

Review of Incised Valley

Peiyuan Chen

CNOOC Research Institute, Beijing
Email: swpua409@163.com

Received: Feb. 6th, 2017; accepted: Feb. 24th, 2017; published: Feb. 27th, 2017

Abstract

The formation of incised valley is the result of relative change of sea (lake) level, which can be affected by the change of climate and tectonic movement. The incised valley is influenced by formation mechanism and sedimentary environment particularity, and it is characterized by symmetric or asymmetric "U" or "V". Unique shape led that the interior sediment filling has a reflection character of onlap and divergent types in seismic section perpendicular to the incised valley. In parallel or nearly parallel to the incised valley, the interior sediment filling mainly reflects oblique type progradation characteristics. Because of many factors influencing the formation and filling of the incised valley, it has been without a satisfactory filling pattern. Incised valley as a special sequence of internal elements, the erosion-filling evolution model is important for sequence stratigraphy division, stratigraphic correlation, restoration for the ancient environment of continental shelf and determination for the ancient sea level position. In addition, the incised valley is an important migration channel and good reservoir of oil and gas in the process of reservoir formation, and it is of great significance for oil exploration.

Keywords

Incised Valley, Mechanism, Filling Pattern, Geological Significance

下切谷研究进展综述

陈培元

中海油研究总院, 北京
Email: swpua409@163.com

收稿日期: 2017年2月6日; 录用日期: 2017年2月24日; 发布日期: 2017年2月27日

摘要

下切谷的形成是海(湖)平面相对变化的结果, 气候和构造运动的变化可以导致海(湖)平面相对变化。下

切谷受形成机制和沉积环境特殊性的影响, 具有独特的“U”字型或“V”字型几何特征, 独特的形态导致其内沉积物在垂直于下切谷的地震剖面中表现为上超充填型和发散充填型反射结构特征, 而在平行或近于平行下切谷走向的地震剖面上, 谷内沉积主要表现为斜交型前积反射特征。由于影响下切谷形成与充填的因素众多, 导致其一直以来没有一个令人满意的充填模式。下切谷作为一种特殊的层序内部组成要素, 其侵蚀-充填演化模式对于层序划分、地层对比、恢复陆架区古环境及确定古海平面位置具有重要的意义。此外, 下切谷在油气藏形成过程中既是良好的油气运移通道, 又是良好的油气储集场所, 对油气勘探均具有重要意义。

关键词

下切谷, 形成机制, 充填模式, 地质意义

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

下切谷的研究起始较早, 早期人们通过观测陆上河谷的侵蚀速率, 可以估计地球的年龄。20 世纪三四十年代, 曾有人在北美发现了古代下切谷体系, 并加以描述。但由于大部分下切谷仅出现在地质报告中, 只有少数见于公开的学术刊物。至到 1944 年, Fisk 在对密西西比河三角洲沉积层序及沉积充填特征研究时首次提出[1]。随后 Van Wagoner 等将下切谷定义为由河流体系响应于海平面相对下降而向盆地方向延伸所形成的深切水道, 其宽度可从几公里到数十公里, 深度可从十几米到上百米[2]。从寒武纪到现代, 各个地质时期都有下切谷形成[3]-[11]。从分布范围来看, 国内外下切谷的例子也很多, 如我国长江在第四系上部沉积期形成的下切谷、泌阳凹陷下第三系核桃园组的下切谷、钱塘江第四纪的下切谷、美国密西西比河下切谷、美国 Sorrento 油田 Morrow 组下切谷、以及南非 Orange 盆地白垩系下切谷等。近年来, 国内外学者针对下切谷开展了相应的研究[3]-[16], 认为下切谷的研究可以确定层序界面类型; 可以根据其所保存的沉积记录判定海平面的变化史, 确定沉积区的沉积演化; 而且还可以根据下切谷寻找隐蔽油藏。无论是在理论上, 还是其应用方面都有着重要的意义。鉴于此, 本文在对大量文献进行调研的基础上, 针对下切谷的形成机制、充填模式以及地质意义进行了总结。旨在加深人们对下切谷的认识, 以期引起更多学者的关注。

2. 下切谷的形成机制

关于下切谷的形成机制, 目前存在一些分歧, 主要集中在下切谷的形成过程中气候因素和构造因素是否起到了一定的作用。1990 年, Van Wagoner 定义下切谷时, 将其形成完全归因于海(湖)平面的相对下降引起的河流侵蚀, 而没有根据经典的层序地层学原理考虑气候因素和构造沉降对层序形成所起的控制作用, 但还是得到了很多人的认可: 如 Wescott [17]认为下切谷的形成主要是与海(湖)平面下降密切相关, 并提出了“向源侵蚀”的概念; Koss 等[18]通过物理模拟实验的方式也揭示出当海平面小幅度缓慢下降时, 三角洲平面上可以出现轻微下切; Lin [19]及张桂甲等[20]在对钱塘江下切谷研究时, 也仅仅考虑了海(湖)平面变化带来的影响, 而没有将气候和构造运动作为影响因素。

