



工业过程与设备丛书

RANSHAO

GUOCHENG YU SHEBEI

燃烧过程与设备

廖传华 史勇春 鲍金刚 主编

中国石化出版社

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

工业过程与设备丛书

燃烧过程与设备

廖传华 史勇春 鲍金刚 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在简要介绍燃料的种类和性质的基础上,从理论上系统介绍了燃料过程的热工计算及其化学动力学基础、燃料着火过程及其火焰的传播与稳定,并分别介绍了气体、液体、固体燃料的燃烧过程与设备及其附属设备,并对燃烧过程造成的污染及其防治等进行了简述。

本书系统科学,通俗易懂,是一本具有实用价值的教材及技术参考书,适用于石油、化工、生物、制药、食品、医药、机械等专业的大专院校教师、研究生及高年级本科生,同时对工程技术人员、研究人员也会有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

燃烧过程与设备/廖传华,史勇春,鲍金刚主编. —北京:
中国石化出版社,2008
(工业过程与设备丛书)
ISBN 978-7-80229-571-1

I. 燃… II. ①廖…②史…③鲍… III. ①燃烧过程②燃
烧-设备 IV. TQ038 TK16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 049390 号

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

北京密云红光制版公司排版

北京科信印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 22 印张 406 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定价: 50.00 元

序

过程工业(Process industry, 也称流程工业)是以流程性物料为处理对象, 经过一系列的化学过程, 通过改变物质的状态、结构和性质, 生产出工业产品的工业过程的总称。过程工业的涵盖面很广, 包括化学工业、石油炼制、石油化工、天然气加工、污水处理、能源工业、冶金工业、建材水泥、核能工业、生物技术工业以及医药工业等, 其产品的种类已逾上万, 它包含了每个国家的大部分重工业, 是一个国家发展生产和改善人民生活的基础。

过程工业的最大特点是原料在生产过程中经过了许多化学变化和物理变化, 因此这类生产过程又称为工业化学过程。工业化学产品的多样性导致了化学加工过程的广泛性、多样性和复杂性。虽然不同过程工业所生产产品的工艺过程各不相同, 但都具有其共性: 一般来说, 一个工业化学产品的生产或加工过程大都可以划分为原料预处理、化学反应和产品后加工三个基本环节。

原料的预处理是化学反应前的准备工作。当使用气体(或液体)原料时, 预处理包括原料气的制备、净化和配制, 要求制得的原料具有一定的组成、浓度和纯度, 尽量少含杂质(特别是有害杂质)。当使用矿物原料时, 预处理包括选矿、配矿、粉碎、筛分, 有时还需用干燥或煅烧。原料矿粉应具备一定的组成(或品位)及一定的细度, 以利于化学反应。

化学反应是工业化学过程的中心环节。为使反应进行得迅速、完全, 需要维持一定的温度、压力和流量等操作条件, 多数情况还要使用催化剂, 因此在化学反应过程中还要创造良好的传热、传质和流体流动条件, 以保证化学反应的顺利进行。

产品的后加工主要是指对产品的分离和提纯以及对未完全反应物的回收利用。最常见的分离方法有冷冻冷凝、精馏分离和结晶分离等。未完成反应物的回收利用常常采取循环作业。此外, 固体产品的造粒成型、干燥和包装也是产品后加工不可缺少的内容。

由此可以看出，按照工艺流程的要求，所有过程工业的生产过程均是“三传一反”不同形式的组合，都涉及到物料的输送、传热(加热或冷却)、热源的组织(燃烧)、反应、分离(或精制)等过程，因此，无论是从事学术研究还是生产过程与设备的操作管理等工作，都必须对相关的过程有一个全面的认识。另一方面，由于科学技术日新月异的发展，新技术、新设备、新流程的不断引进，设备逐步向大型化、单系列、自动化、智能化发展，客观上要求对相关设备的工作原理及运行过程中可能出现的故障有一个全面的了解，并能及时提出相应的防范与解决措施，避免造成经济损失甚至人员伤亡。与此同时，现代过程工业的不断发展与进步，对提高人类生活质量起着十分巨大的作用，但由于人们对生产过程机理及设备运行规律的认识不够深入，因此也带来了许多人类难以解决的问题，如工业生产带来的污染，即使投入大量的人力、物力也常常难以得到很好的解决。

