

漆包圆铜线的生产



上海中国电工厂七二一工人大学编

内 容 提 要

本书着重介绍我厂以铜杆为原材料生产漆包圆铜线的生产过程和工艺基理，包括专用设备的结构和性能、工艺要点、技术条件以及质量分析等方面。同时也介绍了漆包线用各种绝缘漆的生产工艺过程和各種漆包线的特性与应用。

全书共分四篇：绪论、裸铜线、漆包线漆、漆包工艺与设备，是一本理论与本厂生产实践相结合的漆包线专业书籍。

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，随着社会主义革命和社会主义建设事业的飞速发展，我国漆包线工业也有了突飞猛进。特别是无产阶级文化大革命以来，催化燃烧热风循环漆包机的制造成功，催化燃烧新工艺的应用，使我国漆包线工业生产达到了先进水平。英明领袖华主席号召我们“要提倡为革命学习文化，学习技术，精通业务，又红又专”。因而不不断提高从事漆包线生产人员的专业理论知识水平，更好地为社会主义建设服务，也就成为一项较为重要的工作了。

我们上海中国电工厂是生产漆包线的专业工厂，广大工人和技术人员在长期的生产实践中积累了一定的实践经验。如何将这些经验总结出来，使之理性化，从而再更好地为实际生产服务，这是我厂广大职工的愿望。为此我厂组织编写了《漆包圆铜线的生产》一书。全书以我厂生产实际情况为依据，并吸收兄弟单位的先进经验，从实际生产需要出发，联系有关理论知识。全书共分四篇：第一篇《绪论》介绍漆包线的基本知识、品种、用途及我厂生产发展的概况；第二篇《裸铜线》介绍从铜杆到裸铜单线生产的设备、工艺情况及有关原理等；第三篇《漆包线漆》介绍各类漆包线漆的制备和成膜机理；第四篇《漆包工艺和设备》介绍各种电加热漆包机、催化燃烧热风循环漆包机的结构和工艺情况及有关原理，是一本理论与生产实践相结合的漆包线生产的专业书籍。

《漆包圆铜线的生产》一书的写作，是我厂广大职工共同努力的结果。许多同志热情关心和大力支持这一写作工作，提供了大量的素材和资料。七·二一工大的教师和首届工人学员承担了全书的编写工作。工人、干部和技术人员组成的三结合领导小组对全书内容进行了审阅。由工人学员写书，这是毛主席无产阶级革命教育路线的一个胜利成果。

我厂写书是首次尝试，难免有错误和不足之处，请同志们批评指正。

上海中国电工厂

1977年1月

目 次

第一篇 绪 论

第一章 概 说

- 第一节 电磁线的功用和分类..... (1)
- 第二节 漆包线的特点..... (2)

第二章 漆包线的分类和规格

- 第一节 漆包线的分类和型号..... (5)
- 第二节 漆包圆铜线的规格系列..... (6)

第三章 漆包线的品种

- 第一节 电工产品对漆包线的要求..... (8)
- 第二节 各种漆包线的特征和应用..... (9)

第四章 我厂生产发展的概况

第二篇 裸 铜 线

第一章 原材料与半成品

- 第一节 电解铜..... (17)
- 第二节 铜线锭..... (19)
- 第三节 铜杆..... (23)
- 第四节 其它材料..... (26)

第二章 线材拉伸设备和工艺

- 第一节 我厂原有拉线设备系列..... (29)
- 第二节 新设备..... (49)

第三章 拉伸工艺的有关基础

- 第一节 拉伸基本原理..... (65)
- 第二节 初炼..... (82)
- 第三节 连续多次拉伸..... (85)
- 第四节 配模分析..... (91)
- 第五节 润滑..... (96)

第四章 拉伸模具

- 第一节 拉伸模具的结构及其各部位的作用..... (102)
- 第二节 模具孔形与拉伸间的关系..... (104)
- 第三节 原材料与工具..... (107)

