

<<燃烧理论与燃烧设备>>

图书基本信息

书名：<<燃烧理论与燃烧设备>>

13位ISBN编号：9787030349583

10位ISBN编号：703034958X

出版时间：2012-6

出版单位：科学出版社

作者：徐旭常,吕俊复,张海

页数：598

字数：942000

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问：<http://www.tushu007.com>

## <<燃烧理论与燃烧设备>>

### 内容概要

《燃烧理论与燃烧设备（第二版）》在1990年《燃烧理论与燃烧设备》第一版的基础上，更新和强化了近年来燃烧理论研究的进展和燃烧技术的进步，涵盖了燃烧理论、燃烧技术、燃烧设备和燃烧污染物生成、数值模拟以及煤气化等内容。

全书共12章。

前3章分别介绍了燃烧概论、反应化学动力学和流动等燃烧基础知识；第4、5章系统分析了气体燃烧理论和气体燃烧设备；第6、7章为液体燃料的燃烧理论和燃烧设备；第8章以煤为例，概括介绍了固体燃料燃烧过程与燃烧理论；第9~11章分别介绍了常用的固定床、流化床、气流床燃烧设备；第12章结合燃烧理论与燃烧设备，简单介绍了煤的气化理论和大规模煤气化技术。

《燃烧理论与燃烧设备（第二版）》以基本概念为主，深入浅出地总结了燃烧理论基础、研究进展和近年来应用上的新成就，具有显著的新颖性；注重理论分析与实际技术密切结合，剖析了燃烧设备的理论基础和创新思路，具有高度的实用性。

《燃烧理论与燃烧设备（第二版）》可作为高等院校热能动力工程、电厂热能动力等专业的本科生及研究生教材或教学参考书，也可供从事锅炉及其他燃烧设备相关工作的工程技术人员参考。

