

双碳目标下社区养老设施智慧适老建筑数字化设计与优化

赵丹

西安翻译学院 陕西 西安 710105

【摘要】：在全球积极应对气候变化与人口老龄化双重挑战的背景下，中国提出“碳达峰、碳中和”战略目标，为社区养老设施建设指明了绿色低碳的发展方向。当前，我国社区养老设施普遍存在适老化程度不足、能源利用效率低、智慧化水平滞后等问题，难以满足老年人对健康舒适生活环境的需求。数字化设计技术作为建筑行业转型升级的核心驱动力，能够有效整合绿色建筑技术与智慧适老功能，为上述难题提供全新解决方案。本文系统探讨数字化设计在社区养老设施绿色化、适老化、智慧化协同设计中的实践路径与优化方法。通过参数化设计、建筑信息模型（BIM）、性能模拟分析等数字化手段，构建“双碳—智慧—适老”三维协同设计框架，旨在为社区养老设施的可持续发展提供理论依据和技术支撑。

【关键词】：双碳目标；智慧适老；数字化设计

DOI:10.12417/3041-0630.26.07.085

1 双碳目标下社区养老设施智慧适老建筑设计的意义

社区养老设施作为老年人日常生活的重要场所，其建筑设计质量直接关系到老年人的生活品质和健康状况。将数字化设计应用于双碳目标下的社区养老设施智慧适老建筑设计，具有以下重要意义：

1.1 促进低碳目标实现

数字化设计能够通过精确的性能模拟和优化算法，实现社区养老设施全生命周期的碳减排。例如，利用参数化设计优化建筑体型系数和围护结构热工性能，可降低建筑运行能耗20%-30%；通过BIM技术整合可再生能源系统（如太阳能光伏、地源热泵等），可提高清洁能源利用率，减少碳排放。

1.2 提升智慧适老服务水平

数字化设计支持智慧适老技术与建筑空间的深度融合。通过BIM技术进行管线综合优化，为智能监测设备（如跌倒预警系统、健康监测传感器）预留安装空间和线路；整合社区医疗、生活照料、文化娱乐等资源，利用生成式设计算法优化公共活动空间布局，提升老年人社交互动的便利性和安全性。

1.3 优化适老化设计精准度

提升适老化设计精准度，需以老年人群细分与真实需求为核心，构建“需求识别—空间适配—环境营造—数字验证”的全流程精准优化体系。通过对自理、半失能、失能等不同健康状况，以及低龄、中龄、高龄不同年龄阶段老年群体进行分类调研，结合行为轨迹观测与人体工学数据，精准定位生理、心

理与使用痛点。在空间布局上贴合老年行动动线，就近布置高频功能空间，简化通行路径；在细部设计上严格适配老年人体尺寸，优化扶手、座椅、操作面板等关键尺寸，强化防滑、防撞、无障碍等安全保障。针对老年人感知衰退特征，优化照明、色彩、声环境与触觉提示，提升环境友好性。同时依托参数化设计、性能模拟与VR/AR沉浸式体验，实现空间尺度、采光通风、智能设备的量化优化与前置验证，推动适老化设计从通用规范满足转向个性化、精细化、人本化精准适配，切实提升养老设施的安全性、舒适性与使用效率。

1.4 提高设计效率与质量

数字化设计工具能够显著提升社区养老设施的设计效率和质量。运用参数化设计与BIM技术整合建筑、低碳、适老、智慧等多专业信息，快速生成方案并自动更新模型，减少重复修改与设计冲突；通过EnergyPlus、CFD、Daysim等软件开展采光、通风、能耗量化模拟，提前优化性能短板，提升设计科学性。采用VR/AR沉浸式验证与老年用户反馈闭环，前置修正空间与功能问题，避免后期返工。

2 双碳目标下社区养老设施智慧适老建筑数字化设计与优化方法

针对社区养老设施的特殊性，结合双碳目标和智慧适老要求，通过精准优化无障碍尺度、安全防护与智能交互，形成“双碳—智慧—适老”一体化设计方法，提升建筑全生命周期效率与品质，助力双碳目标与积极老龄化协同落地。以下论述的相关内容便是对双碳目标下社区养老设施智慧适老建筑数字化设计与优化方法的详细分析。

作者简介：赵丹（1993.03），女，汉族，西安翻译学院，研究方向：养老建筑设计，数字化设计。

2026年度西安翻译学院校级科研项目立项，项目编号：2026B13，项目名称是：双碳目标下社区养老设施智慧适老建筑设计研究。

2.1 基于双碳目标的参数化设计

参数化设计是实现社区养老设施低碳化的核心手段。通过建立“性能—参数”关联模型，将碳排放量、能耗指标等双碳目标转化为可量化的设计参数，应用建筑信息模型技术、进行性能模拟与分析，实现建筑形态与低碳性能的协同优化。

