

面向视障人群出行场景的机器导盲犬设计综述

王小可

华东理工大学艺术设计与传媒学院/工业设计系, 上海

收稿日期: 2026年3月15日; 录用日期: 2026年4月13日; 发布日期: 2026年4月23日

摘要

我国是全球盲人数量最多的国家, 有超过1700万的视障人士, 对应的导盲犬需求约为17万只, 而国内现役导盲犬实际数量总数仅约200只。导盲犬要经过严格的筛选与培训才能为视障人士工作, 使得这项服务的稀缺性极为突出。此外, 导盲犬在许多公共场所被禁止进入, 视障人士的进出也因此受限, 视障人群在生活与出行上遇到的不便给他们的身心带来许多伤害。因此, 本课题将着眼于视障人群本身, 研究视障人群出行场景的问题与麻烦, 综合传统解决方案, 引入现代设计理念, 进行符合出行场景的机器导盲犬设计。本课题设计力求从情感上关注视障人群生活生产及出行时的状态及心理需求, 从功能上充分考虑视障人群的生活习惯和出行场景的需求, 通过对造型上的创新和人机功能的适配缓解视障人群的出行难题。

关键词

智能出行, 视障人群, 导盲定位

Design Overview of Robotic Guide Dogs for Visually Impaired Individuals in Travel Scenarios

Xiaoke Wang

School of Art Design and Media, Department of Industrial Design, East China University of Science and Technology, Shanghai

Received: March 15, 2026; accepted: April 13, 2026; published: April 23, 2026

Abstract

China has the largest number of blind people in the world, with more than 17 million visually impaired people, and the corresponding demand for guide dogs is about 170,000. The actual number

文章引用: 王小可. 面向视障人群出行场景的机器导盲犬设计综述[J]. 设计进展, 2026, 11(2): 92-105.

DOI: 10.12677/sheji.2026.112008

of guide dogs in active service in China is less than 200. Guide dogs need strict screening and training to work for blind people, making the scarcity of this service extremely prominent; In addition, guide dogs are prohibited from entering many public places, and the entry and exit of blind people are also restricted. The inconvenience faced by visually impaired people in their daily life and travel brings them many physical and mental injuries. Therefore, this project will focus on the visually impaired individuals themselves, study the problems and troubles of their travel scenarios, integrate traditional solutions such as guide dogs, and introduce modern design concepts to design machine guide dogs that meet the travel scenarios. Strive to pay emotional attention to the living, production, and travel status and psychological needs of visually impaired people; Fully considering the lifestyle habits and travel needs of visually impaired individuals in terms of functionality, and through innovative styling and adaptation of human-machine functions, it can solve the travel difficulties of visually impaired individuals.

Keywords

Intelligent Travel, Visually Impaired Individuals, Guide Blind Location

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 绪论

1.1. 课题背景

根据中国残联的数据,目前我国至少有 500 万盲人,且盲人数量正在以每年 45 万的速度迅速增加。中国作为全球人口数量最多的发展中国家,为视力障碍人群提供医疗、教育、帮助就业等服务的任务巨大[1]。由于视觉缺失,视障人群在出行过程中存在着多种不便与困难,如无法辨别方向,道路中遇到障碍物,接收不到红绿灯信号等。导盲犬作为经过专业训练的工作犬,可以在与视障人群出行的过程中引导其避开障碍物到达目的地;此外导盲犬可以给视障人群提供独居时的情感陪伴,缓解孤单的心情。然而,目前我国导盲犬仅约 200 只,与庞大的视障人士基数形成矛盾。我国导盲犬数量稀少的原因主要为: 1) 训练难度大。幼年导盲犬需要经过 60%~70%的淘汰筛选和 6 次以上的考核,通过 70 项标准,才会成为合格的导盲犬。2) 培育成本高昂,调查显示一只导盲犬的价格在 15 到 20 万,这其中还不包括日常饲养和相关的病理检查。据统计,一只导盲犬一年会消耗 6 到 7 万元,这对于大部分家庭来说并不是一笔小的支支出,大概也是导盲犬在日常生活中很少见的一个原因[2]。3) 训练资源不足,我国导盲犬训练基地仅有 5 家,分别位于大连、上海、广州、西安和郑州。4) 申请要求高,导航犬要求申请人年龄在 18 至 50 周岁;具备一定的定向行走能力及生活自理能力;能够独立饲养管理动物;可自行负担导盲犬的日常所需费用。这些问题在短期内均难以彻底解决。机器狗在稳定性、可控性、可及性和社会兼容性上展现出较好的潜力,通过加载红外或热成像技术可在夜间或雾霾中导航,稳定性高于依赖视觉的传统导盲犬。最关键的是,其行为逻辑始终基于使用者指令[3]。

