

“十一五”期间国家重点图书出版规划项目

本书出版得到
西安交通大学
学术专著出版
基金资助

电气电子 绝缘技术手册

Handbook of Electrical & Electronic Insulation Technology

▶▶▶ 《电气电子绝缘技术手册》编辑委员会 编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

本手册内容包括：电气电子绝缘技术有关的通用资料；工程电介质化学基础；工程电介质物理基础；绝缘系统设计和优化原理；绝缘材料测试技术及应用；绝缘系统可靠性、绝缘状态的监测和诊断技术；气体和液体电介质；有机固体电介质；无机电介质；复合电介质和纳米电介质；层合制品和印制电路板；电子元器件与组件绝缘；电压敏材料和过电压保护器；绝缘子和套管；电线电缆绝缘；电机绝缘；电力变压器和互感器绝缘；开关绝缘；电力电容器绝缘；光纤与光缆；绝缘材料的阻燃、耐火和导热；耐高温绝缘和超导电工绝缘；耐辐射和高海拔绝缘；绝缘系统的局部放电强度、电压波形和频率、电极极性效应及其对策；“环境友好”绝缘等共 25 篇。

本手册主要供具有大专以上水平、从事电气电子绝缘工作的技术人员查阅使用，或作为发展绝缘技术、革新绝缘系统的阶梯，也可作为相关专业的技术人员或大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气电子绝缘技术手册/《电气电子绝缘技术手册》编辑委员会编. —北京:机械工业出版社, 2008.1

ISBN 978-7-111-22570-6

I. 电… II. 电… III. 电气绝缘-技术手册 IV. TM21-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 160525 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张沪光 责任编辑:张沪光

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 34.625 印张 · 3 插页 · 2062 千字

0001-4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-22570-6

定价:158.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379767

封面无防伪标均为盗版

《电气电子绝缘技术手册》编辑委员会

顾问 问：曹亚琴

主任委员：王建华

副主任委员：钟力生 李盛涛 牛新国 曹晓珑

委员 (以汉语拼音字母为序)：

曹晓珑	陈寿田	成永红	雷清泉	李盛涛
李学敏	李英葆	刘 斌	刘辅宜	刘学忠
刘中一	刘天成	陆宝琦	陆惠英	罗庆华
牛新国	彭宗仁	邱昌容	唐安斌	唐民乐
屠德民	王建华	王利平	王寿泰	王 玮
王友功	吴 锴	吴南屏	巫松桢	谢大荣
徐传骧	徐 阳	杨成汉	应启良	于德梅
张启民	张乔根	张升儒	钟力生	

秘书：刘学忠 (兼)

《电气电子绝缘技术手册》总编辑、副总编辑及出版责任编辑

总 编 辑：巫松桢

副 总 编 辑：曹晓珑 刘学忠

责 任 编 辑：张沪光 付承桂 罗 莉 刘星宁 徐明煜

林春泉 王 玫 赵玲丽 张俊红 朱 林

顾 谦 靳 平

序 言

——电气电子绝缘技术范畴和特性

中国电气工程高等教育创办 100 周年，是我国包括绝缘行业在内的电气工程界的大事。百年来，我国电绝缘技术经历了一个从无到有到快速发展的巨大变化，已经成为电气、电子工程技术不可分割的重要组成部分。

所谓电绝缘技术，简单地讲，就是为电气、电子元器件/设备/装置（简称电系统）建立匹配的“电绝缘系统”，使电系统导体内的电流、电荷或电信号在规定的工/环境条件下都不外泄，而得以实现电系统功能的技术。例如最简单的架空输电线路，其架空导线用绝缘子固定、以空气对地或建筑物绝缘，由绝缘子和空气组成架空输电线路的绝缘系统是保证输电线路实现输送电力功能的前提。简单的架空输电线路尚且如此，对于其他像电机、变压器、集成电路之类或更复杂的电系统，就更不必说了。因此，电绝缘技术是发挥电系统自身功能的一种关键技术，电绝缘系统是电系统不可缺少的基本组成构件。

要为电气、电子系统建立合适、可靠的电绝缘系统，涉及到一系列电绝缘技术。仍以架空输电线路为例，由绝缘子和空气组成绝缘系统时，要考虑在长期运行中空气和绝缘子的介电性能及其稳定性，以及在不同环境（如高温、沙尘暴、暴风雨、冰雪、辐射等）条件下介电性能的变化规律；应考虑经空气对地或建筑物的距离是否安全；还应考虑到空气和绝缘子的界面上最容易发生沿面放电，需对绝缘子表面形状进行特殊设计，甚至要对该界面进行特殊的物理化学处理，才能满足电绝缘要求等。因此，电绝缘技术至少应包含绝缘理论、绝缘材料、绝缘系统设计和绝缘测试分析等四大部分。

电绝缘技术包含绝缘理论，说明其具有基础性的特征。绝缘理论的核心是工程电介质的物理和化学基础。工程电介质物理论述电介质中的各种电荷及其在电场中的运动和产生的各种效应、介电性能及其物理本质，以及电场对材料的作用（包括各种放电、击穿和电老化等）的机理。工程电介质化学论述绝缘材料的多个层次结构（包括微观的分子结构和晶体结构、聚集态结构、多相体系及其界面结构/宏观结构等）及其与材料性能关系的原理，论述绝缘老化的机理及对策。有关有机、无机、复合和纳米电介质等材料的制备原理则分散于第 7~11 篇中介绍。

