



JIANZHU DIANQI XIAOFANG
ANQUAN PEIXUN DUBEN

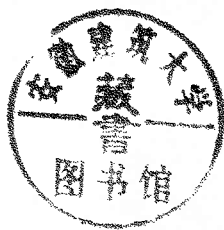
建筑电气消防安全 培训读本

杨在塘 编著

中国建筑工业出版社

建筑电气消防安全培训读本

杨在塘 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑电气消防安全培训读本/杨在塘编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2007
ISBN 978-7-112-09314-4

I. 建… II. 杨… III. 建筑物-电气设备-防火系
统 IV. TU892

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 077607 号

为了推动电气消防知识与技术普及培训, 本书向读者提供了: 电气绝缘材料的燃烧、着火和阻燃措施; 电热源的形成及其火灾原因分析; 载流导体和电气设备的红外辐射; 建筑电气装置火灾隐患防护措施; 公众聚集场所电气防火与火灾疏散要点; 建筑电气装置防火安全检测; 雷电和静电; 电气火灾扑救与灭火器的选择配置; 电气火灾原因调查与鉴别; 电气防火、防爆; 建筑消防设施施工验收与检测等共十一章的内容。

本书可供消防、安全监督管理人员, 企业 (含非煤矿) 消防、安全技术人员, 消防产品生产厂家和社会从事电气 (消防) 设计、安装施工、验收检测、运行维护人员, 以及电气工程技术人员和大专院校师生参考。也可作为初次进入电气、消防领域就业技能学习的启蒙读本。

责任编辑: 周世明

责任设计: 郑秋菊

责任校对: 王雪竹 关 健

建筑电气消防安全培训读本

杨在塘 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 字数: 519 千字

2007 年 7 月第一版 2007 年 7 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-09314-4

(15978)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

我国正处于工业化、城镇化、国际化加速发展的机遇期，电作为一种很受人喜欢的常用清洁能源，应用范围非常广泛。已经深入到人们生活、生产的每个领域，而且改变了人们的传统生活方式。电线电缆和电气设备塑料外壳在建筑中的大量应用，增加了建筑物内的火灾风险，它的安装有时还对建筑物的耐火性能造成破坏。

电线电缆的接触不良和过热温度能够形成电点火源，能将自身绝缘物及周围可燃材料引燃着火或爆炸；电线电缆（包括穿线塑料导管）和电气设备的塑料外壳，暴露于外部火灾，被火焰包围后，又具有助长火势的作用。

电被应用的过程中，在很好的为人们造福、创造美好生活的同时，也带来了很多触电和火灾事故，它造成生命财产损失，危及人们的安全、幸福生活与和谐的社会秩序，这都是人们不希望的。

电气火灾已成为所有火灾类型中的主要火灾，1980年我国电气火灾只占全国总火灾数的7.8%，后来一直呈上升趋势，目前约在23%~26%范围内波动。电气火灾的教训给社会、消防、安全监督，甚至是普通百姓和家庭妇女，留下诸多疑问？电为什么会着火、如何预防、着火后怎样扑救（会不会触电、用什么灭火器）、火被扑灭后又如何调查（是不是电气原因）、能不能预知电火隐患的存在（提前防范）、避免雷电和静电灾害。煤矿爆炸事故频繁发生的近年，夺去数以百计的无辜劳动者的生命，对非煤矿爆炸和火灾危险环境的电气设备防爆，也引起了企业和管理者的极大关注。人们终于总结出，只有提高对电气火灾认识的科学化、防治工程化（产品材料、工程设计、施工验收）、隐患预知超前化、防范系统化（运行环境等多方面综合治理）、普及教育群众化（人为因素）等思路和方法的深刻变革和创新，才能防患于未然。

为了推动电气消防知识与技术普及培训这一进程的实施。作者在多年从事电气消防研究、教学、培训讲座、工程实践、电气消防检测、消防咨询服务等过程中，对这些问题进行了长期思考和总结。本书要展现给读者的内容主要有电绝缘燃烧、电热源与电火原因、电气设备的红外辐射、建筑电气装置火灾隐患、公共聚集场所电气火灾预防、电气装置防火安全检测、雷电和静电、电气火灾扑救安全和灭火器选用、电火因调查与痕迹鉴别、电气设备防爆、以及建筑消防设施的施工验收与检测。书中力争做到电气消防体系思路清晰、有理有据、深入浅出，不烦琐、简单易懂，理论与实践结合、便于理解和应用。