第四节	研磨过程	(111)
第五节	模孔的生产流程及设备	(113)
第六节	技术条件与检验要求	(120)
第七节	特种模具一切削(刨光)模	(123)
第五章 技术标准		
第一节	半成品坯子圆铜单线的技术要求	(125)
第二节	电磁线用圆铜单线的技术要求	(128)
第三节	验收规则及试验方法	(129)
第六章 质量问题		
第一节	搞好产品质量的几个要点	(135)
第二节	一些质量问题的分析	(136)
附: 拉丝工艺技术的发展情况		

第三篇 漆 包 线 漆

第一章 概说

第一节	绝缘漆的作用	(146)
第二节	绝缘漆的组成	(146)
第三节	绝缘漆的分类、命名和型号	(148)
第四节	漆包线漆的基本要求	(149)

第二章 聚酯漆类

第一节	聚酯漆的制备	(150)
第二节	聚酯漆膜形成及漆包工艺要点	(155)
第三节	聚酯漆配方和工艺分析	(157)
第四节	用边角料制漆	(160)
第五节	聚酯漆的发展	(160)

第三章 聚胺酯漆类

第一节	聚胺酯漆的基本组分及其制备	(163)
第二节	聚胺酯漆的配方和工艺	(168)
第三节	聚胺酯漆膜形成和漆包工艺要点	(169)
第四节	聚胺酯漆的染色和聚胺酯漆包线的耐高频和焊锡性能	(171)
第五节	自粘直焊漆包线漆	(172)

第四章 聚酰亚胺漆类

第一节	均苯亚胺漆的制备	(177)
第二节	影响聚酰亚胺分子量的因素	(179)
第三节	聚酰亚胺漆的降介、稀释和贮存	(181)
第四节	聚酰亚胺漆膜形成和漆包工艺要点	(182)
第五节	酞酐亚胺漆	(183)
第六节	其他亚胺漆	(184)

第七节 耐高温漆的发展	(187)
第五章 聚乙烯醇缩醛漆类	
第一节 聚乙烯醇缩醛漆的基本组份及作用	(189)
第二节 聚乙烯醇缩醛漆的配方和工艺	(193)
第三节 聚乙烯醇缩醛漆膜形成和漆包工艺要点	(195)
第四节 自粘性缩醛漆	(196)
第五节 其他缩醛漆	(198)
第六章 油性漆类	
第一节 干性油	(200)
第二节 松香改性酚醛树脂	(202)
第三节 干燥剂和溶剂	(205)
第四节 油性漆的制造	(205)
第五节 油性漆膜形成和漆包工艺要点	(207)
第六节 油性漆的发展	(208)
第七章 漆包线漆的技术条件	
第一节 漆包线漆的理化性能指标	(210)
第二节 漆包线漆的漆膜特性指标	(213)
第八章 漆料的上车准备	
第一节 高聚物的溶解机理概述	(216)
第二节 漆料的稀释	(219)
第三节 漆料的过滤和输送	(224)
第四节 某些情况下漆料的处理	(226)

第四篇 漆包工艺和设备

第一章 漆包设备及其操作

第一节 I型立式催化燃烧漆包机	(229)
第二节 IV型卧式催化燃烧漆包机	(245)
第三节 VI型微细线催化燃烧漆包机	(257)

第二章 漆包过程

第一节 漆料的特性参数	(264)
第二节 涂漆方法	(268)
第三节 蒸发过程	(274)
第四节 固化	(278)

第三章 催化燃烧和热风循环

第一节 燃烧	(282)
第二节 催化剂	(289)
第三节 催化燃烧反应的控制	(292)

第四节 催化剂的制备.....	(296)
第五节 气体流动的特性参数.....	(300)
第六节 风速风量的测定方法.....	(304)
第七节 热风循环.....	(308)
第八节 热平衡计算.....	(317)
第四章 涂漆工艺	
第一节 炉温曲线.....	(322)
第二节 漆包线的生产工艺.....	(330)
第五章 技术标准	
第一节 几何尺寸	(338)
第二节 机械性能	(341)
第三节 耐热性能	(350)
第四节 电气性能	(354)
第五节 耐化学性能.....	(358)
第六章 质量问题	
第一节 表面质量问题.....	(360)
第二节 特性方面的质量问题.....	(368)
附：国外漆包工艺设备情况简介	
附录：漆包线常用数据表	

