

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С

В.И.克里特維揚斯基 А.В.柯瓦利斯卡婭
Ю.К.肖加爾斯基

防爆电动机 硅有机絕緣繞組

煤炭工业出版社

В.И.КАЛИТВЯНСКИЙ А.В.КОВАЛЬСКАЯ Ю.К.ШОКАЛВСКИЙ

內 容 提 要

用耐高温、耐潮湿、耐油浸、并具有較高机械强度的硅有机物，做为矿用防爆电动机繞組絕緣材料，是近几年世界电机制造业的新的技术成就。本書提供了硅有机絕緣的制造知識。書中詳細地闡述了硅有机絕緣的特性、利用硅有机絕緣制造截煤机电动机繞組的方法、帶开口槽和半开口槽电机繞組的制造工艺、繞組数据和修理等。

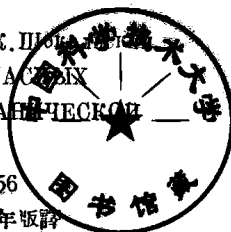
本書可供广大电机制造业职工，特别是矿山电机制造厂和修理厂的职工参考。

В.И.Казитвянский А.В.Ковальская Ю.К.Полухин

РЕМОНТ ОБМОТКИ ВЗРЫВООПАСНЫХ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С КРИМНИОСЯНИСТОЙ
ИЗОЛЯЦИЕЙ

Углетехиздат - Москва 1956

根据苏联国立煤矿技术書籍出版社1956年版譯



1250

防爆电动机硅有机絕緣繞組

孙崇善 高志坚譯

周峻嵩校

*

煤炭工业出版社出版(社址:北京东长安街煤炭工业部)

北京市書刊出版业营业許可証出字第084号

煤炭工业出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

开本787×1092公厘^{1/32} 印张5 $\frac{1}{2}$ 插頁3 字数91,000

1959年11月北京第1版 1959年11月北京第1次印刷

統一書号:15035·928 印数:0,001—3,000册 定价:0.72元

引 言

煤矿内使用的电动机，特别是截煤机和康拜因的防爆电动机，与其他工业部门内使用的电动机的工作情形，无论在负荷特性上，或者在工作条件上都有很大的区别。

工作面机械电动机的负荷特性，是工作方式的不均匀性，且具有经常的时间长短不定的过负荷，以及频繁的启动和反向现象。工作面机械电动机巨大的过负荷现象，能导致静子绕组剧烈过热，静子绕组的温度能达到(短时的) $180 \sim 220^{\circ}\text{C}$ ，或者更高。这样高的温度能引起绝缘有机部分的衰老，介质和机械特性的降低，以及最后是绝缘的损坏。此外，截煤机电动机的绝缘，还要受到很高的潮湿与煤尘的影响。截煤机减速器的机油和轴承润滑油大量地滴到电动机绕组的端部。在截煤过程中机械的外部剧烈的冲和震动，对绝缘的寿命也起着不良的影响。

煤矿内工作面机械困难的工作条件，是电动机因为绕组绝缘受到损伤而经常损坏的基本原因。

1952—1953年以前，截煤机、康拜因和其他矿用机械的电动机，基本上都采用了复合云母绝缘(“B”级)，这种绝缘，除云母外，还包括有纸、棉纱带、沥青油漆和沥青复合物。这种绝缘内，有机物的总含量按重量算约占60%，按体积算则更多。包括纤维材料和沥青油漆的绝缘，具有吸湿性，并且由于不是耐油的，所以当落上机油或润滑油脂时，很容易损坏。

截煤机、康拜因和其他机械的电动机，因绝缘损伤而

經常損壞的現象，能導致礦山設備停止工作和煤的產量的損失，並引起電動機的過早修理。所有這些就要求，在煤炭工業內做為電動機靜子繞組的絕緣，必須採用新的、更加完善的材料；這些材料不僅應具有高度的耐熱性、耐潮性、耐油性，和較高的機械強度，而且應能在沉重的運轉條件下保持着這些特性。

新的耐熱電氣絕緣材料就是屬於這樣的材料。此種新材料是在全蘇電工研究所(ВЭИ)研究出的硅有機化合物的基礎上制成的。

在這種材料的基礎上，全蘇電工研究所創制了一種為在沉重的運轉條件下工作的電動機用的絕緣。這種絕緣較“B”級絕緣具有更高的可靠程度和更長的服務年限。

“庫茲巴斯電動機”和卡爾·馬克思電機製造廠，在製造截煤機的電動機和K與KO系列電動機時，成功地使用了這種新的絕緣。

從1954年起所有截煤機用的МАД-191系列電動機的繞組都是用硅有機絕緣製造的，而從1955年起，在特別沉重的運轉條件下採用的(裝載機、康拜因裝煤機、運輸機，等等用的)K與KO系列電動機也大量地利用此種絕緣製造了。各種型式的電動機都採用這種絕緣，是在礦井內採用660伏電壓的供電網路時在安全和可靠方面必要的要求之一。

