

DJB - 823

电接触

固体薄膜

保护剂的

研究与应用

科学技术文献出版社

74.46

DJB-823电接触固体 薄膜保护剂的研究与应用

国家科委科学技术研究成果管理办公室 编

科学技术文献出版社

1987

内 容 简 介

本书论述DJB-823电接触固体薄膜保护剂的性能及其应用。它具有优良的润滑性能与很强的抗硫化、氧化能力,能显著延长电子元器件寿命,对金、银、铜、锡、锌、铬与铅锡合金等各种金属具有保护和降低插拔力、保护金属引线的可焊性等作用。

这种保护剂不仅适用于军用与民用电子元器件、电子产品、电子与通信设备,还可用于工艺美术品、文物保护、乐器、钟表、机械加工、工具、量具、刀具、精密模具等,也适用于科研与教学。采用这种保护剂,可大大提高军用与民用的电子设备的可靠性。

这项成果一九八六年评为国家发明二等奖,被列入‘七五’计划全国重点推广项目。

本书可供工程技术人员、工艺员、电子设备的维修人员等参考、使用。

DJB-823电接触固体薄膜 保护剂的研究与应用

国家科委科学技术研究成果管理办公室编

科学技术文献出版社出版

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 32开本 6.5印张 140千字

1987年6月北京第一版第一次印刷

印数:1—10000册

科技新书目:144—55

统一书号:15176·817 定价:1.40元

前 言

电接触元器件是沟通电路的关键性元件。这类元件一旦发生问题，将会使电子控制系统失灵，造成工业生产过程停止；使电子设备停止工作；使飞机或导弹坠毁，甚至贻误战机，其后果将是不堪设想的。因此，如何保证和提高电子设备及飞机或导弹用的电子装备的可靠性，在国内外早已引起人们的重视，大力开展了电接触可靠性与金属防护方面的研究工作，并取得了一定成就。

北京邮电学院彭道儒教授在1975年研制出BY-2电接触固体薄膜润滑剂的基础上，针对导弹、飞机、舰艇、坦克和雷达等军用电子设备与通信设备等方面的需要又成功地研制出DJB-823电接触固体薄膜保护剂。它具有优良的润滑性能与很强的抗硫化、氧化能力，能显著延长电子元器件寿命，能耐 $-60\sim+125^{\circ}\text{C}$ （3~5小时内可达 $+150^{\circ}\text{C}$ ）的工作温度，对金属无腐蚀性，相反对金、银、铜、锡、锌、铬与铅锡合金等各种金属具有保护和降低插拔力，保护金属引线的可焊性等作用。它在常温条件下，理化性能极为稳定，本身无毒、无气味、无挥发性、不潮解、不升华，可长期存放而不改变其性能。它还能耐腐蚀、耐高温，防止潮热、盐雾、霉菌、工业大气及手汗等对上述金属的侵蚀作用。

这种保护剂是具有优良的润滑和保护性能的有机合成保护材料。它不仅适用于航天、航空、舰艇、兵器、雷达、坦克等军用和民用电子元器件、电子产品、电子与通信设备，还可以用于机械加工、文物保护、工艺美术品、首饰、工

具、刀具、量具、精密模具、轴承、齿轮、乐器、眼镜框、纺织行业用的钢领与钢丝圈、电子设备的维修行业及乡镇企业，也适用于科研、教学等。

三年来已向航天、航空、兵器、电子工业部以及海军装备部等300多个厂家和研究所提供此种保护剂，并在军用和民用电子产品上进行广泛使用。现有部分厂、所已将这种保护剂在军用与民用产品生产中批量地应用。通过实践证明，其经济效益和社会效益是非常显著的，值得在全国范围内大力推广应用。

为了更进一步推广应用DJB-823电接触固体薄膜保护剂这种润滑与保护材料，编者特组织一些已在生产上取得了显著的经济效益和社会效益的科研与生产应用单位总结经验，提供技术材料，以汇编成册，进行广泛交流。使这项科研成果在我国社会主义建设中发挥更大的作用。

