

复印机原理 作用与维修  
综合手册

新达外文服务社编印

## 前 言

我们工作、生活的这个世界，有人讲是个不断“缩小的世界”，现代技术以惊人的速度向全世界传递着，大量的信息要求人们迅速而准确地进行理复印机就是承担这种任务的现代办公设备之一，而保证复印机的正常运转，降低复印成本会给人们的工作带来极大的益处。

静电复印是一门新兴的实用技术，第一台复印机是由美国施乐（Xerox）公司由1950年研制成功的，我国从七十年代开始购进普通纸静电复印机，八十年代开始又有不少厂家引进了复印机装配生产流水线及部分零部件和消耗材料的生产线，如佳能系列，湛江—佳能、东芝系列、武汉—东芝，理光系列、桂林—理光等，有的国内生产厂家年产量已达万台以上，在加上夏普、三洋、松下、施乐等进口机器，社会上复印机的拥有量已相当可观，静电复印机已进入了社会的各行各业并得到了广泛应用，但能够正确使用复印机的人比较少，维修服务，零配件供应也跟不上，至使相当数量的复印机处于非完好状，不能充分发挥作用，而且造成了财力的浪费。

我社从维修实践中体会到，相当一部分静电复印机保养跟不上，或操作人员不懂使用常规造成机器损坏。为了向社会更好地提供服务，使复印人员能更顺利地工作，我们下决心编写本手册，但本手册的编写存在很大的难度，社会使用的机器型号五花八门，要想满足每个机型的各种要求，和维修人员的专业要求，这是很不容易作到的，但复印机的原理与结构存在很多相似之处，我们以原理及典型机型为例讲解大家在使用及维修中遇到的问题，对静电复印机的原理、使用，保养和维修进行深入浅出的论述，使读者能较全面地掌握这门新兴应用技术。

本书的读者对象：复印机操作及使用人员；复印机维修人员应配合具体机型的维修资料一并使用。

著 者

一九八八年九月

# 目录

## 第一章 复印机原理…………… (1)

- 第一节 复印技术的诞生…………… (1)
- 第二节 静电复印原理…………… (2)
- 第三节 复印工作流程…………… (5)
- 第四节 复印机的基本结构…………… (5)

## 第二章 复印机各主要部件 的性能与作用…………… (10)

- 第一节 感光鼓的特性…………… (10)
- 第二节 充电…………… (12)
- 第三节 曝光…………… (17)
- 第四节 显影…………… (25)
- 第五节 转印…………… (30)
- 第六节 分离…………… (33)
- 第七节 定影…………… (35)
- 第八节 感光鼓的清洁…………… (37)
- 第九节 辅助装置…………… (40)
- 第十节 机器的同步调节…………… (41)
- 第十一节 电气系统…………… (44)

## 第三章 复印机的安装调试 与使用…………… (49)

- 第一节 复印机使用人员须知…………… (49)

第二节	复印机和纸张的选择	( 5 6 )
第三节	复印机的安装与调试	( 5 8 )
第四节	复印机的使用	( 6 4 )
第五节	复印机的管理	( 7 4 )

#### 第四章 复印机的日常保养 与维护 ( 7 6 )

第一节	复印机的日常保养	( 7 6 )
第二节	定期更换消耗材料和部件	( 8 1 )
第三节	综合检测	( 8 4 )
第四节	维护保养中需注意的问题	( 8 5 )

#### 第五章 复印机常见故障的 分析与检修 ( 8 8 )

第一节	出现故障的常见原因	( 8 8 )
第二节	从复印品质量分析故障原因	( 8 9 )
第三节	复印机卡纸的原因	( 1 0 7 )
第四节	典型故障分析与修理方法	( 1 0 8 )

#### 第六章 静电复印技术的 发展趋势 ( 1 2 1 )

第一节	静电复印机的高速化	( 1 2 1 )
第二节	多功能化复印机的发展	( 1 2 4 )
第三节	超小型化复印机的特点	( 1 2 5 )
第四节	彩色化复印机的进展	( 1 2 6 )

