

www.yskw.ac.cn

## 砂屑岩的综合结构系数 与沉积环境分析\*

宋天锐

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

**主题词:** 砂屑岩; 综合结构系数; 沉积环境分析

**提 要:** 本文讨论了砂屑岩综合结构系数与沉积环境分析的实例。

这里介绍的测定砂屑岩结构成熟度的方法是在显微薄片粒度分析基础上提出的, 其中包括了成熟度、分选性、颗粒圆度和岩石的杂基等多种因素。综合结构系数可按下式求得:

---

\* 本文大意曾在1990年英国诺丁汉(Nottingham, U. K.)召开的第13届国际沉积学(13th ISC)大会上宣读。

$$T = (S_0\Phi P_0) / (P\Phi C)$$

因为圆度是在显微镜下的薄片求得，因而总是比实际投影的易反映其棱角而降低了圆度，所以采用了  $[P_0^2 + (R - A)^2]^{0.5}$  来校正颗粒的圆度，于是得出了发展的综合结构系数  $T_d$ ：

$$T_d = S_0\Phi [P_0^2 + (R - A)^2]^{0.5} / (P\Phi C)$$

多数情况下  $T_d$  和  $T$  很接近，只是颗粒圆度非常好时才拉大差距，因此， $T_d$  可用来检验超成熟度的砂岩。

本文提出了四种成熟度阶段：不成熟的 ( $T < 10$ )；次成熟的 ( $T = 10 - 40$ )；成熟的 ( $T = 40 - 100$ )；超成熟的 ( $T$  或  $T_d > 100$ )。

## 一、引 言

宏观沉积构造是沉积相分析的重要依据，但是，对石油钻探中的岩屑录井取样以及缺失宏观沉积构造的岩层，砂屑岩的粒度分析常做为判别沉积环境的一种资料。本文提出了综合结构系数与沉积环境分析方法，不仅包括了薄片粒度分析，而且包括了颗粒磨圆度和岩石中杂基含量等多种因素分析，讨论了砂屑岩的综合结构系数与成熟度体系、成熟度阶段、十二种主要沉积环境之间的相互关系。

沉积物结构成熟度的概念是普拉姆利 (Plumley, 1948) 和裴蒂庄 (Pettijohn, 1949)<sup>[1]</sup> 首先提出来的。他们认为成熟度与颗粒的磨圆度、球度以及充填物 (化学的或机械的) 有关，例如，非常成熟的碎屑沉积物包含具有很高的原始磨圆度和球度的颗粒，很少杂基物质。

福克 (Folk, 1951)<sup>[2]</sup> 设计了一种图解，反映诸如粘土排去、分选性和圆度的提高与四

种不同成熟度阶段之间的关系，其中包括由最初阶段的分选差的不成熟沉积物 (含粘土多并以棱角状颗粒为主) 逐渐过渡为超成熟的沉积物 (少含或不含粘土、且具有很好的分选性和磨圆度)，成为最高的成熟度阶段 (图1)。

作者在福克方案的基础上，提出一种砂屑岩的综合结构公式，以颗粒的分选指数、颗粒的磨圆度和岩石的杂基含量为基础，来判别砂屑岩的成熟度和其他特性。此公式适用于岩石薄片自动分析。

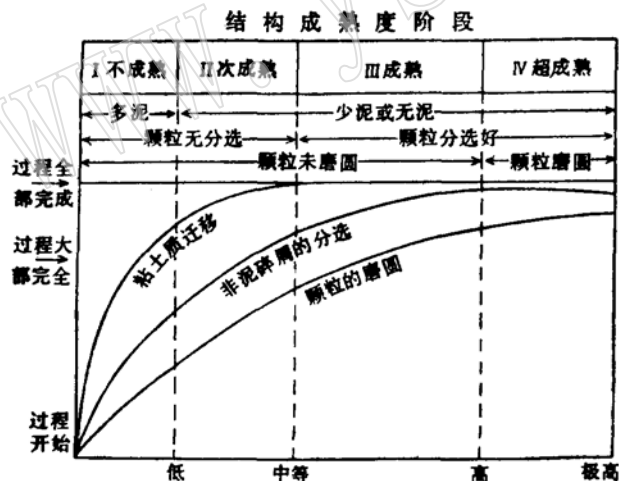


图 1 砂屑岩结构成熟度阶段 (据 R. L. Folk, 1951)

Fig. 1 Maturity stages of arenaceous rocks (R. L. Folk, 1951)

1. 分选指数：是由特拉 斯克 (Trask, 1932)<sup>[3]</sup> 首先提出的，

用数字表达式反映颗粒中数的几何分布特征，即：颗粒粒度分布频率累计曲线的第一四分位数  $Q_1$  (在颗粒粒度累计曲线 25% 处的值) 比第三四分位数  $Q_3$  (在粒度累计曲线 75% 处的值) 的平方根。此后，福克和瓦尔德 (Folk and Ward, 1957)<sup>[4]</sup> 提出了更适当的分选指数，可以包括粒度分布曲线的 90% 的变化范围，例如，采用了粒度频率累计分布曲线的 5%、

