

烟尘危害与防治

沈阳市环境保护办公室

辽宁工业建筑设计院

中国建筑工业出版社

烟 尘 危 害 与 防 治

沈阳市环境保护办公室

辽宁工业建筑设计院

中国建筑工程出版社

本书介绍中小型锅炉的烟尘危害与防治的技术知识。重点叙述燃煤锅炉几种改进燃烧技术、除尘装置等防治措施和实例。对液体燃料的燃烧、操作运行和烟尘检测等方面也做了简要的介绍。

本书可供环境保护部门、工矿企业和城市建设部门的有关工作人员参考。

烟 尘 危 害 与 防 治

沈 阳 市 环 境 保 护 办 公 室
辽 宁 工 业 建 筑 设 计 院

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 8 3/8 字数: 188 千字
1978年5月第一版 1978年5月第一次印刷
印数: 1—17,580册 定价: 0.62元
统一书号: 15040·3460

编 者 的 话

消除烟尘污染，保护和改善环境是关系到保护人民身体健康和为子孙后代造福的大事，是关系到巩固工农联盟和多快好省地发展工农业生产的大事。党和国家十分重视环境保护工作，体现了对人民群众的亲切关怀，社会主义制度的无比优越性。

遵照毛主席有关指示的精神，我国工业布局实行大分散，小集中，多搞小城镇，全面规划，合理布局，综合治理，把发展生产和保护环境统一起来。在安排基本建设项目时，贯彻以预防为主方针，将防治污染的设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产，使工业有害物质消灭在生产过程中或一产生出来及时得到处理。

在毛主席革命路线指引下，在无产阶级文化大革命的推动下，消烟除尘工作已被人们日益重视。特别是在一九七三年全国环境保护工作会议和一九七四年全国消烟除尘经验交流会议以后，消除烟尘保护环境的群众运动已在各地开展起来。几年来，广大干部和群众以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，自力更生，土洋结合，大搞群众运动，在实践中创造和积累了不少经验。在改进锅炉燃烧技术，研制各种高效低阻除尘设备，加强运行管理和烟尘检测等方面都取得了可喜的成果，使我国城乡环境和工矿企业的卫生面貌有了很大的改善。

我们必须坚决遵照毛主席关于“一切从人民的利益出发”的教导，高举《鞍钢宪法》伟大红旗，认真执行“全面规划，合理布局，综合利用，化害为利，依靠群众，大家动手，保护环境，造福人民”的方针。在华主席提出的抓纲治国战略决策的指引下，我们必须十分重视环境保护工作，为搞好消烟除尘，保护人民健康，发展生产，做出应有的贡献。

为了贯彻全国环境保护会议精神，进一步搞好消烟除尘工作，我们受中国建筑工业出版社的委托，走访、学习了北京、上海、长沙、西安、哈尔滨、长春和沈阳等城市的有关单位，在中小型锅炉消烟除尘的经验基础上，编写了《烟尘危害与防治》这本书供有关环境保护工作人员参考。

由于我们水平所限，时间仓促，一定会有很多宝贵经验未收集到，请广大读者对书中的错误和不当之处，提出批评指正。

沈阳市环境保护办公室
辽宁工业建筑设计院

一九七七年七月

目 录

第一章 烟尘的产生与危害	1
第一节 燃料燃烧	1
一、锅炉用燃料	1
二、燃料的成分和分析	1
三、固体燃料的燃烧过程	7
四、液体燃料的燃烧过程	8
五、气体燃料的燃烧过程	9
六、燃烧所需空气量	9
第二节 烟尘和二氧化硫的产生	11
一、烟尘	11
二、烟尘发生量	12
三、二氧化硫	14
第三节 烟尘的危害	15
第二章 几种燃烧方式	18
第一节 层燃炉	18
一、手烧炉	18
二、链条炉	23
三、往复推动式炉排	27
四、振动炉排	30
五、抛煤机锅炉	31
第二节 悬燃炉	33
一、煤粉炉	33
二、油炉	34
三、沸腾炉	38

第三章 改进燃烧技术	42
第一节 简易煤气	42
一、简易煤气的生产过程	42
二、简易煤气的应用	43
三、应用中的几个问题	46
第二节 土法改炉	47
一、土法改炉的作用	47
二、土法改炉的特点	48
三、土法改炉的方法	49
四、改炉中应注意的几个问题	53
第三节 二次风	54
一、二次风的作用和原理	54
二、二次风的分类	55
三、二次风的应用	58
第四章 除尘装置	74
第一节 除尘器的分类	74
一、按作用、原理分类	74
二、按干式、湿式分类	74
第二节 几种除尘器的基本情况	75
一、重力沉降室	75
二、双级蜗旋除尘器	82
三、DG型旋风除尘器	87
四、DGL型除尘器	90
五、PW型平面旋风除尘器	94
六、直流式蜗旋除尘器	95
七、扩散式除尘器	102
八、冲击水浴式除尘器	109
九、管式水膜除尘器	114
十、C型除尘器	123

