

冲天炉检测与炉况控制

CHONGTIANLU JIANCE
YU
LU KUANG KONGZHI



87
TG232.1
8
3

冲天炉检测与炉况控制

钱 立 庞凤荣 编著

6202 / 15

天津科学技术出版社



B

315452

内 容 简 介

冲天炉熔炼是一种多因素的工艺,要实行稳定生产,必须加强检测手段。

本书从我国当前生产实际出发,系统介绍了各种检测装置的原理、功能、结构、安装和使用基础知识,对有关的计算和数理统计方法作了详细的交代。

全书共分七章,分别对风压、风量、炉气成分、料位、铁水温度、铁水成分和铁水含气量的检测与炉况控制进行了阐述,书末还列入了冲天炉综合管理一章。

本书可供机械铸造行业工程技术人员、炉前工人使用,亦可作为铸造专业师生教学参考用书。对于从事铸造工作的领导干部,也是一本有用的读物。

冲天炉检测与炉况控制

钱 立 虎凤荣 编著

责任编辑: 苏 飞

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津武清永兴印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本787×1092毫米 1/16 印张 17.5 字数 418,000

一九八五年十二月第一版

一九八五年十二月第一次印刷

印数: 1—5,500

书号: 15212·149 定价3.25 元

前 言

随着机械工业的发展，用户对产品性能要求不断提高。铸造生产作为提供毛坯的重要部门，正面临着实现铸件优质精化的重要任务。决定铸件质量的因素很多，但不外是铁水和铸造条件两大方面。其中，铁水质量是基础，是影响材质的关键。

铁水质量包括它的化学成分、温度、氧化夹杂和含气等。控制铁水质量，一切指标要用数据说话，而数据的获得必须运用各种仪器，对熔炼过程和熔炼结果作必要的检测。科学技术发展到今天，没有对生产过程的检测和控制，科学管理就无从谈起，产品质量的提高也没有依据。冲天炉熔炼作为一种多原材料、多因素的工艺，要实现优质稳定生产，必须加强检测手段。

国外在冲天炉检测控制技术方面已达到了相当高的水平。一般对风量、风温、鼓风湿度、铁水温度、碳硅含量、炉气成分、配料加料等都已实现自动检测记录，并应用电子计算机处理各种检测信息，对冲天炉整个熔炼过程进行集中控制。例如，根据铁水化学成分的变化规律，综合调控熔化速度、供风强度、风温及铁水温度；根据铁水牌号、炉料成分和价格自动计算配料；根据由同位素料位控制器给出的指令，进行程序控制加料操作等等。

建国以来，我国冲天炉熔炼技术有了很大的改进和提高。广大铸造工作者结合我国资源条件，革新创造了各种不同形式的冲天炉，在熔炼的某些单项指标方面已经跨入世界先进行列。然而，在冲天炉检测控制技术方面，我们与国外相比差距仍较大。多数工厂缺乏必要的检测手段，仍凭经验判断炉况，掌握冲天炉的熔炼过程。有检测手段的工厂多半也限于指示、记录，进行综合检测和自动控制的为数极少。

近些年来，在整顿、改革、巩固、提高的方针下，“以质量求生存”的观念，已逐步被更多的人所认识，加强检测手段也引起了科研、生产、教学各部门的重视。

鉴于冲天炉检测技术对于提高铁水质量、节约能源、降低成本和改善劳动条件等有十分重要的意义，所以，普及和提高冲天炉检测技术，是当前急待解决的任务。故此，综合国内外有关资料和作者在这方面所作的工作和体会，决定编著此书，献给广大读者，以期共同提高。

本书从我国当前生产实际出发，以炉况控制为中心，以与冲天炉熔炼工艺和铁水内在质量有关的参数为内容分章阐述风压、风量、炉气成分、料位、铁水温

度、铁水成分和铁水含气量的检测与炉况控制。自从《冲天炉检测技术》一书内部发行以来，作者收到了读者上百封热情的来信，其中有不少鼓励之词，亦有许多良好的建议。他们迫切希望把检测的结果与炉况分析联系起来，通过炉况的分析找出差距，改进熔炼工艺，达到冲天炉优化生产，提高铁水质量的目的。为此，作者在写本书时，除了阐明各种检测装置的原理、功能、结构与安装使用外，着重对炉况判断、风量调控、风机使用、热工效果、烧损控制、稳定成分、提温方法、含气量控制、节能措施等作了详尽的分析，使检测技术与熔炼工艺通过炉况分析更紧密地融为一体，让手段与目的更好地统一起来。这是本书努力要达到的目标。

