



中国机械行业  
卓越工程师教育联盟

# 第二届毕业设计大赛 优秀作品案例集

中国机械行业卓越工程师教育联盟

西安交通大学

编著



科学出版社



# 中国机械行业卓越工程师教育联盟 第二届毕业设计大赛优秀作品案例集

中国机械行业卓越工程师教育联盟  
西安交通大学

编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

中国机械行业卓越工程师教育联盟毕业设计大赛在教育部高等教育司的指导下,由中国机械工程学会、中国机械行业卓越工程师教育联盟、教育部高等学校机械类专业教学指导委员会共同主办,是具有导向性、示范性的机械类专业毕业设计竞赛活动。中国机械行业卓越工程师教育联盟毕业设计大赛将连续举行若干届,本次大赛是第二届(冠名“恒星杯”)。

本案例集为西安交通大学承办、西安理工大学协办的第二届大赛获奖作品集,旨在形成工程实践能力引导式的中国高校机械类专业本科毕业设计示范案例集。

本案例集收录参赛的48篇优秀毕业设计作品,其中金奖1项、银奖5项、铜奖12项、优秀奖30项。每篇获奖作品包括设计题目、设计目的、基本原理及方法、主要设计过程或试验过程、结论、创新点以及设计图或作品实物图等。

除获奖作品外,本案例集还包括了中国机械行业卓越工程师教育联盟毕业设计大赛总结及小组总结、大赛章程、第二届大赛情况简介、大赛打分依据及决赛获奖名单等相关文件。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国机械行业卓越工程师教育联盟第二届毕业设计大赛优秀作品案例集/中国机械行业卓越工程师教育联盟,西安交通大学编著. —北京:科学出版社,2018.11

ISBN 978-7-03-059458-7

I. ①中… II. ①中…②西… III. ①机械设计-案例-汇编-中国  
IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 255672 号

责任编辑:毛莹任俊 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:吴兆东 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

