

《助推计划》高校转化项目登记表

日期：2012-4-23

编号：QT1210SD

项目名称	永磁悬浮轴承的产业化与小型风光互补磁悬浮风力发电系统开发	所属领域	<input type="checkbox"/> 先进重大装备 <input type="checkbox"/> 新材料 <input type="checkbox"/> 新能源 <input type="checkbox"/> 生物医药 <input type="checkbox"/> 电子信息制造 <input type="checkbox"/> 新能源汽车 <input type="checkbox"/> 海洋工程装备 <input type="checkbox"/> 软件和信息服务 <input type="checkbox"/> 民用航空制造 <input checked="" type="checkbox"/> 其它
院校名称	上海大学 (盖章)		
项目成熟度	<input type="checkbox"/> 已实现产业化，产品供不应求 <input checked="" type="checkbox"/> 已实现小批量生产，产品有市场需求 <input type="checkbox"/> 已通过中试鉴定 <input type="checkbox"/> 处在中试阶段		
技术水平	<input type="checkbox"/> 国际领先 <input type="checkbox"/> 国际先进 <input checked="" type="checkbox"/> 国内先进 <input type="checkbox"/> 一般水平		
推广范围	<input checked="" type="checkbox"/> 国际推广 <input checked="" type="checkbox"/> 国内推广 <input type="checkbox"/> 区域推广 <input type="checkbox"/> 特定地区推广		
知识产权状态	<input type="checkbox"/> 授权国外有效发明专利 <input type="checkbox"/> 授权国内有效发明专利 <input checked="" type="checkbox"/> 国内有效实用新型专利 <input type="checkbox"/> 其它知识产权		
项目获奖情况		各类基金 资助情况	上海大学研究生创新基金
是否具有以下资料	<input checked="" type="checkbox"/> 项目可行性报告 <input type="checkbox"/> 查新报告 <input type="checkbox"/> 鉴定证书 <input type="checkbox"/> 检测报告 <input type="checkbox"/> 认定证书 <input type="checkbox"/> 用户意见		

课题组简介：（概述研发优势和成功案例等。）

课题负责人介绍：张 钢，男，1960年10月出生，党员，博士，研究员，中国轴承工业协会技术委员会委员、信息学部委员，中国机械工程学会磁悬浮与气悬浮技术专业委员会委员，中国机械工程学会高级会员，轴承杂志编委，博士生导师，参与过一项国家自然科学基金项目“主动磁悬浮支承转子系统动力学特性的研究”（批准号：59875054）（排名第三），主持过一项上海市高校科技发展基金项目“主动磁悬浮轴承-柔性转子系统的机电耦合动力学”（项目编号：2000A25）（排名第一）和一项国家863高技术研究发展计划项目“高档数控机床中的主动磁悬浮支承技术”（项目编号：2001AA423310）（排名第一），获得2项国家发明专利。其中(1)工业应用型主动磁悬浮机床电主轴(专利号：ZL200310107945.5)，已于2009年5月份在校科技处的帮助下转让给了福建成功机床集团；(2)工业应用型主动磁悬浮机床导轨直线电机进给平台(ZL200310107944.0)，该项成果目前正用于我国航母磁悬浮电磁弹射器的开发中。还主持横向课题“高速磁悬浮电主轴本体开发与试制”、“主动磁悬浮轴承-柔性转子系统实验台的开发与研制”和多项大型滚动轴承方面的横向课题“轧辊用四列圆柱滚子轴承套圈应力分布状态计算软件开发”、“长寿命森吉米尔式轧机轴承机理研究开发”、“非标交叉滚子轴承的开发与研制”、“三维滚动轴承CAD系统软件开发”、“烧结机台车卡轮轴承的失效机理研究”和“特种推进器用大型交叉滚子转盘轴承和齿轮的性能分析与研制”等，担任产学研机构“UBC-SZY大型滚动轴承和精密轴承技术研发中心”主任。在本项目中主持整个项目，做整体策划、构思，负责整个工业应用型永磁轴承的产业化。产学研机构“UBC-SZY大型滚动轴承和精密轴承技术研发中心”目前有研究员(教授)1名、高级工程师1名、工程师1名、博士研究生1名和硕士研究生7名，先后研制轧机轴承替代日本koyo的轧机立辊轴承46T504125GWHCS110用于国内钢厂，研制铁路火车头用大型调心滚子轴承26344出口新西兰，研制烧结机台车用卡轮轴承3024出口巴西，研制烧结机台车用卡轮轴承3032出口日本，研制铁路货车用双列圆锥滚子轴承出口意大利。与上海特安一凯轴承有限公司联合成立“SZYSBC-TIEKE联合轴承研制基地”，专门生产薄壁轴承替代进口美国的Kaydon系列产品(图1)，并生产森吉米尔轧机支承辊轴承和地铁客车轴承；与洛阳巨创轴承科技有限公司联合成立“上海大学轴承研究所精密轴承中试暨加工基地”，专门研制交叉滚子轴承等出口日本用于高速减速器上(图2)；与洛阳华巩重型机械制造有限公司联合成立了“SZY-HG联合轴承研制基地”，专门研