本书的另一个特点是十分重视测试数据的计算、校核、修正工作。在有关章节中还介绍了回归分析、最小二乘法和诺模图的制作等。

检测与炉况控制都是以管理为前提的。本书第三个特点是专门安排了冲天炉的综合管理一章。

本书可供工程技术人员、广大工人使用，亦可作为铸造专业师生教学参考。对于从事铸造事业的领导干部，也是一本有益的读物。

本书第一、二、三、七章由钱立执笔，第四、五、六章由庞凤荣执笔，由于作者水平有限，书中可能有缺点与错误，欢迎读者批评指正。

作 者

1984年1月

目 录

第一章 风压风量的检测与炉况控制

第一节 风压的检测与炉况控制

一、冲天炉风压的定义与作用	(1)
1. 定义	(1)
2. 作用	(1)
二、风压测定方法	(2)
1. 测压点的位置要求	(2)
2. 液柱式压力计	(2)
3. 弹簧式压力计	(4)
4. 电远传压力计	(7)
三、风压的调控	(9)
1. 风压调控值	(9)
2. 熔炼过程中的调压方向	(10)

第二节 风量的检测

一、冲天炉风量的重要性	(10)
1. 风量对熔炼效果的影响	(10)
2. 按风量操作的必要性	(11)
二、风管内的流动特性	(12)
1. 流动的紊流特性	(12)
2. 空气重度	(13)
三、风量测定方法	(15)
1. 标准孔板法	(15)
2. 毕托管法	(27)
3. 锥形管法	(30)
4. 其他方法	(40)

第三节 标准态入炉风量的运算

一、风量的修正与换算	(43)
1. 风量的重度修正	(43)
2. 风量的标准态换算	(45)
3. 风量的综合修正系数	(47)
二、漏风量	(47)
1. 经验估计法	(47)
2. 实测法	(47)
三、入炉风量	(47)
1. 入炉风量的计算	(47)
2. 入炉风量的核算	(47)
3. 漏风量的反算	(49)

第四节 风量的调控

一、以最佳工作点调控风量	(49)
1. 冲天炉网状图	(49)

2. 最佳风量的控制	(50)
3. 最佳熔化率经验控制法	(51)
二、实用风量控制的季节性和地区性	(52)
1. 季节性	(52)
2. 地区性	(54)
三、鼓风机与风量调节	(54)
1. 鼓风机特性与铭牌含义	(54)
2. 风量掌握上应纠正的看法	(56)
3. 关于串联与并联	(57)
4. 风量测定的变送和电气式二次仪表	(58)
5. 风量的自动控制	(59)

第二章 炉气成分的检测与炉况控制

第一节 炉气分析方法

一、化学式气体分析器	(61)
1. 工作原理	(61)
2. 炉气取样	(63)
3. 分析操作	(64)
4. 数据整理	(65)
5. 简便分析法	(66)
二、热导式气体分析器	(67)
1. 工作原理	(67)
2. 仪表	(67)
三、气相色谱仪	(71)
1. 工作原理	(71)
2. 载气与固定相	(72)
3. 标准曲线与定量计算	(73)
4. 仪表	(74)
四、红外线气体分析器	(78)
1. 工作原理	(78)
2. 仪表	(78)

第二节 冲天炉热工效果分析

一、热效率	(81)
1. 焦炭的发热效率	(81)
2. 冲天炉的热效率	(81)
二、铁水温度	(83)
1. 理论燃烧温度	(83)
2. 最高出铁温度	(84)
三、与燃烧比有关的数学解析	(85)
1. 二氧化碳、一氧化碳与燃烧比	(85)
2. 铁炭比与最佳燃烧比	(86)

第三节 冲天炉内烧损的控制

一、铁水的氧化	(88)
1. 主要的氧化反应	(88)
2. 氧化反应的区域分析	(89)

