储集岩研究方法丛书

荧 光 显 微 镜 技 术

郭舜玲孙玉善尚李平陈丽华编著

石 油 工 业 出 版 社

（京）新登字 082 号

内 容 提 要

《荧光显微镜技术》是储集岩研究方法丛书之一

本书从荧光显微镜工作原理到石油地质应用，进行了系统的介绍。其中对沥青成因类型、储集层有效空间、生油层和石油运移以及井下含油预测等方面的研究作了详尽的叙述 提出了荧光显微镜研究生、储、 运等方面的内容、方法、及地质意义 本书结合内容精选了 28 版彩色照片，可供从事荧光显微镜技术工作，以及应用荧光显微镜鉴定成果的石油地质、勘探、开发、钻井、采油工程技术人员参考。

储集岩研究方法丛书
荧 光 显 微 镜 技 术
郭舜玲孙玉善尚李平陈丽华编著
*
石油工业出版社出版
（北京安定门外安华里二区一号楼）
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行
*
850×1168 毫米 32 开本 3 印张 14 插页 74 千 字 印 1-1000
1994 年 2 月北京第 1 版 1994 年 2 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-1005-4／TE・935
定价：6.40 元

储集岩研究方法丛书编委会名单

（按姓氏笔划为序）

主任委员：　石宝珩

副主任委员：应凤祥　裘亦楠　薛叔浩

委　　员：王衍琦　朱国华　邢顺泾
张荫本　陈丽华　周自立
赵　瑛　郭舜玲　翟义宾

序

油气储集层是油、气贮存的空间和场所。在一定意义上讲，石油、天然气勘探、开发的全过程就是认识、寻找、评价、改造储集层，充分挖掘储集层油气潜力的过程。

中国石油地质条件复杂，油气储集层类型繁多，随着石油勘探、开发的深入，对研究储集层、认识储集层、评价储集层的要求也越来越高

当前国内外储集层评价的显著特点是紧密围绕油气勘探、开发的需要，发展多学科的综合研究，即综合地震、测井、试井和沉积地质学、数学地质、计算机等各种技术手段多专业协同合作，地质研究与油藏工程相结合，解决勘探开发实际问题。

为了迅速提高储集层研究的工作水平，配合“八五”储集层科技攻关项目的开展，我们决定尽快编辑出版一套多学科的“储集岩研究方法丛书”。

初步决定第一批出版“储集岩研究方法丛书”共六本。它们包括“储集层成岩作用研究中的岩矿分析技术”、“阴极发光技术”、“荧光显微镜技术”、“X 射线衍射分析技术及其应用”、“电子探针波谱及能谱分析技术”、“扫描电镜在石油地质上的应用”。

这六本丛书是石油系统有关技术人员多年工作经验的总结。这些实验技术的发展以及近几年来在我国储集层工作上的应用使石油地质学这门传统的概念科学向定量化大大前进了一步，使重建古环境、沉积岩成岩史、孔隙演化史的研究有了很大的突破。

我们期待“储集岩研究方法丛书”的陆续出版能够作为储集岩研究人员的参考丛书，能够促进当前储集岩研究工作的发展，迅速提高储集岩研究水平，提高效率，更好地为勘探开发服务，并解决生产实际问题。

石宝珩

前　言

荧光显微镜技术作为研究石油生储条件的一种方法,在石油勘探开发领域中已得到广泛应用，本书是笔者在多年荧光薄片鉴定工作经验和总结本专业当前国内外发展状况的基础上编写而成的。

荧光显微镜是以紫外光为光源，通过激发岩石薄片中石油沥青物质产生荧光图象，而满足与岩石特征同时观察的条件。镜下能将不同组分的沥青物质在岩石中的存在方式清晰地反映出来，直接揭示了岩石中石油沥青物质的分布及与岩石结构、构造、次生缝洞的关系。

1936 年前苏联已开始应用荧光显微镜研究沥青质岩石，自1958年以来，用荧光显微镜研究裂缝性储油层，在石油成因理论和用于寻找研究油气藏方面起到了一定作用。 1970 年原苏联已应用荧光显微镜开展对石油运移的研究工作。

法国、澳大利亚、日本、美国等国的石油勘探工作者曾用荧光显微镜研究生油岩。

1958 年我国从原苏联引进了荧光显微镜技术，用来研究石油沥青物质的产状，至 1975 年，国内一些油田相继配备了荧光显微镜。

30 多年来，荧光显微镜在我国已成为石油系统地质实验室的一项常规分析手段，也成为石油勘探工作中必不可少的工具，在西南、华北、西北地区的勘探工作中发挥了重要作用。笔者以华北碳酸盐岩性油气藏的研究成果为主，将荧光显微镜用于研究的主要内容着重作以下几个方面的介绍。

①在紫外光源下，将不同组分的沥青物质所被激发的不同色序的荧光及其发光的亮度进行分类表格化，表格对资料使用者及初学者了解沥青组分与其含量可提供很大的方便。

② 石油沥青物质与岩石之间的成因研究。用荧光显微镜技术对岩石中的沥青物质与矿物的联系形式、沥青形成和运移与成岩阶段相结合划分了沥青物质的成因类型，该划分法对原生沥青和次生沥青在各成岩阶段所反映的结果，分别进行了详细论述应用该方法研究石油的初次运移、次生沥青聚集的相对时间、追溯油源及判断产油层等对勘探工作具有重要的实用性

③ 储集层空间类型的研究。应用荧光显微镜技术可对储集层中各种不同类型的有效储集空间，进行了详细分类并根据荧光显示的色序、浸染色晕、发光亮度来分析和确定沥青的主要组分及其产量等，在一个地区进行含油评价时，可提出较为实际的含油资料。

④ 生油层和石油运移的研究。应用荧光显微镜技术确定同生沥青产状，分析有机质丰度、成熟度以及石油的初次聚集、运移等，均可取得一定效果。

⑤ 预测含油性的研究。应用荧光显微镜技术对含油层的产油能力、真假含油显示及其油气水界面的判断，可提供一定的依据，有助于指导现场地质工作。

⑥ 对应用荧光显微镜技术定量化研究储集层含油特征及致密岩石微孔隙的方法，进行了简要的介绍，可供参考

1988 年石油系统已由专家审定产生了荧光显微镜鉴定方法标准—— 能源部部颁标准 ZB E11 0029-89 《岩石荧光显微镜鉴定方法》。所以荧光显微镜在石油系统的应用已有了公认的标准及法规。实践证明，应用荧光显微镜技术对寻找石油，评价生油层及储集层是不可缺少的方法之一，在石油系统将会得到广泛深入的应用。

本书主要章节由郭舜玲执笔，孙玉善、尚李平、陈丽华参加了编写工作。在本书编写过程中曾得到北京石油勘探开发科学研究院实验中心、华北石油管理局勘探开发研究院、新疆石油管理局勘探开发研究院以及其他兄弟油田研究院的大力支持，在此一并致谢。

目　　录

第一章　荧光显微镜工作原理及样品制备 …… (1)
第一节　荧光显微镜结构、工作原理 …… (1)
第二节　选样及样品制备 …… (8)
第二章　镜下观察 …… (11)
第一节　偏光显微镜观察 …… (11)
第二节　荧光显微镜镜下鉴定内容 …… (12)
第三章　沥青的成因分类 …… (15)
第一节　按沥青与矿物的联系形式划分 …… (19)
第二节　按沥青的形成和运移与成岩阶段相结合划分 …… (19)
第四章　储集层研究 …… (22)
第一节　碳酸盐岩 …… (23)
第二节　碎屑岩 …… (29)
第三节　其他岩类 …… (36)
第五章　生油层研究 …… (42)
第一节　固体有机质类型的鉴别 …… (42)
第二节　寻找可能的生油层 …… (48)
第三节　对生油层进行评价 …… (49)
第四节　油源研究 …… (50)
第六章　石油运移的研究 …… (55)
第一节　运移方向的研究 …… (55)
第二节　运移时间的研究 …… (59)
第七章　荧光显微镜下的现场地质应用 …… (61)
第一节　含油性的判断 …… (61)
第二节　真假油层的镜下鉴别 …… (62)

第三节　荧光显微镜下对油水界面的判断 …… (65)
第四节　含油性的预测 …… (67)
第八章　荧光显微镜在储集层研究中应用的新方向及新技术 …… (70)
第一节　荧光显微镜鉴定的定量化与应用 …… (70)
第二节　荧光显微镜研究致密岩石微孔隙的新技术 …… (74)
参考文献 …… (78)
图版及图版说明 …… (79)

第一章　荧光显微镜工作原理及样品制备

荧光显微镜技术是在普通显微镜技术基础上发展起来用于研究岩石与其含油特征的一种快速简便的分析手段。它是以紫外光为光源，通过激发岩石中石油沥青物质后，产生出可见的荧光图象，为观察者直观地揭示石油沥青物质在岩石中的各种分布状况，这就是荧光显微镜所特有的功能。

第一节　荧光显微镜结构、工作原理

一、结构

随着现代科学技术的发展，荧光显微镜结构在不断地完善，功能多、外观造型美的仪器在不断地推出，见图 1-1～图 1—6，目前荧光显微镜的主要结构由以下三个方面组成。

*1.*透射光系统

本系统大体可分为光源部分、仪器主体部分及镜头，图 1-7a。

(1) 光源部分　包括：①石英汞灯石英质外壳内充填超高压或高压汞气的灯管。②消球差透镜。通过该透镜可使由光源来的光线形成清晰而平行的光束。③激励滤光片。为了滤掉由灯管所发出的其它非紫外光部分，选用光谱波长为 365nm❶ 的紫外光滤光片，使光源成为紫外光源。

(2) 仪器主体部分　与生物显微镜构造基本相同，具有台下棱镜、台下聚光镜及载物台等，先进的还具有偏光装置。

❶nm　$1nm = 10 \times 10^{-10}m$.

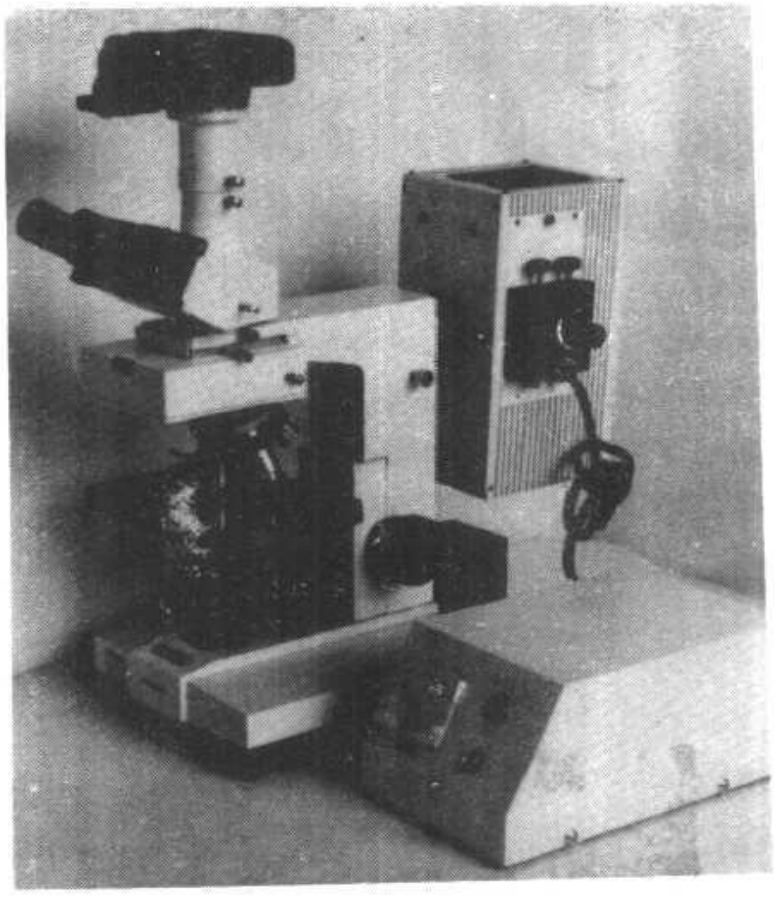


图 1-1　国产 XSY-1 型荧光显微镜

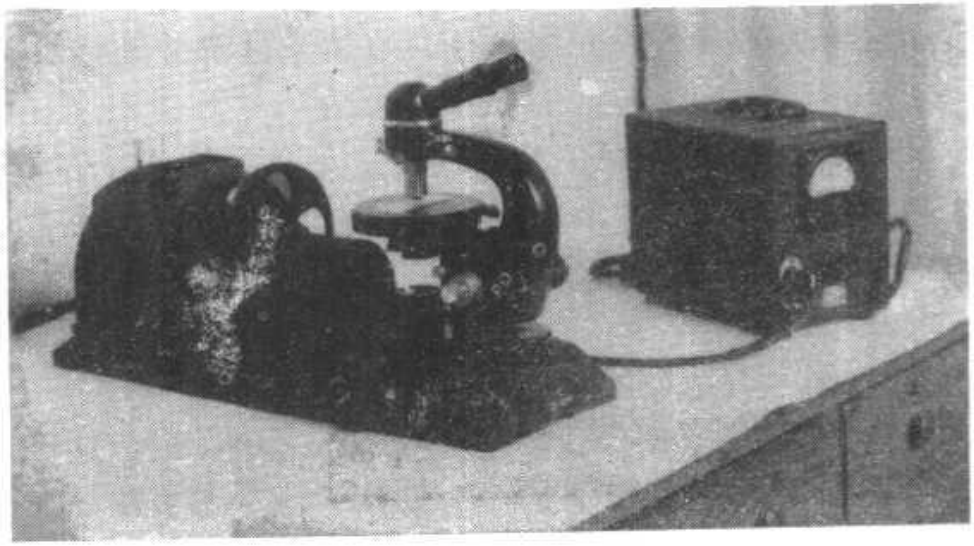


图 1-2　50 年代由苏联引进的 MYφ-3M 荧光显微镜

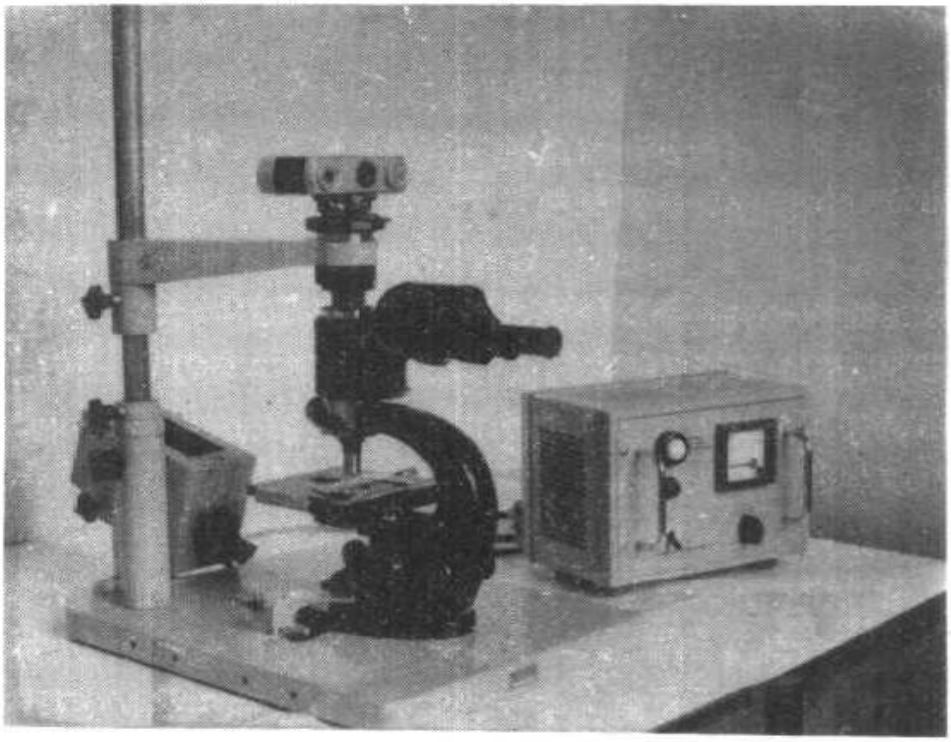


图 1-3　60 年代由东德引进的 ME-SE 型荧光显微镜

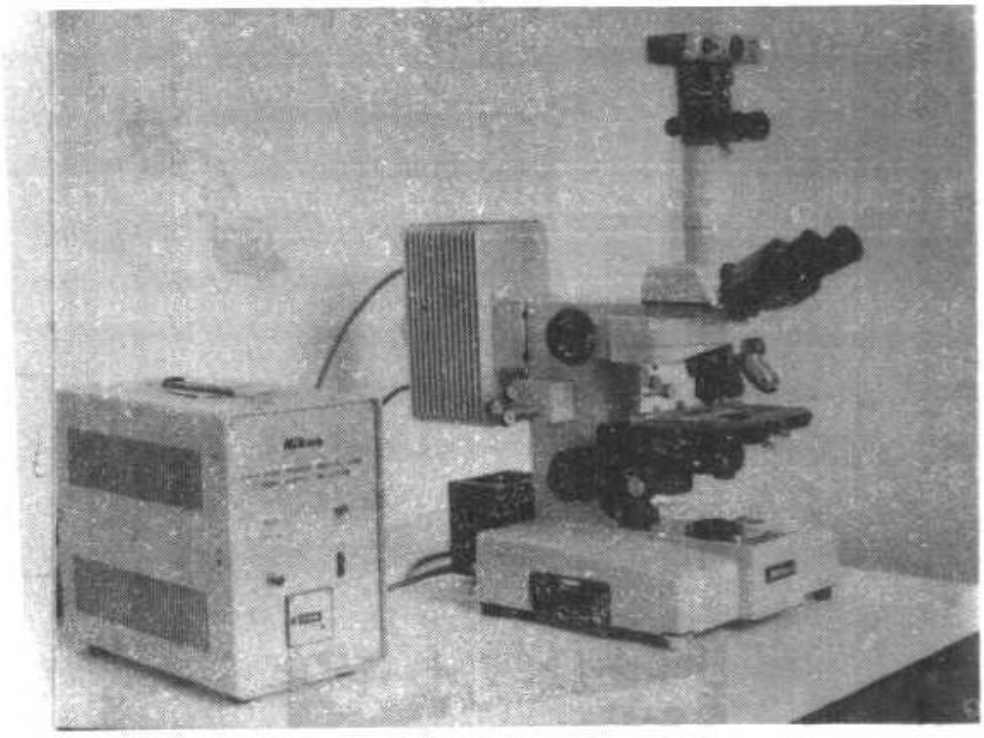


图 1-4　80 年代由日本引进的 NIKON 牌荧光显微镜

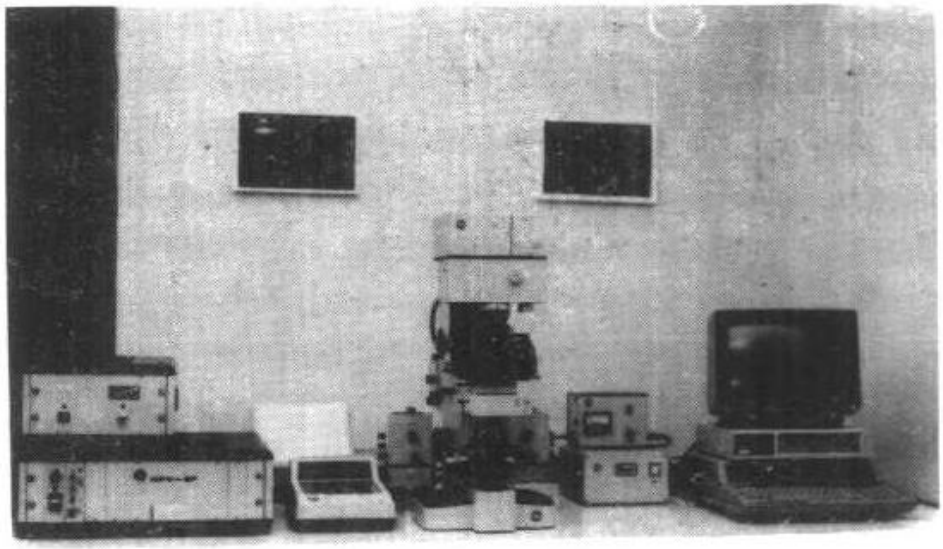


图 1-5　由西德引进的 MPV-SP 具荧光系列的显微光度计

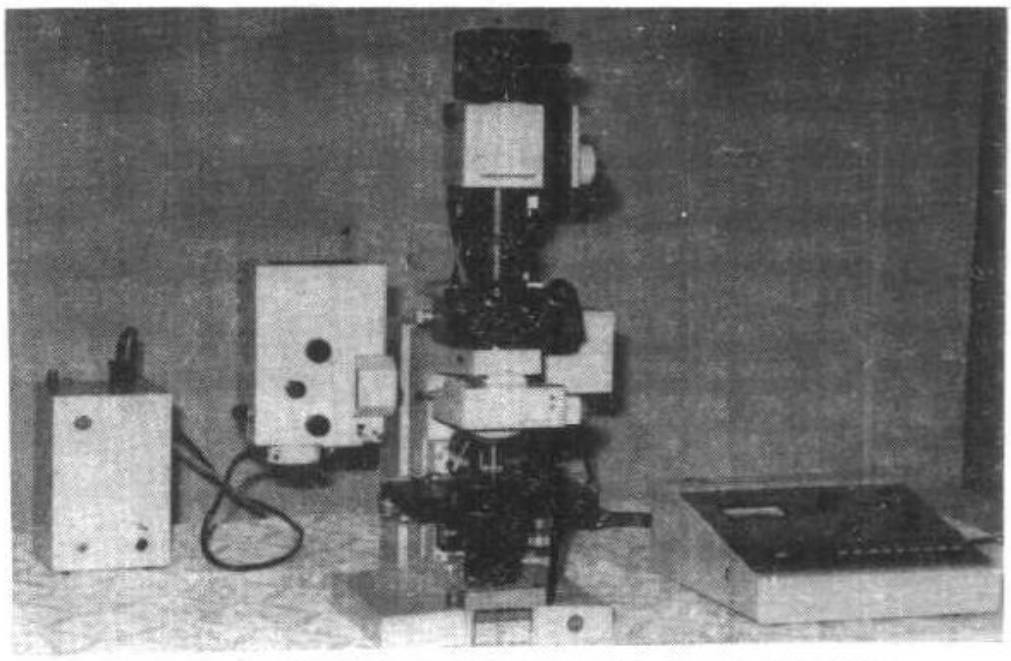


图 1-6　由西德引进的 ORTHOLUX-II 型荧光显微镜

(3) 物镜及目镜镜头　具有一套显微目镜和显微物镜系统.它是在可见光通过与发荧光物体的光程范围内的条件下　进行肉眼观察和在紫外线透射光下照相用的，常配有石英萤石物镜、玻璃透镜、消色差物镜等

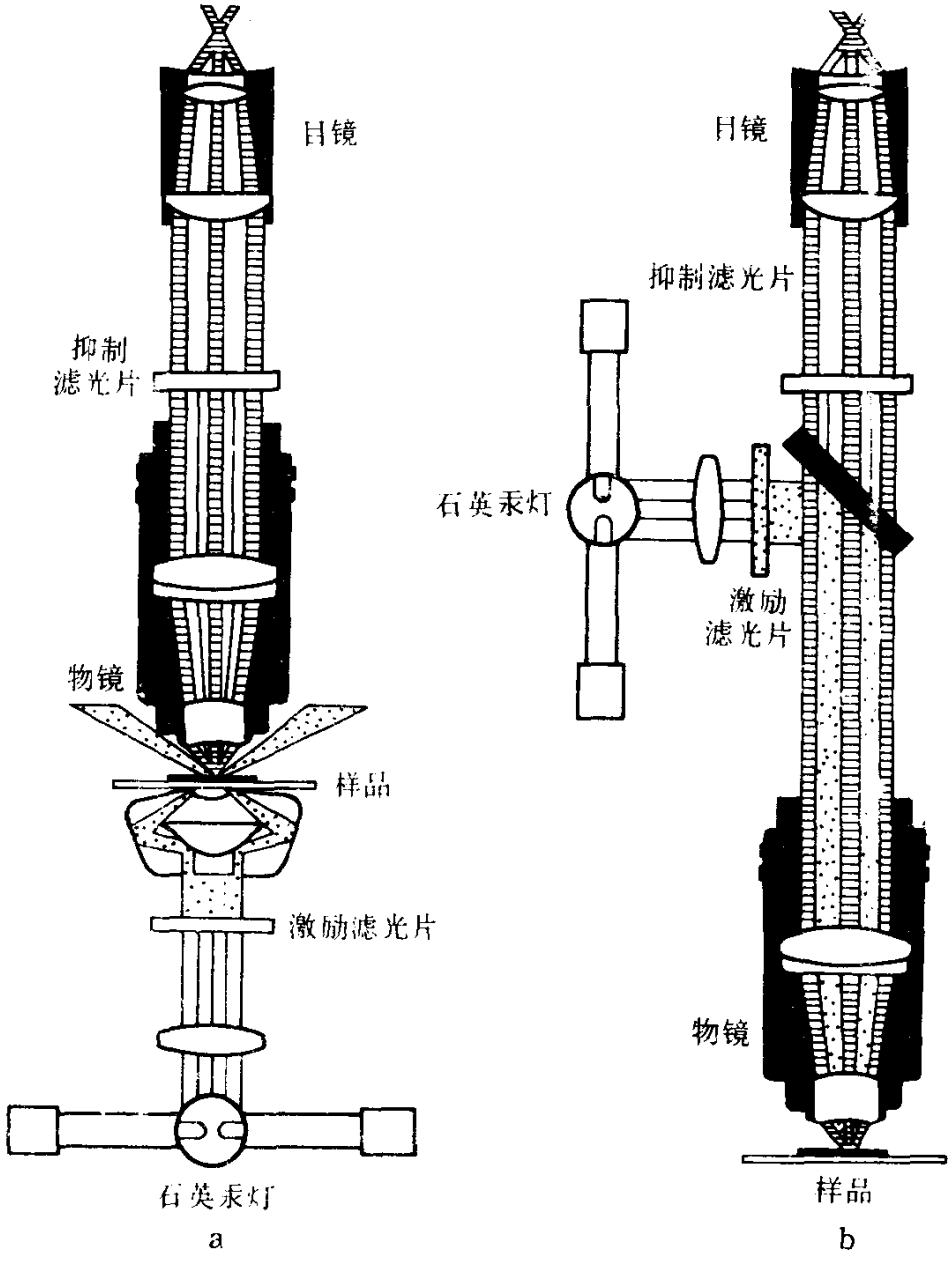


图 1-7　透射及反射光光路图

a.透射光路;b. 反射光路

(4) 抑制滤光片　为了保护观察者的眼睛，在进入目镜的光路前安上一个波长在 436nm 以上的滤光片，它几乎完全吸收了波长短于 365nm 的紫外光线。

透射光系统由光源产生紫外光，经仪器的主体（台下折光棱镜及聚光镜）透射到载物台的岩石薄片上，再经物镜、目镜直接投射到观察者的眼睛中。

该系统是用来观察岩石薄片中所含烃类物质的各个组分（除不发光的烷烃外）。

2.反射光系统

它的光源系统与透射光系统相同，不同的是它不通过台下折光棱镜和聚光镜，而直接将荧光发生器安装在显微镜基座上（见图 1--7b）。这样由光源来的光改变了原光路系统，使紫外光先经过物镜上端，通过物镜照射到载片的物体或岩石磨光面上，将激发的荧光反射回物镜经目镜到达观察者的眼睛。

反射光系统所观察到的光线是岩石表面能被紫外光激发而产生的荧光。由于轻质沥青易逸散往往浮在岩石表面，所以用反射光来观察薄片及岩石磨光面的轻质沥青物质以及煤层、天然沥青、裂缝中的沥青物质等。

3.照相系统

照相系统是用来拍摄对镜下观察到的代表性或典型性内容以充实文字描述的再现性增添的一项辅助系统，目前该系统的功能多为自动化，它主要包括电子测光装置、变倍镜头、照相机和控制盘，照相机一般都装置在仪器主体的顶端，由电缆连接控制台，操作极为方便。

光路系统见图 1-8。

二、工作原理

荧光显微镜是以紫外光作为光源。紫外光激发能够发光的物质产生荧光，石油中某些具有共轭双键的有机物质（含生色团和助色团）可被激发而发荧光。观察分析这些发光物质本身的变化

及其与岩石结构、构造的相互关系，从而分析判断有机质的类型、变质程度、有效储集空间、油气运移等一系列有关石油地质问题。

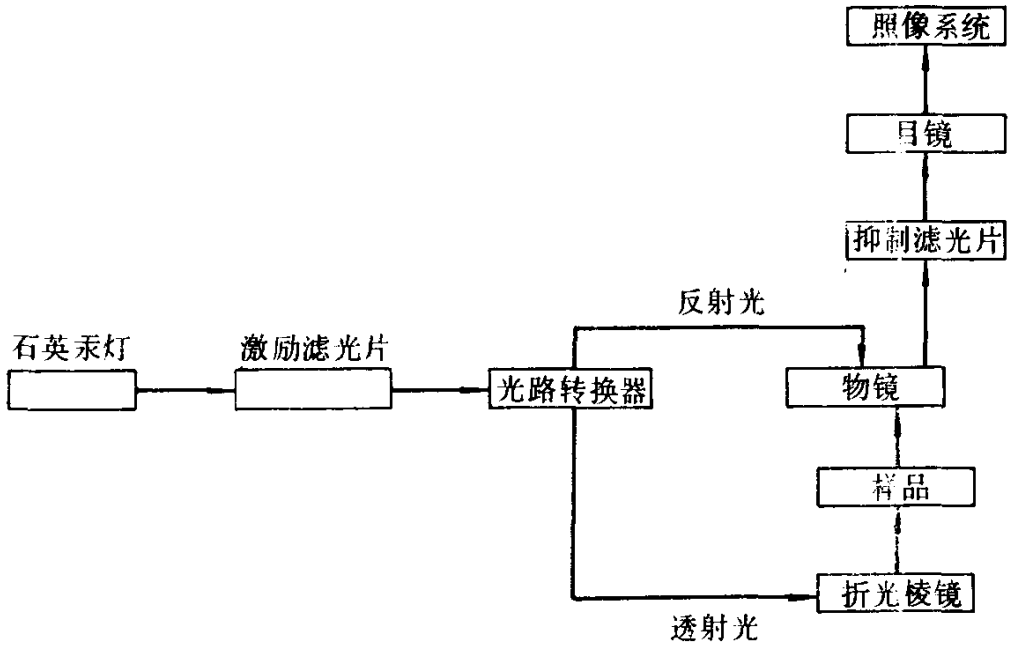


图 1-8　透射及反射光光路框图

石油除凝析汽油和石蜡不发光外，大部分组分都具荧光性。石油的发光性质取决于它的化学成分，石油是一种液态的以碳氢化合物为主的复杂混合物。石油主要组分中的油质沥青、胶质沥青、沥青质沥青发荧光。

油质沥青为烃类化合物，包括饱和烃、环烷烃、芳烃。除饱和烃中的气态烃不发光外，其余均发荧光。胶质沥青为含氧、氮、硫的烃类，是石油中较固定的组分，含量不低于 1%，沥青质沥青为不溶于石油醚的胶质沥青

在石油中沥青质含量一般总比胶质含量少，胶质一沥青质含量的增高一般伴随着烃的含量降低。苏联已做过一些工作，在含量低于 10%的中性胶质石油可含 0.2%～10.0%的固态烃，有时达 25%；在胶质大于 20%的石油中，固态烃的含量不超过

10%；在富含胶质（11%～33%）和沥青质（5%～77%）的沥青中观察不到固态烃和饱和烃。

在含沥青❶物质成分中，组分相互关系的变化影响着它们性质的变化，包括颜色和发光强度的变化。岩石中含沥青物质性质和成分的不同，是受形成岩石时的沉积环境和成岩后生阶段一系列作用所形成的岩石成分、结构、构造、缝、洞、孔所控制。

与岩石的原始成分、结构、构造有密切关系的同生或原地的沥青物质称为原生沥青，即与围岩同时形成的。

与围岩无成因联系的，称后生的或异地的次生沥青，主要分布在沉积期后形成的结构、构造、缝、洞、孔中。当含沥青丰富时，可以将整个岩石浸染（包括了所有的原生结构及构造）。

借助于石油沥青发光的特性，在岩石保持完整的结构和构造的情况下，可以观察岩石中沥青物质与周围矿物岩石之间的各种关系。根据发光的性质及发光的产状来追溯沥青与岩石之间的成因，从而解决石油地质工作中的一些实际和理论问题。

