

显微镜的重要光学技术参数

在镜检时，人们总是希望能清晰而明亮的理想图象，这就需要显微镜的各项光学技术参数达到一定的标准，并且要求在使用时，必须根据镜检的目的和实际情况来协调各参数的关系。只有这样，才能充分发挥显微镜应有的性能，得到满意的镜检效果。

显微镜的光学技术参数包括：数值孔径、分辨率、放大率、焦深、视场宽度、覆盖差、工作距离等等。这些参数并不都是越高越好，它们之间是相互联系又相互制约的，在使用时，应根据镜检的目的和实际情况来协调参数间的关系，但应以保证分辨率为准。

一. 数值孔径 (Numerical aperture)

数值孔径简写 NA，数值孔径是物镜和聚光镜的主要技术参数，是判断两者（尤其对物镜而言）性能高低的重要标志。其数值的大小，分别标科在物镜和聚光镜的外壳上。

数值孔径 (NA) 是物镜前透镜与被检物体之间介质的折射率 (h) 和孔径角 (u) 半数的正弦之乘积。用公式表示如下：

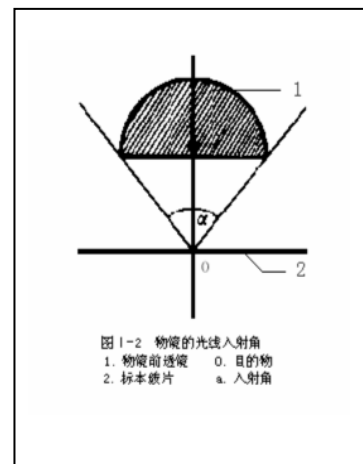
$$NA = h \sin u / 2$$

孔径角又称“镜口角”，是物镜光轴上的物体点与物镜前透镜的有效直径所形成的角度。孔径角越大，进入物镜的光通亮就越大，它与物镜的有效直径成正比，与焦点的距离成反比。

显微镜观察时，若想增大 NA 值，孔径角是无法增大的，唯一的办法是增大介质的折射率 h 值。基于这一原理，就产生了水浸系物镜和油浸物镜，因介质的折射率 h 值大于一，NA 值就能大于一。

数值孔径最大值为 1.4，这个数值在理论上和技术上都达到了极限。目前，有用折射率高的溴萘作介质，溴萘的折射率为 1.66, 所以 NA 值可大于 1.4。

这里必须指出，为了充分发挥物镜数值孔径的作用，在观察时，聚光镜的 NA 值应等于或略大于物镜的 NA 值，



数值孔径与其他技术参数有着密切的关系，它几乎决定和影响其他各项技术参数。它与分辨率成正比，与放大率成正比，与焦深成反比，NA 值增大，视场宽度与工作距离都会相应地变小。

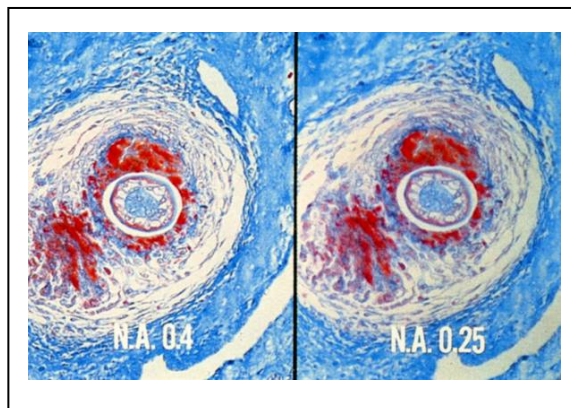
二. 分辨率 (Resolving power)

