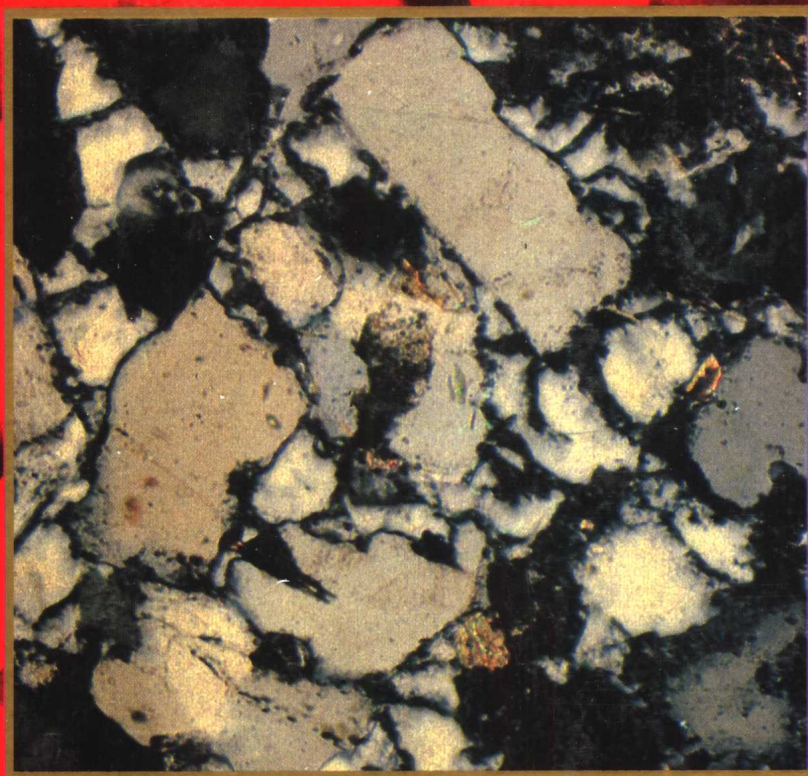


中国油气储层研究图集(卷五)

自生矿物 显微荧光 阴极发光

陈丽华 郭舜玲 王衍琦 等著

石油工业出版社



中国油气储层研究图集（卷五）

自 生 矿 物
显 微 荧 光
阴 极 发 光

陈丽华 郭舜玲 王衍琦 等著

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

“中国油气储层研究图集”(卷五)包括自生矿物、显微荧光、阴极发光三部分。

自生矿物部分论述了使用薄片、扫描电镜、电子探针波谱及能谱、X 衍射分析对储层中各类自生矿物的形态、光性特征、成分及晶体结构提供综合鉴定标志。

显微荧光部分论述了使用荧光显微镜揭示各类储油岩石中沥青的成分、产状及含量,创建了假含油显示的鉴定方法,提出了利用显微荧光识别油层、生油层,评价油层的方法。

阴极发光部分揭示了不同岩石类型储层中矿物的发光特征、石英的次生变化、碳酸盐晶体生长环带、原岩结构的恢复、次生孔隙的识别等特征以及在储层、孔隙演化、成岩作用、沉积相等方面的应用。

本图集图文并茂,可作为石油地质勘探、开发、钻井等储层研究工作人员的指导用书,也可供从事地质、石油、煤田等方面的教学和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国油气储层研究图集 卷五: 自生矿物 显微荧光
阴极发光 / 陈丽华等著. —北京: 石油工业出版社, 1994
ISBN 7-5021-1243-X

