

文章编号:1673-9469(2009)03-0059-04

地板遮盖对地板辐射供暖影响的研究

程冉¹,韩宪法²,刘焕丽¹,张杰¹

(1.河北工程大学 城建学院,河北 邯郸 056038;2.邯郸市热力公司,河北 邯郸 056001)

摘要:介绍了低温热水地板辐射采暖系统的优点和工程设计的一般方法。由于地板辐射采暖与传统的对流换热采暖的机理不同,所以在设计中存在认识上的一些问题,导致了实际应用中低温热水地板辐射采暖系统的散热量与设计热负荷不符。本文结合设计规范中已有的公式计算出低温热水地板辐射采暖系统的辐射散热量在允许的各地板表面平均温度 t_b 和室内设计温度 t_n 下所占的比例以及地板遮挡面积对房间采用低温热水地板辐射采暖系统时造成的散热量的降低。对低温热水地板辐射采暖系统设计中因地板遮挡面积引起的散热量损失有所参考。

关键词:地板辐射采暖;设计;热负荷;散热量

中图分类号: TU111

文献标识码: A

Influence of sheltered floor on floor radiation heating system

CHENG Ran¹, HAN Xian-fa², LIU Huan-li¹, ZHANG Jie¹

(1. College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. Corporation of Heat - Supply of Handan, Hebei Handan 056001, China)

Abstract: Low temperature floor radiation heating system and the general design methods in programs are introduced. As the theory of the floor radiance heating system is different from the one of convective heat transfer, some problems exist in cognition leading to the inconsistency of heat dissipation between practice and design of the low temperature floor radiance heating system. Combined with formula existed in criterion, the ratio and the reduction of radiation heat dissipation of low temperature floor radiance heating system was worked out in different allowed floor surface average temperature t_b and different indoor designed temperature t_n , further more in shelter condition emphatically. It is reference to amount loss by sheltered floor area of low temperature floor radiation heating system design.

Key words: low temperature floor radiance heating; design; thermal load; heat dissipation

地板辐射采暖起源于欧洲。直到上世纪 60 年代末,抗老化、耐高温、耐高压和易弯曲的塑料管材的出现才极大地促进了地板辐射采暖技术的推广和应用。由于低温热水地板辐射采暖系统具有舒适、节能、环保等优点,在我国得以大面积推广应用,从开始推广至今的近 10 年中,地面辐射采暖经历了一个从不认同到认同、不成熟走向成熟的历程。此前,已有不少文献对低温热水地板辐射采暖系统的施工技术、常见问题、分户热计量以及与太阳能相结合等的报道^[1-4]。但对地板部

分遮盖而影响的散热量以及低温热水地板辐射采暖系统中辐射散热量占总散热量的确切比例关系却没有说明。本文针对地板遮盖而引起的散热量减少和辐射散热量占总散热量的比例关系作出了确切分析与说明。

1 低温热水地板辐射供暖系统的设计

1.1 热负荷计算

根据 GB50019-2003,低温热水地板辐射供暖

收稿日期:2009-05-12

作者简介:程冉(1982-),男,河北邯郸人,硕士研究生,从事煤燃烧方面的研究。

热负荷计算有两种方法,一是对总耗热量乘以 0.9~0.95 的修正系数^[5],二是将室内计算温度取值降低 2℃。这也体现出此种采暖方式的节能性。

按第二种折减温度法计算地板采暖房间的热负荷^[6]

$$Q_A = \eta_2(Q_w + \eta_1 Q_H)$$

式中 Q_A - 地暖房间热负荷(W); Q_w - 按现行设计规范计算的维护结构的耗热量(W); Q_H - 室内换气耗热量(W); η_1 - 换气耗热量修正系数; η_2 - 附加系数,连续采暖不采用分户计量时 η_2 取 1.0,间歇采暖不采用分户计量时 η_2 取 1.1~1.2,分户计量且带强制收费措施时 η_2 取 1.2~1.4。

1.2 热力计算

1) 地板散热量。公式法:地板采暖的散热由辐射散热和对流散热两部分组成。辐射散热量和对流散热量可根据室内温度和辐射地板表面温度求出,其计算公式为

$$q_f = 4.98 \left[\left(\frac{t_b + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_n + 273}{100} \right)^4 \right] \quad (1)$$

