

印制电路板焊装件的清洗

许昌继电器研究所 周涛

一、清洗的必要性

印制电路板焊装件是静态继电器产品的主要部件，直接影响到静态继电器产品的质量。印制电路板焊装件在焊接装配后和浸涂三防绝缘清漆前应进行有效的清洗，这对静态继电器产品质量和电气性能的保证是非常重要的。焊装件在整个生产过程中，包括焊装前和焊装中的全部生产过程。由于各种原因和多方面的因素，其表面容易受到各种污染，常见的有离子型（即化学极性的）和非离子型（即非化学极性的）两大类型的污染。

1. 离子型污染：

离子型污染如电镀件、蚀刻件由于在化学加工过程中清洗不干净而残存的电镀盐、蚀刻盐的残留物；以及由于工艺管理不严印制电路板焊装件在生产过程中沾上的指纹和汗盐；另外由于焊接中采用的无机酸性熔剂的残余物和其它熔剂中的活化剂成份和其它工艺材料的残余物及意外的污染等。离子型污染物质具有导电性和腐蚀性，它对印制电路板焊装件危害最大。它与空气中的湿气成份共同作用时能引起电化学腐蚀，这种和空气中的湿气形成的离子型溶液会损伤金属，特别对较活泼的金属（如铝等）来说就更为显著。这种离子型溶液还能引起金属的迁移（如银）而导致印制电路板导线间的绝缘强度降低，甚至会产生电气泄漏而形成电气短路等严重恶果。当然，一般明显腐蚀所产生的问题较少，因为它一般很容易被人们所发现。危害性最大的是隐匿性的弊病，即电气泄漏问题。因为电气泄漏产生的速率取决于现场空气中的湿度和温度情况，所以它产生的速率往往随着环境变化的大小而变化的。例如，一台继电器产品，在干燥的环境条件下进行性能试验完全合格，但在现场使用时却有可能出现间歇的故障。显然，离子型污染对继电器的可能故障造成影响很大，是非常有害的，去除这种污染是必不可少的。

2. 非离子型污染：

非离子型污染如生产过程中由于工艺管理不严而沾上的脏的油、油脂、蜡和树胶；及印制板焊装件焊接中采用的有机松香熔剂的残余物和其它各种有机材料；另外还有往往容易被人们所疏忽的生产中操作人员头发上面的喷雾剂和脸上的化妆品及所使用的洗手剂等残余物。非离子型污染物除了影响继电器产品的外观以外，它在某些情况下能引起电气开路，如触点和接插部位由于存有松香的残余物而会造成继电器的电气开路；非离子型污染还可能成为一种环境污染的粘附剂，因而引起离子型污染，还会降低涂层

和灌封材料的附着强度，造成涂复层和灌封材料的剥落和离层，并且还能成为细菌繁殖的滋生物，而造成在某种气候条件下引起影响电气功能的恶果。因为非离子型污染物本身特别容易粘附棉绒、尘埃等污物以及离子型污染物，再和空气中的湿气共同作用，这些粘附的微粒在一定条件下就会形成电化学腐蚀混合物而造成离子型污染的腐蚀和金属迁移的电气泄漏通道。

另外非离子型污染中的氯化物还会侵蚀聚苯乙烯材料，氯化物在室温条件形成的气体能使聚苯乙烯零件产生碎裂。

从上述中我们可以看到非离子型污染对继电器的影响也是不可低估的，为了保证继电器产品的质量，印制电路板焊装件应进行严格的清洗工序，以保证彻底去除离子型污染和非离子型污染。

二、清洗溶液的选择

印制电路板焊装件的清洗应选择什么样的清洗溶液呢？在选择清洗溶液时，应首先考虑焊装件表面存在的污染物所属的类型以及清洗溶液对该污染物溶解能力的强弱。另还应考虑清洗溶液与焊装部件的相容性，即清洗溶液对焊装件及元器件有否危害和影响。与此同时还应该考虑所具备的清洗工艺条件，以及清洗溶液的热性能、稳定性、对人体的危害程度、以及清洗溶液的成本等因素。