I. 中…

II. 陈…

III. 自生矿物—油气藏—陆相—中国—图集…

IV. P618.130.2-64

石油工业出版社出版

(100011 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

香港明基印刷公司印刷

石油工业出版社发行

889×1194 毫米 16 开本 28 印张 印 1-2000

1994 年 5 月北京第 1 版 1994 年 5 月香港第 1 次印刷

定价 410.00

《中国油气储层研究图集》编委会

主 任： 李天相

副主任： 史训知 石宝珩

委 员： 应凤祥 裘亦楠 薛叔浩 安作相

金毓荪 包 茨 吴 涛 梁生正

刘兴才 杨俊杰 王秋华 张国俊

高瑞祺 关德范 陈丽华 谭忠心

《中国油气储层研究图集》（卷五）编写组

自生矿物 陈丽华 林西生 孙玉善 魏宝和

何锦发 朱德昇 尚李平

显微荧光 郭舜玲 陈丽华 孙玉善 尚李平

朱德昇

阴极发光 王衍琦 张绍平

序 言

中国油气工业自 50 年代以来，发展蓬勃，在许多方面都取得了引人注目的辉煌成果。在油气地质领域，例如在含油气盆地类型、沉积相（微相）、沉积构造、沉积结构、成岩作用、生油层、储集层以及次生孔隙及裂隙带的形成和展布等方面都取得了大量的、有成效的高水平理论和实用成果。

从 1985 年开始，油气储层的调查研究工作被列为全国石油系统及有关院、所及高校的部级攻关课题，共有 20 多个单位及 600 多位科技专家投入了协同工作。当时领导方面对工作的要求是：“要出理论、出技术、出方法；要从中国石油地质的实际出发，搞出符合中国地质特色的储层评价研究。”于 1987 年组成了编委会和编写组；由裘亦楠等 17 位专家组成了编委会，由李天相任编委会主任，史训知及石宝珩任付主任。1992 年初《图集》的五个分卷均陆续修改定稿，历时三年全部完成了这一专著。

近年来油气储层的研究越来越重要，对储层评价的要求愈来愈迫切；如对储层的类型、特点、展布与横向预测，对钻井、完井、井下作业，对注水过程中的导向与油气层保护，对低渗透层的改造，对开发过程中的动态监测，对真假油储层的判别，对特殊油层的处理，以及对提高采收率所应采用的技术措施的筛选等问题的解决方案，都是以储层为对象，以储层评价为基础的。《图集》在所有上述这些方面的工作都取得了高水平的成果。《图集》的研究是以岩石薄片和铸体薄片为基础，采用最新测试鉴定技术，以宏观与微观相结合，沉积与成岩相结合的演化变革的观点为指导，对各类储层及其内部不同沉积构造部位的沉积结构和孔隙特点的非均一性差异，以及在表生带次生孔隙和裂隙的形成与展布等各个方面进行剖析、追索和验证。工作是系统而深入的。《图集》中所用的样品是从各油田生产实践过程中所长期积累起来的第一手资料的精品中精选出来的，因而是具有广泛代表性的，其科研成果是有实用价值的，其所取得的理论是高水平的。

总之，《中国油气储层研究图集》是一套系统深入的、高水平的专著，它具有广泛的实践基础和先进的设计思想。对油气勘探、开发、储层评价和预测均有指导意义。同时也可做为工具书，供生产及科研、教学人员使用。这本《图集》的出版将对我国油气勘探和开发事业的继续前进起促进作用。

蔡连俊

序

“岗位在地下，斗争对象是油层”。长期以来，一直是石油工作者的职责，这就要求我们研究储层、认识储层、评价储层。

勘探实践表明，中国油气储层是很丰富的，也是很复杂的。目前，已发现的油气主要储集于各种类型的新生代陆相地层中，亦有部分储集于前中生代地层中。从 50 年代开始，石油工作者在研究和评价中国生油层的同时，也在研究中国储层特征。特别是近十年来，在沉积相（尤其是微相）、成岩作用、次生孔隙发育带预测等方面，都取得了一批重要成果。当前，在油气勘探、开发过程中对储层评价的要求愈来愈高，如储层横向预测，钻井、完井、井下作业、注水等过程中的油气层保护，低渗透层的改造，开发过程中的动态监测以及提高采收率方法的筛选等问题的解决，都是以储层为对象，以储层评价为基础的。

