◀现场交流▶

doi:10.11911/syztjs.201505022

苏 53 区块工厂化钻井完井关键技术

叶成林

(中国石油长城钻探工程有限公司苏里格气田分公司,辽宁盘锦 124010)

摘　要:苏里格气田是国内最大的致密砂岩气田,苏 53 区块是该气田目前实施水平井整体开发的唯一区块。为提高该区块的开发效率,实现低成本开发,以前期实践和国内外工厂化作业先进经验为基础,通过强化区域地质研究,优化方案设计,加强施工管理,形成了适合苏里格气田工厂化作业的钻井完井技术。该技术主要包括水平井地质导向技术、钻井技术、储层改造技术等。地质导向技术主要通过完善地质模型和调整井眼轨迹,实现水平井准确入靶和高效钻进;钻井技术主要为优化井身结构及井眼轨道,优选 PDC 钻头和钻井液体系及设计钻机平移系统等;储层改造技术是根据区域地质特征及完钻参数,将体积压裂融入同步压裂,以提高储量动用。苏 53 区块通过实施工厂化钻井完井技术,水平井平均单井钻井周期比该区块常规水平井缩短 15.98 d,平均单井储层钻遇率比该区块常规水平井提高 4.9 百分点,水平井平均单井产气量比该区块常规水平井高 0.49×10^4 m^3/d,其工厂化钻井完井技术可为国内非常规气藏水平井工厂化作业提供借鉴。

关键词:工厂化钻井 水平井 地质导向 井身结构 同步压裂 苏 53 区块

中图分类号:TE243$^+$.9　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1001-0890(2015)05-0129-06

Key Technologies of Factory Drilling and Completion in Su 53 Block

Ye Chenglin

(*Sulige Gas Field Branch, CNPC Great Wall Drilling Engineering Company Limited, Panjin, Liaoning*, 124010, *China*)

Abstract: The Sulige gas field belongs to the largest tight sandstone gas reservoir in China, and Su 53 is the only block in which horizontal wells have been implemented in integrated development. In order to improve the development efficiency at a low cost, and following the previous practice and experience of advanced factory operations experience both domestically and abroad, suitable factory drilling and completion techniques for Sulige gas field have been determined by regional geological research, which optimize the design scheme and the construction management. The key technologies include geosteering for horizontal wells, drilling and reservoir stimulation. Geosteering technology can better guide horizontal wells accurately into the target zones with high efficiency by improving the geological model and adjusting the well trajectory. Drilling technology includes optimizing the casing program and well trajectory, optimizing PDC bits and drilling fluid system as well as designing the drilling rig move on a rail system. Reservoir stimulation technique integrates the volume fracturing into synchronous fracturing to improve producing reserves according to the regional geological characteristics and drilling parameters. Through the implementation of factory drilling and completion in Su 53 Block, the drilling cycle of the average single well was shortened for 15.98 days, the drilling payzone rate raised 4.9% points, and the gas production increased 4 900 cubic meters per day respectively compared with traditional horizontal wells. The factory drilling and completion techniques could provide a new paradigm for domestic unconventional gas reservoir development with horizontal wells.

Key words: factory drilling; horizontal well; geosteering; casing program; simultaneous fracturing; Su 53 Block

工厂化作业于 21 世纪初被移植到油气资源开采领域,主要用于钻井、压裂等大型施工方面[1]。近年来,随着北美页岩气藏的成功开发,工厂化开发技术逐渐被应用到国内非常规油气藏的开发中[2-6]。苏里格气田是目前国内最大的天然气田,也是国内致密砂岩气藏的典型代表。该气田的气藏主要受控于近南北向分布的大型河流、三角洲砂体带,含气层为上古生界二叠系下石盒子组的盒 8 段及山西组的

收稿日期:2014-11-10;**改回日期**:2015-06-15。

作者简介:叶成林(1982—),男,安徽阜阳人,2009 年毕业于长江大学资源勘查工程专业,获岩石学、矿物学、矿床学专业硕士学位,工程师,主要从事天然气勘探开发与管理工作。

