

侯凌云 侯晓春 编著

喷嘴技术手册

PENZUIJISHUSHOUCE

(第二版)

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

喷嘴技术手册

(第二版)

侯凌云 侯晓春 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本手册全面、系统地介绍了当今国内外燃烧及非燃烧设备中使用的各类喷嘴(或喷射器、烧嘴)的工作原理、结构性能特点、设计方法、材料选择、制造工艺、检测手段、应用和发展情况,以及燃料喷射燃烧过程的数值计算,其中突出介绍了国内外先进的节能和低污染燃烧技术装置(含喷嘴)的特点。

本书可供从事各种燃烧和非燃烧装置的喷嘴研究、设计、生产、使用部门的工程技术人员,以及机械、石化、化工、冶金、食品、农业、运输、航空航天等有关专业的大专院校师生参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

喷嘴技术手册/侯凌云,侯晓春编著.
—北京:中国石化出版社,2007
ISBN 978-7-80164-254-7

I. 喷… II. ①侯…②侯… III. 喷嘴-技术手册
IV. TK403-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 158730 号

责任编辑 龚志民
责任校对 王 红
封面设计 七星工作室

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 25 印张 611 千字

2007 年 3 月第 2 版 2007 年 3 月第 3 次印刷

定价:60.00 元



长原喷雾净化科技有限公司

Changyuan Spraying&Purification Technology Co.,Ltd.

长原公司主要产品一:喷嘴

长原喷雾净化科技有限公司经过近十年的发展,已形成研发、生产、销售联为一体的高技术型公司,公司生产工业用各类型喷淋喷雾产品,品种多达几千个,拥有客户五千多家,是国内最大的喷嘴厂家之一。

公司有着完善的销售服务保障系统,凭借先进生产技术和经营策略,在十多年来均以倍速增长,屡创佳绩,产品行销全国。

公司拥有世界上先进的CNC电脑数控车床,能加工多种难度极大的组合精密喷嘴及其它工件,如在65mm直径的工件平面上连续打出三千多个0.07mm的微细小孔;有五轴联动加工中心,生产难度极大的黄铜或不锈钢螺旋喷嘴,本公司的加工设备精度可达 1μ ,并且拥有高压测试台及其它粒径测试仪器。

公司通过ISO9001和ISO14001认证,总部设在广东省东莞市,在上海、天津、青岛、武汉、重庆、杭州、宁波、武汉、长沙、厦门都设有办事处,可以及时为我们的客户提供服务。



金属喷嘴



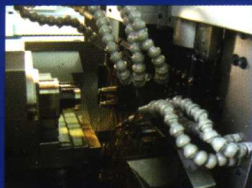
塑胶喷嘴

产品主要应用

喷涂、造纸、电子线路板、超声设备喷淋、清洗蚀刻;
厂房加湿降温、公园、酒店、别墅区人造雾工程;
化工、钢铁、环保脱硫除尘用途;
绿化喷淋浇灌;
松香、胶水、油漆精细喷涂等。



生产车间实景



精密数控车床



喷嘴检测室

电话: 0769-85411255
转824或825 黎小姐 赵小姐
传真: 0769-85330053
地址: 广东东莞长安镇厦边工业区
网站: www.ecyco.com
邮箱: ecyco@163.com



公司实景图, 欢迎现场参观!

岳阳远大热能设备有限公司

岳阳远大热能设备有限公司是一家以热工技术开发及热工设备设计、制造为主的高科技企业。燃烧器系列产品是本公司的主打产品，本公司燃烧器以**燃烧效率高**和**实用性强**而著称。

1. YDZC 型全自动燃油系列燃烧机

特点：①该型系列燃烧机采用机电一体化设计，结构紧凑，使用方便；②主要零部件采用进口元器件，运行安全可靠；③火力大小采用单双级调节；④安装维修方便。

系列规格型号：YDZC4S（热负荷范围 $1.8 \sim 5 \times 10^4 \text{kcal/h}$ ，其余类同）、YDZC8S（4~10）、YDZC15S（8~16）、YDZC30S（12~32）、YDZC40D（21~43）、YDZC55D（29~60）、YDZC75D（42~80）、YDZC120D（65~140）、YDZC180D（80~190）、YDZC250D（100~270）、YDZC300D（140~340）、YDZC350D（180~400）、YDZC420D（200~468）、YDZC510D（250~620）。

