



CHEAA



CCSA

# 研究报告

SR 496-2024

智能家居的人-系统交互工效学标准体系

中国通信标准化协会

中国家用电器协会

2024.11

# 研究报告要点

随着智能家居系统的用户体验受到越来越广泛的关注以及人工智能技术在智能家居系统中的广泛应用，如何在具有交互式计算机的系统中开展以人为中心的交互设计、让计算机与系统适应人，即人-系统交互工效学，逐渐成为智能家居行业提升用户体验的热点课题。目前已知的人类工效学国家标准体系，尚未发现针对智能家居系统的人-系统交互工效学标准。

课题首先全面检索了相关人类工效学国家标准，并梳理出其中与家电及消费电子相关的人-系统交互工效学国家标准，其次根据用户与智能家居系统的各种不同交互方式与使用情境，提出了智能家居的人-系统交互工效学标准体系，并针对智能家居系统的特点，详细描述了面向可用性测试评价的工效学指标及测试步骤，最后给出了下一步智能家居系统用户体验相关标准化工作的建议。

中国家用电器协会&中国通信标准化协会 智能家居互联互通联合工作组  
(CHEAA/CCSA JWG1)

研究单位：北京小米移动软件有限公司、中国移动通信集团有限公司、维沃移动通信有限公司、中国信息通信研究院、青岛海尔科技有限公司、浙江苏泊尔股份有限公司、广东中创智家科学研究所有限公司

项目负责人：陈灿峰

项目参加人：丁雪莲、张慧、金剑超、许一骅、王亚忠、陈逸泽、庞帅、高宏、王淼、余悦、王先庆、鄂磊、张作强、吕佳谊、叶琳

完成日期：2024 年 7 月 15 日

## 致 谢

特此感谢全国人类工效学标准化技术委员会（SAC/ TC7）主任委员  
中国标准化研究院 赵朝义博士对本课题的悉心指导！

智能家居的人-系统交互工效学标准体系课题组  
2024 年 7 月 15 日

## 目 录

1. 课题背景.....	5
1.1 术语.....	6
1.2 参考文献.....	7
2. 已有标准分析.....	8
2.1 以人为中心的交互系统设计.....	8
2.2 可用性的定义与概念.....	8
2.3 人-智能系统交互设计指南.....	11
2.4 工作系统设计的人类工效学原则.....	11
2.5 移动终端人-系统交互工效学触控界面感知流畅性.....	12
2.6 人-系统交互健康家居设计指南.....	13
2.7 家居无障碍设计导则.....	15
2.8 家用电器的人类工效学技术要求与测评 第1部分：电冰箱.....	16
3. 标准体系.....	17
3.1 人类工效学的国家标准体系.....	17
3.2 智能家居的人-系统交互工效学标准体系.....	21
3.3 智能家居的人-系统交互工效学可用性目标.....	23
3.4 智能家居的人-系统交互工效学可用性指标体系.....	25
3.5 智能家居的人-系统交互可用性测试步骤建议.....	26
4. 标准化工作建议.....	27
4.1 宏观的工作建议.....	27
4.2 具体的立项建议.....	27

# 智能家居的 人-系统交互工效学标准体系

---

## 1. 课题背景

智能家居（亦称全屋智能、智慧家庭）系统，是由多个连接至家庭网络与服务平台的硬件设备（如通信与组网设备、智能家电与家居设备、安防与监控设备、控制与交互设备等）及其关联的软件应用所构成的系统，可为用户提供便利、安全、环保、节能、舒适、高效的智能家庭生活体验。

近年来随着行业的快速发展、智能硬件与应用的功能趋同化，用户不仅关注产品与系统本身的产品安全、功能、性能及环保等基本要求，还对系统的人性化水平提出了更高的要求，以用户为中心的设计和智能家居系统整体的**用户体验**已越来越得到行业与消费者的关注。

2022 年 9 月，在中国家用电器协会与中国通信标准化协会组织的智能家居互联互通联合工作组（CHEAA/CCSA JWG1）第 7 次会议上，北京小米移动软件有限公司和中国信息通信研究院等单位代表提出，除了面向智能家居设备连接的用户体验测评标准外，行业缺乏面向智能家居系统的用户体验测评规范，特别是以用户为中心的用户体验测评标准。

2023 年 4 月中国家用电器协会与中国通信标准化协会联合发布的《中国智能家居互联互通白皮书》中提到，当前智能家居系统面临的主要挑战之一是“用户体验有待提高”。影响用户体验的常见问题包括：通信网络稳定性差、覆盖范围不足，产品智能化分级不够明确，智能场景缺乏统一标准，人机交互复杂，售后服务不规范等，上述问题涉及到智能家居产品与系统的**可用性（易用性）**和**智能化**等方面。

用户体验相关的国内标准化工作主要是 SAC/TC7（人类工效学标准化技术委员会）开展。**人类工效学**（又称作人体工效学、人体工程学、人因工程学）是研究人和机器、环境的相互作用及其合理组合，使设计的机器和环境系统适合人的生理、心理等特点，以提高人类生活质量、优化系统整体绩效的学科。人类工效学的核心思想和目标是：**以人**为中心，让工作和生活舒适、健康、高效、安全。2017 年中共中央国务院《关于开展质量提升行动的指导意见》中提到，建立质量分级制度，鼓励企业优化功能设计、外观设计、人体工效学设计，鼓励以用户为中心的微创新，改善用户体验，激发消费潜能。2023 年中共中央国务院印发的《质量强国建设纲要》中提到，针对家电、家具、可穿戴设备等产品，推广人体工效学设计，加强人体功效基础研究与产品标准研制。

目前 SAC/TC7 的**人类工效学**的标准体系，基本上可以划分为：一般性工效学原则、人体特性、物理环境、人-系统交互和无障碍设计等五方面。其中，人体特性包括：人体测量、视觉特性、听觉特性、触觉特性等，物理环境包括：热环境、光环境、声环境等，**人-系统交互**包括：视觉交互、听觉交互、手势/触觉交互、智能系统交互、以人为中心的设计与测评、综合应用等。

在家电与家居产品领域，SAC/TC7 已经开展了以空调、冰箱、座椅、照明等为代表的家

电与家居产品的人类工效学标准化工作，例如家电的结构要求、界面要求、噪声声品质要求、空调的热舒适性要求等标准。在以智能手机为代表的移动终端产品领域，也已经启动了“人-系统交互工效学”方面的标准研制工作，例如面向触摸屏设备的流畅性用户体验标准。

目前在 SAC/TC7 的人类工效学标准体系中，还没有发现针对智能家居系统的人类工效学标准。因此，有必要先梳理总结出针对智能家居系统的人类工效学标准体系，特别是人-系统交互工效学标准体系。

本研究课题将全面检索和分析与智能家居系统有关的人类工效学标准，梳理总结出智能家居的人-系统交互工效学标准体系，并建立本课题标准体系与已有的人类工效学标准体系之间的关系，并给出下一步智能家居用户体验相关标准化工作的建议。基于课题的研究结果，可进行相关人类工效学标准研制，例如构建人与智能家居系统交互时各维度的工效学指标，包括主观性及客观性度量，可为智能家居产业特别是产品与系统解决方案的厂商提供可用性设计、技术创新、对比和优化等参考，也可提供智能家居产品与系统用户体验相关的测量与评价的依据。

## 1.1 术语

本研究课题的报告使用到了以下术语。

- **人类工效学**（Ergonomics）：也被称作人因学（human factors）。人类工效学是一门研究人和系统中各要素之间相互作用的科学学科，是将理论、原则、数据和方法应用于设计来优化人类福祉以及整体系统绩效的专业。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.2.5]
- **以人为中心的设计**（Human-centered design）：一种提升交互系统可用度的系统设计和开发方法，此方法强调采用系统的设计思想，并应用人因学、人类工效学和可用性的知识与技术。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.2.6]
- **用户体验**（User experience）：用户在某系统、产品或服务的使用中或预期使用中产生的感受和反应。[来源：GB/T 18978.11-2023，6.6.3]
- **可用性**（Usability）：以有效性、效率和满意度为指标，某一系统、产品和服务在特定使用情境下为了特定目标可被特定用户使用的程度。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.1.1]
- **有效性**（Effectiveness）：用户实现特定目标的准确性和完备性。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.1.12]
- **效率**（Efficiency）：为实现目标而消耗的资源。典型资源包括时间、人力、成本和材料。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.1.13]
- **满意度**（Satisfaction）：用户使用某一系统、产品或服务产生的身体、认知和情感反应满足用户需求和期望的程度。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.1.14]
- **使用情境**（Context of use）：用户、目标、任务、资源和环境的组合。其中“环境”包括技术、物理、社会、文化和组织环境。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.1.15]
- **用户体验**（User experience）：用户对于使用或期望使用的系统、产品或服务的感受和反应。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.2.3]
- **用户**（User）：与系统、产品或服务交互的人。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.1.7]
- **系统**（System）：为实现一个或多个规定目标而构建起来的相互作用要素的组合。[来源：GB/T 18978.11-2023，3.1.4]
- **交互**（Interaction）：用户与设备或系统之间的双向信息交流。[来源：GB/T

32261.2-2015, 4.12, 有修改]

- **交互系统** (Interactive system)：用户为实现特定目标而与之交互的硬件、软件、服务、人员等的组合。[来源：GB/T 18978.11-2023, 3.1.5]
- **智能家居系统** (Smart home system)：以人们的居住环境为家庭平台，利用信息化技术将家庭中各种通信设备、家居设施、家用电器、环境监控、安保防护等电子装置连接到家庭智能化系统或云服务平台上进行集中的通信、监视、控制，和家庭事务管理，以给智能家居用户提供便利、安全、环保、节能、舒适、高效的家庭生活的设备、网络、平台、应用的总称。[来源：YDB 199-2018, 3.1]
- **应用终端** (Application terminal)：在智能家居系统中，连接到家庭网络中，可以执行控制类终端的交互指令，并满足人们对居住环境的智能化应用需求的电子化、信息化产品。[来源：YDB 199-2018, 3.7]
- **控制终端** (Control terminal)：在智能家居系统中，以本地或者远程方式综合管理或控制各智能家居应用终端，主要实现将使用者的操作或控制行为转换成实际指令信号，并协调云服务平台的智能化应用服务资源，下发至应用终端以供其执行具体操作。[来源：YDB 199-2018, 3.6, 有修改]
- **云服务平台** (Cloud service platform)：通过网络统一组织和灵活调用各种智能家居信息资源，实现智能家居信息大规模计算的处理方式。其利用分布式计算和虚拟资源管理等技术，通过网络将分散的 ICT 资源（包括计算与存储、应用运行平台、软件等）集中起来形成共享的智能家居资源池，并以动态按需和可度量的方式向用户提供服务。[来源：YDB 199-2018, 3.3, 有修改]

