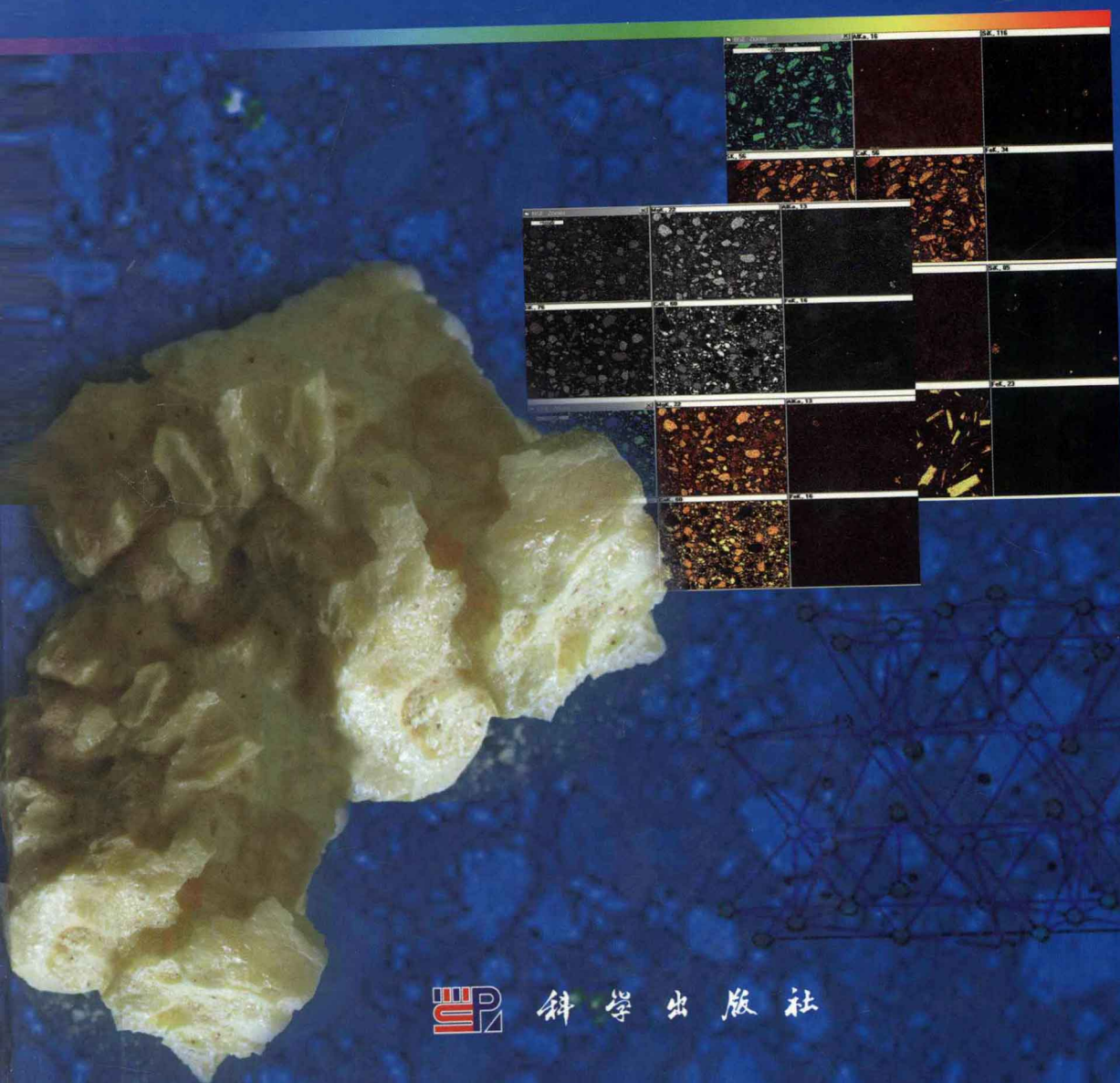


矿物药检测技术与质量控制

林瑞超 主编



科学出版社

矿物药检测技术与质量控制

林瑞超 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书分两篇共三十一章。第一篇总论共九章，分别介绍了用于矿物药检测的技术，包括偏光显微镜技术、红外光谱分析、热分析、X射线衍射分析、原子吸收光谱法、原子荧光光谱法、电感耦合等离子体法、电子探针显微分析、离子色谱技术；第二篇各论共二十二章，前二十一章分别介绍了对二十一种矿物药的文献考证、资源调查与样品采集、分析检测、药材及炮制品质量控制、结论及建议等内容；最后一章专门介绍了对朱砂和雄黄的毒理研究。

