

### 石油天然气钻采设备 修井作业自动化装备技术规范

(征求意见稿)

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 发布

## 目 次

1	范围	4
2	规范性引用文件	4
3	术语和定义	5
4	型式及型号表示方法	6
4.1	产品型式	6
4.2	产品型号表示方法	6
5	基本参数	6
6	配置及功能要求	7
6.1	配置要求	7
6.2	HSE 配置	7
7	主要系统性能要求	8
7.1	总则	8
7.2	井口操作系统	8
7.3	钻台面操作系统	9
7.4	地面输送系统	9
7.5	自动化二层台排管装置	10
7.6	液压系统	10
7.7	气动系统	10
7.8	集成控制系统	10
8	材料要求	11
8.1	总则	11
8.2	书面规范要求	11
8.3	力学性能要求	11
8.4	化学成分和公差	12
8.5	材料质量鉴定	12
8.6	无损检测要求	12
9	制造要求	12
9.1	焊接要求	12
9.2	铸造要求	12
9.3	锻造要求	12
9.4	热处理要求	13
9.5	涂装要求	13
9.6	包装要求	13
10	试验和检验	13

10.1	总则 .....	13
10.2	出厂试验 .....	15
10.3	型式试验 .....	15
10.4	工业试验 .....	16
10.5	外观质量检验 .....	16
11	文件 .....	16
12	标志、包装、运输与贮存 .....	16
12.1	标志 .....	16
12.2	包装 .....	16
12.3	运输 .....	16
12.4	贮存 .....	17

## 前 言

本标准按照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》给出的规定起草。

本标准由中国石油和石油化工设备工业协会提出并归口。

本标准起草单位：中石化四机石油机械有限公司。

本标准主要起草人：

# 修井作业自动化装备技术规范

## 1 范围

本部分规定了陆地用修井作业自动化装备的术语和定义、型式和型号表示方法、基本参数、配置及功能要求、技术要求、材料要求、制造要求、试验和检验、文件以及标志、包装、运输及贮存等要求。

本规范适用于陆地修井作业自动化装备的设计、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 146.1 标准轨距铁路机车车辆限界
- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 229 金属材料夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求
- GB 3836.1 爆炸性气体环境 第1部分：设备通用要求
- GB 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备
- GB 3836.3 爆炸性环境 第3部分：由增安型“e”保护的的设备
- GB 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的的设备
- GB 3836.5 爆炸性环境 第5部分：由正压外壳“p”保护的的设备
- GB 3836.8 爆炸性环境 第8部分：由“n”型保护的的设备
- GB 3836.15 爆炸性环境 第15部分：电气装置的设计、选型和安装
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 7932 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求
- GB/T 7935 液压元件 通用技术条件
- GB/T 8423 石油钻采设备及专用管材词汇
- GB/T 13288.2 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理后的钢材表面粗糙度特性 第2部分
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 17744 石油天然气工业 钻井和修井设备
- GB/T 19190 石油天然气工业 钻井和采油提升设备
- GB/T 23505 石油天然气工业 钻机和修井机
- GB/T 25428 石油天然气工业 钻机和采油设备 钻井和修井机井架、底座
- SY/T 5027 石油钻采设备用气动元件
- SY/T 5049 钻井和修井卡瓦
- SY/T 5074 钻井和修井用动力钳、吊钳

- SY/T 5400.1 石油钻修井用动力钳 第1部分：钻杆钳  
 SY/T 5532 石油钻井和修井用绞车  
 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  
 SY/T 6680 石油钻机和修井机出厂验收规范  
 SY/T 6727 石油钻机液压盘式刹车  
 SY/T 7421 石油天然气钻采设备钻井和修井用管柱自动化处理系统

### 3 术语和定义

GB/T 8423界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 修井作业自动化装备

采用自动控制系统，由多种自动化设备组成，满足修井作业机械化或自动化作业的装置的总称，分为小修作业自动化装备、大修作业自动化装备等。

#### 3.2 小修作业自动化装备

采用自动控制系统，由多种自动化设备组成，满足小修作业机械化或自动化作业的装置的总称，包含修井机主机、井口操作系统、地面输送系统、集成控制系统等组成。

#### 3.3 大修作业自动化装备

采用自动控制系统，由多种自动化设备组成，满足大修作业机械化或自动化作业的装置的总称，包含修井机主机、地面输送系统、钻台面操作系统、自动化二层台排管系统、集成控制系统等组成。

#### 3.4 井口操作系统

由多个设备组成，用于小修作业的井口操作，放置在井口区域，能完成油管卡持及抓取、上卸扣、推扶作业管柱及井口液体收集等功能的工具及装置的总称。由自动上卸扣动力钳、动力卡瓦、动力吊卡、扶管机械手等组成

