

T/CPI

中国石油和石油化工设备工业协会团体标准

T/CPI XXXXX—XXXX

顶部驱动钻井系统

Top drive systems

(草案)

(本稿完成日期: 2020/8/7)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国石油和石油化工设备工业协会



# 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 产品分类及产品规格 .....	3
4.1 产品分类 .....	3
4.2 产品规格 .....	3
5 功能要求 .....	4
5.1 概述 .....	4
5.2 部件功能描述 .....	4
6 技术要求 .....	8
6.1 设计准则 .....	8
6.2 强度分析 .....	8
6.3 连接型式与尺寸 .....	9
6.4 动力水龙头设计要求 .....	13
6.5 管子处理装置设计要求 .....	14
6.6 平衡机构设计要求 .....	15
6.7 导轨与滑车设计要求 .....	15
6.8 液压系统设计要求 .....	15
6.9 电气系统设计要求 .....	16
6.10 控制系统设计要求 .....	16
6.11 操作台设计要求 .....	17
6.12 设计确认 .....	17
7 制造要求 .....	17
7.1 材料要求 .....	17
7.2 焊接要求 .....	18
7.3 表面处理及涂装要求 .....	19
7.4 质量控制与追溯 .....	19
8 试验要求 .....	20
8.1 概述 .....	20
8.2 静载拉伸试验 .....	20
8.3 零部件功能性试验 .....	21
9 检验规则 .....	22
9.1 检验分类 .....	22

9.2 判定规则 .....	23
10 文件 .....	23
10.1 基本要求 .....	23
10.2 需要由制造商保存的文件 .....	23
10.3 产品出厂随行文件 .....	24
11 标志 包装、运输与贮存 .....	24
11.1 产品标志 .....	24
11.2 包装、运输与贮存 .....	24
附录 A (规范性附录) 顶驱下套管装置.....	25
附录 B (资料性附录) 软扭矩系统.....	29
附录 C (资料性附录) 扭摆减阻系统.....	29

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和石油化工设备工业协会提出并归口。

本文件起草单位：北京石油机械有限公司、中油国家油气钻井装备工程技术研究中心有限公司、中国石油集团长城钻探工程有限公司、中国石油集团西部钻探工程有限公司克拉玛依钻井公司、中国石油集团川庆钻探工程有限公司国际工程公司、中石化中原石油工程有限公司、中海油研究总院有限责任公司。

本文件主要起草人：李显义、张红军、王洋绅、谢宏峰、张军巧、李爱利、庞辉仙、黄建国、齐建雄、王军平、马瑞、张军锋、李韬、习伟东、杨向前



# 顶部驱动钻井系统

## 1 范围

本文件规定了顶部驱动钻井系统的术语和定义、产品分类及产品规格、功能要求、技术要求、制造要求、试验要求、检验规则、文件以及标志、包装、运输、贮存等。

本标准的附录 A 规定了顶驱下套管装置的功能要求、技术要求、试验要求、技术参数和检验规则。

本标准的附录 B 规定了软扭矩系统的技术要求和试验方法。

本标准的附录 C 规定了扭摆减阻系统的技术要求和试验方法。

本标准适用于顶部驱动钻井系统及其下套管装置的设计、制造和验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法 (ISO 6892-1: 2009, MOD)
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法 (ISO 148-1: 2006, MOD)
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法 (ISO 6506-1: 2014, MOD)
- GB/T 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求 (ISO 4413: 2010, MOD)
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级 (IP 代码) (IEC 60529: 2013, IDT)
- GB/T 6402—2008 钢锻件超声检测方法 (EN 10228-3: 1998、EN 10228-4:1999, MOD)
- GB/T 7233.1—2009 铸钢件 超声检测 第 1 部分：一般用途铸钢件 (ISO 4992-1: 2006, MOD)
- GB/T 7935 液压元件 通用技术条件
- GB/T 9444—2019 铸钢铸铁件 磁粉检测 (ISO 4986: 2010, MOD)
- GB 11118.1 液压油 (L-HL、L-HM、L-HV、L-HS、L-HG) (ISO 11158: 1997, NEQ)
- GB/T 15622 液压缸试验方法 (ISO 10100: 2001, MOD)
- GB/T 19190—2013 石油天然气工业 钻井和采油提升设备
- GB/T 19830—2017 石油天然气工业 油气井套管或油管用钢管
- GB/T 31049—2014 石油钻机顶部驱动钻井装置
- JB/T 10829 液压马达
- SY/T 6671 石油设施电气设备场所 I 级 0 区、1 区和 2 区的分类推荐作法 (API RP 505: 2013, IDT)
- SY/T 6919—2012 石油钻机和修井机涂装规范
- ASTM A275/A275M 钢锻件磁粉检验的标准操作规程 (Standard Practice for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings)

## 3 术语和定义

GB/T 31049—2014 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**扭摆减阻** rocking drag reduction

一种在采用井下动力钻具滑动钻井时，通过控制顶驱等旋转动力装置在限定的角度、扭矩范围内来回扭摆钻柱，以解决钻柱因贴靠井壁所受摩阻过大而无法实施滑动钻进的技术。

## 4 产品分类及产品规格

### 4.1 产品分类

顶驱按驱动主轴旋转的动力源形式，可分为电驱动顶驱和液压驱动顶驱。

顶驱按主动力的传递方式，可分为减速驱动顶驱和直驱顶驱。

### 4.2 产品规格

顶驱产品的规格按钻机名义钻深和额定载荷来划分，主要参数见表 1。

表 1 产品规格及主要参数

钻机名义钻深 <sup>a</sup> m	额定静载荷 kN	额定动载荷 <sup>b</sup> kN	连续钻井扭矩 <sup>c</sup> kN·m	卸扣扭矩 kN·m	最高转速 (rpm)	钻井液循环通道 工作压力 MPa
2 000	1 350	≥600	≥15	≥28	≥180	34.5
3 000	1 800	≥900	≥20	≥35	≥180	34.5
4 000	2 250	≥1200	≥30	≥60	≥180	34.5
5 000	3 150	≥1500	≥40	≥60	≥180	34.5
7 000	4 500	≥2100	≥60	≥90	≥220	34.5 / 52
9 000	6 750	≥2700	≥70	≥105	≥200	52
12 000	9 000	≥3600	≥85	≥135	≥200	52
15 000	11 250	≥4500	≥100	≥150	≥200	52

<sup>a</sup> 钻机名义钻深是在使用 114 mm (4 1/2 in) 钻杆情况下的最大钻井深度。  
<sup>b</sup> 转速为 100rpm 时的载荷。  
<sup>c</sup> 连续钻井扭矩是在不高于额定转速下持续输出的扭矩。

## 5 设计要求

### 5.1 设计准则

5.1.1 顶驱装置零部件的设计、制造和试验应能达到预期的目的，应能安全地传递预期的载荷，设计应能保证操作简便、安全可靠。

5.1.2 特殊环境用顶驱的材料应满足所处环境下的性能要求、液压和电气系统应能在所处环境下可靠工作。如钻井设计地层中含有硫化氢，顶驱钻井液循环通道零部件应选用抗硫化氢腐蚀配置。海洋环境用顶驱应满足耐腐蚀、防盐雾、隔爆阻燃的要求。

5.1.3 常规产品设计使用环境最低温度应为-35℃。

## 5.2 强度分析

### 5.2.1 概述

顶驱主承载件强度分析通常应以弹性理论为基础。但在适当场合下，也可按 GB/T 19190—2013 中 4.3.5 的规定采用极限强度（塑性）分析。可采用有限元分析方法或与有限元分析方法相结合。

所有可以影响设计的力均应予以考虑。对于所考虑的每个横截面，应考虑到力的作用位置与方向的最不利的组合方式。

### 5.2.2 等效应力

根据芬·米塞斯-亨克（Von Mises-Hencky）理论，由额定载荷引起的名义等效应力，不应超过由式（1）计算的最大许用应力  $R_{\max}$  值。

$$R_{\max} = \frac{R_{el}}{n_s} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$R_{el}$ ——最小屈服强度；

$n_s$ ——设计安全系数（见 5.2.3）。

### 5.2.3 主承载件设计安全系数

设计安全系数等于所用材料规定的最小屈服强度与最大许用应力之比。

主承载件设计安全系数见表 2。

表 2 主承载件设计安全系数

额定载荷 $P_{\max}$ kN	设计安全系数 $n_s$
1 350~4 500	$3.00 - [0.75 (P_{\max} - 1 350) / 3 150]$
>4 500	2.25

### 5.2.4 剪切强度

按照 GB/T 19190 相关规定，在涉及剪力的设计计算中，剪切屈服强度与抗拉屈服强度之比应为 0.58。

## 5.3 动力水龙头设计要求

### 5.3.1 概述

动力水龙头在钻井作业时能为钻柱旋转钻进和旋紧或松开钻柱螺纹提供旋转动力，其上部与提升系统的游车或大钩连接，下部与管子处理装置相连，是钻井动力的来源。同时应承受起下钻载荷、钻井载荷以及钻井扭矩。主要包括提环、动力设备（电动机或液压马达）、鹅颈管、冲管总成、箱体、提环销和主轴等零部件，减速驱动顶驱动力水龙头结构形式见图 1，图 2 所示为直驱顶驱动力水龙头的一种结构形式。

