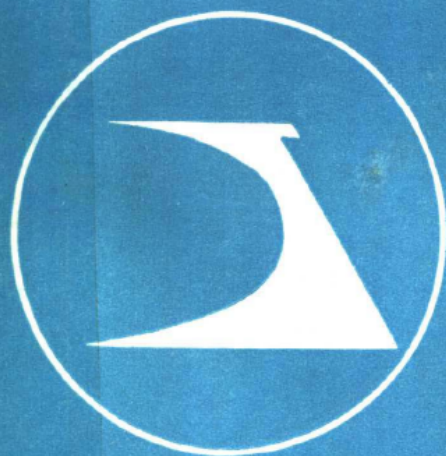


静电学术报告会 论文集 '87

**PROCEEDINGS OF 1987 ANNUAL
CONFERENCE ON ELECTROSTATICS**



**中国物理学会静电专业委员会
ESC (CPS)**

静电学术报告会论文集'87

第三届年会

会期: 1987 年 5 月 4 日~8 日

会场: 浙江诸暨县人民政府招待所

PROCEEDINGS OF CONFERENCE ON ELECTROSTATICS'87

(3rd Annual Conference)

May 4—8, 1987

AT

Guest House of Zhuji County, Zhejiang Province, China



中国物理学会静电专业委员会

Electrostatics Committee of Chinese Physical Society

(常设办公室: 北京工业学院应用物理系 电话: 890321-688)

(Permanent Office: Department of Applied Physics, Beijing Institute
of Technology phone: 890321 Ext.688)

封面图案说明：

采用正负形“JD”（静电）二字构成。上方的针尖揭示出自1600年吉伯验电器发明以来，静电学科的研究历史源远流长；下方的针尖预示着我国静电科学的发展方兴未艾、鹏程万里。圆环意味着静电工程正逐步深入到由原子、分子基团的微观世界直至浩瀚宇宙的广阔范围。以激发我国广大科学工作者向更新更深广度进军的热忱。

大会日程表

	时间	会场	大会议室	第一会议室	第二会议室	第三会议室	第四会议室
4 日	9:00 }		开幕式				
	11:30		工作报告				
	14:00 }			学术报告	学术报告	学术报告	学术报告
	17:30			(静电应用)	(静电防灾)	(静电除尘)	(静电测试)
5 日	8:00 }			学术报告	学术报告	学术报告	学术报告
	11:30			(静电防灾)	(静电防灾)	(静电除尘)	(静电测试)
	14:00 }			学术报告	学术报告	学术报告	学术报告
	17:30			(静电材料)	(静电防灾)	(静电除尘)	(静电测试)
6 日	8:00 }			学术报告	学术报告	学术报告	学术报告
	11:30			(生物效应)	(静电防灾)	(带电机理)	(综合)
	14:00 }		分会工作				
	17:30		报告				
7 日	8:30 }		特别演讲				
	11:30						
	14:00 }		分会工作报告				
	17:30		静电产品介绍				
8 日	8:30 }		闭幕式				
	10:00						

大会内容

○ 学术报告

1. 特别演讲(7 日)

日本在静电应用领域中最近的进步

增田闪一教授(日本静电学会会长、福井工业大学校长、产业技术研究会会长)

2. 一般学术报告(4 日、5 日、6 日)