本书内容翔实，图文并茂，适合从事药品、食品、环境检测和质量检验工作的科技人员或相关专业的在校大学生、研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿物药检测技术与质量控制 / 林瑞超主编. —北京：科学出版社，2013

ISBN 978-7-03-035762-5

I. 矿… II. 林… III. ①矿物药-检测 ②矿物药-质量控制 IV. R282.76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 242684 号

责任编辑：郑 红 沈红芬 / 责任校对：刘小梅 林青梅

责任印制：肖 兴 / 封面设计：范璧合

版权所有，违者必究；未经本社许可，数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencecp.com>

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 1 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2013 年 1 月第一次印刷 印张：53 1/2 插页：10

字数：1 250 000

定价：198.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

《矿物药检测技术与质量控制》编写人员

主 编 林瑞超

副主编 田金改 吴德康

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

陈朝军	杜庆鹏	樊开珍	季 申	来国防
李 革	李曼玲	李晓明	梁爱华	刘圣金
刘训红	申玉华	石上梅	史宪海	王伯涛
吴春敏	夏 晶	杨连菊	毅 和	张 萍
张志杰	周剑雄	郑笑为		

编 者 (按姓氏汉语拼音排序)

曹 帅	常 琳	陈 敏	陈朝军	程 宾
杜庆鹏	樊开珍	傅兴圣	龚宁波	郭 啸
季 申	康 琛	来国防	李 革	李 訖
李丽敏	李曼玲	李娆娆	李晓明	梁 宏
梁爱华	林 羽	林瑞超	刘圣金	刘训红
陆景坤	敏 德	任乔森	邵爱娟	申玉华
石上梅	史宪海	田金改	王 栋	王枚博
王欣美	吴春敏	吴德康	夏 晶	徐纪民
杨连菊	毅 和	于新兰	张 萍	张 倩
张 甦	张元杰	张志杰	郑笑为	周剑雄
朱传静	邹义栩			

序

中药材可分为植物药、矿物药和动物药三类。矿物药作为三大中药材之一，在我国的应用历史可追溯到远古时代。我国是世界上最早使用自然界的矿石作为药物进行防病治病的国家之一。《山海经》中记载的矿物药就有朱砂、砒霜（雄黄）。世界上第一部《神农本草经》中记载的矿物药有 46 种，其中就有对汞剂（水银、轻粉、朱砂）和砷剂（砒石、雄黄、雌黄）的记载。明代《神农本草经疏》中有矿物药 253 种。李时珍著的《本草纲目》中收入的矿物药达到了 355 种。

在《中药大辞典》（1985 年版）收入矿物药 82 种，现临床常用的有 50~60 种（其中包括部颁标准和地方标准）。在现行的国家标准中，处方中含有朱砂、雄黄的成方制剂达 440 种以上，约占 6.3%。在《中华人民共和国药典》（2010 年版一部）中收录矿物药 20 种（不包括四个衍生物），它们在中药制剂方剂中矿物药的出现率依次为朱砂>雄黄>石膏>滑石>硼砂>芒硝>赤石脂>磁石>金礞石>炉甘石>自然铜>青礞石等。在 938 种成方与单方制剂中，含矿物药的制剂有 67 种（不包括琥珀等），约占收录品种的 7.1%，显示了在现代中药制剂中矿物药的应用连续性和普遍性。

矿物药亦在我国民族药中占有相当比例，如维药中有 20 余种矿物药，约占 30%；藏药中有 50 余种矿物药，占 5%~10%；蒙药中有 50 余种矿物药，约占 12%。虽主要品种基本包括在中药品种中，但在少数民族地区，矿物药的临床使用率有时甚至超过中药。