制精密转盘轴承出口日本用于 SHARP 生产线(图 3)，还研制军工舰船推进器用大型转盘轴承产品(图 4)。



图 1 产学研成果一：SZY 薄壁轴承

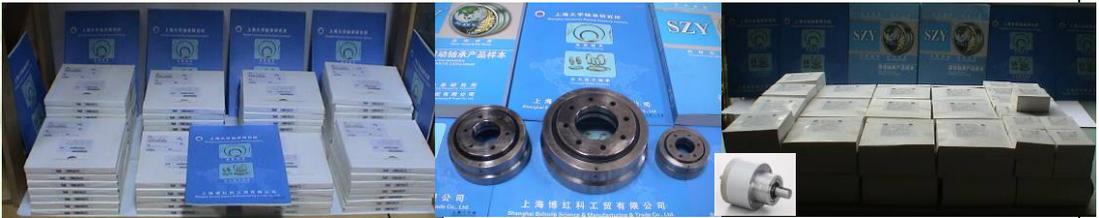


图 2 产学研成果二：SZY 交叉滚子轴承与减速器



图 3 产学研成果三：SZY 精密转盘轴承



图 4 产学研成果四：舰船推进器用大型转盘轴承

项目简介：(项目背景、政策导向、应用领域和服务对象、项目进展情况、成熟程度以及项目预计产业化周期、项目鉴定或产品检测报告的结论性表述。如是生物医药项目，写明是否具有临床批文和药证等文件。)

磁悬浮轴承技术象磁悬浮列车技术那样是目前世界上公认的高新技术之一，它分为主动磁悬浮轴承和被动磁悬浮轴承。主动控制磁悬浮轴承(简称主动磁悬浮轴承 AMB)是利用可控磁场力提供无接触支承、使转子稳定悬浮于空间且其动力学性能可由控制系统调节的一种新型高性能轴承，它是一种典型的机电一体化产品。它的研究涉及到机械学、电磁学、电子学、转子动力学、控制理论和计算机科学，将作为滚动轴承、滑动轴承和空气轴承等传统机械轴承的更新换代产品，成为本世纪最有发展前途的主导轴承之一^[1]。但它需要一套复杂昂贵的电子控制系统，成本高，只能在航空航天等不计成本的高技术领域应用，且需要专业技术水平很高的研究人员设计、维护应用，在一般的工业应用领域应用较难。

