

►应用技术◀

大位移井钻井工程优化设计与应用^{*}相玉辉^{1,2} 屈展¹ 陈军斌¹ 王升廷² 陈艺林³

(1. 西安石油大学 2. 胜利石油管理局钻井工程技术公司定向井公司 3. 长庆石油勘探局钻井工程总公司)

摘要 大位移钻井的水平位移大、钻穿油层的井段长以及钻进过程中摩阻和扭矩较大, 针对这种情况对大位移井的井身剖面和井身结构、钻井设备、钻井液、测井技术、钻具组合以及钻井方式进行了优化设计, 优化设计措施在胜利油田盘15-斜3井的现场应用表明, 优化设计的中靶数据与实际中靶数据非常接近。

关键词 大位移井 钻井工程 优化设计 中靶 现场应用

早期, 国外将大位移井定义为水平位移超过3 000 m、水平位移与垂深之比大于或等于1的井。随着钻井技术的进步, 目前通常将水平位移与垂深之比大于或等于2的井称之为大位移井或大位移延伸井。国外大位移钻井始于20世纪20年代, 自20世纪80年代以来, 国内已先后在胜利、中原、大港等油田钻成数口位移超1 000 m的定向井。进入20世纪90年代后, 随着钻井技术的提高, 大位移钻井发展更为迅速^[1]。大位移钻井主要用于优化海上和浅海油田的开发。对于浅海油田, 可以从海边或修建堤坝钻大位移井来开采油藏, 从而减少开发这些油藏所需的平台数量及油井数量, 增加储层裸露面积, 并进一步增加油井产量和采收率^[2]。由于大位移钻井的水平位移大、钻穿油层的井段长以及钻进过程中摩阻和扭矩较大, 因此有必要对大位移井钻井工程进行优化设计。

大位移井钻井工程优化设计措施

一般情况下, 大位移钻井优化设计可以从以下6个方面来考虑。

1. 井身剖面和井身结构

针对大位移井的钻井特点, 应综合考虑各方面的影响因素来优化设计井身剖面和井身结构, 这是钻大位移井成功的先决条件之一。不同线形的井眼轨迹其摩阻与扭矩是不同的, 稳斜角大小、造斜点

深度对各种轨迹线形的规律性也是不同的。但选择井眼轨迹线形、稳斜角大小和造斜点深度等应保证钻进和起下钻摩阻与扭矩尽可能小, 井眼长度要小, 最大的全角变化率要小以及有利于清洁井眼等。一般认为在优化井眼轨迹时, 尽可能在较深地层造斜, 避开高造浆地层, 这样可使钻具拉力较小, 使导向钻井更容易, 也使该井段最大井斜角变小, 有利于这个井段的井眼清洁。最大全角变化率应选在钻具拉力最小的位置。

2. 钻井设备

钻不同的大位移井, 其所需的钻井设备也不同。从钻井效率及井下安全因素考虑, 要求使用顶部驱动系统, 顶驱系统一般能提供61~81 kN·m的扭矩。从水力要求及井眼的净化来考虑, 要求钻机配备的循环系统能满足钻井要求。如使用双泵或三泵进行工作, 一般采用35~42 MPa的循环系统, 配备直径为168.4、139.7、127.0 mm的钻杆, 使其能满足不同钻井对钻具的强度要求。在钻柱设计上应选用高强度钻杆, 以适应大扭矩的顶驱系统, 在设计时应从以下几个方面考虑:

(1) 选用高强度的钻杆, 如钢级超过S135的钻杆。

(2) 采用的钻具接头可通过应力平衡来提高钻柱的抗扭能力。高强度钻杆的扭转量经常受到钻具接头的限制, 目前国外采用应力平衡的方法来提高钻杆接头的抗扭能力。应力平衡是指操作拉力低

* 基金项目: 国家863科技攻关项目(863-820-09-01)。

于公称上扣扭矩时的最大拉力时，通过减少最大拉力以增加上扣扭矩及最大钻井扭矩。

(3) 采用高扭矩的螺纹油。相同的钻杆接头材料，给定一上扣扭矩，其接头的轴向应力由扭矩台肩的摩擦因数控制，而摩擦因数的基本决定因素是所用螺纹油类型，高摩擦螺纹油可使上扣扭矩增加。

(4) 采用高扭矩接头。增加抗扭能力的直接方法是提供多扭矩台肩，采用双肩或多肩、楔形螺纹钻杆接头能显著提高扭矩。例如双肩钻杆接头的最大扭矩量比传统钻杆接头高 40% ~ 60%。

