

T/CPI

中国石油和石油化工设备工业协会团体标准

T/××× ××××—××××

# 石油天然气钻采设备 全电动压裂成套装备及技术应用规范

Petroleum drilling and production equipment—Fully electric power driven  
fracturing pumping unit and technical application specification

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

（征求意见稿）

××××—××—××发布

××××—××—××实施

中国石油和石油化工设备工业协会 发布



# 目 次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 前言 .....                       | II |
| 1 范围 .....                     | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                | 1  |
| 3 术语和定义 .....                  | 1  |
| 4 设备的选择 .....                  | 2  |
| 4.1 基本要求 .....                 | 2  |
| 4.2 电动压裂泵送设备 .....             | 2  |
| 4.3 电动混砂设备 .....               | 2  |
| 4.4 电动混配设备 .....               | 3  |
| 4.5 电动输砂设备 .....               | 3  |
| 4.6 仪表设备 .....                 | 3  |
| 4.7 电动供液设备 .....               | 3  |
| 4.8 储液设备 .....                 | 3  |
| 4.9 电控设备 .....                 | 3  |
| 5 现场应用技术要求（安装、调试、应用） .....     | 5  |
| 5.1 基本要求 .....                 | 5  |
| 5.2 设备安装 .....                 | 5  |
| 5.3 现场调试 .....                 | 5  |
| 5.4 压裂作业 .....                 | 6  |
| 表 1 3-110 kV 户内配电装置的电气间隙 ..... | 4  |
| 表 2 绝缘电阻实验器件施加电流电压的指导准则 .....  | 4  |
| 表 3 短时工频耐受电压 .....             | 4  |

## 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：四川宏华电气有限责任公司、四川宏华石油设备有限公司、宝鸡石油机械有限责任公司、汉正检测技术有限公司、甘肃宏腾油气装备制造有限公司。

本文件主要起草人：

# 石油天然气钻采设备

## 全电动压裂成套装备及技术应用规范

### 1 范围

本文件规定了全电动压裂成套装备设备的选择和现场应用技术要求。  
本文件适用于全电动压裂成套装备的选择及应用。

### 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 3797—2016 电气控制设备
- GB/T 7251.1—2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 12668.4—2006 调速电气传动系统 第4部分：一般要求—交流电压1000 V以上但不超过35 kV的交流调速电气传动系统额定值的规定
- GB/T 14549—1993 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡
- GB 15599—2009 石油与石油设施雷电安全规范
- GB/T 23507.2—2017 石油钻机用电气设备规范 第2部分：控制系统
- GB 50054—2011 低压配电设计规范
- GB 50060—2008 3~110 kV高压配电装置设计规范
- GB 50061—2010 66 kV及以下架空电力线路设计规范
- GB/T 50065—2011 交流电气装置的接地设计规范
- GB 50217—2018 电力工程电缆设计标准
- NB/T 14002.2—2017 页岩气 储层改造 第2部分：工厂化压裂作业技术规范
- SY/T 5211—2016 石油天然气钻采设备 压裂成套装备
- SY/T 5727—2014 井下作业安全规定
- SY/T 7015—2014 固井压裂柱塞泵
- SY/T 7086—2016 石油天然气工业 钻井和采油设备 压裂泵送设备

### 3 术语和定义

GB/T 3797—2016、GB/T 7251.1—2013、GB/T 12668.4—2006、GB 50054—2011、NB/T 14002.2—2017和SY/T 5211—2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

电动压裂成套装备 electric fracturing pumping unit

由电动压裂泵送设备、电动混砂设备、仪表监测设备、电动混配设备、电动输砂设备、电动供液设备、储液设备等组成，以电力作为主动力能源，能够完成压裂施工中压裂液、支撑剂的泵注、控制以及相关数据采集、存储、显示、远程传输等工作的成套装备。

