

About the Publisher

Universe Scientific Publishing (USP) was established with the aim of providing a publishing platform for all scholars and researchers around the world. With this aim in mind, USP began building up its base of journals in various fields since its establishment. USP adopts the Open Access movement with the belief that knowledge is be shared freely without any barriers in order to benefit the scientific community, which we hope will be of benefit to mankind

USP hopes to be indexed by well-known databases in order to expand its reach to the scientific community and eventually grow to be a reputable publisher recognized by scholars and researchers around the world.

Our Values

✓ Passion for Excellence our values

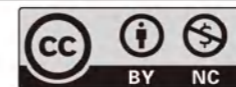
We challenge ourselves to excel in all aspects of publishing and most importantly, we enjoy in what we are doing.

✓ Open Communication

We believe that the exchange of ideas through open channels of communication is instrumental to our development. We are in continuous consultation with the research and professional communities to influence our direction.

✓ Value & Respect

We empower our employees to proactively contribute to the success of the company. We encourage our people to innovate and execute, independently and collaboratively.



本刊由谷歌学术、中国知网检索，所有录用文章通过国际权威检测查重系统“Crossref”的检测并经过专家审定，期刊在新加坡国家图书馆存档，本刊遵循国际开放获取出版原则，全球公开发刊，欢迎投稿和下载阅读。http://cn.usp-pl.com/index.php,

石油规划设计

Petroleum Planning and Design



9 772661 379054

2023 [5] 4
第5卷第4期
ISSN:2661-3808(O)
2661-3794(P)

4

石油规划设计

Petroleum Planning and Design

主编

Editor-in-Chief

贺秀华 新加坡前沿科学出版社

编委成员

(排名不分先后)

Editors

袁照坤	新疆乌鲁木齐石化公司炼油厂	裴长君	中国石油乌鲁木齐市石化公司生产调度处
梁文云	中石化西南石油工程有限公司	孙博	天然气榆济管道分公司
樊有军	青海油田采气一厂自控信息中心	王树仁	西安西北石油管道公司
乔得来	中石油东部管道有限公司银川管理处	张军良	中国石化工程建设有限公司
陈建新	中石油东部管道有限公司银川管理处	孔艳萍	汇智工程科技有限公司
张斌	中石油东部管道有限公司银川管理处	郭连超	中石化石油工程设计有限公司
陆野	中国石油管道局工程有限公司第一分公司	李明	中海油服服务股份有限公司湛江分公司
李敏	中石化西南石油工程有限公司油田工程服务分公司	周家琳	中原油田普光分公司

合作支持单位

Cooperative&Support Organizations

中国智慧工程研究会国际学术交流专业委员会	国际院士联合体
新加坡亚太科学院	美国恩柏出版社
新加坡万仕出版社	新加坡万知科学出版社
新加坡维图学术出版社	新加坡亿科出版社
北京春城教育出版物研究中心	万仕(成都)文化传媒有限公司
山东奥柏生物科技有限公司	



目 录 CONTENTS

成品油管道站场清污分流系统设计与管理

邓澜波 王筱伟 张 炎 / 1

油田开发以产能界限要求选择井型的研究

周 强 唐昌强 曾立军 徐 彬 / 4

钻机绞车传动原理和结构探讨

邓筱宁 / 7

海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展分析

韩 鹏 / 10

复杂断块油藏构造建模及应用

尤海丽 / 13

石油修井作业中的风险预防措施分析

李 鑫 郭振鸣 宋 娇 / 16

LNG 项目中低温管道的布置

徐 莹 / 19

石油化工管道应力设计要点探究

侯元英 刘 铭 / 22

成品油管道站场清污分流系统设计与管理

邓澜波 王筱伟 张 炎

国家石油天然气管网集团有限公司 安徽蚌埠 233000

摘 要: 成品油管道输油站场在运行时会产生污水, 通过分析污水来源, 提出有针对性的清污分流方案和控制措施, 减少污水的产生量, 减轻污水处理系统的运行负荷, 对成品油管道清洁环保运行有重要意义。本文针对管道站场运行过程中污水的形成途径、分流方案和控制措施进行分析, 为管道运行的可持续发展提供参考。

关键词: 成品油; 输油站; 清污分流

当前管道运输已经替代铁路、公路成为成品油运输的主要途径。输油站场作为成品油长输管道的重要节点, 具有压力流量调节、混油处理、下载计量重要作用。习近平总书记强调: “绿水青山就是金山银山, 改善生态环境就是发展生产力”。由于长输管道采用密闭输送形式, 正常运行情况下不会产生污水, 输油站场的污水控制与管理就直接关系到管道运营企业的生态环境管理和可持续发展。笔者通过调研安徽、湖南、湖北、江西等区域部分成品油长输管道站场, 结合国家相关政策法规、标准规范, 给成品油长输管道站场清污分流系统的设计与管理提出了建议。

一、长输成品油管道站场污水形成途径

1. 输油站场概况

成品油长输管道站场根据功能不同主要分为首站、中间站和末站, 其中首站主要负责油品上载、加压; 中间站主要负责油品下载、加压; 末站主要负责油品下载。虽然不同站场功能有所差异, 但结构和布置大致相同, 主要有输油工艺管道区域和储罐区域。

2. 输油工艺管道区域污水形成途径

输油工艺管道区域主要功能包括压力调整、油品过滤、混油处理、下载计量, 该区域内有输油泵、过滤器、阀门、管道排污系统等设备, 是成品油长输管道站场运行中产生污水较多的位置。其中设备维保、过滤器清洗、管道排污、计量取样都会不同程度的产生油污水。如果因设备损坏、管道水击产生油品泄露, 会在段时间内产生大量油污。需要注意的是, 因为该区域输油设备和工艺操作集中, 在日常卫生清洁过程中擦拭设备、冲洗地面产生的水不能作为清水直接外排, 而需作为油污水处理。

3. 储罐区域污水形成途径

储罐区域主要功能是管道泄压、混油处理产生的油品暂时储存, 该区域内有储罐、阀门等设备, 日常工艺操作较少, 但事故状态下会在短时间内产生大量油品泄漏。

二、长输成品油管道站场清水、污水分流方案

1. 总体方案

清污分流系统的主要作业是将清水和油污水分开处理, 清水根据输油站场所在位置不同直接外排或排放至市政管网, 油污水经污水处理系统处理合格后排放。如果油污水进入清水系统直接外排会导致环境污染, 甚至引发火灾爆炸事故, 如果大量清水进入污水系统也会增加污水处理系统负荷, 提高污水处理难度。所以清污分流系统的设计要遵循精准分流、系统处理的原则, 根据输油站场各个区域的不同精准地将区域内清水和油污水分流处理排放。以下就工艺管道区域、储罐区域分别提出较为合理的清水、油污水分流方案, 并就如何进行两个区域的衔接, 系统处理给出建议。

2. 输油工艺管道区域清水、油污水分流方案

本文前段提到因为输油工艺管道区域输油设备和工艺操作集中, 在日常卫生清洁过程中擦拭设备、冲洗地面产生的水不能作为清水直接外排, 而需作为油污水处理。同时如果设备露天, 将不能确保冲刷过大量、集中输油设备的雨水不含有油污, 也需作为污水处理。所以该区域清污分流方案中首要考虑的是将雨水单独收集排放以减轻污水处理系统的负担。在输油工艺管道区域架设罩棚, 在确保罩棚上方不会产生油污的情况下将罩棚收集的雨水通过清水管道直接外排, 可以杜绝雨水冲刷产生大量油污水的情况。部分输油站场不能确定罩棚上方是否会产生油污, 如污油罐排空阀延

伸至罩棚上方，或者应急状态下大量产生挥发性油气等情况时，应在清水管道依次设置水封井、阀门井，水封井用于观察排出雨水中是否含有油污，并能起到初期少量隔绝油污的作用，阀门井用于紧急状态产生大量油污的情况下完全封闭清水管道，避免大量油污水外排。依此方案设计工艺管道区域清水外排系统既可有效减轻污水处理系统的负担，又可避免非正常状态下产生的油污水外排造成环境事件。

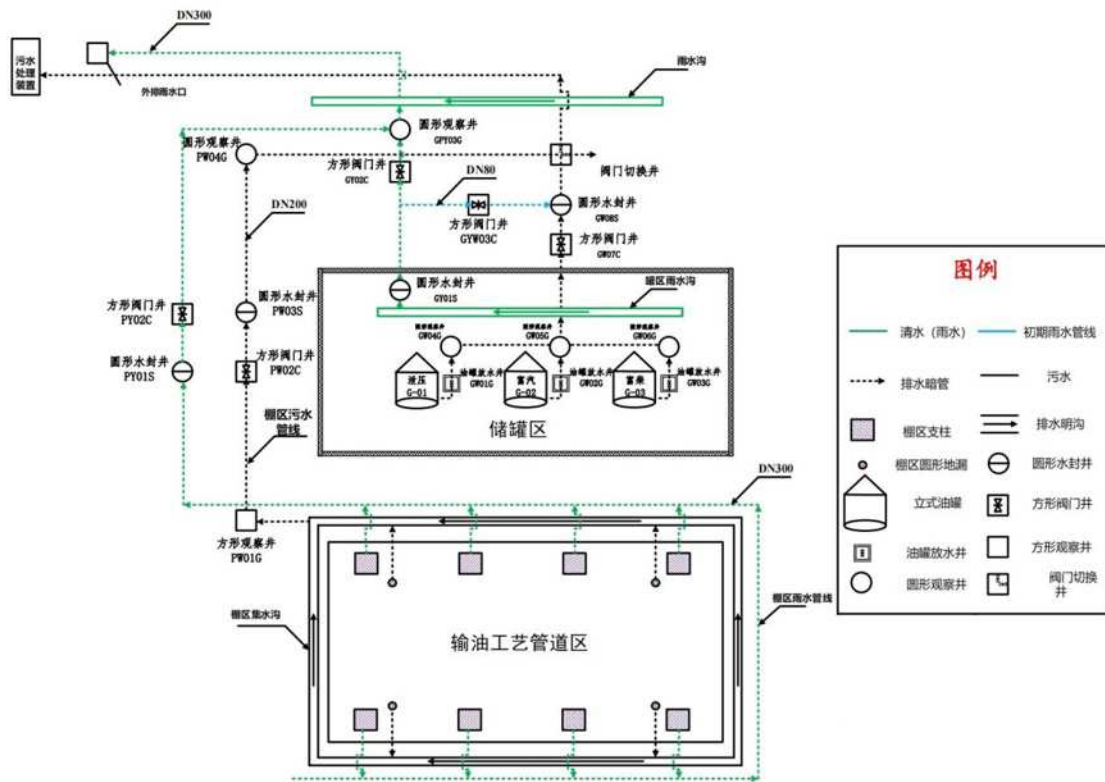
工艺管道区域污水排放系统的首要任务是杜绝正常工艺操作、设备维保和异常情况产生或泄漏的油污水扩散，同时将产生的油污水排放至污水处理系统。为达到此目标，应在该区域四周设置明沟，确保产生的油污水不会扩散到区域以外，然后将明沟收集的油污水通过污水管道排放至清污分流系统。不同于清水管道，在污水管道应依次设置阀门井、水封井，阀门井用于事故初期、少量油品泄漏的情况下隔断油污水外排，在控制泄露后通过防爆泵、吸油毡等工具回收泄漏油品，将损失减到最小。水封井用于隔断初期少量油品泄露和检测阀门井隔断效果。一旦事故继续发展，造成大量不可控的油品泄露，应及时打开污水管道阀门，将泄漏油品排放至污水处理系统，避免区域四周明沟溢满导致污染扩大和安全风险不可控。为减少污水处理系统负荷，达到可持续

发展目标，可根据需求在污水管道不同位置设置观察、收集井，对于日常清洁、冲洗地面产生的水蓄至观察井后，在确保没有油污的情况下可将井中水抽出用于周边绿化灌溉，最大限度节省水资源。

3. 储罐区域清水、油污水分流方案

储罐区工艺设备少、日常维保产生的油污水少，但事故状态下可能产生有大量油品泄露，且该域无法通过设置罩棚的方式进行雨水、油污水分流。介于以上情况，宜采取初期雨水分流的方案设置清污分流系统。在罐区防火堤内设置明沟，收集积聚的雨水，通过管道汇入雨水外排系统。在罐区内雨水管道上设置水封井，用于观察确认初期雨水中是否含有油污，同时可以隔绝初期少量油品泄露。为能在事故状态下可以操作阀门，需在罐区外雨水管道上设置阀门井，用于事故状态下隔绝油品，让泄漏的油品不溢出罐区防火堤范围，避免事故扩大。

