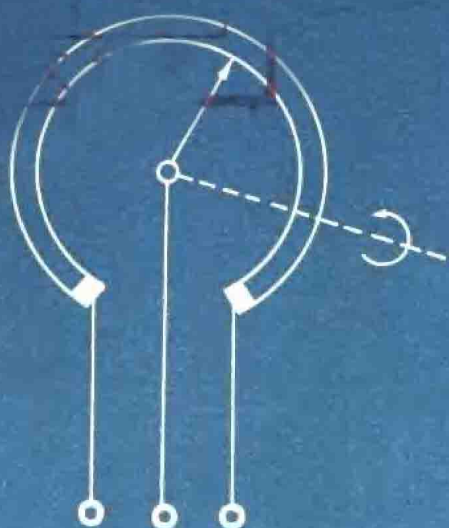




电位器技术

第三机械工业部三〇一研究所编

前 言

本书是根据电位器专业会议交流的经验，并在有关单位的支持下汇编而成的。由于水平有限和缺乏经验，错误处请批评指正。

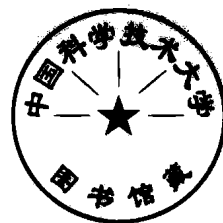
主要包括：

第一部分：介绍精密线绕电位器的工艺、测试设备、绕线机和新材料等。

第二部分：主要介绍合成膜、导电塑料、导电玻璃釉及金属复合膜等四种新型电位器工艺和膜、釉材料配方等。

第三部分：主要介绍光电电位器的中间研制报告。

第四部分：梗概介绍了国外电位器的发展趋势，推荐试用“电位器术语和定义”。



目 录

前 言

第一部分 精密线绕电位器

电位器磨合工艺	(1)
线绕电位器接触道的清理工艺	(5)
排除协调电位器接触不可靠的几项措施	(8)
康铜线绕电位器真空浸油工艺	(10)
电位器绕组电刷匹配及防锈	(21)
提高康铜线绕电位器抗蚀和耐磨能力	(22)
函数电位器制造中的几个技术问题	(26)
铝合金电位器骨架草酸阳极化	(38)
铝合金瓷质阳极化工艺	(40)
带积分器的笔录示波仪	(42)
电位器示波测试技术	(51)
密绕式电位器绕线机	(56)
HDRJ型电位器绕线机简介	(70)
金基合金电位器材料试验及使用	(73)
金基合金线匹配试验	(80)
提高金基合金电位器绕组材料耐磨性的研究	(92)
金镍钇的研究	(103)
精密仪表用金基合金	(113)
钇对金镍 9 合金组织及性能的影响	(124)
精密电位器绕组材料金镍铁钴合金的研究	(131)
精密电位器金铜铁锌锰合金电刷材料的研制	(139)
线绕电位器电刷材料的研究	(142)
超细电阻丝制造新工艺	(150)
Z 30—1 聚酯漆的使用	(153)
包漆技术经验	(155)

第二部分 接触式非线性绕电位器

精密合成膜电位器的试制	(161)
合成膜电位器的制造工艺	(169)

合成膜电位器试制.....	(178)
金属复合膜电位器.....	(183)
导电塑料电位器的试制.....	(190)
薄膜函数电位器的理论计算.....	(199)
玻璃釉电位器.....	(203)
WZC—1 型电位器综合参数测示仪	(212)

第三部分 光电电位器

无接触式光电电位器研制情况介绍.....	(223)
----------------------	-------

第四部分 其 它

电位器的术语和定义.....	(233)
国外光电电位器发展情况综述.....	(246)

电位器磨合工艺

上海仪表厂

一、仪表信号不可靠与电位器接触道的关系

我厂生产的仪表，采用 P_dI_r-18 电刷与 P_tI_r-10 电位器匹配，曾一度在交付验收和例行试验中，仪表输出信号不可靠（见图1），影响产品出厂。通过对导电系统逐段检查，发现是由于输出信号的绕组和电刷之间接触不良所致，我们收集了大量电位器（包括接触良好、信号输出可靠的电位器），用金相显微镜仔细观察其接触道的情况，结果大体可分为两类接触道：一类是接触道上有黄色胶状物，我们称为黄色接触道（见图2）；另一类是接触道两旁混入有黑色金属微屑的堆积物，我们称为磨损接触道（见图3）。

