

# Design and Research on High Temperature Drilling Fluid Pipe Type Seawater Heat Exchange Cooling Device for Ocean Drilling Platforms

Xinrui Shen Xilu Wang

Drilling Branch of CNPC Offshore Engineering Corporation, Tianjin, 300000, China

## Abstract

Based on the actual situation of the existing offshore platform site space, drilling fluid system, and seawater system, a thermal analysis study of the drilling fluid cooler was carried out based on the principle of seawater circulation heat exchange cooling. By optimizing the type and structure of the cooler, a high-temperature drilling fluid seawater heat exchange cooling technology has been developed. The overall structural design and thermal analysis calculation of the drilling fluid cooling device have been completed, and the heat exchange effect of the heat exchanger has been determined. When the real-time drilling fluid processing capacity reaches  $200\text{m}^3/\text{h}$ , the cooling outlet drilling fluid temperature has been reduced by 22.8% compared to the inlet temperature. The final prototype of the offshore water heat exchange tube cooler was developed and applied on site, effectively solving the safety hazards of platform equipment and facilities caused by the return of high-temperature drilling fluid during deep well drilling construction.

## Keywords

marine platform; drilling fluid; pipe type; seawater; cooling device

# 海洋钻井平台高温钻井液管式海水热交换冷却装置设计研究

沈心瑞 王西录

中国石油集团海洋工程有限公司钻井分公司, 中国·天津 300000

## 摘要

针对现有海洋平台现场空间、钻井液系统及海水系统等实际情况, 基于海水循环热交换冷却原理, 开展了钻井液冷却器热工分析研究。通过优化冷却器型式与结构, 形成了高温钻井液海水热交换冷却技术, 完成了钻井液冷却装置总体结构设计、热工分析计算, 研究确定了换热器热交换效果, 当实时钻井液处理量达到 $200\text{m}^3/\text{h}$ 时, 实现了冷却器出口钻井液温度较入口温度降低22.8%的效果。最终研发出海水热交换管式冷却器样机并现场应用, 有效解决了平台深井钻探施工中返出高温钻井液造成平台设备设施安全隐患等问题。

## 关键词

海洋平台; 钻井液; 管式; 海水; 冷却装置

## 1 引言

平台在深井和高温环境下的钻井作业过程中, 钻井液的温度会显著升高, 从而影响其性能和钻井效率。例如: 中油海7平台在葵探1井(井深5835m, 井底实测温度 $193^\circ\text{C}$ )和盖探1井(井深5850m, 井底实测温度 $197^\circ\text{C}$ )在海上钻井施工过程中, 井底高温导致钻井液温度过高, 导致如下几个问题:

- ①钻井液易发生高温固化, 黏性降低, 影响钻井液性能;
- ②对入井仪器的稳定性产生不良影响;
- ③加速钻井系统流程中橡胶密封件的老化甚至失效;

④钻井液池舱(最高约 $70^\circ\text{C}$ )/钻井液泵舱(最高约 $50^\circ\text{C}$ )高温, 给现场人员作业带来严峻考验;

⑤易对人体造成损伤: 钻井液在高温下形成的气雾或蒸汽是难闻、刺激性极强的有毒气体, 作业人员吸入后容易引发咳嗽有痰, 严重者易患炎症或面临肺部纤维化的风险; 如果皮肤不慎接触, 还会造成皮肤刺激, 不慎进入眼睛, 更会对眼睛造成腐蚀。

因此必须对返回的高温钻井液进行及时的冷却处理。目前, 钻井液的冷却方式主要有自然蒸发冷却和冷却装置强制冷却<sup>[1-4]</sup>。随着钻井液冷却技术的不断发展, 板式换热器在给高温钻井液降温中得到了广泛应用<sup>[5-12]</sup>。

由于海洋平台空间受限, 板式冷却器通常不适用于极高温和高压环境, 因为其结构相对脆弱, 容易在这种环境下出现泄漏或故障; 板式冷却器内部结构复杂, 维护和清洗需

【作者简介】沈心瑞(1986-), 男, 中国安徽和县人, 本科, 工程师, 从事石油机械设备研究。

要较高的技术要求，并且拆卸和组装相对繁琐，同时，板式冷却器板材较薄，海水成分含有泥沙，海生物以及腐蚀性介质，容易造成腐蚀和堵塞，因此亟须研发满足特定作业需求的新型钻井液冷却系统。论文主要介绍了一种新型海水热交换管式钻井液冷却器。

## 2 钻井液海水冷却装置设计

该钻井液海水冷却装置以“中油海7号”钻井平台为目标平台开展相关设计，并考虑到便于运输、安装、连接及平台适用性，钻井液海水冷却装置采用管壳式方案。钻井液海水冷却装置的主要设计参数及工作原理如下。

