

文章编号: 1671-6612 (2020) 06-700-03

顶送式暖风机水平方向安装位置优化研究

孙月茹

(石家庄铁道大学 石家庄 050043)

【摘要】 运用数值模拟的方法,对同一工业厂房暖风机供暖顶送形式进行模拟,在达到供暖要求的前提下,通过改变暖风机水平安装位置,得到了近墙布置的暖风机距墙安装距离的最佳值:靠近外墙布置的暖风机,其安装位置不能按产品样本中提供的供暖半径为基准进行布置,近墙的一排暖风机距墙的合理距离取 0.6 倍产品供暖半径时,厂房工作区温度分布最均匀,供暖效果最佳。

【关键词】 工业厂房; 顶送风; 暖风机位置; 供暖效果; 气流组织

中图分类号 TU832.1+5 文献标识码 A

Study on Horizontal Position Installation Optimization of Top-loading Heater

Sun Yueru

(Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang, 050043)

【Abstract】 This paper uses the method of numerical simulation to simulate the heating fan feeding form of the same industrial plant. On the premise of meeting the heating requirements, by changing the level of the heater installation position, got the best value of heaters' Installation distance which are placed near wall: fans near the wall to decorate, the installation position can't according to the product sample provided in the heating radius as a benchmark to decorate, when the near wall one rows fans from the reasonable distance of the wall in 0.6times respectively product heating radius, the temperature distribution in the working area of the workshop is the most even, and the heating effect is the best.

【Keywords】 industrial plant; top air supply; position of heater; the heating effect; air distribution

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

收稿日期: 2010-02-22

0 前言

高大空间若采用吊顶暖风机热风供暖,可以通过合理的气流组织,将送风热量调配到下部工作区,以提高送入热量的利用率^[1]。而热风供暖的能量利用与送、回风口的位置密切相关。如果顶送式暖风机均匀布置,将会导致厂房中间区域温度高,而靠近墙体的区域温度低,温度分布很不均匀。为此本文将对工业厂房不同暖风机位置下的温度场进行数值模拟,通过调整靠墙两侧暖风机位置优化气流组织,以分析暖风机位置对工业厂房热风供暖的温

度均匀性优化效果^[2]。

1 模型概况

厂房位于石家庄,根据文献[5]可以查得石家庄冬季室外采暖计算温度为 -6.7°C ,供暖期平均温度 -0.5°C ,室内计算温度为 16°C 。

论文数值模拟为了得到的结果更加准确,选取厂房尺寸为 $240\text{m}\times 60\text{m}\times 12\text{m}$ (长 \times 宽 \times 高),选用了 16 个吊顶暖风机对工业厂房进行供暖。暖风机尺寸:长 \times 宽 \times 高为 $1100\text{mm}\times 1100\text{mm}\times 1165\text{mm}$,其示意图如图 1 所示,每个暖风机供暖面积为 900m^2 ,供暖半径 R 为 15m 。

布置暖风机时,在高度方向上,暖风机顶部距

厂房顶部 1m；水平方向上，其示意图如图 2 所示。论文模拟设置了五个方案分别对厂房进行供暖，靠墙侧吊顶暖风机安装位置示意图如图 3 所示，暖风机具体位置数据如表 1 所示，其中方案 1 中所有的暖风机等间距均匀布置。厂房沿长度方向左右对称，所以只模拟左半侧区域，八个吊顶暖风机。

