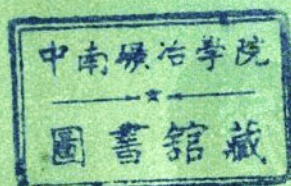


236533

清

牵引电动机的新絕緣

[苏] A. Л. 庫羅奇卡 Л. Л. 祖斯馬諾夫斯卡婭著



机械工业出版社

牽引電動機的新絕緣

[蘇]A.Л.庫羅奇卡 Л.Л.祖斯馬諾夫斯卡婭著

張 第 元 譯



機械工業出版社

这本小册子介绍了制造电力机车和內燃机车牵引电动机所采用的一些新型电气絕緣材料的主要技术数据，闡述了采用新型絕緣的牵引电动机一些部件的制造工艺。

这本小册子供在电力机车、摩托机车和內燃機車車庫及铁路运输修理工厂中工作的同志参考，也可供与牵引电动机的使用和修理有关的工作人員閱讀。

А. Л. Курочка, Л. Л. Зусмановская
НОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Трансжелдориздат 1961

(莫斯科铁路運輸書籍出版社一九六一年出版)

* * *

牽引电动机的新絕緣

[苏]А.Л.庫羅奇卡 Л.Л.祖斯馬諾夫斯卡婭著

張第元譯

*

机械工业出版社出版 (北京蘇州胡同 141 号)

(北京市书刊出版業營業許可證出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $2 \frac{6}{8}$ · 字数 57 千字

1965年11月北京第一版·1965年11月北京第一次印刷

印数 0,001— 4,000 · 定价 (科四) 0.30 元

*

統一書号: 15033 · 3962

目 录

第一章 牵引电动机的新型电气绝缘	5
1. 新型绝缘的意义	5
2. B级热固性绝缘漆	6
3. 耐热漆、瓷漆和树脂	13
4. 硅有机玻璃云母绝缘	25
5. 无云母的耐热绝缘	28
6. 粉云母绝缘	33
第二章 新型绝缘牵引电动机中一些零部件的制造工艺	38
7. 牵引电动机中一些零部件制造工艺上的特点	38
8. 换向器及其绝缘的制造	39
9. 牵引电动机电枢线圈的制造	46
10. 电枢绕组	52
11. 磁极线圈的制造	57
12. 刷握支架上刷杆的制造	69
第三章 采用新型绝缘牵引电动机的运行及检修的特点	72
13. 采用新绝缘材料电动机的运行效果	72
14. 修理硅有机绝缘电机部件绝缘的一些特点	76
15. 修理热固性漆制成的电机部件绝缘时的一些特点	81
16. 用环氧复合胶绝缘刷杆的修理	85
17. 新型绝缘电机部件的维护	86
参考文献	88

第一章 牵引电动机的新型电气絕緣

1 新型絕緣的意义

大家知道，牵引电动机是在非常艰巨的条件(交变負荷、温升高)下运行的，这就对制造牵引电动机所采用电气絕緣材料的质量，提出了較高的要求。随着牵引电动机功率的增大、机車的速度和运行强度的提高，对电气絕緣材料可靠性的要求也就愈来愈高。

在牵引电动机制造中多年来采用着以瀝青为胶合剂和云母帶紙制成的云母絕緣，由于这种絕緣会在較短的期間內很快地老化，丧失絕緣的电气和机械性能，已不能保証現代电力机車具有应有的运行可靠性。統計数字表明：在电力机車的全部故障中，牵引电动机的故障占40~50%，輔助电机的故障占15~20%。在牵引电动机的故障中，几乎有一半是由于电动机各絕緣部件的完整性和电气强度受到破坏所造成的。

