



效率提升遭遇瓶颈，页岩油产量增速下台阶

走势评级：

原油：震荡

报告日期：

2019 年 12 月 19 日

★页岩油单位英尺生产力在放缓，受制于完井强度日渐见顶

近年来单位英尺生产力的变化与完井强度高度相关，但 2018 年以来除了目前生产最活跃 Midland 盆地完井强度和单位英尺生产力比翼齐飞，其他一些产区的单位英尺生产力表现出增长瓶颈的迹象。完井强度增长逐渐停滞主要出于页岩油生产商对完井活动经济性的考量，单位英尺生产力正在穷尽现有技术条件下的潜力。

★页岩油水平井长度缓增

近年来水平井长度的提升是新井初始产量增长的驱动力之一，部分弥补了单位英尺生产力疲软的消极影响，维持新井 30 天初始产量的正增长。页岩油生产商从微观层面的生产经营数据佐证水平井长度对单井生产力的贡献。尽管目前水平井长度还在增长，但长度延伸未来会存在最优水平井长度和油气资源地块的地理界线两方面的限制。

★页岩油钻井完井数和资本开支目前呈紧缩趋势

钻井完井数是预测未来页岩油产量增速变化的重要前置指标，领先约 2-3 个季度。钻井完井数的变动深受油价环境的影响，页岩油的钻井活动与页岩油生产商的资本开支基本同步变动，资本开支随净利润水平变化。页岩油独立生产商遵守资本开支纪律，主导了行业资本开支紧缩的大趋势。

★美国页岩油增产主要驱动力从生产效率转向资本开支，挥别往日双轮驱动的高增速时代

页岩油产量增长有单井生产力和钻井完井数两个维度的驱动力，我们认为在现有技术条件下，生产效率提升趋缓，单井生产力逐渐见顶，页岩油增产主要驱动力从生产效率转向资本开支。

★投资建议

我们预计 2020 年底美国页岩油产量将升至 980 万桶/天，产量平均增速将从今年的 120 万桶/天降至 80 万桶/天以下。明年美国页岩油产量增速放缓将有助于缓解当前世界原油供给过剩的担忧，在供给端对油价的压制减弱。

★风险提示

页岩油压裂技术短期内重大突破，新发现大量页岩油气资源

金晓

首席分析师(能源化工)

从业资格号：F3005393

投资咨询号：Z00112069

Tel: 8621-63325888-2483

Email: xiao.jin@orientfutures.com

联系人：

赵琳菲

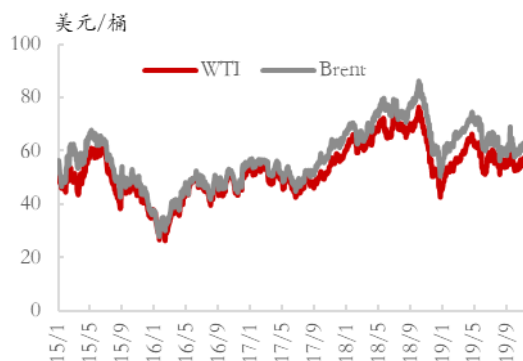
分析师(原油/LPG/LNG)

从业资格号：F3062856

Tel: 8621-63325888-2147

Email: linfei.zhao@orientfutures.com

主力合约行情走势图（原油）



目录

| | |
|---|----|
| 1、美国页岩油产量迅速崛起，页岩油增长潜力备受关注..... | 6 |
| 2、页岩油单位英尺生产力在放缓，受制于完井强度日渐见顶..... | 8 |
| 2.1、单位英尺生产力增长与完井强度正相关..... | 8 |
| 2.2、完井强度增长出现瓶颈，出于现有技术条件下完井活动的经济性考量..... | 11 |
| 3、水平井长度缓增，维系单井生产力正增长..... | 16 |
| 3.1、水平井长度维持缓慢的增长势头..... | 16 |
| 3.2、页岩油生产商从微观层面佐证水平井长度对单井生产力的贡献..... | 21 |
| 4、页岩油钻井完井数和资本开支随油价高低波动，目前整体呈紧缩趋势..... | 27 |
| 4.1、页岩油生产商的钻井活动和资本开支深受油价环境影响..... | 27 |
| 4.2、独立生产商严守资本开支纪律，跨国石油公司狂飙突进却难以扭转行业紧缩趋势..... | 29 |
| 5、美国页岩油增产主要驱动力从生产效率转向资本开支，挥别往日双轮驱动的高增速时代..... | 32 |
| 6、投资建议..... | 34 |
| 7、风险提示..... | 34 |
| 8、参考文献..... | 34 |

图表目录

| | |
|--|----|
| 图表 1: 美国 48 州页岩油产量与占比..... | 6 |
| 图表 2: 美国原油产量在世界占比..... | 6 |
| 图表 3: 美国页岩油产量同比增量..... | 7 |
| 图表 4: 美国水平井新井单月新增产量 (12 个月滚动) | 7 |
| 图表 5: 美国页岩油产量增速与活跃钻机数..... | 7 |
| 图表 6: 美国页岩油产量与活跃钻机数增速..... | 7 |
| 图表 7: 美国页岩油产量分主要产区 | 8 |
| 图表 8: IHS 统计单位英尺 6 个月累计产量 | 9 |
| 图表 9: IHS 统计单位英尺 6 个月累计产量同比增速..... | 9 |
| 图表 10: Rystad Energy 统计单位英尺 6 个月累计产量..... | 9 |
| 图表 11: Rystad Energy 统计单位英尺 6 个月累计产量同比增速..... | 9 |
| 图表 12: Enverus 统计单位英尺 6 个月累计产量..... | 10 |
| 图表 13: Enverus 统计单位英尺 6 个月累计产量同比增速 | 10 |
| 图表 14: Delaware 盆地单位英尺 6 个月累计产量与完井强度 | 11 |
| 图表 15: Midland 盆地单位英尺 6 个月累计产量与完井强度..... | 11 |
| 图表 16: Eagle Ford 单位英尺 6 个月累计产量与完井强度..... | 11 |
| 图表 17: Bakken 单位英尺 6 个月累计产量与完井强度..... | 11 |
| 图表 18: Midland 盆地单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性 | 12 |
| 图表 19: Midland 盆地单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度 | 12 |
| 图表 20: Delaware 盆地单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性..... | 12 |
| 图表 21: Delaware 盆地单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度..... | 12 |
| 图表 22: Bakken 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性..... | 13 |
| 图表 23: Bakken 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度..... | 13 |
| 图表 24: Eagle Ford 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性 | 13 |
| 图表 25: Eagle Ford 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度 | 13 |
| 图表 26: Niobrara 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性 | 14 |
| 图表 27: Niobrara 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度 | 14 |
| 图表 28: Anadarko 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性 | 14 |
| 图表 29: Anadarko 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度 | 14 |
| 图表 30: Bakken 产区不同完井强度影响 | 15 |
| 图表 31: Delaware Wolfcamp 支撑剂强度与最佳净现值关系预测 | 16 |
| 图表 32: IHS 统计美国页岩油主要产区水平井长度..... | 16 |
| 图表 33: Rystad Energy 统计美国页岩油主要产区水平井长度 | 17 |
| 图表 34: Rystad Energy 统计美国页岩油主要产区水平井长度同比增速..... | 17 |

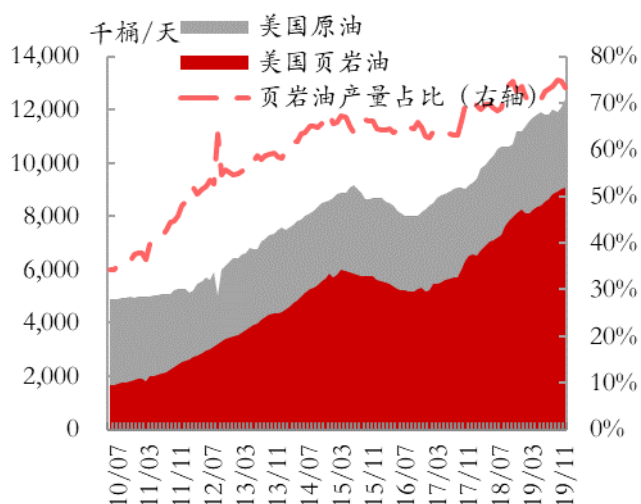
| | |
|---|----|
| 图表 35: Enverus 统计美国页岩油主要产区水平井长度..... | 17 |
| 图表 36: Enverus 统计美国页岩油主要产区水平井长度同比增速..... | 17 |
| 图表 37: Midland 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量..... | 18 |
| 图表 38: Delaware 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量..... | 18 |
| 图表 39: Midland 盆地当月新井数量与水平井长度..... | 18 |
| 图表 40: Delaware 盆地当月新井数量与水平井长度..... | 18 |
| 图表 41: Eagle Fold 水平井长度与单井滚动 30 天初始产量..... | 19 |
| 图表 42: Bakken 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量..... | 19 |
| 图表 43: Anadarko 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量..... | 19 |
| 图表 44: Niobrara 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量..... | 19 |
| 图表 45: 2018 年 Delaware 盆地累计产量与水平井长度..... | 20 |
| 图表 46: 2018 年 Midland 盆地累计产量与水平井长度..... | 20 |
| 图表 47: 页岩油钻井区块示意图..... | 20 |
| 图表 48: 分散和集中的钻井区块示意图..... | 20 |
| 图表 49: EOG Delaware 盆地 Wolfcamp 岩层水平井长度与 30 天初始产量..... | 21 |
| 图表 50: EOG Delaware 盆地 Bone Spring 和 Leonard 岩层水平井长度与 30 天初始产量..... | 21 |
| 图表 51: EOG Eagle Ford 地区水平井长度与 30 天初始产量..... | 22 |
| 图表 52: EOG Niobrara 地区水平井长度与 30 天初始产量..... | 22 |
| 图表 53: CXO Permian 地区 Midland 盆地单井 30 天产量峰值与水平井长度..... | 22 |
| 图表 54: 2017 年 CXO Permian 地区 Delaware 盆地 30 天产量峰值与水平井长度*..... | 22 |
| 图表 55: CLR Bakken 地区第一年单井累计产量均值..... | 23 |
| 图表 56: WLL Bakken 地区历年单位英尺累计产量..... | 23 |
| 图表 57: 美国页岩油独立生产商概况..... | 24 |
| 图表 58: 页岩油产量同比增量、钻井数量增量、完井数量同比增速..... | 27 |
| 图表 59: 钻井数量与完井数量..... | 28 |
| 图表 60: 库存井数量/完井数量..... | 28 |
| 图表 61: 页岩油生产商资本开支与钻井活动..... | 28 |
| 图表 62: 页岩油独立生产商利润与资本开支..... | 28 |
| 图表 63: 页岩油独立生产商资本开支与现金流比例..... | 29 |
| 图表 64: Rystad Energy 所覆盖 33 家页岩油独立生产商债务到期情况..... | 29 |
| 图表 65: 美国页岩油独立生产商概况..... | 30 |
| 图表 66: 美国页岩油产量分生产商类型..... | 31 |
| 图表 67: 跨国石油公司和独立生产商活跃钻机数量..... | 31 |
| 图表 68: 国际石油公司页岩油开采计划..... | 32 |
| 图表 69: 美国页岩油增产驱动力示意图..... | 33 |
| 图表 70: 2020 年美国页岩油产量预测..... | 34 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 图表 71：2020 年美国页岩油产量增速预测 | 34 |
|-------------------------------|----|

1、美国页岩油产量迅速崛起，页岩油增长潜力备受关注

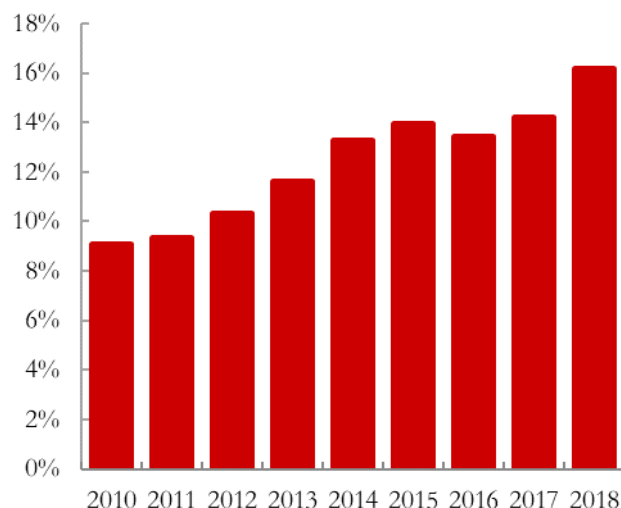
美国页岩油目前已经成为全球原油市场供给的重要增量。随着 2010 年之后美国“页岩油革命”成功，页岩油的大规模开采带领美国原油产量一路飙升。48 州页岩油产量从 2010 年不足 200 万桶/天增加至 2019 年 6 月超过 850 万桶/天，页岩油产量占美国原油的比重也从 2010 年的 34% 提升至 71%。页岩油所带来的增量使得美国原油产量在全球原油供给中的占比大幅提升，从 2010 年的不足 10% 提升至 2018 年的 16%，扮演了世界原油供给生产调节者的角色。

图表 1：美国 48 州页岩油产量与占比



资料来源：EIA，东证衍生品研究院

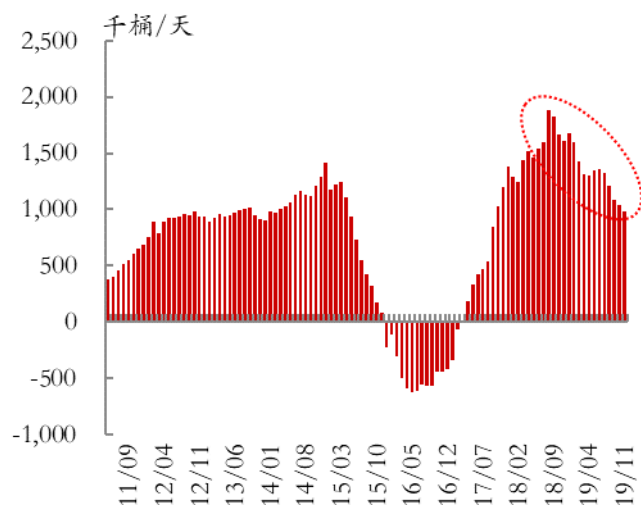
图表 2：美国原油产量在世界占比



资料来源：BP Statistical Review of World Energy

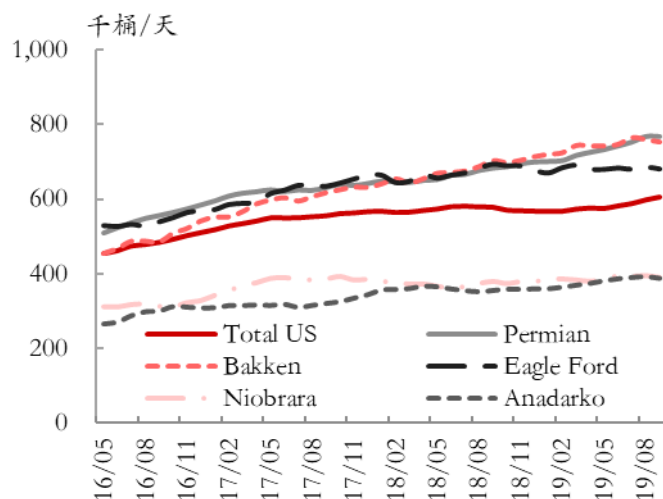
正因为美国页岩油已经成为全球原油供给中的边际变量，市场对其未来的增长潜力非常关注。2018 年以来页岩油产量增长显著放缓，单月同比增量从峰值时的 180 万桶/天下滑至不足 100 万桶/天。从 Rystad Energy 统计的水平井新井单月新增产量数据来看，除了 Permian 地区保持向上的增长势头，其他地区曲线趋于放缓。此前 2014 年年中-2016 年年初油价快速下挫从 100 美元/桶的高位跌至不到 30 美元/桶时，页岩油活跃钻机数量曾出现下滑，页岩油产量随之放缓。然而页岩油产量下降的速度明显小于活跃钻机数量下滑的速度，从中可以看到过去美国页岩油的生命力极具韧性。在当前这个时点，市场再次开始探讨这一次的增速放缓是页岩油产量大趋势的拐点还是暂时的下滑。