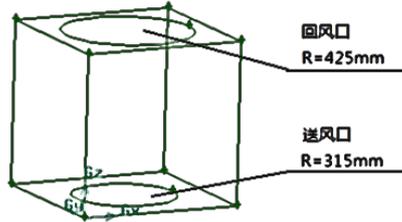


图 1 暖风机示意图

Fig.1 Schematic diagram of heater

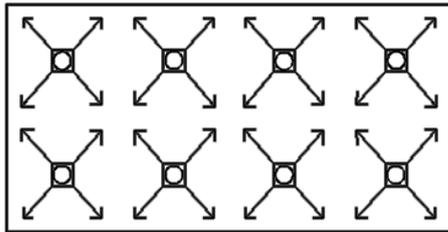


图 2 暖风机水平方向布置位置示意图

Fig.2 Schematic diagram of the horizontal position of the heater

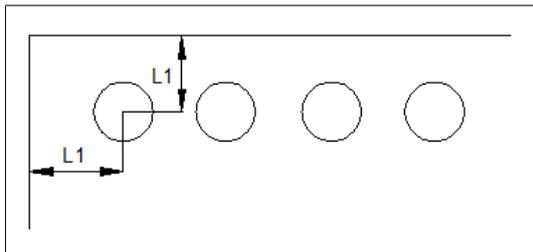


图 3 靠墙侧暖风机位置示意图

Fig.3 Schematic diagram of the position of the heater near the wall

表 1 暖风机具体位置数据表

Table 1 Data sheet of specific location of heater

方案	L1/m	L1/R	备注
d1	15	1	其余暖风机均 匀布置
d2	12	0.8	
d3	10	0.67	
d4	9	0.6	
d5	6	0.4	

厂房两米以下为工作区，等间距分为 10 个区

域，由于只模拟了厂房左侧，所以只有 5 区域，具体命名如表 2 所示。

表 2 厂房 X 方向不同区域命名表

Table 2 Names of different areas in the X direction of the plant

X 方向长度/m	0~24	24~48	48~72	72~96	96~120
编号	t1	t2	t3	t4	t5

2 数值模拟

论文利用 CFD 数值模拟软件^[3]对工业厂房的温度场进行模拟。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：方案 1 厂房网格总数为 3364248，方案 2 厂房网格总数为 3368210，方案 3 厂房网格总数为 3367362，方案 4 厂房网格总数为 3366135，方案 5 厂房网格总数为 3366839。

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 6.23m/s，送风温度 28℃，利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 $D_H=0.63m$ ，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

根据相关文献[5]中的相关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 5.48℃，屋面的温度值设为 7.6℃，窗户的温度值设为 4.29℃，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 COUPLED 算法求解。

3 模拟结果及分析

通过 Fluent 软件数值模拟, 总结工作区五个区域的平均温度如表 3 所示。

表 3 工作区不同区域的平均温度

Table 3 Average temperature in different areas of the work area

方案	t1	t2	t3	t4	t5	平均温度	不平衡率
d1	14.45	15.06	15.33	15.51	15.85	15.24	0.031
d2	15.31	15.93	15.85	15.92	15.98	15.80	0.016
d3	16.03	16.29	15.76	15.28	15.57	15.79	0.022
d4	15.60	15.76	15.40	15.48	15.84	15.62	0.011
d5	15.97	15.50	15.27	14.92	15.52	15.42	0.022

其中 t1~t5 表示厂房 X 方向等间距的五个区域。

其中不平衡率:

$$\varphi = \sqrt{\frac{\sum (T_i - \bar{T})^2}{5}} \quad (1)$$

式中: φ 为不平衡率; \bar{T} 为温度平均值, $^{\circ}\text{C}$; T_i 为不同区域温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

不平衡率越小, 说明温度分布均匀性越好。将表 3 中的数据绘制成折线图如图 4 所示。

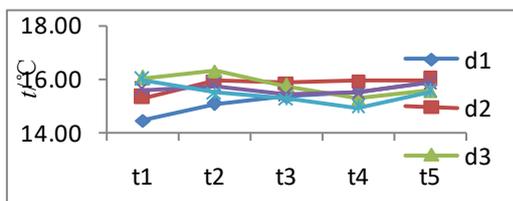


图 4 工作区不同区域的平均温度折线图

Fig.4 Line chart of average temperature and temperature in different areas of the working area

综合表 3 和图 4 可以看出采用方案 1 所有吊顶暖风机均匀布置时, 靠墙侧区域平均温度明显较低, 虽然可以达到供暖要求的温度, 但温度的均匀性较差。而采用方案 2、方案 3、方案 4 和方案 5 对厂房进行供暖时, 在达到供暖要求的温度的同时, 供暖效果有所改善。其中方案 4 所得到工作区平均温度不平衡率最小, 所以采用方案 4 供暖时, 工作区温度分布最均匀, 供暖效果最佳, 此时近墙的一排

风机距墙的合理距离分别为 0.6 倍产品供暖半径。

4 结果与结论

论文运用 CFD 软件进行数值模拟, 对同一高度工业厂房暖风机供暖顶送形式进行了模拟, 得到暖风机不同水平安装位置下厂房的相关数据, 通过计算对比这些数据, 可以得到近墙布置的暖风机距墙安装距离的最佳值: 靠近外墙布置的风机, 其安装位置不能按产品样本中提供的供暖半径为基准进行布置, 近墙的一排风机距墙的合理距离取 0.6 倍产品供暖半径时, 厂房工作区温度分布最均匀, 供暖效果最佳。

由于作者能力有限, 所得到的模拟结论希望能够为以后的工业厂房热风供暖问题提供帮助。

参考文献:

- [1] 朱颖心. 建筑环境学 (第 2 版) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005: 201-202.
- [2] 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(3): 334-338, 378.
- [3] 王福军. 计算流体力学分析—CFD 软件原理与应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 254-256.
- [4] 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.
- [5] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.