智能居家养老场景下跌倒检测摄像头的交互设计

张为威[1,2)], 金彤彤[3)], 孙童心[1,2)], 黄钰茹[4)], 郜洵[5)], 郑址洪[2)*]

[1)] (清华大学美术学院 北京 100084)
[2)] (清华大学未来实验室 北京 100084)
[3)] (北京航空航天大学机械工程及自动化学院 北京 100191)
[4)] (香港科技大学(广州)信息枢纽 广州 510000)
[5)] (广州美术学院工业设计学院 广州 510006)
(jihong95@tsinghua.edu.cn)

摘 要: 在室内跌倒可能威胁到老年人的生命健康, 为了更好地支持老年人在家中独立生活, 提出了智能居家养老场景中跌倒检测摄像头的交互设计方案. 通过对国内 6 座城市中 422 位老年人的线下问卷调研和一场 6 位老年人参与的工作坊, 深入探索了老年人对跌倒检测摄像头的功能需求和交互偏好. 调研结果使用主题分析的方法总结出老年人偏好语音和图像结合的多模态交互形式, 并结合老年人提出的救助流程优化建议和其他功能诉求, 丰富了智能居家摄像头的功能, 如预设基础病信息和共享检测数据给医生等. 最后, 根据调研结果以微信小程序为载体, 设计了摄像头的交互流程与图形界面, 以期为相关研究提供参考.

关键词: 智能居家摄像头; 跌倒检测; 老年人; 交互设计
中图法分类号: TP391.41 **DOI:** 10.3724/SP.J.1089.2023.20050

Interaction Design of Fall Detection Camera in Smart Home Care Scenario

Zhang Weiwei[1,2)], Jin Tongtong[3)], Sun Tongxin[1,2)], Huang Yuru[4)], Gao Xun[5)], and Jeung Jihong[2)*]

[1)] (*Academy of Arts & Design, Tsinghua University, Beijing* 100084)
[2)] (*The Future Laboratory, Tsinghua University, Beijing* 100084)
[3)] (*School of Mechanical Engineering and Automation, Beihang University, Beijing* 100191)
[4)] (*Information Hub, The Hong Kong University of Science and Technology (GZ), Guangzhou* 510000)
[5)] (*School of Innovation Design, Guangzhou Academy of Fine Arts, Guangzhou* 510006)

Abstract: Indoor falls and related injuries have been major health threats for older adults. To better support seniors living independently at home, the study proposed an interaction design solution for fall detection cameras in smart homecare scenarios. In this paper, we conducted an offline survey of older adults (n=422) in six cities across China and a scenario-based participatory design workshop (n=6), in order to explore their needs and preferences for fall detection camera functionality and interaction. The research concluded that older adults prefer multi-modal interaction design combining voice and GUI through the thematic analysis method. Based on optimization suggestions for the rescue process and functional demands from older participants, we enriched the features of smart home cameras, such as preset basic disease information and data sharing with doctors. Finally, according to the research results, we designed the interaction process and GUI interface of the camera based on the platform of the WeChat mini program, to provide reference for related studies.

收稿日期: 2022-11-08; 修回日期: 2022-11-13. **基金项目**: 国家自然科学基金(62172252). **张为威**(1991—), 女, 博士研究生, CCF 会员, 主要研究方向为老龄化体验设计、人机交互; **金彤彤**(1998—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为用户体验设计; **孙童心**(1996—), 女, 博士研究生, 主要研究方向为人机交互、包容性设计; **黄钰茹**(1995—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为无障碍设计; **郜洵**(1985—) 女, 博士, 主要研究方向为老龄化设计, 人机交互; **郑址洪**(1962—), 男, 博士生导师, 论文通信作者, 主要研究方向为人机交互.

Key words: smart home camera; fall detection; older adults; interaction design

在中国老龄化迅速增长的情况下，智慧健康养老的概念应运而生. 智慧健康是指以智能产品和信息系统平台为载体，面向人民群众的健康及养老服务需求，融合了物联网、大数据和云计算等新一代信息技术的情景下提供的服务[1]. 在智慧养老政策的影响下，越来越多的智能产品和服务可以支持老年人在家中独立生活[2]. 其中，跌倒检测和紧急呼救技术受到人们的广泛关注，这项技术的发展和应用并不是偶然. 据统计，全球每年有约 68.4 万人死于跌倒，在过去 30 年间，我国 60 岁及以上老年人发生跌倒的情况明显增加，约 35%的跌倒骨折病人无法独立行走，超过 25%的患者需要长期有人照料，跌倒后半年内的死亡率为 10%~20%，一年内的死亡率高至 20%~30%[3].

为了缓解和改善老年人跌倒带来的伤害，国家出台了相关政策，鼓励跌倒防护设备和检测技术的发展[4]. 这使得面向老年人的跌倒检测技术研究呈现逐渐丰富的趋势，回顾国内外已有的跌倒检测技术研究成果可以发现：穿戴式技术[5]、基于压力传感器[6]、计算机视觉[7]和无线感知[8]这 4 类技术的应用是主要研究热点. 目前，跌倒检测技术的发展已相对成熟，并且在部分养老院和医疗机构[9]等场所逐渐开始普及推广. 然而，在家庭环境中，此类技术如何应用、普及[10]并能够真正地帮助老年人等问题仍然亟待解决[11]. 其中，关于老年人对摄像头的安全与隐私问题、使用与维护问题等相关研究尚不充分[12].

为了了解老年人使用智能居家技术，尤其是对跌倒检测摄像头的基本态度，本文做了如下工作. 首先，本文通过大规模的线下问卷调研了老年人对跌倒检测摄像头的使用经历，对摄像头功能、外观和放置位置的偏好；探索了老年人对摄像头这种具有明显侵犯隐私的智能设备的基本态度与感知. 其次，通过参与式工作坊的形式构建跌倒的真实场景，向老年人展示跌倒救助的流程和细节，以便于老年人理解跌倒过程中的真实处境，从而针对跌倒后救助的细节给出可行性的设计建议. 最后，针对老年人和利益相关人群的反馈，本文通过优化摄像头的外观设计、交互方式与流程，提升了摄像头的使用体验.

