

# 造斜修复井薄壁隔水导管的研究及经济效益分析

李 妍 (山东祺龙海洋石油钢管股份有限公司, 山东 东营 257091)

**摘要:** 隔水导管是海洋钻采作业所需的一个重要工具, 海上多个井口长期服役在恶劣条件的海上, 不可避免的出现一些问题井, 为了修复重新利用这些受损井口, 需要研究一种适用于造斜修复井用非常规薄壁隔水导管, 此导管通过特殊螺纹牙快速上扣, 吊卡环吊装, 使用方便, 导管可实现对受损井身的重复利用, 经济效益高。本文从隔水导管的选材、设计分析、应用推广、经济效益等多个方面进行研究, 以满足海上造斜修复井的使用需求。

**关键词:** 造斜修复井; 薄壁; 隔水导管; 经济效益

## 1 引言

海洋钻井隔水导管由管体及接头组成, 它主要起到隔水、隔泥、隔沙的作用, 通过建立一个循环系统, 防止对海洋环境造成污染, 其次做到保护钻井表套顺利钻进, 确保工程进度。在海上平台, 隔水导管是油气勘探、开发作业中必不可少的装备。钻井导管在钻采工程中需求量巨大, 而其接头的设计、制造技术一直被欧美发达国家所垄断。国内使用的此类产品基本来源于进口, 给我国石油工业的发展造成了很大的障碍。近年来我们自主研发的隔水导管逐步代替了国外进口有了很大突破。自主研发的隔水导管降低了国内采购隔水导管的成本, 缩短了采购周期, 解决了隔水导管国外返厂维修更换的难题。每根隔水导管国产化预计降低费用 20% 左右。

随着海上石油开采的逐步增多, 海上石油勘测和开采过程中会打探井或开采井, 这些井口中的导管在锤击下入或是长期使用过程中出现局部损坏变形现象, 为了修复井口使井口得到重新利用, 就封堵变形或损坏的井身局部段, 利用修井作业机在受损的井身内部下钻开侧窗, 进行造斜打井深入井底, 由于常规导管壁厚大、刚性较强, 不适合在较短的直线段进行造斜, 因此就要用到一种适用于造斜井的薄壁导管, 完成受损井口的钻井下导管作业。针对海上这一特殊作业需求, 我们设计了 17.5 寸适用于斜井的非常规薄壁直连快装导管。此导管设计有特殊螺纹牙型, 突破了传统的 API 标准导管连接螺纹, 多头螺纹可以做到快速上扣, 与国外同类产品相比, 安装效率提升明显, 在特殊井的应用中是一个突破, 在拓宽国内隔水导管产品构架的同时对后期在斜井中的推广起到了很大的积极作用, 此导管在修复斜井中的作用凸出, 有效降低了钻井成本及造斜度修复井的修复成本, 经济效益

巨大。

## 2 材料选择

### 2.1 导管管体材料

隔水导管管体一般采取管线钢管, 执行标准 API5 L。考虑到此导管适用于斜井的使用需求我们管体选择了 X56M 钢板。

### 2.2 接头材料

整个隔水导管的薄弱部位在接头处是隔水导管的关键点, 考虑接头应用环境、接头材料强度高于本体的设计要求、接头与管体的可焊性等综合因素, 接头材质优先选择含适量的 Cr、Si、Mn 等微量元素可增加材料的硬度、耐腐蚀性和抗氢质开裂能力的 20Mn2 材料。屈服强度大于 70kpsi 的 20Mn2 锻件。

隔水导管材料既要满足与管体的良好焊接性能又要满足接头高强度, 耐冲击, 韧性好的性能, 我们选择锻造调制工艺, 其通过调制处理具有很好的综合力学性能, 强度、韧性、淬透性均高。

## 3 隔水导管设计

### 3.1 产品介绍及图示

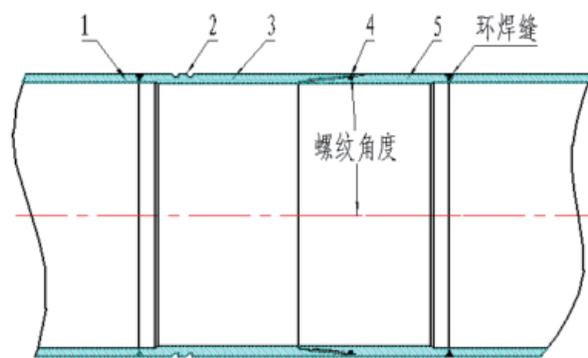


图 1 薄壁导管总图

此导管由管体、公接头、母接头、密封圈等配件组成, 带公、母接头隔水管示意图见图 1。管体

与接头通过环缝组对焊接连接，单根隔水管长度为  $12 \pm 0.5\text{m}$ ，使用时利用两端的螺纹式快速接头将单根隔水管连接起来形成管串下入海底，其接头外径与管体外径一致，导管具有较好的强度和韧性，整体壁厚厚度在  $15.9\text{mm}$ ，便于在造斜井段通过。在进行隔水导管下井使用时，可配套吊卡环提吊，母接头开口向上，公接头开口向下刺入母接头中连接成管串使用。

