

《漆包线性能的检测流程及分类》

漆包线是电机、电器、仪表和电讯行业的一个关键材料。漆包线的性能应满足电气产品的设计要求、加工要求和运行要求。漆包线的使用单位要求漆包线的质量能通过一种严肃的制度和科学的手段来保证。

一、[几何尺寸](#)

1. 裸导线直径的允许公差

裸导线的允许公差是指裸导线直径的实际值与规定值之间的允许偏差。

从使用的角度来说，希望公差越小越好，有利于设计时电阻、圈数等方面的计算。但制造时模具的模孔在拉伸过程中要磨损变形，如果公差要求过严，就要经常调换模具，造成工艺操作上和模具供应方面的困难。制订标准时使用单位的实际要求和生产单位的技术可能性要做到“物尽其用”。

2. 截面不圆度

指导线同一截面直径最大测量值与最小测量值之差。不圆度不合格会造成漆包线颜色发花（阴阳面）。

3. 最大外径及最小漆膜厚度

大外径超差，会使线圈尺寸加大，绕线圈时容纳不下。漆膜过薄，会产生针孔、耐压、耐刮、耐化学性能、耐老化等性能下降或造成废品。

4. 检验工具：

千分尺，精度应符合下列规定：

测量标准尺寸为 0.090mm 及以下者用表头示值误差为 1μ 的杠杆千分尺。

测量标准尺寸为 0.100~0.250mm 者用示值误差为 2μ 的 0 级千分尺。

测量标准尺寸为 0.280mm 及以上者用示值误差为 4μ 的 1 级千分尺。

5. 测量

测量时 2 点相距 1 米 3 面，6 个测量值的平均值为测量结果。尺寸是否合格皆以平均值与标准比较进行判断。

二、[机械性能](#)

联系:王成军 15372600071 QQ:503758071

开户银行:中国银行北仑支行高风分理处

电话:0574-86825071 传真:0574-56877217

帐号:401360776738 税号:330206587487912

网址:<http://www.nbkeyq.com>

地址:宁波北仑区明州路长江国际大厦 B 座 1105 室

漆包线绕制线圈时，在电机线圈的嵌线工艺以及在用电气产品的运行过程中，都有机械力作用于漆包线上，例如绕制时有拉伸力、摩擦力和弯曲力矩；在嵌线工艺中有摩擦力；运转中有因振动而引起的匝间摩擦。如果漆包线的芯线或漆膜达不到要求，则上述这些机械力都会对漆包线带来不同程度的损伤。如导线韧炼不足，使延伸率过小，细线在绕线时可能被拉断；韧炼过度，延伸率过大，容易拉细截面，造成电阻增大。漆膜烘焙过老，漆包线漆膜弹性下降，在绕线时的弯曲力矩作用下，造成漆膜开裂，丧失绝缘性能；如烘焙不够，则嵌线时容易擦伤漆膜，造成电机绕组短路。因此，在模拟使用要求的基础上，建立各项机械性能试验是十分必要的。

1. 伸长率试验

推荐型号：[SC-5 伸长率试验仪](#)，[SC-5A 伸长率拉力试验仪](#)。

伸长率是模拟漆包线绕线工艺而建立的，目的是控制导线对缠绕线圈的适应性，保证作业顺利进行。

漆包线经过拉伸后，其附着力、耐刮性、弹性、热冲击、耐溶剂性都会下降。

影响漆包线伸长率的因素：

a. 铋、硫、铁、铝、锑、氧等元素的介入，将导致铜材脆化。这些杂质元素（氧以氧化亚铜的共晶体形式）分布于晶粒之间的接口上，阻碍了漆包线伸长时内部晶格的滑动趋势，使晶格不易变形而破坏，导致导线在伸长率不大的情况下即被拉断。另外，在压延过程中，铜杆有时带进夹杂、卷边、刮伤、裂缝等缺陷，也是造成伸长率不高的因素。

