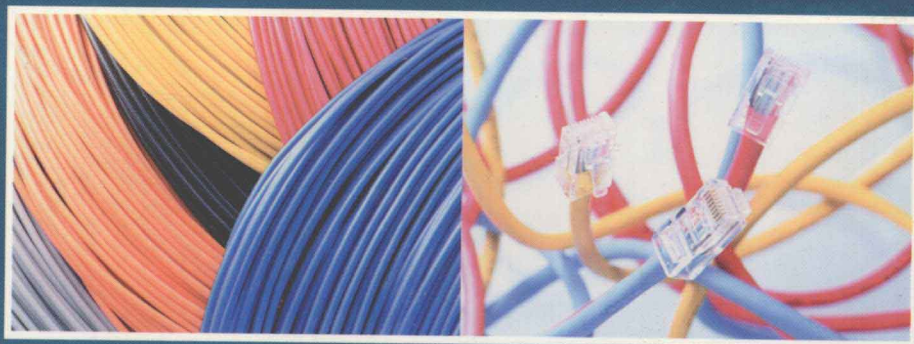


DIANXIAN DIANLAN SHENGCHAN XINGONGYI
XINJISHU JI CHANGYONG CANSHU SUCHA SHOUC

电线电缆生产新工艺 新技术及常用参数 速查手册

主 编 赵明启



广州文化音像出版社

电线电缆生产新工艺新技术及常用参数速查手册

第二卷

赵明启 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

广州文化音像出版社

第二章 漆包线生产新工艺 新技术及常用参数

第一节 漆包线的品种和性能

漆包线的品种较多,性能要求也较高,各种漆包线的性能虽各有差异,但都必须具备一定的机械、电气性能和稳定的耐热、耐化学药品性能。

一、漆包线的分类和型号

漆包线按导体材料,可分为漆包铜线和漆包铝线;按导体形状可分为漆包圆线、扁线或异型线;按绝缘漆膜种类分为油性、缩醛、聚酯……等。漆包线常以绝缘层材料和导体的形状及材料来命名的。例如:缩醛漆包圆铜线;聚酯漆包扁铝线。也有以其特殊性能命名的,如耐冷媒漆包线,自粘直焊漆包线等。此外,还可按绝缘结构分为单一涂层漆包线和复合涂层漆包线。

通常按用途分类如下:

1. 一般用途漆包线
 - (1) 油性漆包线;
 - (2) 缩醛漆包线;
 - (3) 聚酯漆包线;
 - (4) 聚胺酯漆包线;
 - (5) 环氧漆包线。
2. 耐高温漆包线
 - (1) 聚酰胺亚胺漆包线;
 - (2) 聚酰亚胺漆包线;
 - (3) 聚酯亚胺漆包线;
 - (4) 聚酯亚胺—聚酰胺酸亚胺复合涂层漆包线。
3. 特种漆包线
 - (1) 自粘性复合涂层漆包线;
 - (2) 自粘直焊漆包线;
 - (3) 无磁性聚氨酯漆包线;

(4) 耐冷媒漆包线。

各种漆包线有铜导体和铝导体,有圆线和扁线,漆膜有薄涂层与厚涂层,这些也将在漆包线的名称中表示出来。例如薄漆膜聚酯漆包扁铜线。各种漆包线还根据用途制成大小不同规格。漆包线规格以导体的直径或边长来表示。

作为漆包线主要导体材料的铜具有良好的导电性和导热性,而且机械性能好,容易焊接,是电气工业中理想的导电材料。世界上约有 50% 的铜用于电气工业。但是铜也是国防及其它行业不可缺少的重要物资,所以在电线电缆行业推广铝线产品很有必要。

铜铝导体材料的比较参见表 3-2-1。

表 3-2-1 铜铝导体材料主要性能比较

项 目	铜	铝
原子量	63.55	26.98
熔点(℃)	1083	660.2
比热(卡/克)25℃时	0.092	0.215
密度(克/厘米 ³)	8.89	2.70
线性膨胀系数 20℃时	1.7×10^{-6}	2.3×10^{-6}
标称体积电阻系数(欧姆-毫米 ² /米)20℃时	0.017241	0.02824
相等电阻直径比	1	1.28
相等电阻重量比	1	0.5

从表 3-2-1 可以看出,铝的导电能力比铜差,机械强度也不如铜,但它的比重只有铜的三分之一,所以在电阻相等的情况下,用铝作导体的重量只是用铜作导体重量的一半;加之铝的来源比较充足,近年来我国电气工业中铝的用量已大大增加,铝漆包线的品种和产量也有所上升。试验表明,对于同一种绝缘漆膜,按习惯上测定漆包线温度指数的方法,铝芯漆包线比铜芯漆包线的温度指数要高出 10~20℃。漆包铜线耐热性差的原因,是铜在高温下易氧化,并且形成的氧化物对导体附着力差,以至降低了漆膜对铜导体的附着力。铝在高温下也易被氧化,但生成的氧化膜很薄,而且能较好地附着在铝表面,保护它不进一步氧化。此外,在 200℃ 以上的高温下,铜有可能作为一种催化剂而促进漆膜的老化程度降解,铝却没有这种作用。