图表 3: 美国页岩油产量同比增量



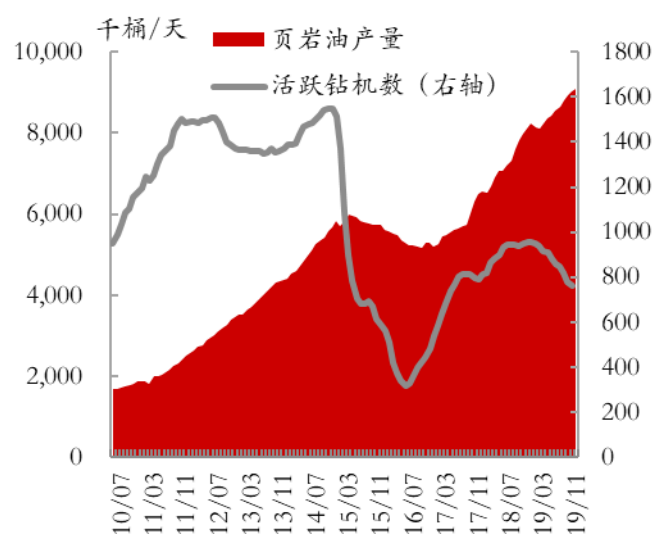
资料来源: EIA, 东证衍生品研究院

图表 4: 美国水平井新井单月新增产量 (12 个月滚动)



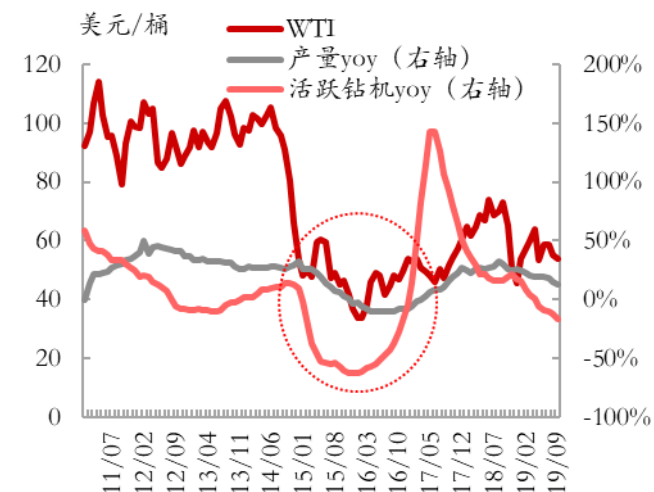
资料来源: Rystad Energy, 东证衍生品研究院

图表 5: 美国页岩油产量增速与活跃钻机数



资料来源: EIA

图表 6: 美国页岩油产量与活跃钻机数增速

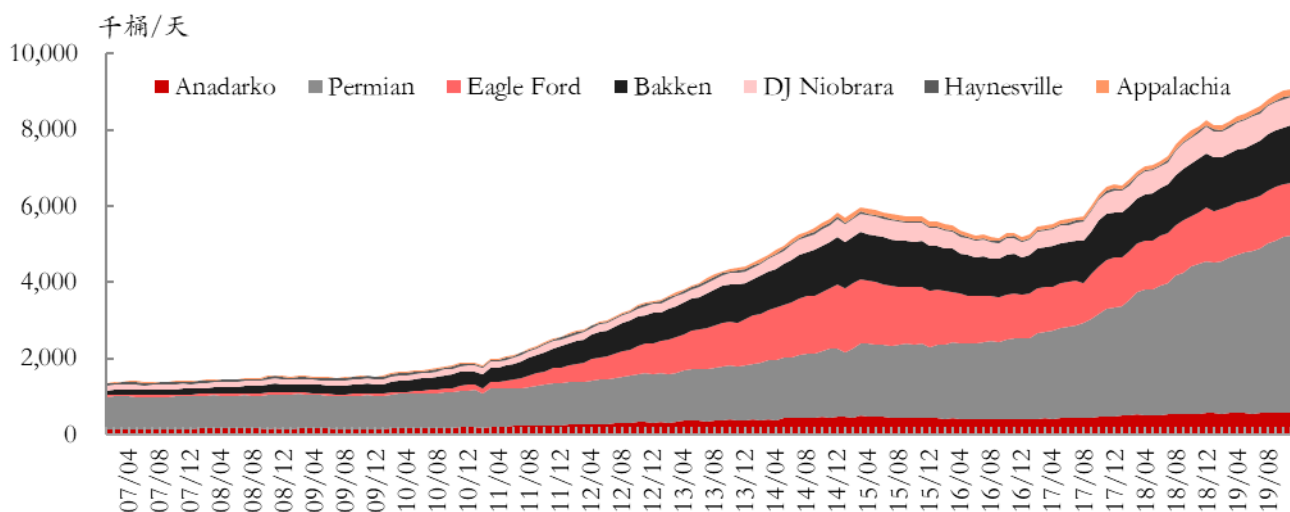


资料来源: Bloomberg, EIA, 东证衍生品研究院

这篇报告聚焦美国页岩油增产潜力这一核心问题,以驱动页岩油产量增长的两大维度——单井生产力和钻井完井数为分析重点,结合页岩油主要产区层面的宏观统计数据 and 页岩油生产商层面的微观生产经营活动变化,力图剖析美国页岩油产量未来的增长情况。由于页岩油开发周期快衰减速度快的特性,页岩油产量的增长依赖不断钻探新井,以及期待新井增产来部分抵消老井衰减的影响,因此页岩油单井生产力和钻井完井数变化都特别值得关注。单井生产力可以进一步拆解为单位英尺初始产量 (initial production,

IP) 或累计产量(cumulative production)和水平井长度两个维度。单位英尺初始产量是衡量新井单井生产力的常见指标,既可以通过相同测量时段(如 180 天、90 天、30 天、24 小时等)内的初始产量变化来表示,也可以在生产时间累积的情况下通过衰减曲线(decline curve)来表示。单位英尺累计产量的理解以此类推。水平井长度也是影响单井生产力的另一个重要指标,在单位英尺产量稳定的情况下,水平井长度增长同样可以带动页岩油单井产量的提升。如果说页岩油新井单井生产力代表了页岩油的内生增长潜力的话,那么能钻探和压裂多少个页岩油新井让其投产则就是外延增长潜力,在单井产量稳定的情况下有更多的井投产同样能带动页岩油产量增长,因此理解页岩油的钻井完井数变化对于判断页岩油未来增产潜力同样非常重要。由于 Permian、Eagle Ford、Bakken 和 DJ Niobrara 是美国页岩油的四个主要产区产量合计占 80%以上,因此我们在分析过程中会主要关注这四个产区的变化趋势。

图表 7: 美国页岩油产量分主要产区



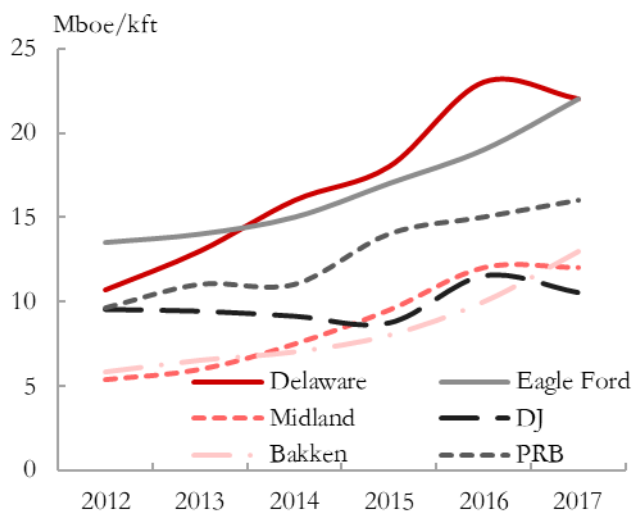
资料来源: EIA

2、页岩油单位英尺生产力在放缓,受制于完井强度日渐见顶

2.1、单位英尺生产力增长与完井强度正相关

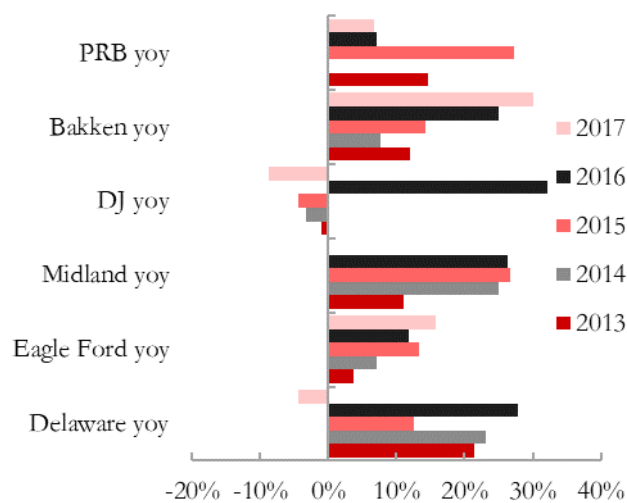
美国页岩油的单位英尺初始产量或累计产量在过去快速提升,但现在出现增速放缓的趋势。尽管各个产区之间初始产量差异与所在产区油气资源禀赋不同有关,但 Rystad Energy、Enverus 和 IHS 等主流市场调研机构的数据都显示,美国页岩油单位英尺生产力在过去几年在增长,而 2018 年以来曲线开始变得平缓,甚至部分地区出现负增长。

图表 8: IHS 统计单位英尺 6 个月累计产量



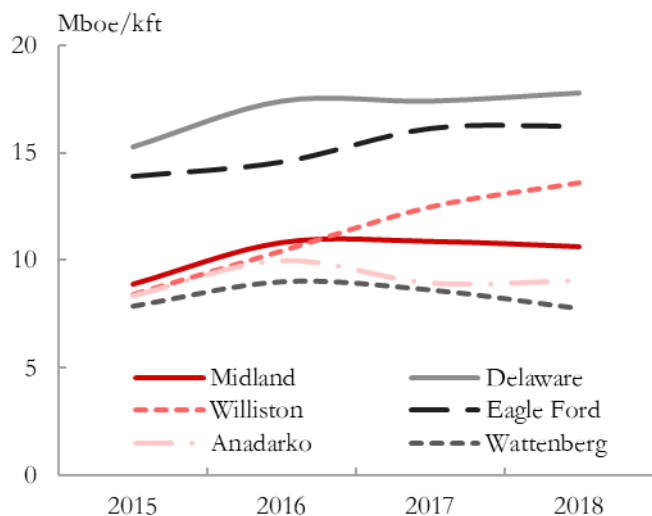
资料来源: IHS

图表 9: IHS 统计单位英尺 6 个月累计产量同比增速



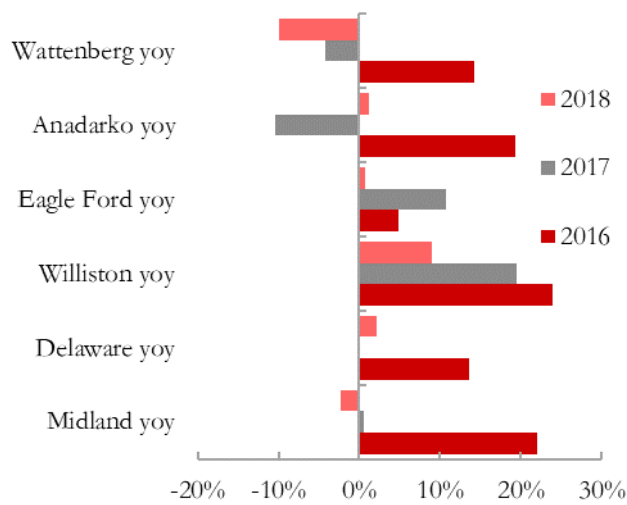
资料来源: IHS, 东证衍生品研究院

图表 10: Rystad Energy 统计单位英尺 6 个月累计产量



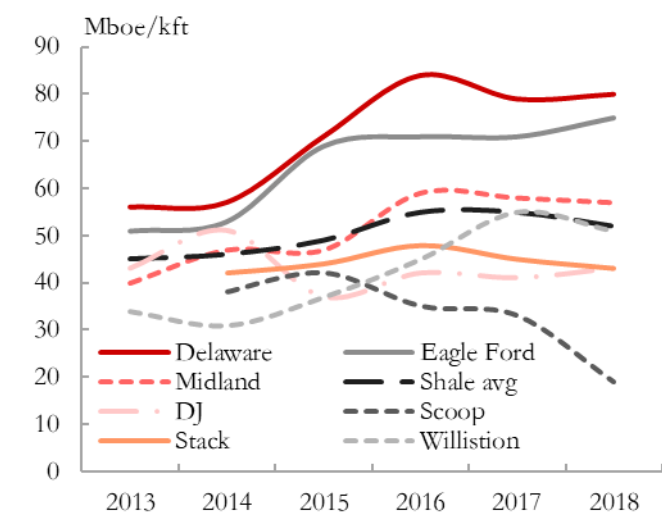
资料来源: Rystad Energy

图表 11: Rystad Energy 统计单位英尺 6 个月累计产量同比增速



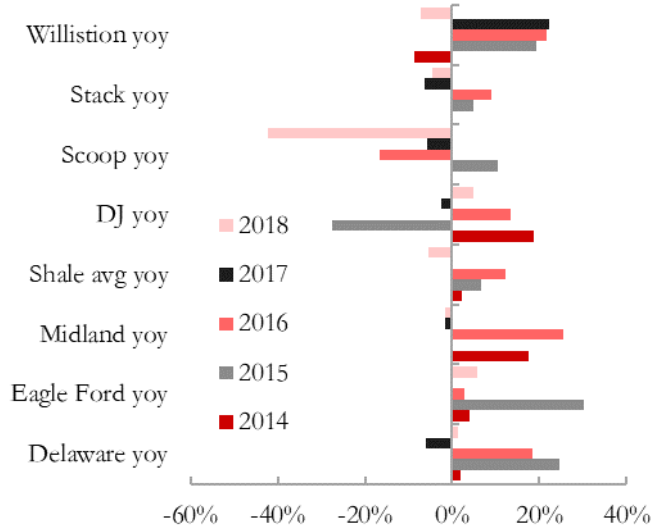
资料来源: Rystad Energy, 东证衍生品研究院

图表 12: Enverus 统计单位英尺 6 个月累计产量



资料来源: Enverus

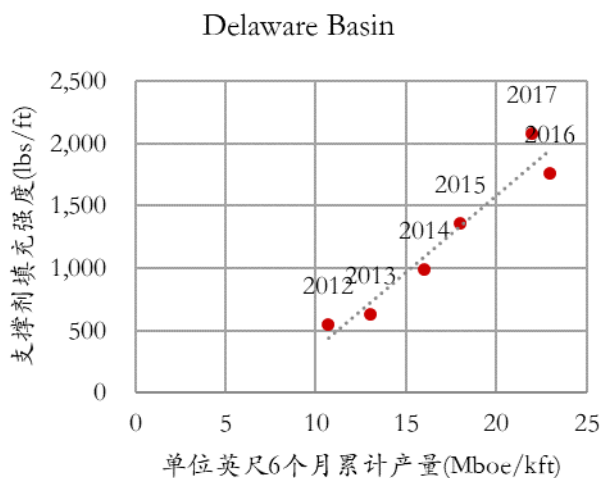
图表 13: Enverus 统计单位英尺 6 个月累计产量同比增速



资料来源: Enverus, 东证衍生品研究院

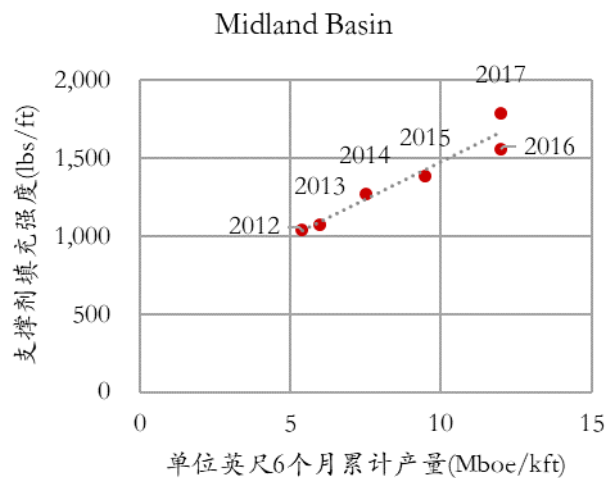
对历史数据的回溯发现近年来单位英尺生产力（单位英尺初始产量或累计产量）的变化与完井强度高度相关。随着页岩油开采技术的进步，钻井商采用多裂缝设计增大裂缝与储层的接触面积，提高单井产能；与此同时通过加密射孔，缩短压裂间距，在同等长度水平段，可以布置更多的压裂段数（叶海超，光新军，王敏生，2017）。相应的，单位英尺所消耗的支撑剂用量不断增长，完井强度也随之提升。据统计，在 2000 年至 2018 年期间，北美工业的压裂马力增长了约 10 倍，但北美的年压裂阶段数增长了 20 倍，而支撑剂输送量则增长了 40 倍（Weijers, L., et al., 2019）。在 Delaware、Midland、Bakken、Eagle Ford 这几个美国页岩油主要产区，单位英尺初始产量或累计产量与完井强度之间有明显的线性关系。