第二节　选样及样品制备

一、选样

凭肉眼观察挑选出的样品，不能全部来作为荧光制片，需在荧光镜下精选有显示的或有代表性的样品才能进行制片。选择步骤如下。

1.岩屑

1）把送来的样品，选择不同类型的岩屑平放在 4×8cm 的玻璃上，摆均匀，不要互相挤压和重叠。

2）打开荧光显微镜灯，在载物台上用反射光路系统进行观察挑选有代表性发光样品，用镊子将其取出，包在纸内，编号。一般可取 4～5 块。

❶ 本文中的“石油沥青”“沥青物质”“沥青”等，均指石油烃类—编者

③选一块与上述有代表性荧光岩样相同类型的岩性做偏光制片。

*2.*岩心

根据研究目的与内容用肉眼或紫外光选择具有代表性的部位或发光好的部位，或有缝、洞、孔的部位用色笔划印进行切制薄片，但滴过氯仿的样品不能选做荧光制片。

二、样品制备

荧光鉴定要求薄片的厚度和粘胶的性质都与偏光岩石薄片不同。后者所用的加拿大树胶属于有机质，发强烈的蓝色光，故不能用以制荧光薄片。因此，过去曾选用水玻璃作为粘合剂。荧光薄片厚度要求在 0.05mm 左右，过薄或过厚都会影响观察效果。另外薄片岩石表面一般不加盖片，为使载片后牢靠，长久保存，载物片的一面应磨制成毛面。

水玻璃（液体硅酸钠）虽然不发光，但它存在着两个显著的缺点：①见水溶解，不能湿磨，磨到一定厚度后必须干磨。②不易快干，一般粘结后要等 1～2 天（随天气湿度变化而定），由于有这两条缺点，不能满足生产上的急需，后又发现另一种固体水玻璃胶，在粘合后符合快干的要求，但它只适用于岩屑制片，当岩样大于 $1cm^2$ 时，易造成岩石破裂。

经实践发现“KH-502 常温快速胶粘剂”为目前较为理想的粘合剂。它的特点是：不发光、不吸水、粘结力强、速干、无色透明、无毒，同时比较经济、方便（省去煮胶、烘烤等工序），缺点是：①粘片时必须一次成功，稍有不慎，岩石样品易报废，因该胶粘结力强，粘合后不能再将岩石从薄片（载玻片）上取下来：②粘片时用胶量需适当，胶量过多时致使岩石周边溢出之胶不易清除，或在清除过程中造成岩石与胶同时脱落； ③有些特殊样品（如含油丰富的岩石）在粘片后的几小时，在薄片上往往产生少量气泡。

在荧光薄片鉴定过程中，为便于了解岩石矿物成分、后生变化与含油的成因关系，必须配制相应切面上的岩石偏光片或使用

多用片。

荧光与偏光配套制片流程见图 1–9

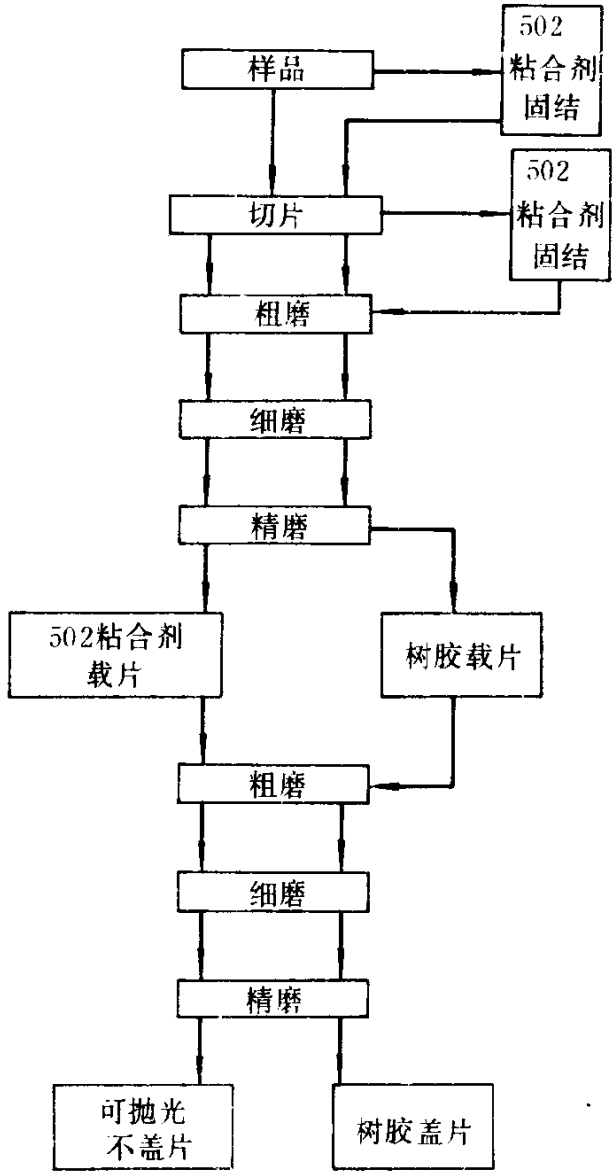


图 1–9 荧光配套薄片制片流程图 ❶

❶ 用相对应的切面各做荧光和偏光的切片

第二章　　镜下观察

荧光镜下观察，必须与偏光薄片鉴定紧密配合，因为它要借助于偏光显微镜准确取得岩石的成分、结构、次生变化及缝、洞资料。

第一节偏光显微镜观察

首先用偏光显微镜观察岩石结构、构造、各组分及孔隙的演化情况，再进行荧光观察。

*1.*碳酸盐岩

观察描述成分及含量、结构、生物属种、次生变化、胶结物成分及含量、胶结顺序、成岩演化、孔隙成因、裂缝成因充填物、切割等情况。

*2.*碎屑岩

碎屑成分、含量、结构、胶结物成分及含量、生成顺序、胶结类型、颗粒接触关系孔隙等特征。

*3.*特殊岩类（火山碎屑岩、火成岩、变质岩）

成分、结构、孔隙类型、裂缝类型、充填物、切割关系等

*4.*泥岩

泥岩中矿物成分指相矿物的产状、颗粒大小、颜色；有机残体成分、堆积情况、数量与沥青之间关系；碳酸盐矿物或其它颗粒含量、产状；缝隙类型、充填物、切割关系等。

第二节　荧光显微镜镜下鉴定内容

透射光用于观察一般含油样品；反射光用于观察煤层、天然沥青、微细裂缝中的沥青物质及其他有机岩类。

沥青组分、含量及性质的确定：发光颜色反映沥青的组分；发光亮度反映沥青的含量；沥青在围岩中分布情况和有机残体、指相矿物的总和反映沥青的成因性质。

1.沥青的发光颜色与成分的关系

见表 2-1

表 2-1　沥青的发光颜色与成分

沥青组分	发光颜色	石油组分	图版实例
油质沥青	黄、黄白、淡黄白、绿黄、浅绿、黄、黄绿、淡黄绿、绿、淡绿、蓝绿、淡蓝绿、绿蓝、淡蓝绿、蓝、淡蓝、蓝白、淡盐白、白	为烃类化合物，包括饱和烃、环烷烃、芳烃、除饱和烃中的气态烃不发光外，其余均发光	图版 I 1-2
胶质沥青	以橙为主、褐橙、浅褐橙、淡褐、黄橙、淡黄橙	为含氧、氮、硫的烃类，是石油中较固定的组分，含量不低于1%，芳烃为主	图版 II 1-2
沥青质沥青	以褐为主，褐、淡褐、橙褐、淡橙褐、黄褐、淡黄褐	为不溶于石油醚的胶质沥青，非烃及沥青质	图版 III 1-2
碳质沥青	不发光（全黑）		

2.发光强度与沥青含量的关系

见表 2-2。

3.沥青产状与沥青性质的关系

沥青在岩石中的分布是多种多样的，有在洞内的、粒内的、粒间的、晶内的、晶间的，每种沥青产状实际上反映了它的成因本质（沥青的性质）。认识这些成因类型将有助于揭示石油生成运移聚集的规律。

4.碳酸盐岩荧光鉴定

其收集内容如下：

(1)盆屑荧光显示　详细描述盆屑本身的缝洞发育情况、延伸范围、发光情况（强度、范围、部位、色泽、色晕）等；

(2) 胶结物荧光显示　需收集晶粒大小与含油性质的关系胶结物与次生孔、洞、缝的关系及含油显示等情况；

(3) 裂缝　应描述缝的成因类型，缝与基质的关系，发光显示应详细记录浸染方向、范围、色泽、色晕、强度与发光部位等，特别注意晚期缝发光显示；

(4) 孔、洞　基本与缝相似，应收集洞的形成范围、成因、时间与缝的关系。

表2–2　发光强度与沥青含量关系

发光强度	沥青大致含量
极亮 亮 中亮	最高 高 较高
中暗	中低
暗 极暗	低 极低

5.碎屑岩荧光鉴定

应注意以下几个内容的收集：

1 碎屑颗粒的蚀变与含油性的关系；

2 孔隙类型及形成时间与含油相对时间的关系；

③胶结物的形成顺序，充填情况，演化过程及其对油气的影响。

6.特殊类型岩性荧光鉴定

要着重描述孔、缝中沥青物质的发光色泽、亮度、浸染方向及色晕，详细区分沥青物质与各期充填物、交代物之间的关系

7.泥岩

除对生油岩发光特征的描述外，还应注意泥岩中孔隙和裂缝的荧光显示。

第三章　沥青的成因分类

1970 年苏联弗罗洛夫斯卡娅和奥夫奇尼柯娃在“含沥青物质的荧光显微分析”一文中，将沉积岩中的沥青物质按产状（显微构造）及其与岩石之间的关系进行了分类，她们将沥青成因分为两大类，即同生沥青和后生沥青，概括了沉积岩（砂岩、粉砂岩、泥岩、碳酸盐岩等）的各种类型的沥青产状（表 3-1）。

根据这一分类很快找到沥青形成的原因，这是一个较好的分类方法，它具有简单实用的特点。不足之处如下：

① 只以沥青的形态和产状分类，并未将颜色指标（在荧光镜下沥青发光的颜色和色晕）包括在内。因为颜色也是具有一定的成因意义，如原生沥青重质较多颜色偏暗。次生沥青在孔隙空间中心部位较重（相对外围的沥青而言）而向壁外浸染则愈远愈轻。

② 仅将游离沥青成因进行了分类，未将束缚沥青一起进行分类。不同阶段形成的沥青成因也不同。

③ 次生沥青的种类，弗罗洛夫斯卡娅总结有三种类型。第一种类型是对有机物保存的位置来说是后生的；第二种类型是对饱含有机物质的地层来说是后生的；第三种类型是对沥青物质运移来的油藏来说是后生的。在分类中没有区分

尽管要确切的区分上述的三种类型存在着许多困难。但是根据沥青与不同成岩阶段岩石中所形成的孔隙关系，可以将次生沥青划分出早、中、晚三期。

笔者根据华北地区碳酸盐岩常见沥青类型，按照两项原则进行了成因分类（表 3-2）。它反映与碳酸盐岩有关的沥青成因分类。

表 3–1　在沉积岩中按产状（显微构造）确定的沥青物质成因类型表

在岩石中沥青物质的分布	显微构造	沥青物质成因类型	
		同生的	后生的
均匀分布(根据样品整个表面发光而定的)	均匀的	在分散有机物均匀分布的情况下(泥岩、粉砂岩、石灰岩)	在有孔隙夹层(砂岩、石灰岩)中、被沥青物质浸染和在夹层中有机物质的不均匀分布或有机物质缺失的情况下
不均匀分布(根据岩石的个别部位、各种形态、大小、夹层、透镜体、单个的点、有机物化石和从各方面切割岩石之脉的发光来确定的)	不均匀的(斑点选择浸染的)	在岩石矿物成分不均一和随有机物和沥青物质含量变化情况下(泥岩、砂岩、泥灰岩、石灰岩)	在重结晶的及岩石(粉砂岩、石灰岩、泥灰岩)次生变化的部位中,找到沥青物质的情况下
	层状的(透镜体状的、带状的)	在沥青物质、有机质成分和含量以及岩石矿物成分同时变化的情况下(泥岩、砂岩、石灰岩夹层、互层)	随着岩石(泥岩、砂岩、石灰岩、夹层、互层)物理性质变化沥青物质成分和含量亦变化的情况下
	点状的(间隙和碎屑的)	在发光岩石(泥岩、粉砂岩、砂岩和碎屑灰岩)和矿物细小碎屑存在情况下	在自由的孔隙空间(泥岩、砂岩、粉砂岩、石灰岩)被沥青物质充填的情况下
	碎斑的(均匀的、斑状的、间隙和裂缝碎斑的)	有胶结物的原始特征中,沥青物质具均匀分布情况下(具有灰质的、泥质的和其它胶结物的砂岩和粉砂岩的,具灰质胶结的生物灰岩)	在胶结物中(具有灰质泥岩和其他胶结物的砂岩和粉砂岩,具灰质胶结的生物灰岩)沥青物质不均匀的分布(斑点、间隙及裂隙的)
	生物的(鲕状的、有孔虫片的、珊瑚的等等)	沥青物质赋存于生物化石中,而这些化石含有未经次生变化过程的泥状物质(生物灰岩、含生物化石的泥岩、砂岩和粉砂岩)	沥青物质与经受重结晶变化置换过程的有机化石共生情况下(生物灰岩或在泥岩、砂岩、石灰岩中的生物化石)
	粒间的(接触的)	没有	在砂岩中以及重结晶粗晶灰岩和白云岩中粒间空间部分被充填的情况下
	洞穴的	没有	石灰岩、白云岩、砂岩中的洞穴、大的次生孔隙及溶蚀孔隙被充填的情况下
	裂缝的(脉状的)	没有	在所有的岩石中,裂隙被沥青物质充填或与其它矿物共生情况下,根据裂隙切割可确定充填次序
	再生的(颗粒周围的增生还原)	没有	与在矿物颗粒(方解石、蛋白石等等)周围形成增生结构的矿物共生以及个别矿物颗粒中(砂岩、粉砂岩)形成沥青物质镶边的情况下

表 3-2　荧光镜下碳酸盐岩沥青产状成因类型(以华北中上元古界、奥陶系为主)

按沥青的形成和运移阶段 \ 按沥青与矿物联系形式				游离沥青(沥青"A")	图版实例	束缚沥青(沥青"C")
原生沥青	泥晶隙			往往不易分辨含油部位,整个岩石呈均匀弥漫状或雾状发光	Ⅳ-1	与沥青"A"不易区别,必须碎样后加 Hcl 洗净再抽提 如由泥晶组成,则用上述方法才能抽提出来
	成层、条带的泥晶隙			叠层石、层纹石的富藻层发光呈均匀弥漫状		
	生物体腔			生物作为生油母质时,由体腔向外浸染,内重外轻		
	粒屑本身			核形石、凝块石、藻团粒、藻鲕等粒屑本身发光呈均匀弥漫状,周围不发光		
	藻屑本身			由含藻类岩石破碎成内碎屑,再沉积,仅藻屑本身发光,周围胶结物不发光		
次生沥青	早期(准同生-成岩早期)	晶隙	重结晶	细粉-粉晶晶隙发光,略浸染或不浸染晶体	Ⅳ-2	局限于晶体发光,晶隙不发光
			准同生白云岩	细粉晶近菱形-菱形晶隙比方解石不同级晶隙发光好,向晶体浸染		同上
		藻架孔第一世代充填物		沿晶隙发光,向基质浸染,第二、三世代充填物,不发光	Ⅳ-3	同上
		粒屑第一世代胶结物		沿胶结物晶隙发光,向颗粒浸染、第二、三世代胶结物不发光		同上

续表

按沥青的形成和运移阶段 \ 按沥青与矿物联系形式				游离沥青(沥青"A")	图版实例	束缚沥青(沥青"C")
次生沥青	中期(成岩晚期)	晶隙	二、三世代胶结物,充填物	粒状粉晶以上,晶隙发育,发光好,晶隙相通,呈网状发光体系	Ⅳ-4	同上
			重结晶	粒状粉晶以上,晶隙发光,向晶体浸染		同上
			晚期白云石	菱形具环带,晶隙发育,向基质及晶体浸染		同上
			再充填粒内晶隙	沿粒屑内部又充填白云石,方解石,晶体愈大,晶隙愈大		同上
		早期构造缝		成岩期内受构造力形成的缝,缝内充填物沿晶隙或缝壁发光,向基质浸染	Ⅴ-1	同上
		压溶缝		缝内为泥质充填,均匀黄褐色,略向基质浸染		同上
		层间缝		仅在层间缝的晶隙发光,穿层构造缝不发光		同上
	晚期(后生期—表生期)	溶洞		沿洞壁向基质浸染,色晕愈宽,色泽愈鲜、愈亮、沥青含量愈高	Ⅴ-2	局限于晶体内发光,晶隙不发光
		晶内溶洞		晚期重结晶粗大晶体被溶成晶内溶孔,沥青沿晶内孔发光,向晶体浸染		
		溶解缝		受淋滤晚期充填的溶缝、沿壁、晶隙向基质浸染,缝愈宽、发光鲜亮愈好		同上
		构造缝		沿张缝壁及已充填晶隙发光,向基质浸染,色晕愈宽,色泽愈鲜,愈亮愈好		

第一节　　按沥青与矿物的联系形式划分

按沥青与矿物的联系形式划分：可分为沥青“A”和沥青“C”前者又称游离沥青，是依附于矿物晶体表面能够游离、运移的沥青物质。后者也称束缚沥青，它是被束缚在矿物结晶格架之中或之间，用普通的抽提方法是提取不出来的，属化学结合到矿物结晶格架内的沥青物质。当沥青“A”参加到结晶格架内之后就成为沥青“C”。因为沥青“A”是能够活动的沥青物质，这种能自由运动的沥青，生成后经过运移、聚集可以形成油藏、它是石油存在的重要信息。沥青“C”是沥青物质在岩石矿物中的一种特殊产状类型，它的数量甚微，但分布普遍，在各个成岩阶段均可见到。

沥青“C”的出现，标志着该沥青物质在矿物结晶之前或结晶的同时曾经作为沥青“A”的形式存在，尔后参加到矿物的结晶格架中去。当明确该矿物结晶是处于成岩阶段某一个时间时，就不难推测出该沥青物质形成的相对时间。因此，当岩石中很多矿物含有沥青“C”时，这时沥青“C”的重要意义是能够直接提供沥青物质的生成、运移、聚集的相对时间。这对成岩、后生变化复杂的碳酸盐岩来说，有助于追溯地质历史时期石油的踪迹。

另外有人对沥青“C”的研究后认为：碳酸盐矿物在结晶时将有机质捕获，在高温高压下还可将有机质变为烃类释放出来，是生油母质的一个重要组成部分。

第二节　　按沥青的形成和运移与成岩阶段相结合划分

一、原生沥青

原生沥青是与围岩同时形成的，也就是说，是在岩石沉积作用和成岩作用早期与各种沉积物堆积和改造同时形成，它的直接

物质基础是各类有机物的残体。

发光特征：原生沥青的沥青“A”存在于岩石的原生基质中、以重质和中质组分为主，发光为均匀弥漫状，该沥青物质向着次生的孔洞、裂缝中运移（系指达到一定成熟度的有机质），愈远愈轻，镜下发光特征由褐一褐黄一橙黄–黄–绿–白色。原生沥青中的沥青“C”因不存在运移与集散的过程，所以镜下无浸染现象。

二、次生沥青

次生沥青是经过迁移作用的沥青。根据其迁移的时间和迁移的位置，共可分 3 类 15 种（表 3–2)。

*1.*早期次生沥青

脱离生油母质后最初迁移到原生孔洞、早期成岩孔洞中的沥青，分为 4 种。

2 中期次生沥青

它分布在由于岩石不断压实重结晶、晚期白云化作用加强而加宽了的晶体的晶隙中沥青。沥青“A”分布在晶隙中，沥青“C”局限于晶体内，如果在中期次生沥青形成以后，岩石中没有沥青的再次运移与聚集，则凡是晚于这一时期形成的缝、洞、孔均不发荧光的分为 7 种。

*3.*晚期次生沥青

这类沥青分布在构造作用后的淋滤、溶蚀形成的缝洞中，因此，它的显著特点是以沥青“A”为主，很少发现沥青“C”的踪迹。该类沥青分为 4 种。

通过镜下观察，发现分布在大缝大洞中或被充填物晶隙内的沥青，其发光特征是色晕宽，沿缝、洞壁向外浸染，愈远愈轻，或呈弥漫状浸染，在古潜山找油过程中，它是我们重点注意的对象。

尚需指出，晚期沥青由于其迁移时间晚，可以把中、早期或原生岩石全部浸染成不同规模的色晕，但早、中期次生沥青绝不能浸染到晚期所形成的孔、洞、缝中来。

把次生沥青细分成早、中、晚三期的重要意义，在于它不仅能提供沥青的运移、聚集的相对时间；同时根据沥青的产状及组分，在系统采样的情况下，可与其他分析配合来追溯其油源当一个地区明确了次生沥青的形成时间以后还有助于较准确地判断产层。

碳酸盐岩中沥青产状与成因关系的分类，是通过华北地区工作中不断总结而初步建立起来的。它的建立，使荧光鉴定工作有章可循，便于正确判断观察结果。

该成因分类的重要意义在于：必须正确区分沥青的形成时期和孔、缝的形成时间关系，才能对含油性作出正确判断

此外，根据对华北地区产油层特征的分析，曾得出了次生缝、洞发光情况与油的产量有直接的关系，基质发光强弱与产油无关的初步结论，并以此指导了生产。建立了按照成因分类的方法后，重新认识这一结论，充实了它的理论基础，就是原生沥青与次生沥青的差异。例如震旦系原生藻云岩广含原生沥青、尽管镜下基质发光很强，可是与产油无关；次生缝洞发光主要是第三系的油造成的。

第四章　　储集层研究

岩石中孔隙的多少、渗透能力的大小、孔隙在空间的几何形态、孔隙的类型以及它们与油气的关系等，都是研究储集层的重要参数。

近年来，由于扫描电镜、压汞法、离心机法研究孔隙结构的手段相继出现，将储集层的研究工作向前推进了一步。由过去测定岩石中孔隙度、渗透率一般数值进而对岩石中孔隙结构的几何形态进行研究。通过喉道的研究，可以评价储集性能的好坏，同时可以划分出储集岩及非储集岩类型。

随着成岩后生作用研究的深入发展，对于储集空间类型的认识以及它们的次生演化研究都有了显著的进展。不但能准确的将各种类型分辨出来，同时也能从成因上去认识它们，有些类型可以追溯它们的发生和发展过程，正确地划分出其成岩阶段。这些研究成果在指导石油勘探工作中具有十分重要的意义。

尽管如此，在上述各种研究方法中都没能给出它们与地下石油的关系，因为这些方法都是在没有考虑到石油参与下进行研究的。但石油和含沥青物质在岩石中真正的储集空间、渗滤通道、不同成因的沥青分布情况以及储集空间的有效性，在荧光镜下却可以清晰的显示出来。这是因为在荧光镜下以不发光的围岩矿物为背景，发光的石油在岩石中呈现出较为清晰的状态所致。石油经过渗滤通道进入储集空间，在这个过程中要留下某些痕迹。这些痕迹一般不随岩石的变化而消失。大量的观察结果表明，某些孔隙空间被水洗过以后，在这些空间的围岩中也会留下痕迹。如果是已被矿物充填的缝洞孔隙，在某些晶体接触处的角形空间中也会留下沥青的痕迹。

总之，根据这些痕迹，结合所研究地区的地质条件，就可以

追溯石油在不同储集空间的存在方式以及不同储集空间在容纳石油中所起的作用。

第一节　碳酸盐岩

一、岩石

岩石是形成各种储集空间的基础，为了明确孔、洞、缝的结构与成因，必须充分了解岩性、沉积结构类型，或成岩后期变化及构造力的改造情况等。对碳酸盐岩来说，沉积期后的改变情况及所造成的次生结构、构造往往是形成油气主要储集空间和渗滤通道的重要因素。有些作用使岩石的储集性能变坏；有些作用促使孔隙间互相沟通，扩大孔隙范围。因此，研究岩石所经受改造的过程、先后顺序及现状是十分重要的。沉积期后不同阶段碳酸盐岩的变化可以归纳成以下几类。

*1.*交代作用

包括白云化及去白云化，石膏化及去石膏化，硅化及去硅化，磷酸盐化，萤石化，天青石化，重晶石化等。

白云化作用形成的砂糖状白云岩是一种重要的储集岩类，四川三叠系高产气井多与白云化岩石有关。白云化可发生于不同的成岩阶段，有准同生白云岩化、成岩白云岩化、后生白云岩化、表生白云岩化等，后两种一般少见。准同生白云岩化，由于缺少坚固的“骨架”，不产生孔隙。成岩白云岩化作用有利于孔隙的增加，是白云岩化的重要形式。多为微一粉晶结构，部分可成细晶，呈层状分布。

去白云化作用，当含硫酸钙的地下水经过白云岩发育地区时，交代白云石，产生次生方解石，形成去白云化的次生石灰岩。其中方解石的晶粒变粗，孔隙度增加。但这种次生石灰岩，分布比较局限，常呈树枝状或透镜状出现于白云岩中。

石膏化作用，一般是孔隙度随硫酸盐化作用的加强而降低。

*2.*重结晶作用

在成岩后生阶段，重结晶作用使晶粒变粗（矿物成分不变，仅晶体的大小、形状及方位变化），晶间孔隙增大，并有利于形成溶蚀孔隙。

灰泥基质重结晶程度，取决于有机质及杂质（粘土）的含量，少含或不含时易重结晶，含量多时则不易结晶。胶结物一般很难重结晶，它一直保持到很晚的后生阶段才有可能发生重结晶。

3. 溶解及胶结作用

溶解作用使孔隙加大，甚至沟通孔隙与孔隙之间联系胶结作用和充填作用则使孔隙减小。

值得提出的是溶孔可以发生在早期成岩阶段及后生、表生阶段。正确的区分不同成岩阶段所形成的溶孔是很重要的，这必须观察溶孔与围岩介质的联系形式和其他结构、构造的关系来确定。

4. 某些自生矿物（如海绿石、黄铁矿等）的形成及同生构造的形成，如干裂、虫孔、泥晶化作用等

处于不同构造单元的各种岩性，其经历和变化均不同、 即或处于同一构造区而不同的岩石性质承受外界改造能力也各异，因此，不同成因的岩石有着它独特的沉积期后变化系统。

岩石中某些结构、构造的发生和发展往往具有一定的继承性。如某些溶孔是沿某些局部重结晶或白云化晶隙再改造形成的，在镜下观察应特别注意寻找它们之间的互相联系。

总之，对碳酸盐岩储集岩的孔隙结构和成因的研究，尤其是孔渗结构与油的成因的研究，一定要充分研究成岩后生作用。

二、储集空间研究（偏光镜为主）

①观察并记录各种储集空间形成的先后顺序。

②将这些储集空间按成因分类（表 4-1）。

③列出主要储集空间内充填物成分、晶粒大小、充填顺序（世代）。

④划分主要储集空间类型。

三、沥青物质及其与各储集空间的联系（荧光镜下）

1 根据沥青发光颜色和强度确定沥青的主要成分和含量、发光的颜色（包括由分馏所产生的色晕色泽）、浸染范围、方向及发光强度。

表 4-1 碳酸盐岩储集空间综合分类表

成因特征分类		储集空间类型	形成时期分类				组合形态分类
			原生		次生		
			沉积期前	沉积期	成岩期	后生期	
受岩石的结构构造控制	结构控制	粒间孔隙		▲			孔洞型
		粒内孔隙	▲				
		晶间孔隙		▲	▲	▲	
		溶模孔隙			▲	▲	
	沉积构造控制	生物格架孔隙		▲			
		鸟眼孔隙		▲	▲		
		生物穿孔孔隙		▲	▲		
		层面		▲			裂缝型
		不整合面		▲	▲	▲	
		缝合面		▲	▲	▲	
构造应力控制		构造裂缝			▲	▲	
溶解作用控制		溶缝、溶道			▲	▲	
		溶模、溶孔、溶洞			▲	▲	孔洞型

2 记录不同组分沥青与各种储集空间及围岩的关系。含游离的和束缚的沥青物质的岩石样品，在荧光镜下它们的发光多在同一颜色范围内（蓝、黄、褐）。但束缚沥青发光强度高。含束缚沥青物质的矿物大部分具有更鲜明的轮廓成为束缚沥青物质分布

的界线。

必须详细记录束缚沥青发光颜色、强度、分布于哪一时期（成岩期及后生期）所形成的矿物中，以及这些矿物的晶形、大小及这些矿物在岩石中占的比例等。

游离沥青在岩石中的分布是多种多样的，它是由多种因素所决定的。主要决定于以下几方面：

第一、孔隙的形态、结构以及它们之间的关系。

第二、孔隙形成的成因及先后顺序。

第三、围岩介质的性质，不同的矿物成分与分布情况对沥青的吸附能力不同，泥岩中粘土矿物吸附最强，往往吸附一些重质的沥青物质，硅质最弱，几乎不吸附。吸附能力由强变弱的顺序是粘土一长石一碳酸盐岩一硅质。

第四　沥青本身的性质。苏联弗罗洛夫斯卡娅等做过试验，在相同的围岩介质（砂岩）中用不同成分的石油滴入，其浸润的发光效应不同。结果表明：含少量胶质的石油，浸入岩石快，但不浸染岩石，发光最强的部位是被石油饱和的岩石孔隙；含一定数量胶质的油，渗入岩石的速度也较快，并将岩石浸染为黄色或褐色，具亮黄色光，沿着样品被石油浸润部分的边缘，可以观察到自然分馏的过程（浸染色晕），成带状；胶质含量高的石油渗入岩石慢，在岩石表面形成黑色的油斑点，荧光镜下被这种石油浸润的砂岩样品发淡黄一褐色光，它们的自然分馏过程表现更为鲜明；成分中含固态烃状态的石油很难渗入多孔岩石中，它发光颜色取决于所存在的胶质的含量。

自然分馏现象在砂岩胶结物空隙处为重质沥青，而颗粒表面往往比胶结物内轻。碳酸盐岩中孔、缝、洞的中心部位相当于砂岩胶结物孔隙的情况，而孔、缝、洞外壁的围岩则愈远愈轻。有些泥岩（生油岩）或碳酸盐岩生油层中的次生孔隙，也许会发生由围岩基质向孔、缝、洞内愈来愈轻的分馏过程。

对于游离沥青，除必须记录孔隙类型、特征、成因、形成顺序及充填物世代外，还要详细记录围岩介质的性质及沥青组分、

分馏范围、方向、色泽、亮度与孔隙空间的关系。

③根据沥青的产状划分沥青充填于孔隙空间的先后顺序在某些情况下，一个油层中的石油经多次运移富集而成。多次运移可以发生在岩石的不同成岩阶段。由其他地层中生成的石油，运移到处于成岩某一阶段地层孔隙空间中时，其发光范围必然与这一时期或该时期以前所形成的储集空间有关，即一定时期生成或运移的沥青物质与一定时期形成的储集空间有关。在这种情况下，多次运移的沥青物质会在代表不同成岩阶段的孔隙空间中留下痕迹。根据不同类型储集空间形成的相对时间与沥青分布的产状，不难划分出沥青充填于孔隙空间的先后顺序。

四、有效储集空间

研究储集层的实质问题就在于储集空间的有效性，所谓有效性就是指石油在这些空间中既能储集又能运移。这是一个现实而复杂的问题。

储集空间的有效性是与储集空间的大小、数量、形态、连通情况、形成时间、围岩介质的性质、沥青组分、沥青充填的顺序……等有关。在取得上述的这些必要参数以后，才能鉴别何种类型的储集空间最有效。前面所提出的在研究储集层所需对岩石、储集空间、沥青物质及其与各种储集空间的联系等项收集的资料内容都是围绕这一问题为中心的。因此，使得我们有可能按照前面收集到的各项资料对有效储集空间进行评价。在以往工作的基础上，对评价方面提出几点认识，现以华北古生界及中、上元古界的碳酸盐岩石为例说明于下：

①裂缝是渗滤通道，而孔洞往往是储集空间。在荧光镜下通过含油储集空间的研究得到了证实。通过任 28 井三种储集空间研究表明，仅有孤立洞而无缝将洞连通者，洞中虽饱含油，但这种油不能产出（经分层试油资料已证实）。在荧光镜下仅在缝中含油，并多向壁外浸染，而岩石中不存在洞或有洞无油者，能够产油。有洞又有缝相通且含油者最佳。

②缝洞周围的基质含油与否和产油无关。

③碳酸盐岩粉晶晶间隙是含油储集空间的下限。华北地区大量实际资料证实，凡缝或有缝相通的洞中充填物为粉晶以上的方解石或白云石晶体，在晶隙中有沥青充填，经试油多产油。

④在古潜山区，最晚形成的储集空间含沥青物质最有效。古潜山中老地层所经受的地质作用复杂，早及中期运入的石油一般保存不住，最晚形成的储集空间含油代表着晚期有过石油的运移，所以当这些孔隙空间含油多产油，含油愈富，产油愈多（见图版Ⅴ-3、4）。