十一、CLP型除尘器	124
十二、CLG型旋风除尘器	130
十三、立式多管旋风除尘器	133
十四、卧式多管旋风除尘器	142
十五、帽式除尘器	146
十六、麻石水膜除尘器	153
十七、筒易布袋除尘器	159
十八、静电除尘器	162
第三节 旋风除尘器的排灰装置	166
一、干式排灰装置(锁气器)	166
二、湿式排灰装置	176
第四节 除尘器的防腐和耐磨措施	178
一、耐磨涂料	179
二、铸石制品	184
三、涂环氧树脂	186
四、其它防腐蚀方法	187
第五节 除尘器的选用	187
一、除尘器选用中应注意的几个问题	187
二、除尘器的选用计算	192
第六节 除尘系统布置	195
一、除尘系统布置中的几个问题	195
二、除尘设备的制做与安装	199
第五章 操作与管理	201
第一节 操作运行	201
一、手烧炉	201
二、机械化层燃炉	205
三、油炉	208
四、筒易煤气炉	211
第二节 燃烧管理	212
第三节 除尘设备管理	213
第六章 检测	215
第一节 大气中粉尘的检测	215

第二节 烟尘的测定	217
一、测定准备工作	217
二、烟气温度的测定	222
三、烟气湿度的测定	224
四、烟气压力的测定	228
五、烟气流速的测定	229
六、烟气流量的测定	233
第三节 烟尘浓度的计算	234
第四节 二氧化硫的测定	236
一、采样系统	236
二、采样方法	238
三、分析方法	239
四、浓度的计算	241
第五节 除尘器的测定	242
一、烟气量的计算	243
二、除尘器阻力的计算	243
三、除尘器效率的计算	244
第六节 林格曼烟气浓度图	248
附表	254
附表一 各种燃煤锅炉烟气浓度	254
附表二 各种型式锅炉的消烟除尘措施	254
附表三 几个国家对烟尘和二氧化硫排放的要求	255
附表四 几个国家对锅炉烟尘排放最高允许浓度	255
附表五 飘尘对人和物的影响	256
附表六 二氧化硫对人和物的影响	256
附表七 二氧化氮对人和物的影响	257
附表八 煤的比热和导热系数	257
附表九 固体燃料灰分的比热	258
附表十 煤、灰的近似堆积比重及自然堆积角	258
附表十一 一般可燃气体的着火温度	259

第一章 烟尘的产生与危害

烟尘，是燃料在燃烧过程中的产物。燃料燃烧充分与否，对锅炉设备的运行关系很大。它不但对锅炉的安全、经济运行有关，而且对烟尘的产生也有直接的影响。如果锅炉设备、燃料质量、燃烧的操作方法等不够理想，则烟尘产生和烟尘危害就大。因此，必须采取有效措施，最大限度地减少工业和采暖锅炉的烟尘，防止危害人民健康，保护环境卫生。

第一节 燃 料 燃 烧

一、锅 炉 用 燃 料

工业与采暖锅炉所用燃料，有固体燃料、液体燃料和气体燃料三种。固体燃料有无烟煤、烟煤、褐煤和泥煤等；液体燃料有重油和渣油等；气体燃料有天然气、高炉煤气、焦炉煤气和发生炉煤气等。

当前锅炉所使用的燃料主要是以固体燃料（煤）为主，相对来说用液体燃料（油）和气体燃料（天然气）的比较少。

二、燃料的成分和分析

（一）固体燃料

固体燃料煤是由碳（C）、氢（H）、硫（S）、氧（O）、氮（N）、灰分（A）和水分（W）等成分组成的。其中：碳、氢、硫（其中一部分）是可燃成分，其余为不可

燃成分。

碳(C)：碳是燃料中主要成分，燃烧时能放出大量的热量，燃料发热量的多少，基本上是碳所决定的，燃烧后生成二氧化碳。

氢(H)：氢是燃料中最活跃的成分，燃料中的氢与碳成化合物存在，这些化合物在加热时成气体状挥发出来。在燃烧时能放出很多热量。

硫(S)：燃料中的硫，分为可燃与不可燃硫两部分。可燃硫燃烧时能放出热量。但燃烧后生成的二氧化硫(SO_2)、三氧化硫(SO_3)，与烟气中的水蒸气化合，成为亚硫酸(H_2SO_3)和硫酸(H_2SO_4)的蒸气。

