

基准面旋回基本框架体系的新构想

宋来明¹⁾, 李国蓉²⁾, 彭仕宓³⁾, 贾达吉⁴⁾, 徐强¹⁾, 范廷恩¹⁾, 胡光义¹⁾

1) 中海油研究总院, 北京, 100027; 2) 成都理工大学, 成都, 610059;; 3) 中国石油大学, 北京, 102249;
4) 北京大业嘉成科技有限公司, 北京, 102200

1 传统基准面及基准面旋回理论缺陷

地层层序是基准面穿越地表上升与下降运动过程的地质记录, 亦即基准面对地层层序具有控制作用 (Barrell, 1917)。所谓的基准面为一非物理面, 是动态的、抽象的三维空间势能曲面 (Cross, 1991; 王嗣敏等, 2004; 郑荣才等, 2000)。90 年代中期以 Cross 教授为代表的科罗拉多矿业学院成因层序地层研究组提出了基准面旋回理论。该理论延续了 Barrell 基准面穿越旋回的概念, 是沉积学和地层学结合得相对完善的一套理论, 引起了地学工作者浓厚的兴趣, 并在国际上迅速传播。从而使基准面能够同海平面 (水平面) 一道, 重新成为层序地层学重要分支领域的理论基础, 并在石油勘探开发领域获得了广泛的应用。

然而, 基准面旋回理论目前仍然存在着诸多自身难以解决的难题: 首先, 基准面旋回时间规模不确定, 导致了层序规模以及层序级次划分的不确定 (刘豪等, 2003; 宋来明等, 2007)。很多层序地层学者都已经认识到了该问题的重要性以及严峻性 (刘豪等, 2003; Bates 等, 1987), 并为了解决该问题作了大量有益的工作。比较有代表性的思想是将基准面旋回时间规模及级次划分与其它学派挂钩 (刘豪等, 2003; 宋来明等, 2007), 在一定程度上解决了基准面旋回的时间规模问题。但这种解决方案又带来了基准面旋回与水平面变化的对应关系难题; 其次, 基准面旋回定义决定了基准面旋回理论缺陷的不可避免性 (宋来明等, 2009), 现有定义 (Cross 等, 1998) 直接导致基准面旋回理论在油田开发中的局限 (宋来明等, 2009); 再次, 基准面旋回理论不能给应用者提供一个操作性

强的标尺 (宋来明等, 2009)。在该点上, 基准面旋回理论远远逊色于水平面变化理论。目前国内外学者在层序地层标准化方面作了大量工作, 影响较大的是卡图尼鲁等 28 位学者 09 年提出的层序地层标准化方向及作法 (卡图尼鲁等, 2009)。但笔者等认为, 其工作仅是对层序地层各学派理论分歧的一个妥协, 各层序地层学派理论上如何融合统一并未涉及; 第四, 基准面旋回理论广为发展, 尤其在中国, 甚至占到了等时地层格架建立的半壁江山, 虽然极大地促进了层序地层学的发展, 促进了油气勘探、开发; 但也为生产带来了混乱、学科发展受到限制等新问题 (宋来明等, 2009)。

针对 Cross 所倡导的基准面旋回理论 (即高分辨率层序地层学理论) 存在的问题, 多年来笔者等进行了大量革新、完善等探索、分析工作, 本文从层序地层概念体系、划分方案、层序界面体系以及构成等方面进行系统阐述。

2 基准面旋回框架体系新构想

Cross 所倡导的基准面旋回理论以基准面为基础, 将基准面变化一分为二, 认为一个完整基准面旋回包括基准面上半旋回和基准面下半旋回。但弹簧运动过程和状态的简单类比表明, 基准面上升、下降不能完全刻画基准面的动态变化过程及行为, 以之为基础的基准面旋回理论在应用中也势必会出现诸多矛盾。合理描述基准面变化应该从基准面上升、基准面下降以及基准面处于平稳期等三种状态出发, 并认识到基准面变化存在基准面下降、基准面趋于上升、基准面上升、基准面趋于下降四种过程 (范廷恩等, 2012)。为此, 提出基准面震荡次旋回概念。认为在基准面上升达到最高点附近时, 基准面将保持震荡状态, 从而形成一套近似垂

