

湖南理工职业技术学院

谢宇明 同志评审 高校教师 系列
机械设计与制造 专业 副教授 职务

职 称 评 审 材 料 (二)

二〇二五年八月

评审材料目录（二）

2025 年 8 月 20 日

序号	材 料 名 称	份数	页 码
1	专业技术职称评审表	2	不装订
2	个人述职报告	1	
3	个人述职评议情况表	1	
4	奖励证书复印件	1	
5	代表作（原件）	1	
6	其他论文原件（复印件）	1	
7	科研项目及鉴定材料	1	
8	服务基层材料		
9	教案（评审教师系列需提供）	1	
10	教学考核材料（评审教师系列需提供）	1	
11	教学工作量（评审教师系列需提供）	1	
12	综合材料	1	
13	外语考试成绩单复印件	1	
14	计算机考试证书复印件	1	
15	继续教育学时认定单原件	1	
16	其他材料	1	

个人述职报告

我叫谢宇明，男，1988 年 5 月出生，湖南衡阳人。2013 年湖南大学机械工程专业毕业，研究生学历，工学硕士学位。同年 7 月正式参加工作。任职期间，思想积极向上，工作认真负责、追求创新。2016 年 12 月，通过湖南省人力资源和社会保障厅中级专业技术职务资格认定，获机械制造自动化专业中级工程师资格。2013-2020 期间，先后在长沙中联重科环境产业有限公司及关联公司广东盈峰智能环卫科技有限公司担任机械产品开发工程师及清洗机器人平台主任。

2023 年进入湖南理工职业技术学院工作以来，积极服从领导的安排，遵守工作纪律，团结同事，态度端正，钻研业务，勤奋刻苦。工作中，我一直严格要求自己，努力钻研教学业务，上课时以学生为中心，与学生积极互动，争取上好每一节课。本人 2023 年度总自然折算课时 590 课时。并积极参与听课及各种教学活动。主持了 2 个自然科学研究项目。一个校级课题（课题号 2023HNVITZK004），一个教育厅科学研究课题（课题号 23C0703，基于领航跟随与人工势场算法结合的环卫机器人集群作业控制及应用研究），发表北大核心论文一篇及发明专利三个。在学校领导的大力支持下，本人积极带领学生参与各类比赛，获得 2023 一带一路暨金砖国家技能发展与技术创新大赛—移动机器人竞技赛项（全国总决赛）一等奖、2024 第二十六届中国机器人及人工智能大赛机器人竞技赛（格斗）全国总决赛一等奖、第十一届挑战杯湖南省大学生创业计划竞赛银奖、校内教学比赛三等奖、黄炎培创业优胜奖。并积极参与社会实践，在暑假期间，本人在长沙硕博电子科技有限公司、中联重科土方等公司开展企业实践。

自 2013 年参加工作以来，本人在长沙中联重科环境产业有限公司一直潜心进行智能环

卫装备的开发研究。作为项目负责人，开发了行业内第一台无人驾驶清洗机及一系列小型清洗机/扫路机。作为清洗平台技术带头人，突破攻关了高性能水路系统技术、深度清洗技术、高温清洗技术等关键技术，助力产品开发落地。主持并完成 5030TSLSC 系列、5033TSLSHBEV 系列、5030TXSSH 系列、C1000E、C1500E 系列、XZX15 防疫消毒机器人等环卫设备的项目研发工作，参与开发 5160TXS、5163X1DF、5073TSL、5101TSLQL 等项目开发工作。所辖产品在市场占有率一直保持行业第一，扫路机每年销量居行业第一。先后已获授权的专利 10 余项。撰写国家级期刊《内燃机及配件》科技论文等 2 篇已公开发表。

现将我任职期间的学习和工作向各位专家汇报如下：

一、思想政治表现

自任职以来，我始终遵纪守法、爱党爱国，以一名技术带头人应有的素养严格要求自己。一方面积极学习党的理论知识和方针政策，另一方面在实际工作中勇于担当、发挥模范带头作用。

在思想上，通过对党史的不断研究和持续学习过程，重新学习了毛泽东思想、邓小平理论、“三个代表”重要思想、科学发展观、习近平新时代中国特色社会主义思想。在中国特色社会主义新时代，我们应不忘初心，牢记使命，心怀中国梦，积极学习，勤勉进步，不断提升思想理论学习和业务能力。通过学习不断改造自己的世界观、人生观和价值观，时刻以高标准要求自己，在思想上向党组织紧紧靠拢，在工作上积极认真起带头作用。力争为中国梦积极贡献光和热，为实现中华民族的伟大复兴添砖加瓦。

在教学工作中，我始终坚持严谨治学与因材施教相结合，对课程教学、实验训练等环节高标准、严要求，注重将教材内容与最新科技发展、行业前沿和企业实际需求紧密结合，创

新教学方式,提升学生解决实际问题的能力;同时善于发现和发挥学生的优点,包容其不足,帮助他们自我提升与自我驱动,努力培养德才兼备、符合社会与行业需要的高素质应用型人才。作为一名教师,我热爱教育事业,爱岗敬业,责任心强,始终以学生成长为根本追求,将个人发展融入集体目标,保持乐观进取的精神和全身心育人的信念,以强烈的责任感和使命感,努力成为学生成长成才的引路人。

二、 学习教育经历

学历	学位	毕业时间	毕业学校	所学专业	学习类型
研究生	硕士	2013.7	湖南大学	机械工程	全日制

三、 主要工作经历

起止年月	工作单位	工作岗位	从事专业或项目
2013.7-2020.7	长沙中联重科环境产业有限公司	机械开发工程师	环卫机械设计
2020.7-2023.2	广东盈峰智能环卫科技有限公司	创新研究院平台主任	环卫机器人产品开发
2023.2-至今	湖南理工职业技术学院	专任教师	机电一体化专业教学

四、 业务能力与主要工作业绩

从 2013 年至今,参加工作以来的业务和工作成绩汇报如下:

(一) 教学科研等能力强

自 2023 年进入湖南理工职业技术学院工作以来,积极服从领导的安排,态度端正,钻研业务,勤奋刻苦。工作中,努力钻研教学业务,上课时以学生为中心,与学生积极互动,

争取上好每一节课。本人 2023 年度总自然折算课时 590 课时。并积极参与听课及各种教学活动，开展校级公开课及院级公开课一次，广受好评。主持了 2 个自然科学研究项目：一个校级课题（课题号 2023HNVITZK004），一个教育厅科学研究课题（课题号 23C0703，基于领航跟随与人工势场算法结合的环卫机器人集群作业控制及应用研究），并积极参与校内外科研活动。发表专利 3 个，发表北大论文一篇（基于领航跟随的环卫机器人编队控制，工程设计学报）。

在学校领导的大力支持下，本人积极带领学生参与各类比赛，获得 2023 一带一路暨金砖国家技能发展与技术创新大赛—移动机器人竞技赛项（全国总决赛）一等奖、2024 第二十六届中国机器人及人工智能大赛格斗赛项全国总决赛一等奖、2025 第二十七届中国机器人及人工智能大赛格斗赛项全国总决赛二等奖、第十一届挑战杯湖南省大学生创业计划竞赛银奖、校内教学比赛三等奖、黄炎培创业优胜奖。并积极参与社会实践，期间带领学生对硕博、中联环境、中联重科等企业开展企业调研参观，提高学生对企业的了解。

（二）产品研发与行业影响力

工作期间，主持并完成了 5030TSLSC、5033TSLSHBEV、5030TXSSH、C1000E、C1500E 等系列环卫设备的研发工作，参与开发 5160TXS、5163X1DF、5073TSL、5101TSLQL 等项目。开发的 XZX15 防疫消毒机器人是行业首台无人驾驶清洗机，C1000E 与 C1500E 小型纯电动清洗机在环保政策下广泛应用，市场占有率连续保持行业第一，产品畅销全国，深受用户好评。

在智慧环卫和 5G 应用领域，主导研发的 XZX15BEV 智能消毒机器人曾被人民日报等媒体报道，成为行业创新标杆。2019 年全球首个 5G 无人驾驶环卫机器人编队亮相长沙，涵盖清扫、收运、冲洗等设备，打造“5G+AI”智慧生态系统，推动环卫行业智慧化、网联化转

型升级。

（三）全心全意培育好人才

教学期间，无论是教学还是比赛等，以学生为中心，让学生学有所获，激发学生兴趣，让学生发挥自己的特长优势，力求学生做一个有益于社会的人。每个学生都有其独特的天赋和潜力。我注重因材施教，尊重学生的个性差异，根据他们的兴趣、能力和学习特点，制定有针对性的教学方案。我不断探索和运用新的教学方法，激发学生的学习兴趣，培养他们的创造力和独立思考能力，帮助他们最大限度地发挥潜能，成为具备创新精神和实践能力的优秀人才。作为教师，我坚信德育为先的理念。在教育过程中，我不仅要传授知识，更要注重培养学生的品德修养。我始终以身作则，用自己的一言一行影响学生，培养他们的诚信、责任感、合作精神等优良品质。我通过实际行动引导学生树立正确的人生观、价值观，为社会培养德才兼备的栋梁之才。

五、 学术水平（论文与专利）

1、任职期间在北大核心等 期刊上发表或已录用的论文 5 篇：

- 1) 在《工程设计学报》杂志发表“基于领航跟随及人工势场的机器人编队研究”（北大核心期刊，排名第 1）；
- 2) 在《专用汽车》杂志发表“移动机器人在复杂场景下的高效避障控制研究”（排名第 1，省级期刊）；
- 3) 在《内燃机与配件》杂志发表“小型纯电动清洗车的开发设计”（排名第 1，部级及省级期刊）；
- 4) 在《表面技术》杂志发表“结构化超硬磨料砂轮设计与制备研究进展”（北大核心期刊，排名第 4）；
- 5) 在《机械管理开发》杂志发表“抑尘车噪声分析及对策”（合著）。

2、任职期间发表专利 20 余项，其中发明专利 10 余项，代表性专利如下：

- 1) 发明专利 CN120386360B 复杂场景环卫机器人避障方法、装置、设备及介质 （排名第1）；
- 2) 发明专利 CN118819164B 一种环卫机器人编队控制方法 （排名第1）；
- 3) 发明专利 CN119722046B 一种环卫机器人集群状态监测与故障预警方法及系统（排名第1）；
- 4) 实用新型专利 202420710191X 一种水箱及环卫清扫车车厢（排名第1）；
- 5) 发明专利 CN115462236B 园艺修剪组件、园艺修剪装置和园艺修剪机（排名第2）
- 6) 发明专利 CN114197361B 清洁装置与路面清洁机 （排名第2）
- 7) 发明专利 CN105603920B 清洁用吸嘴和清洁车 （排名第2）；
- 8) 实用新型 CN218277926U 罩壳、园艺修剪装置和修剪机 （排名第2）
- 9) 实用新型 CN218060089U 喷水架及冲洗车 （排名第2）
- 10) 发明专利 CN113605294B 清洗装置及清洗机（排名第3）
- 11) 发明专利 CN112627092B 冲洗车 （排名第3）
- 12) 发明专利 CN112012149B 人行道电动冲洗车 （排名第3）
- 13) 发明专利 CN105568916B 清洁用吸嘴和清洁车 （排名第3）
- 14) 外观设计 CN306248523S 清冲机（排名第3）
- 15) 发明专利 CN113895574B 一种垃圾清理船
- 16) 发明专利 CN110258420B 清洁车的清扫装置及人行道清洁车
- 17) 发明专利 CN114319279B 垃圾收集机器人
- 18) 发明专利 CN120010266B 航天器运动装置与环境色彩交互式反馈采集分析方法
- 19) 发明专利 CN120123913B 一种基于虚拟现实的航天员失重训练评估方法及系统
- 20) 实用新型 CN219278446U 一种垃圾收运机器人
- 21) 实用新型 CN211898092U 垃圾箱及采用其的小型湿式扫路车
- 22) 实用新型 CN212175637U 手持吸管及采用其的自跟随清洁机器人
- 23) 实用新型 CN210684571U 清洁车用吸嘴、清洁车
- 24) 外观设计 CN305515574S 智能辅道清扫车

六、 个人荣誉

因工作业绩突出，个人年度考核优秀，获得相关嘉奖表扬等。

七、 结束语

作为一名教师，我深知教育是关乎国家未来、民族希望的重要事业。我将以高度的责任感和使命感投身于教育工作，把培育好人才作为我的首要职责。全心全意地教书育人不仅是我的职业，更是我毕生的追求。教师不仅是知识的传授者，更是学生成长道路上的引导者和陪伴者。我将坚持以学生为本，关注他们的心理和情感需求，营造一个充满关爱与信任的学习环境。我通过与学生的沟通交流，了解他们的困惑和需求，给予他们及时的指导和帮助。在他们遇到困难和挫折时，我始终陪伴左右，给予鼓励和支持，使他们树立自信，勇敢面对挑战。教育是一项需要奉献精神的事业。作为教师，我愿意把自己的智慧和力量毫无保留地奉献给学生，为他们的成长和成才倾尽全力。我相信，只有全心全意地奉献，才能真正培育出德才兼备的优秀人才。我将继续努力，以做出更好的成绩，为祖国教育事业贡献自己的光和热。

以上是我的述职报告，敬请各位老师评议。

述职人：谢宇明

2025. 9. 5

个人述职评议情况表

姓 名	谢宇明	性 别	男	所在工作单位及部门	湖南理工职业技术学院 智能制造学院	
现从事何专业技术工作	专任 教师	已获专业技术职称 及获得时间		高级工程师 2021/12	拟申报何专业技术职称	机械设计与制造 副教授
工作实绩（写实） 任现职以来的主要	<p>本人自 2023 年 2 月进入湖南理工职业技术学院担任机电一体化专业的专任教师，之前在中联环境产业有限公司及广东盈峰智能环卫科技公司担任机械开发工程师及平台主任（高级工程师），工作期间，无论是教学还是研发，积极主动，，攻坚克难，一直潜心进行机电教学及智能环卫装备的技术开发设计研究：</p> <p>1. 发表论文多篇，其中 1 篇北大核心（谢宇明,等.基于领航-跟随及人工势场的环卫机器人编队研究[J].工程设计学报,2025,32(01):42-50.）</p> <p>2. 发表专利 20 余项，授权发明专利 10 余项，代表专利有：</p> <p>1) 谢宇明;何瑛;等，复杂场景环卫机器人避障方法、装置、设备及介质，CN120386360B</p> <p>2) 谢宇明;王建春;等，一种环卫机器人编队控制方法，中国，CN118819164B</p> <p>3) 谢宇明;等，一种环卫机器人集群状态监测与故障预警方法及系统，CN119722046B</p> <p>3. 主持了 2 个自然科学研究项目。一个教育厅科学研究课题（课题号 23C0703，基于领航跟随与人工势场算法结合的环卫机器人集群作业控制及应用研究），一个校级课题（课题号 2023HNVITZK004）。</p> <p>4. 带领指导学生比赛，获得：</p> <p>1) 一带一路暨金砖国家技能发展与技术创新大赛之首届移动机器人竞技赛，国赛，一等奖，2023</p> <p>2) 第二十六届中国机器人及人工智能大赛，国赛，一等奖，2024</p>					

奖励证书

指导学生比赛



获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

湖南理工职业技术学院 代表队：

在第二十六届中国机器人及人工智能大赛全国总决赛中，表现优异，成绩突出，荣获 机器人竞技赛（格斗）

一等奖

团队成员：彭逸龙、刘娟、李金施

指导老师：谢宇明、王建春

特发此证，以资鼓励。

证书编号：CRAIC2024-NF-R1KKHT

中国机器人及人工智能大赛组委会

二〇二四年八月

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

湖南理工职业技术学院 代表队：

在第二十七届中国机器人及人工智能大赛全国总决赛中，表现优异，成绩突出，荣获 机器人竞技赛（格斗）

二等奖

团队成员：彭逸龙、陈卓毅、刘翔

指导老师：谢宇明、王建春

特发此证，以资鼓励。

证书编号：CRAIC2025-NF-RV50UC

中国机器人及人工智能大赛组委会

二〇二五年八月



获奖证书

第十一届“挑战杯”
湖南省大学生创业计划竞赛

彭玮琦、黄玉娟、朱星诚、盘琳、伍娟、范琪、肖民 同学：

你们的项目《 城市游侠——智能自跟随新能源清吸机器人制造领跑者 》
在第十一届“挑战杯”湖南省大学生创业计划竞赛中荣获

银奖

指导老师：李华林、谢宇明、贺旖琳、王建春、刘湘晖
特颁此证，以资鼓励。



2023年湖南黄炎培职业教育奖创业规划大赛

湖南理工职业技术学院 谢宇明 老师

你指导的作品：城市清道夫—非机动车道 新能源清洁车制造领跑者

荣获 优胜奖

特发此证，以资鼓励！





第二十七届中国机器人及人工智能大赛
(湖南赛区)

荣誉证书

HONORARY CERTIFICATE

湖南理工职业技术学院：

在 2025 年第二十七届中国机器人及人工智能大赛
(湖南赛区) 中，表现优异，荣获机器人竞技赛(格斗)

一等奖

参赛学生：彭逸龙，陈卓毅，刘翔

指导老师：谢宇明，王建春

特发此证，以资鼓励。

第二十七届中国机器人及人工智能大赛湖南赛区组委会

湖南省机器人科技教育学会

2025 年 6 月

证书编号：CRAIC2025-HN-09104

编号: 24001230751



第十七届“高教杯”全国大学生
先进成图技术与产品信息建模创新大赛

获奖证书

获奖项目: 机械类 先进成图技术赛道 一等奖

获奖者姓名: 孔瑾彧

所在学校: 湖南理工职业技术学院

指导教师: 刘立薇、颜爱平、王建春、谢宇明

全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛组委会



防伪查询

编号：2024F02011

湖南省第四届大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛
暨第十七届全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛预选赛

获奖证书

获奖项目：机械类 增材制造 二等奖

获奖学生：刘娟 陈炫宇

所在学校：湖南理工职业技术学院智能制造学院

指导教师：谢宇明 刘立薇 王建春 陈揆能

湖南省图学学会
湖南省大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛组委会
2024年6月9日

获奖证书

廖薇、胡盼、林之楠、谢宇明在第六届教学
比武中，参赛作品电工电子技术荣获三等奖。

特发表彰，以资鼓励。

湖南理工职业技术学院
2023年3月



BATTLEACE



获奖证书

HONOR CERTIFICATE

湖南理工职业技术学院的 刘娟、于晨阳、李金施、钟俊、赵旺：

你们由 谢宇明、刘石磊 老师指导的 左思右想 战队作品在第二届全国大学生竞技机器人线上设计大赛中表现优异，荣获

一等奖
champion

特发此证，以资鼓励



亚洲格斗机器人联盟



BATTLEACE赛事组委会

二〇二四年四月二日



产品开发相关奖励



2021 年广东省环境卫生科学技术奖 一等奖 （主要完成人员 排名第 7）

小型环卫扫路机智能作业关键技术研究及应用



获得广东佛山：6 类高层次人才



顺德人才

刷新



[公开]

盈峰环境装备事业部文件

盈环境装备文[2019]068号 签发：张建国

关于对智能环卫机器人产品发布会以及公司展示中心开馆项目主要工作人员进行奖励的总裁令

各部门：

在“智能环卫机器人产品发布会”“公司展示中心开馆”项目中，项目组成员精心策划，精诚协作，不仅全方位展示了我司的综合实力，得到了参会嘉宾的一致好评，也在社会各界掀起了盈峰环境智能制造的舆论风潮，有力提升了公司品牌影响力及行业权威性。

经公司研究决定：

一、给予李箫伊、伏婧、谢卓丹、魏星、万军、贺洪江、刘媛君、余添文、陈俗、李进同志各嘉奖一次。

二、给予宋江波、贺思俊、刘猛、陈星、朱云曦、许馨、李木凡、李亮、龙亮、肖来祥、龚建球、张岁寒、刘琛、罗新亮、易喆鑫、谢宇明、谢平春、吕志涛、周诚远、戴超林、张明耀、陈建新、罗俊炎、严茂、肖清明、陈云、黄勇、刘建、张东来、沈维军、张轩瑜、李珍、常琚宇、胡磊、罗辉辉、景斌、李宇卓、王丹凤、李达、刘舒、张建同志各表扬一次。

盈峰环境装备事业部

二〇一九年十月二十八日

发送：各部门

存档：盈峰环境装备事业部



[公开]

盈峰环境科技集团文件

盈环境文[2020]061号 签发：马刚

关于盈峰环境第一届科技创新总结表彰大会 奖项评选结果的公示

各部门、单位：

根据盈环境文[2020]052号《关于开展盈峰环境首届科技创新总结表彰大会的通知》文件要求，经过各事业部初评委员会初评提案，科技表彰评定委员会复评，秉持“公平、公正、公开”的原则，现对盈峰环境第一届科技创新总结表彰大会各大奖项评选结果进行公示。具体如下：

一、评选结果公示

(一) 产品金牛奖

序号	单位	部门	项目名称	团队成员
1	装备事业部	研发中心	洗扫车产品	肖庆麟、李建华、滕新科、谢永洲、秦华、覃先云、张星明、王泽彪、李科、王宇、周磊、谭艳玲、游洋、罗昆等
2	装备事业部	研发中心	压缩式垃圾车产品	范红耀、郝长于、彭文殿、张旭、罗方强、苏伟、伍卓、邱涛、李长春、余海洋、刘中华、吴婷婷、李红芝、苏继彪等
3	装备事业部	研发中心	扫路车产品	肖庆麟、滕新科、甘新宇、辛绪早、易尧、刘丽娟、张红波、荣赞、秦祥、刘如意
4	装备事业部	研发中心	清洗车产品	龙志伟、王燕、熊桃、丁勇、彭桂桂、陈旭瑞、刘如意、魏明辉、赵秋乐
5	装备事业部	研发中心	新能源产品	刘权、彭南兴、龙亮、谢永洲、王伟、张良军、龙志伟、李季祥、邱涛、李鸿、翟球球、朱加群、陈华、吴勇等
6	装备事业部	研发中心	抑尘车产品	姜方宁、王伟、张斌博士、李亮、张良军、马爱丽、周振峰、景斌、熊桃、唐山青、魏明辉、谢宇明、刘如意等
7	装备事业部	分体站项目部	LYS20A水平直压式垃圾压缩机系列产品	程路亮、刘斌、郭东柱、晋圣勇、文恒南、刘振、贺晓波、刘涛、吴海波、丁伟、傅威来、傅炎柯、雷光强、姜见群、梅波、郭美、曹向宏、刘中明、陈跃军、杨光明、谢跃龙、魏剑锋、邓文程、周福临、刘伯祥、岳洲雄
8	城市服务事业部	环境治理公司	TJFSAD系列垃圾渗滤液膜处理产品	邓方平、尹友中、李翔宇、尹广生、朱少立、阮晓鹏、邓梁、滕鹏、王军正、向阳琴、陈龙、吴家帆、胡煜、吴豪、戴文武、易俊、高宇、王霞
10	中央研究院	/	湿式扫路机系列新品	李亮、万军、张斌、李建华、谢宇明、龙亮、魏星、肖庆麟、刘琛、贺洪江、戴超林、王道锋、赵健、秦华、刘洋、沈文涛、景斌、周诚远、米思雨、张霞、周降生、黄勇军、刘伯祥、张星明、吴作清、周成亮、翟静、白连伙、牛静、李德强、曹伟强、曹成超、陈建新、邵齐兵、曹勇

代表作 参评论文



Scopus收录期刊

中国科学引文数据库 (CSCD) 核心库来源期刊

中国科技核心期刊

《中文核心期刊要目总览》收录期刊

《机械工程领域高质量科技期刊分级目录》入选期刊 (T2级)

《图学领域高质量科技期刊分级目录》入选期刊 (T3级)

RCCSE中国核心学术期刊 (A)

ISSN 1006-754X
CN 33-1288/TH
CODEN GSXOAB

工程设计学报

CHINESE JOURNAL OF ENGINEERING DESIGN



浙江大学

主办



9 771006 754259



Vol. 32 No. 1

Feb. 2025

中国·杭州 HANGZHOU, CHINA

工程设计学报

编辑委员会

顾 问 冯培恩 浙江大学教授
潘云鹤 浙江大学教授, 中国工程院院士
谭建荣 浙江大学教授, 中国工程院院士

主 编 杨华勇 浙江大学教授, 中国工程院院士

执行主编 徐 兵 浙江大学教授

副 主 编 王柏村 浙江大学研究员

委 员(以姓氏汉语拼音为序)

陈 华 伟	北京航空航天大学教授	罗 均	重庆大学教授
陈 文 华	浙江理工大学教授	彭 旭 东	浙江工业大学教授
陈 雪 峰	西安交通大学教授	彭 志 科	宁夏大学教授
丁 希 仑	北京航空航天大学教授	钱 林 茂	西南交通大学教授
范 大 鹏	国防科技大学教授	石 照 耀	北京工业大学教授
冯 毅 雄	贵州大学教授	檀 润 华	河北工业大学教授
高 海 波	哈尔滨工业大学教授	田 煜	清华大学教授
韩 旭	河北工业大学教授	严 亮	北京航空航天大学教授
韩 志 武	吉林大学教授	杨 桂 林	中国科学院宁波材料技术与工程研究所 研究员
姜 潮	湖南大学教授	张 树 有	浙江大学教授
李 隆 球	哈尔滨工业大学教授	张 昱 程	华东理工大学教授
李 秦 川	浙江理工大学教授	朱 利 民	上海交通大学教授
李 铁 风	浙江大学教授	訾 斌	合肥工业大学教授
林 京	北京航空航天大学教授	邹 俊	浙江大学教授
刘 辛 军	清华大学教授		
刘 银 水	华中科技大学教授		

特邀青年编委(以姓氏汉语拼音为序)

艾 超	燕山大学教授	宋 学 官	大连理工大学教授
常 可 可	中国科学院宁波材料技术与工程研究所 研究员	孙 涛	天津大学教授
陈 哲	浙江大学研究员	孙 晓 霞	中国北方车辆研究所研究员
程 敏	重庆大学教授	谭 大 鹏	浙江工业大学教授
邓 慧 超	北京航空航天大学副教授	王 亮	上海交通大学副教授
丁 智	浙大城市学院教授	王 帆	浙江理工大学副教授
丁 孺 琦	华东交通大学副教授	温 建 锋	华东理工大学教授
胡 伟 飞	浙江大学研究员	吴 维	北京理工大学教授
蒋 永 刚	北京航空航天大学教授	徐 凯 臣	浙江大学研究员
李 浩	郑州轻工业大学教授	严 博	浙江理工大学副教授
李 新 宇	华中科技大学教授	易 兵	中南大学副教授
林 起 峯	西安交通大学教授	尹 俊	浙江大学研究员
刘 杰	湖南大学教授	张 超	浙江大学研究员
刘 鑫	长沙理工大学教授	张 德 权	河北工业大学教授
刘 宇	电子科技大学教授	张 哲	湖南大学副教授
尚 耀 星	北京航空航天大学研究员	郑 湃	香港理工大学教授
		周 德 升	哈尔滨工业大学副教授

工程设计学报

Gongcheng Sheji Xuebao

第32卷 第1期

2025年2月

目次

机械设计理论与方法

基于双目视觉的掘进装备定位系统移站自主标定方法

.....张旭辉,杨骏豪,杨文娟,张超,陈鑫,万继成,刘彦徽,王悦(1)

3D打印混凝土界面孔隙智能检测方法研究.....曾妮,马宗方,宋琳,段明(11)

基于岩屑形貌分形特征的PDC齿破岩比功评估模型

.....赫文豪,李欣龙,张润青,刘利,史怀忠,黄中伟,熊超,陈振良,吴洪志(23)

机器人与机构设计

基于改进RTAB-Map算法的爬壁机器人导航研究.....覃超,唐东林,游东潘,丁超,饶胜,何媛媛(32)

基于领航-跟随及人工势场的环卫机器人编队研究.....谢宇明,尹汉锋,肖慧慧(42)

成簇沙果采摘末端执行器的设计及实验研究.....李三平,王琦宇,吴立国,袁龙强,齐佳美,孙腾佳(51)

仿变形虫可重构履带机器人设计与避障性能分析.....张明路,刘宗厚,王经天,高强,许志凡,曹刘猛(62)

基于Kresling折纸结构的软体管道机器人设计.....韩伟涛,温涛,刘磊,胡俊峰(72)

音圈电机驱动的三自由度大行程柔性偏摆台设计与分析.....徐智皓,陆晓伟,谢雨欣,赖磊捷(82)

可靠性与保质设计

掘进机回转台疲劳寿命预测及影响因素研究.....田立勇,张佳豪,于宁,于晓涵,张硕(92)

耦合焊接残余应力的横波可控震源振动器平板疲劳寿命预测

.....陈振,陈能鹏,冉庆杰,王乔木,魏超成,鞠浩文(102)

基于分段位移激励函数的贯穿式故障建模及滚动轴承振动特性分析

.....罗丫,葛可可,袁晓文,涂文兵(112)

优化设计

极寒条件下重型柴油机润滑油箱加热管路传热性能试验研究

.....乔增鑫,孙晓霞,沈丽丽,郑思宇,魏名山(121)

基于动网格技术的双进/排气活塞式膨胀机动力性能研究.....虞启辉,耿延歧,张立从(132)

补白: 学报获奖证书及收录证书

期刊基本参数: CN 33-1288/TH * 1994 * b * A4 * 140 * zh * P * ¥30.00 * 1000 * 14 * 2025-02

本期责任编辑: 吴云 陈波

编辑部主任: 陈波

工程设计学报

Gongcheng Sheji Xuebao

2025年第32卷 第1期

2025年2月28日出版

双月刊,1994年创刊

Chinese Journal of Engineering Design

Vol. 32, No. 1

Publishing on Feb. 28, 2025

Bimonthly, Started in 1994

主管单位: 中华人民共和国教育部

主办单位: 浙江大学

主 编: 杨华勇

编辑单位: 《工程设计学报》编辑部

出版单位: 浙江大学出版社有限责任公司

(浙江省杭州市天目山路148号

邮编: 310028)

电子信箱: zdgcsj@zju.edu.cn

电话号码: 0571-88272805

网络地址: <http://www.zjujournals.com/gcsjxb>

印刷单位: 广东虎彩云印刷有限公司绍兴分公司

国内发行: 中国邮政集团有限公司浙江省报刊发行局

订 购 处: 中国邮政集团有限公司

海外总发行: 中国国际图书贸易集团有限公司

(北京399信箱 邮编: 100044)

Responsible Unit: Ministry of Education of the

People's Republic of China

Sponsor Unit: Zhejiang University

Editor-in-Chief: YANG Huayong

Editing Unit: Editorial Office of *Chinese Journal of
Engineering Design*

Publishing Unit: Zhejiang University Press Co., Ltd.

