

消烟除尘测尘技术

高守芳 编著



北京四季青除尘设备厂



16196

740

115

1

出版前言

随着我国工业的迅速发展，工业粉尘对环境的污染已是国家和人民关心的重要问题。为了更好的解决这个问题，适应四个现代化的需要，促进环境保护、劳动保护技术工作的交流与开展。特邀请我厂技术顾问北京市劳动保护科学研究所助理研究员高守芳同志编写了这本“排烟、除尘、测尘技术”一书。他多年来一直从事防尘研究工作，收集了国内外大量资料，特别是工业锅炉排烟、除尘、测尘方面的资料。本书共分五章内容丰富、纲目清楚，内在联系紧密。在编写中尽量做到简单明了，通俗易懂，切合实际，具有实用价值。

本书可以做为从事环境保护、劳动保护工作的同志参考；也可以做为培训排烟除尘测尘及司炉工作人员的教材。

在编写过程中、煤炭部煤炭规划设计院郑德临工程师给予很大帮助，并为本书承担了校对工作。张玲桂助理工程师、李喜芝老师等也为本书做了不少工作，在此表示感谢。

由于水平有限，时间紧促，在编写出版中有不当之处请予批评指正。

本书附有我厂产品目录，包括规格，型号及各项经济技术指标，欢迎订购。

北京四季青除尘设备厂

1983年

目 录

第一章 锅炉烟尘的产生和危害

1—1 烟气的产生和成分	(1)
1—2 烟尘的污染和危害	(1)
1—3 消烟和除尘的关系	(2)
1—4 搞好消烟除尘工作的意义	(2)

第二章 锅炉消烟技术

2—1 煤层反烧消烟法	(3)
2—1—1 煤层反烧法炉胆的基本结构	(3)
2—1—2 燃烧过程	(3)
2—1—3 燃烧机理	(5)
2—1—4 消烟除尘和燃烧效率高的原理	(6)
2—1—5 优点和注意事项	(6)
2—2 双层炉排燃烧消烟法	(7)
2—2—1 双层炉排燃烧室的结构	(7)
2—2—2 燃烧过程	(8)
2—2—3 燃烧机理	(8)
2—2—4 双层炉排的燃烧试验	(9)
2—2—5 优点和注意事项	(9)
2—3 二次风消烟法	(9)
2—3—1 二次风供给方式	(9)
2—3—2 二次风消烟原理	(11)
2—3—3 间断二次风优于连续二次风的分析	(11)
2—3—4 间断二次风在KZG1.5—8型锅炉上的应用	(12)
2—3—5 KZG1.5—8型锅炉采用间断二次风后测定数据	(13)
2—4 蒸汽导风器消烟法	(14)
2—4—1 蒸汽导风器的结构	(14)
2—4—2 蒸汽导风器的工作原理	(14)
2—4—3 蒸汽导风器在DK ₁ 型31号机车上应用	(14)
2—4—4 导风器性能测定	(16)
2—4—5 锅炉热工性能测定	(16)
2—4—6 消烟除尘效果	(17)
2—5 土煤气炉消烟法	(18)
2—5—1 土煤气炉的构造	(18)

2—5—2	土煤气产生的原理	(19)
2—5—3	土煤气在采暖锅炉上的应用计算	(20)
2—5—4	采用土煤气的优点和消烟除尘效果	(26)
2—6	链条炉排燃烧方式的消烟效果	(26)
2—6—1	链条炉排的结构	(26)
2—6—2	链条炉排的运行	(26)
2—6—3	应用情况和消烟效果	(27)
2—6—4	链条炉排的缺点和存在的问题	(27)
2—7	往复推动式炉排燃烧方式的消烟效果	(27)
2—7—1	炉排结构	(27)
2—7—2	工作原理	(28)
2—7—3	供风系统	(29)
2—7—4	拱的作用	(29)
2—7—5	技术性能	(29)
2—7—6	应用情况和消烟效果	(30)
2—7—7	安全运行	(30)

第三章 锅炉除尘技术

3—1	惯性除尘器	(32)
3—1—1	罩式除尘器	(33)
3—1—2	百页式除尘器	(35)
3—2	重力沉降室	(37)
3—2—1	干式重力沉降室	(39)
3—2—2	水封式重力沉降室	(45)
3—2—3	喷雾重力沉降室	(45)
3—3	洗涤除尘器	(46)
3—3—1	冲击水浴除尘器	(46)
3—3—2	管式水膜除尘器	(49)
3—3—3	麻石(花岗岩)水膜除尘器	(51)
3—4	离心式除尘器	(56)
3—4—1	CLG型回流式旋风除尘器	(59)
3—4—2	ZW型直流式旋风除尘器	(64)
3—4—3	PW型平面式旋风除尘器	(67)
3—4—4	CLK型扩散式除尘器	(69)
3—4—5	CLP/B型旁路旋风除尘器	(74)
3—4—6	双级蜗旋除尘器	(77)
3—4—7	DG型旋风除尘器	(82)
3—4—8	XWD型多管旋风除尘器及其他型号旋风除尘器	(87)
3—4—9	离心力除尘器排灰装置	(89)

3—4—10	旋风除尘器内壁耐磨涂料·····	(92)
3—4—11	使用旋风除尘器存在的几个较普遍的问题·····	(97)
3—5	沸腾炉除尘室·····	(98)
3—6	布袋除尘器·····	(101)
3—7	静电除尘器·····	(105)
3—8	不同锅炉原始烟尘浓度 C_0 的数值表·····	(110)
3—9	各种除尘装置实测的平均效率表·····	(111)
3—10	工业锅炉消烟除尘装置配套暂行方案·····	(112)