镀银铜线常用作耐高温漆包线的导体材料,铜线表面镀银后可提高铜在高温下的耐氧化性,同时电阻也将减少。

镀镍铜线不仅提高铜线的耐氧化性,而且提高了导线的机械强度,适用于特殊要求的场合。

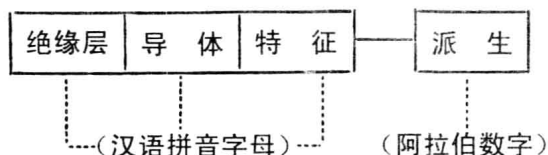
用铜包铝线作漆包线的导体,兼具铜铝特点。

导线形状最常见的是圆线和扁线,扁线常用于大容量的电机、变压器中;中小型电工产品多用圆线;至于方线或特殊形状漆包线只在特殊场合使用。

在绝缘层方面;漆包线的漆膜大都为单一涂层。由于单一漆膜的性能受到限制,有时其外再涂以另一种漆膜,构成复合涂层漆包线,以改进其性能,如环氧基缩了醛自粘漆包圆铜线,就是以环氧漆膜为底层绝缘,以缩丁醛为主的树脂漆膜为外涂层,使漆包线具有自粘性。复合涂

层漆包线的生产随着特殊电工产品的需要而有所发展。

漆包线的型号与其它电线、电缆产品一样,采用汉语拼音字母和阿拉伯数字相结合的办法,漆包线的结构比较简单,其型号的组成也较简单:



漆包线的绝缘层都是漆膜,所以其型号的开头字母必须是“Q”(漆 Qi),再按漆膜的不同品种选用第二个字母,如“Q”表示缩醛(醛 Quan),“Z”表示聚酯(酯 zi)等。特殊性能的漆包线可用其特性拼音字母的字头来表示,如 QNH 表示自粘(粘 Nian)直焊(焊 Han)漆包线。一般漆包线的导体用钢材居多,形状以圆的为多,所以在型号中均不再表示。派生是指漆膜的薄厚,有 1 型和 2 型之分。因此:

- QQ-2 表示缩醛漆包圆铜线(厚漆层);
- QZLB 表示聚酯漆包扁铝线(铝 L 扁 B);
- QAWC 表示无磁性聚氨酯漆包圆铜线(无磁 W.C.)。

二、漆包线的性能要求

漆包线使用于电机、电器仪表之中,它的性能必须满足这些电工产品的设计、制造加工和使用环境的要求。

规格、尺寸、漆膜的种类和厚薄等需在设计时加以考虑,即根据电机、电器的功率、槽形尺寸和槽满率来决定圆线或扁线的规格尺寸及相应的绝缘厚度;漆膜的种类则根据电机、电器使用时的环境及温升来决定。为了满足加工和使用时的条件,对漆包线的性能要求可归纳为:机械性能、电气性能、耐热性能、耐化学药品性能和其它特殊性能。

(1) 机械性能要求

在绕制成型线圈和嵌线的过程中,漆包线和夹具以及漆包线相互之间产生摩擦,并受到弯曲、拉伸或压缩等应力。因此要求漆包线的漆膜具有良好的耐磨性,耐刮性以及导体上良好的附着力;为便于制造加工,要求漆包线有良好的柔软度、弹性和弯曲性能,使线圈成型后不易变形;现代高速自动绕线机还要求漆包线表面光滑、摩擦系数小,而特殊用途的漆包线又要求具有较大的摩擦系数。当电机运行时,绕组受冲击、震动,离心力以及热膨胀和过负载时所产生的应力,要求漆包线具有一定的抗张强度。

(2) 电性能要求

漆包线在运行过程中主要承受电的作用,并且常有过电压和过负载发生。因此漆包线绝缘层的耐电击穿性能要高,绝缘薄弱点要尽量少。在高频条件下工作的电器仪表绕组,要求漆膜的介质损耗要小。精密电器仪表则要求漆包线的绝缘层具有抗电晕性等。

(3) 热性能要求

漆包线的热稳定性是决定其寿命的重要因素,在设计电工产品选材时必须首先考虑。耐

热性漆包线就是指可在较高温度下长期工作的漆包线。漆包线由热导致的老化,是漆膜分子结构起了变化,这种不可逆的变化使漆膜变脆、变硬,降低或丧失了机械和电气强度。漆包线的耐热等级,是指其在长期使用中允许的最高工作温度,在该温度下使用不会明显地引起各种性能的下降。多年来,都是用 A(105℃)、E(120℃)、B(130℃)、F(155℃)、H(180℃)、C(180℃以上),来划分绝缘产品的耐热等级的。绕组在干燥、浸渍烘干过程中以及在过负载情况下所产生的冷热交替现象,要求漆包线的漆膜有抗热冲击性。在高温和过负载情况下漆膜容易产生热塑变形而导致短路击穿,因而要求漆膜具有良好的耐软化击穿性能和耐大电流冲击性能。

(4)化学性能要求

漆包线绕制成线圈后,一般要经过浸渍过程,浸渍漆中的溶剂对漆膜有不同程度的溶胀作用,在较高的温度下尤甚;浸渍后的绕组在使用过程中,由于热的作用漆膜可能会产生热裂解,因此浸渍漆和漆包线漆膜相溶性的好坏对于电机、电器、仪表的使用寿命很有影响。在使用过程中,绕组可能与周围各种介质接触,如在制冷装置中与冷媒接触,在化工厂中与各种化学气体接触,这些介质对漆膜有不同程度的腐蚀作用,盐雾对海洋船舶上电工产品的漆包线也能产生化学腐蚀作用等等,因此要求漆包线的漆膜有较好的化学稳定性。

(5)其他性能要求

是指一些特殊使用条件,如在辐照条件下使用的电攻产品要求漆包线漆膜有耐辐射性;在高真空、低温以及深油井等条件下使用的漆包线也必须具备与之相应的性能要求。自粘性、直焊性等则是为了满足漆包线的使用部门在加工工艺过程中的需要,提高劳动生产率。

针孔是由于钢(铝)导线表面缺陷、绝缘漆液不洁净或涂漆工艺不完备等原因造成漆膜的不连续性。此性能对 0.35 毫米以下漆包线显得较为重要。

以上几方面的性能要求,对每种漆包线都不是千篇一律的,只能是满足基本条件而各有所侧重。各种性能的检查方法将在第五章中叙述。

三、常用漆包线的特点

1. 一般用途漆包线

(1)油性漆包线(型号 Q)