(148 Tianmushan Road, Hangzhou 310028, China)

E-mail: zdgcsj@zju.edu.cn

Tel: 86-571-88272805

Web Site: <http://www.zjujournals.com/gcsjxb>

Printing Unit: Shaoxing Branch, Guangdong Hucai Yun
Printing Co., Ltd.

Domestic Distributor: Zhejiang Branch, China Post Group Co., Ltd.

Domestic Subscription: China Post Group Co., Ltd.

Overseas Distributor: China International Book Trading Corporation
(P.O. Box 399, Beijing 100044, China)



中国标准连续出版物号: ISSN 1006-754X
CN 33-1288/TH

邮 发 代 号: 32-60
海外发行代号: BM2681

定价: 30.00元/期
180.00元/年

本文链接: <https://www.zjujournals.com/gcsjxb/CN/10.3785/j.issn.1006-754X.2025.04.127>

引用格式: 谢宇明, 尹汉锋, 肖慧慧. 基于领航-跟随及人工势场的环卫机器人编队研究[J]. 工程设计学报, 2025, 32(1): 42-50. doi:10.3785/j.issn.1006-754X.2025.04.127

XIE Y M, YIN H F, XIAO H H. Research on environmental sanitation robot formation based on leader-follower and artificial potential field[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2025, 32(1): 42-50.



基于领航-跟随及人工势场的环卫机器人编队研究

谢宇明¹, 尹汉锋², 肖慧慧¹

(1. 复杂环境特种机器人控制技术与装备湖南省工程研究中心, 湖南 湘潭 411104;

2. 湖南大学 机械与运载工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘 要: 针对环卫机器人集群作业时存在编队稳定性差的问题, 创新性地提出了一种结合领航-跟随策略与人工势场算法的编队控制方法。首先, 根据环卫机器人的结构特点, 基于领航-跟随策略构建了其运动学模型。然后, 针对环卫机器人的复杂作业环境, 采用人工势场算法进行编队避障, 并提出了全新的编队变换策略, 以使机器人能够顺利通过背街小巷等作业场景, 从而实现多机器人的协同作业。最后, 利用 MATLAB 软件开展仿真实验并在实际作业场景中开展实验测试。结果表明, 所提出的方法可使环卫机器人编队在复杂作业场景中有效避障及通过狭窄通道, 同时实现队形的稳定保持与灵活变换; 编队稳定时跟随机器人的跟踪误差保持在 0.1 m 以下, 实验结果验证了该编队控制方法的有效性。研究结果为环卫机器人在不同作业场景下的编队控制提供了参考。

关键词: 环卫机器人; 领航-跟随策略; 人工势场算法; 编队控制方法

中图分类号: TP 24

文献标志码: A

文章编号: 1006-754X (2025)01-0042-09

Research on environmental sanitation robot formation based on leader-follower and artificial potential field

XIE Yuming¹, YIN Hanfeng², XIAO Huihui¹

(1. Hunan Engineering Research Center of Control Technology and Equipment of Special Robot in Complex Environment, Xiangtan 411104, China; 2. College of Mechanical and Vehicle Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Aiming at the problem of poor formation stability of environmental sanitation robots during cluster operations, an innovative formation control method combining the leader-follower strategy and artificial potential field algorithm is proposed. Firstly, according to the structural characteristics of the environmental sanitation robot, its kinematics model was constructed based on the leader-follower strategy. Then, in view of the complex operation environment of environmental sanitation robots, the artificial potential field algorithm was employed for formation obstacle avoidance, and a novel formation transformation strategy was proposed to enable robots to smoothly pass through the working scenarios such as back streets and alleys, so as to realize the cooperative operation of multi-robots. Finally, the simulation experiments were conducted by MATLAB software and the experimental test was carried out in the actual operation scenario. The results showed that the proposed method could effectively facilitate the formation of environmental sanitation robots to avoid obstacles and pass

收稿日期: 2024-03-28

修订日期: 2024-06-07

本刊网址·在线期刊: <http://www.zjujournals.com/gcsjxb>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (11972153); 湖南省教育厅科学研究项目 (23C0703, 23C0701); 湖南省自然科学基金资助项目 (2024JJ8084)

作者简介: 谢宇明 (1988—), 男, 高级工程师, 硕士, 从事机器人开发及控制研究, E-mail: 402497758@qq.com, <https://orcid.org/0009-0007-7507-971X>; 尹汉锋 (1982—), 男, 教授, 博士, 从事智能装备优化设计研究, E-mail: yin-hanfeng@hnu.edu.cn

through narrow passage in complex operation scenarios, while achieving stable formation maintenance and flexible transformation. The tracking error of the following robot remained below 0.1 m when the formation was stable, and the experimental results verified the effectiveness of the formation control method. The research results provide reference for the formation control of environmental sanitation robots in different operation scenarios.

Key words: environmental sanitation robot; leader-follower strategy; artificial potential field algorithm; formation control method

多移动机器人的集群作业应用是近年兴起的研究热点^[1]。单个移动机器人在复杂环境下完成作业任务时具有一定难度,而多移动机器人的集群作业可实现不同场景下多个复杂作业任务的全覆盖,大大提高了作业效率^[2-4]。

环卫机器人包含扫地机器人、清洗机器人等多种类型,是一类典型的移动机器人。环卫机器人的集群作业能够大大提高环卫作业效率。目前,环卫机器人的集群作业仍处于发展阶段,协同作业效率低,如何提高复杂环境下环卫机器人的集群作业效率是亟须突破的研究难点。

近年来,国内外众多学者针对移动机器人的集群控制技术开展了一系列研究^[5-9]。例如:Desai等^[9]提出了 $L-\phi$ 及 $L-L$ (L 、 ϕ 分别表示领航者与跟随者之间的相对距离和相对偏角)两种编队控制方式,解决了多移动机器人的编队稳定控制问题;黎星华等^[10]提出一种基于动态权重的虚拟领航-领航-跟随编队控制方法,所设计的协同编队控制器能够使消防机器人较好地编队避障;王琳等^[11]利用一致性理论设计了基于领航-跟随结构的编队控制协议,解决了切换拓扑下的群系统保性能编队跟踪问题;熊勇刚等^[12]在传统的领航-跟随模型中引入虚拟机器人,通过构造虚拟领航机器人与跟随机器人的跟踪误差模型,减少了通信压力与数据冗余;庄红超等^[13]提出了多领航机器人分群一致性编队控制的动态队形变换避障策略,即根据非结构环境设计多机器人系统队形变换模式,获得了零队形变换模式、同结构队形变换模式和变结构队形变换模式。

综上,现有研究在确定性目标的编队控制方面取得了显著进展,但针对复杂环境条件下多环卫机器人的编队控制以及结合实际环卫作业任务的编队变换的研究仍较少,且大多停留在理论分析阶段,缺乏机器人样机实验的验证。

为解决上述问题,本文针对环卫机器人的实际作业场景,结合领航-跟随策略^[14]与人工势场算法^[15-18],对环卫机器人编队控制方法进行研究。首

先,根据环卫机器人的结构特点,基于领航-跟随策略构建其运动学模型;然后,考虑到环卫机器人的复杂作业环境,采用人工势场算法进行编队避障,并提出一种全新的编队变换策略,以实现多机器人的协同作业。

1 环卫机器人编队建模

以地面为参考系,建立单个环卫机器人的运动学模型,如图1所示。

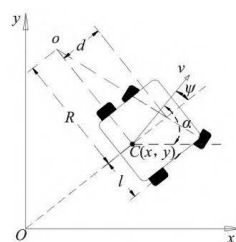


图1 单个环卫机器人的运动学模型

Fig. 1 Kinematics model of a single environmental sanitation robot

本文采用的环卫机器人为前轮转向、后轮驱动的结构(前轮为阿克曼轮^[19])。在曲线运动过程中,任意时刻下该机器人左右驱动轮的角速度相同,即 $\omega_L = \omega_R$ 。以机器人驱动轮中心连线的中点 $C(x, y)$ 为基准点,驱动轮速度与电机转速的关系为:

$$\omega_L + \omega_R = 2\omega_h \quad (1)$$

$$\frac{v_R}{R - \psi l |\psi|} = \frac{v_L}{R + \psi l |\psi|} \quad (2)$$

式中: ω_h 为电机转速, v_L 、 v_R 分别为左右驱动轮的线速度, R 为基准点 C 到旋转中心的距离(公转半径), ψ 为机器人转向角, l 为左右驱动轮到差速装置的距离。

由此可得,机器人向行驶行的转向角速度 ω 为:

$$\omega = \frac{v}{d} \tan \psi \quad (3)$$

式中: v 为机器人车体的线速度, d 为基准点 C 到转

向轮中心连线中点的距离。

联立式(1)至式(3),可得机器人的线速度:

$$v = \frac{v_L + v_R}{2} = \frac{r(\omega_L + \omega_R)}{2} = r\omega_h \quad (4)$$

式中: r 为驱动轮半径。

则机器人的运动学模型可表示为:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \\ 0 \end{bmatrix} v + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \omega \quad (5)$$

式中: α 为机器人前进方向与 x 轴的夹角,即偏航角。

环卫作业任务包括路面清扫、垃圾抓取、路面清洗等多种形式,而单个环卫机器人的作业宽度有限,面对较大区域内的作业任务,须采用多个环卫机器人进行编队作业。现有编队形式大多采用图2所示的三角形编队:居中的机器人对中间地面进行清扫,后置的2个机器人对两侧地面进行清扫或清洗等。



图2 环卫机器人实际作业编队

Fig.2 Actual operation formation of environmental sanitation robots

根据实际环卫作业场景,本文采用1个领航机器人加2个跟随机器人,构成一个三角形机器人作业编队^[13],如图3所示。图3中:点 $P_1(x_1, y_1)$ 为机器人1(领航机器人)所在位置,其偏航角为 α_1 ,前进速度为 v_1 ,加速度为 δ_1 ,转向角速度为 ω_1 ;点 $P_2(x_2, y_2)$ 为机器人2(跟随机器人1)所在位置,其偏航角为 α_2 ,前进速度为 v_2 ,加速度为 δ_2 ,转向角速度为 ω_2 ;点 $P_3(x_3, y_3)$ 为机器人3(跟随机器人2)所在位置,其偏航角为 α_3 ,前进速度为 v_3 ,加速度为 δ_3 ,转向角速度为 ω_3 ; L_{12} 、 L_{13} 分别为领航机器人与2个跟随机器人的相对距离; ϕ_{12} 、 ϕ_{13} 分别为领航机器人与2个跟随机器人的相对偏角。

由图3可得,领航机器人与跟随机器人1之间的位置关系如下:

$$\begin{cases} x_2 = x_1 + L_{12} \cos(\phi_{12} + \alpha_1) \\ y_2 = y_1 + L_{12} \sin(\phi_{12} + \alpha_1) \end{cases} \quad (6)$$

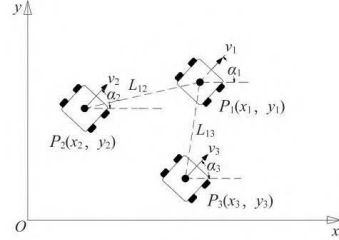


图3 环卫机器人编队模型

Fig.3 Environmental sanitation robot formation model

领航机器人的偏航角 α_1 和转向角速度 ω_1 分别表示为:

$$\alpha_1 = \arctan \frac{y_1(t+1) - y_1(t)}{x_1(t+1) - x_1(t)} \quad (7)$$

$$\omega_1 = \frac{\alpha_1}{\Delta t} \quad (8)$$

根据领航机器人与2个跟随机器人的相对距离,即

$$L_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}, \quad L_{13} = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2},$$

可得其运动学关系,分别为:

$$\begin{cases} \dot{L}_{12} = v_2 \cos \gamma_1 - v_1 \cos \phi_{12} + d\omega_2 \sin \gamma_1 \\ \dot{\phi}_{12} = \frac{1}{L_{12}} (v_1 \sin \phi_{12} - v_2 \sin \gamma_1 + d\omega_2 \cos \gamma_1 - L_{12} \omega_1) \\ \dot{\alpha}_2 = \omega_2 \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \dot{L}_{13} = v_3 \cos \gamma_2 - v_1 \cos \phi_{13} + d\omega_3 \sin \gamma_2 \\ \dot{\phi}_{13} = \frac{1}{L_{13}} (v_1 \sin \phi_{13} - v_3 \sin \gamma_2 + d\omega_3 \cos \gamma_2 - L_{13} \omega_1) \\ \dot{\alpha}_3 = \omega_3 \end{cases} \quad (10)$$

其中:

$$\gamma_1 = \alpha_1 + \phi_{12} - \alpha_2$$

$$\gamma_2 = \alpha_1 + \phi_{13} - \alpha_3$$

L - ϕ 闭环控制律的表达式如下:

$$\begin{cases} \dot{L} = k_1(L^d - L) \\ \dot{\phi} = k_2(\phi^d - \phi) \end{cases} \quad (11)$$

式中: k_1 、 k_2 为比例控制系数, L^d 、 ϕ^d 分别为领航机器人与跟随机器人之间相对距离、相对偏角的期望值。

联立式(9)至式(11),可得:

$$\begin{cases} \omega_2 = \frac{\cos \gamma_1}{d} [k_2 L_{12} (\phi_{12}^d - \phi_{12}) - v_1 \sin \phi_{12} + L_{12} \omega_1 + k_1 (L_{12}^d - L_{12}) \tan \gamma_1 + v_1 \cos \phi_{12} \tan \gamma_1] \\ v_2 = \frac{k_1 (L_{12}^d - L_{12}) + v_1 \cos \phi_{12} - d\omega_2 \tan \gamma_1}{\cos \gamma_1} \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} \omega_3 = \frac{\cos \gamma_2}{d} [k_2 L_{13}(\varphi_{13}^d - \varphi_{13}) - v_1 \sin \varphi_{13} + \\ L_{13} \omega_1 + k_1 (L_{13}^d - L_{13}) \tan \gamma_2 + v_1 \cos \varphi_{13} \tan \gamma_2] \\ v_3 = \frac{k_1 (L_{13}^d - L_{13}) + v_1 \cos \varphi_{13}}{\cos \gamma_2} - d \omega_3 \tan \gamma_2 \end{cases} \quad (13)$$

在实际作业过程中,通过设定领航机器人与2个跟随机器人的初始位置来确定其相对距离和相对偏角的期望值,并根据跟随机器人实时反馈的自身位置以及与领航机器人之间的位置变化,得出其实际的相对距离和相对偏角;随后,根据设定的相对距离和相对偏角期望值,及时调整参数,使得跟随机器人及时改变自身位姿,实现与领航机器人保持稳定的相对距离和相对偏角,从而形成稳定的编队。

2 基于人工势场算法的避障策略

环卫机器人的作业场景通常为人行道、广场和非机动车道等,在作业过程中机器人会碰到各种障碍物,如垃圾桶、行人及狭窄通道的墙体等。为避免机器人与障碍物相撞,引入人工势场中的引力场和斥力场,对机器人的运动路径进行规划^[20]。假设机器人作业时靠近目标位置的方向产生引力场,有障碍物的方向产生斥力场,引力场与斥力场的合力作用引导机器人避开障碍物并向目标位置方向前进。引力场 U_{att} 与斥力场 U_{rep} 的函数表达式分别为:

$$U_{\text{att}} = \frac{1}{2} k_a l_{ig}^2 \quad (14)$$

$$U_{\text{rep}} = \begin{cases} \frac{1}{l_{ij}} \left(\frac{1}{l_{ij}} - \frac{1}{R_{\text{det}}} \right) k_r, & l_{ij} \leq R_{\text{det}} \\ 0, & l_{ij} > R_{\text{det}} \end{cases} \quad (15)$$

式中: l_{ig} 为机器人 i 与目标位置 g 之间的距离, k_a 为引力影响系数, l_{ij} 为机器人 i 与障碍物 j 之间的距离, k_r 为斥力影响系数, R_{det} 为影响半径。

基于人工势场算法的环卫机器人避障流程如图4所示。当碰到不同障碍物时,机器人根据斥力场的变化特点来执行不同的避障策略。由于单个障碍物(如垃圾桶)斥力场的影响范围有限,当机器人与障碍物之间的距离超过影响半径 R_{det} 后,斥力场的影响视为零。而对于有连续障碍物(如墙体)的区域,斥力场表现为连续变化的高势能区,这意味着机器人在这些区域内会受到较强的连续排斥力,而在狭窄通道内行驶的机器人所受连续排斥力来自两侧且更大。在实际作业过程中,环卫机器人利

用自带的激光雷达等传感器实时获取障碍物的位置信息,通过计算其与障碍物之间的距离来实现有效避障。当领航机器人识别到狭窄通道时,为确保机器人集群有足够距离进行编队变换,需提前预警。本文设置如下:当领航机器人识别到狭窄通道时,在其与狭窄通道之间的距离等于自身长度时开始编队变换。

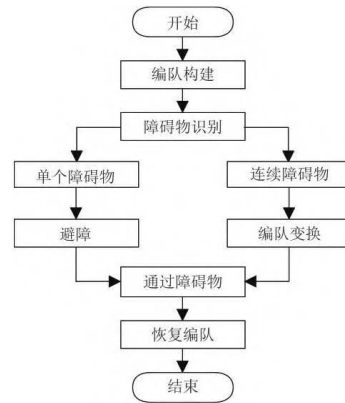


图4 环卫机器人避障流程

Fig. 4 Obstacle avoidance process of environmental sanitation robot

结合环卫机器人实际作业场景的特点,在领航机器人提前识别到狭窄通道时,将机器人编队变换调整为直线队形,各机器人的直线间距为 D ,如图5所示。当机器人编队通过狭窄通道时,以领航机器人位置 (x_1, y_1) 为基准,2个跟随机器人的位置可表示为:

$$\begin{cases} x_2 = x_1 - D \cos \alpha_1 \\ y_2 = y_1 - D \sin \alpha_1 \\ x_3 = x_1 - 2D \cos \alpha_1 \\ y_3 = y_1 - 2D \sin \alpha_1 \end{cases} \quad (16)$$

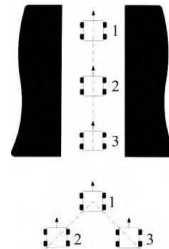


图5 环卫机器人编队变换

Fig. 5 Transformation of environmental sanitation robot formation

3 环卫机器人编队作业仿真分析

为验证本文所提出的环卫机器人编队控制方法的有效性,利用MATLAB软件分别对编队避障、编队变换过程进行仿真分析。

3.1 编队避障仿真

选择 $35\text{ m} \times 35\text{ m}$ 的正方形区域开展环卫机器人编队避障仿真分析。设置领航机器人的起点为 $(2, 2)\text{ m}$,初始前进速度为 0.15 m/s ;跟随机器人1的起点为 $(-4, 3)\text{ m}$,偏航角为 0° ;跟随机器人2的起点为 $(3, -4)\text{ m}$,偏航角为 90° ;跟随机器人与领航机器人之间的距离为 3 m ;设置4个障碍物,其坐标分别为 $(4.5, 5)\text{ m}$, $(4, 9)\text{ m}$, $(9, 5)\text{ m}$, $(8, 10)\text{ m}$ 。图6和图7所示分别为环卫机器人编队避障时的运动状态与运动轨迹。由图7可以看出,在编队控制方法的作用下,3个机器人均能绕过障碍物并始终保持稳定的三角形编队。

图8所示为环卫机器人在仅含障碍物场景中作业时的速度和角速度曲线。从图8中可以看出,当机器人编队遇到障碍物时,每个机器人的速度均会产生很大的变化。而在没有遇到障碍物的情况下,各跟随机器人的速度与领航机器人接近,最终稳定维持在 0.4 m/s 左右。跟随机器人角速度的变化趋势与速度的变化趋势类似,最终其角速度稳定在 0.6 rad/s 左右。

3.2 编队变换仿真

在 $40\text{ m} \times 40\text{ m}$ 的正方形区域内对环卫机器人编队变换过程进行仿真分析。除增加一个狭窄通道外,其余仿真参数设置均与3.1节一致。设置狭窄通道长 7 m ,宽 3 m 。

图9和图10所示分别为存在狭窄通道时环卫机器人编队变换时的运动状态与运动轨迹。由图10可以看出,在编队控制方法的作用下,每个机器人均能绕过障碍物并通过狭窄通道,且在经过狭窄通道时,机器人编队变换为直线队形,通过狭窄通道后恢复成为稳定的三角形编队。

图11所示为环卫机器人编队在含障碍物与狭窄通道场景中作业时的速度和角速度曲线。对比图8和图11可知,当作业场景中因存在狭窄通道而需要编队变换时,机器人速度、角速度曲线的波动更大,由此说明作业环境越复杂,机器人编队的稳定性越低。

图12所示为跟随机器人作业过程中的跟踪误差变化曲线。由图12可以看出,当机器人遇到障碍物

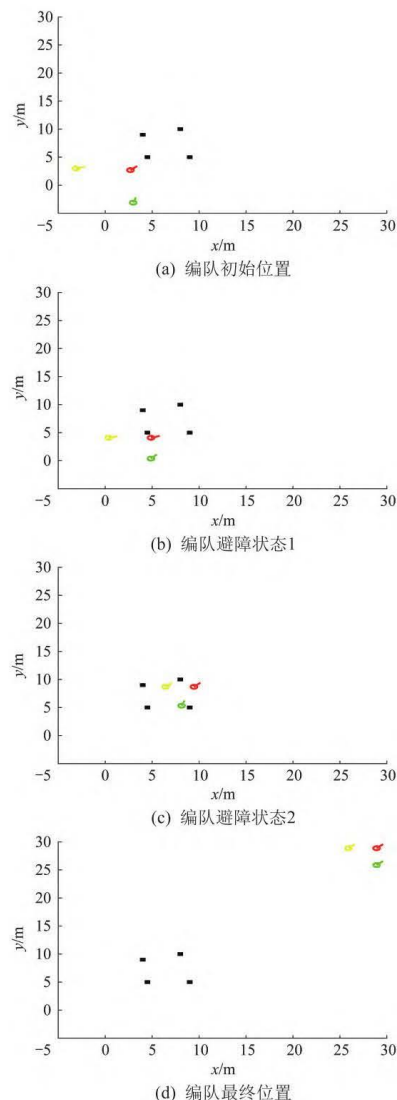


图6 环卫机器人编队避障时的运动状态

Fig. 6 Motion state of environmental sanitation robot formation during obstacle avoidance

及编队变换时,跟随机器人的跟踪误差波动大,但基本保持在 0.35 m 以下。当没有障碍物等外界干扰时,跟随机器人可以快速到达指定位置,其跟踪误差保持在 0.1 m 以下。

4 环卫机器人编队作业实验测试

为了进一步验证本文所提出的编队控制方法的

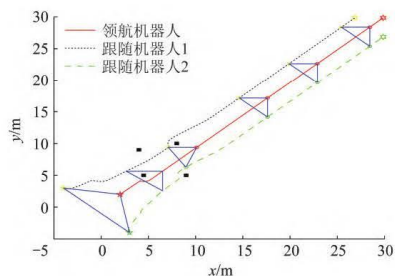
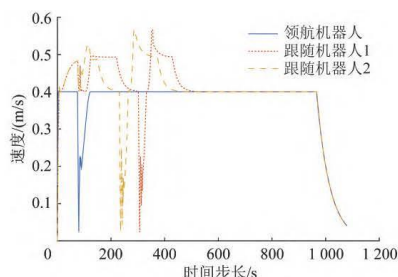
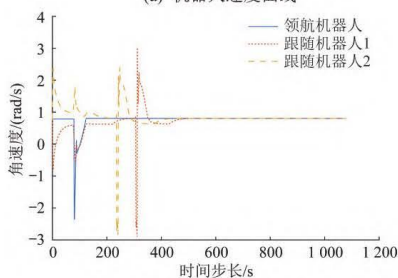


图7 环卫机器人编队避障时的运动轨迹

Fig. 7 Motion trajectory of environmental sanitation robot formation during obstacle avoidance



(a) 机器人速度曲线

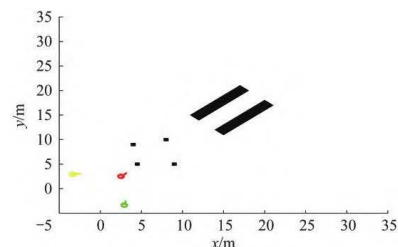


(b) 机器人角速度曲线

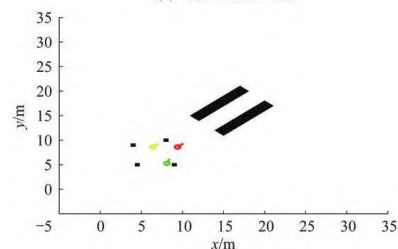
图8 环卫机器人编队避障时的速度和角速度曲线

Fig. 8 Speed and angular velocity curves of environmental sanitation robot formation during obstacle avoidance

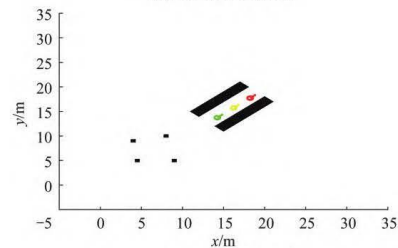
性能,采用图13所示的3台环卫机器人样机在实际工作环境中进行编队作业实验测试。环卫机器人的外形尺寸(长×宽×高)为900 mm×650 mm×750 mm;领航机器人位于前方,2个跟随机器人位于后方,与领航机器人组成三角形编队并执行环卫作业。如图14所示,每台环卫机器人配备1个具有厘米级定位精度的单线激光雷达、3个3D摄像头以及3个超声波传感器,可有效地进行环境感知与自主导航。