#### 3.5 地面输送系统

由多个设备组成，能够实现作业管柱自地面装置到井口作业区域的双向传送及排放功能的一种自动化系统。

#### 3.6 钻台面操作系统

由多个设备组成，用于大修作业，布置在钻台面区域，实现管柱卡持及抓取、自动上卸扣、丝扣油涂抹等井口操作工序的管柱操作系统。由铁钻工、动力卡瓦、动力吊卡、钻台面机械手、自动丝扣油涂抹装置等组成。

#### 3.7 自动化二层台排管装置

由多种设备组成，能够实现修井作业中钻杆、油管、钻铤等管柱存放、输送、连接、排放作业的自动化装置。

#### 3.8 集成控制系统

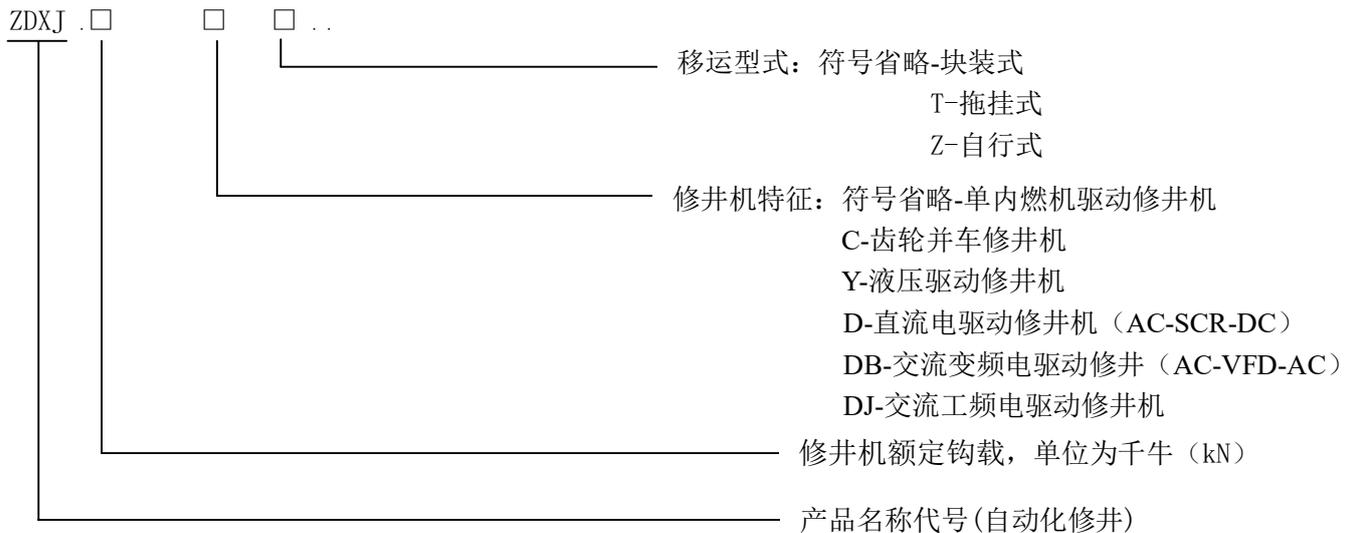
一种将修井机主机及自动化工具集中操作控制,实现各设备之间流程联锁、智能防撞、安全交接及数据管理功能,提升修井机作业效率及运行安全性的系统。

## 4 型式及型号表示方法

### 4.1 产品型式

修井作业自动化装备产品形式满足 GB/T 23505 4.1 型式表示方法。

### 4.2 产品型号表示方法



示例: 最大钩载 1800kN、自行式、双内燃机驱动齿轮并车的修井机型号表示为: ZDXJ1800CZ。

## 5 基本参数

表1 修井作业自动化装备基本参数

产品型号		ZDXJ-700	ZDXJ-900	ZDXJ-1100	ZDXJ-1350	ZDXJ-1600	ZDXJ-1800	ZDXJ-2250	
最大钩载 (kN)		700	900	1 100	1 350	1 600	1 800	2 250	
名义修井深度 (Km)	小修深度 φ73mm (2 7/8 外加厚油管)	3 200	4 000	5 500	7 000	8 500	—	—	
	大修深度	φ73mm (2 7/8) 钻杆	—	3 200	4 500	5 800	7 000	8 000	9 000
		φ88.9mm (3 1/2) 钻杆	—	2 500	3 500	4 500	5 500	6 500	7 500
		φ114mm (4 1/2) 钻杆	—	—	—	3 600	4 200	5 000	6 000

