

应用型本科 材料类专业“十三五”规划教材

工程材料实验

主 编 丁红燕 张临财
副主编 龚 韬 张秋阳

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

应用型本科 材料类专业“十三五”规划教材

工程材料实验

主 编 丁红燕 张临财

副主编 龚 韬 张秋阳

参 编 王翎任 夏木建 李年莲

常州大学图书馆
藏书章

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

工程材料实验是为材料、机械类本科生开设的必修课,本书依据其教学大纲和教学基本要求编写。书中对金属材料、非金属材料、材料热处理以及材料选用等方面的知识进行了系统阐述,主要包括显微组织观察与分析、检测分析技术、材料的力学性能测定和综合设计实验四部分。

本书的任务是结合校内金工教学实习,使学生通过学习工程材料、材料处理、材料选用等基础知识,提高机械工程材料的实践应用能力,并为进一步学习成型技术、零件加工、力学性能测试和表征等知识以及其他有关课程及课程设计方面的知识奠定必要的基础。

本书可作为高等院校材料及机械类各专业的教材,也可作为相关工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料实验/丁红燕,张临财主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.12

ISBN 978-7-5606-4736-4

I. ① 工… II. ① 丁… ② 张… III. ① 工程材料—材料试验 IV. ① TB302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 259116 号

策 划 高 樱

责任编辑 雷芳菲 雷鸿俊

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印 张 10

字 数 177千字

印 数 1~3000册

定 价 23.00元

ISBN 978-7-5606-4736-4/TB

XDUP 5028001-1

如有印装问题可调换

应用型本科材料类专业系列教材

编审专家委员名单

主 任：吴其胜（盐城工学院 材料工程学院 院长/教授）

副主任：杨 莉（常熟理工学院 机械工程学院 副院长/教授）

朱协彬（安徽工程大学 机械与汽车工程学院 副院长/教授）

成 员：（按姓氏拼音排列）

陈 南（三江学院 机械学院 院长/教授）

丁红燕（淮阴工学院 机械与材料工程学院 院长/教授）

胡爱萍（常州大学 机械工程学院 副院长/教授）

刘春节（常州工学院 机电工程学院 副院长/副教授）

卢雅琳（江苏理工学院 材料工程学院 院长/教授）

王荣林（南理工泰州科技学院 机械工程学院 副院长/副教授）

王树臣（徐州工程学院 机电工程学院 副院长/教授）

王章忠（南京工程学院 材料工程学院 院长/教授）

吴懋亮（上海电力学院 能源与机械工程学院 副院长/副教授）

吴 雁（上海应用技术学院 机械工程学院 副院长/副教授）

徐启圣（合肥学院 机械系 副主任/副教授）

叶原丰（金陵科技学院 材料工程学院 副院长/副教授）

张可敏（上海工程技术大学 材料工程学院 副院长/教授）

张晓东（皖西学院 机电学院 院长/教授）

前 言

本书是根据材料和机械相关专业的材料科学课程的教学基本要求编写的。

材料是人类文明与社会进步的物质基础,材料科学是当今世界最重要的基础学科之一,是高新技术的突破口,是经济、社会、民生、军事等领域的可持续发展的关键。为此,应加强材料方面的教育,重视材料相关课程的教学改革和建设。

实验教学是高校特别是工科专业的重要组成部分,是开展教学工作、提高教学质量、培养具有较强实践能力和创新精神的高素质人才不可缺少的重要环节。工程材料实验的发展目标是达到设计研究型实验的水平。实施实践证明,开设这类应用性、综合性和设计性较强的实验,可以更有效地培养学生的综合素质和创新能力,使学生具备较强的工作适应能力,同时,也可以提高师生整体的学术水平和教学水平。

本书以培养应用型本科人才为目标,立足于材料科学的基本问题,注重材料的广泛性和多样性,强调材料科学的实践性,注重学科的交叉,倡导大工程的理念,增强了新材料与新技术的应用,将实验内容由“单一型”向“综合型”转变,实验方法由“示范型”、“验证型”向“参与型”、“设计型”转变,实验性质由“体验型”向“研究型”转变;用先进的实验设备和方法、尽可能近似生产企业的工程环境,充分调动广大学生学习的积极性和实验的主动性,引导学生从微观的本质去认识工程材料,掌握材料与自然界条件之间的规律性联系,合理地使用材料,提高工程材料实验课程教学质量。

