**模板（三）**

**青岛市科学技术奖提名公示内容**

（2022年度）

**一、项目名称**

基于指数趋近律模糊滑模控制驱动系统的电动车辆市场化应用

**二、推荐单位（专家）及推荐意见**

我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。按照要求，我单位及完成人所在单位均进行了公示，确认完成人、完成单位排序无异议。该项目的基于指数趋近律模糊滑模控制驱动系统的电动车辆市场化应用，奖励类别：属于“智造创新类”，依托山东省重点研发计划项目《四轮驱动纯电动汽车的关键技术研究》（编号：2016GGX105008，科技报告编号：49557059X-2016GGX105008/01）的四轮驱动技术及变结构双速电机、变电压双速电机的技术在工程机械中的市场化应用，本项目在国内率先发明了电动车辆的前、后轴分别由相同规格的电机独立驱动，前、后轴电机分别设计为二挡变速箱变速，前、后轴二挡变速箱的高速挡相同、低速挡不同，实现前轴低速挡为工作工况，后轴低速挡为失速工况而产生大的铲入力的功能；前、后轴电机通过同步偏差耦合模糊控制，实现相对同步工作，达到电机的均衡性；通过改进指数趋近律模糊滑模控制，实现电机的运行稳定性、可靠性，提高了电机的效率，改善车辆工作的性能，并成功产业化，本项目产品成功在山东明宇重工机械有限公司进行产业化，在山东枣庄大禹水务发展集团有限公司进行推广应用, 累计新增销售收入72152.65万元，新增利润3217.02万元，新增税收927万元，具有显著的经济效益和社会效益。获得授权中国发明专利六项，总体技术达到国内领先水平。

参照青岛市科学技术奖申报和推荐基本条件,同意提名该项目申报青岛市科学技术进步奖壹等奖。

**三、推荐等级**

科学技术进步奖壹等奖

**四、项目简介**

目前工程机械由于是内燃机作动力，特别是装载机通过液力变扭器传输动力，存在驱动效率低、能耗高、动力性、维护量大及系统性能差等问题,所以，电动工程机械是当前技术创新的热点，也是未来工程机械的发展方向。

主要技术内容：

⑴项目依托山东省重点研发计划项目《四轮驱动纯电动汽车的关键技术研究》的技术在国内率先发明了电动车辆特别是电动装载机的前、后轴分别由电机独立驱动，前、后轴电机设计为二挡变速机构，高速挡相同、低速挡不同，实现前轴低速挡工作速度6km/h，后轴低速挡失速工况为小于1.5km/h，取代液力变扭器增大扭矩而产生大的驱动力，实现大的输出力矩，提高工作效率、减少维护工作量、节约能源，实现工程机械绿色环保、节能减排、安全性高，降低生产成本，具有广阔的市场发展前景。

⑵ 该项目采用前、后轴双电机独立驱动系统，通过采用偏差耦合同步控制策略实现前、后轴驱动电机的同步性能，针对偏差耦合控制策略中的传统的转速补偿器存在调节时间长，稳态性能、同步精度较差的问题，提出了一种基于最小转速的新型同步转速补偿控制方法，并在转速补偿器中引入了最小转速概念，将转速差值经过转速补偿增益放大后，与平均转速误差的和作为目标电机的速度补偿值，使各电机之间的同步误差大大减小，同步性能和精度更高，受到干扰时的调节时间更短，控制结构有所简化。

⑶ 通过改进指数趋近律模糊滑模控制，实现驱动电机的运行稳定性、可靠性，提高了电机的效率，改善车辆工作的性能：该项目在传统滑模控制方法的基础之上，对滑模控制中的指数趋近律进行了改进，结合模糊控制算法，优化单个驱动电机的转矩输出性能以及调速性能。改进后的指数趋近律，系统运动点趋近滑模面时的速率更大，到达时间更短，改善原点处产生较大稳态抖振的问题，在稳态时，系统运动点稳定于原点，减小了稳态时的抖振，使系统具有更好的稳态性能，电机响应速度更快、抗扰动性更强，具有良好的调速性能和更平稳的转矩输出特性，电机输出转矩更平稳，波动更小，鲁棒性好，改善了电机的输出性能。

⑷ 该项目具有限区域无人驾驶功能，装载机工作环境恶劣，行驶路面复杂，无人驾驶除了需要完成自主行走外，还需要对目标物进行自主铲掘、举升和卸载，为提高装载机工作过程的智能化、安全化以及高效能，该项目针对装载机工作环境及工作特点，通过红外、视觉等传感设备感知外界环境信息，并把该信息传给驾驶决策控制模块，当装载机在道路上行驶时，遇到障碍物要实现避障，路径规划以及轨迹跟踪等功能。当装载机在作业时，通过热红外传感器判断料堆是否有人，如果有人系统通过声音提示提前预警，提高作业的安全性。