第一篇 绪 论

第一章 概 说

第一节 电磁线的功用和分类

新中国建立以来，在毛主席的革命路线指引下，特别是经过了伟大的无产阶级文化大革命，科学技术得到迅速的发展，电气化已深入到广大的农村与深山老林之中。在整个的电气工业里，电线、电缆在电力的输送和分配、电气通信和电能转换方面起着重要的作用。发电站送出电流、接连电灯或电话、发送和接收广播、电视等，都必须使用电线、电缆，制造电机、电器和电工仪表也不能缺少用电磁线绕制的线圈。

电磁线是绕制线圈，用以产生电磁作用的电线。它的结构比较简单，基本上只是在导体外面加上绝缘层而成。通过电磁线线圈的电磁感应作用，可以把动能转换为电能，或是把电能转换为动能；由此，水电站、热电厂能发出电来，电动机能带动机器运转，所以电磁线在电气工业中的作用是很大的。电磁线的某些性能的改善，就能改进电机、电器的技术经济指标。在电机、电器中使用的各种电线中用量最多的也是电磁线。

电磁线按其绝缘层的不同可分为绕包线、漆包线和无机绝缘电磁线三种。

一、绕包线

绕包线是以纤维材料或薄膜材料作为绝缘层的电磁线，根据在制造工艺上采用绕包方法而命名。按采用材料的不同，有纱包线、丝包线、玻璃丝包线、纸包线以及各种薄膜绕包线等产品。为了节约棉、麻、丝、绸，目前纱包线基本上已不生产，丝包线只生产一些小规格的圆线。

电机工业中使用较多的玻璃丝包线。玻璃丝包线采用无碱玻璃丝，其抗拉强度较好，并有较大的伸长率和柔软性。玻璃丝需要用粘着剂把它粘着在导线上，常用的粘着剂有醇酸树脂漆和硅有机漆。以醇酸树脂漆为粘着剂的玻璃丝包线能在 130°C 的温度条件下长期使用。以硅有机漆为粘着剂的玻璃丝包线能在 180°C 长期使用。

纸包线是用电缆纸或电话纸绕包制成的，多用于变压器内。近年来为提高纸包线的耐热性能，采用了芳香聚酰胺纸、聚酯薄膜或聚酰亚胺薄膜作为绕包材料。

二、漆包线

漆包线是用绝缘漆膜作为绝缘层的电磁线，目前广泛地使用在电机、电器、通讯器材和电工仪表之中，按采用绝缘漆的种类不同，有聚酯漆包线、缩醛漆包线、油性漆包线、聚酰胺漆包线、聚酰亚胺漆包线等品种。

现在生产的漆包线以铜导体居多，圆形截面居多，铝导体和扁形截面漆包线也已开始大

量生产和推广使用。此外，还有以康铜、锰铜、镍铬等高电阻合金为线芯漆包线用于电工仪表之中。

根据采用的绝缘漆的种类的不同，各种漆包线既具有相同的基本性能，又各具有自己的特征。随着我国科学技术水平的迅速提高，电气工业对漆包线不断地提出了新的要求。为了满足各方面的需要，我厂除生产普遍应用的聚酯、缩醛、油性之外，并生产一些特殊性能的品种，如具有自粘、直焊、耐高温、耐高频等性能的漆包线。各种漆包线的具体的性能和型号，以及我厂生产的漆包圆铜线的规格系列，将在以后的章、节内介绍。

三、无机绝缘电磁线

无机绝缘电磁线是以陶瓷、氧化铝膜，玻璃膜等无机材料作为绝缘层的电磁线。

陶瓷绝缘电磁线可以在500℃的高温下使用。为了防止铜导体氧化，导体应予镀镍。

我厂所生产的玻璃膜绝缘微细电磁线是以直径只有几个微米的高稳定、高电阻的锰铜线和镍铬线作为芯线，外面覆包着一层连续的、具有良好电气性能和足够抗拉强度与缠绕性能的玻璃薄膜制成。它可以制成电阻极为准确而小巧的电阻元件，为仪器、仪表、电子仪器向高精度、高稳定、高灵敏和超微型方向发展，提供了有利的条件。

