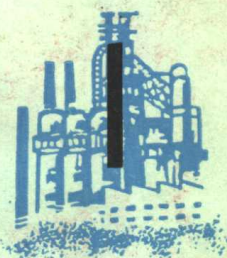


上海市治理三废技术小丛书

工业锅炉消烟除尘

上海工业锅炉厂研究所



上海人民出版社

《上海市治理三废技术小丛书》之一

工业锅炉消烟除尘

上海工业锅炉厂研究所

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海市印十二厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 2.625 字数 56,000

1974年12月第1版 1974年12月第1次印刷

印数 1-30,000

统一书号 15171·168 定价: 0.17 元

毛主席语录

备战、备荒、为人民。

我们的责任，是向人民负责。

人民的国家是保护人民的。

人民群众有无限的创造力。他们可以组织起来，向一切可以发挥自己力量的地方和部门进军，向生产的深度和广度进军，替自己创造日益增多的福利事业。

治理三废,保护环境,造福人民

——丛书出版说明——

党中央、毛主席历来十分重视环境保护的工作,谆谆教导我们,在进行经济建设的同时,要充分注意环境的保护和改善,要开展综合利用,并为我们制订了:“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。

在资本主义国家中,生产处于无政府状态,资本家为了追逐高额利润,不顾人民死活,任意破坏自然资源,肆意排放“三废”,污染环境,对人类和自然界带来了极大的危害。因此,在资本主义社会,尤其是在一些号称发达的帝国主义和社会帝国主义国家,环境污染已成为严重公害和无法根治之症。城市毒雾重重,江湖污浊秽臭;土地浸蚀荒芜,海岸油渍层层,人民健康和生命受到严重威胁。革命导师恩格斯早就指出:“要消灭这种新的恶性循环,要消灭这个不断重新产生的现代工业的矛盾,又只有消灭工业的资本主义性质才有可能”。(恩格斯:《反杜林论》)

我们是无产阶级专政的社会主义国家,国家利益同人民的利益在根本上是一致的,工业发展是在统一的国家计划下进行的。这就为防止和消除工业三废污染,保护和改善环境,提供了优越的条件。上海自解放以来,在毛主席的革命路线指引下,工业迅猛发展,而环境的保护工作也越来越得到各方面的重视。伟大的无产阶级文化大革命和批林整风、批林批孔运动使蕴藏在群众中的极大的社会主义积极性得到了进一步的发挥。在工业生产大发展的同时,积极搞好环境保护,这不仅是一项重要的政

治任务，也是一项为子孙后代造福的大事。

抓治理三废工作，首先要抓两个阶级、两条路线、两种思想的斗争。刘少奇、林彪一伙的反革命修正主义路线在工业企业中的流毒必须继续批判。在刘少奇、林彪一伙贩卖的“利润挂帅”、“爬行主义”、“洋奴哲学”、“上智下愚”等影响下，少数部门和单位的三废治理工作受到了阻碍。我们必须坚持不懈地开展群众性的革命大批判，坚决相信广大劳动人民有无穷的智慧和力量，贯彻执行中央关于保护和改善环境的方针，就一定能把治理三废工作卓有成效地开展起来。

大搞综合利用是消除三废污染的积极措施，要大搞技术革新和技术革命，改革工艺，改进设备，化被动为主动，化不利为有利，尽可能把三废消灭在生产过程之中。这就要求我们深入发动群众，认真调查研究，大胆设想，勇于实践。现代工业的发展过程，就是人类不断认识、改造自然界的过程。对于三废的治理，只有我们暂时还没有能掌握和解决的问题，而决不存在我们无法解决的问题。只要我们坚定信心，发动群众，刻苦钻研和不断实践，就一定能够克服种种困难，在治理三废和保护环境这条战线上，夺取一个又一个的胜利。

近年来，在中共上海市委的正确领导下，上海市工交、卫生、科研等有关单位在治理三废方面取得了一些经验。为了配合这一工作的开展，及时传播一些成功的经验，起到宣传、推广和交流的效果，我社在有关部门的支持下，组织出版这一套《上海市治理三废技术小丛书》。在这套书中，有的是专题性的经验，有的是综合性的经验；有的是一个单位写的，有的是多个单位经验的汇编。我们希望广大的工农兵和科技人员对我们的工作不断提出宝贵意见，使这一套丛书能够出好。

