

冶金过程自动化技术丛书

炼钢生产 自动化技术

蒋慎言 陈大纲 编著

刘玠 主编

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书为《冶金过程自动化技术丛书》之一,内容包括:铁水预处理自动化;转炉炼钢工艺与设备;转炉电气传动系统;转炉炼钢控制的基础自动化;转炉过程控制系统;转炉炼钢数学模型等。

本书可供从事冶金自动化技术的科研、设计、生产维护人员使用,也可供大专院校自动化专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

炼钢生产自动化技术/蒋慎言等编著. —北京:冶金工业出版社,2006.11

(冶金过程自动化技术丛书/刘玠主编)

ISBN 7-5024-4148-4

I. 炼… II. 蒋… III. 炼钢—自动化技术 IV. TF7-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 131533 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 戈 兰 美术编辑 王耀忠

责任校对 符燕蓉 李文彦 责任印制 牛晓波

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2006 年 11 月第 1 版,2006 年 11 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;18.75 印张;449 千字;282 页;1—3000 册

53.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《冶金过程自动化技术丛书》

编 委 会

主 编 刘 玠

副主编 孙一康 马竹梧 蒋慎言 漆永新

编 委 (以姓氏笔画为序)

马竹梧 王 京 刘 玠 刘文仲

孙一康 杨 荃 杨卫东 杨传福

陈大纲 蒋慎言 童朝南 漆永新



建国以来,冶金工业在我国国民经济的发展中一直占据很重要的位置,1949 年我国粗钢产量占世界第 26 位,到 1996 年粗钢产量为一亿零一百万吨,上升到世界第 1 位。预计今年钢产量能达到二亿六千万吨左右,稳居世界第 1 位。根据国家统计局数据,2003 年我国冶金工业总产值为 4501.74 亿元,占整个国内生产总值的 4.8%。

统计表明,国民经济增长和钢材需求之间有着非常紧密的关系。2000 年我国生产总值增长率为 8.0%,钢材需求增长率为 8.0%。2002 年我国生产总值增长率为 7.5%,钢材需求增长率为 21.3%。预计今年我国生产总值增长率为 7.5%,而钢材需求增长率为 13%。据美国《世界钢动态》杂志社的研究,钢材需求受经济增长的影响是:如果经济年增长率为 2%,钢材需求通常没有变化,但是如果经济增长为 7%,钢材需求可能会上涨 10%。这也就是 20 世纪 90 年代初期远东地区和中国钢材需求量迅猛上涨的原因。

从以上的数据中我们可以清楚地看出冶金工业在国民经济中的地位和作用。在中国共产党的正确领导下,经过半个世纪,尤其是改革开放的 20 多年来的努力奋斗,我国已经成为世界的钢铁大国,但还不是钢铁强国,有许多技术经济指标还落后于技术发达的国家。如我国平均吨钢综合能耗,在 1995 年为 1516 kg/t,2003 年降低为 778 kg/t,而日本在 2003 年为 658 kg/t。很显然是有差距的,

要缩小这些差距,除了进行产品结构的调整,新工艺流程的研究与开发,建立现代企业管理制度以外,很重要的一条,就是要遵循党的十六大所提出的“以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走新型工业化道路”的伟大战略。

众所周知,自从电子计算机诞生半个世纪以来,尤其是近几年来信息技术和自动化技术的迅猛发展,为提高冶金企业的市场竞争力,缩短技术更新周期与提高企业科学管理水平提供了强有力的手段,也使得冶金企业得以从产业革命的高度来认识信息技术和自动化技术所带来的影响。各冶金企业,谁对信息技术、自动化技术应用得好,谁的产品质量就稳定,谁的竞争优势就增强,谁的市场信誉就提高,谁就能在激烈的市场竞争中生存、发展。因此这种“应用”就成了一种不可阻挡的趋势。

2003年,中国钢铁工业协会信息与自动化推进中心及信息统计部就全国65家主要冶金企业的信息与自动化现状进行了调查,调查的结果表明:

第一,我国整个冶金企业在主要的工序流程上,基本普及了自动化级(L1),今后仍将坚持和普及;

第二,过程控制级(L2)近年也有了一定的发展,但由于受到数学模型的开发及引进数学模型的消化、吸收较为缓慢的制约,过程控制级仍有较大的发展空间,今后应关注控制模型的引进、消化和开发,它是提高产品质量重要的不可替代的环节;