油性漆包线是世界上最早出现的漆包线,因绝缘漆以天然植物油为主要成分而得名。近代随着合成漆包线的扩大生产,油性漆包线在漆包线生产中的比例缩小了,但由于它的耐潮性、耐高频性较好,而且原料来源比较充足,成本较低,仍有一定的生产量,它的弱点是机械强度较差,漆膜的耐磨性较低,不宜做高速绕组。它的耐溶剂性也较差,因此在选择浸渍漆时要注意。油性漆包线宜用于耐热要求不太高的电器绕组,如小型继电器线圈、汽车点火线圈、日光灯镇流器线圈等。

(2)缩醛漆包线(型号 QQ)

缩醛漆包线是第一个完全用人工合成材料涂制出来的漆包线品种,漆膜具有特殊的弹性、韧性,对导线的附着力也较好,有人做过试验,把缩醛漆包圆铜线辗压成扁线,漆膜仍然完好。

缩醛漆包线因有较好的综合性能而被大量采用。同时人们又不断改进它的组分,提高其性能。在缩醛漆中加入适当的染料或颜料,做出带色缩醛漆包线,便于使用中辨认。缩醛漆包线还具有良好的耐油性,故大容量的油浸变压器常用缩醛漆包扁铝线作为绕组。以缩醛树脂

为基的耐冷媒漆包线是缩醛漆包线的一个派生品种。

缩醛漆包线的耐热性能较低,这是在聚酯漆包线等耐热性较好的新品种问世后它的用量相对减少的原因。一些国家把它作为 A 级绝缘(105℃)使用。也有不少国家(包括我国)作 E 级绝缘(120℃)广泛使用。

(3) 聚酯漆包线(型号 QZ)

聚酯树脂在五十年代用于制造漆包线。聚酯漆包线具有一定的机械、电气和耐化学性能,而且它的耐热性较高,可在 130℃ 下长期使用。

我国是从六十年代初较大规模地生产聚酯漆及漆包线的,目前已成为主要的漆包线品种。

聚酯漆包线的弱点是其耐热冲击性能、耐碱性能较差,有水解性,所以原则上不宜在密闭环境中使用。

试验表明,普通聚酯漆包线的温度指数可以达到 155℃ 以上(图 3-2-1),但由于其耐热冲击性能较差,通常作为 B 级绝缘使用。为了改进它的耐热冲击性,提高综合性能,可采用改性漆的组分和复合涂层的方法。

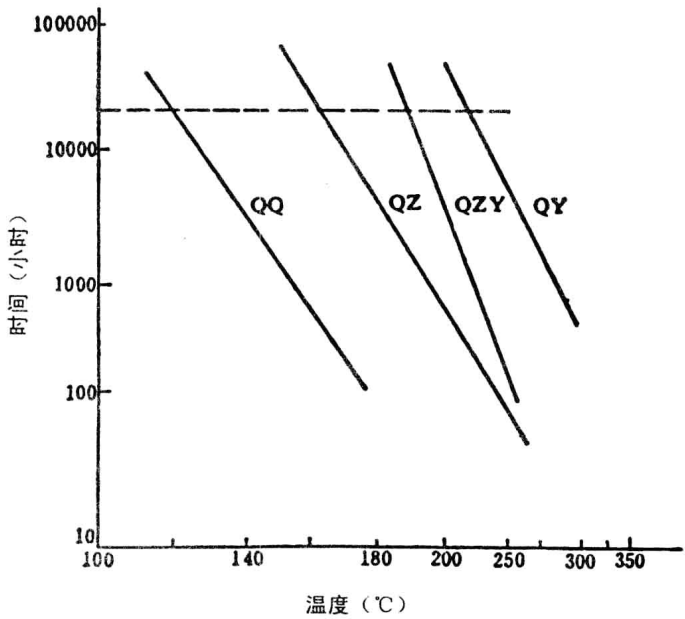


表 3-2-1 几种漆包线的寿命——温度曲线

(4) 聚氨酯漆包线(型号 QA)

聚氨酯漆包线漆膜中的氨基甲酸酯基团,由含有羟基的高聚物和多元异氰酸酯反应生成。

聚氨酯漆包线的主要特点是不用刮去它的漆膜即能焊锡接头,即所谓直焊性。这是由于氨基甲酸酯官能团在高温下容易分解所决定的。在使用它时可以节省劳动力,提高工作效率,聚氨酯漆中加入染料或颜料后使漆包线着色,这也是它的一个优点。聚氨酯漆包线的另一个优点,是它在高频条件下的介质损耗较低。不同漆膜在高频条件下的介质损耗角正切值见表 3-2-2。但是,聚氨酯漆包线在高温下容易分解的特性限制了它在较高温下使用。它在电子仪器、家用电器、电讯仪表等小型线圈及配线中使用较为合适,发展聚氨酯漆包线大有前途。

表 3-2-2 几种漆膜在不同频率下的介质损耗角正切值

漆 膜 种 类	试 验 频 率	
	0.1 兆赫	1.0 兆赫
	介质损耗角正切 $\text{tg}\delta \times 10^{-4}$	
油 性	120	178
缩 醛	250	271
聚 酯	258	263
聚 氨 酯	129	140
环 氧	137	177
聚酰亚胺	151	217

为了克服聚氨酯耐热性较差的弱点,近年来已有改进的 F 级聚氨酯漆包线。

聚氨酯漆包线涂漆时的车速可比涂别种漆包线快,从而劳动生产率相应提高。

(5) 环氧漆包线(型号 QH)