⑤当缝、洞充填物中有第三世代充填物时，仅早期充填的第一、二世代充填物含油（多向围岩浸染）则无效。因为在充填第三世代充填物时，对早期已运移到缝、洞中的石油是一种破坏，尤其是在缝、洞充填物中有萤石等代表低温热液环境的充填物时，更可以肯定是毫无价值的。第一、二世代的充填物晶隙间的沥青物质只是一种破坏痕迹（如图版Ⅳ-3）。

⑥在相同性质的和相同宽度的储集空间内（如同一宽度的构造缝内），因充填物的成分、结晶程度、排列顺序不同，其含油情况有很大差异。

第一，不同充填成分的影响。按白云石一石英一黄铁矿—硅质的顺序逐渐变差。白云石发光最好，石英晶隙次之，硅质晶隙极差，所以往往不发光。

第二，不同结晶程度的影响。泥晶白云石一般不发光，有时发光也仅仅是沿泥质重处略有吸附现象，在围岩中不浸染。细粉晶以上，细晶晶隙发光好，往往将壁外围岩浸染成色晕。

第三，平行缝壁或杂乱排列最好，垂直缝壁最差，有时仅见壁有沥青浸染。不同地区，不同地质条件其有效储集空间的范围不同，掌握确定有效储集空间的原则并与其他资料（如测井、压汞、铸体、油层物性、扫描电镜）相配合，就可以得到比较正确的认识。

第二节　　碎屑岩

荧光镜下对碎屑岩储集层的研究工作，主要目的在于查明各类储集空间的有效性。

碎屑岩的孔隙发育情况与沉积相有较为密切的联系。但是我们在利用岩石物性资料时，往往忽略了孔隙的发育是有一个变化过程的，即现今的岩石物性分析数据，并不能完全代表某一个沉积相沉积时的岩石物性。在漫长的地质发展史中，岩石的孔隙度受成岩后生变化的影响很大，它可以改变不同沉积相的岩石物性，使发育的孔隙变差，或使较差的孔隙变好。因此，研究孔隙的发展演化和它的有效性，就成为评价一个地区的含油性的重要方面。

这里主要介绍碎屑岩孔隙演化和有效性的研究方法。

一、岩心观察

找出孔隙发育段，首先要对所研究的井（剖面）孔隙发育层段在纵向的分布规律搞清楚。如果条件允许，可以将所研究的层段与沉积相研究结合起来，掌握不同的沉积相其孔隙发育特点和成岩后生作用的影响。

根据井点的平面分布，分析研究同一层段的孔隙在平面上的变化情况，着重分析沉积物成分、结构变化等因素对孔隙发育的影响。

二、分析鉴定

同一块样品要同时进行偏光、荧光薄片、铸体、扫描电镜、物性分析等，以便进行对比。

偏光薄片观察中注意碎屑岩矿物成分、结构、孔隙类型、次生矿物的分布情况和充填次序，孔隙裂缝发育的相对时间，重点是分析成岩后生作用对孔隙发育的影响。

荧光薄片鉴定中，主要收集不同类型储集空间的含油情况。从不同储集空间的发光强度、色序、色晕宽度、浸染情况、不同

烃类的发光特点等方面，分析可动油的镜下特征，从而指出各类储集空间的有效性。

铸体和电镜扫描分析主要研究孔隙的三维空间变化和矿物成分，孔隙的微观特点，有助于分析孔隙的成因和变化情况。

物性资料要分门别类、分组使用，不是按某一层段的平均值，而是要结合不同的成岩阶段和孔隙演化阶段的情况，挑选相同成岩阶段的物性分析数据，只是如此，才能研究在不同成岩阶段孔隙发育变化的特征。

三、成岩史研究

利用碎屑岩中镜质体反射率数据，确定一个地区的成岩期和次生孔隙的发育期。在明确成岩期后，对各成岩阶段进行分析。

现以二连盆地为例，成岩过程有以下几个阶段（图 4-1）。

1.压实作用

沉积物沉积后，由于上覆地层的压力，沉积物被压实成岩其特征是粘土颗粒及胶结物塑性变形，颗粒间呈镶嵌接触，原生孔隙大部分被破坏。

2.粘土薄膜的形成

在碎屑颗粒周围可见有一层很薄的粘土薄膜，扫描电镜分析表明，主要是蒙脱石、伊利石物质，是由凝灰物质在成岩过程中蚀变而成的。

3.细粉晶或连晶白云石的成岩作用

在泥质薄膜形成之后，有更多的凝灰物质以杂基的形式沉积在碎屑颗粒之间，形成早期的隙间充填物。

在压实过程中，凝灰物质逐渐向泥质（蒙脱石）转化，凝灰物质中部分多余的 Ca^{2+}、Mg^{2+} 与带有 HCO_3^- 的水结合，形成 $Ca(Mg)CO_3$。新形成的白云石部分或全部代替了原来凝灰质杂基。

4.凝灰物质蚀变成蒙脱石

早期充填于孔隙中的凝灰质，随着埋深的增加，可蚀变为蒙脱石和伊利石。残留的凝灰质及玻璃质形态特征是它演化的直接

证据。

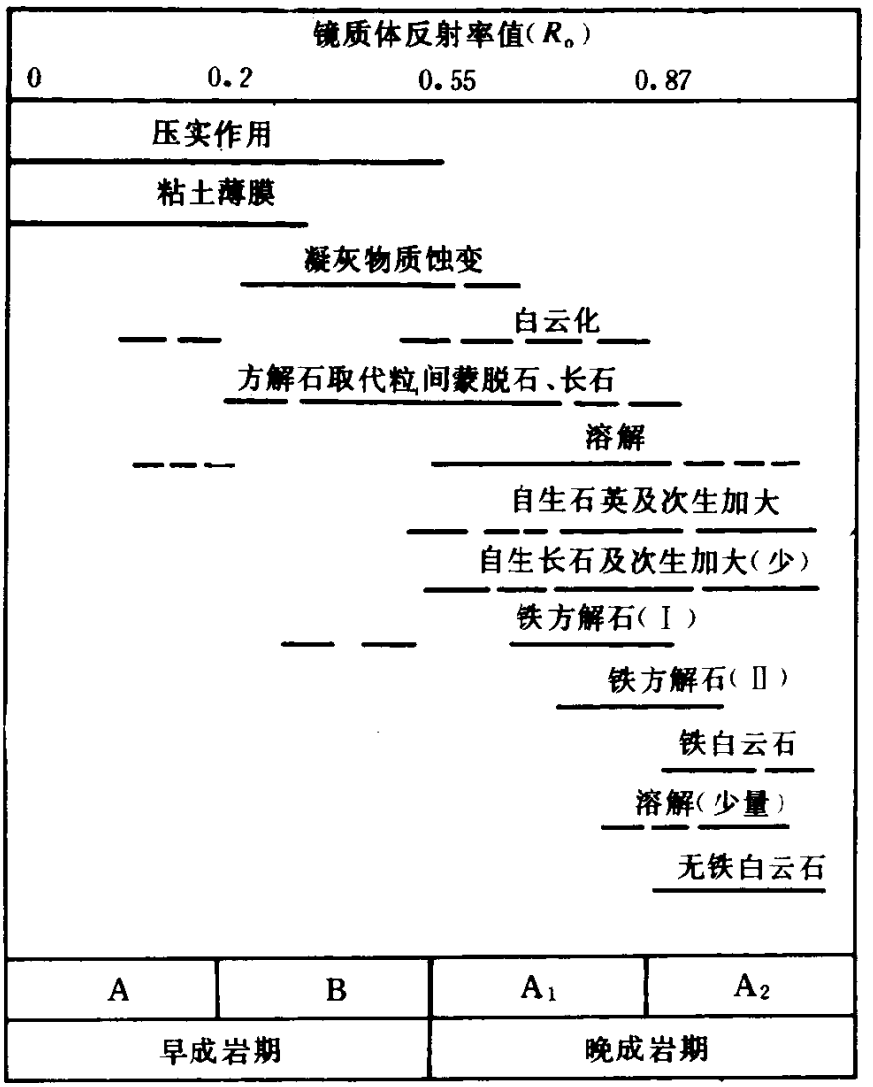


图 4-1　成岩过程演化图

5.方解石的交代作用

方解石可取代砂岩中的蒙皂石杂基，以及正在蚀变（或已蚀变）成蒙皂石的凝灰质岩屑颗粒，并取代了碎屑长石的一部分。

在含蒙皂石较多的细粒砂岩中，方解石含量相对较低，约含3%～5%;在砂粒粗、胶结物少的砂岩中，方解石多呈连晶并能见到清晰的被取代颗粒的痕迹，方解石含量可高达 15%.

*6.*方解石的溶解作用

方解石晶体形成后，由于生油层中有机质脱羧基作用不断产生 CO_2，使已结晶的方解石被溶解，形成新的溶蚀孔洞。

*7.*自生石英及石英的次生加大作用

自生石英主要发育在溶蚀孔洞的洞壁，呈向心生长，石英的主要来源是凝灰物质中的 SiO_2 及长石被溶解后，沉积水中 SiO_2 成分增加，促使其结晶或使其产生次生加大作用。

*8.*自生长石及长石的次生加大作用

自生石英沉淀之后，使沉积水由酸性过渡到碱性，此时溶液中原来溶解凝灰质及长石中的 K^+，Na^+、Al^{+}等离子与 SiO_2 结合形成自生长石。

*9.*铁方解石的析出和交代作用

由于方解石部分被溶解，产生一部分钙质，又由于岩石中早期粘土矿物被方解石取代，使得溶液中富集了部分 Fe^{2+}、Fe^{3} 离子，在还原条件下，由于 Fe^{2+}的加入，形成铁方解石。根据铁方解石的分布特点，均分布在第一次方解石溶蚀的孔洞中，自生长石被铁方解石包围，说明其形成时间在自生长石之后。

*10*二次溶解作用

铁方解石（白云石）沉淀后，由于第二次的溶解作用，可将铁方解石部分被溶掉，但影响规模不大，溶孔一般为 2%～3%.

*11.*无铁白云石的析出

当溶液中铁 （Fe^{2+}）已耗尽，最后形成的无铁白云石分布于铁白云石的外围或充填于被溶解的含铁硅酸盐孔隙之中。

四、孔隙演化研究

一个地区的不同沉积相带，其成岩过程并非一定要经历上述的全部成岩过程，有时会终止于某一阶段或直接由一个阶段跳过一些进程而进入另一个阶段。这需要对各个具体的沉积相带进行具体的成岩演化过程分析。

不同的成岩演化过程，决定着不同孔隙的演化进程，一般孔

隙演化大体经历以下几个阶段（图 4-2）。

*1.*早成岩 *A* 期

主要是压实作用和粘土薄膜、结晶白云石的成岩作用，使原生孔隙大大减少。

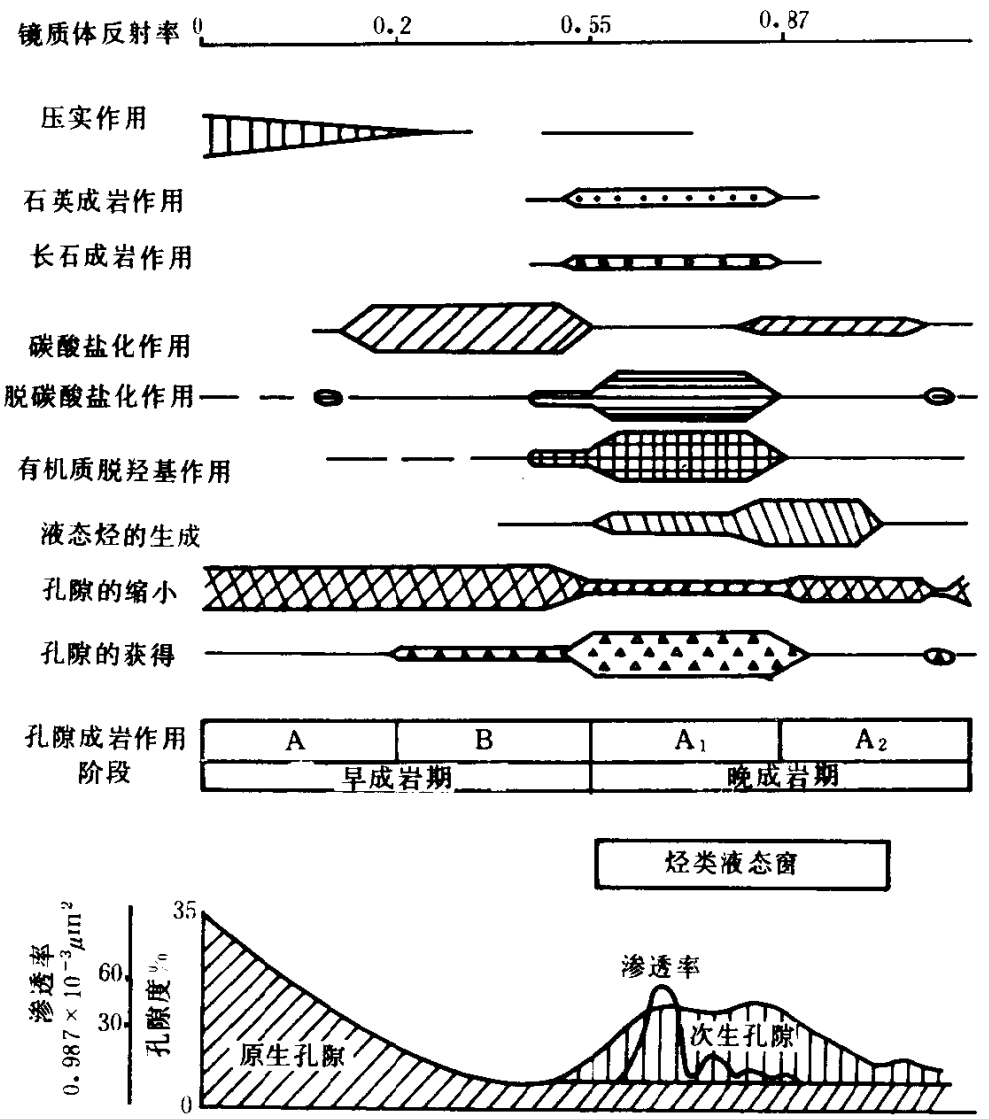


图 4-2　成岩历程与孔隙演化图

根据二连盆地的研究，原生孔隙度由 35%（比尔德实验数

据),迅速减小至 10%左右。该数据主要是根据该时期镜质体反射率数值，选择 R_0 在 0.20%左右的砂岩（其中无中期方解石）的平均孔隙度值，作为该期未被压实作用、粘土薄膜、白云石成岩作用等影响，形成的孔隙度值（图 4-3)。

*2.*早成岩 *B*期

该阶段的成岩特点是杂基中的凝灰物质蚀变成蒙皂石，尔后这些蒙皂石进一步被方解石取代。此阶段对孔隙度变化影响甚微（<0.1%)，实际可忽略不计。

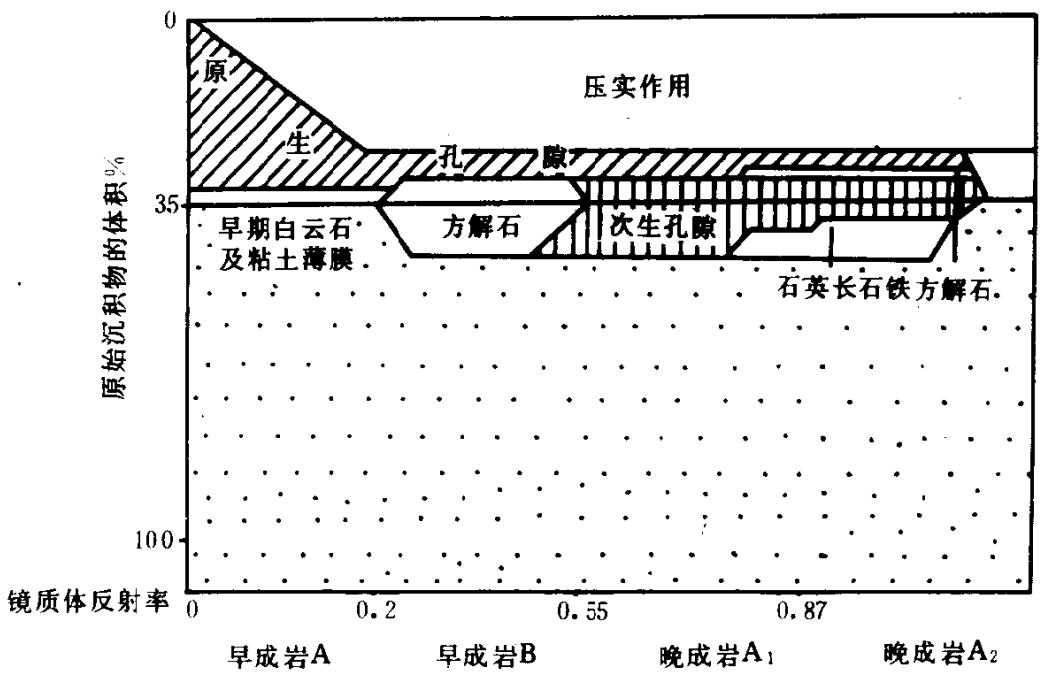


图 4-3 孔隙演化过程图

*3.*晚成岩 A_1 期

本阶段方解石被溶解，获得了发育的次生溶蚀孔隙。由于方解石被溶解，使岩石孔隙度和渗透率增加。该期孔隙度平均值 17.3%（最大 21.1%)，渗透率可达 $62\times10^{-3}\mu m^2$。此数据虽较冀中、黄骅坳陷的碎屑岩要差，但是在该区是最好的物性分析数据。此时，镜下溶蚀面孔率平均达 9.2%。

4.晚成岩 A_2 期

由于自生石英、长石、铁碳酸盐岩的充填，使得在成熟阶段A形成的次生溶孔缩小。本阶段实测孔隙度为 12.03%，渗透率下降至 $2.7\times10^{-3}\sim<1\times10^{-3}\mu m^2$，镜下面孔率已降至 2%～7%，从孔隙的演化看出，孔隙最发育阶段在晚成岩 A_1 期，是次生溶孔大量发育的阶段。

5孔隙有效性的研究

根据各类孔隙的发光亮度、颜色、色晕，分析其含油情况的好坏，从而确定其有效性。

五、碎屑岩各类孔隙的发光研究

(1) 次生溶孔发光　次生溶孔发光明亮，多为全色晕，即由褐—黄—绿—蓝色光依次出现，可浸染溶孔周围胶结物。当溶孔发育时，粒内溶孔也发光。当油量丰富时，在溶孔发育的层段内，微孔也可被油浸染而发光，主要是通过微孔中的泥质吸附微量原油所致（见图版Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ）。

(2 构造裂缝发光　以张开、半充填及溶蚀缝发光强，呈褐—黄—白色光。裂缝可沟通邻近的孔隙，因此发光面积较大，是裂缝中的油运移到孔洞中的（见图版Ⅹ、Ⅺ）。

(3) 原生粒间孔发光　原生粒间孔虽有相对高孔隙度、高渗透率，但因埋藏较浅，仅有重质油残留在孔隙中，因此浸染和发光均较差（见图版Ⅻ）.

(4) 片状微孔发光　这种孔隙几乎无渗透能力的，仅在个别的颗粒边缘略有发光现象。这种孔隙实际是无效的微孔隙。

(5) 矿物结晶格架中的黄色光　在胶结物方解石结晶格架中，常可见发黄色光，呈斑点状，这是早期方解石结晶过程中有烃类参加的标志，其量甚微，它可揭示烃类排出的最早时间。

通过对孔隙类型的有效性研究，可明确指出一个地区的主要油气储渗空间的类型，其他的孔隙裂缝虽多，但不发光或发光极弱其作用甚微

根据有效储集空间发育的层段和平面分布，可以为一个地区

的含油气评价提供较实际的含油资料

第三节　其他岩类

目前国内各油田除了发现的碳酸盐岩和碎屑岩为油气储集层外，以其他岩类为储集层也已发现了许多种，例如新疆克拉玛依、内蒙二连和大港油田的火山岩油气藏，辽河油田的变质岩油气藏，胜利油田脉岩型油气藏等等，这已经展示出，不论何种岩类，只要存在着可以储运油气的储集空间，它们就可以作为储集岩。这里我们同样地应用荧光显微镜来揭示一下这些称之为非储集岩岩石中的各种含油特征，以便我们来了解和认识他们的含油性质和孔隙类型等，促进对非储集岩进行研究和评价方面的进展。

一、其他沉积岩类

1.泥岩及泥灰岩

泥岩和泥灰岩一般来说是陆相和海相生油的油源岩，也是作为油藏盖层的主要岩类，但目前已发现泥岩和泥灰岩还可以形成一定规模的储油层，如新疆火烧山油田、江汉油田、南海西部油田及华北任丘油田，据镜下沥青产状可分为两种类型。

（1）储集型　该类岩石无生油母质或一些消耗尽了的生油岩，孔隙类型主要由不同成因的缝隙组成，如最为显著的是构造型裂缝，其次为收缩缝、构造-溶蚀缝（淋滤缝）及风化型不规则状微裂缝等，缝中石油沥青组分的发光特征往往是内重外轻，即向基质方向分馏的色晕轻于缝内，表现出油源来自于其他油源岩（见图版ⅩⅢ）。

（2）自生自储型　是一套既有生油能力，又有储油能力的泥质岩类，岩样在单偏光镜下可见大量的有机质残体，干酪根成分多以腐泥型为主，荧光镜下通常为弥漫状深褐和褐黄色的荧光，岩石具层状构造时由于有机残体同时受分选作用，其荧光特征也具层状显示，在这些同生沥青的背景中常可以见到大量的片状缝

（定向分布）、层间缝、粉砂质纹层中的粒间孔及其泥状晶隙等，它们则是烃类初次集聚的场所（见图版ⅩⅣ）。

当次生缝隙切割后，基质中沥青的轻质组分便向缝中运移．荧光镜下显示出缝中荧光色序轻于基质中的荧光色序，如果裂缝和其他缝隙极为发育，地层又处于一个封闭状态，便可形成自生自储的油气藏。

2.硅质岩

硅质岩形成单一的储油层还尚未发现，但作为一种岩性与其共生的其他岩性如碳酸盐岩等，亦可成为储集层中的一种储集岩，例如，华北油田蓟县系潜山硅质岩就是以基质微孔一裂缝的组合形式形成了良好的有效储集空间。岩石中众多的基质微孔多由石英晶间孔组成（孔径$<0.01mm$），燧石晶隙与其葡萄状构造的层间缝次之；构造缝的发育与硅质岩质地钢性有关，裂缝的发育往往是纵横交错，形成网络状。

据荧光显示，硅质岩基质微孔中被充填的沥青组分常以油质沥青为主，镜下以黄绿一蓝绿光为主，在孔径略有增大时就可见到黄一褐黄光显示，硅质岩的纯净度为烃类充填和迁移提供了良好的条件，所以在含油层段中，硅质岩的荧光显示面积常大于其他岩石，发光的色序与鲜度也很丰富。

3.煤岩

煤岩作为石油天然气的生储岩近年来受到关注，从各种煤岩的荧光特征中发现它不仅有同生沥青性质和排烃现象，而且以它特有的收缩缝形成了主要的孔隙类型。高等植物的木质素、纤维素膨化后期产生的镜煤基质，当质较纯、凝胶化充分时，便是收缩缝形成的主要作用，该缝由于发育在成岩期，又非构造成因，故缝隙一般无规律形，且延伸不长，缝内的荧光显示多属煤岩自身的烃类，镜下的荧光色序以黄光为主（见图版ⅩⅤ）。

如果煤岩与构造缝隙连通后它不但能储集大量的石油与天然气，而且也可以形成一个自生自储的油气藏。

4.火山碎屑岩

火山碎屑岩不仅具备有碎屑岩及其他岩类储集性能的特点，而且还具有泥岩所特有的自生自储的特点。据火山碎屑岩的含油产状可分为以下两种类型：

(1) 以粒间孔一裂缝性为主的储集类型　从含油显示的产状上看，火山碎屑岩一般以裂缝型作为储集类型是比较常见的一种(见图版ⅩⅥ)，其中有效储集空间是以未充填的张裂缝为主，半充填或沿裂隙蚀变、交代之矿物的晶间和晶体解理缝，以及沿此而溶蚀的孔隙却略次于张裂缝。在以晶屑岩屑为主的粗粒火山碎屑岩和火山角砾岩中，粒间孔隙则是该岩类的一种主要储集空间(见图版ⅩⅦ)。粒间孔隙的发育与否，与分选出的粒级和裂隙有关，在火山角砾（＞2mm）相带中残留的粒间孔隙（砾间孔穴）是较其他孔隙类型发育，而＜2mm 的粗粒火山碎屑岩，在裂隙的影响下，受地下水或淡水淋滤作用被广泛地溶蚀，才能形成以次生粒间孔隙为主的储集类型。

另外，在凝灰岩中因火山灰和火山尘物质具有一定的吸附作用，在裂缝和孔隙周围可见到大面积被吸附沥青的发光色晕，该色晕一般呈云雾状，属非有效空间的含油显示。

(2) 以火山尘为主的生储层　当大量的火山尘（粒级＜0.065mm）物质直接落入水体中与各种生物，尤其是藻类及各种浮游生物同时沉积埋藏后，是有利于有机体保存的，这一机理不仅仅是埋藏速度快，而且与火山物质的纯净无菌不易分解有机体的因素也有着重要的关系。因此在水体中以火山尘沉积物为主的情况下，对建立一个生油环境最终形成生油岩是非常有利的，例如，新疆风城地区二叠系生油岩就是以火山尘沉积为主的凝灰岩。据干酪根资料表明镜下均匀状褐黄和黄光的显示是以腐泥型为主的生油母质，岩石层间缝和次生裂缝的发育使其形成了一套自生自储的油气藏（图版ⅩⅧ）。

二、火成岩及变质岩

火成岩和变质岩的储集空间类型与它们的成因类型和化学特征有着极为密切的关系，一般来说岩石的结构、构造首先控制了

孔隙及孔隙之间组合型式发育的基础，而岩石中的主要化学成分则是成岩后期对形成次生缝孔发育与否起着决定性的因素。根据宏观和镜下微观观察的结果将其分叙如下：

*1.*喷出的火山熔岩

(1) 中一基性熔岩　岩石在喷出时因伴有大量气体，形成岩石后可造成不同程度的气孔或被充填了的杏仁体，岩石基质一般为交织结构、间隐结构、间粒结构及玻基斑状结构，显然原生孔隙和次生孔隙的发育主要是通过气孔和基质长石格架间进行，长石格架间的暗色矿物或玻璃质成分相对不稳定，易于风化或被溶蚀，该类含油孔隙经荧光显示作用，发现孔隙只因为发育绝大多数与各种缝隙、破碎带以及次生变化等等的影响有关。据荧光特征，含油的有效孔隙一般以未充填和半充填的张裂缝为主，其次为未充填或半充填的气孔（在裂缝勾通的情况下），充填物晶隙、充填物、基质间长石晶体被溶蚀的孔隙等等（见图版ⅩⅨ-ⅩⅩ）。

(2) 酸性喷出岩　据荧光显示酸性喷出岩的含油范围较中一基性岩略广，它的原生孔隙除了未被充填或半充填的气孔外，基质中的长莫质（霏细结构）显微晶隙发育普遍。岩石中被拉长的气孔和条带间的缝隙又常与基质中的微孔勾通，故显示出储集空间的范围较中一基性熔岩发育。

另外，酸性流纹岩由于 SiO_2 含量增大的关系，裂缝的发育密度也较其他岩类高，裂缝勾通基质中的显微晶间孔隙和长石斑晶解理缝等都有被溶蚀扩大的现象，使有效储集空间得到了进一步发育，荧光显示指出，随着有效储集空间的增大沥青组分由单一化逐渐转变为多种化的现象也较为普通（见图版ⅩⅪ）。

*2.*侵入岩

在荧光镜下侵入岩含油显示的岩石类型常见的有花岗岩、闪长岩、辉绿岩及一些脉岩等，其含油产状基本相同，其中最为普遍的是矿物解理缝，其次是晶间孔隙和次生的溶蚀孔，这些矿物及矿物组构中的孔隙一般由岩石的裂缝（节理）所勾通，形成运

储网络。孔隙的大小较其他火成岩略高，荧光镜下表现出不论基质还是裂缝在沥青充填下，浸染色晕较其他岩类宽广（见图版ⅩⅫ-1）

*3.*变质岩

变质岩含油产状较以上岩类复杂，主要因素是在于原岩的不同 。

①变余泥岩、板岩及大理岩的含油均见于各种缝隙之中，岩石基质中的含油现象极为罕见，在缝隙附近基质中，常见有来自于缝中沥青物质的浸染现象，浸染的深度与岩石的致密程度和沥青组分有关，一般沥青组分轻、岩石的致密程度相对较低的情况下，浸染的深度就愈大（见图版ⅩⅫ-2）。

②片岩、片麻岩及变余石英砂岩的含油产状，大多数见于矿物与矿物之间的片状孔隙，其次为矿物的解理缝及次生缝孔，片状孔隙的宽度在镜下几乎成闭合状，但据荧光显示可以发现这些孔隙是具有一定连通性的，其中的沥青组分因岩石的致密程度高而以油质沥青充填为主（见图版ⅩⅩⅢ、ⅩⅩⅣ-1）。

③混合岩化花岗岩除了晶隙及解理外，由于碱性长石的存在，在一定的酸性条件下溶蚀及淋滤孔隙的发育程度是相对较高的。镜下的荧光色序也十分丰富，其显示特征类似于花岗岩（见图版ⅩⅩⅣ-2、ⅩⅩⅤ）。

以上各岩类的含油空间绝大多数都与结晶碳酸盐岩有相似之处，孔隙的组合形式以缝隙连通为主，结合晶隙、解理缝、溶蚀孔等形成了运储网络，从孔、缝的成因性质与油藏分布特征上看，这些岩类绝大部分曾遭受过不同程度的风化作用或强烈构造作用后，才具备了目前的储集能力。

在荧光镜下研究其他岩类的储集层，同碳酸盐岩和碎屑岩一样需要分析和掌握岩石的成岩演化史，从宏观上结合古代地理和古代构造等特征，分析岩石孔隙发育的特点，特别是对缝隙的成因、发育期别、穿插状况及充填特征，均需要认真总结；在微观上结合其他测试手段，寻找出有效储集的空间类型，可为认识储

集层和评价储集层提供出准确的基础资料和研究报告。

第五章　　生油层研究

50 年代，我国引进荧光显微镜后，多用于查明泥质岩中原生沥青的存在、分布及性质，推断可能的生油层。近年来，随着科学的不断发展，国内外对生油岩的研究取得了新的进展，由原来 50 年代的一般分析方法发展为深入地直接分析可能生油岩内有机质含量、性质、类型、成熟度等，为研究生油层的质量，可能生油范围，生油的大致时间，石油生成时的埋藏深度，石油运移的方向等方面提供了依据。

为了全面而可靠的获得上述各项资料，除运用现代化的一些有机地球化学分析方法及普通光学方法外，荧光显微镜对判断生油层的质量和有机质成熟度能提供一些定性资料。法国、美国、澳大利亚、日本等都有报道。澳大利亚安波尔勘探公司的 S.N. 纳赛尔，介绍用荧光显微镜成果表示热成熟作用是一个极好的指标。

用荧光显微镜研究生油层既可用反射光又可用透射光进行。在反射光下观察岩石磨光面中的沥青物质及有机质微粒（如被分离后的干酪根）。在透射光下则观察荧光薄片中岩石的有机质。

第一节　　固体有机质类型的鉴别

在暗色岩石中，经常含有黑色及其他暗色固体有机质。正确地鉴别这些有机质的类型，对于分析当时的沉积环境、生油条件和含油性有十分重要的意义。

干固沥青、腐殖和腐泥煤、油页岩，碳质页岩、某些生油岩等，从肉眼观察，均呈块状，可燃、并具油味，很难区别。由于固体有机质中的某些类型，其母质是同一种原始有机质，是在特

定的条件下形成的。在某些情况下，有机质的类型又具有过渡的性质。因此，使用有机质定性分析的仪器同样也很难鉴别它们.如腐殖煤和碳质页岩，它们的原始有机质成分都是高等植物，区分它们的界线是含灰份（即杂质）的多少。当矿物杂质的含量在35%～50%以上时，藻煤和油页岩，通常都以藻作为原始母质，当埋藏到达门限温度时，就能转化为生油层。所以，要鉴别有机质类型，不但要了解它们原始有机质的性质、数量，同时还要求确定它们的杂质含量以及成熟度。实践证明，利用荧光薄片鉴定资料，是能够迅速而准确地划分其类型。