附 录		( 1 2 8 )
-----	--	-----------

# 第一章 复印机原理

## 第一节 复印技术的诞生

复印技术是随着现代科学技术的发展而产生和发展起来的一门新兴技术。他的诞生与历史上的印刷术的出现一样，对人类文明起着一定的促进作用。在工业发达国家，复印技术除了广泛应用于各种文件资料和工程图纸的复制外，在办公室事务中所占的比重也越来越大。在我国，各种类型复印机的使用远远超过了其他办公机器。使用复印机，可以大大节约人力、时间和空间，即快速又准确。

静电复印技术涉及光、电、机械及化学等多学科的内容，其中某些理论问题尚在探讨之中。

静电复印是利用电摄影技术，用类似照相的方法将图纸、文件按原样复制在普通纸上的技术。利用这一原理制成的印刷设备就是复印机。静电复印技术发展到今天，其基本原理仍与初期的静电照相技术相似，但在工艺上有了许多改进和突破。

早期的静电照相技术，是美国物理学家、专利代办人C·F·Carlson（卡尔逊）于1938年发明的。

1950年，市场上终于出现了第一台手工操作的晒板静电复印机，它是由美国施乐公司（Xerox）研制成功的。

今天社会上应用的复印机，采用硒（Se）为光导材料的仍然有好几个系列。其优点是速度较高，质量也好，造价较低，如东芝系列。人们习惯上把最初的静电复印法称之为施乐法，或卡尔逊法。

1954年，出现了硒材料制成的感光鼓，它代替了硒感板，实现了机械化、自动化程度很高的高速转鼓式静电复印，这是复印机发展史上一项重大的突破，虽然，今天的感光鼓的制成材料有所不同，但都是转鼓式的。在感光鼓的不同部位上，同时而连续地进行充电、曝光、显影、转印、消电和清洁等工序。鼓一转动，周围部件即与感光鼓进行相对运动，使所有工序同时进行，极大地提高了复印速度。

## 第 二 节 静 电 复 印 原 理

虽然复印技术在今天有了很大的发展，但其基本步骤仍然包括充电、曝光、显影、转印、定影等几个阶段，与施乐法相差无几，但在完成这些步骤的方法上和采用的材料等方面都有很大改进。

静电复印是电摄影方法之一，即在某种光导材料上，利用静电效应，使其表面带上电荷，形成静电潜象，由这些电荷吸引带有异性电荷的墨粉微粒，显现出墨粉图像，在转印到纸张上，经过定影，即得到了所需的复印品。我们以佳能复印方式来介绍复印的基本原理。

在复印过程中，鼓在一定的转速下旋转，所有的过程都发生在鼓周围固定的位置上。由于感光鼓旋转，鼓面上每个部分顺序地接受各步程序。

感光鼓由透明的绝缘外层，硫化镉〔CdS〕光导层和铝质导电基底组成。

静电潜象形成过程：

此过程又分为四步，使感光鼓表面上形成静电潜象。（一种看不见的像：对应原稿的黑色部分带有正电荷，对应原稿的白色部分不带电荷。）先使鼓面均匀带上正电荷，然后原稿的图像投射到鼓面上，由于进行连续扫描，所以此时可对整个原稿扫描。