被动磁悬浮轴承利用永磁体产生的磁场力将转子悬浮起来，不需主动控制，可分为：永磁悬浮轴承、超导磁悬浮轴承、抗磁体磁悬浮轴承、电动力磁悬浮轴承。

永磁悬浮轴承利用永磁体之间的作用力来实现悬浮物体在部分自由度上的稳定，它不需控制系统，悬浮功耗小。与主动磁悬浮轴承相比，永磁悬浮轴承存在控制精度低、刚度和阻尼小、装配困难等缺点，为克服这些缺点，永磁悬浮轴承可以通过堆叠以及恰当的结构设计实现高承载力、高刚度来满足要求^[2]。阻尼可以通过引入机械阻尼器、电磁阻尼器来实现转子系统的动力稳定^[3]。

与主动磁悬浮轴承 AMB 相比，永磁轴承 PMB 是无需主动电子控制系统的被动磁悬浮轴承，不仅节省了电力消耗，还减少了可能失效的复杂控制部件，使系统更加可靠，使用寿命更长。

由 Earnshaw 定律可知，永磁悬浮轴承不能实现所有自由度的稳定悬浮^[4]。因此，在永磁悬浮系统中，至少在一个自由度上需要引入其他支承方式，它可与电磁轴承、机械轴承和超导体磁轴承等相结合，构成各种形式的磁悬浮轴承系统，在能源交通、航空航天、风力发电、机械工业以及机器人等高科技领域有着广阔的应用前景^[5]。

主动磁悬浮轴承需要一套主动电子控制系统才能工作，成本比滚动轴承高 100 倍，一般工业场合难以接受。永磁轴承与电磁轴承相结合的混合磁悬浮轴承同样需要一套主动电子控制系统才能工作，成本高，一般工业场合也难以接受。永磁轴承与超导体磁轴承相结合的磁悬浮轴承由于需要一套昂贵的制冷系统且目前超导技术还不过关而不能工业化。只有永磁轴承与机械轴承相结合的磁悬浮轴承具有成本低、结构简单、易于工程应用等优点。

我国已把风力发电项目确定为国家重点发展的十六个重大技术专项之一。近 3 年新装机容量几乎年年都实现了翻番。将永磁悬浮轴承替换以往的机械轴承应用于风力发电机转子系统中，不但可以大幅度地降

低转子和轴承间的摩擦力、摩擦力矩，实现风力发电机的“轻风起动、微风发电”，使占我国风力资源 70% 的一级微风可以发电，扩大了风力资源的利用率，提高了发电效率，还可以免除以往轴承使用和维护的高额费用，降低风力发电成本，这不仅有利于我国风力发电的普及和风电事业的发展，而且对我国实施节能减排工作起着重要的推动作用。

目前，永磁悬浮轴承已在电表、风力发电和永磁悬浮列车等特殊场合得到了实际应用，但它也是与机械支承相结合的，存在装配困难、需要资深专业技术人员设计安装维护的缺点，达不到工业应用要求，还不能普遍应用于一般的工业机械中。因此，目前国内外还没有象滚动轴承那样由专业厂家生产制造的标准化和系列化的磁悬浮轴承。如果能将永磁悬浮轴承做得象滚动轴承那样安装简便并且标准化、系列化，使制造成本与滚动轴承相当，那么它一定能够象滚动轴承那样在工业上得到普遍应用。本项目的目的就是要解决永磁悬浮轴承工业应用的几个关键设计技术问题，即永磁悬浮轴承承载能力、刚度和安装维护等达到工业应用要求的设计技术问题、永磁悬浮轴承-转子系统动力学特性达到工业应用要求的设计技术问题和永磁悬浮轴承的标准化、系列化达到工业应用要求的设计技术问题，为永磁悬浮轴承象滚动轴承一样在工业上得到普遍应用作出贡献。

