

79.871  
273  
C.2

# 电 镜 故 障 及 对 策

主 编

李 统 平

付 主 编

张 世 敏 陈 明 光

编 辑

翁 心 槐 梁 浩 麟 黄 新 建

湖北省电子显微镜学会  
湖北省科委大型精密仪器管理办公室



# 序 言

中国电子显微镜学会理事长 郭可信  
中国科学院金属研究所所长

电子显微镜自一九三二年问世以来,经过约半个世纪的不断改进,点分辨率已达2—3埃,人类直接观察原子这一美好的愿望已终成现实。不仅如此,在电子显微镜中还可以进行毫微米(10埃)尺度的电子衍射晶体结构分析和X射线能谱及电子能量损失谱化学成分分析。因此,可以毫不夸张地说,电子显微镜是我们认识原子尺度微观世界最有效的一种仪器。

电子显微镜的应用已扩展到物理、化学、生物、医学、地学、材料科学等很多学科领域,对这些学科的发展正起着越来越大的推动作用。最突出的一个例子就是一九八二年诺贝尔化学奖颁发给英国医学研究委员会分子生物实验室的克卢格博士,表彰他在发展晶体电子显微学及在病毒和染色体的结构方面所做出的卓越贡献。克卢格等巧妙地把衍射原理与电子显微术结合起来,发展出一整套图象处理方法,把生物大分子的超微结构研究提高到前所未有的水平。从长远观点来看,生物大分子的超微结构研究最终将对人们认识生命的起源和癌症的控制起着重要的作用。

诺贝尔奖第一次发给一位主要从事电子显微镜工作的科学家,不仅标志着电子显微镜学已得到国际科学界的普遍重视,也充分说明电子显微镜在科学实验中的重要作用。事实也正是这样,电子显微镜已成为现代化的科学实验室中不可缺少的一种仪器。但是,电子显微镜也是一种昂贵、复杂、精密的仪器,管理、使用、维修都需要专门知识。凡是在使用电子显微镜方面有一些经验的人都深深理解电子显微镜处于正常工作状态对于开展科研工作是多么重要。

我国的电子显微学方面的科研工作正在蓬勃发展。据不完全统计,现已安装的各种电子显微镜已有七百多台。显然,如何使这些价值为几亿元的大型精密仪器正常运转,让它在我国的科学现代化中发挥应有的作用,将是一件意义非常重大的事。在中国电子显微镜学会和湖北省科委的大力支持下,《电镜故障及对策》编辑部的同志承担起此书的编辑工作,把分散在各个实验室和个人间的维修经验集中起来,供我国广大电镜工作者学习和参考。征文通知发出后,立刻得到普遍的响应和支持,一个多月的时间内就收到一千多份稿件,可见这一工作是多么受人欢迎。这本书的出版对于提高我国电镜工作者的业务技术水平,进一步提高电镜的使用效率并做出更多有意义的科研成果无疑将会做出重要的贡献。在此,我谨代表中国电镜学会热烈祝贺《电镜故障及对策》一书的出版,并衷心感谢编辑同志的辛勤努力和全国各界的大力支持。

# 第 一 部 分

## 概 述

# 目 录

## 第一部分 概 述

<b>第一章 电镜工作者须知</b> .....	(1)
安装电子显微镜的基本技术要求.....	(1)
电子显微镜的管理和维护.....	(3)
电子显微镜的X射线泄漏及其防护.....	(5)
<b>第二章 电镜检修概述</b> .....	(10)
电镜故障类别及检修步骤.....	(10)
透视电镜主要故障的排除.....	(14)
国产 DXA <sub>4</sub> -10 透射式电镜故障排除.....	(18)
扫描电镜常见故障及检修.....	(20)
扫描回路故障及检修.....	(22)

## 第二部分 透射电镜故障及对策

<b>第一章 真空系统</b> .....	(25)
第一节 机械泵.....	(25)
第二节 扩散泵.....	(30)
第三节 镜筒与管道.....	(34)
第四节 密封阀与真空规.....	(41)
<b>第二章 电子光路</b> .....	(53)
第一节 电子枪与聚光镜部分.....	(53)
第二节 光路污染.....	(58)
第三节 照相机构.....	(62)
<b>第三章 高压与灯丝</b> .....	(69)
第一节 高压电缆.....	(69)
第二节 高压油箱.....	(78)
第三节 灯丝电源.....	(82)
第四节 高压电源.....	(87)
第五节 高压控制.....	(107)