本书在编写过程中特别要感谢的是北京市消防协会和北京京安兴业电气消防安全检测站，他们给予了很大帮助，并提供了很多对电气消防实践有价值的资料，充实并丰富了书中内容，使本书更具有应用性。

本书是关于电气消防安全的普及读本，尽管本意想使读者从中受益，但是，因书中涉及的内容太多，而且又具有跨学科的综合知识，鉴于作者水平有限，难以满足读者的所有期望，可能还有考虑不到的疏漏和错误，恳请读者谅解和指出。

目 录

第 1 章 电气绝缘材料的燃烧、着火和阻燃措施

1.1 电绝缘在电气防火中的重要性	1
1.2 电气绝缘材料	1
1.2.1 电气绝缘	1
1.2.2 耐热温度级别	3
1.2.3 绝缘材料的物理分类	4
1.3 电气绝缘材料的燃烧	5
1.3.1 微观燃烧过程	5
1.3.2 宏观燃烧过程	7
1.3.3 室内整体规模的燃烧过程	11
1.3.4 燃烧环境对人生存的威胁	13
1.4 电气绝缘材料的火焰响应特性	18
1.4.1 闷燃（阴燃）	18
1.4.2 着火性	18
1.4.3 闪燃倾向	18
1.4.4 火焰扩散	19
1.4.5 放热	19
1.4.6 耐火性	21
1.4.7 易灭火性	21
1.4.8 烟雾释放	21
1.4.9 有毒气体释放	22
1.4.10 腐蚀气体的释放	23
1.5 电气绝缘材料的火灾预防	23
1.5.1 提高电绝缘材料阻燃性的途径	23
1.5.2 电绝缘系统材料阻燃结构设计	23
1.5.3 绝缘材料应用	24
1.6 电绝缘材料可能导致火灾诉讼	25

第 2 章 电热源的形成及其火灾原因分析

2.1 电热源形成因素及其所造成的不良影响	26
2.1.1 电阻损耗发热	26
2.1.2 铁磁损耗发热	29
2.1.3 附加损耗发热	31

2.1.4 电介质损耗发热	32
2.1.5 电气发热与周围散热不良对载流导体和电器的不良影响	33
2.2 电气火灾原因	34
2.2.1 电点火源的种类	34
2.2.2 电点火源的形成及其引发电气火灾原因的具体分析	35

第3章 载流导体和电气设备的红外辐射

3.1 红外线基础知识	38
3.2 红外辐射的规律	40
3.3 影响电气设备热状态信息红外检测的因素	43
3.4 红外设备类型与选用	45
3.4.1 红外检测设备的类型	45
3.4.2 电检用红外设备选型要点	56

第4章 建筑电气装置火灾隐患防护措施

4.1 变、配电所防火措施	57
4.1.1 变、配电所建筑物与构筑物	57
4.1.2 变压器防火措施	61
4.1.3 高、低压配电室防火	66
4.2 低压配电线路的防火要求	68
4.2.1 架空线路敷设的防火要求	68
4.2.2 接户线与进户线敷设的防火要求	70
4.2.3 室内低压配电线路防火要求	70
4.2.4 导线连接和封端的防火技术措施	74
4.2.5 建筑室内导线管和电缆贯穿孔口的防火封堵	76
4.3 电气照明装置防火	80
4.3.1 常用照明灯具种类及其火灾危险性	80
4.3.2 照明灯具的防火措施	84
4.3.3 照明装置安装对顶棚耐火性破坏的恢复	85
4.4 电气装置件与开关、插座	87
4.4.1 电气装置件	87
4.4.2 插座、照明开关与风扇	89
4.5 电缆阻燃与防火	90
4.5.1 电缆火灾原因	90
4.5.2 电缆火灾的特点	91
4.5.3 模拟电缆火灾试验特征	92
4.5.4 电缆防火、阻燃措施	94
4.6 家用电器防火措施	99

第5章 公众聚集场所电气防火与火灾疏散要点

5.1 公众聚集场所的火灾危险性 & 疏散措施	102
-------------------------------	-----

5.2 集贸市场	103
5.3 公共娱乐场所	104
5.3.1 公共娱乐场所的界定	104
5.3.2 影剧院、礼堂	104
5.3.3 歌舞厅、夜总会	105
5.3.4 体育场(馆)	107
5.3.5 网吧	108
5.4 宾馆(饭店)、旅馆	108
5.5 商场、超市	111
5.6 电视台、广播电台	112
5.7 医院	113
5.8 体育场(馆)	113