二、控制烧损的基本方法	(90)
1. 控制烧损的必要性	(90)
2. 基本方法	(90)
3. 燃烧比控制范围	(92)

第三章 料 位 监 控

第一节 料位监控方法

一、炉气压差式料位监控	(94)
1. 工作原理	(94)
2. 主要型式	(94)
二、半导体激光式料位监控	(100)
1. 工作原理	(100)
2. 结构与应用	(100)
三、机械式料位监控	(100)
1. 工作原理	(100)
2. 应用	(100)
四、铁磁导电式料位监控	(100)
1. 工作原理	(100)
2. 结构改进	(101)

第二节 炉后的计数与显示

一、料批数显	(101)
1. 基本类型	(101)
2. 三种常用的计数器	(101)
二、熔化率连续测定	(102)
1. 问题的提出	(102)
2. 测定装置	(103)
3. 待解决问题	(103)

第三节 底焦高度与铁水量检测

一、底焦高度的检测	(104)
1. 开孔观察法	(105)
2. γ 射线法	(105)
3. 压差法	(106)
二、铁水量的检测	(106)
1. 重量法	(106)
2. 高度法	(107)

第四章 铁水温度的检测与炉况控制

第一节 铁水测温仪表和误差

一、热电偶	(109)
1. 工作原理	(109)
2. 热电偶的选用	(115)
3. 热电偶的焊接与校验	(116)
4. 热电偶变质的判断与处理	(122)
5. 参考端温度补偿	(122)

二、二次仪表	(124)
1. 动圈式测温仪表	(126)
2. 电子自动平衡记录仪	(129)
3. 数字显示温度仪表	(134)
4. 热电偶测温系统的常见故障及其排除	(134)
三、热电偶测温系统的误差	(135)
1. 偶的测温误差	(135)
2. 二次仪表误差	(136)
3. 测温线路与干扰误差	(136)
4. 误差计算举例	(137)
第二节 铁水测温方法	
一、快速微型热电偶测温	(138)
1. 快速偶测温装置	(138)
2. 测温位置与误差分析	(139)
二、自装热电偶测温	(139)
1. 自装钨铍偶测温装置	(139)
2. 自装铂铑偶测温装置	(140)
三、冲天炉前炉连续测温	(141)
1. 偶与二次仪表的选配	(141)
2. 两层保护套管的选用	(143)
3. 前炉连续测温要点	(145)
四、冲天炉过桥连续测温	(146)
1. 过桥连续测温装置	(147)
2. 贮铁槽的修砌要点	(147)
第三节 测温数据分析和炉况控制	
一、测温数据分析	(149)
1. 用快速微型热电偶测温数据分析	(149)
2. 连续测温数据分析	(149)
3. 点测和前炉连续测铁水温度的数据比较	(151)
4. 点测和过桥连续测铁水温度的数据比较	(151)
二、炉况控制	(151)
1. 影响铁水温度的主要因素	(152)
2. 调控铁水温度的主要方法	(155)

第五章 铁水成分的快速检测与炉况控制

第一节 炉前热分析法

一、热分析法测定碳、硅含量	(157)
1. 工作原理	(157)
2. 测定装置	(160)
3. 测定方法和计算公式举例	(164)
4. 微分热分析曲线及其在定碳、定硅上的应用	(168)
二、热分析中数据处理的方法	(168)
1. 回归分析简介	(169)
2. 最小二乘法简介	(173)
3. 热分析中的数据处理举例	(174)

