

T/CPI

中国石油和石油化工设备工业协会企业标准

T/CPI XXXXX—XXXX

石油天然气钻采设备
全电动压裂成套装备技术应用规范

The equipment of drilling and production for Technical application specification for
all electric fracturing packages

（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

前言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 3

4 设计 4

 4.1 设计条件 5

 4.2 设计强度分析 5

 4.3 应力分布和应力集中的简化 5

 4.4 设备或零部件的承载能力 5

 4.5 剪切屈服强度与抗拉屈服强度 5

 4.6 额定载荷值 5

 4.7 设计安全系数 5

 4.8 特殊设备 5

 4.9 设计文件 5

5 设计验证 6

 5.1 总则 6

 5.2 设计验证功能试验 6

 5.3 设计验证压力试验 6

 5.4 噪声试验 7

 5.5 记录 7

6 材料要求 7

 6.1 总则 7

 6.2 金属材料 7

 6.3 非金属材料 8

7 焊接要求 9

 7.1 概述 9

 7.2 焊接评定 9

 7.3 书面文件 9

 7.4 焊材控制 9

 7.5 焊接性能 9

 7.6 焊后热处理 9

 7.7 焊缝质量 9

 7.8 特殊要求—组焊 10

 7.9 特殊要求—补焊 10

8 质量控制 10

 8.1 总则 10

 8.2 质量控制人员资格 10

 8.3 测试设备 10

 8.4 特殊设备和零部件的质量控制 10

 8.5 尺寸检测 11

 8.6 设备试验 11

9 设备 12

 9.1 成套设备型式与基本要求 12

 9.2 电动压裂泵送设备 16

 9.3 电动混砂设备 17

 9.4 油电混控仪表设备 17

 9.5 管汇设备 17

 9.6 电动配液设备 18

 9.7 电动输砂设备 18

10 联机试验 18

 10.1 安全环保要求 18

 10.2 试验条件 19

 10.3 试验内容 19

 10.4 试验程序 19

11 文件 20

 11.1 文件保存 20

 11.2 随机文件 20

 11.3 随车附件 20

12 设备标志、包装、运输、贮存 20

 12.1 标志安装及内容 20

 12.2 包装及运输 20

 12.3 贮存 21

附录 A（资料性附录） 电动压裂泵送设备总功率计算方法 22

附录 B（资料性附录） 高压管汇件最大流量推荐表 23

附录 C（资料性附录） 接口主要配合尺寸 25

附录 D（资料性附录） 安全防护用品测试指标及配备数量 26

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》给出的规则起草。

本标准由中国石油和石油化工设备工业协会团体标准提出并归口。

本标准主要起草单位：中石化四机石油机械有限公司。

本标准主要起草人：

全电动压裂成套装备技术应用规范

1 范围

本文件规定了全电动压裂成套装备的术语和定义、设计、设计验证、材料要求、焊接要求、质量控制、设备、联机试验、文件以及设备标志、包装、运输、贮存。

本文件适用于陆地及海洋石油天然气开采用车装或橇装全电动压裂成套装备的设计、制造、检验验收和质量评定。

本文件适用于以下设备：

- 电动压裂泵送设备；
- 电动混砂设备；
- 油电混控仪表设备；
- 电动配液设备；
- 电动输砂设备；
- 高压管汇。

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 156 标准电压

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法 (GB/T 228.1-2010, ISO 6892-1:2009, MOD)

GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法 (GB/T 229-2007, ISO 148-1:2006, MOD)

GB/T 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定

GB/T 531.1 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法

GB/T 699 优质碳素结构钢

GB/T 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 762 标准电流等级

GB/T 997 旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类(IM代码)

GB 1348 球墨铸铁件

GB/T 1993 旋转电机冷却方法

GB/T 2820.1 往复式内燃机驱动的交流发电机组 第1部分:用途、定额和性能

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备 (GB/T 2975-1998, ISO 377:1997, EQV)

- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3047.1 高度进制为20mm的面板、架和柜的基本尺寸系列
- GB 3096 声环境质量标准
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB 3836.1 爆炸性环境 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”保护的設備
- GB 3836.3 爆炸性环境 第3部分:由增安型“e”保护的設備
- GB 3836.5 爆炸性环境 第5部分:由正压外壳“p”保护的設備
- GB/T 4162 锻轧钢棒超声检测方法 (GB/T 4162-2008, ASTM E2375:2004, NEQ)
- GB/T 4205 人机界面标志标识的基本和安全规则 操作规则
- GB/T 4208 外壳防护等级 (IP代码)
- GB/T 4942.1 旋转电机整体结构的防护等级(IP代码) 分级
- GB/T 5677 铸钢件射线照相检测 (GB/T 5677-2018, ISO 4993:2015, MOD)
- GB/T 5777 无缝钢管超声波探伤检验方法 (GB/T 5777-2019, ISO 10893-10:2011, MOD)
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 6402 钢锻材超声波检验方法 (GB/T 6402-2008, EN10228-3: 1998、EN10228-4: 1999, MOD)
- GB/T 7060 船用旋转电机基本技术要求
- GB 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分: 总则
- GB 8978 污水综合排放标准
- GB/T 9439 灰铸铁件
- GB/T 11352 一般工程用铸造碳钢件 (GB/T 11352-2009, ISO 3755:1991, MOD)
- GB 11651 个体防护装备选用规范
- GB/T 12467.2 金属材料熔焊质量要求 第2部分:完整质量要求 (GB/T 12467.2-2009, ISO 3834-2:2005, IDT)
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 14549 公用电网谐波
- GB 14711 中小型旋转电机通用安全要求
- GB 26164 电业安全工作规程
- GB 26859 电力安全工作规程 电力线路部分
- GB 50168 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准
- GB 50169 电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范
- GB 50661 钢结构焊接规范
- SY/T 5211 压裂成套装备
- SY/T 5727 井下作业安全规程
- SY/T 5676 石油天然气工业用自由锻件
- SY/T 5856 油气田电业带电作业安全规程
- SY/T 6270 石油天然气钻采设备 固井、压裂管汇的使用与维护
- SY/T 7086 石油天然气工业 钻井和采油设备 压裂泵送设备
- SY/T 7334 石油天然气钻采设备 混砂设备
- ISO 9712 无损检测人员的资格鉴定与认证
- ASNT SNT-TC-1A 无损检测人员资格鉴定和认证
- ANSI/AWS D1.1 钢结构焊接规范
- ANSI B1.5 美国 标准梯形螺纹

ANSI B1.8 美国 标准短齿梯形螺纹

3 术语和定义

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

用交流或直流电动机驱动各工作机的压裂成套装备，包括电动压裂泵送设备、电动混砂设备、油电混控仪表设备、电动配液设备、电动供砂设备等组成，能完成压裂施工中的支撑剂、添加剂与工作液的混合、泵注、控制、数据采集存储等工作。