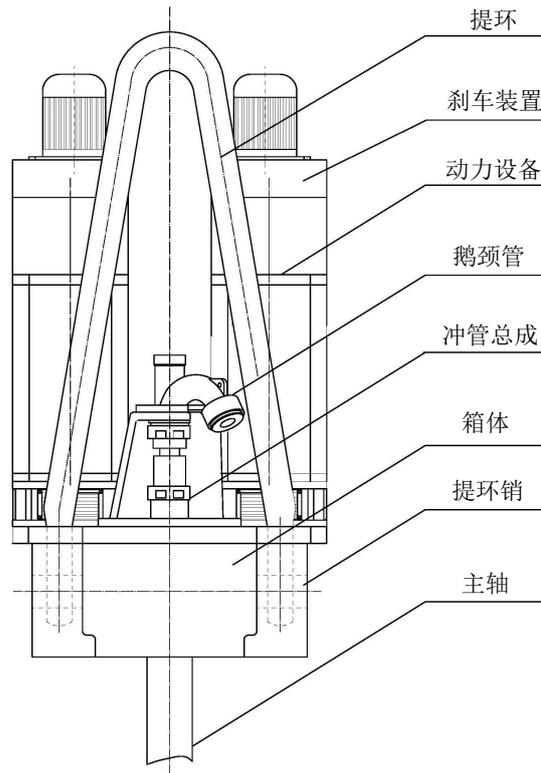


图 1 减速驱动顶驱动力水龙头结构图

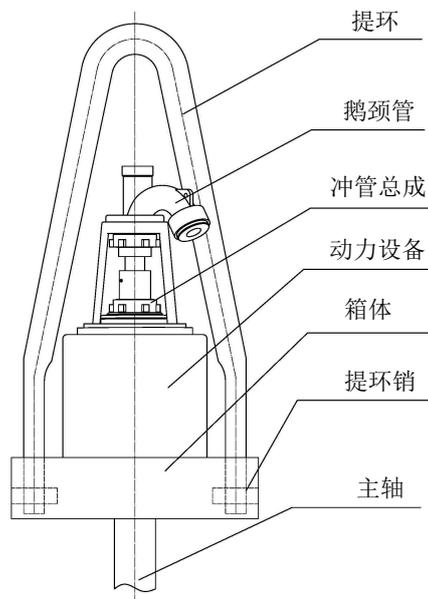


图 2 直驱顶驱动力水龙头结构图

### 5.3.2 主推力轴承

主推力轴承承受钻柱纵向载荷。动力水龙头主推力轴承的额定载荷应由式（2）确定：

$$W_s = \frac{W_R}{800} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$W_s$ ——主推力轴承在 100rpm 时的计算载荷，单位为千牛（kN）；

$W_R$ ——主推力轴承在 100 rpm 时，90%的轴承最短使用寿命为 3 000 h 时的额定载荷，单位为牛（N）。

### 5.3.3 动力设备

5.3.3.1 动力设备应具有为钻柱提供旋转动力的功能，可使用电动机或液压马达。

5.3.3.2 直驱顶驱的动力设备驱动轴应为中空，以便钻井液循环通道穿过。

5.3.3.3 直驱顶驱的动力设备可置于承载箱体的上部（如图 2 所示）或下部。

### 5.3.4 刹车装置

5.3.4.1 机械刹车装置应能起制动作用，可承受反扭矩，一般作用于主电动机的非驱动端，刹车装置包括能耗制动和盘刹制动两种形式。

a) 盘刹制动是一种机械制动方法，装在电机主轴的轴伸端，刹车盘施以夹紧力，达到制动目的。

b) 能耗制动是一种电气制动方法，通过静止磁场和感生电流的相互作用，产生一个阻碍转子转动的制动力矩，达到制动目的。

c) 通常宜采用能耗制动降低顶驱转速，待降至较低转速后通过盘刹制动。

5.3.4.2 刹车盘上下表面距摩擦片高度应一致。

5.3.4.3 刹车装置结构应紧凑，体积小、重量轻，易于检查和维护。

### 5.3.5 鹅颈管和冲管总成

冲管总成上端与鹅颈管相连，下端与顶驱主轴相连，应具有对主轴旋转密封的功能，为钻井液提供循环通道。

### 5.3.6 箱体

5.3.6.1 减速驱动顶驱的箱体应能将动力设备的动力传递给主轴，带动钻柱旋转，且应兼有承受提升载荷和传递钻井动力的功能。

5.3.6.2 顶驱箱体主轴的下部与内防喷器、钻柱相连接，上部与冲管总成、鹅颈管相连接，形成钻井液循环通道。

5.3.6.3 直驱顶驱由动力设备直接驱动主轴旋转，因此箱体无需传递扭矩，但应具备承受提升载荷的功能。

5.3.6.4 顶驱正常运转时，箱体各处密封均应保持良好，无杂质进入，且无卡阻现象。

5.3.6.5 应采用适宜的润滑方式满足箱体的使用要求。

## 5.4 管子处理装置设计要求

### 5.4.1 概述

管子处理装置是为起下钻作业服务的，包括旋转头、吊环倾斜机构、内防喷器装置、防松装置、背钳和保护接头等见图 3。主轴与内防喷器采用螺纹连接，图 3 所示的螺纹连接方式为常见的一种。

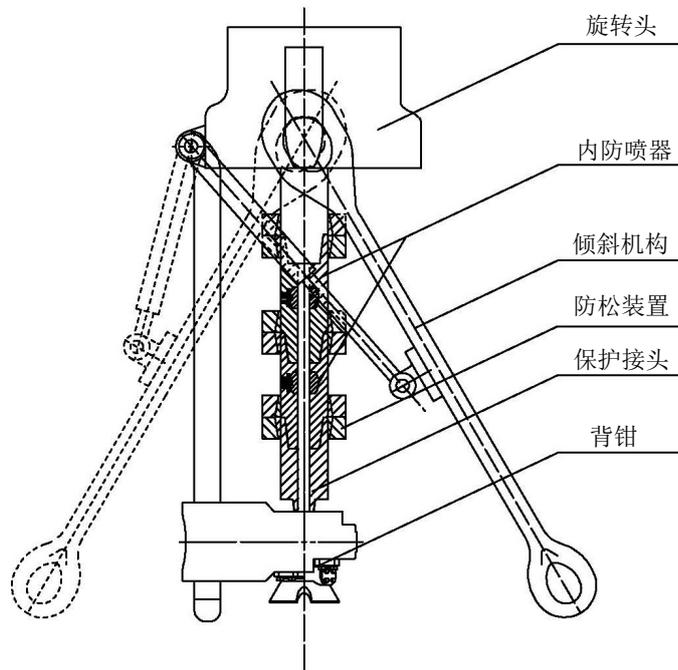


图 3 管子处理装置结构示例

#### 5.4.2 旋转头

5.4.2.1 旋转头两侧应有吊耳用于连接吊环及吊卡，可独立于主轴运动。应具备使吊环、吊卡绕主轴正反 360° 自由旋转（或只旋转一定的角度），配合吊环倾斜机构去小鼠洞抓取单根或对准二层台的立柱，或将吊环及吊卡转至某一位置，不影响顶驱本体钻进等功能。

5.4.2.2 旋转头旋转速度应无级可调。旋转头内部宜预留至少 3 路旋转液压油路，用于液压吊卡的配套。

5.4.2.3 在承受额定载荷的情况下，旋转头应能自由旋转，此时倾斜机构处于浮动状态。

#### 5.4.3 吊环倾斜机构

5.4.3.1 吊环倾斜机构在倾斜油缸的作用下应能实现吊环的前倾、后倾，并具有浮动功能。

5.4.3.2 前倾可伸向小鼠洞或二层台抓放钻柱，最大后倾时应能使吊卡抬离钻台面保证顶驱正常钻进。

#### 5.4.4 内防喷器及控制装置

5.5.4.1 顶驱应安装两个内防喷器，上部为遥控操作内防喷器，与主轴下端相连，可对其进行远程开关控制；下部为手动操作内防喷器，与保护接头相连，通过人工手动操作开关。关闭内防喷器应能阻断钻柱内部通道。

5.5.4.2 在空载条件下，内防喷器的开启、关闭扭矩应在 10~30 kN·m 之间；在 35MPa 压力下，内防喷器的开启、关闭扭矩应小于 200 kN·m。遥控操作内防喷器的关闭，应在按下操作按钮后 5 s 内完成动作。内防喷器的规格参数见表 3。

5.5.4.3 遥控 IBOP 液压控制系统需采取二级压力控制，高压情况下进行 IBOP 的打开、关闭动作，正常钻井时，需低压维持遥控 IBOP 的打开状态，延长 IBOP 的使用寿命。

表 3 内防喷器规格参数

钻机名义钻深 m	额定载荷 kN	外径 mm	压力等级 MPa
2 000	1 350	≥127	≥34.5
3 000	1 800	≥127	≥34.5
4 000	2 250	≥165	≥69
5 000	3 150	≥187	≥69
7 000	4 500	≥187	≥69
9 000	6 750	≥197	≥69
12 000	9 000	≥250	≥105
15 000	11 250	≥250	≥105

#### 5.4.5 防松装置

5.4.5.1 防松装置应安装在主负荷通道各接头之间，应能防止螺纹连接的两个零部件发生相对位移。

5.4.5.2 防松装置的材料应安全可靠，保证主轴、内防喷器、保护接头之间的螺纹连接在最大旋松扭矩作用下不松开。

#### 5.4.6 背钳

5.4.6.1 背钳应可在任何时候、任意位置夹持钻柱接头完成钻柱旋紧或松开作业，也可以通过调节高度夹持内防喷器和保护接头完成拆装作业。

5.4.6.2 背钳应具有适宜的夹持范围以适应不同规格的钻柱。背钳机构应在规定扭矩下夹紧钻柱接头，并应带有防护装置（或功能），防止其在正常钻进时夹紧机构与钻柱接头接触产生摩擦。背钳的最小夹持范围见表 4。

表 4 背钳夹持范围

钻机名义钻深 m	额定载荷 kN	夹持范围 mm
2 000	1 350	86~127
3 000	1 800	86~127
4 000	2 250	86~197
5 000	3 150	86~197
7 000	4 500	86~216
9 000	6 750	86~216
12 000	9 000	86~250
15 000	11 250	86~250