因而，迫切地提出了彻底改善牵引电动机电气絕緣质量和性能的要求。

由于化学和电工工业在制造新型合成聚合物方面获得了成就，促进了这个任务的完成，使牵引电机在制造中可以采用多种的新型电气絕緣。

近几年来在已經研究并掌握了的新型絕緣材料中，最适于牵引电动机使用的有：热固性醇酸-苯酚型浸漬漆和胶合漆、硅有机材料、玻璃粉云母絕緣和环氧树脂等。对用新型

絕緣制造的牽引電動機所進行的試驗和運行結果表明，新型絕緣是牽引電動機的技术經濟指标显著改善，機車檢修期間行駛里程和運行可靠性大大提高的主要因素之一。

2 B 級熱固性絕緣漆

近几十年来在牽引電動機的电气絕緣中应用得最广泛的是瀝青油漆、瀝青复合胶和紙質云母帶，为了改善其介电和机械性能，需要将電動機繞組定期地进行浸漬。

浸漬采用的№447浸漬漆（ГОСТ 6244-52）和油改性瀝青复合胶（ТУ 1193-2300）都是不耐油且是熱塑性的，一般在加熱过程中变軟，而且在 $130\sim 145^{\circ}\text{C}$ 的工作溫度下变成流动的液体。

制造云母帶用的BT-95 瀝青胶合油漆（ГОСТ 8016-56），以前都叫做№441漆，也有許多严重的缺点，这些缺点使電机的運行可靠性降低。例如，由于BT-95 漆的胶合能力差，因而云母剝片在云母帶紙上粘得不够牢。由于作为漆基的瀝青本身具有熱塑性，不能将整个絕緣中的每层云母帶粘住，使得在運行中絕緣的完整性变坏，絕緣內部出現气孔和小泡，引起絕緣的损坏。

为了根本地改善牽引電動機的絕緣质量，必須改变漆和复合胶中的漆基。因而，采用熱固性电气絕緣漆受到了很大的重視，这种漆具有高度的胶合能力，烘焙后再反复受熱时不再变軟，从而保證了电机運行过程中絕緣的完整性。

近年来，有些国家已掌握了一些高性能新型熱固性电气絕緣漆的生产。在电机制造中得到最普遍推广的熱固性漆是ФЛ-98 漆（最初叫做АПБ-1）和 АФ-17 醇酸-苯酚漆，这些

漆在130~150°C的温度下变成坚固的胶体,形成均匀的结构,在低温和高温下也能保持高度的机械强度和弹性。

ΦJI-98漆按暂行技术条件BTY KY-506-57 制造,是AK醇酸树脂和PB丁醇酯化甲酚甲醛树脂在有机溶剂中的混合溶液。这种漆的主要技术性能见表1。

表 1

指 标	漆 的 性 能	
	按技术条件	按試驗数据
顏色	深 褐 色	
固体含量(%)	不小于50	50~54
20°C时粘度①, 按B3-4粘度計(sec)	35~60	35~60
120°C时的干燥时间(h)	不大于2	1.5~2
酸值(mg KOH)	不大于10	6~8
120°C下16小时后厚层内部的干燥情况	完全干燥	
150°C时的耐热性(在銅片上)(h)	不小于30	30~60
电气强度②(KV/mm):		
原始状态	70	80~115
20°C时浸水后	40	60~90
体积电阻系数②($\Omega \cdot \text{cm}$):		
原始状态	—	$10^{14} \sim 10^{15}$
130°C时	—	10^{11}
20°C时浸水24小时后	—	$10^{13} \sim 10^{14}$

① 用溶剂汽油和二甲苯(1:1)混合溶液稀释。

② 塗在銅片上的漆膜在120°C下热处理6小时以后。

研究表明,ΦJI-98漆可以用作牵引电动机的浸漬漆。同时也証实了,这种漆厚层干燥良好,形成的漆膜在重复受热时也不軟化,能够保証繞組匝間和电樞綫圈在电樞鉄心槽中也胶合得很好。ΦJI-98漆在150°C时的耐热性比№447瀝青油漆

