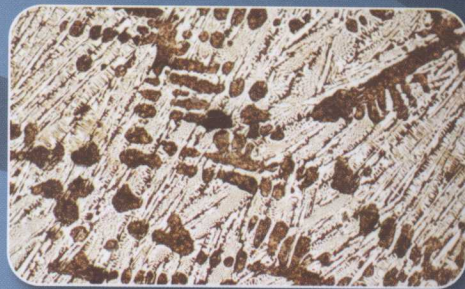
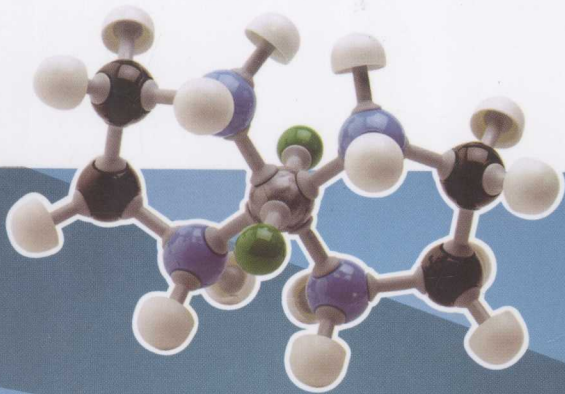


# 材料科学与工程实验系列教材

总主编 崔占全 潘清林 赵长生 谢峻林  
总主审 王明智 翟玉春 肖纪美



## 材料科学基础实验教程

主 编 李 慧

荟材料实验之经典 拓学生创新之潜力

数十所高校参与、多家出版社联合打造  
材料科学与工程实验教学研究会倾力推荐

哈尔滨工业大学出版社  
国防工业出版社

北京大学出版社  
冶金工业出版社

IB302  
LH

材料科学与工程实验系列教材

本书是“材料科学与工程实验系列教材”中的一本，旨在为材料科学与工程专业的学生提供基础实验指导。本书内容涵盖了材料科学基础实验的各个方面，包括实验原理、实验步骤、实验结果分析及讨论等。本书可作为高等院校材料科学与工程专业的教材，也可供从事材料科学与工程工作的工程技术人员参考。

# 材料科学基础实验教程

主编 李 慧  
副主编 马 勤 宋佩维

图书在版编目(CIP)数据

材料科学基础实验教程 / 李慧主编. — 北京: 哈尔滨工业大学出版社, 2011.8

ISBN 978-7-5603-3322-7

I. ①材... II. ①李... III. ①工程材料—材料试验

高等学校—教材 I. ①TB302

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第100284号



—8

哈尔滨工业大学出版社  
北京大学出版社  
国防工业出版社  
冶金工业出版社

出版  
社  
址  
真 0451-8041499  
网 <http://jhbpress.cip.edu.cn>  
编 哈尔滨工业大学出版社  
本 787mm×1092mm 1/16  
文 2011年9月第1版  
号 ISBN 978-7-5603-3322-7  
价 18.00元

(如因印刷质量问题)

## 内 容 提 要

本书是根据高等学校“材料科学与工程实验教学研究会”第一届会议的决议编写的,是《材料科学与工程实验系列教材》之一。依照《材料科学基础》教材的内容和顺序,本书共编写了11个实验,有基础型、研究型、综合型和创新型实验。每个实验包括实验目的、实验原理、仪器及材料、内容与步骤、注意事项、实验报告要求及思考题7部分内容。

本书是《材料科学基础》的配套教材,可作为普通高等学校的金属材料工程各专业本科生实验教材,也可对相关专业的师生与工程技术人员提供参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

材料科学基础实验教程/李慧主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2011.8  
ISBN 978-7-5603-3355-7

I. ①材… II. ①李… III. ①工程材料-材料试验-高等学校-教材 IV. ①TB302

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第160284号

责任编辑 杨 桦 范业婷  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编150006  
传 真 0451-86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张7.25 字数160千字  
版 次 2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5603-3355-7  
定 价 18.00元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)



## 《材料科学与工程实验系列教材》总编委会

总主编 崔占全 潘清林 赵长生 谢峻林  
总主审 王明智 翟玉春 肖纪美

## 《材料科学与工程实验系列教材》编写委员会成员单位

(按拼音顺序排序)

|        |           |            |
|--------|-----------|------------|
| 北方民族大学 | 北华航天工业大学  | 北京科技大学     |
| 成都理工大学 | 大连交通大学    | 大连理工大学     |
| 东北大学   | 东北大学秦皇岛分校 | 哈尔滨工业大学    |
| 河南工业大学 | 河南科技大学    | 河南理工大学     |
| 佳木斯大学  | 江苏科技大学    | 九江学院       |
| 兰州理工大学 | 南昌大学      | 南昌航空大学     |
| 清华大学   | 山东大学      | 陕西理工大学     |
| 沈阳工业大学 | 沈阳化工大学    | 沈阳理工大学     |
| 四川大学   | 太原科技大学    | 太原理工大学     |
| 天津大学   | 武汉理工大学    | 西南石油大学     |
| 燕山大学   | 郑州大学      | 中国石油大学(华东) |
| 中南大学   |           |            |

