



电子管常见故障及维护

工业高频加热电子管的工作条件极为苛刻，负载变化大，电冲击强，环境差，并且还要受到不同程度的机械振动，因此，对工业高频加热电子管的用户来说，除了必须按各型号电子管的使用要求操作外，了解一些电子管的常见故障及必要的维护知识也将是十分重要的。

一、漏气

工业高频加热电子管是典型的高真空电子器件，管内压力仅为 5×10^{-4} 至 5×10^{-6} 帕，即仅为一个大气压的一亿五千二百万分之一至十五亿二千万分之一，可见管内真空度是很高的。由于电子管内外压力有如此巨大的差别，故只要电子管的焊缝或金属材料存在一处极为微细肉眼根本观察不到的漏点或气孔，管外的巨大压力就会通过漏点或气孔慢慢地把空气压入管内，这种情况就叫漏气。漏气速度与漏点气孔的大小和数量有关，漏得快的在电子管制造厂出厂前就能检验出来（通常一只电子管在制造厂内要经过五次漏气检验），漏得慢的要到用户使用时或使用一段时间后才能发现。

（一）用户减少漏气的措施

电子管漏气主要是由电子管制造厂造成的，但与用户有时也有关系。使用、保管恰当则能减少电子管漏气。现把用户应当注意的几条规定归纳如下：

1. 不要露天存放电子管，应存放于符合保管电子管要求的库房里。
2. 库房最好是密闭式的，保持库房干燥无尘，各种管道不跑水不漏气。库房最低

温度不要低于 $+5^{\circ}\text{C}$ ，最高温度不要高于 $+40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不应超过 70%。为此，库房不仅是密闭式的，并且还要有良好的通风。若室内能放置吸潮剂、远红外加热器或红外灯以期保持室内干燥则更好。注意切勿让潮湿空气尤其是盐雾气体进入库房。

3. 长期存放的电子管应定期用干燥柔软清洁的揩布擦拭。不得在电子管上积存潮气、灰尘、微生物等，以防止它们腐蚀金属（前二条的主要用意也在于此）。轮换使用的电子管在存放时也应擦拭干净。

4. 在使用电子管时应加强高频设备的维修。保证各电极应得到的冷却，不要出现任何形式的发射管严重过热。否则，不仅会使管内大量出气，还有可能击穿阳极造成漏气。使用中的发射管也要经常擦拭，避免潮气、灰尘、微生物腐蚀金属造成慢漏。

（二）用户检查漏气的方法

1. 外观检查：外观检查电子管是否漏气只适用于玻璃管。如果漏气，可以透过玻壳看到管内金属零部件有严重氧化，发黄发黑失去金属光泽，玻壳上有蒸发物等异物（经过使用的），遇到这种情况该电子管就不能用了。



2. 用兆欧表检查：用兆欧表检查电子管各极间电阻，阴极和栅极间、阴极和阳极间、栅极和阳极间均要检查。大致有以下几种情况：

- 1) 各电极间绝缘电阻很低，对玻璃管而言，有时还能看到管内闪红光、粉红色光和紫红色光，表明管子漏气了。
- 2) 各电极间绝缘电阻很高，达到或超过标称值（一般而言，用 2500 伏兆欧表其标称值约在 30 兆以上），表明电子管不漏气，真空状态良好。
- 3) 各电极间绝缘电阻均很高，趋于无穷大，管内无闪光，仔细观察发现管内有放电打火现象，表明管内漏入大气。
- 4) 各电极间绝缘电阻较低（低于 20 兆），当把玻壳或陶瓷壳擦拭干净（或用电吹风吹干），绝缘电阻就能上升。这表明电子管不漏气，绝缘电阻低是由湿气和脏物造成的。
- 5) 阴极和控制栅间绝缘电阻较低，若调换兆欧表（摇表）极性后阻值明显上升，其它电极间绝缘电阻较高。这种情况表明电子管不漏气，电子管可正常使用。

测试绝缘电阻时按如下方法选择兆欧表：电子管若采用钽钨阴极且功率等级在 1KW 以上的，用 2500 伏兆欧表为好。功率等级在 1KW 以下的钽钨阴极管和所有的氧化物阴极管分别采用 1000 伏和 500 伏兆欧表为宜，以免造成电极击穿或氧化物阴极掉粉。