装载机的电动化、智能化升级，提升了市场竞争力，累计新累计新增销售收入72152.65万元，新增利润3217.02万元，新增税收927万元，产生显著的经济效益和社会效益，为我国乃至世界电动车辆的创新应用探讨了新的路径。

已获发明专利7项、实用新型专利3项，发表专业学术论文5 篇，培养研究生60多人，培养年青教师 20 多人。

**五、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 发明专利 | 基于改进指数趋近律的永磁同步电机模糊滑模控制方法 | 中国 | 2020115736899 | 2022.06.07 | 5210216 | 山东科技大学 | 刘宗锋王庆洲杨凯利谢凤芹王树凤杨其玺姜宁谢凯洋韩铖李俊龙王宝云董金慧谷亦杰高歌延忠磊汪卫东宗明吉刘建波 | 有效 |
| 发明专利 | 一种电动汽车多驱动电机偏差耦合转速同步控制方法 | 中国 | 2021101743162 | 2022.06.06(授权通知) | 2022.08.31缴证书(年)费 | 山东科技大学；青岛凯瑞特精密机械有限公司 | 刘宗锋王宝云孙林宋旭丽杨其玺李俊龙王树凤谢凤芹韩铖高歌王强杨凯利姜宁宗明吉董金慧谷亦杰王庆洲汪卫东刘建波刘俊龙谢凯洋张俊友 | 有效 |
| 发明专利 | 一种电动汽车永磁同步驱动电机自抗扰控制方法 | 中国 | 2021101743177 | 2022.04.22 | 5103530 | 枣庄学院；山东正泰希尔专用汽车有限公司；刘宗锋 | 宗明吉董金慧宋旭丽孙林刘宗锋王强王树凤谢凤芹史立伟杨其玺姜宁谢凯洋韩铖李俊龙王宝云杨凯利高歌谷亦杰王庆洲汪卫东刘建波张俊友刘俊龙 | 有效 |
| 发明专利 | 一种无人驾驶电动汽车的编队控制系统 | 中国 | 2020106721803 | 2021.08.03 | 4588100 | 山东科技大学 | 王树凤陈满祥孙文盛张俊友孙福鑫袁亚东刘哲崔国臣李志豪 | 有效 |
| 发明专利 | 电动托盘车转向驱动装置 | 中国 | 2021111028706 | 2021.12.31 | 4876374 | 山东明宇重工机械有限公司 | 衣学航牟德斌孙鑫张智斌林怡帆 | 有效 |
| 发明专利 | 一种基于穿戴设备信号源的汽车盲区预警系统和方法 | 中国 | 2018112674535 | 2022.07.08 | 5295594 | 山东科技大学 | 王树凤李志豪崔国臣 | 有效 |
| 发明专利 | 具有抖动功能的装载机拾取装置 | 中国 | 2021100590920 | 2021.03.30 | 4330989 | 山东明宇重工机械有限公司 | 衣学航陈洪庆邱冠玮王国皓王超 | 有效 |
| 实用新型 | 模块化装载机车架 | 中国 | 2021217829135 | 2022.01.11 | 15451554 | 山东明宇重工机械有限公司 | 衣学航 | 有效 |
| 实用新型 | 新型装载机抱叉装置 | 中国 | 2021228776108 | 2022.04.08 | 16218108 | 山东明宇重工机械有限公司 | 衣学航宋林峰李言飞 | 有效 |
| 实用新型 | 特殊属具专用优先阀 | 中国 | 2021229307649 | 2022.04.08 | 16237225 | 山东明宇重工机械有限公司 | 衣学航陈洪庆尼明军郭一隆邱冠玮 | 有效 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目贡献 |
| 刘宗锋 | 1 | 无 | 教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 全面工作、动力总成研究 |
| 衣学航 | 2 | 董事长 | 无 | 山东明宇重工机械有限公司 | 山东明宇重工机械有限公司 | 电动车辆研制及市场化应用 |
| 王树凤 | 3 | 无 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 电动车辆智能化技术 |
| 杨其玺 | 4 | 无 | 助理工程师 | 比亚迪汽车工业有限公司 | 山东科技大学 | 动力总成研究 |
| 姜宁 | 5 | 无 | 助理工程师 | 冰轮环境技术股份有限公司 | 山东科技大学 | 电动装载机研制 |
| 张永强 | 6 | 董事长 | 无 | 山东枣庄大禹水务发展集团有限公司 | 山东枣庄大禹水务发展集团有限公司 | 电动车辆市场化应用 |
| 刘晋霞 | 7 | 支部书记 | 副教授 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 电动车辆智能化研究 |
| 韩铖 | 8 | 无 | 助理工程师 | 海尔集团公司 | 山东科技大学 | 电动车辆的动力系统研究 |
| 侯杰 | 9 | 项目经理 | 工程师 | 山东明宇重工机械有限公司 | 山东明宇重工机械有限公司 | 电动车辆研制及市场化应用 |
| 张沙沙 | 10 | 无 | 助理工程师 | 山东黄河三角洲纺织科技研究院有限公司 | 山东科技大学 | 电动车辆的电源系统 |
| 李俊龙 | 11 | 无 | 硕士生 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 电动车辆的动力系统研究 |
| 王宝云 | 12 | 无 | 硕士生 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 电动车辆的动力系统研究 |
| 杨凯利 | 13 | 无 | 硕士生 | 山东科技大学 | 山东科技大学 | 电动车辆的动力系统研究 |

