

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 - 24 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 系统组成.....	3
6 技术要求.....	4
7 试验和试验规则.....	10
8 标识、出厂文件、贮存、包装和运输.....	10
附录 A（资料性） 名义钻深 7000 m 的智能钻机典型配置.....	11
附录 B（规范性） ZMS 试验矩阵.....	14
附录 C（规范性） 钻机操作系统试验规则.....	17
参考文献.....	18

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、四川省机械研究设计院（集团）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：张翼翔、陈崇、王敏、王亮、曾铎、梁亮亮、刘海涛、杨发琼、赵鹏、菅昆琳、王国荣、王川、严安源、孔令雄。

本文件为首次发布。

石油天然气钻采设备 智能钻机

1 范围

本文件规定了石油天然气智能钻机的产品型号、基本参数、系统组成、技术要求、试验和试验规则、标识、出厂文件、贮存、包装和运输。

本文件适用于天府名品及国内外石油天然气智能钻机的设计、制造和检验。

本文件不适用于海洋石油天然气智能钻机。

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 150.3 压力容器 第3部分：设计
- GB/T 150.4 压力容器 第4部分：制造、检验和验收
- 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 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 石油天然气工业 钻机和修井机
- GB/T 23507.1 石油钻机用电气设备规范 第1部分：主电动机
- GB/T 23507.2 石油钻机用电气设备规范 第2部分：控制系统
- 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 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 石油天然气钻采设备 钻机和修井机出厂验收规范
 SY/T 6739 石油钻井参数监测仪通用技术条件
 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、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、旋转钻进、定向钻进等工艺流程的系统。具备划眼、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，具备恒钻速、恒钻压、恒扭矩和恒压差四种自动送钻模式，及网络监控、设备防碰撞等功能。

3.1.4

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CO₂排放。

3.1.5

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。

3.1.6

本地存储系统 local data storage 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。

3.1.7

远程监控中心 remote monitoring center

位于钻井承包商办公室，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。

3.1.8

自动加料系统 automatic 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。

3.2 缩略语

APP: 应用程序 (application)
 BESS: 电池储能系统 (battery energy storage system)
 BOP: 防喷器 (blowout preventer)
 DAQ: 数据采集系统 (data acquisition)
 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)
 RPM: 每分钟转数 (revolutions per minute)
 UDP: 用户数据报协议 (user datagram protocol)
 VFD: 变频驱动装置 (variable frequency drive)
 WOB: 钻压 (weight on bit)
 WITS: 井场信息传输规范 (wellsite information transfer specification)
 ZMS: 区域管理系统 (zone management system)

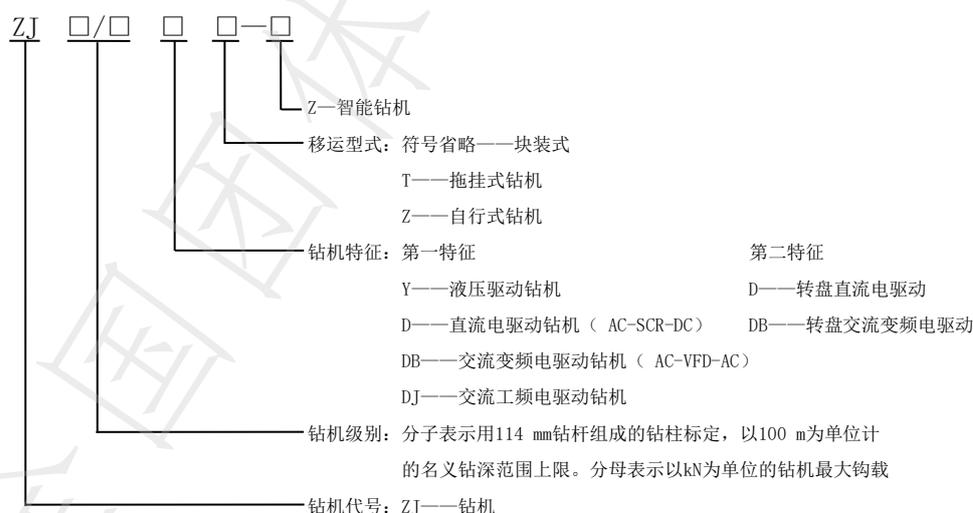
4 型式、型号表示方法和基本参数

4.1 型式

智能钻机的型式按GB/T 23505的规定执行。

4.2 型号表示方法

智能钻机型号表示方法如下。



示例:

ZJ70/4500DB-Z表示名义钻深范围上限为7 000 m、最大钩载4 500 kN、交流变频电驱动块装智能钻机。

4.3 基本参数

基本参数应符合GB/T 23505中钻机基本参数的规定。

5 系统组成

5.1 一般要求

智能钻机除GB/T 23505推荐的系统配置外,为实现智能化功能,应配置管柱自动化处理系统、智能钻机操作系统,宜配置自动加料系统、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 系统配置要求

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、工业电网接入设备或 BESS 及控制系统等。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、钻井液罐、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。循环系统宜配置智能坐岗系统。

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。其中液压系统主要由动力元件、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 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 应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任务生成自动指令。

5.2.11 宜配置自动加料系统,包括散料存储罐、液体罐、螺旋输送机、吊装设备、称量设备、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、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、本地存储系统、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 要求

5.3.1 应符合 GB/T 23505 中 HSE 配置推荐的规定。

5.3.2 操作司钻应具备相应的专业知识和技能,能在自动化失效的情况下及时响应,采取正确的应对措施。

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电源管理系统(PMS)及具备催化助力燃烧和燃油管理的功能。

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

6.1.5 沙漠环境地区用柴油机应配备两级空气滤清器及防风沙装置,电动机应配备防风沙装置。

6.1.6 温度小于-30℃的低温环境地区宜配置低温辅助启动系统。

6.1.7 宜配置 BESS，使碳排放量降低 10%以上，可实现网电、柴油/燃气发电机和 BESS 的无缝切换和并网供电。碳排放量降低率计算方法如下：

a) 配置 BESS 节油量统计：选取起下钻、钻进、其他三种工况，通过开启与不开启 BESS，按公式 (1) 分别计算各工况下的发电机平均油电比 n (单位 g/kWh)：

$$i = (n_2 - n_1)/n_2 \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- i ——节油比率，单位%；
- n_2 ——不开启 BESS 时的油电比，单位 g/kWh；
- n_1 ——开启 BESS 时的油电比，单位 g/kWh。

b) 按公式 (2) 计算钻井平均节油比率：

$$r = i_a \times t_a + i_b \times t_b + i_c \times t_c \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- r ——钻井平均节油比率，单位%；
- i_a ——起下钻工况节油比率，单位%；
- t_a ——起下钻工况时间占比，单位%；
- i_b ——钻进工况节油比率，单位%；
- t_b ——钻进工况时间占比，单位%；
- i_c ——其他工况节油比率，单位%；
- t_c ——其他工况时间占比，单位%。

c) 根据碳排放量与用油量成线性关系，得出碳排放量降低率 $K=r$ 。

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，绞车驱动型式应为电驱动。

6.2.2 钻井用钢丝绳应符合 GB/T 40089 和 SY/T 6666 的有关规定。

6.2.3 井架、底座及天车的设计制造应符合 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 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，宜配置上提装置。

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、上提遇卡保护、下放遇阻保护等功能，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 的规定。

6.3.3 电动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；液压顶驱应配置压力、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和吊环倾斜角度监测仪器。

6.3.7 减速箱顶驱主轴载荷宜不低于顶驱的最大提升载荷。

6.3.8 顶驱控制系统应具备反扭矩释放、粘滑振动消除、滑动定向时的托压消除等功能。

6.4 循环系统

6.4.1 高压钻井液系统满足以下要求：

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 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 SY/T 6671 的规定，具备阀门状态在线监测和反馈功能；
 - 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沉砂舱外，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 SY/T 6671 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 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 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 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 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 可配置满足自动关井的装置、仪器和控制系统，控制系统应具备安全联锁保护功能，在投入使用前应完成验证测试。

