

ICS 65.060.30

CCS B 91

# T/SCMES

四川省机械工程学会团体标准

T/SCMES 24—2024

## 石油天然气钻采设备 智能钻机

Petroleum drilling and production equipment—Smart drilling rig

2024 - 12 - 04 发布

2024 - 12 - 30 实施

四川省机械工程学会 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义和缩略语 .....	2
4 型式、型号表示方法和基本参数 .....	3
5 配置要求 .....	5
6 技术要求 .....	6
7 试验和记录 .....	11
8 标识、出厂文件、贮存、包装和运输 .....	11
附录 A (资料性) ZJ70/4500DB-Z 智能钻机的推荐配置 .....	12
附录 B (资料性) ZMS 试验矩阵 .....	16
参考文献 .....	19

## 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。

本文件由四川省机械工程学会提出并归口。

本文件起草单位：四川宏华石油设备有限公司、四川宏华电气有限责任公司、宝鸡石油机械有限责任公司、汉正检测技术有限公司、中石化中原石油工程有限公司、西南石油大学、兰州兰石石油装备工程股份有限公司。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

# 石油天然气钻采设备 智能钻机

## 1 范围

本文件规定了陆地石油天然气智能钻机的术语和定义、产品型号、基本参数、配置要求、技术要求、试验和记录、标识、出厂文件、贮存、包装和运输。

本文件适用于陆地石油天然气智能钻机的设计、制造和检验。

## 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 150（所有部分） 压力容器
- GB/T 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求（GB/T 3766—2015, ISO 4413:2010, MOD）
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求（GB/T 3836.1—2021, ISO 60079-0:2017, MOD）
- GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备（GB/T 3836.2—2021, ISO 60079-1:2014, MOD）
- GB/T 3836.3 爆炸性环境 第3部分：由增安型“e”保护的的设备（GB/T 3836.3—2021, ISO 60079-7:2015, MOD）
- GB/T 3836.5 爆炸性环境 第5部分：由正压外壳“p”保护的的设备（GB/T 3836.5—2021, ISO 60079-2:2014, MOD）
- GB/T 3836.8 爆炸性环境 第8部分：由“n”型保护的的设备（GB/T 3836.8—2021, ISO 60079-15:2017, MOD）
- 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 4208—2017, IEC 60529:2013, IDT）
- GB/T 7932 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求（GB/T 7932—2017, ISO 4414:2010, IDT）
- GB/T 8423.5 石油天然气工业术语 第5部分：设备与材料
- GB/T 14039 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号（GB/T 14039—2002, ISO 4406:1999, MOD）
- 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 20174 石油天然气工业 钻井和采油设备 钻通设备
- GB/T 23505—2017 石油天然气工业 钻机和修井机
- GB/T 23507（所有部分） 石油钻机用电气设备规范
- GB/T 25133 液压系统总成 管路冲洗方法（GB/T 25133—2010, ISO 23309:2007, IDT）
- GB/T 25428 石油天然气工业 钻井和采油设备 钻井和修井井架、底座
- GB/T 31049 石油钻机顶部驱动钻井装置
- GB/T 32338 石油天然气工业 钻井和修井设备 钻井泵
- GB/T 40089 石油和天然气工业用钢丝绳 最低要求和验收条件（GB/T 40089—2021, ISO 10425:2003, MOD）
- SY/T 5030 石油天然气钻采设备 柴油机
- SY/T 5053.2 石油天然气钻采设备 钻井井口控制设备及分流设备控制系统
- SY/T 5074 钻井和修井动力钳、吊钳
- SY/T 5244 石油天然气钻采设备 钻井液循环管汇
- SY/T 5323 石油和天然气工业 钻井和采油设备 节流和压井设备
- SY/T 5532 石油钻井和修井用绞车
- SY/T 5612 石油天然气钻采设备 钻井液固相控制设备规范
- SY/T 6666 石油天然气工业用钢丝绳的选用和维护的推荐作法

- SY/T 6680 石油天然气钻采设备 钻机和修井机出厂验收规范
- 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
- API RP 505 石油设施电气设备场所1级0区、1区和2区的分类推荐作法( Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2)
- API RP 9B 油田钢丝绳的应用、维护和使用 (Application, Care, and use of Wire Rope for Oil Field Service)
- API Spec 4F 钻井和修井结构规范( Specification for Drilling and Well Servicing Structures)
- API Spec 7K 钻井和修井设备(Drilling and Well Servicing Equipment)
- API Spec 8C 钻井和采油提升设备规范(Drilling and Production Hoisting Equipment)
- API Spec 9A 钢丝绳规范 ( Specification for Wire Rope)
- API Spec 16A 钻通设备规范(Specification for Drill Through Equipment)
- API Spec 16C 节流和压井设备(Choke and Kill Equipment)
- API Spec 16D 钻井井口控制设备和分流设备控制系统(Control Systems for Drilling Well Control Equipment and Control Systems for Diverter Equipment)

### 3 术语、定义和缩略语

下列术语、定义和缩略语适用于本文件。

#### 3.1 术语和定义

##### 3.1.1

**智能钻机 smart drilling rig**

石油与天然气勘探开发中，集数字化、智能化、绿色化为一体的完成钻井作业的成套设备，具有自主学习、自主识别、自主控制等多项智能特性。

[来源：GB/T 8423.5—2017, 2.1.1, 有修改]

##### 3.1.2

**智能钻机操作系统 smart rig operation system**

按照预置计划，根据实施数据自动执行起下钻、钻进工艺流程的系统。具有划眼、摩阻测试、减缓或消除粘滑振动、钻井参数优化、测斜、旋转导向工具下传指令、滑动定向闭环控制等智能控制功能。