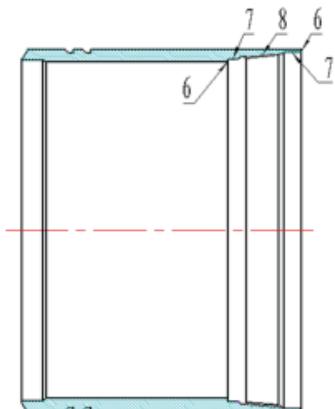


图 2 母接头

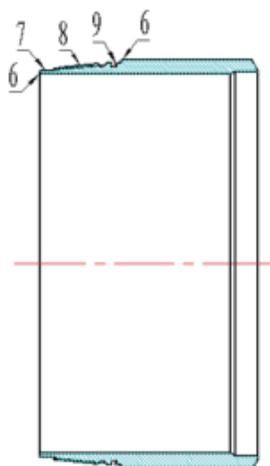


图 3 公接头

图 1-3 中：1- 导管管体，2- 吊卡槽，3- 母接头，4- 密封圈，5- 公接头，6- 径向台肩端面，7- 轴向金属面，8- 螺纹牙型，9- 密封圈槽

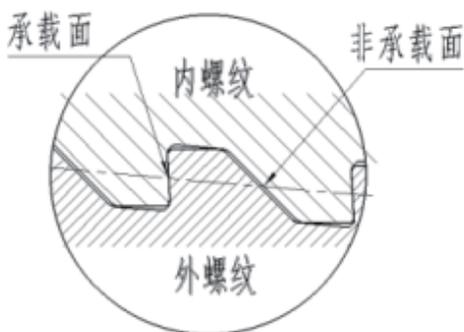


图 4 螺纹牙配合图

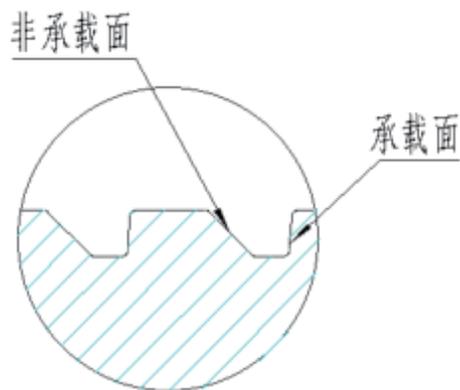


图 5 吊卡槽

螺纹牙齿顶与接头轴向平行，此设计在公、母接头刺入安装的过程中可以避免螺纹牙顶接触磕碰，避免发生伤扣、粘扣现象，牙底角度与螺纹保持一致，避免接头螺纹完全咬合后的粘扣，使接头螺纹牙不易出现应力集中现象，延长螺纹牙寿命。牙型有限元分析见图 6。模型厚度  $25\text{mm}$ ，施加轴向载荷  $5000\text{N}$ ，螺纹牙应力分布较均衡，无明显应力集中点。

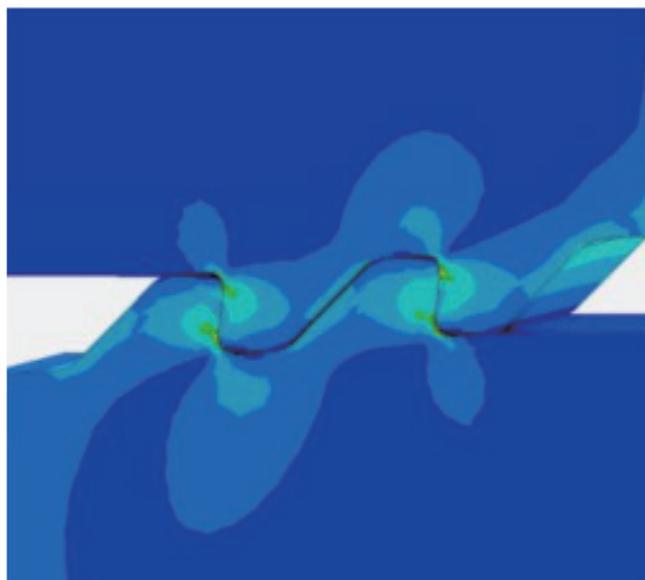


图 6 螺纹牙型有限元分析（无明显应力集中）



图 7 接头

### 3.2 产品特点及优势

#### 3.2.1 特点

①导管整体壁薄，为内外平结构，能够在有限的井身空间下入并保证在通过斜井段时没有阻碍，适用性强；②导管的接头螺纹为自主设计的特殊螺纹牙型，牙型为斜梯形状，螺纹牙有自锁性及一定密封作用，承载性好，易认扣，不易粘扣；③导管接头母接头上设计有单牙型吊卡槽，小尺寸单牙吊卡槽在完全满足吊装需求的情况下可避免在承受较大弯矩时吊卡槽处产生应力集中，配合吊卡进行吊装；④导管接头公接头上具有O型密封圈槽，密封圈安装在公头密封槽中，易于安装，密封性优良；⑤导管接头具有吊卡槽，平台使用过程中可用双牙吊卡环提吊作业。