第四章 锅炉测尘技术

4—1	测尘的目的·····	(113)
4—2	过滤计重法测尘·····	(113)
4—3	采样位置和采样点的选择·····	(113)
4—3—1	采样位置·····	(113)
4—3—2	采样孔和采样点·····	(114)
4—4	烟气参数的测定·····	(116)
4—4—1	温度测量·····	(116)
4—4—2	压力测量·····	(119)
4—4—3	烟气含湿量的测量·····	(122)
4—4—4	烟气流量的测量·····	(128)
4—4—5	测定方法和设备·····	(128)
4—4—6	弯头流量计·····	(132)
4—4—7	流速和流量的计算·····	(134)
4—5	尘粒的等速采样·····	(137)
4—6	尘粒采样方法和采样系统·····	(139)
4—6—1	采样方法·····	(139)
4—6—2	采样系统和采样装置·····	(140)
4—6—3	测量条件和要求·····	(146)
4—6—4	采样步骤·····	(146)
4—7	烟尘浓度采样器应用实例·····	(146)
4—8	粉尘密度的测定方法·····	(151)
4—8—1	用比重瓶测定粉尘真密度的方法·····	(152)
4—8—2	粉尘假密度的测定方法·····	(153)
4—8—3	液体介质密度的测定方法·····	(153)
4—9	液体介质粘度的测定方法·····	(154)
4—10	粉尘比电阻的测定方法·····	(155)
4—11	粉尘分散度的测定方法和仪器·····	(158)
4—11—1	显微镜法测粉尘或烟尘分散度·····	(161)
4—11—2	重力沉降法测定粉尘的分散度·····	(163)

4—12 烟气黑度的测定方法·····	(170)
4—12—1 林格曼浓度表·····	(170)
4—12—2 望远镜式简易烟尘黑度测定仪·····	(173)
4—13 除尘器的评价·····	(174)
第五章 烟气对环境污染的予评价	
5—1 烟气对环境污染的予评价计算·····	(182)
5—1—1 燃煤量计算·····	(182)
5—1—2 烟气量估计·····	(182)
5—1—3 排入大气中的烟尘量计算·····	(183)
5—2 二氧化硫排放量计算·····	(184)
5—3 予评价计算·····	(186)
5—4 烟气对环境污染予评价的意义·····	(193)
主要参考文献·····	(194)
附录：我厂生产的各种产品的型号、规格及经济技术指标·····	(195)

第一章 锅炉烟尘的产生和危害

随着祖国的四个现代化的日益发展，锅炉也随之不断地增多。每天从烟囱排出的大量烟气，严重地污染着人们的生活环境，也威胁着人们的身体健康和生命安全。

因此，消烟除尘，改造环境，变废为宝，造福人类，就成为我们当前迫切需要解决的重要课题。

1—1 烟气的产生和成分

大家知道，煤在炉膛里燃烧，经过氧化还原反应后，放出大量的热能。通过热交换，使冷水升温，尽而变成蒸汽。同时产生许多灰渣和大量的烟气。我国的燃料是以煤为主，石油次之。由于燃料的成份不同见表（1—1），排出的烟气成份也不一样。

我国各种燃料中灰份和硫的含量（%）表 表（1—1）

燃 料 种 类	灰 份	硫 含 量
煤	10~30	0.2~5
重 油	0.1~0.51	2~3.8
片 岩	40~66	1.2~5.5
泥 炭	24~29	0.1~2.7
木 柴	0.3~2	/

烟气是由什么物质所组成的呢？

烟气是由固相和气相物质所组成的，学术上称为固态气溶胶。

所谓固相物质，是指那些没有充分燃烧或被烟气夹带出来的烟灰（粒度分级法一般在0.05~0.1微米），飞灰（5~100微米）和炭粒（大于100微米）等组成；所谓气相物质是指燃料在炉膛内燃烧过程中，生成的那些气体。主要是由二氧化硫、二氧化碳、一氧化碳、甲烷、氮氧化物、硫化氢、三氧化硫和氯气等所组成。这些固相物质和气相物质混合在一起，形成黑色的固态气溶胶。沿着烟囱排入大气中，这就是我们所看到的那些滚滚的浓烟。

1—2 烟尘的污染和危害

燃料燃烧时产生的烟尘，全世界每年约有一亿吨排入空中。大致每燃烧一吨煤就有3~11公斤烟尘上天。烟尘中稍大的颗粒（大于10微米）很快落到地面，称为落尘。颗粒小的（小于10微米）叫做飘尘。飘尘相当大的一部分比细菌（0.75微米）还小，人们的肉眼

是看不见的。它可以数年甚至几十年在大气中飘浮，其中含有多有毒金属和致癌物质，如3、4—苯并蒽，据分析测定每一千立方米煤烟废气中约有300微克3、4—苯并蒽，每100克烟尘中含有6.4毫克致癌物质。这就构成了对人体危害相当大的粉尘烟雾。

飘尘随呼吸进入人体，约有一半可附着在肺壁上，是构成或加重人类呼吸道疾病的重要原因。据调查，飘尘浓度为100微克/米³时，儿童呼吸道感染就显著增加；浓度为200微克/米³时，慢性呼吸道疾病死亡率增加，因病缺勤率上升；浓度为300微克/米³时，呼吸道疾病急性恶化；800微克/米³时，呼吸道疾病和心脏病死亡率增加，交通事故严重。