## 《材料科学与工程实验系列教材》出版委员会

|            |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|
| 哈尔滨工业大学出版社 | 黄菊英 | 杨 桦 | 许雅莹 |
| 北京 大学 出版社  | 杨立范 | 林章波 | 童君鑫 |
| 国防工业出版社    | 邢海鹰 | 辛俊颖 |     |
| 冶金工业出版社    | 曹胜利 | 张 卫 | 刘晓峰 |

## 序 言

近年来,我国高等教育取得了历史性突破,实现了跨越式的发展,高等教育由精英教育变为大众化教育。以国家需求与社会发展为导向、走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要内容。

作为高等教育教学内容之一的实验教学,是培养学生动手能力、分析问题及解决问题能力的基础,是学生理论联系实际的纽带和桥梁,是高等学校培养创新开拓型和实践应用型人才的重要课堂。因此,实验教学及国家级实验示范中心建设在高等学校建设中至关重要,在高等学校人才培养计划中亦占有极其重要的地位。但长期以来,实验教学存在着以下弊病:

1. 在高等学校的教学中,存在重理论轻实践的现象,实验教学长期处于从属理论教学的地位,大多没有单独设课,忽视对学生能力的培养。

2. 实验教师队伍建设落后,师资力量匮乏,部分实验教师由于种种原因而进入实验室,且实验教师知识更新不够。

3. 实验教学学时有限,且在教学计划中实验教学缺乏系统性,为了理论教学任务往往挤压实验教学课时,实验教学没有被置于适当的位置。

4. 实验内容单调,局限在验证理论;实验方法呆板、落后,学生按照详细的实验指导书机械地模仿和操作,缺乏思考、分析和设计过程,被动地重复几年不变的书本上的内容,整个实验过程是教师抱着学生走;设备缺乏且陈旧,组数少,大大降低了实验效果。

5. 实验室开放程度不够,实验室的高精尖设备学生根本没有机会操作,更谈不上学生亲自动手及培养其分析问题与解决问题的能力。

“百年大计,教育为本;教育大计,教师为本;教师大计,教学为本;教学大计,教材为本。”有了好的教材,就有章可循,有规可依,有鉴可借,有路可走。师资 设备 资料(首先是教材)是高等学校的三大教学基本建设。

为了落实教育部“质量工程”及“卓越工程师”计划,建设好材料类特色专业与国家级实验示范中心,促进“十二五”期间我国材料科学与工程专业实验教学的建设,为我国培养出更多符合建设“创新型国家”需求的合格毕业生,国内涉及材料科学与工程专业实验教学的40余所高校及四家出版社100多名专家、学者,于2011年1月成立了“材料科学与工程实验教学研究会”。“研究会”针对目前国内材料类实验教学的现状,以提升材料实验教学能力和传输新鲜理念为宗旨,团结全国高校从事材料科学与工程类实验教学的教师,共同研究提高我国材料科学与工程类实验教学的思路、方法,总结教学经验;目标是,精心打造出一批形式新颖、内容权威、适合时代发展的材料科学与工程系列实验教材,并经过几年的努力,成为优秀的精品教材。为此,成立“实验系列教材编审委员会”,并组成以国内

有关专家、院士为首的高水平“实验系列教材总编审指导委员会”，其任务是策划教材选题，审查把关教材总体编写质量等；还组成了以教学第一线骨干教师为首的“实验系列教材编写委员会”，其任务是，提出、审查编写大纲，编写、修改、初审教材等。此外，哈尔滨工业大学出版社、北京大学出版社、国防工业出版社、冶金工业出版社组成了“实验系列教材出版委员会”，协调、承担本实验教材的出版与发行事宜等。

为确保教材品位、体现材料科学与工程实验教材的国家级水平，“编委会”特意对培养目标、编写大纲、书目名称、主干内容等进行了研讨。本系列实验教材的编写，注意突出以下特色：

1. 实验教材的编写与教育部专业设置、专业定位、培养模式、培养计划、各学校实际情况联系在一起；坚持加强基础、拓宽专业面、更新实验教材内容的基本原则。

2. 实验教材的编写紧跟世界各高校教材编写的改革思路，注重突出人才素质、创新意识、创造能力、工程意识的培养，注重动手能力、分析问题及解决问题能力的培养。

3. 实验教材的编写与专业人才的社会需求联系在一起，做到宽窄并举；教材编写充分听取用人单位专业人士的意见。

4. 实验教材的编写突出专业特色，内容深浅度适中，以编写质量为实验教材的生命线。

5. 实验教材的编写注重处理好该实验课与基础课之间的关系，处理好该实验课与其他专业课之间的关系。

6. 实验教材的编写注意教材体系的科学性、理论性、系统性、实用性，不但要编写基本的、成熟的、有用的基础内容，同时也要将相关的未知问题体现在教材中，只有这样才能真正培养学生的创新意识。