按照储罐管理要求，每年入冬前或定期需通过排水阀将罐底部积水排出，避免冻坏连接储罐的阀门或造成进出罐的管道堵塞。由于排出的水含有大量油污，需将储罐排水阀连接至污水管道，排入污水处理系统。在污水管道依次设置阀门井、水封井，阀门井用于事故、大量泄漏状态下隔断油污水外排，



水封井用于隔断初期少量油品泄露和检测阀门井隔断效果。不同于工艺管道区域,一旦事故继续发展,造成大量不可控的油品泄漏,应及时确认关闭污水管道阀门,将泄漏油品隔断在储罐防火堤内,避免泄漏扩大和安全风险不可控。

储罐区域内的初期雨水在没有确认是否含有油污时应作为污水处理,所以在清水管道阀门前应再设置一条带有初期雨水隔断阀的管道连接至储罐区域污水管道水封井,达到初期雨水分流的目的。

4. 长输成品油管道站场清污分流系统设计简图

根据以上设计要求,笔者根据大部分输油站场的结构布局绘制了长输成品油管道站场清污分流系统设计简图,在进行清污分流系统设计时可作为参考。

三、长输成品油管道站场清污分流系统管理措施

1. 硬件设备维保要求

在清污分流系统的使用过程中,隔断阀门和水封井的作用是至关重要的。所以清污分流系统硬件设备维保主要集中在隔断阀门和水封井的管理。

根据系统中设置的不同类型的阀门,按照阀门维保操作规程定期开展清洁、润滑、排渣等工作,确保隔断阀门的安全可靠。

及时观察水封井的水封高度,确保水封有效。

观测清水和油污水排放时的流量,及时发现并疏通清水、污水管道,避免堵塞。

2. 清污分流系统操作规程

根据上文设计的清污分流系统,笔者分别制定了该系统在正常状态和事故应急状态下的操作规程。

(1) 正常状态下,需保持清污分流系统各隔断阀门处于关闭状态。当开始下雨时,操作步骤如下:

①检查输油工艺管道区清水管线水封井(PY01S),在确认没有油污后打开输油工艺管道区清水管线隔断阀门(PY02C),将雨水直接外排或排至市政管网;②打开储罐区初期雨水阀(GYW03C),将罐区内初期雨水排至污水处理系统;③初期雨水(前15min)过后检查储罐区地面及清水管线水封井(GY01S),在确认没有油污后关闭初期雨水阀(GYW03C),打开储罐区清水管线隔断阀门(GY02C)将雨水直接外排或排至市政管网;④雨停并且各区域积水排尽后将清污分流系统各阀门恢复关闭状态。

(2) 事故导致输油管道工艺区油品泄漏时操作步骤

如下:①当输油工艺管道区发生初期泄漏时,再次确认输油工艺管道区清水管线阀门(PY02C)、输油工艺管道区污水管线阀门(PW02C)处于关闭状态;②用沙袋封堵输油工艺管道区排水明沟,开展初期泄漏处置及油品回收;③当油品大量泄漏无法控制时,解除排水明沟沙袋,打开输油工艺管道区污水管线阀门(PW02C),将泄漏油品排放至污水处理系统,同时开展泄露处置工作;④当泄漏得到控制,泄漏油品回收完毕后用清水冲洗输油工艺管道区,确认设备、地面冲洗干净后关闭输油工艺管道区污水管线阀门(PW02C),恢复正常状态。

(3) 事故导致储罐区油品泄漏时操作步骤如下:

①再次确认储罐区清水管线阀门(GY02C)、储罐区污水管线阀门(GW07C)处于关闭状态;②用沙袋封堵储罐区排水明沟,开展初期泄漏处置及油品回收;③当油品大量泄漏无法控制时,初期处置人员撤离至储罐防火堤外,根据情况开展下一步应急处置工作;④泄漏得到控制,回收防火堤内泄漏油品完毕后,打开储罐区初期雨水阀(GYW03C)、储罐区污水管线阀门(GW07C),用清水冲洗储罐区设备及地面,将冲洗水排至污水处理系统,确认设备、地面冲洗干净后关闭储罐区污水管线阀门(GW07C)、储罐区初期雨水阀(GYW03C),恢复正常状态。

四、结束语

科学合理的清污分流系统和正确及时的操作可以有效实现成品油管道站场生产区域内的清水、污水分流。在正常状态下可以最大限度减轻污水处理系统运行负荷,节约水资源,实现输油站场可持续发展;在事故状态下可以有效避免泄露油品扩散,降低事故风险和损失。本文就如何设计成品油管道站场清污分流系统,在不同情况下如何操作清污分流系统给出了参考和建议。同时正确、及时的操作也是清污分流系统能发挥作用必不可少的条件,在日常生产工作中,成品油管道运营企业还需要加强对现场工作人员的教育培训,让一线员工熟悉清污分流系统的基本原理、正常操作和应急处置流程,也可在清污分流系统中加入自动化数据采集和控制系统,进一步提升清污分流系统的工作效率。

参考文献

- [1] 李莹莹. 成品油库清污分流和含有污水系统问题的探讨, 2018.
- [2] SH3034-2012-T 石油化工给水排水管道设计规范.

油田开发以产能界限要求选择井型的研究

周 强 唐昌强 曾立军 徐 彬

成都欧美克石油科技股份有限公司 四川成都 610207

摘 要: 在油田开发的过程中, 为了满足开发速度和经济效益的要求, 往往对单井的产量都有一定的界限。该文先通过考虑单层的情况, 计算求得不同井型(直井、斜井和水平井)在压裂和不压裂两种情况下的不同流度系数与单井单位压差下的产能关系曲线, 再引入干扰系数进行校正, 得到多层合采条件下的不同流度系数与单井单位压差下的产能关系曲线。并以海洋油田为例, 以一定的储层物性参数为依据, 计算不同井型在压裂和不压裂两种情况下的产量, 再根据产能界限选择适合的井型进行开发。该方法对油田开发中井型的选择具有一定的指导意义。

关键字: 产能界限; 井型; 多层合采; 干扰系数

在设计油田开发方案的过程中, 对单井的产量往往有一定的要求, 因此选择何种井型进行开发也显得至关重要^[1]。目前, 国内外对以产能界限为要求选择井型的研究鲜有报道, 在编写开发方案时往往是根据实际储层的物性条件, 选择适用直井、斜井或水平井进行开发^[2]。因此, 在编写开发方案中事先对一定储层物性条件下的不同井型的产量进行预测, 然后根据产能的要求, 选择合适的井型进行开发, 这对油田的开发格外重要。

一、不同井型的产能计算公式

1. 直井的产能公式

假设地层水平均质等厚, 在定压边界圆形油层中心一口垂直井, 且渗流为单相渗流, 根据达西定律, 直井稳定流动条件下的产能公式如下^[3]。

$$Q = \frac{0.543hK [p_e - p_{wf}]}{B_o \mu_o \left(\ln \frac{r_e}{r_w} + s \right)} \quad (1)$$

无限导流垂直裂缝井的产能公式为^[4]

$$Q = \frac{0.543hK [p_e - p_{wf}]}{B_o \mu_o \left(\ln \frac{r_e}{X_f} + s \right)} \quad (2)$$

式中: K 为地层渗透率, mD; h 油层厚度, m; p_e 地层边界压力, Mpa; p_{wf} 井底流压, Mpa; r_e 为泄油半径, m; r_w 为油井半径, m; B_o 为原油体积系数; μ_o 为原油粘度,

mPa·s; X_f 为裂缝半长, m; s 为表皮系数。

2. 斜井的产能公式

用 Cinco-lee 方法来计算斜井的产能^[5]:

$$q_o = \frac{0.543K_h h \Delta p / \mu_o B_o}{\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right) + S_{oc} + S_s} \quad (3)$$

式中:

$$S_{oc} = -(\alpha' / 41)^{2.06} - (\alpha' / 56)^{1.865} \log(h_D / 100) \quad (4)$$

$$h_D = h / r_w (\sqrt{K_h / K_v}) \quad (5)$$

$$\alpha' = \tan^{-1} \left[\sqrt{K_v / K_h} \tan \alpha \right] \quad (6)$$

根据(3)推导可以得到垂直裂缝斜井的产能公式为

$$q_o = \frac{0.543K_h h \Delta p / \mu_o B_o}{\ln \left(\frac{r_e}{X_f} \right) + S_{oc} + S_s} \quad (7)$$

式中: K_h 为水平方向渗透率, mD; K_v 为垂直方向渗透率, mD; h 为油层厚度, m; r_w 为井筒半径, m; X_f 为裂缝半长, m; S_s 为斜井拟稳态的表皮因子; α 为井斜角, °。

3. 水平井的产能公式

陈氏公式法计算水平的产能, 公式如下^[6]:

$$q_{oh} = \frac{0.543K_f h \Delta p}{\mu_o B_o \left[\ln \left[\sqrt{(4a/L - 1)^2 + 1} \right] + (h/L) \ln(h/2r_w) \right]} \quad (8)$$

其中, $a = L/4 + \sqrt{(L/4)^2 + A/\pi}$

式中: Δp 为生产压差, MPa; q_{oh} 为水平井的流量, m³/d; K_h 为储层水平方向上的渗透率, 10⁻³ μm²; L 为水平井半长, m; h 为油层厚度, m; r_w —水平井半径, m; A —泄油面积, m²。

对于压裂水平井采用以下方法计算产能^[7]。

理论假设为：

(1) 上下封闭的地层，地层渗透率为 K_{fi} ，厚度为 h ；地层中间有一口水平井，井筒半径 r_w ，井筒长度为 L ；

(2) 水平段进行压裂，压出 N 条垂直裂缝，裂缝穿透整个油层，不等距分布，裂缝与 x 轴的距离为 $|d_i|$ ，裂缝半长为 X_{fi} ，裂缝内渗透率为 K_{fi} ，宽度为 w_i （其中 $i=0, 1, \dots, N-1$ ，代表不同的裂缝）；

(3) 水平段没有进行补孔，流体将先从地层流入裂缝，然后沿裂缝流入井筒，所以压裂水平井的产量即为每条裂缝产量之和。

压裂水平井的产能计算公式如下：

$$p_c - p_{wf} = \frac{\mu B}{2\pi K_f h} \sum_{i=0}^{N-1} q_{fi} \ln \left(\frac{\left(\frac{R_e - d_i}{X_{fi}} \frac{d_i}{X_{fi}} \right) + \sqrt{1 + \left(\frac{R_e - d_i}{X_{fi}} \frac{d_i}{X_{fi}} \right)^2}}{\left(\frac{d_j - d_i}{X_{fi}} \right) + \sqrt{1 + \left(\frac{d_j - d_i}{X_{fi}} \right)^2}} \right) + \frac{q_{fi} \mu B}{2\pi K_{fi} w_i} \ln \frac{h}{2r_w} \quad (9)$$

式中： R_e 为供给半径， m ； q_{fi} 为第 i 条裂缝的产量， m^3/s ； X_{fi} 为第 i 条裂缝的裂缝半长， m ； K_{fi} 为第 i 条裂缝的渗透率， D ； w_i 为裂缝宽度， m 。

二、不同流量单位压差的产能

根据前面的理论，取斜井的井斜角为 60° ，水平井水平段的长度取 $400m$ ，压裂裂缝为 4 条，可以分别计算出单层条件下压裂和不压裂两种情况直井、斜井、水平井随流量系数影响的单位压差下的产能，结果如下。从图 1 和图 2 可以看出：随着流量系数的增加，产能增加；斜井的产能略大于直井，水平井的产能大大增加；压裂后的产能大大增加，增加了近一倍。

