



国家重点建设冶金技术专业高等职业教学改革成果系列教材

炼钢生产

主 编 罗莉萍 刘辉杰
副主编 肖晓光

· 冶金职业技能鉴定参考书

· 冶金职业岗位培训参考书

· 冶金行业职业技能竞赛参考书



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

国家重点建设冶金技术专业高等职业教学改革成果系列教材

炼 钢 生 产

主 编 罗莉萍 刘辉杰

副主编 肖晓光

常州大学图书馆
藏书章

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2016

内 容 提 要

本书包括炼钢设备、装入制度、供氧制度、造渣制度、温度制度、出钢及合金化制度、案例分析等内容,详细介绍了炼钢生产过程中各个工序的操作步骤及注意事项,并附有典型案例分析,突出本书理论与实践相结合的特点。

本书可作为高职高专院校钢铁冶金技术专业的教材,也可作为钢铁企业职工的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

炼钢生产/罗莉萍,刘辉杰主编. —北京:冶金工业出版社, 2016. 2

国家重点建设冶金技术专业高等职业教学改革成果系列教材
ISBN 978-7-5024-7129-3

I. ①炼… II. ①罗… ②刘… III. ①炼钢—高等职业教育—教材 IV. ①TF7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 049116 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 李维科 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7129-3

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2016 年 2 月第 1 版,2016 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 17.75 印张; 429 千字; 271 页

45.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

编写委员会

主 任 谢赞忠

副主任 刘辉杰 李茂旺

委 员

江西冶金职业技术学院	谢赞忠	李茂旺	宋永清	阮红萍
	潘有崇	杨建华	张 洁	邓沪东
	龚令根	李宇剑	欧阳小纓	肖晓光
	任淑萍	罗莉萍	胡秋芳	朱润华
新钢技术中心	刘辉杰	侯 兴		
新钢烧结厂	陈伍烈	彭志强		
新钢第一炼铁厂	傅曙光	古勇合		
新钢第二炼铁厂	陈建华	伍 强		
新钢第一炼钢厂	付 军	邹建华		
新钢第二炼钢厂	罗仁辉	吕瑞国	张邹华	
冶金工业出版社	刘小峰	屈文焱		
顾 问	皮 霞	熊上东		

前 言

自 2011 年起江西冶金职业技术学院启动钢铁冶金专业建设以来,先后开展了“国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划”项目钢铁冶炼重点支持专业建设;中央财政支持“高等职业学校提升专业服务产业发展能力”项目冶金技术重点专业建设;省财政支持“重点建设江西省高等教育专业技能实训中心”项目现代钢铁生产实训中心建设,并开展了现代学徒试点。与新余钢铁集团有限公司人力资源处、技术中心以及下属 5 家二级单位进行有效合作。按照基于职业岗位工作过程的“岗位能力主导型”课程体系的要求,改革传统教学内容,实现“四结合”,即“教学内容与岗位能力”“教室与实训场所”“专职教师与兼职老师(师傅)”“顶岗实习与工作岗位”结合,突出教学过程的实践性、开放性和职业性,实现学生校内学习与实际工作相一致。

按照钢铁冶炼生产工艺流程,对应烧结与球团生产、炼铁生产、炼钢生产、炉外精炼生产、连续铸钢生产各岗位在素质、知识、技能等方面的需求,按照贴近企业生产,突出技术应用,理论上适度、够用的原则,校企合作建设“烧结矿与球团矿生产”“高炉炼铁”“炼钢生产”“炉外精炼”“连续铸钢生产”5 门优质核心课程。

依据专业建设、课程建设成果我们编写了《烧结矿与球团矿生产》《高炉炼铁》《炼钢生产》《炉外精炼》《连续铸钢》以及相配套的实训指导书系列教材,适用于职业院校钢铁冶炼、冶金技术专业、企业员工培训使用,也可作为冶金企业钢铁冶炼各岗位技术人员、操作人员的参考书。

本系列教材以国家职业技能标准为依据,以学生的职业能力培养为核心,以职业岗位工作过程分析典型的工作任务,设计学习情境。以工作过程为导向,设计学习单元,突出岗位工作要求,每个学习情境的教学过程都是一个完整的工作过程,结束了一个学习情境即是完成了一个工作项目。通过完成所有