从 1985 年开始，“油气储层评价研究”被列为部级重点科研攻关课题。全国石油系统及其它有关研究院、所、高等院（校）20 多个单位，600 多个科技人员，投入了储层评价研究。根据“要出理论、出技术、出方法，要从中国实际出发，搞出中国特色来的储层评价研究”的要求，经过“七五”科技攻关，已取得了可喜的成绩。

1987 年 10 月，当时任石油工业部副部长的李天相同志提出要尽快编制一套我国油气区储层岩石学图册。并要求以具有中国特色的丰富内容，极好的图片质量，以及精美的印刷水平打入国际市场。

按照编写要求，组成了图集编委会和编写小组，于 1991 年 9 月完成了初稿，并在秦皇岛经图集编委会及专家审定之后，各分册编写小组根据编委会的意见于 1991 年底至 1992 年初集中修改定稿，前后用了三年时间完成了这项工作。

“中国油气储层研究图集”共分：

碎屑岩、碳酸盐岩、岩浆岩变质岩、沉积构造、自生矿物、显微荧光、阴极发光五卷。

本卷由自生矿物、显微荧光、阴极发光三部分组成。由陈丽华、郭舜玲、王衍琦等负责完成。它反映了“七五”以来储层实验测试新仪器在石油系统发展应用及解决石油储层研究中实际问题的状态。

“自生矿物”部分使用薄片、扫描电镜、电子探针波谱及能谱、X 衍射分析对储层中各类自生矿物的形态、光性特征、成分及晶体结构提供了综合鉴定标志，从宏观到微观、从成因到演变、从定性到定量反映了我国储层中自生矿物的特点，为保护油层提供了依据。

“显微荧光”部分使用荧光显微镜揭示各类储油岩石中沥青的成分、产状、含量，创建了真假含油显示的鉴定方法，提出了显微荧光识别油层、生油层、评价油层的方法。

“阴极发光”部分揭示了不同岩石类型储层中矿物的发光特征，石英的次生变化，碳酸盐晶体生长环带，原生结构的恢复，次生孔隙识别等特征以及在储层的孔隙演化、成岩作用、沉积相等方面的应用。

参加“中国油气储层研究图集”编辑的共有石油系统 25 个研究院校上百名从事储层研究的研究人员。因此这一成果是集体智慧的结晶，它具有以下特点：

1. 具有中国油气储层特别是陆相储层的特色。图集以储层微观现象为主要表现形式，反映了我国陆相储层的特殊性、丰富多彩的类型、复杂的非均质性。

2. 图集集中了广大岩矿工作者几十年发现和积累的珍贵微观现象，也是各油田在生产实践过程中积累起来的大量第一性资料基础上精选出来的，它具有一定的代表性。有的是难得的珍品。承担编写的同志精心设计，踊跃贡献珍品，努力提高照片质量，这些精神及工作作风是非常可贵的。

3. 图集以岩石薄片为基础，结合岩心层理构造以及扫描电镜、阴极发光、电子探针波谱及能谱、包裹体测温、X 衍射、有机酸等分析成果，反映了近代储层实验测试先进水平。

4. 图集具有科学性、实用性，是适合石油勘探开发的图集。

该图集是一本新型图集，既体现了最新的研究成果，也具有实际应用价值，特别是在油气勘探开发、储层评价和预测方面有一定指导意义。

图集还突出了储层及储层中的自生矿物在勘探开发过程中与外来物接触发生的变化，为保护和改造油层提供了基础性的科学依据；同时也为标准化、规格化、科学化提供了样版图集；该图集也可以作为工具书供生产、科研人员使用，也可作为教材供石油、地质院校师生参考。

这套图集的编写是在李天相、史训知同志直接指导下进行的。以裘亦楠为首的储层评价研究协调领导小组进行了大量的组织协调工作，总公司科技发展局关德范同志自始至终负责图集编写的组织工作。在此仅向关心并为本图集的编辑出版付出辛勤劳动的众多领导、专家、科技工作者致以崇高的敬意和感谢！

