

建筑地面供冷的研究和认识注册建筑师考试 PDF转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/583/2021\\_2022\\_\\_E5\\_BB\\_BA\\_E7\\_AD\\_91\\_E5\\_9C\\_B0\\_E9\\_c57\\_583308.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/583/2021_2022__E5_BB_BA_E7_AD_91_E5_9C_B0_E9_c57_583308.htm) 把建筑师站点加入收藏夹

1 引言 地板供暖因其节能、舒适、不占用室内使用面积等突出特点，已在北方地区居住建筑中获得大面积使用。

在夏热冬冷地区，特别是上海、浙江等地，应用也日见增长。如该系统同时用于夏季供冷，将减少设备初投资，提高使用率，同时为住宅空调添加了一种全新的方式。顶板辐射供冷在欧洲已有较长的使用历史，在一定的条件下，使用效果良好。地板供冷在上世纪90年代以前，被绝大多数人认为不可行，其原因主要有这样几点：（1）对结露问题的疑虑；

（2）认为在舒适性方面，有悖于“脚暖头冷”的要求；（3）认为冷表面在下，对流传热弱，冷量会大大小于顶板供冷。直至上世纪90年代末，欧洲开始进行理论和实际应用的探讨。国内近年来也加快了研究和应用的进程。研究分析和实践证明，上述担心有些是通过一定技术措施可以解决的问题，有些则是惯性思维或缺乏深入研究而造成的误解。

2 国内的初步研究和应用 1998年，笔者撰写论文，介绍我们在法国所做的工作以及欧洲（主要是法国）地板供冷的应用和发展简况。此后，我们与企业合作，在北方进行了地板供冷的理论探讨和实验研究。2001年起，得到南京师范大学的资助，开始在南京进行了地板供冷的实验研究，探讨这项技术在炎热、高湿度地区可行性。我们建造了实验室进行了地板供冷-置换通风的实验研究，在样板住宅进行了空气源热泵带地板供冷暖系统的实测研究，对地板的供冷能力、防结露措施

、舒适性、实际应用效果、能耗、模拟计算方法等进行了较为系统、全面的研究和探讨。2003年起又在北京地区进行可行性研究。2004年，由机械工业出版社出版了专著“低温辐射供暖与辐射供冷”。此后与企业合作，在不断深化研究的基础上，开发设备，为在全国推广这一技术不断努力。此外，浙江大学对于地板辐射供冷系统的除湿问题提出了看法。并开始了在浙江的应用研究。中国有色设计研究总院在河北省某9000m<sup>2</sup>的商住综合建筑物中使用地面辐射供冷取得良好的使用结果。中国建筑技术研究院为内蒙古呼和浩特市金宇批发市场设计了地板供冷系统。重庆大学也进行过利用地埋管冷却的水供给冷地板的实验研究。近年来，上海，江苏，浙江等地都有一些居住建筑使用了地面辐射供冷技术，大多取得了良好的使用效果。

### 3 地板供冷的供冷量

地板供冷系统的供冷能力如何，是设计和应用中首先要考虑的问题。

#### 3.1 地板供冷系统可以减少室内冷负荷

地板供冷系统中地板主要通过辐射和对流作用与房间进行热量交换。平均辐射温度成为影响室内热舒适的重要参数，平均辐射温度和空气温度的共同作用可以用作用温度(Operation temperature)来反映。当室内空气流速较低时(低于0.2m/s)时，平均辐射温度和室内空气温度的差异将小于4℃，此时作用温度近似等于空气温度和平均辐射温度的平均值，这意味着二者对于室内热舒适的影响是同等重要的。由于辐射供冷时室内平均辐射温度的下降，作用温度可降低1~2℃，比之传统空调系统，在相同的热感觉前提下，地板供冷系统可以将室内设计温度提高1~2℃，则其冷负荷比常规系统的冷负荷要低10%~20%。

#### 3.2 地板供冷相对于顶板供冷具有更高的辐射角系数

采用地板供冷，相

对于天花板供冷而言，其对流换热量较小。但对于辐射供冷系统来说，辐射换热是主要部分，而影响辐射换热的一个重要参数是人体和辐射冷表面之间的角系数。该值的大小取决于人员和冷表面之间的距离以及冷表面的面积。在面积相同时，比之其它冷表面(墙壁，窗户，天花板等)，地板对人体有着更高的角系数。一个处于6m × 6m房间中央的人员，采取站姿时对地板的角系数为0.37，坐姿时对地板的角系数为0.4。作为对比，人体对天花板的角系数一般仅为0.15 ~ 0.20。由此可以看到，地板温度降低1K带来的平均辐射温度的降低相当于把天花板温度降低2.5K。所以虽然地板供冷对流换热量小，但是其辐射换热能力的增强却更加明显。

3.3 上升气流和气流扰动可加大对流热交换 冷表面在下,地面附近有一层低温的空气，当遇到人体等热源时,这层空气被加热上升,会增大对流换热。冷地板也可以配合风扇使用，可增大换热能力约15%。

3.4 置换通风系统可大幅度提高地板供冷的能力 一般情况下，地板和房间的对流辐射综合换热系数约为 $7.5\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。如果地板表面温度为 $18\text{--}20^\circ\text{C}$ ，房间温度为 $25\text{--}26^\circ\text{C}$ ，地板供冷量约为 $40\sim 50\text{W}/\text{m}^2$ ，可满足围护结构保温较好的居住建筑的要求，加上置换通风系统本身也可承担一定的冷负荷，完全可以满足一般建筑的要求。需要指出的是，辐射供冷象辐射供暖一样具有“自调节”功能，当室内辐射负荷加大，例如，当日照直射辐射较大时，地板或房间墙壁内表面温度升高，将大幅度提高地板与房间围护结构其余表面的辐射换热量。地板供冷的能力可高达 $100\sim 150\text{W}/\text{m}^2$ 。