最近，我们上海大学轴承研究所的“大型滚动轴承与精密轴承技术研发中心”通过上海大学第四届研究生创新基金“小型永磁悬浮风力发电机的研究”(NO: SHUCX102213)项目^[6]和第五届研究生创新基金项目“小型风光互补的永磁悬浮发电系统研究”(NO: SHUCX112217)项目^[7]的资助，已经成功解决永磁悬浮轴承承载能力、刚度和安装维护等达到工业应用要求的设计技术问题，已经研制出来了这种工业应用型永磁悬浮轴承(图 5)，可小批量生产，已获得了国家专利^[8, 9](图 6)，并将永磁悬浮轴承应用到小型风光互补发电系统开发中(图 7)，我们愿意将该专利转让给合作企业，并与合作企业联手、共同努力建厂将永磁悬浮轴承及小型风光互补的永磁悬浮发电系统推向市场，它将是联合开发的新产品，这也是我们能够独占国内外市场的产品，前景广大。



图 5 标准化、系列化生产的工业应用型永磁悬浮轴承



图 6 专利证书

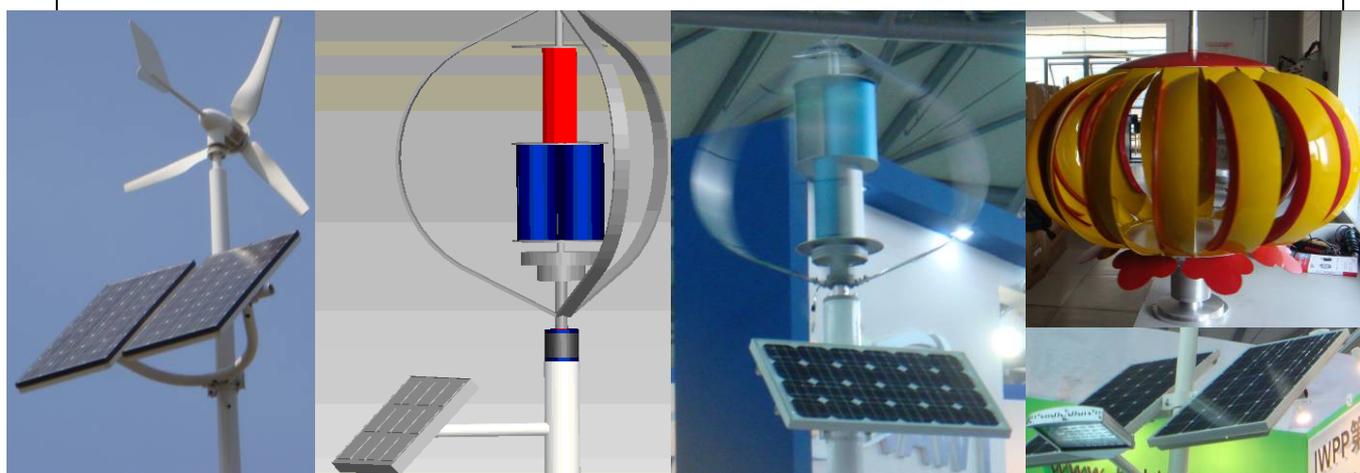


图 7 小型风光互补永磁悬浮发电系统

参考文献

- [1] 张 钢, 刘 宁, 高 刚, 赵志峰, 周 昱. 磁悬浮轴承技术的发展与应用. 中国轴承论坛第四届研讨会论文集, 2006, 中国, 洛阳
- [2] Matthias Lang, Torbjorn A.Lembke. Design of Permanent Magnet Bearings With High stiffness[C]. Tenth