由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2017年6月

目 录

第一章 显微组织观察与分析

第一章 显微组织观察与分析	1
实验一 显微镜的构造与使用	2
实验二 铁碳合金平衡组织观察	11
实验三 金相试样的制备	19
实验四 合金钢的显微组织分析	25
实验五 铸铁的显微组织观察	30
实验六 有色金属的组织观察与分析	37
实验七 碳钢热处理后的显微组织观察	42

第二章 检测分析技术	49
实验一 扫描电镜(SEM)及能谱分析	50
实验二 X 射线衍射(XRD)测定与分析	55
实验三 材料的热性能测定与分析	63
实验四 粉末的粒度与粒径测定	69
实验五 材料的润湿性测定与分析	73
实验六 红外光谱测定与分析	78
实验七 钢的淬透性测定	83
实验八 钢铁的火花鉴别	87
实验九 钢的晶粒度测定	96

第三章 材料的力学性能测定	101
实验一 材料的硬度测定	102

实验二 材料的冲击韧性测定.....	111
实验三 金属材料的疲劳性能测定.....	116
第四章 综合设计实验	123
实验一 材料摩擦磨损性能.....	124
实验二 典型零件材料的选择和应用.....	131
实验三 微弧氧化表面改性及性能分析.....	135
实验四 3D 打印在材料中的应用.....	141
实验五 再结晶与力学性能分析.....	146
附录一 金属硬度对照表	148
附录二 布氏硬度值与压痕对照表.....	150
附录三 扫描电镜(SEM)及能谱分析.....	151
附录四 X射线衍射(XRD)测定.....	152
附录五 材料性能测试.....	153
附录六 金属材料性能测试.....	154
附录七 金属材料性能测试.....	155
附录八 金属材料性能测试.....	156
附录九 金属材料性能测试.....	157
附录十 金属材料性能测试.....	158
附录十一 金属材料性能测试.....	159
附录十二 金属材料性能测试.....	160
附录十三 金属材料性能测试.....	161
附录十四 金属材料性能测试.....	162
附录十五 金属材料性能测试.....	163
附录十六 金属材料性能测试.....	164
附录十七 金属材料性能测试.....	165
附录十八 金属材料性能测试.....	166
附录十九 金属材料性能测试.....	167
附录二十 金属材料性能测试.....	168
附录二十一 金属材料性能测试.....	169
附录二十二 金属材料性能测试.....	170
附录二十三 金属材料性能测试.....	171
附录二十四 金属材料性能测试.....	172
附录二十五 金属材料性能测试.....	173
附录二十六 金属材料性能测试.....	174
附录二十七 金属材料性能测试.....	175
附录二十八 金属材料性能测试.....	176
附录二十九 金属材料性能测试.....	177
附录三十 金属材料性能测试.....	178
附录三十一 金属材料性能测试.....	179
附录三十二 金属材料性能测试.....	180
附录三十三 金属材料性能测试.....	181
附录三十四 金属材料性能测试.....	182
附录三十五 金属材料性能测试.....	183
附录三十六 金属材料性能测试.....	184
附录三十七 金属材料性能测试.....	185
附录三十八 金属材料性能测试.....	186
附录三十九 金属材料性能测试.....	187
附录四十 金属材料性能测试.....	188
附录四十一 金属材料性能测试.....	189
附录四十二 金属材料性能测试.....	190
附录四十三 金属材料性能测试.....	191
附录四十四 金属材料性能测试.....	192
附录四十五 金属材料性能测试.....	193
附录四十六 金属材料性能测试.....	194
附录四十七 金属材料性能测试.....	195
附录四十八 金属材料性能测试.....	196
附录四十九 金属材料性能测试.....	197
附录五十 金属材料性能测试.....	198
附录五十一 金属材料性能测试.....	199
附录五十二 金属材料性能测试.....	200
附录五十三 金属材料性能测试.....	201
附录五十四 金属材料性能测试.....	202
附录五十五 金属材料性能测试.....	203
附录五十六 金属材料性能测试.....	204
附录五十七 金属材料性能测试.....	205
附录五十八 金属材料性能测试.....	206
附录五十九 金属材料性能测试.....	207
附录六十 金属材料性能测试.....	208
附录六十一 金属材料性能测试.....	209
附录六十二 金属材料性能测试.....	210
附录六十三 金属材料性能测试.....	211
附录六十四 金属材料性能测试.....	212
附录六十五 金属材料性能测试.....	213
附录六十六 金属材料性能测试.....	214
附录六十七 金属材料性能测试.....	215
附录六十八 金属材料性能测试.....	216
附录六十九 金属材料性能测试.....	217
附录七十 金属材料性能测试.....	218
附录七十一 金属材料性能测试.....	219
附录七十二 金属材料性能测试.....	220
附录七十三 金属材料性能测试.....	221
附录七十四 金属材料性能测试.....	222
附录七十五 金属材料性能测试.....	223
附录七十六 金属材料性能测试.....	224
附录七十七 金属材料性能测试.....	225
附录七十八 金属材料性能测试.....	226
附录七十九 金属材料性能测试.....	227
附录八十 金属材料性能测试.....	228
附录八十一 金属材料性能测试.....	229
附录八十二 金属材料性能测试.....	230
附录八十三 金属材料性能测试.....	231
附录八十四 金属材料性能测试.....	232
附录八十五 金属材料性能测试.....	233
附录八十六 金属材料性能测试.....	234
附录八十七 金属材料性能测试.....	235
附录八十八 金属材料性能测试.....	236
附录八十九 金属材料性能测试.....	237
附录九十 金属材料性能测试.....	238
附录九十一 金属材料性能测试.....	239
附录九十二 金属材料性能测试.....	240
附录九十三 金属材料性能测试.....	241
附录九十四 金属材料性能测试.....	242
附录九十五 金属材料性能测试.....	243
附录九十六 金属材料性能测试.....	244
附录九十七 金属材料性能测试.....	245
附录九十八 金属材料性能测试.....	246
附录九十九 金属材料性能测试.....	247
附录一百 金属材料性能测试.....	248