本书编辑工作之所以能按出版计划顺利进行，是与提供稿件的单位与个人的大力支持分不开的。此外，我们特请北京邮电学院彭道儒教授参加本书的审校工作；北京广播器材厂杨家昌工程师与北京无线电元件九厂王振岳工程师参加本书的阅校工作，在此一并表示衷心感谢！

本书由林扶同志主编。

由于水平有限，书中错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

国家科委科学技术研究成果管理办公室

1986年

目 录

前言

DJB-823电接触固体薄膜保护剂的研究.....	(1)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在机载电子设备上的 应用.....	(38)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂的试用及其结合力理 论的探讨.....	(49)
国内外不同电接触保护剂性能对比试验.....	(54)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂的试验与应用.....	(86)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在军用电子仪器上的 应用.....	(94)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在CA型插头座上的 应用.....	(106)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在电位器上的应用	(111)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在刀具与量具上应用 获得显著效果.....	(117)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在电子雷达上的应用	(122)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂适用于舰船电子设备	(135)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在镀银波导上的应用	(145)

DJB-823电接触固体薄膜保护剂在印制板插头上的应用.....	(149)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在航空插头座上的应用.....	(159)
提高石英晶体谐振器引线可焊性的一条新途径.....	(162)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂用于防铜变色的试验.....	(168)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在印制板插头与插座上的应用.....	(174)
防银变色工艺的新进展.....	(178)
镀银镶件浸涂DJB-823电接触固体薄膜保护剂塑压成型工艺获得成功.....	(188)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在纺织部件上的应用.....	(192)
为我国节约黄金资源开辟了一条新的途径——邮电部眉山通信设备厂已取得显著效果.....	(198)
DJB-823电接触固体薄膜保护剂在刮脸刀片上的应用.....	(201)

DJB-823电接触固体薄膜 保护剂的研究

北京邮电学院化学防护研究所 彭道儒

序 言

为了促进我国国防现代化建设，提高军用电子设备的可靠性、稳定性以及防护性能，在邮电部领导的长期支持下，得到航天工业部、航空工业部、电子工业部、兵器工业部以及海军等有关领导部门的重视，本人继一九七五年研究成功BY-2电接触固体薄膜润滑剂之后，又经过了四年多的努力，于一九八二年二月研究成功DJB-823电接触固体薄膜保护剂（下简称DJB-823电接触保护剂）。这一新的成果，满足了BY-2润滑剂所难以满足的一些军用电子设备的特殊要求。DJB-823电接触保护剂主要针对导弹、飞机、舰艇、坦克、雷达等军用电子设备与通信设备的需要而研制的，并通过近三年来提供航天、航空、电子、兵器以及海军等所属六十多个工厂和研究所，在军用电子产品上进行了广泛试验，取得了大量数据，部分厂、所已将DJB-823电接触保护剂在军用电子产品生产中进行批量投产试用。经过三年多时间的考验，证明DJB-823电接触保护剂性能优良，对导弹分离元件、航空插接件、微型传感器、波导以及计算机开关等各类机电元器件的质量、可靠性和防护性能的提高是显著的，其

中已投产试用的部分厂、所分别写出了试验报告或技术总结。一九八二年十月我国在太平洋从潜艇发射导弹的电子控制系统上应用DJB-823电接触保护剂，收到良好效果，受到国防科工委的赞扬。一九八四年用于同步卫星的发射也取得了同样效果。因此，DJB-823电接触保护剂的研究成功，对于我国电子工业与国防工业的发展，特别是保证导弹等尖端武器的实战可靠性，有着重要的作用和意义。下面就我所研究的问题和结果分别论述于下。

一、我国军用电子设备中电接触元件存在的问题

当前我国军用电子设备中的电接触元件虽然在质量上一般都优于民用品，而且要求也比较严格，但由于我国的科学水平与生产水平还不很先进，产品质量或多或少还存在各种不同程度的问题，其中对于可靠性的要求还只是刚刚开始，因而许多电接触元件尚满足不了国防工业的要求，其中突出的问题是寿命短、故障率高、不耐工业大气、潮热、盐雾等恶劣气候的腐蚀。造成这些影响的因素是多方面的，首先是由于用来制造各种元器件的金属本身，存在着热力学不稳定因素。金属在冶炼过程从外界吸收能量处于高能状态，当其受到环境中各种介质的影响时，必然要遭受腐蚀，成为氧化物、盐类等腐蚀产物，金属放出能量，回到原始的低能状态，例如，铜、银在自然界的氧化与硫化作用；即使是军品中应用最多的镀金元器件，也会由于金镀层的致密性差存在镀层微孔而易与底层金属沟通产生电化学腐蚀，所以金属腐蚀，对于军品的储存、运输和使用寿命都是较大的威胁。

