

# 第七章 砂岩及粉砂岩

第一节 砂岩的一般特征

第二节 砂岩的分类

第三节 石英砂岩类

第四节 长石砂岩类

第五节 岩屑砂岩类

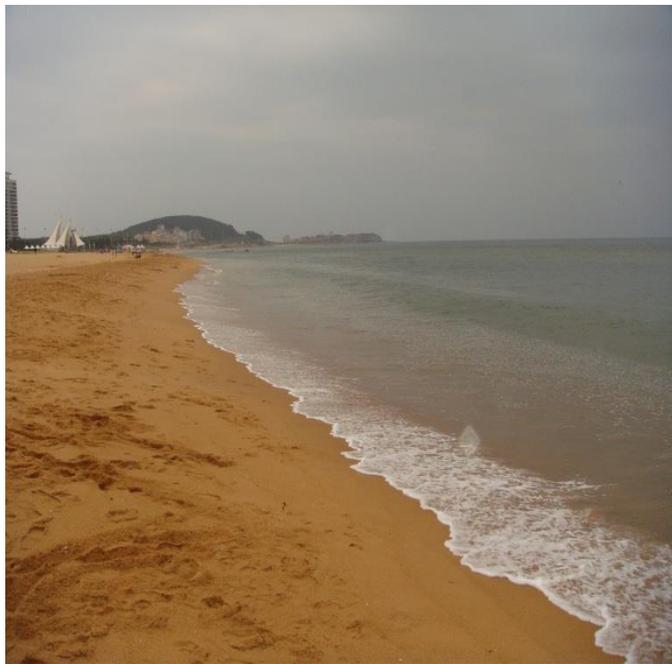
第六节 杂砂岩类

第七节 粉砂岩类

# 第一节 砂岩的一般特征

## 一、定义

- 主要由砂级（ $2\sim 0.1\text{mm}$ ）（ $>50\%$ ）的陆源碎屑颗粒组成的碎屑岩。



张家界温塘志留系剖面下统辣子壳组斜层理砂岩

# 第一节 砂岩的一般特征

## 二、一般特征

### ■ 1. 成分复杂

#### ■ 砂级碎屑

■ 石英最多，长石、岩屑次之；重矿物含量少。

#### ■ 杂基

■  $<0.03\text{mm}$ , 粘土/碳酸盐泥/细粉砂，含量变化大

#### ■ 胶结物

■ 硅质、钙质、铁质多见，可有各种结构。

# 第一节 砂岩的一般特征

## ■ 2.结构

- 成熟度可高可低，杂基支撑、颗粒支撑均可出现

## ■ 3.构造

- 各种层理、波痕、生物成因构造
- 结构成熟度通常与其成分成熟度协调一致

## ■ 4.颜色

- 各种颜色

## ■ 5.分布

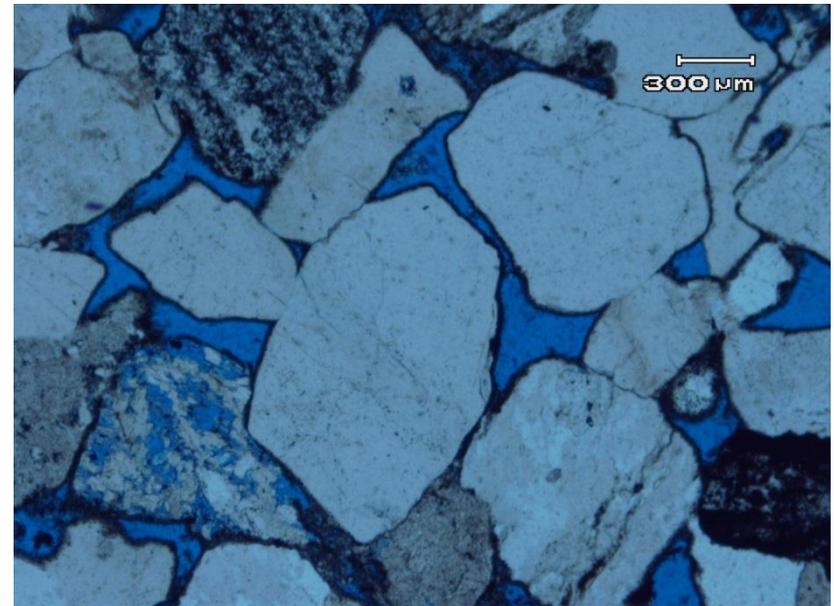
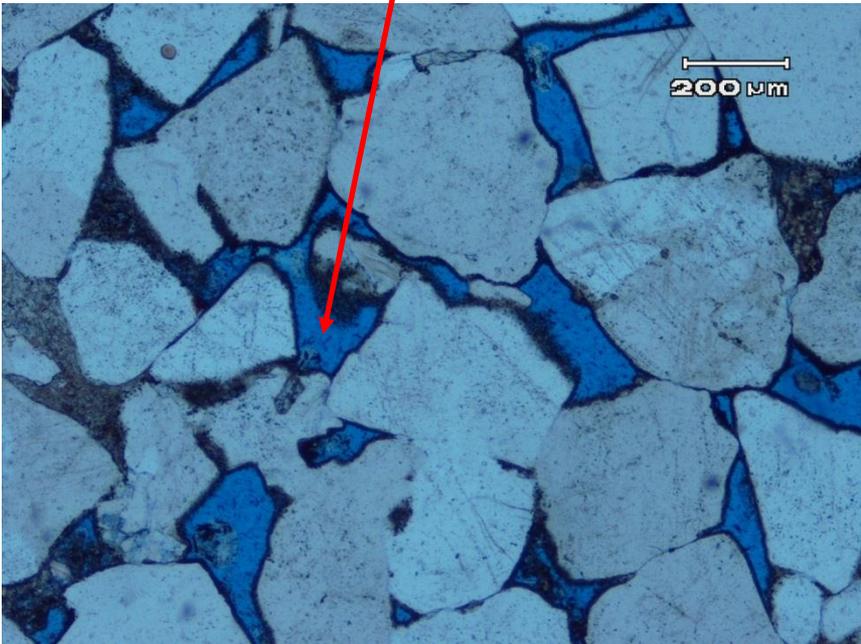
- 分布广泛，约占沉积岩的1/3，仅次于粘土岩。

# 第一节 砂岩的一般特征

## ■ 6、研究意义

砂岩中孔隙发育，一般均是良好的储水层和油层、气层。据统计，世界上半数以上的油气资源储集在砂岩中。我国绝大部分油气都是储集在砂岩中。

pore



## 第二节 砂岩的分类

### 一、砂岩的分类现状

- 砂岩的分类一直是重要的讨论课题。葛利普（Grabau, 1904）最早提出砂岩分类，克里宁（Krynine, 1948）的砂岩分类为现代分类方案奠定了基础。
- 分类方案很多（自1904年葛利普以来有50多种），如：
  - 结构分类，按粒度：巨砂岩、粗砂岩、中砂岩、细砂岩
  - 成分分类：石英砂岩、长石砂岩、岩屑砂岩等
  - 成因分类：河成砂岩、风成砂岩、滨岸砂岩
- 单纯的结构和成分分类不能反映砂岩的形成背景，形成特征，而成因分类在实践中较难操作。
- 综合分类：综合成分、结构特征进行分类，试图能反映其成因。

# 第二节 砂岩的分类

■ 目前，砂岩分类形式：三角形图解、表格

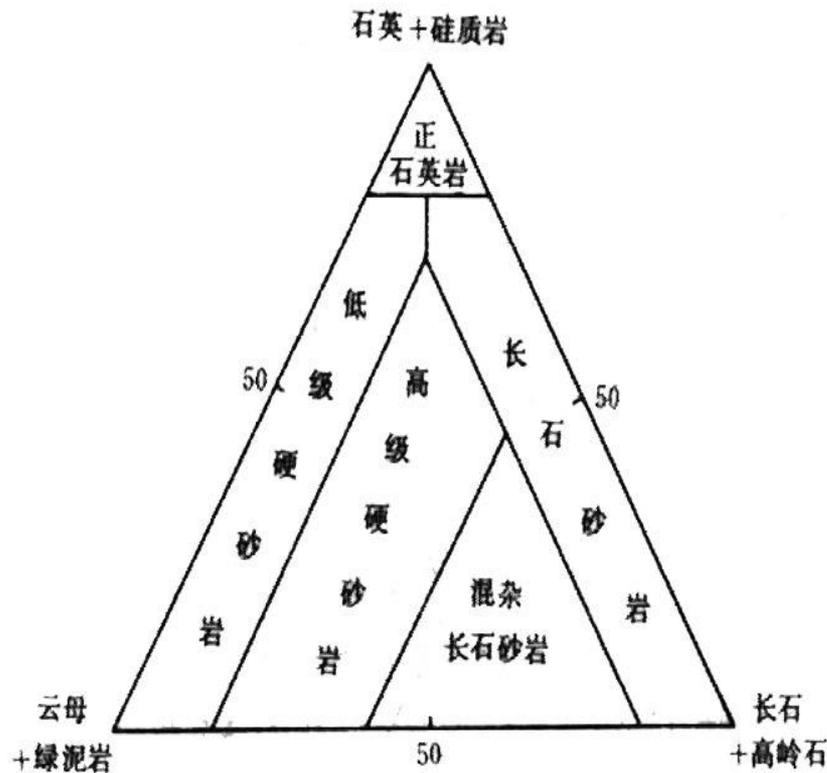


图 7-1 克里宁的砂岩分类(1948)

砂岩分类表

| 岩类名称 | 岩石名称      | 主要碎屑颗粒含量, % |       |       |
|------|-----------|-------------|-------|-------|
|      |           | 石英          | 长石    | 岩屑    |
| 石英砂岩 | 石英砂岩      | >80         | <10   | <10   |
|      | 长石质石英砂岩   | 65~90       | 10~25 | <10   |
|      | 岩屑质石英砂岩   | 65~90       | <10   | 10~25 |
|      | 长石岩屑质石英砂岩 | 50~80       | 10~25 | 10~25 |
| 长石砂岩 | 长石砂岩      | <75         | >25   | <10   |
|      | 岩屑质长石砂岩   | <65         | >25   | 10~25 |
|      | 岩屑长石砂岩    | <50         | >25   | >25   |
| 岩屑砂岩 | 岩屑砂岩      | <75         | <10   | >25   |
|      | 长石质岩屑砂岩   | <65         | 10~25 | >25   |
|      | 长石岩屑砂岩    | <50         | >25   | >25   |

说明：当基质含量大于 15% 时，岩石名称分别定为石英杂砂岩、长石杂砂岩和岩屑杂砂岩

# 第二节 砂岩的分类

## ■ 分类体系：三组分和四组分两种体系

### ■ 三组分分类体系（3种砂级碎屑组分，如石英、长石和岩屑）

■ 克里宁（1941,1948）

■ 福克（Folk, 1954, 1968）

### ■ 四组分分类体系（碎屑组分+粘土杂基）—欧美流行

■ 裴蒂庄（Pettijohn, 1949, 1954, 1972）

■ 吉尔伯特（Gilbert, 1955）

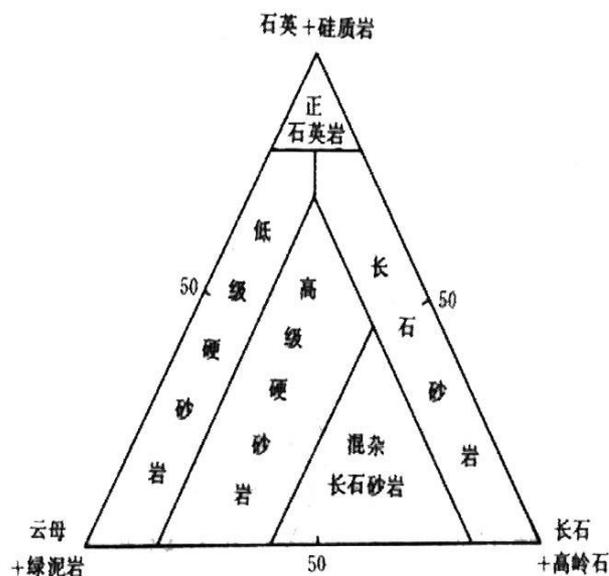


图 7-1 克里宁的砂岩分类(1948)