玻璃膜绝缘微细锰铜线的型号有BMTM-1和BMTM-2，玻璃膜绝缘微细镍铬线的型号是BMNG。

表1—1 玻璃膜绝缘微细电磁线的电性能

项 目 名 称	技 术 指 标		
	BMTM—1	BMTM—2	BMNG
电阻温度系数	—	—	—
$ \alpha $ 10~40℃ $\times 10^{-5}$	2	3	<2.5
$ \beta $ $\times 10^{-4}$	<1	<1	≤0.6
每段电阻值，兆欧	≥2	≥2	≥50

第二节 漆包线的特点

和其它电磁线的性能相对比，漆包线表面光滑，绕制线圈方便；漆膜与导体之间结合牢靠，而且具有一定的柔韧性，弯曲时不开裂；耐潮性好，可以通过规定的耐潮试验；介电性强，每厘米（公丝）厚度漆膜的击穿电压在600伏以上；除此之外，漆包线的最主要的长处是它的绝缘层比其他电磁线要薄得多，这点在电机、电器的设计上具有非常重大的意义。

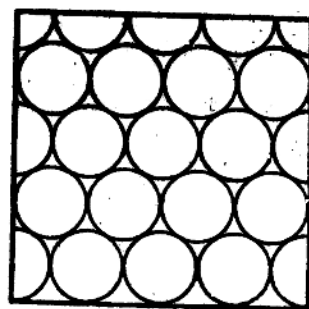
在电机、电器的设计中，槽满率是一个重要的指标。所谓槽满率就是槽内导体截面的总和对该槽截面的比。如能提高槽满率就可以缩小电机、电器的体积，提高产品性能，降低产品重量，更有效地利用材料，降低成本。

要提高槽满率，从绕线和嵌槽的工艺上着手要尽可能地使线匝之间排列紧密，减少线匝间的空隙。

表1—2

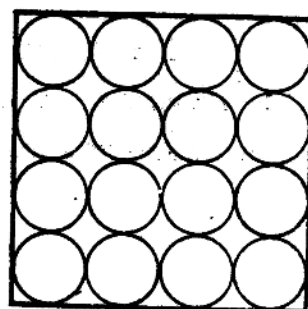
电磁线的绝缘厚度对比表

铜 线 标称直径 (mm)	电 磁 线 最 大 外 径 (mm)			
	厚 绝 缘 聚 酯 漆 包 线	单 丝 漆 包 铜 线	双 纱 包 铜 线	玻 璃 丝 包 铜 线
0.10	0.13	0.18	0.24	—
0.25	0.30	0.35	0.45	—
1.00	1.11	1.15	1.29	1.29
2.02	2.14	2.20	2.32	2.33



裸铜线理论紧密排列

槽满率90.70%



裸铜线对顶排列

槽满率78.50%

图1—1 线匝排列形式

从材料角度来提高槽满率则是要选用绝缘层薄的电磁线，因为绝缘层的厚度不单是占据了一些槽内的空间，还加大了线匝之间的空隙。由于电磁线导体具有一系列不同截面的规格尺寸，绝缘厚度的影响是用裸导体截面积与带有绝缘层的电磁线的截面的比例关系 η 来观察的。 η 的数据愈大，绝缘层厚度对槽满率的影响就愈小。在图1-2中所列出的是厚绝缘漆包线、单丝漆包线和玻璃丝包线的上述比例关系曲线。这些曲线明显地表示出漆包线在这一个比例关系方面优越，电机的槽满率会因采用漆包线而大大地提高。

因此漆包线在中、小和微型电机、电器、仪器仪表和电信设备中应用得非常广泛。工人们用这样的比喻来说明漆包线的重要作用：“电机是工业的心脏，漆包线是电机上的血管，仪表是工业的眼睛，漆包线是仪表中的视神经。”