另外，金属间的相互磨损，过大的插拔力所造成的机械变形，都将影响电接触可靠性。众所周知，电接触元器件是

电路连接中的关键元件，这类元器件一旦发生问题，便会使电子控制系统失灵。对于飞机及导弹等武器装备，如果电子控制系统发生故障，很容易使飞机或导弹坠毁而造成重大损失，同时也会贻误战机，其后果将不堪设想。因此，如何提高军用电子设备的可靠性，在美、苏、英、法、德、日等国早已引起重视，大力开展了电接触可靠性与防护方面的研究。我国一些军工部门也曾进行了大量工作，并取得了不少成就，但其重视的程度是不够的。

本人于1975年研究成功的BY-2电接触固体薄膜润滑剂，自1979年向全国推广应用以来，对提高电接触元器件的寿命与可靠性起到了显著作用，可是，BY-2电接触固体薄膜润滑剂在耐高温性能等方面对航空与航天方面的应用，还不够理想。面临着我国国防现代化的迫切需要，发扬艰苦奋斗与自力更生的精神，经过四年多的努力，终于又在一九八二年二月研究成功能满足我国航空、航天等军用电子设备所需要的DJB-823电接触固体薄膜保护剂。近两年来已经在我国航天、航空、舰艇等军用电子设备上发挥了可喜的作用。

二、DJB-823电接触保护剂的作用与结合力理论和导电机理问题

关于电接触保护剂或润滑剂这类新材料在电接触元器件上所起的重要作用，特别是有关润滑、防腐蚀及导电机理等理论性问题的研究，在科学上是一个正在探讨的课题；人们早已开展了这方面的研究，这是因为目前国际上迫切希望在新的理论指导下研制出最理想的新型润滑材料。本文仅就DJB-823电接触保护剂的大量试验和微观分析结果，提出几点个人的看法。

1. DJB-823 电接触保护剂的保护作用

在未使用电接触润滑剂之前，电接触元器件的接点金属表面，通常处于干摩擦状态，非常容易磨损，且由于金属本身的热力学不稳定性，极易受潮热、盐雾、大气中的 SO_2 、 NO_2 、 H_2S 等腐蚀介质的作用而形成腐蚀产物。微信号系统中电接触元器件应有很高的灵敏性，但是，一旦接点金属表面受到磨损或形成了腐蚀产物后，便会明显地增大接触电阻，使电信号变得不稳定或中断，以至造成事故。为了解决这些问题，当前国际上采用了两种方式，一种方式是在电接触的金属表面，当其发生故障时，喷洒含有易挥发的乙醛或氯仿等成分的清洗剂，使金属表面得以清洗。另一种方式是浸涂电接触润滑剂。前者只能消除临时性的故障，即只能在短时间内发挥作用。后者则能长久性的发挥作用，故后者有明显的优越性。在电接触润滑剂方面又可分为固态、液态、油膏态（半固态）三种，当前国际上后两种较多，但液态和油膏态似乎不如固态优越，液态和油膏态极易吸附灰尘和有害气体。另外，润滑剂的优越性又在于它是否同时具有润滑与防大气腐蚀两者兼优的性质。据国外文献报导，作为电接触润滑剂具有优良润滑性能并已获得专利的已有数十种之多，但同时具有优良的防大气腐蚀的润滑剂还很稀少⁽¹⁾。而 DJB-823 电接触保护剂经大量试验与生产实践证明，在上述两种主要性能上都获得了优异的效果。

DJB-823 电接触保护剂是润滑剂与金属缓蚀剂相结合的新型产物，在接点金属表面只须涂覆 1 ~ 2 微米左右这样一层极薄的固体薄膜，便能在长时间内（通常可达 5 ~ 10 年以上）防止金属接点的磨损。同时也可防止大气中各种腐蚀介