随着人工智能、大数据、双控技术、红外监测、智能避障等技术的发展,机器人代替导盲犬的功能作用为视障人群服务成为可能。视障人群出行过程中因为生理残疾较难独立外出行走,需要借助辅助出行的导盲产品。因此设计一款能够满足视障人群出行场景下的智能机器导盲犬对于缓解我国导盲犬供需矛盾,提高视障人群生活质量具有重要的意义。

1.2. 课题研究意义

本课题研究的实际意义不仅在于满足视障人群的出行需求，也希望通过机器导盲犬产品的情感化和智能化设计促进视障人群和导盲犬之间的“沟通”。通过对机器犬的智能化设计，一方面提高导盲避障出行的使用价值，通过产品与人的互动，提高视障人群的出行频率；另一方面重视视障人群的情感化设计，使视障人群在使用过程中感觉到产品带来的温暖，增强与社会的交往联系，让他们能够感受现代科技产品带给自己的便利。

1.3. 课题研究创新点

本课题的创新点在于以传统的现代机器犬为基础，深入研究视障人群对于独立出行的需求，并对其潜在需求进行挖掘，同时结合导盲犬的使用习惯，以及视障人群的生活习惯进行创新设计。课题从视障人士辅助出行产品的外形设计、结构设计、人机尺寸分析以及材质选择和工艺的选择展开设计，通过外形和结构设计来体现课题的创新性和安全性、人性化等。本次课题通过产品与人的互动，一方面提高机器导盲犬的使用价值，提高视障人群出行的安全性与便利性；另一方面重视视障人群的情感化设计，使智能机器导盲犬在引导使用者出行过程中，让视障人群能够感受到方便、快捷、安全的人性化体验。

2. 课题研究现状

2.1. 国外研究现状

国外的机器导盲犬主要强调功能，更多地能够给视障人群提供出行的便利和人性化的关怀。经过十几年的发展，国外的机器导盲犬相对于国内的机器导盲犬更加智能化，更加人性化，我国的机器导盲犬在这方面相对有欠缺，所以在课题设计中要有所提高。

Spot 是波士顿动力的明星机器狗产品，这只“网红”机器狗 Spot 售价将近 50 万元[4]，且每年都会更新一些功能，波士顿动力表示 Spot 会被打造成一个模块化产品，具有地形移动、360 度避障、各级导航、遥控和自主控制等功能。用户可以通过添加专门的传感器、软件和其他有效负载来定制 Spot，通过 API 编写动态动作和表情姿势(如图 1)。



Figure 1. Spot dog
图 1. 数字狗^①

2.2. 国内研究现状

国内的机器导盲犬发展时间相对较晚，与导盲犬相比，智能导盲犬具有成本低、功能完善、携带方便、失误率低等优势，且便于大范围推广。中国是全世界视障人士最多的国家之一，而导盲犬的数量则非常有限，远远无法满足市场需求。因此智能导盲犬具有较大的市场空间和发展前景。近年来，我国申请智能导盲犬专利的机构不断增多，其中不仅包括科研机构，还包括科技型企业。例如季华实验室申请了“机器人导盲犬用的终端及其安全控制法、电子设备”、“一种机械导盲犬反馈控制方法、装置、系统和电子设备”等专利，上海电力大学申请了“一种基于机器视觉的机械导盲犬”，华南理工大学申请了“一种自动寻路的视障人士智能辅助装置及其方法”，上海喆氏智能科技有限公司申请了“智能导盲犬”等专利。

3. 调研与分析

3.1. 市场调研

2021年8月10日，小米 MIX4 发布会结尾，雷军展示了小米内部的一个探索概念项目——小米第一代仿生四足机器人 CyberDog 正式亮相。CyberDog 仿生四足机器人不仅拥有仿生的运动步态，还拥有仿生的视觉和听觉交互体验，让它可以听从指令、识别主人甚至自动跟随主人运动(图 2)。本课题市场调研选择在淘宝、中国工业设计在线、普象设计、站酷 APP，花瓣 APP 等网站调研现有辅助视障人士出行类产品，发现优缺点进行对比；在百度、知网上调研视障人群生理、心理和对导盲机器狗的了解情况等数据，形成表格分析情况及需求，对视障人群的生活习惯、出行特点和使用习惯等进行总结(表 1)。



Figure 2. CyberDog
图 2. CyberDog[®]

Table 1. Competitive product analysis

表 1. 竞品调研分析

产品种类	优点	缺点	环保性	操作方式	成本投入
盲杖(图 3)	质轻可收缩	导盲效率低	污染较少	操作简单、手持或自动化	成本较低
轮椅	安全放心	需要人力，不能独自出行	污染较少	对推动轮椅人员要求高	首次投入低、耗材成本高
导盲鞋(图 4)	智能，轻便	价格高 安全性待定	污染较少	穿戴在身上	投入大、耗材成本高



