

文章编号:1004-4574(2007)03-0145-03

实际烟气生成量计算方法的商榷

韩雪峰, 蒋军成

(南京工业大学 城市建设与安全环境学院, 江苏 南京 210009)

摘要:火灾烟气是火灾时所产生的气体和悬浮在其中的烟粒子的总称,是燃烧和热解产物的混合物,烟气量的大小取决于可燃物本身的燃烧性能、空气供给量等。火灾烟气具有缺氧、毒害、尘害、高温的特点,加上火场火灾烟气的减光性和恐怖性,使火灾烟气成为火灾人员伤亡的最主要原因,为此防排烟工程的设计对建筑消防安全非常重要,实际烟气生成量计算是防排烟工程设计的理论基础,就目前一些文献对实际烟气量计算方法存在的不足进行了探讨,并提出了一个新的计算方法,对两种方法的计算结果进行了对比,得出结论认为,计算实际烟气量应从实际空气供给量是否过剩或不足两种情况分别进行考虑计算。

关键词:烟气生成量;计算;商榷

中图分类号:TK121; X932

文献标识码:A

Discussion on calculation method for actual smoke production

HAN Xue-feng, JIANG Jun-cheng

(College of Urban Construction and Safety & Environmental Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract: Fire smoke is a general term of gas and suspending granule in the scene of a fire, and it is the admixture of burning and decompose offspring. Smoke production lies on the combustibility of combustible substance and air-supply, etc. Fire smoke has the characteristic of oxygen deficit, poison, dust hazard and high temperature, with the addition of the light attenuation and funk of fire smoke, so fire smoke is the main cause of casualty in the scene of a fire, and the design of smoke prevention and discharge is very important in architecture fire safety. Actual smoke production calculation is the theory foundation in the design of smoke prevention and discharge. Some discussion was done in this thesis, aiming at the method of actual smoke production calculation in some documents. The authors put forward their calculation method, comparing the two calculation results and concluding that whether the air was superfluous must be considered in calculating actual smoke production.

Keywords: smoke production; calculation; discussion

火灾烟气是火灾时所产生的气体和悬浮在其中的烟粒子的总称,主要由燃烧和热解所生成的气(汽)体、悬浮颗粒和剩余空气组成。火灾烟气具有缺氧、毒害、尘害、高温的特点,另外火灾烟气中较多的悬浮颗粒造成的减光性,以及滚滚浓烟造成的恐怖性,使得火灾烟气成为造成火场人员伤亡的最主要原因^[1]。据早年的统计资料显示^[2],中毒和火烧造成火灾人员死亡率占90%,而中毒死亡率和火烧死亡率相当。而近几年来,由于新的高分子建材和装修材料的大量使用,使得火场烟气生成量和毒性更大,因火灾烟气造成的

收稿日期:2007-01-10; 修订日期:2007-03-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50206009)

作者简介:韩雪峰(1972-),男,讲师,硕士,主要从事安全技术工程及专业的研究. E-mail:njhxfl08@sohu.com

中毒死亡率已超过火烧死亡率。防排烟工程的设计对建筑消防安全非常重要。为了研究和减少火灾烟气对人的毒性危害,有人进行火灾烟气毒性评价和预测技术研究^[3];为了防止烟气对火场人员造成大的伤害,有学者对火灾烟气的控制^[4]和机械排烟的效果进行了研究^[5]。而实际烟气生成量计算是防排烟工程设计的理论基础,烟气量的正确计算对于以上研究具有重要意义。

1 问题的提出

很多资料在计算实际烟气生成量时,采用下列公式:

$$V_Y = \eta B [V_{y0} + 0.0161(\alpha_m - 1)V_0 + (\alpha_m - 1)V_0] = \eta B [V_{y0} + 1.0161(\alpha_m - 1)V_0] \quad [Nm^3/h] \quad (1)$$

式中,η——机械不完全燃烧系数;

$\eta = \frac{B_i}{B}$,即单位时间内实际燃烧的质量 B_i 与单位时间内参与燃烧的可燃物的质量 B 的比值;

B ——单位时间内参与燃烧的可燃物的质量,kg/h;

V_0 ——理论空气量,可燃物刚好完全燃烧所需空气量, Nm^3/kg ;

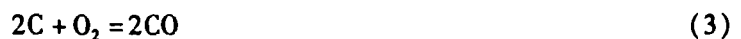
V_{y0} ——理论烟气量,单位质量可燃物在理论空气量条件下完全燃烧时所生成的烟气量, Nm^3/kg ;

α_m ——过剩空气系数, $\alpha_m = \frac{V_k}{V_0}$,即实际供给的空气量 V_k 和理论空气量 V_0 的比值,无量纲; $(\alpha_m - 1)V_0$ 为

剩余空气量;

0.0161 是空气中水含量,0.0161 $(\alpha_m - 1)V_0$ 为剩余空气中所含水蒸汽量。

并且提出,由于可燃物主要成分是 C,根据化学反应式:



则得出等量的 C,在空气中完全燃烧或不完全燃烧,生成的气体体积相等的,所以无论化学燃烧是否完全,都可以用式(1)进行计算。

笔者认为,这个说法欠妥,理由如下:

(1)式(1)是建立在理论烟气量计算的基础上的,而理论烟气量计算是建立在理论空气量基础上的。若空气供给不足, V_{y0} 的计算不成立,虽然后面的式子 1.0161 $(\alpha_m - 1)V_0$ 体现出空气供给量的情况,但仅仅考虑了空气中水蒸汽和游离 N_2 对烟气生成量的影响,而没有考虑空气供给不足对理论烟气量 V_{y0} 计算的影响;