同时，飘尘对环境影响也很大。它可以削弱日光的照射和可见度；使空中多云、多雾、浑浊，还可以降低地表的温度；造成物品肮脏以及损坏。

1—3 消烟和除尘的关系

当人们将燃料放在炉膛里燃烧，往往会由于氧气供应不足或炉膛结构设计的不合理等原因，造成燃料不完全燃烧。这样，有时就会生成大量的黑烟（绝大部分是烟炱）。如果按过滤计重法对这些黑烟进行检测，其浓度并不高，一般在几十毫克至几百毫克/米³；可是黑度一般却在林格曼黑度3~4度（林格曼黑度将烟尘黑度分为0~5度。）一般除尘器对这些黑烟捕获能力都很差，（除静电除尘器和布袋除尘器外）。只有改善锅炉的燃烧装置，采用合理的燃烧调节，才能得到较好的解决。

但是，完全依靠改善燃烧装置，采用合理燃烧调节还不能代替除尘工作。因为在燃烧过程中，往往有些飞灰、碳粒，在炉膛内的负压作用下，受到烟气流的夹带而飞出来。要想解决这部分物质，还必须采用各种形式的除尘设备。所以说，要想搞好消烟除尘工作，必须先从改善炉膛燃烧装置，进行合理的燃烧调节着手。同时，也要配有必不可少的除尘设备，并要经常进行测试检查。只有这样，才能使烟气的黑度和烟气含尘浓度都能降到国家的允许排放标准。

1—4 搞好消烟除尘工作的意义

在资本主义国家里，由于工业盲目的发展，滥用资源，造成了严重的环境污染。烟尘危害已成为社会公害。例如1952年12月5~8日期间，英国伦敦上空曾连续4、5天烟雾弥漫，煤烟、粉尘积蓄不散，造成一时的四千人死亡的严重事故。

近些年来，在消烟除尘防止大气污染方面，我们已经作了大量的工作，取得了显著的效果。搞好消烟除尘工作，是关系到保护人民的身体健康，造福子孙后代的大事。同时也关系到我们国家的国际声望和体现社会主义制度优越性的大事。它是一项非常严肃的政治任务和技术工作。因而，我们必须认真地搞好这项艰巨而光荣的任务。

第二章 锅炉排烟技术

锅炉排烟技术措施较多，无论采用哪一种技术措施，都必须同除尘措施，锅炉出力，锅炉安全和节煤等统一结合起来考虑，因地制宜，因炉制宜，结合具体情况，才能取得较好的效果。

2—1 煤层反烧排烟法

普遍蒸发量在1吨/时左右的立式锅炉，由于蒸发量小，手工操作，因而加煤、拨火、清渣，开启炉门的次数频繁，大量的冷空气进入炉膛，使炉温降低，影响了煤的燃烧，致使各种未完全燃烧损失增大；加之这类锅炉多为自然通风，受热面的布置和烟气流速均受到限制，传热效果差。锅炉的热效率一般在60%以下。同时，由于手工加煤是周期性的，刚加煤时，燃烧所需要的空气量不足，烟囱就排出滚滚的黑烟和尘粒。这是目前正在大量使用着的普通手烧锅炉的严重缺陷。