### 2.1 主要设计参数

该钻井液海水冷却装置主要设计参数如表1所示。

表1 钻井液海水冷却装置主要参数

项目	主要参数
钻井液流量 (m <sup>3</sup> /h)	200
海水流量 (m <sup>3</sup> /h)	500
设计压力 (MPa)	0.6
散热面积 (m <sup>2</sup> )	195
冷却器材质	2205 不锈钢
设计温度 (°C)	140
入口钻井液温度 (°C)	50~110
钻井液降温	≥ 20%
外形尺寸: 长 × 宽 × 高 (mm)	4700 × 2300 × 2790
设备总重量 (kg)	10000 (工作状态)

### 2.2 工作原理

钻井液海水冷却装置原理与流程如图1所示，其工作原理如下。

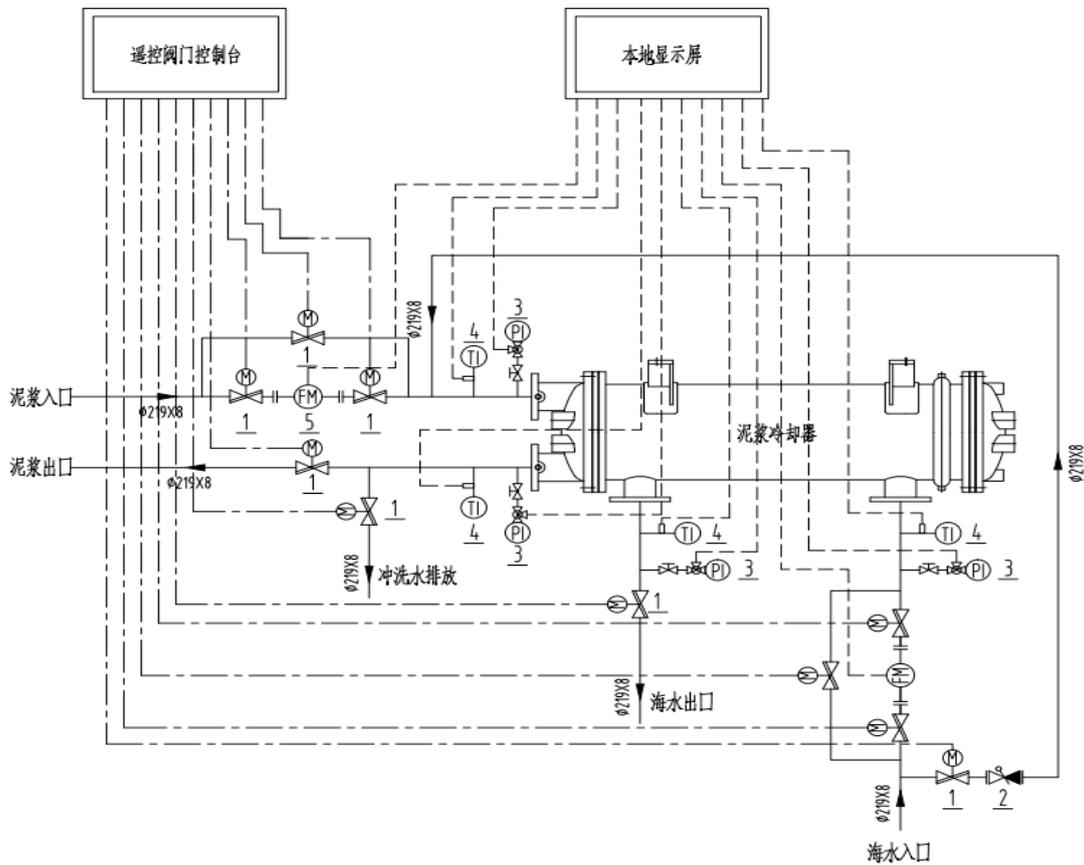


图1 钻井液海水冷却装置原理与流程图

#### 2.2.1 管程 (介质为钻井液)

①介质从钻井液入口进入，通过钻井液进口阀 A、B、D (阀门 C 关闭)，进入换热器本体。

②介质在内部折返，从钻井液出口阀流出 (冲洗水排放阀关闭)。

#### 2.2.2 壳程 (介质为海水)

①介质从海水入口进入，通过海水进口阀 A、C (阀门 B 关闭，冲洗水进口关闭)，进入海水冷却装置本体。

②介质在内部折返，从海水出口阀流出。

#### 2.2.3 反冲洗 (介质为海水，仅用于水基钻井液)

淡水从海水入口进入，分为两路，分别进入：

①冲洗水进口阀→单向阀→钻井液进口阀 (B、C、D)→换热器本体管程→冲洗水排放阀 (钻井液进口阀 A 关闭)→专用排放池。

②海水进口阀 (A、B、C)→换热器本体壳程→海水出口阀→排海。

设备正常使用完毕后如需长时间放置 (≥ 7 天)，建议对其管程和壳程均进行反冲洗，整个过程结束后流量计、

阀门、管道、换热器本体均有残留淡水，设备设有排放阀可最大限度排空设备内的液体。

钻井液海水冷却装置由圆管形壳体、端盖、端板、散热管、折流板、管道、电动调节阀、温度变送器、压力变送器、控制箱、遥控操作屏、撬装框架及其他附件组装成总体结构。

为便于泄放壳体内的介质，在壳体最低位焊有放泄螺塞，壳体最高位置设有放气螺塞。

该换热器主要优点为：

①整体撬装尺寸小，占用空间面积少：其与目前已有的产品（主撬：长7160mm×宽1550mm×高2500mm，泥浆过滤单元：长2040mm×宽1100mm×高1075mm）相比，结构更为简洁，整体占用空间面积更小。