3.2

变频控制系统 electronic control system

用于给电机提供电力和控制的成套装置。

3.3

变频器 frequency converter

用于电机的速度和扭矩控制的变流装置。

3.4

变压器 transformer

用于将一种电压变换成另一种电压的设备。

3.5

高压开关柜 high voltage control box

1000V以上电压等级的设备，除外部连接外，全部装配完成并封闭在接地金属外壳内的开关设备和控制设备。

3.6

低压 Low Voltage

电压等级不大于1000V的配电交流系统。

3.7

高压 high voltage

电压等级高于低压的配电交流系统。

3.8

环网柜 ring main unit

输配电设备装在金属或非金属绝缘柜体内或做成拼装间隔式环网供电单元的电气设备。

3.9

接地体 grounding conductor

埋入地中并直接与大地接触的金属导体。

3.10

供配电系统 Power supply and distribution system

用于为电动压裂成套装备提供电力的系统，由高低压配电线路、变电站和用电设备组成。

3.11

油电混控仪表设备 oil and electricity double control equipment

用于柴驱压裂成套装备和电动压裂成套装备的仪表控制设备。

3.12

最高工作压力 maximum working pressure

指电动压裂泵送设备在对应柱塞直径下流体的最高排出压力。

3.13

额定工作压力 rated working pressure

指满足电动压裂泵送设备正常工作需求下的最大排出压力。

3.14

额定转速 rated speed

设备规定的运动速度或速率。

3.15

设计总功率 total design power

压裂施工设计限压下达到设计最大排量时电动压裂泵送设备的理论输出功率。

3.16

设计最大流量 maximum design flow

压裂施工中要求混砂设备输出的最大流量。

3.17

功率储备系数 power reserving factor

电动压裂泵送设备总功率与设计总功率的比值。

3.18

电动压裂泵送设备总功率 total power of fracturing pumping unit

电动压裂泵送设备的总输出功率。

3.19

试验样机 test unit

进行设计验证试验的样机。

4 设计

4.1 设计条件

- 4.1.1 设备的设计应能保证安全运行，能安全的传递载荷。
- 4.1.2 设备的设计工作环境温度 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。除非第9章另有规定或者协议双方另有书面商定。
- 4.1.3 设备不推荐在低于设计温度时的额定载荷下使用本标准。
- 4.1.4 设备的使用环境温度低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，主承载件（车装设备构架和副梁的主纵梁，橇装设备主纵梁）材料使用D等级；设备的使用环境温度低于 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，主承载件材料可使用D等级，但应明确材料能达到 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 使用要求（材料供应商提供 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冲击功报告）。设备的使用环境温度低于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，主承载件材料使用E等级。

4.2 设计强度分析

- 4.2.1 设备的设计分析应考虑屈服、疲劳或扭曲等可能的失效模式。
- 4.2.2 设备的设计强度分析应以弹性理论为基础。另一方面，在设计文件认为合理的地方，可以用极限强度（塑性）分析。
- 4.2.3 设备的强度分析应考虑所有能影响设计的力。针对需要考虑的设备，应采用最不利的力的组合、位置和方向。
- 4.2.4 设备的稳定性分析应以弯曲理论为基础。

4.3 应力分布和应力集中的简化

应力分布和应力集中可采用简化假设，但应采用符合公认的作法、经验或试验进行简化。

4.4 设备或零部件的承载能力

没有可靠的分析方法时，设备或零部件的承载能力应由试验来确定。

4.5 剪切屈服强度与抗拉屈服强度

设计计算考虑剪切时，剪切屈服强度与抗拉屈服强度的比值应取0.58。

4.6 额定载荷值

- 4.6.1 按本文件提供的各种设备的额定载荷值，应符合本文件规定的要求。
- 4.6.2 主承载件和承压件的额定载荷值，应满足和超过设备的额定载荷值。
- 4.6.3 额定载荷值应依据所用材料规定的最小屈服强度。

4.7 设计安全系数

对于标准的机械零部件，设计安全系数有成熟的推荐值。对于非标准或特殊的机械零部件，设计安全系数需要通过经验确定。

设计安全系数作为设计依据，不允许设备上的载荷超过额定载荷值。

传动轴设计安全系数应为2.0~3.0。

4.8 特殊设备

参见第9章特殊设备设计要求。

4.9 设计文件

设计文件应包括设计方法、假设、计算和设计要求。设计要求包括但不限于尺寸、试验、工作压力、材料、环境和API规范的要求以及其它有关的设计要求。也包含对设计变更文件的要求。

5 设计验证

5.1 总则

5.1.1 为了验证设计和有关计算的准确性，应对设备进行设计验证试验。

5.1.2 设计验证试验应根据程序文件执行。

5.1.3 设计验证试验应由对产品的设计和制造没有直接责任且具有进行该项工作资格的人员执行或验证。

5.1.4 设计验证试验项目包括：

——功能试验；

——压力试验。

5.2 设计验证功能试验

5.2.1 试验取样

凡是利用零件的连续运动传递力、运动或能量的设备，应在每种类型的设备中选一台（套）进行功能试验。

5.2.2 试验程序

制造厂家应建立试验周期、应用载荷和试验速度的程序文件。对于连续运转的设备，试验样机应在额定速度下最少试验运转2 h。对于间断运转或周期运转的设备，除第9章另有规定外，应在额定速度下按等效的工作周期运转至少2 h。

5.2.3 合格条件

设备运转应没有显著的动力损耗，试验过程中，性能参数应在设计文件规定的范围内。

5.3 设计验证压力试验

5.3.1 试验取样

每一个承压项目或第9章规定的主承压件应进行设计验证静水压试验，液压动力传递部件不在本试验之内。

5.3.2 试验压力

试验压力应为额定工作压力的1.5倍，清水、加入添加剂的水或其它工作中通常使用的液体可作为试验液体。试验步骤按8.6.2的要求进行。

5.3.3 合格条件

在每次加压试验后不应出现渗漏或永久变形，并按8.4.5的规定进行无损检测。不满足本要求或过早失效，应重新进行试验，重新评价设计。

5.3.4 单个零件

如果试验装置的加载情况适用于组件中的零件，这些单个零件可以单独进行试验。

5.4 噪声试验

5.4.1 设备型式试验应进行噪声试验；

5.4.2 设备自身的噪声应是合成噪声扣除背景噪声后的噪声；

5.4.3 设备额定输入功率和最大输入功率工况下，在距设备左、右各 1 m、距地面高 1.5 m 至 1.7 m 处测试噪声，设备自身的噪声限值不得超过 95 dB(A)。

