

合成树脂与塑料应用丛书

第二册

塑料在电气工业、無線电通訊及 电视技术中的应用

В.И. 卡利特維斯基

[蘇] Г. В. 斯特魯米斯基 合著

К. И. 夫拉索娃

化学工业出版社

合成树脂与塑料应用丛书

第二册

塑料在电气工业、无线电通讯及电视技术中的应用

北京化学工业研究院技术经济研究室 译

化学工业出版社出版 北京安福门外和平北路

北京市书刊出版业营业许可登记证出字第092号

化学工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

开本: 787×1092公厘1/32 1959年3月第1版

印张: $\frac{22}{32}$

1959年3月第1版第1次印刷

字数: 16千字

印数: 1—5,000

定价: (9)0.10元

编号: 15063·0445

塑料在电气工业、无线电通讯及 电视技术中的应用

塑料具有許多非常宝贵的性能，例如：有很高的介电性能（特别是聚乙烯、聚异丁烯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯塑料和聚三氟氯乙烯塑料、有机硅树脂等）和机械性能（特别是酚醛层合塑料、聚乙烯、对苯二甲酸酯薄膜等），防潮性和抗水性好，抗霉和耐热性高（聚四氟乙烯塑料可达 250° ，有机硅树脂达 $180\sim 250^{\circ}$ ），及具有耐寒性，化学稳定性，抗电花，抗电弧（有机硅树脂、氨基塑料等）和抗电量性均良好。塑料除了生产工艺流程比较简单外，有許多品种的成本也不太高，因而可以广泛地被应用到电气工业、无线电和电视技术中。

改善塑料的性能，简化其生产工艺流程，合成新的更好的塑料，能够更进一步扩大它的生产规模和它在这些重要技术部门中的应用范围。

对于用在电气工业、无线电通讯和电视技术中的塑料，有几点特殊的要求：要有很高的介电性能，能用于高频率和超高频率的某些部门中（无线电、电视技术等）；有好的抗电花、抗电弧、和抗电量性，在許多情况下耐热性能达 $250\sim 400^{\circ}$ ，并有良好的传热性和抗油性等等。上述性能都是由于塑料介电体在电动机、变压器、电气设备和电视设备中的特殊工作条件所要求的。

由于电气、无线电和电视设备的日益完善，因此对于塑料的要求也越来越复杂，这就限制了塑料在其他技术部门和日常生活中的广泛应用，有时甚至不能采用它。

用做高频率絕緣的塑料

采用塑料做高频率絕緣的部門：收音機、中波、无綫电探

测、无线电控制和遥控机械等。这些部门都应用高的和超高频率(如米、分米、厘米、毫米波长)的材料。因此,对塑料的要求首先是与耐电性能有关。所用塑料的体积电阻系数和表面电阻系数应当是很高的(分别高于 $10^{14} \sim 10^{16}$ 欧姆·厘米或欧姆),在操作频率下,介电损失角正切应当非常小(不高于 $0.0003 \sim 0.0006$),至于介电常数,在某些情况下, ϵ 值不应大于2.5,而在另外的情况下也可高些(用于无线电容器)。特别重要的是,当温度变化和在水的作用下,高频聚合材料的耐电性能很稳定或变化很小。

聚 乙 烯

聚乙烯的物理性能决定于它的化学结构和聚合度。在这种聚合物中,同时存在着晶相和非晶相,因而使它具有优良的物理机械性能。聚乙烯无论是纯的,或与聚异丁烯混合,都是制造高频电缆的非常珍贵的材料。聚乙烯具有非常高的体积电阻系数,比较低的介电常数和很小的介电损失(表1),当温度从 -80° 变化到 $+70^\circ$ 和频率在 $10^5 \sim 10^{10}$ 赫芝时,其介电损失变化不大(图1)。此外,聚乙烯不受霉菌的作用。