16%、84%、95%的粒径。

**2. 圆度分级:** 万德尔 (Wadell, 1932) 采用颗粒的棱和角的尖锐程度表示碎屑颗粒的磨圆程度, 即用颗粒的几个棱和角的内切圆的平均半径与颗粒最大内切圆的半径的比值表示。但是, 大多数沉积岩石学家不愿采用这种计算方法, 而采用与标准圆度对比的办法。裴蒂庄<sup>[1]</sup>提出了五种圆度分级, 即: 棱角的、次棱角的、次圆的、圆的和极圆的。以后鲍威尔 (Power, 1963) 又增加了第六种极棱角的。

**3. 杂基:** 杂基被看作是一种充填在沉积物大颗粒中间的小于 30 $\mu$  细分散物质<sup>[6]</sup>。道特 (Dott, 1964)<sup>[5]</sup>和裴蒂庄<sup>[6]</sup>等都认为碎屑岩中的杂基含量与岩石的成熟度有关, 还可以做为砂屑岩分类的标准, 如, 砂屑岩含杂基小于15%; 瓦克岩 (一种不成熟的岩石类型) 含杂基为15—75%; 而泥质岩含杂基75%以上。

## 二、综合结构公式

砂屑岩的综合结构公式是1979年提出来的<sup>[7]</sup>, 并被有关科研人员采用<sup>[8,9]</sup>。

综合结构系数可按下列公式求得:

$$T = (So\Phi Po) / (P\Phi C) \quad (1)$$

式中T是综合结构系数, So $\Phi$ 是分选指数, Po是平均圆度, P $\Phi$ 是颗粒分布指数, C是杂基含量。So $\Phi$ 趋近于1时分选性增高, 分选性一般是和成熟度成正比关系。So $\Phi$ 可由下式求得:

$$So\Phi = P_{25} / P_{75} \quad (2)$$

式中P<sub>25</sub>是累计粒度频率曲线中的第一四分位以 $\Phi$ 为单位的数值 ( $\Phi = -\log_2 D$ , D是颗粒的毫米直径), P<sub>75</sub>是第三四分位数值。

为了加强分选指数又采取了另一个参数, 即颗粒大小分布指数 (P $\Phi$ ) 加入到综合结构公式中, 即:

$$P\Phi = (P_{84} - P_{16}) / (P_t - P_c) \quad (3)$$

式中P<sub>84</sub>是累计粒度频率分布中84%以 $\Phi$ 值计的直径, P<sub>16</sub>是16%处的直径; P<sub>f</sub>是最细处或100%处的直径, P<sub>c</sub>是最粗的或0%处的直径。在实践中, 上述数据可由维西尔 (Visher 1969)<sup>[11]</sup>的粒度概率频率曲线中的对数总体段中获得, 因为在同一薄片中最细的颗粒和最粗的颗粒有可能不能直接测量得出, 于是就可以从滚动总体或悬浮总体的延伸部分求得P<sub>c</sub>或P<sub>f</sub>的数值。

So $\Phi$ /P $\Phi$ 的比值也能反映砂屑岩的结构成熟度和分选性质之间的关系。

在综合结构公式中, 圆度分级与福克提出的 $\rho$ 值很相似 (Boggs, 1987)<sup>[12]</sup>, 但是其中的间隔是不一致的 (表1)。圆度共设五个等级, 并分别按石英、长石和岩屑的颗粒特征划分为三个象限: a、b、c, 0级是极棱角的, 1级是棱角的, 2级是次棱角的, 3级是次圆的, 4级是圆的 (图2)。

鲍威尔的圆度分级、万德尔的圆度、福克的 $\rho$ 值和作者制定的圆度分级之间的关系如表1所示。事实上, 颗粒圆度分级是按照许多观察后设计好的标准图形人为地划分的, 因此, 划分的级别越多, 也就越难于区分。

