

被动式节能建筑中围护结构的热工性能优化设计

蒋云姬

广西保诚工程检测有限公司 广西 玉林 537000

摘要：本文聚焦于被动式节能建筑中围护结构的热工性能优化设计。首先阐述了被动式节能建筑的概念与重要性，分析了围护结构热工性能对建筑能耗和室内环境的关键影响。接着从墙体、屋面、门窗等围护结构各组成部分入手，详细探讨了优化设计措施，包括新型保温材料的应用、合理的构造设计、遮阳设计等。同时，结合实际案例分析验证了这些优化措施的有效性，旨在为被动式节能建筑围护结构的设计提供全面的理论支持和实践指导，推动建筑行业的可持续发展。

关键词：被动式节能建筑；围护结构；热工性能；优化设计

1 引言

随着全球能源问题的日益突出和人们对室内环境品质要求的不断提高，建筑节能已成为当今世界建筑发展的重要趋势。被动式节能建筑作为一种高效的节能建筑模式，以其低能耗、高舒适度的特点受到广泛关注。围护结构作为建筑的重要组成部分，其热工性能直接关系到建筑的能耗和室内热环境质量。因此，对被动式节能建筑中围护结构的热工性能进行优化设计具有重要的现实意义。本研究旨在通过对被动式节能建筑围护结构热工性能的深入分析，提出一系列切实可行的优化设计措施，以降低建筑能耗、提高室内热舒适性，促进被动式节能建筑在我国的推广应用。优化围护结构热工性能不仅可以减少对传统能源的依赖，降低温室气体排放，还能为居住者提供更加健康、舒适的室内环境，推动建筑行业向绿色、可持续方向发展。

2 被动式节能建筑与围护结构热工性能概述

2.1 被动式节能建筑的概念与原理

被动式节能建筑是指通过建筑本身的构造设计、材料选择以及合理的布局等方式，充分利用自然能源（如太阳能、地热能等）和室内热源（如人体散热、电器散热等），满足建筑室内热环境需求，同时最大限度地减少对传统能源的消耗的建筑。其核心原理在于通过优化建筑的围护结构性能，降低建筑与外界环境的热量交换，实现建筑的“被动式”节能。具体而言，包括提高围护结构的保温隔热性能，减少热量传递；优化建筑的朝向与布局，充分利用太阳能辐射；合理设计自然通风系统，实现室内空气的自然更新与热量散发等。

2.2 围护结构热工性能的重要性

围护结构是建筑的重要组成部分，包括墙体、屋面、门窗、地面等。在被动式节能建筑中，围护结构的

热工性能直接决定了建筑与外界环境之间的热量交换情况，对建筑的能耗水平与室内热环境质量起着至关重要的作用^[1]。良好的围护结构热工性能可以有效阻止冬季室内热量向外散失，减少采暖能耗；同时防止夏季室外热量向室内传递，降低空调制冷负荷。此外，合理的围护结构热工性能还能改善室内热稳定性，避免室内温度出现大幅波动，为居住者提供舒适、健康的室内环境。

3 围护结构热工性能对建筑能耗和室内环境的影响

3.1 对建筑能耗的影响

围护结构的传热系数、热惰性参数等热工性能参数决定了建筑与外界环境之间的热量交换程度。传热系数越大，热量传递越快，建筑的采暖和制冷能耗就越高。例如，在冬季，如果墙体保温性能差，室内热量会迅速通过墙体散失到室外，导致采暖设备需要消耗更多的能源来维持室内温度；在夏季，室外热量会大量传入室内，增加空调的制冷负荷。因此，优化围护结构的热工性能可以有效降低建筑的能耗。

3.2 对室内热环境的影响

围护结构的热工性能还对室内热环境的稳定性起着关键作用。热惰性好的围护结构可以缓冲外界气温的波动，使室内温度变化较为平缓，提高居住舒适度。例如，在昼夜温差较大的地区，具有良好热惰性的墙体可以在白天吸收并储存一部分热量，在夜间缓慢释放出来，减少室内温度的下降幅度。此外，围护结构的密封性能也会影响室内的空气质量和湿度环境，良好的密封性能可以防止室外空气的渗漏，减少灰尘和湿气的进入，保持室内空气的清新和干燥。

4 被动式节能建筑中围护结构各部分的热工性能优化设计措施

4.1 墙体的优化设计

4.1.1 新型保温材料的应用

选择高效、环保的新型保温材料是提高墙体保温性能的关键。目前,常用的新型保温材料有聚苯板、岩棉板、泡沫玻璃、真空绝热板等。聚苯板具有重量轻、保温性能好、价格相对较低等优点,广泛应用于建筑外墙保温;岩棉板具有良好的防火性能和吸音性能,适用于对防火要求较高的建筑;泡沫玻璃具有不吸水、耐腐蚀、使用寿命长等特点,可用于地下外墙和屋面的保温;真空绝热板具有极低的导热系数,保温效果显著,但价格相对较高,适用于对保温要求极高的特殊建筑。