适用燃料：0#柴油。



2. YDZHC 型系列轻重油燃烧器

特点：①该类燃烧器属半预混内燃式燃烧器，燃料燃烧完全，能脱离炉膛烧出无烟、无尘的纯净火焰；②对油品油质要求极低，适应范围广；③该燃烧器火焰形状好且相当稳定，火焰刚性好；④该燃烧器对炉压不敏感，几乎能在任何炉压的炉膛正常燃烧；⑤该燃烧器对炉温无要求（冷炉点火容易）且适合冷助燃空气；⑥该燃烧器通过加装高能点火、火焰监测及其控制装置等能将其改造成自动燃烧机；通过加装气枪，该型燃烧器即可进行燃气、燃油和油气混合三种不同状态的燃烧；⑦燃烧能力大于 $1500 \times 10^4 \text{kcal/h}$ 燃烧器为非定型产品。

系列规格型号：YDZHC30（数字30代表燃烧器的热负荷为 $30 \times 10^4 \text{kcal/h}$ ，其余类同）、YDZHC60、YDZHC100、YDZHC160、YDZHC220、YDZHC300、YDZHC400、YDZHC550、YDZHC750、YDZHC1000、YDZHC1200、YDZHC1500。

适用燃料：轻油、重油、原油、污油、下脚油等。

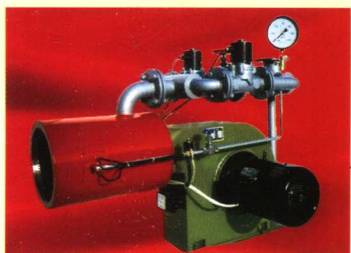


3. YDZT 系列全自动天然气燃烧机

特点：①机电一体化结构；②采用内燃式燃烧机理，燃气、空气混合均匀，燃烧完全；③可靠的安全保护；④采用高效节能低噪音风机；⑤控制元器件均采用国外名牌产品，运行安全可靠；⑥能兼容外接设备的温度压力控制，并可实现远程控制。

系列规格型号：YDZT30（数字30代表燃烧器的热负荷为 $30 \times 10^4 \text{kcal/h}$ ，其余类同）、YDZT60、YDZT100、YDZT220、YDZT340、YDZT480、YDZ640、YDZT800、YDZT1200。

适用燃料：天然气。



4. YDZM 系列全自动煤气燃烧机

特点：①机电一体化结构；②采用内燃式燃烧机理，燃气、空气混合均匀，燃烧完全；③可靠的安全保护；④采用高效节能低噪音风机；⑤采用风-气无级比例调节，自动调节比较大；⑥控制元器件均采用国外名牌产品，运行安全可靠；⑦能兼容外接设备的温度压力控制，并可实现远程控制。

系列规格型号：YDZM30（数字30代表燃烧器的热负荷为 $30 \times 10^4 \text{kcal/h}$ ，其余类同）、YDZM60、YDZM100、YDZM220、YDZM340、YDZM480、YDZM640、YDZM800、YDZM1200。

适用燃料：发生炉煤气、高炉煤气、焦炉煤气、水煤气等。



第二版前言

中国石化出版社于2002年8月出版了《喷嘴技术手册》(第一版)。该书由侯凌云博士、侯晓春研究员编著而成,并由北京航空航天大学赵其寿教授审稿,是喷嘴技术的一本专著,对我国喷嘴技术的发展起到了积极的作用,并得到了广大读者的好评。

近几年来,国内外喷嘴技术有了很多新的发展,设计思想、设计方法和喷嘴材料等都发生了很大的变化,原书已经落后于目前的技术要求,且第一版早已售罄。中国石化出版社根据广大读者的要求,组织《喷嘴技术手册》第二版的编写和出版工作。

《喷嘴技术手册》(第二版)在保留第一版理论和实践相结合的特色基础上,侧重实践,除了修正第一版中极少量的错误外,内容有了更大的充实和完善,主要包括以下几个方面:

1. 增加了各类喷嘴最新、最先进的设计思想和设计方法;
2. 喷嘴在非燃烧设备上的应用范围比原手册介绍得更广泛、更详细;
3. 增加了国外近期在先进燃气轮机上采用的低污染燃烧技术及更为新颖和多样化的喷嘴结构内容;
4. 增加了当今已被广泛采用的内燃机的先进电控燃料供给技术内容;
5. 增加和完善了各类喷嘴的材料选择、典型精密件的加工工艺等内容;
6. 随着“西气东输”工程建成和工业废气利用日益被重视,形成了燃气燃烧设备大发展的新局面,为此增加了燃气净化、利用等方面技术内容。