本書的目的是向煤礦工作人員介紹新的硅有機絕緣，並介紹採用這種絕緣時電動機的修理條件。本書在編寫時利用了全蘇電工研究所的研究成果，以及“庫茲巴斯電動機”和卡爾·馬克思兩工廠的經驗。

目 錄

引 言

第一章	利用硅有机化合物制造的耐热电气絕緣材料	5
第二章	硅有机絕緣的主要技术特征	15
第三章	利用硅有机材料制造的截煤机电动机繞組元件 的絕緣的构造	23
第四章	帶开口槽的电动机繞組的制造工艺	26
第五章	帶半开口槽的电动机繞組的制造工艺	50
第六章	某些繞組用材料的就地准备及其使用与保存	58
第七章	电动机的結構数据与繞組数据	61
附 录	1—13	112

第一章 利用硅有机化合物制造 的耐热电气绝缘材料

目前在电机制造业内，作为绝缘用的粘着、浸渍和复合材料，是采用高分子有机化合物（各种漆、复合物、树脂）。所有这些有机介质具有良好的电气绝缘特性，并且在工艺加工方面也很方便。但是有机电气绝缘材料的耐热性不大。目前所据有的资料证明，有机介质的耐热极限是较容易达到的。甚至象多元醇酯这样比较耐热的有机树脂，在以 $140\sim 150^{\circ}\text{C}$ 以上的温度长时加热的情况下，即可见到热力破坏^①现象，这时它就失去原有的机械特性，变脆，且易于折断了。

有机树脂耐热性不高的基本原因在于其分子的组成与结构。

在分子有机化合物分子结构的基本链内包含的是碳。碳的原子之间的结合不太强，当加热到 $140\sim 150^{\circ}\text{C}$ 时结合就会被破坏，也就是说产生分子基本链的断裂。因此，取决于碳的原子之结合的，高分子有机化合物的耐热性，就被不很高的温度局限住了。

碳是有机化合物的基础，可是在无机化合物中占有相同地位的则是硅，常见的主要是与氧起化合作用，成为 SiO_2 。

硅与氧的化合物很能耐热，这是由于硅与氧的原子之

① 热力破坏——材料由于高温的作用而产生破坏。

結合程度很高。

屬於电机絕緣用的无机介質包括有：雲母，具有較高的耐熱性的石棉與玻璃纖維材料。

但是利用這些材料做為絕緣時，必須具有浸潤、粘着和被復材料（各種漆和復合物），這些材料也需具有巨大的耐熱性。采用无机化合物（例如，易熔玻璃）做為絕緣的嘗試，到現在還未獲得良好的效果。

在這種情況下采用有机化合物會導致絕緣的耐熱性降低到有机化合物的容許溫度，即 $130\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。只是在最近期間，在全蘇电工研究院內，E.A. 安德利安諾夫教授研究出了一種新的高分子的化合物，其組成內同時包括的既有矽，又有碳。

這種化合物叫做硅有机化合物。它一方面具有无机化合物的一些特性：較高的耐熱性、耐潮性，等等；另一方面又具有有机化合物的某些特性：彈性，可溶性，等等。

這種硅有机化合物目前是以可溶樹脂，橡膠產品，液體，等等形式獲得的。在這種化合物的基礎上研究出，並且大量生產着許多種电气絕緣材料。這些絕緣材料具有高度的电气絕緣特性、耐熱性和耐油性，這就給製造能在最沉重的運轉條件下保證可靠地工作的电机，創造了巨大的可能性。

在有机与无机材料之間占其中間地位的這一新級別的电气絕緣材料，允許常時溫升達 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

新的电气絕緣材料包括有下列各種，這些材料是比較廣泛地採用為电机絕緣的。

1. 9Φ-3 牌浸潤用漆；2. 9Φ-5 牌粘着漆；3. ПК9-14 和 ПК9-15 牌被复磁漆；4. ПСДК 牌带玻璃纖維絕緣的繞組用綫；5. ПКГМ 牌带耐热橡胶絕緣的導綫；6. 雲母玻璃紙；7. 雲母玻璃帶；8. ЛСК-7 牌玻璃漆布；9. 电气絕緣用粘附玻璃帶；10. СБ9Φ-2 玻璃胶木；11. 玻璃漆絕緣套。

