

两类不同炉型烟气停留时间计算方法的探讨

刘 杰

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 我国相关标准规定,垃圾焚烧炉炉膛主控温度区容积要满足最不利条件下烟气在 850 ℃ 以上停留时间大于等于 2 s 的要求。目前国内垃圾焚烧发电行业运行的机械炉排炉炉膛主控温度区主要有单一烟道和主副烟道两种类型。本文通过研究相关规范和结合这两类炉型特点,探讨了单一烟道和主副烟道烟气停留时间的计算,特别针对采用主副烟道的焚烧炉烟气停留时间如何满足 850 ℃/2s 要求进行计算起始点的分析研究,并对争议点给出了解决方案。

[关键词] 垃圾焚烧; 机械炉排炉; 850 ℃/2s; 单一烟道; 主副烟道; 炉膛主控温度区

[中图分类号] X799.3 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1008-5122(2022)02-0066-04

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.02.016

0 前言

生活垃圾焚烧发电是我国生活垃圾无害化、减量化、资源化处理的主要方法。生活垃圾焚烧需要严格控制污染物排放,特别是二噁英的排放量。二噁英毒性很大,是氰化物的 130 倍、砒霜的 900 倍^[1]。当焚烧炉炉膛内的烟气温度达到 700 ℃ 时,停留时间 0.5 s,便可实现二噁英及臭气的分解。从工程角度看,为了确保实现排放需求,需要有适当的安全富裕。但如果烟气温度过高,达到烟气颗粒变形或软化的温度,会出现水冷壁结渣等问题^[2]。因此我国早在 2000 年 6 月 1 号实施的《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485—2014)即对垃圾焚烧锅炉的污染物排放进行了严格的规定,其中二噁英类的大气污染物排放标准控制在 1.0 TEQmg/m³,同时要求垃圾焚烧锅炉的炉膛出口烟气温度达到 850 ℃ 时,烟气停留时间不低于 2 s。

在我国垃圾焚烧发电行业的焚烧设备大致可分为机械炉排炉、流化床焚烧炉、回转式焚烧炉、静态热解焚烧炉等,其中应用最普遍、适用性最广的为机械炉排炉。目前国内市场上应用的机械炉排炉的炉膛主控温度区主要有单一烟道和主副烟道两种类

型。本文通过研读相关规范并结合这两类炉型特点,探讨了垃圾机械炉排炉炉型烟气停留时间的计算过程,并对主副烟道的焚烧炉烟气停留时间的计算起始点进行了分析讨论。

1 850 ℃/2 s 环保指标的监控要求

关于 850 ℃/2 s 指标,《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485—2014)进行了规定,见表 1。

表 1 生活垃圾焚烧炉主要技术性能指标

序号	项目	指标	检验方法
1	炉膛内焚烧温度	≥850 ℃	在二次空气喷入点所在断面、炉膛中部断面和炉膛上部断面中至少选择两个断面分布布设监测点,实行热电偶实时在线检测
2	炉膛内烟气停留时间	≥2 s	根据焚烧炉设计书检验和制造图核验炉膛内焚烧温度监测点断面间的烟气停留时间
3	焚烧炉渣热灼减率	≤5%	《工业固体废物采样制样技术规范》(HJ/T 20—1998)

考核 850 ℃/2s 的方式为设置 4 层温度检测点,即炉膛下部断面温度、炉膛中部断面温度、炉膛上部断面温度,同时要求二次风喷入口也设置温度检测。

根据《生活垃圾焚烧厂评价标准》(CJJ/T 137—2019),炉膛主控温度区是指最上(后)面二次风喷口以上,在最不利情况下满足烟气停留时间不小于 2 s,在垃圾焚烧时温度需控制在 850 ℃ 以上的炉膛空间。此处所说最不利情况包括烟气量达到最大、

[收稿日期] 2022-01-13

[作者简介] 刘杰(1986—),男,硕士,工程师,主要从事垃圾焚烧发电厂的工程设计工作。

[引用格式] 刘杰. 两类不同炉型烟气停留时间计算方法的探讨[J]. 有色冶金节能,2022,38(2):66-69,78.