在选择清洗溶液时，可根据印制电路板焊装件表面存在的污染物类型及所具备的清洗工艺条件，参考表一的几种常用清洗溶液特性表进行选择。

几种常用清洗溶液特性表 表一

清洗溶液	能溶物	应用范围	可燃性	毒性
乙醇	油、油脂、有限的几种离子型污染	超声波清洗 一般清洗	可燃	能刺激呼吸道、引起头痛
氯化烃	油、油脂	一般清洗	不燃	极强、能通过未破损的皮肤吸收
三氯三氟乙烷	去除油、油脂的合适剂	一般清洗、气 象清洗、超声 波清洗	不燃	甚微、但应采取通风、防止窒息
酮	油、油脂、	超声波清洗、 一般清洗	易燃、可爆	弱、刺激眼和呼吸道

在选择清洗溶液时还应注意清洗溶液对焊装件的相容性，清洗溶液对焊装件中的材料（特别是塑料材料）是否有影响，可参考表二：几种常用清洗溶液对塑料的影响表。

几种常用清洗溶液对塑料的影响表 表二

清洗溶液	相容良好的材料	会开裂、溶胀或溶解的材料
乙醇	绝大多数塑料	
氯化烃	尼隆、聚乙烯、聚丙烯、氟塑料	聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚氯乙烯、ABS、乙烯基、丙烯酸树脂、氯丁橡胶、硅橡胶
三氯三氟乙烷	绝大多数塑料	
酮	尼隆、聚乙烯、聚丙烯、氟塑料	聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚氯乙烯、ABS、乙烯基、丙烯酸树脂、脂氨聚

从表一和表二中，我们可以看出乙醇和三氯三氟乙烷做为印制电路板焊装件的清洗溶液是较为合适的，但从全面分析来看，三氯三氟乙烷更为显著，下面我们可将乙醇和三氯三氟乙烷进行进一步的比较：

乙醇：俗称酒精、是一种弱极性的有机溶液，其沸点为 78.1°C ，能溶解油、油脂和有限的几种离子型污染，可应用于超声波清洗和一般的清洗。对于其清洗后的废乙醇液体可以采用水浴蒸馏回收的办法来进行回收重复使用（废乙醇液的水浴蒸馏方法可参见本刊1980年第3期的《晶体管继电器生产中酒精回收工艺》一文），这样可相应降低成本。乙醇的缺点是可燃，其气体成份在空气中超过一定比例时，可能产生爆炸。并且其气体对呼吸道刺激作用，能引起操作者头痛。故在使用乙醇做清洗溶液时，应注意保持操作间的通风良好，并应禁止明火，以防止火灾和爆炸事件的产生。

三氯三氟乙烷，简称F113，是一种有机溶液，无色透明、无毒（毒性甚微，比汽油的毒性还小，故通称无毒）、不燃不爆的液体。其沸点 47.6°C 、凝固点 -35°C ，比重1.553，酸值中性，其化学性质稳定，与一般化学试剂不发生反应。电绝缘性能良好，是优良的电绝缘液体、能代替绝缘油。对于一般高分子化合物不发生作用，对油漆层无溶解现象。但对各种油、油脂类的溶解性能极好，对松香熔剂也有一定的溶解作用。由于F113具有沸点低、不燃不爆的特点，可以应用于超声波清洗、特别是气相清洗。F113虽然无毒，但仍应注意操作间的通风问题，因为F113气体在室内由于过量的话，仍会发生操作者窒息的危险。

三、清洗的方法

印制电路板焊装件焊装后去除表面污染的清除方法从原理方面来看可以分为三个方面。第一个方面是溶解，即依靠有机溶液的溶解作用去除表面污染；第二个方面是化学反应，即通过化学反应来将表面污染物中的不可溶的成份变成可溶性生成物。例如用酸或碱处理来清除金属氧化物及表皮；第三个方面是机械清除，即用液体或气体机械沉积或外力剥离来清除污染物。例如采用超声波或气相清洗的方法。

印制电路板焊装件表面污染物的清除方法根据目前实际的清除方法来具体区分的话又可以分为五种：即酒精棉球擦拭、酒精刷洗、酒精超声波清洗、F113气相清洗和脉动喷洗等五种清洗方法。

下面我们就这五种清洗方法分别进行比较和分析。

1. 酒精棉球擦拭：这种方法是最原始、最简单、效率最低、但使用较为普遍的一种。即在焊接的过程中采用酒精棉球将焊点上的熔剂余痕擦拭干净的方法。这种清洗方法的清洗效果不算太好、清洗不够彻底。但由于其所需条件简单，对于现场维修及不具备其它清洗条件时，仍具有很重要的使用价值。

2. 酒精刷洗：这种清洗方法效率也是不高的，方法也较为简便，即将印制电路板焊装件放入盛有酒精清洗溶液的容器内进行浸泡刷洗。这种清洗方法较酒精棉球擦拭的方法而言，无论效率或效果都有所提高。

