

# Analysis of Risk Profile of Oil and Gas Field Drilling Construction in the Persian Gulf Basin

Xinbiao Wu

Huabei Oilfield Engineering Service Com. Ltd., Sinopec Zhengzhou, Henan, 450006, China

## Abstract

In recent years, Chinese oil companies have increasingly expanded their business in and around the Persian Gulf Basin, continuously enriching the scope of the overseas drilling business market and enhancing the market revenue capacity around the Persian Gulf Basin. Through in-depth and comprehensive understanding and technical experience summary, we correctly understand the current status of the Persian Gulf Basin address with the Persian Gulf as its axis and the common complicated situation of drilling engineering, which will provide a basis for drilling process optimization and engineering risk prevention, which will help to improve our technical strength in the region, reduce costs and safety risks and lay a foundation for further expansion in the region in the future.

## Keywords

drilling engineering; construction risk; Persian Gulf Basin

## 波斯湾盆地油气田钻井施工风险情况简析

武鑫彪

中石化华北石油工程有限公司, 中国·河南 郑州 450006

## 摘要

近年来, 中资石油企业在波斯湾盆地及周边开展的业务日渐扩大, 不断丰富海外钻井业务市场的范围, 提升了波斯湾盆地周边的市场营收能力。通过深入全面地认识和技术经验的总结, 正确认识以波斯湾为轴心的波斯湾盆地地址现状及钻井工程常见的复杂情况, 为钻井工艺优化、工程风险防范等方面提供依据, 有利于提升在该区域的技术实力并降低成本与安全风险, 为公司今后在该区的进一步拓展奠定基础具有重要意义。

## 关键词

钻井工程; 施工风险; 波斯湾盆地

## 1 引言

波斯湾盆地是整装性沉积盆地, 区内断层及断裂带较少, 均质性相对很强。就目前的勘探开发形式来看, 波斯湾盆地整装油田分布相对均匀, 除伊拉克北部区域外, 波斯湾在伊拉克、科威特及以沙特为主体的阿拉伯半岛油气藏成藏位置基本相当, 构造及油气运移机理大同小异。论文深入强化对波斯湾的整体认识, 能很好地帮助钻井工程在该区域整体的施工作业提质增效, 提前制定相应技术防范措施, 规避相应风险。

## 2 波斯湾盆地整体石油地质概况

### 2.1 波斯湾盆地整体地质概况

位于阿拉伯非洲板块东侧大地构造上的波斯湾盆地, 基

底断块运动导致了以目前波斯湾为西北-东南走向为轴心的巨大构造形成, 并形成了国际最著名的有效油气聚集区。境内全区除了东北缘露出褶皱带新生界外, 基本上以寒武系一新近系沉积为主, 地层最厚可达 13.7 km。

波斯湾盆地储集层以古近系、新近系、白垩系为主, 主产层为石灰岩, 少有砂岩储层(部分地区有砂屑灰岩储层), 储层区域发展非常稳定, 具有厚度大, 孔渗条件好等特点, 平均深度在 1700~3000m 之间, 也是目前多数油气钻井的目的垂直深度。

区域油气藏自东南向西北方向, 由深海沉积相、浅海沉积相、滨海-潮间带沉积相、三角洲沉积相、海陆交互沉积相模式下的浅水湖滨岸相沉积逐步过渡。无论是哪种相带, 基本上都在大陆板块运移挤压之下, 形成数量众多、以长轴

轴向多为北西-南东方向的大型穹窿构造或短轴背斜为主的油气田聚集群, 闭合面积大, 幅度中等, 地下构造简单。

## 2.2 波斯湾盆地主要地层及目的层岩性简况

波斯湾盆地地层发育齐全, 厚度巨大, 主要层位及目的层位, 均以厚厚的碳酸盐岩沉积为主, 块状构造, 少数层理、节理发育。区内地质构造稳定, 主断层相对发育, 衍生断层发育欠佳, 在主油气区内, 罕有因断层发育而发生地层突变的现象。