##### 3.1.3

**钻机控制系统 rig control system**

控制绞车、顶驱、钻井泵、机具等钻机主要设备的集中控制系统，具备钻速、钻压、扭矩和压差自动送钻、网络监控、设备防碰撞等功能。

##### 3.1.4

**电源管理系统 power management system**

基于钻机负荷需求的控制策略，通过对钻机运行模式与冲击负荷的预判（或重载问询），计算功率缺额，据此增减发电机组，自动控制发电机组启停、待机、合闸，实现发电机组的自动并网和解裂；并集成BESS储能系统等多种能源管理功能接口，实现对钻机电源管理系统的综合控制与调度。

##### 3.1.5

**储能系统 energy storage system**

采用化学储能或机械储能技术的一套储能装置,在低负载区间使用储能装置与发电机组交替供电的方式实时存储或释放电能,也可集成绞车势能回收功能,降低发电机运行时间和维护费用,节省燃料,降低CO<sub>2</sub>排放。

### 3.1.6

**设备智能运维管理系统 rig equipment intelligent management system**

一种通过局域网或广域网、物联网、人工智能等技术实现设备状态监测、健康评价、运维保障的系统。

### 3.1.7

**本地数据中心 local data monitoring center**

放置于钻机现场的用于存储、显示、下载、修改远程在线监测系统数据的电脑。

### 3.1.8

**远程监控中心 remote monitoring center**

基于云服务器进行数据存储、显示、处理、分析,并可支持并发访问的中心服务器。

### 3.1.9

**加料系统 feeding system**

为保证钻井液的性能和各种钻井工艺的要求,通过自动控制系统、输料设备和计量设备等,将供料站的固体料和液体料按需添加到钻井液系统中。

### 3.1.10

**电子铭牌 informatization nameplate**

一种结合RFID技术、二维码技术的设备铭牌,可支持快速读取设备信息及设备维保操作信息管理。

### 3.1.11

**RFID 读写平板 RFID reading and writing PAD**

一种支持读写RFID信息的平板电脑。

## 3.2 缩略语

BESS 电池储能系统 (battery energy storage system)

BOP 防喷器 (blowout preventer)

B/S 浏览器/服务器模式 (browser/server)

C/S 客户端-服务器架构 (client-server)

DAQ 数据采集系统 (data acquisition)

DeltaP 压差 (delta pressure)

HSE 健康安全环境 (health safety environment)

MCC 电机控制中心 (motor control center)

PLC 编程控制器 (programmable logic controller)

PMS 电源管理系统 (power management system)

RFID 射频识别 (radio frequency identification)

ROP 机械钻速 (rate of penetration)

VFD 变频驱动装置 (variable frequency drive)

WOB 钻压 (weight on bit)

ZMS 区域管理系统 (zone management system)