3. 钻井液^[3,4]

在一般情况下，采用优质或润滑性能优良的钻井液可以有效地降低扭矩和摩阻。目前世界上多数大位移井采用油基钻井液或合成基钻井液。这 2 种体系钻井液具有良好的润滑性能与防塌性能，但成本较高，又不容易处理，有时还对环境造成一定的污染。水基钻井液在润滑性能及防塌抑制性能方面尚有局限性，一般则用于水平位移小于 5 000 m 的大位移井作业中。在水平位移适当且地质条件尚不十分复杂的条件下，可以考虑使用对环境无污染的水基钻井液，以降低钻井液成本。另外，在钻井液中配以一定量的清洁剂，使钻头表面呈憎水性，从而减小钻头泥包形成的机会。

4. 测井技术

在大位移井的浅层井段和增斜井段，普通无线随钻测量 (MWD) 技术既能满足施工，又能有效控制井眼轨迹。在深井井段采用导向钻具配合 MWD，可为快速安全钻井提供保障。应用带地质参数的 MWD 随钻测量仪器进行实时测量和产层描述，特别是了解地层岩性及构造的变化，对确定油层界面及评价产层都十分重要。

5. 钻具组合

(1) 用于钻大位移井的井底钻具组合主要是采用无线随钻测量系统进行测斜，因此在钻具组合设计时必须选用无磁钻铤。

(2) 为减小刮壁阻力，应尽量减少使用外突的钻杆接头。为减小下部钻具重力对低边井壁的载荷，使用倒装钻具结构。

(3) 使用带有涂层材料的钻杆与钻头，以及在套管表面采用铬等金属材料硬化，在正常条件下减小了金属磨损速度，可使钻杆与套管的表面摩擦因数下降 30% ~ 35%。

(4) 低扭矩钻杆的使用也可降低钻井摩阻，减少钻柱与井壁接触的面积。钻杆翼片使用低摩阻材料喷涂，减少了其与套管的摩擦因数。这种钻杆

翼片除降低摩阻外，还能机械地搅动岩屑床，使岩屑得到重新分散而悬浮在液流中。

6. 钻井方式

在钻大位移井时应尽量增加旋转钻井的比例，减少滑动钻井的井段和次数，例如在定向过程中应当在井斜挑起一定角度之后采用复合钻，然后再定向，如此反复，由于在定向段井斜变化率最大，这样可以使轨迹尽量圆滑一些，减少狗腿严重度，并能改善井眼净化状况，降低钻井扭矩和摩阻，达到安全钻井的目的。

现场应用

在胜利油田有限公司临盘采油厂的盘 15 - 斜 3 井实际应用了上述大位移井钻井工程优化设计措施，盘 15 - 斜 3 井水平位移 1 100 m，完钻垂深为 2 800 m，但由于造斜点较低，所以导致每 100 m 造斜率为 15°，另外在 700 m 处和 1 km 处有 2 口井防碰，因此难度较大。

在井身剖面设计方面，对该井的井眼轨迹用 5 种曲线类型进行了剖面设计研究，应用拉力、扭矩和摩阻程序对各种剖面进行了对比分析，最终优选了悬链线为本井设计轨道剖面曲线；在优选轨道剖面参数方面，优选造斜点、造斜率、稳斜角等剖面参数。轨道剖面类型采用“直井段—圆弧段—悬链线段—稳斜段”。在优化井身结构设计方面，考虑了地层情况、钻井安全、符合剖面优化原则和最低经济成本等因素。在井眼轨迹控制方面，全井使用顶驱钻机 + 导向钻具组合 + MWD 无线随钻测量系统，形成导向钻井系统，以此进行轨迹控制。根据剖面曲线的特点和控制轨迹的需要，盘 15 - 斜 3 井使用了 2 种导向系统：一是 1.5 单弯动力钻具 + 无线随钻测量；二是可调稳定器导向钻具组合 + 无线随钻测量。盘 15 - 斜 3 井轨道剖面参数优化设计及其中靶数据见表 1 和表 2。从表 2 中的中靶数据可以看出，优化设计的中靶数据与实际钻井的中靶数据非常接近。

