

# 安徽省科学技术进步奖公示内容

## 一、项目基本信息

项目名称	复杂工况下高效异步牵引电机设计与制造技术
完成单位	安徽皖南电机股份有限公司、安徽大学
主要完成人	赵吉文、孙跃、许锋、赵云峰、宋俊材、陈蕾、杨静、王晓春、吴学钎、董群希

## 二、提名意见

1、提名者：宣城市科技局

### 2、提名意见：

安徽皖南电机股份有限公司与安徽大学合作完成的“复杂工况下高效异步牵引电机设计与制造技术”成果，是系统研究复杂工况异步牵引电机的原创性成果。

该项目创新复杂工况异步牵引电机发展关键技术，并进行产业化应用，取得了显著经济效益和社会效益。一是创新了转矩性能综合提升技术，提出了基于极限学习机快速建模鲁棒性全局优化方法，实现了电机的转矩性能和多工况加载的适应性。突破了传统有限元无法兼顾优化计算效率与精度的问题，降低了电机性能过度依赖加工精度的行业困扰。二是自主研发了具有自主知识产权的绕组模具、防撞刀具、夹具及检具等新装备新工艺，提高了关键零部件加工制造的精度和效率，保证了电机的设计性能和实际性能的一致性，解决了理论设计与实际生产不一致的行业难题。三是设计了基于 CCD 高速相机的转矩性能非接触图像测量系统，实现了测量的实时性、抗干扰性及测量精度。解决了了传统接触式测量方法干预现场生产、引入干扰的先天不足。

项目成果获授权发明专利 10 项、实用新型专利 7 项，在“IEEE TIE”等国际顶级刊物发表 SCI 索引文章 12 余篇（影响因子 7.0 以上 5 篇）。研发并生产出复杂工况异步牵引电机（YE4, YFB, TYZ 等 10 多个系列，700 多个规格等系列电机产品），并成功中标工信部工业强基工程项目“低速大转矩智能节能永磁驱动电机”。通过本项目的研发，安徽皖南电机股份有限公司自 2016 年起至 2018 年，三年新增产值超过 22.38 亿元，利税达到 5.63 亿元，具有明显的经济和社会效益。

我单位提名该项目为安徽省科学技术进步奖一等奖。

## 三、项目简介

复杂工况异步牵引电机是**动车组机车试验台**、矿山机、盾构机、金属破碎机等超大型工业机械装备的**核心部件**。受理论和关键技术的限制，我国该类电机市场长期被国外厂商垄断，**受到国外的制约**。因此，研究并开发出高品质复杂工况异步牵引电机产品，对国家工业装备的发展具有重大的科技意义。

复杂工况异步牵引电机需要具有**多环境适应性和多工况兼容性**。因此，要求

电机的设计方法具有快速全局性和鲁棒性，以保证电机在性能提升的同时降低对加工精度的依赖；要求制造装备和工艺具有高效性和精确性，以满足关键零部件的加工精度和设计要求的一致性；要求性能检测方法具有非接触性、宽适应性和瞬时性，以保证在工业生产现场不干涉电机正常运行的前提下，能够实时精确地检测出电机的转矩性能，并逆向指导电机优化设计。

安徽皖南电机股份有限公司和安徽大学联合攻关，针对大型工业装备复杂工况的特殊需求，经过 6 年多的努力，突破了相关技术瓶颈，**凝练出一套复杂工况异步牵引电机设计、制造和检测关键技术理论，成功研发并生产出复杂工况异步牵引电机，填补了国内空白，摆脱了进口依赖，处于国内领先水平并与国际先进水平接轨。**其关键创新点如下：

**1、转矩性能综合提升技术：**提出了极限学习机快速建模及多工况鲁棒优化设计方法，有效解决了传统有限元优化方法计算效率过低和电机性能过度依赖加工精度的难题。同时采用谐振二自由度控制策略，突破了抗扰动性能和跟踪性能不可同时兼顾的瓶颈，综合提升了电机的转矩性能和多工况加载的适应性。该设计理论和设计方法经在直线电机上验证使用之后，成功推广应用到复杂工况异步牵引电机及其它同类电机。

**2、电机制造加工新装备新工艺：**针对电机关键零部件加工过程中的制造误差进行统计学分析，研发了具有自主知识产权的绕组模具、防撞刀具、夹具及检具等新装备新工艺，提高了关键零部件加工制造的精度和效率，保证了电机的设计性能和实际性能的一致性。解决了传统加工装备工艺造成电机实际性能与设计性能偏差较大的困扰。

