

〔苏联〕С. А. 亞馬諾夫 合著
Д. Д. 薩奇柯夫

無線电零件防潮法

上海科学技术出版社

無線電零件防潮法

[苏联] C. A. 亞馬諾夫 合著
Д. Д. 薩奇柯夫
肇 其 士 譯

上海科学技

内 容 提 要

本書中扼要探討潮氣對無線電零件運用特性的影響。詳細講述現在應用的各種無線電零件防潮方法和專門工藝過程的原理。

本書中載有防潮材料性能的数据、配方和工藝規程。詳細介紹新的防潮原理——處理成疎水性防護層。並介紹可變頻率主控振盪器的防潮方法。

本書主要供無線電工業方面的工程技術人員參考用。

无 綫 電 零 件 防 潮 法

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ РАДИОДЕТАЛЕЙ ОТ ВЛАГИ

原 著 者 [蘇聯] С. А. Яманов
Д. Д. Овчюков 合著

原出版者 Госэнергоиздат. 1951 年版

譯 者 盛 其 士

上海科學技術出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

上海市印刷四廠印刷 新華書店上海發行所總經售

開本 787×1092 1/32 印張 2 1/4 字數 46,000

(原科技版印 5,200 冊)

1959 年 5 月新 1 版 1959 年 5 月新 1 版第 1 次印刷

印數 1—2,000

統一書號：15119·560

定價：(十二) 0.28 元

目 录

緒論	1
第一章 潮气对部件和零件运用特性的影响	4
第二章 現有無綫电零件防潮法及其使用特点	10
1. 用不吸湿材料浸漬	10
2. 用不吸湿材料涂复	17
3. 零件密封在不透潮气的盒壳中	21
4. 制成阻止潮气侵入的疎水性膜层	27
第三章 無綫电零件的防潮工艺	32
1. 云母电容器	32
2. 紙質电容器	35
3. 陶瓷电容器	38
4. 調諧电路綫圈和高頻扼流圈	40
5. 低頻扼流圈和变压器	42
6. 綫繞电阻器和非綫繞电阻器	43
第四章 可变頻率主控振盪器的防潮	53
1. 主控振盪器的绝对密封	57
2. 主控振盪器的非全部密封	59
3. 提高非密封零件的溫度	64
譯名对照表	66

緒 論

按照化学解釋，水是一种化合物 H_2O ，其中的原子排列成 105° 的角度 ($\angle HOH$)。原子 H 和 O 的中心距为 0.96×10^{-8} 公分。水分子的特点是极化現象显著。分子在最大方向上的大小約为 3×10^{-8} 厘米。

根据X光的分析，知道水分子也象石英的晶体一样，形成四面体。

根据在物質化学結構方面所作的研究所知，O—H 的鍵合是很容易活动的，在較小的热能光能和电振动的作用下已非常活潑。

由于水是一种高导电率的强偶极电介質，因此不能当作絕緣材料。此外，水是最利于电解离和制成具有更高导电率的离子型分子溶液的最良好媒質。

水在化学上是活潑的物質，易与許多物質化合，形成鹽、酸、硷、膠体基等的水溶液。

化学純的水很难得到，因为它极易溶解許多物質。譬如，水会吸收空气中的碳酸气和其它物質。水在密闭的玻璃容器中放置很長時間后也会溶解玻璃中的硷質成分。

在性質和成分上接近化学純的水，可以在真空的石英、金或白金容器中經過多次蒸餾而得。但是，当水一接触到工业用容器或一碰到空气后，它就不再是“純釋”的了。

在工业意义上，所謂水是一种具有比 H_2O 更复杂的化学成

分的絡合物。我們知道，河水、泉水、海水、湖水、井水、植物的液汁、动物的乳汁都不一样，而严格地说，在每种具体情况下也各有独特的化学成分和性质。甚至当雨水从空中落下时也可能吸收各种不同的气体、蒸汽和各种物质的尘粒，所以它也会有不同的化学成分。