鼓面在接受光图像的同时，还接受一电晕放电。

光照到硫化镉〔CdS〕层的部分，其电阻率下降，负电晕中和了这部分的正电荷〔在前面步骤中由主电晕器带到鼓面上的电荷〕。

结果是在光照明亮处表面电荷中和了，无光照的暗区鼓面存在电荷。

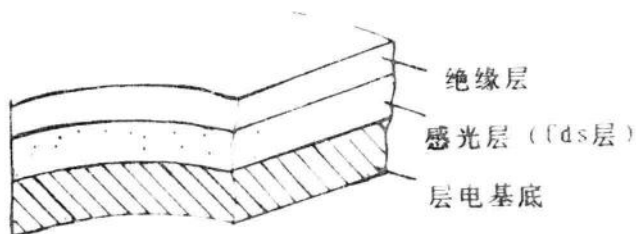
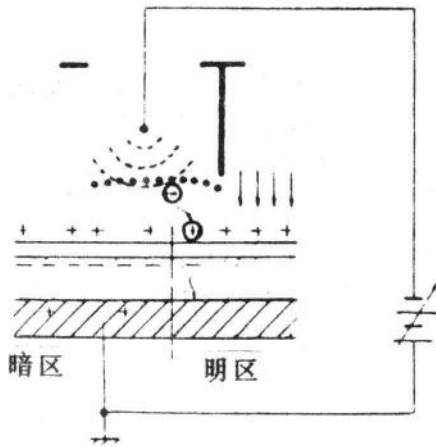


图 1 · 1 感光鼓的构造



显影： 图 1 - 2

静电潜像是看不见的，由显影步骤使它成为可见图像。显影是将带负电荷的黑色墨粉吸到鼓面有正电荷的部分上。墨粉是由显影部件供给。

见图 1 - 3，显影系统是由一个固定的磁体，一个无磁性的套筒在固定磁体外面旋转，和一个磁性的刮板组成。（套筒像是一个实心圆筒，因此此部件称为显影辊。）

单组分显影剂是一种黑色的磁性体与树脂（热塑性）的混合物。因为每一个颗粒是形成图像的一个部分，所以称它为“墨粉”。墨粉是绝缘性材料，它与旋转着的显影辊摩擦，获得负电荷。

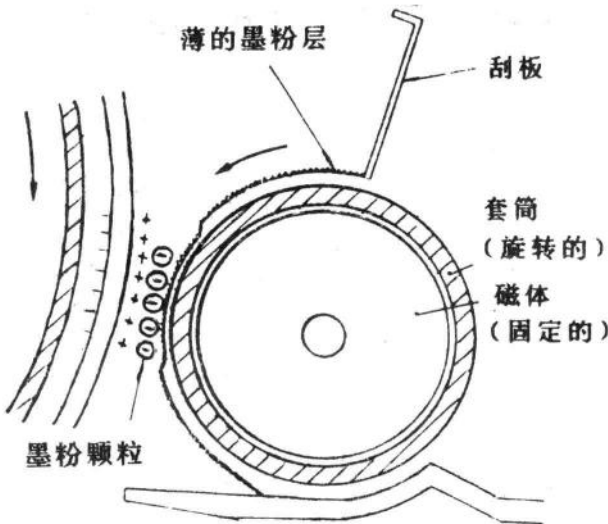


图 1 - 3

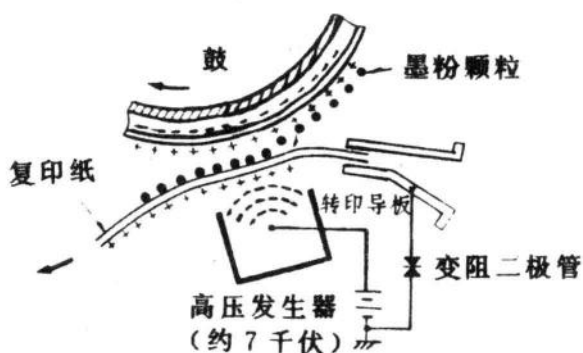


图 1 - 4

将墨粉图像转印到纸上：

转印电晕（正性）加到复印纸的背面，将鼓面上负性的墨粉颗粒吸到纸面上。

防止转印效果不好和污染复印件的背面，转印导板及搓纸导板都通过一变阻二极管接地。这样可以使导板上积蓄一定的电位，超过此电位变阻二极管导通使过剩的电荷入地，保持导板在要求的电位上。

