

# 微特电机

## 2017 6

Wei Te Dianji 1973年创刊

中国电子科技集团公司第二十一研究所主办

中文核心期刊 中国科技核心期刊 中国期刊方阵双百期刊 全国优秀期刊 科学文摘收录期刊



# NGYC

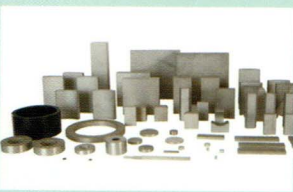
## 钕钴铁磁 SmCo MAGNET

## 宁波宁港永磁材料有限公司



Global Leading  
Professional  
SmCo Magnets Manufacturer

全球名列前茅  
专业生产钕钴磁铁厂家



宁波宁港永磁材料有限公司创建于1987年，专业从事开发与生产烧结1:5, 2:17钕钴磁性材料，经过二十几年的创业发展，公司已拥有最先进的生产、加工、检测设备和技術。公司占地面积25000平方米，厂房25000平方米，固定资产亿元以上。2012年销售额超过2亿元人民币，年生产能力已达1500吨，是当今世界上专业生产钕钴磁铁规模较大，档次较全的企业之一。

宁港永磁(NGYC)为高新技术企业，能批量生产中国最高水平的钕钴永磁材料，产品质量均达到世界先进水平，保证以最快的交期提供优质的钕钴永磁材料及元器件。宁港拥有工程技术中心，注重科研，自主研发的低温度系数1:5, 2:17钕钴永磁被广泛应用于航空航天、国防军事、传感器等领域；能生产磁偏角 $\leq \pm 2^\circ$ 的产品；能生产1:5纯钕钴产品；能生产不同形状，不同性能的全系列元件产品，还可以为用户定制特殊性能的钕钴磁铁，并不断研发提供新的性能牌号。

公司严格运行 ISO 9001:2008, ISO/TS 16949:2009质量管理体系，同时公司严格遵循环境体系 ISO14001:2004要求，建立了过程检验、控制、分析、持续改进等一系列质量管理体系，保证了产品的交付一次合格。公司被列为宁波市出口产品质量保证企业。

本着“质量第一，信誉至上”的宗旨，我司一如既往地以优良的品质和极具竞争力的价格向国内外的新老朋友提供各种形状及性能的钕钴永磁产品，同时还可按用户的图纸加工不同性能的永磁元器件，提供选材及应用方面的技术服务。我司真诚欢迎国内外各界人士惠顾、联系、洽谈及建立各种形式的合作关系。

### 宁波宁港永磁材料有限公司

地址: 宁波鄞州区投资创业中心启明路505号  
电话总机: 0574-88169555

电话: 0574-88169416 0574-88169518  
传真: 0574-88169415 0574-88169517

网址: www.ngyc.com  
邮箱: sales@ngyc.com

# 微特电机

月刊公开发刊

1973年9月创刊

2017年第45卷第6期总第317期

编辑委员会主任：施进浩

国内编委：唐任远 赵淳生 王宗培

陆永平 陈永校 金如麟

江建中 程树康 李忠杰

詹琼华 袁海林 陈忠

海外编委：陈清泉 诸自强 朱建国

米春亭

主管单位：中国电子科技集团公司

主办单位：中国电子科技集团公司第二十一研究所

出版单位：《微特电机》编辑部

地址：上海市徐汇区虹漕路30号

邮编：200233

主编：谢宇静

副主编：何春来

电话：021-64367300-242, 64704564

传真：021-64083946

网址：www.emotorcn.com

电子邮件：wt dj@vip.163.com

印刷：上海丽佳制版印刷有限公司

国内发行：上海市报刊发行处

国外发行：中国国际图书贸易总公司

订 阅：全国各地邮局及本刊编辑部

邮发代号：4-270

国外代号：M1227

中国标准连续出版物号：ISSN 1004-7018

CN31-1428/TM

国际刊名代码CODEN：WEDIE9

广告经营许可证：沪工商广字3101044000040

每期定价：8.00元(全年定价：96.00元)