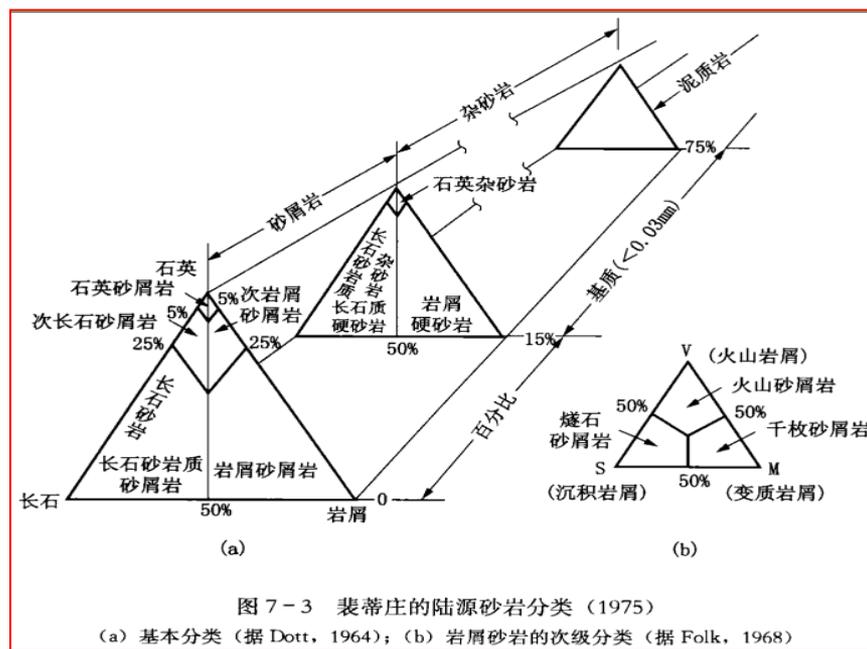


图 7-3 裴蒂庄的陆源砂岩分类 (1975)

(a) 基本分类 (据 Dott, 1964); (b) 岩屑砂岩的次级分类 (据 Folk, 1968)

