

燃气辐射采暖的应用与 CFD 模拟研究

Application and CFD Simulation of Gas-fired Infrared Radiant Heating

高辉

(铁道第三勘察设计院集团有限公司 建筑分院)

摘 要: 燃气辐射采暖是一种新型的适用于高大空间建筑的采暖方式,它采用的设备是低辐射强度的红外线辐射采暖装置。本文应用 STAR-CD 以天津某运用组合车库为研究对象,计算分析了车库内工作区空气温度、平均辐射温度,得出在燃气辐射采暖环境中,室内高度方向空气温度梯度小,空气温度低于人的实感温度,在高大空间建筑中应用燃气辐射采暖不仅能满足温度及舒适度的要求,其节能效果也比较明显。

关键词: 燃气辐射采暖 运用组合车库 STAR-CD 数值模拟

Abstract: Gas-fired infrared radiant heater is one of the advanced heating equipments. It is a low intensity radiant heater and mostly employed in high space buildings. The study object of this paper is gas-fired infrared radiant heating system in a exertion assembled garage in Tianjin. After an analysis of the simulation result, the conclusion about air temperature, MRT is acquired. Temperature gradient is little at the vertical direction. Air temperature is lower than effective temperature. Gas-fired infrared radiant heating system has better heat effect and can meet the need of temperature and thermal comfort. Energy saving effect can be proved greatly when Gas-fired infrared radiant heating is employed in high space buildings.

Keywords: Gas-fired Infrared Radiant Heating; exertion assembled garage; STAR-CD; numerical simulation

1. 引言

燃气辐射采暖系统利用红外线辐射作为能量传递的方式,产生只对被辐射物加热而对传导介质(空气)不加热的热能辐射波,直接温暖被辐射物体,这些物体按照自身的特点吸收并储存热能,并通过二次辐射,加热四周的其它物体,再通过其表面向周围空气以对流形式传递热量^{[1][2]}。

在高大建筑空间的采暖设计中,与传统的散热器采暖相比,燃气辐射采暖节省建筑物耗热量,房间内沿高度方向的温度梯度较小,可减少房间上部的无效耗热量,在相同舒适条件下,可减少 5—10%的耗热量^[3]。另外对于燃气辐射采暖而言,如果系统的设计热负荷能够满足整个建筑采暖负荷的要求,那么在热损失较小的区域无需依靠直接辐射加热就可满足采暖的要求。燃气在发生器中燃烧,产生的高温气体沿管内呈负压状态流动,由于系统构造紧密,缩短了热能的流程,减少了系统和设备的输热损失,提高了能源利用率^[4]。

2. 研究现状

1980年,ASHRAE Handbook根据设计的相关标准方法,给出了辐射系统热损失和热量计算方法^[5]。

N. A. Buckley和T. P. Seel^{[5][6]}对安装燃气辐射采暖系统的高大建筑进行了实验研究,对冷风渗透引起的热损失利用换气法进行计算,得出结论为采用燃气辐射采暖系统冷风渗透热负荷将减小,选择设备容量时应对计算热负荷进行80%的修正。

Haruo Hanibuchi和Shuichi Hokoi^[7]分析了辐射及对流供热系统的工作过程,发现对流供热系统中的对流换热量约占70%,而辐射供热系统中的对流换热量约占50%;以对流换热为主的系统,通过保温性能差的窗的传热量比以辐射换热为主的系统大。Haruo Hnaibuchi和ShuiChi Hkooi还建立了评价辐射及对流系统的效率的简化模型

3. 实例计算

3.1 工程概况

天津某车辆段运用组合车库长 276m, 宽 60m, 高 10m。室内设计温度为 $17 \pm 4^\circ\text{C}$, 该库总设计辐射采暖负荷为 2484KW, 有效热负荷为 2285KW。