为满足这种需要，南京工业大学和山东省科学院等合作，联合编写了这套实践性很强的《工业过程与设备丛书》(包括《反应过程与设备》、《输送过程与设备》、《传热过程与设备》、《燃烧过程与设备》、《分离过程与设备》及《设备检修与维护》)。这套丛书涵盖了工艺过程与设备两个平台，除详细的理论阐述外，还列举了大量的工业应用实例，力求使读者对目前过程工业中涉及的相关过程及所应用的设备有一个较为全面的了解，能进一步做好自己所从事的工作。对于从事相关过程的工程设计、生产操作和企业管理人员，以及大专院校的师生，都将是十分有益的。

南京工业大学校长
中国工程院院士



前 言

燃烧现象广泛存在于人类社会之中。从日常生活到工业交通及空间技术等方面，都要涉及到如何以燃料作为能量来源和合理组织燃烧过程的问题。

燃烧研究的内容包括两部分，即燃烧理论和燃烧技术。燃烧理论着重研究燃烧过程所包括的各个基本现象，例如燃烧反应机理，预混可燃气体的着火和熄灭，火焰的传播机理、火焰的结构、单一油滴和碳粒的燃烧等。它主要是运用化学、传热传质学及流体力学的有关理论，由简及繁地说明各种燃烧基本现象的物理化学本质。在工业炉领域中有关各类燃料的燃烧速度、燃烧稳定性、火焰的流场和结构、火焰、燃烧声响、燃烧污染物的生成机理等都是燃烧理论要研究的重要课题。

燃烧技术主要是把燃烧理论中所阐明的物理概念和基本规律与实际工程中的燃烧问题联系起来，对现有的燃烧方法进行分析和改进，对新的燃烧方法进行探讨和实验，以不断提高燃料利用率和燃烧设备的技术水平。

在不同的领域里，对燃烧技术有着不同的要求，对各种工业炉来说，燃料的燃烧主要是为取得热能，并以火焰为媒介将热能传给被加热的物体。随着生产技术的发展，以及工艺过程的要求，各种大型、快速、连续和自动化工业炉相继出现。这些现代化的大型工业炉不仅要求配备大功率的燃烧装置以满足炉子热负荷的需要，而且还往往根据生产工艺的特点对燃烧技术提出一些特殊的要求，尤其是在降低能源消耗、节约燃料资源这一重大课题方面，根据生产工艺的特点，合理组织工业炉中的燃烧过程更是一项重要的措施。因此，当前工业炉燃烧技术研究的主要问题是：针对不同燃料的燃烧特性提出合理的燃烧方法；根据生产工艺的具体要求研究并设计特殊性能的新型燃烧装置；研究高效率节能型燃烧装置；研究低噪音、低污染的燃烧技术以及为实现工业炉的计算机控制提供燃烧过程的数学模型。

合理组织炉内的燃烧过程，从来就是提高燃料利用效率和改进炉子工作的一项重要措施。随着我国科学技术的发展，特别是在广泛开展节能减排活动的推动下，我国在发展燃烧新技术和研究各种新型燃烧装置方面做了大量的工作，并取得了可喜的成果。燃烧技术对提高工业炉的热效率和改进工业炉热工所起的重要作用也日益引起各工业部门的重视。为此，南京工业大学和山东省科学院联合编写了这本《燃烧过程与设备》，旨在介绍有关燃料燃烧的基本原理和基本知识，以不断提高工业炉科学技术水平。

本书由南京工业大学廖传华、山东省科学院史勇春与南京工业大学鲍金刚主编，全书由廖传华统稿。参加编写的还有：南京工业大学朱廷凤、黄振仁、蒋金柱、李磊，山东省科学院柴本银等。