定影：

在复印纸上的墨粉图像由上、下两个热辊同时对它加热和加压，使它固定在纸上（成为永久的图像）。

为避免卡纸与粘墨粉（墨粉粘到上辊，而后转印到以后印的复印件上），在上辊表面涂上很薄的一层硅油。此外还用橡皮刮片进行清洁。

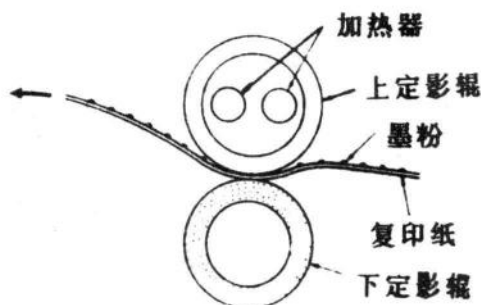


图 1 - 5



### 第三节 复印工作流程

感光鼓是复印机的核心，整个复印过程都是围绕感光鼓进行的。

纸张分别置于上、下纸盒，按下复印开始键以后，搓纸辊开始动作，第一个搓纸动作将纸张推进到进纸导板的位置，开始定位。稍停一下，搓纸辊又转动，继续推动纸张前进。

这时感光鼓开始充电，然后曝光。曝光是通过原稿扫描灯管照射原稿，经过一组光学透镜和反射镜的折射，将原稿上的图像映在感光鼓的表面。

随着感光鼓的转动，表面带电部分吸附显影器中的墨粉。显影器上加有偏电压，目的是使它对感光鼓表面有一个电位差，才能使墨粉更容易上到感光鼓上。然后经过转印电极的作用，使感光鼓上的墨粉图像转移到纸上。

转印后的纸张马上经过分离片或分离带等装置从感光鼓上分离下来，使纸张继续沿着纸路前行，经过传送带送至定影器。定影器是个高温加热装置，有些机器则是采用冷压定影，主要靠压力使墨粉固化在纸张上。加热式定影器通过高温使墨粉中的树脂溶化，渗入纸张纤维中，比较牢固持久。

定影后的纸张从定影器中排除到机外。

至此，整个复印过程并没有全部完成。如果是连续复印，第一张复印品从机内排出后，第二张复印品的复印过程立即开始。因此要求对感光鼓进行清洁，利用刮板或毛刷将其清扫干净。清扫下来的墨粉被送到墨粉回收器。

同时，还要利用消电电极或消电灯对感光鼓表面残存的静电荷进行清除。感光鼓清洁消电后，即为下一项的复印工序做了必要准备。

以上是简单的复印工作流程，以后的各章节还要逐一进行分析。

### 第四节 复印机的基本结构

了解复印机的基本结构对机器的使用及维修会有很大帮助，我们

也可以在使用中发现其结构上的弱点，找到合理的解决办法，不断提高复印质量。

## 一、复印机的构造

静电复印机的基本结构因机器的类型不同而有所差异，但就其组成部件而言，是大体上相同的。机器的自动化程度越高，复印速度越快，功能越齐全，其结构也就更为复杂，元件和部件也会更多一些。

一般地讲，静电复印机大致由一下这些部分组成，我们还是以各部分的功能来分别叙述。

### 1、机器的外部构造

机器的外部主要是外壳，它即对机器内的各部分起保护作用，也保证了操作者的安全。对机壳的要求是，有一定的机械强度，大多采用铁板、工程塑料制成。

(1)前护板：机器的前护板位于操作者一侧，是保养维修机器时经常需要打开的一侧，通常设计为带有合页的开门式，有向下开启的，也有向两侧开启的。打开前护板即可见到机器的感光鼓轴、显影器、电极、纸路、清洁器、定影器和发生卡纸等故障停机后使用的复位按钮。

(2)两侧护板：机器的两侧护板分别是插入纸盒的进纸口和输出复印品的出纸口，也有些机器的进纸口和出纸口位于同一侧。通常出纸口部分可以打开，为取出卡在定影器中的纸张提供了方便。打开两侧护板除了能看到进纸搓纸辊及出纸输送轮外，还可以看到部分线路板，其中也有一些可以调节的元件。打开侧板时需要旋下几颗螺钉。

