

“千尼尔”沙岗的成因分析 及其在煤和油气勘探中的意义

苏华成 曾学思

胡益成

(西南石油地质局地质综合大队) (中国地质大学 武汉)

一、前言

“千尼尔”(chenier)一词源于法文“le Chêne”，系指被栎树覆盖的意思。“千尼尔”沙岗(海沼沙岭)是位于海岸沼泽平原中的孤立沙脊或介壳碎屑脊，在地层中称谓“千尼尔”砂岩体。“千尼尔”沙岗及其与之相关的滨岸沼泽平原构成“千尼尔”平原。

笔者对华北地区南部多条石炭系本溪组(C_{2b})至二叠系山西组(P_{1s})完整剖面的剖析及区域资料研究表明，太原组(C_{3t})沉积时期滨海平原发育有“千尼尔”沙岗。它们是波浪、潮汐、风暴和供给的沉积物等因素共同作用的结果，其中风暴起了决定性作用。“千尼尔”砂岩体的展布特征表明华北地区太原组沉积时期海平面升降变化频繁。“千尼尔”沙岗的形成使得其后的沼泽利于植被发育，进而泥炭沼泽化堆积泥炭，这也是它与海滩沙脊的区别所在。该类“千尼尔”沙岗形成的砂岩体仍保留有部分原生孔隙，而且在成岩作用下又形成可观的次生溶蚀孔隙，因此它们是油气聚集的良好空间。“千尼尔”砂岩体嵌在有机质丰富的沼泽相泥岩中，具有良好的生储盖组合，可形成岩性地层圈闭油气藏，所以“千尼尔”砂岩体是滨岸环境油气勘探的目标之一。

华北地区南部普遍发育太原组沉积，主要为一套碎屑岩与碳酸盐岩的交替沉积(图1)，其中的碳酸盐岩层数和累计厚度自西北向东南增多加厚。根据相分析，太原组属于滨海平原、海湾、陆表浅海以及障壁-潟湖等海陆交互相沉积。研究表明，本区太原组地层中具有特征明显且类型多样的风暴沉积。

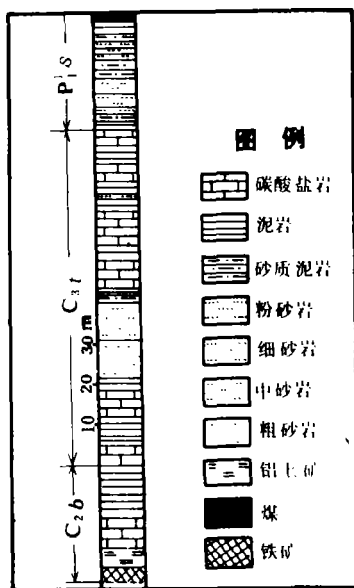


图1 华北地区南部太原组(C_{3t})
沉积剖面示意图

Fig. 1 Schematic sedimentary section through
the Upper Carboniferous Taiyuan Formation
in southern North China

二、“千尼尔”砂岩体的特征

太原组发育的“千尼尔”平原相是由滨岸沼泽平原和“千尼尔”沙岗构成,其中“千尼尔”沙岗的特征明显。

1. 宏观特征

“千尼尔”砂岩体由细砂岩和中砂岩组成,为向上变粗的反粒序,并嵌在泥岩中,底部具冲刷面,内部发育小型和中型交错层理,靠近砂岩体顶部的层系面上发育特征的“宽谷窄低脊”的近于对称的直脊波痕。砂岩体在横剖面上呈透镜体(图 2b),其最大厚度可达 3m,宽度为几十至数百米不等;纵剖面上呈线状(图 2a),露头追踪其长度可达十几公里。“千尼尔”砂岩体平行于海岸线,并呈线状展布。