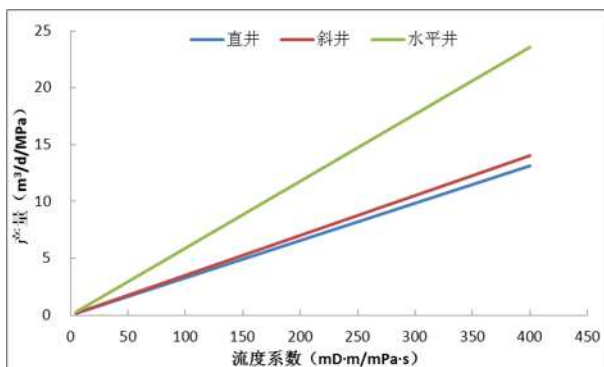


图 1 不同井型单位压差下的产量的关系（不压裂）

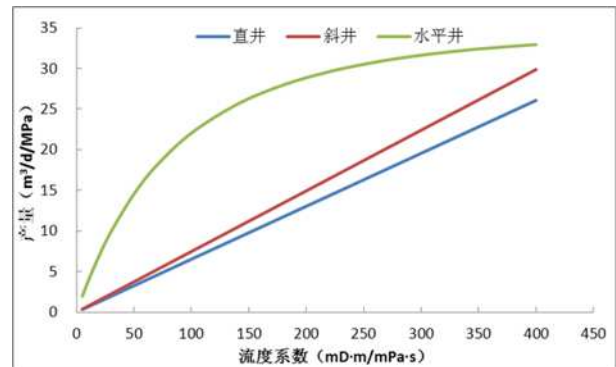


图 2 不同井型单位压差下的产量的关系（压裂）

三、实例应用

在油田实际的开发过程中，一般都采用多层合采的开发方式，由于多层合采存在层间干扰，而且对产能的影响较大，因此必须对产能进行校正^[8-12]。以海上 X 油田为例，该地区多层合采的平均干扰系数为 5.2 。利用干扰系数进行校正，便可得到多层合采时单位压差下的产能，结果如下。

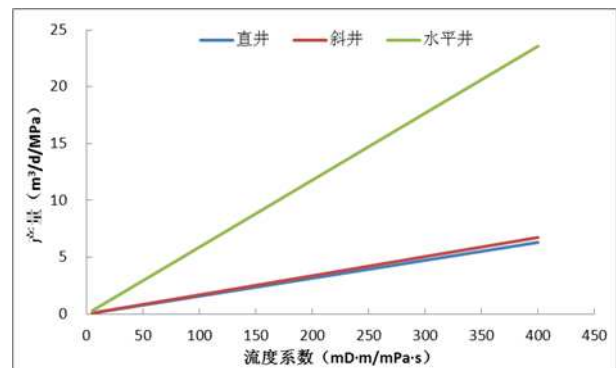


图 3 不同井型单位压差下的产量的关系（不压裂）

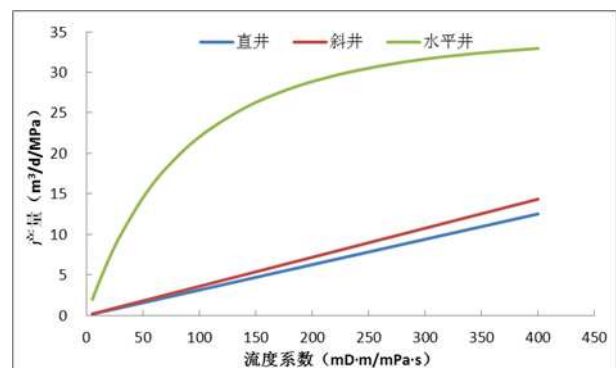


图 4 不同井型单位压差下的产量的关系（压裂）

回归得到的流量系数与单位压差下的产量之间的关系如下：

表 1 流度系数与单位压差下的产量关系

不压裂		压裂	
井型	公式	井型	公式
直井	$q=0.0158f$	直井	$q=0.0313f$
斜井	$q=0.0168f$	斜井	$q=0.0358f$
水平井	$q=0.0589f$	水平井	$q=8.0259lnf-14.784$

其中: q 为单井单位压差下的日产量, $m^3/d/MPa$; f 为流度系数, $mD \cdot m/mPa \cdot s$ 。

根据以上的结果, 可以举一个例子来说明某一储层采用何种井型来进行开发。假设海洋 X 油田某一储层的地层物性参数如下, 定生产压差为 12MPa, 原油粘度为 $0.85mPa \cdot s$, 生产界限为 $80m^3/d$ 。

表 2 储层物性参数

储层	厚度 (m)	渗透率 (mD)	流度系数 ($mD \cdot m/mPa \cdot s$)
1	1.4	5.6	9.22
2	2.3	10.4	28.14
3	1.6	12.4	23.34
4	3.4	8.3	33.20
5	15.2	10.8	193.13
6	1.8	4.3	9.11

根据物性参数, 直井、斜井用总的流度系数, 按照前面的回归公式, 可以求得单位生产压差下的产量, 再乘以生产压差便能得到单井的日产量。水平井可以考虑为水平段打在主力层位, 即第 5 小层, 上面的 4 个小层可以按斜井来计算其产量, 计算的结果如下。

表 3 不同井型的产量

井型	不压裂		压裂	
	产量 (m^3/d)	备注	产量 (m^3/d)	备注
直井	56.15	水平井主力层产量为 $136.5 m^3/d$	111.23	水平井主力层产量为 $329.51 m^3/d$
斜井	59.70		127.22	
水平井	155.44		348.44	

根据以上结果可以看出, 在不压裂的情况下, 直井和斜井难以满足海洋单井产量 $80m^3/d$ 的要求, 压裂后的产量大大增加, 能够满足生产要求。因此, 从产能的角度去考虑, 可以采用水平井或压裂直井、斜井、水平井的开发方式进行开发。

四、结论

通过以上的研究, 可以得到以下结论:

(1) 斜井的产能略大于直井, 水平井产能大大增加;

(2) 压裂井的产能大大增加, 比压裂前增加近一倍;

(3) 利用油田的干扰系数校正后得到的单位压差下的产能, 可快速预测任一储层不同井型在压裂和不压裂情况下的单井产量, 为编织开发方案提供有利的依据;

(4) 根据油田对单井产能的要求, 利用上面的结果, 可以选择合适的井型进行开发, 对油田的实际开发具有现实的指导意义。

参考文献

- [1] 陈武, 邓川南, 钟雨师等. 油气田开发单井经济产能界限模型研究 [J]. 钻采工艺, 2007, 30(4): 62-63, 77.
- [2] 郭晶晶, 张烈辉, 王海涛等. 双孔介质油藏多层合采油井产能分析 [J]. 石油学报, 2011, 26(6): 705-712.
- [3] 罗天雨. 异常高压油藏注采井单井产能方程研究 [D]. 成都: 西南石油学院, 2003.53-55.
- [4] 黄勇, 李春兰, 程林松等. 低渗透油藏垂直裂缝井产能评价新方法 [J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(1): 99-101.
- [5] Cinco-Ley H, Ramey Jr H J and Miller F G. 1975, Pseudo-skin Factors for Partjally-Penetrating Directionally-Drilled Wells, PaPer SPE 5589.56-58.
- [6] 陈元千. 水平井产量公式的推导与对比 [J]. 新疆石油地质, 2008, 29(1): 68-71.
- [7] 宁正福, 韩树刚, 程林松等. 低渗透油气藏压裂水平井产能计算方法 [J]. 石油学报, 2002, 23(2): 68-71.
- [8] 李大建, 牛彩云, 吕亿明等. 低渗透油藏两层合采油井层间干扰分析 [J]. 西部探矿工程, 2012, 12: 20-23.
- [9] 刘洪杰. 常规油藏多层合采层间干扰系数确定新方法 [J]. 石油地质与工程, 2013, 27(5): 80-82.
- [10] 王峙博, 黄爱先, 魏进峰. 薄互层油藏层间干扰数值模拟研究 [J]. 石油学报, 2012, 34(9): 247-250.
- [11] 王跃文, 卢双舫, 方伟等. 多层合采产能配比的算法研究及应用 [J]. 石油实验地质, 2005, 27(6): 630-634.
- [12] 张哲. 蒸汽吞吐合理开发界限研究 [J]. 特种油气藏, 2003, 10(3): 60-63.

作者简介:

周强, 1986 年生, 男, 硕士, 油气田开发工程专业, 主要从事油藏工程、渗流力学、数值模拟和压裂酸化体系及助剂方面的研究及研发工作。

钻机绞车传动原理和结构探讨

邓筱宁

四川宏华石油设备有限公司 四川德阳 618300

摘要: 钻机绞车是石油、天然气等钻探工程中重要的设备之一,广泛应用于井架的升降、钻具的旋转等作业中。传动原理和结构作为绞车正常运转的基础,对于其性能的发挥具有至关重要的作用。基于此,以下对钻机绞车传动原理和结构进行了探讨,以供参考。

关键词: 钻机绞车; 传动原理; 结构探讨

钻机绞车作为一种重要的钻探设备,具有复杂的传动系统和结构特点。了解其传动原理和结构特点对于提高设备性能、降低维护成本具有重要意义。本文将深入探讨钻机绞车的传动原理和结构特点,以期对相关领域的技术人员提供参考,并为我国钻探工程的发展做出贡献。

一、钻机绞车传动原理

钻机绞车传动原理主要是通过机械传动系统将动力传递到绞车,从而实现对钻具的升降和旋转。以下是对钻机绞车传动原理的详细说明:动力输入:钻机绞车的动力通常来自柴油机或电动机。柴油机或电动机将旋转动力传递到传动系统。传动系统:传动系统包括齿轮、链条和轴等部件。动力通过齿轮或链条传递到轴上,轴将旋转动力转化为扭矩,并传递到绞车上。绞车:绞车是钻机的重要组成部分,它包括滚筒、刹车装置、离合器和导向轮等部件。滚筒是绞车的核心部分,它由多个钢丝绳卷筒组成,每个卷筒都缠绕着钢丝绳。当滚筒旋转时,钢丝绳卷筒上的钢丝绳会被卷起或释放,从而实现了对钻具的升降。离合器:离合器是用来控制滚筒旋转的。当离合器结合时,动力从轴传递到滚筒上,使滚筒旋转。当离合器分离时,动力无法传递到滚筒上,滚筒停止旋转。刹车装置:刹车装置是用来控制滚筒的旋转速度和停止滚筒旋转的。当需要停止滚筒旋转时,刹车装置可以迅速制动滚筒,防止其继续旋转。钻机绞车的传动原理是通过机械传动系统将旋转动力传递到绞车,从而实现了对钻具的升降和旋转。离合器和刹车装置的控制可以实现对绞车的精确操作。

二、钻机绞车的结构分析

绞车架:作为钻机绞车的骨架,绞车架起着稳固和支

撑整个钻机绞车的重要作用。它通常采用高强度合金钢材料制作,具备抗压、抗拉等特性,以确保钻机绞车的稳定运行。滚筒轴:滚筒轴是绞车的核心部件之一,它用于传递扭矩和转动力,将钻机绞车的动力传输到钻杆上。采用高强度合金钢材料制成的滚筒轴具有良好的耐磨性和抗压能力,确保钻机绞车的正常工作。自动送钻装置:作为钻机绞车的重要组成部分,自动送钻装置通过控制器自动调节钻杆进给速度,实现钻机的自动化操作。这项技术的引入大大提高了钻机绞车的工作效率和安全性。液压盘式刹车:液压盘式刹车作为钻机绞车的关键安全装置,能有效控制绞车的下降速度和防止滑坡。该刹车系统采用先进的液压技术,具备稳定的刹车力和高度可靠性,确保钻机绞车在工作过程中始终保持安全稳定。防撞天车装置:为了防止钻杆与钻井井口发生碰撞,钻机绞车配备了防撞天车装置。通过巧妙设计,该装置保证钻杆的正常下降并减少事故风险,提高了作业过程的安全性。钻机绞车的各个部件和装置的结构分析显示出其在提高钻机工作效率和安全性方面的显著优势。

三、钻机绞车的发展策略

1. 利用先进技术推动钻机绞车的发展

钻机绞车作为现代石油、建筑等行业的重要设备之一,其发展需要依靠先进的技术支持。在推动钻机绞车的发展过程中,可以采取以下策略来利用先进技术:加强研发投入,促进钻机绞车相关技术的创新和突破。政府可以设立专项资金,支持高校和科研机构开展钻机绞车相关技术的研究和开发。鼓励企业与科研机构、高校等合作,开展联合研究项目,实现技术交流和共享。通过不断推动技术创新,提升钻机绞车的品质和性能。引进国外先进技术,并进行本地化改造和

