

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5477—92

碎屑岩成岩阶段划分规范

1992-09-17发布

1993-02-01实施

中华人民共和国能源部 发布

碎屑岩成岩阶段划分规范

1 主题内容与适用范围

本标准规定了碎屑岩成岩阶段的划分、命名、依据、标志和方法。

本标准适用于碎屑岩成岩阶段划分及特征研究。

2 成岩阶段划分依据

2.1 自生矿物分布、形成顺序及自生矿物中包裹体的均一温度。

2.2 粘土矿物组合及伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物的转化(参考雷诺尔兹的伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物X衍射标准图版,用V/P法计算)见附录A(参考件)。

2.3 岩石的结构、构造特点及孔隙类型。

2.4 有机质成熟度。

2.5 古温度。

2.5.1 流体包裹体均一温度。

2.5.2 自生矿物形成温度。

2.5.3 I/S混层粘土矿物的演化。

3 各成岩阶段标志

不同成岩阶段的岩石学、古温度、有机质成熟度特征见表1。

3.1 同生成岩阶段及主要标志

沉积物沉积后至埋藏前所发生的变化与作用的时期称同生成岩阶段。其主要标志如下:

- a. 海绿石主要形成于本阶段;
- b. 鲕绿泥石的形成;
- c. 同生结核的形成;
- d. 沿层理面分布的微晶及斑块状泥晶菱铁矿;
- e. 分布于粒间和粒表的泥晶碳酸盐,有时有纤维状及微粒状方解石;
- f. 有时有新月形及重力胶结。

3.2 早成岩与晚成岩阶段及主要标志

成岩阶段指沉积物已脱离沉积时的水体,在埋藏过程中经胶结、固结成岩直至变质作用之前所发生的物理、化学作用的时期。

3.2.1 早成岩阶段

指沉积物由弱固结到固结成岩的阶段,又可分为A、B两期。

3.2.1.1 早成岩A期

- a. 古温度范围为常温~65℃;
- b. 有机质未成熟,其镜质体反射率(R_o)<0.35%,孢粉颜色为淡黄色,热变指数(T_{AI})<2.0;

- c. 岩石弱固结—半固结，原生粒间孔发育；
- d. 一般未见石英加大，长石溶解也较少，可见早期碳酸盐胶结（呈纤维状、栉壳状、微粒状）及绿泥石环边；
- e. 泥质岩中，富蒙皂石，也有蒙皂石层在I/S混层中占70%以上的无序混层粘土矿物（有序度 $R=0$ ），统称蒙皂石带；
- f. 砂岩中可见蒙皂石、无序混层矿物及少量自生高岭石。

3.2.1.2 早成岩B期

- a. 古温度范围为 $>65\sim85^{\circ}\text{C}$ ；
- b. 有机质处于半成熟阶段，镜质体反射率(R_o)为 $0.35\%\sim0.5\%$ ，孢粉颜色为黄色，热变指数(TAI) $2.0\sim2.5$ ；
- c. 由于压实及碳酸盐和硫酸盐类的胶结作用，岩石由半固结—固结。原生孔隙可保存，并可见少量次生孔隙；
- d. 泥岩中，蒙皂石明显向伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物转化，蒙皂石层占 $70\%\sim50\%$ ，属无序混层（有序度 $R=0$ ），称无序混层带；
- e. 砂岩中有的仍可见蒙皂石，书页状自生高岭石较普遍；
- f. 可见Ⅰ级石英次生加大，加大边窄或有自形晶面，扫描电子显微镜下可见石英小雏晶，呈零星或相连成不完整晶面；
- g. 在有的砂岩基质中有云雾状燧石；
- h. 可见一些矿物交代和转化现象（如黑云母→绿泥石）。

3.2.2 晚成岩阶段

指岩石固结后，在深埋环境下直到变质作用之前的阶段。分为A、B、C三期。

3.2.2.1 晚成岩A期

- a. 古温度范围为 $>85\sim140^{\circ}\text{C}$ ；
- b. 有机质成熟，镜质体反射率(R_o) $>0.5\%\sim1.3\%$ 。孢粉颜色为桔黄—棕色，热变指数(TAI) $>2.5\sim3.7$ ；
- c. 可见晚期含铁碳酸盐类胶结物，特别是铁白云石，常呈粉晶—细晶，以交代、加大或胶结形式出现；
- d. 长石等碎屑颗粒及碳酸盐常被溶解，有的可见溶解残余，次生孔隙发育；
- e. 石英次生加大属Ⅱ级，大部分石英和部分长石具次生加大，自形晶面发育，有的见石英小晶体。在扫描电镜下，多数颗粒表面被较完整的自形晶面包裹，有的自生晶体向孔隙空间生长，交错相接，堵塞孔隙；
- f. 砂岩中的粘土矿物，可见自生高岭石和伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物，呈晶须状自生伊利石和叶片状、绒球状自生绿泥石，有时可见其它自生矿物钠长石、浊沸石、绿泥石/蒙皂石(C/S)混层粘土矿物等；
- g. 泥岩中的伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物，蒙皂石层占 $<50\%\sim>15\%$ ，其中 $<50\%\sim>35\%$ 属部分有序混层($R=0/R=1$)， $35\%\sim>15\%$ 属有序混层($R=1$)，在某些有火成岩侵入的地层中或富含火山碎屑物质的岩石中以及富钾的盐湖水介质盆地中，蒙皂石和伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物的转化和分布，有时出现异常，应综合其它指标进行成岩阶段划分。

晚成岩A期，根据伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物演化，以蒙皂石层占 35% 或镜质体反射率(R_o) 0.7% 为界，还可细分为 A_1 和 A_2 两个亚期。