一九七四年八月

目 录

前 言	1
一、锅炉燃烧与消烟除尘	3
(一)燃料的燃烧与消烟除尘的关系	3
(二)几种常用的燃烧装置	4
(三)小型锅炉消烟除尘的几种简易措施	10
二、几种除尘装置	20
(一)重力沉降除尘室	20
(二)旋风除尘器	23
(三)布袋式除尘器	44
(四)麻石水膜除尘器	52
(五)小型静电除尘器	60
小 结	68
附 表	71

前 言

随着工业生产的迅速发展，工业废气的种类和数量日益增多，防止环境污染问题必须进一步予以重视。

环境污染是和现代工业伴随在一起发生的。工业生产的发展，大大地扩大了原材料的使用范围，同时也产生了不少新的污染物质，带来了环境污染的可能性。

在资本主义社会里，资产阶级唯利是图、不顾人民死活，大量排放各种三废，使环境污染成为严重的社会“公害”。从本质上看，“公害”是资本主义制度的产物，是资本主义制度之害，是资本主义制度腐朽没落的象征。在资本主义制度下是无法彻底解决环境污染问题的。

废和宝，害和利是对立统一的两个方面。环境污染本身就包含了战胜和克服环境污染的可能。社会主义制度从根本上改变了生产的目的，它是为广大劳动人民和子孙万代造福的，它调动了广大人民群众的社会主义积极性，为战胜环境污染提供了最大的保证。

解放以来，上海的工业生产飞速发展，工业锅炉的数量有了很大增长，工业锅炉排放的烟尘和有害气体也有增加，如不加处理，不但污染空气，影响环境卫生，影响工农业生产，对人民的生活和健康也有极大的危害。因此，工业锅炉的消烟除尘是维护人民健康，保护环境，促进社会主义建设发展的一项重要工作。

解放以后，党和毛主席对人民健康和环境卫生十分关心。

但是,在刘少奇“利润挂帅”、“洋奴哲学”、“爬行主义”等反革命修正主义企业路线的干扰下,少数地区和单位对工业三废的处理不够重视,在一定程度上影响了消烟除尘工作的开展。无产阶级文化大革命以来,在毛主席的无产阶级革命路线指引下,广大工人、革命干部、革命技术人员狠批了修正主义路线,特别是在这次批林批孔运动中,狠批了林彪、孔老二鼓吹的“上智下愚”反动天才史观,大大激发了社会主义积极性,推动了消烟除尘工作的开展。广大工人坚持独立自主、自力更生的方针,结合本单位的具体情况,大搞消烟除尘和综合利用的群众运动,创造了一些简便、新颖、有效的除尘装置,采取了很多消烟除尘的措施,取得了很大成绩。

消烟除尘的工作量大、面广,是一项群众性的工作。为了总结和推广这方面的经验,我们把上海地区工业锅炉消烟除尘的一般情况和一些单位的先进经验编写成这本小册子,供有关同志参考。本书内容主要分两部分:第一部分收集了有关锅炉改造和改善燃烧方法和条件以减少烟尘的一些先进经验;第二部分叙述了广泛使用的几种典型除尘装置的基本原理、结构特点及使用情况。

由于我们调查研究不够广泛深入,有些好的经验还没有收集进去,也会存在一定错误,欢迎批评指正。

上海工业锅炉厂研究所 1974年7月

一、锅炉燃烧与消烟除尘

(一) 燃料的燃烧与消烟除尘的关系

消烟除尘包括消烟(消灭黑烟)和除尘(除去飞灰和飞尘)两项工作。消烟和除尘既有区别,又相互联系。消除黑烟主要依靠选择适当的燃烧设备和进行合理的燃烧管理才能实现。烟气中的含尘量随燃烧方式不同而差异很大。消烟除尘与锅炉的燃烧有着密切的关系,锅炉燃烧情况好,黑烟的排放减少,对于做好消烟除尘工作,创造了有利的先决条件。因此,搞好消烟除尘工作,首先要着眼于燃料的合理而完全的燃烧。

燃料在高温下燃烧放出大量热能,其燃烧产物包括气体和固体两部分:气体中除二氧化碳、水蒸汽、氮气、氧气之外,还有一氧化碳、氧化氮、硫化氢、二氧化硫和三氧化硫等有害气体。一氧化碳是不完全燃烧的产物,通过调整燃烧情况使燃料充分燃烧才能消除。固体残渣(灰渣)主要成分为金属氧化物和未燃尽的煤粒。在燃烧不完全的情况下,一部分碳分子(炭黑)来不及氧化就被烟气带走,形成黑烟。炭黑颗粒度只有 $0.05\sim 1$ 微米,比重很轻,能在空气中飘浮比较长的时间。燃油燃气锅炉在燃烧不好的情况下,也有部分炭黑排出,形成黑烟。灰渣中颗粒度为 $50\sim 60$ 微米以下的部分,随烟气带入锅炉尾部,成为烟气中的灰尘。