b. 在漆包过程中，如果涂漆道次和回线次数太多，在导轮直径不够大的情况下，导线两面不断受到拉伸和压缩的交递变形，造成晶格的歪扭，在伸长时，容易拉断。漆包机运转时，导线承受过大的张力将使线材拉细，由于晶格上原子或离子因滑动而产生的位移，形成了残余内部应力，线材脆性提高伸长率下降。特别是放线机构的灵活性和收线张力的大小直接影响伸长率。

c. 韧炼程度与伸长率大小有很大关系。伸长率在一定范围内随着退火温度提高而提高，但超过一定温度后，反而会下降。

d. 伸长率试验中，高速拉伸伸长率将下降。

联系:王成军 15372600071 QQ:503758071

开户银行:中国银行北仑支行高风分理处

电话:0574-86825071 传真:0574-56877217

帐号:401360776738 税号:330206587487912

网址:<http://www.nbkeyq.com>

地址:宁波北仑区明州路长江国际大厦B座1105室

2. 回弹角试验

推荐型号：[HTJ-16B 回弹角试验仪](#)，[HTJ-16A 回弹角试验仪](#)，[BYH-52 扁圆线回弹角试验仪](#)。

漆包线的柔软度是使用中的一个重要指标。在骨架上绕成的线圈，如漆包线因柔软度不好而回弹变形，线圈直径变大，骨架内容纳不下；绕制矩形线圈，由于回弹作用会从槽中回跳出来。柔软度直接影响线圈绕组的加工质量和劳动生产率。

影响回弹角的因素：

a. 退火程度。在充分退火的导线里，内部没有或很少有残余内应力，做回弹试验时，材料只依靠试验本身所引起的应变势能进行回弹，所以回弹角较小。在拉伸过程中，进行中间退火的工艺比直接拉伸工艺回弹角小 $5^{\circ}\sim 6^{\circ}$

b. 车速越快，回弹角越大。车速快，退火时间短，回弹角增大。

c. 漆膜越厚，回弹角越大。漆膜本身具有弹性，在回弹角试验仪上卷绕时，线本身受到拉力和弯曲应力，当外力去掉后，除铜线本身自弹外，漆膜本身的弹性变形也要回弹。

d. 烘炉温度。烘炉温度越高，回弹角越小。铜线在进漆包炉的过程中，相当于又继续进行一次软化。

e. 回弹角与生产工艺有很大关系，但各种影响因素是相互制约的，需要全面考虑整体性能。

影响回弹角试验结果的因素：

卷绕速度、自由回弹、绕棒直径、导线直径、负荷、拉伸、指针长度。

3. 柔韧性及附着性

推荐型号：[BL-3 漆包线剥离试验仪](#)，[JLD-10 急拉断试验仪](#)，[JLS-10 急拉伸试验仪](#)，[JMY-16 静态摩擦系数试验仪](#)，[JR-16 漆包线卷绕试验仪](#)，[JRB-16 卷绕试验棒](#)，[RZH-20 热粘合试验装置](#)，[YST-16 延伸弹回柔软度试验仪](#)，[BXW-16 扁线弯曲试验机](#)。

柔韧性及附着性试验包括卷绕、拉伸、急拉断、剥离扭绞试验。

漆包线在绕制线圈时受到两种外力作用：

a. 拉伸力，如果漆膜的弹性不足，漆膜受力后的伸长率跟不上导体的伸长，漆膜就会

联系：王成军 15372600071 QQ:503758071

开户银行：中国银行北仑支行高风分理处

电话：0574-86825071 传真：0574-56877217

帐号：401360776738 税号：330206587487912

网址：<http://www.nbkcyq.com>

地址：宁波北仑区明州路长江国际大厦 B 座 1105 室

开裂。

b. 弯曲力，弯曲后外缘的漆膜伸长，内缘的漆膜被压缩，如果弹性不好，漆膜也会开裂。细线容易被拉伸，用伸长法测试；粗线受弯曲影响大，用卷绕法测试。

c. 漆膜延伸率随着卷绕倍径的减少而增大。5 倍卷绕延伸率为 16.7%；4 倍卷绕延伸率为 20%；3 倍卷绕延伸率为 25%；2 倍卷绕延伸率为 33.3%；1 倍卷绕延伸率为 50%。