<b>第四章 透镜电源</b> .....	(111)
第一节 聚光镜电源.....	(111)
第二节 物镜电源.....	(117)
第三节 中间镜和投影镜.....	(126)
<b>第五章 电 源</b> .....	(130)
第一节 主电源.....	(130)
第二节 照相部分电源.....	(140)
第三节 辅助电源.....	(145)
<b>第六章 其 它</b> .....	(154)
第一节 冷却水系统.....	(154)
第二节 其 它.....	(159)

### 第三部分 描扫电镜故障及对策

<b>第一章 真空系统</b> .....	(165)
<b>第二章 电子光路</b> .....	(179)
<b>第三章 高压系统和灯丝电路</b> .....	(188)
第一节 高压系统.....	(188)
第二节 灯丝电路.....	(204)
<b>第四章 扫描信号及观察系统</b> .....	(213)
第一节 扫描信号发生电路.....	(213)
第二节 图象放大电路.....	(229)
第三节 图象显示电路.....	(233)
第四节 图象控制电路.....	(240)
第五节 二次电子检出部分.....	(243)
第六节 10kv高压部分.....	(248)
第七节 干 扰.....	(256)
<b>第五章 X射线元素分析</b> .....	(260)
第一节 X射线波谱分析.....	(260)
第二节 X射线能谱分析.....	(266)
<b>第六章 其 它</b> .....	(270)
第一节 直流电源.....	(270)
第二节 照相及字符显示.....	(274)
第三节 其 它.....	(278)

### 第四部分 综合讨论

<b>第一章 真空系统</b> .....	(281)
机械泵声音异常与故障.....	(281)

如何防止扩散泵油的挥发和碳化·····	(283)
扩散泵油的性能及使用时应注意事项·····	(285)
真空防漏·····	(286)
高真空补漏剂·····	(287)
<b>第二章 电子光学系统</b> ·····	(289)
如何从束流变化判断故障成因·····	(289)
如何从成象质量来判断故障·····	(290)
如何排除光路中纤维样污染物·····	(291)
防  尘·····	(293)
光栏的修理和清洗·····	(294)
如何延长灯丝工作寿命·····	(296)
灯丝的非正常断裂·····	(298)
电镜荧光屏幕的制作·····	(299)
老化荧光屏幕的翻新·····	(302)
电镜放大倍数误差的形成及校准·····	(306)
电镜分辨本领的测定·····	(310)
<b>第三章 电气系统</b> ·····	(312)
高压打火的部位、成因及对策·····	(312)
高压电缆芯线间击穿·····	(314)
高压电缆击穿检修概述·····	(315)
高压电缆击穿机理·····	(317)
高压电缆的维护·····	(319)
稳定电路的检测和维修要点·····	(321)
集成电路维修·····	(323)
附：部分常用集成电路国内外型号对照表·····	(328)
标准电池漏电成因、判定及对策·····	(330)
接触电阻的危害、成因及防范·····	(331)
高压油真空过滤装置·····	(333)
高压油使用维护的基本知识·····	(335)

# 第一章 电镜工作者须知

安装电子显微镜的基本技术要求  
电子显微镜的管理和维护  
电子显微镜的X射线泄漏及其防护

## 安装电子显微镜的基本技术要求

中国科学院武汉病毒所 张世敏

电子显微镜是研究微观世界的精密仪器。虽然电子显微镜发展到现在，不论从分辨性能上、精度上、可靠性及对环境的适应性上都有了空前的提高，但是这些特性之间往往是相互矛盾的，因此从设计上来说很难同时最大限度地得到满足。所以安装电子显微镜时必须具备一些基本的安装条件才能确保其高分辨性能的实现。

### 一、电子显微镜机房

电镜机房的面积和空间，必须满足厂方设计的要求。因电镜是一种很复杂的仪器，所以经常保养、维修是不可避免的，故在镜体的周围必须留有足够的空间。

为了便于保养和维修，室内除了装有在暗室环境下工作的红灯外（此种红灯最好安装在不会使红光直射到观察室内为宜），还要装白炽灯及可移动的照明灯。

电镜镜体很重，要求地板的负荷能力不小于350公斤/米<sup>2</sup>。

此外，电镜机房要防尘。电镜要求工作在一个清洁的环境中，因此进电镜室前要有缓冲间，并把电镜室墙壁刷漆或采取其他防尘措施。

### 二、防磁

电子显微镜中的每个透镜都是一个封闭的强磁场。这些透镜对于外界波动的杂散磁场反应是很敏感的。对于弱的恒定磁场（如地磁场）电镜是可以通过透镜调整来补偿的。各厂方都对交变磁场提出了严格的要求，一般要小于3毫高斯。在样品室位置，最好是小于2毫高斯。其水平方向的分量对电镜影响较大，垂直方向上的分量影响稍小。直流磁场也要小于10毫高斯。