6.6 电控系统和钻井仪表

- 6.6.1 电控系统满足如下要求：
 - a) 电控系统的设计制造应符合 GB/T 23507.2 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) 应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、钻井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，主要操作管柱自动化处理系统；主、副司钻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) 应配置视频监控系统、多路视频监视装置，提供实时现场信息并存储录像，视频监控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、管柱自动化处理系统等设备控制程序，具备包括恒钻速、恒钻压、恒扭矩、恒压差四种自动送钻模式及具备网络监控、设备防碰撞等功能；

- o) 系统故障时应自动控制绞车刹车制动；
- p) 游动系统应具备防止上碰下砸的安全停车功能；
- q) 顶驱、转盘应具备扭矩限制功能；
- r) 应配置电控监视系统，监视变频器、电机、发电机参数及状态，且可查询、导出历史数据；
- s) 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；
- t) 流程化控制系统和单体设备运行应自由切换；
- u) 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；
- v) 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；
- w) 自动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 钻井仪表满足如下要求：

- a) 应配置多种传感器、司钻操作一体机、后台服务器、DAQ、UPS 电源、打印机等；
- b) 传感器环境条件和性能指标应符合 SY/T 6739 的规定；
- c) DAQ 应具备采集大钩悬重、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的功能；
- d) 司钻操作一体机软件应具备查询、打印、导出钻井历史数据的功能；
- e) 后台服务器软件应具备存储功能和标准的数据输出接口，能采用石油行业 WITS 进行通讯。

6.7 液压和气控系统

6.7.1 液压系统满足如下要求：

- a) 液压系统应符合 GB/T 3766 的规定，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，整机系统的固体颗粒污染等级不得低于 GB/T 14039 中的 20/18/15；
- d) 液压系统应配置压力、油温、液位等状态的监测、显示仪器或装置，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，管路连接处应设置管路标识；
- 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，供气压力应为 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方便调整和维护的位置，排气口宜朝下，必要时单独设置排气管线；
- 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，气动执行元件应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 应按表 1 确定管柱自动化处理系统配置。

表1 管柱自动化处理系统配置

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	按需配备牙板、卡瓦体 按需配备内衬	配置
			缓冲机械手		配置
			动力卡瓦		配置
			动力吊卡		配置
			动力小鼠洞		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		
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 动力猫道可采用绞车提升式、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，满足钻杆、钻铤和套管输送要求。

6.8.4 铁钻工宜为伸缩臂式，满足钻杆和钻铤上下卸扣要求。

6.8.5 二层台排管机宜采用推扶式，满足钻杆和钻铤存放要求。

6.8.6 钻台面机械手可采用举升式和推扶式，宜选用举升式，与二层台排管机配合完成立根排放作业，导轨宜采用 L 型，适应的管径范围应与二层台排管机保持一致。

6.8.7 缓冲机械手宜为液压伸缩臂式，适应的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小鼠洞，型式为夹持尺寸自适应式。

6.8.9 应配置普通吊卡和动力吊卡，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 应配置普通卡瓦和动力卡瓦，动力卡瓦宜为夹持尺寸自适应式，并配置关闭监测仪器或装置。

6.8.12 套管内的起下钻速度按公式（3）、（4）、（5）计算，应达到 30 柱/小时，离线建立根时间按公式（6）计算，应小于等于 10 分钟。

$$V_{trip} = (V_{in} + V_{out})/2 \dots \dots \dots (3)$$

式中：

V_{trip} ——起下钻速度；

V_{in} ——下钻速度；

V_{out} ——起钻速度。

$$V_{in} = 3600/(T_{IR1} + T_{TB1} + T_{PRS1}) \dots \dots \dots (4)$$

式中：

T_{IR1} ——下钻时铁钻工占用井口时间；
 T_{TB1} ——下钻时游车上下行时间；
 T_{PRS1} ——下钻对扣时间。

$$V_{out} = 3600 / (T_{IR2} + T_{TB2} + T_{PRS2}) \dots \dots \dots (5)$$

式中：

T_{IR2} ——起钻时铁钻工占用井口时间；
 T_{TB2} ——起钻时游车上下行时间；
 T_{PRS2} ——起钻脱扣时间。

$$T_{offline} = T_{catwalk} + T_{floor} + T_{IR} + T_{racking} + T_{PRS} + T_{HTV} \dots \dots \dots (6)$$