高 3~7 倍，而电气强度約高 1 倍。

为了研究热固性漆和瀝青油漆的胶合能力，曾制造了几个試驗用HB-406 型牵引电动机的电樞，这些电樞在嵌綫后分別用ΦЛ-98 热固性漆和№447漆浸漬处理。在电樞干燥后測定將綫圈从槽中拉出所需的力与温度的关系，測量表明：在电樞加热温度相同的情况下，用ΦЛ-98漆时比用 №447 漆时的拉力大 1~2 倍以上。

上述研究結果見表 2。

表 2

电 樞 的 温 度 (°C)	电樞經浸漬后拉出綫圈的力(kg)	
	ΦЛ-98漆	№447漆
140	100	35
140	120	35
100	145	40
100	140	45
80	180	60
80	200	60

AΦ-17 漆是按照全苏电工研究院暫行技术条件 BTY-BЭИ-57 制造的，这是一种醇酸树脂和丁基苯酚甲醛树脂在二甲苯中的混合溶液。漆的主要技术性能見表 3。

里日斯基电机制造厂制造了試驗用摩托机車上的牵引电动机（电樞和磁极綫圈用AΦ-17漆浸漬，电樞絕緣腻子也用这种漆調制），試驗表明这种漆具有高度的胶合能力和良好的介电性能。

国外所生产相类似的漆中最著名的有 S-1901 和 V-199 热固性漆。

表 3

指 标	漆 的 性 能	
	按技术条件	按試驗数据
顏色	淺 褐 色	
20°C时粘度①, 按B3-4粘度計(sec)	40~70	40~70
固体含量(%)	不小于50	50~55
120°C时的干燥時間(h)	不大于2	0.66~1.15
耐油性	—	耐油
150°C时的耐热性(在銅片上)(h)	不小于15	30~60
150°C时抗飞溅性	不 飞 溅	
体积电阻系数②($\Omega \cdot \text{cm}$):		
原始状态	不小于 10^{13}	$10^{14} \sim 10^{15}$
130°C时	不小于 10^{10}	10^{11}
在相对湿度95±3%的大气中放24小时后	不小于 10^{12}	$10^{13} \sim 10^{14}$
电气强度②(KV/mm):		
原始状态	不小于60	70~100
130°C时	不小于30	45~65
在相对湿度95±3%的大气中放24小时后	不小于30	40~70
胶合能力(kg):		
原始状态	不小于28	35
100°C时	不小于3	5~8
120°C时在厚层内部的干燥時間(h)	16	不小于16

① 用二甲苯稀釋漆。

② 塗在銅片上的漆膜在120°C下热处理16小时以后。

S-1901漆是醇酸树脂和苯酚树脂在有机溶剂中的溶液, 按捷克斯洛伐克化工部“布拉格油漆”工厂TP-5-910-52技术条件供应。

漆的物理技术性能見表4。

漆在厚层內干燥良好。例如, 漆在尺寸为40×40×20毫

米的模子內，在 120°C 下 16 小时內便成为坚硬有彈性的物质，并且在热态下也不剝落。用 S-1901 漆浸漬的繞組絕緣有較高的电阻值，比用瀝青油漆所浸漬的絕緣电阻值高很多倍。

表 4

指 标	漆的性能	备 注
碱值(mg KOH/g)，不大于	10	对瓷漆无影响
120°C 时塗在銅片上漆膜的干燥時間 (h)，不大于	2	
由直徑 1 毫米的導綫繞成高 7 毫米寬 14 毫米綫圈的干燥時間(h)，不大于	16	此时綫圈应能浸透
20°C 时粘度，按 $\Phi-4$ 杯(sec)	90	
110°C 时耐热性(h)	400	
90°C 时抗变压器油的能力	良好	
电气强度(KV/mm):		
125°C 时干燥 16 小时后，不小于	70	
20°C 时浸入水中 24 小时后，不小于	40	