如果万一电镜不能安装在强磁场源以外的地方，则电镜室应采取屏蔽措施。一般是利用导磁率高的材料（如铁皮或铁网），做成包围电镜室的封锁体。但这种情况并不多见。

此外，还应避免任何负荷较大的动力线通过电镜主体的上边或下边。如果动力线不能远离，最好用铁管将其屏蔽起来。

### 三、电 源 和 地 线

为防止其他用电设备的干扰，最好从配电房引一条专线给电镜供电。我国大部分地区电压偏低，波动比较大，选用电子交流稳压器来供电是必要的。使用三相电源的电镜应当装有断线保护开关。电镜的配电盘应安装在离镜体2米以外的地方。

电镜要有单独的、良好的地线。接地电阻要小于 $4\ \Omega$ 。良好的接地线除了能保证电镜安全、稳定地运转外，各个透镜也可免于受杂散静电场的干扰。

### 四、防 震

虽然现代电子显微镜都采取了良好的防震措施，但因电镜的分辩率越来越高，对防震的要求也就越来越严格。所以电子显微镜室应当远离振动源，否则就应加固电镜的基台或在电镜室与振动源之间挖防震沟以隔开振动源。

一般要求：对5Hz/的振源，其振幅要求

小于 $1-2\ \mu\text{m}$ ；

对10Hz/的振源，其振幅要求

小于 $4-5\ \mu\text{m}$ ；

对50Hz/的振源，其振幅要求

小于 $7\ \mu\text{m}$ 。

此外，空调机风口不要直接对镜体，以免产生振动。也要防止电镜冷却水的震颤，否则应采用加长软管供水或用减压瓣来稳定水压。

### 五、冷 却 水

电子显微镜要在恒温条件下才能稳定地工作。因此，它需要有一个水压和水温都保持恒定的水源进行冷却。

对冷却水的要求：

流量  $4\sim 5$  升/分 水压  $1\sim 5$  公斤/厘米<sup>2</sup>

水质 过滤的中性水 水温  $15\sim 20\ ^\circ\text{C}$

水温波动 应小于 $\pm 1\ ^\circ\text{C}/\text{分}$

如果冷却水是酸性水，则对电镜的冷却金属盘管会起腐蚀作用，尤其在管路中过夜的酸性水其危害更大。如果是硬水，它会在水管中积累水垢，油扩散泵的冷却盘管中，温度较高时，结垢更为迅速，严重时可导致水路阻塞。

冷却水温度在 $15^\circ-20^\circ\text{C}$ 时比较适宜，如果水温太高，油扩散泵的冷凝器就得不到充分



冷却，则不能收集所有的油蒸气分子，这样必然有少部分油蒸气扩散到镜筒中去而污染光路。过冷的水又会使镜体表面凝聚水珠，引起锈蚀或电气插头触水短路，损坏电源。

根据电镜对冷却水的要求，最好使用闭路循环冷却水装置。

## 六、室 温

电子显微镜在运转时是一个热源。冷却水虽然带走一部分热量，也只有三分之一左右，而大部分的热量仍散发在室内，所以室内的温度要保持在与冷却水温度相协调的 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 的条件下，就必须使用空气调节器。空调机的作用除降温外，还可把室内的空气更新，这样才能保证工作人员正常的工作。

要保持室内温度的稳定，需采用隔热门窗，必要时可以在内壁加保温层。

此外，为了防止电缆受潮、元件漏电及金属表面锈蚀，室内湿度要求在70%以下。

### 附：电镜配套的基本附属设备

1. 空气调节器；
2. 电子交流稳压器；
3. 水循环装置；
4. 示波器；
5. 普通光学显微镜；
6. 液氮罐；
7. 去湿机（南方需要）；
8. 万用表；
9. 电吹风；
10. 超声波清洗机；
11. 吸尘器；
12. 精密卡尺；
13. 钳工专用工具一套（要求不带磁）。
14. 兆欧表。

