

Aeroengine Grits Charged Characteristics Research

Jin Chen, Zhenzhen Liu, Wenjie Hu, Zhixiong Chen, Guoyang Zhao

Nanchang Hangkong University, Nanchang Jiangxi
Email: 984633496@qq.com

Received: Nov. 20th, 2017; accepted: Dec. 1st, 2017; published: Dec. 8th, 2017

Abstract

Abrasive particle size of most mechanical systems (aeroengine) failure issue is between 20 microns to 200 microns. The study of the charge characteristics of particles in this area has special significance to the technology of abrasive electrostatic monitoring. This paper adopts direct measurement method to obtain the generated static electricity after different friction time of micron particles. The materials used in the experiment are powder of aluminum. The average particle size is 50 μm , 200 μm and 3 mm. The results show that there is a linear relationship between the charge of aluminum particles and the time of the vibratory load. The greater the diameter of the particle, the more the charge.

Keywords

Particle, Electrostatic, Friction Time, Charge

航空发动机磨粒荷电特性研究

陈进, 刘珍珍, 胡文杰, 陈志雄, 赵国扬

南昌航空大学, 江西 南昌
Email: 984633496@qq.com

收稿日期: 2017年11月20日; 录用日期: 2017年12月1日; 发布日期: 2017年12月8日

摘要

大多数机械系统(航空发动机)失效期的磨粒尺寸多在20 μm ~200 μm 之间, 在这一尺寸范围内研究颗粒的荷电特性对磨粒静电监测技术具有特殊意义。本文采用直接测量的方法获得微米级颗粒不同摩擦时间后产生的静电, 实验选用颗粒的材料为金属铝粉末, 平均粒径为50 μm 、200 μm 、3 mm。研究结果表

明：铝颗粒的荷电量与振动荷电时间在一定时间范围内存在线性关系，在相同的摩擦振动时间下，颗粒的直径越大，荷电量越多。

关键词

颗粒，静电，摩擦时间，荷电

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

航空发动机是飞机的核心，是在高温、高压和高速旋转条件下长期反复工作的复杂热力机械。航空发动机中的各种摩擦副，因负荷大、温度高、工作环境恶劣，容易磨损，从而导致零部件精度降低、寿命缩短或引发二次故障等，据统计发动机空中停车故障的 37.5% 及导致发动机提前更换的 60% 以上的原因是发动机轴承等零件的磨损类故障[1]。摩擦副在磨损的过程中产生磨粒，由于“摩擦起电”磨粒带有一定的静电，通过监测磨粒的静电信号可以反映其磨损状况。Chen 等对滑油系统全流量在线磨粒静电监测技术展开了研究，研究成果对于丰富航空发动机状态监测手段具有重要的理论和工程意义[2]。HOGUE 等采用颗粒(毫米级)在钢板上滑行至法拉第杯中的方法，测得不同材质、滑行角度均会影响静电产生[3]。同时，颗粒材料及尺寸均会对静电的产生有影响。本文主要研究不同尺寸的非铁磁性材料铝颗粒的荷电情况，探索不同摩擦荷电时间对颗粒荷电量的影响规律。

2. 实验

2.1. 实验方法

为了研究航空发动机磨粒荷电特性，本工作对微米级颗粒产生的静电进行了研究，常见的颗粒荷电方式有人工搅拌荷电、振动荷电、电晕荷电，微米级颗粒为粉末状，固采用振动荷电的方式进行荷电。实验测量方法为将固定质量的微米级颗粒放在聚四氟乙烯杯中，聚四氟乙烯杯固定在振动电机上，振动一段时间后将荷电颗粒倒入法拉第杯。法拉第杯连接静电计，颗粒振动过程中相互摩擦碰撞产生静电，所带静电量将直接可以从静电计测得，并记录测量数据。对不同尺寸颗粒摩擦带电的电荷量进行测量，通过改变颗粒摩擦接触、振动时间来研究颗粒荷电受摩擦接触、振动时间的影响规律。