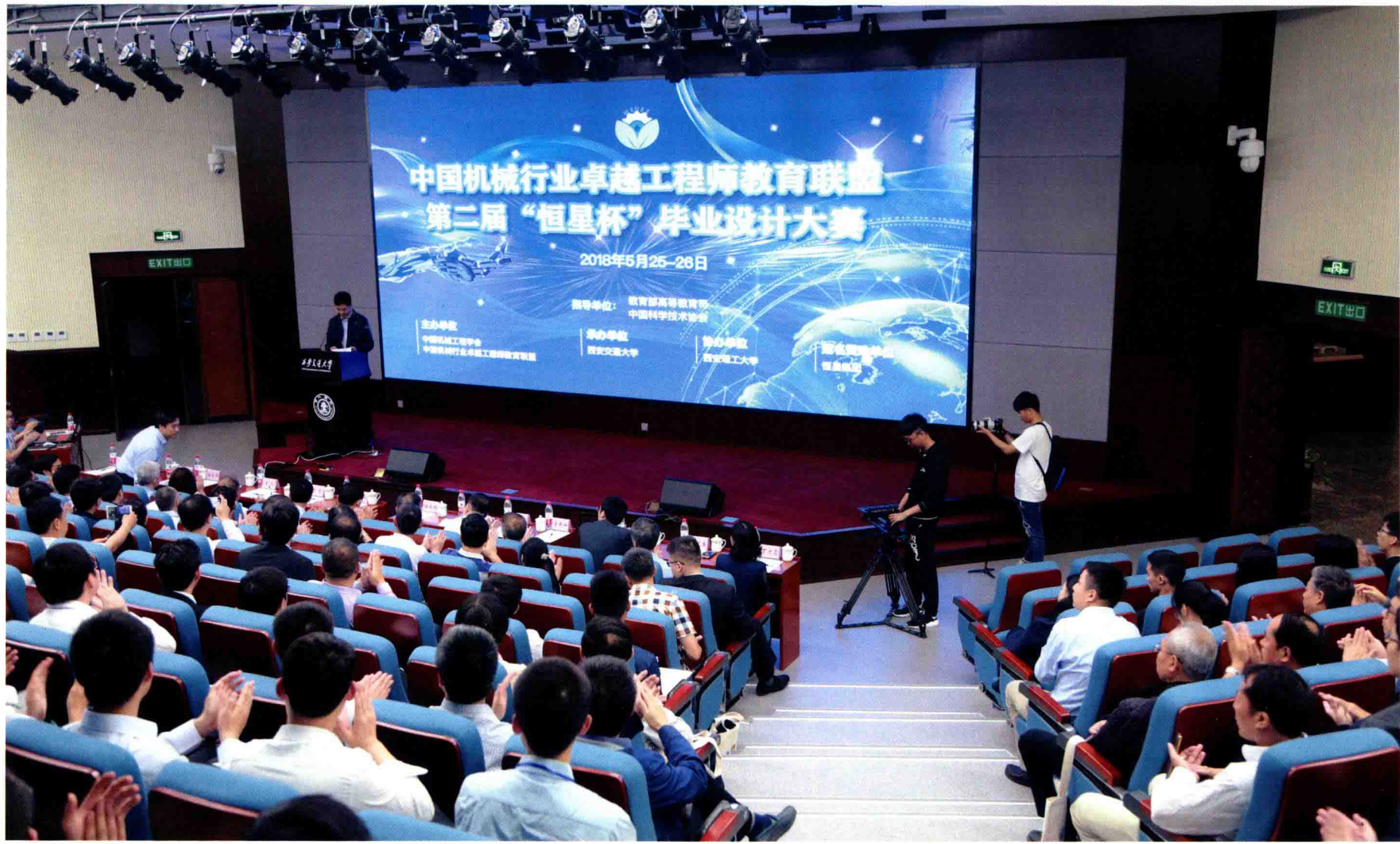
2018年11月第一版 开本:787×1092 1/16

2019年2月第二次印刷 印张:13 3/4 插页:2

字数:343 000

定价:59.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



中国机械行业卓越工程师教育联盟第二届“恒星杯”毕业设计大赛开幕式





中国机械工程学会副理事长兼秘书长陆大明教授致辞



西安交通大学副校长郑庆华教授致辞





西安交通大学校长助理洪军教授主持开幕式



小组答辩现场



毕业设计学术沙龙





金奖答辩现场



中国机械工程学会继续教育处副处长王玲教授做大赛总结



校企合作签约仪式



西安交通大学段玉岗教授和清华大学赵海燕教授分别代表本届和下届大赛承办单位进行大赛旗帜交接

# 编审委员会

主任：宋天虎 洪 军

副主任：王 玲 陈雪峰 段玉岗 何存富

委员：顾梦元 缪 云 王永泉 武通海

张西宁 梁 霖 李宏伟 王保建

施 虎 孙 瑜 李祥明 李靖祥

肖 鸿 张新功 李 想 刘志峰

刘立霞 初红艳 咎 涛 魏 娜



# 总 序

2016年8月26日,为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》、《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020)》、“卓越工程师教育培养计划”以及“中国制造2025”的有关精神,扎实推进机械行业卓越工程师人才培养计划的实施,面向机械行业培养造就一大批高质量创新型工程技术人才,中国机械工程学会在教育部的指导和支持下,联合各方组建了“中国机械行业卓越工程师教育联盟”(下文简称联盟),秉承“共建共享、互惠共赢、优势互补、共同发展”的宗旨,极力推动高校间、校企间关于机械行业卓越工程师教育的创新与合作。

“恒星杯”毕业设计大赛由中国机械工程学会、中国机械行业卓越工程师教育联盟、教育部高等学校机械类专业教学指导委员会共同主办,是具有导向性、示范性的机械类专业毕业设计竞赛活动,被定为联盟主要工作之一,每年举办一届。

大赛的目的:引导中国高校机械相关专业在毕业设计选题和指导过程中,结合机械行业企业工程实际需求,关注机械行业发展现状与趋势,培养大学生解决工程问题的能力,包括知识综合运用能力、掌握现代工具的能力以及创新意识,形成工程实践能力引导式的中国高校机械类专业本科毕业设计示范。