两部分构成,其中光学系统主要包括光源、反光镜、聚光器、物镜和目镜等部件,如图 1-1-2 所示。

第一章 显微组织观察与分析

- 显微镜的构造与使用
- 铁碳合金平衡组织观察
- 金相试样的制备
- 合金钢的显微组织分析
- 铸铁的显微组织观察

- 有色金属的组织观察与分析
- 碳钢热处理后的显微组织观察



物镜和目镜的结构虽然比较复杂,但它们的作用都相当于一个凸透镜。光线从被观察物体发出,经过物镜后,在物镜的焦点附近形成一个倒立的放大实像。再将这个实像放在目镜的焦点以内,通过目镜后,形成一个直立的虚像。显微镜中被放大的倒立虚像与视网膜上直立的实像是相反的。因此,我们看到的物体好像在离眼睛 25 cm 处。分辨率是光镜的主要性能指标。分辨率(resolving Power): 也称为分辨率或分辨本领,是指显微镜或人眼在 25 cm 处能分辨被检物体细微结构最小间隔的能力,即分辨出基本上相互接近的微小物体细节的能力。据测定,人眼的分辨率约为 100 μm 。显微镜的分辨率由物镜的分辨率和目镜的分辨率就是显微镜的分辨率。而目镜与显微镜的分辨率无关。分辨率越高,分辨本领越高。其计算公式为

(式 1-1-1) 分辨率与数值孔径的关系

$$R = \frac{0.61 \lambda}{NA} \quad (1-1-1)$$

式中: R 为分辨率,单位为 μm ; λ 为光的波长,单位为 μm ; NA 为数值孔径。数值孔径是物镜的一个重要参数,它与物镜的直径和焦距有关。数值孔径越大,分辨率越高。数值孔径的计算公式为

实验一 显微镜的构造与使用

第一章 显微镜的构造与使用

一、实验目的

- (1) 熟悉光学显微镜的主要构造及其性能。
- (2) 掌握低倍镜及高倍镜的使用方法。
- (3) 初步掌握油镜的使用方法。

二、实验原理

光学显微镜(Light Microscope)是生物科学和医学研究领域常用的仪器,它在细胞生物学、组织学、病理学、微生物学及其他有关学科的教学研究工作中有着极为广泛的用途,是研究人体及其他生物机体组织和细胞结构强有力的工具。奥林巴斯显微镜(BHS 型)如图 1-1-1 所示。