## 第二节 砂岩的分类

1. 克里宁（1948）的分类——具有重大影响的早期砂岩分类方案，采用三端元分类方案。

石英+硅质岩：成熟度

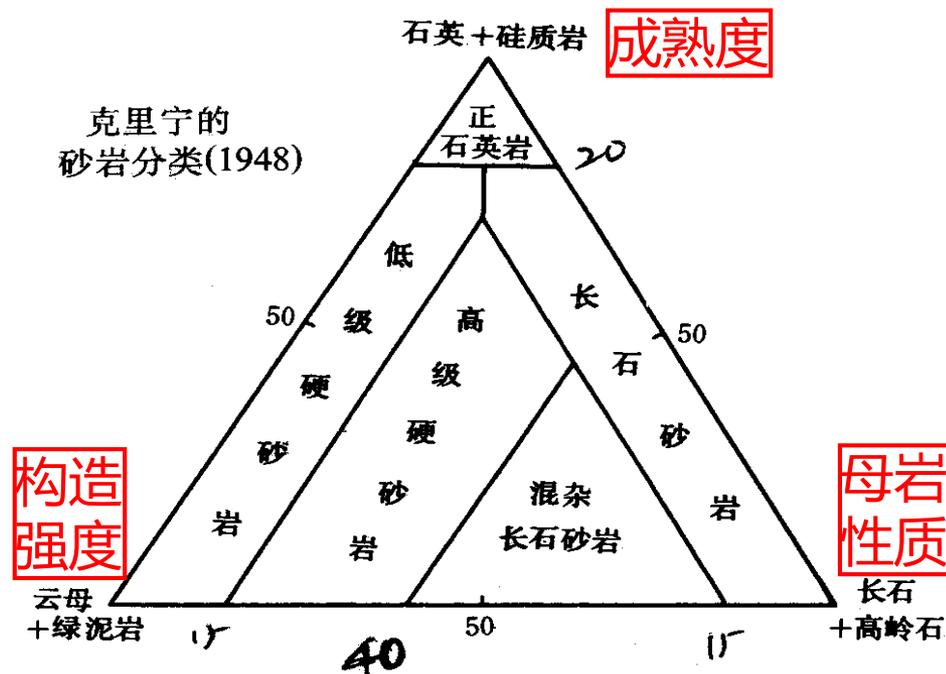
长石+高岭石：母岩性质

云母+绿泥石：构造活动强度

评价——

■ 优点：将成分与成因联系

■ 缺点：没把岩屑放在重要地位；云母、绿泥石在成岩过程中也可大量形成。



## 第二节 砂岩的分类

### 2、福克的1954和1968的分类(三组分分类)

1954年的分类强调来源区母岩性质，选择的三端元组分为：

石英+硅质岩（Q）：沉积来源

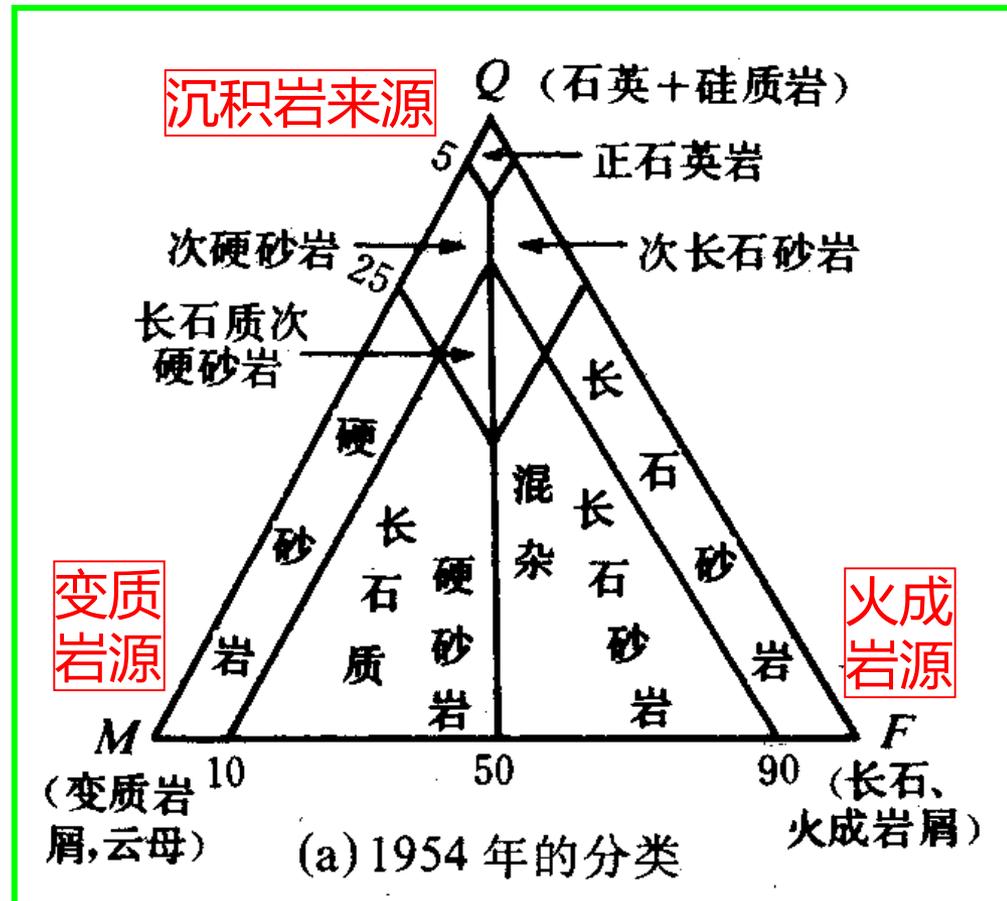
长石+火成岩屑（F）：火成来源

云母+变质岩屑（M）：变质来源

把云母都当成变质成因；

把岩屑分开，使分类复杂化；

没有考虑杂基。



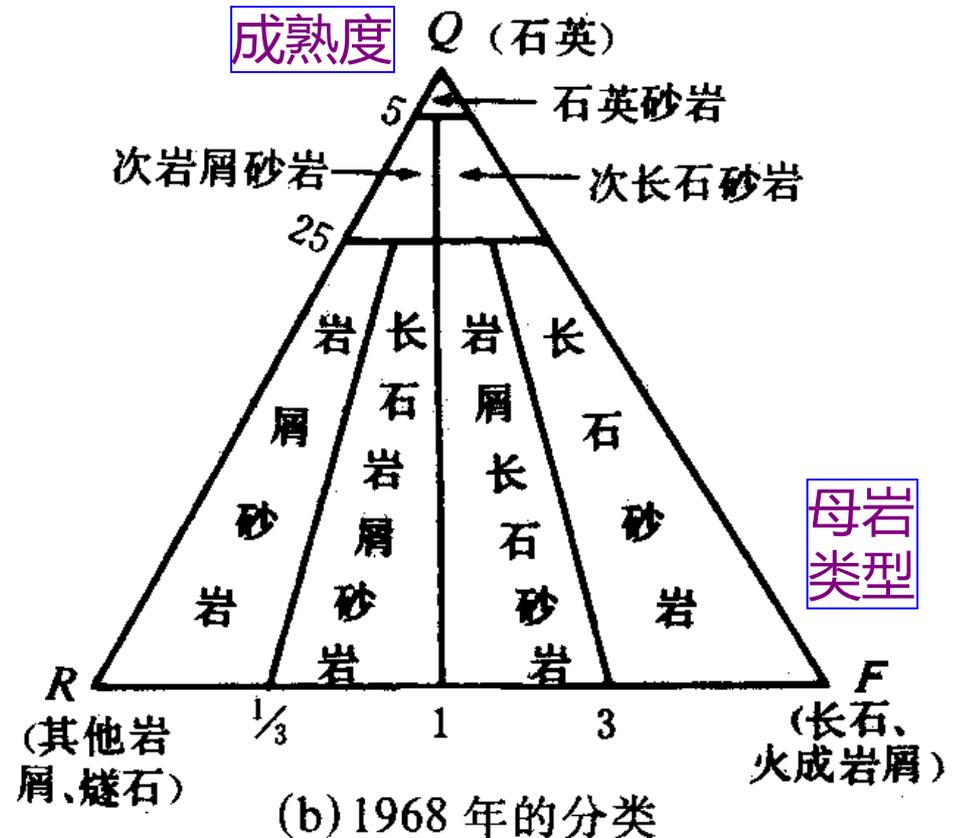
## 第二节 砂岩的分类

1968年，福克做了进一步修改，三端元为：

石英（Q）

长石+火成岩屑（F）

其它岩屑+燧石（R）



## 第二节 砂岩的分类

### 3、北京石油学院1977年砂岩分类(三组分分类)

#### 三端元组分

石英、长石、岩屑+碎屑云母

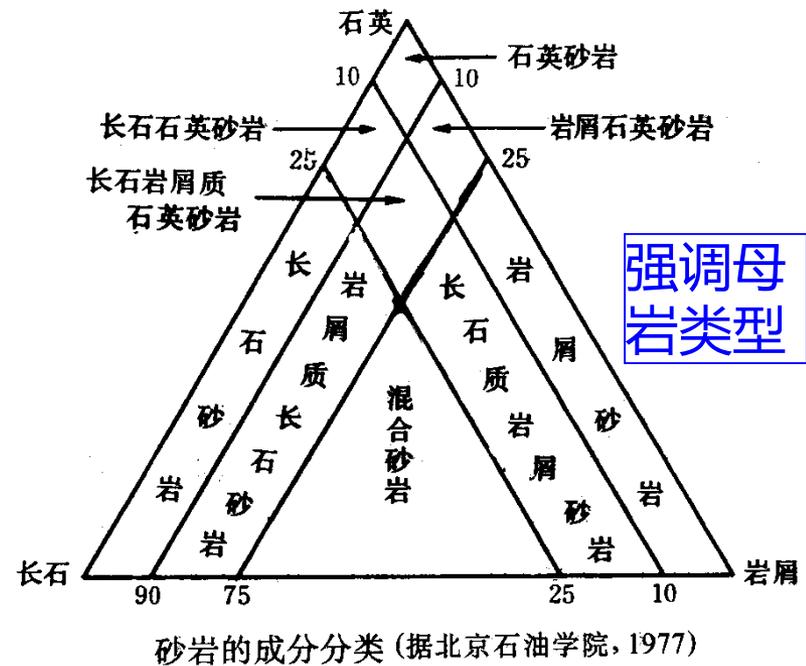
优点：分类简单，便于使用

缺点：

石英砂岩类中石英含量偏低

混合砂岩不利于母岩性质分析

没有考虑杂基



## 第二节 砂岩的分类

### 4. 吉尔伯特 (Gilbert) 分类

早期四组分分类代表之一，首先按杂基划分为两大类

粘土杂基含量 $>10\%$ ——混杂砂岩（杂砂岩、瓦克岩）

粘土杂基含量 $<10\%$ ——纯净砂岩（砂屑岩）

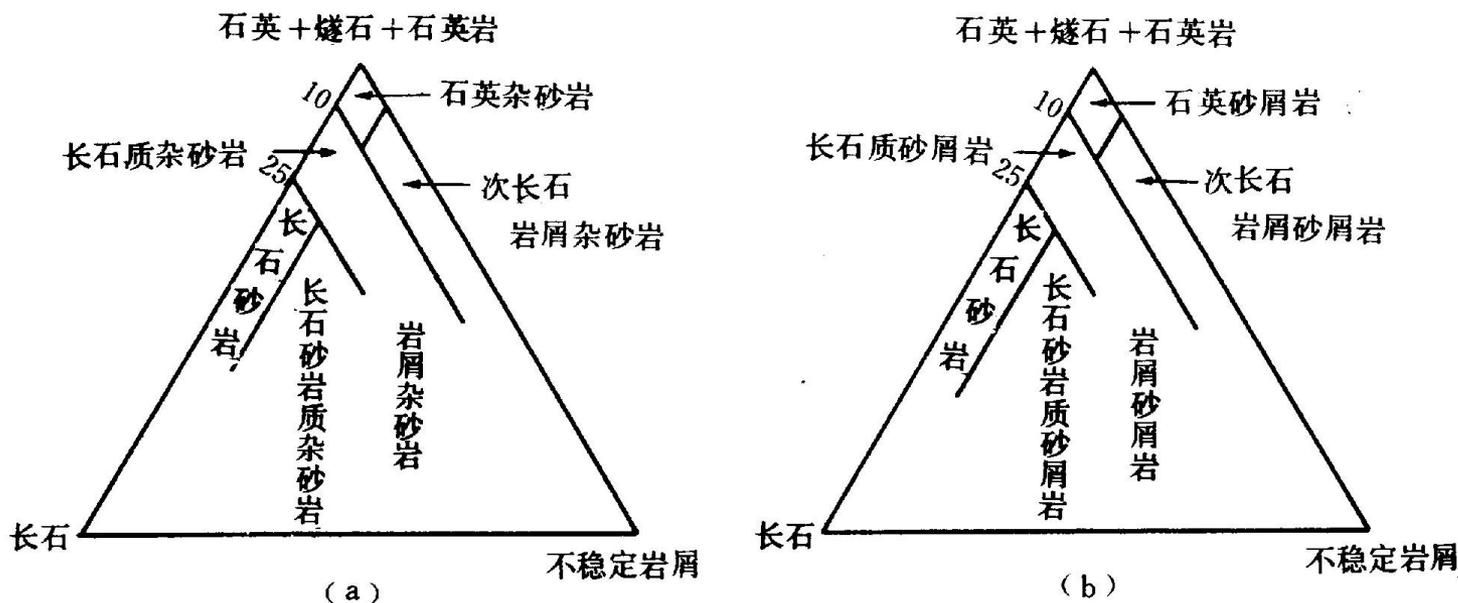
优点：

引入杂基分类，并认为两种类型的砂岩在成因上不同

— 砂屑岩：经流水的充分冲刷、筛选而缓慢沉积

— 杂砂岩：未经流水冲刷、筛选而沉积，即快速沉积

缺点：某些砂岩类型在图解中没有明显的划分界线



吉尔伯特砂岩  
分类 (1955)

(a) 杂砂岩；

(b) 砂岩

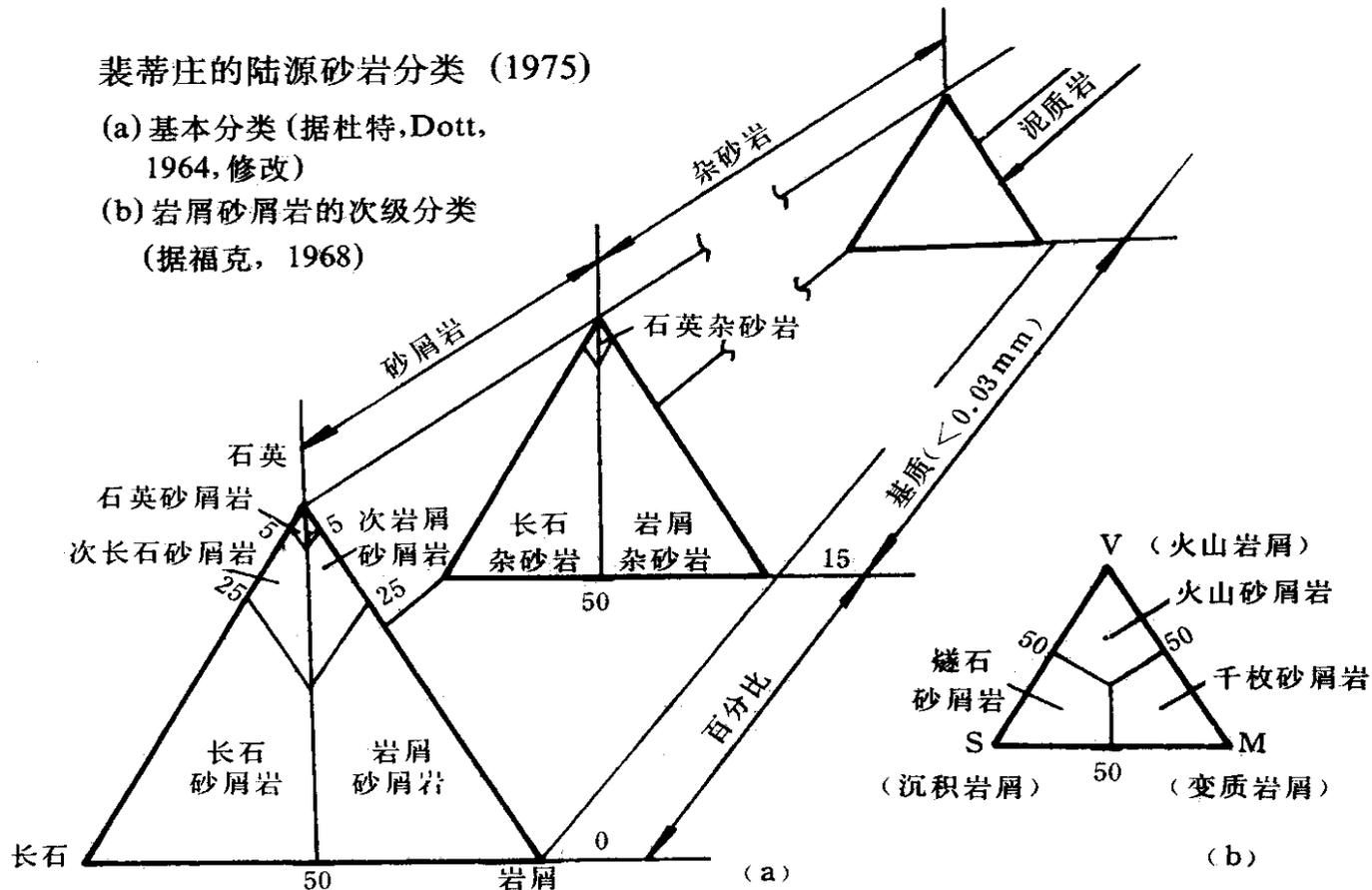
## 第二节 砂岩的分类

### 5、裴蒂庄的分类 (Petijoin) (1975) (四组分分类)

裴蒂庄明确把粘土基质从碎屑组分中区分出来，建立了四组分分类体系。

优点：把反映成因的来源区、矿物成熟度及流动因素作为砂岩分类的准则

缺点：有的界线、名称不合适



## 第二节 砂岩的分类

综上所述，国内外砂岩分类现状都是以碎屑岩的结构组分作为分类的依据(称为结构组分分类),分类均用三角图与表格表示;

**各分类的差异在于:**

- A、粘土杂基(基质)的处理: 是否参与分类, 含量界线的确定;**
- B、端元组分的选择、组合方式及成因解释:**
- C、三角图的形式及其划分(四组分的表达形式, 各组分分界点和命名);**
- D、辅助三角图的采用及关于硬砂岩的使用等。**

# 第二节 砂岩的分类

## 二、本教材倡导的分类—四组分三端元分类体系

### ■ 1.分类原则——实用性、科学性

#### ■ (1) 反映母岩性质

- 母岩区古气候

- 古大地构造背景/古地形

- 母岩类型

#### ■ (2) 反映搬运和磨蚀的历史（时间）

#### ■ (3) 反映介质的物理条件

- 流体性质、水体能量、沉积速率



## 第二节 砂岩的分类

### 二、本教材倡导的分类—四组分三端元分类体系

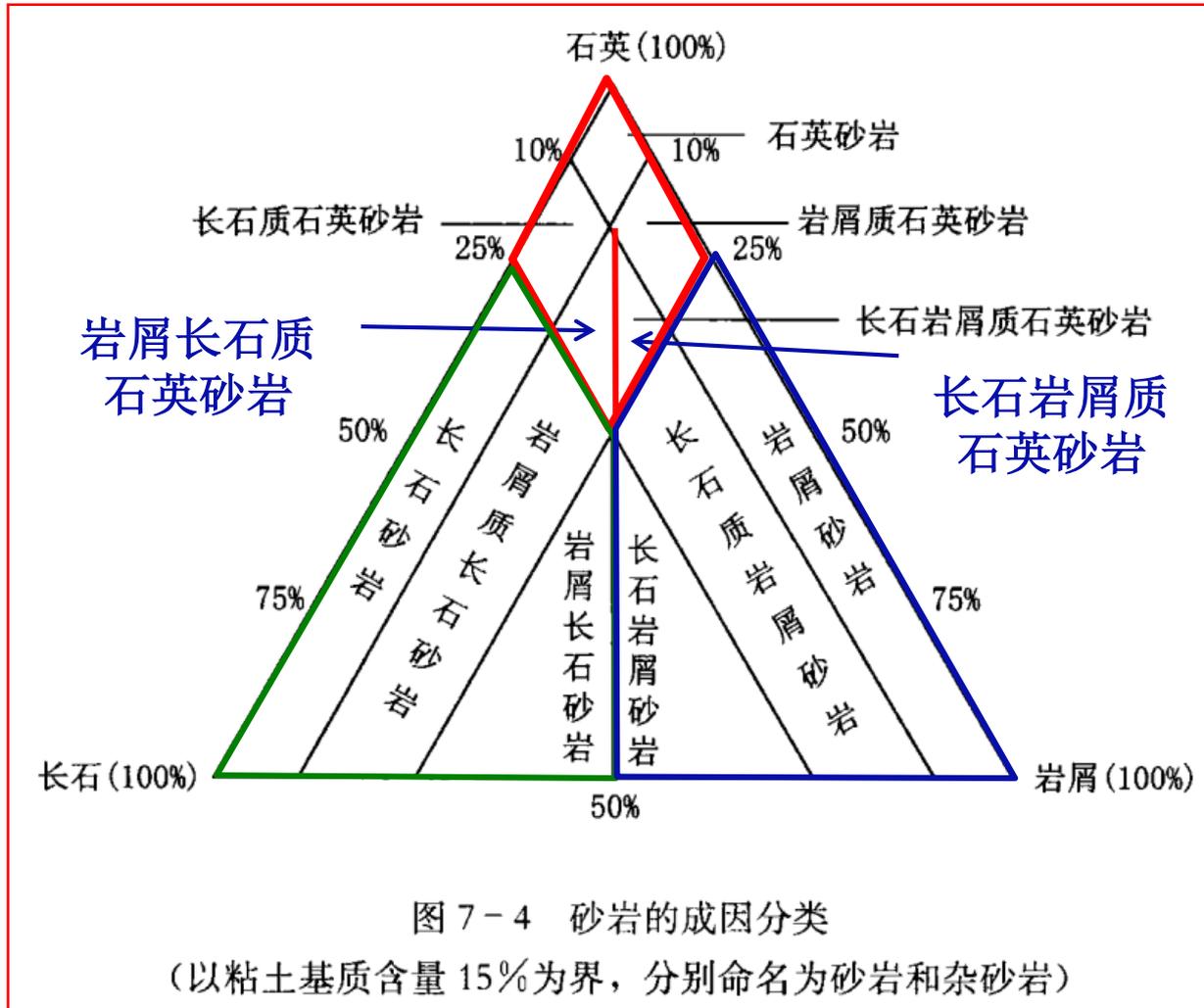
#### ■ 2.分类端元选择及依据

#### ■ 选择依据：

- 1) 容易辨别，又具有成因意义；
- 2) Q、F、R是砂岩的主要结构组分；
- 3) F/R（来源系数）可反映母岩性质，F-花岗质母岩标志，R-火山岩、沉积岩、浅变质岩等母岩标志；
- 4) Q/(F+R)（成分成熟度）反映搬运和磨蚀历史；
- 5) G/M（grain/matrix,流动系数）表示介质性质、沉积速率、沉积能量；

