

影响井身结构设计的主要因素分析

黄升超（川庆钻探工程有限公司川西钻探公司，四川 成都 610051）

摘要：井身结构设计是钻井工程设计的重中之重，关系到油气井能否安全、优质、快速和经济钻达目的层及保护储层减少伤害。由于地区及钻探目的的不同，钻井工艺技术水平的高低，国内外各油田井身结构设计差异较大。设计中往往要考虑各方面的因素，如地层特点、采油气要求、钻井技术水平、特殊工艺、经济性等。本文结合钻井实践，从以上几个方面对井身结构设计中需要考虑的问题进行总结，并举例说明，为钻井设计人员在井身结构设计过程中提供更全面的考虑。

关键词：井身结构；影响因素；必封点

所谓井身结构就是指由深度、直径以及功能作用等关键构成要素各不一样，并且都是通过浇筑水泥进行封固的环境空间而形成的轴心线重合的一组套管与水泥环的组合。井身结构是影响油气钻井和安全生产的关键要素。因此，井身结构设计的合理性、科学性会直接影响到油气钻完井的成败。井身结构主要由表层套管、技术套管、油层套管、导管以及各种套管外面的水泥环组成。井身结构设计看似单一，实际上是一个系统工程，需要全方位考虑各种因素，遵循相关井身结构设计标准。对预探井来讲，井身结构设计首先要考虑安全钻达目的层，录取资料，实现地质目标；对开发井来讲，还要满足增产、采油气等开发要求，以及降低钻井成本，提高经济效益等等。在下文中，结合钻井实践，总结了井身结构设计中经常需要考虑的几个方面因素，并举例说明。

1 地层特点

1.1 地层岩石特点

影响井身结构设计的地层岩石主要有两类。一是破碎、稳定性差、易垮塌的岩石，如地表散石、火成岩等；二是塑性地层，蠕变性强，易缩径，如盐岩、石膏、软泥岩等。这两类岩石在钻开后容易失稳，造成垮塌、缩径等复杂，在井身结构设计时需要重点考虑，必要时采用套管封隔。另外，有些储层岩石物性很差，易被钻井液固相堵塞，或水敏性强，水化膨胀后堵塞油气通道，都可能严重影响油气井产量，对这类储层有条件要采用近平衡实施专打，避免储层污染。

1.2 地层压力特点

地层压力主要考虑孔隙压力、漏失压力、坍塌压力，井身结构设计原则上同一裸眼段不能同时存在两个以上差别较大的压力系统，尽可能避免出现井漏、溢流或垮塌等多项复杂同时存在的情况。在设计前需要掌握地层压力情况，分析邻井已钻井资料，分析各个层位的漏失、垮塌以及油气水显示等，周边有注水注气井的，要掌握注水注气对本井地层压力的影响，选择合理的封固点。同时套管下深还要考虑下开钻井过程中发生溢流和处理溢流时的关井能力。

1.3 断层、裂缝等影响

有些断层附近裂缝发育，且地层破碎，钻井过程中

容易发生井漏、垮塌，井身结构设计时要重点考虑。

1.4 周边矿产、水源、生态等环境因素

在煤矿区、水源保护区钻井，一般要求表层套管或技术套管封固到煤矿区、水源以下。

地层特点是设计井身结构的基础，根据地层特点确定必封点和选择性封固点，初步确定井身结构的开次。同时，针对探井、复杂井，地层资料掌握不够，存在一些不确定性，在井身结构设计时往往需要预留一层套管，以应对钻井过程中出现的复杂情况。

2 采油气及后期作业的要求

钻井是为勘探开发服务的，对于开发井，必需满足油气田开发基本的要求，主要涉及到以下几个方面。

2.1 生产套管尺寸要求

油管、封隔器、安全阀等组成的采油气管柱的规格尺寸受到生产套管尺寸的限制，如果采油气管柱尺寸太小，可能不能满足油气产量要求，或储层压裂改造时泵压受限，不能满足大排量的要求。另外，对于容易出砂等需要在生产期间进行井下作业的井，还要考虑井下作业的问题，满足作业工具的安全下入和操作。再者，有些油气藏为一些独立的孔洞组成，钻井地质设计了多个备用靶点，还有些油气藏油气顶部至油水界面距离近，避水高度不够，而又不具备钻水平井的条件，底水锥进快，容易被水淹，在这些油气藏区域钻井就需要考虑后期侧钻的问题，设计的井身结构生产套管尺寸能满足侧钻要求。

2.2 生产年限的要求

油气田开发方案设计对油气井生命有明确要求，一般要求稳产多少年后进入衰竭开采。这就要求油气井在开发周期内保持井筒的完整性。对井身结构而言，设计时就需要考虑对井筒的保护。

如某油田 YH 区块侏罗系存在多套水层，对生产套管腐蚀严重，破坏井筒完整性，造成修井频繁，因此在开发方案设计井身结构设计的时候，将技术套管下至侏罗系水层以下，通过技术套管和油层套管双层套管及各自的水泥环，增加抗腐蚀的屏障，延长井筒完整的年限。此外，在套管材质上，要根据需要考虑防酸性气体如硫化氢、二氧化碳等腐蚀。