#### 3.2.2 优势

①适用性强。接头外平，与管体外径保持一致，保证在通过斜井段时没有阻碍。接头整体壁薄，能够在有限的井身空间下入，穿过斜井段，适用性强；②性能优良。此接头厚度仅为15.9mm，为了克服接头壁厚强度差的缺点，我们专门设计了新型螺纹牙型保证接头的强度，接头螺纹螺距为4牙/英寸，螺纹牙齿顶与接头轴向平行，此设计在公、母接头刺入安装的过程中可以避免螺纹牙顶接触磕碰，避免发生伤扣、粘扣现象。牙底角度与螺纹锥度保持一致，避免接头螺纹完全咬合后的粘扣，使接头螺纹牙不易出现应力集中现象，延长螺纹牙寿命。接头螺纹牙可自锁，承载性能良好。

### 3.3 导管性能

表1 17.5" (LZ-1) 接头性能参数表

接头规格	外径	内径	抗拉强度		抗弯强度		抗内压强度		上扣扭矩	最佳上扣扭矩	上扣圈数
	mm	mm	MN	Kips	kN.m	Kip-ft	MPa	Psi	Lb-ft	Lb-ft	(圈)
17.5"	445	413	8.9	1999	564	416	30.5	4428	17000-23000	20000	≤ 4

### 4 造斜修复井薄壁隔水导管的应用及推广

造斜修复井用非常规薄壁隔水导管由管体、公接头、母接头、密封圈、防转块等部件组成。管体通过JCOE成型工艺加工，采用三丝埋弧焊接而成。接头通过机械加工完成。管体与两端的接头通过埋弧焊连接，单根隔水导管长度 $12 \pm 0.5\text{m}$ ，每口井隔水导管串

最下面一根底端焊接浮鞋，另一端焊接母接头，其余隔水导管一端焊接母接头，一端焊接公接头，对接时母接头开口向上，公接头开口向下刺入母接头中，螺纹对扣后依靠拧扣机或皮带钳上扣拧紧接头，对接完成。随后可进行下一根隔水导管的对接。

此隔水导管，已经在涠洲11-1N-A17S1井项目、涠洲6-9/6-10油田A11P调整井项目得到了应用，所提供非常规薄壁隔水导管均已顺利下井，经反馈此导管对扣容易，上扣速度快使用效果良好。

17.5寸非常规薄壁直连快装导管的成功应用在特殊井的应用中是一个突破，在拓宽我公司产品构架的同时对后期在斜井中的推广起到了很大的积极作用，针对此导管新设计的牙型也可推广应用在后期薄壁导管上。此导管在修复斜井中的作用凸出，有效降低了钻井成本，值得推广。

### 5 隔水导管的社会效益和经济效益

随着世界各国对能源需求的日趋增长和陆地及浅水区油气勘探逐步进入成熟期，深海油气开采成为石油行业发展的必然趋势。全球深水海域待发现油气资源量超过1200亿吨油当量，我国海域深水油气总地质资源量高达350亿吨油当量。未来5-10年我国海洋油气勘探开发将进入实现跨越式发展和快速发展的关键时期。南海深水钻井工作量逐年攀升，每年钻井投资超过百亿元，海洋钻井隔水导管主要应用于固井环节，固井环节是油气井建井过程中的关键环节，隔水导管费用约占固井总成本的25%左右。隔水导管应用前景广阔，潜在经济效益巨大。

国内隔水导管的研究及国产化降低了采购成本，缩短了采购周期，解决了国外维修更换的难题。此研究可拓宽海洋钻井导管产品种类及构架，稳定公司在该领域的领先地位，实现国产市场占有率的突破。项目预计新增产值7000万元，新增利润1800万元，新增税收320万元，为地方财政收入及税收做出积极贡献，同时提供多个就业岗位。

#### 参考文献：

- [1] 江晔. 截流干管截流倍数的环境与经济效益分析研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2006, 27(08): 23-25.
- [2] 吴雪峰. 多井口隔水导管平台群桩效应及应用研究[D]. 华东: 中国石油大学, 2023, 03(08): 4-6.
- [3] 霍宏博, 张彬奇, 王晓雷, 等. 一种可调角度的隔水导管开窗造斜装置及开窗造斜工艺[J]. 化工技术, 2023, 03(08): 96-99.