作者将有关喷嘴技术方面的新理念、新技术、新发展等大量有价值的内容和作者近几年来技术工作的实践经验,在第一版总体章节安排不作大的变动的基础上,巧妙地充实进去,力求为广大读者提供一本内容更加新颖、全面、系统和实用性更强的喷嘴技术手册。

毋庸讳言,第二版并非尽善尽美,欢迎读者批评指正。

最后,再次感谢北京航空航天大学赵其寿教授对书稿认真、细致的审阅,并提出了宝贵意见。

第一版前言

可以毫不夸张地说,所有人类生产、生活领域都应用了喷嘴技术。小巧、精密、式样繁多的喷嘴广泛应用于工、农业生产,交通运输工具,以及人民生活的各个方面。除了人们熟知的在工业炉、锅炉、热动力装置、民用燃烧设备燃用液体、气体和固体(粉料)燃料时必须采用喷嘴外,在非燃烧设备,如喷雾干燥、表面清理和涂装、钢铁冶金、农业浇灌等装置和设备上也普遍利用喷嘴的喷雾功能。

在燃烧设备上,喷嘴性能的优劣将影响点火、燃烧效率、燃烧稳定性、温度分布、排气污染等各方面性能。燃烧装置和技术的进步与喷嘴技术密切相关,相互促进,共同提高。

在非燃烧设备上,喷嘴的性能将会影响配套设备的生产率及其产品的质量和成本。

当我们翻阅各种工农业生产专业书籍或手册时,几乎都可以看到其中包含了喷嘴技术方面的内容。再当我们仔细阅读其内容时,又不难发现所采用的喷嘴大同小异,彼此的差异仅因工作条件及要求不同,所选择的类型、结构尺寸及材料而有所不同。因此,作者认为有必要提供一本较全面的喷嘴技术手册,从它的共性和特殊性上去认识与应用该项技术,并且可以让不同行业的使用者触类旁通,取长补短,以促进喷嘴技术的交流与发展。

另外,当我们在查阅有关期刊杂志时,总是可以看到不少有关喷嘴技术或包含在燃烧或非燃烧设备上喷嘴部件的最新研究、应用成果。由此表明:喷嘴技术随着工农业生产技术的发展,经历过漫长的发展和完善过程,其中包含了几次创新性的发展,时至今日,仍在不断发展之中。因此,作者认为有必要竭尽所能加以归纳,展示国内外新的喷嘴技术研究与应用成果。

而目前国内尚无上述两方面内容的喷嘴技术专著或手册。因此,以手册形式尽力总结、归纳 20 世纪 90 年代以来各领域的书刊、手册中已经使用和正在研究的喷嘴方面的资料。同时再补充作者涉足的有关喷嘴技术研究、应用成果及专著中的喷嘴内容。

本手册第一章全面介绍了喷嘴的应用范围,喷雾(喷射)工质种类和特性,喷嘴与燃烧技术的关系,以及喷嘴技术的发展。第二、三、四章分别介绍了不同工质的各种类型喷嘴的雾化原理,结构、性能特点,设计方法及应用情况。其中给出了近 150 种喷嘴结构或方案,突出介绍了全自动燃烧器及其喷嘴的技术细节。第五章概述了目前在喷嘴技术发展和应用中的几个技术关键及解决途径,

突出了在燃烧设备中节能和低污染燃烧技术装置中的喷嘴方案，并采用纵横比较分析方法，以揭示其内在联系。第六章主要介绍喷嘴的选择，使用中的相关装置和技术。第七章概要介绍不同燃料喷射燃烧过程中的主要计算模型及算例，展示数值计算在喷嘴技术研究中的价值，以及喷嘴与燃烧装置的密切关系。