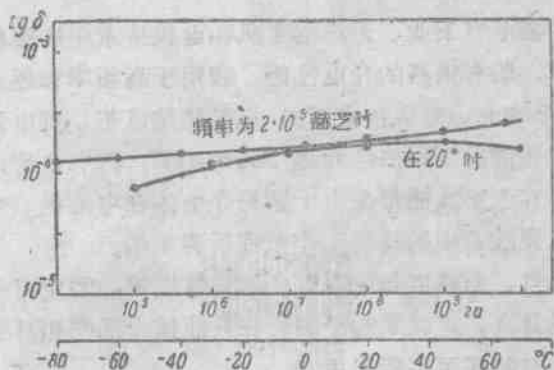


图1 聚乙烯的介电损失角正切值($\text{tg } \delta$)与在频率为 2.10^5 赫芝的温度和在 20° 时的频率的关系

聚乙烯为高频(无线电和电视等)电缆和海底电缆的主要绝缘材料。近几年来又采用聚乙烯代替电缆的保护包皮。

为提高聚乙烯的脉动击穿强度,可预先将其用电力脉冲加以“锻炼”。

聚乙烯受到放射线作用后,可以提高其软化温度,但同时它的弹性能稍有减弱。这种方法在工业上已经应用,以提高聚乙烯制品的耐热性。

最近几年,在电缆技术中多孔聚乙烯绝缘电缆得到了推广。这种绝缘材料,主要是可以减小聚乙烯的介电常数(到 $\epsilon=1.4$),降低电缆的成本,并缩小电缆的尺寸。多孔聚乙烯绝缘电缆的介电损失($\operatorname{tg}\delta=0.00030$)小于聚乙烯绝缘电缆的介电损失($\operatorname{tg}\delta=0.00038$)。同样直径的电缆,多孔聚乙烯绝缘电缆的衰减(千米)要比聚乙烯绝缘的小10~12%。多孔聚乙烯绝缘电缆的缺点是防潮性小、耐电强度和机械强度低。现在正研究超高频率电视接受机用的多孔聚乙烯绝缘的天线电缆。

在使用聚乙烯制品过程中,由于空气中的氧气、紫外线照射和热等的作用,其物理机械性能和介电性能都逐渐变坏。为了消除这种现象,在聚乙烯中应加稳定剂和防老剂。低压聚乙烯与高压聚乙烯不同,它是由不分支的线型分子组成的,并具有一些物理机械和介电性能。低压聚乙烯在加热时,稍有膨胀,耐氧化性强,在应力下耐腐蚀性良好,在高温时亦能保持其强度和硬度。由于低压聚乙烯具有良好的物理机械性能和非常高的介电性能,所以在电缆技术上被广泛地应用。

聚 异 丁 烯

在催化剂的作用下,气相异丁烯聚合时,根据聚合条件的不同,可生成各种不同分子量的和不同性能的聚合物。低分子聚异丁烯为粘稠的液体,高分子的为类似橡胶的弹性体。聚异丁烯的特点是有

很高的化学稳定性和防潮性，比重小，对臭氧稳定，并具有与聚乙烯相似的絕緣性(表1)。

聚异丁烯是在高温下($180\sim 200^{\circ}$)用压延法加工制成的。純的或与其他聚合物(如聚乙烯，聚苯乙烯)复合的聚异丁烯，可用以制作絕緣帶和电纜管、絕緣剂和粘合剂等。聚异丁烯和聚苯乙烯混合物制的各种不同厚度和宽度的帶子，可用做高频电纜的絕緣材料。聚异丁烯具有冷流动性，这就限制了純聚异丁烯在电纜技术上的应用，它与石蜡和瀝青的混合物可做各种防潮的、耐寒的、又有弹性的，可以澆灌的电絕緣材料剂。

聚 苯 乙 烯

整体聚合的聚苯乙烯，因不含乳化剂，故其介电性能大大超过乳液聚合的聚苯乙烯。整体聚合的聚苯乙烯有老化和开裂的趋势，但具有很高的防潮性、抗水性、和防霉性，以及很高的介电性能(表2)，当温度从 -80 至 $+110^{\circ}$ ，頻率在 $10^2\sim 10^9$ 赫芝时，它的变化很小。为了提高聚苯乙烯的弹性，于其中加入增塑剂(磷酸三甲酚酯，苯二甲酸二丁酯等)。