## &lt;&lt;燃烧理论与燃烧设备&gt;&gt;

## 书籍目录

第二版前言 第一版前言 第1章 燃料、燃烧产物及热损失 1.1 燃料的化学成分和性质 1.1.1 燃料的成分及燃烧特性 1.1.2 燃料的成分分析基础和换算 1.1.3 燃料发热量及其换算 1.2 煤的分类 1.2.1 按干燥无灰基挥发分Vdaf含量分类 1.2.2 我国发电厂用煤的VAMST分类标准 1.2.3 工业锅炉用煤的分类 1.3 液体燃料和气体燃料 1.3.1 黏性 1.3.2 闪点与燃点 1.3.3 凝固点 1.3.4 相对密度 1.4 液体燃料和气体燃料 1.4.1 天然气 1.4.2 高炉煤气 1.4.3 发生炉煤气 1.4.4 焦炉煤气 1.4.5 液化石油气 1.5 燃料的燃烧产物与烟气焓 1.5.1 燃料的理论空气量 1.5.2 燃料的燃烧产物 1.5.3 烟气分析与过量空气系数 1.5.4 空气和烟气焓的计算 1.6 燃烧设备的热平衡及热效率 1.6.1 锅炉热量平衡概念 1.6.2 锅炉效率与热损失 1.6.3 污染物的测量 参考文献 第2章 燃烧的化学动力学基础 2.1 化学反应速率 2.2 浓度对化学反应速率的影响 2.2.1 质量作用定律 2.2.2 反应级数 2.2.3 反应级数的测定 2.3 温度对化学反应速率的影响 2.3.1 Arrhenius定律 2.3.2 活化能 2.3.3 反应速率的碰撞理论 2.3.4 反应速率的过渡状态理论 2.4 压力对化学反应速率的影响 2.5 链锁反应 2.5.1 链锁反应的概念 2.5.2 燃烧链锁反应的分析 2.5.3 不分支链锁反应 2.5.4 分支链锁反应——爆炸 2.6 气体在固体表面的吸附 2.6.1 物理吸附与化学吸附 2.6.2 吸附的影响因素分析 2.7 化学平衡 参考文献 第3章 燃烧的流体力学基础 3.1 湍流流动与湍流模型 3.1.1 湍流流动 3.1.2 气相湍流模型 3.2 射流与旋转气流 3.2.1 直流射流的特点 3.2.2 等温直流自由射流 3.2.3 等温直流引射射流 3.2.4 等温旋转射流 3.2.5 受限射流 3.2.6 平行射流组 3.2.7 相交射流 3.3 气固流动 3.3.1 气固接触形式 3.3.2 空隙率 3.3.3 颗粒分类 3.4 固定床的流体力学 3.4.1 形成固定床的条件 3.4.2 固定床的流动阻力 3.5 流化床的流体力学 3.5.1 流化速度 3.5.2 床层压降和空隙率 3.5.3 鼓泡流化床 3.5.4 湍流流化床 3.5.5 快速流化床 3.5.6 下行移动床 3.6 气流床的流体力学 参考文献 第4章 气体燃料燃烧理论 4.1 气体燃料火焰的着火 4.1.1 气体火焰着火的概念 4.1.2 自燃热力理论 4.1.3 链锁自燃理论 4.1.4 预混可燃气体的点燃 4.1.5 点燃热力理论 4.1.6 点燃方法 4.1.7 可燃极限 4.1.8 影响可燃极限的因素 4.2 气体燃料火焰的传播 4.2.1 层流火焰传播概念 4.2.2 层流火焰传播理论 4.2.3 影响层流火焰传播的因素 4.2.4 湍流火焰传播的特点 4.2.5 湍流火焰的表面理论 4.2.6 湍流火焰的容积理论 4.3 气体燃料火焰的稳定 4.3.1 本生灯火焰的稳定 4.3.2 火焰稳定的均匀搅混热平衡原理 4.3.3 湍流火焰的稳定方法 4.4 射流火焰 4.4.1 预混火焰和扩散火焰概念 