2.1.1 关键参数体系构建

环境参数：包括建筑朝向、窗墙比、遮阳形式等，通过 Daysim 等软件模拟自然采光，优化参数以减少人工照明能耗；能耗参数：建立围护结构热阻、气密性等参数与建筑能耗的关联模型，利用 EnergyPlus 进行能耗模拟；适老参数：将扶手高度、通道宽度、空间尺度等适老要素转化为参数化变量，确保设计符合老年人身体机能需求。

2.1.2 案例应用

在社区养老设施的南向立面设计中，通过 Grasshopper 建立参数化模型，将窗墙比、遮阳板角度、光伏板布置作为变量，以“最小碳排放+最佳采光”为目标函数，自动生成优化方案。

2.2 智慧适老导向的 BIM 集成设计

建筑信息模型（BIM）技术为社区养老设施的智慧适老设计提供了协同平台，能够整合建筑、结构、设备、智能化等多专业信息，实现智慧适老系统与建筑空间的一体化设计。

（1）BIM 应用要点：智慧设备集成：在 BIM 模型中精确定位智能监测设备（如红外跌倒探测器、智能床垫传感器），优化管线走向和安装空间；无障碍设计模拟：利用 BIM 模型进行轮椅通行模拟，检查通道宽度、转弯半径等是否符合规范要求；全生命周期管理：建立包含材料碳排放数据的 BIM 模型，为运营阶段的碳足迹追踪和适老化改造提供数据支持；协同设计流程：通过 BIM 协同平台，建筑师、结构工程师、设备工程师和智能化设计师可实时共享设计信息，确保智慧适老系统与建筑结构的协调统一，避免后期改造对建筑结构的破坏。

2.3 多性能耦合的模拟分析

社区养老设施的数字化设计需要综合考虑低碳性能、适老功能和智慧服务的耦合关系，通过多性能模拟分析实现设计方案的整体优化。

（1）关键模拟技术：能耗与碳排放模拟：采用 EnergyPlus 软件模拟不同设计方案的能耗和碳排放水平，优化建筑保温、暖通空调系统；室内环境质量模拟：利用 CFD 软件模拟室内气流组织，确保良好的通风效果；模拟声环境，控制噪音在 50 分贝以下；适老空间性能模拟：通过 VR 技术模拟老年人在不同光照条件下的视觉感受，优化照明设计；模拟紧急情况下的

疏散路径，提高安全性；多目标优化方法：建立“碳排放—舒适度—安全性”多目标优化模型，通过遗传算法等优化算法，寻找最优设计方案。例如，在公共活动空间设计中，以碳排放量最小化、采光均匀度最大化和疏散时间最短化为目标，进行多变量优化。

2.4 数据驱动的适老设计优化

基于老年人行为数据和环境数据的分析，能够为社区养老设施的适老化设计提供科学依据，实现从经验设计向数据驱动设计的转变。

（1）数据采集与应用：行为数据采集：通过智能手环、视频分析等手段，收集老年人在现有养老设施中的活动轨迹、停留时间等数据；环境数据监测：监测室内温湿度、CO₂ 浓度、光照强度等环境参数，分析其与老年人舒适度的关系；设计优化应用：基于数据分析结果，优化空间布局（如增加老年人高频活动区域的面积）、调整环境控制策略（如根据老年人活动规律调节室内温度）。

（2）案例应用：通过分析某社区养老设施的老年人行为数据，发现老年人在上午 9-11 点和下午 3-5 点对公共活动空间的使用率最高，据此优化了这些时段的自然采光和通风设计，并增加了相应区域的座椅数量。

2.5 智慧适老场景的 VR/AR 可视化设计

虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术为社区养老设施的智慧适老设计提供了直观的可视化手段，能够在设计阶段模拟智慧适老场景，提高设计的精准度和用户满意度。

（1）技术应用场景：智慧适老设备交互模拟：利用 VR 技术模拟老年人使用智能交互设备（如语音控制照明、一键呼叫系统）的过程，优化界面设计；适老空间体验评估：组织老年人参与 VR 场景体验，收集其对空间布局、色彩搭配、家具布置的反馈意见；施工过程可视化：利用 AR 技术将 BIM 模型与施工现场叠加，指导智慧适老设备的安装施工，提高安装精度。

3 数字化设计在社区养老设施智慧适老建筑中的实践案例

以下结合实际项目案例，说明数字化设计在双碳目标下社区养老设施智慧适老建筑设计中的具体应用：

3.1 某社区嵌入式养老服务中心参数化设计

该项目位于西安市某老旧小区内，总建筑面积约 2000 m²，旨在通过数字化设计实现低碳节能与智慧适老的双重目标。

设计策略：利用 Rhino+Grasshopper 建立参数化模型，以建筑能耗和老年人活动舒适度为优化目标；通过调整建筑南向

开窗面积、遮阳板角度和光伏板布置,实现太阳能利用最大化;优化室内空间参数,如走廊宽度(1.8m)、门洞尺寸(1.2m)、扶手高度(0.85-0.9m)等,满足适老化要求。