聚苯乙烯易于用鑄造，挤压和压制等方法加工。用挤压和进一步拉长的方法，可以制成电絕緣薄膜(苯乙烯薄膜)。

根据介电性能的全部数据，聚苯乙烯属于最完善的絕緣材料之一，所以在高頻率无綫电技术中，广泛地被用以制造加填料或不加填料的聚苯乙烯零件、涂层和浸漬用的混合剂以及高頻率电纜等。利用聚苯乙烯薄膜可以制造非常稳定的、并且絕緣电阻高、介电损失角正切小、頻率范围大和电容温度系数較小(每 1°C 为TKC約 $150\cdot 10^{-6}$)的高频电容器。

用聚苯乙烯还可制造电子管座、綫圈軸、固定电容和可变电容的电容器座、波段开关的絕緣零件和波导技术用的透鏡天綫。此外，聚苯乙烯还用于制造印制綫路——电子计算机的重要元件。最近几

高頻聚合物的電性能

表1

性 能	聚乙 烯	聚 异 丁 烯	聚 苯 乙 烯	聚四氫塑料	聚三氯塑料
表面电阻系数 欧姆.....	$10^{14} \sim 10^{15}$	—	$10^{15} \sim 10^{16}$	10^{14}	—
体积电阻系数 欧姆·厘米...	$10^{15} \sim 10^{17}$	$10^{15} \sim 10^{16}$	$10^{16} \sim 10^{18}$	$10^{16} \sim 10^{18}$	10^{18}
介电系数					
在50赫芝时...	2.3~2.4	2.25~2.35	2.5~2.8	1.9~2.2	3.0
在 10^6 赫芝时	2.2~2.6	2.25~2.35	2.5~2.6	1.9~2.2	2.5~2.7
在 10^8 赫芝时	2.3	2.25~2.35	—	2.0	—
介电损失角正切					
在50赫芝时...	0.0006	0.0003~0.0005	0.0001~0.0006	0.0002~0.0003	0.015
在 10^6 赫芝时	0.0005	0.0003~0.0005	0.0001~0.0008	0.0002~0.0003	0.010
在 10^8 赫芝时	0.0005	0.0003~0.0005	—	0.0002	—
击穿强度 千伏/毫米...	40	16~23	25~40	25~30	13

年，也用以制造低压开关装置。

聚苯乙烯泡沫塑料是由聚苯乙烯加工而成的产品，在电气工业上可做良好的絕热，隔音和电絕緣材料。这种材料的比重很小($8 \sim 250$ 公斤/米³)。加入碳和金属粉末的聚苯乙烯《泡沫》可用做超高频率吸收剂。在聚合物的苯环上加氯，制成氯苯乙烯，可以提高聚苯乙烯的软化点。

当保持良好的介电性能时，聚氯苯乙烯具有很好的馬丁氏耐热性 ($110 \sim 120^\circ$)，但不燃烧，这是与聚苯乙烯不同点。它能用普通方法加工，制成各种零件。用聚二氯苯乙烯可制化学稳定漆，这种漆用以涂敷在高温的活性介质中使用的零件。

在这类的其他許多聚合物中，应当指出的是聚- α -甲基苯乙烯，它是以鈉做催化剂，由 α -甲基苯乙烯进行聚合反应而成的。聚合物为无色透明的，其特点是介电性质非常好。

聚四氟塑料

聚四氟塑料是在催化剂的存在下，由四氟乙烯加压聚合而成的。聚四氟塑料在化学性能方面，是惰性很强的聚合物，具有优越的介电性能(见表1)，即在温度达 $+200^{\circ}$ 时，几乎也没有变化，实际上这并不取决于频率。

用这种聚合物制造各种制品时，先将该物冷压，以后将毛胚在 $360\sim 370^{\circ}$ 下在专门的炉子里进行烧结。

由聚四氟塑料的悬浮体或碎屑压光，可制成聚四氟塑料薄膜。用螺旋压机可将整块的聚四氟塑料绝缘材料包在电缆上，并能在电缆心线上涂以瓷釉或漆的保护层。

聚四氟塑料用于要求耐热性很高和介电性能很好的地方。在高温下工作的电容器，可采用聚四氟塑料的薄膜。聚四氟塑料用做在高温(达 250°)条件下使用的高频同轴电缆的绝缘材料。利用这种塑料制的小直径电缆可用于电动机和操作温度最高达 $+250^{\circ}$ 的变压器及控制测量仪器上，直径大的电缆可用于轮船、大型发动机和无线电探测装置上。