4.4.2 不等温自由射流火焰 4.4.3 层流射流火焰 4.4.4 湍流射流火焰 4.4.5 受限射流火焰和多股射流火焰 4.4.6 反扩散火焰 4.5 湍流射流火焰特征的解析分析 参考文献 第5章 气体燃料燃烧设备 5.1 扩散式燃气燃烧器 5.2 完全预混式气体燃烧器 5.3 部分预混式燃气燃烧器 5.3.1 普通部分预混式煤气燃烧器 5.3.2 平焰式煤气燃烧器 5.3.3 高速煤气燃烧器和浸没式煤气燃烧器 5.4 气体燃料燃烧污染物控制 5.4.1 热力型NO<sub>x</sub> 5.4.2 瞬时反应型NO<sub>x</sub> 5.4.3 燃料型NO<sub>x</sub> 5.5 气体燃烧数值模拟概论 5.5.1 层流气体燃烧数值模拟 5.5.2 湍流气体燃烧数值模拟 5.5.3 典型计算结果 参考文献 第6章 液体燃料燃烧理论 6.1 液体燃料燃烧过程 6.1.1 液体燃料的燃烧方式 6.1.2 喷雾方式燃烧的几种物理模型 6.1.3 液体燃料燃烧过程强化的基本措施 6.2 液滴的蒸发 6.2.1 斯蒂芬流 6.2.2 相对静止高温环境下液滴的蒸发 6.2.3 强迫气流下液滴高温蒸发 6.3 液滴的燃烧 6.3.1 相对静止环境下液滴燃烧 6.3.2 强迫气流下液滴的燃烧 6.4 液体燃料燃烧的实验研究 参考文献 第7章 液体燃料燃烧设备 7.1 液体燃料燃烧器 7.1.1 液体燃料燃烧对燃烧器的要求 7.1.2 雾化喷嘴的分类 7.1.3 油燃烧设备配风要求 7.1.4 液体燃料雾化质量 7.2 旋转气流特性 7.2.1 速度分布 7.2.2 压力分布 7.2.3 旋流器中流体动力特性系数 7.3 离心式机械喷嘴工作原理 7.3.1 雾化过程 7.3.2 喷油量的计算 7.3.3 雾化角的计算 7.3.4 简单压力式喷嘴设计计算 7.4 回油喷嘴及计算 7.4.1 回油喷嘴工作原理 7.4.2 内回油喷嘴雾化、调节特性的理论计算 7.4.3 内回油喷嘴实验结果及修正 7.5 蒸汽喷嘴 7.5.1 蒸汽喷嘴 7.5.2 蒸汽机械雾化喷嘴 7.5.3 Y型蒸汽机械雾化喷嘴 7.6 配风装置 7.6.1 旋流式配风器 7.6.2 平流式配风器 7.7 液体燃料燃烧污染物生成与控制 7.7.1 液体燃料燃烧污染物排放标准 7.7.2 液体燃料燃烧污染物生成 7.7.3 液体燃料燃烧NO<sub>x</sub>的控制 7.8 液体燃烧的数值模拟概论 参考文献 第8章 固体燃料燃烧理论 8.1 固体燃料燃烧过程与热解 8.1.1 概述 8.1.2 挥发分的概念 8.1.3 煤的热解机理 8.1.4 挥发分的析出量及其成分构成 8.1.5 煤热解反应动力学 8.1.6 挥发分的热力特性 8.2 碳燃烧的化学反应机理 8.2.1 碳燃烧的异相反应理论 8.2.2 碳燃烧的化学反应 8.2.3 碳燃烧反应的微观分析 8.2.4 碳和氧的反应机理 8.2.5 碳和CO<sub>2</sub>的反应机理 8.3 碳的燃烧反应过程 8.3.1 碳的燃烧反应速率 8.3.2 燃烧反应速率的影响因素 8.3.3 多孔碳粒的燃烧分析 8.3.4 多孔碳板的有效渗入深度 8.3.5 多孔碳球的有效渗入深度 8.3.6 多孔碳球的燃烧反应 8.4 碳燃烧的二次反应 8.4.1 静止或低速流动碳粒表面附近的燃烧 8.4.2 Re>100流动介质中碳表面附近的燃烧 8.5 碳颗粒的燃尽 8.6 具有空间