#### 5.5 平衡机构设计要求

5.5.1 平衡机构应能在旋紧或松开钻柱螺纹时平衡顶驱装置本体（或顶驱装置本体与一个立根）的重量，减小螺纹在旋紧或松开钻柱螺纹过程中的磨损。

5.5.2 平衡机构还应具有缓冲功能，减小冲击载荷对提环的影响。

## 5.6 导轨与滑车设计要求

5.6.1 导轨与滑车应能为顶驱沿钻机井架内的上下移动提供导向，在钻井作业中保持在相对于井架的正确位置，并能承受反扭矩。

5.6.2 顶驱导轨通常可分为单导轨和双导轨两种结构。陆地钻机宜采用单导轨，海洋钻机多采用双导轨。导轨的主体部分一般采用分段式结构，导轨的长度应与井架高度相适应，并在适当范围内可调。

5.6.3 双导轨整体与井架应刚性连接，钻井时向井架传递钻井扭矩；单导轨上部与天车应柔性连接，底部通过反扭矩梁固定在井架上。钻井时可通过反扭矩梁将扭矩传递到井架下端。

5.6.4 滑车是顶驱装置本体与导轨的连接部件，沿着导轨上下移动，滑车应能承受钻井扭矩，通常有滑动式和滚动式两种。滑车的设计、设计验证试验、材料要求、质量控制和标志按 GB/T 19190—2013 中 9.17 的规定执行。

5.6.5 导轨安装好后，其下端面距离钻台面应保持合适的高度，一般在 2~2.8m 为宜，同时保证顶驱本体靠近钻台面时滑车不会从导轨中脱出。

## 5.7 液压系统设计要求

### 5.7.1 概述

5.7.1.1 电驱动顶驱，其本体重量的平衡、旋紧或松开钻柱螺纹时背钳的夹紧与松开、转头回转与锁紧、吊环的前倾、后倾和浮动、上部内防喷器的打开与关闭、刹车的松开与制动等功能均应由液压传动和控制系统实现。

5.7.1.2 液压驱动顶驱，液压传动和控制系统按其功能，可分为主液压传动和控制系统、辅助液压传动和控制系统，除 5.7.1.1 功能要求由辅助液压传动和控制系统实现以外，均应由主液压传动和控制系统提供主动力。

5.7.1.3 液动力源需采取冗余设计，避免因主动力源故障造成停机。

### 5.7.2 对液压系统的要求

液压系统的设计应满足顶驱的工作要求，适应石油钻井的复杂工况，充分考虑钻井工艺和现场环境因素，结构应在实现功能的基础上尽可能简单。液压系统设计应符合 GB/T 3766 的规定，液压元件应符合 GB/T 7935 的规定。

### 5.7.3 对液压源的要求

液压源应能满足顶驱装置中液压系统对压力和流量的需求，应当包括适宜的净化和防护功能，并满足环境温度的要求。液压源设计可采用集成式（集成在顶驱本体上）或独立式（独立于顶驱本体）两种。为提升液压系统的可靠性，可采用冗余设计。

### 5.7.4 对管线与接头的要求

5.7.4.1 管线、管路与接头的材质应适合于所传输的流体介质，并且能承受大于系统额定压力 1.5 倍的压力。

5.7.4.2 软管的爆破压力应为软管额定压力的 4 倍，并由软管制造商出具合格证明。

5.7.4.3 软管总成应进行软管额定压力 1.5 倍的压力试验。

### 5.7.5 对阀组的要求

安装在顶驱上的电磁阀应具有隔爆功能，隔爆等级不低于 Exd II BT4。

### 5.7.6 对执行元件的要求

油缸零部件的设计应按照相应的标准，油缸试验应按 GB/T 15622 的规定执行。  
 液压马达的输出转速和转矩应满足顶驱的要求，检验应符合 JB/T 10829 的要求。  
 液压油性能应满足环境要求，保证清洁，液压油的检验应符合 GB 11118.1 的要求。

## 5.8 电气传动系统设计要求

### 5.8.1 概述

5.8.1.1 电气传动与控制系统应具有实现对顶驱的驱动、控制和实时监测的功能。  
 5.8.1.2 对于电驱动顶驱，电气传动与控制系统由驱动和控制两部分组成。驱动部分包括驱动装置、动力装置及连接附件，控制部分包括配电系统、PLC 控制系统及连接附件。

### 5.8.2 区域划分

5.8.2.1 顶驱装置本体、电控房和司钻操作台的区域安全设计应按 SY/T 6671 的相关规定执行。

### 5.8.3 基本要求

5.8.3.1 所有元器件均应能够在所处环境中 100%负荷下连续工作。  
 5.8.3.2 所有电器元件应能够在名义电压的 $\pm 10\%$ 范围内正常工作。  
 5.8.3.3 设备中所用导线的颜色应符合国家或国际标准的相关规定。  
 5.8.3.4 导线的额定绝缘电压应与电路的额定工作电压或对地电压相适应。  
 5.8.3.5 挠性电缆的最小弯曲半径不应小于电缆厂家根据其产品所处环境温度范围所规定的弯曲半径。  
 5.8.3.6 为了方便现场安装和连接，动力电缆和控制电缆允许分段。在电缆分段处连接插接装置的防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 中 IP55。

### 5.8.4 安全要求

5.8.4.1 系统中所有控制柜以及外部安装的元器件应通过专门的接地导线连接到接地系统中。上述系统所有接地导线的尺寸设计要根据最大接地故障电流值来确定。  
 5.8.4.2 电控柜，包括接入电控柜的导管和进入电控柜的电缆压盖，其设计应满足或超过所安装区域的特殊防爆要求。  
 5.8.4.3 电气系统应具备加热及去凝露装置。  
 5.8.4.4 应配置适当的装置，以保证控制柜在适当的温湿度范围内工作。

## 5.9 控制系统设计要求

### 5.9.1 概述

5.9.1.1 控制系统应能实现对顶驱主传动装置的速度、转矩的控制。应提供数据接口，宜采用总线通讯的形式，用于输出顶驱当前速度、转矩等参数。  
 5.9.1.2 控制系统应包括人机界面 HMI (human machine interface)或接口，用于系统参数的设置和状态监测。  
 5.9.1.3 控制电路的设计应考虑人身安全，采取一切措施减小引发操作失误的概率，增强系统的安全性。

5.9.1.4 控制系统应具有包容性，可嵌入其他控制技术。这些控制技术可实现如软扭矩、扭摆减阻等特定功能，但不应影响原控制系统的稳定性。

5.9.1.5 远程控制箱与主控 PLC 之间应采用 Profinet 或工业以太网进行总线通讯。

## 5.9.2 控制电路的保护

5.9.2.1 应考虑人身安全，采取措施减小引发操作失误的概率，增强系统的安全性。

5.9.2.2 对可能危及人身安全、损坏设备的情况，应采取联锁装置，使设备停止运行或采取其他应急措施。

5.9.2.3 控制电路的电源引入端应装有熔断器或断路器做短路保护。

5.9.2.4 应按级别和功能配备多级配电回路，应使各独立功能模块具备独立的断路器或空开，以便检修。关键断路器或空开应配备辅助触点并在 HMI 系统中显示状态。

## 5.9.3 电驱动顶驱制动过程电能的处理

可采用制动电阻消耗制动过程中产生的电能，也可采用向电网回馈能量的方式将制动过程中产生的电能回馈到电网。在发电机供电场合，应采用制动电阻消耗电能的方式。

## 5.9.4 控制柜

### 5.9.4.1 柜体

安装于保护房内的柜体的防护等级一般不低于 IP20。

柜体的结构应牢固，应能承受运输和正常使用条件下可能遇到的机械振动，以及电气、热应力及潮湿等影响。

柜门应能灵活启闭，开启角度不应小于 90°。

保护房内应配备必要的冷却设施，冷却功率应不小于 100%负载下的热损耗。

### 5.9.4.2 元件的安装

元件之间应有足够的空间，以便装配和接线，电池等易耗元件方便更换，每个元件附近应标注明显的符号和代号。

## 5.9.5 本体信号的采集与传输

本体上的传感器信号应通过安装在本体处的远程模块采集，经光纤总线与主控 PLC 通讯。光纤应采用可靠的外套防护，并具有防风能力。

## 5.9.6 电控房冷却装置的控制

提供顶驱独立控制房的，空调等冷却装置的控制应集成在顶驱控制系统内。

## 5.9.7 关键参数的冗余设计

顶驱关键参数，例如本体各辅助液压动作的电磁阀应采用双路冗余控制，既可通过本体接线箱模块就近控制，也可通过主控 PLC 直接控制，可通过人机界面进行切换。

## 5.10 操作台设计要求

5.10.1 司钻操作台面板上的操作件应方便各种操作。

5.10.2 司钻操作台面板上的操作应有互锁设计。

5.10.3 司钻操作台应设置转速、转矩、操作模式及钻井工况所需的辅助操作。应设有故障或报警指示灯，用于故障或报警。

5.10.4 司钻操作台面板上应设有“紧急停止”开关或按钮。开关或按钮应设在司钻易于发现和操作的位置，开关的操作手柄或按钮应是“红色”。

5.10.5 顶驱应配有司钻操作台，具有钻井所需要的基本操作功能。实现对顶驱的转速、转矩、操作模式及钻井工况的控制。必要时，可以在二层台上配置辅助操作台，用于在二层台操作旋转头和吊环倾斜机构。