水的介电性能随所含的杂质而大有不同：

介电常数.....79~81

体电阻率..... $10^7 \sim 10^4$ 欧/厘米

损耗角正切：

50 周时 ∞

10^7 周时0.3

10^9 周时0.03~0.01

在自然界中到处有水，并且三种聚集态都能遇到；因此防潮气侵入无线电零件是一项很困难的任务。在每立方米含有水蒸汽的空气中，在饱和时以蒸汽状态存在的水分如下：

在 0°C 时.....0.006 克

在 20°C 时.....0.024 克

在 40°C 时.....0.075 克

在 60°C 时.....0.130 克

在平常的湿度下，空气中仅含有上述水量的 60~65%。

水蒸汽含量低于饱和湿度的 40% 的空气一般就算作干燥空气。低于 10% 的相对湿度，甚至在实验中也很难得到。水蒸汽含量超过饱和湿度的 80% 的空气就要算作潮湿空气。

未饱和的空气逐渐冷却时能达到饱和状态，继续冷却时多余的水蒸汽开始凝聚而析出水滴（雾、露珠、冰雹、雪等）。

所以，温度降低时绝对湿度也下降，而温度增高时绝对湿度

也上升。溫度很低时空气的絕對湿度是不大的。所以若要得到干燥的空气，不但可使用人造的吸水剂，并且还可用天然凝冻法。

經過各种測量知道，在正常湿度（約 65%）环境中的任何一种物体上，总复有一层很薄（厚 0.001~0.01 微米）的水膜。在亲水性物体上，这薄膜是成一整片的；在疎水性物体上，这薄膜是零散不相連接的（潤湿角越小，分散越疏）。

如果物体是多孔性物質的，水就会渐渐侵入材料的孔隙。随着孔隙狀況的不同，水分或是以蒸汽狀或是以液狀侵入物質內部。水分侵入物質內部的速度与溫度和湿度成正比。在溫度变化的过程中，可以發現水在孔隙中按热流方向移动。

潮气是电气絕緣的敌人。因为水的粘度小，会滲入所有的細孔、縫隙、毛細管和其他的組織內部空隙而形成导电的和半导电的电流通路，因而使介質的导电率增高到水或电解液的导电率程度。

本書中概述各种現有的無線电絕緣零件防潮方法和一些保护結構和保护材料的应用指南。本書只討論防潮的方法，沒有列举全部配方和工艺規程。在实际应用本書所載种种方法时，所需的詳細資料可以向各部所屬技术情报局索取。

第一章

潮气对部件和零件运用特性的影响

如果無線电零件和部件不經防潮处理或防潮不好，則無線电机的机械参数和無線电技术参数就极易随着周围湿度的变化而改变。無線电机的絕緣零件和金属零件長期受到潮气侵襲，会損害机器的工作性能。

在無線电机运用中，最常出現的工作能力惡化現象有下面几种：

- (1) 無線电接收裝置的灵敏度和選擇性降低；
- (2) 無線电发射裝置的功率和效率降低；
- (3) 刻度不准(頻率前移或后移)；
- (4) 声功率輸出降低；
- (5) 个别零件或部件損坏；
- (6) 机械和讀数裝置工作不良；
- (7) 电路的工作状态失常；
- (8) 連接电纜和插头插座中发生漏電和短路；
- (9) 天綫裝置的絕緣失效。

分析上述無線电机工作性能变劣或完全喪失工作能力的因素，知道这些因素总是隱蔽在構成电容器、綫圈、电阻器、轉換开关、变压器、揚声器或其他部件的各个零件所发生的某些变化之中。

关于潮气对金属零件的影响問題及防蚀的方法在一般的技术書籍中已講得相当詳細，所以本書不再討論。这里主要是着重在絕緣零件方面。

潮气滲入絕緣零件的細孔，常会使零件的体电阻降低，介質損耗增加和介質常数增大。有机性的吸湿材料受潮后会膨胀，从而引起零件的尺寸变化。

潮湿凝集在吸湿性或不吸湿性絕緣零件表面，便在該零件的各个电接触元件之間形成一个导电“桥樑”，这等于在零件的内阻上加上了一个分路。

潮气侵入紙質电容器內部后，充塞在浸漬物質的縫隙中、紙的細孔內和毛細管中。在这种情况下介質的电阻就剧烈降低，由于介質常数增大而电容器的电容量亦增大，介質損耗增加，电容器的耐电强度即容許工作电压也降低。

