

日本EBV—6DA型镀膜机及其安装调试

李懋廉 杨厚民 连厚明 朱秀芳

日本 EBV—6DA 型镀膜机是光学镀膜专用的现代化镀膜机。它采用了全自动程序控制的抽气系统；膜厚及速率自动控制系统；剩余气体质谱分析系统等先进技术和一系列安全保护系统。1979年我所进口了一台，经过一年多的装调已正常运转。本文概述此镀膜机的特点及其装调过程。

一、镀膜机主体

它的特点是：有一套程序控制的抽气系统和由膜厚、蒸发速率测定装置自动控制的电阻热蒸发源，以及一系列联锁保护装置。

1. 程序控制自动抽气系统。

它包括程序控制和执行机构两部分（包括联锁保护装置）。真空测量采用 GT—TL₂ 型对数—线性两用规。对数规主要用于自动测量，它可以不需转动量程开关而在表上直接测出 $10^{-4} \sim 10^{-8}$ 托范围的真空。当真空度低于 4×10^{-8} 托或超出线性标度120%时，保护电路自动切断电源以保护真空规。

在装调中解决了下列两个问题。

(1) 钟罩升不起来。

开始时钟罩内气压达一大气压时钟罩升不起来。控制钟罩升降机构的线路如图1所示。根据线路分析其控制原理如下： V_7 是一个电磁气动阀，它控制使钟罩升降的油压系统。当 MC_0 和 VS 的两对触点接通时， DR_6 延时继电器线圈内就有电流通过，其常开触点 8、9 接通， V_7 线圈内就有电流通过， V_7 元件动作，钟罩就升起来了。

依次检查了 MC_0 继电器和 V_7 及 DR_6 ，工作均正常。因此断定是 VS 出了故障。经检查发现 VS 是一个真空开关。其结构如图2所示。

它由一金属波纹管 A 和一微动开关 B 组成。当真空室气压达一大气压时，波纹管 A 内外压力相同，恢复其原来长度。这时它应压迫微动开关使其触点接通（如图2a所示）而当真空室内气压降低时，由于大气压力使波纹管缩短，使触点不通（如图2b所示） VS 就不能工作。

对真空开关 VS 进行检查，发现由于微动开关位置不正确，当波纹管恢复其原来长度时也压迫不到触点（如图2c所示）因而不能接通。调整螺母 M_1, M_1', M_2, M_2' ，让波纹管压迫微动开关的触点而使其接通，（如图2a所示）钟罩也就升起来了。

(2) 扩散泵电炉自动的时断时续。

扩散泵电炉自动断续，经我们分析，认为是过热保护所致。过热保护装置是为防止扩散

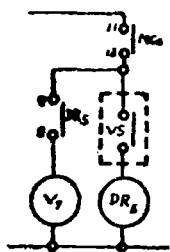


图1

泵过热将油烧坏而在电炉电源中加入的一个装置。当扩散泵冷却水量不足或加热功率过大时，都会自动切断电源起保护作用。我们首先发现水压只有1公斤/厘米²，达不到说明书上的要求（2公斤/厘米²）。对水道进行检修后情况虽有所好转，但还没有完全解决问题。进一步研究后确定不是安装在泵上的温度调节器TR有故障就是它的位置调得不正确。按说明书规定它应在温度120℃±2.5%以上时才断开，经检查温度调节器TR本身无故障只是其位置调得不正确，不到120℃就断开。经调整后问题就解决了。

2. 与DDC—5000相配的电阻式热蒸发源。

为自动控制膜厚和蒸发速率，在电阻式热蒸发源加热变压器TR₁初级线圈之前增加了一套由DDC—5000数字淀积监控仪控制的自动控制线路。它包括操作单元和蒸发电源两部份。通电后发现蒸发源功率根本加不上去。为此根据实物画出初步线路图，分析整个电路的工作原理确定线路中各元件的性质和类型。最后确定出完整的线路图。其原理方框图如图3所示。