3. 酒精超声波清洗：这是一种较有效的清洗方法、清洗时将印制电路板焊装件浸入有超声波搅动的酒精清洗溶液槽中，由于有较高的超声波的空化作用和冲击作用，能使表面的污染物得到迅速而方便的清除。超声波的产生，首先是由超声波发生器的电子振荡器产生高频电流，其频率大于20千赫，通常为20~40千赫，向压电陶瓷或磁致伸缩换能器输出，换能器被这高频电流所激励，以同样的频率膨胀和收缩，产生清洗所需的超声波振动。超声波和声波一样，是在气体、液体和固体中都可以传播的一种弹性波，在清洗过程中，超声波在清洗溶液中形成周期性的压缩和稀疏交替。当其稀疏时，清洗溶液中形成很多极小的空泡，叫着空化泡。这些空化泡常发生在有气泡或杂质微粒存在的地方，空化泡由小涨大，随后当液体压缩时，空化泡又缩小，最后达到闭合。在完全闭合的瞬间（空化泡崩溃）会产生自中心向外的微冲击波，这种冲击波可达到几千个大气压的数量级，可使溶液中物体表面的污染层受到机械破坏。当然，每个空化泡所做的功是很小的，只能剥落极微小的一片污染层。但在每一次稀疏交替的周期内形成的空化泡是数以千计。超声波的频率又很高，当频率为20千周时，每秒的冲击波次数可达到亿数以上。由于空化泡的生成与崩溃的反复作用，使污染层脱落。并且空化发生时，清洗溶液内振动着的气泡附近会引起高速的微冲流，这又产生了乳化和搅拌作用，增强了清洗效果。酒精超声波清洗的效率较高，每件印制电路板焊装件完成清洗过程仅需几分钟时间，并且清洗的质量也较高，清洗后的残余污染物较少。

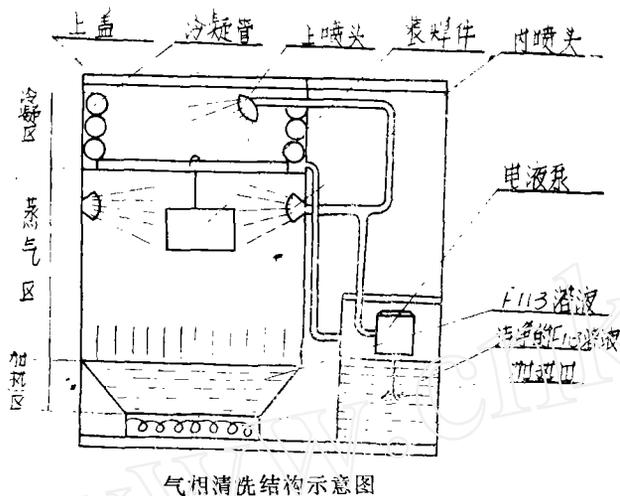
酒精超声波清洗虽然效率较高，但还存在几个缺点。第一是由于其清洗效率高，故

容易造成超声波清洗溶液的污染,这样溶液需要定期更换。为了保证清洗的质量,清洗溶液应分为一次、二次、三次,进行逐次清洗,严格保证第三次清洗溶液的纯净。对于更换下来的脏酒精可以采取水浴蒸馏回收的办法进行回收再用。第二个缺点是由于酒精超声波清洗是在溶液中进行的,故清洗前需采取一些工艺措施。由于印制电路板焊装件中的一些另部件不能在酒精溶液中浸泡,如变压器线圈、极化继电器,电位器和无密封措施的小型继电器等。另外还有一部分元器件承受不了超声波清洗条件,如PMOS集成电路等元件。PMOS集成电路元件的内部结构连线在18~69千赫频率范围很容易产生共振,因而可能受到损坏。而超声波清洗的高频部分正好处在PMOS集成电路的这个共振范围以内,危害性很大。根据我们所做过的试验证明焊装有PMOS集成电路元件的印制电路板焊装件在酒精超声波清洗后,PMOS集成电路元件损坏率竟达到30%左右。所以超声波清洗工序应该安排在怕酒精浸泡的元器件和PMOS集成电路等元器件的焊装工序的前面进行。第三个缺点是酒精超声波清洗对于粘度很高的不溶性污染层仍不能彻底有效地清除,需要采取其它的措施。