1　相关工作

1.1　老年人对跌倒检测技术使用的态度

日常生活中，老年人跌倒的原因可以总结归纳成 2 类：一类是因身体衰老带来的日常生活活动能力受损(activities of daily living, ADL)，如步态平衡障碍、视力障碍和认知障碍等问题；另一类是居住环境存在风险，如照明不足和环境障碍物等[13]. 根据跌倒发生的场景可分为 4 种类型：睡觉时无意识从床上跌落、从椅子上跌落、走路时摔倒以及从梯子工具等支撑物上跌落. 除此之外，老年人做家务时也经常会发生站立跌倒[14]. 这些意外的情况可以被带有传感器的智能设备检测到，并及时地帮助老年人呼救，以避免造成更多伤害. 这种通过跌倒检测支持老年人独立生活的信息和通信技术(information and communication technologies, ICT)被广泛应用于智能居家养老的场景下[15]. 跌倒检测系统不仅可以在老年人跌倒时帮助其呼救，还可以在老年人跌倒前的预防和跌倒后的辅助康复中起到支持作用[16].

大多数情况下，无感知类的传感检测形式因为不会对老年人的正常生活造成影响，故比较容易被老年人接受[17]. 一项部署在澳大利亚、德国和西班牙 3 个国家的跌倒检测系统“iStoppFalls”，是基于 Kinect 和惯性传感器的测试系统，用于在家中进行跌倒风险评估. 在持续了 4 个月的研究中，62 位老年人家中安装了该系统，并接受了分阶段的回访和评估. 研究结果显示，大多数参与的老年人积极地认可了该系统的作用[16]. MacKenzie 等[18]的研究工作在爱尔兰和澳大利亚展开共有 35 位老年人参与的 3 个焦点小组讨论，研究结果发现，没有跌倒经历的老年人对跌倒的严重性认知不足，部分老年人怀疑检测的准确性，但是其普遍对辅助运动干预功能的接受度较高.

与环境传感技术相比，基于计算机视觉技术的跌倒检测准确性有极大的提高[19]. 由于摄像头类型的产品存在隐私安全的问题，因此许多老年人对在居家环境中使用此类产品持谨慎的态度[20]. 老年人普遍表示，其愿意将摄像头安装在家中的公共区域(如客厅等)，并显示清晰图像. 绝大部分老年人不会接受在卧室或浴室摆放摄像头，但卫生间等是跌倒的高风险区域，采用模糊图像的方式能够提升部分老年人的接受度[21]. 部分老年人难以接受任何形式的摄像机或视觉信息采集，但也有部分老年人认为生命安全问题高于隐私的问题. 对于参与调研的绝大部分老年人希望在家中的跌倒检测设备是受自己控制[22]. 部分老年人认

为, 该技术适用于体弱的人群, 或在自己未来身体健康状态不佳的情况下使用. 老年人对健康状态及情绪状况自我评估、家人和医疗专业人员的意见、居住的环境和使用成本等因素均影响其对此类产品的接受和判断[23].

1.2 跌倒检测系统的交互方式

不同跌倒检测设备的交互方式有较大区别. 常见的交互方式有手势或姿势交互、图形界面交互和语音交互等. 大部分研究均采用多种交互方式结合的形式, 以增加老年人跌倒后被检测和救助的概率. 例如, Santiago 等[24]搭建的跌倒检测系统中包含了可穿戴设备和手机 2 个主要组件, 其中可穿戴设备与手机可以位于 30.48 m 径内通讯, 检测到坠落就会向手机发出警报, 然后手机向预设的紧急联系人发出警报, 若老年人觉得有跌倒风险, 则其可以通过系统主动联系家人. 有老年人对智能手机的使用表示担忧, 因其对手机不熟悉, 需要学习和记忆操作流程, 且需要定期充电很麻烦. 对于老年人首选的解决方案是不使用智能手机, 而是使用一个传感器, 将警报短信直接传输到联系人. 他们认为, 一个设备比 2 个设备更实用, 无需增加额外的操作.

老年人对跌倒检测设备的外观特征也有一定的要求: 希望穿戴式的检测设备体积适中, 最好能与日常物品(如手表)融为一体, 或者能够隐藏在衣服之下. 与家庭监测类产品相比, 老年人更喜欢随身携带求救按钮的形式[25]. 一项横跨奥地利、希腊和瑞典 3 国的研究中, 开发了一种能够预防和检测跌倒以及紧急呼救的护理机器人. 通过多模态的交互方式, 包括语音识别、手势识别以及基于屏幕的视觉界面. 研究人员探索了 49 名 70 岁以上的参与者对家用跌倒检测机器人的感知可用性和接受度, 并从目标用户中得到了积极反馈[26]. 大量研究结果显示, 老年人不愿意频繁地打扰联系人, 这也是其在意检测准确度的一个原因, 但当其主动发出求助信号时, 希望能够让尽可能多的人知道其困境. 有老年人建议采用旋律代替语音信息, 因为在警报传输过程中旋律更响亮, 更容易被识别[27].

在这些研究中, 以摄像头作为载体的研究并不充分, 大部分的研究仍是基于环境中的传感器. 本文以智能跌倒检测摄像头为案例, 调研了我国老年人对摄像头这类产品的使用态度和功能需求, 并根据老年人的反馈总结出以语音交互为主、图形交互界面为辅的交互设计方案.

2 设计调研

2.1 老年人对跌倒检测摄像头的态度

2.1.1 问卷调研方法与结果

为了探究老年人对跌倒检测摄像头的态度, 本文主要针对北京、上海、南京、苏州、扬州和重庆 6 座城市中 55 岁以上的老年人展开问卷调查, 共收到有效问卷 422 份. 值得一提的是, 所有的问卷均由社工辅助线下进行填写. 填写过程中, 社工并不参与老年人的作答决策, 仅作为解答疑问和帮助老年人填写答案到线上问卷.