基于本手册的宗旨及内容，其特点是：

1. 较全面、系统地介绍了目前使用中的各类喷嘴的工作原理、结构性能特点、设计方法及应用经验，因此具有实用性。

2. 尽力收集了国内外先进的节能、低污染燃烧(含喷嘴)技术和装置。因此紧扣了节约能源、改善环境的基本国策，即燃烧设备的发展方向，具有时代特征。

3. 介绍了先进的燃料喷射燃烧过程的数值计算，为喷嘴技术进一步研究和发

展提供了先进工具和手段。

4. 以燃烧设备的喷嘴为重点，兼顾非燃烧设备喷嘴的结构性能特点。可以促进各行业喷嘴技术相互借鉴，共同进步。

相信本手册的出版，对从事各种燃烧和非燃烧装置中的喷嘴设计、生产、使用者，以及相关专业的院校师生是很有参考价值的。

喷嘴技术是一种既古老而又充满生机的实用技术，还在不断地完善和发展。迄今为止，其中有些机理性的认识还在探索，有的喷嘴设计方法还不太成熟，加之所收集的资料有一定局限性，难免有些不妥和不完善之处，敬请读者不吝批评、指正。

最后，应当感谢北京航空航天大学赵其寿教授对全部书稿认真细致的审阅，提出了许多宝贵的修改和完善意见，另外无私地提供了他本人的大量研究成果和经验。还应感谢国家经贸委隋元春博士给予作者的多方面支持。还应感谢北京神雾热能有限公司吴道洪博士等对有关他们的科研成果部分的书稿内容进行了校阅。

主要符号表

拉丁字母符号

A 面积, 喷嘴几何特性(结构特性系数)
 AR 面积比
 AFR 空燃比
 b 宽度
 c 声速
 C 速度, 紊流模型系数
 C_d 流量系数
 C_p 定压比热容
 C_v 定容比热容
 D 直径, 扩散系数
 d 直径
 E 能量
 F 面积
 f 油气比, 面积
 FN 流量数
 g 重力, 重力加速度, 流通强度
 H 焓, 高度
 h 高度, 焓
 H_u 热值
 K 常数, 传热系数, 绝热指数
 k 绝热指数, 平衡常数, 湍动能
 $L(l)$ 长度
 L_o 理论空气量
 L_f 火焰长度
 M 相对分子质量
 Ma 马赫数
 m 质量, 质量分数($\dot{m}$), 质量变化率
 MMD 质量平均直径
 N 燃油分布不均匀指数, 反应数目
 Nu Nusselt 数
 P, p 压力, 概率

Pr 普朗特数 (Prandtl 数)
 Q 热量, 反应热
 q_m 质量流量
 q_v 体积流量
 R 半径, 气体常数, 比率, 变化率
 Re 雷诺数 (Reynolds 数)
 r 半径
 S 表面积
 SMD 索太尔平均直径
 SN 发烟数
 T 温度(K), 周期
 t 温度($^{\circ}C$), 时间
 $U(u)$ 速度
 $V(v)$ 体积, 容积, 速度
 V^o 理论空气量
 W 相对分子质量, 流量, 速率, 华白数
 (W_s, W_I)
 We Weber 数
 $Y(y)$ 相对浓度
 Z 压缩因子

希腊字母符号

α 余气系数
 β 化学恰当比, 角度
 Γ 输运系数, 通用扩散系数
 γ 重度
 δ 厚度, 温度场不均匀系数
 ϵ 湍流, 喷口有效面积系数
 ζ 湍阻系数
 η 效率, 系数
 λ 摩擦系数
 μ 动力粘性系数, 流量系数
 ν 运动粘性系数, 比容
 ρ 密度

σ 表面张力, 应力
 τ 时间, 剪切应力
 ψ 压力损失系数
 ϕ 直径, 当量油气比, 通量
 ω 角速度
 $\dot{\omega}$ 变化率

下角标

a 空气, 标量, 组分, 反应级数
b 燃烧室, 回油的
c 压气机, 冷却, 喷口
CM (cm) 混合的
cp 平均的
d 切向槽(孔)的
e 有效的, 蒸发的, 当量的
ev 蒸发
f 燃料, 燃油, 火焰
i 局部的, 点火
i, j, k 速度分量
in 内部的
g 燃气, 气相, 高的
kp 临界的
l 液相, 层流

m 质量的, 混合的
max 最大的
min 最小的
opt 恰当的
p 颗粒相, 燃烧产物
q 猝熄
r 径向的
rep 参考的
s 表面的
t 总的, 湍流
th 理论的
v 体积
w 壁面的

