

张明月编著

工业锅炉和生活锅炉 节约用煤

7.1

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书系统阐述工业和生活用的小型锅炉节约用煤的有关问题,分析因地制宜改造锅炉的技术措施,提出加强锅炉管理和科学司炉的基本要求,探讨合理用汽和节约用汽的主要途径。为便于掌握节煤原理并能灵活运用,书中简介燃烧、传热、水质处理、合理选择炉型等有关基本知识和参考数据,以及测定分析锅炉热效率的方法。

本书可作为工矿、企业、事业单位司炉工的培训教材,供从事动力设备和热能管理人员、技术干部学习,大专院校有关专业师生也可参考。

工业锅炉和生活锅炉节约用煤

张明月 编著

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $8^{1/4}$

字数182 千字 印数1—20,420

1981年3月第1版 1981年3月第1次印刷

书号15035·2383 定价0.90元

作 者 的 话

能源，是当代世界重大问题之一，在我国四个现代化的建设中，具有特别重要的地位。在大力开发煤炭、石油和天然气、水力、核能等常规能源的同时，节约能源和探索新能源已经成为国内外广为瞩目的课题。

煤炭在我国能源构成中占首位。全国十几万台工业和生活用小型锅炉消耗的煤炭，约占总耗煤量的三分之一。但锅炉效率不高，节煤潜力很大。广大司炉和技术人员，针对不同时期的不同要求，因地制宜、因炉制宜、因煤制宜地开创了许多行之有效的改炉节煤途径，取得了不少经验，涌现出一批不同类型、不同特点的先进典型。群众性的改炉节煤工作正在蓬勃发展。

总结多年来节约锅炉用煤的经验，认真分析存在的问题，并采取相应措施，对加速国民经济的发展，有重大现实意义。有感于此，作者撰写了这本书。

本书围绕蒸发量在20吨/时以下小型锅炉的经济运行和节约用煤问题，在简述锅炉基本知识的基础上，评介锅炉改造的原理和主要技术措施，阐明加强管理和改进操作的要领，探讨合理用汽和节约用汽的途径，俾能有助于司炉和管理人员有成效地开展节煤工作。

在撰写本书过程中，承一些单位和同志的热情帮助，提供不少节煤资料、经验和成果，谨表示衷心感谢。

一九八〇年六月·上海

目 录

第一章 绪言	1
第二章 锅炉基本知识	4
第一节 煤炭的燃烧	5
第二节 锅炉传热和受热面布置	22
第三节 水循环和汽水分离	34
第四节 水质处理	38
第五节 锅炉的选型	55
第三章 锅炉改造	75
第一节 燃烧设备的选择与改进	77
第二节 土法改炉	111
第三节 改善传热和余热利用	128
第四节 扩大锅炉蒸发量的一些问题	149
第四章 锅炉热平衡及热效率的测定	155
第一节 锅炉热平衡概要	155
第二节 热效率测定的组织和要求	158
第三节 热效率测定方法	160
第四节 热效率测定结果的分析	176
第五节 热效率测定计算举例	178
第五章 科学司炉	184
第一节 健全规章制度	184
第二节 用煤管理	185
第三节 给水及水质控制	189
第四节 燃烧调整与运行操作	198
第五节 锅炉的维修保养	204
第六章 加强热能管理, 节约用汽	211
第一节 蒸汽的特性和输送	211
第二节 蒸汽的选用和蓄热器	219
第三节 蒸汽加热和疏水阀	229
第四节 节约用汽的主要途径	244