第三,生产管理级(L3)、生产制造执行系统(MES)尚处于研究阶段,还不足以引起企业领导的足够重视,这一级在冶金企业信息化体系结构中的位置和作用是十分重要的,它是实现控制系统和管理信息系统完美集成的关键。

由此可见,普及、提高基础自动化,大力发展生产过程自动化,重视制造执行系统(MES)建设,加快企业信息化、自动化的建设进程,早日实现我国冶金企业信息化、自动化及管、控一体化,是“十五”期间乃至今后若干年内提升冶金工业这一传统产业,走新型工业化道路的重要目标和艰巨任务。

为了加速这一重要目标的实现和艰巨任务的完成,我们组织编写了这套《冶金过程自动化技术丛书》。根据冶金工业工艺流程长,

而每一个工序独立性、特殊性又很强,要求掌握的技术很广、很深的
特点,为了让读者能各取所需,本套丛书按《冶金过程自动化基础》、
《冶金原燃料生产自动化技术》、《炼铁生产自动化技术》、《炼钢生产
自动化技术》、《连铸及炉外精炼自动化技术》、《热轧生产自动化技
术》、《冷轧生产自动化技术》、《冶金企业管理信息化技术》等8个分
册出版,其中《冶金过程自动化基础》是论述研究一些在冶金生产自
动化方面共性的问题,具有打好基础的作用,其他各册是根据冶金工
序的不同特点编写的。

这套丛书的编著者都是在生产、科研、设计、领导一线长期从事
冶金工业信息化及自动化工作的专家,无论是在技术研究的高度上,
还是在解决复杂的实际问题方面都具有很丰富的经验,而且掌握的
实际案例也很多,因此书中所介绍的内容也是读者感兴趣的,在实际
工作中需要的,同时书中所讨论的问题也是当前冶金企业进行大规
模技术改造迫切需要解决的问题。

时代的重任,国家的需要,要求我们每一个长期从事冶金企业信
息化自动化的工程技术人员,以精湛的技术、刻苦求实的精神,搞好
冶金企业的信息化及自动化,无愧于我们这一伟大的时代。相信,这
套丛书的出版,会对大家有所帮助。

中国工程院院士 刘阶

2004年仲夏

前言

众所周知,我国已成为世界钢铁生产第一大国,但不是钢铁生产的强国。如何使用电子和自动化技术使冶金生产获得高效、高产、优质、低耗和环保,不仅是钢铁工业现代化标志和必不可少的环节,也是通向钢铁生产强国的重要方法与途径。

为了使读者对自动化及计算机在钢铁工业中的应用有一个较完整的认识,也使从事钢铁生产的技术人员和广大职工能够更深入地学习和掌握冶金工业中自动化的新技术,本书从实践出发,系统介绍了转炉生产的基础自动化、仪表自动化、电气传动自动化及管理自动化等概念,也根据转炉炼钢的工艺流程介绍了数学模型及其应用,因为任何先进的控制手段都是以先进的生产工艺为基础,为生产工艺服务的。

本书结合实际案例,较详细地阐述了先进的自动化及计算机技术的应用。本书共分6章,第1章铁水预处理自动化由蒋慎言、陈大纲编著;第2章转炉炼钢工艺与设备、第5章转炉过程控制系统、第6章转炉炼钢数学模型由陈大纲编著;第3章转炉电气传动系统由严树平、陈大纲编著;第4章转炉炼钢控制的基础自动化由年延红编著。蒋慎言对全书进行了校核和修改。另外,在本书编著过程中,陈志迅、周明、黄金霞、张辉、张成业、金鹏、于继勇、孙尚鹏提供了大量资料,参与了本书的编著。

本书在编著过程中得到了刘玠院士精心的指导和帮助,在此表示衷心的感谢!