2.2. 实验步骤

实验选择的颗粒有微米级粉末状颗粒，因此无法确定颗粒的具体数目，统一采用称重的方式来控制颗粒的质量(精度 0.1 mg)。实验前，用电子秤称取 10 g 颗粒分别放入具有标号的聚四氟乙烯杯中(每个杯中 10 mg)，并放电 24 h，以保证初始电量均为 0 [4]。

测量过程中采用独立性实验，即取一份已放电的颗粒(10 mg)放在振动电机上振动 60 s，然后将荷电颗粒转移至法拉第筒中进行测量，在测量前记录系统误差初始值，并且在测量前对静电计进行清零处理。重复以上操作，共测量 5 组振动 60 s 的颗粒的静电量(每次实验颗粒均已放电 24 h)，再分别测量 5 组振动 120 s、180 s、240 s 的颗粒的静电量。

2.3. 实验装置与仪器

对于摩擦荷电，可以采用人工荷电方式[5]，也可以采用振动荷电方式，根据原理图搭建的颗粒振动荷电实验装置如图 1 所示。

颗粒静电测量装置包括吉时利 6517B 型静电计及自制法拉第杯，自制的法拉第筒由内、外筒组成，用紫铜加工而成，内、外筒之间及内筒底部通过绝缘垫块隔开，并通过环氧树脂固定，导线焊接在法拉第筒内筒外壁并连接到 BNC 接头上，实现对荷电颗粒的测量(图 2、图 3、表 1)。

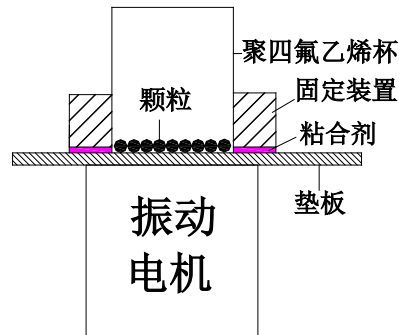


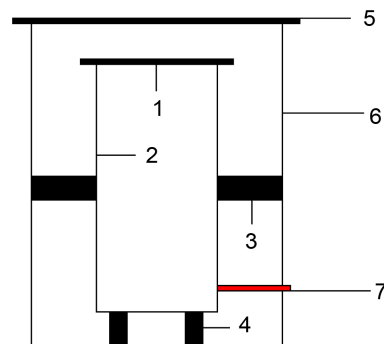
Figure 1. Vibration charging experimental device

图 1. 振动荷电实验装置



Figure 2. Electrometer

图 2. 静电计



图中：1-内筒盖；2-内筒；3-绝缘材料；4-绝缘材料；5-外筒盖；6-外筒；7-导线接口

Figure 3. Faraday cylinder structure diagram

图 3. 法拉第筒结构图

3. 实验结果分析

为探索航空发动机滑油系统中磨粒的静电荷电情况,将不同尺寸的金属材料铝(50 μm 、200 μm 、3 mm),分别进行不同荷电时间的多次试验,以探寻不同尺寸、不同摩擦时间颗粒的荷电规律。

3.1. 颗粒荷电量与颗粒直径关系

通过对磨粒荷电量与磨粒尺寸影响分析可知,该关系式同样可以适用于本试验条件下的空气中颗粒摩擦荷电情形,荷电量与颗粒等效直径间存在如下指数关系[6]:

$$Qp = \alpha d_p^\gamma$$

式中: α 为与颗粒材料和荷电介质等有关的常数; d_p 为颗粒等效直径; γ 为由试验确定的数。式子表明颗粒荷电量与颗粒直径存在相关关系。

3.2. 实验数据分析

对三种尺寸的铝颗粒(50 μm 、200 μm 、3 mm)进行不同接触摩擦时间(60 s、120 s、180 s 和 240 s)的摩擦荷电试验,每一测试时间进行了 5 次独立试验(分别用测量序号 1、2、3、4、5 来表示),应用 origin 软件对试验数据进行处理得结果如图 4~7。