## 4 设备的选择

### 4.1 基本要求

- 4.1.1 设备应能适应 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的作业环境温度。
- 4.1.2 设备应能适应在月平均最低温度不超过 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，月平均环境空气最高相对湿度95%的要求。
- 4.1.3 距离井场50 m范围外任意检测点，噪音值应低于55 dB。
- 4.1.4 设备布局应方便操作、检查和维护。
- 4.1.5 设备应配置必要的操作平台和夜间施工照明装置。
- 4.1.6 所有暴露在外的转动部件应有安全防护装置。
- 4.1.7 仪器、仪表的计量单位采用国际单位制。
- 4.1.8 全部电路应采用编码标识。
- 4.1.9 设备应配置维护、保养的专用工具。
- 4.1.10 需要调速的电动机应具有超速保护的功能。
- 4.1.11 主电机、变流器、主变压器等发热量大的部件应设置超温保护功能。
- 4.1.12 所有的带电设备都应在可打开的门或围栏上设有带电警示标志。
- 4.1.13 带电设备接地设计按GB/T 50065—2011执行。
- 4.1.14 压裂作业应配备视频监视系统。
- 4.1.15 设备的防雷电要求，按照GB 15599—2009的规定执行。

### 4.2 电动压裂泵送设备

- 4.2.1 设备应满足排量增量 $0.01\text{ m}^3/\text{min}$ 连续调节的要求。
- 4.2.2 设备应配备超压保护装置。
- 4.2.3 电动压裂泵宜配备健康诊断系统。
- 4.2.4 设备应满足不低于80%额定压力条件下连续稳定运行。
- 4.2.5 设备紧固件按SY/T 7015—2014第9.2.5条要求执行。
- 4.2.6 设备安全系统按SY/T 7086—2016第5.3.6条要求执行。

### 4.3 电动混砂设备

- 4.3.1 设备应满足不低于80%额定排量下连续稳定运行。
- 4.3.2 设备应保证排出混合液的压力达到0.35 MPa以上。
- 4.3.3 设备应具有本地/远程控制模式。
- 4.3.4 设备应满足同时添加不少于三种液体添加剂的要求。

