

川西地区德阳 1 井气层段的控压钻井现场试验

李勇¹ 黄敏² 荆华¹ 代锋¹

1. 中国石化西南石油局钻井工程研究院 2. 中国石化西南油气分公司工程技术研究院

李勇等. 川西地区德阳 1 井气层段的控压钻井现场试验. 天然气工业, 2012, 32(7): 55-58.

摘 要 四川盆地川西地区自侏罗系蓬莱镇组到三叠系须家河组碎屑岩地层压力系统复杂, 流体性质也很难准确预报。为减少同一井段气层钻进的喷漏复杂风险, 在川西地区的德阳 1 井须家河组气层段开展了控压钻井现场应用试验; 通过随钻环空压力监测、地面自动节流调整回压及压力补偿等手段, 实现了钻进各个工况的井筒环空压力的闭环实时监测与精确控制; 应用先进的“微流量控制系统”及时对气层监测和控制溢流, 气层中钻进用微流量控制系统发现溢流比录井提前了 21 min; 通过控压钻井系统自动增加井口回压来平衡地层压力, 实现了钻进各个工况的井底恒压。该系统的成功应用为复杂地层钻进积累了经验。

关键词 四川盆地 西 侏罗纪 三叠纪 碎屑岩 压力系统 微流量控制系统 控压钻井 现场试验

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2012.07.013

控压钻井 (MPD, Managed Pressure Drilling) 作为一种新的钻井技术, 利用欠平衡钻井的设备和技^[1-4]术, 改变钻井液排量、回压等参数, 选择合适的多相流数学模型, 利用水力学的严格推理与计算, 保证井筒环空与井底压力的精确控制, 能够方便快捷调节环空钻井液当量循环密度, 使井底压力恒定在一定范围之内, 降低或避免钻井过程中的复杂问题^[5-6], 减少非生产作业时间 (NPT)。

对四川盆地川西地区深层致密砂岩气藏而言, 气体钻井的应用受到限制; 过平衡屏蔽暂堵存在低效甚至无效的问题 (尤其是在以微裂缝为主要渗流通道时); 欠平衡钻井又存在控制难度大, 风险大, 隐性正压差伤害等问题。为此, MPD 技术所具有的压力监测、控制优势, 促使我们在本地区开展该技术应用试验。

1 常规钻井面临的难题

川西地区深层致密碎屑岩富含十分丰富的天然气资源, 从侏罗系蓬莱镇组到三叠系须家河组都存在不同厚度和性质的气层, 但是, 特殊复杂的工程地质条件导致钻井工程技术面临诸多困难, 多年来的实践经验表明, 地层压力系统复杂和流体性质很难准确预报, 由于有限的套管程序不可能将可能遇到的复杂层段完全

封隔开, 这就使得同一裸眼内同时存在两个或多个相互矛盾对立的工程地质问题, 不可避免地出现喷、漏、塌等复杂情况, 给常规钻井工艺带来极大的困难。

德阳 1 井位于四川省广汉市金轮镇桂花村 8 组, 是川西新场构造上的一口以须家河组二段为主要目的层, 兼探须家河组四段的预探直井, 设计井深 5 900 m, 完钻层位: 上三叠统小塘子组。

本井 $\varnothing 193.7$ mm 套管下深 5 273 m, 封隔遂宁组—须家河组三段, 固井水泥返至地面, 拟在第四次开钻 $\varnothing 165.1$ mm 井眼须家河组二段 5 279~5 820 m 开展控压钻井技术现场应用试验 (图 1)。试验井段地层压力系数 1.50~1.60, 破裂压力系数 2.23~2.33, 坍塌压力系数 1.52~1.62, 设计钻井液密度 1.48~1.50 g/cm³ 进行控压钻井。

2 现场试验及效果

2.1 施工作业准备情况

2.1.1 人员准备情况

控压钻井监督 1 名、控压钻井工程师 2 名、控压操作人员 4 名。进场前进行井场实地考察, 开展控压钻井施工方案、技术措施的讨论等, 并进行控压技术交底和控压钻井作业培训等。

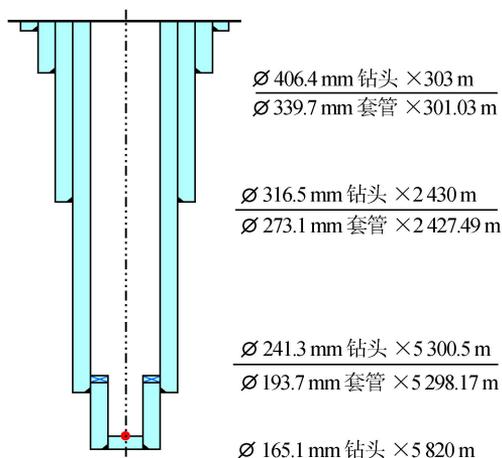


图 1 德阳 1 井井身结构图

表 1 德阳 1 井控压钻井设备及参数表

设备分类	序号	部件名称	主要参数	数量	备注
地面设备	1	旋转控制头	17.5/35 MPa	1套	动压 17.5 MPa 静压 35 MPa
	2	旋转控制头胶心		10个	
	3	控压钻井节流管汇系统	35 MPa	1套	主通径 103 mm
	4	回压泵补偿系统		1台	井队 1 台钻井泵替代
	5	数据采集和控制系统	5 m ³	1套	
	6	分离器		1套	
	7	工具房		1间	
附加设备	8	防爆手提对讲机		4个	

