

输导层——北美又一种非常规储层类型

1994年，Magoon和Dow在确定含油气系统的要素和过程时，将源岩、储层、盖层和上覆地层视为单独的岩石单元并列为要素；将圈闭的形成，烃的生、运、储视为主要的过程。输导层是烃运移过程中不可或缺的元素之一，但在这个理论体系中并未被作为单独的岩石单元列出，因而也较少受到学者关注。

历史上油气勘探集中在与常规油气聚集相关的构造和地层圈闭，而在以往20年间随着非常规油气实现经济开发，烃源岩作为储层的油气储集能力和流动能力已为人们所认识。现如今水平井分段压裂技术的应用范围已从页岩区带拓展到了常规油气聚集周边的低渗透率储层。这也就意味着介于常规储层和源岩储层之间作为运移通道的输导层也可以作为勘探对象。输导层型油气藏（carrier-bed play）存在的可能性于2019年由Hough和Breyer在加拿大举行的“非常规资源地质学新方向”大会上首次提出并获得重视。

输导层的概念最早是由Rich（1931）提出的，描述的是石油从源岩向储层运移的路径。输导层大多不具备常规储层的储集特性。常规油气藏的边界也经常是根据储层与输导层之间因岩相不同而导致的孔隙度和渗透率变化来确定。一些输导层的低渗性并不妨碍其作为油气运移路径的角色，因为从地质时间尺度上看，渗透率和粘度并不是限制油气运移的因素。

实际上，虽然以往人们并没有认识到输导层是一种特殊的储层，但北美西部内陆海道沉积的整个白垩系内输导层的油气开采早已开始。与美国新墨西哥州圣胡安盆地Bisti油田相连的海相Mancos页岩成藏层带就是常规油藏的输导层。丹佛盆地中上白垩统Carlile组页岩中的Codell砂岩段和保德河盆地中Carlile组页岩中的Turner砂质地层段都属于输导层型油气藏。加拿大艾伯塔省Pembina油田周围被称作Halo油藏的非常规轻质油藏，其储层也是由发育生物扰动构造、泥质含量比较高的海相地层组成的输导层。

Bisti油田发现于1955年，其产层是圣胡安盆地的Tocito砂岩（白垩系）。它是沿白垩纪西部内陆海道发育的孤立浅海相砂体中的一套储层。几十年来，很多学者尝试根据露头 and 地下数据对其进行解释，但一直未能达成一致认识。

Hough和Breyer（2019）将Bisti油田白垩系El Vado组砂岩顶面到Mancos组页岩Juana Lopez段顶面之间地层细分为14个层段（其中有5个层段为Tocito砂岩），绘制了高分辨率等厚图，利用1000多口井的测井资料开展了小层对比，并绘制了Tocito砂岩的岩相组合图。这些图件清晰界定了储层和输导层，并显示常规储层下倾方向发育大面积的输导层型油气藏。进一步的分析表明，Mancos页岩是Bisti油田的烃源岩，在古近纪进入生油窗至今，生烃灶位于圣胡安盆地东北角，也是Bisti油田的下倾和向盆方向。生油灶生成的油沿上倾方向向南和西运移至Bisti油田，在抵达Bisti油田常规储层之前需途经泥质含量更高且发育生物扰动构造的海相地层，其孔隙度平均为10%左右，渗透率只有几毫达西，构成了Mancos页岩成藏层带的产层。

近一年来，以输导层为储层的非常规油藏开发在北美取得了较大进展。Sonnenberg（2021）在对北美的丹佛（Denver）和粉河（Powder）盆地的输导层型储层进行研究后总结其特征为：品质较差、厚度薄、成岩机制不利、非均质性强，可以是碎屑岩或碳酸盐岩或混积岩。这类储层往往大面积含油气且平面延伸广泛，与常规油气藏伴生出现。其岩石物性往往达不到常规储层的指标，又因粘土矿物含量高，常表现出低电阻率特征。

与其他非常规储层一样，水力压裂和水平钻井技术的结合使输导层油气藏的经济开发成为可能，而对其特征的研究或许能为其他地区同类储层的勘探带来启迪。