聚四氟塑料还可制造电气器材和电子管以及“印刷线路”的绝缘材料。它能制成带有开孔的多孔制品。如果其中加入云母、二氧化钛、碳化硼、五碳酐铁等填料时，又可得到具有新的性能的材料：它的负荷变形值减小 $9/10$ ，耐磨力增加499倍，硬度增大 $4\sim 5$ 倍，传热性增高 $3\sim 4$ 倍。

聚三氟塑料

聚三氟塑料的化学名称是“聚三氟氯乙烯”。由于分子链上的电子不对称，而导致聚合物的介电性能降低。聚三氟塑料实际上没有冷流动性，它的化学稳定性能稍次于聚四氟塑料，其主要特性列在表中。聚三氟塑料的介电常数和介电损失角正切值，随温度和频率而

急剧变化(图2)。聚合物可用液体低分子量的三氟氯乙烯的聚合物(不高于15%)来增塑。聚三氟塑料能用所有热塑性塑料的加工法进行加工。

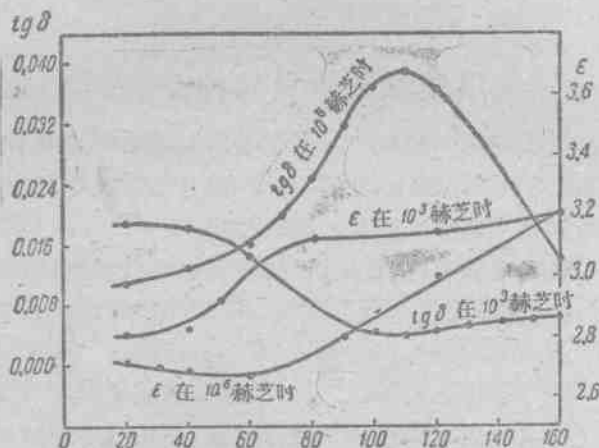


图2 聚三氟塑料的 $\text{tg } \delta$ (介电损失角正切值)和 ϵ (介电系数)与温度的关系

用聚三氟塑料在有机溶液中的悬浮体可制成薄膜和各种材料的涂层。它还可做强电流技术用的介电材料,并能制造线圈及其他电气器的零件等。

聚三氟塑料的介电损失比较高,因而限制了它在高频率方面的应用。

苯胺-甲醛树脂

苯胺-甲醛树脂与一般的缩聚型树脂不同之处,在于这种树脂当热压时不分出水、氨和其他挥发性物质。因而在很大程度上就决定它具有高的电性能。当加压加热时,这种树脂并不溶化而粘结,这就使有可能利用它压成各种制品。苏联生产的不加填料的苯胺-甲醛压模粉“索委尼特 совенит”很有名,在国外则为“威巴尼特 цибанит”和“伊加尼特 иганит”。这些压模粉主要用来制备无线电

零件。

* * * *

用做高頻率絕緣的塑料，除上述的以外，還以採用硅有機聚合物（見後面）、聚氯乙炔呋唑及層壓塑料等。

用做低頻率絕緣的塑料

用於低頻率絕緣的塑料，對其介電損失方面的要求不高。用做電機、變壓器和電氣設備絕緣的塑料，除介電損失外對其他性能的要求與用做高頻率絕緣的塑料的要求相同。

在弱電設備電纜和電纜以及無線電和電視裝置的低頻率部分，亦可採用熱塑性塑料。

聚 氯 乙 烯

聚氯乙炔可製成不增塑的，固體絕緣材料和結構材料——硬聚氯乙炔塑料，經過增塑以後得到具有彈性的材料——軟聚氯乙炔塑料。

聚氯乙炔塑料的成本比較低，並具有良好的介電性能和機械性能。由聚氯乙炔製成的絕緣材料很成功地應用於低壓電氣技術上。未經增塑的硬聚氯乙炔（薄膜、薄板），在電氣技術上能代替硬質膠使用。電解槽和酸洗槽可用聚氯乙炔塑料做襯里。在高溫下它能分解而放出氯化氫，氯化氫具有滅弧性能，因此可利用聚氯乙炔塑料制滅弧裝置。在蓄電池中採用硬聚氯乙炔塑料隔板，以隔離陰極和陽極。未經增塑的聚氯乙炔可做電磁波的反射極。