(3)后护板：机器的后侧护板内装有集成电路控制元件驱动齿轮、链条、输纸、显影、定影、原稿台扫描灯（或原稿台）等部件的电磁驱动离合器。机器的高压充电部件：高压发生器、电源和电极端头也在后护板内。除了维修机器时打开后护板，一般不随意拆开。

(4)纸盒与接纸盘：纸盒是放入复印纸，插到机器中的容器，是机器外部部件之一，纸盒内有压力弹簧、纸张压角及托纸板。接纸盘是接住复印品的托盘，一般为铁或塑料制成。有的机器还装有可以手工送入单张复印纸的供纸板。

## 2、机器的内部构造

(1)光学部件：光学部件位于机器的上部，包括：原稿台玻璃、曝光灯管、反射镜组、镜头、可调的曝光窄缝、防尘玻璃等，它们共同的作用是将原稿上的光象反射、传递、透射到感光鼓的表面。

(2)感光鼓：位于机器的中心部位，有的机器感光鼓轴上装有小功率的感光鼓加热器，以防止感光鼓受潮。机器的其他部件都是围绕感光鼓发挥各自的作用的。

(3)电极：电极位于感光鼓的周围，一般的机器都装有三个充电电极，分别为充电电极、转印电极和消电电极。也有些复印机的电极比较多。

(4)显影部件：显影部件位于感光鼓的一侧或下边，包括墨粉盒、显影辊、等组成部分。

(5)分离部件：分离部件由分离片（或分离带）、分离辊、小弹簧等构成，其作用是将转印过的纸张从感光鼓上剥离下来也有的复印机采用负压分离或电极分离方式，用空气或静电将纸张吸引下来。

(6)定影部件：定影部件位于机器的出纸口一侧，它由定影加热灯管（或加热丝）、定影加热辊（或加热板）、定影压力辊、恒温元件（热敏电阻）、清洁润滑组件（硅油盒、油毡纸等）构成。

(7)清洁部件：清洁部件一般安装于感光鼓的上部，清洁刮板或毛刷与感光鼓紧密接触，清扫残余墨粉。清除下来的墨粉被磁辊吸附，回收继续使用，有些机器则要求不能重复使用。清洁部件还包括消电灯管，它位于消电电极附近，利用光照消除感光鼓表面的残余电荷。

(8)输纸部件：输纸部件由上、下纸盒搓纸辊（轮）、纸张对位辊、纸张传递辊、纸张传送带以及定影器中的上、下定影辊和排纸辊等部件构成，它们共同完成使纸张行进的任务。

(9)机械驱动系统：驱动部分的零部件很多，其中主要有：主电动机、转动链条、光扫描（或原稿台）电磁驱动离合器、显影部件驱动离合器、送纸部件驱动离合器、定影部件驱动离合器、感光鼓驱动离合器等。这些部件都安装于机器后部。

(10)电气装置：这部分包括：电源部件、高压发生装置、偏压控制

电路、显影控制电路、操作驱动电路、灯光控制电路、继电器控制电路、时序脉冲控制电路以及位于机器各部分的传感器（光电开关或超声波开关）、微动开关等。电路的印刷线路板一般位于机器后部及两侧，主控板位于机器前侧。

目前，电路中已采用了微处理机和大规模集成电路，极大地提高了电路的集成度和自动化功能，机器的体积大为缩小。

## 二、几种典型的复印机结构

### 1、整体结构

复印机的整体结构因其内部构造的设计而异，一般分为开门式、蚌壳式（双体式）、分组式几种类型。

(1) 开门式：这种结构适用于各种类型的复印机，在较大型的机器中采用更多。打开机门时，即可见到机内的大多数需要经常维护、调整的零部件，可以分别拆卸、安装，如NP-270、400、SF-8200等。其外形如图1-6所示。

(2) 蚌壳式（双体式）：这种结构是将机身分为上下两部分，掀开即可看到机内各主要部件，这些部件的拆装都要从机器张开的一侧取出或放入，结构上比较简单。保养和维修时可以直接观察到各部件两端的情况，清除卡纸时也要掀起机身。这类机器有EP450Z、理

