

文章编号: 1001-5620(2010)03-0066-03

雾化钻井技术的研究及其在四川龙岗地区的应用

周长虹, 许期聪, 蒲刚, 刘贵义, 王卫东, 董仕明

(川庆钻探工程有限公司钻采工艺技术研究院, 四川广汉)

摘要 针对川渝地区富含大量浅层水、干气体钻井适应性较差、钻井液钻进井漏等难点, 分析了雾化钻井介质的携水机理, 确定了其在不同井深、不同井眼尺寸下的极限携水能力; 对不同条件下雾化钻井参数进行了优化设计, 确定出了满足不同条件的雾化基液配方; 并在四川龙岗地区大尺寸井眼($\phi 444.5\text{ mm}$)开展了5口井的现场应用。实践表明, 雾化钻井技术能有效地治理漏失、地层出水, 携岩效果好, 机械钻速是同井段钻井液的2.38倍, 平均周期缩短6d。该技术的成功应用为气体钻井处理含水层提供了一条有效途径。

关键词 雾化钻井; 携水; 钻井参数; 基液配方; 机械钻速

中图分类号: TE242.7

文献标识码: A

气体钻井技术在川渝地区的推广应用取得了显著的效果, 提高了机械钻速, 缩短了钻井周期。但川渝地区富含大量浅层水, 在干气体钻井过程中, 一旦地层出水, 通常出现流入井眼的地层水处理困难、大排量钻井井下易出现复杂情况等难题。此时需要将干气体钻井转化成充气-雾化钻井, 即在一定排量(比干气体排量提高了30%~40%)的气体中连续泵入一定量的雾化液, 形成以气体为连续相, 雾滴为分散相的雾化钻井介质。目前, 对于雾化钻井的研究、应用以及相关报道甚少, 文中首先分析了该钻井介质的携水机理, 计算了不同井深、不同井眼尺寸条件下雾化钻井的极限携水能力, 对雾化钻井参数进行了优化设计, 选配了满足不同钻井条件的雾化基液配方, 并在龙岗地区开展了5口井的现场应用。实践表明, 雾化钻井技术能有效地治理漏层、水层, 携岩效果好, 提速效果显著。

1 雾化钻井的优点

①雾化钻井是将气体和雾化基液混合作为钻井工作介质, 具有一定的携水能力, 能防止因地层出

水而产生钻头泥包、泥饼环、卡钻以及井壁水敏坍塌等复杂事故, 克服了干气体钻井遇水即转的难题; ②提高了机械钻速, 延长钻头寿命; ③易于发现和保护油气层, 减少对低压储层的损害; ④可以有效地治理井漏, 消除低压漏失层的钻井液漏失、卡钻。

2 雾化钻井介质携水机理及能力^[1-2]

雾化钻井能有效解决地层少量出水的难题, 它是在气体与雾化液的共同作用下, 将地层产出液分散成尺寸很小的液滴, 在环空形成雾态稳定流, 从而有效地将其带离井底。气流对液体的搅动和冲击作用的强弱程度决定了液滴的分散能力。液滴分散得越小, 越易被气流携至地面。但同时液滴尺寸越小, 比表面积就越大, 所消耗的功就越多, 在充气-雾化钻井中气体动能就会在此方面造成大量能耗, 加之气体钻井排量又不能无限制地供应, 因此降低表面张力是保证良好携水性的关键因素。雾化液由水及表面活性剂等处理剂组成, 当其与地层产出液接触后将其乳化, 降低了产出液的表面张力, 提高了临界值韦伯系数, 在与一定排量气体的共同作用下形

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)项目“气体钻井技术与装备”(2006AA06A103)的研究成果。

第一作者简介: 周长虹, 助理工程师, 1981年生, 2007年毕业于西南石油大学油气井工程专业, 长期从事气体钻井技术服务及科研工作。地址: 四川省广汉市中山大道南二段钻采工艺技术研究院空气钻井技术服务公司; 邮政编码 618300; 电话: 13778218220; E-mail: zych861004@163.com。

成稳定的雾状流，从而快速、有效地将地层产出液和钻屑从井底携带出。在优化气液比的基础上，根据川渝地区地质特征，计算了不同井深、不同井眼尺寸下雾化钻井的极限携水能力，结果见表 1。

表 1 不同井眼、井深的雾化携水能力

井深 / m	最大携水量 /(m ³ /h)			
	φ 444.5 mm	φ 311.2 mm	φ 215.9 mm	φ 152.4 mm
500	14.4	9.6	5.0	0.8
1 000	10.2	6.0	3.6	0.6
2 000	8.4	4.8	1.2	0.6
3 000	6.5	4.0	0.8	0.6