图 1-1-1 奥林巴斯显微镜(BHS 型)

光学显微镜简称光镜,是利用光线照明使微小物体形成放大影像的仪器。目前使用的光镜种类繁多,外形和结构差别较大,如暗视野显微镜、荧光显微镜、相差显微镜、倒置显微镜等,但其基本构造和工作原理是相似的。一台普通光镜主要由机械系统和光学系统

两部分构成，其中光学系统主要包括光源、反光镜、聚光器、物镜和目镜等部件，如图 1-1-2 所示。

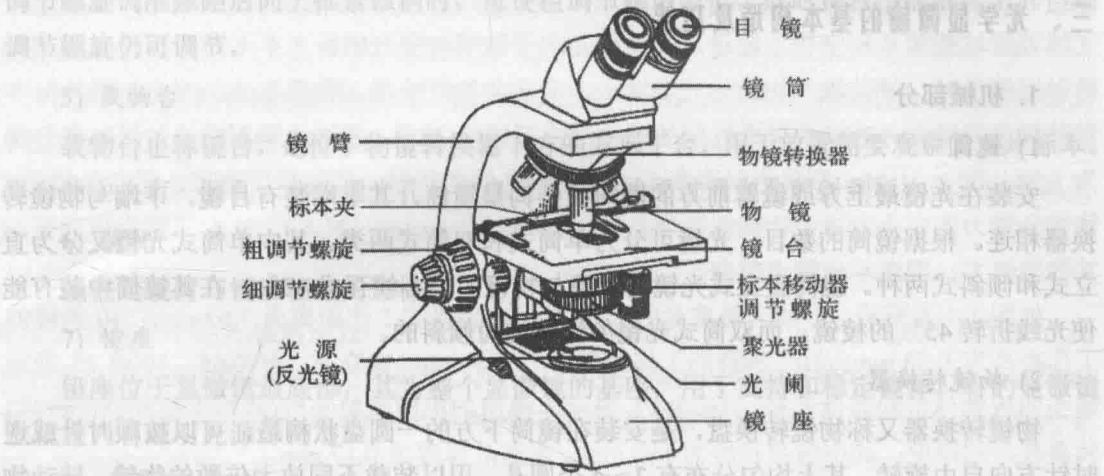


图 1-1-2 光学显微镜的构造

光镜是如何将微小物体放大的呢？物镜和目镜的结构虽然比较复杂，但它们的作用都相当于一个凸透镜。被检标本放在物镜下方的 1~2 倍焦距之间，上方形成一倒立的放大实像，该实像正好位于目镜的下焦点(焦平面)之内，目镜进一步将它放大成一个虚像，通过调焦可使虚像落在眼睛的明视距离处，在视网膜上形成一个直立的实像。显微镜中被放大的倒立虚像与视网膜上直立的实像是相吻合的，该虚像看起来好像在离眼睛 25 cm 处。

分辨力是光镜的主要性能指标。所谓分辨力(Resolving Power)，也称为分辨率或分辨本领，是指显微镜或人眼在 25 cm 的明视距离处，能清楚地分辨被检物体细微结构最小间隔的能力，即分辨出标本上相互接近的两点间最小距离的能力。据测定，人眼的分辨力约为 100 μm 。显微镜的分辨力由物镜的分辨力决定，即物镜的分辨力就是显微镜的分辨力，而目镜与显微镜的分辨力无关。光镜的分辨力可由 R 表示(R 值越小，分辨率越高)，其计算公式为

$$R = \frac{0.61\lambda}{n \sin \theta} \tag{1-1-1}$$

式中， n 为聚光镜与物镜之间介质的折射率(其中空气的折射率为 1，油的折射率为 1.5)； θ 为标本对物镜镜口张角的半角， $\sin \theta$ 的最大值为 1； λ 为照明光源的波长(其中白光的波长

