

文章编号: 1671-6612 (2020) 06-690-04

青岛某小型垃圾焚烧站热解间通风模拟研究

邢哲理 李春东 龙洋波 赵梦宇 邢岩 房电伟

(军事科学院国防工程研究院 北京 100036)

【摘要】 为讨论青岛某小型垃圾焚烧站热解间内通风措施的降温效果,采用计算流体力学(CFD)软件Airpak搭建了垃圾焚烧站热解间的数值计算模型,基于湍流模型和有限体积法研究了垃圾焚烧站热解间内的温度分布和流场特性。结果表明,某小型垃圾焚烧站热解间合理设置百叶窗和风机等通风措施后,热解间内2m高度以下区域温度小于30℃,工作人员在地面工作时比较安全,并且热解间内气流运动和温度分布具有相似性。

【关键词】 垃圾焚烧站;通风;模拟;小型

中图分类号 TU834 文献标识码 A

Study on Ventilation Simulation of Pyrolysis Room in a Small Refuse Burning Station at Qingdao

Xing Zheli Li Chundong Long Yangbo Zhao Mengyu Xing Yan Fang Dianwei

(Research Institute for National Defense Engineering, Academy of Military Science PLA China, Beijing, 100036)

【Abstract】 In order to discuss the cooling effect of ventilation measures in the pyrolysis room of a small-scale refuse burning station at Qingdao, a numerical calculation model of the pyrolysis room of the waste incineration station was established by using the computational fluid dynamics (CFD) software Airpak. Based on the turbulence model and the finite volume method, the temperature distribution and flow field characteristics in the pyrolysis room of the refuse burning station were studied. The results show that the temperature of the area below 2 m in the pyrolysis room is less than 30 °C, and the workers work safely on the ground, and the air flow movement and temperature distribution in the pyrolysis room are similar.

【Keywords】 refuse burning station; ventilation; simulation; small

作者简介:邢哲理(1986.9-),男,博士,工程师,E-mail:zheli86@sina.com

通讯作者:李春东(1977.1-),男,本科,工程师,E-mail:13691271599@163.com

收稿日期:2020-03-19

0 引言

随着人民生活水平的提高和物质生活的不断丰富,生产生活产生的垃圾量也与日俱增,垃圾处理成为世界各国面临的普遍问题^[1-3]。传统的生活垃圾处理有焚烧、堆肥、填埋等技术,基于垃圾分类和焚烧基础上的垃圾资源化利用成为目前研究的热点^[4-6],而垃圾焚烧站就是利用焚烧和净化等设备将垃圾焚烧后产生的热量通过发电或供暖等方式进行资源化利用^[7,8]。

青岛某小型垃圾焚烧站包括一燃室、二燃室、

余热锅炉、除酸塔、除尘器等设备,垃圾在一燃室和二燃室顺序燃烧后产生高温烟气,余热锅炉利用高温烟气的热量产生热蒸汽,热蒸汽被送入换热站通过供暖对垃圾焚烧热量进行利用。烟气通过余热锅炉后经过除酸塔和除尘器的无害化处理进而排出室外。焚烧设备运行时向周围散热,人员工作区域的温度对工作安全具有重要影响,一般采用通风措施降低焚烧站等工业厂房内的环境温度^[9,10]。本文通过计算流体力学(CFD)软件Airpak搭建垃圾焚烧站热解间的数值计算模型,研究通风条件

下垃圾焚烧站热解间内的温度分布和流场特性。

1 模型建立

1.1 工程简介

小型垃圾焚烧站建筑面积 922m², 结构形式为框架结构, 设计使用年限为 50 年, 耐火等级为二级。由于办公和功能房间通往热解间的门平时处于关闭状态, 因此本文只对热解间的通风进行模拟研究, 热解间内主要有一燃室、二燃室、余热锅炉、除酸塔、除尘器等设备, 热解间设侧墙式轴流风机机械排风、自然进风系统, 排风次数 5 次/h, 根据室外通风参数控制排风机台数。

