

涩北气田钻井工程提速、提效措施及成效

张存福¹ 霍自成¹ 周平²

1. 中国石油青海油田公司概预算管理部 2. 中国石油青海油田公司钻采工艺研究院

张存福等. 涩北气田钻井工程提速、提效措施及成效. 天然气工业, 2014, 34(10): 133-136.

摘 要 柴达木盆地涩北气田第四纪产层埋藏浅、含气井段长, 地层疏松、泥质含量高, 气、水关系复杂, 井眼易缩径、易塌, 钻井复杂、井下事故多, 存在着钻井周期长、成本高、效益差的问题。为高效建成 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 高原气田, 中国石油青海油田公司引入市场竞争机制, 开展涩北气田安全快速钻井及水平井工艺配套技术研究, 强化生产组织和井控管理, 实现了提速、提效的工作目标: 机械钻速由 13.03 m/h 提高到 41.39 m/h, 钻井周期由 27.55 d 减少到 6.29 d, 固井合格率达到 100%, 气井单井产量提高 3 倍以上, 近 4 年累计节约投资 4.88 亿元。结论认为: 要做到优、快、高效开发涩北气田这一类复杂气田, 必须坚持管理创新、技术创新、机制创新, 并发挥好定额管理的基础性作用。

关键词 柴达木盆地 涩北气田 第四纪 钻井提速 设计优化 技术创新 市场竞争 成效分析

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2014.10.021

Efficiency and effectiveness achieved in drilling engineering in the Sebei Gas Field, Qaidam Basin

Zhang Cunfu¹, Huo Zicheng¹, Zhou Ping²

(1. Approximate Budget-Estimate Department of PetroChina Qinghai Oilfield Company, Dunhuang, Gansu 736202, China; 2. Research Institute on Drilling & Production of PetroChina Qinghai Oilfield Company, Dunhuang, Gansu 736202, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 34, ISSUE 10, pp.133-136, 10/25/2014. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: Low cost and rapid drilling will be the key to the efficient development of the Sebei Gas Field, Qaidam Basin, where the Quaternary pay zone is buried shallow with loose beds and high shale content. Therefore, due to multiple gas-bearing layers and a complex gas-water relationship, borehole shrinkage and collapse were often encountered in drilling wells, let alone the complicated downhole situation and downhole accidents. As a result, drilling operators there have been always troubled by a long cycle, a high cost, and a poor effect. In view of this, to build a gas field on the plateau with a deliverability of 10 billion m^3 , the PetroChina Qinghai Company introduced the market and competitive mechanisms, conducted technical studies on how to achieve safe and rapid drilling assisted by a complete set of horizontal well drilling techniques, and strengthened production organization and well control management. After four years of efforts, the rate of penetration (ROP) in this study area was enhanced from 13.03 to 41.39 m/h, the drilling cycle was shortened from 27.55 to 6.29 days, the per-well production was tripled; as a result, about 488 million yuan (RMB) was saved in total. In conclusion, to achieve the development of complex gas fields like Sebei with a high quality, a high speed and a high efficiency, operators should insist on technical improvement, management and mechanism innovation and also excel the fundamental role of quota management.

Keywords: Qaidam Basin, Sebei Gas Field, Quaternary, enhanced ROP, drilling parameters optimization, technical innovation, market and competitive mechanism, benefit analysis

作者简介: 张存福, 1966 年生, 工程师; 主要从事油气井工程造价管理工作。地址: (736202) 甘肃省敦煌市青海油田公司概预算管理部。电话: (0937) 8934016。E-mail: zcfqh@petrochina.com.cn

1 气田概况及开发难点

涩北气田位于柴达木盆地东部,是中国陆上的大气田之一,现已共计探明天然气地质储量 $2\ 768.56 \times 10^8\text{ m}^3$,其中涩北一号气田 $990.61 \times 10^8\text{ m}^3$ 、涩北二号气田 $826.33 \times 10^8\text{ m}^3$ 、台南气田 $951.62 \times 10^8\text{ m}^3$ 。

为推进中国石油“加快青海天然气发展,用 3 年时间建成 $100 \times 10^8\text{ m}^3$ 天然气产能”战略决策的实施,达到涩北气田年产天然气 $85 \times 10^8\text{ m}^3$ 的目标,需新钻井 474 口,其中直井 410 口、水平井 64 口,低成本快速钻井便成了该气田实现高效开发的关键^[1-2]。

1.1 地质情况复杂,易发事故

涩北气田的产层为第四系,钻井过程中喷、漏、垮、卡事故多,主要表现为:

1)地层疏松,成岩性差;泥质含量高,易吸水后膨胀引起井眼缩径、垮塌,从而造成下钻遇阻、遇卡。

2)气层埋藏浅,含气井段长,井控风险大。气层埋深介于 $405 \sim 1\ 746\text{ m}$,含气层数多达 88 层,气水关系复杂,起钻时容易发生抽汲。