在云母电容器中，潮气除在电容器表面两端出綫头之間形成漏电阻之外，还会侵入內部云母片之間，因而也象在紙質电容器中一样使絕緣电阻降低，介質損耗及电容量增大，以及降低电容器的耐电强度。

在陶瓷电容器（不吸湿的）中，潮气虽不能滲入介質內部，但当凝集在表面时就能在絕緣体上形成漏电阻。

在薄膜电容器中，虽然薄膜的吸湿性很小，但潮气还是会扩散到膜层之間而降低电容器的总电阻。

甚至在空气絕緣电容器中，也会因空气中相对湿度增高而使空气的介电常数增大，因而电容量略有增加；而当相对湿度相当高时，还会在极片上凝集成一层水膜而使上述現象更为严重。除对介質发生影响外，潮气还会影响到电容器中的金属极片。潮气凝集在极片表面將降低其耐蝕性，因而在某几种構造的电容

器中可能成为连接处导电不良及金属内损耗增加的原因。因锈蚀而形成的金属盐或其它化合物被水溶解而渗入介质的细孔中,使介质的性能剧烈恶化。

对于无线电机上用的电容器,由于它们担任的职能、类型、无线电机的用途、使用条件及频率范围的不同,在抗潮能力方面也有不同的要求。

在規定频率的振荡电路中或須調整到一定频率的振荡电路中必須采用高稳定电容的电容器。在高频范围内工作的无线电机和担任重要任务的无线电机(无线电通讯设备、无线电导航设备、无线电测位设备、测量仪器等)中需要特別高的电容稳定度。

在个别场合,振荡电路中不能使用在种种外界因素的綜合影响下电容量的变化会超过額定值 0.005% 的电容器。在重要性較次的无线电机中,在很多情况下振荡电路电容器的电容变化可容許不超过 1%。同时还应注意,除潮气的影响外,电容器还会受到温度和机械力的影响,在一般无线电机中因温度和机械力影响而起的电容变化可能达到千分之几。

对于在高频电路中工作的电容器,在受潮气侵袭时的耐电强度、絕緣电阻和介质损耗的稳定性方面也都有非常高的要求。

按大多数类型的无线电机的工作条件来说,电容器的这些参数不容許跌落超过 50%。

在低频电路中,除测量仪表外,电容器的电容及介质损耗的稳定性一般比較不很重要,但对于耐电强度和絕緣电阻的稳定性却不能降低要求。

表 1 是从絕緣电阻方面来说明各种电容器的抗潮性能。从表中可以看出,密封电容器的稳定性比較最可靠。对于云母电容器和陶瓷电容器可保証的絕緣电阻比密封式紙質电容器为

表1 电容器的抗潮性能

电 容 器 类 种	BTY	电容量	絕 緣 电 阻		受 潮 条 件		
			正 常	受 潮 后	相 对 湿 度, %	温 度, °C	受 潮 时 間, 小 时
КБ 型紙質電容器	635-48	0.1 微法以下	>2000兆欧	> 500兆欧	92~98	15~25	24
		0.1~0.2 微法	>1000兆欧	> 250兆欧			
		0.25 ~ 0.5微法	> 500兆欧	> 100兆欧			
КБГ 型密封式低壓紙質電容器	616-50	0.1 微法以下	>13000 兆欧	>5000兆欧	95~98	70	250
		0.1 微法以上	> 2000 兆欧/微法	>1000 兆欧/微法			
КБГ 型密封式高壓紙質電容器	619-50	0.1 微法以下	>5000兆欧	>2500兆欧	95~98	70	250
		0.1 微法以上	>1000 兆欧/微法	> 500 兆欧/微法			
КСО 型云母電容器	614-50	1000微法以下	>7500兆欧	>2500兆欧	95~98	15~20	48
		1000微法以上	>7500兆欧	>1000兆欧			
КТК 型密封式陶瓷電容器	617-50	1~750 微微法		>1000兆欧	95~98	55~65	250
КДК 型和 КТК 型陶瓷電容器	618-50	1~750 微微法		> 500兆欧	浸沉于蒸餾水中	15~25	24