5.5 记录

所有的设计验证的记录和数据应按规定的程序文件保存。

6 材料要求

6.1 总则

本章规定了主承载件以及承压件材料的质量鉴定、性能和工艺要求。另有规定者除外。

6.2 金属材料

6.2.1 书面规范

6.2.1.1 用于制造承受主载荷零件以及承压零件的金属材料应符合或超过设计要求的书面规范。

6.2.1.2 金属材料书面规范应明确以下内容：

- 力学性能要求；
- 材料质量鉴定；
- 材料加工要求；
- 化学成分分析；
- 适用时，无损检测要求。

6.2.2 力学性能

6.2.2.1 冲击吸收能量应按 GB/T 229 的要求进行冲击试验。

6.2.2.2 设计要求厚度方向的性能时，应执行 GB/T 228.1 对材料进行厚度方向断面收缩试验。最小收缩率应为 25 %。

6.2.2.3 力学性能试验应在最终热处理状态下，使用代表零件制造中所用炉号及热处理批的质量鉴定试块或牺牲零件进行检测，取样位置应位于距表面 1/4 厚度的芯部区域。

6.2.2.4 当必需使用小尺寸冲击试样时，其验收准则应乘以相应的调整系数，不允许使用宽度小于 5 mm 的小尺寸冲击试样。

6.2.3 材料质量鉴定

6.2.3.1 本标准所要求的力学性能试验，应在与所有代表零件相同热处理且属同一批次的试棒上进行，试验应按 GB/T 229 的要求，在材料最终热处理状态下进行。为了材料验证试验的目的，焊后消除应力不看作是热处理。材料验证试验可在消除应力之前，低于改变热处理状态的温度下进行。

6.2.3.2 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。

6.2.3.3 零件验证试验用试棒按 GB/T 2975 执行。

6.2.4 材料加工

- 6.2.4.1 制造工艺应确保重复性生产的零部件符合本标准的要求；
- 6.2.4.2 承受高压的锻件材料应符合 SY/T 5676 的规定，加工过程应保证整个零件截面产生锻造组织；
- 6.2.4.3 铸件应符合制造商规定的技术要求；
- 6.2.4.4 热处理应在制造厂家或工艺人员根据要求认可的设备内进行。热处理炉内任一零件应不影响到热处理批次中其它零件的热处理特性，热处理的温度和时间应符合制造厂家或工艺人员的书面规范。实际热处理温度和时间应有记录，记录应对有关零件具有追溯性。

6.2.5 化学成份分析

主承载件以及承压件材料化学成份分析按GB/T 222要求进行，对制造商书面材料中规定的所有元素进行分析。分析结果按钢铁的种类应分别符合GB/T 3077、GB/T 699、GB 1348、GB/T 9439、GB/T 11352的规定。

6.2.6 无损检测要求

应根据设计或工艺要求，确定主承载件和/或承压件的无损检测质量要求。

6.3 非金属材料

6.3.1 总则

允许采用非金属材料制造主承载件和承压件，但材料应满足设计要求的性能。

6.3.2 书面规范

- 6.3.2.1 用于制造主承载件以及承压件的非金属材料应符合或超过设计要求的书面规范。
- 6.3.2.2 非金属材料书面规范应明确以下内容：
 - 普通基体聚合物；
 - 力学性能；
 - 材料鉴定及测试后力学性能的变化；
 - 储存及老化控制要求；
 - 验收准则。