## 4 型式、型号表示方法和基本参数

#### 4.1 型式

智能钻机的型式按GB/T 23505的规定。

#### 4.2 型号表示方法

智能钻机型号表示方法见图1。

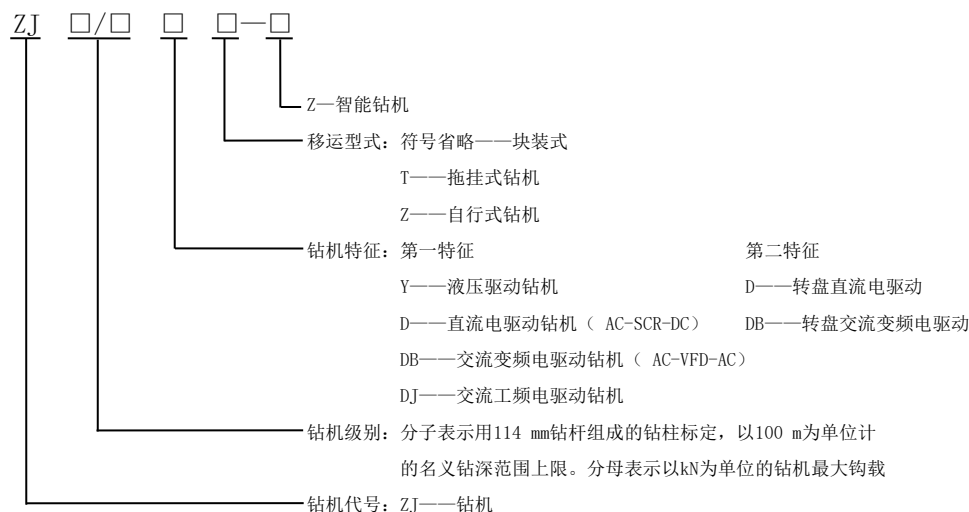


图1 智能钻机型号的表示方法

示例：名义钻深范围上限为 7000 m、最大钩载 4500 kN、交流变频电驱动块装钻智能钻机型号表示为：ZJ70/4500DB-Z。

#### 4.3 基本参数

根据GB/T 23505的有关规定，智能钻机宜分为八个级别，其基本参数见表1。

表1 智能钻机基本参数

钻井级别		ZJ30/1800	ZJ40/2250	ZJ50/3150	ZJ70/4500	ZJ80/5850	ZJ90/6750	ZJ120/9000	ZJ150/11250
最大钩载	kN	1 800	2 250	3 150	4 500	5 850	6 750	9 000	11 250
名义钻深范围/m	114mm 钻杆	1 600~3 000	2 500~4 000	3 500~5 000	4 500~7 000	5 000~8 000	6 000~9 000	7 500~12 000	10 000~15 000
	127mm 钻杆	1 500~2 500	2 000~3 200	2 800~4 500	4 000~6 000	4 500~7 000	5 000~8 000	7 000~10 000	8 500~12 500
绞车额定功率	kW	410~710	746~1 120	1 100~1 492	1 492~2 240	1 600~2 610	2 200~2 985	2 985~4 475	4 475~5 965
	(hp)	(550~950)	(1 000~1 500)	(1 475~2 000)	(2 000~3 000)	(2 150~3 500)	(2 950~4 000)	(4 000~6 000)	(6 000~8 000)
顶驱连续扭矩	kN.m	20	30	40	50	50	70	85	120
	(ft. lbs)	(14 764)	(22 147)	(29 529)	(36 911)	(36 911)	(51 675)	(62 749)	(88 587)
游动系统绳数	钻井绳数	8	8	10	10	12	14	14	16
	最多绳数	10	10	12	12	14	16	16	18
钻井钢丝绳公称直径	mm	29, 32		32, 35	35, 38	38, 42	42, 45	48, 52	52 或其它
	(in)	(1 1/8, 1 1/4)		(1 1/4, 1 3/8)	(1 3/8, 1 1/2)	(1 1/2, 1 5/8)	(1 5/8, 1 3/4)	(1 7/8, 2)	(2 或其它)
转盘通孔直径	mm	520.7, 698.5		698.5, 952.5		952.5, 1 257.3, 1 536.7			1 257.3, 1 536.7

	(in)	(20 1/2, 27 1/2)	(27 1/2, 37 1/2)	(37 1/2, 49 1/2, 60 1/2)			(49 1/2, 60 1/2)	
钻井泵单台额定输入功率不小于	kW	746	969	1 193			1 641 或 1 800	
	(hp)	(1 000)	(1 300)	(1 600)			(2 200 或 2 400)	
井控系统最大工作压力	MPa	34.5	34.5, 51.7	51.7, 69	69, 103.5	69, 103.5	103.5, 138	103.5, 138
	(psi)	5 000	(5 000, 7 500)	(7 500, 10 000)	(10 000, 15 000)	(10 000, 15 000)	(15 000, 20 000)	(15 000, 20 000)

## 5 配置要求

### 5.1 总则

智能钻机除GB/T 23505推荐的系统配置外，为实现智能化功能，宜配置管柱自动化处理系统、智能钻机操作系统、加料系统、储能系统、设备智能运维管理系统等。名义钻深7 000 m的智能钻机典型配置参见附录A。

### 5.2 系统配置推荐

5.2.1 动力系统主要包括柴油机发电机组或燃气发电机组、控制系统、工业电网接入设备或 BESS 等。其中控制系统包括功率管理系统、自动运行控制系统、主要参数监测仪器等辅助设备。

5.2.2 提升系统主要包括井架、绞车、天车、游车、大钩、游车大钩、钢丝绳或提升用齿轮齿条或提升用液压缸，以及起下钻必需的普通吊环、吊卡、卡瓦、吊钳或动力大钳等设备和工具。

5.2.3 旋转系统主要包括转盘、水龙头、顶部驱动钻井装置（以下简称顶驱）或动力水龙头等。

5.2.4 循环系统包括高压钻井液系统和低压钻井液系统。高压钻井液系统主要包括钻井泵组、高压泥浆管汇、立管管汇、高压泥浆软管、控制系统等。低压钻井液系统主要包括钻井液混合系统、钻井液存储系统、钻井液补给系统、钻井液净化系统、岩屑回收系统、监测系统和控制系统等。

5.2.5 井控系统主要包括钻通设备、节流压井管汇、钻井液液气分离器、钻井井口控制设备及分流设备控制系统等。

5.2.6 电控、仪表和电气传动系统由钻机电气传动系统、钻机控制系统、监视系统、钻机仪表系统等系统组成。

5.2.7 液压和气控系统包括液压系统和气控系统。其中液压系统一般由动力元件、控制元件、执行元件、辅助元件等组成。气控系统主要由气源系统、控制元件、执行元件、辅助元件等组成。

5.2.8 底座及支撑装置和辅助设备按 GB/T 23505—2017 中 6.1.8 和 6.1.9 条执行。

5.2.9 管柱自动化处理系统主要包括动力猫道、二层台排管机（含动力二层台）、铁钻工、钻台面机械手、缓冲机械手、动力卡瓦、动力吊卡、地面接立根装置、集成液压系统、集成控制系统等。

5.2.10 宜配置智能钻机操作系统，可以加载多个独立的应用程序，结合钻井工艺流程为某些任务生成自动指令。

5.2.11 宜配置加料系统，包括散料存储罐、液体罐、螺旋输送机、吊装设备、称重装置、计量泵、控制系统等。

5.2.12 宜配置自动配浆系统，包括钻井液在线监测装置和配套的控制系统等。

5.2.13 宜配置设备智能运维管理系统，主要包括设备信息管理系统及设备在线监测系统。设备信息管理系统一般包括电子铭牌或 RFID 电子标签、RFID 读写平板、信息化数据处理软件、移动端手机软件（APP）等。设备在线监测系统一般包括传感器、数据采集模块、本地数据中心、数据远程传输系统、

