

燃料燃烧计算的图示法

龚三省 (海军工程学院)

〔摘要〕 用图示法示出燃料燃烧前后所用空气和形成烟气之间的关系,比较直观,不至于因公式繁多而弄错。

关键词 燃烧计算 计算方法 改进

根据燃料分析工作质作燃烧计算时往往因公式繁多,极易弄错。尽管在所有有关锅炉热计算的书籍中都袭用计算标准的办法,从燃料工作质中可燃成分氧化算起,得出理论所需氧量,再折算成所需干空气量。修正实际空气中的湿度(用每千克干空气中含 d, g 水汽)。又加上助燃所用的过剩空气量。所有这些通过燃烧反应得出烟气中各有关气体成分,再分别计算其热容量 $[V_c, kJ/$

$(kg \cdot ^\circ C)]$ 。从而综合算出在一定的过剩空气系数 α 下,每千克燃料燃烧后所得出的烟气温度与热焓的关系 $(\theta \sim I)$,列成表或作成曲线,作为锅炉热计算的基础。

但是,在介绍这些计算公式时极为麻烦,故采取图示方法,使得初学者能一目了然,而且便于应用,不至弄错或遗漏。见图 1。

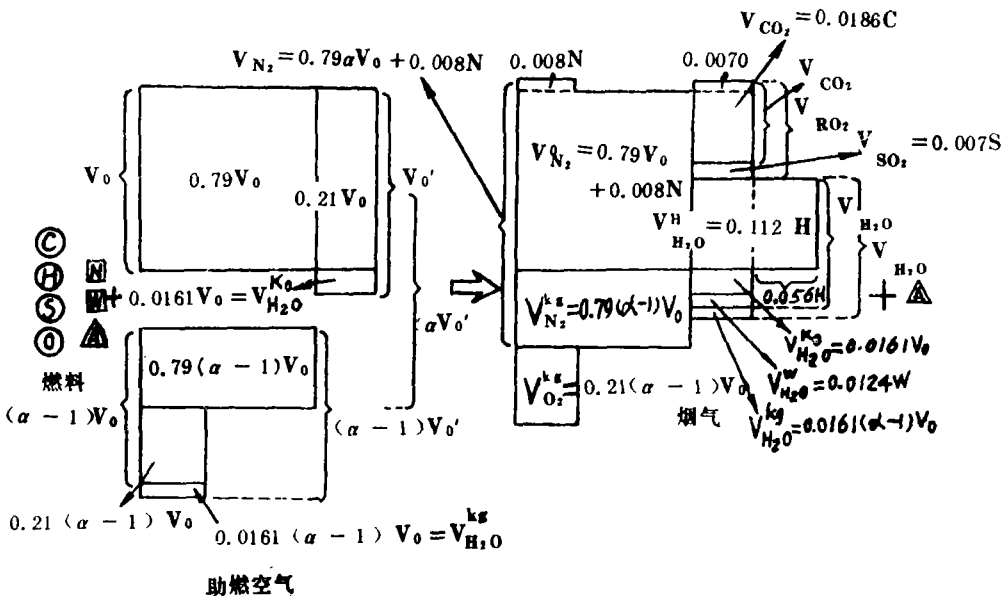


图 1 燃料燃烧计算方块图

关于该图的说明如下:

1. 燃料工作质中参加燃烧反应的为 C、H、S和O (用圆圈出); 不参加燃烧反应但在烟气中成气体状态存在的为 N、W (用方块列出); 既不参与燃烧又不气化的固体灰分为A (用三角形列出)。

2. 将满足化学反应助燃所需的理论空气量和过剩空气量在图上分别示出。这些空气中都有氧、氮和水汽, 而有用的仅仅是理论所需的空气量中的氧量(用粗黑线框出)。

3. 图中理论所需的干空气量 V_0 (Nm³/kg), 用下式计算 (具体推导从略):

$$V_0 = 0.089C + 0.267H + 0.033(S - O) \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \dots \dots \quad (1)$$

计入湿度后理论所需空气量(V_0' Nm³/kg), 用下式计算:

$$V_0' = V_0 + (1.293 \times 22.4/18)V_0(d/1000) \quad \text{Nm}^3/\text{kg} \dots \dots \quad (2)$$

式中 $d = 10\text{g}/\text{kg}$ 干空气。

其余各种气体容积用 V 表示, 而上、下角标表示出为何种气体及其由来。如 $V_{N_2}^N$ 表示烟气中的一部分氮气容积系由燃料中的N直接气化来的。其余类同。

所有气体容积均按每千克分子量的标准状态下容积为22.4 Nm³计算

4. 工作质的数值均按百分比的值代入, 例如H为12%时, 以H=12代入。

5. 图中一些公式说明

(1) 烟气中由N和W气化来的 $V_{N_2}^N$ 和 $V_{H_2O}^W$ 分别为

$$V_{N_2}^N = (22.4/28)(N/100) = 0.008N \quad (3)$$

$$V_{H_2O}^W = (22.4/18)(W/100) = 0.0124 \quad (4)$$

(2) 工作质O补充理论需氧量 $V_{O_2}^O$
 $= (22.4/32)(O/100) = 0.007O \quad (5)$

(3) 烟气中三原子气体

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = (22.4/12)(C/100) + (22.4/32)(S/100) = 0.0186(C + 0.375S) \quad (6)$$

C和S燃烧所需氧容积和燃烧后所形成的 V_{CO_2} 和 V_{SO_2} 容积在数值上大小一样。

烟气中三原子气体分额 $r_{RO_2} = V_{RO_2}/V_y$
 (7)