石宝珩

前 言

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, 对储层研究、认识深度的要求也越来越高, 为了满足这一要求, 我们收集了我国各油气田储层的千余幅典型照片。本卷包括自生矿物、显微荧光、阴极发光三部分, 各部分自成系统。

1. 自生矿物

我国储层尤其是碎屑岩储层中的自生矿物包括硅酸盐矿物、粘土、碳酸盐矿物、沸石、卤化物、硫酸盐矿物、硫化物等。这些自生矿物的形成都具有一定的物理化学条件和特定的地质环境, 随着成岩作用的加强以及地层温度、压力的升高和孔隙水性质的变化就会产生不同类型的自生矿物。自生矿物能指示该岩石的形成发展过程, 而且也是影响岩石物性和储层类型的主要因素, 还是保护油层、防止油层损害以及合理拟定增产措施的主要依据。因而自生矿物在储层评价中具有特殊意义。

本部分就是在认识到自生矿物重要性的基础上, 充分利用实验室储层研究测试仪器对自生矿物展开综合研究。主要采用薄片、扫描电镜、电子探针波谱及能谱和 X 衍射分析四种手段对自生矿物的形态、光性特征、元素成分及晶体结构提供综合鉴定指标, 并同时提供薄片、扫描电镜、电子探针波谱、能谱及 X 衍射分析得到的典型自生矿物的标准图版。

2. 显微荧光

在各类储集岩中, 储集的空间类型、烃类在储集岩中的储存方式、运移的通道、其成因类型及有效性质, 这些问题的了解与解决将有利于勘探成功率提高和油田开发工作获得最大经济效益。荧光显微镜下的薄片研究能够满足烃类物质与岩石同时观察的条件, 且能将烃类不同成分含量及其在岩石中的存在方式清晰地反映出来, 它直接地揭示了岩石中石油烃类的分布与岩石结构构造、次生缝洞之间的关系。因此, 荧光显微镜是目前我们研究石油烃类与岩石之间成因关系的一种重要手段。

作者在积累了三十多年的荧光鉴定工作经验以及对全国各油田各类储集岩的含油特征进行总结的基础上, 提出了荧光颜色及强度的识别标准, 不同岩石类型含油空间的荧光显示, 创建了假油气显示的鉴定方法, 并提出一套具有中国特色的陆相、海相储层荧光显微镜识别油气层、生油层、评价油气层的方法。

3. 阴极发光

阴极发光作为一项应用技术大致经历了近百年的探索。然而把阴极发光技术应用于我国油气储层研究至今还不足十年时间。尽管时间不长, 但在应用和开发这项技术方面却十分迅速广泛。近十年来, 不断取得了丰富的资料和大量成果, 并具有一定深度。阴极发光技术的应用范围已从地质学、矿物学、考古学、结晶学、沉积岩石学、变质岩石学、矿床学、地层学拓展到研究地质事件等领域。由于它能获得其它手段而不能得到的资料, 一些研究者把这项技术称之为具有“特异功能”、前景广阔的现代新型技术。自 80 年代初我国引进阴极发光仪并应用于盆地储层、成岩作用、矿产资源研究以来, 我们已积累了丰富的实际资料, 取得了大量成果。

本部分就是利用阴极发光技术揭示储层中矿物的发光特征, 研究储层孔隙类型及演化规律, 恢复原岩结构, 并对各种矿物的次生变化进行观察。因此, 阴极发光技术已是目前我们研究油气储层不可缺少的手段。

第一部分由陈丽华主编。图集编委会及应凤祥高级工程师、赵徵林教授审阅了全稿，朱国华、吕正谋、黄克难等同志提供了部分样品及照片，李选、闫继红参加了部分工作。

第二部分由郭舜玲、陈丽华、孙玉善、尚李平、朱德昇编写，王德兴、李选和闫继红参加了部分工作。部分照片由王秀华、张益清同志洗印。向本部分提供样品的还有胜利石油管理局、辽河石油勘探局、滇黔桂石油勘探局、大庆石油管理局、南海西部石油公司、渤海石油公司从事岩矿及荧光显微镜的工作人员。图集编委会及裘亦楠、吴涛、梁生正高级工程师审阅了全稿并提出了宝贵的意见。