3. 用火花检漏器检查玻璃电子管漏气：将火花检漏器的放电电极靠近玻壳，相距 15 至 20 毫米，并移动电极观察管内情况。若玻壳直径较小，检漏器的放电电极应离玻壳更远一些，并特别注意火花不要打到金属上，以免击穿电子管。仔细观察管内闪光颜色可判断电子管是否漏气：

- 1) 管内不发光或玻壳内表面有微弱绿光、黄光或荧光，表示真空度良好，不漏气。
- 2) 管内空间有淡兰色的闪光表示该管真空度较低。这种情况一般是电子管内部有余气或管内零部件局部放气造成的，不是漏气。这种电子管可正常使用，在开机前最好先把电子管老炼一段时间（下面要谈到老炼方法）。
- 3) 管内有红光、粉红光、紫光或电子管电极间打火，表明电子管漏气，不能继续使用。
- 4) 管内虽不发光，但检漏器放电电极与管内离放电电极最近的金属零件之间有火花连线，则表明该电子管大漏气。

4. 电子管电极间冷打压判断是否漏气：对钽钨阴极电子管用工频高压的去毛刺高压电源来进行冷打压（即不加灯丝电压，在各极间加高压）也可用来判断是否漏气。毛刺电源最后加的高压约为该管型典型工作状态时直流高压的 3.5 倍至 4 倍。对电子管进行冷打压时，高压加不上去表明管子已漏气。若高压加不到正常的数值，表示管内真空度低或漏气，此时应对该管子进行较长时间的老炼，若冷打压情况仍无好转，管内打火，可判断电子管漏气（不排除电子管内部有毛刺而造成）。

5. 电子管在高频设备上使用时判断是否漏气：直热式碳化钽钨阴极或纯钨阴极电子管，当灯丝电压加到额定值时，灯丝电流明显大于出厂合格证上标明的灯丝电流，玻璃外壳和陶瓷外壳比平时烫手（注意此时高压应关掉），有时还会看到玻壳内表面有蒸发物或金属零件轻微氧化。出现以上情况可判断电子管漏气了。

以上五种鉴定方法都是行之有效的方法。有时可以同时用几种方法来鉴定。除 1、5 二种方法外，均应



在较暗的环境下观察。电子管所用的铜材、可伐（铁镍钴合金）及焊缝不可能是绝对致密的，在长期存放中，不可避免地会有极微小的气体漏入管子内。因此，发射管长期存放是有害的，制造厂家规定一定的存放期（例如三年）就是这个原因。

二、炸裂

这儿所说的炸裂，是指电子管的玻壳或陶瓷壳（主要是玻璃）产生裂纹，不是真的爆炸。炸裂原因和减少炸裂的措施如下：

（一）机械原因造成的炸裂

电子管在运输、搬动时受到较大的振动和冲击；装卸电子管时被硬物撞击玻壳、陶瓷或可伐；电子管装到管座上时不小心等等都会引起炸裂，为此要注意以下几点：

1. 电子管制造厂一定要设计和采用合理的包装箱，电子管一定要牢固地固定在包装箱上，以减少电子管的振动。用户发回电子管时也应按原样固定好。
2. 运输电子管时，放置要稳定，减少运输环节，采用安全可靠的运载工具，尽可能不要使电子管包装箱和硬物混合运输。对于急用的电子管最好采用火车押运的办法，对距离不太远的用户最好用汽车自行运输。
3. 在高频设备上装卸电子管时最好采用特制工具，一定要对角线均匀拧紧或拧松螺丝，切忌一下子用力过猛和拧的过紧，应循序逐步加力，防止铜质法兰盘变形，避免机械应力不均匀引起玻壳和陶瓷壳炸裂。在装卸电子管时，还应避免工具（如搬手）和灯丝电源线等撞击玻璃和陶瓷。

