

无綫电器材和眞空用油

会 议 资 料

賀 儒 英 何 焯 等 編

· 內 部 发 行 ·

中 国 工 业 出 版 社

无綫电器材和眞空用油

会 議 資 料

本书包括九篇文章，有五篇分别简要地介绍了电容器器材和真空技术的一些基本知识，如电容器的种类和用途，对浸渍料的一般要求，真空测量实验室的真空卫生和防毒问题，扩散泵的作用、工作范围，对扩散泵油使用性能的要求及国外扩散泵油的情况等。有一篇文章里介绍了光学仪器的发展情况，光学仪器与石油产品的关系及当前存在的几个问题。其余三篇分别介绍了硅油和润滑油的种类、性质及用途，以及国外生产情况。

本书可供从事无线电器材和真空用油的研究、试制、生产和使用的工程技术人员、技工和领导干部参考。

无线电器材和真空用油会议资料

贺儒英 何 焯等编

*

石油工业部编辑室编辑（北京北郊六铺炕石油工业部）

中国工业出版社出版（北京德胜门内大街10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $1^{15/16}$ ·字数41,000

1964年5月北京第一版·1964年5月北京第一次印刷

印数 0001—2,005·定价（科四）0.22元

*

统一书号：15165·3078（石油-178）

目 录

无綫电材料的使用条件和今后发展的趨勢·····	1
电 容 器 制 造 与 浸 漬 料 的 应 用·····	8
真 空 測 量 实 驗 室 建 立 的 有 关 問 題·····	11
扩 散 泵 与 扩 散 泵 油·····	16
国 外 扩 散 泵 油 的 情 况·····	26
光 学 仪 器 制 造 与 石 油 产 品 的 关 系·····	34
硅 油 的 性 质 和 应 用·····	40
潤 滑 脂 的 分 类 及 性 质·····	47
国 外 潤 滑 脂 生 产 概 况·····	51

无綫电材料的使用条件和 今后发展的趋势

賀儒英

近几年来我国无綫电材料的試制和生产取得較大的成績，但总的說来，国产无綫电材料的品种、数量还不能滿足需要，目前我們用的电容器紙、电容器油、凡士林等都依靠着进口。要想发展我国自己独立的无綫电工业，就要求无綫电材料能迅速地立足于国内。

关于无綫电用料，分三方面来讲：

1. 当前电容器的发展；
2. 对浸漬材料的一般要求；
3. 几种主要的浸漬材料。

一、当前电容器的发展

1. 电容器在綫路中的工作状态大致可分为：

- (1) 直流电压下；
- (2) 交流电压下；50周/秒；
- (3) 音频电压下；100~10000周/秒；
- (4) 射頻100千周/秒~100兆周/秒；
- (5) 脉冲綫路。

按电容器用途可分为：

- (1) 整流滤波：各式L、Π型滤波綫路；

(2) 槽路 (如电感与电容组成的槽路构成各式谐振电路) ;

(3) 旁路, 防干扰;

(4) 起动点火, 用于发动机;

(5) 计算机的积分电路与时间电路;

(6) 剂量电容器 (由于辐射强度的不同, 电容器被照射后自身放电也不同) ;

(7) 耦和电路。

在工业上还用于焊接、高频感应加热等方面。

2. 当前电容器的发展:

(1) 小体积: 要做到体积小, 就必须提高绝缘材料的介电常数(ϵ) 和降低厚度。目前各种类型电容器的比率体积 (立方厘米/微法) 如下:

电解电容器 → 有机介质电容器 → 无机介质电容器			
比例体积	0.01~10	13~330	50~6000
损耗角($\tan\delta$)大(≤ 0.15)	居中(≤ 0.015)	最好(≤ 0.002)	
容量	10~2000微法	500微微法~30微法	100微微法~0.1微法
绝缘电阻(ρ_v)	低	居中	最好
工作电压	4伏~400伏	160伏~30千伏	500伏

特别是半导体出现后, 缩小电容器的体积成为更加迫切的任务 (它的工作电压小, 低于100伏) 。

(2) 重量小, 便于携带。

(3) 能耐恶劣环境, 即耐高温、耐低温、低气压。

在工作温度上我们准备:

第一步 要以最快速度满足 $-60\sim 125^\circ\text{C}$ 系列。

第二步 在较短时间内 $-60\sim 155^\circ\text{C}$ 系列。

第三步 在较长时间达到 $-60\sim 200^\circ\text{C}$ 系列。

(4) 耐高电压：准备第一步达到40~50千伏；第二步达到70千伏；第三步达到100千伏。

(5) 高精密度：电容器充电后儲存24小时，电压下降不应超过1%。容量精度达到0.5%，0.2%，0.1%。

(6) 耐輻射：如太阳紫外綫輻射，特别是核輻射的情况下，輻射能使材料在短時間內破坏电性能和机械强度。因此建議要研究发展抗輻射的材料。

下面介紹一下电容器的工作环境：

(1) 耐振：在20~2000周/秒內，不允許自身諧振。

(2) 耐冲击：高达6000~10000克而不被冲击破坏。

(3) 等加速：进行等加速25~100克（重力加速度）試驗后整体性好，密封不破坏，电性能保持良好。

(4) 低气压：目前在5~40毫米汞柱下工作，今后希望在1毫米汞柱或更低压强下工作。

(5) 耐潮湿：溫度40°C时相对湿度为95~98%。

(6) 耐老化：攔置6.5~8年后容量稳定，絕緣电阻无显著下降。

二、对浸渍材料的一般要求

1. 电性能好：

(1) 絕緣电阻高， $\rho_v \geq 10^{13} \Omega\text{-cm}$ ，如聚異丁烯。

(2) 击穿电压高(E_{np})，交流50周/秒， ≥ 20 千伏/毫米。

(3) 損耗角正切值($\lg \delta$)低，在100°C，1000赫下 $\leq 1 \times 10^{-3}$ 。

(4) 介电常数高，一般非极性材料介电常数在2左右，而极性介质介电常数可达5~12左右。

2. 化学稳定性好:

(1) 高温下稳定, 不热分解;

(2) 抗氧化能力强;

(3) 粘度小 (便于浸渍在高压电容器中) 使用液体浸渍料;

(4) 真空蒸发损失小 (具有低蒸气压);

(5) 凝固点低;

(6) 导热系数高;

(7) 热膨胀系数低, 要有像硅油一样的低膨胀系数, 以便在高低温变化中电容器工作可靠;

(8) 高的熔点与软化点;

(9) 材料的温度与频率特性优良。

在上述这些性能指标中尤以绝缘电阻高、击穿电压高、损耗角正切值 ($\tan\delta$) 低、抗氧化能力强、凝固点低、蒸汽压低为最主要。

三、几种主要的浸渍材料

1. 我们要求在今后若干年内将下列材料配套成系列。

第一步	凡士林:	85~100°C	
	电容器油:	70~85°C	
	80号地蜡:	70°C	
	100号合成地蜡:	85°C	
	聚异丁烯:	125°C	
第二步	硅油:	~125°C	~200°C
第三步	125号合成蜡:	100°C	
第四步	高介电常数浸渍料:	$\epsilon \geq 12, \tan\delta \leq 5 \times 10^{-3}$	
	氟油:	200°C	$\epsilon = 6 \sim 7$

2. 聚異丁烯^①：在美国被称做維他命 Q。聚異丁烯可提高工作溫度到100°C及125°C下使用，为避免热击穿，必須降低介质电导率，即提高其時間常数或电阻率，以减低欧姆損耗发热。电容器越大就越不易散热。固体浸漬料比液体浸漬料有較高的体积电阻率 (ρ_v)。

在苏联用合成树脂及聚酯，工作溫度可达125~150°C，但电压不得超过600~1000V，因固体浸漬料聚合时要收缩，形成空气隙，即降低电容器的介电强度，因此寻找具有高电阻率的液体介质是目前迫切的任务。

电容器紙在125°C时 $\rho_v \geq 10^{14} \sim 10^{15} \Omega\text{-cm}$ ，凡士林只有 $8.1-8.6 \times 10^{11}$ ，远不如紙高故配不上套，因此只有提高浸漬料 ρ_v ，才可以大大降低电容器的热击穿。

在直流电场下长时间工作，凡士林优于电容器油，尽管电阻率的起始值相同，但长时期在直流电场和高溫下凡士林稳定性大。但在高溫100°C下聚異丁烯比凡士林具有更高的 ρ_v ，及低的 $\text{tg}\delta$ 。在20°C下聚異丁烯游离，起始电场强度为150kV/mm，而用电容器油浸低介电常数为180kV/mm。在低于+40°C时用聚異丁烯起始游离值比用油浸漬稍低一些；但当溫度高于40°C时則聚異丁烯浸的电容器，其游离起始电场强度就比用油浸的高得多；如在100°C时它就高1倍。在125°C及37.5kV/mm試驗条件下电容器，在1100小时内凡士林的击穿率为15%，而聚異丁烯的击穿率为0%；在2600小时内凡士林的击穿率为42.5%，而聚異丁烯为25%。