环氧漆包线是用双酚 A 型环氧树脂与尿醛树脂或封闭异氰酸树脂在适当溶剂中调制而成的环氧漆涂复在导线上。

环氧漆包线的特点是耐潮湿性和耐化学药品性好。作为深井潜水电泵绕组漆包线的底层漆膜,环氧漆体现了耐水好的特点。

将环氧树脂粉末用熔融法涂在导线上制备漆包线是一种新的涂漆工艺。

2. 耐热漆包线

具有较高温度指数、可在较高温度下(通常为 155℃ 以上)长期工作的漆包线,称为耐热漆包线。使用耐热好的漆包线对缩小电机电器的体积,小型轻量化和提高效率都有重大意义。随着技术发展,七十年代中期以来各主要工业国已使耐热 155℃ 以上漆包线成为漆包线的主要品种。它们主要有:

(1) 聚酯亚胺漆包线(型号 QZY)

聚酯亚胺漆包线是聚酯漆包线的一种改性产品,漆膜中兼具聚酯和亚胺的结构单元,主要提高了漆包线的耐热冲击性。根据结构中亚胺单元的多少,可以分别作为 F 级(155℃)或 H 级(180℃)绝缘材料使用。

聚酯亚胺漆包线耐热性较好而成本又比聚酰亚胺要低,所以,推广聚酯亚胺漆包线,对提高电机电器的耐热等级、缩小体积并向小型化发展有很大现实意义。

(2) 聚酰亚胺漆包线(型号 QY)

聚酰亚胺漆包线是六十年代初投入生产的耐高温漆包线,也是迄今为止耐热性最高的漆包线品种,可在 200℃ 以上长期使用,适用于宇宙航空、原子能工业及需要特殊高温的场合。从化学结构来看,聚酰亚胺属于线型高聚物。但由于它是以芳香苯环为其主要链节,有高度的对称性,分子中没有被氧化的环节,所以有很高的耐热性。此外,还具有耐化学药品、耐溶剂和

耐辐照等特性。

聚酰亚胺漆包线的缺点是耐刮性和耐碱性较差,原材料成本较高,所以只供特殊耐高温场合使用。

(3) 聚酰胺—酸亚胺漆包线(型号 QXY)

聚酰胺—酰亚胺的化学结构与聚酰亚胺比较接近。引入了一个酰胺键后,高聚物分子的柔韧性要好一些,表现为耐刮性能比聚酰亚胺高,而耐热性仍能达到 H 级以上,其它性能如耐溶剂、耐辐照等都与聚酰亚胺近似。

由于聚酰胺—酰亚胺漆的原材料来源较少、成本较贵,目前单独涂漆包线还比较少,一般用它作为耐高温聚酯、聚酯亚胺的外涂层,以提高它们的耐热性和耐热冲击性。

(4) 其它耐热性漆包线

发展含氮杂环高聚物作为耐高温漆包线的漆膜,近年来已有一定进展,如耐热性较好、成本较低的聚乙内酰脲,能耐高温高压水的聚喹噁啉二酮、聚苯并咪唑吡咯酮等。

3. 特殊用途漆包线

随着技术的发展,具有某一特殊性能的漆包线品种也在不断增多。目前主要有以下几种:

(1) 复合涂层自粘性漆包线(型号 QQN QAN QZN 等)

这是一种伴随电视工业而发展起来的漆包线品种。电机、电器用的各种线圈,在成型后都要经过浸渍、烘干,使其结合成为一个整体。这个工艺费时,而且线圈在后处理过程中易发生变形而造成次品。电视工业中需要特殊形状的线圈,浸渍加工更为复杂,采用复合涂层自粘性漆包线即可简化操作。因为这种漆包线是在普通漆包线外面又涂上一层粘合层,在线圈成型后,用加热或通大电流的方法可使线圈粘结,从而省去了浸渍及烘干工艺。

这种漆包线漆膜的底层可以是缩醛、聚酯、环氧等,普通的外涂粘合层是由聚乙烯醇缩了醛和酚类树脂所组成的自粘性漆。如果底层采用聚氨酯,即可得到兼具自粘和直焊性的复合涂层漆包线。

由于缩丁醛树脂耐热性的限制,只能在 105℃ 下使用,在过高的温度下因粘合性被破坏而使线圈失效。采用耐热性较高的树脂如环氧、聚酯、聚酰胺等作粘合层,可提高自粘性漆包线的使用温度,现在已有 F 级 H 级的自粘漆包线,可一供小型电机、封闭线圈、变压器及要求较高的地方使用。

(2) 单涂层自粘直焊漆包线(型号 QNH)

聚氨酯外涂缩丁醛可制得自粘直焊性漆包线,但复合涂层漆包线制造工艺比较复杂,受一定限制。单一涂层并具有自粘直焊两种性能的漆包线,它的漆膜结构类似聚氨酯,但由于其粘结温度较高而未大量推广使用。

(3) 无磁性聚氨酯漆包线(型号 QAWC)

这种漆包线的铁磁含量极低,加之聚氨酯的直焊性和耐高频性能好,适用于高灵敏度的高级电工仪表以及精密电器仪表,如毫伏表、微安表、高级万用表等绕组线圈。

(4) 耐冷媒漆包线(型号 QF)

随着制冷工业的发展,为了提高机台效率节省材料,需要制作体积小、重量轻、结构紧密的制冷设备。把电机和制冷压缩机合为一体,可达到这个目的。因此所用漆包线对制冷剂应有较好的耐受能力。由表 3-2-3 列出的试验结果表明,聚酯、普通缩醛等漆包线已不能适应制冷效果较好的氟利昂-22(F-22)。