(4) H燃烧时形成的水汽容积 $V_{H_2O}^H$
 $V_{H_2O}^H = (22.4/2)(H/100) = 0.112H \quad (8)$

要比所耗氧量的容积增大一倍。

(5) 烟气中由助燃空气带入的水汽 $V_{H_2O}^{K_0}$ 又可分为理论空气带入的 $V_{H_2O}^{K_0}$ 和过剩空气带入的 $V_{H_2O}^{K_g}$ 两部分, 即

$$V_{H_2O}^K = V_{H_2O}^{K_0} + V_{H_2O}^{K_g} = 0.0161V_0 + 0.0161(\alpha - 1)V_0 = 1.0161\alpha V_0 \quad (9)$$

烟气中所含的总的理论水汽容积 $V_{H_2O}^O$ 为:

$$V_{H_2O}^O = 0.112H + 0.0124W + 0.0161V_0 \quad (10)$$

而全部水汽量

$$\begin{aligned} V_{H_2O} &= V_{H_2O}^O + V_{H_2O}^{K_g} \\ &= 0.112H + 0.0124W + 0.0161V_0 + 0.0161(\alpha - 1)V_0 \\ &= 0.112H + 0.0124W + 0.0161\alpha V_0 \end{aligned} \quad (11)$$

如果使用液体燃料, 而且利用蒸汽雾化时, 雾化用汽量为 W_{wh} (kg/kg), 则在烟气中还要增加水汽容积 $V_{H_2O}^{wh} = (22.4/18)W_{wh} = 1.24W_{wh}$ 。

烟气中水汽分额为 $r_{H_2O} = (V_{H_2O}/V_y)$
 (12)

(6) 烟气中总氮气量为 V_{N_2} , 包括理论含氮量 $V_{N_2}^O$ 和过剩空气含氮量 $V_{N_2}^{K_g}$ 即

$$V_{N_2} = V_{N_2}^O + V_{N_2}^{K_g} = 0.79V_0 + 0.008N + 0.79(\alpha - 1)V_0 = 0.79\alpha V_0 + 0.008N \quad (13)$$

(7) 认为过剩空气中的氧量 $V_{O_2}^{K_g}$ 不参加燃烧反应, 而直接进入烟气,

$$V_{O_2}^{K_g} = 0.21(\alpha - 1)V_0 \quad (14)$$

(8) 于是烟气的总容积可以写成

$$a. V_y = V_{RO_2} + V_{H_2O}^O + V_{N_2}^O + V_0^1 \quad (\alpha + 1); \quad (15)$$

或者可写成

$$b. V_y = V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V^{K_2} O_2;$$

或写成

$$c. V_y = \alpha V'_0 + 0.008N + 0.0124W + 0.056H = 1.0161V_0\alpha + 0.008N + 0.0124W + 0.56H \quad (16)$$

(9) 在烟气分析中要用到的干烟气体积, V_{gy} 可由 (8) 中 b 式得出

$$V_{gy} = V_y - V_{H_2O} + V_{RO_2} + V_{N_2} + 0.21(\alpha - 1)V_0 \quad (17)$$

以上诸式都是在燃料完全燃烧的条件下

得出。如果燃烧不完全, 烟气中含有一氧化碳, 则可由图2看出。图中 $V_{O_2}^C$ 为 C 完全燃烧所需氧量, 若其中一部分 C_1 完全燃烧成二氧化碳, 而其余一部分 $C_2 = C - C_1$ 不完全燃烧形成一氧化碳, 则总的 $V_{O_2}^C$ 可分成 $V_{O_2}^{C_1}$ 、 $V_{O_2}^{C_2}$ 和 $V^{sh}_{O_2}$ 三部分。 $V^{sh}_{O_2}$ 即为由于 C_2 不完全燃烧而剩余的氧量, 在容积上

$$V^{C_2}_{O_2} = V^{sh}_{O_2} = 0.0093C_2;$$

$$V^{C_1}_{O_2} = 0.0186C_1, \text{ 见图 2 左边。}$$

燃烧反应后所形成的总体积, 将为

$$V^{C_1}_{CO_2} = 0.0186C_1, \quad V^{C_2}_{CO} = 0.0186C_2 \text{ 加上 } V^{sh}_{O_2} = 0.0093C_2。 \text{ 相应的右边体积会增加 } 0.0093C_2$$

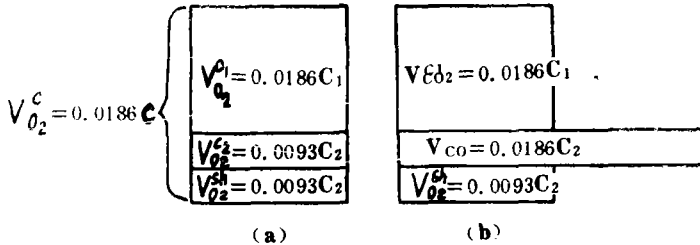


图 2 产生一氧化碳时的烟气容积变化

a) 完全燃烧C时的耗氧量;

b) 产生一氧化碳后的烟气容积变化。

Agraphic Representation Method for Calculating Fuelv combustion

Gong Sanxing

(Naval Engineering Academy)

Abstract

The author presents a graphic representation method for obtaining the relationship between air consumed and flue gas formed before and after the combustion of fuel. The recommended method is straightforward and easy to understand, which will be conducive to eliminating mistakes in calculations due to the presence of many complicated formulas.

Key Words: combustion calculation, calculation method, improvement