联系方式:chenglinessay@163.com。

基金项目:国家科技重大专项"低渗、特低渗油气储层相对高产富集区预测技术"(编号:2011ZX05013-001)资助。

山 1 段，具有低孔、低渗、低产、低丰度的基本地质特征[7]。苏 53 区块位于苏里格气田的西北部，2010 年采用水平井整体开发，2013 年达到 20×10^8 m^3/a 天然气生产能力，成为苏里格地区唯一以水平井整体开发并取得显著成效的建产区块[8-9]。开发伊始，该区块始终以提高区块开发效果为目标，不断加强地质研究，引进先进开发技术。2013 年，受工厂化开发理念的启示，结合水平井整体开发特色，在苏 53 区块优选区域开展了水平井工厂化现场试验。

1 工厂化井位优选

1.1 优选原则

1）具有丰富的储量，能够满足水平井集中建产的要求，确保单井控制储量；

2）不存在死气区和井间干扰，能确保开发井网完善、储量动用程度及采收率高；

3）井控程度相对较高，对地质特征认识清楚，具有较高的产能；

4）在实施过程中，根据地质情况变化，井位能够灵活调整，以确保开发效果及钻井成功率；

5）以提高工作效率、气井产能贡献率，降低开发成本为最终目标。

充分利用勘探、开发过程中获得的地震、测井、测试、钻井及开发动态等资料，借助地震反演、三维地质建模等技术，建立了苏 53 区块气藏三相岩相模型和气藏属性模型，从不同角度对气藏特征进行精细描述和预测。结合优选原则，在苏 53 区块西南部优选出工厂化作业部署区。

1.2 工厂化部署区储层特征

1.2.1 储层发育，具备集中建产的储量基础

在整体研究苏 53 区块的基础上，缩小研究范围，对井位部署区进行了模拟研究。平面上，部署区储层相对苏 53 区块其他区域较为发育，山 1 段、盒 8 段累计砂体厚度 44～60 m，气层厚度 14～60 m。其中，盒 8 段 4、5、6 小层全区分布，气层厚度均超过 8 m，储量丰度 1.50×10^8 m^3/km^2。山 1 段气层厚度 6～14 m，其中气层厚度大于 9 m 区域的储量丰度为 1.15×10^8 m^3/km^2。地质储量丰富，具备“双层系”开发的基础。

1.2.2 储层物性好，符合高效开发要求

苏里格气田目的层山西组和石盒子组均属于河流相沉积[11]。根据苏 53 区块河流展布特征，二叠纪时期部署区为河道交汇区域，多期河道相互叠加，心滩发育，形成了丰富的油气储集空间[11]。在沉积时期，物源大致为北东方向，部署区在苏 53 区块距离物源最远，为储层具有较好的物性提供可能。通过分析区内已钻井资料，得知该区域山 1 段和盒 8 段含气饱和度均明显高于该区块产能建设区平均值，孔隙度和渗透率也略优于其他产建区域（见表 1）。

表 1 工厂化部署区储层参数

Table 1 Reservoir parameters in the factory deployment zone

区域	目的层	气层厚度/m	渗透率/mD	孔隙度，%	含气饱和度，%	储量丰度/（$10^8m^3\cdot km^{-2}$）
产能建设区	山 1 段	6.61	0.77	8.20	59.33	0.74
	盒 8 段	11.42	0.87	9.00	63.00	1.50
工厂化部署区	山 1 段	6.00～14.00	0.81	8.67	64.01	1.15
	盒 8 段	8.00～16.00	0.89	9.13	71.19	1.50

1.2.3 隔层发育，适合双层系开发

苏里格气田属于低渗透气藏，为保证开发效果，所有生产井在投产前均需进行压裂改造[12]。由于苏里格气田具有砂体分布零散、储量不集中的基本地质特征，要实现 10 口水平井工厂化作业，必须考虑同时动用山 1 段和盒 8 段两套层系[13]。因此考虑后期压裂改造，需要对两套层系之间的隔层进行研究。通过研究得知，山 1 段和盒 8 段储层均较为发育，且砂体展布稳定，层系分隔明显。山 1 段与盒 8 段之间泥岩隔层发育，隔层平均厚度 7.8 m，且分布稳定，具备分两套层系开发的地质条件。