以上意见，仅供参考。

## 电子显微镜的管理和维护

湖北医学院 梁浩麟

电镜安装以后，必须十分重视管理和维护工作。因为只有做好这些工作，才能使电镜经常处于良好的工作状态，各项研究工作的进行才有可靠的保证。尤其使用进口电镜，因备件少，如管理维护不善，元器件过多损坏之后，常常由于不能及时更换而严重影响工作。即使

是国产电镜，备件也不可能完全配齐，而且由于电气元件质量等原因，稍不注意，很容易出现故障，因此更要注意做好管理和维护工作，防患于未然。为了做好电镜的管理和维护工作，就下列几个方面，提出若干不成熟看法，以供参考。

## 一、配备合适的管理维护人员

由于许多电镜操作人员，对电镜的整个结构及性能并不十分熟悉，所以每个电镜室最好配备专职管理维护人员。特别是由于电镜的结构较为复杂，电气、光路、真空系统中出现任何微小故障，最终均会影响成像质量，如果对电镜的“五脏六腑”不能了如指掌，出现故障之后，要在最短时间内排除它是不可能的。而且可以预料，没有配备这类人员，不仅电镜难以保证长期正常运转，其他各类人员电镜技术水平的提高也将受到一定的限制。电镜管理维护人员在电镜室的任務，一是对电镜进行维护管理；二是参加实际操作；三是负责对其他人员的技术培训。因此对管理维护人员的要求也较严格，不仅要掌握物理学、电子光学等专业知识，更需要熟练掌握电子学及有关真空技术知识，特别是需要有高度的责任心和严谨的工作态度。

## 二、建立严格的管理制度

电镜必须有严格的管理、使用制度，需要制订出完整的操作规程，检修以及清洁卫生、水电安全管理等制度。对于使用人员较多的单位，还应订出交接班制度。

1. **技术操作管理制度：**技术操作一般可分若干等级，例如“专职”、“一般”、“初级”等，按单位具体情况而定。“初级”操作的内容可以包括：(1)移动样品台；(2)调节放大倍率；(3)物镜和望远镜的聚焦；(4)拍照。“一般”操作可加上①更换标本；②简单的合轴调整③存取照相底片等。这类操作均需要进行技术培训，并经考核合格后，方能进行操作。

2. **使用和维护登记制度：**必须建立健全工作记录，包括开机时间，工作内容，操作人员，电镜正常工作与否。对大小故障和检修均要详细记录，包括仪器故障的部位，发生故障的原因，修复的情况以及检修人员和检修时间等，对于某些误操作引起的故障必须实事求是加以记录，并对有关人员进行必要的技术教育及批评，以免重现此类故障。

3. **安全管理制度：**全体操作人员，均应懂得停水、停电时如何紧急处理。有磁污染的物品、工具不许随便带进电镜室。离室时要关好水、电、门窗等等。

## 三、电镜的常规维护制度

1. 电镜在不工作期间，也要使镜筒保持在一定的真空状态，以防镜筒内部锈蚀。每星期要抽气1—2次。

2. 机械泵的油量必须保持在窗口油位刻线的水平上，并定期用热偶规真空计测定其排气性能，以确定是否需要更换机械泵油或进行必要的检修。在正常运转、极少抽大气的情况下，每3—5年需换油一次。

3. 要经常检查扩散泵加热电源的电压, 以及扩散泵冷却水的水温及流量, 以确保扩散泵的工作性能, 防止扩散泵油的挥发和碳化。当因油质原因造成镜筒真空度下降时, 要及时更换扩散泵油。

4. 镜筒要定期清洗, 以确保电子光路的正常工作。在一般情况下, 每半年左右, 对电子光路要系统清洗一次。平时更换灯丝时, 一定要清洗电子枪室。对电子束经常照射的有关易污染部件, 如各活动光栏、样品杯等, 一般每1—2周要清洗或更换一次。(各电镜室条件不一样, 任务不尽相同, 如停电次数、观察的样品、所用束流大小、真空度等, 清洗的时间也可有相应的增减。)干燥寒冷季节到来之前, 各真空密封圈要系统地涂擦真空脂(最好结合清洗进行), 以防漏气。