第一章 绪 言

作为现代主要能源的煤炭，既是基本的工业燃料和重要的化工原料，也是人民生活的必需品。千方百计地节约煤炭，是加速实现四个现代化的需要，也是广大群众的迫切愿望。

煤炭来之不易。煤是古代植物经过几千万年到几亿年而逐渐碳化形成的地下资源。通常，建设一个年产一百万吨的煤矿，要投资几千万元，需要大量的木材、钢材、水泥和机电设备，还要动员几千工人，花费五、六年甚至更长的时间才能投产。而要把煤炭从几百米深的地下开采出来，并输送到使用单位，又要耗费大量的人力、物力。随着国民经济的迅速发展，对煤炭的需求量越来越大，在增加煤炭生产的同时，必须厉行节约。节约用煤确是一项长期的任务。

锅炉是重要的动力设备，除发电厂外，工矿、企业、医院、学校和工地等都配备工业锅炉和生活锅炉。据不完全统计，仅工业和生活锅炉的耗煤量，就占全国煤炭总消耗量的三分之一左右。因此，节约锅炉用煤已经成了节约用煤的一个重要方面。现在，我国工业锅炉的运行热效率，通常只有50~70%。这说明节约锅炉用煤不仅必要，也完全可能。

怎样评价一个单位节约锅炉用煤工作的好坏呢？一是看锅炉本身热效率的高低，二是看主要产品的用煤单耗。

锅炉热效率，是指加入锅炉的燃料在理论上所能释放出的全部热量，有百分之多少能有效地使水变成蒸汽。如果没

有任何热损失，热效率应当为100%。实际上，总存在一些热损失，主要包括下列四种：排出烟囱的高温烟气带走的排烟热损失；因一氧化碳等可燃气体随烟气排掉而造成的气体未完全燃烧热损失；因炉渣、漏煤和飞灰中有未燃碳而造成的固体未完全燃烧热损失；通过炉墙、门孔和管道等向周围空间散热而造成的散热损失。减少这些热损失，就能提高锅炉热效率，换句话说，在锅炉出力不变的情况下，也就节约了煤炭。例如，一台锅炉的热效率为60%，耗煤 2000 公斤/时；如热效率提高到75%，则用煤可下降到 1600 公斤/时，即由于热效率提高，用煤量减少400公斤/时。用效率提高前后的耗煤量之差与原来的耗煤量相比求得节煤率为20%。

以主要产品的用煤单耗来评价节煤工作，就不仅与锅炉的热效率有关，而且也关系到单位产品的耗汽量。例如某印染厂每小时生产印染布4000米，每千米印染布的用煤从 300 公斤降到 270 公斤，即节煤10%，每班 8 小时可节煤 960 公斤，一年下来就节约近千吨。

一个单位究竟应该怎样节约锅炉用煤呢？根据多年来实践中的经验教训，归纳起来主要应从以下三个方面着手：

- 1) 综合改炉，因地制宜，讲究实效；
- 2) 科学司炉，改进操作，加强维修；
- 3) 健全管理，节约用汽，回收余热。

前面已经提到要节约用煤，首先须提高锅炉的热效率；而要提高热效率，就要根据各单位的具体情况对锅炉设备进行必要而有效的综合改造。与此同时，还要充分发挥人的因素，不断提高操作技术，做到科学司炉。只有这样，才能力求用尽量少的煤炭，产生尽可能多的蒸汽。但还不够，如果锅炉产生出来的蒸汽不能做到合理使用、节约使用，仍然谈

不到节约用煤。

为此,作为一个司炉人员,首先必须懂得锅炉的一般结构和工作原理,熟悉煤炭的性能和燃烧规律,了解土洋结合综合改炉的典型措施和经验,掌握锅炉操作和维修保养的要领,并密切结合本单位的情况,采取相应的具体措施。至于有关加强热能管理,合理用汽和节约用汽的途径,也应当有所了解,以便与用汽部门相互配合共同努力。特别是中小型企业,一般没有专职的热能管理人员,所以司炉工和锅炉主管人员更要主动掌握这方面的情况和问题,提出对策,力求发挥指导和监督的作用。