项目（学习情境）的学习，学生即可达到钢铁冶炼各岗位对技能的要求。

本系列教材由宋永清设计课程框架。在编写过程中得到江西冶金职业技术学院领导和新余钢铁集团有限公司领导的大力支持，新余钢铁集团人力资源处组织其技术中心以及5家生产单位的工程技术人员、生产骨干参与编写工作并提供大量生产技术资料，在此对他们的支持表示衷心感谢！

由于编者水平所限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

江西冶金职业技术学院教务处 宋永清

2016年2月

目 录

学习情境1 炼钢设备	1
任务 1.1 转炉系统设备	1
1.1.1 转炉炉型及计算	1
1.1.2 炉衬	7
任务 1.2 转炉辅助设备	18
1.2.1 氧枪	18
1.2.2 氧枪升降和更换机构	29
1.2.3 氧枪各操作点的控制位置	33
1.2.4 供料系统设备	33
任务 1.3 电弧炉炼钢设备	35
1.3.1 电弧炉简介	35
1.3.2 电弧炉炉体构造	36
1.3.3 电弧炉的机械设备	40
1.3.4 电弧炉的电气设备	44
思考题	49
学习情境2 装入制度	50
任务 2.1 转炉炼钢原料	50
2.1.1 铁水	50
2.1.2 废钢	52
任务 2.2 转炉的装入制度	52
2.2.1 装入量的确定	52
2.2.2 废钢比	54
2.2.3 装料顺序	54
思考题	54
学习情境3 供氧制度	55
任务 3.1 熔池内氧的来源	55
3.1.1 吹入氧气	55
3.1.2 加入铁矿石和氧化铁皮	56
3.1.3 炉气传氧	56
任务 3.2 杂质元素的氧化方式	57

3.2.1	直接氧化	57
3.2.2	间接氧化	57
任务 3.3	转炉的供氧制度	58
3.3.1	供氧强度	58
3.3.2	供氧压力	60
3.3.3	枪位及其控制	60
3.3.4	复吹转炉的底部供气制度	65
任务 3.4	电弧炉的供氧工艺	67
3.4.1	吹氧操作	67
3.4.2	吹氧助熔	67
3.4.3	吹氧脱碳	67
3.4.4	加矿方法	68
3.4.5	炉气的传氧过程	69
任务 3.5	硅、锰的氧化	70
3.5.1	硅的氧化	70
3.5.2	锰的氧化	71
任务 3.6	碳氧反应及脱碳工艺	72
3.6.1	碳氧反应	72
3.6.2	碳氧反应的动力学	76
3.6.3	碳氧反应速度	80
3.6.4	转炉脱碳工艺	82
3.6.5	电弧炉脱碳工艺	83
3.6.6	电弧炉返回吹氧法冶炼不锈钢的脱碳工艺	88
3.6.7	VOD 炉脱碳工艺	92
3.6.8	AOD 炉脱碳工艺	95
思考题		96
学习情境 4 造渣制度		98
任务 4.1	炼钢用辅原料	98
4.1.1	造渣剂	98
4.1.2	冷却剂	101
4.1.3	造还原渣的材料	101
4.1.4	造氧化渣的目的及要求	102
4.1.5	造渣材料用量的计算	103
任务 4.2	炉渣组成对石灰溶解的影响	105
4.2.1	(CaO) 和 (SiO ₂)	105
4.2.2	(FeO) 和 (MnO)	106
4.2.3	(MgO)	107