$$q_d = 2.17(t_b - t_n)^{1.31} \quad (2)$$

式中 q_f - 辐射散热量(W/m²); q_d - 对流散热量(W/m²); t_b - 地板表面平均温度(℃); t_n - 室内温度(℃)。

地板表面平均温度与单位地板散热量 q 之间的近似关系为

$$t_b = t_n + 9(q/100)^{0.909} \quad (3)$$

线算图法:地板散热量也可由图 1 查出。

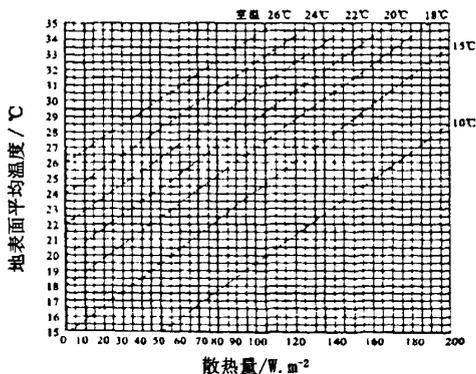


图1 地板采暖散热量线算图

Fig.1 Linear calculating figure of floor heat exchanging

2) 辐射地板表面的平均温度。辐射加热管的地板表面平均温度 t_b ,应符合表 1 的要求。

表 1 地板表面平均温度

Tab.1 Average temperature of floor surface

环境条件	适宜范围/℃	最高限值/℃
人员长期停留区域	24~26	28
人员短期停留区域	28~30	32
无人员停留区域	35~40	42

地板表面平均温度取值应根据实际情况确定,房间面积大者取小值,反之亦然。当计算地面温度超出以上数值时,应改善建筑本身热工性能或者设置其他辅助采暖设备,以减少地面辐射采暖系统的负荷。

3) 加热管间距确定。加热管的辐射管间距,应根据地面散热量、室内计算温度、平均水温及地面传热热阻等计算确定。但在实际工作中设计计算的不多,一般都是按参考资料提供的地板散热量直接查取管间距,甚至根据经验确定管间距,而忽略了其适用条件。如文献[7]中给出了一定条件下地板的有效散热量。事实上,地面层构造改变、供回水温差改变、管间距的增减都将影响地板散热量的大小。所以,在确定加热管的间距时,应进行计算或将查表结果按工程实际情况进行修正。

4) 加热管内热水平均温度。加热管内热水平均温度可按下式计算

$$t_p = t_b + \frac{Q}{K} \quad (4)$$

$$K = \frac{2\lambda}{A+B} \quad (5)$$

式中 t_p - 加热管内热水平均温度; t_b - 地板表面平均温度; Q - 辐射板散热量; K - 辐射板传热系数; A - 加热管间距; B - 加热管上部覆盖材层厚度; λ - 加热管上部覆盖材层材料的导热系数,其值见表 2。

表 2 不同地面材料下覆盖层热阻

Tab.2 Thermal resistance of different floor covered material

地面材料	地毯	瓷砖	木地板	塑料地板
热阻/W·(m·K) ⁻¹	0.15	0.02	0.1	0.075

加热管覆盖层应采用导热系数大的材料,以尽量减少热损失。覆盖层厚度不宜太小,保持一定厚度可使辐射表面温度较均匀。地板采暖层厚度不得小于 80mm,其中细石混凝土填充层厚度不宜小于 50mm,保温层厚度一般为 30mm。

具体计算步骤:(1) 计算房间热负荷 Q_A ;(2)

计算房间单位地面面积耗热量 Q , 其中距外墙 1.5m 范围内的热量, 一般不宜少于外墙部分热负荷的 50%; (3) 计算加热管平均水温 t_p ; (4) 根据房间使用性质据表 2 确定地板表面平均温度 t_b ; (5) 计算需要的辐射板传热系数 K ; (6) 计算加热管上部覆盖材料的导热系数; (7) 计算加热管平均间距 A 。

其中

$$t_p = (t_g + t_h)/2 \quad (6)$$

式中 t_g, t_h - 设计供、回水温度

$$K = Q/(t_p - t_b) \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{\sum \delta_i}{\sum \lambda_i} \quad (8)$$

式中 δ_i - 各层覆盖层材料厚度; λ_i - 各层覆盖层材料的导热系数。

$$A = \frac{2\lambda}{K} - B \quad (9)$$

2 地板表面遮盖对房间热负荷的影响

地板辐射供暖作为暖通专业的一项新技术, 由于其特有的优势, 在我国推广较快。但在我国应用的时间还比较短, 系统的设计还存在一些问题。

对于地暖系统热负荷计算存在以下几个方面的问题: 一是由于室内温度场分布均匀且主要是辐射热, 在资料[8]中指出可以将室内计算温度降低 2℃ 计算, 即可以适当降低建筑物热负荷; 二是地暖系统是以地板盘管经地面向室内散热, 在地板散热模型的建立^[9]中一般均未考虑地板被家具遮挡而增加的热阻的影响, 特别是在住宅建筑中, 卧室及起居室内床、衣橱、电视柜、沙发等家具的遮挡率约占房间总面积的 30% ~ 50%, 这样就大大降低了地板盘管向室内散出的热量, 即应适当增加建筑物的散热量; 三是实际施工、装修中地板装饰层的厚度、材料各不相同, 也会影响建筑物的散热量, 也应进行适当的考虑。