本书的编写得到了南京工业大学朱跃钊副校长和南京工业大学机械与动力工程学院的大力支持，在此深表感谢。在编写过程中参考了大量的相关资料，但书中没有一一列出，在此谨对原文作者致以衷心的感谢。另外，周青云、李瑞容、褚旅云、方向、张维薇等同学做了大量的文字输入工作，南京中圣园机电设备有限公司提供了大量文献资料，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，水平所限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第1章 概论	(1)
1.1 燃烧与人类文明	(1)
1.2 燃烧方式	(2)
1.2.1 层燃方式	(2)
1.2.2 室燃方式	(3)
1.2.3 沸腾燃烧方式	(4)
1.3 燃烧工况与燃烧的必要条件	(5)
1.4 燃烧科学的应用和发展	(6)
第2章 燃料的种类及其性质	(8)
2.1 固体燃料的种类和性质	(8)
2.1.1 煤的种类	(8)
2.1.2 煤的化学组成	(9)
2.1.3 煤的元素分析	(12)
2.1.4 煤的使用性质	(14)
2.1.5 煤的燃烧特性	(16)
2.1.6 燃煤新技术概述	(16)
2.2 液体燃料的种类和性质	(19)
2.2.1 石油的炼制及其产品	(19)
2.2.2 液态产品的化学组成	(20)
2.2.3 液态燃料的物理性质	(21)
2.2.4 液态燃料的燃烧性质	(25)
2.2.5 液态燃料的使用性	(27)
2.2.6 各种液态燃油	(27)
2.3 气体燃料的种类和性质	(30)
2.3.1 天然气	(31)
2.3.2 人造煤气	(32)
2.3.3 气态燃料的表示方法	(35)
2.4 燃料的发热量	(36)

第3章 燃烧过程的热工计算	(40)
3.1 概述	(40)
3.1.1 有关燃烧的几个基本概念	(40)
3.1.2 燃烧计算的依据、内容及假设条件	(41)
3.2 燃料燃烧所需的空气量	(42)
3.2.1 液体燃料和固体燃料燃烧所需理论空气量	(42)
3.2.2 气体燃料的理论空气需要量	(44)
3.2.3 实际空气供给量与空气消耗系数	(44)
3.3 完全燃烧产物生成量、成分和密度	(46)
3.3.1 固体和液体燃料的燃烧产物生成量	(46)
3.3.2 气体燃料的燃烧产物生成量	(47)
3.3.3 燃烧产物成分百分比	(48)
3.3.4 燃烧产物密度	(48)
3.4 不完全燃烧的燃烧产物	(49)
3.4.1 不完全燃烧时燃烧产物生成量的变化	(49)
3.4.2 不完全燃烧产物成分和生成量的计算	(52)
3.5 燃烧温度计算	(54)
3.5.1 无热离解时理论燃烧温度的计算	(55)
3.5.2 有离解时理论燃烧温度的计算	(57)
3.5.3 理论燃烧温度的近似估算	(60)
3.5.4 影响理论燃烧温度的因素	(60)
第4章 化学动力学基础	(63)
4.1 化学反应速率与化学反应的分类	(63)
4.1.1 化学反应速率	(63)
4.1.2 化学反应速率和浓度的关系——质量作用定律	(64)
4.1.3 化学反应的分类	(66)
4.2 化学反应机理	(68)
4.2.1 分子热活化理论	(69)
4.2.2 活化分子碰撞理论	(70)
4.2.3 活化络合物(过渡态)理论	(73)
4.2.4 链锁反应	(75)
4.3 影响化学反应速率的因素	(81)
4.3.1 温度对化学反应速率的影响	(81)