Figure 3. White cane
图 3. 盲杖^③



Figure 4. Guide shoes
图 4. 导盲鞋^④

由表 1 可知现有辅助视障人群出行产品如盲杖, 盲道, 轮椅, 可穿戴设备等在使用功能和易用性等方面各有千秋, 同时也存在一些问题, 因此机器导盲犬的设计应综合考虑各方面的因素, 满足视障人群出行需求的基础上, 在操作方式, 成本控制, 环保性, 产品迭代等问题上进行深入思考, 更好地指导视障人群生产生活。

3.2. 技术调研

技术是智慧出行的基石, 近年来, 物联网、人工智能、无线通信、自动控制技术等多门前沿学科得到了飞速的发展, 智能传感技术、自动驾驶及无线通讯技术给产品的数字化、智能化提供了无限可能, 百姓出行越来越高效便捷, 特别是共享经济和绿色智能出行已经成为一种生活时尚。首先, 未来的交通方式将会更加智能化[5]。人工智能技术的不断发展, 将使得汽车、公共交通等交通工具可以更好地适应道路和交通状况, 从而实现更加高效的出行方式。其次, 未来的交通方式也将会更加绿色环保。随着全球环保意识的不断提高, 越来越多的人开始意识到环保的重要性。此外, 未来的交通方式还将会更加多样化。出行方式的变革主要来自避障技术的升级, 通过对现有避障方式进行调研, 发现超声波测距(图 5), 利用超声波测距模块可实现多障碍物的定位及 运动状态的跟踪 可以精确地测出物体距离盲人的距离、物体相对于盲人的运动方向及运动速度[6], 同时发现智能避障, 红外感应, 动力牵引, 传感器, GPS 导航等技术激光在引导视障人群出行的过程中能有效观测路况和周围环境, 同时避免障碍物, 使得视障人群在室外场景下方便且安全的出行, 最大程度减少道路阻碍危险, 同时结合语音播报等技术, 便于视障人群对产品的有效使用, 进一步提高工作效率。



Figure 5. Ultrasonic ranging technology

图 5. 超声波测距技术[®]

基于以上的产品技术调研及用户痛点的分析，明确了以智能避障技术应用为基础，结合智能传感技术、GPS 导航系统(图 6)及语音声控等成熟技术的应用对智能机器导盲犬进行人性化设计。同时摄像实时拍摄周围作业环境，使用者的家属等相关人员可以使用手机 APP 对机器导盲犬进行实时远程监控与定位监测。

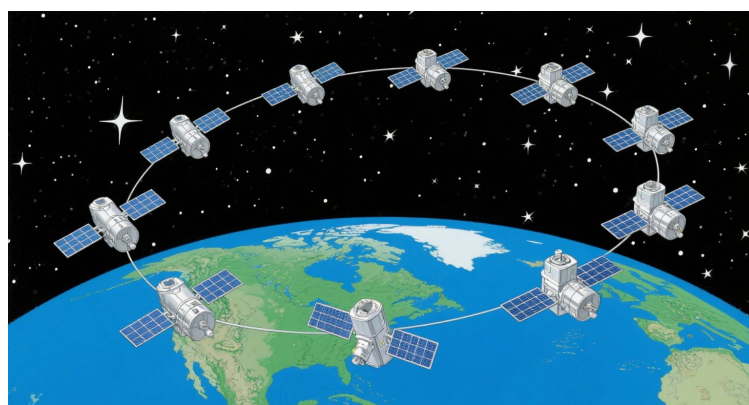


Figure 6. Global positioning system

图 6. 全球定位系统[®]

3.3. 用户调研

本课题采取田野观察方式开展用户调研。实地考察时首先将调研地点选在了在江苏省南通市崇川区文峰街道，选取了小区附近及相关的视障人士按摩店的三名店员作为观察对象。笔者首先调研了解到观察对象的出行环境，分析记录了几名视障人士在上下班通勤过程中遇到的突出问题，调研视障人士出行场所范围以及通行时间、出行频率等数据，形成总结报告分析视障人群在出行过程中需要解决的问题。

3.3.1. 视障人群出行行为特征

经观察，视障人群的出行行为特征主要由出行方式、出行距离、出行频率所决定。1) 出行方式：根据调查显示，大部分视障人群出行会选择步行或者公共交通，这对视障人群来说需要反复地练习和熟练度，尤其是早晚高峰人多的时间，给视障人群增加了不小的难度。2) 出行距离：大部分视障人群都会选择离家就近的按摩店工作，选择家或者附近的菜市场，超市等场所购买生活物资，视障人群还会偶尔到小区附近的公园遛弯，与朋友一起聊天，距离都不会太远。3) 出行频率：视障人群的出行频率大概为一天一次，没有购物或者工作需求时，视障人群的出行频率相对较低。

3.3.2. 生理因素对视障人群的出行影响

人体主要通过感觉系统(视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉)和记忆经验的复合型方式来认识和感受外界事物,其中大约 80%的信息是通过视觉途径获得,由于视障人士缺失视觉感知的特殊性,无法像正常人那样感知外界的光线、色彩和图像,只能积极地利用听觉、触觉、嗅觉和味觉去感知周围环境[7]。