炭黑是不完全燃烧的产物,是黑烟的主要成因,只有加强燃烧,让它氧化变成二氧化碳才能消除黑烟。一般来讲,手工加煤锅炉因其燃烧过程的周期性变化,在投煤后的一分钟内大量的挥发物来不及完全燃烧而产生很浓的黑烟。根据不同燃料选用

适当的燃烧设备,并且注意调整供应足够而均匀的空气,使其与燃料良好混合,保证适当的燃烧面积和空间,保持较高的炉膛温度,就能得到较好的燃烧工况,消除黑烟。

工业锅炉中不同的燃烧方式产生的烟尘量大不相同。采用往复炉排和链条炉排,飞灰占燃料总灰量的10%左右,烟尘浓度一般在1~2克/标米³。振动炉排飞灰含量略高,烟尘浓度为4~7克/标米³。抛煤机锅炉的飞灰量占总灰量的25~40%,烟尘浓度约为4.5~9克/标米³。沸腾炉、半沸腾炉和煤粉炉,烟尘浓度最大可达10~50克/标米³。就烟气中炭黑含量而言,手工加煤烟气黑度可达5~10度(林格曼度);振动炉、沸腾炉次之;链条炉和机械化阶梯炉较好;燃油、燃气锅炉则更好。

综上所述,烟气的黑度、烟气含尘量同燃烧方式和燃烧管理有着密切关系。要搞好消烟除尘首先要选择适当的燃烧设备,进行合理的燃烧调整。上海地区很多工厂从改进燃烧设备和燃烧管理着手,创造了很多经验,对消烟除尘、改善环境卫生有显著效果。

(二) 几种常用的燃烧装置

为了使燃料充分燃烧,节约燃料,消烟除尘,上海地区多年来,特别是近几年来,对老式锅炉和手工加煤锅炉逐步进行了改造。根据燃料、炉型特点,选用的燃烧装置主要有如下几种:

1. 链条炉排

链条炉排是一种结构较完善的层燃炉,其炉排不断由炉前向炉后移动,将煤由煤斗带进炉内,逐渐着火、燃烧、燃尽,最后将炉渣排出。实现了加煤和出渣的机械化,克服了手烧炉的周期性影响。

由于燃料在燃烧过程中是相对静止的,燃料受到的搅动较

小,燃料细颗粒在炉排上比较稳定,所以飞灰较少。链条炉排的结构如图1所示。由于链条炉不需要磨煤机,耗电不多,过去在10~40吨/时的工业锅炉中广泛应用,在10吨/时以下的小型锅炉中近年来用得也不少。链条炉的工作比较稳定,但是金属耗量较大,加工也比较复杂。

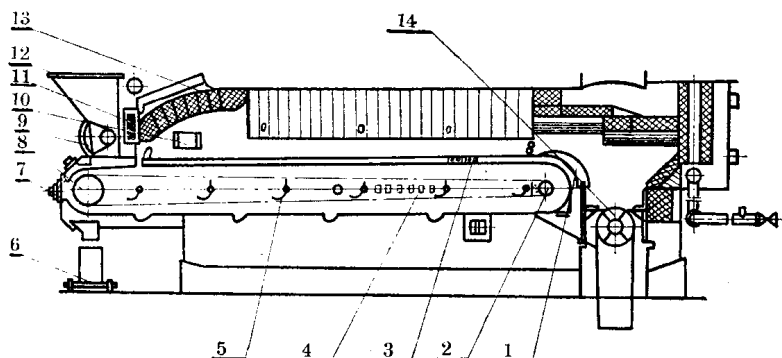


图1 链条炉排结构简图

1—老鹰铁；2—后滚筒；3—链条炉排；4—调风窗；5—隔风窗；
6—落灰小车；7—拉紧螺栓；8—链轮轴；9—点火门；10—看火
门；11—煤闸门；12—煤斗；13—前拱；14—螺旋出渣器

在链条炉中,煤的着火是依靠拱、砖墙、火焰等的辐射热。在燃烧难着火的煤时,着火点推迟。当燃烧低挥发分、高水分、高灰分等煤种时,在炉排长度的确定和前后拱的布置等方面都要特别考虑。此外,在链条炉中,煤和炉排之间没有相对运动,因此它不适宜燃烧容易结焦的煤。