质对金属的侵蚀，从而保证电接触稳定可靠、降低插拔力、保护金属引线的焊接性能等作用。

2. 结合力理论

在流体润滑工程中，常常只着眼于物质的润滑性能，而较少考虑结合力的问题。但作为电接触保护剂，特别是DJB-823电接触保护剂，其涂层厚度只有1~2微米左右，要求一次涂覆，能长期使用，其效果好坏与保护剂本身对金属表面的结合力强弱有决定性的关系，即具有某种特定结构显现出结合力强的保护剂薄膜，在长时间经受住金属接点间摩擦与外部环境中各种腐蚀因素的侵蚀，方有可能产生优良的润滑效果和优良的抗腐蚀效果。

众所周知，物质的性质是从属于结构的，从本人所收集的样品与文献上查阅到的国际上几十种性能较好的液体电接触润滑剂，大多数是以矿物油或硅油为基础油和其他添加剂所制成。从结构分析矿物油与硅油均属于非极性分子类型，其结合力主要靠分子间力即范德华(Wan Der Waals)力结合，我们知道分子间相互作用力通常很小，数量级为0.1~1千卡/摩尔^[2]，故这类分子之间以及分子与金属之间的结合力小，易于自由滑动，加之液体分子的热运动和存在较大的表面张力，当其受到摩擦或挤压时便易离开金属表面，聚集并堆积于工作面周围，使金属的工作表面失去润滑性与防蚀作用。显然这类润滑剂在电接触表面应用，有明显的不足之处。对于有关固体润滑的理论，本文暂不拟作广泛的论述，只重点谈谈DJB-823电接触保护剂在电接触金属表面形成薄膜(1 μ 左右)后，所显示出来的强耐磨性与强抗腐蚀性的原因。从经过十万次试验的直键开关金属表面上进行电镜

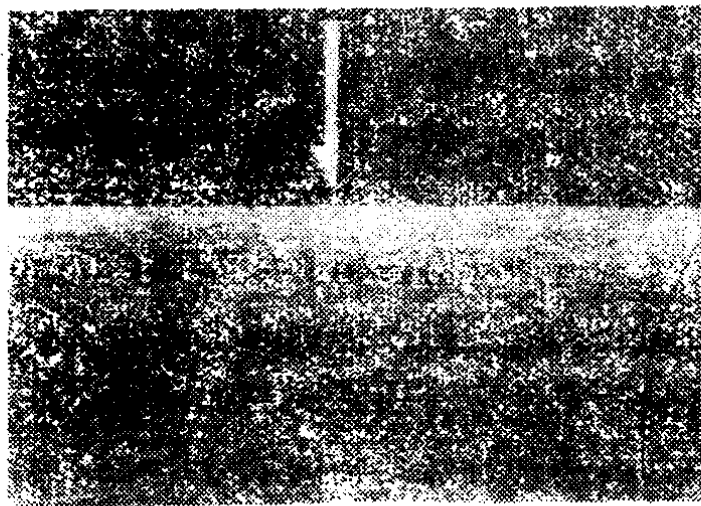
扫描观察与摄制的照片来看，DJB-823电接触保护剂有比金和银层还要好得多的耐磨性（见本文电子显微照片1、2）。

DJB-823电接触保护剂之所以有如此优异的耐磨性，是因其中含有两种自行设计合成的，具有特殊结构的化合物，并按严格比例组成的新型润滑材料。其主要特点是这两种具有特殊结构的物质把润滑剂与金属缓蚀剂结合成一个整体，即同一物质借助于它分子的端基所具有的静电场力或配位场力与电接点材料——银、铜等过渡金属原子产生结合能力为30~150千卡/摩尔^[3]、比分子间力（0.1~14千卡/摩尔）要大11—300倍，而分子的另一端起着润滑的作用，通俗地说：就好象是无数个带尾巴的铆钉密集铆接在金属表面，形成了一层结合牢固的既能防腐蚀又能起良好润滑作用的薄膜，故此称之为电接触保护膜。

