

# QZ/QZY聚胺酯铜漆包线 180高温/130低温铜漆包线 漆包铜线

产品名称	QZ/QZY聚胺酯铜漆包线 180高温/130低温铜漆包线 漆包铜线
公司名称	天津金亚特钢材有限公司
价格	面议
规格参数	品牌:华泰 型号:0.1-5
公司地址	北辰区北辰科技园
联系电话	86-022-60987895 18322090919

## 产品详情

漆包线是绕组线的一个主要品种，由导体和绝缘层两部组成，裸线经退火软化后，再经过多次涂漆，烘焙而成。但要生产出既符合标准要求，又满足客户要求的产品并不容易，它受原材料质量，工艺参数，生产设备，环境等因素影响，因此，各种漆包线的质量特性各不相同，但都具备机械性能，化学性能，电性能，热性能四大性能。

漆包线是指用绝缘漆作为绝缘涂层、用于绕制电磁线圈的金属导线，也称电磁线。漆包线是电机、电器和家用电器、电讯、电子仪表电磁绕组的主要和关键原材料，加入wto以后，随着工业电器、家用电器、电讯、电子产品等的迅速发展，给漆包线带来了较广阔的应用领域和市场。我国已成为世界漆包线制造中心和加工基地，是世界漆包线生产和销售第一大国，产量占全球总产量30%左右。中国漆包线的生产量在近二十几年时间内，以每年超过10%的速度递增。预计到2015年将提高到50%左右，达到160万t/a的规模，成为名副其实的漆包线生产大国和强国。我国线缆行业"十二五"发展的目标。保持整个行业经济稳健增长，提高发展的质量和效益，预计"十二五"期间，销售规模年均增长约为4%-8%，到"十二五"期末，预测用铜量约为550-620万吨，用铝量约为260-320万吨。

2004-2006年全国微细电磁漆包线销售量（含进口）分别约为29万吨、31万吨及34万吨，年均增长率超过8%。其中，继电器用线领域增长尤为突出，销售量年均增幅达20%。随着电子元器件向"轻、薄"方向发展，消费者对轻薄化电子产品的青睐，微细电磁漆包线市场需求逐年增长。2010年微细电磁漆包线主要市场总销售量达46万吨，年均增幅约为9%。2012年微细电磁漆包线主要市场总销售量达54.4万吨。由于继电器、微型电机、电子变压器、电磁阀等电子元器件在汽车、家用电器、手机、电脑、办公用品等领域的广泛运用，作为这些电子元器件的重要原材料的微细漆包线需求稳定增长。经过长期发展，我国已经成为继电器、微特电机和电子变压器等电子元器件的最大生产国和使用国，但是由于工艺、技术和设备方面与国际上的差距，微细漆包线在国内生产能力远远无法满足需求。我国的微细漆包线仅有大约30%的用量由国内制造商满足，其余70%依靠进口。我国未来对本土微细电磁漆包线需求的增长一部分来自于市场需求自然增长，另一部分来自于进口替代，特别是在进口替代领域发展潜力巨大。据中国电器工业协会电线电缆分会绕组线专委会调查分析，成为名副其实的漆包线生产大国和强国。

## 基本信息

## 漆包线

漆包线在线测量能够很有效地控制产品的尺寸质量。生产中的漆包线是高速运行的，用任何接触式的测量工具都是没有办法测量到准确的数据，而且当漆包线规格较小时容易造成断线。在线激光测量仪，可以通过镭射激光扫描测量。激光对着线不用接触，通过感应就可以得到准确的数据。方便又快捷，对生产真正做到实时监控，全程监控。如有异常就会报警，还可以通过加装回馈进行实时补偿，对产品进行实时修正。仪器参数如下：

机型012/500

测定机012/500

显示部s型

测量范围0.01~2 mm

最小表示量0.1mm

往返精度  $\pm 0.2\text{mm}$

直线性  $\pm 0.5\text{ mm}$

扫瞄频率1800回/秒

扫瞄速度110m/秒

输出接口rs-232c

测量值输出方式

标准值、上/下限值设定

显示屏+ng、-ng警示灯显示

alarm警报输出功能

offset标准值设定功能

读值6位数led显示

电压85 ~ 260v

然而，在实际生产过程中，操作者不能完全依赖于激光测径仪来保证产品的尺寸质量。由于激光测径仪属于高精度测量仪器，在使用过程中，激光探头处容易粘附尘埃杂质而导致测量偏差，所以，定期保养、校准激光测径仪，显得十分重要。

3分类编辑

## 1.1按绝缘材料分

### 1.1.1缩醛漆包线

### 1.1.2聚酯漆包线

### 1.1.3聚氨酯漆包线

### 1.1.4改性聚酯漆包线

### 1.1.5聚酯亚胺漆包线

### 1.1.6聚酯亚胺/聚酰胺酰亚胺漆包线

### 1.1.7聚酰亚胺漆包线

## 1.2按漆包线的用途分

1.2.1一般用途的漆包线（普通线）：主要用于一般电机、电器、仪表、变压器等工作场合的绕组线，如聚酯漆包线、改性聚酯漆包线。

1.2.2耐热漆包线：主要用于180 及以上温度环境工作的电机、电器、仪表、变压器等工作场合的绕组线，如聚酯亚胺漆包线、聚酰亚胺漆包线、聚酯漆包线、聚酯亚胺/聚酰胺酰亚胺复合漆包线。

1.2.3特殊用途的漆包线：是指具有某种质量特性要求的、用于特定的场合的绕组线，如：聚氨酯漆包线（直焊性）、自粘性漆包线。

1.3按导体材料分：铜线、铝线、合金线。

1.4按材料形状分：圆线、扁线、空心线。

## 1.5按绝缘厚度分

1.5.1圆线：薄漆膜-1、厚漆膜-2、加厚漆膜-3（国家标准）。

1.5.2扁线：普通漆膜-1、加厚漆膜-2。

### 酒精线

在酒精作用下自行粘合的线材(如:lock).

### 热风线

经过热的作用下自行粘合的线材(如:pei).