上述耐热絕緣材料单是不完全的，但是它确包括了目前在制造低压交流电机时所采用的主要絕緣材料。所列举的材料在工业中已掌握制造，并且由电气工业部和化学工业部的工厂生产。

下面叙述各种硅有机絕緣材料和漆的規格，使用范围和技术条件的編号。

9Φ-3 和 9Φ-5 牌硅有机漆

(参閱附录 1)

9Φ-3 牌漆，供浸潤用，也做为絕緣填料。

这种漆具有高度的耐热性，高度的絕緣特性和良好的浸潤能力。

用 9Φ-3 牌漆浸过的制件，可在 180~200°C 温度下进行 10~15 小时的干燥。

此种漆由化学工业部的工厂制造。

9Φ-8 牌漆应根据 ГОCT-2256-43 “电气絕緣漆試驗方法” 进行試驗。某些指标可不試驗；这些指标的决定应根据此种漆的技术条件。

根据溶剂与浓度的不同，9Φ-3 牌漆可分为两种牌

号：ЭФ-3BC与ЭФ-3T。ЭФ-3BC牌漆的溶剂为汽油与松节油制成的混合油，混合比为1:1。

这种牌号的漆，在绕组温升可达 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 时，用于浸渍电机与器械的旋转与固定绕组。ЭФ-3T牌漆供制造电气绝缘软膏。软膏用于充填电机的旋转与固定绕组内的空洞。此牌号漆的溶剂是甲苯。

各厂供应的ЭФ-3牌漆，其内不含快干剂（快干剂以单独的包装与漆一起供应）。使用漆之前，应先掺入快干剂，其数量在于快干剂与干ЭФ-3牌漆相比时为6%（掺入漆内之快干剂的计算示例在第六节内叙述）。

将快干剂掺入漆内后，在长时间保存时，特别是在温度较高的情况下，ЭФ-3牌漆可能产生胶结现象（“凝结”）。因此最好一直到漆要使用时再将快干剂掺入。ЭФ-3牌漆在长时保存时，应按下列期限进行重复试验：无快干剂时每隔6个月，有快干剂时每隔1个月，如果漆的规格还合于技术条件的要求，则还可使用。

如果由于长期的贮存或使用，ЭФ-3BC牌漆的浓度增大了（超过了40%），则必须利用汽油与松节油（1:1）的混合油将其冲淡到正常浓度。冲淡时应在不断搅拌的情况下将冲淡剂一小部分一小部分地加入漆内，而且冲淡剂的温度应与漆的温度相适应。

ЭФ-5牌漆用于粘合云母玻璃带、云母纸和云母玻璃纸，制造粘玻璃带，及供其他用途。

根据溶剂的不同，ЭФ-5牌漆分下列两种牌号：ЭФ-5T~溶剂是甲苯，ЭФ-5B~溶剂是汽油。为了加速干燥，与

Φ-3牌漆一样，在Φ-5牌漆内也掺快干剂。快干剂与漆一起供应，但单独包装。漆在使用前再掺入快干剂，其数量在于快干剂与干漆相比时为6%。

化学工业部的工厂也制造Φ-5牌漆。

ΠΚΘ-14牌被復用珪有机烘烤磁漆

(参閱附录2)

ΠΚΘ-14牌磁器是加色的① K-48牌② 珪有机器。磁漆的溶剂是甲苯和苯。ΠΚΘ-14牌磁器具有高度的耐热性，较高的绝缘性能，以及良好的耐潮性和耐油性。

磁漆的电气强度：

a) 20°C 时 45—85 千伏/公厘；

6) 180°C 时 20—60 千伏/公厘。

ΠΚΘ-14 牌磁漆，由于具有高度的耐热性，最好用于复盖采用“CB”级③ 绝缘的、绕组温升可达180°C的电机绕组元件与绕组的端部。此外，由于具有良好的耐油性，这种磁漆也可用来被复绕组端部可能落有矿物油与滑润脂的电动机端部。

磁漆是装在白铁筒内供应，筒有严密的盖子。使用前，在必要的情况下应将磁漆冲淡到使用粘度，上漆时可用喷漆器及刷子，或者利用将制件放到漆内的方法。被复了磁漆的绕组的烘烤，根据外形尺寸的不同，温度为180