表 1 轨道剖面参数优化设计

剖面类型	井段 / m	井斜 / (°)	方位角 / (°)	每 100 m 造斜率 / (°)
直井段	0 ~ 1 000	0	178	0
圆弧段	1 000 ~ 1 229	0 ~ 22.9	178	15
悬链线段	1 229 ~ 2 354	22.9 ~ 45	178	1.66 ~ 10
稳斜段	2 354 ~ 2 893	45	178	0

(下转第 64 页)

MPa, 当载荷达到最大载荷 30 kN 时, 系统压力将达到 15 MPa, 与液压系统设计的 18 ~ 20 MPa 参数基本一致。

下放压力基本上没有变化, 只略大于液压传动装置刹车开启压力。

依据上述试验结果, 可以根据装置的载荷, 调整夹紧系统的压力, 使小直径管既不出现损伤, 又能夹紧管子。

3. 装置夹块与小直径管摩擦因数 μ 的确定

在不同的悬重下, 记录装置夹块与小直径管开始打滑的最小夹紧液缸压力。忽略不计小直径管与导向器之间的摩擦阻力以及小直径管与密封盒之间的摩擦阻力, 试验实测结果与机理摩擦试验所得摩擦因数比较接近。

4. 测重试验

小直径管下入模拟井中 50 m, 观察小直径管的下入深度与指重表显示正常, 计量准确可靠。

结 论

(1) 井下注剂用小直径管起下装置通过了模

拟试验, 可完全满足小直径管起下功能的要求, 且可避免小直径管管体的变形和损坏。

(2) 该装置达到设计技术参数要求, 结构紧凑、合理, 操作简单。

(3) 该装置完全实现了液压自动控制, 操作准确, 性能可靠。

(4) 随着连续油管技术的广泛应用, 井下注剂用小直径管起下装置的生产可实现系列化, 具有广阔的市场前景。

参 考 文 献

1 中国石油物资装备 (集团) 总公司, 江汉机械研究所. 连续油管作业技术文集. 北京: 石油工业出版社, 1998: 8

第一作者简介: 陈立华, 工程师, 生于 1969 年, 1991 年毕业于江汉石油学院矿机专业, 现从事连续油管作业技术与装备研究工作。地址: (434000) 湖北省荆州市。电话: (0716) 8122033。E - mail: chenlh226@sina.com。

收稿日期: 2006 - 06 - 09
(本文编辑 丁莉萍)

(上接第 61 页)

表 2 盘 15 - 斜 3 井的中靶数据

靶 点	类 别	井深 /m	垂深 /m	井斜角 / (°)	方位角 / (°)	水平位移 /m	靶心距 /m
A 靶	设 计	1 703.41	1 636.00	39.42	178.00	331.47	20.0
	实 际	1 701.17	1 634.48	33.44	178.82	331.36	15.3
B 靶	设 计	2 803.41	2 637.00	49.42	178.00	1 131.47	20.0
	实 际	2 801.32	2 636.18	43.11	178.69	1 131.36	8.3
井 底	设 计	2 837.40	2 637.36	49.42	178.00	1 165.43	—
	实 际	2 837.40	2 633.92	43.60	178.90	1 167.34	—

结 束 语

大位移钻井作业中, 优质高效地完成高难度的井体现了各个工程技术人员的技术水平。大位移钻井作业不仅需要技术水平一流的作业队伍, 而且还需要各种先进的井下配套硬件设施和先进的摩阻预测软件的服务, 与此同时, 还应对大位移钻井中的井身剖面、井身结构、钻井设备、钻井液、钻具组合等方面进行优化设计, 从而降低生产开发成本, 提高经济效益。

参 考 文 献

1 吴玉禄, 汪志强. 大井眼快速钻井技术. 石油钻探技

术, 2002, 30 (2): 19 ~ 21

2 李克向. 我国滩海地区应加快发展大位移井钻井技术. 石油钻采工艺, 1998, 20 (3): 1 ~ 9
3 关增臣. 胜利油田大位移井钻井液技术. 钻井液与完井液, 1997, 14 (1): 5 ~ 29
4 黄达全. 红 9 - 1 大位移井钻井液工艺技术. 钻井液与完井液, 1999, 16 (1): 25 ~ 29

第一作者简介: 相玉辉, 生于 1974 年, 西安石油大学石油工程学院在读硕士研究生, 现从事定向井、水平井、套管开窗井、大位移井等特殊工艺井的技术服务工作。地址: (710065) 陕西省西安市。E - mail: superxyh@sina.com。

收稿日期: 2006 - 03 - 31
(本文编辑 刘 峰)