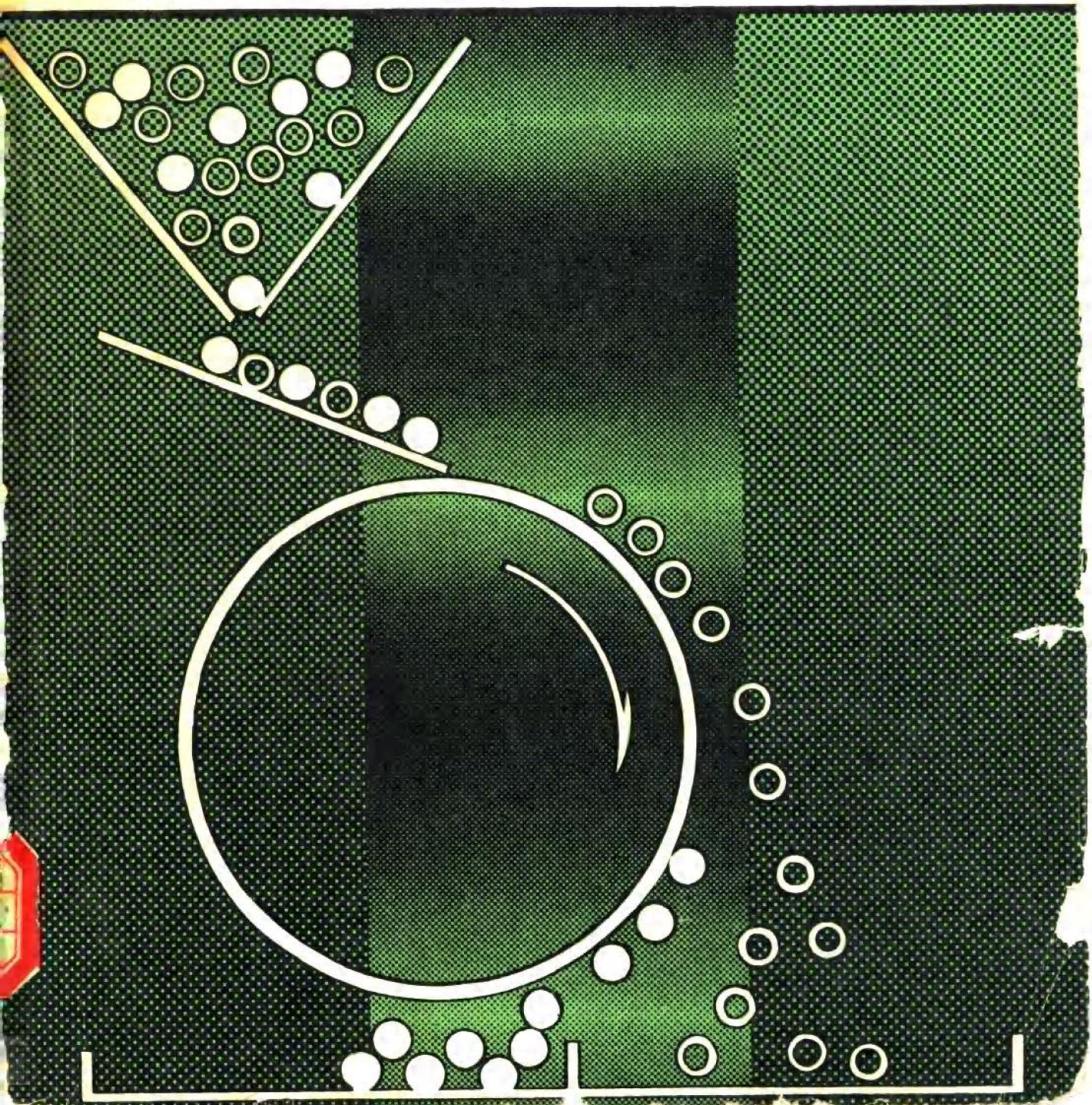


静电手册

[日]菅义夫主编

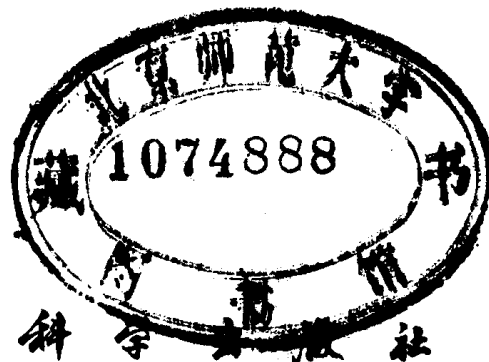


静电手册

[日] 菅 义夫 主编

《静电手册》翻译组 译

JY1159/20



1983

内 容 简 介

本书基本上概括了美、英、日等国七十年代以前在静电研究方面的主要成果。

全书共分四章。第一章论述了静电起电的机理和基本原理。第二章讲述了静电剂量的基本原理、方法及基本参数，并介绍了各种类型的静电仪表。第三章是关于静电引起的危害及消除静电的方法，着重介绍了在纤维、高压气体、橡胶、印刷、制药、造纸以及处理可燃性液体的工业等方面出现的静电危害的实例，并提出了一系列消除静电的措施。第四章的内容是关于静电的应用，涉及到静电的照相、静电存贮、静电分选、电集尘、静电喷涂、静电植绒、静电起电机以及驻极体等技术应用领域。

本书可供国防、石油、化工、轻工、印刷等工业生产部门从事静电防止和应用技术的工程技术人员和大专院校有关师生参考。

菅 义夫 主编

静電気ハンドブック

株式会社地人書館，1972

静 电 手 册

〔日〕菅 义夫 主编

《静电手册》翻译组 译

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年5月第一版 开本：787×1092 1/16

1983年4月第二次印刷 印张：39 1/2

印数：6,451—10,950 字数：911,000

统一书号：13031·1488

本社书号：2050·13-3

定 价： 6.00 元

译 者 的 话

随着近代科学技术的飞跃发展,以及自动化程度的迅速提高,静电的防止与应用技术日益引起人们的重视。国民经济各部门如国防、石油、化工、轻工、纺织、印刷等都愈来愈迫切地需要采用和推广防止静电危害技术和静电的应用技术。