然而, 随着人们对下切谷研究的深入, 关于下切谷形成因素的认识也在不断的加深。Leckie [21]在对新西兰 Canterbury 平原研究时认为, 受山体抬升和海岸后退的影响, 在海进阶段可以使河流产生 1.5~4.2

mm/年的下切速度，而海平面变化的影响较小；Zaitlin 等[22]提出了气候和河流径流量变化对下切谷形成的影响，进一步阐述了非海平面变化对下切谷形成的影响；Wellner 等[23]对中国东海陆架下切谷研究时，认为下切谷的形成受到海平面变化的影响，但同时又受到气候和构造运动的影响；Sinha 等[24]对印度恒河平原的下切谷研究时，指出河流下切受到海平面变化和季风气候的影响，疾风的强度影响了降水量的多少，而降水量的多少进一步制约着河流的流量，从而影响到河流的下切侵蚀能力。

总体来看，关于下切谷形成机制的分歧主要集中在气候和构造运动是否具有一定的影响。笔者认为，无论是气候还是构造运动的变化，其最终带来的还是海(湖)平面的相对变化。干旱的气候引起海平面相对下降，根本上导致了河流水流量的减少，进而降低了河流的下切能力，反之则使河流的下切能力增强。构造抬升同样可以使海平面相对下降，河流的纵比降增大，导致河流的下切侵蚀能力增强，就比较容易形成下切谷。

整体而言，对于下切谷的形成包括“下切”与“充填”两个过程(图 1)。海(湖)平面下降导致河流比降增大，流速加快，由于河流的侵蚀力与流速的高次方成正比，导致下伏地层受到强烈下切，从而形成底部为区域不整合面的下切河谷(图 1A-C)。进而，随着气候转暖，海(湖)平面上升，下切河谷从侵蚀过程转为堆积过程。充填早期，随着海平面上升、基准面抬高，河流下游发生回水，河流纵比降减小，流速降低，水流挟沙能力减弱，导致沉积物大量沉积。这一过程通常溯河而上，形成河床相下部的溯源堆积砂砾层、砾质砂层和上部砂层沉积，从而构成海侵的河道充填层序。充填晚期，随着海平面持续上升，河口向陆地方向迁移，形成巨大的海侵河漫滩 - 河口湾沉积，同样受到回水作用和溯源堆积作用的影响(图 1D-E)。在整个下切谷的充填阶段，溯源堆积依次叠加，从而产生了下粗上细的河流层序。

3. 下切谷的特征

国外有关下切谷研究的文献较多，但就不同地区而言，由于其沉积环境和形成机制的特殊性，导致下切谷的特征也不尽相同，主要表现在几何外形、沉积特征和古生物特征等多个方面。

几何特征：受先期河道侵蚀和后期河谷充填的影响，在垂直或近于垂直下切谷走向的地震剖面上，其外形表现为顶平底凹的对称的“U”字型或不对称的“V”字型特征(图 2)，与上下相邻的近乎水平的同相轴明显不协调。这种不协调性主要是由于下切作用导致上一层序的沉积的细粒沉积物遭受切割，而后在下切部位发生粗粒沉积物充填所致。

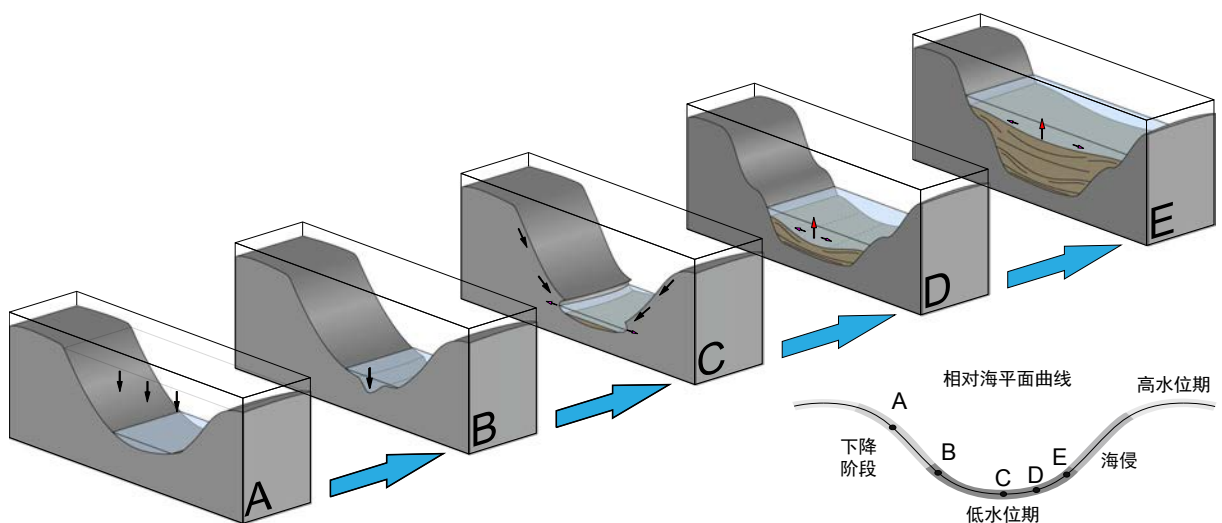


Figure 1. Model for incised-valley generation and subsequent fill (according to ref. [13])

图 1. 下切谷下切及充填模式图(据文献[13])

内部结构：下切谷在发育过程中，由于下切作用，使下伏地层连续性中断，出现反射同相轴突然消失的现象，导致在垂直于下切谷的地震剖面中表现为上超充填型和发散充填型反射结构特征(图 3(a)、图 3(b))。底部多见变振幅、变频率、能量强弱不均的杂乱反射结构。而在平行或近于平行下切谷走向的地震剖面上，谷内沉积主要表现为斜交型前积反射特征(图 3(c))。