# 第二节 砂岩的分类

- 二、本教材倡导的分类—四组分三端元分类体系
- 3.分类方案



## 第二节 砂岩的分类

### ■ 3.分类方案

#### ■ (1) 先看杂基含量，将砂岩分为两大类

■ 杂基 $<15\%$ 的净砂岩（简称砂岩）（考虑了储层物性）

■ 杂基 $>15\%$ 的杂砂岩（相当于瓦克砂岩、硬砂岩）

#### ■ (2) 再看长石、岩屑含量

- |   |           |
|---|-----------|
| ■ I: $F < 10\%$ 且 $R < 10\%$                      | 石英砂岩      |
| ■ II: $10\% \leq F < 25\%$ , $R < 10\%$           | 长石质石英砂岩   |
| ■ III: $10\% \leq R < 25\%$ , $F < 10\%$          | 岩屑质石英砂岩   |
| ■ IV: $10\% \leq F < 25\%$ , $10\% \leq R < 25\%$ | 长石岩屑质石英砂岩 |
| ■ V: $F \geq 25\%$ , $R < 10\%$                   | 长石砂岩      |
| ■ VI: $F \geq 25\%$ , $10\% \leq R < 25\%$        | 岩屑质长石砂岩   |
| ■ VII: $F \geq 25\%$ , $R \geq 25\%$ , $F > R$    | 岩屑长石砂岩    |
| ■ VIII: $R \geq 25\%$ , $F < 10\%$                | 岩屑砂岩      |
| ■ IX: $R \geq 25\%$ , $10\% \leq F < 25\%$        | 长石质岩屑砂岩   |
| ■ X: $R \geq 25\%$ , $F \geq 25\%$ , $R > F$      | 长石岩屑砂岩    |

## 第二节 砂岩的分类

### ■ 注意事项

#### ■ 1) 两个100%:

■ 颗粒+杂基+胶结物+孔隙=100%——杂基含量是绝对含量

■  $Q+F+R=100\%$ ——F、R为相对含量:

■ 2) 石英指的是单晶石英颗粒，不包括燧石和多晶石英，燧石和其它硅质岩屑放入岩屑组分。

■ 3) 燧石、硅质岩屑、云母和绿泥石等算入岩屑组分。



# 第三节 石英砂岩类

## 1、成分：

- $Q \geq 50\%$ 、 $F < 25\%$ 、 $R < 25\%$ ，成分成熟度高；
- 颗粒含量高，杂基少，填隙物主要为胶结物；
- 胶结物：硅质、钙质、铁质、海绿石质等。

— 硅质石英砂岩； 钙质石英砂岩； 铁质石英砂岩； …

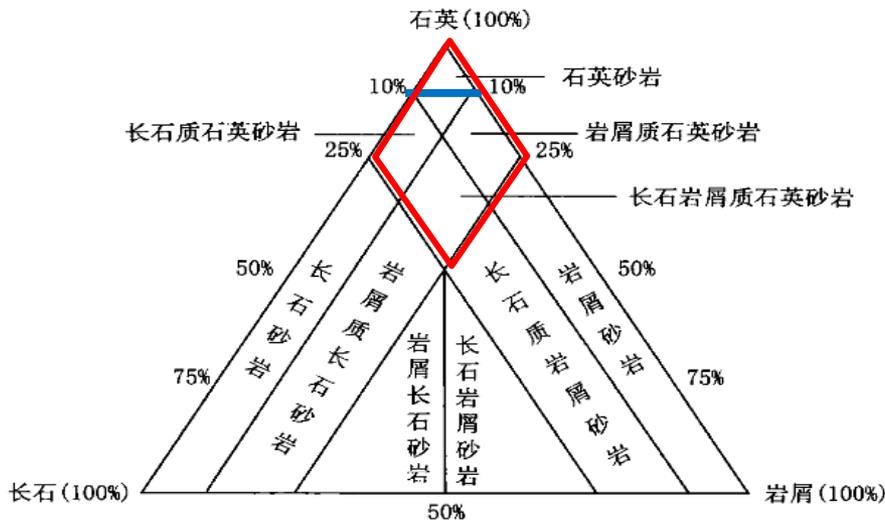
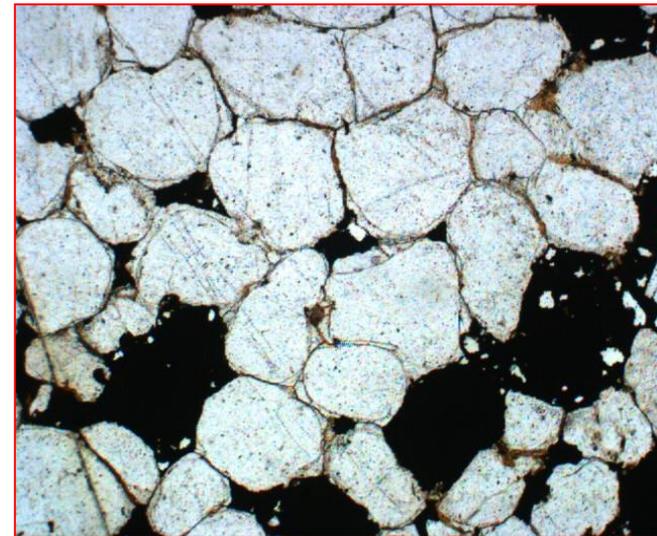


图 7-4 砂岩的成因分类

(以粘土基质含量 15% 为界，分别命名为砂岩和杂砂岩)



铁质石英砂岩

# 第四节 石英砂岩类

## ■ 2、结构：

- 结构成熟度高，分选好，磨圆度高，颗粒支撑；

## ■ 3、沉积构造

- 波痕、冲洗交错层理，平行层理等；

## ■ 4、颜色—取决于胶结物的颜色

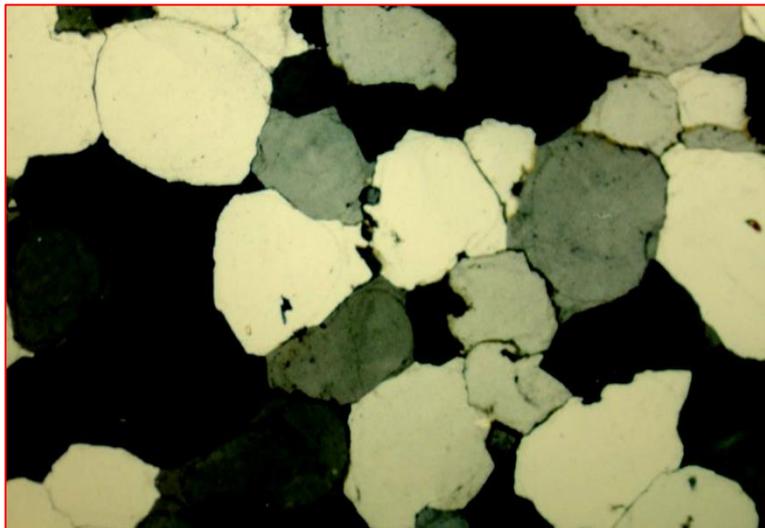
- 硅质或钙质胶结—黄白色或浅灰白色；
- 铁质胶结—红褐色；
- 海绿石胶结—浅绿色。

## ■ 5、产状

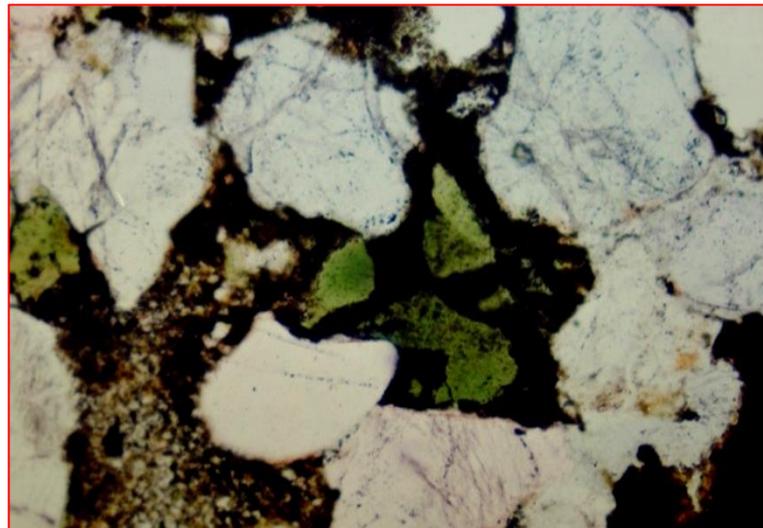
- 厚度不大的稳定层状

## ■ 6、成因

- 花岗岩母岩，彻底风化，经长距离搬运或长期淘洗或多旋回再沉积
- 滨海-浅海砂质海岸环境



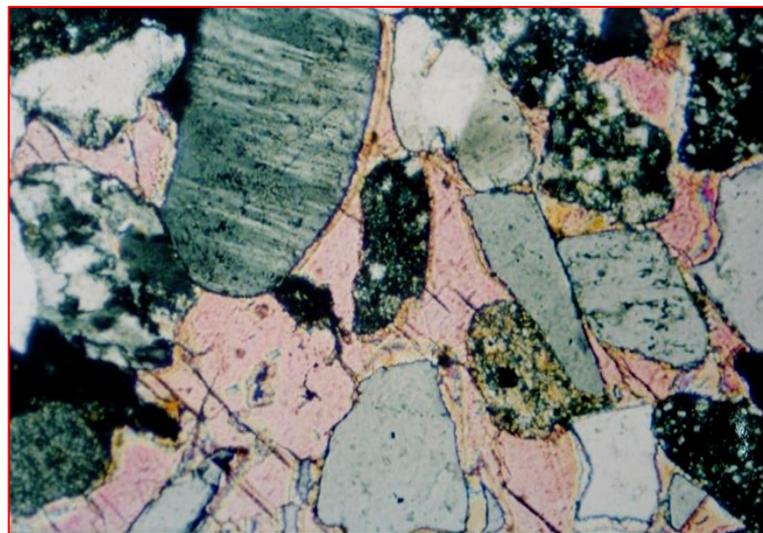
铁质石英砂岩, 石英加大及线-凹凸接触,  
河北庞家堡, Z1 (+100)



海绿石石英砂岩, 示海绿石及石英加大,  
唐山, 景儿峪组 (+100)



岩屑质石英砂岩, 硅质岩屑及压实作用优选,  
四川, 川中, J (+100)



长石岩屑质石英细砂岩, 方解石胶结,  
塔里木, 羊屋1井 (+100)

## 第四节 长石砂岩类

- 石英 (Q) < 75%，长石 (F) > 25%，岩屑 (R) < 25%；包括长石砂岩和岩屑质长石砂岩以及岩屑长石砂岩；

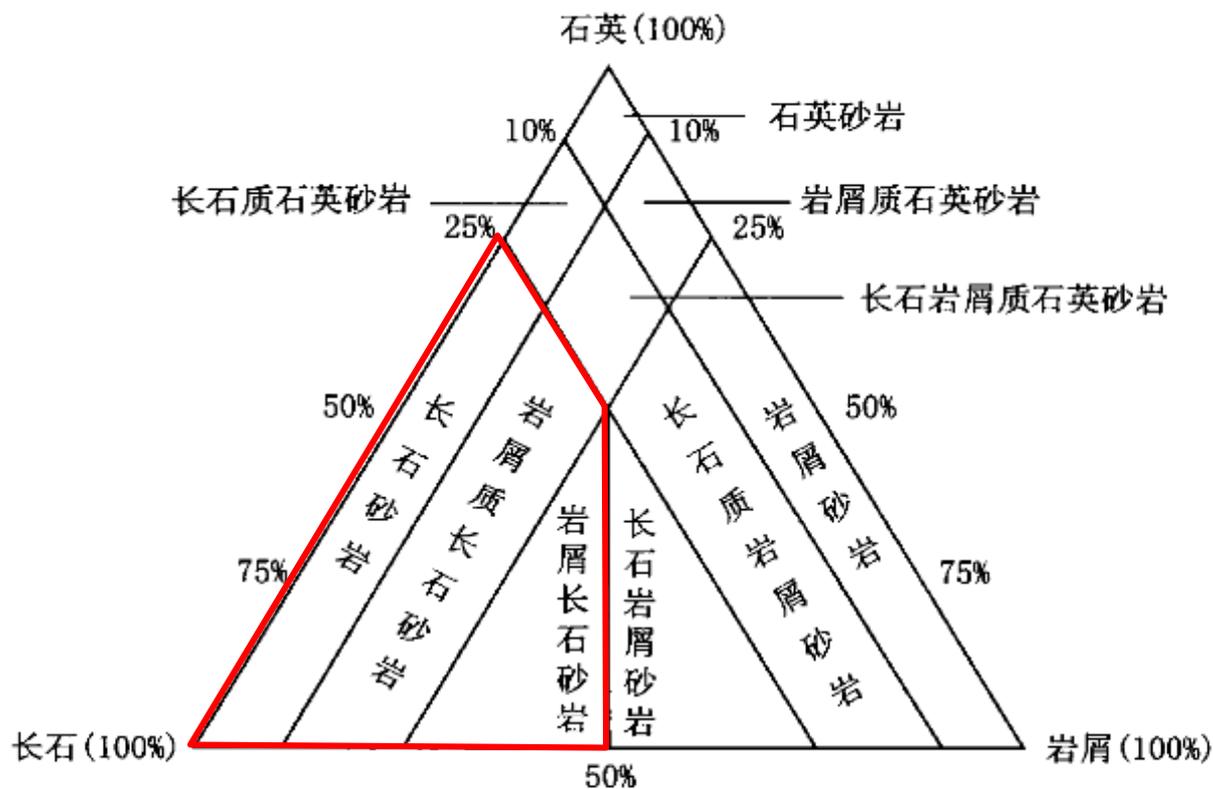


图 7-4 砂岩的成因分类  
(以粘土基质含量 15% 为界，分别命名为砂岩和杂砂岩)