设计中采用 8 套 GSR300.1 型燃气辐射采暖装置, 每套输出功率 300kw, 双辐射管道长 134m

3.2 数值计算

为建立数学模型, 提出以下几个合理简化假设: ①辐射热源表面温度均匀, 各向发射率相同; ②假设房间各表面都为漫射灰表面; ③设空气为非吸收性透热介质, 不参与辐射换热; ④为研究车间内垂直方向的温度梯度, 计算过程中沿垂直方向对车间进行了分区处理, 认为每一区域内空气温度分布均匀; ⑤透过窗户的冷风渗透按缝隙法计算, 认为冷风渗透热负荷均匀分担在各区; ⑥忽略由于门窗开启引起的附加热负荷; ⑦透过窗户进入室内的太阳辐射, 假定按面积均匀分配在房间的内表面上。

取该车库的 1/4 作为计算单元建立数学模型。辐射管道安装在 8.5m 高度。

由于只计算辐射板以下的空间, 所以将顶棚降低到辐射板上端所在的平面, 将顶棚按绝热面考虑; 外墙采用 250 厚 MU7.5 陶粒混凝土空心砌块, M5 混合砂浆砌筑, 密度 1600kg/m^3 , 导热系数为 $0.79\text{w}/(\text{m}^\circ\text{C})$; 内墙采用 200 厚陶粒混凝土空心砌块, 密度 900kg/m^3 , 导热系数为 $0.384\text{w}/(\text{m}^\circ\text{C})$; 地面按普通水泥地面考虑, 导热系数为 $1.28\text{w}/(\text{m}^\circ\text{C})$ 。

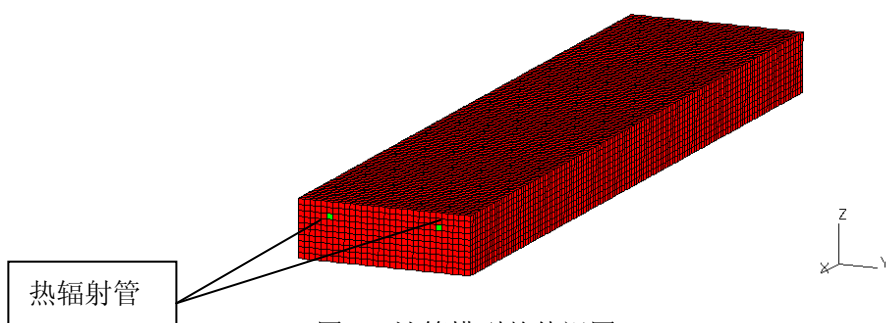


图 1 计算模型整体视图

3.3 计算结果及分析

取工作人员作业区域的断面为研究断面。图 2—图 5 为不同断面处温度分布图。图 6、图 7 为

所研究断面的纵断面和横断面的温度梯度曲线图和辐射温度梯度曲线图。



图 2 Y=15m 处横截面温度分布图



图 3 X=1.2m 处横截面温度分布图



图 4 X=1.8m 处横截面温度分布图



图 5 X=6m 处横截面温度分布图

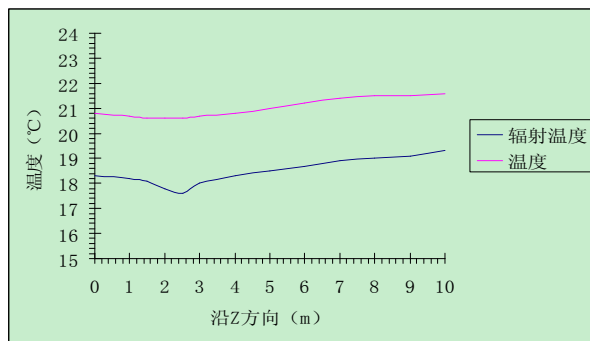


图 6 纵断面温度和辐射温度梯度图

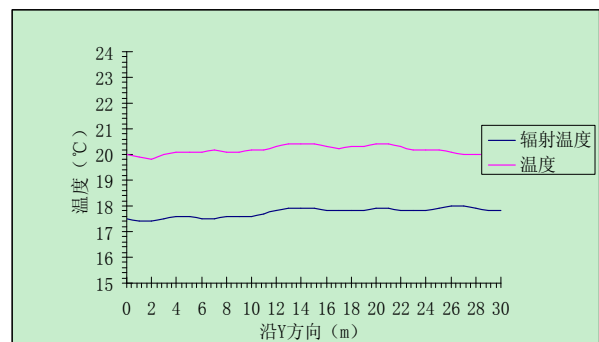


图 7 横断面温度和辐射温度梯度图

由温度分布图 2—图 5 可知, 在 1.8m 以下工作区的不同断面空气温度分布基本无变化, 当远离地面靠近辐射管时, 温度略有升高, 但温度梯度很小, 约是 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 。