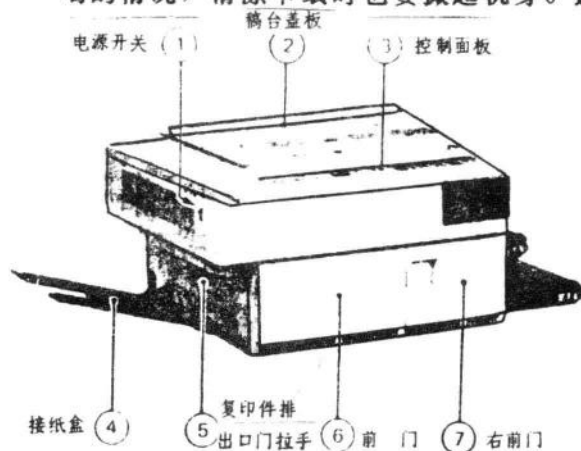
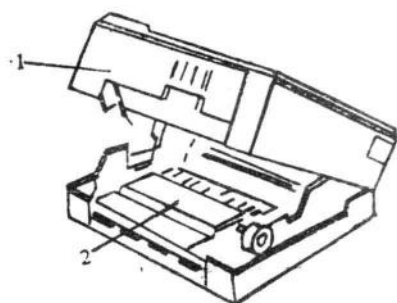


图 1-6



1、上半部分 2、下半部分

图 1-7 蚌壳式复印机外形

光M5、武汉—东芝4515等较小型的复印机，外形如图1—7。

(3)分组式：分组式结构类型比较多，它是将机器的某一个或某几个部件组成一个单元，拆卸时可一次拉出这个单元，安装时先将单元组装好，在整体插入机内。可以拉出的单元包括：感光鼓—显影—清洁单元，如NP—155；定影—输纸—排纸单元，如EP650Z；感光鼓—纸路—显影单元，如NP—125。

## 2、内部结构

复印机的内部具体结构是根据感光鼓的位置和纸张运行线而设计成几种形式的。我们一般可分为两类：曲线进纸和直线进纸。由于进纸的路线不同，机器内部结构的差异也比较大。

(1)曲线进纸：即纸盒与复印品托盘位于机器的同一侧，纸张在进入机器达到感光鼓的位置后，经过转印，上行折转一百八十度后从进纸口的同一侧排出。

(2)直线进纸：采用这种结构的机器，纸盒与接纸盘分别位于机器的两侧，纸张进入机器后，从感光鼓的下方通过，基本上沿直线从机器的一端走到另一端，直线进纸的机器出现卡纸故障的机会较少，而且现象直观，容易排除。NP—270就是采用这种方式的机器。

总之，在复印机结构方面，越来越趋向于以下几个特点：直接安装在主架上的零件较少，即使转动部分也是这样，都是先组装部件，然后再往主架上安装。这样作的目的，一是有利于流水线生产，二是适于复印机零件的外加工生产组织形式，三是调整和维修时可以按部件拆卸和安装，非常方便。复印机的电气控制系统一般是按继电器—集成电路—单片微处理机的方向发展的。在新型的复印机中，都采用了微处理机控制，大规模集成电路的采用，给电路带来了很高的可靠性。但是从维修实践看，采用继电器的电路电气故障率较低，检修也比较容易。

## 第二章 复印机各主要部件 的性能与作用

本章主要是分别叙述复印机每一组成部分的性能、功用和结构，以及与此有关的一些问题。这些内容是维修与调试机器的关键。

### 第一节 感光鼓的特性

不论是哪种光导材料制成的感光鼓，其性能的优劣都直接关系到复印品质量的好坏和复印速度的快慢。掌握感光材料的特性对提高复印质量和维护技术水平都有相当重要的意义。

#### 一、感光鼓的一般性质

我们以硒感光鼓为例，来分析其特性。

硒感光鼓的充电和在光线照射作用下的消电，也就是充电、曝光过程中表面电位的变化，是静电复印的根本变化规律。

这里所介绍的是与使用及维修有关的一些基本原理。

在充电过程中，随着静电荷在感光鼓表面的积累，鼓表面电位不断升高，最后达到饱和电位，也就是最高表面电位。但一般的感光鼓在工作时的电位都低于这个最高电位，原因是充电后表面电位会随着时间的延续而下降，也就是衰减。