7. 实验教材的编写要体现教学规律及教学法，真正编写出教师及学生都感觉得心应手的教材。

8. 实验教材的编写要注意与专业教材、学习指导、课堂讨论及习题集等的成龙配套，力争打造立体化教材。

本材料科学与工程实验系列教材，从教学类型上可分为：基础入门型实验，设计研究型实验，综合型实践实验，软件模拟型实验，创新开拓型实验。在教材题目上，包括材料科学基础实验教程，材料科学与工程实验教程（金属材料分册），材料科学与工程实验教程（高分子分册），材料科学与工程实验教程（焊接分册），材料成型与控制实验教程（塑性成形分册），材料成型与控制实验教程（液态成形分册），超硬材料及制品专业实验教程，腐蚀科学与工程实验教程，表面工程实验教程，金属学与热处理实验教程，金属材料塑性成形实验教程，工程材料实验教程，机械工程材料实验教程，材料现代分析测试实验教程，材料物理与性能实验教程，高分子材料实验教程，陶瓷材料实验教程，无机胶凝材料与耐火材料实验教程等一系列实验教材。在内容上，每个实验包含实验目的、实验原理、实验设备与材料、实验内容与步骤、实验注意事项、实验报告要求、思考题等内容。

本实验系列教材由崔占全（燕山大学）、潘清林（中南大学）、赵长生（四川大学）、谢峻林（武汉理工大学）任总主编；王明智（燕山大学）、翟玉春（东北大学）、肖纪美（北京科技大学、院士）任总主审。

经全体编审教师的共同努力,本实验系列教材将陆续出版发行,我们殷切期望本系列教材的出版能够满足国内高等学校材料科学与工程类各个专业教育改革发展的需要,并在教学实践中得以不断充实、完善、提高和发展。

本材料科学与工程实验系列教材涉及的专业及内容极其广泛。随着专业设置与教学的变化和发展,本实验系列教材的题目还会不断补充,同时也欢迎国内从事材料科学与工程专业的教师加入我们的队伍,通过实验教材编写这个平台,将本专业有特色的实验教学经验、方法等与全国材料实验工作者同仁共享,为国家复兴尽力。

由于编者水平及时间所限,书中不足之处,敬请读者批评指正。

材料科学与工程实验教学研究会  
材料科学与工程实验系列教材编写委员会  
2011年7月



# 前 言

本书是根据高等学校“材料科学与工程实验教学研究会”第一届会议的决议编写的,是《材料科学与工程实验系列教材》之一。

本书的特色在于:

1. 在实验项目的设计上,从当前的教学改革大局出发,充分考虑了大多数学校的实际情况,实验项目选择力求先进、合理,注重实用价值,不追求大而全。删除了诸如位错腐蚀坑观察等一些实验内容,增加了一些如数码金相摄影等新技术、新实验内容。

2. 编写人员长期在教学第一线从事实验教学,书中融入了编者的大量实验资料和经验,并且金相照片多为原创作品,清晰度高,分析准确,颇具实用价值。

本书是《材料科学基础》的配套教材,可作为高等学校金属材料工程各专业本科生的实验教材,也可供相关专业的师生与工程技术人员参考。

全书共 11 个实验,其中实验一、二、三、八、九由燕山大学李慧编写;实验六由兰州理工大学贾建刚和马勤编写;实验七由兰州理工大学李翠霞、贾建刚和马勤编写;实验四、十由陕西理工学院宋佩维编写;实验五由大连理工大学王清编写;实验十一由大连交通大学刘德义编写。

全书由李慧担任主编,马勤、宋佩维担任副主编;燕山大学张静武担任主审,大连理工大学赵杰担任副主审。

本书在编写过程中,得到了“实验系列教材编写委员会”的有力协助,省级教学名师燕山大学崔占全教授和景勤教授提出了宝贵建议;同时,编者参考和引用了国内外相关教材及文献资料,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平及时间有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者  
2011 年 5 月



# 目 录

|      |                       |     |
|------|-----------------------|-----|
| 实验一  | 金相显微镜的原理、结构及使用 .....  | 1   |
| 实验二  | 金相试样的制备 .....         | 10  |
| 实验三  | 数码金相显微镜的使用 .....      | 19  |
| 实验四  | 常见晶体结构的刚球堆垛模型分析 ..... | 31  |
| 实验五  | 晶体结晶过程观察分析 .....      | 41  |
| 实验六  | 二元合金相图分析及典型组织观察 ..... | 48  |
| 实验七  | 三元合金相图分析及典型组织观察 ..... | 57  |
| 实验八  | 铁碳合金平衡组织观察及性能分析 ..... | 63  |
| 实验九  | 金属塑性变形与再结晶组织观察 .....  | 72  |
| 实验十  | 固态金属中的扩散实例分析 .....    | 81  |
| 实验十一 | 钢中固态相变组织分析 .....      | 89  |
| 参考文献 | .....                 | 102 |