出版日期：2017年6月28日

版权所有，未经许可，不得转载、翻印

万方数据

# 目 次

WEITE DIANJI

2017年第6期

## 理论研究

1 不同磁致伸缩方程下永磁电机的应力、应变研究

刘现伟, 耿跃华

4 切向内置式永磁电机的新型转子设计

葛笑, 诸自强, 陈金涛

## 设计分析

8 电容运转单相异步电动机的效率分析

朱兴旺, 黄开胜, 刘丰, 吴帮超, 方超

12 定子无铁心轴向磁场永磁电机永磁体涡流损耗研究

刘福贵, 杨乾坤, 王彦刚

17 基于DWT和RNN的无刷直流电动机轴承故障检测方法

庄夏

22 能量回馈型超声波电机的实验研究

高帅帅, 王光庆

27 一种削弱双转子永磁电机齿槽转矩方法

高起兴, 井立兵

31 基于混合磁化方式的永磁无刷电机空载磁场分析

倪有源, 崔征山

34 一种纵弯复合型超声波电动机的设计与分析

胡百振, 张建坤, 项家骏, 谭坤, 逢浩君

37 计及固有不平衡的双馈电机定子匝间短路故障分析

李俊卿, 王悦川, 王志兴

41 基于永磁同步电机的算法免移植硬件在环实时仿真

刘虎, 严彩忠, 柳竹青, 丁信忠, 赵长军

45 盘式无铁心永磁发电机电磁设计和仿真

赵锦成, 闫羽佳, 孟繁敬


48 永磁同步电机突变负载转矩的模拟与分析

童怀, 陈新度, 黄运保, 吴民安, 鹿红伟

54 基于Maxwell的感应式球形电机设计与分析

张华增, 张驰, 张杰, 陈进华, 刘波

### 传感器专家中沪电子



● 光幕传感器  
● 光电传感器  
● 接近传感器  
● 光纤传感器  
● 计时计数器  
● 多功能仪表

保护人机安全 防止人身伤害 NA安全光幕传感器

三十余年专注于传感器研发与制造，为您提供高品质产品。

**ZONHO**  
上海中沪电子技术研究设计所  
上海中沪电子有限公司  
总部：上海市都会路2338号9号楼  
邮编：201108  
电话：021-64393203 54363635  
传真：021-54353161  
Http://www.zonho.com.cn  
Email: info@zonho.com.cn  
技术服务热线：400-820-1600  
ISO9001 ISO14001  
OHSAS18001 CE

### 专业从事注塑磁体生产



**CANYON**

注塑铁氧体和注塑钕铁硼生产的产品主要用于：  
各种直流无刷电机用多极磁体内、外转子；  
各种电机传感器用多极信号磁环。

- 形状复杂
- 尺寸精度高
- 多极分布均匀
- 磁性能的稳定
- 节能效果显著

芜湖凯元电子有限公司  
地址：芜湖高新技术开发区新湖工业园  
电话：0553-2246655 2246699 传真：0553-2245522  
网址：www.canyon-magnet.com 邮箱：canyon@canyon-magnet.com

中国期刊方阵双百期刊  
 全国优秀期刊  
 中文核心期刊  
 电子精品科技期刊  
 中国科技核心期刊  
 (中国科技论文统计源期刊)  
 上海市优秀期刊  
 中国学术期刊光盘版期刊  
 英国 INSPEC (SA) 数据库收录  
 美国《剑桥科学文摘:材料信息》收录  
 台湾华艺 CEPS 中文电子期刊入编  
 乌利希期刊指南收录

### 如何订阅《微特电机》

#### 1. 邮局订阅

2017年杂志征订已经开始,请至当地邮局订阅。  
 《微特电机》订阅代号4-270,邮局订阅价格2017年全年96元。

#### 2. 编辑部订阅

通过邮局汇款至我部,邮编:200233,地址:上海市虹漕路30号编辑部。订阅费用:全年120元(含邮资)。

如有任何疑问,欢迎电洽微特电机编辑部。

服务专线:021-64367300×242

服务时间:星期一至星期五8:30~16:30

### 著作权许可声明

本刊已许可中国知网、万方数据平台、维普网、台湾华艺中文电子期刊等数据库产品以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。上述著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

# 目次

WEITE DIANJI

2017年第6期

- 57 短转子永磁偏置轴向径向磁轴承耦合特性分析  
赵旭升,江光灵,李剑,张泉
- 62 基于LDC1000自动循迹智能小车设计  
黄健,董三锋,王利平

### 驱动控制

- 65 永磁同步磁阻电机径向电磁力及振动抑制  
陈彬,黄辉,胡余生,史进飞,孙文娇
- 69 基于改进型有限控制集模型预测的永磁电机直接转矩控制  
陈令荣,李强,储建华
- 76 基于多项式RST的电动汽车感应电机鲁棒控制  
王超,朱鹏远,符晓玲
- 82 具有直流励磁的开关磁阻电机矢量控制系统  
王思浩,孙建忠
- 84 矢量控制的双绕组磁阻电机电磁特性分析  
宋桂英,赵晓明,鲁兵,刘笑笑
- 87 高速列车座椅自动旋转控制器设计  
仇维斌,陈辉,严岩
- 90 转换器控制的汽车感应发电机发电效率的优化控制  
战金玉,高月珍,孙玉梅

### 综述

- 94 多自由度球形超声波电动机姿态测控技术综述  
王剑,白洋,郭吉丰

### 专利快讯

- 98 永磁同步电机组件及其有的压缩机和空调器等5则

### 广告索引

广告10 本期广告索引



## 宁波兴隆磁性技术有限公司

CANMAG Ningbo Canmag Technology Co., Ltd.