问卷调查分为 3 个部分: (1) 收集参与调查老年人的基本人口学信息, 包括居住情况、使用智能产品的能力等; (2) 关注老年人对家庭摄像头的使用经历、态度及接受程度、功能需求, 如安全提示类、健康追踪类、娱乐交流类等; (3) 了解外观与交互方式偏好(如摄像头常规款、动物形态、拟人化风格以及带有屏幕的设计风格)、居家摆放位置偏好(如客厅、卧室、厨房、卫生间等).

2.1.2 老年人对智能摄像头的基本态度

通过此次问卷调研, 研究人员基本了解了对不同地区老年人使用跌倒检测摄像头的态度、担忧、需求等特征. 本次调研对象平均年龄 65 岁, 其中男性占比 34%, 女性占比 66%. 问卷结果显示, 28%的老年人在以往的生活中发生过不同严重程度的跌倒情况, 并且身边的家人、朋友也经历过跌倒带来的伤害. 对于老年人, 尤其是独居老年人而言, 居家检测摄像头能够在紧急状况下, 成为老年人求助的重要通道.

参与问卷调研的 422 位老年人用户中, 仅有 28%的老年人使用过居家跌倒检测摄像头, 此类产品在老年人家中的普及率较低, 但使用过的用户满意度较高, 在满分为 5 分的情况下, 满意度的平均分为 4.25 分. 对于未使用过跌倒检测摄像头的老年人而言, 其对该类产品的使用意愿有 4.03 分. 由此可见, 老年人对于跌倒检测类产品的使用意愿和满意度整体较高, 居家跌倒检测摄像头有极大的发展潜力. 调研中不愿意使用跌倒检测相关服务的老年人主要担心跌倒检测类产品所带来的使用成本. 例如, 超过 50%的老年人担心跌倒检测摄像头价格过高、或因功能复杂其无法使用, 并且担心摄像头传输画面不稳定等; 43%的用户担心摄像头的售后维修问题; 38%的用户表现出了对隐私问题的担忧, 害怕个人隐私会被泄露给陌生人; 20%以上的老年人则表示会考虑隐私方面的问题, 认

为摄像头让其感觉不舒服.

老年人对于跌倒检测摄像头的担忧因素较为复杂. 整体来说，可以分为使用成本问题、隐私问题和心理担忧，担忧的因素排名如图 1 所示. 这些因素整体上影响了老年人对跌倒检测摄像头类产品的接受程度. 此外，年龄与使用摄像头的顾虑因素有关，其中，年龄相对较大的老年人对价格和功能的担忧更重；能够独立生活的老年人倾向于用摄像头远程实时查看家内情况；而年龄较大、无法独立活动或患有重大疾病甚至需要长期卧床的老年人则更加关注摄像头跌倒检测的技术是否成熟，

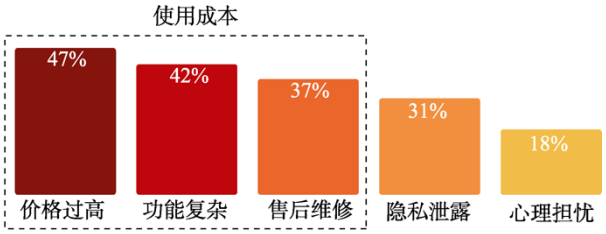


图 1　老年人不愿意使用跌倒检测产品原因

功能是否安全、可靠，而对摄像头的外观和售后关注较少.

在针对摄像头功能的调研中，针对居家安防、健康追踪和社交娱乐的 3 个方面分别做了不同程度的调研. 老年人对摄像头功能的需求与偏好如图 2 所示，问卷结果表明，老年人最需要居家跌倒检测摄像头提供基础安全防护类功能. 例如，59%的老年人选择了水电煤气等提示类功能，50%的老年人选择了防止盗窃等居家安防类功能，45%的老年人选择了跌倒检测、安全报警类功能. 而关于用户健康提醒和社交娱乐上，48%的老年人选择了记录与拍摄日常生活片段并分享，36%的老年人选择了提醒吃药或复健，32%的老年人认为其不需要居家健康运动指南功能. 由此可见，老年人对于居家跌倒检测摄像头的功能需求较少，一种可能的原因是他们没有接触过类似的产品和服务，更偏向使用摄像头基础性功能(如居家安防)，对于日常检测和娱乐性功能的需求较低.

