

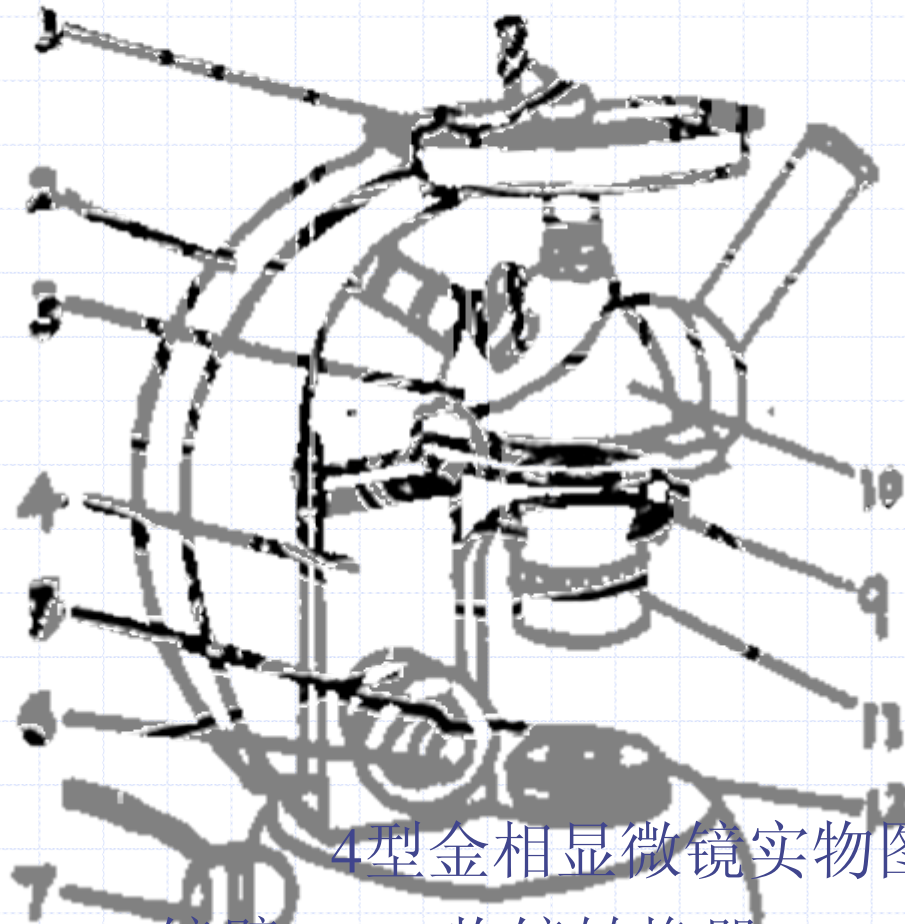
实验一 金相显微镜的原理、构造及使用

一、实验目的

- ◆ 1. 了解金相显微镜的基本原理和构造
- ◆ 2. 掌握金相显微镜的使用方法
- ◆ 3. 掌握金相显微镜的维护

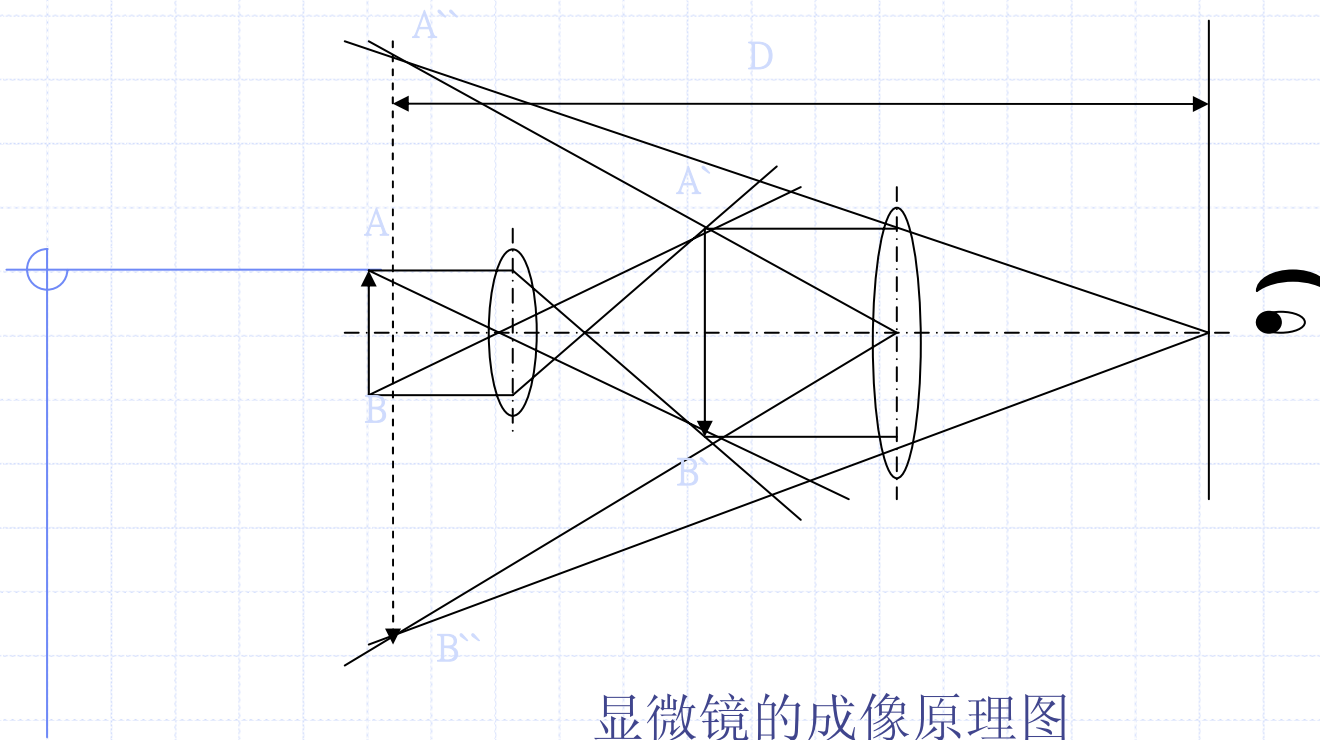
二、概述

◆ **显微分析**是金属材料科学的一个很重要的研究方法，它可以观察及研究金属中用宏观分析方法无法观察到的组织细节及缺陷。而金相显微镜则是进行显微分析的主要仪器。下面介绍金相显微镜的原理、构造。先看一下它的结构：




4型金相显微镜实物图

1—载物台；2—镜臂；3—物镜转换器；4—微动座；5—粗动调焦手轮；6—微动调焦手轮；7—照明装置；8—底座；9—平台托架；10—碗头组；11—视场光栏；12—孔径光栏



物体 AB 位于物镜的前焦点外但很靠近焦点的位置上，经过物镜形成一个倒立的**放大实像 $A'B'$** ，这个像位于目镜的物方焦距内但很靠近焦点的位置上，作为目镜的物体。目镜将物镜放大的实像再**放大成虚像 $A''B''$** ，其位于观察者的明视距离处（距人眼 250mm ），供人眼观察。