影响漆膜弹性的因素：

a. 漆膜附着力。漆膜本身的伸长率很小，当涂到导线上后具有附着力，这是由于漆与金属彼此之间分子的相互扩散而引起。漆包线漆是极性高聚物，与导体相溶性好，有利于分子扩散，附着力好。如果导线表面有非极性物质或污物污染，将降低漆膜的附着力。

b. 漆膜的柔性。一个高分子链的形状是不断运动的，在运动中卷曲情况较多，卷曲时高分子受到外力能在一定范围内伸缩。卷曲越厉害，伸缩范围越大，柔性越高，弹性越好。

c. 高分子链的柔性和它的主链组成有关。两个单链组合的碳原子可以围绕通过它们中心轴自由旋转。以—C—C—键组成的分子键，具有良好的柔软性。双键不能旋转，主链中含有双键，柔性就要下降。

d. 增加高分子的交联度，可以使高分子的刚性增加，但降低了柔性，当分子链交联后，联成了一个整体，束缚住交链点之间的分子链段的运动，过多的交联使材料失去柔性，增加脆性。对一定漆料来说漆膜的弹性的变化主要还是由于漆基树脂的交联情况，如果漆包线烘焙不足，漆基树脂未达到一定的交联度，未形成适当的体型结构，这时漆膜的弹性和附着力都差。如果烘焙过度，交联过高，则弹性也下降，此处漆膜表面粒子导致卷绕时应力集中，也会影响漆膜弹性。

影响漆膜弹性测试结果的因素：

若规定先拉伸再卷绕则拉伸速度需减慢；卷绕速度 1~3 转/秒。

4. 耐刮性

推荐型号：[ZDG-25 智能单向刮漆试验仪](#)，[WFG-15 往复刮漆试验仪](#)。

在线圈绕制成型，嵌线，电气产品运转中，都会有压力或摩擦力作用于漆包线上。漆膜的耐刮性能用漆膜在一定外力作用下的耐刮次数或刮破力来表示。

联系:王成军 15372600071 QQ:503758071

开户银行:中国银行北仑支行高风分理处

电话:0574-86825071 传真:0574-56877217

帐号:401360776738 税号:330206587487912

网址:<http://www.nbkeyq.com>

地址:宁波北仑区明州路长江国际大厦 B 座 1105 室

影响耐刮性的因素：

a. 漆膜本身的性能。漆膜的刚性大，有利于耐刮性。在一定车速范围内，车速慢，烘焙高，分子作用力就强一些。漆膜的摩擦系数小，运动时受到的摩擦力也小，漆膜就不容易被磨损。使用摩擦系数小的线型高聚物覆盖在一般漆膜表面，可以提高漆包线的耐刮性能。

b. 导线直径与漆膜厚度。在一定负重的条件下，漆包线的耐刮次数与其线芯直径的平方根和其漆膜厚度的 1.5 次方成正比。

c. 进口炉温。进口炉温过高或过低，漆膜外干内不干，耐刮性降低。

d. 催化燃烧风机的影响。热风循环进风量的大小直接影响进口炉温，要适当控制热风量，以免造成进口炉温过高或过低。

e. 固化炉温。固化温度过高或过低都影响漆包线耐刮性能。过低漆膜刚性低，过高又发脆。

影响试验结果的因素：

钢针 (0.23mm 及 0.55~0.56mm，表面光滑、平直)、负荷、操作中的移位元、刮削速度 (400mm/min 灵敏度最高)、短路电流 (20MA)。

三、耐热性能

推荐型号：[RDS-50 热态电压试验仪](#)，[RJ-20 软化击穿试验仪](#)，[ZRJ-20 智能软化击穿试验仪](#)。

漆包线的耐热性能是一项重要的指标，特别是对电机及有温升要求的组件或绕组来说具有较大的意义。它直接影响电气设备的设计和使用。电气设备的温升受到所使用的漆包线和其它绝缘材料的限制。如能使用耐热性能较高的漆包线和配套的材料，就可以在结构不变的条件下获得更大的功率，或在保持功率不变的条件下达到缩小外型尺寸、减轻重量、减少有色金属以及其它材料的消耗。