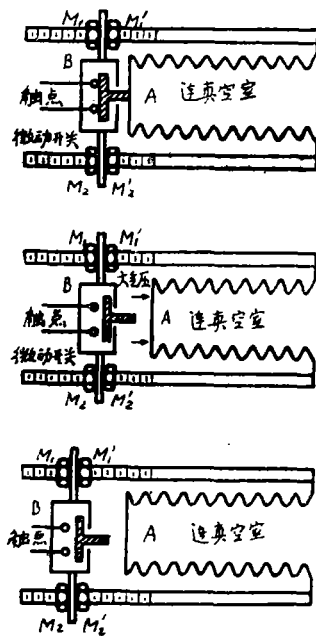


图2 a、b、c

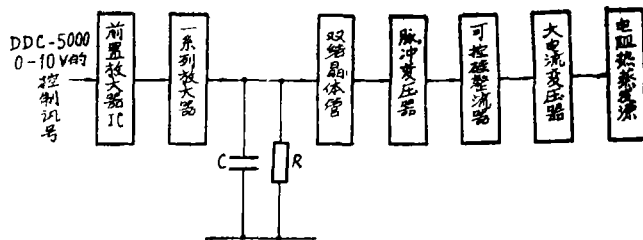


图3 电阻热蒸发源自动控制线路方框图

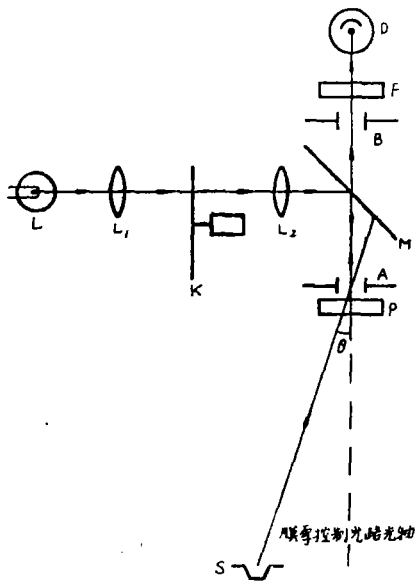
经分析控制线路的工作原理如下：从DDC—5000输入的0~10伏的控制讯号首先经过前置放大器IC放大后再经过一系列放大器进一步放大。放大后的讯号对电容C充电，此电压经双结晶体管形成一系列脉冲讯号，经脉冲变压器加到可控硅的控制极去触发可控硅。通过控制可控硅导通角的大小可以控制大电流变压器初级线圈电流，从而控制电阻热蒸发源加热电流的变化。

检查电路各部分后发现前置放大器IC当有讯号输入时，输出端无讯号输出，却有频率约为100KC的寄生振荡。根据电路分析，我们断定这只1726LM741C型运算放大器工作不正常。换了一只国产F007C型运算放大器后工作就正常了。

3. 光学膜厚监控器

调试膜厚监控系统过程中，我们发现1200型光学膜厚监控器在用电子枪蒸高温氧化物时，由于蒸发源强杂光的干扰，仪器根本无法进行工作。

为此检查了放大器的选频特性，发现用的不是选频放大器而是普通的直流放大器，当然抗杂光干扰性就差。



- 图4
- 光源
 - L_1, L_2 —会聚透镜
 - K —调制器
 - M —半反射镜
 - A, B —光栏
 - P —监控片
 - F —滤光片
 - D —探测器
 - S —电子枪蒸发源

为解决工作急需，我们根据电子枪蒸发源位于膜厚控制光轴一侧的特点，采用在光路中加入两个光栏 A 和 B （如图4所示， A 放在监控片 P 的上面， B 放在探测器 D 的滤光片 F 的前面）的办法来消杂光。选择光栏的大小使其刚好与讯号光束大小相同，对进入探测器 D 的控制光强没有任何影响。由于电子枪蒸发源 S 发出的光与膜厚控制光束的光轴偏离一个 θ 角，因此加入光栏后，就能将从 S 发出的大量杂光减弱，从而干扰讯号也就大大减少。经过这样改装之后，即使用电子枪蒸发像氧化锆那样的高温氧化物时，监控器也能正常工作了。

4. 钟罩升降系统的漏油问题

钟罩升降系统如图5所示。其密封橡皮圈在液压油中长期浸泡发生老化，从而使弹性变差密封性能变坏产生漏油现象。开始我们照原实物尺寸（如图6d所示）加工了一个，结果仍然漏油。后来我们认真研究弄清了其密封原理：油进入 \wedge 形槽后其压力分布如图6a所示，靠这种压力将橡皮圈 \wedge 形槽底部两边分开，分别贴紧升降轴和轴套内壁以达到使其密封的目的（如图6f所示）。因此我们决定一方面将橡皮圈内径减少（由 $84 \rightarrow 83$ 毫米）外径加大（由 $100 \rightarrow 103$ 毫米）（如图6e所示），另一方面将橡皮圈