大赛的基本方式:高等学校在校机械及相关专业学生申报定向题目和开放题目并完成毕业设计参赛;聘请专家评定出具有较高学术水平、实际应用价值和创新意义的优秀作品,并给予奖励。

大赛的优秀毕业设计作品将以此案例集的形式向全国高校推广,成为面向工程实践能力培养的本科毕业设计示范,以促进我国各高校机械类专业本科毕业设计整体水平的提升。

中国机械行业卓越工程师教育联盟

2017年8月



# 目 录



## 金 奖

1

基于摩擦静电感应原理的风力发电机研究.....2



## 银 奖

5

电阻膜片空气雾化喷涂数值模拟及工艺参数优化.....6

四轴雕刻机设计..... 11

发动机本体组件的人机协同装配系统设计..... 15

继电器铆触点间隙视觉测量系统研究..... 18

双电机冗余驱动加油开关齿轮减速机构..... 21



## 铜 奖

25

灼伤瘢痕冷针治疗仪样机开发与实验系统搭建..... 26

可穿戴下肢运动机能监测与智能云评价系统..... 31

综掘工作面出风口智能调控装置虚拟样机研发..... 34

小型共轴双旋翼无人机操纵机构的结构设计..... 37

大长径比抑振镗杆结构设计及性能分析..... 40

V形塑料件注塑成形模拟及模具设计..... 46

OHD-64 船襟翼舵结构与工艺设计..... 49

振动吸附式仿壁虎爬壁机器人的结构设计..... 52

小型共轴双旋翼无人机的总体布局及结构设计..... 57

小型秸秆颗粒机方案与传动系统设计..... 61

手机 3D 玻璃模压成形技术..... 64

基于液态金属的柔性电感传感器 3D 打印研究..... 67





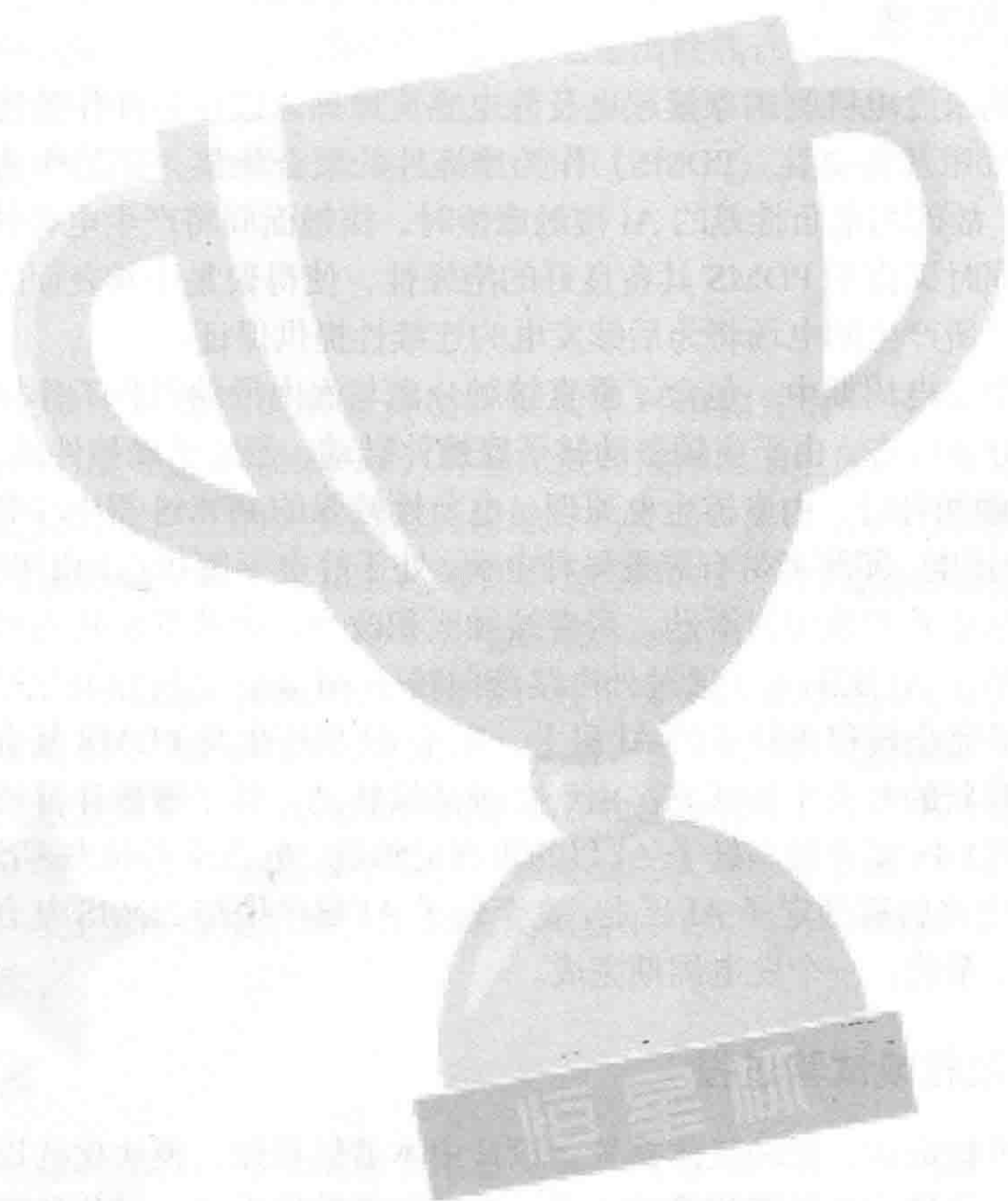
## 优秀奖

70

下肢外骨骼的研究及应用·····	71
刮板输送机中部槽元宝座焊接工作站设计·····	75
面向 10MW 风电机组的五自由度电液加载系统设计·····	78