## &lt;&lt;燃烧理论与燃烧设备&gt;&gt;

二次反应的碳球燃烧8.7 煤的燃烧及燃尽8.7.1 挥发分对煤燃烧过程的影响8.7.2 灰分对煤燃烧过程的影响8.7.3 煤粒燃尽时间参考文献第9章 煤的层燃9.1 煤的层燃过程9.1.1 煤的层状燃烧概述9.1.2 层燃的热质交换过程9.1.3 层燃的化学反应过程9.2 煤的层燃设备9.2.1 固定炉排9.2.2 链条炉9.2.3 抛煤机炉9.2.4 往复炉排炉9.2.5 振动炉排炉9.2.6 下饲炉9.3 层燃污染物生成与控制9.3.1 层燃过程中NO<sub>x</sub>的生成与控制9.3.2 层燃过程中SO<sub>2</sub>的生成与控制9.4 层燃的数值模拟概论9.4.1 层燃炉数值模拟的方法9.4.2 燃料层燃烧的数学模型参考文献第10章 煤的流化床燃烧10.1 流化床燃烧的特点10.1.1 概述10.1.2 鼓泡流化床燃烧的特点10.1.3 循环流化床燃烧的特点10.1.4 循环流化床燃烧技术的发展10.2 循环流化床燃烧过程10.2.1 循环流化床燃烧过程分析10.2.2 燃料热量释放规律10.2.3 循环流化床中的燃烧效率10.3 循环流化床燃烧设备10.3.1 燃煤循环流化床过程定态设计10.3.2 燃烧室设计10.3.3 分离器设计10.3.4 料腿与返料器设计10.4 循环流化床燃烧污染物生成与控制10.4.1 循环流化床燃烧中脱硫10.4.2 循环流化床燃烧中氮氧化物的生成与控制10.4.3 循环流化床灰渣综合利用10.5 循环流化床燃烧的数值模拟概论10.5.1 基于实验的半关联性质的经验模型10.5.2 基于微观守恒方程的计算流体力学模型参考文献第11章 煤粉燃烧11.1 煤粉火炬燃烧的特点11.1.1 煤粉气流的点燃特性11.1.2 煤粉气流的火焰特性11.1.3 燃烧室特性11.1.4 煤粉燃烧污染排放与控制11.1.5 煤粉燃烧对燃烧室受热面的污染特性11.2 煤粉的制备11.2.1 煤粉的一般特性11.2.2 煤粉燃烧器和燃烧室11.2.3 制粉系统11.3 直流煤粉燃烧器及其布置11.3.1 直流煤粉燃烧器的布置11.3.2 几种常见的直流煤粉燃烧器11.4 旋流煤粉燃烧器及其布置11.4.1 几种常见的旋流煤粉燃烧器11.4.2 旋流煤粉燃烧器的布置11.5 现代大型煤粉燃烧技术11.5.1 煤粉火焰的稳定方法和原理11.5.2 低NO<sub>x</sub>煤粉燃烧技术11.6 液态排渣煤粉燃烧11.6.1 液态排渣煤粉燃烧的主要型式11.6.2 液态排渣煤粉燃烧的主要特点11.7 煤粉燃烧的数值模拟概论11.7.1 煤粉颗粒燃烧过程的数值计算11.7.2 煤粉燃烧过程的物理模型及其数学描述11.7.3 对200MW锅炉煤粉燃烧全过程模拟结果参考文献第12章 煤的气化12.1 水煤浆12.1.1 水煤浆的优点12.1.2 水煤浆的生产12.1.3 水煤浆的雾化12.2 煤的气化理论12.2.1 煤气化概述12.2.2 煤气化的主要反应过程12.2.3 煤气化气化反应动力学12.2.4 煤气化反应的影响因素12.3 煤的固定床气化12.3.1 固定床气化工艺原理12.3.2 固定床气化工艺分类12.3.3 固定床气化典型工艺12.3.4 固定床加压气化炉关键设备12.3.5 固定床加压气化在中国的应用及其改进12.4 煤的流化床气化12.4.1 流化床气化基本原理12.4.2 流化床气化的典型技术及结构12.5 煤的气流床气化12.5.1 气流床煤气化技术原理12.5.2 典型气流床煤气化技术12.6 煤气化的数值模拟概论12.6.1 煤气化数值模拟方法12.6.2 煤气化数值模拟方法参考文献彩版

## &lt;&lt;燃烧理论与燃烧设备&gt;&gt;

## 章节摘录

版权页：插图：第1章 燃料、燃烧产物及热损失1.1 燃料的化学成分和性质工业和发电燃烧设备（锅炉）上所用的燃料有固体燃料（以煤为主）、液体燃料（以重油为主）和气体燃料（煤气）三大类。在我国，煤是最主要的锅炉用燃料，燃烧液体和气体燃料的工业锅炉和电站锅炉只占很小部分 [ 1 ]

1.1.1 燃料的成分及燃烧特性各种固体、液体及气体燃料都属于有机燃料。

燃料的化学成分主要有碳、氢、氧、氮、硫、灰分及水分。

1.碳是燃料中主要的可燃元素，一般占燃料成分的15%~90%，煤中占50%~90%。

埋藏年代越久的煤，其碳化程度越深，含碳量也越高，而氢、氧、氮等的含量则较低。

例如，无烟煤的埋藏年代最久，含碳量可达90%以上；而褐煤埋藏年代最短，含碳量为30%~40%。

碳完全燃烧时生成二氧化碳（CO<sub>2</sub>），此时每千克纯碳可放出32866kJ热量；碳不完全燃烧时生成一氧化碳（CO），此时每千克纯碳放出的热量仅为9270kJ。

