

文章编号: 1671-6612 (2020) 04-481-04

吊顶加热单元用于工业厂房供暖的效果研究

孙月茹 罗 勇

(石家庄铁道大学 石家庄 050043)

【摘 要】 近年来工业厂房供暖问题越来越受重视, 吊顶加热单元应运而生。本次研究运用数值模拟的方法, 采用吊顶加热单元对不同高度工业厂房供暖效果进行模拟, 来判断吊顶加热单元是否符合工业厂房的供暖需要。通过分析模拟结果可以得到如下结论: 本次模拟采用的吊顶加热单元可以满足一定高度的工业厂房的供暖需求, 随着厂房高度的增高供暖效果会变差, 但此时可以通过调整送风温度或送风速度可以改善供暖效果, 并且调整送风温度要优于调整送风速度。

【关键词】 工业厂房; 加热单元; 供暖效果

中图分类号 TU832.1+5 文献标识码 A

Study on the Effect of Ceiling Heating Unit for Industrial Plant Heating

Sun Yueru Luo Yong

(Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang, 050043)

【Abstract】 In recent years, more and more attention has been paid to the heating problem of industrial plants, and the ceiling heating unit has emerged. This study used the numerical simulation method to simulate the heating effect of industrial plants of different heights by using the ceiling heating units to determine whether the ceiling heating unit meets the heating needs of industrial plants. The analysis results showed that the ceiling heating units can meet the heating demand of industrial plants at a certain height. As the height of the industrial plants increases, the heating effect will become worse, but the heating effect can be improved by adjusting the supply air temperature or the air supply speed. And adjusting the air supply temperature is better than adjusting the air supply speed.

【Keywords】 industrial plant; heating unit; heating effect

作者(通讯作者)简介: 孙月茹(1992.12-), 女, 硕士研究生, 研究生, E-mail: 1014633931@qq.com

收稿日期: 2019-11-09

0 引言

随着我国经济的高速发展, 为了顺应时代的发展需求工业厂房的规模也越来越大, 如何更好的解决工业厂房的冬季供暖问题变得尤为重要, 这直接影响厂房的设备能否安全运营, 工作人员的工作环境是否舒适。其中热风供暖这种供暖方式具有热损失极小, 附属设备投资不大, 热风供暖升温快等特点, 被广泛应用于工业厂房。本文利用吊顶加热单元的形式对不同高度工业厂房进行供暖, 以分析吊顶加热单元对不同高度工业厂房所能达到的供暖

效果。

1 工程概况

本次研究选用的厂房长和宽都为 20m, 高度分别为 10m、13m、15m、17m 和 20m。其中厂房 1 高 10m, 厂房 2 高 13m, 厂房 3 高 15m, 厂房 4 高 17m, 厂房 5 高 20m。五个厂房都位于石家庄, 根据《实用供热空调设计手册》可以查得石家庄冬季室外计算温度为 -6.7°C , 供暖期平均温度 -0.5°C , 室内计算温度为 16°C 。厂房简化模型如图 1 所示。

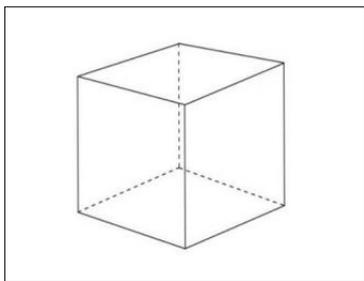


图 1 厂房的简化模型

Fig.1 Simplified model of the plant

吊顶加热单元尺寸为 $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ 的正方体，其示意图如图 2 所示。布置加热单元时，在高度方向上，加热单元顶部距厂房顶部 1m ；水平方向上，加热单元在厂房正中间。厂房俯视图如图 3 所示。