任务 4.3 造渣制度	107
4.3.1 转炉的造渣方法及选用	107
4.3.2 渣料的分批和加入时间	109
4.3.3 转炉炼钢的渣况判断	109
4.3.4 炉渣泡沫化	110
任务 4.4 脱磷	115
4.4.1 磷对钢性能的影响	116
4.4.2 脱磷反应	117
4.4.3 影响炉渣脱磷的主要因素	119
4.4.4 还原性脱磷	122
4.4.5 转炉脱磷工艺	124
4.4.6 铁水预脱磷	128
4.4.7 电弧炉脱磷工艺	130
任务 4.5 脱硫	134
4.5.1 硫对钢性能的影响	134
4.5.2 脱硫反应	136
4.5.3 原料含硫量对脱硫的影响	140
4.5.4 转炉脱硫工艺	141
4.5.5 钢液炉外脱硫	151
4.5.6 电弧炉脱硫工艺	152
4.5.7 精炼炉脱硫工艺	155
思考题	160
学习情境 5 温度制度	162
任务 5.1 温度控制的重要性	162
5.1.1 温度对冶炼操作的影响	162
5.1.2 温度对成分控制的影响	163
5.1.3 温度对浇注操作和锭坯质量的影响	163
任务 5.2 出钢温度的确定	163
5.2.1 钢的熔点的计算	163
5.2.2 钢液过热度的确定	165
5.2.3 出钢及浇注过程中的温降值	166
任务 5.3 熔池温度的测量	167
5.3.1 仪表测温及其特点	167
5.3.2 目测估温及其影响因素	168
任务 5.4 转炉炼钢中的温度控制	170
5.4.1 终点温度的控制	170
5.4.2 过程温度的控制	176

任务 5.5 熔池温度的计算机控制	177
5.5.1 计算机控制的效果与系统组成	177
5.5.2 计算机控制的种类	178
思考题	182
学习情境 6 出钢及合金化制度	183
任务 6.1 合金化概述	183
6.1.1 钢液合金化的任务与原则	183
6.1.2 钢的规格成分与控制成分	184
6.1.3 合金元素在钢中的主要作用	184
6.1.4 对合金剂的一般要求	185
任务 6.2 常用合金剂简介	186
6.2.1 铁合金	186
6.2.2 其他合金	188
6.2.3 纯金属	189
任务 6.3 合金的加入方法	189
6.3.1 合金元素与氧反应的热力学分析	189
6.3.2 合金的加入时间与加入方法	189
6.3.3 合金的收得率及其影响因素	192
任务 6.4 合金加入量的计算	195
6.4.1 钢液量的校核	195
6.4.2 低合金钢和单元高合金钢的合金加入量计算	196
6.4.3 成分出格及其防止措施	204
任务 6.5 脱氧与非金属夹杂物	204
6.5.1 脱氧的目的和任务	204
6.5.2 各元素的脱氧能力和特点	206
6.5.3 脱氧方法	212
6.5.4 钢中的非金属夹杂物	220
6.5.5 夹杂物对钢性能的影响	226
6.5.6 减少钢中夹杂物的途径	229
任务 6.6 钢中气体	230
6.6.1 氢的来源及其对钢质量的影响	231
6.6.2 氮的来源及其对钢质量的影响	234
6.6.3 钢液脱气	237
6.6.4 减少钢中气体的措施	251
任务 6.7 出钢及挡渣技术	253
6.7.1 转炉出钢	253
6.7.2 电弧炉出钢	256

思考题	258
-----------	-----

学习情境7 案例分析	259
-------------------------	------------

任务 7.1 案例分析：化学成分超标事故	259
7.1.1 事故描述	259
7.1.2 事故原因分析	259
任务 7.2 案例分析：钢包穿包沿事故	260
7.2.1 事故描述	260
7.2.2 事故原因分析	260
7.2.3 防范整改措施	260
任务 7.3 案例分析：钢包穿包沿造成停机事故	260
7.3.1 事故描述	260
7.3.2 事故原因分析	260
7.3.3 整改措施	261
任务 7.4 案例分析：CAS 上钢水黏造成连铸机非计划停机事故	261
7.4.1 事故描述	261
7.4.2 事故原因分析	261
7.4.3 整改措施	261
任务 7.5 案例分析：连铸温度低造成连铸机停机事故	262
7.5.1 事故描述	262
7.5.2 事故原因分析	262
7.5.3 整改措施	262
任务 7.6 案例分析：底吹不通造成停机事故	263
7.6.1 事故描述	263
7.6.2 事故原因分析	263
7.6.3 整改措施	263
任务 7.7 案例分析：钢包穿渣线事故	263
7.7.1 事故描述	263
7.7.2 事故原因分析	263
7.7.3 整改措施	263
任务 7.8 案例分析：RH 炉上连铸机温度低导致开浇失败事故	264
7.8.1 事故描述	264
7.8.2 事故原因分析	264
7.8.3 整改措施	264
任务 7.9 案例分析：连铸机温度低造成开浇停机事故	264
7.9.1 事故描述	264
7.9.2 事故原因分析	264
7.9.3 整改措施	265