绝缘理论还包括绝缘系统设计和绝缘测试的基础理论。绝缘测试包括绝缘材料和绝缘系统的介电性能测试技术、空间电荷测试、电痕化和电弧试验、绝缘材料的气候环境试验和电热老化试验、绝缘系统的可靠性、绝缘系统绝缘状态的在线监测与诊断等内容。绝缘系统设计包括绝缘结构优化、绝缘材料优选和绝缘结构工艺优

化等三部分内容。绝缘结构优化主要包括绝缘结构的电场计算和热计算等,也涉及过电压和绝缘配合;绝缘材料优选主要有绝缘系统对绝缘材料的基本要求和材料优选原则;材料优选和结构工艺优化的实例,则分散于第12~20篇中介绍。

电绝缘技术是为电系统服务的,凡是电系统在不同工作条件/环境中所碰到的各种有关绝缘的问题,都属于绝缘技术探讨的范围。于是绝缘技术就不得不涉及多个学科,除电工基础、高电压工程等学科外,还涉及电子科学、信息科学、固体物理、物质结构理论、材料科学、高分子科学、纳米材料科学、辐射化学、计算机应用技术、仪器分析技术等学科。绝缘专业人员不可能对有关学科进行系统研究,但却要在这些学科的基础上研究与绝缘相关的课题。这就需要根据电绝缘技术的要求,把有关学科的有关内容加以变换、改造、补充,使之转换成电绝缘技术,丰富电绝缘技术,然后才能解决有关电绝缘问题,因此电绝缘技术具有多学科综合性特征,或者说具有某种交叉科学技术的特征。高度关注这一特征,不断融合其他学科的成就,电绝缘技术才能得到不断丰富、创新。

《电气电子绝缘技术手册》的内容,除第1篇“绝缘常用数据和资料”及结语“电气电子绝缘技术展望”外,其余24篇可大致分为四大板块。

第一板块为第2~6篇(共5篇),着重突出电绝缘技术的基础性,阐述电绝缘技术基础理论、基本知识,作为电绝缘的入门。

第二板块为第7~11篇(共5篇),以绝缘材料基础知识为主,但涉及有关的绝缘测试和绝缘结构及其工艺知识。

第三板块为第12~20篇(共9篇),以绝缘结构设计及结构工艺为主,但涉及有关的绝缘材料和绝缘测试知识。

第四板块为第21~25篇(共5篇),为特殊工作条件和环境中的绝缘和环境友好绝缘,着重突出电绝缘技术的多学科综合性特征。

这里附带说明各篇标题中采用的“绝缘材料”和“电介质”两个术语。两者含义彼此接近,但“绝缘材料”比较偏重其防止电流/电荷外泄的特性,例如绝缘材料的电阻率等。而“电介质”是指存在于电荷之间的物质,比较偏重其在电场中的各种行为特性,例如材料中束缚电荷的极化、载流子的迁移、分子结构的变化等,因此研究材料的介电特性以及其他电功能特性时,常常把该材料称为“电介质”,这样更便于把电绝缘系统在电场下发生的一些宏观特性与物质结构联系起来,更有利于深入探讨诸如电绝缘系统介质极化、损耗、老化、故障和击穿之类现象的机理。

手册中由目录和索引组成的检索系统、由“参见”和参考文献组成的参见系统,共同组成手册的查阅系统。索引可将不同篇章的相关内容联系起来,“参见”可使不同篇章的相关内容相互呼应而不重复,参考文献为读者进一步研究提供有价

值的线索，也是手册知识和数据资料的延伸，参考文献序号通常标于有关正文的右上角；来源性参考文献即“引文注”的说明写在页末、条目末尾或图表的下方，其作用是向读者交代资料的来源。

各篇主编、执笔和主审的署名等均置于各篇篇首。

《电气电子绝缘技术手册》编辑委员会希望本手册能为对电气、电子绝缘技术感兴趣的朋友们提供一条入门之道，同时能为同行业的朋友提供一点帮助。

本手册如有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

总编辑组

2007年4月8日

(交大111周年校庆纪念日)