（二）应力大引起玻壳和陶瓷壳炸裂

电子管的玻壳和陶瓷壳与可伐合金之间的封接是匹配封接，即玻璃、陶瓷与可伐在一定温度范围内有近似的膨胀系数。封接材料的膨胀系数虽然接近，但在封接时不可避免还会残存一些应力，特别是玻璃当退火不良时还有本身的应力。因此，当存放或使用不当时这些残存应力就很可能成为引起炸裂的内因。

（三）高频设备故障引起玻壳、陶瓷壳炸裂

1. 机器失谐严重，阳极或栅极耗散功率增加过快过大，导致玻壳、陶瓷壳及其封接部位温度升高过快从而引起炸裂。
2. 机器产生较强的寄生振荡，电子管打火引起炸裂。
3. 芯柱和阳极冷却不良，如风量、水量不足，风压、水压不够，水质不好、水垢严重，断风、断水以及不正常的开关机等，均能导致阳极或栅极过热和玻壳或陶瓷壳温度过高造成炸裂或开裂。需要特别强调的是：关掉电子管各极电压后，冷却水和风必须继续供应 15 分钟，否则很容易造成炸裂。
4. 水冷管的阳极和水套之间间隙不均匀，会导致阳极冷却不均匀，造成阳极局部过热，最后导致介质玻璃或陶瓷外壳温度升高而使之炸裂，最严重时会造成阳极烧穿。因此，用户最好采用同心度好的高质量水套，装管子时要注意装正，不容许歪斜，保证两者之间的间隙均匀。当阳极外表面水垢增厚时应及时用 10% 稀盐酸浸泡，去除水垢，恢复阳极的散热，同时可使间隙恢复正常。

以上所谈到的机器故障，均有可能使玻壳和陶瓷壳炸裂，玻壳更为突出。这些故障的共同特点是使阳



极温度升高，有的还会使栅极引出处温度升高，从而导致介质外壳和封接处温度升高，机械应力增大。一旦原有应力和机械应力之和大于介质外壳及封接部位能承受的强度，就会导致介质外壳的炸裂。对陶瓷管而言炸裂情况较少，较常见的是陶瓷和金属零件焊接处开裂。

(四) 介质外壳外部爬电造成其炸裂

介质外壳是绝缘材料，本身有很高的绝缘强度。当外壳较脏、环境潮湿和盐雾大时，其表面的绝缘性能变坏，管子加上高压时有可能造成外部爬电。这不仅有可能击穿金属也可能击穿介质外壳。有很多事例证明，发生设备失谐等故障时，高频能量不能正常输送出去，L-C 充放电外电路不能自然泄放充放电电流，只能找薄弱环节泄放，造成电子管外部爬电，对于高海拔地区，大气较为稀薄，当设备动态使用时，高频高电压有电离气体的可能，这也会造成电子管外部爬电。当然，高频设备大多用于一般海拔，所以这类爬电是不多的，而广播电视发射台用于高海拔地区，这种爬电现象就时有所闻了。

(五) 水溅到玻壳上引起炸裂

电子管在工作时温度很高，玻壳的温度也很高。如果冷水溅到玻璃上，很可能引起玻壳炸裂。冷水一方面来自冷却水（如冷却水管道漏水），另一方面来自冷却管道上的冷凝水滴，对于后者用户千万不可忽视。

以上五种是常见的炸裂原因，用户对于玻璃炸裂的电子管，应该马上用透明胶带贴在炸裂处，最好贴上三层，使玻璃炸裂处不再扩大，便于寄回电子管厂分析。

三、 断丝

电子管断丝常见的是阴极断丝，栅极断丝较少。阴极断丝一般是部分断丝，全部断丝的情况不多。当阴极部分断丝时，在高频设备上可见阳流、栅流减小，灯丝电流减小，管内亮度变暗（陶瓷管较难觉察），管壳温度降低（一定要关掉高压后才能用手去摸）。在很多情况下，阴极部分断丝后会引起阴极栅极短路。