波斯湾盆地古生界储层原油为高 API、低含硫量的轻质油, 具有偏轻碳同位素值, 形成于还原沉积环境。研究表明, 波斯湾盆地阿曼次盆前寒武一二叠系储层原油来源于前寒武一寒武系海相烃源者。其中, 波斯湾盆地志留系 Qusaiba 段页岩沉积中心有 4 个, 分别位于沙特 Ghawar 油田东部及南部、沙特东北部海域和阿联酋, 这 4 个烃源灶达到成熟阶段之后, 向邻近 Ghawar、卡塔尔隆起等有利的圈闭运移聚集。由于卡塔尔北气田是全球第一大气田, 气源主要来源于志留系热页岩, 因此推测卡塔尔隆起东部海域可能亦存在一个志留系热页岩烃源灶。

## 3 钻井潜在风险及防范

进行典型钻井潜在风险评估、评价, 是系统性的经验总结, 能很好的对一致性较强的风险进行规避, 建立更加系统、规范的操作规程进行精准、科学施工, 确保井下安全的同时, 降低时间与经济成本, 提升钻机台月时效及质量, 为公司提升技术实力、树立对外形象提供保证。

### 3.1 不能盲目地追求机械钻速

机械钻速是钻井工程非常重要的一个关键参数, 相比中国国内塔里木盆地的鹰山组、一间房组和巴楚组以及鄂尔多斯盆地的马家沟组等碳酸盐岩地层, 根据不同钻机在波斯湾盆地实钻中的表现, 该区域的碳酸盐岩地层可钻性非常好, 可钻性更佳, 可获得更高、更快的机械钻速。若不考虑定向技术的因素, 在较好的钻井参数及钻头选型下可获得不少于 15m/h 的机械钻速。当然, 部分井会因为使用更大尺寸的钻柱组合及定向、调整轨迹的需要, 出现钻时偏低的情况。

较好的地层与油藏均质性, 容易引起各钻井队间的机械钻速的比拼与赶超, 但该区域的地层受含油气水性及物性的影响, 异常低压层及白垩等蠕变性较强矿物普遍存在, 也增加了潜在的井下复杂发生的几率, 若未引起足够的重视, 容

易发生压差卡钻及定向井结构性扩径形成键槽或抗槽卡钻。同时, 上部井段压实程度欠佳, 且地层倾角较小(多在 2.5° 以内), 钟摆钻具组合选型极为重要, 要谨慎注意防斜打歪, 切忌盲目的加压、溜钻。

在早期钻进时, 多数施工队伍会有意识地控制机械钻速, 高质量的井身轨迹也是能将 30 寸及更大尺寸的导管、套管能很好地下放到位。排量也是控制钻速的重要手段, 克服早期地层疏松及大井眼流速偏低的平衡问题, 需要根据钻井液选型进行合理调配, 使用相匹配的絮凝剂是比较有必要的。同时, 在高转速钻进活动中, 也要注意防范接卸立柱时, 避免紧急停车, 在相应的钻进中必要的划眼作业, 谨防因表层砂砾岩非均质性较强而发生反扭矩倒转、垮塌扩径、井底坍塌等故障发生。在一些表现为电性高伽马的标志性层位, 如 Baba 中下部整体成岩性较好, 相对坚硬、致密, 机械钻速会大打折扣, 出于对钻头性能和寿命的考量, 要耐心控制好相应的钻速、钻压, 可以通过增加排量给予缓解<sup>[1]</sup>。

### 3.2 警惕细碎白垩对钻井液性能的影响

波斯湾盆地的白垩含量远远高于目前所认知国内各个油气田, 含量较高, 层位集中, 多个组系。白垩, 如同我们常见的粉笔, 是组成碳酸盐岩主要成分方解石的变种, 是极为细微的碳酸盐岩沉积物, 白垩具有软脆等特点, 极易破碎, 吸水膨胀。钻进白垩地层的过程中, 大量的白垩将迅速地破碎, 并以粉末的形式分散于钻井液中。