小。这是因为它們的引出綫的絕緣抗潮性不高和受潮后表面电阻显著降低之故。

可是,部定技术规范 (BTY) 中却并没有說明所有各种电容器在受潮过程中介質損耗和电容量的稳定性。

关于电容量的变化范围,仅在 BTY 617-50 号中規定 КТК

型电容器的标准(+0.05%)。关于 $\text{tg } \delta$ 的变化范围, 仅在 BTY 617—50 及 618—50 号中规定 KFK 型为 $<0.0015 \sim <0.0018$, 规定 KTK 型为 $<0.002 \sim <0.003$; 对于其它类型的电容器, 本规范中没有规定出这些参数稳定性方面的任何保证。

凝集在高频线圈和扼流圈中的潮气等于在两端出线头之间加了一个分路电阻。潮气渗入线圈和卷匝间或骨架的细孔, 会增高介电常数和介质损耗。结果使线圈(或扼流圈)的允值降低及固有电容增加。

随着线圈的结构和绕法的不同, 潮气对线圈的影响程度也不同。用吸湿材料制成的骨架和用丝包线或纱包线绕成的线圈最易受潮气的影响。用不吸湿材料制成的骨架和用裸导线单层绕制成的线圈比较不易受潮气的影响。用凸筋式骨架绕制的和無骨架的线圈更不易受潮气的影响。

对于高频线圈和低频扼流圈的防潮要求大致跟对于振荡电路电容器的要求差不多。

低频扼流圈和变压器会因潮气侵入卷匝间和绝缘物中而促短寿命。由于受潮以致绝缘电阻降低和介质损耗增加的结果, 会造成局部过热, 其后果是绝缘性能更为恶化, 久而久之, 这种作用会使局部的绝缘完全损坏, 即烧穿。烧穿的后果往往就是部分卷匝短路, 因而变压器的电感改变和损耗增加。有时在变压器各个线圈之间以及线圈与铁芯之间也会烧穿。

变压器线圈中存在潮气, 是铜线发生电蚀的极有利条件, 因而在长期使用之后, 终于造成线圈断线的后果。这在用直径 0.05 ~ 0.1 公厘的细铜线绕制的线圈中最易发生。

低频变压器和扼流圈应具备下列条件:

1. 在正常的情况下, 线圈和外壳之间及各个线圈之间的绝

緣電阻不小于 8000 兆歐；

2. 在溫度為 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度為 $96\sim 98\%$ 的潮濕箱中放置 24 小時後，上述絕緣電阻不小于 100 兆歐；

3. 必須具有可靠的絕緣強度，即應能耐受額定試驗電壓。

上述的特性是最低要求，這些要求還不符合於現代無線電機的要求水平，而且是指採用纖維絕緣物（紙、紙板、漆布）而言。若在變壓器和扼流圈中用防潮性的包襯材料和塑料來代替上述材料，就可大大地改進上述的電氣性能。

薄膜電阻器受潮後會引起保護膜變形，結果即造成電阻膜局部碎裂或剝離瓷管等毛病。

潮氣侵入電阻膜的微孔內，會使電阻膜膨脹，同時也就使散布在電阻膜中的導電物質微粒間的距離增大。這兩個因素都能使電阻值增加。凝集在絕緣層表面的潮氣等於是原來的電阻上加了一個分路，因而降低合成電阻值。

按照 BTY 610—50 內規定，BC 型非綫繞電阻器可以有如下的平均受潮係數：電阻值在 1 兆歐以內的不大於 $\pm 6\%$ ，1 兆歐以上的不大於 $\pm 10\%$ （在溫度為 $38\sim 42^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度為 $95\sim 98\%$ 的環境中經過 400 小時）。