视障人群因为自身视力的缺失,身体的其他功能器官发生了不同程度的变化,表现为以下几个方面。

1) 从身体感知机能方面:视障人群会因为视力损伤而听觉,触觉,嗅觉等其他能力有所提升,这些表现就会导致视障人群对产品交互的最大感受器官和非视障者不同,所以要从这方面去加强。2) 从运动机能上看:视障人群因为缺乏运动,身体的骨骼,肌肉都发生了不同程度的退化,平衡力的下降,导致视障人群在出行时增大了不安全的可能性,所以要在这方面有所提高。3) 从神经系统上看:视障人群的出行过程中要记忆很多路线,步数,所以语音提醒。智能化服务功能能够给视障人群提供很大便利。

3.3.3. 心理因素对视障人群的出行影响

残疾通常被视为个体身体或感官功能的缺失,障碍则是指这种缺失如何在特定社会环境下转化为参与社会生活的限制。这一区分有助于明确残疾本身并不直接决定个体的生活质量和社会融入程度,而是社会环境中的偏见、歧视和缺乏支持造成了障碍[8]。视障人群因缺少与社会的接触,部分用户可能存在心理敏感脆弱,孤独感强烈的时刻。此外,社会部分人士会对视障人群带有偏见和歧视,因此他们的情感需求层面需要得到额外的关注,对此可以在产品使用过程中提供语音陪伴服务。在产品功能的使用上,操作过程的复杂性会让视障人群在使用产品过程中出现落差感,智能机器导盲犬产品的设计需要注重视障人群的心理,因此产品操作方式应简单易懂,不给视障人群造成额外的心理负担。

3.3.4. 设计分析

基于以上的调研可以得知视障人群在使用产品时会有以下的功能需求:1) 出行前需要语音召唤开启机器导盲犬,同时在视障人群没有出门一个人独处的时候提供语音陪伴服务;2) 出行途中,机器导盲犬通过语音播报等方式为使用者提供信息和行走避障方位,视障人群手抓牵引杆跟随机器导盲犬行走,牵引杆应当具有收缩的功能,外出使用时拉出,回到家可缩回节省空间;3) 夜间行走时,为视障人群的行走安全性考虑,机器导盲犬头部置有照明灯,可以在天黑时自动感应发光,给其他行人以警示的作用,从而为视障人群让路;

4. 智能机器导盲犬的设计表达

4.1. 设计理念

本次课题设计的智能机器导盲犬旨在通过设计为视障人群提供出行便利,视障人群因为生理残障的原因在日常生活出行过程中会受到诸多约束,较难独立外出行走,而导盲犬的数量有限,并且视障人群拥有一只导盲犬前需要等待多年。但仍然存在类似于餐厅,商场等公共场所禁止导盲犬进入的现象,以上种种情况给视障人群的身心带来双重影响,因此设计一款专门针对视障人群的智能机器导盲犬具有重要意义。本课题在满足视障人群出行需求的设计基础上,整体造型圆润亲切体现出人性化的设计特点,根据前期的调查研究,因此将设计外观定位为简洁,有亲和力,人性化。

智能机器导盲犬的设计旨在给视障人群提供出行便利,使用者的肢体通过与产品的接触互动和语音提示等方法来接受信息从而了解路况与周围环境,进而做出相应的判断与选择,以达到智能避障与导航的目的。因此,在产品设计中要多方面多角度地考虑产品的功能需求和属性,同时结合视障人群使用真实导盲犬的行为习惯,让用户能够将使用真实导盲犬的行为习惯应用于机器导盲犬之上。视障人群使用真实导盲犬的固定行为模式最主要体现在牵引杆的使用,视障人群在导盲犬的带领下出门,通过牵引杆

保持身体与导盲犬的安全距离，牵引杆是视障人群使用产品的第一接触点，因此牵引杆与使用者的产品交互连接需要仔细考虑(图 7)。

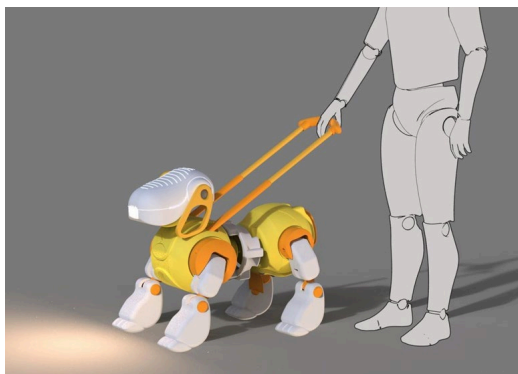


Figure 7. Design renderings
图 7. 设计效果图^⑦

4.2. 功能流程设计

在整个使用过程中，用户行为流程大致分为出行前、出行中及回家后充电养护三个行为实施部分。产品运行前视障人群需语音启动机器导盲犬到达身边等候，手触碰到牵引杆根据语音提示出家门，过程中伴随机器导盲犬引导使用者下楼梯，坐电梯等行为。视障人群出行过程中提前语音输入目的地名称，全程手拉牵引杆跟随机器导盲犬行走，结束行程回家后下达语音指令，机器导盲犬会自行前往指定地点进行充电以保证下次续航。