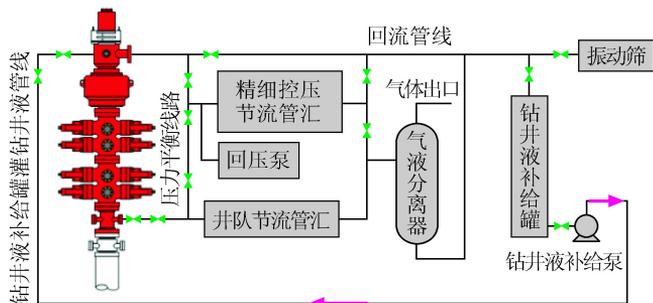


图 2 控压钻井作业流程图

钻井技术在德阳 1 井开展了现场施工,先后完成了控压钻进、起下钻、接单根、井涌监测等多种控压工况作业。微流量控压钻井系统现场作业 240 h,系统运行正常、稳定、无故障,实现了恒定井底压力和微流量自动控制,及时监测并控制了溢流等复杂,施工作业井段 5 303.5~5 362 m,平均机械钻速 0.81 m/h,施工过程中未出现井下复杂和增加非生产作业时间,实现了安全钻井作业,圆满完成了预期作业目的。

2.2.1 正常控压钻进和接单根作业

正常控压作业过程中,采用进口钻井液密度 12.34

2.1.2 设备准备情况(表 1)

2011 年 7 月 8 日 19:00 井队下钻至井深 5 220 m,控压作业队开始对井口旋转防喷器、管线等按标准试压合格(图 2),接着进行套管内测试作业,这也是控压作业前必不可少的一道工序,其目的是检查流通线路、检验传感器的灵敏度、熟悉控压作业流程、检验泵效、对井队及作业人员进行控压前的各种工况培训等。最后,钻井队开始钻水泥塞,利用钻水泥塞的时间,逐步调整钻井液性能,达到控压钻井施工设计钻井液密度要求,设备运行正常,符合控压钻井开钻要求。

2.2 控压钻井作业

2011 年 7 月 1—20 日,由西南石油局钻井工程研究院和四川钻井分公司共同组织下,微流量精细控压

~12.51 ppG(1.48~1.50 g/cm³),井口施加回压 100~150 psi(0.70~1.00 MPa),井底测量的当量循环密度 12.67~12.91 ppG(1.52~1.54 g/cm³),井底压力 11 267 psi(77.68 MPa),维持井底压力恒定条件下钻进作业。

接单根时,停钻井泵,开启回注泵提供一定的排量,调整节流阀开度,提高井口回压至 500~600 psi(3.45~4.14 MPa),补偿正常钻进作业过程中的循环摩阻和压降,保证了接单根工况时井底压力的恒定,如图 3 所示。

2.2.2 控压取心作业

2011 年 7 月 14 日 3:00 下取心工具至 5 015 m,开泵循环并将钻井液密度从起钻前压井当量密度 13.17 ppG(1.58 g/cm³)降低至钻井设计值 12.34 ppG(1.49 g/cm³)。

从图 4 可以看出,在钻井液密度降低至 13.01 ppG(1.56 g/cm³)之前,井底压力随钻井液密度降低而降低,当钻井液密度降低至 13.01 ppG(1.56 g/cm³)之后,随着井口回压的降低,井底压力基本保持稳定(79 MPa),数据采集控制系统显示和控制性能稳定。取心

井段为 5 320~5 325 m,取心进尺为 5 m,至 7 月 14 日 12:40,取心钻进结束,开始循环割心,取心收获率为 100%。

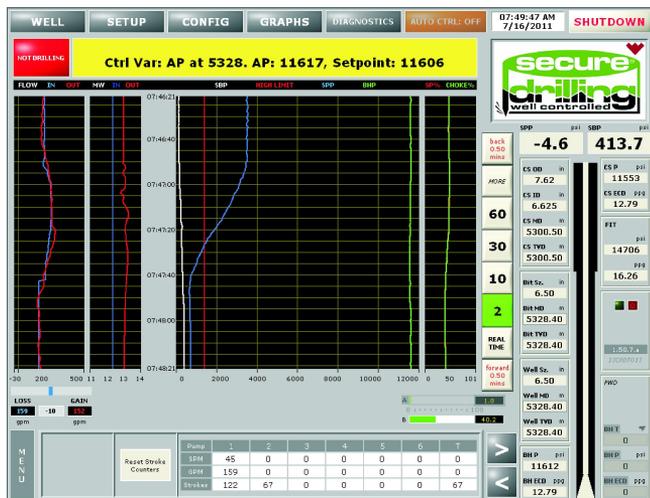
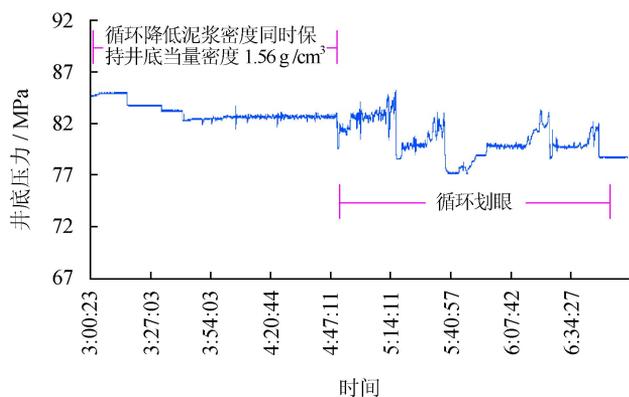