2 水平井参数设计

2.1 主要影响因素

储量的大小及分布规律 根据数值模拟结果及已钻井资料进行储量分析，核实储量，细化储量分布。根据山 1 段、盒 8 段储量的大小和分布特征，优化层系组合，确定各层系设计井数量，优化井位、水平段位置、方位、长度等基本参数。

井网井距 苏 53 区块为水平井整体开发区块，目前已经形成了比较完善的 600 m×1 200 m 菱形水平井开发井网。井网设计主要考虑区块沉积相特征及地层主应力展布方向，以确保储量动用程度和后期储层改造效果[14]。工厂化水平井在

设计中，要着眼全局，以提高气藏采收率为最终目的：一是优化水平段长度，既能保证储量的合理动用，又不会形成井间干扰；二是优化水平段方位，既要确保不会破坏井网，形成死气区，同时也要考虑地层主应力方向，确保储层改造的高效性；三是优化水平段间距，为后期进行大型体积压裂奠定基础。

工程施工难度及技术特点　水平井参数设计应确保现场施工的可行性。首先，通过综合论证，优选布井方式，确保工厂化规模施工和流水作业；其次，以地质研究为基础，以油气井地质设计规范及工程设计规范为指导，综合考虑钻井、压裂的技术特点，通过优化水平井设计参数，降低钻进过程中的摩阻与扭矩，从而降低钻井施工难度。同时考虑压裂施工的特点和技术优势，为后期压裂改造提供便利。

另外，工厂化井位部署还要综合考虑井场面积、地面管线施工、试采流程及气井管理等诸多因素，以实现整体优化，达到以最小面积的井场开发井网覆盖储层面积的目的[15]。

2.2　主要参数

综合考虑以上影响因素，工厂化平台共部署 10 口水平井、1 口直井和 2 口定向井，控制面积 5.6 km^2，控制储量约 18.5×10^8 m^3。

2.2.1　基本参数

以山 1 段和盒 8 段为目的层的水平井分别部署 4 口和 6 口，平均设计井深 4 550.70 m，水平段长度 800.00～1 000.00 m，靶前位移 400.00～870.00 m，相邻水平井水平段间距大于450.00 m，水平段在盒 8 段、山 1 段的方位角分别设计为 347°和 13°，最大偏移距 677.00 m。

2.2.2　井场布置

按照“地面服从地下，井场符合施工要求”的原则，根据水平井设计思路，考虑工厂化施工特点，对工厂化井场进行布置。井口分为南、北两排，东西向展布，井距和排距分别为 15 和 50 m，井场规格为 200 m×300 m；北排共 6 口井，最左侧为 1 口定向井；南排 7 口井，中部为直井，最右侧为 1 口定向井。双排井位中间均设计为 30 m，以确保分批作业时的安全距离。

3　工厂化作业关键技术

3.1　地质导向技术

在非常规气藏水平井钻井过程中，地质导向技术是关键技术之一。准确入靶和水平段钻进是苏里格地区水平井地质导向的 2 个关键环节。苏 53 区块 2010 年开始实施水平井整体开发，2013 年建成 $2\ 020\times10^8$ m^3/a 产能，完钻 108 口水平井，入靶成功率 100%，水平段平均砂体钻遇率 86.52%，形成了一套完善的地质导向技术。关于苏里格气田的水平井导向技术，许多文献已有详细论述，在此不再赘述。针对工厂化平台的特点，水平井地质导向主要考虑以下 2 点：

1）利用集中建产的优势进行导向。a. 在区块地质模型的基础上，建立工厂化区域地质模型，根据邻井及区域内 3 口直井、定向井的动静态资料，对模型进行优化，提高模型预测的准确性；b. 根据工厂化完钻水平井资料调整模型，进一步认识储层，同时总结工厂化水平井入靶及钻进特点，总体考虑横向对比，确保水平井钻进的高效性。

2）考虑工厂化水平井靶前位移和偏移距大，定向施工和调整难度大等问题，优化导向技术，加强协调管理，确保高效钻进。

苏 53 区块工厂化水平井均实现一次性成功入靶，平均单井砂体钻遇率 86.4%，有效储层钻遇率 73.4%，有效储层钻遇率高于同期完钻水平井的平均水平(68.5%)，其中苏 53-82-18H1 井、苏 53-82-19H 井和苏 53-8-20H 井等 3 口水平井的砂体钻遇率达到 100%。