LED 柔性屏幕拼接框架结构与性能仿真分析·····	83
RV 减速机摆线轮外径和底径在线检测装置设计·····	88
大型高精度超大扭矩分度回转装置参数化设计·····	92
船舶舵系数字化设计及其软件开发·····	100
基于机器人视觉引导的大尺寸零件自动定位、搬运·····	104
泥浆筑坝机系统方案及泥浆制备-输送和车桥部件的设计·····	107
叠片机极片切割与除尘装置的结构优化及仿真·····	111
激光熔注微细粉体量产化自动涂覆装置的设计·····	113
平衡轴轴端压装总成螺纹自动拧紧机结构设计·····	117
磁导航麦克纳姆轮全向车的设计与制作·····	120
履带式万向多轴水果采摘机器人设计·····	125
铜件研磨半自动化线结构设计·····	129
顶管机地下空间智能导向测控系统·····	132
WA-C1 型双层轨道式爬壁机器人总体及轨道、爬升机构设计·····	135
挖掘机灌装配重的重心自动找正装置设计·····	140
棉纤维短绒率无损检测快速制样装置·····	144
挤出橡胶高精度自动定重配料系统设计·····	147
超低孔液压钻机自动换杆装置的设计·····	153
基于机器视觉深度学习的法兰表面瑕疵自动识别·····	156
旋翼吸附式爬壁机器人设计·····	161
船舶动力设备浮筏隔振系统结构设计与分析·····	167
热冲压 7xxx 系高强铝合金 U 形件回弹影响因素研究·····	170
变刚度软体机械手设计·····	173
基于视觉引导的动目标抓取机械系统关键技术设计与实现·····	177
小型共轴双旋翼无人机旋翼结构设计及气动仿真研究·····	180
三点弯曲疲劳测试仪的设计·····	184
顶部驱动钻井系统下套管装置设计·····	188
● 附录一 大赛总结及小组总结·····	192
● 附录二 大赛章程·····	197
● 附录三 大赛情况简介·····	201
● 附录四 大赛打分依据·····	204
● 附录五 大赛获奖名单·····	205