分科: A: 静电应用 B: 静电防灾 C: 静电除尘 D: 生物效应

E: 静电测试 F: 带电机理 G: 材料

- 各分会工作报告（6 日、7 日）
- 静电产品介绍（7 日）
- 参观
 - 五泄（7 日）
 - 绍兴（8 日）

目 录

静电工学的未来

.....增田闪一(福井工大)	1
A ₁ 一种新型静电分选装置的试验研究.....	
...窦卫国 乌力根代来(内蒙农牧学院) 石辛民 梁运章(内蒙大学)	5
A ₂ 电场加速酒的老熟处理研究.....薛金柱 鲁中月(郑州大学)	15
A ₃ 电液效应及其在清砂上的应用研究.....	
.....白希尧 于锡君 于明德 王文柏(鞍山静电所)	18
A ₄ 稳定高梯度静电场净油技术研究.....白希尧 黄梅香 任殿发(鞍山静电所)	26
A ₅ 静电场中的粉末粒子.....王林章(石油管道科研院)	39
A ₆ 变压器油的静电净化实验研究.....	
.....梁运章 石辛民 孙冬青 延秉杰(内蒙大)	44
B ₁ 综述静电放电对火箭和导弹发射成败的影响.....	
.....刘均涛 范邦强(航天部 101 站)	49
B ₂ 黑火药生产防静电危害问题讨论.....	
.....任宝明 李瑞年(北工)王万录(晋东化工厂)何龙文(兵器部六院)	56
B ₃ 阻抗对电发火装置静电发火的钝感作用.....	
.....任宝明 郭雍光 乔全庆 任光瑞 吴宝中(北工)	69
B ₄ 印铁静电起火原因分析及对策.....赵锡嘉(天津静电分会)	79
B ₅ 硝铵爆药气力输送静电问题讨论.....李瑞年 任宝明 鲍重光 任光瑞(北工)	81
B ₆ 爆炸危险场所放射性静电消除器的应用.....柯林(庆华电器厂)	85
B ₇ 导静电地面电性能测量与分析.....	
.....王万录(晋东化工厂)何龙文 孙桂文(兵器部六院)	96
B ₈ LJX-4C 型离子流静电消除器在粉体工艺生产中的应用.....	
.....瞿建邦(河北大学)	107
B ₉ 导静电地面在泄漏人体静电中的作用.....	
.....何龙文 孙桂文(兵器部六院)王万录(晋东化工厂)	112
B ₁₀ 关于防静电工作服的作用和使用问题.....	
.....赵录臻 朱晓云 陈建平 宗淑清(北京劳保所)	122
B ₁₁ 不同电极在带电油面上的放电特性.....潘刚 史崇岳(沈阳消防所)	129
B ₁₂ 粉体气流干燥工艺中的防静电研究.....	
.....郝纹一(北京康华静电所)瞿建邦(河北大学)	134
B ₁₃ 关于抗静电制品导电性能评价问题的讨论.....陈加兴 刘纪元(北工)	141
B ₁₄ 氢—空气混合气体静电点火能.....	
.....周锡忠(复旦大学)王文召(上海煤炭科研院)	145

B _{1.5}	导电纤维及抗静电织物电晕放电的研究	王海兴 (苏州大学)	151
B _{1.6}	尼龙—66 纤维的抗静电[改性]	胡家智 (大连轻化工所)	157
B _{1.7}	静电安全名词术语 (国际)	黄兆谦 (劳动部劳保所)	161
B _{1.8}	悬浮粉尘静电火花感度研究的评述	钱仲 (陕西物化所)	177
B _{1.9}	消除高分子摩擦带电的几次实践	程革 郑明坤 王恩石 (吉林建工学院)	181
B _{1.10}	静电消电器的实际功能	卫道坦 仲烘维 徐年生 (武汉水运工院)	188
B _{1.11}	石油产品储运系统的静电及其消除	宋广成 (石代科研院)	192
C ₁	电除尘器二维电场特性研究	高香林 叶昌仁 胡志光 (华北电院)	200
C ₂	辅助电极型电除尘器的研究和应用	陈国渠 (西安热工所)	206
C ₃	试论电除尘器的质量标准	俞寿成 (诸暨除尘所)	214
C ₄	电除尘器几种线、板配置电场强度的实验研究	郭日生 张鸿迪 (北京劳保所)	222
C ₅	电晕电场特性测量的研究	高香林 叶昌仁 胡满银 胡志光 (华北电院)	233
C ₆	静电抑制粮食输送系统尘源技术的研究	白希尧 刘慎言 朱明江 (鞍山静电所) 山云 程广志 (北京粮食局)	239
C ₇	净化粉矿仓卸料小车扬尘新方法	白希尧 王绪传 朱明江 (鞍山静电所) 段受锋 由连元 (核工业部721矿)	248
C ₈	静电感应水雾带电喷头的研究	刘林茂 王荣毅 吴彦 孙大伟 (东北师大)	254
C ₉	小麦粉尘静电燃爆试验研究	白希尧 朱明江 (鞍山静电所) 山云 程广志 (北京粮食局)	260
C _{1.0}	煤粉燃爆试验研究	林兆伟 李振德 白希尧 王铁生 刘广林 (鞍山静电所)	266
C _{1.1}	收集低比电阻粉尘极板结构探讨	周永安 (江西劳保中心)	274
C _{1.2}	影响电除尘器性能的安装因素	石培根 (浙江除尘厂)	279
D ₁	静电保鲜的试验及装置	吴筱青 (苏州大学)	286
D ₂	高压静电场对野大豆叶绿素含量的影响	叶家明 陈敏 (东北师大)	290
D ₃	静电场对植物种子的生物效应	白希尧 闫立 李晓玲 (鞍山静电所)	295
D ₄	空气离子生物学效应的实验研究	宋晓鸥 李安伯 陈玉华 薛茂荣 (西安医大)	303
D ₅	静电场对甜菜种子影响的 X 射线衍射观察	梁运章 石辛民 (内蒙大学)	311
E ₁	粉末介质介电常数的测量	张冶文 杨百屯 任越青 刘耀南 (西安交大)	314
E ₂	压电材料在静电测量中的应用	郭陈江 陈国瑞 (西北工大)	321
E ₃	感应式电压表的测量原理——计算结果与测量结果对比	林合 瞿建邦 倪之荃 (河北大学)	327
E ₄	同轴缝隙传感器测量液体的介电常数	关继腾 (华东石油学院)	331
E ₅	板状电介质介电系数简便测试法	王良才 陈翠贞 张毓麟 (苏州大学)	338
E ₆	用光电倍增管测量火花放电能量	李百贵 葛祖怀 瞿洁 秘洪生 (河北大学)	343