# 实验一 金相显微镜的原理、结构及使用

## 【实验目的】

- (1) 了解金相显微镜的光学原理与结构;
- (2) 掌握金相显微镜的使用方法。

## 【实验原理】

### 1. 金相显微镜概述

金相显微镜是进行金属材料金相分析的必要工具。用金相显微镜可以研究金属组织与其成分和性能之间的关系,确定各种金属经不同加工及热处理后的显微组织,确定晶粒尺寸,以及鉴别金属材料组织中非金属夹杂物的数量及分布情况等。普通光学金相显微镜的类型很多,按外形分可分为台式、立式及卧式三大类;按用途分可分为偏光显微镜、干涉显微镜、低温显微镜、高温显微镜和相衬显微镜等。

### 2. 金相显微镜的成像原理

图 1.1 为金相显微镜光学放大原理示意图。靠近物体的一组透镜为物镜,靠近人眼的一组透镜为目镜,被观察物体  $AB$  置于物镜的前焦距  $f_1$  以外时,在物镜的另一侧两倍焦

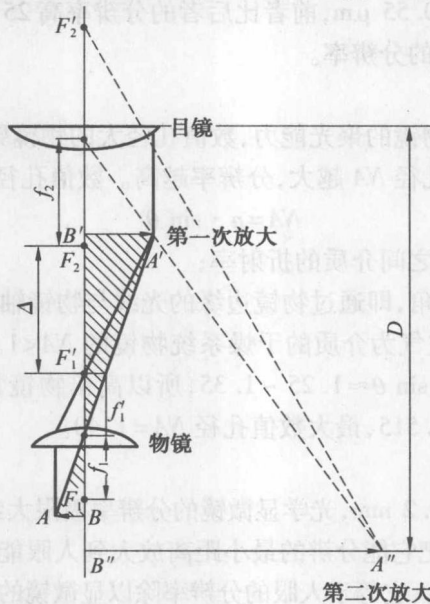


图 1.1 金相显微镜光学放大原理示意图

距以外,形成一个倒立、放大的实像  $A'B'$  (称为中间像);当实像  $A'B'$  位于目镜焦距以内时,目镜又使映像  $A'B'$  放大,得到正立虚像  $A''B''$ 。最后映像  $A''B''$  是经过物镜、目镜两次放大后所得到的, $A''B''$  的放大倍数是物镜放大倍数与目镜放大倍数的乘积。

显微镜的放大倍数为

$$M = M_{\text{物}} \cdot M_{\text{目}} \approx \frac{\Delta}{f_1} \cdot \frac{D}{f_2}$$

式中  $M_{\text{物}}$ ——物镜的放大倍数;

$M_{\text{目}}$ ——目镜的放大倍数;

$f_1$ ——物镜的焦距;

$f_2$ ——目镜的焦距;

$\Delta$ ——显微镜的光学镜筒长(即物镜后焦点与目镜前焦点之间的距离);

$D$ ——人眼明视距离,约为 250 mm。

### 3. 金相显微镜的主要性能参数

#### (1) 分辨率

显微镜的分辨率通常用可以分辨出相邻两个物点的最小间距来衡量。这个距离越小,分辨率越高。分辨率为

$$d = \frac{\lambda}{2NA}$$

式中  $\lambda$ ——照明入射光的波长;

$NA$ ——物镜的数值孔径,表征物镜的聚光能力。

此式说明显微镜的分辨率与照明光源波长成正比,与透镜数值孔径成反比。即入射光的波长越短,分辨率越高。光源的波长可通过加滤色片来改变。蓝光的波长为  $0.44 \mu\text{m}$ ,黄绿光的波长为  $0.55 \mu\text{m}$ ,前者比后者的分辨率高 25% 左右。所以使用黄、绿、蓝等滤色片,可提高显微镜的分辨率。

#### (2) 物镜的数值孔径

物镜的数值孔径表示物镜的聚光能力,数值孔径大的物镜聚光能力强,能吸收更多的光线,使物像更清晰,数值孔径  $NA$  越大,分辨率越高。数值孔径为

$$NA = n \cdot \sin \theta$$

式中  $n$ ——物镜与观察物之间介质的折射率;

$\theta$ ——物镜的孔径半角,即通过物镜边缘的光线与物镜轴线所成夹角。

由于  $\sin \theta < 1$ ,所以以空气为介质的干燥系统物镜的  $NA < 1$ 。在物方介质为油的情况下, $n \approx 1.5$ ,其数值孔径  $n \cdot \sin \theta \approx 1.25 \sim 1.35$ ,所以高倍物镜常设计为油镜。较常用松柏油做介质,松柏油的  $n = 1.515$ ,最大数值孔径  $NA = 1.40$ 。