## 5.11 连接型式与尺寸

### 5.11.1 提环尺寸

顶驱通过提环与钻机提升系统的大钩或游车连接，提环应能承受顶驱和管柱的总重量。在满足设计强度的前提下，应尽量降低提环高度。

如果需要使用提环与大钩连接时，提环与大钩的连接尺寸应符合表 5 和图 4 的规定。

对于与游车直接连接的提环，提环与游车的连接尺寸应符合表 6 和图 5 的规定。

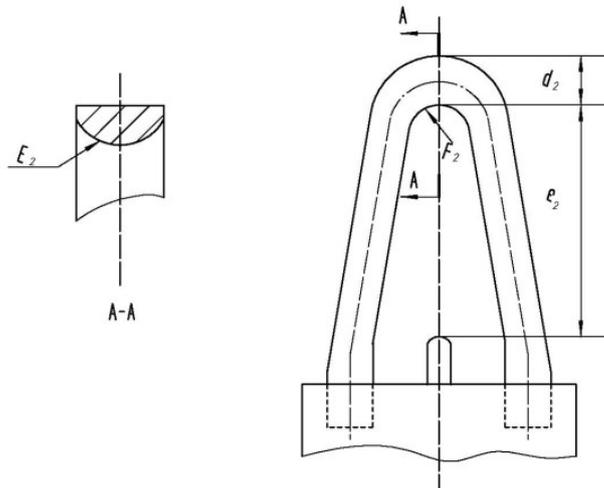


图 4 提环与大钩的连接尺寸

表 5 提环与大钩的连接尺寸

钻机名义钻深 m	额定载荷 kN	提环与大钩接触表面的半径 mm		其他连接尺寸（推荐） mm	
		$E_2$ max	$F_2$ min	$d_2$ max	$e_2$ min
2 000	1 350	57.15	114.30	130	470
3 000	1 800	63.50	114.30	165	530
4 000	2 250	63.50	114.30	165	530
5 000	3 150	69.85	114.30	170	580
7 000	4 500	82.55	114.30	180	620
9 000	6 750	101.60	114.30	—	—
12 000	9 000	127.00	127.00	—	—
15 000	11 250	127.00	127.00	—	—

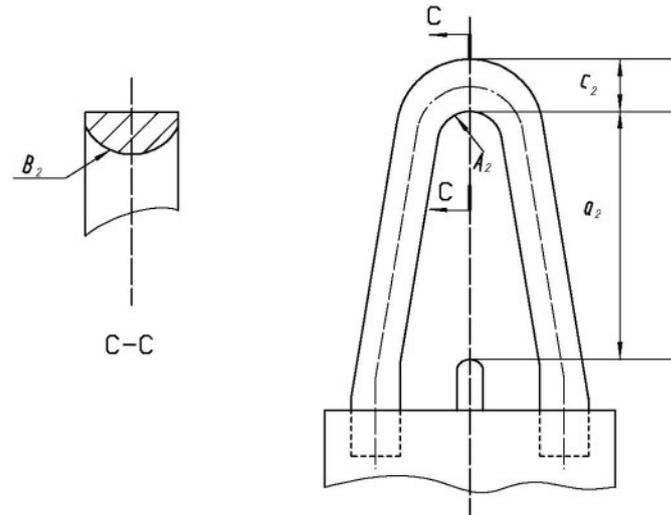


图5 提环与游车的连接尺寸

表6 提环与游车的连接尺寸

钻机名义钻深 m	额定载荷 kN	提环与游车接触表面的半径 mm		其他连接尺寸（推荐） mm	
		$A_2$ min	$B_2$ max	$a_2$ min	$c_2$ max
2 000	1 350	69.85	76.20	310	190
3 000	1 800	101.60	76.20	350	250
4 000	2 250	101.60	76.20	350	250
5 000	3 150	101.60	76.20	350	280
7 000	4 500	101.60	82.55	385	320
9 000	6 750	152.40	82.55	—	—
12 000	9 000	152.40	152.40	—	—
15 000	11 250	152.40	152.40	—	—

### 5.11.2 主轴、内防喷器与保护接头尺寸

顶驱主轴的下端连接遥控内防喷器、手动内防喷器和保护接头，保护接头的下端连接钻柱的上接头。

主轴、内防喷器、保护接头的连接见图6，主轴与内防喷器采用螺纹连接，连接方式按需确定，图6为常见的螺纹连接方式，连接尺寸及螺纹应符合表7的规定。

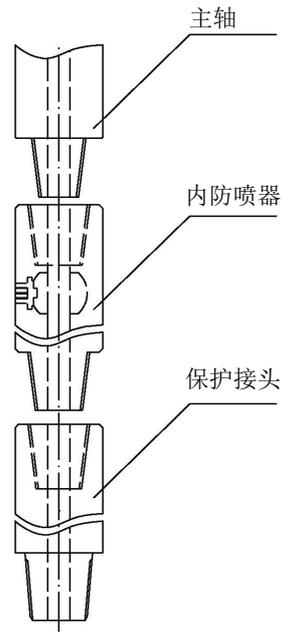


图6 主轴、内防喷器、保护接头的连接

表7 主轴、内防喷器、保护接头的尺寸和连接螺纹

钻机名义钻深 m	额定载荷 kN	内防喷器外径 mm	内防喷器连接螺纹	
			上端	下端
2 000	1 350	$\geq 127$	—	—
3 000	1 800	$\geq 127$	—	—
4 000	2 250	$\geq 165$	6 5/8 REG	6 5/8 REG
5 000	3 150	$\geq 187$	6 5/8 REG	6 5/8 REG
7 000	4 500	$\geq 187$	6 5/8 REG	6 5/8 REG
9 000	6 750	$\geq 197$	7 5/8 REG	7 5/8 REG
12 000	9 000	$\geq 250$	8 5/8 REG	8 5/8 REG
15 000	11 250	$\geq 250$	8 5/8 REG	8 5/8 REG

### 5.11.3 旋转头吊耳尺寸

旋转头上悬挂吊环的吊耳见图7，其连接尺寸应符合表8的规定。

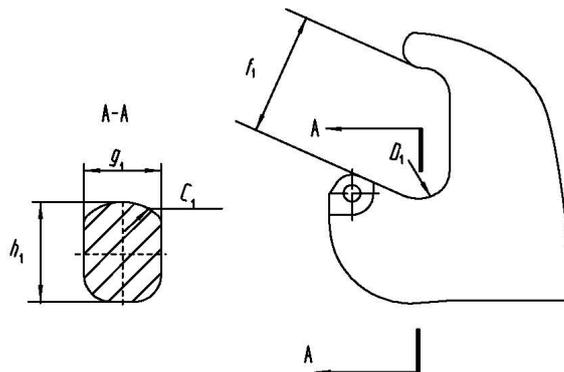


图7 旋转头吊耳

表 8 旋转头吊耳尺寸

钻机名义钻深 m	额定载荷 kN	旋转头吊耳与吊环接触表面半径		其他连接尺寸（推荐）		
		mm		mm		
		$D_1$ min	$C_1$ max	$f_1$ min	$g_1$ max	$h_1$ max
2 000	1 350	38.10	63.50	135	115	125
3 000	1 800	44.45	101.60	150	120	180
4 000	2 250	44.45	101.60	150	120	180
5 000	3 150	44.45	101.60	150	155	190
7 000	4 500	57.15	101.60	170	155	200
9 000	6 750	63.50	101.60	—	—	—
12 000	9 000	76.20	114.30	—	—	—
15 000	11 250	76.20	114.30	—	—	—

## 5.12 设计确认

### 5.12.1 概述

对顶驱装置应进行设计确认。通过对顶驱装置进行静载荷拉伸试验，对其零部件进行性能试验，整机性能试验（包括液压系统试验和电气传动和控制系统试验），以及通过顶驱的现场应用来验证设计的合理性。

### 5.12.2 文件

制造商应提供设计控制文件，证明产品设计达到预计的目标。设计控制文件应包括设计要求、方法、假设、计算、验证试验结果和与其相关的文件。

## 6 制造要求

### 6.1 材料要求

所有材料均应适应于预定的用途。第 7 章其余各条规定了主承载件和承压件材料要求。

#### 6.1.1 书面规范

主承载件应有书面的材料规范。包括但不限于下列各项：

- 化学成分和允差；
- 力学性能要求；
- 试验方法；
- 加工要求（包括许可的熔炼、加工和热处理方法）；
- 补焊要求。

对于锻件，加工方法的说明应包括锻造比。

#### 6.1.2 力学性能

6.1.2.1 材料应符合制造商的材料规范规定的性能要求。力学性能试验应在合格的试样上进行，试样的取样方法应符合 GB/T 19190—2013 中 6.4 的相关规定。试件的拉力试验方法按 GB/T 228.1 的规定执行。试件的硬度试验应按 GB/T 231.1 的规定执行。

6.1.2.2 材料冲击功应由试件三次试验的平均值确定。

6.1.2.3 最小屈服强度大于或等于 310 MPa 的主承载件材料，其在 -20 °C 时的平均冲击功不小于 42 J，且其中任一值不小于 32 J。最小屈服强度低于 310 MPa 的主承载件材料，其在 -20 °C 时的平均冲击功不小于 27 J，且其中任一值不应小于 20 J。设计温度低于 -20 °C 时，材料的冲击功要求依据 GB/T 19190—2013 中 A.3。试件的冲击试验方法按 GB/T 229 的规定执行。

### 6.1.3 化学成分

6.1.3.1 每一炉的材料成分均应按制造商规范的要求对规定的元素进行分析。

6.1.3.2 主承载件材料的最大含硫和含磷量均应小于 0.025%。

### 6.1.4 无损检测

6.1.4.1 铸钢件要进行无损检测。检测结果应符合 GB/T 7233.1—2009 中的 2 级规定及 GB/T 9444—2007 中的 2 级规定。

6.1.4.2 锻件要进行超声波检测和磁粉检测。超声波检测结果应符合 GB/T 6402—2008 中的 2 级规定。磁粉检测应符合 ASTM A275/A275M 的规定。