E ₇ 均匀带电介质极板电位分布——仪表介入电场的影响·····	
····· 倪之荃 瞿建邦 林台 (河北大学)	351
E ₈ 静电场电势分布测定法·····	王良才 (苏州大学) 359
E ₉ 一种可供长期连续测量的微电脑多点静电位检测记录系统·····	
····· 李国祥 (国家机械委五设计院)	363
E ₁₀ 人体瞬态起电测试方法 探讨·····	夏红 刘纪元 任光瑞 何雯 (北工) 369
E ₁₁ 对引起烃类液体带电的物质的 分析·····	
····· 谭风贵 (总后车船研究所) 董长贵 (中国石化总公司安全技术研究所)	381
F ₁ 荷电大粒子通过强静电场时运动轨迹分析——葵花籽壳、仁分选探讨·····	
····· 窦卫国 (内蒙农牧院)	388
F ₂ 纤维在电场中的运动规律 (第一报) ——运动方程与实验方法·····	
····· 张渠 徐盈 (中国纺大)	395
F ₃ 电场中纤维运动与各因素间的关系·····	徐盈 张渠 (中国纺大) 408
G ₁ 用辐照效应改善聚合物 (PTFE) 的静电特性的研究 ·····	
····· 刘尚合 刘直承 陈云昌 (军械学院) 兰李桥 (北师大)	418
G ₂ 对 JD-A 型抗静电活动地板的论述 ·····	姜立勋 (保定螺旋浆厂) 423
G ₃ 矿用复铜管塞子用压敏材料的研究 ·····	陆承祖 李雪荣 (淮南矿院) 432
静电专业委员会各分会活动情况及组织结构简介 (辽宁、湖北、陕西、石化、	
江苏、河北、吉林、广东、上海、北京、天津、内蒙)	440
静电产品介绍	457
河北省保定色织厂	
福建省龙岩空气净化设备厂	
广州电器科学研究所	
湖北襄樊橡胶厂	
北京无线电仪器厂	

静电工学的未来

日本静电学会会长 增田闪一

一、前言——工学整体未来的形象

现在，工学进到了一个重大变革的时代。其中的潮流之一，是在“时间”和“空间”两个方面日益逼近微观世界，形成所谓“微观世界工学”的倾向。在空间方面，由微米量级发展到亚微米量级；离子水平的操作和材料的问世；开发利用这些微观世界的产品，并已投放市场。在电子技术方面，超大规模集成电路（LSI）、在生命技术方面，细胞融合以及脱氧核糖核酸（DNA）操作；在材料方面，超微粒以及建筑环境方面的超净工房等，都可以说是这种倾向的头一步。而在时间方面，由微秒到毫微秒、进而到微微秒脉冲能量及其应用正在持续发展；其理由在于，易于实现极高的功率，能够使迄今为止不可能实现的操作及反应变为可行。具有波动性的物理量，时间的缩短将直接与空间的缩小相联系，这两种效果能够以相乘的方式表示出来。其中的一个极好的例子是光纤通讯。不久，光 LSI 及光计算机也将问世。在这样的领域，除非能得到重力波通讯等因次完全不同的媒质，否则，就不可能期望有比光更好的媒质。探索“空间”和“时间”本质的资源，迟早将成为人类迎接新的挑战、而要到达的最终目的。接下去的工作，就是努力地去开发使其日益系统化和软件化的“人造世界”的资源。