# 第四节 长石砂岩类

## ■ 1、成分

- 长石含量高、成分成熟度低，杂基较多；
- 胶结物：钙质、硅质、铁质、长石次生加大；
- 多含云母碎屑。

## ■ 2、结构

- 粒度较粗砂岩常见
- 分选性和磨圆度变化大：分选差棱角状-分选好磨圆度高

## ■ 3、颜色

- 与长石和风化程度有关—灰色、灰白色或红色

## ■ 4、成因

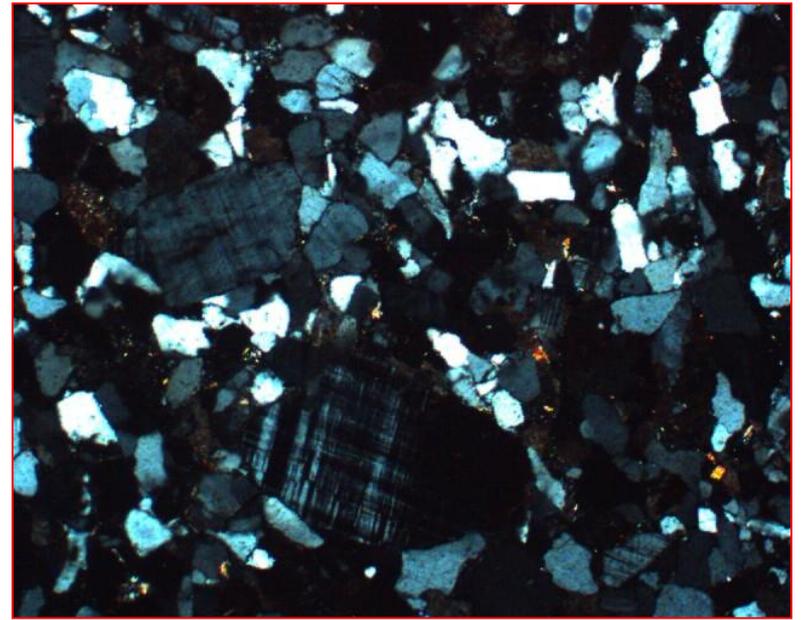
- 母岩富含长石—花岗岩和花岗片麻岩类
- 构造活动较强烈
- 物理风化作用为主，强烈的侵蚀、快速堆积  
埋藏后的蚀变作用很弱

## ■ 5、出现环境

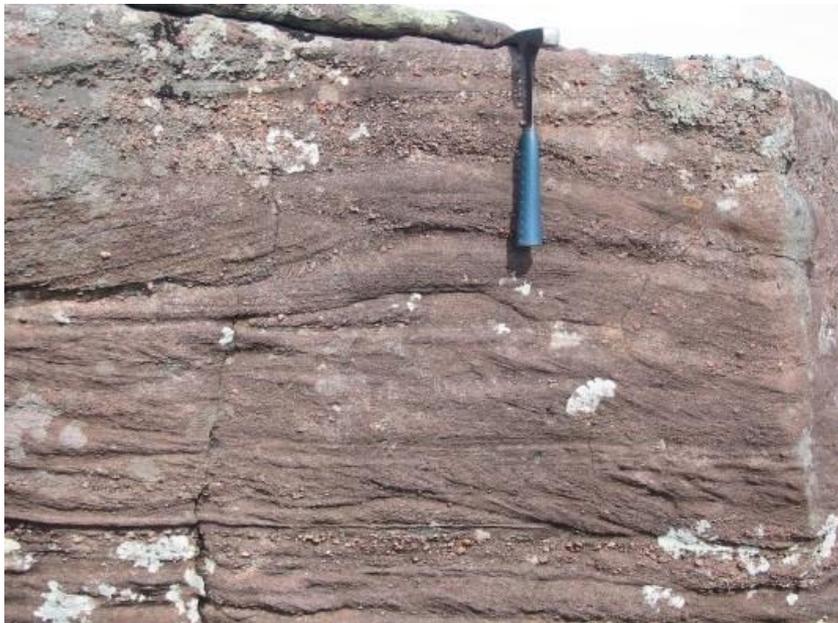
- 河流、湖泊、冲积扇等。



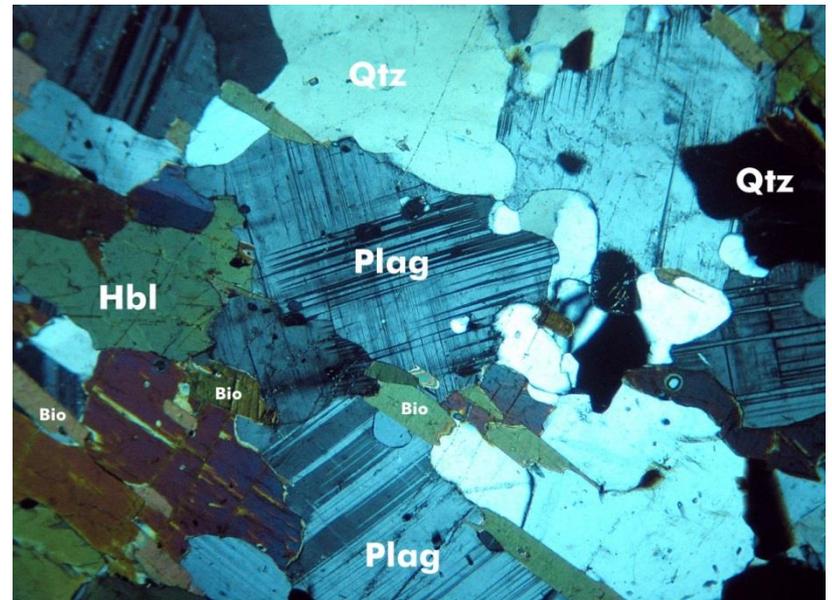
红色长石砂岩（河北唐山，震旦系）



红色长石砂岩（河北唐山，震旦系）



Coarse feldspathic sandstone, Torridon Group (Torridonian)



石英(无双晶)与斜长石(双晶)

## 第五节 岩屑砂岩类

- 岩屑 > 25%，长石 < 25%，石英 < 75%；包括岩屑砂岩和长石质岩屑砂岩。

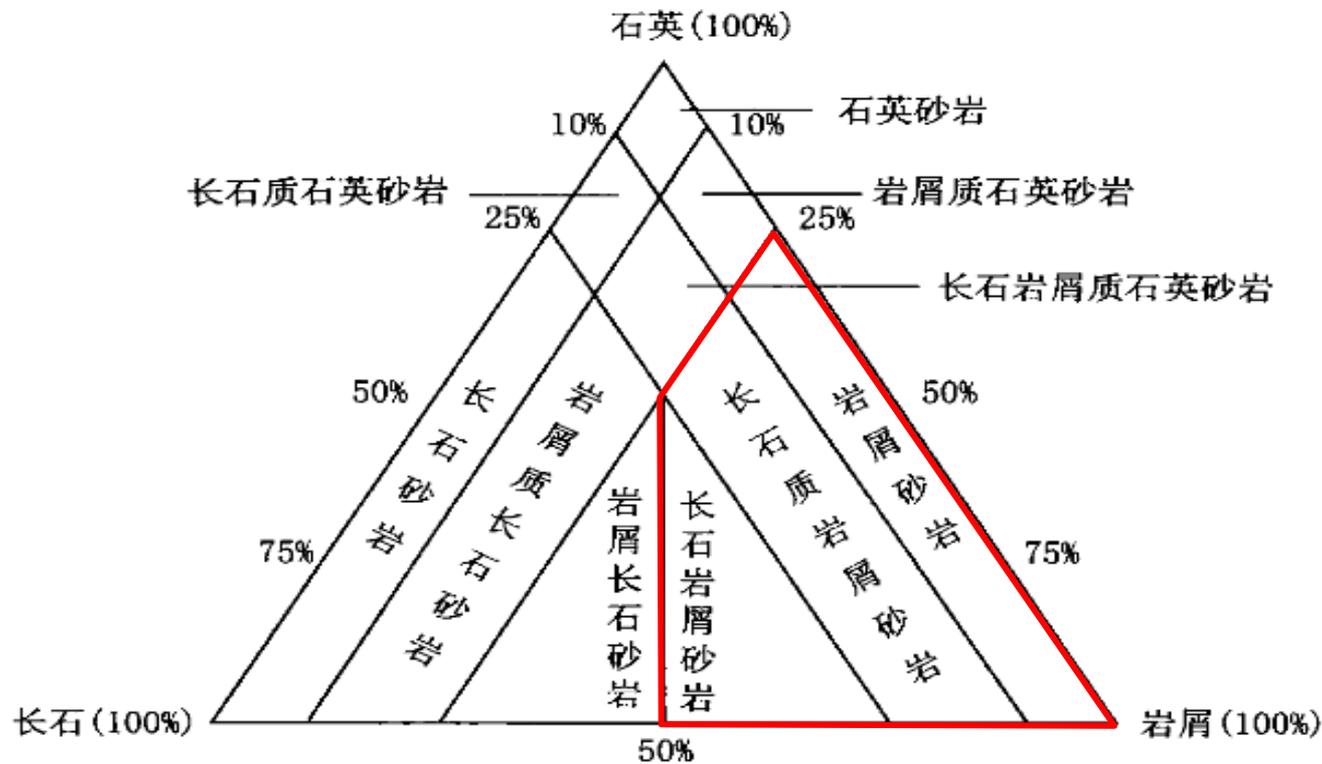


图 7-4 砂岩的成因分类

(以粘土基质含量 15% 为界，分别命名为砂岩和杂砂岩)