额定载荷 (KN)	400	600	800	1 000	1 200	1 500	1 800
井架高度 (m)	21	21	31~34	34,35	35,36	38, 39,41	38, 39,41
绞车功率 (KW)	160~260	260~330	280~400	330~450	400~500	450~600	550~746
管柱处理速度 (S/h)	35~40	35~40	25~35	25~35	25~35	25~35	25~35
处理管柱直径 (mm)	60.3~88.9	60.3~88.9	73~88.9	73~88.9	73~88.9	73~127	73~127
动力卡瓦承载能力 kN	750	1 200	1 200	1 750	1 750	2 000	2 500
动力吊卡提升能力 kN	700	900	1 500	1 500	1 500	2 000	2 500
二层台机械手推力 N	/	/	600	600	600	2 000	2 000
液压钳或铁钻工上扣扭矩 Kn.m	3.5	3.5	20	20	20	90	90
液压钳或铁钻工卸扣扭矩 Kn.m	6	6	30	30	30	120	120
动力猫道额定起升负荷 kg	350	350	500	500	500	2 000	2 000

## 6 配置及功能要求

### 6.1 配置要求

6.1.1 修井作业自动化装备应配置液压盘刹。

6.1.2 修井作业自动化装备宜配置司钻操作室或司钻控制房。

6.1.3 修井作业自动化装置中管柱自动化处理各系统配置要求应满足 SY/T 7421-2018 第 6 章配置及功能要求。

6.1.4 井口操作系统主要包括机械手、自动上卸扣动力钳、动力卡瓦、动力吊卡等管柱处理设备及必需的控制单元，可按需配置作业平台、防溅装置、对扣装置、接箍定位器等辅助设备。

6.1.5 钻台面操作系统主要由铁钻工、动力卡瓦、动力吊卡、等管柱处理设备及必需的控制单元组成。可按需配置钻台面机械手、自动丝扣油涂抹装置等辅助设备。

6.1.6 地面输送系统主要包括动力猫道、管架及必需的控制单元。可按需配置管柱测长装置、自动排管架、自动排管盒等辅助设备。

6.1.7 自动化二层台排管装置包括智能排管机械手、二层台及自动指梁及必需的控制单元，可按需配置导向装置等辅助设备。

### 6.2 HSE 配置

6.2.1 所有设备的吊装耳板、吊装管等应有永久性安全载荷 (SWL) 标识，吊耳应采用封闭吊耳。吊装耳板的安全工作载荷与试验载荷见表 2。

表2 安全工作载荷与试验载荷

安全工作载荷 (SWL) kN	试验载荷 kN
SWL ≤ 200	1.25 × SWL
200 < SWL ≤ 500	50 kN + SWL

- 6.2.2 配套的所有吊装用钢丝绳、安全绳应在绳头标明安全载荷 (SWL)，吊装用卸扣采用四件套式。
- 6.2.3 所有外露旋转类设施及设备应设置防护罩等防护设施，并在相应位置标示箭头式旋转方向。
- 6.2.4 修井机应至少配置过卷防碰及电子防碰系统（具有防上碰、下砸及游动系统高度标识功能），电子防碰系统能为自动化作业装置提供游动系统高度数据。
- 6.2.5 应配置人员高空操作防坠落等安全措施。
- 6.2.6 修井机主机、自动化作业装置应分别配置紧急停车系统。
- 6.2.7 各种人员操作平台周边应设置防护护栏，护栏高度应不低于 1 200 mm，并配置踢脚板。
- 6.2.8 操作台、走道及工作台面应有安全防滑措施。
- 6.2.9 操作台面以上高于人体部位上的连接件、紧固件、悬挂件应配置防松、防脱落等安全保护装置。
- 6.2.10 电机、配电柜等用电设备应配置安全接地保护系统。
- 6.2.11 天车应在最高部位设置信号灯警示系统及避雷系统。
- 6.2.12 应配置相应的消防器材及灭火设备，以具体的采购方与供方的约定为准。消防设备布置在便于存放及使用的位置。
- 6.2.13 井口平台应有井口污液回收装置。
- 6.2.14 管柱自动化处理系统 HSE 配置推荐要求应满足 SY/T 7421-2018 第 7.2 章 HSE 要求。

## 7 主要系统性能要求

### 7.1 总则

- 7.1.1 修井作业自动化装备型式与参数应符合 GB/T 23505 的要求；
- 7.1.2 井架、底座的设计制造应符合 GB/T 25428 的要求；
- 7.1.3 游车大钩的设计制造应符合 GB/T 19190 的要求；
- 7.1.4 绞车的设计制造应符合 GB/T 17744、SY/T 5532 的规定；
- 7.1.5 修井作业自动化装备中配置的自动化修井作业装置的功能应满足 SY/T 7421 的要求；
- 7.1.6 修井作业自动化装备中应配置集成控制系统，将自动化修井作业装置控制系统及修井机主机控制进行集中管理，形成必要的安全连锁，满足作业安全的要求；