由曲线图可知, 纵断面曲线图体现了车库温度沿高度方向温度和辐射温度逐渐上升的趋势, 空气温度在 $17.6\sim 19.4^{\circ}\text{C}$ 的范围内, 2.5m 以内工作区的空气温度沿 Z 方向先下降后上升, 近地面空气温度略高, 主要是因为辐射的作用使地面温度较高, 加热了近地面的空气, 以上的空间这种作用减弱, 主要是由于对流作用使热空气上升。辐射温度变化较缓, 高过空气温度, 二者最大差值低于 3°C 。横断面空气温度和辐射温度曲线相比纵断面空气温度和辐射温度曲线较平滑, 辐射温度基本稳定在 17.8°C 左右, 其曲线稳定性优于空气温度曲线。

燃气辐射采暖使周围环境的平均辐射温度在人员工作区的梯度明显小于空气温度梯度, 使得体感温度垂直方向上的梯度小于空气温度梯度, 且较多的辐射热量使人体在保持人体散热总量一定的

条件下，辐射热量减少，对流散热量相对增多，说明了燃气辐射采暖的工作特性符合高大空间采暖的热工及舒适性要求。

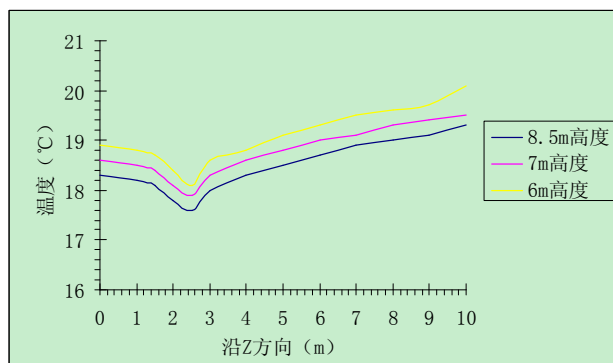


图 8 不同安装高度的温度梯度对比

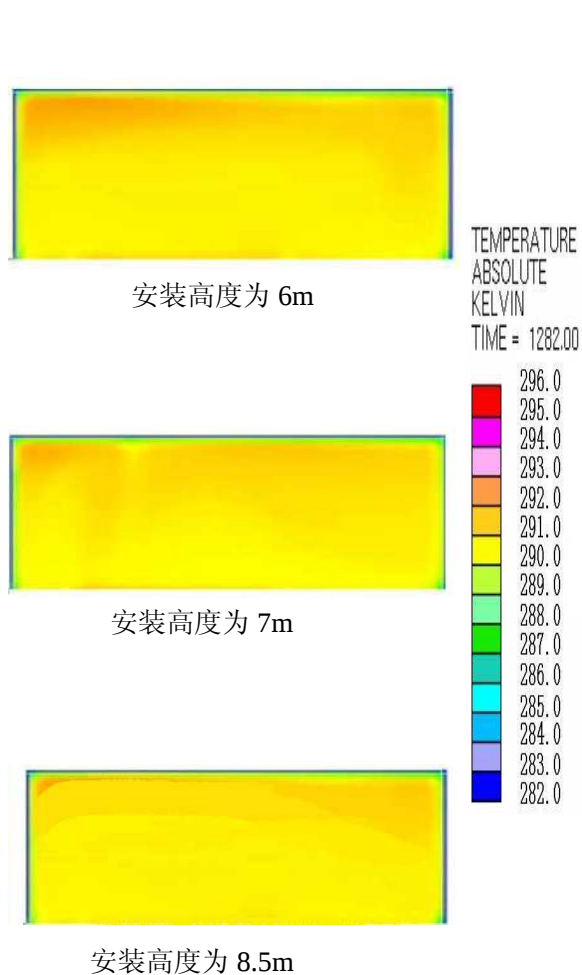


图 9 不同安装高度 Y=15m 断面温度分布

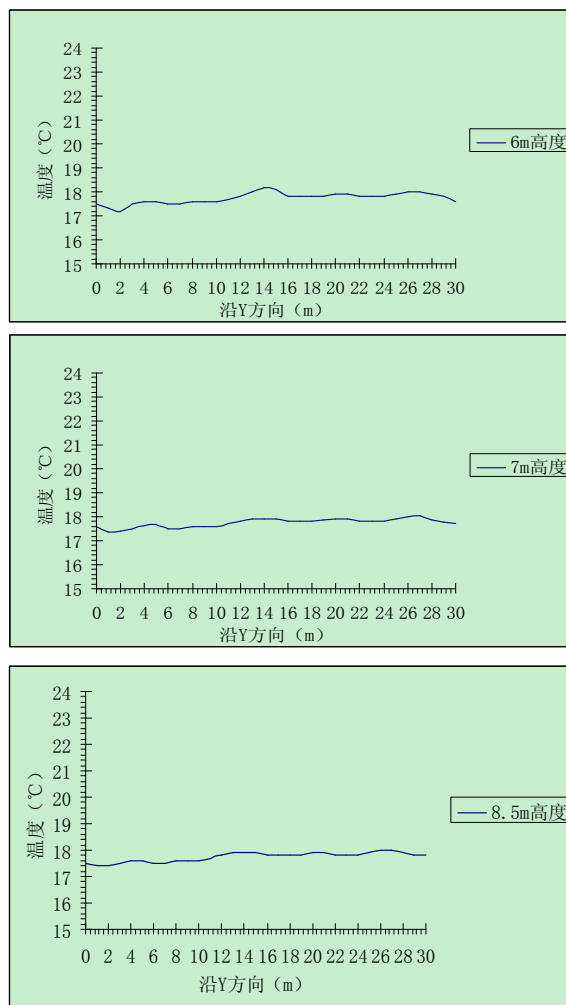


图 10 不同安装高度 Y 方向的温度梯度对比

图 8、图 10 为辐射管分别在 6m、7m、8.5m 安装高度时所研究断面的纵断面和横断面的温度梯度曲线图。图 9 为不同安装高度时 Y=15m 处断面的温度分布图。

通过对不同吊装高度的水平方向温度梯度的对比分析可知,随着吊装高度的增加,选取的典型平面的空气温度会略有下降,基本是吊装高度升高 1m,空气温度下降 0.2℃,这种差异对于工作人员的影响很小,几乎不会被感觉到。三种情况的水平方向温度梯度均较小,8.5m 的情况优于 6m 和 7m 的情况。