宁波兴隆磁性技术有限公司(原宁波兴隆电子有限公司)专业生产、开发、研究磁性材料充磁设备,测试设备等,公司创建于1994年4月(兴隆电子),目前已与多个世界500强企业及跨国公司建立合作关系,产品应用于磁性材料生产企业、电机行业、电源行业、汽车、航空、微波通讯等多个领域,并通过CE认证和ISO9001质量管理体系认证。

生产的充磁机、充磁磁机采用专门设计的高压脉冲无感电容,放电能力极强,先进的控制线路,智能化的保护技术,使机器稳定可靠,适合连续工作,采用计算机辅助设计各种规格的充磁头,从平面多级到径向辐射,从磁钢、铁氧体到软铁磁、钕铁均可在客户现场提供最短时间供货。近年来公司着重研发自动化充磁设备及自动测试装置,目前已得到广泛应用。



地址:宁波市鄞州区云龙镇石桥工业区

联系人:黄可可

TEL: 0574-88349578 13957889099

FAX: 0574-82093272

E-mail: ke111@263.net

Website: www.magnelizer.cn www.canmag.cn

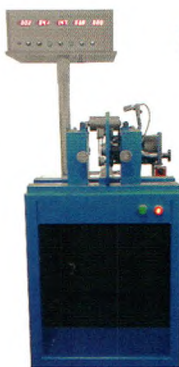
## 温岭市先导电机技术研究所

国家中小企业公共服务示范平台

高性价比的**动平衡机**  
 实用主义者的选择

(专业研制泵与电机全套检测设备)

地址:浙江省温岭市开发区二期(城东)  
 电话:13806569806 0576-86144122  
 网址: <http://www.zjxiandao.com>



## SMALL & SPECIAL

# ELECTRICAL MACHINES

Competent Authority: China Electronics Technology Group Corporation

Sponsor: China Electronics Technology Group Corporation No.21 Research Institute

Editor and Publisher: Editorial Office of *Small & Special Electrical Machines*

Address: 30 Hongcao Road, Shanghai, PRC

Postalcode: 200233

Editor-in-Chief: XIE Yu-jing

Vice Editor-in-Chief: HE Chun-lai

Editorial Office Telephone: 0086-21-64367300-242  
0086-21-64704564

Fax: 0086-21-64083946

Website: www.china-micro-motor.com

E-mail: wtdj@vip.163.com

Printworks: Shanghai Pica Colour Separation & Printing Co., Ltd.

Domestic Distributor: Shanghai Post Office & Publishing Department

General Distributor for Foreign Subscribers: China International Books Trading General Company

Subscription: All the Post Offices of China or Directly Order from Our Editorial Office

Post office Distribution Code: 4-270

Distribution Code Abroad: M1227

China Standard Serial Numbering: ISSN 1004-7018  
CN31-1428 / TM

International Magazine Name Code: WEDIE9

Advertising License: Shanghai Industrial and Commercial Advertisement No.3101044000040

Single Issue Price: ¥ 8.00 (Year Price ¥ 96.00)

Publishing Date: June 28, 2017

期刊基本参数: CN31-1428/TM\*1973\*m\*A4\*98\*zh\*P\* ¥ 8.00\*24\*2017-06\*n

## MAIN CONTENTS

### Theory Research

- 1 Study on Stress and Strain of Permanent Magnet Motor with Different Magnetostriction Equations *LIU Xian-wei, GENG Yue-hua*  
4 Novel Rotor Design for Spoke-Type IPM Machine  
*GE Xiao, ZHU Zi-qiang, CHEN Jin-tao*