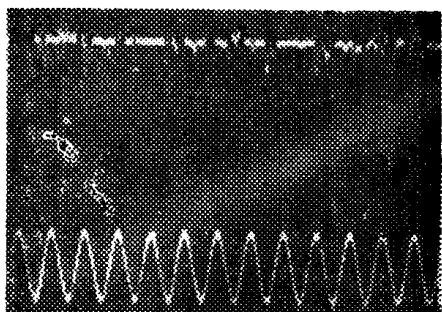


图1 信号输出不可靠

把两类接触道同仪表信号可靠性联系起来看，则发现，凡是黄色接触道的，仪表输出信号都不可靠，甚至中断。而磨损接触道的仪表输出信号完全良好。



图2 黄色接触道



图3 磨损接触道

二、黄色接触道分析及其与磨损接触道的关系

在仪表周围放置一些有机挥发物质（甲苯、信那水等），当仪表处于工作状态下，随时观察黄色胶状物增殖速度对信号中断的影响，结果表明，当接触道上黄色胶状物迅速增加时，电刷与电位器接触电阻猛增，仪表输出信号很快中断。取黄色胶状物用电子探针进行定性分析，证实它属于有机绝缘物。

进一步试验、发现黄色胶状物的产生与下列因素有关：

1.振源的影响：由于马达工作时的振动，引起电刷与绕组相对运动，则产生黄色接触道，接触电阻增大，直至信号中断（见图4）。

2.当马达工作时，有机气体的影响；

加浓仪表周围的有机气体、则黄色胶状物迅速增加，仪表信号很快中断（见图5）。

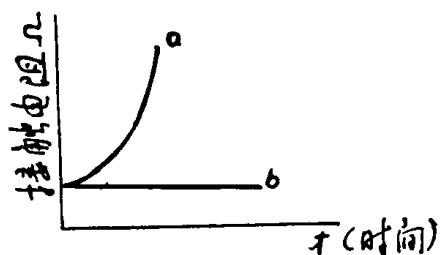


图4 振源的影响

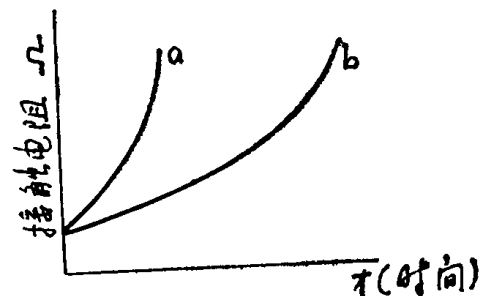


图5 有机气体的影响

3.马达工作时，铂、铱、钯元素的影响，

若电刷和绕组不采用极易吸附有机气体的铂、铱、钯等稀贵元素，则不会产生黄色胶状物，信号输出良好（见图6）。

我们认为，电刷与绕组含铂、铱、钯元素，是形成黄色胶状物的根据，而有机气体及电刷与电位器相对运动是形成黄色胶状物的条件，两者具备时，便在接触道上迅速形成黄色胶状物。当然，电刷与绕组相对运动时，也将使金属之间相互磨损，但是，当黄色胶状物的增殖速度大于磨损速度时，黄色胶状物便在接触道上积累，达到一定数量时，电刷与绕组的接触可靠性被破坏，致使仪表输出信号中断。反之，增殖速度小于磨损速度，则黄色胶状物

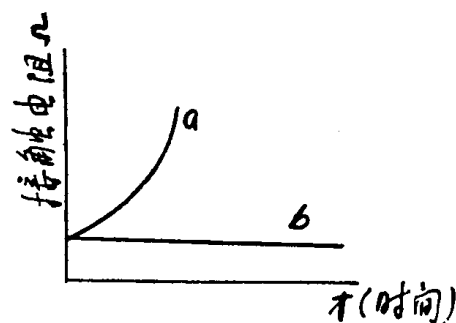


图6 铂、铱、钯元素的影响

随时被磨削所清除，无法积累，电刷与电位器始终接触，仪表输出信号就不会中断。

据上述分析，有必要采取措施，从而使磨损速度稍高于增殖速度，以保证电刷与绕组接触良好。

现将黄色接触道和磨损接触道的仪表分析作一比较（见下表）

接触道名称	接触道生成物	接触道整齐状况	接触道深浅程度	刷握加速度g	电刷在接触道上的正确性
黄色接触道	黄色胶状物	模糊不规则	很浅	>0.1	歪扭
磨损接触道	黑色混金属屑的堆积物	清晰规则	深	>0.1	平直