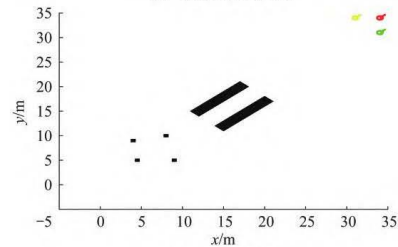
(a) 编队初始位置



(b) 编队变换状态1



(c) 编队变换状态2



(d) 编队最终位置

图9 环卫机器人编队变换时的运动状态

Fig. 9 Motion state of environmental sanitation robot formation during transformation

作业场景为某一地铁站广场,3台环卫机器人样机依靠通信基站建立实时通信。在ROS(robot operating system, 机器人操作系统)的支持下,实现数据处理以及编队控制方法的验证。环卫机器人编队作业的实验结果如图15所示。从图15中可以看出,在编队作业过程中,3台机器人初始时刻以三角形编队出发,跟随机器人能够有效跟随领

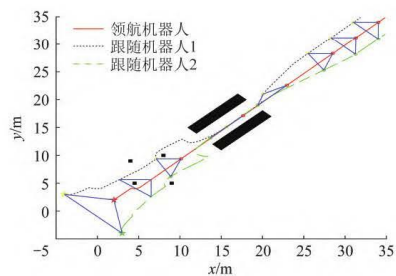
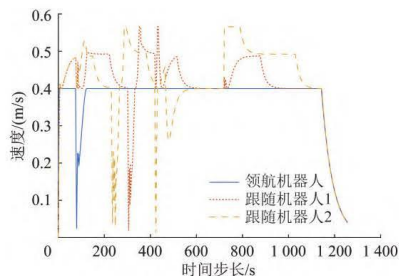
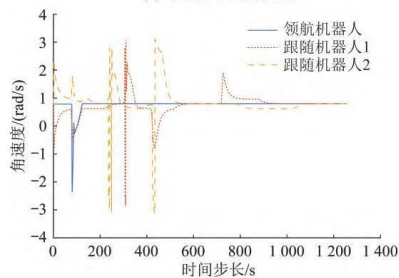


图 10 环卫机器人编队变换时的运动轨迹

Fig. 10 Motion trajectory of environmental sanitation robot formation during transformation



(a) 机器人速度曲线



(b) 机器人角速度曲线

图 11 环卫机器人编队变换时的速度和角速度曲线

Fig. 11 Speed and angular velocity curves of environmental sanitation robot formation during transformation

航机器人进行移动；机器人编队在道路安全区域内行驶的同时有效地避开了各自前方的障碍物并通过了狭窄通道，最后又形成稳定的三角形编队，后方跟随机器人的跟踪误差保持在 0.1 m 以内。实验结果表明，采用本文所提出的编队控制方法可实现环卫机器人编队的稳定控制。

5 结 论

本文针对环卫机器人编队的协同作业开展了研

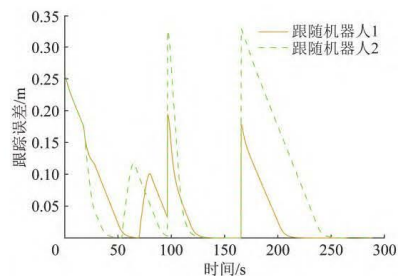


图 12 跟随机器人的跟踪误差

Fig. 12 Tracking error of following robots



图 13 环卫机器人编队

Fig. 13 Formation of environmental sanitation robots



图 14 环卫机器人结构

Fig. 14 Structure of environmental sanitation robot

究。根据环卫机器人的实际作业场景，创新性地提出一种新型编队控制方法。该方法利用领航-跟随策略对环卫机器人进行运动学建模，并利用人工势场算法进行编队避障和编队变换，实现了环卫机器人编队的协同作业。仿真及实验测试结果验证了所提出的编队控制方法的有效性，运用该方法可使机器人集群在作业场景中有效避障以及通过狭窄通道，并实现队形的稳定保持与灵活变换。未来，将针对机器人编队在动态障碍物场景下的协同作业进一步深入研究。

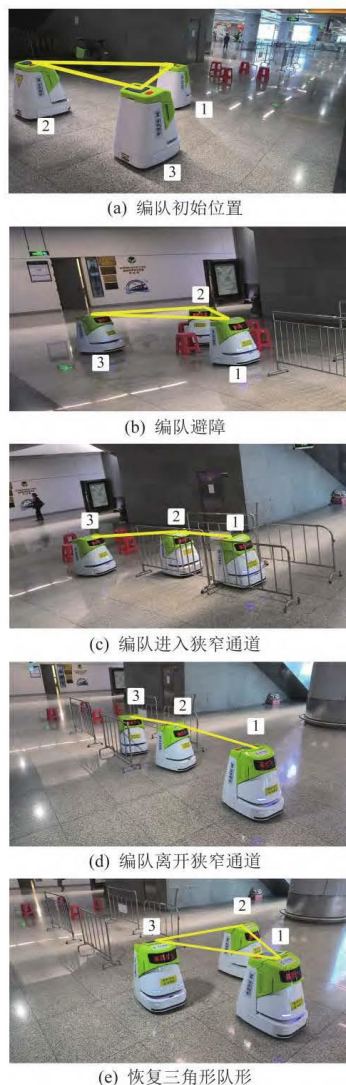


图15 环卫机器人编队作业实验结果

Fig. 15 Experimental results of environmental sanitation robot formation operation

参考文献:

- [1] 王耀南, 江一鸣, 姜娇, 等. 机器人感知与控制关键技术及其智能制造应用[J]. 自动化学报, 2023, 49(3): 494-513.
WANG Y N, JIANG Y M, JIANG J, et al. Key technologies of robot perception and control and its intelligent manufacturing applications [J]. Acta Automatica Sinica, 2023, 49(3): 494-513.
- [2] ZHANG K T, CHERMPRAYONG P, XIAO F, et al. Aerial additive manufacturing with multiple autonomous robots[J]. Nature, 2022, 609(7928): 709-717.
- [3] 张振国, 毛建旭, 谭浩然, 等. 重大装备制造多机器人任务分配与运动规划技术研究综述[J]. 自动化学报, 2024, 50(1): 21-41.
ZHANG Z G, MAO J X, TAN H R, et al. A review of task allocation and motion planning for multi-robot in major equipment manufacturing [J]. Acta Automatica Sinica, 2024, 50(1): 21-41.
- [4] 邓辅泰, 黄焕钊, 谭朝恩, 等. 结合遗传算法和滚动调度的多机器人任务分配算法[J]. 计算机应用, 2023, 43(12): 3833-3839.
DENG F Q, HUANG H Z, TAN C E, et al. Multi-robot task allocation algorithm combining genetic algorithm and rolling scheduling [J]. Journal of Computer Applications, 2023, 43(12): 3833-3839.
- [5] 邓国琛. 无人车多车协同控制技术研究[D]. 济南: 济南大学, 2022: 1-5.
DENG G C. Research on multi vehicle cooperative control technology of unmanned vehicle [D]. Jinan: University of Jinan, 2022: 1-5.
- [6] 付雷, 秦一杰, 何顶新, 等. 基于改进人工势场法的多机器人编队避障[J]. 控制工程, 2022, 29(3): 388-396.
FU L, QIN Y J, HE D X, et al. Obstacle avoidance in multi-robot formation based on improved artificial potential field [J]. Control Engineering of China, 2022, 29(3): 388-396.
- [7] PAN Z H, ZHANG C X, XIA Y Q, et al. An improved artificial potential field method for path planning and formation control of the multi-UAV systems [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 2022, 69(3): 1129-1133.
- [8] ZHUANG H C, DONG K L, WANG N, et al. Multi-robot leader grouping consistent formation control method research with low convergence time based on nonholonomic constraints [J]. Applied Sciences, 2022, 12(5): 2300.
- [9] DESAI J P, OSTROWSKI J, KUMAR V. Controlling formations of multiple mobile robots[C]//Proceedings of 1998 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Leuven, May 20, 1998.
- [10] 黎星华, 刘晓平, 王刚, 等. 面向多智能消防机器人的编队避障控制方法[J]. 机器人, 2024, 46(1): 81-93.
LI X H, LIU X P, WANG G, et al. A formation obstacle-avoidance control method for multiple intelligent fire-fighting robots [J]. Robot, 2024, 46(1): 81-93.
- [11] 王琳, 张庆杰, 陈宏伟. 基于领航者跟随者的群系统保性能编队控制[J]. 北京航空航天大学学报, 2024, 50(3): 1037-1046.

- WANG L, ZHANG Q J, CHEN H W. Guaranteed-performance formation control of swarm systems based on leader-follower strategy[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2024, 50(3): 1037-1046.
- [12] 熊勇刚, 付茂林, 李波, 等. 基于领航-跟随法的多机器人编队控制[J]. 机电工程技术, 2024, 53(3): 136-141.
- XIONG Y G, FU M L, LI B, et al. Multi-robot formation control based on pilot-following method[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2024, 53(3): 136-141.
- [13] 庄红超, 王柠, 董凯伦, 等. 非完整约束大负重比六足机器人多机动态协同编队避障控制策略[J]. 机械工程学报, 2024, 60(1): 284-295.
- ZHUANG H C, WANG N, DONG K L, et al. Obstacle avoidance control strategy of multi-robot dynamic cooperative formation of large-load-ratio six-legged robot under nonholonomic constraints[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2024, 60(1): 284-295.
- [14] 张晓莉, 王张哲. 基于领航-跟随模型的井下多移动机器人编队研究[J]. 矿业研究与开发, 2022, 42(2): 179-182.
- ZHANG X L, WANG Z Z. Research on underground multi-mobile robots formation based on leader-follower model[J]. Mining Research and Development, 2022, 42(2): 179-182.
- [15] 陈冠星. 动态环境下多机器人编队及避障控制策略研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2021: 38-43.
- CHEN G X. Research on formation and obstacle avoidance control strategy of multiple robots in dynamic environment[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2021: 38-43.
- [16] ZHANG T, DONG D B, DU Z Z, et al. Swarm control based on artificial potential field method with predicted state and input threshold[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2023, 125: 106567.
- [17] ZHANG W, XU G J, SONG Y, et al. An obstacle avoidance strategy for complex obstacles based on artificial potential field method[J]. Journal of Field Robotics, 2023, 40(5): 1231-1244.
- [18] 杨立伟, 李萍, 权赫, 等. 基于蚁群混合人工势场法的多机器人编队运动[J]. 电光与控制, 2024, 31(9): 52-57, 80.
- YANG L W, LI P, QUAN H, et al. Motion of multi-robot formation based on ACO and APF[J]. Electronics Optics & Control, 2024, 31(9): 52-57, 80.
- [19] 辛鹏, 王艳辉, 刘晓立, 等. 优化改进RRT和人工势场法的路径规划算法[J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(9): 2899-2907.
- XIN P, WANG Y H, LIU X L, et al. Path planning algorithm based on optimize and improve RRT and artificial potential field[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2023, 29(9): 2899-2907.
- [20] 时培成, 陈旭, 杨爱喜, 等. 4WID-4WIS智能车阿克曼转向轨迹规划及位置估算[J]. 工程设计学报, 2022, 29(2): 123-132.
- SHI P C, CHEN X, YANG A X, et al. Ackerman steering trajectory planning and position estimation of 4WID-4WIS intelligent vehicle[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2022, 29(2): 123-132.



其他论文

专用汽车

SPECIAL PURPOSE VEHICLE

汉阳专用汽车研究所 主办



风雨同舟聚梁山 豪情水泊共发展

—— 热烈庆祝水泊智能成立20周年 ——



10 2024
总期 329

ISSN 1004-0226



主管单位:汉阳专用汽车研究所

主办单位:汉阳专用汽车研究所

编辑出版:《专用汽车》编辑部

收 录:中国学术期刊综合评价数据来源期刊
中国期刊网CNKI 中国学术期刊(光
盘版)CAJ-CD
中国科技期刊数据库
万方数据数字化期刊群全文收录
博看网 <http://www.boookan.com.cn>

地 址:武汉经济技术开发区沌阳大道55号

邮政编码:430056

编辑部电话:027-8439 8620

广告发行部电话:027-8439 8623(传真)

电子邮箱:ZYQC@chinajournal.net.cn

微信公众号:专用汽车SPV

社 长:姜春生

主 编:姜春生

责任编辑:张筱梅

编 辑:宁文祥

发行主管:尹红霞

美术总监:田 苗

印 刷:武汉旭诚彩印包装有限公司

总发行:中国邮政集团公司湖北省分公司

订阅处:中国邮政集团公司

定 价:25.00元

邮发代号:38-209

中国标准刊号:CN42-1292/U

国际标准刊号:ISSN 1004-0226

广告经营许可:4201001000001



CONTENTS 目录

行业综述

地铁用路轨两用消防车的发展及应用现状 刘微 张泽江(01)
俄罗斯法规要求与半挂车设计符合性研究 祝格恒 何力勇 李河森(06)
智能网联重型卡车编队行驶技术发展探讨 肖旭 郭霖辉 马文博 等(09)
驾驶员注意力监测系统测试评价方法分析 马文博 秦康(14)

市场分析

2024年1—8月插电式(含增程)混合动力商用车市场分析及展望
李蝶 郭千里(20)

底盘设计

一种轻型载货汽车车架的可靠性研究 尹伟 杨超起 黄玉四 等(23)
某VAN车型顶部抗压强度仿真研究 侯路 吕文芬 李浩亮 等(31)

上装研究

基于OptiStruct的平板式半挂车车架轻量化优化设计
潘兴超 孟泉 张晓光 等(34)
一种漏斗式散粮运输半挂车结构与研制 张荣生(40)
基于尺寸优化的后装压缩式垃圾车推板轻量化研究
陈军 丁福生 李叶凡(44)
基于ADAMS的26 m高喷消防车臂架受载运动仿真计算 梁程(48)

前沿技术

移动机器人在复杂场景下的高效避障控制研究
谢宇明 肖慧慧 向云南(51)
Kyber密码体制下的抗侧信道攻击方案研究 肖旭 王玉博 马文博(54)
大功率燃料电池建模与电压一致性研究 夏洋文(61)
基于Arduino使用蓝牙和Wifi控制小车方法对比研究 杨磊(64)
电动汽车动力电池的建模与SOC估计研究 郭航(67)

测试试验

自动驾驶系统的相关测试方法探讨 向世林 兰永康 严金霞 等(70)
实验影响因素对电子后视镜闪烁的影响探究 毕晓婷 喻攀(73)
一种车载显控终端的振动分析和试验验证 王文运 张超(76)
风险评估和事故模型在智能驾驶系统安全设计中的应用 李泽华(80)

2024年第10期(总第329期)

2024年10月15日出版

编委

(按姓氏笔画排列)

王 侠	王 健	孔令忠
甘子林	付 玲	朱伟丽
李文龙	李忠生	李贵平
李 毅	杜恒军	吴中直
吴永根	何桂蓉	余泽刚
宋华伟	张进华	陈先兵
陈 韬	易小刚	罗公祥
周亚倬	柯善君	贺 宜
赵亚维	赵忠厚	姚泽功
黄玉鸿	黄秋芳	龚远红
董 扬	蒋晓冬	蓝文标

本刊敬告

1、本刊的编辑、出版严格执行国家新闻出版署出版要求,凡投向本刊的稿件要求作者提供供职单位、地址、邮编、电话。

2、本刊严格执行三审三校制度,凡投向本刊的稿件,本刊有删改权,不同意删改的作者请投稿时注明。

3、来稿文章受到省、部级以上基金项目支持,请注明基金名称和项目编号。

4、作者所投稿件(含图表)文责自负。凡投向本刊的稿件,本刊一经采用即拥有在本刊出版物及相关网站刊登的权利。

5、为遏制学术不正之风,有效防止、杜绝涉及论文发表方面的学术不端行为,本刊已正式启用中国知网学术不端文献检测系统(AMLC)。



微信扫一扫关注

配套应用

牵引车与挂车的电子后视镜视野调节探究 郭志友 邓蚁 潘锋(87)

利用因果干预解决汽车产品推荐系统中的流行度偏差问题

张宏 张聪 田立辉 等(89)

铝合金车轮低压铸造模具结构的问题及优化策略研究 杨雄(92)

高品质动力电池模组制造关键工艺分析 周强(95)

基于六西格玛方法降低行李箱与尾灯间隙不良率的探讨 郝凯悦(98)

线切割以外圆定位的简便加工方法研究 蔡胡磊(102)

涂胶机器人在汽车玻璃涂胶及装配工艺中的运用研究 高磊(106)

新能源汽车的典型故障剖析及诊断维修实践研究 金世越(109)

一种驾驶员头盔佩戴识别系统的设计 费维科(112)

课程教育

数字化工业经济驱动下高校智能网联汽车专业的构建和实践

王文斌(115)

基于KAPIV理念的智能汽车技术专业课程体系改革与实践

王仁亮 姜之平 伍东升 等(118)

VR虚拟现实技术在县域中职汽修教学中的应用分析 黄杰 李千川(122)

基于三螺旋理论的“产学研用创”五位一体人才培养模式研究——以新能源汽车专业为例 叶龙 黄科薪(125)

新能源汽车技术专业竞赛导向的“赛教融合”教学改革探讨 邓持(128)

职业院校储能材料技术专业人才培养模式探索 赵群芳(131)

广告

封面 山东水泊智能装备股份有限公司

封底 瀚瑞森(中国)汽车悬挂系统有限公司

封二 深圳市凯卓立液压设备股份有限公司

封三 中汽研汽车检验中心(武汉)有限公司

插一 湖北一专汽车股份有限公司

插二 山东水泊机电设备有限公司

2024年杂志征订单

HENDRICKSON
The World Rides On Us®



HAULMAAX® V
轻量化重型橡胶悬架系统



COMFORT AIR®
卡车后空气悬架系统



HSDS®
瀚瑞森挂车空气悬挂系统



TIREMAAX® PRO
自动胎压控制系统



HTA®
车轴可匹配鼓式或盘式制动

卡车和挂车的行走解决方案



欢迎访问瀚瑞森中国小程序

产品实际性能可能会因车辆配置、操作、服务和其他因素而异。
©2024 Hendrickson USA, LLC. 版权所有。
显示的所有商标均由一个或多个国家的 Hendrickson USA, LLC. 或其附属公司之一拥有。

主办单位：汉阳专用汽车研究所
国内刊号：CN42-1292/U
邮发代号：38-209

国际刊号：ISSN 1004-0226
每期定价：25.00元



移动机器人在复杂场景下的高效避障控制研究

谢宇明 肖慧慧 向云南

复杂环境特种机器人控制技术与装备湖南省工程研究中心, 湖南湘潭, 411104

摘要: 环卫机器人在城市清洁中逐渐展现其高效、智能化的优势。为了提高环卫机器人编队作业的灵活性和安全性, 提出了一种改进的领航跟随算法, 并结合智能避障策略, 提升机器人编队在复杂城市环境中的协同作业效率。通过对领航跟随算法进行改进, 并引入避障机制, 结合实际应用场景进行了仿真实验分析。实验结果表明, 改进后的领航跟随算法能确保机器人编队避障, 同时能保持编队的稳定性, 适用于复杂动态环境下的环卫机器人作业。

关键词: 环卫机器人; 领航跟随算法; 避障策略; 编队控制

中图分类号: U461 **收稿日期:** 2024-07-10

DOI: 10.19999/j.cnki.1004-0226.2024.10.012

1 前言

随着城市规模的扩展, 城市清洁任务日益复杂。传统的人力清扫方式逐渐被高效的自动化环卫机器人所取代。环卫机器人不仅可以自主完成大规模的清扫任务, 还能够在复杂的城市环境中避开障碍物、与其他机器人协同作业。然而, 在多机器人编队(图 1)作业中, 如何同时实现高效的路径规划、障碍物避让和队形保持成为一个重要的研究课题^[1]。

领航跟随算法是一种经典的编队控制方法, 通过设定一个或多个领航机器人, 带领跟随者完成编队任务^[2-3], 如图 2 所示。然而, 传统领航跟随算法的局限性在于, 当环境中存在复杂的动态障碍物时, 跟随者容易因路径固定而陷入困境。为了解决这一问题, 本文提出了一种改进的领航跟随算法, 结合智能避障策略, 提升编队在复杂环境中的灵活性和安全性。



图 1 环卫机器人编队

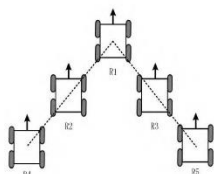


图 2 机器人领航跟随作业示意图

2 环卫机器人及作业场景描述

2.1 环卫机器人的基本概述

环卫机器人包含扫地机器人、清洗机器人等产品(图 3), 是移动机器人的一个典型场景应用。在国际低碳战略和我国环保理念的推动及人口老龄化冲击等危机影响下, 环卫机器人在各地得到广泛使用。环卫机器人的集群作业能大大提高环卫作业效率。不少城市开始采用环卫机器人集群作业, 来提高环卫作业效率及降低产品使用运营成本。长沙橘子洲景区不仅实现了景区清洁从传统人工向机械化、无人化的升级, 在疫情期间环卫机器人还很大程度上替代人工完成了景区的主要保洁工作。深圳市随着首批 5G+环卫机器人集群编队在福田正式上岗, 大大提高了环卫作业效率。



图 3 不同类型环卫机器人

这些机器人通常在复杂的城市环境中工作, 需要具备高效的路径规划和避障能力。特别是在多机器人编

基金项目: 湖南省教育厅科学研究项目 (23C0703, 23C0701)

队作业中,编队的避障控制和队形保持是确保工作效率和安全性的关键。

2.2 环卫作业场景描述

环卫机器人通常工作在以下几种典型作业场景中:

a. 城市主干道清扫:主干道面积大、车流量和人流密集,环卫机器人需要通过编队方式覆盖道路清扫,并能够避开行驶中的车辆。

b. 公园和广场维护:公园、广场等区域的环境较为复杂,包含树木、垃圾桶、长椅等固定障碍物,环卫机器人需要灵活调整编队队形,避开这些障碍物进行全面清扫。

c. 背街小巷清洁:背街小巷路面狭窄,机器人需要紧凑排列以完成清扫作业,避免相互干扰和碰撞。

这些场景下,机器人不仅要实现高效的清扫作业,还必须面对动态或静态障碍物的影响。为了保证编队的有效性和安全性,本文提出了一种结合避障策略的改进领航跟随算法。

3 改进的领航跟随算法

3.1 传统领航跟随算法的基本原理

传统的领航跟随算法通过设定一个领航机器人(Leader),其余机器人(Follower)通过感知领航者的位置和速度进行跟随^[4]。每个跟随者根据与领航者之间的相对位置调整自身的运动状态,从而实现整体的队形保持。

跟随者的运动控制通常采用以下公式:

$$v_f = v_l + k_v(p_l - p_f) \quad (1)$$

$$w_f = w_l + k_\omega(\theta_l - \theta_f) \quad (2)$$

式中, v_f 为跟随者的线速度; v_l 为领航者的线速度; p_l 和 p_f 分别为领航者和跟随者的位置; k_v 为位置调整的比例系数; w_f 为跟随者的角速度; w_l 为领航者的角速度; θ_l 和 θ_f 分别为领航者和跟随者的朝向角; k_ω 为角度调整的比例系数。

虽然传统领航跟随算法能够有效保持编队结构,但它在复杂环境中的避障能力较弱,尤其当领航者没有感知到障碍物时,跟随者容易受到限制,导致编队散乱或碰撞^[5-6]。因此,有必要对该算法进行改进,增加智能避障策略。

3.2 智能避障策略的引入

为提升领航跟随算法的适应性,本文引入了一种基于局部传感器的智能避障策略。每个跟随者不仅跟随领航者的轨迹,还可以通过自身的传感器独立感知周围

的障碍物,并实时调整路径。

避障策略采用以下机制:

a. 局部避障传感器:每个跟随者配备激光雷达、超声波传感器或红外传感器,用于检测周围的障碍物。当障碍物进入预设的感知范围内时,跟随者会计算一条避障路径,并临时偏离领航者的轨迹,绕过障碍物后再回到编队中。

b. 避障路径规划:基于智能算法,机器人能够在检测到障碍物后快速规划出避障路径,确保安全通过。

c. 跟随与避障结合:当避障路径计算完毕后,跟随者继续参考领航者的轨迹进行编队跟随,从而保证整体编队的稳定性。

4 改进领航跟随算法在环卫作业中的应用

为了适应不同的作业环境,本文对改进后的领航跟随算法进行了多种应用场景的模拟,确保机器人在复杂环境中的高效作业。

4.1 城市主干道清扫

在城市主干道清扫场景中,障碍物主要是动态的车辆和行人。领航者负责全局路径规划,带领跟随者进行清扫作业。改进的领航跟随算法使得每个跟随者能够在保持队形的同时独立进行局部避障,确保在车流或行人密集的情况下,编队依然能够稳定作业。

4.2 公园和广场维护

公园和广场的环境较为复杂,包含树木、长椅等固定障碍物。改进的领航跟随算法通过让每个跟随者实时感知周围的障碍物,并通过局部路径调整绕过障碍物,有效提高了编队的整体灵活性和覆盖效率。

4.3 背街小巷清扫

在背街小巷等狭窄路面,空间有限且障碍物密集。领航者带领编队穿越狭窄区域时,跟随者需要独立调整自身位置,以避免与墙体或其他障碍物发生碰撞。通过智能避障策略,机器人能够在不破坏编队的情况下灵活通过狭窄空间。

5 仿真实验及结果分析

为了验证改进领航跟随算法的有效性,本文采用MATLAB进行仿真实验,模拟环卫机器人在不同场景下的编队作业,测试了不同编队形式下的避障性能和队形保持能力。

5.1 实验场景设计

实验在一个30 m×30 m的平面中进行,障碍物随机

分布,目标点设定在场景的固定位置。机器人数量设定为3个,其中1个为领航者,2个为跟随者。实验场景涵盖了城市主干道、公园广场和狭窄街区等典型环卫作业场景。通过仿真,分析机器人在不同环境下的编队避障能力和队形保持效果。

5.2 仿真实验结果

5.2.1 三角形编队仿真

三角形编队适合于需要高效避障的环境,如公园步道或居民区。机器人紧密排列在领航者后方,形成一个紧凑的队形。图4为三角型编队仿真图。

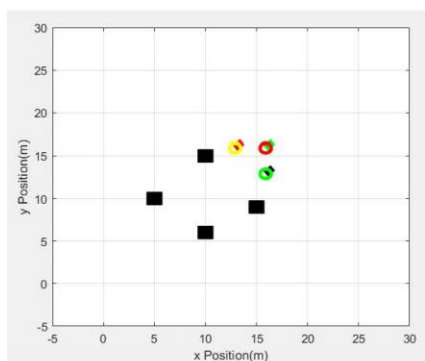


图4 三角型编队仿真

三角形编队在避障过程中表现良好,队形保持较为稳定,适合在障碍物较多的环境中使用。智能避障策略使得跟随者能够绕开障碍物后迅速返回队形,避免因局部障碍导致队形的破坏。

5.2.2 直线型编队仿真

在一字型编队中,机器人排成一条直线,领航者位于最前方,跟随者依次跟随。在这种编队形式下,适用于城市主干道及背街小巷等路面的清扫任务。图5为直线型编队仿真图。

直线型编队在较为宽敞的环境中能够有效保持队形,但当遇到多个动态障碍物时,跟随者通过独立避障策略临时偏离队形绕开障碍物,再返回到预定路径中。整个编队在避障过程中保持了较高的稳定性。

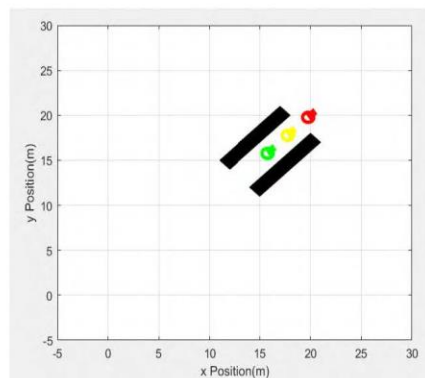


图5 直线型编队仿真

6 结语

本文通过研究基于领航跟随算法的环卫机器人编队控制方法,结合实际城市环境中的作业需求,提出了一种适用于城市清扫任务的编队控制策略。通过仿真实验可以看出,改进后的领航跟随算法不仅提升了编队的稳定性,还在避障时减少了编队结构的破坏,使得环卫机器人能够在多变的城市环境中灵活工作,适应不同的作业场景需求。未来,随着智能算法和传感器技术的进一步发展,环卫机器人将能够在更加复杂的城市环境中实现高效、安全的自主作业,并为城市环境管理提供更加智能的解决方案。

参考文献:

- [1]王耀南,江一鸣,姜娇,等.机器人感知与控制关键技术及其智能制造应用[J].自动化学报,2023(3):494-517.
- [2]熊勇刚,付茂林,李波,等.基于领航-跟随法的多机器人编队控制[J].机电工程技术,2024,53(3):136-141.
- [3]吴桐.基于Leader-Follower的多机器人协同控制技术研究[D].北京:北京化工大学,2022.
- [4]Chen Shijie,Dai Jiahao,Yi Jingwen,et al.An optimal design of the leader-following formation control for discrete multiagent systems[J].IFAC Papers On Line,2022,55(3):201-206.
- [5]孙云凤.动态环境下移动机器人路径规划方法研究[D].济南:齐鲁工业大学,2024.
- [6]吴万强.集群移动机器人中的避障算法研究[D].沈阳:沈阳大学,2022.

