

基于仿生技术的防疫消杀机器人设计

李俊颐 毛思哲 徐柯 郑拓

(武汉商学院机电工程学院 湖北 武汉 430056)

摘要: 本论文主要围绕新冠肺炎疫情背景下社区场所的防疫需求进行创新设计, 分析社区防疫工作内容及现行消杀机器人应用缺陷, 结合仿生技术, 提出了一种小型仿生步行机器人设计方案, 倡导以智能机器替代人工进行社区消毒作业。本设计能够有效地解决社区防疫人力紧缺的问题, 同时大幅降低感染传播风险, 减少防护服等相关物资消耗, 具有一定现实价值。

关键词: 防疫消杀; 仿生技术; 四足机器

0 引言

新型冠状病毒疫情的爆发, 使我国人民的生命和财产安全受到重大威胁。为了控制传染源, 阻断传播途径, 在人员密集的社区封控环境中进行防疫作业是不容忽视的。环境消毒、物资输送和人员流调是社区防疫工作的重中之重, 但也大大增加了人力成本和物资消耗, 同时由于人员接触, 带来了交叉感染风险。在此前提下, 使用机器设备替代人工是最佳解决方案^[1]。通过对公共场合的疫情防控需要及作业环境进行分析, 本文提出的新型设计方案满足以下几点:

- (1) 具备越障能力, 能够适应复杂的社区环境;
- (2) 载重能力优秀, 可以搭载设备进行消毒作业;
- (3) 设计布局合理, 后期可进一步实现远端控制和信号传输等功能;
- (4) 设备运行、操控便捷高效, 能达到有效解放人力的预期目标。

1 背景

2020 年 1 月, 新型冠状病毒肺炎疫情席卷全国。针对疫情防控, “居家隔离, 社区管理”是必要措施, 也是避免疫情蔓延的基本手段。但在社区防控中, 物资配送、人流管控和居民楼内消杀等繁重工作对人力需求极大, 全国各地许多社区都出现人员短缺的情况。

志愿者招募、社区下沉等方法都只能缓解人员短缺的问题而不能杜绝, 笔者认为用机器解放人力是最适合的解决方案。目前, 相关研究成果已经实现了大型流动场所中的防疫工作要求。以城市交通站点为例, 我国多地已启用自动消毒机器人进行地铁站消杀工作, 极大地减少了防疫人力成本, 这证明机器人防疫这一思路前景明朗。

考虑到安全性, 使用智能机器人能够彻底避免人员

接触带来的感染传播隐患; 考虑到时效性, 智能机器人能够 24 小时全天候待命, 全年无休地持续工作; 考虑到消杀效果, 智能机器人消毒效率远高于人工, 只需设置好消毒路线, 就可以实现对整个作业场所的无死角覆盖和高功率喷洒。智能消杀机器人是未来常态化疫情防控工作中重要的技术发展方向, 其可行性已得到广泛验证。

但现行研究多以大型场所防疫为方向, 使用轮式、履带式移动装置, 要求工作环境人员流动规律, 地形平整, 并需配备电梯。不难看出, 传统机器装置避障、越障能力较弱, 不具备在社区, 尤其是无电梯的老式居民楼中进行环境消杀、物资发放的能力。而现行的智能越障机器人设计精密, 成本高昂, 难以大规模应用于防疫工作, 且其设计往往专注于探测、搜救等领域, 载重能力较弱, 无法承载消杀设备和生活物资^[2]。

为解决以上技术难题, 本文以蜥蜴为蓝本, 从蜥蜴在复杂环境越障运动中取材, 提出一种新型仿生机器装置设计方案, 重点着力于机器装置的环境适应能力设计, 要求其能够在攀爬越障的同时具备载重能力, 负担消杀及运输工作, 并以此为研究方向进行智能化完善, 以此解放社区防疫人力。

2 设计概况

2.1 设计需求

(1) 越障功能需求: 本文提出了一种基于仿生学知识的新型机器装置设计方案, 通过仿生设计, 使机器具备蜥蜴优秀的运动能力, 可以在社区人员流动、路况复杂的环境下灵活行进, 到达各种狭小空间执行消杀工作, 并尽可能携带防疫物资。

(2) 载重功能需求: 为承载消杀水枪及药液, 并在此基础上携带一定重量的重要物质, 机器装置需要具备优秀的载重负荷能力, 在满载情况下最大限度地保持灵活性, 达到负载和运动能力的平衡。