矿物药具有重要的临床功效，至今仍发挥着重要作用，几千年来人类积累了丰富的应用矿物药的经验。随着现代科学技术的发展，矿物药的作用机制不断被揭示，开拓了更广泛的应用领域，展现了十分诱人的发展前景。如具有清热泻火功用的硼砂、寒水石、滑石等，特别是石膏，辛甘大寒，解肌止渴，除三焦大热，为清热除烦常用药。再如，这类药其味多酸涩，其质多重降，具有涩肠、收敛、止血、生肌的作用，赤石脂、炉甘石、花蕊石为其代表。白矾、胆矾、礞石更具有涌吐痰涎、解毒祛湿之功能；硫磺解毒杀虫，助阳通便，为治疥疮要药；轻粉、铅丹拔毒化腐，杀虫止痒；辛而大热大毒的砒石、雄黄，外用蚀疮去腐，内服劫痰平喘，近些年发现其主要成分为三氧化二砷，并因对白血病具有明确疗效而享誉医界。

但是，矿物药的质量总体而言还存在较多问题，目前所涉及的有矿物药基础研究薄弱，药物来源、加工工艺、质量标准研究滞后，检验检测的技术水平偏低，缺少安全性研究数据，中药制剂中矿物药控制的标准数量少、覆盖面小。

综上所述，一方面矿物药具有重要的临床作用，并且有些是不可替代的。随着基础研究的深入，将会发现其更多的临床应用价值。另一方面，这类药的药材研究薄弱，质量检测及控制水平较低，严重影响着中药矿物药在临床的合理使用和对其研究的深入进展，亟须引起重视。

本专著的问世会更好地促进对矿物药的研究及对其质量的控制，包括采用先进的分析技术鉴定矿物基源、分析全元素、检测毒性元素及质量安全控制等，使读者对矿物药的研究有全新的认识，起到开拓新思路的作用；同时也较好地解决了上述部分问题，是矿物药基础研究及质量控制领域的开拓性著作。我相信，本书著者长期的研究成果可与同行共享，可为中药中含矿物药制剂的发展、新药研究、矿物药资源的有效利用及对用药安全和保障矿物药的质量提供有效的技术支撑。

本书主编林瑞超教授长期从事中药化学基础及质量标准研究，先后承担多项国家攻关、支撑计划的研究工作，在中药新药的研发、质量控制及国家药品标准制定方面做出了重要贡献。他将多年研究成果整理成册，即将付梓，本人先睹为快，有感而述，权充为序。

中国工程院院士
中国中医科学院院长
天津中医药大学校长



2012年10月于北京

前 言

传统中药是中国各族人民智慧的结晶，是中华民族文化遗产中的珍宝。矿物药是传统中药的重要组成部分。目前，对矿物药缺乏系统研究，部分药品标准缺失与检验技术落后已成为困扰我国矿物药安全应用和有效监管的瓶颈。

本书作者综合多年来对矿物药的研究成果（依托“十一五”国家科技支撑计划项目），重点阐述矿物药检测技术与安全、质量控制，同时引入现代分析技术、佐证本草考证，系统地矿物药正本清源。矿物药的研究较为复杂，涉及地质、物理、生物化学等方面的专业知识，这也是目前阻碍矿物药发展的原因所在，是中药研究方面较薄弱的领域。通过对矿物药组成成分进行系统研究，揭示单味矿物药的成分，建立主元素、毒性元素的限度标准，制定含矿物药制剂的质量控制标准并及时推广很有必要，可促进中药质量的提升、增强国际竞争力。

全书共分两篇：第一篇共九章，简单介绍应用于矿物药分析的现代检测技术。第二篇主要是对矿物药检测技术及质量控制的研究，共二十二章，在矿物药检测技术及质量控制的各论中，首先重点介绍各类矿物药的研究历史及本草考证情况；其次是采用先进的分析技术，进行矿物基源鉴定、全元素分析、毒性元素的检测及质量安全控制；最后是矿物药炮制工艺的优化、炮制品的减毒试验及质量安全控制等。第三十一章专门介绍了对朱砂和雄黄的毒理研究。

本书主要特点：

（1）首次引入现代分析技术及本草考证，系统地矿物药正本清源；同时采用先进的AAS、ICP-MS、X射线衍射光谱、电子探针等分析技术，建立、完善了矿物主元素的检测方法并提出其限量标准，对其炮制方法及炮制前后的质量、安全性进行了深入研究，促进了中药检验技术体系水准的提高。