## 1.2 参考文献

本研究课题的报告参考了以下文献资料：

- [1]赵朝义，智能家居的人类工效学研究和标准化进展，2023 年 6 月
- [2]赵朝义，人类工效学设计管理要求，2023 年 11 月
- [3]邵光达，罗虹，赵朝义，罗玲，韦波，吴博，王薇，家用电器界面工效学测评技术与应用，2015 年中国家用电器技术大会
- [4]陈善广，李志忠，葛列众，张宜静，王春，人因工程研究进展及发展建议，中国科学基金，第 35 卷，第 2 期，2021 年
- [5]许为，六论以用户为中心的设计：智能人机交互的人因工程途径，应用心理学，第 28 卷，第 3 期，2022 年
- [6]闫凌，家用电器三维标准体系参考模型研究，家电科技，第 3 期，2020 年
- [7]房振安，杨婕，郑方春，赵可可，家电企业的产品用户体验标准体系建设研究，家电科技，第 5 期，2022 年
- [8]GB/T 13016-2018，标准体系构建原则和要求
- [9]智能网联汽车主观评价标准化需求研究，全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会，2022 年 7 月
- [10]陈建明，王洪艳，金传洋，车载计算机系统可用性评价指标体系研究，计算机系统应用，第 22 卷，第 10 期，2013 年
- [11]T/CQAE 15005-2023，用户体验 术语及定义，中国电子质量管理协会团体标准，2023 年
- [12]Masaaki Kurosu, Usability, Quality in Use and the Model of Quality Characteristics, Proceedings of International Conference on Human-Computer

## 2. 已有标准分析

本章将基于检索到的有代表性的与智能家居系统有关的人类工效学国家标准和国标计划，分析各标准和标准计划的范围和主要技术内容，分析其与智能家居系统的关系，并初步分析其对构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用。

### 2.1 以人为中心的交互系统设计

本节基于 GB/T 18976-2003 及国标计划《人-系统交互工效学第 210 部分：以人为中心的交互系统设计》，结合智能家居系统交互设计进行分析。

#### 2.1.1 标准的范围和主要技术内容

该标准概述了以人为中心的设计活动，应用于管理设计过程中，关注于交互系统中硬件和软件组件提高人机交互的方法。该标准的主要技术内容包括应用以人为中心的设计理由，以人为中心的设计原则，以人为中心的设计过程，以人为中心的设计活动，可持续发展与以人为中心的设计等。该标准仅以必要的深度阐述关于人因和人类工效学方面的技术问题，以便让管理者从整体上理解这些技术问题在设计过程中的相关性和重要性。

#### 2.1.2 与智能家居系统的关系

以人为中心的设计是交互式系统开发的一种方法，旨在通过关注用户的需求和要求，以及应用人因/人类工效学以及可用性知识和技术，使系统可用和有用，该标准可以结合到面向对象、瀑布模型、快速应用开发模型等多种方法中。

智能家居系统是利用家庭网络技术将家庭中各种通信设备、家用电器、家庭安保等装置连接到家庭智能化系统上进行集中的通信、监视、控制和家庭事务管理，以给智能家居用户提供便利、舒适、安全、高效、环保的家庭生活的设备、网络、平台、应用的总称（来源：GB/T 39528-2020 公众电信网智能家居应用技术要求）。

因此，《人-系统交互工效学第 210 部分：以人为中心的交互系统设计》可以用来指导智能家居系统在交互设计过程中应符合的设计流程或者应具备的条件，使得智能家居系统在设计中更加突出以人为中心，提高智能家居系统的可用性、无障碍性、用户体验等，而智能家居系统的人类工效学研究需要考虑智能家居系统具有的特殊性，如设备端应考虑不同品类、不同人群、不同环境等因素。

#### 2.1.3 对构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用

智能家居的人-系统交互工效学是人-系统交互工效学在智能家居领域中的应用或研究，《人-系统交互工效学第 210 部分：以人为中心的交互系统设计》可作为课题研究中系统设计的**总体指导**，同时在构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系过程中，也要融合智能家居系统的特点，包括使用情境、任务及交互方式等。

## 2.2 可用性的定义与概念

本节基于 GB/T 18978.11-2023《人-系统交互工效学第 11 部分：可用性：定义和概念》，结合智能家居相关生态、产品特性、用户体验等方面进行对比分析。

## 2.2.1 标准的范围和主要技术内容

GB/T 18978.11-2023《人-系统交互工效学第 11 部分：可用性：定义和概念》范围界定了如何通过用户绩效和用户满意度来解读“可用性”这个概念，并且强调可用性取决于使用系统、产品或服务的特定使用情形。此外，《人-系统交互工效学第 11 部分：可用性：定义和概念》还提出了如何解读“可用性”定义中的各个要素。以下将从各方面叙述可用性的主要技术内容：

### 1) 可用性的概念及评价指标：

可用性指：“以**有效性、效率和满意度**为指标，系统、产品或服务在特定使用情境下，为了特定的目标可为特定用户使用的程度”。基于可用性的概念，可用于对系统、产品或服务的可用性进行详细说明、设计或评估的目的，旨在促使其达到预期有效性、效率和满意度，对于可用性特定级别潜在影响的评估，可用于评判开发所需的成本。

### 2) 解决的主要问题：

《人-系统交互工效学第 11 部分：可用性：定义和概念》提出了如何解读“可用性”定义中的各个要素：“以**有效性、效率和满意度**为评判指标，系统、产品或服务在特定使用背景下为了实现特定的使用目的可为特定用户实现目标的程度。”本部分中，可用性与系统、产品或服务的交互结果有关。按照本部分的定义，可用性并不是产品的一种属性，尽管适当的产品属性有利于在特定使用情境中彰显产品的可用性。可用性是比人们通常理解的“易用性”或“用户友好性”更加全面的一个概念。

### 3) 影响可用性因素的分析：

- 经常使用时，能够使用户有效、高效且满意地完成预期目标任务；
- 通过学习，可以使新用户能够有效、高效和满意地开始使用一个新的系统、产品或服务；
- 不经常使用时，能够使用户每次使用该系统时能够获得有效、高效和满意的目标；
- 可被几乎各种能力范围的人群使用；
- 尽可能降低错误使用的风险与相应的不良后果；
- 维修时，确保能够有效、高效和满意地完成维修任务。

### 4) 需考虑可用性的场景：

当基于以下目的对系统、产品或服务的交互性进行设计和评价时，就需要考虑可用性：

- 开发；
- 采购；
- 审查或对比；
- 市场营销和市场调查。

### 5) 可用性概念的应用：

- 使用各种兴趣对象而产生的可用性；
- 可用性所需的用户特征、任务和环境；
- 设计和开发中的实现可用性；
- 采购的可用性；
- 评审或对比的适用性；
- 将可用性概念引入市场营销和市场调查。

## 2.2.2 与智能家居系统的关系

智能家居系统主要由应用终端（包括各种家电和家居设备，Wi-Fi 设备、ZigBee、蓝牙、红外等类型子设备）、网关（包括异构中继、组网网关、中枢设备等）、云平台（即云服务平台，完成端侧设备直连云平台和云云互联两种设备接入）、控制终端（主要为应用终端配

网认证绑定以及后续使用，作为人-智能家居系统交互的桥梁，目前常见代表包括移动控制设备和中央控制设备）组成，作为用户与智能家居设备与系统交互的主要界面应用终端与控制终端，网关与云平台作为认证、数据上行下行以及能力提供方对用户来讲是无感知的，用户会在使用智能家居应用终端与控制终端时，体验到智能家居系统是否可以使用、是否容易上手、操作便利等方面。

目前智能家居系统主要架构为“端-管-云-边”，设备包括组网、安防监控、健康养老、教育娱乐等智能家居设备品类形态，可以覆盖日常家庭使用范畴和领域。基于现有智能家居系统现状及应用，人-系统交互工效学的理论和作用主要可以体现并结合在**用户与智能家居系统的交互**方面，有以下常见的**使用情境**及任务：

- 1) 用户对智能家居应用终端进行配网及账号绑定；
- 2) 配网及绑定过程中控制终端侧对用户的提示、引导页面以及异常状态处理提醒等；
- 3) 智能家居应用终端配网及绑定成功后，控制终端侧向用户展示设备信息、设备功能提示引导等；
- 4) 用户操作控制终端对智能家居应用终端功能的使用（例如：查询、管控单个或群组设备等）；
- 5) 用户操作智能家居应用终端状态改变时，或应用终端运行状态出现故障或错误情况时，控制终端侧通过页面或通知与用户交互（例如：设备状态、告警数据的上报）；
- 6) 用户操作控制终端配置自动化场景规则（例如，布防撤防，创建智能家居应用终端联动交互，创建定时任务等）；
- 7) 用户对智能家居应用终端进行重置/复位操作后，控制终端侧提示用户重新进行配网及绑定；
- 8) 应用终端出现需要软件或者固件升级、以及软件或者固件升级的过程中，控制终端侧通过页面或通知与用户的交互；
- 9) 对于带有摄像头的智能音箱等控制终端设备，用户可通过控制终端与智能家居应用终端进行语音交互、手势交互等，完成上述全部或部分人机交互。

综上所述，可以结合《人-系统交互工效学第 11 部分：可用性：定义和概念》特定使用情境及任务下的用户体验评价体系，以识别有效性、效率、满意度以及使用情境的相关组成部分作为基本依据，建立可用性评测方案，对系统、产品或服务的可用性进行详细说明、设计或评估。

