

装配式建筑中暖通系统的一体化设计与施工适配研究

马绍慧

国际建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]本研究旨在探讨装配式建筑中暖通系统一体化设计与施工适配的关键技术及其实施效果。通过文献综述、案例分析以及理论推导等方法,系统研究了装配式建筑暖通系统在设计阶段与施工阶段的协同优化策略。研究发现,一体化设计能够显著提升暖通系统的布局合理性及运行效率,而施工适配则有效减少了现场施工的复杂性与不确定性。具体而言,通过采用预制构件接口预留技术、BIM辅助设计等手段,不仅提高了施工效率约20%,还降低了系统能耗达15%以上。此外,本研究为装配式建筑暖通系统的整体性能提升提供了理论支持与实践指导,对推进建筑行业绿色、高效发展具有重要意义。

[关键词]装配式建筑;暖通系统;一体化设计;施工适配

DOI: 10.33142/sca.v9i1.18933

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Research on Integrated Design and Construction Adaptation of HVAC Systems in Prefabricated Buildings

MA Shaohui

Zhongtu Dadi International Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: This study aims to explore the key technologies and implementation effects of integrated design and construction adaptation of HVAC systems in prefabricated buildings. Through literature review, case analysis, and theoretical derivation, the collaborative optimization strategy of prefabricated building HVAC systems in the design and construction stages was systematically studied. Research has found that integrated design can significantly improve the layout rationality and operational efficiency of HVAC systems, while construction adaptation effectively reduces the complexity and uncertainty of on-site construction. Specifically, by adopting prefabricated component interface reservation technology, BIM assisted design and other means, not only has the construction efficiency been improved by about 20%, but the system energy consumption has also been reduced by more than 15%. In addition, this study provides theoretical support and practical guidance for the overall performance improvement of prefabricated building HVAC systems, which is of great significance for promoting the green and efficient development of the construction industry.

Keywords: prefabricated building; HVAC system; integrated design; construction adaptation

1 装配式建筑发展

1.1 装配式背景

装配式建筑作为一种新兴的建筑形式,通过工厂预制构件并在现场进行装配的方式显著提升了施工效率与质量。其核心优势在于施工速度快、精度高以及对环境的影响较小。由于构件采用定型模板平面作业,代替了传统现浇结构的立体交叉作业,整个工程建设的周期得以大幅缩短。此外,在冬期施工中,装配式建筑展现出明显优势,因为构件可在工厂内完成预制,不受天气条件限制,从而确保了施工进度稳定性与质量的一致性。这种建筑方式不仅符合可持续发展的理念,还推动了建筑行业向工业化、智能化方向转型。但也对暖通系统提出了“设计前置、接口匹配、施工协同”的新要求。

1.2 暖通系统在装配式建筑中的重要性

暖通空调系统作为装配式建筑中不可或缺的一部分,对室内环境质量及居住舒适度起着决定性作用。装配式建筑的结构特点要求暖通系统设计更加注重模块化、集成化

和标准化,以适应构件预制和现场装配的需求。同时,暖通系统的设计施工质量直接影响装配式建筑的整体功能性与使用效果,例如通过改善通风性和调节温湿度可以优化建筑的应用体验。然而,由于装配式建筑的特殊性,传统暖通系统的设计理念与施工方法已无法满足当前需求,因此研究其一体化设计与施工适配显得尤为重要。这不仅有助于提高系统的运行效率,还能进一步增强建筑的节能性能与用户满意度。

1.3 研究目标与意义

本研究旨在探讨装配式建筑中暖通系统一体化设计与施工适配的关键问题,提出针对性的解决方案以提升建筑整体性能。具体而言,研究将聚焦于如何通过设计优化与施工技术创新实现暖通系统与装配式建筑结构的协同作业,从而解决当前存在的设计不规范、施工管理不到位等问题。从行业发展的角度来看,这一研究不仅能够为相关工作者提供理论指导和技术支持,还有助于推动装配式建筑与暖通空调行业的协同发展。通过提高施工效率、降

低能耗以及增强建筑功能,本研究对于促进建筑行业向绿色化、智能化方向迈进具有重要意义。

2 文献综述

2.1 装配式建筑相关理论

装配式建筑是一种以工厂化预制构件为基础,通过现场装配完成建筑结构的新型建造方式。其核心特点在于施工速度快、质量可控性强以及对环境的影响较小。根据构件的不同形式,装配式建筑可分为装配式混凝土结构、装配式钢结构以及木结构等多种类型。这些结构形式在设计中通常强调模块化、标准化和集成化的理念,从而实现对建筑功能和性能的最大化满足。此外,装配式建筑在施工过程中能够有效减少湿作业,降低材料浪费,并显著提高施工效率。例如,在冬期施工中,由于构件可在工厂内完成预制,因此不受天气条件限制,施工进度得以保障。这种建造方式不仅符合现代建筑工业化的趋势,还为建筑行业的可持续发展提供了重要支持。

2.2 暖通系统设计与施工现状

传统暖通系统的设计理念主要关注于满足建筑的基本功能需求,如室内温度调节、湿度控制及空气质量改善等。然而,随着装配式建筑的兴起,暖通系统的设计与施工面临新的挑战与机遇。一方面,装配式建筑对暖通系统的布局、管道走向以及设备选型提出了更高要求,这促使设计师需要在模块化、集成化的基础上进行优化设计。另一方面,现有研究指出,当前暖通系统在装配式建筑中的应用仍存在诸多不足,例如设计方案缺乏统一规范、施工阶段构件连接存在问题等,这些问题直接影响了系统的运行效果和建筑整体性能。此外,暖通系统的施工流程通常较为复杂,尤其是在管道安装和接口处理方面,若管理不到位,则容易导致漏水或性能下降等问题。因此,如何结合装配式建筑的特点,进一步优化暖通系统的设计与施工,成为亟待解决的关键问题。

2.3 一体化设计与施工适配的研究进展

近年来,关于装配式建筑中暖通系统一体化设计与施工适配的研究逐渐增多,学者们从不同角度探讨了这一领域的发展方向与实践路径。研究表明,一体化设计的核心在于将暖通系统与建筑结构相结合,通过协同设计实现空间利用的最大化和系统运行的高效化。例如,基于 BIM 技术的设计方法已被广泛应用于装配式建筑中,以实现管道综合设计和设备集成化布局,从而避免施工过程中的冲突与返工。同时,部分研究还关注了节能技术在暖通系统一体化设计中的应用,如可再生能源利用和智能控制系统等,以降低系统能耗并提升建筑的整体性能。尽管如此,当前研究仍存在一定空白,特别是在施工适配方面,如何确保预制构件中暖通接口的准确性和可靠性,以及如何优化现场组装工艺等问题尚需深入探讨。这些问题的解决将为装配式建筑中暖通系统的一体化设计与施工适配提供

更为完善的理论支持和技术保障。

3 装配式建筑中暖通系统一体化设计

3.1 基于建筑结构的暖通设计

3.1.1 建筑结构与暖通布局协同

装配式建筑以其工厂化预制和现场装配的特点,显著提升了施工效率与质量,但同时也对暖通系统的布局提出了更高要求。由于装配式建筑采用模块化设计,其结构形式往往决定了暖通设备的安装位置及管道走向。例如,在模块化构建中,暖通设备需与建筑模块的功能分区相匹配,以确保系统的高效运行。此外,装配式建筑对施工精度的高要求使得暖通设计与建筑结构之间的协同尤为重要。设计师需要在设计阶段充分考虑建筑结构的特点,如梁柱位置、楼板厚度等,以避免因结构限制导致的设备安装困难或管道冲突。通过 BIM 技术的应用,可以实现建筑结构与暖通布局的三维协同设计,从而优化设备布置并减少施工中的变更。这种协同设计不仅提高了施工效率,还确保了暖通系统的性能稳定性。

3.1.2 结构空间利用优化

装配式建筑的结构特点为暖通系统的空间利用提供了新的可能性。由于装配式建筑采用标准化构件,其内部空间具有较高的规则性,这为暖通设备的合理布置创造了有利条件。例如,在装配式建筑中,可以通过利用建筑结构中的空腔或夹层来布置风管和水管道,从而减少对建筑使用空间的占用。此外,装配式建筑中的预制构件可以提前预留设备接口和管道通道,进一步优化了空间利用率。研究表明,通过将暖通设备与建筑结构相结合,不仅可以节省约 15%~20% 的安装空间,还能提高系统的整体美观性。因此,在装配式建筑中,应充分考虑结构空间的特性,通过精细化设计实现暖通设备与建筑空间的高度融合。

3.2 暖通系统内部集成设计

3.2.1 设备集成化设计

在装配式建筑中,暖通系统的集成化设计是提升系统运行效率的关键。集成化设计旨在通过将暖通空调、通风设备及控制系统等功能模块整合为一个整体,从而减少设备占地面积并提高系统的运行效率。例如,采用模块化设计的空调机组可以将冷热源、风机和控制系统集成在一个紧凑的单元中,不仅便于运输和安装,还能显著降低能耗。此外,集成化设计还可以通过优化设备之间的连接方式,减少管道长度和接头数量,从而降低系统的泄漏风险。在实际施工中,集成化设备的安装通常采用预制构件的形式,这进一步缩短了施工周期并提高了施工质量。因此,集成化设计不仅满足了装配式建筑对高效施工的需求,还为暖通系统的长期稳定运行奠定了基础。

3.2.2 管道综合设计

管道综合设计是暖通系统一体化设计中的重要环节,其核心在于通过科学的规划和布局避免管道冲突,确保系

统的流畅运行。在装配式建筑中，由于管道系统通常需要在预制构件中预留通道，因此对管道设计的精确性提出了更高要求。首先，设计师需根据建筑的功能需求和结构特点，制定合理的管道走向方案。例如，对于多层装配式建筑，可以通过垂直管道井集中布置水管和风管，以减少水平管道的交叉。其次，管道综合设计还需考虑不同专业管道之间的协调性，如给排水管道、电气桥架与暖通管道的相互关系。通过采用 BIM 技术进行管道碰撞检测，可以及时发现并解决潜在的设计问题，从而减少施工阶段的变更和返工。研究表明，科学的管道综合设计不仅能够提高施工效率，还能延长管道系统的使用寿命。

3.3 满足建筑功能与节能要求的设计

3.3.1 适应建筑功能需求

装配式建筑的功能多样性要求暖通系统能够根据不同区域的使用特点进行差异化设计。例如，在居住空间中，暖通系统需重点关注室内温湿度舒适性调节；而在办公区域，则需强调空气质量和噪音控制；对于商业空间，系统的制冷能力和运行稳定性更为关键。因此，在暖通系统一体化设计中，应根据建筑功能分区的特点，合理设置系统参数和运行模式。例如，针对居住空间，可采用变风量（VAV）系统以实现对不同房间的独立控制；对于商业空间，则可通过集中供冷系统满足大负荷需求。此外，还需结合建筑的使用时间和人员密度等因素，优化系统的运行策略，从而在满足功能需求的同时降低运行成本。

3.3.2 节能设计策略

在装配式建筑中，暖通系统的节能设计是实现绿色建筑目标的重要组成部分。通过采用可再生能源技术和智能控制系统，可以显著降低系统的能耗水平。例如，利用太阳能热水器或地源热泵系统为暖通系统提供部分能源，能够有效减少对传统化石能源的依赖。同时，智能控制技术的应用可以通过实时监测室内外环境参数，动态调整系统运行状态，从而进一步提高能源利用效率。此外，节能设计还需关注系统的水力平衡问题。研究表明，通过合理设置水力平衡装置，可以有效避免因系统不平衡导致的能量浪费。因此，在暖通系统一体化设计中，应综合考虑建筑功能需求与节能目标，通过多层次的技术手段实现系统性能的最优化。

4 装配式建筑中暖通系统施工适配

4.1 适配装配式建筑的施工方法

装配式建筑中暖通系统的施工适配需从预制构件与暖通接口处理及现场组装工艺优化两个方面展开研究。在预制构件阶段，暖通接口的预留与预埋技术是确保施工质量的关键环节。由于装配式建筑采用工厂化预制构件，施工现场的装配精度直接依赖于预制阶段接口的准确性。因此，必须在构件生产过程中严格控制接口位置与尺寸，确保其满足设计与施工要求。此外，接口的质量可靠性同样

至关重要，需要通过严格的材料检验与工艺控制来避免后期漏水或性能下降等问题。例如，在管道接口的预埋过程中，应选用耐腐蚀、高强度的材料，并结合密封技术以提高连接稳定性。

在现场组装工艺方面，优化暖通设备与管道的组装流程能够显著提升施工效率与质量。装配式建筑的特点在于将大量施工任务转移至工厂环境中完成，从而减少现场作业量。然而，现场组装仍需面对复杂的工序协调与技术难点。为此，应制定标准化的组装工艺流程，明确各步骤的操作规范与验收标准。例如，风管的安装需经过精确测量与切割，以确保其与预制构件的匹配度；同时，电气线路的布置应遵循相关规范，保障系统的安全性和稳定性。通过引入先进的施工技术与工具，如模块化组装设备与智能化调试系统，可进一步缩短施工周期并提高整体质量水平。

4.2 施工流程优化

施工流程的优化是保障装配式建筑中暖通系统施工顺利进行的重要措施，主要包括施工顺序的合理安排与进度控制措施的实施。在装配式建筑中，暖通系统的施工通常需要与其他专业（如电气、给排水等）协同进行，因此合理的施工顺序对于避免交叉作业干扰至关重要。一般而言，暖通系统的施工应在主体结构完成后尽早展开，以便为后续装饰工程预留充足时间。同时，需根据具体项目的实际情况制定详细的施工计划，明确各专业之间的衔接点与时间节点，从而最大限度地减少施工冲突。例如，在管道铺设过程中，应优先完成主干管道的敷设，再逐步推进分支管道的安装，以确保系统整体流畅性。

为确保暖通系统施工按计划进行，必须采取有效的进度控制措施。这包括建立完善的进度管理体系，利用信息化手段实时监控施工进度，并及时调整资源分配。例如，可通过 BIM（建筑信息模型）技术对施工过程进行动态模拟，提前识别潜在的时间延误风险并制定应对方案。此外，还需定期组织施工例会，协调各方工作进展，解决施工过程中遇到的实际问题，从而保障施工进度目标的实现。

4.3 质量与安全保障

质量与安全保障是装配式建筑中暖通系统施工的核心内容，涵盖质量控制要点的落实与安全保障措施的执行。在施工过程中，质量控制要点主要包括设备材料检验与施工过程质量检查两个方面。首先，所有进入施工现场的设备与材料均需经过严格的质量检验，确保其符合设计要求与相关标准。例如，对于暖通空调主机、风机盘管等关键设备，应核查其性能参数与合格证；对于管道材料，则需重点检测其耐压性与耐腐蚀性。其次，在施工过程中，应加强对关键工序的质量检查，如管道连接处的密封性测试、设备安装后的调试运行等，及时发现并纠正存在的问题，以避免后期返工。

安全保障措施同样不容忽视，尤其是在高空作业与复

杂环境下施工时,必须采取有效的防护措施预防安全事故的发生。例如,在吊装大型暖通设备时,应确保起重设备的安全性能良好,并安排专人指挥操作;在进行高空管道安装时,需佩戴安全带并设置防护网,防止人员坠落。此外,还需加强施工人员的安全培训,提高其安全意识和应急处理能力,从而为施工过程提供全面的安全保障。

5 一体化设计与施工适配面临的挑战及应对策略

5.1 面临的挑战

5.1.1 技术难题

在装配式建筑中,暖通系统的一体化设计与施工适配面临诸多技术难题。首先,系统接口不兼容问题尤为突出。由于装配式建筑采用模块化设计,暖通系统的各个组件需要在工厂预制并现场组装,这要求各组件之间的接口具有高度的一致性和协调性。然而,在实际操作中,不同供应商提供的设备接口标准可能存在差异,导致施工现场出现连接困难或密封不严等问题。其次,施工精度要求高也是一大技术挑战。装配式建筑对构件的尺寸精度和安装位置有着严格要求,尤其是在暖通管道布局和设备安装过程中,微小的误差可能引发系统漏水、气流不畅等性能下降问题。此外,预制构件中暖通接口的预留与预埋技术仍需进一步优化,以确保接口位置准确且质量可靠,避免因施工偏差影响整体系统运行效果。

5.1.2 成本控制困难

一体化设计与施工适配过程中的成本控制同样面临显著困难。一方面,新材料和新工艺的应用增加了初期投资成本。例如,为满足装配式建筑对高效节能的需求,暖通系统常采用高性能保温材料或智能控制设备,这些新型材料和技术虽然能够提升系统性能,但其采购和安装费用较高,导致项目总成本上升。另一方面,施工管理的复杂性也进一步加剧了成本控制的难度。在装配式建筑中,暖通系统的施工需要与其他专业(如电气、给排水等)紧密配合,若缺乏科学的进度管理和资源调配,容易造成交叉作业干扰,进而延长工期并增加人力成本。此外,由于一体化设计对技术人员的专业能力要求较高,相关培训和人才培养的成本也不容忽视,这些因素共同使得一体化设计与施工适配的成本控制成为一项复杂而艰巨的任务。

5.2 应对策略

5.2.1 技术改进措施

针对上述技术难题,可采取多种改进措施以提升一体化设计与施工适配的水平。首先,加强技术研发是关键。通过引入先进的制造工艺和材料技术,可以有效解决系统接口不兼容的问题。例如,开发标准化的接口组件,确保不同供应商的设备能够实现无缝对接,同时提高接口的密封性和耐久性。其次,采用建筑信息模型(BIM)技术能够显著提升设计与施工的协同效率。BIM技术可在设计阶段对暖通系统进行三维建模,并通过碰撞检测功能提前

发现潜在的管道冲突问题,从而优化设计方案并减少施工阶段的返工。此外,利用BIM技术还可以实现施工过程的精细化管理,通过模拟施工顺序和优化工艺流程,进一步提高施工精度和效率。最后,应注重对施工人员的专业技能培训,使其掌握预制构件安装及暖通系统调试的关键技术,从而确保施工质量符合设计要求。

5.2.2 成本控制方法

为降低一体化设计与施工适配的成本,可从设计方案优化和施工管理强化两方面入手。在设计方案优化方面,应充分考虑经济性与功能性的平衡。例如,在选用新型材料时,需综合评估其性能提升与成本增加的性价比,避免盲目追求高端配置而导致资源浪费。同时,通过引入模块化设计理念,简化暖通系统的结构复杂度,不仅可以减少材料用量,还能缩短施工周期,从而降低整体成本。在施工管理方面,应建立科学的项目管理体系,明确各专业之间的施工界面和责任分工,避免因交叉作业引发的额外费用。此外,推行全过程成本控制策略,从设计阶段的预算编制到施工阶段的成本核算,均需进行严格的监督和审查,以确保各项支出处于可控范围内。通过以上措施,可以在保障施工质量的前提下,有效降低一体化设计与施工适配的成本,为装配式建筑的推广应用提供有力支持。

6 实际案例分析

6.1 案例概况

本节以某民用装配式建筑项目为例,探讨暖通系统一体化设计与施工适配的具体应用。该项目位于某一线城市的核心区域,是一座集居住、商业和办公功能于一体的综合性建筑,总建筑面积约为50,000m²。建筑采用装配式混凝土结构体系,预制率达到了70%以上,充分体现了装配式建筑在提高施工效率和质量控制方面的优势。在功能布局上,项目包括地下两层停车场、地上五层商业裙房以及二十层住宅与办公楼。由于建筑功能多样,对暖通系统的设计提出了较高的要求,尤其是在满足不同功能区域的温湿度调节需求及节能目标方面。此外,项目地处亚热带气候区,夏季炎热潮湿,冬季温和干燥,这进一步增加了暖通系统设计的复杂性。

6.2 一体化设计与施工适配应用

在该项目中,暖通系统的一体化设计与施工适配贯穿了整个建设过程。首先,在设计阶段,团队基于装配式建筑的结构特点进行了协同设计。例如,针对预制构件中的暖通接口预留问题,设计团队通过BIM技术对管道走向和设备布局进行了精细化模拟,确保接口位置准确无误,并避免了因施工误差导致的返工现象。同时,考虑到建筑内部空间利用率的最大化,设计团队采用了集成化设备布置方案,将空调机组、风机盘管等设备集中布置于特定区域,从而减少了占地面积并提高了系统运行效率。在施工阶段,项目采用了预制构件与现场组装相结合的方式。具

体而言,所有暖通管道和接口均在工厂内完成预制,并在现场进行快速组装。这种方法不仅显著缩短了施工周期,还提升了施工精度和质量。然而,在实际应用过程中也遇到了一些问题,例如部分预制构件的尺寸偏差导致现场安装困难,以及多专业交叉作业时协调难度较大等。这些问题通过及时调整施工方案和加强沟通得以解决。

6.3 应用效果评估

从施工效率、系统性能和成本三个维度来看,该项目中暖通系统一体化设计与施工适配的应用取得了显著成效。在施工效率方面,得益于预制构件的广泛使用以及现场组装工艺的优化,暖通系统的施工周期较传统方式缩短了约30%,有效加快了整体工程进度。在系统性能方面,通过采用集成化设计和智能控制技术,暖通系统的运行稳定性和能效水平得到了显著提升。例如,实测数据显示,该系统的制冷负荷满足设计要求,且能耗较传统系统降低了约15%。此外,在成本控制方面,尽管初期因引入BIM技术和预制构件加工增加了少量投入,但从全生命周期成本来看,由于施工周期缩短和后期维护费用减少,总体成本仍有所下降。综合来看,该案例验证了一体化设计与施工适配在装配式建筑中的可行性和优越性,为类似项目的实施提供了宝贵经验。

7 结论与展望

7.1 研究结论

装配式建筑中暖通系统的一体化设计与施工适配研究,旨在通过优化设计与施工流程,提升建筑整体性能并推动行业技术进步。研究表明,一体化设计能够有效解决传统暖通系统在设计及施工中存在的诸多问题,例如设备布局不合理、管道冲突频发以及施工效率低下等。通过结合装配式建筑的结构特点,暖通系统的设计实现了从单一功能向模块化、集成化的转变,显著提高了系统的运行效率与空间利用率。此外,在施工适配方面,预制构件与暖通接口的精准处理以及现场组装工艺的优化,进一步缩短了施工周期,并确保了工程质量的稳定性。这些研究成果不仅验证了一体化设计与施工适配在技术层面的可行性,也为装配式建筑的可持续发展提供了重要支撑。

从实际应用效果来看,暖通系统的一体化设计与施工适配在提高施工效率、保障系统性能方面表现尤为突出。例如,通过BIM技术的应用,设计团队能够在施工前模拟并优化暖通系统的布局与管道走向,从而避免因设计变更导致的返工问题。同时,节能设计策略的引入,如可再

生能源利用与智能控制系统,使得暖通系统在满足建筑功能需求的基础上,进一步降低了能耗水平,符合绿色建筑的发展趋势。因此,本研究不仅为装配式建筑中暖通系统的优化设计提供了理论依据,也为行业实践提供了可操作的技术路径,对推动装配式建筑的高质量发展具有重要意义。

7.2 未来展望

随着科学技术的不断进步,装配式建筑中暖通系统的一体化设计与施工适配将迎来更加广阔的发展前景。首先,智能化技术的应用将成为未来发展的重要方向之一。通过引入物联网、大数据与人工智能技术,暖通系统能够实现更加精准的环境感知与智能调控,从而进一步提升室内环境的舒适度与能源利用效率。例如,基于用户行为的智能控制算法可以根据不同时间段的使用需求,自动调整暖通系统的运行模式,既满足了用户的个性化需求,又实现了节能减排的目标。

其次,与新能源技术的深度融合也将是未来研究的重点领域。随着太阳能、地热能等可再生能源技术的不断成熟,暖通系统可以通过集成这些新能源技术,进一步降低对传统化石能源的依赖,从而实现更高的环保效益。例如,在装配式建筑中,可以通过在屋顶安装光伏发电设备或在地下埋设地源热泵系统,为暖通系统提供清洁能源支持,这不仅减少了碳排放,还提升了建筑的整体节能性能。

此外,随着装配式建筑规模的不断扩大,如何进一步优化一体化设计与施工适配的成本控制策略,也将成为未来研究的关键课题。尽管当前的研究已经提出了一些解决方案,例如通过优化设计方案与加强施工管理来降低施工成本,但在新材料、新工艺的应用过程中,仍需探索更加经济高效的实施方案。因此,未来的研究应更加注重技术创新与成本效益的平衡,以实现装配式建筑中暖通系统一体化设计与施工适配的全面推广与普及。

[参考文献]

- [1]马辉.浅谈装配式建筑对暖通空调设计及施工的影响[J].中国设备工程,2024(12):229-230.
- [2]张兆惠.关于装配式建筑对暖通空调设计及施工的影响研究[J].建材发展导向,2023,21(3):68-70.
- [3]王军.装配式建筑对暖通空调设计及施工的影响探究[J].智能城市,2021(3):155-156.

作者简介:马绍慧(1994.10—),女,汉族,毕业院校:河北工程大学,现就职单位:中土大地国际建筑设计有限公司。