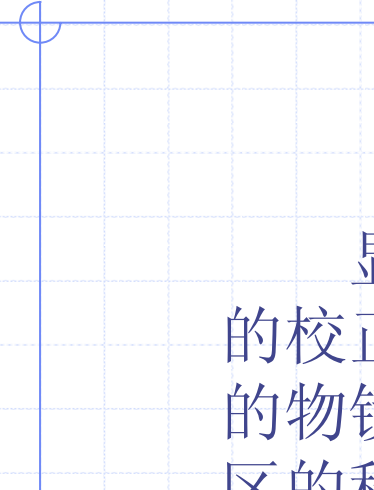


◆ 金相显微镜的类型很多，有台式的、卧式的等，但无论是哪种类型，它们都是由光学系统、照明系统、机械系统和附件等部分构成。下面一一介绍：



(1) 显微镜的光学系统

- ◆ 显微镜的**光学系统**主要由**物镜**和**目镜**组成，由物体来的光线通过物镜和目镜进行放大成像。
- ◆ 物镜是显微镜最主要的光学部件。物镜的好坏直接影响显微镜放大后的影像质量。位于物镜最前端的是平面透镜。称为前透镜，起放大作用，在它以后的其他透镜都是校正透镜，用以校正前透镜所引起的各种像差。



显微镜物镜的球面像差大多已进行了必要的校正，但对色像差和像域弯曲的校正，不同的物镜区别也很大。色像差校正到红、绿两波区的称为消色差物镜；校正到红、绿、紫波区的称为复消色差物镜；如果再对视场边缘的弯曲进行校正的则称为平场消色差物镜。