当今的另一个趋势，是向在“时间与空间”两个方面具有无从想像尺度的“宏观世界”方面的探索。继卫星通讯及探测卫星之后，太空站发电等超大型技术已经成为人类追求的目标。然而，该领域的特征在于与 SDI 等军事技术有关。从这个角度看，有受到国际性强权政治约束的可能性，况且需要庞大的预算，今后所需要的经费还将日趋膨胀。可以设想，单独一个国家的经济实力，哪怕是美国，总有一天也将会无力负担。

这样考虑起来，除去美苏两个超级大国，在“宏观世界”中，我国独树一帜的可能性将会受到限制。然而，在这个范围当中，我们仍然可以创造出引以为荣的成就。那么，立足于这样的潮流当中，静电工学究竟应当扮演什么样的角色？对它的未来，又能作出什么样的展望呢？

首先可以说的是，静电工学也决不能越出上述世界技术发展的潮流之外。也就是说，在静电所具有的多方面潜力当中，现在已知的自不待说，就是迄今为止尚属未知的东西，或者尚未开发的东西，无疑将会受到周围种种新技术要求的触发，而作为新的明星登上舞台。

另一方面，仔细地观察静电所具有的固有属性时，可以发现它与上述种种技术今后发展时所遵循的路线有着惊人的相似性。考虑到这一点，静电工学绝对不能仅仅停留在为其它工学服务的阶段，它自身也必将被建设成为一个独立的、新兴的产业领域。

因此，站在向未来挑战的立场上，我们下面将明确静电工学的新概念，并就对应于上述未来技术的图景，静电具有什么样的潜力、以及为了形成这样的潜力，需要开拓什么样的静电应用技术前沿等等来进行考察。

二、何谓静电、静电工学

从应用的角度出发,对静电和静电工学的定义有过许许多多的考虑和提案。然而,观察一下被称之为静电应用技术的实际状态,并且考虑到上述那样未来的发展方向,可以规定以下这样的概念:

a. 静电现象

(1) 给与物体电荷时,所产生的所有现象称为静电现象;

(2) 由于电场的存在而产生的所有现象称为静电现象。

前者是以构成原因的电荷为着眼点的考虑,而后者是以结果为着眼点的观点。从效果上看,哪一种定义都是可行的,但在考虑问题的方法上多少有些不同。在这里,我们权且将它们相提并论。

b. 静电工学

指的是以静电现象以及电荷和电场为对象的工学领域。

c. 构成静电工学对象的内容

(1) 对物体(气体、液体、固体)的内部以及表面(界面)处的电荷(电子、空穴、离子)的产生、输送、积累现象的理解及其控制(荷电、消电、控制表面能级)。

(2) 对由于静电力(静的、动的)引起的现象(附着、凝集、排斥、分散、移动、电流体力学现象、念珠形成等)的理解与控制(直流、交流、行波)。

(3) 电场的解析(直流、交流、非均匀、行波)及其合成、控制。

(4) 放电现象(电晕、火花、辉光、流光、微放电)的理解和由其产生现象(放电化学作用、离子供给、消电、危害、着火爆炸)的控制。

(5) 荷电技术与荷电装置以及消电技术与消电装置。

(6) 电极技术与电场装置(也包含材料)。

(7) 电源技术。

(8) 静电安全、灾危害防止。

(9) 静电测量(电荷、电位、微电流、高阻、电场)。

(10) 利用电荷、电场对其它物理现象(光、热、磁场、力、声波、电磁波、 x 射线、 γ 射线等)进行控制。

三、微观静电工学的进展

为了使上述静电工学的精髓、即电荷和电场的工学,能够赶上今后“微观世界工学”的潮流,回答未来提出的要求,有必要建立特别以“微观电荷”和“微观电场”为重点的静电工学,即“微观静电工学”。这里所说的微观,不仅指空间,而且也包含时间。在强调时间的微观性时,也可以特别称之为“脉冲静电工学”。

四、微观静电工学的目标

在建立起微观静电工学之后, 具体来说, 应当选择、解决什么样的研究课题? 以什么样的技术开发为其目标呢? 下面我们指出这些重点目标的内容:

(1) 物体内部以及表面(界面)处微观电荷(电子、空穴、离子)的微观水准行为的理解与微观水准下的控制(微观荷电、微观消电)。

(2) 对亚微米粒子、毫微米粒子、离子、电子或者细胞、DNA 等, 利用静电力进行微观水准的控制(特别是与超 LSI 及光 LSI 中的微观污染物有关)。

(3) 微观静电生物现象(输送现象、能量变换、运动)的理解与控制。

(4) 微观电场(特别是与生物关连的液体中、与 LSI 关连的固体表面)的微观水准的理解和控制。

(5) 微观放电现象的理解和控制(与超超 LSI、光 LSI 的危害有关)。

(6) 微观荷电、消电技术及其装置。

(7) 微观电极技术与微观电场装置。

(8) 微观电源技术。

(9) 微观静电灾危害防止。

(10) 利用微观电荷、微观电场的其它微观(或者宏观)物理现象进行控制、微观静电测量技术(微观电位、微观电场等)。

五、宏观静电工学的进展

与“宏观世界工学”对应, 建设支撑它的静电工学, 其重要性并不亚于“微观静电工学”的建立。具体的对象领域有“宇宙”、“热核反应”、“海洋”这三个方面。

六、宏观静电工学的目标

(1) 在宇宙中, 与太空站的建设相关连, 当前的问题在于开发在真空中, 邻近于受到太阳辐射热的高温一侧和与之相反一侧的极低温这样极限条件下的各种静电应用技术。美国已制作了月面处的太阳电池, 以为由月球发射太阳发电站作准备。为此, 提出了静电分离(硅原料)的技术。

(2) 在热核反应中, 与托卡马克装置的燃料注入及激光热核反应相关连, 氘-氚冰丸非接触的生成、控制、高速喷出, 是当前静电技术的重要课题。

(3) 关于海洋, 与资源回收(铀)、渔业(海洋牧场)、能量变换(潮汐、波浪)相关连, 静电技术的开发也是未来的一个目标。

七、结 语

以上,按照作者的考虑,叙述了静电工学未来的形象。这些都是从事静电的研究者、技术人员、管理人员梦寐以求的理想。要求有巨大的热情和挑战的目标。这里,就面临着“什么是创造力,其原动力何在”这样一个重要的问题。

作者认为,所谓创造性,是由“提出问题的能力”和“构成假设的能力”这两方面构成的。也可以说是“持有疑问的能力”和“梦想的能力”。其中任一种能力都是由人类灵性中最为丰富的部分抽取出来的,这就需要有哲学、宗教、艺术、文学等方面的涵养。

疑问越大越有益,道路的渊源也可以说是“大彻大悟首先来自于大的妄念”。宏大的理想终将开出妍丽的花朵,这是阿拉伯骑士力量之所在。

静电学会向着下一个十年迈开新步伐之时,祝愿从事静电工作的诸位,能够取得重大的成果,并从学问当中得到巨大的乐趣。就此,我将结束本文的叙述。

(1986.10.30)

编者附记:

中国物理学会静电专业委员会首次发行论文集,同时并邀请日本静电学会会长、中国人民的老朋友增田闪一教授在会上作关于“日本在静电应用领域中最近的进步”的特别演讲。由于文集附印的时间关系,该报告的译文不能及时在本论文集上发表。征得作者同意,将他在日本静电学会成立十周年纪念特别座谈会上的报告刊载于此,以飨读者。

A₁ 一种新型静电分选装置的试验研究

窦卫国 乌力根代来 (内蒙古农牧学院)

石辛民 梁运章 (内蒙古大学)

THE STUDY AND EXPERIMENT OF A NEW PATTERN ELECTROSTATIC SEPARATING DEVICE

Dou Wei-guo Corgandale Inner Mongolia College

of Agriculture and Animal Husbandry

Shi Xin-min Liang Yun-zhang Inner Mongolia University

ABSTRACT

A laboratorial electrostatic separating device for the mixture of peeled off sunflower seed is presented and the fundamental principles of working mechanism of this installation are also stated in this paper. The auther have carried out a couple of orthogonal experiments on the above-mentioned device for the purpose of optimum seeking factors that is relevant to the separating effectiveness and have also analyzed the influences of changing factors on the index of experiment. However, a fairly ideal separating result have been obtained by resorting relatively optimum parameters in this experiment.