从工作人员的热需求来讲,实际工程 8.5m 的吊装高度是比较合理的,因此,一般来讲吊装高度应该高于 6m,同时要考虑空间的使用情况,合理的吊装高度应该是不能影响生产设备的使用和其他必要设施的安装。在设计过程中要综合考虑各种因素的影响,确定合理的吊装高度。

4. 结论

本文应用 CFD 模拟分析研究了高大空间燃气辐射采暖的热工特性,通过以上研究结果显示,在高大空间采用燃气辐射采暖系统能满足温度及舒适度的要求,具有良好的采暖效果和节能性。

5. 参考文献

- [1] 王纲杰. 工业建筑设计中的节能技术问题[J]. 工业建筑, 1995, 25 (11): 10.
- [2] 江亿. 建筑节能——实现可持续发展的必由之路[J]. 科技潮, 2005 (6): 1.
- [3] 李先渊, 李景田. 暖通空调规范实施手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000. 261.
- [4] 王荣光, 沈天行. 可再生能源利用与建筑节能[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004. 26.
- [5] L. H. Laofontaine. Radiant heating and cooling[J]. Heating Piping Air Conditioning , 1990 (3): 71-78.
- [6] N. A. Buckley, T. P. Seel. Gas-Fired low-intensity radiant heating provides a cost-effective, Efficient Space Conditioning Alternative[J]. ASHRAE.
- [7] Hanibuchi Haruo, Hokoi Shuichi. Simplified Method of Estimating Efficiency of Radiant and Convective Heating System[J]. ASHRAE Transactions, 2000 (106): 487-494.