5. 要注意防潮、防尘, 以减少电气元件的漏电变质, 特别是防止高压打火。平时不要动辄打开高压油箱或镜筒, 非打开不可时, 则要尽快盖上。

6. 要注意安全操作, 接触电子枪时, 要先检查接地棒是否已与电子枪可靠接触。检查高压整流管、高压电容等元件时, 一定要先进行常规放电。要定期检查电镜泄漏的X射线, 特别是高压不稳时更要注意。

## 电子显微镜的X射线泄漏及其防护

武汉医学院 李统平 武忠弼

多年来, 在电镜工作者中发生明显血象变化以及其它射线损伤者已非偶见。近些年来, 还发现某些癌症的发病率在电镜工作者中有明显偏高的现象。例如美国自1960年至1970年电子显微镜学会成员死亡者共37人, 其中死于消化道癌者7人。其死亡率为同时期其他人群的3.89倍。所以, 我们认为对广大电镜工作者强调X射线的防护问题是很有现实意义的。

### 一、电镜中X射线泄漏的产生

透射式电镜, 一般都在50kv以上的高压下工作。所以, 从灯丝发射出来的电子流, 经阳极电场的加速之后, 运动速度是相当大的。例如, 当高压为100 kv时, 电子的速度可达光速的55%。当这些高速电子流突然为电子光路中的各种障碍物如镜筒内壁、光栏以及荧光屏等所阻挡时, 便将其动能转变为X射线及热能。

总X射线的产生效率既取决于产生X射线的金属, 也取决于电子的加速电压, 其近似公式为:

$$\epsilon = 1.1 \times 10^{-7} z u \%$$

其中 $z$ 为原子序数、 $u$ 为加速电压、单位为伏。电镜的光栏一般都用白金或铂制成, 原子序数较高。所以, 电镜工作时, 将不可避免地会从光栏及荧光屏等处辐射大量的X射线, 只是由于电镜本身防护设施以及电镜工作状态的不同, 泄漏出来的X射线量有大小之分而已。

1971年，美国放射卫生局曾对45台工作电压为50~125kv的透射式电镜进行了调查，结果发现其中11台在电镜的不同部位有X射线泄漏。1973年，D. F. parsons等人经进一步调查后指出：约有51%的电镜有不同程度的X射线泄漏，且其中11%的辐射剂量大于0.5mr/h。1975年，武汉市卫生防疫站也曾对武汉地区各电镜的X射线泄漏情况进行过普遍的测试工作。结果也发现部份电镜的X射线泄漏量相当可观，最高者达33mr/h。

为了使大家对辐射泄漏量有更明确的认识，现假定在电镜的工作位置有0.5mr/h的辐射泄漏。对一个每天工作4小时，每年工作48周的电镜工作者来说，一年接受的辐射剂量当量为：

$$4 \times 6 \times 48 \times 0.5 \times 0.869 = 500 \text{mrem}$$

据文献指出，美国放射性工作人员的年平均接受剂量当量为320mrem，日本为377mrem，伊拉克为399mrem，在中国并未进行全国性统计，据1980年9月份在核防护杂志上发表 的武汉、成都二地区的调查报告指出，约70%以上的医用X射线工作者的年平均接受剂量当量都在500mrem以下。相比之下，电镜工作者所接受的射线剂量是相当大的。

应当指出，对电镜工作来说，之所以强调对X射线的防护，除了X射线泄漏剂量这一原因之外，还与泄漏的X射线特点有关。

$$\text{X射线的波长为：} \lambda = \frac{12.40}{\alpha u} \text{埃}$$

其中u为电子枪加速电压，其单位以kv表示。 $\alpha$ 为一常数，其值在0与1之间。由于电子在整个运动过程中有种种能量损失，因而只有一部份动能转变为X射线光子的能量，所以 $\alpha$ 值较小。究竟多大，未作严格测定，如暂以0.4计，则对50~100kv的加速电压而言，其X射线波长入约为0.31~0.62埃。由于波长在0.25埃以上的射线均属软X射线。所以在一般高压下工作的电镜，其泄漏的射线波长较长多属软X射线。因身体对X射线的吸收系数和X射线波长的三次方成正比。故软X射线对身体健康的危害较大，防护上需倍加注意。