图表 14: Delaware 盆地单位英尺 6 个月累计产量与完井强度



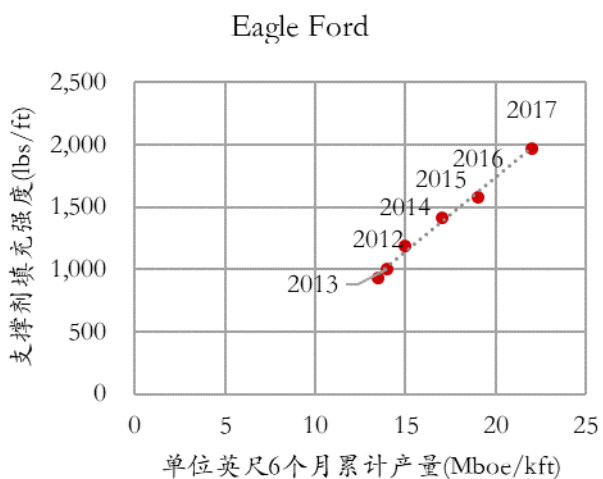
资料来源: IHS

图表 15: Midland 盆地单位英尺 6 个月累计产量与完井强度



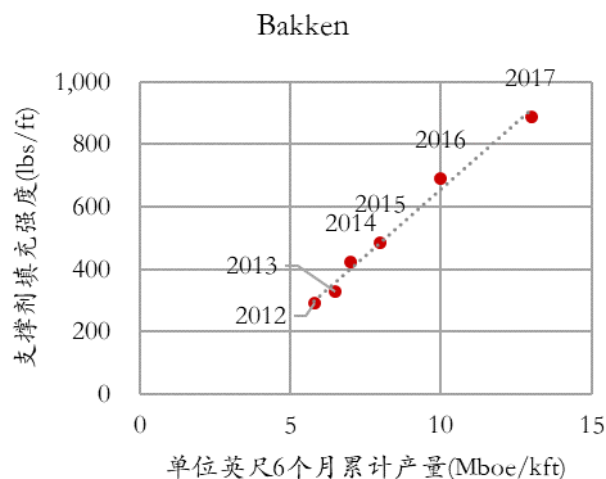
资料来源: IHS

图表 16: Eagle Ford 单位英尺 6 个月累计产量与完井强度



资料来源: IHS

图表 17: Bakken 单位英尺 6 个月累计产量与完井强度



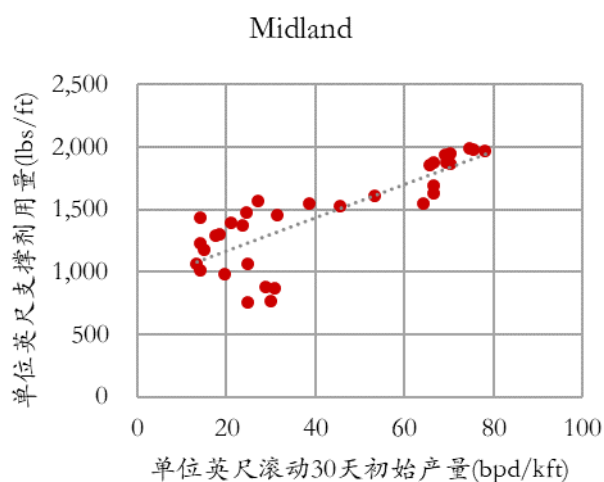
资料来源: IHS

2.2、完井强度增长出现瓶颈，出于现有技术条件下完井活动的经济性考量

2018 年以来很多产区的单位英尺生产力表现出增长瓶颈的迹象，完井强度增长出现停滞。除了目前生产最活跃 Midland 盆地完井强度和单位英尺生产力比翼齐飞，其他页岩油主要产区出现了支撑剂用量和单位英尺初始产量之间的背离。在 Eagle Ford 地区，单

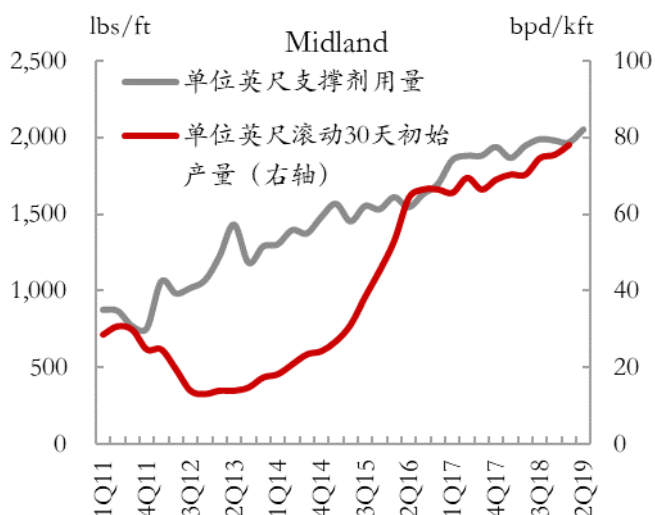
位英尺消耗的支撑剂用量仍在增长，而从 2017 年年中开始单位英尺 30 天初始产量趋于平缓。在 Delaware、Bakken 等地区，支撑剂用量增长趋缓，单位英尺 30 天初始产量从 2018 年纷纷放缓甚至掉头向下。