### 双用线

在酒精或热的作用下自行粘合的线材

## 4表示方法

### 1.符号+代号

1.1系列代号：漆包绕组成：q 纸包绕组线：z

1.2导体材料：铁导体：t（省略）铝导体：l

### 1.3 绝缘材料：

y、a 聚酰胺（纯尼龙） e缩醛、低温聚氨酯 b 聚氨酯 f 聚氨酯、聚酯 h 聚氨酯、聚酯亚胺、改性聚酯 n聚酰胺酰亚胺复合聚酯或聚酯亚胺 聚酰胺酰亚胺 r聚酰胺酰亚胺 聚酰亚胺 c芳基聚酰亚胺

油性类漆：y（省略） 聚酯类漆：z 改性聚酯类漆：z（g） 缩醛类漆：q 聚氨酯类漆：a 聚酰胺漆：x  
聚酰亚胺漆：y 环氧漆：h 聚酯亚胺漆：zy 聚酰胺酰亚胺：xy

### 1.4 导体的特性：扁线：b 圆线：y（省略） 空心线：k

### 1.5 漆膜厚度：圆线：薄漆膜-1厚漆膜-2 加厚漆膜-3 扁线：普通漆膜-1加厚漆膜-2

### 1.6 热级用/xxx表示

## 2. 型号

2.1 漆包线产品型号是采用汉语拼音字母和阿拉伯数字组合的方法命名：其组成包括下列几个部份。把以上几个部分按顺序组合到一起，便是漆包线产品型号。

### 3. 型号+规格+标准编号

#### 3.1 产品表示方法举例

a. 聚酯漆包铁圆线，厚漆膜，热级为130，标称直径1.000mm，执行gb6109.7—90标准，表示为：qz-2 / 130 1.000 gb6109.7-90

b. 聚酯亚胺漆包铁扁线，普通漆膜，热级180，a边为2.000mm，b边为6.300mm，执行gb/t7095.4-1995，表示为：qzyb-1/180 2.000 x6.300 gb/t7995.4-1995

#### 3.2 无氧圆铁杆

## 漆包线

### 3.2.1 系列代号：电工圆铁杆

### 3.2.3 按状态特征分：软状态r、硬状态y

### 3.2.4 按性能特征：1级 - 1、2级 - 2

### 3.2.5 产品用型号、规格及标准编号表示

举例：直径为6.7mm，1级硬态无氧圆铁杆，表示为twy-16.7 gb3952.2-89

#### 3.3 裸铁线

##### 3.3.1 裸铁线：t

3.3.2按状态特征分：软状态r、硬状态y

3.3.3按材料的形状：扁线b、圆线y(省略)

3.3.4举例：直径为3.00mm的硬态圆铁裸线ty3.00 gb2953-89

## 5产品标准I.漆包线

1.1漆包圆线的产品标准：gb6109-90系列标准；zxd/j700-16-2001业内控标准

1.2漆包扁线的产品标准：gb/t7095-1995系列

漆包圆线和扁线的试验方法标准：gb/t4074-1999

### 纸包线

2.1纸包圆线的产品标准：gb7673.2-87

2.2纸包扁线的产品标准：gb7673.3-87

纸包圆线和扁线的试验方法标准：gb/t4074-1995

### 标准

产品标准：gb3952.2-89

方法标准：gb4909-85、gb3043-83

### 裸铜线

4.1裸铜圆线产品标准：gb3953-89

4.2裸铜扁线产品标准：gb5584-85

试验方法标准：gb4909-85、gb3048-83

### 绕组线

圆线gb6108.2-85

扁线gb6109.3-85

该标准主要强调规格系列及尺寸偏差

外国的标准如：

日本产品标准sc3202-1988、其试验方法标准：jisc3003-1984

美国标准wml000-1997

国际电工委员会mc317

## 6特性用途

1. 缩醛漆包线，热级为105和120两种，具有良好的机械强度，附着性，耐变压器油及耐冷媒性能，但该产品耐潮性能差，热软化击穿温度低，耐用苯-醇混合溶剂性能弱等缺陷，仅少量用于油浸变压器，充油电机的绕组。

## 漆包线

2. 聚酯及改性聚酯的漆包线，普通聚酯漆包线热级为130，经改性后漆包线热级为155级。该产品机械强度高，并具有良好的弹性、附着性、电气性能和耐溶剂性能，弱点是耐热冲击性能差，耐潮性能较低。它是我国目前生产量最大的一个品种，约占三分之二，广泛应用在各种电机、电器、仪表、电讯器材及家电产品上。

3. 聚氨酯漆包线；热级等级为130、155、180、200。最大特点是具有直焊性，耐高频性能性好，易着色，耐潮性能好，广泛应于电子家电和精密仪器，电讯，仪表上，该产品弱点是机械强度稍差，耐热性能不高，且生产大规格线的柔韧性和附着性较差，因此该产品生产的规格以中小及微细线为多。

4. 聚酯亚胺/聚酰胺复合漆包线，热级180该产品耐热冲击性能好，耐软化击穿温度高，机械强度优良，耐溶剂及耐冷冻剂性能均较好，弱点是在封闭条件下易水解，广泛用于耐热要求高的电机，电器，仪表，电动工具电力干式压器等绕组。

5. 聚酯亚胺/聚酰胺酰亚胺复合层漆包线系在国内外使用较为广泛的耐热漆包线，其热级为200，该产品耐热性高，还具有耐冷冻剂，耐严寒，耐辐射等特性，机械强度高，电气性能稳定，耐化学性能和耐冷冻剂性能好，超负荷能力强。广泛应用于冰箱压缩机，空调压缩机，电动工具，防爆电动机及高温，高寒，耐辐射，超负荷等条件下使用的电机，电器。

## 7检验

产品制造出来以后，其外观、尺寸及性能是否符合产品的技术标准和用户的技术协议的要求，必须通过检验来判断。经过测量、试验，与产品的技术标准或用户的技术协议对比，符合要求的则是合格，反之，则为不合格。通过检验，可反应漆包线产品质量的稳定性及材料工艺的合理性，所以，质量检验具有把关、预防和鉴别的作用。漆包线检验的内容包括：外观、尺寸的检验测量和性能的测试。其中性能包括：机械性能、化学性能、热性能和电性能。现我们主要对外观和尺寸进行讲解。

### 表面

(外观)应光洁，色泽均匀，无粒子，无氧化、发毛、阴阳面、黑斑点、脱漆等影响性能的缺陷，排线应平整紧密地绕在线盘上，不压线，收放自如。影响表面的因素很多，它与原材料、设备、工艺、环境等因素有关。

### 尺寸

2.1漆包圆线尺寸包括：外形尺寸(外径) $d$ 、导体直径 $d$ 、导体偏差  $d$ 、导体不圆度 $f$ 、漆膜厚度 $t$

2.1.1外径是指导体涂上一层绝缘漆膜后所测得的直径。

2.1.2导体直径是指去除绝缘层后金属线的直径。

2.1.3导体偏差是指导体直径的实测值与标称值之间的差。

2.1.4不圆度( $f$ )值是指导体每个截面上测量的最大读数和最小读数的最大差值。

### 2.2测量方法

2.2.1测量工具:微米千分尺，精确度 $0.002\text{mm}$

漆包圆线 $d < 0.100\text{mm}$ 时，测力 $0.1 \sim 1.0\text{n}$ ， $d = 0.100\text{mm}$ 时，测力 $1 \sim 8\text{n}$ ；漆包扁线测力 $4 \sim 8\text{n}$ 。