沉积特征：下切谷是低水位体系域时期沉积物的主要搬运通道，也是该时期碎屑物质主要的沉积场所[26]。岩芯及露头资料表明，下切谷内沉积的岩石粒度普遍较粗，分选较差、磨圆度中等。以含砾中-粗砂岩为主，其次为中-细砂岩，砂岩百分含量高达 50%~70%，砾岩百分含量也高达 30%~40%。而下切谷之外沉积的岩石类型主要为细砂岩或泥岩，谷间表现为沼泽沉积或漫溢沉积。

古生物特征：海平面持续上升时，大量深海生物从盆地带被带到下切谷内。海相生物痕迹化石和海相生物化石的存在可以说明有大量新鲜水体的流入[27] [28]。

4. 下切谷的充填模式

关于下切谷充填模式的认识可以追溯到 20 世纪 80 年代，近年来随着人们对下切谷认识的逐渐加深，认识到影响下切谷形成与充填的因素众多，如海平面变化、气候变化、构造变化以及沉积物供应等，导致其形成和充填过程也十分复杂，一直以来没有一个令人满意的充填模式。

以 Zaitlin 为代表的很多国外学者比较认同“溯源堆积论”的观点。Zaitlin 依据某些现代河口湾沉积相的平面分布格局，并总结了下切古河谷的沉积模式[22]。该模式将下切古河谷分成了 3 段(图 4)：第 1 段从低水位期下切河谷的门口至高水位期进积开始时岸线稳定的地方，沉积物自下而上分别为河流滞留沉积、河流沉积、河口湾沉积、海相沉积和上部河口湾相沉积及河流相沉积；第 2 段从前者的内端到河口湾的顶部，该段沉积相组合较为复杂，向海部分自下而上分别为低位河流滞留沉积，海侵早期河流沉积，湾顶三角洲沉积，中央盆地、河口沙坝沉积及高位河流相沉积，中部缺失河口沙坝沉积，向陆部分则缺失中央盆地沉积，高位河流相沉积直接覆于湾顶三角洲沉积之上；第 3 段从前者的陆向端到相对海面不再控制河流沉积的地方，其上则为非下切河谷体系。需要指出的是，Zaitlin 的模式是由发育在山丘和狭窄平原输出量有

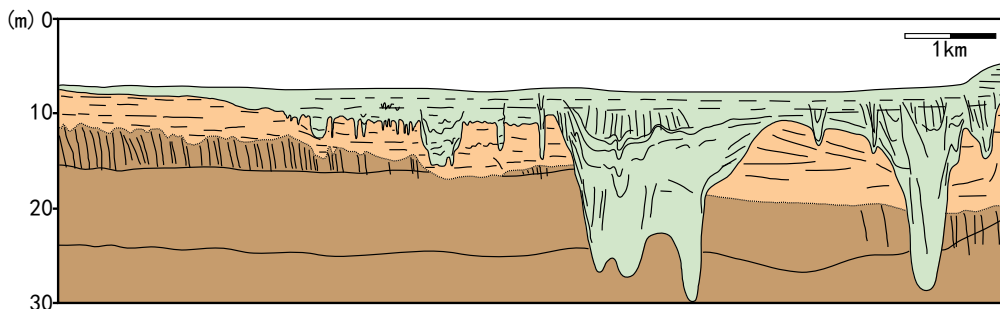


Figure 2. Geometry diagram of incised valley
图 2. 下切谷几何形态示意图

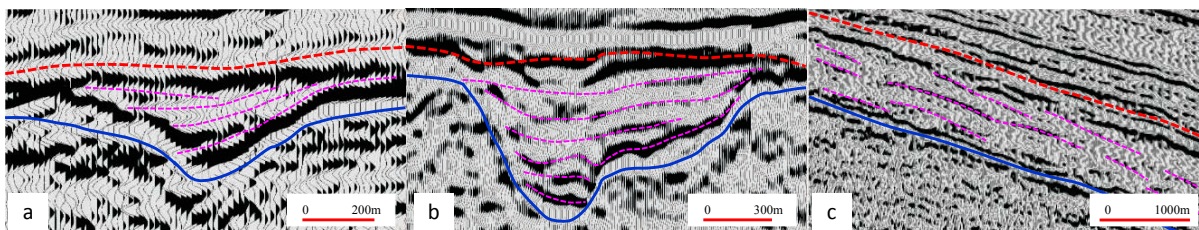


Figure 3. Seismic reflection characteristics of incised valley (according to ref. [25])
图 3. 下切谷地震剖面反射特征(据文献[25])