感光鼓在经过光线照射（曝光）后，感光层变成导体，电荷迅速消失，称“明衰”。表面电位初期下降很快，然后变慢，最后的残余电位很难用光照消除，约为80伏特。残余电位过高，将会使复印品上出现底灰，硒感光鼓曝光后的电位变化如图2-1所示。

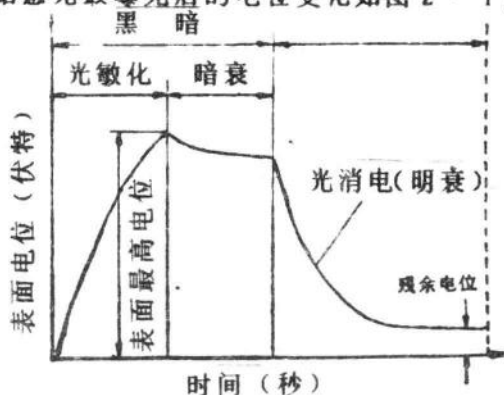


图2-1 曝光后的电位衰减

就表面电位的衰减而言，感光材料应具有“暗衰”慢（滞留性好）、“明衰”快（灵敏度高）的特性，而且要求曝光后的残余电位越低越好。

了解了感光鼓的光敏性，可以考虑这样一个问题，即：原稿曝光灯不亮，印出复印品会是什么样子？是黑还是白？

用前面讲过的基本原理来分析，可以得出这样一个结论，没有光的情况下，复印品全黑。

原因是这样的，曝光的目的是将原稿上的黑白图像反射到感光鼓上，以消除与原稿白底部分相对应的鼓表面电荷，使之失去吸引墨粉的能力。通过图2-1可以看出，光照后电位急剧下降，这是剩下的只有黑色图像（原稿文字）部分带电荷，吸附墨粉，以显示图像。那么，如果没有曝光灯的照射，感光鼓所有部分的电荷都依然存在，有的只是很小幅度的“暗衰”，都有吸附墨粉的能力。因此，印出的复印品为全黑。

## 二、感光鼓的光疲劳

光疲劳：硒或其他光导材料制成的感光鼓经过反复充电、曝光、消电时，必须能保持一定的静电特性，这种特性的减弱就叫光疲劳。原因是光导体中含有卤族元素，如碘、溴、氯、氟、等。转鼓式复印机由于复印速度快，频繁地反复充电、曝光，就会使其灵敏度下降，表现在复印品上，主要是底灰变大，字迹图像反而变淡，也就是反差减小。用以前讲过的原理来分析，就是，充电时不能达到应有的高电位，消电时不能消除多余的电荷，即残余的电位过高，

应当注意的是，每种光敏半导体材料都有光疲劳现象，只是程度不完全相同，易疲劳程度的顺序是氧化锌〉硫化镉〉硒。

所谓“疲劳”是暂时性的，而非材料自身永久性的失效，永久性失效是感光材料的“老化”造成的，如硒感光鼓中非晶型硒变成晶型硒，而成为导体，即永久性失去了光导特性，这是无法恢复的。

## 三、感光鼓表面电位与复印品质量的关系

感光鼓表面电位过高或过低都会影响复印品质量。表面电位过低

时，复印品的黑白反差（对比度）就小，层次少，墨色淡，原稿上颜色较浅的部分，如细线、彩色部分都不易再现出来。表面电位过高时虽然提高了黑白反差，有它有利的一面，但残余电位也相应提高，增加了出现底灰的可能性。要消除残余电荷，就要增加曝光量或曝光时间，这是一般转鼓式复印机所不易做到的。另一方面，要提高表面电位，也要提高充电电晕电压，这时常会引起火花放电，击穿感光鼓的感光层，导致复印品上出现白色圆斑，严重影响复印品质量。表面电位过高，也容易使感光鼓过早产生疲劳效应，丧失其灵敏度。因此，调节充电电压，使感光鼓表面电位合适非常重要。