远程监控中心、可视化数据处理软件等。

5.2.14 宜配置 BESS，主要包括储能电池、变流器及能量管理软件。

### 5.3 HSE 配置要求

5.3.1 HSE 应满足 GB/T 23505—2017 中 6.2 的规定。

5.3.2 智能钻机应满足所在作业国家或行业健康、安全、环保相关法律法规、标准等的规定。

## 6 技术要求

### 6.1 动力系统

6.1.1 柴油机应符合 SY/T 5030 的规定。

6.1.2 主电动机应符合 GB/T 23507.1 的规定。

6.1.3 柴油发电机组宜配置 PMS。

6.1.4 系统动力有两种供电方式，工业电网和柴油发电机组，宜配置催化助力燃烧和燃油管理的功能。

6.1.5 发电机组应配置必要的参数在线监测仪器或设备，如电流、电压、功率、速度、轴承、冷却水、温度、运行时间等参数在线监测仪器或设备。

6.1.6 沙漠环境地区用柴油机至少应配备两级空气滤清器及防风沙装置。

6.1.7 沙漠环境地区用电动机至少应配备有防风沙装置。

6.1.8 低温环境地区宜配置低温辅助启动系统。

6.1.9 宜配置 BESS，应用绿色低碳技术，降低钻井作业能耗，碳排放量降低 10%以上，可实现网电、柴油/燃气发电机和 BESS 系统的无缝切换和并网供能。

### 6.2 提升系统

6.2.1 绞车的设计制造应符合 SY/T 5532 的规定，零部件设计制造应符合 API Spec 7K 的规定，绞车驱动型式应为电驱动。

6.2.2 钻井用钢丝绳应符合 API Spec 9A 或 GB/T 40089，和 API RP 9B 或 SY/T 6666 的有关规定。

6.2.3 井架、天车的设计制造应符合 API Spec 4F 或 GB/T 25428 的规定。

6.2.4 游车、大钩、游车大钩、死绳固定器的设计制造应符合 API Spec 8C 或 GB/T 19190 的规定。

6.2.5 绞车电机应配置电流、电压、转速、绕组温度、轴承温度等参数的监测仪器或装置。

6.2.6 绞车输出端应配置可测量滚筒转速的监测仪器或装置。

6.2.7 绞车主轴应配置轴承温度监测仪器或装置。

6.2.8 绞车应配置游车应急下放装置。

6.2.9 应配置至少两套相互独立的防碰撞系统(至少包含机械防碰撞系统和电子防碰撞系统各一套)。

6.2.10 动力钳、吊钳的设计制造应符合 GB/T 17744 及 SY/T 5074 的规定。

6.2.11 绞车控制系统应具备综合自动送钻、滑绳割绳模式、盘刹能力测试、磨盘刹、扭矩转移、上提遇卡、下放遇阻等功能，宜配置防乱绳保护系统。

### 6.3 旋转系统

6.3.1 顶驱的设计制造应符合 GB/T 31049 的规定。

- 6.3.2 转盘的设计制造应符合 GB/T 17744 或 API Spec 7K 的规定。
- 6.3.3 顶驱的电机应配置电流、电压、扭矩、转速、绕组温度、轴承温度等参数的监测仪器或装置，若顶驱为液压驱动应配置压力、流量、扭矩、转速等参数的监测仪器或装置。
- 6.3.4 顶驱的主轴承应配置温度监测仪器或装置。
- 6.3.5 若配置液压吊卡，顶驱旋转头备用油道应在 3 个及以上。
- 6.3.6 顶驱宜配置旋转头角度监测仪器。
- 6.3.7 顶驱宜配置吊环倾斜角度监测仪器。
- 6.3.8 顶驱主轴载荷宜不低于顶驱的最大提升载荷。
- 6.3.9 顶驱控制系统应具备反扭矩释放、软扭矩保护、快速滑动钻井等功能。

## 6.4 循环系统

### 6.4.1 高压钻井液系统应满足以下要求：

- a) 钻井泵的规格参数和功能应符合 GB/T 32338 的规定；
- b) 钻井泵应配置灌注泵，灌注泵排量应大于钻井泵最大排量的 1.5 倍；
- c) 钻井泵宜配置排出压力传感器和电子安全阀；
- d) 钻井泵的电机应配置电流、电压、扭矩、转速、绕组温度、轴承温度等参数的监测仪器或装置；
- e) 高压钻井液管汇型号、参数和相关要求应符合 SY/T 5244 的规定；
- f) 高压泥浆软管的规格参数应符合 GB/T 17744 或 API Spec 7K 的规定；
- g) 钻井液管汇配套的液控、气控或电控制阀门，应符合 API RP 505 的规定。
- h) 钻井泵控制系统应具备软泵控制功能。

### 6.4.2 低压钻井液系统应满足以下要求：

- a) 低压钻井液设备应符合 SY/T 5612 的规定；
- b) 井口溢流管应配置钻井液出口排量传感器；
- c) 除钻井液净化系统的钻井液舱外，其余钻井液舱、补给罐、计量罐应配置液位传感器；
- d) 低压钻井液系统配套的液控、气控或电控制阀门，应符合 API RP 505 的规定；
- e) 低压钻井液系统配套的振动筛、清洁器、除气器、离心机、海底阀、砂泵、搅拌器等能实现远程启停控制。

## 6.5 井控系统

- 6.5.1 井控设备的功能和参数应符合 GB/T 20174 或 API Spec 16A 的规定。
- 6.5.2 井控设备及分流设备控制装置的功能和参数应符合 SY/T 5053.2 或 API Spec 16D 的规定。
- 6.5.3 节流和压井系统的功能和参数应符合 SY/T 5323 或 API Spec 16C 的规定。
- 6.5.4 BOP 组的公称通径和最大工作压力应符合 GB/T 20174 或 API Spec 16A 的规定。
- 6.5.5 液气分离器回流管线上应设置防虹吸的装置。
- 6.5.6 液气分离器宜配置压力传感器、温度传感器、液面高位传感器和液面低位传感器、液封压力传感器及报警、反馈系统。
- 6.5.7 宜配置满足自动关井的装置、仪器和控制系统。