6.1.4.3 主承载件在进行静载荷拉伸试验后，应在 24 h 后对其关键部位进行无损检测，检测方法按 6.1.4.1 和 6.1.4.2 进行。

## 6.2 焊接要求

### 6.2.1 概述

本章规定了主承载件和承压件组焊和补焊（如允许）的要求，包括连接焊缝的要求。

### 6.2.2 书面规范

制造商应按 GB/T 19190—2013 中的相应规定制定书面的焊接规范。焊接应按书面规范进行，包括但不限于下列各项：

- 焊接材料及管理；
- 焊接工艺规程；
- 焊接工艺评定；
- 焊工技能评定；
- 焊接检验员资格；
- 相关质量记录。

### 6.2.3 焊接材料的管理

6.2.3.1 焊接材料应符合焊接材料制造商的规范。制造商应具有书面的焊接材料存放与管理的规程。

6.2.3.2 低氢型焊接材料应按焊接材料制造商的推荐方法储存和使用，以保持其原有的低氢性能。

### 6.2.4 焊接工艺规程

焊接应按经过评定的焊接工艺规程进行。焊接工艺规程应按第 10 章的要求作为记录保存。

### 6.2.5 焊工技能评定

6.2.5.1 焊接应由评定合格的焊工进行。如果焊工连续六个月以上没有从事资格评定过的工作，其资格应重新评定。

6.2.5.2 焊工的焊接技能评定应有相应的技能评定记录。焊工的资格评定记录应予保存。

### 6.2.6 焊接检验员资格

负责焊接质量检验的检验员应具有相应的资质。

### 6.2.7 焊接工艺评定

6.2.7.1 焊接工艺要进行评定，评定程序应符合相应的焊接规范。

6.2.7.2 工艺评定记录应按第 10 章的要求作为记录保存。

### 6.2.8 焊后处理

对导轨、滑车、反扭矩梁等结构件焊接后应用适当的方法（如振动或热处理）消除应力。

### 6.2.9 补焊要求

6.2.9.1 锻件不应补焊。

6.2.9.2 铸钢件中主承载件的关键部位不应补焊，其他部位可补焊。焊条或焊丝应与铸件材质相匹配，并应在最终热处理前进行，所有补焊均应按照制造商的书面焊接工艺规范进行。焊接的工艺规范应形成文件并根据买方的要求提供。

## 6.3 表面处理及涂装要求

### 6.3.1 表面处理

海洋环境下使用的顶驱，零部件表面应进行“三防”（防潮、防霉、防盐雾）处理。

### 6.3.2 涂装要求

应按照腐蚀环境、使用环境、防腐年限设计涂层配套体系。顶驱装置所处腐蚀环境在大气环境下分为 C3，C4 和 C5-M，腐蚀环境等级分类按照 SY/T 6919—2012 中表 1 的规定。防腐年限分为低（3 年~5 年）、中（5 年~12 年）、高（12 年以上）三个等级。顶驱装置的漆膜厚度应根据腐蚀环境和防腐年限来确定，可按照 SY/T 6919—2012 中表 2 的规定。制造商应以书面程序制定涂料品种、涂层配置、涂层工艺以及检验要求。

## 6.4 质量控制与追溯

### 6.4.1 概述

质量控制工作应由制造商规定的规程加以管理，该规程应包括相应的方法、定量与定性验收标准。所有设备、零件和材料的验收情况应在设备、零件和材料上或在可追溯到该设备、零件或材料的记录中加以说明。

### 6.4.2 质量控制人员的资格

6.4.2.1 无损检测人员、焊接操作和完工焊缝进行目检的人员应按相应的标准进行资格评定。

6.4.2.2 所有从事直接影响材料和产品质量的其他质量控制工作的人员应按制造商制定的程序进行资格评定。

### 6.4.3 测量和试验设备

用于检查、试验和检验材料或用于检查、试验和检验其他设备的设备应按照法定的规程进行认定、管理、校准和定期调整，以保持所要求的精度。

### 6.4.4 可追溯性

6.4.4.1 各零部件应能根据识别标记或相关记录进行追溯，主承载件应能追溯到相应的炉号。

6.4.4.2 识别标记应在所有加工阶段保留在材料上以及保留在成品零部件上。制造商制定的可追溯性要求应包括保留、更换识别标记和识别标记检查记录的条款。紧固件如果是按照公认的工业标准进行标记的，可不再规定追溯性要求。

## 7 试验要求

### 7.1 概述

应对顶驱装置进行静载荷拉伸试验来验证设计的合理性和可靠性。

产品装配完成后应进行功能性试验。功能性试验包括：

- 动力水龙头试验；
- 刹车试验；
- 管子处理装置试验；
- 主通道密封试验；
- 顶驱下套管装置试验；
- 液压系统试验；
- 电控系统试验。

### 7.2 静载拉伸试验

#### 7.2.1 设计验证载荷的确定

施加到被试产品上的最大试验载荷应按式（3）确定：

$$P_t = 0.8 \times P_{\max} \times n_s \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$P_t$ ——设计验证载荷，不得小于  $2 P_{\max}$ ；

$P_{\max}$ ——额定载荷，单位为千牛（kN）；

$n_s$ ——设计安全系数（见 6.2.3）。

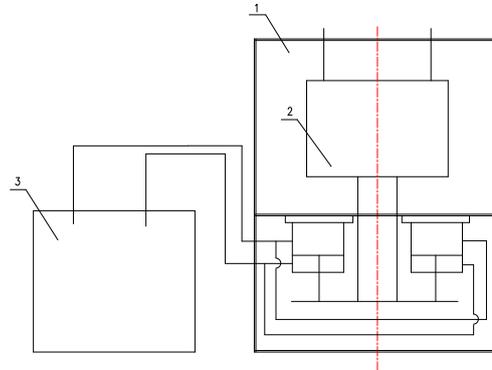
#### 7.2.2 试验装置

7.2.2.1 试验装置应按相应的书面规范进行校准，以保证获得规定的试验载荷。试验装置如图 8 所示。

7.2.2.2 液压操纵控制台控制开关的开、关旋向（按要求）应与各被控动作一一对应。

7.2.2.3 控制台控制阀动作（按要求）应与各被控动作一一对应。

7.2.2.4 应对试验装置的试验能力进行验证。试验装置对产品（或零部件）的加载方式应与实际工况基本相同，包括载荷支撑面的接触面积。



1—试验架 2—被试件 3—加载装置

图8 试验装置原理图

### 7.2.3 试验步骤

- a) 在试验装置上安装被试件，在被试件上贴应变片。
- b) 调节液压系统压力缓慢加拉伸载荷至设计验证载荷。
- c) 持续至少 5min 后卸载。
- d) 将产品拆开，检查被试件的尺寸是否有屈服现象。

### 7.2.4 试验要求

7.2.4.1 若产品的结构形状许可，应将应变片贴到试验产品所有预期会产生高应力的部位上。在关键区域，宜贴三元应变片。

7.2.4.2 将设计验证试验载荷施加到产品上。此试验载荷应小心施加，读出应变仪数值并观察其屈服情况。试验产品可根据需要多次加载以便获得足够数据。

7.2.4.3 根据应变仪读数算出的应力值不应超过由设计计算（以最大试验载荷  $P_f$  为依据）求得的数值。如果不能满足此项要求或任一试验产品过早地失效，都应对该设计进行全面的重新评定，随后再与原来要求的相同试验产品件数（其中包括与失效的一件规格和额定值相同的试验产品）进行重复试验。

7.2.4.4 试验完成卸载后，检查产品的设计功能，所有零件的设计功能不得因此项加载而受到损害；检查每个零件有无屈服现象，除接触区外，永久变形不得超过 0.2%。

7.2.4.5 产品中的个别零件，当其工装模拟的载荷条件符合组装后该零件的情况时，也可单独进行试验。

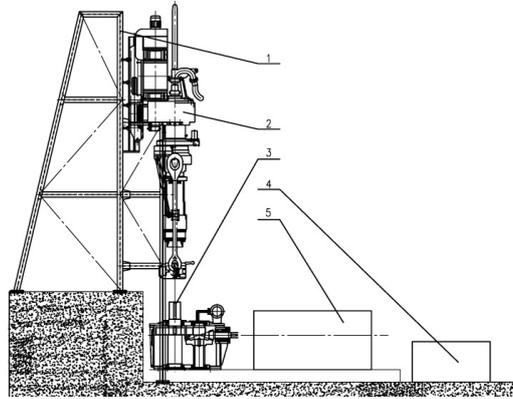
## 7.3 动力水龙头试验

### 7.3.1 概述

包括风机试验、电机启动停止试验、松开和旋紧钻柱螺纹试验、空负荷运转试验、加载试验、带载跑合试验、堵转试验。

### 7.3.2 试验装置

试验装置应以与实际作业基本相同的方式给试验产品加载，试验产品的所有加载设备的试验能力应予以验证。试验装置如图 9 所示。



1—试验架 2—被试件 3—加载装置

4—操纵控制台 5—转速扭矩测量系统

图9 动力水龙头试验装置原理图

### 7.3.3 试验步骤

- 进行风机试验。按要求安装被试件，启动风机，测试转向。
- 进行电机启停试验。启动、停止电机，观察电机转向及运转情况是否正确。
- 进行松开和旋紧钻柱螺纹试验。首先正向旋扣并测试其扭矩和转速，其次设置相应的扭矩值，进行上扣；卸扣并反向旋扣。
- 进行空负荷运转试验。电机正转，将转速由 0 调至最高转速，调速过程应保持缓慢，可在测量点保持一定时间。电机反转，步骤同电机正转。
- 进行扭矩加载运转试验。包括恒扭矩及恒功率下的加载运行。最高转速时应保持加载 5min。至少应在 50%额定转速到 100%额定转速区间进行恒扭矩测试，按最大持续钻井扭矩加载。应按额定功率进行恒功率加载测试。
- 进行带载跑合试验。按不小于最大持续钻井扭矩 50%施加负载，保持主轴正向旋转 30min，记录实验过程数据。
- 进行堵转试验。主轴在小于 10 r/min 低速转动，设定加载扭矩使主轴停转，再加载到最大扭矩，观察主轴 3min。

### 7.3.4 试验要求

#### 7.3.4.1 风机试验

进行试验时，风机转向正确且出风口风量明显。

#### 7.3.4.2 电机启动、停止试验

试验时，电机转向正确，运转和声音均正常。

#### 7.3.4.3 松开和旋紧钻柱螺纹试验

在 50%~70%的连续钻井扭矩的情况下旋紧钻柱螺纹,记录主电机上扣扭矩值并观察顶驱上扣功能是否正常;松开钻柱螺纹,记录主电机卸扣扭矩值。

#### 7.3.4.4 空负荷运转试验

各密封处均不应漏油,无气味和卡阻现象。主轴能够在 0 转至最大转速之间运转,无级调速。箱体应运转平稳,若有润滑系统,主轴空载转速为 100 rpm 时,在油温稳定后,润滑油温升不应超过 45 K,最高温度不应超过 85 °C。