大量细碎的白垩返出到振动筛时, 亲水性较差的它们首先就会大量发生聚集, 形成泥糊状。低目数的振动筛网布不能很好地去除钻井液中包括白垩在内的大量固相杂质, 高目数的振动筛网布则更容易发生糊筛情况。不及时发现白垩的返出, 将发生严重的跑浆事件。同时, 大量的白垩混入到钻井液罐中, 不能很好地沉降, 悬浮于钻井液体系中而降低钻井液密度, 为高压、高含硫油气藏揭示过程中的井控带来风险。白垩多集中在 Tarjil 等层位, 其中, Hartha、Khasib 含量最为丰富。

钻井过程中, 要及时跟踪钻头所钻遇的层位, 准确预测白垩返出时间, 提前更换 100 目及以上振动筛网布, 及时指派专业技术人员进行振动筛盯守, 在白垩返出并大量聚集时, 及时用不高于 0.2MPa 压力的清水进行清冲, 确保白垩返出物不聚集。同时, 根据监测到的钻井液密度、粘度数据, 即时开除泥器进行固相处理。在白垩返出较大时, 可根据情况进

行必要的放浆处理,以保证钻井液的污染程度不至过大。可根据泥浆罐的实际情况,专门腾空专用罐储存含白垩钻井液,在下次钻遇白垩层时将改良过的白垩钻井液再一次临时运用,同时储备好符合要求的重浆、替浆,做好应急准备<sup>[2]</sup>。

### 3.3 不可忽视的钻头泥包与钻具粘卡

钻头泥包及钻具粘卡,都有其不可忽视的危害,不仅影响机械钻速,还有可能严重到堵水眼,增加地面泵送设备负荷,使其下钻趟次与成本提升。钻具粘卡,多发生于定向井施工作业中,拖压的增加影响了司钻操作判断,在发生卡钻时不容易及时发现,引发井下复杂。

波斯湾盆地虽有白垩等易蠕变的层位发育,但相比于塔里木盆地西南边缘发育的膏盐层,仅在 Lower Fars 因石膏少量发育而存在一定的缩径卡钻风险,多数井段白垩较脆而不容易发生缩径卡钻。但在上部 Upper Fars、Lower Fars、Baba、Tarjil 因为地层泥质含量较高,糯性较强,极易发生钻头泥包故障,泥包钻头的水道被堵塞,在起钻时化身活塞,容易形成抽汲作用或激荡作用,对其他裸眼井段井壁稳定及井控带来隐患。波斯湾盆地井场多设计为丛式井井台,为“一直多定”格局,最大水平位移可达 2km 以上,较为平缓的倾角(有的可抵近 70°左右)容易形成钻井液层流现象,即上方流速大,中下部流速放缓,仍容易造成泥砂沉积。在钻具串摩擦及辗轧作用下,细碎的碳酸盐岩加上白垩的共同作用,粘稠的泥砂形成胶粘沉积,增加了钻具串的摩擦阻力,严重时会对较重的钻铤、尺寸相对加大的扶正器、钻头形成挂卡。

首先,预防钻头泥包及粘卡,需要注意的就是增加活动钻具串的频次,在缓坡大斜度井段延长划眼井段长度,以不超过 6h、不少于 300m 或不少于一个风险地层为底线,加强划眼效果。

其次,在地层及流体压力承载能力下、设备能力允许范围内增加排量,钻井液助剂增加絮凝剂,提升携岩能力。

最后,减少定向钻进时间,尽可能地在复合钻进阶段控制好轨迹,以免长时间的定向钻进造成粘卡。此外,盐酸需要提前储备,在井下震击器不能有效解卡时,必要的酸泡解卡是非常必要的。

### 3.4 挂卡故障也是定向井常见问题

挂卡多因为狗腿度过大、钻具串刚性过强、致密裸眼井壁塌缩等导致,挂卡如果不能及时解除,则容易卡死,增加复杂处理难度,甚至会引发爆炸松扣、井段报废等严重后果,

为后续钻井施工带来负面影响。

波斯湾盆地钻井挂卡发生的原因,多为定向井作业程序引致的,并且规避难度较大。第一种挂卡原因是由于钻具串尺寸较大,刚性较强,在定向开孔时切入角度较大,狗腿度较高,使钻具在通过该井段时困难,再加上地层非均质性较强,形成台阶挂卡。第一种原因是在定向复合钻进时,轨迹控制不佳,形成波浪轨迹,在轨迹上挑井段形成钻具键槽而钻头不能通过挂卡,该情况多发生在白垩较为发育的井段。Tanuma 发育有坚硬的泥页岩,大排量及慢钻时钻探该井段会发生严重的扩径,并且该井段往往是降斜井段,存在一定的狗腿度,页岩参差不齐的井壁使局部承压增加,破损坍塌更为严重,是区域最容易发生挂卡的井段。