小型立式锅炉采用煤层反烧法，在排烟除尘，提高锅炉热效率等方面，已经收到了较好的效果。

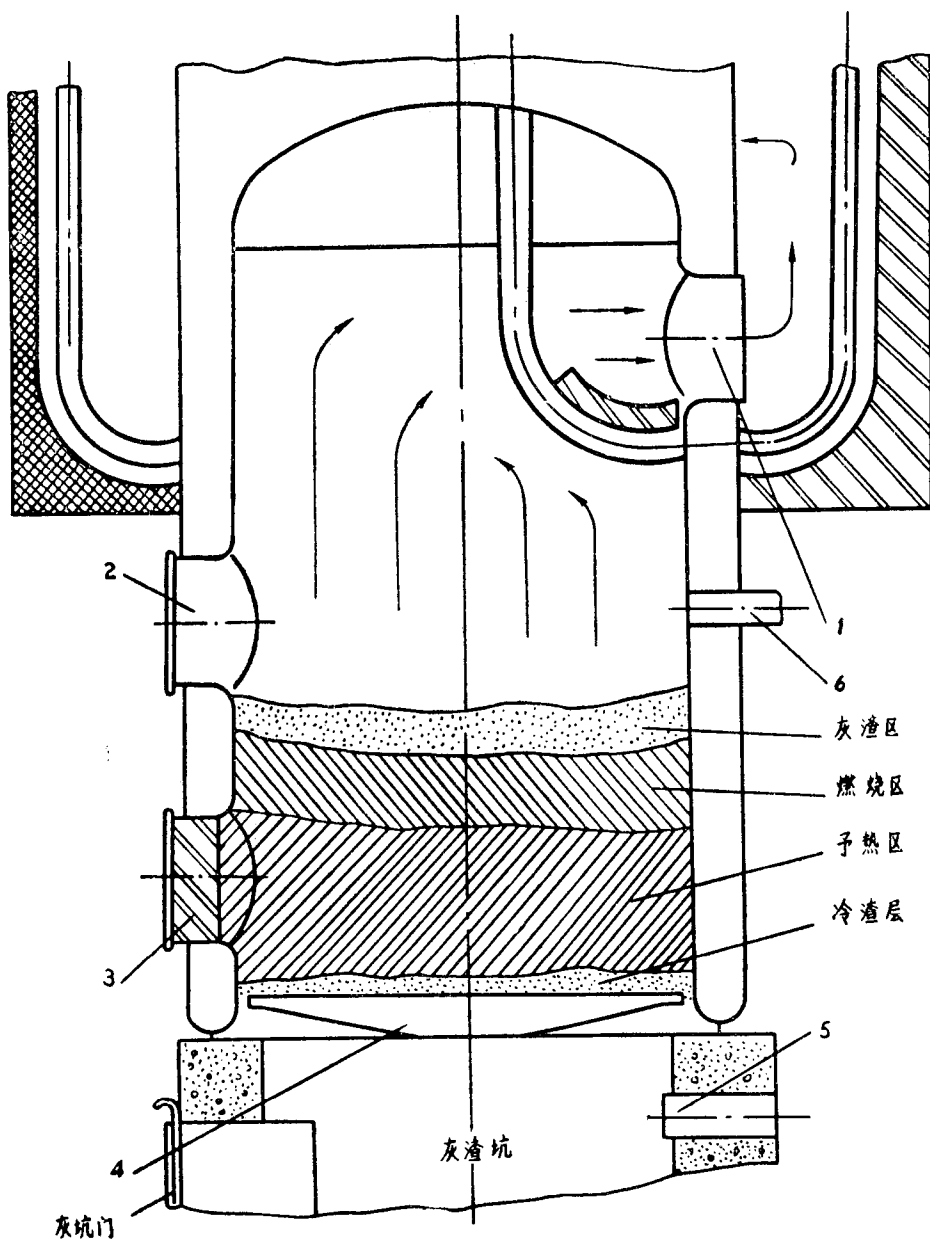
2—1—1 煤层反烧法炉胆的基本结构

基本结构如图（2—1）所示。炉胆上部设有火焰出口孔1，中部设有上炉门孔2，下部设有下炉门孔3，底部设有铸铁炉排4，以及一次风管5，二次风管6等部分组织。

为了布风均匀，其风管通风孔最好为圆锥型，并成等边三角型布置。由鼓风机送来的空气分成两股，一股进入炉排下部空间（灰渣坑），称为一次风，一股进入炉胆中部，称为二次风。一、二次风的风量均可以调节。

2—1—2 燃烧过程

先在炉排上面均匀地铺50~100毫米厚的煤渣层，将烟煤先从下炉门孔均匀地投在煤渣层上；关严下炉门，再将煤从上炉门孔均匀地投入，根据锅炉的大小和一次燃烧的煤量以及燃煤的热质高低情况，可使煤层厚度达400~700毫米。煤层表面应铺成周围高，中间低的圆弧凹面形。然后在煤层表面上均匀地铺上一层木刨花或其它引燃物 and 木柴，并多处点火引燃木柴。木柴的燃烧将煤层表面加热、引燃。待木柴全部烧着后，关闭上炉门稍开一次风，煤层表面形成明火层，炉膛内温度升高，下面的煤发生热分解，析出挥发物，向上流动穿过明火层，升到炉膛，这时应送入二次风，使挥发物得到燃烧，同时也加大一次风量。随后，挥发物析出量增大，一氧化碳和其它可燃气体也产生，就增加二次风量。当煤中的挥发物和一氧化碳逐渐减少，析完，就应减少二次风量，直至停止。这时只给一次风，使固定碳燃烧。随着时间的推移，逐渐减少一次风量，待碳基本燃烬，停给一次风（关掉



图（2—1）煤层反烧法燃烧室结构及燃烧区域图

1—火焰出口孔，2—上炉门孔，3—下炉门孔，
4—铸铁炉排，5—一次风管，6—二次风管。

鼓风机），清除灰渣。到此，一个燃烧周期结束，如要继续进行再重复上述过程。

燃烧周期大致可分三个阶段：

1. 点火阶段：从点火起到开始送入二次风；

2. 正常燃烧阶段：送入二次风和加大一次风后，燃烧开始旺盛，温度很快升高。加大二次风后，锅炉投入正常运行状态。在这个阶段尾期，煤中的挥发物和一氧化碳相继逐渐析完，进入碳燃烧阶段。

3. 固定碳燃烧阶段：二次风全部关闭后，这时只需一次风。随着碳的燃烧，逐渐减少一次风量，直至碳基本燃尽。高温烟气由炉胆上部火焰孔流出燃烧室，进入对流受热面，最后由烟囱排出。

锅炉在运行过程中（燃烧过程中）基本不开启炉门，不再加煤，不出渣。如不需蒸汽，只要关掉鼓风机，微开炉门，关闭烟囱挡板，煤层就处于压火状态。当需用蒸汽时，只要开动鼓风机，锅炉就投入运行。

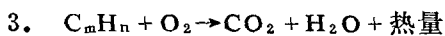
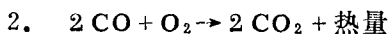
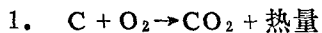
2—1—3 燃烧机理

煤层由上向下地燃烧，而燃烧产物则向上流动。煤层在不同的高度形成三个区，灰渣形成区、燃烧区、予热区，见图（2—1）所示。

予热区上面是燃烧区，煤在予热区先是干燥，然后是挥发物的析出，也就是热分解。予热所吸收的热量，主要是燃烧区传导和辐射来的热量。煤在热分解过程中，一面析出挥发物，一面与一次风空气中的氧发生作用，生成一氧化碳，它们一起向上流动，穿过燃烧区，烧掉一部分，又穿过灰渣区，进入炉胆上部燃烧室。

