

Research on aging sanitary ware based on modular design

Zhongbao Yin Tianhe Zhao Jiang Wang Haoyang Wang

University of Science and Technology, Anshan, Liaoning, 114051, China

Abstract

With the acceleration of China's aging process, up to now, the proportion of people over 60 years old has exceeded 18%, which means that the scale of the elderly group in the society is increasingly huge. In the daily life scene, the importance of aging bathroom design for the elderly is becoming more and more prominent, and their demand for its safety, convenience and intelligence is also continuing to rise. This research takes the modular design idea as the core guiding concept, deeply integrates the user behavior analysis, ergonomics and intelligent technology, and builds a complete and systematic design scheme for the aged bathroom system. Through scientific and reasonable division of functional modules, standardized interface design, the introduction of intelligent dynamic adjustment mechanism, and comprehensive reliability verification, we are committed to solving a series of practical problems such as poor compatibility and complex operation of existing sanitary products.

Keywords

age-appropriate design; Bathroom space; Modular design; Security; comfort

基于模块化设计的适老化卫浴研究

尹忠宝 赵天赫 汪江 王浩洋

辽宁科技大学, 中国·辽宁 鞍山 114051

摘要

随着我国老龄化进程的不断加速, 截至目前, 60岁以上人口占比已超18%, 这一数据意味着老年群体在社会中的规模日益庞大。在日常生活场景里, 适老卫浴设计对于老年人的重要性愈发凸显, 他们对其安全性、便捷性与智能化的需求也在持续攀升。本研究以模块化设计思想作为核心指导理念, 深度融合用户行为分析、人机工程学以及智能化技术, 构建出一套完整且系统的适老卫浴系统设计方案。通过科学合理地进行功能模块划分、标准化接口设计, 引入智能化动态调节机制, 并开展全面的可靠性验证, 致力于解决现有卫浴产品存在的兼容性差、操作复杂等一系列实际问题。

关键词

适老化设计; 卫浴空间; 模块化设计; 安全性; 舒适性

1 引言

1.1 研究背景

我国自20世纪90年代末正式步入老龄化社会, 此后老龄化速度不断加快, 当前老龄化增速已达3.2%。随着年龄的增长, 老年人口的生理机能出现不同程度的退化, 其中肌肉力量下降、平衡能力减弱表现得尤为明显。在卫浴空间这一特定场景中, 由于现有卫浴产品普遍存在设计简陋、智能化程度低等问题, 使得老年群体在使用过程中面临诸多安全隐患。例如, 老年人在如厕、淋浴等日常活动时, 跌倒风险大幅增加, 据相关统计数据表明, 此类跌倒事故在家庭事故中的占比超过60%。这些事故不仅给老年人的身体健康

带来严重损害, 还对其家庭造成了沉重的经济和精神负担。

1.2 研究意义

模块化设计理念在适老卫浴产品设计领域具有重要价值。通过标准化接口的设计, 不同功能模块之间能够实现灵活组合, 从而满足不同身体机能老年人的个性化需求。与此同时, 这种设计方式还能充分兼容普通用户的使用习惯, 避免了因产品设计过于特殊而导致的通用性问题。更为重要的是, 模块化设计推动了卫浴空间从传统的“静态适老”模式向更为先进的“动态适老”模式转型, 让卫浴空间能够根据老年人的实时需求进行相应调整, 为老年人提供更加安全、舒适、便捷的使用体验, 这对于提升老年人的生活质量具有重要意义。

2 文献综述与理论框架

2.1 模块化设计理论

模块化设计思想起源于系统工程中的标准化与规范化理念^[1], 其核心要点在于将复杂的系统拆解为多个可以独立

【项目基金】2025年辽宁科技大学大学生创新创业训练计划项目。

【作者简介】尹忠宝(2002-), 男, 中国辽宁大连人, 在读本科生, 从事建筑适老化的空间设计方向研究。

开发、具有标准接口的功能模块。这些功能模块各自具备特定的功能，通过不同的组合方式能够实现多样化的系统功能。在卫浴领域，模块化设计主要可划分为以下几类：

①核心功能模块：像智能马桶、升降洗手台这类直接满足用户基本使用需求的模块，是卫浴空间的关键组成部分^[2]。智能马桶能够为老年人提供更加舒适、便捷的如厕体验，而升降洗手台则可根据使用者的身高进行调整，提高使用的便利性，不仅满足日常家庭其他成员使用还可以让不同身高的老年人使用，使用环境更加多元化，在镜子后设计滑轮来进行上下移动。可变范围在 700~900mm 能够适配大多数的人群使用（如图 1）。



