云石中 MgO 含量大于理论含量，这种白云石叫镁质白云石。白云石在1500~1700℃高温下煅烧后得到烧结白云石。烧结白云石的组成主要是 CaO (52~59%) 和 MgO (36~39%)，还有 SiO_2 (2~3%)、 Al_2O_3 (1.5~2.5%)、 Fe_2O_3 (0.5~2.0%) 等杂质。由 MgO-CaO 的二元系相图可知，其混合物的熔点均高于2300℃，所以可用作碱性炼钢炉的耐火材料。由于烧结白云石中含有大量的游离 CaO ，故应防止白云石水化。

镁质白云石是向白云石中加入 MgO 人工合成含 MgO 成分较高的白云石。一般 MgO 为60~80%， CaO 为40~20%，在 MgO-CaO 的耐火材料中提高 MgO 含量将使其耐化学侵蚀的能力增强。

提高转炉炉衬寿命，首要的问题是提高白云石原始矿物中的 MgO 含量，降低其中的杂质含量。发展二步煅烧白云石烧结工艺，也可获得纯度高、杂质低的制砖原料。所谓二步煅烧白云石，即先以800℃多的温度使镁白云石轻烧，去除杂质然后粉碎压块，于1800℃~2200℃用液体燃料的“油窑”中高温煅烧，使原料杂质含量降至1~2%。采用高纯度、高密度的优质砂无论是制成烧成油浸砖或是轻烧砖都取得了良好的效果，特别是高纯度烧成

油浸砖效果更为显著。

镁砂是以菱镁矿 (MgCO_3) 为原料经过煅烧后得到的。含 $\text{MgO} > 85\%$, 其余为 CaO 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 等杂质。纯 MgO 熔点可达 2800°C 。在炼钢温度条件下 MgO 可吸收大量 FeO 和 Fe_2O_3 仍不熔化。因此, 镁质耐火材料有很好的抗氧化侵蚀性能。

白云石料与镁砂料都需进行颗粒配比, 使其具有最大的自然堆积密度。配比中的粗颗粒, 有较大的抗化学侵蚀和机械冲刷的性能并可延缓水化作用 (特别是白云石)。中间颗粒主要起充填颗粒间空隙的作用, 细粉一方面有助于烧结, 提高砖的质量, 另一方面当大、中颗粒混合好后, 加入细粉能使颗粒间焦油膜变薄, 因而在加热过程中能防止由于局部焦油较厚, 造成蒸馏空隙而使砖的体积密度下降。对白云石料与镁砂料经过优选的制砖粒度配比建议采用:

粗颗粒	白云石 8~30mm;	镁砂 5~10mm;	60%
中颗粒	白云石 0.5~8mm;	镁砂 1~5mm;	10%
细粉	白云石 $< 0.5\text{mm}$;	镁砂 0~1mm;	30%

有的厂粗、中、细颗粒之比为 5:1:4。

为了保证制砖的质量, 应充分注意结合剂的配制与加入量。焦油挥发分多, 但含碳量少, 沥青含挥发分少, 但含碳量多。实际应用可将焦油和沥青混合使用, 混合比为 50:50 (或 60:40); 或使用中温沥青, 软化点比较适中 ($60^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$), 并且含有较多的残余碳和适量的挥发物, 可保证制砖的成型性能; 也有采用高软化点 ($91 \sim 121^\circ\text{C}$) 的高温沥青作为结合剂制砖的, 拌料温度 (炉料预热 $100 \sim 140^\circ\text{C}$ 、沥青加热为 $150 \sim 200^\circ\text{C}$)、成型温度 (约 100°C) 与成型压力也相应地要高一些。

结合剂在使用前要熬煮, 一是去除水分, 二是有利于提高结合剂流动性, 这样不仅能顺利充填颗粒中孔隙, 而且能把颗粒外面包上一层均匀的油膜, 从而防止外界水分与颗粒中 CaO 作用。但结合剂熬煮温度不能过高, 否则会降低结合剂的低温粘结性能。

结合剂加入量也应合适, 一般为炉料量的 8~10% 左右。用焦油一沥青或中温沥青作结合剂制成的砖, 在使用过程中, 焦油受热分解, 残留的碳在高温下 (1400°C) 石墨化。在砖的结构中形成石墨骨架 (石墨网状组织), 而且这种骨架一直发展到颗粒内部, 增加了工作砖的高温强度。砖中残存碳素含量愈高, 炉衬耐侵蚀的能力愈强, 所以必须使砖中碳含量足够。

目前转炉工作层已逐渐扩大镁碳砖的使用量。镁碳砖是由高熔点氧化镁和不易为炉渣所侵蚀的高熔点碳构成的一种碳素结合耐火材料。这是一种消除了一般碱性耐火材料耐剥落性差和易吸收炉渣等缺陷的新型耐火材料。

将 15%~20% 的碳素材料加入到镁砂中制成的镁碳砖, 使方镁石晶柱完全被碳膜所包围, 碳膜又和一些大的片状碳相连接, 形成坚固的碳网络结构。它兼有 MgO 和 C 的优良特性, 即耐火度高、荷重软化点高、抗熔渣侵蚀能力强以及良好的抗热震性能和抵抗蠕变的能力。镁碳砖目前主要应用于电炉和转炉炉衬的渣线和高蚀损区域, 炉外精炼用于渣线、水口等关键部位, 寿命超过镁质、镁络质和镁白云石砖。

制作镁碳砖的镁质耐火材料有电熔镁砂、制砖镁砂和镁白云石。电熔镁砂呈方镁石结晶, 杂质和气体含量少, 耐火制品的稳定性很好。镁碳砖可采用无规聚丙烯、环氧树脂和中温沥青作结合剂。电熔镁碳砖的石墨加入量以 20% 为宜, 制砖镁砂和镁白云石镁碳砖的