目 录

序言

第 1 篇 电气电子绝缘技术有关的通用资料

第 1 章 电气电子绝缘技术有关的国

际/国内机构、期刊、会议 2

1.1.1 电气电子绝缘技术有关的

主要国内机构 2

1 中国电工技术学会 (CES) 2

2 中国电机工程学会 (CSEE) 2

3 中国电子学会 (CIE) 2

4 国家标准化管理委员会 (SAC) 3

1.1.2 电气电子绝缘技术有关的主要

国际机构 3

5 国际电工委员会 (IEC) 3

6 国际标准化组织 (ISO) 3

7 美国电气电子工程师学会 (IEEE) 4

8 英国工程技术学会 (IET) 4

9 国际大电网会议 (CIGRE) 4

10 国际电信联盟 (ITU) 5

1.1.3 电气电子绝缘技术有关的期

刊、会议和网站 5

11 绝缘相关的国内主要期刊和网站 5

12 绝缘相关的主要国外期刊 5

13 IEEE 电介质与电气绝缘学会及

国内主要相关会议 5

第 2 章 绝缘技术的国际/国家标准 10

1.2.1 标准及其分级和代号 10

14 标准和标准化 10

15 标准的分级和代号 10

1.2.2 国际标准 10

16 基本概念, 部分国际标准、国外先进标准名称和代号 10

17 绝缘相关的 IEC 标准 11

1.2.3 绝缘技术的中国国家标准 56

18 绝缘相关的国家标准 56

19 国家标准中与绝缘有关的通用电工标准 56

第 3 章 绝缘材料的命名、型号

和代号 67

1.3.1 电工绝缘材料产品分类 67

20 电工绝缘材料产品分类和命名原则概述 67

21 绝缘材料大类 67

22 绝缘材料小类 67

23 绝缘材料品种和规格 68

1.3.2 绝缘材料命名原则和型号编

制方法 68

24 漆、树脂和胶类产品的命名原则 68

25 浸渍纤维制品类产品的命名原则 68

26 层合制品类产品的命名原则 68

27 塑料类产品的命名原则 68

28 云母制品类产品的命名原则 68

29 薄膜、黏带和复合制品类产品的命名原则 68

30 电工绝缘材料按品种编制产品型号 68

第 4 章 计量单位和单位换算 69

1.4.1 计量单位和常用物理量及其单位 69

31 法定计量单位 69

32 空间、时间和周期的量和单位 71

33 力学的量和单位 71

34 电学和磁学的量和单位 72

35 热学的量和单位 72

36 光及有关电磁辐射的量和单位 72

37 声学的量和单位 72

38 常用的物理化学和分子物理学
的量和单位 72

39 常用的原子物理学、核物理学及固体
物理的量和单位 72

40 常用的核反应和电离辐射的
量和单位 72

1.4.2 单位换算关系 78

41 时间和空间的单位换算 78

42 力学单位换算 79

43	电学和磁学单位换算	81	48	大气压力、温度与海拔的关系	83
44	热学单位换算	81	49	常用电磁波谱频率区段	83
45	光学和声学单位换算	82	1.5.2	常用材料的物理性能	83
46	核反应和电离辐射单位换算	82	50	常用电工导体材料的电气性能	83
第5章	物理常数和常用材料物理性能	83	51	常用固体材料的力学性能	83
1.5.1	物理常数数据	83	52	部分液体材料的性能	83
47	物理和电学的常数表	83	53	部分气体材料的性能	83
			参考文献		83
第2篇 工程电介质化学基础(结构-性能)					
第1章	电介质中的化学键和聚集态	90	第3章	晶体、非晶体和液晶结构	108
2.1.1	电负性和化学键	90	2.3.1	晶体的空间格子、密勒指数和密堆积	108
1	原子结构和元素电负性	90	23	空间格子和点阵参数	108
2	原子间作用力和分子的形成	91	24	14种布拉维格子	109
3	离子键	91	25	晶胞	110
4	共价键	92	26	晶向指数和晶面指数	110
5	金属键和配价键	92	27	晶体中的球体紧密堆积和配位数	111
2.1.2	分子轨道的概念和轨道杂化	92	2.3.2	常见离子电介质的晶体结构	111
6	分子轨道的概念	92	28	AB型氧化物	111
7	轨道杂化和 σ 、 π 键	93	29	AB ₂ 型氧化物	112
8	离域 π 键	94	30	A ₂ B ₃ 氧化物	112
2.1.3	物质聚集态和固体能带	96	31	ABO ₃ 型复合氧化物(含氧酸盐)	112
9	范德华力和氢键	96	32	AB ₂ O ₄ 型氧化物	113
10	物质聚集态	96	33	硅酸盐结构	113
11	固体能带	97	2.3.3	晶体结构的缺陷	114
第2章	分子结构	98	34	晶体的热缺陷	114
2.2.1	低分子电介质的结构和命名	98	35	位错	114
12	低分子电介质的主链骨架	98	36	形成固溶体时产生的缺陷	115
13	分子电介质中的重要基团	99	37	电子空穴缺陷	116
14	分子中的电子效应和空间效应	101	2.3.4	分子晶体和液晶	117
15	分子的异构	101	38	分子晶体	117
2.2.2	高分子电介质的结构和命名	102	39	液晶	118
16	聚合物的分类和命名	102	2.3.5	非晶体结构和玻璃	119
17	高分子化合物主链结构的基本特征	103	40	非晶体的形成和玻璃通性	119
18	大分子链的化学结构	103	41	非晶态硅酸盐玻璃结构	120
19	大分子链的几何形状	104	42	玻璃的析晶作用和微晶玻璃	120
20	分子链的内旋转	105	第4章	非晶态和结晶聚合物的聚集态	121
21	大分子链的柔性	106	2.4.1	非晶态聚合物聚集态和结构转变	121
22	聚合物的平均相对分子质量及其分布	107			