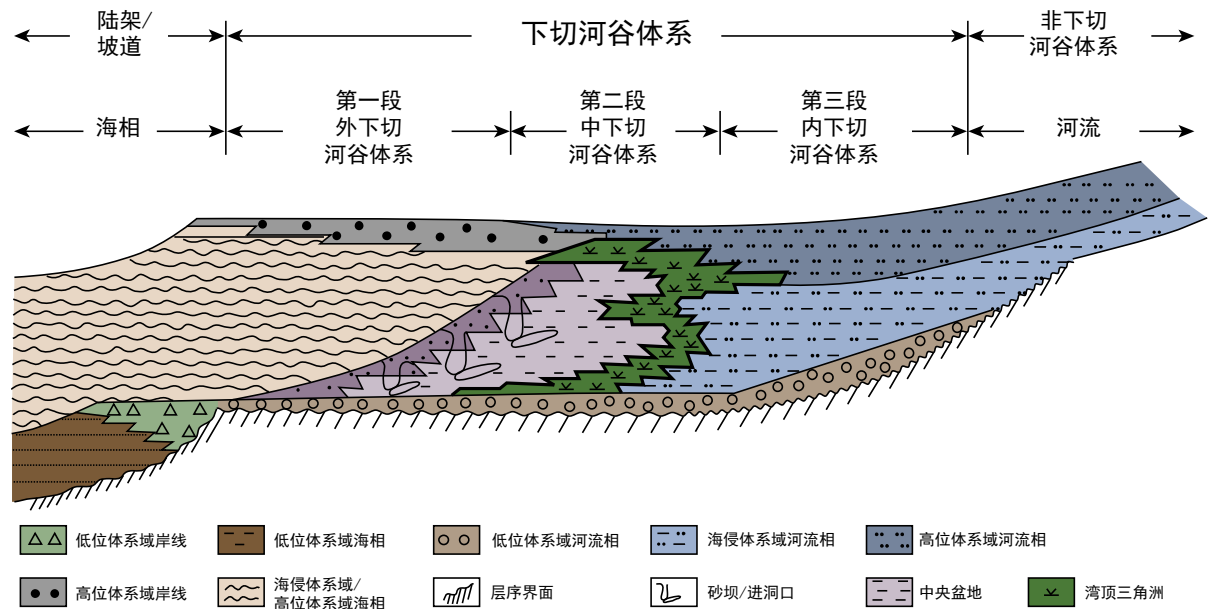


Figure 4. Idealized longitudinal distribution of simple incised valley (according to ref. [22])

图 4. 简单下切谷体系理想化纵剖面(据文献[22])

限的中、小河口湾总结出来的，比如长江镇江、扬州附近古河口湾，不能用于似密西西比河、长江等携沙量丰富的大河河口湾[29]。

此外，有很多学者针对不同的地区开展研究，建立了下切谷的充填模式。如 Hori 等[30]以岩心沉积相研究为基础建立了长江下切河谷的充填模式，指出冰后期长江下切河谷的充填主要受海平面变化控制。长江下切河谷主要被海侵体系域和高水位体系域的沉积物充填，在海侵体系域，受海平面上升速率控制，沉积物以退积(海平面上升较慢)和加积(海平面快速上升)方式堆积，形成河流和河口湾沉积，高水位体系域则以三角洲的进积作用为主。Simms 等[31]利用大量地震和岩心资料对墨西哥第四纪海湾的下切谷体系进行了研究，认为下切谷的相结构是体系域类型、沉积物供应速率和海平面变化相互作用的结果。据此提出下切谷可以划分为超补偿和欠补偿两种类型，其中欠补偿下切谷可以用 Zaitlin 模型解释，而超补偿下切谷缺少中部的河口湾段。李从先等[32]通过对中国河口三角洲地区晚第四纪下切谷层序特征的研究，以相序变化为依据，建立了理想的下切谷充填模式，该模式将下切谷自海向陆分为 4 个部分。Green [33]通过大量的地震资料，在对印度洋西南 KwaZulu-Natal 陆架北部一系列下切谷研究的基础上，建立了下切谷充填的地震相模式，该模式与被动大陆边缘下切谷单次海侵过程中的充填模式一致。Xue 等[34]对越南湄公河三角洲地区的下切谷开展了研究，指出湄公河下切谷充填序列自下至上为河口湾河道沉积、潮汐河流沉积、潮坪或盐沼沉积、河口湾-海相沉积、开阔海湾沉积。辛仁臣等[35]利用 250 余口探井的测井、录井、岩心和古生物资料，通过细致的层序地层学及沉积学分析，建立了松辽盆地西斜坡白垩系姚家组下切谷的充填模式，认为下切谷充填序列具有多期旋回性特征，其短期旋回与河流-湖泊作用的消长密切相关。

5. 下切谷的地质意义

5.1. 确定层序界面

断层的下降盘常常作为许多断陷盆地的边界，伴生断层的发育形成了从盆地边缘到盆地中心呈台阶形态的地形。在低水位期，断阶带上以陆上暴露沉积为主，发育以下切谷为特征的沉积间断。随着晚期

海(湖)平面的上升开始接受沉积,岩性与下伏地层之间有时无明显的差别。由于这些地区地震资料品质往往较差,再结合断层发育复杂,为层序界面的识别带来了难题。然而,下切谷的发现无疑为该类型的层序边界划分提供了依据[36]。