约为 0.5 nm)。放大率或放大倍数是光镜性能的另一重要参数,一台显微镜的总放大倍数等于目镜放大倍数与物镜放大倍数的乘积。

三、光学显微镜的基本构造及功能

1. 机械部分

1) 镜筒

安装在光镜最上方或镜臂前方的圆筒状结构是镜筒,其上端装有目镜,下端与物镜转换器相连。根据镜筒的数目,光镜可分为单筒式和双筒式两类。其中单筒式光镜又分为直立式和倾斜式两种。镜筒直立式光镜的目镜与物镜的中心线互成 45° ,在其镜筒中装有能使光线折转 45° 的棱镜。而双筒式光镜的镜筒均为倾斜的。

2) 物镜转换器

物镜转换器又称物镜转换盘,是安装在镜筒下方的一圆盘状构造,可以按顺时针或逆时针方向自由旋转。其上均匀分布有 3~4 个圆孔,用以装载不同放大倍数的物镜。转动物镜转换盘可使不同的物镜到达工作位置(即与光路合轴)。使用时注意凭手感使所需物镜准确到位。

3) 镜臂

镜臂是支持镜筒和镜台的弯曲状构造,是取用显微镜时握拿的部位。镜筒直立式光镜在镜臂与其下方的镜柱之间有一倾斜关节,可使镜筒向后倾斜一定角度以方便观察,但使用时倾斜角度不应超过 45° ,否则显微镜会由于重心偏移而容易翻倒。此外,在使用临时装片时,千万不要倾斜镜臂,以免液体或染液流出,污染显微镜。

4) 调焦器

调焦器也称调焦螺旋,其为调节焦距的装置,位于镜臂的上端(镜筒直立式光镜)或下端(镜筒倾斜式光镜)。调焦螺旋分粗调节螺旋(大螺旋)和细调节螺旋(小螺旋)两种。粗调节螺旋可使镜筒或载物台以较快速度或较大幅度升降,能迅速调节好焦距,从而使物像呈现在视野中,适用于低倍镜观察时的调焦。而细调节螺旋只能使镜筒或载物台缓慢或较小幅度升降(升或降的距离不易被肉眼观察到),适用于高倍镜和油镜(这种镜头在使用时需浸在镜油中)的聚焦或观察标本的不同层次。一般在粗调节螺旋调焦的基础上再使用细调节螺旋,从而精细调节焦距。

有些类型的光镜,粗调节螺旋和细调节螺旋重合在一起,安装在镜柱的两侧。左右侧

粗调节螺旋的内侧有一窄环,称为粗调节松紧调节轮,其功能是调节粗调螺旋的松紧度(向外转偏松,向内转偏紧)。另外,在左侧粗调节螺旋的内侧有一粗调节限位环凸柄,当用粗调节螺旋调准焦距后向上推紧该柄时,可使粗调节螺旋限位,此时镜台不能继续上升但细调节螺旋仍可调节。

5) 载物台

载物台也称镜台,是位于物镜转换器下方的方形平台,用于放置需要观察的玻片标本。平台的中央有一圆孔,称为通光孔,来自下方的光线通过通光孔照射到标本上。

6) 镜柱

镜柱是镜臂与镜座相连的短柱。

7) 镜座

镜座位于显微镜最底部,其为整个显微镜的基座,用于支持和稳定镜体。有的显微镜在镜座内有照明光源等构造。

2. 光学系统部分

光镜的光学系统主要包括物镜、目镜和照明装置(即反光镜、聚光器和光圈等)。

1) 目镜

目镜又称接目镜,安装在镜筒的上端,用于将物镜所放大的物像进一步放大。每个目镜一般由两个透镜(即接目透镜和会聚透镜)组成,在上下两透镜之间安装有能决定视野大小的金属光阑——视场光阑,此光阑的位置即是物镜所放大实像的位置,故可将一小段头发黏附在光阑上作为指针,用以指示视野中的某一部分供他人观察。此外,还可在光阑的上面安装目镜测微尺。每台显微镜通常配置2~3个不同放大倍率的目镜,常见的有5×、10×和15×(其中×表示放大倍数)的目镜,可根据不同的需要选择使用,最常使用的是10×的目镜。