4 地面结露问题 当供水温度较低或室内湿度较大时，单一的地板供冷系统地板表面可能结露，此时冷地板承担室内冷

负荷的能力将受到削弱，不能满足室内冷负荷的需要。一些标准推荐室内的设计相对湿度上限为60%~70%(ISO 1994；ASHRAE 1992)，在室内空气温度26℃时，露点温度相应为17℃~20℃；德国标准规定含湿量的上限为11.5g/kg，露点温度相应为16℃。这表明地板的温度应高于16℃~20℃。另外，当门窗开启时，室外的热湿空气进入，接触到低温地板也容易产生结露现象。经减湿处理的置换通风系统的存在可以防止结露。新风的送入有可能使室内维持正压，阻止室外湿空气的进入。另外，置换通风方式的特点之一是在地板的表面形成一层空气湖，用一层露点温度较低的比较干燥的空气将地板覆盖，可以阻止室外渗入的热湿空气与低温地板直接接触，同时也可以保证足够低的供水温度，以满足室内冷负荷的需要。根据要求不同，除湿送风也可以使用风机盘管或集中式系统，也可以使用单体的除湿机，可以经过技术经济对比来确定方案。

### 5 新风与卫生条件

单独采用地板供冷系统时，室内没有新风送入，空气条件要受到影响。增加置换通风系统后，可以由地板供冷系统承担室内显热负荷，置换通风系统送入新风满足人员卫生条件要求以及承担室内湿负荷，从而满足人们对新风的需求。置换通风系统将新风直接送入工作区，较低的新风由于密度较大而沉积在地面附近并扩散到整个室内地面，在地板上形成一层较薄的空气湖，地面冷气流遇到室内的热源(人员及设备)时产生向上的对流，使得新风在热源的浮升作用下向室内上部流动，形成室内空气流动的主导气流。置换通风的一个重要特点是会产生热力分层现象，即会出现一个上部混合区和下部单向流动的清洁区。上部区域是紊乱的混合区，下部区域则为向上的

热气流区和周围清洁空气区。清洁空气区的空气参数和送风空气近似相等，与传统的混合通风相比，新鲜空气在工作区得到较好的利用。实验证明，置换通风的换气效率通常介于0.5~0.67之间，通风效率介于100%~200%之间，通风效果要明显优于混合通风。

### 6 地板供冷的热舒适性

#### 6.1 室内空气温度梯度

目前对于地板供冷/置换通风系统热舒适方面的担忧主要反映在房间的负温度梯度上，认为地板供冷在冬季给人以“头凉脚暖”的感觉符合人体卫生学要求，同一套系统用于夏季供冷将丧失这一优点。首先，对地板供暖的研究表明，除去房间顶部一小段高度以为，房间纵向温度均匀，因此，“脚暖”是实，“头凉”则缺乏比较的基础。其次，寒冷的冬季希望“脚暖”；炎炎夏日，求地面凉爽而不可得，哪有期盼“脚暖”的道理？研究表明，地板温度控制在18~19以上已完全可以满足冷负荷要求，(ASHRAE 提出坐着的轻体力劳动者，地面适宜的温度为18~26 )，这一温度对于穿鞋的人而言，在夏季不会产生“脚冷”的感觉（长时间静坐时可以使用脚垫）。此外由于地板表面温度均匀，地板供冷中的对流成份较低(约为20%)，使得竖向温度很均匀，温度梯度仅为1.5~2K/m,符合国际标准ISO7730在高度0.1与1.1m之间的温差不能超过3K的要求，人体的舒适性可以得到保证，当然也不会有“头热”的感觉。

#### 6.2 辐射换热具有良好的热舒适性

地板供冷/置换通风复合系统在提高室内空气品质方面有许多固有的优势。在舒适条件下，人体产生的全部热量，是以一定的比例散发的：大致为对流散热占30%，辐射散热占45%，蒸散发热占25%。从中可以看出辐射换热对人体的舒适感是很重要的。而地板供冷/置换通风复合系统中地板辐射供冷就

弥补了传统空调中以对流冷为主的不利因素，增加了人体的辐射换热量，有助于提高室内舒适度。辐射供冷的另一显著优点，是没有吹风风险，特别在人睡眠时，免除了吹冷风之忧。

7 结论 (1)为防止产生脚冷的感觉及受到空气露点温度的限制，地板供冷系统冷量受到限制，在一般情况下，不超过 $70\text{W}/\text{m}^2$ 。但由于辐射作用，冷负荷要比常规系统低 $10\% \sim 20\%$ ，此外可以通过送风承担一部分负荷，所以完全可以满足一般使用要求。(2)在气候较为潮湿地区，要有除湿设备。如果与新风机组 置换通风/混合送风结合，则又解决了新风问题。当然，也可以使用风机盘管或可移动式除湿机进行除湿，但此时室内卫生条件降低。(3)地板供冷无论在地面温度、水平与竖直方向温度场的均匀程度，还是在吹风风险方面，都能够满足舒适性要求，特别在人睡眠时，免除了吹冷风之忧，是舒适性方面显著的优点之一。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 [www.100test.com](http://www.100test.com)