#### (3) 有效放大倍数

人眼的分辨率大约是  $0.2 \text{ mm}$ ,光学显微镜的分辨率极限大约是  $0.2 \mu\text{m}$ 。光学显微镜必须提供足够的放大倍数,把它能分辨的最小距离放大到人眼能分辨的程度。相应的放大倍数称为有效放大倍数  $M_{\text{有效}}$ ,它等于人眼的分辨率除以显微镜的分辨率所得的商,即

$$\text{有效放大倍数 } M_{\text{有效}} = \frac{\text{人眼的分辨率}}{\text{显微镜的分辨率}}$$

因为人眼的分辨率大约是 0.2 mm, 光学显微镜分辨率极限为 0.2 μm, 相应的有效放大倍数  $M_{\text{有效}} = 1000$  倍。实际上为了减轻人眼的负担, 所选用的放大倍数应比有效放大倍数略高一些, 观察起来人眼就不感到吃力, 光学显微镜最高放大倍数就是根据上述原则确定的, 其值为 1000 ~ 1500 倍。

#### (4) 景深

景深是指物平面允许的轴向偏差。它表征物镜对位于不同平面上的目的物细节能否清晰成像的性质, 如果人眼的分辨能力为 0.15 ~ 0.30 mm, 景深为

$$h = \frac{n}{NA \cdot M} \times (0.15 \sim 0.30) \text{ mm}$$

式中  $NA$ ——物镜的数值孔径;

$n$ ——目的物所在介质的折射率;

$M$ ——显微镜的放大倍数。

由上式可知: 如果要求景深较大, 最好选用数值孔径小的物镜, 但这会降低显微镜的分辨率。工作时要根据具体情况取舍。

#### 4. 金相显微镜的构造

金相显微镜由光学系统、照明系统和机械系统三部分组成。另有一些显微镜还配有照相装置等附件。

图 1.2 为国产 XJB-1 型金相显微镜光学系统示意图。由灯泡发生的光线, 经过聚光透镜组及反光镜被会聚在孔径光阑上, 然后经过聚光镜组, 穿过半反射镜后经辅助透镜再度将光线会聚在物镜组的后方焦平面上。最后, 光线通过物镜, 使试样表面得到充分而均匀的照明。从试样反射回来的光线复经物镜、辅助透镜、半反射镜及棱镜形成一个物体的倒立的放大实像, 此像经过目镜进一步放大, 即得到试样表面的放大像。图 1.3 为国产 XJB-1 型金相显微镜外形结构示意图。



图 1.2 XJB-1 型金相显微镜光学系统示意图

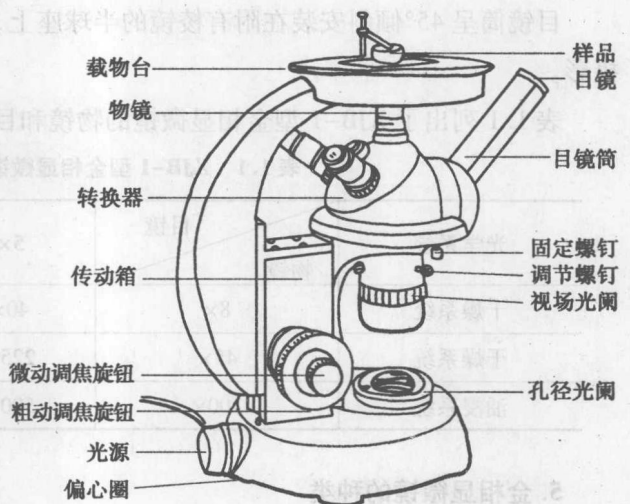


图 1.3 XJB-1 型金相显微镜外形结构示意图



### (1) 照明系统

在底座内装有一低压灯泡作为光源,聚光镜、孔径光阑及反光镜等均安置在圆形底座上,视场光阑及另一聚光镜则安在支架上,它们组成显微镜的照明系统,使样品表面获得充分均匀的照明。

### (2) 显微镜调焦装置

显微镜体两侧有粗动和微动调焦旋钮。旋转粗动调焦旋钮可使载物台迅速升降,微动调焦旋钮可使物镜缓慢地上下运动,以便精确调焦。

### (3) 载物台

用于放置金相样品,观察面须向下。载物台和下面托盘之间有导架,用手推动,可使载物台在水平面上做一定范围的十字定向移动,以改变试样的观察部位。

### (4) 孔径光阑和视场光阑

光路中装有两个光阑:孔径光阑和视场光阑。孔径光阑安装在照明反射镜座上,刻有刻度,表示孔径大小的毫米数。孔径光阑的作用是控制入射光束的大小,缩小孔径光阑可以减小像差,加大景深和衬度,但会使物镜的分辨能力降低。视场光阑安装在物镜支架下面,通过旋转滚花套圈来调节视场光阑大小,从而提高映像衬度而不影响物镜的分辨能力。