4. 谱模图的作法及举例	(183)
三、热分析法的误差	(187)
1. 关于测温误差	(187)
2. 化学成分分析的误差	(188)
3. 进行数据处理时应注意的问题	(188)
第二节 铸铁化学成分的分析快速分析法	
一、光电直读光谱仪	(189)
1. 工作原理	(190)
2. 仪器的类型和结构	(190)
3. 光电直读光谱仪的现状和产品	(196)
4. 选用及铸铁试样的制做	(197)
二、其他光谱分析法	(197)
1. X射线荧光光谱分析简介	(197)
2. 红外光谱法定碳、硫简介	(200)
第三节 铁水化学成分的控制	
一、铁水化学成分波动的原因	(201)
1. 批料量的影响	(201)
2. 炉况变化的影响	(201)
3. 配料系统的故障	(201)
4. 前炉存铁水量的影响	(201)
二、控制铁水化学成分的方法	(201)
1. 人工炉前调整铁水成分	(201)
2. 应用电子计算机控制铁水成分	(202)
第六章 铁水含气量的检测与炉况控制	
第一节 铸铁含气量及其对铸铁的影响	
一、冲天炉熔炼时铸铁含气量变化规律	(203)
1. 冲天炉熔炼前后铸铁含气量变化	(203)
2. 理论含气量的计算	(203)
二、含气量对铸铁的影响	(206)
1. 全氧量对铸铁的影响	(206)
2. 全氢量对铸铁的影响	(206)
3. 全氮量对铸铁的影响	(207)
第二节 铁水氧化与炉前浓差电池快速定氧	
一、铁水氧化及其原因	(207)
1. 铁水氧化的表现	(207)
2. 铁水氧化的基本原因	(207)
二、炉前浓差电池快速定氧	(208)
1. 基本原理	(208)
2. 测定装置	(213)
3. 测试记录曲线和数据分析	(215)
4. 浓差电池法炉前检测球化率	(218)
第三节 铸铁中氧、氮、氢的仪器测定法	
一、铸铁气体试样的制取和保存	(219)
1. 试样的制取	(219)

2.试样的保存	(219)
二、气相色谱和红外脉冲法定氧、氮、氢	(220)
1.关于试样的处理和标样的选择	(220)
2.气相色谱仪定氧、氮、氢	(221)
3.红外脉冲法定氧	(226)
第四节 铁水中含气量的控制	
一、炉渣的状况和铁水含氧量的关系	(226)
1.正常渣和黑渣	(226)
2.铁水全氧量与渣中FeO的关系式	(227)
3.用浓差定氧法在炉前判断全氧量	(228)
二、铁水全氧量正常值范围和控制	(228)
1.正常值范围	(228)
2.控制方法	(228)
三、铁水全氮量正常值范围和控制	(229)
1.正常值范围	(229)
2.控制方法	(229)
四、铁水全氢量正常值范围和控制	(230)
1.正常值范围	(230)
2.控制方法	(230)

第七章 冲天炉综合管理

第一节 工艺管理

一、确定主要冶炼参数	(232)
1.由所需铁水温度确定铁焦比	(232)
2.由铁焦比确定最佳风量	(232)
3.检查实效调整参数	(232)
二、制定工艺规程和操作守则	(232)
1.精炉料严操作	(232)
2.主要内容与要求	(232)

第二节 质量管理

一、质量管理方法	(233)
1.照章办事	(233)
2.责任到人	(233)
3.QC活动	(234)
4.技术培训	(235)
二、仪表集中控制	(235)
1.冲天炉测试仪表的配套	(235)
2.两种自动控制方案	(239)

第三节 能源管理

一、基本概念	(239)
1.冲天炉的能耗及其考核方法	(239)
2.冲天炉的热平衡测算	(242)
二、冲天炉节能措施	(242)
1.先进的结构与工艺	(242)
2.科学的生产管理	(242)

3. 余热利用.....	(243)
4. 炉体绝热.....	(243)
5. 采用优质修炉材料.....	(243)
6. 减少铁水炉外降温.....	(243)
7. 实现专业化生产.....	(243)
8. 省能的附属设备.....	(243)
9. 提高成品率.....	(243)
主要参考文献.....	(244)
附录 I 数据与换算	
表 1 压力单位换算表	(246)
表 2 温度单位换算表	(246)
表 3 普适气体常数 R	(246)
表 4 力学和热学单位换算关系	(246)
表 5 一些常用的其他单位与国家法定计量单位的换算关系	(247)
表 6 被测组分含量的表示方法和铸铁中气体体积的换算	(248)
附录 II 热电偶分度表	
表 1 铂铑 ₃₀ -铂铑 ₆ 热电偶分度表	(249)
表 2 铂铑 ₁₀ -铂热电偶分度表	(254)
表 3 新铂铑10-铂热电偶分度表.....	(259)
表 4 镍铬-镍硅(镍铝)热电偶分度表.....	(265)