由于我国广大科研工作者的不断努力,在探索静电起电的规律以及静电的测试、消除、应用等方面都取得了显著的进展,积累了一定的资料。为了提高我国的科学技术水平,吸取和学习外国的有益经验是十分必要的。为此,我们翻译了菅义夫主编1972年再版的《静电手册》。

本书基本上概括了美、英、日等国七十年代以前在静电研究方面的主要成果。涉及的范围比较广泛,收集的资料也较为全面。在各章节之后,附有大量的文献资料索引。第一章论述了静电起电的机理和基本理论,对固体、液体的带电机理都作了比较详尽的叙述。对于气体放电现象也作了概括的描绘。第二章在叙述静电测量的基本参数的基础上,着重地讲述了静电测量的基本原理及方法,介绍了各种类型的静电仪表,并附有部分实际测量的例子。第三章是关于静电引起的危害及消除静电的方法,着重介绍了在纤维、高压气体、橡胶、印刷、制药、造纸以及处理可燃性液体的工业等方面出现的静电危害的实例。最后对接地、湿度管理、抗静电添加剂、消电器以及导电性材料等一系列消除静电的措施作了详细的说明。第四章的内容是关于静电的应用,涉及到静电照相,静电存贮,静电分选,电集尘,静电喷涂、静电植绒、静电起电机以及驻极体等技术应用领域。

本书译文的初稿系由单光有(第一章),鹿悦贵(第二章),江永飞(第三章及附录)和李殿元(第四章)同志完成的。后由北京工业学院物理教研室负责组织,进行全文的译、校及定稿工作。主要负责此项工作的有王学英、鲍重光同志。此外,单光有、李殿元、鹿悦贵、张风英、贾福生、陈广汉等同志也分别参加了部分章节的校订工作。

在本书的校对及定稿过程中,我们得到了北京市劳动保护科学研究所,北京石油化工总厂东方红炼油厂、天津纺织工学院、石油化工科学研究院综合研究所、北京市塑料研究所、北京市印刷技术研究所以及商业部等许多兄弟单位的热情帮助,在此我们特表示感谢!

