

文章编号:1673-9469(2010)01-0061-04

模块式地板辐射采暖系统的性能研究

展海风, 李云

(邯郸市热力公司, 河北 邯郸 056000)

摘要:建立了模块式地板辐射采暖系统的数学模型, 对其进行了数值模拟。并通过实验测定了地表面的温度分布和采暖空间的温度分布, 模拟结果与实验相符。表明新型的模块式地板辐射采暖系统具有安装更加方便, 可以有效的减轻建筑荷载等优点。

关键词:模块式地板辐射, 温度分布, 舒适

中图分类号: TU832.1

文献标识码: A

A performance study of the modular floor radiant heating system

ZHAN Hai-feng, LI Yun

(Handan Heating Power Company, Hebei Handan 056000, China)

Abstract: The authors have established a mathematic model of the modular floor radiant heating system and carried out a numerical simulation. The floor surface temperature distribution and heating space temperature distribution were tested by experiment. The simulation results are consistent with the experimental results. It shows that new type of new heating system is more convenient to install and is able to be effectively reduce the building load.

Key words: modular floor radiation; temperature distribution; amenity

低温地板辐射采暖由于其舒适性高、卫生条件好、能充分利用各种低品位能源等优点而越来越受到人们的关注, 是当今较为先进的一种采暖方式, 也是目前国内外公认的最为理想的采暖方式^[1-4]。虽然地板辐射采暖具有很多优点, 但现在普遍使用的传统湿式施工地板辐射采暖也存在一些问题, 如增加建筑荷载、维修困难等^[5]。而模块式地板辐射采暖则可以克服湿式施工的缺点。

1 模型的建立

盘管采用双回型布置方式, 即是高温管低温管相间布置, 易于造成“均化”的效果。所以选择双回型布置方式建立数学模型^[6]。

1.1 实际结构模型的简化

除边缘管子外, 其它各盘管间的温度分布基本相同, 又是以盘管中心线为对称的, 故为计算方

便可只取一组供、回水管之间的平板部分为计算模型。模型的网格划分如图1所示。

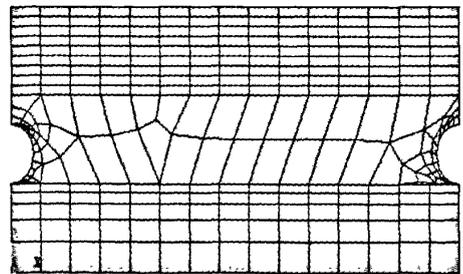


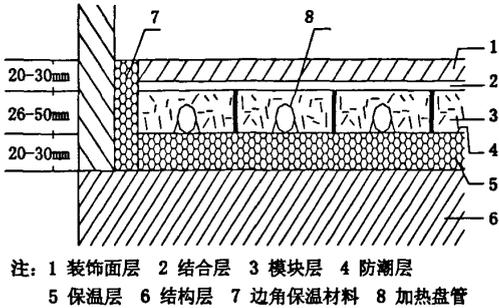
图1 模型网格划分示意图

Fig.1 The mesh diagram of the model

当地板辐射采暖系统达到稳定之后, 室内空气温度的波动幅度很小, 地板辐射采暖的传热过程可以看作稳态传热。

模块式地板辐射采暖系统的传热为一个三维的传热过程, 但由于盘管直线长度与地面层结构

整个厚度及盘管间距相比大很多,沿盘管长度方向温度变化很小,温度梯度很小,因此可忽略该方向的传热,认为地面层的传热过程是一个二维的传热过程,并且地面内部无内热源。



注: 1 装饰面层 2 结合层 3 模块层 4 防潮层
5 保温层 6 结构层 7 边角保温材料 8 加热盘管

图2 模块式地面辐射采暖结构剖面示意图

Fig.2 Profile chart of the modular floor radiant heating system

地面层结构是一个多层复合体,可认为各层材料紧密接触,不考虑接触热阻。

因为各层材料是均质恒物性,对敷设塑料管的复合层可用表观当量导热系数处理。

1.2 数值模拟的控制方程与定解条件

模块式低温热水地板辐射采暖系统换热过程可以分为三个阶段来考虑。第一阶段,盘管内的水与管壁的对流换热;第二阶段,通过盘管管壁、模块层、结合层、装饰面层和地面表面的热量传导;第三阶段,地面表面与房间内空气和其它表面的对流换热和辐射换热。