下切谷是低位体系域的重要组成部分,而低位体系域的底界面是 I 型层序界面,故下切谷的识别能成为确定层序界面及其性质的重要判别依据,以下切谷底部形成的河流侵蚀面作为层序界面,在这一点上各研究者还是一致认可的。然而,就低位体系域和海侵体系域界线(初始海泛面)以及海侵体系域和高位体系域界线的认识研究者却持有不同的意见。Posamentier 等[37]认为初始海泛面在深切谷中河流相沉积的顶部;Allen 等[14]认为初始海泛面发育在河床相砂砾沉积之上;Zaitlin 等[22]认为河谷底部河床滞留沉积与其上的以退积为主的河流沉积之间为初始海泛面;Kapsimalis 等[38]认为初始海泛面位于古盆地沉积体内;张桂甲等[20]认为初始海泛面应位于河床相砂砾层之中,这跟 Zaitlin 的观点非常一致;李从先等[32]通过对所研究的实例进行分析,认为谷底较粗层向上通常是渐变的,难以划出绝对的界线,故将谷底侵蚀面之上的河床粗粒沉积层皆划归海侵序列是比较合理的,也便于实际操作。对于海侵体系域和高位体系域界线的认识,Zaitlin [22]及 Shanley 等[39]认为位于中央盆地相泥质层的中部;Li 等[40]认为位于海相软泥层中;Hori 等[30]认为位于下切谷沉积体的上部,即河口湾沉积前缘和前三角洲之间;Kapsimalis 等[38]认为应位于前三角洲末端沉积体内部;Aguzzi 等[41]在对亚诺河平原下切谷研究时,通过分析细微的微体古生物变化,指出最大海泛面位于岩性均一的内陆架沉积体内;林春明等[42]认为最大海泛面大致位于河口湾-浅海相沉积层中。目前,多数学者认为海侵体系域和高位体系域的界线放在浅海-浅三角洲泥质沉积层内比较合适,因为该泥质层段包含海侵结束时浅海及河口湾地区的泥质沉积物和三角洲进积时的三角洲泥质沉积。

5.2. 地层对比

河流侵蚀下伏地层形成下切谷,其必然造成下切谷与谷外存在差异的古地貌形态。随着后期海(湖)平面的上升,沉积物需要填平这种地貌差异。在这个阶段,下切谷内首先接受沉积的填充,而谷外仍处于沉积间断期,随着下切谷被填平补齐,谷外也开始接受沉积[36]。因此,在地层对比的过程中,不能单纯的根据等厚地层以及传统的岩性地层对比模式,而应根据下切谷的充填特征采用上超充填对比模式,避免造成地层穿时现象(图 5)。

5.3. 恢复陆架区古环境及确定古海平面位置

下切河谷沉积物的研究可恢复陆架区古环境演化历史[43]。下切河谷的关键界面、充填物沉积特征一旦被认识,便可更好地理解浅海及非海相环境的地层成因和分布,为陆架斜坡和/或浅缓坡海洋沉积环境下低水位到海进沉积作用提供很好的证据[44],进而可以反映气候和海平面变化对高频沉积迭置模式的影响[45]。此外,利用下切谷充填物陆相和海相界限的变化,以及精确的测年分析可以确定古海平面位置,建立较为准确的海平面变化曲线[46]。海平面升降过程中,除下切河谷外,陆架其它区域的可容空间较小,不足以保留小尺度的海平面变化和沉积旋回[33]。下切河谷的负地形使其中的地质记录得到很好的保存,河谷的切割深度和充填物沉积特征是研究海平面变化的很好素材,可以更好地理解海平面的变化历史,并预测未来海面变化。

5.4. 油气地质意义

下切谷是低位体系域的重要组成部分,其内广泛充填着河流相沉积,其上发育的湖进体系域和密集段是良好的盖层和油源岩。因此,下切谷在油气藏形成过程中既是良好的油气运移通道,又是良好的油

气储集场所[47]。由于下切谷内岩性变化快、砂体规模小，因此极易形成以岩性油气藏为主的隐蔽油气藏(图6)，如透镜型岩性油气藏、侧向尖灭型岩性油气藏、地层超覆型岩性油气藏以及断层-岩性复合型油气藏，它们主要受岩性变化带、河岸侧翼遮挡、断层截断遮挡和初泛泥岩垂向封堵等因素控制[42] [48]。

6. 结论

1) 下切谷的形成是海(湖)平面相对变化的结果，气候和构造运动的变化可以导致海(湖)平面相对变化。相对海(湖)平面下降导致河流比降增大，导致下伏地层受到强烈下切；海(湖)平面上升，下切河谷从侵蚀过程转为堆积过程。

2) 下切谷受形成机制和沉积环境特殊性的影响，具有独特的“U”字型或“V”字型几何特征。独特的几何特征，导致其内沉积物在垂直于下切谷的地震剖面中表现为上超充填型和发散充填型反射结构特征，而在平行或近于平行下切谷走向的地震剖面上，谷内沉积主要表现为斜交型前积反射特征。

3) 由于影响下切谷形成与充填的因素众多，导致其形成和充填过程也十分复杂。此外，不同的地区其下切谷的沉积模式也不尽相同，使得一直以来没有一个令人满意的充填模式，充分体现了下切谷研究

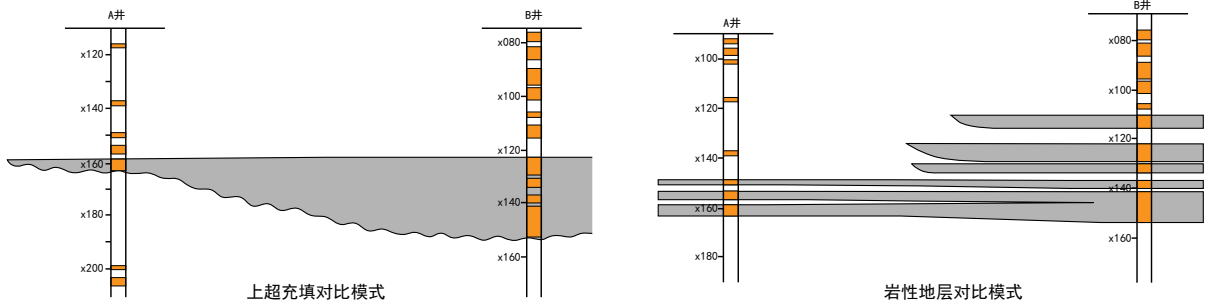


Figure 5. Stratigraphic comparison model (modified from ref. [37])