3 雾化钻井参数优化设计

雾化钻井设计参数的原则是较低的井底压力和环空岩屑浓度，同时注入压力满足设备能力需要。首先对 φ 444.5 mm 井眼(井深 1 000 m 内)的雾化钻井参数进行了优化。设计计算参数如下：钻头井深为 1 000 m、井口压力为 0.1 MPa、地表温度为 25 ℃、岩屑颗粒直径为 2.54 mm、最高机械钻速为 10 m/h。注入气量与各钻井参数的关系见图 1~图 4。

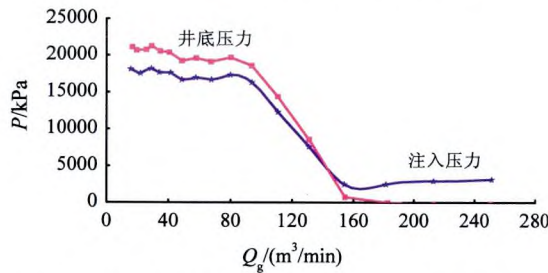


图 1 注入气量与注入压力、井底压力的关系

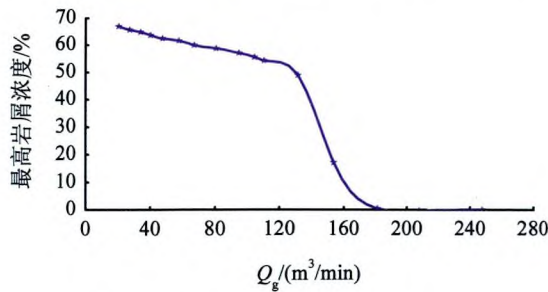


图 2 注入气量与最大岩屑浓度的关系

从图 1~图 3 可见，当注气量达到 180 m³/min 时，此时最高岩屑浓度为 0.52%，井底压力达到最低，注气压力为 3.04 MPa，满足设备要求，最低

岩屑返出速度也符合携砂的需求；而当注气量超过 180 m³/min 后，井底压力、环空岩屑随气量的增加几乎不再变化。因此，综合考虑井壁冲蚀效应及携屑能力，当钻遇井深为 1 000 m 时，合理注气量为 180 m³/min。由图 4 可知，当注气量为 180 m³/min 时，对应注液量为 0.22 m³/min，即 3.67 L/s。

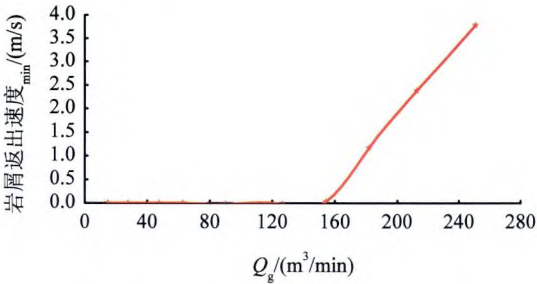


图 3 注气量与最低岩屑返速的关系

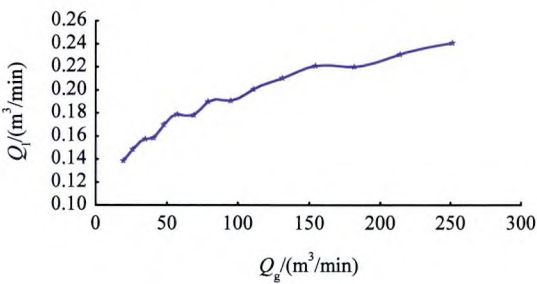


图 4 注气量与注液量的关系

根据上述模拟方法，对不同井深、井段进行了雾化钻井参数优化设计，结果见表 2。

表 2 不同井深、不同井眼尺寸雾化钻井参数优化

井眼尺寸 / mm	介质	井段 / m	推荐气量 / m ³ /min	推荐液量 / L/s
444.5	雾化	<1 000	150~180	3.0~5.0
		1 000~2 000	180~260	
311.2	雾化	<1 000	110~160	2.0~4.0
		1 000~2 000	150~200	
215.9	雾化	<1 000	70~110	1.5~3.0
		1 000~2 000	100~140	
152.4	雾化	<1 000	40~65	1.0~2.5
		1 000~2 000	65~85	
		2 000~3 000	75~95	