### (5) 物镜转换器

转换器呈球面状,上有三个螺孔,可安装不同放大倍数的物镜,旋动转换器可使各物镜镜头进入光路,与不同的目镜搭配使用,以获得各种放大倍数。

### (6) 目镜筒

目镜筒呈 45° 倾斜安装在附有棱镜的半球座上,还可将目镜转向水平状态,以便显微摄影。

表 1.1 列出了 XJB-1 型金相显微镜的物镜和目镜不同配合情况下的放大倍数。

表 1.1 XJB-1 型金相显微镜的放大倍数

| 光学系统 | 目镜   |      |        |        |
|------|------|------|--------|--------|
|      | 物镜   | 5×   | 10×    | 15×    |
| 干燥系统 | 8×   | 40×  | 80×    | 120×   |
| 干燥系统 | 45×  | 225× | 450×   | 675×   |
| 油浸系统 | 100× | 500× | 1 000× | 1 500× |

## 5. 金相显微镜的种类

### (1) 台式金相显微镜

台式金相显微镜体积小、重量轻、携带方便。如图 1.4 所示的 XJZ-6 型金相显微镜,

图 1.5 所示的 XJP-3A 型金相显微镜,图 1.6 所示的 XJX-2 型金相显微镜等。

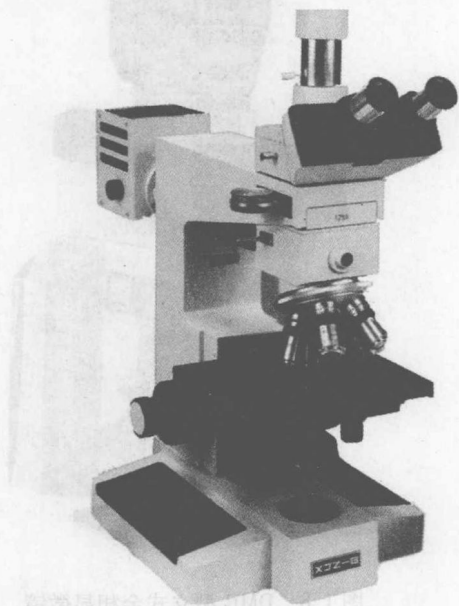


图 1.4 XJZ-6 型金相显微镜



图 1.5 XJP-3A 型金相显微镜

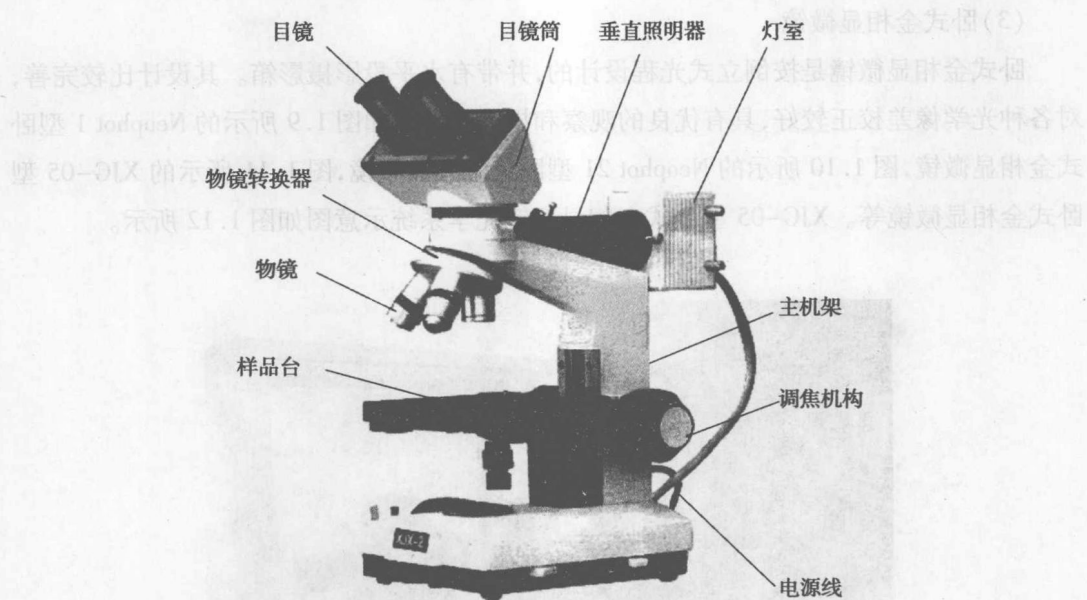


图 1.6 XJX-2 型金相显微镜

## (2) 立式金相显微镜

立式金相显微镜是按倒立式光程设计的,并带有垂直方向的投影摄影箱。如图 1.7 所示的 XJL-03 型立式金相显微镜,图 1.8 所示的 DMR 型立式金相显微镜等。