2) 物镜

物镜也称接物镜,安装在物镜转换器上。每台光镜一般有3~4个不同放大倍率的物镜,每个物镜由数片凸透镜和凹透镜组合而成,是显微镜最主要的光学部件,决定着光镜分辨力的高低。常用物镜的放大倍数有10×、40×和100×等几种。一般将8×和10×的物镜称为低倍镜(而将5×以下的物镜叫做放大镜);将40×和45×的称为高倍镜;将90×和100×的称为油镜。

在每个物镜上通常都标有能反映其主要性能的参数,主要有放大倍数和数值孔径(如

10/0.25、40/0.65 和 100/1.25), 以及该物镜所要求的镜筒长度和标本上的盖玻片厚度(160/0.17, 单位为 mm)等参数, 此外, 在油镜上还常标有“油”或“Oil”的字样。

油镜在使用时需要用香柏油或石蜡油作为介质, 这是因为油镜的透镜和镜孔较小, 而光线要通过载玻片和空气才能进入物镜中, 由于玻璃与空气的折光率不同, 部分光线产生折射而损失掉, 导致进入物镜的光线减少, 从而使视野暗淡, 物像不清。因此在玻片标本和油镜之间填充与玻璃折射率近似的香柏油或石蜡油(玻璃、香柏油和石蜡油的折射率分别为 1.52、1.51、1.46, 空气折射率为 1), 可减少光线的折射, 增加视野亮度, 提高分辨率。物镜分辨力的大小取决于物镜的数值孔径(Numerial Aperture, N.A.)。N.A. 又称为镜口率, 其数值越大, 则表示分辨力越高。

如图 1-1-3 所示, C 线为盖玻片的上表面, 10 物镜的工作距离为 7.63 mm; 40 物镜的工作距离为 0.53 mm; 100 物镜的工作距离为 0.198 mm; 10/0.25、40/0.65、100/1.25 表示镜头的放大倍数和数值孔径。160/0.17 表示显微镜的机械镜筒长度(即标本至目镜的距离)和盖玻片的厚度。其中镜筒长度为 160 mm, 盖玻片厚度为 0.17 mm。

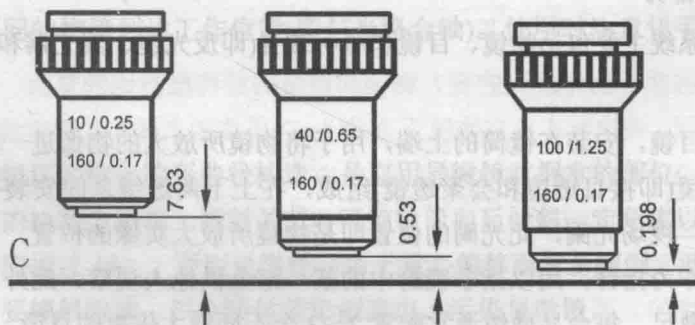


图 1-1-3 物镜的性能参数及工作距离

不同的物镜有不同的工作距离。所谓工作距离, 是指显微镜处于工作状态(即焦距调好、物像清晰)时, 物镜最下端与盖玻片上表面之间的距离。物镜的放大倍数与其工作距离成反比。当低倍镜被调节到工作距离后, 可直接转换高倍镜或油镜, 只需要用细调节螺旋稍加调节焦距, 便可见到清晰的物像, 这种情况称为同高调焦。

不同放大倍数的物镜也可从外形上加以区别。一般来说, 物镜的长度与放大倍数成正比, 其中低倍镜的长度最短, 油镜的长度最长, 而高倍镜的长度介于两者之间。

3) 聚光器

聚光器位于载物台通光孔的下方, 由聚光镜和光圈构成, 其主要功能是将光线集中到

所要观察的标本上。

聚光镜由2~3个透镜组合而成,其作用相当于一个凸透镜,可将光线汇集成束。在聚光镜的左下方有一调节螺旋可使其上升或下降,升高聚光器可使光线增强,反之则使光线变弱。

光圈也称为彩虹阑或孔径光阑,位于聚光器的下端,是一种能控制进入聚光器光束大小的可变光阑。光圈由十几张金属薄片组合排列而成,其外侧有一小柄,可使光圈的孔径开大或缩小,从而调节光线的强弱。在光圈的下方常装有滤光片框,用于放置不同颜色的滤光片。