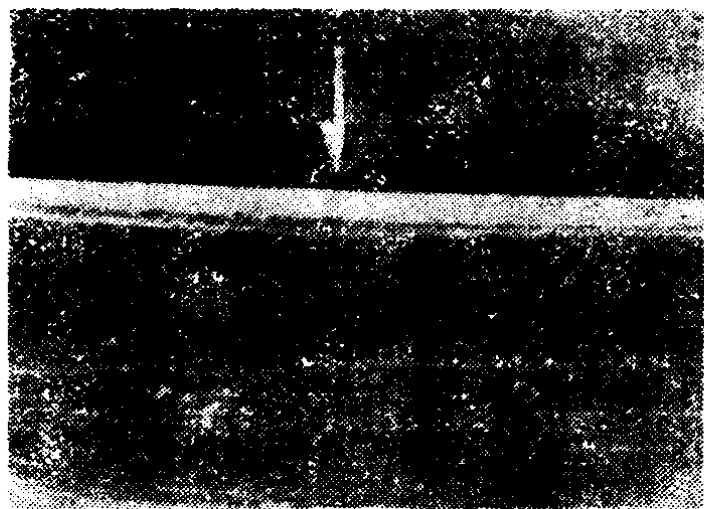
3. 导电机理

有关固体薄膜的导电机理问题，在固体物理学中曾有过一些论述，但只着重在数学上的分析，从物质结构与微观测试方面颇感不足。在结构化学中，对某种特殊结构的有机物提供分子导电的可能性作了一些论述，但又缺乏具体事例作为依据。美国E. W. Campbell博士一九七三年用高级脂肪酸（十六烷酸）作为润滑剂进行试验，发现此润滑剂薄膜，当其被挤压为 $5 \times 10^{-10} \text{ m}$ （5Å）的厚度时，导电率与金属相近，因而Campbell提出处于上述厚度的薄膜，出现隧道型导电，与此同时，金属面凸出峰峦接触处属于金属导电区。但本人根据涂覆了DJB-823电接触保护剂并进行过十万次寿命试验后的试件，经过剖析与在电子显微镜下拍摄的照片来观察，发现DJB-823电接触保护剂经过十万次摩擦后，还保持

着试验前的 1.5μ 厚度的 $1/2$ 至 $1/3$ ，未见露出金属表面凸出的峰峦，如电子显微镜照片1、2所示。



照片 1



照片 2

照片 1 为镀银片涂DJB-823电接触保护剂，横切面观察，箭头所指为DJB-823电接触保护剂保护层厚度约 1.5μ ，下部为银片断面。电子显微摄影，放大3500倍。

照片 2 为镀银片涂DJB-823电接触保护剂，经过十万次摩擦后横切面观察，箭头所指为DJB-823电接触保护剂保护

层厚度。电子显微摄影，放大3500倍。

由于涂覆DJB-823电接触保护剂后，出现金属峰峦接触导电的可能性似乎很小或不存在。根据对DJB-823电接触保护剂薄膜的接触电阻的测定，与涂覆前后金属的电阻值，以及经过十万次摩擦后的接触电阻均相差不多的事实（见表1、表2所测得的数据），我认为DJB-823电接触保护剂的导电主要是分子隧道型导电，但必须指出Campbell所用的试验物质与DJB-823电接触保护剂的化学成分和结构式是完全不同的，其性能自然应有所不同。如前所述，DJB-823电接触保护剂中含有两种特殊结构的成分，这类分子的端基拥有密集的电子云所产生的‘离域’作用为薄膜导电提供了有利条件。这在理论上与实践上取得了很大的一致性。

三、DJB-823电接触保护剂的理化、电气性能及技术指标

DJB-823电接触保护剂为人工合成的含有多种化学成分的淡黄色中性固体蜡状物质（本身非蜡），比重0.9610，不溶于水和单一的有机溶剂，溶于热的有机混合溶剂（120*溶剂汽油、正丁醇，二者混合）。