式中：

$T_{offline}$ ——离线建立根时间；
 $T_{catwalk}$ ——动力猫道输送时间；
 T_{floor} ——钻台面机械手操作时间；
 T_{IR} ——铁钻工占用动力鼠洞时间；
 $T_{racking}$ ——排管时间；
 T_{PRS} ——对扣时间；
 T_{HTV} ——多功能机械手上下行时间。

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 宜包括流程控制模块、自动化平台、智能 APP 三大模块，并满足以下要求：

- a) 流程控制模块应实现钻进流程自动化控制；
- b) 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；
- c) 智能 APP 具备以下功能：
 - 1) 钻进：具备恒钻速、恒钻压、恒扭矩和恒压差四种自动送钻模式，可根据不同工况任意搭配组合；
 - 2) 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；
 - 3) 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；
 - 4) 摩阻测试：可自动完成一段井筒的摩阻测试；
 - 5) 抗粘滑振动：能够有效减小甚至消除井底钻具的粘滑振动；
 - 6) 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；
 - 7) 滑动定向：减小滑动钻进过程中的托压，稳定工具面；
 - 8) 起下钻分析：记录分析当次起钻或下钻效率。

6.10 自动加料系统

6.10.1 应具备固体料和液体料的存储、输送、计量等功能。

6.10.2 固体料自动加料系统宜采用吹灰系统或电动加料系统，储备罐应配置称量设备。

6.10.3 液体料自动加料系统宜采用计量泵加料系统，液体罐应配置液位传感器。

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 150.3、GB/T 150.4 的规定。

6.11 设备智能运维管理系统

6.11.1 应实现对设备全生命周期内的信息化、数字化管理。

6.11.2 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，宜支持多个子系统或功能的可选择性独立运行。

6.11.3 应支持在本地存储系统、远程监控中心实现独立部署和数据存储。

6.11.4 使用应支持电脑端、APP 的作业需求。

- 6.11.5 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。
- 6.11.6 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，但不应对其他系统或设备的独立运行造成破坏。交互的数据格式为 WITS，通讯协议支持 TCP、UDP、Modbus、串口，数据传输频率大于 1 Hz。
- 6.11.7 应支持功能的扩展性要求。

7 试验和试验规则

7.1 试验

- 7.1.1 智能钻机的出厂试验、型式试验、整机工业性试验按 GB/T 23505 执行。
- 7.1.2 除 7.1.1 规定的试验项目外，还应进行 ZMS 试验及钻机操作系统试验，试验规则应符合附录 B 和附录 C 规定。

7.2 试验规则

每套智能钻机均应按本文件 7.1 条进行试验，并对试验过程予以记录，记录的管理、提供和保存按 SY/T 6680 执行。

8 标识、出厂文件、贮存、包装和运输

智能钻机的标识按本文件 4.2 执行，出厂文件、贮存、包装和运输按 GB/T 23505 的规定执行，其中管柱自动化处理系统按 SY/T 7421 的规定执行。

附录 A
(资料性)
名义钻深 7 000 m 的智能钻机典型配置

A.1 系统组成

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、自动加料系统、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、顶驱、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

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 1 600 kW(2 150 hp)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：6×7 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的管径范围：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 74 200 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(1 600 hp)；
- l) 钻井泵台数： ≥ 2 台，根据钻井泵的功率确定；
- m) 钻井液净化系统处理能力：满足最大钻井液返回量；
- n) BOP：最大工作压力 69 MPa(10 000 psi)，通径 $\phi 346$ mm(13 5/8 in)。

A.3 基本配置

基本配置见表A.1。

表A.1 基本配置

名称	数量	单位
动力系统 发电机组应符合 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
提升系统		
井架 符合 GB/T 25428 的规定。最大钩载 4 500 kN，应配置动力二层台。	1	套
天车 符合 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 基本配置 (续)