4) 反光镜

反光镜位于聚光镜的下方,可向各方向转动,能将来自不同方向的光线反射到聚光器中。反光镜有两个面,一面为平面镜,另一面为凹面镜,凹面镜有聚光作用,适于在较弱光和散射光下使用,而在光线较强时则选用平面镜(现在有些新型的光学显微镜都有自带光源,而没有反光镜;有的光学显微镜二者都配置)。

四、光学显微镜的使用方法

1. 准备

将显微镜小心地从镜箱中取出(移动显微镜时应以右手握住镜臂,左手托住镜座),放置在实验台的偏左侧,以镜座的后端离实验台边缘约6~10 cm为宜。首先检查显微镜的各个部件是否完整和正常。如果是镜筒直立式光镜,可使镜筒倾斜一定角度(一般不应超过45°)以方便观察(观察临时装片时禁止倾斜镜臂)。

2. 低倍镜的使用方法

(1) 对光:打开实验台上的工作灯(如果是自带光源显微镜,这时应该打开显微镜上的电源开关),转动粗调节螺旋,使镜筒略升高(或使载物台下降),调节物镜转换器,使低倍镜转到工作状态(即对准通光孔),当镜头完全到位时,可听到轻微的扣碰声。

打开光圈并使聚光器上升到适当位置(以聚光镜上端透镜平面稍低于载物台平面的高度为宜)。然后用左眼向着目镜内观察(注意:两眼应同时睁开),同时调节反光镜的方向(如果是自带光源显微镜,则调节亮度旋钮),使视野内的光线均匀、亮度适中。

(2) 放置玻片标本:将玻片标本放置到载物台上,并用标本移动器上的弹簧夹将其固定好(注意:将有盖玻片或有标本的一面朝上),然后转动标本移动器的螺旋,使需要观察

的标本部位对准通光孔的中央。

(3) 调节焦距：用眼睛从侧面注视低倍镜，同时用粗调节螺旋使镜头下降(或载物台上升)，直至低倍镜头距玻片标本的距离小于 0.6 cm(注意：操作时必须从侧面注视镜头与玻片的距离，以避免镜头碰破玻片)。然后用左眼在目镜上观察，同时用左手慢慢转动粗调节螺旋使镜筒上升(或使载物台下降)直至视野中出现物像为止，再转动细调节螺旋，直至视野中的物像最清晰。

如果需要观察的物像不在视野中央，甚至不在视野内，可用标本移动器前后、左右移动标本的位置，使物像进入视野并移至中央。在调焦时如果镜头与玻片标本的距离已超过 1 cm 还未见到物像，应严格按上述步骤重新操作。

3. 高倍镜的使用方法

(1) 在使用高倍镜观察标本前，应先用低倍镜寻找到需观察的物像，并将其移至视野中央，同时调准焦距，直至被观察的物像最清晰。

(2) 转动物镜转换器，直接使高倍镜转到工作状态(即对准通光孔)，此时，视野中一般可见到不太清晰的物像，只需调节细调节螺旋，即可使物像清晰。

(3) 低倍镜与高倍镜结合使用注意事项。

① 在从低倍镜准焦的状态下直接转换到高倍镜时，有时会发生高倍物镜碰擦玻片而不能转换到位的情况(这种情况，主要是由于高倍镜、低倍镜不配套造成的，即不是同一型号显微镜上的镜头)，此时不能硬转，应检查玻片是否放反、低倍镜的焦距是否调好以及物镜是否松动等情况后再重新操作。如果调整后仍不能转换，则应将镜筒升高(或使载物台下降)后再转换，然后用眼观察使高倍镜贴近盖玻片，再一边观察目镜视野，一边用粗调节螺旋使镜头极其缓慢地上升(或载物台下降)，直至看到物像后再用细调节螺旋准焦。

② 由于制造工艺上的原因，许多显微镜的低倍镜视野中心与高倍镜视野中心往往存在一定的偏差(即低倍镜与高倍镜的光轴不在一条直线上)。因此，在从低倍镜转换高倍镜观察标本时常会给观察者迅速寻找标本造成一定困难。为了避免这种情况的出现，帮助观察者在高倍镜下能较快找到所需放大部分的物像，可事先利用羊毛交叉装片标本来测定所用光镜的偏心情况，并绘图记录制成偏心图。具体操作步骤如下：