3)涩北地区分布浅部盐渍岩土,发育浅层水溶气,固井时易发生窜槽,固井施工难度大^[3-4],导致固井质量合格率不足 81%。

1.2 产能建设速度慢

涩北气田井漏严重,2008 年有 34 口井发生井漏,漏失钻井液 $2\ 332\text{ m}^3$,损失时间高达 69.04 d,平均单井损失时间 1.87 d。

涩北气田平均机械钻速 13.03 m/h ,平均钻井周期为 27.55 d,钻井周期长。台南气田采用三层套管程序的直井平均固井作业时间为 15.04 d,占钻井周期的 54.75%;采用四层套管程序的水平井平均固井作业时间为 23.65 d,占钻井周期的 43.69%。由此导致气田产能建设速度慢、成本高,投资效益低下。

2 钻井提速、提效的措施及成效

针对该气田开发中的难点,从 2008 年起,中国石油青海油田公司(以下简称青海油田)提出了“提速、提效、提素”(以下简称为“三提”)的工作目标,通过开展《涩北气田安全快速钻井及水平井工艺配套技术研究》^[5],借鉴其他油气田的有效经验^[6],引入竞争机制,采取多种措施,取得了明显的成效。具体做法和取得的成效详述于下。

2.1 采用“8+3”模式,引入竞争机制

2008 年初,青海油田调动青海钻井公司 8 部钻机,另外,通过市场化运作从系统内调用 3 部钻机,采

取“8+3”(关联队伍 8、市场队伍 3)生产组织管理模式,在公司与公司之间、井队与井队之间建立了良好的竞争机制。

2.2 开展配套技术研究,加强技术创新,推广水平井钻井技术

2.2.1 优化井身结构

1)涩北一号气田:表层套管下深,三层结构井由 400 m 优化为 200 m、二层结构井由 400 m 优化为 300 m、套管钢级由 N80 优化为 J55、壁厚由 10.03 mm 优化为 8.94 mm;气层套管由 $\varnothing 177.8\text{ mm}$ 优化为 $\varnothing 139.7\text{ mm}$ 。

2)涩北二号气田:表层套管下深由 400 m 优化为 150 m、气层套管由 $\varnothing 177.8\text{ mm}$ 优化为 $\varnothing 139.7\text{ mm}$ 。

3)台南气田:I 层系直井和 II 层系水平井采用两开井身结构,III 层系以下直井和水平井均采用三开井身结构,V 层系、VI 层系水平井采用四开井身结构;直井气层套管由 $\varnothing 177.8\text{ mm}$ 优化成 $\varnothing 139.7\text{ mm}$ 。

2.2.2 优选钻井液体系

通过综合评价,优选钻井液体系,在涩北气田采用了两性离子聚合物钻井液、成膜低渗透聚合物钻井液,并研发和试验了盐水聚合物钻井液,提高了钻井液的流变性能、降低了滤失量、增强了抑制性和润滑性,满足了涩北气田钻井的需要。

2.2.3 优化固井工艺,提高固井质量

表层套管应用内插法固井,使用高黏隔离液,采用低温早强水泥浆体系;技术套管采用早强防窜双凝水泥浆体系,采用平衡压力固井;气层套管采用低密高强度和增韧膨胀水泥浆体系,防窜防漏,其中水平井完井应用了管外封隔器+A 靶点以上注水泥的固井方式,实现了产层与上部井筒的封隔,避免了因固井质量不好而造成天然气上窜的问题。

2.2.4 优快钻井技术,缩短钻井时间

取消表层标准和声幅测井,单井缩短钻井周期 1 d 以上;通过优选水泥浆体系,下表层套管候凝时间缩短 24 h、下技术套管候凝时间缩短 8 h、下生产套管候凝时间缩短 24 h,仅此一项就使单井钻井周期缩短 2 d 以上;加强各工序间的衔接,缩短搬迁与安装时间;优化钻具结构,使用简易扩眼器和螺旋钻铤,预防缩径;优化钻头选型,强化钻井参数提高喷射钻井效率;水平井全部使用柔性钻具组合,以加重钻杆替代钻铤,避免大斜度并极易出现的粘附及键槽卡钻等井下事故。

2.2.5 大规模推广水平井钻井技术

通过水平井钻井技术攻关,成功推广了长井段水平井钻井^[7]、双台阶水平井钻井、水平井优快钻井、割

缝筛管完井等配套技术,近 4 年涩北气田共完成水平井 75 口。其中水平井应用筛管+管外封隔器+套管完井技术,解决了固井水泥浆倒灌和射孔费用高的问题,有效地保护了气层并降低了完井成本。