# 金奖





# 基于摩擦静电感应原理的风力发电机研究

李 想 程广贵（导师） 王余万（企业导师）

江苏大学 机械设计制造及自动化

## 1. 设计目的

当今世界深受能源危机以及环境污染的困扰，由于风能的可再生性及无污染性，风电技术早已形成一股研究热潮并得到长足发展，但风电机制造仍存在成本高、技术难度大、机体质量大等诸多问题。本毕业设计拟突破传统电磁感应风电机的局限，基于摩擦生电及静电感应原理设计并制造一种新型风力摩擦电纳米发电机，使其具备轻量化、易制备、成本低等诸多优点，旨在降低风力发电成本，促进其进一步的推广。

## 2. 基本原理及方法

本风力摩擦电纳米发电机利用摩擦起电及静电感应原理，以摩擦件作为发电机的核心元件。设计中选用聚二甲基硅氧烷（PDMS）作为摩擦件的聚合物层，铝箔作为电极层。由于PDMS电负性较强，故而与电负性差的Al接触摩擦时，接触面间将产生电荷转移，前者得电子，后者失电子。同时又由于PDMS具备良好的绝缘性，使得聚集于其表面的电子能够得以保留，这些留存电子所产生的电场将为后续发电的连续性提供保证。

在发电机的一个发电周期中，包含了垂直接触分离与面内滑动两种工作模式。开始时，定转子摩擦件处于分离状态。由于主轴带动转子摩擦件转动，当转子摩擦件的Al层与定子摩擦件的PDMS层接触拍打时，由摩擦生电原理，电负性较强的PDMS得电子带负电，电负性较弱的Al失电子带正电，即两者带有等量异种电荷，处于静电平衡状态。由于主轴继续转动，定转子摩擦件发生形变并产生相对滑动，两者接触面积改变，电荷平衡状态被打破。由静电感应原理，定子摩擦件Al层的电子通过外电路流向转子Al层。当转轴继续转动，定转子摩擦件分离，此时电子完全转移到转子的Al层上，定子Al层产生与PDMS复合膜表面负电荷等量的正电荷，达到新的电荷平衡状态。由于主轴持续转动，转子摩擦件继续向下一个定子摩擦件靠近。由于PDMS复合膜与转子Al层的距离足够近，电荷平衡状态再次被打破，转子Al层的电子通过外电路转移到定子Al层上，直至转子Al层产生与PDMS复合膜表面负电荷等量的感应正电荷，至此，一个发电周期完成。

## 3. 主要设计过程或试验过程

为降低制造及维护成本、减轻机体重量，设计中本着轻量化、模块化的设计原则，采用轻质柔性材料贴合金属薄片在风能的推动下进行摩擦发电的发电单元替代传统的铜线圈电磁感应发电单元；并将摩擦电纳米风力发电机设计为可按需求任意加装1~8对摩擦件的组合模式，以便实验及实际应用中，对摩擦件的拆装更换，提高装置可维护性。

整体结构主要包括摩擦件、转子部分、定子部分、支撑体部分、底座、换向器、扇叶。



当风吹动扇叶并带动转子转动时，转子摩擦件将随之旋转，并与固定在定子上的摩擦件产生接触与摩擦。基于模块化设计，沿支撑体圆周架设外杆，用于安插摩擦件并构成定子部分。定子外杆与支撑体之间通过螺栓连接，设计简单，以便于加工。外杆中部开有插片槽用于固定摩擦件，左端开有导线槽，以便导线的引出与整理。发电机转子部分由插片盘以及主轴构成。插片盘上开有 8 个插片槽用于固定摩擦件，中间孔开有键槽，以便与主轴通过键连接配合；右端开有 8 条导线槽，以便来自各个方向的导线统一整理。摩擦件是摩擦电纳米发电机的核心元件，为充分提高其发电性能，设计中选用两种电负性相差较大的材料：聚合物材料选用 PDMS，电极材料选用 Al。将质量分数为 3% 的碳纳米颗粒掺入 PDMS 中，制备出 PDMS 复合膜，以进一步提高其发电性能。加工方式采用常规加工及 3D 打印相结合的方式，以 PA66（尼龙-66）为主要机身材料制作出原理样机。