## 二、X射线泄漏的位置及决定泄漏量的因素

电镜中，X射线泄漏主要集中在电子枪、观察室、标本室等处。某些调查报告指出，各处的泄漏比例为：

电子枪	53%
照相室和观察室	27%
标本室和镜筒	16%
高压油箱和电缆	3%
其它	1%

不同厂家以及不同时期生产的电镜，由于对X射线防护的重视程度以及工艺设计不同，泄漏出来的X射线量也各不相同。一般而言，六十年代中期以后生产的电镜，射线泄漏量一般都较小，早期生产的电镜，一般对X射线的防护措施考虑得不够周到，有的甚至观察窗都不是铅玻璃的，所以射线泄漏量也较大。

当然，就同一台电镜而言，X射线的泄漏量也不是恒定的，其大小取决于下列几方面的因素：

**第一、高压数值。**数值越高，泄漏量越大。因为加速电压高时，电子的运动速度大，因而产生的X射线不仅数量多，且能量也大，贯穿力强，所以有更多的射线泄漏出来。

我室电镜是日本日立厂1964年生产的，型号为Hu-11A。在电镜的日文说明书中指出：在合轴过程中，特别电镜工作于100kv且各透镜电流都关闭时，观察室周围产生的X射线剂量较大，约10mr/h，并指出对眼睛有危害，轴调整时要加以注意。但从我们先后多次测量的结果来看，这台电镜的X射线泄漏量比该说明书提出的要大，实际上在不同工作电压下观察窗周围的X射线泄漏量是：

高压	50 kv	75 kv	100kv
剂量	48 ur/h	10mr/h	33mr/h

(注：测量时间1975年3月28日，轴调整时。)

**第二、荧光屏上象的亮度。**亮度大、射线泄漏量也大。因为在同一高压下亮度主要取决于抵达荧光屏上的电子数。亮度大，电子数多，产生的射线量也大。特别当荧光屏倾斜时，泄漏量更大。因为倾斜时，大多数射线都朝观察窗前方辐射。

**第三、高压的故障及防护缺陷。**据文献报告，曾经有二台电镜，由于高压电缆击穿，在其周围分别测得1500mr/h及200mr/h的射线。另有一台电镜在高压油箱处测得300mr/h的射线。还有两台电镜，因防护不良而在照相室处测得40 mr/h的射线。由此可见，高压故障时所辐射的X射线量是相当大的，因此当高压发生故障时，在思想上要有所警惕。

### 三、X射线的防护

中华人民共和国“放射防护规定”第38条指出：凡“操作带有放射性仪器、仪表及产生电离辐射的设备或装置，在经常工作条件下无附加防护措施时，工作位置的剂量当量率高于0.25毫雷姆/小时，间断性工作年剂量当量高于0.5雷姆者应按放射性工作采取防护措施”。

各台电镜，究竟应采取哪些防护措施应根据各电镜的具体情况而定。对每台电镜来说，其泄漏的X射线量也不是恒定的，它随不同的工作状态而变化。因此，我们将可以创造一种最佳的工作状态，在这种状态下，既能保证电镜工作人员完成预期的观察任务，也可以少接受X射线的照射。根据我们多年来在工作实践中的体会，兹提出以下数点不成熟意见以供参考。

(一) 首先对设备的射线泄漏情况要定期测量，做到心中有数。特别当高压工作不太稳定时，更要及时测量，防止从电缆头等处辐射出大剂量的X射线。我室电镜在1965年安装以后，先后仅测试过4次。在美国，对电镜的X射线泄漏检测工作较为重视，据文献报告：

经常进行监测者占	11%
每年测定6—24次者占	3%
每年测定2—4次者占	7%
每年测定1次者占	29%
仅在安装时测试者占	37%
从未测试者占	8%
其它(不定期检测等)	5%

可见，有50%的电镜每年都进行过一次以上的测量。因此，建议国内各电镜室，对X射

线的泄漏情况要定期测量，并把它制度化。

(二) 根据标本厚度等具体条件的不同，尽量选用较低的工作电压，能用50kv工作时就不用75kv，能用75kv工作时就不用100kv，等等。

(三) 在较高工作电压如100kv下工作时，对泄漏剂量大的电镜，最好在观察窗及照相室周围，特别是铅玻璃与外框接头处再附加一道铅屏蔽层。因为从这里泄漏出来的X射线能直接损伤眼睛、胸部器官及生殖腺。我们是在观察窗处留一个刚够观察和对焦用的小窗，其余部份全部用3mm厚的铅皮加以屏蔽。其实，对于100kv时泄漏剂量为33mr/h的电镜（如我室电镜），只要用2mm的铅皮，就可把泄漏的剂量减低至0.1mr/h左右。为了便于大家选择合适的屏蔽材料，下面给出铅及各种金属的屏蔽效果对照表。其中HVL为半价层，金属厚度单位均为mm。