2.2.6 采取防漏预堵漏技术

通过对堵漏技术的研究,在涩北气田采取预堵、静堵相结合的方法,提高了钻井速度、减少了材料消耗量、避免了因井漏造成的井眼坍塌、井涌及井喷等复杂事故的发生。

2.2.7 应用疏松砂岩取心技术

采用松散地层取心和内衬管保形加压取心技术^[7],使得取心收获率超过 90%。

2.3 强化生产组织和井控管理

2.3.1 强化生产组织管理,提高整体素质

加强生产组织协调^[7-8]、细化井位安排、注重队伍管理,形成了关联队伍与市场队伍“比、学、赶、帮、超”的良好竞争局面,项目管理水平、施工队伍素质得到了全面提升。

2.3.2 加强井控制度管理

制订了《涩北气田钻井井控安全管理要求》《东部天然气钻井井控措施》《涩北气田产能建设工程监督实施细则》3 个管理办法;强化设计管理、QHSE 体系管理,提高设计的科学性和指导性,从源头抓好井控安全工作。

2.4 实施“三提”所取得的成效

2.4.1 钻井速度大幅提升

区块钻井提速成果不断刷新,总的钻井平均机械钻速由 13.03 m/h 提高到 41.39 m/h;平均钻井周期由 27.55 d 降低至最低时的 6.29 d(图 1)。其中:直井平均机械钻速由 16.58 m/h 提升至 46.49 m/h;水平井平均机械钻速由 11.55 m/h 提升至 31.92 m/h;钻机平均搬迁安装时间由 6.66 d 缩短至 3.36 d;直井电测遇阻率由 35.48% 降至 27.27%,水平井电测遇阻率

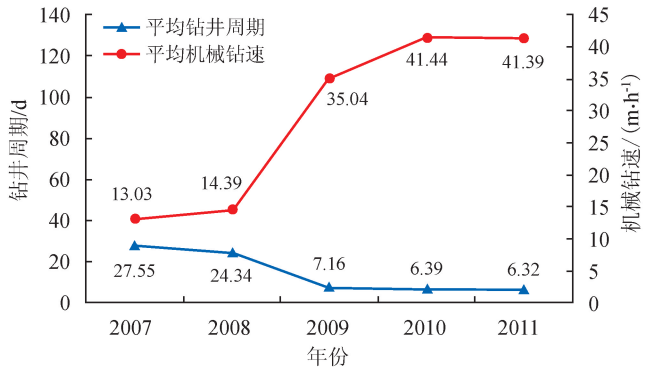


图 1 2007 年—2011 年钻井周期和机械钻速对比图

由 32.76% 降至 16.67%;固井漏失率明显降低,固井合格率达到 100%,其中优质率提高到 80.65%。

2.4.2 单井产量提高,钻井投资节约

2.4.2.1 水平井产量提高 3 倍

水平井采用 MWD+LWD 地质导向钻井技术,油层钻遇率超过 92%;割缝筛管完井技术的全面推广,使单井产量大幅度提高,实现了气井产量提高 3 倍以上的目标,其中台 H4-3 井投产初期日产气 26.6×10⁴ m³,是邻井直井产量的 4.19 倍^[9]。

2.4.2.2 钻井投资节约 4.88 亿元

通过引入竞争机制,开展技术攻关,应用成熟配套技术及水平井钻井技术,近 4 年涩北气田 3 个区块累计为青海油田节约投资 4.88 亿元。

1)通过优化井身结构、优选钻井液和水泥浆体系、优化钻头选型号及钻具组合,加强各工序间衔接,节约投资 1.67 亿元(表 1)。

表 1 井身结构优化效益情况分析表

项 目	节约投资/万元
优化设计钻头和钻井液	3 243
节约设计钻井周期	2 866
减少套管用量	9 293
减少固井次数	1 299
合 计	16 701

2)为达到“少井高产”的目的,大力推广水平井钻井技术,节约投资 3.21 亿元(表 2)。

表 2 推广水平井钻井技术效益情况分析表 万元

项 目	节约投资	增加投入	综合效益
减少直井数量	35 685		35 685
水平井技术服务	1 050		1 050
增加水平井数量		18 880	-18 880
使用筛管完井	19 631	5 359	14 272
合 计	56 366	24 239	32 127