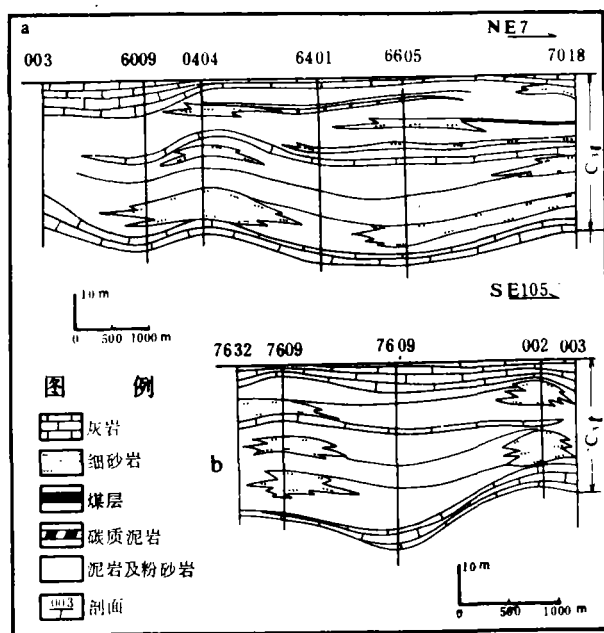


图 2 永成煤田太原组 (C₃) 沉积断面图

Fig. 2 Sedimentary section through the Upper Carboniferous Taiyuan Formation in the Yongcheng coalfield

2. 微观特征

笔者对上述平行于海岸线展布的砂岩体自底部向顶部系统采样进行薄片鉴定,发现其结构具规律性变化(图 3)。

底部:基底式胶结,杂基含量为 10—15%。石英颗粒占碎屑颗粒的 98%以上,呈次棱角状至次圆状。频率曲线为近于对称的单峰,概率曲线呈三段式,悬浮总体为 20%±,跳跃总体为 60—70%,滚动总体在 7%以下。岩石结构和粒度曲线特征反映出沉积水体能量中等。

中部:镶嵌式胶结,几乎不含基质。石英颗粒占碎屑颗粒的 98%以上,且呈次棱角状一次圆状。频率曲线呈近于对称的单峰,概率曲线为两段式,悬浮总体在 5%以下,缺失滚动总体。由此表明沉积水体能量较底部偏高。

顶部:镶嵌式胶结,几乎无基质。石英颗粒占碎屑颗粒的 98%以上,呈次棱角状一次

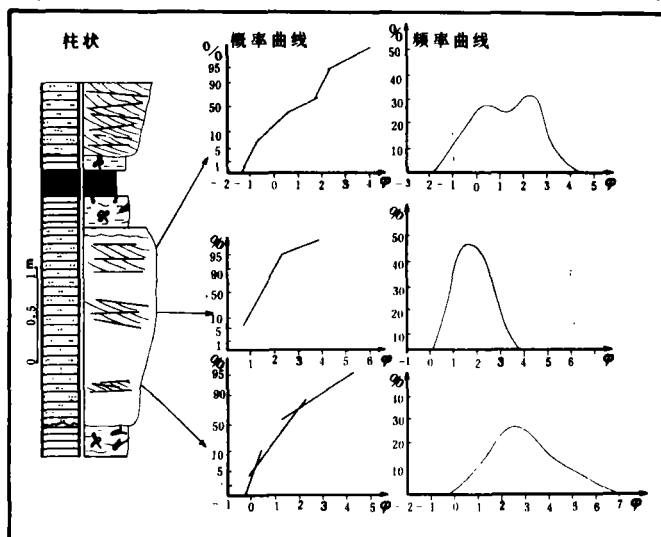
图3 宜洛太原组 (C₄) “千尼尔”沙岗沉积层序及粒度特征

Fig. 3 Sedimentary sequence and grain size characteristics of “cheniers” in the Upper Carboniferous Taiyuan Formation in Yiluo

圆状。岩石具含斑性, 主体沙占 70% 左右, 粒径相近; 斑屑在 30% 左右, 大小不一, 呈悬浮状分布在主体沙中。频率曲线为双峰, 概率曲线呈多段式, 与波弗特第三系浊流层序概率曲线类似。岩石结构表明沉积水体能量较高。