同一个砂屑的样品, 在双目镜下观察立体形象得出的圆度往往和薄片估计的圆度不

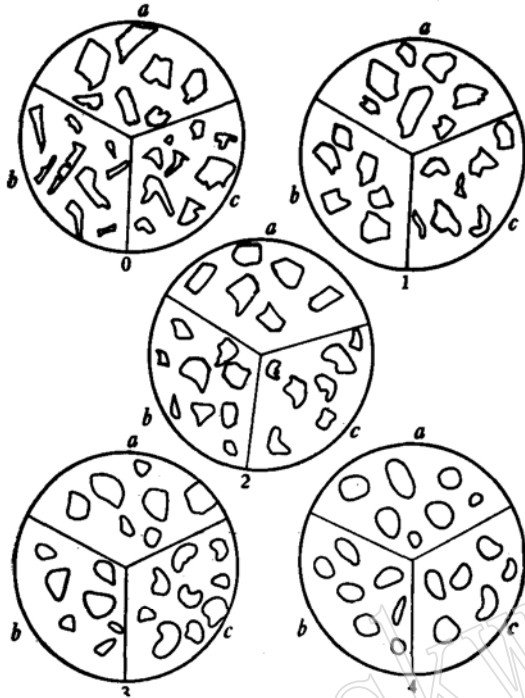


图 2 圆度分级图

Fig. 2 Roundness classification

a (象限) —石英颗粒; b (象限) —长石颗粒; c (象限) —岩屑颗粒;  
0—极棱角; 1—棱角; 2—次棱角; 3—次圆; 4—圆

同, 根据实验, 在薄片中的估计的颗粒圆度值常常小于双目镜下的统计值, 这是由于颗粒的平面截面更多地显示其棱角, 尤其是对于不等粒的砂屑岩。因此, 可按  $[P_0^2 + (R - A)^2]^{0.5}$  式来校正圆度 (式中  $R = (3n_3 + 4n_4) / \Sigma n$ ,  $A = (0n_0 + 1n_1 + 2n_2) / \Sigma n$ )。于是, 综合结构系数 T 又可得出发展了的综合结构系数 Td, 即得出下列公式:

$$Td = S_0 \Phi [P^2 + (R - A)^2]^{0.5} / (P \Phi C) \quad (4)$$

式中 C 反映杂基含量, 由下式

得出:

$$C = \text{杂基面积} / (\text{颗粒面积} + \text{杂基面积})$$

一般来说, T 和 Td 的数值是很接近的, 除非在岩石中非常好的磨圆颗粒大大超过了棱角状颗粒。

裴蒂庄 (1972) 将杂基定义为小于  $30\mu$  直径的质点, 这个标准也是作者推荐采用的。公式中杂基不

仅被看做是最细的质点, 而且具有压紧程度的含意, 因此, 某些碳酸盐、硫酸盐和次生玉髓充填物占据了碎屑颗粒之间的原始间隙, 也当做杂基对待。

表 1 圆度分级

Table 1 Rounding classes

鲍威尔 分级名称	万德尔 分级和间隔	福 克 (P 分级)	作者的圆度分级		
			图 形	Po	名 称
极棱角	0.12—0.17	0.00—1.00	(0)	0.00	极棱角
棱 角	0.17—0.25	1.00—2.00	(1)	0.00—1.00	棱 角
次棱角	0.25—0.35	2.00—3.00	(2)	1.00—2.00	次棱角
次 圆	0.35—0.49	3.00—4.00	(3)	2.00—3.00	次 圆
圆	0.49—0.70	4.00—5.00	(4)	3.00—4.00	圆
极 圆	0.70—1.00	5.00—6.00			

杂基的构成主要取决于剥蚀源区风化因素和沉积条件, 在大陆范围内, 这主要取决于气候变化的控制因素。砂质岩石的杂基如包括粘土矿物、氧化铁质和有机质等, 则是在潮湿气候

表 2 双目镜和显微镜下观察的颗粒圆度数据资料的比较

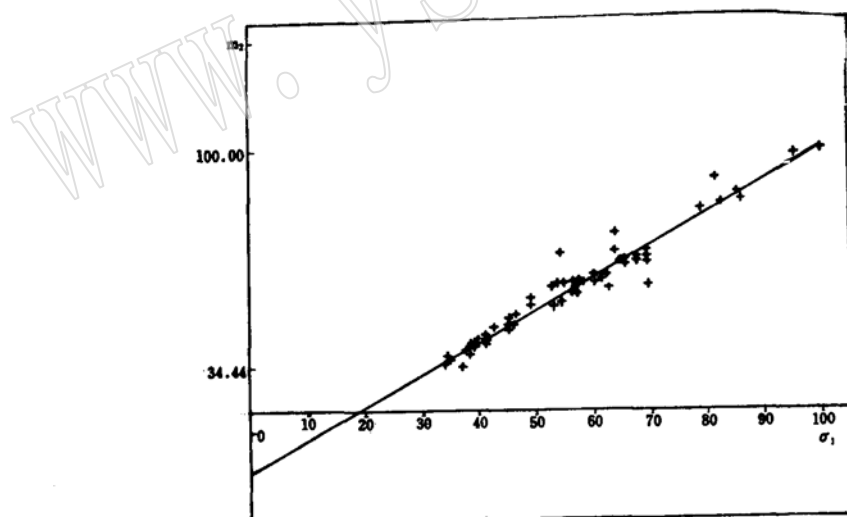
Table 2 Comparison of observed roundness data from binocular and microscopic analysis

圆 度	0	1	2	3	4	总计	Po	R	A	$[P_0^2 + (R-A)^2]^{0.5}$
双目镜下统计	8	18	29	68	16	139	2.5	1.9	0.6	
显微镜下薄片统计	10	27	33	60	9	139	2.2	1.6	0.6	2.4