International Symposium On Magnetic Bearings, August 2006:45-48

- [3] Tae-Hyun Sung, Young-Hee Han, Jun-Sung Lee, et.all. Effect of a Passive Magnetic Damper in a Flywheel System with a Hybrid Superconductor Bearing Set [J].IEEE Transactions On Applied Superconductivity, 2003;13(2):2165-2168
- [4] Earnshaw S. On the nature of the molecular forces which regulate the constitution of the lumiferous ether [J]. Trans. Camb. Phil. Soc.7 (1842): 97-112
- [5] G. 施韦策, H. 布鲁勒, A. 特拉克斯勒. 主动磁轴承 基础、性能及应用[M]. 虞烈, 袁崇军, 译. 北京: 新时代出版社, 1997.
- [6] 殷庆振. 永磁悬浮轴承的设计及其力学特性分析[D]. 上海: 上海大学硕士学位论文, 2011
- [7] 蒋德得. 小型风光互补的永磁悬浮发电系统研究[D]. 上海: 上海大学硕士学位论文, 2012
- [8] 张钢, 刘汝卫, 刘莹, 殷庆振, 阮娟. 工业应用型永磁悬浮轴承. 实用新型专利, 专利号: ZL200920076942.2
- [9] 张钢, 蒋德得, 张雪, 张坚, 李明彦, 张海龙, 孙昌. 工业应用型推力永磁悬浮轴承. 实用新型专利, 专利号: ZL201120197451.0

技术特点: (项目的技术特征和优势, 可与国内或国际现有技术进行比较。)

用于永磁悬浮风力发电机中的磁悬浮轴承, 由于结构上完全由永磁体构成、不带任何控制系统、具有成本低、稳定性好、承载力大、运行环境要求低等特点, 大大降低风力发电机的机械阻力、摩擦阻力, 使得启动风速变小, 发电机能在低速风时起动发电, 扩大了风能利用范围, 增加了发电量, 节约发电成本。

所设计的轴向推力永磁轴承采用工业化应用理念进行设计, 其结构简单可靠、减少了目前永磁轴承散件自行组装带来的不便。如图 8 所示, 用户主机厂家的工程技术人员只需知道内径 d 、外径 D 和高(宽)度 $L(L1)$ 等轴承规格尺寸, 就能象滚动轴承那样方便地将其设计到主机中进行使用, 满足工业应用的要求, 而对于轴承制造厂家易于进行标准化、系列化生产。

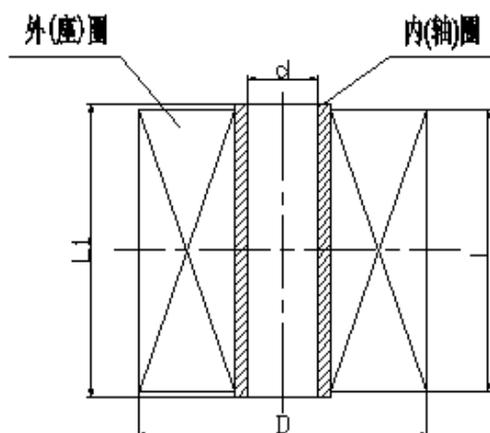


图 8 工业应用型永磁悬浮轴承

在将永磁悬浮轴承技术引入风力发电机转子的研究开发中, 建立永磁悬浮风力发电机, 保障了低风速区的能量采集, 可以解决我国近 80% 低风速区(2.4 米/秒)的风力发电难题, 给离网型小型风力发电机在我国的使用区域带来革命性的变化。

永磁悬浮风力发电机的启动风速为 1.5 米/秒以下、发电风速为 2 米/秒, 可以做到“轻风启动, 微风发电”。而传统风力发电机的这两项数值则分别为 3.5 米/秒、4.2 米/秒。这项新技术的问世比传统发电设备所要求的风速大为下降, 提高了风能的利用率, 增加了发电量, 而且节约了发电成本。因此永磁悬浮风力发电机是传统型风力发电机的替代品和升级换代产品, 具有明显的竞争优势。

永磁悬浮风力发电机的磁悬浮轴承, 由于结构上完全由永磁体构成、不带任何控制系统、具有成本低、稳定性好、承载力大、运行环境要求低等特点; 作为风力发电机的风叶主轴承和发电机轴承, 可以大大降低风力发电机的机械阻力、摩擦阻力和风力发电机的启动风速, 对比国内先进水平的同型号普通风力发电机, 可增加发电输出功率 20% 左右, 并且降低产品的维护费用, 和传统的风力发电机相比, 还可使风电场运行成本下降 50% 左右。