图 5. 地层对比模式(据文献[37]有修改)

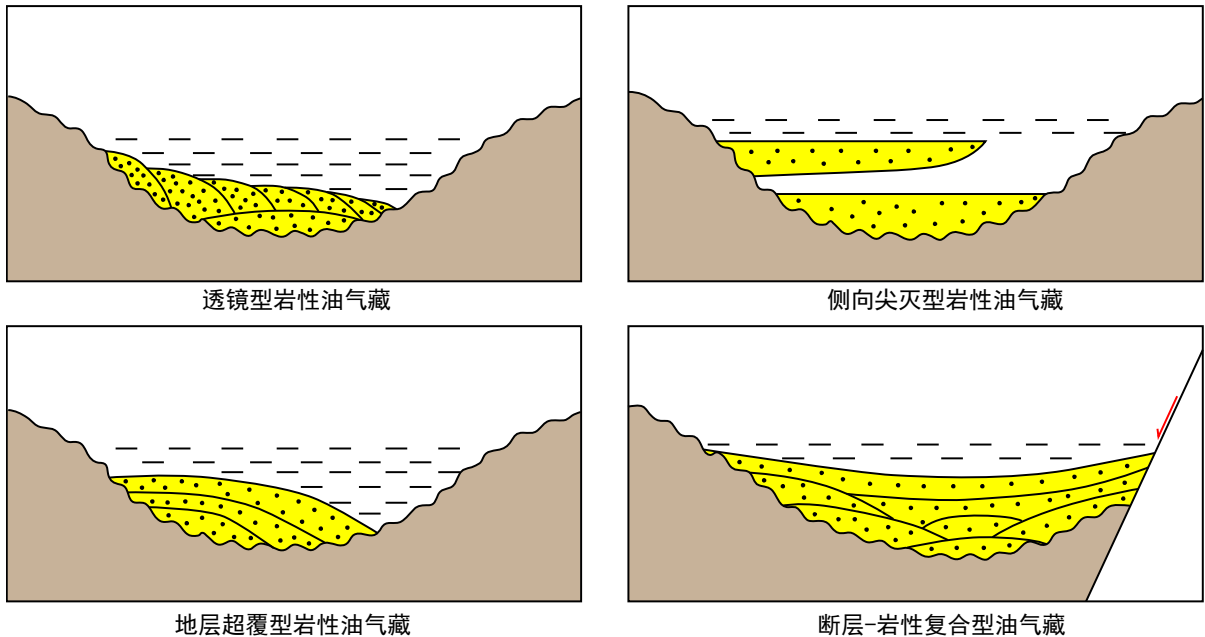


Figure 6. Incised valley reservoir types

图 6. 下切谷内油气藏类型

的复杂性。

4) 下切谷作为一种特殊的层序内部组成要素, 其侵蚀-充填演化模式对于层序划分、地层对比、恢复陆架区古环境及确定古海平面位置具有重要的意义。此外, 下切谷在油气藏形成过程中既是良好的油气运移通道, 又是良好的油气储集场所, 对油气勘探均具有重要意义。

基金项目

本文为“十二五”国家科技重大专项“高含硫气藏安全高效开发技术(编号: 2011ZX05017-001)”及“十二五”国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发(编号: 2011ZX05049)”共同资助。

参考文献 (References)