① 在直流电场下，如紙介质中含有一定量气体，則会发生游离过程，只有在足够高的真空条件下，用液态介质浸漬，残余气体可以減至非常少，才可避免游离击穿。液体介质浸漬下的紙介电容器游离老化，比固体浸漬料下老化速度要慢。

聚異丁烯的理化性能:

分子量: 800~1200

外觀: 无色或淡黄色透明液体

酸值 $\leq 0.005\text{mgKOH/g}$

灰份 $\geq 0.01\%$

机械杂质 无

閃点, $^{\circ}\text{C} > 140^{\circ}\text{C}$

凝固点 $< -55^{\circ}\text{C}$

蒸发減量 (120°C , 100小时, 常压) $\leq 1\%$

$\rho_{V20^{\circ}\text{C}} > 1 \times 10^{15}$

$\rho_{V125^{\circ}\text{C}} \geq 1 \times 10^{14}$

$\text{tg}\delta_{20\sim 125^{\circ}\text{C}50\text{赫芝}} \leq 1 \times 10^{-3}$

$\epsilon(1\text{千周}) 2.1 \sim 2.4$

$\text{Enp } 20^{\circ}\text{C} 50\text{周/秒} \geq 20\text{kV/mm}$

3. 100号合成蜡①:

主要理化指标:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| (1) 色 | 白色 |
| (2) 純度 | 无机械杂质 |
| (3) 酸值 mgKOH/g | < 0.05 |
| (4) 比重, 20°C | $0.91 \sim 0.94$ |
| (5) 滴点, $^{\circ}\text{C}$ | $100 \sim 107$ |
| (6) 抗氧化稳定性 | 120°C 100小时后酸
值不大于0.1 |
| (7) 灰份 | $\leq 0.025\%$ |
| (8) 蒸发減量 120°C , 2小时 | $\leq 0.2\%$ |

① 100号合成蜡适当加聚異丁烯以降低其收縮率, 解决金属膜电容器浸漬料問題。

(9) $\epsilon_{100^{\circ}\text{C}}$ (1千周) 2.5 ± 0.1

(10) $\rho_{v, 100^{\circ}\text{C}} \geq 10^{14} \Omega\text{-cm}$

4. 硅油:特点是粘度变化小,矿物油在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$,粘度差2000倍,硅油只差10倍;热稳定性优良,在 $-60^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$, $\text{tg}\delta$ 值为 $3 \sim 8 \times 10^{-4}$ 。苏联用乙基硅油,美国用的是甲基、甲基苯基硅油,我们可以两种油都采用,即用于低压及高压用的油。

5. 氟油:可作为长远规划,国外正在积极进行,美国试制的牌号为PFE-774,介电常数为 $6 \sim 6.1$,流动点 -35°C , $\text{tg}\delta 2 \sim 5 \times 10^{-4}$, $\rho_{v, 100^{\circ}\text{C}} > 10^{13} \Omega\text{-cm}$,低介电常数的氟油,其 $\epsilon = 1.77 \sim 1.86$,但 $\rho_{v, 20^{\circ}\text{C}} 10^{14} \sim 10^{17} \Omega\text{-cm}$ 。

6. 高介电常数浸渍料:即 ϵ 达到12以上,使电容器小型化,超小型化。

最后提几点希望:

1. 根据我国的资源,建立我国无线电工业用材料体系,无线电材料是无线电发展的根本问题,只有自力更生,奋发图强,试制生产出各种新材料为无线电元件和设备试制打下基础。

2. 安排研究生产耐高温、低凝固点、高介电常数的成本低、产率高的新型浸渍料。

3. 国产无线电用浸渍料按照固体的、半固体的、液体的、耐温 $70 \sim 85^{\circ}\text{C}$ 、 100°C 、 125°C 、 $155 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 的配套系列化。

电容器制造与浸渍料的应用

鮑济光

电容器在无綫电元件中占的比例很大，近几年来已发展运用到国防方面，无綫电的好与坏取决于整机，整机的好与坏取决于电子元件，元件的好坏取决于材料，因为电子元件用于耐寒、耐潮、耐热等地方，整机需用电子管与电子元件等，电子元件包括电感、电阻、电容器、开关之类，电容器約占50%。