*1.*组成各类固体有机质的组分

有机质组分是组成各类固体有机质的基本成分，相同的有机质组分因含量不同，可组成不同类型的固体有机质（图 5−1）。

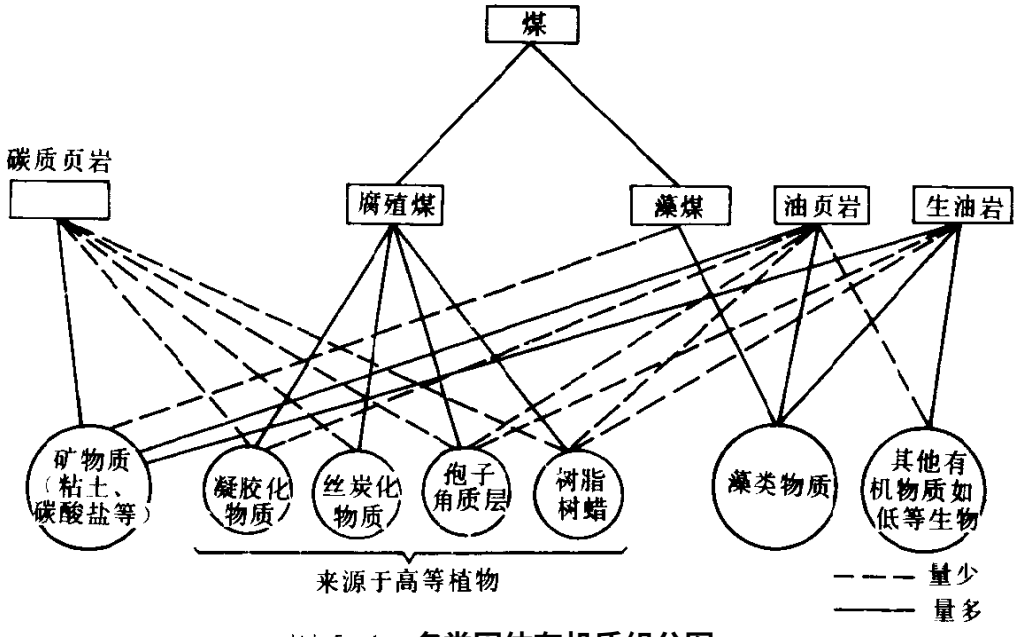


图 5−1　各类固体有机质组分图

从图中可以看出以下几点：

1.来源于高等植物的凝胶化物质、丝炭化物质、孢子角质层、树脂等，是组成腐殖煤和碳质页岩的主要有机质组分。碳质页岩主要是含矿物杂质（粘土、碳酸盐矿物等）的含量可达35%～50%。

②藻类物质是组成藻煤和油页岩的主要有机质组分，其中油页岩含矿物杂质（粘土、碳酸盐矿物等）高，含量可达 80%。

③生油岩主要是由藻类和其他低等生物以及矿物杂质组成的。

*2.*各种有机质组分的镜下特征

在不同的光源条件下，对各种有机质组分的镜下观察，可从形态、结构和颜色方面将它们区别开来，从而可以确定不同类型的有机质其组分的组成（表 5-1）。

应该指出的是，干固沥青一般不具任何有机组分，它是由原油受到扩散、氧化和风化作用而形成的，是液态石油浓缩的产物。它自身在搬运过程中，由于表面张力的作用，常形成椭圆、圆、扁圆形分布于地层中。将干固沥青放在此表中作为对比是因为它在镜下也具有发光和其他特征。

凝胶化物质与干固沥青在镜下极不易区别，它们的区别点在于它们的成因不同。凝胶化物质主要来源于高等植物的木质素和纤维素（木本植物的细胞壁）的分解和膨化作用，形成无结构凝胶，称为凝胶化物质。

这种凝胶化作用是在厌氧的条件下，在潜水面高于泥炭沼泽表面的极富含水份的滞水沼泽中进行的。它是一种胶体，不含或少含烃类物质。被强烈改造的凝胶化基质的透射光下色泽极易与干固沥青相混淆，但在荧光镜下二者较易识别。前者色调单一，因不含或少含烃类，所以无浸染岩石基质的色晕现象；后者色序多，且多有浸染色晕；这是因为干固沥青含有烃类的特征。只要干固沥青没有完全碳化，滴氯仿抽提，是可以抽提出较轻的烃类物质的，据此与凝胶化基质相区别。

*3.*各类固体有机质的成因关系

前已述及，同一种生油源组分可以形成不同的固体有机质类型，如藻类可形成藻煤，也可以形成油页岩或生油岩。这些物质的形成条件是什么？划分的界线是什么？分析并揭示出它们的成因将有助于明确的定性工作（图 5-2）。

表 5-1　各种有机质组分在不同光源条件下的镜下特征表

光源	稳定组分				凝胶化物质	丝炭化物质	藻类	其他有机物（低等生物）	干固沥青（液态烃氧化形成）
	大孢子	小孢子	角质层	树脂					
透射光	扁环形黄色	三角形、点圆形，黄色	窄长条状、带状或一侧锯齿状，黄色	圆形淡黄色带绿色	无定形或具细胞结构，以红色为特征，颜色随变质程度增加而加深，其变化顺序：桔红-红-褐-褐红-红棕-棕褐-不透明	黑色，不透明，具典型的木质细胞结构，无结构的基质少见	浅黄带绿色	无色或暗褐色，褐棕色，具生物壳轮廓（如抱球虫、介形虫等外壳）	淡褐-褐-棕色，无定形，有时可顺层呈透镜状或点状分布
反射光	深灰色突起高			灰色，深灰色，低突起	灰白色，变质程度高时为黄白色	淡黄白色，亮突起最高	深灰色近黑色	灰色	突起高，呈褐灰色
紫外光	一般为黄色，变质程度高时带红色			蓝绿色或黄白色	低变质为褐色，发光弱，高变质时不发光	不发光	亮黄色	以壳体为界，壳内发光向壳外浸染，多为褐-黄-蓝色彩色光	棕色-褐-褐黄-黄色，变质程度高时呈深棕色或不发光（图Ⅴ/Ⅵ-1）

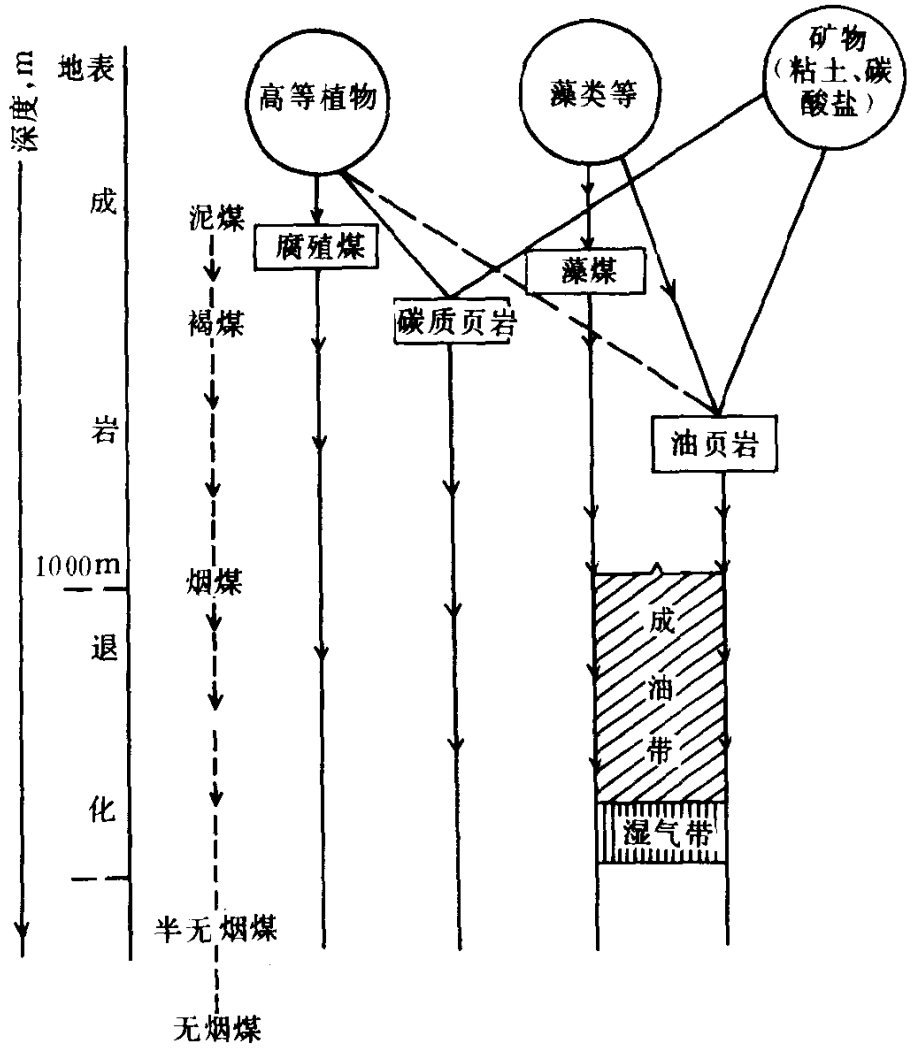


图 5-2　各类固体有机质成因关系图

从图中可以看出以下几点：

1 以藻类为原始资料的藻煤、油页岩，当埋藏至成熟门限温度时，它们可以作为生油层来看待。实验证明，这时它们是可以排烃的

2 藻煤和油页岩的区别除了含矿物杂质（粘土、碳酸盐）的数量不同以外，在沉积环境中的不同演化经历是它们的根本区别。

藻煤中的藻类残体多保存较好。如山西浑源藻煤，藻体排列

整齐，藻体的微细构造尚清晰可见，藻体周围的杂质发光不明显，这可能是在沉积埋藏过程中来不及被细菌充分改造，腐泥化程度不高的产物。它代表着一种快速堆积、快速埋藏的类型。

藻类丰富的油页岩，一般很少见到具有完好的藻体，它是在沉积埋藏过程中充分被细菌改造的结果，因此，腐泥化程度较高。它含有两种有机物质，其一是用有机溶剂（苯、萘）可以从岩石中抽提的，另一种是用有机溶剂处理不能萃取的干酪根，但在干馏时能获得沥青（焦性沥青）。油页岩在荧光镜下由于沥青物质的存在，因而具有连续发光的彩色色晕，由褐—黄—绿—蓝—白的色序组成。而藻煤仅仅是藻体本身具发光的性质，其围岩往往不具任何色晕。

3 腐殖煤和碳质页岩的主要区别在于所含矿物杂质的多少，在成因上是没有区别的。随着埋深的增加，腐殖煤形成不同的煤阶，因此，煤阶是温度的函数。

由于高等植物在堆积时介质环境的差异，直接影响着对高等植物的改造作用，不同的改造作用形成不同的产物。在厌氧条件下,变化过程为木煤—木质镜煤—镜煤一凝胶化基质。另一种作用是富氧条件下迅速地（飞跃式地）过渡到缺氧条件时，产生丝炭物质。这个作用过程是植物质料（主要是木质部分）在氧化介质中的空气中变干，在富氧条件下遭到喜氧微生物的侵袭，迅速转变为朽木（木质部分中的纤维素被分解已全部消失，仅剩下木质素）。如果这些朽木继续在空气中氧化，它们将全部被分解转变为气态物质；如果在缺氧的沼泽中，水体可使它们免遭腐烂因此，丝炭的成因是干枯或倒下的树木，先在氧化条件下腐朽、尔后在缺氧条件下转变为丝炭。

不难看出，丝炭化物质和镜煤基质虽是两种不同产物，但它们是组成腐殖煤的主要成分。在生油方面，丝炭显然不可能生油，而生油的显微组分，主要是靠处于缺氧条件下充分为细菌所改造的凝胶化过程的产物（如镜质体）。

第二节　寻找可能的生油层

荧光显微镜的任务是对该岩石薄片资料进行镜下观察，寻找原生沥青，同时，与荧光镜下微相特征结合判断有利的生油环境。

一般生油层的特点是：在纵向连续采样的剖面中，当发现有机物大量堆积，指相矿物及分散的重质、中质沥青与原生结构的岩石成分伴生，愈向上愈轻，这将表明为可能的生油岩。如有其他有机地球化学资料加以证实，就更能确切地评价这一可能的生油条件。

碳酸盐岩生油层的特点是：偏光镜下含泥质重、色暗，并见较多的有机残体，尤以稳定组分的藻及其他微生物细粒堆积具重要意义。在荧光镜下沿相应的微生物体内分布重质沥青，向壳外逐渐变轻，围绕壳体具分异的色晕。在层纹石碳酸盐岩中具明显分带性，暗层有机质丰富为弥漫状重质或中质（褐-橙褐）沥青分布，向明层略轻。在上述层中若有中期形成的孔、缝，则可见孔、缝中心部位之沥青的性质与基质中相同（或略轻），向壁外逐渐变轻。

华北地区，雁 13 井中、上元古界层纹石藻云岩中，见沿层分布的原生沥青，暗层在荧光镜透射光下为褐色，亮层为黄色（见图版 Ⅳ-1）.

泥质岩类生油层的研究工作比碳酸盐岩深入，且容易识别。各项生油指标明确，根据一般有机分析数据和生油泥岩所特有的暗色、指相矿物、有机残体（植物及微生物、藻类），结合其发光特征便可以确定。在荧光镜下发光特征为：① 以重质或较重质、中质沥青为主；② 这些沥青多沿层分布，在层的顶部或上部也可见略轻的组分如黄色油质沥青的油珠出现；③ 在泥质岩生油层中往往可见到植物中某些稳定组分碎屑，如孢子、角质层、树脂、树皮或藻类等。

在鉴别生油层的过程中，要结合地质情况，一般生油层的沥青质多为较重的组分，但往往其组分随生油岩的成熟度不同而各异，在过成熟的油气带，有机质多为碳质沥青；而在成熟较浅的生油层中，则可能为一些油质沥青。华北中、上元古界藻云岩生油层井下样品取出后多为黄色中一亮光，均匀弥漫状，常具游离沥青“A”，同时具束缚沥青“C”。

第三节　　对生油层进行评价

好的生油岩必须具备三个条件：首先，有足够的有机质数量；其次，有好的有机质质量；再次，生油岩的成熟度。

荧光显微镜可给研究原始有机质的类型、形态、 干酪根成熟度、有机质来源提供资料。

*1.*区分不同类型的原始有机质

不同类型的原始有机质提供了向油或向煤转化的先决条件

腐泥型是最好的生油母质，其光性特征是无一定的形态和轮廓，用一般的光学方法难于与其他成因的无定型颗粒（溶解的胶体或再造的古老有机质碎屑）相区分。而荧光镜下腐泥型干酪根具有明显的特征。在光学显微镜透射光下观察，其为浅黄带绿色（有时不很清晰），反射光下深灰色（极深）具突起，在荧光下则具亮黄色。

腐殖型干酪根又称为煤质物质，一般认为不是良好的生油物质，但可能是生气母质。它在荧光镜下无显示。

混合型干酪根是上述两种类型干酪根的混合物。荧光显微镜可以将不同来源的混合有机质进行区分，发亮黄色无定型颗粒是腐泥体，不发光但具纤维状或棍状为腐殖体。

*2.*干酪根成熟度

干酪根成熟作用与“石油窗”的概念是一致的。荧光显微镜方法用于判断干酪根演化特征是一个很有希望的领域。这是因为随着埋藏深度的增加，荧光性变化很显著。尤其海相碳酸岩盐生油

层中孢粉和镜煤含量极少的情况下，荧光的作用就更显著了，荧光镜下主要特征是：

⑴浅层未成熟的样品中荧光发光强；

⑵主要成油带发光减弱；

⑶湿气带底部及干气带无荧光显示。

其发光颜色随深度增加逐渐变化，荧光光线的波长范围随埋藏深度的增加向红光转化。其颜色随深度具体界线需通过大量试验才能取得。不同类型的原始有机质随成熟度的荧光性变化可能不会相同，这方面的工作有待今后实践再总结。

3.区分沉积层系中同生沉积和再造的有机质

正确的区分沉积层系中同生沉积有机质和再造有机质有助于真实反映生油岩的特性。含同生腐泥型干酪根岩石的有机集合体有强烈的荧光显示，而来自较老岩系，经过再搬运再改造的有机质碎片，往往变质程度较高，所以失去了荧光性。

第四节　油源研究

在生油研究中，油源问题占有重要位置，尤其是潜山油藏的油源研究，是一件复杂且有意义的工作，现举例说明。

根据过去对油源问题的研究表明，在潜山油藏中，油源往往不只一个。冀中地区的潜山油藏，主要来自下第三系的生油层，但发现组成潜山的老地层也具有生油能力，因此分析潜山油源对于寻找原生油藏具有十分重要的意义。

1.研究步骤

利用荧光显微镜可以对不同油源进行鉴别，其步骤如下：

①对组成潜山老地层的生油能力和性质进行研究。观察生油母质（有机残体）的性质以及生油岩的发光特征，尤其要注意不同成岩阶段的矿物中沥青“C”的分布。

②研究披覆在潜山上新地层的生油能力和性质，观察内容与上述潜山油源相同。

③剖析潜山地层的成岩过程。

④对潜山的各类储集空间（包括早成岩作用及晚成岩作用期和构造因素形成的），分析其各自的演化进程，并划分成因类别，从而找出各种储集空间形成的先后顺序。

⑤查明各类储集空间的含油性。内容包括含油成分、含量、浸染情况、颜色的组合及变化等。进而判断其含油的可动性

⑥综合上述资料划分不同的油源。

2.举例

以任丘油田任 28 井为例。

①生油岩中的有机残体为无细胞核及色素体的蓝藻类，呈无定形、成层分布。色暗，泥质含量相对较多。发光为淡黄色，其附近的细粉晶晶体，常具相同色调的沥青“C”。

②潜山周围和上覆地层的第三系，根据对饶阳凹陷第三系生油层的观察，生油母质以藻类和高等植物为主，属于Ⅱ型。镜下可见藻类残体和凝胶化过程不完善的木质镜煤及部分孢子其生物标志化合物，即 C_{27} 胆甾烷大于 C_{29} 豆甾烷（图 5-3），说明母质类型以藻类为主，陆生植物为辅。生油母质的发光颜色为褐

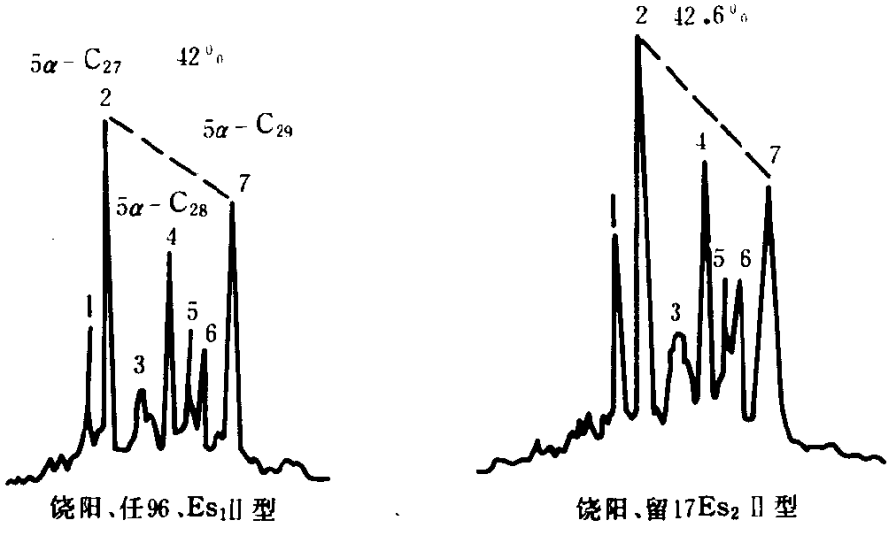


图 5-3　饶阳凹陷质谱特征图

一黄一绿一蓝，主要是彩色光。纵向分异明显，有以褐色为主的色层，向外围为黄-绿一蓝色油珠层。

3 组成潜山老地层（雾迷山组）的成岩过程的研究。根据镜下观察，各类矿物的形成次序和变化，汇总成图 5-4。

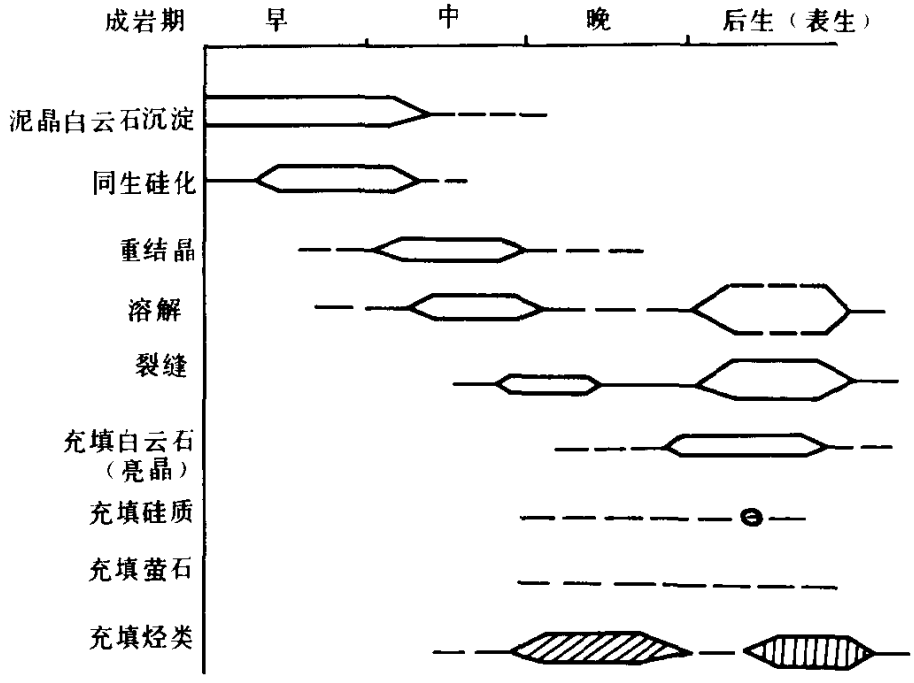


图 5-4　雾迷山组成岩演化图

应该指出，溶解作用发生在重结晶粉一细晶白云岩形成之后，共有两个溶解期，第一次发生在成岩中期，沿重结晶细、粉晶隙溶解，其形成的面孔隙度（当时）可达 8%～12%。第二次发生在形成潜山的后生期，由于潜山受到风化淋滤作用，形成发育的溶蚀孔、洞、缝、镜下仅可观察到较小的溶孔和溶蚀缝。

1 潜山的储集空间形成阶段及其含油性研究。根据储集空间类型，可划分为孔、缝两大类，其形成阶段及含油性见表 5-2。

表 5-2　储集空间类型及含油性对比表

储集空间类型		形成阶段	发光特征
孔	重结晶晶隙	早成岩期	黄色
	溶蚀孔 空洞 充填孔	早成岩期 晚成岩期	黄色（图版ⅩⅩⅥ-2） 或被浸染 不发光
缝	早-中期构造缝 构造-溶蚀缝 （后期充填） 构造充填缝	晚成岩期	黄色为主 黄色为主
	晚期构造缝 张开、半充填、全充填	晚成岩期	彩色光（图版ⅩⅩⅥ-3、4） 彩色光或不发光

上表可以看出，早一中期形成的储集空间其烃类主要发黄色光，与晚期形成的储集空间发彩色光有明显的区别。

溶蚀孔中为黄色烃类，充填孔中第一、二世代充填物发黄色光，多为沥青“C”，第三世代充填物则不发光。

⑤油源分析。根据成岩演化过程，雾迷山组的储集空间，均系在雾迷山组的成岩过程中形成的。因此，雾迷山组本身生成的烃类首先进入了这些储集空间中，它们的主要特征是烃类发黄色光，色调单一，与第二系的烃类发光特征截然不同。

晚期（后生期）潜山形成，由于第三系的构造运动和风化淋滤作用，使潜山形成发育的裂缝储集。潜山深埋后，第三系生油岩生成的具有全色晕的彩色光原油，大量聚集在潜山的张开、半充填缝中，形成主要为第三系作油源的油藏。由于晚期构造缝与溶孔相通，在含油丰富的部位，油也可运移到溶孔中去，在构造缝的不同部位，由于浸染作用，均可遗留下彩色光的色晕。

综上可见，两种成因不同性质的烃类充填在各自形成时期的孔隙中。因此，可以得出有第三系原油和雾迷山组本身原油这两种不同油源的结论，为在华北地区寻找原生油藏提供了重要依据。

第六章　石油运移的研究

石油运移的过程是很复杂的，它既有初次运移，也可以发生多次运移；既可横向运移，也可垂向运移。其运移的范围可以是在油田局部范围内运移，也可以是区域性的。也就是说，石油在运移过程中涉及到运移方向和运移的相对时间（次数）两个方面的问题。

第一节　运移方向的研究

荧光镜下研究烃类运移方向，是依靠发光强度（烃类含量）在纵向或横向的变化资料对比而取得的。随着科学技术的不断发展，荧光镜下烃类发光强度的测量由原来的目估法已进入到采用光电设备直接测量的方法。这一方法的建立，给研究不同部位或地区的烃类含量的变化提供了定量的数据。因此，苏联 B.C.科瓦尔丘克等在“荧光显微镜下确定岩石中沥青的发光强度”一文中，介绍了发光强度测量原理、方法，并以蒙金油气田为例，研究了该油田的烃类聚集运移的问题。现简要介绍如下：

根据地震工作和初步钻探的资料分析，努托夫组（N_1nt）、奥戈贝卡依组（N_1ok）和达京组（N_1dg），被断层切割成较大的（15×3km），朝南北向的（阶梯式）断块背斜层，呈角度不整合（图 6–1）。构造被一系列与达京组和奥戈贝卡依组沉积时期形成的同生断层所切割，垂直断距于努托夫组内为几十米，至埋深 2500～2700m 达京组内，其断距增大达 600m。

含油气性取决于断层的形成。埋藏于达京组底部的第 X 小层，试油中用 9mm 油嘴获得日产 230m^3 的油流。

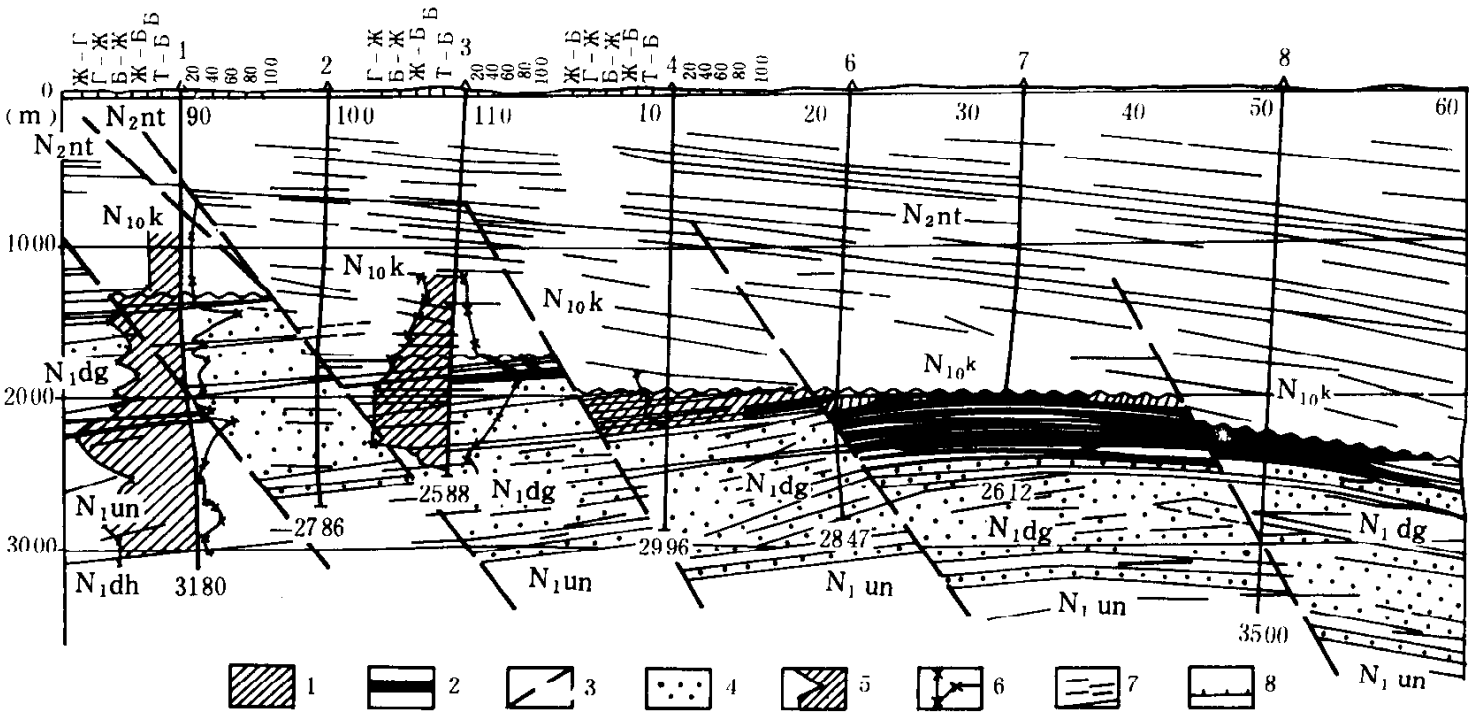


图 6-1　蒙金油田地质纵剖面的荧光显微镜研究结果图

1-气；2-油；3-断层；4-砂岩；5-颜色性质；6-发光强度；7-地层反射层；

8-发光强度数值

普查钻探中，于该层的上部井段也发现油气显示，构造顶部（7 号井）的下列小层中，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、$Ⅳ^a$、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ、测试获工业油流。含油气层厚度达 430m。由于砂岩具有很高的渗透能力，日产油 200t、气 $25\times10^4m^3$。

为了寻找烃类运移的痕迹，曾利用 1、3、4、6 四口井（图 6-1 沿纵剖面）岩心制作试样，从而得到荧光显微镜的分析数据。1 号井于井深 3045～3165m 钻到的达耶呼林组（N_1dh）是单一的巨厚硅质泥岩夹有薄层粉砂岩。厚层泥岩中含有保存在二氧化硅中的轻沥青质，荧光为浅绿一黄色，发光强度 38 流明粉砂岩的透镜体和夹层中观察到逐渐转变为天蓝一绿的色调，交叉于硅质泥岩的小裂缝中，发现带黄一橙黄色光的次生沥青质，其发光强度为 45 流明。井段 3049～3054m 泥岩中的沥青经过组分分析得到下列成分：油质占 41.1%，胶质占 32.64%，沥青质占 25.26%.