表 3-2-3 几种漆包线耐制冷剂 F-22 的性能①

漆 包 线 品 种	在 F-22 中浸泡时间(小时)					
	124	48	72	120	168	240
聚 酯	差	x	x	x	x	x
缩 醛	差	x	x	x	x	x
聚酰胺	良	良	良	良	良	良
聚酰胺-酰亚胺	优	优	化	优	化	优
耐 冷 媒	良	良	良	良	良	良

① 试验在 90℃ 和密闭条件下进行。
“X”表示漆膜大量起泡。

聚酰亚胺、聚酰胺-酰亚胺的耐 F-22 性能虽很好,但由于它们的成本较高、生产量较少,要普遍用作制冷设备的封闭或半封闭式电机绕组将受到限制。而耐冷媒漆包线是专门适合冷冻机用的漆包线品种,其漆膜的主要成分是缩醛,故成本较低(与普通缩醛漆有所不同)。

几种常用漆包线的主要特点如下,它们的综合性能比较列于表 3-2-4。

油性漆包线(Q):耐潮性较好,高频条件下介质损耗较小;但耐刮性较差,耐溶剂性较差。

缩醛漆包线(QQ):耐热冲击性好,耐刮性好,漆膜附着性好;但在卷绕应力下漆膜易产生裂纹。

聚酯漆包线(QZ):耐软化击穿性好,耐热冲击性较差,耐水解性久佳。

聚氨酯漆包线(QA):耐高频性好,具有直焊性,能着色;但耐刮性稍差。

聚酯亚胺漆包线(QZY):耐热性较好,卷绕性和耐化学性好;但在密封条件下易水解。

表 3-2-4 几种常用漆包线的主要性能比较①

漆包线种类		耐温等级℃	机械性能		电性能		热性能			耐有机溶剂性能				耐化学药品性能				耐氟利昂-22
			弹	耐	击	介	软	热	热	混②	混②	二	苯	5%	5%	5%	5%	
			性	刮	穿	质	化	冲	合	合	甲	乙	硫	盐	氢	氯		
					电	损	击	击	溶	溶	苯	烯	酸	酸	氧化	化		
					压	耗	穿		剂	剂					钠	钠		
						角	温		(一)	(二)								
油	性	105	好	差	良	优	差	良	可	差	差	差	良	良	好	良	一	
缩	醛	120	优	优	良	好	可	良	优	良	差	可	良	差	差	良	差	
聚	酯	130	良	良	优	好	优	优	可	良	好	差	良	良	差	良	差	
聚	氨酯	120	良	可	良	优	良	良	可	优	优	优	优	优	良	优	一	
聚	酯亚胺	155	优	良	优	—	优	优	良	优	优	优	良	良	差	良	优	
聚	酰亚胺	220	优	可	优	良	优	优	优	优	优	优	优	优	差	优	可	
聚	酰胺-酰亚胺	220	优	优	优	—	优	优	优	优	优	优	优	优	优	优	优	
耐	冷媒	120	优	优	优	—	好	良	优	良	可	良	—	—	—	—	良	

① 性能优劣是相对而言其比较次序为:优、良、好、可、差。
② 混合溶剂(一)为溶剂油:二甲苯:正丁醇=6:3:1(体积比)。混合溶剂(二)为二甲苯:正丁醇=1:1(体积比)。

聚酰亚胺漆包线(QY):耐热性好,软化击穿温度高,超负载性和耐辐射性好;但耐刮和耐碱性较差。

聚酰胺-酰亚胺漆包线(QXY):耐热性好,耐刮、耐化学药品性和耐辐射性好。

自粘性漆包线(QN):可用于无支架线圈,不用浸漆即可成型,粘合性能由底层漆膜决定。

第二节 漆包线漆的生产

漆包线的品种主要由其所用绝缘漆膜而区分的,所以漆包线漆的性能和质量对漆包线的生产起着重要作用。这就要求对造漆的基础知识、制漆设备和各种漆包线漆的生产有一定的了解。

一、漆 包 线 漆

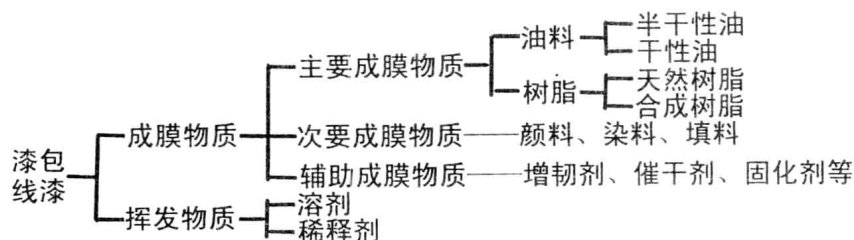
涂料——即人们俗称的油漆,是一种有机高分子胶体的混合物的溶液,涂复在物体表面成膜后,能对物体起到保护、装饰、标记或其他特殊作用。

涂料类型品种繁多,如果按照它的用途来粗分,有建筑用漆、汽车用漆、电气绝缘用漆……。如按施工方法分类,则可分为刷用漆、喷漆、烘漆、电泳漆……。

电气绝缘用漆通称绝缘漆,是电机、电器工业中用来起电绝缘作用的涂料,它分漆包线漆、浸渍绝缘漆、覆盖绝缘漆、电容器漆、电阻漆、半导体漆等等。绝缘漆除起到电绝缘作用外,还能使被涂复的器件具有一定的保护、装饰作用。

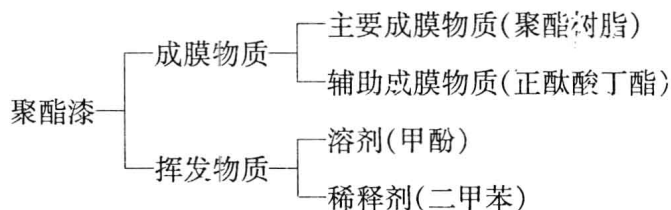
1. 漆包线漆的组成与特点

一般漆包线漆的组成如下:



主要成膜物质有油料和树脂两大类,如油性漆包线漆就是以相油,亚麻仁油等油料为其主要成膜物质,其他各种漆包线漆的主要成膜物质是合成树脂。主要成膜物质使漆液具有粘度附着在导线上,它决定漆膜的主要性能,次要成膜物质和辅助成膜物质不同于主要成膜物质,它们不能离开主要成膜物质而单独构成漆膜,一般是对成膜过程或漆膜性能起一些促进作用或使漆膜带上颜色。以上三种物质构成漆包线漆的漆基或漆料。

挥发物质在漆液涂复于导体表面后经烘焙而逸出,只在造漆和涂漆工艺上起作用,并不留在导体表面。大多数漆包线漆是以一般有机溶剂作挥发物质,称为溶剂性漆。常用漆包线漆是没有颜料的溶剂型清漆。以聚酯漆为例,其组成如下:



若漆包线漆中没有挥发性物质,则称为无溶剂漆。若以水作挥发物质,则叫做水性漆。

漆包线漆应具有以下特点:

(1) 具有适当的表面张力,漆液有良好的流平性,并有拉圆和防垂作用,使形成的漆膜表面好,涂层厚度均匀。

(2) 在漆基树脂特性条件允许下,具有较高的固体含量和较低的粘度,使漆膜容易涂厚,减少涂漆道数。

(3) 挥发物质的蒸发和漆基的固化速度快,并且内外一致,能适应高温、快速涂漆。

(4) 在适当的漆包工艺条件下,漆包线经过烘涂,其附着在裸导线表面的漆膜性能(机械的、电气的、热的和化学的)应全部符合漆包线标准规定的技术要求,并有较大的裕度。

(5) 具有一定的漆包工艺幅度。

各种漆包线漆的特性由其相应的漆包线特性反应出来,因为漆包线的性能不仅取决于漆的性能,也决定于漆包工艺的合理性。所以,只有将漆的应用特性和漆包工艺正确地配合,才能使漆包线漆的特性通过漆包线性能得到充分而良好的反映。不然就达不到预期的效果。

目前,常用的漆包线漆有十几种,它们都是按成膜物质为基础命名的。若主要成膜物质由两种以上的树脂混合组成,则按起主要作用的一种树脂来命名。漆的命名,基本上与漆包线的命名是一致的。

2. 有机化合物的特点

制造漆包线漆的原材料,几乎都是有机化合物(简称有机物)。自然界里有机物的数目极多,其共同特性可归纳如下:

(1) 大多数有机物易于燃烧或分解。由于其化学组成多为碳、氢、氧等元素,完全燃烧时产生二氧化碳、水蒸汽等气体,同时产生大量热能。所以在制漆和漆包车间内都要注意防火。催化燃烧漆包炉的设计就是以漆液的挥发物质能燃烧的原理为基础的。

(2) 多数有机物都不能与水相混溶。但有机物易溶于酒精、二甲苯等有机溶剂之中,即所谓同类物质的相溶性。这种性质对于选择漆包线漆基树脂的溶剂和稀释剂有很大意义。

(3) 大多数有机物(不包括有机高分子化合物)的熔点、沸点较低;有些有机物在受热时达到熔点之前就分解了(分子结构被破坏,生成新的物质);不少有机物在常温常压下是液体,沸点较低易挥发。一般的有机物都有其特殊的气味,人们可以凭借各种特殊气味来识别一些常用的有机化工原料,如酒精、甲酚、二甲苯、糠醛等。由于每种有机物都具有一定的熔点或沸点范围,生产中常用测定这种理化性能指标的方法来检定原材料的纯度。

(4) 有机物间的化学反应比较缓慢,而且很多有机反应是可逆的。在实际生产中为了达到预定的反应效果,往往采用升降温度、增减压力以及改变反应物或生成物的浓度等办法使反应

按操作者要求的方向顺利进行。加入少量催化剂也是有机反应中常见的办法,它对反应的方向和速度都能起到一定作用。

(5)多数有机物,特别是有机高分子化合物由于它们的非极性和弱电离特性,能够耐受电力,在高电压下不易被击穿或损坏。

3. 高分子化合物的生成和特点

高分子化合物又称为高聚物,可以是天然的或是人工合成的分子量很大(高)的化合物,分子量在五万至几百万以至成千万左右。它们的分子量虽大,但基本组成却比较简单,由许多相同的单元结构重复组成。故有高聚物之称。

组成高聚物的单元结构称为链节。一个高聚物分子中的链节数目(n)称为聚合度,常用 DP 表示。如果用 M 表示高聚物的分子量, S 表示链节的分子量,则聚合度为

$$DP = \frac{M}{S}$$

如果已知某高聚物的聚合度,则可以通过链节分子量计算出该高聚物的分子量

$$M = DP \times S$$

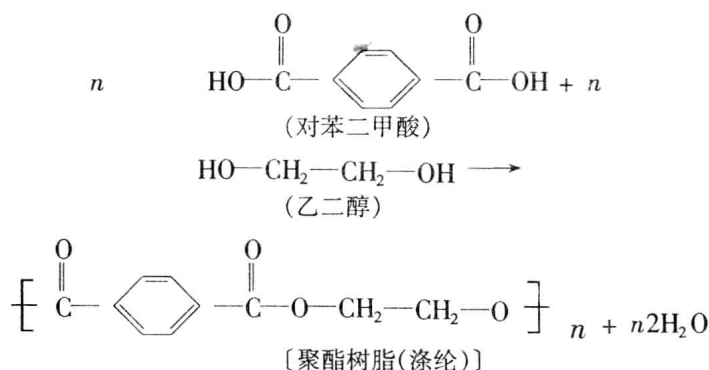
但是在生成聚合物的过程中,由于各种因素(反应物克分子比、所用催化剂、反应时间、温度以及反应介质等)的影响,高聚物的每个分子很难由相同数目的单体组成,同时它们的结构也是多种多样的,因此组成一种高聚物的每个大分子化合物的分子量和结构不一定相同。实际上高聚物是结构单元相同的同系聚合物的混合物。所以高聚物的分子量或聚合度只有统计上的意义,并不能代表任何一个大分子的真实的分子量或真实的聚合度。这种现象称为高聚物分子量的多分散性,即在大多数情况下某种高聚物是含有某一分子量范围的多分散体系,其分子量或聚合度都是指平均数值。如果说聚酯分子量为 20000,则并不是每个聚酯分子的分子量是 20000,而是指大小不等的很多分子的平均分子量。