#### 7.3.4.5 扭矩加载运转试验

应在额定扭矩和额定功率条件下进行加载试验,绘制性能曲线图。加载系统测得的扭矩、转速与顶驱司钻台显示的实际转速、实际扭矩应一致(偏差不得大于±1.5%额定扭矩)

#### 7.3.4.6 堵转试验

施加负载,使顶驱工作在零转速、额定钻井扭矩,保持 3 min。电动机或液压马达应工作正常。记录实际加载扭矩、顶驱司钻台显示扭矩,两者应一致,偏差不超过±1.5%额定扭矩。

### 7.4 刹车试验

#### 7.4.1 试验步骤

- a) 空载启动主轴,使主轴在小于 10 rpm 低速转动,加载至连续钻井扭矩。
- b) 启动液压刹车操作按钮。通过刹车装置刹车。
- c) 加载至最大连续钻井扭矩。
- d) 观察主轴。

#### 7.4.2 试验要求

- 7.4.2.1 刹车装置制动有效,制动后主轴不转动。
- 7.4.2.2 动作灵活、平稳。
- 7.4.2.3 油路系统无泄漏。
- 7.4.2.4 刹车指示显示正确。
- 7.4.2.5 当采用能耗制动刹车时,应制定试验方法,检查能耗制动的有效性。

### 7.5 管子处理装置试验

#### 7.5.1 概述

包括旋转头功能试验、倾斜机构空载试验、倾斜机构中位浮动试验、平衡油缸蓄能器试验、内防喷器控制试验。

#### 7.5.2 试验步骤

- a) 进行旋转头功能试验。使旋转头顺时针、逆时针旋转各一周。
- b) 进行倾斜机构动作试验。使吊环前倾、后倾至最大位置并保持 1 min,并在中间任意位置保持 1 min。
- c) 操作吊环浮动。
- d) 启动液压源,进行平衡油缸蓄能器试验。
- e) 开启、关闭内防喷器,进行内防喷器控制试验。

#### 7.5.3 试验要求

### 7.5.3.1 旋转头旋转试验

旋转头在小于 10 rpm 下正、反向旋转，旋转平稳，无卡阻现象，换向时无冲击，运转平稳。油马达运转平稳，管路无渗漏；回转速度 3~5 rpm。

### 7.5.3.2 倾斜机构空载试验

吊环应能前、后倾斜运动到设计位置，倾斜运动平稳。油缸同步伸出或收回，吊环从中位开始到前倾结束时间 2~4 s，吊环从中位开始到后倾结束时间 5~8 s。吊环倾斜动作正确、平稳，管路无渗漏。

### 7.5.3.3 倾斜机构中位浮动试验

吊环应能自由回到垂直位置并在任何位置上能自由保持浮动。

### 7.5.3.4 平衡油缸蓄能器试验

平衡油缸蓄能器不得有渗漏油，液压管线、接头不得有可见渗漏油。

### 7.5.3.5 内防喷器控制试验

内防喷器的开关灵活自如，操作方便，开关到位，无卡阻。空载开关扭矩不大于 60 N·m，不小于 18 N·m，带压开关扭矩不大于 200 N·m，低压密封试验时，打开出口泄荷阀，将球阀扳至关位，系统升压至 1.7 MPa，停泵保压 3 min，观察并记录进口压力表压力降。将压力降至零，重新开泵系统升压至 1.7 MPa，停泵保压 10 min 观察并记录进口压力表压力降，压力降不大于 0.5 MPa。

## 7.6 主通道密封试验

### 7.6.1 试验步骤

静压力试验应包含以下四个步骤：

- a) 初次保压阶段。
- b) 降压到零。
- c) 使设备的外表面彻底风干。
- d) 二次保压阶段：每次保压时间不应少于 3 min。保压阶段应当在试验压力达到稳定，设备及压力监测仪表同压力源隔断之后开始计时。

### 7.6.2 试验要求

#### 7.6.2.1 型式试验压力

主通道内工作压力小于或等于 34.5 MPa，其试验压力应为工作压力的两倍。工作压力大于 34.5 MPa，其试验压力应大于工作压力 1.5 倍，但不少于 69 MPa。试验时应带冲管盘根总成及其附件试验。

#### 7.6.2.2 出厂试验压力

主通道内试验压力等于工作压力。试验时应带冲管总成及其附件试验。

## 7.7 液压系统试验

在额定压力下进行液压源、液压阀组和各个执行机构的功能及联动试验。

## 7.8 电控系统试验

进行系统的功能试验以及显示、报警、保护及功能互锁试验。

## 8 检验规则

## 8.1 检验分类

### 8.1.1 出厂检验

顶驱出厂前应逐台检验，经制造商质量检验部门检验合格，附有产品合格证方可出厂。

### 8.1.2 型式检验

有下列情况之一应进行型式检验：

- 新产品或现有产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 本次出厂检验结果与上一次型式检验有较大差异时；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

## 8.2 判定规则

型式检验，全部项目中有一项不合格时，则认为型式检验不合格。出厂检验，所检验项目中有一项不合格时，则认为该产品不合格。检验项目见表 9。

表 9 检验项目

条号	检验项目	型式检验	出厂检验
7.2	静载拉伸试验 <sup>a</sup>	√	×
7.3	动力水龙头试验	风机试验	√
		电机启动停止试验	√
		空负荷运转试验	√
		扭矩加载运转试验	√
		松开和旋紧钻柱螺纹试验	√
		堵转试验	√
		带载跑合试验	√
7.4	刹车试验	√	√
7.5	管子处理装置试验	旋转头旋转试验	√
		倾斜机构空载试验	√
		倾斜机构中位浮动试验	√
		内防喷器控制试验	√
		平衡油缸蓄能器试验	√
7.6	主通道密封试验	√	√
7.7	液压系统试验	√	√
7.8	电控系统试验	√	√
<sup>a</sup> 当买卖合同有约定时，应按合同约定进行出厂检验。			

## 9 文件

### 9.1 基本要求

9.1.1 本章所规定的全部文件在产品制造和销售后应由制造商保存不少于 10 年。

9.1.2 所有质量控制记录应由责任人签字并注明日期。

9.1.3 产品的买方有要求时，制造商应将有关记录和文件提供给买方审阅以证明是否符合本标准。

## 9.2 需要由制造商保存的文件

下列文件应由制造商予以保存：

- a) 设计文件；
- b) 设计验证文件；
- c) 书面规范；
- d) 鉴定记录：
  - 1) 焊接工艺鉴定记录；
  - 2) 焊工资格鉴定记录；
  - 3) 无损检测人员资格鉴定记录；
  - 4) 测量与试验设备校准记录。
- e) 可追溯的检查和试验记录。包括：
  - 1) 有关下列各项试验的材料试验报告（根据适用情况而定）：
    - 化学分析；
    - 抗拉试验；
    - 冲击试验；
    - 硬度试验。
  - 2) 无损检测记录；
  - 3) 性能试验记录，包括：
    - 型式试验记录；
    - 出厂试验记录；
  - 4) 特殊工序记录。

## 9.3 产品出厂随行文件

产品出厂随行文件应包括：

- 安装调试说明；
- 操作说明；
- 维护保养说明；
- 维护使用所需的产品图册图纸；
- 产品装箱单；
- 产品合格证。

## 10 标志、包装、运输与贮存

### 10.1 产品标志

产品应用铭牌或其他方法（如低应力字头打印、在构件上铸字等）进行标志，标志文字应清晰可见。宜增加电子标志。

产品标志的内容应包括：

- 产品名称及型号；
- 制造商名称；
- 产品的主要技术参数；
- 各个提升设备应标出载荷额定值或压力额定值；
- 产品编号；
- 主承载件及承压件的追溯号；

——产品制造日期。

当使用电子标志时，标志内容与产品标志要求一致。

## 10.2 包装、运输与贮存

10.2.1 包装前应对产品进行防锈处理，外露接头螺纹涂防锈油，并装护丝防护。

10.2.2 产品应装箱发运，各部件在箱内应固定牢固，不应相互碰撞。

10.2.3 产品应存放在干燥通风、无腐蚀性物质的环境中。

10.2.4 应按标示吊装位置吊装，本体运输时应平放。

**附 录 A**  
**(规范性附录)**  
**顶驱下套管装置**

### A.1 概述

顶驱下套管装置是基于顶驱装置进行下套管作业的一种工具,按照驱动方式可分为液压驱动、机械驱动、液压机械复合驱动顶驱下套管装置。根据夹持套管的部位不同可分为内卡式顶驱下套管装置和外卡式顶驱下套管装置。顶驱下套管装置的设计及制造应满足以下功能及技术要求。

### A.2 功能要求

#### A.2.1 概述

顶驱下套管装置应具备相应的功能,产品部件和整机安装完成后均应进行试验以评定其功能是否达到设计要求。

#### A.2.2 顶驱下套管装置功能描述

A.2.2.1 顶驱下套管装置应和顶驱具有良好的兼容性,与顶驱连接后应留有安全作业空间。

A.2.2.2 顶驱下套管装置通过顶驱的提升和下放实现套管柱的提升和下放动作;通过顶驱的主轴旋转带动顶驱下套管装置的卡瓦夹持总成实现套管螺纹的连接和松开。套管的钻井液灌注和循环通过顶驱钻井液通道完成,顶驱下套管装置的密封导向总成应具备密封套管的能力。