经过装配与调试，发电机在风力驱动下工作状态良好，电输出波形良好。随后利用样机进行进一步的实验，以测试其电输出性能，并探究其发电性能的影响因素。由于实验条件需要控制转速，故选择在实验室内进行，并采用智能调速数显交流电机作为动力源，模拟风吹扇叶带动主轴转动；同时利用泰克科技（中国）有限公司生产的示波器采集电输出数据得到电输出波形；为解释波形具备的特殊特征，借助 ANSYS 阐明摩擦件接触形变各个阶段与电输出波形各个特征的对应关系。为全面测试其电输出性能，将短路电流、开路电压、功率密度等纳入评测标准；实验并分析不同外负载、主轴转速、摩擦件对数以及空气相对湿度对其电输出性能的影响；进行电容充放电实验、商用 LED 灯点亮实验，测试证明其实际应用的潜力。

#### 4. 结论

通过装置电输出性能测试实验得出，安装单对摩擦件时，装置的最大输出电压可达 254V，最大功率密度可达  $347\text{MW}/\text{m}^2$ ，并且示波器展示出的电压波形呈现交流电的特征。分析发现，装置工作过程产生的完整波形为接触分离及面内滑动两种工作模式的叠加。

通过装置性能影响因素实验发现，随着转速的增加，各项电输出指标均增加；随着外部负载的增加，平均电流减小，平均功率先增后减。随着所安装摩擦件对数的增加，电输出波形密集度上升，各项电输出指标均快速增加，且呈现非简单的线性关系。两对摩擦件平均功率约为一对的 5.41 倍，而四对约为两对的 8.46 倍，且摩擦件对数越多，电容充电效果越好：不仅表现为充电速度更快，还表现为充电完成后电容稳态电压值更高。随着机体所处环境相对湿度的增加，装置发电性能显著下降。当相对湿度从 40% 增加到 62% 时，电压由 256V 持续降至 10.4V，这提醒摩擦电纳米发电机的使用者们在实际应用中需要严格控制发电机腔体内部的空气湿度。

#### 5. 创新点

(1) 创新性地提出将摩擦电纳米发电机与风力发电相结合，开展轻量化、低成本风力摩擦电纳米发电机制造及理论研究，以突破现有风电技术中存在的成本高、设备复杂以及机体质量过大等局限性，实现风力发电机向轻量化、易制造、低成本方向发展。