4.3. 造型结构设计

智能机器导盲犬的外形设计作为其功能的重要表达方式，具有象征意义和传达意义，同时还发挥其美功能。产品的外形设计是由多个不同的单元形态组成的，即机器狗头，狗身，牵引杆等多个部位组成。智能机器导盲犬由多个部件组成，包括骨架、电机、电路板、传感器、电池、音响等等(图 8 和图 9)。其中电动机驱动是利用各种电动机产生的力或转矩直接驱动机器的关节，或者通过诸如减速的机构来驱动机器的关节，以获得所需的位置、速度、加速度和其他指标。具有环保、整洁、控制方便，运动精度高、维护成本低驱动效率高的优点。电机有四种类型：步进电机，直流伺服电机，交流伺服电机和线性电机，本次设计的机器导盲犬采用的是直流伺服电机，以此来驱动腿部的前进动作。

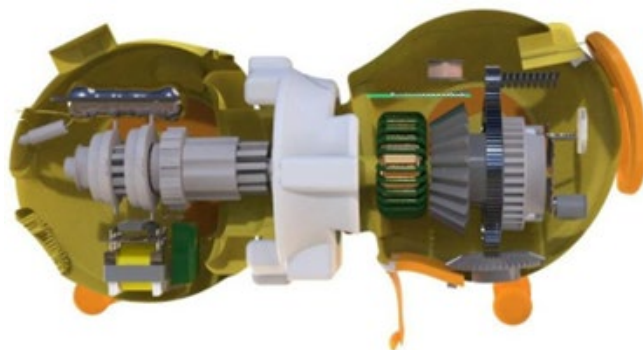


Figure 8. Internal structure diagram
图 8. 产品内部结构图^⑦

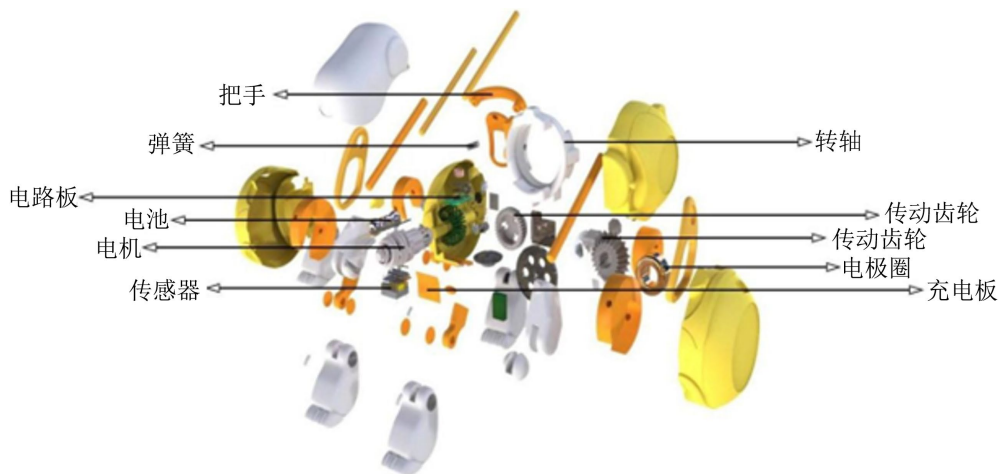


Figure 9. Exploded view
图 9. 产品爆炸图^⑦

骨架是机器导盲犬的支撑架构，电机驱动骨架实现多个方向的行走和动作模拟。电路板是机器导盲犬的大脑，负责实现语音识别、动作控制和传感器数据的处理。传感器是机器导盲犬的感知器官，包括声音传感器、触觉传感器、光线传感器等等，可以感知和记录机器导盲犬周围的环境变化，方便视障人群对路况进行判断。电池为机器导盲犬提供能量，音响模块实现语音等声音模拟(图 10)。