名称	数量	单位
游车 符合 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
绞车 符合 SY/T 5532 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
死绳固定器 符合 GB/T 19190 的规定, 含传压包。	1	套
钻井钢丝绳 符合 GB/T 40089 和 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
倒绳机	1	台
旋转系统		
转盘 符合 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
顶驱 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
循环系统 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组、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, 自动加料系统一般配置固体加料系统、液体加料系统等设备。	1	套
井控系统 符合 SY/T 6868 的规定。最大工作压力为 69 MPa(10 000 psi), 通径 $\phi 346$ mm(13 5/8 in), 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。	1	套
电控、仪表和钻机控制系统 符合 GB/T 23507.2 规定。电压制式一般国内 600 V/400 V, 50 Hz, 国外 600 V/480 V, 60 Hz, 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。	1	套
底座 符合 GB/T 25428 的规定, 最大钩载 4 500 kN。	1	套
管柱自动化处理系统 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: 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)。	1	套

表 A.1 基本配置（续）

名称	数量	单位
智能钻机操作系统 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。宜包括流程控制模块、自动化平台、智能 APP 三大模块，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。	1	套
设备智能运维管理系统 一般配置信息管理系统和设备在线监测系统。	1	套
BESS 适合油田钻井混合动力供电，保证发电机组平稳运行。	1	套
辅助绞车		
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
井口机械化工具		
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
(规范性)
ZMS 试验矩阵

ZMS试验矩阵按表B.1执行。

表 B.1 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	缓冲机械手	动力猫道	钻井泵	防喷器
绞车	不适用	当游车通过二层台时，吊环应处于浮动状态。	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 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	缓冲机械手	动力猫道	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。	当动力猫道伸到钻台面，禁止铁钻工朝井口伸出。	钻井泵有泵冲，禁止卸扣。	不碰撞
卡瓦	游车处于运动状态（钩速大于 0.1 m/s），禁止卡瓦关闭。	钻进工况，禁止卡瓦关闭。	铁钻工在井口区域，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 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	缓冲机械手	动力猫道	钻井泵	防喷器
缓冲机械手	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
动力猫道	不碰撞	不碰撞	铁钻工没有收回，禁止动力猫道上升到钻台面。	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

附录 C
(规范性)
钻机操作系统试验规则

C.1 系统功能

应能实现钻井参数范围输入、部分流程自定义、钻井装备参数输入、流程消息显示及报警功能。

C.2 钻进流程自动化

应能实现从“打开卡瓦——钻完一根立柱——关闭卡瓦”整个流程的自动化控制。

C.3 智能 APP

应能在操作界面上手动或自动打开或关闭 APP，具体如下：

- a) 钻进：恒钻压、恒扭矩和恒压差三种模式可同时激活或取消，钻进速度与模式给定值、模式反馈值的差值成正比；
- b) 划眼：应能设置次数、距离、速度、拉力保护等参数，自动根据设定值完成动作和保护；
- c) 钻井参数优化：通过手动改变 WOB、RPM 等反馈参数，APP 应能在钻完一根立柱的时间内推荐出 WOB、RPM 给定值的推荐值；
- d) 摩阻测试：应能设置距离、速度、拉力保护等参数，自动根据设定值完成动作和保护；
- e) 抗粘滑振动：通过手动改变顶驱扭矩，APP 应能判断出粘滑振动强度，并自动改变顶驱转速进行调整；
- f) 下传指令：应能预设指令，选择排量或转速模式，自动根据指令调节对应模式给定值；
- g) 滑动定向：应能设置钻柱正反转圈数，并控制顶驱在设定的圈数内进行低速正反转；
- h) 起下钻分析：进行 3 次以上起钻或下钻操作，APP 应能显示当前起钻或下钻效率。

参 考 文 献

- [1] GB/T 8423.5—2017 石油天然气工业术语 第5部分：设备与材料
- [2] GB/T 23507.3—2017 石油钻机用电气设备规范 第3部分：电动钻机用柴油发电机组
- [3] SY/T 6868—2023 石油天然气钻采设备 井控系统
- [4] SY/T 6958—2013 低温石油钻机和修井机
- [5] 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