2.4.3 项目管理水平和施工企业效益全面提高

在经营管理上,采用总包经营模式,按设计周期和定额结算,保持设计周期的相对稳定,极大激发了施工企业的积极性,队伍素质得到全面提升,项目管理水平不断提高^[10]。

近 4 年钻井队伍累计节约设计钻井周期 51.61 台月,节约成本 8 516 万元,实现了“甲乙”双方互利共赢。

3 结论与认识

要实现“三提”成果提起来、保持住、可持续,必须坚持管理创新、技术创新、机制创新,发挥定额管理的基础性作用。

1)持续“三提”必须坚持引入市场竞争机制。引入市场竞争机制,有利于勘探钻井资源的优化配置、有利于促进勘探生产力水平的提高、有利于充分挖掘企业的管理资源,能够避免“一对一”关联交易带来的工程造价、工程进度失控等弊端;充分发挥关联交易队伍、市场化队伍,钻探企业、民营企业之间的优势和特点。

2)持续“三提”必须坚持技术创新。近年来以高效PDC钻头为核心的钻井提速配套技术取得显著效果,空气钻井、充气钻井、复合导向钻井和新型钻井液技术有了长足的发展,持续“三提”必须加强成熟技术集成应用和创新,促进钻井工程技术的全面发展和进步。

3)持续“三提”必须发挥定额管理的基础作用。只有建立科学的定额周期和定价机制,发挥定额管理在鼓励先进鞭策落后方面的基础性作用,给钻井施工方保留一定的周期富余空间,做到利益共享,才能激发钻井施工队伍的自觉性、能动性和积极性,最终实现甲乙双方互利共赢的目标。

参 考 文 献

- [1] 宗贻平,马力宁,贾英兰,等. 涩北气田 100 亿立方米天然气产能主体开发技术[J].天然气工业,2009,29(7):1-3.
ZONG Yiping, MA Lining, JIA Yinglan, et al. The main exploitation techniques applied for the goal of annual gas deliverability of 10 bcm in the Sebei Gas Field[J]. Natural Gas Industry, 2009,29(7):1-3.
- [2] 马力宁. 涩北气田开发中存在的技术难题及其解决途径[J].天然气工业,2009,29(7):55-57.
MA Lining. Technical difficulties and solutions in the development of the Sebei Gas Field[J]. Natural Gas Industry, 2009,29(7):55-57.
- [3] 顾军,何吉标,谯世均,等. MTA 方法防气窜固井技术在涩北气田的应用[J].天然气工业,2014,34(4):83-89.
GU Jun, HE Jibiao, QIAO Shijun, et al. Application of the MTA method to gas-channeling prevention in well cementing in the Sebei Gas Field, Qaidam Basin[J]. Natural Gas

Industry, 2014, 34(4):83-89.

- [4] 吴学安,张永斌,罗钟鸣,等. 涩北气田割缝筛管压裂充填防砂工艺[J].天然气工业,2012,32(8):71-73.
WU Xue'an, ZHANG Yongbin, LUO Zhongming, et al. Slotted liners or screens for sand control in well completion in Sebei gas fields, Qaidam Basin[J]. Natural Gas Industry, 2012,32(8):71-73.
- [5] 江鲁生,邹来方,赵元才,等. 涩北气田安全快速钻井及水平井工艺配套技术研究[R]. 敦煌:中国石油青海油田公司, 2010.
JIANG Lusheng, ZOU Laifang, ZHAO Yuancai, et al. Safe and quick drilling and horizontal drilling in Sebei Gas Field[R]. Dunhuang, PetroChina Qinghai Oilfield Company, 2010.
- [6] 司光,赵新疆,何杰,等. 新疆莫北油田钻井设计优化提速增效的几点启示[R]. 北京:中国石油规划总院, 2012.
SI Guang, ZHAO Xinjiang, HE Jie, et al. Some tips drawn from the application of drilling speed-up by drilling design optimization[R]. Beijing: PetroChina Planning and Engineering Institute, 2012.
- [7] 孙宁,秦文贵,张镇,等. 钻井手册[M]. 北京:石油工业出版社, 2013.
SUN Ning, QIN Wengui, ZHANG Zhen, et al. A drilling manual[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2013.
- [8] 龚国华,龚益鸣. 生产与运营管理[M]. 上海:复旦大学出版社, 1998.
GONG Guohua, GONG Yiming. Management of production and performance [M]. Shanghai: Fudan University Press, 1998.
- [9] 司光,魏伶华,黄伟和,等. 影响钻井成本的主要因素与控制措施[J].天然气工业,2009,29(9):106-109.
SI Guang, WEI Linghua, HUANG Weihe, et al. The main influencing factors on the drilling cost and the corresponding controlling measures[J]. Natural Gas Industry, 2009,29(9):106-109.
- [10] 黄伟和,刘文涛,司光,等. 石油天然气钻井工程造价理论与方法[M]. 北京:石油工业出版社, 2010.
HUANG Weihe, LIU Wentao, SI Guang, et al. Theory and methods of cost-fabrication in oil and gas drilling engineering[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010.

(收稿日期 2014-04-15 编辑 陈 嵩)