Table 1. Electrometer parameter of type 6517B

表 1. 6517B 型静电计参数

电流测量范围	电荷测量范围	电压测量范围	最小电流量输入压降(V)	输入阻抗/(T Ω)	偏置电流/(fA)	读数率/(rdgs/s)
20 pA~20 mA	2 nC~2 μC	2 V~200 V	<20	200	<3	125

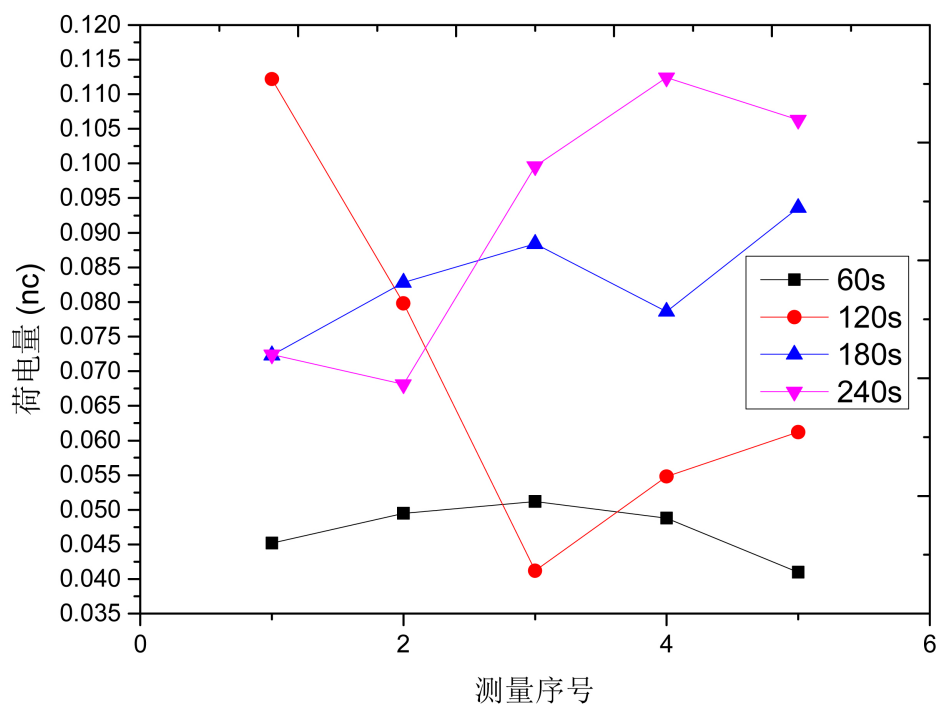


Figure 4. Aluminum particles with a diameter of 50 μm

图 4. 直径 50 μm 的铝颗粒

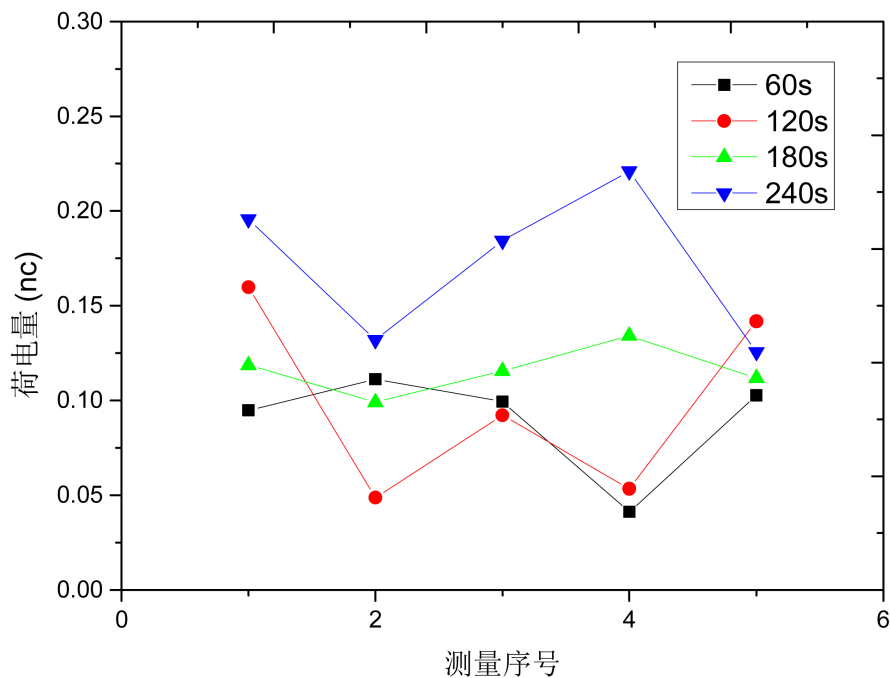