未經增塑的固體聚氯乙炔（硬聚氯乙炔）具有優良的機械性能和耐電性能。 ρ_v （體積電阻系數）= $10^{13} \sim 10^{15}$ 歐姆·厘米， ϵ （介電系數）=3.3； $t_g \delta$ （介電損失角正切值）=0.01~0.02； E_{np} （击穿強度）=25~50 千伏/毫米 和 很 好 的 防 潮 性，但耐熱性不高（在65~70°時變形）。聚氯乙炔用苯二甲酸二丁酯、苯二甲酸二辛酯和癸二酸二辛

酯等增塑后，可使其在常温下富有弹性。

按各种配方制得的聚氯乙烯塑料广泛地用于制造电线和电缆的绝缘材料和包皮，它们的特点是具有良好的强度、韧性和耐腐蚀性。增塑后的聚氯乙烯的介电性能低于未增塑的聚氯乙烯 $\rho_v = 10^9 \sim 10^{12}$ 欧姆·厘米，($t_g \delta = 0.06 \sim 0.07$)。

软聚氯乙烯塑料不易燃，但容易被染成各种颜色。苏联用聚氯乙烯绝缘的电缆能耐达15千伏电压。以聚氯乙烯做成的各种复合物都要求具有“稳定”性能，以预防在加工和使用过程中感受热和光的作用。用软聚氯乙烯塑料做电缆的包皮，不但能节约铅，而主要的是缩小电缆体积和减轻电缆的重量。不用铅包皮的电缆可免受电化学腐蚀，并且不怕强烈的振动。硬聚氯乙烯塑料可用做高频同轴的无电线和电视的电缆包皮。德国用聚氯乙烯绝缘的动力电缆电压达20千伏特，为此电缆绝缘要用石墨-棉织带。采用聚氯乙烯塑料的部门，将日益增多。聚氯乙烯套管，可用于在各种形式的电缆上。氯乙烯与其他单体的共聚物用于电气绝缘；能改进绝缘的性能，并能降低这种塑料绝缘的成本。在热带气候的条件下，未增塑的聚氯乙烯不受霉菌作用，而增塑的聚氯乙烯则需要加入杀菌剂，以防霉作用。因为某些增塑剂正是霉菌的营养介质。

聚酰胺和聚亚胺基甲酸酯

聚酰胺不但具有高的机械强度和耐磨性，而且还有良好的弹性，以及易于成型，因而能广泛地用于各个部门，其中亦包括电气技术。

聚酰胺树脂的性能，包括耐电性能，在很大程度上决定于它的化学成分和制取的方法。例如：A-8型聚酰胺（以癸二酸做原料）具有很高的耐电性能和防潮性，但其熔点和韧性都大大地低于A-4型聚酰胺树脂（用己二酸做原料）。表2所列为各种牌号的聚酰胺的耐电性能。

聚酰胺树脂的缺点是随着温度的提高，它的体积电阻系数大大降低，而介电损失角正切增大。但是，当长时期加热时，聚酰胺的电绝缘性能和防潮性又显著地改善。

各种牌号的聚酰胺树脂的耐电性能

表 2

性 能	計量 单位	Π-68	AK-7	聚己内酰胺 (卡普隆)	Π-6	聚酰胺基 甲酸酯 ΠУ-1
表面电阻系数	欧姆					
原来的.....		4.6×10^{13}	7×10^{12}	2.1×10^{14}	1.7×10^{13}	10^{14}
在蒸馏水中經24 小时.....		3.6×10^{13}	1.6×10^{11}	4.8×10^{10}	7×10^{12}	—
在水中經七天...		3.3×10^{12}	5×10^{10}	1.7×10^9	1.3×10^{12}	$10^{13} \sim 10^{14}$
体积电阻系数	欧姆· 厘米					
原来的.....		4.5×10^{14}	2×10^{14}	2×10^{14}	2.4×10^{14}	10^{14}
在蒸馏水中經24 小时.....		2.3×10^{14}	6.8×10^{13}	2.4×10^{12}	2×10^{14}	—
在水中經七天...		1.0×10^{14}	2.5×10^{12}	4.3×10^9	8×10^{13}	$10^{13} \sim 10^{14}$
介电损失角正切值						
原来的.....		0.03	0.033	0.032	0.02	$0.014 \sim 0.020$
在蒸馏水中經24 小时.....		0.037	0.04	0.09	0.025	—
在水中經七天...		0.05	0.1	0.2	0.055	$0.03 \sim 0.04$
介电系数						
原来的.....		4.2	4.6	3.6	4.4	$3.6 \sim 4$
在蒸馏水中經24 小时.....		4.5	5.4	4.3	4.7	—
在水中經七天...		5.2	9.0	6.4	5.5	$4.5 \sim 5$
击穿强度	千伏/ 厘米					
原来的.....		21.6	21.3	22	19.0	$20 \sim 25$
在蒸馏水中經24 小时.....		19.5	22.4	25.5	19.0	—
在水中經七天		20.1	21.0	18.8	20	$20 \sim 25$
抗弧性		$2 \sim 3''$	$2'' \sim 3''$	$2'' \sim 3''$	—	$2' \sim 2.3$