**3、转矩性能非接触式图像检测技术：**设计了基于 CCD 高速相机的转矩性能非接触图像测量系统，采用扩展相位相关算法，提取相邻帧图像的位置信息，得到转子的转速和转矩波动信息，实现了测量的实时性、抗干扰性及测量精度。满足生产调试现场转矩检测的需求，克服了传统接触式测量方法容易引入外界干扰的不足。

基于上述创新，本项目获**授权发明专利 10 项、实用新型专利 7 项，发表 SCI 论文 12 余篇（影响因子 7.0 以上 5 篇）**。研发并生产出复杂工况异步牵引电机（YE4, YFB, TYZ 等 10 多个系列，700 多个规格等系列电机产品），并成功中标**工信部工业强基工程项目“低速大转矩智能节能永磁驱动电机”**。通过本项目的研发，安徽皖南电机股份有限公司自 2016 年起至 2018 年，三年**新增产值超过 22.38 亿元，利税达到 5.63 亿元**，取得了显著的经济和社会效益。该项目的成功对**引领我国电机行业的进步，促进我国经济和社会发展发挥了重要作用**。为《中国制造 2025》和“一带一路”国家战略计划提供强有力的支持。

## 四、客观评价

### 1、产品检测报告

安徽省电机产品及零部件质量监督检验中心检验报告结果如下：以安徽皖南电机股份有限公司制造电机型号：YPKS630-6（1700V/50Hz、2600KW）为例，该样品按 GB755-2008、GB/T1032-2012 标准检验，所检验的项目符合安徽皖南电机股份有限公司研发项目“**高速动车组机车试验台用异步牵引电动机的研发**”技术要求。

## 2、科技查新报告

本项目三个查新点所述的抑制谐波方法、电机绕组绕线模等新装备工艺和图像测量实时提取转子的转矩波动方法，除项目组成员的成果外，未见其他与申报项目科学技术特点相符的中文文献报告。

## 3、企业对产品的评价

**株洲中车时代装备技术有限公司：**“与贵司自 2015 年合作以来，分别进行有检测中心 YPKS710-4 2000KW 1500V 牵引陪试、田心厂 YPKS630-6 2600KW 1700V 牵引陪试、昆明项目 YLVF500-6 550KW 690V 水冷电机及宝鸡等项目交流传动系统陪试电机广泛合作。电机在各类复杂工况下长期运行，系统性能稳定，转矩波动小，动态响应快，过载能力强，效率高，可靠性高，维护少，产品的总体效果令人满意，大大提高了动车组机车试验台可对驱动系统主要部件（如车载牵引电机、控制系统等）进行检验、标定等实验研究的精确性，我公司在后续交流传动系统陪试电机项目开发中继续使用贵司电机。”

## 4、社会评价（网站、新闻报道，地方领导参观指导）

（1）2015 年，国防科技生产力促进中心推荐“超高效率三相异步电动产品”，入编《国防军工配产品推荐目录》。

（2）2017 年，中国电器工业协会中小型电机分会授予安徽皖南电机股份有限公司为“全国中小型电机行业优秀企业”称号。

（3）2017 年，中国工程机械工业协会掘进机械分会授予公司“主驱动电机产品”为优质国产配套件产品称号。

（4）2018 年，中国产业经济信息网报道“安徽泾县致力打造全国最具影响力的电机产业基地”中，对安徽皖南电机股份有限公司给与了高度的评价。

# 五、应用情况和效益

## 1. 应用情况

项目完成单位安徽皖南电机股份有限公司、安徽大学通过联合攻关研发，成功研制了复杂工况异步牵引电动机，成功应用于株洲中车时代装备技术有限公司的电气交流传动系统陪试电机的项目中，取得了良好的应用效果。

此外，合作双方以此种电机的关键技术方案为基础，推广应用并建立了多样化产品工程化研发体系、规模化生产体系、可靠性测试试验体系、市场推广与销售体系。针对动车组机车试验台、盾构机、矿山机、数控机床、风机、水泵、军工、电动叉车、新能源电动汽车等行业应用需求，完成高转矩密度、低转矩波动、高效、高精电机的系列化研发和产业化。

自 2016 年至 2018 年 12 月底，已销售项目成果 535224 套，新增销售收入 233844.38 万元，实现利税 56314.36 万元。配套厂家则包括：株洲中车时代装备技术有限公司、南京朗驰集团机电有限公司、安庆市泰隆泵业有限责任、温州市杰诚机电设备有限公司、宜兴市华丰机电物资有限公司等 20 多家国内著名企业。