### 2.2.2外径

2.2.2.1(圆线)当导体标称直径 $d \leq 0.200\text{mm}$ 时,在相距各1m的3个位置,各测量一次外径,记录3个测量值,取其平均值作为外径。

2.2.2.2当导体标称直径 $d > 0.200\text{mm}$ 时,相距1m的两个位置上,每个位置沿线周均分测量3次外径,记录6个测量值,取其平均值作为外径。

2.2.2.3(扁线)相距各100mm3个位置上各测量宽边和窄边尺寸1次,取其3个测量值的平均值作为宽边和窄边的外形尺寸。

## 2.2.3导体尺寸

2.2.3.1(圆线)当导体标称直径 $d \leq 0.200\text{mm}$ 时,在相距各1m的3个位置用不损伤导体的任何方法除去绝缘各测量1次导体直径:取其平均值作为导体直径。

2.2.3.2当导体标称直径 $d > 0.200\text{mm}$ 时,用不损伤导体的任何方法除去绝缘,沿导体圆周均分的三个位置分别测量,取其三个测量值的平均值作为导体直径。

2.2.3.3(扁线)相距各100mm3个位置上,用不损伤导体的任何方法除去绝缘,分别测量宽边和窄边尺寸1次,取其3个测量值的平均值作为宽边和窄边的导体尺寸。

## 2.3计算

2.3.1偏差= $d_{\text{实测}} - d_{\text{标称}}$

2.3.2  $f$ 值=导体每个截面上测量的任何直径读数的最大差值

2.3.3  $t = d - d_{\text{实测}}$

举例1:现有一盘qz-2/130 0.710mm的漆包线,测量数值如下

外径:0.780、0.778、0.781,0.776、0.779、0.779;导体直径:0.706、0.709、0.712。求其外径,导体直径、偏差、 $f$ 值,漆膜厚度,并判断是否合格。

解: $d = (0.780 + 0.778 + 0.781 + 0.776 + 0.779 + 0.779) / 6 = 0.779\text{mm}$ ,  $d = (0.706 + 0.709 + 0.712) / 3 = 0.709\text{mm}$ , 偏差= $d_{\text{实测}} - d_{\text{标称}} = 0.709 - 0.710 = -0.001\text{mm}$ ,  $f = 0.712 - 0.706 = 0.006$ ,  $t = d - d_{\text{实测}} = 0.779 - 0.709 = 0.070\text{mm}$

经测量,该规格漆包线尺寸符合标准要求。

2.3.4扁线:加厚漆膜 $0.11 < t \leq 0.16\text{mm}$ ,普通漆膜 $0.06 \leq t < 0.11\text{mm}$

$a_{\text{max}} = a + \Delta_{\text{max}}$ ,  $b_{\text{max}} = b + \Delta_{\text{max}}$ ,当 $ab$ 的外径尺寸不超过 $a_{\text{max}}$ 、 $b_{\text{max}}$ 时,允许漆膜厚度超过 $\Delta_{\text{max}}$ ,标称尺寸 $a(b)$ 偏差 $a(b)$   $3.155 \pm 0.030$ ,  $3.155 < a(b) \leq 6.30 \pm 0.050$ ,  $6.30 < b \leq 12.50 \pm 0.07$ ,  $12.50 < b \leq 16.00 \pm 0.100$ 。

举例2:现有扁线qzyb-2/180 2.36 × 6.30mm,测得尺寸 $a$ :2.478、2.471、2.469;  $a$ :2.341、2.340、2.340;  $b$ :6.450、6.448、6.448;  $b$ :6.260、6.258、6.259。求其漆膜厚度、外径、导体,并判断是否合格。

解: $a = (2.478 + 2.471 + 2.469) / 3 = 2.473$ ;  $b = (6.450 + 6.448 + 6.448) / 3 = 6.449$ ;

$a = (2.341 + 2.340 + 2.340) / 3 = 2.340$ ;  $b = (6.260 + 6.258 + 6.259) / 3 = 6.259$

漆膜厚度：a边为 $2.473-2.340=0.133\text{mm}$ ；b边为 $6.499-6.259=0.190\text{mm}$ 。

产生导体尺寸不合格的原因除半成品导体有隐性缺陷或规格不均匀外，主要是涂漆过程放线张力，各部分毛毡夹松紧度调整不当，或放线和导轮转动不灵活，把线拉细。

漆膜绝缘尺寸不合格主要是毛毡松紧调整不合适，或配模不当及模具没有装好。另外，工艺速度、漆的粘度、固体含量等的变化也会影响漆膜厚度。

性能

3.1机械性能：包括伸长率，回弹角，柔软度和附着性，刮漆，抗拉强度等项目。

3.1.1伸长率反映材料的塑性变性，用来考核漆包线的延展性。

3.1.2回弹角，柔软度则反映材料的弹性变形，用来考核漆包线的柔软度。

伸长率、回弹角和柔软度的好坏反映了铜材质量和漆包线退火程度。影响漆包线伸长率、回弹角主要因素为（1）线材质量；（2）外力的影响；（3）退火的程度。

3.1.3漆膜的韧性包括卷绕、拉伸，即漆膜随导体拉伸变形而不破裂的允许拉伸变形量。

3.1.4漆膜的附着性包括急拉断、剥离，主要考核漆膜对导体的附着性能力。

3.1.5漆包线漆膜的耐刮试验，反映漆膜抗机械刮伤的强度。

3.2耐热性能：包括热冲击和软化击穿试验。

3.2.1漆包线的热冲击是体观漆包线的漆膜在机械应力作用下对热的承受能力。

影响热冲击的因素：漆料、铜线、漆包工艺。

3.2.3漆包线的软化击穿性能是衡量漆包线的漆膜在机械力作用下忍受热变形的能力，即受压力的漆膜在高温下塑化变软的能力。漆包线漆膜耐热软化击穿性能高低决定于漆膜的分子结构及其分子链间作用力的大小。

3.3电性能包括：击穿电压、漆膜连续性和直流电阻试验。

3.3.1击穿电压是指漆包线漆膜所承受的电压负荷的能力。影响击穿电压主要因素：（1）漆膜厚度；（2）漆膜圆整度；（3）固化程度；（4）漆膜中的外界杂质。

3.3.2漆膜连续性试验也叫针孔试验，它主要的影响因素：（1）原材料；（2）操作工艺；（3）设备。

3.3.3直流电阻是指单位长度里所测得的电阻值。它主要的影响因素：（1）退火程度；（2）漆包设备。

3.4耐化学性能包括耐溶剂性能、直焊性。

3.4.1耐溶剂性能，一般漆包线在绕制成线圈后要经过浸渍过程，浸渍漆中的溶剂对漆膜有不同程度的溶胀作用，在较高的温度下更甚。漆包线漆膜的耐化学性能主要决定于漆膜本身的特性，在漆料一定条件下，漆包工艺对漆包线的耐溶剂性能也有一定的影响。