### 7.2 井口操作系统

#### 7.2.1 动力钳

- 7.2.1.1 动力钳的设计制造应符合 GB/T 17744、SY/T 5074 的相关要求。
- 7.2.1.2 动力钳应配有扭矩传感系统，有扭矩调节功能。

#### 7.2.2 动力吊卡

- 7.2.2.1 动力吊卡的设计制造应符合 GB/T 19190 的要求。
- 7.2.2.2 动力吊卡应配置翻转机构，满足井口管柱、管杆输送系统输送管柱等的抓取。
- 7.2.2.3 动力吊卡管线应布置合理、标识清晰，液压胶管配有耐磨保护套，确保动力吊卡上下运动过程中无干涉情况。

- 7.2.2.4 动力吊卡的打开/闭合、翻转/复位的速度可调。
- 7.2.2.5 动力吊卡宜配有机械保险、液压保险与机电联锁等多重保护功能。
- 7.2.2.6 动力吊卡打开/关闭动作控制、吊卡翻转/复位动作控制、管柱进入反馈信号、吊卡关闭反馈信号应提供给集成控制系统。

### 7.2.3 动力卡瓦

- 7.2.3.1 动力卡瓦的设计制造应符合 GB/T 17744、SY/T 5049 的要求。
- 7.2.3.2 动力卡瓦由修井机提供动力源。
- 7.2.3.3 由司钻操作控制卡瓦/盘的开合。
- 7.2.3.4 卡瓦牙上方安装有可拆卸的吊卡支架。

## 7.3 钻台面操作系统

### 7.3.1 铁钻工

- 7.3.1.1 铁钻工的设计应符合 SY/T 5400.1、SY/T 5074 有关规定。
- 7.3.1.2 采用电、液联合控制，具有本地手动、远程自动控制模式。
- 7.3.1.3 采油电控液模式，通过 PLC 程序控制，可分步一键完成上卸扣作业。
- 7.3.1.4 应具备通讯（数据交互）功能。

### 7.3.2 钻台面机械手

- 7.3.2.1 满足不同尺寸钻杆、油管等操作要求。
- 7.3.2.2 具有一键智能，立根盒位置学习记忆，参数预设、抓手自动对中井口功能。
- 7.3.2.3 机械手具有猫道避让功能。
- 7.3.2.4 应具备通讯（数据交互）功能。

### 7.3.3 动力吊卡、动力卡瓦

钻台面操作系统中动力吊卡、动力卡瓦满足7.2.2及7.2.3要求。

## 7.4 地面输送系统

### 7.4.1 动力猫道

- 7.4.1.1 完成管杆在桥架（或管盒）与钻台/井口之间自动输送。
- 7.4.1.2 可在控制柜手动操作、无线遥控操作、集成控制系统远程操作。
- 7.4.1.3 7.4.1.2 中描述的操作均具有急停功能,通过程序切断控制输出。另外在司钻台处设置一处急停,可直接切断液压源。
- 7.4.1.4 控制系统电压为 DC24 V。
- 7.4.1.5 伸缩和举升与翻转动作应具有互锁功能。
- 7.4.1.6 动力猫道输送高度应能满足钻台/井口高度的要求。
- 7.4.1.7 配置管柱测长装置猫道，测长装置测量误差应小于 0.2 %。
- 7.4.1.8 应具有自动及手动控制两种控制方式。
- 7.4.1.9 起升或下放动作轻柔，具有自动加减速功能。
- 7.4.1.10 应具备通讯（数据交互）功能。

### 7.4.2 管盒

- 7.4.2.1 管盒有带动力和不带动力的两种型式，适合于 $\leq 9.8$  m管柱存放。
- 7.4.2.2 管盒能对管柱进行立体、有序、整齐的码放，并方便存放与抓取。
- 7.4.2.3 管盒设置泥浆油污收集底盒。
- 7.4.2.4 管盒应能满足满容量整体吊装的要求。

## 7.5 自动化二层台排管装置

- 7.5.1 机械手驱动方式宜采用电驱动或者液压驱动方式。
- 7.5.2 机械手安装在二层台猴道下方，在起、下管柱过程中，机械手与动力吊卡配合，实现立根在指梁的排放和取出，替代井架工、实现二层台机械化或自动化作业。
- 7.5.3 配备防止管柱从指梁脱出的指梁锁，封闭式防雨雪设计。
- 7.5.4 机械手的抓手按需配置加热功能，冬季运行无卡滞。
- 7.5.5 指梁、指梁锁、弹簧片等可拆卸部件应采取防坠保护措施。
- 7.5.6 可分步一键完成排管、取管作业。
- 7.5.7 应具备通讯（数据交互）功能。
- 7.5.8 自动化二层台排管装置应与修井机一体化运输。