向加积、均匀发育的地层；反之，在基准面下降至最低点附近时，基准面同样会维持震荡状态，形成一套岩性相似、岩性变化相近、垂向加积、均匀发育的地层。而基准面旋回的划分方案也遭到质疑，一个完整的基准面旋回可定义为，基准面下降到基准面上升过程中形成的一套地层（宋来明等，2009）。进一步分析表明，一个完整的基准面旋回应该由四部分（每个部分为一个次旋回）构成，即由基准面下降次旋回、基准面趋于上升次旋回、基准面上升次旋回、基准面趋于下降次旋回等四个次旋回构成。其中，基准面趋于上升次旋回和基准面趋于下降次旋回合称基准面振荡次旋回。所谓基准面振荡次旋回，即基准面相对于地表趋于下降平稳震荡或趋于上升平稳震荡（即保持相对静止或小幅震荡）状态期间所沉积的地层单元；基准面下降次旋回为基准面下降过程中发育的一套地层；基准面上升次旋回为基准面上升过程中发育的一套地层。进一步认为，基准面每种运动状态转换过程，也并不是截然分开的。据此，认为原有的基准面旋回转换面（即层序界面）的概念也值得推敲。认为“基准面旋回转换段”（贾达吉等，2007）的概念似乎能更科学表征基准面旋回间的差异。而“基准面旋回转换面”不过是“基准面旋回转换段”厚度为 0 时的一种特殊状态。为此，重新诠释了“基准面旋回转换段”（贾达吉等，2007）的概念，认为基准面旋回转换段是在基准面变化过程中，基准面由接

近上升终止到开始下降这一段时间所沉积下来的地层，基准面旋回转换段的特殊位置决定了其物质表现形式。

综上，建立了基准面旋回新框架体系，见图 1。

3 意义及问题

基准面运动过程、状态的新认识推动了基准面旋回新框架体系构建的基础。其中，“基准面震荡次旋回”概念是对基准面运动本质深入反思基础上提出的，真实地刻画了基准面变化的一种重要状态，从而为合理认识基准面旋回及其构成、科学刻度并划分完整的基准面旋回提供了理论支撑；“基准面旋回转换段”则从更广义的角度去理解层序界面；而基准面旋回新定义以及划分方案为不同层序地层学派的融合提供了更进一步的可能。上述概念、方法体系在解决层序界定与开发层系划分之间的矛盾、融合统一层序地层各学派观点等方面具有重要意义，并为建立等时地层格架提供了一种新思路。需要指出的是，本次提出的基准面旋回新理论仅在两个油田（一为古近系扇三角洲、一为新近系河流相）作了探索性的应用，虽然取得了一定的实际效果，但具体是否具有普遍推广性，尚需实践检验。

参考文献 / References

略

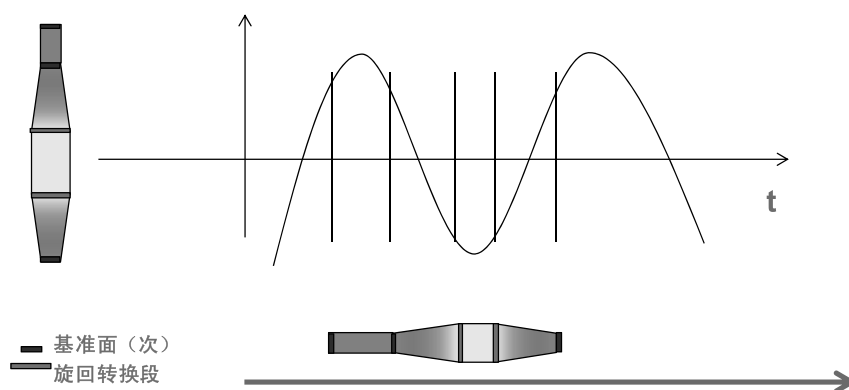


图 1 基准面旋回基本框架体系新构想