- 在高倍镜下找到羊毛交叉点并将其移至视野中心；
- 换低倍镜观察羊毛交叉点是否还位于视野中央，如果偏离视野中央，其所在的位置就是偏心位置；
- 将前面两个步骤反复操作几次，以找出准确的偏心位置，并绘出偏心图。当光镜的

偏心点找出之后,在使用该显微镜的高倍镜观察标本时,事先可在低倍镜下将需进一步放大的部位移至偏心位置处,再转换高倍镜观察时,所需的观察目标就正好在视野中央。

4. 油镜的使用方法

(1) 用高倍镜找到所需观察的标本物像,并将需要进一步放大的部分移至视野中央。

(2) 将聚光器升至最高位置并将光圈开至最大(因油镜所需的光线较强)。

(3) 转动物镜转换盘,移开高倍镜,往玻片标本上需观察的部位(即载玻片的正面,相当于通光孔的位置)滴一滴香柏油(其折光率为 1.51)或石蜡油(其折光率为 1.47)作为介质,然后用眼观察,使油镜转至工作状态。此时油镜的下端镜面一般应正好浸在油滴中。

(4) 左眼注视目镜中,同时小心而缓慢地转动细调节螺旋(注意:这时只能使用细调节螺旋,千万不要使用粗调节螺旋)使镜头微微上升(或使载物台下降),直至视野中出现清晰的物像。操作时不要反方向转动细调节螺旋,以免镜头下降压碎标本或损坏镜头。

(5) 油镜使用完后,必须及时将镜头上的油擦拭干净。操作时先将油镜升高 1 cm,并将其转离通光孔,先用干擦镜纸揩擦一次,把大部分的油去掉,再用沾有少许清洁剂或二甲苯的擦镜纸揩擦一次,最后再用干擦镜纸揩擦一次。至于玻片标本上的油,如果是有盖玻片的永久制片,可直接用上述方法擦干净;如果是无盖玻片的标本,则盖玻片上的油可用拉纸法揩擦,即先把一小张擦镜纸盖在油滴上,再往纸上滴几滴清洁剂或二甲苯。趁湿将纸往外拉,如此反复几次即可干净。

5. 使用显微镜应注意的事项

(1) 取用显微镜时,应一手紧握镜臂,一手托住镜座,不要用单手提拿,以避免目镜或其它零部件滑落。

(2) 在使用镜筒直立式显微镜时,镜筒倾斜的角度不能超过 45° ,以免重心后移使显微镜倾倒。在观察带有液体的临时装片时,不要使用倾斜关节,以避免由于载物台的倾斜而使液体流到显微镜上。

(3) 不可随意拆卸显微镜上的零部件,以免发生丢失损坏或使灰尘落入镜内。

(4) 显微镜的光学部件不可用纱布、手帕、普通纸张或手指揩擦,以免磨损镜面,需要时只能用擦镜纸轻轻擦拭。机械部分可用纱布等擦拭。

(5) 在任何时候,特别是使用高倍镜或油镜时,都不要一边在目镜中观察,一边下降镜筒(或上升载物台),以避免镜头与玻片相撞,损坏镜头或玻片标本。

(6) 显微镜使用完后应及时复原。先升高镜筒(或下降载物台),取下玻片标本,使物镜转

离通光孔。如果镜筒、载物台是倾斜的,应恢复直立或水平状态。然后下降镜筒(或上升载物台),使物镜与载物台相接近。竖立反光镜,下降聚光器,关小光圈,最后放回镜箱中锁好。

(7) 在利用显微镜观察标本时,要养成两眼同时睁开,双手并用(即左手操纵调焦螺旋,右手操纵标本移动器)的习惯,必要时应一边观察一边计数或者绘图记录。

五、实验要求

分别用显微镜观察下列材料的组织形貌,并利用成像系统进行照片采集。

45 钢, T10 钢, 灰铸铁, Al-Si 合金

六、思考题

(1) 若在载玻片上用钢笔写一个“F”字母,那么在显微镜目镜中观察到的是怎样一个字母?

(2) 在低倍镜下观察金相组织形态时,视野右上方发现珠光体,为了在高倍镜下对其进行观察,则应把该珠光体移至视野中央,该如何移动玻片?

(3) 如何判断光学构件上的异物或污点?