笔者依据粒度曲线进行粒度参数计算, 其结果见表 1。从表中可看出“千尼尔”砂岩分选性 (Feridman 划分标准) 自下而上由差 ($1.4 < 1.439 < 2.0$) — 较好 ($0.5 < 0.696 < 0.8$) — 中等 ($0.8 < 1.13 < 1.4$); 偏度由中下部的近于对称至上部的负偏; 峰度 (K_G) 由中等—尖锐—平坦。

“千尼尔”砂岩体的岩石碎屑颗粒以石英为主, 占 98% 以上。砂体呈现下细上粗的反粒序, 岩石基质含量减少, 岩石顶部具含斑性, 反映了沉积水体能量逐渐加强。

3. 相的匹配

平行海岸线展布的

“千尼尔”沙岗嵌在泥岩中。泥岩的中下部含 *Lingula* 化石, 还可见一些水平的生物觅食迹和爬迹等。内部可见泥质与粉砂质组成的透镜状、脉状及条带状复合层理, 另外还可见水平层理和特征的双粘土层。泥岩的上段含有大量的植物根和叶化石, 发育扰动构造和块状构造。最上部为 15cm 的根土岩和厚度在 50cm 以下的煤层, 煤的硫份和灰份均较低。

沉积磷酸盐法测得上述泥岩的沉积水体的古盐度为 30‰ 左右 (30.38‰, 31.15‰)。

“千尼尔”沙岩发育在滨岸平原的沼泽相中, 且该类沼泽相是在潮坪基础上发育起来的。潮坪有广海潮坪 (图 2) 和潟湖内潮坪 (图 4) 两类。

4. 华北地区南部太原组中的“千尼尔”砂体总体特征

表1 “千尼尔”沙岗的粒度参数一览表

Table 1 Grain size parameters for “cheniers”

参数 层位	M_z (mm)	δ_1	S_{k1}	K_G
上	0.303	1.13	-0.1474	0.884
中	0.274	0.696	-0.0487	1.181
下	0.155	1.439	0.0684	0.997

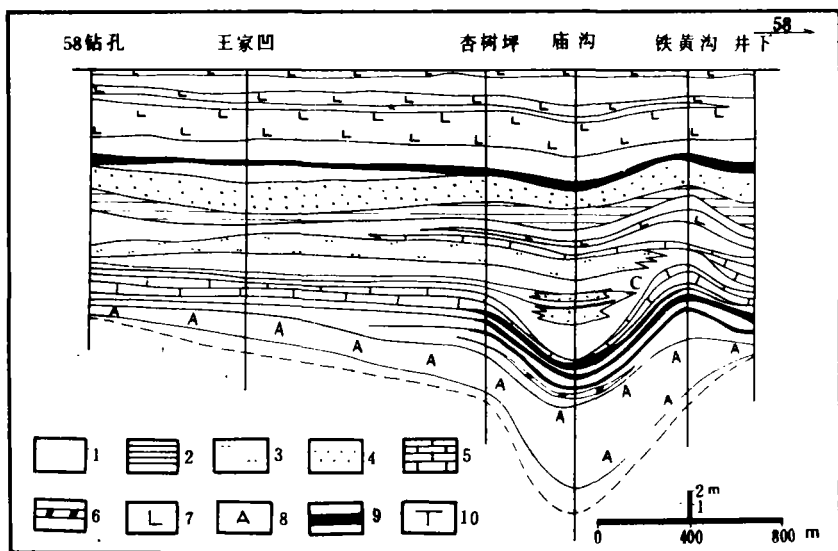


图4 宜洛煤田 $C_{2b}-C_{3d}$ 沉积断面图

1-泥岩；2-砂泥岩互层；3-粉砂岩；4-细—中砂岩；5-灰岩；6-炭质泥岩；7-硅质泥岩；
8-铝土矿；9-煤；10-剖面；C-“千尼尔”沙岗

Fig. 4 Sedimentary section through the Middle Carboniferous Benxi Formation and Upper Carboniferous Taiyuan Formation in the Yiluo coalfield