条件下形成的,但是,有方解石、石膏和其他碳酸盐、硫酸盐充填在碎屑岩颗粒间空隙时,常常代表干旱气候条件,尽管可能既存在原生的化学胶结物,也存在次生、成岩作用再结晶成分。海相沉积的杂基除了化学胶结物外,主要是由碳酸盐介壳的碎片和内碎屑等构成,较少受到气候变化的影响。

综合结构系数T、Td和其他公式求得的粒度系数之间没有相应的变化关系,前已述及,T和Td之间的差值一般不大,只是在圆度很好的颗粒大大超过棱角状颗粒时才显示差别,因此,T可以用来对比松散的沉积物,而Td只是用来研究坚固胶结的岩石,特别是用来检验超成熟的砂岩。

从一系列沉积环境中(用宏观相标志加以确认后)分析了五十多个岩石薄片,其粒度参数表明:标准偏差 $\sigma_1$ (采用福克和瓦尔德公式,1957)与第二矩值 $m_2$ 之间存在紧密线性关系(图3)。

图 3 图解法标准偏差 $\sigma_1$ (按Folk和Ward公式)和第二矩 $m_2$ 之间的关系Fig. 3 Relationship between standard deviation (by Folk and Ward's formula)  $\sigma_1$  and second moment  $m_2$ 

斜率 $B=0.972$ ; 截距 $A=0.049$ ; 相关系数 $r=0.974$

然而,偏态( $SK_1$ )和峰态( $KG$ )(按福克和瓦尔德公式计算)与矩法计算求得的第三矩( $m_3$ )和第四矩( $m_4$ )之间都没有任何相关的规律性。

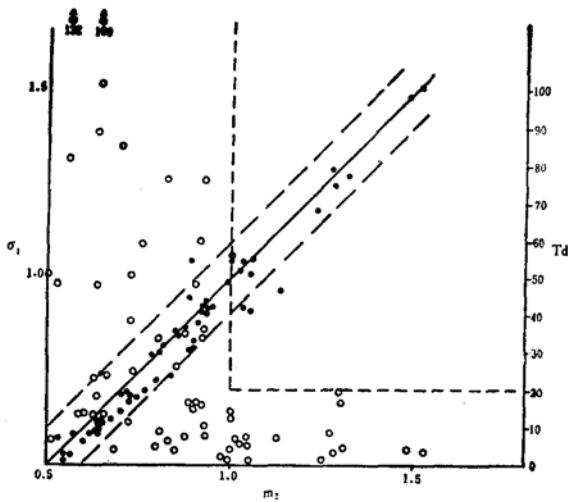


图4 标准偏差 $\sigma_1$ 和第二矩 $m_2$  (实点)与综合结构系数 $T_d$ 和第二矩(圆圈)之间的关系

Fig. 4 Relationship among standard deviation  $\sigma_1$ , second moment  $m_2$ , and comprehensive textural coefficient  $T_d$

综合结构系数 ( $T_d$ ) 与第二矩 ( $m_2$ ) 或标准偏差 ( $\sigma_1$ ) 之间也不存在明显的相关性, 但是, 在分选性差的砂岩中 ( $m_2 > 1$ ), 没有成熟的砂岩 ( $T$  或  $T_d < 20$ ); 而在分选性较好的砂岩中 ( $m_2 < 1$  的范围内) 可以包括四种不同成熟度阶段的砂岩 (图4)。

### 三、综合结构系数的应用

由于影响沉积岩形成的内部或外部的因素很多 (例如, 机械的、地球物理的、生物学的等), 不可能从沉积岩中测出一个单一的数据来肯定其沉积环境, 综合结构系数也不例外。但是, 毫无疑问, 砂屑岩的综合结构系数值是随着其成熟度提高而增长的, 因此, 综合结构系数是能在一个有限的范围内或地层的一段垂直剖面中应用于研究沉积环境的。

#### 1. 成熟度的四个阶段

按综合结构系数能够区分出砂屑岩的四个成熟度阶段, 包括: 不成熟、次成熟、成熟和超成熟。不成熟阶段的特点是综合结构系数非常低 ( $T < 10$ ), 岩石中杂基含量高, 颗粒分选差, 含极棱角状、棱角状碎屑多; 次成熟阶段的  $T$  为 10—40, 杂基含量相对减少, 颗粒的圆度和分选性增高; 成熟阶段  $T$  为 40—100, 岩石颗粒具较好的圆度和分选性, 且很少杂基; 超成熟阶段是砂屑岩最高的成熟阶段, 以非常少的杂基含量、非常好的颗粒圆度和分选性、以及很高的综合结构系数 ( $T$  或  $T_d$  大于 100) 为特点。

#### 2. 成熟度体系和沉积环境

(1) 三个成熟度体系: 成熟度体系是根据不同流态划分的, 在第一个成熟度体系中, 河水的单向流态是改造碎屑颗粒的主要控制因素; 在第二个成熟度体系中, 潮汐水流的双动向流态改造碎屑颗粒; 在第三个成熟度体系中, 出现了复杂的流态, 例如洋流、风暴流和浊流等。