1.2 几何模型

本章采用计算流体力学 (CFD) 软件 Airpak 对焚烧站内热解间的通风进行数值模拟研究, 根据建筑尺寸通过 Airpak 建立几何模型, 图 1 为几何模型的轴侧图, 图中 X (-14m~14m) 为长度方向, Z (-9m~9m) 为宽度方向, Y (0~14m) 为高度方向。在前侧墙体处设三个百叶窗 (1.5m×2.7m), 左窗框距左侧墙体 1.4m。在后侧墙体不同高度分别设了三组百叶窗 (1.8m×0.9m) 和两组轴流风机 (3750m³/h/台), 每组百叶窗和轴流风机同一水平高度均包含三个, 高度最低一组的百叶窗中心距地 2.5m, 高度方向每组间距 2.5m, X 方向相邻中心间距为 5.6m, 最左侧的百叶窗和风机中心距左侧墙体为 4.7m。

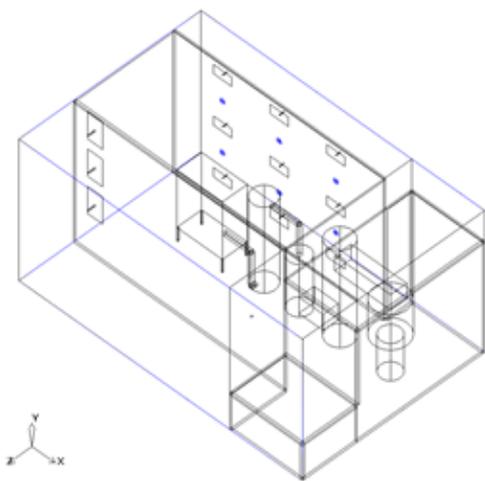


图 1 几何模型轴测图

Fig.1 Axonometric drawing of geometric model

1.3 参数和网格设置

模型环境条件采用青岛夏季空气计算参数, 最

多风向为南风, 室外平均风速为 4.6m/s, 通风室外计算温度为 27.3℃, 通风室外计算相对湿度为 73%, 气压为 1 个标准大气压, 空气密度为 1.225kg/m³, 焚烧设备外壁面温度为 50℃, 垃圾焚烧过程中设备通过外壁面向环境释放热量, 焚烧站的外墙设有百叶窗和轴流风机, 通过对焚烧站通风将设备散发的热量带出焚烧站, 降低焚烧站内空气温度。焚烧站的网格为六面体网格, 网格数量 274832。

1.4 模型求解

焚烧站采用机械通风, 站内气流实际上是湍流, 本文采用湍流模型对站内气流流动进行数值模拟, Airpak 利用有限体积法, 把计算区域划分为离散的控制体积网格, 在每个控制体积上积分控制方程, 形成计算变量的代数方程。本文计算模型网格数为 291835, 图 2 所示为计算模型的收敛曲线, 迭代次数约 680 次, 收敛精度接近 10E-3。

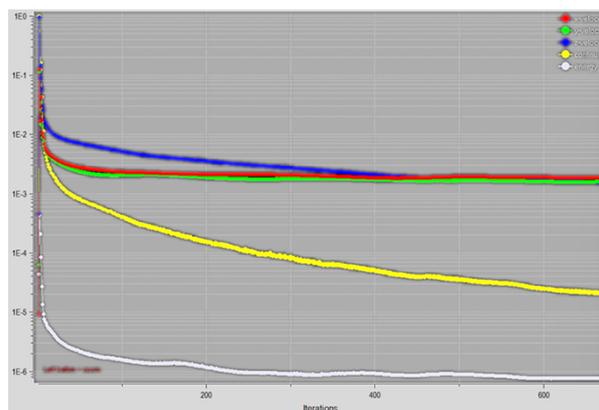


图 2 计算模型收敛曲线

Fig.2 Convergence curve of calculation model

2 结果与讨论

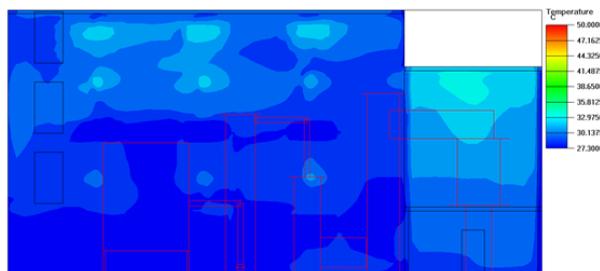


图 3 Z=-6.3m 处 X-Y 平面温度场分布云图

Fig.3 Cloud chart of X-Y plane temperature field at Z=-6.3m

图 3 所示热解间内后侧外墙处 (Z=-6.3m 处 X-Y 平面) 的温度分布云图, 在环境温度为 27.3℃

的条件下，此处截面的最高温度为 34.2℃，平均温度为 29.6℃，整体温度未超过 40℃，能够满足工业建筑的温度设计标准。在高度 2m 以下的范围内大部分截面温度未超 28℃，最高温度未超过 31℃，上部百叶窗和风机处温度较高，说明上部百叶窗和风机起到了较好的热量排除效果。