3.2　钻井技术

基于工厂化作业理念，工厂化实施批量钻井、完井作业[16]。由 ZJ30 型车载钻机批量实施表层钻井作业，两部 50L 钻机联合批量进行二开、水平段钻井作业，整个工厂化作业分两轮完成。第一轮集中钻西部 7 口井(如图 1 所示)，为录取地层资料，首先钻直井和定向井，同时 ZJ30 型车载钻机完成表层施工，施工顺序为 3 号井、2 号井、7 号井、8 号井、9 号井；接着由两部 ZJ50 型钻机同时批量进行二开作业，北排第一口钻 3 号水平井，向左回拖，南排第一口钻 7 号水平井，向右正拖，同时相向作业；最后批量进行水平段作业，施工顺序与二开一致。第二轮作业顺序与第一轮相同(见图 1)，同时压裂第一轮完钻水平井。

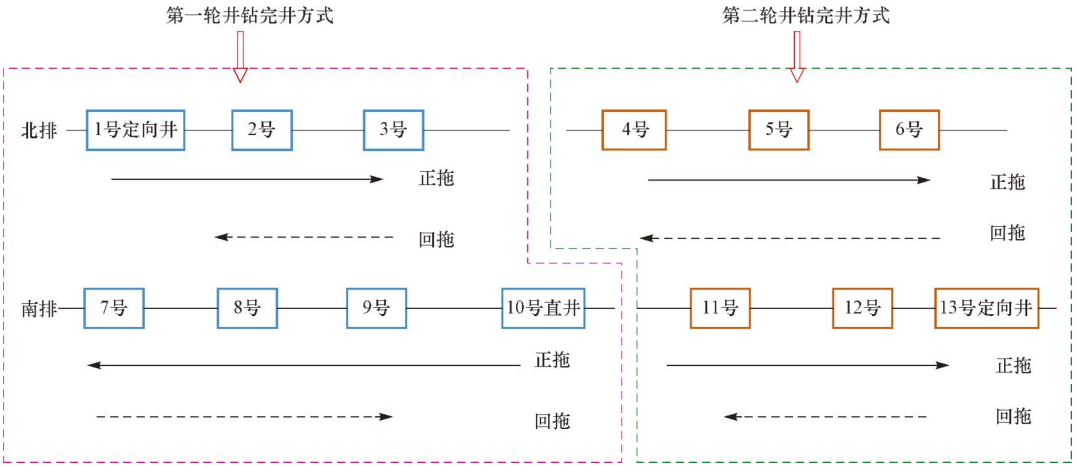

图 1　工厂化作业分批施工示意

Fig. 1　Schematic diagram of factory operation in batches

针对工厂化水平井存在的偏移距大和井眼轨迹三维空间旋转等技术难点，主要采取了以下技术措施[17]：1)优化井身结构及井眼轨道。苏 53 区块初期二开采用 ϕ241.3 mm 钻头钻进，钻井速度较慢，通过优化，工厂化水平井二开采用 ϕ222.0 mm 钻头＋ϕ215.9 mm 钻头钻进，即直井段选用 ϕ222.0 mm 钻头，造斜段和扭方位段选用 ϕ215.9 mm 钻头，提高了机械钻速、降低了套管下入难度；通过优化井眼轨道，确定采用三维 S 形轨道，即“直井段＋造斜段＋稳斜段＋扭方位段＋入靶点”。2)根据苏里格地区不同地层储层参数，分井段优选 PDC 钻头，与单弯螺杆钻具配合进行复合钻进。采用润滑性、防塌性、抑制性好的 GWSSL 钻井液。3)钻机整体平移技术。采用地面棘爪式轨道液压推动方式移动钻机，15 m 井距 3 h 内可完成钻机整体平移。

3.3　储层改造技术

根据部署区的地质特征及水平井参数，考虑不同压裂方式的特点和技术优势，工厂化平台采取同步压裂和段内多缝体积压裂相结合的方式进行储层改造[18-19]。优选 6 口水平井实施双井同步压裂，其中以山 1 段为目的层的苏 53-82-3H井和苏 53-82-4H 井实施段内多缝同步体积压裂。为保证储量整体动用，其余 4 口水平井实施单井段内多缝体积压裂。直井和定向井采用常规的分层压裂方式进行储层改造。