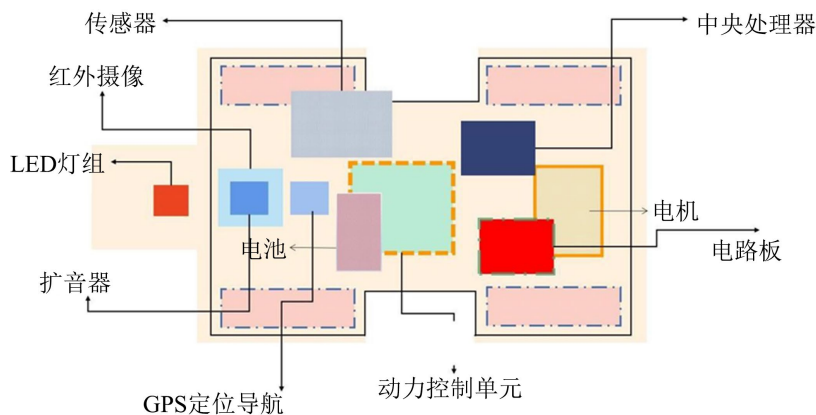


Figure 10. Top view of product functional layout
图 10. 产品功能平面布局俯视图^⑦

组成产品的单元之间互相联系，又互相制约，多个不同单元的设计是建立在总体的结构设计和总体造型的基础上，尽量保证机器导盲犬各个结构形态之间的协调和统一，避免折叠时产生结构不符的情况。在满足机器导盲犬产品功能的前提下，根据视障人群的生理及心理需求，设计合适的比例和尺度，外形会给使用者和非使用者带来视觉上的舒适，功能上也能达到平衡稳定的作用。

机器导盲犬的造型选择了在机器狗的形状上进行再设计，借用了机器狗的外形，在结构上进行重新设计，让结构更加便利，多种变换方式，也给普通的机器狗赋予了更多的功能和想象力。简约的外形是最富有表现力的方式，对机器导盲犬的外观和艺术效果具有直接影响。外形运用流畅的线条，体现出产品的简约感与科技感，越简单越耐看。因为调研发现用户心理敏感，因此机器导盲犬造型改良运用极简圆润流畅的线条，表现出更加现代，更加富有科技感，既符合现代的追求，又让产品紧跟时代的脚步。

机器犬狗头部位设计有照明系统(图 11),既能警示路人,又能增强夜间行走时的安全性。在牵引杆处做了把手设计,方便使用者抓取,同时体现出产品的设计感和设计特点(图 12)。使用完回到家中,视障人群可打开机器导盲犬底部的电线盒盖,自行插电续航(图 13)。



Figure 11. Lighting system
图 11. 照明系统^⑦



Figure 12. Towing bar design
图 12. 牵引杆设计^⑦



Figure 13. Product wire box design
图 13. 产品电线盒设计^⑦

4.4. 外观颜色设计

机器导盲犬颜色是干净的黄色加上鲜活靓丽的橙色,两种颜色一起给人简单大气的感觉,展现一种

直观的科技感和活泼感，更主要的原因是橙黄配色还会给路人警示的感觉，抢眼不会被忽略，以此增加使用过程中的安全性。产品其他部分则采用淡灰色，给人沉稳深邃的感觉(图 14)。

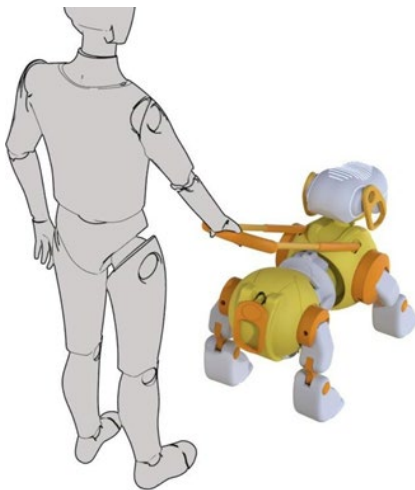


Figure 14. Product color scheme diagram
图 14. 产品外观配色图^⑦

4.5. 工艺材料设计

机器导盲犬的材质选择需要与视障人群的实际需求和出行环境相符合，机器导盲犬的材质直接或间接地影响视障人群的产品体验和心理感受。天气及出行环境对机器导盲犬的影响是不断变化的，因此材质要适合不同的温度、天气等外部环境。结合线下实地考察与线上网络调查相结合，将机器导盲犬产品的材质选定为金属支撑和塑料外壳相结合，其中主要使用不锈钢金属加局部镀铬与 ABS 树脂，防护性高且耐摩擦，遇水不容易氧化，降低视障人群对机器的维护成本；触觉是继视力之后的一种补偿。通过触摸，可以感觉到物体的形状、材质和温度，从而获得有关的信息[9]，因此四个底座位置采用橡胶材质，牵引杆手握位置使用皮革材质。主体机器导盲犬的外观采用 ABS 树脂，ASA 树脂是五大合成树脂之一，其抗冲击性、耐热性、耐低温性、耐化学药品性及电气性能优良，还具有易加工，制品尺寸稳定，表面光泽性好等特点，容易涂装、着色，还可以进行表面喷镀金属、电镀、焊接、热压和粘接等二次加工，广泛应用于机械、汽车、电子电器、仪器仪表、纺织和建筑等工业领域，是一种用途极广的热塑性工程塑料。即使在户外风吹日晒、也能实现经久耐用，符合作为机器导盲犬外壳的材料要求。橡胶材质运用在机器导盲犬的四个底座上，因为橡胶的分子链可以交联，交联后的橡胶受外力作用发生变形时，具有迅速复原的能力，并具有良好的物理力学性能和化学稳定性。橡胶不仅具有优秀的耐磨特性，寿命长，弹性好，所以广泛用于各类车。在支撑架的设计上，采用金属与金属镀铬，给人高级感。金属富有质感且经久耐用，在支撑架中起到重要的作用。在座椅靠背上使用皮革材质，皮革材质具耐久力、可立体加工、同期性好、可透气、吸汗及保暖，用于这里非常适合。