由于本书涉及的专业面十分宽广,加之我们的水平有限,译文中的缺点、错误在所难免,敬希广大读者批评指正。

《静电手册》翻译组

1978.9

原 序

静电现象早已为人们所熟知,有时,即使用极简单的方法也能对它进行某种程度的测定,因此,它往往是比较容易被人们所理解的。本来,在两种物体接触时,如果进行电子或离子的交换的话,其结果就产生了带电现象,离子或电子从表面逸出是受表面的状况所支配的。因此,即使是相同物质的表面,由于其氧化程度、气体的吸附状况等等的不同,其性质就各不相同,且表面的各处的性质亦不相同。通常物理学和电磁学书籍中所记载的带电序列等等,由于是表面物理学未曾发展起来的时代的一种经验总结,因此,如果今天还按照它来反复严密地进行这方面的实验,那就未必能得出相符的结果来。好在对硅(Si)、锗(Ge)等半导体表面进行深入研究的必要性正在促进表面物理的深入考察和更精密的方法的发展,因此,静电的研究在今后将会得到更进一步的重视。

尽管如此,由于静电而引起的不利之处和危害等等并没有减少,可以设想,如果高分子物质被广泛应用,那么将会不断地碰到这类问题。因此,在对静电的本质进行研究的同时,也应该对实际的问题进行处理。根据这种现状编写了本书。

象这类的书籍,在国外好象还是没有的。如果将 Loeb 著的“Static Electrification”(1958)或英国应用物理学会编的材料等等与本书的内容进行比较,则可以清楚地看出这一点。本书中引用的很多例子是执笔者本身所体验过的,关于危害等,国内也实际产生过。基于以上各点,作为本书的编辑者,是感到十分自负的。

但是,本手册的不足之处是由于参加编写的作者很多,所以在记述的粗细、表现的难易等方面还略有不统一的地方,对此深表歉意。作者的共同愿望是即使多少遇到一些困难也要尽早地出版此类书籍,以减少危害和不利之处。

由于排版上的错误和各种不足之处,以及作者误解的地方可能会有很多,敬希读者提出指正,以便得到及时纠正。

《静电手册》编辑委员会主编 菅 义夫

1966年11月

目 录

译者的话

原序

第一章 静电概要	1
1.1 序论	1
1.2 气体放电	2
1.2.1 气体放电的分类	3
(A) 以维持放电和提供带电粒子之间的依存性为对象的分类	3
(B) 以伏-安特性为对象的分类	3
(C) 以经过的时间为对象的分类	3
(D) 以放电形状为对象的分类	4
(E) 以击穿程度为对象的分类	4
(F) 以电极间的电场分布为对象的分类	4
1.2.2 带电粒子	4
(A) 带电粒子的产生	5
(B) 气体中的电离作用	5
(C) 阴极面上的电子发射	6
1.2.3 放电机构	7
(A) 电子雪崩	7
(B) 等离子体	7
(C) 空间电荷层	8
(D) 流光	8
1.2.4 均匀电场放电形式	8
(A) 暗流	8
(B) 开始放电	9
(C) 汤森德放电	9
(D) 辉光放电	9
(E) 弧光放电	10
1.2.5 不均匀电场放电形式	10
(A) 电晕放电的形式	10
(B) 电晕放电的伏-安特性	10
(C) 火花放电	11
1.3 伴随着放电而产生的化学反应	12
1.3.1 在放电场内活性化学物的生成	12
1.3.2 放电反应的典型事例	17
(A) 臭氧的生成过程	17
(B) 与生成臭氧有关的氧化反应	19
1.3.3 各种放电反应	22