一、电容器种类和用途

1. 种类：在电路中用 $\text{—}| \text{—}| \text{—}$ 符号表示电容器。紙介电容器由金属作电极，介质用紙、浸渍料組成，它能容納靜电荷，故名电容器。电荷儲存量按电容量及工作电压两个基本参数来計算，电容量由几十微微法到十微法，电容量的計算方法按 $Q = CV$ 計算，因之要儲存一定的电荷量必須提高电压，加大电容量。

紙介电容器又分为油浸、蜡浸、凡士林浸渍等几种类型，它发展最早，电容量范围大，电压也較高，故其它类型电容器如电解、陶瓷、塑料膜、云母等不能代替紙介电容器。

2. 用途：

(1) 隔直流，通过交流要求 $\text{tg}\delta$ 小，絕緣电阻 R 高。一般說来有机絕緣材料如油、蜡、凡士林等矿物油类能满足上述要求。

(2) 儲存电荷。

(3) 振盪槽路。

(4) 校正功率因数。

(5) 滤波作用：其作用是分割不同频率的交流电流。

紙介电容器电极間是紙，紙是纖維組織，孔隙多，存有空气和水，这些是不好的絕緣物质，为此需要浸漬材料去取代空气和水分，这种过程称为浸漬过程。浸漬在真空下进行，目的是改善电容器的重要参数，提高电容器的工作电压及电容量，并降低損耗，提高絕緣电阻。所以浸漬料的质量直接影响到紙介电容器的好坏。

二、对浸漬料的要求

除理化指标达到部訂或符合ГОСТ所规定的标准外，尚应滿足以下要求：

1. 要求抗氧化安定性高，否則易氧化生成有机酸。有机酸是极性分子， $\tan\delta$ 大，絕緣差，易引起热击穿，因为在浸漬过程中空气能溶于油，在浸漬結束时最后通空气到浸漬鍋中，在电场作用下 O_2 能生成 O_3 ，更促使其氧化。因之絕緣料必須要求高的抗氧化性。

2. 气稳定性高。因为紙介电容器是两种不同介质的混合材料，其工作关系是 $\epsilon_1 E_1 = \epsilon_2 E_2$ ，当浸漬料在电场作用下放出气体时，介质常数小，則电场强度增大，易产生电荷击穿放电。我們知道石油是碳氢的組合体，当在高的电弧作用下易产生炭化。

3. 外观：要求細膩，拉絲性好，因凡士林拉絲性說明浸漬料的结构是石蜡或地蜡作的。

4. 低的凝固点：在浸漬时，因为油浸电容器在低温

-60°C下工作，当浸漬料放气时油能立刻补充。

5. 游离起始电压应高：即到某一电压后有游离粒子产生，产生动能冲击碳氢分子鏈，因之便产生 H_2 气及X-蜡，X-蜡不溶于油，絕緣性能不好，影响导热，另外 H_2 也易电离，产生局部温度太高，使电容器热击穿。

6. 收缩率小：因收缩时产生的气泡在电场作用下易电离生热，使局部温度太高，使紙及浸漬料变质。天然地蜡收缩率仅15%以下，合成蜡收缩率高达25%。

7. 工艺要求：浸漬时酸值变化要小，浸漬温度120~130°C，真空度約0.1~0.01托，希望酸值在0.2以下，颜色不能变深。

8. 产品寿命：电容器除例行試驗合格外，尚需达到5000小时寿命試驗，搁置6—8年不变质。

无綫电技术已广泛地应用到国防及民用方面，电子元件的质量决定了无綫电技术的水平，紙介电容器是电子元件的主要組成部分，其质量好坏取决于浸漬料（电容器油、凡士林、地蜡）的质量。

由于电子元件的工作条件恶劣严格，如高温、高湿、极冷、以及各种电场作用，所以对电容器的主要介质絕緣材料，石油系的浸漬料（油、凡士林、地蜡）能提出严格要求，才能保証电容器的正常工作。

石油系浸漬料的结构異常复杂，原料不同，加工精制方法不同，則其性能也不同。根据这几年的国产浸漬料的代用工作中說明了这个问题。

如国产原玉門1号凡士林热老化后酸值增高，颜色发黑；2号稍有改进；20号、21号样品热老化試驗性能良好，基本上接近苏联凡士林，特别是21号較好。希望有关单位继

續改进工艺生产方法，生产出质量更合用的电气絕緣材料，以滿足当前及今后电气方面的需要。

真空測量實驗室建立的有關問題

沈康身

一、从真空工艺来考虑计量实验室的条件

从真空工作来看我們主要的敌人就是气体分子和蒸汽，把被抽容器里的分子拿出来(在 10^{-8} 毛时分子数还 $>3 \times 10^{18}$ 个)。怎样拿法，拿出了多少？是我們搞真空同志的主要任务。真空技术里現可分成三个主要内容——真空获得、真空計量和检漏技术。