### 4.4 电动混配设备

- 4.4.1 设备排出混配液体压力达到0.25 MPa以上；供液能力宜在 $10\text{ m}^3/\text{min}$ 以上。

4.4.2 设备应具有本地/远程控制模式。

#### 4.5 电动输砂设备

4.5.1 砂罐容量应不小于 100 m<sup>3</sup>。

4.5.2 配备自动加砂设备时输砂能力应不小于 40 m<sup>3</sup>/h。

4.5.3 砂罐应满足同时存放三种以上规格的压裂支撑剂。

4.5.4 设备应满足密闭输砂要求。

#### 4.6 仪表设备

4.6.1 应满足成套设备集中控制。

4.6.2 应显示压裂作业流程，并记录过程参数，包括但不限于油压、套压、排量、砂比、砂量、液量。

4.6.3 宜配置控制室和指挥室。

4.6.4 设备应具备监视安全作业的功能，宜在井口、高压管汇、水罐区布置摄像机。

4.6.5 应实现压裂泵排量的自动控制。

4.6.6 应监视、记录供电设备的运行状态。

#### 4.7 电动供液设备

4.7.1 设备输出排量应连续可调，调节精度达到 0.01 m<sup>3</sup>/min。

4.7.2 设备应具备自动稳压功能，即在额定排量范围内跟随后端需求自动调节输出排量，并确保排出压力上下波动不超过 0.05 MPa。

4.7.3 设备应具备本地和远程操作模式。

#### 4.8 储液设备

4.8.1 对储液的吸入和排出，应具备手动、自动两种控制模式。

4.8.2 设备应具备本地和远程操作模式。

4.8.3 设备储液量应可视化。

#### 4.9 电控设备

4.9.1 环境温度低于设备的最低运行温度时，应安装自动控温的加热装置或采取其他保温措施。

4.9.2 接入电网公用连接点的设备，注入该点的谐波电流允许限值与系统中的谐波电压限值应满足 GB/T 14549—1993 的规定。

4.9.3 电控设备高压配电装置应按照 GB 50060—2008 执行。

4.9.4 电控设备低压配电系统应按照 GB 50054—2011 执行。

4.9.5 电控设备电力电缆和控制电缆的选择应按照 GB 50217—2018 执行。

4.9.6 标称电压≤1 000 V 的设备，其电气间隙与爬电距离应满足 GB/T 23507.2—2017 中 5.4 条的规定。

4.9.7 标称电压>1 000 V 的设备，其带电部分至接地部分之间的电气间隙应符合表 1 的规定。

表1 3~110 kV 户内配电装置的电气间隙

| 系统标称电压<br>kV | 电气间隙<br>mm | 系统标称电压<br>kV | 电气间隙<br>mm |
|--------------|------------|--------------|------------|
| 3            | 75         | 20           | 180        |
| 6            | 100        | 35           | 300        |
| 10           | 125        | 66           | 550        |
| 15           | 150        | 110          | 950        |

4.9.8 设备中带电回路之间，以及带电回路与接地导电部件之间，应按表 2 进行绝缘测量。测得的绝缘电阻按标称电压至少为 1 000 Ω/V。

表2 绝缘电阻试验器件施加电流电压的指导准则

单位为V

| 额定电压         | 绝缘电阻试验的直流电压  |
|--------------|--------------|
| <1 000       | 500          |
| 1 000~2 500  | 1 000        |
| 2 501~5 000  | 2 500        |
| 5 001~12 000 | 2 500~5 000  |
| >12 000      | 5 000~10 000 |

4.9.9 设备额定绝缘电压不超过 1 500 V 的主电路与制造商已指明不适用于由主电路直接供电的辅助控制电路，按照 GB/T 23507.2—2017 中 5.7 条的规定执行。

4.9.10 设备额定绝缘电压大于 1 500 V 至 110 kV 时，工频耐受电压值应按表 3 中的推荐值进行试验。

表3 短时工频耐受电压

单位为kV

| 额定绝缘电压 | 短时工频耐受电压<br>(交流有效值) | 额定绝缘电压 | 短时工频耐受电压(交流有效值) |
|--------|---------------------|--------|-----------------|
| 3      | 18                  | 20     | 50              |
| 6      | 25                  | 35     | 80              |
| 10     | 30                  | 66     | 140             |
| 15     | 40                  | 110    | 185             |

4.9.11 户外敷设的电缆，应耐高温、耐油、耐磨。

4.9.12 应采取措施防止意外触及电压超过 50 V 的带电部件。对于设备内部的电器原件，可采取下述一种或几种措施：

- a) 采用绝缘材料完全包裹带电部件，或隔离带电部件，以避免打开设备遮拦时意外触及带电部件；
- b) 采用连锁机构，使得只有断开电源后才能打开或拆除遮拦；而且当遮拦被打开或拆除时，电源开关不能闭合；
- c) 应使用专业钥匙或工具移动、打开和拆卸带电体遮拦；



d) 内部装设有电容器且电容器电荷能力 $>0.1\text{ J}$ 的设备，应具备电容放电回路。

## 5 现场应用技术要求（安装、调试、应用）

### 5.1 基本要求

- 5.1.1 电源短路容量应大于最大功率用电设备额定容量的 20 倍。
- 5.1.2 电源供电电压偏差应不超过系统标称电压的 $\pm 10\%$ ；若低电压偏差超过 $-10\%$ ，设备应降容使用，并且电流不超过设备额定电流。
- 5.1.3 电源供电频率偏差应小于 $\pm 5\%$ 。
- 5.1.4 电源的三相电压不平衡度允许限值，应符合 GB/T 15543—2008 的规定。
- 5.1.5 电源架设应符合 GB 50061—2010 的规定。
- 5.1.6 压裂井场内电力工程施工单位应具有电力工程施工总承包资质、承装（修、试）电力设施许可证。
- 5.1.7 压裂井场内电力工程设计单位应具有电力行业（新能源发电、送电工程、变电工程）工程设计资质。
- 5.1.8 进入压裂现场的作业人员应持有 HSE、井控、硫化氢培训证书；从事低压电气设备安装调试的人员应持有低压电工作业资格证；从事高压电气设备调试、维护的人员应持有高压电工证。
- 5.1.9 压裂作业各区域 HSE 要求应符合 SY/T 5727—2014 的规定。