- A. 放大率。它是指物镜独立放大实物倍数的能力，它取决于物镜前透镜的焦距。焦距越短，放大倍数越高。
- B. 数值孔径。它表示物镜的聚光能力。数值孔径大的物镜聚光能力强，从实物射入物镜的光线多，成像就鲜明，数值孔径常用 $N\cdot A$ 表示，其大小为 $N\cdot A = n \cdot \sin\Phi$ ，式中 Φ 为孔径角的一半， n 为介质的折射率。
- C. 鉴别率。它是指物镜分清细微组织的能力。它是物镜最重要的特征。

物镜所能清晰分辨出的物体相邻两点
最小距离，根据理论推导可由下式求得：

$$d = \frac{\lambda}{2 \cdot N \cdot A}$$

式中： λ 代表入射光源的波长；

$N \cdot A$ 代表数值孔径。

物镜的类型、放大倍数、数值孔径等常以文字符号刻在物镜的外壳上。如：物镜上刻有、或/0等符号，其中表示放大倍数为45倍，0.65表示数值孔径，或/0，表示此物镜按无限镜筒长度设计的。我们实验中常用物镜为/0.63、10/0.25、40/0.65、100（油镜）。

2、目镜

- ◆ 目镜的主要作用是将物镜放大的实像再次放大。当显微观察时，人眼能在明视距离处看到经目镜再次放大的虚像。
- ◆ 目镜的构造比物镜简单的多，仅由为数不多的几片透镜组成，由于通过目镜的光束近于平行，目镜的像差并不严重，孔径角也小，所以目镜的鉴别能力低，放大倍数也不高。目镜的类型、规格等也常以文字符号标注在目镜的外壳上，实验中常用的目镜为10、12.5、15、10（带有刻度尺的）等几种，其所示的数字即为目镜的放大倍数。



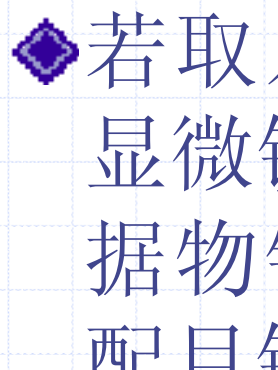
显微镜放大倍数的标定

◆ 经过物镜和目镜的两次放大，那么人眼观察到的像的放大倍数 M 即为物镜的放大倍数 M_1 与目镜的放大倍数 M_2 的乘积。由于在成像的过程中，物镜处在前一级放大，那么物镜不能鉴别的组织中的细微部分，目镜也是鉴别不到的。在此种情况下，单纯提高目镜的放大倍数并不能提高成像质量。对于每一物镜，只有合理选择与之配合的目镜，才能得到清晰的像。

◆ 观察时，人在明视距离处的鉴别率为
0.15~0.3毫米。要使物体上细微部分也
能被人眼观察到，必须将它放大到
 $M=0.15/d \sim 0.3/d$ 倍，即观察时的放大范
围为：

◆

$$M_{\text{最大}} = \frac{0.15}{d} = \frac{0.15}{\lambda} = \frac{0.3 * NA}{\lambda}$$
$$M_{\text{最小}} = \frac{0.3}{d} = \frac{\frac{2 * NA}{0.3}}{\lambda} = \frac{0.6 * NA}{\lambda}$$



◆若取入射光的平均波长为0.55微米，则显微镜的放大有效范围近似为倍~倍，根据物镜的数值孔径就可以按上述范围选配目镜和确定总的有效放大倍数。



(2) 显微镜的照明系统

◆ 金相显微镜与生物显微镜不同，它是利用反射光将不透明的物体进行放大成像的。金属试样不透明，需要有照明装置。将光线投射在试样表面，借金属表面本身的反射能力，使部分光线被反射而进入物镜，从而形成一个倒立的实像，随后在目镜中形成一个虚像。

显微镜的照明系统

1. 光源
2. 滤色片
3. 孔径光栏
4. 视场光栏
5. 照明器
6. 照明系统的光轴调整

(1) 光源

◆ 一般显微镜多采用低压钨丝灯泡作光源，由降压变压器供给5V、6V、8V低电压。按照光源，目前实验室使用的显微镜有二种：一种是自身带有变压器的，另一种为外置式变压器的，使用第二种时，应将显微镜的电源插头插在变压器上，防止显微镜电源烧坏。这是值得同学注意的地方。

(2) 滤色片

- ◆ 一般显微镜都附有黄、绿、蓝三种或更多颜色的滤色片，它的作用是使光源发出的白光变为单色光。不同类型的物镜使用不同的滤色片，滤色片可以改变相的衬度，便于组织鉴别。