注：**使用情境**即用户、目标、任务、资源和环境的组合。（使用情境中的“环境”包括技术、物理、社会、文化和组织环境。）“特定”使用情境通常是所有可能的使用情境的子集。[来源：GB/T 18978.11-2023]

### 2.2.3 对构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用

根据现有人类工效学国家标准体系，结合《人-系统交互工效学第 11 部分：可用性：定义和概念》所阐述的内容以及智能家居生态体系、产品特性、用户操作等方面现状及案例，智能家居的人-系统交互工效学标准体系建设可从两个方面进行考虑：

- 1) 在现有人类工效学国家标准体系中，在人-系统交互部分中的以人为中心的设计和测评的下一级，针对智能家居人-系统交互进行应用延伸；
- 2) 针对智能家居产品特点，结合不同智能家居产品形态、不同控制终端受众（例如：适老化、关爱版界面设计等）与不同人机交互模式（例如：支持手势识别的安防设备、支持声纹识别的智能音箱等），在现有人类工效学国家标准体系中，在人-系统交互部分中的综合应用的下一级，开辟新的标准体系分支，建立相应的标准立项、研究，延展成智能家居的人-系统交互工效学标准体系树状结构。

## 2.3 人-智能系统交互设计指南

本节基于国标计划《人-系统交互工效学 人-智能系统交互设计指南》，对照智能家居系统交互设计进行对比分析。

### 2.3.1 标准的范围和主要技术内容

人能否与智能系统形成良好的交互及协作关系，将影响着能否达到良好的用户体验，以及能否最大化发挥智能系统的能力。智能系统所具备的自主学习、自主决策、主动交互、情境感知等能力与特性，给人与智能系统交互带来了一些在传统人机交互领域内不存在的新兴问题，包括人机能动性分配、动态学习与修正、情境自适应及主动响应模式等。

该国标计划将适用于具有智能和自主特性等智能系统的产品设计。主要技术内容如下：

- 设计原则；
- 设计指南；
- 指南实施，具体包括：初始阶段，交互过程中，以及出错时。

### 2.3.2 与智能家居系统的关系

ISO 9241《人-系统交互工效学》是一个系列标准，包括基于计算机的系统的输入设备、显示和交互设备等**硬件工效学**，对话和交互设计等**软件工效学**和以人为中心的设计过程和方法指南等。《人-系统交互工效学 人-智能系统交互设计指南》是指导智能系统的设计，主要是面向以智能机器人为代表的设备类型，而当前的智能家居系统暂时不涉及到机器人形态的智能系统，所以《人-系统交互工效学 人-智能系统交互设计指南》暂不适用与智能家居系统，两者关系不紧密。

### 2.3.3 对构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用

《人-系统交互工效学 人-智能系统交互设计指南》与本课题的研究内容交叉内容较少，可视为并列关系。

## 2.4 工作系统设计的人类工效学原则

本节基于 GB/T 16251—2023/ISO 6385:2016《工作系统设计的人类工效学原则》，对照智能家居系统交互设计进行对比分析。

### 2.4.1 标准的范围和主要技术内容

该标准规定了工作系统设计中的人类工效学基本原则，定义了相关的基本术语，描述了工作系统设计的综合方法。该标准旨在为工作系统的改进、设计（或再设计）或更新换代提供帮助和指导。该标准中的“**工作系统**”牵涉到特定空间和环境中和设备的组合，以及他们之间的相互作用，泛指各种不同的工况，包括不变的和可变的工作场所等。

人类工效学原则的遵循适用于工作系统的生命周期的所有阶段，从概念到开发、实现与实施、使用、维护与支持直至报废。

该标准中工作系统设计包含了一般原则、工作系统设计过程、目标设定（需求分析）、功能分析和分配、概念设计、详细设计或开发（包括工作组织设计、工作任务设计、作业设计、工作环境设计、工作设备和界面设计、工作空间和工作站设计）。

如果能合理应用，工效学能够在不损害工作者身心健康、福祉和安全的前提下，起到优化工作系统以及工作者绩效和效能的作用。工作系统实现和实施之后，宜建立工作系统的评

估和监测过程。评估和监测宜包括以下有关准则：健康和福祉、安全、系统绩效、可用性、成本效益等，以及问题记录和经验分析，以此作为工作系统纠错、适应性调整、预防措施制定或进一步开发的基础。

## 2.4.2 与智能家居系统的关系

GB/T 16251—2023/ISO 6385:2016《工作系统设计的人类工效学原则》规定了工作系统设计中的人类工效学基本原则，定义了相关的基本术语，描述了工作系统设计的综合方法。

智能家居系统也属于工作系统之一，文件设计部分（工作组织设计、工作任务设计、作业设计、工作环境设计、工作设备和界面设计、工作空间和工作站设计）也适用于智能家居系统。

其中**工作设备和界面设计**与智能家居设备关系更加密切，一般来说，界面是人和设备之间制定决策、传递信息或进行沟通的部件。显示器和控制器是界面主要组成部分。这些可能是常规的设备或计算机硬件和软件。支持人-系统交互的界面设计应适合人的特征，包括以下原则：

- 界面应提供足够信息，让工作者既可以快速了解系统全局状况，同时也能获取具体参数的详细信息；
- 最需要触及的部件应放置在最容易触及和操作的位置，最需要看到的部件应放置在最容易看到的位置，某些控制器可能有例外，例如紧急停止按钮；
- 信号和显示器的选择、设计和布置应与人的认知特性和所要执行的任务适配；
- 信号、显示器和控制器应以最大程度降低人的失误概率的方式运行；
- 控制器的选择、设计和布置应与人体操作部分的特性（特别是运动特性）和所要执行的任务相匹配，还应与将对操作技巧、准确度、速度和力量的要求纳入考量；
- 控制器的选择和布置应与目标人群的典型特征、控制过程的动态特性和作业空间要求适配，同时，控制器之间应足够靠近，方便同时或连续快速操作时能够正确完成操作任务；
- 控制器应固定，防止误触；
- 控制器之前应足够紧凑，便于协同或连续快速操作时准确完成操控任务；
- 软件信息显示器的布局以及显控一体的控制器（例如触摸屏）的设计和功能也宜体现上述原则（如适用）。

## 2.4.3 对构建能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用

GB/T 16251—2023/ISO 6385:2016《工作系统设计的人类工效学原则》规定了工作系统设计中的人类工效学基本原则，描述了工作系统设计的综合方法。它对本研究课题具有一定参考价值，在智能家居的人-系统交互工效学标准体系二级分支中，可包含智能家居系统的一般性工效学原则。

## 2.5 移动终端人-系统交互工效学触控界面感知流畅性

本节基于 GB/T 42396-2023《移动终端人-系统交互工效学触控界面感知流畅性》，对照智能家居系统交互设计进行对比分析。

### 2.5.1 标准的范围和主要技术内容

触摸屏被广泛应用于手机、平板式计算机以及智能家居终端等移动终端设备。用户在使用触摸屏移动终端时，常遇到不同的流畅性体验问题：有的界面对用户操作的响应有明显延迟；有的页面切换不流畅，有卡顿感或闪跳感；有的应用程序的启动响应速度慢。这些感知

流畅性问题直接影响了用户使用体验。

触摸屏感知流畅性不等同于系统性能。虽然用户感知流畅性离不开系统性能的支持，优秀的系统性能是保证用户感知流畅的必要条件，但好的系统性能不一定带来好的感知流畅性。系统性能、资源调度能力、图像渲染技术、硬件启动速度等指标是通过界面反馈来影响用户的感知，决定感知流畅性的优劣。

该标准给出了移动终端感知流畅性的测试方法。感知流畅性测试可为产品制造商、服务提供商以及消费者提供关于移动终端流畅性用户体验的重要信息，为产品比对和优化提供依据。移动终端触控界面应让用户在交互过程中能获得流畅的使用体验，主要包括：

- 界面响应快，无延迟等待感(及时性)；
- 界面动画顺滑连贯，无闪跳感和卡顿感(连续性)；
- 界面动画自然、不生硬，符合用户的心理预期(自然性)；
- 触屏手势交互舒适跟手，容易控制(操控性)；
- 用户对界面的动态变化过程整体无不适感并对产品使用持积极态度(愉悦性)。

该标准规定了相应的工效学指标要求和测试方法，比如响应时延、动效时长、完成时延、最大连续丢帧数、最大跟手距离等。

## 2.5.2 与智能家居系统的关系

GB/T 42396-2023《移动终端人-系统交互工效学触控界面感知流畅性》适用于带有触摸屏的智能家居终端，例如中控面板、智能冰箱、带屏智能音箱等。

## 2.5.3 对构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用

GB/T 42396-2023《移动终端人-系统交互工效学触控界面感知流畅性》对本研究课题具有一定参考价值，在智能家居的人-系统交互工效学标准体系二级分支中，对于基于触摸交互界面的设备，可包含触控界面感知流畅性相关标准，相应指标可根据智能家居设备的能力进行相应调整。

## 2.6 人-系统交互健康家居设计指南

本节基于国标计划《人-系统交互工效学 健康家居的设计指南》，对照智能家居系统交互设计进行对比分析。

### 2.6.1 标准的范围和主要技术内容

该国标计划提出了健康家居的工效学通用设计原则和要求，并给出了部分健康家居产品的工效学设计要求示例，适用于满足基本性能、质量、安全和环保要求的健康家居产品及配套系统

该国标计划的主要技术内容包括健康家居进行工效学设计时需要考虑的总体原则及主要工效学设计因素。

其中，**总体原则**包括以下技术内容：

- 一般原则；
- 用户特征匹配性原则；
- 功能场景匹配性原则；
- 环境设施匹配性原则；
- 系统可达性原则；
- 交互安全性原则；

——全流程适配性原则；

——系统兼容性原则。

需要考虑的主要工效学设计因素包括：

——人机几何适配性；

——生物力学适配性；

——视觉适配性；

——听觉适配性；

——触觉适配性；

——嗅觉适配性；

——感知适配性；

——认知适配性；

——行为适配性；

——智能适应性。

总体原则主要从健康家居的全流程交互触点出发，基于人-系统交互工效学理论和家居系统**典型的交互场景**，提出了一般原则、用户特征匹配性、功能场景匹配性、环境设施匹配性、系统可达性、交互安全性、全流程交互适配性、系统兼容性等 8 大具体原则。在总体设计原则基础上，结合典型家居场景下人-系统交互的**主要任务特点**，给出了健康家居进行工效学设计时需要考虑的 10 大人-系统适配性要素，即人机几何适配性、生物力学适配性、视觉适配性、听觉适配性、触觉适配性、嗅觉适配性、感知适配性、认知适配性、行为适配性和智能适应性。