作者简介:

谢宇明,男,1988年生,高级工程师,研究方向为机器人开发及控制。

小型纯电动清洗车的开发设计

Development and Design of Small Pure Electric Washing Truck

谢宇明 XIE Yu-ming; 李亮 LI Liang; 张斌 ZHANG Bin; 邱声 QIU Sheng

(长沙中联重科环境产业有限公司, 长沙 410006)

(Changsha Zoomlion Environmental Industry Co., Ltd., Changsha 410006, China)

摘要:随着新能源政策的推广,纯电动清洗车广泛地应用在市政环卫清洗作业中。小型纯电动清洗车在设计研究中,需综合考虑整车的清洗性能、整车结构尺寸、连续作业时间等。本文以市场上常见的一款纯电动清洗车为例,就产品的开发设计进行一定分析和探讨。

Abstract: With the promotion of new energy policies, pure electric cleaning vehicles are widely used in municipal sanitation cleaning operations. In the design and research of small pure electric washing vehicles, it is necessary to comprehensively consider the washing performance of the whole vehicle, the structural size of the whole vehicle, and the continuous operation time. This article takes a common pure electric cleaning vehicle in the market as an example, and conducts certain analysis and discussion on the development and design of the product.

关键词:纯电动;清洗车;开发设计

Key words: pure electric; washing car; development and design

中图分类号:U463.82

文献标识码:A

文章编号:1674-957X(2021)09-0212-02

0 引言

随着蓝天保卫战的实施推进,纯电动环卫车越来越广泛的应用在市政环卫作业中。相比传统燃油环卫车,纯电动环卫车具有绿色环保、零排放等优点,将极大的改善人居环境及提升城市管理形象。而作为环卫设备中的主力车型,清洗车具有作业范围广、噪声低、清洗作业效率高等特点。

根据城市精细化管理需求,深圳、上海等一些大型城市,已要求人行道、非机动车道等路面实行机械化作业。小型纯电动清洗车产品应运而生,小型纯电动清洗车在开发设计时,产品既要考虑在较小空间下布置一定量的水箱及其他作业装置,也要考虑整车充满电连续作业时间满足一天需求。本文以市场上常见的一款纯电动清洗车为例,就产品的开发设计进行一定分析和探讨。

下:①底盘及上装均采用纯电动驱动,整车绿色环保;②产品尺寸及总重量确保能适应辅道等场景作业;③整车清洗能力强;④整车电控系统可靠性高;⑤产品成本可控,产品性价比高。

1.2 整车结构组成

整车由底盘、罩壳、高压水路系统、电控系统等组成,该车外形美观、驾驶舒适、操作简单、机动灵活、噪声小、可靠性高。

1.3 底盘选型设计

作为环卫设备的核心部件,底盘的选型设计至关重要。底盘对整车的可靠性、整车驾驶作业性能等影响很大。考虑此产品作业在非机动车道上,产品总尺寸及总重量不能过大,选用市场上成熟的3吨位纯电动底盘,其底盘性能及可靠性已通过实验测试。



图1 小型纯电动清洗车

1 整车结构设计

1.1 整车设计原则

开发此款产品的目的满足新能源政策需求,同时产品能在人行道、非机动车道等路面进行清洗作业。以市场及客户需求为导向,考虑作业场景等因素,产品设计原则如

作者简介: 谢宇明(1988-),男,湖南长沙人,硕士,从事新能源汽车技术及智能环卫机器人研究工作。



图2 底盘可靠性行驶测试及淋雨测试

1.4 高压水路系统设计

高压水路系统的性能决定了清洗车的清洗性能。高压水路系统由高压水泵、水过滤器、球阀、喷嘴等组成。

高压水路系统的原理如图3:水箱的清洁水经过水过滤器进入高压水泵,出来的水流由手动或气控高压球阀进入各喷水机构,最后由喷嘴喷出高压水流,对地面等进行高压清洗。

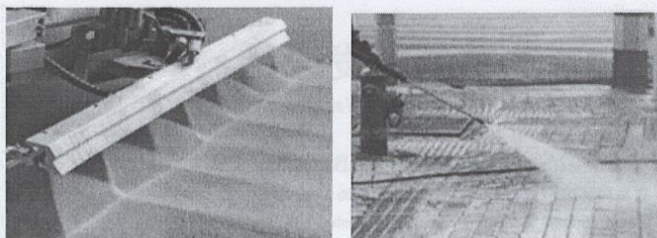


图4 前喷杆作业、手持喷枪作业



图5 作业前/后效果对比

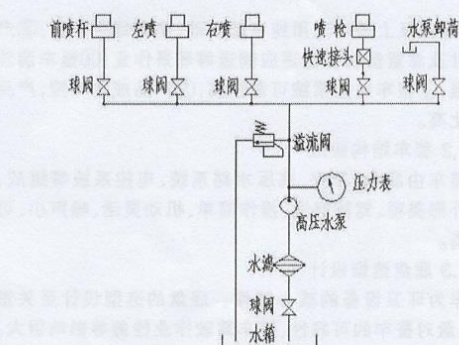


图3 高压水路原理图

1.4.1 水泵及电机选型

高压水泵是实现高压清洗必须的核心设备,它决定着清洗的效果,因此水泵选型非常重要。水泵选型主要从品牌、参数、通用性、经济性等四个方面考虑:

①品牌。经过多年的使用验证,目前市场上选用的高压水泵品牌主要有进口意大利及国产等品牌。②参数。水泵选型合理性关键在于参数适用,既能保证清洗性能满足又能确保性价比。③通用性。通用性主要考虑各产品水泵的互换通用化,及安装、外形尺寸等方面。④经济性。经济性主要考虑品牌价格、供货周期、售后响应等;前提是保证产品质量可靠。水泵性能主要由水泵的流量和压力两个核心参数决定。目前市面上小型清洗车高压水泵工作流量范围 10~30 L/min,工作压力 8~15 MPa。根据清洗效果要求,选取市场上一款通用高压水泵,最大工作流量 30 L/min,最大工作压力 15 MPa。高压水泵采用电机直连驱动,高压水泵所需电机输出功率为:

$$N = \frac{P \times Q}{60 \eta} = \frac{15 \times 30}{60 \times 0.83} = 9 \text{ kW}$$

式中: N ——高压水泵所需电机输出功率, kW;

P ——高压水泵最大工作压力, MPa;

Q ——高压水泵最大输出流量, L/min;

η ——总效率, $\eta = \eta_{\text{水泵}} \times \eta_{\text{联轴器}} = 0.83$, 其中 $\eta_{\text{水泵}} = 0.85$, $\eta_{\text{联轴器}} = 0.98$ 。

水泵电机采用直流永磁同步电机,持续稳定功率为 10 kW, 10 kW > 9 kW, 水泵电机可满足水泵驱动作业要求。

1.4.2 喷嘴选型

小型纯电动清洗车作业模式有前喷杆作业、手持喷枪作业等作业模式,选取 2 种典型工况(见图 4),对喷嘴选型进行分析。

前喷杆需作业宽度达 1.6 m, 作业压力需达 8 MPa 以上,对照喷嘴选型样本,选取 7 个 2 号喷嘴。

手持喷枪工作压力需达 13 MPa, 选

取 1 个 10 号喷嘴。

1.5 水箱设计

水箱容积越大,加满一箱水的作业时间就越长,作业效率越高。目前市场上水箱材质常用不锈钢或塑料。考虑成本及水箱防漏水,小吨位清洗车水箱材质常用塑料,在水箱方案设计时,需提前对水箱的受力及运动状态进行分析研究。

1.6 罩壳及造型设计

随着城市精细化管理需求,客户对产品的造型要求越来越高,环卫产品在作业时,能成为城市的一道靓丽风景线。但在提升产品造型设计时,也需考虑产品的维护便利性。确保产品既美观又维修方便。

2 产品的实际应用

整车产品性能如何,需要通过实际应用来检验。

图 5 是纯电动清洗车用于清洗路面图片作业效果对比,作业时工作压力实测 13 MPa,与理论设计一致,作业后地面清洁干净,能还原地面本色。

产品利用高压充电桩充满电后,能连续作业时间达 8 小时以上,满足充满电作业一天需求。

3 结论

本文以市场上常见的某款小型纯电动清洗车为例,分析探讨了整车及关键零部件选型设计要求。对于纯电动清洗车产品而言,需重点关注清洗性能及连续作业时间。本款产品开发以客户需求及国家新能源政策为指导,开发的产品性能优良,目前已在深圳、上海等多地使用,助推我国环卫作业迈入机械化、零排放时代。

参考文献:

- [1] 李珍. 新能源环卫车技术发展趋势[J]. 建筑机械技术与管理 2016: 57~61.
- [2] 刘洋. 洗扫车高压水路系统的设计分析[J]. 专用汽车, 2010: 50~52.
- [3] 崔慎慎, 孙家骏. 高压水射流技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1993.

抑尘车噪声分析及控制

邱 声, 肖来祥, 文亚龙, 谢宇明

(长沙中联重科环境产业有限公司, 湖南 长沙 410006)

摘 要:针对抑尘车的噪声问题,对整车的噪声产生机理进行分析,得出噪声源主要包括柴油发电机组噪声、雾炮机组噪声、汽车底盘噪声等,并针对各种噪声产生的原因和特点提出了相应的噪声控制措施。

关键词:抑尘车 噪声源 噪声控制

中图分类号:U469.691

文献标识码:A

文章编号:1003-773X(2021)07-0077-03

1 抑尘车应用现状

针对近几年空气污染的问题,国家和地方政府积极应对,不断寻求治理空气粉尘污染方面的工具设备,特别是治理城市主干道、广场、公园、货运码头房屋拆迁、工矿企业及煤场等地点的空气污染,抑尘车(又称雾炮车或喷雾车)针对行业痛点应运而生,开始进入了市场,进入了公众的视线,如图 1 所示。但是,抑尘车在工作时,会产生高分贝噪声,往往达到 90 dB 以上,根据 GB3096—2008 声环境质量标准,此噪音会对在现场的工作人员的健康造成极大的损害^[1],同时在作业过程中会对居民的正常生活、休息造成影响。



图 1 抑尘车

2 抑尘车的结构

抑尘车主要包括汽车底盘、水罐总成、柴油发电机组系统、雾炮机组系统、电控系统、液压系统及专用作业装置等组件见图 2。柴油发电机组系统中的发动机给雾炮机组系统提供动力,并通过发电机发电驱动高压水泵和轴流风机喷射水雾。汽车底盘负责喷雾、前喷后洒等作业时地行走。柴油发电机组系统布置在底盘驾驶室与水罐总成之间,采用骨架包围,两侧装有百叶窗、卷帘门。水罐总成用来装载水或抑尘剂。车辆的后部装有电控箱,内部为电控系统。抑尘车通过底盘的变速箱侧面的取力器驱动低

压洒水泵向前喷后洒完成供水。抑尘车的原理是利用大功率雾炮机向大气中喷洒水雾,将空气中的灰尘、粉尘、二氧化碳等污染物颗粒吸附,从而实现降尘抑尘^[2-3]。

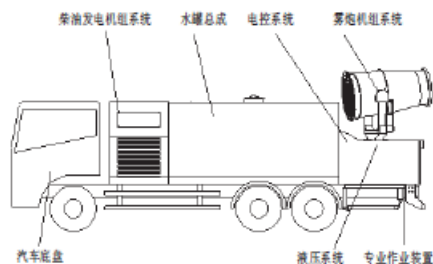


图 2 抑尘车结构示意图

3 抑尘车的噪声来源

抑尘车为专用作业车辆,其噪声来源种类众多,因此要明确其噪声源的种类并对其进行研究其产生机理,通过分析,噪声源主要有以下几种:

3.1 柴油发电机组噪声

柴油发电机组是由发电机、发动机以及控制系统等组成,是以柴油机为原动机,拖动同步发电机发电的一种电源设备,见下页图 3。柴油发电机组布置于车辆前部,外围由钢结构框架组成。柴油发电机组的噪声主要是进、排气导致的空气动力噪声和表面辐射的传播噪声。

3.1.1 空气动力噪声

空气动力噪声包括进气系统的噪声、排气系统的噪声、柴油机冷却风扇的转动噪声。这种噪声是在柴油发电机组正常工况中,对空气的扰动导致空气和柴油机组之间产生音源从而形成的噪声,且直接对外产生辐射。

1) 进气系统噪声。进气系统产生的噪声作为柴油发电机组的主要噪声之一,是在发电机组的进气需求下,进气口不断开关闭合而导致系统的压力发生不断地变化而产生的噪声。伴随着进气系统工作,进气管内形成一定的压力脉冲,导致进气系统产生

收稿日期:2021-04-16

第一作者简介:邱声(1985—),男,湖南长沙人,硕士,毕业于重庆交通大学,中级工程师,从事专用汽车开发及智能环卫机器人研究工作。

周期性的噪声。

2) 排气系统噪声。柴油发电机组最为直接的噪声源即是排气系统产生的噪声,这种噪声具有较大的强度,相比正常的发动机噪声,其噪声值要高出大约 10~15 dB(A),产生的主要因素有发动机气缸内部压力、排气系统的管道直径、发电机组额定排气量以及发电机组的运行转速和工作负荷等,提高发电机组的工作负荷或增加发动机转数会加大气体的流量,从而导致排气噪声的增大^[4]。

3.1.2 表面辐射噪声

柴油发电机组的表面辐射噪声包括机械噪声和燃烧噪声。机械噪声是由发电机组在运行过程中的各机械部件会不断地发生机械碰撞而产生。而燃烧噪声一般是气缸内部柴油燃烧产生的压力震动作用于整体气缸的机械部件从而向外部辐射出一定的噪声。一般情况下在发电机组转速较低时,产生的燃烧噪声要高于机械噪声。

3.2 雾炮机组噪声

雾炮机组系统主要由电机、高压风机、水平旋转支撑、仰角控制装置、导流筒、雾化喷嘴、高压泵等组成,如图 4 所示。雾炮机组的噪声包括风机的气动噪声、机械噪声和电机的电磁噪声。风机的气动噪声在雾炮机组的噪声中占主要部分,其包括旋转噪声与涡流噪声。



图 3 柴油发电机组



图 4 雾炮机组

3.2.1 旋转噪声

旋转噪声是由于在风机旋转叶轮的叶片通道出口处,沿周向的气动压力、气流速度都有发生很大的改变,旋转的叶片通道掠过较窄的蜗舌处时,就会出现周期性的压力和速度脉动所产生的噪声。旋转噪声涵盖以下几种情况产生噪声:如靠近叶片出口处的边界层脱离,气流在蜗壳中扩压脉动的脱离,叶片在进口处流动分离及偏离最佳工况点时的流动恶化等产生的噪声^[5]。

3.2.2 涡流噪声

涡流噪声是因为紊流边界层及其脱离引起气流压力脉动而发生的。因为边界层脱离和紊流脉动弹性较大,所以涡流噪声具有频率范围较宽的特点。

3.3 汽车底盘噪声

抑尘车采用的汽车底盘为二类通用底盘,其噪

声主要分为:车身结构噪声、底盘发动机噪声。车身结构噪声是指由于底盘的车体大都是由金属材料制成,车辆行驶过程中,振动源把振动传给车体,进而引起车体共振形成的噪声。底盘发动机噪声包括燃烧噪声、气动噪声、机械噪声等。此外,还包括汽车在行驶过程中轮胎与地面的摩擦声,不平整路面导致的震动噪声,以及轮胎花纹间歇的空气流动和轮胎四周扰动构成的空气噪声等组成的轮胎噪声。

4 噪声控制

根据抑尘车的实际作业工况噪声测试得到抑尘车工作时的噪声基本上都在 90 dB 左右,有时候甚至超过 95 dB,其结果表明抑尘车的噪声是由多种噪声的叠加合成,这会给现场作业人员和周围行人健康带来损害,故必须通过有效措施来控制抑尘车的噪声。

4.1 柴油发电机组噪声控制

进气系统噪声控制,首先合理设计选用空气滤清器,在安装许可的前提下,尽可能选择流量大、容量大的空气滤清器,其次,要选择最优的进气管直径,保证气流流速小于等于 30 m/s,因为流速过高会产生较大的进气噪声。

排气系统噪声控制,合理设计排气管直径,选用或设计相匹配的消声器,能够有效降低排气系统产生的噪声。在进行消音器的选型或设计时,要充分考虑柴油发电机组运行状态下产生的较高的温度、压力以及高速气流等因素^[6]。同时柴油发电机组外围框架内部可通过采取增加吸音棉等降噪措施,降低噪声传播到车外的强度,从而达到相关的噪声环保要求。

发电机组表面辐射噪声,主要采取适当地增强发电机组的结构强度进行适当的,增大发电机组的阻尼的措施,使发电机组在运行工况下,有效降低燃烧噪声与机械噪声的音源共振情况,还可使发电机组整体结构的表面响应程度降低。同时,在不影响发电机组运行的前提下,缩减噪声辐射的表面面积,也能够对辐射噪声进一步控制^[7]。

4.2 雾炮机组噪声控制

合理选择风机的型式,同一系列的风机,噪声与风量、风压成正比关系。所以在选择风机型式时,要充分考虑余量,余量过大会造成能耗浪费且噪声增大。对同一型式的风机,在性能条件允许的前提下,应考虑选用低转速运行的风机。对于不同型式的风机,在比较噪声时,不应只考虑转速和圆周速度,而应选较低比声功率级作为评判首要条件。

合理设计管路,要减小管路阻力,首先风机入口不宜处于急变流场,其次要防止机壳与管道的振动过大而产生的噪声。为避免空腔共振,风道的尺寸以及机壳直径机壳宽度应等于主频率波长或其倍数。

平钢板的弯曲振动的固有频率在 100 Hz 左右,通常叶片数少的离心通风机旋转噪声的基频在这个范围内。提高薄板的固有频率还可通过使用加强筋和阻尼涂层^[2]。

部分厂家亦在雾炮机组设计中考虑降噪设计,在风机的内筒壁安装一层聚酯纤维吸音棉,吸音棉表层覆盖一层多孔薄板,多孔薄板和聚酯纤维吸音棉通过铆钉固定,通过控制风机高速旋转产生的噪声,可达到一定的降噪效果。

4.3 汽车底盘噪声控制

为配合抑尘车作业,保证作业效果时,底盘一般以较慢的速度行驶,这时底盘的主要噪声源是发动机,故控制噪声主要在保养及使用发动机方面:按保养手册要求及时更换机油,选用挥发性低、清洁性能好的合成机油产品,不可经常更换机油牌号;按要求及时清理或更换空气滤清器滤芯,以保证通畅进气;定期更换发动机机油滤芯。同时,还应该经常检查底盘关键螺栓的紧固情况,发现有缺失、松动、损坏等情况,应及时补齐拧紧,防止因结构松动而造成噪声增大,影响整车可靠性。

通过以上对抑尘车一系列的隔音、减振、降噪等措施控制,可将整车噪声进行有效降低。

5 结语

从抑尘车的结构、工况和噪声机理入手,采用隔音、降噪、减振等控制措施,是可行且实用的。抑尘车因其结构复杂,噪声源多种多样,须从以下方面入手控制噪声源:设计、生产、装配环节等联动,设计时综合考虑各部件的机构,选用最优方案则有利于控制噪声,制造时控制各零部件的制造工艺水平,装配时提高装配工艺水平,使抑尘车在发车前噪声就能得到有效控制;车辆的正确使用和保养也很重要,用户首次使用车辆时应先仔细阅读说明书再使用,并按所介绍的方法操作及保养抑尘车,能使抑尘车性能发挥最优,从而有效减轻异常噪声。

参考文献

- [1] 国家标准委员会.声环境质量标准:GB 3096—2008[S].北京,中国环境科学出版社,2008.
- [2] 刘静,刘奕婷,卜林森,等.柴油机空气动力噪声分析及控制方法研究[J].机械制造与自动化,2016(3):205—209.
- [3] 商景泰.通风机实用技术手册[M].北京:机械工业出版社,2005:310—311.
- [4] 杨化军,林栋栋,于静,等.工程机械柴油机用排气消声器优化分析[J].中国设备工程,2021(2):137—138.
- [5] 于文英,单宝龙,王霞,等.柴油机燃烧噪声与机械噪声的识别及其对整机噪声贡献度的实验研究[J].小型内燃机与摩托车,2011,40(1):90—96. (编辑:王慧芳)

Noise Analysis and Control of Dust Suppression Vehicle

Qiu Sheng, Xiao Laixiang, Wen Yalong, Xie Yuming

(Changsha Zhonglian Environmental Industry Co., Ltd., Changsha Hunan 410006)

Abstract: In view of the noise problem of the dust suppression vehicle, this paper analyzes the noise generation mechanism of the vehicle, and concludes that the noise sources mainly include the noise of diesel generator set, fog gun set, vehicle chassis, etc., and puts forward the corresponding noise control measures according to the causes and characteristics of various kinds of noise.

Key words: dust suppression; vehicle noise source; noise control

(上接第 50 页)

Pecking and Inserting Machining of Thin-walled Composite Parts

Li Zhipeng, Li Xiaolong, Zhao Bao'ai

(Tianjin Institute of Aerospace Machinery and Electrical Equipment, Tianjin 300458)

Abstract: The laminated bar of epoxy glass cloth is a kind of non-metallic composite material. During milling, its chip is powder, the cutting temperature is high during cutting, and the epoxy glass cloth bar is a bad heat conduction body, and the thermal conductivity is small. In the process of processing, chip removal is very difficult, parts are easy to crack, and the electrical conductivity is extremely poor. Taking the thin-walled parts of epoxy glass cloth as an example, because it can not be processed by electricity, the angle cleaning work is completed by mechanical processing. Now, the qualified rate of the products is greatly improved by improving the original processing technology.

Key words: epoxy glass cloth; crack prone materials; self made knife insertion; pecking

结构化超硬磨料砂轮设计与制备研究进展

何船^{1a}, 邓辉^{1a, 1b*}, 尉迟广智^{1a}, 谢宇明², 易军^{1a}

(1. 湖南科技大学 a. 难加工材料高效精密加工湖南省重点实验室

b. 海洋矿产资源探采装备与安全技术国家地方联合工程实验室, 湖南 湘潭 411201;

2. 复杂环境特种机器人控制技术与装备湖南省工程研究中心, 湖南 湘潭 411104)

摘要: 从减摩降力、导屑促排、储液换热的角度出发, 探索结构化砂轮在降低磨削力及磨削温度、抑制工件表面热损伤、提高工件加工表面完整性等方面的有效方法。以砂轮表面/基体结构的几何形状、三维尺寸及排布方式等因素对磨削性能的影响为主线, 对结构化砂轮设计、制备的基本原理与最新进展进行了全面的论述和总结, 重点揭示了结构表征参数-砂轮磨削性能-工件表面质量的内在关联, 深入剖析了结构化砂轮在磨削中的优越性, 并预测了其未来发展趋势, 旨在为推进超硬磨料结构化砂轮的设计及制备技术发展提供理论指导和实践经验。

关键词: 超硬磨料砂轮; 表面结构化; 磨削热损伤; 磨削性能; 工件表面质量

中图分类号: TH117 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3660(2023)12-0042-15

DOI: 10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2023.12.003

Research Progress on the Design and Preparation of Structured Superabrasive Grinding Wheels

HE Chuan^{1a}, DENG Hui^{1a, 1b*}, YUCHI Guang-zhi^{1a}, XIE Yu-ming², YI Jun^{1a}

(1.a. Hunan Provincial Key Laboratory of High Efficiency and Precision Machining of Difficult-to-Cut Material,
b. National-Local Joint Engineering Laboratory of Marine Mineral Resources Exploration Equipment and Safety

Technology, Hunan University of Science and Technology, Hunan Xiangtan 411201, China;

2. Hunan Engineering Research Center of Control Technology and Equipment of Special Robot in
Complex Environment, Hunan Xiangtan 411104, China)

ABSTRACT: Superabrasive grinding wheels are important grinding tools for difficult-to-cut materials that are increasingly used in aerospace, automotive industry, engineering machinery, and other fields. The design of their matrix and surface structure is directly related to the overall performance of the grinding wheel, which in turn affects the grinding accuracy, workpiece quality, and processing efficiency. Currently, the primary bottlenecks restricting the development of superabrasive grinding wheels are grinding chatter caused by excessive grinding force, thermal damage to the workpiece caused by high grinding temperature, and decrease of accuracy caused by clogging of the grinding wheel, and the structuring design and preparation of superabrasive

收稿日期: 2023-09-03; 修订日期: 2023-11-20

Received: 2023-09-03; Revised: 2023-11-20

基金项目: 国家自然科学基金 (51975209, 52375425); 湖南省青年科技创新人才项目 (2022RC1136); 中央引导地方科技发展资金项目 (2023ZY006); 湖南省教育厅科学研究项目 (21B0458)

Fund: The National Natural Science Foundation of China (51975209, 52375425); The Science and Technology Innovation Program of Hunan Province (2022RC1136); The Special Projects of the Central Government in Guidance of Local Science and Technology Development (2023ZY006); The Scientific Research Fund of Hunan Provincial Education Department (21B0458)

引文格式: 何船, 邓辉, 尉迟广智, 等. 结构化超硬磨料砂轮设计与制备研究进展[J]. 表面技术, 2023, 52(12): 42-56.

HE Chuan, DENG Hui, YUCHI Guang-zhi, et al. Research Progress on the Design and Preparation of Structured Superabrasive Grinding Wheels [J]. Surface Technology, 2023, 52(12): 42-56.

*通信作者 (Corresponding author)

grinding wheel is an effective way to break through the bottlenecks. In view of this, the work aims to explore the effective measures of superabrasive structured grinding wheels in reducing grinding force and temperature, inhibiting thermal damage to the workpiece surface, and improving the workpiece surface integrity from reducing friction to reducing grinding force, guiding chips to promote removal, and storing grinding fluid to exchange heat. The basic principles and latest progress in the design and preparation of the superabrasive structured grinding wheels are comprehensively discussed and summarized based on the effect of factors such as the geometry, three-dimensional size, and arrangement of the grinding wheel structure on the grinding performance. It focused on revealing the intrinsic relationship between the surface/matrix structure characterization parameters of the superabrasive grinding wheel - grinding wheel grinding performance - workpiece surface quality and profoundly analyzed the superiority of structured grinding wheels in grinding.

Regarding the grooved structured grinding wheel, it is pointed out that to improve the surface quality of the workpiece, the design of grooved structured grinding wheels should be based on the optimization of groove parameters and strive to reveal the intrinsic relationship between structural characterization parameters-grinding wheel grinding performance-workpiece surface quality, thus providing a reliable theoretical reference for the optimal design of grooved structured grinding wheels. Regarding structured grinding wheels with holes, it is pointed out that the precise mapping relationship between the three-dimensional size and arrangement of blind holes on the surface of the grinding wheel and the liquid storage and heat exchange, friction reduction and wear resistance has not yet been established. Regarding the convex hull structured grinding wheel, it is pointed out that it can reduce the interference between the grains and effectively improve the utilization rate of grains by designing the arrangement style, optimizing the arrangement parameters, controlling the grinding wheel speed/feed speed, etc., thereby improving the surface quality of the workpiece after grinding. Regarding the matrix structured grinding wheel, it is pointed out that it dramatically improves the flow characteristics and the heat exchange performance of the grinding fluid in the grinding arc area by regularly grooving or drilling holes inside the matrix and rationally designing the size, quantity, arrangement and other characterization parameters of the groove/hole structure. At the end of this work, the future development trend of structured grinding wheels is predicted, which aims to provide theoretical guidance and practical experience for developing structured design and preparation technology of superabrasive grinding wheels.