1. 热老化试验

用热寿命评定的方法来测定漆包线的热性能需半年到一年的时间 (UL 试验)。老化试验缺乏应用上的模拟性，但在生产过程中控制漆料质量和漆膜的烘焙程度仍具有实用意义。

联系:王成军 15372600071 QQ:503758071

开户银行:中国银行北仑支行高风分理处

电话:0574-86825071 传真:0574-56877217

帐号:401360776738 税号:330206587487912

网址:<http://www.nbkeyq.com>

地址:宁波北仑区明州路长江国际大厦 B 座 1105 室

对老化性能的影响因素：

a. 从制漆到漆包线烘焙成膜，再到漆膜的老化衰退的整个过程是高聚物的聚合成长和裂解衰退的过程。在制漆中一般是合成了初聚物，漆包初聚物交联成高聚物，同时产生热分解反应，老化则是烘焙的继续。由于交联和裂解反应，造成高聚物性能的下降。

b. 在炉温一定的条件下，车速的改变直接影响导线上的漆液蒸发和烘焙时间。合适的车速范围才能保证热老化性能合格。

c. 炉温过高或过低都将影响热老化性能。

d. 热老化作用的速度和氧气的存在与导体种类有关。氧的存在能引发高分子链的裂解反应，加速热老化的速度。铜离子能通过迁移作用进入漆膜，成为有机铜盐，对老化起催化作用。

试样取出后，应在室温条件下冷却，防止试样受到骤冷，影响试验数据。

2. 热冲击试验

耐热冲击试验就是研究漆包线的漆膜在机械应力作用下对热作用的忍受能力。

漆包线的漆膜由于延伸或卷绕而产生了伸长变形，分子链间相对位移使漆膜内贮藏了内部应力。当漆膜被加热时，此应力以漆膜收缩的形式表示出来。热冲击试验中，延伸后的漆膜本身因受热要收缩，但和漆膜粘合在一起的导线却阻止这种收缩，内外应力的作用对漆膜的强度是一个考验。不同品种的漆包线的漆膜强度不同，各种漆膜的强度随温升而下降的幅度也不同，在某一温度上，漆膜的热收缩力大于漆膜的强度，漆膜就开裂。漆膜的耐热冲击性能和漆料本身质量有关。对同一种漆来说，还与原材料的配比有关。

烘焙温度过高或过低都引起热冲击性能下降，漆膜厚的热冲击性能差。

3. 耐热软化击穿试验

在线圈中，下层漆包线受到上层漆包线张力而引起的压力，如果漆包线在浸渍的预烘或干燥过程中，或是在高温下运转时，漆膜受热软化，在压力作用下逐渐被挤薄，可能产生线圈的匝间短路。耐热软化击穿试验衡量漆膜在机械外力作用下，忍受热变形的能力，也就是研究压力下的漆膜在高温下塑性变形的能力，这项试验是热、电、力三者结合试验。

漆膜耐热软化击穿性能的高低决定于漆膜的分子结构和其分子链间作用力的大小。一

联系:王成军 15372600071 QQ:503758071

开户银行:中国银行北仑支行高风分理处

电话:0574-86825071 传真:0574-56877217

帐号:401360776738 税号:330206587487912

网址:<http://www.nbkeyq.com>

地址:宁波北仑区明州路长江国际大厦B座1105室

一般来说，含脂肪族线状分子材料多的漆膜，击穿能力差，含芳香族热固性树脂多的漆膜，击穿性能高。漆膜烘焙过度或过嫩也将影响击穿性能。

影响试验数据的因素：负荷重量、起始温度和升温速度。

四、电气性能

推荐型号：[ZLD-10 直流数字电阻测试仪](#)，[ZDS-50B 自动电压试验仪-单头](#)，[ZDS-50B 自动电压试验仪-五头](#)，[DRS-1A 电阻试验夹具](#)，[DZJ-15 直流电阻试验夹具](#)，[LDZ-15 直流电阻试验夹具](#)，[FTS-30 酚酞溶液针孔试验仪](#)，[DYQ-005A 低压漆膜连续性试验仪](#)，[ZGQ-16B 自动高压漆膜连续性试验仪](#)。