(一) 断丝的检查方法

电子管上机前，用户应检查它是否断丝，使用过程中，若设备不正常也要检查是否由断丝所致。下面介绍一下检查断丝的方法。

1. 若阴极或栅极断丝，轻轻摇动电子管会听到轻微的金属撞击声。对于玻璃管有可能看到断丝头。

2. 用三用表检查断丝。若阴极电阻值近似为零，表明阴极正常没有断丝；若电阻值稍有增加，表明部分断丝；若电阻值趋于无穷大，则表明阴极全部断丝。

3. 在高频设备上判断阴极断丝。若管内亮度变暗，灯丝电流减小，阳流栅流减小、管壳温度下降，则表明部分断丝。

4. 栅极断丝时会有以下现象：

- 1) 阴极栅极短路（碰极），负偏压加不上。
- 2) 放大系数 μ 变小。
- 3) 截止电压绝对值增大，工作点偏移。
- 4) 电子管失控，断丝越严重，失控越严重。

(二) 防止断丝的措施



1. 电子管制造厂要严格生产工艺精心操作；加强丝料来料的检查；制造合理的包装箱。
2. 减少运输环节，采用合理的运输方式。
3. 在高频设备上加灯丝电压应分二步加，即先加半压后加全压。因为灯丝的冷电阻很小，刚开始加灯丝电压时，灯丝电流上升极快，电流很大，这瞬间的电磁力相当可观，有可能使灯丝变形甚至拉断。若先加半压，灯丝电流就不致太大，15秒后灯丝发热其电阻值就增大了。此时再加全压，灯丝电流就不致过大。
4. 加强高频设备的维护管理，减少或避免设备的严重失谐、馈线打火、电子管过热等。设备上应有放电装置，这有助于减弱失谐、寄生振荡等造成的谐波电流对电子管的危害。这里阐述一下电子管过热引起断丝的原因。当电子管一旦过热或局部过热时，管内就可能会放出大量气体，此时，电子管电极上的高压将使气体电离成正离子和电子，产生瞬间闪络，当闪络严重时，会击穿阴极和栅极造成断丝。

四、 碰极（短路）

电子管各电极之间是绝缘的，从理论上讲其绝缘电阻应为无穷大。实际上，由于在生产电子管时不可避免或多或少地存在管内金属材料的蒸发，在使用电子管时这种蒸发也不能完全避免，因此，电极间的绝缘电阻往往降至几千兆欧或几百兆欧甚至几十兆欧。介质外壳较脏或较潮湿时绝缘电阻也会降低，用柔软干燥的拭布擦干净后，绝缘电阻就会有大的提高。因此，不要认为极间绝缘电阻低就是碰极了。一旦碰极，相碰二个电极间的绝缘电阻应为零或接近与零。

电子管电极间的碰极以阴极和栅极之间的碰极为多，这是因为它们之间的极间距离很小，电极又容易变形、断丝的关系。

极间碰极有热碰和冷碰，活碰和死碰之分。热碰是指电子管在热态下才表现出的碰极，灯丝电压关掉，管子冷却后碰极现象就消失。这种碰极只有在电子管工作过程中才能发现。冷碰是指电子管在冷态下也就是电子管不工作时就出现的碰极现象。活碰是指电子管本来是碰极的，但轻轻摇动电子管就不再碰极了；或本来是不碰极的，轻轻摇动一下电子管就碰极了。这种活碰往往是由活动金属微粒造成的。死碰是指电极碰极后不管用什么方法处理，碰极现象永不消失。以上这几种碰极都影响电子管的正常使用，一般来说，活碰的管子尚有挽救的可能，其方法是用工频高压进行冷打压。

（一）碰极的危害

电子管的三个电极或四个电极均有自己的独立作用，一旦碰极就打乱了各自的独立作用，使管子不能正常工作。例如阴极栅极碰极，则加到栅极上的负偏压被阴极短路，栅极失去控制作用，阴流（或阳流）迅速升高，电流过荷而跳闸，机器无法工作。

（二）减少碰极的措施

1. 生产电子管时，制造厂应严格注意各零部件的尺寸，不能使电极变形；装配时要严格真空卫生，清除管内金属微粒；严格零部件的涂敷工艺避免涂敷材料起皮；制造阴极和栅极时不能出现虚焊或脱焊，避免丝料脱开；装配时要精心操作，保证电极之间的同心度，所有螺丝要拧紧或焊牢；