第一章 风压风量的检测 与炉况控制

在炉型结构与原材料条件确定之后,对熔炼过程起决定性影响的是焦耗与供风制度。供风制度包括风压、风量、风温、鼓风湿度和含氧率等。其中风量、风温和含氧率是组织好炉内燃烧的关键,特别是风温和含氧率反映了供风的素质,素质好对于提高炉温、加强冲天炉冶金职能、减少烧损、促进增碳脱硫极为有利。此外,热风 and 富氧也是生产中控制熔化率的有效手段。国内冲天炉上氧气的工业性利用刚刚开始,预热送风多利用炉胆,预热的风温相当低(多在 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$)。今后随着薄壁铸件、高强度优质铸铁的发展和环境保护的需要,冲天炉上采用氧气、中温热风将与优质铸造焦炭的应用具有同等重要的意义。如果能将风温提高至 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$,或实行 $2\sim 4\%$ 的富氧送风,即使是在现有的焦炭状况下,也完全能获得高温优质铁水。此时,不同炉型在效果方面的差距将大为缩小。供风制度中的风压,虽不如风量、风温和含氧率那样显著,但对于能否稳定供给所需的入炉风量和能否保证炉内断面供风的均匀性十分重要。至于鼓风的湿度,各国倾向于“控制湿度”鼓风。当鼓风湿度超过 $3\sim 8\text{克}/\text{米}^3$,铁水质量将严重恶化。

本章着重讨论风压、风量的检测和调节控制。

第一节 风压的检测与炉况控制

一、冲天炉风压的定义与作用

1. 定义

冲天炉风压系指入炉风压。通常用风箱风压来表示。

2. 作用

冲天炉风压可起以下作用:①克服阻力,以确保向炉内送入所需的风量。②适应炉径的大小,使鼓风渗入炉心,保证断面供风的均匀性。以前有人认为,炉心燃烧是靠进风速度来保证的。这是一种片面的错误认识。冲天炉内并非自由空间,也不存在室式炉的燃烧室。鼓风在风口前遇到焦炭后,产生由动能向压能的转换,使压能增加。在内外压差之下,空气遂向炉心推移。因此,从本质上来看,断面供风均匀性的改善依靠的是风压。“小风口”缩小风口的结果,一方面提高了风箱风压,增加风的渗透能力;另一方面在供风量一定的情况下,提高风口射流速度^①,强化燃烧。从渗透能力来看缩小风口以增加风箱风压,总是有益的。但过于缩小风口,当进风速度超过一定限度时,已失去进一步减小焦炭表面边界层,从而强化燃烧的意义,反而会因焦炭表面带走过多的热量而造成凝渣和熄火。因此,一般规定风口的平均射流速度不宜超过 $30\sim 60\text{米}/\text{秒}$ 。无论是炉子直径的增大,还是焦炭块度的减少,如欲改善炉心供风条件,主要应以风机结构设计提高鼓风压力来达到。在任何情况下,缩小风口只能作为辅助的办法。③判断炉况,及时地发现炉内是否出现棚料、空料、风口结渣和

^① 平均射流速度 = 进风量 / 风口总面积

料柱是否因造渣不良而透气性下降等反常现象。风压对炉内阻力系统十分敏感，熔炼过程稳定性的破坏首先反映在风压的变化上。炉况与风压变化的关系见表 1-1。④在一定程度上，风压可作为分配风量以及调整风口尺寸的参考量。

二、风压测定方法

1. 测压点的位置要求

根据冲天炉风压的定义，取压孔应设在风箱上。测量方法很简单，一般在取压孔处焊上 $\phi 5 \sim 8$ 毫米的钢管或铜管，用胶管使之与压力计相联即成。显然，风箱的绝对压力应是表压与大气压力之和。但由于冲天炉出口（即加料口）处的压力亦为大气压力，因而习惯上均以表压表示风压。在工程上冲天炉风压属于低压范畴。目前使用的仪表其压强单位取毫米水柱或毫米汞柱。它与国际单位制单位及其它单位的换算关系见附录 I 表 1。