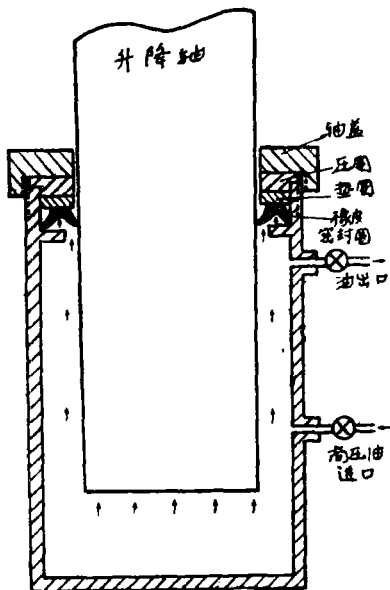


图5 钟罩升降系统示意图

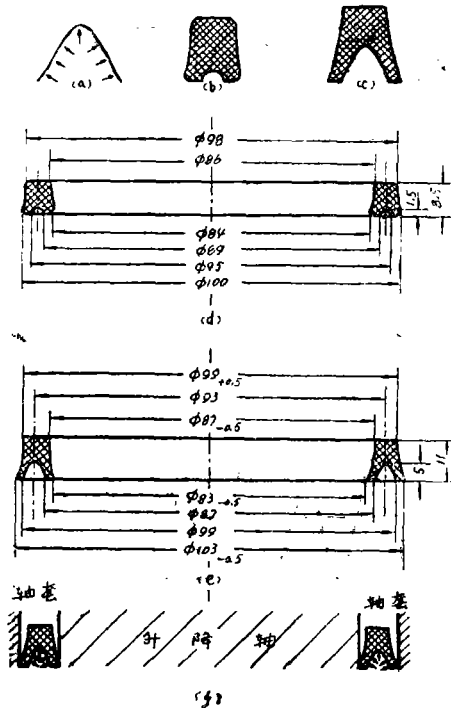


图6

的横截面由图6b状改为6c状。液压油经化学分析后用英国产飞马牌液压油代替，采取这些措施后，问题也就解决了。

二、E型电子枪及其电源

电子束枪为EGL—20M型270°的磁偏转枪。其原理如图7所示。从灯丝发出的电子在强电场中被加速，然后在 x 轴磁偏转线圈所产生的磁场作用下发生270°的偏转和 x 轴的扫描运动，电子束打到坩埚中的蒸发材料上使其加热而蒸发。 y 轴磁偏转线圈同样可使电子束在 y 轴方向产生偏转和扫描运动。

电子枪电源为HP—610型，其总方框图如图8所示。它具有如下特点：

(1) 采用了高压控制电路（如图8下部所示）。使高压稳定（稳定度达 $\pm 2\%$ ）且连续可调（6~10千伏）并具有过流保护作用。在这装置中输出由一大容量的水冷真空管（8T87三极管）所控制。在高压输出装置和三极管之间插入一个高压检测器（由采样电阻 R_{111} 所组成）和误差放大器形成一个闭合回路。当电子枪的高压产生波动时，高压波动讯号和控制器所产生的标准讯号通过元件A进行比较，然后通过误差放大器加以放大，放大后的讯号再通过4T85P管的激励电路加到8T87三极管的栅极，从而保持高压输出的稳定。

另外，高压电流被电流检测器监控，如电流超出额定值，计时器就被驱动而切断三极管。经35毫秒后，当计时器停止工作时，三极管就复位在最初的位置。这样就可防止蒸发物除气时局部放电对设备的危害。

(2) 采用了发射电流控制电路（如图8中部和内部机壳中的电路所示）。使电子枪灯丝发射电流能由DDC—5000所产生的控制讯号所控制。以达到自动控制蒸发速率的目的。