（2）首次介绍矿物原料及含矿物药制剂中矿物药的主成分及重金属、有害元素的检测方法；重点针对雄黄、朱砂毒性较大的特点，建立了可溶性砷、汞残留量检测方法，初步制定了限量标准。

（3）引入ICP-OES、HPLC/ICP-MS技术，建立了雄黄、朱砂的价态分析方法，结合毒性试验，探讨朱砂、雄黄的安全用药剂量和用药时限，为朱砂或雄黄的标准修订开拓了新思路。该技术已达到国际先进水平。

本书对于药品、食品、环境检测和质量检验等领域的科技工作者或研究生有很好的参考价值。

由于水平有限，书中的缺点和错误在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2012年7月于北京

目 录

第一篇 总 论

第一章 偏光显微镜技术	3
第二章 红外光谱分析	13
第三章 热分析	20
第四章 X 射线衍射分析	29
第一节 原理	29
第二节 分析样品的制备	33
第三节 粉末 X 射线衍射分析方法在矿物药中的应用	34
第四节 展望	37
第五章 原子吸收光谱法	39
第一节 原子吸收光谱法概述	39
第二节 原子吸收光谱法基本原理	40
第三节 原子吸收分光光度计	40
第四节 分析技术	44
第六章 原子荧光光谱法	51
第一节 原子荧光光谱分析概述	51
第二节 原子荧光光谱分析基本原理	51
第三节 原子荧光光谱仪器装置	52
第四节 氢化物发生-原子荧光光谱分析	53
第七章 电感耦合等离子体法	57
第一节 电感耦合等离子体原子发射光谱法	57
第二节 电感耦合等离子体质谱法	63
第八章 电子探针显微分析	70
第一节 电子探针分析技术概述	70
第二节 电子探针的基本原理和结构	71
第三节 样品制备	77
第四节 电子探针成分分析	79
第九章 离子色谱技术	87

第二篇 各 论

第十章 朱砂	99
第一节 文献考证	99
第二节 资源调查与样品采集	104
第三节 分析检测	106

第四节	药材及炮制品质量控制	117
第五节	结论和建议	130
第十一章	自然铜	135
第一节	文献考证	135
第二节	资源调查与样品采集	139
第三节	分析检测	140
第四节	药材及炮制品质量控制	155
第五节	结论和建议	162
第十二章	硫黄	165
第一节	文献考证	165
第二节	资源调查与样品采集	169
第三节	分析检测	172
第四节	药材及炮制品质量控制	183
第五节	结论和建议	189
第十三章	雄黄	191
第一节	文献考证	191
第二节	资源调查与样品采集	196
第三节	分析检测	197
第四节	药材及炮制品质量控制	209
第五节	结论和建议	217
第十四章	炉甘石	222
第一节	文献考证	222
第二节	资源调查与样品采集	232
第三节	分析检测	234
第四节	药材及炮制品质量控制	242
第五节	结论和建议	249
第十五章	寒水石	253
第一节	文献考证	253
第二节	资源调查与样品采集	259
第三节	分析检测	261
第四节	药材及炮制品质量控制	280
第五节	结论和建议	290
第十六章	钟乳石	295
第一节	文献考证	295
第二节	资源调查与样品采集	299
第三节	分析检测	300
第四节	药材质量控制	309
第五节	结论和建议	310
第十七章	赤石脂	312
第一节	文献考证	312
第二节	资源调查与样品采集	317
第三节	分析检测	318
第四节	药材质量控制	334
第五节	结论和建议	335