在燃烧区，煤中的挥发物和一氧化碳已基本析出，剩下的是焦炭。这一区可分为氧化层和还原层。从下向上流动的空气和可燃气体与燃热的焦炭接触，由于这时空气中的氧比较充足，所以先进行的是氧化反应，炭和一部分可燃气体在这里燃烧，产生二氧化碳。

主要的反应：



式中：C—碳

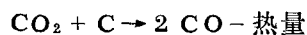
O_2 —氧

C_mH_n —碳氢化合物

这些反应都是放热反应。因而使煤层温度不断升高。

二氧化碳向上流动，与灼热的焦炭作用，发生还原反应，生成一氧化碳。

主要反应是：

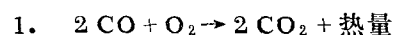


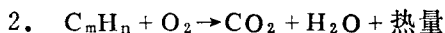
这是吸热反应，使煤层温度降低。

在燃烧区的上面，炭已基本烧完，就是灰渣形成区。少量的还未燃尽的碳粒子，在这里继续燃烧。

在灰渣区的上部是燃烧室。当挥发物和可燃气体进入燃烧室与有相当流速的二次风造成旋转流动上升，进行着充分的混合，就能得到充分的燃烧。

主要的反应是：





在实际运行过程中，各区是不可能截然清晰的，由于煤的热质和颗粒不均匀性，操作方法，燃烧速度等原因，而是互相交错，参差不齐和有所波动的。各区域的厚度是随着燃烧时间的推移而发生着不同的变化。蒸发量曲线见图（2—2）所示。

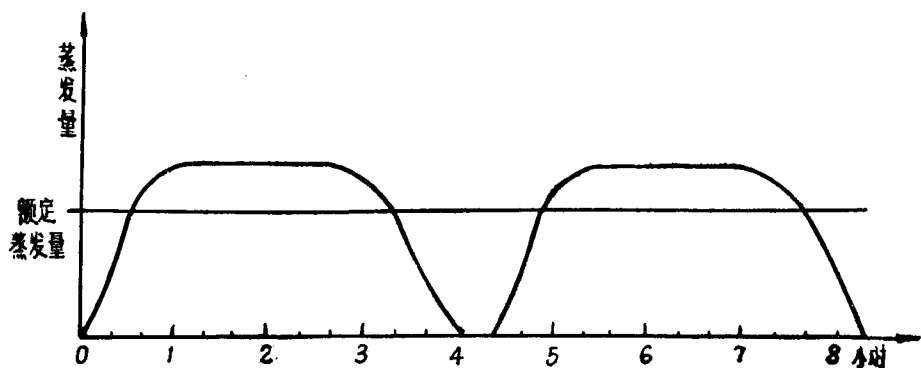


图 2—2 蒸发量与时间关系曲线

2—1—4 消烟除尘和燃烧效率高的原理

煤层反烧法是一次加足烟煤，煤层从上向下连续地燃烧，挥发物和可燃气体连续地析出，穿过燃烧区得到加热，升到燃烧室与二次风混合燃烧完全。因而烟囱排出的烟是无色的，即林格曼黑度1度以下。由于煤在燃烧过程中不需拨火，煤层是“静止”的，减少了烟尘的飞扬，少量被吹起的小碳粒和飞灰，在穿过高温且有粘性的燃烧区时，被粘附和过滤，所以烟尘的排放量很少，低于国家的排放标准。

由于煤层反烧法使煤中析出的挥发物所生成一氧化碳和其他可燃气体燃烧完全，以及煤层中的水被蒸发和挥发物析出后，固定碳中细小的空隙多（成蜂窝状）与空气中的氧接触面积大，炭容易被烧透。因而煤的燃烧效率高。与当前使用的手烧锅炉的燃烧方式比较，一般有10~20%的节煤效果。炉渣中的残炭量一般在4~10%之间（一般手烧锅炉炉渣中的含碳量在15%左右），一次性的投煤和一次性的除渣，减轻了司炉工的劳动强度，实践证明该种燃烧方法深受欢迎。

2—1—5 优点和注意事项

1. 优点：
 - （1）炉渣中含碳量少，固体未完全燃烧损失小，挥发物和可燃气体燃烧的完全，气体未完全燃烧损失也小，煤的燃烧效率高。
 - （2）烟囱不冒黑烟，烟气在林格曼黑度1度以下，排尘浓度低。
 - （3）可以燃烧中等热质的烟煤，煤中宜有适量的水分。
 - （4）操作简单，司炉工劳动强度低。
 - （5）结构简单，只需在原立式锅炉下部设一燃烧室，使炉排降低600毫米左右，增加一台风压较高的鼓风机和增加一、二次风管。