任务 7.10 案例分析：钢水温度低造成停机事故·····	265
7.10.1 事故描述·····	265
7.10.2 发生事故前异常情况·····	265
7.10.3 事故原因分析·····	265
7.10.4 整改措施·····	265
任务 7.11 案例分析：连铸机钢水黏造成停机事故·····	266
7.11.1 事故描述·····	266
7.11.2 事故原因分析·····	266
7.11.3 整改措施·····	266
任务 7.12 案例分析：板坯连铸机漏钢事故·····	266
7.12.1 事故描述·····	266
7.12.2 事故经过（直接原因）调查分析·····	267
7.12.3 调查情况分析·····	267
7.12.4 防范措施·····	267
任务 7.13 案例分析：未软吹，使连铸机钢水黏造成停机事故·····	267
7.13.1 事故描述·····	267
7.13.2 事故原因分析·····	267
7.13.3 整改措施·····	267
任务 7.14 案例分析：顶渣改质不到位，使连铸机钢水黏造成停机事故·····	268
7.14.1 事故描述·····	268
7.14.2 事故原因分析·····	268
7.14.3 整改措施·····	268
任务 7.15 案例分析：底吹管渗铁事故·····	268
7.15.1 事故描述·····	268
7.15.2 事故原因分析·····	269
7.15.3 防范措施·····	269
任务 7.16 案例分析：中包流不下造成停机事故·····	270
7.16.1 事故描述·····	270
7.16.2 事故原因分析·····	270
7.16.3 整改措施·····	270

参考文献·····	271
-----------	-----

学习情境 1

炼 钢 设 备

学习任务：

- (1) 掌握转炉系统设备及转炉辅助设备；
- (2) 掌握电弧炉炼钢设备。

任务 1.1 转炉系统设备

氧气顶吹转炉系统设备如图 1-1 所示，是由转炉炉体（包括炉壳和炉衬）、炉体支承系统（包括托圈、耳轴、耳轴轴承及支座）及倾动机构组成的。

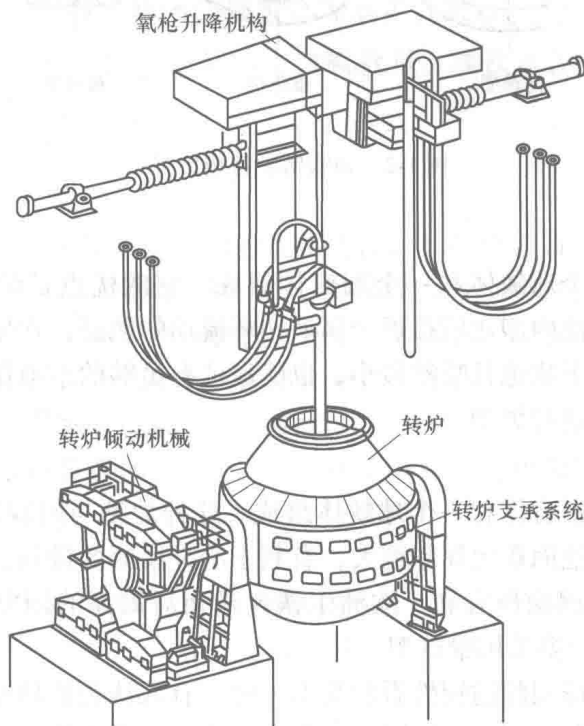


图 1-1 氧气顶吹转炉

1.1.1 转炉炉型及计算

转炉炉型是指用耐火材料砌成的炉衬内型。转炉的炉型是否合理直接影响着工艺操

作、炉衬寿命、钢的产量与质量以及转炉的生产率。

合理的炉型应满足以下要求：

- (1) 要满足炼钢的物理化学反应和流体力学的要求，使熔池有强烈而均匀的搅拌；
- (2) 符合炉衬被侵蚀的形状以利于提高炉龄；
- (3) 减轻喷溅和炉口结渣，改善劳动条件；
- (4) 炉壳易于制造，炉衬的砌筑和维修方便。