聚酰胺薄膜的强度很高，可用以做电绝缘材料，其中包括做电机槽绝缘。聚酰胺熔化时的粘度很小，这就有可能用压铸方法，

制造电气装置的线圈和其他带有薄壁的绝缘成型零件，甚至可用做密封电机和电气设备的绕组和个别零件。聚酰胺亦可做开关设备的绝缘零件，因其具有一定的抗弧性能。以聚酰胺纤维(卡普隆)代替天然纤维做绕组电线的绝缘获得很大成效，有重大的经济意义。在外国用聚酰胺纤维布代替天然纤维布，制造绝缘漆布。聚酰胺有很好的化学稳定性，所以又可用于制造蓄电池和电容器。

聚酰胺在空气中使用时，不能长期加热超过 105° ；在变压器油中使用时，不能超过 $135\sim 140^{\circ}$ 。并且需要考虑当高于 20° 时，太阳光和水对于聚酰胺的有害影响。利用变性的聚酰胺制漆包线的绝缘，是有很意义的。经过酚醛树脂和其他树脂(ПФЭ-2/10, МПС-1, МПФ-1等)处理的变性聚酰胺可用做高强度漆包线的(电线牌号ПЭВ)涂层，制造薄膜和浇注用的绝缘剂。

变性的聚酰胺与未经变性的比较，其优良性能在于它具有很高的耐热性。除聚酰胺外，聚亚胺基甲酸酯在电气技术上亦有很大意义。聚亚胺基甲酸酯的组成和性能与聚酰胺相似(见表2)，但其防潮性和在热带的条件下，耐老化性则有较大的不同。

在电气技术和电视技术上采用聚亚胺基甲酸酯的主要方面是：用做绝缘零件的铸料、浇注和涂表层的绝缘剂、胶合剂、无线电电容器的密封、漆包线的绝缘层等。

聚乙烯醇缩醛类

醛与聚乙烯醇作用，可制得聚乙烯醇缩醛类塑料，其中以聚乙烯醇缩甲醛和聚乙烯醇缩甲乙醛在电绝缘方面具有特殊意义。

为了提高聚乙烯醇缩甲乙醛的防潮性和降低它的热塑性，用酚醛树脂将其进行变性处理。以变性聚乙烯醇缩甲乙醛为原料制得的绝缘漆“乙烯薄膜”广泛地被用做漆包线的绝缘。与它相类似的瓷漆——美达文(металвин)是由聚乙烯醇缩甲醛制成的。这些漆在温度增高时(达 $300\sim 320^{\circ}$)，经过适当的处理后，就能在铜线的表面

上形成机械强度很高的絕緣薄膜，此薄膜有良好的防潮性，对煤油和苯有很高的稳定性，耐电强度亦高(70~150千伏/毫米)，以及比油漆还高的耐热性。

乙烯薄膜的漆包綫，在长期使用时，其允許操作温度可达120°，而短期使用时——允許达140~150°(絕緣等級E)。

聚乙烯醇縮醛类塑料制成的漆包綫絕緣强度很高，可以将其做电机繞組，而且不需絲网或棉紗作补充繞組。这样，在尺寸大小不变的情况下，电机槽的充銅量可以大大增加，因而电机容量能够提高20~35%。