2. 注意事项

(1) 不宜烧结焦性强的煤。否则要在一次风中给以蒸汽（尤其是在燃烧最旺盛的阶段）防止结成大焦块。

(2) 压火后再若投入运行，应先开烟囱挡板，排出压火时积蓄在炉膛和烟道内的可燃气体（否则有可能发生爆燃）。关闭炉门再开鼓风机。

(3) 不适应于连续供汽的部门。

2—2 双层炉排燃烧排烟法

对于小型立式锅炉，采用双层炉排燃烧法也可以提高煤的燃烧效率，达到排烟除尘的目的。

2—2—1 双层炉排燃烧室的结构

双层炉排燃烧室的结构如图(2—3)所示。是由上炉排1，下炉排2，下炉门孔3，洗炉堵4，捅渣管5，上炉门孔6和火焰孔7等部分组成。

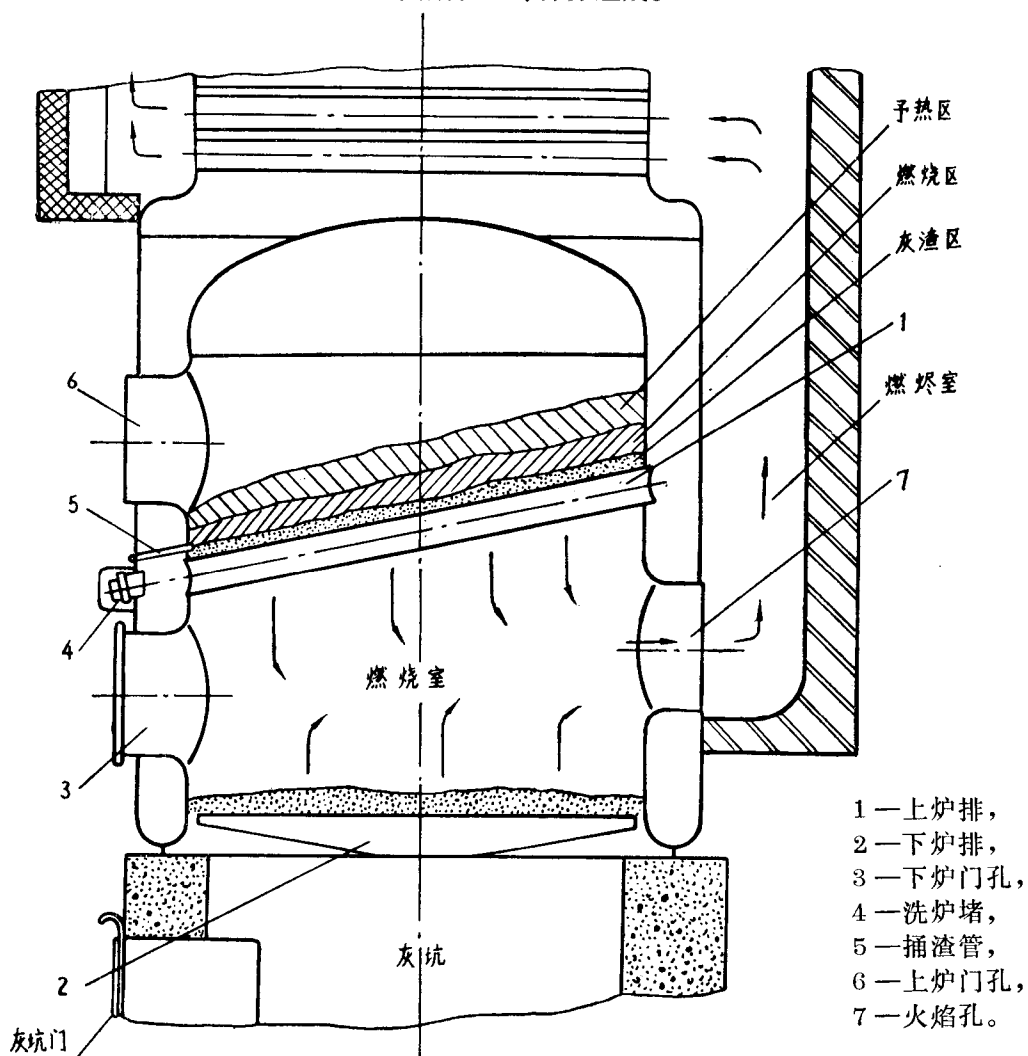


图 2—3 双层炉排锅炉结构及燃烧区域图

双层炉排燃烧室的上部是由直径 $\phi 51\sim 76$ 毫米锅炉钢管组成水冷炉排，也称上炉排，前后作 $10\sim 15^\circ$ 水平夹角倾斜布置，钢管间的间隙为 $30\sim 35$ 毫米、为了减少通风阻力和满足受压元件的强度要求，其通风截面最好占上炉排面积的百分之三十以上；燃烧室下部是普通的铸铁炉排也称下炉排。

2—2—2 燃烧过程

锅炉运行时，将烟煤添加在上炉排的煤层上。煤层是自下而上地燃烧，而燃烧产物则向下流动。由于上炉排的间隙较大或用司炉工具的捅拨，使已经燃烧着的但尚未燃烬的一部分碳粒（包括一些灰渣）漏落到下炉排上面继续燃烧。水冷炉排上的煤析出的尚未被完全燃烧的挥发物和可燃气体向下流动穿过燃烧层到达燃烧室，与穿过下炉排正在燃烧着的碳层（或被燃烧室火焰加热了灰渣层）而提高了温度的过量空气相混合，可以得到继续、充分的燃烧。高温烟气由两层炉排之间的火焰口流入后部燃烧室，进入对流受热面，最后由烟囱排出。

蒸发量的调整以及可燃气体的燃烧和下炉排上的碳层的燃烬，可以通过调节烟囱的挡板控制供风量的多少来达到，这是利用自然通风或在烟囱处加有抽风装置的通风方式。如果不是这样也可以加鼓风机，分别在上炉排的上部空间和下炉排下部灰坑给以可调节的一次风和二次风。

2—2—3 燃烧机理

燃煤分批地加在上炉排的煤层上，煤层保持在 $200\sim 300$ 毫米的厚度。在煤层的不同高度上可以大致分成三个区域即予热区、燃烧区和灰渣区，见图（2—3）所示。