第6章 建筑电气装置防火安全检测

6.1 电气防火安全检测技术计划	115
6.1.1 电气防火安全检测的目的和意义	115
6.1.2 电气防火安全检测的对象和范围	115
6.1.3 选择并确定诊断参数和检测方法	116
6.1.4 检测仪器的选择和配置	116
6.1.5 电气防火检测计划及其隐患诊断实施过程	117
6.1.6 选择合适的标准	119
6.1.7 检测技术队伍组成	120
6.1.8 检测人员的检测行为准则	120
6.2 电气防火安全检测程序	121
6.2.1 检测工作流程框图	121
6.2.2 对工作流程各环节的要求	122
6.3 电气装置防火安全检测方法(检测部位、使用仪表、操作)	127
6.3.1 红外检测法	127
6.3.2 电气设备超声检测法	127
6.3.3 低压配电系统漏电检测	128
6.3.4 漏电火灾在线监视与测量	129
6.3.5 谐波检测	133
6.4 电气火灾隐患判据——常用国家法规择录	137
6.4.1 判断电气火灾隐患的原则与部位要点	137
6.4.2 常用部分国家法规择录——隐患判据	138
6.5 易燃易爆化学危险场所电气防火、防爆检测应注意的事项	158

第7章 雷电和静电

7.1 雷电与防雷	160
7.1.1 雷电事故灾害	160

7.1.2 雷电防护	162
7.2 静电及其灾害的防护	172
7.2.1 静电的产生与带电	172
7.2.2 静电泄露时间	174
7.2.3 静电带电与放电现象	175
7.2.4 静电爆炸和火灾及其防止措施	177

第8章 电气火灾扑救与灭火器的选择配置

8.1 电气火灾的特点	182
8.2 电气火灾扑救方法	182
8.2.1 灭火的基本原理	182
8.2.2 灭火的基本方法	183
8.3 变配电所灭火器的选择与配置	188
8.4 灭火器设置与器材的检查和维修	193
8.5 能扑救电气火灾的哈龙替代灭火系统简介	194

第9章 电气火灾原因调查与鉴别

9.1 电气火灾原因调查程序	198
9.1.1 电气火灾原因的初步调查	198
9.1.2 保护电气火灾现场	200
9.1.3 电气火灾现场勘查	202
9.1.4 访问	203
9.1.5 电气火灾事故报告	206
9.2 调查电气火灾原因的线索	208
9.2.1 确定为电气原因必须具备的条件	208
9.2.2 电弧和电火花	208
9.2.3 导线连接处过热	209
9.2.4 导线过热	210
9.2.5 电气线路上的痕迹	211
9.3 电气火灾原因鉴别	213
9.3.1 电气残留物的特征与熔珠分类	213
9.3.2 火灾现场通电状态的鉴别（辨认）	216
9.3.3 导线燃烧的鉴别	218
9.3.4 几种电器装置件的火灾原因鉴别	222
9.3.5 鉴别电气火灾原因的常用方法	224
9.4 电气火灾原因调查索引与调查案例	225
9.4.1 电气火灾原因调查索引	225
9.4.2 电气火灾调查案例	231

第10章 电气防火、防爆

10.1 易燃易爆危险场所电气防爆	238
-------------------------	-----

10.1.1	易燃易爆物质的燃爆条件	238
10.1.2	易燃易爆场所的基本防爆措施	238
10.1.3	电气设备防爆途径	238
10.1.4	电气设备防爆型式及其防爆原理	239
10.2	爆炸和火灾危险场所	244
10.2.1	爆炸性危险环境区域等级	244
10.2.2	火灾危险环境区域等级	245
10.2.3	爆炸危险区域范围的确定	246
10.3	爆炸性混合物的级别和组别	248
10.3.1	爆炸性气体混合物的分级分组	248
10.3.2	爆炸性粉尘混合物的分级分组	249
10.4	爆炸和火灾危险环境电气设备的选择	250
10.4.1	爆炸性气体环境的电气设备	250
10.4.2	爆炸性粉尘环境用电气设备	253
10.4.3	火灾危险环境用电气设备	254
10.5	爆炸和火灾危险环境用电设备的安装	255
10.5.1	爆炸性气体环境用电气设备安装	255
10.5.2	爆炸性粉尘环境线路安装	259
10.5.3	火灾危险环境线路安装要求	259
10.5.4	爆炸性危险环境的接地	260
10.6	爆炸性气体环境危险场所的判定	261
10.6.1	危险场所的分类	261
10.6.2	危险区域判断程序要点	262
10.6.3	石油化工企业危险区域与电气防爆规定	266