V-199 漆的性能与 S-1901 漆相类似。

对热固性浸漬漆和最普遍采用的 №447 瀝青油漆所进行的漆膜比較試驗的数据，列在表 5 內。

在各种热固性漆中，牽引电动机电樞的浸漬主要是用 $\Phi\text{II}-98$ 漆，这种漆能够使絕緣电阻提高 1 倍以上，并且完全不需要像采用瀝青油漆时那样，每运行 15~20 万公里需要再次进行浸漬。由于 $\Phi\text{II}-98$ 漆在厚层內能够完全干燥，所以在漆基將繞組浸漬得很飽滿的情况下，漆也不会由电樞中甩到磁极上；因此，可以在工艺过程中取消將电樞浸漬后放在专用机床上旋轉甩掉余漆的工序。由于这种漆有耐油性，所以在干燥后不需要另外用瓷漆塗复电樞表面。

表 5

指 标	漆 的 牌 号				
	447	ΦΠ-98	AΦ-17	S-1901	V-199
击穿电压(KV/mm):					
20°C时原始状态	101	90.4	93.8	92.4	91.0
受潮24小时后	29.4	81.2	64.7	76.2	45.9
105°C时	12.2~ 35.9	73.3	58.6	71.2	95.0
130°C时	—	87.4	49.4	94.0	92.0
150°C时	—	79.5	48.7	96.0	—
介质损失角正切:					
20°C时	0.0176	0.0275	0.0134	0.015	—
受潮24小时后	0.0291	0.044	0.028	0.044	—
105°C时	0.081	0.077	0.065	0.077	—
150°C时耐热性(h)	3~7	19	46~48	20	28
胶合能力(kg):					
20°C时	15.2	30	35	31.9	31.1
大于100°C时	0.5	7	5	10.0	3.8

試驗研究表明, ΦΠ-98漆能用来制造磁极綫圈。同时, 这种漆也可用作綫圈匝間与对地絕緣层間的塗刷漆, 能保証繞組和繞組对地絕緣有高度的牢固性。

用ΦΠ-98漆和瀝青复合胶制成的磁极綫圈, 其匝間胶合能力的比較数据, 列在表 6 內。

表 6

試 样	破坏荷重 (kg)	破 坏 时 单位荷重 (kg/cm ²)	破坏荷重 (kg)	破 坏 时 单位荷重 (kg/cm ²)
	20°C时		120°C时	
用ΦΠ-98漆	840	22.9	183.0	5.0
用瀝青复合胶	374	7.5	18.0	0.5

将热固性漆同机械强度好、耐热的云母带（包括玻璃云母带）配合使用将是最合理的。玻璃纖維材料衬底在这种场合下提高了云母带的抗張强度，包扎时就容易将絕緣包紧。此外，能够在运行中保持絕緣强度并且不易受潮。

除了主要用于繞組浸漬的热固性漆以外，还有热固性胶合漆。例如，已研究出一种牌号APB-K热固性胶合漆的配方，它是一种混合漆，以80“雷齐尔”树脂（Резиловая смола）（ТУ МХП-1856-48）和可溶性酚醛树脂类型的PB丁醇酯化甲酚甲醛树脂（ВТУ 12 ИС-59）为漆基，用不同的树脂的配比（按漆基計算）制成。根据烘焙后对漆膜彈性的要求，树脂的比例定为：9:1；4:1；3:1；2:1等。前一个数字愈大，漆膜的彈性愈高。实际上APB-K漆通常是用濃度50%的80树脂和濃度60%的PB树脂在60°C下連續攪拌0.5~1小时制成。漆用二甲苯和乙醇的混合溶液（比例4:1）稀釋。

APB-K漆的主要技术性能見表7。

表 7

指 标	漆 的 性 能 (按技术条件)
顏色	深褐色
20°C时粘度，按B3-4粘度計(sec)	40~60
固体含量(%)	不小于50
120°C时塗在銅片上漆膜的干燥時間(h)	3
150°C时塗在銅片上漆膜的耐热性(h)，不小于	30
电气强度(KV/mm)：	
20°C时原始状态，不小于	60
在相对湿度95±3%的大气中放24小时后，不小于	25