测风压要注意以下几点：①取压孔应设在风箱的顶部或侧面，如设在底部，取压孔容易堵塞。②为了保证取得静压，取压管不得伸入风箱，而且取压孔之风箱内侧要平整，最好用电钻钻出。同理，取压孔不得靠近进风管或风箱边角，以免造成涡流干扰。

有时，为了特定的目的需在风管上取压。例如，为了进行风量的修正，测压点应设在流量计附近的上游一侧。如果为了掌握热风炉胆的阻力损失，测压点应设在热风炉胆的入风口管道上，将其与冲天炉风箱风压相减，即为所需测知的阻力损失。若要测得管道全长或局部阻力件的阻力损失，其测压点的确定方法与此类同。所有这些测点都应在直管段上，避免在管道急弯、阀门、有涡流和死角处取压。此外，测点也不应设在管径的最低点，引压管也不得伸入风管之内。

2. 液柱式压力计

冲天炉风压测压大多采用液柱式压力计和弹簧式压力计。控制水平要求高的冲天炉则用压力变送器，将压力信号变成电信号后，由二次仪表进行显示、记录或报警。

用于风压测量的液柱式压力计主要是U形管压力计和单管压力计。安装示意图见图 1-1。压力计通大气一端应畅通无阻，并注意防尘。如压力计不安在风箱旁，需置于控制室或炉前时，最好采用硬胶管联接，以免乳胶管过软，因曲折而影响传压，塑胶管容易老化和造成接头漏气，也不推荐使用。传压管的长度以不超过20米为宜。仪表、接头和传压管，应经常检查有无泄漏现象，对于漏损和内部污染严重的传压管应及时更换。此外，压力计安装位置应避免过热、过冷和震动。

表1-1 风压变化特征与炉况

风 压 变 化 特 征	炉 况
风压有节奏地少量波动	正常。是一批料熔化和投料时的反映
风压连续均匀降低较多	空 料
风压显著下降，炉口火焰打转，有轰鸣声	卡 料
风压突然降低	风口因损坏而扩大
风压显著上升	风口结渣、炉温低
风压增加，但有小的波动	造渣制度不佳，透气性不好，底焦塌落时断时续

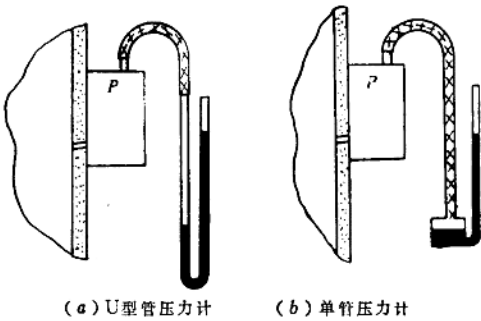


图 1-1 液柱式压力计

压力计的工作液，可采用水或水银。习惯上，风压在800毫米水柱以内时，多用水作工作液；风压超过800毫米水柱时，为了读数方便，多用水银（汞）作工作液。读数时，水以凹面的最低点为准；水银以凸面的最高点为准。

工作液为水时，为了醒目，可加少许红兰墨水着色，或注入数滴甲基橙、甲基兰等。如呈碱性，加入甲基橙、甲基兰不能着色时，可先滴入少许盐酸。为了防冻，冬季应在水中加入甘油或采用酒精、甘油、水的混合作业液，它们的冰点列于表1-2。由于此时工作液是水溶液，因此以毫米水柱为单位时将产生误差，比重大于1者，其值偏小，比重小于1者，其值偏大。例如当比重为0.963时，产生的误差为3.7%，在750毫米水柱时读数偏大 $750 \times 3.7\% \approx 28$ 毫米水柱。如果此时取比重为1.158的混合液时，则读数偏小 $750 \times 15.8\% \approx 119$ 毫米水柱。选用何种配方的混合液，既要考虑冰点，又需考虑比重，显然选用比重偏离1过大的混合液是不适当的。

为了避免因生产中突然停电或操作不当造成压力突增而冲走工作液，压力计量程应比最大风压大300~400毫米水柱。若工作液为水银，可装设收集瓶（图1-2），以便在万一压力过大时，将水银收集起来。通常收集瓶置于仪表板的背面，免得干扰视野，瓶内可稍装一些水。