该国标计划还以典型的健康家居空间及产品系统为例，结合所提出的指南要求，给出了家居产品工效学风险评估指南、橱柜产品工效学设计要求和评估规范、油烟机产品工效学设计要求和测评规范、卫浴产品工效学设计要求和测评规范等。附录中还给出了专家和用户体验员的选用原则和评估流程等。

## 2.6.2 与智能家居系统的关系

《人-系统交互工效学 健康家居的设计指南》提出了健康家居的工效学通用设计原则和要求，并给出了部分健康家居产品的工效学设计要求示例。该国标计划适用于满足基本性能、质量、安全和环保要求的健康家居产品及配套系统。

健康家居产品及配套系统是智能家居系统的组成部分，文件描述的设计原则和需要考虑的因素是智能家居系统考虑人类工效学的参考指标。

健康家居是满足生理、心理、社会等三方面健康舒适要求的整体家居环境条件及设施等，包括居家生活的用品用具（家具、家电及其他家居生活用品等）、物理环境系统（照明环境、热环境、声环境、气味环境、色彩环境、空气质量等）、服务设施条件以及其他相关的家居生活辅助支撑系统等。在智能家居系统交互设计过程中，突出“以人为本”的理念，针对使用人的健康需求，提出相应原则和参考指标，具体可参考如下原则和指标：

——健康家居系统具有目标用户多、使用场景多、目标任务多等特点，相关的人-系统交互触点多且范围广，在进行设计时，应尽可能多而全地考虑这些因素，使健康家居系统能够在既定的**使用情境**和**目标任务**下满足最广泛范围内的特征和能力的用户。必要时，可考虑智能适应性等技术手段实现可达性目标。

——健康家居系统宜考虑目标用户在接触（包括直接或间接接触）、使用（包括直接使用或通过其他工具手段使用等）、搬运、安装、维修、布置、安放等过程中的人-系统直接或间接交互安全性，避免直接或者间接的人-系统交互风险。

——健康家居系统之间宜从家居生活内容和功能活动的关联性角度，基于家居生活便利

性、体验性、简单性、易用性、一致性等目标，考虑各系统之间的兼容性及互联互通性原则。

——宜根据目标用户的视觉特征及视觉习惯等，结合不同家居场景的实际功能需求，基于信息可视性、搜索便利性、真实呈现性、愉悦舒适性等原则，完成显示和照明系统的视觉交互适配性设计。

——健康家居系统的某些功能需要通过目标用户的感知特性来实现时，宜考虑目标用户对功能模式等的感知水平和适应能力，以提升功能系统设计的有效性和满意度。

——健康家居系统的智能系统及交互控制程序的设计宜考虑目标用户的认知水平和习惯偏好，以实现较好的可用性。

——具有智能系统的健康家居，宜能够结合实际的使用场景和目标用户需求，遵循智能系统的自感知、自判断、自适应、自学习和可用性等方面的设计原则。

该国标计划同步给出了家居产品(主要指**家具和家电产品**)的主要工效学风险评估要素，以及部分家居产品的具体测评指标，为设定智能家居健康方面的指标提供参考。

## 2.6.3 对构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用

《人-系统交互工效学 健康家居的设计指南》规定了健康家居的工效学通用设计原则和要求。它对本研究课题具有一定参考价值，智能家居的人-系统交互人类工效学标准体系二级分支中可包含智能家居一般性工效学原则，具体内容可参考《人-系统交互工效学 健康家居的设计指南》。

## 2.7 家居无障碍设计导则

本节基于 GB/T 43518-2023《人类工效学 家居无障碍设计导则》，对照智能家居系统交互设计进行对比分析。

### 2.7.1 标准的范围和主要技术内容

该标准规定了家居无障碍设计的人类工效学原则和家居空间、设施设备及家居用品的无障碍设计要求，包括：

- 1) 家居无障碍设计通则，包括家居无障碍设计的目标、原则以及需要考虑的主要因素等；
- 2) 通用类设计的无障碍设计要求，包括墙面、地面与通道、门、窗、照明、颜色和亮度对比度的无障碍设计要求；
- 3) 居住空间的无障碍设计要求，包括门厅、厨房、卧室、卫生间、阳台等各主要家居生活空间的无障碍设计要求；
- 4) 家居用品的无障碍设计要求，包括家具的选用和布局、家电的选用、**智能家居系统**、门禁、紧急联系与呼叫装置以及其他家居用品的无障碍设计要求；
- 5) 扶手的无障碍设计要求，包括扶手的设置位置、尺寸、标识以及安全性要求；
- 6) 其他设施的无障碍要求，包括室内楼梯、升降平台和电梯、庭院设施的无障碍设计要求。

该标准旨在为残疾人家庭无障碍改造工作提供有力的技术保障和指导，使其能真正切合残疾人的需求，提升残疾人家居生活的便利性，该标准主要解决以下 3 个技术问题：

#### (1) 家居无障碍设计通则

该标准给出了家居无障碍设计的整体要求，主要包括通行和转移无障碍、信息接收无障碍、家居设施和用品使用无障碍、提供必要和易用的应急设施、兼顾家庭其他成员家居生活便利性以及无障碍设施与家居环境的整体协调性，可作为家居无障碍设计的指导原则。该标

准同时给出了家居无障碍设计的基本方法,以及家居无障碍设计应考虑残疾人用户特征和家居使用情境。

### (2) 家居无障碍设计指标体系

该标准给出了家居无障碍设计主要对象,主要包括墙面、地面与通道、门、窗、照明、颜色和亮度对比度、主要生活空间的尺寸和布局、家居用品、扶手的形制和空间位置以及室内楼梯、升降平台和电梯、庭院等其他设施的无障碍设计,可用于指导残疾人家庭无障碍改造内容的规划。

### (3) 不同类型残疾人的无障碍设计要求

该标准对不同残疾类型和残疾等级的残疾人,提出了针对性的家居无障碍设计要求,涵盖了肢体残疾人、视力残疾人、听力残疾人、言语残疾人、智力残疾人和精神残疾人的家居无障碍改造需求。

## 2.7.2 与智能家居系统的关系

《人类工效学 家居无障碍设计导则》在通则部分规定家居无障碍设计应遵循“以人为中心”的人类工效学设计原则,尊重残疾人、老年人的主观意愿,基于残疾人、老年人用户特征和使用情境制定满足其需求的家居无障碍解决方案。

智能家居系统是能够为残疾人、老年人营造安全、便利、舒适生活环境的重要手段,该标准中对**智能家居系统**设计提出相应的要求,可以指导针对失能人群智能家居系统的构建。

该标准提出针对失能人群的家居智能设备设施间宜实现互联互通,信息的显示和操作宜能进行集中控制与管理。智能家居系统可实现室内照明设备、空调设备、采暖设备、空气净化设备、电动窗帘、电子门禁等设备的集中控制和管理,并由用户可随身携带的移动终端进行统一操控,借此可极大地提高残疾人的生活便利性。智能家居系统宜支持就地控制、远程监控和报警以及移动端控制功能,系统可根据残疾人用户的需求自定义模式和场景,远程控制家居用品并进行状态反馈。智能系统用户界面应简单易用,不给残疾人用户增加额外的体力和心理负荷。针对失能人群智能家居采用的语音交互系统宜满足以下要求:

- 唤醒词和语音指令应简单易记,不应有严格的语序要求;

- 针对不同年龄、不同地域的用户,语音识别系统应具有较高的鲁棒性。不少残疾人方言口音较重,老年人则语速较慢,此时鲁棒性差的语音识别系统的准确率会急剧下降;

- 语音交互的节奏应由用户主导控制;

- 语音提示应有合理的语速、断句或停顿以辅助用户理解,音量宜可自由调节。

## 2.7.3 对构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用

《人类工效学 家居无障碍设计导则》规定了针对失能人群家居系统设计中的人类工效学基本原则,描述了智能家居系统无障碍设计的基本要求。它对本研究课题具有一定参考价值,在智能家居的人-系统交互人类工效学标准体系二级分支中,可包含智能家居针对特殊人群的工效学原则,具体内容可参考《人类工效学 家居无障碍设计导则》。

## 2.8 家用电器的人类工效学技术要求与测评 第1部分:电冰箱

本节基于 GB/T 36608.1-2018《家用电器的人类工效学技术要求与测评 第1部分:电冰箱》,结合智能家居人-系统交互工效学的内容,进行对比分析。

### 2.8.1 标准的范围和主要技术内容

该标准适用于家用及类似用途电冰箱及其组成部件的工效学设计与测评,从技术要求、

检测以及评分方法等方面分别作出了详细要求。该标准的技术内容包括结构、操作力、用户界面、照明、噪声、智能系统等六个方面的专业技术检测和用户体验评价，由物理测量和专家评价相结合的方法来对电冰箱进行技术检测，用户体验检测则由目标用户作为体验员来进行试用检测。

## 2.8.2 与智能家居系统的关系

电冰箱产品作为智能家居系统中的重要组成部分，是传统智能家电产品中最早开始智能化升级的产品，已经向着高端化、人性化、智能化的方向发展。随着电冰箱智能元素的增加，如何将人性化设计思想渗透到智能冰箱的细节设计中、为用户提供更为贴心、更加好用的产品变得更为重要。其中智能系统中的元素设计是否充分考虑了用户需求，智能特性是否建立在用户行为特性的基础上，交互方式用户体验水平如何，这些都是智能冰箱设计中需要考虑的问题。

该标准以中国消费者的生理心理特征、使用行为习惯和偏好为依据，建立了电冰箱工效学的技术要求和测评方法，可为智能冰箱的设计与生产提供参考，并对电冰箱及其组成部件的工效学特性进行量化评估。