### Design and Analysis

- 8 Effect of Negative Sequence Magnetic Field of Capacitor Single-Phase Motors on the Calculation Accuracy of Ansoft Software  
*ZHU Xing-wang, HUANG Kai-sheng, LIU Feng, et al.*  
12 Study on Eddy Current Loss of Permanent Magnet of Ironless Stator Axial Field Permanent Motor  
*LIU Fu-gui, YANG Qian-kun, WANG Yan-gang*  
17 Bearing Fault Detection of Brushless DC Motor Based on DWT and RNN  
*ZHUANG Xia*  
22 Experimental Research on an Energy Harvesting Type Ultrasonic Motor  
*GAO Shuai-shuai, WANG Guang-qing*  
27 A New Method for Reducing Cogging Torque of Double-Rotor Permanent Magnet Motors  
*GAO Qi-xing, JING Li-bing*  
31 No-load Magnetic Field Analysis of a PM Brushless Motor with Mixed Magnetization  
*NI You-yuan, CUI Zheng-shan*  
34 Design and Analysis of a New Ultrasonic Motor with Longitudinal-Bending Composite Mode  
*HU Bai-zhen, ZHANG Jian-kun, XIANG Jia-jun, et al.*  
37 Inter-Turn Short Circuit Fault Analysis of Double Fed Induction Wind Generator Stator Considering Inherent Imbalance  
*LI Jun-qing, WANG Yue-chuan, WANG Zhi-xing*  
41 Algorithm Migrated Needlessly Hardware-in-the-Loop Real-time Simulation Based on Permanent Magnet Synchronous Motor  
*LIU Hu, YAN Cai-zhong, LIU Zhu-qing, et al.*  
45 Electromagnetic Design and Simulation of Disc Type Coreless Permanent Generator  
*ZHAO Jin-cheng, YAN Yu-jia, MENG Fan-jing*  
48 Modeling and Analysis of a Special Sudden Change Load Torque in PMSM  
*TONG Huai, CHEN Xin-du, HUANG Yun-bao, et al.*  
54 Design and Analysis of Inductive Spherical Motor Based On Maxwell  
*ZHANG Hua-zeng, ZHANG Chi, ZHANG Jie, et al.*  
57 Analysis Forcoupling Performance of a Short Rotor Permanent Magnet Biased Axial Radial Magnetic Bearing  
*ZHAO Xu-sheng, JIANG Guang-ling, LI Jian, et al.*  
62 Design of Automatic Tracking Car based on LDC1000  
*HUANG Jian, DONG San-feng, WANG Li-ping*

### Drive and Control

- 65 Suppressing the Radial Electromagnetic Force and Electromagnetic Vibration in Permanent Magnet Assisted Synchronous Reluctance Motor  
*CHEN Bin, HUANG Hui, HU Yu-sheng, et al.*  
69 Direct Torque Control of Permanent Magnet Motor Based on Improved Finite Control Set Model Predictive Control  
*CHEN Ling-rong, LI Qiang, CHU Jian-hua*  
76 Robust Control of Induction Motor for Electric Vehicle Based on Polynomial RST  
*WANG Chao, ZHU Peng-yuan, FU Xiao-ling*  
80 Vector Control System of Switched Reluctance Motor with DC Excitation  
*WANG Si-hao, SUN Jian-zhong*  
84 Analysis of Electromagnetic Characteristics in Double Winding Reluctance Motor Based on Vector Control  
*SONG Gui-ying, ZHAO Xiao-ming, LU Bing, et al.*  
87 Design of the Automatic Whirling of High-Speed Train Seats Control Unit Based on STM32F407  
*QIU Wei-bin, CHEN Hui, YAN Yan*  
90 Optimal Control of Induction Generator Power Generation Efficiency with Converter Control  
*ZHAN Jin-yu, GAO Yue-zhen, SUN Yu-mei*

### Technical Review

- 94 Overview of Attitude Detection and Control of Multi-degree-of-freedom Spherical Ultrasonic Motor  
*WANG Jian, BAI Yang, GUO Ji-feng*

Monthly, Established in September 1973  
Vol.45 No.6 2017 Accumulative No.317



9 771004 701170

2017 6

# 微特电机

Wei Te Dianji 1973年创刊

中国电子科技集团公司第二十一研究所主办

中文核心期刊 中国科技核心期刊 中国期刊方阵双百期刊 全国优秀期刊 科学文摘收录期刊



## 引领压装在线检测技术

### KD系列精密伺服压装机

- ★保证产品的零缺陷
- ★消除电机轴向间隙提高产品质量
- ★剔除潜在质量问题产品（如运转脱落与裂纹）
- ★节能，环保，低噪



# KQL<sup>®</sup>

## 深圳市凯强利试验仪器有限公司

SHENZHEN KAIQIANGLI TESTING INSTRUMENT CO.,LTD.

地址：深圳市宝安区石岩街道园岭村石场路3号

电话：(0755) 27602988 27182262 13823100396

网址：www.kaiqiangli.com