图 3 接单根维持井底压力恒定界面图



2.2.3 溢流监测并点火

控压钻井作业过程中,微流量监测系统自动监测到多次溢流,如图 5 所示溢流报警,图左检测出口流量、密度(红线)偏离,SBP 套压上升,说明出现溢流。

7 月 15 日,控压钻进至井深 5 320 m 时,自动监测到溢流并报警,作业过程中,井口回压自动调整至最高 800 psi (5.51 MPa),微流量自动监测系统监测到出口溢流量为 0.1 m³ (27 gal),准确发现了压力平衡点 11 924 psi (82.21 MPa),相当于钻井液密度 1.55 g/cm³。

为保障设备和作业安全,避免井口长期承受高压,循环并逐步调整钻井液密度从 12.51 ppg (1.50 g/cm³) 提高至 12.76 ppg (1.53 g/cm³),维持井口回压 1 MPa 继续控压钻进。图 5 为系统监测发现溢流并自动控制过程中,循环出流体经气液分离器后,排气管线点火热情况。

通过微流量自动监测与录井监测发现溢流对比,较录井仪器早 21 min,真正做到了及时发现溢流。

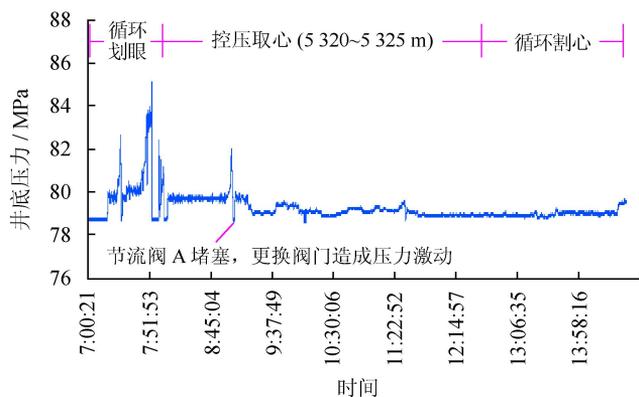


图 4 控压取心作业井底压力控制图



图 5 钻井过程中的溢流监测、控制和点火图

3 结论与建议

德阳1井控压钻井是川西地区真正意义上的微流量精细控压钻井施工作业井,其成功试验为四川地区开展控压钻井新技术积累了宝贵的经验。通过开展本井试验,主要有以下几点认识和建议。

1)成功开展了气层的各种工况控压作业试验,熟悉和掌握了控压作业流程,为川西地区深井探索应用控压钻井技术奠定了基础。

2)在德阳1井用微流量自动监测系统在气层中钻进发现溢流比录井提前了21 min,通过控压钻井系统自动增加井口回压来平衡地层压力,提高了作业效率,减少了非生产作业时间。

3)控压钻井技术通过精确的井底压力测量,有效地指导了气层钻进钻井液密度调整,能较好地处理窄密度窗口引起的溢漏共存等钻井复杂问题,实现安全钻井作业。

4)建议在本井成功试验的基础上,大力推广应用

控压钻井新技术,有效解决四川地区复杂地层钻井经常钻遇的钻井难题,大幅度降低非生产作业时间,节约钻井成本。

参 考 文 献

- [1] 柳贡慧,胡志坤,李军,等.压力控制钻井井底压力控制方法[J].石油钻采工艺,2009,31(2):15-18.
- [2] 王果,樊洪海,刘刚,等.控压钻井技术应用研究[J].石油钻探技术,2009,37(1):34-38.
- [3] 聂兴平,陈一健,孟英峰,等.控制压力钻井技术现状和发展策略[J].钻采工艺,2010,33(2):38-39.
- [4] 姜智博,周英操,王倩,等.实现窄密度窗口安全钻井的控压钻井系统工程[J].天然气工业,2011,31(8):76-79.
- [5] 樊朝斌,先齐,杨世军.准噶尔盆地复杂火成岩地层防漏堵漏控压钻井技术[J].天然气工业,2011,31(9):88-92.
- [6] 王倩,周英操,刘玉石,等.控压钻井过程中泥页岩井壁破坏分析[J].天然气工业,2011,31(8):80-85.

(修改回稿日期 2012-05-18 编辑 凌 忠)