(3) 孔径光栏

- ◆ 孔径光栏位于聚光透镜之后，用以调节光源射入的光束粗细。一般显微镜的孔径光栏是可以连续调节的。

当孔径光栏缩小时，进入物镜的光束变细，光线不通过物镜透镜组的边缘，球面像差大大降低。但是光束变细，使物镜的孔径角缩小，会使实际使用的数值孔径下降，分辨率降低。当孔径光栏扩大时，入射光束越粗，物镜的孔径角增大，可以使光线充满物镜的后透镜。这时数值孔径可以达到额定值（即物镜外壳上的值），分辨率也随之提高，但是由于球面像差的增加以及镜筒内部反射与炫光的增加，成像质量将降低。因此孔径光栏对成像质量影响很大，使用时必须做适当的调节，不能过大或过小，其合适程度应以光束充满物镜后透镜为准，并根据成像的清晰程度来判断。更换物镜后，孔径光栏必须做适当调节。**需注意的是不应用它来调节视场的亮度。**

(4) 视场光栏

- ◆ 视场光栏位于孔径光栏之后，调节视场光栏可以改变显微镜视场的大小，而并不影响物镜的分辨率。适当调节视场光栏还可以减少镜筒内的反射及炫光，提高成像的衬度和质量。但是要注意，视场光栏缩得太小，会使观察范围太窄，一般应调节到与目镜视场大小相同。

(5) 照明器

◆金相显微镜的照明系统中都配有垂直照明器。目的是调节照明光束垂直转向。通常照明器在两光束的交接点装一 45° 斜角的平面玻璃反射镜，来使光束垂直转向。这种平面玻璃既能反射光线，也能透过光线，但这种由 45° 斜角的平面玻璃组成的照明器光线散失大，最大可损失90%的光线。

(6) 照明系统的光轴调整

◆ 为了保证光线均匀地照射在试样表面以及得到亮度均匀地映像，要求照明光束或成像放大光束与目镜、物镜主光轴同心，平面玻璃的倾角恰好 45° 。检查时，可将试样聚焦后，缩小孔径光栏，取下目镜，看镜筒中的亮斑是否在中心，如果不在，可调节光栏位置或转动平面玻璃，使镜筒中的亮斑移向中心。



(3) 显微镜的机械系统

◆ 金相显微镜的机械系统是由各种机构组成的，它将光学系统和照明系统联成一体，共同发挥作用。一般显微镜的机械系统是由支撑装置和镜体部件组成。支撑装置包括底座、镜架、载物台、微动装置等，镜体部件包括物镜转换器、物镜和目镜。