(3) 空间预留需求: 在满足载重条件的前提下, 需要在设备预装位留出空间, 并在实验中添加对应配重, 以保证后续设备安装顺利。设计布局合理, 后期可进一步实现远端控制和信号传输等功能。

(4) 运行效率需求: 为满足防疫工作要求, 并尽量提高工作效率, 机器装置需要在各种环境中都保持良好的速度表现。

2.2 整体设计方案介绍

该机器装置设计结构分为 4 个部分, 包含驱动系统、传动系统、执行系统和框架支撑系统, 如图 1 所示。

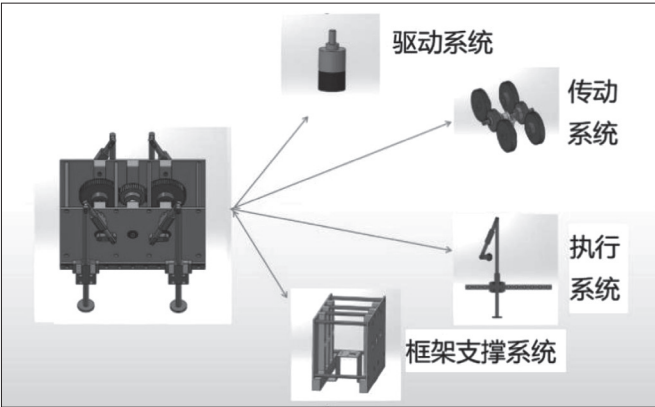


图 1 整体结构图

- (1) 驱动系统: 由电池及电动机组成, 为本装置提供动力源。
- (2) 传动系统: 通过减速增扭, 将动力传至执行系统的各个机构。
- (3) 执行系统: 由 4 套结构相同、步调不同的连杆机构组成, 通过其协调运动, 实现装置的行走功能。
- (4) 框架支撑系统: 支撑其他系统, 并为消杀水枪、载物仓和控制系统的安装提供空间。

2.3 运动和动力分析

机器装置由唯一动力源(电动机)提供动力, 单个执行机构通过五个构件及七个低副形成唯一的确定运动(类椭圆轨迹运动), 如图 2 所示。四套执行机构之间相互配合, 交替前行实现模型装置的平稳行进。

2.4 主要零部件参数选择及设计计算

- (1) 电动机选取: 取滑块距 T 型导轨槽中心最远的位置, 此时该装置所受摩擦力最大。如图 3 所示, 此时曲柄和连杆的夹角近似为 90°, 已知 90° 时 A 点力矩最大。

计算结果如下:

$$F_1 = \frac{mg}{2} \div \cos 30^\circ = 3.9 \div \frac{\sqrt{3}}{2} = 4.5\text{N}$$
$$M = F_1 \times L_1 = 4.5 \times 2 = 9\text{Ncm}$$