第 11 章 建筑消防设施施工验收与检测

11.1	建筑消防设施联动控制系统	268
11.1.1	建筑室内火灾过程	268
11.1.2	火灾自动报警与联动控制	269
11.2	火灾自动报警系统	270
11.2.1	系统布线	270
11.2.2	火灾探测器	271
11.2.3	手动火灾报警按钮	273
11.2.4	报警控制器	273
11.2.5	总线隔离功能	276
11.2.6	消防设备控制盘	276
11.2.7	消防通讯	276
11.2.8	火灾事故广播	276
11.2.9	消防电梯	277
11.2.10	火灾应急照明和疏散指示标志	277
11.3	消防水灭火系统	278

11.3.1	消防给水	278
11.3.2	室内消火栓系统	280
11.3.3	室外消火栓系统	282
11.3.4	自动喷水灭火系统	283
11.3.5	水喷雾灭火系统	293
11.4	气体灭火系统	294
11.4.1	卤代烷自动灭火系统	294
11.4.2	二氧化碳灭火系统	300
11.5	防排烟系统	303
11.5.1	机械防烟系统	303
11.5.2	机械排烟系统	304
11.5.3	通风空调系统	305
11.5.4	系统联动功能	306
11.6	防火门通用技术条件	306
11.6.1	钢质防火门	306
11.6.2	木质防火门	308
11.7	钢制防火卷帘门及挡烟垂壁	309
11.7.1	钢质防火卷帘	309
11.7.2	挡烟垂壁	312
11.8	泡沫灭火系统	312
11.8.1	消防水池	312
11.8.2	贮液罐	313
11.8.3	泡沫比例混合器	313
11.8.4	泡沫发生装置	314
11.8.5	泡沫消防泵	316
11.8.6	管道设施	316
11.8.7	泡沫喷淋系统	317
11.8.8	联动控制装置	318
11.8.9	泡沫灭火功能试验	318
11.9	建筑消防设施技术检测程序、内容、方法	318
11.9.1	检测人员检测前的准备	318
11.9.2	检测范围	318
11.9.3	检测工作程序	319
11.9.4	现场检测程序	319
11.9.5	对消防设施系统的基本检测过程	320
11.9.6	任务单、原始记录、检测报告及相关资料填写标准	321
11.9.7	消防设施检测设备选用表	322
参考文献		323

第1章 电气绝缘材料的燃烧、着火和阻燃措施

1.1 电绝缘在电气防火中的重要性

电是一种受人喜欢的常用清洁能源，目前它已经深入到人们生活的每个领域，而且改变了人民的传统生活方式。电也是我们进行通信和管理的最通用的手段。特别是我国正在处于工业化、城镇化、国际化的加速时代，电的应用范围将会更加广泛。在电被应用的所有领域，电气绝缘在保证电气系统的完善性和有效性方面起着非常重要的作用，因此，它在电的应用领域是不可缺少的前提条件。

从火灾角度讲，电气设备应用时可能出现两种不利情况，其一电气设备内部电气系统可能因出现接触不良、过大电流（过负荷或短路）而着火；其二电气设备整体在火灾环境中被外部火焰所包围，也就是说暴露于外部火焰中的电气设备，必然要遭受火焰的作用，助长火势。要使电在为人们造福、创造美好生活的同时，又不危及人们幸福生活是十分重要的。

电气绝缘材料的应用中，易燃性有机材料，即塑料或合成聚合物占有很大的份额，因此，我们通常关注的电气防火安全，到不如说是对电气绝缘材料防火安全性的关注，更进一步推理实际是对塑料防火安全的关注。但是，电气绝缘材料科学技术与塑料科学技术是有很大差异的，由于电特性的存在，电气绝缘科学技术在材料及其应用方面涉及的范围更广泛。

下面只就电气绝缘的实用性和安全性，所涉及的内容给予简介。

1.2 电气绝缘材料

在电气工程中，为了使电气产品或电气系统能够正常工作，规范对电流的大小和流动路径作了一些具体规定。除此之外绝缘材料的性能也必须满足规定要求，可以归纳为以下四个方面：首先是绝缘性，用以防止带相反电荷的导体之间产生电流；其二是机械性能，用绝缘材料在导体之间建立屏障，对导体实施隔离，防止电流在导体之间流动；其三是热性能，为了防止电气设备在正常工作产生的热量和介质损耗热量的积聚，破坏电绝缘性能，必须具有一定耐热性；其四是能长期工作的性能，即对环境的适应性，无论在严酷环境条件下还是在有害环境条件下都能连续运行与工作，如热稳定性、耐化学性、耐潮性、耐老化性等。