节约锅炉用煤的主要途径,虽然不外乎上述三个方面。但就具体措施来说,则是多种多样的,绝不会一成不变。一切行之有效的经验,也都是在群众性的实践中经过不断完善、充实和提高的。因此,司炉工人和技术人员必须把一些节煤的成功经验灵活运用于自己的实践中,并创造出新的经验。

显然,本书介绍的节约锅炉用煤经验仅是一部分;同时,这些经验也各有其一定的适用范围和局限性。一种节煤措施对一个单位是否确实有效,还有待实践的检验。假如运用别人的经验没有收到预期的节煤效果,也不能急于否定,而应进行具体分析,反复实践和改进,以期找出在本单位行之有效的做法。

众所周知,节约用煤仅仅是对锅炉使用部门提出的一个要求。此外,还必须做到锅炉的安全运行和消烟除尘,即在保证生产和生活用汽正常需要的同时,还应考虑安全生产和环境保护的要求。因此,在评价一项具体节煤措施时,既要看节约的实效,也要看这项措施是否影响安全运行及消烟除尘的问题。全面而综合地考虑,才能收到事半功倍的效果。

第二章 锅炉基本知识

锅炉是一种热工设备，它能把燃料的化学能转换为热能，使加入锅炉的给水加热产生热水或使之蒸发产生蒸汽。锅炉设备已经日益广泛地应用于国民经济的各个部门以及生活领域。锅炉可使用各种燃料，产生的蒸汽也有多种用途，各行各业对锅炉性能提出了不同的要求。一般工业和生活用小型锅炉，量大面广，锅炉设计和制造不可能满足千家万户的不同需要。因此，制造厂按照国家制定的锅炉容量参数系列标准，针对若干有代表性的燃料品种，生产通用定型产品供应市场。这虽方便了用户的选购，但也必然存在一些与具体使用要求不相适应的矛盾。

锅炉的工作过程，就是燃料燃烧后放出热量，使水加热而产生蒸汽的过程。它包括同时进行的燃料燃烧、烟气向水的传热、以及水受热后的汽化过程。锅炉主要由“锅”和“炉”两大部分组成。“锅”就是接受烟气热量使水变成蒸汽的设备，一般包括锅筒、水冷壁管、对流管束、联箱、上升管和下降管等。“炉”就是燃料的燃烧设备，通常包括炉排、炉膛、加煤和送风系统等。此外，锅炉还配有鼓风机、引风机、给水泵、水处理、加煤、出渣以及除尘器等附属设备。

为了节约锅炉用煤，首先必须了解锅炉各部的工作原理和结构性能、锅炉的选型以及与锅炉改造和操作运行等有关的基础知识。

第一节 煤炭的燃烧

煤炭的化学能通过燃烧过程转变成热能，使锅炉中的水蒸发而产生蒸汽。了解煤炭的组成，掌握其特性，分析这些特性对燃烧过程的影响，就能据此使锅炉改造卓有成效，并合理调整操作运行。懂得燃料燃烧的计算方法，是进行锅炉热平衡分析和合理选择鼓、引风机的基础。熟悉各种燃烧方式的特点及其适用范围，与选择改进燃烧设备以及经济运行密切相关。

一、煤的基本知识

(一) 煤的成分及分析基准

煤的主要组成成分包括碳（C）、氢（H）、硫（S）、氧（O）、氮（N）、矿物质（M）和水分（W）等。

1. 碳 煤中的主要可燃成分，含量越高，越难着火；在隔绝空气加热时，一部分包括在挥发分中，一部分以固定碳的形态存在。

2. 氢 煤中发热量更高的可燃成分，容易着火。煤的含氢量一般是4~6.5%，无烟煤的含氢量<4%。

3. 硫 煤中硫分包括有机硫和无机硫。绝大部分的硫在燃烧时能放出一些热量，但形成二氧化硫和三氧化硫。这些气体与水蒸汽化合成亚硫酸和硫酸蒸汽，在露点以下时，它们就会冷凝而产生腐蚀作用；如果以SO₂气体的形态排到大气中，也污染环境。所以，硫是有害物质。