# 第五节 岩屑砂岩类

## ◆ 1、成分

- ◆ 岩屑含量高、岩屑成分复杂；成分成熟度低；杂基较多；
- ◆ 胶结物：碳酸盐和氧化硅；
- ◆ 多含云母矿物（黑云母和白云母）；

## ◆ 2、结构

- ◆ 成熟度低，分选性及磨圆度均不好，一般为中粗粒结构。

## 3、颜色

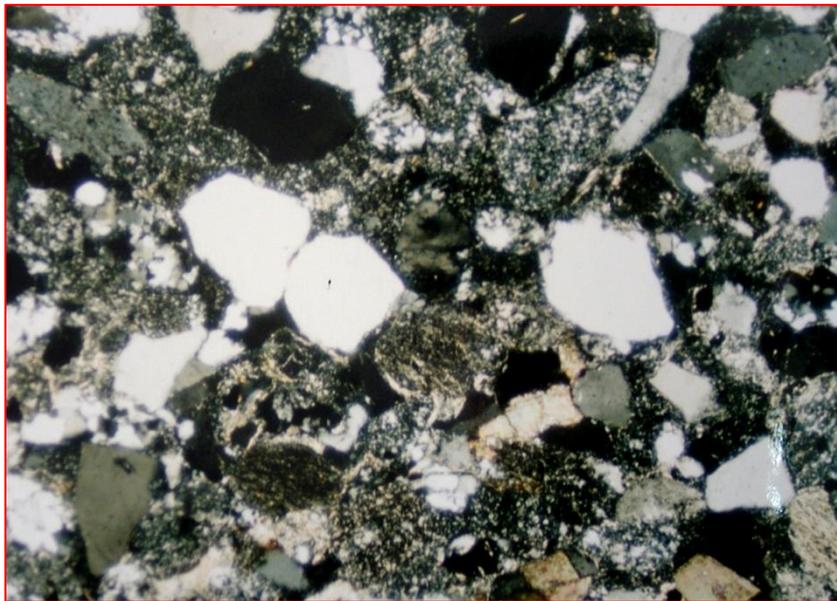
- 一般呈浅灰色，常见灰绿色和灰黑色。

## 4、成因

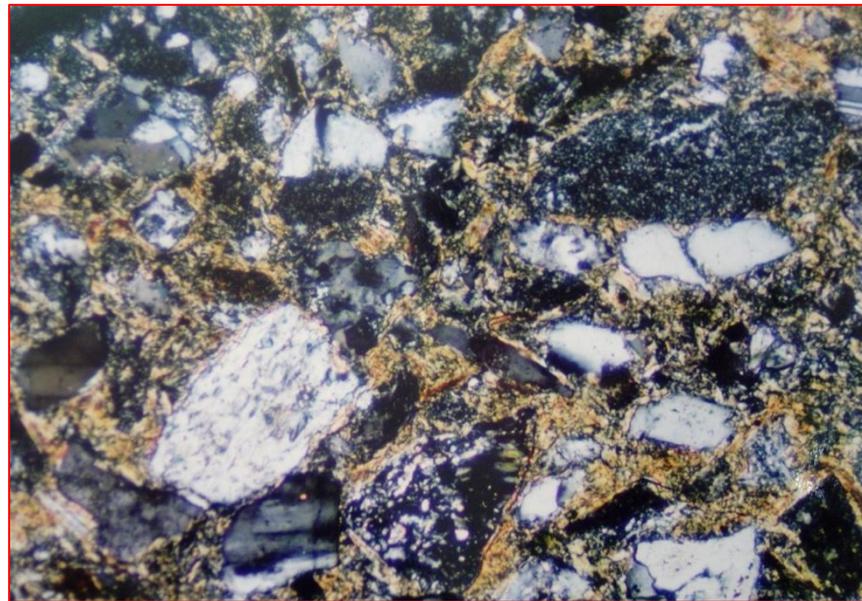
形成条件与长石砂岩基本类似

## 5、出现环境

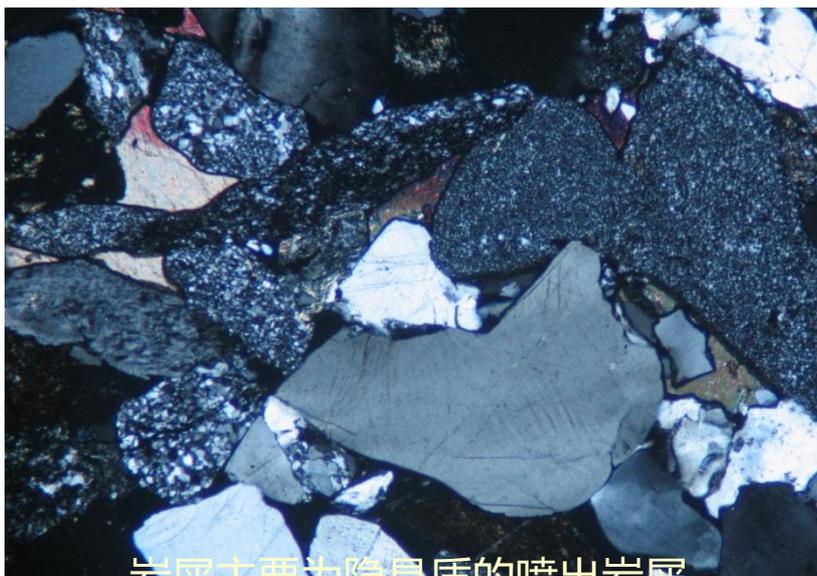
河流、湖泊、冲积扇、重力流



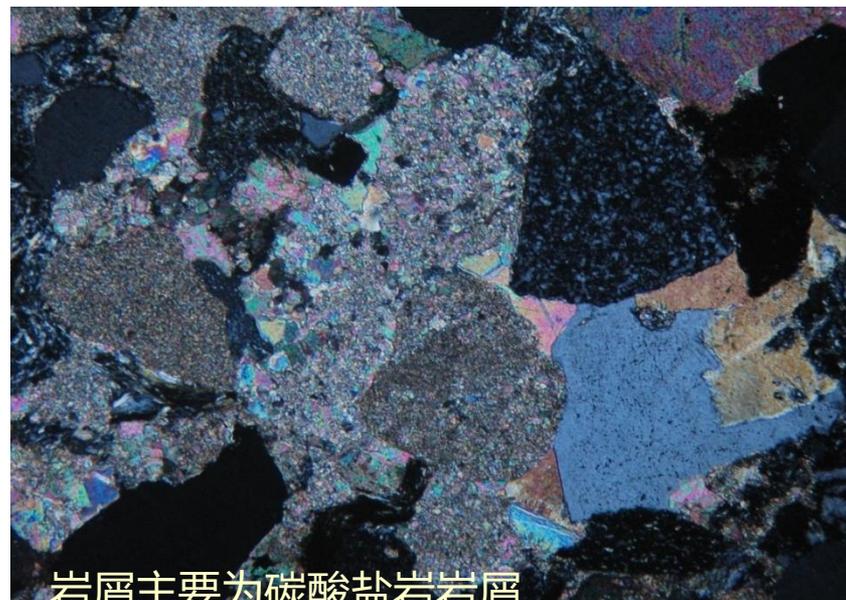
岩屑细砂岩, 塔里木, 哈1井, 6308m(+40)



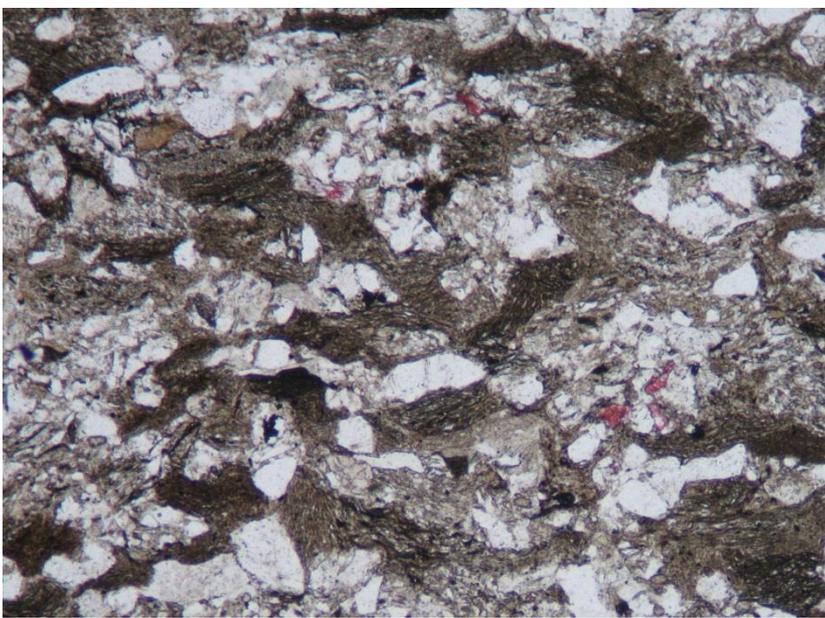
岩屑砂岩, 泥质重结晶强, 薄膜状胶结 (+100)