1.2.1 电气绝缘

电气绝缘材料是否适用，其评价指标主要有介电强度、介质损耗、介电常数。对固体

绝缘材料还要考虑它的机械强度，因为它必须经得住在压缩、拉伸、弯曲和磨损方面变化的要求；对气体和液体，因为它与固体相比其导热性较低，所以导热性能也要给予充分的考虑。

对于长期运行的电气设备，要求它使用的绝缘材料热稳定性要好，因为在电流焦耳热的作用下材料要膨胀，如果出现过载高温还会受到热分解；耐化学性要好，它包括易氧化性、材料与降解溶剂和其他材料之间的相容性；要有耐潮性，是指材料处于潮湿环境时的化学稳定性和材料吸潮对介电性能的影响。至于材料运行中的老化，它不仅受到热老化作用，而且还有长期电压作用的电老化现象。

我们常用的绝缘材料有有机绝缘材料和无机绝缘材料两种。就可燃性分类，有可燃性材料和不燃性材料两种。石棉和云母属于无机材料不考虑它的易燃性，有机材料和可燃性材料中又分为纤维材料和合成材料。合成材料作为塑料的一种形式，无论从电绝缘性还是从易燃性方面都要给它以充分的重视。据手头资料在电气和电子市场中所用塑料的一半是用作电线电缆绝缘的，而且其中大部分是聚氯乙烯和聚乙烯，聚氯乙烯在电气和电子市场中占 23%，在整个塑料市场中占 15%，可见聚氯乙烯是相当主要的塑料。

我们必须清楚电气绝缘材料的介电性能和最高工作温度是最重要的技术指标，见表 1-1～表 1-4，从工作温度看含氟聚合物具有它独特的特点，见表 1-1。

一般塑料绝缘材料的性能

表 1-1

序号	材 料	最高工作温度(℃)	介电常数(测试频率为 1MHz)
1	低密度聚乙烯	75	2.27
2	泡沫聚乙烯	75	1.50
3	阻燃聚乙烯	75	2.5
4	瑟林(Surllyn)	75	2.36
5	半硬性聚氯乙烯	80	4.3
6	低密度聚乙烯	80	2.27
7	泡沫聚乙烯	80	1.50
8	阻燃聚乙烯	80	2.50
9	高密度聚乙烯	80	2.27
10	聚丙烯	80	2.24
11	耐纶(Nylon)	105	4.0
12	热塑性弹性塑料	125	2.2
13	聚砒	130	3.1
14	基纳(Kynar)	135	6.4
15	交联聚乙烯	150	2.45
16	特氟泽尔(Tefzel)ETFE	150	2.6
17	哈拉(Halar)ETFE	150	2.5
18	聚酯	150	2.8
19	泰氟隆(Teflon)ETFE	200	2.1
20	有机硅橡胶	200	3.1
21	凯普顿(Kapton)F 型	200	2.35
22	泰氟隆 PFA	250	2.05
23	泰氟隆 TFE	260	2.1

常用导线的型号及使用场所

表 1-2

型 号	名 称	使 用 场 所
BLX BX	棉纱编制,橡皮绝缘线(铝芯) 棉纱编制,橡皮绝缘线(铜芯)	正常干燥环境
RXS RS	棉纱编制,橡皮绝缘双绞软线(铜芯) 棉纱总编制,橡皮绝缘软线(铜芯)	室内干燥环境,日用电器用
BVV BLVV	铜芯,聚氯乙烯绝缘,聚氯乙烯护套电缆 铝芯,聚氯乙烯绝缘,聚氯乙烯护套电缆	潮湿和特别潮湿的环境
BXF BLV	铜芯,氯丁橡皮绝缘电线 铝芯,聚氯乙烯绝缘电线	多尘环境(不含火灾及爆炸危险尘埃)
BV ZL11 ZLL11	铜芯,聚氯乙烯绝缘电线 铜芯,纸绝缘铝包一级防腐电力电缆 铝芯,纸绝缘铝包一级防腐电力电缆	有腐蚀性的环境
BBX BBLX ZL ZLL	铜芯,玻璃丝编制橡皮线 铝芯,玻璃丝编制橡皮线 铜芯,纸绝缘铝包电力电缆 铝芯,纸绝缘铝包电力电缆	有火灾危险的环境
BV ZQ20 ZQL20	铜芯,聚氯乙烯绝缘电线 铜芯,纸绝缘铝包,裸钢带铠装电力电缆 铝芯,纸绝缘铝包,裸钢带铠装电力电缆	有爆炸危险的环境