1.1.1.1 类型

最早的氧气顶吹转炉炉型，基本上是从底吹转炉发展而来。炉子容量小，炉型高瘦，炉口为偏口。以后随着炉容量的增大，炉型向矮胖发展而趋近球形。

按金属熔池形状的不同，转炉炉型可分为筒球型、锥球型和截锥型三种，如图 1-2 所示。

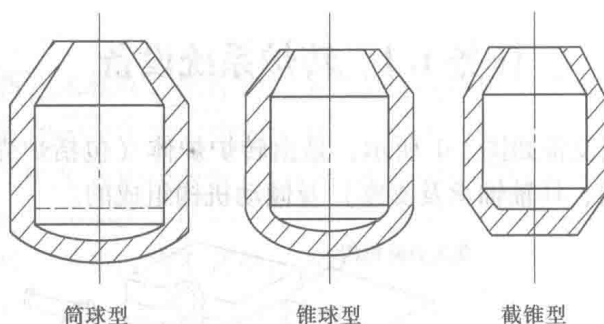


图 1-2 顶吹转炉常用炉型

A 筒球型

这种熔池形状由一个球缺体和一个圆筒体组成。它的优点是炉型形状简单、砌筑方便、炉壳制造容易。熔池内型比较接近金属液循环流动的轨迹，在熔池直径足够大时，能保证在较大的供氧强度下吹炼且喷溅最小，也能保证有足够的熔池深度，使炉衬有较高的寿命。大型转炉多采用这种炉型。

B 锥球型

锥球型熔池由一个锥台体和一个球缺体组成。这种炉型与同容量的筒球型转炉相比，若熔池深度相同，则熔池面积比筒球型大，有利于冶金反应的进行，同时，随着炉衬的侵蚀熔池变化较小，对炼钢操作有利。欧洲生铁含磷相对偏高的国家，采用这种炉型的较多。我国 20~80t 的转炉多采用锥球型。

目前对筒球型与锥球型的适用性看法尚不一致。有人认为锥球型适用于大转炉（奥地利），有人却认为适用于小转炉（前苏联）。但世界上已有的大型转炉多采用筒球型。

C 截锥型

截锥型熔池为上大下小的圆锥台。其特点是构造简单，且平底熔池便于修砌。这种炉型基本上能满足炼钢反应的要求，适用于小型转炉。我国 30t 以下的转炉多用这种炉型。国外转炉容量普遍较大，故极少采用此种形式。

此外,有些国家(如法国、比利时、卢森堡等)的转炉,为了吹炼高磷铁水,在吹炼过程中用氧气向炉内喷入石灰粉。为此他们采用了所谓大炉膛炉型(这种转炉称为 OLP 型转炉),这种炉型的特点是:炉膛内壁倾斜,上大下小,炉帽的倾角较小(约 50°)。因为炉膛上部的反应空间增大,故适应吹炼高磷铁水时渣量大和泡沫化严重的特点。这种炉型的砌砖工艺比较复杂,炉衬寿命也比其他炉型低,故一般很少采用。

1.1.1.2 炉型主要尺寸的确定

A 转炉的公称容量

转炉的公称容量又称公称吨位,是炉型设计、计算的重要依据,但其含义目前尚未统一,有以下三种表示方法:

- (1) 用转炉的平均铁水装入量表示公称容量;
- (2) 用转炉的平均出钢量表示公称容量;
- (3) 用转炉年平均炉产良坯(锭)量表示公称容量。

由于出钢量介于装入量和良坯(锭)量之间,其数量不受装料中铁水比例的限制,也不受浇铸方法的影响,所以大多数采用炉役平均出钢量作为转炉的公称容量。根据出钢量可以计算出装入量和良坯(锭)量。

$$\text{出钢量} = \text{装入量} / \text{金属消耗系数}$$

$$\text{装入量} = \text{出钢量} \times \text{金属消耗系数}$$

金属消耗系数是指吹炼 1t 钢所消耗的金属材料数量。视铁水含硅、含磷量的高或低,金属消耗系数波动于 1.1 ~ 1.2 之间。

B 炉型的主要参数

a 炉容比

转炉的炉容比是转炉的有效容积与公称容量之比,其单位是 m^3/t 。

炉容比的大小决定了转炉吹炼容积的大小,它对转炉的吹炼操作、喷溅、炉衬寿命、金属收得率等都有比较大的影响。如果炉容比过小,即炉膛反应容积小,转炉就容易发生喷溅和溢渣,造成吹炼困难,降低金属收得率,并且会加剧炉渣对炉衬的冲刷侵蚀,降低炉衬寿命;同时也限制了供氧量或供氧强度的增加,不利于转炉生产能力的提高。反之,如果炉容比过大,就会使设备重量、倾动功率、耐火材料的消耗和厂房高度增加,使整个车间的投资增大。