## 7.6 液压系统

- 7.6.1 液压系统和液压元件应符合 GB/T 3766、GB/T 7935 的规定。
- 7.6.2 液压源应满足自动化修井作业装备多设备同时工作的需求，设有液位、油温、压力等显示，具备油温、液位、油污等报警功能以及适宜的过滤、加热或冷却功能。
- 7.6.3 液压系统的额定工作压力宜为 14 MPa 或 16 MPa。必要时，井架起升、伸缩液压系统可以按 21 MPa 设计。
- 7.6.4 液压系统工作温度 $-20\sim 60$  °C，炎热地区，液压油箱油温不得高于 80 °C。
- 7.6.5 低温环境下，液压油、胶管、控制阀及管路密封件等元件应具有良好的低温性能。
- 7.6.6 应使用规定的液压油，滤油器过滤粒度最大宜为 30  $\mu\text{m}$ 。
- 7.6.7 除特殊规定外，液压泵的进口工作油温不宜超过 60 °C。
- 7.6.8 液压支腿应带机械式锁紧装置。
- 7.6.9 起升、伸缩缸接口处应配置节流口，以防止井架自由下落。宜选择合适的位置设置明显标记，提升和警告井架起放操作者在每次起放井架前将井架起升和伸缩液缸内的气体排尽。
- 7.6.10 盘刹液压站应符合 SY/T 6727 的规定。
- 7.6.11 盘刹液压站应可满足液压盘式刹车动力源要求，并实现断电后自动锁死刹车报警。
- 7.6.12 小修自动化作业装置井口自动化工具液压系统宜与主机液压系统集成。

## 7.7 气动系统

- 7.7.1 气动系统和气动元件应符合 GB/T 7932、SY/T 5027 的规定。
- 7.7.2 气动系统应设过滤装置，过滤粒度为 40  $\mu\text{m}$ 。
- 7.7.3 气动系统应设防冻装置。
- 7.7.4 底盘车及台上发动机的空压机宜为整个气路系统提供 0.8 MPa 的气源，车载储气筒作为整机的储气筒。
- 7.7.5 设备的供气端应配置气处理元件，具有压力设定、除水、过滤等功能。
- 7.7.6 空压机出口气管线应采用金属管线，便于压缩空气快速冷却。
- 7.7.7 气路应能够满足各个气动阀件、气缸、气喇叭的供气使用。

7.7.8 阀件、管路等气动元件应设置容易调整和维护的位置，排气口的朝向设置应合理，必要时应单独设置排气管线。

## 7.8 集成控制系统

7.8.1 室外露天环境的电气元件/柜体防护等级不低于 GB/T 4208 规定的 IP54，室内电气元件/柜体防护等级不低于 GB/T 4208 规定的 IP23。

7.8.2 司钻房内操作元器件应根据操作频次、操作工序人性化布局。

7.8.3 显示屏幕应增加遮光处理，保证任何光线下司钻均可看清。

7.8.4 控制台的安装位置应使操作人员具有足够开阔的视野及安全撤离通道。控制台布置应集中布置，设计应具备必要的报警、故障指示和急停功能，并合理划分功能区域，采用人性化设计，便于人员操作。

7.8.5 集成控制系统人机界面应对操作人员开放必要的参数设备和设备运行状态参数显示窗口。

7.8.6 集成控制系统应对控制设备进行分级急停，保障作业安全。

7.8.7 集成控制系统由集成操作台（包括操作开关、手柄、触控屏、控制器、开关电源等）、工业计算机、上位机软件、设备监控软件、视频监控等组成。

7.8.8 支持对所有自动化设备（包括二层台机械手、铁钻工、动力吊卡、动力卡瓦、动力猫道、液压站等）的远程手动与自动操作及修井机（改造除外）操作，实时显示修井机及自动化设备主要参数、故障信息及现场监控。