KEY WORDS: superabrasive grinding wheel; surface structuring; grinding heat damage; grinding performance; workpiece surface quality

磨削是一种利用砂轮表面磨粒的微小切削刃进行连续微切削的精密加工工艺,它通常作为精密零件制造的必要和最终工序,因此会对零件的服役性能与寿命产生决定性影响。磨具被誉为“工业的牙齿”,它与磨削加工的发展息息相关。超硬磨料砂轮是以金刚石或立方氮化硼(CBN)为磨料制备而成的一类具备高硬度及高强度的固结磨具,主要用于实现对难加工材料的高效、精密磨削加工。尽管超硬磨料砂轮的硬度与强度极高,但随着磨削过程的进行,仍不可避免地会出现以下情况制约其发展:磨粒随机分布且切削刃多为负前角,极易因磨削力过大而引起磨削颤振;排屑困难造成砂轮表面堵塞;砂轮高速旋转下产生的气障层易导致磨屑排出及弧区输液困难,从而产生磨削高温引起工件热损伤。

为改善磨削弧区工况,优化磨削表面性能,国内外学者对超硬磨料砂轮的设计与制备技术进行了广泛研究。研究学者和工程技术人员从减摩降力、导屑促排、储液换热的角度出发,探索降低磨削力及磨削温度、抑制工件表面热损伤、提高工件加工表面完整性的新方法,结构化砂轮的概念也由此被提出。研究表明,即便是在干式磨削中,结构化砂轮也具有良好的减力降温效果。因此,结构化砂轮也被认为是目前

降低磨削力、温度及抑制磨削热损伤的有效方法。

结构化砂轮主要分为表面结构化砂轮和基体结构化砂轮,如图1所示。表面结构化砂轮可进一步分为带槽表面结构化、带孔表面结构化及凸包表面结构化砂轮;基体结构化砂轮则可分为带槽及带孔基体结构化砂轮。本文将总结超硬磨料结构化砂轮设计、制备的基本原理与最新进展,并预测结构化砂轮的 future 发展趋势。

1 表面结构化砂轮

表面结构化砂轮是基于现代制造过程在砂轮工作表面上形成具有沟槽、盲孔或凸包等三维结构的一种新型砂轮,如图2所示。沟槽宽度、盲孔/凸包孔径、深度、间距、方向角、结构化率是决定砂轮表面结构化形貌的重要参数。根据沟槽、盲孔、凸包等结构尺寸的不同,表面结构化砂轮可分为宏观结构化砂轮和微结构化砂轮。其中,微结构化砂轮是指沟槽宽度或盲孔/凸包孔径尺寸不超过 500 μm 的结构化砂轮。宏观结构化砂轮由于结构尺寸较大,磨削液储存效果较好,可有效降低磨削力及磨削温度,但也会引起磨削过程的动态不稳定性,导致砂轮磨损较快,已

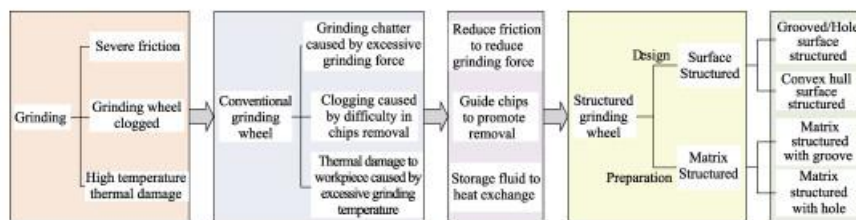


图1 结构化砂轮设计思路

Fig.1 Design idea of structured grinding wheel

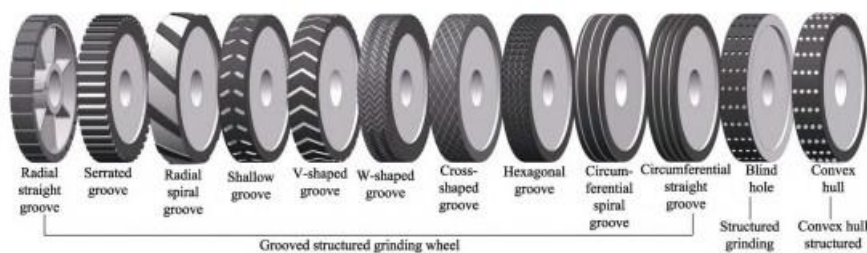


图2 表面结构化砂轮

Fig.2 Surface structured grinding wheel

经越来越难以满足零部件日益增高的几何精度与表面完整性要求。与之相比,微结构化砂轮因具有更加均匀、更高密度的微结构分布,其可将砂轮上的大冲击振动转化为若干小冲击振动,显著改善磨削稳定性与工件表面完整性,因此逐渐成为表面结构化砂轮的发展趋势与研究热点。

1.1 带槽结构化砂轮

1.1.1 砂轮设计

带槽结构化砂轮是由一组连续或不连续的线来描述其在砂轮工作表面形状的一种表面结构化砂轮,如图3所示。带槽结构化砂轮通过将连续移动热源转

变为断续移动热源,有利于去除磨屑及减少磨削弧区磨削热的产生,它也是应用最为广泛及最早应用到磨削加工领域的结构化砂轮。

带槽结构化砂轮有多种不同的分类方法,根据方向不同,可分为径向带槽和周向带槽。根据开槽的样式不同,又可分为直线槽、螺旋线槽、交叉线槽、V形槽及W形槽等槽形。带槽结构化砂轮的主要发展脉络及其对磨削力、磨削温度、磨削比能的改善情况见表1。

由表1可知,带槽结构化砂轮在改善磨削性能上有显著优势。但目前也有研究表明,其局限性在于存在使工件表面粗糙度增大的情况。通过对前人的研究

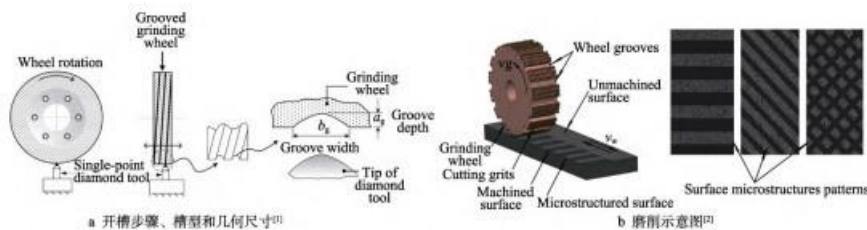


图3 带槽结构化砂轮

Fig.3 Grooved structured grinding wheel: a) grooving procedures, groove types, and geometric dimensions^[1]; b) grinding diagram^[2]

科研项目及鉴定材料

（业绩成果）

申报编号	2023HNVIT002
------	--------------

湖南理工职业技术学院

自然科学研究项目立项申请·评审书

项目名称：	基于领航跟随算法的环卫机器人集群作业控制及应用研究		
依托单位：	复杂环境特种机器人控制技术与装备湖南省工程研究中心		
项目负责人：	谢宇明	联系电话： /	手机： 14789955575
合作企业：			
单位联系人：	联系电话：	手机：	
起止时间：	2023 年 9 月 — 2025 年 9 月		
申报日期：	2023 年 5 月		

湖南理工职业技术学院

2022 年 3 月

湖南理工职业技术学院

湘理职院〔2023〕43号

关于下达2023年度校级纵向科研项目 经费配套的通知

各部门、各单位：

根据《纵向科研经费管理办法（修订）》（湘理职院〔2022〕78号）《湖南理工职业技术学院关于做好2023年度校级科研课题申报工作的通知》（湘理职院〔2022〕9号）文件精神，经个人申报、专家盲审、结果公示、学校纪委全程监控，决定立项37个项目，共计配套经费40.6万元。

其中，自然科学研究项目（平台开放课题）4个，研究期限3年；社科重点资助项目3个（含就业创业专项重点项目）、教育教学改革重点项目2个，研究期限2年；教育教学改革一般项目

- 1 -

附件 1

2023年度校级纵向科研项目（自科）立项及经费安排一览表

账务账号	项目编号	项目名称	项目负责人	类型	参加人员	研究年限	资助金额及分年度计划（万元）			
							资助金额	2023	2024	2025
2023XJ001	2023HNVITZK001	深海采矿车智能控制系统研究及应用	陈 蓓	自然科学研究项目（平台开放课题）	刘立薇、陈揆能、张 麟	2023.6-2026.6	2	0.4	1.2	0.4
2023XJ002	2023HNVITZK002	基于博弈论的光伏建筑与传统建筑替代过程中的成本控制研究	吕 爽	自然科学研究项目（平台开放课题）	邓青英、张要锋、胡铮龙	2023.6-2026.6	2	0.4	1.2	0.4
2023XJ003	2023HNVITZK003	新型高速电力电子器件的优化控制算法研究	王昭鸿	自然科学研究项目（平台开放课题）	胡铮龙、刘偲艳、钟坤炎	2023.6-2026.6	2	0.4	1.2	0.4
2023XJ004	2023HNVITZK004	基于领航跟随算法的环卫机器人集群作业控制及应用研究	谢宇明	自然科学研究项目（平台开放课题）	周迎春、林之楠、尹 晖、黄 利	2023.6-2026.6	2	0.4	1.2	0.4
合计							8	1.6	4.8	1.6



湖南理工职业技术学院
HUNAN VOCATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY

结 题 证 书

证书编号: 20250128001782

项目编号: 2023HNVITZK004

项目来源: 院级科研项目/立项(重点)

项目名称: 基于领航跟随算法的环卫机器人
集群作业控制及应用研究

主持人: 谢宇明

课题组: 周迎春 林之楠 尹晖 黄利

本项目已完成, 经审核准予结题, 特发此证。

湖南理工职业技术学院

2025年01月28日

项 目 类 别	重 点	
	优秀青年	
	一 般	√

湖南省教育厅科学研究项目申报书

(2023 年度)

项 目 名 称： 基于领航跟随与人工势场算法结合的环卫机器人集群作业控制及
应用研究

依 托 单 位： 复杂环境特种机器人控制技术与装备湖南省工程研究中心

项目负责人： 谢宇明 联系电话： 14789955575 手机：

单位联系人： 许曦予 联系电话： 18674360272 手机：

起 止 时 间： 2023 年 10 月— 2025 年 10 月

申 报 日 期： 2023 年 9 月 5 日

湖南省教育厅制
2021 年 9 月

湖南理工职业技术学院

湘理职院〔2024〕26号

关于下达2023年第四批纵向科研项目 配套经费的通知

各部门、各单位：

根据各级纵向科研项目相关文件要求和《纵向科研经费管理办法（修订）》（湘理职院〔2022〕78号）和《湖南理工职业技术学院纵向科研经费管理办法（2024年修订）》（湘理职院〔2024〕22号）文件精神，对2023年度第四批21项纵向科研项目给予相应配套经费资助（见附件1、附件2）。请各项目负责人严格遵守有关文件规定，按照经费划拨计划规范、合理使用项目经费，确保项目研究如期圆满完成。

- 1 -

附件 1

2023 年第四批纵向科研项目配套经费安排表

账务账号	项目来源类型	项目编号	项目名称	项目负责人	参加人员	研究年限	立项文号	上级资助金额（万元）	配套金额（万元）
2023ZX031	湖南省教育厅教育评价改革试点项目	20231228046	服务提升型教师绩效评价模式研究——基于湖南理工职业技术学院教师绩效考核改革实践	李 科	曾小波、葛 庆、曾 丹、肖前军、黄永录	2023.12-2025.12	湘教通〔2023〕383号	5	5.5
2023ZX032	教育厅科学研究项目（青年项目）	23B0990	超材料微纳结构诱导透明的机理研究	曾礼丽	郭清华、钟根香、周 唯	2023.12-2026.12	湘教通〔2023〕361号	6	6.6
2023ZX033	教育厅科学研究项目（一般项目）	23C0700	光伏建筑替代传统建筑过程中的效益优化研究	吕 爽	张要锋、汤秋芳、侯文静、谭 勇	2023.12-2025.12	湘教通〔2023〕361号	0	1
2023ZX034	教育厅科学研究项目（一般项目）	23C0701	复杂工况下特种车辆永磁驱动电机全局优化控制研究	肖慧慧	陈揆能、尹 晖、贺旖琳、林之楠、周迎春	2023.12-2025.12	湘教通〔2023〕361号	0	1
2023ZX035	教育厅科学研究项目（一般项目）	23C0702	民法典核心要义融入高校思政课程研究与实践	黄国庆	田拥军、朱 军、陈筱莉、林丽群、胡 灿	2023.12-2025.12	湘教通〔2023〕361号	0	1
2023ZX036	教育厅科学研究项目（一般项目）	23C0703	基于领航跟随与人工势场算法结合的环卫机器人集群作业控制及应用研究	谢宇明	何 瑛、颜爱平、王建春、尹汉锋、黄 利、周迎春	2023.12-2025.12	湘教通〔2023〕361号	0	1

- 3 -

湖南省教育厅科学研究项目 结 题 报 告

项 目 编 号： 23C0703

项 目 名 称： 基于领航跟随与人工势场算法结合的环卫机器人集群作业
控制及应用研究

项 目 负 责 人： 谢宇明

所 在 学 校： 湖南理工职业技术学院

电 话： 14789955575

传 真：

电子信箱（E mail）： 4024977582qq.com

资 助 金 额： /

起 止 年 月： 2023 年 10 月— 2025 年 10 月

湖南省教育厅
2008 年制

专家验收意见:

(项目编号: 23C0703)

总体看来,该课题研究过程扎实,制度健全,计划完整,课题研究内容丰富,已经圆满完成预期的研究目标,我们认为达到了结题的要求,经鉴定予以结题。

专家组组长(签名): 邓辉
2025年 6 月 20日

专家姓名	单位	职务、职称	签名
邓辉	湖南科技大学	教授	邓辉
陈哲吾	湖南科技大学	副教授	陈哲吾
韩维敏	湖南理工职业技术学院	副教授	韩维敏
向云南	湖南理工职业技术学院	副教授	向云南
陈蓓	湖南理工职业技术学院	高级工程师	陈蓓

学校科研管理部门意见:

同意结题

负责负责人 (公章)
2025年 6 月 23 日

省教育厅意见:

负责人: (公章)

年 月 日

湖南省教育厅

湘教通〔2024〕46号

湖南省教育厅关于公布2023年湖南省职业院校 教育教学改革研究项目立项名单的通知

各市州教育（体）局、湘江新区教育局，各高等职业学校，有关单位：

根据《关于做好2023年湖南省职业院校教育教学改革研究项目申报工作的通知》（湘教通〔2023〕321号），经各地各校推荐，我厅组织专家评审并公示，确定2023年湖南省职业院校教育教学改革研究项目791项，其中高职一般项目435项（含奖励性项目），中职一般项目273项（含奖励性项目），社区教育项目33项，高职英语专项项目30项和就业创业专项项目20项。现将立项名单予以公布（见附件），并就有关事项通知如下：

1. 各项目负责人所在单位应认真按照《湖南省职业院校教育教学改革研究项目管理办法（试行）》有关要求，结合我省职业院校教育教学工作实际，对立项项目的研究和实施情况进行指导、监督和管理，各地各校项目研究经费应从省级专项经费和自有资金

序号	立项编号	二级管理单位	申报类型	项 目 名 称	项 目 主 持 人	项目组成员
367	ZJGB2023677	益阳职业技术学院	高职一般项目	湖湘文化融入高校思想政治理论课教学的策略研究	孙园媛	帅伟,夏晓阳,黄雨萌,单悦婷
368	ZJGB2023168	益阳职业技术学院	高职一般项目	“3+2”中高职衔接汽修人才培养多赢模式的构建研究	沈安兵	杨洪坤,卜素婷,苏明洪,黄亚龙
369	ZJGB2023207	益阳职业技术学院	高职一般项目	乡村振兴战略下高职体育教学与民间传统文化的融合研究	郭娇	许艳,孙静,罗景,曾德明
370	ZJGB2023602	湖南九嶷职业技术学院	高职一般项目	新时代红色文化融入职业院校思想政治教育教学研究	黄冰	胡恒纲,胡先云,唐良跃,秦斯宇
371	ZJGB2023498	湖南理工职业技术学院	高职一般项目	基于“双元制”本土化的高职机电专业高效课堂改革研究与实践	向云南	吴爱华,韩维敏,文金龙,谢宇明

科研项目 项目成果 项目任务书

项目编号: HJ20-015

项目名称: 纯电动小型垃圾清冲机

项目类别: 全新产品开发

承担部门: 创新研究院

项目负责人: 谢宇明

编制: 牛辉

审核: 李磊

批准: 张斌

王松 邓海彬

长沙中联重科环境产业有限公司

一、项目来源及目标

项目来源：装备事业部创新研究院 2020 年新产品开发计划。

二、目标：针对国内城市保洁发展现状，开发一款能实现人行道无盲区作业、作业效率高的设备，具有重大意义。经调研分析，现准备开发一款具备冲洗+清扫功能的人行道水扫车设备。

三、最终验收成果

纯电动小型垃圾清冲机样机 2 台，相关工程图纸及技术文件 1 套。

三、技术水平定位

整机技术国内领先，低成本，高可靠性，操作简单，贴近一线使用者。

四、主要技术参数或指标

● 功能指标：

● 性能参数指标：

项目	参数指标	备注
1	外形 (mm)	2535*1070*2125
2	机器净重 (kg)	650
3	额定载荷 (kg)	500
4	最大总质量	1150
5	底盘电机功率 (KW)	2.2
6	扫刷直径 (mm)	700
7	水箱容积 (L)	500
8	动力源 (V)	48V (8kW·h)
9	转弯半径 (m)	≤3
10	爬坡度 (%)	20%
11	水泵驱动方式	电机驱动
12	最大工作压力 (MPa)	12

五、攻关难点及突破技术

定点清洗，人行道路面垃圾清除

六、知识产权

经专利风险查询，无侵权风险

拟申请发明专利 1 项：整车结构及作业方法发明专利

七、依据的相关法律、法规

Q/ZLHJ 1020104-2020 路面清洗机

八、验证、检测

由公司研发中心试制试验车间进行试验检测，并出具《（定型）试验报告》、《工业性考核报告》。

九、承担部门及分工

1、承担单位：装备事业部创新研究院

负责整机设计与计算、各部件的设计匹配与布置，机架、清扫装置、水路系统、罩壳和电气系统等部件设计。整机试制、试验协作与技术支持。

2、共同承担或协作单位：

● 制造公司

负责外购件采购、外协件制作、样机试制、检验和工艺评审。

● 研发中心试制试验车间

负责样机工业性考核试验，定型试验。

十、项目进度

详见项目进度表

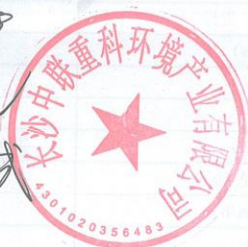
序号	工作内容	完成时间节点
1	研发立项（启动）	2020 年 1 月 10 日
2	方案设计	2020 年 3 月 20 日
3	试制图设计	2020 年 6 月 5 日
4	样机试制	2020 年 9 月 15 日
5	试验改进	2020 年 11 月 5 日
6	生产图、文件编制	2020 年 12 月 25 日
7	定型发布	2021 年 1 月 25 日

十一、验收项目程序文件归档清单

- 1.项目完成总结报告，用于验收评审的完成情况报告；
- 2.成果照片，验证现场照片，验证作业现场影像资料；
- 3.项目验证、检测报告；
- 4.项目组成员名单及职责。

项目任务书

项目 编 号 : HJ19-213
项目 名 称 : 小型智能纯电动路面冲洗机
项目 类 别 : 全新项目
项目 负 责 人 : 谢宇明
编 制 : 李静
审 核 : 李亮
审 批 : 张斌



长沙中联重科环境产业有限公司

一、项目来源及目标

国内小型路面冲洗车竞品有三种类型，第一种有公告的燃油冲洗车（如中联 5020 路面养护车），这类底盘及上装动力为燃油，续航里程高，最高车速 90km/h，外形尺寸大，存在排放污染；第 2 种是不上牌的电动冲洗车（明诺电动高压冲洗车），这类车速为 30km/h，但外形尺寸较大，轴距较长，转弯直径大，上装采用汽油机驱动水泵，存在排放污染。第三种是电动三轮车（易尔环保冲洗车），这类车电池电量小，续航里程短，且作业时间短，上装采用汽油机驱动水泵，存在排放污染。

为提高整车作业时间及作业能力、拓展作业模式，现开发一款电池容量 50 度、水箱容积大于 1.2m³ 的智能路面清洗环卫机器人。

路面清洗环卫机器人主要适用于城市人行道、非机动车道、背街小巷等的清洗与路面保洁。

二、最终验收成果

样机一台，相关技术文件归档。

三、主要指标

● 功能指标：

1. 作业形式：采用前排冲+剪刀洗+定点冲洗+手持喷枪清洗方式；
2. 控制方式：无人驾驶与有人驾驶。

● 性能参数指标：

指标	值	备注
外形尺寸（mm）	长≤3800，宽≤1350，高≤2150	
总质量（kg）	≤3300	
轴距（mm）	1600	
整备质量（kg）	≤1500	
最小转弯直径（m）	6.6	
行驶速度（km/h）	0-25	
最大爬坡度	20%	
水管卷盘软管长度（m）	15	
水箱有效容积（L）	1200	
作业噪声（dB）	≤72	
电池容量（Kw.h）	50	
充电时间（h）	快充（约 2）/慢充（约 8h）	
一次充电使用时间（h）	≥8	

● 设计质量损失指标：

设计质量损失应控制在产品成本的 10%内。

四、攻关难点及突破技术

1、市面上现有电动冲洗车因电池容量较小，续驶里程与作业时间较小（3.3h），不能充分满足客户需求。

本项目电池总容量为 50kw，作业时间可达 8h。

2、市面上现有的纯电动冲洗机水泵采用汽油发动机驱动，需配备油箱，且增加排放污染和噪声污染。

本项目采用电机取代汽油发动机，驱动高压水泵。无排放污染。

3、现有的纯电动冲洗机水泵和电机采用直连方式，该联接稍很难保证同轴度，稍有误差就容易出现故障。

本项目采用传动轴连接高压水泵和电机，可避免因同轴度无法保证造成的装配误差。除此之外，更方便了客户对动力系统的维护、保养。

五、知识产权

方案设计报告第八部分内容。

六、依据的相关法律、法规

1.QC/T 750-2006 清洗车通用技术条件

2.Q/ZLHJ 1020092-2018 纯电动路面养护车

七、验证、检测

由公司试制车间组织开展试验，并出具试验报告。

八、项目进度

1、重点节点时间和对应的工作：

序号	工作内容	完成时间节点
1	研发立项（启动）	2019-4-15
2	方案设计	2019-5-15
3	试制图计	2019-7-20
4	样机试制	2019-9-10
5	试验改进	2019-11-29
6	生产图、文件编制	2019-12-31
7	定型发布	2019-12-31

项目任务书

项目 编 号: HJ18-010

项 目 名 称: 3.5 吨纯电动洗扫车

项 目 类 别: 新产品

项 目 负 责 人: 谢宇明

编 制: 李静

审 核: 张斌

审 批: 张斌



长沙中联重科环境产业有限公司

一、项目来源及目标

1、来源

全面对标宇通YTZ5030TXSD0BEV纯电动洗扫车，抢占3.5吨纯电动洗扫车市场。以我公司现有的ZBH5030TXSSHE6洗扫车为设计基础，开发一款4.5吨纯电动洗扫车。主要面向北京、上海、深圳等地区客户。适用于城区狭窄道路、小区、公园、广场等路面的清扫保洁作业。

2、目标

开发一款4.5吨纯电动洗扫车，补充我司纯电动平台型谱，抢占4.5吨纯电动洗扫车市场。

二、最终验收成果

样机一台，相关技术文件归档。

三、主要指标

● 功能指标：

具备扫路、洗扫、高压喷枪冲洗、垃圾箱自洁等标准配置，选装前高压角喷、越障清洗臂架、手扶推车功能。

● 性能参数指标：

序号	主要技术参数指标	指标要求	备注
1	吨百公里电耗, kW·h/(t·100km) (行驶)	≤8	
2	连续作业时间, h (标扫)	≥6	
3	续航里程, km (等速法)	400	
4	噪声, dB	≤78	
5	整备质量, kg	4150	
6	最大载质量, kg	215	
7	最大洗扫宽度, mm	2.5	
8	清扫效率, %	95	

9	垃圾箱容积, m ³	≥2.1	
10	清水箱容积, m ³	≥2.1	
11	最大卸料角, °	≥45	

● 通用化指标:

序号	名称	通用性
1	副车架	新设计
2	底盘改制	新设计
3	侧后护栏	新设计
	电气系统	新设计
	电机安装及传动	新设计
	风机消声器	新设计
	前罩总成	新设计
4	液压系统	新设计
5	垃圾箱	新设计
8	右清扫装置	新设计
9	左清扫装置	新设计
11	风机总成	新设计
12	吸嘴总成	新设计
14	高压水路系统	新设计
15	喷水降尘系统	新设计
16	角喷冲洗机构	新设计
17	养护推车机构	新设计

● 成本指标 (仅计算直接物料成本, 含税):

上装:12.8 万元

底盘:42.6 万元

四、攻关难点及突破技术

高效气力系统

五、知识产权

暂无。

六、依据的相关法律、法规

标准编号	标准名称
GB 1495	汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法
GB 1589	汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值
QC/T 957	洗扫车
Q/OKAM 1020001	洗扫车
GB 18384	电动汽车安全要求
QC/T 1087	纯电动城市环卫车技术条件
Q/ZLHJ 1020093	纯电动洗扫车

七、验证、检测

由公司试制车间组织开展试验，并出具试验报告。

八、项目技术类别及进度

1、经技术评审，本项目技术类别为：系列化新产品

2、项目计划起止时间：2018-1~2019-6

3、重点节点时间和对应的工作：

序号	工作内容	完成时间节点
16	研发立项（启动）	2018-3-10
17	方案设计	2018-4-20
18	试制图设计	2018-6-10
19	样机试制	2018-7-30
20	公告申报	2018-8-20
21	试验改进	2021-10-10
22	生产图、文件编制	2021-12-10
23	技术发布	2019-4-30

方案设计报告

项目编号: HJ17-015

项目名称: 3.5T 纯电动扫路车

编制: 谢宇明

校对: 李航

编制日期: 2017.4



长沙中联重科环境产业有限公司

一、项目背景

1.1 概述

为加大装载质量,增加作业时间,拓展电动车市场,设计总质量 3.5 吨左右,电池容量 50 度左右的纯电动扫路车。产品的市场定位为国内先进。

1.2 应用环境要求

3.5 吨纯电动扫路车主要适用于城市人行道、非机动车道、小区道路、广场等区域清扫。

1.3 竞品情况简介

国内纯电动底盘的扫路车有 3 吨系列公告 27 个,7 吨系列公告 19 个,10-16 吨级公告 4 个。当前主要销售的车型集中在小吨位。主要生产厂家有海德、东风、南特。电池主要为磷酸铁锂电池,续航里程集中在 140Km 左右。

二、设计目标及总体技术方案

2.1 设计依据标准

- 1、GB7258-2012 机动车运行安全技术条件
- 2、GB1589-2004 道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值
- 3、GB1495-2002 《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》第二阶段限值
- 4、QC/T52-1998 专用汽车定型试验规程
- 5、CNCA-02C-023: 2008 机动车辆类(汽车产品)强制性认证实施规则
- 6、QC/T51-2006 扫路车
- 7、GB/T18384-2001 电动汽车 安全要求
- 8、GB/T18385-2005 电动汽车 动力性能 试验方法
- 9、GB/T18386-2005 电动汽车 能量消耗率和续驶里程 试验方法
- 10、GB/T18388-2005 电动汽车 定型试验规程
- 11、GB/T19836-2005 电动汽车用仪表
- 12、QC/T743-2006 电动汽车用锂离子蓄电池
- 13、GB 16735 《道路车辆 车辆识别代号(VIN)》
- 14、GB 11567.1 《汽车和挂车侧面防护要求》
- 15、GB 11567.2 《汽车和挂车后下部防护要求》
- 16、Q/ZLHJ 1010074 《车辆产品例行(出厂)检验规程 编写规范》