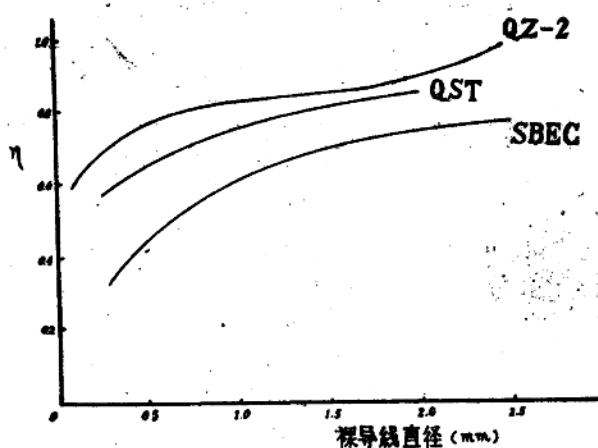


图1-2 裸导线与电磁线的截面积比例曲线

1—厚绝缘漆包线 2—单丝漆包线 3—玻璃丝包线

注：以上曲线均按最大允许外径绘出

第二章 漆包线的分类和规格

第一节 漆包线的分类和型号

漆包线在电线电缆中结构是最简单的,但是在品种和性能方面却是多样化而各具其特征。同样一根外观相似的漆包线,由于其漆膜特性的不一样,可以具有完全不一样的用途。为了便于从多种多样的漆包线中选择出适用的品种,就必须将漆包线按系统进行分类,分类的目的是为了便于区分它们的共性和个性,找出它们的规律。

漆包线可以根据导体材料、漆膜材料、线材形状和绝缘厚度等方面来进行分类。如

一、按导体材料来分,则有铜、铝、合金(锰铜、康铜、镍铬等)和双金属(镀银铜、镀镍铜、铜包铝等)等漆包线。

二、按漆膜材料来分,则有聚酯、缩醛、油性、聚胺酯、聚酰亚胺、聚酯亚胺和聚酰胺酰亚胺等漆包线。

三、按线材形状来分,则有圆、扁和空心等漆包线。

四、按绝缘厚度来分,则有薄绝缘和厚绝缘两种漆包线。

一种漆包线的命名应包括有以上的四种分类。例如我厂大量生产的QZ—2型聚酯漆包线的全称应是厚绝缘聚酯漆包圆铜线,与薄绝缘聚酯漆包圆铜线、厚绝缘聚酯漆包圆铝线、薄绝缘聚酯漆包圆铝线相区分。

为了方便管理,漆包线的名称可以用汉语拼音字母和数字组合而成的型号来表示。漆包线型号的组成应包括有下列五个部分:

绝 缘	绝 缘 特 征	线 材	线 材 特 征	派 生
1	2	3	4	5

每个部分的具体代表的字母或数字的规定如表1—8所示。把五个部分的字母或数字并在一处,便是这种漆包线的型号。由于目前电线电缆产品沿用的导体以铜的、圆的居多,所以用铜圆线为导体的漆包线在型号中均不加表达。有一些漆包线产品如油性漆包线、无磁性漆包线、自粘性漆包线和自粘直焊漆包线等只有一种漆膜厚度,在型号中就没有派生这一栏。

表1—3

漆包線產品型號

絕 緣 層		線 材		派 生
Q 油性漆	N 自粘性	(T 銅線)	(一 圓)	—1 薄絕緣
QZ 聚酯漆	NF 耐冷媒	TK 康銅線	B 扁	—2 厚絕緣
QQ 縮醛漆	NS 耐水	TM 錳銅線	D 帶、箔	
QA 聚胺酯漆		TWC 無磁性銅線	K 空心	
QH 環氧漆		TY 鍍銀銅線		
QY 聚酰胺漆		TN 鍍鎳銅線		
QXY 聚酰胺酰亞胺漆		L 鋁線		
QZY 聚酯亞胺漆		TL 銅包鋁線		
		NG 鎳鉻線		