7.8.9 吊卡打开时有声音或灯光警示。

7.8.10 机械手在井口区域时有声音或灯光警示。

7.8.11 设备运行时，游动系统、二层台机械手、铁钻工、钻台面机械手、动力吊卡、动力卡瓦、动力猫道等装置具备空间上智能防碰及安全交接功能。

7.8.12 动力吊卡、动力卡瓦、机械手（含二层台和钻台面或者扶管机械手）、游车大钩、铁钻工（或自动上卸扣动力钳）联动过程中应有互锁控制功能。

7.8.13 设备数据采集应涵盖修井作业主要部件的关键参数，并进行存档及远程传输。

7.8.14 控制系统应满足多设备并行工作或者单元设备独立工作时的控制要求。

## 8 材料要求

### 8.1 总则

除非另有规定，否则，本章描述了修井作业自动化装备关键件的主承载件和承压件的材料质量鉴定、性能和加工制造的各项要求。

制造按本标准提供的设备时所用的所有材料，应适用于预期作业。

### 8.2 书面规范要求

材料的书面规范要求至少应明确以下参数和极限：

- a) 力学性能要求；
- b) 化学成分和公差要求；
- c) 材料质量鉴定要求。
- d) 适用时，无损检测要求。

### 8.3 力学性能要求

8.3.1 材料的力学性能应满足设计要求或材料规范规定的要求。

8.3.2 若需方对材料的冲击韧性有要求，供方应使用具备相应冲击韧性要求的材料，且供需双方应就最低设计温度和冲击试验结果要求达成一致。

8.3.3 关键零部件应由在要求的最低设计温度下具有规定缺口韧性的材料制造，冲击试验应按 GB/T 229 或国际国内公认的标准要求进行。

8.3.4 当必需使用小尺寸冲击试样时，则验收准则应乘以对应的调整系数。不允许采用宽度小于 5 mm 的小尺寸试样。

#### 8.4 化学成分和公差

材料的化学成分和公差应符合材料规范规定的要求。

#### 8.5 材料质量鉴定

8.5.1 材料力学性能试验，应在质量鉴定试样上进行，该试样应代表零部件制造中所用的炉及热处理批。质量鉴定试样应与其代表的零部件是一整体或分体，或取自牺牲的产品件，且试样应与其鉴定的零部件出自同一炉，经过相同的工序，并且应与零部件一起进行热处理。

8.5.2 铸造质量鉴定试块应与其鉴定的零件采用相同的铸造作法，以保证其代表性。

8.5.3 锻造质量鉴定试块的总锻造比不应超过其所鉴定零件的总锻造比。

8.5.4 力学性能试验应按 GB/T 228.1、GB/T 229，或国际国内公认的标准要求，在材料最终热处理状态下进行。

#### 8.6 无损检测要求

如果设计和/或工艺有要求时，应根据主承载件和/或承压件的无损检测质量要求，确定金属材料的无损检测要求。

### 9 制造要求

#### 9.1 焊接要求

9.1.1 焊接母材应按设计选材，未经设计部门认可不得随意代用。

9.1.2 焊缝应符合设计和相应焊接工艺规程（WPS）的要求。

9.1.3 制造商应按照执行的焊接工艺评定标准编制书面的焊接工艺规程（WPS）和焊接工艺评定记录（PQR）。焊接工艺规程应说明主要的、非主要的和附加的因素。焊接工艺评定记录（PQR）所确定的焊缝金属的机械性能，应不低于母材最低机械性能。实验记录报告应保存。

9.1.4 焊接操作者必须具备与焊接方法、接头形式、材料规格和焊接位置等相对应的操作技能，并具备相应的资格证书；

9.1.5 焊材应符合相应的国家、行业或焊材制造商的标准，产品制造商应编制关于焊材管理的文件，以规范焊材的保管和使用。低氢型材料应按焊材制造商的推荐做法储存和使用，以保持原有的低氢性能。

9.1.6 如果铸件修补厚度超过原壁厚的 25 % 或 25.4 (1 in)（以其较小者为准），则该修补应属于大型修补，应用射线照相法或超声波法进行检测。

9.1.7 所有关键焊缝应进行 100 % 的目视检验。设计确定的所有承受拉伸载荷不小于其许用应力 70 % 的全焊透或部分焊透焊缝，应进行超声波或射线检验。制造商技术部门应将要求体积无损检测的焊缝形成文件。

#### 9.2 铸造要求

铸件应按制造商规定的规范要求制造，并符合规范规定的内在和表面质量要求。

### 9.3 锻造要求

锻件应使用可在零件整个截面上得到锻造组织的工艺进行制造。

### 9.4 热处理要求

- 9.4.1 用于热处理作业的装置应按制造商或加工商规定要求鉴定合格。
- 9.4.2 热处理炉内材料的装载，不得对该热处理批的其他零件产生不良影响。
- 9.4.3 热处理周期的温度和时间要求，应按照制造商或加工商的书面规范规定。
- 9.4.4 应记录实际热处理温度和时间，热处理记录应能溯源到相应的零部件。