图表 18: Midland 盆地单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性



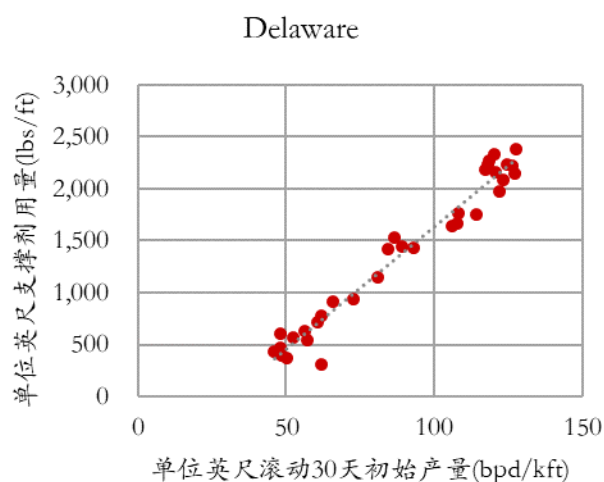
资料来源: Rystad Energy, 东证衍生品研究院

图表 19: Midland 盆地单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度



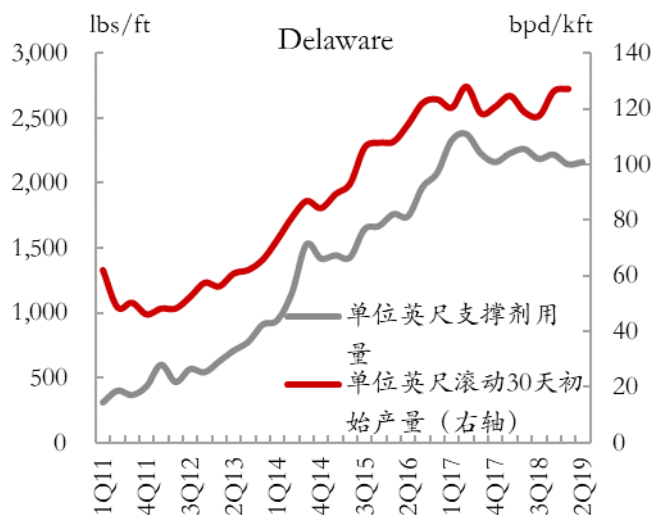
资料来源: Rystad Energy

图表 20: Delaware 盆地单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性



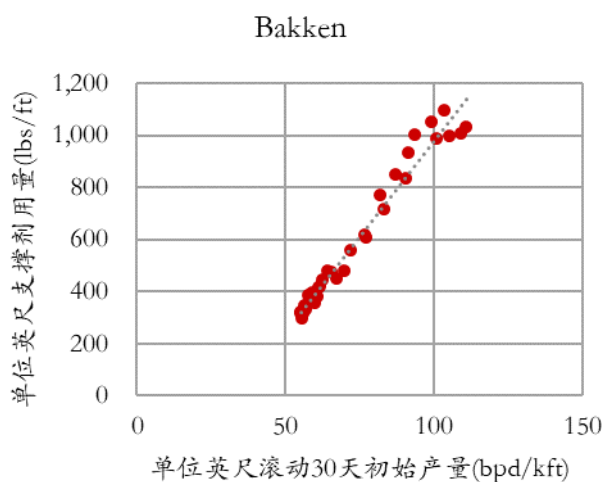
资料来源: Rystad Energy, 东证衍生品研究院

图表 21: Delaware 盆地单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度



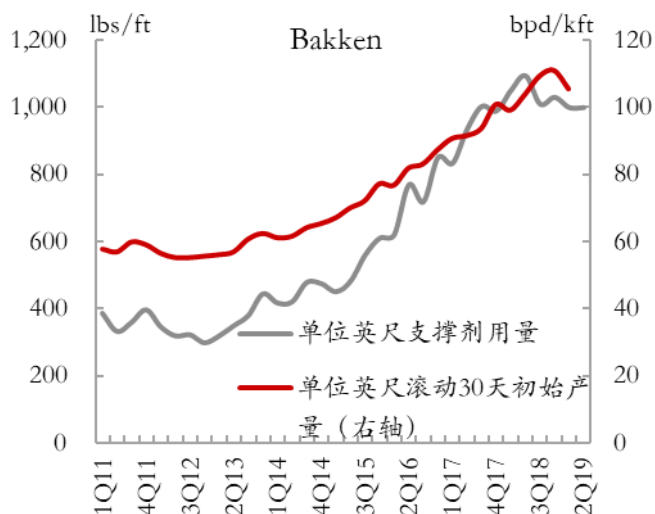
资料来源: Rystad Energy

图表 22: Bakken 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性



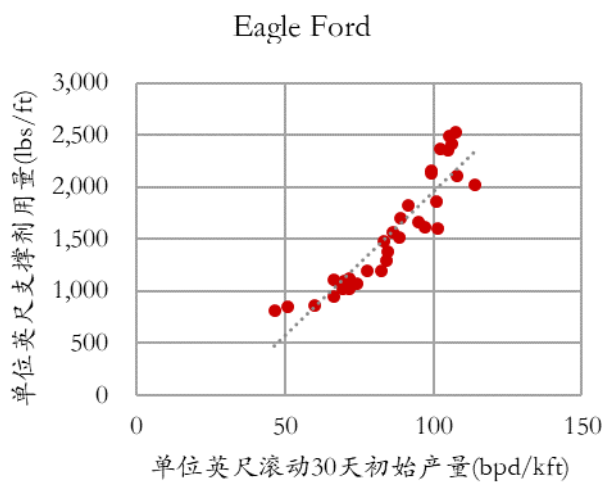
资料来源: Rystad Energy, 东证衍生品研究院

图表 23: Bakken 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度



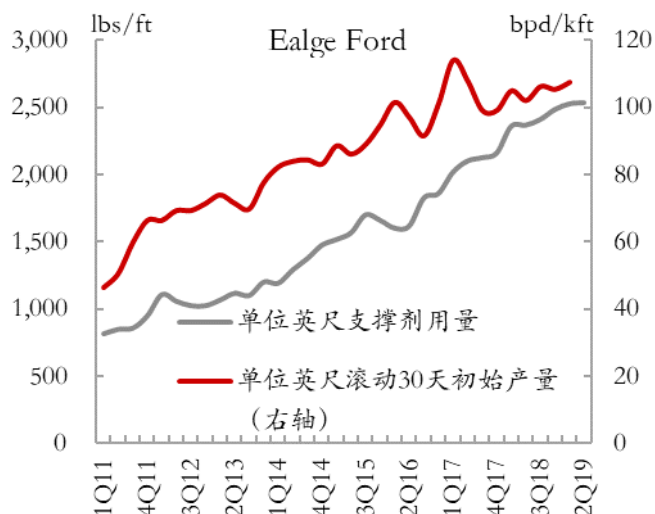
资料来源: Rystad Energy

图表 24: Eagle Ford 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性



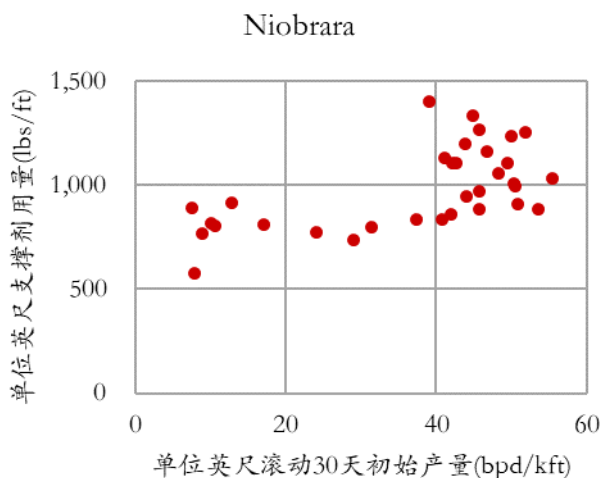
资料来源: Rystad Energy, 东证衍生品研究院

图表 25: Eagle Ford 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度



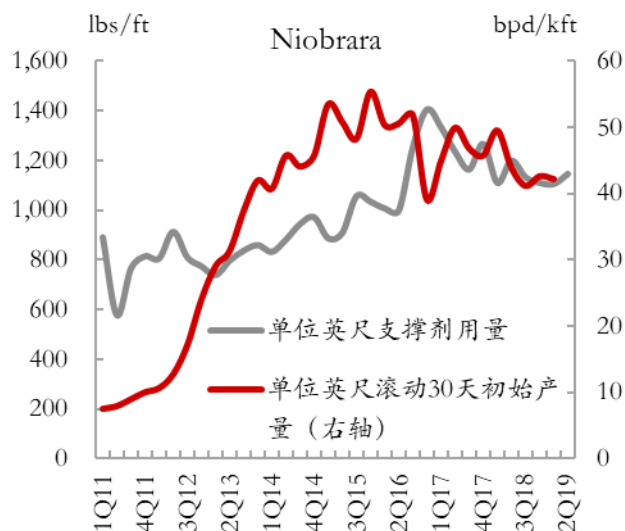
资料来源: Rystad Energy

图表 26: Niobrara 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性



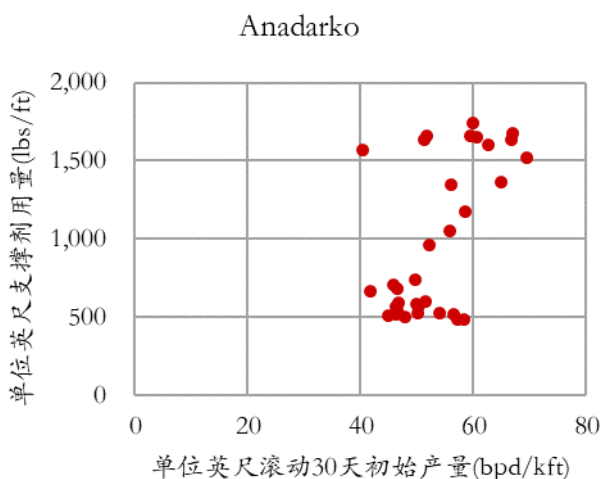
资料来源: Rystad Energy

图表 27: Niobrara 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度



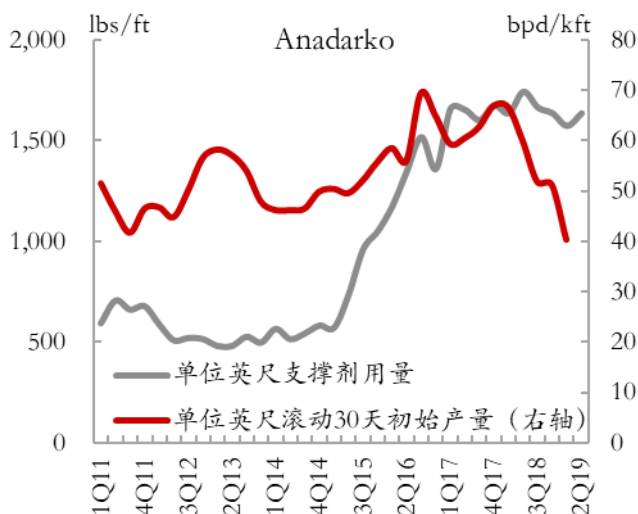
资料来源: Rystad Energy

图表 28: Anadarko 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量相关性



资料来源: Rystad Energy

图表 29: Anadarko 单位英尺滚动 30 天初始产量与支撑剂用量分季度

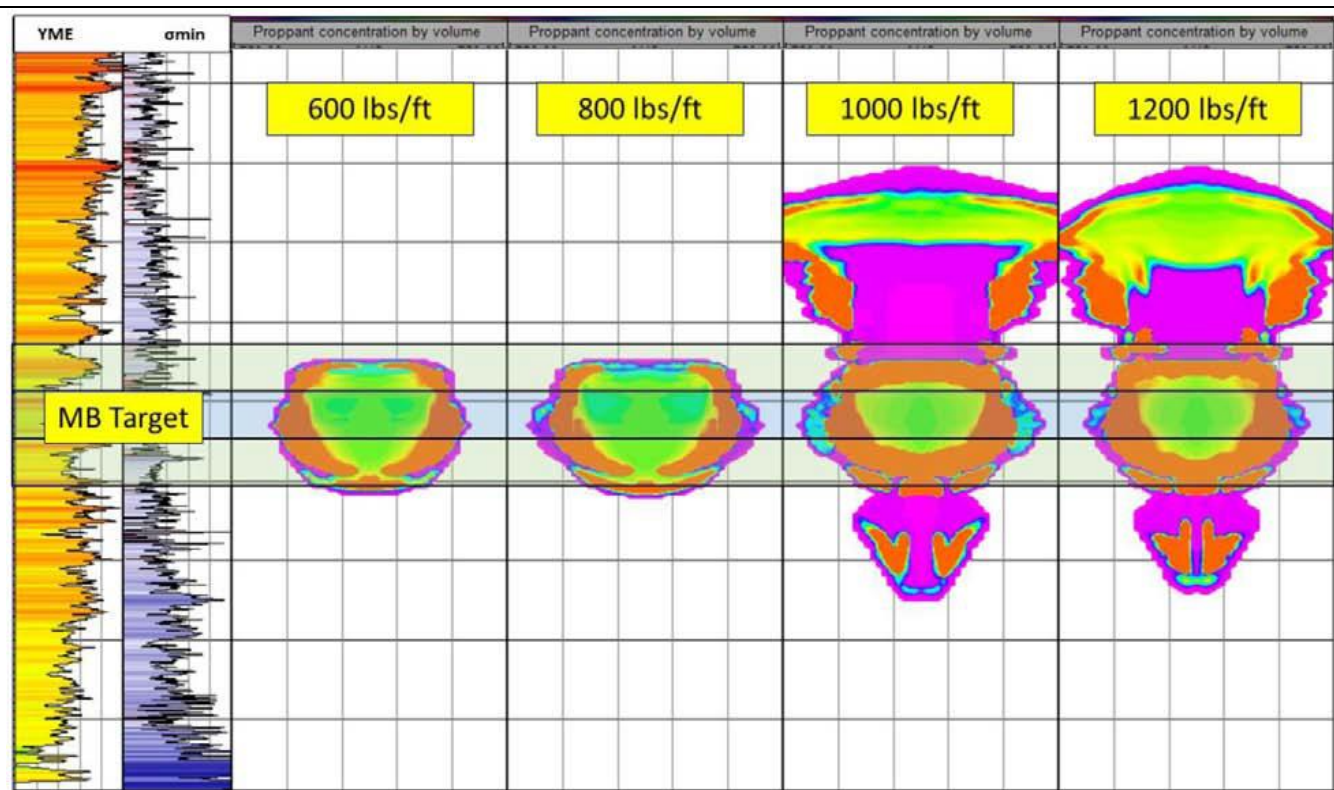


资料来源: Rystad Energy

我们认为完井强度增长逐渐停滞主要出于页岩油生产商对完井活动经济性的考量,单位英尺生产力正在穷尽现有技术条件下的潜力。完井强度的提升在过去的确推动了单位英尺产量增长,但增长效果并不是无限的。开采过程中所需的支撑剂用量因所在岩层的地质特性(储层厚度、有效碳含量)而异。随着支撑剂使用强度的增长,在岩层中压裂出

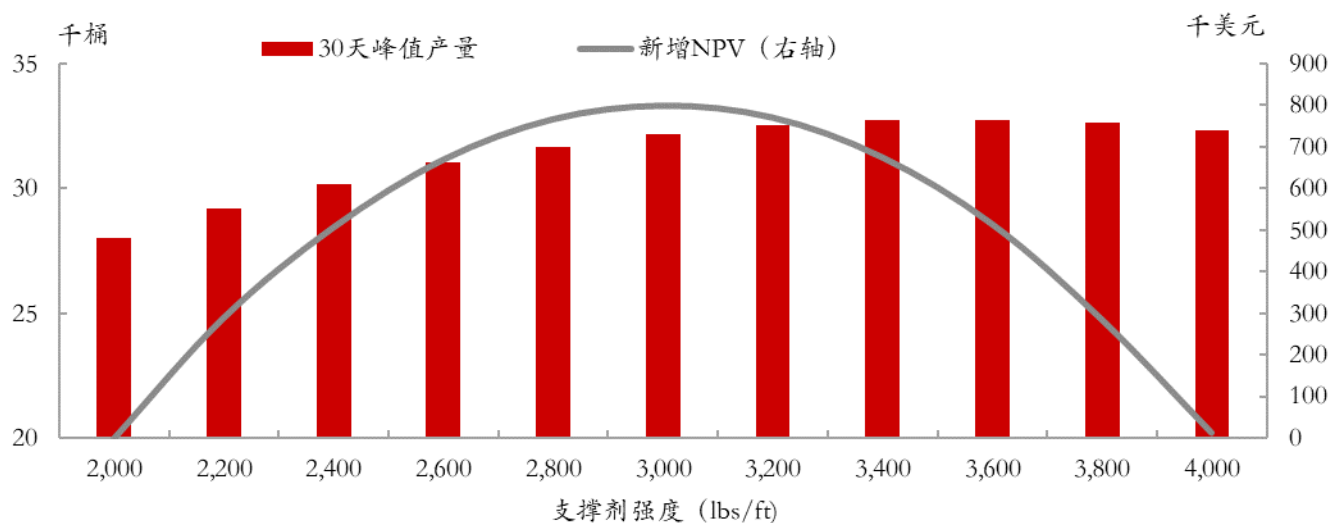
来的裂缝长度相应增长,但增长到一定程度超过有效烃源岩的厚度时,更长的裂缝长度并不会对产量带来有效的增量贡献。以 Bakken 地区为例,有研究者对不同支撑剂荷栽量进行敏感性分析。在下图中可以清楚地看到,将单位英尺的支撑剂用量增加到 1,000lb/ft 以上时无法增加有效生产半径 (productive half-length),反而因为裂缝的高度变大,支撑剂流失到没有伴生烃的地层中,因此 1,000lb/ft 以上的完井强度没有带来额外的好处 (Srinivasan, K., et al., 2018)。相应的在生产实践中,对于页岩油生产商来说,支撑剂用量强度存在一个最佳净现值 (NPV) 的点,一旦超过这个临界点将额外的支撑剂泵入井中就变得不经济,在边际上 NPV 拐头向下。以 Delaware Wolfcamp 为例,有机构经过测算认为支撑剂用量在 3,000lb/ft 时开发活动的 NPV 在边际上就达到最大值,继续增加完井强度 NPV 的增量就越来越小了 (McKinsey & Company, 2019)。结合以上分析,我们认为完井强度增速放缓甚至停滞的现象暗示着部分页岩油产区的单位英尺生产力在现有技术条件下正在逐渐接近天花板了。

图表 30: Bakken 产区不同完井强度影响



资料来源：SPE-191800-MS

图表 31: Delaware Wolfcamp 支撑剂强度与最佳净现值关系预测



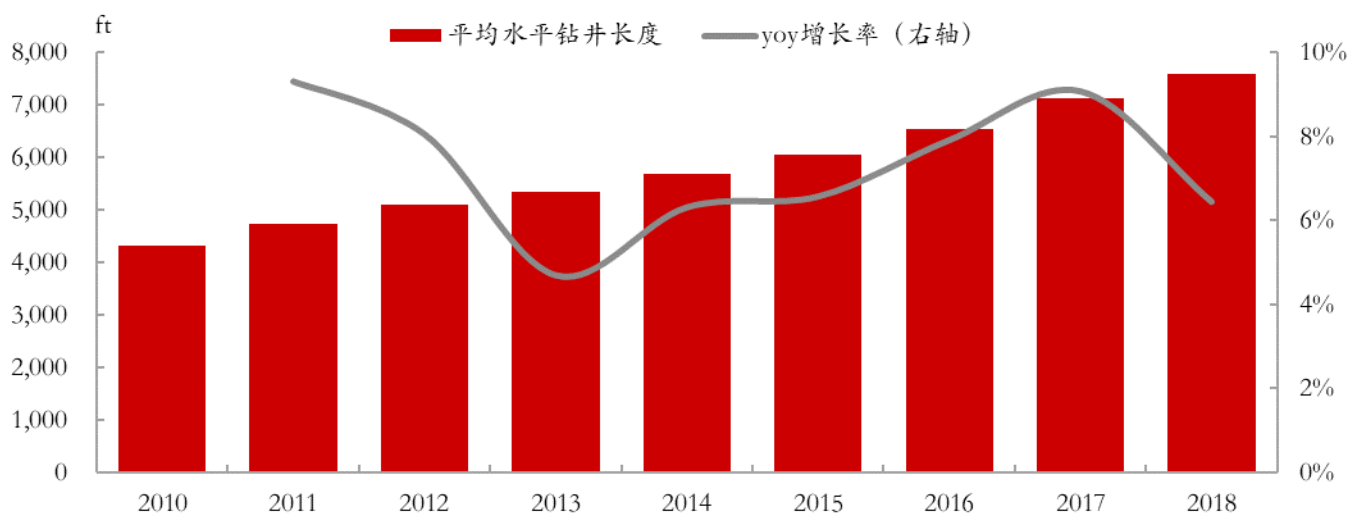
资料来源: McKinsey & Company

3、水平井长度缓增，维系单井生产力正增长

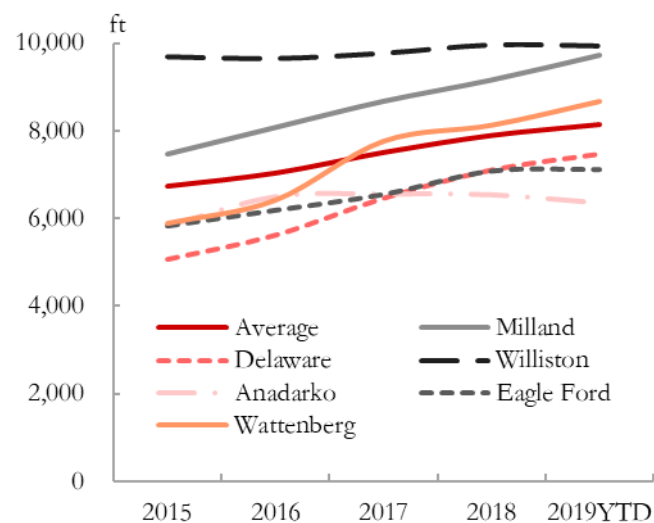
3.1、水平井长度维持缓慢的增长势头

水平井长度过去几年来保持了稳定增长。Rystad Energy、Enverus 和 IHS 等主流市场调研机构的数据都显示，美国页岩油主要产地水平井长度还在增长。生产最为活跃的 Permian 地区同样是水平井长度增速最稳定的地区，其他页岩油主要产地绝大多数仍是缓慢向上的势头，出现负增长的情况目前很少。

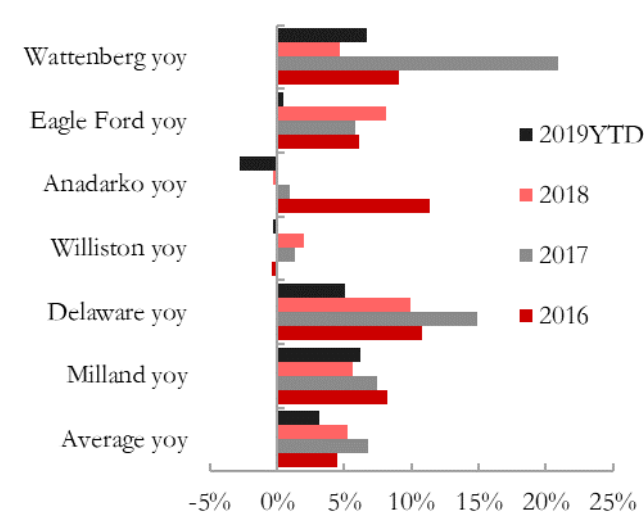
图表 32: IHS 统计美国页岩油主要产区水平井长度



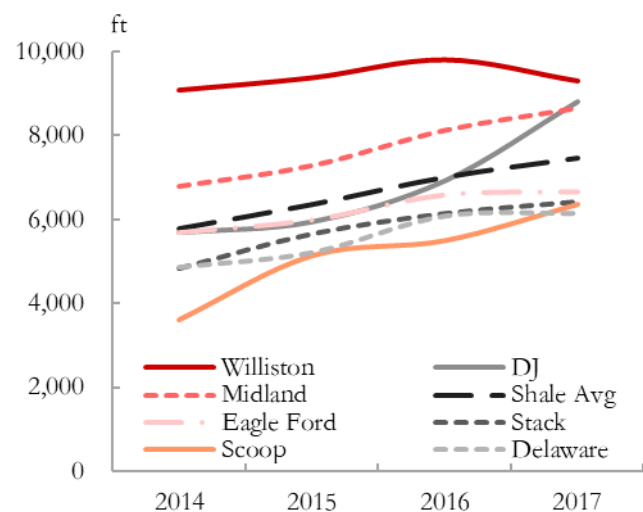
资料来源: IHS, 东证衍生品研究院

图表 33: Rystad Energy 统计美国页岩油主要产区水平井长度


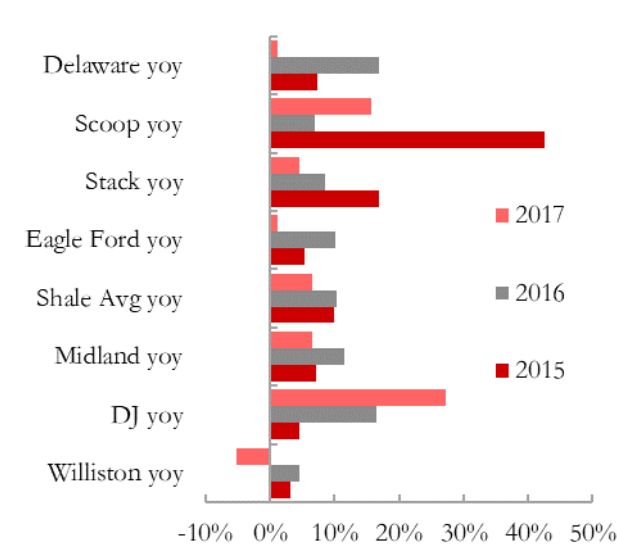
资料来源: Rystad Energy

图表 34: Rystad Energy 统计美国页岩油主要产区水平井长度同比增速


资料来源: Rystad Energy, 东证衍生品研究院

图表 35: Enverus 统计美国页岩油主要产区水平井长度


资料来源: Enverus

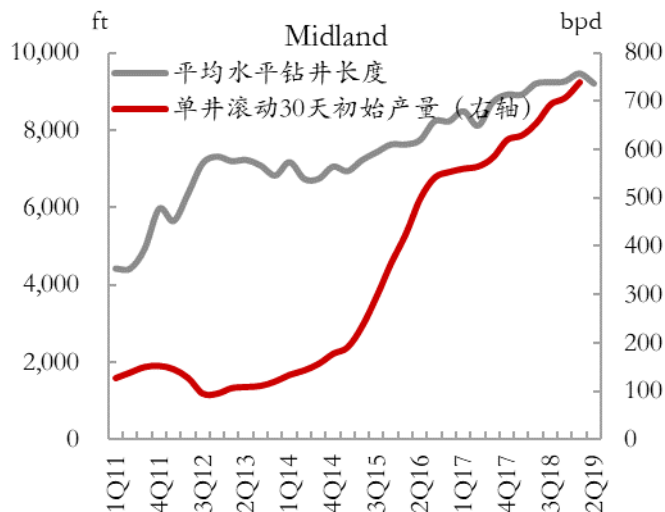
图表 36: Enverus 统计美国页岩油主要产区水平井长度同比增速


资料来源: Enverus, 东证衍生品研究院

将单井生产力和水平井长度结合在一起看可以发现,水平井长度的提升是新井初始产量增长的重要驱动力之一。在 Permian 这个最为活跃的页岩油产地,随着时间推移,新井中水平井长度不断增长,这也部分解释了 2014 年年中钻井数下降以来,尽管新井数量

