

建筑物室内热环境仿真与优化设计

高健强

440602197702021535

摘要: 建筑物室内热环境的设计和优化对于提高人们的生活质量、节约能源和减少环境污染具有重要意义。然而, 由于建筑物的复杂性和多变性, 传统的设计方法往往无法准确预测和评估室内热环境。因此, 利用仿真技术对建筑物室内热环境进行模拟和优化设计成为一种有效的方法。本文旨在探索建筑物室内热环境仿真与优化设计的方法和技术。通过本研究的工作, 我们为建筑物室内热环境的设计和优化提供了理论和实践的指导, 推动了建筑行业的可持续发展。我们相信, 建筑物室内热环境仿真与优化设计将在未来发挥更加重要的作用, 为人们创造更舒适、健康和可持续的室内环境。

关键词: 建筑物; 室内热环境; 优化设计

Simulation and Optimization Design of Building Interior Thermal Environment

Jianqiang Gao

440602197702021535

Abstract: The design and optimization of the indoor thermal environment of buildings is of great significance to improving people's quality of life, saving energy and reducing environmental pollution. However, due to the complexity and variability of buildings, traditional design methods often fail to accurately predict and assess the indoor thermal environment. Therefore, it is an effective method to simulate and optimize and design the indoor thermal environment of buildings. This paper aims to explore the methods and techniques of the simulation and optimization design of building indoor thermal environment. Through the work of this study, we provide theoretical and practical guidance for the design and optimization of the building indoor thermal environment, and promote the sustainable development of the construction industry. We believe that the simulation and optimization design of building indoor thermal environment will play a more important role in the future, creating a more comfortable, healthy and sustainable indoor environment for people.

Keywords: building; indoor thermal environment; optimized design

1 引言

建筑物室内热环境是指建筑内部的温度、湿度、空气流动等因素对人体舒适和健康的影响。随着人们对室内舒适性的要求不断提高, 建筑物室内热环境的设计和优化变得越来越重要。合理的室内热环境设计不仅可以提高人们的生活质量, 还可以节约能源和减少环境污染。然而, 由于建筑物的复杂性和多变性, 传统的设计方法往往无法准确预测和评估室内热环境。因此, 利用仿真技术对建筑物室内热环境进行模拟和优化设计成为一种有效的方法。通过建立准确的仿真模型, 可以模拟和分析建筑物内部的热传导、空气流动和热辐射等过程, 为优化设计提供科学依据。本研究旨在探索建筑物室内热环境仿真与优化设计的方法和技术, 以提高建筑物室内热环境的舒适性和能源效率。通过对建筑结构、材料和设备系统等因素的综合考虑, 优化设计方案, 实现室内热环境的最佳化。

2 建筑物室内热环境的影响因素

2.1 外部环境因素

建筑物室内热环境的影响因素可以分为外部环境因素、建筑结构和材料、室内设备和系统等几个方面。在本节中, 我们将重点讨论外部环境因素对建筑物室内热环境的影响。外部环境因素包括气候条件、太阳辐射、风速和方向等。这些因素直接影响着建筑物的热负荷和室内温度分布。气候条件是指地理位置所处的气候带和季节变化, 如气温、湿度和降水等。不同气候条件下, 建筑物的热负荷和室内温度需求也会有所不同。太阳辐射是指太阳能通过建筑物外墙、窗户等表面进入室内的能量。太阳辐射的强度和方向会影响建筑物的日照和热负荷。风速和方向则影响着室内空气的流动和热对流传输。风速越大, 室内空气的流动越强, 热传输效果也会增强。

外部环境因素对建筑物室内热环境的影响需要在设计

和优化过程中充分考虑。通过合理的建筑朝向、外墙和窗户的设计,可以最大限度地利用或遮挡太阳辐射,减少热负荷。同时,通过合理的通风设计和空调系统的布置,可以调节室内空气流动和温度分布,提高室内舒适性。

在后续的研究中,我们将进一步探讨建筑结构和材料、室内设备和系统等因素对建筑物室内热环境的影响,并提出相应的仿真和优化设计方法。

2.2 建筑结构和材料

建筑结构和材料是影响建筑物室内热环境的重要因素之一。建筑结构和材料的选择和设计直接影响着室内的热传导、热辐射和热容量等热特性。以下是建筑结构和材料对室内热环境的影响的一些关键点:

①热传导:建筑结构和材料的热传导性能决定了热量在建筑物内部的传递速度和路径。热传导系数越低,建筑物的隔热性能越好,室内温度的变化越缓慢。

②热辐射:建筑材料的表面特性和颜色对热辐射的吸收和反射起着重要作用。辐射热量的吸收和反射会影响室内的热平衡和温度分布。

③热容量:建筑材料的热容量决定了其储热能力,即能够吸收和释放热量的能力。高热容量的材料可以平衡室内温度的波动,提供更稳定的室内热环境。

④透气性:建筑材料的透气性能影响着室内空气的流动和湿度的调节。适当的透气性能可以提供良好的室内空气质量 and 舒适度。

在建筑结构和材料的选择和设计中,需要综合考虑建筑物的功能需求、环境条件和可持续性要求。通过合理选择和优化建筑结构和材料,可以改善室内热环境,提高能源效率,减少对外部环境的依赖。因此,建筑结构和材料的研究和应用在建筑物室内热环境仿真与优化设计中具有重要意义。

2.3 室内设备和系统

室内设备和系统是影响建筑物室内热环境的另一个重要因素。它们包括供暖、通风、空调和照明等系统,以及与之相关的设备和控制系统。供暖系统的设计和运行方式直接影响着室内温度的控制和分布。合理选择供暖设备和供暖方式,如集中供暖、分户供暖或地板供暖等,可以提供舒适的室内温度。通风系统的设计和运行方式对室内空气质量和温度分布起着重要作用。通过合理的通风设计,可以实现室内空气的新鲜补充和污染物的排除,提供良好的室内环境。空调系统的设计和运行方式对室内温度、湿度和空气流动的控制起着关键作用。通过合理的空调系统设计和运行策略,可以实现室内温度的精确控制和能源的高效利用。照明系统的设计和运行方式对室内热负荷和室内温度分布有一定影响。合理选择照明设备和照明方式,如自然采光、LED 照明等,

可以减少照明系统对室内热环境的影响。

在室内设备和系统的选择和设计中,需要综合考虑建筑物的功能需求、能源效率和环境可持续性要求。通过合理选择和优化室内设备和系统,可以提供舒适、健康和节能的室内热环境。因此,室内设备和系统的研究和应用在建筑物室内热环境仿真与优化设计中具有重要意义。

3 建筑物室内热环境仿真技术

3.1 仿真模型的建立

建筑物室内热环境仿真技术是通过建立数学模型和运用计算机模拟方法,对建筑物室内热环境进行预测和分析的一种方法。在进行仿真之前,首先需要建立一个准确的仿真模型。首先需要建立建筑物的几何模型,包括建筑物的外形、内部空间和分区等。可以使用计算机辅助设计(CAD)软件或建筑信息模型(BIM)软件来创建建筑物的几何模型。根据建筑物的实际材料和结构特性,为建筑物的各个部分分配适当的材料属性和热特性。这些属性包括热传导系数、热容量、热辐射特性等。确定仿真模型的边界条件,包括室内外温度、湿度、太阳辐射、风速和方向等外部环境因素。这些边界条件对建筑物的热负荷和室内温度分布有重要影响。将建筑物的供暖、通风、空调和照明等设备和系统纳入仿真模型中。根据实际情况,设置设备的运行参数和控制策略。选择适当的数值方法和计算模型来求解建筑物室内热环境的数学方程。常用的数值方法包括有限元法、有限差分法和计算流体力学(CFD)等。通过与实际测量数据进行对比,验证和调整仿真模型的准确性和可靠性。根据验证结果,对模型进行必要的调整和优化。

建立准确的仿真模型是进行建筑物室内热环境仿真的基础。通过合理选择建模方法和参数,可以提高仿真结果的准确性和可靠性,为建筑物的热环境优化设计和能源管理提供科学依据。

3.2 热传导和热辐射模拟

热传导和热辐射是建筑物室内热环境中重要的热传递方式。在建筑物室内热环境仿真中,热传导和热辐射的模拟是关键的一步。热传导是指热量通过固体材料的传递。在热传导模拟中,需要确定建筑物各个部分的材料属性和热传导系数。可以使用有限元方法(FEM)或有限差分方法(FDM)等数值方法,将建筑物划分为离散的网格或单元,通过求解热传导方程来模拟热传导过程。热辐射是指热量通过辐射的方式传递。在热辐射模拟中,需要考虑建筑物表面的辐射特性和辐射传递过程。可以使用辐射传热模型,如辐射传热方程或辐射传热网络模型,来模拟建筑物内部的辐射传递过程。在进行热传导和热辐射模拟时,需要考虑建筑物的几何形状、材料特性、边界条件和热源等因素。同时,还需要考

考虑室内空气流动和湿度等其他因素对热传导和热辐射的影响。通过热传导和热辐射模拟,可以预测建筑物内部的温度分布和热负荷,评估建筑物的隔热性能和能源利用效率,指导建筑物的热环境优化设计和能源管理。

3.3 空气流动和热对流模拟

空气流动和热对流是建筑物室内热环境中重要的热传递方式。在建筑物室内热环境仿真中,空气流动是指空气在建筑物内部的运动。在空气流动模拟中,需要考虑建筑物内部的空气流动特性,如速度、压力和湍流等。可以使用计算流体力学(CFD)方法,将建筑物划分为离散的网格,通过求解流体动力学方程和湍流模型来模拟空气流动过程。热对流是指热量通过流体的对流传递。在热对流模拟中,需要考虑空气流动对热传递的影响。可以使用 CFD 方法,结合热传导和热辐射模拟,来模拟建筑物内部的热对流传递过程。在进行空气流动和热对流模拟时,需要考虑建筑物的几何形状、空气流动边界条件、室内外温度差和湿度等因素。同时,还需要考虑建筑物内部的热源和热负荷对空气流动和热对流的影响。通过空气流动和热对流模拟,可以预测建筑物内部的空气流动和温度分布,评估建筑物的通风效果和热舒适性,指导建筑物的通风设计和热环境优化。

3.4 热辐射和热负荷计算

热辐射和热负荷计算是建筑物室内热环境仿真中的重要内容。通过对热辐射和热负荷的计算,可以评估建筑物的热舒适性和能源利用情况。热辐射是指物体通过辐射的方式传递热量。在热辐射计算中,需要考虑建筑物内部各个表面的辐射特性和辐射传递过程。可以使用辐射传热模型,如辐射传热方程或辐射传热网络模型,来计算建筑物内部的辐射传递过程。热负荷是指建筑物所需的供热或制冷能力。在热负荷计算中,需要考虑建筑物的热传导、热辐射和热对流等热传递方式,以及室内外温度差、室内人员活动和设备功率等因素。可以使用热负荷计算软件或方法,如经验公式或数值模拟,来计算建筑物的热负荷。在进行热辐射和热负荷计算时,需要考虑建筑物的几何形状、材料特性、边界条件和热源等因素。同时,还需要考虑室内外温度差、室内人员活动和设备功率等实际情况对热辐射和热负荷的影响。通过热辐射和热负荷计算,可以评估建筑物的热舒适性和能源利用情况,指导建筑物的热环境优化设计和能源管理。

4 建筑物室内热环境优化设计方法

4.1 设计目标和约束条件的确定

在进行建筑物室内热环境优化设计时,首先需要确定设计目标和约束条件。这些目标和约束条件可以根据建筑物的具体需求和使用情况来确定。热舒适性是指建筑物内部的温度、湿度和空气质量等因素对人体的舒适程度。根据建筑

物的使用情况和用户需求,确定热舒适性的目标,如室内温度范围、湿度范围和空气质量要求等。能源效率是指建筑物在提供热舒适的同时,尽可能减少能源消耗。根据建筑物的能源管理要求和可持续发展目标,确定能源效率的目标,如能源消耗限制、能源利用率要求和可再生能源使用比例等。在确定设计目标时,还需要考虑建筑物对环境的影响。例如,减少温室气体排放、降低碳足迹和减少对自然资源的消耗等。除了设计目标,还需要考虑各种约束条件,如预算限制、法规要求、建筑物功能需求和技术可行性等。这些约束条件将对设计方案的选择和实施产生影响。通过确定设计目标和约束条件,可以为建筑物室内热环境优化设计提供明确的指导和限制。在后续的设计过程中,可以根据这些目标和约束条件,选择合适的设计策略和技术手段,以实现热舒适性和能源效率的最佳平衡。

4.2 参数优化和灵敏度分析

在建筑物室内热环境优化设计中,参数优化和灵敏度分析是重要的方法,可以帮助确定最佳的设计方案和优化策略。首先需要确定影响建筑物室内热环境的关键参数,如建筑外墙的热传导系数、窗户的太阳能透过率、空调系统的供冷量等。这些参数可以通过建筑物的设计和材料选择来确定。根据建筑物的热传递原理和热环境需求,建立数学模型来描述建筑物室内热环境的变化。这可以是基于物理原理的方程模型,也可以是基于经验公式或统计模型。使用优化算法,如遗传算法、粒子群算法或模拟退火算法,对设计参数进行优化。优化的目标可以是最小化能源消耗、最大化热舒适性或在两者之间找到最佳平衡点。通过迭代计算和评估不同参数组合的模型结果,找到最优的设计参数组合。进行灵敏度分析,评估不同参数对热环境的影响程度。通过改变一个参数,保持其他参数不变,观察热环境的变化情况。这可以帮助确定哪些参数对热环境的影响最大,从而指导设计中的重点关注。通过参数优化和灵敏度分析,可以找到最佳的设计参数组合,以实现建筑物室内热环境的优化。这些方法可以帮助设计师在设计过程中进行决策,提高热舒适性和能源效率,并满足设计目标和约束条件。

4.3 多目标优化方法

在建筑物室内热环境优化设计中,常常存在多个相互关联的目标,如热舒适性、能源效率和环境影响等。为了找到最佳的设计方案,可以使用多目标优化方法。首先需要明确多个优化目标,如最小化能源消耗、最大化热舒适性和最小化环境影响等。这些目标可以根据建筑物的需求和设计目标来确定。根据建筑物的热传递原理和热环境需求,建立多目标优化模型来描述建筑物室内热环境的变化。这可以是基于物理原理的方程模型,也可以是基于经验公式或统

计模型。选择适合多目标优化的算法,如遗传算法、多目标粒子群算法或多目标模拟退火算法等。这些算法可以在多个目标之间进行权衡和优化,找到最佳的设计方案。使用选择的优化算法,对设计参数进行优化计算。通过迭代计算和评估不同参数组合的模型结果,找到最优的设计方案。分析优化结果,评估不同设计方案在多个目标上的性能。通过绘制 Pareto 前沿图,可以展示不同设计方案在多个目标上的权衡关系。根据设计需求和约束条件,选择最合适的设计方案。通过多目标优化方法,可以在考虑多个目标的情况下,找到最佳的设计方案。这可以帮助设计师在设计过程中进行决策,平衡不同目标之间的权衡关系,并实现建筑物室内热环境的优化。

5 挑战与展望

5.1 仿真模型的精确性和可靠性

在建筑物室内热环境优化设计中,仿真模型的精确性和可靠性是一个重要的挑战。建筑物的热传递过程是复杂的,受到多个因素的影响,如建筑结构、材料特性、气候条件等。因此,建立准确的仿真模型对于预测和评估热环境的变化至关重要。然而,模型的精确性受到建筑物参数的不确定性、模型假设的合理性以及模型参数的准确性等因素的影

响。因此,需要不断改进和验证模型,提高其精确性和可靠性。

5.2 优化设计方法的改进和创新

在建筑物室内热环境优化设计中,优化设计方法的改进和创新是另一个重要的挑战。传统的优化方法主要关注单一目标的优化,如能源消耗的最小化或热舒适性的最大化。然而,在实际设计中,常常存在多个相互关联的目标,如能源消耗、热舒适性和环境影响等。因此,需要开发新的多目标优化方法,以平衡不同目标之间的权衡关系,并找到最佳的设计方案。此外,还需要考虑不确定性和约束条件,如建筑物参数的不确定性、设计约束条件的限制等。因此,需要改进和创新优化设计方法,以应对这些挑战。

参考文献:

- [1] 王汉青.夏热冬冷地区湿度控制技术指南[M].长沙:中南大学出版社,2015.
- [2] 王雪,杨柳,刘加平等.陕南山地民居夏季室内热环境与能耗特性[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2018,50(4):563-568.
- [3] 熊杰,姚润明,李百战,等.夏热冬冷地区建筑热工气候区划分方案[J].暖通空调,2019,49(4):12-18.
- [4] 罗国智.成都地区办公建筑复合通风应用效果[J].暖通空调,2013,43(8):67-70.