43	非晶态聚合物聚集态结构	121	2.5.3	纳米复合材料和偶联作用	142
44	非晶态聚合物分子运动的主要特征	121	69	纳米科学和纳米材料	142
45	非晶聚合物力学三态	122	70	纳米材料的特性	142
46	非晶态聚合物的玻璃化转变	123	71	纳米复合绝缘材料	143
47	非晶态聚合物的黏流转变	124	72	偶联剂和偶联作用	143
2.4.2	聚合物的晶体结构和结晶聚合物聚集态	125	第 6 章	绝缘材料的老化	146
48	聚合物的晶体结构	125	2.6.1	绝缘材料老化的概念和类型	146
49	聚合物的结晶形态	126	73	老化的概念	146
50	聚合物的结晶过程	126	74	老化的类型	149
51	聚合物结晶的熔化和熔限	127	2.6.2	热老化	150
52	两相共存聚合物聚集态结构	128	75	热老化机理	150
53	结晶度及其对结构转变的影响	129	76	化学结构对热老化的影响	150
2.4.3	聚合物的力学状态和电学状态	129	2.6.3	热氧老化	151
54	高弹态	129	77	自动氧化机理	151
55	黏流态	130	78	化学结构和杂质对热氧老化的影响	151
56	拉伸过程和取向态	130	2.6.4	脆化	151
57	玻璃态	132	79	热脆化和氧化脆化	151
58	力学松弛与介电松弛现象	132	80	增塑剂迁移脆化	152
59	聚合物的导电	134	2.6.5	光老化和光氧老化	152
第 5 章	多相体系界面/晶界和纳米复合材料	136	81	光氧老化的机理	152
2.5.1	多相体系的组织结构和界面	136	82	影响光氧老化的因素	153
60	多相体系分类	136	2.6.6	臭氧老化和化学老化	153
61	高分子合金的结构特征	136	83	臭氧老化	153
62	聚合物-填充料多相体系	138	84	化学老化	154
63	聚合物多相体系的界面相	138	2.6.7	其他老化形式	155
2.5.2	多晶(陶瓷)材料的组织结构及其界面	140	85	绝缘材料的疲劳	155
64	多晶(陶瓷)材料的组织结构	140	86	生物老化	155
65	陶瓷主晶相的组织结构	140	2.6.8	防老添加剂	156
66	陶瓷玻璃相(非晶相)	141	87	抗氧化剂	156
67	陶瓷中的晶界	141	88	紫外线稳定剂	156
68	陶瓷中的气孔	142	89	热稳定剂	157
			90	抗臭氧剂	157
			91	其他防老剂	157
			参考文献		157

第 3 篇 工程电介质物理基础

第 1 章 电介质极化和电介质损耗

	理论	160	3	束缚电荷	161
3.1.1	电介质极化的基本概念	160	3.1.2	直流电场作用下的电介质极化	163
1	相对电容率和绝对电容率	160	4	电介质的极化	163
2	电偶极子	161	5	电子位移极化	163
			6	离子位移极化	164

7	偶极转向极化	165	3.2.3	陷阱、空间电荷和空间电荷限制电流	189
8	热离子极化	166	37	陷阱	189
9	内电场与克-莫方程	167	38	空间电荷	190
3.1.3	直流电场作用下各种电介质的极化	168	39	空间电荷限制电流	191
10	非极性气体的电容率	168	3.2.4	电介质的击穿	191
11	极性气体的电容率	169	40	击穿、介电强度和耐电压特性	191
12	非极性和弱极性液体的电容率	170	41	电击穿	192
13	极性液体的电容率	171	42	热击穿	193
14	非极性固体的电容率	172	43	固体击穿的边缘效应	193
15	极性聚合物的电容率	173	44	电-机械击穿	194
16	极性分子晶体的电容率	174	3.2.5	电介质中的放电	195
17	高电容率的离子晶体	175	45	局部放电	195
18	铁电体的自发极化	176	46	电晕放电	196
3.1.4	交流电场作用下的电介质极化和电介质损耗理论	178	47	火花放电	197
19	极化电流和去极化电流	178	48	伪火花放电	197
20	静态电容率	178	49	沿面闪络	198
21	电介质损耗角	179	50	电弧放电	200
22	电介质损耗角正切和电介质损耗因数	179	3.2.6	电介质的电老化	200
23	电介质损耗指数	180	51	放电老化和无放电老化	200
3.1.5	交流电场作用下各类电介质的极化与损耗	181	52	局部放电老化	201
24	气体电介质的损耗	181	53	电树枝化	201
25	非极性和弱极性液体电介质的损耗	181	54	水树枝化	202
26	极性液体电介质的损耗	182	55	电痕化	202
27	固体电介质的损耗	182	56	电化学老化	202
28	复合电介质的极化和损耗	183	57	多因子老化	203
第2章	电介质的电导、击穿和电老化	184	第3章	电介质的电/光功能特性	203
3.2.1	电介质中的载流子及其迁移和电阻率	184	3.3.1	压电效应和电致伸缩效应	203
29	载流子	184	58	压电效应	203
30	自由电荷	185	59	电致伸缩效应	204
31	体积电阻率和体积电导率	185	3.3.2	热释电效应和电热效应	205
32	表面电导率和表面电阻率	185	60	热释电效应	205
33	离子迁移率	186	61	电热效应	206
3.2.2	电荷的逸出和注入	187	3.3.3	电阻正温度系数效应和非线性电阻特性	207
34	电极和功函数	187	62	电阻正温度系数效应	207
35	接触电动势	187	63	非线性电阻特性	208
36	电极注入	188	3.3.4	电介质的驻极体效应、热刺激电流效应和静电特性	209
			64	电介质的驻极体效应	209
			65	热刺激电流效应	209
			66	电介质的静电特性	210
			67	油流带电	210

3.3.5 电介质光学电容率与谐振极化、光 频色散和吸收	211	72 光在介质中传输时的损耗特性	213
68 折射率与光学电容率	211	73 晶体介质的双折射现象	214
69 电介质在光频电场中的谐振极化	211	3.3.7 电光效应、电致发光效应和激光	215
70 电介质的光频色散	212	74 克尔效应和普克尔效应	215
71 电介质的光频吸收	213	75 电致发光效应	216
3.3.6 光在介质中的传输特性	213	76 激光	216
		参考文献	217