为验证同步压裂效果，运用微地震裂缝监测技术对苏 53-82-1H 井和苏 53-82-2H 井实施了实时裂缝监测。通过分析监测结果发现，两口井同步压裂前 3 级产生的裂缝形态与单井顺序压裂没有明显的差别，从第 4 级开始两井间区域的裂缝形态发生了比较明显的变化，开始产生明确的非对称裂缝，两翼之间存在一定的夹角，且区域内部裂缝形态趋向复杂，形成了比较复杂的网络裂缝(见图 2)。

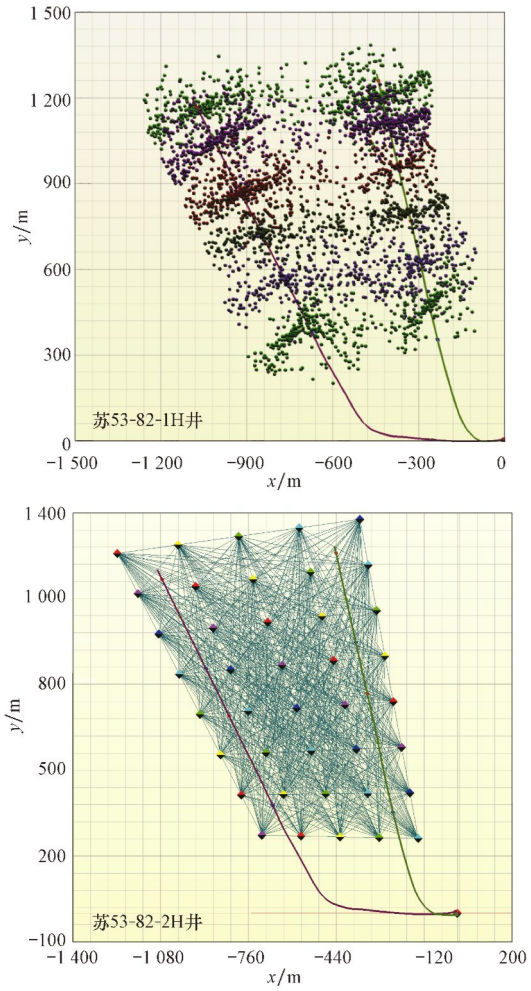

图 2　苏 53-82-1H 井和苏 53-82-2H 井微裂缝监测结果

Fig. 2　Effects of micro-fractures monitoring in Wells Su 53-82-1H and Su 53-82-2H

4　应用效果评价

4.1　钻井效果

工厂化作业从钻井至投产历时 211.0 d,累计进尺 56 702.00 m,水平井平均单井完钻井深4 584.20 m,平均单井水平段长 932.00 m,通过流水线作业,钻井效率明显提高:1)水平井平均单井钻井周期 29.1 d,比苏 53 区块同年完钻的其他水平井平均缩短 15.98 d;2)水平井平均机械钻速 11.5 m/h,而 2013 年常规水平井的平均机械钻速为 11.9 m/h;3)平均单井有效储层钻遇率 73.4%,比同区块同期其他水平井平均值提高 4.9 百分点。

4.2　生产效果

工厂化水平井平均单井试气无阻流量 64.30×10^4 m^3/d,投产初期平均井口压力 20.2 MPa,单井日产气量 11.80×10^4 m^3/d,比苏 53 区块 2013 年投产水平井产气量高 0.49×10^4 m^3/d,其中苏53-82-3H井初期产气量超过 20.00×10^4 m^3/d(见表 2)。