(2) 沉积环境: 沉积环境的种类是很多的, 这里只列出了十二种重要的沉积环境类型, 还有一些亚环境类型从属于各主要环境, 并且将一些实际测量的砂屑岩的  $T$  或  $T_d$  值投点在图 5 中。

碎屑物质首先出现在山麓区域, 然后被冲刷到辫状河、曲流河以及分支河道区域, 最后

到达三角洲沉积环境, 这个颗粒改造过程单向水流起主导作用, 受此能量影响为特征的砂屑岩可包括在第一成熟度体系中。

第二个成熟度体系发生在湖或海滨地带, 包括海岸平原、潮间带、潮下带和堡坝环境。这些地方是以动荡的往复水流为特点的, 砂坝环境造就了沉积环境中最高综合结构系数的砂屑岩。

第三个成熟度体系发生在大陆架到深海区, 这里有洋流、风暴流、等深流和浊流等, 在这一体系中的砂屑岩以及岩石的成熟度是极其多变的。

本文列出了一个从第一到第三成熟度体系的综合结构系数发展趋势曲线, 在每一主要沉积环境内又列出了不同的亚环境类型分支 (图 5) ,

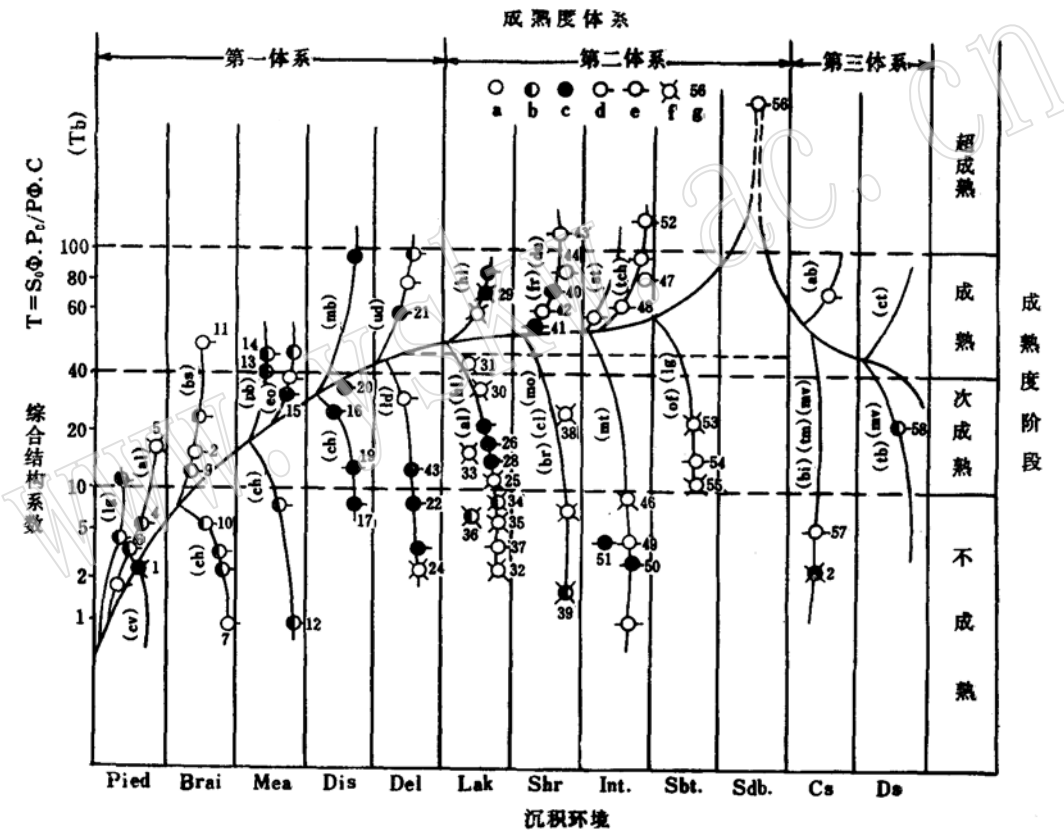


图 5 综合结构系数成熟度阶段、成熟度体系和沉积环境之间的关系

Fig. 5 Relationship between comprehensive textural coefficient  $T_d$ , maturity stage, maturity system, and sedimentary environment

Pied—山麓 (av—洪积, gl—冰川, cv—陆地火山); Brai—辫状河 (bs—砂咀, ch—河道); Dis—分支河道 (mb—河口坝, ch—河道); Del—三角洲 (ud—上三角洲平原, ld—下三角洲平原); Lak—湖泊 (hl—潮湿湖, al—干旱湖); Shr—海滩 (du—海岸砂丘, fr—前滨, br—后滨, cl—坍塌带, mo—浮冰沉积); Int—潮间带 (st—砂质潮坪, teh—潮沟, mt—泥质潮坪); Sbt—潮下带 (lg—泻湖, of—阔海); Sdb—砂坝; Cs—大陆架 (ab—沿岸流带, bi—生物堆积带, tm—风暴沉积带, mv—海底火山带, ct—等深流带)

ca—石英颗粒 > 80%; b—长石颗粒 > 20%; c—岩屑颗粒 > 20%; d—颗粒具单方向排列趋势; e—颗粒具双向排列趋势; f—颗粒任意排列; g—标准样品的薄片编号 (数字)