适应性优化。政府可以鼓励企业与国外先进钻机绞车制造商进行技术合作、引进和消化吸收,提高国内钻机绞车的技术水平。结合国内市场需求和环境特点,进行本地化改造和适应性优化。例如,针对国内油田常见的复杂地质环境,对钻机绞车的防尘、防水、耐高温等性能进行优化。加强对钻机绞车技术人才的培养和引进。政府可以与高校、职业学校等合作,开设钻机绞车相关专业或培训项目,培养更多的技术人才。鼓励企业与高校、科研机构建立稳定的合作关系,吸引和引进国内外优秀的钻机绞车技术人才,推动技术人才的交流和合作。

2. 加强质量管理和标准化建设

钻机绞车的质量和安全性是保障其稳定运行和使用安全的关键。在推动钻机绞车的发展过程中,加强质量管理和标准化建设是重要的策略。建立健全质量管理体系,确保钻机绞车的生产、制造和维护过程符合标准和规范。政府可以制定并推广钻机绞车的生产和质量管理规范,鼓励企业建立 ISO9001 等国际认证的质量管理体系。加强对钻机绞车企业的质量监督和验收,保障产品的质量和安全。提高钻机绞车产品的标准化水平。政府可以制定钻机绞车的国家标准,并鼓励企业按照标准进行生产和制造。加强标准的宣传和推广,提高钻机绞车用户对标准的认知和重视程度。通过提升钻机绞车产品的标准化水平,可以实现产品的互换性和通用性,降低用户的使用成本。加强质量监测和检测手段,确保钻机绞车产品的质量和安全。政府可以支持建立独立的质量监测和检测机构,对钻机绞车产品进行质量抽查和安全评估。鼓励企业投入并使用先进的检测设备和检测技术,提高产品的质量和安全性能。通过加强质量管理和标准化建设,可以提高钻机绞车产品的质量和安全性能,满足用户对产品可靠性和使用安全性的需求。

3. 拓宽钻机绞车的市场渠道与应用领域

通过寻找新的市场渠道和发展应用领域,能够为钻机绞车带来更大的发展空间和机会。拓展国内外市场渠道,提升钻机绞车的市场竞争力。政府可以加强与国内外钻机绞车经销商和代理商的合作,扩大产品的销售渠道。通过参加国内外展览会、招投标、招商引资等方式,增加钻机绞车在国内外市场的知名度和影响力。例如,每年举办国内外钻机绞车展览会,吸引国内外买家,拓展产品的销售渠道。开拓多元化的应用领域,满足不同行业的需求。除了传统的石油和

建筑行业,政府可以鼓励钻机绞车企业开拓新的应用领域,如水利工程、桥梁隧道、城市基础设施等。通过钻机绞车在不同领域的应用,为企业带来更广阔的市场空间和发展潜力。例如,政府每年投入一定金额用于支持钻机绞车在水利工程领域的推广应用,预计可提高该领域的钻机绞车需求量和市场份额。注重产品差异化和创新,提高竞争优势。政府可以鼓励钻机绞车企业加大研发投入,推动产品的差异化和突破。通过产品创新,增加钻机绞车的附加值和技术含量,提高产品的市场竞争力。例如,鼓励钻机绞车企业开发具有智能化、自动化等特点的新型产品,提供更加高效、安全、节能的钻机绞车解决方案。

4. 加强钻机绞车的售后服务与技术支持

通过提供优质的售后服务和及时的技术支持,可以提升用户对钻机绞车的满意度,增强产品的市场竞争力。建立健全的售后服务体系,提供全方位的技术支持。政府可以要求钻机绞车企业建立完善的售后服务网络,确保用户在任何地区都能得到及时的技术支持和维修服务。鼓励企业建立 24 小时全天候的售后服务热线,方便用户随时进行咨询和故障报修。例如,每个县级以上行政区域设立至少一个钻机绞车售后服务站,对用户进行技术培训、设备维修等各类问题提供及时解答和支持。加强钻机绞车技术人员的培养和素质提升。政府可以与高校和培训机构合作,开展钻机绞车技术人员的培训和知识更新。鼓励企业组织技术人员参加国内外的研讨会和培训课程,提升其技术水平和服务能力。政府还可以推动建立技术人员交流平台,促进不同企业之间的技术交流与合作。通过加强技术人员的培养和素质提升,能够提供更专业、高效的技术支持和售后服务。建立用户反馈机制,及时收集和处理用户的意见和问题。政府可以要求钻机绞车企业建立用户反馈渠道,鼓励用户对产品的使用体验、问题反馈等进行主动回馈。政府也可以组织用户满意度调研,了解用户对钻机绞车产品和售后服务的评价和需求。

四、结束语

通过对钻机绞车传动原理和结构特点的探讨,我们可以更好地了解其工作原理和结构特点,为实际应用中的操作、维护和保养提供指导。同时,通过与国际先进水平的比较和分析,我们可以发现自身的不足之处,为进一步的技术创新和发展提供思路。希望本文的研究能为相关领域的技术人员提供有益的参考,为我国钻探工程的发展做出贡献。

参考文献

- [1] 刘强 . 钻机绞车传动系统动力学特性研究 [J]. 机床与液压 ,2017,(11):111-115.
- [2] 赵宇飞 . 钻机绞车传动原理与结构分析 [J]. 中国石油大学学报 (自然科学版) ,2021,45(4):120-124.
- [3] 王建华 , 钟南山 . 钻机绞车传动系统的优化设计 [J]. 机械设计与制造 ,2018,(10):32-35.
- [4] 张明 . 钻机绞车传动部件选型与计算 [J]. 矿用机械 ,2020,(8):56-60.
- [5] 陈小伟 , 李丽华 . 钻机绞车传动故障分析与排查 [J]. 石油机械装备 ,2019,(6):42-46.

海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展分析

韩 鹏

中海油能源发展装备技术有限公司设计研发中心 天津 300450

摘 要: 海洋石油是全球能源供应的重要组成部分。据统计,全球约有一半的石油储量位于海洋。因此,海洋石油钻井作业对于满足全球能源需求,保障能源安全具有重要意义。本文阐述了钻修井机械设备发展对海洋石油钻井作业的作用,论述了钻修井机械设备的发展历史,分析了海洋石油钻井作业过程中需要注意的几个要点,并在展望未来发展前景的基础上提出了相关的改善措施。

关键词: 海洋石油钻井; 钻修井; 机械设备; 发展分析

前言

海洋石油钻井作业对于满足全球能源需求、保障能源安全具有重要意义。当谈到海洋石油钻井作业时,钻修井机械设备的发展是一个非常重要的话题。随着海洋石油资源的不断开发,钻修井机械设备的技术和性能也在不断提升。钻修井机械设备的海洋石油钻井作业中扮演着至关重要的角色,它们能够完成钻井、修井和维护井口等关键任务。随着技术的进步,钻修井机械设备的功能越来越强大,效率也得到了显著提高,具有可观的发展前景,但在实际操作中仍有一些问题存在,还需要提出相关改善措施来提升钻修井机械设备的工作质量。

一、钻修井机械设备发展对海洋石油钻井作业的作用

海洋石油钻井作业中的钻修井机械设备主要包括钻机、泥浆泵、钻杆、钻头等。在作业过程中钻机驱动钻杆和钻头进行旋转,钻头在地层中钻进,形成井眼。泥浆泵将钻井液(泥浆)从地面泵入井眼,钻井液在井眼中上升,将钻屑带出井外,同时冷却和润滑钻头,稳定井壁 [1]。随着钻进深度的增加,需要不断接入新的钻杆,使钻头能继续向下钻进。当钻头磨损或钻进遇到困难时,需要提起钻杆,更换钻头或进行其他处理,这就是钻修作业。在钻进过程中,还需要进行测井、录井等作业,了解地层情况,指导钻井作业。这个过程需要钻修井机械设备的协同作业,才能保证钻井作业的顺利进行。

钻修井机械设备的发展对海洋石油钻井作业的作用主要体现在提高效率、提高安全性、减少人力需求和推动环保进步等方面。随着钻修井机械设备的技术进步,钻井作业的

效率得到了显著提高。例如,现代的钻修井机械设备可以在更短的时间内钻出更深、更精确的井眼,这大大提高了海洋石油的开采效率。钻修井机械设备的发展还能够提高钻井作业的安全性。现代的钻修井机械设备通常配备有各种安全系统,如自动刹车系统、防爆系统、联锁控制系统等,可以有效防止钻井过程中的各种事故。不仅如此,钻修井机械设备的发展还减少了钻井作业的人力需求。现代的钻修井机械设备通常可以自动完成许多复杂的钻井任务,包括下钻、回钻、固井等作业,这大大减少了人力投入,降低了钻井作业的成本。最后,钻修井机械设备的发展大大推动了海洋石油钻井作业的环保进步,现代的钻修井机械设备通常采用更环保的动力系统,如电动或液压系统,可以减少钻井过程中的污染排放。因此,钻修井机械设备的发展对海洋石油钻井作业起着至关重要的作用。

二、海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展历史

海洋石油钻井作业中钻修井机械设备的发展历史可以追溯到 20 世纪初。在那个时候,海洋石油钻井作业还处于起步阶段,钻修井机械设备的种类和性能都比较有限。最早的钻修井机械设备主要是一些简单的手动工具,如手摇钻、手动钻杆等。随着技术的不断进步,钻修井机械设备逐渐实现了电动化和自动化。到了 20 世纪 50 年代,随着石油工业的快速发展,海洋石油钻井作业进入了一个新的阶段。钻修井机械设备开始采用液压系统和电动驱动,提高了工作效率和安全性。同时,钻修井机械设备的种类也逐渐增多,包括钻井平台、钻井船、钻修井机等。

20 世纪 70 年代,随着计算机技术的发展,钻修井机械

设备进一步实现了自动化和智能化, 计算机控制系统的引入使得钻修井机械设备的操作更加精确和高效。此外, 钻修井机械设备的结构和材料也得到了改进, 提高了设备的耐用性和可靠性 [2]。随着海洋石油资源的不断开发, 钻修井机械设备的不断发展也在不断推进, 新型的钻修井机械设备不仅在性能上有所提升, 还更加注重环保和节能。例如, 一些钻井平台采用了新型的动力系统, 如液化天然气发电机组, 以减少对传统燃油的依赖。海洋石油钻井作业中钻修井机械设备的不断发展历史经历了从手动工具到电动化、自动化和智能化的过程。随着技术的不断进步, 钻修井机械设备的性能和效率不断提高, 为海洋石油钻井作业的发展做出了重要贡献。

三、海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展要点

1. 国产化程度

虽然当前我国海洋石油钻修井机械设备已取得了较好的发展成果, 但仍然存在一定不足有待进一步优化和完善。相比较而言, 我国钻修井设备的研发时间较晚, 虽然开采技术发展较为先进, 但设备仍然有明显的不足之处, 与国际先进水平还存在一定的差距, 这导致在一些高端、复杂的海洋石油钻井作业中, 国内设备往往难以满足作业需求, 需要依赖进口设备。同时, 在设备相关技术研发方面, 就核心技术来看, 研究和发 展情况也仍然有待提高。以当前情况来看, 我国的钻修井设备实现了 70% 的国产化, 但在一些关键节点上的设备仍采用进口设备, 这不仅增加了设备的生产和维护成本, 也限制了设备的通用性和互换性 [3]。因此, 推动钻修井机械设备的国产化, 需要从技术研发、生产制造、服务维护等多个方面进行努力。

2. 设备稳定性

钻修井机械设备在海洋石油钻井作业中的稳定性问题是一个重要的问题。首先, 由于海洋环境的特殊性, 如海浪、风力、盐雾等, 这些都对设备的稳定性提出了更高的要求。例如, 设备需要有足够的防腐性能, 以防止海水和盐雾对设备造成损害。同时, 设备还需要有足够的抗风能力, 以防止强风对设备的稳定性造成影响。其次, 随着钻井深度的增加, 设备需要承受更大的压力和温度, 这也对设备的稳定性提出了更高的要求。设备需要有足够的耐压性能, 以防止高压对设备造成损害, 设备还需要有足够的耐高温性能, 以防止高温对设备的稳定性造成影响。最后, 设备的操作和维护也是影响设备稳定性的重要因素。

