

# 一、项目名称

新型驱动电机及其控制系统关键技术

# 二、推荐单位

中国矿业大学

# 三、项目简介

本项目属电机及其控制领域。电机驱动系统是工厂自动化和办公自动化装备的重要组成部分，高性能电机驱动系统及其控制是电气自动化装备的核心技术之一，与国民经济的发展密切相关，倍受学术界和产业界的关注。开关磁阻电机驱动系统结构坚固耐用、制造和维护方便，调控性能好，四象限控制灵活，起动力矩大而起动电流小，容错能力强，具有广阔的应用前景。本项目通过产学研合作，攻克和掌握开关磁阻电机系统**电磁特性精确模拟、功率变换器叠层母排设计杂散电感提取、可靠的转子位置信息获取及系统性能匹配实时反馈和平滑运行**等影响开关磁阻电机驱动系统大规模推广应用的关键技术，形成了我国自主知识产权，占领了国际知识产权制高点，推动了开关磁阻电机驱动系统产业化，取得了如下创新成果：

(1) 发明了一种开关磁阻电机系统精确模型建模方法，**解决了开关磁阻电机系统电磁特性精确模拟的难题**，实现了开关磁阻电机系统实时仿真与控制，为其输出转矩消脉动和无位置传感器运行打下了坚实基础。

(2) 发明了一种开关磁阻电机功率变换器杂散电感提取方法，**为降低电力电子器件电压应力、抑制电磁干扰，解决了开关磁阻电机功率变换器叠层母排设计杂散电感提取的难题**。能进行带负载状态下的杂散电感测试，无需测试电流变化率、降低了实验测试难度。

(3) 发明了开关磁阻电机位置传感器故障诊断、定位及容错控制方法和无位置传感器控制方法，**解决了位置传感器易故障影响系统可靠运行的难题**，并实施了系统可靠性定量评估。根据全部位置传感器输出信号相邻两个上升沿脉冲顺序判断是否有位置传感器故障，设置故障诊断缓冲区间，避免误诊断的发生，通过辨别上升沿脉冲来源的位置传感器输出信号，对位置传感器故障定位；实现了开关磁阻电机位置传感器故障容错运行、不受电机偏心影响的启动及四象限无位置传感器运行、系统可靠性三级马尔科夫模型定量评估。

(4) 发明了一种分布模块方式驱动电机闭环测控系统，设计了驱动电机控制、检测和智能管理软件，**解决了驱动电机系统参数匹配、控制策略优化中供电电源、驱动电机系统及负载之间性能匹配实时反馈难题**，实现了宽调速范围无缝切换平滑运行和制动转矩闭环运行，拓宽了应用领域。

获美国专利授权 2 件、澳大利亚专利授权 7 件、加拿大专利授权 1 件、俄罗斯专利授权 2 件、**中国发明专利授权 15 件**，登记中国软件著作权 5 件，在国际重要学术期刊 IEEE Trans. on Industrial Electronics、IEEE/ASME Trans. on Mechatronics、IEEE Trans. on Magnetics、IEEE Trans. on Plasma Science、IEEE Trans. on Applied Superconductivity 和 IET Electric Power Applications 上发表了 **SCI 检索论文 18 篇**。

# 四、推广应用情况

已在国内知名电动汽车制造企业、煤矿制造与生产企业、电动园林工具制造企业、电梯制造企业、机器人行业实施了应用，取得了显著的经济与社会效益。



## 六、主要知识产权证明目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	一种计及铁损耗的开关磁阻电机相电感估测方法	中国	ZL201510405878.8	2017年12月12日	2737460	中国矿业大学	陈昊, 王千龙	有效
授权发明专利	Method for estimating phase inductance of switched reluctance electric motor that takes iron loss into consideration	澳大利亚	2015402126	2018年3月8日	2015402126	中国矿业大学	Chen Hao, Wang Qianlong	有效
授权发明专利	一种机电能量转换开关磁阻电机模拟方法	中国	ZL201510802148.1	2018年3月9日	2840157	中国矿业大学	陈昊, 梁燕	有效
授权发明专利	一种开关磁阻电机建模方法	中国	ZL201510247960.2	2017年8月25日	2587612	中国矿业大学	陈昊, 梁燕	有效
授权发明专利	一种开关磁阻电机功率变换器杂散电感提取方法	中国	ZL201410599323.7	2017年1月25日	2359766	中国矿业大学	陈昊, 王青, 鑫, 赵仁明, 程鹤, 王千龙	有效
授权发明专利	一种四相开关磁阻电机四只位置传感器故障诊断与定位方法	中国	ZL201410749047.8	2017年4月19日	2459846	中国矿业大学	陈昊, 韩国强, 程鹤, 王千龙, 王青, 王星	有效
授权发明专利	Trouble-shooting and fault-locating method for four position sensors of four-phase switched reluctance motor	澳大利亚	2015360193	2018年5月17日	2015360193	中国矿业大学	Chen Hao, Han Guoqiang, Cheng He, Wang Qianlong, Wang Qing, Wang Xing	有效
授权发明专利	一种开关磁阻电机位置传感器故障容错控制方法	中国	ZL201410745779.X	2017年1月25日	2359965	中国矿业大学	陈昊, 韩国强, 程鹤, 王千龙, 王青, 王星	有效