6.3.3 力学性能

- 6.3.3.1 硬度试验应符合 GB/T 531.1 规定。
- 6.3.3.2 拉伸强度、伸长率应符合 GB/T 528 的规定。

6.3.4 材料质量鉴定

- 6.3.4.1 对非金属密封件的取样应按照 GB/T 2828.1，一般检验水平 II 的规定，2.5 AQL 验收质量等级用于 O 形密封圈，1.5AQL 用于其它密封件。
- 6.3.4.2 目检每个样品，并保证符合制造商的书面规范。
- 6.3.4.3 检验每件样品，确保尺寸应保证在规定的公差范围内。
- 6.3.4.4 如果检验中产生的不合格数小于抽样允许的合格判定数，则该批应予以验收。

6.3.5 材料贮存

- 6.3.5.1 制造商应规定非金属材料的贮存要求，内容至少应包括下列规定：

- 老化控制；
- 室内贮存；
- 最高温度不超过 49 °C (120 °F)，贮存室相对湿度不应大于 80 %；
- 避免太阳光直接照射；
- 贮存期间不受压；
- 贮存时避免与液体接触；
- 避免臭氧和放射线损伤。

6.3.5.2 非金属材料贮存时间应符合制造商贮存有效期要求。

6.3.6 文件

供应商和（或）制造商应保证材料及最终产品满足制造商的书面规范（提供材料物理性能报告），产品合格证应包括厂家零件号、标准号、胶料号、批号、硫化日期及贮存有效期。

7 焊接要求

7.1 焊接评定

7.1.1 关键部件制造过程中所涉及到的焊接工艺规程（WPS），除非符合免除评定条件，均应按照 ASME 锅炉及压力容器规范第 IX 卷《焊接和钎焊评定标准》、AWS D1.1《钢结构焊接规范》、GB 50661《钢结构焊接规范》或类型公认的行业标准的规定进行工艺评定，工艺评定合格后才能用于焊接零件。

7.1.2 焊接工作只能由上述标准认证合格的焊工或焊接操作人员进行。

7.2 书面文件

7.2.1 焊接工艺规程（WPS）应规定相应标准所列的基本变数和补充基本变数（如要求）。

7.2.2 工艺评定记录（PQR）应记录评定试验用焊接工艺的所有基本变数和补充基本变数（如要求）。

7.2.3 WPS 和 PQR 均应作为记录保存。

7.3 焊材控制

7.3.1 焊材应符合相应的国家、行业或焊材制造商的标准。

7.3.2 制造商应具有焊材的贮存和管理的书面规程。

7.4 焊接性能

7.4.1 对于所有需要评定的工艺规程，由工艺规程评定试验确定的焊接力学性能，至少应满足设计要求的最低规定力学性能。若对于基体材料要求冲击试验时，冲击试验也应是工艺规程评定的一项要求。焊缝和基体材料热影响区域的试验结果应满足基体材料的最低要求。