通过上表比较，我们认为可采取如下措施：

- 1.为了抑制黄色胶状物的形成，尽量把马达的动不平衡量减小，即减小刷握加速度。
- 2.为了促使电刷在绕组上磨出重复的平直接触道，把电刷根部压扁（见图7）。

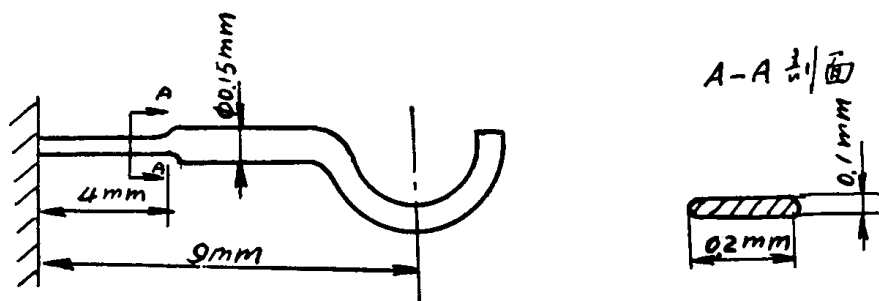


图7 压扁根部的电刷

3. 考虑同种材料易磨损，故将电刷材料由 P_dI_r-18 改为 P_rI_r-25 ，与 P_rI_r-10 材料的绕组匹配。

三、标准接触道及磨合工艺

凡磨损接触道的仪表，信号输出都属正常，但也不能误认为磨损可以使接触越来越好。因此，须确定一下磨损接触道的标准，我们称它为标准接触道。

标准接触道应是光亮、整齐、不宜过宽或太深，每只电位器上有一道即可使用（见图8）。

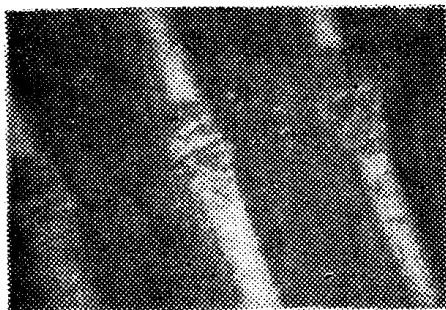


图8 标准接触道

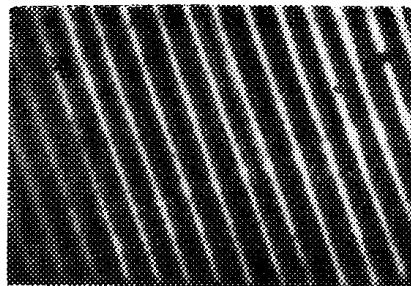


图9 磨不出接触道

由于绕组材料与电刷材料的硬度匹配以及其化学成分的不均匀性，往往同一批仪表就有磨不出标准接触道的可能（见图9）。再加上装配环节的不一致性等原因，使我们感到用磨合工艺来实现产生输出信号可靠的标准接触道是很必要的。事实证明，自我厂采用电位器工艺磨合后，保证了产品调试、交付、例行试验的顺利进行，质量稳定。

磨合工艺简介如下：

1. 用4~16倍放大镜检查电位器接触道抛光面，应洁净、无损伤。
2. 仪表各部件的轴向间隙应符合产品技术要求。
3. 检查仪表制锁零位应无摆动。
4. 将产品安装在磨合台上，按频率1~1.5赫兹，振幅为 $\pm 9 \sim 10$ 毫米进行磨合，磨合时间以磨出标准接触道为准，但时间不宜过长，一般不大于1小时。
5. 用24倍工具显微镜观察电位器接触道，按接触道标准进行选择，合格仪表转入调试。

6.如果电位器产生两条黄色接触道或很宽的接触道（见图10），则应更换新的电刷和绕组重新磨合，拆下的电位器用三氧化二铝抛光，视情况留待下次装表磨合；如果电位器产生两条浅的接触道，允许延长0.5~1小时继续磨合。