(1)生成高聚物的反应

由低分子物生成高聚物的反应通称为聚合反应。能聚合成高聚物的低分子物叫做单体。聚合反应可分为缩聚反应和加聚反应两大类型。

①缩聚反应

缩聚反应是参加反应的单体至少含有两个或两个以上的活性官能团,通过官能团之间的相互作用,逐步形成大分子的过程。反应时大都会析出低分子物(如水、甲醇、乙醇、卤化氢等)但也有不析出低分子物的情况。如聚酯树脂的生成会析出水:



尼龙-6的缩聚不析出低分子物:

或支链型高聚物加热时会变软,冷却后又变硬。而体型结构高聚物由于其分子间引力较线型或支链型高聚物大,所以加热后不易变软。但是,不论是线型、支链型或是体型高聚物,只要温度超过了某一限度,则高聚物因氧化分解作用加剧而被破坏断链。漆包线的漆膜能耐一定温度,但在高温下却被烧坏,就是高聚物的链节断链的结果。

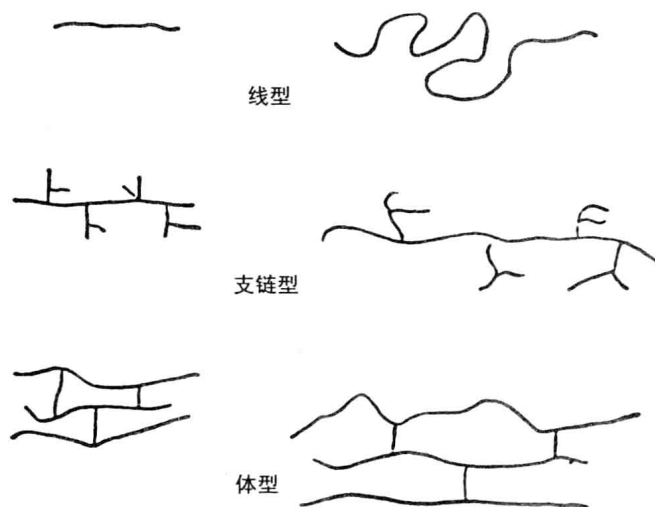


图 3-2-2 高聚物的形状示意图

几乎所有高聚物都可以作为绝缘材料,能够耐受电应力,在直流电场中的电导极小,在高电压下不易损坏。可是在直流电场中优良的绝缘体,在交流电场中由于频率的变化可能产生能量的耗损。交流电场中电能的损失称为介质损耗,一般用介质损耗角或这个角的正切表示。

高聚物分子的官能团可以互相反应,这在漆包线漆和漆包线的生产中有着重要的意义。几乎所有漆包线漆在涂制漆包线的过程中(主要是在烘炉内)都要发生高聚物分子间的化学反应才能最终形成漆膜。

线型高聚物是可以溶解和熔融的。体型高聚物则只能溶胀而不能溶解。线型高聚物的溶解性能,对于漆包线漆的制备有着重要的意义。如溶剂选择适当,使得高聚物良好的溶解,从而配制成固体含量高、粘度小的漆液,将有利于涂漆工艺操作。

在使用过程中,由于高聚物受到空气中的氧、光、热及其他因素(如雷击时放出的臭氧、辐射影响等)的长期作用,致使其物理机械性能逐渐劣化(如机械强度降低、发粘、变脆等)。通常称这种现象为老化。老化的原因是高分子链发生交联、降解或官能团的化学反应而引起的。高聚物在化学因素或物理因素的影响下;分子断链、聚合度降低的反应称为降解。根据引起降解反应的原因不同,可分为热降解、氧化降解、机械降解和辐射降解等。

4. 高聚物溶液和漆包线漆液

目前各种漆包线漆都是不同的高聚物(漆基树脂)溶解在有机溶剂或水中组成的高聚物溶液。当高聚物和溶液接触时,溶剂分子比较快的渗到高聚物中间去;但由于高聚物的分子量大,它溶解到溶剂中去则较慢。生成溶液之后,如果溶剂和高聚物间的吸引力超过高聚物链段间的内聚力,就能使高聚物以松懈扩张的形态存在于溶液之中,这种溶剂称为良溶剂。相反,

如果溶剂和高聚物间吸引力不够大,链段间内聚力较强,高聚物分子不能很好地伸张,这种溶剂称为不良溶剂。高聚物分子在溶液中的形态如图 3-2-3 所示。

作为漆包线漆的溶剂应符合以下要求:

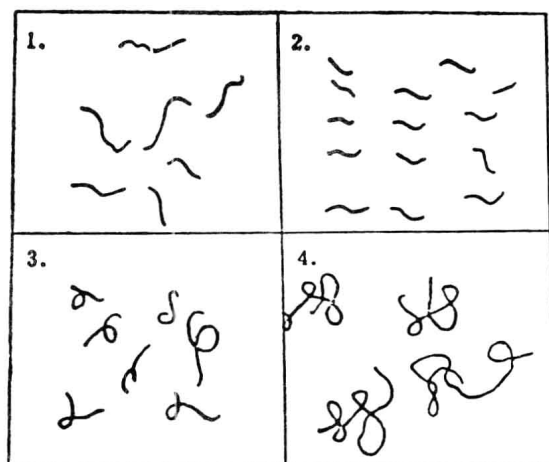


图 3-2-3 溶液中高聚物分子的形态

1—良好溶剂低浓度 2—良好溶剂高浓度 3—不良溶剂低浓度 4—不良溶剂高浓度

①漆包线漆液中的溶剂应是良溶剂,它能溶解各种成膜物质。有时为降低成本和涂漆工艺的需要,往往采用混合溶剂或加入适量稀释剂。稀释剂本身不能溶解漆基树脂,但它必须能与溶剂互相混溶,若把它加入良好溶剂高浓度的树脂溶液中去,不会析出高聚物,而得到的是浓度稍低的漆基溶液。

②溶剂及稀释剂都应具有较高的纯度,无机械杂质和导电灰分,不然会引起漆膜表面缺陷,并影响漆包线性能。

③溶剂和稀释剂都应具有较低的挥发速度,以防止涂漆过程中漆槽内的漆液因溶剂挥发而粘度增大,从而影响漆包工艺。另外在烘炉内要求稀释剂先行挥发;如溶剂先挥发,成膜树脂则将从漆液中析出而造成漆膜的缺陷。

④溶剂和稀释剂应有较小的可燃性,以避免着火。

此外,来源充足、成本低廉以及保证漆液在储运中的性能稳定,都是在选用漆基树脂的溶剂和稀释剂时应加考虑的。

随着科学技术的发展和新型漆包线漆、涂漆方法的发明,目前溶剂型漆不再是唯一的漆包线漆品种了。如环氧树脂粉末漆包线涂料,紫外线照射固化的烯类-硫酸型漆包线涂料,都不用溶剂,而是由成膜物质直接附着在导线上成膜。

二、漆包线漆及其原材料的技术要求

漆包线的生产与漆包线漆的质量有很大关系。目前常用测定漆液理化指标和漆膜性能的方法控制漆的质量。漆液的理化指标包括外观、粘度和固体含量。漆膜性能是指漆液涂成薄膜或漆包线,检查其是否符合漆包线的性能要求。

1. 漆液的理化指标

①外观:漆液的外观包括色泽、透明程度和是否含有机机械杂质。漆包线漆液应是透明的粘性液体,可以有颜色,但不得含有机机械杂质。因为机械杂质、凝胶物(胶冻物)等会影响漆膜的光洁度。

检查外观的方法是抽取漆液试样,倒入两支直径为 17~20 毫米的洁净、干燥的试管中,装入漆量达到试管的 1/2~2/3。用干净的纸把试管封好,待气泡消失后,用目力对光观察试管内漆液的色泽、透明度和机械杂质情况。

②粘度:凡液体流动时,都会呈现出一种内摩擦力,液体的粘度是液体分子间相互作用而产生的阻碍力,它是分子间相对运动能力的量度。粘度大的漆液流动性小,粘度小的漆液流动性大。

测定液体分子间的摩擦力所得到的粘度值叫绝对粘度。测定粘度的仪器叫粘度计。在工业生产中常用条件粘度作为衡量标准,即测定在一定温度条件下,一定体积的漆液从规定仪器的小孔中流出所需要的时间,一般用秒数表示。这种仪器叫杯式粘度计,常用的有涂-4 粘度计和恩氏粘度计。漆液从粘度计中流出的时间 t ,与漆液的体积 V 、流出孔长度 l 、漆液的粘度 η 成正比,与流出孔两端的压力 P 、流出孔直径 d^4 成反比

$$t \propto \frac{\eta V l}{P d^4}$$

涂-4 粘度计的漏斗用不锈钢制做,它没有保温装置。恩氏粘度计有夹套保温装置,适合测定粘度较小的漆液。在测定前都必须将粘度计内壁擦洗干净,尤其是漏孔要对光检查,保证洁净。测定前应将漆液预热到规定温度范围之内。加入粘度计的漆液不应有凝胶物或过多的气泡,加入量要准确。启闭秒表应迅速准确。粘度计使用后,及时用溶剂洗刷干净,擦干备用;不可用利器刮划或用去污粉类物品擦洗。

温度对漆液的粘度有很大影响。图 3-2-4 是聚酯漆和缩醛 1M、2M 漆在不同温度下的粘度曲线。由图可以看出温度越高,粘度越小。所以测定粘度时的温度都要固定,这对涂线工艺也是十分重要的。

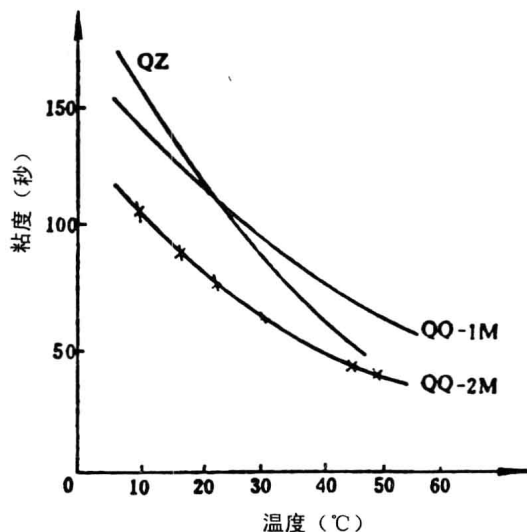


图 3-2-4 聚酯、缩醛漆的粘度与温度的关系
固体含量: QZ30.5% QQ-1M5.6% QQ-2M13.3%