Figure 5. Aluminum particles with a diameter of 200 μm

图 5. 直径 200 μm 的铝颗粒

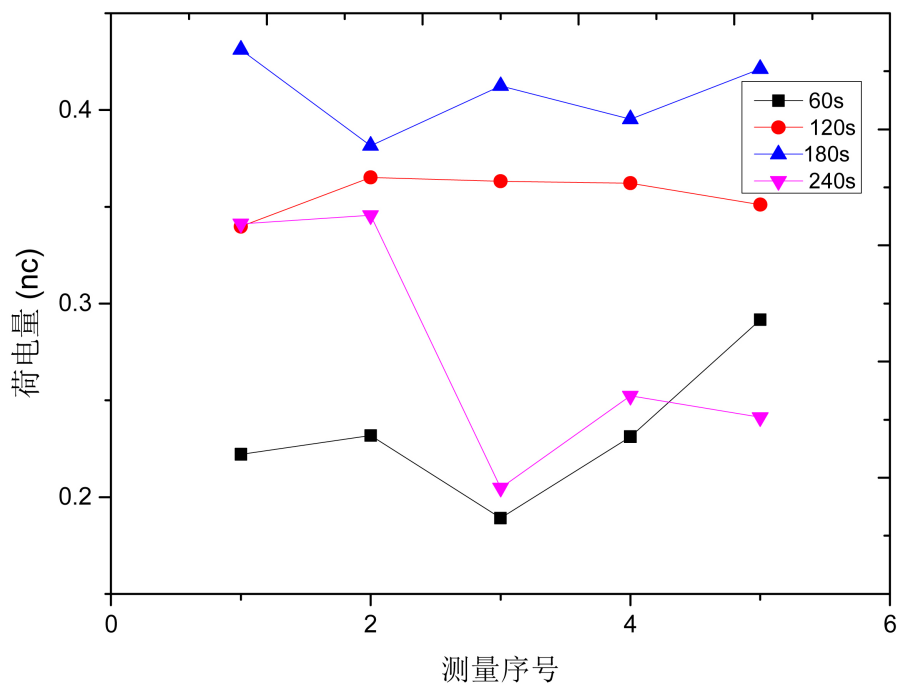


Figure 6. Aluminum particles with a diameter of 3 mm

图 6. 直径 3 mm 的铝颗粒

从图 4~6 中可以看出，铝颗粒的荷电量与振动荷电时间在一定时间范围内存在线性关系。总体来看随着摩擦振动时间的增加，铝颗粒的荷电量增大，增大到一定程度后，铝颗粒的荷电量有减小的趋势。其中 3 mm 的铝颗粒在摩擦振动 180 s 时电荷量达到最大(饱和)，摩擦振动 240 s 时电荷量减小。图 4