3 钻井装备、工具等技术水平

在满足钻井安全和油气田开发的同时,还需要考虑当前钻井技术水平,如钻机提升能力、机泵能力,超深井大尺寸套管负荷重,就需要大钻机,如果钻机提升能力不能满足下套管的要求,在钻井安全方面必须要在该段下套管且没有其他技术手段的情况下,油气开发往往需要暂时性的作出让步,缩小井眼尺寸,达到开发的目的。如某油田 K5 区块,油气开发方面理想的生产套管尺寸是全井 177.8mm 套管,实施该井身结构需要使用 ZJ80 或 ZJ90 钻机,而油田当前处于快速开发期,其他如 K8、K9 区块超深井必须使用 ZJ80 和 ZJ90 钻机,大钻机数量不能满足需要,另外综合考虑成本因素, K5 区块最后使用 ZJ70 钻机,改变井身结构,采用 139.7mm 尾管完井。

除了钻机提升能力,还要考虑套管的抗拉抗挤抗内压强度及抗腐蚀性能、钻具的抗拉强度、工具和仪器的抗温抗压能力等钻井技术水平。如某油田预探井 JM1 井,根据地层特点及地质要求,该井较理想的设计是 365.13mm 套管下至 4100m,下一开将钻遇 T₃X 高压气层,地层压力预计 108MPa,邻井钻井液密度最高 2.50g/cm³,但当前现有的 365.13mm 套管抗内压强度最高为 50MPa,根据强度校核,套管抗内压强度不能满足钻井要求,存在较大的井控风险和下部套管被胀破的风险,因此需要研制新套管,提高抗内压强度,或缩小套管尺寸,牺牲生产套管尺寸,且存在较大的地质风险,通过与厂家沟通,最后研制和引进新套管,将套管抗内压强度提升至 64MPa,按原思路完成井身结构设计。

4 特殊工艺技术的应用要求

另外,有些井需要使用特殊工艺技术,需要在井身结构设计时作一些考虑。如某油田 BZ 区块上部砾石层发育^[5],厚度超过 5000m,平均机械钻速不足 1m/h,初期钻井的井身结构为五开结构:660.4mm 钻头 × 200m; 444.5mm 钻头 × 4000m; 311.2mm 钻头 × 6200m; 215.9mm 钻头 × 7000m; 149.2mm 钻头 × 7200m。为了提高砾石层钻井速度,决定使用空气钻井,但使用空气钻井需要考虑如下问题:

- ①通过分析测井资料,0-2200m 段可能发育水层,空气钻井需要避开该段;
- ②实施空钻井段的上一开套管需要按全掏空来校核抗外挤强度,套管强度必须满足要求;
- ③ 431.8mm 大井眼空气钻井时的携岩要求,通过模拟,该井眼空气钻井极限井深为 3500m 左右。因此,空气钻井井身结构设计为六开:762mm 钻头 × 200m; 558.8mm 钻头 × 2200m; 431.8mm 钻头 × 3500m; 333.4mm 钻头 × 6200m; 241.3mm 钻头 × 7000m; 168.3mm 钻头 × 7200m。

此外,有些井需要在深部目的层使用氮气钻井,对上一层套管的抗外挤强度和固井质量要求较高,还有些井需要使用膨胀管以及定向井、水平井等特殊工艺,在井身结构设计时需作考虑。

5 经济性

井身结构设计是一项系统性、综合性的工作,除了考虑油气田开发、工程技术要求等方面,还要考虑它的经济性。一般情况,钻井工程投资在油气田开发投资中占比非常大,深井、超深井往往超过 50%,而井身结构是影响钻井成本最关键的因素之一,尤其是在超深复杂井中,不同的井身结构所需要的钻井成本相差很大,如某油田 K 区块常规四开结构(备用五开)相比非常规五开结构钻井成本增加 1800 万元,占比 15%,但四开井身结构生产套管尺寸更大,有利于后期修井等井下作业。这就需要通过钻井、开发各专业综合的评价来优选井身结构。

6 小结与认识

①井身结构设计是一项系统工程,考虑因素繁多,需要地质、开发、钻井、固井等各个专业协作,最后综合选择最优的井身结构,满足各方面需要。首先要考虑安全的将井打成功,实现地质目标,满足开发要求;其次,要打好,井身质量满足要求;再者,要打快,缩短钻井周期,提高勘探开发效率,节约成本;

②井身结构设计前,首先要收集该区块邻井地质、钻井、试采资料,分析钻井地质难点,确定必封点,同时了解勘探开发要求,并结合油气田相关单位的钻井技术能力进行设计,当然,有需要可以引进更先进的技术,实现勘探开发目标。

7 结语

综上所述,在科学技术和社会经济高速发展的推动下,在钻井领域,其各种钻探技术也得到了快速的合理化、科学化、规范化、标准化发展,各种新型的高效率、智能化化钻探机械设备也不断得到应用与推广,同时,在油气钻探领域,各种钻井的深度及其复杂程度也给钻井工艺技术提出了更高的要求。

因此,在这样的新时代大背景下,需要在井身结构设计工艺方面不断进行优化创新,以推动钻探领域各项工艺的优质高效发展。

参考文献:

- [1] SY/T 5431-2008,井身结构设计方法[S].北京:石油工业出版社,2008.
- [2] 巨翔,吕永鹏,程汉列等.井身结构优化及必封点确定方法[J].辽宁化工,2016,12.
- [3] 胥志雄,龙平,梁红军,等.前陆冲断带超深复杂地层钻井技术[M].北京:石油工业出版社,2017.
- [4] 周灵战,葛云华,张军等.龙岗地区复杂压力层系下非常规井身结构设计与应用[J].石油学报,2012,S2.
- [5] 邓虎,胥志雄,王怀金等.塔里木盆地山前巨厚砾石层快速钻井技术[J].天然气工业,2014(10).

作者简介:

黄升超(1982-),男,汉族,湖北红安人,大学本科,工程师,钻井工程。