由于纯碳的着火与燃烧都较困难，因此含碳量高的煤难以着火、燃尽。

例如无烟煤，虽然其发热量较高，但属于难燃的煤种，需要特殊的燃烧设备，以利于其着火与燃尽。

2.氢也是燃料中的可燃成分，其发热量最高，每千克氢燃烧后的低位发热量为120370kJ，约为纯碳发热量的4倍，但煤中氢的含量较少，为2%~10%。

随着碳化程度的加深，煤中的氢元素含量减少。

液体燃料中的氢元素含量稍多，一般可达15%左右。

气体燃料中的含氢量较多，尤其是天然气。

因此，燃用含氢较多的燃料利于减少CO<sub>2</sub>排放。

燃料中的氢一般不含水中的氢。

3.硫气体燃料中的硫以气体化合物的形式存在，如硫化氢。

液体燃料中的硫大多是有机物大分子中的一个或多个原子，与其他碳、氢、氧原子结合。

固体燃料中的硫分为两部分，一部分含在硫酸盐中，如硫酸钙、硫酸镁，称为无机硫，它不能燃烧，是灰分的一部分；另一部分是有机硫和黄铁矿硫，可燃烧放热，称为可燃硫，但其热值不高，每千克可燃硫的发热量仅为9100kJ。

煤中的硫铁矿硫和硫酸盐硫，是成煤过程中随地质结构的变化，从周围环境混杂进来的，因此在煤炭中是相对独立的，绝大部分可以通过煤炭洗选的物理方法分离出来。

但是有机硫已经成为煤炭结构的有机组成部分，见图1.1，硫原子与碳等原子形成了紧密结合的化学键，需要化学方法才可能分离出来。

硫燃烧后在烟气中以SO<sub>2</sub>及少量SO<sub>3</sub>存在，SO<sub>3</sub>使烟气中的水蒸气露点大大升高。

烟气中的SO<sub>2</sub>及SO<sub>3</sub>能溶解于水变成H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>（亚硫酸）及H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>（硫酸），它会导致锅炉低温受热面如空气预热器的金属腐蚀及堵灰。

锅炉排放的烟气中，硫的化合物将会污染环境，对人类及动植物皆有害。

我国大部分煤中硫酸盐硫含量很低，可忽略不计，而黄铁矿硫在总硫分中占有较高的比例。

我国大部分动力煤的含硫量为1%~2%，南方有些地区的劣质烟煤的含硫量为3%~5%，有的甚至高达10%。

含硫量超过2%的燃料称为高硫燃料。

燃用高硫燃料的锅炉，设计时应该重视减少低温腐蚀；为满足排放要求，需要采取脱硫措施。

4.氧是燃料中的不可燃成分，可与燃料中的部分氢、碳等结合，见图1.2。

氧的存在，使燃料中的碳、氢可燃成分相对减少，因此氧元素的存在会使燃料发热量有所下降。

一般氧含量的变化范围较大，如液体燃料仅含1%左右，固体燃料煤中的含氧量则随碳化程度的加深而减少，如无烟煤的含氧量为1%~2%，而泥煤的含氧量可达40%。

燃料中的氧一般不含水中的氧。

5.氮也是燃料中的不可燃成分，氮元素的存在会使燃料发热量有所下降。

一般氮的含量只占1%~2%。

## &lt;&lt;燃烧理论与燃烧设备&gt;&gt;

氮和氧在高温下形成氮氧化物，包括NO、NO<sub>2</sub>及N<sub>2</sub>O，这对生态环境极为有害。

目前，国内外都在研究能降低排烟中NO<sub>x</sub>含量的燃烧设备，已取得了较大的进展。

在设计燃烧设备时，应充分重视NO<sub>x</sub>的原始排放问题。

6.灰分灰分是燃料中不可燃的矿物杂质在燃烧时形成的产物。

灰分来自于矿物，但不同于矿物。

燃料燃烧后形成的灰分成分与原来燃料里的矿物成分不完全相同，因为在燃烧过程中有分解、化合等反应。

各种燃料的灰分含量相差较大，如气体燃料及液体燃料基本上不含灰分，固体燃料煤中灰含量为10%~30%，有些劣质煤的灰含量可达50%以上，油页岩的含灰量高达70%。

灰分的来源有两个，一是形成燃料的物质本身的矿物质和燃料形成过程中进入的外来矿物质，称为内在灰分；二是开采运输过程中掺杂进来的矿物质，如灰尘、沙土等，称为外在灰分。

燃料中灰分含量高，不仅导致发热量减小，而且影响燃料的着火与燃烧。

由于燃烧的烟气中灰分浓度大，使受热面易受污染而影响传热、降低效率，使受热面易磨损而减少寿命，因此对排烟中所含粉尘必须采用高效除尘措施，使含尘降低至合格的排放指标，以减少向大气中的粉尘排放。