由于链条炉中没有周期性投煤的影响,如果运行正常,空气过剩系数可以比手烧炉稍低。链条炉都是采用机械通风的,炉排热强度可达 $800 \sim 900 \times 10^3$ 大卡/米²·时。这样,每吨蒸发量大约需要1~1.2米²炉排面积。燃烧效率随煤质等不同而相差很大,在一般情况下,化学不完全燃烧损失约为0~2%,机械不完全燃烧损失约为5~12%。锅炉的热效率可达70~85%。

上海地区改造锅炉采用链条炉的单位很多,例如电筒厂的1.5吨/时快装锅炉,柴油机厂、拖拉机厂、压缩机厂等单位的2吨/时快装锅炉,色织染纱四厂、酿造六厂、上棉十八厂等的卧式外燃锅炉,乳品二厂、制药一厂、电缆厂的K型锅炉等,效果均较好。

2. 机械化阶梯炉排

机械化阶梯炉排又叫往复炉排,也是一种出现较早的燃烧设备。近年来,在不少地区得到推广,并作了某些改进。它有一定的优点,也是小型锅炉中比较适用的机械化燃烧设备之一。

机械化阶梯炉排由固定炉排片和活动炉排片交替布置而成,活动炉排片的两边下端各用一根拉杆相连成一体,然后再和人字架与推拉杆相连(如图2所示)。电动机通过行星摆线针轮减速器减速后,带动一个偏心轮转动,偏心轮通过活动杆与推拉杆相连。电动机转动后,使推拉杆带动整个活动炉排作往复运动,使活动炉排片在固定炉排片上来回推动,这样就使煤从煤斗逐渐自上而下运动。

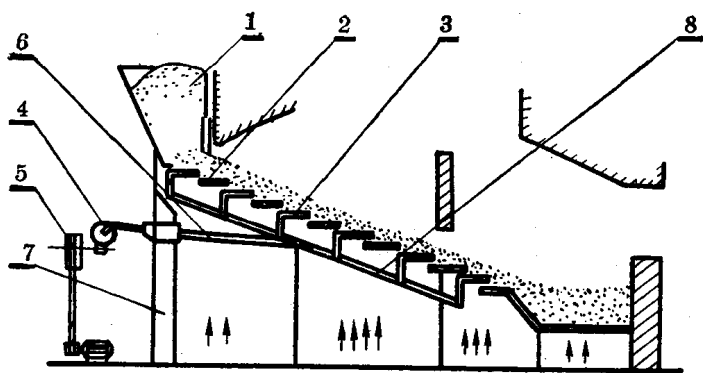


图2 机械化阶梯炉排结构示意图

- 1—煤斗; 2—固定炉排片; 3—活动炉排片; 4—偏心轮连杆;
5—减速传动装置; 6—推拉杆; 7—支承座; 8—拉杆

炉排的布置成 $15\sim 20^\circ$ 倾斜角, 由于炉排片有规律的运动, 使燃料的移动缓慢均匀, 整个炉排面积上燃料层有规律的拨动, 以加速燃料的燃烧。所以倾斜往复炉排可以烧高水分低热值 (3000 大卡/公斤) 的劣质煤。锅炉的效率可达 $70\sim 80\%$, 烟气含尘量为 $1\sim 2$ 克/标米³, 在消烟除尘方面收到一定的效果。

机械化阶梯炉排比链条炉、抛煤机锅炉结构简单, 金属消耗量也较低。另外, 耗电量很小, 运转时噪音小, 生火、压火及操作比较方便, 不容易出故障。它的一个重要缺点是炉排片的前端受到火焰高温的作用, 很易过热烧损, 一般不适宜烧低挥发分、高热值煤。这种机械化阶梯炉排目前还存在炉排片寿命较短、漏风系数较大、适应负荷变化的能力较差等问题, 有待进一步解决。此外, 煤斗较高, 常常使整个锅炉的标高增加。

上海地区采用机械化阶梯炉排的单位不多, 上海缝纫机台板一厂的 2 吨/时快装锅炉上采用了这种型式的燃烧设备。

3. 振动炉排

振动炉排是我国近几年来发展起来的新型燃烧设备。

振动炉排结构简单(如图 3 所示)。本体是由一组焊接的上框架和一组下框架组成。铸铁的炉排片搁置在上框架的“<”字型横梁上, 用弹簧和拉杆连接。上框架支承在与水平成 $55\sim 70^\circ$ 角的钢板上, 钢板下部固定在下框架的底板上。除铸铁炉排外,