## 6.6 电控、仪表和电气传动系统

### 6.6.1 电控系统应满足如下要求：

- a) 电控系统的设计制造应符合 GB/T 23507（所有部分）的规定；

- b) 电气设备防爆性能应符合 GB/T 3836.1、GB/T 3836.2、GB/T 3836.3、GB/T 3836.5、GB/T 3836.8和 GB 3836.15 相关部分的规定；
- c) 电气设备的外壳防护等级应符合 GB/T 4208 的规定；
- d) 管柱自动化处理系统的控制系统应符合 SY/T 7421 的规定；
- e) 应配置 PLC 柜及其模块、传感器，钻机控制系统运行平台，采集各种信息，发出执行命令；
- f) 配置发电机控制系统或工业电网供电；
- g) 应配置 VFD 房及其整流和变频器组件、设备，包括绞车、顶驱、泥浆泵相关设备和变频器；
- h) 应配置 MCC 配电监控系统，为钻机辅助设备提供动力；
- i) 应配置司钻房及其组件（操作椅、操作屏、操作台及控制柜）；设置双司钻工位，主司钻工位宜配置一体化司钻椅，主要操作钻井设备，副司钻工位可配置一体化司钻椅或集控台，主要操作管柱处理系统；主、副工位功能可应急互换；
- j) 应配置液气电控系统，辅助刹车及液压设备控制；
- k) 应配置视频监控系統、多路视频监视装置，提供实时现场信息并存储录像，视频系统应实时监控钻台面、二层台、管子堆场、绞车、钻井泵等关键设备和区域；
- l) 应配置通信系统和灯光系统；
- m) 通信方式宜为现场总线、工业以太网等，通信协议宜为 Profibus、Profinet、TCP/IP、UDP、S7、ADS 等；
- n) 应具备绞车、顶驱、钻井泵、管柱处理系统等设备控制程序，具备包括钻速、钻压、扭矩、压差四种自动送钻模式、具备网络监控、设备防碰撞等功能；
- o) 电控监视系统，监视变频器、电机、发电机参数及状态，可查询、导出历史数据；
- p) 应配置 ZMS，受控对象应覆盖绞车、顶驱、钻井泵、转盘和管柱自动化处理系统等设备；
- q) 流程化控制系统和单体设备运行应自由切换；
- r) 高压钻井液控制系统宜配置高压钻井液系统远程控制，应能和司钻控制系统相集成，满足相关钻井作业工艺要求，控制系统能显示流程状态，并能实时监控、报警和记录；
- s) 低压钻井液控制系统宜能实现低压钻井液系统设备的远程控制，宜单独控制或与司钻控制系统相集成，满足相关钻井作业工艺要求，控制系统能显示各流程状态，设备运行状态，并能实时监控、报警和记录；
- t) 加料控制系统宜能实现加料设备的远程控制，能实现单独控制或与司钻控制系统相集成，实现按需加料，控制系统能显示各流程状态、设备运行状态，并能实时监控、报警和记录。

#### 6.6.2 仪表系统应满足如下要求：

- a) 应配置司钻操作一体机、服务器、DAQ，应与电控系统具备通信接口；
- b) 应具备显示悬重、钻压、大钩高度、井深、钻头位置、立管压力、顶驱转速和扭矩等钻井参数及趋势，具备查询、打印、导出钻井历史数据的功能。

#### 6.6.3 电气传动系统应满足如下要求：

- a) 系统故障时自动控制绞车刹车制动；
- b) 游动系统防止上碰下砸的安全停车；
- c) 顶驱、转盘的扭矩限制。

### 6.7 液压和气控系统

#### 6.7.1 液压系统应满足如下要求：

- a) 液压系统应符合 GB/T 3766 的规定要求，实现各执行机构运动控制；
- b) 液压系统流量应满足钻井作业工况下各设备同时工作的最大流量要求；
- c) 液压系统在装配阶段应按照 GB/T 25133 的相关要求对系统及管路进行冲洗，整机系统的清洁度等级不得低于 GB/T 14039 规定的 20/18/15；
- d) 液压系统应配置压力、油温、液位等状态的监测、显示，具备压力、油温、液位等报警功能，并配置数据传输到钻机控制系统的装置和接口；
- e) 液压系统应配置适宜的过滤系统以及液压油加热、冷却系统；

- f) 液压源宜配置备用泵组；
- g) 液压管路系统配管尺寸和管路布局走向，应满足在所有预定的工况下使用要求。宜减少管路系统内管接头的数量；
- h) 管路连接处应使用扭矩扳手按照扭矩要求拧紧，管路连接处应配置管路标识；
- i) 集成液压系统型式宜为压力等级自适应式。

#### 6.7.2 气控系统应满足如下要求：

- a) 气控系统应符合 GB/T 7932 的规定，实现各执行机构运动控制；
- b) 气控系统一般由智能钻机的气源装置提供干燥清洁的气源，供气压力为 0.7 MPa~1 MPa；
- c) 设备的供气端应设置气源处理元件，应具有压力设定、除水、过滤等功能；
- d) 阀件、管路等气动元件宜置于容易调整和维护的位置，排气口朝向设置应合理，必要时应单独设置排气管线；
- e) 气控系统管路应充分考虑现场条件及作业环境，减少空气损耗和提供最佳的响应时间，气动执行元件满足高低温环境使用要求。

### 6.8 管柱自动化处理系统

#### 6.8.1 根据客户需求宜按表 2 确定管柱自动化处理系统推荐配置。

表2 管柱自动化处理系统基本配置

序号	子系统	主要功能	单元设备	设备组成	配置要求
1	管柱输送系统	实现地面与钻台面之间的管柱自动输送	动力猫道	包括主机和液压站	配置
			动力排管架		选配
2	建立根系统（井口自动化系统）	实现井口和立根盒之间或井口和小鼠洞之间的立根自动存取，上卸扣、清洗及涂抹丝扣油等	铁钻工		配置
			缓冲机械手		配置
			动力卡瓦	按需配备牙板、卡瓦体	配置
			动力吊卡	按需配备内衬	配置
			动力鼠洞		选配
			泥浆防溅盒		选配
			自动丝扣油涂抹装置		选配
	多功能机械手		选配		
3	立根排放系统	实现井口到二层台指梁之间的立根自动存放	推扶式排管系统	包括推扶式二层台排管机、推扶式钻台面机械手	配置 (2 选 1)
			举升式排管系统	包括推扶式二层台排管机、举升式钻台面机械手	
4	集成系统	实现三大系统的协同作业和集中控制，为多个单元设备提供液压动力	集成控制系统	见 6.6.1	配置
			集成液压系统	见 6.7.1	配置