燃煤经过一段时间完成予热，在予热阶段先是干燥，然后是挥发物的析出，也就是热分解。煤在予热阶段所吸收的热量主要是下面燃烧着的煤层传导和辐射来的热量。煤在热分解过程中，一方面析出挥发物，另一方面与进入炉胆上部空间向下流动的空气中的氧发生作用，产生一氧化碳，与析出的挥发物混合成可燃气体向下流动，穿过燃烧区，燃掉一部分。

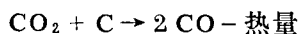
在燃烧区，煤中的挥发物和一氧化碳已基本析出，剩下的是焦炭。这一区域基本可分为氧化层和还原层。由上向下的空气和可燃气体与灼热的焦炭接触，由于这时空气中的氧比较充足，所以先进行的是氧化过程，炭和一部分可燃气体在这里燃烧产生二氧化碳。

主要的反应是：

1. $C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{热量}$
2. $2 CO + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{热量}$
3. $C_m H_n + O_2 \rightarrow H_2 O + \text{热量}$

这些反应都是放热反应，因而使煤层的温度不断提高。二氧化碳向下流动时与灼热的焦炭作用，还发生还原反应，生成一氧化碳。

主要反应是：



这是吸热反应，使煤层的温度降低。但放出热量远远大于吸收热量。

在燃烧区的下层，燃煤中的碳基本耗完，下面是灰渣形成区，一部分还未完全燃烬的

固定碳粒子在这里继续燃烧。

在下炉排上，基本上是由上炉排漏落下来和捅拨下来的燃烧着的炭粒及灰渣。空气穿过下炉排将炭粒燃烬生成二氧化碳，同时，使穿过下炉排向上流动的过量空气（也称二次风）得到加温。

由上炉排煤层中产生的可燃气体向下流动与穿过下炉排向上的被加热的过量空气，在燃烧室混合，能得到充分地燃烧（在燃烧室里主要是气体燃烧）。这就是此种燃烧方式能获得节煤和消烟除尘效果的主要原因。

2—2—4 双层炉排的燃烧试验

通过双层炉排燃烧试验台（结构与图2—3基本相同）的多次燃烧试验，消烟除尘和改善燃烧的效果是好的。

采用河南省义马烟煤（属劣质烟煤试验，炉膛出口烟温稳定在850~900℃，烟囱的排烟几乎是无颜色，在格林曼黑度1度以下。在直径为1200毫米的燃烧室内（截面积1.131平方米）。每小时的燃煤量在150公斤以上，经取样分析炉渣中的含碳量是3.37%。

河南义马烟煤的工业分析数据如下：

全水分	24.45%
固有水分	7.04%
挥发份	94.13%
灰 份	29.46%
固定碳	29.36%
发热量	3728.96大卡/公斤

2—2—5 优点和注意事项

1. 优点：

（1）炉渣中含碳量少，固体未完全燃烧损失少，当下炉排给风量适当，可以使可燃气体燃烧完全，气体未完全燃烧损失也小。因而煤的燃烧效率高。

（2）烟囱不冒黑烟，烟气黑度在林格曼黑度1度以下，排尘浓度低。

（3）可燃烧低热质的烟煤和水份高的烟煤。

2. 应注意事项

（1）燃烧时煤中的粉煤不宜过多，否则煤中应有一定的水份。

（2）掌握由上炉排使煤漏落的捅拨操作技术，根据煤质的高低和用汽量，可捅火或不捅火。

（3）根据上炉排的漏落量和可燃气体的燃烧情况，调整下炉排的通风量。

（4）掌握清除上炉排的煤渣时不致使煤漏落过多的操作方法等。

2—3 二次风消烟法

2—3—1 二次风供给方式：分为连续二次风和间断二次风。

1. 连续二次风供风方法有两种：一种是利用两台或四台、六台等等小型离心式鼓风机，安装在炉膛两侧，将风通过风管连续地吹入炉膛里面，称为连续二次风。

另一种是利用现有的鼓风机，从主风道处分出一路风，通到锅炉炉排的下面，作一次风使用；再分一路风作为二次风使用。作为二次风的风路又分两路，分别通到炉膛两侧，通过风管将风吹入炉膛里面，如图（2—4）所示。