(1) 具下细上粗的反粒序，岩体底部发育侵蚀面；顶部发育宽谷低窄脊的直脊对称波痕，且岩石具含斑性。岩体自下而上，岩石颗粒粒度曲线由三段式—两段式—多段式变化，分选性由差—较好—中等转化，岩石基质逐渐减少。反映了沉积水体能量加强的总趋势。

(2) “千尼尔”砂体平行于海岸线展布。在垂向上多个砂体叠置（图2、图4），在横向上相间排列（图2）。

(3) “千尼尔”砂体赋存于太原组的滨岸平原的沼泽相中，而这些沼泽相是在广海潮坪或潟湖内潮坪上发育起来的。

(4) “千尼尔”砂体向陆一侧往往赋存煤层，煤的硫份和灰份较无“千尼尔”沙岗发育的广海滨岸平原沼泽所聚的煤偏低。煤层在横向上向“千尼尔”砂岩体和向陆方向均变薄甚至尖灭；而在纵向上即沿“千尼尔”砂岩体展布方向上，煤层延伸较远。

(5) “千尼尔”砂体仍保留部分原生孔隙，且又形成了一定的次生孔隙。因此为油气聚集提供了良好空间。

四、“千尼尔”沙岗成因分析

部分论及沉积环境与沉积相的文献和教科书业已对“千尼尔”沙岗的成因作了解释（图5）。然而理想化的“千尼尔”沙岗成因模式难以对本区的“千尼尔”砂岩体特征给以圆满解释。

本区太原组发育的“千尼尔”沙岗的背景沉积主要为泥岩及少量粉砂岩，表明物源区以细粒为主，其沉积场所的能量是较弱的，也反映出当时滨海环境的潮汐和波浪作用均较微弱。

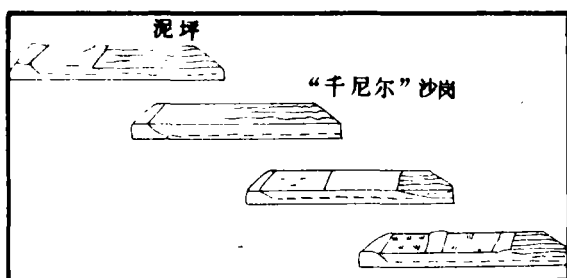


图5 “千尼尔”沙岗发育图

(据莱布兰斯, 1972)

Fig. 5 Diagram showing the development of a “chenier”

“千尼尔”砂岩的岩石组构特征表明形成“千尼尔”砂体的沙是经过充分改造的, 而并非由河流直接提供的。

“千尼尔”砂体岩石粒度分析结果表明沉积水体自下而上能量加强。粒度曲线特征显示出它并非是潮汐或波浪某一种营力独立作用的结果, 而是相互作用的产物。砂体顶部的特征波痕、岩石含斑性以及粒度曲线都显示出密度流性质。上述特征都与本区太原组沉积时期风暴作用频繁相印证, 从而说明本区太原组的“千尼尔”沙岗的形成与风暴作用是密切相关的。

综上所述, 华北南部太原组沉积时期的滨岸平原以细粒的粉砂和泥质沉积为主, 波浪和潮汐作用都是微弱的(障壁遮挡或漫长的滨岸海底对波浪摩擦消耗有关)。但在特定时期, 由于风暴作用, 加剧了滨岸环境的潮汐和波浪作用, 进而对滨岸沼泽相的泥砂质沉积进行簸选, 使细一中粒的沙质富集而成平行海岸线展布的沙岗。某一点水体的能量随水深加大而减弱, 所以“千尼尔”沙岗自下而上碎屑粒度增加且分选性变好, 呈现特征的反粒序。

“千尼尔”沙岗在横向上相间排列反映了海岸的进积特征或海平面下降变化; 而在垂向上的叠置却充分体现出海平面的上升或海进过程。总之华北地区南部太原组的“千尼尔”沙岗的展布特征反映了一个与海面升降变化有关的海岸进积和后退的复杂历史。