部分电气绝缘材料的分类、名称、符号和用途

表 1-3

序号	型 号	名 称	最高工作温度 (℃)	绝 缘	用 途
1	BV BLVV BVV BVVB BLVBVR BLVVB	聚氯乙烯缘 (PVC) 电线(电缆)	70	PVC 绝缘 PVC 护套	用于交流 450/750V 及以下,动力装置固定敷设
	BV-105		105	耐热 PVC 绝缘和护套	
2	RV RVB RVV RVVB RVS	聚氯乙烯缘 (PVC) 软电线(电缆)	70	PVC 绝缘 PVC 护套	用于交流 450/750V 以下家用电器、小型电动工具、仪器仪表及动力照明
	RV-105		105	耐热 PVC 绝缘和护套	
3	AVP RVP RYYP	聚氯乙烯缘 (PVC) 屏蔽电线(电 缆)	70	PVC 绝缘,铜丝编制 PVC 护套	用于交流电压 U_0/U 300/300 及以下电器、仪表、电子及设备 及自动化
	RVP-105 AVP-105		105	耐热 PVC 绝缘,铜丝 编制	
4	BLX BX BXR	橡 皮 绝 缘 电 线	65	橡皮绝缘玻璃丝编制 (浸渍青漆)	用于交流 500 及以下电气设备 及照明装置

1.2.2 耐热温度级别

我国标准规定,绝缘材料按耐热温度分为七级,(参见表 2-4)。绝缘材料在该温度下能长期工作 20000h 而不致损坏。

电线电缆常用材料的允许工作温度

表 1-4

材 料 名 称	允许工作温度(℃)	材 料 名 称	允许工作温度(℃)
氟橡胶	180~200	聚四氟乙烯	250
硅橡胶	150~180	聚丙烯	80~90
丁腈橡胶	100~120	聚乙烯	60~70
丁基橡胶	80~90	化学交联聚乙烯	80~90
氯丁橡胶	80~90	辐射交联聚乙烯	90~100
丁苯橡胶	60~75	氯磺化聚乙烯	80~90
天然橡胶	60~75	聚氯乙烯塑料	65~70
乙丙橡胶	80~90	耐热聚氯乙烯塑料	80~150
丁腈-聚氯乙烯复合物	80	聚全氟乙丙烯塑料	150~200

1.2.3 绝缘材料的物理分类

电绝缘材料经加工成一定物理形态的产品后,供用户使用,我们常见的有以下几种物理形态:

1. 电线电缆

电线是一种圆形、正方形或矩形的导体,它可以是裸导体,也可以是绝缘导体。电缆是一种绞合导体,它由导电线芯、绝缘层和外护层组成,如单芯电缆和由相互绝缘的若干芯线组合而成的多芯电缆。

2. 绝缘护套和绝缘管

由绝缘护套包覆的电线,具有防机械、温度、化学腐蚀和环境破坏的防护作用。多芯电缆外的绝缘护套,对电缆具有防护和辅助绝缘作用,还可以增强内层电缆绝缘层的物理、化学、电气性能。热塑性绝缘套管它不仅对电线线束及电缆芯线具有保护作用,在工程中也常用来作为导线线端、绞接处、引线、接头、导线系统的绝缘和保护材料。套管常用的绝缘材料有聚氯乙烯和氯丁橡胶以及尼龙。

3. 片状绝缘及层压绝缘

4. 绝缘纸和绝缘板

它广泛用于发电设备、输配电设备的电绝缘。比如线圈的层间绝缘、电机槽绝缘、开关盒衬垫、电机端面纸压板、隔板及垫片、电枢衬垫、电容器绝缘、线圈外表的绕包材料、绝缘垫、面板、外壳、电缆电线的绕包材料、变压器绝缘等。