②耐高温和高压：管式冷却器能够处理较高温度和压力的介质，适用范围更广。

③耐磨损性好：由于其内部管道结构相对较为坚固，适合处理含有固体颗粒的泥浆。

④成本较低：管式冷却器的初始成本较低，经济性较好。

### 3 钻井液冷却装置样机加工与应用

#### 3.1 钻井液海水冷却装置样机加工

在完成钻井液海水冷却装置设计后，开展了钻井液海水冷却装置样机三维模型设计，完成的装置样机三维模型如图2所示，样机照片如图3所示。

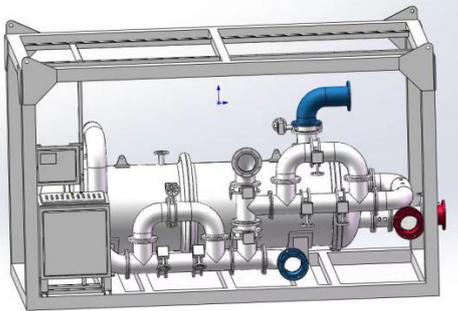


图2 装置三维模型



图3 装置样机

#### 3.2 平台安装、运行测试与应用

加工制作的钻井液海水冷却装置本体在“中油海7号”平台上进行了安装、运行与测试，装置平台安装照片如图4所示。

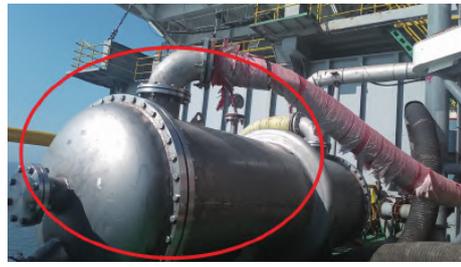


图4 装置在“中油海7号”平台应用

通过海上的实际应用证明：冷却装置可显著降低钻井液温度，确保了钻井液循环设备的正常运转，一定程度上降低了作业人员安全隐患风险，确保了员工职业健康安全。

### 4 结论

论文结合现有平台现场空间、泥浆系统及海水系统等实际情况，通过开展管式海水冷却器优化设计、材料选型、热工分析计算、样机加工与现场应用等研究，研发了新型高温钻井液海水冷却装置，并在“中油海7号”平台进行了安装、运行与测试，应用效果良好，实现了冷却器出口钻井液温度较入口温度降低22.8%的效果，冷却器实时泥浆处理量达到200m<sup>3</sup>/h。

#### 参考文献

- [1] 马青芳.钻井液冷却技术及装备综述[J].石油机械,2016,44(10):42-46.
- [2] 马岩,邢希金.天然气水合物钻井液冷却技术进展[J].非常规油气,2016,3(1):82-86.
- [3] 王兴忠,杨昌学.DZK02地热钻井技术实践[J].西部探矿工程,2020,32(4):58-62.
- [4] 刘彪,李双贵,杨明合,等.钻井液温度控制技术的研究进展[J].化学工程师,2019,33(1):42-44+59.
- [5] 赵江鹏,孙友宏,郭威.钻井泥浆冷却技术发展现状与新型泥浆冷却系统的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(9):1-5.
- [6] Dorry K, Coit A, Gutierrez C G, et al. Drilling Mud Cooler Opens Up New Automated Drilling Markets in Hot Hole Applications[J]. Distributed Computing, 2015.
- [7] Mccraw G. Closed loop drilling mud cooling system for land-based drilling operations: US11384610B2[P]. 2018-11-08.
- [8] 张贵磊.钻井液海水冷却器换热设计计算与应用[J].自动化技术与应用,2020,39(1):9-12.
- [9] 李亚伟,王斌斌,董怀荣,等.钻井液地面冷却系统方案设计及关键参数计算[J].中外能源,2020,25(S1):117-122.
- [10] 刘世滨,李明龙,丁辉,等.钻井液、泥浆强制冷却装置: CN203925357U[P].2014-11-05.
- [11] 刘世滨,尹记雷,李明龙,等.陆地钻机钻井液、泥浆强制冷却装置:CN203978347U[P].2014-12-03.
- [12] 刘均一,陈二丁,赵红香,等.相变材料在高温深井钻井液降温技术中的前瞻研究[C]//2020油气田勘探与开发国际会议论文集,2020:1180-1188.