4.3.2	反应物浓度对化学反应速率的影响	(83)
4.3.3	压力对化学反应速率的影响	(84)
4.3.4	可燃混合气的配合比例	(86)
4.3.5	反应混合气中惰性成分对化学反应速率的影响	(87)
4.3.6	活化能对化学反应速率的影响	(87)
4.3.7	温度和压力对可逆反应的影响	(88)
第5章 预混气体的着火过程		(90)
5.1	热自燃理论	(90)
5.1.1	热自燃与链锁自燃	(90)
5.1.2	绝热条件下的热自燃	(91)
5.1.3	在有散热情况下的热自燃	(95)
5.2	链锁自燃理论	(105)
5.2.1	链锁自燃	(105)
5.2.2	感应期的确定	(109)
5.2.3	着火半岛现象	(110)
5.3	点燃理论	(112)
5.3.1	可燃混合气的点燃	(112)
5.3.2	常用的点燃方法	(112)
5.3.3	火花点燃的最小点火能量	(113)
5.4	点燃的浓度界限	(116)
第6章 预混气体中的火焰传播和火焰稳定		(119)
6.1	火焰前锋及层流火焰的传播速度	(119)
6.2	层流火焰传播速度	(121)
6.3	影响层流火焰传播速度的因素	(123)
6.3.1	可燃混合气性质的影响	(123)
6.3.2	燃料结构的影响	(124)
6.3.3	可燃混合气组成的影响	(124)
6.3.4	可燃混合气压力的影响	(125)
6.3.5	可燃混合气初始温度的影响	(126)
6.3.6	可燃混合气中掺杂物的影响	(126)
6.4	层流火焰传播界限	(128)
6.4.1	火焰传播界限	(128)

6.4.2	影响火焰传播浓度界限的因素	(129)
6.5	湍流预混气流中火焰的传播	(131)
6.6	高速混气流中火焰稳定原理	(133)
6.6.1	非流线体稳定火焰的机理	(133)
6.6.2	火焰稳定理论	(135)
6.7	高速气流中稳定火焰的方法	(136)
6.7.1	高速气流中利用引燃火焰稳定火焰	(136)
6.7.2	高速气流中利用钝体稳定火焰	(138)
6.7.3	高速气流中稳定火焰的其他各种方法	(138)
第7章	气体燃料的燃烧过程与设备	(146)
7.1	气体燃料射流的扩散燃烧	(147)
7.1.1	扩散燃烧火焰的类型	(147)
7.1.2	扩散燃烧与动力燃烧	(148)
7.2	气体燃料射流的层流扩散燃烧	(149)
7.3	气体燃料射流的湍流扩散燃烧	(152)
7.4	火焰的结构和稳定	(154)
7.4.1	预混火焰结构	(154)
7.4.2	扩散火焰的结构	(155)
7.4.3	扩散火焰的稳定	(158)
7.5	逆向喷流扩散火焰	(161)
7.6	煤气燃烧方法与火焰稳定	(162)
7.6.1	燃烧方法	(162)
7.6.2	火焰稳定	(164)
7.7	有焰燃烧	(165)
7.8	无焰燃烧	(176)
7.9	火焰的稳定性、火焰监测和保焰技术	(181)
7.9.1	火焰的稳定性	(181)
7.9.2	火焰监视和保焰技术	(182)
第8章	液体燃料的燃烧过程与设备	(185)
8.1	液体燃料的燃烧过程	(185)
8.2	液体燃料的雾化过程	(188)
8.2.1	雾化原理和方法	(188)

