

# 漆包线污染物清洗工艺探索

蒋祖盛

桂林信息工程职业学院, 广西桂林, 541805;

**摘要:** 针对电磁继电器电磁线圈漆包线上存在的石蜡等污染物对继电器的影响, 对漆包线上污染物清洗的必要性和工艺方法进行研究, 简要介绍漆包线上污染物的清洗工艺方法, 并根据相关试验数据, 计算归纳出了漆包线上污染物估算经验公式。

**关键词:** 电磁继电器; 漆包线; 污染物; 清洗

**DOI:** 10.69979/3060-8767.25.05.052

## 引言

密封电磁继电器主要由接触系统、电磁系统及一些附属部分组成。其中电磁系统主要由电磁线圈、衔铁、磁钢等部分组成, 线圈中加入电压/电流后, 产生电磁场, 衔铁在其作用下发生位移, 继而推动触点切换。因此, 线圈常常被比作继电器的心脏。

漆包线是构成线圈的主要材料, 在漆包线的生产过程中, 需要经过放线——退火——涂漆——烘焙——冷却——收线等工序, 特别是在漆包线收线阶段, 漆包线的润滑对收线的紧密程度有着非常大的关系<sup>[1]</sup>, 而液体石蜡和汽油的混合物, 是漆包线润滑剂中较为常见的一种。因此在漆包线生产过程中, 漆包线不可避免会附带石蜡、油脂等物质, 且附带物的种类与漆包线生产厂家生产工艺及所用润滑剂有关。这些物质对于密封继电器而言都是污染物, 必须清除。

## 1 绕线前对线圈漆包线进行清洗的必要性

漆包线经绕制成线圈后, 线圈匝间的间隙极为紧密且线圈外部包扎有绝缘薄膜, 常规的浸泡、漂洗等清洗方法, 由于液体表面张力的作用, 溶剂无法深入匝间内部, 也就无法对线圈匝间内部的污染物进行有效清洗。继电器经封装后, 在试验、使用阶段, 由于温度升高及线圈本身加电发热的作用, 线圈内部污染物挥发有机气体, 部分挥发出的气体分子集聚到触点表面形成化学吸附膜<sup>[2]</sup>, 造成继电器接触电阻上升, 严重时造成继电器接触电阻失效。因此, 对于漆包线的清洗是必要的, 且清洗工序应安排在线圈绕制过程中, 以避免出现绕成线圈后无法有效清洗的局面。

## 2 漆包线的清洗工艺

在漆包线生产过程中, 各厂家使用较多的一种润滑剂(即使用方所称的污染物)是液体石蜡和溶剂汽油按照一定比例兑成的混合溶液。其中液体石蜡相对于溶剂汽油而言, 沸点较高(200℃~300℃), 在常温下或低于其沸点的高温下烘烤, 不能确保挥发完全, 是漆包线清洗时重点需要考虑的去除对象。而汽油相对石蜡而言沸点较低, 即使在常温下也容易挥发, 实质上在电磁线圈线上的残留量极少, 因此不作为清洗重点考虑对象。

### 2.1 直接浸渍清洗

根据所要去除的污染物的性质, 可以选择适当的清洗溶剂, 再将漆包线连线盘一起放入装有清洗溶剂的容器中。在绕制的同时, 利用清洗溶剂对污染物的溶解作用将其去除。该工艺方法简便易行, 无需增加较多的器材。

### 2.2 利用专用装置对漆包线清洗

虽然直接浸渍清洗工艺方法简便易行, 但在实际应用中却存在下列不足:

(1) 清洗溶剂的选择上, 除了要考虑对污染物的溶解能力外, 还必须考虑清洗溶剂与漆包线漆层以及漆包线线盘材料的相容性, 限制了溶剂的选择范围。

(2) 漆包线的线盘上一般都贴有合格证、商标等标识, 长时间浸渍在溶剂中容易造成标识脱落、模糊, 对后续使用带来不便。

(3) 漆包线直接浸渍在溶剂中, 还需考虑对溶剂的密封以及摆放位置, 以防止溶剂挥发、飞溅、洒落等操作者和环境的影响。

在国外的相关资料中, 介绍过一种专用的漆包线清洗装置, 其工作原理如图1所示。

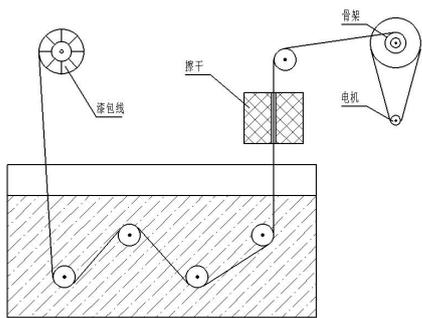


图1 漆包线清洗装置工作原理简图

如上图所示，漆包线从线盘上出来之后，首先经过一个装有导轮组和清洗剂的容器，漆包线在容器内可以得到较为充分的清洗。当漆包线从装有清洗剂的容器中穿出后，再让其通过擦干或吹干的装置，以防止清洗剂被带入线圈内，对线圈造成二次污染。

该清洗装置的优点在于：

(1) 漆包线的线盘不再直接浸渍在清洗剂中，清洗剂只需考虑对污染物的溶解能力以及与漆层的相容性，清洗剂的选择范围较直接浸清清洗法更为广泛。

(2) 为提高清洗剂对漆包线上污染物的去除效果，还可以在装有清洗剂的容器中增加一些辅助机构，使清洗剂流动，以增强清洗效果。

### 3 漆包线污染物估算经验公式及其应用

漆包线上的污染物是否去除干净，可以通过对漆包线进行取样进行检测的方式加评估，但这种检测属于破坏性试验，且需要专门的检测仪器，多数漆包线使用厂家不具备该项条件。因此本文尝试运用一种较简便的方法对漆包线清洗效果进行评价。