U形管压力计有单向刻度和正负刻度两种。冲天炉选用正负刻度较好。如事先将液面调整至刻度尺中央的零位，则压力计工作时，仅需读出一个液面的示值，再乘以2即为所测风压。使用自制U型管压力计时，务必保证左右两根玻璃管的内径相等，否则读数不准确。用透明胶管安排成U形管使用是错误的，因为在承压侧弹性胶管的内径可以随风压而变化。

使用U形管压力计，若起始液面不在零位，需读左右两个液位才能测得液柱高度。采用单管压力计可克服这一缺点。由图1-1（b）可见，该压力计的一侧为液槽，与被测压力相接，故又名正压室。另一侧为单管，与大气相通。在被测压力作用下，产生液面差。由于液槽直径比单管直径粗得多，在单管内液位上升的同时，液槽内液面的下降甚少。因此，忽略液槽液面下降量而造成的误差并不大。例如单管内径为5毫米，液槽内径为100毫米时，相对误差仅为0.25%。其计算如下：

$$\text{相对误差} = \frac{\text{液槽液面下降值}}{\text{单管液面上升值}} \leftarrow = \frac{-\frac{\pi}{4}d^2}{\frac{\pi}{4}D^2} = \left(\frac{d}{D}\right)^2 = \left(\frac{5}{100}\right)^2 = 0.25\%$$

如果冲天炉的风压为750毫米水柱，绝对误差不超过2毫米，完全可以忽略不计。现在市场供应的单管压力计，标尺刻度已考虑了管与槽的面积比修正，即标尺以 $1 + \left(\frac{d}{D}\right)^2$ 分度，从

表1-2 混合液的冰点

混合液成份（%）			冰点（°C）	比重
水	甘油	酒精		
80	20		-2.5	1.049
70	30		-10.6	1.077
60	40		-17.2	1.105
50	50		-32.0	1.133
40	60		-35.0	1.158
70		30	-10	0.970
60		40	-19	0.963
60	10	30	-18	0.991
45	15	40	-28	0.987

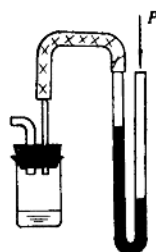


图1-2 带收集瓶的装置

而消除了上述误差。每次使用单管压力计之前须调好零点。否则读数应扣除起始液面示值。

若自制单管压力计，可选用车间化验室所用的下口瓶作为液槽，使其下口与直玻璃管相连即成。但为保证必要的测量精度，下口瓶内径与直管内径之比应为16~20。通常直管的内径取4~6毫米。

无论是U形管压力计还是单管压力计，最好装在前面带玻璃门的盒内。这样可以防尘和在冬季避风。

液柱式压力计有许多型号。冲天炉应以简单实用为原则。有些双管压力计带有指示件（读数对刻度用的活动横尺）、护管、放液阀等。它的玻璃管的耐压性高，主要在化工工艺管道上使用。冲天炉用之过于奢侈。

可供冲天炉选用的液柱式压力计见表 1-3。价格在10元左右。

表1-3 液柱式压力计

名 称	量 程（毫米）
U 型 压 力 计	$\pm 200 \sim \pm 300$ （装水银用）
（U型风压计）	$\pm 400 \sim \pm 800$ （装水用）

3. 弹簧式压力计

液柱式压力计具有价格便宜，基本上没有系统误差，测量精度高等优点。然而这种压力计的指示目标太小、不醒目、不能自动记录。随着工业化水平的提高，冲天炉压力计须向多样化方向发展。

采用非液柱式压力计的目的在于：

- ①能在远离压力计的地方清晰而迅速地读得示值。
- ②对压力值进行连续记录，以便对炉况进行监视和分析。
- ③当压力过高或过低时，发出灯光或音响讯号，进行报警。

为达到上述目的，可直接将压力讯号传入弹簧压力计，由弹簧元件的位移作出指示或记录。亦可经压力变送器将压力讯号转换成电信号，再由二次仪表去完成指示、记录和报警等功能。由于后者转换成的电信号在传送时比传压管道可靠、方便，因此很适合于远传。