4. 氧 煤中不可燃物质，含量随煤的品种而异，低的仅1~3%，高的超过20%。

5. 氮 煤中不可燃成分，含量很少，仅1~2%。

6. 矿物质 煤中的杂质，燃烧后形成灰分（A）。煤的灰分高，燃烧困难，不完全燃烧热损失增加。但灰分过低会使炉排得不到保护，以致被烧坏。煤灰的熔点过低，会严重结渣，破坏正常燃烧过程。

7. 水分 也是煤中的杂质。水分过高，煤着火困难，增加排烟热损失，造成浪费。但在某些情况下，为防止煤屑飞扬，减少结渣，改善通风，维持适当的水分对节约用煤是有好处的。

煤的组成成分都用占总量的百分数表示。为了确切地对煤的特性进行估价和比较，通常用四种不同的分析基准表示煤的组成成分。

1. 应用基 以炉前煤的分析结果为基准。各成分的应用基以其符号右上角加角码“y”表示，如C^y表示应用基含碳量。在锅炉的热力计算和热平衡分析中，都以应用基表示煤的组成成分。

2. 分析基 应用基水分即全水分，包括煤本身的固有水分（内在水分 W_{Nz} ）和煤炭表面留存的水分（外在水分 W_{Wz} ）。

用风干后的含全水分的煤样分析煤中各组分，所得的重量百分数称为分析基成分，在符号右上角加角码“f”表示。

3. 干基 绝对干燥煤样的分析结果叫做干基成分，用右上角码“g”表示。

4. 可燃基 将应用基成分换算成无水无灰基准以后，就是可燃基成分，用右上角码“r”表示。可燃基成分更能表征同一种煤炭的有机组成特性。

这四种基准的相互关系见表2-1。

在实用中，我们通常知道煤炭的可燃基成分（变化较少），要求得炉前煤的应用基成分，只要用简单的工业分析

求出应用基的水分 W^y 和干基灰分 A^s ，就能换算。

表 2-1 煤质分析四种基准间的关系

碳 C	氢 H	氧 O	氮 N	硫 S		灰分 A	全水分 W	
				有机硫	非可燃硫		内在水分 W _{NZ}	外在水分 W _{WZ}
可燃基组成C ^r +H ^r +O ^r +N ^r +S ^r =100%								
干基组成C ^s +H ^s +O ^s +N ^s +S ^s +A ^s =100%								
分析基组成C ^f +H ^f +O ^f +N ^f +S ^f +A ^f +W ^f =100%								
应用基组成C ^y +H ^y +O ^y +N ^y +S ^y +A ^y +W ^y =100%								

示例：已知开滦煤的可燃基成分 $C^r = 83.5\%$ ， $H^r = 5.2\%$ ， $O^r = 8.4\%$ ， $N^r = 1.5\%$ ， $S^r = 1.4\%$ ，干基灰分 $A^s = 25\%$ ，应用基水分 $W^y = 7.0\%$ ，试求各组成成分的应用基百分比。

1) 求应用基灰分

$$A^y = A^s \cdot \frac{100 - W^y}{100} = 25 \times \frac{93}{100} = 23.25\%$$

2) 求从可燃基换算应用基的换算系数 K：

$$K = \frac{100 - (W^y + A^y)}{100} = \frac{100 - (7 + 23.25)}{100} = 0.6975。$$

3) 用已知各元素之可燃基成分乘以换算系数 K 求得应用基成分：

$$\begin{aligned} C^y &= C^r \cdot K = 83.5 \times 0.6975 = 58.24\%。 \\ H^y &= H^r \cdot K = 5.2 \times 0.6975 = 3.63\%。 \\ O^y &= O^r \cdot K = 8.4 \times 0.6975 = 5.86\%。 \\ N^y &= N^r \cdot K = 1.5 \times 0.6975 = 1.05\%。 \\ S^y &= S^r \cdot K = 1.4 \times 0.6975 = 0.97\%。 \end{aligned}$$