				日				
授权发明专利	Fault-tolerant control method for position sensor of switched reluctance motor	美国	US9923496B2	2018年3月20日	U00S9923496B2	中国矿业大学	Chen Hao, Han Guoqiang, Cheng He, Wang Qianlong, Wang Qing, Wang Xing	有效
授权发明专利	Fault-tolerant control method for position sensor of switched reluctance motor	澳大利亚	2015361700	2018年2月8日	2015361700	中国矿业大学	Chen Hao, Han Guoqiang, Cheng He, Wang Qianlong, Wang Qing, Wang Xing	有效
授权发明专利	Fault-tolerant control method for position sensor of switched reluctance motor	俄罗斯	2637492	2017年12月5日	2637492	中国矿业大学	Chen Hao, Han Guoqiang, Cheng He, Wang Qianlong, Wang Qing, Wang Xing	有效
授权发明专利	一种开关磁阻电动机无转子位置传感器控制方法	中国	ZL 201410210246.1	2016年8月10日	2166397	中国矿业大学	陈昊, 曾辉	有效
授权发明专利	一种三相开关磁阻电机四象限无位置传感器控制方法	中国	ZL 201610428385.0	2018年5月29日	2940728	中国矿业大学	陈昊	有效
授权发明专利	一种四相开关磁阻电机四象限无位置传感器控制方法	中国	ZL 201610428363.4	2018年5月29日	2939908	中国矿业大学	陈昊	有效
授权发明专利	机电能量转换双边开关磁阻直线电机转子位置估测方法	中国	ZL 201510757816.3	2017年11月28日	2715926	中国矿业大学	陈昊, 王千龙, 王星	有效
授权发明专利	Rotor position estimation method for electromechanical energy conversion bilateral switched reluctance linear motor	澳大利亚	2015408849	2018年3月22日	2015408849	中国矿业大学	Chen Hao, Wang Qianlong, Wang Xing	有效
授权发明专利	三级马尔科夫模型定量分析开关磁阻电机系统可靠性评估方法	中国	ZL 201510580357.6	2018年1月5日	2766193	中国矿业大学	陈昊, 徐帅, 董金龙, 王星	有效

授权发明专利	Method for quantitative evaluation of switched reluctance motor system reliability through three-level Markov model	澳大利亚	2015381975	2017年11月9日	2015381975	中国矿业大学	Chen Hao, Xu Shuai, Dong Jinlong, Wang Xing	有效
授权发明专利	一种电动汽车动力电子多功能测试系统	中国	ZL201410387361.6	2018年5月18日	2930108	南京理工大学自动化研究院有限公司	彭富明, 方斌, 姚磊	有效
软件著作权	汇川新能源车驱动控制软件[简称: IEVDS] V1.0	中国	2012SR025086	2012年3月31日	软著登字第0393122号	苏州汇川技术有限公司	杨睿诚	有效
软件著作权	汇川电动汽车制动控制软件[简称: EV_RISI_BRAKE] V1.0	中国	2017SR561329	2017年10月11日	软著登字第2146613号	苏州汇川技术有限公司	杨睿诚	有效
软件著作权	电动车驱动电机检测软件 V1.0	中国	2014SR212311	2014年12月26日	软著登字第0881541号	南京金龙新能源汽车研究院有限公司	诸萍	有效
软件著作权	金龙车辆助力电机智能管理软件 V1.0	中国	2015SR111807	2015年6月23日	软著登字第0998893号	南京金龙新能源汽车研究院有限公司	诸萍	有效
软件著作权	金龙汽车智能静态转速智能控制软件 V1.0	中国	2015SR111811	2015年6月23日	软著登字第0998897号	南京金龙新能源汽车研究院有限公司	诸萍	有效
授权发明专利	Switch reluctance motor wide speed-regulation range cross-control method	美国	US 9979342B2	2018年5月22日	US 009979342B2	中国矿业大学	Chen Hao, Cheng He, Yang Zhou, Wang Qing, Wang Qianlong, Huang Weilong	有效