选择炉容比时应考虑以下因素:

(1) 铁水比、铁水成分。随着铁水比和铁水中硅、磷、硫含量的增加,炉容比应相应增大。若采用铁水预处理工艺时,炉容比可以小些。

(2) 供氧强度。供氧强度增大时,吹炼速度较快,为了不引起喷溅就要保证有足够的反应空间,炉容比相应增大些。

(3) 冷却剂的种类。采用铁矿石或氧化铁皮为主的冷却剂,成渣量大,炉容比也需相应增大;若采用以废钢为主的冷却剂,成渣量小,则炉容比可适当选择小些。

目前使用的转炉,炉容比波动在 $0.85 \sim 0.95 \text{m}^3/\text{t}$ 之间(大容量转炉取下限)。近些年来,为了在提高金属收得率的基础上提高供氧强度,新设计转炉的炉容比趋于增大,一般

为 $0.9 \sim 1.05 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

b 高宽比 ($H_{\text{总}}/D_{\text{壳}}$)

高宽比是指转炉总高 ($H_{\text{总}}$) 与炉壳外径 ($D_{\text{壳}}$) 之比, 是决定转炉形状的另一主要参数。它直接影响转炉的操作和建设费用。因此, 高宽比的确定既要满足工艺要求, 又要考虑节省建设费用。

在最初设计转炉时, 高宽比选得较大。生产实践证明, 增加转炉高度是防止喷溅、提高钢水收得率的有效措施。但过大的高宽比不仅增加了转炉的倾动力矩, 而且厂房高度增高也使建筑造价上升。所以, 过大的高宽比没有必要。

在转炉大型化的过程中, $H_{\text{总}}$ 和 $D_{\text{壳}}$ 随着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, 炉子向矮胖型发展。但过于矮胖的炉型, 易产生喷溅, 会使热量和金属损失增大。

目前, 新设计转炉的高宽比一般在 $1.35 \sim 1.65$ 的范围内选取, 小转炉取上限, 大转炉取下限。

C 炉型主要尺寸的确定

以筒球型为例, 转炉主要尺寸如图 1-3 所示。

a 熔池部分尺寸

(1) 熔池直径 (D)。熔池直径是指转炉熔池在平静状态时金属液面的直径。目前熔池直径的确定可用一些经验公式进行计算, 计算结果还应与容量相近、生产条件相似、技术经济指标较好的炉子进行对比并适当调整。

我国设计部门推荐的计算熔池直径的经验公式为:

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

- 式中 D ——熔池直径, m;
 G ——新炉金属装入量, t;
 t ——吹氧时间, min, 可参考表 1-1 来确定;
 K ——比例系数。

对于 50t 以下的转炉, $K = 1.85 \sim 2.10$; 50 ~ 120t 的转炉, $K = 1.75 \sim 1.85$; 200t 转炉, $K = 1.55 \sim 1.60$; 250t 以上的转炉, $K = 1.50 \sim 1.55$ 。

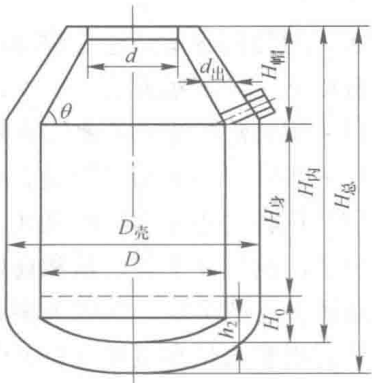


图 1-3 筒球型氧气顶吹转炉主要尺寸

- h_2 —球缺高度; H_0 —熔池深度;
 $H_{\text{身}}$ —炉身高度; $H_{\text{帽}}$ —炉帽高度;
 $H_{\text{内}}$ —转炉有效高度; $H_{\text{总}}$ —转炉总高;
 D —熔池直径; $D_{\text{壳}}$ —炉壳外径;
 d —炉口内径; $d_{\text{出}}$ —出钢口直径;
 θ —炉帽倾角