① 加色的，掺有矿物混合料(颜料)的漆。

② K-48 牌(前 № 309)漆的技术条件列于附件12内。

③ 珪有机绝缘。

~200°C, 时间为12~14小时。

磁漆应在干燥的有采暖设备的房間內, 并装在密封的包装內保存。电气工业部电气絕緣器材工业管理总局的工厂生产ПКЭ-14牌磁漆。

ПКЭ-15牌被复用硅有机烘烤磁漆

(参阅附录 3)

ПКЭ-15牌磁漆就是K-44^① 牌有色的硅有机漆。磁漆的溶剂是甲苯与苯。这种磁漆具有耐热性, 高度的絕緣性能和耐潮性。供被复采用“CB”級絕緣, 且預計工作温度达180°C的电机繞組元件与綫圈的端部。与 ПКЭ-14 牌磁漆相比較, ПКЭ-15牌磁漆的耐油性較低。

ПСДК 牌銅繞組綫

(参阅附件 4)

ПСДК牌銅繞組綫是一种具有圓形或长方形断面的銅綫, 它是利用两层无碱玻璃纖維做絕緣, 并且利用 K-44 牌漆进行粘着和浸潤。电綫的这种絕緣具有高度的耐热性和耐潮性。

ПСДК牌繞組綫絕緣的主要規格列于表 1。

ПСДК 牌繞組綫与其他耐热材料一起配合用于制造“CB”級电机和器械。在这样条件下繞組的工作温度允許达到180°C。短时温升允許达230~250°C。

繞組綫应保存在干燥的, 而且清洁的房間內。綫盘和

① K-44牌漆的技术条件列于附件13內。

帶綫的綫筒应用紙包装好。

綫組綫在电气工业部電綫总局各厂制造。

ПСДК牌綫組綫的主要技術規格

表 1

順序号	試 驗 名 称	試 驗 数 据
1	向心棒上纏繞的柔軟性，直径的倍数： 1)在原始状态下 2)在温度180°C时存放24小时后 3)在温度180°C时时效40昼夜后	2 ~ 4 倍直径 3 ~ 5 倍直径 4 ~ 6 倍直径
2	在两个轆轤之間进行抽拉試驗的机械强度	抽拉 6 ~ 9 次
3	在带有球极的槽內試驗时的击穿强度： 1)直导綫 2)弯曲的，并且在180°C温度下綫24小时烘烤过的	1000 ~ 1500 伏 850 ~ 1200 伏
4	用針进行耐磨試驗的机械强度（按尺寸而定）	200 ~ 1000 次双程移动

采用硅有机橡胶絕緣的 ПКГМ 牌裝置軟綫

（参閱附录 5）

ПКГМ 牌导綫的基本絕緣是耐热的硅有机橡胶。絕緣芯綫上面纏繞有用聚合硅酮漆浸过的玻璃布帶。在玻璃布帶的上面附有一层用玻璃纖維做的包皮。

这种牌号的綫用做电机与器械的引出端綫，而电机与器械的工作温度可能达到 180°C。ПКГМ 牌号綫由电气工业部的一个工厂生产。

С2ГФН 牌軟云母玻璃板

（参閱附录 6）

軟云母玻璃板供工作温度可达 180°C 的电机与电气器

械繞組的絕緣用(“CB”級)。

除耐熱性外, C2ГΦK牌云母玻璃板還具有耐潮性。

其體積電阻系數等於: (歐姆·公分)

a) 在原始狀態下..... 10^{15}

б) 在200°C時..... $2 \cdot 10^{13}$

в) 在20±5°C, 且相對濕度為95~98%時,

經20晝夜干燥後..... $1.3 \cdot 10^{11}$

軟云母玻璃板可採用做繞組內的綫匝之間的衬墊、沉裝繞組槽的絕緣、低壓電機繞組元件槽的絕緣、沉裝繞組端部的衬墊、靜子繞組端部的絕緣、電樞與轉子繞組的紮綫下的絕緣等。

軟云母玻璃板的使用方法与一般帶紙衬的云母板(ГМ0和ГΦ0)的使用方法一樣。繞組用耐熱的云母玻璃板絕緣後應在180~200°C的溫度下經8~12小時烘烤。

云母玻璃板應放在架子上保存在干燥的、清潔的房間內。云母玻璃板張與張之間用紙衬隔起來, 並且打成包。每包都用紙包裹好。

軟云母玻璃板由電氣工業部電氣絕緣器材工業管理總局各廠生產。

云母玻璃帶

(參閱附錄7)