檢驗漆的质量是将漆倒在尺寸为45×45×20毫米的鋁制小盒內，在120°C下經16小时后檢查漆的聚合情况。此时，

漆基应当完全聚合，且应是透明、柔軟和富有彈性的。

根据用APB-K漆当做胶合漆制造的牵引电动机电枢繞圈的試驗表明，这种漆具有高度的胶合能力，能够消除繞圈內部各匝間的相对移动，因而提高了电枢在运行中的工作可靠性。研究还表明，繞圈槽部的連續多层絕緣可以用烘卷絕緣来代替，这就大大提高了电枢繞圈的电气强度和降低了制造的劳动量。

上述各热固性漆的耐热性均属于B級，因此，用这种漆浸漬的繞組在运行中的温度应符合ГОСТ 2582-50的要求，即不应超过 120°C （对牵引电动机的电枢）和 130°C （对磁极繞圈）。

3 耐热漆、瓷漆和树脂

用硅有机漆同云母和玻璃纖維材料相结合的方式，能够提高牵引电动机繞組的工作温度。利用这些材料也提高了牵引电动机运行的可靠性，并且依靠提高单位重量的功率可以設計出更加經濟的电机結構。

虽然采用硅有机絕緣的牵引电动机比普通絕緣要貴得多，但是这种电动机的大量运行經驗显示了它的优越性和显著的經濟效果。

将通常应用的B級絕緣与硅有机漆玻璃云母絕緣的性能进行比较，結果表明：不論是在运行初期，或是在长期高温作用下，硅有机玻璃云母絕緣的介电性能都具有較高的指标。例如，用硅有机漆制成玻璃云母絕緣的电气强度不受温度的影响；而普通絕緣的电气强度則将显著下降。浸胶的磁极繞圈在 150°C 下电气强度为 20°C 时的55~65%。硅有机絕緣的电枢

繞組和磁極線圈的絕緣電阻值，受潮氣作用時間和溫度升高的影響，同樣也比普通絕緣為小。硅有機絕緣漆在 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ （在電機中這是比較高的溫度）長期作用下仍能保持彈性，這是耐熱絕緣最重要的優點。

蘇聯化學和電機工業已研究出並且正在生產着許多種耐熱硅有機漆、複合膠和瓷漆，其主要性能分別敘述如下。

ЭФ-3硅有機電氣絕緣浸漬漆 按化工部技術條件 TV MXII №2305-57的規定製造，是聚乙基苯基硅氧烷樹脂在汽油和松節油（比例 1:1）混合物中的溶液。

根據漆的耐熱性指標，生產兩種牌號：ЭФ-3BC 和 ЭФ-3BCV。

ЭФ-3漆具有高的耐熱性、良好的介電性能和浸漬能力。在 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 下經過適當的熱處理後，形成耐潮的漆膜。

牽引電機製造和修理用的 ЭФ-3 漆加有加速乾燥的 64B 乾燥劑 (TV KY-386-44)。這種漆的主要技術性能見表 8。

用熱彈性較高的 ЭФ-3BCV 漆浸漬耐熱型牽引電動機電樞是最適宜的。

用 ЭФ-3 漆浸漬後，工件的烘乾過程必須分兩個階段進行：第一階段是在 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ 下排除揮發性的溶劑；第二階段是在 $185\pm 5^{\circ}\text{C}$ 下進行烘焙，以保證所要求的漆膜質量。