初步选择三种电动机分别为电动机 1、电动机 2 和

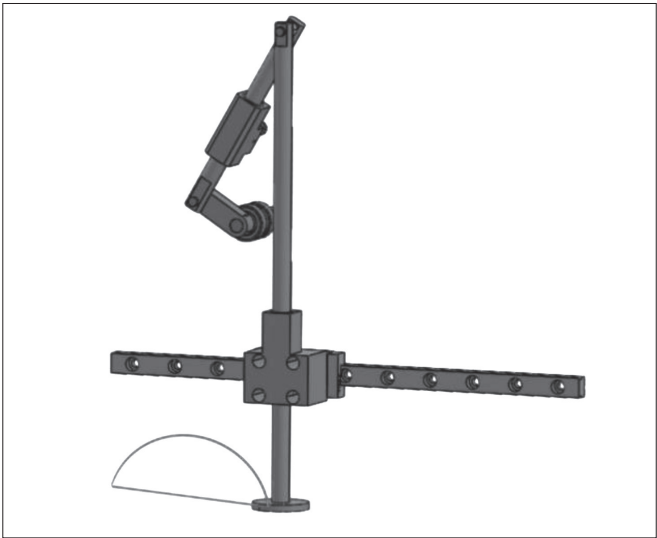


图 2 单个执行机构运动轨迹图

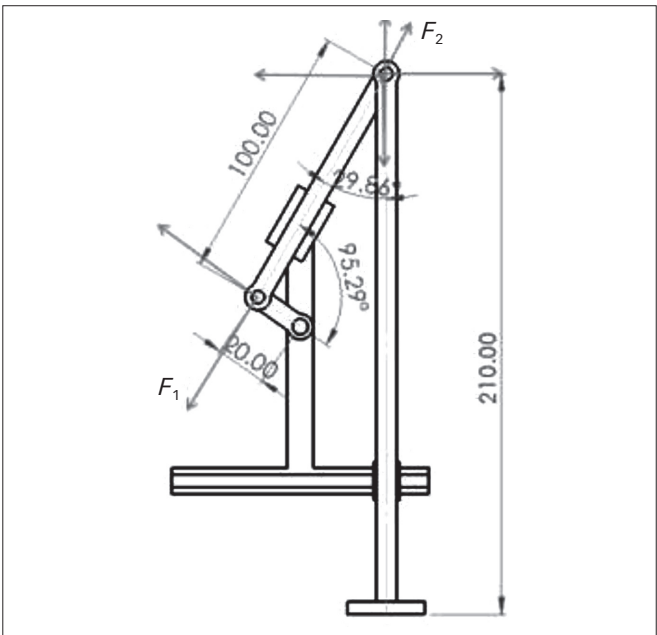


图 3 单个执行机构在极点位置的受力分析图

电动机 3, 电动机选型参数见表。

表 电动机选型参数表

电动机	型号	额定转速 / (r/min)	电流 / A	转矩 / kg·cm	额定电压 / V
1	XD-WS37GB3525	50	0.16	6	12
2	XD-WS37GB3525	30	0.16	7	12
3	XD-WS37GB3525	20	0.10	9	12

为配合装置整体协调运动, 电动机转速不宜过快, 初步设计传动比为 1.5, 所需电机的转矩为:

$$M_{总} = M / 1.5 = 6\text{Ncm}$$

预选电动机皆达到所需转矩要求, 则选择转速适中的电动机 2。

- (2) 传动比设计计算: 根据所选电动机输出轴长 10mm, 直径 3mm, 选圆锥齿轮组为 1 模齿数 20 搭配

齿数 20。

锥齿轮传动比为：

$$i_1 = Z_a \div Z_b = 20 \div 20 = 1$$

为达到初步设计传动比需求，选择圆柱齿轮 1 模数 40 搭配齿数 60。

直齿轮传动比为：

$$i = Z_a \div Z_b = 60 \div 40 = 1.5$$

2.5 越障可行性分析

2.5.1 理论分析

设置机器人运动初始状态，使机器人腿足末端所组成四边形的 2 组对边分别平行。分别做出起始状态及运动中不同状态的平面分析图，如图 4、图 5 和图 6 所示。

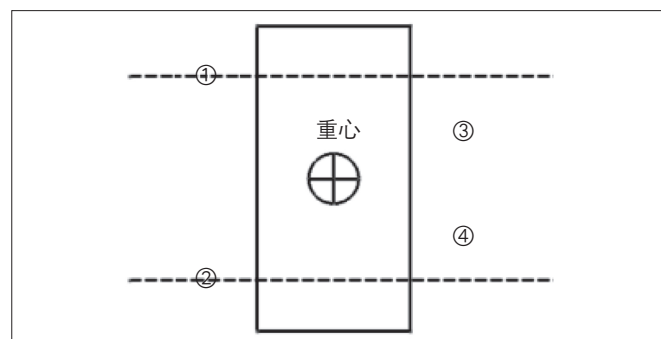


图 4 起始状态平面

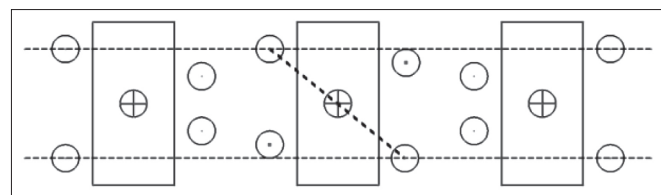


图 5 迈出腿 1、4 平面图

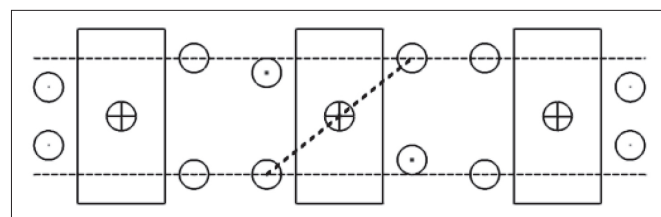


图 6 迈出腿 2、3 平面图

如图 4 所示，为机器人的四足标注序号，确定机械重心，跟随运动步态分析其稳定性。由以上分析不难看出，在抬腿攀爬越障过程中，装置在不同步态下均能保持重心平稳，无阻前进，故可认为这样的机器结构具备优秀的越障攀爬能力，成功解决了机器装置进入社区承担防疫工作的核心痛点，使用实物模型进行的越障运行实验情况也印证了这一观点。