3. 作业安全性

钻修井机械设备在海洋石油钻井作业中的安全性问题是一个重要的问题。由于海洋环境的特殊性, 设备在操作过程中可能会遭受到风浪、海水腐蚀等影响, 这就要求设备必须具有足够的稳定性和耐腐蚀性。如果设备稳定性不足, 可能会导致设备在海浪中翻倒, 造成人员伤亡和设备损失。钻井作业本身就是一个高风险的作业, 设备的安全性能直接关系到作业人员的生命安全。例如, 如果设备的防爆性能不足, 可能会在遇到可燃气体时引发爆炸, 造成严重的人员伤亡和设备损失。此外, 设备的操作性也是影响其安全性的一个重要因素。如果设备操作复杂, 操作人员不熟练, 可能会在操作过程中出现错误, 导致设备故障, 甚至引发事故。当设备的维护保养不到位时也可能导致设备的性能下降, 甚至出现故障, 影响作业的正常进行。因此, 钻修井机械设备在海洋石油钻井作业中的安全性问题需要从多个方面进行考虑和解决, 包括提高设备的稳定性、耐腐蚀性、防爆性能, 简化设备的操作, 以及加强设备的维护保养等。

四、海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展优化措施

1. 提高国产化程度

想要提高海洋石油钻井作业中钻修井机械设备的国产化程度, 从根本上来说就是要加强技术研发, 这要求国内企业加大研发投入, 提升钻修井机械设备的技术水平, 特别是在高压、高温、深海等复杂环境下的钻井设备研发。企业、高校和研究机构应建立紧密的合作关系, 建立起产学研合作机制, 共同推动钻修井机械设备的技术进步。同时, 也要重视提升人才队伍, 培养和引进高级工程技术人才, 从而提升国内钻修井机械设备制造业的整体技术水平。从外部大环境来说, 政府应给予国内钻修井机械设备制造业更多的政策支持, 如税收优惠、财政补贴等, 以促进其发展。通过政府的政策引导, 推动国内石油企业优先使用国产钻修井机械设备, 以此来刺激国内设备制造业的发展 [4]。此外, 也要加强国际交流与合作, 与国际先进企业的交流与合作, 引进先进技术, 提升国内钻修井机械设备的技术水平和制造能力。

2. 提升稳定性和安全性

提升钻修井机械设备在海洋石油钻井作业的安全性和稳定性, 首先需要加强技术研发, 提升设备的性能, 比如提高设备的防腐性能, 增强设备的稳定性, 以适应海洋环境的特殊性。在设备方面需要定期对设备进行维护和检查, 及

时发现和解决设备的问题,防止设备出现故障,保证设备的正常运行。同时也要重视对操作人员的专业培训,提高他们的操作技能和安全意识,确保他们能够正确、安全地操作设备。一套完善的安全管理制度在作业过程中也必不可少,合理的安全管理制度能够规范设备的操作和使用,防止因操作不当导致的安全事故。此外,随着技术的发展,应及时更新设备,使用更先进、更安全、更稳定的设备,以提高作业的安全性和稳定性。最后,在设备设计阶段就应考虑到设备在海洋环境中的使用,设计出具有良好环境适应性的设备。结合海洋环境的特征,设备应具有良好的防风、防浪、防腐蚀性性能。

五、海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展趋势

海洋石油钻井作业中钻修井机械设备的发展现状是一个非常广泛和复杂的话题。目前,随着海洋石油资源的不断开发,钻修井机械设备的技术和性能也在不断提升。在海洋石油钻井作业中,钻修井机械设备的主要发展趋势首先包括自动化和智能化。例如,现代的钻修井机械设备可以通过计算机控制系统实现自动化操作,提高作业效率和安全性。其次为了适应不同的钻井作业需求,钻修井机械设备越来越多地具备多功能性。同时在能源问题的日益突出的情况下,钻修井机械设备的节能性能也成为发展的重要方向。现代的钻修井机械设备采用了一系列节能技术,如高效电机、变频器等,以降低能源消耗和环境污染。由于随着海洋石油资源的逐渐枯竭,钻井作业也逐渐向深水和超深水区域扩展。因此,钻修井机械设备需要具备更高的作业能力和适应能力,以满足深水超深水作业的需求。此外,在海洋环境中进行钻井作业存在着较高的风险,因此钻修井机械设备的安全性和可靠

性是发展的重要方向。现代的钻修井机械设备采用了一系列安全措施和监测系统,以确保作业过程的安全和可靠。总之,海洋石油钻井作业中钻修井机械设备的发展正朝着自动化、智能化、多功能化、高效节能、深水超深水作业能力、安全可靠等方向不断演进,这些发展趋势将进一步推动海洋石油钻井作业的发展,提高作业效率和安全性。

六、结束语

海洋石油钻井作业是石油工业的重要组成部分,而钻修井机械设备则是这一作业中的核心要素。随着陆地石油资源的逐渐枯竭,海洋石油资源的开发越来越受到各国的重视。然而,海洋石油钻井作业的环境条件复杂,设备的要求也相对较高,因此,钻修井机械设备的研发和改进就显得尤为重要。这些设备的性能和稳定性直接影响到钻井作业的效率 and 安全性。要想保证海洋石油钻井作业质量,就需要在保证作业安全稳定的基础上,组织培训相关操作人员,在技术上要向智能化、自动化方向发展,还要重视加强相关技术的环保性。

参考文献

- [1] 陈晨. 关于海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展问题的探究[J]. 化工管理, 2019,(24):143.
- [2] 张子胜. 探析石油钻井作业中钻修井机械设备发展问题[J]. 中国设备工程, 2018,(23):35-36.
- [3] 吴小亮, 赵天增. 海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展分析[J]. 石化技术, 2022(10):178-181.
- [4] 徐华忠. 关于海洋石油钻井作业中钻修井机械设备发展问题的探究[J]. 装备维修技术, 2020(05):151.

复杂断块油藏构造建模及应用

尤海丽

黑龙江省大庆市大庆油田第四采油厂 163000

摘要: 复杂断块油藏是指由多个断块组成的油藏, 具有复杂的构造特征和油气分布规律。构造建模是对复杂断块油藏进行地质模拟和数值模拟的过程, 旨在揭示油藏的内部结构和流动规律, 为油气勘探开发提供科学依据。本文将介绍复杂断块油藏构造建模的方法和技术, 并探讨其在油气勘探开发中的应用。

关键词: 复杂断块油藏; 构造建模; 应用

随着油气勘探开发的深入, 越来越多的油藏被发现, 其中不乏复杂断块油藏。复杂断块油藏具有构造复杂、储集层分散、流动性差等特点, 给油藏开发带来了很大的挑战。因此, 对复杂断块油藏的构造建模成为了油气勘探开发的重要研究内容。

一、复杂断块油藏构造建模基本原理

1. 构造分析原理

构造分析是根据地质构造特征和构造演化历史对断块油藏进行系统的分析和研究, 从而确定油藏的构造类型、构造特征和构造演化过程等重要参数。通过对地震资料的解释, 如地震剖面 and 地震属性数据, 可以识别出断块油藏的构造特征, 如断块、断裂带和岩层夹角变化等。地震资料能够提供油藏横向和纵向的结构信息, 为后续的建模提供基础数据。通过地质调查和钻井数据的分析, 可以确定断块油藏的构造类型, 如斜坡型、板块型或褶皱型等。地质调查可以揭示出地层的分布、厚度变化和岩性变化等, 而钻井数据则提供了关于油藏的岩性、孔隙度和饱和度等信息。

2. 地质建模原理

地质建模是将地质模型的各种因素进行整合, 以建立真实的地质模型。在构造建模过程中, 需要综合利用地球物理、地质学、岩石学、地球化学等多学科的数据和分析成果, 并结合构造分析的结果, 以准确地描述复杂断块油藏的地质特征。通过对地震资料的解释和处理, 可以提取出断块油藏的横向和纵向构造特征, 如断层、构造线ament及岩性变化等。地震数据能够提供高分辨率的结构信息, 帮助确定地层的位置和厚度等参数。在地质建模过程中, 还需要考虑断块油藏的地层描述和解释。通过综合利用钻井数据和地质调查

的成果, 可以获得关于油藏岩性、孔隙度、饱和度等方面的信息, 这些数据对于制定油藏开发方案具有重要意义。最后, 在地质建模中, 还需要考虑断块油藏的构造演化历史。通过建立不同时期的地质模型, 可以揭示油藏的形成时代、发育阶段和动态变化, 对于预测油藏的储量分布和产能具有重要意义。

3. 数值模拟原理

数值模拟是利用计算机对复杂的物理问题进行数值计算和模拟, 通过计算机模拟的数据来研究油藏的流动规律、产油机理和储量分布等。在复杂断块油藏构造建模中, 数值模拟是一种重要的手段。首先, 需要建立复杂断块油藏的数学模型。数学模型可以描述油藏的渗流行为、岩石力学特性和流体流动方程等。根据油藏的特征和需求, 选择适当的数学模型来描述油藏中的物理过程。然后通过数值方法对数学模型进行离散化和求解。常见的数值方法包括有限差分法、有限元法和边界元法等。通过这些数值方法, 可以模拟复杂断块油藏中的流体运移、压力变化和油气产能等过程。最后, 通过数值模拟的结果, 可以分析断块油藏的动态变化、预测储量分布和优化开发方案。数值模拟可以提供研究断块油藏的物理过程和机制的有效工具, 为油田开发决策提供科学依据。

二、复杂断块油藏构造建模过程中可能遇到的挑战和困难

1. 数据获取和处理的挑战

复杂断块油藏的地质条件通常具有多样性和高度不规则性。地震勘探数据在解决复杂断块油藏构造问题时分辨率较低, 无法准确识别和描述构造特征。这可能导致解释困难,

对构造特征的识别和表征带来挑战。复杂断块油藏的地质地球化学数据通常分布不均匀, 存在不连续性。地质调查和钻井数据在空间上分布不均匀, 导致局部区域缺乏详细的数据支持。这对构造建模的准确性和可靠性造成影响。在复杂断块油藏构造建模中, 通常需要综合利用多种数据来源, 如地震资料、井测数据和地质地球化学数据等。不同数据来源之间存在一致性和完整性的问题, 可能存在数据差异和矛盾。

2. 精细划分和建立地质模型的挑战

复杂断块油藏通常由多个断块组成, 断块之间存在着不规则的边界。精细划分断块边界需要充分考虑多种数据来源(如地震资料、钻井数据等), 但由于地形复杂以及数据的有限性和不一致性等问题, 精确划分断块边界仍然面临困难。

在复杂断块油藏中, 断块内部往往存在复杂的岩石类型变化。这些变化可能导致储集层的非均质性, 对于建立准确的地质模型来说是一个挑战。获取岩性变化的准确信息并细致描述其空间分布是困难的, 需要借助地质调查和钻井数据等多种手段进行研究。

三、复杂断块油藏构造建模方法

1. 地质模型建立

地质模型是复杂断块油藏构造建模的基础, 其建立需要采用多种数据来源, 包括地震勘探资料、地质地球化学资料、井测资料等。将不同来源的数据进行综合分析, 建立综合地质模型。不同数据来源提供了不同的信息, 通过综合分析可以得到更全面、准确的地质模型。例如, 地震勘探可以提供油藏的构造特征和分布, 地质地球化学资料可以提供油藏的岩性、孔隙结构和物性参数, 井测资料可以提供储层厚度和含油饱和度等信息。通过地质学和物理学等多方面数据分析, 准确划分储集层。复杂断块油藏中的储集层通常由多个断块组成, 储集层的划分需要考虑断块之间的断层、断裂带等构造特征, 以及岩性、孔隙结构等地质特征。通过综合分析不同数据的信息, 可以准确划分储集层的边界和内部特征。在地质模型建立中, 需要准确确定油藏的边界和分布规律。油藏边界的确定对于后续的数值模拟和开发设计具有重要意义。通过地震勘探、井测和地质地球化学等数据分析, 可以确定油藏的边界, 并进一步分析油藏的分布规律, 为后续的工作提供依据。

2. 数值模拟

数值模拟是复杂断块油藏构造建模的重要手段之一。在数值模拟中, 根据油藏的特点和研究目的, 选择适当的数值模拟方法, 如有限差分、有限元等。物性参数是数值模拟的基础, 其准确性对模拟结果影响很大。物性参数包括岩石的孔隙度、渗透率、饱和度等, 通过实验室测试和地质统计分析等手段, 可以获得准确的物性参数。通过对数值模拟结果的分析 and 评价, 可以确定油藏的流动规律、产油机理和储量分布等。分析模拟结果可以帮助理解油藏的动态特征, 评价油藏的开发潜力和优化开发方案。数值模拟还可以进行参数敏感性分析和历史匹配, 通过调整模型参数和边界条件, 使模拟结果更加符合实际情况。