垃圾热值最低、垃圾量最少(停炉过程中)等情况。

烟气停留时间主要取决于炉膛主控温度区的高度、断面尺寸及焚烧规模(烟气流量),可以根据焚烧炉设计的炉膛主控温度区尺寸和最大设计烟气量来估算烟气在炉膛主控温度区内的停留时间。根据CJJ/T 137—2019,烟气停留时间估算公式如下:

$$S = H/v \quad (1)$$

$$v = Q/A \quad (2)$$

式中: S 为烟气在炉膛主控温度区内的停留时间,s; H 为炉膛主控温度区的高度,即最上(后)二次空气喷入口所在炉膛主控温度区温度监测断面至炉膛主控温度区顶部温度监测断面的高度;对于热解炉和滚转窑炉,应为二次燃烧室的烟气入口至烟气出口的长度,m; v 为烟气在炉膛主控温度区内的平均流速,m/s; Q 为换算成炉膛主控温度区平均温度下的最大设计烟气流量, m^3/s ; A 为炉膛截面面积, m^2 。

根据以上公式可知,计算烟气在炉膛主控温度区的停留时间,最主要确定3个参数:1)炉膛主控温度区平均温度;2)炉膛平均温度下的最大工况烟气流量;3)炉膛截面面积。

根据以上对规范的研读以及目前各大机械炉排炉厂家实际计算,在最高二次风空气喷入口所在断面的上方设置两层炉膛主控温度监测点:中层监测点应布置在最小烟气量流经最高二次空气喷入口所在断面后2s的位置;上层监测点应布置在最大烟气量流经最高二次空气喷入口所在断面后2s的位置。中层监测点温度均值在正常工况下应保证不低于850℃;上层监测点温度均值在最大工况时应保证不低于850℃,当实际烟气量介于最小烟气量和额定烟气量之间时,上层监测点温度均值可小于850℃。在实际监控中,因无法及时判断烟气量是否达到最大值,因此将上层断面平均炉温作为850℃/2s指标的监控温度数据点,其不低于850℃时认为达标。

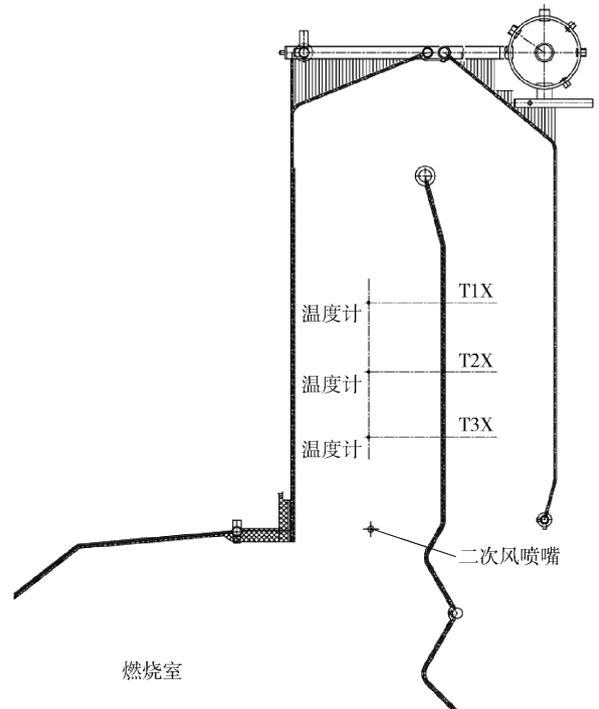
2 烟气停留时间计算

2.1 单一烟道

国内大部分机械炉排炉炉膛主控温度区为单一烟道,结构如图1所示。为了简化分析,仅计算最不利条件下烟气量达到最大的工况的烟气停留时间。

最大标况烟气量为117518 Nm³/h(由焚烧炉燃烧计算得出)。

炉膛主控温度的平均温度取主控温度最高温度



T1X - 炉膛上部断面温度测点; T2X - 炉膛中部断面温度测点; T3X - 二次风起始断面温度测点

图1 典型单一烟道计算模型

以及850℃的平均值,为990℃(由焚烧炉燃烧计算得出)。

则最大工况烟气量: $Q = 117518 \times (990 + 273) / 273 / 3600 = 151 m^3/s$ 。

从二次风喷入口位置到T1X最高层温度测点位置的高度为11.815m。

假定炉宽为3.91m,第一烟道长为6.8m,则炉膛主控温度的炉膛体积 $V = 3.91 \times 6.8 \times 11.815 = 314.14 m^3$ 。