第十八章 滑石	338
第一节 文献考证	338
第二节 资源调查与样品采集	344
第三节 分析检测	349
第四节 药材质量控制	377
第五节 结论和建议	379
附录 18-1 疑似峰处理方法示例	381
附录 18-2 石棉检测中干扰物质的 X 射线衍射数据	382
附录 18-3 偏光显微镜下石棉形态特征	383
第十九章 青礞石	390
第一节 文献考证	390
第二节 资源调查与样品采集	395
第三节 分析检测	397
第四节 药材及炮制品质量控制	412
第五节 结论和建议	419
第二十章 花蕊石	423
第一节 文献考证	423
第二节 资源调查与样品采集	431
第三节 分析检测	433
第四节 药材及炮制品质量控制	453
第五节 结论和建议	461
第二十一章 金礞石	464
第一节 文献考证	464
第二节 资源调查与样品采集	466
第三节 分析检测	468
第四节 药材及炮制品质量控制	480
第五节 结论和建议	498
第二十二章 紫石英	503
第一节 文献考证	503
第二节 资源调查与样品采集	513
第三节 分析检测	514
第四节 药材及炮制品质量控制	532
第五节 结论和建议	543
第二十三章 磁石	545
第一节 文献考证	545
第二节 资源调查与样品采集	548
第三节 分析检测	551
第四节 药材及炮制品质量控制	574
第五节 结论和建议	581
第二十四章 大青盐	586
第一节 文献考证	586
第二节 资源调查与样品采集	588
第三节 分析检测	596
第四节 药材质量控制	631

第二十五章	石膏	633
第一节	文献考证	633
第二节	资源调查与样品采集	642
第三节	分析检测	645
第四节	药材及炮制品质量控制	667
第五节	结论和建议	680
第二十六章	白矾	685
第一节	文献考证	685
第二节	资源调查与样品采集	689
第三节	分析检测	693
第四节	药材及炮制品质量控制	704
第五节	结论和建议	705
第二十七章	硼砂	709
第一节	文献考证	709
第二节	资源调查与样品采集	710
第三节	分析检测	711
第四节	药材及炮制品质量控制	723
第五节	结论和建议	736
第二十八章	芒硝	741
第一节	文献考证	741
第二节	资源调查与样品采集	747
第三节	分析检测	748
第四节	药材质量控制	758
第五节	结论和建议	759
第二十九章	玄明粉	762
第一节	文献考证	762
第二节	资源调查与样品采集	765
第三节	分析检测	766
第四节	药材质量控制	773
第五节	结论和建议	774
第三十章	蒙脱石	777
第一节	文献考证	777
第二节	资源调查与样品采集	786
第三节	分析检测	787
第四节	药材及炮制品质量控制	798
第五节	结论和建议	804
第三十一章	朱砂和雄黄的毒理研究	809
第一节	朱砂和雄黄的毒理研究概况	809
第二节	朱砂的毒理研究	817
第三节	雄黄的毒理研究	829
第四节	结论和建议	837

彩图

第一篇 总 论

矿物药检测技术随着社会发展和人类的进步及近代科学检测技术飞速发展和引进而不断提高，新时期工业和医用制药工业的发展、现代中医临床用药的需求及世界各国对矿物药的原料品质标准的严格要求促使分析检测技术从早期的宏观结构和定性、半定量、定量，到现今的全元素分析、毒性元素（价态分析）的量及限量安全控制，包括对矿物药的物理、化学微观特征的深入研究。正如著名矿物学者周剑雄所阐述：分析测试是科技与生产的眼睛，是衡量一个国家经济和科技发展水平的主要标志。

矿物药的质量控制所涉及的方法和分析测试仪器种类繁多，有偏光显微镜、电子显微镜、X射线衍射光谱仪、原子吸收分光光谱、原子荧光分光光谱、发射光谱、电感耦合等离子体原子发射光谱、电感耦合等离子体质谱、热分析、红外光谱、傅里叶红外光谱及电子探针分析仪等。本篇将对上述方法和有关重点仪器的性能及应用作简要介绍。

第一章 偏光显微镜技术

显微鉴定矿物药主要是利用偏光显微镜来观察矿物的光学性质，借以达到鉴定矿物药的目的。按矿物在薄片时的透明度不同选择偏光显微镜，对透明者利用透射偏光显微镜，对不透明者利用反射偏光显微镜。观察其形态、光学性质和测试某些必要的物理常数。矿物药材绝大多数为透明矿物，少数为不透明矿物。以下主要介绍透射偏光显微镜鉴定矿物时涉及的相关知识。