按照公式(1)、(2), 依据暖通空调冬季室内采暖设计要求取 t_n 为 16℃ ~ 22℃, t_b 为 24℃ ~ 28℃ 分别进行计算, 得出低温热水地板辐射采暖中, 辐

射散热量占总散热量的 52% ~ 66%, 验证了在低温热水地板辐射采暖系统中以辐射散热量为主的散热方式。其计算结果见图 2。

从图 2 中可以看出不论 t_n 取何值, 辐射散热量所占散热量的比值 $q_f/(q_f + q_d)$ 都随 t_b 的升高呈现出下降趋势。但是随着 t_n 升高, 在 t_b 相同的情况下, 辐射散热量所占散热量的比值 $q_f/(q_f + q_d)$ 却是升高的。

房间内特别是住宅建筑, 地板面积的 30% ~ 50% 被家具遮挡, 造成散热面积的减小, 从而影响了地板采暖的散热量。假设地板表面的遮挡影响的主要是辐射散热量, 则遮挡将引起采暖散热量减少 15.6% ~ 33%。

当地板表面平均温度 t_b 取“人员长期停留区域”的最小值 24℃、室内设计温度 t_n 取高级民用建筑的最高设计标准 22℃ 时, 房间采暖散热量减少最大值 33%。由于散热量的减少, 房间的室内温度将会有所下降, 但 t_n 取值为最高设计标准, 为室内设计温度的降低已留有余地。加之可以将 t_b 的取值适当升高以减少负荷减少的比率。再者, 低温热水地板辐射采暖系统中由遮挡引起的局部散热量的减少必然会引起遮挡面积周围地板以及相近管路中供水温度的升高, 造成周围面积散热量的增加, 因此, 可以认为遮挡面积周围地板以及相近管路中供水温度的升高是对因遮挡影响而导致散热量减小的补偿。另外, 其相邻房间也会因温度的差异而向该房间传递热量, 弥补该房间温度的降低。如上所述, 则既可以满足人体热舒适度的要求, 也可以满足设计要求。

当地板表面平均温度 t_b 取“人员长期停留区域”的最大值 28℃、室内设计温度 t_n 取普通民用建筑的最低设计标准 16℃ 时, 房间采暖散热量减少最小值 15.6%。按上述理由也可以认为此种情况下能够满足人体的热舒适性要求和设计要求。如若不能同时满足人体的热舒适性要求和设计要求, 可以适当地牺牲一部分人体热舒适性。