### 9.5 涂装要求

- 9.5.1 设备主体结构（如井架、车架等）应使用金属磨料进行喷砂处理，基体表面清洁度应达到 Sa2.5 级。喷砂后应按照 GB/T 13288.2 的规定，用粗糙度比较样块进行评定，表面粗糙度应达到 M 级要求。
- 9.5.2 不宜喷砂处理的薄壁件和喷漆后配焊的部件应通过手工或动力工具除锈，除锈后按照 GB/T 8923.2 中的规定进行质量评定，基体表面清洁度应达到 St3 级。
- 9.5.3 除非另有规定，应按照 SY/T 6919 的规定，根据腐蚀环境和使用年限选择合理的涂层配套及漆膜厚度。

### 9.6 包装要求

- 9.6.1 设备包装应符合 GB/T 13384、GB/T 191 的规定。
- 9.6.2 连接紧固件、备件、附件及专用工具应进行防锈处理。
- 9.6.3 电气仪器、仪表等应进行防潮、防寒、防震、防腐等保护。
- 9.6.4 部件集成捆扎或装箱叠放时，各部件之间应使用毛毡、橡胶板等进行分隔处理。
- 9.6.5 若裸装运输，设备主要配合关系的裸露部位应涂润滑脂或防锈剂或安装防护。
- 9.6.6 单体吊装设备应标示吊装位置。
- 9.6.7 随机文件应装在不透水塑料袋内，应与随车附件一起装箱。

## 10 试验和检验

### 10.1 总则

- 10.1.1 修井作业自动化装备主机试验应符合 GB/T 23505 第 8 章 试验和记录要求。
- 10.1.2 修井作业自动化装置组装完成后应进行试验，以评定其功能是否达到设计要求，验证设计合理性和系统运行稳定性。
- 10.1.3 修井作业自动化装置进行试验前，应满足以下要求：
  - a) 符合 SY/T 6680 的外观质量检验要求；
  - b) 各组成设备完成试验并检验合格。
- 10.1.4 试验应符合经规定程序批准的试验大纲和设计图纸等技术文件的要求，满足系统的功能要求，并按照表 3 进行验收。

表3 修井作业自动化装备自动化系统试验项目

序号	试验项目	试验内容	试验要求	型式 试验	出厂 试验	工业 试验
1	液压系统压力试验	1 压力 2 密封性能 3 噪音	分别启动各液压泵，使液压系统加载至额定压力后，保压 10min。系统压力应稳定，各连接和密封处无泄漏现象，管路无永久变形。	√	√	√
2	气密性试验	1 压力 2 密封性能	向气控系统管路充气并加压至额定压力后，检查各气路管线的密封性，应无明显泄漏现象。	√	√	√
3	急停功能试验	1 急停时灵敏性 2 复位时安全可靠	各设备运行期间，操作急停控制开关，对应设备应立即停止，并处于安全锁止状态，无异常现象。复位操作后，对应设备应解除锁止状态。每个设备的试验次数不低于 3 次。	√	√	√
4	断电/断液/断气功能试验	断电/断液/断气任何一种状态下，设备立即停止工作试验。	设备运行期间，关闭液压泵或断开动力源供电，设备应立即停止运行，处于安全锁止状态，无异常现象。试验次数不低于 3 次。	√	√	√
5	安全互锁功能试验	1 吊卡与二层机械手 2 吊卡与卡瓦	自动化系统，应按照互锁功能要求，在相关设备间进行联动互锁试验。互锁应可靠，功能正常。每项互锁功能试验次数不低于 3 次。	√	√	√
6	防撞功能试验	1、游动系统与二层台机械手 2、游动系统与铁钻工 3、游动系统与钻台面机械手 4、游动系统与动力猫道 5、铁钻工与动力猫道 6、铁钻工与钻台面机械手 7、猫道与钻台面机械手	自动化系统，应按照防撞功能要求，在相关设备间进行防撞试验。防撞功能应可靠，功能正常。每项防撞功能试验次数不低于 3 次。	√	√	√

表 3 (续)

序号	试验项目	试验内容	试验要求	型式试验	出厂试验	工业试验
7	空载功能试验	1 吊卡 2 卡瓦 3 铁钻工 4 液压猫道 5 机械手	分别控制各设备执行机构进行空载动作,按最大行程、最高速度运行。各机构应执行到位,动作灵活,控制正确,运行平稳。各设备执行机构的试验次数不低于 10 次。	√	√	√
8	联调功能试验	完成一个完整的作业流程。	多设备联合试验,按照管柱处理系统的功能和作业流程要求,对适用范围内管柱的输送、连接或排放的整个处理流程进行实际验证。上卸扣扭矩应适应试验管柱的上扣要求。每种规格的管柱试验不低于 5 次,并选择其中一种规格管柱的试验次数不低于 10 次。 管柱处理系统应以远程控制方式完成试验流程,各设备运行平稳,控制正确,动作执行准确到位,上卸扣夹夹紧可靠不打滑,设备温升和噪音符合要求,达到管柱处理系统参数及功能要求。	√	√	√
9	最大载荷试验	1 吊卡 2 卡瓦 3 铁钻工上卸扣最大扭矩	多设备联合试验,按照管柱处理系统的功能和作业流程要求,对最大载荷管柱的输送、连接或排放的整个处理流程进行实际验证。上扣扭矩应适应试验管柱的上扣要求。试验次数不低于 3 次。 管柱处理系统应以远程控制方式完成最大载荷试验流程,设备运行平稳,动作执行到位,各机构无明显损伤变形,设备温升和噪音符合要求,达到管柱处理系统参数及功能要求。	√	×	√
√表示应进行的试验项目, ×表示不进行的试验项目。						