该标准从结构、操作力、用户界面、照明、噪声、智能系统等六个方面等六个方面，结合了人体工效学的原理，给出了电冰箱使用体验评定的有效方法。该标准制定了智能冰箱完整的人类工效学评测方法，能够为智能家居系统中其他家电产品的工效学评估提供参考，帮助完善智能家居系统的人类工效学标准化工作。

## 2.8.3 对构建智能家居的人-系统交互工效学标准体系的作用

GB/T 36608.1-2018《家用电器的人类工效学技术要求与测评 第1部分：电冰箱》规定了智能电冰箱与人类工效学相结合的技术与用户体验评价。根据现有人类工效学国家标准体系，该标准良好地融合了人类工效学与智能家居产品的特点，它对本研究课题具有一定参考价值，在智能家居的人-系统交互工效学标准体系中，可考虑包含不同智能家电类别或使用情境的工效学技术要求与评价原则。

# 3. 标准体系

本章首先介绍了人类工效学的国家标准体系，梳理总结了目前已发布的与“人-系统交互工效学”有关的国家标准，并明确了本课题在该标准体系中的位置。其次，基于用户与智能家居系统交互的不同使用情境、任务与交互方式，梳理总结了智能家居的“人-系统交互工效学”标准体系。此外，提出了智能家居的“人-系统交互工效学”可用性目标与可用性指标体系。最后，给出了可用性测试的步骤建议。

## 3.1 人类工效学的国家标准体系

目前 SAC/TC7 人类工效学标准化技术委员会制定的人类工效学的国家标准体系，基本上可以划分为：一般工效学原则、人体特性、物理环境、无障碍设计和人-系统交互等五方面（如图1所示）。其中，人体特性包括：人体测量、生物力学、视觉特性、听觉特性、触觉特性、心理负荷等，物理环境包括：热环境、光环境、声环境、空气质量感知等，人-系统交互包括：视觉交互、听觉交互、触觉交互、智能系统交互、以人为中心的设计与测评、综合应用等。其中，人-系统交互可进一步划分为智能系统交互与非智能系统交互，二者的区别在于，从用户单向式到人机双向式交互过渡，智能系统可以通过感知系统来捕获和理解用户生理、认知、情感、意图等状态及环境上下文情境等信息，主动地启动人机交互任务。

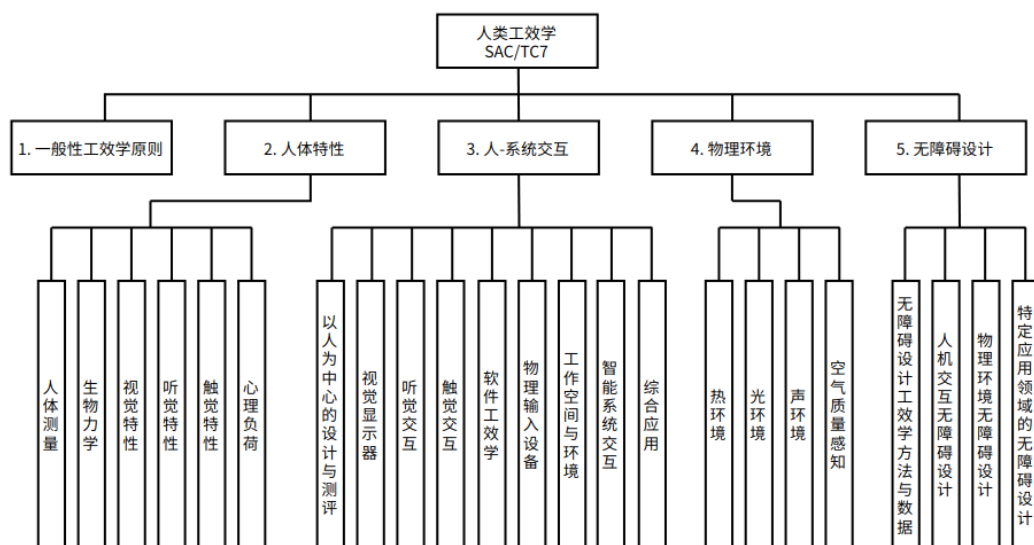


图 1 SAC/TC7 人类工效学国家标准体系

目前已制定发布的家电及消费电子领域的人-系统交互工效学国家标准有 40 余项(见表 1)。在家电与家居产品领域，SAC/TC7 开展了以空调、冰箱、座椅、照明等为代表产品的人类工效学标准化工作，例如家电的结构要求、界面要求、噪声声品质要求、空调的热舒适性要求等。在以智能手机为代表的移动终端产品领域，SAC/TC7 也已启动“人-系统交互工效学”方面的标准研制工作，例如面向触摸屏设备的感知流畅性标准。

目前在 SAC/TC7 已发布的人类工效学标准中，尚未发现针对智能家居系统的人-系统交互工效学标准。本研究课题的主要目标，旨在从现有的人类工效学国家标准体系中，找到“智能家居的人-系统交互工效学”的位置，并构建出相应的标准体系框架。

表 1 与家电及消费电子相关的人-系统交互工效学相关国家标准

序号	标准编号	标准名称
1	GB/T 12984-1991	人类工效学 视觉信息作业基本术语
2	GB/T 15241.1-2023	与心理负荷相关的工效学原则 第 1 部分:心理负荷术语与测评方法
3	GB/T 15241.2-1999	与心理负荷相关的工效学原则 第 2 部分:设计原则
4	GB/T 16251-2023	工作系统设计的人类工效学原则
5	GB/T 18976-2003	以人为中心的交互系统设计过程
6	GB/T 18978.1-2003	使用视觉显示终端(VDTs)办公的人类工效学要求 第 1 部分:概述
7	GB/T 18978.2-2004	使用视觉显示终端(VDTs)办公的人类工效学要求 第 2 部分:任务要求指南
8	GB/T 18978.10-2004	使用视觉显示终端(VDTs)办公的人类工效学要求 第 10 部分:对话原则
9	GB/T 18978.11-2023	人-系统交互工效学 第 11 部分:可用性:定义和概念

10	GB/T 18978.12-2009	使用视觉显示终端（VDTs）办公的人类工效学要求 第12部分：信息呈现
11	GB/T 18978.13-2009	使用视觉显示终端（VDTs）办公的人类工效学要求 第13部分：用户指南
12	GB/T 18978.16-2018	使用视觉显示终端（VDTs）办公的人类工效学要求 第16部分：直接操作对话
13	GB/T 18978.143-2018	人-系统交互工效学 第143部分：表单
14	GB/T 18978.151-2014	人-系统交互工效学 第151部分：互联网用户界面指南
15	GB/T 18978.300-2012	人-系统交互工效学 第300部分：电子视觉显示要求概述
16	GB/T 18978.304-2021	人-系统交互工效学 第304部分：电子视觉显示器的用户绩效测试方法
17	GB/T 18978.307-2015	人-系统交互工效学 第307部分：电子视觉显示器的分析和符合性试验方法
18	GB/T 18978.400-2012	人-系统交互工效学 第400部分：物理输入设备的原则和要求
19	GB/T 20527.1-2006	多媒体用户界面的软件人类工效学 第1部分：设计原则和框架
20	GB/T 20527.3-2006	多媒体用户界面的软件人类工效学 第3部分：媒体选择与组合
21	GB/T 20528.1-2006	使用基于平板视觉显示器工作的人类工效学要求 第1部分：概述
22	GB/T 20528.2-2009	使用基于平板视觉显示器工作的人类工效学要求 第2部分：平板显示器的人类工效学要求
23	GB/T 21051-2007	人-系统交互工效学 支持以人为中心设计的可用性方法
24	GB/T 22188.1-2008	控制中心的人类工效学设计 第1部分：控制中心的设计原则
25	GB/T 22188.2-2010	控制中心的人类工效学设计 第2部分：控制套室的布局原则
26	GB/T 22188.3-2010	控制中心的人类工效学设计 第3部分：控制室的布局
27	GB/T 22188.4-2023	控制中心的人类工效学设计 第4部分：工作站的布局和尺寸
28	GB/T 23700-2009	人-系统交互工效学 以人为中心的生命周期过程描述
29	GB/T 23701-2009	人-系统交互工效学 人-系统事宜的过程评估规范
30	GB/T 32261.2-2015	消费类产品和公用类产品的可用性 第2部分：总结性

		测试方法
31	GB/T 32265.1-2015	日用产品的易操作性 第1部分：针对使用情境和用户特征的设计要求
32	GB/T 36608.1-2018	家用电器的人类工效学技术要求与测评 第1部分：电冰箱
33	GB/T 36608.2-2018	家用电器的人类工效学技术要求与测评 第2部分：空调器
34	GB/T 39223.3-2020	健康家居的人类工效学要求 第3部分：办公桌椅
35	GB/T 39223.4-2020	健康家居的人类工效学要求 第4部分：儿童桌椅
36	GB/T 39223.5-2020	健康家居的人类工效学要求 第5部分：床垫
37	GB/T 39223.6-2020	健康家居的人类工效学要求 第6部分：沙发
38	GB/T 40230.1-2021	视疲劳测试与评价方法 第1部分：眼视光学
39	GB/T 40230.2-2021	视疲劳测试与评价方法 第2部分：视知觉功能
40	GB/T 42395.1-2023	人类工效学 家电噪声声品质限值和测试方法 第1部分：冰箱
41	GB/T 42396-2023	移动终端人-系统交互工效学 触控界面感知流畅性
42	GB/T 43518-2023	人类工效学 家居无障碍设计导则
43	GB/T 43591-2023	以人为中心的组织 基本原理和一般原则
44	GB/T 29836.1-2013	系统与软件易用性 第1部分：指标体系
45	GB/T 29836.2-2013	系统与软件易用性 第2部分：度量方法
46	GB/T 29836.3-2013	系统与软件易用性 第3部分：测评方法
47	GB/T 25000.62-2014	软件工程 软件产品质量要求与评价(SQuaRE) 易用性测试报告行业通用格式 CIF
48	GB/T 25000.1-2021	系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价 (SQuaRE) SQuaRE 指南
49	GB/T 25000.10-2016	系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价 (SQuaRE) 系统与软件质量模型
50	20204914-T-469(项目编号)	人-系统交互工效学 健康家居设计指南