由于作者手中的资料及水平所限,尽管付出了极大的努力,但在编著过程中仍难免有不妥之处,恳请读者见谅,恳请专家、学者批评指正。

编者
2006年8月

目 录

第 1 章 铁水预处理自动化	1
1.1 工艺概述	1
1.1.1 铁水预脱硫工艺	1
1.1.2 铁水预脱硅工艺	5
1.1.3 铁水预脱磷工艺	8
1.1.4 全量铁水“三脱”预处理工艺	10
1.2 脱硫、脱硅及脱磷铁水预处理设备	11
1.2.1 喷枪及传动设备	11
1.2.2 摆动溜嘴除尘罩	12
1.2.3 搅拌器	12
1.2.4 扒渣机及系统	12
1.3 铁水预处理自动化检测仪表	13
1.3.1 硫含量的检测	13
1.3.2 硅含量的检测	14
1.3.3 磷含量的检测	17
1.3.4 铁水重量的检测	17
1.3.5 鱼雷罐车、铁水包内衬形状的检测	17
1.3.6 铁水液位高度检测	18
1.4 铁水预处理自动化	19
1.4.1 铁水预处理控制流程	19
1.4.2 铁水单脱硫自动控制的特点	19
1.4.3 铁水单脱硫控制流程	21
1.4.4 铁水预处理主要控制设备	22
1.4.5 喷吹法脱硫、脱磷、脱硅的铁水三脱 预处理工艺特点	23
1.4.6 铁水预处理基础自动化	24
1.4.7 铁水预处理过程自动化	26
第 2 章 转炉炼钢工艺与设备	29
2.1 转炉炼钢工艺与基本原理	29
2.1.1 炼钢基本化学反应	29

2.1.2 物料平衡和热平衡原理·····	32
2.1.3 复吹转炉物料平衡的测试·····	33
2.2 转炉炼钢设备与监控点·····	40
2.2.1 转炉主体设备·····	40
2.2.2 转炉辅助设备·····	51
2.3 转炉主要检测仪表的原理与特点·····	57
2.3.1 转炉检测仪表的的应用特点·····	57
2.3.2 压力检测仪表·····	58
2.3.3 物位检测仪表·····	60
2.3.4 流量检测仪表·····	62
2.3.5 温度检测仪表·····	67
2.3.6 重量检测仪表·····	68
2.3.7 转炉炼钢计量器具配备规范·····	69
第3章 转炉电气传动系统 ·····	78
3.1 概述·····	78
3.2 直流调速系统·····	78
3.2.1 转炉倾动的全数字直流调速系统·····	78
3.2.2 直流传动系统中的氧枪控制·····	82
3.3 交流传动系统·····	90
3.3.1 交流变频控制·····	90
3.3.2 矢量控制的概念·····	90
3.3.3 采用 PWM 变频器的矢量控制·····	93
3.3.4 矢量控制变频器实际装置·····	95
3.3.5 氧枪升降负载特性与转炉倾动负载特性及交流电机运转状态分析·····	98
3.3.6 变频调速用于转炉倾动和氧枪升降负载的可行性分析·····	99
3.3.7 交流传动系统转炉倾动控制·····	102
3.3.8 交流传动系统中的氧枪控制·····	104
3.4 变频器在泵类负载与风机中的应用·····	105
3.4.1 泵的特性分析与节能原理·····	105
3.4.2 变频器恒压供水系统·····	106
3.4.3 中压变频器在转炉一次除尘风机中的应用·····	108
第4章 转炉炼钢控制的基础自动化 ·····	114
4.1 基础自动化的控制范围·····	114
4.2 转炉氧枪系统·····	115
4.2.1 转炉氧枪供水系统·····	115
4.2.2 转炉氧枪供氧系统·····	116
4.2.3 转炉氧枪供氮系统·····	117