4) 验算:

$$\begin{aligned}
 & C^y + H^y + O^y + N^y + S^y + A^y + W^y \\
 &= 58.24 + 3.63 + 5.86 + 1.05 + 0.97 + 23.25 + 7 \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

用同一批煤炭进行锅炉测定时, 由于应用煤的水分受外界气候等影响会有变化, 或人为地掺水, 都会改变各组成成分的应用基百分比。如用以上方法, 只要测定一下应用基水分 W^y 进行换算, 简单、准确。

(二) 煤 质 分 析

为了掌握煤的主要性质, 合理调整燃烧过程, 要对用煤进行分析。其中包括测出主要成分含量的元素分析, 提供水分、灰分、挥发分、固定碳和发热量的工业分析, 以及测定灰熔点和粘结性等。对一般用户, 要创造条件对用煤进行工业分析。煤炭的元素分析, 灰熔点和粘结性测定, 大都送专业单位进行。下面择要介绍一些分析项目的含义及其影响。

1. 挥发分 挥发分是指煤在 900°C 加热时析出的、以低分子量碳氢化合物、 CO_2 、 H_2S 和 CO 等为主的气态物质。挥发分是煤炭分类的主要指标之一, 对着火和燃烧的快慢有很大影响。泥炭和褐煤等煤化程度低的煤, 挥发分高, 容易着火, 但发热量较低。无烟煤的煤化程度高, 挥发分低, 着火点较高, 但燃烧时一般不会冒黑烟, 发热量较高。

煤中挥发分析出后所残留的物质叫焦炭, 焦炭包括固定碳和灰分。

2. 发热量 煤的发热量是指 1 公斤煤完全燃烧后放出的热量, 以大卡/公斤表示。这是表征动力用煤质量好坏的重要指标。通常用氧弹测热计来测定煤的发热量 Q_{DT}^I , 然后

通过换算，即可求得对锅炉有实用意义的应用基低位发热量 Q_{DW}^y 。

煤的发热量也可以利用工业分析或元素分析结果进行计算。用元素分析结果算出的发热量的误差一般可低于150大卡/公斤。兹将煤炭科学研究院提出的计算我国各种煤的可燃基高位发热量的半经验公式介绍如下，以供参考使用：

$$Q_{GW}^r = 80(78.1)C^r + 310(300)H^r + 15S^r - 25O^r - 5(A^s - 10) \quad (\text{大卡/公斤}) \quad (2-1)$$

在式中， $C^r > 95\%$ 或 $H^r < 1.5\%$ 的煤， C^r 前面的系数采用78.1，其他煤， C^r 前面的系数均采用80； $C^r < 77\%$ 的煤， H^r 前面的系数采用300，其他煤， H^r 前面的系数均采用310；如煤的灰分 $A^s > 10\%$ ，减去最后一项的灰分校正值， $A^s \leq 10\%$ 的煤不予校正。

把上式中算出的 Q_{GW}^r 值，再按下式换算成 Q_{GW}^y ，即

$$Q_{GW}^y = Q_{GW}^r \times \frac{100 - W^y - A^y}{100} \quad (2-2)$$

最后，把 Q_{GW}^y 按下式换算成 Q_{DW}^y ，即

$$Q_{DW}^y = Q_{GW}^y - 6(9H^y + W^y) \quad (2-3)$$

按半经验公式(2-1)计算 Q_{GW}^r ，并换算到应用基低位发热量，仍以开滦煤为例计算如下：

$$\begin{aligned} Q_{GW}^r &= 80C^r + 310H^r + 15S^r - 25O^r - 5(A^s - 10) \\ &= 80 \times 83.5 + 310 \times 5.2 + 15 \times 1.4 - 25 \times 8.4 - 5 \times \\ &\quad \times (25 - 10) = 8028 \text{大卡/公斤} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{GW}^y &= Q_{GW}^r \times \frac{100 - W^y - A^y}{100} \\ &= 8028 \times \frac{100 - 7 - 23.25}{100} = 5599.5 \text{大卡/公斤} \end{aligned}$$

$$Q_{Dw}^y = Q_{Gw}^y - 6(9H^y + W^y) \\ = 5599.5 - 6(9 \times 3.63 + 7) = 5361.5 \text{大卡/公斤}$$