表 2　苏 53 区块工厂化平台水平井参数

Table 2　Horizontal well parameters of the"factory drilling"in Su 53 Block

井号	井深/m	水平段长度/m	砂岩钻遇率,%	有效储层钻遇率,%	无阻流量/10^4m^3/d	初期产量/10^4m^3/d	初期井口压力/MPa
苏53-82-1H	4 607.00	918.00	86.9	75.9	40.1	10.6	22.0
苏53-82-2H	4 543.00	888.00	86.5	71.5	28.4	9.1	19.6
苏53-82-3H	4 567.00	918.00	100.0	100.0	278.6	20.4	21.3
苏53-82-4H	4 639.00	988.00	91.1	82.0	70.3	14.7	22.1
苏53-82-5H	4 542.00	958.00	100.0	94.8	35.9	12.3	21.4
苏53-82-6H	4 549.00	898.00	64.4	50.3	21.5	8.5	19.3
苏53-82-7H	4 753.00	998.00	100.0	82.7	73.5	12.4	20.1
苏53-82-8H	4 698.00	998.00	66.9	38.9	18.3	5.9	16.6
苏53-82-9H	4 477.00	938.00	91.6	68.3	53.0	15.7	21.8
苏53-82-10H	4 467.00	818.00	73.8	69.2	23.0	8.1	17.3

5　结论及建议

1) 苏 53 区块部分区域的储层特征符合水平井工厂化作业的地质要求。

2) 工厂化作业实现了缩短钻井周期、提高钻井效率、降低开发成本和效益最大化的目的。同时,为先进的压裂工艺提供了平台,节约了井场用地,便于集中管理。

3) 在工厂化水平井钻井完井过程中,形成的水平井工厂化钻井完井关键技术值得其他非常规气藏工厂化作业借鉴。

4) 建议强化地质研究,在苏里格气田优选工厂化作业区域,实施适度规模的水平井工厂化整体开发试验。

参　考　文　献
References

[1] 张金成,孙连忠,王甲昌,等."井工厂"技术在我国非常规油气开发中的应用[J]. 石油钻探技术,2014,42(1):20-25.
Zhang Jincheng, Sun Lianzhong, Wang Jiachang, et al. Application of "well factory" in unconventional oil and gas development in China[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42(1):20-25.

[2] 何明舫,马旭,张燕明,等. 苏里格气田"工厂化"压裂作业方法[J]. 石油勘探与开发,2014,41(3):349-353.
He Mingfang, Ma Xu, Zhang Yanming, et al. A factory fracturing model of multi-well cluster in Sulige Gas Field, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2014, 41(3):349-353.

[3] 艾军,张金成,臧艳彬,等. 涪陵页岩气田钻井关键技术[J]. 石油钻探技术,2014,42(5):9-15.
Ai Jun, Zhang Jincheng, Zang Yanbin, et al. The key drilling technologies in Fuling Shale Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42(5):9-15.

[4] 陈平,刘阳,马天寿. 页岩气"井工厂"钻井技术现状及展望[J]. 石油钻探技术,2014,42(3):1-7.
Chen Ping, Liu Yang, Ma Tianshou. Status and prospect of multi-well pad drilling technology in shale gas[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42(3):1-7.

[5] 廖腾彦,余丽彬,李俊胜. 吉木萨尔致密砂岩油藏工厂化水平井钻井技术[J]. 石油钻探技术,2014,42(6):30-33.
Liao Tengyan, Yu Libin, Li Junsheng. A factory-like drilling technology of horizontal wells for tight sandstone reservoirs in the Jimusaer Area[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42

(6):30-33.

[6] 王锦昌,邓红琳,袁立鹤,等."井工厂"模式在大牛地气田的探索与应用[J].石油钻采工艺,2014,36(1):6-10.
Wang Jinchang, Deng Honglin, Yuan Lihe, et al. Exploration and application of "well plant" mode in Daniudi Gas Field[J]. Oil Drilling & Production Technology,2014,36(1):6-10.

[7] 成志刚,宋子齐,景成,等.苏里格东区致密气储层成岩储集相分类及特征[J].断块油气田,2012,19(5):577-582.
Cheng Zhigang, Song Ziqi, Jing Cheng, et al. Classfication and characteristics of reservoir diagenetic facies for tight gas reservoir in eastern area of Sulige[J]. Fault-Block Oil and Gas Field,2012,19(5):577-582.

[8] 叶成林,王国勇.体积压裂技术在苏里格气田水平井开发中的应用:以苏 53 区块为例[J].石油与天然气化工,2013,42(4):382-386.
Ye Chenglin, Wang Guoyong. Application of stimulated reservoir volume to horizontal wells in Sulige Gas Field: a case study in Su 53 Block[J]. Chemical Engineering of Oil and Gas,2013,42(4):382-386.