智能家居的人-系统交互，涉及视觉、听觉、触觉、心理负荷等多种人体特性，也涉及光环境、声环境、热环境等多种物理环境，因此，图1的人类工效学现有标准体系中的第1、2、4、5等四个方面已制定的标准（一般性工效学原则、人体特性、物理环境、无障碍设计），也适用于智能家居的人-系统交互。有别于其他系统中的人机交互，在智能家居系统中，主要的人-系统交互体现于，在特定的使用情境下，用户通过应用终端、控制终端等交互界面与系统发生交互，以完成特定的任务。因此，本研究课题所讨论的智能家居系统中的人-系统交互标准体系，隶属于图1中的第3方面，即人-系统交互中的**综合应用**。

智能家居系统中，通常用户与系统交互的界面是指应用终端和控制终端，而云服务平台、边缘网关等用户通常不会与之直接交互。常见的应用终端包括各类智能家电、家居设备与智

能硬件等，它们通过有线、无线连接等不同方式接入家庭网络、互联网与云服务平台，向用户提供了本地查询与控制的界面，常见的控制终端包括智能手机、平板、音箱与中央控制设备等，通过与它们交互，用户除了实现远程查询并控制应用终端以外，还可以自定义设定场景与自动化规则，满足用户个性化交互的需求。此外系统也可以基于感知、学习、决策等能力，通过控制终端主动向用户发起交互。

## 3.2 智能家居的人-系统交互工效学标准体系

智能家居系统是人-系统交互的一类综合应用，因此可根据 GB/T 13016-2018 标准体系构建原则和要求，在前述分析调研 SAC/TC7 人类工效学标准体系的基础上，基于智能家居系统中人-系统交互的特点，分别从以下不同维度编制形成标准体系表。

首先，按照**使用情境**划分，智能家居系统通常可划分为环境监测、安防监控、健康养老、影音娱乐、能源用电、交通出行等不同的类别，此处也可参考家用电器与家居产品或系统按照使用空间进行划分的方法，例如厨房、卫浴、客厅、卧室、阳台等，对智能家居系统的使用情境进行分类，这些“子系统”共同构成了完整的智能家居系统。

其次，按照**交互方式**划分，根据交互的发起方，智能家居系统中的人-系统交互通常可划分为人发起与系统的交互、系统发起与人的交互等，前者还可进一步细分为人与应用终端交互、人与控制终端交互等交互方式，后者主要体现在智能家居系统可根据物理环境、用户使用习惯以及用户意图理解等，主动向用户发起交互。对每一种具体的交互方式，还可按照按键交互、语音交互、触摸屏交互、手势交互、多模态交互等技术维度进行进一步细分。

最后，按照**使用情境中的任务**划分，在每一种使用情境下，智能家居系统中常见的人-系统交互任务包括查询与控制、联网等基本配置、场景与自动化配置、固件与软件更新、错误提示与故障处理等。极其丰富的使用情境中的任务是智能家居系统区别于其他人-系统交互的特点之一，不仅用户可自定义多种设备的工作规则，基于环境感知、用户习惯学习以及用户意图理解之后，智能家居系统也可以为用户建议或生成个性化、智能化的使用情境及任务，限于篇幅，以下仅列举一些常见的使用情境中的任务作为标准体系编制时的参考：

——在应用终端正常状态下，用户可直接与智能家居应用终端进行交互，完成应用终端的本地状态查询与功能控制；

——用户在直接与智能家居应用终端进行交互的过程中，对智能家居应用终端进行错误操作等原因引起应用终端异常状态反馈，可解决错误、故障并将应用终端恢复至正常状态；

——用户可通过控制终端完成对可联网智能家居应用终端进行配网、绑定与命名等基本配置，用户还可以通过云云互联等方式实现不同账号下应用终端的统一管理；

——在应用终端正常状态下，用户可通过控制终端与可联网智能家居应用终端进行交互，完成应用终端的远程状态查询与功能控制；

——用户可通过控制终端完成可联网智能家居应用终端与系统的自动化场景规则的配置并使用；

——用户可通过控制终端完成对可联网智能家居应用终端的固件与软件升级；

——用户可通过控制终端收到智能家居应用终端错误、故障等异常状态反馈，可解决错误、故障并将应用终端恢复至正常状态；

——智能家居应用终端与系统基于感知、学习和决策等能力，在应用终端正常状态下，可向用户主动发起交互，用户可对智能家居应用终端与系统发起的主动交互予以响应和反馈；

——智能家居应用终端与系统基于感知、学习和决策等能力，预测到应用终端或系统将出现异常状态时，可向用户主动发起交互，用户可避免错误、故障并恢复至正常状态。

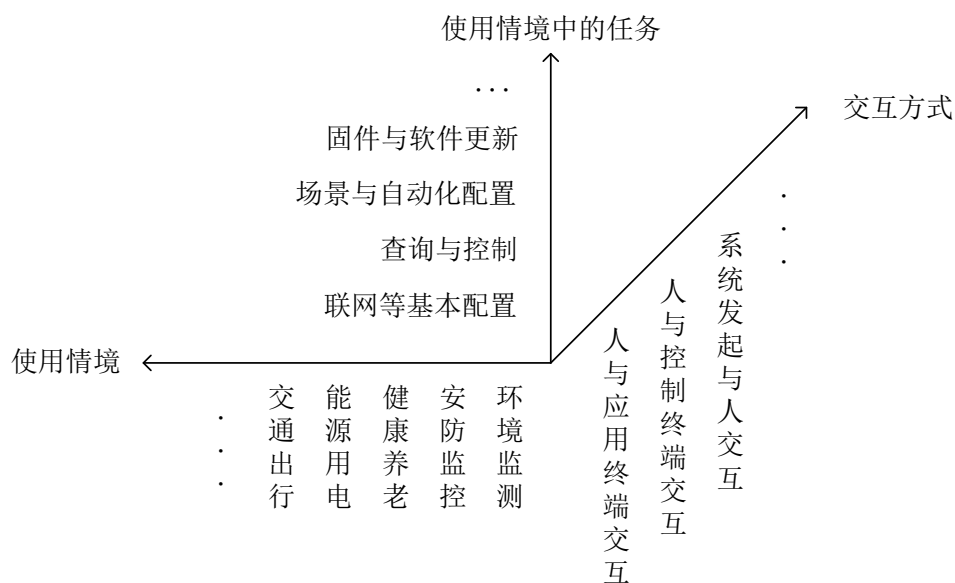


图 2 智能家居的人-系统交互工效学标准体系三维模型

根据上述维度的分析，我们提出了一种智能家居的人-系统交互工效学标准体系的三维模型，如图 2 所示。

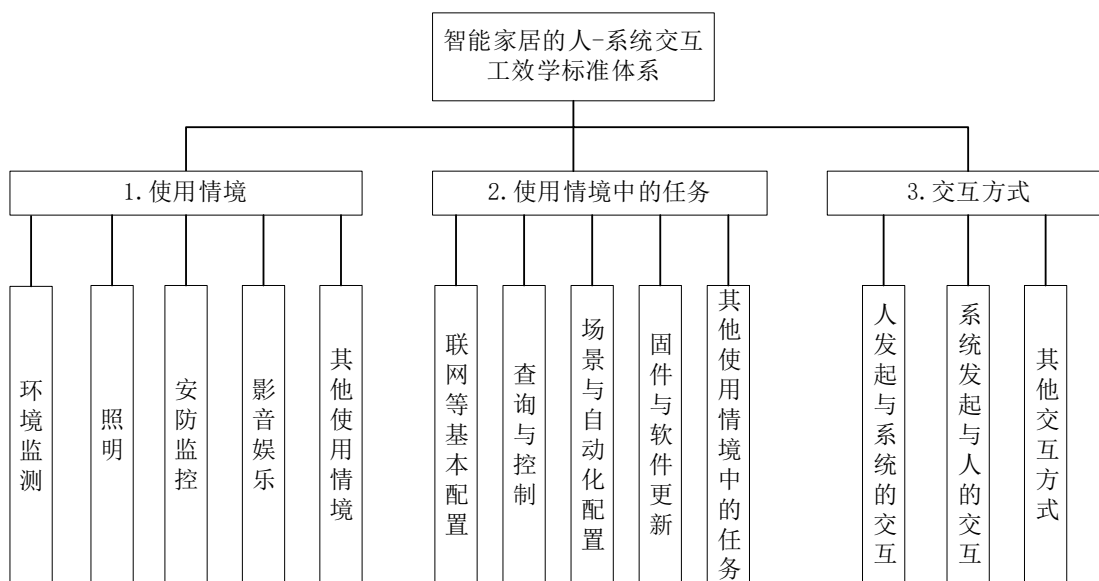


图 3 智能家居的人-系统交互工效学标准体系

基于“使用情境”、“使用情境中的任务”与“交互方式”等三个维度，我们提出了智能家居的人-系统交互工效学标准体系，如图 3 所示。

首先，按照使用情境划分，可分为环境监测、照明、安防监控、影音娱乐等，它由单个或多个用户、单个或多个智能家居设备连同环境、任务等共同组成，也是当前智能家居系统中最常见的几种人-系统交互的使用情境，此外，也可根据家庭不同环境空间进行使用情境的划分，如厨房、卫浴、客厅、卧室、阳台等使用情境（行业有时也会使用智慧生活“场景”或“模式”来指代）。

其次，按照使用情境中的任务划分，可分为查询与控制、联网等基本配置、场景与自动化配置、软件与固件更新等，不论何种使用情境，用户在与智能家居设备或系统进行交互时，

都存在上述交互任务，它们也是当前智能家居系统中最常见的几种人-系统交互的任务，后续还可以根据行业与技术的发展，不断完善补充新的使用情境中的特定任务。

最后，按照交互方式划分，可分为人发起与系统的交互和系统发起与人的交互等两大类交互方式。前者是当前智能家居系统中最常见的人-系统交互方式，是指用户通过语音交互、手势交互、按键交互、触摸交互等一种或者多种方式（也称作交互“模态”或交互“通道”），主动向系统发起交互，后者则是系统主动发起向用户的交互。