在设计计算建筑物热负荷时应应对以上问题进行综合分析, 确定出符合工程实际情况的热负荷值。

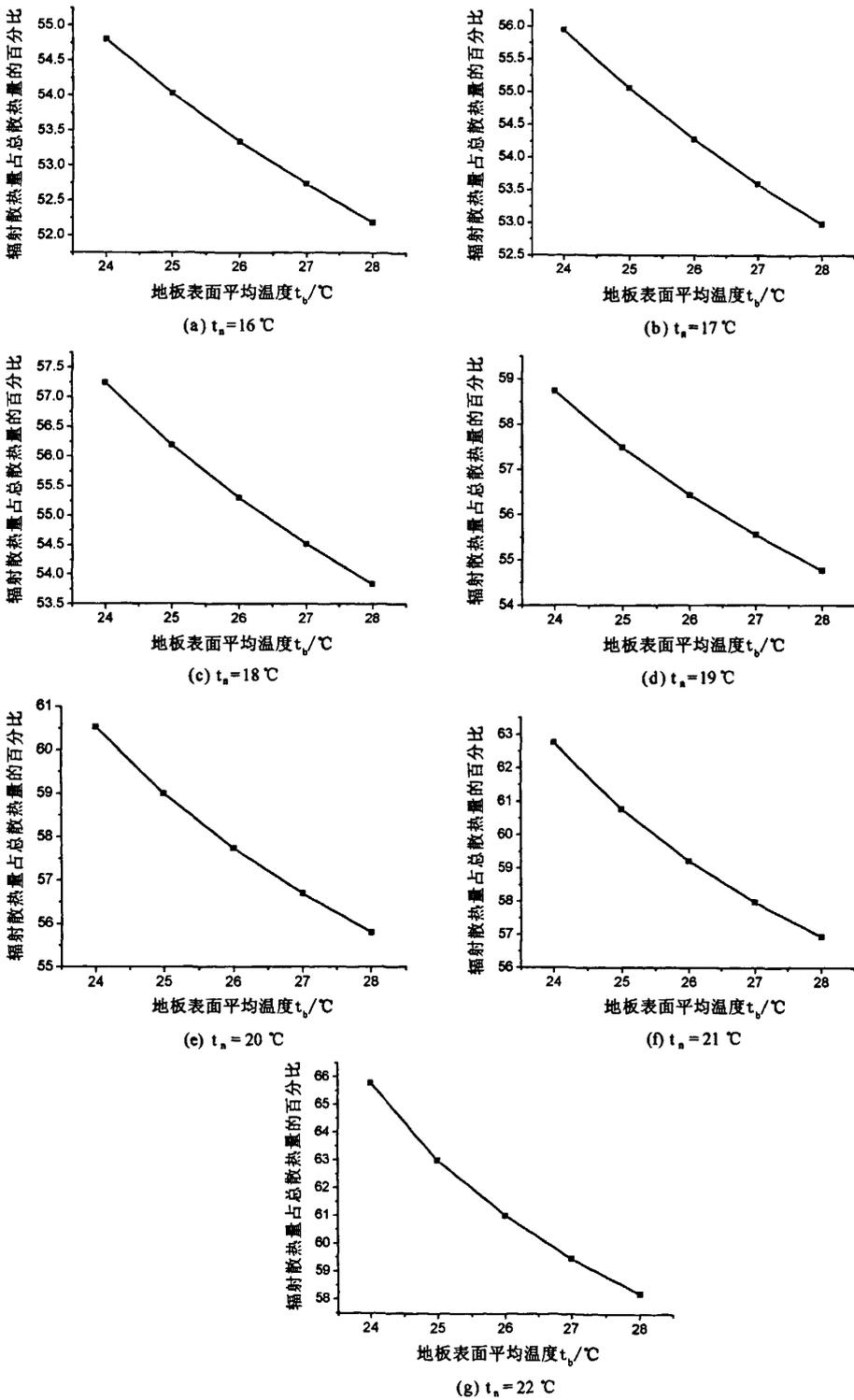


图2 辐射散热量所占比例随 t_s 变化曲线
 Fig.2 The value of $q_r/(q_r+q_d)$ in different t_s

(下转第 77 页)

- [6] EDWIN CHUNG, TIM KIMBER, BEN KIRBY, *et al.* Petri nets group project final report[EB/OL]. <http://pipe2.sourceforge.net/documents/PIPE2-Report-20070327.pdf>, 2008.
- [7] BIPLAV SRIVASTAVA, JANA KOEHLER. Web service composition - current solutions and open problems[C]. ICAPS 2003 Workshop on Planning for Web Services, 2003:160-171.
- [8] JINGHAI RAO, XIAOMENG SU. A survey of automated Web service composition methods[C]. In: Cardozo J, Sheth A, eds. Proc. of the SWSWPC 2004. LNCS 3387, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005:43-54. (责任编辑 刘存英)

(上接第62页)

3 结论

1) 不论室内设计计算温度 t_n 取何值, 辐射散热量所占总散热量的比值 $q_f/(q_f + q_d)$ 都随地板表面平均温度 t_b 的升高呈现出下降趋势。但是随着室内设计计算温度 t_n 升高, 在地板表面平均温度 t_b 相同的情况下, 辐射散热量所占总散热量的比值 $q_f/(q_f + q_d)$ 却是升高的。

2) 低温热水地板辐射采暖是一种较为舒适的供暖方式, 具有干净、整洁、便于运行调节和热量计费等特点, 值得进行推广。在设计计算中, 应根据建筑的使用特点和实际功能确定各个房间的室内计算温度, 尽量确保每个房间能满足人体的热舒适性。

参考文献:

- [1] 林海涛. 地板辐射采暖分户热量计量系统的应用与分析

- [J]. 吉林建筑工程学院学报, 2008, 25(4):56-59.
- [2] 孔凡刚, 刘俊林, 王恒年. 低温热水地板辐射采暖施工技术[J]. 施工技术, 2000, 29(7):24-25.
- [3] 路永军. 地板采暖的常见问题研讨[J]. 山西建筑, 2008, 34(31):188-189.
- [4] 赵薇, 张于峰, 邓娜. 太阳能—低温热管地板辐射供热系统实验研究[J]. 太阳能学报, 2008, 29(6):637-643.
- [5] GB50019-2003, 采暖通风与空气调节设计规范[S].
- [6] 李向东, 于晓明. 分户计量采暖系统设计与安装[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [7] DBJ14-BT14-2002, 低温热水地板辐射采暖技术规程[S].
- [8] 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, 1993.
- [9] 王子介. 地板供暖及其发展动向[J]. 暖通空调, 1999, 29(6):35-38.

(责任编辑 闫纯有)