授权发明专利	Switch reluctance motor wide speed-regulation range cross-control method	澳大利亚专利	2015341253	2018年2月15日	2015341253	中国矿业大学	Chen Hao, Cheng He, Yang Zhou, Wang Qing, Wang Qianlong, Huang Weilong	有效
授权发明专利	Switch reluctance motor wide speed-regulation range cross-control method	俄罗斯	2639886	2017年12月25日	2639886	中国矿业大学	Chen Hao, Cheng He, Yang Zhou, Wang Qing, Wang Qianlong, Huang Weilong	有效
授权发明专利	一种开关磁阻电机制动转矩闭环控制系统及方法	中国	ZL 201410773037.8	2017年2月22日	2390397	中国矿业大学	陈昊, 程鹤, 杨洲, 王青, 王千龙, 王星	有效
授权发明专利	Braking torque closed-loop control system and method for switched reluctance motor	澳大利亚	2015366775	2017年11月16日	2015366775	中国矿业大学	Chen Hao, Cheng He, Yang Zhou, Wang Qing, Wang Qianlong, Wang Xing	有效
授权发明专利	Braking torque closed-loop control system and method for switched reluctance motor	加拿大	2943656	2018年6月28日	2943656	中国矿业大学	Chen Hao, Cheng He, Yang Zhou, Wang Qing, Wang Qianlong, Wang Xing	有效
授权发明专利	基于电机驱动的离心加速发射装置	中国	ZL201410484676.2	2015年8月19日	1758733	南京理工大学	郭健, 易德亮, 罗春, 陈永亮, 朱孟韬, 章伟, 胡楠, 仲露	有效
授权发明专利	自动码垛图书装置	中国	ZL201310413887.2	2015年12月23日	1893834	南京理工大学	郭健, 肖晓伟, 张新宇, 赵鑫, 邹亦萍	有效

## 七、完成人情况表

姓 名	陈昊		性 别	男	排 名	1
出生年月			出生地		民 族	
身份证号			党 派		国 籍	
行政职务			归国人员		归国时间	
工作单位	中国矿业大学		所在地	江苏徐州	办公电话	
家庭住址					住宅电话	
通讯地址					邮政编码	
电子信箱					移动电话	
毕业学校		文化程度			毕业时间	
技术职称	教授	专业、专长			最高学位	
完成单位	中国矿业大学					
所在地	江苏徐州				单位性质	部属院校
曾获科技奖励情况		新型开关磁阻电机及其控制技术、教育部技术发明奖、二等奖、2013年1月、1/4 新型开关磁阻电机系统及其关键技术、江苏省科技进步奖、二等奖、2017年2月、1/9				
参加本项目起止时间		自 2012-1-1 至 2015-12-31				
本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）						
本人对该项目《主要技术发明》栏中所列第 1、2、3 项和第 4 项部分发明做出了创造性贡献(见附件材料中的第 1-18 、25-30 件授权发明专利证书，其中 2 件授权美国专利、7 件授权澳大利亚专利、1 件授权加拿大专利、2 件授权俄罗斯专利、12 件授权中国发明专利)。IEEE Trans. on IE、TMECH、MAG、PS、AS 和 IET EPA 上发表的 18 篇 SCI 检索论文的第一作者和通信作者。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。						
声 明	本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。					
	本人签名： 年 月 日					

## 七、完成人情况表

姓 名	郭健		性 别	男	排 名	2
出生年月			出生地		民 族	
身份证号			党 派		国 籍	
行政职务			归国人员		归国时间	
工作单位	南京理工大学	所在地	江苏南京		办公电话	
家庭住址					住宅电话	
通讯地址					邮政编码	
电子信箱					移动电话	
毕业学校		文化程度			毕业时间	
技术职称	教授	专业、专长			最高学位	
完成单位	南京理工大学					
所在地	江苏南京				单位性质	部属院校
曾获科技奖励情况	基于能量回馈与自适应控制的电梯驱动控制与节能技术与应用、江苏省科技进步奖、三等奖、2017年11月、1/7 XXX 控制技术研究、国防科技进步奖、二等奖、2009年12月、3/5					
参加本项目起止时间	自 2012-1-1 至 2015-12-31					
本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）  本人对该项目《主要技术发明》栏中所列第 4 项部分发明做出了创造性贡献(见附件材料中的第 31、32 件授权中国发明专利证书)。针对该新型电机，设计并开发了驱动控制系统，并在机器人系统、电梯系统上进行了推广应用。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。						
声 明	本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。  <div style="text-align: right;">                     本人签名：                      年 月 日                 </div>					