对于灰分含量高于40%的劣质燃料，应该就地使用，不宜长途运输，否则经济上不合算。

灰分的熔点是重要的特性指标，简称灰熔点。

该特性指标与灰中的成分及含量有关，大多数煤的灰分呈酸性，因其中含SiO<sub>2</sub>很多。

灰中各主要成分的熔化温度各不相同，见表1.1。

灰分的熔点与成分含量有关。

例如，当SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量高，且SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>比值低（约为1.18）时，灰熔点大多较高；SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>比值升高，则灰熔点降低。

灰熔点常用三个特征温度表示，即温度DT、ST、FT。

温度DT为灰的开始变形温度，ST为灰的软化温度，FT为灰的熔化温度。

其测定方法采用角锥法。

将灰样研碎并加黏结剂制成角锥体，将它放入可观测的高温电炉中加热。

试样加热到一定温度时，角锥顶尖开始变形，该温度即为DT。

再加热使角锥软化歪倒，此时的温度为ST。

温度继续升高，当角锥开始熔化时，此温度即FT。

DT、ST、FT温度对应的灰锥形状示于图1.3。

灰熔点的测量结果与测量设备中的气氛有关，还原性气氛下测定的灰熔点比氧化性气氛中低，因此通常规定测量在半还原性气氛下进行。

一般煤的灰熔点（DT、ST、FT）在1273~1873K。

低灰熔点的煤在层燃炉排上燃烧时，会使炉排及炉拱上结渣，影响供给燃烧的空气与焦炭颗粒的良好接触，严重时甚至会导致层燃炉不能正常运行。

流化床中，结渣将形成大粒度的团块，使流化质量受到致命的影响，导致结焦进一步恶化，甚至整个床层结为一块，因此流化床中要严格控制结渣问题。

在煤粉炉中，如果飞灰处于熔化状态，就会黏在燃烧室受热面及炉墙上，熔化的灰堆积冷却成渣块，常称为结渣。

结渣后的受热面吸热量减少，从而使炉温升高；炉温的升高又使结渣更为严重，这样，造成恶性循环，使锅炉不能正常运行。

另外，DT、ST、FT的间隔大小对结渣及渣的流动性也有影响，间隔较大（约200K）的称为长渣，间隔较小的（约100K）称为短渣。

长渣凝固较慢，短渣凝固较快。

为了烧低灰熔点的煤，采用所谓液态排渣炉，即灰渣在熔化流动状态下排出炉外。

为提高炉内温度，常将一部分水冷壁涂敷耐火材料，以减少吸热量。

升高炉温（燃烧温度最高可达1973K）可使灰保持液态，顺墙流出排渣口。

## &lt;&lt;燃烧理论与燃烧设备&gt;&gt;

为了确保液态排渣炉能顺利排出液态渣，除要求煤的灰熔点较低外，还需了解不同温度下的灰黏度即黏温特性，以估计能否在一定温度范围内排渣。

燃用低灰熔点的长渣煤有利于液态渣的形成和排出。

在液态排渣炉和气化炉中，通常要控制反应温度高于灰熔点，若灰熔点高于燃烧温度，将不能有效形成液态渣层，同样影响设备的正常运行。

此时，通常在燃料中掺混部分石灰石等矿物质，可在一定程度上降低灰熔点。

7.水分是燃料中的不可燃成分。

其含量变化很大，如液体燃料含水分1%~3%，固体燃料中埋藏年代短的年轻褐煤水分可达50%，如云南昭通褐煤；老年褐煤的水分也超过30%，如内蒙古白音华褐煤。

煤中水分有三种，即外部水分、内部水分和结晶水分，见图1.4。

外部水分是附着在颗粒内外表面的水分，包括表面水和大孔水。

将煤样放在空气中自然干燥，很快会失去一部分水分，并达到空气平衡的状态，失去的这部分水分称外部水分（ $M_{wz}$ ）。

外部水分包括煤在矿层中吸收的地下水，还有存放和运输时遇雨雪，以及人为喷洒的水分。