五、研究意义

对华北地区南部太原组中的“千尼尔”沙岗的研究, 不仅具有理论意义, 而且还赋有实际价值。

“千尼尔”沙岗不仅可发育于广海滨岸潮坪, 而且也可发育于障壁-潟湖内潮坪, 其发育背景是波浪和潮汐较弱的以细粒沉积物为主的低能环境。风暴作用使波浪和潮汐作用得以显著加强, 致使其对原细粒沉积物改造簸选, 进而形成一反粒序的且平行于海岸展布的沙岗。风暴期后便又恢复低能的潮坪细粒沉积(沼泽), 到下一次风暴期便在新的沉积域再次形成平行海岸展布的沙脊。如此反复使它们在横剖面上相间排列。海平面的突然上升(海侵)会使早期的“千尼尔”平原废弃, 又在新的滨岸地域形成“千尼尔”平原相。

华北南部太原组的“千尼尔”砂体展布特征揭示了太原组沉积时期海平面的频繁升降变化。“千尼尔”沙岗的形成, 使得其后的沼泽地与其前方的海水相隔, 致使树木生长繁盛, 进而泥炭沼泽化堆积泥炭。如果海平面稳定的时间足够长, 则“千尼尔”平原可形成厚度可观的优质煤。然而, 华北地区太原组沉积期海平面升降频繁, 故未能形成具有工业价值的厚煤层。

在地层中, 油气往往储集在岩石的孔隙和裂隙中, 其中孔隙是最为重要的储集空间。太

原组中的“千尼尔”沙岗沉积时所造成的物性良好,即使它遭受了成岩(压实、胶结及次生加大等)改造,但仍保留了部分原生孔隙,加之成岩期的溶蚀作用形成了一定的粒间溶孔,故此类砂岩体是油气聚集的良好空间。

“千尼尔”砂岩体嵌在沼泽相泥岩中,可形成良好的岩性圈闭。沼泽相的泥岩和煤层均是良好的气源岩,在数亿年的热演化作用下已达成熟至过成熟,并生成大量的天然气,如果运移入与之源岩毗邻的“千尼尔”砂岩体内,使之富集保存,则可形成工业性气藏。

总之,对“千尼尔”砂体的研究在煤和油气勘探中均具有实际意义。

参 考 文 献

- Reading, D. 1978, 沉积环境和相, 地质出版社
刘宝珺, 1980, 沉积岩石学, 地质出版社
孙永传, 1986, 碎屑岩沉积相和沉积环境, 地质出版社
Galloway, W. E. and Hobbay, R. A., 1963. Terrigenous Clastic Depositional Systems, Application to Petroleum, Coal and Uranium Exploration, Pringer-Verg, New York.
Malubbin, D. G., 1983. Barrier-Island and Strand-Plain Facies. In: Sandstone Depositional Environment by A. Scholle and Darwin Späering, AAPG.
McKory, V. L. C. and Walker, R. G., 1986. A storm and tidally-influenced prograding shoreline—Upper Cretaceous Milk River Formation of southern Canada. *Sedimentology*, Vol. 33, 1986.

GENESIS OF “CHENIERS” AND THEIR IMPLICATIONS FOR COAL AND OIL AND GAS EXPLORATION

Su Huacheng Zeng Xuesi

(Geological Research Party, Southwest China Bureau of Petroleum Geology)

Hu Yicheng

(China University of Geosciences, Wuhan)

Abstract

The interbedded sediments of the deep-water clastic rocks and clear-water carbonate rocks in the Upper Carboniferous Taiyuan Formation in southern North China are interpreted as the alternating marine and continental sediments which are formed in strand plain, gulf, barrier lagoon and epi-continental shallow marine environments. The “cheniers” developed on the strand plain during the deposition of the Taiyuan Formation owe their origin to frequent storm processes in the light of vertical sequence analysis and associated regional data. Their formation has revealed the complex history of transgression-regression related to sea level rises and falls, and has constructive implications for coal accumulation and subsequent hydrocarbon accumulation and preservation in the peat bogs on the strand plain.