## 七、完成人情况表

姓 名	彭富明		性 别	男	排 名	3
出生年月			出生地		民 族	
身份证号			党 派		国 籍	
行政职务			归国人员		归国时间	
工作单位	南京理工自动化研究院有限公司	所在地	南京		办公电话	
家庭住址					住宅电话	
通讯地址					邮政编码	
电子信箱					移动电话	
毕业学校		文化程度			毕业时间	
技术职称	研究员级高级工程师	专业、专长			最高学位	
完成单位	南京理工自动化研究院有限公司					
所在地					单位性质	民营
曾获科技奖励情况		新型开关磁阻电机系统及其关键技术、江苏省科技进步奖、二等奖、2017年2月、2/9				
参加本项目起止时间		自 2012-1-1 至 2015-12-31				
本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）						
<p>本人对该项目《主要技术发明》栏中所列第 4 项部分发明做出了创造性贡献(见附件材料中的第 19 件授权中国发明专利证书)。设计并开发了电动车开关磁阻电机驱动控制系统，并进行了推广应用。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。</p>						
声 明	<p>本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。</p> <p style="text-align: right;">本人签名： 年 月 日</p>					

## 七、完成人情况表

姓 名	徐志浩		性 别	男	排 名	4
出生年月	1992-3-18		出生地		民 族	
身份证号			党 派		国 籍	
行政职务			归国人员		归国时间	
工作单位	淮北思尔德电机责任有限公司	所在地	安徽淮北		办公电话	
家庭住址					住宅电话	
通讯地址					邮政编码	
电子信箱					移动电话	
毕业学校		文化程度			毕业时间	
技术职称	初级	专业、专长			最高学位	
完成单位	淮北思尔德电机责任有限公司					
所在地	安徽淮北				单位性质	民营
曾获科技奖励情况		无				
参加本项目起止时间		自 2012-1-1 至 2015-12-31				
本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）						
<p>本人对该项目《主要技术发明》栏中所列第 4 项部分发明进行了工程实践，将本项目技术应用于矿用电机车、矿用胶带输送机、矿用刮板输送机、矿用调度绞车及矿用局部通风机，减少了上述煤矿井下开采设备维护量，提高了其运行可靠性、经济性，延长了其使用寿命；提高了煤炭开采量和生产效率，并且节电效果显著；提高了煤矿企业经济效益、减少了不安全因素和降低了事故率，并排名第一申请中国发明专利 2 件(见附件材料中的应用证明 8、9 和中国发明专利受理通知书)。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。</p>						
声 明	<p>本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。</p> <p style="text-align: right;">本人签名： 年 月 日</p>					

## 七、完成人情况表

姓 名	杨睿诚	性 别	男	排 名	5
出生年月	1982-08	出生地		民 族	
身份证号		党 派		国 籍	
行政职务		归国人员		归国时间	
工作单位	苏州汇川技术有限公司	所在地	江苏苏州	办公电话	
家庭住址				住宅电话	
通讯地址				邮政编码	
电子信箱				移动电话	
毕业学校		文化程度		毕业时间	
技术职称	中级-电气工程师	专业、专长		最高学位	
完成单位	苏州汇川技术有限公司				
所在地	江苏苏州			单位性质	民营
曾获科技奖励情况	无				
参加本项目起止时间	自 2012-1-1 至 2015-12-31				
<p>本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）</p> <p>本人对该项目《主要技术发明》栏中所列第 4 项部分发明做出了创造性贡献(见附件材料中的第 20、21 件中国软件著作权证书)。设计并开发了电动车开关磁阻电机驱动控制软件，并进行了电动车开关磁阻电机驱动系统推广应用。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。</p>					
<b>声 明</b>	<p>本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。</p> <p style="text-align: right;">本人签名： 年 月 日</p>				

## 七、完成人情况表

姓 名	诸萍		性 别	女	排 名	6
出生年月	1976-7-17		出生地		民 族	
身份证号			党 派		国 籍	
行政职务			归国人员		归国时间	
工作单位	南京金龙新能源汽车研究院有限公司		所在地		办公电话	
家庭住址					住宅电话	
通讯地址					邮政编码	
电子信箱					移动电话	
毕业学校		文化程度		毕业时间		
技术职称	中级	专业、专长		最高学位		
完成单位	南京金龙新能源汽车研究院有限公司					
所在地					单位性质	民营
曾获科技奖励情况		无				
参加本项目起止时间		自 2012-1-1 至 2015-12-31				
本人对本项目技术创造性贡献：（限 300 字）						
<p>本人对该项目《主要技术发明》栏中所列第 4 项部分发明做出了创造性贡献(见附件材料中的第 22、23、24 件中国软件著作权证书)。设计并开发了电动车开关磁阻电机驱动系统检测和智能管理软件，并进行了电动车开关磁阻电机驱动系统推广应用。本人在该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的 90%。</p>						
声 明	<p>本人严格按照要求，如实提供了本推荐书及相关材料，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等有关法律法规的情形，如有不符，本人愿意承担相关后果并接受相应的处理。</p> <p style="text-align: right;">本人签名： 年 月 日</p>					