3.4.2漆包线的直焊性能，反映漆包线在不去除漆膜绕制加工过程中焊锡的能力。影响直焊性的主要因素为：（1）工艺的影响，（2）漆料的影响，



## 8工艺流程

放线 退火 涂漆 烘焙 冷却 润滑 收线

### 放线

在一台正常运行的漆包机上，操作人员的精力和体力大部分消耗在放线部分，调换放线盘使操作者付出很大的劳动力，换线时接头易产生品质问题及发生运行故障。有效的方法是大容量放线。

放线的关键是控制张力，张力大时不仅拉细导体，使导线表面失去光亮，还影响漆包线的多项性能。从外表上看，被拉细的导线，涂制出的漆包线光泽较差；从性能来看，漆包线伸长率、回弹性、柔韧性、热冲击都受到影响。放线张力太小，线容易跳动造成并线、线碰炉口。放线时最怕半圈张力大，半圈张力小，这样不仅使导线松散、扎断，一段一段被拉细，而且还会引起烘炉内线的大跳动，造成并线、碰线故障。放线张力要均匀，适当。

在退火炉前安装助力轮对张力的控制有很大帮助。软铜线在室温下其最大不延伸张力约为 $15\text{kg/mm}^2$ ，在 $400^\circ\text{C}$ 下最大不延伸张力约为 $7\text{kg/mm}^2$ ；在 $460^\circ\text{C}$ 下最大不延伸张力为 $4\text{kg/mm}^2$ ；在 $500^\circ\text{C}$ 下最大不延伸张力为 $2\text{kg/mm}^2$ 。在正常的漆包线涂制过程中，漆包线的张力要明显小于不延伸张力，要求控制在50%左右，放线张力控制在不延伸张力的20%左右。

大规格大容量线轴一般采用径向旋转式放线器；中等规格导线一般采用越端式或毛刷式放线器；微细规格导线一般采用毛刷式或双锥套式放线器。

不论采用哪种放线方式，都对裸铜线线轴的结构和质量有严格要求

----表面应光洁以保证线材不被擦伤

----轴芯两侧及侧板内外有2—4mm半径的r角以保证放线过程中能均衡放出

----线轴加工完后，必须作动、静平衡试验

----毛刷放线器要求轴芯直径：侧板直径小于1：1.7；越端放线要求小于1：1.9，否则放线至轴芯时会出现断线现象。

### 退火

退火的目的是使导体由于模具拉伸过程中因晶格变化而变硬的导线经过一定的温度加热，使分子晶格重排后恢复工艺要求的柔软度，同时除去拉伸过程中导体表面残留的润滑剂、油污等，使导线易于涂漆，保证漆包线的质量。最重要的是保证漆包线在作为绕组的使用过程中有适宜的柔软度和伸长率，同时有助于提高导电率。

导体变形程度越大，伸长率越低，抗拉强度越高。

铜线的退火，常用的有三种方式：成盘退火；拉丝机上连续退火；漆包机上连续退火。前二种方式都不能满足漆包工艺的要求。成盘退火只能使铜线软化，而去油不彻底，由于退火后导线软了，放线时增加了弯曲。在拉丝机上连续退火，虽然能够达到铜线的软化和去除表面油脂，但退火后柔软的铜线绕到线盘上形成了很多弯曲。在漆包机上涂漆前进行连续退火不但能够达到软化去油的目的，而且经过退火的导线很直，直接进入涂漆装置，能够涂上均匀的漆膜。

退火炉的温度要根据退火炉的长度、铜线规格、行线速度来决定。在同样的温度和速度下，退火炉越长，导体晶格的恢复越充分。在退火温度较低时，炉温越高，伸长率越好，但退火温度很高时会出现相反的现象，温度越高，伸长率越小，并且导线表面失去光泽，甚至容易脆断。

退火炉温太高，不仅影响炉的使用寿命，而且停车整理、断线穿线时易烧断线。要求退火炉的最高温度控制在 $500^\circ\text{C}$ 左右。对炉子采用二段控温形式，在静态和动态温度近似的位置选择控温点是有效的。

铜在高温下容易氧化，氧化铜是很酥松的，漆膜不能牢固的附著在铜导线上，氧化铜对漆膜的老化有催化作用，对漆包线柔韧性、热冲击、热老化都有不良影响。要铜导线不氧化，就要使在高温下的铜导线不和空气中的氧接触，因此要有保护气体。大部分的退火炉一头水封，另一头开著。退火炉水槽中的水有三个作用：封闭炉口，冷却导线，发生蒸汽做保护气体。在刚开车时由于退火管内的水蒸汽很少，不能及时排除空气，可以往退火管内灌少量的酒精水溶液(1：1)。(切注意不可灌纯酒精及控制使用量)

退火水槽中的水质非常重要。水中的杂质会使导线不清洁影响涂漆，无法形成光滑的漆膜。使用中水的含氯量需小于5mg/l，电导率小于50  $\mu$  /cm。氯离子附在铜导线的表面经过一段时间后会腐蚀铜线和漆膜，在漆包线漆膜内的导线表面产生黑点。为保证品质必须定期清洗水槽。

水槽中的水温也有要求。水温高有利于发生水蒸汽对退火中的铜线进行保护，离开水箱的导线不易带水，但对导线的冷却不利。水温低虽然起到冷却作用，但导线上带有大量的水，对涂漆不利。通常，粗线水温低一些，细线水温高一些。当铜线在离开水面时有使水汽化飞溅的声音时，说明水温太高。一般粗线控制在50~60，中线控制在60~70，细线控制在70~80。细线因速度快，带水问题严重，宜采用热风烘干。

## 涂漆

涂漆是将漆包线漆涂复在金属导体上形成有一定厚度的均匀漆层的过程。这关系到液体的几个物理现象和涂漆方法。

### 1. 物理现象

1) 粘度当液体发生流动时，分子之间相互碰撞使一层分子带著另一层分子运动，由于相互的作用力又使后一层分子阻碍前一层分子的运动，由此表现出活动的沾滞性，这就叫做粘度。不同的涂漆方法，不同的导线规格对漆的粘度要求不同。粘度的大小主要关系到树脂分子量的大小，树脂分子量大，漆的粘度大，用于涂制粗线，因为分子量大得到的漆膜的机械性能较好。小粘度的用于涂制细线，树脂分子量小容易涂均匀，漆膜较光滑。