4. F113气相清洗:这是一种新的、有效的清洗方法,它利用了F113(即三氯三氟乙烷)溶液的沸点低、化学性质稳定、不燃不爆等特点,使其在气相清洗柜内气化,在印制电路板焊装件表面冷凝,并对焊接装件进行冲洗。这样焊装件可受到洁净的清洗溶液反复清洗,这和前面叙述的几种清洗方法是完全不同的。前述的几种清洗方法的清洗溶液不能随时更换,因而存在着污染问题。而气相清洗由于清洗过程是F113溶液气化、冷凝液化过程的重复循环,所以不存在清洗溶液污染问题,其清洗溶液始终是纯洁干净的,因而提高了清洗质量。

下图是气相清洗的简单结构原理示意图,气相清洗机内分加热区、蒸气区、冷凝区等几个区域。将印制电路板焊装件用挂具挂在蒸气区内接近冷凝区的一端。F113清洗溶液在加热区内升温气化,变成蒸气,上升遇到温度较低的焊装件时,在其表面液化,由于溶液气体和液体分子的运动,使焊装件表面的污染物脱离流掉。此外气相清洗机内还设有电液泵,将洁净的F113溶液经由上喷头和内喷头喷向焊装件,将焊装件表面的污染物喷冲掉。电液泵箱中洁净的F113清洗液可由冷凝区不断循环供给。上述气相清洗的全过程就是F113清洗溶液气化、冷凝液化过程的循环,它不但提高了清洗的质量,也降低了清洗溶液的耗费量。

采用F113气相清洗,去油污的效果显著,能有效地清除焊装件表面的手印,油脂、松香等污染物,清洗后工件表面洁净。F113清洗液由于无腐蚀性,对焊装件中的元器件无腐蚀现象,对各种电镀层均保持光亮完好。对高分子化合物不发生反应,不会使塑料、树脂、漆皮等物质变质和起皮。F113无毒,改善了操作条件,保障了操作者的健康。由于F113沸点低,气相清洗对温度敏感的元器件无影响。唯一需要注意的便是由于F113沸点低,操作间应保持通风良好,否则可能造成由于操作间F113气体成份多而引起缺氧窒息的意外。从上述中我们可以看出F113气相清洗是一种比较理想的清洗方法,但由于气相清洗工艺在我国历史不长,气相清洗机的制造厂国内只有为数很少的几个厂家,设备和清洗工艺都还处在有待继续完善的阶段。



5. 脉动喷洗：脉动喷洗是国外在气相清洗的基础上进一步发展的一种新的清洗方法。在脉动喷洗设备中，清洗溶液在其被喷洗的时间内经受频率为20~30千赫的脉动，清洗液喷流以500磅/吋²的压力冲击印制板焊装件。这种高能清洗法比超声波清洗要优越得多，它避免了对金属表面的空化腐蚀。它还具备了气相清洗所具备的自动循环清洗的优点，避免了象超声波清洗溶液容易污染的问题。由于脉动喷

洗比气相清洗增加了脉动冲击，所以清洗的效果就更为显著，是去除强污染物非常有效的方法之一。但由于国内目前还未能生产这种设备，故局限了其工艺的使用。但由于脉动喷洗工艺的先进，给我们展现了美好的前景。

四、结束语

从上面的叙述中、我们可以看到一切污染对继电器产品的质量影响都不可低估，为了保证继电器产品的质量、消除隐患，印制电路板焊装件在焊接后和浸涂三防清漆保护层之前应进行严格的清洗，不允许存有任何离子型、非离子型的污染物。在清洗方法和清洗工艺选择方面，可以根据该厂的设备情况和条件进行选择，根据具体的情况、严格地控制清洗工艺的实施，使之达到清洗的目的。鉴于目前国内气相清洗还未普及、脉动喷洗还有待努力的情况下，超声波清洗就相应显得较为普及和重要了。但在使用超声波清洗时，应采取积极相应的措施来弥补其缺陷和不足处，如严密合理的工艺安排、严格逐次的酒精清洗溶液污染程度的控制。对于酒精清洗液污染程度的控制除了凭经验目测检查外，还可采用波梅比重计轻表进行其比重的测量控制。对于污染程度超过工艺规定的清洗液应及时更换。为了适应继电器产品的特殊要求、确保清洗的质量及提高生产的效率，应该尽可能地创造条件改进清洗工艺、使用先进的设备和材料，推广普及使用F113气相清洗工艺及向脉动喷洗工艺发展。