将DC—CT发射电流检测器检测到的电流反馈讯号和发射控制器所产生的标准讯号或DDC—5000输出的自动控制讯号都输入到元

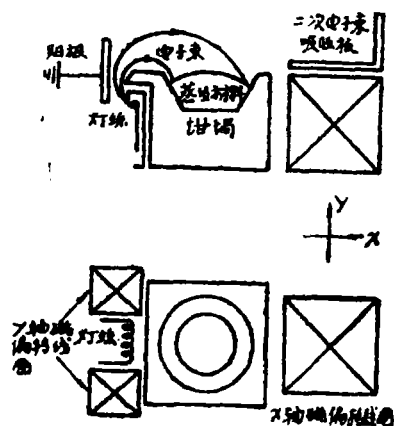


图7 E型磁偏转电子枪原理图（上、下）

件E中加以比较，比较后所产生的误差讯号经过电压和发射误差放大器加以放大。放大后的讯号输入到位相控制电路，最后触发可控硅整流器以达到控制电子枪灯丝电流和功率的目的。从降压变压器及整流器所产生的电压反馈讯号经E构成局部反馈以改善系统的动、静态性能。

(3) 装有高压扫描装置。在该装置中0~6.2千伏、500赫芝的高压扫描讯号（如图9所示），是用交流讯号叠加到直流标准电压上得到的。它能改变电子轨迹使电子束在宽范围内扫描。在实现高速扫描时，使得在靶表面功率密度分布均匀。这是本机的一个突出优点。因为在通常的磁偏转系统中很难实现高速扫描从而使靶面功率密度均匀。尤其是在蒸发高导热材料时，这一改进是十分有利的。