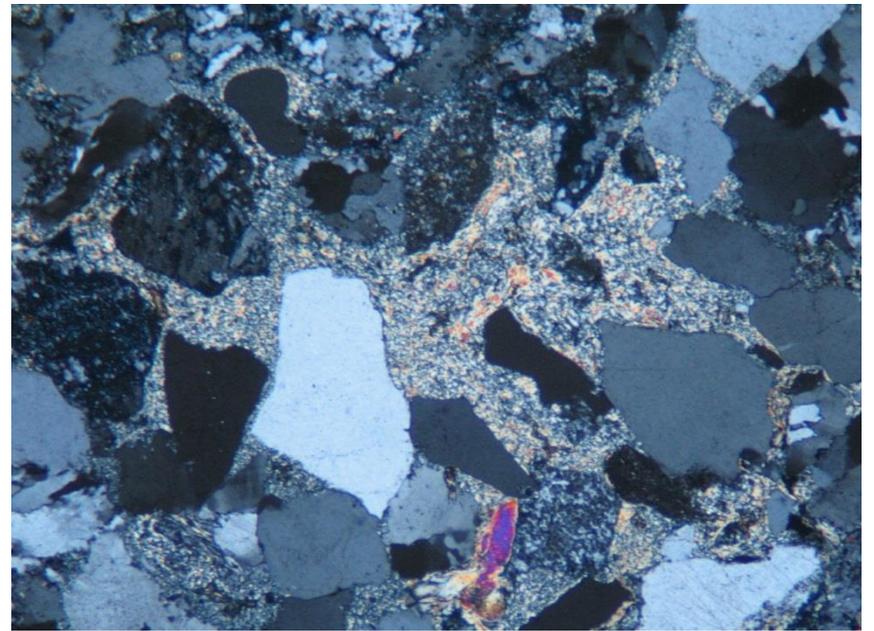
岩屑主要为隐晶质的喷出岩屑  
四川盆地须家河组岩心薄片照片



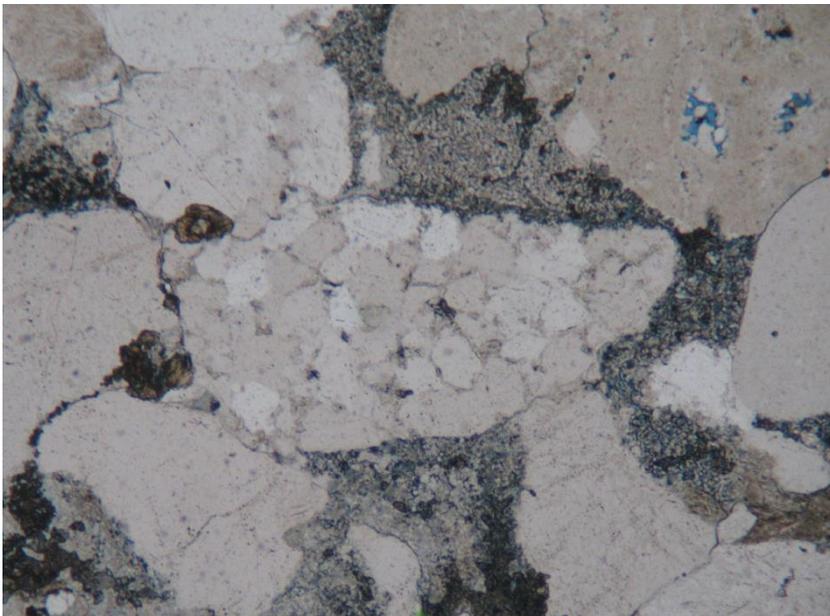
岩屑主要为碳酸盐岩岩屑  
四川盆地须家河组岩心薄片照片



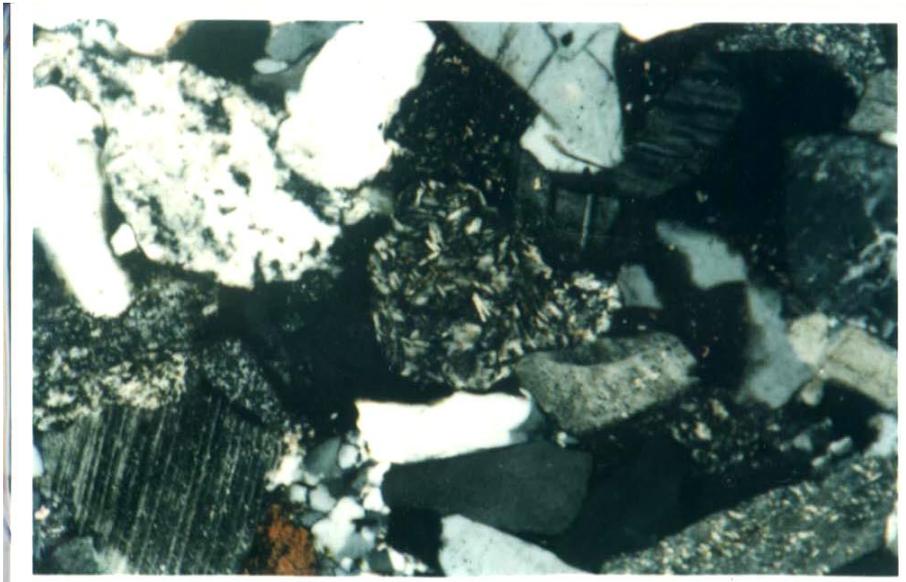
岩屑主要为干枚岩岩屑



岩屑主要为干枚岩岩屑，且假杂基化



岩屑主要为粉砂岩岩屑



照片 32 长石岩屑砂岩 四川 正交偏光 × 16

# 第五节 杂砂岩类

## ■ 1、定义

### ■ 杂砂岩 (wacke)

■ 粘土杂基大于15%，分选不好，砂泥混杂的砂岩。

## ■ 2、分类

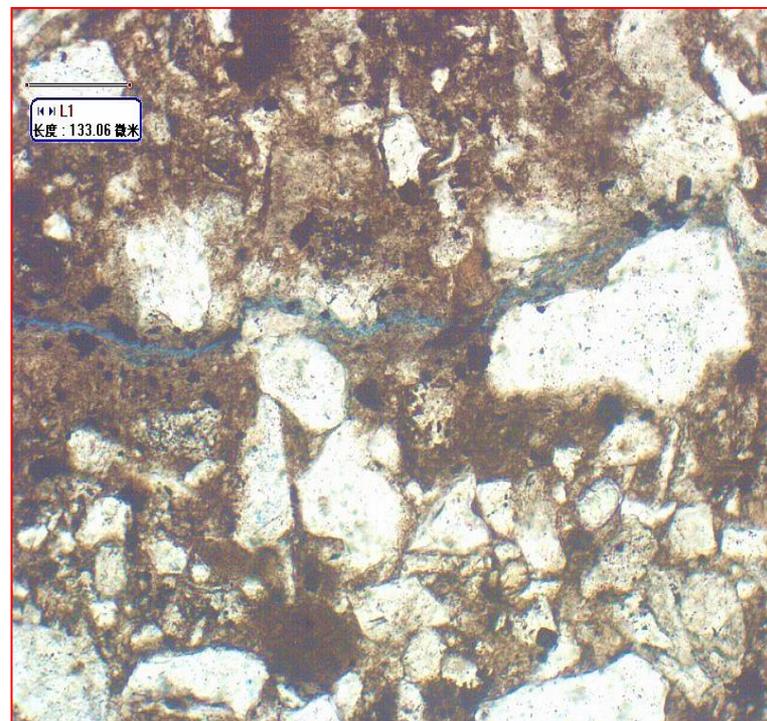
■ 原则同（净）砂岩

## ■ 3、特征

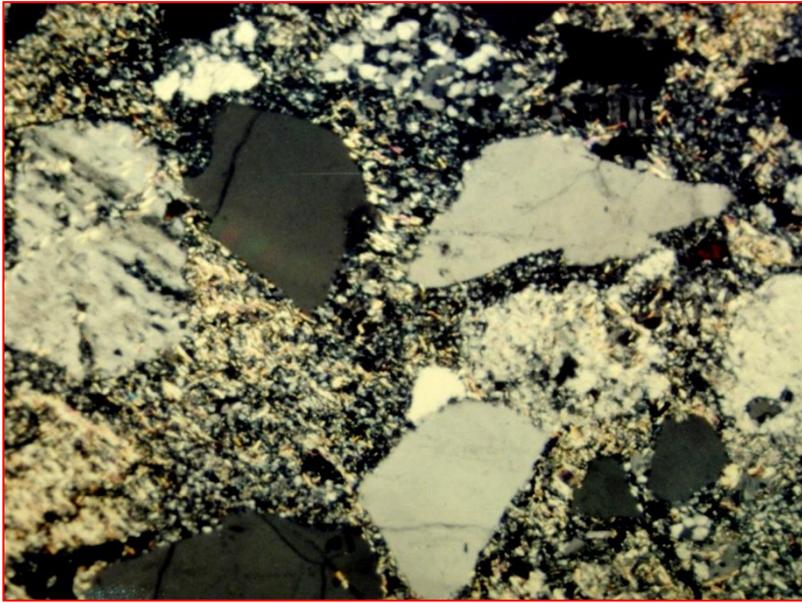
- 成分成熟度低；杂基多，胶结物少；
- 磨圆和分选差；颗粒一般呈尖棱角、棱角状
- 一般与泥岩呈韵律互层
- 呈暗灰色、褐色或黑色；

## ■ 4、成因

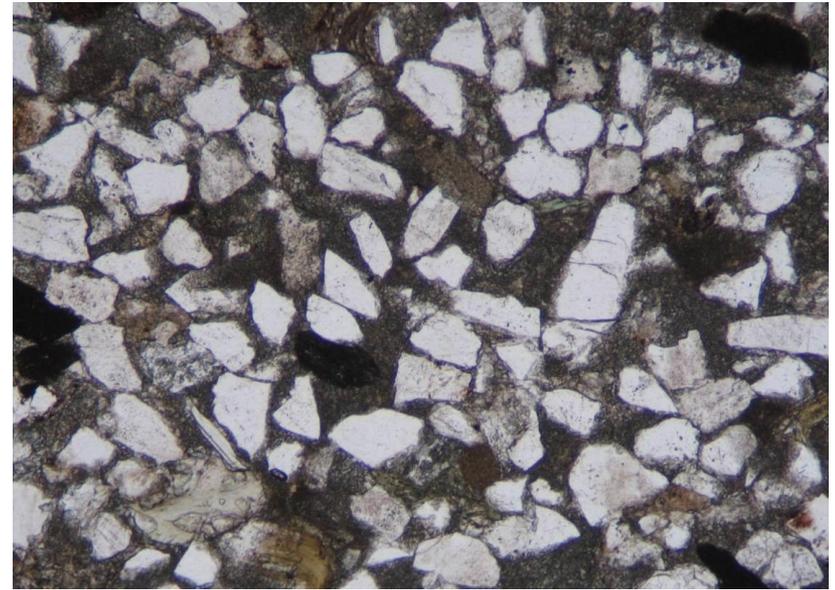
- 侵蚀、搬运及沉积的快速进行
- 如油流环境



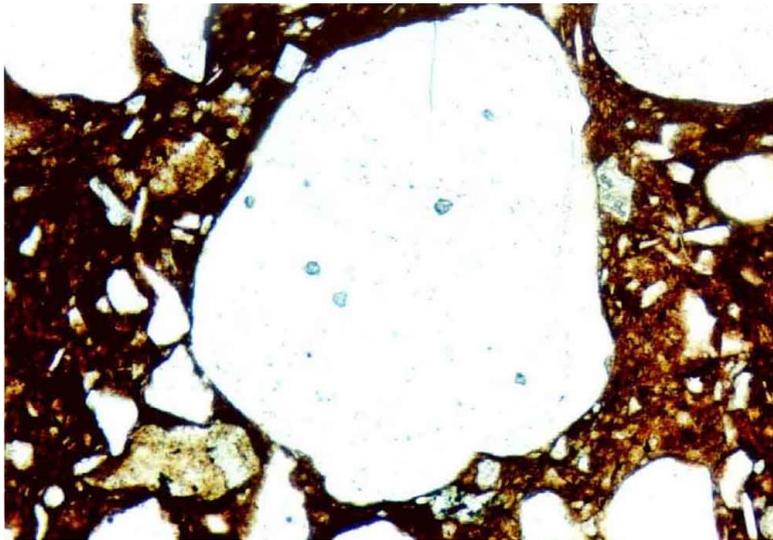
杂砂岩（义176井，3689.3m，Es<sub>4</sub>，）



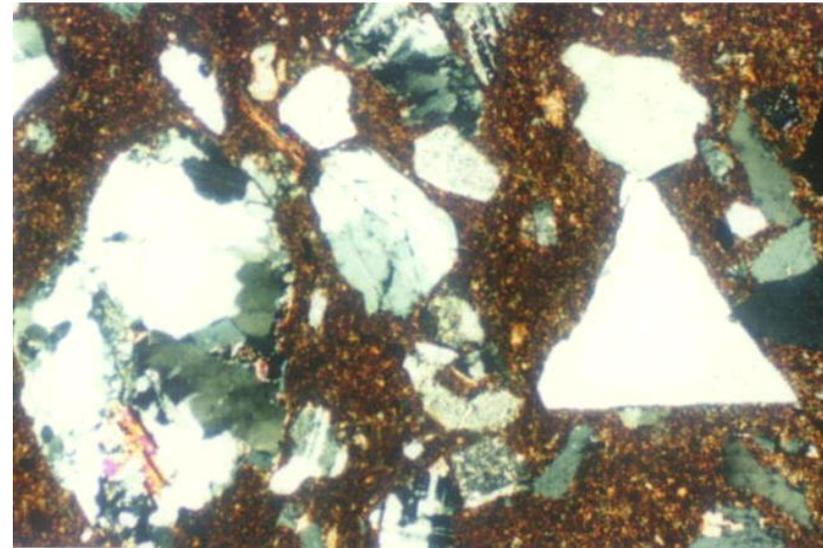
杂砂岩, 杂基绢云母化, 北京西山, J(+100)



杂砂岩 greywacke



石英杂砂岩

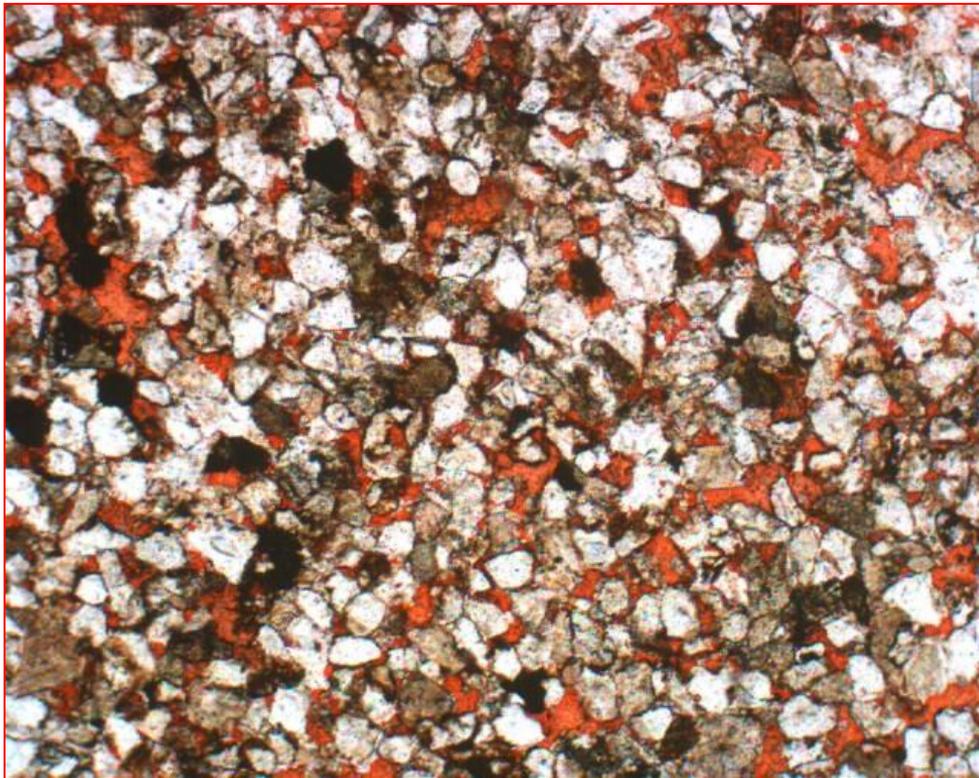


杂砂岩 greywacke

## 第七节 粉砂岩类

### ■ 粉砂岩的定义

主要由0.1~0.005mm粒级（含量大于50%）的碎屑颗粒组成的细粒碎屑岩。



桑植鹰咀山三叠系鹰咀山组  
三角洲分流河道相方解石胶结粉砂岩

# 第七节 粉砂岩类

## 一、一般特征

### ■ 1. 成分

#### ■ 主要矿物成分：

■ 石英、白云母及粘土矿物为主；长石较少（多为钾长石，次为酸性斜长石）；岩屑极少或不存在；重矿物含量可达2~3%。

■ 填隙物中粘土基质含量多，碳酸盐胶结物常见，铁质、硅质少见

### ■ 2. 结构

■ 分选性较好，磨圆性较差——碎屑颗粒常呈棱角~次棱角状。

■ WHY?