1 号井于井深 2220～3045m 的乌依宁组下部是具有亚复理石夹层的致密泥岩和粉砂岩，上部是砂岩。致密泥岩中观察到均匀分散的沥青，发绿一黄色的荧光，发光强度达 30 流明。切割过泥岩的小裂缝，充填着带橙黄色光的次生沥青。粉砂岩、砂岩组成的透镜体和夹层饱含运移来的轻质沥青，发绿一黄和天蓝－绿的荧光，发光强度为 50 流明。

井深 2547～2555m 泥岩中抽提出来的沥青含油质 36.44% 胶质 44.86%，沥青质 18.7%。

克京组(厚度达 1500m)多由渗透性极好的砂岩(10～100m)夹薄层泥岩的粉砂岩（5～30m）组成。中部见到薄煤层。

砂质岩层中包含的沥青沿剖面呈不均匀分布。埋藏在下部的砂岩中，沥青发出明亮的黄光、黄－绿色光（20～50 流明）。含油砂层的原油发黄－浅蓝光（75 流明）。原油密度 $0.8426g/cm^3$。含胶质 2.4%，含蜡 5.24%。井深 1962～1970m 的砂岩中抽提的沥青经组分分析，其成分如下：油质 44.7%、胶质 40.9% 沥青质 14.4%。泥岩中有小裂缝，其中充填有发

橙黄光的沥青。

含煤层（达京组中部）的沥青，多数发褐一黄色光（15 流明)。

至于出油的Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、$Ⅳ^a$ 砂层组，具有最大的发光强度，达 80 流明。烃类发出黄一浅蓝和天蓝一黄色光。沥青的成分：油质 73.3%，胶 质 24%，沥青质 2.7%。

奥戈贝卡依组的泥岩在荧光显微镜下发出昏暗的褐色光（15～20 流明）。穿插在泥岩中的小裂缝，充填着发橙黄、橙黄一黄色光的沥青。

研究分析 4 号井取出的 100m 岩心时观察到油气藏上部散落的原生晕（原生光轮）。烃类垂直运移的痕迹留在奥戈贝卡依组泥岩中，高于Ⅱ、Ⅲ产气层 30m 处。沥青发黄一褐色光（30 流明），沿剖面再高一些的地方，发光强度减少到 20 流明。发暗褐色光的沥青占优势。顺着泥岩的裂缝沿剖面升高 100m 的井段都观察到烃类的存在。

因而得出具有最大发光强度的是达耶呼林和乌依宁组中有相同成分的硅质板泥岩和致密的泥岩，沿剖面往上至奥戈贝卡依组泥岩中发光强度减弱。

考虑到具有（特别是沿裂缝）大量的次生沥青运移的痕迹，前两组地层应该评价为油气生成层（生油层）。在这些地层中沥青垂直运移的通道除小裂缝外，显然包括大的同生断裂带。烃类只聚集在上部厚 30m 的泥岩盖层封闭的粉砂岩、砂岩储集层中。沿着砂岩地层烃类也可以水平运移。

被奥戈贝卡依组厚层泥岩覆盖的达京组，上部砂层是含油气层，其中夹有　　的泥岩薄层。砂质粉砂岩饱含工业油流是受到构造因素所控制。在沉积同时形成的构造顶部　　号井区）见到厚达　　的含油气层。南部倾没端　　井区和北部倾没端 8井区，含油气高度减少到 50～200m。

同生断层对油气藏分布具有极其重要的意义，在奥戈贝卡依组和达京组形成时期，由于出现频繁的活动，毫无疑问，这些断

层成为烃类运移的通道。其中的一些断裂到目前还是温泉的导脉(克柳切夫温泉区)。

所以，上述在荧光镜下根据荧光亮度来确定沥青含量的方法，在石油地质研究中对于解决烃类运移及其聚集、制定找矿标志等一系列问题具有重要的实际意义。

第二节　运移时间的研究

一定的沥青产状代表着一定的成因类型。由其他地层或下伏地层中生成的石油运移到处于成岩某一阶段中所形成的孔隙中去时，其发光范围必然与这一时期所形成的储集空间或与在这个时期以前形成的孔隙有关。因此，只要确定孔隙空间形成的时间，结合发光的范围就可以进行运移时间的研究了。

总之，每一次进入储集层的石油总是把这一时期和这一时期以前所形成的孔隙空间占据（指有效空间），绝不会充填在这一时期以后所形成的孔隙空间。根据这个简单的道理，我们就可以确定石油运移的次数和时间。现就我们的观察介绍于后。

一、运移时间的确定

根据霸 66、泽 深 1、泽 37 井奥陶系的岩心、岩屑的镜下观察，在早期构造缝第一世代充填物中，或在胶结物的第一世代及第二世代充填物的晶隙及晶体中有残余沥青“A”和“C”的存在。此外，在早期、中期所形成的次生孔隙中都被沥青充填，具黄色中一亮光，而早期所形成构造缝中的第二、三世代充填物及晚期形成的构造缝均不发光。这种现象表明，奥陶系的某些层段，在成岩过程中曾经历了一次石油运移的作用。

二、通过任 28 井荧光薄片对石油运移的研究

可能存在两次石油运移的过程。第一次运移发生在早一中期构造缝，充填了白云石晶体之后。由带有黄色油质沥青的原油对此类缝及其以前形成的各种储集空间进行充填。荧光镜下均发黄色光，它们分布普遍，含量较多（样品加热后可流出石油）。晚

于上述储集空间的缝、洞则很少或不发黄色光。这表明在早-中期构造缝形成后不久，有过一次与黄色石油烃类有关的石油运移过程。

第二次运移规模较大，在表生期所形成的晚期构造缝、洞中，普遍具有色晕宽、色泽鲜、色层多的彩色光特点，并可浸染基质及比它形成早的储集空间。这次运移是油气大规模富集的过程,形成了“新生古储”的任丘油田。

从运移时间上分析，第一次运移主要发生在任丘潜山尚未被第三系沉积物覆盖时期，也就是说有过中、上元古代-古生代时期形成的油。第二次主要是第三系生成的油。

三、石油破坏过程

根据石油烃类的产状和类型，还可以找到曾有过石油遭受破坏的痕迹。破坏作用发生在上述第一次运移之后，即在早期的黄色石油烃类聚集之后。在镜下见到白云石晶隙中有干固沥青，是石油氧化的标志；在早、中期构造缝中有来自围岩的碎块，这些碎块内的缝洞中有黄色沥青，而胶结物中则没有；表生期充填物在已被黄色沥青充填过的缝洞又进一步充填。这些均表明曾发生过原油遭受破坏的过程。

根据前述的分析，使我们对任 28 井碳酸盐岩中众多的孔隙类型有效性有了明确的认识，即晚期（表生期）形成的缝洞是主要的油气储集空间和渗滤通道，而基质中的孔隙，虽类型繁多，但多属无效的储集空间，在油田开发和储量计算等方面，提供了一定依据。

通过对石油运移的分析看出，在潜山内部曾经有过中、上元古界生成的石油运移过程，虽运移规模较大，但后来经历了破坏作用，这恰是潜山被淋滤改造、经受构造变动的过程，它塑造了新的孔隙系统，即晚期构造缝及晚期溶蚀孔洞等，这些新的孔隙系统，富集了来自下第三系生成的石油（发彩色光），形成了目前的潜山油藏。

第七章　　荧光显微镜下的现场地质应用

第一节　　含油性的判断

一、油井含油井段（产层）镜下特征

*1.*缝内的沥青

主要是指有效缝内的沥青由缝内向缝外浸染，缝内沥青重，色泽较深，缝外沥青较轻（愈远离缝愈轻），色光连续，范围较广，褐–褐黄–黄一绿一蓝白色等。所谓有效缝，这里指荧光镜下发光，经试油能产油的缝。有张开缝，张裂纹以及一部分半充填缝。这部分缝具有碳酸盐细粉晶以上晶隙和自形晶好、细晶以上的石英晶体晶隙。而黄铁矿及硅质充填缝一般无效，因这些物质多以粒状集合体存在，粒隙极小。

*2.*有效洞内沥青

主要指空洞及半充填洞的沥青。半充填洞一般也具有充填物的晶隙空间，与上述情况相同，黄铁矿、硅质充填则无效。这种洞内沥青的镜下特征与裂缝相同。值得提出的是，只见成岩早期形成的缝、洞、孔发光，而后期形成的缝、洞、孔不发光，则必须考虑早期孔隙含油也可能是运移过程中所遗留的痕迹。

*3.*基质内的沥青

当含油丰富时，基质可以被油质沥青所浸染（泥晶隙，甚至颗粒状的硅质或黄铁矿均可被浸染），发光较好，色彩可达鲜艳程度。经常见到由洞、缝内向基质浸染的色晕。若仅见基质发光，而缝、洞内不发光，则不产油。尤其是基质中未经次生变化的原生基质均匀发光，呈黄色弥漫状，则与产油无关。

二、含油规律性

次生有效裂缝、孔洞发光强弱与产油有密切关系。缝、洞中含油则可产油；若不含油仅基质含油则不产油。

沿次生有效缝、洞含油，并向基质浸染愈宽，色晕愈多，颜色愈鲜愈亮愈好，这预示着能获得高产油流。

基质发。产 T d （切）T j 0 g 0 0 0 r g 1 4 . 2 5 7 3

第二节 真假油层的镜下鉴别

9井的含油显示是假象，后经调查证实该井钻井过程中曾泡过原油，这种显示是泡油的痕迹，因而该井免去了下套管的费用，未进行试油。任 96 井也有类似情况。

为了建立一套区别假显示标准，我们编制了真假含油显示对比表（表 7-1）。归纳起来，假显示的主要特征有三个方面：

①沥青由岩屑（岩心）边缘向内部浸染，油质由边缘向内逐渐减轻，中心则无显示。

②沥青由裂缝两端向内浸染，大岩屑内或岩心内的微裂缝则不发光。

③岩石基质和胶结物之晶间孔隙均无浸染现象，间或有发光现象也只是原生沥青均匀浸染或早期运移的痕迹。

表 7-1　荧光显微镜鉴定真假含油显示对比表

显示部位	假含油显示	真含油显示
岩样（屑心）边缘（表面）	由表向里浸染，切开岩心内部及岩屑内不发光（图版ⅩⅩⅦ-1）	表里一致，尤其不会产生岩屑周围发光现象（图版ⅩⅩⅦ-3）
裂缝	仅靠岩样边缘部位发光，且由边缘向内部浸染（图版ⅩⅩⅦ-2）	由裂缝中心向基质浸染、较重质部分在缝内，向基质逐渐变轻（图版ⅩⅩⅧ-1、2）
基质	晶隙不发荧光（图版ⅩⅩⅦ-4）	晶隙发光，当饱和时可呈均匀弥漫状（图版ⅩⅩⅧ-3、4）

二、碳酸盐岩真显示的判断

一般说来，在荧光镜下鉴别含油的踪迹，只要根据成因分类表的规律归类，不会遇到特殊的困难，但是，往往由于工程和其他方面的原因，而使问题复杂化。

例如，泽 37 井在下套管过程中，于井深 2616m 遇阻，在

110× 101.325Pa 下注油 61m^3 以解卡，但油只返回 6m^3，其余 55m^3 不知去向。有人认为 55m^3 原油跑到当时井底 3195m 以下的地层内，因此，继续钻进发现含油显示后，人们便产生了假显示和真含油的两种看法。通过观察，发现该井样品有以下特征：

第一，38 块样品中只有一块沿岩屑边缘略有浸染，几乎未发现泡油假显示的证据。

第二，有 7 块白云岩晶隙含油（准同生白云化晶隙，其中有 2 块白云岩具后期溶蚀孔隙不发光）。

第三，3205～3219m 井段，见到三块岩屑含油显示好，均为沿晚期洞含油，并向基质浸染，洞壁为褐黄色，向基质内愈远愈轻，色晕宽，但亮度均为中-亮。

上述情况说明以下几点：

①井下样品无泡油岩屑假显示。

②准同生白云石晶隙含油，而晚期溶孔不含油（沿壁无浸染现象），这种情况可能有两种原因，一种原因是早期沥青的运移，另一种则是大洞、小孔都可通过气，而油被狭窄的通道所截获。后来经仔细观察，认为后者的可能性大，沥青的色晕由黄绿一绿一蓝,而不象早期运移所残留的单一黄色沥青。

③从 3206～3216m 井段发现三块晚期洞含油的岩屑，色晕宽，细小泥晶也被浸染，这进一步排除了假显示的可能性。

当然，真假含油显示的判断，是个涉及面较广的问题，情况比较复杂，要使这一工作更完善，有待于进一步积累经验，摸索规律，提高鉴定水平。

三、碎屑岩中假含油显示的鉴别

在碎屑岩地层中，如果有人为的原油污染，可以使岩屑的荧光级别增高。肉眼观察时，碎屑岩的孔隙中含油、与油层极难区别。利用荧光显微镜作薄片观察，可以较迅速和准确地区分出其真伪，是一种经济而可靠的手段，它可以对油层或干层作出正确的判断。

①发光范围受人工机械破碎外形所控制，如岩屑在破碎表面

发光，岩心（包括井壁取心）则在岩心外围呈环圈状发光，而岩石内部不发光。

②不受岩石结构和成分的影响，发光呈带状。在同一色带内，不管是胶结物还是颗粒，其发光色泽相同。

③发光的浸染方向是由表及里，即油质向岩心（屑）的中心由重变轻，其色泽顺序为褐-黄-黄绿一白色。

④烃类浸入深度，随岩性不同而有所变化。在致密的碳酸盐岩岩屑中，仅在其外缘略有浸染，一般侵入深度不超过0.1mm。在多孔疏松的碎屑岩中，侵入深度相对较大，最大可达0.3mm。如果砂岩岩屑厚度比较小（0.5mm以下），应慎重考虑其侵入深度。因为这种薄岩屑在井中浸泡的时间稍长就会全部被原油浸染，这时，油会从胶结物孔隙直接浸入岩石结构内部，极易造成真假显示混淆的判断。此时，应参考混入原油时间、井深、岩性特征等方面资料，作出综合性的判断。侵入深度是碎屑岩中判断含油与否的一个重要参数。

⑤当用混油泥浆钻进时，若岩屑厚度在0.5mm以下时，该井段返出的岩屑中，发光者应占多数。

四、碎屑岩中真显示的发光特征

①发光部位明显受岩石的组构所控制。

②胶结物中心部位较颗粒含烃类相对要富集，即由胶结物向颗粒浸染，发光色泽由深变浅。

③仅在油层中心部位有较多的发光岩屑，其他部位岩屑则不发光。

第三节　荧光显微镜下对油水界面的判断

利用荧光薄片判断油水界面具有一定的准确程度，因而为荧光薄片的研究工作提供了一个方向。

霸66井于井深2120.67～2161.0m井段取心40.33m，从中取样5块，纯含油井段2块（1号、2号样），井深为2120.67～

2125.8m；油水界面附近样品 2块 （3号、 4号样）水层样品一块 （5号样),样品代表性极强。

在 2120.67～2125.8m 井段，含油井段岩样发光显示好。 1号样几乎全片发光，所有孔隙均含油，缝合线、晶间孔隙、粒间孔隙、粗大方解石解理缝等浸染发光极好，色晕宽广且连片，为褐一黄一绿一白一蓝色油质沥青，2 号样略次于 1 号样，白云石晶隙及泥质集中处均发蓝绿一黄白色亮光，并向周围基质浸染。

2135.6～2140.59m 为油水界面附近井段，发光显示出现不均匀现象， 3 号样基质不发光，仅三条张缝发光好，细晶方解石充填构造缝不发光。4 号样显示特殊，基质发光差，唯见一条宽 0.25mm 的方解石缝，缝内晶体、晶隙及解理缝多不发光，但部分晶隙角形空间残留有少量黄色沥青。沿两壁向外浸染，色晕宽，发光好，壁上油质重向围岩渐轻。为亮黄绿、绿色。 色晕宽约 0.5mm。

2154.19～2161m 井段则属水层， 5 号样见 6 条方解石缝均不发光，整个岩石均不发光。

上述情况表明，含油的纵向变化极为明显。 4 号样品显示特殊，标明了油水界面的位置，缝内晶隙不发光，但靠近缝两壁之基质发光好，且向外浸染，这种显示说明该缝曾有过含油的历史。后来，由于水驱油的作用，该缝内的油被水所驱替，水占据了缝内晶隙，使得缝内不发光，而壁外之基质发光，这是由于基质致密（泥晶灰岩）晶体细小且含泥，水不易把这一部分油驱走的关系。因此，该井目前的油水界面应在 4 号样以上 3 号样以下之间的井段。这一结论后经地球物理测井资料证实是正确的。

实践说明，利用荧光显微镜判断油水界面成败的关键在于样品的代表性，如果能取得准确的、有代表性的岩心样品，是可以得到令人满意的结果。

第四节　含油性的预测

一、荧光显微镜预测井下含油性

归纳以往所预示过的各种类型含油情况，可以进一步看出荧光显微镜在地质研究中的作用。

现将经荧光显微镜观察后提出预示的较为典型的井列于表中(表 7–2)，其中高 18 井为过去认识错误的以及任 96 井未经试油验证外，其余各井多已证实，其含油情况与荧光镜下的预示相符。

由于地下情况十分复杂，纷繁的地质现象存在着多解性，现场荧光地质工作在对一些现象作结论之前，必须充分了解该区或该井的地质情况，综合考虑有关的资料，如岩心（岩屑）录井、钻时、气测、泥浆录井、井径、地球物理测井、现场荧光分析等资料，才能做出正确的结论。

二、荧光显示与热蒸发烃分析结合判断油层

为了解一个钻井剖面中油层的确切分布井段及其烃类性质，还可把砂岩的热蒸发烃分析与荧光显微镜鉴定结合起来，以了解岩石中残余烃含量及其性质。美国岩心公司根据总烃量及烃的组成来区别油层、气层、凝析油层和干层，预测的成功率达 88%.

利用这一技术对胜坨油田 3–5–11 井的储集层样品作了热蒸发烃及荧光显微镜分析。其分析结果表明，含油砂岩的总烃含量均大于 1mg／g，一般含油砂岩含烃量为 2～12mg／g，在荧光镜下发光为亮一中亮，不含油的砂岩其总烃含量 ＜1mg／g。本井含油较重，发光为橙黄一褐色（见表 7–3)。

表 7-2　根据荧光镜下沥青产状预测各井含油情况

井号	马 25 井	鄞 2 井	曙 2 井	桐 9 井	任 96 井
一般显示情况	肉眼可见油斑，油浸岩屑，氯仿荧光级别高	肉眼发现含油岩屑，荧光灯下干照有显示	肉眼观察油浸岩屑普遍，洞发育，洞内含油	肉眼可见油斑，油浸缝，岩心表面缝含油	肉眼观察及干照均有显示
荧光镜下预示情况	镜下缝洞孔均发光，并向基质浸染、预示产油	镜下缝洞含油，色晕不宽，预示产油	镜下发光与鄞2 井相似，以洞发光为主，浸染色晕不普遍，预示与鄞2 井产油情况相近	镜下观察发现其为假显示	经镜下观察为泡油假显示
试油结果	高产井	产油井	产油井(400t／d)	未试油	未试油

井号	任 97 井	泽深 1 井	柯 4 井	泽 37 井	高 18 井
一般显示情况	肉眼及荧光灯下均无显示	肉眼观察有油浸岩屑、氯仿浸泡荧光级别高	岩屑刚出井口略有显示，氯仿荧光级别 8 级，数天后则无显示	有油浸油斑岩屑，固井中注油解卡，有人认为是假显示	肉眼观察岩心含油显示差
荧光镜下预示情况	发现两个井段缝中晶隙发光，为“活油”，建议继续钻进，结果往下钻 2m 见油浸岩屑	镜下发光不理想，主要晶隙及缝发光均为褐色，无其他色晕显示，并见沥青“C”（早期）	镜下观察发现粉砂岩含油珠，而细砂岩胶结物部位发光为黄色浸染较少，预示细砂岩产油部位，并认为轻质油	鉴定结果未发现泡油假显示及注油假显示，发现了真含油洞缝，确定为真显示，建议试油	早期构造缝及晶隙发光，误断真含油（认为晚期缝发光）建议试油
试油结果	高产油流	未产油	产轻质及凝析油	产油井	产水

表 7-3　胜坨油田 3-5-11 井热蒸发烃与荧光显示

井深 (m)	岩性	总烃含量 (mg/g)		气相色谱各碳数组分 (%)			荧光显示
		气相色谱	自由烃 S_1	C_5–C_{10}	C_{11}–C_{18}	C_{19}–C_{35}	
1869.8	灰绿色致密砂岩	0.3	0.33	35.89	23.68	40.93	不发光
1966.5	油砂	2.19	78.67	4.89	8.65	86.46	中亮
2038.9	油砂	7.0	103.87	2.15	2.54	95.3	中亮
2039.28	含油粉砂岩	4.12	58.85	6.38	2.24	88.08	亮
2047.78	油砂	12.1	238.59	0.69	1.53	97.78	亮
2179.51	生物灰岩含油不均	1.7～1.87	83.96	1.46～4.68	0.71～4.43	91～94.6	中亮
2174.05	油砂	7.0	25.88	0.36	0.71	98.93	亮
2379.90	灰白色砂岩	0.68	0.71	14.91	71.72	13.37	弱

第八章　荧光显微镜在储集层研究中应用的新方向及新技术

第一节　荧光显微镜鉴定的定量化与应用

一、荧光显微镜鉴定的定量化

目前荧光显微镜鉴定已逐步走向定量化。其发光颜色用波长来表示，而发光强度用亮度系数表示。

不同颜色的波长如表 8–1 所示。

表 8–1　颜色的波长范围

颜色	红	橙	黄	绿	蓝靛	紫
波长范围 (nm)	770 ~620	620 ~600	600 ~580	580 ~490	490 ~450	450 ~350

南海西部公司用荧光系数（L 和 C）来定量表示荧光强度（L）与荧光颜色（C）。

荧光强度的划分见表 8–2 所示。

表 8–2　石油组分含量与荧光强度关系

组分含量		极高	高	较高	较低	低	极低
测量结果	亮度	极亮	亮	中亮	中暗	暗	极暗
	L	10 ~6.50	6.5 ~5.5	5.5 ~4.5	4.5 ~3.5	3.5 ~2.5	<2.5

各荧光颜色系数见表 8-3 所示

表 8-3 荧光颜色色序

荧光颜色(测量结果)	蓝绿	黄绿	绿黄	黄	橙黄	黄橙	橙	褐橙	橙褐	褐	红褐
荧光颜色系数 C (EV)	<2.6	2.60～2.40	2.40～2.00	2.00～1.90	1.90～1.83	1.83～1.76	1.76～1.70	1.70～1.60	1.60～1.50	1.50～1.40	<1.40

各石油组分发光的颜色与其强度关系见表 8-4。

表 8-4 石油组分荧光特征

组分	荧光颜色		荧光强度	
	目估	测量 C (EV)	目估	测量 L
饱和烃	蓝绿、黄绿	>2.40	极暗-极亮	2.00～10.00
芳烃	绿黄、黄、橙黄、黄橙	1.76～2.40	极暗-极亮	2.00～10.00
非烃	橙-褐橙-红橙	<1.70	极暗-亮	2.00～6.50
沥青	褐、黑褐		极暗	<2.00

(表 8-2、8-3、8-4 据南海西部公司曹志雄)

二、定量化应用实例

运用上述荧光鉴定的定量化数据，对判断和划分油、气、水层得到了进一步规范化，如南海西部油田对涠 10-3-1 井等井通过分析后认为：

① 涠 10-3-1 井 1903.00～1930.00m 井段，粒间孔中轻组分

发光强度 $L=2.78\sim2.33$ 为暗一极暗，粘土微孔和粒间孔中重组分发光强度 $L=3.00$、发光色序 $C=1.87$ 为黄橙—橙色光，解释为气层； 1935.00～1942.00m，粒间孔中轻组分发光强度 $L=3.96\sim3.50$ ，粘土微孔和粒间孔中重组分的发光强度 $L=3.05\sim3.14$ ，发光色序 $C=1.96\sim1.63$ ，解释为油气过渡层；1944.61～2041.00m，粒间孔中轻组分发光强度 $L=5.30\sim4.32$，重组分亮度为 5.13～4.27 的中亮—中范围内，后者色序 $C=1.99\sim1.01$，解释为油层。

②涠 10-3-3 井 2017.00～2083.00m 井段中，粒间孔中轻组分发光强度 $L=2.36\sim2.09$ 为极暗光，偶见重组分显暗的黄橙光，解释为水层；2098.00～2152.00m 粒间孔中轻组分发光强度 $L=6.61\sim4.37$ 为极亮—中，重组分发光亮度 $L=6.01\sim4.38$ ，色序 $C=1.90\sim1.22$，解释为油层；2174.00～2176.00m，粒间孔中轻组分发光强度 $L=3.25$ 为暗光，重组分发光强度 $L=3.23$ 亦为暗光，其色序 $C=1.80$ ，解释为油水过渡层；2238.40m 轻组分发光强度 $L=2.00$ 为极暗光，未发现有重组分，解释为水层。

③涠 11-4-A1 井 962.80～994.68m 井段，粒间孔中轻组分发光强度 $L=5.73\sim4.54$ 为亮—中亮光。重组分发光强度 $L=6.25\sim3.83$ 为亮—中暗光，荧光色序 $C=1.9\sim2$ 解释为油层；994.79m 粒间孔中轻组分发光强度 $L=3.95$ 为中暗光，重组分发中暗的黄-黄橙色荧光，解释为油水过渡层； 997.40～1004.12m 粒间孔中轻组分发光强度为 $L=2.59\sim2.32$ 为暗—极暗光，偶见重组分发中暗的黄—黄橙光，解释为水层；1006.17m 轻组分发光强度 $L=4.49$ 为中等光，重组分发光强度 $L=5.08$、荧光色序 $C=1.9\sim2$，解释为油层。

将上述资料列入图中（见图 8-1），发现分析数据后的解释结果与电测解释和岩心观察结果基本上是处于吻合状态，其中的误差一般发生在油气、油水过渡区，相信如果加密取样点，荧光定量化数据的解释将会得到更加满意的效果。

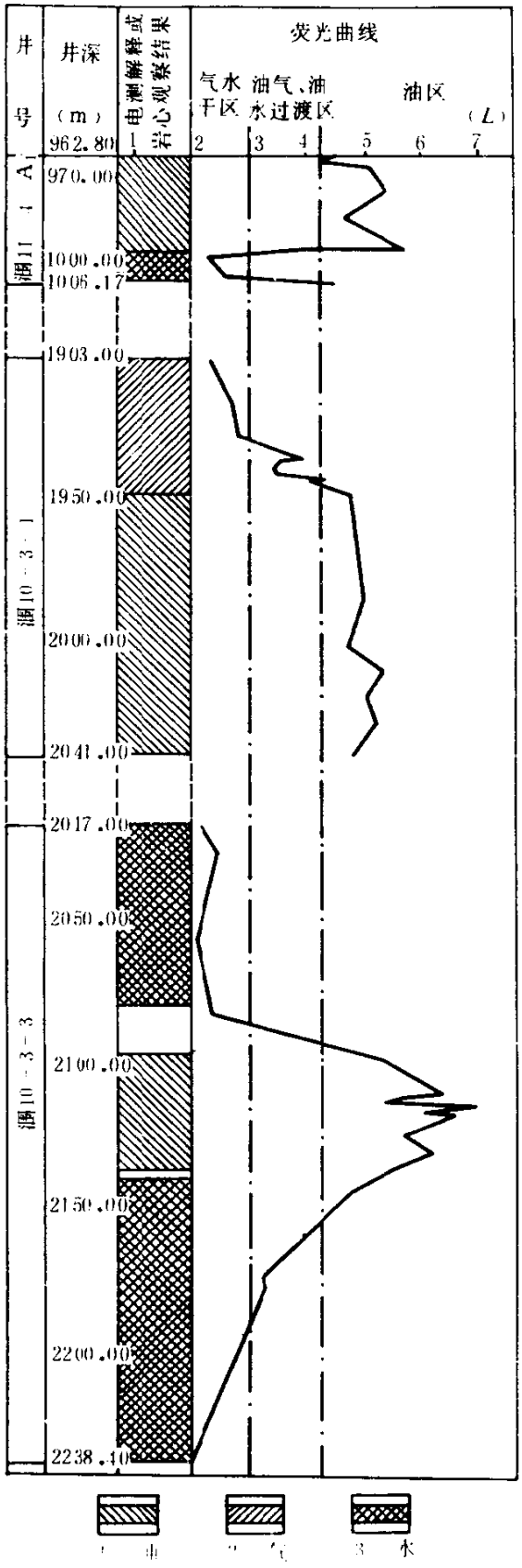


图 8-1　荧光亮度一油气水关系图

第二节　荧光显微镜研究致密岩石微孔隙的新技术

在薄片中用蓝色、红色或其他颜色的染色树脂通过常规的铸体浸染方法来观察储集层的孔隙结构。但是当孔隙 $<1\mu m$，或者在形态上呈线状的话，那么这一方法是很困难的，这种类型孔隙在低渗透天然气储集层或致密储集层中（譬如煤、页岩和致密砂岩中）是很普遍的。

目前国际上使用二种荧光染色铸体方法来观察微孔隙。

一、带有荧光染色的新环氧树脂技术

原理：把天然荧光树脂或荧光染色物灌入的树脂注入到岩石中。首先用透射显微镜识别，可见微孔隙或清晰的孔隙，然后在透射荧光下观察由亮蓝色荧光组成的孔隙的亮荧光的最尖锐的图象

该方法环氧树脂的配方是：①树脂 GCR-31 环氧树脂（150g 可注 20 个样品）；② 蓝色染色物 Kriegrosol 蓝色物 Supra (1.0g)；③荧光染色物（P.S.T.F）（看不见蓝色，30ml)；乙醚丁基缩水干油乙醚（30ml)；⑤凝固剂：二甘醇-三氨基 (22ml)

该方法灌注流程有六道步骤：

①按要求准备一定的环氧树脂；

②把蓝色染色物与荧光染色物按要求的量混入环氧树脂中形成混合液；

③混合液必须静置 3 小时，以使蓝色晶体完全溶解在树脂中；

④加入一定量的凝固剂与上述混合液直接混合，这时浸渍样品必须立即进行，因为树脂在 45 秒后会变成胶状；

⑤树脂浸入样品必须在真空／压力室中来做，特别对于微孔隙样品更需如此，浸渍的样品头天晚上留在压力室里，样品在四

小时后完全愈合，温度不能超过 60℃，乙醚的存在可以预防在愈合期间环氧树脂的破裂；

⑥全愈合及全凝固的样品切割用于偏光及荧光分析。

用该方法可在透射荧光下观察岩石中微孔隙。

二、若丹明 B荧光树脂技术

*1*技术原理及操作过程

原理：带荧光的若丹明 B 蓝光蕊香红（rhodamine B）染色剂及蓝色染色剂一起灌入树脂，注入岩石中，在波长为 540nm 的绿光波的激励下，rhodamine B 呈亮的带红色的橙色光清楚地表示所浸渍的孔隙空间。抑制滤光片仅仅能通过带红色的橙色光及大量的非荧光矿物颗粒。荧光显微镜使用入射光系统，可以允许在不透明矿物中观察树脂浸入的空间，譬如煤。这样就有可能研究致密沉积岩、结晶岩中的狭的、线状的或微小的孔隙。

仪器条件，入射光荧光显微镜附加正常光源和激励滤光片仅仅能让荧光的波通过达到目镜中，而未浸渍的固体矿物颗粒表现出黑色，最后得到裂缝和微孔隙的高反差图象，可以用于观察不透明物质中的微孔隙。

孔隙在单偏光、透射荧光、入射光下均能看到，但是微孔隙仅仅能在入射荧光下才能看到（图 8-2a）。

该方法环氧树脂的配方物质是：①树脂 Maraglas655：该树脂吸热且在烘箱中固化；②荧光染色物 rhodamine B 若丹明蓝光碱性蕊香红，它是干粉末，也是有害物质，因而在处理树脂化合物和若丹明粉末时要用乳胶手套并且要在通风柜中完成；③蓝色杂色物亮蓝色 GN 粉末；④凝固剂 555。

该方法环氧树脂的配方比例是：荧光染色物与蓝色染色物比例是 3：7；每克固化剂溶解以上混合染色物 0.081 克；100 份 655 树脂对 7.55 份固体剂。

灌注注程：这些混合树脂放在处理烧杯里且在磁性搅拌器中混合一小时。样品在常规的真空仪器中浸渗。岩石碎片放在小的（50ml）处理烧杯里，将烧杯放入准备好树脂容器的钟型罐中，

二者暴露在 50mtto 真空中几个小时，将空气引入到钟型罐中，空气压力使树脂进入到孔隙空间中，全浸渍致密岩石通常要求附加压力克服毛细压力，常需要一夜的浸渍时间（见图 8-2b）。然后将经混合树脂浸渍的样品放在烘箱中（75℃）固体约 16 小时，最后进行抛光组装样品，用环氧树脂组装在载薄片上，而后将薄片进行磨平及抛光。

观察及照相：从图 8-2a 可见从石英汞灯来的亮光从边部进入到达激励滤光片产生绿光，绿光波长在 515～560nm 之间，由一个 45° 安装的束分离器向下反射绿光通过物镜把绿光束聚焦在抛光样品表面。从样品来的光由物镜收集且直接射向目镜。红的橙色荧光能通过抑制滤光片，而绿光被阻挡，这样使矿物颗粒不能被看到，而产生了只有环氧树脂才能看到的孔隙高反差图象。高反差荧光图象是用高速度胶卷（400 啶）曝光来完成的。

2.地质应用

Rhodamine B 荧光树脂技术可应用于石油储集层的观察。

(1) 低渗透致密气层　有气可以通过的窄的裂缝及片状孔隙，其大小为 0.1μm（100nm），小于可见波的波长（400～700nm），这种窄孔隙用光学显微镜是不能看到的，用 rhodamine B 荧光染色树脂浸渍，那样产生的荧光就使得孔隙变得可见。

(2) 煤　在煤层中裂缝宽度、大小分布和裂隙间隙是煤层甲烷产出物的存储场所，在反射光下荧光浸渍技术可提供煤层许多有用的岩石学信息。

(3) 页岩　荧光树脂浸渍页岩是有意义的，但是页岩的浸渍比砂岩及煤层注入要难，显然是由于粘土矿物的影响，但尽管如此，荧光树脂也能浸渍入页岩中的层状的裂缝中，很少浸入到页岩本身的基质中。但有时也可见到树脂浸入到页岩的基质孔隙中，呈小的孤立的亮斑或极微小的孔隙亮斑。