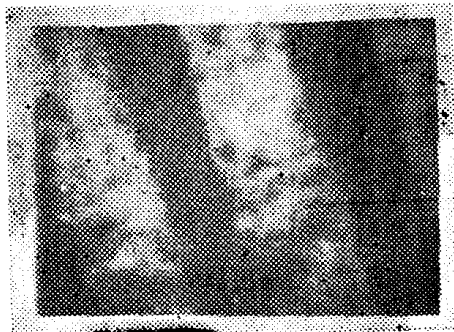


图10 接触道很宽

四、问题讨论

1.采用 $PtIr-25$ 电刷与 $PtIr-10$ 绕组匹配虽解决了仪表输出信号不可靠的问题，然而此种材料货源困难，价格昂贵。

2.曾试用金镍铜的绕组与金基五元合金的电刷匹配，虽能克服信号中断的问题，然而由于电刷沾金造成磨擦力矩增大，致使仪表漂移量超差。

是否能寻找一对新的材料匹配，在保证仪表性能要求的前提下，既要输出信号可靠又不需进行工艺磨合，而且材料的货源广、价格便宜，这些问题有待进一步探讨。

线绕电位器接触道的清理工艺

国营宝成仪表厂

线绕电位器接触道的清理工作是很重要的，它直接影响到电位器的性能和仪表的正常工作。接触道的清理工艺，方法较多，有机械法、化学法、液体抛光等。

从前，我们大部分靠手工操作，有的用紫铜刀刮漆再用绿青毛毡轮抛光，有的用氧化铝抛光，有的用棉花心轴抛光，有的采用细矿纸打磨，再用橡皮轮抛光等方法。劳动强度大，生产效率低，质量不稳定。

由于液体抛光效率高，去漆深度大，表面平整均匀，能提高导线表面硬度，可加工任何形状的绕组，导线截面形状及其电阻值变化不大，不用有害的溶剂（如汽油等）。近年来，又逐步采用了液体抛光。

目前，我们生产的十余种线绕电位器已有七种采用液体抛光，从导线来说，有镍络丝和金基合金；线径有 $\phi 0.05$ 、 $\phi 0.08$ 、 $\phi 0.1$ 毫米三种，漆色层有油基和高强度两种，形状有圆形和弧形两种，工作面有端面的和侧面的两种。自采用液体抛光以来，质量较为稳定，工人劳动强度减轻，生产效率提高了。

刚采用时曾经发现：导线被打伤及短路，精抛时导线间附着棉花毛，以及氧化铝难以清理等问题，针对这些问题，我们采用了下列措施：

1. 选择适当的抛光粉，如碳酸钙， M_2 氧化铝粉，硅（矽）藻七粉等进行了试验。
2. 配制适当的抛光液，磨料与水之比为1:6，1:4，1:3等。
3. 采用弹性抛光轮精抛。
4. 用大气压加水进行冲洗，再吹干。

最近几次，我们又采用湿棉花心轴抛光，再用弹性轮（或毛毡轮）光一下，基本上解决了上述问题。

经过上述的试验发现：用氧化铝粉抛光的绕组表面发暗，而用碳酸钙、硅（矽）藻土粉较好些。我们使用与试验情况详见表1、表2。

液体抛光工艺，目前我们厂使用还不广泛，主要是因为抛光机本身尚存在一些问题，其次我们对抛光技术还没有很好的掌握。通过几年来的使用与试验证明，只要适当选择各种不同的抛光液的成份、比例，以及精抛光方法，可以达到我们所需要的精度与光度。只要掌握并采用抛光技术，亦是达到高产、优质的途径之一。

目 前 使 用 情 况

表 1

序		一		二	三
技术性能	电位器品种	镍铬丝 $\phi 0.1$ 高强度漆层端面工作, 外圆为 $\phi 30$ 金属与塑料两种骨架		金属导线 $\phi 0.05$ 油基漆弧状电位器, 平面工作, 金属骨架。	金基导线, $\phi 0.08$ 油基漆层, 外圆为 $\phi 25$, 侧面工作金属骨架。
	抛光粉	氧化铝粉	碳酸钙	氧化铝粉	氧化铝粉
技术数据	抛光粉粒度	M 5	化学试剂	M 5	M 5
	抛光液的配制	水 3 份, 抛光粉 1 份		水 6 份, 抛光粉 1 份	水 6 份, 抛光粉 1 份
	喷射压力 (大气压)	3 ~ 4		2 ~ 2.5	3
	喷射时间	约 30 秒		约 30 秒	约 30 秒
	喷嘴对工作角度	约 90 度		约 60 度	约 45 度
	喷嘴对工作距离	20 ~ 30 mm		20 ~ 30 mm	20 ~ 30 mm
	工件转速	2 ~ 4 转/分		手 动	2 ~ 4 转/分
	搅拌方法	气 体		同 左	同 左
精抛光	抛光轮	毛毡轮 $\phi 50$ mm 厚 20 mm		同 左	同 左
	电机的转速及功率	> 1000 转/分; > 100 瓦		同 左	同 左
	抛光膏	绿 膏		同 左	同 左
	抛光时间	约 30 秒		同 左	同 左
清洗	溶 液	120*汽油		同 左	同 左
	工具与设备	绘图排笔, 超声波清洗器		同 左	同 左
生产情况		该类电位器原用银砂纸打磨, 再用橡皮抛光, 故质量差, 跳动达 40%, 废品 6 ~ 7 % 效率低, 劳动强度大。 液体抛光后质量一直稳定可靠, 合格为 90% 以上, 废品为极个别, 效率高, 劳动强度小。		该类电位器一开始就采用液体抛光工艺, 质量稳定, 接触可靠。	该类电位器原采用紫铜刀刮漆再精抛质量差, 效率低, 劳动强度大, 自采用液体抛光以来, 生产效率高, 劳动强度小, 表面平整, 质量较好。