### 5.2 设备安装

- 5.2.1 设备摆放区域地面承重能力与基础不平度应满足 NB/T 14002.2—2017 的规定。
- 5.2.2 按压裂作业区、泵送桥塞射孔区、供液区、化工料区、支撑剂区等功能区布置井场，各区域相互独立，应留有应急通道。
- 5.2.3 设备应按照井场布局图摆放，并连接压裂管汇。
- 5.2.4 设备应垫防渗膜，周围使用围堰防护。
- 5.2.5 变配电装置安装应符合以下要求：
  - a) 地上安装的变压器变台的高度宜为  $0.5\text{ m}$ ，其周围应装设不低于  $1.7\text{ m}$  的围栏，并在明显部位悬挂警示牌；
  - b) 配电房（室）等固定电力设备周围均应装设高度不低于  $1.7\text{ m}$  的防护屏障或网栅围栏，并在明显部位悬挂警示牌；
  - c) 变配电装置不应设置在下列场所：
    - 1) 地势低洼和可能积水的区域；
    - 2) 有爆炸危险的区域；
    - 3) 有腐蚀性气体的区域；
    - 4) 上方有吊装作业的区域；
    - 5) 距油罐区、井口、高压管汇、放喷池  $30\text{ m}$  以内的区域。
- 5.2.6 电动混砂设备沿液罐区摆放，操作室不应正对高压管汇。
- 5.2.7 仪表房应远离高压管汇和井口。
- 5.2.8 电缆敷设应具备防护措施，避免机械外力、外部腐蚀、外部热源等带来的不利影响。

5.2.9 电缆连接应牢固可靠，金属导体接触面应完全接触。

5.2.10 在正常工作时，可能受到强烈震动影响的连接电缆，应采取适当的机械固定措施并保证接线牢固。

### 5.3 现场调试

5.3.1 上电调试前应确保线缆、管汇连接正确。

5.3.2 设备上电调试应由专业人员操作。

5.3.3 设备上电调试应按电压等级从高到低逐级合闸，并检查相应电压值正确。

5.3.4 设备上电后，检查确保网络通讯正常，各传感器参数值正确。

5.3.5 网络通讯正常后进行各单台部件试运转，确保各电机转向正确。

5.3.6 各单台部件运转正常后，进行联调，确保功能满足安全施工。

### 5.4 压裂作业

5.4.1 根据施工要求，完成开工验收。

5.4.2 根据施工指令，按照工艺要求确认地面流程。

5.4.3 根据施工指令，按照设备操作规程进行走泵、排空作业。

5.4.4 根据施工指令，按照设计要求进行压裂作业，并按 NB/T 14002.2—2017 执行。

5.4.5 施工期间应对高压管汇、旋塞阀等高压区关键部位进行实时视频监控。

5.4.6 施工期间应对电动设备运行状态进行监控，并实时存储运行数据。

5.4.7 施工期间禁止进入高压区；距高压区 10 m 内禁止停留。

5.4.8 施工期间应按规定路线进行巡场检查。

5.4.9 作业期间应做好设备保养维护计划。

5.4.10 作业期间禁止带压整改管线、检修设备。

5.4.11 暴雨、雷电、大风、能见度小于 50 m 的大雾等恶劣天气应停止作业。

5.4.12 施工过程中，一旦出现触电、火灾、刺漏、雷击等紧急情况，应立即启动应急处置方案。