表 1-1 转炉冶炼周期和吹氧时间推荐值

转炉公称容量/t	<30	30 ~ 100	>100	备 注
冶炼周期/min	28 ~ 32	32 ~ 38	38 ~ 45	结合供氧强度、铁水成分和所炼钢种等具体条件确定
吹氧时间/min	12 ~ 16	14 ~ 18	16 ~ 20	

实践表明,上式对中、小型转炉较为适用,对大型转炉有差距,应用时需注意。

另外,也有人利用统计方法,找出现有炉子直径和容量之间的关系,作为计算熔池直径的依据。武汉钢铁设计院推荐如下公式:

$$D = 0.392 \sqrt{20 + T}$$

式中 T ——炉子容量, t。

由国外一些 30 ~ 300t 转炉实际尺寸统计的结果,得出下面计算公式:

$$D = (0.66 \pm 0.05) T^{0.4}$$

(2) 熔池深度 H_0 。熔池深度是指转炉熔池在平静状态时,从金属液面到炉底的深度。从吹氧动力学的角度出发,合适的熔池深度应既能保证转炉熔池有良好的搅拌效果,又不致使氧气射流穿透炉底,以达到保护炉底、提高炉龄和安全生产的目的。

对于一定容量的转炉,炉型和熔池直径确定之后,便可利用几何公式计算熔池深度 H_0 。

(3) 筒球型熔池。筒球型熔池由圆柱体和球缺体两部分组成。考虑炉底的稳定性和熔池有适当的深度,一般球缺体的半径 R 为熔池直径的 1.1 ~ 1.25 倍。国外大于 200t 的转炉为 0.8 ~ 1.0 倍。当 $R = 1.1D$ 时,金属熔池的体积 $V_{\text{熔}}$ 为:

$$V_{\text{熔}} = 0.79H_0D^2 - 0.046D^3$$

因而

$$H_0 = \frac{V_{\text{熔}} + 0.046D^3}{0.79D^2}$$

(4) 锥球型熔池。锥球型熔池由倒锥台和球缺体两部分组成,如图 1-4(a) 所示。根据统计,球缺体曲率半径 $R = 1.1D$,球缺体高 $h_2 = 0.09D$ 者较多。倒锥台底面直径 d_1 一般为熔池直径 (D) 的 0.895 ~ 0.92 倍,如取 $d_1 = 0.895D$,则在上述条件下,熔池体积为:

$$V_{\text{熔}} = 0.70H_0D^2 - 0.0363D^3$$

因而熔池深度为:

$$H_0 = \frac{V_{\text{熔}} + 0.0363D^3}{0.70D^2}$$

(5) 截锥型熔池。截锥型熔池如图 10-4(b) 所示,其体积为:

$$V_{\text{熔}} = \frac{\pi h_1}{12} (D^2 + Dd_1 + d_1^2)$$

当锥体顶面直径 d_1 为 $0.7D$ 时,熔池深度为:

$$H_0 = \frac{V_{\text{熔}}}{0.574D^2}$$

b 炉帽部分尺寸

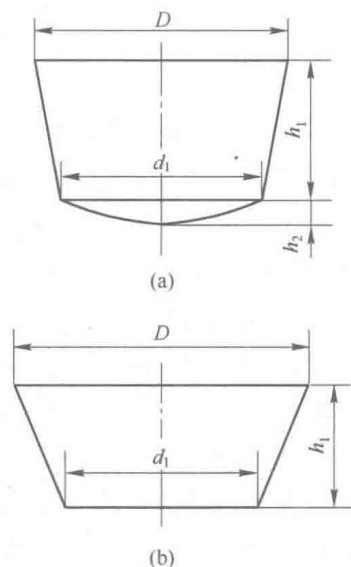


图 1-4 锥球型和截锥型熔池各部位尺寸
(a) 锥球型熔池尺寸; (b) 截锥型熔池尺寸
 D —熔池直径; d_1 —倒锥台底面直径;
 h_1 —锥台高度; h_2 —球缺体高度