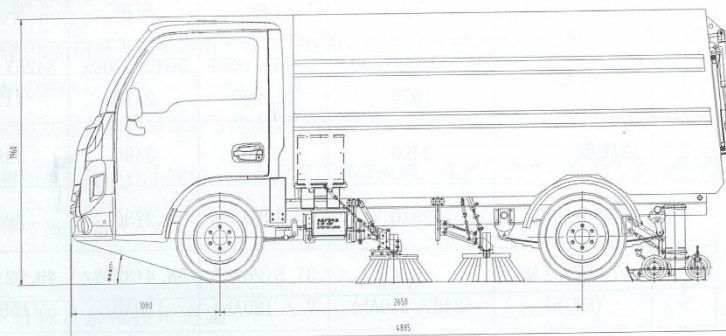
2.2 整机主要性能参数

序号	指标/参数	本项目产品	5030TSLZL1 BEV	竞品 1 海德	竞品 2 东风	竞品 3 南特
1	外形	4885x1660x1970	4845×1556×1980	5040x1700x2110	5425X1730X2130	5425X1870X2280
2	总质量	3495	2800	3490	3490	3490
3	整备质量	2810	2300	2730	2900	2900
4	电池总容量 (KW·h)	48.4 (346V/140Ah)	31.5 (262.5 V / 120Ah)	38.4 (320V/120Ah)	49.92 (320V /156Ah)	49.92 (320V /156Ah)
5	电机功率 (额定/峰值(KW))	20/50	25/55	30/62	20/40	20/40
6	等速续航里程 (km)	188	170	130	140	140
7	清扫宽度(m)	2.4	2.1	2	2	2
8	垃圾箱容量m³	1.3	1	1.2	1.2	1.2
9	水箱容积	0.75	0.3	0.35	0.35	0.35
10	作业时间 (h)	6.7	5.2	3.5	4	4
11	最大爬坡度	20%	20%	20%	20%	20%

2.3 功能配置描述

序号	功能/配置	本项目产品	竞品 1	竞品 2	竞品 3	备注
1	能量制动回馈功能	√	×	×	×	
2	定速巡航功能	√	×	×	×	
3	双模式充电	√	√	√	√	
4	多功能操作仪表系统	√	√	×	×	

2.4、总体结构及布置



根据国家对作业类新能源专用车的规定，电池重量占整备质量最多 20%。该车设计整备质量 2810kg，其中电池质量约为 440kg，经计算电池重量约占整备质量 15.6%，整车整备质量满足法规要求。

2.5、关重结构件方案

总体结构采用中置四扫盘后置吸嘴方式。布局图见附件

作业模式：

- (1) 全扫模式：四个扫盘全部工作
- (2) 右扫模式：右前扫+两后扫
- (3) 左扫模式：左前扫+两后扫

2.6、动力系统方案

(1) 轴荷分布：

序号	前轴(kg)	前轴载荷率(%)	后轴(kg)	后轴载荷率(%)
W(空载)=2810	1169	41.6%	1641	58.4%
W(满载)=3495	1257	36%	2238	64%

满足国标 GB7258 关于载荷分布的要求（汽车或汽车列车驱动轴的轴荷应大于等于汽车或汽车列车总质量的 25%；转向轴轴荷分别与该车整备质量和总质量的比值应大于等于 20%）

(2) 稳定性计算：

	空载 (°)	满载 (°)	备注
上坡不倾翻最大坡角	55.9	49.3	满足大于最大爬坡度 16.7° (30%) 的要求
下坡不倾翻最大坡角	64.3	64.2	满足大于最大爬坡度 16.7° (30%) 的要求
横坡不倾翻最大坡角	39.2	36.6	满足 GB7258 关于侧倾角的要求(32° 空载)

(3) 轴荷分布:

	空载 (°)	满载 (°)	备注
最大爬坡度	20.3° (37%)	11° (19.5%)	基本满足项目任务书 20% 爬坡度要求

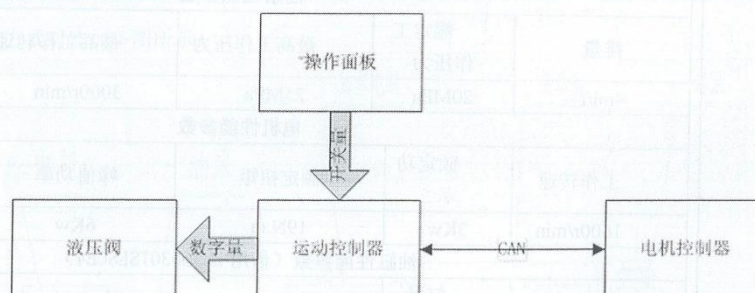
2.7、控制系统方案

3.5 吨电动扫路车整车液压动作与 5063TSLQLE4 扫路车一致, 与原来 5030TSLZL1BEV 不一致, 不能借用, 需重新设计。

5063TSLQLE4 扫路车采用 PLC 控制, 而 3.5T 纯电动扫路车上装风机控制器为 CAN 总线通讯, 所以上装电控系统需采用控制器控制, 这样控制更加可靠。

电动扫路车不用显示燃油扫路车副发动机数据, 无需仪表, 可直接按钮操作。由于本车型小, 电气安装位置少, 现选用硕博 SPC-CFMC-D20N20A 控制器 (20 点输入、20 点输出, IP65); 由于电动车报警内容少, 若选用 CAN 总线语音报警器会增加控制器的输入点, 控制器输出点用不到这么多就会形成闲置, 所以直接选用开关量语音报警器, 同燃油车型号。

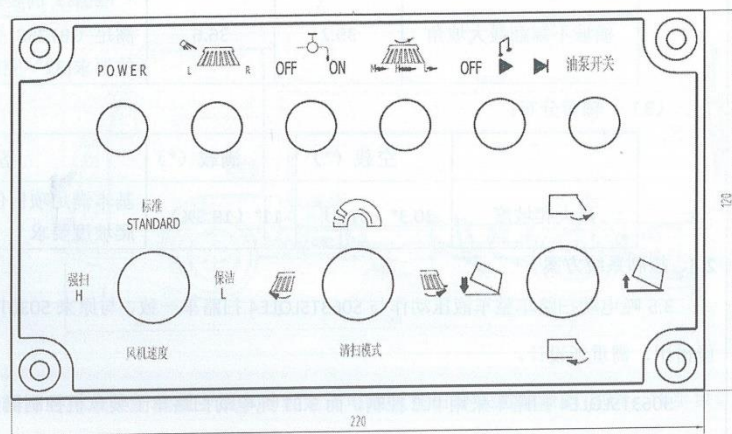
上装控制系统框图



控制面板功能:

- 车辆具有左扫、右扫、全扫三种作业模式;
- 风机具有三档速度选择: 强扫、标准、保洁;
- 具备垃圾箱举升、下降、开门、关门功能;

- d) 具备工作灯、扫盘调速、喷雾降尘、语音报警控制功能；
- e) 油泵电机单独控制。

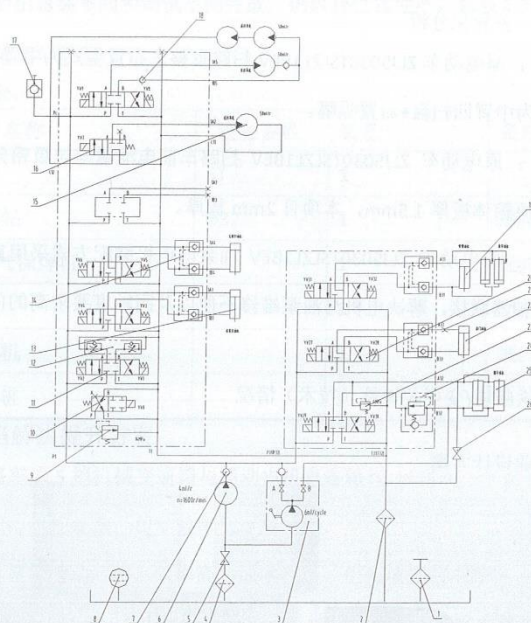


该操作盒与 5030TYHNJE5 操作盒宽度、高度一致，长度加长 60mm，在跃进驾驶室安装无问题。
安装方式同 5030TYHNJE5 操作盒。

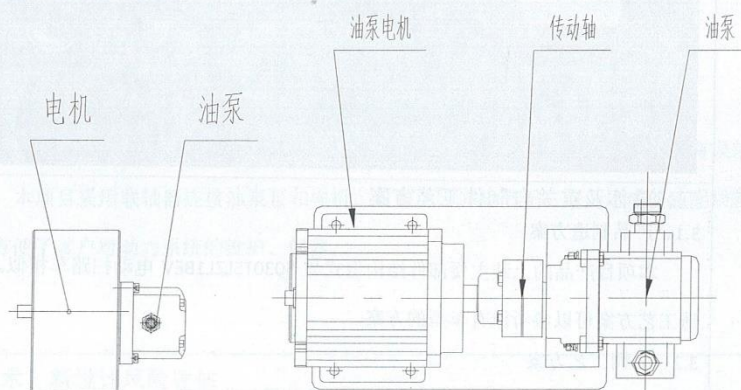
2.8、液压系统方案

液压系统参数				
最高工作压力	工作转速	工作转速流量		
10MPa	1600r/min	5.7L/min		
油泵性能参数				
排量	额定工作压力	最高工作压力	最高工作转速	油泵作业容积效率
4ml/r	20MPa	25MPa	3000r/min	0.9
电机性能参数				
工作转速	额定功率	额定扭矩	峰值功率	
1600r/min	3Kw	19N.m	6Kw	
油缸性能参数（借用 ZLJ5030TSLSCE4）				
	缸径 (mm)	杆径(mm)	行程(mm)	
垃圾箱举升油缸	40	22	250	
吸嘴提升油缸	40	22	150	

油泵选用 4mL/r 的长源齿轮泵，油泵的联接方式为花键连接；油泵电机额定功率 3Kw，额定转速 1600r/min，联接方式为联轴器联接；液压系统原理图如下图所示



原电动车 ZLJ5030TSLZL1BEV 油泵与电机装配方式采用直插式，通过法兰联接。原车型中的油泵与电机的联接方式有以下缺陷：1、维修不便 2、互换性比较差 3、同轴度要求高。现车型中采用联轴器联接，解决电机与油泵维修不便以及同轴度要求高的问题，提高油泵与电机传动的可靠性。油泵电机连接方式对比如下图所示：



2.9、管路布置方案

整车液压系统管路布置以及根据整车底盘情况将液压油箱、油泵及三组阀块定位，并由初步管路走向方案，产品试制时进行现场配管。

2.10、差异化分析

(1)：原电动车 ZLJ5030TSLZL1BEV 扫路车整车布置型式为中置两扫盘+后置吸嘴，本项目整车布置型式为中置四扫盘+后置吸嘴。

(2)：原电动车 ZLJ5030TSLZL1BEV 扫路车前电池罩与垃圾箱分体，本项目前电池罩与垃圾箱整体式。原箱体板厚 1.5mm，本项目 2mm 板厚。

(3)：原电动车 ZLJ5030TSLZL1BEV 油泵与电机装配方式采用直插式，通过法兰联接。现车型中采用联轴器联接，解决电机与油泵维修不便以及同轴度要求高的问题，提高油泵与电机传动的可靠性。

2.11、首次新增/变更关键件（技术）情况

2.12、工业设计方案



三、总体及重关自制件工艺方案

3.1、产品制造方案

本项目产品的上装主要部件结构型式与 5030TSLZL1BEV 电动扫路车相似。因此产品各部件的制造工艺方案可以参考原有车型的方案。

3.2、装调工艺方案

可参考 5030TSLZL1BEV 纯电动扫路车的装调工艺方案。

产品试制生产由试制车间完成，按台位式生产。试制车间场地、设备、人员可完全满足生产要求。

产品批量生产后由总装车间和调试车间完成。仍以台位式生产。总装车间和调试车间场地、设备、人员可完全满足生产要求。

主要设备需求如下表：

序号	设备名称	设备参数	数量	备注
1	行车	5T	1	
2	磁力钻	φ32	1	底盘大梁钻孔
3	CO ₂ 气焊机		1	配焊
4	氧割		1	切割底盘大梁
5	加油机		1	液压油加注
6	充电桩		1	电池充电

四、以往产品缺陷解决提升方案

1、现有电动扫路车为5档机械变速箱与驱动电机直连结构，因电机工作特性与发动机差异较大，容易造成离合器磨损；结构复杂，传动效率低，成本高。

本项目采用电机直接驱动后桥，效率高，成本较低，但爬坡度相对较小。

2、现有电动扫路车（31.5kw）因电池容量较小，续驶里程与作业时间较小（3.3h），不能充分满足客户需求。

本项目电池总容量为48.4kw，作业时间可达4.5h。

3、原自制底盘空调及电动助力转向系统等辅电设备故障率较高；

现采用专用底盘厂家的纯电动底盘此问题能有很好的保障。

4、现有电动扫路车最大总质量为2.8T，后轮为单胎，底盘承载能力有限。

本项目底盘最大总质量为3495kg，后轮为双胎，底盘承载能力显著提高。

5、现有的纯电动扫路车油泵和电机采用直连方式，该联接稍很难保证同轴度，稍有误差就容易出现故障。本项目采用联轴器连接油泵泵和电机，可避免因同轴度无法保证造成的装配误差。除此之外，更方便了客户对动力系统的维护、保养。

五、新技术、新设计风险评估

暂无

六、产品试验验证方案

6.1、测试验证方案

试验项目：主要包括行驶能耗试验、清扫作业能耗试验、制动距离试验、最大爬坡度试验、清扫作业性能、噪声试验等。

试验工况：行驶能耗试验、最大爬坡度试验要求满载状态下测试；制动距离要求满载和空载状态下分别测试；清扫作业性能要求测得各清扫作业模式下能力，噪声试验要求测得各清扫作业模式的驾驶室内、外的参数。

6.2、工业性考核要求

试验场地：除最大爬坡度试验需在外找不同坡度外，其他试验要求在空旷的沥青混凝土路面完成。

试验方式：至少两名试验人员参照实验大纲逐一完成试验内容。

试验周期：预计一个月的时间完成试验。

七、产品成本及经济效益分析

7.1、产品成本

项目	底盘成本	上装成本（含涂装费用）
单价（万元）	23	5.8
总价（万元）	28.8	

7.2、经济效益分析

直接生产成本：28.8（万元）

建议预计售价：40（万元）

产品毛利润=销售价格-直接生产成本=40-28.8=11.2（万元）

产品毛利率=（毛利润/销售价）*100%=（11.2/36）*100%=31%

预计本项目初期年销量在 300 左右，实现产值 12000 万元，毛利 1240 万元。

以上价格不包含国家补贴，按照目前国家电动车补贴政策(1800 元/度),现在开发的产品电池容量为 48.4 度，国家补贴为 8.7 万。

八、知识产权分析							
暂无							
九、试制所需先期采购件情况							
9.1、样机试制计划							
试制数量：1 台；							
9.2、先期采购情况							
序号 序号	名称	规格型号	数量	供应商名称 及其联系方式	参考价格 (台/元)	交货 周期	通用情 况
11	油泵电机	180ST-M19015	1	杭州米格电机有 限公司	合计 8000	1 月	通用
22	电机控制器	V6-H-2D3.7G	1	杭州米格电机有 限公司		1 月	通用
33	底盘	NJ1037PBEVNZ	1	南京汽车集团有 限公司	23 万	2 个 月	通用

附件 1：新增外购件通用零部件汇总表

序号	零部件名称	零部件类别	主要性能参数	推进或建议 供应商	备注

附件 2：新材料及新工艺汇总表

序号	新材料或新 工艺名称	关键工艺要求说明	供应商能力要求（工 装、设备、技术等）	备注

谢宇明-HJ19-213小型智能纯电动路面冲洗机-项目验收审批流程

打印日期:2021-07-22

基本信息

主题	谢宇明-HJ19-213小型智能纯电动路面冲洗机-项目验收审批流程		
模板名称	股份公司/装备事业部/产品研发与管理/装备事业部-项目技术定型申请流程		
申请人	谢宇明	申请单编号	XMYS0337
部门	智能装备机器人产品所	创建时间	2019-12-23 09:35
实施反馈人	邓许连		

审批内容

项目验收审批流程			
流程责任人:	郭波、邓许连	流程对应的制度/文件名称:	产品技术发布管理办法
流程编号	XMYS0337	申请日期	2019-12-27
申请人	谢宇明	联系电话	14789955575
项目编号	HJ19-213	项目名称	小型智能纯电动路面冲洗机
产品公告型号	XZX15BEV	产品内部型号	XZX15BEV
产品类型	全新产品	是否做过小批	否
产品配置情况及发布说明	该车为全新产品,已经完成样车试制和试验,生产图纸及技术文件已发布说明 发布。		
	上传附件 产品配置模板 101-1 产品配置表 XZX15BEV智能纯电动全线控一体式冲洗机.xls		
科室意见	负责审核产品技术状态是否满足试销需求以及配置资料的正确性,审批时限:4小时 同意 李亮 2019-12-26 17:09		
技术管理审查	根据项目类型选择相应人员进行确认,审批时限:4小时 请各位确认此项目资料完成情况,如果不是本人办理,请帮忙转办。 牛静 2019-12-27 08:08		
	办理人员: 办理人员:清扫、清洗—牛静;垃圾转运、固废装备—牛静;市政除冰雪—李江;环境类—李泽鹏		
相关部门确认	对项目完成情况进行确认,具体内容如下,审批时限:8小时 同意 牛静 2019-12-27 08:13		
	已阅 刘建 2019-12-27 08:18		
	同意		

https://emp.infore.com/km/review/km_review_main/kmReviewMain.do?method=print&fId=10f3064b410c00288115e549b000714&s_css=default 1/3

已阅 邓许连

2021/7/22

谢宇明-HJ20-015QL1020BEV纯电动路面清洗机-项目验收审批流程

谢宇明-HJ20-015QL1020BEV纯电动路面清洗机-项目验收审批流程

打印日期:2021-07-22

基本信息

主题	谢宇明-HJ20-015QL1020BEV纯电动路面清洗机-项目验收审批流程		
模板名称	股份公司/装备事业部/产品研发与管理/装备事业部-项目技术定型申请流程		
申请人	谢宇明	申请单编号	XMYS0473
部门	智能驾驶机器人产品所	创建时间	2020-07-28 10:08
实施反馈人	邓许连		

审批内容

项目验收审批流程			
流程责任人:	郭波、李江	流程对应的制度/文件名称:	产品技术发布管理办法
提示:	<input checked="" type="checkbox"/> 发起者为流程第一责任人, 需要督促各流程节点责任人按规定时间完成流程		
流程编号	XMYS0473		
申请人	谢宇明	申请日期	2020-07-28
联系电话	14789955575	所属部门/项目组	其他部门
项目编号	HJ20-015	项目名称	QL1020BEV纯电动路面清洗机
产品公告型号	QL1020BEV	产品内部型号	QL1020BEV
产品类型	全新产品	是否做过小批	是
产品配置情况及发布说明	该车为全新产品, 已经完成样车试制和试验, 生产图纸及技术文件已发布说明 发布。 上传附件 产品配置模板 101-1 产品配置表 QL1020BEV纯电动路面清洗机.xls		
科室意见	负责审核产品技术状态是否满足试制需求以及配置资料的正确性, 审批时限: 3小时 同意 李亮 2020-07-28 10:25		
技术管理审查	根据项目类型选择相应人员进行确认, 审批时限: 3小时 请各位确认此项目资料完成情况, 如果不是本人办理, 请帮忙转办。 牛静 2020-07-28 11:51		
相关部门确认	对项目完成情况确认, 具体内容如下, 审批时限: 6小时 同意		

https://emp.infore.com/km/review/km_review_main/kmReviewMain.do?method=print&fId=173932db80912f0dc99915940b369e01&s_css=default 1/3

谢宇明-HJ19-213小型智能纯电动路面冲洗机-项目验收审批流程

打印日期:2021-07-22

基本信息

主题	谢宇明-HJ19-213小型智能纯电动路面冲洗机-项目验收审批流程		
模板名称	股份公司/装备事业部/产品研发与管理/装备事业部-项目技术定型申请流程		
申请人	谢宇明	申请单编号	XMYS0337
部门	智能驾驶机器人产品所	创建时间	2019-12-23 09:35
实施反馈人	邓许连		

审批内容

项目验收审批流程			
流程责任人:	郭波、邓许连	流程对应的制度/文件名称:	产品技术发布管理办法
流程编号	XMYS0337	申请日期	2019-12-27
申请人	谢宇明	联系电话	14789955575
项目编号	HJ19-213	项目名称	小型智能纯电动路面冲洗机
产品公告型号	XZX15BEV	产品内部型号	XZX15BEV
产品类型	全新产品	是否做过小批	否
产品配置情况及发布说明	该车为全新产品，已经完成样车试制和试验，生产图纸及技术文件已发布说明 发布。		
	上传附件 产品配置模板  101-1 产品配置表 XZX15BEV智能纯电动全电控一体式冲洗机.xls		
科室意见	负责审核产品技术状态是否满足试销需求以及配置资料的正确性，审批时限：4小时 同意 <div>李亮</div> <div>2019-12-26 17:09</div>		
技术管理审查	根据项目类型选择相应人员进行确认，审批时限：4小时 请各位确认此项目资料完成情况，如果不是本人办理，请帮忙转办。 <div>牛静</div> <div>2019-12-27 08:08</div>		
	办理人员： 办理人员：清扫、清洗—牛静；垃圾转运、固废装备—牛静；市政除冰雪—李江；环境类——李泽鹏		
相关部门确认	对项目完成情况进行确认，具体内容如下，审批时限：8小时 同意 <div>牛静</div> <div>2019-12-27 08:13</div> 已阅 <div>刘建</div> <div>2019-12-27 08:18</div> 同意		

https://emp.infore.com/km/review/km_review_main/kmReviewMain.do?method=print&fId=16f3064b41dc9058f6115e540b699714&s_css=default 1/3

谢宇明-HJ20-015QL1020BEV纯电动路面清洗机-项目验收审批流程

打印日期:2021-07-22

基本信息

主题	谢宇明-HJ20-015QL1020BEV纯电动路面清洗机-项目验收审批流程		
模板名称	股份公司/装备事业部/产品研发与管理/装备事业部-项目技术定型申请流程		
申请人	谢宇明	申请单编号	XMYS0473
部门	智能驾驶机器人产品所	创建时间	2020-07-28 10:08
实施反馈人	邓许连		

审批内容

项目验收审批流程			
流程责任人:	郭波、李江	流程对应的制度/文件名称:	产品技术发布管理办法
提示:	<input checked="" type="checkbox"/> 发起者为流程第一责任人,需要督促各流程节点责任人按规定时间完成流程		
流程编号	XMYS0473		
申请人	谢宇明	申请日期	2020-07-28
联系电话	14789955575	所属部门/项目组	其他部门
项目编号	HJ20-015	项目名称	QL1020BEV纯电动路面清洗机
产品公告型号	QL1020BEV	产品内部型号	QL1020BEV
产品类型	全新产品	是否做过小批	是
产品配置情况及发布说明	该车为全新产品,已经完成样车试制和试验,生产图纸及技术文件已发布说明。		
	上传附件 产品配置模板  101-1 产品配置表 QL1020BEV纯电动路面清洗机.xls		
科室意见	负责审核产品技术状态是否满足试销需求以及配置资料的正确性,审批时限:3小时 同意 <div>李亮 2020-07-28 10:25</div>		
技术管理审查	根据项目类型选择相应人员进行确认,审批时限:3小时 请各位确认此项目资料完成情况,如果不是本人办理,请帮忙转办。 <div>牛静 2020-07-28 11:51</div>		
相关部门确认	办理人员:清扫、清洗—李静;垃圾收运、固废装备—梅然;市政除冰雪—李江;环境类—孙华磊;创新研究院产品—牛静 对项目完成情况进行确认,具体内容如下,审批时限:6小时 同意		

https://emp.infore.com/km/review/km_review_main/kmReviewMain.do?method=print&fdId=173932db80912fcdc99915840b3b9e01&s_css=default 1/3

表 1

教育教学工作考核表

单	位：	湖南理工职业技术学院
姓	名：	谢宇明
身	份 证 号：	43042219880529041X
现	专业技术职称：	高级工程师
申	报专业技术职称：	副教授
分	支 专 业：	机械设计与制造

填 表 日 期： 2025 年 8 月 20 日

湖南省教育厅制

填 表 说 明

1. 本表供评审高校教师系列专业技术职称使用。1 - 6 项由本人填写，审核人审核；7 项由院（系、部）填写。
2. 表中“审核人”是指院（系、部）主要负责人或主管教学工作的负责人。
3. 手工填写本表，需用钢笔或毛笔填写，内容要具体、真实，字迹要端正、清楚；采用微机打印本表，则正反两面均需打印，并用胶固定装订线。
4. 本表一式一份，不装订。

1. 基本情况

姓 名	谢宇明		性别	男	出生年月	1988-5-29	
学 历	研究生	学位	硕士	所学专业	机械工程	学 历	研究生
教师资格证 类 型		高等学校教师资格		教师资格证书 编 号		20244300171002620	

2. 教育教学工作获奖情况

时 间	获奖工作 内 容	获奖名称	本人角色 及 排 名	颁奖单位(部门)	审核人签名
2023	教学比赛	校内教学比赛	参与 排名第 4	湖南理工职业技术学院	

3. 教学事故情况

时 间	事 故 情 况	处理结果	审核人签名
	无		

4. 担任班主任或学生辅导工作情况

无

审核人签名:

6. 承担其他教育教学工作情况

指导 学生 情况	2023 年指导 10 个学生毕业设计，2024 年指导 22 个学生毕业设计，学生就业率 100%。 并多次指导学生参加机器人相关比赛及创新创业比赛，多次获得国赛一等奖及创新创业银奖等。
指导 年轻 教师 进修 提高 情况	无
实验 室建 设工 作情 况	参与湖湘工匠实验室建设
参与 学科 专业 建设 教学 管理 等工 作情 况	积极参与机电一体化专业建设、人才培养方案协助编写、 参与机器人社团指导、学校科技成果展等。
单位 审核 意见	审核人签名：

7. 单位对个人教育教学情况定性综合分析

从教学态度、教学能力、教学水平、教学方法、教学效果等方面进行全面的定性分析

审核人签名：

单位（盖章）：

年 月 日

6. 承担其他教育教学工作情况

指导 学生 情况	指导机电 30 余个学生开展毕业设计 & 就业等，学生就业率 100%。 指导学生参与创新创业比赛、中国机器人及人工智能大赛、金砖机器人比赛、成图大赛等，获得国赛一等奖等多个奖项。
指导 年轻 教师 进修 提高 情况	/
实验 室建 设工 作情 况	参与智能机器人实验室建设。
参与 学科 专业 建设 教学 管理 等工 作情 况	协助专业带头人参与机电一体化专业参评优秀专业及双高专业群中期验收等。
单位 审核 意见	审核人签名：

7. 单位对个人教育教学情况定性综合分析

从教学态度、教学能力、教学水平、教学方法、教学效果等方面进行全面的定性分析

审核人签名：

单位（盖章）：

年 月 日

教学工作量

智能制造学院2023年上学期教师教学工作量结算表

姓名：谢宇明 工号：3002 职称：高级工程师 教学团队：机电一体化 教师类别：专任教师

自然课时 工作量	课程名称	授课班级 (含合班)	自然 课时	班级 人数	人数 系数	地域 系数	折算课时 (节)
	金属零件成型与加工工艺实施	1211	48	49	1.09	1.2	62.784
	金属零件成型与加工工艺实施	1212	48	48	1.08	1.2	62.208
	金属零件成型与加工工艺实施	1213	48	47	1.07	1.2	61.632
	金属零件成型与加工工艺实施	1214	48	42	1.02	1.2	58.752
	金属零件成型与加工工艺实施	1215	48	47	1.07	1.2	61.632
	自然课时小计			240	自然课时折算小计		307.008
非自然课时 工作量	项目名称	计算方法					折算课时 (节)
	顶岗实习	指导 0人, 按 2 课时/人计					0
	毕业设计	指导 0人, 按 8 课时/人计					0
	公开课/示范课	上 次公开课/示范课, 按 课时计					0
	非自然课时小计						0
折算课时 总量	折算课时总量=自然课时折算小计+非自然课时小计						307.008
超课时 工作量	超课时工作量=折算课时总量-工作量基数						127.008
超课时 酬金	课酬单价 (元/节)	50	超课时酬金小计				6350.4
其它工作量	项目名称	计算方法					金额 (元)
	毕业答辩						
	专业导师工作量						
	教研活动						
	其它工作量酬金小计						0
超工作量 总酬金 (元)	超工作量总酬金=超课时酬金小计+其它工作量酬金小计						6350.4
专业带头人审核签字:			教学院长审核签字:				
教务处审核签字:			主管教学副校长签字:				