云母玻璃帶是一種薄的、在冷的狀態是軟的電氣絕緣材料。它是由一層利用 9Φ-5 牌硅有機漆與無碱玻璃布粘合在一起的“金云母”牌的金云母做成的。玻璃布自一面

或两面被复住云母。

由于与云母和玻璃布一起配合采用了 9Φ-5 牌硅有机漆，因而云母玻璃带具有高度的耐热性。

云母玻璃带供采用“CB”级绝缘的电机，在绕组的工作温度可达 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 时，进行绕组绝缘用。

云母玻璃带能满足下列各项要求：

体积电阻系数：（欧姆·公分）

a) 在 200°C 时..... $10^{12}\sim 10^{13}$

6) 在 200°C 温度下干燥 8 小时后..... 10^{14}

h) 在温度 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 95-98% 的条件下，10 昼夜后..... 10^{12}

r) 经 30 昼夜 200°C 的热陈化后..... 10^{14}

玻璃云母带具有高度的机械强度，因而在对线圈进行绝缘时允许大力地拉紧。这样就保证了结实的缠绕。

预备绝缘的绕组或其个别部分，可用手工方法缠绕，或者在专门的机床上缠绕。此种机床能使迭加云母玻璃带绝缘的过程机械化。

用 $\text{MC1}\Phi\text{K I}$ 与 $\text{MC1}\Phi\text{K II}$ 牌云母玻璃带进行绝缘时，必须使云母朝下，而玻璃布朝上。

用云母玻璃带将绕组绝缘后，必须使绝缘在温度 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的条件下进行 8~20 小时的干燥与烘烤。

云母玻璃带应装在密封的金属筒或匣内，而在有采暖设备的房间内，室内温度应为 $+2^{\circ}$ 到 $+35^{\circ}\text{C}$ 。

电气工业部电气绝缘器材工业管理局的一个工厂生产云母玻璃带。

ЛСК-7牌玻璃漆布

(参阅附录 8)

ЛСК-7牌玻璃漆布是一种用无碱玻璃布做成的电气绝缘材料。玻璃布要多次地用 К-44牌耐热的硅有机漆浸渍。К-44牌漆和玻璃布一起配合使用，就可以保证这种材料具有高度的耐热性。

由于具有高度的耐热性，ЛСК-7牌玻璃漆布可用在电机和电器内作为槽绝缘和端部绝缘，可用在带沉装绕组的电动机与分段绕组内作为线圈间的衬垫，亦可作为棉纱漆布的代用品。玻璃漆布应垂直放置在干燥，且有采暖设备的地方。

玻璃漆布在电气工业部电气绝缘器材工业管理总局的一个工厂内生产。

膠粘玻璃絕緣帶

(参阅附录 9)

胶粘玻璃绝缘带是一种用 95-5 牌硅有机漆浸制的无碱玻璃布制造的绝缘材料。

耐热的胶粘玻璃带供作工作温度可达 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的电机和电气器械绕组的绝缘用。

这种玻璃带最好用做低压电机单个线圈（电枢分段绕组及转子绕组）的绝缘，可在静子及电枢分段绕组和磁力线圈内供做线圈的固定，以及电机内联接的绝缘用。

胶粘玻璃带应放在密封的金属筒内保存。

电气工业部电气絕緣器材工业管理总局的一个工厂生产胶粘玻璃带。

CBΦ3-2 牌玻璃塑料板

(参阅附录10)

玻璃塑料可用做电机內的楔子、衬垫、机座等，电机的工作温度可达 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。为此也可采用 CT 牌 ГОСТ 2910-54 玻璃胶木（用酚醛漆做的）。

CBΦ3-2 牌玻璃塑料板由电气工业部电气絕緣材料管理总局的工厂生产。

玻璃漆絕緣套

(参阅附录11)

耐热的玻璃漆絕緣套供作电机分段繞組的引出綫及內部結綫的絕緣用。这类电机供在繞組温度可达 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的条件使用。玻璃漆絕緣套由电气工业部电气絕緣器材管理总局的工厂生产。

第二章 硅有机絕緣的主要技术特征

对于采用硅有机絕緣的繞組元件及試驗性电动机的研究，提供了确定硅有机絕緣規格的可能性。这些研究是在温度达 200°C 、周围空气非常潮湿和机械应力等长时间作用下，以及油、潤滑油、煤尘、水的影响和当电动机在煤矿运轉时其他因素等对絕緣所起作用的条件下，进行的。