十二个主要沉积环境的衔接和顺序在不同区域和不同地质年代中, 由于古地理环境和大地构造活动的影响可能出现变化。

### 3. 综合结构系数应用实例

这里举出两个例子, 一个是不同地区、不同时代、不同沉积环境形成的砂屑岩测算数据; 另一个是同一地区、同一时代、继承性变化沉积环境中形成的砂屑岩的综合结构系数演变。

例一、六种不同环境形成的砂屑岩(图6):

A. 冰川沉积(石炭纪, 西藏):  $T=9.30$ ,  $Td=11.90$ ,  $Po=2.00$ ,  $(R-A)=1.60$ ,  $(So\Phi/P\Phi)=1.61$ ;  $md=4.22$ ,  $\sigma_1=1.05$ ,  $SK_1=-0.06$ ,  $KG=0.75$ (图解法, 按福克和瓦尔德公式);  $m_1=4.43$ ,  $m_2=1.00$ ,  $m_3=-0.3$ ,  $m_4=2.27$ (矩法);

B. 洪积沉积(侏罗纪, 甘肃):  $T=5.54$ ,  $Td=6.67$ ,  $Po=1.40$ ,  $(R-A)=-0.20$ ,  $(So\Phi/P\Phi)=1.66$ ;  $md=3.55$ ,  $\sigma_1=0.97$ ,  $SK_1=0.04$ ,  $KG=0.95$ ;  $m_1=3.84$ ,  $m_2=1.13$ ,  $m_3=-0.07$ ,  $m_4=2.47$ ;

C. 辫状河沉积(第三纪, 新疆):  $T=15.18$ ,  $Td=16.48$ ,  $Po=2.25$ ,  $(R-A)=-0.92$ ,  $(So\Phi/P\Phi)=1.62$ ;  $md=2.30$ ,  $\sigma_1=0.94$ ,  $SK_1=0.09$ ,  $KG=0.96$ ;  $m_1=2.56$ ,  $m_2=0.94$ ,  $m_3=-0.50$ ,  $m_4=2.92$ ;

D. 风成沉积(白垩纪, 陕西):  $T=32.45$ ,  $Td=34.23$ ,  $Po=3.10$ ,  $(R-A)=1.54$ ,  $(So\Phi/P\Phi)=1.57$ ;  $md=3.37$ ,  $\sigma_1=1.05$ ,  $SK_1=0.35$ ,  $GK=1.29$ ;  $m_1=3.32$ ,  $m_2=0.89$ ,  $m_3=0.26$ ,  $m_4=3.42$ ;