备注：根据湘理职院【2020】111号文件，每项都要求填写，其它项目课时与报酬无则填0。标准班系数为1.0，每增加1人增加系数0.01，人数系数最高标准为0.7。在动力谷分院、九华分院等院外教学点所授课程按0.2地域系数给予补贴，专业导师、毕业设计按所带人数填写；顶岗实习按教务处数据填写；教研活动按次数填写；毕业答辩按场次填写。教师类别为专任、兼职和外聘三种。

智能制造学院2023年下半年教师教学工作量结算表

姓名：谢宇明 工号：3002 职称：高级工程师 教学团队：机电一体化 教师类别：专任教师

自然课时 工作量	课程名称	授课班级 (含合班)	自然 课时	班级 人数	人数 系数	地域 系数	折算课时 (节)
	气动液压技术	1224	80	49	1.09	1.2	104.64
	气动液压技术	1225	80	48	1.08	1.2	103.68
	自然课时小计			160	自然课时折算小计		208.32
非自然课时 工作量	项目名称	计算方法					折算课时 (节)
	顶岗实习	指导 10 人, 按 2 课时/人计					20
	毕业设计	指导 10 人, 按 8 课时/人计					80
	公开课/示范课	上 次公开课/示范课, 按 课时计					0
	非自然课时小计						100
折算课时 总量	折算课时总量=自然课时折算小计+非自然课时小计						308.32
超课时 工作量	超课时工作量=折算课时总量-工作量基数						128.32
超课时 酬金	课酬单价 (元/节)	50	超课时酬金小计				6416
其它工作量	项目名称	计算方法					金额 (元)
	毕业答辩	共参加 4 个半天答辩, 100元/半天					400
	专业导师工作量	担任 22 个学生的专业导师, 每生25元/期					550
	教研活动	一学期参加 10 次, 0.2课时/次, 共计2课时					50
	其它工作量酬金小计						1000
超工作量 总酬金 (元)	超工作量总酬金=超课时酬金小计+其它工作量酬金小计						7416
专业带头人审核签字:			教学院长审核签字:				
教务处审核签字:			主管教学副校长签字:				

备注：根据湘理职院【2020】111号文件，每项都要求填写，其它项目课时与报酬无则填0。标准班系数为1.0，每增加1人增加系数0.01，人数系数最高标准为 0.7。在动力谷分院、九华分院等院外教学点所授课程按0.2地域系数给予补贴，专业导师、毕业设计按所带人数填写；顶岗实习按教务处数据填写；教研活动按次数填写；毕业答辩按场次填写。教师类别为专任、兼职和外聘三种。

2024年上智能制造学院教师教学工作量结算表

姓名： 谢宇明 工号： 3003 职称： 高级工程师 教学团队： 机电团队 教师类别： 专任教师

自然课时 工作量	课程名称	授课班级 (含合班)	自然 课时	班级 人数	人数 系数	地域 系数	折算课时 (节)
	机械产品数字化设计	1231	48	42	0.02	0	48.96
	机械产品数字化设计	1232	48	41	0.01	0	48.48
	机械产品数字化设计	1233	48	41	0.01	0	48.48
	机械产品数字化设计	1234	48	38	0	0	48
	机械产品数字化设计	1235	48	42	0.02	0	48.96
	自然课时小计		240	自然课时折算小计		242.88	
非自然课时 工作量	项目名称	计算方法					折算课时 (节)
	顶岗实习	指导 10 人，按2课时/人计算（按教务处审核结算）					20
	毕业设计	指导 10 人，按8课时/人计算					80
	公开课/示范课	上 1 次公开课/示范课，按1课时/次计算					1
	非自然课时小计						101
折算课时 总量	折算课时总量=自然课时折算小计+非自然课时小计						343.88
超课时 工作量	超课时工作量=折算课时总量-工作量基数						163.88
超课时 酬金	课酬单价（元/节）	50	超课时酬金小计				8194
其它工作量	项目名称	计算方法					金额 (元)
	考试工作	监考40元/场，补考阅卷费为2元/每份					448
	人才培养方案	新标准制定（20课时/个）					0
	课程标准	新标准制定（10课时/个）					500
	技能抽测标准与题库	新标准制定（10课时/个），题库（30课时/个）					1500
	毕业设计标准	新标准制定（5课时/个）					0
	其它工作量酬金小计						2448
超工作量 总酬金 (元)	超工作量总酬金=超课时酬金小计+其它工作量酬金小计						10642
专业带头人审核签字：				教学院长审核签字：			
教务处审核签字：				主管教学副校长签字：			
备注：根据湘理职院【2024】31号文件，每项都要求填写，其它项目课时与报酬无则填0。标准班系数为1.0，每增加1人增加系数0.01，人数系数最高标准为0.7。在动力谷分院教学点所授课程按0.2地域系数给予补贴，毕业设计按所带人数填写；顶岗实习按教务处数据填写。教师类别为专任、兼职和外聘三种。							

2024年下智能制造学院教师教学工作量结算表

姓名：谢宇明 工号：3003 职称：高级工程师 教学团队：机电团队 教师类别：专任教师

	课程名称	授课班级 (含合班)	自然 课时	班级 人数	人数 系数	地域 系数	折算课时 (节)
自然课时 工作量	技能综合实训C	机电1224	24	49	0.09	0.2	30.96
	技能综合实训C	机电1225	24	47	0.07	0.2	30.48
	机械制图与Auto CAD	机电1244	72	48	0.08	0	77.76
	机械制图与Auto CAD	机电1245	72	45	0.05	0	75.6
	自然课时小计			192	自然课时折算小计		214.8
非自然课时 工作量	项目名称	计算方法					折算课时 (节)
	顶岗实习	指导 10 人, 按2课时/人计算 (按教务处审核结算)					20
	毕业设计	指导 10 人, 按8课时/人计算					80
	公开课/示范课	上 1 次公开课/示范课, 按1课时/次计算					1
	非自然课时小计						101
折算课时 总量	折算课时总量=自然课时折算小计+非自然课时小计						315.8
超课时 工作量	超课时工作量=折算课时总量-工作量基数						135.8
超课时 酬金	课酬单价 (元/节)	50	超课时酬金小计				6790
其它工作量	项目名称	计算方法					金额 (元)
	考试工作	监考40元/场, 补考阅卷费为2元/每份					448
	人才培养方案	新标准制定 (20课时/个)					0
	课程标准	新标准制定 (10课时/个)					500
	技能抽测标准与题库	新标准制定 (10课时/个), 题库 (30课时/个)					1500
	毕业设计标准	新标准制定 (5课时/个)					0
	其它工作量酬金小计						2448
超工作量 总酬金 (元)	超工作量总酬金=超课时酬金小计+其它工作量酬金小计						9238
专业带头人审核签字:				教学院长审核签字:			
教务处审核签字:				主管教学副校长签字:			
备注: 根据湘理职院【2024】31号文件, 每项都要求填写, 其它项目课时与报酬无则填0。标准班系数为1.0, 每增加1人增加系数0.01, 人数系数最高标准为0.7。在动力谷分院教学点所授课程按0.2地域系数给予补贴, 毕业设计按所带人数填写; 顶岗实习按教务处数据填写。教师类别为专任、兼职和外聘三种。							

2025年上智能制造学院教师教学工作量结算表

姓名： 谢宇明 工号： 职称： 教学团队： 教师类别： 双师类型：

自然课时 工作量	课程名称	授课班级 (含合班)	自然 课时	班级 人数	人数 系数	地域 系数	双师 系数	折算课时 (节)
	电工电子线路安装与调试	机电1245	48	48	0.02	0	0	55.68
	电工电子技术	机电1245	72	48	0.02	0	0	83.52
	单片机C语言程序设计	机电1234	24	36	0	0	0	24
			0	0	0	0	0	0
			0	0	0	0	0	0
	自然课时小计			144	自然课时折算小计			163.2
非自然课时 工作量	项目名称	计算方法						折算课时 (节)
	顶岗实习	指导21人，按2课时/人计算（按教务处审核结算）						42
	毕业设计	指导21人，按8课时/人计算						168
	公开课/示范课	上一次公开课/示范课，按1课时/次计算						0
	非自然课时小计						210	
折算课时 总量	折算课时总量=自然课时折算小计+非自然课时小计							373.2
超课时 工作量	超课时工作量=折算课时总量-工作量基数							203.2
超课时 酬金	课酬单价（元/节）	50	超课时酬金小计					10160
其它工作量	项目名称	计算方法						金额 (元)
	考试工作	监考40元/场，补考阅卷费为2元/每份						0
	专业带头人课时津贴	根据考核结果，履行岗位职责到位，另计100课时工作量						0
	专业教学标准	新标准制定（20课时/个）						0
	课程标准	新标准制定（10课时/个）						0
	技能抽测标准与题库	新标准制定（10课时/个），题库（30课时/个）						0
	毕业设计标准	新标准制定（5课时/个）						0
	其它工作量酬金小计						0	
超工作量 总酬金 (元)	超工作量总酬金=超课时酬金小计+其它工作量酬金小计							10160
专业带头人审核签字：				教学院长审核签字：				
教务处审核签字：				主管教学副校长签字：				
备注：根据湘理职院【2025】40号文件，每项都要填写，其它项目课时与报酬无则填0。标准班系数为1.0，每增加1人增加系数0.01，人数系数最高标准为0.7。在动力谷分院教学点所授课程按0.2地域系数给予补贴，毕业设计按所带人数填写；顶岗实习按教务数据填写。教师类别为专任、兼职和外聘三种。双师类型为初级、中级、高级三种。								

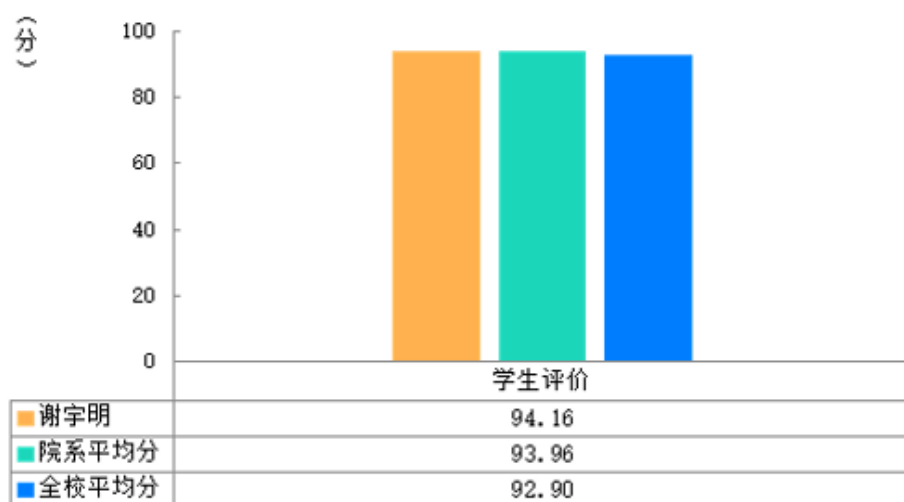
课程评价报告

湖南理工职业技术学院

2022-2023-2 教师个人教学质量报告

教师姓名 谢宇明
教师工号 3002
教师院系 智能制造学院
学期 2022-2023-2
开课数量 1
课程名称 金属零件成型与加工工艺实施

一、教师各类评价得分



第二章 课程得分

一、金属零件成型与加工工艺实施

（一）学生评价

- 金属零件成型与加工工艺实施课程应评人次 233 人，已评人次 231 人，参评率 99.14%，得分 94.16 分。该课程下有 5 个课堂，其中金属零件成型与加工工艺实施(专业核心课)-教学-02@机电 1212 得分 90.24 分，金属零件成型与加工工艺实施(专业核心课)-教学-03@机电 1213 得分 96.25 分，金属零件成型与加工工艺实施(专业核心课)-教学-04@机电 1214 得分 93.75 分，金属零件成型与加工工艺实施(专业核心课)-教学-01@机电 1211 得分 93.33 分，金属零件成型与加工工艺实施(专业核心课)-教学-05@机电 1215 得分 97.36 分。

- 注：课程得分等于该课程下所有课堂学生评分的均值。

1、学生评价得分趋势

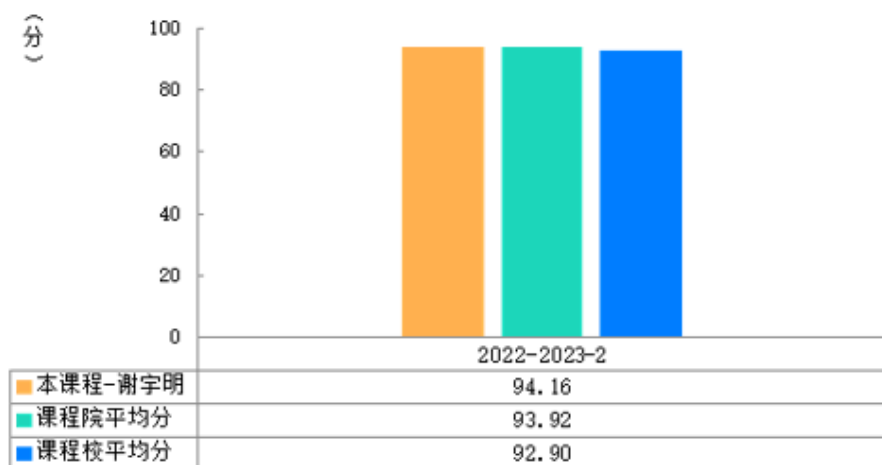


图2-1 课程得分趋势图

注：课程院平均分和课程校平均分取值是课程所属评价问卷的均值。

湖南理工职业技术学院

2023-2024-1 教师个人教学质量报告

教师姓名 谢宇明
教师工号 3002
教师院系 智能制造学院
学期 2023-2024-1
开课数量 2
课程名称 气动系统与液压系统安装与调试、气动与液压技术



第二章 课程得分

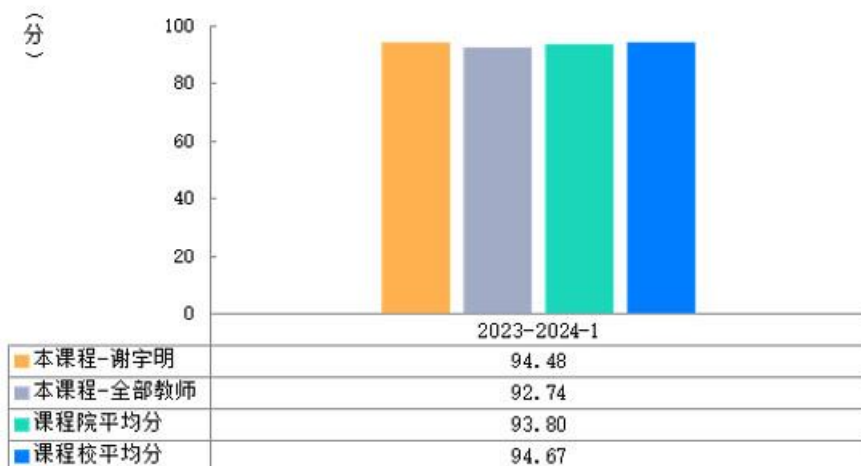
一、 气动系统与液压系统安装与调试

（一） 学生评价

- 气动系统与液压系统安装与调试课程应评人次 97 人，已评人次 95 人，参评率 97.94%，得分 94.48 分。该课程下有 2 个课堂，其中气动系统与液压系统安装与调试(专业基础课)-实践 004@机电 1224 得分 94.83 分，气动系统与液压系统安装与调试(专业基础课)-实践 005@机电 1225 得分 94.15 分。

- 注：课程得分等于该课程下所有课堂学生评分的均值。

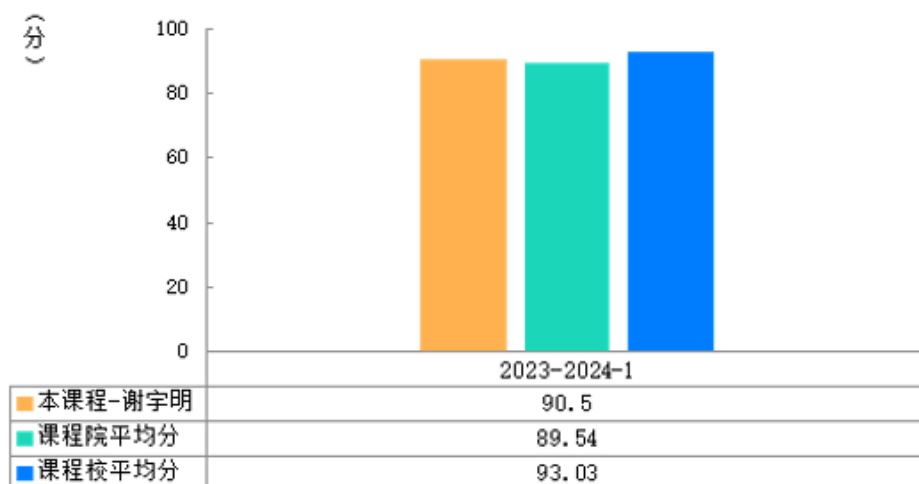
1、 学生评价得分趋势



■ (二) → 督导评价

■ 1、→ 督导评价得分

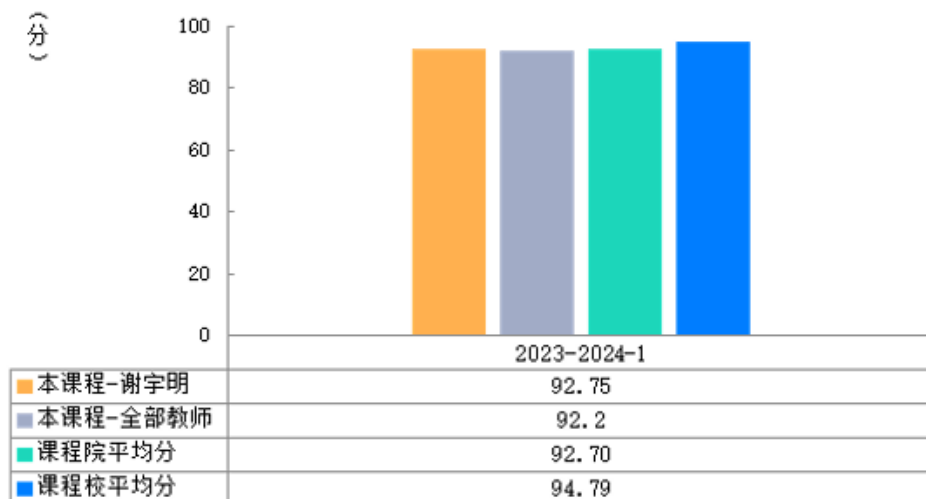
- 本学期所教气动与液压技术课程总共被评价 2 次，平均得分 90.5 分。本学期督导评价院平均分为 89.54 分，校平均分为 93.03 分。



■ (三) → 教师互评

■ 1、→ 教师互评得分

- 本学期所教气动系统与液压系统安装与调试课程总共被评价 4 次，平均得分 92.75 分。本学期气动系统与液压系统安装与调试课程（全部授课教师）平均分为 92.2 分，教师互评院平均分为 92.70 分，校平均分为 94.79 分。



谢宇明教师

2023-2024-2教师报告

学 校： 湖南理工职业技术学院

院 系： 智能制造学院

学 期： 2023-2024第二学期

生成时间： 2024-09-18 10:49

一. 教师被评情况

1.1 综合评价情况

综合评价情况表

被评对象	理工学院督导	教师
谢宇明	91.25	94.36
院系教师平均分	91.464835	93.41

2024-2025 第二学期教师个人教学质量报告

- 教师姓名: 谢宇明
- 教师工号: 3002
- 教师院系: 智能制造学院
- 学 期: 2024-2025 第二学期
- 开课数量: 1
- 课程名称: 机械制图与 AutoCAD

第一部分 教师维度得分

一、教师评价整体情况

个人综合评分	院系平均分	院系排名	全校平均分	全校排名
93 分	92.93 分	13 名	94.49 分	185 名

2024-2025 第二学期教师个人教学质量报告

- → 教师姓名: 谢宇明
- → 教师工号: 3002
- → 教师院系: 智能制造学院
- → 学 期: 2024-2025 第二学期
- → 开课数量: 1
- → 课程名称: 电工电子技术

第一部分 教师维度得分

一、教师评价整体情况

个人综合评分	院系平均分	院系排名	全校平均分	全校排名
93.91 分	95.49 分	17 名	96.71 分	282 名

2022-2023学年第2学期 谢宇明 课表

院系: 智能制造学院 教研室: 工号: 3002

节次	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
1		金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【16周】 邵力奋302 本校区	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【16-18周】 邵力奋302 本校区 机电1211(4449)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【16-18周】 邵力奋601 本校区 机电1213(4449)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【14周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4447)		
2		金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【13.12-16周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4447)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【17-17周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4447)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【17-17周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4447)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【16周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4442)		
3		金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【18周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4442)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【17-17周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4449)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【13周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4447)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【18周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4442)		
4			金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【18-18周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4442)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【17周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4442)			
5			金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【17-17周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4449)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【10.12-16周】 邵力奋601 本校区 机电1213(4442)			
6		金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【16周】 邵力奋302 本校区 机电1211(4449)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【17-17周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4449)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【10.12-16周】 邵力奋601 本校区 机电1213(4442)			
7		金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【9周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4442)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【16-16周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4447)	金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【3.9周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4447)			
8			金属零件成型与加工工艺基础(理论) 【17周】 邵力奋302 本校区 机电1213(4447)				
9							
10							
备注							

2023-2024学年第1学期 谢宇明 课表

院系：智能制造学院 教研室：工号：3002

节次	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
1	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 【16周】 动力谷203 本校区	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 【16周】 动力谷203 本校区	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 【17周】 动力谷203 本校区	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 【17周】 动力谷203 本校区	气动系统与液压系统安 装与调试(实践) 【17周】 动力谷203 本校区		
2	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 机电1224(49 49)	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 机电1224(49 49)	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 机电1225(48 48)	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 机电1225(48 48)			
3	气动与液压技术(理论) 【12周】 动力谷203 本校区	气动与液压技术(理论) 【17周】 动力谷203 本校区	气动与液压技术(理论) 【18周】 动力谷203 本校区	气动与液压技术(理论) 机电1225(48 48)			
4	气动与液压技术(理论) 机电1225(48 48)	气动与液压技术(理论) 机电1225(48 48)	气动与液压技术(理论) 【18周】 动力谷202 本校区	气动与液压技术(理论) 【12周】 动力谷202 本校区			
5			气动系统与液压系统安装与调试(实践) 【17周】 动力谷203 本校区	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 机电1225(48 48)	气动系统与液压系统安 装与调试(实践) 机电1225(48 48)		
6	气动与液压技术(理论) 【18周】 动力谷203 本校区	气动与液压技术(理论) 【12周】 动力谷302 本校区	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 机电1225(48 48)	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 【17周】 动力谷203 本校区			
7	机电1224(49 49)	机电1225(48 48)	气动与液压技术(理论) 【18周】 动力谷202 本校区	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 机电1225(48 48)			
8			气动与液压技术(理论) 【18周】 动力谷202 本校区	气动系统与液压系统安装与调试(实践) 机电1225(48 48)			
9							
10							
备注							

2023-2024学年第2学期 谢宇明 课表

院系: 智能制造学院 教研室: 工号: 3002

节次	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
1	机械产品数字化设计 (理论)		机械产品数字化设计 (理论)		机械产品数字化设计(理论) 【2.5-7周】机电505(智能制造专用) 本校区 机电1235(4141)		
2	【19周】新能源大楼-南209 本校区 机电1231(42 42)		【2.4.8-9.16-17周】 新能源大楼-南209 本校区 机电1234(41 41)		机械产品数字化设计(理论) 【6-13周】新能源大楼-南210 本校区 机电1235(4141)		
3							
4							
5	机械产品数字化设计 (理论)		机械产品数字化设计(理论) 【10周】新能源大楼-南209 本校区 机电1234(4141)	机械产品数字化设计(理论) 【2.5.7-11.14-16.19周】新能源大楼-南204 本校区 机电1232(4241)	机械产品数字化设计(理论) 【2-3】-12.15-18周】新能源大楼-南209 本校区 机电1233(4141)		
6	【8周】新能源大楼-南204 本校区		机械产品数字化设计(理论) 【5-6.9-9.12-15.17-18周】新能源大楼-南209 本校区 机电1231(4242)	机械产品数字化设计(理论) 【2.5.8-11.14-16.19周】新能源大楼-南204 本校区 机电1232(4241)	机械产品数字化设计(理论) 【10周】新能源大楼-南209 本校区 机电1233(4141)		
7	机械产品数字化设计 (理论)				机械产品数字化设计(理论) 【6周】新能源大楼-南209 本校区		
8	【8周】新能源大楼-南204 本校区						
9		机械产品数字化设计 (理论)	机械产品数字化设计(理论) 【5.8-9周】新能源大楼-南209 本校区 机电1234(4141)	机械产品数字化设计 (理论)			
10		【6周】新能源大楼-南209 本校区	机械产品数字化设计(理论) 【6周】新能源大楼-南209 本校区 机电1235(4141)	【5.7-11周】新能源大楼-南209 本校区			
备注							

2024-2025学年第1学期 谢宇明 课表

院系：智能制造学院 教研室：工号：3002

节次	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
1	机械制图与AutoCAD理论 【12周】机房505（智能制造专用） 本校区 机电1245(45P45)		技能综合实训C(实践) 【2周】动力各203 本校区 机电1224(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【10周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1246(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7-10.15-18周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1244(49P49)		
2	机械制图与AutoCAD理论 【12周】机房505（智能制造专用） 本校区 机电1245(45P45)	技能综合实训C(实践) 【2周】动力各203 本校区 机电1224(49P49)	技能综合实训C(实践) 【2周】动力各203 本校区 机电1224(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【10周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1246(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7-10.15-18周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1244(49P49)		
3	机械制图与AutoCAD理论 【12周】机房505（智能制造专用） 本校区 机电1245(45P45)		机械制图与AutoCAD理论 【12周】机房505（智能制造专用） 本校区 机电1246(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1246(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7-10.15-18周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1244(49P49)		
4	机械制图与AutoCAD理论 【12周】机房505（智能制造专用） 本校区 机电1245(45P45)		机械制图与AutoCAD理论 【12周】机房505（智能制造专用） 本校区 机电1246(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1246(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7-10.15-18周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1244(49P49)		
5	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503 (管)	机械制图与AutoCAD理论 【12.17-18周】机房505（智能制造专用） 本校区 机电1245(45P45)	技能综合实训C(实践) 【2周】动力各203 本校区 机电1224(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7-10.15-18周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1244(49P49)		
6	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503 (管)	机械制图与AutoCAD理论 【12.17-18周】机房505（智能制造专用） 本校区 机电1245(45P45)	技能综合实训C(实践) 【2周】动力各203 本校区 机电1224(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7-10.15-18周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1244(49P49)		
7	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503 (管)	机械制图与AutoCAD理论 【12周】机房505（管理艺术） 本校区 机电1246(49P49)	技能综合实训C(实践) 【2周】动力各203 本校区 机电1224(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7-10.15-18周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1246(49P49)		
8	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503 (管)	机械制图与AutoCAD理论 【12周】机房505（管理艺术） 本校区 机电1246(49P49)	技能综合实训C(实践) 【2周】动力各203 本校区 机电1224(49P49)	机械制图与AutoCAD理论 【7-10.15-18周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1246(49P49)		
9	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503		机械制图与AutoCAD (理论) 【17周】机电503 (管)	机械制图与AutoCAD (理论) 【15周】机电503 (管)	机械制图与AutoCAD理论 【16周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1245(45P45)		
10	机械制图与AutoCAD (理论) 【16.19周】机电503		机械制图与AutoCAD (理论) 【17周】机电503 (管)	机械制图与AutoCAD (理论) 【15周】机电503 (管)	机械制图与AutoCAD理论 【16周】机房503（管理艺术） 本校区 机电1245(45P45)		
备注							