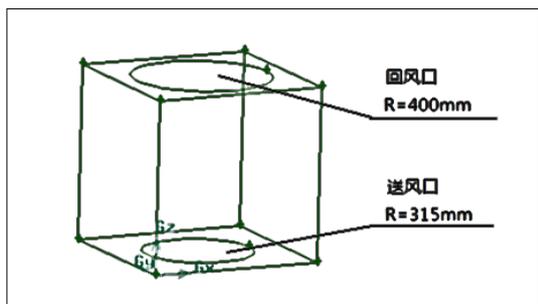


图 2 加热单元示意图

Fig.2 Schematic diagram of heating element

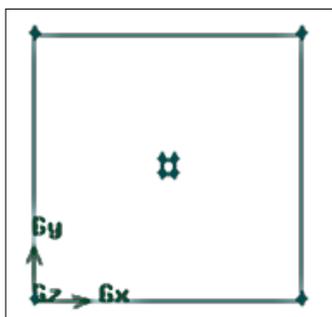


图 3 厂房俯视图

Fig.3 Top view of the plant

2 数值模拟

本文利用 CFD 数值模拟软件对不同高度工业厂房温度速度场进行模拟^[2]。假设空气为连续稳定不可压缩流体。由于供热时气流受热浮力影响较大，空气密度采用 Boussinesq 近似^[3]。

2.1 网格划分

就厂房本身而言，风口处的网格划分较密集，

其他地方的网格划分较稀疏。网格划分结果：厂房 1 网格总数为 153991，厂房 2 网格总数为 197884，厂房 3 网格总数为 227248，厂房 4 网格总数为 257142，厂房 5 网格总数为 302258。

2.2 湍流模型

在数值模拟中选择考虑浮升力的 RNG $k-\epsilon$ 两方程湍流模型作为数值模拟的模型。

2.3 边界条件

2.3.1 风口边界

送风口设置为速度进口，送风风速 4m/s ，送风温度 27°C ，运用前人得到的经验公式^[4]通过计算可以得到，送风口的水力直径为 $D_H=0.63\text{m}$ ，湍流强度为 $I \approx 3.5\%$ 。

回风口设置为自由出流。

2.3.2 壁面边界条件

根据《实用供热空调设计手册》的计算公式可以计算出围护结构的内表面温度，模拟时东、西、南、北四面墙设定温度为 278.48K (5.48°C)，屋面的温度值设为 280.6K (7.6°C)，窗户的温度值设为 277.29K (4.29°C)，地面设为绝热边界条件。

2.4 控制方程

动量方程选择二阶迎风格式，其他方程选择软件默认的方程格式，求解用 SIMPLE 算法。

3 模拟结果及分析

在用 Fluent 做数值模拟时，厂房内温度场的研究方法采用分析具体区域的不同温度分布情况，根据计算模拟的结果来判断顶部送风时，工业厂房可以达到的供暖效果。

Y 方向的数值模拟结果如下。

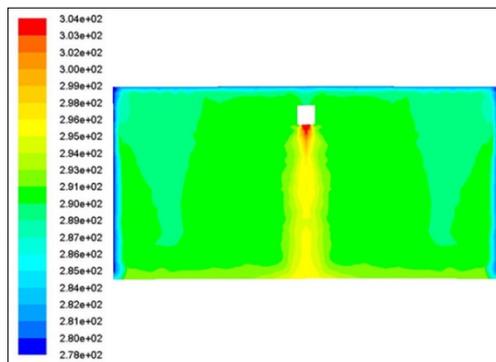


图 4 厂房 1 $Y=10\text{m}$ 剖面温度场等值线图

Fig.4 Contour map of temperature field in section 1 $Y=10\text{m}$ of the workshop