3.2.2.2 晚成岩B期

- a. 古温度范围为 $>140\sim170^{\circ}\text{C}$ ；
- b. 有机质处于高成熟阶段，镜质体反射率(R_o) $>1.3\%\sim2.0\%$ 孢粉颜色为棕黑色， TAI 为

表 1 碎屑岩成岩阶段划分规范

成岩阶段	古温度 °C	有机质		泥质岩	砂岩固结程度	砂岩中自生矿物										溶解作用			接触类型	孔隙类型																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		R。 %	孢粉颜色 TAI	成熟带	I/S 中S层%	蒙皂石	I/S C/S混层	高岭石	伊利石	绿泥石	石英加大 级别	方解石	铁白云石	长石加大	钠长石化	浊沸石	石膏	硬石膏	长石及岩屑	碳酸盐	沸石类																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
同生 成岩阶段	常 温	(1) 海绿石、鲕绿泥石的形成； (3) 平行层理面分布的菱铁矿微粒及斑块状泥晶； (4) 分布于粒间和颗粒表面的泥晶碳酸盐																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	早 成 岩	A 常温~ 65	<0.35	淡黄 <2.0	未成熟	>70	蒙皂石带	弱固半固结																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

表 生成岩阶段

(1) 含低价铁的矿物 (如黄铁矿、菱铁矿、铁白云石、铁方解石、云母、绿泥石、海绿石等) 的褐铁矿化；
 (2) 褐铁矿的浸染现象； (3) 碎屑颗粒表面的高价铁的氧化膜； (4) 新月形碳酸盐胶结物及重力胶结；
 (5) 渗流填充物； (6) 表生钙质结核； (7) 硬石膏的石膏化； (8) 表生高岭石； (9) 溶解孔、洞

>3.7~4.0;

- c. 砂岩中石英次生加大为Ⅲ级，薄片下几乎所有石英和长石具有加大且边宽，多呈镶嵌状；
- d. 扫描电镜下，颗粒间石英自形晶体相互连接，岩石已较致密，有裂缝发育；
- e. 有的含有铁碳酸盐类矿物，高岭石明显减少或缺失，有的可见浊沸石和钠长石化；
- f. 泥岩中有伊利石及伊利石/蒙皂石(I/S)混层粘土矿物，蒙皂石层 $\leq 15\%$ ，属超点阵有序混层（有序度为 $R \geq 3$ ），统称超点阵有序混层带。

3.2.2.3 晚成岩C期

- a. 古温度范围 $>170 \sim 200^\circ\text{C}$ ；
- b. 有机质处于过成熟阶段，镜质体反射率(R_o) $>2.0\% \sim 4.0\%$ ，孢粉颜色为黑色；
- c. 岩石已极致密，孔隙极少而有裂缝发育，砂岩中可见晚期碳酸盐类矿物以及钠长石、楣石等自生矿物；
- d. 石英加大属Ⅳ级，颗粒间呈缝合状接触，自形晶面消失；
- e. 颗粒呈缝合接触及有缝合线出现；
- f. 砂岩和泥岩中代表性粘土矿物为伊利石和绿泥石，并有绢云母、黑云母，混层已消失，称伊利石—绿泥石带。

3.2.3 表生成岩阶段

指处于某一成岩阶段弱固结或固结的碎屑岩，因构造抬升而暴露或接近地表，受到大气淡水的溶蚀，发生变化与作用的阶段。

- a. 含低价铁的矿物（如黄铁矿、菱铁矿等）被褐铁矿化或呈褐铁矿的浸染现象；
- b. 碎屑颗粒表面的氧化膜；
- c. 新月形碳酸盐胶结及重力胶结；
- d. 渗流充填物；
- e. 表生钙质结核；
- f. 硬石膏的石膏化；
- g. 表生高岭石；
- h. 溶蚀现象。

附 录 A
伊利石/蒙皂石混层比计算方法
(参 考 件)

A1 对于无序和部分有序伊利石/蒙皂石混层,用 V/P 法计算。

A1.1 $S_0 = 66 \cdot V/P + 39 \dots\dots\dots (A1)$

式中: S_0 ——蒙皂石层在伊利石/蒙皂石混层中所占比例的初值, %;

V —— 17 \AA 峰顶到 17 \AA 峰谷的距离, mm;

P —— 17 \AA 峰顶到底线的距离, mm。底线是一条通过最小背景点并与 2θ 座 标 轴 平行的直线。

A1.2 $S = S_0 \cdot \sigma_i \quad (i=1, 2, 3) \dots\dots\dots (A2)$

式中: S ——蒙皂石层在伊利石/蒙皂石混层中所占的比例, %;

σ_i ——与伊利石/蒙皂石混层含量 X 有关的修正系数。

$$\sigma_1 = 1.888 - 0.1952 \ln X \quad S_0 \geq 75$$

$$\sigma_2 = 1.633 - 0.14 \ln X \quad 75 > S_0 \geq 50$$

$$\sigma_3 = 1.129 - 0.0013X \quad 50 > S_0 \geq 37$$

A2 对于有序混层,其混层比 S 的确定见表A1。表中 2θ 为混层峰的衍射角,单位为度($^\circ$)。

表 A1 计算有序伊利石/蒙皂石混层比的数据表

$S, \%$	35	30	25	20	15	10
$2\theta, (^\circ)$	6	6.6	7.0	7.3	7.7	8.3

附加说明:

本标准由石油工业标准化技术委员会提出。

本标准由石油地质勘探专业标准化委员会负责技术归口。

本标准由北京石油勘探开发科学研究院实验中心负责起草。

本标准主要起草人应凤祥。