4.2.4 转炉主、备枪换枪横移系统	118
4.2.5 氧枪位置控制系统	119
4.2.6 氧枪安全系统	121
4.2.7 转炉氧枪系统的控制方式	121
4.3 转炉副原料系统	123
4.3.1 副原料上料系统的控制	123
4.3.2 副原料除尘系统	124
4.3.3 副原料振动给料的变频控制	124
4.3.4 副原料称量系统	125
4.3.5 转炉副原料加料的联锁控制	126
4.3.6 副原料加料系统的控制方式	127
4.3.7 合金上料皮带及合金系统的控制	127
4.3.8 铁合金振动给料机的控制	130
4.4 转炉底吹系统控制	132
4.4.1 底吹控制的分类	132
4.4.2 底吹气体的压力控制	132
4.4.3 气体流量中总管与支管的设定平衡	132
4.4.4 底吹气体的切换控制	132
4.4.5 底吹气体的阶段控制	133
4.4.6 底吹系统防止漏钢的安全性	133
4.4.7 底吹系统的控制方式	134
4.5 余热锅炉控制系统	135
4.5.1 余热锅炉的结构	135
4.5.2 汽化冷却段的划分	136
4.5.3 余热锅炉供水泵的控制	137
4.5.4 余热锅炉供水水位的三冲量调节	137
4.5.5 除氧器及并网蒸汽的压力、流量控制	138
4.5.6 余热锅炉的连续排污控制	138
4.5.7 余热锅炉的控制方式	140
4.6 一次除尘系统的控制	141
4.6.1 除尘污水循环系统	141
4.6.2 一次除尘系统的烟气除尘	141
4.6.3 R-D 阀的控制及捅针	142
4.6.4 一次除尘风机的检测点	143
4.6.5 一次除尘风机的检测与转速控制	144
4.6.6 一次除尘管道微差压调节	146
4.7 二次除尘系统的控制	146
4.7.1 二次除尘系统的控制范围	146
4.7.2 除尘风机与布袋除尘	146

4.8 煤气回收系统的自动控制	147
4.8.1 煤气回收的工艺流程	147
4.8.2 在煤气回收过程各设备间的自动联锁和顺序控制	148
4.8.3 煤气回收的条件与时机	149
4.8.4 煤气回收系统的气体分析	150
4.9 炼钢化学成分的化学检测与通信	150
4.10 副枪控制系统	150
4.10.1 副枪测试探头	150
4.10.2 副枪系统设备组成	154
4.10.3 副枪测试系统控制	155
4.10.4 副枪系统性能和使用价值	158
4.10.5 副枪的测试原理	159
4.10.6 副枪的测试枪位控制副枪换头机械手控制	161
4.11 溅渣补炉系统	162
4.11.1 溅渣补炉工艺	162
4.11.2 N_2, O_2 切换及溅渣主要参数	162
4.11.3 溅渣补炉系统中的压力流量控制	163
4.12 基础自动化的硬件配置	164
4.12.1 可编程控制器 PLC	164
4.12.2 集散型控制系统 DCS	164
4.12.3 人机操作界面 HMI	165
4.12.4 工业以太网及现场 I/O 总线	166
4.12.5 工业以太网在转炉基础自动化中的应用	169
4.12.6 典型工程的基础级系统配置	170
第 5 章 转炉过程控制系统	178
5.1 概述	178
5.2 转炉过程控制系统的功能及实现	178
5.2.1 转炉过程计算机的控制范围	178
5.2.2 转炉过程控制系统的功能	178
5.2.3 采用数学模型控制转炉炼钢的工艺要求	193
5.3 使用 VMS 操作系统的过程机应用软件设计	196
5.3.1 OPEN VMS 操作系统的文件系统	197
5.3.2 炼钢过程控制的应用软件流程	197
5.3.3 各站应用软件功能简介	198
5.3.4 过程计算机应用软件结构	200
5.4 使用 PC 服务器的过程控制计算机系统	203
5.4.1 简述	203
5.4.2 系统硬件、软件及网络配置	204

5.4.3 系统完成的功能	206
5.4.4 钢包跟踪系统	214
5.4.5 与基础自动化的通信网络配置	225
第 6 章 转炉炼钢数学模型	226
6.1 概述	226
6.2 机理模型的组成及其功能	227
6.2.1 加料计算模型	227
6.2.2 吹炼控制模型	228
6.2.3 钢水调整计算模型	228
6.2.4 自学习模型	228
6.2.5 模型访问的数据文件	228
6.3 模型的算式和算法	229
6.3.1 模型的基本原理	229
6.3.2 物料平衡和热平衡方程	229
6.3.3 终渣成分计算方程组	229
6.3.4 终渣成分计算	230
6.3.5 根据熔渣成分确定钢水成分	231
6.3.6 渣量及副原料加入量计算	232
6.3.7 模型的算法	232
6.4 复合模型或机理-统计模型	233
6.4.1 复合模型的特点	233
6.4.2 二次加料模型	234
6.4.3 动态修正模型	235
6.4.4 补吹模型	236
6.5 通用性智能化建模方法	236
6.5.1 功能的设计及选择原则	236
6.5.2 功能实现	237
6.5.3 方法的应用条件	238
6.6 智能控制简介	239
6.6.1 智能控制的发展及特点	239
6.6.2 智能控制在钢铁工业中的应用	239
6.6.3 转炉动态终点控制的建模前期准备	240
6.6.4 模糊控制模型	241
6.7 LBE 技术在转炉上的应用	245
6.7.1 LBE 模型与吹炼噪声法	245
6.7.2 LBE 系统的改进及完善	247
6.7.3 LBE 的过程自动化系统	249
6.8 OTCBM 过程控制模型	253