2) 表面张力液体内部的分子周围都存在著分子，这些分子之间的引力能达到暂时平衡，而处在液体表面的一层分子，一方面受到液体分子的引力，其作用力指向液体的深处，另一方面受到气体分子的引力，但气体分子比液体分子少，距离又远，因此液体表面层的分子受液体内部的引力大，使液体的表面尽量的收缩，形成圆珠形。在相同体积的几何形状中球形的表面积最小，如果液体不受其它力的作用，在表面张力作用下总是球形。

根据漆液表面的表面张力作用，不均匀的表面其各处的曲率不同，各点的正压力不平衡，在进入漆包炉之前，厚处的漆液受表面张力作用向薄处流动，使漆液趋于均匀，这个过程就叫做流平过程，漆膜的均匀程度除受流平作用影响外，还受重力作用的影响，是两者合力的结果。

带漆导线出毛毡后，有一个拉圆的过程。因为导线涂上漆经毛毡后，漆液形状呈橄榄形，这时漆液在表面张力作用下，克服漆液自身的粘度，在一瞬间转变为圆形。漆液的拉圆过程如图所示：

1—涂漆导线在毛毡中 2—出毛毡的瞬间 3—漆液因表面张力而被拉圆

若线的规格较小时，漆的粘度较小，所需拉圆的时间也较少；若线的规格增大，漆的粘度也增大，所需拉圆的时间也较大。在高粘度的漆中，有时表面张力不能克服漆液的内磨擦力作用，则造成漆层不均匀。

当带漆导线出毛毡后，在漆层的拉圆过程中还有一个重力作用的问题。若拉圆作用时间很短，则橄榄形的尖角很快消失，重力作用对其影响时间很短，导线上漆液层比较均匀。若拉圆时间较长，则两端尖角存在时间较长，重力作用时间也较长，这时尖角处的漆液层有向下淌流的趋势，使局部地区漆层增厚，表面张力又促使漆液拉成球状，而成为粒子。由于重力作用在漆层厚时非常突出，所以每道涂漆时，不能涂得太厚，这就是漆包线涂制时采用“薄漆多涂”的理由之一。

涂制细线时如涂得厚，在表面张力作用下收缩，形成波浪状或竹节形的毛线。

导线上若有极细的毛刺，在表面张力的作用下毛刺既不容易上漆，又容易流失变薄，造成漆包线的针孔。

若圆导线本身成椭圆形，涂漆时在附加压强的作用下，漆液层在椭圆长轴的二端偏薄，在短轴的二端偏厚，形成显著的不均匀现象，所以漆包线用圆铜线的不圆度应符合要求。

漆中产生气泡时，气泡是在搅动和加料过程中裹进漆液中的空气，由于空气比重小，靠浮力使其上升到外部表面，但由于漆液的表面张力作用又使空气不能突破表层而留在漆液中，这种带有空气泡的漆液涂在导线表面上进入漆包炉，经过加热，空气急剧膨胀，在漆液表面张力因受热而减少时就冲出表面造成漆包线表面不光滑。

3) 湿润现象水银滴在玻璃板上缩成椭圆形，水滴在玻璃板上展开形成中心稍凸的薄层，前者为不湿润现象，后者为湿润现象。湿润现象是分子作用力的一种表现，如果液体分子间的引力小于液体与固体之间的引力，液体就湿润固体，这时液体就能很均匀的涂复在固体的表面上；如果液体分子间的引力大于液体与固体分间的引力，液体就不能湿润固体，液体涂在固体表面上就会缩成一团一团的。所有的液体各自能湿润某些固体而不能湿润其他一些固体。液面的切线与固体表面的切线间的夹角叫接触角，接触角小于 $90^\circ$  液体湿润固体，大于等于 $90^\circ$  液体不湿润固体。

铜导线表面光亮清洁，就可涂上一层漆，如果表面沾有油污，影响了导线与漆液两个界面间的接触角，漆液对导线由湿润变为不湿润。如果铜线硬，表面分子晶格排列不规整对漆的引力就小，不利于漆液对铜线的湿润。

4) 毛细现象湿润管壁的液体在管中升高，不湿润管壁的液体在管中下降的现象叫毛细现象。这是由于湿润现象和表面张力的作用形成的。毛毡涂漆就是利用毛细现象。在液体湿润管壁的情况下，液体沿管壁上升形成凹形面，使液体的表面积增大，而表面张力要使液体的表面收缩到最小，在这个作用力下使液面趋向水平，管中液体随著上升，直至湿润和表面张力向上拉引的作用和管内升高液柱的重量达到平衡时，管中的液体才停止上升。毛细管越细，液体的比重越小，湿润的接触角越小，表面张力越大，毛细管内的液面上升得越高，毛细现象越显著。

## 2. 毛毡涂漆法

毛毡涂漆法结构简单，操作方便，只要用毛毡夹板将毛毡平整的夹在导线的二侧，利用毛毡松、软、有弹性、多毛孔的特点，使其形成模孔，刮去导线上多余的漆，通过毛细现象吸收、储存、输送、弥补漆液，将导线的表面涂上均匀的漆液。

毛毡涂漆法不适用于溶剂挥发过快或粘度过大的漆包线漆，挥发过快和粘度过大均会使毛毡的毛孔堵塞很快失去其良好的弹性和毛细管虹吸能力。

使用毛毡涂漆法必须注意：

1) 毛毡夹具与烘炉进口的距离。考虑涂漆后的流平性和重力两者间的合力作用，线行进时悬垂度和漆液重力的因素，(卧式机)毛毡与漆缸的距离50—80mm，毛毡与炉口的距离200—250mm为宜。

2) 毛毡的规格。涂制粗规格时要求毛毡阔、厚、松软、弹性大、毛细孔多，毛毡在涂漆中易形成比较大的模孔，储漆量多，输漆快。涂细线时要求窄、薄、细密、毛细孔细小，可使用棉毛布或汗衫布包住毛毡，形成细密柔软的表面，使涂漆量少而均匀。

涂漆毛毡尺寸、密度要求

规格mm 阔 × 厚密度 g/cm<sup>3</sup> 规格mm 阔 × 厚密度 g/cm<sup>3</sup>

0.8~2.5 50 × 16 0.14~0.16 0.1~0.2 30 × 6 0.25~0.30

0.4~0.8 40 × 12 0.16~0.20 0.05~0.10 25 × 4 0.30~0.35

0.2~0.4 40 × 8 0.20~0.25 0.05 以下 20 × 3 0.35~0.40

3) 毛毡的质量。涂漆要求使用纤维细、长的优质羊毛毛毡(国外已开始采用耐热性和耐磨性均优良的全合成纤维代替羊毛毡)。含脂量小于0.5%，酸碱度pH=7，平整，厚度均匀。