吸附在煤颗粒内部毛细孔中的水分为内部水分包括微孔水和闭孔水。

将空气干燥下得到的煤样放到烘箱内，在375~378K下烘干，此过程失掉的水分称内部水分（ $M_{nz}$ ），内部水分也叫做固有水分。

实际上在测量内在水分过程中，存在于闭孔中的水分可能会有部分无法释放出来，因此内在水分的测量值小于实际值。

煤中一部分水与煤中的一些化合物结合，称化合水、结合水或结晶水（MR）。

结晶水用加热方法不能测出，通常和闭孔中的内在水一起计在挥发分中，认为是挥发分的一部分。

含水分大的燃料发热量低，不易着火、燃烧，而且在燃烧过程中水分的汽化要吸收热量，降低燃烧温度，使燃烧效率下降；同时，排烟热损失大，使锅炉效率降低；还易在低温处腐蚀设备；由于煤中水分含量大还易使制粉困难，需要用高温空气或烟气进行干燥；水分大的燃料也不利于运输[2]。

1.1.2 燃料的成分分析基础和换算  
1.燃料的成分分析基础  
气体燃料的成分用体积分数表示；而固体和液体燃料的成分，通常用质量分数表示： $C+H+O+N+S+A+M=100\%$ （1.1）式中：C、H、O、N和S分别为所含碳、氢、氧、氮和硫元素所占燃料的质量分数，A和M为灰分和水分的质量分数。

式（1.1）中的各成分可用元素分析和工业分析得到。

下面以煤为例说明各成分分析基础。

由于同种煤的水分和灰分含量常随开采、运输、储存或气候条件的变化而改变，因此，其他成分的含量也随之发生变化。

为了实际应用的需要和理论研究的方便，通常采用四种不同“基”作为燃料成分分析的基础。

例如，在表示煤的成分时，把水分、灰分含量除外，则以可燃质成分作为百分之百，称为干燥无灰基成分；如果把水分变化的因素排除，除去水分之外的其他含量作为成分的百分之百，则称为干燥基成分；如将水分计入后就可得到所应用的煤的成分，称为收到基成分；当煤样在试验室的正常条件下

（293K、一个标准大气压、相对湿度60%）放置，煤样会失去一些水分，留下的稳定的水分称为实验室正常条件下的空气干燥水分，以该空气干燥过的煤样为基础的成分称为空气干燥基成分。

用收到基成分可以避免试验中水分变化的影响。

根据不同的成分分析基础，式（1.1）可分别写成（1）收到基 $C_{ar}+H_{ar}+O_{ar}+N_{ar}+S_{ar}+A_{ar}+M_{ar}=100\%$

（1.2）（2）空干基 $C_{ad}+H_{ad}+O_{ad}+N_{ad}+S_{ad}+A_{ad}+M_{ad}=100\%$ （1.3）（3）干燥

基 $C_d+H_d+O_d+N_d+S_d+A_d=100\%$ （1.4）（4）干燥无灰基 $C_{daf}+H_{daf}+O_{daf}+N_{daf}+S_{daf}=100\%$ （1.5）

测定煤中所含碳、氢、氧、氮、硫各元素、水分和灰分的含量的方法，称元素分析法。

2.煤的工业分析  
另一种工业上常用的分析煤的方法称为工业分析。

工业分析法测量比元素分析法简单，它只需测定煤中所含水分（M）、灰分（A）、挥发分（V）和固定碳（FC）。

另外还需测定煤的发热量 $Q_{net}$ 、灰熔点、剩余焦炭特征及可磨系数。

这种分析煤成分的方法比较简单，适用于发电厂等运行单位对煤质的日常分析。

## &lt;&lt;燃烧理论与燃烧设备&gt;&gt;

将煤的试样放在375~378K的恒温箱中干燥约1h, 所失去的质量分数为水分(M)。

煤样放于留有小通气孔的带盖坩埚中, 在1173K恒温的马弗炉内隔绝空气加热约7min, 煤样因受高温而裂解, 放出可燃气体, 余下固定碳与灰分(统称焦炭), 此时煤样所失去的质量减去水分后, 称为挥发分, 以V表示。