### ■ 3. 构造

■ 水平层理及波状层理

■ 交错层理较少，多为小型

■ 同生变形构造发育，有重荷、变形层理（包卷层理）、潜穴等

# 第七节 粉砂岩类

## 二、粉砂岩的分类

### ■ (一) 按颗粒大小

#### ■ 1. 粗粉砂岩      0.1~0.05mm

■ 很像砂岩，不仅与砂岩共生，也常发育各种小型交错层理，而且可作为油气储层。

#### ■ 2. 细粉砂岩      0.05~0.01mm

■ 具有粘土岩特性，常与泥质岩或泥晶灰岩共生，可能成为生油层。尤其是富含粘土物质的细粉砂岩。

■ 若粉砂岩中混有较多的砂和粘土，按三级命名法命名。

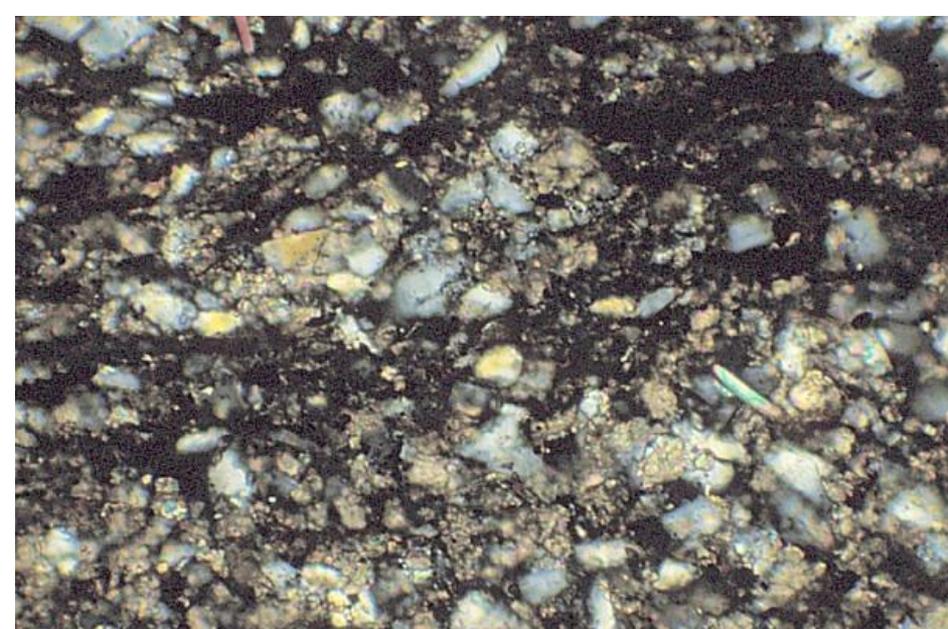
## 第七节 粉砂岩类

- (二) 根据碎屑成分中石英和不稳定组分的含量
  - 单成分粉砂岩
    - 石英为主
  - 复成分粉砂岩
    - 除石英外，还有较多云母、长石或其它碎屑
- (三) 根据胶结物成分
  - 铁质粉砂岩
  - 钙质粉砂岩
    - 山东莱阳上侏罗统白云质粉砂岩

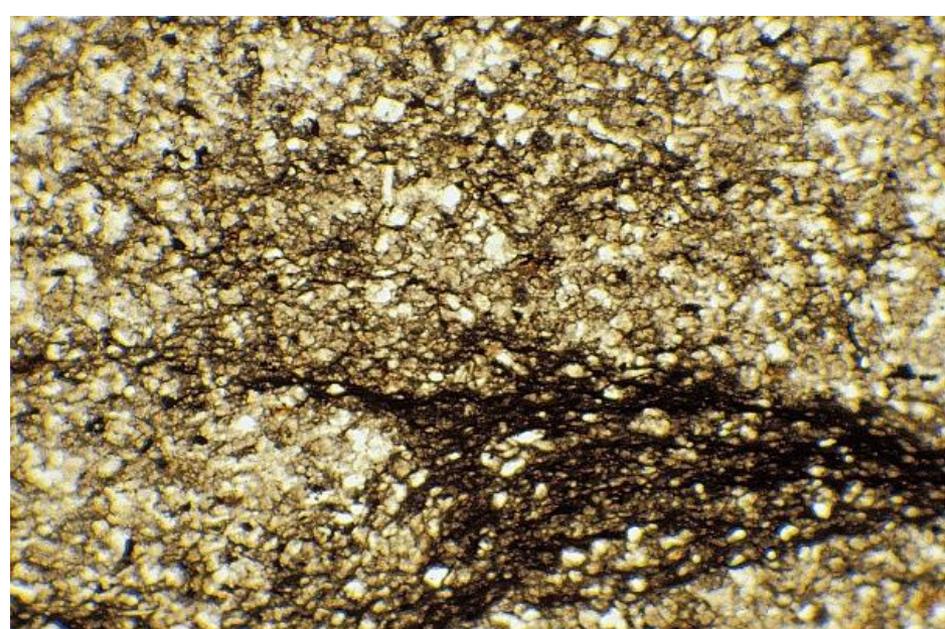
# ◆ 实例分析



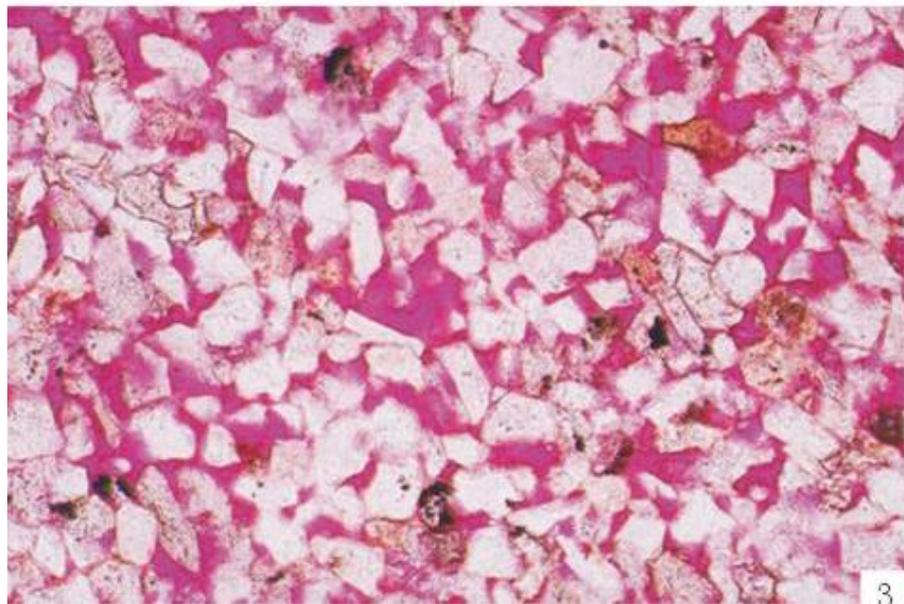
钙质粉砂岩, 寒武系,



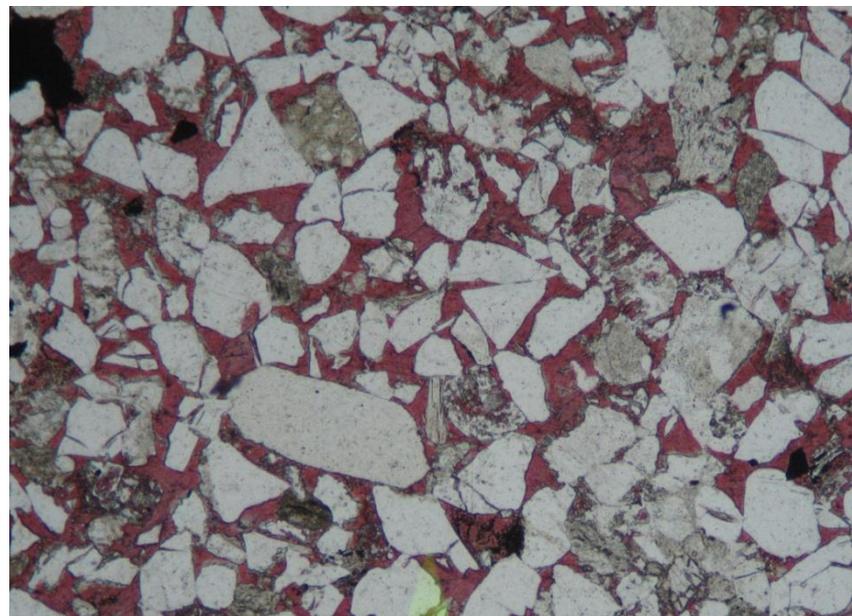
0.03mm



0.01mm



(库车凹陷第三系粉砂岩铸体薄片照片)



(四川盆地须家河组薄片照片)

## 第七节 粉砂岩类

### 三、成因分析

- 经过较长距离搬运，在稳定的水动力条件下缓慢沉降
  - 距离搬运不仅能使碎屑物质破碎形成粉砂级颗粒，还可以使粗细混杂的物质逐渐分异，使粉砂颗粒相对集中，由于颗粒细小，需要在稳定的环境中才能沉降堆积。
- 分布极其广泛，几乎所有的砂—泥质岩系中，都有粉砂岩层或夹层。
  - 砂岩向泥岩过渡的水流缓慢地带
    - 海、湖较深处、河漫滩、三角洲、泻湖、沼泽等。

## 第七节 粉砂岩类

### ■ 四、实例

### ■ 黄河三角洲现代沉积

#### ■ 颜色

■ 黄色、灰黄色、土黄色

#### ■ 成分

■ 颗粒（70~80%）：石英、长石、云母、重矿物（锆石、磷灰石、角闪石、绿帘石、金红石）

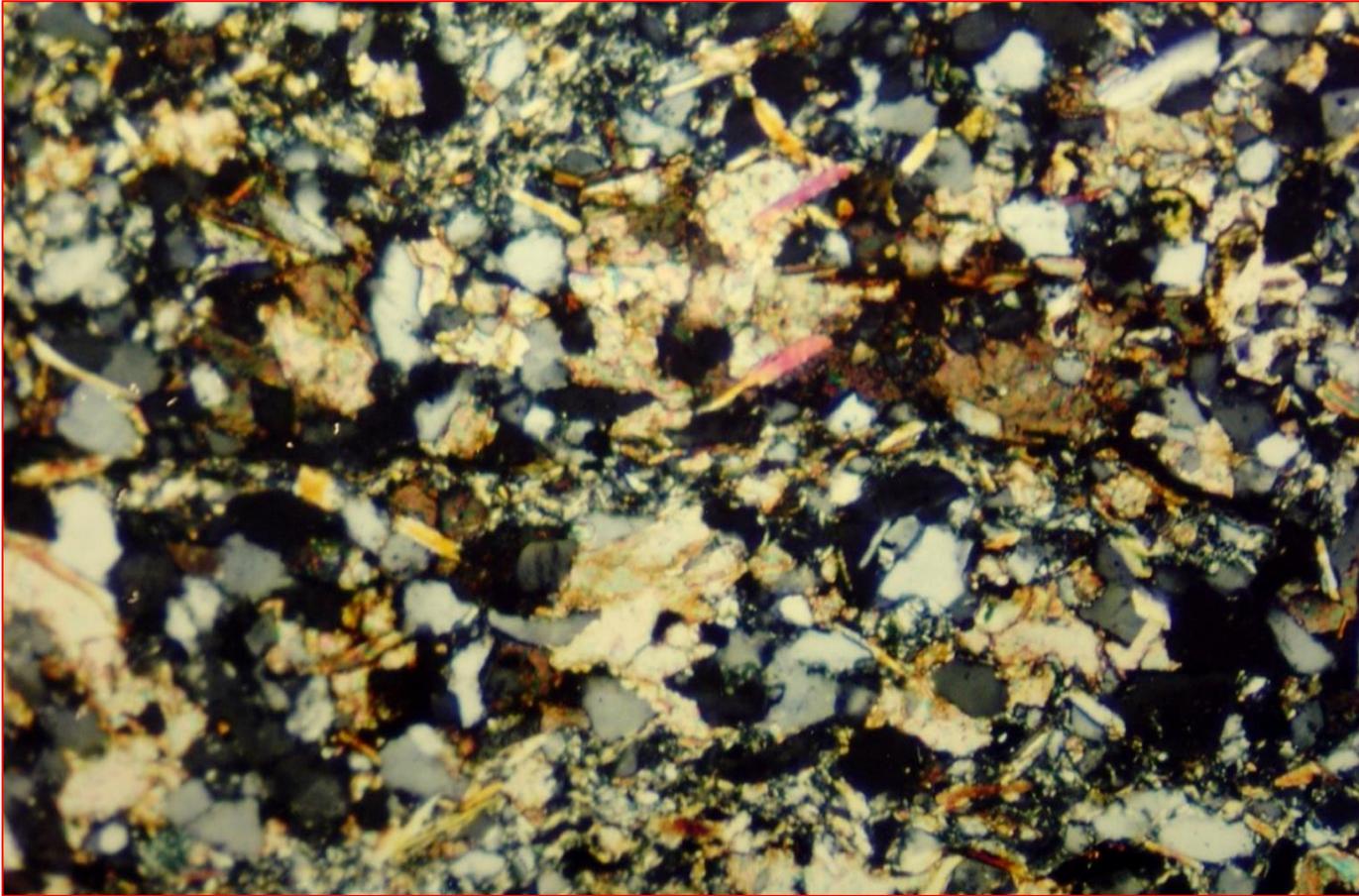
■ 杂基<15%

■ 胶结物=10~30%，方解石、白云石为主

#### ■ 结构

■ 分选好、磨圆差

## 第七节 粉砂岩类



云母质粉砂岩，(+100)