页岩内 rhodamine B 荧光树脂的注入对了解页岩组构、页岩内微孔隙组构、有机质含量、沉积环境是有用的。

(4) 砂岩内微孔隙　通过 rhodamine B 荧光树脂注入可以发现由风化作用造成的顺着长石颗粒双晶边界的微孔隙及由基质溶解造成的微晶燧石颗粒内部的微孔隙。

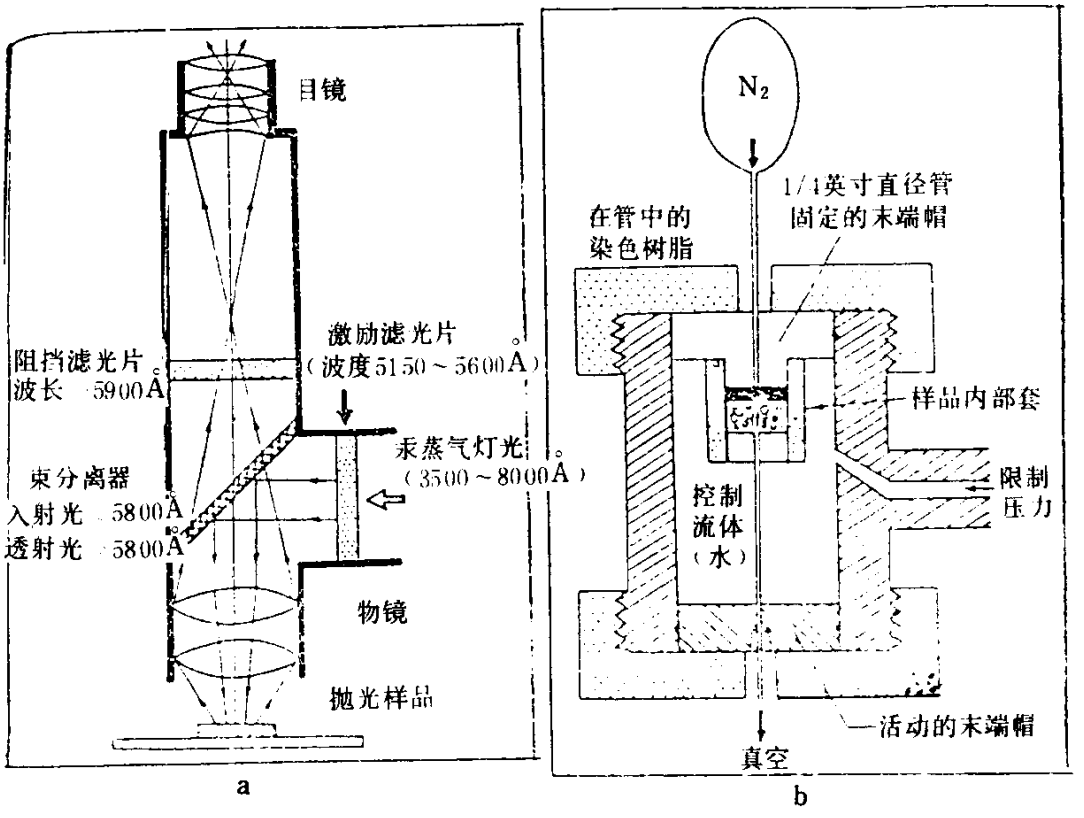


图 8-2　入射光荧光显微镜装置及制样方法

a 在入射光下用于观察若丹明荧光的显微光学轮廓；

b 在限制的压力下环氧树脂注入样品的通道

(5) 火成岩　通过 rhodamine B 荧光树脂浸渍，也能观察到火成岩的微孔隙，例如玄武岩中结晶燧石中的精巧网格常常是由联结气泡的网络形成的连通的通道。孔隙网络也可以由辉绿岩、凝灰岩、辉长岩及花岗岩中获得。

总之 rhodamine B 荧光树脂浸渍样品能够提高孔隙结构的可见度。当用正常装备的入射光显微镜观察薄片时，仅仅浸染的孔隙是可见的，结果孔隙在透射光下呈靛蓝色，在荧光下呈带红的橙色。

Rhodamine B 荧光树脂的优点是应用范围宽、成本低、荧光反应强，缺点是稍有毒性。

参 考 文 献

郭舜玲，1979年，荧光镜下沥青产状的成因分类及真假油层、油水界面的鉴别，古潜山，第4期。

郭舜玲，1979年，荧光镜下碳酸盐岩含油性研究，华北油田勘探开发研究院报告集，第二集。

沉积岩，华东石油学院勘探系基础地质、石油地质教研室，1977年。

奇林格，G.V.，冯增昭等译，碳酸盐岩，石油化学工业出版社

尚慧云、李晋超、郭舜玲编著，1990年，有机地球化学和荧光显微镜技术，石油工业出版社。

孙玉善，1983年，用荧光显微分析法试论风成城地区中晚石炭世地层自生自储含油特征，新疆石油地质，第二期，第58～65页。

孙玉善，1985年，用荧光薄片研究克拉玛依基岩油藏孔隙组合类型特征，新疆石油地质，第4期，第36～47页。

Charles E. Barker and Otto C.Kopp, LUMINESCENCE MICROSOPY AND SPECTROSCOPY 1991, SEPM (Society for Sedimentary Geology).

Deniel. J. Soeder 1990, Applications of Fluorescent Microscopy to Study of pores in Tight Rocks AAPG Vol. 74 No. 1, P30～40.

J.E. Yanguas and Jeffrey J. Dravis 1985, BLue Fluorescent Dye Tecnique for Recognition of Microporosity in Sedimentory Rocks. Journal of SedimentoryPetrology Vol. 55. P. 600～602.