排气时要严格冷打高压，彻底去除毛刺。

2. 减少运输环节，采用合理的运输方式

3. 上机使用时，要避免使电子管受到较大振动；灯丝电压要合理施加，避免阴极

变形或断丝而造成碰极；避免任何原因造成的阳极局部过热以防止管内放气引起闪络而击穿阴极或栅极。

五、 高压跳闸

高压跳闸是指高频设备接通高压时过流跳闸。这种现象有时是由设备故障产生的，有时是由电子管故障产生的。

设备上的故障有二大类，即低压电路故障和高压电路故障。低压部分是指从交流接触器到高压变压器这一段线路中的输电线有无故障，过电流继电器的整定电流有无问题。高压部分是指各高压元件绝缘击穿造成的过流，如高压变压器、硅整流器、栅控变压器、高压旁路电容器、阳极隔直流电容器等元件的损坏都会造成这种故障。因此，产生高压过流跳闸时，应当先检查设备的上述输电线和有关的元器件和变压器。如果确定没有问题，就应当详细检查电子管。

电子管以下几种情况均会引起高压跳闸。

(一) 电子管管内零件毛刺大或有活动金属屑

管内零件特别是阴极或栅极有毛刺，则管子加上高压后会起尖端放电而管内短路，引起跳闸；活动金属屑吸引到阴极或栅极时也同样会引起尖端放电而跳闸。对于这种跳闸最好采用工频高压冷打压的方法（把电子管从设备上取下来）来打掉毛刺和金属屑。若没有冷打压设备，可在高频设备上多次加高压，有时也可以打掉毛刺和金属屑。

(二) 电子管栅极热放射电流大

电子管的栅极都有一定数量的热放射电流，该电流方向和阴极打到栅极的电子流方向相反，但由于前者大大小于后者，故可忽略不计。当有的管子热放射电流很大，不可忽略时，它就抵消了一部分栅极电子流。众所周知，高频设备都是采用自偏压设计，即直流负偏压是栅流直流分量 I_{g0} （即设备上栅流表头上的数值）和栅极自偏压电阻 R_g 的乘积，因此，栅极热放射电流很大时 I_{g0} 的总值就会有一定的下降，从而使栅极偏压减小，阳流上升。在这一恶化循环后，热放射电流越来越大，阳流也越来越大而引起跳闸。引起栅极热放射电流大的原因有可能是电子管制造厂生产过程中形成的，也可能是用户使用不当造成的。栅极工作温度越高，热放射电流就越大，用户设备的风量不足、水量不足以及工作状态不合适致使栅极损耗功率过大等都会使栅极温度上升。若用户看到阳极电流逐步上升（大约一、二秒至一分钟）而跳闸（不是瞬时跳闸）则大多属于热放射大的毛病。这时用户用加大风量、水量和适当降低灯丝电压的办法有可能使电子管继续正常工作。

(三) 电子管绝缘差引起跳闸

电子管三个电极或四个电极之间是互相绝缘的，绝缘材料就是玻璃或陶瓷，当玻璃、陶瓷的外表面潮湿、脏或内表面有管内蒸发物时，其绝缘性能就大大下降，此时加上高压就有可能因绝缘差而引起打火跳闸。

(四) 管内真空度差引起跳闸

电子管虽然没有漏气，但管内残余气体较大，真空度不理想，此时加上高压后就有可能使气体分子电离而跳闸。对玻璃管而言，有可能看到管内因电离而发出的光，对于这种情况可以用老炼电子管的办法来



解决。

六、 电子管的老炼（硬化）

电子管在制造厂要经过一个十分重要的排气工艺，即是将管内的游离气体和管内零部件上的吸附气体尽量去除，使管内真空度达到和维持在 5×10^{-4} 至 5×10^{-6} 帕，以保证电子管的正常工作。电子管在上机使用前往往往有比较大的残余气体，通过老炼就能减少管内的余气，从而改善管内的真空度，提高了电子管的工作可靠性和工作质量。可见，电子管的老炼对用户来说是非常重要的。因为工业高频加热用的电子管的阴极以碳化钨钨阴极为主（我厂全部采用这种阴极），所以本节只介绍这类管子的老炼，纯钨阴极管子的老炼也可大致参照执行。