弹簧式压力计有多种型式，主要有：单弹簧管压力计、螺旋弹簧管压力计、膜盒压力计和波纹管压力计等。适合于冲天炉低压测量的是膜盒（或膜片）压力计和波纹管压力计。表 1-4 列有有关压力计的一些型号与规格。

国内压力计厂家很多。上海、天津、大连、沈阳、杭州、邯郸等地均有生产。

膜盒式压力计以金属波纹膜盒为感压元件。它是利用被测气体进入膜盒后，使膜盒扩张，产生位移的原理，经杠杆系统放大来指示压力值的。其工作原理示于图 1-3。

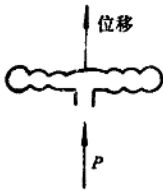


图 1-3 膜盒工作原理

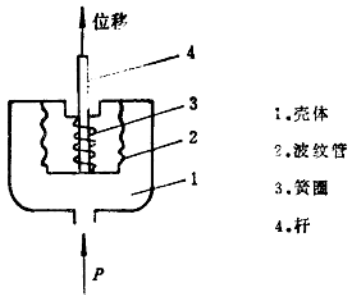


图 1-4 波纹管工作原理

表1-4 部分弹簧压力计的型号与规格

仪表名称	型号	测量范围	精度	功能
膜盒压力计	YE-150 YEJ-101 YEJ-111 YEJ-121	0~4000毫米多个系列	2.5级	指示 指示 指示、上下限报警指示、报警、位式调节
膜片微压计	CPB-1	0~300毫米汞柱多个系列	1级	指示(圆盘表)
波纹管压力计	YW-270 YW-278 YW-410 YW-610 YW-618	0~4公斤力/厘米 ² 多个系列	1.5级 及 2.5级	指示 指示、电接点报警调节 指示、钟表机构记录 指示、同步电机记录 指示、同步电机记录、电接点报警调节

膜盒式压力计以毫米水柱刻度。测量范围分0~16毫米至0~4000毫米多个系列,根据用户冲天炉风压的大小选定,但必须考虑压力计弹性元件的使用寿命。为了保护压力计,一般不允许使压力计指针经常指在最大刻度附近,否则弹性元件容易疲劳失效。如被测压力相当稳定,则被测压力的正常值应在压力计测量范围(满刻度)的2/3处;如被测压力波动大,变化频繁,则其正常值应在压力计测量范围的1/2处。

按规定,各种压力计的精度共分为0.005~4十级。冲天炉测压一般选后三级(1.5, 2.5, 4级)即可。膜盒式压力计的精度为2.5级。

膜盒式压力计分直式和横式两种。横式仪表尺寸小,结构紧凑,嵌在仪表盘上美观。因此,目前直式仪表有逐渐被横式仪表所替代的趋势。膜盒式压力计内有照亮标尺的小灯泡,可以在距仪表15公尺处足够准确地读数。YEJ型压力计有三种型式, YEJ-101型仅作指示; YEJ-111型有上下限亮灯或音响报警装置; YEJ-121型还可对简单回路进行自动调节与控制。YEJ型均是矩形横式表盘。表1-4中的YE-150型则是圆形表盘的膜盒压力表。直式仪表未列入表中。

由测压点到仪表的连接管最好用紫铜管。膜盒式压力计设有调零装置和微调机构,以调整指针零压和压力误差。带报警和调节式的仪表还设有振荡线路。

波纹管压力计的工作原理示于图1-4。仪表精度为1.5级或2.5级。波纹管与膜盒相比位移较大,因此可作为记录式仪表。根据功能的不同,我国生产的YW型波纹管压力计有多种型号,分别完成指示、报警、记录、调节等工作。波纹管压力计设有零位和刻度误差的调节装置。

波纹管压力计以公斤力/厘米²刻度,分0~0.25至0~4公斤力/厘米²多个系列。适用的压力较大,因此只有大型冲天炉上使用才比较妥当。该压力计量程的选择原则和它与常用压力指示位置的关系,与膜盒式压力计相同。

弹簧压力计到货后或仪表使用一段时间后均应进行校验。通常以标准液柱式压力计作为校验仪表。

现以膜盒式压力计为例,简述其校验过程。