4.1.2 合理的墙体构造设计

采用复合墙体结构可以有效提高墙体的保温隔热性能。复合墙体一般由主体结构、保温层和防护层组成。保温层可以设置在墙体的内侧、外侧或中间,不同的设置方式各有优缺点。外保温方式可以避免热桥的产生,减少热量损失,同时保护主体结构不受外界温度变化的影响;内保温方式施工方便,但对室内装修有一定影响;夹心保温方式结合了内、外保温的优点,但施工工艺相对复杂^[2]。此外,还可以采用双层墙体结构,在两层墙体之间设置空气间层,利用空气的隔热性能来提高墙体的保温效果。

4.1.3 墙体的热桥处理

热桥是指围护结构中热流密度大、内表面温度低的部位,如墙体中的钢筋混凝土梁、柱、门窗洞口周边等。热桥的存在会导致热量的大量散失,降低墙体的保温性能,同时还会在室内墙面出现结露、发霉等问题,影响室内热环境和居住舒适度。因此,在墙体设计中应采取有效的热桥处理措施,如在热桥部位增加保温材料、采用断桥铝合金门窗等,以减少热量的传递。

4.2 屋面的优化设计

4.2.1 屋面保温隔热材料的选择

屋面是建筑与外界环境接触面积较大的部位,其保温隔热性能对建筑的能耗有重要影响。常用的屋面保温隔热材料有膨胀珍珠岩、玻璃棉、聚氨酯泡沫等。膨胀珍珠岩具有重量轻、导热系数低、防火性能好等优点,但吸水率较高;玻璃棉具有良好的吸音和保温性能,但强度较低;聚氨酯泡沫具有保温性能好、防水性能好等特点,但价格相对较高。在选择屋面保温隔热材料时,应综合考虑材料的性能、价格、施工难度等因素。

4.2.2 倒置式屋面的应用

倒置式屋面是将保温层设置在防水层之上,这种构造方式可以有效保护防水层不受外界温度变化和紫外线的影响,延长防水层的使用寿命。同时,保温层在防

水层之上可以减少热量的传递,提高屋面的保温隔热性能。倒置式屋面的保温材料应选择吸水率低、耐候性好的材料,如挤塑聚苯板等。

4.2.3 屋面绿化与遮阳设计

屋面绿化不仅可以美化环境,还可以起到保温隔热的作用。植物可以吸收太阳辐射热,减少屋面吸收的热量,同时植物的蒸腾作用可以降低周围环境的温度。此外,屋面遮阳设计也可以有效减少太阳辐射对屋面的加热,降低室内温度^[3]。可以采用遮阳板、遮阳棚等遮阳设施,根据当地的气候条件和太阳高度角合理确定遮阳设施的尺寸和角度。

4.3 门窗的优化设计

4.3.1 高性能门窗框料的选择

门窗框料的热导率直接影响着门窗的保温性能。传统的铝合金门窗框料热导率较高,保温性能较差。目前,市场上出现了许多高性能的门窗框料,如断桥铝合金、塑钢、木塑复合等。断桥铝合金门窗通过在铝合金型材中间设置隔热条,有效阻断了热量的传递,提高了门窗的保温性能;塑钢门窗具有保温性能好、价格相对较低等优点,但强度较低;木塑复合门窗结合了木材和塑料的优点,具有良好的保温性能和耐久性。

4.3.2 中空玻璃的应用

中空玻璃是由两片或多片玻璃组成,中间用干燥剂隔开,四周用密封胶密封而成的玻璃制品。中空玻璃具有良好的保温隔热性能和隔音性能,可以有效减少热量的传递和外界噪音的干扰。在中空玻璃的选择上,应根据建筑的使用功能和当地的气候条件合理确定玻璃的厚度、间隔条的材质和间距等参数。

4.3.3 门窗的密封设计

门窗的密封性能对室内热环境和空气质量有重要影响。良好的密封设计可以防止室外空气的渗漏,减少热量损失和灰尘的进入。可以采用密封胶条、密封毛条等密封材料对门窗的缝隙进行密封处理,同时应注意密封材料的耐久性和弹性,确保密封效果长期有效。

4.3.4 门窗的遮阳设计

门窗是太阳辐射进入室内的主要通道,合理的遮阳设计可以有效减少太阳辐射热,降低室内温度。可以根据门窗的朝向和当地的气候条件选择不同的遮阳方式,如遮阳帘、遮阳百叶、遮阳篷等^[4]。对于东、西向的门窗,应加强遮阳措施,以减少夏季午后强烈的太阳辐射。

4.4 地面的优化设计

4.4.1 地面保温材料的选择

地面保温材料的选择应根据地面的使用功能和当地

的气候条件来确定。常用的地面保温材料有聚苯板、泡沫混凝土等。聚苯板具有保温性能好、重量轻等优点,适用于住宅建筑的地面保温;泡沫混凝土具有保温、隔热、隔音等性能,且施工方便,可用于工业建筑和大型公共建筑的地面保温。

4.4.2 地面辐射采暖系统的应用

地面辐射采暖系统是一种高效的采暖方式,它通过在地面下铺设加热管,以热水为热媒,将热量均匀地向上辐射,使室内温度分布更加均匀,舒适度更高。与传统的散热器采暖方式相比,地面辐射采暖系统可以降低室内设计温度2-3℃,从而减少能源消耗。同时,地面辐射采暖系统不占用室内空间,美观大方,便于装修。

5 案例分析

5.1 项目概况

以某被动式节能住宅项目为例,该项目位于我国北方地区,建筑面积约为2000平方米,建筑层数为三层。项目旨在通过优化围护结构的热工性能,实现建筑的低能耗运行,同时为居住者提供舒适的室内环境。

5.2 围护结构优化设计措施的应用

5.2.1 墙体设计

该项目采用了外保温复合墙体结构,保温材料选用聚苯板,厚度为120毫米。在墙体热桥部位,如钢筋混凝土梁、柱等,增加了保温材料的厚度,并采用断桥铝合金门窗进行安装,有效减少了热量的传递。

5.2.2 屋面设计

屋面采用倒置式屋面构造,保温材料选用挤塑聚苯板,厚度为100毫米。同时,在屋面进行了绿化设计,种植了耐旱、耐寒的植物,既美化了环境,又提高了屋面的保温隔热性能。此外,还设置了可调节的遮阳板,根据不同的季节和时间调整遮阳角度,减少太阳辐射热的进入。

5.2.3 门窗设计

门窗框料选用断桥铝合金,中空玻璃采用6+12A+6的规格,具有良好的保温隔热性能和隔音性能。门窗的密封设计采用了优质的三元乙丙密封胶条,确保了门窗的密封效果。同时,根据门窗的朝向不同,分别设置了不同的遮阳设施,如东、西向门窗设置了遮阳百叶,南向门窗设置了可调节的遮阳篷。

5.2.4 地面设计

地面采用了聚苯板保温,厚度为50毫米,并设置了

地面辐射采暖系统。该系统以热水为热媒,通过在地面下铺设的加热管将热量均匀地向上辐射,使室内温度分布更加均匀,提高了居住舒适度。

5.3 效果评估

通过对该项目实施前后的能耗监测和室内热环境测试,结果表明,优化围护结构热工性能后,建筑的采暖能耗比传统建筑降低了约70%,制冷能耗降低了约50%。室内温度在冬季能够稳定保持在20-22℃,夏季能够稳定保持在24-26℃,相对湿度控制在40%-60%之间,室内热环境舒适度得到了显著提高。

6 结论与展望

6.1 结论

本研究围绕被动式节能建筑中围护结构的热工性能优化设计展开,通过对墙体、屋面、门窗、地面等围护结构各部分的深入分析,提出了一系列切实可行的优化设计措施。实际案例分析表明,这些优化措施可以有效降低建筑的能耗,提高室内热舒适性,验证了其有效性和可行性。

6.2 展望

未来,随着科技的不断进步和人们对建筑节能要求的不断提高,被动式节能建筑围护结构的热工性能优化设计将面临更多的机遇和挑战。一方面,应进一步加强新型保温材料、节能技术的研发和应用,不断提高围护结构的热工性能;另一方面,应注重围护结构优化设计与建筑整体设计的协调性,实现建筑的功能、美观与节能的有机统一。同时,还应加强被动式节能建筑的推广应用,提高市场认知度和接受度,推动建筑行业向绿色、可持续方向发展。

参考文献

- [1]李环宇,冯国会,刘馨,等.基于红外热成像的围护结构热工性能定量检测方法研究进展[J].太阳能学报,2024,45(07):427-437.
- [2]宋国奥.石家庄市某超低能耗居住建筑围护结构热工性能研究[D].北方工业大学,2024.
- [3]苏媛,官阿如汗,蒲萌萌,等.既有居住建筑外围护结构热工性能提升研究——以大连市为例[J].建筑节能(中英文),2022,50(12):87-92+105.
- [4]盛未力.探究租赁公寓围护结构热工性能及未来政策建议[J].绿色建筑,2022,14(02):52-55.