图版及图版说明

图 版 Ⅰ

1. 轮南 57 井，原油，透射光下的荧光特征

2. 克 75 井，原油，透射光下的荧光特征

图 版 Ⅱ

1. 9105 井，原油中的芳烃组分在透射光下的荧光显示

2. JF121 井，原油中的芳烃组分在透射光下的荧光显示

图 版 Ⅲ

1. 9105 井，原油中的非烃组分在透射光下的荧光显示

2. JF121 井，原油中的非烃组分在透射光下的荧光显示

图 版 Ⅳ

1 雁 13 井，3311m，（河北）。层纹石藻白云岩。可见原生沥青成层状，暗层为褐色，亮层为黄色。

2. 泽 37 井，3215m，（河北）。准同生白云岩，在细粉晶白云石晶隙中发黄色及绿蓝色光。

3. 任 48 井，岩心 $10\frac{10}{10}$号，（河北）。藻架孔中第一世代充填物发黄色光。

4. 霸 66 井，2120.67～2125.83m，（河北）。白云质（化）灰岩。在粉晶菱形的白云石晶隙中发黄一绿-蓝白色光，并向晶体中浸染。

图 版 Ⅴ

1. 霸 66 井，2154.19～2161m，（河北）。早期构造缝中发光，晚期缝则不发光。

2. 旺古 1 井，2440～2442m，（河北）。充填方解石的构造缝壁及晶隙，分布有碳质及油质沥青，后者发光为亮橙黄-黄-绿-蓝色，色晕较宽。

3. 旺古 1 井，2440～2442m，（河北）。晚期裂缝中含油可见较宽的浸染色晕。

4. 泽 37 井，3206m，（河北）。溶洞中由重质油充填，向基质浸染的色晕宽，色泽鲜。

图 版 Ⅵ

1. 英买 10 井，J，×100。（新疆）

粉粒状岩屑石英砂岩，重质沥青呈层状充填于粒间孔，沿层两侧浸染，色晕宽、发光强。

2 柯 30 井，N_1，×128。（新疆）

细粒石英砂岩，粒间溶蚀孔中的含油显示。

图 版 Ⅶ

1. 红 0206 井，T_2^2，×100。（新疆）

砾状不等粒砂岩，粒间溶蚀孔由油质沥青充填，残余杂基部分被均匀浸染。

2. 轮南 2 井，T，×112。（新疆）

含砾砂岩，粒间溶蚀孔中含油质沥青。

图 版 Ⅷ

1. 红 0219 井。T_2^2×112。（新疆）

不等粒长石石英砂岩，长石碎屑粒内溶蚀孔中的含油显示。

2. 轮南 2 井，J，×112。（新疆）

粗粒岩屑石英砂岩，云母碎屑粒内解理缝中的含油显示。

图 版 Ⅸ

1. 红 0206 井，T_2^2，×80。（新疆）

砾状不等粒砂岩，裂缝与溶孔及杂基微孔构通，油质沥青沿其充填和浸染。

2 北 63 井，J_1，×100。（新疆）

不等粒混合砂岩，裂缝及粒间孔隙中的含油显示。

图 版 X

1. 红 0219 井，T_2^2，×80。（新疆）

砂质砾岩，砾缘界面缝及砾内微孔中的含油显示。

2. 轮南 2 井，T，×100。（新疆）

不等粒岩屑石英砂岩，粒间杂基（高岭石）晶隙及杂基收缩缝中被油质沥青充填和浸染。

图 版 XI

1. 古 42 井，C，×100。（新疆）

含砾混合砂岩，构造缝定向发育，切穿砾石。缝内为油质沥青充填。

2. 古 42 井，C，×100。（新疆）

砂岩，构造缝被浊沸石充填，其晶隙解理缝被沥青充填并向粒间片状孔隙广泛浸染。

图 版 XII

1. 台 43 井，T_{1ch}，×112。（新疆）

细粒岩屑砂岩，粒间孔隙中均被沥青质沥青充填，沿界面处可见油质沥青。

2. 台 44 井，J_3q，×80。（新疆）

砂岩，粒间孔被高岭石半充填，残余部分被沥青质沥青充填。颗粒界面及高岭石晶隙被油质沥青浸染。

图 版 XIII

1. 古 103 井，C，×128。（新疆）

砂质泥岩，裂缝由方解石半充填，残留缝为褐色沥青质充填，方解石颗粒被浸染发蓝绿光。

2. 1245 井，C，×80。（新疆）

泥岩，裂缝呈网状发育，缝内以油质沥青充填为主。

图 版 XIV

1. 彩 5 井，P_2，×80。（新疆）

粉砂质泥岩，油质沥青具均匀状显示，部分已聚集在片状微孔中发亮一极亮黄光。

2. 彩 5 井，P_2，×80（新疆）

泥岩，油质沥青广泛地聚集在层间微缝中。

图 版 XV

1. 石梯子煤矿，矿井，×112。（新疆）

煤岩，煤中收缩缝发亮黄光，为油质沥青充填。

2. 屯果尔太沟，剖面，J_2，×112。（新疆）

煤岩，煤中孢子组份发极亮黄光。

图 版 XVI

1. 古 61 井，C，×128。（新疆）

火山碎屑岩，张裂缝中的含油显示。

2. 古 107 井，C_1，×80。（新疆）

凝灰岩，三期裂缝相互构通，均被油质沥青充填。

图 版 XVII

1. 古 65 井，C，×112。（新疆）

火山角砾岩，粒（砾）间孔中的含油显示。

2. 古 107 井，C，×80。（新疆）

凝灰岩，粒间溶蚀孔中的含油显示。

图 版 XVIII

1. 乌 40 井，P_1，×160（新疆）

泥云岩，基质弥浸状显示，褐色质点为有机残体。

2. 风 6井，P_1，×128。（新疆）

凝灰质泥云岩，油质沥青由泥质层聚集到砂层和层间缝。

图 版 XIX

1. 1909井，C_1，×112。（新疆）

玄武质角砾熔岩，裂缝连通长石斑晶粒内微孔，沥青沿其充填和浸染。

2. 1909井，C_1，×100。（新疆）

玄武岩，裂缝连通气孔充填物（浊沸石）晶隙，图为缝孔中的含油显示。

图 版 XX

1 古42井，C，×100 （新疆）

安山岩，裂缝中的含油显示。

2. 车60井，C，×100 （新疆）

安山岩，气孔中的含油显示。

图 版 XXI

1. 480井，P_1，×100。（新疆）

流纹岩，气孔中的含油显示。

2. 480井，P_1，×100。（新疆）

流纹岩，裂缝发育，并连通基质溶蚀孔（褐色一褐黄色）有油沥青沿其充填和浸染。

图 版 XXII

1. 胜利油田，井下，×80。（山东）

煌斑岩，溶蚀孔及云母解理缝被油质沥青充填和浸染。

2. 中原油田，地表，×100。（河南）

大理岩，裂缝中为沥青质沥青充填，向基质选择性浸染发黄一黄绿色荧光。

图 版 XXⅢ

1. 淖 5 井，1600～1601.9m×80。（内蒙）

黑云母片麻岩，油质沥青沿微裂缝向基质（矿物解理缝，晶隙）选择性浸染。

2. 安 67 井，2694.25～2698.13m，×100。（辽宁）

石英岩状砂岩，粒间片状孔隙发育处均被油质沥青充填和浸染。

图 版 XXⅣ

1. 安 62 井，3163.56～3186.30m，×100。（辽宁）

变余砂岩，裂缝连通晶隙发育部位后，被来自缝中的油质沥青所浸染。

2. 辽河油田，井下，×80。（辽宁）

黑云母混合花岗岩，溶蚀孔隙的发育状况和含油显示特征