#### 6.8.2 管柱自动化处理系统配置要求和参数应符合 SY/T 7421 的规定。

6.8.3 动力猫道根据起升方式的不同，分为绞车提升式、举升式和直推式。管柱自动化处理系统宜采用直推式动力猫道。适应管径范围 60.6 mm~609.6 mm(2 3/8 in~24 in)，长度 13.7 m，额定载荷不小于 45 kN。宜配置动力排管架，2 个为一组，每组额定载荷不低于 500 kN。

- 6.8.4 铁钻工宜为伸缩臂式，适应管径范围 88.9 mm~254 mm(3 1/2 in~10 in) 钻杆和钻铤。
- 6.8.5 二层台排管机宜采用推扶式，适应管径范围 88.9 mm~279.4 mm(3 1/2 in~11 in) 钻杆和钻铤。
- 6.8.6 钻台面机械手分为举升式和推扶式，宜与二层台排管机配合完成立根排放作业，导轨宜采用 L 型。适应管径范围应与二层台排管机保持一致。对效率要求高的钻机，宜选用举升式。
- 6.8.7 缓冲机械手推荐为液压伸缩臂式，适应管径范围应与动力猫道保持一致。
- 6.8.8 小鼠洞上宜配置动力鼠洞，型式为夹持尺寸自适应式。
- 6.8.9 吊卡除普通吊卡外应配置动力吊卡，并配置关门监测仪器或其他悬重反馈装置。
- 6.8.10 动力吊卡宜采用可变内径，动力宜使用顶驱液压源，通讯宜通过顶驱通讯线缆。
- 6.8.11 除普通卡瓦外应配置动力卡瓦，并配置关闭监测仪器或装置。
- 6.8.12 动力卡瓦型式宜为夹持尺寸自适应式。
- 6.8.13 套管内的起下钻速度达到 30 柱/小时，离线建立根时间≤10 分钟。

## 6.9 智能钻机操作系统

- 6.9.1 应配置 PLC、工控机、边缘计算终端及其操作屏，与钻机控制系统和仪表系统具备通信接口。
- 6.9.2 宜划分为三大模块：流程控制模块、自动化平台、智能 APP（应用程序）。
  - 6.9.2.1 流程控制模块应实现钻进流程自动化控制。
  - 6.9.2.2 自动化平台应具备钻井参数表管理、流程编辑、系统管理、APP 装载、报警等功能。
  - 6.9.2.3 智能 APP 应具备以下功能：
    - a) 钻进：四种送钻模式(ROP、WOB、DeltaP、Torque)，可根据不同工况任意搭配组合；
    - b) 划眼：根据预设的划眼次数、距离、速度、拉力保护，自动完成划眼任务；
    - c) 钻井参数优化：通过人工智能算法，自动寻找钻进时的最优钻井参数组合，以使 ROP 最大化或 MSE 最小化；
    - d) 摩阻测试：可自动完成一段井筒的摩阻测试；
    - e) 抗粘滑振动：能够有效减小甚至消除井底钻具的粘滑振动；
    - f) 下传指令：向井下旋转导向设备传送指令，代替手动调节泵冲；
    - g) 滑动定向：减小滑动钻进过程中的托压，稳定工具面；
    - h) 起下钻分析：记录分析当次起钻或下钻效率。

## 6.10 加料系统

- 6.10.1 加料系统应具备固体料和液体料的存储、输送、计量等功能。
- 6.10.2 固体料加料系统的储备罐应配置称重设备。
- 6.10.3 液体料加料系统的液体罐应配套液位传感器。
- 6.10.4 散料存储罐、缓冲罐以及除尘罐设计制造应符合 GB/T 150（所有部分）规定。
- 6.10.5 固体料加料系统宜采用吹灰系统或电动加料系统。
- 6.10.6 液体料加料系统宜采用计量泵加料系统。

## 6.11 设备智能运维管理系统

- 6.11.1 系统应实现对设备全生命周期内的信息化、数字化管理。
- 6.11.2 系统应实现智能钻机全部设备或关键设备的运维数据结构化、状态监测、故障预报警、健康评价、维保作业、远程指导等部分或全部功能。

- 6.11.3 系统宜支持多个子系统或功能的可选择性独立运行。
- 6.11.4 系统应支持在本地数据中心、远程监控中心实现独立部署和数据存储。
- 6.11.5 系统的使用应支持电脑端、移动端（APP）的作业需求。
- 6.11.6 系统应配套必要的权限管理、防火墙、数据隔离、数据加密等安全措施。
- 6.11.7 系统应具备与钻机操作、电控、仪表等其他系统或设备的数据交互能力，但不得对其他系统或设备的独立运行造成破坏。
- 6.11.8 系统应支持功能的扩性要求。

## 7 试验和记录

- 7.1 智能钻机的试验和记录按 SY/T 6680 的规定执行。
- 7.2 应进行 ZMS 试验，试验规则参见附录 B。

## 8 标识、出厂文件、贮存、包装和运输

智能钻机管柱自动化处理系统的标识、出厂文件、贮存、包装和运输按SY/T 7421的规定执行，其余按 GB/T 23505 的规定执行。

## 附录 A (资料性)

### ZJ70/4500DB-Z智能钻机的推荐配置

#### A.1 ZJ70/4500DB-Z 智能钻机简述

一般配有动力系统、提升系统、旋转系统、管柱自动化处理系统、循环系统、加料系统、井控系统、电控、仪表和智能钻机操作系统、液压和气控系统、设备智能运维管理系统、储能系统等。