(A) 以无机化合物为主的反应例子	22
(B) 以有机化合物为主的反应例子	23
(C) 由无机化合物与有机化合物组合而产生的反应例子	23
1.4 固体的电性质	24
1.4.1 原子结构	24
(A) 薛定谔方程式	24
(B) 泡利原理	25
(C) 分子的构成	27
1.4.2 金属内电子的状态	28
(A) 热平衡时电子的分布	28
(B) 周期静电场内的电子	29
(C) 能带	30
(D) 金属、半导体、绝缘体	31
(E) n 型与 p 型半导体	31
1.4.3 固体的导电	32
(A) 电导率	32
(B) 金属的导电	32
(C) 半导体、绝缘体的导电	33
1.4.4 固体电介质的性质	36
(A) 电介质极化现象	36
(B) 弛豫极化现象	37
1.4.5 铁电体、压电、热电	39
(A) 铁电体的性质	39
(B) 铁电体的种类	40
(C) 压电	40
(D) 热电	42
(E) 驻极体	42
1.5 固体表面的电性质	43
1.5.1 玻璃表面的水蒸汽吸附(表面吸附)与导电	43
(A) 水蒸汽吸附量和导电性的变化	43
(B) 水蒸汽的吸附状态和导电	44
1.5.2 高分子的水蒸汽吸附(吸湿)与导电	46
(A) 高分子薄膜的吸湿量和导电性的变化	46
(B) 吸湿状态和导电	46
1.5.3 半导体表面的水蒸汽吸附与导电	48
1.5.4 金属吸附气体和导电	49
(A) 实用表面和理想表面	49
(B) 金属清洁面吸附气体与导电	50
1.6 固体的带电机理	51
1.6.1 带电理论的发展史	51
1.6.2 带电机理	54
(A) 接触过程	55
(B) 分离过程	71

(C) 摩擦的效果	74
1.6.3 有助于带电的因素	76
(A) 物质的性质	76
(B) 周围条件	77
(C) 力学的因素	77
1.6.4 带电序列	79
1.7 液体的带电机理	79
1.7.1 界面偶电层	79
(A) 在边界面上产生的电位差	79
(B) 离子偶层的构造	82
(C) 动电学的诸效应	82
(D) ξ 电位	83
(E) 冲流电流、冲流电压	83
(F) 多恩效应、淀积电压	84
(G) 厄恩斯伯格的带电学说	85
1.7.2 气体-液体带电	85
(A) 勒纳的研究	86
(B) 查普曼的研究	87
(C) 小液滴对称带电	91
(D) 非对称带电	93
(E) 纯粹非导电性液体的带电	94
1.7.3 由于非导电性液体在管内流动而引起的带电	95
(A) 电荷的分离	95
(B) 液体中被分离的电荷逸散	96
(C) 冲流电流	97
(D) 非导电性液体的偶电层厚度和冲流电流	98
(E) 管的长度的影响	99
第二章 测量方法及测量仪器	102
2.1 静电现象中的测定量(定义、单位)	102
2.1.1 电荷	102
2.1.2 电位	103
2.1.3 电位差	103
2.1.4 电流	104
2.1.5 静电电容	105
(A) 一个绝缘导体的静电电容	105
(B) 两个绝缘导体之间的静电电容	105
2.1.6 介电常数	106
2.1.7 电阻	107
2.1.8 功函数	107
2.2 测量原理	108
2.2.1 电量、电位以及静电电容的关系	108
2.2.2 电量和泄漏电阻的关系	112

2.2.3	带电体和测量仪器	112
	(A) 金属带电量的测量	112
	(B) 基于静电感应的测量	113
	(C) 静电计泄漏电阻的影响	115
	(D) 根据空气的电离作用来测量带电体电位的方法	116
2.2.4	测量仪器输入电容的测量方法	116
2.2.5	根据所测量的带电体来计算电量、电位	118
2.2.6	由测量电流来测量电量及电荷发生率	122
	(A) 冲击电流计	122
	(B) 由示波器观测电流	123
	(C) 电荷发生率的测量	123
2.2.7	带电曲线、电荷衰减曲线	124
2.3	测量仪器	125
2.3.1	利用库仑力的测量仪器	125
	(A) 验电器	125
	(B) 纤维静电计	127
	(C) 象限静电计	127
	(D) 静电伏特计	128
2.3.2	直流放大型	129
	(A) 原理	130
	(B) 操作	131
	(C) 特性	131
	(D) 使用方法	131
	(E) 校正	132
	(F) 电导率的测量	132
	(G) 成品	133
2.3.3	交流放大型	133
	(A) 振动电极式及旋转静电计	133
	(B) 振簧静电计	136
2.3.4	集电式静电计	139
	(A) 测量仪器的原理	139
	(B) 分论	140
2.4	测量方法及测量的例子	143
2.4.1	电量的测量	143
	(A) 气体	143
	(B) 液体	159
	(C) 固体	176
	(D) 粉体	209
	(E) 其它	231
2.4.2	电荷分布的测量	234
	(A) 直线分布	234
	(B) 平面分布	239
	(C) 粉末图形	243
	(D) 体分布	246