4) 毛毡夹板的要求。夹板必须精刨加工，不生锈，保持与毛毡有平整的接触面，不能有弯曲、变形。随线径的不同，制备不同重量的夹板，尽量靠夹板的自重力来控制毛毡的松紧度，避免用松紧螺丝或弹簧等部件压紧。自重力压紧的方法能使各根线的涂漆层相当一致。

5) 毛毡与供漆要有很好的配合。在漆料不变的情况下，通过调节输漆辊筒的转数，可以控制供漆量。毛毡及夹板与导线位置的安排应使形成模孔与导线成水平，以保持毛毡对导线周围的压力均匀。卧式漆包机导轮的水平位置需低于漆辊顶部，漆辊顶部和毛毡夹层中心高度位置必须在同一水平线上。为保证漆包线的漆膜厚度和光洁度，宜采用小循环供漆，漆液抽入大漆箱，循环漆从大漆箱抽入小漆槽，随著漆的耗用，大漆箱内漆不断补充小漆槽，使小漆槽内的漆保持均匀的粘度和固体含量。

6) 涂漆毛毡经过一段时间的使用后毛细孔会被铜丝上的铜粉或漆中其他杂质堵塞，生产中的断线，粘线或接头也会使毛毡松软均匀的表面受到划伤破坏，导线长期通过与毛毡磨擦使其表面受到损伤，炉口处温度辐射使毛毡变硬，所以需定期更换。

7) 毛毡法涂漆有其不可避免的缺点。经常更换工时利用率低，废品增加，毛毡损耗量大；线与线之间的漆膜厚度不易达到一致；容易造成漆膜偏心；车速受到限制。因为线速过快时导线与毛毡间相对运动所造成的磨擦会产生热量改变漆的粘度，甚至发烫把毛毡烧焦；操作不当把毛毡带入炉内造成著火事故；使漆包线的漆膜中有毛毡丝，特别会对耐高温的漆包线有不良影响；不能使用高粘度的漆，成本增加。

### 3. 涂漆道次

涂漆道次的多少受漆液的固体含量，粘度，表面张力，接触角，干燥速度，涂漆方法，漆层厚度等的影响。一般的漆包线漆都要经过多次涂复多次烘烤才能使溶剂蒸发充分，漆基树脂反应完全，形成良好漆膜。

涂漆速度 漆固含量 表面张力 漆层漆粘度 涂漆方法

快慢 高低 大小 厚薄 高低 毛毡模具

涂漆道次 多少 少多 少多 多少 少多 多少

第一道漆层比较关键，如果过薄会使漆膜产生一定的透气性使铜导体氧化，最后造成漆包线表面发花。过厚则可能使交联反应不能充分而出现漆膜附着力下降，拉断后出现尖端缩漆。

最后一道漆膜薄一些有利于漆包线的耐刮性能。

生产细规格线，涂漆道次的多少直接影响外观和针孔等性能。

烘焙

导线经过涂漆后进入烘炉，首先将漆液中的溶剂蒸发，然后固化，形成一层漆膜，再涂漆，烘焙，如此重复数次便完成了漆包的烘焙全过程。

## 1. 烘炉温度的分布

烘炉温度的分布对漆包线的烘焙关系非常大。烘炉温度的分布有二个要求：纵向温度和横向温度。纵向温度要求是曲线形的，即由低到高，再由高到低。横向温度要求直线形。横向温度的均匀性依靠设备的加热、保温、热气对流等因素来满足。

漆包工艺要求漆包炉需达到

- a) 温度控制准确， $\pm 5$
- b) 炉温曲线可以调节，固化区最高温度达550
- c) 横向温差不超过5。

烘炉中一般有三种温度：热源温度、空气温度、导线温度。习惯上说的炉温是利用放在空气中的热电偶所测定的，温度一般接近炉膛内气体的温度。 $t_{源} > t_{气} > t_{漆} > t_{线}$  ( $t_{漆}$ 为漆料在烘炉内产生物理化学变化的温度) 通常 $t_{漆}$ 比 $t_{气}$ 低100左右。

烘炉的纵向分为蒸发区和固化区。蒸发区以蒸发溶剂为主，固化区以固化漆膜为主。

## 2. 蒸发

绝缘漆涂到导线上以后，在烘焙中首先将溶剂和稀释剂蒸发。液体变成气体有二种形式：蒸发和沸腾。液体表面的分子进入空气叫蒸发，它在任何温度下都能进行，受温度和密度的影响，高温低密度都能使蒸发加快。当密度达到一定的数量时，液体就不再蒸发而成为饱和状态。液体内部的分子变成气体形成气泡上升到液体的表面，气泡破裂放出蒸气，这种液体内部和表面的分子同时气化的现象叫沸腾。

漆包线的漆膜要求光滑，溶剂的气化必须以蒸发的形式进行，绝对不允许沸腾，否则漆包线的表面就会产生气泡和毛粒。随著漆液中溶剂的蒸发，绝缘漆越来越浓，漆液内部的溶剂迁移到表面时间变长，尤其是粗规格漆包线，由于涂的漆液厚，蒸发时间需加长才能避免内部溶剂的气化现象，得到光滑的漆膜。

烘炉蒸发区的温度，取决于溶液的沸点，沸点低蒸发区温度就低一些。但导线表面上的漆液温度是由炉温传递而来，再加上溶液蒸发的吸热，导线的吸热，因此导线表面上的漆液温度要比炉温低得多。

细规格漆包的烘焙，虽然也有蒸发的阶段，但由于涂在导线上的漆液薄，在很短的时间内溶剂就蒸发了，因而蒸发区的温度可以高一些，如果漆膜在固化时需要低一些的温度，如聚氨酯漆包线，相比之下蒸发区的温度还要高于固化区的温度。如果蒸发区温度低，漆包线的表面形成缩漆毛，毛的形状有时像波浪状或竹节状，有时成凹形。这是因为导线涂漆后在导线上形成一层均匀的漆液，如果不迅速烘焙成膜，由于漆液的表面张力和湿润角作用造成缩漆，当蒸发区温度低时漆液的温度也低，溶剂蒸发时间长，漆液在溶剂蒸发时的运动性小，流平性差，当蒸发区温度高时，漆液的温度也高，溶剂的蒸发时间短，漆液在溶剂蒸发时的运动性大，流平性好，漆包线的表面就光滑。

如果蒸发区温度过高，则涂好漆层的导线一进入烘炉其外层的溶剂就急速蒸发使漆基树脂很快形成“胶冻”从而阻碍内层溶剂继续向外迁移，结果内层大量的溶剂随著线的行进进入高温区后受到强制性蒸发或沸腾，破坏了表层漆膜的连续性，造成漆膜的针孔、气泡等质量问题。