因為在 ЭФ-3 漆中不含有催乾劑，所以在使用前必須加入 6% 的催乾劑（按漆和催乾劑固體量計算）。這時應當注意：在 ЭФ-3BC 和 ЭФ-3BCV 漆中加入催乾劑後會發現有棉絮狀的沉淀物，因此應擱置 $10\sim 12$ 小時，使棉絮狀的沉淀物沉淀後，用布過濾器過濾。因為當有沉淀物時，將使漆膜的電氣強度下降。由於加入催乾劑後，漆在高溫下長期保存會開

表 8

指 标	漆 的 性 能	
	按化工部技术条件	按試驗数据
顏色	深褐色、透明	从黄色到深褐色
20°C时粘度, 按B3-4粘度計(sec)	15~70	15~65
固体含量(%)	不小于40	39~45
200°C时干燥時間(h)	不大于2	10分钟~2小时
200°C时耐热性(在銅片上)(h):		
ЭФ-3БС漆	不小于20	20~40
ЭФ-3БСУ漆	不小于40	40~100
180°C时抗飞賊性①	—	不飞賊
体积电阻系数 $\Omega \cdot \text{cm}$):		
原始状态	不小于 10^{14}	10^{15}
200°C时	不小于 10^{12}	10^{13}
在相对湿度 $95 \pm 3\%$ 的大气中放24小时后	不小于 10^{12}	$10^{14} \sim 10^{15}$
浸水24小时后	—	$10^{14} \sim 10^{15}$
电气强度(KV/mm):		
原始状态	不小于60	75~120
200°C时	不小于25	35~40
在相对湿度 $95 \pm 3\%$ 的大气中放24小时后	不小于30	40~60
20°C浸水24小时后	—	40~50
耐油性	—	在200°C时干燥24小时或230°C干燥6小时后, 漆膜浸入油中不应溶解, 但可有膨脹現象

① 加有催干剂。

② 塗在銅片上的漆膜在200°C下经过6小时热处理以后。

始凝結（濃縮），所以若漆不是立即在生产中使用，不应将催干剂加入漆中。漆用“卡洛沙”（Калоша）牌汽油和松节油的混合物（比例 1:1）稀释。漆的試驗根据化工部技术条件 ТУ МХП 2300-57 的規定进行。

ЭФ-5 硅有机电气絕緣漆 是聚乙基苯基硅氧烷树脂在有机溶剂中的溶液。根据所用的溶剂、濃度和耐热性的不同，ЭФ-5 漆按化工部技术条件 ТУ МХП 2300-57 的規定制成三种牌号：ЭФ-5Т——濃度 40%；ЭФ-5Т₁——濃度 60% 和 ЭФ-5Б——濃度 40%。这种漆具有高度的耐热性、介电性能、良好的浸漬能力和足够的胶合能力。在 180~200°C 下經過适当的热处理后，其漆膜具有耐潮性。这种漆只有在加入催干剂——64 Б 干燥剂（ТУ КУ-386-54）——以后才能使用。它的性能見表 9。

ЭФ-5 漆可用来制造电气絕緣材料的胶合剂和浸漬剂，这些絕緣材料是用在 180°C 或高湿度环境中长期运行的电机和电器中。例如，濃度为 28% 的 ЭФ-5 漆可用作制造玻璃云母带和柔軟玻璃云母板的胶合剂，而濃度为 70% 的漆則用作制造磁极綫圈的塗刷漆。

ЭФ-5 漆也和 ЭФ-3 漆一样，最初不含有催干剂，需在以后加在漆中，其数量为漆和催干剂固体量的 6%。由于加有催干剂的漆在长期存放过程中容易凝結，所以必須在漆就要使用以前才加进去。和 ЭФ-3 漆一样，加入催干剂时也有棉絮状沉淀物出現，应用过滤器将其滤掉。ЭФ-5Т 漆用甲苯稀释，ЭФ-5Б 漆用“卡洛沙”牌的汽油稀释。

当采用 ЭФ-5 漆作为制造磁极綫圈时的塗刷漆时，为了提高其胶合性能，建議用含干燥剂（三乙醇胺和亚油酸鉛）的