10.1.5 关联的试验内容中有一项不合格时,则认为相关联的连续性试验不合格。型式试验/出厂试验中有一项试验不合格,则认为型式试验/出厂试验不合格。

10.1.6 试验项目及内容应按自动化的配置和功能要求确定,未配置的功能不需进行试验。

10.1.7 载荷、扭矩、压力等试验装置应按相应的书面规范进行校准,以保证试验结果的正确性。

10.1.8 试验过程应客观、真实地予以记录。

## 10.2 出厂试验

10.2.1 每套自动化修井作业装备均应进行出厂试验。经检验合格并出具产品合格证方可出厂。

10.2.2 出厂试验应包括（但不局限于）表3所示项目，其中的联调功能试验应根据自动化修井作业装备配套范围，在处理管柱中选择一种规格进行功能验证。

10.2.3 载荷、扭矩、压力等试验装置应按相应的书面规范进行校准，以保证试验结果的正确性。

10.2.4 试验过程应客观、真实地予以记录。记录保存应符合第9章要求。

### 10.3 型式试验

10.3.1 在出现下列情形之一时，自动化修井作业装备应进行型式试验：

- 新产品试制出厂时；
- 正常批量生产后，产品在结构、材料或工艺上有重大改变可能影响产品性能时；
- 停产两年以上恢复生产时；
- 当用户有要求时。

### 10.4 工业试验

10.4.1 自动化修井作业装备在定型生产或批量生产前应经过工业性试验，工业性试验在油气田现场进行。

10.4.2 根据装备参数及配置要求。选择3口井~5口井进行工业试验，应保证实际作业能力不低于设计能力的70%。

10.4.3 现场作业时的设备安装、使用和维护应按产品的操作说明书的规定和操作规程进行。

10.4.4 制造商应对自动化修井作业装备工业性试验的内容、程序、要求等形成书面的规定。

### 10.5 外观质量检验

总装完成后的自动化修井作业装备，修井机主机和单元设备应进行外观质量检验，检验内容应按照SY/T 6680的规定执行。

## 11 文件

作业设备的试验过程应予以记录，所有记录的管理、记录的提供和保存应按SY/T 6680的规定执行。

## 12 标志、包装、运输与贮存

### 12.1 标志

产品采用铭牌的方式进行标志。铭牌应布置在设备主体上，在明显的地方固定牢靠，文字清晰可见。铭牌尺寸应符合GB/T 13306的规定，内容至少应包括：

- 产品名称及型号；
- 制造商名称；
- 主要技术参数；
- 产品编号；
- 制造日期。

### 12.2 包装

12.2.1 设备包装应符合GB/T 13384、GB/T 191的规定。

12.2.2 连接紧固件、备件、附件及专用工具应进行防锈处理。

- 12.2.3 电气仪器、仪表等应进行防潮、防寒、防震、防腐等保护。
- 12.2.4 部件集成捆扎或装箱叠放时，各部件之间应使用毛毡、橡胶板等进行分隔处理。
- 12.2.5 若裸装运输，设备主要配合关系的裸露部位应涂润滑脂或防锈剂或安装防护。
- 12.2.6 随机文件应装在不透水塑料袋内，应与随车附件一起装箱。

### 12.3 运输

- 12.3.1 对单体吊装设备应明显表示出吊装位置标志。采用标准轨距铁路运输的产品，其外形尺寸不应超过 GB 146.1 中规定的机动车辆限界。
- 12.3.2 产品运输应用起重运输工具或设备，不允许在地面上拖拉。运输过程中应防止雨淋，并固定好产品，避免产品遭受弯曲、碰撞、掉落或其他物体相撞所产生的机械损伤。
- 12.3.3 吊装应使用设备自带的吊耳进行吊装，吊装过程防止装置和其它设备、车辆碰撞。

### 12.4 贮存

产品应存放在干燥通风、无腐蚀性物质的环境中。贮存前应进行排空、防锈、封堵、保护等处理，按照SY/T 6680中的贮存要求执行。

---