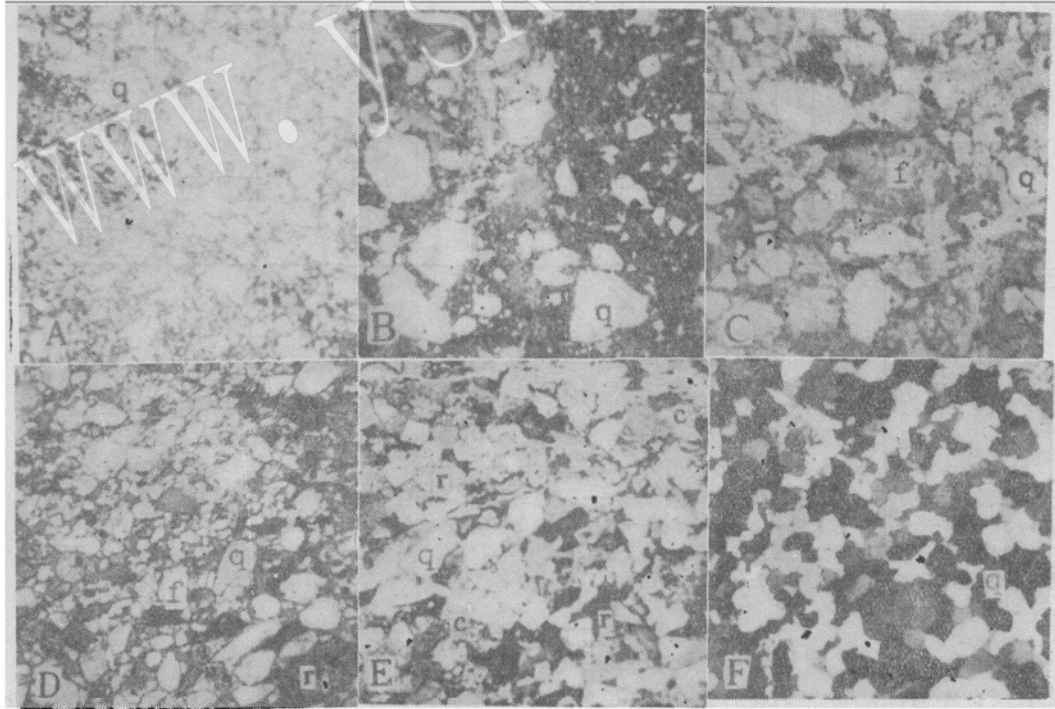


图6 六种不同沉积环境形成的砂屑岩

Fig. 6 Six sandstone samples from different sedimentary environments

A—冰碛岩(冰川); B—泥质砂岩(洪积); C—长石砂岩(辫状河); D—碳酸盐岩屑砂岩(风成); E—岩屑质燧石—石英砂岩(分支河道); F—纯石英砂岩(砂坝); q—石英; f—长石; r—岩屑; c—燧石



E. 分支河道沉积 (二叠纪, 广东):  $T=32.32$ ,  $Td=35.42$ ,  $Po=2.26$ ,  $(R-A)=0.50$ ,  $So\Phi/P\Phi=1.56$ ;  $md=2.37$ ,  $\sigma_1=0.93$ ,  $SK_1=0.37$ ,  $KG=0.90$ ;  $m_1=2.58$ ,  $m_2=0.92$ ,  $m_3=0.69$ ,  $m_4=3.09$ ;

F. 砂坝沉积 (石炭纪, 宁夏):  $T=120.70$ ,  $Td=160.70$ ,  $Po=3.30$ ,  $(R-A)=2.90$ ,  $So\Phi/P\Phi=3.13$ ;  $md=2.48$ ,  $\sigma_1=0.58$ ,  $SK_1=-0.02$ ,  $KG=0.97$ ;  $m_1=2.77$ ,  $m_2=0.63$ ,  $m_3=-0.20$ ,  $m_4=3.31$

例二、综合结构系数T、Td可被用来作为垂直地层剖面的相变解释。以北京十三陵元古宙地层的下部为例, 该处常州沟组从底部到顶部的相是渐变的: 直接覆盖在太古宙片麻岩之上的是分支河道沉积, 具有槽状层理和花彩弧状层理; 向上变为潮坪沉积, 具有鱼骨状交错层理和透镜状一脉状层理; 顶部相变为砂坝—滨海平原沉积, 具有舌状波痕和滨滩斜层理。与这一相变相应变化的综合结构系数T、Td值是由下向上逐渐增高的, 反映了常州沟组岩石成熟度从底部到顶部由不成熟到次成熟又到成熟, 最后达到超成熟阶段 (图7)。

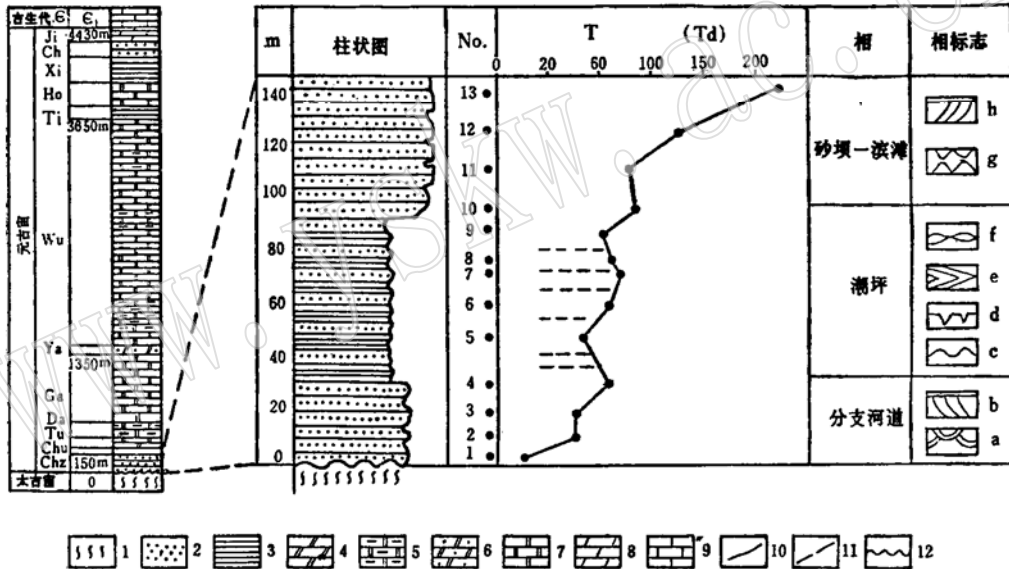


图7 北京十三陵元古宙地层下部 (常州沟组) 砂屑岩沉积相变化和综合结构系数对比

Fig. 7 Correlation between sedimentary facies and comprehensive textural coefficient of arenaceous rocks of lower part of Proterozoic Strata in the Ming Tombs District, Beijing

左图: 1—片麻岩; 2—砂岩; 3—页岩; 4—泥质白云岩; 5—硅化白云岩; 6—砂质白云岩; 7—白云岩; 8—泥灰岩; 9—石灰岩; 10—整合; 11—假整合; 12—不整合