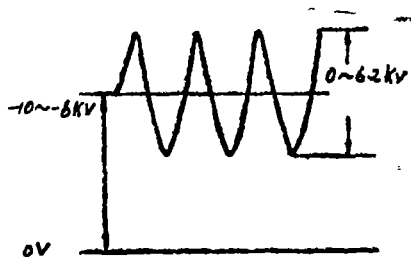


图9 高压扫描讯号电压

电子枪及其电源在调试和使用过程中，曾经出现过下列两个问题：

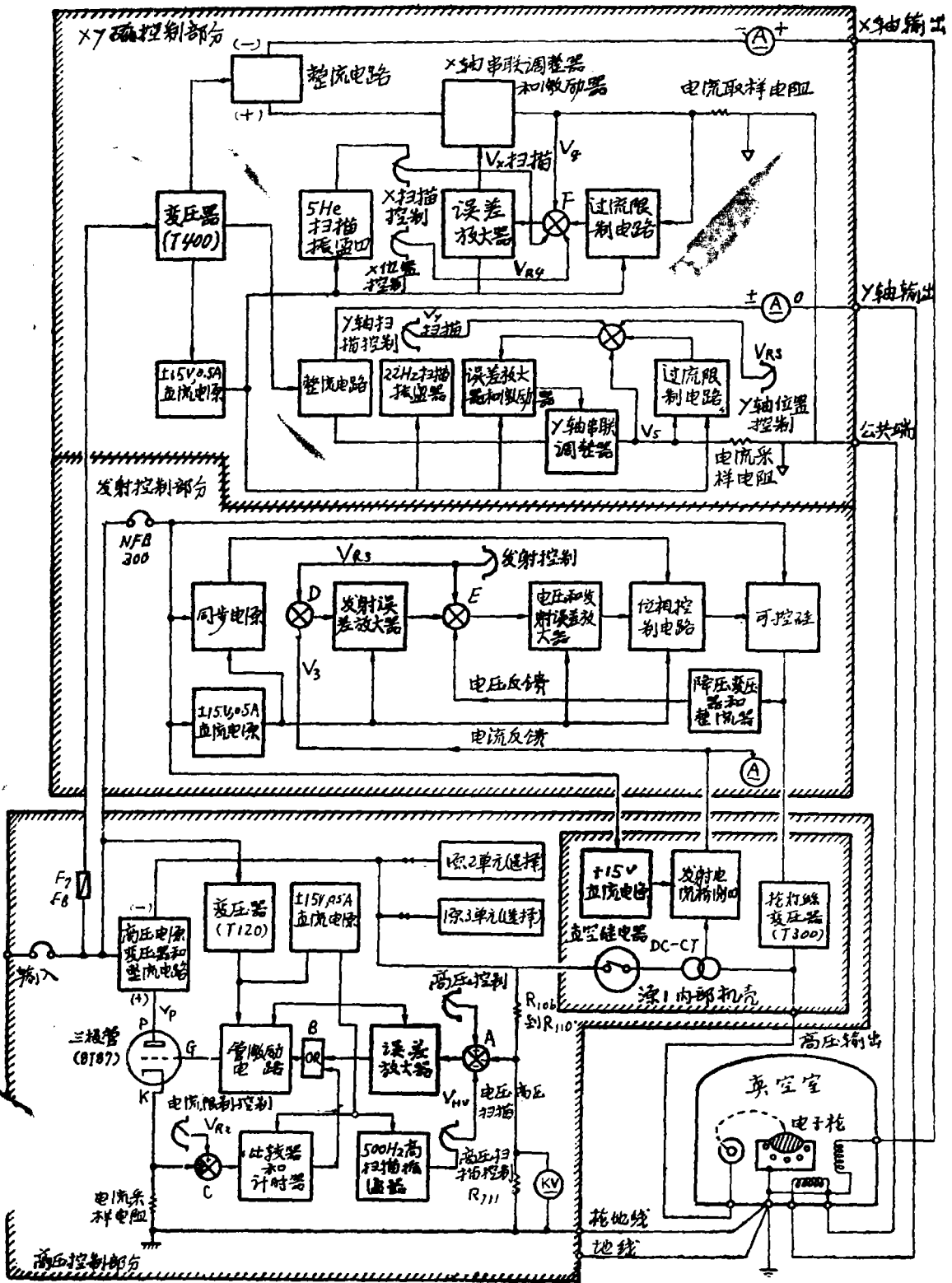


图 8 HP-610总方框图

(1) 空气流开关不工作。

为保护风冷三极管4T85P和水冷三极管8T8P, 装备了一套联锁保护电路(如图10上所示)。当风扇转动时吹动空气流开关上的小风翼, 带动连杆压迫微动开关上的触点使开关接通, 即可启动电源工作。当风扇不转时, 小风翼连同连杆都不动, 开关不通, 电源也就启动不起来, 这样就可避免两个三极管因无风冷却而烧坏。

但在调试中发现风扇转动时空气流开关也不接通, 从而电源也启动不起来。经仔细检查后发现是“空气流开关”上的小风翼和微动开关的方向接反(如图10下所示)。当风扇转动时, 风力无法使风翼连同连杆一起转动, 因而微动开关也就接通不了, 电源也就无法启动。

我们将风翼和微动开关方向纠正后, 就能启动电源正常工作了。

(2) 电子束偏转轨迹发散形成两个束斑。

如前所述, E型枪是将灯丝发出的电子束在x轴磁偏转线圈磁场作用下偏转 270° 后打到蒸发物上使其加热而蒸发。开始时工作还正常, 用一段时间后, 发现电子束偏转轨迹发散而形成两个束斑。当一个射到蒸发物上时另一个则射到x轴磁偏转线圈的屏蔽板上。

经检查x轴偏转线圈及其电源性能良好。调节x轴偏转线圈的电流, 电子束也能在x轴方向左右移动, 但束斑总发散。经分析认为电子束的偏转轨迹除受偏转线圈的磁场影响外, 电子枪的灯丝(阴极)、束形成器(屏蔽极)、和阳极之间的相对位置和电场分布也会对它有较大影响。因此检查了它们的性能以及相互位置, 最后发现由于蒸发物(如铝)的蒸发使它们和隔离它们的绝缘器都产生沾污从而严重地影响电磁场的分布, 致使电子束斑发散。在将它们进行清洗去掉沾污后, 问题也就迎刃而解了。

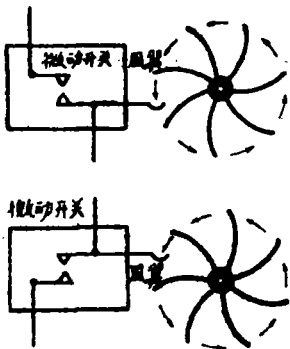


图10 (上、下)

三、DDC-5000 数字式淀积监控仪

它是美国Sloan公司出产的自动控制并显示薄膜厚度及淀积速率的监控仪。它的工作原理如下:

采用石英晶体薄片(即敏感头)作为振荡器的反馈元件时, 它的振荡频率强烈地依赖于晶体的机械性质。当有材料(质量)附加到振动晶体的一个面上时, 振荡器的振荡频率就降低, 通过测量蒸发过程中振荡周期的变化就可测出薄膜质量从而算出薄膜厚度的变化。