6.8.1 OTCBM 模型与质谱仪	253
6.8.2 OTCBM 模型原理	257
6.8.3 OTCBM 模型的应用	264
参考文献	282

第 1 章 铁水预处理自动化

1.1 工艺概述

近年来,由于生产的发展和技术的进步,对于钢的机械性能和表面质量要求日益提高,要求钢中的含硫量控制在 0.02% 以下,有的甚至要求磷、硫含量达到近于“双零”(小于 0.01%)的水平。传统的高炉—转炉炼钢工艺很难满足上述要求,这是因为低硫的原料和焦炭日益减少,铁水含硫量有逐渐升高的趋势,如果加大在高炉内的脱硫,需要一定的碱度而增大渣量和增加焦比,同样转炉炼钢脱硫通常只有 30%~50% 左右,用高炉铁水或者一般铁水炼低硫钢,需要采用高碱度渣,从而增加了渣量消耗,延长了冶炼时间,降低了金属收得率,为了解决以上这些问题,现广泛采用炉外预脱硫的方法,炉外预脱硫包括在高炉出铁时脱硫和在炼钢厂设置铁水预处理装置,而后者则更多地被广泛采用。“高炉—铁水预处理—复吹转炉—炉外精炼—连铸—连轧”已经成为当代钢铁生产的主要模式和生产流程。

在 20 世纪 80 年代以前,铁水预处理只进行脱硫预处理,80 年代以后开始发展为三脱(脱硫、脱磷和脱硅)处理。脱硫剂主要是石灰,萤石或碳化钙。脱磷则主要采用 FeO-CaO-CaF_2 或 NaCO_3 。脱硅则主要采用 CaO ,氧化铁粉并吹氧。由热力学可知,只有铁水含硅量 $[\text{Si}]$ 小于 0.15% 时, $[\text{P}]$ 与氧的亲合力才大于 $[\text{Si}]$ 与氧的亲合力,故当铁水含硅量 $[\text{Si}]$ 大于 0.15% 时,在脱磷前必须是脱硅。

脱硅可以在高炉出铁场中连续或半连续进行,也可以在运输工具如鱼雷罐车或铁水包中进行。前者是在高炉出铁沟中进行,主要方法是喷入脱硅剂进行脱硅。

脱磷一般在运输工具如鱼雷罐车或铁水包中进行,主要方法是喷入脱磷剂进行脱磷,目前有的炼钢厂还采用将两座复吹转炉作为反应器,一座作为脱磷炉,另一座作为脱碳炉,脱碳炉生成的炉渣作为脱磷剂返回到脱磷炉进行脱磷。这样可以使石灰用量减少,并有效地将锰矿熔壳还原,此法简称 SRP 法。

脱硫主要有喷吹法和搅拌法(KR 法)两种,喷吹法脱硫作业是在鱼雷罐车或铁水包内进行,以氮气为载流气体,采用顶喷法将脱硫剂喷入铁水以进行脱硫,这种方法适用于大批量脱硫,脱硫率可达 60%~80% 这种方法应用得最广泛,特别是大型钢厂中几乎都采用这种方法。搅拌脱硫法的设备维修费用较高,用于搅拌浆耐火材料消耗也较高,处理铁水量比喷吹法要小,一般认为脱硫成本略高,但脱硫率可达 90%,处理后的铁水 $[\text{S}]$ 小于 0.005%,适合于冶炼低硫和超低硫钢种。