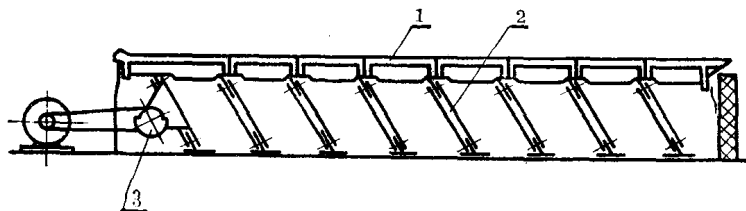


图3 振动炉排结构简图

1—振动炉排片; 2—弹簧钢板; 3—振荡器

框架全部用型钢和钢板焊成。

炉排的前部装有一组振动器，它转动时产生的惯性力使炉排和上框架产生与地平面成 $20\sim 35^\circ$ 角的振动。振动器由轴承、轴、皮带轮和偏心块组成。改变偏心块的重量和转速，就能改变炉排的振幅和振动频率。

振动炉排的结构有固定支点和活络支点两大类。炉排的冷却方式有空气冷却和水冷两种。

炉排振动的频率和振幅决定了燃料前进的速度和搅动的程度。振动炉由于炉排振动，煤层上下翻腾，进入的空气容易与煤接触，因而燃烧工况较链条炉激烈，又有拨火作用，所以振动炉的燃料适应性较好，燃烧效率较高，但振动时，烟囱中有少量黑烟逸出。

振动炉排在近十年的群众实践中，不断改进结构，摸索调整和运行方式，逐步克服了使用初期存在的炉排片堵灰、烧坏，弹簧板断裂，燃料在炉排上的位移不均匀等故障，取得了较长时间连续稳定、安全经济运行的良好效果。但振动炉排是一个新生事物，对其规律性认识还很不够，必须总结典型单位的经验，在进一步的实践中找出规律，从而为在其适用范围内积极推广创造条件。

振动炉排的炉排热强度和链条炉相似，为 $800\sim 1000\times 10^8$ 大卡/米²·时，空气过剩系数为 1.3 左右。振动炉排的风室密封比链条炉难处理，如果不注意，空气过剩系数容易偏大。化学不完全燃烧损失约为 1~2%，机械不完全燃烧损失约为 5~12%。

上海地区有些单位，如针织十厂、针织四厂、针织十二厂、第八织袜厂、第一织袜厂、第一丝绸印染厂、丝织一厂和橡胶制品二厂等，在改造外燃回火管、K 型、拨白葛、兰开夏等锅炉和快装锅炉上采用振动炉排，获得了较好的效果。

4. 燃油锅炉

我国近年来石油工业迅速发展,石油产量成倍增长。近年来不少地区原来燃煤的工业锅炉正在逐步改为烧油。

在锅炉中燃烧的油一般是重油或渣油,个别地区也有燃烧原油的。油是一种很好的燃料,它的发热值一般在 8800~9800 大卡/公斤,几乎比煤高一倍。它比煤容易着火,几乎没有灰分,容易燃烧完全,并便于实现机械化和自动化。

油嘴也叫做油枪或雾化器,它的作用是将油雾化成很细的油滴,喷进炉膛。小型工业锅炉中常用的油嘴有两类:蒸汽油嘴(图 4)和机械油嘴(图 5)。蒸汽油嘴是利用高速喷出的蒸汽流将油雾化的。

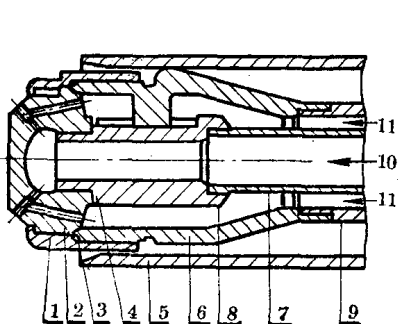


图 4 蒸汽雾化器结构图

1—压紧螺母; 2—Y 型喷雾器; 3—垫料; 4—垫料; 5—油枪保护管; 6—油枪内管接头; 7—油枪内管; 8—油枪内管接头; 9—油枪外管; 10—雾化介质通道; 11—油通道