一、前 言

对于电导率有明显差异的两种颗粒物料应用静电分选原理进行分离是容易实现的。而欲分离两种绝缘性物料通常比较困难,但只要根据待分离物料的形状、密度、介电常数等差异采用相应的方法是可能实现的。后者在分选原理上通常采用:1. 感应荷电圆筒分选^[1]; 2. 摩擦荷电自由落体分选^{[2][3]}; 3. 利用热电效应荷电圆筒分选^[4]; 4. 当两种被分选粒子的介电常数 ϵ_1 、 ϵ_2 和介质的介电常数 ϵ 有 $\epsilon_1 > \epsilon > \epsilon_2$ 的关系时,在平板电场中利用梯度力进行分选^[1]。我们在对葵花粒剥壳后壳仁混合物(简称葵花粒剥壳物料)进行静电分选的试验中,经过对比分析,发现用电晕荷电自由落体分选的方法是行之有效的。在利用该原理设计的静电分选试验装置上,采用通过正交试验选出的较优参数组合进行试验,纯生产率为 73kg/h 时,果壳分离率为 87.6%,静电功率消耗 6.5W。进行第二次再分选,分离率达到 98.78%。

二、试验设备及工作原理

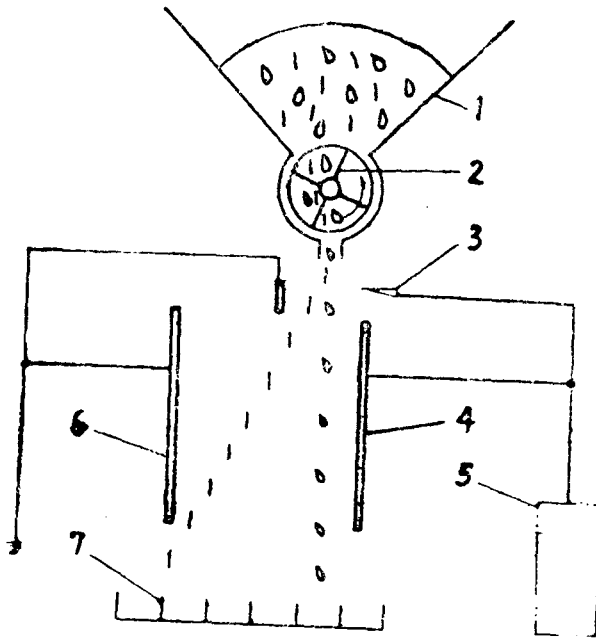


图 1 分选设备原理图

Fig. 1. Schematic drawing of separator

1. 料斗, 2. 喂入轮, 3. 电晕放电电极, 4. 负高压电极,
5. 直流高压电源, 6. 接地电极, 7. 接料盘。

该静电分选装置的构造如图 1 所示。工作时喂入量由喂入轮无级调连系统调整。排料装置按适宜的喂入速率将待分离的物料呈一薄层排入静电场。

电晕放电电极与负高压电源接通, 当其周围的电场超过空气介质的击穿场强时, 即产生电晕放电。在电晕放电的电离区域之内电子数目随着电子离开电晕电极行进的距离 x 以雪崩的形式迅速增加。每一个电子前进 x 时, 电子数成为 $e^{\alpha x}$ (其中 α 为第一汤森德电离系数)^[1]。这种以雪崩形式迅速增加的电子群非常快地离开电离区, 与空气分子相撞时即附着于空气分子上, 这时空气分子亦变为负离子与电子群一起飞向接地电极, 形成强烈的离子风。在 $3\text{KV}/\text{CM}$ 的电场中负离子的速度约为 $63\text{CM}/\text{S}$ 左右^[1]。

这样, 由料斗排入强静电场区的物料即被流动的离子群撞击而获得表面电荷密度 σ_s , 该电荷密度值的大小与物料粒子的表面形状、大小、喂入速率、通过电晕荷电区的时间及电晕放电电压有关。但它不会超过大粒子在空气中的极限表面电荷值 $27 \times 10^{-6} \text{C}/\text{M}^2$ [2]。

荷电后的物料粒子在强静电场中受到的电场力为

$$F_D = qE = S\sigma_s E \quad (1)$$

式中

F_D : 物料粒子在静电场中所受电场力(N);

S : 物料粒子表面积(M^2);

σ_s : 物料粒子面电荷密度(C/M^2);

E : 分选区段的静电场强 (取电晕荷电区场强的 $\frac{1}{2}$) ($\text{V}/\text{M} = \text{N}/\text{C}$);

剥壳物料中的果壳和果仁在强静电场中均受到重力 F_g 、浮力 F_{fc} 、空气阻力 F_z 、离子风力 F_F 和电场力 F_D 的作用, 如图 2 所示。

为便于分析各力对果壳及果仁运动方向的影响, 仅讨论具有相同体积的两种物料颗粒的受力情况, 且假设: 1. 从料斗排出的物料颗粒恰落在匀强电场中, 且初速度为零; 2. 因荷电区段很短, 故假设粒子在初始位置时, 即达到通过荷电区段后的面电荷密度 σ_s ; 3.