DJB-823电接触保护剂在常温下理化性能极为稳定，本身无毒、无气味、无挥发性、不潮解、不升华，可长期存放而不改变其性能（但也要适当包装好）。DJB-823电接触保护剂对金属无腐蚀性，相反对银、铜、锡、锌、铝、铅和铅锡合金等多种金属有明显保护作用，能防止潮热、盐雾、霉菌、工业大气、手汗等对上述金属的侵蚀。

1. DJB-823电接触保护剂的润滑性能及技术指标

由于DJB-823电接触保护剂在金属表面能产生强大的结

合力，可以很牢固地附着于金属表面，因而只需一次涂覆 1 ~ 2 微米厚的薄膜，便能大大减少电接触点的磨损，而且涂覆一次可在长时期（一般可维持 5 ~ 10 年）内发挥良好作用。

例如：以 KZJ 直键开关为试件，浸涂 2 % DJB-823 电接触保护剂和有机混合溶剂（120*汽油、正丁醇）制成的溶液，机械寿命在十万次内无失效点出现。

（注：电子工业部标准，KZJ 直键开关寿命指标为一万五千次；接触电阻 $> 30\text{m}\Omega$ 为失效）。

2. DJB-823 电接触保护剂的三防性能与防银变色的作用

DJB-823 电接触保护剂有良好的防潮、防盐雾、防霉菌的三防性能，尤其有优异的防银变色能力，在这方面的效果不仅超过了近年来国内研制的 TX、A + B、CSA-2 等六种防银变色剂，还超过了美国乐思（OXY）金属工业公司 Sel-Rex 分公司八十年代初的最新产品——TPS 防银氧化剂的效果。同时与本人 1975 年研究成功的 BY-2 润滑剂相比，防银变色能力又有所提高。

例如：取镀银试件放入含有 100ppm H_2S 、700ppm SO_2 ，相对湿度 85 ~ 95 % 的大型玻璃干燥器内，在室温 25 ~ 35 $^{\circ}\text{C}$ 条件下，放置 24 小时，银层表面光泽无明显变化，不出现点状和斑状腐蚀。

试验方法：按照 1977 年 7 月邮电工业接点薄膜润滑剂试验工作会议上提出的《工业腐蚀性气体模拟试验方法》进行⁽⁵⁾。

3. DJB-823 电接触保护剂的耐压性与耐温性

DJB-823电接触保护剂经实验证明能承受1000克以上的接点压力而不致破坏其润滑薄膜。经差热分析：在216℃以下性能稳定。DJB-823电接触保护剂耐温性能比BY-2润滑剂提高了近100℃（BY-2润滑剂耐温指标 $\pm 55^{\circ}\text{C}$ ）。DJB-823电接触保护剂可在 $-60\sim 125^{\circ}\text{C}$ 条件下正常使用，短时间（3～5小时）可在 150°C 情况下使用，但最高不得超过 175°C 。

例如：将涂覆2%浓度的DJB-823电接触保护剂试件在 $120\pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘干后，测试接触电阻和插拔力并记录下来。然后将试件在 150°C 高温下，加热50小时或100小时，取出冷却后在10～1000克接点压力下进行测试，加温前后接触电阻和插拔力相差不大于10%。

4. DJB-823电接触保护剂的电气性能

DJB-823电接触保护剂以2%浓度浸涂在Au、Ag镀层或Cu材料上，在接点压力不小于10克的情况下，能保证接触电阻小（ $10\text{m}\Omega$ 以下），且长期稳定可靠。同时又能保证与绝缘基座之间达到足够大的绝缘系数（ $5\times 10^{13}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上），即使涂覆在很精细的印刷电路板上，线路间的绝缘性不造成影响，同时可防止线路间银的迁移与短路现象发生。介质损耗不大于 5×10^{-3} 。

例如：将电镀后不超过10小时的镀银件，浸涂2%浓度的DJB-823电接触保护剂，在接点压力不小于10克的情况下进行测试，接触电阻可达到 $5\sim 8\text{m}\Omega$ 以下（电子工业部标准：大于 $10\text{m}\Omega$ 为不合格），在同样情况下如涂覆在镀金件上，接触电阻可达 $10\text{m}\Omega$ 以下（大于 $15\text{m}\Omega$ 为不合格）。在高频元件上介质损耗不大于 5×10^{-3} 。