## 2. 经济效益及社会效益

经济效益				单位：万元人民币
年份	新增销售额	新增利润	新增税收	
2016	77348.2	11285.10	5723.76	
2017	71724.70	10808.92	5809.70	
2018	84771.48	13258.26	9428.62	
累计	233844.38	35352.28	20962.08	
经济效益指标的有关说明： 自2016年至2018年12月底，已销售项目成果535224套，新增销售收入233844.38万元，实现利税56314.36万元。				
社会效益				
<p>复杂工况异步牵引电机项目的设计制造成功，为行业内开发设计大功率、低电压大电流、宽变频范围电机奠定了坚实的基础，结束了该类电机依赖进口的现状，填补了国内的空白，且做到完全国产化。项目的成功实施取得了重大的理论创新和技术突破，引领国际该类型电机设计的潮流，并将理论成果和技术推广应用到了其它同类电机，如研制了YE4、DSD、YFB3等系列电机，产生了显著的社会经济效益，带动了行业的技术进步。该项目为《中国制造2025》和“一带一路”国家战略计划提供强有力的支持，对促进我国经济和社会发展都具有重要意义。</p>				

## 六、主要知识产权和标准规范等目录

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
发明专利	一种基于图像相位相关算法的电机转子位置检测方法	中国	ZL 201210090920.8	2015.01.28	1575163	安徽大学	赵吉文、黄彪	有效
发明专利	用于检测电机机座尺寸的综合检具	中国	ZL201410783983.0	2017.04.12	2445618	安徽皖南电机股份有限公司	孙跃、陈加星、吴丹、张世俊、许家伟	有效
发明专利	异步电动机机座	中国	ZL201210548421.9	2016.01.13	1920345	安徽皖南电机	孙跃、许洪清、张忠根、	有效

						股份有 限公司	饶启明、张 柯彬、欧阳 山	
发明 专利	电机机座的铸件坯料的 金加工夹具	中国	ZL201610560056.1	2018.08.17	3039365	安徽皖 南电机 股份有 限公司	周文彬、董 群希、姜志 广、唐国英、 欧阳加祥、 许洪清	有效
发明 专利	车床刀架	中国	ZL201610741571.X	2018.08.17	3039160	安徽皖 南电机 股份有 限公司	柯磊、杨春 华、董群希、 李玮、唐国 英、徐红华	有效
发明 专利	一种直线电机动子位置 测量方法	中国	L201510098926.3	2018.02.27	2828508	安徽 大学	赵吉文、张 凯、董菲、 王荔枝	有效
发明 专利	加工内键槽的刀具固定 装置	中国	ZL201610736997.6	2018.3.13	2842688	安徽皖 南电机 股份有 限公司	章新启 汪 军 沈阳 欧 阳加祥 李 丽娟 吴学 钡	有效
发明 专利	绕管装置	中国	ZL201610740203.3	2018.10.16	3110502	安徽皖 南电机 股份有 限公司	姜广志、沈 阳、杨春华、 陈云松、张 翔、吴学钡	有效
发明 专利	定子铁芯焊接装置	中国	ZL201310675973.0	2016.01.13	1919222	安徽皖 南电机 股份有 限公司	孙跃、许权、 李霞、陈云 松、王晓春	有效
发明 专利	电动机	中国	ZL201610741691.X	2019.01.25	3231187	安徽皖 南电机 股份有 限公司	汪尧玉、沈 阳、杨春华、 许洪清、阮 金晶、吴学 钡	有效

## 七、主要完成人情况

排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	项目贡献
1	赵吉文	教授	安徽大学	安徽大学	对创新点 1、3 作出了重要贡献。
2	孙跃	高级工程师	安徽皖南电机股份有限公司	安徽皖南电机股份有限公司	对创新点 1、2 作出了重要贡献。
3	许锋	高级工程师	安徽皖南电机股份有限公司	安徽皖南电机股份有限公司	对创新点 1、2 作出了重要贡献。
4	赵云峰	高级工程师	安徽皖南电机股份有限公司	安徽皖南电机股份有限公司	对创新点 2 作出了重要贡献。
5	宋俊材	无	安徽大学	安徽大学	对创新点 1 作出了重要贡献。
6	陈蕾	工程师	安徽皖南电机股份有限公司	安徽皖南电机股份有限公司	对创新点 2 作出了重要贡献。
7	杨静	工程师	安徽皖南电机股份有限公司	安徽皖南电机股份有限公司	对创新点 2 作出了重要贡献。
8	王晓春	工程师	安徽皖南电机股份有限公司	安徽皖南电机股份有限公司	对创新点 2 作出了重要贡献。
9	吴学轩	工程师	安徽皖南电机股份有限公司	安徽皖南电机股份有限公司	创新点 2 作出了重要贡献。
10	董群希	工程师	安徽皖南电机股份有限公司	安徽皖南电机股份有限公司	对创新点 2 作出了重要贡献。