第 4 篇 绝缘系统设计和优化原理

第 1 章 绝缘系统设计基础	220	25 绝缘结构电场的优化方法	238
4.1.1 绝缘系统设计概述	220	4.2.3 支柱形电场计算与优化	238
1 输变电系统和高压输变电设备	220	26 支柱形电场的改善和悬式/棒形绝 缘子电场计算	238
2 绝缘系统设计的基本原则	220	27 避雷器电场	239
3 影响绝缘系统的其他因素	221	4.2.4 套管型绝缘结构电场的特征及改善 电场分布的原理和方法	240
4 绝缘系统的寿命与可靠性	221	28 套管型绝缘结构电场的特性	240
5 绝缘系统设计内容	222	29 改善套管型电场分布的原理 和方法	240
6 绝缘系统试验	223	4.2.5 高压套管和高压电缆附件的 电场设计计算	242
4.1.2 高压电气设备绝缘上的过电压	223	30 电容式套管电场设计计算	242
7 电力系统电压等级	223	31 直流套管电场设计计算	242
8 电力系统过电压	223	32 电缆附件应力锥设计计算	242
9 内部过电压	224	4.2.6 电机线棒端部的电场和防晕 技术	243
10 外部过电压(雷电过电压)	224	33 电机定子线棒端部的电场分 布特性	243
4.1.3 绝缘配合和高压电气设备试 验电压	225	34 电机定子线棒端部的防晕技术	243
11 避雷器的残压和限制过电压作用	225	35 电机定子端部防晕结构的计算 方法	244
12 绝缘配合定义	225	36 一级防晕层的计算实例	245
13 绝缘配合方法	226	37 三级防晕层的计算实例	247
14 绝缘配合程序	226	38 内屏防晕结构的计算	248
15 高压电气设备试验电压	226	第 3 章 绝缘结构的热计算	249
4.1.4 绝缘系统对绝缘材料的基本要求	230	4.3.1 绝缘结构中最高温度的计算	249
16 绝缘材料的应用性能	230	39 绝缘系统中的发热和散热	249
17 绝缘系统按功能分类	231	40 热稳态时最高温度的计算	250
18 绝缘材料的选择步骤	232	41 热暂态计算	252
第 2 章 绝缘结构电场的计算	233	4.3.2 绝缘系统热击穿计算	253
4.2.1 绝缘结构电场的基本计算方法	233	42 热击穿条件	253
19 计算电场的基本方程	233	43 热击穿电压的计算	253
20 典型电场的计算公式	233	参考文献	255
21 电场的解析计算方法	236		
22 电场的数值计算方法	236		
4.2.2 绝缘结构电场分布图、典型电场 和电场优化方法	237		
23 电场分布图的绘制	237		
24 绝缘结构中两类典型电场	238		

第5篇 绝缘材料测试技术及应用

第1章 介电性能测试技术	258	5.1.5 电介质介电谱的测量	282
5.1.1 试样和测试条件	258	21 绝缘材料的介电性能与频率、温度的关系	282
1 试样准备和试样处理	258	22 自动平衡电桥法测量电介质频谱	283
2 测试条件及其建立	260	23 不平衡电桥测量电介质频谱	284
3 建立测试条件的设备	260	24 时域技术傅里叶变换法测量电介质频谱	285
5.1.2 绝缘电阻和电阻率的测量	261	25 电介质温谱的测量	286
4 绝缘电阻和电阻率定义与测量方法概要	261	第2章 空间电荷测试、电痕化和电弧试验方法	286
5 绝缘电阻和电阻率测量方法、原理和选择	262	5.2.1 空间电荷测试方法	286
6 绝缘电阻和电阻率测量试样与电极	264	26 电压波法	286
5.1.3 相对电容率和介质损耗因数的测量	266	27 压力波法	287
7 相对电容率和介质损耗因数的定义与测量方法概要	266	5.2.2 电痕化试验方法和电痕化指数	288
8 电桥法测量相对电容率和介质损耗因数方法与原理	266	28 电痕化定义与试验方法概要	288
9 用谐振法测量相对电容率和介质损耗因数的方法与原理	268	29 滴液法——相比电痕指数的测定	288
10 相对电容率和介质损耗因数测试试样与电极	268	30 斜板法	289
11 电桥法测量相对电容率和介质损耗因数	272	5.2.3 电弧测试方法	290
12 谐振法测量相对电容率和介质损耗因数	274	31 电弧定义与测试方法概要	290
13 相对电容率和介质损耗因数测量仪器	274	32 间歇高压小电流法	291
14 工频介质损耗测量中电极边缘试样表面状态对测量值的影响	275	33 低压大电流炭棒电弧法	292
5.1.4 介电强度的测量	277	第3章 绝缘材料的气候环境试验和电热老化试验	293
15 介电强度定义与测量方法概述	277	5.3.1 气候环境试验总则和自然暴露试验	293
16 介电强度测量的原理与方法	278	34 气候环境试验总则	293
17 Weibull分布在介电强度数据分析中的应用	278	35 自然暴露试验	293
18 介电强度的测量试样、电极和媒质	279	5.3.2 人工模拟试验	294
19 介电强度测试技术	279	36 湿热试验	294
20 介电强度的测量设备与仪器	281	37 长霉试验	294
		38 模拟地面上的太阳辐射试验	296
		39 化工气体腐蚀试验	297
		40 高、低温和温变试验	297
		5.3.3 绝缘材料的电、热老化试验	297
		41 电老化寿命试验	297
		42 热老化寿命试验	298
		参考文献	300