从以上铁水预处理的简述中可以看出,铁水预处理的处理流程如图 1-1 所示。

1.1.1 铁水预脱硫工艺

铁水预脱硫是指铁水进入炼钢炉前的脱硫处理,它是铁水预处理中最先发展成熟的工艺。

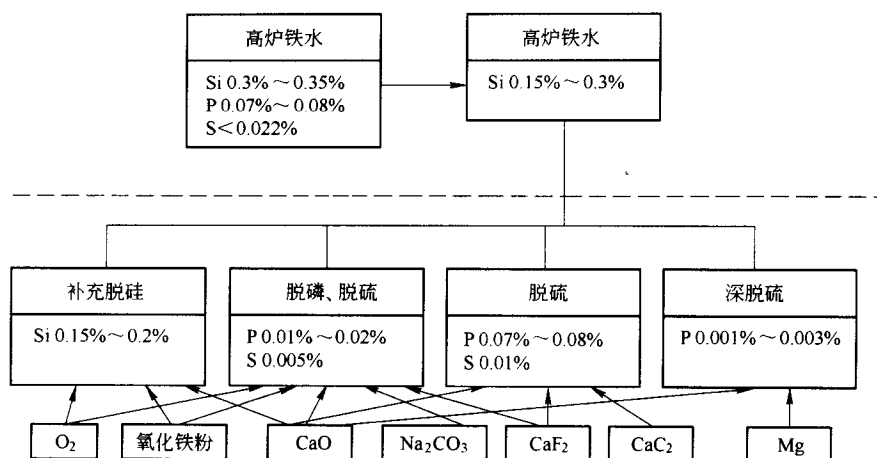


图 1-1 铁水预处理流程

钢的很多性能都受含硫量及其在钢中形成的硫化物夹杂的物理和化学性质的影响。硫化铁、硫化锰夹杂在热轧温度下很容易变形,成为延伸形夹杂,引起钢的性能各向异性。当含硫量小于 0.02% 时,板材和带材的横向冲击功迅速增加,含硫量小于 0.01% 时断口延伸率也急剧增加,在高硅电工钢中含硫量的增加将使磷性恶化。除了易切钢的特殊情况外,硫一般认为是有害之素,尤其在结构钢中,除了对力学性能影响外,含硫量的增加还对浇铸件和轧制件表面质量极为有害,对连铸钢坯来说尤其是这样,它使表面缺陷增加,因而影响收得率,增加精整工作量。实践证明钢中含硫量高于 0.02% 时的板坯表面缺陷为含硫量低于 0.019% 时的两倍,所以必须把含硫量限制在 0.02% 以内。世界各国钢铁厂经脱硫处理的铁水含硫量均小于 0.015%~0.01%。随着生产的不断发展,优质钢材的需要量日益增加,这是铁水预脱硫发展的重要原因,另外在氧气转炉炼钢生产中,钢中含硫量由铁水硫的总输入量、渣量、渣成分所决定。铁水输入含硫量高时,需要渣碱度高才能得到低硫钢水,相应渣中含铁量也较高。所以使用脱硫后的低硫铁水,减少了输入硫量,可少加石灰,减少渣量降低炉渣碱度,提高钢水收得率,改善热平衡,这也是铁水预处理得以发展的另一个原因。

1.1.1.1 铁水预脱硫的方法

铁水预脱硫的方法很多,各种方法经工业实际应用,有的因处理能力较小主要部件耐火材料寿命短,处理效果及可控性较差,和环境污染问题较严重而逐渐被淘汰。下面就几种工业上应用较成熟的方法和有应用前景的方法做进一步介绍。

A KR 搅拌法

KR 搅拌法是日本新日铁广畑制铁所于 1963 年用于工业生产的铁水炉外脱硫技术,这种脱硫方法是以一种外衬耐火材料的搅拌器,浸入铁水包内旋转搅动铁水,使铁水产生漩涡,同时加入脱硫剂,该脱硫剂由槽车用氮气压送到贮料罐内,再经压送泵通过流槽加入铁水包的铁水中并把搅拌桨也下降到铁水中,使其卷入铁水内部进行充分反应,在铁水进行脱硫之后要进行扒渣,从而达到铁水脱硫的目的,它具有脱硫效率高、脱硫剂耗量少,金属损