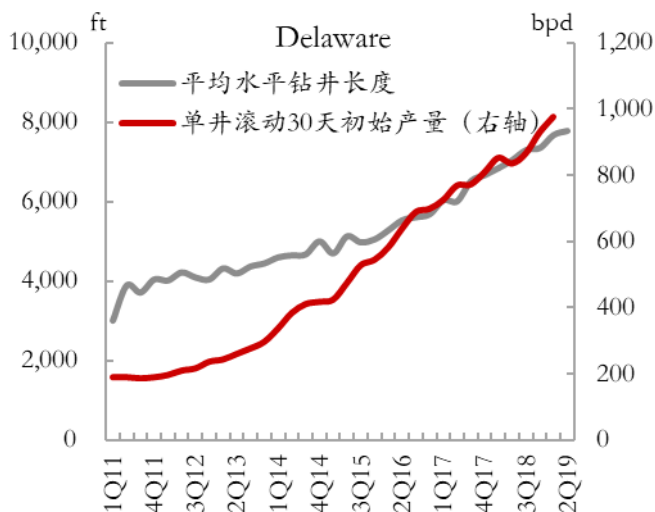
只刚回升到过去峰值水平，但 Permian 地区页岩油产量较以往大幅增长。而在其他一些页岩油主要产区，由于单位英尺生产力增长趋稳甚至掉头放缓，水平井长度的提升部分弥补了单位英尺生产力疲软的消极影响，维持新井 30 天初始产量的正增长。

图表 37: Midland 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量



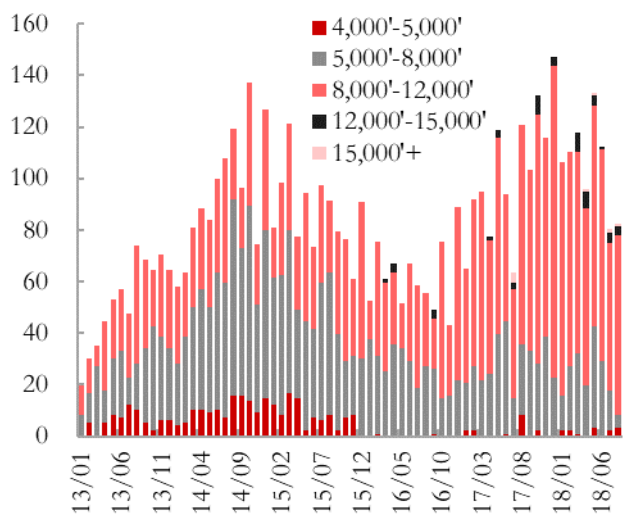
资料来源: Rystad Energy

图表 38: Delaware 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量



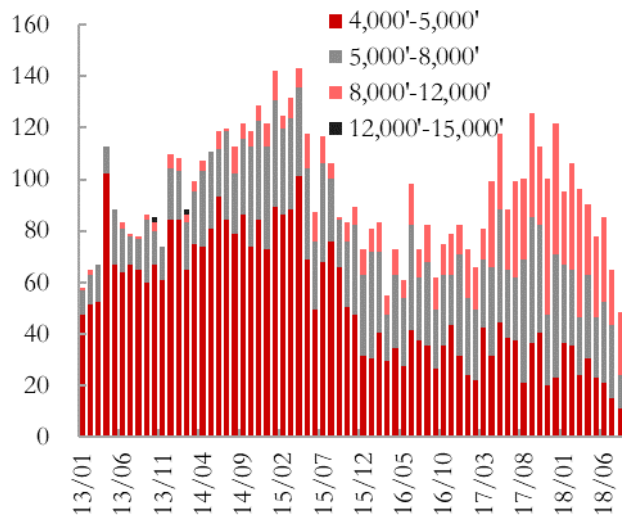
资料来源: Rystad Energy

图表 39: Midland 盆地当月新井数量与水平井长度



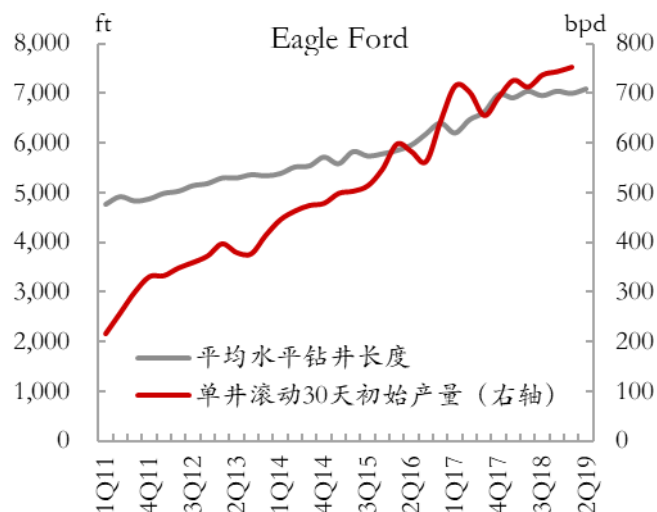
资料来源: Enverus

图表 40: Delaware 盆地当月新井数量与水平井长度



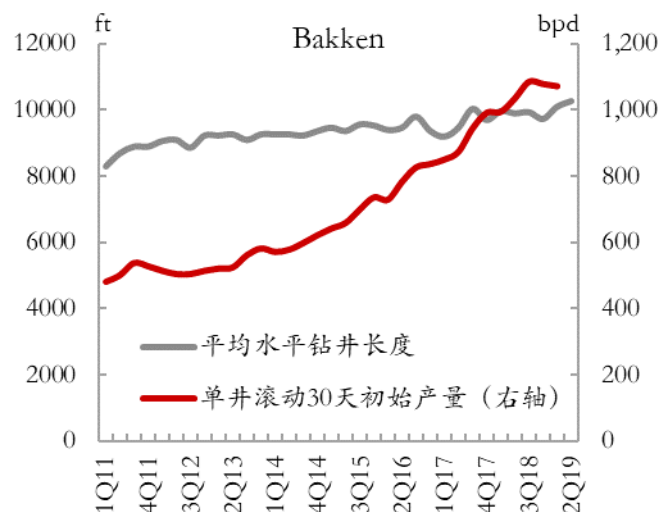
资料来源: Enverus

图表 41: Eagle Fold 水平井长度与单井滚动 30 天初始产量



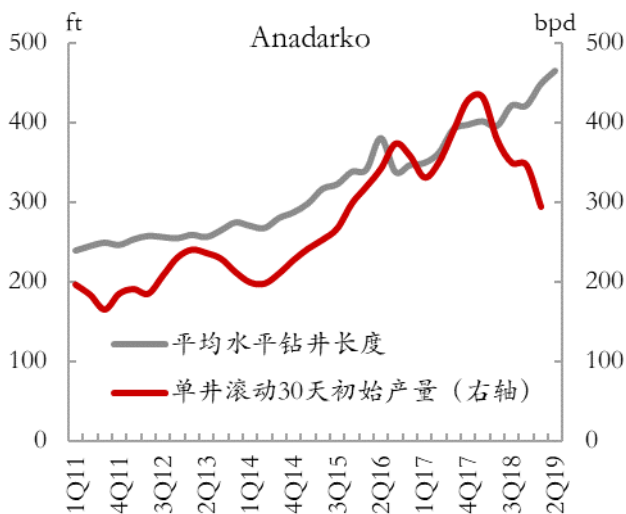
资料来源: Rystad Energy

图表 42: Bakken 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量



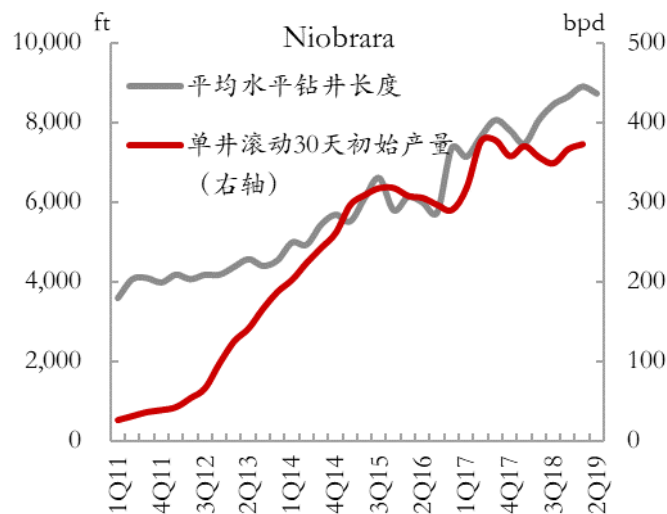
资料来源: Rystad Energy

图表 43: Anadarko 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量



资料来源: Rystad Energy

图表 44: Niobrara 盆地水平井长度与单井滚动 30 天初始产量

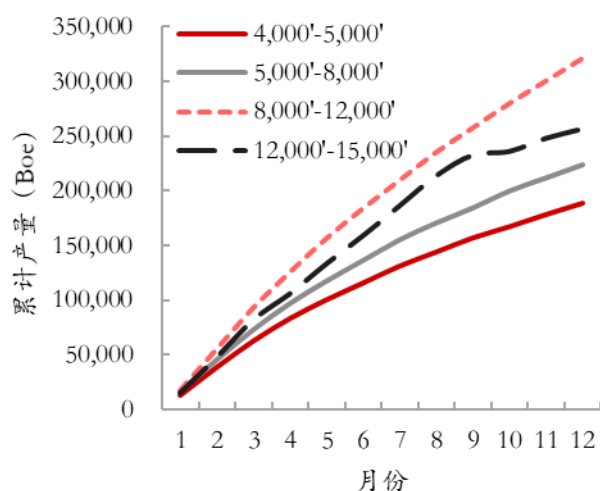


资料来源: Rystad Energy

尽管目前水平井长度还在增长,但长度延伸未来会存在两方面的限度。一方面,出于生产活动经济性的考虑,水平井长度存在一个最优界线,长度过长生产效益未必能得到提高。2018 年 Enverus 按水平井长度范围对美国页岩油主要产区累计产量进行统计后发现,在 Delaware 盆地中,当水平井长度从 8,000-12,000ft 增长到 12,000ft-15,000ft 时,页岩油累计产量不升反降,累计产量曲线整体下滑了。在 Midland 盆地,当水平井长度从 12,

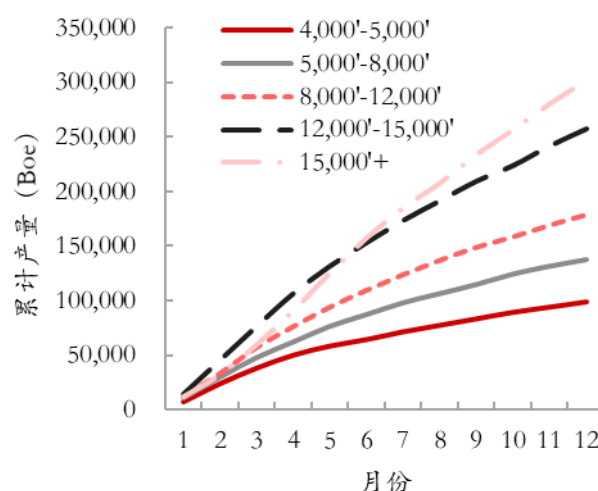
000-15,000 英尺范围上升至 15,000 英尺以上时，累计产量曲线仅出现小幅抬升而不是过去的显著增长。从中可以推断，水平井长度并不是越长越好，存在一个最优的技术参数范围。另一方面，油气资源地块给水平井长度做出地理范围上的限制，水平井长度无法超出地块无限延伸。以 Permian 地区为例，生产租赁的现状使得土地持有量很小，如果页岩油生产商不去并购周围土地或者与周围生产商合作的话，那么水平井长度延伸就受到地块界线的制约（IHS Markit, 2019）。

图表 45：2018 年 Delaware 盆地累计产量与水平井长度



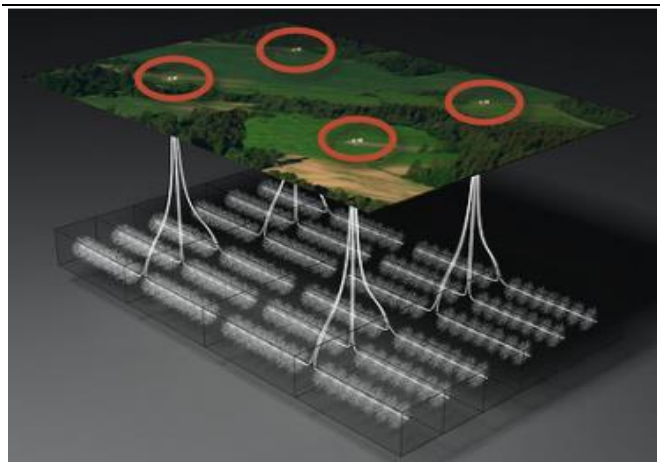
资料来源：Enverus

图表 46：2018 年 Midland 盆地累计产量与水平井长度



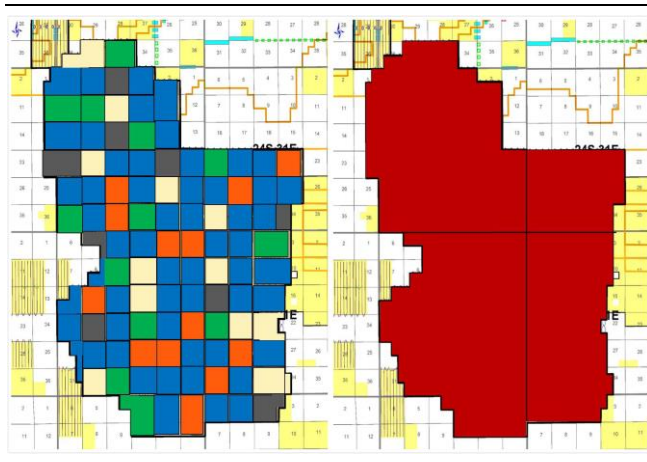
资料来源：Enverus

图表 47：页岩油钻井区块示意图



资料来源：EIA

图表 48：分散和集中的钻井区块示意图



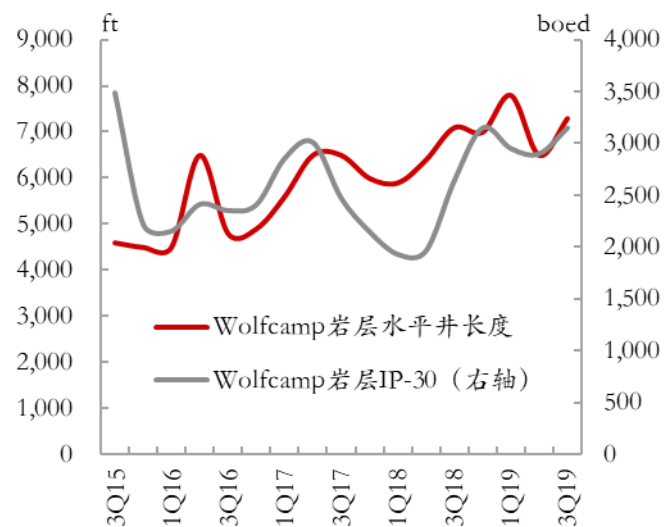
资料来源：Exxon Mobil

3.2、页岩油生产商从微观层面佐证水平井长度对单井生产力的贡献

对页岩油勘探和生产的决策相比传统石油更加市场化，美国页岩油产量宏观上的变化趋势在逻辑上应该与页岩油生产商在微观层面体现出来的生产经营活动变化相一致。借助 Bloomberg 我们可以看到美国活跃着大量的独立油气生产商，2018 年有 40 多家独立油气生产商参与美国页岩油气资源的勘探开发，其中有 20 多家上市公司的美国石油产量在油当量中占比超过 50% 产出以油为主，它们活跃在 Permian、Eagle Ford、Bakken 等主要产区。