## 第二节 充 电

为了使感光鼓表面带上很高的均匀电位，就要对它进行充电，使感光层光敏化。充电过程多采用电晕充电法，与初期相比变化不大，当然也采取了一些改进措施。

### 一、充电的基本要求

对充电过程有两个关键性的要求，一个是使感光鼓表面带上适当的表面电位，过高过低都不行。不同厂家生产的机器，由于墨粉的带电性和其他工艺的不同，要求的表面电位也不一样。另一个要求是使感光鼓表面电位分部均匀，才能获得更好的复印质量。在维修中，我们可以反过来，利用复印品质量的好坏来判断充电过程有无故障。

### 二、电晕放电和电极

#### 1、电晕放电

电晕放电是充电的一种形式。充电是使某一不带电的物体通过某种手段带上一定的电荷达到一定的电位。

我们知道，摩擦会产生电荷，还有其他一些使物体带电的方法，如感应充电、化学充电、电子束充电等等。而复印机中使用的方法是在极细的金属丝上施以数千伏特的直流电压（也有采用交流电压的，但只限于交流消电），利用金属丝产生的电晕放电现象充电。

#### 2、电极（充电器、电晕器）



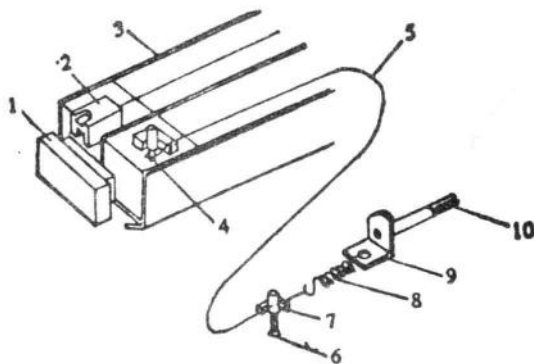


图 2 2 电极外形

- 1、绝缘拉手 2、绝缘块 3、金属屏蔽 4、电极丝小杆 5、电极丝  
6、电极丝调整螺丝 7、调整螺母 8、电极丝拉簧 9、电极丝钩  
10、电极插头

电极一般为单根或多根细金属丝，我们把它称为电极丝。电极丝的两端是绝缘块，其中一端装有电极，可插在机器的电极插座上。绝缘块用金属屏蔽罩相连接图 2 - 2 为电极的外形。

a、单线电极：这是常见的形式，在绝缘块之间，只有一根电极丝，它所接受的直流电压为5000-10000伏特。

b、双线电极：利用两根电极丝放电，可防止放电不均匀现象，同时可缩短充电时间。

c、带栅极丝的电极：为保证感光鼓表面的均匀充电，有些机器采用带有栅极丝的电极，它能有效地控制感光鼓表面电位。充电时，电离的离子分别向感光鼓和栅极丝移动，由于电极丝与感光鼓表面之间的电位差大于电极丝与栅极丝之间的电位差，使离子流更多地流向感光鼓，使其电位迅速升高。当电位上升到一定程度与栅极电位接近时，离子流则流向栅极，达到了控制感光鼓表面电位均匀性和数值要求的目的。采用栅极丝，还可以有效地防止充电时的火花放电，保护感光鼓，提高复印质量，因为火花放电是在电极丝与栅极丝之间进行的。有些机器的栅极是用很薄的金属片制成的网片，其作用与栅极丝相同。

d、交流电极：这种电极只用于NP复印法中的中和消电，其屏蔽罩上涂有绝缘树脂，以防止放电时产生火花，栅极亦接地。