铅对X射线的屏蔽效果

高压 (kv)	50	70	100	125	150	200
1×HVL (即50%)	0.05	0.18	0.24	0.27	0.3	0.5
4×HVL (即6%)	0.20	0.72	0.96	1.08	1.2	2.0

各种金属对X射线的屏蔽效果

	100KV		200KV	
	1×HVL (50%)	4×HVL (6%)	1×HVL (50%)	4×HVL (6%)
铅	0.24	0.96	0.50	2.00
铁和钢	1.60	6.40	3.30	13.20
铅玻璃	1.20~2.00	4.00~8.00	2.50~4.20	10.00~16.80
铜	1.70	6.80	5.00	20.00
铝	15.20	60.80		

(四) 进行观察，特别是合轴调整时，最好戴上防射线的铅玻璃眼镜。在光象亮度很大特别在各透镜电流均关闭的情况下，应迅速将荧光屏上的光斑散开，光斑停留的时间越短越好。这不仅是射线防护的需要，也是保护荧光屏免遭烧坏的需要。

合轴的顺序一定要从低kv开始，逐级过渡至高kv。因为50kv下的光轴调好后，75kv时一般不会有太大的偏离。同样，75kv下光轴调好后，100kv时也不会偏离太远，只须稍加调整，就能达到预期效果。这样有利于缩短高压合轴时间，同时也就减少了X射线对人体的照射。

(五) 要习惯于弱光工作。有些电镜工作者，特别是年龄较大者，由于视力衰退，常愿在高亮度下进行观察。这对身体健康显然是不利的。我们建议，要提倡在弱光下工作。为此，可采用增大灯丝的高度，或者在不改变灯丝高度的情况下采用增大负偏压配合用小孔径光阑的办法降低荧光屏上的亮度。

为了在束流较小的情况下保证有较大的亮度，老化的荧光屏不宜勉强使用，需换用新的荧光屏。因为一般新荧光屏的发光效果往往可较旧荧光屏高出若干倍。

(六) 当观察任务较重，且需用高档高压连续长时间工作时，对X射线泄漏量较大的电

镜，最好穿戴铅围裙，以加强防护。

(七)对X射线泄漏量较大的电镜，必要时可把电镜房定为防X射线控制区。在电镜开高档高压工作时，不许随便进入机房。诚然，如经放射防护部门严格检测，证明X射线泄漏量确实不大的电镜，则不必搞形式主义，自找麻烦。只是合轴调整及高压不稳时须加注意。

电子显微镜的辐射泄漏是客观存在的，正是由于这方面的原因，部份电镜工作者在身体健康方面已受到严重的影响。因此，必须引起充分的重视。

当前，最大的危险在于对辐射泄漏的危险性缺乏必要的认识，思想上麻痹大意。因此，我们认为：除了“工作位置的剂量当量率高于0.25毫雷姆/小时（约0.29毫伦/小时）”的电镜，其工作人员应按中华人民共和国《放射防护规定》给以相应等级的放射劳保持迁外，最重要的是要采取一切防护手段，最大限度地降低辐射泄漏对身体的损伤，特别是对长期从事电镜工作的同志，应进行必要的防护知识教育，并把防护措施制度化。

## 第二章 电镜检修概述

电镜故障类别及检修步骤

透射电镜主要故障的排除

国产DXA<sub>4</sub>-10透射式电镜排除故障小结

扫描电镜常见故障及检修

扫描回路故障及检修

### 电镜故障类别及检修步骤

中国科学院科学仪器厂 王原仁

#### 一、故障类别

形成故障的原因多种多样，但不管原因多少，总可以大致归纳为三种类型。

1. 外因造成的故障；2. 人为的故障；3. 电镜本身原因造成的故障。分清故障类别，检修目标就明确，可以缩短维修时间，提高维修效率。

##### 1. 外因造成的故障

使用大型电子光学仪器，例如扫描电镜，透射电镜等，都要求具备一定的安装条件，如对于市电，杂散磁场、湿度、温度、振动、水源等都有一定的要求。由于这些因素造成的故障，称为外因故障。