图 1（图片来源作者手绘）

②辅助功能模块^[3]：可伸缩扶手、折叠座椅等属于辅助功能模块，它们主要用于增强老年人在卫浴空间内活动的安全性和便利性。可伸缩扶手能在老年人需要时提供可靠的支撑，同时也可以安装在坐便器前侧安装能够折叠的小桌子上，缓解腰背受力，同时还可以安装靠背，便于老人背部获得支撑，折叠座椅则方便老年人在淋浴或洗漱时休息不会因为洗漱时间过长导致没有力气等因素（图 2）。



图 2（图片来源作者手绘）

③环境调控模块^[4]：恒温系统、智能照明等环境调控模块致力于为用户营造一个舒适的卫浴环境。恒温系统可以保持水温恒定，可以通过智能化系统设计来确保温度调控到我们想到的温度，预热好我们所需的水量等，避免老年人因水温忽冷忽热而受到惊吓或发生危险；智能照明则根据不同的使用场景自动调节亮度，同时卫生间的顶灯常居中布置，而坐便器有时会被布置在角落，一些老人想在排便后检

查排泄物状况时，很可能由于背光看不清楚，所以需要提高照明的舒适度和安全性。可在坐便器上方单独射灯，方便老人检查自己的排泄物，获得充足的局部照明。

2.2 适老化设计原则

①安全性^[5]：在适老卫浴设计中，安全性是首要原则。避免采用尖角设计，防止老年人在使用过程中意外碰撞受伤因此洗漱台、马桶等一些地方需要进行圆润确保出现问题。老人在自己独立卫浴或者如厕的时候发生一些突发意外，需要援助，此时，如果卫生间门为内开门，可能被倒地的老人挡住无法开门，很难第一时间进行营救，因此最好为平开的推拉门或者是折叠门，保证出现在紧急情况可以从外部开门及时营救，厕位、浴位变宜设置呼叫器或者呼叫绳，便于老人及时求助；选用摩擦系数 ≥ 0.6 的防滑材料铺设地面和卫浴设施表面，有效降低老年人滑倒的风险。

②易用性：为了方便老年人使用，应尽可能简化操作流程，一看就会，一用就懂，自己一个人在家也能够独自操作等。例如，设计一键切换模式，让老年人能够轻松实现不同功能的转换，降低他们的认知负荷，使产品操作更加直观、便捷，同时按键能够根据老人的日常习惯来进行适配和使用确保一键搞定所有。

③动态适配：借助传感器技术，实时监测老年人的使用状态和环境参数，进而自动调整设备参数。比如，根据老年人的使用需求自动调节扶手高度，当老人需要拿取柜台的东西的时候可以根据按钮自动调节高度来满足老年人的需要确保全程无障碍或者依据环境温度和皮肤电导率动态调整水温，为老年人提供更加个性化、舒适的使用体验。

3 适老卫浴模块化系统设计

3.1 功能模块划分与接口设计

①如厕模块^[6]：集成了高度可调马桶和电动助力扶手。高度可调马桶的调节范围设定为 400 - 500mm，能够满足不同身高老年人的使用需求；电动助力扶手提供 30 - 50N 的推力，帮助老年人轻松起身，减少因起身困难而导致的跌倒风险。

②洗漱模块：包括电动升降洗手台和倾斜镜面。电动升降洗手台的高度可在 700 - 900mm 之间调节，以适应不同身高的使用者；倾斜镜面的角度可在 0 - 15° 范围内调节，方便老年人查看面部，提高洗漱的便利性。

③淋浴模块：配备了折叠座椅和恒温花洒。折叠座椅的承重能力为 150kg，能够满足大多数老年人的使用需求；恒温花洒将水温控制在 $38 \pm 1^\circ\text{C}$ ，为老年人提供舒适的淋浴体验，避免因水温不适而引发身体不适。

④辅助模块：由压力感应地垫和移动助力机器人组成。压力感应地垫能够实时监测老年人在卫浴空间内的活动状态，一旦检测到异常情况，可及时发出警报；移动助力机器人则可在老年人需要帮助时提供辅助，如协助移动、拿取物

品等。

接口标准化设计:

①机械接口^[7]:采用磁吸快拆结构,其公差控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 。这种结构不仅能够确保模块之间连接的稳定性,还支持模块的快速更换,方便产品的维护和升级,对于老年人视力不好的可以不用很准确的对准接口,可以轻松地连接到电源或者其他接口等。

②数据接口:运用 Zigbee 协议实现模块间的通信,该协议具有低功耗、低速率、近距离传输等特点,能够确保各模块之间动作协同。例如,当系统检测到老年人跌倒时,可通过数据接口自动关闭水源,避免发生其他意外事故。