则烟气的停留时间: $S = H/v = (H \times A) / Q = V / Q = 314.14 / 151 = 2.08 s$ 。

2.2 主副烟道

机械炉排炉炉膛主控温度区采用主副烟道的计算模型如图2所示。

此焚烧炉采用二次回流炉型,余热锅炉一烟道的烟气流向包括上游侧(副烟道)和下游侧(主烟道)两个方向。

根据焚烧炉原始设计资料,副烟道以副烟道二次风喷入口作为炉膛主控温度区起始断面,主烟道以主烟道二次风喷入口作为炉膛主控温度区起始断面。

最大标况烟气量为117518 Nm³/h(与单一烟道的烟气量相同)。

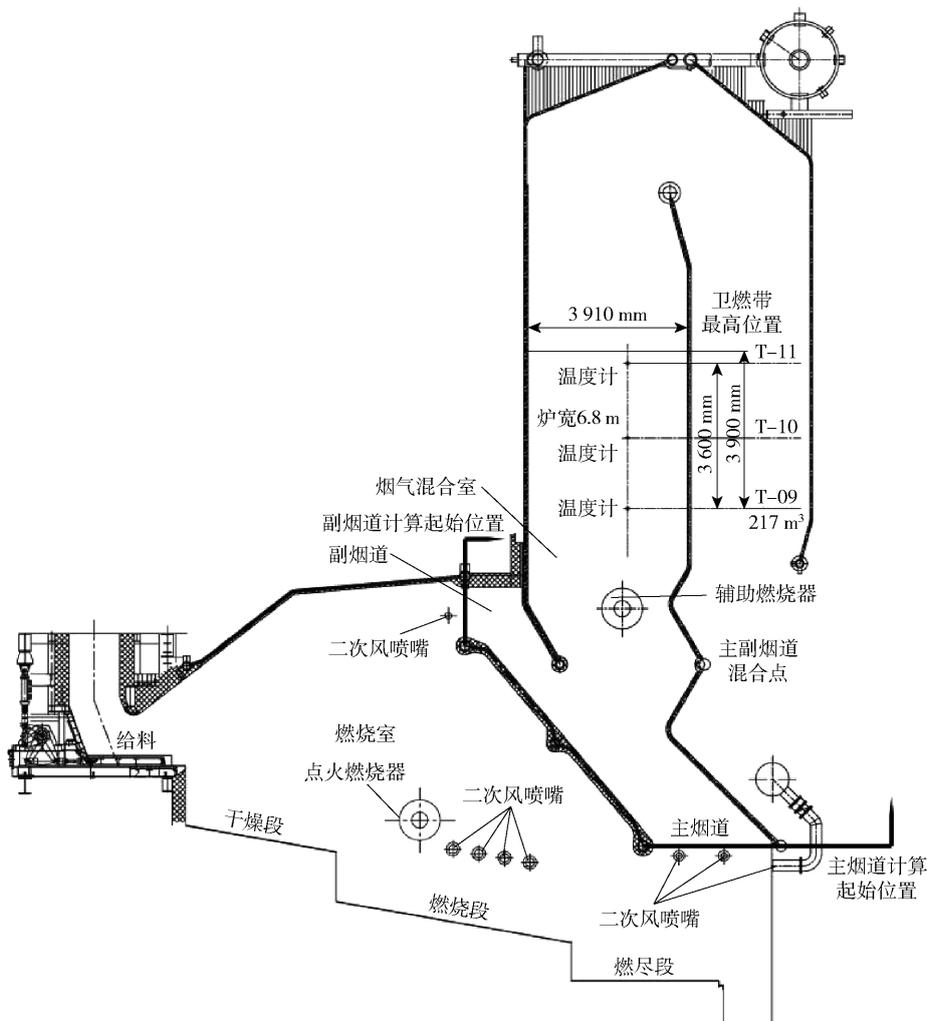


图 2 典型主副烟道 850 °C/2 s 计算模型

炉膛主控温度的平均温度取主烟道入口温度、副烟道入口温度以及 850 °C 的平均值,为 990 °C (焚烧炉燃烧计算得出),则最大工况烟气量 $Q = 151 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