2.4.3	电阻及介电常数的测量	249
(A)	电阻测量	249
(B)	介电常数的测量	255
2.4.4	接触电位差	262
(A)	测量的原理	263
(B)	测量例子	268
第三章	由于静电引起的灾害、危害和防止办法	271
3.1	静电灾害、危害的发生	271
3.1.1	产生静电灾害的临界条件	271
(A)	可燃性气体、蒸气和粉尘的燃烧以及爆炸的特性与发火能	271
(B)	电击危险界限	279
3.1.2	由放电引起的灾害	282
(A)	静电放电的概要	282
(B)	由于电晕放电造成固体电介质的灾害	283
(C)	电晕噪声	285
(D)	由于火花放电引起的灾害	285
(E)	辉光放电和弧光放电引起的灾害	286
(F)	在润湿的电介质上产生的电的烧损	287
3.2	静电灾害、危害的例子	287
3.2.1	纤维工业	287
(A)	调查结果的汇总	287
(B)	出现在制造工序中的例子	292
(C)	出现在产品上的例子	294
3.2.2	塑料和橡胶工业	298
(A)	板和薄膜的制造工序	298
(B)	成型品	300
(C)	生产危害	301
(D)	产品使用上出现的静电灾害危害例子	308
3.2.3	印刷、造纸工业	315
(A)	印刷中产生的静电	315
(B)	在印报转轮机上产生的静电	317
3.2.4	在处理可燃性液体的工业中出现的危害	320
(A)	石油工业	320
3.2.5	与高压气体有关而出现的灾害实例	329
(A)	氢气瓶	329
(B)	高压乙炔	332
(C)	关于移动式空气压缩机上的灾害	333
3.2.6	食品工业	336
(A)	小麦粉	336
(B)	奶粉	339
3.2.7	其它灾害的例子	343
(A)	照相胶卷的静电斑痕	343

(B) 矿石粉碎	348
(C) 由于静电火花引起无烟火药的着火	351
(D) 由于喷出蒸汽而产生的带电	356
(E) 烟道中的带电	356
(F) 洗涤的危害	360
(G) 放射线的危害	362
(H) 在钟表洗净器中的起火	363
3.3 在日本静电灾害和危害实况的调查统计	367
3.3.1 调查方法和调查内容	368
3.3.2 过去的静电灾害和危害的发生状况	369
(A) 电击的次数	369
(B) 遭受电击的结果	369
(C) 放电火花的产生次数	369
(D) 产生放电火花的结果	370
(E) 生产危害	371
(F) 电击对生产效率的影响	371
3.3.3 由于静电造成灾害和危害的危险的现状	371
3.3.4 最近一年间静电灾害的发生次数	371
3.3.5 产生静电的工序	372
(A) 化学肥料制造业	373
(B) 无机工业药品制造业	373
(C) 有机工业药品制造业	373
(D) 化学纤维制造业	373
(E) 油脂加工品、涂料制造业	373
(F) 药品制造业	373
(G) 石油制品、煤制品制造业	373
(H) 橡胶制品制造业	373
(I) 纸浆、纸、纸加工品制造业	376
(J) 纤维工业	376
(K) 食品制造业	376
3.3.6 静电的带电部分	378
3.4 防止灾害和危害的措施	379
3.4.1 接地	379
(A) 接地电阻值	380
(B) 接地线、连接用接线	380
(C) 有关接地线、连接线的连结的注意事项	380
(D) 消电接地电阻	381
(E) 防止静电灾害的有关规则	381
3.4.2 湿度管理	382
3.4.3 抗静电剂	385
(A) 抗静电剂的一般知识	385
(B) 抗静电剂的消电原理	388