2.5.2 设计实物模型分析

目前，笔者已经完成了仿生机器结构设计和实物模型制造，成功地试制了等比例缩小的仿生机器装置模型，

如图 7 所示。经测试，其具备行走、越障、攀爬等预期运动能力，且载重支撑能力较强，能够承载消杀水枪和控制模块，实现了预期的设计需求。

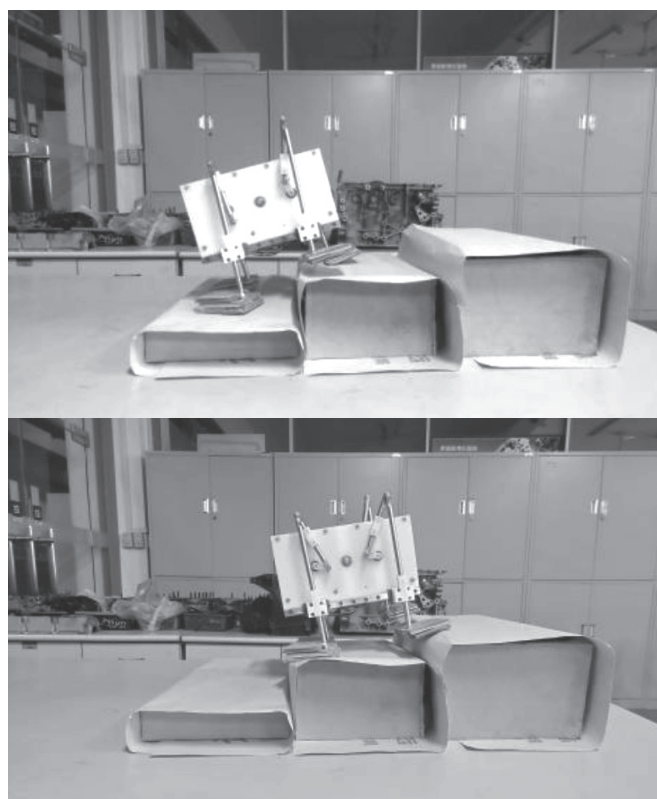


图 7 实物模型实验现场图

3 未来设计规划

本文以蜥蜴为仿生蓝本，研究其四足运动规律，提出了一种仿生机器装置设计思路，后续将在其基础上进一步完善功能模块，对此有以下规划：

(1) 消杀功能实现。计划选取具备旋转喷洒功能的中型消杀枪，和药液仓一并安装于支撑系统中部，与机器人行进方向相同，并依靠旋转功能达到高效消杀的效果。

(2) 载物功能实现。在消杀枪选型确定后，在机器装置外壳上按重心平衡原则对称设计储物仓，以携带部分重要物资（如药品），并测试装置在载物状态下的运动能力。

(3) 智能控制实现。以蜥蜴作比喻，目前制作的模型装置只能作为身体，后续应使用单片机及其他远程控制技术，为其制作头部，加装于结构前端，使消杀机器装置具备信息传输、远端控制，及一定程度的自动避障能力。

4 后续应用及推广

近年来，仿生学和仿生机器成为机器制造领域的研究热点^[3]。本文提供的设计思路具有一定的实用价值。相较于市面上现有的仿生机器装置，本设计减少了电子

装置和原动件使用,通过简单的机器装置实现蜥蜴的肢体步行动作,结构轻巧,且制作及后续维修成本较低,结构泛用性强,因此在防疫应用的基础上,提出几个更广阔的推广方向。

4.1 智能交互推广

相比于市面上现有的仿生机器装置,本文装置结构更为简单可靠,行进稳定,能够适应多种复杂路况。后续可以继续加装摄像头、传感器等智能化装置,可在多领域发挥其仿生学优势,如野外探险、盲人引导、动物救助等^[4]。