A.2.2.3 顶驱下套管装置下放套管规格应符合 GB/T 19830。

A.2.2.4 顶驱下套管装置下套管作业数据(扭矩、转速)源于顶驱控制系统,应具有设定、记录和归档功能,具备追溯性。

A.2.2.5 顶驱下套管装置为可选配套装置,不作为顶驱的标准配置出厂。

### A.3 顶驱下套管装置设计要求

A.3.1 由于不同规格套管的抗内、外压能力不同,为了安全起见,当套管标称外径大于等于 168.28 mm 时宜采用内卡的夹持方式,当套管标称外径小于 168.28 mm 时宜采用外卡的夹持方式。

A.3.2 顶驱下套管装置与顶驱之间应具有良好的接口(连接螺纹、控制管线),安装时不应拆除内防喷器,安装后不应影响顶驱的基本功能。

A.3.3 顶驱下套管作业时,宜使用加长吊环,可在原吊环的基础上利用短吊环加长原吊环,以满足安全提升管柱要求为准则。

A.3.4 顶驱下套管装置在满足安全提升和扭矩载荷的前提下,一套装置应能满足多种规格套管的作业需求,减少设备的数量。

顶驱下套管装置的卡瓦夹持机构提升管柱时,顶驱下套管装置的额定提升载荷应大于理论套管柱悬重;否则不可使用顶驱下套管装置的卡瓦夹持机构提升,应用满足安全提升的吊环提升套管柱。

A. 3. 5 顶驱下套管装置的卡瓦夹持机构及整机应提供满足驱动套管(柱)旋转的扭矩且具备反转功能,其最小额定工作扭矩应不低于对应套管螺纹上紧扭矩的 1.5 倍,满足松开套管螺纹的技术要求。利用顶驱下套管装置松开套管螺纹时,可能导致顶驱下套管装置与顶驱连接处螺纹松动,应加装防松装置。

A. 3. 6 顶驱下套管装置的卡瓦夹持机构不应咬伤套管工作面,宜通过提高卡瓦夹持机构与套管本体的接触面积改善套管受力情况,宜使用微牙痕技术设计制造卡瓦夹持机构。

A. 3. 7 顶驱下套管装置的密封总成应具备较高的套管密封能力,满足钻井液灌注及循环作业要求。其动态密封压力应不低于钻井液循环通道实际工作压力。

A. 3. 8 顶驱下套管装置上所有螺钉均应采取防松措施,除采用弹簧垫圈等防松措施外还应编织钢丝以防松动掉落。

#### A. 4 顶驱下套管装置试验要求

##### A. 4. 1 概述

包括空载运转试验、拉力加载试验、扭矩加载试验、密封总成密封试验。

##### A. 4. 2 空载运转试验

主轴在 0 rpm~50 rpm 转速之间运转,无级调速,先低速,后高速,低速运转时长不小于 10 min,总运转时长不得小于 30 min。不同转速下最高转矩应不大于 3.0 kN·m。

##### A. 4. 3 拉力加载试验

顶驱下套管装置卡瓦夹持机构(钳牙)抱紧套管后,以额定工作拉力为试验拉力的上限值,按规定从 0 逐级拉伸,测试顶驱下套管装置的提升机构及卡瓦夹持机构的抗拉性能。在试验套管的额定拉力范围内,卡瓦与套管之间应无明显相对轴向滑动,卡瓦对套管无明显咬伤,咬痕深度不超过 1 mm。

##### A. 4. 4 扭矩加载试验

顶驱下套管装置卡瓦夹持机构抱紧套管后,以额定工作扭矩为试验扭矩的上限值,按规定从 0 逐级扭转,测试顶驱下套管装置的传扭机构及卡瓦夹持机构的抗扭性能。在试验套管的额定扭矩范围内,卡瓦与套管之间应无明显相对周向滑动,卡瓦对套管无明显咬伤,咬痕深度不超过 1 mm。

##### A. 4. 5 密封总成试验

密封总成中的主密封元件的密封性能,宜在整机上进行试验。当其工装模拟的压力条件符合组装后该元件的情况时,亦可单独进行试验。试验压力值应不低于对应的密封耐压。以密封耐压为试验压力的上限值,按规定从 0 逐级增压,测试顶驱下套管装置密封总成的密封能力。稳压后保持测试压力 5 min,最大压降不得大于 1.0 MPa。

#### A. 5 技术参数

表征顶驱下套管装置的主要技术参数有提升载荷、工作扭矩和密封耐压，主要参数应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 顶驱下套管装置的主要技术参数

适用套管标称外径 <sup>a</sup>		额定提升载荷 <sup>b</sup>	额定工作扭矩	密封耐压 <sup>c</sup>	连接螺纹 <sup>d</sup>
mm	in	kN	kN·m	MPa	API
114.30	4 1/2	2250	35	34.5	NC50 或 6 5/8 REG
127.00	5	2250	35	34.5	
139.70	5 1/2	2250	35	34.5	
168.28	6 5/8	2250	35	34.5	
177.80	7	2250	35	34.5	
193.68	7 5/8	2250	35	34.5	
196.85	7 3/4	2250	35	34.5	
219.08	8 5/8	2250	35	34.5	
244.48	9 5/8	2250/4500	35/50	34.5	
273.05	10 3/4	4500	50	35	
298.45	11 3/4	4500	50	34.5	
339.72	13 3/8	4500	50	34.5	
406.40	16	4500	50	15	
473.08	18 5/8	4500	50	15	
508.00	20	4500	50	15	

<sup>a</sup> 所有列出套管规格均符合 GB/T 19830，非标套管可按照标称外径接近的套管执行；

<sup>b</sup> 额定提升载荷是指顶驱下套管装置卡瓦夹持机构所能承受的最大提升载荷，不同装置承载能力不同，当实际套管重量大于装置的提升载荷时不应采用装置提升，可用满足要求的吊环提升。

<sup>c</sup> 密封耐压是指顶驱下套管装置密封总成所能承受的最低套管密封压力。

<sup>d</sup> 连接螺纹可根据客户需求进行定制，同时应满足安全提升要求。

## A.6 检验规则

### A.6.1 检验分类

#### A.6.1.1 出厂检验

顶驱下套管装置出厂前应逐台检验，经检验合格附有产品合格证方可出厂。

#### A.6.1.2 型式检验

有下列情况之一应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时。

#### A.6.2 判定规则

型式检验，内容有一项不合格时，则认为型式检验不合格。出厂检验，内容有一项不合格时，则认为该产品不合格。检验项目与判定准则见表 A.2。

A.2 检验项目与判定规则

条号	检验项目	型式检验	出厂检验	
A.4.1	A.4.1.1	空载运转试验	√	√
	A.4.1.2	拉力加载试验	√ <sup>a</sup>	√ <sup>b</sup>
	A.4.1.3	扭矩加载试验	√	√
	A.4.1.4	密封总成试验	√	√
注：√ 表示要进行的检验项目。				
<sup>a</sup> 型式检验拉力应为额定拉力的 1.5 倍，试验过程中不得发生打滑现象。 <sup>b</sup> 出厂检验的最小试验拉力不应小于 1000 kN，试验过程中不得发生打滑现象。				

#### A.7 标识、包装、运输与贮存

产品随机文件、标识、包装、运输与贮存等，按照顶驱装置条款执行。

**附录 B**  
**(资料性附录)**  
**软扭矩系统**

## B.1 技术要求

### B.1.1 系统应用井况条件

软扭矩系统适用于石油天然气钻井作业，出现粘滑振动工况时。

### B.1.2 功能要求

B.1.2.1 系统开启时，应能明显抑制粘滑现象，在 60s 内使地面扭矩（扭矩实际值）波动幅值减小 30%以上。

B.1.2.2 系统应有转速实际值与扭矩实际值的慢速归档、快速归档与趋势显示功能，慢速归档间隔采样周期不大于 500ms，快速归档采样周期不大于 5ms，趋势显示采样周期不大于 500ms。

B.1.2.3 系统应配备 HMI 界面。

### B.1.3 稳定性要求

不应因软扭矩功能致使转速实际值产生发散振荡。

### B.1.4 安全性要求

B.1.4.1 系统开启时，系统不应改变原有顶驱控制系统的安全措施。

B.1.4.2 系统应具有任意工况下参与、退出顶驱控制的能力。

B.1.4.3 系统出现故障时，不应影响顶驱原控制系统的功能。

### B.1.5 防爆要求

应按照 SY/T 6671 关于危险区域的划分，进行相应防爆设计。

### B.1.6 人机交互设备要求

B.1.6.1 应显示系统运行状态。

B.1.6.2 应提供人工调节参数的设置接口，例如启停软扭矩功能、输入钻杆类型等相关参数。对于开启后可能造成地面转速大幅波动的软扭矩技术，还应具备作用强度调节功能。

B.1.6.3 应具备历史数据存储和查询功能。

### B.1.7 操作要求

B.1.7.1 操作人员应经过专门培训，熟悉软扭矩系统的用法和应急处置方法。

B.1.7.2 满足如下条件时，才允许启动软扭矩功能：

- a) 设置好相关参数；
- b) 检查确认参数无误。

## B.2 试验方法

## B.2.1 试验项目

试验项目按表 B.1 的规定执行。

表 B.1 软扭矩系统试验项目

检验项目	技术要求	试验方法	检验方法	
			型式检验	出厂检验
有效性测试	B.2.2.1	B.2.2.2	●	○
频域响应测试	B.2.3.1	B.2.3.2	●	●
稳定性测试	B.2.4.1	B.2.4.2	●	●
安全性测试	B.2.5.1	B.2.5.2	●	●
“●”为应检验项目； “○”为可不检验项目。				

## B.2.2 有效性测试

### B.2.2.1 技术要求

系统开启时，应能明显抑制粘滑现象，达到下列要求：

- a) 启动、运行及停止过程中，不应有异常响声或振动；
- b) 60 秒内地面扭矩（扭矩实际值）波动幅值减小 30%以上；
- c) 试验全程，地面转速（转速实际值）波动幅值应在 0-200%转速设定值之间，但最高不应超过顶驱或转盘的最高允许转速；
- d) 试验全程，地面转速（转速实际值）平均值与转速设定值的偏差应小于转速设定值的 10%；
- e) 应在泵压、钻压、转速设定值、扭矩限定值等钻井参数保持不变的情况下，进行上述试验。试验应采用 B.1.2.2 要求的快速归档数据。