（一）老炼前的准备工作

一只新的电子管在上机前，先应检查有无炸裂、漏气、碰极、断丝等等，若正常的话，用户最好把这只电子管进行冷打压处理（若无该设备可省略这一步），然后把管子放到设备的管位上，固定好后连上各电极引线。

启动冷却系统开关，实施对电子管有关部位的冷却，对照该电子管的使用说明检查冷却是否完善，风量、风压、水量、水压、水质等等是否满足需求，再检查有无漏水现象。对于蒸发冷却的电子管应检查锅内的水位是否合适，过多过少对电子管都不好。对于密封水循环系统的超蒸发冷却管应检查循环系统是否正常。

（二）灯丝老炼

老炼前的准备工作完成后，可马上进行灯丝老炼，切忌灯丝引线带电加到灯丝管脚上或带电卸下引线，否则易造成打火，且对人身完全也不利。

启动灯丝电源开关，灯丝电压逐步升到额定值的 50% 左右，保持 10 至 15 分钟。然后上升到额定值，保持 30 分左右。

（三）静态高压老炼

所谓静态高压老炼是只加直流高压不加交流激励信号的老炼，亦称为直流高压老炼。

1. 对于栅极负偏压不可调设备。
 - 1) 去掉栅极连线，使栅极处于开路状态。
 - 2) 把阳极到隔直流电容器的连线断开。
 - 3) 加上该管型额定阳压 20% 左右的阳极电压，记下此时阳流和阳压的乘积，老炼 30 分钟左右。
 - 4) 适当增加阳极电压，使此时阳流阳压的乘积为该管型额定阳耗的 35% 左右，老炼 30 分钟。
 - 5) 继续适当增加阳极电压，使此时阳流与阳压的乘积为额定阳耗的 45% 左右，老炼 30 分钟。
2. 对于栅极负偏压可调设备
 - 1) 加上额定灯丝电压
 - 2) 加上足够负的栅偏压，然后加上数值为该管型额定阳压 50% 左右的阳极电压，此时阳流应
为零或很小的数值。调整栅极偏压，使阳流与阳压的乘积为该管型额定阳耗的 20% 左右，



老炼 30 分钟。

- 3) 加上足够负的栅偏压,再加上数值为该管型额定阳压 75%左右的阳极电压,此时阳流应为零或很小的数值。调整栅极负偏压,使阳流与阳压的乘积为该管型额定阳耗的 35%左右,老炼 30 分钟。
- 4) 加上足够负的栅偏压,再加上数值为额定阳压 100%左右的阳极电压,调整栅极负偏压使阳流和阳压的乘积为该管型额定阳耗 45%左右,老炼 30 分钟。

以上二种静态高压老炼都是许可的,可根据用户的具体情况选择使用,若阳极直流电压不能连续调节,则可以减少老炼步骤。这里要强调一点的是,不管采用哪种方法,其最高的老炼阳极耗散功率(老炼时阳流和阳压的乘积)绝对不能超过额定阳耗的 50%。因为老炼的目的是要把电子管内的残余气体尽可能被管内的吸气材料吸走提高真空度,如若老炼时老炼的阳极耗散功率过高,这时电子管内零部件将放出大量气体,管内吸气材料无法吸收这么多的气体,因此,管内真空度非但提不高,很可能反而下降。电子管在高频设备上,由于负载变动或严重失谐等情况,阳耗可能会很大,甚至达到额定阳耗的 80%以上,但由于这是瞬时现象,放气很少,吸气剂是有能力吸走的。而老炼时是长时间的老炼,若超过 50%,此时的放气量就太大了,对管子反而不利。

(四) 动态老炼

高频设备加上假负载或工件时的老炼称为动态老炼。一般应先加半压(阳极使用电压的 50%左右)老炼 30 分钟,然后逐步上升或直接上升到全压老炼,约 60 分钟,其中步骤可根据具体情况决定。

经过以上老炼步骤后管子就可正常使用或存放起来备用,每只新的电子管必须按以上步骤老炼一遍。对于用户轮换使用的电子管或存放半年以上的电子管,最好也能按以上老炼步骤老炼一遍后再正式使用。