漆包线薄薄的一层漆膜要保证通过的电流在线圈内沿芯线环行以保证电磁感应使电机电器得以发挥作用。如果漆膜的介电性能不够，便会造成线圈短路，使电机电器报废。

1. 直流电阻

漆包线电阻值的过大或过小要引起绕成线圈总阻值的变化。总阻值的变化范围超过了设计中的允许公差，将影响到电机三相电压的平衡和微型电机的温升，并给仪表线圈的绕制带来困难。

导线的电阻与其长度成正比，与横截面成反比。导体杂质及韧炼程度对电阻有影响。

2. 击穿电压

在强电场的作用下，高聚物内束缚的电子可以由电场内获得能量而变为自由电子，按电场方向运动。运动中自由电子碰撞其它被束缚的电子时，又激发它们成为自由电子，这样自由电子越来越多，提高了高聚物的导电性。当电场强度超过某一定的数值时，在高聚物内就形成了一个联过两个电极间的孔道，使正在增强的电流在其中通过，高聚物就失去了绝缘性能而被击穿。这时施加电压的强度称为击穿电压。在电压击穿时所带来的热量会使高聚物产生热破坏，而呈现熔化烧焦的现象。

影响击穿电压的因素：漆膜厚度及不圆度、固化程度、漆中外界杂质。

影响击穿电压试验数据的因素：扭绞数、施加电压时间、升压速度、漆膜伸长、施压时温度。

3. 针孔性

联系:王成军 15372600071 QQ:503758071

开户银行:中国银行北仑支行高风分理处

电话:0574-86825071 传真:0574-56877217

帐号:401360776738 税号:330206587487912

网址:<http://www.nbkeyq.com>

地址:宁波北仑区明州路长江国际大厦B座1105室

细漆包线绕制的线圈匝数多，缠绕紧，线与线接触面多，如果漆包线漆膜的针孔多，两匝间针孔可能重合，造成短路。

影响针孔的因素：原料、导体、生产工艺过程、试验条件。

五、耐化学性能

推荐型号：[JRK-60 加热控制器](#)，[NRS-100 耐溶剂试验仪](#)，[ZHX-35 直焊性试验仪](#)。

耐化学性能包括耐酸、耐碱、耐盐雾、耐潮湿、耐油、耐溶剂、耐冷媒、耐辐射等方面的性能。

在线圈浸渍过程中，漆包线不单单要经受热冲击和软化击穿的热性能考验，还要能忍受浸渍漆中甲苯、二甲苯、石油溶剂、油等溶剂的侵蚀。不同的漆膜对不同的溶剂有不同的忍受性，浸渍时应根据漆包线的特性选用只含有对漆包线相适应的溶剂的浸渍漆。

漆膜耐溶剂性能主要取决于漆膜本身的特性。从分子结构上来说，漆膜是体型结构，交联链较长而交联度控制在一定的范围之内，它具有“有限溶胀”性。漆膜的溶胀可以理解为由于溶质分子与溶剂分子间的引力所导致的分子链间距离增大现象。在某一些溶剂中，属于体型结构的漆膜也能够溶胀，钻入高分子链段空隙间的溶剂，降低了高分子链间引力的作用，导致了漆膜的软化、发粘和硬度下降等情况。

联系:王成军 15372600071 QQ:503758071

开户银行:中国银行北仑支行高凤分理处

电话:0574-86825071 传真:0574-56877217

帐号:401360776738 税号:330206587487912

网址:<http://www.nbkeyq.com>

地址:宁波北仑区明州路长江国际大厦 B 座 1105 室