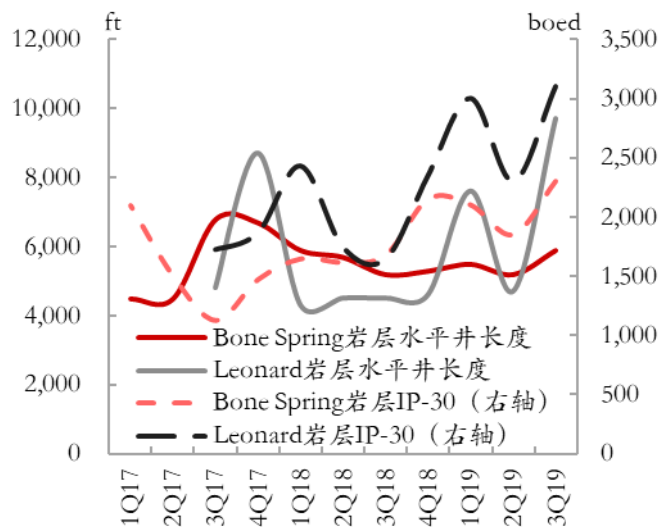
处于行业领先地位的页岩油生产商所披露的生产经营数据印证美国页岩油单井生产力在放缓，而水平井长度是单井生产力维系增长的主要抓手。EOG Resources Inc 披露了其开发的 Delaware、Eagle Ford、Niobrara 等地区 30 天初始产量和水平井长度的数据，可以发现除了 Delaware 盆地各个岩层仍有向上势头，Eagle Ford、Niobrara 等地区单井生产力开始趋稳。专注于 Permian 产区的 Concho Resources Inc 所披露的数据显示，2019 年单井 30 天产量峰值在今年第二季度下滑到 2017 年以来的低点。在 Bakken 地区，Continental Resources Inc 和 Whiting Petroleum Corp 披露的生产力曲线抬升也出现了放缓的迹象。如果这些行业领先的独立页岩油生产商都表现出这样的趋势，结合各个主要产气宏观层面的统计数据，我们可以认为在当前的技术条件下美国页岩油的生产效率的确在放缓。

图表 49: EOG Delaware 盆地 Wolfcamp 岩层水平井长度与 30 天初始产量



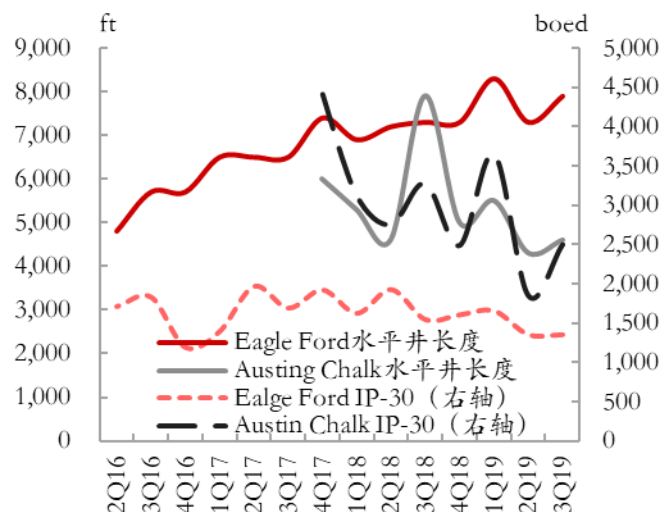
资料来源：EOG Resources Inc

图表 50: EOG Delaware 盆地 Bone Spring 和 Leonard 岩层水平井长度与 30 天初始产量



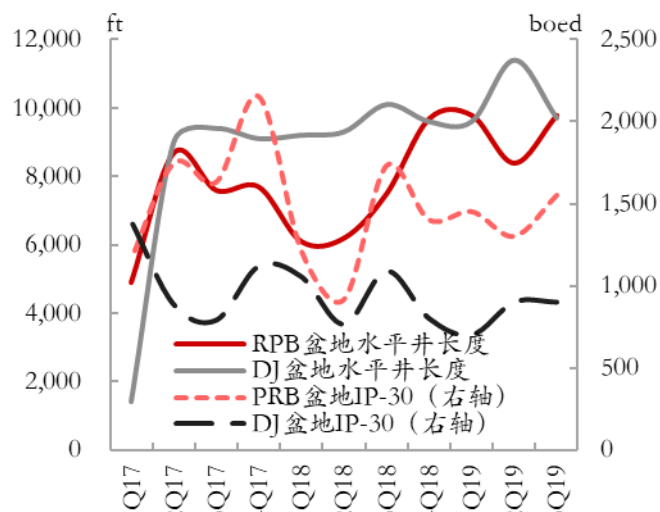
资料来源：EOG Resources Inc

图表 51: EOG Eagle Ford 地区水平井长度与 30 天初始产量



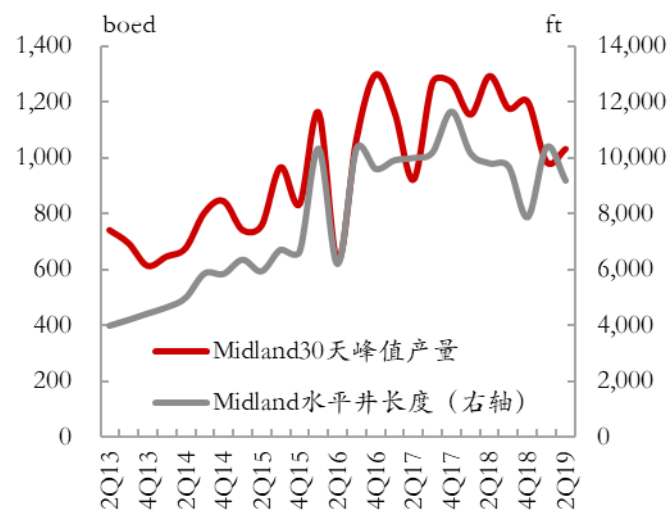
资料来源: EOG Resources Inc

图表 52: EOG Niobrara 地区水平井长度与 30 天初始产量



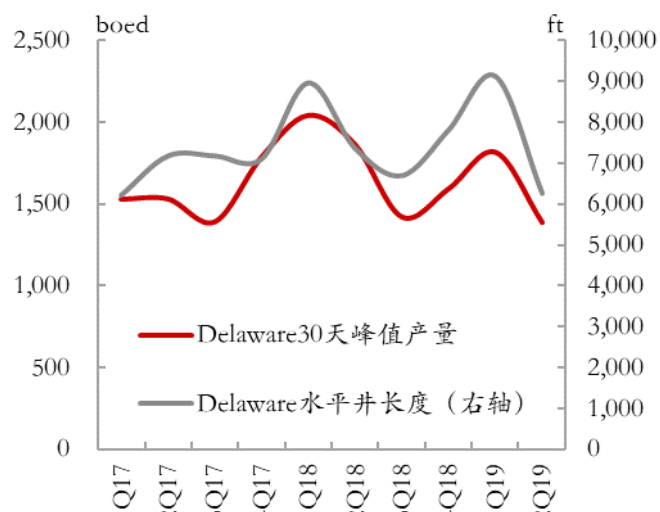
资料来源: EOG Resources Inc

图表 53: CXO Permian 地区 Midland 盆地单井 30 天产量峰值与水平井长度



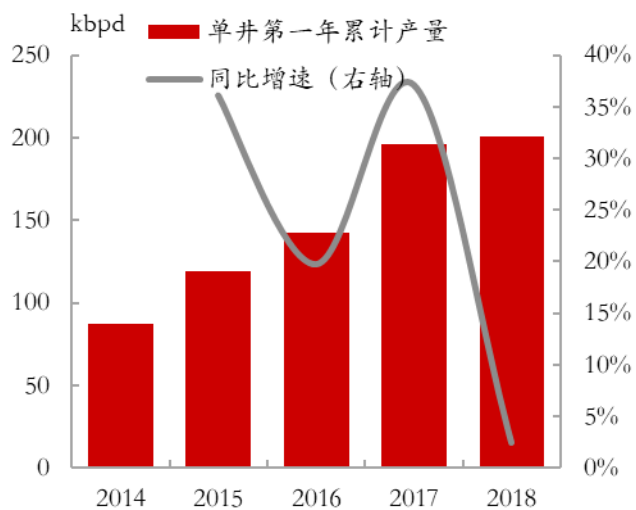
资料来源: Concho Resources Inc

图表 54: 2017 年 CXO Permian 地区 Delaware 盆地 30 天产量峰值与水平井长度*



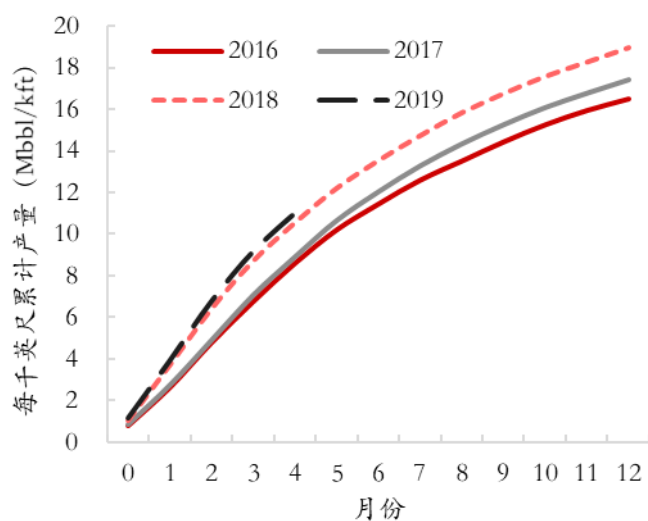
资料来源: Concho Resources Inc, 南北 Delaware 盆地数据在 2017 年以后公司合并披露, 不在分开单独披露

图表 55: CLR Bakken 地区第一年单井累计产量均值



资料来源: Continental Resources Inc

图表 56: WLL Bakken 地区历年单位英尺累计产量



资料来源: Whiting Petroleum Corp

图表 57: 美国页岩油独立生产商概况

| 公司 | 美国原油产量 2018 年, mbpd | 美国原油在油当量 中占比 2018 年, % | 页岩油产区 | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|------------------------------|----------|---------|---------------|--------|-------------|-------------|------------|
| | | | Anadarko | Permian | Eagle Ford | Bakken | DJ Niobrara | Haynesville | Appalachia |
| ConocoPhillips | 400 | 68.17% | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | | |
| EOG Resources Inc | 394.8 | 58.92% | ★ | ★ | ★ | ★ | ★ | | |
| Occidental Petroleum Corp | 250 | 78.85% | | ★ | | | ★ | | |
| Pioneer Natural Resources Co | 190.639 | 59.16% | | ★ | | | | | |
| Marathon Oil Corp | 171 | 57.01% | ★ | ★ | ★ | ★ | | | |
| Continental Resources Inc | 168.177 | 55.56% | ★ | | | ★ | | | |
| Concho Resources Inc | 167.811 | 63.04% | | ★ | | | | | |
| Hess Corp | 118 | 62.70% | | | | | ★ | | |
| Diamondback Energy Inc | 94.156 | 71.88% | | ★ | | | | | |
| Encana Corp | 89.5 | 61.92% | ★ | ★ | | | | | |
| Whiting Petroleum Corp | 86.301 | 67.07% | | | | ★ | | | |
| Parsley Energy Inc | 69.468 | 63.15% | | ★ | | | | | |
| Oasis Petroleum Inc | 63.151 | 75.91% | | ★ | | ★ | | | |
| Halcon Resources Corp | 9.748 | 69.75% | | ★ | | | | | |
| WPX Energy Inc | 81.6 | 63.73% | | ★ | | ★ | | | |
| Extraction Oil & Gas Inc | 40.217 | 52.40% | | | | | ★ | | |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------|--|---|---|---|---|---|--|
| Carrizo Oil & Gas Inc | 38.992 | 64.16% | | ★ | ★ | | | | |
| Matador Resources Co | 30.523 | 57.73% | | ★ | ★ | | | ★ | |
| Callon Petroleum Co | 25.871 | 78.00% | | ★ | | | | | |
| Northern Oil and Gas Inc | 21.343 | 83.05% | | | | ★ | | | |
| Anadarko Petroleum Corporation* | 107 | 51.44% | | ★ | | | ★ | | |
| Apache Corp | 104.8 | 39.62% | | | | | | | |
| Devon Energy Corp | 131 | 30.83% | | | | | | | |
| Noble Energy Inc | 114 | 44.29% | | | | | | | |
| Chesapeake Energy Corp | 90.411 | 16.88% | | | | | | | |
| Cimarex Energy Co | 67.699 | 30.06% | | | | | | | |
| QEP Resources Inc | 65.567 | 45.44% | | | | | | | |
| SM Energy Co | 51.4 | 42.15% | | | | | | | |
| PDC Energy Inc | 46.474 | 41.71% | | | | | | | |
| Laredo Petroleum Inc | 27.877 | 40.48% | | | | | | | |
| W&T Offshore Inc | 18.321 | 49.50% | | | | | | | |
| Comstock Resources Inc | 11.2 | 10.28% | | | | | | | |
| Range Resources Corp | 11.585 | 3.09% | | | | | | | |
| Southwestern Energy Co | 9.334 | 2.10% | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|--------|--|--|--|--|--|--|--|
| Antero Resources Corp | 8.945 | 1.93% | | | | | | | |
| Unit Corp | 7.874 | 16.53% | | | | | | | |
| Gulfport Energy Corp | 7.67 | 3.28% | | | | | | | |
| Ultra Petroleum Corp | 6.690 | 5.16% | | | | | | | |
| Cabot Oil & Gas Corp | 2.066 | 0.60% | | | | | | | |
| EQT Corp | 1.863 | 0.27% | | | | | | | |
| Goodrich Petroleum Corp | 0.595 | 4.90% | | | | | | | |
| Resolute Energy Corporation* | | 45.33% | | | | | | | |
| Newfield Exploration Company* | | 41.38% | | | | | | | |

资料来源：Bloomberg，公司官网，东证衍生品研究院

注释：

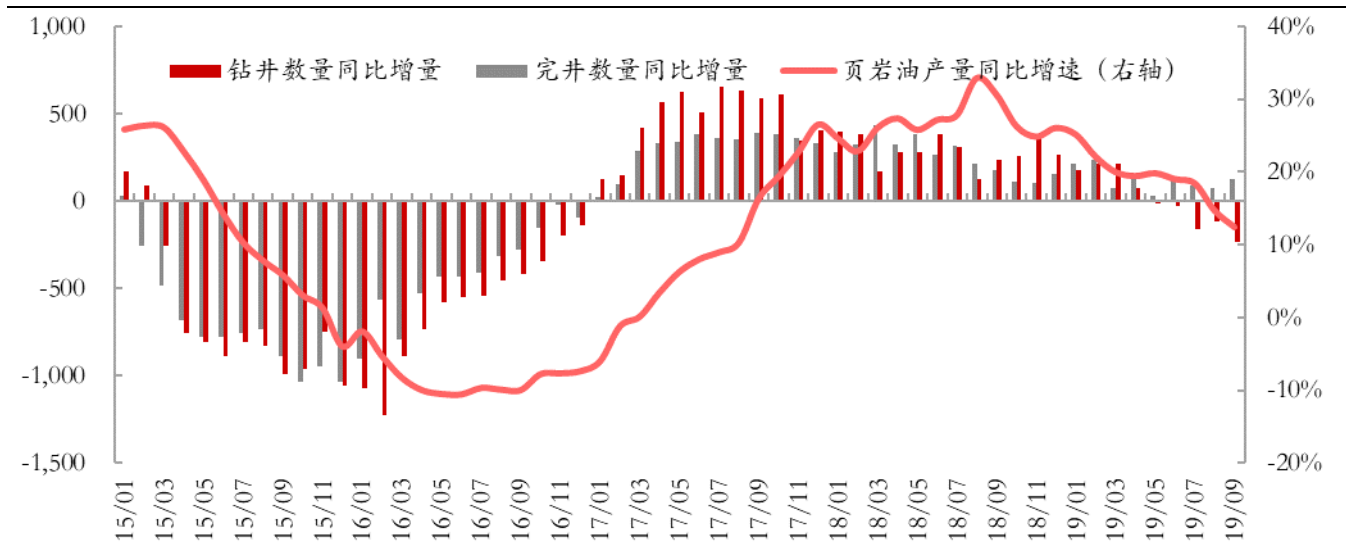
- 1- Anadarko Petroleum Corporation 在 2019 年 4 月被 Occidental Petroleum Corp 收购，现在股票已摘牌；
- 2- Resolute Energy Corporation 在 2018 年 11 月被 Cimarex Energy Co 收购，现在股票已摘牌；
- 3- Newfield Exploration Company 在 2018 年 11 月被 Encana Corp 收购，现在股票已摘牌；
- 4- 灰色底纹区域表示该页岩油生产商 2018 年美国原油产量在油当量中的占比不足 50%。