上角标

' 同类参数区分号

侧记号

Σ 总和
 Δ 绝对增量, 变化

顶记号

- 平均值, 相对值

目 录

主要符号表

第一章 概论	(1)
1 喷嘴的应用范围	(1)
1.1 燃烧设备上的应用	(1)
1.2 非燃烧设备上的应用	(5)
2 喷雾工质的种类及特性	(16)
2.1 气态工质	(16)
2.2 液态工质	(19)
2.3 固态工质	(25)
2.4 两相工质	(26)
2.5 各种燃料的特点比较及应用	(28)
3 喷嘴与燃烧技术和装置的关系	(31)
4 喷嘴技术的发展	(32)
第二章 气态燃料喷嘴	(35)
1 气态燃料的燃烧特点	(35)
2 燃气燃烧装置的分类	(35)
3 工业炉上的燃气烧嘴	(38)
3.1 工业炉上燃气烧嘴类型及特点	(38)
3.2 工业炉上燃气烧嘴的应用	(40)
3.3 工业炉燃气喷头的设计	(42)
4 燃气锅炉的燃烧器及喷头	(46)
4.1 锅炉用一般燃气燃烧器的类型及特点	(46)
4.2 锅炉用全自动燃气燃烧器的特点	(55)
4.3 全自动燃气燃烧器喷头结构及设计要点	(56)
5 燃气内燃机的燃料供给	(59)
6 燃气轮机的燃气喷嘴	(62)
6.1 多孔式喷嘴	(62)
6.2 组合式煤气/空气旋流式喷嘴设计	(63)
6.3 高炉煤气燃烧特点及其喷嘴	(65)
第三章 液态工质机械雾化喷嘴	(67)
1 液态工质雾化的重要性及其分类方法	(67)
1.1 液态工质雾化的重要性	(67)
1.2 液态工质的雾化方法分类	(67)

2	液态工质的雾化原理	(69)
2.1	几种液态工质雾化器原理的一般说明	(69)
2.2	液态工质喷射雾化机理的研究	(71)
3	喷嘴性能和喷雾质量的检测	(72)
3.1	喷嘴性能及其喷雾质量参数	(72)
3.2	喷嘴性能和喷雾质量检测的必要性	(77)
3.3	常规喷嘴性能的检测设备	(77)
3.4	喷雾质量的检测设备	(79)
3.5	喷嘴性能及雾化质量的主要影响因素及预测	(81)
4	直射式喷嘴	(83)
4.1	应用情况	(83)
4.2	设计方法	(86)
4.3	直射喷嘴的改进方案	(88)
4.4	雾化质量预估	(89)
4.5	喷灌设备的喷头	(90)
5	单路压力雾化喷嘴	(93)
5.1	结构特点	(93)
5.2	设计方法	(95)
5.3	性能调整	(102)
5.4	喷雾方式及其应用	(104)
5.5	喷雾质量预估	(107)
6	双路压力雾化喷嘴	(110)
6.1	主要类型及结构性能特点	(110)
6.2	设计方法及雾化质量预估	(113)
7	可调式机械雾化喷嘴	(114)
7.1	主要类型及原理	(114)
7.2	回油喷嘴的调节方式	(116)
7.3	全自动燃烧器上的回油喷嘴	(117)
7.4	空气助雾化回油喷嘴的特性	(118)
7.5	回油喷嘴的设计	(118)
8	旋转式雾化喷嘴	(128)
8.1	主要类型及原理	(128)
8.2	转杯式雾化喷嘴	(128)
8.3	旋盘式雾化喷嘴	(131)
8.4	甩油盘式雾化喷嘴	(133)
9	超声波雾化喷嘴	(136)
9.1	基本原理及控制参数	(136)

9.2 应用性能	(139)
10 静电雾化喷嘴	(140)
10.1 基本原理	(140)
10.2 应用情况	(141)
第四章 液、固态工质空气雾化喷嘴	(142)
1 空气雾化喷嘴的主要类型及应用	(142)
2 蒸发管	(145)
2.1 结构性能特点	(145)
2.2 设计方法	(146)
3 低压空气雾化喷嘴	(147)
3.1 工业炉窑上采用的低压空气雾化喷嘴	(147)
3.2 燃气轮机上采用的低压空气雾化喷嘴	(152)
4 高压气流雾化喷嘴	(164)
4.1 主要类型及特点	(164)
4.2 内、外混式喷嘴设计及雾化质量预估	(168)
4.3 Y型喷嘴设计及雾化质量预估	(178)
5 机械空气(蒸汽)雾化喷嘴	(182)
5.1 特点及应用	(182)
5.2 一般机械空气(蒸汽)雾化喷嘴	(182)
5.3 空气助雾化喷嘴	(184)
6 气泡雾化喷嘴	(186)
6.1 新型气动喷嘴的研究开发	(186)
6.2 主要性能特点	(186)
7 组合式气流雾化喷嘴	(190)
8 煤粉和煤浆喷嘴	(191)
8.1 燃煤技术概况	(191)
8.2 粉料和乳浆的供给技术	(194)
8.3 煤粉喷嘴类型及设计	(196)
8.4 水煤浆喷嘴类型及设计	(201)
第五章 喷嘴的关键技术	(207)
1 雾化工质产生的技术关键	(207)
1.1 高粘度液体的雾化	(207)
1.2 抗磨蚀的喷嘴	(211)
1.3 其他工质的关键技术问题	(212)
2 工作参数产生的技术关键	(212)
2.1 非常大流量重油喷嘴	(212)
2.2 非常小流量燃油喷嘴	(212)