1) 盘管内的水与管壁的对流换热:供、回水管作为热源,不断向混凝土层传热,在内管壁与水接触处

$$t = t_b \quad (1)$$

式中 t_b —供回水平均温度,℃。

2) 盘管管壁和地面表面的热量传导:整个平板的传热过程可简化为一个二维的传热过程,并且平板内部无内热源。由此,计算模型划分的每一个网格单元满足如下的导热微分方程

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

在低温地板辐射供暖系统中,为防止地面边缘的热量损失,地面四周采用轻型保温材料,可近似认为绝热。由于平板内温度场的对称性,对每一个计算单元,沿着 x 轴的两个表面可近似认为绝热,即

$$\left. \frac{\partial t}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial t}{\partial x} \right|_{x=l} = 0 \quad (3)$$

为了减少地面向下的热量损失,在混凝土楼板上常采用聚苯乙烯这种轻型保温隔热材料,该材料的导热系数很小,为计算方便近似认为楼板底层为绝热层,其边界条件为

$$-\lambda \left. \frac{\partial t}{\partial y} \right|_{y=0} = 0 \quad (4)$$

3) 地面表面与房间内空气和其它表面的对流换热和辐射换热:在地板辐射采暖房间中,对流换热和辐射换热同时进行,辐射换热占主导地位,大部分热量通过地面,以热辐射的形式向外传递;其次是自然对流换热。室内空气与各表面间的对流换热情况直接影响室内气温,地面表面的辐射传热将使房间其他表面温度升高,使得室温与壁面间的传热温差减小,间接影响室温的变化。由于室内空气不以散热、吸热和再发射等形式参与辐射,因此对流换热和辐射换热可认为是相对独立的。其计算公式如下

辐射换热量

$$q_r = 5 \times 10^{-8} [(t_f + 273)^4 - (t_{AUST} + 273)^4] = \alpha_r (t_f - t_a) \quad (5)$$

对流换热量

$$q_d = \alpha_d (t_f - t_a) \quad (6)$$

一般情况下,可用综合换热系数来考虑对流和辐射两方面的效应,即

$$\alpha_0 = \alpha_d + \alpha_r \quad (7)$$

地面表面和房间的换热可表示为

$$q = \alpha_0 (t_f - t_a) \quad (8)$$

式中 t_f —模块温度,℃; t_a —室内空气温度,℃; t_{AUST} —非加热表面平均温度,℃; α_0 —综合换热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; α_d —对流换热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; α_r —辐射换热系数, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ 。

综上所述,式(1)~式(8)构成了模块式低温热水地面辐射采暖系统数值模拟的控制方程和定解条件。

2 数值模拟结果与分析

2.1 盘管间距对地面表面温度的影响

在模块厚度一定时,不同的盘管间距将导致不同的地面表面温度分布。图3是盘管间距200mm和250mm,室内设计温度为20℃,供回水平均温度为30℃时的地面表面温度的变化情况,可

见盘管间距越大, 地面表面温度越低, 温度分布越不均匀。距离加热管越近, 温度越高, 两管中间处温度最低。

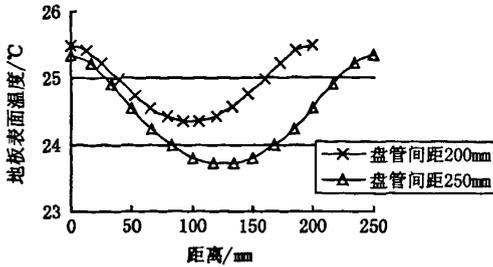


图3 盘管间距对地板表面温度的影响

Fig.3 The distance between coils' effect on the floor surface temperature

2.2 平均温度对地面温度的影响

盘管间距、模块厚度一定的情况下, 随着供回水平均温度的变化, 地板表面平均温度相应的也发生变化。图 4 为当盘管间距为 200mm 时不同供回水平均温度下地板表面温度分布图, 从图中可以看出, 随着供回水平均温度的增加, 地板表面温度升高, 地板表面温度均匀性变差。

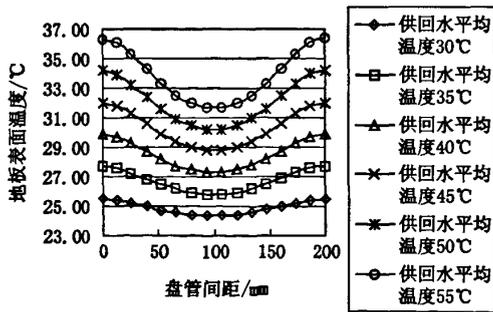


图4 供回水平均温度对地板表面温度的影响

Fig.4 the effect of the supply and return water's average temperature on the floor surface temperature