环 氧 树 脂

最近几年在电絕緣方面，研究和开辟新途径的合成树脂中，环氧树脂越来越占有重要的地位。环氧树脂易于硬化，且不分出揮发物，收縮率很小，具有良好的机械和介电性能，防潮性，对金属、素瓷和絕緣材料有很强的粘着力，以及耐高温性能(达120~130°)和其他的宝贵性能，这样就使环氧树脂可能在电气技术、无綫电和电视技术中得到广泛的应用。苏联和其他工业国家都在研究和生产不同化学組成、分子量和物态的(从粘度很小的液体到硬的、脆的和可熔的树脂)各种牌号的环氧树脂。

以环氧树脂为原料，可制得若干种牌号的熱固或冷固的浇注絕緣剂，它是由环氧树脂、硬化剂、填料和增塑剂組成的。

这类絕緣剂硬化后的介电損失較小($\tan\delta=0.003$)，厚层的耐电强度($E_{np}=25$ 千伏/毫米)和体积电阻系数(10^{15} 欧姆·厘米)很高，具有很好的机械性能(抗拉强度500~600公斤/厘米²、冲击强度4~6公斤·厘米/厘米²)，能防潮，并能在120~130°長時間耐热。用它浇注高压变压器，鑄造絕緣器和其他零件很有成效，并为其中主要的介电质。环氧树脂和由其制成的冷固或熱固的絕緣剂能很好地用于浇注槽形綫圈、变压器、抗流圈和无綫电、电视设备，以提高

这些设备的耐风雨性和抗震、抗冲击性，并能用于封闭电机绕组的线圈和用做许多其他零件。由于环氧树脂对于玻璃纤维的附着力很强，可用其制造具有很高机械强度，很好的耐电性能和防潮性的层压塑料。

利用有机硅树脂和环氧树脂作胶合剂能制得耐热性达 $180 \sim 200^\circ$ 的玻璃增强塑料。

环氧树脂有很强的附着力，这样就保证了它能够用做电绝缘的粘合剂和胶合剂，以及胶合大型的高压瓷绝缘器，环氧树脂还可用于各种不同的电线、电缆的联结处的绝缘。

环氧树脂，可制造粘合的和涂表面的绝缘漆，其中包括漆包线的绝缘层，毫无疑问，这样的漆包线将在电气技术上得到采用。

聚 酯 类

在我们熟悉的许多聚酯树脂中，对于电气技术、无线电和电视技术最有意义的是：甘油磷苯二甲酸酯（变性的和未经变性的）、乙二醇对苯二甲酸酯以及以乙烯乙二醇、顺丁烯二酸酐、磷苯二甲酸酐和蓖麻油缩聚而制得的不饱和聚酯。利用甘油磷苯二甲酸树脂（用于性油或其脂肪酸经变性处理或未经变性处理的）可制得浸渍的、粘合的和涂表面的绝缘瓷漆，这种瓷漆与油漆和沥青漆比较，不同的地方是它具有较高的耐热性，胶粘性和高的抗弧性。近年来，不饱和聚酯开始具有越来越大的意义。它具有与某些化合物，例如：苯乙烯、甲基丙烯酸甲酯等进行共聚反应的性能，并生成不熔融和不溶解的固体聚合物。由于聚酯塑料在硬化过程中不分出挥发物，所以由它做原料而制得的各种材料，其中包括浸渍的和浇注的混合剂，以及用做接触压制玻璃布层合板时的胶合剂，均具有很小收缩率的性能。

全苏电工研究院制造两种聚酯化合物，其标号为：KГMC-1 和 KГMC-2。

KГMC-1 化合物——是乙烯乙二醇、顺丁烯二酸酐、磷苯二甲酸

酐和蓖麻油縮聚的产物(1号聚酯树脂)溶于苯乙烯的溶液中,其比例为1:1。

КГМС-2化合物——是乙烯乙二醇、順丁烯二酸酐和蓖麻油的縮聚产物(2号聚酯树脂)溶于苯乙烯的溶液中,其比例为1.5:1。这些树脂是不太粘的,但为浸漬能力很强的液体。在有催化剂的作用下,于50~100°时能很快地硬化,形成固体的整块聚合体。它具有很好的介电和机械性能,防潮性,耐寒性(-60°)和耐热性(105~120°)。即使是在热带的条件下也很稳定;对各种材料有良好的粘着力。КГМС-1和КГМС-2的混合体,主要用于浸漬和浇注变压器綫圈、开关装置和使用在湿度較高和温度为60~120°条件下的各种无綫电装置上。在国外(美国、法国)用和苯乙烯化合的不飽和聚酯制造高压电机和透平发电机的絕緣材料。