第三部分由王衍琦、张绍平编写，张益铄、杨式升、郭宏莉、杨广治提供了部分鉴定资料。在编写过程中得到了石宝珩、裘亦楠、关德范、应凤祥、陈丽华的具体指导。为本部分提供图片及样品资料的有应凤祥、王振彪、徐志川、吴华芳、余素玉、宋志敏、庞明、迟元玲、冯石、朱筱敏、齐兴宇、董平、旷湘琳、平学聪、陶洪兴、姜洪启、黄克难、汪华敏、史维俊、陈调生、李茜、郭柏英、周经才、孟庆润、赵晓丽、周自立、殷建棠、王毓莉、王玉珑、王艳艳、刘岫峰、徐文豪、唐泽尧、谢学铮。

本图册在编写过程中得到了石油天然气总公司领导，总公司科学技术发展部、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、长庆石油勘探局及北京石油勘探开发科学研究院科研管理处、实验中心有关领导的大力支持，在此一并感谢。

目 录

第一部分 自 生 矿 物

1	各类测定自生矿物仪器的简单原理及样品制备	(2)
1.1	薄片鉴定	(2)
1.2	扫描电镜	(2)
1.3	电子探针波谱及能谱分析仪	(2)
1.4	X衍射分析仪	(2)
2	各类自生矿物特征及成因	(3)
2.1	石英	(3)
2.2	长石	(8)
2.3	粘土矿物	(18)
2.4	沸石矿物序列	(78)
2.5	碳酸盐矿物	(108)
2.6	黄铁矿	(133)
2.7	针铁矿及褐铁矿化	(139)
2.8	自生重矿物	(143)
2.9	盐类矿物	(153)
3	自生矿物测定的地质意义	(164)
3.1	确定形成环境	(164)
3.2	自生矿物可作为地质温度计	(164)
3.3	判别次生孔隙成因及预测次生孔隙和油气分布井段	(164)
3.4	用以划分成岩阶段	(164)
3.5	为保护油层、防止油层损害及拟订增产措施提供依据	(166)
	参考文献	(168)

第二部分 显 微 荧 光

1	荧光显微镜工作原理及样品制备	(170)
1.1	仪器工作原理	(170)
1.2	荧光薄片样品制备	(170)
1.3	荧光薄片鉴定	(170)
2	沥青的成因分类	(180)
2.1	按沥青与矿物的联系形式划分	(180)
2.2	按沥青的形成和运移与岩石的成岩阶段组合划分	(180)
3	各种岩类储集空间石油沥青存在方式	(187)
3.1	碳酸盐岩	(187)
3.2	碎屑岩	(203)
3.3	其它沉积岩	(229)

3.4	火成岩	(242)
3.5	火山碎屑岩	(263)
3.6	变质岩	(274)
4	利用荧光显微镜预测储层含油性	(282)
4.1	利用荧光显微镜预测井下含油性	(282)
4.2	利用荧光显示与热蒸发烃分析结合判断油层	(282)
4.3	典型油田储集岩含油性	(285)
5	假含油显示的鉴别	(288)
5.1	碳酸盐岩	(288)
5.2	碎屑岩	(288)
6	利用荧光显微镜研究生油岩	(290)
6.1	生油层在荧光显微镜下的特征	(290)
6.2	对生油层进行评价	(290)
	参考文献	(295)