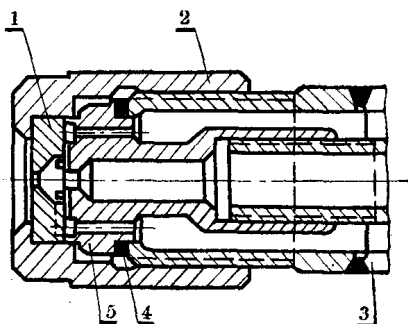


图 5 中间回油式机械雾化器结构图

1—雾化片; 2—套嘴;
3—外管; 4—垫片;
5—分配盘

为了监督油嘴的工作,应在油嘴和汽阀之间的蒸汽管道上装压力表,在油嘴前的油管上装温度计。

蒸汽油嘴结构简单,改装容易,但是耗汽量比较大,使锅炉

净效率降低, 燃烧质量也要差一些。一般只用于蒸发量较小的锅炉。

机械油嘴是利用较高的油压将油从小孔中高速喷出而实现雾化的。采用机械油嘴时, 要求油的粘度比采用蒸汽油嘴时更低一些, 约在 3.5°E 左右。对重油一般要求预热温度达 $100\sim 110^{\circ}\text{C}$ 。对于一些高粘度的油, 甚至要预热到 130°C 左右。

为了使油在锅炉内良好燃烧, 除了应保证良好的雾化质量外, 特别重要的是要采用正确的给风方式, 使空气从油嘴四周经过调风器进入炉膛, 以求两者获得良好而均匀的混合。

根据哈尔滨工业大学的资料, 对于油炉, 炉膛空气过剩系数可取 $1.15\sim 1.2$, 化学不完全燃烧损失为 $1\sim 3\%$ 。如果没有严重的黑烟, 机械不完全燃烧损失可略去不计。

燃油过程中的主要问题是燃料中硫燃烧后生成二氧化硫和三氧化硫, 在锅炉的后部烟道与凝结水产生亚硫酸或硫酸, 使金属腐蚀。在油嘴雾化不良、油滴过粗或空气不足的情况下, 油滴边蒸发、边裂解成气态的重氢化合物或碳, 飞出烟囱形成黑烟, 甚至在后部烟道产生燃烧。

上海地区由原来的手烧快装锅炉改烧油炉的有上海器皿二厂和上海中华造船厂等单位。其它在锅炉上改烧油时间比较久和使用较好的单位有上海溶剂厂、试剂一厂、第三制药厂、第五制药厂、化工研究院、耀华玻璃厂等。

(三) 小型锅炉消烟除尘的几种简易措施

除了改用自动进煤和机械化燃烧设备之外, 上海广大工人群众还采用了很多改善燃烧、消除黑烟、减少烟气含尘量的措施。这些措施投资少、上马快, 有一定的效果。目前小型立式锅炉尚无成熟的机械化燃烧设备, 很多单位采用余热水箱、二次

风、蓄热挡板等措施,既能节约燃料又有利于消烟除尘,是值得引起重视的。

1. 二次风

(1) 二次风的作用原理 手工加煤的锅炉在加煤和拨火的短时间内燃烧不完全,排出大量的一氧化碳(2~4%)和炭黑,这是因为新加入的煤受到它下面高温火床的烘烤,在很短时间内释放出大量的挥发物(碳氢化合物),这些碳氢化合物需要大量氧气来燃烧,但是新加入的煤盖住了炽热的火床面,火床增厚,增加了通风阻力,进入炉膛的空气反而减少,其次,冷煤和炉门进来的大量冷空气使炉膛温度降低,这些因素使部分有机碳裂解还原成炭黑,部分碳氧化生成一氧化碳,没有充分的条件进一步氧化成二氧化碳的碳,就统统被烟气带走,大量的烟灰和细煤粒造成黑烟滚滚,污染了环境,浪费了燃料。

燃料充分燃烧有三个必要条件:

- ① 要有燃料着火所必需的高温——炉膛温度高;
- ② 要有燃料与氧化合所必需的反应时间——燃料在炉内停留一定时间;
- ③ 要有足够的空气量,并使其同燃料充分接触,满足燃烧的需要。

当以上条件能充分满足时,燃料就完全燃烧,烟气中就不会有元素碳和一氧化碳存在。

手工加煤锅炉在加煤时搅乱了燃烧工况,使上述三个条件都得不到满足;并且人工拨火时因大量冷空气从炉门进入,也使燃烧不好。针对人工加煤锅炉的这些问题,工人同志广泛使用二次风来改善加煤、拨火、清灰时的燃烧状况。二次风的作用有以下几点:

第一,二次风可以补充挥发物燃烧所需氧气;