实施效果:通过参数化优化设计,该项目预计年减少碳排放约15吨,自然采光满足率提高至85%,老年人活动空间的舒适度评分提升20%。

3.2 某智慧养老社区 BIM 集成设计

该项目位于陕西省汉中市,总建筑面积约5万m²,是集居住、医疗、康复、娱乐于一体的综合性智慧养老社区。

设计策略:建立全专业BIM模型,整合建筑、结构、机电、智能化等设计信息;在BIM模型中集成智慧适老系统,包括智能床垫、紧急呼叫、定位导航等设备的定位和管线设计;利用BIM进行能耗模拟和碳排放分析,优化建筑围护结构和空调系统设计。

实施效果:通过BIM集成设计,项目设计阶段专业冲突减少60%,施工效率提高30%,智慧适老系统安装精度达到99%,预计建筑运行能耗降低25%。

4 双碳目标下社区养老设施智慧适老建筑数字化设计趋势

4.1 智能化设计深度融合

人工智能(AI)技术将与BIM、参数化设计等深度融合,实现设计过程的智能化。例如,基于机器学习算法,自动识别和优化社区养老设施的低碳设计参数;利用深度学习模型,根据老年人需求自动生成适老化空间布局方案。

4.2 全生命周期数字化管理

数字化设计将贯穿社区养老设施的全生命周期,从设计、

施工到运营维护。通过建立数字孪生模型,实时监测建筑能耗、室内环境质量和老年人活动数据,实现动态优化和精准管理,持续提升建筑的低碳性能和适老服务水平。

4.3 多学科协同设计平台发展

未来将建立面向社区养老设施的多学科协同设计平台,整合建筑学、老年学、环境科学、信息技术等多学科知识,实现“双碳—智慧—适老”的协同优化。通过云端协同平台,设计师、工程师、医护人员和老年人可共同参与设计过程,提高设计的科学性和适用性。

4.4 沉浸式设计体验普及

VR/AR/MR等沉浸式技术将在社区养老设施设计中广泛应用,使老年人能够在设计阶段“走进”未来的养老空间,直观感受空间尺度、环境氛围和智慧设备的使用体验,为设计优化提供直接反馈。

5 结语

双碳目标下社区养老设施智慧适老建筑数字化设计与优化是应对人口老龄化和气候变化的重要举措。数字化设计作为实现这一目标的关键技术手段,通过参数化设计、BIM集成、性能模拟、数据驱动和VR/AR可视化等方法,能够有效整合低碳技术与智慧适老功能,提升社区养老设施的环境品质和服务水平。

未来,随着数字技术的不断创新和应用,社区养老设施的设计将更加精准化、个性化和智能化,为老年人创造健康、舒适、安全的生活环境,推动养老事业的可持续发展。建筑企业和设计机构应积极探索数字化设计的应用路径,加强跨学科合作,培养专业人才,为实现“双碳”目标和积极应对人口老龄化贡献力量。

参考文献:

- [1] 鲁波.智慧适老社区框架下的老旧社区公共空间更新策略研究——以益阳市虎形山社区公共空间改造为例[J].智能建筑与智慧城市,2025,(10):57-59.
- [2] 杨德科.智慧城市视角下智能适老设施建设的理论框架与实现路径[J].建筑与文化,2025,(09):274-276.
- [3] 王波,文华,杨鑫春,等.绿色建筑理念下城市养老建筑设计策略[J].科技导报,2021,39(08):60-67.
- [4] 陈旭飞.绿色建筑理念下医养结合型养老建筑的设计探析——以鼓楼区金燕路社区医养结合服务中心为例[J].居业,2023,(03):97-99.
- [5] 隋立军.全生命周期视角下养老社区绿色化程度评价研究[D].大连理工大学,2021.
- [6] 李慧娟,郭宸宇,郭玉馨,等.基于健康促进的城市街区环境“适老—智慧”化更新策略研究[J].城市环境设计,2025,(04):37-44.
- [7] 基于CiteSpace的国内景观参数化领域研究进展与趋势分析[J].李钊源.未来城市设计与运营,2022(08)
- [8] 参数化建筑造型技术在仿生景观雕塑中的应用——以作品《洞》为例[J].张滨;林寅含.建筑与文化,2022(07)
- [9] 王玉婷,吴斌,吴凯.基于人口老龄化探索既有社区老旧建筑的改造设计[J].建筑科学,2024,40(05):198.
- [10] 倪燕翎,陈群,赵梦豪.基于BIM的住宅小区适老化改造研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(05):82-84.