煤样放入开口坩埚内, 置于马弗炉内燃烧, 燃烧后余下的物质为不可燃的灰分, 以A表示。

放出挥发分后, 煤样残余的份额减去灰分的份额, 即为固定碳, 以FC表示。

工业分析的四项成分, 即水分(M)、挥发分(V)、固定碳(FC)与灰分(A)之和为100%,

即 $M+V+FC+A=100\%$  (1.6) 同理, 煤的工业分析也可有收到基、空干基、干燥基、干燥无灰基等

: (1) 收到基 $M_{ar}+V_{ar}+FC_{ar}+A_{ar}=100\%$  (1.7) (2) 空干基 $M_{ad}+V_{ad}+FC_{ad}+A_{ad}=100\%$  (1.8) (3)

(3) 干燥基 $V_d+FC_d+A_d=100\%$  (1.9) (4) 干燥无灰基 $FC_{daf}+V_{daf}=100\%$  (1.10) 煤的干燥无灰基挥发

分的含量 $V_{daf}$ , 是衡量煤种是否易于燃烧的重要指标。

$V_{daf}$ 含量高, 表明煤容易着火, 也容易燃烧稳定和燃尽。

通常在煤的分类中把 $V_{daf}$ 作为重要依据。

例如,  $V_{daf}$ 小于9%的煤称为无烟煤, 这种煤极其难燃。

$V_{daf}$ 为9%至19%的煤称为贫煤, 比无烟煤易于燃烧些。

$V_{daf}$ 大于19%的煤称为烟煤、褐煤, 它们都比较容易着火和燃烧。

褐煤的水分高些, 有的含灰量也比较高。

在工业分析中, 还可对放出挥发分后所剩余的焦炭(固定碳与灰分)鉴定其黏结的程度, 称焦结性。

焦炭的焦结性强弱程度随煤种的差异而不同, 它对层燃炉的燃烧过程影响较大, 而对流化床和煤粉炉的燃烧过程则无影响。

焦结性很强的煤在炉排上使焦炭形成黏结性很强的焦块, 这样会使煤层通风不均匀, 焦块的燃尽也较困难, 造成底渣中含碳量增加、燃烧效率降低。

另一些焦结性很弱的煤, 在炉排上燃烧时形成松散粉状的焦炭, 容易在未燃尽前就被通过炉排的空气吹走, 或落到炉排下, 造成燃料的损失。

焦炭结焦性特征从粉状至强膨胀熔融黏结共分为八类[3]。

设计层燃燃烧设备时, 要考虑煤的焦结性特征[4]。

3. 燃料成分基础的换算固体燃料各种基成分间的相互关系见图1.5。



## <<燃烧理论与燃烧设备>>

### 编辑推荐

徐旭常、吕俊复、张海编著的《燃烧理论与燃烧设备（第2版）》前3章分别介绍了燃料燃烧概论、涉及燃烧反应的化学动力学和气固反应理论，以及燃烧中涉及的流动尤其是气固两相流动的基本知识，以便为后续的学习提供基础。

自燃和点燃、预混可燃气体的火焰传播、火焰稳定和射流火焰等是燃烧理论的基础内容。为便于对本质的理解，将其结合气体燃烧在第4章进行阐述，并在第5章介绍了气体燃烧设备。

第6、7章分别介绍了液体燃料的燃烧理论和燃烧器。液体燃料的燃烧理论归结起来主要是液滴的蒸发、气相的扩散和燃烧。液体燃料燃烧器的设计和使用的关键问题是雾化和配风。

第8章以煤为例，介绍了固体燃料的燃烧理论，包括异相化学反应的焦炭燃烧问题。第9~11章分别介绍常用的固定床（层燃）、流化床、气流床（室燃）的主要燃烧设备，并简单涉及了煤燃烧中的污染物生成与控制。

结合燃烧理论与燃烧设备，在第12章中简单介绍了煤的气化理论和大规模煤气化技术。

<<燃烧理论与燃烧设备>>

版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问:<http://www.tushu007.com>