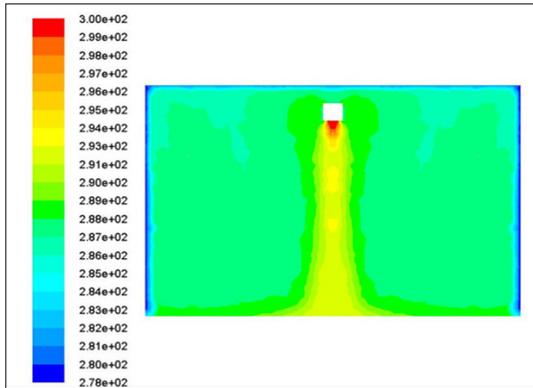


图5 厂房2 Y=10m 剖面温度场等值线图

Fig.5 Contour map of temperature field in section 2 Y=10m of the workshop

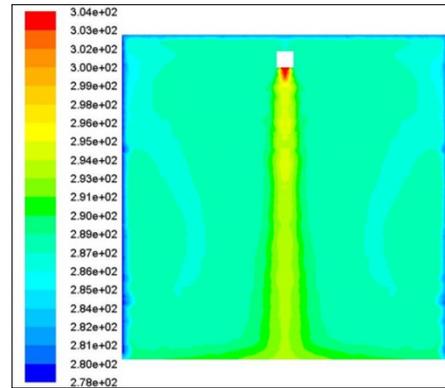


图8 厂房5 Y=10m 剖面温度场等值线图

Fig.8 Contour map of temperature field in section 5 Y=10m of the workshop

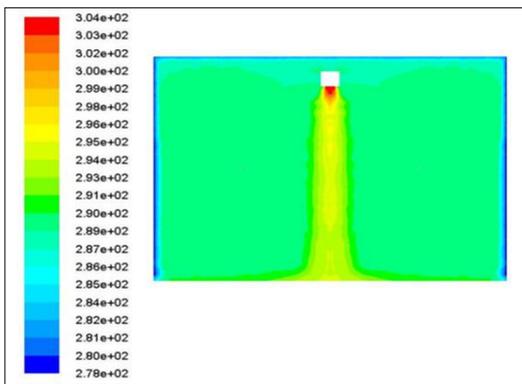


图6 厂房3 Y=10m 剖面温度场等值线图

Fig.6 Contour map of temperature field in section 3 Y=10m of the workshop

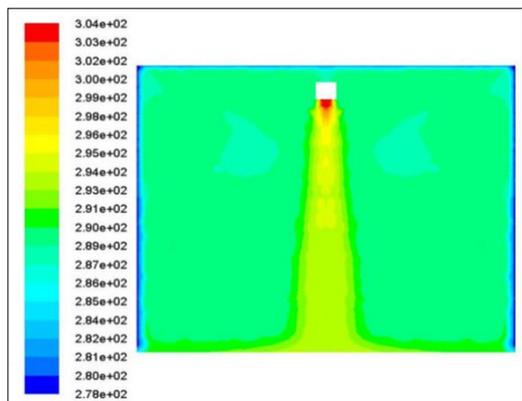


图7 厂房4 Y=10m 剖面温度场等值线图

Fig.7 Contour map of temperature field in section 4 Y=10m of the workshop

如图4所示厂房1Y=10m剖面数值模拟的温度等值线图,从图中可以看出采用加热单元顶送风的形式对厂房进行加热时,厂房内下部温度较高,而上部温度较低,热风通过风机可以直接送到工作区域,再慢慢往上浮升,这样可以充分利用热源。而围护结构温度比室内设计温度低的多,所以在接近厂房围护结构的地方温度也偏低,但并不影响厂房工作区域大部分空间的温度,并且在整个工作区域内温度分布比较均匀,平均温度也能够达到厂房供暖的设计需求。

厂房2、厂房3、厂房4和厂房5的温度分布大致与厂房1的相同,但从模拟结果来看,厂房1供暖效果最好,其次是厂房2,其他以此类推,说明同样的送风参数对低高度厂房加热效果最好,对高度较高的厂房供暖效果会稍差一些。

取房间2m以下空间为工作区,总结软件模拟得到的工业厂房工作区的平均温度以及平均风速,结果如下表:

表1 不同高度厂房数据对比

Table 1 The comparison of plant data of different heights

| 厂房编号 | 高度 (m) | 送风温度 (°C) | 送风速度 (m/s) | 工作区平均温度 (°C) | 工作区平均速度 (m/s) |
|------|--------|-----------|------------|--------------|---------------|
| 1 | 10 | 27 | 4 | 16.15 | 0.26 |
| 2 | 13 | 27 | 4 | 15.45 | 0.24 |
| 3 | 15 | 27 | 4 | 14.91 | 0.23 |
| 4 | 17 | 27 | 4 | 14.85 | 0.22 |
| 5 | 20 | 27 | 4 | 14.00 | 0.22 |

从表中数据可以看出,同样的送风温度和送风速度下,厂房高度越高,工作区所能达到的温度就越低,模拟结果符合客观事实。而且厂房高度为10m时,工作区的温度可以满足设计需要,其他高度的厂房工作区温度虽然未达到设计要求,但其温度也不是太低,这说明,加热单元顶送风这种形式对大部分高度的厂房都能适用。

厂房5的工作区温度比设计温度低了2℃,说明厂房高度增加时,如果不改变送风参数,将无法满足设计要求,但这可以通过适当提高送风温度或者送风速度来达到设计要求,如下表表2和表3所示。而且这五个高度的厂房工作区的平均风速也都满足规范标准。

根据表2和表3的数据可以看出,虽然通过调整送风温度或者送风速度都可以满足厂房供暖需求,但改变送风速度时,由于送风速度过大,导致工作区风速超出规范要求,所以只改变单一送风参数时,调整送风温度的供暖效果要优于调整送风速度的供暖效果。

表2 调整送风温度后不同高度厂房数据对比

Table 2 The comparison of plant data at different heights after adjusting air supply temperature

| 厂房编号 | 高度(m) | 送风温度(℃) | 送风速度(m/s) | 工作区平均温度(℃) | 工作区平均速度(m/s) |
|------|-------|---------|-----------|------------|--------------|
| 1 | 10 | 27 | 4 | 16.15 | 0.26 |
| 2 | 13 | 28.3 | 4 | 16.04 | 0.24 |
| 3 | 15 | 29.4 | 4 | 16.08 | 0.23 |
| 4 | 17 | 30 | 4 | 16.13 | 0.22 |
| 5 | 20 | 33 | 4 | 16.01 | 0.22 |

表3 调整送风速度后不同高度厂房数据对比

Table 3 The comparison of factory data at different heights after adjusting air supply speed

| 厂房编号 | 高度(m) | 送风温度(℃) | 送风速度(m/s) | 工作区平均温度(℃) | 工作区平均风速(m/s) |
|------|-------|---------|-----------|------------|--------------|
| 1 | 10 | 27 | 4 | 16.15 | 0.26 |
| 2 | 13 | 27 | 13 | 16.27 | 0.91 |
| 3 | 15 | 27 | 15 | 16.41 | 0.86 |
| 4 | 17 | 27 | 22 | 16.21 | 1.23 |
| 5 | 20 | 27 | 30 | 15.81 | 1.69 |

4 结果及结论

本文利用CFD数值模拟软件对不同高度工业厂房温度速度场进行模拟,总结相同送风温度和送风速度下不同高度工业厂房的模拟数据,通过分析这些模拟数据可以得出结论:吊顶加热单元可以满足大部分高度下工业厂房的供暖要求,而且可以通过适当提高送风参数来解决厂房供暖效果差的问题,并且调整送风温度要优于调整送风速度,这为以后的工业厂房热风供暖方式的问题提供了有益的参考。

参考文献:

- [1] 谭洪卫. 计算流体力学在建筑环境工程上的应用[J]. 暖通空调,1999,29(4):31-36.
- [2] 王福军. 计算流体力学分析—CFD 软件原理与应用. 北京:清华大学出版社,2004:254-256.
- [3] 钟珂,王新伟,华凤皎,等.高大空间风口位置高度对供暖效果的影响[J]. 东华大学学报(自然科学版),2014,40(03):334-338,378.