第三部分 阴 极 发 光

1	阴极发光原理	(298)
2	油、气储层中常见矿物的阴极发光特征	(298)
2.1	常见矿物的阴极发光颜色	(298)
2.2	重矿物	(298)
2.3	长石类	(298)
2.4	石英类	(298)
2.5	岩屑、云母类	(300)
2.6	白云石、方解石	(300)
2.7	盐类矿物及高岭石	(301)
3	陆源石英颗粒及硅质胶结物对储层的影响	(326)
3.1	石英颗粒的特征	(326)
3.2	陆源石英与次生加大的组合发光以及对孔隙的影响	(326)
3.3	次生加大与压实作用以及对压实程度的判别	(326)
3.4	石英颗粒的缝(隙)与愈合	(328)
3.5	胶结物形成序次以及交代特征	(328)
4	碳酸盐岩储层中阴极发光环带与成岩作用的研究	(345)
4.1	环带类型与特征	(345)
4.2	环带的溶蚀作用	(346)
5	油气储层中岩石组构的恢复	(358)
5.1	生物碎屑结构	(358)
5.2	鲕粒结构、颗粒结构	(359)
5.3	缝隙的原始状态与恢复	(359)
5.4	原始结构恢复	(359)
5.5	交代作用与重结晶	(359)
5.6	分辨胶结物世代	(360)
5.7	孔隙的成因与识别	(364)

6	阴极发光在油气储层中的应用	(394)
6.1	塔里木盆地深埋优质储层的阴极发光特征	(394)
6.2	低孔、低渗油气储层的研究	(394)
6.3	泌阳凹陷下第三系成岩作用及储层阴极发光特征	(394)
6.4	江汉盐湖盆地储层阴极发光特征	(395)
6.5	四川盆地天然气储层阴极发光特征	(395)
6.6	古潜山油气储层阴极发光特征	(398)
6.7	长庆油田奥陶系天然气储层的孔隙演化与储层特征研究	(398)
	参考文献	(436)

第一部分

自 生 矿 物

1 各类测定自生矿物仪器的简单原理及样品制备

自生矿物实验室研究测定方法的构成如图 1 所示:

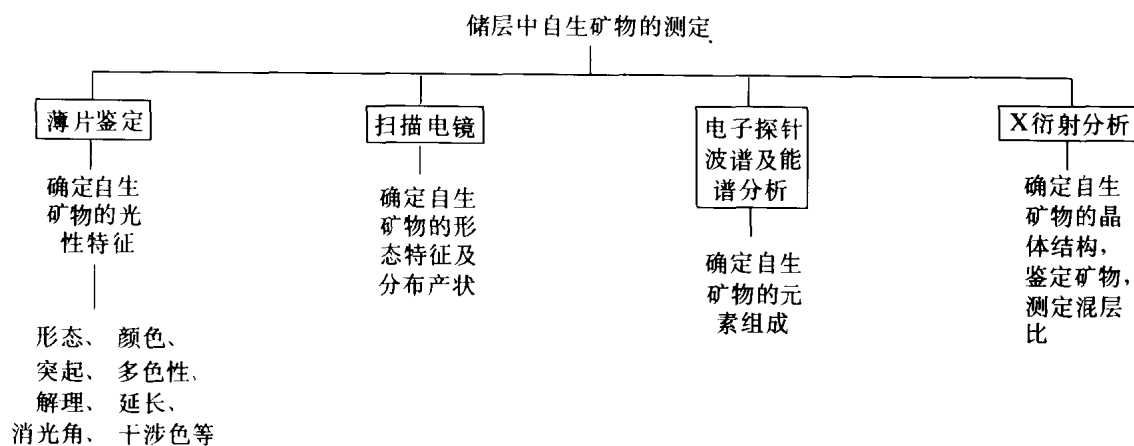


图 1 自生矿物测定方法的构成

1.1 薄片鉴定

利用自生矿物在单偏光及正交偏光镜下的光性特征（包括形态、颜色、多色性、折光率、解理、突起、干涉色、延长、消光性）以及用茜素红+铁氰化钾染色方法区分并鉴定各类自生矿物。