第6篇 绝缘系统可靠性、绝缘状态的监测和诊断技术

第1章 绝缘系统的可靠性	304	20 绝缘系统直流试验.....	325
6.1.1 绝缘系统的可靠性概述.....	304	21 绝缘系统绝缘电阻测量.....	326
1 绝缘系统的可靠性.....	304	22 绝缘系统介质损耗正切测量.....	326
2 可靠度及可靠度函数.....	304	23 绝缘系统交流电流试验.....	327
3 失效率及失效率函数.....	304	6.2.3 绝缘系统局部放电测量.....	329
4 平均寿命.....	306	24 局部放电及其测量概述.....	329
5 可靠寿命.....	306	25 局部放电的表征参数与谱图.....	329
6.1.2 绝缘系统的可靠性试验分类.....	306	26 局部放电的电测法及其测试系统.....	330
6 可靠性试验概述.....	306	27 局部放电的声测法及其测试系统.....	333
7 可靠性试验分类.....	307	28 局部放电的其他检测法.....	334
8 可靠性筛选试验概述.....	307	29 局部放电的校正.....	334
9 可靠性筛选试验的方法与依据.....	307	30 局部放电测量的抗干扰.....	335
10 可靠性筛选试验的设计.....	308	31 主要电力设备的局部放电试验.....	336
6.1.3 主要电力设备的可靠性.....	309	6.2.4 绝缘系统介电强度的测量.....	337
11 电力系统的可靠性和电力设备		32 绝缘系统交流电压试验.....	337
可靠性.....	309	33 绝缘系统雷电冲击电压试验.....	338
12 旋转电机的可靠性.....	310	34 绝缘系统操作冲击电压试验.....	340
13 电力变压器的可靠性.....	312	35 绝缘系统直流电压试验.....	340
第2章 绝缘系统绝缘性能试验	314	第3章 绝缘系统绝缘状态的在线监测	
6.2.1 绝缘系统性能试验概述.....	314	与诊断	341
14 绝缘系统性能试验分类.....	314	6.3.1 绝缘状态的在线监测.....	341
15 绝缘系统工艺性检查试验.....	314	36 绝缘状态在线监测概述.....	341
16 电力设备绝缘性能的例行试验.....	317	37 电力设备绝缘在线监测的主要	
17 预防性维修对设备可靠性的影响.....	320	项目与系统组成.....	341
18 电力设备的预防性试验项目.....	320	6.3.2 绝缘诊断与寿命评估.....	342
6.2.2 绝缘系统绝缘性能的通用试		38 电力设备的绝缘诊断.....	342
验方法.....	325	39 电力设备的寿命评估与管理.....	344
6.2.3 绝缘系统绝缘性能试验的		参考文献	344
通用试验方法分类.....	325		

第7篇 气体和液体电介质

第1章 气体电介质种类和基本性能	346	7 化学与热稳定性.....	349
7.1.1 气体电介质种类.....	346	8 毒性.....	349
1 简单气体.....	346	第2章 气体电介质介电、放电和灭	
2 氧化物气体.....	346	弧性能	350
3 电负性气体.....	346	7.2.1 气体电介质介电性能.....	350
4 混合气体.....	347	9 电容率.....	350
5 真空.....	347	10 电导.....	350
7.1.2 气体基本性能.....	347	11 介质损耗.....	350
6 气体物理特性.....	347	12 电气强度.....	350

7.2.2	各种气体的放电特性和灭弧性能	351	31	液体电介质的析气性	366
13	空气的放电特性	351	7.3.4	液体电介质的兼容性和毒性	367
14	压缩气体的放电特性	352	32	液体电介质与接触材料的兼容性	367
15	六氟化硫气体的放电特性	353	33	液体电介质与薄膜等的兼容性	367
16	真空的放电特性	355	34	液体电介质的毒性	369
17	混合气体的放电特性	355	第4章 天然绝缘油与合成绝缘油 369		
18	高频放电	356	7.4.1	矿物和植物绝缘油	369
19	灭弧性能	357	35	矿物油的主要组成及其作用	369
7.2.3	应用气体介质时应注意的问题	358	36	绝缘油的提炼精制工艺与调配	370
20	控制气体的纯度与杂质含量	358	37	变压器油、 β 油与开关油	370
21	可燃性和可爆性	359	38	电容器油	371
22	对环境的影响	359	39	电缆油	372
第3章 液体电介质的性能与试验 360			40	植物油	372
7.3.1	液体电介质的性能要求	360	7.4.2	聚烯烃和芳烃合成绝缘油	373
23	液体电介质概述	360	41	聚丁烯 (PB)	373
24	电气设备对液体电介质的一般性能要求	360	42	烷基苯 (DOB) 与烷基萘 (DIPN)	373
25	各种充油电气设备对液体电介质的特殊性能要求	360	43	二芳基乙烷 (PXE) 与枯烯基苯基乙烷、苯基乙苯基乙烷	374
7.3.2	液体电介质的物理和介电性能与试验	361	44	异丙基联苯 (IPB)	375
26	液体电介质的物理性能	361	45	苜基甲苯 (M/DBT)、SAS-40 与 SAS-70E	375
27	液体电介质的介电性能	362	7.4.3	酯类、醚类和难燃性合成油	376
7.3.3	液体电介质的化学性能与稳定性	364	46	酯类合成油	376
28	液体电介质的化学性能	364	47	醚类合成油	377
29	液体电介质的氧化稳定性和热老化稳定性	365	48	硅油	377
30	液体电介质的电场稳定性	365	49	磷酸酯及其混合油	377
			50	含氟液体	378
			参考文献 378		