氧(O)和氮(N)：在燃料中的含量是很少的。氧在燃烧中起助燃作用。氮气不能自燃也不助燃，它的存在使燃料中的可燃成分相对减少，因而会降低燃料燃烧时所放出来的热量。

灰分(A)：灰分是燃料中不能燃烧的固体杂质，是废物，受高温影响而熔化。煤中的灰分多时，发热值相应降低，对燃烧不利。灰分多，产生的烟尘也会多。

水分(W)：水分是燃料中的有害成分，它吸收燃料燃烧时放出的热量而汽化，直接影响燃料的发热量，降低燃烧温度并增加烟气体积。

固体燃料(煤)中的各种成分可由煤样分析得出，分析的方法有元素分析和工业分析两种。

元素分析：主要是分析煤中各种元素的含量。通过分析结果可以计算出煤在燃烧的过程中放出的热量，燃烧所需的理论空气量和燃烧后所产生的烟气体量。同时也可以确定煤的质量优劣。分析时通常分有有机质、可燃质、干燥质和工作

质。上述每一种燃料质的成分都是用相应的角码来表示。各种燃料质及其元素成分如表1-1所示。

各种燃料质及其元素成分

表 1-1

角 码	元 素	碳 C	氢 H	氧 O	氮 N	有机硫 S_{op}	黄铁矿硫 S_K	灰分 A	水分 W
o		有 机 质							
z		可 燃 质							
C		干 燥 质							
P		工 作 质							

各种燃料质如按百分数表示，则：

$$\text{有机质 } C^o + H^o + O^o + N^o + S_{op}^o = 100\%$$

$$\text{可燃质 } C^z + H^z + O^z + N^z + S_{op}^z + S_K^z = 100\%$$

$$\text{干燥质 } C^c + H^c + O^c + N^c + S_{op}^c + S_K^c + A^c = 100\%$$

$$\text{工作质 } C^p + H^p + O^p + N^p + S_{op}^p + S_K^p + A^p + W^p = 100\%$$

为了从某一种燃料质的成分，换算为另一种燃料质的相应数据，可采用表1-2中所列的数值。

工业分析：工业分析中包括煤中的固定炭（C）、挥发分（V）、灰分（A）、水分（W）、灰熔点和发热量等。分析时把煤在断绝空气的情况下，加热到 850°C 所放出的气态可燃物称为挥发物。煤中的挥发物越多，越是易于着火，燃烧时有比较长的火焰。

元素分析与工业分析的关系，如表1-3所示。

焦炭，是煤中水分及挥发物逸出后遗留的固体物质。焦炭成粉末状的称为不结焦煤；成坚硬块状的称为强结焦煤；介于两者之间的称为弱结焦煤。

换算燃料指标用的换算系数

表 1-2

所求质	给出质	工 作 质	干 煤 质	可 燃 质	有 机 质
工 作 质		1	$\frac{100 - W^P}{100}$	$\frac{100 - (A^P + W^P)}{100}$	$\frac{100 - (S_K^P + A^P + W^P)}{100}$
干 煤 质		$\frac{100}{100 - W^P}$	1	$\frac{100 - A^c}{100}$	$\frac{100 - (S_K^c + A^c)}{100}$
可 燃 质		$\frac{100}{100 - (A^P + W^P)}$	$\frac{100}{100 - A^c}$	1	$\frac{100 - S_K^c}{100}$
有 机 质		$\frac{100}{100 - (S_K^P + A^P + W^P)}$	$\frac{100}{100 - (S_K^c + A^c)}$	$\frac{100}{100 - S_K^c}$	1

元素分析与工业分析的关系

表 1-3

燃 料	可 燃 成 分					灰分	水分
工 业 分 析	挥 发 物 (V)		固 定 炭			A	W
元 素 分 析	H	O	C, S	C	N	A	W

(二) 液体燃料

液体燃料(重油)的分析,主要是分析水分、灰分、粘度、凝固点、闪点、发热量等。各种油品的闪点如表 1-4 所示。重油燃烧加热温度,一般在 120°C 左右。重油粘度是指油移动时,产生内部摩擦力的大小。粘度大时,不易输送和雾化。粘度常用恩氏粘度($^{\circ}\text{E}$)表示,粘度随温度升高而降低,一般采用蒸气加热方法降低粘度。常用燃料油质量标准如表 1-5 所示。

各种油的闪点

表 1-4

油	品	闪 点 (开口) $^{\circ}\text{C}$
重	油	180~200
渣	油	200~230
轻 柴	油	65~135
原	油	-20~400

(三) 气体燃料

气体燃料大体上可以分为天然气和人造气两类。气体燃料主要有以下优点:

重油质量标准

表 1-5

项 目	指 标			
	20号	60号	100号	200号
恩氏粘度 $^{\circ}\text{E}$ 80 $^{\circ}\text{C}$ 不大于	5.0	11.0	15.5	—
恩氏粘度 $^{\circ}\text{E}$ 100 $^{\circ}\text{C}$ 不大于	—	—	—	5.5~9.5
闪点(开式) $^{\circ}\text{C}$ 不低于	80	100	120	130
凝固点 $^{\circ}\text{C}$ 不高于	15	20	25	36
灰分%不大于	0.3	0.3	0.3	0.3
水分%不大于	1.0	1.5	2.0	2.0
含硫量%不大于	1.0	1.5	2.0	3.0
机械杂质%不大于	1.5	2.0	2.5	2.5

1. 气体和空气均可预热，从而可以提高炉膛温度。

2. 气体和空气易于混合，供给较少的过剩空气就容易做到完全燃烧。

3. 气体便于管道输送，系统比较简单。

4. 燃烧条件好，便于自动控制，不冒黑烟。

由于上述优点，所以气体燃料的应用引起人们的重视。一般燃料构成，气体燃料所占比重是逐渐上升的。

天然气：

我国天然气气源丰富，天然气中主要成分是甲烷(CH_4)，其含量超过80%，有的高达97.2%，一般含有少量不可燃杂质，发热量较高，约为8000~10000千卡/标准米³。

人造煤气：

焦炉煤气是炼焦生产的副产品，主要成分是氢(H_2)，含量一般超过50%。其次是甲烷，含量在20~25%之间。此外还有乙烷(C_2H_6)等，发热量约在4500千卡/标准米³。

高炉煤气是炼铁的副产品，主要成分是一氧化碳(CO)，

其含量在26~30%，氮的含量超过50%，发热量比较低，约为850~950千卡/标准米³。

发生炉煤气是把煤加入发生炉内燃烧而生成的燃烧气体。主要成分为一氧化碳（CO），含量在26~31%，其次是氢（H₂）占10~14%，此外有少量甲烷（CH₄）、乙烷（C₂H₂）等。发热量约在1200~1400千卡/标准米³。

三、固体燃料的燃烧过程

煤的可燃成分与空气中氧发生强烈的化学反应的过程叫做燃烧。燃烧过程基本上可以分为着火、燃烧、燃烬三个阶段。

（一）着火阶段（准备）

煤投到炉内加热到100°C时，水分基本蒸发完毕；温度达270~300°C时，可以发生硫化氢气体；温度达600~700°C时，煤中的挥发物和氧气绝大部分逸出；温度在700°C以上时，挥发物已快全部放出。着火阶段的特征是，首先使煤受热、干燥以及挥发物的分解。这时主要是吸热，不需供氧。各种燃料的着火温度，取决于燃料中所含挥发物的多少，挥发物越多，着火温度越低。几种燃料的着火温度（燃点）如表1-6所示。

煤 的 着 火 温 度

表 1-6

煤	种	着 火 温 度 (°C)
褐	煤	250~450
烟	煤	450~500
无	烟 煤	700~800

（二）燃烧阶段

着火阶段结束，也就是燃烧阶段的开始。此时，煤中的挥发物和焦炭达到着火温度而进行急剧的燃烧反应。当可燃物越来越少，灰分越来越多，这一阶段即将完了。燃烧阶段的特征是大量放热，需供给足够的空气量，使燃料达到充分燃烧。

（三）燃烬阶段

使残留在灰渣中的一些焦炭继续燃烧。这一阶段的特征是燃烧微弱。因此所需空气量相应减少。

实际上，着火、燃烧、燃烬这三个阶段是不能明显分开的，而是彼此交叉进行的。

四、液体燃料的燃烧过程

具有一定压力和温度的液体燃料——油，通过喷嘴被雾化成细小的颗粒喷进炉内。然后，吸收炉内热量逐渐蒸发分解而变成油汽，再与炉膛内空气相混合，形成可燃气体混合物，继续吸热温度升高，当达到着火温度（燃点）即开始燃烧。油的燃烧，是油的油蒸汽与空气的混合物的燃烧，而不是油本身燃烧。重油的燃烧过程大体可分为：油的雾化、油粒的蒸发、油蒸汽与空气混合物的形成和混合物的着火与燃烧。

油在炉内呈悬浮状态进行燃烧。以着火点划分为两个阶段：着火点前为准备（预热）阶段。主要是吸收热量，以提高温度；着火后为燃烧阶段。油的燃烧是蒸发、扩散、燃烧同时进行的。在燃烧时，蒸发和扩散是继续不断进行，直到油粒燃烬为止。欲达到油的完全燃烧，除满足燃烧必要条件以外，良好的雾化和有足够的燃烧时间是十分重要的。试验