(2)虽然等量的 C 生成的 CO_2 和 CO 体积相等的,但是由于消耗的 O_2 量不等,剩下的游离 N_2 量也不等,为此,烟气生成量也不等。

2 实际烟气生成量计算

2.1 $\alpha_m \geq 1$ 即空气过剩或正好满足完全燃烧时

仍采用式(1)计算实际烟气生成量,即

$$\begin{aligned} V_Y &= \eta B [V_{y0} + 1.0161(\alpha_m - 1)V_0] \\ &= \eta B [0.0187C^Y + 0.011H^Y + 0.0124W^Y + 0.007S^Y + 0.008N^Y + 0.8061V_0 + 1.0161(\alpha_m - 1)V_0] \\ &= \eta B (0.0187C^Y + 0.011H^Y + 0.0124W^Y + 0.007S^Y + 0.008N^Y + 1.0161\alpha_m V_0 - 0.21V_0) \end{aligned} \quad (4)$$

2.2 $\alpha_m < 1$ 时即空气不足时

实际供给的空气量 $V_k^0 = \alpha_m V_0$ 。为了简便起见,假设实际供给空气量能满足除 C 以外其它元素的燃烧反应量,即可燃物里 S, H, N 可以完全与 O 反应。

设 C^Y, H^Y, S^Y, N^Y, W^Y 分别代表可燃物里 C, H, S, N, H_2O 组分的质量百分数, %,

每 kg 可燃物中燃烧产生的气体量为:

$$(1) CO_2 \text{ 生成量 } V_{CO_2} = \frac{22.4}{12} \frac{C^Y}{100} = 0.0187C^Y,$$

$$(2) \text{SO}_2 \text{ 生成量 } V_{\text{SO}_2} = \frac{22.4}{32.06} \frac{S^Y}{100} = 0.007S^Y,$$

$$(3) \text{可燃物中 H 分燃烧产生的水蒸汽量 } V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{H}} = \frac{22.4}{2 \times 1.008} \cdot \frac{H^Y}{100} = 0.111H^Y,$$

$$\text{可燃物中水分 } W^Y \text{ 在高温下汽化后的体积 } V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{W}} = \frac{22.4}{18} \frac{W^Y}{100} = 0.0124W^Y,$$

空气中含湿量 d 一般取 10 g/kg , 理论空气中所含水蒸汽量

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{K}} = \frac{22.4}{18} \frac{\rho_0 V_{\text{K}}^0 d}{1000} = 0.0161\alpha_m V_0$$

则水蒸汽总量为 $V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{H}} + V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{W}} + V_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{K}} = 0.111H^Y + 0.0124W^Y + 0.0161\alpha_m V_0$

$$(4) \text{可燃物中的 N 分组成的 } \text{N}_2 \text{ 体积 } V_{\text{N}_2}^{\text{N}} = \frac{N^Y}{100} \frac{22.4}{28} = 0.008N^Y,$$

空气中游离 N_2 的体积 $V_{\text{N}_2}^{\text{K}} = 0.79\alpha_m V_0$,

则总 N_2 量 $V_{\text{N}} = V_{\text{N}_2}^{\text{N}} + V_{\text{N}_2}^{\text{K}} = 0.008N^Y + 0.79\alpha_m V_0$, 每 kg 可燃物产生的烟气总量为

$$V_Y = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}} \\ = 0.0187C^Y + 0.007S^Y + 0.011H^Y + 0.0124W^Y + 0.008N^Y + 0.8061\alpha_m V_0 \quad [\text{Nm}^3]$$

则总的烟气生成量

$$V_Y' = \eta B(0.0187C^Y + 0.007S^Y + 0.011H^Y + 0.0124W^Y + 0.008N^Y + 0.8061\alpha_m V_0) [\text{Nm}^3/\text{h}] \quad (5)$$

3 两种结果对比

把按原公式计算得到的烟气量 V_Y 减去按现公式计算得到的烟气量 V_Y' , 即式(4)减式(5)得:

$$V_Y - V_Y' = \eta B(0.0187C^Y + 0.007S^Y + 0.011H^Y + 0.0124W^Y + 0.008N^Y + 1.0161\alpha_m V_0 - 0.21N_0) \\ - \eta B(0.0187C^Y + 0.007S^Y + 0.011H^Y + 0.0124W^Y + 0.008N^Y + 0.8061\alpha_m V_0) \\ = 0.21\eta B(\alpha_m - 1)V_0 \quad [\text{Nm}^3/\text{h}]$$

则

$$V_Y' = V_Y - 0.21\eta B(\alpha_m - 1)V_0 \quad [\text{Nm}^3/\text{h}] \quad (6)$$

4 结论

由式(6)可以看出, 在实际空气量不足的情况下, 即 $\alpha_m < 1$ 时, 实际计算的烟气生成量要大于原先式(1)的计算结果。为此, 实际烟气生成量的计算应该采用以下公式:

(1) $\alpha_m \geq 1$ 时, 应用式(5)计算;

(2) $\alpha_m < 1$ 时, 在式(5)计算结果的基础上, 加上 $0.21\eta B(1 - \alpha_m)V_0$ 。

这样, 考虑烟气生成量的计算结果较原先的计算结果准确。

参考文献:

- [1] 李引擎. 建筑防火工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 赵国凌. 防排烟工程[M]. 天津: 天津科技翻译出版公司, 1991.
- [3] 刘军军, 李风, 张智强, 等. 火灾烟气毒性评价和预测技术研究[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(1): 76 - 82.
- [4] 张振泉. 建筑火灾烟气控制探讨[J]. 消防科学与技术, 2006, 25(B03): 12 - 13.
- [5] 李元洲, 易亮, 霍然, 等. 大空间内机械排烟效果的实验研究[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(4): 151 - 155.