第8篇 有机固体电介质

第1章 聚合物的合成 382		9	引发剂	385	
8.1.1	聚合物合成概述	382	10	分子量与分子量调节剂	388
1	聚合物和聚合反应分类	382	11	常见的加成聚合方法	389
2	单体及其合成物	382	8.1.3	离子型加成聚合反应 (离子型聚合)	391
3	聚合反应的一些基本概念	382	12	阳离子聚合概述	391
4	聚合反应特征	384	13	工业上采用阳离子聚合生产的聚合物材料	391
8.1.2	自由基加成聚合反应 (自由基聚合)	384	14	阴离子聚合概述	392
5	自由基聚合的一些基本概念	384	15	阴离子聚合反应	392
6	自由基聚合的单体	385	16	工业上采用阴离子聚合生产的聚合物材料	393
7	自由基聚合的特征	385			
8	自由基聚合的历程	385			

17	离子聚合与自由基聚合的比较	393	41	压缩模塑概述	418
18	配位聚合概述	393	42	压缩模塑设备	418
19	工业上采用配位聚合生产的聚合物材料	393	43	压缩模塑工艺过程	418
8.1.4	缩合聚合反应(缩聚反应)	395	44	压缩模塑工艺条件	419
20	缩聚反应概述	395	8.3.2	传递模塑	421
21	缩聚反应单体及类型	395	45	传递模塑概述	421
8.1.5	逐步加成聚合反应(逐步聚合)	395	46	传递模塑设备	421
22	逐步聚合概述	395	47	传递模塑工艺过程和工艺条件	421
23	工业上采用逐步聚合反应生产的聚合物材料	396	8.3.3	注射模塑	422
附录	塑料及树脂缩写代号	396	48	注射模塑概述	422
第2章	聚合物成型加工基础	399	49	注射模塑设备	423
8.2.1	聚合物成型加工基本理论	399	50	注射模塑工艺过程	423
24	聚合物的加工性	399	51	注射模塑工艺条件	424
25	聚合物的流变性	399	8.3.4	挤出成型	427
26	温度对黏度的影响	400	52	挤出成型概述	427
27	压力对黏度的影响	401	53	管材挤出设备及工艺	427
28	剪切速率对黏度的影响	401	54	板材、片材和吹塑薄膜挤出设备及工艺	428
29	聚合物的结构和组成对黏度的影响	402	55	电线包覆挤出设备及工艺	429
8.2.2	聚合物加工助剂	402	附录	各种成型制品的常见缺陷及产生原因	430
30	聚合物加工助剂概述	402	第4章	电气/电子用各类聚合物材料	437
31	增塑剂	403	8.4.1	电气/电子用聚合物材料	437
32	热稳定剂	404	56	模塑成型类热塑性工程塑料	437
33	光稳定剂	405	57	挤出成型类聚合物材料	442
34	抗氧化剂	406	8.4.2	电气/电子用聚合物薄膜和纸	446
35	填充剂(填料)	407	58	电介质薄膜	446
36	增强剂	412	59	绝缘纸与纸板	450
37	增韧剂	412	8.4.3	电气/电子用模塑成型类热固性聚合物、绝缘涂料和电磁线漆	450
38	偶联剂	413	60	模塑成型类热固性聚合物	450
39	润滑剂和脱模剂	413	61	绝缘涂料	453
40	其他助剂	414	62	电磁线漆	456
第3章	聚合物的成型加工	418	参考文献		458
8.3.1	压缩模塑	418			

第9篇 无机电介质

第1章 陶瓷粉体的基本物理性能及制备

9.1.1	陶瓷粉体的基本物理性能	462
1	粉体颗粒	462
2	粉体的表面特性	462
3	粉体粒径的测量与表示方法	462
9.1.2	陶瓷粉体的制备	464