数字淀积监控仪的原理方框图如图11所示。敏感头所产生的被测讯号经过换算^①成一个适当倍数的分频后来翻转一个闸门。闸门是在被测讯号零振幅时开和下一个零关, 当闸门打开时, 由参考振荡器所产生的参考讯号通过计数器而被记录。所记录, 是被测讯号的周期。为了直接以埃为单位测出所淀积的薄膜厚度, 可以将计数器予数, 使被测讯号周期值附加在它上面时它将读零。因此只要选择合适的参考振荡器和标, 计数器就可直接以埃为单位来表示出附加薄膜的厚度。如果被淀积材料的密度和工具子发生变化, 可以通过密度和工具因子调整装置对其进行合理的调整。如果将周期计数控, 在1秒这样一个已知且固定的间隔, 且将先前的厚度贮存在一个临时记忆单元中, 则现在与先前的厚度测量值之差就是淀积速率。然后用这个速率与给点值进行比较并用这个差值产生一适当的控制讯号来给出所要求的速率。如果再将上升和预熔循环的时间和电压一程序作用包括进去, 就可得到一个基本的数字淀积监控仪。

用一个附加电路来比较实际数据和给点数据, 并且控制输出和输入, 就可得到 DDC—

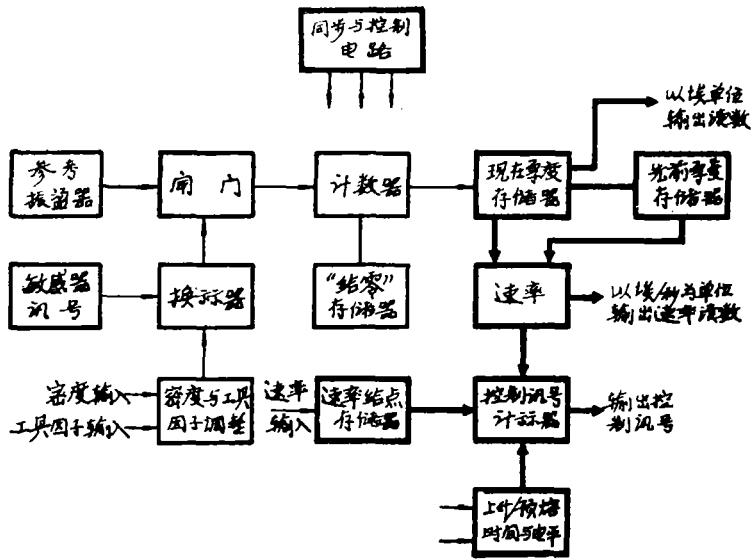


图11 具有上升/预熔程序和淀积厚度速率控制的数字厚度监控器（基本的数字淀积监控器）

5000型数字淀积监控仪（简化方框图如图12所示）。

在调试过程中发现本机单独工作正常，但与电子枪或电阻热蒸发源连接后，就自动切断蒸发源的电源并再也启动不起来了。

根据现象我们认为这是连锁保护装置在起作用。将实际线路对照美国说明书进行了检查。结果发现并不一致。说明书说他有四个连锁保护装置（真空室开关、真空安全开关、电子枪坩埚旋转和水流安全开关）。日方却只用了真空和水流安全两个开关，并且使用了一个X56的继电器的触点来控制电子枪和电阻热蒸发源的电源的通和断。经分析研究发现X56继电器是靠重按“开始”这一按钮开关来复位的。复位后再重按“电源开”按钮开关，电源才能重新接通。至此电子枪蒸发源就可自动控制。

但电阻热蒸发源仍不能自动控制。我们分析认为一定是DDC—5000与蒸发源之间连接部分有问题。首先检查了光耦合器，未发现任何毛病，然后将输入到操作单元的控制讯号进行了仔细检查，结果发现控制讯号的极性刚好焊反，因而使前置放大器不仅不能正常工作，反而有短路超负荷运行使DDC—5000损坏的危险。

我们将极性调换后，电阻热蒸发源亦可自动控制了。

镀膜机调试好后，曾用它镀制了激光高反射膜、 α 光滤光片用的无支撑铝膜和小批量生产眼镜片上用的三层增透膜。膜层质量都比较好。

从上所述，可以看出。安装调试工作克服了重重困难，最后终于胜利地完成了任务，使我们在技术上对新引进的先进技术有了较深的了解和掌握，为今后使用和制造这类镀膜机打下坚实基础。