用 F_F 代替了离子风的作用后, 假设物料颗粒是在力 F_F 、 F_g 、 F_{Fu} 、 F_Z 、 F_D 作用下在静止空气中运动。

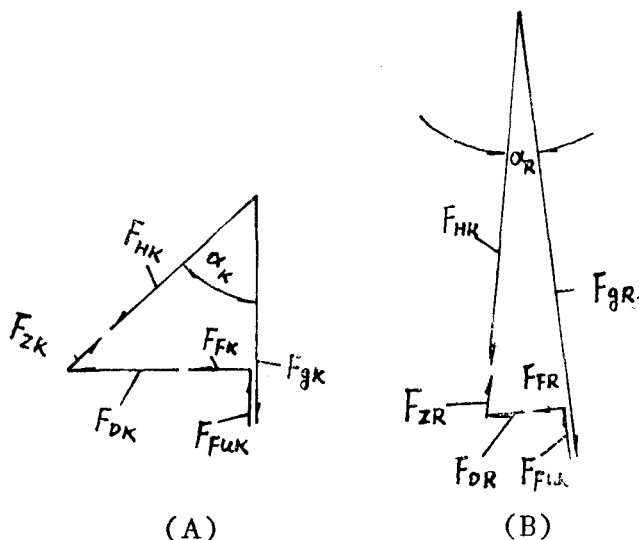


图 2 静电场中物料颗粒受力图

Fig2. The illustration of all kinds of forces acting on the particles in an electrostatic field

A—果壳(shell of sunflower seed)

B—壳仁(meat of sunflower seed)

则有:

1. 离子风力 F_F :

电晕放电场中因碰撞机理而荷电的物料颗粒同时受到离子风的作用力, 该力的计算可近似地使用物料颗粒与空气相对运动时的受力公式[5]。其方向与电力线方向相反。

$$F_F = C_a \cdot \rho_a \cdot \frac{v^2}{2}$$

式中

C : 阻力系数, 与物料形状、表面特性有关, 而主要表现为雷诺数 R_e 的函数。在 $500 \leq R_e \leq 2 \times 10^5$ 时对非球体物料 $C = C_1 K$, 其中 C_1 为当量球体阻力系数, K 为形状系数, 均为无量纲系数;

a_s : 物料颗粒垂直于运动方向的截面积(M^2), 通常近似地按当量球体截面积计算, 故体积相等的果壳与果仁具有相等的截面积 a_s ;

ρ_a : 空气密度(kg/M^3);

v : 物料对气流的相对速度(M/s), 即离子风速度;

因为在同一空气流场中具有相同体积的果壳与果仁相比 $K_K > K_R$

$$\therefore F_{FK} > F_{FR} \quad (2)$$

式中

K_K 、 K_R 分别为果壳与果仁的形状系数;

F_{FK} 、 F_{FR} 分别为果壳与果仁所受的离子风力;

2. 重力 F_g :

$$\begin{aligned} F_g &= \rho V g \\ \because V_K &= V_R; \rho_K < \rho_R \\ \therefore F_{gK} &< F_{gR} \end{aligned} \quad (3)$$

式中

g : 重力加速度, $g=9.8\text{N/kg}$;

V : 物料颗粒体积(M^3), V_K , V_R 分别为果壳与果仁的体积;

ρ : 物料颗粒密度(kg/M^3); ρ_K , ρ_R 分别为果壳与果仁的密度;

F_g : 重力(N); F_{gK} , F_{gR} 分别为果壳与果仁的重力。

3. 浮力 F_{Fu} :

浮力只与物料颗粒的体积有关, 故对体积相等的果壳与果仁有

$$F_{Fu:K} = F_{Fu:R} = \rho_q V g \quad (4)$$

式中

$F_{Fu:K}$, $F_{Fu:R}$: 分别为果壳与果仁所受浮力。

4. 空气阻力 F_z :

在静止空气中阻力 F_z 的方向总是与物料颗粒运动的方向相反。所以它只影响物料运动的加速度, 而不影响其方向, 故不予讨论。

5. 电场力 F_D :