4.6. 产品尺寸设计

机器导盲犬产品设计在尺度比例和形态上十分严格，力求让视障人群得到最舒适的使用感受，设计中机器导盲犬的背部距离地面高度为 48 厘米，机器导盲犬宽度 48 厘米，牵引杆离地面 68 厘米，机器导盲犬长度 58 厘米，头部距离地面 48 厘米，机器导盲犬的人机尺寸都符合人机工程学的要求(图 15 和图 16)。

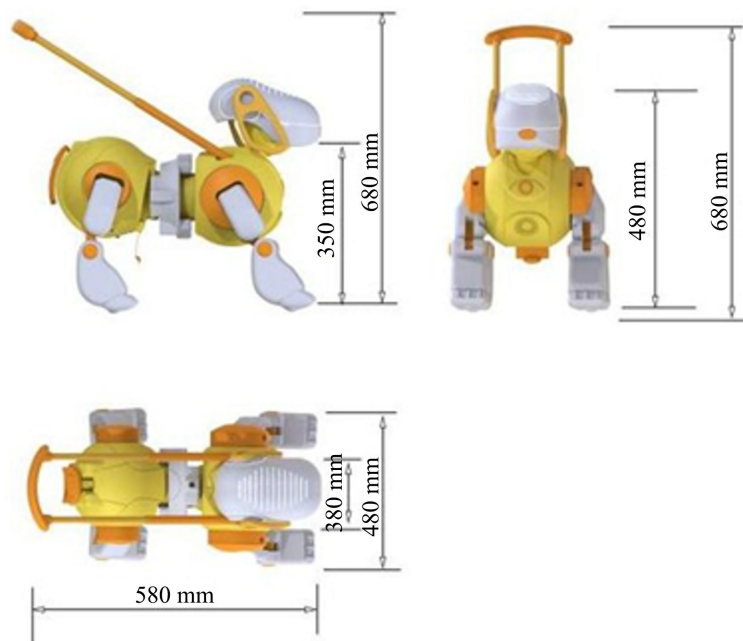


Figure 15. Three-view drawing
图 15. 三视图^⑦

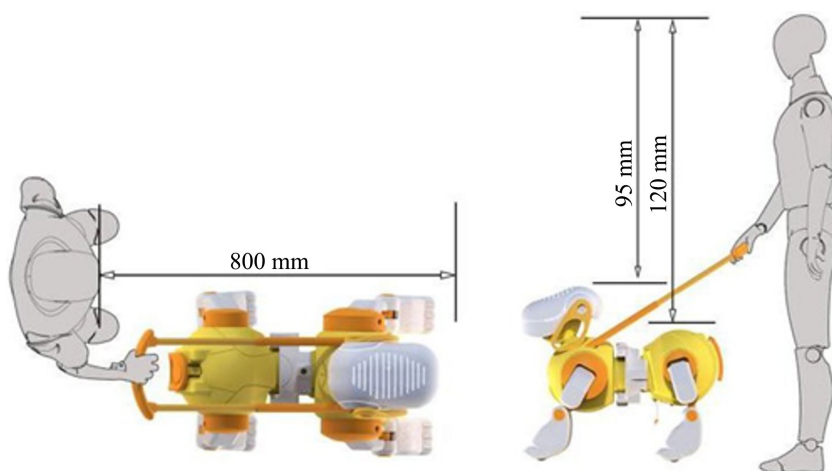


Figure 16. Ergonomic dimensions
图 16. 人机尺寸^⑦

5. 设计验证与安全性分析

5.1. 原型测试与设计迭代

为验证设计方案在人机交互层面的合理性，本研究采用低保真原型测试与交互模拟相结合的方法，对牵引杆握持舒适度、交互流程友好性及语音引导有效性进行了初步验证。测试发现以下问题并进行了相应优化：固定式牵引杆在上下坡时导致手腕疲劳，因此在根部增加万向调节结构，允许牵引杆自适应调整角度；环境噪音较大时语音提示不易听清，因此在保留语音播报的同时增加手柄震动马达作为冗余提示；夜间警示效果不足，通过优化环境光传感器灵敏度，在黄昏模式下自动切换为呼吸灯警示状态；通过上述测试与迭代，机器导盲犬的人机适配性与交互友好性得到了进一步提升。