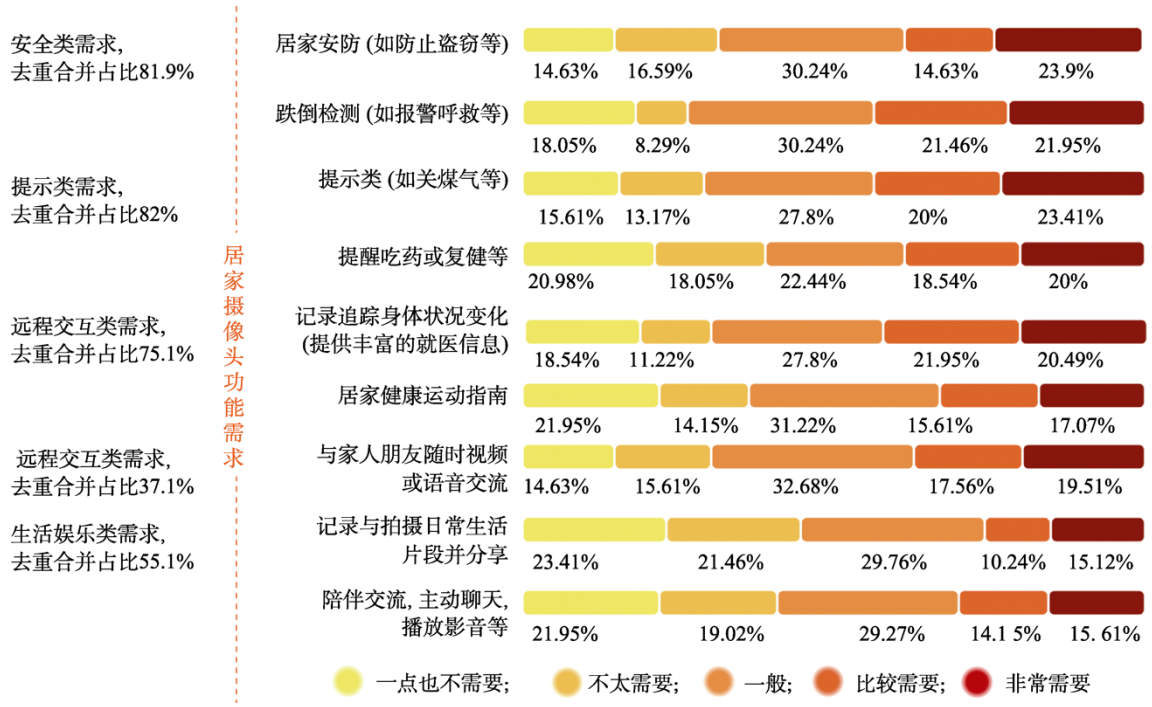


图 2　老年人对摄像头功能的需求与偏好

在老年人与摄像头的交互方式的调研中，问卷结果显示，语音呼救是老年人最认可的交互方式. 调研中，有 69%的老年人选择了希望通过语音、声音上的提示与摄像头进行交互；49%的老年人希望摄像头和手机关联，能够远程知晓摄像头的状态；31%的老年人选择了灯光、色彩的变化提示传递交互反馈，但这一选项也被另一部分人反对，其认为老年人视力普遍下降，不应该过度依赖视觉接受信息；分别有 25%和 20%的老年人选择了摄像头形态的变化以及手机或手环等连接设备的震动提示. 问卷数据显示，语音交互的方式被普遍认可，但由于老年人的视觉和听觉存在不同程度的退化，多模态的交互方式对老年人来说更友好.

整体而言，从功能上来看，基础的居家安防和

安全提示类功能得到了老年人的认可. 同时, 可以在其他方面(如社交和健康提醒等功能)上做一些使用场景的探索, 这将有助于老年人接受摄像头安装在居家环境中. 对于交互方式上, 语音交互和配合视觉界面等多模态的交互方式是老年人选择的偏好. 此外, 部分老年人愿意共享部分隐私信息换取生命健康的保障, 其希望把摄像头安装在客厅或家中的公共活动空间; 但也有部分老年人不愿意共享个人空间信息, 坚定地希望过不被摄像头“监视”的生活.

2.2 构建跌倒救助的真实场景

跌倒检测及救助具有突发性且需要各方及时协作的工作. 为了详细探索老年人在跌倒过程中可能遇到的问题, 研究人员通过一场参与式工作坊, 构建了跌倒的真实场景, 与 6 位老年人一起讨论跌倒后的救助流程及交互设计的细节.

2.2.1 参与式设计工作坊

“场景(Scenario)”一词来源于拉丁语“Olinda”, 意为舞台剧, 现在泛指生活中特定的情景. 在人机交互研究中, 场景作为重要的媒介连接用户和设计研究人员, 帮助设计师更好地理解用户, 以产生同理心和共鸣[28]. 本文为了探索老年人在跌倒时刻的感受和需求, 构建了老年人在家中跌倒时的真实场景, 通过演绎和记录结合的方式, 请老年人表达其对于跌倒救助的看法. 本次工作坊邀请了 6 位老年人, 平均年龄 73 岁. 在研究的过程中, 有 7 位设计研究人员参加. 其中, 1 位作为工作坊的主持人, 其他 6 位研究人员每人陪同 1 位老年参与者.

研究人员设置了老年人跌倒后意识清醒和意识丧失的 2 种情景, 模拟了不慎跌倒被摄像头发现的现场及处置的过程, 构建了摄像头应急处理的使用流程, 并为老年参与者现场演绎. 现场的布置安排和实景如图 3 所示. 参与式工作坊的现场流程如下.

Step1. 开场由主持人介绍本次工作坊的目标及内容.

Step2. 场景 1 演绎. 老年人跌倒后, 在清醒的状态下向摄像头进行语音呼救. 摄像头首先通知紧急联系人, 紧急联系人收到通知后, 可通过摄像头查看老年人的状态, 由子女决定是否联系救护车等后续救助行为.

Step3. 场景 1 演绎结束. 老年人对身边的工作人员就场景 1 发表看法.

Step4. 场景 2 演绎. 老年人跌倒后昏迷, 摄像头询问 2 次无应答后, 自动呼叫紧急联系人, 由紧急联系人查看摄像头画面, 并决定后续救助操作.

Step5. 场景 2 演绎结束. 老年人对身边的工作人员就场景 2 发表看法.

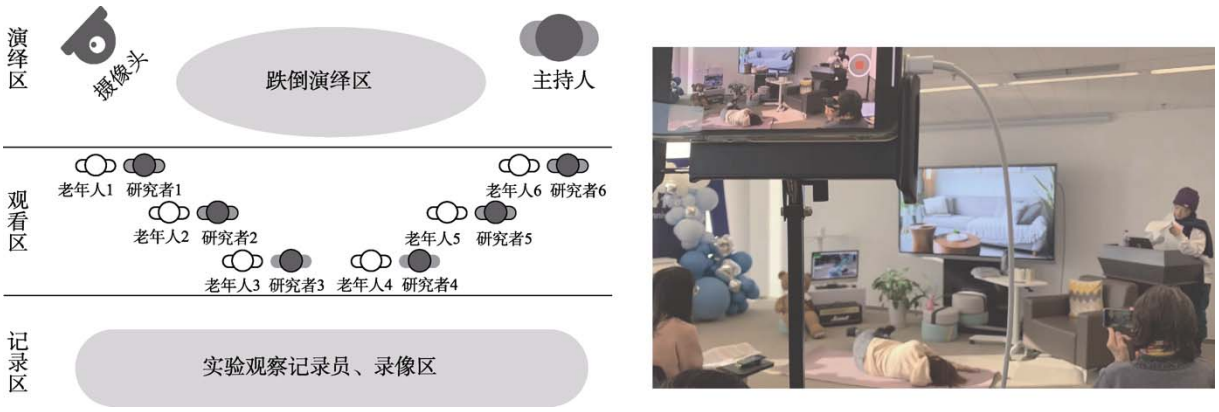


图 3 参与式工作坊现场地形图与现场实况

工作坊结束后, 研究人员对所有的文字和图像信息进行整理与分析, 通过质性研究中的主题分析法明确了老年人对交互方式设置的建议; 同时对老年人提出的其他交互形式进行了总结. 此外, 老年人对摄像头本身应该提供的功能上提出了一些具有建设性的建议, 这些建议被整理到跌倒后预设的救助方式中.