这一近似计算结果与按氧弹分析换算所得 $Q_{Dw}^y = 5400$ 大卡/公斤的误差很小。本书以后各计算实例所用开滦煤，均以 $Q_{Dw}^y = 5400$ 大卡/公斤为准。

为了确切地比较锅炉的经济性，在国际上都采用应用基低位发热量 $Q_{Dw}^y = 7000$ 大卡/公斤的煤作为标准燃料。发热量不等的各种煤都可折算为标准燃料。例如， $Q_{Dw}^y = 5400$ 大卡/公斤的开滦煤，每 1 公斤相当于标准燃料 0.7714 公斤。用煤水比这一粗略概念来估价锅炉效率时，必须将燃料换算成标准燃料，否则就没有可比性。

3. 灰熔点 煤灰的主要成分包括氧化硅、氧化铝、氧化铁和氧化钙等。不同煤种的灰分组成变化很大，灰熔点也不一样。熔点高于 1350°C 的灰属难熔性灰，低于 1200°C 的属易溶性灰，高于 1500°C 的是不熔灰。开滦、平顶山和鸡西煤的灰熔点都很高。开滦煤灰的软化温度 T_2 常超过 1500°C 。阜新煤的灰熔点比较低。灰熔点低的煤容易结渣，熔渣能把固定碳包在其中，难于燃尽，所以烧这种煤时的固体未完全燃烧热损失较高。有时熔融的灰渣堵塞炉排上的通风孔隙，恶化燃烧过程。

4. 粘结性 粘结性是焦煤的一种重要特性，对层式燃烧也有显著影响。在炉排上烧强粘结煤，往往会严重结焦，有时连成很大一片，阻碍通风，使可燃物难于继续燃烧。反之，燃烧不粘结煤时，焦炭呈粉状，燃烧层密实，通风不良，有时局部形成火口，把部分细屑吹走，增加飞灰未燃尽热损失，燃烧工况也大为恶化。

测定挥发分后所得的焦炭按特征分为八类：粉状、粘

着、弱粘结、不熔融粘结、不膨胀熔融粘结、微膨胀熔融粘结、膨胀熔融粘结、强膨胀熔融粘结。

(三) 煤 的 类 别

煤炭的分类方法有几种。按开采和加工方法划分，有原煤（即未加工煤）、精煤、粒级煤、洗（选）煤和低质煤等五大类；按粒度划分，有二十九个品种；按灰分划分，有二十五个等级（精煤分二十二个等级，其中冶炼用炼焦精煤十五个等级，其他用炼焦精煤七个等级）。《中国煤分类（以炼焦煤为主）方案》规定，按可燃基挥发分 V' 和胶质层最大厚度 y ，把煤炭分成十大类，即无烟煤、贫煤、瘦煤、焦煤、肥煤、气煤、弱粘结煤、不粘结煤、长焰煤和褐煤。从贫煤到长焰煤统称烟煤。锅炉通常燃用未加工的原煤、洗煤副产品和低质煤等。

根据焦炭的特征，无烟煤、贫煤和褐煤均属不粘结煤，有的长焰煤属弱粘结煤，焦煤、肥煤和气煤均属强粘结煤和中强粘结煤；可燃基挥发分 V' 分别为：无烟煤— $<10\%$ ，贫煤— $>10\sim 20\%$ ，焦煤— $>14\sim 30\%$ ，肥煤— $>26\sim 37\%$ ，气煤— $>30\sim 37\%$ ，长焰煤— $>37\%$ ，褐煤— $>40\%$ 。