构建上述人-系统交互工效学标准体系的目的，是考察在智能家居系统中人与系统交互过程的用户体验。具体而言，考察智能家居系统的人-系统交互，首先需要确定使用情境、任务与交互方式，在这之后即可展开**可用性**（usability）测试和评估，即考察在特定使用情境及任务下人与系统之间通过特定交互方式实现人-系统交互的有效性、效率与满意度。在系统与软件领域，可用性也被译作“易用性”。智能家居系统的可用性，还可以进一步细化为用户可感知的若干可用性目标。这里强调“用户可感知”也是为了凸显“以用户为中心的设计”原则，倡导提升交互系统可用性的系统设计和开发方法。

### 3.3 智能家居的人-系统交互工效学可用性目标

对于智能家居系统的特定使用情境、任务和交互方式，有必要设立以下人-系统交互工效学可用性目标。

——**易识别性**：用户容易识别智能家居系统在使用界面、交互方式、功能设计等方面的直观含义，用户能够完成快速识别并轻松操作各项功能。例如：设备标识清晰，用户能够迅速辨认智能家居系统的功能和用途；交互简洁、条理，用户可以简单快捷地了解如何通过指示灯、提示音、实体按钮或触控面板等方式发现智能家居系统的主要功能和运行状态。

——**反馈有效性**：用户对智能家居系统执行操作或系统发生状态变化时，能够及时、准确、完整地相关行为响应或状态提示。例如：用户下发指令后，智能家居系统能够清晰且迅速的提供视觉、听觉、触觉等类型反馈、帮助用户迅速有效的完成查询智能家居设备状态行为，并采取进一步行动决策。

——**操作有效性**：用户对智能家居系统做出操作动作后，系统可以稳定、及时、正确地执行相应指令，达成期望的行为动作、状态变化或一系列用户任务。例如：用户通过智能家居系统所提供的实体按钮点击、触屏指令输入、语音指令输入等方式，使得智能家居系统准确执行相应动作、改变运行状态。

——**易学性**：用户能够花费较短的时间学会如何使用智能家居系统的某一指定的功能。例如，系统提供了完善有效的说明书等帮助文档，或者在交互过程中提供了完善有效的帮助机制，能够帮助用户在第一次使用智能家居的特定功能时，快速准确地掌握使用功能的使用方法和途径。

——**易理解性**：用户在接受任何培训的情况下，初次使用智能家居系统时，能够认识且知道系统大致用途的功能，系统中产品的功能（或功能的类型）能被初次使用系统的用户所识别。

——**容错性**：用户在出现错误操作时，智能家居系统可通过提示或确认等错误预防措施，降低用户出错的可能性，提高用户与智能家居系统交互的成功率，增强用户操作的信心，并在发生错误时提供有效的恢复选项。例如，确认对话框或撤消功能可以最大限度地减少用户意外操作的影响，在设备添加操作失败或离线时提供解决方案供用户参考。

——**一致性**：用户在使用不同厂商制造的相同类别的智能家居设备时，可通过一致的应用终端或控制终端的交互界面找到所需的功能，或在交互界面上快速准确理解、识别相同或相似的功能。例如采用相同或相似设计逻辑的图标、符号，采用相同或相似的按钮的颜色、

大小和名称，以及采用相同或相似设备与功能的命名等，增强用户与智能家居设备或系统交互的有效性。

——**扩展性**：在不影响原有智能家居系统的前提下，用户通过智能家居系统软件升级、替换硬件模块等方式完成未来增长或变化的需求或任务。例如：用户通过智能家居系统应用软件升级、固件升级、跨设备与跨平台互联互通等手段，提升智能家居系统与功能的丰富性与扩展性。

——**操作高效性**：用户（特别是不具备专业知识的用户）在操作智能家居系统时，能够最大限度地减少所需的时间、操作步骤、认知、体力劳动和脑力付出。例如用户登录智能家居系统通过生物特征识别方式快捷登录，无需输入其他信息；用户可通过智能家居系统下发快捷指令，一键开启多个任务，减少用户操作时间和步骤。

——**响应及时性**：用户在与智能家居系统进行交互过程中或系统检测到特定事件或状态时，用户能够及时准确的收到来自系统的动作响应与信息反馈，帮助用户及时采取进一步行动和决策。例如智能家居系统检测到老人跌倒事件，用户能够及时收到通知。

——**流畅性**：用户与智能家居设备系统的交互过程顺畅无阻，无频繁卡顿、高时延、离线等影响连贯交互的情况。不同交互方式均存在流畅性，例如：用户通过触摸屏交互时，视觉与触觉交互体验应流畅，如较低的应用启动时延、较低的触控响应时延、较低的触控完成时延、较高的屏幕刷新率与较低的连续丢帧数等；用户通过语音交互时，语音交互体验应流畅，如较低的语音唤醒响应时延、较低的语音指令执行时延、支持免唤醒或一次唤醒连续指令功能、合成语音中较少出现卡顿等。

——**便捷性**：用户在与智能家居系统交互过程中，可方便高效地获取智能家居系统提供的目标服务。指令服务与自动化服务均应考虑便捷性，例如：用户通过语音、触屏、遥控等方式交互时，用户可便捷地发出目标指令并传递至智能家居设备或控制终端，且能快速获取其所期望的服务；用户通过自动化设置，如定时条件设置或其他自动触发条件设置（自动触发条件包括位置、环境、设备状态等）操作，能够获取到条件满足即自动化执行的服务，以达到减少用户手动操作、提升智能家居系统服务效率等目的。

——**个性化**：用户可获取到智能家居系统基于其用户画像提供的贴心、定制化的功能和服务体验。智能家居系统可通过持续感知、识别用户数据，如用户账号、声纹特征、兴趣爱好、行为习惯等信息，利用数据分析能力形成用户画像（需求、能力和偏好），并基于用户画像和使用情境数据，预测并适应用户偏好，输出决策指令，执行符合用户生活习惯及其偏好的定制化功能与服务。例如用户到家之后，根据用户习惯自动地对照明设备、环境电器和其他音视频设备进行适应性调整以提升用户家居生活的智能化、个性化服务体验。

——**无障碍**：无障碍是指在特定使用情境下，产品、系统、服务、环境和设施能够为具有最广泛需求、特征和能力的用户群体所使用，来实现特定目标的程度。针对无障碍的设计，旨在扩大目标人群，从而使智能家居系统在更多样化的使用情境中为更多人所用，例如：儿童、老年和障碍人群等用户能够准确顺畅的使用智能家居系统的各项功能，用户可通过语音交互、读屏软件和可调节屏幕对比度和字体大小等辅助功能，有效学会并完成智能家居系统的某一功能。

——**安全性**：也称作“免受使用损害”，是指将因有效性、效率或满意度方面的不足、缺乏无障碍和负面用户体验而造成负面结果的风险降至最低。用户与智能家居系统交互的安全主要体现在硬件安全、固件安全、操作系统安全，应用安全，接口安全、通信安全和数据安全 7 个方面（GB/T 41378-2022 信息安全技术 智能家居通用安全规范）。其中用户通常会对操作系统安全（身份鉴权、用户授权）、应用安全（设备密码）、数据安全（数据加密传输、个人信息安全）感知更加强烈。

——**可靠性**：用户认为智能家居系统可靠，在规定时间内和规定条件下，用户所要求的功能或者用户进行的操作，智能家居系统能够顺利执行（参考 GB/T 11457-2006, 2.1334）。比如用户预设的自动化场景，智能家居系统能够成功执行相应的功能。

——**兼容性**：用户认为智能家居系统兼容，用户使用同一智能家居控制终端可以接入、控制不同应用终端设备类型、不同协议的应用终端、不同厂家的应用终端等；同一智能家居应用终端可以在不同的环境正常运行，并且可以适应所述环境。比如使用 A 厂家 APP，可以同时接入、控制采用蓝牙协议的 B 厂家的智能插座和采用 Wi-Fi 协议的 C 厂家空调。

——**易（可）维护性**：用户认为智能家居系统可以（容易）维护，用户可以（容易）修改以排除智能家居系统故障，改进智能家居系统性能或其他属性（参考 GB/T 11457-2006, 2.903）。比如用户可以（容易）买到损坏的零部件进行更换，使得智能家居系统故障恢复。

### 3.4 智能家居的人-系统交互工效学可用性指标体系

根据 GB/T 18978.11-2023《人-系统交互工效学第 11 部分：可用性：定义和概念》，智能家居的人-系统交互可用性指标由有效性、效率和满意度三方面构成，其中：有效性是用户实现特定目标的准确性与完整性，其下一级指标包括：准确性、完整性；效率是指为实现目标而消耗的资源，其下一级指标包括：时间消耗、人力消耗、财力消耗、材料消耗；满意度是指用户使用某一系统、产品或服务产生的身体、认知和情感反应满足用户需求和期望的程度，其下一级指标包括：身份反应、认知反应、情感反应。