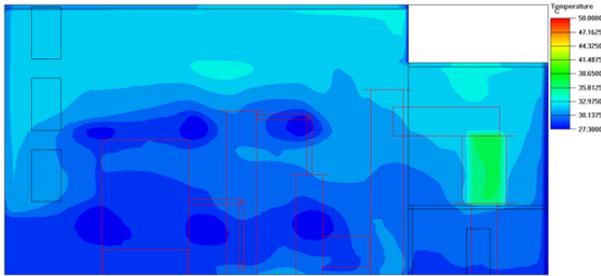


图 4 Z=-5m 处 X-Y 平面温度场分布云图

Fig.4 Cloud chart of X-Y plane temperature field at Z=-5m

图 4 所示为 Z=-5m 处（介于设备与后侧外墙之间）X-Y 平面温度场分布云图，该平面最高温度为 37.4℃，平均温度为 31.1℃。图中右侧有一长方形区域的温度相对其他区域较高，为该截面温度最高区域，原因为该长方形区域距离一燃室只有 0.4m。Z=-6.4m 处中间一层的百叶窗通过进风将焚烧站内的温度场总体分为两部分，上部是中层百叶窗进风，上层百叶窗和排风机将热空气排出，下部区域是下层的百叶窗进风，下层的排风机将热空气排出，这样使得焚烧站内 2m 以下的区域温度总体接近于环境温度，能够为工作人员提供较好的环境。

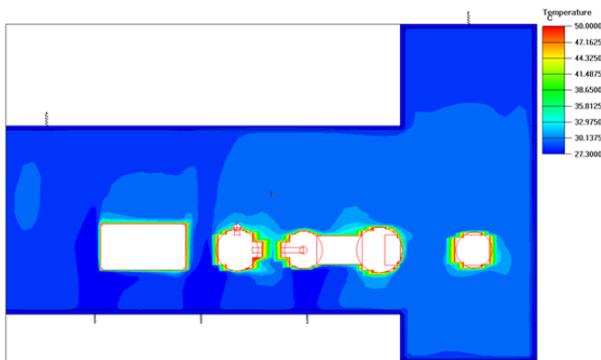


图 5 Y=2m 处 X-Z 平面温度场分布云图

Fig.5 Cloud chart of X-Z plane temperature field at Y=2m

图 5 所示为高度 2m 处温度分布情况，此截面平均温度为 30℃，设备表面温度为 50℃，因此本截面除去距离设备较近的部分外，其他区域的温度

均小于 30℃，工作人员在地面工作时比较安全。

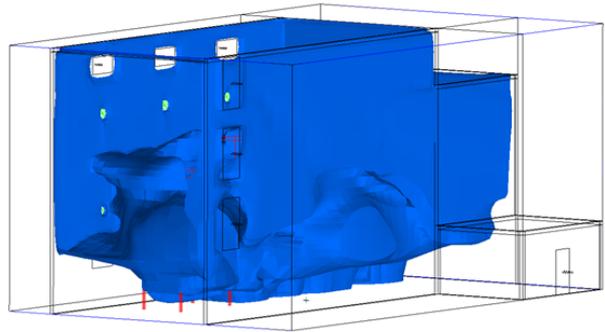


图 6 30℃等温面示意图

Fig.6 Diagram of 30°C isothermal surface

图 6 所示为焚烧站内 30℃等温面示意图，由图可知小于 30℃的区域主要集中在焚烧站下部，由于大部分排风窗和风机位于后侧墙体，因此设备后侧小于 30℃区域的高度大于设备前侧，30℃的高度的分界线在 2m 左右。