1.2 扫描电镜

原理：扫描电镜是由电子枪发射的电子束经过 1~30kV 的高压加速高速轰击在样品上，收集产生的二次电子成像而取得资料。

鉴定方法：主要根据自生矿物的晶形特征来加以区分。

样品制备：洗油 → 磨制 → 上桩 → 镀金 → SEM。

1.3 电子探针波谱及能谱分析仪

原理：收集电子束打在样品上各元素产生的 X 射线的含量，与标样进行对比，经过计算机处理得出各种自生矿物的成分。

鉴定方法：总结了各类自生矿物包括混层矿物的成分特征，从成分上建立了鉴定标志。

样品制备：1. 洗油 → 磨制 → 上桩 → 镀金 → SEM。

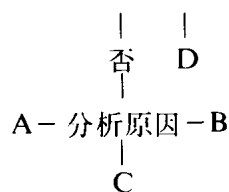
2. 薄片 → 抛光 → 镀金 → 镀碳 → SEM ————
 → 电子探针波谱；
 → 电子探针能谱。

1.4 X 衍射分析仪

原理：由于晶体结构上的周期性，而这个周期与 X 射线波长是同一数量级的，所以当 X 射线射到晶体时会发生衍射效应。X 射线衍射仪是根据衍射效应的基本规律——Bragg 聚焦原理设计的。

鉴定方法：利用矿物峰的位置、形态以及经各种物理化学处理后（乙二醇饱和、加热、HCl 处理等）谱图的变化来鉴定。

样品制备：原岩破碎→浸泡→超声→悬浮否→悬浮→提取 2μ 粒级→制样。



A——原岩致密→湿磨超声→D;

B——可溶性盐类矿物→清洗→D;

C——碳酸盐过多→HCl 或 EDTA 处理→清洗→D。

2 各类自生矿物特征及成因

本部分搜集了硅酸盐类矿物、粘土矿物、碳酸盐类矿物、硫酸盐类矿物、卤化物、硫化物及其它矿物特征的照片，反映了我国以中、新生代为主的陆相碎屑岩含油气层系中自生矿物的基本特征。

2.1 石英（图版 1~2）

石英是碎屑岩储层的主要碎屑成分。在储层中石英作为自生矿物出现的形式有两种，一是石英次生加大，二是自生石英胶结物。

2.1.1 碎屑石英次生加大

最常见的为氧化硅胶结现象，由浅层到深层加大程度及加大范围逐渐加强，最后形成石英加大胶结物。石英加大在扫描电镜下可分为若干阶段，并常与碎屑石英形成共轴生长。

石英加大 I 阶段，此阶段石英加大边很窄，一般小于 $10\mu\text{m}$ 且不连续。薄片容易漏定，但在扫描电镜下容易发现，呈小雏晶零星分布或构成不完整的晶面，此阶段的石英加大形成温度为 $70\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

石英加大 II 阶段，此时石英加大边略宽，为 $10\sim 20\mu\text{m}$ ，在薄片下观察大部分石英及部分长石均具次生加大，自生晶面开始发育。在扫描电镜下可见石英颗粒表面被较完整的石英自形晶面及石英小雏晶的交织系统所包围，明显可见石英晶体向孔隙空间生长，交错相接，部分堵塞孔隙。该阶段的石英加大形成温度为 $85\sim 130^{\circ}\text{C}$ 。