透明矿物薄片在偏光显微镜下所显示的一些光学性质，大都与光波在晶体中的振动方向及相应折射率有密切关系。透明矿物根据是否发生双折射，又分为均质矿物和非均质矿物。

一、均质矿物及光学特点

光波射入均质体中仅发生单折射现象，基本不改变入射光波的振动特点和振动方向，其折射率(N)只有一个，不发生双折射。因此，任何方向的切片在正交偏光显微镜下呈全消光，即旋转物台 360° 始终是黑暗现象；在锥光镜下不产生干涉图，只能在单偏光镜下根据形态、解理、颜色、突起、糙面等加以鉴别。矿物药材中如紫石英、大青盐、紫卤砂等属于均质矿物，在晶体分类上属于高级晶族的等轴晶系（立方晶系）。

二、非均质矿物及光学特点

光波在非均质体中传播时，其传播速度随光波在晶体中的振动方向不同而发生改变。当光射入非均质体后，除特殊方向外，一般都成了两束振动方向相互垂直的偏振光，产生双折射现象。在正交偏光镜下（除垂直光轴切片外）能看到干涉色，旋转物台 360° 有明四暗的现象，在锥光镜下能看到干涉图。

将非均质矿物按光率的轴性分为一轴晶矿物与二轴晶矿物。一轴晶矿物，只能有一个光轴的晶体，它包括中级晶族的三方、四方和六方晶系矿物。在正交偏光镜下，大部分切片呈平行消光，横切面上（垂直轴），可能呈对称消光，斜消光的切片很少见；在锥光镜下观察垂直光轴切片的干涉图呈黑十字，旋转物台 360° ，黑十字图丝毫不变，如寒水石、白石英等。二轴晶矿物，具有两个光轴的晶体，它包括低级晶族的斜方、单斜和三斜晶系矿物。在正交偏光镜下，斜方晶系矿物大部分呈平行消光或对称消光；单斜晶系矿物以斜消光的切片为主；三斜晶系矿物绝大部分切片亦为斜消光，在锥光镜下观察垂直锐角等分线切片的干涉图，在零度位置时亦呈一个黑十字图，但当转动物台，黑十字从中心分裂，形成两个弯曲黑带，这是与一轴晶干涉图之不同点。属于二轴晶的矿物药材多是单斜晶系

矿物，如石膏、云母、阳起石、滑石、芒硝等；三斜晶系矿物如胆矾等。

根据上述各晶系特征所表现的光学特点，可选用适合的偏光显微镜来鉴别矿物药。鉴别首先需把矿物药材磨制成薄片进行观察。即把欲鉴定的矿物药，用切片机切下一小块。先把一面磨平洗净，干燥，再用加拿大树胶把这平面粘在载玻片上；干后再磨另一面，磨到厚约 0.03mm 为止，洗净、干燥；用加拿大树胶加盖玻片封上。把制成的薄片置于物台上，于单偏光、正交及锥光镜下观察。

1. 单偏光镜观察 单偏光镜仅指下偏光镜进入光路，主要观察其形态、解理、颜色、多色性、突起、糙面及贝克线等特征。

(1) 矿物形态：在薄片中的矿物常呈集合体出现，在集合体中，矿物常表现出一定的形态，在矿物药材中常见的有等向粒状，如白石英；纤维状，如阳起石；板状，如石膏；片状，如云母石；网状，如蛇纹石。

(2) 解理：在薄片表现为一些平行的细缝，称为解理缝。缝与缝之间的间距往往是大致相等。根据解理的完善程度分为 3 类：①完全解理是指解理缝呈细而连续的直线，如云母。②中等解理是指解理缝清楚，但不连续，如花蕊石。③不完全解理是指解理缝断断续续，勉强看出一个大致方向，如花蕊石的混淆品橄榄石。

解理亦可以呈现 2 个方向，2 个方向解理缝相交形成一个夹角，称为解理角（图 1-1）。

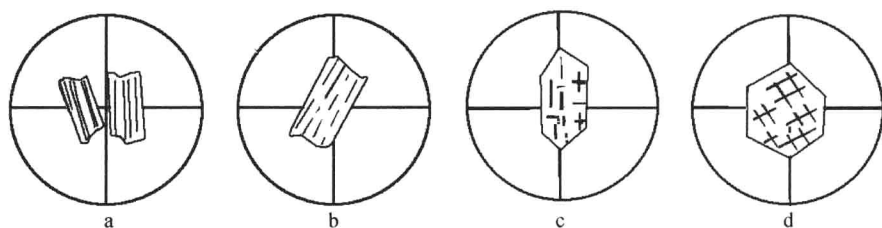


图 1-1 晶体的解理

a. 完全解理；b. 中等解理；c. 不完全解理；d. 两组解理

(3) 解理角的测定：选取矿物晶体两组解理缝都细而清楚，稍微升降镜筒，解理缝不向左右移动为条件，解理角测定方法是：移动薄片，使解理缝交点与目镜十字丝中心重合或近乎重合；旋转物台，使一组解理缝与目镜纵丝重合或平行，记下载物台读数；旋转物台，使另一组解理缝与目镜纵丝重合或平行，再记下载物台读数；两次读数之差，即为所求的解理角。