### B.2.2.2 试验条件

实际钻井作业中，出现典型的粘滑现象时。

### B.2.2.3 试验步骤

- a) 观察记录转速实际值、扭矩实际值波动幅值，记录具体数值波动范围；
- b) 启动软扭矩，观察记录开启软扭矩功能开启前 60s 和开启后 60s 内转速实际值、扭矩实际值波动趋势变动情况；
- c) 观察记录软扭矩开启 60s 内转速实际值、扭矩实际值波动幅值，记录具体数值波动范围；
- d) 停止软扭矩；
- e) 试验结果应符合 B.2.2.1。

## B.2.3 频域响应测试

### B.2.3.1 技术要求

应满足具体软扭矩技术对应的频域响应要求。

### B.2.3.2 试验条件

实际钻井作业前，或出厂试验时。试验前，应断开与钻柱连接，拆除与顶驱连接的所有负载，包括冲管。

### B.2.3.3 试验步骤

- a) 使顶驱在额定转速以下匀速运转不小于 30s；
- b) 施加动态扰动不小于 60s，并以不大于 5ms 的采样周期，记录转速扭矩相关的输入、输出和中间控制变量；
- c) 去掉动态扰动；
- d) 使顶驱以额定转速以上匀速运转不小于 30s；
- e) 施加动态扰动不小于 60s，并以不大于 5ms 的采样周期，记录转速扭矩相关的输入、输出和中间控制变量；
- f) 使用数据分析软件对记录数据进行频域响应分析，结果应符合 B.2.3.1 要求。

### B.2.4 稳定性测试

#### B.2.4.1 技术要求

奈奎斯特图显示系统稳定。

#### B.2.4.2 试验条件

频域响应测试完成后。

#### B.2.4.3 试验步骤

采用 B.2.3 的步骤收集记录的数据，生成奈奎斯特图，进行稳定性分析。

### B.2.5 安全性测试

#### B.2.5.1 技术要求

应满足 B.1.4 所列要求。

#### B.2.5.2 试验条件

实际钻井作业前，或出厂试验时。

#### B.2.5.3 试验步骤

应按照如下步骤进行测试和试验：

- a) 系统停止、系统运行的状态下，顶驱原有安全措施均应继续有效；
- b) 系统停止、系统运行的状态下，顶驱自身控制系统在任意工况均可立即获取顶驱的控制权限；
- c) 模拟系统故障，顶驱原控制系统应继续正常工作。

### B.2.6 型式检验

下列情况应进行型式检验：

- B. 2. 6. 1 新设计或老产品转厂生产时；
- B. 2. 6. 2 正式生产的产品在结构、材料及工艺方面有较大改变可能影响产品性能时；
- B. 2. 6. 3 软扭矩系统安装的顶驱发生变化时；
- B. 2. 6. 4 国家或行业的质量监督机构提出进行型式检验要求时。

## 附录 C

### (资料性附录)

### 扭摆减阻系统

#### C.1 技术要求

##### C.1.1 系统应用工况条件

顶驱扭摆减阻系统适用于使用井下动力钻具滑动作业时，钻柱因摩阻过大而无法有效实施滑动钻进的工况。

##### C.1.2 功能要求

##### C.1.3 功能要求

C.1.3.1 系统应具有必要的软、硬件接口，可获取或释放对顶驱等旋转动力装置的相关控制权；系统应采取必要的措施，以确保原控制系统对顶驱或转盘的优先控制权。硬件接口可采用总线通讯、数字信号、模拟信号等形式；软件接口应包括但不限于转速设定值，扭矩限定值，正、反向旋转等。

C.1.3.2 系统应具有控制顶驱正向或反向旋转的功能；应具有控制顶驱连续完成正、反向旋转循环的功能；在顶驱正、反向旋转循环的过程中，应能实时调整相对零点，以利于调整工具面。

C.1.3.3 系统运行时，应能够实时调整旋转参数，正、反向旋转参数应能分别设置，可调整的参数包括但不限于转速设定值、角度设定值、扭矩限定值、相对零点、保持时间、循环次数等。

C.1.3.4 系统应具有紧急停止功能，可在任意状态下紧急停止顶驱并释放对顶驱的控制权。

C.1.3.5 系统运行时，不应使工具面发生非预期的改变。

##### C.1.4 防爆要求

应按照 SY/T 6671 关于危险区域的划分，进行相应防爆设计。

##### C.1.5 HMI 要求

C.1.5.1 应显示系统运行状态并提供系统启停、参数调节的设置接口。

C.1.5.2 应能够记录运行时的状态和参数。

#### C.2 试验方法

##### C.2.1 试验条件

扭摆减阻系统的带载功能测试应在能够模拟井下负载的环境中进行，其它测试应在未连接钻柱时进行。

##### C.2.2 试验项目

试验项目见表 C.1。

表 C.1 顶驱扭摆减阻试验项目

试验项目	技术要求	试验方法	检验方法	
			型式检验	出厂检验
控制精度测试	C.2.3.1.1	C.2.3.1.2	●	●
空载功能测试	C.2.3.2.1	C.2.3.2.2	●	●
带载功能测试	C.2.3.2.1	C.2.3.2.2	●	○
安全性测试	C.2.3.3.1	C.2.3.3.2	●	●
<p>“●”为必须试验项目； “○”为可选择试验项目。</p>				

### C.2.3 试验内容

#### C.2.3.1 顶驱控制精度测试

##### C.2.3.1.1 技术要求

转速偏差不应超过 $\pm 1\%FS$ ；扭矩偏差不应超过 $\pm 2.5\%FS$ ；角度偏差不应超过 $\pm 3^\circ$ ；相对零点偏差不应超过 $\pm 3^\circ$ ；时间偏差不应超过 $\pm 1s$

##### C.2.3.1.2 试验方法

使用扭摆减阻系统启动顶驱，系统启动后，检查以下项目：

- 顶驱启动及运行过程中，不应有异常响声或振动；
- 顶驱运行平稳后，测量顶驱的转速实际值、扭矩实际值、角度实际值、保持时间，应符合 C.2.3.1.1 的要求；
- 至少连续测试 10 个正向、反向旋转循环，相对零点应符合 C.2.3.1.1 的要求。

#### C.2.3.2 空载、带载功能测试

##### C.2.3.2.1 技术要求

- 系统应能按照 HMI 设定的角度设定值、扭矩限定值、转速设定值、保持时间，进行正反向循环；
- HMI 应能正确记录运行时的状态和参数。

##### C.2.3.2.2 试验方法

###### C.2.3.2.2.1 空载功能测试

不向顶驱主轴施加模拟负载，按照如下步骤进行测试和试验：

- 选定一组转速设定值、角度设定值、扭矩限定值、保持时间设定，进行正反向循环，观察主轴运动实际状态和轨迹是否与设定吻合，观察 HMI 的操作、显示和记录是否正确；

- b) 选定另一组转速设定值、角度设定值、扭矩限定值、保持时间设定，进行正反向循环，观察主轴运动实际状态和轨迹是否与设定吻合，观察 HMI 的操作、显示和记录是否正确。

#### C.2.3.2.2 带载功能测试

向顶驱主轴施加模拟负载，按照如下步骤进行测试和试验：

- a) 选定一组转速设定值、角度设定值、扭矩限定值、保持时间设定和模拟负载，进行正反向循环，观察主轴运动实际状态和轨迹是否与设定吻合，观察 HMI 的操作、显示和记录是否正确；
- b) 选定另一组转速设定值、角度设定值、扭矩限定值、保持时间设定和模拟负载，进行正反向循环，观察主轴运动实际状态和轨迹是否与设定吻合，观察 HMI 的操作、显示和记录是否正确。

#### C.2.3.3 系统安全性测试

##### C.2.3.3.1 技术要求

- a) 系统应仅能在顶驱停止且安全的时刻取得顶驱控制权限；
- b) 系统不应改变原有顶驱控制系统的安全措施；
- c) 顶驱自身控制系统权限应高于钻柱扭摆减阻系统权限，应具有任意工况立即获取顶驱控制权限的能力。

##### C.2.3.3.2 试验方法

应按照如下步骤进行测试和试验：

- a) 测试系统在顶驱停止且安全的时刻取得顶驱控制权限，其他任何情况下系统都无法取得控制权限；
- b) 系统停止，系统运行的状态下，顶驱原有安全措施均应继续有效；
- c) 系统停止、系统运行的状态下，顶驱或转盘自身控制系统在任意工况均可立即获取顶驱或转盘的控制权限。

#### C.2.4 型式试验

扭摆减阻系统出现以下情况之一时，应做型式试验：

- a) 扭摆减阻系统安装的顶驱或转盘发生变化时；
- b) 正式生产系统软件版本出现升级后；
- c) 国家或行业的质量监督机构提出进行型式检验要求时。

### C.3 标志、包装、运输及贮存

#### C.3.1 标志

应在不易磨损的明显部位标识：

- 型号；
- 制造商；
- 制造日期；
- 序列号。

### C.3.2 包装

可装箱发运，或由制造商与顾客协商采用其它包装。装箱发运时，包装箱两侧面应有清晰的发货标志和明显的吊装位置标志。包装时应予以防碰减震保护。

C.3.2.1 随机文件应封入塑料袋内。文件应包括：

- 使用说明书；
- 检验合格证；
- 装箱单。

### C.3.3 运输及储存

C.3.3.1 应贮存于防雨、防晒、通风、清洁的库房中，不应接触酸、碱及有机溶剂等腐蚀物质。

C.3.3.2 库房内应保持温度在-15℃~40℃。

C.3.3.3 严禁磕碰、冲撞。

C.3.3.4 贮存间隔超过3个月时，使用前应通电检查。

---