试验情况 (金基导线, 线径 $\phi 0.05$, 油基漆层, 绕组外圆为 $\phi 12.5$ 金属骨架) 表 2

序		一	二	三
技 术 数 据	抛光液	碳酸钙液体	硅 (矽) 藻土粉液体	M 2 氧化铝液体
	技术性能			
	抛光粉	碳酸钙	硅 (矽) 藻土粉	氧化铝
	抛光粉粒度	研磨 300 目/时过筛	试 剂	M 2
	抛光液的配制	水1500克, 碳酸钙425克	水2000克; 硅藻土粉400克	水2000克; 氧化铝330克
		碳酸氢钠15克, 亚硝酸钠15克	碳酸氢钠20克	碳酸氢钠约10克, 亚硝酸钠约10克
	喷射压力	2	3	2.5~3
	喷射时间	30~40秒	45秒	50秒
	喷嘴对工件角度	45度	50度	45度
	喷嘴对工件距离	20mm	30mm	20mm
精 抛 光	工件转速	1~2 转/分	1~2 转/分	2~4 转/分
	搅拌方法	气 体	气 体	同 左
	抛光轮	弹性抛光轮或小毛毡轮	同 左	湿棉花心轴弹性轮或毛毡轮
	电机转速及功率	>1000转/分; >100瓦	同 左	同 左
清 洗	抛光膏	绿 膏	同 左	同 左
	抛光时间	约30秒	同 左	同 左
	水冲洗	2 个气压约30秒, 1~2 转/分	同 左	同 左
试 验 情 况	溶 液	120*汽油	同 左	同 左
	工具与设备	绘图排笔, 超声波清洗器	同 左	同 左
		绕组表面呈灰白色, 表面有麻点, 精抛光后发亮。抛光粉价格便宜, 但内有杂质需要过筛。	绕组表面呈白色没有麻点精抛光后发亮, 但货源价格不明。	绕组表面呈灰色麻点小些, 精抛光后呈暗亮。

注: 弹性轮的配制:

1. 配方:

树脂: 聚氯乙稀树脂 35%

聚脂: 邻苯二甲酸二丁脂 (或用邻苯二甲酸二辛脂) 35%

磨料: 白垩粉 (即碳酸钙) 30% 磨料可以采用其他成份的、比例也可以改变。磨料要无杂质。

2. 制作过程:

将树脂与磨料混合, 并搅拌均匀, 加入聚脂再搅拌, 然后注入薄壁模子内, 并将盖子夹紧, 加温 $160 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 约半小时取出放入水中冷却, 除去夹子与盖子即可。

排除协调电位器接触不可靠的几项措施

国营新兰仪表厂

我厂生产的一种协调电位器接触可靠性不好,接触电阻变化无常,输出信号产生误差。电位器的绕组和电刷的结构见图1和图2。

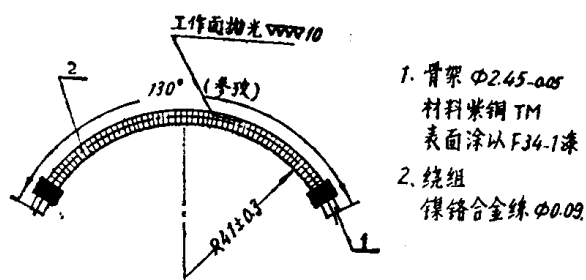


图1 绕组

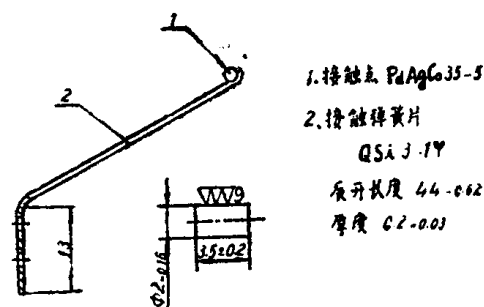


图2 电刷

根据我们的试验和生产实践,排除接触不可靠故障较为有效的几项措施是:

1. 提高工作道和电刷工作面的光洁度。

工作道由 $\nabla 7$ 提高到 $\nabla 10$;

电刷由 $\nabla 8$ 提高到 $\nabla 9$ 。

因为两者光洁度低,则接触后磨损较快,磨损下来的金属粉末及其氧化物会导致接触不良,而且这些颗粒反过来又引起工作表面的更大磨损。同时,微尘也易于附着在较粗糙的工作表面上。提高工作面的光洁度就会减轻这种磨损,减少微尘附着的可能性。

2. 采用液体抛光

以前我们用橡皮轮抛光,抛光深度不够,不能把导线之间的浸渍漆和导线侧面的漆皮抛去,这样,当电刷在绕组上滑动时会磨下绝缘漆的小颗粒,破坏其接触可靠性。又因为橡皮里面混有金刚砂抛光粉,容易切伤导线,抛光的光洁度也低,所以我们用液体抛光取代橡皮轮抛光。且可达到一定的抛光深度。

液体抛光的工艺如下:

1) 抛光液: 氧化铝粉(800[#]或1000[#])

水 = 1 : (3 ~ 5)。

2) 压缩空气压力: 2 ~ 3 大气压。

3) 喷枪咀口径: $\phi 6$ 。

4) 喷嘴与绕组间距离: 100~150毫米。

5) 抛光过程: 液体抛光→毛毡轮抛光→棉花轮 ($\phi 6$ 的心轴上缠以脱脂棉、加抛光膏——即M2氧化铝粉: 水 = 2:1) 精抛, 达到所需光洁度。

6) 抛光深度: 规定为绕组导线直径的20%~40%, 用双管显微镜(MUC——11)检查。

3. 加强清洗工序

清洗干净与否, 对接触可靠性影响很大。即使抛光深度较深, 工作面光洁度较高, 但如果清洗不净, 有抛光粉残留在线匝间, 在静电作用下(电刷在绕组上滑动时会产生静电), 这些抛光粉的微粒会被吸到工作面上来。如果用含有油脂的抛光膏, 即使用汽油仔细清洗, 工作一段时间以后就会有小块“薄膜”脱落, 这是接触不好的一个重要因素。

清洗过程:

- 1) 用干棉花轮清理绕组表面;
- 2) 用细毛刷在清水中清洗;
- 3) 在超声波清洗器(CFS—1000)中用蒸馏汽油超声清洗15分钟;
- 4) 用麂皮蘸石油醚擦拭, 以去除绕组表面上的汽油“白霜”;
- 5) 用细绸布蘸酒精擦拭。

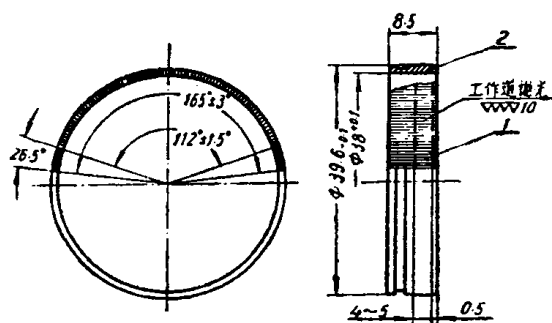
4. 电位器绕组浸渍聚脂漆230—1

230—1 是一种热固性无溶剂清漆, 当电刷在电位器上滑动时, 比较不易磨下绝缘粉尘。在其它条件相同的情况下, 浸230—1 比浸F01—6 的接触可靠性好。另外, 绕组浸这种漆粘结强度较好, 也不会遇溶剂变松。

5. 单电刷改为多电刷

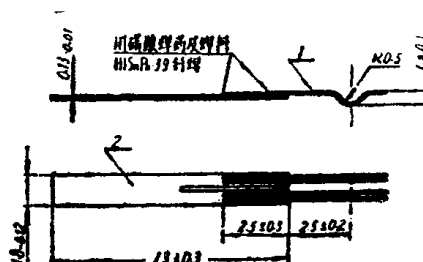
电刷只有一根, 在振动和冲击等外界条件下一旦跳离绕组表面, 这一瞬间的输出信号必然中断; 另一方面, 原来电位器的密封性也不好, 杂质落到绕组表面上, 直接影响接触电阻。为此, 我们决定从设计上进行改进。