(C) 抗静电剂的分类	390
3.4.4 消电器	398
(A) 电晕放电式消电器	398
(B) 用放射性同位素的方法	404
(C) 在可燃性气体中静电的着火危险性	410
3.4.5 导电材料	414
(A) 导电橡胶	414
(B) 其它的导电塑料	418
(C) 关于导电地面	418
3.4.6 其他防止带电的方法	420
(A) 根据带电序列来防止带电	420
(B) 放射线和物质的反应	420
(C) 放射线照射的效果	421
(D) 通过塑料的直接亲水化防止静电	426
(E) 石油带电测量时的注意事项	430
3.4.7 静电管理	433
(A) 带电场所与带电量	433
(B) 带电过程	436
(C) 携带用静电计	437
(D) 消电效果	437
第四章 静电的应用	439
4.1 电子照相	439
4.1.1 电子照相术的历史及分类	439
4.1.2 电子照相的工艺流程	440
(A) 干印术	440
(B) 其他的电子照相方法	447
4.1.3 电子照相的应用	449
(A) 制版工艺	449
(B) 复印机	450
(C) 打印机	450
(D) 传真机	451
(E) 医学上及无损检验上的应用	451
(F) 其他	451
4.2 静电存储	453
4.2.1 存储管	453
(A) 动作方式及应用	453
(B) 摄像型存储管	455
(C) 信号变换型存储管	455
(D) 直观型存储管	456
(E) 其他	458
4.2.2 艾多福投影法	458
(A) 基本原理	458

(B) 构造及动作	459
(C) 彩色艾多福投影法	460
4.2.3 热塑记录法	461
4.3 静电分选	462
4.3.1 分选原理	462
(A) 利用电导率的差别进行分选	463
(B) 利用摩擦带电进行分选	465
(C) 利用介电常数的差别进行分选	465
(D) 利用热电效应进行分选	465
(E) 其他	466
4.3.2 分选实例	466
(A) 煤	466
(B) 小麦粉类	466
(C) 铁矿砂	469
(D) 白钨矿	469
(E) 硅钙、钛铁	469
(F) 其他	469
4.4 电集尘	470
4.4.1 概论	470
4.4.2 电集尘器的分类及构造	471
4.4.3 电晕放电	475
4.4.4 集尘空间的电场分布和离子电流	476
4.4.5 集尘空间中粒子的带电及移动速度	480
4.4.6 集尘效率	484
4.4.7 粉尘的再飞散现象	486
4.4.8 反电离现象	488
4.4.9 集尘室内的气体分布	495
4.4.10 放电线振动	497
4.4.11 自动控制	497
4.4.12 静电集尘器的维护	498
4.5 静电喷涂	500
4.5.1 栅网式静电喷涂法	500
(A) 原理	500
(B) 实施要点	501
4.5.2 喷杯式静电喷涂法	501
(A) 原理	501
(B) 实施要点	502
4.5.3 静电喷涂的应用	505
4.6 电喷雾	505
4.6.1 低电压下非水溶液的微粒化	506
4.6.2 高电压下非水溶液的微粒化	507
4.6.3 水溶液的微粒化	508

4.6.4	关于分裂的原理	509
4.7	驻极体	511
4.7.1	材料	511
	(A) 有机材料	511
	(B) 无机材料	512
4.7.2	制作方法	512
4.7.3	表面电荷的测定	512
4.7.4	表面电荷的性质	513
4.7.5	驻极体的形成原理	514
	(A) 离子的移动	514
	(B) 偶极子取向	514
	(C) 电介质的微观异质性	514
	(D) 热电效应及压电效应	514
	(E) 电荷从电极向电介质的移动	514
4.7.6	应用	515
	(A) 静电计、电压计	515
	(B) 驻极体话筒	516
	(C) 放射线的测量	516
	(D) 高压电源	517
	(E) 静电起电机	517
	(F) 交流起电机	518
	(G) 静电存储器	518
	(H) 其他	518
4.8	静电植绒	519
4.8.1	静电植绒原理	520
4.8.2	植绒用短纤维	520
4.8.3	植绒用粘着剂	521
	(A) 粘着剂的种类	521
	(B) 有关粘着剂的一些问题	522
4.8.4	植绒工艺及设备	522
	(A) 粘着剂涂布装置	522
	(B) 植绒用电极	523
	(C) 短纤维的供给及回收	524
	(D) 高温处理装置	525
	(E) 总体配置	525
4.9	静电起电机	526
4.9.1	静电起电机的型式	526
	(A) 输送电荷式	526
	(B) 变化电介质通量型	526
4.9.2	静电起电机原理	527
	(A) 输送电荷型的起电原理	527
	(B) 变化电介质通量型的起电原理	527
4.9.3	静电起电机的容量	527