2.2.2 跌倒中的救助交互方式

(1) 语音交互方式

老年参与者普遍认为, 语音交互能够减少老年人的思考和学习成本, 更符合老年人本身的求助习惯, 不需要学习新的东西. 例如, 老年人只需说出“我有点不舒服, 你帮我打个电话吧”, 就像在与自己的子女说话一样就完成了呼救过程, 其认为这种方式更轻松. 研究人员针对语音呼救的交互方式在工作坊中进一步展开调研, 在问卷调研中显示, “救命”“来人啊”和“救我”这种口语化又通用的词语符合呼救习惯. 除了这种内置统一的呼救词之外, 也有老年人提出, 希望将呼救词自定义为子女的姓名, 这样呼救时显得更加顺畅.

老年人虽然认可语音呼救的交互方式，但也表示交互方式存在问题. 有人认为，如果子女在开车，突然收到“救命”的信息，会影响子女的安全. 此外，为了尽可能全面地查看到房间信息，摄像头一般挂在固定房间高处且存在死角，也就意味着在紧急情况下有可能需要老年人大声呼救，对老年人的呼救音量有要求. 在危机时刻，老年人很难用力气大声讲话，尤其是屋内常存在电视等噪声干扰的情况，老年人的呼救声音难以被准确识别. 因此，只依赖语音的交互呼救方式并不能保障老年人在紧急的时刻顺利发送求助信息. 对于这种情况，参加工作坊的老年人提出的建议主要集中于通过多设备互动和多模态的呼救交互方式.

(2) 其他辅助交互方式

通过手环呼救，老年人普遍认为可穿戴手环和摄像头结合能够弥补摄像头的弊端，突发情况下通过敲击手环向摄像头发送求助信号，联系人可以通过摄像头查看现场画面来确认老年人的状态. 除了呼救之外，手环可以戴在右手边脉搏的位置检测脉搏波动情况，避免出现在睡眠过程中脉搏停止跳动却不能被及时发现的情况.

通过敲击地面呼救是老年人主动提出的呼救方式，有老年人假设了这样的场景：老年人倒下后已经受伤，无法正常地向摄像头表达出其需求，但求生的本能会促使老年人就近击打地面、桌子等一切能触碰到的物体发出特别的声响，以引起智能摄像头、邻居等人的注意，希望摄像头具备听到异常声响后主动响应的功能.

通过摄像头自动呼救的方式不需要老年人与摄像头交互，而是在摄像头听到异常声响，如摔倒声或掉落声后询问是否需要帮助. 如果跌倒后的老年人进入了昏迷状态，无法与摄像头产生任何交互，摄像头在连续 2 次主动询问没有明确被拒绝后，应自动向联系人呼救. 然而，无论是视觉检测还是声音检测，均对摄像头检测精确度要求较高，须通过优化算法减少误报和报警不及时的情况.

2.3　跌倒后预设的救助方式

在此次参与式设计工作坊结束后，研究人员与老年人展开讨论关于意外发生后利益相关方如何参与到求救过程中的问题. 受访的老年人认为摄像头需要具有预设救助方式，并表示可以联合多方利益相关者，建立服务体系，在意外发生时，各方发挥其优势共同进行施救. 结合近年来国家相关政策中有关“互联网+”益民服务提出要促进智慧健康养老产业发展的相关要求[29]，本文总结了以下 3 方面的预设救助参与方式.

2.3.1　平台预存基础信息

老年人跌倒呼救是一个持续性的事件，检测并发送求助信息是第 1 步，快速对跌倒的老年人展开救援，最大限度地减少老年人受到的伤害是研究过程中关注的重点. 在参与式工作坊的讨论结果中，系统提前录入被照护对象的基础信息，该功能得到了老年人的一致认可，如既往病史、多个监护人的联系方式等. 在确认需要进行呼救时，保证隐私不被泄露的前提下，同时将以上信息发送给警察，以便于后续高效地落实救助过程中开锁、备案等相关问题.

除了跌倒检测时呼救，在预防跌倒方面智能摄像头同样可以提供帮助. Robinovitch 等[30]指出，先前研究对跌倒情况的了解是基于访谈或事件报告，这依赖于跌倒者或目击者的回忆描述，这种信息的缺乏使得准确诊断跌倒的原因变得困难，并阻碍了改善老年人居住环境、开发有效跌倒评估工具和跌倒预防研究的发展. 摄像头的存在能够对老年人的日常生活状态、行为特征进行长期跟踪分析，在突发状况时可提供完整、真实的跌倒画面. 例如，通过步态检测、走路姿态分析并判断基础身体机能情况. 跌倒是一个偶然发生的状况，但跌倒的原因是多样的、日常积累的. 通过长期追踪被守护者的身体指标数据，能够在关键时刻为医生提供多样性的辅助信息.

2.3.2　长期健康信息记录

部分受访者希望摄像头能够记录老年人的健康数据，形成一个动态的个人健康电子档案. 不仅为日后医护人员制定照料方案提供依据，也为家属通过摄像头提供的平台在线查看健康档案，了解老年人的健康和生活状况. 在摄像头的使用过程中，周期性地记录、更新和完善老年人健康档案资料，并提醒监护人进行定期核查，以掌握老年人的健康动态变化情况.