2024-2025学年第2学期 谢宇明 课表

院系：智能制造学院 教研室：工号：3002

节次	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
1	电工电子技术(理论) 【10-11周】 新能源大楼-南401 本校区 机电1245(4#4#)		单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)		
2	电工电子技术(理论) 【10-11周】 新能源大楼-南401 本校区 机电1245(4#4#)		单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)		
3	电工电子技术(理论) 【10-11周】 新能源大楼-南401 本校区 机电1245(4#4#)	电工电子技术(理论) 【3-5周】 新能源大楼-南401	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)		
4	电工电子技术(理论) 【10-11周】 新能源大楼-南401	电工电子技术(理论) 【3-5周】 新能源大楼-南401	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)		
5			单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)		
6			单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)		
7			单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)		
8			单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)	单片机C语言程序设计(理论) 【20周】 动力楼502 本校区 机电1234(4#4#)		
9			电工电子技术(理论) 【13周】 新能源大楼-南403	电工电子技术(理论) 【2周】 新能源大楼-南401			
10			电工电子技术(理论) 【13周】 新能源大楼-南403	电工电子技术(理论) 【2周】 新能源大楼-南401			
备注							

综合材料 专利成果

证书号第8207786号



专利公告信息

发明专利证书

发 明 名 称: 复杂场景环卫机器人避障方法、装置、设备及介质

专 利 权 人: 湖南理工职业技术学院

地 址: 411100 湖南省湘潭市河东大道10号

发 明 人: 谢宇明;何瑛;赵奇;向云南;刘家锐;程天骄

专 利 号: ZL 2025 1 0873636.5

授权公告号: CN 120386360 B

专利申请日: 2025年06月27日

授权公告日: 2025年08月29日

申请日时申请人: 湖南理工职业技术学院

申请日时发明人: 谢宇明;何瑛;赵奇;向云南;刘家锐;程天骄

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查, 决定授予专利权, 并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)



证书号第7599342号



专利公告信息

发明专利证书

发明名称：一种环卫机器人编队控制方法

专利权人：湖南理工职业技术学院

地址：411100 湖南省湘潭市河东大道10号

发明人：谢宇明;王建春;向云南;刘立薇;肖慧慧;陈柏舟;尹晖;赵奇

专利号：ZL 2024 1 1306418.5

授权公告号：CN 118819164 B

专利申请日：2024年09月19日

授权公告日：2024年12月13日

申请日时申请人：湖南理工职业技术学院

申请日时发明人：谢宇明;王建春;向云南;刘立薇;肖慧慧;陈柏舟;尹晖;赵奇

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)



证书号第7993013号



专利公告信息

发明专利证书

发 明 名 称：一种环卫机器人集群状态监测与故障预警方法及系统

专 利 权 人：湖南理工职业技术学院

地 址：411100 湖南省湘潭市河东大道10号

发 明 人：谢宇明;吴钰龙;向云南;赵奇;韩维敏;毛建赟;袁康皓
钟慧莹

专 利 号：ZL 2025 1 0220496.1

授权公告号：CN 119722046 B

专 利 申 请 日：2025年02月27日

授权公告日：2025年06月10日

申请日时申请人：湖南理工职业技术学院

申请日时发明人：谢宇明;吴钰龙;向云南;赵奇;韩维敏;毛建赟;袁康皓
钟慧莹

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)



证书号第22265236号



专利公告信息

实用新型专利证书

实用新型名称：一种水箱及环卫清扫车车厢

专利权人：湖南理工职业技术学院

地址：411100 湖南省湘潭市河东大道10号

发明人：谢宇明;王建春;赵奇;向云南;肖慧慧;尹晖

专利号：ZL 2024 2 0710191.X

授权公告号：CN 222275354 U

专利申请日：2024年04月08日

授权公告日：2024年12月31日

申请日时申请人：湖南理工职业技术学院

申请日时发明人：谢宇明;王建春;赵奇;向云南;肖慧慧;尹晖

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)



证书号第2521099号



发明专利证书

发明名称：清洁用吸嘴和清洁车

发明人：覃先云；谢宇明；彭晏波；张星明；周枫林

专利号：ZL 2014 1 0624308.3

专利申请日：2014年11月07日

专利权人：长沙中联重科环卫机械有限公司；中联重科股份有限公司

授权公告日：2017年06月16日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年11月07日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)

证书号第6710030号



发明专利证书

发明名称: 清洁装置与路面清洁机

发明人: 李亮;谢宇明;张斌;张天宇;邱明明;粟锺林;齐宏宇

专利号: ZL 2021 1 1353341.3

专利申请日: 2021年11月16日

专利权人: 广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地址: 528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路8号
之一

授权公告日: 2024年02月13日

授权公告号: CN 114197361 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查, 决定授予专利权, 颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年, 自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第1页(共2页)

其他事项参见续页

证书号第6545749号



发明专利证书

发 明 名 称：园艺修剪组件、园艺修剪装置和园艺修剪机

发 明 人：李亮;谢宇明;张斌;粟铨林;齐宏宇;邱声;邓许连
米思雨

专 利 号：ZL 2022 1 1035637.5

专 利 申 请 日：2022年08月26日

专 利 权 人：广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地 址：528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路8号
之一

授 权 公 告 日：2023年12月08日

授 权 公 告 号：CN 115462236 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第1页(共2页)

其他事项参见续页

证书号第2576991号



发明专利证书

发明名称: 清洁用吸嘴和清洁车

发明人: 周枫林;伍乾坤;谢宇明;李子颖;覃先云

专利号: ZL 2014 1 0624860.2

专利申请日: 2014年11月07日

专利权人: 长沙中联重科环境产业有限公司

授权公告日: 2017年08月08日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查,决定授予专利权,颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年,自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年11月07日前缴纳。未按照规定缴纳年费的,专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)

证书号第 5089974 号



发明专利证书

发明名称：人行道电动冲洗车

发明人：李亮;张斌;谢宇明;邱声;赵健

专利号：ZL 2020 1 0829007. X

专利申请日：2020 年 08 月 18 日

专利权人：长沙中联重科环境产业有限公司

地址：410205 湖南省长沙市高新开发区林语路 288 号

授权公告日：2022 年 04 月 19 日

授权公告号：CN 112012149 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨

2022 年 04 月 19 日

第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第7941404号



专利公告信息

发明专利证书

发明名称：吸嘴单元、吸嘴模组和环卫设备

专利权人：广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地址：528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路8号之一

发明人：李亮;张斌;谢宇明;张天宇;栗锺林;邱声;吴作清;齐宏宇
谢平春

专利号：ZL 2022 1 0570137.5

授权公告号：CN 115045223 B

专利申请日：2022年05月24日

授权公告日：2025年05月16日

申请日时申请人：广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

申请日时发明人：李亮;张斌;谢宇明;张天宇;栗锺林;邱声;吴作清;齐宏宇
谢平春

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)



证书号第6602245号



发明专利证书

发 明 名 称：一种垃圾清理船

发 明 人：李亮;张斌;周诚远;谢宇明;栗铎林;赵健;邱明明

专 利 号：ZL 2021 1 1000211.1

专 利 申 请 日：2021年08月27日

专 利 权 人：广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地 址：528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路8号
之一

授 权 公 告 日：2024年01月02日

授 权 公 告 号：CN 113895574 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第7917389号



专利公告信息

发明专利证书

发明名称：垃圾袋破袋回收装置

专利权人：广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地址：528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路8号之一

发明人：林锦锋;李亮;邱声;梁少容;吴作清;谢宇明

专利号：ZL 2022 1 1574073.2

授权公告号：CN 115946938 B

专利申请日：2022年12月08日

授权公告日：2025年05月06日

申请日时申请人：广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

申请日时发明人：林锦锋;李亮;邱声;梁少容;吴作清;谢宇明

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)



证书号第 5718156 号



发明专利证书

发明名称：冲洗车

发明人：李亮;张斌;谢宇明;栗铂林;赵健

专利号：ZL 2020 1 1477663.4

专利申请日：2020 年 12 月 15 日

专利权人：广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地址：528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路 8 号之

授权公告日：2023 年 01 月 31 日

授权公告号：CN 112627092 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨

2023 年 01 月 31 日

第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第6451409号



发明专利证书

发明名称: 清洗装置及清洗机

发明人: 张斌;李亮;谢宇明;赵健;栗销林

专利号: ZL 2021 1 0769150.9

专利申请日: 2021年07月07日

专利权人: 广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地址: 528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路8号之一

授权公告日: 2023年10月31日

授权公告号: CN 113605294 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查, 决定授予专利权, 颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年, 自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第1页(共2页)

其他事项参见续页

证书号第6056816号



发明专利证书

发 明 名 称: 垃圾收集机器人

发 明 人: 邱声;李亮;麦昱瀚;张斌;林锦锋;谢宇明;吴作清

专 利 号: ZL 2021 1 1647355.6

专 利 申 请 日: 2021年12月30日

专 利 权 人: 广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地 址: 528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路8号
之一

授 权 公 告 日: 2023年06月16日

授 权 公 告 号: CN 114319279 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查,决定授予专利权,颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年,自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第 12156716 号



实用新型专利证书

实用新型名称: 手持吸管及采用其的自跟随清洁机器人

发 明 人: 张斌;李亮;谢平春;陈凯;毛章敏;和心媛;谢宇明;戴超林

专 利 号: ZL 2019 2 2207333.2

专利申请日: 2019 年 12 月 10 日

专 利 权 人: 长沙中联重科环境产业有限公司

地 址: 410205 湖南省长沙市高新开发区林语路 288 号

授权公告日: 2020 年 12 月 18 日

授权公告号: CN 212175637 U

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查, 决定授予专利权, 颁发实用新型专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年, 自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第10667185号



实用新型专利证书

实用新型名称：清洁车用吸嘴、清洁车

发 明 人：李亮;张斌;景斌;万军;谢宇明;刘武

专 利 号：ZL 2019 2 0905633.5

专利申请日：2019年06月14日

专 利 权 人：长沙中联重科环境产业有限公司

地 址：410205 湖南省长沙市高新开发区林语路288号

授权公告日：2020年06月05日

授权公告号：CN 210684571 U

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发实用新型专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第1页(共2页)

其他事项参见续页

证书号第 18030185 号



实用新型专利证书

实用新型名称：喷水架及冲洗车

发 明 人：张斌;谢宇明;李亮;栗铂林;赵健

专 利 号：ZL 2020 2 3030176.1

专利申请日：2020 年 12 月 16 日

专 利 权 人：广东盈峰智能环卫科技有限公司

地 址：528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路 8 号之

授权公告日：2022 年 12 月 16 日

授权公告号：CN 218060089 U

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发实用新型专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨

2022 年 12 月 16 日

第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第19271677号



实用新型专利证书

实用新型名称：一种垃圾收运机器人

发 明 人：邱声;李亮;吴作清;蒋志达;林锦锋;谢宇明

专 利 号：ZL 2022 2 3284055.9

专 利 申 请 日：2022年12月08日

专 利 权 人：长沙中联重科环境产业有限公司
广东盈峰智能环卫科技有限公司

地 址：410205 湖南省长沙市高新开发区林语路288号

授 权 公 告 日：2023年06月30日

授 权 公 告 号：CN 219278446 U

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发实用新型专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第1页(共2页)

其他事项参见续页

证书号第 6274455 号



外观设计专利证书

外观设计名称：清冲机

设计人：李亮;张斌;谢宇明;和心媛;李子颖

专利号：ZL 2020 3 0274637.6

专利申请日：2020 年 06 月 04 日

专利权人：长沙中联重科环境产业有限公司

地址：410003 湖南省长沙市高新开发区林语路 288 号

授权公告日：2020 年 12 月 25 日

授权公告号：CN 306248523 S

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发外观设计专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

190307

证书号第 5536127 号



外观设计专利证书

外观设计名称：智能辅道清扫车

设计人：张斌;李亮;汤冰洁;万军;魏星;谢宇明

专利号：ZL 2019 3 0272325.9

专利申请日：2019 年 05 月 29 日

专利权人：长沙中联重科环境产业有限公司

地址：410205 湖南省长沙市高新开发区林语路 288 号

授权公告日：2019 年 12 月 27 日

授权公告号：CN 305515574 S

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发外观设计专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨



第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见背面

证书号第 4407081 号



发明专利证书

发 明 名 称：清洁车的清扫装置及人行道清洁车

发 明 人：滕新科;张红波;陈炼;易伟;谢宇明

专 利 号：ZL 2019 1 0491345.4

专利申请日：2019 年 06 月 06 日

专 利 权 人：长沙中联重科环境产业有限公司

地 址：410205 湖南省长沙市高新开发区林语路 288 号

授权公告日：2021 年 05 月 07 日

授权公告号：CN 110258420 B

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发发明专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为二十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨

2021 年 05 月 07 日

第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

证书号第8006760号



专利公告信息

发明专利证书

发 明 名 称：航天器运动装置与环境色彩交互式反馈采集分析方法

专 利 权 人：湖南理工职业技术学院

地 址：411100 湖南省湘潭市河东大道10号

发 明 人：杨益梅;毛建赟;姚湘;王建春;胡建强;刘立薇;陈揆能
谢宇明;段威丞

专 利 号：ZL 2025 1 0459124.4

授权公告号：CN 120010266 B

专 利 申 请 日：2025年04月14日

授权公告日：2025年06月17日

申请日时申请人：湖南理工职业技术学院

申请日时发明人：杨益梅;毛建赟;姚湘;王建春;胡建强;刘立薇;陈揆能
谢宇明;段威丞

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)



证书号第8145761号



专利公告信息

发明专利证书

发 明 名 称：一种基于虚拟现实的航天员失重训练评估方法及系统

专 利 权 人：湖南理工职业技术学院

地 址：411100 湖南省湘潭市河东大道10号

发 明 人：毛建赟;姚湘;王建春;胡建强;刘立薇;李佳羲;陈揆能
谢宇明;段威丞

专 利 号：ZL 2025 1 0592675.8

授权公告号：CN 120123913 B

专 利 申 请 日：2025年05月09日

授权公告日：2025年08月08日

申请日时申请人：湖南理工职业技术学院

申请日时发明人：毛建赟;姚湘;王建春;胡建强;刘立薇;李佳羲;陈揆能
谢宇明;段威丞

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，并予以公告。
专利权自授权公告之日起生效。专利权有效性及专利权人变更等法律信息以专利登记簿记载为准。

局长
申长雨

申长雨



第1页(共1页)



证书号第18285895号



实用新型专利证书

实用新型名称：罩壳、园艺修剪装置和修剪机

发 明 人：李亮；谢宇明；张斌；栗铂林；齐宏宇；邱声；邓许连；米思雨

专 利 号：ZL 2022 2 2270846. X

专利申请日：2022年08月26日

专 利 权 人：广东盈峰智能环卫科技有限公司
长沙中联重科环境产业有限公司

地 址：528300 广东省佛山市顺德区勒流街道江村村慧商路8号之

授权公告日：2023年01月13日

授权公告号：CN 218277926 U

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发实用新型专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨

2023年01月13日

第1页(共2页)

其他事项参见续页

证书号第 11883097 号



实用新型专利证书

实用新型名称：垃圾箱及采用其的小型湿式扫路车

发 明 人：李亮;张斌;万军;刘武;魏星;谢宇明;贺洪江

专 利 号：ZL 2019 2 2118441.2

专利申请日：2019 年 12 月 02 日

专 利 权 人：长沙中联重科环境产业有限公司

地 址：410205 湖南省长沙市高新开发区林语路 288 号

授权公告日：2020 年 11 月 10 日

授权公告号：CN 211898092 U

国家知识产权局依照中华人民共和国专利法经过初步审查，决定授予专利权，颁发实用新型专利证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。专利权期限为十年，自申请日起算。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨

2020 年 11 月 10 日

第 1 页 (共 2 页)

其他事项参见续页

其他材料

个人师德师风情况

作为一名教育工作者，我始终以高尚的师德和扎实的业务能力严格要求自己，致力于为学生提供优质的教育服务。在教学工作中，我坚守师德规范，积极奉献，潜心钻研，以学生为中心，努力做到为人师表、教书育人。

一、为人师表

作为一名教师，我深知自己的言行对学生的影响重大。因此，我始终坚持以身作则，以高尚的品德和正确的价值观引导学生。在工作中，我严格遵守学校的各项规章制度，尊重同事，关爱学生，树立了良好的师德形象。

二、积极奉献

在教育工作中，我时刻以学生的发展和学校的进步为己任，勇于承担责任，无论在课内还是课外，都尽心尽力为学生服务。积极参与学校组织的各项活动，奉献自己的时间和精力，努力为学生创造一个良好的学习环境。在暑假期间，期间带领学生对中联重科、硕博、中联环境等企业开展企业调研参观，提高学生对企业的了解。并带领学生参与创新创业、中国机器人及人工智能大赛、金砖机器人比赛、成图大赛等，获得国赛一等奖等奖项。

三、钻研教学

作为一名教育工作者，我始终保持对教育事业的热情和钻研精神。为了提高教学质量，我不断学习新的教育理念和教学方法，并将其应用于实际教学中。通过反思和总结，我不断完善教学策略，提升课堂效果，力求让每一堂课都充满生机和活力。2023 年度总自然折算课时 590 课时。指导多人毕业设计，就业率 100%。2024 年度上半年课时 240 课时。开展校级公开课及院级公开课各一次。

四、以学生为中心

我深知教育的根本在于学生的发展，因此在教学中始终坚持“以学生为中心”的理念。我关注学生的个体差异，尊重他们的兴趣和需求，因材施教，帮助每一位学生发挥自己的潜力。在课堂上，我鼓励学生积极参与，培养他们的独立思考和合作能力，力求让每个学生都能在学习中获得成就感和快乐。

五、总结与展望

回顾过去，我为自己在教育工作中的努力感到自豪。同时，我也认识到自己还有许多需要提升和改进的地方。在未来的工作中，我将继续加强师德师风建设，不断提升自己的专业素养，努力成为一名更加优秀的人民教师，为学生的成长和学校的发展贡献自己的力量。

比赛优秀指导教师及社团指导老师

金砖国家技能发展与技术创新大赛组委会 一带一路暨金砖国家技能发展国际联盟

金砖赛组委会函（2023）495号

2023 一带一路暨金砖国家技能发展与技术创新大赛之 首届移动机器人竞技赛项决赛表彰决定

各参赛单位：

2023 一带一路暨金砖国家技能发展与技术创新大赛之首届移动机器人竞技决赛于 2023 年 12 月 2 日-12 月 3 日在湖南生物机电职业技术学院成功举办。根据竞赛表彰规定和选手成绩，经金砖国家技能发展与技术创新大赛组委会审核，现公布本赛项获奖情况（详见附件）。

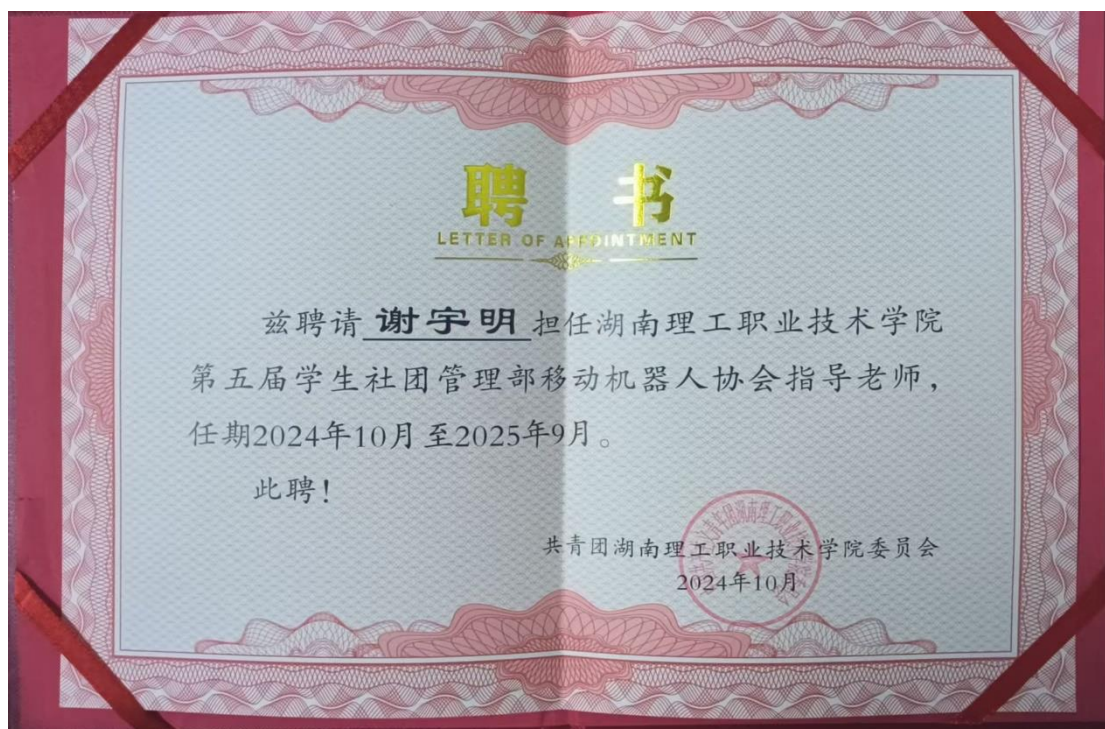
希望受表彰的个人及单位戒骄戒躁，再接再厉，继续发扬开拓创新、锐意进取的精神，将本次大赛成果转化到未来技能国际训练基地的建设中，开发以工业 4.0 为核心的智能制造、人工智能、数字技能等未来技术技能课程，培养国际化、高技术技能水平的未来技术技能人才。

附件：2023 一带一路暨金砖大赛之首届移动机器人竞技赛项决赛获奖名单。

金砖国家技能发展与技术创新大赛组委会 2023 年 12 月 11 日

附件：2023 一带一路暨金砖国家技能发展与技术创新大赛之移动机器人竞技赛项决赛 获奖名单

决赛获奖名单										
序号	单位名称	参赛选手	参赛选手	参赛选手	参赛选手	参赛选手	指导教师	指导教师	获奖等级	指导教师奖项
16	中南大学	聂红宇	陈梓琦	莫世有	胡文雨	申昕冉	田广天	邱秉晖	一等奖	优秀指导教师
17	河南理工大学	杨子豪	朱晨浩	朱环宇	刘欣婷	张晓宇	行志刚	刘建学	一等奖	优秀指导教师
18	华北水利水电大学	赵子渝	王莉	史山茹	李毓飞	郭佳桦	张昭	高丹	一等奖	优秀指导教师
19	湖南理工职业技术学院	刘娟	丁志云	李科晨	李金施	周政新	谢宇明	刘石磊	一等奖	优秀指导教师



湖南理工职业技术学院

湘理职院〔2025〕12号

关于 2024 年度考核评定结果和绩效考核奖的通报

各部门、各单位：

根据学校《湖南理工职业技术学院绩效考核方案（2024 年修订版）》（湘理职院〔2024〕23 号）、《专兼职研究人员考核办法》（湘理职院〔2020〕103 号）、《湖南理工职业技术学院专职辅导员工作考核管理办法（试行）》（湘理职院〔2024〕15 号）等文件要求，学校组织实施了 2024 年年度绩效考核工作，对全校教职工和部门、单位进行了考核。经党委会审定，现将年度考核结果予以通报（见附件）。希望获得优秀的部门、单位和个人再接再厉，

2024 年度考核评定结果及绩效考核奖

一、考核评定结果

(一) 部门、单位

先进集体：组织人事部、发展规划和重点项目建设处、教务处、智能制造学院

合格部门：党政办、宣传统战部、纪检监察处、学工保卫部、招生就业处、财务处、审计处、后勤处、国有资产管理处、离退休处、科研和校企合作中心、图书馆、团委、新能源学院、管理艺术学院、马克思主义学院

(二) 个人

优秀：曾 丹、肖前军、葛 庆、欧又瑞、向 钠、段文杰、曾小波、王泳辉、朱 彬、刘湘晖、肖慧慧、张要锋、朱菁菁、扶敏摇、胡 萍、张腾洲、张 麟、李 慧、晏存育、张芳瑜、曾弋丁、谢 旺、杨 昉、肖 珺、曹 辉、王 鹏、张 扬、周冠兰、宋乃冰、李 云、谭 强、唐 娟、许曦予、唐启贤、肖 烨、朱 莉、刘佳诗、朱 睿、王 栋、余银萍、彭 芊、史振宇、何素清、陈蓓(新)、刘欣沛、周迎春、杨 波、陈 芳、李 晖、谢字明、周 唯、贺 炜、曾礼丽、邓京闻、姜 鹏、汤秋芳、胡明先、李雅倩、何 婷、杨 菲、

二、记功和嘉奖结果（在编在岗人员中考核优秀人员）

（一）记功

曾 丹、段文杰、朱菁菁、姜 鹏、杨 波、陈揆能、
张芳瑜、朱 睿、田 野

（二）嘉奖

肖前军、葛 庆、欧又瑞、向 钠、曾小波、王泳辉、
朱 彬、刘湘晖、肖慧慧、张要锋、周迎春、陈 芳、
李 晖、**谢宇明**、周 唯、贺 炜、曾礼丽、邓京闻、
汤秋芳、胡明先、李雅倩、何 婷、杨 菲、贺旖琳、
鄂 娜、贾秀波、胡争艳、杨正莲、谢 娟、吕 爽、
彭艳洁、张 倩、李炜钦、郭伶懿、蔡斯凡、易 铮、
兰俊才、张清小、向云南、余银萍、史振宇、何素清、
陈蓓(新)、刘欣沛、胡 萍、张腾洲、张 麟、李 慧、
晏存育、曾弋丁、谢 旺、杨 昉、肖 珺、王 鹏、
宋乃冰、谭 强、唐 娟、朱 莉、刘偲艳

湖南理工职业技术学院

湘理职院〔2024〕9号

关于2023年度考核评定结果和绩效考核奖的通报

各部门、各单位：

根据《湖南理工职业技术学院绩效考核方案（2023年修订版）》（湘理职院〔2023〕50号）、《专兼职研究人员考核办法》（湘理职院〔2020〕103号）等文件要求，学校组织实施了2023年年度绩效考核工作，对全校教职工和部门、单位进行了考核。经党委会审定，现将年度考核结果予以通报（见附件）。希望获得优秀的部门、单位和个人再接再厉，希望全体教职工向先进看齐，努力工作，为学校实现“四一两全”战略目标和“双高”目标任务

— 1 —

作出更大的贡献。

特此通报。

附件：2023年度考核评定结果及绩效考核奖

湖南理工职业技术学院
2024年3月12日

(四) 专任教师

- 一等奖: 周迎春、刘阳京、周 唯、刘 堃、曾礼丽、李 晖、
汤秋芳、胡争艳、谢 娟、杨 菲、姜 鹏、贾秀波、
彭艳洁、黄致勇
- 二等奖: 文 立、颜爱平、黄国庆、张晓玲、唐建华、海 源、
黄喜云、陈黎明、邓京闻、贺 炜、谭世威、鄂 娜、
滕 东、高瑜琴、何 婷、吴爱华、陈思超、代 锋、
贺旖琳、郭清华、尹 晖、田 灿、唐 芳、陈 娜、
张 倩、张熳贤、曹 屿、王 乐
- 三等奖: 周 啸、丁佳慧、雷满丽、周星岚、谢宇明、李姝娟、
赵 斌、韩维敏、孙定中、李 艳、冯 鸥、胡明先、
杨 卉、李雅倩、刘艳云、刘立薇、吕 爽、朱 琴、
吴红平、邓昌亚、宋 毓、郭 滔、章 纯、曹 秀、
李炜钦、蔡斯凡、郭伶俐、李培云

(五) 辅导员

- 一等奖: 周 真、王 栋、文 茗、陈胤余
- 二等奖: 余银萍、何芳凝、李则君、朱 睿、彭 芊、张 洋
- 三等奖: 窦雅珩、蔡瑞云、姜 维、杨 威、李扬琴、宁 浪

(六) 专职研究员

- 二等奖: 刘偲艳