4 雾化基液配方

雾化基液由水、表面活性剂以及其他处理剂组

成,其性能是关系雾化钻井成败的关键,不同的井段和地质特性所使用的雾化液配方不同。通过室内实验,最终形成了满足不同条件的雾化基液配方。

1)井壁稳定性好的出水或漏失地层的优选配方:清水+(0.5%~1.0%)起泡剂QP-1或清水+(0.5%~1.0%)起泡剂QP-II。

2)井壁稳定性差的出水或漏失地层的优选配方:清水+(0.5%~1.0%)QP-II+0.2%稳定剂WD-1+7%抑制剂YZ-1。该配方回收率为97%,膨胀降低率为42%。

3)出油地层的优选配方:清水+(0.5%~1.0%)QP-II+0.2%CMC+7%YZ-1。该配方的回收率为97%,抗油能力为20%。

5 实施要点

1)及时用潜水泵将岩屑池中的雾化液回收至泥浆储备罐中,并保持罐内有一定的液量,以便雾泵正常供液。

2)注意观察返出的雾化质量和监测基液罐中的基液性能,及时从基液罐和雾泵补充发泡剂,保持基液中的发泡剂浓度,以确保雾化钻进效果。

3)接单根时,应先上提再下划至井底,保持循环3~5 min后,上提方钻杆,停止雾泵注液,保持空气循环2~3 min,停气,待立管压力降至0后,开始接单根。单根接好后,按要求的排量供气供液,出口正常后再恢复钻进。

4)中途进行单点测斜时、起下钻或终止雾化钻井前,应先进行循环携砂洗井,再停止雾泵注液,增开空压机,以大排量气体将井筒内的雾化液吹出,并适当干燥井眼,尽量减少井内残余液体与水敏性泥页岩的接触时间,以保持井壁稳定。

6 现场应用

龙岗构造富含浅层水,该区块多口井在进行气体钻进时因地层出水而被迫结束。在前期研究基础上,龙岗8井在 $\phi 444.5$ mm井眼开展了雾化钻井技术现场试验,取得了较好的效果。后继续在龙岗21井、26井、19井以及001-20井 $\phi 444.5$ mm井眼开展雾化钻井(见表3),总进尺为2 626.22 m,平均机械钻速为7.63 m/h,是相同条件下钻井液机械钻速的2.38倍,平均钻井周期由原来钻井液钻进

时的10 d降低到4 d,成功治理了含水层,提高了机械钻速,缩短了钻井周期。

表3 龙岗地区雾化钻井应用情况($\phi 444.5$ mm)

井号	井眼段 / m	进尺 / m	t / h	机械钻速 / m/h
龙岗 18	109.47~591.00	481.53	71.67	6.72
龙岗 21	58.64~602.50	543.86	48.17	11.29
龙岗 26	87.60~605.00	517.40	62.83	8.23
龙岗 19	66.07~590.00	523.93	82.75	6.33
龙岗 001-20	51.00~610.50	559.50	79.00	7.02
合计		2 626.22	344.42	7.63

其中,雾化钻井在龙岗21井试验效果最佳,该井 $\phi 444.5$ mm井眼空气钻进至井深53.27 m时发现地层出水,观察钻至井深58.64 m后出水量增加至5~6 m³/h,转换成雾化钻进后成功治理了地层出水,快速钻达固井井深602.50 m,进尺为543.86 m,平均机械钻速为11.29 m/h,是邻井相同井段钻井液机械钻速的3.5倍。

7 结论及建议

1.通过计算确定了雾化钻井的极限携水能力,优化了雾化钻井参数,研制了满足不同钻井条件下的雾化基液配方。

2.雾化钻井在龙岗区块的试验应用表明,该技术能有效地治理地层出水,提速效果显著,平均机械钻速为相同条件下钻井液的2.38倍,同比缩短钻井周期6 d,为气体钻井处理含水层提供了一条有效途径。

3.在雾化钻井过程中,井眼环空内上返的充气雾化液是一种多相热力学不稳定体系,如今还没有一种有效的方法对其流态进行描述,对该方面研究还有待加强。

参考文献

- [1] 黄进军,崔茂荣.空气雾化钻井中液滴尺寸及其分布[J].西南石油学院学报,1994,16(3):39-43.
- [2] 李爱军,田效山.雾化液在空气雾化钻井中的作用[J].钻井液与完井液,1998,15(2):16-19.

(收稿日期2009-11-17; HGF=1003N5; 编辑 王小娜)