有 1 位在参加工作坊中高度认可摄像头功能却目前依然不愿意使用的老年人认为，跌倒在生活中是偶然事件，但是摄像头每天放在家中“监视”是必然发生的事情. 因此，探索智能居家摄像头的潜在功能，如有效地使用电子档案提供更多对老年人真实、有效的帮助，可以增加其使用的意愿.

2.3.3　个性化设置与多方联动

接到老年人求助后，相关人员参与到求救的过程中需要平台协同调度与共享信息，根据每户家庭的不同情况提前预设紧急呼救顺序，按照老

年人和监护人的设置联系救助者. 在紧急呼救顺序方面, 由于120急救中心提供24小时服务, 大多数受访者希望可以第一时间联系120急救中心. 但有些老年人担心摄像头的误报情况, 认为先联系监护人, 由子女判断跌倒的严重程度, 再决定是否需要呼叫120急救中心.

另外, 以摄像头为中心建立服务体系, 在意外发生时, 集中调度各方发挥其优势共同进行施救. 例如, 通知社区、社工等离老年人距离较近的机构和个人, 方便及时对老年人展开救助, 可以最大限度地保障老年人的生命安全.

总的来说, 在以用户为中心的设计思想下, 智能终端以老年人可以接受的形态存在居家养老的场景中是智能家居类产品设计的方向[31]. 虽然智能设备能随时监测老年人的身体状况和生活环境, 但还需要关注老年人的感受与使用体验. 因此, 作为单体智能设备结合人工智能和服务平台, 摄像头等智能产品将是用于未来智能居家养老发展的必然趋势[32].

3 交互设计方案

3.1 老年人对跌倒检测摄像头的态度

调研得到结果显示, 本文基于微信小程序的平台设计了呼救的交互流程, 如图 4 所示. 在界面设计方案中, 着重突出了发生跌倒事件时的告警通知功能, 并将事件依据异常识别分为2种类型, 如图5所示. (1) 老年人跌倒. 摄像头通过实时监控画面识别老年人家中跌倒事件, 并进行告警. (2) 老年人呼救. 摄像头通过语音识别模块识别关键呼救词, 并进行告警. 2种类型的清晰划分, 可以第一时间帮助告警接收者快速辨别老年人当下的情况类型.

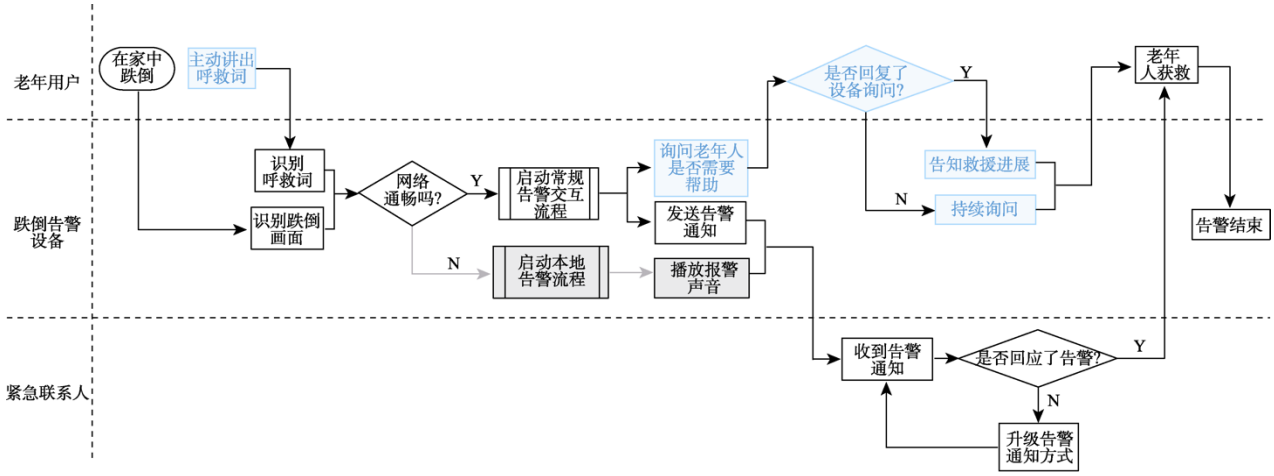


图 4 跌倒告警语音交互流程图



图 5 跌倒告警通知的 2 种类型

注. 图片来源: 腾讯隐形护理员小程序截图.

设备在识别老年人跌倒事件后, 将会主动询问老年人是否需要帮助. 如果设备得到老年人的明确回复, 那么设备将会语音告知老年人已经将告警信息发送至紧急联系人. 若紧急联系人未做任何反馈(如发起视频通话、打电话给老年人等), 则设备将升级告警通知的方式, 从推送告警信息升级至电话告警的方式. 与此同时, 设备在进行每一步操作时会及时告知老年人事件处理进展, 赋予老年人全部的知情权, 为老年人提供心理上的支撑. 如果跌倒后老年人失去意识或未能在设备初次询问时明确回复, 设备将在向紧急联系人发送通知的同时, 每隔一段时间发起对老年人的主动询问, 通过外部持续声音刺激尝试唤醒跌倒昏迷的老年人. 如果老年人中间恢复意识, 那么就可以及时知晓其当下的求助进展.