四、复杂断块油藏应用分析

1. 资源预测和储量评估

复杂断块油藏的地质构造特征对储量的分布和油气的流动性有着重要影响, 因此准确预测和评估储量是非常关键的。通过构造分析、地震解释、地质建模和数值模拟等手段, 可以获取详细的地质信息和油藏参数, 进而进行储量评估。构造分析可以揭示出复杂断块油藏中断层、断裂带和岩层夹角变化等特征, 帮助确定油气运移的通道和障碍, 从而辅助储量预测。地震解释和地质建模能够提供油藏结构和岩性变化等信息, 对储量分布进行建模和预测。而钻井数据和地质调查则提供了油藏性质和特征参数的重要基础。最后, 通过数值模拟可以对复杂断块油藏中的渗流规律进行模拟和预测, 辅助储量评估。数值模拟能够考虑复杂的构造特征和流体流动性, 为储量评估提供可靠的依据。

2. 开发方案确定和优化

复杂断块油藏的开发方案需要充分考虑地质构造特征, 以实现最大程度的油气产出。通过构造分析和地质建模, 可以获得关于油藏结构、岩性特征和动态变化等的详细信息。这些信息对于确定合适的开发方式和布置井网具有重要意义。构造分析可以确定复杂断块油藏的构造类型和演化历史, 为开发方案的制定提供重要依据。不同的构造类型可能需要采用不同的开发方式和技术手段, 如水平井、压裂和注采井组配合等。地质建模可以提供准确的地质和岩性分布信息, 帮助确定合理的井间距和井网布置。通过合理布置井网, 可以有效开采复杂断块油藏中的油气资源。最后, 利用数值模拟可以对不同开发方案进行模拟和优化。数值模拟可以考

考虑不同开发方式对油藏产能和油气采出率的影响,从而选择最佳的开发方案。

3. 生产优化和增产措施

复杂断块油藏的特殊构造特征给生产带来了许多挑战,如流体运移受限、油水分层和压力衰减等。因此,生产优化和增产措施非常关键,以实现持续稳定的产量。通过构造分析和地质建模,可以获取有关复杂断块油藏的渗流规律和压力分布等信息。这些信息可以用于制定合理的生产优化策略,如人工增注、调整注采比、改善裂缝网络等。同时,利用数值模拟可以预测和优化复杂断块油藏的生产表现。通过模拟不同的增产措施和调整方案,可以评估其对产量和采收率的影响,并选择最佳的增产方案。在生产优化过程中,还需要结合实际生产数据进行动态调整和优化。通过对生产数据的监测和分析,可以及时发现问题,采取相应的措施保持或提高产量。

五、结束语

复杂断块油藏构造建模是油气勘探开发中的关键技术之一。通过建立准确的地质模型和进行数值模拟,可以深入了解油藏的构造特征和流动规律,为油气勘探开发提供科学

依据。在实际应用中,需要充分利用多源数据,综合分析各种地质和物理信息,以准确划分储集层和确定油藏边界。同时,选择适当的数值模拟方法,进行准确的物性参数计算和模拟结果分析,可以为油气勘探开发提供指导和支持。随着技术的不断进步,复杂断块油藏构造建模的精度和可靠性将不断提高。

参考文献

- [1] 李娜. 复杂断块油藏开发调整技术研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(20): 193-195.
- [2] 李三起. 复杂断块油藏精细注水研究及应用 [J]. 内蒙古石油化工, 2023, 49(06): 105-108+119.
- [3] 李国永. 复杂断块油藏精细描述关键技术与应用 [J]. 油气藏评价与开发, 2023, 13(02): 152-162.
- [4] 王艳华, 杨晓辉, 马东博等. 复杂断块油藏储层物性时变规律 [J]. 化学工程与装备, 2022, (09): 149-150.
- [5] 芦凤明. 复杂断块高含水油田效益稳产关键技术研究. 天津市, 中国石油大港油田勘探开发研究院, 2019-12-21.
- [6] 张阳, 王奇. 复杂断块油藏构造建模及应用 [J]. 辽宁化工, 2012, 41(05): 512-514.

石油修井作业中的风险预防措施分析

李 鑫 郭振鸣 宋 矫

中国石油天然气股份有限公司玉门分公司

摘 要: 石油是我国一项重要的能源资源,其开采与开发对国民经济具有重要意义。然而,与此同时,石油修井作业也因其特殊性带来一定的安全隐患,修井作业一旦发生事故将会造成重大损失。本文将对石油修井作业过程中的各种风险因素进行梳理,并对当前采取的一些风险预防措施进行评价,以期指出进一步完善工作的方向,从而提高修井作业的安全水平。这将有利于推动石油行业的可持续发展。

关键词: 石油修井; 风险分析; 风险预防措施

石油修井作业是一项操作难度大、风险性高的工种。只有全面落实这些建设性的预防措施,才能最大限度地减少石油修井作业中的各种风险隐患,保证作业安全。近年来,虽然我国在安全生产领域已取得长足进步,但石油行业仍时有发生各类安全事故的报道。因此对石油修井作业中的风险以及预防措施进行分析有重要意义。

一、石油修井作业中风险预防措施的重要性

石油修井作业是一项高风险的工作,因此采取风险预防措施至关重要。从人员安全角度考虑,石油修井作业涉及到高温、高压、有毒气体等危险因素。如果没有有效的风险预防措施,工作人员可能会面临严重的伤害甚至生命危险。因此,必须建立完善的安全培训制度,确保每位工作人员都具备必要的技能和知识,能够正确应对突发情况,提高自身的安全意识。从经济角度考虑,石油修井作业的风险如果没有得到有效控制,可能会导致设备损坏、工期延误等问题,进而增加成本和减少收益。因此,及时发现和解决潜在风险,采取预防措施,可以有效降低作业风险,提高作业效率,保证项目的顺利进行。最后,从社会责任角度考虑,石油修井作业是一项对社会具有重要意义的工作。如果没有足够的风险预防措施,一旦发生事故,不仅会对工作人员和环境造成伤害,还会对社会造成负面影响,破坏企业形象和信誉。因此,企业应该积极履行社会责任,确保石油修井作业的安全可靠,为社会的可持续发展做出贡献。

二、石油修井作业中的主要风险

1. 工作人员安全意识低

石油修井作业是一项高风险的工作,但一些工作人员

在工作中对安全问题的重视程度不高,这给工作带来了潜在的风险。缺乏安全培训和教育是导致工作人员安全意识低的一个重要原因。在石油修井作业中,工作人员需要面对各种复杂的工作环境和设备,如果没有接受过相关的培训,就很难察觉潜在的危險。其次,工作人员可能存在对安全问题的麻痹心态。由于长期没有发生严重的事故,一些工作人员可能会产生安全意识低的错误,认为自己不会遇到危险。在石油修井作业中,有一系列的安全规程和操作流程需要遵守,但一些工作人员可能会因为繁琐或者不方便而忽视这些规程。然而,这些规程的存在是为了保障工作人员的安全,任何一次疏忽都可能导致事故的发生。最后,工作人员可能存在对个人安全责任的缺乏认识。在石油修井作业中,每个工作人员都有自己的安全责任,只有每个人都能够意识到自己的行为对团队和个人安全的重要性,才能够形成良好的安全氛围。

2. 设备故障风险

石油修井作业是石油行业中非常重要的环节,它涉及到各种设备的运作和协调。然而,这些设备在作业过程中可能会面临各种故障风险。从设备自身的角度来看,石油修井作业中的设备通常需要在恶劣的工作环境下运作,如高温、高压等。这些极端条件可能导致设备的故障,例如设备的密封件可能会因为高温而失效,从而导致泄漏问题。此外,设备的传动部件也可能因为长时间高速运转而磨损,进而导致设备故障。从操作人员的角度来看,石油修井作业需要经验丰富的操作人员进行操作和监控。然而,即使是经验丰富的操作人员,也难免会出现疏忽或错误操作的情况。例如,操

作人员可能会忽略设备的维护保养,导致设备故障。另外,操作人员在操作设备时也需要高度的专注和耐心,一旦出现疲劳或分心,也可能导致设备故障。此外,石油修井作业中的设备还可能受到外部因素的影响而发生故障。例如,天气因素可能导致设备的电气系统受损,从而引发故障。另外,地质条件的变化也可能对设备的稳定性产生影响,例如地震可能导致设备的损坏。

3. 管理机制不完善

石油修井作业中的管理机制不完善可能导致安全风险。修井作业涉及到高压、高温、有毒气体等危险因素,如果管理不善,可能导致事故发生,造成人员伤亡和环境污染。因此,应加强对修井作业的安全管理,制定严格的操作规程和安全标准,确保人员的安全意识和技能培训。管理机制不完善还可能导致资源浪费和效率低下的风险。石油修井作业需要大量的人力、物力和财力投入,如果管理不当,可能造成资源的浪费。例如,没有合理的作业计划和调度安排,导致设备闲置或过度使用,从而增加成本和降低效率。此外,管理机制不完善还可能导致环境风险。石油修井作业涉及到地下水 and 土壤的污染风险,如果管理不善,可能对环境造成严重影响。最后,管理机制不完善还可能导致信息安全风险。石油修井作业涉及到大量的数据和信息,如果管理不当,可能导致信息泄露和安全漏洞。

三、石油修井作业中风险的预防措施

1. 提升工作人员安全意识

加强培训和教育是提升工作人员安全意识的重要手段。石油修井作业需要专业知识和技能,因此,对工作人员进行全面的培训,包括安全操作规程、紧急情况处理等方面的培训,可以提高他们对风险的认识和应对能力。其次,建立健全的安全管理制度也是必不可少的。制定明确的安全操作规程和流程,明确工作人员的责任和义务,加强对工作人员的安全教育和培训,建立安全检查和评估机制,及时发现和解决潜在的安全隐患,都能够有效提升工作人员的安全意识。此外,利用现代技术手段也可以提高工作人员的安全意识。例如,引入智能化监测设备和传感器,实时监测作业现场的温度、压力、气体浓度等参数,及时预警和报警,提醒工作人员注意安全。同时,利用虚拟现实技术进行模拟训练,让工作人员在虚拟环境中体验各种紧急情况,提高应对能力和安全意识。最后,加强团队合作和沟通也是提升工作人员安

全意识的重要因素。在石油修井作业中,工作人员通常需要密切合作,因此,建立良好的团队合作机制和沟通渠道,加强信息共享和交流,能够提高工作人员对风险的感知和应对能力,从而提升安全意识。

2. 定期进行设备检修

从安全角度考虑,定期设备检修可以及时发现设备的故障和潜在问题,避免在作业过程中发生意外事故。例如,检查井口阀门的密封性能,如果有泄漏现象,可以及时更换或修复,以防止油气外泄导致火灾或爆炸。此外,定期检修还可以确保设备的稳定性和可靠性,减少因设备故障引发的停工和生产损失。从环境角度考虑,定期设备检修可以避免石油泄漏对环境造成的污染。通过检查和维护设备的密封性能,可以防止油气泄漏到土壤和水源中,保护周边环境的安全。此外,定期检修还可以对废弃物处理设备进行检查和维护,确保废弃物的处理过程符合环保要求,减少对土壤和水源的污染。从经济角度考虑,定期设备检修可以延长设备的使用寿命,减少设备更换和维修的成本。通过定期检修,可以及时发现设备的磨损和老化情况,进行必要的维修和更换,避免设备因长期使用而导致的故障和损坏。此外,定期检修还可以提高设备的工作效率和生产能力,减少生产停工时间,提高生产效益。

3. 建立完善的管理机制

在修井作业前,需要进行详细的勘探和分析,了解井口的地质情况和井筒的结构特点,以便制定合理的作业方案。同时,要严格按照规范操作,使用符合标准的设备和工具,确保作业的安全性和可靠性。此外,还应加强对作业人员的培训,提高他们的技术水平和安全意识,以便能够及时应对突发情况。其次,可以建立一套完善的管理机制来预防风险。首先,要建立健全的作业管理制度,明确各个环节的责任和流程,确保作业的有序进行。其次,要加强现场监督和管理,定期进行安全检查和隐患排查,及时发现和解决问题。此外,还可以建立风险评估和应急预案,对可能出现的风险进行全面的评估和预防,以便在发生突发情况时能够迅速应对。此外,可以建立风险管理基金,用于应对可能发生的事故和损失,以减轻企业的经济负担。同时,可以购买适当的保险,将风险转移给保险公司,降低企业的经济风险。

四、结论

综上所述,石油修井作业是一项操作难度大、风险性高

的作业。要妥善防范和减少修井过程中的各种安全风险，采取全面而科学的预防措施至关重要。通过加强安全教育培训可以提高作业人员的安全意识和操作技能，健全安全管理体系、实施作业许可审批制度并开展风险评估，制定科学合理的修井作业方案，可以有效控制风险发生的可能性。建立应急预案可以提前对可能发生的各种异常情况进行预案应对，降低损失。只有全面落实这些建设性的预防措施，才能最大

限度地减少石油修井作业中的各种风险隐患，保证整体作业安全。

参考文献

- [1] 如则尼亚孜·伊敏江. 阐述石油修井安全作业和安全预防举措 [J]. 当代化工研究, 2022(13):3.
- [2] 宋鹏涛项佰川. 石油井下修井作业的管理方法与修井技术优化对策分析 [J]. 苏盐科技, 2021, 048(004):108-109.