图 版 XXⅤ

1. 塘沽，井深 2212.5m，×100。（河北）

混合花岗岩，裂缝连通基质微孔，石油沥青沿其充填和浸染。

2. 胜利油田，井下，×100。（山东）

混合花岗岩，裂缝与长石解理缝构通，图为缝隙中的含油显示特征。

图 版 XXVI

1. 乌尔禾,地表,(新疆)。地沥青的荧光显示特征。

2. 任 28 井，岩心 $25\frac{15}{16}$ 号，（河北）。溶孔周围发单一黄光，并向基质浸染。

3. 任 28 井，岩心 $23\frac{19}{19}$，（河北)。半充填裂缝中发弱-黄一浅蓝色光。

4. 旺古 1 井，2438.00m，（河北)。缝中以黄光显示为主向基质浸染呈黄绿-蓝光。

图 版 XXVII

1. 桐 9 井 ，3714m，（河北）。由岩屑边缘向岩屑内部浸染，假显示。

2. 桐 9 井 ，3717m，（河北）。由裂缝的两端向裂缝内部浸染，假显示。

3. 泽 37 井，3206m，（河北）。整个岩屑被油质沥青浸染，真显示。

4. 桐 9 井 ，3714m，（河北）。由岩屑边缘向岩屑内部浸染，中心不发光、假显示。

图 版 XXVIII

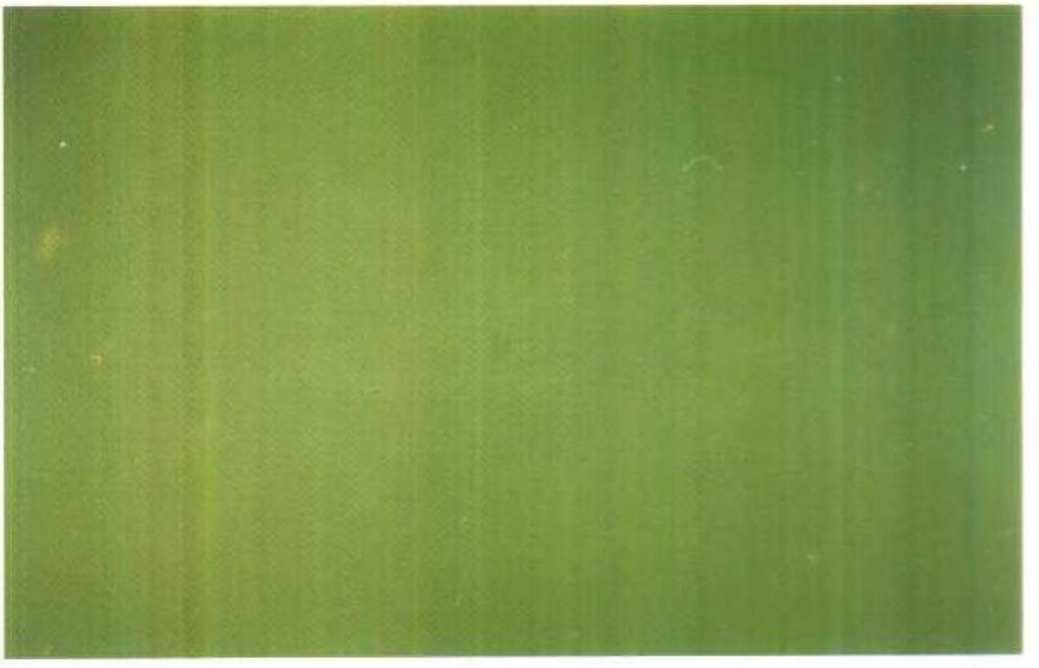
1. 泽 37 井，3202m，（河北）。沿张裂缝向两侧岩石浸染，真显示。

2. 乌 71 井，2832.38m （华北）。大裂缝中的含油，真显示。

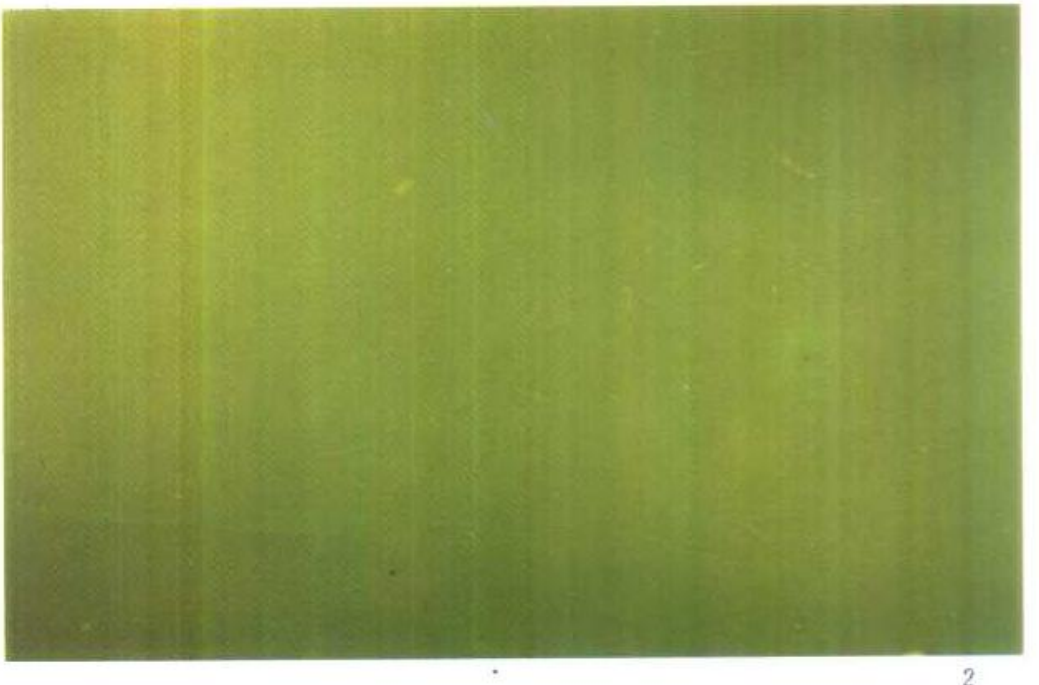
3. 泽 37 井，3206m，(河北)。岩样呈均匀弥浸状显示,为真显示。

4. 淀 2 井 ，1016m，（河北)。方解石解理缝及溶孔中的含油，真显示。

图版 I

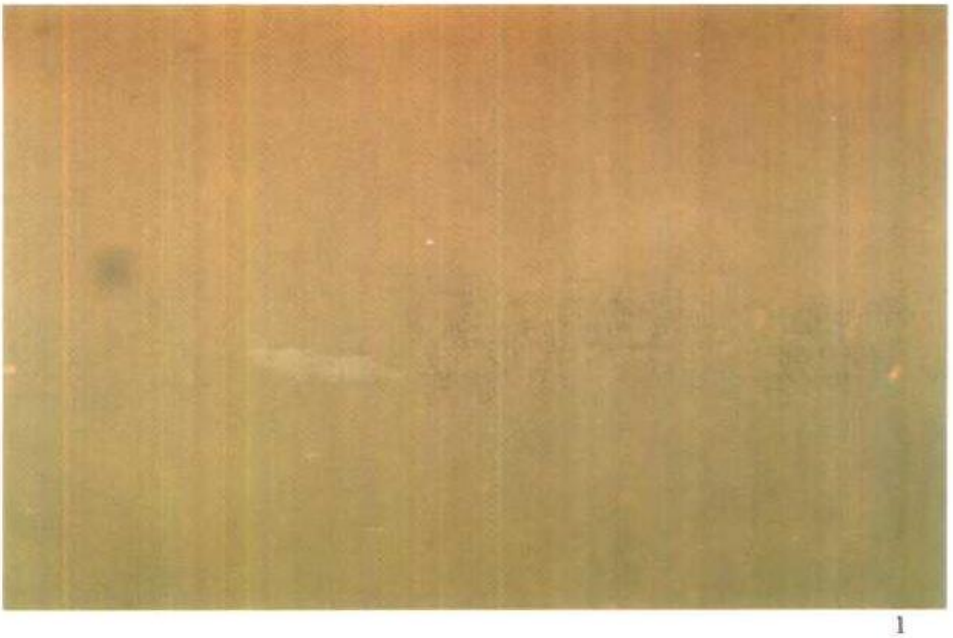


1

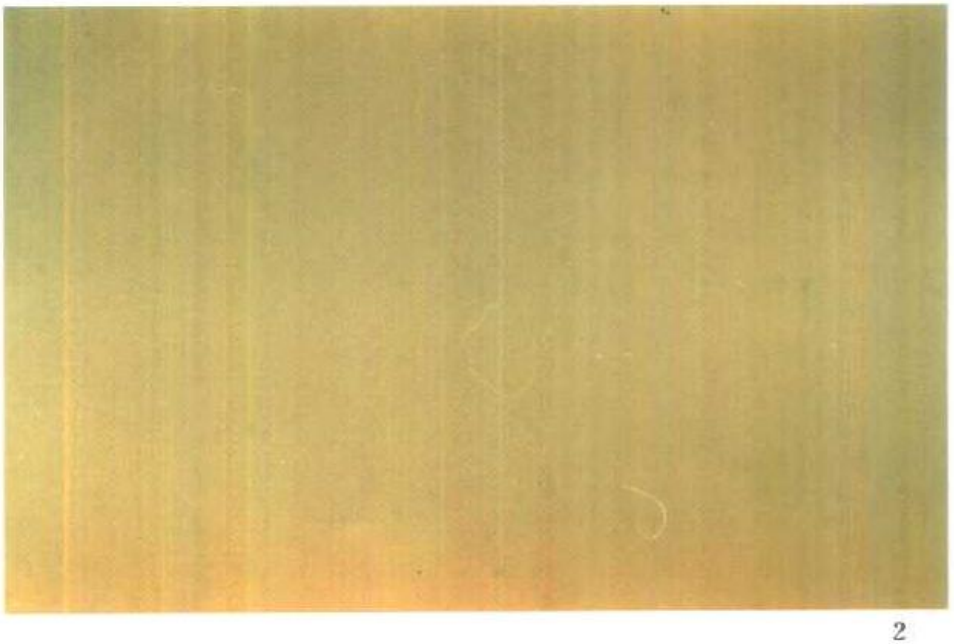


2

图版 II

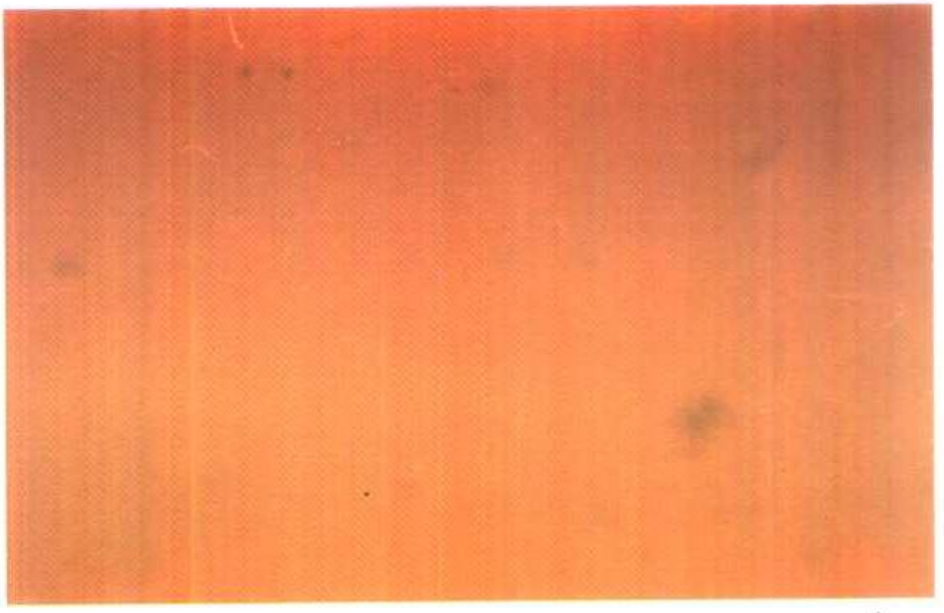


1

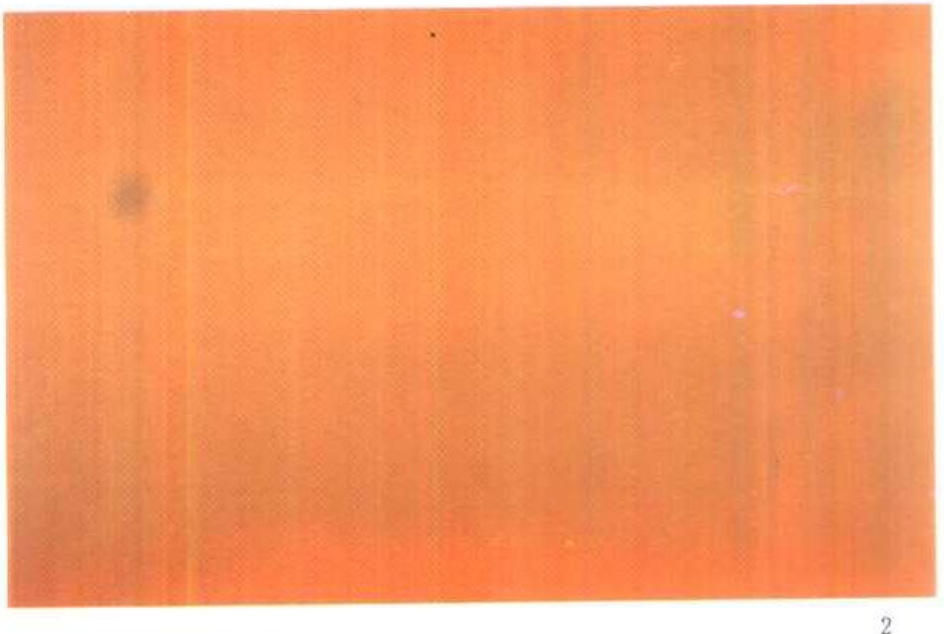


2

图版 III

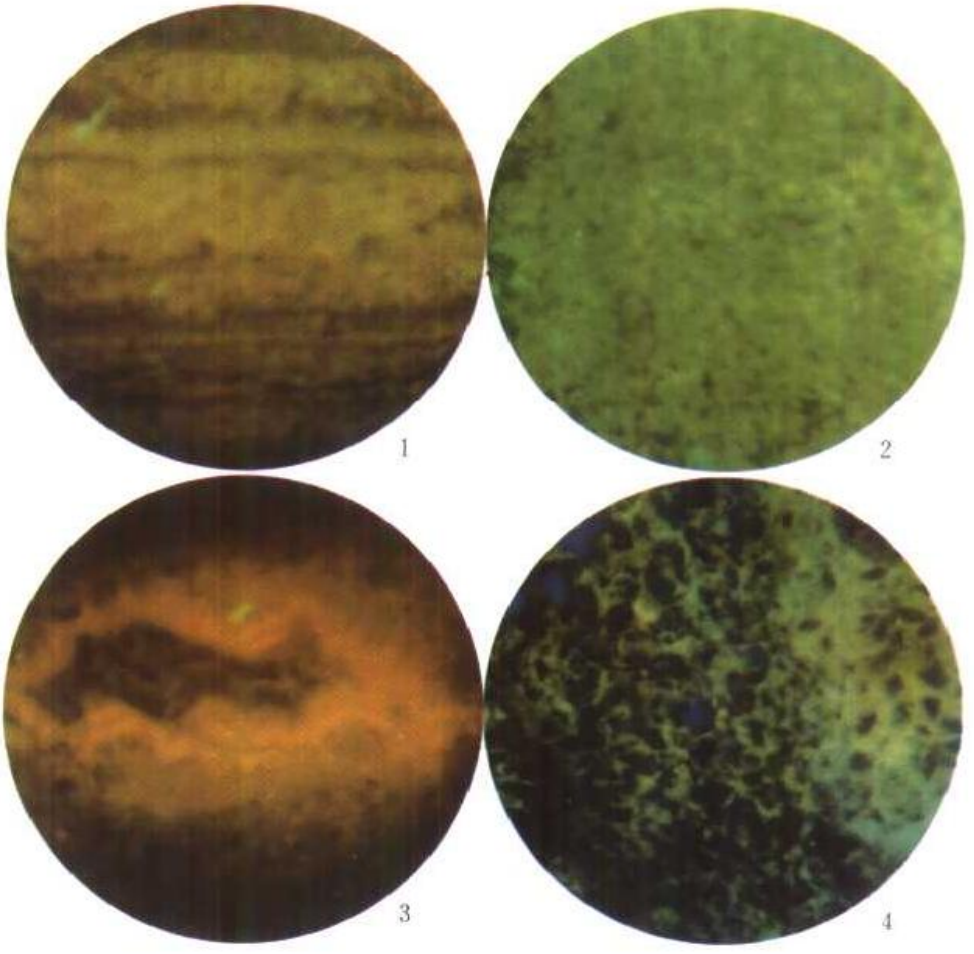


1

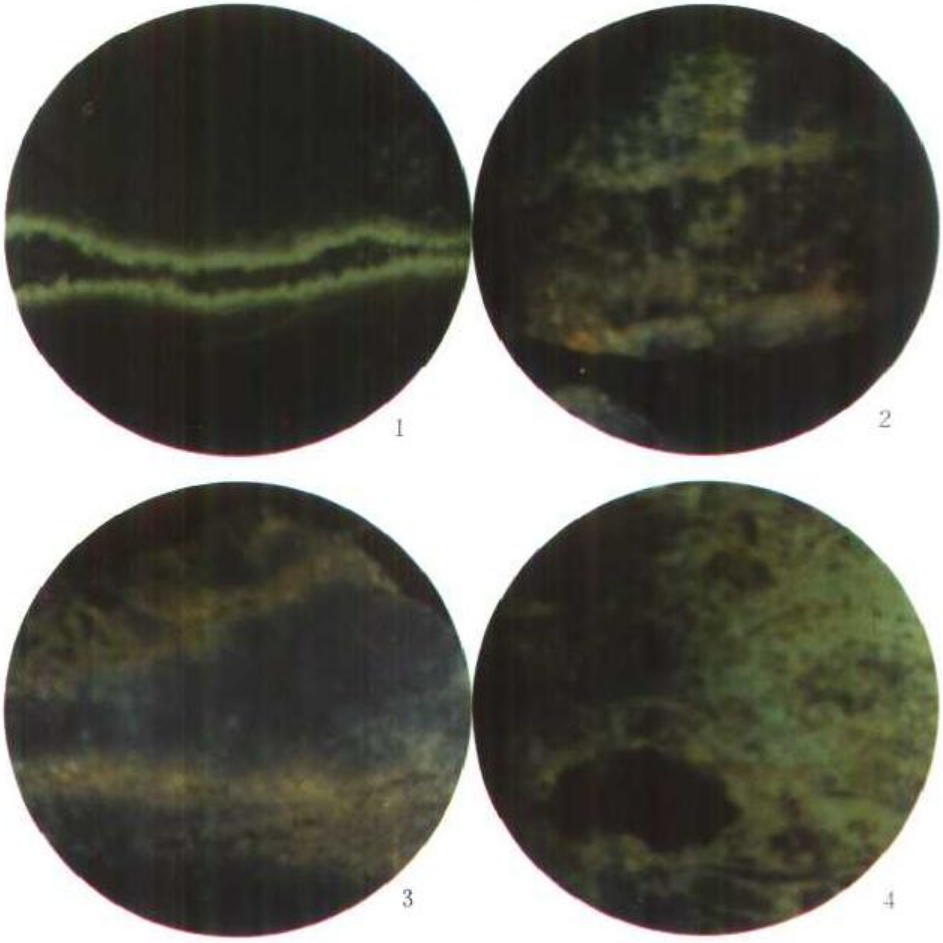


2

图版Ⅳ



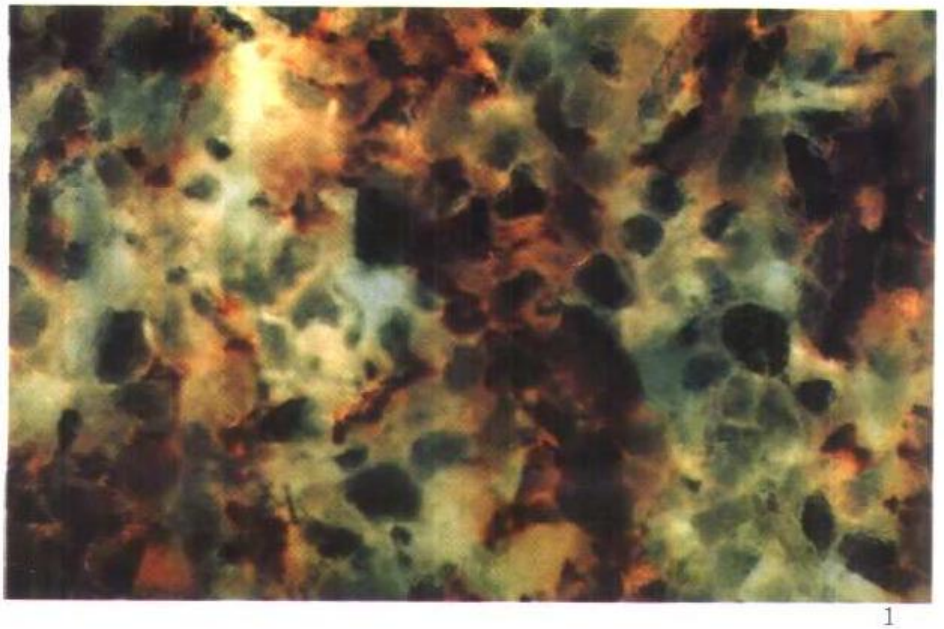
图版Ⅴ



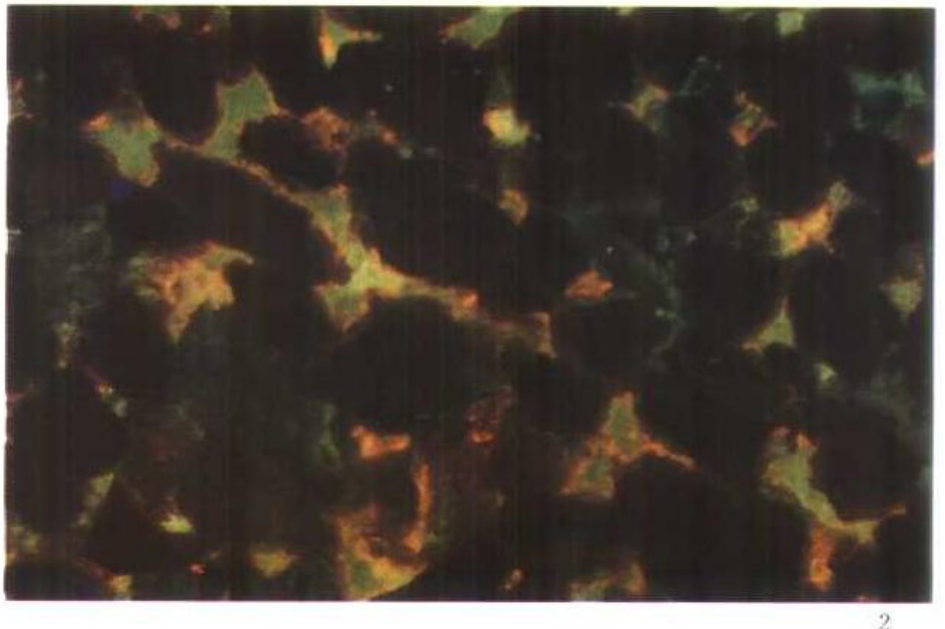
1　2

3　4

图版Ⅵ

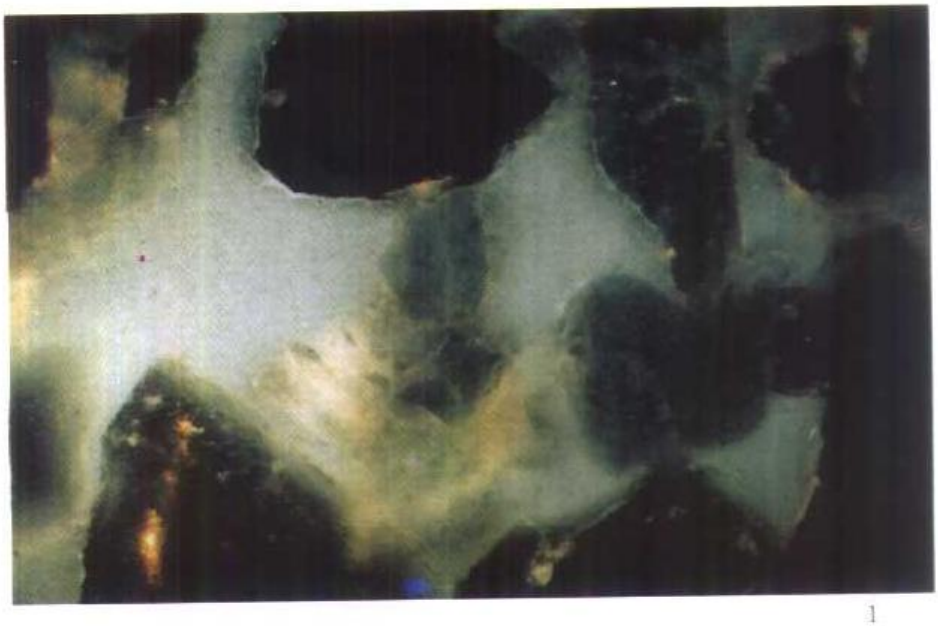


1

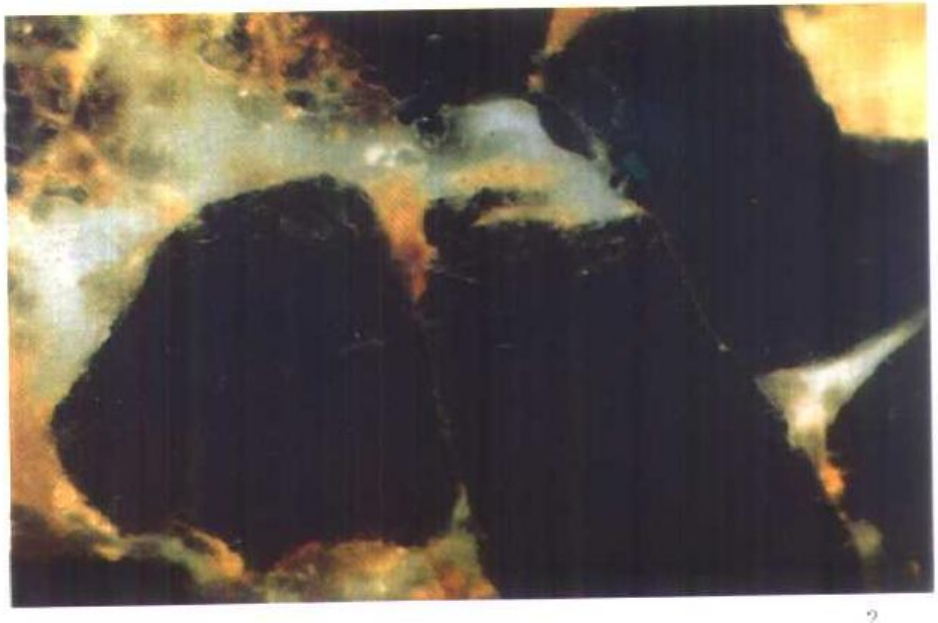


2

图版Ⅶ



1

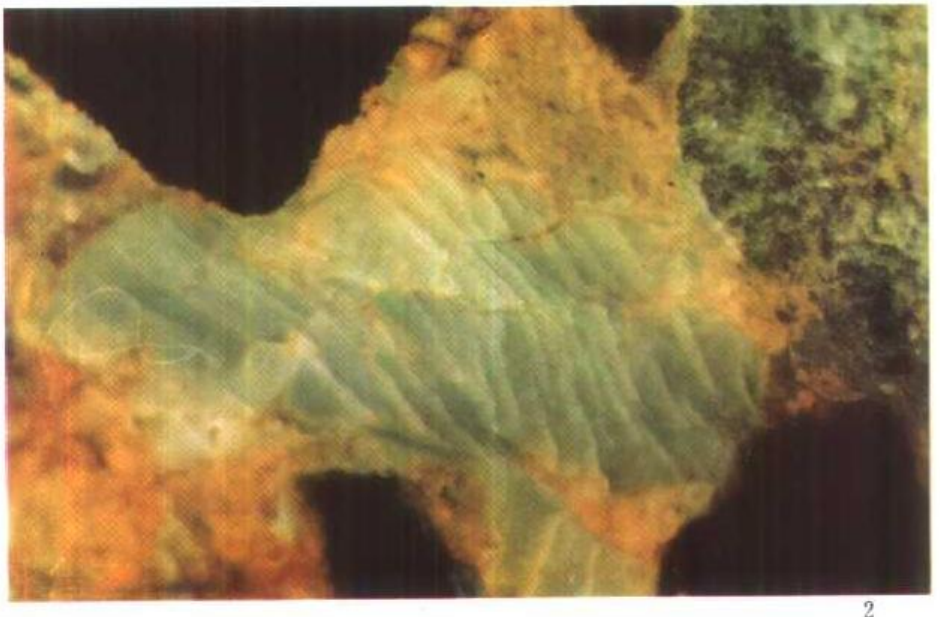


2

图版Ⅷ

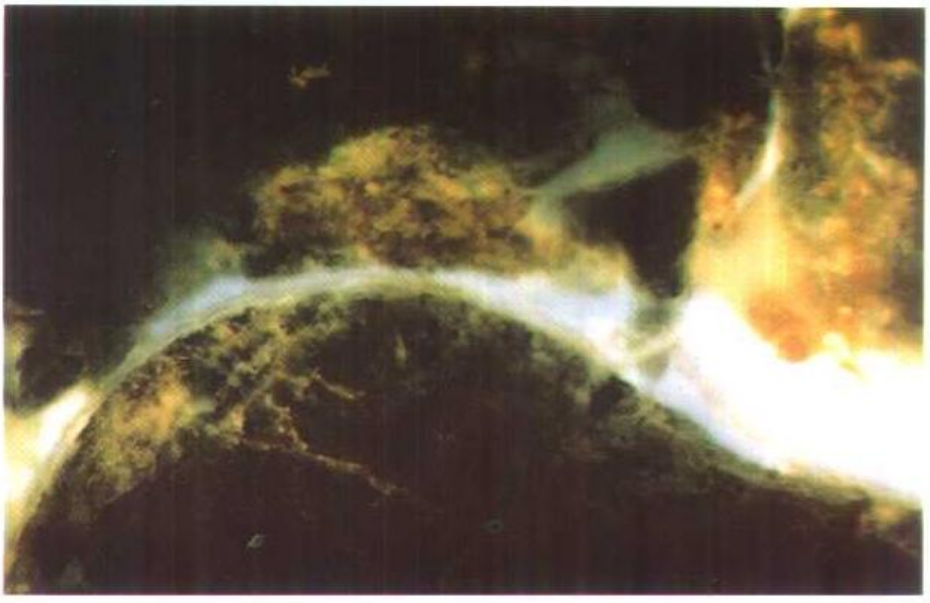


1

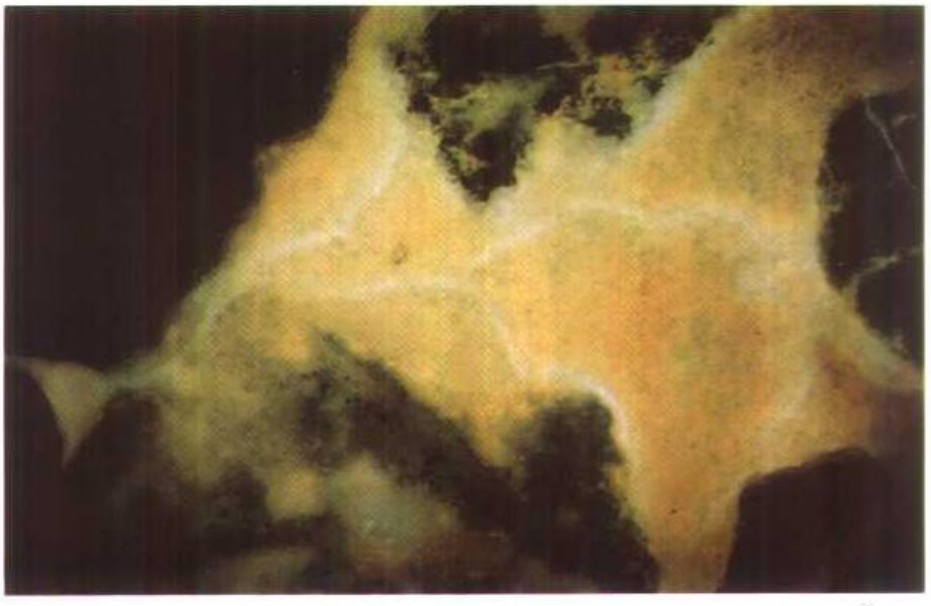


2

图版Ⅳ

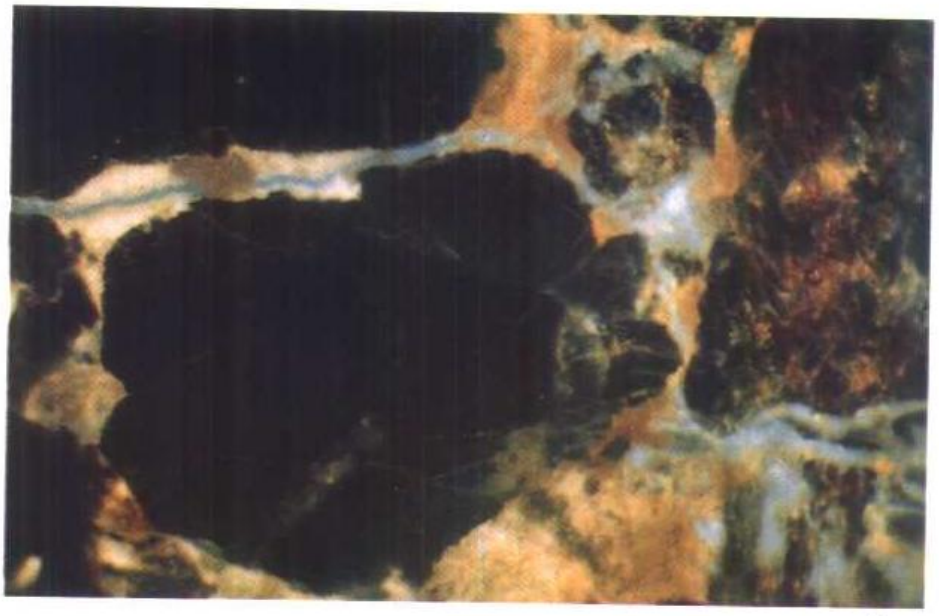


1



2

图版Ⅴ

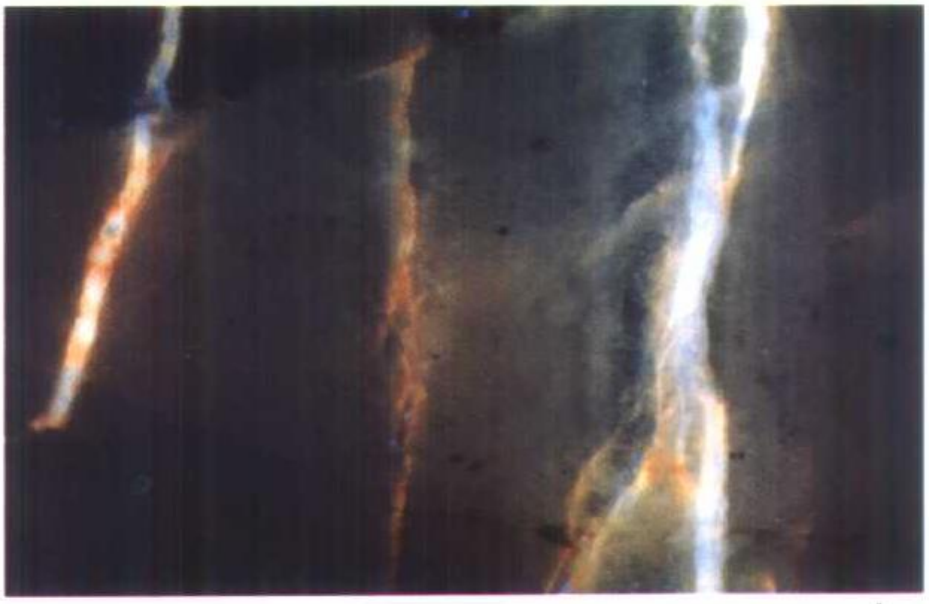


1

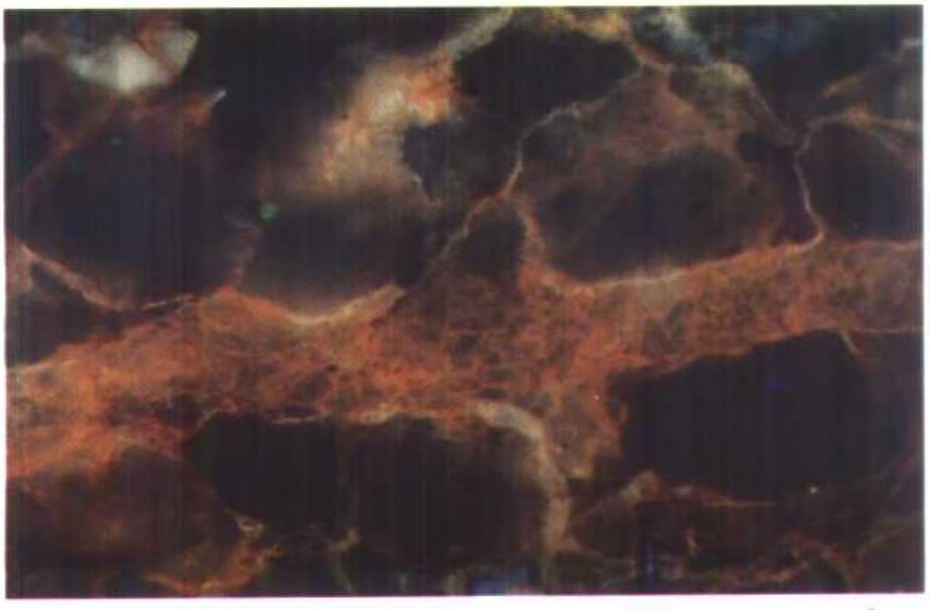


2

图版 XI

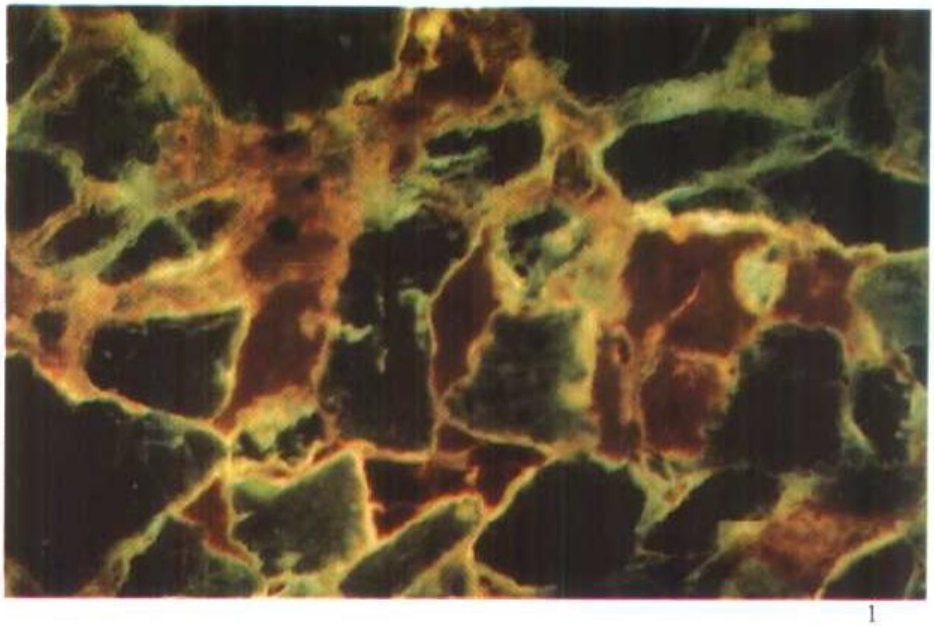


1

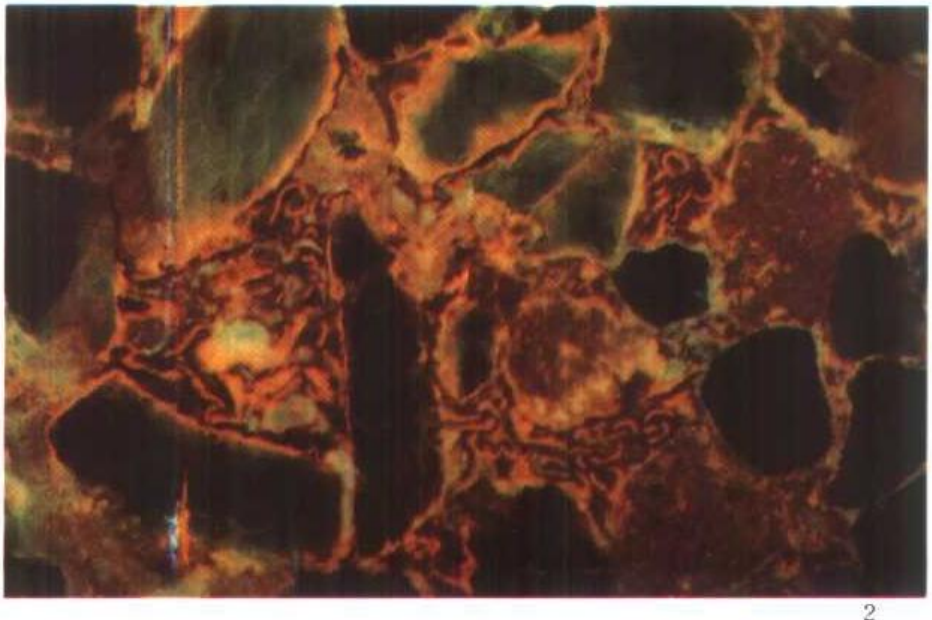


2

图版 XII



1

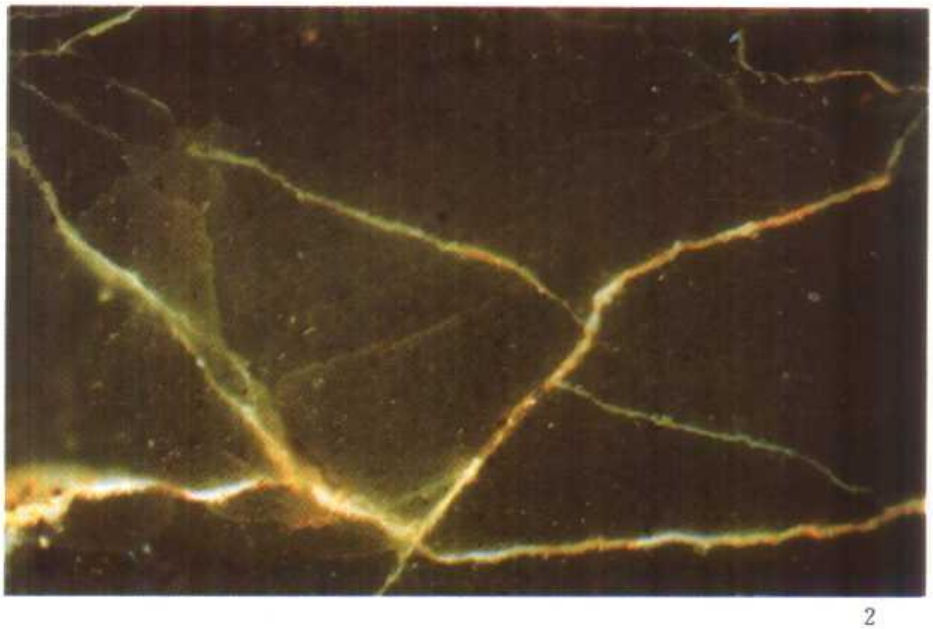


2

图版XIII

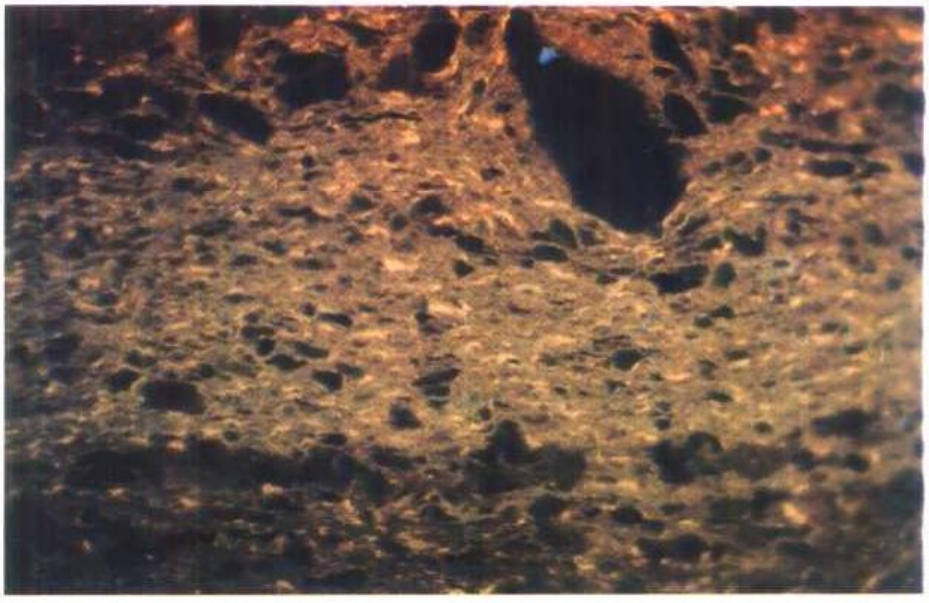


1

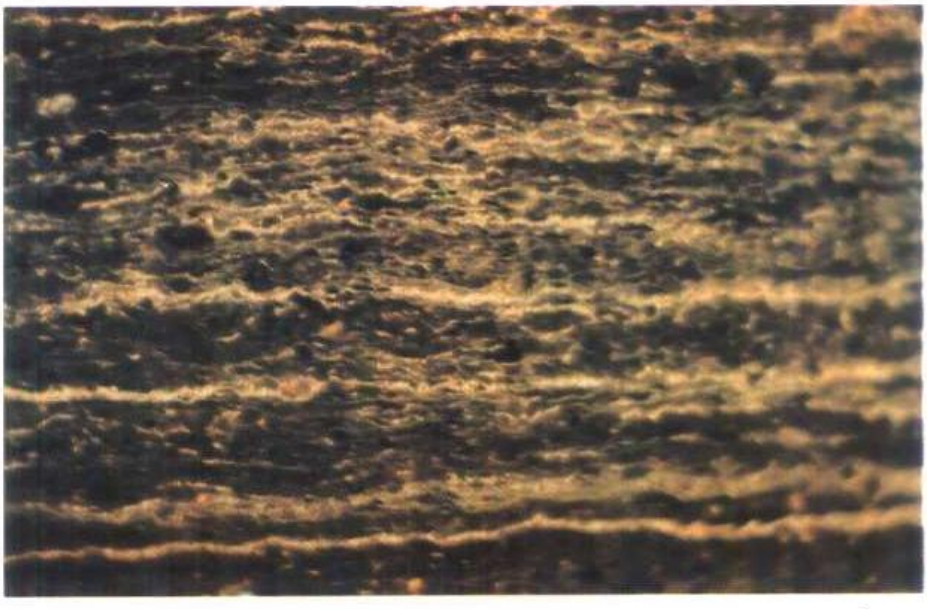


2

图版XIV

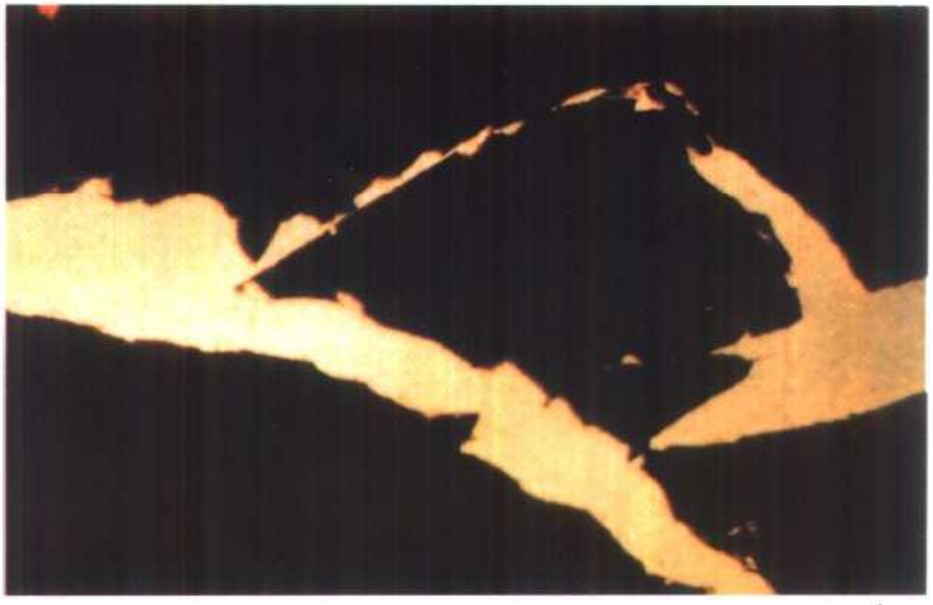


1

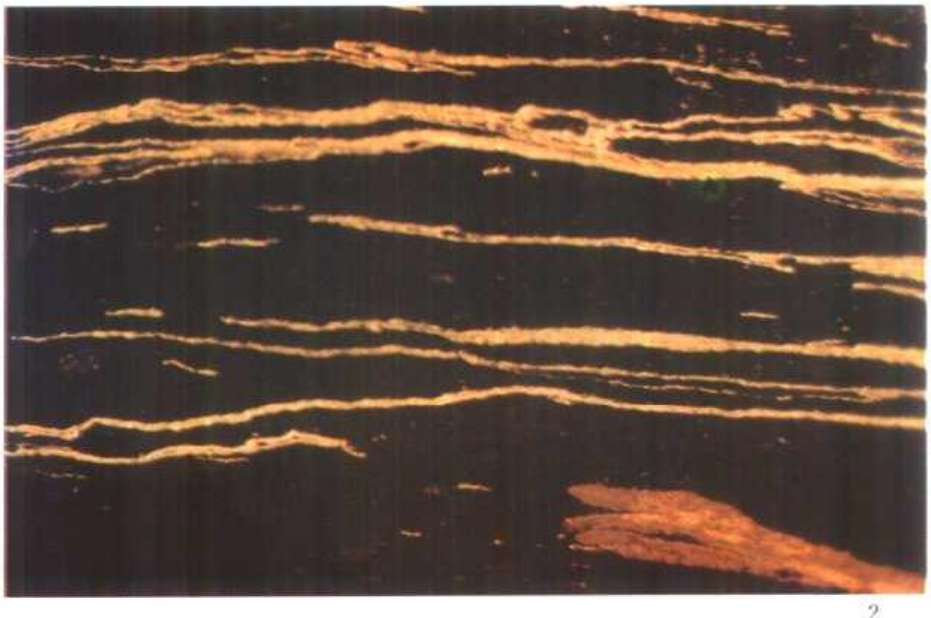


2

图版XV

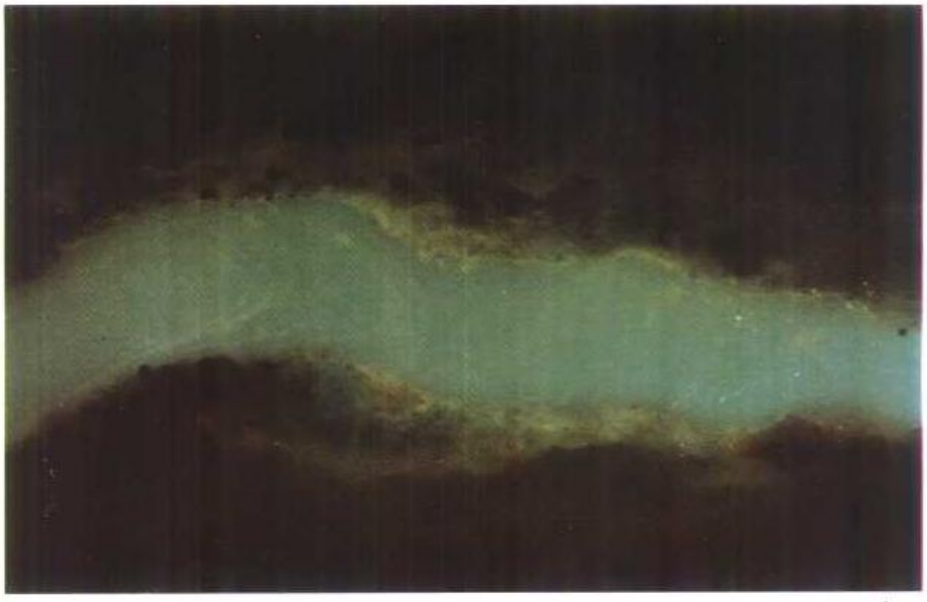


1



2

图版 Ⅴ Ⅵ



1

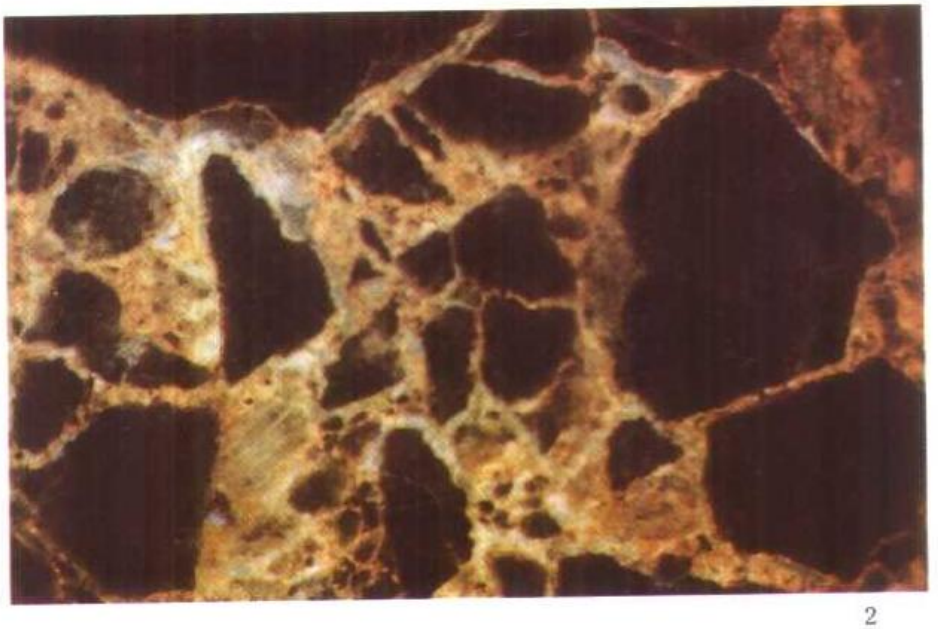


2

图版 XVII

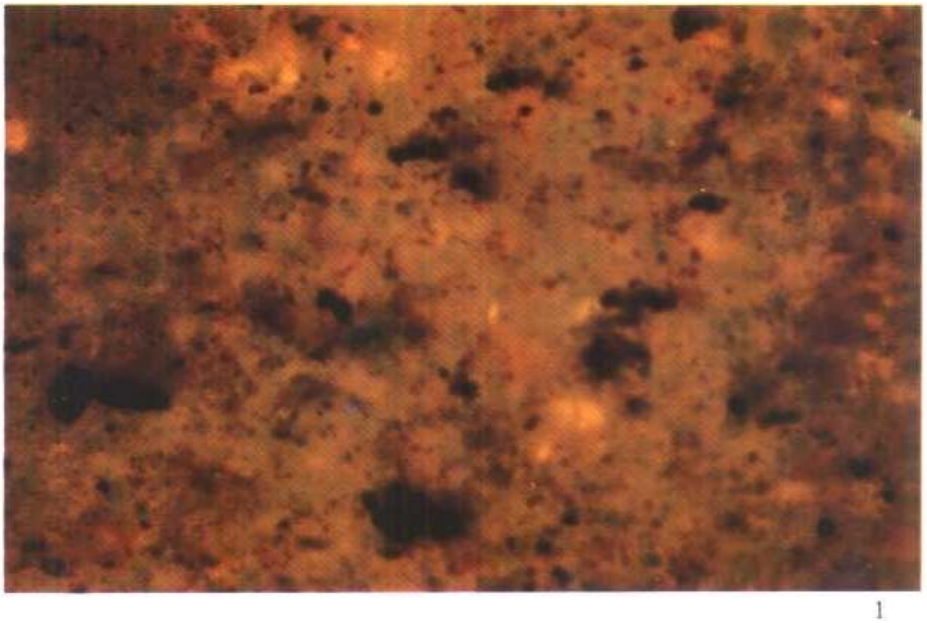


1

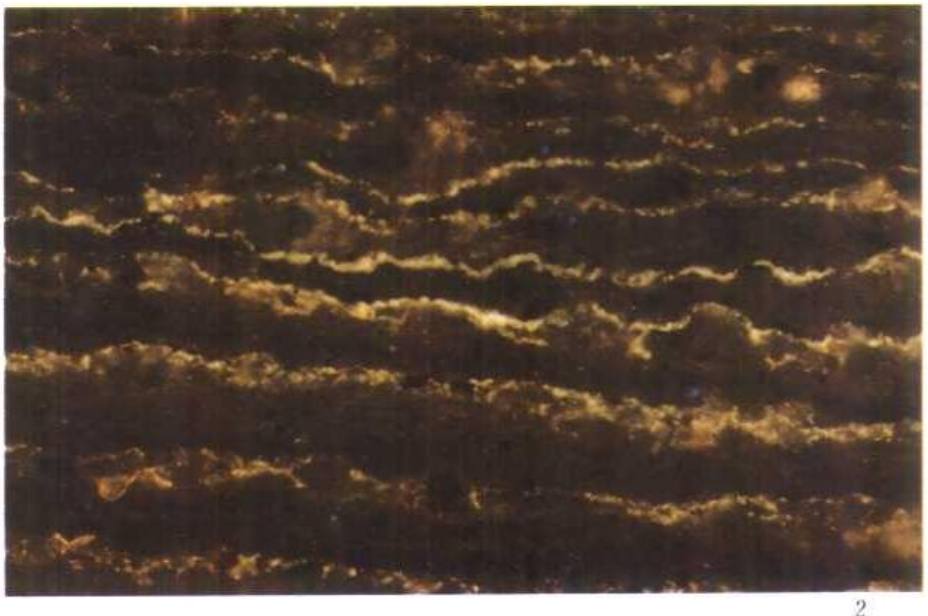


2

图版Ⅻ



1

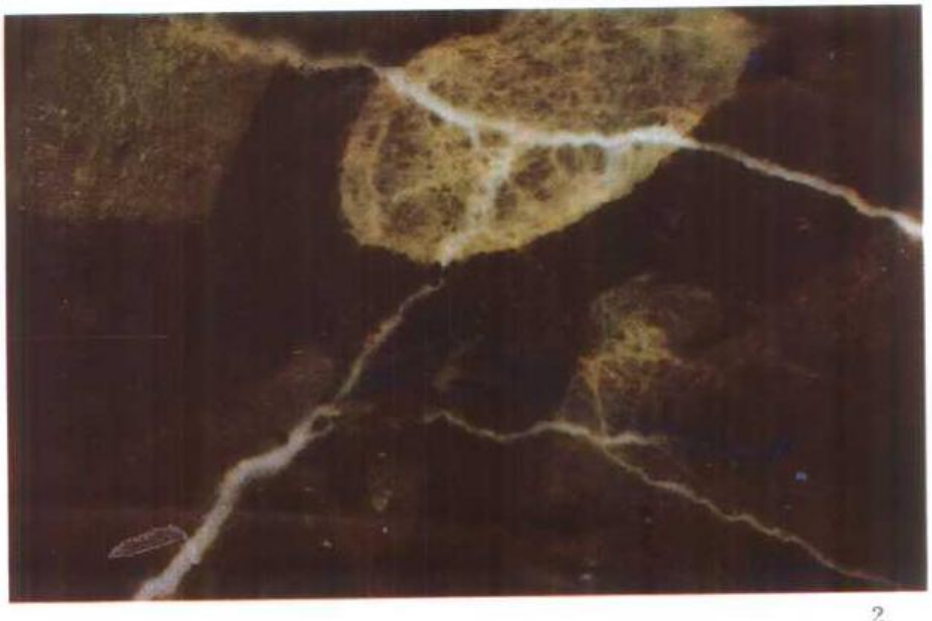


2

图版XIX

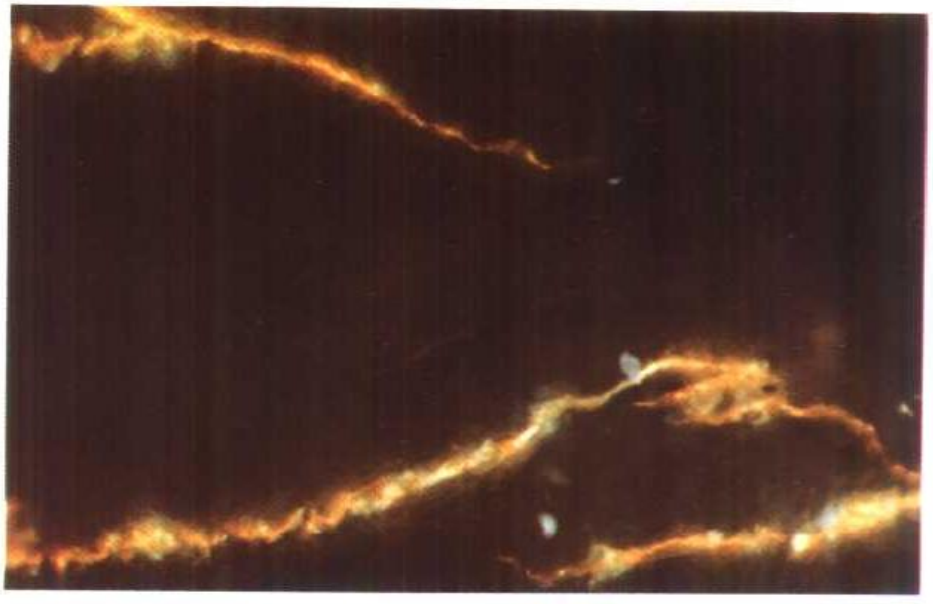


1

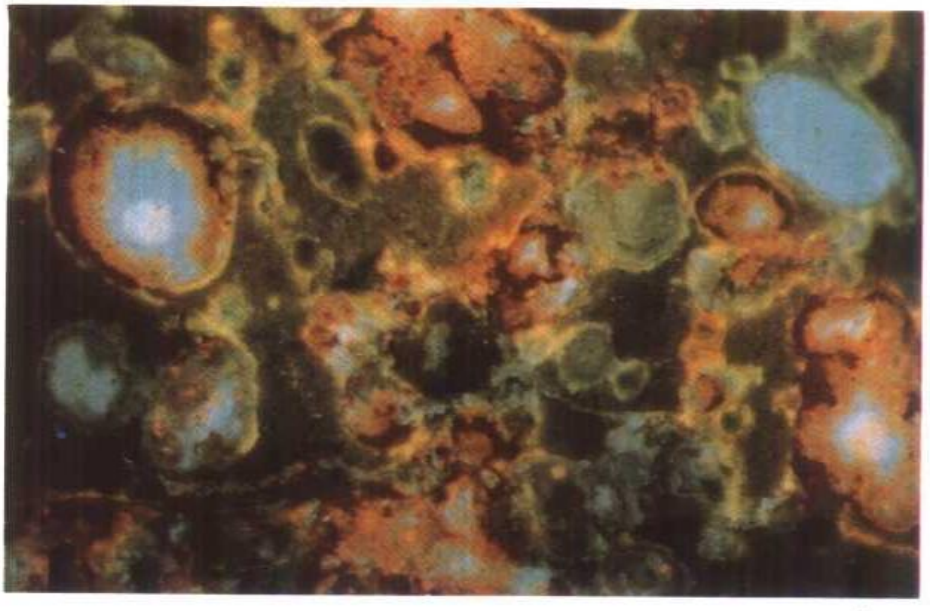


2

图版ⅩⅩ

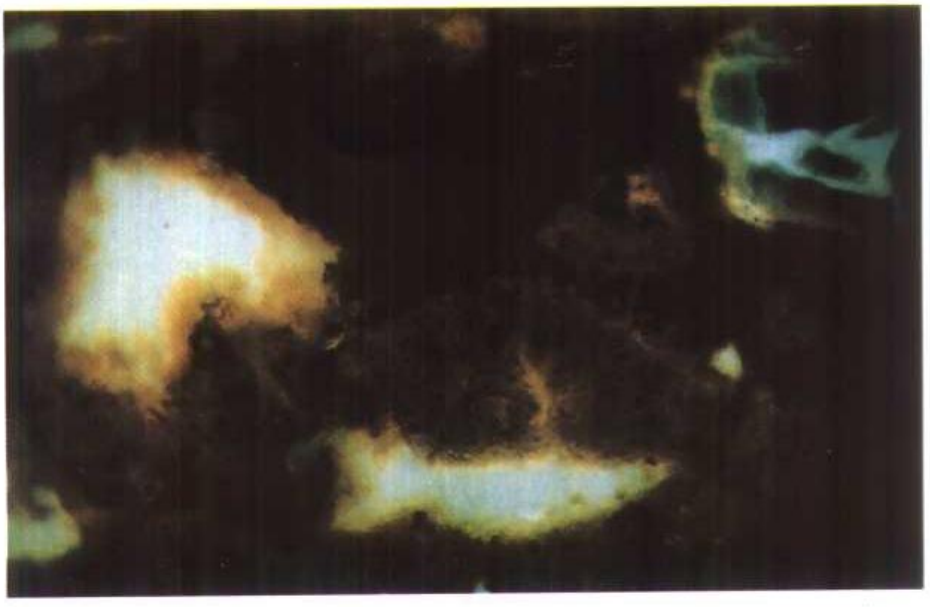


1



2

图版XXI

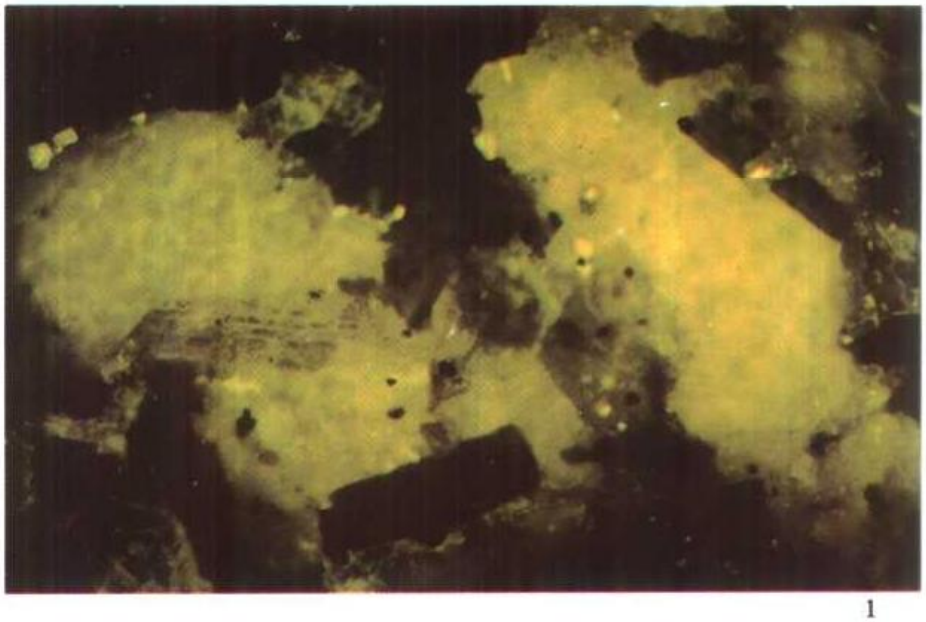


1

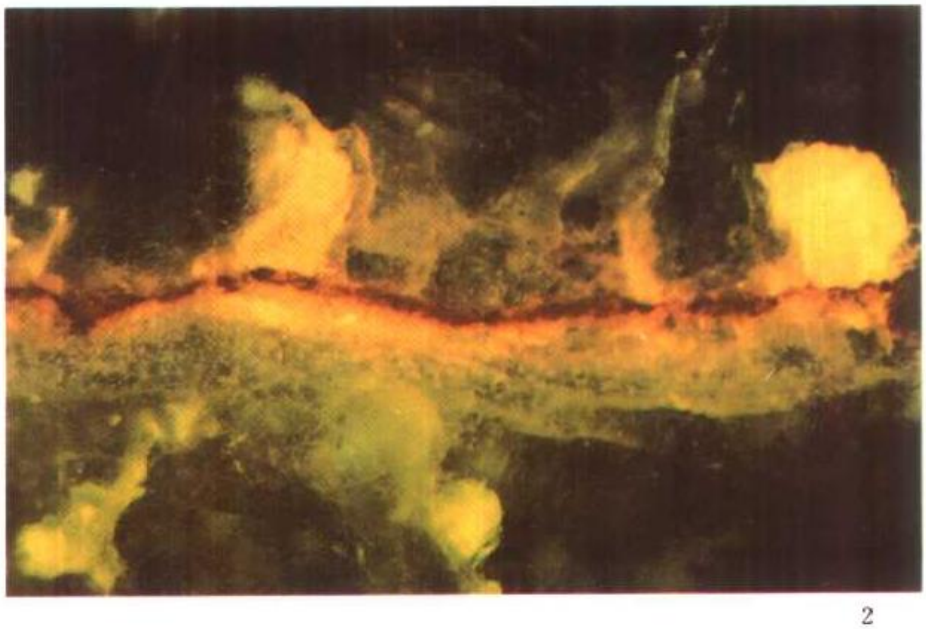


2

图版ⅩⅩⅡ

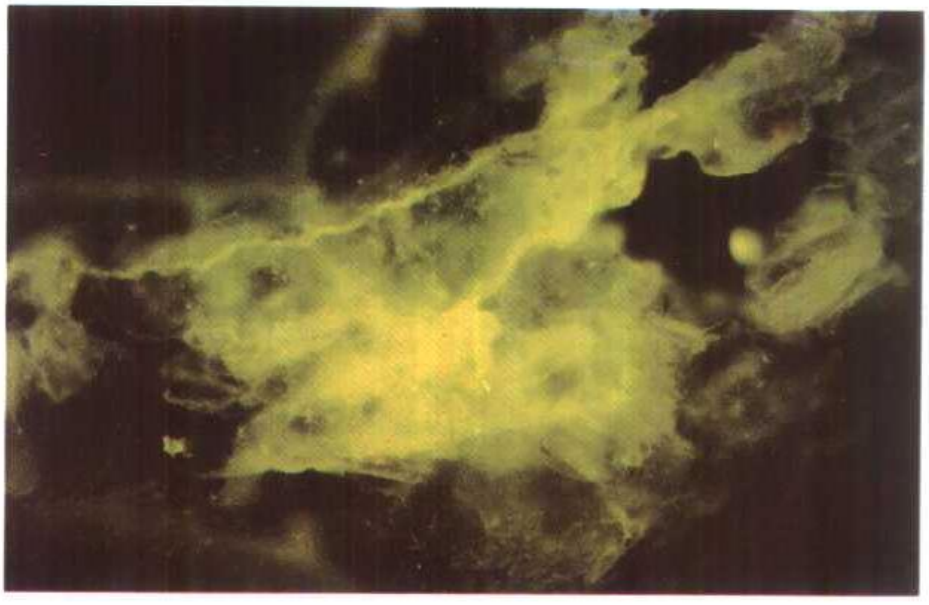


1

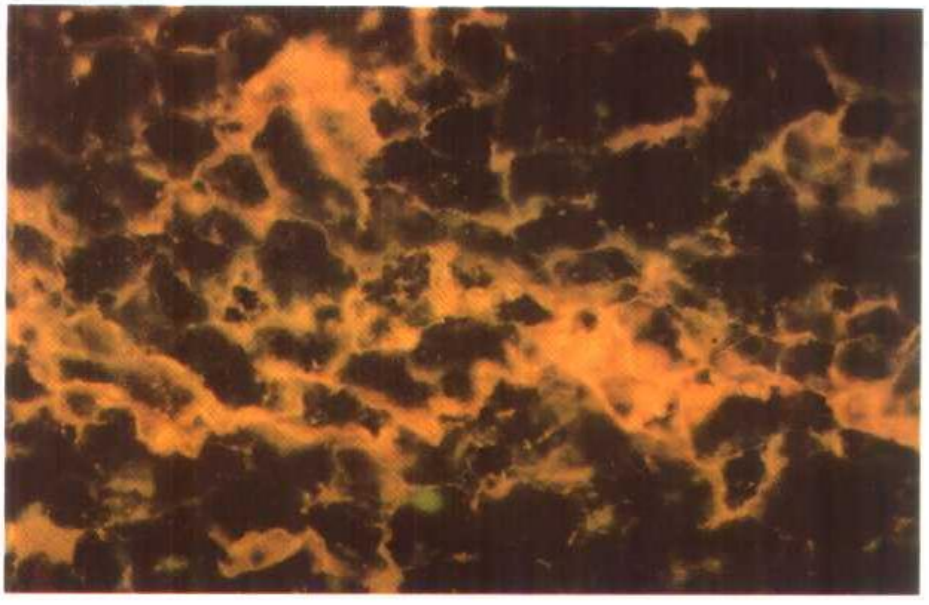


2

图版XXIII

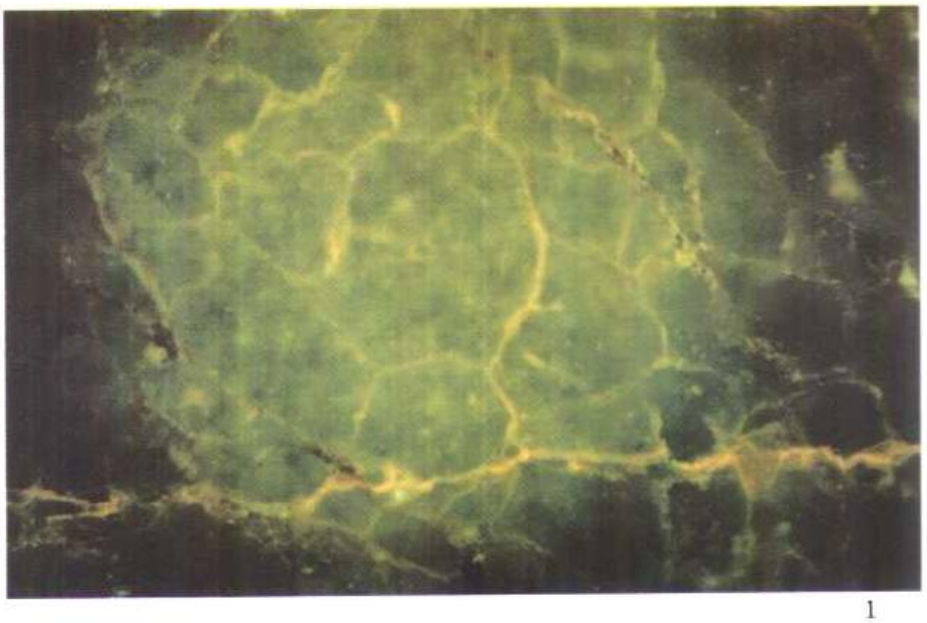


1



2

图版XXIV

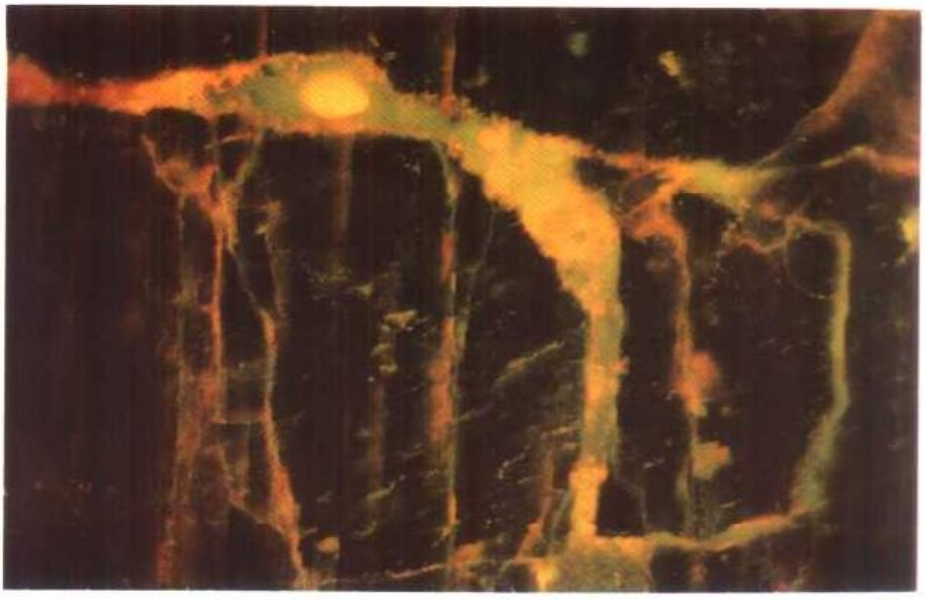


1

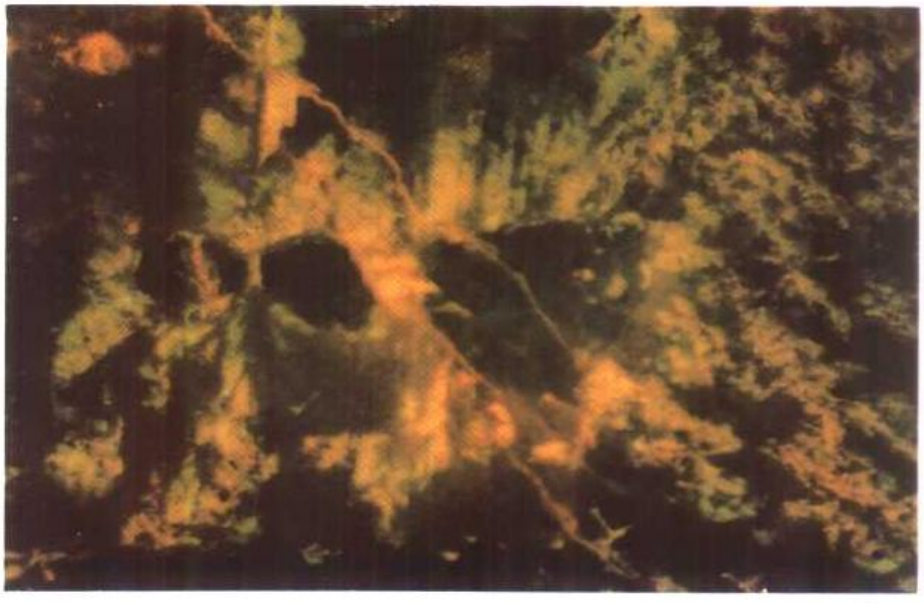


2

图版XXV

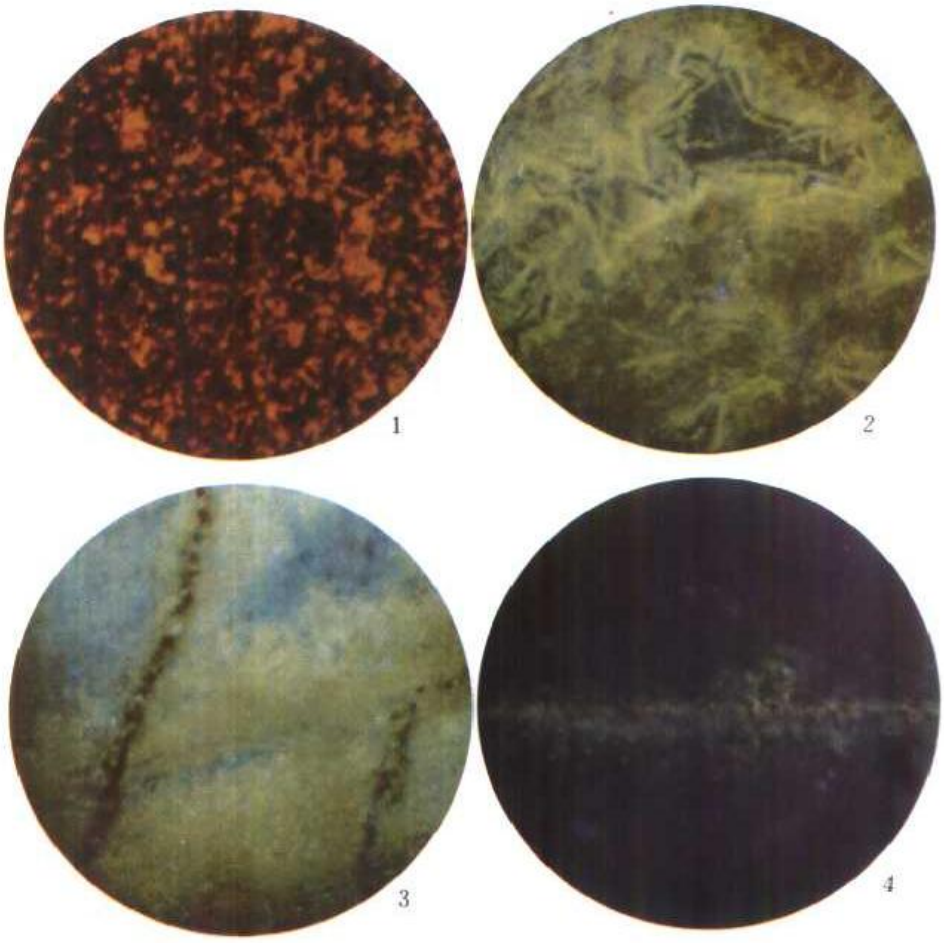


1

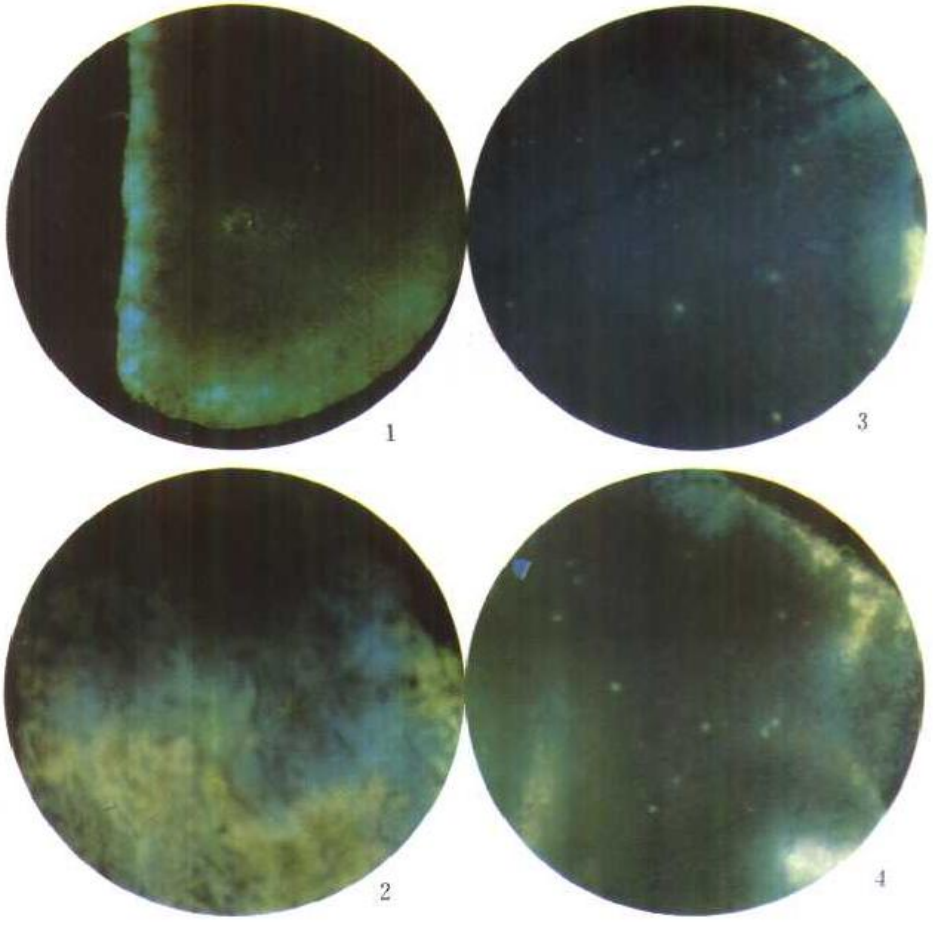


2

图版 X X VI



图版ⅩⅩⅦ



1　3

2　4

图版XXⅧ