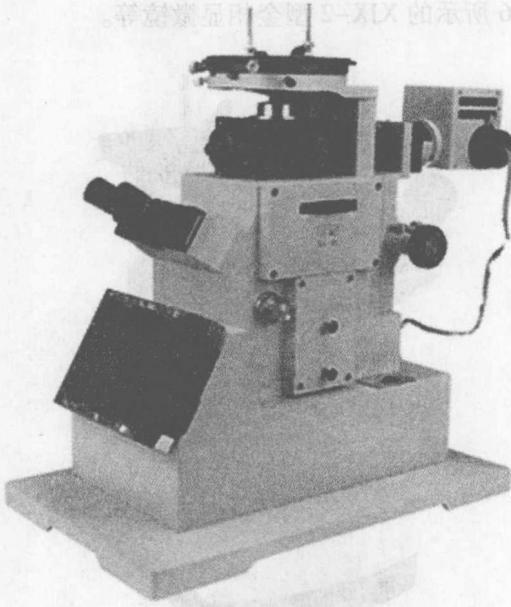


图 1.7 XJL-03 型立式金相显微镜

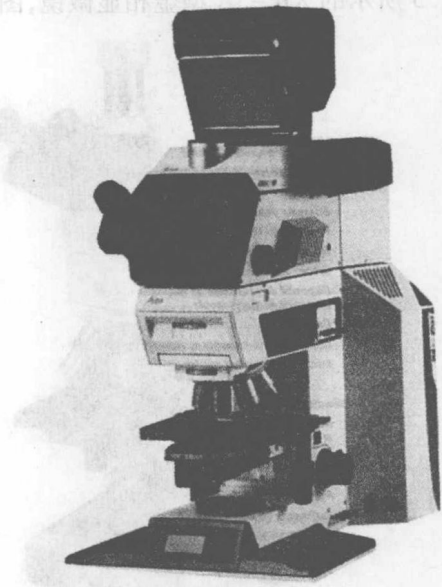


图 1.8 DMR 型立式金相显微镜

### (3) 卧式金相显微镜

卧式金相显微镜是按倒立式光程设计的,并带有水平投影摄影箱。其设计比较完善,对各种光学像差校正较好,具有优良的观察和摄影质量。如图 1.9 所示的 Neophot 1 型卧式金相显微镜,图 1.10 所示的 Neophot 21 型卧式金相显微镜,图 1.11 所示的 XJG-05 型卧式金相显微镜等。XJG-05 型卧式金相显微镜光学系统示意图如图 1.12 所示。