(A) 静电能量	527
(B) 绝缘强度	528
(C) 介电常数	528
4.9.4 静电起电机的实例	529
(A) 范德格喇夫型静电起电机	529
(B) SAMES 型静电起电机	531
(C) 迭片式静电起电机	535
(D) 静电型交流起电机	536
(E) 其他静电起电机	536
4.10 离子发生器	538
4.10.1 离子发生的主要原因及性质	538
(A) 空气离子	538
(B) 由勒纳效应产生离子	539
(C) 由电子及离子的碰撞、放电产生离子	540
(D) 其他	540
4.10.2 离子发生器及其性能	541
(A) 离子发生器的现状	541
(B) 产生离子密度的测定	541
(C) 离子发生器的特性	542
4.10.3 离子的卫生学方面的应用	543
4.11 静电扬声器、静电助燃、静电分散	543
4.11.1 静电扬声器	543
4.11.2 静电助燃	544
4.11.3 静电分散	545
4.11.4 其他	545
4.12 静电马达、静电转速计、静电离合器	546
4.12.1 静电马达	546
(A) 电介质在静电场中的迴转现象	546
(B) 利用旋转电场的马达	546
4.12.2 静电转速表	548
4.12.3 静电离合器	549
附录 1	551
1.1 绝缘材料	551
1.2 物理常数	594
1.3 换算表	597
1.4 随机数表	600
1.5 化学符号	601
1.6 其他	603
附录 2	607
2.1 电子元件: 静电计用电子管	607
2.2 电子元件: 电阻	614
2.3 电子元件: 电容	615

第一章 静电概要

1.1 序 论

人们早就知道关于静电的各种现象。雷的产生和放电的闪光，液体形成喷雾时的带电，固体摩擦时的带电等等，都以各种方式产生静电。一般而言，由于固体面和固体面，或者固体面和液体面间的接触和撞击，或者由于固体的断裂或液体的破碎都能产生静电。

实际上静电有各种用途，例如，范德格喇夫 (Van de Graff) 的高压起电机和所谓静电印刷术 (xerography) 的电子照相等都是明显的例子。可是另一方面，汽油和粉尘由于静电的放电而引起爆炸，飞机的机体因为电晕放电而干扰了通讯等等，这些危害也是经常发生的。

关于静电的研究很早就开始了，但直到目前才有一个系统的认识^[1-3]，这方面的研究最近才开展起来。但是关于静电的本质，我们的知识还极不完全。如把聚乙烯棒与毛皮摩擦，则聚乙烯棒带负电，毛皮带正电，这已成为经验的事实。但是，为什么会产生电呢？为什么聚乙烯棒带负电而毛皮带正电呢？现在知道，聚乙烯与毛皮，它们的电子能带结构不同，由于表面电子能级的不同而引起电子的移动。这种解释当前被认为是最妥当的。但是象聚乙烯这样的绝缘材料，其电子能带和表面能级是什么形式，我们尚未取得直接的验证和充分的理论根据。因此，固体摩擦带电的研究是与固体的电结构理论紧密地联系在一起。静电的基础研究就是从新的角度来看待气体、液体、固体物质的电性质的。

在高温下将无侧链的聚乙烯溶解在溶剂中，然后徐徐冷却，在溶液中就有聚乙烯的单晶析出。通常它的一块单晶是薄的菱形片状物，面积为10—20微米²，厚度约为100埃。长链状的聚乙烯的分子，其长轴的方向与片面成直角排列，约100埃弯转一次。把这种菱形单晶片放在铜极板上，以铂触须 (cat whisker) 接触单晶的上表面作为另一电极。在这种铜和铂的两个电极之间加上电压，则可以得到聚乙烯单晶的伏-安特性图 1.1.1^[4]。恰好在半导体 p-n 结处明显地看到整流特性和负电阻的存在。可是几枚单晶片重叠和以放射线照射时，这种非结晶形的单晶片上就不出现负电阻。图 1.1.1 所示的是在单晶片的表面上，由于聚乙烯分子被弯转成厚度为5—10埃的表面层时所显示的特性。可以根据半导体电子理论来对中心层为非规则排列的聚乙烯分子的表面层电子能级进行某种程度的类推。为了了解结晶部分与非结晶部分混杂在一起的聚乙烯的表面电子能级，就必须对单晶的电导率进行研究。