4、页岩油钻井完井数和资本开支随油价高低波动，目前整体呈紧缩趋势

4.1、页岩油生产商的钻井活动和资本开支深受油价环境影响

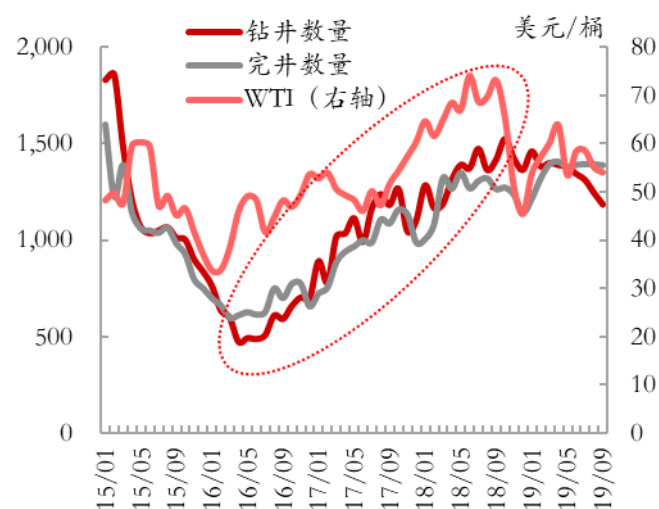
钻井完井数是预测未来页岩油产量增速变化的重要前置指标，其变动深受油价环境的影响。假定单井生产力稳定时，钻井完井数的增长同样可以带动未来页岩油产量增长。钻井完井数变动较页岩油产量变动领先约 2-3 个季度。在油价上升期间，钻井数量大概领先完井数量 2 个季度，这个规律在 2016 年年中-2018 年年中油价趋势性上涨时体现得比较明显。而油价下降期间，库存井数量高企，库存井数量对完井数量的比例提升。在油价止跌回升时，库存井可以快速释放使得页岩油增产弹性大。

图表 58：页岩油产量同比增量、钻井数量增量、完井数量同比增速



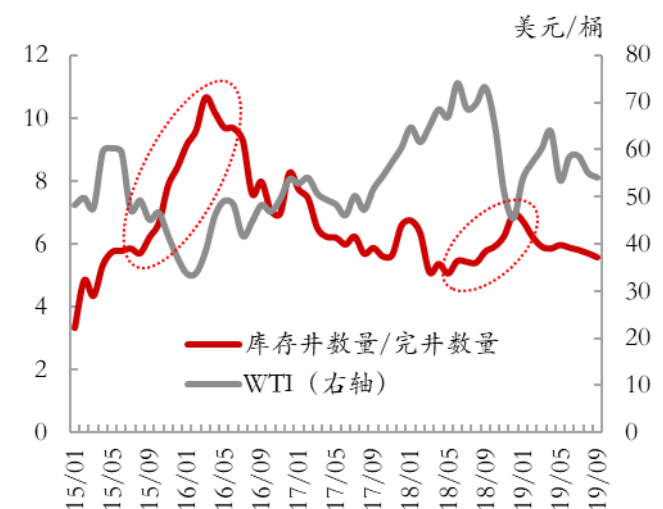
资料来源：EIA，东证衍生品研究院

图表 59: 钻井数量与完井数量



资料来源: Bloomberg, EIA, 东证衍生品研究院

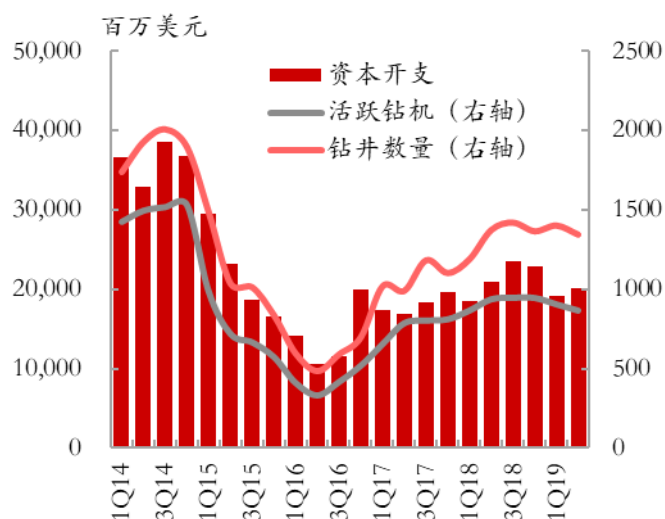
图表 60: 库存井数量/完井数量



资料来源: Bloomberg, EIA, 东证衍生品研究院

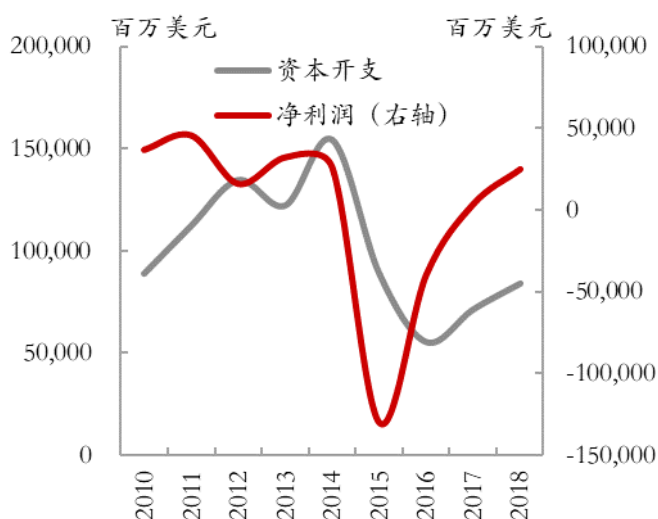
从财报角度来看,页岩油的钻井活动与页岩油生产商的资本开支基本同步变动,资本开支随净利润水平变化。2014年下半年随着页岩油生产商资本开支水平下降,美国页岩油活跃钻机数与钻井数量也随之下降。而页岩油生产商的盈利情况影响下一年的资本开支,资本开支变动大约滞后净利润变动约一年时间。页岩油生产商的盈利归根结底还是依赖油价中枢,油价高则收入高盈利好。所以归根结底还是油价高低会显著影响资本开支水平,这与之前观察到的油价变动影响钻井完井数的逻辑是一致的。

图表 61: 页岩油生产商资本开支与钻井活动



资料来源: Bloomberg, EIA

图表 62: 页岩油独立生产商利润与资本开支

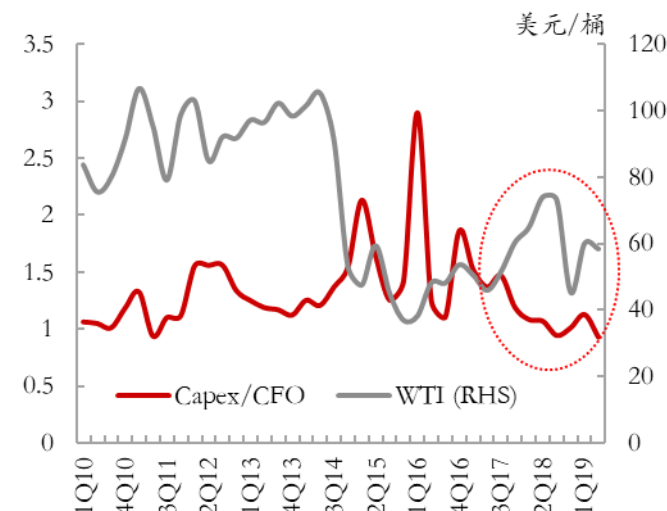


资料来源: Bloomberg

4.2、独立生产商严守资本开支纪律，跨国石油公司狂飙突进却难以扭转行业紧缩趋势

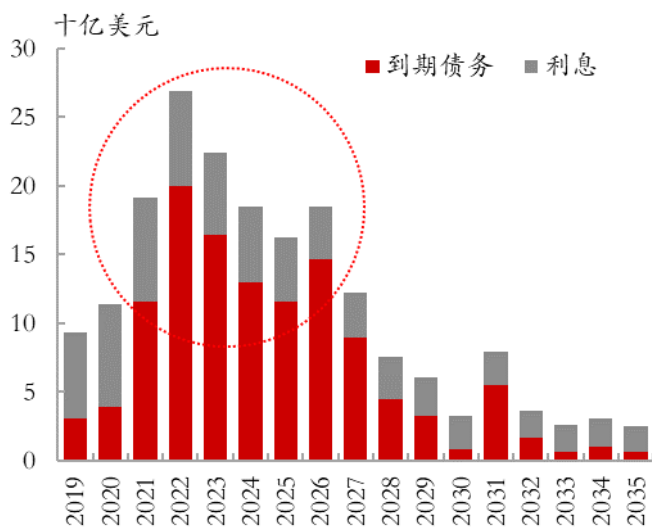
页岩油独立生产商面临较为沉重的债务负担，受到资本开支纪律约束。2008 年全球金融危机后美联储的量化宽松政策使得市场上美元泛滥，大量资金进入页岩油勘探开采行业。一方面推动了页岩油开采技术的进步和产量上升，另一方面也使得页岩油生产商背负了沉重的债务负担。在油价从三位数高位回落的大背景下，页岩油生产商的利润下降而债务负担并没有减少。在 2020-2022 年期间页岩油独立生产商到期债务规模不断增加，制约了资本开支水平。从 Capex/CFO 比值来看，由于当年的油价环境会影响下一年的 Capex，大致有一年的滞后性。在过去的高油价环境下上市独立生产商曾经大幅扩张，资本支出规模巨大。而今时不同往日，2018 年以来，尽管油价有一波回升，但独立生产商的 Capex/CFO 仍不断下降趋近于 1，并没有像以往一样出现扩张迹象。在目前油价低位震荡，上市独立生产商越发强调资本开支纪律，努力维持资本开支平衡。

图表 63：页岩油独立生产商资本开支与现金流比例



资料来源：Bloomberg

图表 64：Rystad Energy 所覆盖 33 家页岩油独立生产商债务到期情况



资料来源：Rystad Energy

图表 65: 美国页岩油独立生产商概况

| 公司 | 美国原油产量 | 美国原油在油当量中占比 | 资本开支(\$mm) | | | |
|------------------------------|--------------|-------------|------------|-------|-----------|-----------|
| | 2018 年, mbpd | 2018 年, % | 开支计划类型 | 2018A | 2019F | 2020F |
| ConocoPhillips | 400 | 68.17% | Lower 48 | 3184 | 3200 | 3030 |
| EOG Resources Inc | 394.8 | 58.92% | Total | 6600 | 6300 | |
| Occidental Petroleum Corp | 250 | 78.85% | Permian | 4400 | 4000 | 2200 |
| Pioneer Natural Resources Co | 190.639 | 59.16% | Total | | 3050-3100 | |
| Marathon Oil Corp | 171 | 57.01% | US Total | 2620 | 2525 | |
| Continental Resources Inc/OK | 168.177 | 55.56% | Total | 2800 | 2600 | |
| Concho Resources Inc | 167.811 | 63.04% | DC&E | | 2800-3000 | |
| Hess Corp | 118 | 62.70% | Bakken | 967 | 1400 | |
| Diamondback Energy Inc | 94.156 | 71.88% | DC&E | 1400 | 2450-2500 | 2450-2600 |
| Encana Corp | 89.5 | 61.92% | Total | 1975 | 2500-2700 | |
| Whiting Petroleum Corp | 86.301 | 67.07% | DC&E | 832 | 800-840 | |
| Parsley Energy Inc | 69.468 | 63.15% | Total | 1762 | 1400-1470 | 1600-1900 |
| Oasis Petroleum Inc | 63.151 | 75.91% | DC&E | 1926 | 540-560 | |
| Halcon Resources Corp | 9.748 | 69.75% | DC&E | 444 | 190-210 | |
| WPX Energy Inc | 81.6 | 63.73% | Total | 1510 | 1125-1250 | |
| Extraction Oil & Gas Inc | 40.217 | 52.40% | DC&E | 776 | 520-550 | 450-500 |
| Carrizo Oil & Gas Inc | 38.992 | 64.16% | Total | 867 | 550 | |
| Matador Resources Co | 30.523 | 57.73% | DC&E | 686 | 640-680 | |
| Callon Petroleum Co | 25.871 | 78.00% | Total | 1324 | 500-525 | |
| Northern Oil and Gas Inc | 21.343 | 83.05% | Total | 849 | 247-285 | |
| Apache Corp | 104.8 | 39.62% | | | | |
| Devon Energy Corp | 131 | 30.83% | | | | |
| Noble Energy Inc | 114 | 44.29% | | | | |
| Chesapeake Energy Corp | 90.411 | 16.88% | | | | |
| Cimarex Energy Co | 67.699 | 30.06% | | | | |
| QEP Resources Inc | 65.567 | 45.44% | | | | |
| SM Energy Co | 51.4 | 42.15% | | | | |
| PDC Energy Inc | 46.474 | 41.71% | | | | |
| Laredo Petroleum Inc | 27.877 | 40.48% | | | | |
| W&T Offshore Inc | 18.321 | 49.50% | | | | |
| Comstock Resources Inc | 11.2 | 10.28% | | | | |
| Range Resources Corp | 11.585 | 3.09% | | | | |
| Southwestern Energy Co | 9.334 | 2.10% | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|--|--|--|--|
| Antero Resources Corp | 8.945 | 1.93% | | | | |
| Unit Corp | 7.874 | 16.53% | | | | |
| Gulfport Energy Corp | 7.67 | 3.28% | | | | |
| Ultra Petroleum Corp | 6.69 | 5.16% | | | | |
| Cabot Oil & Gas Corp | 2.066 | 0.60% | | | | |
| EQT Corp | 1.863 | 0.27% | | | | |
| Goodrich Petroleum Corp | 0.595 | 4.90% | | | | |

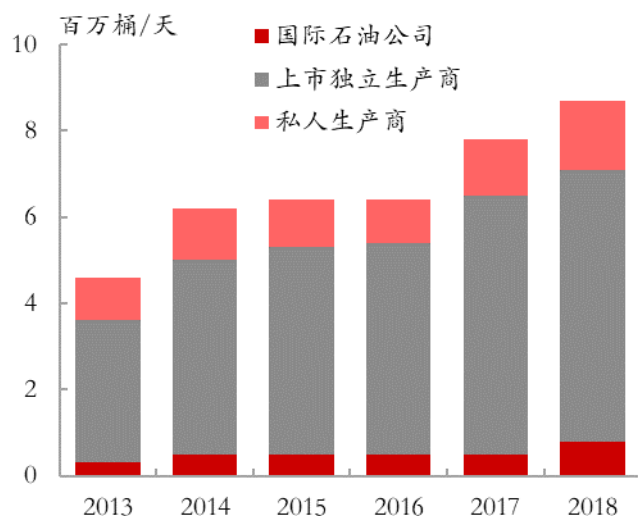
资料来源: Bloomberg, 公司官网, 东证衍生品研究院

注释:

- 1- 2019F 与 2020F 为页岩油生产商所披露的资本开支指引;
- 2- DC&E 表示 Drilling, Completion and Equipment 即钻探和完井成本, 不含并购;
- 3- 灰色底纹区域表示该页岩油生产商 2018 年美国原油产量在油当量中的占比不足 50%。