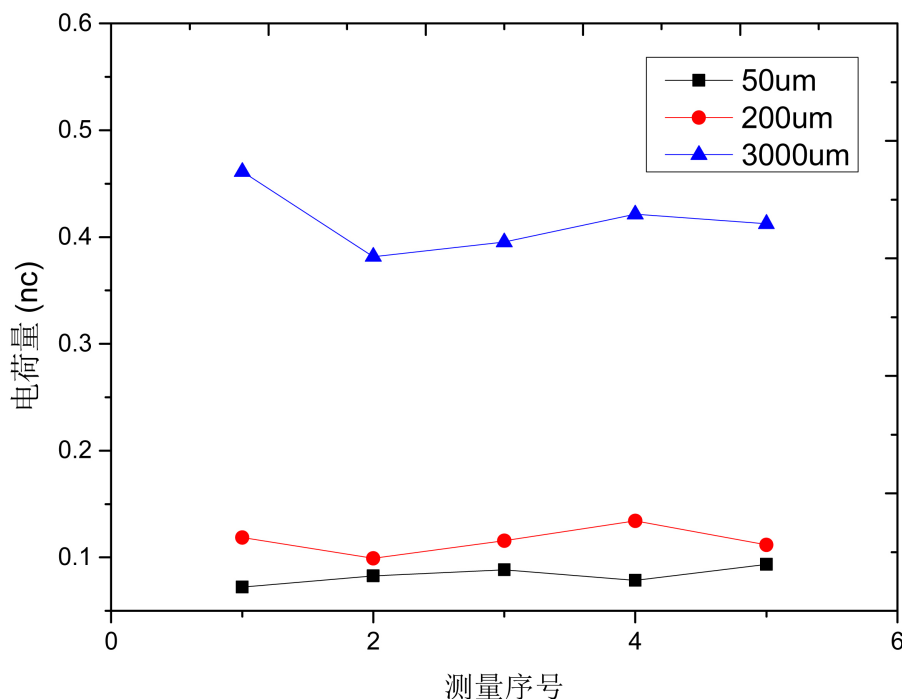


Figure 7. Charging behavior of aluminum particles of different sizes (180 s)
图 7. 不同尺寸铝颗粒的荷电情况(180 s)

中摩擦振动时间为 120 s 时测得颗粒的荷电量差异略大, 可能是前两次试验的颗粒放电不完全所致。

颗粒摩擦振动的电荷量单位为 nc, 电荷量非常小, 同一尺寸在相同的摩擦振动时间时的电荷量随机性比较强, 无明显规律。从图 7 中可以看出, 在相同的摩擦振动时间下(180 s), 铝颗粒的荷电量与颗粒直径存在线性关系, 颗粒的直径越大, 荷电量越多。

本文的创新之处是采用新的荷电方式, 振动电机可以精准的控制颗粒的振动摩擦时间和振动摩擦频率, 且操作简单荷电效果明显。不足之处是空气中的静电监测技术会受工作环境(温度、湿度)等因素影响, 应进一步提高独立试验的次数。因此, 本文虽然初步得出了铝颗粒的荷电规律, 但是其中的相关实验数据仅供相关技术人员参考。

在本工作的基础上, 将来还继续在以下几个方面进行提高: 对其他材料不同尺寸的颗粒, 如铁、铬、铜等金属及碳化硅、陶瓷等非金属的荷电特性进行研究; 研究颗粒的荷电量与摩擦振动时间之间的规律; 在实验基础上发展相应的物理模型, 为发动机滑油系统磨粒的静电监测提供参考依据。

基金项目

国家自然科学基金(51465047); 航空科学基金(2014ZD56009); 江西省研究生创新专项基金(YC2015-S327)。

参考文献 (References)

- [1] 文振华. 航空发动机静电监测技术[M]. 北京: 知识产权出版社, 2014.
- [2] 陈志雄, 左洪福, 詹志娟, 等. 滑油系统全流量在线磨粒静电监测技术研究[J]. 航空学报, 2012, 33(3): 446-452.
- [3] Yao, J., Huang, Y. and Wu, J.J. (2016) Investigation of Granule Sliding Velocity and Granule Shape Effect on Electrostatics. *Journal of Central South University*, **47**, 1799-1804.
- [4] Yao, J. and Wang, C.H. (2006) Granular Size and Shape Effect on Electrostatics in Pneumatic Conveying Systems.

Chemical Engineering Science, **61**, 3858-3874. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2006.01.015>

[5] 张宝峰, 张连洪, 李双义. 颗粒人工荷电带电量测量的研究[J]. 天津大学学报, 2002, 35(6): 697, 696-698.

[6] Rossner, M. and Singer, H. (1989) Measurement of Micrometer Particles by Means of Induced Charges. *IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, **2**, 2233-2238. <https://doi.org/10.1109/IAS.1989.96950>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-474X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jast@hanspub.org