告警信息成功推送后，紧急联系人将收到告警设备、类型、时间等详细信息，跌倒告警通知的详细信息查询如图 6 所示，在“我的设备”页面中发起视频通话，及时了解老年人的当前状况，并且可以查看视频监控的回放，帮助紧急联系人了解跌倒的起因，共享给医生辅助诊断．在交互界面原型中，考虑到多方利益相关者的关系网络复杂，用户可以在手机程序中设置共享人的权限．其中，包括双向通话、实时画面、功能按键和告警通知 4 个主要操作权限．

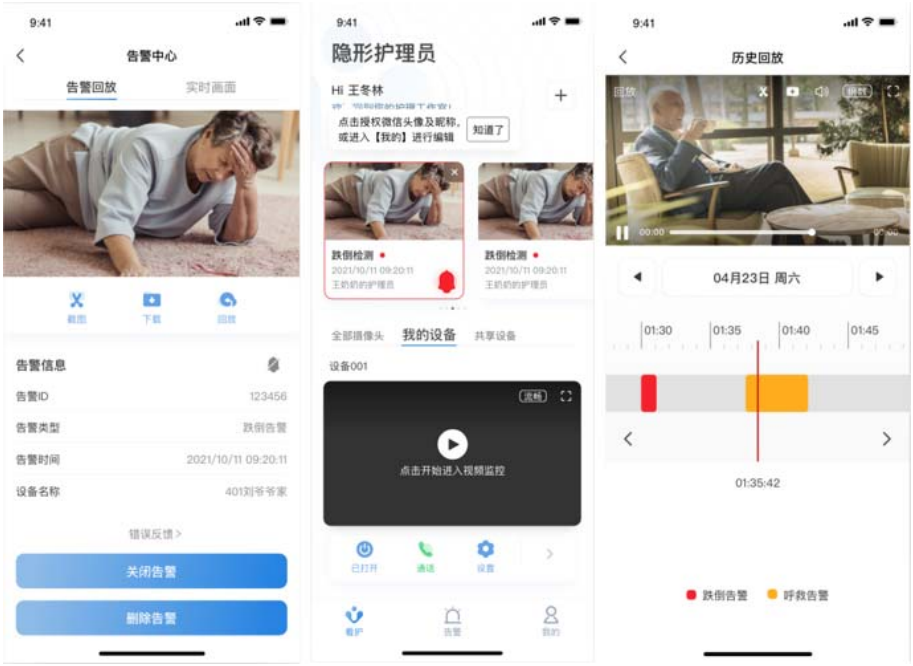


图 6　跌倒告警通知的详细信息查询

注．图片来源：腾讯隐形护理员小程序截图．

3.2　网络受限情况下的本地告警设置

调研结果显示，老年人最担心网络的稳定性、摄像头的网络连接情况等客观条件对于跌倒告警准确率造成的影响．尤其是在网络不通畅的情况下，若设备无法及时通知他人，则老年人就不能得到及时救助．大多数受访老年人认为其对网络相关的问题不甚了解，无法准确地判断摄像头的连接情况．基于此，本文设计的交互设备原型增添了在网络不佳情况下的本地告警功能．在网络不佳的情况下，当摄像头检测到老年人跌倒时，启动间歇性的高分贝和高频的告警声音，提高跌倒老年人被邻居及社区等附近人员知情的可能性，增加跌倒老年人被救助的概率．同时，持续的高分贝、高频声响可以对大脑产生刺激，能够警醒跌倒老年人不要陷入昏迷状态中．考虑无反馈地停止警报声会增加老年人的恐慌情绪，在获得救助前，本地告警声音将持续播放．当救援人员赶到现场时，可以通过物理按钮或者手机应用界面中的按键关闭本地告警声音．在本地告警过程中，网络恢复正常并通知到紧急联系人后，摄像头会给老年人明确的反馈，然后停止本地告警声音，并在等待期间通过语音交互指导跌倒老年人自救，以缓解其等待救助时的无助感．

4　结　语

老年人因跌倒而带来的伤害直接影响了其正常生活，智能跌倒检测摄像头能够守护老年人的生命安全．然而，由于对于隐私问题和使用等方面的担忧，老年人在面对这些智能产品时望而却步．本文通过问卷、访谈和参与式工作坊等研究方法，深入探索了老年人对摄像头功能的需求、交互方式的偏好．结合求助过程中的多方利益相关者联动问题，基于跌倒救助的故事线构建了场景化的研究范式和流程，探讨了关于救助中的交互方式以及预设的救助参与可能性，最终设计了互动性强、操作便捷的交互原型．

本文的研究结果有助于理解老年人在使用智能居家产品，尤其是摄像头时的基本态度和感知．通过设计调研得出的结论可运用到交互设计技术

和流程中，拓宽了在家庭场景中跌倒检测的应用性研究. 未来，将从老年人与检测技术交互领域的其他维度进行更深入的讨论与探索，并且对交互设计方案做进一步验证，以期为相关的从业者提供更多有价值的参考.

参考文献(References):

[1] Liu Xia. Construction of healthy elderly care service system from the perspective of smart community elderly care[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2018, 38(7): 1743-1745(in Chinese)
(刘霞. 智慧社区养老视角下健康养老服务体系的构建[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(7): 1743-1745)

[2] Jaschinski C, Ben Allouch S, Peters O, *et al*. The influence of privacy on the acceptance of technologies for assisted living[C] //International Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer, 2020: 463-473

[3] Ye P P, Er Y L, Wang H D, *et al*. Burden of falls among people aged 60 years and older in mainland China, 1990-2019: findings from the Global Burden of Disease Study 2019[J]. The Lancet Public Health, 2021, 6(12): e907-e918

[4] Ministry of Industry and Information Technology, Ministry of Civil Affairs, National Health Commission. The action plan for development of the smart health and elderly care industry(2021-2025)[Z]. Ministry of Industry and Information Technology Electronic Letter[2021]No.154, 2021-10-20
(工业和信息化部, 民政部, 卫生健康委员会. 智慧健康养老产业发展行动计划(2021—2025年)[Z]. 工信部联电子函[2021]154号, 2021-10-20)

[5] Hu Lisha, Wang Suzhen, Chen Yiqiang, *et al*. Fall detection algorithms based on wearable device: a review[J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2018, 52(9): 1717-1728(in Chinese)
(忽丽莎, 王素贞, 陈益强, 等. 基于可穿戴设备的跌倒检测算法综述[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2018, 52(9): 1717-1728)

[6] Shi Xin, Xiong Qingyu, Lei Luning. Research on fall detection system based on pressure sensor[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(3): 715-720(in Chinese)
(石欣, 熊庆宇, 雷璐宁. 基于压力传感器的跌倒检测系统研究[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(3): 715-720)