#### 3.1 试验方法

采用如图1所示的专用漆包线洗线装置对漆包线进行清洗，通过比对清洗前后漆包线的质量变化估算去除的污染物的量，试验过程见表1，清洗过程的质量计算见表2。

表1 试验过程

试验步骤	试验内容	备注
1	称量清洗前质量(含漆包线和线盘)	称量前漆包线应进行真空烘焙，以排除水汽等因素影响
2	使用专用清洗装置对漆包线进行清洗	
3	称量清洗后质量	称量前漆包线应进行真空烘焙且烘焙参数与清洗前相同，以排除水汽残留清洗剂等因素影响

表2 漆包线清洗前后的质量计算

清洗前的总质量 $M_{前}$	线轴的质量 $M_1$	骨架的质量 $M_2$	待清洗的漆包线的质量 $M_3$ (不含污染物的)	待清洗的漆包线上污染物的质量 $M_4$	线轴上的残余漆包线及线上污染物的质量 $M_5$
	$M_{前}=M_1+M_2+ M_3+ M_4+ M_5$				
清洗后的总质量 $M_{后}$	线轴的质量 $M_1$	骨架的质量 $M_2$	待清洗的漆包线的质量 $M_3$ (不含污染物的)	/	线轴上的残余漆包线及线上污染物的质量 $M_5$
	$M_{后}=M_1+M_2+ M_3+ M_5$				

由表2可知，清洗后漆包线减少的质量即被清洗掉的污染物的质量。

#### 3.2 污染物估算经验公式

按4.1中的试验过程以及质量计算方法，选取多种线径的漆包线进行试验，对相关的试验数据进行统计、整理，绘制污染物质量百分比趋势曲线如图2。

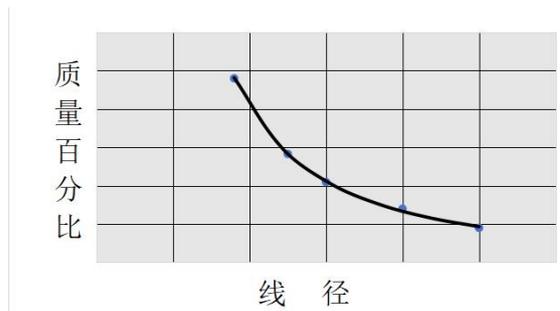


图2 污染物质量百分比趋势曲线

根据图2所示的趋势曲线数据,经计算后可得出对应的污染物估算经验表达式(1)

$$Y=3.26 \times A \times X - 1.6462B \quad (1)$$

公式(1)中:

y—漆包线上污染物的质量百分比(%)

A—清洗洁净度系数,因清洗剂而定,根据试验而定。

X—线径 $\phi$ (mm)。

B—厂家系数,不同厂家生产的漆包线,所带的污染物的量存在差异

经验公式表明,漆包线经清洗后,其表面的污染物是可以去除掉且能够进行量化,线径不同,污染物所占百分比含量也不同,线径增大,漆包线上污染物所占质量百分比呈减少趋势。

### 3.3 污染物估算经验公式的应用

无论是采用直接浸渍清洗法还是采用专用清洗装置对漆包线进行清洗,其中一个关键点在于清洗剂的更换频率如何确定。通常情况下,被漆包线使用方视作“污染物”的物质,往往只是漆包线生产厂家使用的润滑剂其中的某一种成份。如清洗剂中溶解的“污染物”所占比例接近或超过该“污染物”在原润滑剂中所占的比例,此时清洗剂对污染物基本可视作无清洗效果,超过时甚至可视为二次污染。

漆包线清洗时,漆包线的线径、所用润滑剂、清洗剂数量、准备生产的线圈所需漆包线数量都为已知量或可通过计算得出,将上述数据代入污染物估算经验公式(1),可以计算出漆包线上污染物的数量。根据所得数据与所用清洗剂的比值,再与该“污染物在润滑剂中所占比值进行对比,就可以确定清洗剂的更换频率。一般

情况下,“污染物在清洗剂中所占比例应低于该“污染物”在润滑剂中所占比例一个数量级以上,才能取得较好的清洗效果。

## 4 结语

漆包线生产过程不可避免会使用润滑剂等有机物,而这些物质对于漆包线使用方面言被视为一种污染物,会对继电器气氛造成不良影响,严重时引起继电器触点接触电阻超差失效。由于漆包线绕制成线圈后,匝间极为紧密,无法再对线圈内部进行有效清洗,因此对漆包线的清洗必须在漆包线绕制成线圈的过程中同时进行。从目前的试验以及应用情况来看,采用直接浸渍清洗和采用专用漆包线清洗装置对漆包线进行清洗都是有效可行的方法,采用何种方法应根据漆包线使用方的具体情况而定。利用污染物估算经验公式,可以比较方便地计算出漆包线上带有的污染物数量,根据计算结果,可以确定漆包线清洗所用清洗剂的更换频率。

## 参考文献

- [1] 曾晓丹. 催化单元在漆包线生产中净化废气的应用[J]. 化工设计通讯, 2023, 49(12): 23-25+44.
- [2] 滕怀波. 基于阻抗微流体芯片的液压油污染物区分检测研究[D]. 大连海事大学, 2018.
- [3] 钱伯兔, 李国莉. 漆包线生产工艺废气中主要污染物的监测[J]. 新疆环境保护, 2000, (02): 118-120.
- [4] 王宇楠, 叶代启, 林俊敏, 等. 漆包线行业挥发性有机物(VOCs)排放特征研究[J]. 中国环境科学, 2012, 32(06): 980-987.
- [5] 文尚晖. 微型继电器电接触表面污染失效机理与控制技术研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2017.