## 3. 固化

导线经蒸发区后进入固化区，在固化区主要发生的是漆的化学反应，即漆基的交联固化。例如聚酯漆是将线型结构的树脂经过交联结成网状结构的漆膜。固化反应非常重要，它直接关系到漆包线的多项性能

。如固化不够影响漆包线的柔韧性、耐溶剂、耐刮、软化击穿。有时虽然当时各项性能都好，但漆膜稳定性差，存放一段时间后，性能数据下降，甚至不合格。如果固化过度，漆膜变脆，柔韧性、热冲击下降。多数漆包线可以通过漆膜的颜色来判断固化程度，但因为漆包线是经过多次烘焙而成，仅从外观判断是不全面的。当内部固化不够，外部固化却很充分时，漆包线颜色很好，但剥离性很差，进行热老化试验，可能漆膜套管或大脱皮。反之，内部固化很好但外部固化不足时，漆包线的颜色也很好，但耐刮性很差。

固化反应中，溶剂气体的密度大或气体内的湿度大都影响结膜反应，使漆包线的漆膜强度下降，影响耐刮性能。

漆膜的适当固化，主要取决于烘焙温度和烘焙时间。在同样的条件下，烘焙温度高，固化程度大；同样的烘焙温度下，烘焙时间长固化程度大。烘焙时间也就是行线速度。

在炉温过高的情况下，已交联的高聚物链节特别是枝状侧链会断裂发生裂解产生分子量较低的低分子聚合物，冷凝后形成烟油(老胶)。如果低分子物质在逸出的过程中，通风不好，有可能在炉口、烟囱中形成老胶及在线上产生老胶粒子，影响产品质量。老胶的数量在一定程度上反映了高分子物的裂解程度。如果大多数漆基树脂发生了裂解，这时漆膜的机械性能，电气性能和热性能都会明显下降。

漆包线的品种不同对漆膜的固化程序要求也不同，多数漆包线都是每涂一次漆就要充分的烘焙使漆膜很好的固化。但聚先亚胺漆包线就完全不同，如果每涂一次漆在烘焙时充分的，固化，各次涂漆的漆膜之间会分层，不能结成一个牢固的整体，漆膜的强度很差，耐刮性能不合格。这是由于聚先亚胺漆膜经烘焙后充分的固化成为不熔物质，再加上其附著性差的特点，造成漆膜分层现象，在做耐刮试验时，漆膜会被一层一层刮破。因此聚先亚胺烘焙时使漆膜基本固化但不充分，在漆膜的部分分子中尚有少量的基端没有进行反应，当各次涂漆烘焙完全结束，最后再进行高温烘焙，使漆膜充分固化，结成一个比较牢固的整体。

#### 4. 排废

在漆包线的烘焙过程中产生的溶剂蒸气和裂解的低分子物必须及时排出炉膛。溶剂蒸气的密度和气体中的湿度都会影响烘焙过程中的蒸发和固化，低分子物对漆膜的光洁和光亮都有影响。另外溶剂蒸气的浓度关系到安全，所以排废对产品质量、安全生产、热能消耗都是很重要的。

单从产品质量和安全生产考虑排废量要大一些，但在排废的同时要带走大量的热量，因此排废要适当。催化燃烧热风循环炉通常排废量是热风量的20~30%。排废量的多少取决于溶剂的使用量，空气的湿度，烘炉的热量。每使用1kg溶剂，约需排废40~50m<sup>3</sup>(换算成室温)。从炉温的加热情况，漆包线的耐刮性能，漆包线的光泽程度也可以判断排废量的多少。若炉温加热长时间处于关闭状态，但温度指示值还是很高，说明催化燃烧所产生的热量已等于或大于烘炉消耗的热量，烘炉将出现高温失控状态，应适当增加排废量。若炉温加热长时间处于加热状态，但温度指示并不高，说明热量消耗太多，很可能是排废量多，经检查证实后，应适当减少排废量。当漆包线的耐刮性能较差时，有可能是炉膛内气体湿度太高，尤其是夏季的潮湿天气，空气中的湿度很高，再加上溶剂蒸气催化燃烧后生成的水分，使炉膛内的气体湿度更高，这时要增加排废量。炉膛内气体的露点不大于25℃。如果漆包线的光泽差，不光亮，也有可能是排废量小，这是因为裂解的低分子物没有排出而附在漆膜表面上使漆膜失去光泽。

冒烟是卧式漆包炉上常见的一种不良现象。根据通风理论，气体总是由压力高的点流向压力低的点。炉膛内气体受热后，体积急剧膨胀，压力升高，当炉膛内出现正压力后，炉口就冒烟，可增大抽风量或减小送风量，恢复负压区。如果只有一端炉口冒烟，则是由于该端送风量过大，局部风压高于大气压力，致使补充空气无法从炉口进入炉膛，减小送风量，使局部正压消失。

#### 冷却

从烘炉中出来的漆包线，温度很高，漆膜很软，强度很小，如果不及时的冷却，经过导轮漆膜受到损伤，影响了漆包线质量。行线速度比较慢时，只要有一定长度的冷却段，漆包线可自然冷却，行线速度快时自然冷却达不到要求，必须强制冷却，否则无法提高线速度。

强制风冷是广泛采用的方法。用鼓风机通过风管和冷却器对线进行逆流冷却。注意风源必须经净化后使用，以免把杂质和灰尘吹到漆包线表面，沾在漆膜上，产生表面问题。

水冷效果虽然很好，但会影响漆包线的质量，使漆膜含水份，降低漆膜的耐刮、耐溶剂等性能，不宜采用。

### 润滑

漆包线的润滑对收线的紧密程度有非常大的关系。漆包线使用的润滑剂要求能够使漆包线的表面滑，对线无危害，不影响收线盘的强度及不影响用户的使用为原则。理想的涂油量要达到手感漆包线滑，但手上看不到明显的油。从定量上来说，1m<sup>2</sup>的漆包线表面上涂1克的润滑油即可。

常见的润滑方式包括：毛毡涂油、牛皮涂油和滚筒涂油。生产中，选择不同的润滑方式和不同的润滑油，以满足漆包线在绕线使用过程中的不同要求。

### 收线

收、排线的目的是将漆包线连续、紧密、均匀地缠绕到线轴上。要求收线机构传动平稳，噪音小，张力适当和排线规整。在漆包线的质量问题中，由于收、排线不好造成退货的比例是很大的，主要表现在收线张力大，线径被拉细或线盘爆裂；收线张力小，线盘上的线松造成乱线，排线不平造成乱线。虽然这些问题大部分是操作不当造成的，但在工艺上也需采取必要措施给操作人员带来方便。