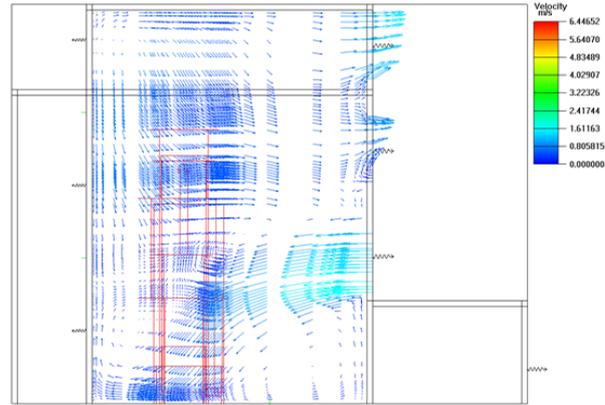


图 7 X=-13.6m 处 Y-Z 截面气体流速矢量图

Fig.7 Gas velocity vector diagram of Y-Z section at X=-13.6m

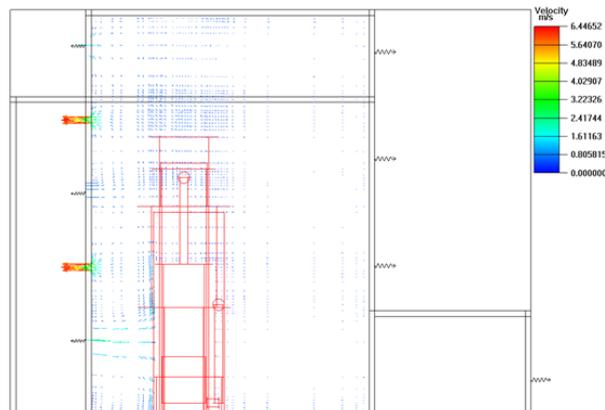


图 8 X=1.9m 处 Y-Z 截面气体流速矢量图

Fig.8 Gas velocity vector diagram of Y-Z section at X=1.9m

图7和图8所示分别为焚烧站左侧外墙截面处和 $X=1.9\text{m}$ 处Y-Z截面气体流速矢量图,由图可知室外空气通过焚烧站前、后外墙底层的百叶窗进入焚烧站内,被焚烧和净化设备加热后上升到焚烧站上部区域,焚烧站上部的百叶窗和排风机将热空气排出焚烧站外部,这与温度云图分布得到的结果相似,这也说明了焚烧站内气流运动和温度分布的相似性。

3 结论

基于以上分析,垃圾焚烧站热解间设置百叶窗和风机等通风措施后,热解间内小于 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区域主要集中在热解间的下部, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高度的分界线在 2m 左右,工作人员在地面工作时比较安全,百叶窗和风机的设计能够满足要求,并且热解间内气流运动和温度分布具有相似性。

参考文献:

- [1] 田华文. 中国城市生活垃圾管理政策的演变及未来走向[J]. 城市问题, 2015, (8): 82-89.
- [2] 吕元. 日本城市垃圾管理机制分析及启发[J]. 环境卫生工程, 2017, 25(5): 54-57.
- [3] Pires A, Martinho G, Chang N B. Solid waste management in European countries: A review of system analysis techniques[J]. Journal of Environmental Management, 2011, 92(4): 1033-1050.
- [4] 翁史烈, 罗永浩. 大型城市生活垃圾可持续综合利用战略研究[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2016.
- [5] 毛庚仁, 张涌新, 文雯. 我国城市生活垃圾处理现状及焚烧法的可行性分析[J]. 城市发展研究, 2010, 17(9): 144-148.
- [6] 彭韵, 李蕾, 彭绪亚, 等. 我国生活垃圾分类发展历程、障碍及对策[J]. 中国环境科学, 2018, 38(10): 3874-3879.
- [7] 宋立杰, 陈善平, 赵由才. 可持续生活垃圾处理与资源化技术(生活垃圾资源化)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- [8] 杨征. 城市垃圾焚烧发电发展现状与展望[J]. 中国资源综合利用, 2016, 34(12): 33-35.
- [9] 陈芹, 张冬洁, 许向阳. 直接空冷垃圾焚烧电厂的数值模拟计算分析[J]. 制冷与空调, 2011, 25(6): 54-58.
- [10] 李元铭, 强天伟, 李振. 高大厂房通风降温系统的探讨[J]. 制冷与空调, 2016, 30(4): 431-435.