从主副烟道计算起始位置到 T-09 第一层温度测点位置的炉膛体积 $V_1 = 217 \text{ m}^3$ (此部分焚烧炉截面为异性,体积由焚烧炉厂家模拟计算提供)。

从 T-09 到 T-11 第三层温度测点位置的炉膛体积 $V_2 = 3.9 \times 6.8 \times 3.91 = 103.70 \text{ m}^3$ 。

则从主副烟道计算起始位置到 T-11 第三层温度测点位置的总炉膛体积 $V = V_1 + V_2 = 217 + 103.70 = 320.7 \text{ m}^3$ 。

烟气的停留时间: $S = H/v = (H \times A)/Q = V/Q = 320.7/151 = 2.12 \text{ s}$ 。

2.3 存在问题及解决方案

用炉膛主控温度区的炉膛体积/最大烟气量计算出的停留时间为烟气在主控温度区的平均停留时

间。采用这两种方法,上述两种烟道的烟气停留时间均满足 CJJ/T 137—2019 以及最新《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485—2014 /XG1—2019) 的要求。

但根据图 2 可知,从副烟道计算起始点到主副烟道混合点的高度要低于主烟道计算起始点到主副烟道混合点的高度。因此烟气从副烟道到炉膛主控温度区出口的停留时间要小于烟气的平均停留时间,烟气从主烟道到炉膛主控温度区出口的停留时间要大于烟气的平均停留时间,因此副烟道的烟气有可能无法达到 850 °C/2 s 的要求。

因烟气经过主副烟道的实际烟气量是不可控制的,因此无法分别计算主副烟道中烟气的停留时间。所以用上述公式以及焚烧炉原始设计资料中确定的起始断面来计算烟气停留时间的方式存在争议。