这样, 可使风电成本控制在 0.4 元/度以下, 与水电、煤电的成本相当。由于风能利用率提高和发电量

增加,使发电成本大大降低,投资回收期也相应加快。由于发电时间延长,对电网影响减小(并网型而言)。设备使用寿命可增至 20 年以上(原来最多 15 年),维护费用也减少。而占地面积小,噪音小因而更符合环保要求。

永磁悬浮风力发电机和太阳能发电的互补并不因为永磁悬浮技术的引入而消失,所以永磁悬浮风光互补发电系统的研究的实现是有理论依据的,目前永磁悬浮风光互补发电系统也正被人们所熟知。

市场前景:(市场规模、市场占有率、市场进入壁垒、市场竞争等状况。)

目前国内外还没有象滚动轴承那样由专业厂家生产制造的标准化和系列化的磁悬浮轴承。如果能将永磁悬浮轴承做得象滚动轴承那样安装简便并且标准化、系列化,使制造成本与滚动轴承相当,那么它一定能够象滚动轴承那样在工业上得到普遍应用,是我们能够独占国内外市场的产品,前景广大。

永磁悬浮风光互补发电技术,使风力发电机实现了“轻风启动,微风发电”,保障了低风速区的能量采集,解决了我国近 80%低风速区(2.4 米/秒)的风力发电难题,小型风力发电系统一般采用蓄电池储存电能,若长时间无风天气就无法正常储能供电,给用户带来不便,这样一来只有用光伏发电可以弥补这个不足。在成本方面,风力发电一次性投资较低,而光伏发电系统维护成本低,所以采用风光互补发电系统,性价比会大大提高。它也将是我们联合开发投产的新产品(图 7),市场前景广大。

经济和社会性效益:

1.该项目产业化最低投资金额,包括研发投资,生产资料投资,流动资金等;

本项目产业化最低投资额需 500 万元,包括研发投资 200 万元,生产资料投资 200 万元,流动资金 100 万元。

2.对环保和能源要求,土地或厂房面积要求,所需职工人数;

厂房面积 $\geq 200\text{m}^2$,所需职工人数 100 人。

3.根据最低投资,预期投产后三年内能达到的年产值、年销售值、年利润;

根据最低投资,预期投产后第一年产值和销售额为 500 万元,第二年产值和销售额为 1000 万元;第三年产值和销售额为 1500 万元,第四年产值和销售额为 2000 万元;第五年产值和销售额为 2500 万元。以纯利润 30%计,第一年利润 150 万元,第二年利润 300 万元,第三年利润 450 万元,第四年利润 600 万元,第五年利润 750 万元。2~3 年可收回投资。

4.投资回收期(年)。

投资回收期限为 2~3 年。

合作要求: 1. 合作方式、对合作方及合作价格的要求。

将实用新型专利“工业应用型(径向)永磁悬浮轴承,专利号: ZL200920076942.2”(50 万元转让费)和“工业应用型推力永磁悬浮轴承,专利号: ZL201120197451.0”(50 万元转让费)转让给合作企业,我研发中心负责人才培养、产品开发(开发标准化、系列化的工业应用型轴向永磁悬浮轴承和径向永磁悬浮轴承以及小型风光互补磁悬浮风力发电系统),企业投资 500 万元(包括研发投资 200 万元(100 万元专利转让费,100 万元研发资金),生产资料投资 200 万元,流动资金 100 万元)负责生产和销售。

注: 上表所填资料必须真实、完整、合法。

上海市科技创业中心 联系人: 闻云斌、倪雪鹏 电话: 021-33040716、53080900-107 传真: 53085899

邮箱: nxp@shtic.com 网址: <http://www.shtic.com>

地址: 上海市北京东路 668 号东楼 212 室 邮编: 200001