由乙烯乙二醇和对苯二甲酸縮聚制得的对苯二甲酸乙二醇酯,对于电气技术和无綫电技术有很大的意义。

大家熟悉的聚乙烯对苯二甲酸酯薄膜,拉夫珊(Лавсан——苏联),瑪依拉尔(майлар——美国),特丽綸(терилон——英国),霍斯塔弗(хостафен——西德)等越来越多地用做低压电机和电容器的絕緣。这些薄膜具有很高的机械强度,并可在达120°的温度下使用。

酚-甲醛塑料(酚醛树脂)

虽然近年来出现了大批各种各样的新型塑料,但至迄今酚醛塑料在电气工业和部分无綫电工业中的应用,仍很广泛。这是因为酚醛塑料具有比較高的物理机械性能和良好的介电性能,并易于加工成各种制品。这些制品在保持必要的温度条件下,进行压制时,其性能非常稳定。为了改善制品的电絕緣性能,防潮性和耐热性,压成的制品最好再經過一次补充加工,含有机填料的酚醛塑料制品在120~140°下加工,含无机填料的在150~170°C下进行加工。

在长时期使用时,含有机填料(木粉、废纱、纸或夹布胶木板的废屑等)的酚醛塑料的操作温度可达 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$ 范围内,含无机填料的(石棉、玻璃纤维、石英、云母及其他)可在 $130\sim 140^{\circ}\text{C}$ 范围内使用。

含有机填料的酚醛塑料的防霉性很小。

含无机填料的酚-苯胺-甲醛树脂做成的,牌号为K-211-3, K-211-4 和 K-211-34的压塑粉($\rho_v=10^{13}\sim 10^{15}$ 欧姆·厘米; $\epsilon=5.3\sim 7$; $t_g\delta$ 在 10^6 赫芝时,不大于 $0.008\sim 0.02$; $E_{np}=12\sim 15$ 千伏/毫米)具有很高的耐电性能,此外含无机填料和硬化剂的变性酚-苯胺-甲醛树脂做成的,牌号为K-114-35的压塑粉($\rho_v=10^{13}\sim 10^{15}$ 欧姆·厘米; $\epsilon=5$; $t_g\delta$ 在 10^6 赫芝时,不大于 $0.01\sim 0.02$; $E_{np}=16\sim 20$ 千伏/毫米),同样亦具有很优良的耐电性能。

无论是那一种压塑粉的制品,在进一步加热时,其电绝缘性能将有所改变。譬如牌号K-211-3的酚醛压塑料经过加热后,其 $t_g\delta$ 值就由 $0.012\sim 0.013$ 降到 $0.0004\sim 0.005$ (在 10^6 赫芝时)。

酚醛塑料的耐电性能和温度,在水中的放置时间和频率的关系,见图3、4和5。

在电气和无綫电工业,采用酚醛塑料的主要范围列于表3。

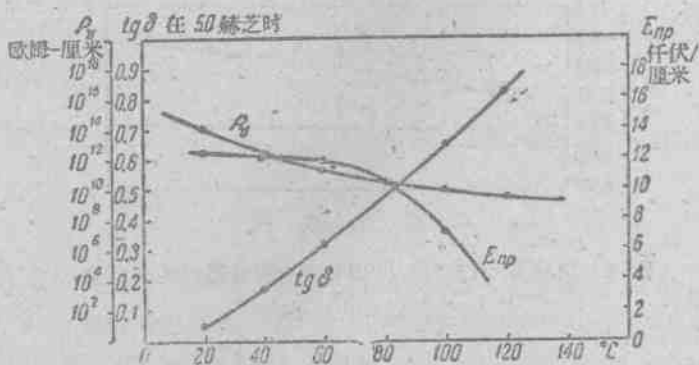


图3 牌号K-211-2的酚醛塑料的耐电性能和温度的关系