5. 绝缘带

主要作用是绝缘;其二是防止工作表面磨损,起到防潮、标记或隔离、补强及绑扎的作用。它是一种由纤维、纸、拨摸、薄膜材料经编织或分切而成的带状材料。

6. 浇注和封装材料

在电气设备中常用浇注和封装工艺来改进保护设备的电性能,由于复合物起到电介质作用,于是可以使设备免受环境的影响。石蜡常用于线圈、变压器、电容器等的电气零部件,还有环氧复合物,由于它固化时收缩较小而且没有重量变化,电性能优良,耐潮,耐化学药品,粘结性极好,应用的也比较广泛。

7. 液体电介质
8. 气体电介质
9. 电气设备外壳

电气设备外壳一般地说它是非导电材料，它将电气系统与其他导电材料隔离开来。通常我们并不把它当作绝缘看待，实际上它具有绝缘的功能。我们已经生活在塑料时代，塑料具有绝缘、柔软性、适应性和经济性好的优点，在实际中获得了广泛应用，很多金属外壳已被塑料外壳取代，比如电脑、开关、插座等。

10. 电线管密封材料

我们也把它称为堵料，一般我们并不把它当作电绝缘用，但建筑物的输电线缆、通信线缆、控制线缆等在施工安装中，不可避免的要穿过防火墙，在防火墙上开孔、开洞。为了保持防火墙耐火极限的原有消防安全水平，防止着火时的烟雾、有毒气体、火焰从孔洞穿过，成为火灾蔓延的通道，必须用堵料封堵。现有规范已把它规定为电气消防安全的重要措施。

1.3 电气绝缘材料的燃烧

1.3.1 微观燃烧过程

电绝缘材料在热的作用下，随着温度的升高，其性状将依下面五个阶段变化：

1. 加热阶段

加热阶段，材料在内部或外部热源作用下，温度逐渐升高，物理性能，比如弹性、颜色等变化较小。

2. 物相转化阶段

这是材料进入玻璃化温度的阶段，该阶段温度范围比较狭窄。材料从比较硬和脆的状态，转变为具有黏性或橡胶状的状态，材料的机械性能以及一些热性能迅速改变。当温度超过玻璃化温度时材料的承载能力就降低，见表 1-5。

各种聚合物材料的玻璃化温度

表 1-5

材 料	玻璃化温度(℃)	材 料	玻璃化温度(℃)
聚乙烯	-125	聚甲醛	-85
聚丙烯	-20	聚乙醛	-30
聚丁烯	-25	聚卡普纶(耐纶 6)	75
聚丁二烯	-85	聚亚己基乙二酰胺(耐纶 6/6)	57
聚(4 甲基-1-戊烯)	29	聚亚己基癸二酰胺(耐纶 6/10)	50
聚四氟乙烯	-113 127	聚环氧丙烷	-75
聚三氟氯乙烯	45	双酚 A 聚碳酸酯	149
聚氯乙烯	80	聚二甲基硅氧烷	-123
聚氟乙烯	-20	聚砒	190
聚偏二氯乙烯	-18	聚砒醚	221
聚苯乙烯	100	聚乙烯对苯二甲酸酯	70
聚甲基丙烯酸甲酯	50	聚丁烯对苯二甲酸酯	40

3. 降解阶段

进入降解阶段，最初的降解温度使材料中那些热稳定性最差，化学键最弱的化学键断裂。这时材料的整体或许还是稳定的，但由于化学键的断裂，使材料出现了褪色的现象。降解有两种类型：即缺氧条件下的热降解，和在热及氧共同作用下产生的热-氧化降解。此阶段使材料内部热稳定性最差、化学键最弱的因素是：

- (1) 分解温度；
- (2) 所占有的比例；
- (3) 分解潜热。

它是材料的三个很重要的特性。

材料的吸热性分解反应吸收热量，并可以减缓材料温度的升高；而放热性分解反应可产生热量，加速材料温度的升高。

4. 分解阶段

在分解阶段，材料大部分的化学键达到断裂点，质量也发生变化。因此，材料的性状差别很大，最严重时由于物理整体性的完全丧失，而使材料粉碎，比如聚甲醛、聚甲基丙烯酸甲酯之类的聚合物会发生完全解聚；最轻者仅由于少量质量的损失而重新排列后使性能发生改变，典型的例子是像耐热性改性聚丙烯腈那样产生发黑聚丙烯腈丝。

只有在材料中热稳定性最差的键的断裂温度，比材料内大部分分解温度低得很多的情况下，降解与分解阶段才能区分开来。但是，如果材料中所含各种键的分解温度谱呈连续分布时，降解与分解阶段就没有界限了。