2.3 平均温度和管间距对地面热流密度的影响

图 5 为供回水平均温度和管间距对地面热流密度的影响关系图。由图可以看出, 在任一管间距工况下, 地面散热量即热流密度都将随着供回水平均温度的上升而增大。不同的是, 管间距越小, 地面散热量随供回水平均温度上升的速度越快。管间距 200mm 时, 每提高供回水平均温度 5℃, 地面散热量平均增大 21.4 W/m²; 管间距 250mm 时, 地面散热量平均增大 20.1 W/m²; 可见

供回水平均温度和管间距是影响模块式地板辐射采暖地面板体传热的主要因素。

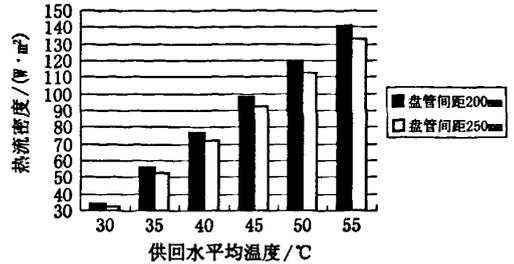


图5 供回水平均温度与管间距对地板表面热流密度的影响

Fig.5 The effect of the supply and return water's average temperature and the distance between coils on the floor's heat flux density

3 实验测试与结果分析

为了验证数值模拟的准确性, 对模块式地板辐射采暖系统进行了实验研究, 测试其实际地面温度分布和空间温度分布。

实验房间为朝向正南带有外窗和门的内套间, 长 7.5m, 宽 6m, 高 3.65m; 西墙和南墙为外墙, 北墙和东墙为内墙; 外窗为单层钢窗。

由于地板采暖的热惰性很大, 为保证测量状态的稳定、准确, 必须使地面表面温度和室内空气温度在一段时间内没有明显的变化。测试时间内室外气温变化范围为 -2℃ ~ -4℃, 对地板辐射管间距为 200mm、供回水平均温度 30℃ 的工况进行了测量, 整理实验数据初步得到了模块式低温热水地板辐射采暖系统运行的基本规律。

1) 地表面温度分布: 图 6 是相邻两管间地板表面温度模拟计算值与实际测量结果的比较。可以看出, 实际测试值比模拟计算值稍高, 两管中间处的温度的计算值与测量值的误差较大。这种情况形成的原因主要是在建立数学模型时的假定与实际情况有一定的差异。在地面传热的过程中仅考虑了地板采暖通过构造层向室内散热的效果, 而没有计入因保温层及构造层水平方向导热所带来的地面构造层内温度分布均化的影响。由图可以看出, 模拟计算值地面表面最大温差为 1.14℃, 而实际测量值最大温差只有 0.76℃。说明模块式地板辐射采暖的地面表面温度分布还是比较均匀的, 能够满足人体的舒适性要求。