非綫繞可變電阻器的防潮性能的規定範圍也與上述大致相同。

在非綫繞電阻器中，潮氣的影響主要是引起電阻綫更強烈的氧化，因而電阻綫變細而電阻值變大。因為綫繞電阻器的電阻值通常都比較小（從幾歐到幾千歐），所以潮氣的分路作用和絕緣電阻的變化可以不計。

在綫繞和非綫繞可變電阻器中，潮氣能引起滑觸臂表面加速銹蝕，以致接觸不良。

在波段开关及其他种种轉換器件中,受潮后触点間的电容增大和介質損耗增高,絕緣强度和絕緣电阻都降低。此外,潮气凝集在触点上而促使表面銹蝕,因而增大接触电阻。

各种絕緣支持零件(管座、接綫支架、電纜插头等)受潮后亦会产生前述种种現象。

电路接綫和電纜的絕緣受潮,会降低它們的耐电强度,增加导綫間的杂散电容,并且会因絕緣电阻降低而产生漏电流。

第二章

現有無線电零件防潮法及其使用特点

在電訊器材工业中,采用下列几种無線电零件防潮法:

- (1) 用不吸湿材料浸漬;
- (2) 用不吸湿材料涂复;
- (3) 零件密封在不透潮气的盒壳中;
- (4) 制成阻止潮气侵入的疎水性膜层。

1. 用不吸湿材料浸漬

浸漬——用優質不吸湿介質填塞絕緣材料的縫隙、細孔、毛细孔和結構之間的空隙——是最通行的防潮方法,适用于無線电零件的大量生产中。

浸漬材料可以采用不吸湿的树脂、蜡、瀝青和油类。

浸漬主要是用已加热到粘度很低的浸漬材料施行。但高分子的浸漬物質往往就是在液态时也不能滲入細孔和毛细管中。由于高分子浸漬物質的單个分子和分子聚合体的大小(10^{-2} 厘

米左右)大大超过細孔和毛細管的大小($10^{-8} \sim 10^{-6}$ 厘米),因此它們被濾出而遺留在浸漬件的表面。这样就失去了深入浸漬的可能。

水的粘性却很小,它的分子也很小(10^{-8} 厘米左右),因此容易滲入毛細管和細孔中。

在选择浸漬物質时,應該考虑待浸漬的絕緣材料的結構,以及浸漬料的化学結構和分子量。

对于浸漬,不宜采用高聚合度(分子量超过 10000)綫狀分子結構的以及分子大小超过 10^{-7} 厘米的高聚合化合物溶液(漆)。这类漆不易滲入材料的細孔,就是在低濃度时粘性也相当高。

由聚乙烯、聚苯乙烯、聚异丁烯、聚氯乙炔、聚醋酸乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)及各种橡膠制成的漆和絕緣剂不适宜作浸漬用,因為它們会被濾出而不能深入待浸漬的多孔性材料內部。这些物質对于涂复处理有相当大的价值。

比較适用于浸漬的是低分子物質的溶液或人造树脂單体(当它們在被浸漬制品中能进行加成聚合时),也可以采用分子不大的树脂漆如膠木漆、甘油漆、脲醛漆、虫膠漆、松脂漆等。

对于浸漬,最好用非极性的和未經縮合的树脂漆,因為它們在以后的縮合过程中,不会釋出水分及生成氫氧基。

在电信器材工业和电机工业中,一般采用树脂、漆、聚合油、蜡和蜡狀物質以及絕緣剂,即各种有机物質混合物,作为浸漬料。

所謂單一浸漬(即在不加溶剂的树脂中浸漬)是很少采用的,因为树脂的粘性高和滲透能力差,在处理上很为困难。

但是,这种浸漬的保护效率比用漆浸漬要高。在供單一浸

漬用的树脂中，可以介紹一种以亞麻仁油和桐油作增塑剂的苯基苯酚甲醛树脂。这种树脂只适用在频率不超过几百千周的范围內，因为，以后频率再增高时，有介質损耗增大的现象；增塑性的树脂会软化以至流出。