LNG 项目中低温管道的布置

徐 莹

中国五环工程有限公司 湖北武汉 430223

摘 要: 本文以国内 200,000 t/a LNG 液化气化装置为研究对象, 在现有国家标准、行业规范的基础上, 选择两种典型的低温管道 (LNG 管线、BOG 管线), 针对其在低温环境下的特点, 探讨其布置要点和技术难点, 并提出相应的优化配置方法。

关键词: LNG; BOG; 低温管道; 保冷管托

由于 LNG 管线和 BOG 管线都属于低温管线, 并且 BOG 管线中含有少量的液体, 因此在管线的布置和管线支撑方面都存在着许多困难, 需要特别注意的地方很多, 下面就针对这些一一进行探讨。

一、工艺简介

原料气由原料气管网来, 经气-液分离后, 以 5.01 MPa (G) 的压力进入该项目的净化设备脱碳系统中, CO₂ 经分子筛吸附, 脱汞后经脱汞塔脱汞, 经干燥纯化的天然气送入液化装置脱除重烃及苯, 液化后得到合格的 LNG 成品, 由 LNG 储罐贮存, 由槽车运输到各用户, 被分离的重烃储罐进行储存后外卖。

年运行时间 8000 小时, 产出液化天然气 (LNG), 正常产能为 21.25 万吨。其副产物是 LNG 节流过程中生成的闪蒸气 (简称 BOG) 及 LNG 储罐热吸收生成的闪蒸气 (BOG), 再由 BOG 压缩机加压至 0.55 MPa (G), 作为脱苯系统的再生气, 输送到全厂燃料管网。

二、LNG 管道的布置

1. LNG 管道的工艺简介

从净化液化装置送来的符合要求的 LNG 通过低温保冷管道输送到低温常压 LNG 储罐中, 再通过安装在罐内的 LNG 罐内泵将 LNG 输送到装卸设备, 通过槽车运输到外面销售。

LNG 管路工作温度 -162°C 、设计温度 -196°C 、LNG 储罐进口管路工作压力 0.11 MPa、设计压力 1.0 MPa (g)、LNG 罐内泵出口管路工作压力 0.59 MPa (G), LNG 管路为低温不锈钢, 阀门为进口低温不锈钢焊接球阀, 保冷材料为硬质 PIR 加泡沫玻璃, 所有管托均采用保冷管托。

2. LNG 管道的布置

液化天然气管线是一种在设计温度 -196°C 的低温管线, 在敷设管线时应注意如下问题:

(1) 在保证管道柔性的条件下, 尽量缩短管道, 尽量减少弯头数目, 减少“液袋”, 并充分利用管道自身的天然补偿作用, 以吸收过热引起的应力。如图 1 所示, 由于 LNG 储罐的上部工作平台大小受到限制, LNG 管线需要采用多弯几个折角的方法来吸收应力。

(2) 为使主管上的保冷层在拆除螺栓时不损坏, 冷管法兰不应与弯头、三通直接焊在一起, 若要安装阀门, 则法兰两端应至少有一端留出便于安装和拆卸的直管段, 以便安装和拆卸。如图 1 所示, 切断阀两端都保留有直管段, 而 B 方向的切断阀由于必须留出顶部平台上的检修通道, 仅能在阀的左侧留出一个便于拆除的直管段。

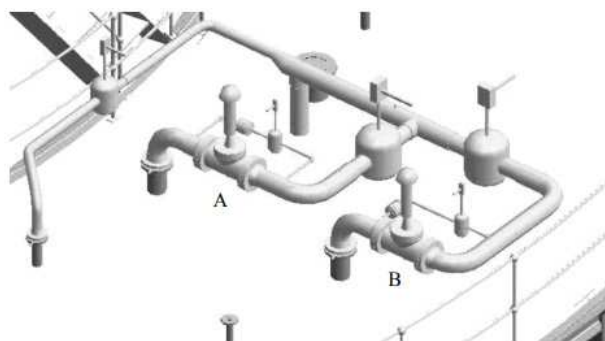


图 1 LNG 储罐罐顶 LNG 入口管道

(3) 低温管线的布置也要防止管线的震动, 如果有震动源, 也要进行减振处理, 靠近管线的地方应该安装弹簧。如图 2 所示, 布置在 LNG 储罐内的罐内泵是一种振动装置, 在出口管转角位置设置横向耳轴, 并在水平耳轴上安装弹性支座, 以消除振动对系统的冲击。

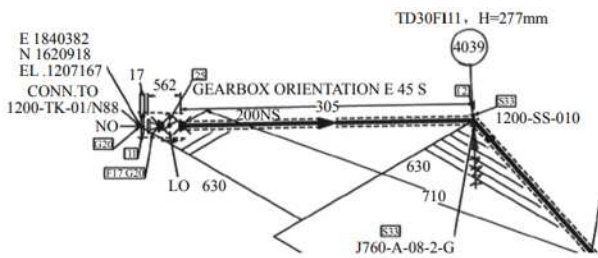


图 2 LNG 储罐罐内泵出口管道应力计算图

(4) 低温管线的支撑，要有预防“冷桥”形成的措施，不能直接置于结构梁上，要用保冷管托进行保冷隔热，在敷设管线时要预留足够的空间，并且要考虑管线的横向位移，不能太短，以免管托从梁上掉下来，卡在结构梁上。

(5) 由于保冷体的强度比较低，因此，在低温管线中，吊架的跨度要小于常规管线。

三、BOG 管道的布置

1. BOG 管道的工艺简介

LNG 储罐中的 LNG 由于节流、闪蒸及外界换热而生成大量 BOG，通常由位于 LNG 储罐顶的回收管送入 BOG 压缩机升压到 0.55 MPa 后再送入整个燃气系统，而当罐内的气体压力升高到 18 kPa (G) 时，低温自动调节阀开启，将 BOG 气排放到火炬进行燃烧。此外，还将有少量的 BOG 从装卸设备中返回，并经管道输送到 LNG 储罐，并由 BOG 压缩机共同输送。

BOG 管线工作温度 -162°C 、设计温度 -196°C 、工作压力 0.02 MPa、设计压力 0.35 MPa (G)，同为低温管线，其材质、保冷材料与 LNG 管线相同。

2. BOG 管道的布置

针对 BOG 管线的低温特点，除以上所述的低温管线布置方法之外，还要注意如下：

(1) 由于 BOG 管线中可能夹杂有少量液态 LNG，因此管线的布置要依据现场的地形和设备部署，逐步降低或者逐步升高，防止出现“袋型”。BOG 从低温罐向液化设备排放是逐步降低的，而 BOG 管道从装卸设备排放到低温罐则是逐步升高的。

(2) 对向火炬主管道排放的 BOG 管线，其水平直管段也要有不少于 0.3% 的斜度，并沿介质流动方向 45 度斜接到火炬主管道的上部。

四、管道及附件安装

1. 管道焊接要点

奥氏体不锈钢焊接通常要用氩弧焊，坡口应该用机器进行，在焊接之前要把坡口和两边的氧化物和其他杂质都清理干净，根据焊接技术评价的要求，对管子进行组对焊，而且要避免在焊接之前进行预热。为了检验氩弧焊机的输出电流的稳定性和焊接工艺的可靠性，必须对其进行试焊。焊接电流零点应与焊接管线相连，不能与其它设备直接连接，且不能在管线上进行引弧及测试电流。

奥氏体不锈钢具有 $500\text{--}800^{\circ}\text{C}$ 的焊接敏感性，此时 C 原子快速迁移至晶界，晶界上 C 原子大量聚集，并与 Cr 原子在晶界处生成碳-铬化物，从而在应力下引起晶界贫铬，并在应力下发生晶间开裂。为了避免贫铬化，在焊接过程中要尽可能地缩短在敏感温区内的滞留时间，一般通过焊后急冷来预防晶间开裂。

在焊接过程中，应将层间温度控制在 100°C 以下，通过低电流、快焊来降低线能量，同时要防止电极的左右摇摆，当底层焊的焊丝直径小于 2.4 mm 时，至少要焊两层，并且在第二层进行充氩保护。各焊缝应一次焊完，为减小应力集中，多层焊缝之间的焊缝应错开。焊接后，在焊缝两边作焊工标识时，不能有明显的痕迹，并将每位焊工的焊接部位也写在单幅图纸上。

焊缝中 δ 铁素体对焊接热裂纹敏感性有重要影响， δ 铁素体在改善材料抗腐蚀能力的同时，显著降低了材料的低温韧性，当其含量为 3%~12% 时，焊接材料的热裂敏感性显著下降。《石油化工金属管道工程施工质量验收规范》对含钼奥氏体不锈钢的铁素体量要求为 5% (体积)，提出了工程实践中应以 3%~5% 为宜。显示了铁素体组分对热裂敏感性的关系曲线。

2. 阀门安装要点

由于 LNG 低温管线的阀体内部与低温介质直接接触，阀杆工作在室温条件下，因此对其安装有一定的要求，为了最大限度地减少低温介质对填料层的冲击，在安装过程中，必须确保延长段颈部留有气相间隙，从而形成一种能够抑制传热的气体空腔，因此低温阀要采用阀杆竖直向上的安装方法。

当低温阀关闭时，储存在阀腔内的液体会发生加热、气化，如果不能及时排出高压气体，就有超压，从而导致阀

门损坏。对此,需要开一个泄压孔,通常把泄压孔设置在闸板的高压一侧,使其流向介质的上游。如果泄压方向设置不当,会影响到阀门的密封性能,必须在滴水盘与阀体上同时标明泄压方向标志“VENT”。

为了防止在标示箭头时与液体流动方向相混淆,低温球阀卸压方向图。

当一段管线上有两个阀,两个阀同时关闭时,液态 LNG 就会滞留在两阀间的阀体中,由于液态的吸热气化,没有泄压通路会超压,所以需要在两阀间开一个泄压孔,泄压的方向是介质的源头。阀门安装后,保冷通常在现场进行,采用泡沫式保冷材料,保冷所占位置较大,安装阀门时要预留一定的保冷空间。对于低温蝶阀,必须按照设计图上所标明的安装方向进行配置,确保其与管道内介质流动方向相同,否则会削弱其密封作用。

3. 低温管托安装要点

LNG 深冷管线所用管托通常为卡箍式,仅对其与管线的连接部分进行保冷,与结构体相接触的管托底部设置在保冷层之外,其保冷材质与主管道相同,保冷厚度和保冷层数均不变。在保冷管托的最外面,再加一层金属保护层。管子的自由伸缩不应受到管托的限制,而要按照管子的热胀冷缩程度来确定管托的长度。低温管架的强度要考虑风载、试验荷载和启停工况等因素,在多种荷载的共同作用下,管架和保冷材料要有足够的强度来支撑。

LNG 低温管线通常采用自然补偿模式,为避免因温度升高引起的管线偏移,在大变形区域如 π 形弯处,需适当加长低温管托的底板长度。选用的粘结剂、密封剂、抗磨损剂等必须保证其在低温条件下的各项性能,并且要有很大的

粘附力和密封性。

五、总结

LNG 管线是一种温度较低的管线,因此必须保证管线的柔性,以防止管线的振动。存在机械振动的情况下,需要进行有效的减振处理;法兰和管道接头的一端必须预留足够的直管段,以便拆除;管线不宜用结构钢梁直接支承,应采取保冷管托进行隔离。

本文针对 BOG 低温管线中存在的气液两相问题,考虑到低温管线布置的特殊性,以及部分 BOG 需要排入冷火炬主管道的问题,提出了沿介质流动方向 45 度倾斜接入火炬主管道的思路。

参考文献

- [1] 陈海琴. LNG 项目中低温管道的布置 [J]. 化工设计通讯, 2019(2):2. DOI:CNKI:SUN:WGTX.0.2019-02-070.
- [2] 王志坚,孙建文. 全数字脉冲 MIG 焊在 LNG 项目低温管线焊接中的应用 [J]. 金属加工: 热加工, 2015(6):4. DOI:JournalArticle/5b3b82d4c095d70f0079dccc4.
- [3] 李云山,马业元,张经纬,等. FLNG 低温用换热器的管道设计 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020(12):2.
- [4] 文习之,黄明,彭知军. LNG 气化站内低温管道补偿问题的探讨 [C]//vip.vip, 2016:3. DOI:10.3969/j.issn.1671-5152.2016.04.005.
- [5] 李慧文,戈新锐,张建,等. LNG 低温管道的设计原则 [J]. 广东化工, 2016, 43(14):2. DOI:10.3969/j.issn.1007-1865.2016.14.092.
- [6] 秦玉良,池旺. LNG 接收站低温管道预保冷技术应用研究 [J]. 山东化工, 2023, 52(8):181-184.