2.3	耐高温喷嘴	(212)
2.4	高反压喷嘴	(214)
3	节能燃烧技术及其喷嘴	(216)
3.1	节能的迫切性	(216)
3.2	节能燃烧技术的一般原理	(217)
3.3	平焰烧嘴	(221)
3.4	高速烧嘴	(222)
3.5	表面燃烧烧嘴 (CFB 烧嘴)	(224)
3.6	空气预热式烧嘴	(225)
3.7	富氧烧嘴	(229)
3.8	辐射式及浸没式烧嘴	(231)
3.9	脉冲燃烧及其烧嘴	(232)
4	低污染燃烧技术及其喷嘴	(236)
4.1	燃烧产物的污染物及其防治原则	(236)
4.2	掺水燃烧及其喷嘴	(239)
4.3	分级燃烧及其喷嘴	(243)
4.4	浓淡燃烧技术及其喷嘴	(252)
4.5	烟气再循环燃烧技术	(253)
4.6	催化燃烧技术及应用	(255)
4.7	贫油预混预蒸发燃烧技术及其喷嘴	(258)
4.8	改进喷嘴结构	(261)
5	喷嘴的材料选择及制造工艺	(263)
5.1	喷嘴的选材及制造工艺的重要性和要求	(263)
5.2	典型喷嘴精密件加工要求及其工艺	(266)
5.3	喷嘴壳体加工及其装配	(276)
5.4	喷嘴零件的热处理和表面处理	(279)
第六章	喷嘴的选用及配套技术和装置	(281)
1	喷嘴的选择	(281)
1.1	选择原则	(281)
1.2	目前各种设备使用的喷嘴	(282)
2	空气供给系统	(284)
2.1	供风方式及装置	(284)
2.2	雾化空气供给	(285)
2.3	空气压缩功的计算	(285)
3	燃料供给系统	(286)
3.1	燃料净化处理	(286)
3.2	液体燃料供给	(291)

3.3	气体燃料供给	(292)
3.4	燃料气压缩功的计算	(293)
4	燃烧器的配风	(295)
4.1	稳焰机理及稳焰方式	(295)
4.2	配风的一般原则	(297)
4.3	配风器的类型及特点	(298)
5	燃气(油)燃烧器的热工检测与控制	(300)
5.1	燃气(油)炉及燃烧器热控内容及要求	(300)
5.2	燃烧过程的自动调节与控制任务	(301)
5.3	燃烧过程的自动调节方案	(303)
5.4	烟气成分分析与燃烧工况调控	(306)
5.5	内燃机燃料供给控制技术	(309)
6	点火装置	(314)
6.1	直接点火方式	(315)
6.2	间接点火方式	(315)
6.3	改善点火性能的措施	(318)
7	火焰长度与喷嘴	(319)
7.1	不同燃料与烧嘴的火焰长度经验关系式	(319)
7.2	调整火焰长度的方法	(320)
7.3	强化燃烧的新型燃烧室方案	(321)
8	燃料替换	(325)
8.1	一般燃料替换的供给量的换算	(325)
8.2	民用炉灶的煤气互换性	(326)
8.3	燃气轮机的燃料替换	(327)
9	与喷嘴有关的故障及喷嘴维护	(327)
10	各种燃料的安全使用	(331)
10.1	各种燃料使用中的安全事故	(331)
10.2	安全使用各种燃料的具体要求	(332)
第七章	燃料喷射燃烧过程的数值计算	(334)
1	概述	(334)
1.1	燃烧技术的研究方法	(334)
1.2	数值模拟的步骤及其功能	(335)
1.3	燃料喷射燃烧过程的数值计算	(336)
2	气体燃料喷射燃烧模型	(336)
2.1	基本方程	(336)
2.2	气流湍流模型	(338)
2.3	湍流燃烧模型	(342)