通常，在选择浸漬高频零件和超高频零件用的树脂、蜡及絕緣剂时，首先要注意这些物質的极性和在一定频率时的 $\text{tg } \delta$ 值。

有几种用在电机工业中的漆亦可以用来浸漬無線电設備低频电路的絕緣零件。

这些漆的技术特性載于表 2 中。

这些漆的基本成分是：瀝青、苯二甲酸、甘油树脂及酚醛塑膠。它們的 $\text{tg } \delta$ 和 ϵ 与频率的关系見图 1、2 及 3。在 1 兆周以上的所在，由于介質损耗相当大，这些漆不宜采用。

在漆类中，可以用在高频和超高频上的，从损耗大小来看，只有聚苯乙烯是适用的，但正如前面所講，它还是不能当作浸漬材料用。

用于浸漬、灌封及涂复的有下列几种絕緣剂：

- (1) 油和树脂的熔和物；
- (2) 瀝青和树脂及油的熔和物；
- (3) 蜡和蜡狀物質的熔和物；
- (4) 蜡和蜡狀物質加瀝青、树脂及碳氢化合物的熔和物。

浸漬用絕緣剂与其它浸漬料的区别是，前者的软化温度与熔化温度的距离很小，并且在熔化状态时粘性很小。

一切絕緣剂，不論其用途如何，在冷却时收缩率应很小，附着良好，吸湿性很小和介电性能高超。

对于紙質电容器的浸漬，除純淨的蜡狀和液态介質外，还可以采用下列絕緣剂：

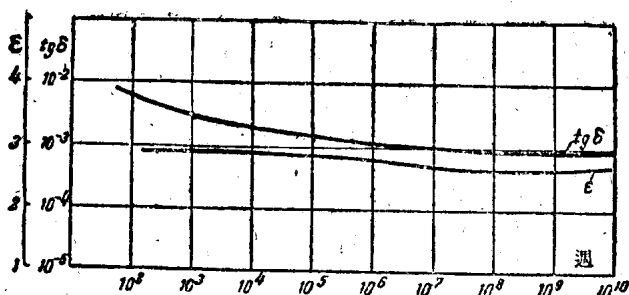


图 1. 瀝青 ϵ 与 $\text{tg } \delta$ 同頻率的关系

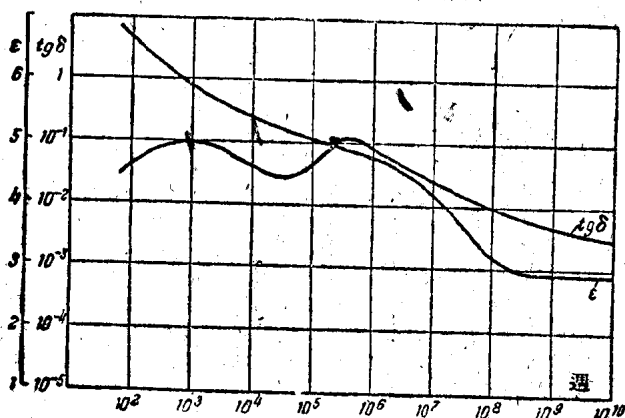


图 2. 甘油树脂 ϵ 与 $\text{tg } \delta$ 同頻率的关系

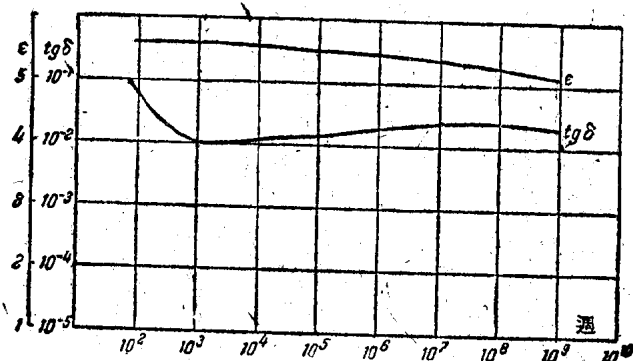


图 3. 膠木樹脂 ϵ 与 $\text{tg } \delta$ 同頻率的关系