(4) 矿物的颜色、多色性与吸收性

1) 颜色是指在镜下观察到的矿物在薄片中所呈现的颜色，与其标本上所看到的颜色往往不相同。如花蕊石中的蛇纹石在标本上呈黄绿色，而在薄片却无色透明。这是因为薄片是在透射光中观察。当白光（由红、橙、黄、绿、靛、蓝、紫七种单色光的连续光波混合而成）透过薄片时，如果矿物对白光中各种光波同种程度吸收，矿物看起来是无色透明。如果当白光透过矿物时，只有红光通过，其他波长的光均被吸收时，矿物就呈现红色。可见矿物在薄片中的颜色是由光透过矿物经过有选择地吸收作用而产生的。也就是

说，矿物对某些单色光吸收较多，对另外一些单色光吸收少或不吸收，就使矿物具有特定的颜色。

2) 多色性与吸收性是指非均质体矿物的颜色随物台旋转便发生深浅变化。这种颜色的变化称为多色性，颜色浓度的变化称为吸收性，浓度的深浅称为吸收性的强弱，如黑云母。均质体矿物任何方向都有相同的颜色和浓度。

(5) 矿物的边缘、贝克线、糙面与突起

1) 边缘与贝克线是指在两个折射率不同的物质接触处，可以看到比较黑暗的边缘，称矿物的边缘。把其移入视线中心，在边缘附近还可看到一条比较明亮的细线，升降镜筒时，亮线发生有规律的运动。这条细线首次为德国学者贝克所发现，所以称之为贝克线（亦称亮带）。

当提升镜筒时，贝克线会向折射率大的介质方向移动。如贝克线向矿物移动，表示矿物折射率（ N ）大于树胶折射率（ n ），这矿物必然是正突起，如贝克线向树胶移动，表示矿物折射率（ N ）小于树胶折射率（ n ），这矿物必然是负突起。根据这个规律可以确定折射率相对的大小，并确定矿物突起正负（图 1-2）。

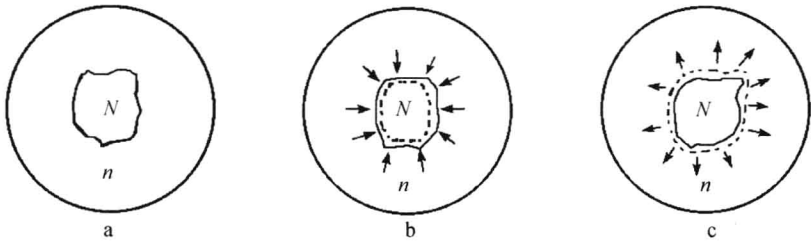


图 1-2 用贝克线比较矿物与树胶相对折射率大小（图中点线为贝克线）
a. 准焦在颗粒上（ $N \approx n$ ）；b. 提升镜筒（ $N > n$ ）；c. 提升镜筒（ $N < n$ ）

2) 糙面与突起是指在单偏光镜下观察矿物表面时，有些表面比较光滑，有些表面比较粗糙呈麻点状好像粗糙皮革一样，这种现象称为糙面。如紫石英糙面就显著，白石英和云母石的表面比较光滑。在单偏光镜下观察矿物时，有时看到一个矿物比周围矿物高，有的矿物好像比周围矿物低，产生矿物或高或低的感觉称为突起。

糙面与突起的产生，是由矿物表面和周围树胶折射率不同而引起的。矿物与树胶折射率相差越大，突起就越高，糙面越显著，轮廓也较粗暗。突起有正、负之分。矿物折射率大于树胶折射率（约 1.54）的矿物称为正突起，小于树胶的矿物，称为负突起。区分正、负突起，必须借助于贝克线现象。