单触点电刷改为四指电刷(图3、图4), 并加了密封罩。经过这样改装, 接触性能良好。



1. 绕组导线 $\phi 0.085$ AuNiCr 5-2
2. 骨架 LF2Y 表面磷酸盐转化

图3 环形骨架



1. 电刷 $\phi 0.15$ AuNiCr 5-2
2. 弹片 QBe2Y

图4 四指电刷

康铜线绕电位器真空浸油工艺

上海仪表厂

问题的提出

我厂生产的反馈电位器，绕组为0.12毫米的康铜导线（原苏标Π3K—0.12）绕在圆柱形陶瓷骨架上，电刷是在铍青铜（QB₂.5）弹簧片上铆接有经抛光的青铜（QS₄—3）接点。

在研制和生产过程中，发现绕组抗氧化性能很差，在抗湿的情况下，绕组和电刷接触不可靠，经示波照相输出波形经常出现“毛刺”现象。而且，耐磨性也差。产品使用条件：当振幅为±7毫米，频率为13—15赫，应能耐磨三小时。但是，常振幅为±15毫米，频率为16~18赫，在几秒钟内工作滑道面就出现严重拉毛甚至短路。为了进一步搞清问题，首先计算一下在这两个条件下，电刷接点相对绕组每分钟的滑动速度。

$$U_1 = 2\pi f_1 A_1 = 3 \times 3.14 \times 15 \times 7 = 669.9 \text{ 毫米/秒} \\ = 40.2 \text{ 米/分}$$

$$U_2 = 2\pi f_2 A_2 = 2 \times 3.14 \times 18 \times 15 = 1695.6 \text{ 毫米/秒} \\ = 101.7 \text{ 米/分}$$

由此可见，后一个条件比前一个条件的滑动速度大2.5倍左右。产品要求接点压力为50~70克，再以101.7米/分的速度工作，就造成使用寿命达不到要求。

为了解决电位器工作可靠性和耐磨性问题，我们采用将绕组真空浸油，使得表面形成薄薄一层油膜以提高康铜表面抗氧化、抗腐蚀的能力，从而提高电位器工作可靠性，同时浸油后在电位器线匝间、金属表面毛细孔内积存一定的油膜，也起到接点与滑道之间相对运动时减少摩擦力的作用以提高耐磨性。

试验方案及试验结果

在讨论电位器浸油试验方案时，首先是在试验的基础上确定绕组材料及接点材料的状态，作为电位器真空浸油的固定不变量。绕组材料的确定：我厂对上海合金厂提供的A、B、C、D及工艺拉丝模道数改变等情况下的康铜丝，作了多次试验；最后选定了以A种康铜丝材料为浸油工艺试验的绕组材料。其性能见表1。导线试验证明了不同状态的康铜丝在可靠性上略有些差异外，但并没有解决电位器的可靠性和耐磨性问题。

接点材料的确定：我厂对上海有色金属研究所提供的青铜接点材料也作了一定试验，最后，选定了高纯度锡锌青铜作为电位器浸油工艺试验中的接点材料。其性能见表2

特种康铜丝性能

表 1

化 学 成 份				状 态 性 能			
镍 (Ni)	铜 (Cu)	铝 (Al)	杂质M _n Fe总含量	抗拉强度 公斤/毫米 ²	硬 度 (H _v)	电 阻 率 欧·毫米 ² /米	表 面 光 洁 度
42~43.5	55~57.5	≥ 1	<0.2	90~110	200~240	0.48~0.52	▽ ₁₀

高纯度锡锌青铜性能

表 2

化 学 成 份											状 态 性 能				
	主 要 成 份			杂 质 含 量								抗拉强度	延伸率	硬 度	电 阻 率
成份	C _u	S _n	Z _n	F _e	P _b	S _b	B _i	Al	S _i	P	总量	公斤/毫米 ²	%	H _v	欧·毫米 ² /米
投料	92.7	3.8	3.0	0.006	0.001	0.001	/	0.001	/	/	<0.2	80~90	0.5	200	0.08
化学分析	余	3.7 ~4.4	2.7 ~3.3												

试验证明，对电位器的可靠性和耐磨性有所提高，但还不能满足电位器耐磨的要求。

为了从根本上解决问题，我们从工艺上着手，在浸油试验中，指导思想是：以油的防腐蚀性来提高绕组的抗氧化、抗腐蚀性能，从而提高接触可靠性；以油的润滑作用减少绕组滑道与接点之间的摩擦，从而提高电位器耐磨性，延长使用寿命。整个试验分三个阶段进行：