現在舉例說明型號的組成和所表達的意義如下：

QQ—1 縮醛漆、銅線、圓線、薄絕緣。即薄絕緣縮醛漆包圓銅線。

QZLB 聚酯漆、鋁線、扁線。即聚酯漆包鋁扁線。

QATWC 聚胺酯漆、無磁性銅線、圓線。即無磁性聚胺酯漆包圓銅線。

第二節 漆包圓銅線的規格系列

不同的電氣產品需用不同直徑的漆包線，每一種直徑的漆包線即是一個規格。在建立漆包線的規格系列中存在着生產和需要方面不同角度的矛盾。從生產角度考慮，簡化規格系列，有利於生產管理，減少原材料的供應和儲備，可以更好地利用生產設備以提高勞動生產率。但從需要的角度考慮，則希望規格多一些，以便恰當而隨心地選用材料。如何在“多、快、好、省”的原則下，統一上述的矛盾，協調好雙方的要求，是要慎重考慮的。

貫徹國家標準GB321—64的優先系數，根據數值分級的原則，建立統一的優先系數數值規格系列，是解決上述問題的理想途徑。在工業生產的產品規格尺寸中，貫徹優先系數系列，有利於各行各業技術管理的一致性，為整個國民經濟指標的提高，創造有利條件。採用優先系數系列，可以簡化規格，能加大生產規格的批量；有利於產品質量和產量的提高。新國、部標中所明確的漆包圓線的優先系數規格系列與國際電工委員會的漆包線規格系列基本一致，這樣有利於出口、援外裝備的維修配套。總之，貫徹漆包圓線新國、部標中的優先系數規格系列是有許多好處的。

優先系數是一種十進的等比級數。在優先系數規格系列中，把某一個規格數據乘上它相應的分比，即可求出該系列中下一個規格的數據。優先系數的系列分比代號有：

$$R_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$$

$$R_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$$

$$R_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$$

从 R_{10} 到 R_{40} ，它们的分比值按平方关系顺次减小，即是它们的分级由疏到密。常用的基本系列只到 R_{40} 为止。因为 R_{40} 的分比1.06已经很小，它的相邻项之间的差，只有6%，再密就没有实际意义了。

我国漆包圆线新国、部标中规定：

0.02~0.06mm规格范围中采用 R_{10} 系列（分比为1.25），

0.07~0.31mm规格范围中采用 R_{20} 系列（分比为1.12），

0.33~2.50mm规格范围中采用 R_{40} 系列（分比为1.06）。

例如0.02mm规格在 R_{10} 系列中，它的下一个规格应是 0.020×1.25 即0.025mm。0.025mm的下一个规格应是 0.025×1.25 即0.031mm。为了照顾旧部标传统和调整到圆整数，订为0.030mm。以下可依此类推。

漆包圆线新国、部标中的规格系列是在满足客观需要下采用“先疏后密”的精神规定的，调整了一些分级过密或过疏的旧部标规格，比较合理。为了照顾使用单位的生产准备工作，1973年聚酯漆包圆线国标审定会议中明确新、旧规格系列的过渡期为五年，并在新规格系列中保留了一些不推荐的旧规格。

表1—4 漆包圆线的规格系列

0.015	0.150	0.380	0.800	1.500
0.020	0.160	0.400	(0.830)	(1.560)
0.025	0.170	0.420	0.850	1.600
0.030	0.180	0.450	0.900	1.700
0.040	0.190	0.470	(0.930)	1.800
0.050	0.200	0.500	0.950	1.900
0.060	0.210	0.530	1.000	2.000
0.070	0.230	0.560	1.060	2.120
0.080	0.250	0.600	1.120	2.24
0.090	(0.270)	0.630	1.180	2.36
0.100	0.280	0.670	1.250	2.50
0.110	(0.290)	0.690	1.300	—
0.120	0.310	0.710	(1.350)	—
0.130	0.330	0.750	1.400	—
0.140	0.350	(0.770)	(1.450)	—