聚合物分解的产物随着聚合物的成分、温度、升温速率、吸热或放热反应、挥发物散发的速率而异。表 1-6 为各种聚合物的分解温度。

各种聚合物的分解温度 表 1-6

材 料 名 称	分解温度范围(℃)	材 料 名 称	分解温度范围(℃)
聚乙烯	335~450	聚苯乙烯	285~440
聚丙烯	328~410	苯乙烯-丁二烯共聚物	327~430
聚异丁烯	288~425	聚甲基丙烯酸甲酯	170~300
聚四氟乙烯	508~538	聚丙烯腈	250~280
聚三氟氯乙烯	347~418	三乙酸纤维素	250~310
聚乙酸乙烯酯	213~325	聚甲醛	222
聚乙烯醇	250	聚环氧乙烷	324~363
聚乙烯醇缩丁醛	300~325	聚环氧丙烷	270~355
聚氯乙烯	200~300	耐纶 6 及 6/6	310~380
聚氟乙烯	372~480	聚对苯二亚甲基树脂	420~465
聚偏二氯乙烯	225~275	聚对苯二亚甲酸乙酯	283~306
聚偏二氯乙炔	400~475	聚碳酸酯	420~620

聚合物的分解将产生两种材料，一种是聚合物的残留分子链，这些残留分子链的存在，会使聚合物继续保持它原有结构的某些完整性；另一种是聚合物的碎粒，这些碎粒很

容易氧化。当氧气接触到被加热的含碳残留物时,即产生灼热发光而碳化。但是火焰燃烧通常只发生在聚合物残存物附近的气相中,并产生气体及碎成细粒的固体材料。

聚合物下列特性对分解阶段的影响:

(1) 构成大块聚合物的各种化学键的分解温度。

(2) 各种键分解的潜热。如果分解属于普通的吸热反应,则必须由其他热源提供热量以促使分解继续进行。如果是放热反应,则分解可由聚合物本身来维持。

(3) 分解的性质,即聚合物的分解方式,由可燃和不可燃碎粒的相对数量决定。

5. 氧化阶段

在足够高的温度及氧气充足的情况下,聚合物碎粒的氧化急剧加速到足以产生热并且在气相中燃烧,或许以固体残留物的形式灼热发光。

1.3.2 宏观燃烧过程

对宏观与微观的理解方法是不同的,微观只考虑单一的基本材料,而宏观考虑的是材料整体的燃烧,包括材料中的添加剂。一般认为材料某一单独的“单位质量”(例如 1g)的燃烧有五个阶段:

1. 加热阶段

当来自外部热源的热量施加于材料时,材料温度将逐渐升高。材料暴露表面的热量可能来自火焰的热辐射;燃烧气体的热传导和对流;而对于暴露表面里面有添加剂或防护涂层或防护覆盖物的塑料来说,外部热的来源主要是接触固态物质的热传导。温升速率是外部热流速度的函数,同时也是温差以及材料的下列特性的函数:

(1) 比热

比热是单位质量材料温度升高 1°C (1K) 所需的热量,比如聚乙烯 (PE) 的比热为 $2.3\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、聚氯乙烯 (PVC) 为 $0.84 \sim 1.17\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

(2) 导热系数

导热系数是在给定温差下,热量流经给定厚度材料的速率。导热系数越高的材料,由它传给相邻的“单位质量”材料传热的速率越快。而导热系数低材料传热速率慢,比如低密度聚乙烯的传热系数为 $37.26\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、中密度聚乙烯为 $33.5 \sim 41.87\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、而高密度为 $33.5 \sim 51.9\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;聚氯乙烯 (PVC) 为 $12.56 \sim 29.3\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。由此看出聚氯乙烯 (PVC) 比聚乙烯传热速度慢。

(3) 熔化潜热、汽化潜热

熔化潜热、汽化潜热是材料在被加热期间内部发生的变化。

2. 分解阶段

材料被加热,当温度达到分解温度时,就将释放出以下物质:

(1) 可燃气体,即在空气存在的情况下可以燃烧的气体,比如甲烷、乙烷、乙烯、甲醛、丙酮以及一氧化碳等。

(2) 不可燃气体,即通常在空气存在的情况下,不会燃烧的气体,比如二氧化碳、氯化氢、溴化氢等。

(3) 液体,通常是指因部分材料分解而产生的聚合物。

(4) 固体,通常是以碳的残留物或炭的形式出现。