[7] Shen Bingqian, Wu Zhiyong, He Qianhua, *et al*. Falling detection method based on human body posture judgment[J]. Journal of Computer Applications, 2014, 34(S1): 223-227+264(in Chinese)
(沈秉乾, 武志勇, 贺前华, 等. 人体姿势状态判决的跌倒检测方法[J]. 计算机应用, 2014, 34(S1): 223-227+264)

[8] Yuan Zhian, Zhou Xiaoyu, Liu Xinpu, *et al*. Human fall detection method using millimeter-wave radar based on RDSNet[J]. Journal of Radars, 2021, 10(4): 656-664(in Chinese)
(元志安, 周笑宇, 刘心溥, 等. 基于 RDSNet 的毫米波雷达人体跌倒检测方法[J]. 雷达报, 2021, 10(4): 656-664)

[9] Wust K L, Carayon P, Werner N E, *et al*. Older adult patients and care partners as knowledge brokers in fragmented health care[J]. Human Factors, 2022: 00187208221092847

[10] Sui Dangchen, Peng Qingchao. Constructing basic analysis about the “Internet + community home-based care” service model in China’s city[J]. Social Security Studies, 2017(3): 18-26(in Chinese)
(睢党臣, 彭庆超. 我国城市“互联网+社区居家养老”服务模式的构建基础分析[J]. 社会保障研究, 2017(3): 18-26)

[11] Abdul Rahman K, Ahmad S A, Che Soh A, *et al*. The association of falls with instability: an analysis of perceptions and expectations toward the use of fall detection devices among older adults in Malaysia[J]. Frontiers in Public Health, 2021, 9: 612538

[12] Nooruddin S, Islam M M, Sharna F A, *et al*. Sensor-based fall detection systems: a review[J]. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2022, 13(5): 2735-2751

[13] Boyé N D A, van Lieshout E M M, van Beeck E F, *et al*. The impact of falls in the elderly[J]. Trauma, 2013, 15(1): 29-35

[14] Yu X G. Approaches and principles of fall detection for elderly and patient[C] //Proceedings of the HealthCom 10th International Conference on e-health Networking, Applications and Services. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2008: 42-47

[15] Ogonowski C, Aal K, Vaziri D, *et al*. ICT-based fall prevention system for older adults: qualitative results from a long-term field study[J]. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2016, 23(5): 1-33

[16] Ejupi A, Gschwind Y J, Valenzuela T, *et al*. A Kinect and inertial sensor-based system for the self-assessment of fall risk: A home-based study in older people[J]. Human-Computer Interaction, 2016, 31(3/4): 261-293

[17] Wang X Y, Ellul J, Azzopardi G. Elderly fall detection systems: a literature survey[J]. Frontiers in Robotics and AI, 2020, 7: 71

[18] MacKenzie L, Clifford A. Perceptions of older people in Ireland and Australia about the use of technology to address falls prevention[J]. Ageing & Society, 2020, 40(2): 369-388

[19] de Miguel K, Brunete A, Hernando M, *et al*. Home camera-based fall detection system for the elderly[J]. Sensors, 2017, 17(12): 2864

[20] Demiris G, Rantz M J, Aud M A, *et al*. Older adults’ attitudes towards and perceptions of “smart home” technologies: a pilot study[J]. Medical Informatics and the Internet in Medicine, 2004, 29(2): 87-94

[21] Steele R, Lo A, Secombe C, *et al*. Elderly persons’ perception and acceptance of using wireless sensor networks to assist healthcare[J]. International Journal of Medical Informatics, 2009, 78(12): 788-801

[22] Bailey C, Foran T G, Scanaill C N, *et al*. Older adults, falls and technologies for independent living: a life space approach[J]. Ageing & Society, 2011, 31(5): 829-848

[23] Hawley-Hague H, Boulton E, Hall A, *et al*. Older adults’ perceptions of technologies aimed at falls prevention, detection or monitoring: a systematic review[J]. International Journal of Medical Informatics, 2014, 83(6): 416-426

[24] Santiago J, Cotto E, Jaimes L G, *et al*. Fall detection system for the elderly[C] //Proceedings of the 7th IEEE Annual Computing and Communication Workshop and Conference. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2017: 1-4

[25] Sas C, Brahney K, Oechsner C, *et al*. Communication needs of elderly at risk of falls and their remote family[C] //Proceedings of the CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 2017: 2900-2908

[26] Fischinger D, Einramhof P, Papoutsakis K, *et al*. Hobbit, a care robot supporting independent living at home: first proto-type and lessons learned[J]. Robotics and Autonomous Systems, 2016, 75: 60-78

[27] Thilo F J S, Bilger S, Halfens R J G, *et al*. Involvement of the end user: exploration of older people's needs and preferences for a wearable fall detection device-a qualitative descriptive study[J]. Patient Preference and Adherence, 2016, 11: 11-22

[28] Carroll J M. Five reasons for scenario-based design[C] //Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1999: 11

[29] Hua Zhongsheng, Liu Zuoyi, Meng Qingfeng, *et al*. National strategic needs and key scientific issues of intelligent pension services[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2016, 30(6): 535-545(in Chinese)
(华中生, 刘作仪, 孟庆峰, 等. 智慧养老服务的国家战略需求和关键科学问题[J]. 中国科学基金, 2016, 30(6): 535-545)

[30] Robinovitch S N, Feldman F, Yang Y J, *et al*. Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: an observational study[J]. The Lancet, 2013, 381(9860): 47-54

[31] Li Xiaoshan. Intelligent products design for home care model[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(6): 77-80(in Chinese)
(李晓珊. 居家养老模式下的智能产品设计研究[J]. 包装工程艺术版, 2015, 36(6): 77-80)

[32] Li Xueliang, Gong Miaosen. Intellectual product service design for the elderly from the perspective of mobile internet[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2): 57-60(in Chinese)
(李雪亮, 巩森森. 移动互联网视角下老年人智能产品服务设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(2): 57-60)