石油化工管道应力设计要点探究

侯元英 刘 铭

山东天弘化学有限公司 山东东营 257000

摘 要: 石油化工管道主要用来运输介质, 需要体现良好的性能, 才能够确保石油的有效运输。为了确保石油化工管道性能的有效性, 设计人员应重视石油化工管道应力设计, 明确相应的要点, 保证管道运行的安全性。文章简要分析石油化工管道应力设计的必要性, 介绍一次应力、二次应力、峰值应力管道, 对管道应力进行动力分析和静力分析, 最后提出石油化工管道应力设计的要点, 为优化管道应力设计奠定良好的理论基础。

关键词: 石油化工管道; 应力设计; 工作要点

应力设计对于石油化工管道的有效运行来说尤为重要, 设计人员需要通过的计算分析管道的受力情况, 保证管道在与其他管道相连时能够达到安全性要求。目前, 部分设计人员在这个方面还是存在一定的问题亟待解决, 影响了管道的质量, 在管道运行当中也很难达到安全性要求。基于此, 非常有必要掌握石油化工管道应力设计的要点, 以管道应力设计合理性作为根本, 在达到设计要求的同时提高设计效率。

一、石油化工管道应力设计的必要性

在我国现代工业化发展的过程中, 石油化工管道运输受到了非常大的重视, 做好石油化工管道应力设计能够在很大程度上保证管道运行的安全性, 降低其在运行当中产生安全事故的几率。虽然石油化工管道在一般情况下都可以保持相对稳定的运行状态, 但是其还是存在一定的安全风险, 应力就是不容忽视的安全影响因素。做好应力设计工作就能够有效防控安全事故, 减少管道在运行中产生的安全问题。利用石油化工管道运输介质的过程中, 不仅需要确保其安全性, 同时还要适当提高介质传输效率, 满足基础的工作要求, 达到优化石油化工体系运行效果的目标。开展石油化工管道应力设计能够规避其中的不良影响, 防止介质在传输过程中承受不良阻碍机制, 从而加强介质运输的稳定性, 满足预期的管道运行目标。

二、石油化工管道应力的类别

第 1, 一次应力。常见的一次应力包括重量压力、介质内压力和自重力。第一次应力具有非自限性特征, 能够与外加荷载力保持平衡。在外加荷载力增加时, 一次应力也会随之增加, 当增加的外力超过管道材料的屈服限度, 就会引发

塑性形变, 造成管道损坏。

第 2, 二次应力。管道出现变形问题时受到约束产生的应力就是二次应力, 无法与管道外力实现平衡, 具有一定的自限性。产生管道二次应力的主要原因有断点位移和热胀冷缩。当管道结构存在局部屈服并且形变较小时, 会降低管道的应力, 当二次应力过大, 就会出现疲劳破坏。

第 3, 峰值应力。这类应力的产生主要是在管道附近和管道结构等局部出现热效应或者不连续类型力, 其属于一次应力与二次应力叠加下产生的应力, 具有较强的隐蔽性, 结构变形不明显。受到峰值应力的影响, 管道很容易出现疲劳裂纹和脆性破坏。当管道焊缝没有完全焊透就会增大产生峰值应力的可能性, 管道结构附件小半径圆角位置也是容易出现峰值应力的区域。

三、石油化工管道应力分析

1. 动力分析

动力分析能够为管道设计提供可靠的依据, 设计人员开展石油化工管道应力设计的过程中, 可以对流体的动力进行分析, 得到相应的数据之后对管道应力进行评估, 从而达到动力分析的基础要求。动力分析的要点应集中在化工石油管道输送流体介质或者石油管道应力设计当中。不同的流体在性质方面存在显著的差异, 设计人员就需要考虑到运输介质的差异对管道造成的不同影响, 避免石油化工管道在运输介质的过程中产生共振现象。这就需要在分析流体性质之后根据实际情况增加预应力, 延长管道的使用寿命, 加强管道运输的安全性。开展石油管道应力设计工作时, 要将重点集中在在外在联合作用力的分析上, 其会直接影响石油化工管道

的应力。当管道的工作环境产生变化时，外在动力会随之变化，所以设计人员需要考虑外界条件，使得管道整体应力设计满足要求。

2. 静力分析

设计人员对石油化工管道进行应力设计时，需要将预应力作为管道使用状况的关键检测标准，明确管道在运输过程中可能产生的问题，重视对管道强度和承载能力的分析，提高石油运输的安全性和时效性。许多管道经过一段时间的运行之后就会出现故障，技术人员需要对其进行维修。设计人员进行静力分析时，要考虑其对石油管道维修工作中承载能力的影响，在测量石油管道的原始数据时，掌握最大缺陷深度、最大缺陷长度和石油管道的极限拉伸长度等，保证计算结果的精确性。为了提高静力石油化工管道分析结果的精确性，设计人员要保证工作压力相对稳定之后清除管道内部防腐保温层中的杂物，检查无误之后继续投入使用。

四、石油化工管道应力设计要点

1. 注重柔性设计

设计人员开展石油化工管道应力设计时，应具备灵活的设计思想，以柔性设计作为基础，使得石油化工管道的应力设计得到优化，减少管道在运输过程中产生的问题，避免其在承受各种应力时产生断裂现象。一般情况下，石油化工管道本身就具有一定的柔性特征，在其弹性系数达到一定要求之后，就具有较强的适应性，能够保证管道在后续运行中的稳定性。落实石油化工管道应力设计的过程中，设计人员需要充分考虑管道本身的热胀冷缩特性，促使管道在未来运行当中能够适应不同的环境，增大管道结构的强度，充分体现管道自身的柔性特点。此外，还要适当使用与管道性质相符的支架，设计人员要分析管道在运行当中可能出现的变形问题，通过使用支架的方式提高管道整体的适应效果，避免疲劳损伤。因此，非常有必要融合柔性设计思想，实际开展应力设计工作时充分体现柔性设计的特征，结合相应的设计目标加强管道应力设计的合理性，产生预期的应力设计效果。

2. 优选管道材料

管道材料的质量会直接影响石油化工管道应力设计实效性，许多设计人员开展设计工作时都会将管道材料的选择和应用作为一项重点工作，确保石油化工管道应力设计达到标准。开展应力设计的过程中，不仅需要保证管道运行的效率，还要确保管道运行的安全性，通过优化管道材料减少不

必要的安全问题。设计人员实际开展设计工作之前要科学预测管道材料的合理性，全面分析不同材料的作用机理和其对于管道运行造成的影响，选择最符合介质运输要求的管道材料，在长期使用当中保持稳定的性质。当前，我国石油化工管道材料的种类比较丰富，设计人员在使用管道材料之前要综合考虑各类指标，对其进行科学评价和分析，保证管道材料能够与管道自身相适应。由于石油化工管道的膨胀习俗和后续的应力效应之间存在较大的关系，所以设计人员要根据应力的作用机理合理选择管道参数，这样一来尽管管道处于热胀冷缩的过程也能够保证其稳定性，防止因管道变形产生安全事故。此外，设计人员还要注意泊松比、弹性系数和弹性模量等因素对管道性能造成的影响，选择符合各项指标的材料，保证管道运行的质量和安全性不受影响。

3. 优化管道布置

当管道布置形式达到要求时，石油化工管道在运输介质时就能够保持较强的稳定性，在很大程度上提高管道运输的有效性。设计人员开展应力设计的过程中要重点考虑整个管道体系的优化布置，在此基础上提高管道的适应性，使得管道能够应对各种应力。开展管道应力设计工作的过程中，设计人员要明确管道的布置要求，结合项目的实际需求确保管道在优化布置之后能够形成理想的运输效果，满足管道的功能要求。此外，在优化管道布置效果时，还要考虑所有管道的走向，特别是一些弯头区域的管道走向需要满足优化设计的要求，在保证其具备较强的柔性特征的同时，加强管道应对应力的效果。设计人员可以尽量将管道的走向布置成L型走向，在一定程度上减少石油化工管道体系中的弯头数量，同事保障其直线长度，加强管道的耐久性，使其保持良好的性能。

4. 重视自然补偿

补偿功能是石油化工管道本身具备的一项功能，可以有效降低管道在应力作用下产生变形问题的可能性。当管道的外部或者内部荷载较大时，就会增加自然补偿。目前最常用的自然补偿方式就是“矿补偿器”，其补偿效率较高，可以达到基础的自然补偿目标。在输送维度过高的介质时，设计人员需要考虑介质的量，如果介质的量较大就会使得“矿补偿器”的应用受到限制，无法满足补偿要求。落实自然补偿相关设计操作时，设计人员首先要明确自然补偿的类型，根据石油化工管道传输介质的温度和管道的管径等影响因

素确定自然补偿的类型。其次要计算管道的膨胀量，将膨胀系数乘以管道长度得到膨胀量数值。在通常情况下，补偿器的位置应处于两个石油化工管道固定的位置中点处。最后，要对管道的应力进行校核，保证增加自然补偿之后管道可以处于安全的运行状态。

5. 合理使用支吊架

部分石油化工管道在运行当中很可能会出现严重的损伤隐患，导致管道的运行状态不佳。开展石油化工管道应力设计的过程中就需要合理使用支吊架，形成相对稳定、可靠的结构。选择支吊架时，设计人员要考虑到支吊架自身的柔性特点，保证支吊架的柔性系数符合石油化工管道的运行要求，防止管道在运行当中出现热胀冷缩问题，还能够解决管道自身应力作用下出现的疲劳损伤问题，对管道进行有效保护。使用支吊架的过程中，设计人员要考虑其中的振动区域，选择抗振动能力较强的支吊架，关注支吊架的高度确定安装位置，使得各个支吊架的位置更加合理，形成一个稳定性较强的体系。针对特殊位置的石油化工管道安装支吊架时，设

计人员要利用弹簧支吊架对其进行优化处理，提高应力处理效果。

五、结语

设计人员开展石油化工管道应力设计工作时，要充分考虑其中的影响因素，明确常见的管道应力类型，做好动力分析和静力分析，保证管道应力设计成效达到预期目标。落实具体的设计工作时，应注重柔性设计、优选管道材料、优化管道布置、重视自然补偿、合理使用支吊架，通过多样化的设计形式和方法提高管道运行的稳定性和安全性，为介质的安全、高效运输提供良好的保障。

参考文献

- [1] 丁健, 沈文骏, 王飞等. 石油化工管道应力设计要点探究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(12): 111-113.
- [2] 苏航, 李倩. 石油化工管道应力设计要点分析 [J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(01): 145-147.
- [3] 张蕾. 石油化工管道应力设计研究 [J]. 化工管理, 2021(30): 200-202.