收线张力非常重要，这主要依靠操作人员的手感控制。根据经验提供部分数据如下：1.0mm左右的粗线约为不延伸张力的10%，中线约为不延伸张力的15%，细线约为不延伸张力的20%，微细线约为不延伸张力的25%。

合理确定排线速度和收线速比是非常重要的。排线线距小容易造成线盘上的线高低不平，线距太小时，收线时的后面几圈线压在前面几圈线上，达到一定高度又突然坍塌，使后面的一圈线压在前面一圈线下面，用户使用时将轧断线，影响使用。线距太大，第一批线与第二批线排线成交叉形状，线盘上的漆包线空隙多，线盘容线量减少，漆包线外观乱。通常盘芯较小的线盘，排线的线间中心距以线径的三倍为宜；盘径较大的线盘，线间中心距以线径的三至五倍为宜。线速比参考值1：1.7~2。

经验公式  $t = (r+r) \times l / 2v \times d \times 1000$

t—排线单向行程时间(min) r—线轴侧板直径(mm)

r—线轴筒体直径(mm) l—线轴开档距离(mm)

v—线速度(m/min) d—漆包线外径(mm)

## 七、操作方法

漆包线质量的优劣，虽然在很大程度上取决于漆、导线等原材料的质量和机器设备的客观情况，但是在操作上没有认真对待烘焙、退火、车速等一系列问题及认识其相互关系，没有掌握操作技术，不认真做好巡回工作和停车整理工作，不搞好工艺卫生，即使客观条件再好，也生产不出优质的漆包线来。因此做好漆包线的决定因素是人，是人对工作的责任感。

1. 催化燃烧热风循环漆包机在开车前，应先开风机，使炉内空气以慢速循环。将炉膛和催化区用电热进行预热，使催化区的温度达到规定的催化剂的起燃温度。

2. 生产操作中“三勤”、“三查”。

1) 勤量漆膜 每小时测量一次，测量前千分卡校正零位。量线时千分卡与线保持同速，大线要在两个互相垂直的方向上进行测量。

2)勤校排线 经常观察来回排线和张力松紧，并及时校正。检查润滑油是否适当。

3)勤看表面 经常观察漆包线在涂制过程中有无粒状，脱漆等不良现象，查清原因，马上校正。对车上的不良产品，及时下轴。

4)查运转 检查各运转部件是否正常，注意放线轴的松紧，防止轧头、断线和线径拉细。

5)查三度 根据工艺要求，检查温度、速度、粘度。

6)查原材料 生产过程中继续注意原材料是否符合技术要求。

3. 在漆包线生产操作中，还应注意爆炸和火烧问题。火烧的情况有下面几种：

一是整个炉膛全面火烧，往往是由于炉膛横截面全部蒸气密度过大或炉温过高引起；二是由于穿线时，几根线的涂漆量过多，而引起几根线起火。防止火烧首先要严格控制工艺炉温，第二要使炉膛通风顺畅。

4. 停车后的整理

停车后的整理工作主要是指清理炉口的老胶，清洗漆缸和导轮并做好漆包机和周围的环境卫生工作。为了保持漆槽内的清洁，如不随即开车，应把漆槽用纸盖好，以免不洁物的引入。

9规格测量

漆包线是电缆线的一种，漆包线的规格，都是按裸铜线的直径大小来表示的（单位是mm）。漆包线规格的测量，实际就是对裸铜线直径大小的测量，一般用于千分尺测量，千分尺的准确度能达到0.01mm，漆包线规格（线径）的测量有直接测量法和间接测量法。

直接测量法

直接测量法，上就是直接测量裸铜线的直径，需要先将漆包线的漆皮烧掉，要采用火烧法。电动工具用串励电动机转子使用的漆包线的线径都很小，在用火烧时要多次短时烧，否则可能烧断、影响效率。烧后用布将烧焦的漆皮擦干净，再用千分尺测量出裸铜线的直径，裸铜线的直径就是漆包线的规格。

烧漆包线的漆皮可以使用酒精灯，也可以使用蜡烛。

间接测量法

间接测量法，就是测量漆包铜线（含漆皮）的外圆直径，然后根据漆包铜线（含漆皮）的外圆直径的数据。该方法不用用火烧漆包线的漆皮，效率高。如能知道漆包铜线的具体型号，再查漆包线规格（线径）是比较准确的。

【小经验】

无论采用哪种方法，都要测量不同的根数或部位3次，以保证测量准确。当3次测量数据差异较大时，有可能是并绕用线，要认真分析。

无论采用哪种方法，在测量前都要将线拉直后测量，以保证测量准确。当3次测量数据差异较大时，也可能时线没有拉直所致。

直接测量法一般用于旧线（烧坏绕组取下的）的测量，间接测量法一般用于新绕的测量，这样比较方便



和快捷。

#### 10去皮方法

对于漆包线较粗，可用刀或断锯片将漆皮逐跟刮除。刮除时不要只刮两面，要沿圆周围仔细顺刮，不要刮伤导线。此方法叫刮削除漆法。

对于较细的漆包线，用刮削除漆法会刮断导线，可用火烧除漆法，操作时将转子总成竖起，将线头向外理直，比对好长度后用钳子夹住导线不需脱皮的部位，然后用酒精灯（也可用蜡烛）烧导线，烧去漆皮，冷却后用细纱布轻擦擦除。本方法除漆皮工效高，但操作掌握不好则容易烧伤、烧断导线。

对于耐温级为130(b)、155(f)、180(h)的漆包铜线，可用漆包线专用脱漆剂进行去皮。此方法去皮速度快，对铜线无腐蚀，气味小。

#### 11多线头

因为漆包线的生产机台都是单头放线，单头收线，是不存在有多线头的。

实际上，大多数"多线头"产生于用户----电子厂。在放线过程中，每隔几分钟要停一次机换变压器骨架。停机时，有的机台放线张力控制不到位，由于惯性使然，上面的线圈垮下来，压住了下面的线头，再开机时，线头被压住导致拉断。形成了最初的乱线。断线后不能正常使用，肯定要把线轴从绕线机取下处理。处理好了的当然能继续使用。但是，在处理乱线过程中，不小心弄断一根线，就变成了三个头，弄断二根线，就变成了五个头.....

这样一来，这轴线无法处理了，由制程退到仓库，仓库以多线头的名义退给生产厂。这就是“多线头”产生及退货的过程。其实，多线头很容易处理：用锋利刀片再挑断数圈线，抓住挑断的线头往上拉。直到出现一个头为止。

本产品的加工定制是是，品牌是华泰，型号是0.1-5，绝缘性质是聚酯亚胺/聚酰胺酰亚胺漆包线，芯数是1，护套材质是PVC，拉伸强度是强，电线最大外径是5（mm）（mm），材料形状是圆线，绝缘厚度是0.003（mm），产品认证是ROHS