(2) 工作模式上将垂直接触分离式与面内滑动式结合起来，从而使得发电机电输出性能兼具这两种模式的优势，即同时具有前者高峰值与后者良好连续性这两种优点，使装置发电



性能得到提高。

(3) 模块化设计使得装置摩擦件及大部分零部件易于更换，便于实验及实际应用中的调整与后期维护。

## 6. 设计图或作品实物图

风力摩擦电纳米发电机三维建模图和样机实物图如图 1、图 2 所示。

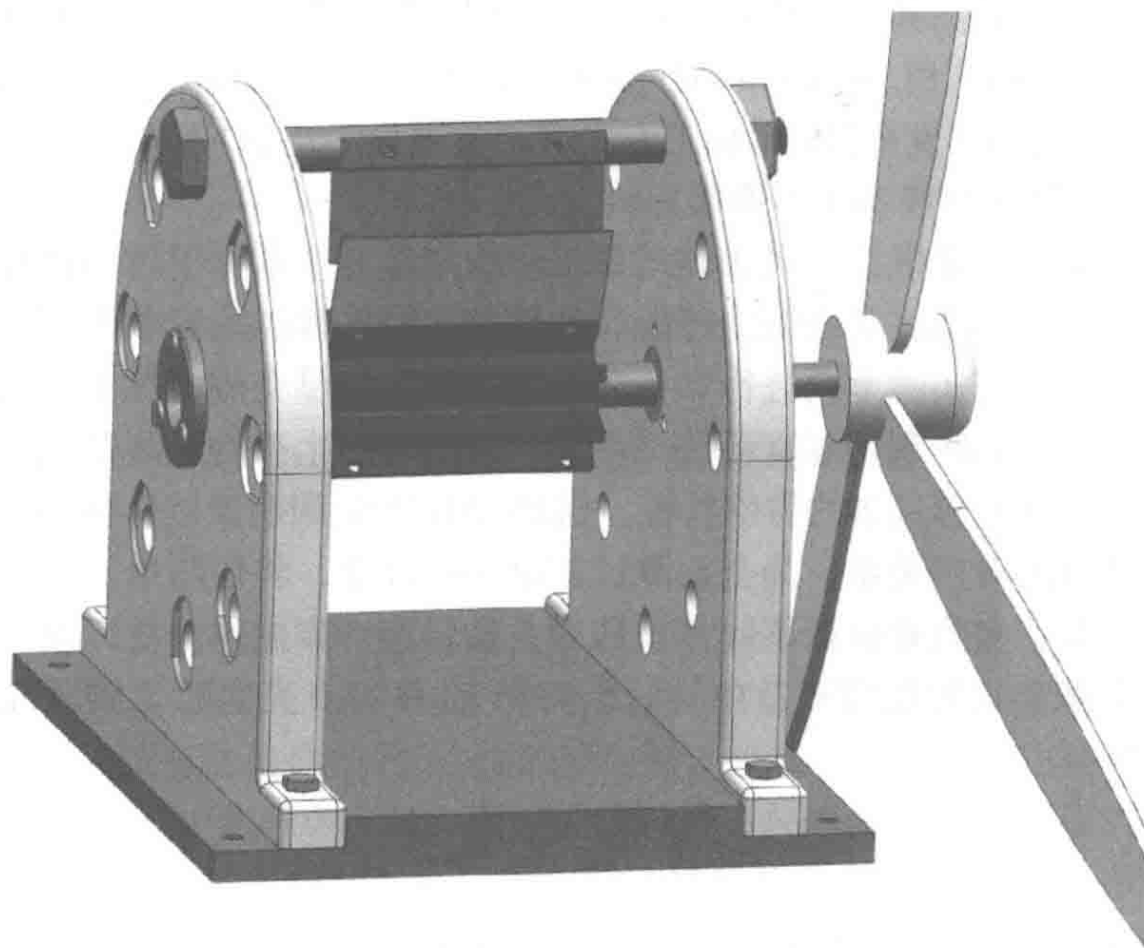


图 1 风力摩擦电纳米发电机三维建模图

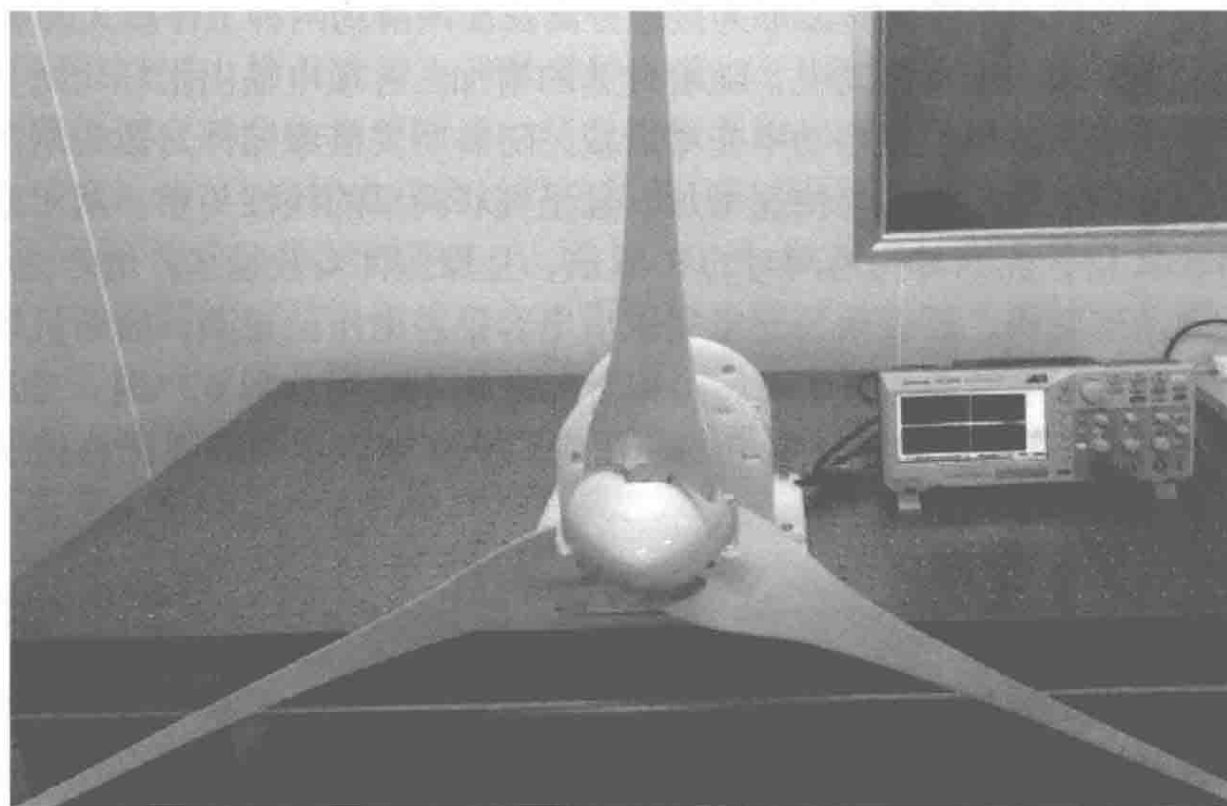


图 2 样机实物图

# 银 奖





# 电阻膜片空气雾化喷涂数值模拟及 工艺参数优化

程建华 潘旭东 (导师) 吴贵成 (企业导师)  
哈尔滨工业大学 机械设计制造及其自动化

最佳人气奖

## 1. 设计目的

合成碳膜电阻片是一种广泛应用于航空航天领域的位移传感器，例如在火箭飞行伺服系统中，电阻膜片作为位置反馈测量元件，对整个控制系统的控制精度具有重要影响。电阻片两端在工作时被施以恒定电压，当电刷向左或向右移动时，要求输出端的电势差随之精确地按线性变化。由于电阻片碳膜涂层的喷涂均匀度对整机的控制精度具有较大的影响，为降低电阻片初始非线性误差，减少后续修刻的工作量，本课题以新研制的直线型电阻膜片高精度喷涂设备为研究对象，探究某型电位计生产所需的工艺参数的优化方案，以利于电位计的生产质量与效率的提高。