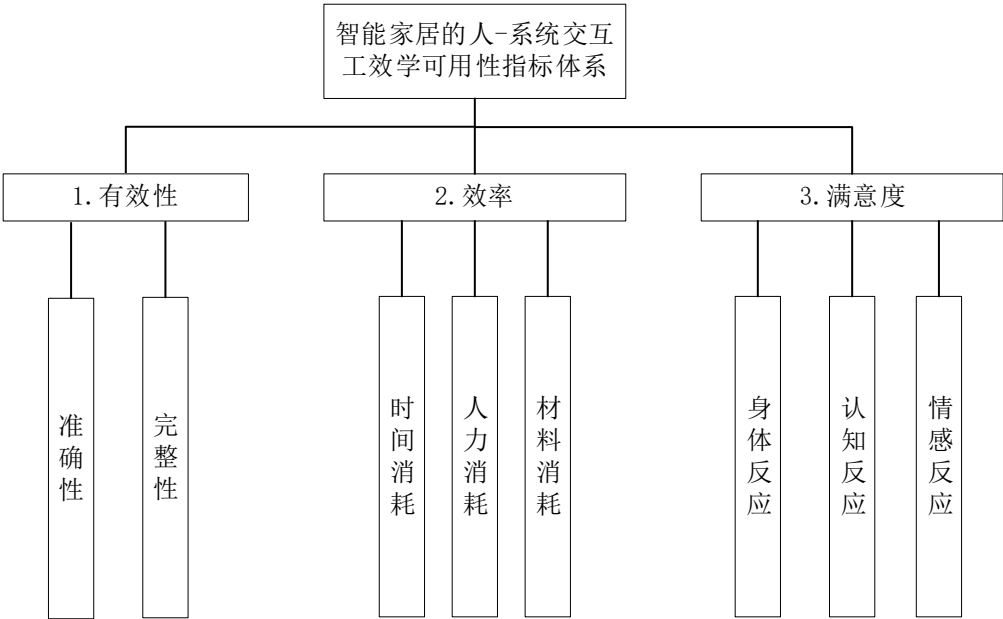


图 4 智能家居的人-系统交互工效学可用性指标体系

智能家居的人-系统交互工效学可用性指标体系如图 4 所示，其中：

——**准确性**：是指实际结果与预期结果的匹配程度。

——**完整性**：是指用户使用系统、产品或服务能够实现所有预期结果的程度。

——**时间消耗**：是指实现目标所花费的时间。

——**人力消耗**：是指为完成特定任务付出的脑力和体力劳动。

——**财力消耗**：包括系统、产品或服务的使用成本，例如工资、能源或通信的成本，还可以包括处理旧设备或废物的成本。

——**材料消耗**：是指用作任务（包括维护任务）的输入，由系统、产品或服务进行处理

的实物（例如原材料、水、纸张等）。

——身体反应：舒适感或不舒适感属于满意度的身体组成要素，它们产生于使用目标对象的身体体验。

——认知反应：态度、偏好和感知属于满意度的认知要素，它们产生于使用目标对象的体验，也会受到相似系统使用体验或他人意见的影响。

——情感反应：情感反应是满意度的情感组成要素，它们产生于使用目标对象时的情感体验，情感反应会受到相似系统使用体验或他人意见的影响。

### 3.5 智能家居的人-系统交互可用性测试步骤建议

智能家居的人-系统交互可用性的测试评价手段，一般是可通过设计特定的交互任务、访谈或问卷，通过观察用户在试验中的行为、完成时间和完成率，统计用户完成交互任务的正确率和满意程度，以形成各指标的评价。在设计可用性测试评价方案时，建议剔除成本和品牌等因素的影响。对于 3.2 节中的各种使用情境、任务和交互方式，根据 3.3 节的可用性目标，与 3.4 节可用性指标体系，制定相应的测试评价方案，建议包括以下步骤和内容：

#### 1. 确定目标

- 识别关键功能：确定要测试的设备或系统的主要功能；
- 设定可用性目标：为成功的交互建立清晰的、可衡量的指标，比如任务完成时间或错误率。

#### 2. 确定测试人群

- 对目标用户进行统计：为目标用户群体创建档案，考虑年龄、技术熟练程度和任何特殊需求等因素；
- 创建人物画像：开发能够代表智能家居系统典型用户的人物画像。这有助于设计相关且现实的场景。

#### 3. 设计测试任务

- 创建现实场景：设计模拟一些设备或系统在现实世界中使用的任务。确保这些任务可以涵盖从基本到复杂的一系列交互；
- 清晰的说明：为参与测试者准备每项任务清晰、简洁的说明，避免任何可能影响他们行为的暗示。

#### 4. 选择测试方法

- 实验室测试：在可控的环境中进行测试，可以近距离观察和记录用户与智能家居设备或系统的交互行为；
- 远程测试：在用户自己的家中进行测试，通过使用在线工具，可以深入了解设备在现实环境中的使用情况；
- 乡野测试：允许用户在较长时间内在日常生活中使用智能家居设备或系统，通过调查问卷或访谈进行可用性测试。

#### 5. 招募参与者

- 多样化的用户群：招募与用户画像相匹配的多样化的参与者，以确保可用性测试结果具有代表性；

#### 6. 进行测试

- 记录交互：使用视频记录、屏幕捕获软件和访谈笔记等方式，记录参与者如何与智能家居设备或系统进行交互，并完成特定场景的任务，以及参与者对于任务完成情况的满意程度；
- 辅助测试：对于实验室和远程测试，工作人员可以指导参与者确保他们理解任务，

而不是引导他们完成任务。

#### 7. 分析结果

- 识别可用性问题：通过分析数据，确定存在的可用性问题，例如用户需要太长时间才能完成的任务或导致用户困惑的任务；

- 衡量可用性目标完成度：评估被测智能家居设备或系统满足既定可用性目标的程度。

#### 8. 输出测试报告

- 突出关键问题：总结需要解决的最重要的可用性问题；

- 建议改进：就如何提高智能家居设备或系统的可用性提供具体的、可操作的建议。

## 4. 标准化工作建议

本章基于智能家居的人-系统交互工效学标准体系、可用性目标与可用性指标体系的梳理总结，对智能家居的人-系统交互工效学标准下一步标准化工作，提出了若干工作建议。

### 4.1 宏观的工作建议

总体来说，智能家居系统可结合新兴交互技术的发展与新出现的使用情境，同时关注特殊用户群体的需求，进一步研究和制定新的使用情境下的人-系统交互工效学标准。

#### 9. 结合新兴交互技术发展，扩展工效学标准方向

- 智能交互：研究和制定基于大语言模型等新型智能交互的工效学标准，考察系统对用户意图理解的准确性和交互的流畅性，特别是不同年龄段和地域方言的用户体验。

- 多模态交互：结合视觉、语音、手势等多种交互方式，研究和制定多模态人-系统交互的工效学标准，考察智能家居系统在不同模态间切换时用户体验的一致性。

- 基于情感计算的交互：研究和制定基于用户情感识别的人-系统交互的工效学标准，考察智能家居系统是否根据用户的情感状态调整交互方式，提高用户满意度。

#### 10. 挖掘智能家居系统新的使用情境，深化工效学标准应用

- 健康养老：针对居家养老与健康监测的智能家居设备和系统，研究制定工效学标准，考察用户获取健康数据的便捷性，及与社区及专业医疗系统无缝对接的可扩展性。

- 能源用电：针对智能家居系统与家庭电力负荷管理系统的联动，研究制定家庭用电与能源管理相关的工效学标准，考察用户获取和管理家庭各设备能源消耗的便捷性与自动化调节能力，提高家庭能源利用效率。

- 交通出行：针对出行场景，研制人车家全生态互联互通互融相关的工效学标准，考察用户通过智能家居系统与网联汽车、共享单车等交通工具及充电桩等基础设施之间交互的便捷性。

#### 11. 关注特殊用户群体需求，扩展智能家居系统使用情境

- 无障碍设计：为残障人士制定智能家居系统无障碍交互的工效学标准，包括语音辅助、视觉辅助、触觉反馈等，考察智能家居系统对所有用户的可访问性。

- 适老化设计：制定适老化交互的工效学标准，考察系统是否适应老年用户的生理心理特点，通过简化操作流程、增加字体大小和按钮等，提高老年用户的易学性、易用性和满意度。

### 4.2 具体的立项建议

根据第三章所阐述的智能家居的人-系统交互工效学标准体系，下一步建议立项的智能

家居的人-系统交互工效学标准，可按照用户通过应用终端交互、用户通过控制终端交互、系统主动发起与用户的交互等三种常见交互方式开展，具体包括：

#### 12. 用户通过应用终端交互

在此类交互方式下，建议重点考察**无障碍和适老化交互**，即为残障人士和老年用户制定面向各类家电、家居与智能硬件产品的工效学标准，在各种使用情境下测试评估其无障碍和适老化交互的可用性，引导智能家居设备制造商与系统方案提供商通过设计辅助功能和简化界面等方式，对所有用户提供一致的可访问性。

此外，针对**新的产品类别与场景**（例如健康养老、交通出行与能源用电等）所引入的具有新功能与新形态的应用终端，当用户可以通过新的应用终端直接与系统交互时，制定工效学标准时，可以考察应用终端所提供的人-系统交互的可用性，包括：易学性、易理解性、容错性、扩展性、便捷性与可维护性等。

#### 13. 用户通过控制终端交互

作为当前最普遍的用户与智能家居系统的交互方式，建议重点考察以语音交互为代表的智能交互方式以及新兴的多模态交互方式，在各种使用情境下测试评估控制终端提供的交互可用性，例如，对新型基于大语言模型的智能**语音交互**，制定用户意图识别的测试评价标准，测试不同用户群体与方言用户的语音交互用户体验，评价系统对用户意图理解的准确性与满意度。对新型基于手势、视觉、语音等多种交互方式的**多模态交互**，制定多模态交互的测试评价标准，测试其交互的易学性、易理解性、操作效率、响应及时性、流畅性与一致性等。

此外，关于联网等基本配置、场景与自动化配置、固件与软件更新等三方面的人-系统交互，虽然用户不会与控制终端频繁发生此类交互，但它们与智能家居系统的易用性及智能化用户体验密切相关，建议制定工效学标准时，重点考察控制终端所提供的人-系统交互的可用性，包括：易学性、易理解性、容错性、扩展性、便捷性与可维护性等。

#### 14. 系统主动发起与用户的交互

随着人工智能技术与智能家居系统的深度融合，智能家居系统与控制终端正在从被动接受用户输入和指令，朝向**主动向用户发起交互或执行**方向演进，在这个方面，建议制定工效学标准时，重点考察系统对用户意图理解、用户行为预测与使用情境理解的准确性，以及控制终端主动发起交互的易识别性、自然性与安全性。

此外，控制终端与系统主动发起交互后，根据用户的反馈内容及情感识别，控制终端与系统可通过语音、图像、文字等不同方式**继续与用户交互**，例如取消上一次执行、更改执行时间或向用户补充执行背后的决策依据等，实现更好的人机协同。在这方面，制定工效学标准时，建议重点考察控制终端与系统连续交互的响应及时性、自然性与安全性。