在调试工作中得到赵遂武同志关心和帮助以及邓士衡、曹甲彻、王永才、申明阳和高宗宜等同志支援，在此一并表示感谢。

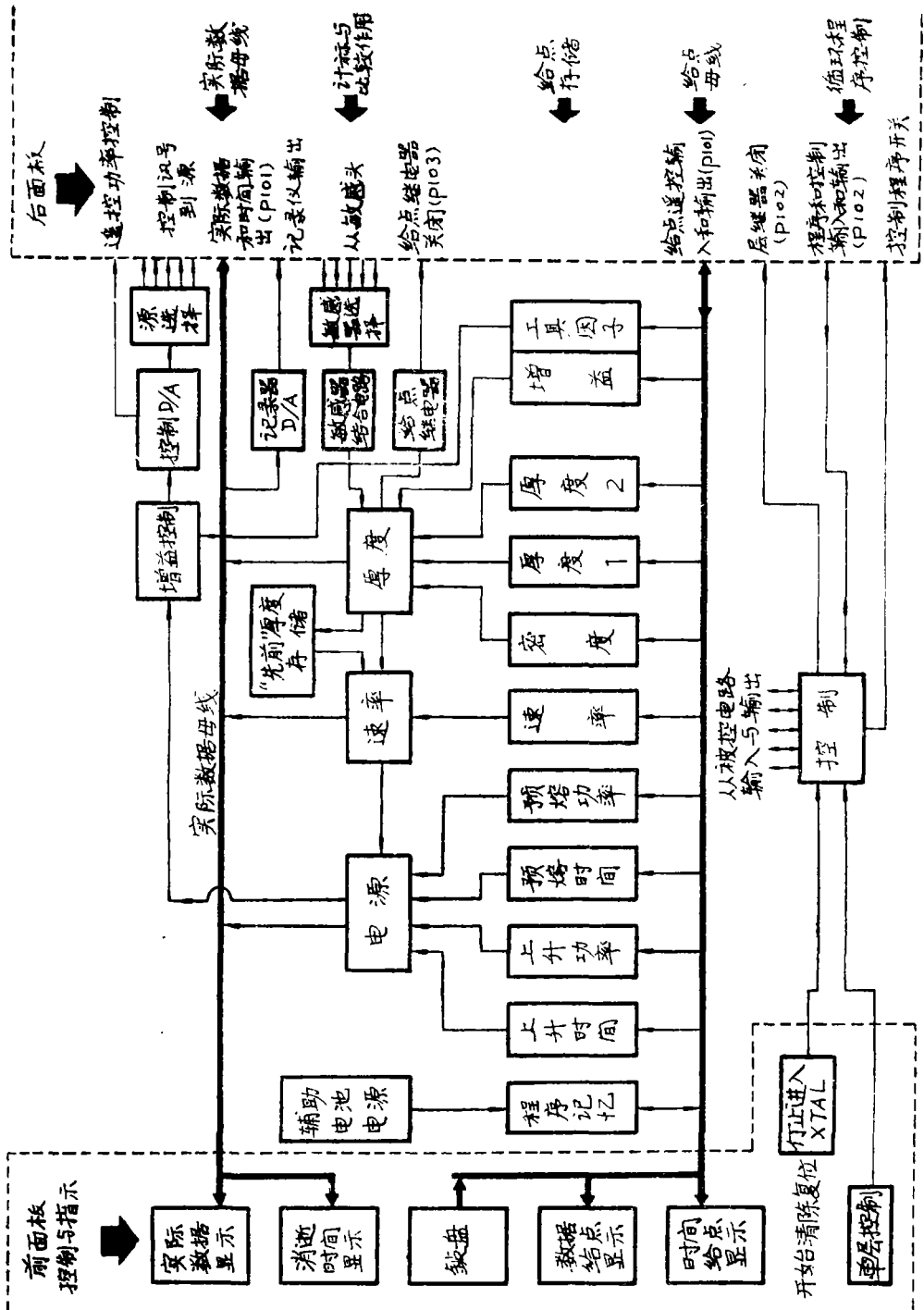


图12 DDC—5000型数字型流控制仪简化的方框图