注：“主要完成人情况”摘自“主要完成人情况表”中的部分内容，公示姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献。

**八、主要完成单位情况**

1. 第一完成单位：

山东科技大学建校于1951年，是一所工科优势突出，行业特色鲜明，工学、理学、管理学、文学、法学、经济学、艺术学等多学科相互渗透、协调发展的山东省重点建设应用基础型人才培养特色名校和高水平大学“冲一流”建设高校。“十三五”以来，学校承担国家级科研项目527项，省部级项目923项。获得省部级以上科研奖励251项，其中获国家科学技术进步二等奖2项、国家技术发明二等奖2项。授权国家发明专利2100余项。

学校作为第一完成单位与山东明宇重工机械有限公司、山东枣庄大禹水务发展集团有限公司等合作，该项目的第1、3、7完成人是学校的在职工作人员，第4、5、8、10完成人是学校的毕业硕士研究生，第11、12、13完成人是学校的在读硕士研究生，第2、6、9完成人是合作单位工作人员，利用山东科技大学的技术力量，借助山东明宇重工机械有限公司等公司的生产、研发、销售等平台及山东枣庄大禹水务发展集团有限公司的产品应用平台进行项目创新与应用，在本项目研究过程中，授权了10 项专利，其中发明专利7项，发表相关的学术论文5篇，完成了省科技项目1项，获得省级科技奖1件，为电动车辆的研发与推广应用奠定了基础，项目技术应用于装载机企业进行产品的电动化研制并产业化。

2. 第二完成单位：

山东明宇重工机械有限公司成立于1996年，注册资本9000万元，公司占地面积20万平方米。公司从业16年来，在通用设备制造业轻小型起重设备制造的特殊小型装载机领域内现发展为亚洲最大的专业打造世界一流的小型轮式装载机等工程机械系列产品整装设备一体化研发生产基地及全国小型装载机旗舰企业。主导产品因质量远超国标，市场占用率达到45%以上，全省排名第一位，广泛应用于抗疫方舱隔离点建设、农业、工厂、矿山、码头、物流仓储等领域基础建设及物资装卸。

公司通过持续技术创新使用先进的自动控制技术，提高小型工程机械的技术性能指标，使其具有节能、高效和自动适应负载变化的特点。工艺研发上在国内率先成功研制了小型工程机械分组模块自动化生产技术，实现工件制造全过程自动化，多项技术填补国内空白，打破了欧美国家的技术垄断，实现从产品设计、加工工艺、电气程序等全方面的技术突破，产品综合技术水平达到国际先进水平，产品遍布全国31个省市自治区的营销网络并建立了400多家经销网点。

企业通过工程机械电动化、智能化的产业化应用，累计新增销售收入72152.65万元，新增利润3217.02万元，新增税收927万元，产生显著的经济效益和社会效益。

3. 第三完成单位：

山东枣庄大禹水务发展集团有限公司（简称大禹水发集团）成立于 2021年11月，1系台儿庄区属国有企业。下设枣庄大禹水利工程有限公司、枣庄市润禹水务供水有限公司、枣庄大禹供水有限公司、枣庄润源建设发展有限公司、枣庄宏禹数字科技有限公司、山东海宸钢结构工程有限公司 6 家子公司，是一家集城乡供水、基建工程、供应链贸易、数字科技等为一体的综合型企业。

该项目第一完成人刘宗锋是我集团公司柔性引进的专家人才，与该集团公司长期合作，主要利用该集团公司的市场、资金实力，实现基于指数趋近律模糊滑模控制驱动系统的电动车辆市场化应用。