根据矿片突起的高低、边缘、糙面的明显程度，一般把突起划分 4 类，如表 1-1。

表 1-1 突起级别

突起类别	折射率	糙面及边缘特征	实例
负突起	<1.54	糙面及边缘显著	紫石英
正突起低	$1.54 \sim 1.60$	表面光滑，边缘不清楚	云母石、白石英
正突起中	$1.60 \sim 1.66$	表面略显粗糙，边缘清楚	阳起石
正突起高	>1.66	糙面显著，边缘明显较宽	透辉石

由表 1-1 可以看出,突起、糙面及矿物轮廓三者密切相关。因此,对这些现象应统一观察和分析,用以估计矿物折射率大致范围。

2. 正交偏光镜观察 正交偏光镜下观察是指使用下偏光镜外,再推入上偏光镜,并使上下偏光镜振动方向互相垂直,这时视域应该是黑暗,在正交偏光间主要观察的光学特征如下。

(1) 消光现象和消光位:矿片在正交偏光间呈现黑暗现象,称为消光现象。如放置均质体垂直光轴的矿片,旋转载物台 360° 过程中,矿片的消光现象不改变,称全消光。如放置非均质体其他方向的矿片,旋转载物台 360° ,视域出现四次黑暗,即有四次消光现象,此矿片在消光时所处的位置,称为消光位。

(2) 干涉色、干涉色级序及干涉色级别的确定

1) 干涉色是指在白光照明下,正交偏光镜间非均质矿物切面呈现的颜色,称干涉色。干涉色的产生是由白光通过矿物切片时产生双折射,在二偏振光波之间发生一定的光程差,通过上偏光时两光波在同一平面内振动而相互干涉所致。也就是说,干涉色不是矿物本身原有的颜色,而是由于白光干涉的结果。这与单偏光下矿物的颜色不同,两者不可混淆。

2) 干涉色级序是指白光照明在正交偏光间,随着石英楔的慢慢推入,光程差 [当下偏光 PP 射入矿物切片时,分解为 N'_g 和 N'_p 方向的两个偏光,因 $N'_g > N'_p$,所以 N'_g 为慢光, N'_p 为快光。当 N'_g 方向偏光离开矿物切片时, N'_p 方向偏光早已离开了,因此,它们相互间保持了一段距离。这个距离称为光程差,以 R 表示。光程差大小与片厚及该片双折射率 (双折射率等于 $N_g - N_p$) 的大小成正比] 逐渐增大,视域中出现的干涉色将由低到高有规律的变化。这种干涉色有规律变化,就构成了干涉色级序。一般划分为四个级序。

第一级序干涉色为暗灰—灰白—浅黄—橙—紫红。

第二级序干涉色为蓝—蓝绿—绿—黄—紫红。

第三级序干涉色为蓝绿—绿—黄—橙—红。

第四级序又依次重复出现上述干涉色,但颜色比三级较淡。比四级再高的干涉色,分不出各干涉色的界线,它们相互混合,呈现近于白色,而带浅红,浅黄色调的干涉色,称为高级白干涉色。

上述一级至四级干涉色,都以红色作为它们的结尾。把每一级结尾部分干涉色称为这一级顶部干涉色。如讲到某矿物最高干涉色为二级顶部,就是指二级红或二级稍带黄的红色。相应地把蓝色称为底部,黄、绿称为中部干涉色。

由上可知,干涉色级序的高低还决定于矿片的厚度和双折射率。如果按一定方向切取不同厚度,则厚度越大,干涉色即越高。干涉色的高低,还决定于薄片切取的方位。在通常的岩石薄片 (如花蕊石薄片) 中,同一矿物往往有许多切面,因此有各式各样干涉色。但必须注意寻找该矿物的最高干涉色,对于一轴晶矿物是平行光轴 (在非均质体中,不产生双折射的方向称为光轴) 切面干涉色最高;对于二轴晶矿物来说,平行光轴面 (包含两个光轴的面称为光轴面) 的切面干涉色最高。如垂直光轴切面双折射为零,呈全消光;其他方向的切面,其干涉色介于灰黑与最高干涉色之间。由上可知,不同矿物的最大双折射