耗低等特点。具体脱硫操作各工序作业时间和工艺流程图、设备示意图如图 1-2 和图 1-3 所示。

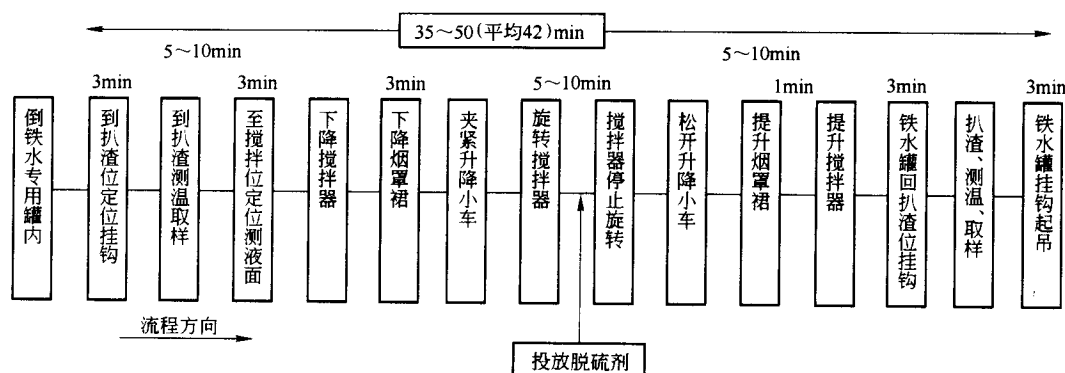


图 1-2 KR 工艺流程图和各工序作业时间

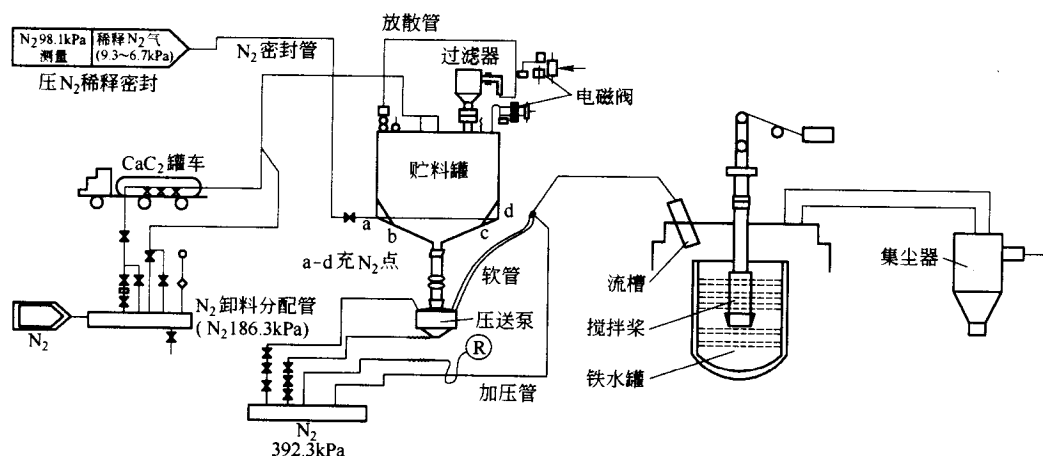


图 1-3 KR 搅拌法铁水脱硫预处理设备示意图

B 喷吹法

喷吹法是将脱硫剂用载气经喷枪吹入铁水深部，使粉剂与铁水充分接触，在上浮过程中将硫除去。为了完成这一过程，要求从喷粉罐送出的气粉流均匀稳定，喷枪出口不发生堵塞，脱硫剂粉粒有足够的速度进入铁水，在反应过程中不发生喷溅，最终取得较高脱硫率，使处理后的铁水含硫量能满足低硫钢生产的需要。下面介绍两种不同特点的喷吹装置和生产状况，即宝钢鱼雷罐车顶喷法（TDS）铁水预脱硫和太钢二炼钢铁水罐喷吹脱硫。

宝钢 TDS 铁水预脱硫处理工艺图如 1-4 所示，氮气流量为 $430 \sim 480 \text{ m}^3/\text{h}$ ，其中配入脱硫剂 CaC_2 比例越大流量越小，加压压力为 $0.28 \sim 0.32 \text{ MPa}$ ，喷吹压力为 $0.20 \sim 0.23 \text{ MPa}$ 。喷吹速度 CaO 为 $50 \sim 60 \text{ kg/min}$ ， CaC_2 为 $40 \sim 45 \text{ kg/min}$ 。喷枪插入深度为 $1.2 \sim 1.4 \text{ m}$ ，喷吹时间因处理后的含硫量要求不同，喷粉量不同而不同，时间变化在 $5 \sim 30 \text{ min}$ 平均为 21.63 min 。脱硫剂单耗不大于 5 kg/t 。根据统计的平均脱硫率 $\eta_s = 73.1\%$ ，处理后硫含量可达 $0.001\% \sim 0.002\%$ ，喷吹降温为 20°C 左右。