外因故障轻则可以引起仪器工作不正常，严重时将会损坏仪器。

##### (1) 市电因素造成的故障：

市电不稳对仪器的影响：市电允许波动范围一般规定为 $\pm 10\%$ ，如果市电波动超过规定值或伴随其他干扰信号，仪器就会发生故障。在这种情况下，应该使用交流220V稳压器。但是，选择稳压器时一定要注意稳压器的输出功率是否能满足仪器的需要。一般稳压器的功率应大于仪器所需功率的20%，以免过载损坏稳压器。

市电中的干扰信号：我国市电规定为50Hz，220V、波形为正弦波。但是，如果由于附近有大型电气设备以及能产生干扰的电气设备，就会把干扰信号传入市电网络中，例如大电流的可控硅整流器工作时，可使市电的交流正弦波上叠加尖脉冲。这个脉冲严重时可以引起高倍图象边缘不整齐。当然，有些高频干扰信号也会传入市电网络，但它的影响并不大。

##### (2) 水压不稳造成的故障：



采用扩散泵抽真空的大型电子光学仪器都需要借供水系统冷却扩散泵油蒸汽。因此，对冷却水的温度，水压都有一定的要求，一般要求水温 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，水压 $1\sim 5\text{ kg/cm}^2$ ，流量为 $2\text{ L/分}$ 。如果水温过高或流量不足，则起不到冷却的作用，会大大降低扩散泵的抽气速率。采用扩散泵抽真空的大型仪器都装有供水保护装置，（即利用水压开关，进行无水报警，并切断加热器电源，防止扩散泵无水烤干。如果水的压力达不到规定的要求，扩散泵加热器电源就会被切断，并且立即进行无水报警）因此检查水压是否达到要求也是一项不可忽视的工作。

### （3）环境造成的故障：

环境是指仪器周围的温度、湿度、杂散磁场、振动等外界因素，这些因素对仪器有不同程度的影响。

温度、湿度的影响：电镜一般要求安装在有空调的房间内，温度保持在 $20^{\circ}\text{C}$ 左右，湿度在 $60\%$ 以下，这是因为温度变化太大和湿度过高都会影响仪器的正常运转。

振动的影响：一般的高分辨率电镜，安装条件要求为：振动不能超过 $3\mu$ ，尤其振频在 $50\text{ Hz}$ 以下时，振动如果超过 $3\mu$ ，就会造成图象边沿有毛刺，因此安装电镜前，首先要测量振动参数。

几年来，发现因振动引起的故障事例很多，例如由于振动，使得高分辨率的扫描电镜只能观察几千倍的图象，倍数再高一点，图象就有毛刺。当然，其它因素也会引起图象有毛刺，例如杂散磁场过高，电路有故障等。

水振动的影响：当自来水内有气泡时，带有气泡的自来水流经冷却器时都会引起仪器振动，严重时也会引起图象产生毛刺。

交变杂散磁场的影响：杂散磁场的强度大小是安装电镜的条件之一。一般高分辨率的电镜，要求周围杂散磁场不能超过 $3$ 毫高斯，尤其是 $50\text{ Hz}$ 以下的杂散磁场，对图象影响较大，严重时图象边缘也有毛刺。因此，安装电镜选择房间时，首先应该测定杂散磁场干扰的强度是否满足厂家给出的安装条件。

## 2. 人为的故障

所谓人为的故障，就是因违反操作规程和使用规则而造成的故障。

### （1）操作不当引起的所谓“故障”：

由于操作人员的粗心大意和不熟练造成的，属于非损坏性的不正常现象。例如，扫描电镜中，光电倍增管工作电压加得太高或太低，灯丝束流不饱和，电对中、消象散，对比度调得不合适以及机械对中、物镜光栏没有对中等等，都会影响信号的强弱和图象的质量。类似这样的问题往往误认为仪器有问题，实际上仪器是正常的，只是操作不当的问题。

### （2）误操作引起的仪器损坏：

仪器处在自动控制状态下使用，一般都有保护装置。即使出现误操作，也不致造成故障。误操作形成的大部分故障是在手动状态下出现的。例如DX—3A扫描电镜，在手动状态下，如果将高压保护短路开关接通，那么即使镜筒有大气， $30\text{ kV}$ 电压照样能加到电子枪上， $10\text{ kV}$ 电压照样能加到探头的闪烁体上，两者都会在镜筒内打火，前者打火严重时，会损坏高压部件，后者打火严重时将损坏 $10\text{ kV}$ 部件和光电倍增管。这样的操作显然是严重违反操作规程的。

### （3）电压相序变化造成的故障：