注：括号内的规格是不推荐的保留规格。

第三章 漆包线的品种

第一节 电工产品对漆包线的要求

漆包线广泛地应用于电机、电器、仪表仪器和通信器材之中，漆包线必须具有一定的特性，才能满足电工产品的使用要求。电工产品对漆包线的使用要求可以归纳成三个方面：

一、电机电器在设计上对漆包线性能的要求

1. 根据设计的槽形尺寸和槽满率的要求来选择圆线、扁线、规格尺寸及相应的绝缘厚度。

2. 根据电机电器的温升要求来选择不同耐温等级的漆包线。

耐温等级是指材料在电机电器运行中允许的最高温度，电机电器在此温度下长期运行20,000小时后不应产生超过规定的性能变化。根据部标JB794—86绝缘材料的耐热分级的规定如下表所示。

表1—5 绝缘材料的耐热分级

耐热分级	长期最高工作温度	耐热分级	长期最高工作温度
Y	90℃	F	155℃
A	105℃	H	180℃
E	120℃	C	>180℃
B	130℃	—	—

表中的长期最高工作温度即是绝缘材料的允许工作温度，在该温度下，材料应该有20,000小时的使用寿命。一种材料如果在某一等级的长期最高工作温度下不能使用到20,000小时，即不能纳入这一等级。我厂生产的油性漆包线属于A级，聚胺酯漆包线属于E级，聚酯漆包线属于B级，聚酰亚胺漆包线属于C级。

二、电机电器在不同使用条件下对漆包线性能的要求

1. 在高温条件下使用。这就着重要求漆包线具有相应的热稳定性、耐热老化性能、热软化击穿温度等。有些电机电器的工作起止频率很高，或是在急剧地、反复地施加负荷的状态下工作时，尚要求漆包线具有优良的耐热冲击性能和耐大电流冲击性能。

2. 在高速条件下使用。电钻、电气火车内用的线圈由于震动和离心力的作用要求漆膜具有较高的机械强度，而且在使用时不产生热塑变形。

3. 在与绝缘油、绝缘漆接触的条件下使用。绝缘油和绝缘漆中所含有的有机化合物对各种不同的漆膜可能具有一定的溶胀能力，造成有害的影响。因此应针对绝缘油和绝缘漆的特征，恰当地选用漆包线的品种，以保证电机电器的使用寿命。

4. 在特殊环境条件下使用。如在原子能辐射下，高湿度条件下，或水、冷媒的直接接触的条件下，都要求漆包线漆膜具有在这些方面的忍受能力。

三、电机电器制造工艺对漆包线性能的要求

1. 绕线与嵌线工艺。在卷绕线圈时，为了使手感舒畅，排线整齐，要求漆包线表面光滑；由于在卷绕时漆包线上受到张力和产生弯曲角度，要求漆膜具有良好的弹性和附着力；由于漆包线和夹具、槽、槽绝缘间产生的摩擦和嵌线时所受到的敲打，要求漆膜具有一定的机械强度；由于在线圈成形时从模架上取下后，线圈应不变形，又要求漆包线具有较好的柔软性。

2. 浸渍与干燥工艺。在预烘和干燥时，漆包线要经得住热冲击，并在工艺温度下漆膜不软化。在浸渍时，漆膜应能忍受浸渍漆中溶剂的侵蚀，不产生溶胀和短路。

综上所述，为了达到电工产品使用的需要，漆包线应具有以下几个方面的特性。

一、机械性能，包括延伸率、柔软度、弹性、附着力和耐刮性能。

二、电气性能，包括击穿电压和针孔试验。

三、耐热性能，包括长期工作温度、耐热冲击、耐热老化和软化击穿温度。

四、耐化学性能，包括耐潮、耐溶剂和耐绝缘油。

自粘、直焊、耐高频、耐水、耐冷媒、耐辐射等性能属于特殊要求，不是每种漆包线都要具备的。

第二节 各种漆包线的特征和应用

一、油性漆包线

这是最早出现的漆包线，在本世纪初就开始生产。油性漆包线属A级绝缘，其长期使用温度是105℃。它具有优良的耐潮性能，用油性漆包线制成的电器设备可以通过部标JB839—86的耐潮试验，在高压、高湿度的恶劣条件下，漆膜的柔顺性变化不大。不论在常温或高湿的条件下，漆膜的介电性能都良好，能适应高频环境，而且具有优良的耐超负荷能力。此外油性漆膜还有足够的弹性、附着力、耐热冲击性能和耐软化击穿性能，对石油溶剂和变压器油均有一定的抵抗能力。