因果壳与果仁的外形不同, 相同体积时壳表面积大于仁表面积; 又, 在力 F_g 、 F_{Fu} 、 F_z 的作用下壳与仁相比, 下落速度较小, 通过电晕荷电区时间较长, 面电荷密度较大。故由式(1)有

$$F_{DK} > F_{DR} \quad (5)$$

式中

F_{DK} 、 F_{DR} 分别为果壳与果仁所受电场力(N)。

由以上分析可讨论两种荷电颗粒物料的运动方向, 如图 2 所示。根据假设 1, 粒子将沿所受合力 F_H 的方向运动。称在静电场中物料颗粒运动方向与铅垂线的夹角 α 为荷电颗粒的运动方向角, 则运动方向角 α 的值可表示为

$$\alpha = \arctg \frac{F_D + F_F}{F_g - F_{Fu}}$$

由关系式(2)、(3)、(4)、(5)可导出

$$\alpha_K < \alpha_R \quad (6)$$

式中

α_K , α_R 分别为果壳、果仁的运动方向角。

式(6)表明体积相同形状不同的果壳和果仁在强静电场中有不同的运动方向角。所以利用电晕荷电自由落体分选方法可以把它们分开。

前面对具有相同体积的果壳与果仁进行了讨论。按同样原理可推广到不同体积的同类物料颗粒, 只是运动方向角 α_K 、 α_R 各有一个变化范围。这一结论已在试验中得到证实。试验还表明这两种颗粒在接料盘上落点的分布均近于正态分布。在变值 α_K 和 α_R 的方差不变

的条件下,我们希望其均值 α_K 和 α_R 差别越大越好,差别越大时两个概率分布曲线下所覆盖的面积的重叠部分越少,分离效果也越好。如图 3 所示,图中 B 部分为需要重复分选的壳仁混合物。在采用较优参数组合试验时,经测定其重量约占喂入物料总重的 10% 左右。

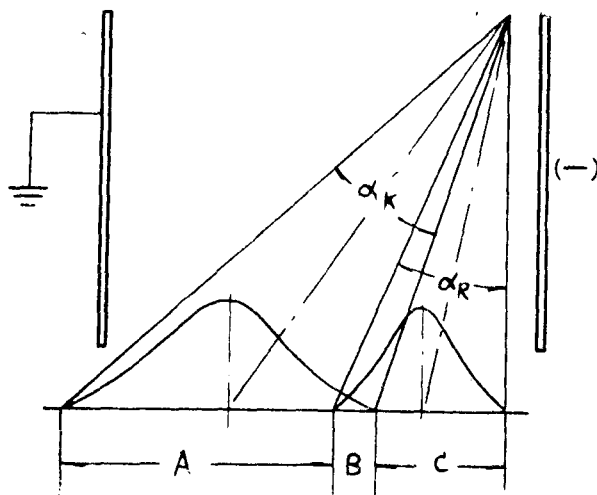


图 3 被分选物料在接料盘上分布

Fig3. The distribution of separated material in the catch bin

A——果壳部分(shells of sunflower seed)

B——壳仁混合物(the mixture of meat and shells)

C——果仁部分(meat of sunflower seed)

三、试验目的与方法

由前面的分析可以得出结论:分离效果的优劣决定于 $|\alpha_K - \alpha_R|$ 值的大小,而该值除与两种物料颗粒固有的某些参数(如物料颗粒的密度、形状、几何尺寸等)有关外,主要取决于电荷密度 σ ,与电场强度 E 的取值范围。本次试验的目的即是要寻找较优的有关参数水平,从而提高物料颗粒的面电荷密度和得到有利于分选的静电场强。

为此首先进行了单因素对比试验和四因素二水平正交试验,初步认识了有关因素对分选效果的影响情况,并确定了它们的水平选择范围;第二步,在此基础上设计了四因素三水平正交试验,如表 1 所示。并在试验中重点考查电极类型、放电极数目、静电场强、喂入槽轮转速四个因素对分离效果的影响。槽轮转速用以检查喂入量对试验指标的影响作用。放电极数和静电场强的改变是要检查电晕放电时离子浓度、电场强度对试验指标的影响。

试验时发现在电场中荷负离子同时被极化为偶极子的一些细碎果壳在电场力作用下向接地电极(镀锌钢板)运动时,当其尖端接触接地电极前的瞬间发生局部击穿现象而放电。使果壳失去负电荷变为荷单一正电荷的大粒子,这种大粒子在电场力的作用下又返回负电极一端,夹杂在果仁群内一起落下,使分离效果下降。为解决这个问题,我们试图找出一种涂料涂在接地电极表面,既不使极化为偶极子的果壳与接地电极间放电,又不致减弱电场。于是