第一阶段为探索性的试验阶段，用预先选定的几种油来真空浸油，再将电位器做耐磨试验，初步找出较合适的油。

第二阶段是针对主要问题，改进措施，扩大试验，确定油及浸油工艺，考核浸油后的效果。

第三阶段，小批投产，进行产品的全性能考核。

一、第一阶段：探索性的试验

1. 试验条件

将不同工艺状态的电位器装在专用耐磨试验台上，使连杆带动接点在滑道面上，以往复频率为16~18赫，振幅为±15毫米条件下磨20分钟，对各种方案进行考核。

2. 耐磨试验情况

1) 提高绕组表面光洁度

为了减少绕组与接点间的摩擦力，我们对绕组表面进行了研光，使之达到▽₁₀，其耐磨情况见表3。

试验证明：单单提高工作道表面光洁度解决不了电位器的耐磨性问题。

2) 绕组经真空浸苯甲基硅油后的试验

我们用高低温性能较稳定的苯甲基硅油做试验。其结果见表4。

3) 绕组浸乙基硅油后的试验

4) 绕组涂煤油后的试验

该试验是在工作滑道面上涂一层薄薄的煤油，并在50±5℃下进行耐磨试验。耐磨情况见表6。

工作道光洁度 ∇_{10} 时的耐磨情况

表 3

接触压力 (克)	耐 磨 情 况	结 果
66~64	工作30秒后, 绕组表面有严重拉伤, 经 1 分钟后, 拉伤更深, 接点周围有胶状物	不 好
63~60		
69~74	1 分半绕组表面磨坏	坏
62~70		
53~72	一个绕组30秒内坏	坏
65~72	一个30秒拉伤严重	
55~56	1 分45秒全部坏	坏
59		

绕组浸苯甲基硅油的耐磨情况

表 4

接 触 压 力 (克)	耐 磨 情 况	结 果
55~65	0 1 7" 磨后都坏	坏
66~70	0 2	
58	0 1 20" 钟磨后都坏	坏
68~69	0 2	
68	0 1 均在30" 钟后磨坏	坏
70	0 2	

绕组浸乙基硅油后的耐磨情况

表 5

接 触 压 力 (克)	耐 磨 情 况	结 果
62	0 1 30" 磨后坏	坏
62	0 2 32" 磨后坏	

绕组涂煤油后的耐磨情况

表 6

接 触 压 力 (克)	耐 磨 外 观 情 况	结 果
57	0 1 均匀磨损正常	有一定效果
63~64	0 2	
65	0 1 均匀磨损滑道较毛, 0 2 有少量磨屑	有一定效果较差
57~58	0 2	
66~70	0 1, 0 2 滑道磨损较宽均匀但都发毛	较 差
65~68		

5) 绕组涂OKB122—16油的试验

用绸布在绕组表面薄薄的涂上一层OKB122—16润滑油, 其耐磨情况见表 7。

绕组涂OKB122—16油后的耐磨情况

表 7

接 触 压 力 (克)	耐 磨 情 况	结 果
54~59	0 1 滑道较宽磨损正常	有一定的效果
56~60	0 2 磨损滑道较粗糙	

6) 绕组真空浸1#真空泵油后的试验

试验状态：工作道表面经抛光后，把绕组放入盘中，在恒温箱中于 $140 \pm 5^\circ\text{C}$ 下保持一小时，后立即加入1#真空泵油（SY1634—65），再放入真空烘箱内，抽真空度（表上指示）为730毫米汞高，并在 100°C 保持一小时后取出绕组，在盛有汽油的超声波容器内清洗一分钟，取出绕组装配再做耐磨试验（详见表8）。

绕组真空浸1#真空泵油后的耐磨情况

表 8

接触压力 (克)	耐 磨 情 况	结 果
67	磨损均匀好	好
65~73		
70	磨损均匀好	好
67~70		
55~70	磨损均匀好	好
58~68		
70~75	磨损均匀好	好
70~73		
63~73	磨损均匀好	好
63~70		
55~60	磨损均匀好	好
63~73		
61	0 1、0 2 磨损均匀	较 好
64	0 1 表面有黑色物	
59~66	磨损均匀好	好
53~65		
61~65	0 1 磨损很小好	好
68	0 2 磨损均匀	
65	0 1、0 2 磨损很小	好
61~65		
61	0 1 磨损很小，0 2 磨损均匀有黑色。	较 好
65		
60~80	磨损均匀	好
57~67		