4.2 特殊作业推广

参考沙蜥、避役等蜥蜴目动物在沙漠、戈壁、雨林等复杂地形的优异运动能力,在目前装置结构上加装仿生蜥蜴脚爪、柔性平衡尾部,以期模拟对应动物优势,在废墟、沙漠、高空电缆等特殊环境中发挥作用,进一步发挥代替人力的作用^[5]。

4.3 农用机器推广

我国幅员辽阔,地形地貌复杂多变,而现行的大多数农业生产机器都为轮式或履带式,在崎岖地段或梯田、泥沼等特殊地形中表现不佳,因此山区丘陵地带农业机械化受限,发展水平较低,影响农业生产效率。本文提出的新机器结构具有适应性强、稳定性好、经济适用等优点,契合农用机器研发需求。

同样结构经等比例放大后可应用于拖拉机、收割机等农用生产机器,替代传统的轮式、履带式设计,提高多地形作业能力,在经济适用的前提下进行推广,助力

农业生产机械化。

5 结语

本文所提出了基于仿生技术的防疫消杀机器人设计思路,以蜥蜴仿生为核心创新点,装置结构简单,容易实现。通过四足步行机构解决行进问题,同时保留最大的负载能力。如能实现,对疫情防控工作有一定实际价值。文中有关仿生机器人的设计研究,对工科专业机器类基础课程的教学改革也有一定的参考意义,能够培养学生的实践动手能力,提高学生发现问题、分析问题、解决问题的能力。

基金项目:2022年武汉商学院创新创业项目:基于仿生技术的防疫机器人设计与制造,项目编号:202211654037。

参考文献:

- [1] 孙浩瑜,胡嘉慧,王有民,等.智能消毒防疫机器人设计[J].电子测试,2022,36(14):11-13.
- [2] 厉登敏,朱永远,张伟.灾后救援仿生机器人设计[J].数字技术与应用,2022,40(09):177-179+186.
- [3] 简珣.仿生机器人研究综述及发展方向[J].机器人与应用,2022(03):17-20.
- [4] 吕昕.四足仿生机器人在火灾调查领域的应用[J].水上消防,2022(01):41-44.
- [5] 许威,闫瞳,许鹏,等.特种机器人行业的新锐——四足仿生机器人[J].机器人产业,2021(04):48-57.

严正声明

近期,本刊编辑部收到作者反映,一些不法分子盗用我刊名义,自建非法网站或钓鱼网页(<http://www.zgjxzz.cn>、<http://mach-china.toug.com.cn>等),或以《中国机械》杂志社编辑部“编辑”“责任编辑”等名义,向广大作者征收稿件,并收取所谓的“版面费”“审稿费”等,严重侵犯、影响了我刊声誉和广大作者的权益。在此,我刊严正声明如下:

1.《中国机械》杂志社于1982年创刊,是国家新闻出版署批准登记的国家级机械工程类学术期刊(旬刊),目前尚未创建独立的“官方网站”,浏览本刊电子版需从中国工业新闻网(<http://www.cinn.cn>)下方链接进入,链接地址http://www.cinn.cn/zgjxzz/index_348.shtml,或通过万方数据知识服务平台(<https://www.wanfangdata.com.cn/>)的官方网页搜索本刊进行查询,链接地址<https://sns.wanfangdata.com.cn/perio/zgjx>查询全文;

2.《中国机械》杂志为旬刊,请广大作者认准,凡标记“半月刊”“月刊”的网络征稿平台,均为非法网站,欢迎联系本

刊编辑部进行举报;

3.《中国机械》杂志社唯一投稿邮箱: jxzzs@cinn.cn;

4.《中国机械》杂志社《录用通知书》加盖“中国机械编辑部”公章,凡加盖“《中国机械》杂志社编辑部”或使用已作废公章(防伪码为1101081749266的总编室公章、防伪码为1101081491290的原编辑部公章),均为假冒录用通知书;

5.《中国机械》杂志社从未委托任何机构、网站或个人代理本刊的组稿、审稿等相关事宜,编辑部一直严格遵守“三审三校”规定,追求杂志整体质量的提升,将期刊的社会效益放在首位,对于盗用《中国机械》杂志社名义发布虚假信息、实施非法征稿等行为,本刊将依法追究其法律责任;

6.本刊编辑部唯一联系电话:010-67410664。

敬请广大作者和读者注意辨别,提高警惕,谨防上当!

《中国机械》杂志社

2022年12月