智能钻机采用发电机组作为主动力，提供的50 Hz/60 Hz交流电，经VFD变频后分别驱动绞车、顶部驱动装置、转盘独立驱动装置和钻井泵交流变频电动机。

#### A.2 基本参数

ZJ70/4500DB-Z智能钻机基本参数如下所示：

- a) 最大钩载：4 500 kN；
- b) 名义钻深范围：127 mm(5 in)钻杆，4 000 m~6 000 m；
- c) 钻井绞车额定功率：宜1 600kW(2 150hp)以上；
- d) 推荐钻井钢丝绳公称直径： $\phi 38$  mm；
- e) 提升系统绳系宜：6 $\times$ 7顺穿；
- f) 指梁排放能力：需考虑127 mm(5 in)和139 mm(5 1/2 in)常规钻杆排放，同时考虑耐磨带的厚度，总排放能力宜满足7 000 m；
- g) 转盘通孔直径： $\phi 952.5$  mm(37 1/2 in)；
- h) 钻台面高度：10.5 m；
- i) 管柱自动化处理系统宜适应管径范围：60.6 mm~609.6 mm (2 3/8 in~24 in)，立根处理能力宜：73 mm~254 mm(2 7/8 in~10 in)；
- j) 顶驱驱动系统宜选用：最大钩载4 500 kN，连续钻井扭矩 7 4200 N.m (54 727 ft.lb)，中心管工作压力34.5 MPa/52 MPa，工作压力根据钻井泵的排出压力确定；
- k) 钻井泵单台输入功率： $\geq 1 193$  kW(1 600hp)；
- l) 钻井泵台数： $\geq 2$ 台，根据钻井泵的功率确定；
- m) 泥浆净化系统处理能力：满足最大泥浆返回量；
- n) BOP：最大工作压力69 MPa(10 000 psi)，通径 $\phi 346$  mm(13 5/8 in)。

#### A.3 ZJ70/4500DB-Z 智能钻机的基本配置

ZJ70/4500DB-Z智能钻机的基本配置见表A.1。

表A.1 ZJ70/4500DB-Z智能钻机基本配置

名称	数量	单位
<b>发电机组</b> 符合 GB/T 23507.3 的规定。宜配置 5 个主发电机组和 1 个辅助发电机组	按需	套
<b>井架</b> 符合 API Spec 4F 或 GB/T 25428 的规定。最大钩载 4 500 kN，应配置动力二层台。	1	套

<b>天车</b> 符合 API Spec 4F、API Spec 8C 或 GB/T 25428、GB/T 19190 的规定。最大钩载 4 500 kN, 主滑轮 6 个, 快绳滑轮 1 个, 推荐钢丝绳公称直径 $\Phi$ 38 mm, 天车起重架 1 个。	1	套
--	---	---

表A.1 ZJ70/4500DB-Z智能钻机基本配置 (续)

名称	数量	单位
<b>底座</b> 符合 API Spec 4F 或 GB/T 25428 的规定。最大钩载 4 500 kN。	1	套
<b>游车</b> 符合 API Spec 8C 或 GB/T 19190 的规定。最大钩载 4 500 kN, 滑轮 6 个, 推荐钢丝绳公称直径 $\Phi$ 38 mm。	1	套
<b>绞车</b> 符合 SY/T 5532 的规定, 零部件符合 API Spec 7K 的规定。额定功率 1 600 kW(2 150hp) 以上为宜, 推荐钢丝绳公称直径 $\Phi$ 38 mm, 最大快绳拉力 425 kN, 液压盘式刹车与主电机能耗制动组合, 配应急下放功能, 采用辅助电机或主电机自动送钻。	1	套
<b>死绳固定器</b> 符合 API Spec 8C 或 GB/T 19190 的规定。含传压包。	1	套
<b>钻井钢丝绳</b> 符合 API Spec 9A 或 GB/T 40089, 和 API RP 9B 或 SY/T 6666 的规定。推荐钢丝绳公称直径 $\Phi$ 38 mm, 交互捻, 旋向: 捻向应与绞车第一层缠绳旋向相反。	1	套
<b>倒绳机</b>	1	台
<b>转盘</b> 符合 API Spec 7K 或 GB/T 17744 的规定。配置电驱或液压驱动型式, 转盘额定静载荷 4 500 kN, 通孔直径宜为 $\Phi$ 952.5 mm(37 1/2 in)。	1	套
<b>顶驱</b> 符合 GB/T 31049 的规定。最大钩载 4 500 kN, 电机功率 746 kW(1 000 hp) 以上为宜, 连续钻井扭矩 74 200 N·m, 中心管最大工作压力 52 MPa(7 500 psi), 可选配伸缩滑车。	1	台
<b>管柱自动化处理系统</b> 符合 SY/T 7421 的规定。一般包括动力猫道、二层台排管机(含动力二层台)、铁钻工、钻台面机械手、缓冲机械手、动力卡瓦、动力吊卡、动力鼠洞、泥浆防溅盒、多功能机械手、动力排管架、自动丝扣油涂抹装置等。 管柱移送能力宜: 73 mm~508 mm(2 7/8 in~20 in); 立根处理能力宜: 73 mm~254 mm(2 7/8 in~10 in)。	1	套

<p><b>循环系统</b></p> <p>符合 SY/T 5612、SY/T 5244 的规定。高压钻井液系统一般配置钻井泵、高压管汇、立管管汇等设备；低压钻井液系统一般配置振动筛罐、缓冲罐、除气器、除泥器、离心机、阀件（包括气动、电动和一般阀件）、传感器等设备，加料系统一般配置固体加料系统、液体加料系统等设备。</p>	1	套
--	---	---