2.4	传热模型	(347)
2.5	污染物生成模型	(348)
3	液体燃料喷雾燃烧模型	(350)
3.1	喷雾破碎模型	(351)
3.2	喷雾碰壁模型	(353)
3.3	喷雾蒸发模型	(354)
3.4	湍流两相(多相)流的模型	(357)
4	固体燃料喷射燃烧模型	(359)
4.1	煤中水分蒸发模型	(359)
4.2	煤粉热解模型	(360)
4.3	焦炭燃烧模型	(361)
5	多组分燃料喷射燃烧数值计算(算例)	(364)
5.1	回转水泥窑整体混煤数值研究	(365)
5.2	柴油机中乳化油催化燃烧数值研究	(369)
附录 1	喷嘴与燃烧技术方面英文名词和缩写词	(374)
附录 2	典型气体燃料成分及特性表	(375)
附录 3	单一气体在标准状态下的主要特性值	(376)
附录 4	一些单一气体的燃烧特性	(377)
附录 5	有关粘度单位的换算	(378)
附录 6	本手册有关计量单位的换算	(381)
附录 7	排放污染物的计量单位及排放指标	(381)
参考文献		(383)

第一章 概 论

1 喷嘴的应用范围

喷嘴的应用范围几乎包含所有工业领域、交通运输、农业生产,以及人们日常生活。除了人们熟知的燃用各种燃料(气体、液体和固体燃料)的燃烧设备和装置外,在非燃烧工业设备上也广泛应用。

1.1 燃烧设备上的应用^[1~7]

(1) 工业炉

工业炉是工业原材料在冶炼、加工和成品精制过程中,为实现预期的物理或化学变化所需的加热装置。

机械工业部门应用的工业炉有许多种,如铸造车间的平炉、冲天炉、电弧炉、退火时效炉;锻造车间的加热炉及锻后处理炉;轧制车间的加热炉;热处理车间的各种热处理炉等。

冶炼企业的炼铁、炼钢的冶金炉,各种有色金属的熔炼炉、精炼炉等。

石化、化工部门的加热炉、分解炉、炼焦炉、煤气发生炉等,其中石化部门应用最多的是管式加热炉。

建筑材料(水泥、耐火材料、玻璃、陶瓷等)部门的烧成炉、熔化炉、煅烧炉、热处理炉等。此外,环境部门的工业、生活废弃物焚烧炉;交通部门的筑路机械的料石和沥青的加热炉等。

以上各种炉窑按供热方式又可分为:燃料炉(火焰炉)和电炉。据统计,我国现有工业窑炉约 80 多万台(含 5kW 以上的工业电炉在内),年消耗能源 1.9 亿吨标准煤,约占全国能源总消耗量 1/5。其中燃料炉的耗能占总耗的 92%,电炉能耗约占 8%。

燃料炉是将各种燃料经燃烧以提供热能,为此必须将燃料经喷雾(或喷射)供给燃烧的装置,一般在工业炉上称为烧嘴或燃烧器,其中必然包含喷嘴(或称喷头、雾化器、喷枪等)。适用于燃用各种燃料的喷射装置种类繁多,其中燃气、燃油的喷嘴的类型见表 2.1、表 2.2、表 3.1。

据初步调查,各行业或部门对烧嘴(或燃烧器)的需要量是很大的,全国陶瓷行业约 7000 多家工厂;玻璃行业约 2000 多家;民政部下属火葬厂约 4000 多家;中石化、原化工部下属企业千余家;油田水套炉 1.7 万台;火力、热力发电厂 3000 多家需要点火油枪……。每个厂家的每个(台)炉窑往往需要提供的工作及备用的烧嘴是数个,数十个。

不难看出,工业炉窑是应用各类喷嘴的大户。

(2) 热能动力装置

企、事业单位以及起重设备、运输工具(船舶、车辆、飞机、运载火箭、航天器等)等生产及业务活动所需的固定和移动设备需要一定的热能动力设备,作为电力、蒸汽、热水供应及工作机械驱动,有的还需供应压缩空气、水和液压油等。

热能动力装置包括发动机和锅炉(工业和生活用)。其中的发动机又有如下类型: