

“适老安居”智能改造工程——基于 BIM 的老年住宅安全防护系统的研究

梁潇文

陕西铁路工程职业技术学院，陕西渭南，714000；

摘要：我国人口老龄化加速，老年住宅安全保障需求迫切。“适老安居”智能改造工程关键在构建科学高效的安全防护体系。建筑信息模型（BIM）技术以可视化、参数化、协同化优势，为老年住宅安全防护系统的设计、施工与运维提供新技术支撑。本文基于 BIM 技术，结合老年群体特征开展老年住宅安全防护系统研究。先分析我国老龄化下老年住宅安全防护现状与不足，接着阐述 BIM 技术在适老改造中的应用价值，然后从系统架构、功能模块、技术集成等方面设计基于 BIM 的老年住宅安全防护系统，最后通过实例验证其可行性与有效性。研究表明，该系统能提升改造工程精准度与效率，增强老年住宅安全防护能力，营造安全舒适居住环境，推动“适老安居”工程规范化、智能化发展。

关键词：“适老安居”；智能改造；BIM 技术；老年住宅

DOI：10.64216/3104-9664.25.03.053

引言

随着我国人口老龄化加速，老年人口规模扩大，老龄化特征显著。老年人因生理机能衰退，对居住环境安全性等要求更高。住宅安全防护水平关系老年人身心健康与生活质量，但我国现有住宅多按普通人群需求设计，存在通道狭窄等问题，难满足老年群体需求，安全事故频发。国家出台政策推进适老化改造工程，“适老安居”智能改造工程应运而生，目标是用智能化技术构建安全防护系统。不过当前适老改造工程存在设计与需求匹配度低等问题，制约安全防护系统功能发挥。

建筑信息模型（BIM）技术能集成建筑全生命周期信息，实现各阶段可视化管理与协同工作。将其应用于老年住宅安全防护系统构建，可解决传统改造痛点，提升精准性等。开展基于 BIM 的老年住宅安全防护系统研究，对推动“适老安居”工程高质量发展、保障老年人安全意义重大，主要体现在理论和实践两方面。理论上丰富 BIM 技术在适老化改造领域应用研究，构建理论框架；实践上为改造工程提供技术方案，提升质量效率、降低成本，营造安全居住环境。

国外对适老化住宅与 BIM 技术结合研究起步早，部分发达国家老龄化进程启动早，适老化改造成熟，有完善标准体系，注重智能化改造，结合 BIM 技术与智能监测设备构建安全防护系统，降低事故发生率。国内相关研究近年增多，学者围绕适老化改造设计要点等开展研究，将 BIM 技术用于老旧小区改造等领域，实现协同设计与可视化管理。但现有研究存在不足，如对安全防护系统系统性研究不足、BIM 与智能防护技术集成

度不高、缺乏实例验证等。基于此，本文开展基于 BIM 的老年住宅安全防护系统研究，弥补现有研究不足。

1 相关理论基础

1.1 人口老龄化与适老安居理念

人口老龄化指因年轻人口减少、年长人口增加导致老年人口比例增长的动态过程。我国人口老龄化基数大、增速快、高龄化、空巢化，对养老服务、住宅建设等提出挑战。适老安居理念源于积极老龄化战略，强调优化居住环境，满足老人生理、心理与社交需求，保障自主生活与生命安全，提升生活质量。它要求住宅有安全防护功能，且环境符合老人行为习惯，具备便利、舒适与智能等特征。

1.2 BIM 技术核心理论

BIM 技术是基于三维模型的建筑全生命周期管理技术，核心特征有可视化、参数化、协同化、全生命周期性。可视化可直观展示建筑信息，便于各方沟通；参数化可通过修改参数自动关联修改相关构件，提高设计效率；协同化能实现各参与方协同工作，共享信息；全生命周期性可集成建筑全阶段信息，支撑全生命周期管理。其应用价值体现在提升设计质量、提高施工效率、强化运维管理，能为老年住宅安全防护系统构建提供技术支撑。

1.3 老年住宅安全防护相关理论

老年住宅安全防护是指通过工程技术、智能设备等手段，消除住宅环境中的安全隐患，保障老年人的生命健康安全。其核心理论包括人体工学理论、安全系统工

程理论与智能监测理论。人体工学理论强调住宅环境的设计应符合老年人的生理特征,如行动迟缓、视力下降等,合理设置扶手、踏步高度、照明亮度等;安全系统工程理论强调从系统的角度出发,构建全方位的安全防护体系,涵盖环境防护、设备防护、应急防护等多个方面;智能监测理论强调利用智能传感设备与物联网技术,实时监测住宅环境中的安全隐患,如跌倒、煤气泄漏、火灾等,实现安全事故的早发现、早处理。

2 老年住宅安全防护需求分析与 BIM 应用价值

2.1 老年群体生理与行为特征分析

老年群体生理特征:行动能力衰退,易跌倒;感知能力下降,难发现隐患;反应变慢,难应对紧急情况;身体机能减弱,适应环境能力差。行为特征:活动范围固定,多在住宅及周边;活动时间有规律,特定时段事故高发;对住宅环境熟悉度要求高,陌生环境易失误;依赖家人照顾,空巢老人自主应对需求迫切。

2.2 老年住宅安全防护核心需求

基于老年群体特征,老年住宅安全防护核心需求包括:环境安全,消除隐患;实时监测行动状态与环境参数;应急响应,事故发生时快速报警、通知并处置;便捷管理,改造工程各环节高效协同,便于掌握安全状态、处理隐患。

2.3 BIM 技术在老年住宅安全防护中的应用价值

BIM 技术可满足老年住宅安全防护需求,价值体现为:提升设计精准性,可视化建模优化设计,碰撞检查减少漏洞;强化施工协同性,各参与方信息共享,提高施工效率与质量;实现运维智能化,集成设备信息,事故时定位并提供支撑;降低改造成本,设计优化与施工模拟减少变更返工,智能化运维降低运维成本,实现全生命周期成本控制。

3 基于 BIM 的老年住宅安全防护系统设计

3.1 系统设计原则

基于 BIM 的老年住宅安全防护系统设计遵循以下原则:一是以老年需求为核心,充分考虑老年群体的生理与行为特征,确保系统功能符合老年人的实际需求;二是安全性原则,系统应具备高可靠性与稳定性,能够准确监测安全隐患,快速响应应急事件;三是易用性原则,系统的操作界面应简洁直观,便于老年人与管理人员使用;四是协同性原则,实现设计、施工、运维等各阶段的协同工作,提升系统的整体运行效率;五是扩展性原则,系统应具备良好的扩展性,能够根据实际需求增加新的功能模块与设备。

3.2 系统架构设计

基于 BIM 的老年住宅安全防护系统采用三层架构设计,包括感知层、平台层与应用层,各层通过网络实现数据传输与交互。感知层是基础,负责采集住宅环境与老年人行动状态信息,部署了跌倒、煤气等多种智能传感设备,实时采集数据并传输至平台层。平台层是核心,负责数据处理、存储与协同管理,以 BIM 技术为核心构建协同管理平台,集成物联网、大数据分析等平台,分别负责信息整合、数据处理与深度分析,为安全防护决策提供支撑。应用层是输出层,为不同用户提供具体服务,包括安全监测、应急响应等功能模块,能为老年人、家属、管理人员等提供实时监测、应急报警等服务。

3.3 核心功能模块设计

安全监测模块是系统核心功能之一,负责实时监测老年住宅安全,涵盖老年人行动与住宅环境监测。行动监测通过跌倒和人体红外传感器,实时掌握老人位置与状态,跌倒时向平台报警;环境监测利用煤气、烟雾、温湿度等传感器,监测室内参数,超阈值预警。同时,该模块关联监测数据与 BIM 模型,直观展示信息,助管理人员掌握安全状态。应急响应模块在事故发生时快速启动处置流程。接安全监测模块报警后,它通过 BIM 定位事故,调取设备与建筑信息,发出声光报警提醒老人,通知家属与救援人员,还提供应急方案,助力救援。协同管理模块基于 BIM 协同平台,实现设计、施工、运维协同。设计阶段,设计人员共享模型优化方案;施工阶段,各方共享进度与质量信息解决问题;运维阶段,运维人员掌握设备与安全情况开展工作,打破信息壁垒,提升协同效率。用户管理模块管理系统用户,有注册、登录、权限分配功能。系统用户分老年人、家属、管理人员等角色,权限不同。如老人查看自身与环境信息,家属用 APP 看实时与报警信息,管理人员全面管理系统。该模块保障系统安全易用。

3.4 技术集成方案

基于 BIM 的老年住宅安全防护系统的技术集成主要包括 BIM 技术与物联网、大数据、智能传感技术的融合。BIM 与物联网技术融合:通过物联网连接感知层设备与 BIM 平台,将采集数据实时传至 BIM 平台并关联构件。如煤气传感器与厨房燃气管道关联,检测到泄漏时在模型显示位置,便于处置。BIM 与大数据技术融合:用大数据对 BIM 平台建筑信息和采集数据深度分析。如分析老人行动轨迹了解习惯,为优化设计提供依据;分析设备运行数据预测故障,实现预防性维护。BIM 与智能传感技术融合:智能传感提供精准数据源,BIM

为数据可视化提供平台。关联传感设备安装位置与BIM模型,实现精准定位与可视化管理,提升监测效率与准确性。

4 实例验证

4.1 项目概况

为验证基于BIM的老年住宅安全防护系统的可行性与有效性,选取某老旧小区的一套老年住宅作为改造实例。该住宅为60平方米的两室一厅,建成于2000年,现有居住者为一对75岁以上的空巢老人。该住宅存在地面湿滑、通道狭窄、缺乏扶手、照明不足、无应急报警设备等问题,安全隐患较多。本次改造工程采用本文设计的基于BIM的老年住宅安全防护系统,对住宅进行全方位的适老化智能改造。

4.2 系统应用过程

(1) 设计阶段

首先,通过实地调研与老年人及其家属沟通,明确了改造需求。随后,设计人员利用BIM软件构建了该住宅的三维BIM模型,模型中包含了建筑结构、墙体、门窗、管道等详细信息。基于BIM模型,设计人员进行了适老化改造方案设计,包括在卫生间、走廊等区域增设扶手,将地面改造为防滑地面,优化照明布局,部署跌倒传感器、煤气传感器、烟雾传感器等智能设备。同时,利用BIM的碰撞检查功能,对设计方案进行了碰撞检查,发现并解决了扶手与管道的碰撞问题,确保了设计方案的合理性。

(2) 施工阶段

在施工阶段,通过BIM协同管理平台实现了设计单位、施工单位、监理单位的协同工作。施工人员通过BIM模型直观了解了施工方案与技术要求,按照BIM模型中的设备部署位置进行智能传感设备的安装与调试;监理单位通过BIM平台实时监督施工质量,对扶手安装、地面改造、设备调试等关键环节进行了重点检查。通过协同工作,有效提高了施工效率,减少了施工返工。

(3) 运维阶段

改造工程完成后,系统进入运维阶段。运维人员通过BIM协同管理平台实时监测住宅的安全状态,包括老年人的行动状态与室内环境参数。当系统检测到卫生间地面湿滑(温湿度传感器数据异常)时,立即发出预警信号,并在BIM模型中显示预警位置;当检测到老年人跌倒时,系统立即发出报警信号,通知家属与社区救援人员,并为救援人员提供了详细的住宅结构信息与逃生路线。此外,通过大数据分析平台对设备运行数据进行分析,预测出某烟雾传感器存在故障风险,运维人

员及时进行了更换,避免了设备故障导致的安全隐患。

4.3 应用效果分析

通过对该老年住宅改造项目的系统应用,取得了良好的效果。一是提升了住宅的安全防护能力,改造后住宅的安全隐患得到了有效消除,系统能够实时监测安全状态,快速响应应急事件,老年人居家安全得到了有力保障;二是提高了改造工程的效率与质量,通过BIM技术的应用,设计方案的精准性得到了提升,施工协同效率显著提高,减少了施工返工;三是提升了运维管理效率,通过BIM协同管理平台与大数据技术的应用,实现了设备的智能化运维与故障预警。此外,老年人及其家属对改造效果满意度较高,认为改造后的住宅更加安全、舒适、便捷。

5 结论

本文围绕“适老安居”智能改造工程开展基于BIM的老年住宅安全防护系统研究,结论如下:一是老年群体生理与行为特征决定其住宅安全防护核心需求为环境安全、实时监测、应急响应与便捷管理,为系统设计指明方向。二是BIM技术凭借可视化、参数化、协同化优势,提升老年住宅改造工程设计精准性、施工协同性与运维智能化水平,为系统构建提供技术支撑。三是设计的系统采用三层架构,含安全监测等核心功能模块,融合BIM与物联网等技术,实现老年住宅安全全生命周期管理。四是实例验证该系统提升安全防护能力,提高改造效率与质量,降低成本,具可行性与有效性。

研究虽有成果但存在不足,未来可从以下方面深入研究:一是结合人工智能优化系统功能,提升安全监测准确性,如精准识别行动状态、智能生成应急处置方案;二是扩大系统应用范围至养老机构等大规模适老化改造项目,研究应用模式与协同管理机制;三是结合政策标准完善系统标准体系,推动规范化应用;四是加强经济性研究,优化技术集成方案,降低成本,提高普及性让更多老人受益。

参考文献

- [1]朱春旭.预制钢结构模块化老年共享住宅设计研究[D].天津大学,2022.
- [2]陈爽.以BIM和智慧工地平台为支撑打造建筑项目数字化管理体系[J].建筑,2025(6):117-119.
- [3]倪燕翎,陈群,赵梦豪.基于BIM的住宅小区适老化改造研究[J].2025(5):82-84.

作者简介:梁潇文(1986.04-),女,汉族,甘肃定西人,硕士,副教授,道路与铁道工程。