2) 竖直方向上温度分布: 图 7 描述了房间竖直方向上的温度分布情况。从曲线可以看出, 地面表面温度较高, 随着高度的增加温度降低, 在距

离地面约40cm处温度基本达到稳定,在距离天花板60cm处开始,温度降低。在2m以下人员活动的区域,温度分布均匀,满足人体的舒适度需要。

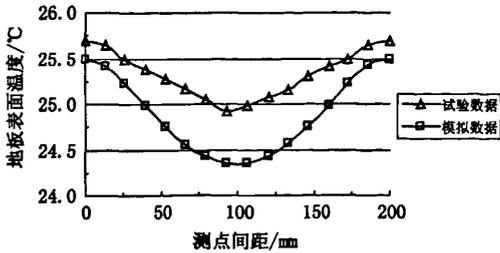


图6 试验测试值与模拟计算值的比较

Fig.6 Comparison of the values of experiment and the values of simulation

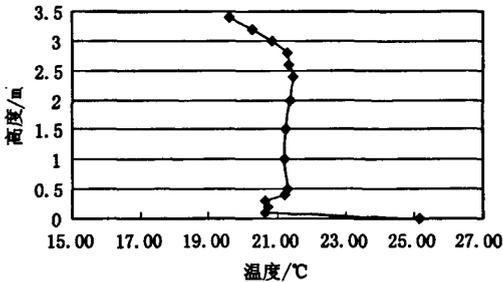


图7 房间竖直方向上温度分布

Fig.7 The room's temperature distribution in vertical direction

4 结束语

供回水平均温度和管间距是影响模块式地板辐射采暖地面体传热的主要因素。随着供回水平均温度的增加,散热量增加,地板表面温度升高,地面表面温度均匀性变差。盘管间距越大,地面表面温度越低,温度分布越不均匀。这种新型的模块式地板辐射采暖系统具有安装更加方便,可以有效的减轻建筑荷载等优点,丰富和完善了地板采暖技术的应用,是适应我国建筑条件和住宅产品多元化需求的有益探索和实践。

参考文献:

- [1] 凌继红.低温热水地板辐射供暖系统的性能研究[J].煤气与热力,2003(3):143-145.
- [2] 宗立华.塑料埋管地板辐射采暖的热性能分析[J].煤气与热力,2000(1):18-20.
- [3] 王荣光.低温地板辐射采暖[J].煤气与热力,1999(4):53-55.
- [4] 贾俊英.埋管地板辐射供暖技术节能分析[J].煤气与热力,2002(6):526-528.
- [5] 赵玉新.模块式地板辐射供暖系统[J].煤气与热力,2005(9):26-29.
- [6] 朱家玲,苗常海.地板辐射采暖空间温度场的数值模拟[J].太阳能学报,2005(4):493-496.

(责任编辑 刘存英)

模块式地板辐射采暖系统的性能研究

作者: 展海风, 李云, ZHAN Hai-feng, LI Yun
作者单位: 邯郸市热力公司, 河北, 邯郸, 056000
刊名: 河北工程大学学报(自然科学版) 
英文刊名: JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING (NATURAL SCIENCE EDITION)
年, 卷(期): 2010, 27(1)
被引用次数: 1次

参考文献(6条)

1. 凌继红 低温热水地板辐射供暖系统的性能研究[期刊论文]-煤气与热力 2003(03)
2. 宗立华 塑料埋管地板辐射采暖的热性能分析[期刊论文]-煤气与热力 2000(01)
3. 王荣光 低温地板辐射采暖[期刊论文]-煤气与热力 1999(04)
4. 贾俊英 埋管地板辐射供暖技术节能分析[期刊论文]-煤气与热力 2002(06)
5. 赵玉新 模块式地板辐射供暖系统[期刊论文]-煤气与热力 2005(09)
6. 朱家玲; 苗常海 地板辐射采暖空间温度场的数值模拟[期刊论文]-太阳能学报 2005(04)

本文读者也读过(10条)

1. 刘春明 低温热水地板辐射分户热计量供暖方式探究[期刊论文]-黑龙江科技信息2010(8)
2. 袁尚科. 赵子文. 王宏东 混水降温技术在地板辐射供暖系统中的应用研究[期刊论文]-建筑节能2010, 38(3)
3. 徐广利. 王秋霞. Xu Guangli. Wang Qiuxia 低温地板辐射采暖系统的特点及施工[期刊论文]-山东建材学院学报 2000, 14(4)
4. 潘星. PAN Xing 低温热水地板辐射采暖系统应注意的几个问题[期刊论文]-包钢科技2010, 36(2)
5. 黄玲 低温热水地板辐射采暖系统在工程中的应用[期刊论文]-城市建设2010(24)
6. 徐琳 低温热水地板敷设采暖施工方法和注意事项[期刊论文]-科技信息2009(12)
7. 庞明岩. 王颖 地板辐射采暖的施工及注意事项[期刊论文]-中国新技术新产品2009(2)
8. 安强. 赵金秀 低温热水地板辐射采暖系统应注意的问题[期刊论文]-低温建筑技术2009, 31(5)
9. 程冉. 韩宪法. 刘焕丽. 张杰. CHENG Ran. HAN Xian-fa. LIU Huan-li. ZHANG Jie 地板遮盖对地板辐射供暖影响的研究[期刊论文]-河北工程大学学报(自然科学版) 2009, 26(3)
10. 王谦. 杨修茂 模块地板采暖在工程中的应用[期刊论文]-天津建设科技2008, 18(5)

引证文献(1条)

1. 王建辉. 刘自强. 刘伟. 周泉. 彭国辉 地源热泵辅助太阳能采暖系统的研究[期刊论文]-河北工业科技 2013(6)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201001016.aspx