3.2 智能化动态调节机制

3.2.1 传感器网络

压力传感器^[8]:精度控制在 $\pm 1\text{kg}$,主要用于监测用户体重分布情况。通过对体重分布数据的分析,系统可以判断老年人的站立或坐姿状态,进而为其他设备的参数调整提供依据。

毫米波雷达:采用隐私模式工作,能够有效捕捉用户的动作轨迹。利用先进的算法,毫米波雷达可以识别出高风险行为,如转身失衡等,一旦检测到此类行为,系统将及时采取相应措施,如启动紧急救援程序或调整相关设备参数,保障老年人的安全。

3.2.2 自适应算法

扶手高度调节公式: $H = 0.8h + 0.2v$ (其中 h 为坐姿高度, v 为起身加速度)。该公式是基于大量的人体工程学实验数据和老年人使用习惯研究得出的,能够根据老年人的实际身体状态自动调节扶手高度,为老年人起身提供最佳的支撑。

水温控制模型:基于环境温度与皮肤电导率动态调整水温,控制误差 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ 。通过实时监测环境温度和皮肤电导率的变化,系统能够精确调整水温,确保老年人在淋浴过程中始终处于舒适的水温环境中。

4 实验验证与结果分析

可靠性测试:

①机械疲劳测试:按照 GB/T 18102 - 2020 标准,对折叠座椅进行 10 万次开合测试。测试结果显示,折叠座椅的铰链磨损率 $< 3\%$,这表明折叠座椅的机械结构具有较高的可靠性,能够满足长期频繁使用的需求。

②环境适应性:将各功能模块置于高温高湿($40^\circ\text{C}/90\%\text{RH}$)的环境下连续运行 720 小时,在此期间,各模块均未出现故障。这一测试结果证明了该适老卫浴模块化系统在恶劣环境下具有良好的环境适应性,能够稳定运行。

5 案例应用与优化建议

5.1 典型场景应用

①半失能老人淋浴:当半失能老人进入淋浴区域时,

折叠座椅自动展开,移动助力机器人辅助老人调整坐姿,使其能够安全、舒适地坐在座椅上。同时,花洒根据系统预设的程序自动降至 1.2m 的高度,方便老人使用,整个过程极大地提高了半失能老人淋浴的安全性和便利性。

②健康老人如厕:健康老人在使用马桶时,马桶高度会根据老人的身高和使用习惯进行自适应调节。此外,马桶还配备了心率监测功能,一旦检测到老人的心率出现异常数据,系统会立即将数据同步至家属 APP,以便家属及时了解老人的身体状况,采取相应的措施。

5.2 优化方向

①成本控制:为了降低产品成本,提高产品的市场竞争力,可以采用开源硬件,如 Arduino。开源硬件具有成本低、可扩展性强等优点,能够在不影响产品性能的前提下,有效降低智能模块的成本。

②用户教育:考虑到老年人对新技术的接受程度相对较低,为了减少他们对新技术的抵触心理,可以设计语音引导系统。通过语音提示,引导老年人正确使用卫浴产品的各项功能,帮助他们更好地适应新技术带来的变化。

6 结论与展望

本研究成功运用模块化设计思想构建了一套安全、灵活、智能的适老卫浴系统。经过实验验证,该系统在提升空间利用率和保障用户安全性方面表现出色,有效解决了现有卫浴产品存在的问题。未来,随着科技的不断进步,可以进一步结合 AI 技术实现预测性调节功能。例如,通过分析老年人的日常使用习惯和健康数据,提前预热马桶座圈,为老年人提供更加贴心的服务。同时,积极推动行业标准化接口的制定,促进适老卫浴产品市场的规范化发展,让更多的老年人能够享受到优质、便捷的卫浴产品。

参考文献

- [1] 周敏,刘允,经恩贤.基于模块化设计思想的适老化卫浴产品设计研究[J].设计,2021(12):81-82.
- [2] 贺玲.养老院卫浴产品的适老化设计研究及实践[D].重庆工商大学,2024.
- [3] 黄梦洁,吴海江.基于适老化的老年卫浴产品设计研究[J].美与时代,2024(45):139-143.
- [4] 周红宇,王嘉伦.基于Kano-QFD的适老化卫浴产品设计研究[J].包装工程,2023,44(4):150-157.
- [5] 郑安.适老型家居产品设计研究——以卫浴产品为例[D].浙江:中国美术学院,2022.
- [6] 李5怡,于涛,房振涛.适老化卫浴产品设计研究[J].工业设计,2020(6):71-72. DOI:10.3969/j.issn.1672-7053.2020.06.038.
- [7] 汪瑞,高原.关于适老型智能卫浴空间的探索[J].美与时代(上旬刊),2015(7):88-90.
- [8] 王福云.安全、舒适的卫浴空间设计-为老年人和行动不便者所考虑[J].家具,2000,(2):40-42.