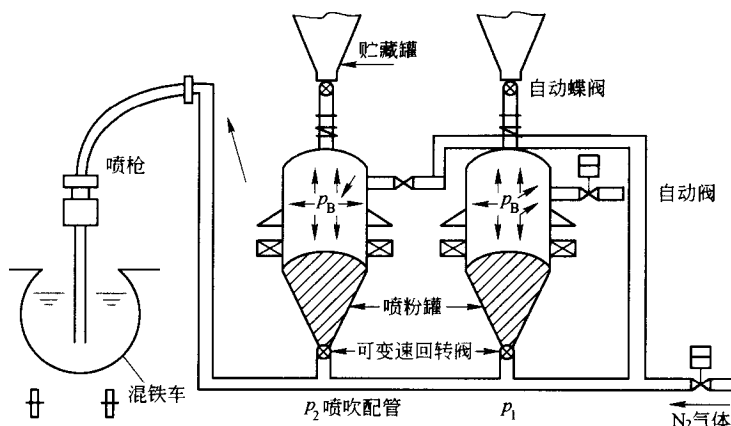


图 1-4 TDS 法铁水预脱硫处理工艺

该喷吹系统的特点是：喷吹罐下部采用旋转给料器，驱动采用啮合式变速电机，叶轮用聚胺酯类弹性材料制成，给料器的速度可在 10:1 内调节。因此， CaO 和 CaC_2 的配料可根据各自的给料器的不同转速进行在线配料和调节，也可调节供粉速度。由于采用了大的氮气流量，其载气耗量大，容易造成喷溅，近来多发展为较浓相的喷吹系统（粉气比 40:60）。

太钢二炼钢的铁水预处理其喷粉系统示意图如图 1-5 所示。

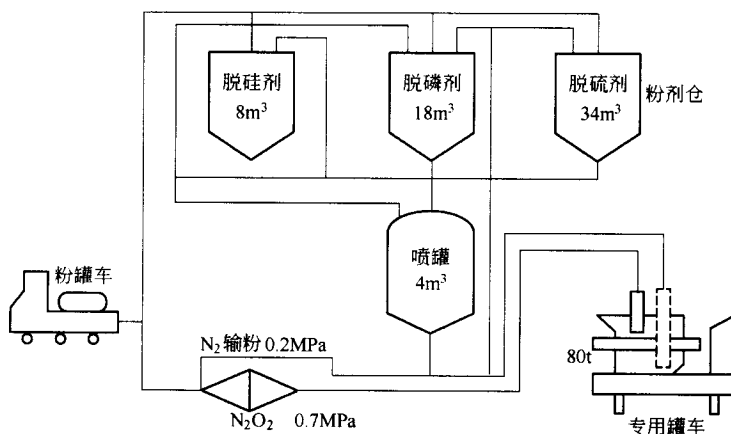


图 1-5 太钢铁水预处理其喷粉系统示意图

太钢铁水预处理喷粉系统示意图，铁水处理在 55 t 专用包内进行，有运罐车将专用包在处理工位和扒渣工位反复运行。根据铁水“三脱”（脱硫、脱硅、脱磷）的需要，顶部有 3 个贮粉罐，分别装脱硫、脱硅、脱磷 3 种粉剂，下面共用 1 个喷吹罐，工艺流程是：高炉铁水罐—兑入 55 t 专用包—扒渣、测温、取样—喷入脱硫剂—扒渣、测温、取样—兑入转炉。粉剂由粉罐车运来，由压力输送至相应的贮粉罐，再根据处理的需要加入喷粉罐。喷吹前，加压，等待喷吹。如果粉料已吹完或不足一次喷吹用料或需吹不同粉料，则需放气卸压再装料或将残料返回上部贮料罐再装新料。其氮气流量为 $1 \sim 1.2 \text{ m}^3/\text{min}$ ，喷吹速度为 $60 \sim 65 \text{ kg}/\text{min}$ 。喷吹枪插入深度为 1.34 m，脱硫剂配比为石灰 95%、萤石 5%，平均脱硫率为