我們已經知道真空測量是用各种能量的轉換放大进行的，如果形像化的来看机械力的話，被測量的力可能比螞蚁走动的力量还要微小，这个微小的力中間实际上还包括二个方面的气体，一个就是抽气系統排出气体后的极限压力，另一个是被抽容器內壁或真空系統內壁的放气，放气量的大小是由清洗得好坏和真空卫生条件而定的。这里首先要談一下真空卫生的概念，真空卫生同一般卫生不一样，真空卫生我們說不管是香的或是臭的，只要有味道，就是不卫生。味道就表示有蒸汽向你鼻子扩散或流动，所以真空卫生是无味的。无味的概念还一定要同低气体的概念連在一起，在常压下是沒有味道了，但在低气体的空間还是大量的放出味道——

蒸汽，为了精确测量抽气系统或真空油脂的可靠真空性能，我們必需把放气的可能降到最低，不让一粒微小的灰土来影响我們测量的精确性，也就是为了这个，所以在完成 10^{-6} ， 10^{-7} …… 10^{-10} 的测量工作的实验室建立的位置要作防尘土的考虑。

1. 实验室最好不要建在一层楼，特别是馬路边上千万建不得，汽車来回开动的振动常常严重影响压力的测量，这里当然还要考虑汽車开动的尘土問題。

2. 窗的方向最好不要朝西，夏季下午室溫太高，特别是用真空油脂的房間，室溫过高会造成漏气。

3. 实验室窗門，不要建在出烟的下风。

4. 窗最好二层，不让尘土吹进来。

5. 进入計量实验室前，应该有一間供給外来人員更換衣、鞋、帽子的专用房間，免得人身上的灰土帶入室內，最好有6~7級的空气浴的裝置，这样除去人身上的灰土更彻底些。

我們只有把这些有可能带有大便、小便或是痰等等的有味物质，不帶到我們的工作里来，才能提高我們的工作质量。

二、计量实验室的室内真空卫生和防毒問題

如果把外来的因素（产生尘土的因素）降低到最少了，我們再来看看室內。从国外的資料来看，无尘車間是用塑料制品做成一个大的套子，地面也是无缝的塑料制品。他們是用一个清洁的表面，在每分钟里落到每平方厘米表面的尘土顆粒不大于几个 μ （千分之几的毫米）来測定的。

国内的水磨石地也可以做到无缝。

根据国内情况計量实验室的室内卫生作如下的安排：

1. 地面用无缝水磨石制成。
2. 墙和天花板用油漆。
3. 煤气、氧气等工业管道安装要考虑避免尘土的停留。
4. 室内使用的衣服最好用塑料制品，免得纖維进入工作场所。纖維的物质进入真空計量后，一方面是放气，另一方面纖維烧焦后变成炭，在电极間造成短路。
5. 如果室内需用爆炸性气体（如氢气），实验室的门一定要向外开。

真空計量中常常用到汞、甲醇、丙酮等有毒用品，特别汞蒸汽会給人們带来不良的后果，汞的蒸汽压 0°C 时 1.85×10^{-4} 毛， 20°C 时 1.3×10^{-3} 毛。 18°C 时的蒸发率为 0.0484 毫克/秒/厘米²。所以看来蒸发还是相当的快，現在医学上检查尿中含汞量 0.01 毫克/升是算带汞的标准了。

室温下汞有較大的蒸汽压强，在带汞操作的场所，它分布于大气中，通过人体的消化系統和呼吸系統（包括完整的皮肤）进入血液中而中毒。

根据汞的特点我們可以在計量实验里加下列措施：

1. 地面用无缝水磨石制成，并有 3° 的斜面便于冲水。
2. 墙上油漆（包括天花板）沒有毛面，水銀蒸汽不便吸附，并可以常常用水洗。
3. 有机械通风，开关必須装在室外，早晨上班时工作人員进室内前先通风 15 分钟以上。
4. 搞汞蒸流的話，要有汞蒸流密閉柜。
5. 室内設有汞蒸汽自动检测器。
6. 不用吸汞蒸汽或受汞蒸汽腐蝕的材料（如鋁）作实