8.2.2	雾化过程	(189)
8.2.3	油雾炬的特点	(190)
8.2.4	雾化颗粒平均直径的影响因素	(191)
8.3	油珠的蒸发与燃烧	(193)
8.3.1	蒸发或燃烧时的油珠温度	(193)
8.3.2	油珠蒸发或燃烧时的斯蒂芬(Stefan)流	(194)
8.3.3	高温环境中相对静止油珠的蒸发速率	(195)
8.3.4	高温环境中相对静止油珠的能量平衡	(196)
8.3.5	相对静止油珠的燃烧	(197)
8.3.6	强迫对流条件下油珠的蒸发或燃烧速率	(198)
8.3.7	d^2 定律及油珠寿命	(199)
8.4	液体燃料的油雾燃烧过程	(202)
8.5	燃油烧嘴	(203)
8.5.1	气体介质雾化式油烧嘴	(204)
8.5.2	油压式(机械式)油烧嘴	(212)
8.5.3	转杯式油烧嘴	(214)
8.6	液体燃料燃烧过程的组织	(214)
8.7	乳化油及其燃烧	(216)
8.7.1	乳化技术	(217)
8.7.2	乳化油燃烧机理	(218)
8.7.3	燃烧技术	(219)
8.8	典型液体燃料燃烧装置简介	(221)
8.8.1	燃气(涡轮)(发动)机燃烧室	(221)
8.8.2	燃油工业炉	(222)
第9章	固体燃料的燃烧过程与设备	(225)
9.1	固体燃料的燃烧过程	(225)
9.1.1	碳的燃烧过程	(226)
9.1.2	固体燃料燃烧过程的分类	(227)
9.2	固体碳粒的燃烧	(230)
9.2.1	碳的燃烧过程	(230)
9.2.2	碳粒燃烧的化学反应	(230)
9.2.3	碳和氧的反应	(231)
9.2.4	碳和二氧化碳的反应	(233)

9.2.5	碳与水蒸气的反应	(234)
9.3	碳粒燃烧速率	(234)
9.3.1	两相燃烧原理	(234)
9.3.2	碳粒燃烧速率	(237)
9.3.3	内部扩散燃烧	(239)
9.4	扩散与动力控制的碳粒表面燃烧	(242)
9.4.1	碳粒燃烧速率	(242)
9.4.2	次级反应和碳粒内孔对碳粒燃烧速率的影响	(245)
9.5	灰分对碳燃烧的影响	(248)
9.6	固体碳粒的着火和熄火	(250)
9.7	煤粒的燃烧	(254)
9.8	煤粉的燃烧	(256)
9.8.1	煤粉气流	(256)
9.8.2	煤粉气流的着火	(259)
9.8.3	煤粉气流着火后的燃烧	(260)
9.9	固体燃料的燃烧方式和燃烧装置	(262)
9.9.1	固体燃料的层状燃烧	(262)
9.9.2	粉煤燃烧法	(270)
9.9.3	旋风燃烧法	(278)
9.9.4	沸腾燃烧	(282)
9.10	煤的气化	(285)
9.10.1	概述	(286)
9.10.2	影响气化指标的主要因素	(289)
9.10.3	煤气发生炉生产过程的强化	(291)
9.10.4	煤气的净化	(292)
第10章	燃烧装置的附属设备	(294)
10.1	空气和燃料供给装置	(294)
10.1.1	空气供给装置	(294)
10.1.2	燃料供给装置	(295)
10.1.3	煤气和空气混合装置	(301)
10.2	点火装置	(302)
10.2.1	点火方法	(302)
10.2.2	点火器和点火烧嘴	(302)

10.3	自动控制装置	(303)
10.3.1	燃烧自动控制的原理	(303)
10.3.2	自动点火、熄火以及安全装置	(304)
10.3.3	运转中的自动控制装置	(307)
第11章	燃烧造成的污染及防治	(313)
11.1	燃烧造成的大气污染	(313)
11.2	烟尘的生成机理及防治	(315)
11.2.1	烟尘的形成及其危害性	(315)
11.2.2	烟尘的种类及生成机理	(315)
11.2.3	影响烟尘生成的因素及防治途径	(316)
11.3	硫的氧化物的生成机理和防治	(317)
11.3.1	硫的氧化物种类及生成机理	(318)
11.3.2	影响硫氧化物的因素及防治途径	(319)
11.4	氮的氧化物的生成机理及防治	(321)
11.4.1	氮氧化物的种类及生成机理	(321)
11.4.2	影响氮氧化物生成的因素	(322)
11.4.3	防止氮氧化物污染的措施	(324)
11.5	低 NO_x 燃烧方法和低 NO_x 燃烧器	(325)
11.5.1	低 NO_x 燃烧方法	(325)
11.5.2	低 NO_x 燃烧器	(327)
11.6	噪声的形成机理及控制	(329)
11.6.1	噪声的物理量度	(330)
11.6.2	燃烧噪声的形成机理及控制声源的途径	(332)
参考文献		(336)