- [1] Fisk, H.N. and McFalan Jr., E. (1955) Late Quaternary Deltaic Deposits of the Mississippi River. *Geologic Society of America Special Paper*, **62**, 279-302. <https://doi.org/10.1130/SPE62-p279>
- [2] Van Wagoner, J.C., Mitchum, R.M., Campion, K.M., *et al.* (1990) Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs, Cores, and Outcrops: Concepts for High-Resolution Correlation of Time and Facies. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, 1-55.
- [3] Dalrymple, R.W., Zaitlin, B.A. and Boyd, R.A. (1992) A Conceptual Model of Estuarine Sedimentation. *Journal Sediment Petrology*, **62**, 1130-1146. <https://doi.org/10.1306/D4267A69-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- [4] Heap, A.D. and Nichol, S.L. (1997) The Influence of Limited Accommodation Space on the Stratigraphy of an Incised-Valley Succession: Weiti River Estuary, New Zealand. *Marine Geology*, **144**, 229-252. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(97\)00107-2](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(97)00107-2)
- [5] Gupta, S. (1999) Controls on Sedimentation in Distal Margin Palaeo Valleys in the Early Tertiary Alpine Foreland Basin, South-Eastern France. *Sedimentology*, **46**, 357-384. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.1999.00219.x>
- [6] Smith, L.B. and Read, J.F. (2000) Rapid Onset of Late Paleozoic Glaciation on Gondwana: Evidence from Upper Mississippian Strata of the Midcontinent, United States. *Geology*, **28**, 279-282. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28<279:ROOLPG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<279:ROOLPG>2.0.CO;2)
- [7] Hou, B., Alley, N.F., Frakes, L.A., *et al.* (2003) Facies and Sequence Stratigraphy of Eocene Palaeovalley Fills in the Eastern Eucla Basin, South Australia. *Sedimentary Geology*, **163**, 111-130. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(03\)00175-1](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(03)00175-1)
- [8] Rossetti, D.F. and Junior, A.E.S. (2004) Facies Architecture in a Tectonically Influenced Estuarine Incised Valley Fill of Miocene Age, Northern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **17**, 267-284. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2004.08.003>
- [9] El-Ghali, M.A.K. (2005) Depositional Environments and Sequence Stratigraphy of Paralic Glacial, Paraglacial and Postglacial Upper Ordovician Siliciclastic Deposits in the Murzuq Basin, SW Libya. *Sedimentary Geology*, **177**, 145-173. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2005.02.006>
- [10] Harris, P.T., Heap, A., Passlow, V., *et al.* (2005) Tidally Incised Valleys on Tropical Carbonate Shelves: An Example from the Northern Great Barrier Reef, Australia. *Marine Geology*, **220**, 181-204. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.06.019>
- [11] Petter, A.L. and Muto, T. (2008) Sustained Alluvial Aggradation and Autogenic Detachment of the Alluvial River from the Shoreline in Response to Steady Fall of Relative Sea Level. *Journal of Sedimentary Research*, **78**, 98-111. <https://doi.org/10.2110/jsr.2008.012>
- [12] Breda, A., Mellere, D., Massari, F., *et al.* (2009) Vertically Stacked Gilbert-Type Deltas of Ventimiglia (NW Italy): The Pliocene Record of an Overfilled Messinian Incised Valley. *Sedimentary Geology*, **219**, 58-76. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2009.04.010>
- [13] Wakefield, O.J.W. and Mountney, N.P. (2013) Stratigraphic Architecture of Back-Filled Incised-Valley Systems: Pennsylvanian-Permian Lower Cutler Beds, Utah, USA. *Sedimentary Geology*, **298**, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.10.002>
- [14] Allen, G.P. and Posamentier, H. (2014) Sequence Stratigraphy and Facies Model of an Incised Valley Fill: The Gironde Estuary, France. *Expert Review of Anticancer Therapy*, **14**, 487-489.
- [15] Tesson, M., Posamentier, H. and Gensous, B. (2015) Compound Incised-Valley Characterization by High-Resolution Seismics in a Wave-Dominated Setting: Example of the Aude and Orb Rivers, Languedoc Inner Shelf, Gulf of Lion, France. *Marine Geology*, **367**, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2015.05.004>

- [16] Lin, C.M., Zhang, X., Deng, C.W., *et al.* (2016) Sedimentary Characteristics and Environmental Evolution of the Late Quaternary Incised-Valley Fills in the Nantong Area of Jiangsu Province, China. *Acta Sedimentologica Sinica*, **34**, 268-280.
- [17] Wescott, W.A. (1997) Channel versus Valley: Semantics or Significance? Properly Distinguishing between Channels and Valleys Aids in the Exploration and Exploitation of Related Reservoirs. *Leading Edge*, **16**, 867-873.
<https://doi.org/10.1190/1.1437677>
- [18] Koss, J.E., Ethridge, F.G. and Schumm, S.A. (1994) An Experimental Study of the Effects of Base-Level Change on Fluvial, Coastal Plain and Shelf Systems. *Journal of Sedimentary Research*, **64**, 90-98.
- [19] Lin, C.M., Li, G.Y., Wang, B.C., *et al.* (2004) Internal Structure of the Incised Valley Fill in the Hangzhou Bay, Eastern China and Its Geological Implications. *Acta Geologica Sinica*, **78**, 715-719.
- [20] 张桂甲, 李从先. 晚第四纪钱塘江下切河谷体系层序地层特征[J]. 同济大学学报(自然科学版), 1998(03): 320-324.
- [21] Leckie, D. (1995) Sequence Stratigraphy: Fact, Fantasy, or Work in Progress. *AAPG Bulletin* 79, 1728.
- [22] Zaitlin, B.A., Dalrymple, R.W. and Boyd, R. (1994) The Stratigraphic Organization of Incised Valley System. *SEPM Special Publication*, **51**, 45-60. <https://doi.org/10.2110/pec.94.12.0045>
- [23] Wellner, R.W. and Bartek, L.R. (2003) The Effect of Sea Level, Climate, and Shelf Physiography on the Development of Incised-Valley Complexes: A Modern Example from the East China Sea. *Journal of Sedimentary Research*, **73**, 926-940. <https://doi.org/10.1306/041603730926>
- [24] Sinha, R., Sangode, S.J., Gibling, M.R., *et al.* (2007) Valley and Interfluvial Sediments in the Southern Ganga Plains, India: Exploring Facies and Magnetic Signatures. *Sedimentary Geology*, **201**, 386-411.
<https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.07.004>
- [25] 叶茂松, 解习农. 准噶尔盆地车排子凸起下切谷特征及演化模式[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2014, 39(5): 577-586.
- [26] 向奎. 准噶尔盆地车排子地区下切谷沉积体系及有利勘探方向[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2007, 31(06): 1-5.
- [27] 万力, 李胜利, 于兴河, 等. 坡折带对陆相湖盆辫状河三角洲层序和沉积的控制——以准噶尔盆地东缘三工河组为例[J]. 东北石油大学学报, 2015, 39(1): 23-31.
- [28] 李涛, 陆永潮, 陈平, 等. 准噶尔盆地车排子地区下切谷的发现及其油气地质意义[J]. 石油实验地质, 2008, 30(04): 363-366.
- [29] 鲜本忠, 姜在兴, 操应长, 等. 泌阳凹陷东南部下切谷的发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(04): 304-308.
- [30] Hori, K., Saito, Y., Zhao, Q. and Wang, P. (2002) Control of Incised-Valley Fill Stacking Patterns by Accelerated and Decelerated Sea-Level Rise: The Changjiang Example during the Last Deglaciation. *Geo-Marine Letters*, **22**, 127-132.
<https://doi.org/10.1007/s00367-002-0105-y>
- [31] Simms, A.R., Anderson, J.B., Taha, P.Z., *et al.* (2006) Overfilled versus Underfilled Incised Valleys, Examples from the Quaternary Gulf of Mexico. *Society for Sedimentary Geology* No. 85, 117-139.
- [32] 李从先, 范代读, 杨守业, 等. 中国河口三角洲地区晚第四纪下切河谷层序特征和形成[J]. 古地理学报, 2008, 10, 87-97.
- [33] Green, A.N. (2009) Palaeo-Drainage, Incised Valley Fills and Transgressive Systems Tract Sedimentation of the Northern KwaZulu-Natal Continental Shelf, South Africa, SW Indian Ocean. *Marine Geology*, **263**, 46-63.
<https://doi.org/10.1016/j.margeo.2009.03.017>
- [34] Xue, Z., Liu, J.P., Demaster, D., *et al.* (2010) Late Holocene Evolution of the Mekong Subaqueous Delta, Southern Vietnam. *Marine Geology*, **269**, 46-60. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2009.12.005>
- [35] 辛仁臣, 李桂范, 向淑敏. 松辽盆地西斜坡白垩系姚家组下切谷充填结构[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2008(6):834-842.
- [36] 曹华, 龚晶晶, 温玉焕, 等. 南堡凹陷高尚堡地区东营组下切谷特征及意义[J]. 石油地球物理勘探, 2013, 48(6):960-965.
- [37] Posamentier, H.W. and Vail, P.R. (1988) Eustatic Controls on Clastic Deposition II—Sequence and Systems Tract Models. *Sea-Level Changes*, 125-154. <https://doi.org/10.2110/pec.88.01.0125>
- [38] Kapsimalis, V., Pavlakis, P., Poulos, S.E., *et al.* (2005) Internal Structure and Evolution of the Late Quaternary Sequence in a Shallow Embayment: The Amvrakikos Gulf, NW Greece. *Marine Geology*, **222**, 399-418.
<https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.06.008>