分辨率又称“鉴别率”，“解像力”。是衡量显微镜性能的又一个重要技术参数。

显微镜的分辨率用公式表示为：

$$d=1/NA$$

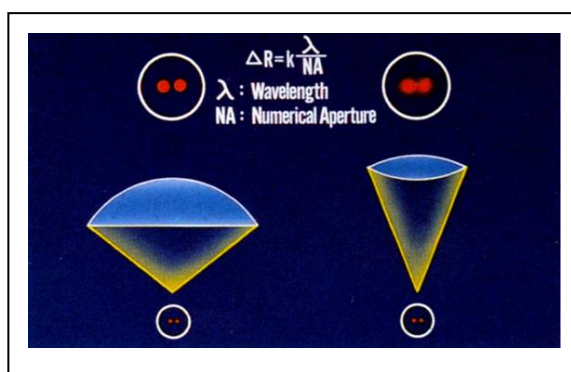
式中 d 为最小分辨距离； λ 为光线的波长；NA 为物镜的数值孔径。可见物镜



的分辨率是由物镜的 NA 值与照明光源的波长两个因素决定。NA 值越大，照明光线波长越短，则 d 值越小，分辨率就越高。

要提高分辨率，即减小 d 值，可采取以下措施

1. 降低波长 λ 值，使用短波长光源。
2. 增大介质 n 值和提高 NA 值
($NA=n \sin u$)。
3. 增大孔径角。
4. 增加明暗反差。



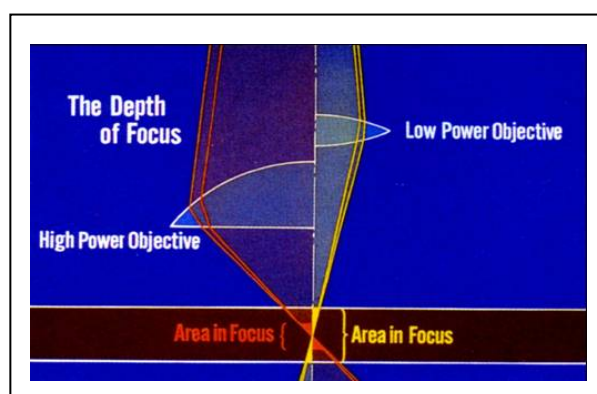
三. 放大率 (Magnification)

放大率就是放大倍数，是指被检验物体经物镜放大再经目镜放大后，人眼所看到的最终图象的大小对原物体大小的比值，是物镜和目镜放大倍数的乘积。

放大率也是显微镜的重要参数，但也不能盲目相信放大率越高越好，在选择时应首先考虑物镜的数值孔径。

四. 焦深 (Depth of focus)

焦深为焦点深度的简称，即在使用显微镜时，当焦点对准某一物体时，不仅位于该点平面上的各点都可以看清楚，而且在此平面的上下一定厚度内，也能看得清楚，这个清楚部分的



厚度就是焦深。焦深大，可以看到被检物体的全层，而焦深小，则只能看到被检物体的一薄层，焦深与其他技术参数有以下关系：

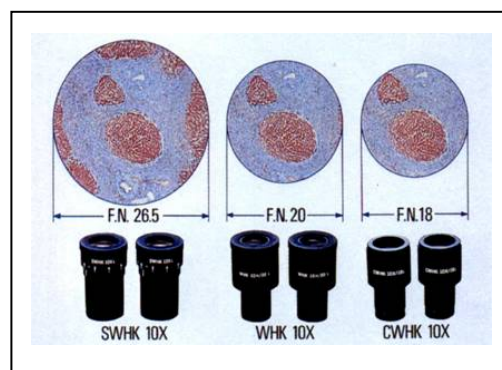
1. 焦深与总放大倍数及物镜的数值孔径成反比。
2. 焦深大，分辨率降低。

由于低倍物镜的景深较大，所以在低倍物镜照相时造成困难。

五. 视场直径 (Field of view)

观察显微镜时，所看到的明亮的原形范围叫视场，它的大小，是由目镜里的视场光阑决定的。

视场直径也称视场宽度，是指在显微镜下看到的圆形视场内所能容纳被检物体的实际范围。视场直径愈大，愈便于观察。



$$F = FN / Mob$$

F: 视场直径，FN: 视场数，Mob: 物镜放大率。

视场数 (Field Number, 简称为 FN)，标刻在目镜的镜筒外侧。

由公式可看出：

1. 视场直径与视场数成正比。
2. 增大物镜的倍数，则视场直径减小。因此，若在低倍镜下可以看到被检物体的全貌，而换成高倍物镜，就只能看到被检物体的很小一部份。

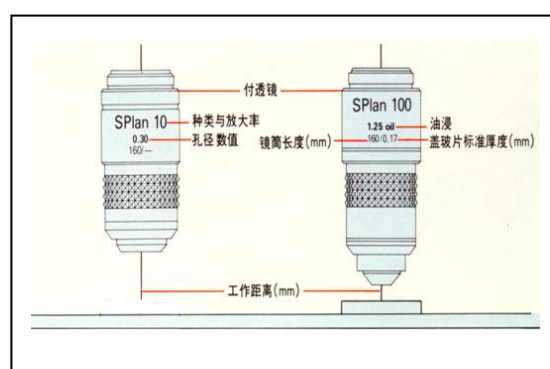
六. 覆盖差

显微镜的光学系统也包括盖玻片在内。由于盖玻片的厚度不标准，光线从盖玻片进入空气产生折射后的光路发生了改变，从而产生了相差，这就是覆盖差。覆盖差的产生影响了显微镜的成像质量。

国际上规定，盖玻片的标准厚度为 0.17mm，许可范围在 0.16—0.18mm.，在物镜的制造上已将此厚度范围的相差计算在内。物镜外壳上标科的确 0.17, 即表明该物镜要求盖玻片的厚度。

七. 工作距离 (Work distance)

工作距离也叫物距，即指物镜前透镜的表面到被检物体之间的距离。镜检时，被检物体应处在物镜的一倍至二倍焦距



之间。因此，它与焦距是两个概念，平时习惯所说的调焦，实际上是调节工作距离。

在物镜数值孔径一定的情况下，工作距离短孔径角则大。

数值孔径大的高倍物镜，其工作距离小。