第1章 概 论

各种燃料的可燃成分虽有不同，但基本都是由碳、氢、硫、一氧化碳及碳氢化合物等所组成。固体和液体燃料主要有碳、氢、硫等可燃成分，气体燃料有一氧化碳、氢、甲烷、硫化氢和烃类等可燃成分。燃料中的可燃成分与氧气相遇，发生强烈化学反应的过程叫做燃烧。燃烧过程的特点是：反应进行得非常迅速，并伴随有发光发热的现象，因此，概括地说，燃烧就是可燃质与氧发生的一种发光发热的高速化学反应。

燃料燃烧，生成了燃烧产物(烟气)并放出热量。热量的一部分消耗在加热新燃料，使其温度迅速达到着火温度，其他部分热量则被炉中受热面内流动的工质(水、气水混合物或饱和蒸气)所吸收。

燃烧能否完全燃烧并放出全部热量，与燃烧炉的结构特点、采用的燃烧方式以及燃烧过程中的风量调节、运行方式等有关。

1.1 燃烧与人类文明

火，被人类掌握使用以后，为人类的进步与发展作出了巨大的贡献。恩格斯对此曾作过科学论断：“火的利用第一次使人类支配了一种自然力，从而最终把人和动物分开。”故火的使用可以认为是出现人类的标志之一。人类自学会使用火后，生产能力不断提高，社会也随之进步与发展。18世纪产业革命的形成主要是由于蒸汽机的产生。蒸汽机之所以会产生则是人类在使用火(燃烧燃料)方面所积累的大量知识与经验的结果。随着社会生产的发展，火的使用也越来越广泛，使用量(即所谓的能源消耗量)也越来越大。在冶金、化工、交通运输、机械制造、纺织、造纸、食品以及国防等轻重工业和人们日常生活中无一能脱离火的使用——燃烧技术。近年来，宇航的迅速发展使人们实现了先人梦幻的境界，但这需要很好解决高能燃料(如液氢等)的燃烧问题以制造出功率巨大的火箭发动机。

因此，人类的物质文明与燃烧技术是密切相关的。从某种意义上说，没有火，就没有人类社会的进步，也就没有今天的高度物质文明，即使在今后相当长的一段时期内也是如此。

1.2 燃烧方式

固体燃料煤在工业中的燃烧方式，一般可分为层燃式、室燃式(或称悬浮式)和沸腾式三种。有些炉子的燃烧方式介于三种燃烧方式之间，例如，在层燃炉中采用风力抛煤机或机械抛煤机时，有不少微细煤粒被抛到燃料上方的空间燃烧，该炉子的燃烧方式就属于半悬浮燃烧或火炬-层燃方式。

1.2.1 层燃方式

在层燃炉中只燃烧固体的燃料。图 1-1 为层燃炉的工作原理图。将燃料送到固定的或移动的炉篦上，形成厚度均匀的燃料层，空气通过炉篦上的孔缝隙由下向上流动，空气与燃料之间没有相对运动，大部分燃料是在炉篦上燃料层中燃烧。被吹至燃烧室空间的部分细屑煤粒和燃料层中燃料放出的挥发分，以及焦炭在燃烧时周围所形成未燃完的可燃气体，在燃料层上部的炉子空间燃烧。