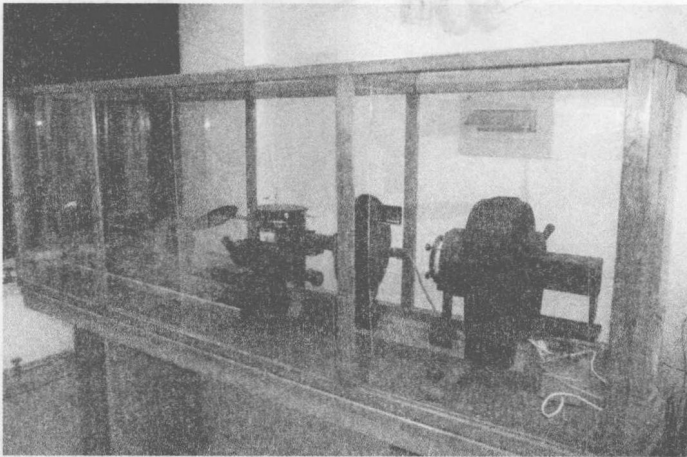


图 1.9 Neophot 1 型卧式金相显微镜

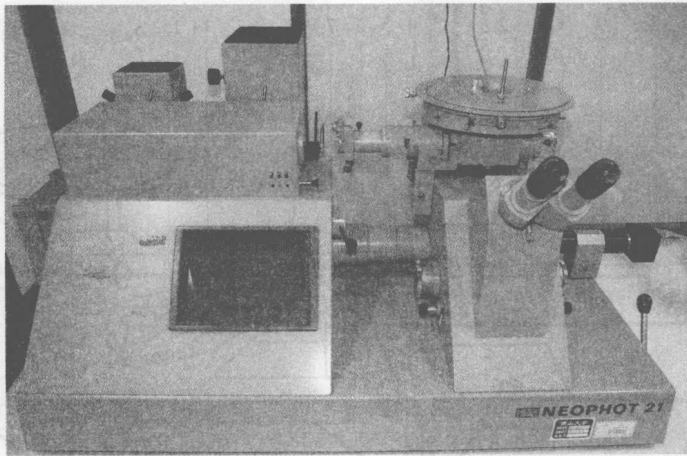


图 1.10 Neophot 21 型卧式金相显微镜

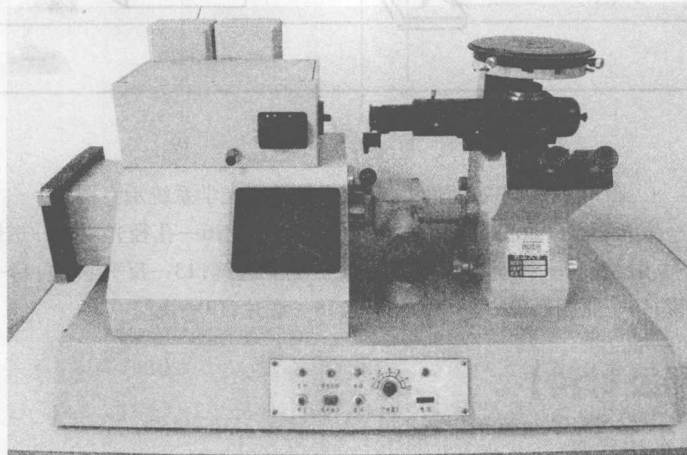


图 1.11 XJG-05 型卧式金相显微镜

## 6. 金相显微镜的使用方法

(1) 初次操作显微镜前,要先了解显微镜的基本原理、构造以及各种主要附件的作用等。

(2) 将显微镜的光源插头插在变压器上,通过 6 V 变压器接通电源。

(3) 根据需要选择目镜,将所选择好的物镜转换到固定位置。

(4) 把试样放在样品台中心,观察面朝下。

(5) 调焦距时应先将载物台下降,使样品尽量靠近物镜(不能接触),然后用目镜观察。先用双手旋转粗调旋钮,使载物台慢慢上升,待看到组织后,再调节微调旋钮直至图像清晰为止。

(6) 适当调节孔径光阑和视场光阑,以获得最佳质量的图像。

(7) 使用完毕,关闭电源,将镜头与附件放回附件盒,油浸物镜使用完毕要立即擦净。将显微镜恢复到使用前状态,并填写使用记录本,经辅导教师检查无误后,方可离开实验室。



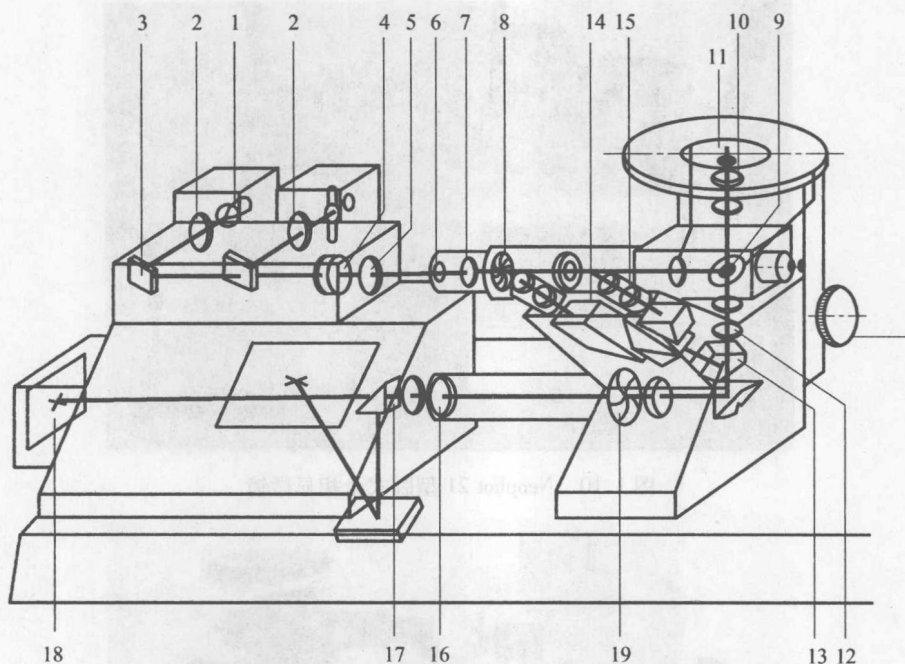


图 1.12 XJG-05 型卧式金相显微镜光学系统示意图

1—光源;2—聚光镜;3—反射镜;4—滤光片;5—聚光镜;6—孔径光阑;7—透镜;8—视场光阑;9—反射镜;10—物镜;11—试样;12—补偿透镜;13—反光棱镜;14—双目棱镜;15—目镜;16—照相目镜;17—反光棱镜;18—底片;19—快门

## 【实验仪器及材料】

金相显微镜,金相样品。

## 【实验内容与步骤】

- (1) 每人一台金相显微镜;
- (2) 对照金相显微镜实物,了解金相显微镜的原理及结构;
- (3) 按照金相显微镜的操作步骤,进行实际的调试与使用。

## 【实验注意事项】

- (1) 操作时必须特别谨慎,不能有任何剧烈的动作。不允许自行拆卸光学系统。
- (2) 金相试样要干净,不得残留浸蚀剂,以免腐蚀镜头。不可用手触摸镜头。镜头不干净时,要用镜头纸擦拭。
- (3) 切勿将显微镜的灯泡(6~8 V)插头直接插在 220 V 的电源插座上,应当插在变压器上,否则会立即烧坏灯泡。观察结束后应及时关闭电源。
- (4) 在旋转粗调或微调旋钮时动作要慢,碰到某种阻碍时应立即停止操作,报告指导