二、煤的燃烧过程和简易计算

(一) 煤的燃烧过程

燃料中可燃物与氧发生激烈化学反应，发出光和热，这就是通常所说的“燃烧”。在锅炉中，煤的燃烧是煤中可燃元素（碳、氢、硫）与空气中的氧发生的化学反应。每公斤氢燃烧可产生34200大卡的热量（形成水蒸汽）。每公斤硫燃烧产生2260大卡的热量，形成二氧化硫。每公斤无定形碳完全

燃烧，能产生8100大卡的热量，形成二氧化碳；如燃烧不完全，则形成一氧化碳，而放出的热量减少到2366大卡。

燃烧必须具备的条件，除有可燃物和氧（空气）而外，还要有一定的温度。几种煤炭的着火温度大致如下：

无烟煤——550~700℃；烟煤——400~550℃；褐煤——300~400℃。

要保证加入锅炉的煤炭完全燃烧，关键在于设备完好，煤种合适，操作合理，具体要求是：

- 1) 有较高的炉膛温度；
- 2) 送风适量、均匀、有力，并使之与煤炭充分混合；
- 3) 有足够的燃烧时间；
- 4) 将燃烧形成的烟气及时从烟囱中排出。

煤炭在锅炉中的燃烧过程，可分为以下几个阶段：

1. 预热干燥

进入锅炉的煤首先要吸热升温，到100℃以后，外在水分蒸发完毕，煤炭被烘干。高水分的煤，预热时间较长。

2. 挥发分析出并着火燃烧

煤炭继续受热升温到200℃以上，有的煤的挥发分开始逸出，等与空气混合达到一定浓度，炉膛温度升高，挥发分便开始着火燃烧。

3. 焦炭着火燃烧

在挥发分析完、燃烧接近终了时，剩下的焦随之着火燃烧。焦燃烧比挥发分缓慢，也难于完全烧透。

4. 燃尽形成灰渣

燃料燃烧的阶段不同，所需风量也不同，这是影响煤炭经济燃烧的最关键的一点。

(二) 煤的燃烧计算

燃料燃烧要计算所需空气量、产生的烟气量和烟气的热焓等。这是锅炉热平衡的基础,也是选择鼓、引风机的依据。

燃烧计算一般根据化学反应式进行,除必须知道其元素成分外,也很繁杂。这里介绍一组作者研究得出的近似公式,主要按照燃料的应用基低发热量和全水分进行计算。据几十种常用煤种的对比计算结果表明,近似计算出的空气量和烟气量的相对误差,绝大多数在1%左右,对实际应用是足够准确的。

1. 燃烧所需空气量

燃料燃烧所需的理论空气量 V^0 , 即达到燃料中可燃元素全部燃尽而烟气中又没有游离氧的条件下必须供给的空气量,按下式计算:

$$V^0 = a \frac{Q_{DW}^y}{1000} \quad (\text{标米}^3/\text{公斤}) \quad (2-4)$$

式中 a ——系数。 a 值决定于燃料品种和折算水份 W_{zs}^y 。

燃料的折算水分 (即每1000大卡热量中的水分)

$$W_{zs}^y = W^y \frac{1000}{Q_{DW}^y} (\%10^3/\text{大卡}/\text{公斤}) \quad (2-5)$$

系数 a 值见表2-2。

一般煤炭燃烧的理论空气量在4~7标米³/公斤。实际上,由于供给燃烧的空气不可能同燃料充分均匀地混合,为使之完全燃烧,供给的空气量必须比理论空气量多一点。实际供给的空气量 V 与理论所需空气量 V^0 的差,称为过剩空气。它们的比值称为过剩空气系数,用符号 α 表示,即