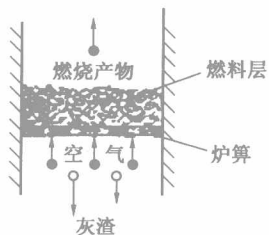


图 1-1 层燃原理

根据层燃炉的炉排结构特点，层燃炉可分为燃料层不动(固定炉排)、燃料层在炉排上移动(振动炉排和翻转炉排)和燃料层与炉排一起移动(链条炉排)三种，如图 1-2。



图 1-2 层燃炉分类

上述各种层燃炉，其燃用的固体燃料采用 0~30mm 小块状，燃烧所需要的空气均由炉篦下送入，因此，燃料在层燃炉中的燃烧速度就取决于燃料的表面积和送入空气的速度。燃料块愈小，其表面积愈大，燃烧反应进行得就愈快。但过多的细屑煤粒除增大空气的流通阻力，影响空气的供给外，还易被烟气带走，增加了燃烧热损失。因此燃料粒径的大小对层燃炉的燃烧是有很大影响的。此外，空气的流速对燃烧速度也有影响，如提高空气流速可以加快燃料的燃烧速度，但风速过大会将部分燃料吹起，使燃料层的稳定性遭到破坏。

工业锅炉的蒸气负荷是经常变动的，燃烧所需的燃料量也相应随之变动，所

以可用改变空气供应速度和送入炉排上的煤量来适应负荷的需要。

层燃式在中小型动力装置和工业锅炉中占有重要地位，其主要优点是热惰性大(即燃料供给与鼓风之间协调性发生偏差时敏感性差)；对燃烧技术要求不高，在防止燃料未飞出的情况下，可用增大鼓风机的办法来助燃。其缺点是不适用于大型动力装置，也不能实现完全机械化和自动化。

1.2.2 室燃方式

燃料随气流喷入燃烧室内，呈悬浮状态燃烧。

气体燃料不必预热即可直接送入炉内燃烧，液体燃料须通过雾化器，将其雾化成细雾状油滴后，送入炉内燃烧。雾化除了增大油滴与空气的接触面积外，又可使油雾粒不易由气流中分离出来，所以油滴在炉内得以充分而完全的燃烧。固体燃料则应将其磨制成极细的煤粉后，由空气送入炉内燃烧。

根据炉内气流情况，室燃方式又可分为火炬燃烧方式与旋风燃烧方式。

1. 火炬燃烧方式

燃料与空气的混合物送入炉内后呈火炬形式燃烧，如图1-3所示。燃料与空气之间几乎没有相对运动。采用这种燃烧方式的炉子称为室燃炉。燃用煤粉的室燃炉称为煤粉炉；燃用液体、气体燃料的称为燃油炉、燃气炉。煤粉炉按其排渣方式，又分为固态排渣炉和液态排渣炉。

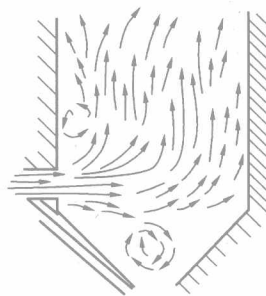


图1-3 火炬燃烧方式

采用火炬燃烧方式时，燃料在炉内的停留时间很短，约3~4s，炉内没有富裕的燃料量，因此，该炉只能燃用极细粉状和雾状的燃料。燃料和空气应有稳定的供应，并能调节灵活，适应锅炉负荷的需要。

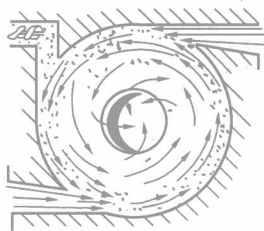


图1-4 旋风燃烧方式

2. 旋风燃烧方式

旋风燃烧方式是在圆柱形筒体(立式或卧式)内进行旋涡燃烧，如图1-4所示。空气及燃料沿切线方向送入炉内，在高速旋转的气流带动下，使燃料向前流动，并进行燃烧。由于离心力的作用，燃料颗粒沿着炉子内壁运动，最后由炉子的一端排出。燃料颗粒与气流之间有很大的相对运动，一方面加强了空气与颗粒表面的接触，另一方面使燃烧的产物易于脱离燃料表面，因此旋风炉内的热强度很高。

旋风燃烧方式中，具有较薄的运动的燃料层。因燃料在炉子中逗留的时间较长，故可采用较粗的燃料粒。由于气流带动燃料粒在炉内运动，气流作用到燃料