为了解决以上存在的争议,将主副烟道的起

始计算断面修改到主副烟道混合点处的断面,以主副烟道混合点处的断面为起始计算断面,调整

如图3所示。

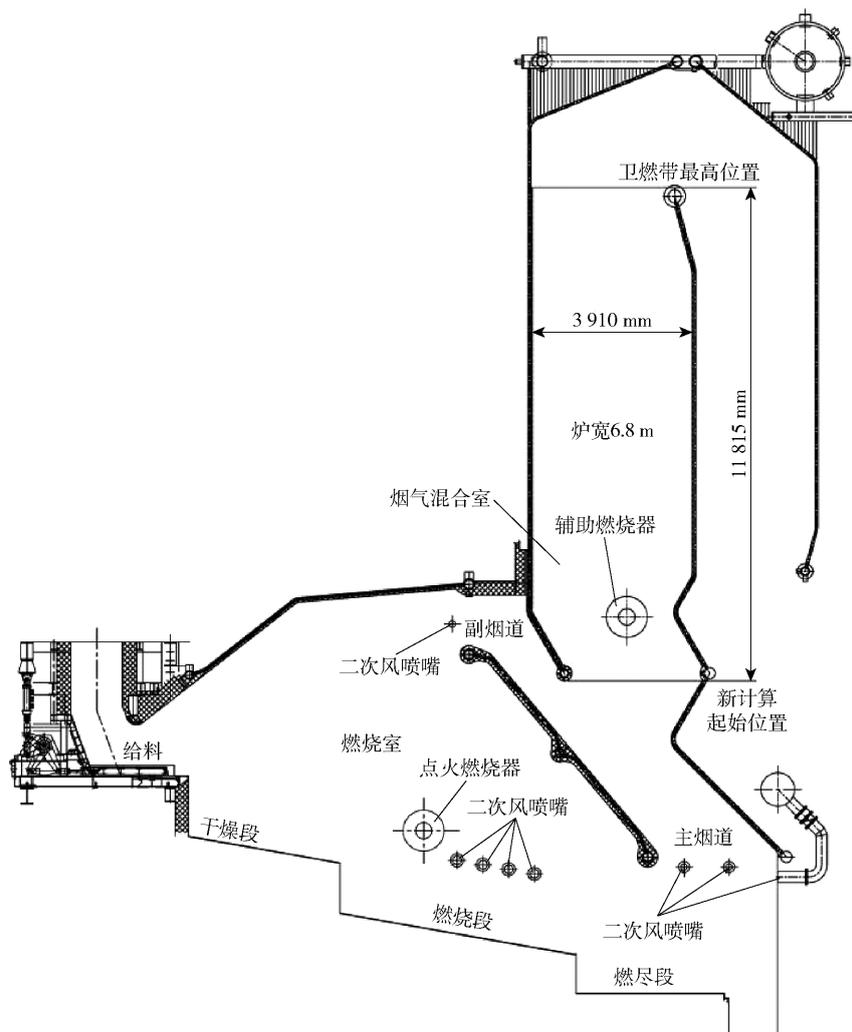


图3 典型主副烟道混合点 850 °C/2 s 计算模型

调整后,从主副烟道混合点处的断面位置到 T-11 第三层温度测点位置的炉膛体积 $V = 3.91 \times 6.8 \times 11.815 = 314.13 \text{ m}^3$ 。

烟气的停留时间: $S = H/v = (H \times A)/Q = V/Q = 314.13/151 = 2.08 \text{ s}$ 。

3 结论

通过以上对单一烟道和主副烟道烟气停留时间的计算,可以得出以下结论:

1) 对采用二次回流技术的焚烧炉,以主副烟道的二次风喷入口作为烟气停留时间的起始计算截面,通过炉膛内高温段 ($\geq 850 \text{ °C}$) 有效容积与炉膛烟气流量的比值计算烟气停留时间,结果满足国内相关标准规范要求。

2) 采用主副烟道的二次风喷入口作为烟气停留时间的起始计算截面时,副烟道的烟气存在无法达到 2 s 的可能,可以采用将起始计算截面修改至主副烟道混合点处的方案解决,但此方案会造成余热锅炉第一烟道加高,增加造价。

[参考文献]

- [1] 邱坤赞,严建华,岑可法,等. 二恶英在流化床垃圾焚烧炉内生成及分解的模拟计算[J]. 电站系统工程, 2003(3):15-16,18.
- [2] 白良成. 生活垃圾焚烧处理工程技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.

(下转第 78 页)

[参考文献]

- [1] 梁学武. 降低压缩空气干燥器耗风量的节能改造[J]. 节能, 2004(1): 31 - 32.
- [2] 孙春华. 复合式空气干燥器在压缩空气后处理中的成功应用[J]. 能源研究与利用, 2001(4): 41 - 42, 45.
- [3] 陈宏. 化工机械设备管理及维护保养技术探讨[J]. 化工管理, 2020(5): 143 - 144.

Modification Practice of Compressed Air System

CHENG Ming, CAO Chang-sheng, HU Zhe-qi, LIU Lei

Abstract: In the 300 000 t/a production area of the electrolysis plant in a certain metallurgical plant, the compressed air system is confronted with such issues as high moisture content in air supplied by compressor units, high power consumption and high failure rate of air compressors. By optimizing the equipment, pipeline, management mode of the compressed air system, the issue of water entrained in compressed air was addressed, and the equipment failure rate and energy consumption were reduced.

Key words: dryer; compressed air; equipment improvement; energy conservation and consumption reduction; modification and optimization

(上接第 69 页)

Discussion on Calculation Methods of Flue Gas Residence Time for Two Types of Furnaces

LIU Jie

Abstract: China's relevant standards stipulate that the volume of the main control temperature zone in the incinerator furnace should meet the requirements that the residence time of flue gas above 850 °C is greater than or equal to 2 s under the most unfavorable conditions. At present, the main control temperature zone of mechanical grate furnace in domestic waste incineration power generation industry mainly has two types: single flue and main and auxiliary flue. In this paper, by studying the relevant specifications and combining the characteristics of these two types of furnaces, the calculation of flue gas residence time of single flue and main and auxiliary flue was discussed, especially for how to meet the requirements of 850 °C/2s for the flue gas residence time of the incinerator with the main and auxiliary flue, the starting point of the calculation was analyzed and studied, and the solution to the controversial point was given.

Key words: waste incineration; grate furnace; 850 °C/2s; single flue main and auxiliary flue; main control temperature zone of the furnace