5.2. 安全性与风险评估

机器导盲犬作为视障人群的出行辅助工具，其安全性至关重要。本研究系统识别了产品在运行过程中可能出现的故障场景，并从硬件及交互两个层面提出应对策略。主要风险包括环境感知风险，如传感器在恶劣天气或特殊环境下出现误判；动力执行风险，如电机过热停机或突然断电；通信交互风险，如语音识别错误或 GPS 信号丢失。

针对上述风险，本研究从两个维度构建安全保障体系。硬件方面采用多传感融合配置，通过激光雷达、视觉识别与超声波阵列协同工作，单一传感器失效时可自动切换至其他感知通道；腿部关节驱动电机采用冗余设计，单个绕组故障时仍可维持基本行走；牵引杆握持处设置独立于主控系统的紧急停止按钮，用户遇突发状况可手动触发急停。交互预警方面，建立分级预警机制：电量不足或光线变暗时语音提示；检测到快速接近的车辆时牵引杆高频震动并语音警告；遇到无法处理的突发状况时立即反向制动阻止用户前进，并自动发送定位信息至预设紧急联系人。用户家属还可通过手机 APP 实时查看机器导盲犬的位置与状态，必要时提供远程协助。

通过上述系统性风险评估与多维度安全保障设计，机器导盲犬在面临复杂环境与突发状况时具备了较强的容错能力与应急响应能力，为用户提供了更为可靠的安全保障。

6. 结语

我国视障者人数高达 1700 多万，约有 800 多万视障人士，占世界总数的 18% [10]，智能机器导盲犬为视障人群提供安心的出行引领服务，用它创新的功能，为视障人群提供特别的陪伴与守护。我国作为全世界视障人士数量最多的国家，但导盲犬的数量有限，因此能够设计一款安全的，人性化的，多功能的智能机器导盲犬迫在眉睫。本设计目的在于为视障人群出行提供便利，创造出符合安全出行需求和能够智能陪伴视障人群的智能机器导盲犬。设计不仅仅是使出行过程更加便利，也能帮助视障人群加深与社会人群的联系，使出行过程更加安全和人性化。从视障人群的需求出发，从使用者、使用需求和用状态展开研究，通过机器导盲犬的功能、造型以及材质的表现，做到情感与功能并存，实现视障人群和机器导盲犬之间的互动，帮助视障人群便利出行过程。

注 释

- ①图 1 来源：网页引用，
<https://baike.baidu.com/item/Spot%E6%9C%BA%E5%99%A8%E7%8B%97/16774867>
- ②图 2 来源：网页引用，<https://zhuanlan.zhihu.com/p/27775001783>
- ③图 3 来源：网页引用，<https://www.incarehab.com/a/zhishi/4049.html>
- ④图 4 来源：网页引用，
<https://language.chinadaily.com.cn/a/202105/11/WS609a3aaba31024ad0babd3d7.html>
- ⑤图 5 来源：网页引用，
<https://www.siansonic.cn/jishuzhishi-chaoshengbohunyunjishuzaitiwaizhenduanglingyuzhongdeyingyong>
- ⑥图 6 来源：网页引用，<https://blog.csdn.net/Cpythonjavamacos/article/details/151120479>
- ⑦图 7~16 来源：作者自制

参考文献

- [1] 武翌晗, 荣学文, 范永. 导盲机器人研究现状综述[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(14): 1-13.

-
- [2] 万梦影. 智能导盲犬的设计与应用[J]. 无线互联科技, 2022, 19(7): 68-69.
 - [3] 孙磊. 机器狗能成为导盲犬的“平替”吗? [N]. 浙江老年报, 2025-02-25(002).
 - [4] CyberDog 铁蛋测评: 关于 CyberDog 仿生四足机器人的思考[N]. 电脑报, 2021-09-20(013).
 - [5] 安良帅, 董硕, 叶昊坤, 等. 基于单片机技术发展下的导盲鞋设计研究[J]. 山东工业技术, 2019(1): 154.
 - [6] 房鑫. 基于 FPGA 技术的智能导盲犬[J]. 现代电子技术, 2010, 33(3): 179-181.
 - [7] 庞绪洋. 智能导盲产品系统设计研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东建筑大学, 2025.
 - [8] 张菁. 视障群体的社会融入与生存策略——基于盲人按摩师生存状况的调查研究[J]. 特殊群体社会工作研究, 2025(1): 131-151.
 - [9] 刘庆涛, 俞志强. AI 语音交互可折叠成座椅导盲杖设计——基于 TOF 雷达测距与 GPS 定位[J]. 信息记录材料, 2023, 24(3): 132-134+138.
 - [10] 卢乃甸, 罗恺韵, 王琦, 等. 盲人出行智能导航系统设计研究[J]. 物联网技术, 2024, 14(1): 109-113.