根据施工经验,多建议在 Lower Fars 底部 30m 范围内开展首次造斜作业或轨迹调整,相对较为坚硬、致密的层位能更好地迎合低钻速的要求,还能避免井壁不平整情形的出现。避免在 Bajawan 进行开窗、造斜及轨迹调整作业,该层位非均执行较强,顶底部岩性相对致密而中部疏松,在该层位进行相关作业容易形成井壁台阶,且容易发生拖压卡钻事故。Baba 中上部泥质含量较高,文层发育,底部相对性硬质纯,则是定向钻进和轨迹调整的最佳位置。在钻遇 Dammam 之前,应将轨迹调整为设计上方,Dammam 地层相对松软,降斜率较快,不应在该井段执行轨迹调整工作,如若遇到自身轨迹需要调整,则应在进入 Rus/UeR 进行调整,满足设计之需。Hartha、Sadi 下部、Khasib 同样存在不利于定向作业和降斜作业的条件,并且也是扩径、垮塌、卡钻、卡测易发井段,要力求避免在该井段进行各种特殊作业,快速揭示,并避免在该井段进行循环、频繁划眼作业。在降斜之前,Shiranish 是最佳的稳斜和调整轨迹的层位,注意预防粘卡即可。

Tanuma、Aaliji 是最容易发生扩径垮塌的井段,以 Tanuma 尤甚。由施工经验总结来看,该层位是降斜后多为 30~45°的井段,钟型钻具组合下的轨迹仍有自然下降的趋势,与几乎呈水平层理的页岩夹角仍较大。波斯湾盆地整体承受西北—东南地场应力,在应力的作用下,机械钻速较低的页岩垮塌却非常明显,尤其是北北东—南南西方位的井,垮塌更为严重。该层位塌缩、扩径形成的真实井径基本上无法由测井仪器测得(>30寸)。现场无法通过调整钻井液性能来实现地层平衡,在区域上,Tanuma 属于异常低压层,其下部为常压层下的主力油气层,使用较高的钻井液密度会

引起油气层井漏,造成油气层破坏与污染。目前,应对该井段没有更好的办法,工程上多采用大钻压、低排量的办法,力求使用较短的时间通过该层位。建议在井方位设计上,要尽可能避免北东-南西方位,减少该层位风险预期<sup>[3]</sup>。此外,要尽可能避免在该井段进行大排量循环作业与划眼,以防钻头挂卡,同时抗高强度拉伸的震击器组合在钻具串中同样是必要的。

## 4 结语

波斯湾盆地局部因沉积过快形成了异常高压层和异常低压层,在形成良好的油藏构造的同时,成为井下作业的隐患。通过对地层层序的深刻认识,在工程设计及现场施工作业中,

加强对相应风险的预判与评价,再结合现场实际的工作经验,可以较好地提升井筒施工的效益,降低安全风险,保护油藏,提高机械效率。希望上述较为系统的地质及油藏论述,能对开拓波斯湾盆地及周边市场有所裨益,为快速进入和占领市场提供技术依据。

## 参考文献

- [1] 宋涛,肖超,杨顺辉,等.中东灰岩地层压差卡钻控制工艺技术[J].钻采工艺,2013(04):31-33.
- [2] 魏博闻.关于波斯湾南帕斯气田钻井井下复杂状况的处置建议[J].中国高新区,2018(02):33.
- [3] 常洪斌,史玉钊,李小勇,等.沙特致密气藏水平井完井管柱下入难点与对策[J].中外能源,2012(17):47-50.