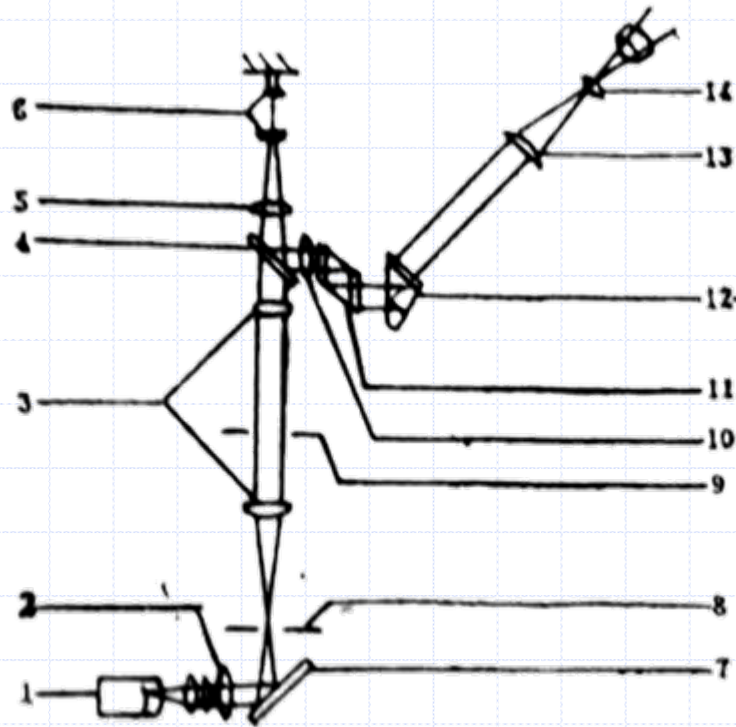
(4) 显微镜的附件

显微镜的附件主要包括显微摄影装置，偏光、暗场装置等等，这些附件我们在做摄影实验、钢中非金属夹杂物的实验中再做具体介绍。



(一) 小型金相显微镜的使用操作

◆ 4型金相显微镜的光路与结构



4型金相显微镜的光学系统

1. 一手握住灯座，一手转动压有直纹的偏心圈，使二者红色标点相对应，此时即可抽出灯座，更换灯泡或检查灯泡外表是否清洁，安装是否妥当，然后将灯座再插入底座内，4型金相显微镜用6V15W低压钨丝灯泡。
2. 灯泡电线与电源变压器次级相联，将变压器与电源相接，开亮灯泡。
3. 选用适当的载物台，将试样放在载物台上。
4. 按检验需要，选择物镜和目镜，并把它们分别装在物镜转换器上和目镜筒内。

5. 缩小视场光栏，利用调节螺钉，使视场光栏中心与目镜视场中心大致重合，然后再打开视场光栏，使其恰好消失于目镜视场之外。
6. 调节孔径光栏使其直径在10mm左右，在其玻璃面放置一磨沙滤色片或一绘图纸，移动或转动灯座以调节灯泡位置，使孔径光栏获得最明亮均匀的照明，此时转动偏心圈将灯座固定。
7. 根据观察要求和物镜特性，调节孔径光栏大小。
8. 调节粗动调焦手轮，先使物镜与试样距离约1~2mm。然后从目镜中观察，当镜筒中调节的亮度最大或出现模糊像时，再用微动调焦手轮仔细调焦，直到物像清晰位置。

(三) 金相显微镜的维护保养

金相显微镜是精密光学仪器，使用者必须熟悉仪器，准确操作并注意维护保养，只有这样才能保持仪器精度，避免损坏，显微镜的维护保养主要包括以下几个方面：

1. 防止机械损伤
2. 防尘
3. 防霉、防锈

1、防止机械损伤

- ◆ (1) 显微镜最怕强烈振动，一受冲击，透镜和微调装置就容易损坏。附件及镜头拆装，必须小心，防止碰撞和坠落。
- ◆ (2) 搬动显微镜必须用双手，一手扶住镜架，一手扶住底座，不使可动部分担负整个显微镜的重量。
- ◆ (3) 显微镜部件不要随意拆开分解，尤其是物镜，其中透镜位置稍有变动就会使物镜失去应有性能而不能使用。
- ◆ (4) 载物台使用时不应防止过重的物体，以防止升降机构损坏。



2. 防尘

- ◆ (1) 显微镜使用后应进行擦拭而保持清洁状态，在擦拭时不得用手或手帕，而必须用镜头纸或细绸去擦拭，尘埃用驼毛刷扫除。
- ◆ (2) 防止镜筒内落入灰尘，安装物镜和目镜时应将镜头外侧灰尘擦净，物镜和目镜从显微镜上拆卸后必须在物镜螺孔内旋入物镜螺孔盖，在目镜管上套上管罩。
- ◆ (3) 物镜拆卸后及时放入物镜盒内，不用的目镜应用镜头纸包好。
- ◆ (4) 镜筒及镜头内的灰尘，用鼓气球的空气吹去，而不是用嘴吹气。
- ◆ (5) 显微镜使用完毕后应及时罩盖起来。



3. 防霉、防锈

- ◆ (1) 显微镜室内应清洁干净，避免腐蚀性化学
品带入室内。长期不用，光学零件应放入干燥器
内。
- ◆ (2) 样品放在载物台上时要求干净、无油污和
腐蚀剂，严禁在室内侵蚀试样。
- ◆ (3) 物镜、目镜、聚光镜等镜面不准用手去触
摸，以免留下指纹和油污，影响镜面成像和助长
生霉。
- ◆ (4) 油镜使用后，必须立即用二甲苯擦洗干
净，如不擦洗干涸不易擦掉，而降低物镜性能。

三. 实验内容

1. 以 $4\times$ 小型金相显微镜为例讲解显微镜的构造、原理、使用操作和维护知识。
2. 每人领取金相样品一块，熟练地进行小型金相显微镜的调整使用。

四. 实验报告要求

- ◆ 1. 写出实验目的。
- ◆ 2. 简述金相显微镜的构造，说明构造中各部件的作用，并绘下所使用的金相显微镜的光路图
- ◆ 3. 欲观察尺寸为0.8微米的碳化物颗粒，如何确定放大倍数和选用的物镜和目镜。