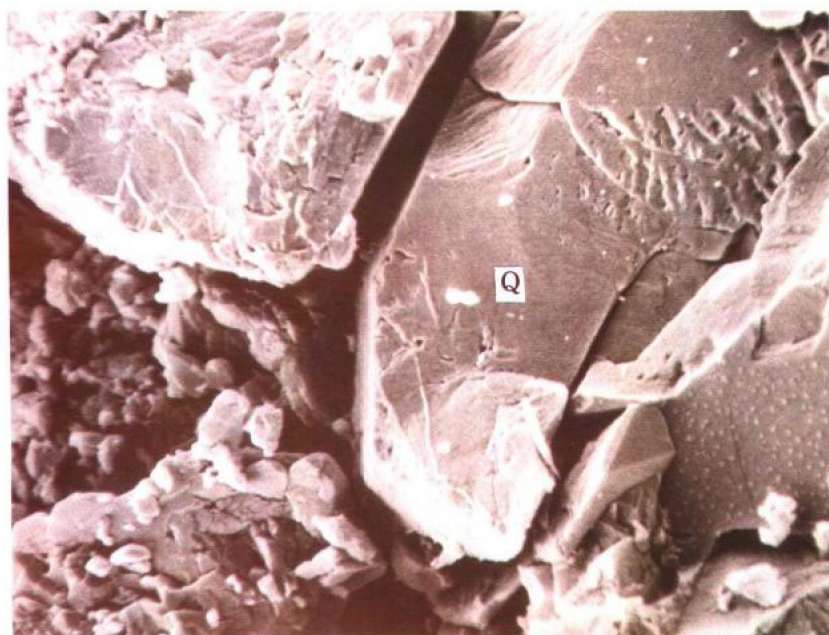
石英加大 III 阶段，此时被加大的颗粒多，加大边宽，多为 $20\sim 50\mu\text{m}$ ，石英加大包边连续，在扫描电镜下可见加大石英呈镶嵌状接触并且明显堵塞孔隙。此阶段石英加大的温度为 $130\sim 170^{\circ}\text{C}$ 左右。

石英加大主要是因为砂岩孔隙中含硅溶液沉淀而形成。它的发育程度与岩性有关，在非渗透性的杂砂岩中石英加大不发育，因为缺乏孔隙及含硅溶液。

利用石英加大发育的程度可以判断该储层砂岩所处的成岩阶段以及形成的温度。

2.1.2 自生石英胶结物

在有的砂岩储层中，自生石英常常作为孔隙衬垫包于各种颗粒表面。这种自生小石英大小为几微米至几十微米，常常垂直颗粒生长，并且与自生绿泥石或其它的粘土矿物共生。如我国二连盆地巴彦花群砂岩储层中就常见这种自生石英胶结物。这部分储层中酸性岩屑含量较高，经测定自生石英是由岩屑脱玻化作用形成的。



石英 Quartz SiO_2

岩性：灰色含砾粗砂岩

形态及光性特征：石英是组成砂岩的基本结构组分，其颗粒大小可以从粉砂级（几十微米）到粗砂级（1mm）。随着埋深加大，石英颗粒常常可以发生次生加大从而形成具有完整晶面的石英晶体而充填孔隙，使孔隙减小。在石英基本颗粒与加大边之间常常由粘土矿物组成灰尘线。其次石英还可以作为自生胶结物存在于孔隙中。石英中还常有 CO_2 、 H_2O 、 NaCl 、 KCl 、烃类等气态、液态和固态包裹体。对石英中包体的研究可提供其成矿温度、成矿流体性质及油气运移等资料。

成分特征(能谱有标样定量测定，%):

Al_2O_3	SiO_2	CaO	FeO
0.56	99.31	0.07	0.06

X 衍射谱图特征：前三个衍射峰是 $4.26\text{\AA}$ 、 $3.34\text{\AA}$ 、 $2.45\text{\AA}$ ，其中 $3.34\text{\AA}$ 最强。在 $2\theta = 67.5^\circ \sim 68.5^\circ$ 内有五重峰。

图版说明：

- 石英具有次生加大及灰尘线，单偏光， $\times 78$ ；
 - 石英加大成自形晶体，晶体之间有喉道连通 ($2\mu\text{m}$)，SEM， $\times 1000$ ；
 - 石英加大具镶嵌状结构，SEM， $\times 430$ ；
 - 石英具有次生加大及灰尘线，单偏光， $\times 78$ ；
 - 石英的能谱曲线，它由 Si 元素组成；
 - 石英 X 衍射谱图。
- 第三系，冀东油田乐参 1 井井下。