## 八、主要完成单位情况表（安徽皖南电机股份有限公司）

单位名称	安徽皖南电机股份有限公司				
排 名	1	法人代表	陈根喜	所 在 地	安徽
单位性质	民营股份制	传 真	0563-5031942	邮政编码	242500
通讯地址	安徽省泾县泾川镇南华路 86 号				
联 系 人	孙跃	单位电话	0563-5031946	移动电话	13966175320
电子邮箱	5031942@163.com				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
1. 获发明专利 8 项，实用新型 7 项，形成了自主知识产权体系；					
2. 建立了完备的电机零部件加工工艺流程，提供了高效率、高质量的加工设备；					
3. 创建了可靠的产品性能测试和理论方法验证的试验环境；					
4. 建立了规模化生产体系，推进了产业化进程，给社会带来了巨大经济效益；					
5. 负责本项目的组织和协调，促进了本项目的顺利实施。					

## 八、主要完成单位情况表（安徽大学）

单位名称	安徽大学				
排 名	2	法人代表	匡光力	所 在 地	安徽
单位性质	学校	传 真	0551-638612 66	邮政编码	230601
通讯地址	合肥市经开区九龙路 111 号				
联 系 人	赵吉文	单位电话		移动电话	13855176449
电子邮箱	ustczjw@ahu.edu.cn				
对本项目科技创新和推广应用情况的贡献：					
1. 授权发明专利 2 项，发表 SCI 论文 12 余篇和 EI 论文若干篇，形成了自主知识产权体系；					
2. 首次提出了一种非接触式图像测量技术，实现电机转子位置、转速、及转矩波动高精度实时测量，突破了传统接触式测量的瓶颈；					
3. 揭示了“机-电-磁-热”等多物理场对电机转矩性能的影响规律，在国内率先采用非参数快速建模及全局优化抑制空间谐波，采用二自由度谐振抑制时间谐波，实现转矩密度提升和转矩波动的综合抑制。					

## 完成人合作关系说明

第一完成单位安徽皖南电机股份有限公司始建于 1958 年，60 年来，专注于电机制造，是中国高效电机制造专家。公司现有员工 1800 人，工程技术人员 320 余名，占地面积 41 万平方米，年生产能力 2000 万 KW，是中国中小型电机行业最具规模和实力的生产企业之一，系中国机械工业 500 强，中国电机工业 20 强。公司为国家高新技术企业，建有省级企业技术中心、CNAS 认证实验室、安徽省汽车电机工程技术研究中心和博士后科研工作站。技术装备先进，具有雄厚的技术开发和创新能力，电机品种规格数为全国中小型电机行业之首，每年为客户研发的非标电机达 4000 多个。现已形成了低压高效、高压高效为主导，多种派生系列并举的生产制造格局，共 50 多个系列 10000 多个基本规格。出口产品覆盖到欧盟 IEC 标准、北美 NEMA 标准和日本 JIS 标准。

第二完成单位安徽大学，是国家“双一流”建设高校，“211 工程”重点建设高校之一，安徽省人民政府与教育部共建高校。项目完成人依托安徽大学电气工程与自动化学院电机设计与控制实验室和安徽大学工程实训中心，具备完整的设计、加工、实验、测试装备，科研条件可以很好地满足各类电机的研发需求。

合作双方自 2015 年起开始共同承担复杂工况异步牵引电动机的研发。在项目研发过程中，安徽皖南电机股份有限公司根据株洲中车时代装备技术有限公司“异步牵引电机（2600kW/1700V）”采购项目的要求，对复杂工况异步牵引电动机的研发进行了立项，开展相关研发试验工作。安徽大学依托国家自然科学基金面上项目，提出了基于机器学习的电机快速计算建模优化理论及转矩波动图像检测方法，在直线电机设计中成功试验后，应安徽皖南电机股份有限公司的技术委托，理论成果应用于高铁动车组机车试验台用异步牵引电机的研发中，实现了高转矩密度、低转矩波动电机理论和技术突破，并推广应用至安徽皖南电机股份有限公司的同类相关电机中，取得了良好的经济效益。合作双方在现场安装调试、实验反馈优化等方面进行了深度合作，合作建立了产品工程化研发体系、可靠性测试试验体系、规模化生产体系,快速推进了产业化进程。