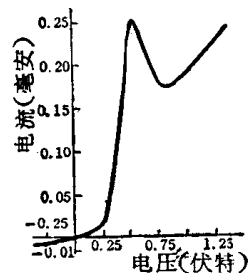


图 1.1.1 聚乙烯单晶的伏-安特性

如果以 500°C 左右的高温真空加热聚丙烯腈，则可得到 10^{-4} 欧姆⁻¹ 厘米⁻¹ 左右的电导率^[5]。在这种情况下，碳原子间的单键和双键由于相互交叠而连接成为共轭双键，因此电子可在分子内自由移动。因为电阻主要是受分子与分子间的电子移动的难易程度所支

配的,所以作为整体显示半导电性。最近已合成了很多这样的半导电性高分子,它们当中也有显示出光电导性的。

构成去氧核糖酸(DNA),肌球蛋白和胶原等生物体的高分子的电导率 σ ,其温度特性也可以用与半导体相同的式子来表示^[6]。

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-E/2kT), \text{ 欧姆}^{-1}\text{厘米}^{-1}$$

活化能 E ,对去氧核糖酸为1.80电子伏特,肌球蛋白为1.75电子伏特,胶原为0.9电子伏特。 σ_0 对于去氧核糖酸为 10^8 欧姆⁻¹厘米⁻¹,对肌球蛋白为 5×10^2 欧姆⁻¹厘米⁻¹,胶原为 4×10^3 欧姆⁻¹厘米⁻¹。

把去氧核糖酸的钠盐纤维压制成试样,可发现它有铁电性^[1]。可观测到在所加电压与极化之间有与钛酸钡等铁电体相同的电滞现象。在60°C附近存在居里点。高于此温度时,电滞现象就消失。另外还可以观察到压电现象。从对于胶原,丝蛋白和角蛋白等的压电性的定量研究中发现,胶原的压电常数与水晶相同,它有助于拾音器等的机电能量转换^[8]。象这样,在核酸和蛋白质等当中,高分子卷成螺旋状,两个或三个分子链相互规则地缠绕而形成分子的场合是很多的,在这个形成螺旋状的分子链间存在着许多氢键。铁电性或压电性可想象为是由这许多氢键共同作用的结果。此外,在-100°C左右的低温下,用紫外线照射核酸时可产生冷光,发光可以持续数秒以上^[9]。

对于上述高分子单晶、导电性高分子以及生物体高分子等的电性质的研究,其作用是阐明静电产生的机理,另外也指出了未来静电研究的发展方向。

参 考 文 献

- [1] *Static Electrification*, B. J. Appl. Phys. Suppl., 2, S83(1953)
- [2] L. B. Loeb: *Static Electrification*, Springer (1958)
- [3] D. J. Montgomery: *Static Electrification of Solids*, *Solids State Physics* (Ed. F. Seitz, D. Turnbull) 9, 139(1959)
- [4] A. van Roggen: *Electronic Conduction of Polymer Single Crystals*, *Phys. Rev. Letters*, 9, 368(1962)
- [5] A. V. Topchiev et al.: *J. Polymer Sci*, 54, 621(1961)
- [6] J. Cuchesne, J. Depipeux, A. Bertinchamps, N. Cornet, J. M. Vander Kaa: *Thermal and Electrical Properties of Nucleic Acids and Proteins*, *Nature*, 188, 405(1960).
- [7] T. Polonsky, P. Douzou, C. Sadron: *Mise en évidence de Propriétés ferroélectriques dans l'acide désoxyribonucléique*, *C. R. Acad. Sci.*, [Paris] 250, 3414(1960)
- [8] 深田栄一: 结晶性高分子の压電効果“小林理研報告”9, 1, (1959)
- [9] P. Douzou, J. C. Franço, M. Hanss, M. Ptak: *Le Approches Expérimentales du Comportement Supra. Moléculaire des Acides Nucléiques, Leur Luminescence de Longue Durée*, *Journal de Chimie Physique*, 58, 926(1961)

[理研 深田栄一]

1.2 气体放电

下列日文书籍的内容均与气体放电有关,可作为参考书使用。

(1) 手册类: 1) 電気学会放電専門委員会: 放電ハンドブック(電気学会), 2) 電気学会放電管専門委員会: 放電管便覧(電気書院), 3) S. C. Brown: “*Basic Data of*