## 2. 基本原理及方法

### 1) 电阻膜片喷涂-烘干工艺简介

合成碳膜电阻片的生产过程包括制备电阻片骨架及电阻液、反复喷涂-烘干、去浮膜以及后续聚合、热老练、涂银等共 10 多个步骤，其中反复喷涂-烘干工艺是影响成品质量与生产效率的关键所在。该工艺需多次（至少 10 次）利用空气雾化喷枪将石墨电阻液喷涂到电阻片骨架上，形成一层均匀的电阻液膜，继而烘干，再喷涂，最终得到平均厚度仅数十微米的合成碳膜。

### 2) CFD 与壁面液膜模型

计算流体动力学 (computational fluid dynamics, CFD) 是流体力学与计算机科学相互融合的新兴学科。其以电子计算机为工具，应用各种数值计算方法对流体力学的各类理论及实际问题进行仿真模拟与分析研究，是理论流体力学与实验流体力学的有力补充。壁面液膜模型是 CFD 领域的重要研究内容之一，它可进一步分为基于连续流体控制方程的欧拉壁面液膜模型与基于离散液膜粒子的拉格朗日壁面液膜模型。

### 3) 正交试验设计及分析方法

正交试验法是利用数理统计学与正交性原理进行合理试验设计的一种科学方法。相比将所有因素及水平的一切组合列为试验条件的完全析因试验，正交试验一般根据“正交表”进行设计，其各个因素与水平具有“均匀分散、整齐可比”的特点，既大大减少了试验成本，