右图: a—花彩弧状交错层理; b—槽状交错层理; c—波浪; d—泥裂; e—鱼骨状交错层理; f—透镜状一脉状层理; g—舌状波痕; h—滨滩斜层理

#### 四、结语

1. 对于坚硬的成岩石化了的砂屑岩, 薄片粒度分析是最好的选择, 因为用机械的、化学的, 甚至强超声波冲击方法, 不可能不破坏碎屑颗粒的原始形态, 因此, 不能采用筛分析方法。

2. 将粒度分析的数据应用于沉积环境的解析还没有一个全面的模式, 这是因为在极其

不同的沉积环境中,也可能出现非常相近的粒度分布。

3、综合结构系数 $T$ 、 $T_d$ 包括了分选性、圆度、颗粒度分布和杂基含量,用以衡量砂屑岩的成熟度,根据这一结果,作者试图探索 $T$ 、 $T_d$ 和十二种主要沉积环境之间的关系,这些砂屑的沉积环境是在五十多个地层柱中,按照岩层的宏观沉积构造相标志加以确认的。

4. 综合结构系数 $T$ 、 $T_d$ 并配合砂屑物质成分、杂基物质的构成以及碎屑颗粒的排列性等,能够对一个垂直的地层柱或沿一层可对比的地层提供研究砂屑岩性状的有用信息,并用于沉积环境的解析。

本文曾请 J·P·M·Syvitski 教授、O·J·W·Piper 和 L·Jansa 博士审阅,并提出若干意见,特表示谢意。

#### 参 考 文 献

- [1] Pettijohn, F. J., 1975, *Sedimentary Rocks*, Harper and Row Publisher Inc., 24-89, 209-212.
- [2] Folk, R. L., 1951, Stages of textural maturity in sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Petrology*, 21, 127-130.
- [3] Krumbein, W. C. and Pettijohn, F. J., 1938, *Manual of sedimentary petrology*. Appleton-Century-Crofts, New York, 228-267.
- [4] Folk, R. L. and Ward, W., 1957, Brazos river silt: A study in significance of grain-size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-27.
- [5] Dott, R. H. Jr., 1964, Wakes, graywakes and maturity-with approach to immature sandstone classification? *Journal of Sedimentary Petrology*, 34, 625-632.
- [6] Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R., 1972, *Sands and sandstone*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg New York, 85-86.
- [7] 宋天锐, 1979, 在薄片计算砂岩主要结构系数的新公式. *地质论评*, 第25卷, 第一期, 43-47.
- [8] 陈炳蔚、艾长兴、札西旺曲, 1982, 西藏波密、察隅地区的几个地质问题. *青藏高原论文集* (10), 地质出版社, 159-210.
- [9] 梁定益、聂译同、郭铁鹰、张直智、许宝文、王为平, 1983, 西藏阿里喀喇昆仑南部的冈瓦纳-特提斯石炭-二叠系. *地球科学*, 第一期, 9-27.
- [10] 宋天锐、高健, 1987, 北京十三陵前寒武系沉积岩. *地质出版社*, 17-27.
- [11] Visher, G. S., 1969, Grain-size distribution and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 1074-1106.
- [12] Boggs, Jr. S., 1987, *Principle of sedimentology and stratigraphy*. MERRILL, 105-134.
- [13] 宋天锐、梁百和, 1978, 我国南方的两种现代滨海沉积类型. *地质学报*, 第52卷, 第2期, 115-132.

## Comprehensive Textural Coefficient of Arenaceous Rocks and Analysis of Sedimentary Environments

Song Tianrui

(Institute of Geology, CAGS, Beijing)

**Key words:** comprehensive textural coefficient; arenaceous rocks;  
analysis of sedimentary environments

### Abstract

The comprehensive textural coefficient of arenaceous rocks can be used for analysis of sedimentary environments. A formula for defining the textural maturity of arenaceous rocks is put forward based on microscopic grain-size analysis in thin sections.

The aim that we proposed this formula is to establish a numerical relationship between sorting and roundness of grains as well as matrix content and maturity of rocks. The comprehensive textural coefficient can be obtained according to the following formula:

$$T = (S_0 \Phi P_0) / (P \Phi C)$$

Since the roundness of a grain is determined under a petrographic microscope, it is always smaller in thin section. The projecting of a grain often reflects its angular coners and grain roundness is corrected by  $(P_0^2 + (R-A)^2)^{0.5}$ . The developed comprehensive textural coefficient Td is thus

$$Td = S_0 \Phi (P_0^2 + (R-A)^2)^{0.5} / (P \Phi C)$$

In most cases Td is similar to T. When grains are very well rounded, Td is more useful for checking the supermature sandstone.

Four maturity stages are divided, i. e. immature ( $T < 10$ ), submature ( $T = 10-40$ ), mature ( $T = 40-100$ ), and supermature ( $T$  or  $Td > 100$ ).

The usage of the comprehensive textural coefficient is illustrated by some examples in this paper.