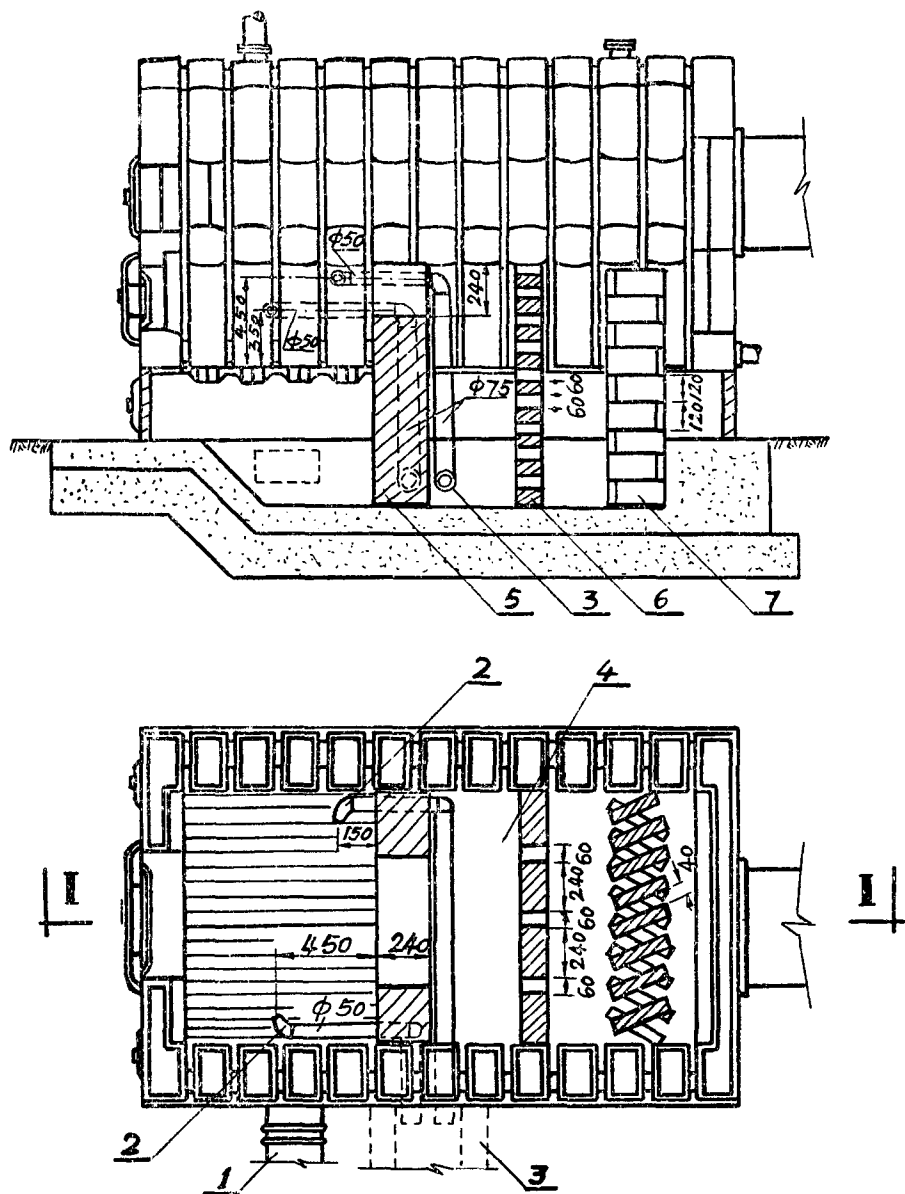
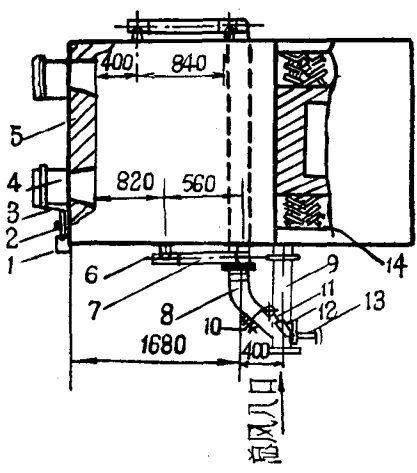


图 2—4 连续二次风风路图

1——一次风道；2——二次风喷咀；3——二次风管；4——落灰坑；5——挡火墙；6——第一道花墙；7——第二道花墙。

2. 间断二次风是改变手烧锅炉燃烧过程中热力周期性变化的一项办法。采用间断二次风可以克服连续二次风使锅炉出力下降的缺点。供风风路如图（2—5）所示。



- 1—行程开关，
- 2—接点杠杆，
- 3—接点钩，
- 4—炉门，
- 5—前炉墙，
- 6—二次风咀，
- 7—二次风管，
- 8—二次风总风管，
- 9—一次风管，
- 10—牵引磁铁，
- 11—导向转动调节风门，
- 12—弹簧，
- 13—风门开度大小的调节螺杆，
- 14—水汶砖蓄热墙。

图 2—5 间断二次风风路图

2—3—2 二次风排烟原理

二次风是指以压力送入火床上部的空气，用以搅拌炉内气体，使之与空气充分混合。恰当的二次风能加强炉内的氧气同不完全燃烧产物的作用，可以降低化学不完全燃烧的损失。其次，由于二次风在炉内造成烟气的旋涡，还可以延长悬浮的细煤粒在炉膛中的停留时间和行程，使飞灰不完全燃烧的损失降低，同时，由于这些颗粒经过充分地燃烧，比重也往往增大，加以气体的旋涡分离作用，可以使飞灰量降低。在KZG 2—8型锅炉上，使用二次风后，飞灰量由每小时7.83公斤，减少到2.5公斤，烟尘颗粒度也随之减少。烟气黑度在林格曼黑度2度以下。

2—3—3 间断二次风优于连续二次风的分析

二次风是一种借助改进炉内燃烧达到消除黑烟的措施。手烧炉有热力周期性变化的缺点，从目前手烧炉使用连续二次风经验看，还不能克服。并普遍反映锅炉出力有所下降，从而不能坚持下来。而间断二次风就是改变手烧炉燃烧过程中热力周期性变化的一项办法。

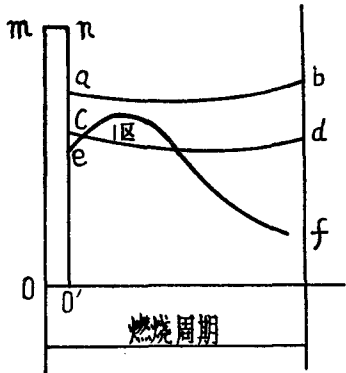


图 2—6 投煤周期空气量变化图

手烧炉工作时，由于燃料间歇地投入炉内，燃料层厚度是不断改变的。燃料刚加入时燃料层最厚，随着燃料的燃烧，厚度逐渐减薄。这种炉内周期性变化可用图（2—6）来说明：

图中横座标为时间，纵座标为空气量。
一般炉内是负压。在投煤时，大量冷空气随炉门