- [39] Shanley, K.W., McCabe, P.J. and Hettinger, R.D. (2006) Tidal Influence in Cretaceous Fluvial Strata from Utah, USA: A Key to Sequence Stratigraphic Interpretation. *Sedimentology*, **39**, 905-930. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1992.tb02159.x>
- [40] Li, C., Wang, P., Sun, H., et al. (2002) Late Quaternary Incised-Valley Fill of the Yangtze Delta (China): Its Stratigraphic Framework and Evolution. *Sedimentary Geology*, **152**, 133-158. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(02\)00066-0](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(02)00066-0)
- [41] Aguzzi, M., Amorosi, A., Colalongo, M.L., et al. (2007) Late Quaternary Climatic Evolution of the Arno Coastal Plain (Western Tuscany, Italy) from Subsurface Data. *Sedimentary Geology*, **202**, 211-229. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.03.004>
- [42] 林春明, 李广月, 卓弘春, 等. 杭州湾地区晚第四纪下切河谷充填物沉积相与浅层生物气勘探[J]. 古地理学报, 2005, 7, 12-24.
- [43] Fischbein, S.A., Joeckel, R.M. and Fielding, C.R. (2009) Fluvial-Estuarine Reinterpretation of Large, Isolated Sandstone bodies in Epicontinental cyclothems, Upper Pennsylvanian, Northern Midcontinent, USA, and Their Significance for Understanding Late Paleozoic Sea-Level Fluctuations. *Sedimentary Geology*, **216**, 15-28. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2009.01.009>
- [44] Lericolais, G., Berné, S. and Féliès, H. (2001) Seaward Pinching out and Internal Stratigraphy of the Gironde Incised Valley on the Shelf (Bay of Biscay). *Marine Geology*, **175**, 183-197. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(01\)00134-7](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(01)00134-7)
- [45] Amorosi, A., Lucchi, M.R., Rossi, V., et al. (2009) Climate Change Signature of Small-Scale Parasequences from Lateglacial-Holocene Transgressive Deposits of the Arno Valley Fill. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **273**, 142-152. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.12.010>
- [46] Tateishi, M., Shibata, Y. and Tanabe, S. (2009) The Sea-Level Record of the Last Deglacial in the Shinano River Incised-Valley Fill, Echigo Plain, Central Japan. *Marine Geology*, **266**, 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2009.08.011>
- [47] Xin, R., Liu, H. and Li, G. (2009) Incised Valley Filling Deposits: An Important Pathway System for Long-Distance Hydrocarbon Migration—A Case Study of the Fulaerji Oilfield in the Songliao Basin. *Petroleum Science*, **6**, 230-238. <https://doi.org/10.1007/s12182-009-0037-5>
- [48] 林春明. 杭州湾地区 15000a 以来层序地层学初步研究[J]. 地质论评, 1997, 43(3): 273-280.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org