表A.1 ZJ70/4500DB-Z智能钻机基本配置（续）

名称	数量	单位
<p><b>井控系统</b></p> <p>符合 SY/T 6868 的规定。最大工作压力为 69 MPa(10 000 psi), 通径 <math>\phi</math> 346 mm(13 5/8in), 根据地层作业压力和井筒设计配置。一般包括环形防喷器、半封闸板防喷器、全封剪切闸板防喷器、钻井四通、套管头、防喷器控制系统、节流压井管汇、液气分离器等设备。</p>	1	套
<p><b>电控、仪表和钻机控制系统</b></p> <p>符合 GB/T 23507（所有部分）规定。电压制式一般国内 600V/400V, 50HZ, 国外 600V/480V, 60HZ, 根据钻机要求配置。一般配置司钻房（双司钻）、VFD 房、MCC 房、仪表系统、视频监控系统和钻机控制系统等。</p>	1	套
<p><b>智能钻机操作系统</b></p> <p>应配置 PLC、工控机、边缘计算终端及其操作屏，与钻机控制系统和仪表系统具备通信接口。宜划分为三大模块：流程控制模块、自动化平台、智能 APP（应用程序），流程控制模块应实现钻进流程自动化控制，自动化平台应具备钻井参数表管理、流程编辑、系统管理、APP 装载、报警等功能，智能 APP 应具备钻进、划眼、钻井参数优化、摩阻测试、抗粘滑振动、下传指令、滑动定向和起下钻分析等功能。</p>	1	套
<p><b>设备智能运维管理系统</b></p> <p>一般配置信息管理系统和设备在线监测系统。</p>	1	套
<p><b>储能系统</b></p> <p>适合油田钻井混合动力供电，保证发电机组平稳运行。</p>	1	套
<b>辅助绞车</b>		
二层台载物绞车	1	台
钻台载人绞车	1	台
钻台载物绞车	按需	台
<b>井口机械化工具</b>		
套管动力钳	1	套

液压猫头和吊钳	1	套
安全卡瓦	按需	套
补心	按需	套
吊环	按需	副
吊卡	按需	副

附录 B  
(资料性)  
ZMS 试验矩阵

ZMS 试验矩阵见表 B.1。

表 B.1 区域管理系统 (ZMS) 试验矩阵

原始设备	碰撞设备									
	绞车	顶驱	铁钻工	卡瓦	转盘	排管机	缓冲手	猫道	钻井泵	防喷器
绞车	不适用	当游车通过二层台时,吊环必须处于浮动状态。	铁钻工在井口,游车下放不能低于 X 米。	联锁保护	转盘转动,在一定转速后,游车无法上提。	排管机面向井口并伸出,游车下放不能低于 X 米。排管机面向井口并伸出,游车上提不能高于 X 米。	缓冲机械手在井口,游车下放不能低于 X 米。	不碰撞	不碰撞	防喷器关闭,禁止游车上提。
顶驱	当游车在二层台区域,禁止吊环伸出、缩回。	不适用	不碰撞	卡瓦未关闭,非钻进工况,禁止吊卡打开。	当转盘已激活,禁止顶驱激活。	排管机在井口、吊卡关闭,禁止吊环伸出、缩回和旋转。	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞

表 B.1 区域管理系统 (ZMS) 试验矩阵(续)

原始设备	碰撞设备									
	绞车	顶驱	铁钻工	卡瓦	转盘	排管机	缓冲手	猫道	钻井泵	防喷器
铁钻工	当游车高度低于 X 米, 禁止铁钻工朝井口伸出。	当顶驱在钻进, 禁止铁钻工朝井口伸出。	不适用	卡瓦未关闭, 禁止铁钻工夹钳关闭。	联锁保护	不碰撞	当缓冲机械手在井口, 禁止铁钻工朝井口伸出。	当猫道伸到钻台面, 禁止铁钻工朝井口伸出。	钻井泵有卸扣。禁止	不碰撞
卡瓦	游车处于运动状态 (钩速大于 0.1m/s), 禁止卡瓦关闭。	钻进工况, 禁止卡瓦关闭。	铁钻工在井口区, 夹钳未打开, 禁止卡瓦打开。	不适用	联锁保护	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞
转盘	不碰撞	顶驱已经激活, 禁止转盘激活。	铁钻工在井口位, 禁止转盘转动。	不碰撞	不适用	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞
排管机	游车低于 X 米 (低于排管机区域), 排管机回转面向井口, 禁止排管机朝井口伸出。	排管机在井口位置, 液压吊卡未关闭, 禁止排管机钳子开启。	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不适用	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞

表 B. 1 区域管理系统 (ZMS) 试验矩阵 (续)

原始设备	碰撞设备									
	绞车	顶驱	铁钻工	卡瓦	转盘	排管机	缓冲手	猫道	钻井泵	防喷器
缓冲手	游车低于 X 米, 禁止缓冲机械手伸出。	顶驱在钻进, 禁止缓冲机械手伸出。	铁钻工在井口, 禁止缓冲机械手伸出。	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不适用	不碰撞	不碰撞	不碰撞
猫道	不碰撞	不碰撞	铁钻工没有收回, 禁止猫道上升到钻台面。	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不适用	不碰撞	不碰撞
钻井泵	不碰撞	IBOP 关闭, 钻井泵泵冲需回零。	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不适用	不碰撞
防喷器	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不碰撞	不适用

### 参 考 文 献

- [1] SY/T 6958—2013 低温石油钻机和修井机
- [2] SY/T 7423—2018 石油天然气钻采设备海上浮式平台钻井系统的基本配置