由于油性漆包线的绝缘层薄，槽满率高，而且价格较低，至今仍沿用于制造一般场合下所使用的电工产品，在仪表、小型继电器、音频线圈、发火线圈等方面应用颇广。油性漆包线的弱点是漆膜的耐磨性较差，易遭受机械损伤，在绕制线圈和嵌槽时需加小心。配套的浸渍漆应选用不含芳香族溶剂的牌号。

二、聚乙烯醇缩醛（缩醛）漆包线

这是最早用合成漆涂成的漆包线，曾风行一时，目前尽管已有不少其他的合成漆包线品

种,但缩醛漆包线仍占有一定的位置。我国生产的缩醛漆包线的耐温等级尚待确定。

聚乙烯醇缩醛漆包线除具有一般漆包线的基本性能以外,还突出了以下的特征:

1.优良的弹性、附着力和漆膜强度,经得起高速绕线机的考验,是所谓“高强度”漆包线一词的来源。

2.良好的耐热冲击性能。

3.耐绝缘油性良好,可以直接浸在绝缘油中使用。

缩醛漆包线适用于各种采用高速自动卷绕的线圈,使用于各种油浸式变压器和充油电机内颇为适宜。目前它的弱点是耐潮性较差、大线的耐热软化击穿的性能不稳定、耐苯—醇体系混合溶剂的性能较低,在使用时应考虑浸渍漆中的溶剂和稀释剂的选用问题。

将一般用缩醛漆的配方加以调整,可以涂出耐冷媒用的缩醛漆包线,其型号为QNF。耐冷媒缩醛漆包线具有优良的抗氟里昂—22的性能,适用于致冷设备中配套的电机绕组中。耐冷媒缩醛漆包线的弹性、耐热冲击、耐热老化性能较一般的缩醛漆包线要低一些。

三、聚酯漆包线

聚酯漆包线是我国目前漆包线中生产得最多的一个品种。它的产量占全国漆包线总产量的80%左右,使用面极为广泛。

聚酯漆包线具有良好的弹性、附着力、电气性能和耐溶剂性能。它的漆膜和缩醛漆包线一样是属于高强度的,可以用自动化高速绕线机来绕制线圈,从而可以提高劳动生产率,减轻劳动强度。聚酯漆包线可在130℃下长期使用,属于B级绝缘,是B级和E级定型产品的配套材料。

聚酯漆包线的弱点是耐热冲击和耐潮性能较低,在高压、高温、高湿的条件下耐水解性能较差。矩形线圈在浸渍和预烘过程中,要控制好温度以保护锐角处的漆膜。耐潮问题可以通过耐潮性强的绝缘漆的浸渍处理来弥补,但在高温密封电机中,由于水解问题,聚酯漆包线的选用还是需要慎重考虑的。对聚酯漆包线的水解问题,我们应有一个正确的认识。在高压、高温、高湿度的恶劣条件下,聚酯漆包线的耐水解性能是较差的;选用时应加慎重考虑;但聚酯漆膜的水解只是在上述恶劣条件下才予显示,并不影响聚酯漆包线在一般潮湿的情况下使用。用聚酯漆包线制成的电工产品是能通过部标的耐潮试验的。表1—6中的试验数据可以说明这一问题。

表1—6 聚酯漆包线的高压水解情况

试验温度 (℃)	由水蒸气引起的压力增加 (大气压)	湿裂情况 (圆棒卷绕倍数)
130	1.837	4d
	3.674	4d
	5.511	6d
150	1.928	5d
	3.906	5d
	5.940	6d