4	粉体的制备方法	464
5	固相法	464
6	液相法	466
7	气相法	467

第2章 陶瓷的成型方法

9.2.1	陶瓷坯料的制备	468
8	陶瓷坯料的组成	468

9 瓷料的研磨混合	469	9.6.1 压电和热释电陶瓷	493
9.2.2 陶瓷的成型	470	35 压电体、热释电体和铁电体比较	493
10 干压成型	470	36 压电陶瓷的压电参数	493
11 等静压成型	472	37 常用压电陶瓷	494
12 塑法成型	473	38 热释电陶瓷	495
13 热压铸成型	473	9.6.2 敏感陶瓷	496
14 辗压成型(轧膜成型)	474	39 敏感陶瓷概述	496
15 流延法成型(刮刀法)	474	40 PTC热敏电阻陶瓷	497
16 胶态成型	474	41 NTC热敏电阻陶瓷	498
第3章 陶瓷的烧结	478	42 CTR半导体陶瓷	498
9.3.1 陶瓷烧结概念	478	43 气敏陶瓷	498
17 烧结基本概念	478	44 湿敏陶瓷	499
9.3.2 陶瓷的烧结过程	478	45 氧化锌压敏陶瓷	499
18 固相烧结	478	第7章 片式电子陶瓷元件和超	
19 液相烧结	479	导陶瓷	499
20 热压烧结	480	9.7.1 片式电子陶瓷元件	499
21 热等静压烧结	480	46 片式电子元件的发展	499
第4章 电力电子装置陶瓷	481	47 片式多层陶瓷电容器	500
9.4.1 绝缘陶瓷的分类和性质	481	48 片式多层陶瓷电感	500
22 绝缘陶瓷	481	49 多层复合压电陶瓷变压器	501
23 普通电瓷	483	9.7.2 超导陶瓷及其电工电子应用	502
9.4.2 釉	484	50 超导材料的发展	502
24 釉的作用	484	51 超导陶瓷的结构	502
25 常用电瓷釉	484	52 高温超导陶瓷的特点与研究	
26 半导电釉	484	进展	503
第5章 电容器陶瓷	484	53 高温超导材料的应用	505
9.5.1 电介质陶瓷的种类和特性	484	第8章 电工玻璃和云母	505
27 电介质陶瓷	484	9.8.1 钢化玻璃绝缘子和玻璃纤维	505
28 高频电容器陶瓷	484	54 钢化玻璃绝缘子	505
29 微波介质材料	486	55 钢化玻璃的组成与性能	505
9.5.2 钛酸钡陶瓷的结构和特性	487	56 玻璃纤维的结构和组成	506
30 钛酸钡的结构与自发极化	487	9.8.2 云母与石棉	507
31 钛酸钡陶瓷的介电性能	488	57 云母	507
32 钛酸钡陶瓷的改性	490	58 云母纸	508
9.5.3 钛酸锶基高介陶瓷	492	59 云母玻璃	508
33 钛酸锶铋陶瓷	492	60 石棉	509
34 钛酸锶铋的改性	492	参考文献	509
第6章 压电、热释电和敏感陶瓷	493		

第10篇 复合电介质和纳米电介质

第1章 复合电介质	512	10.1.2 橡胶	513
10.1.1 复合绝缘材料概述	512	3 橡胶及其分类	513
1 复合材料和复合绝缘材料	512	4 橡胶的配合剂和助剂	513
2 常用的复合绝缘材料	512	5 橡胶的加工	515

10.1.3 泡沫绝缘材料	515	18 绝缘黏带的试验方法	524
6 泡沫绝缘材料的结构和分类	515	第2章 纳米电介质	525
7 泡沫塑料制品的制造、性能和 应用	516	10.2.1 纳米粉体-聚合物复合材料制备 技术的发展	525
10.1.4 浸渍织物	518	19 纳米粉体-聚合物复合材料概述	525
8 浸渍织物概述	518	20 共混法	525
9 绝缘漆布	518	21 溶胶-凝胶(Sol-Gel)法	526
10 绝缘漆套管	518	22 插层法	526
11 玻璃绑扎带	519	23 原位分散聚合方法	526
10.1.5 层合箔	521	24 辐射合成法	526
12 层合箔的特点	521	25 自组装技术	527
13 层合箔的性能和用途	521	10.2.2 纳米粉体-聚合物复合材料的 性能及其在绝缘领域的应用	527
14 层合箔的试验方法	522	26 纳米介电效应	527
10.1.6 绝缘黏带	523	27 纳米介电效应的几种应用	529
15 黏带概述	523	28 提高阻燃、导热和力学性能	530
16 绝缘黏带的品种和用途	523	参考文献	530
17 各类绝缘黏带的组成和制备	523		

第11篇 层合制品和印制电路板

第1章 层合制品	534	14 印制电路板使用的材料	544
11.1.1 电气电子层合制品分类、试验及 其相关技术标准	534	15 PCB的接收标准	545
1 层合制品概述	534	16 PCB的电老化现象	547
2 层合制品相关技术标准	534	11.2.4 高新技术覆铜板 PCB 和应用	547
11.1.2 电气电子层合制品的制造、特性 和应用	538	17 高新技术覆铜板 PCB	547
3 电气电子层合制品所用材料	538	18 覆铜板市场趋势和发展建议	548
4 电气电子层合制品制造流程	539	第3章 挠性覆铜箔板和挠性印制 电路	549
5 电气电子层合制品的特性	540	11.3.1 挠性印制电路概述	549
6 电气电子层合制品的应用	540	19 挠性印制电路的技术要求	549
7 电气电子层合制品的生产现状和发 展趋势	540	20 挠性覆铜箔板和挠性电路产品 制造商	549
第2章 覆金属箔层压板和刚性印 制电路	541	11.3.2 制造挠性覆铜箔板所用材料	549
11.2.1 覆金属箔层压板概述	541	21 制造挠性覆铜箔板的柔韧绝 缘材料	549
8 覆铜箔层压板的定义和重要性	541	22 制造挠性覆铜箔板的铜箔材料	550
9 覆铜箔层压板的结构和分类	541	23 挠性印制电路用覆盖膜材料	553
10 覆铜板的标准	541	24 挠性印制电路常用的镀层材料	553
11.2.2 覆铜板制造	542	11.3.3 挠性印制电路的制造流程 和应用	554
11 制造覆铜板的材料	542	25 挠性印制电路的制造	554
12 制造覆铜板的工艺流程及设备	542	26 挠性印制电路的应用	555
11.2.3 刚性印制电路板(PCB)的制造 和性能	543	27 挠性印制电路的发展	555
13 PCB的制造流程和技术说明	543	参考文献	555