[9] 王国勇.苏里格气田水平井整体开发技术优势与条件制约:以苏 53 区块为例[J].特种油气藏,2012,19(1):62-65.
Wang Guoyong. The overall development technology superiority and the conditional restriction in thehorizontal well development of Surig Gas Field: taking Su 53 Block as an example[J]. Special Oil & Gas Reservoirs,2012,19(1):62-65.

[10] 何东博,贾爱林,冀光,等.苏里格大型致密砂岩气田开发井型井网技术[J].石油勘探与开发,2013,40(1):79-89.
He Dongbo, Jia Ailin, Ji Guang, et al. Well type and pattern optimization technology for large scale tight sand gas, Sulige Gas Field[J]. Petroleum Exploration and Development,2013,40(1):79-89.

[11] 何光怀,李进步,王继平,等.苏里格气田开发技术新进展及展望[J].天然气工业,2011,31(2):12-16,120.
He Guanghuai, Li Jinbu, Wang Jiping, et al. New progress and prospect of Surig Gas Field development technology[J]. Natural Gas Industry,2011,31(2):12-16,120.

[12] 雷群,胥云,蒋廷学,等.用于提高低-特低渗透油气藏改造效果的缝网压裂技术[J].石油学报,2009,30(2):237-241.
Lei Qun, Xu Yun, Jiang Tingxue, et al. "Fracture network" fracturing technique for improving post-fracturing performance of low and ultra-low permeability reservoirs[J]. Acta Petrolei Sinica,2009,30(2):237-241.

[13] 王秀平,牟传龙,贡云云,等.苏里格气田 Z30 区块下石盒子组 8 段储层成岩演化与成岩相[J].石油学报,2013,34(5):883-895.
Wang Xiuping, Mou Chuanlong, Gong Yunyun, et al. Diagenetic evolution and facies of reservoirs in member 8 of Permian Xiashihezi Formation in the Z30 Block of Sulige Gasfield[J]. Acta Petrolei Sinica,2013,34(5):883-895.

[14] 王国勇.致密砂岩气藏水平井整体开发实践与认识:以苏里格气田苏 53 区块为例[J].石油天然气学报,2012,34(5):153-157.
Wang Guoyong. Practice and cognition of the overall development in the horizontal well of tight sandstone gas reservoir: taking Su 53 Block as an example[J]. Journal of Oil and Gas Technology,2012,34(5):153-157.

[15] 刘社明,张明禄,陈志勇,等.苏里格南合作区工厂化钻完井作业实践[J].天然气工业,2013,33(8):64-69.
Liu Sheming, Zhang Minglu, Chen Zhiyong, et al. Factory-like drilling and completion practices in the joint gas development zone of the south Sulige Project[J]. Natural Gas Industry,2013,33(8):64-69.

[16] 王林,马金良,苏凤瑞,等.北美页岩气工厂化压裂技术[J].钻采工艺,2012,35(6):48-50.
Wang Lin, Ma Jinliang, Su Fengrui, et al. North American shale gas factory fracturing technology[J]. Drilling & Production Technology,2012,35(6):48-50.

[17] 刘乃震.苏 53 区块"井工厂"技术[J].石油钻探技术,2014,42(5):21-25.
Liu Naizhen. Application of factory drilling technology in Block Su 53[J]. Petroleum Drilling Techniques,2014,42(5):21-25.

[18] 刘乃震,柳明.苏里格气田苏 53 区块工厂化作业实践[J].石油钻采工艺,2014,36(6):16-19.
Liu Naizhen, Liu Ming. Factory operation practice in Su 53 Block in Sulige Gasfield[J]. Oil Drilling & Production Technology,2014,36(6):16-19.

[19] 毕曼,杨映洲,马占国,等.混合压裂在苏里格致密气藏水平井的应用[J].断块油气田,2014,21(5):644-647,659.
Bi Man, Yang Yingzhou, Ma Zhanguo, et al. Application of hybrid fracturing in horizontal well of tight gas reservoir in Sulige Gas Field[J]. Fault-Block Oil and Gas Field,2014,21(5):644-647,659.

[编辑 刘文臣]