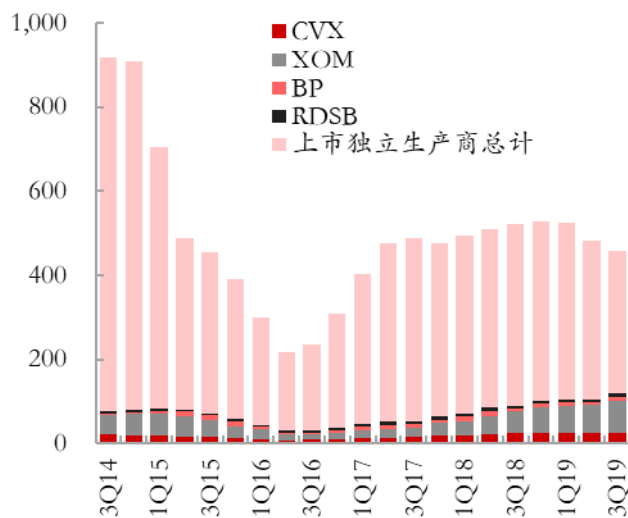
尽管国际石油公司正在加速进入美国页岩油气开采领域, 但整体占比不大很难以一己之力扭转行业资本开支紧缩的整体趋势。从活跃钻机数量来看, 在独立生产商削减钻机之际, 跨国石油巨头的活跃钻机的数量和占比双双逆势增长。在美国活跃钻机数量从 800 多个下滑到 400 多个的大背景下, 跨国石油巨头从 2014 年底的 81 个增长到 2019 年第三季度的 119 个, 其背后是国际石油公司在上游横向一体化经营优势和雄厚的资本力量加持下加速挤入页岩油勘探开采领域。相应的, 近年来国际石油公司的页岩油气产量也在快速扩张。Rystad Energy 统计数据显示, 自 2013 年以来, 国际石油公司的页岩油产量从 2013 年的 30 万桶/天增长到 2018 年的 50 万桶/天。尽管复合增速高达 22%超过了行业平均增速, 但相对于整个美国页岩油的产量规模而言跨国石油巨头的占比仍然太小了, 目前还无法抵消页岩油独立生产商主导的资本开支下滑趋势。

图表 66: 美国页岩油产量分生产商类型



资料来源: Rystad Energy

图表 67: 跨国石油公司和独立生产商活跃钻机数量



资料来源: Enverus

图表 68：国际石油公司页岩油开采计划

| 国际石油公司名称 | 页岩油开采计划 | 信息来源 |
|-------------|---|---------------------------------|
| Exxon Mobil | 埃克森美孚公司在该地区（Permian）拥有 180 万英亩土地……从 2017 年第四季度末到 2018 年第四季度末，我们在 Permian 的产量增长了约 100%。随着我们的进展，我们有能力去更好地理解或描绘这种资源，到 2024 年 Permian 地区的产量将达到 100 万桶/天。我们预计获得两位数的回报现在（Permian 成本）不到 35 美元/桶。这就是 Permian 的竞争力。 | Neil A. Chapman, 2019 年投资者关系日 |
| Chevron | 我们在 Permian 盆地的地位不断提高，并巩固了我们资源基础深度。目前我们对资源的评估更新为 162 亿桶无风险油当量，比两年前的 90 亿多桶增加了约 75%。 | Michael Wirth, 2019 年分析师会议 |
| BP | 我们完成了收购 BHP 美国本土 48 州的资产，从而在该地区建立了举足轻重的地位，该地区已经贡献了产量、收入和现金流量的增长……我们每年花费将近 10 亿美元的资本开支，今年将达到约 20 亿美元。这些投资的大部分在 Haynesville 和 Eagle Ford，其中一些将在 Permian。后续随着物流瓶颈的解除，资本开支可能会增加至约 25 亿美元，其中大部分资本开支将逐渐转移到 Permian。 | Bernard Looney, 2018 年第四季度财报会议 |
| 壳牌 | 我们在 Permian 的面积每天产生约 145,000 桶石当量，自 2017 年 1 月以来已看到 200% 的增长。而且我们将继续把页岩有资本开支的一半拨给 Permian。我们在 Permian 还有超过 10 亿桶石当量的成熟资源库存，前瞻性盈亏平衡价格低于 40 美元/桶，并有望在 2020 年之前实现持续增长。 | Ben Van Beurden, 2018 年第四季度财报会议 |

资料来源：公司官网，东证衍生品研究院

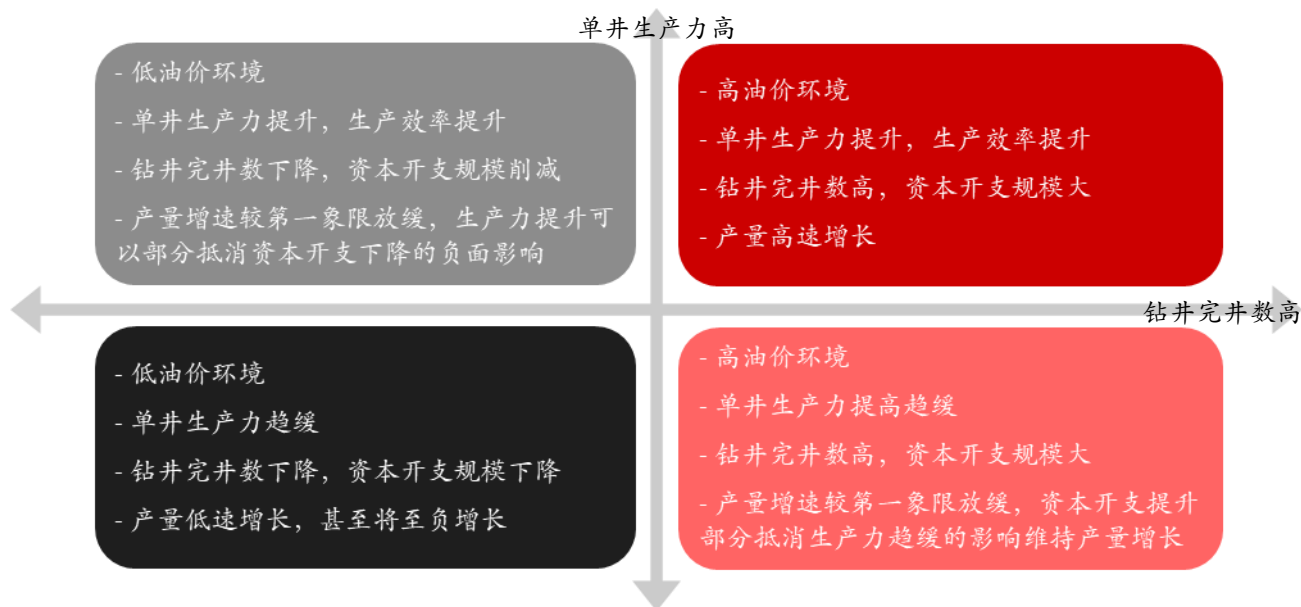
5. 美国页岩油增产主要驱动力从生产效率转向资本开支，挥别往日双轮驱动的高增速时代

在这篇报告中我们聚焦美国页岩油未来增产潜力这一核心问题，从页岩油产量增长的两个维度——单井生产力和钻井完井数分别展开进行了分析。从前文分析中可以看到，除了目前生产活跃的 Midland 盆地单位英尺生产力仍在提升，其他页岩油主要产地的单位英尺生产力出现了增长瓶颈甚至小幅下滑的迹象。目前单井生产力的稳定主要依赖水平井长度的小幅增长。在现有技术条件和资源禀赋下，预计单井生产力很难重回早年一样的高速增长通道。钻井完井数和资本开支的变动则与油价环境高度相关，高油价环境可以推动钻井完井数迅速回升，并有望推动次年的资本开支规模。在微观层面上，结合页岩油生产商所披露的公司数据可以印证美国页岩油单井生产力增长放缓的大趋势，并发现在钻井完井数和资本开支上尽管出现了页岩油独立生产商和国际石油公司之间的结构性分化，但独立生产商仍主导了行业紧缩的资本开支趋势。

以单井生产力和钻井完井数作为两个维度构建一个平面直角坐标系，可以进一步理解美国页岩油增产主要驱动力从生产效率向资本开支的切换。从 2010 年以来，美国页岩油增产主要经历了第一象限和第二象限。除了 2014 年年中-2016 年年初油价快速下挫的阶段页岩油产量增速下滑处于第二象限的情形，其他大多数时段都可以归为第一象限，单

井生产力与钻井完井数双双高增，“页岩油革命”以摧枯拉朽的气势搅动了传统原油市场。然而随着现有压裂技术条件下单井生产力触及瓶颈，未来页岩油产量增长情况更有可能符合第三象限和第四象限的情况。当油价低迷时，由于生产商资本开支紧张页岩油产量增速不断下滑，当油价触底反弹时，产量增速随资本开支扩张而恢复上升。美国页岩油增产情况从第一、二象限向第三、四象限的转换标志着增产驱动力从生产效率转向资本开支，预计美国页岩油将告别往日单井生产力和钻井完井数双轮驱动的高增速时代。

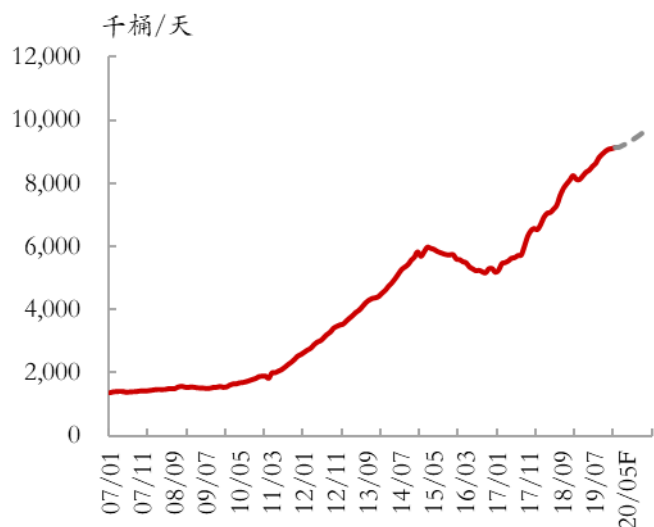
图表 69：美国页岩油增产驱动力示意图



资料来源：东证衍生品研究院

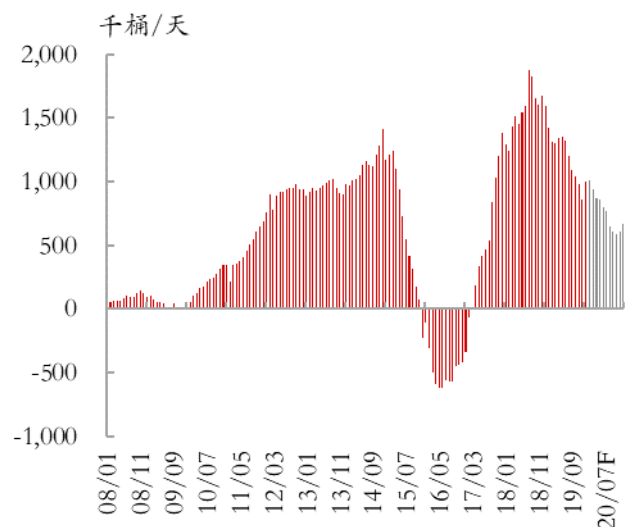
短期来看，在生产效率提升遭遇瓶颈资本开支趋紧的行业大环境下，我们预计 2020 年美国页岩油产量增速将继续下行。在近期 OPEC+ 决定明年第一季度深化减产和中美达成第一阶段贸易协议的利好消息下，市场对明年原油供给过剩的悲观预期有望小幅，带动油价小幅回升。以 Brent 油价 65-75 美元/桶的区间作为基准情形，我们认为尽管油价回升可以带动 Permian 等主产区活跃钻机数量止跌回升，但在生产效率瓶颈、老井衰减量增长和资本开支纪律的约束下，美国页岩油产量增速仍将下滑。我们预计 2020 年底美国页岩油产量将升至 980 万桶/天，产量平均增速将从今年的 120 万桶/天降至 80 万桶/天以下。

图表 70: 2020 年美国页岩油产量预测



资料来源: EIA, 东证衍生品研究院

图表 71: 2020 年美国页岩油产量增速预测



资料来源: EIA, 东证衍生品研究院

6、投资建议

我们认为在现有的页岩油压裂开采技术条件下,生产效率提升趋缓,单井生产力逐渐见顶,页岩油增产主要驱动力从生产效率转向资本开支,与此同时钻井完井数和资本开支深受油价环境的影响。从短期来看,以 Brent 油价 65-75 美元/桶的区间作为基准情形,我们预计 2020 年底美国页岩油产量将升至 980 万桶/天,产量平均增速将从今年的 120 万桶/天降至 80 万桶/天以下。明年美国页岩油产量增速放缓将有助于缓解当前世界原油供给过剩的担忧,在供给端对油价的压制减弱。

7、风险提示

页岩油压裂技术短期内重大突破,新发现大量页岩油气资源

8、参考文献

- Christopher M. Matthews, R. (2019). *Shale Companies, Adding Ever More Wells, Threaten Future of U.S. Oil Boom*. [online] WSJ. Available at: <https://www.wsj.com/articles/shale-companies-adding-ever-more-wells-threaten-future-of-u-s-oil-boom-11551655588> [Accessed 9 Dec. 2019].
- IHS Markit. (2019). *Changes in shale well design: Reaching the limits?*. [online] Available at: <https://ihsmarkit.com/research-analysis/changes-in-shale-well-design-reaching-the-limits.html> [Accessed 9 Dec. 2019].
- Liang, F., Sayed, M., Al-Muntasheri, G. A., Chang, F. F., & Li, L. (2016). A comprehensive review on proppant technologies. *Petroleum*, 2(1), 26-39.
- McKinsey & Company. (2019). *Proppant demand outlook for the Bakken and Permian*. [online]

Available at:

<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/proppant-demand-outlook-for-the-bakken-and-permian> [Accessed 9 Dec. 2019].

Srinivasan, K., Ajisafe, F., Alimahomed, F., Panjaitan, M., Makarychev-Mikhailov, S., & Mackay, B. (2018, August). Is There Anything Called Too Much Proppant?. In *SPE Liquids-Rich Basins Conference-North America*. Society of Petroleum Engineers.

Weijers, L., Wright, C., Mayerhofer, M., Pearson, M., Griffin, L., & Weddle, P. (2019, January). Trends in the North American Frac Industry: Invention through the Shale Revolution. In *SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

Yuan, G., Dwivedi, P., Kwok, C. K., & Malpani, R. (2017, June). The Impact of Increase in Lateral Length on Production Performance of Horizontal Shale Wells. In *SPE Europe featured at 79th EAGE Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.

叶海超, 光新军, 王敏生, & 皮光林. (2017). 北美页岩油气低成本钻完井技术及建议. *石油钻采工艺*(05), 26-32.

期货走势评级体系（以收盘价的变动幅度为判断标准）

| 走势评级 | 短期（1-3 个月） | 中期（3-6 个月） | 长期（6-12 个月） |
|------|------------|------------|-------------|
| 强烈看涨 | 上涨 15%以上 | 上涨 15%以上 | 上涨 15%以上 |
| 看涨 | 上涨 5-15% | 上涨 5-15% | 上涨 5-15% |
| 震荡 | 振幅-5%-+5% | 振幅-5%-+5% | 振幅-5%-+5% |
| 看跌 | 下跌 5-15% | 下跌 5-15% | 下跌 5-15% |
| 强烈看跌 | 下跌 15%以上 | 下跌 15%以上 | 下跌 15%以上 |

上海东证期货有限公司

上海东证期货有限公司成立于 2008 年，是一家经中国证券监督管理委员会批准的经营期货业务的综合性公司。东证期货是东方证券股份有限公司全资子公司，注册资本金 23 亿元人民币，员工近 500 人。公司主要从事商品期货经纪、金融期货经纪、期货投资咨询、资产管理、基金销售等业务，拥有上海期货交易所、大连商品交易所、郑州商品交易所和上海国际能源交易中心会员资格，是中国金融期货交易所全面结算会员。公司拥有东证润和资本管理有限公司和上海东祺投资管理有限公司两家全资子公司。

东证期货以上海为总部所在地，在大连、北京、太原、郑州、青岛、常州、上海、长沙、广州、宁波、深圳、杭州、西安、成都、厦门、东营、天津、哈尔滨、重庆等地共设有 31 家营业部，并在北京、上海、广州、深圳多个经济发达地区拥有 108 个证券 IB 分支网点，未来东证期货将形成立足上海、辐射全国的经营网络。

自 2008 年成立以来，东证期货秉承稳健经营、创新发展的宗旨，坚持市场化、国际化、集团化的发展道路，打造以衍生品风险管理为核心，具有研究和技术两大核心竞争力，为客户提供综合财富管理平台的一流衍生品服务商。

分析师承诺

金晓、赵琳菲

本人具有中国期货业协会授予的期货执业资格或相当的专业胜任能力，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收到任何形式的报酬。

免责声明

本报告由上海东证期货有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

本研究报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本研究报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的报告之外，绝大多数研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买投资标的的邀请或向人作出邀请。

在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为东证衍生品研究院，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

东证衍生品研究院

地址：上海市中山南路318号东方国际金融广场2号楼22楼

联系人：梁爽

电话：8621-63325888-1592

传真：8621-33315862

网址：www.orientfutures.com

Email：research@orientfutures.com