7.4.2 全部焊接试验应在适用的焊后热处理条件下用试验焊件进行。

7.5 焊后热处理

零部件的焊后热处理应符合评定合格的焊接工艺规程（WPS）。

7.6 焊缝质量

所有焊缝应符合 GB/T 12467.2 或公认类似工业标准的规定。

7.7 特殊要求-组焊

焊接型式和焊接尺寸应满足制造商的设计要求，并形成焊接工艺规程（WPS）。

7.8 特殊要求—补焊

7.8.1 补焊应符合 7.2 至 7.7 节中的规定要求。

7.8.2 补焊应有适当的方法来评定、消除和检验需要进行补焊的不合格状态。

7.8.3 所选择的焊接工艺规程（WPS）和适合的补焊方法应确保与基体材料完全溶合。

7.8.4 铸件和锻件应按制造商的焊接工艺规程（WPS），焊接工艺规程应考虑焊接顺序和焊后热处理要求。

8 质量控制

8.1 总则

8.1.1 本章规定了设备和用于主承载件和承压件材料的质量要求。所有质量控制工作应按制造厂家规定的规程进行，该规程应包括相应的方法、定量和定性的验收准则。

8.1.2 设备、零件和材料的验收状态应在设备、零件和材料的追溯文件上予以表明。

8.2 质量控制人员资格

8.2.1 无损检测（NDE）人员应按照下列方式之一进行资格鉴定和发证：

——制造商形成的书面培训文件；

——ISO 9712 或 ASNT SNT-TC-1A 或等效标准。

8.2.2 对焊接操作和完工焊缝进行目视检验的人员，应按照下列方式之一进行资格鉴定和发证：

——AWS 认证的焊接检验员；

——AWS 认证的助理焊接检验员；

——制造商形成文件的要求所认证的焊接检验员。

8.2.3 所有进行验收测量、检验或试验的其他人员，应按制造商书面规定的要求进行资格鉴定。

8.2.4 所有检验人员的视力测试应该每三年进行一次，必要时也可不少于三年。

8.3 测试设备

用于检查、测试或检验材料的设备或其它设备，应按国家以及行业相关标准和制造厂家制定的程序文件进行鉴定、控制、校准和定期调试，以保证所需精度。

8.4 特殊设备和零部件的质量控制

8.4.1 适用范围

本条的质量控制要求适用于所有主承载件和承压件，另有规定的除外。

8.4.2 化学成分

金属材料的方法和验收应符合 6.2 的规定。

8.4.3 力学试验

力学试验应符合 6.2 和 6.3 的规定。

8.4.4 追溯性

热加工或热处理批次的标识应使零部件具有可追溯性，材料或零部件上的标识应在其制造的全过程中保持完好。制造厂家应明文规定追溯性标记和标识的维护、替代和控制记录方法。紧固件和管接头可无追溯性要求，但应根据认可的工业标准做出标记。

8.4.5 目检

零部件应进行目检。锻件和铸件的目检应符合制造商形成的书面文件。

8.4.6 无损检测 NDE

8.4.6.1 每一完工零部件的所有可接近表面在最终热处理和最终机加工后，应进行磁粉探伤或射线探伤。

8.4.6.2 若设备需进行载荷试验，则应在载荷试验之后进行无损检测。对于制造厂家证明延迟撕裂敏感的材料，无损检测应在载荷试验 24 h 后进行。设备应解体进行该项检测，检测之前应除去表面涂层。

8.4.6.3 材质为圆钢、管材、锻件的无损检测应符合 GB/T 4162、GB/T 5777、GB/T 6402 的规定。

8.4.6.4 材质为铸件的应进行射线探伤，射线探伤应符合 GB/T 5677 的规定。

8.5 尺寸检测

8.5.1 尺寸检验应按国家和行业相关标准进行。

8.5.2 所有重要承载和压力密封螺纹应按相应的螺纹规范要求进行检测。

8.5.3 整机实际出厂外观尺寸应与上报公告目录的一致。

8.6 设备试验

8.6.1 负荷试验

设备要求满负荷试验时，应按第9章的有关试验方法进行。

8.6.2 静水压试验

静水压试验介质为清水，静水压试验时应按以下要求进行试验：

- a) 初始压力保持期；
- b) 降压至零；
- c) 二次压力保压期。

两次压力保持期均不低于 5 min。压力保持期应从已达到试验压力，设备和压力测试仪表与压力源切断开始计时。

试验中用于校准的压力表和记录仪、记录栏中应签字并注明日期，使试验设备具有追溯性。

特殊的静水压试验要求按第 9 章的试验方法进行。

8.6.3 功能试验

特殊的功能试验应按第 9 章的有关试验方法进行。

8.6.4 联机试验

测定全电动压裂成套设备主要技术参数是否达到设计要求。主要检测内容如下：

- a) VFD 电控系统和电动压裂设备联机调试，验证电机及风机性能；
- b) 模拟压裂作业工况，对压裂成套装备进行性能测试；
- c) 检查网络控制系统、电气仪表系统工作的准确性和可靠性；

- d) 检查液压系统各元件运转情况，进行系统工作压力调试；
- e) 测定混砂设备与压裂设备的配套能力；
- f) 测定多台压裂设备在各转速工作的协调性；
- g) 检测各管路系统的可靠性和密封性；
- h) 验证成套装备的性能及可靠性，数据传送的准确性。

9 设备

9.1 成套设备型式与基本要求

9.1.1 基本参数

全电动压裂成套装备的基本参数见下表：

表1 全电动压裂成套装备的基本参数

参数名称	参数值
最大输出水功率 (水马力) kW (hp)	1 860(2 500)、2 240(3 000)、2 610(3 500)、2 980(4 000)、3 350(4 500)、3 730(5 000)、4 470 (6 000)、5 220 (7 000)、5 960 (8 000)
额定工作压力 MPa	105、140、175
额定流量(清水) (m ³ /min)	20、24、32、40

9.1.2 成套设备的范围

成套设备包括：

- 电动压裂泵送设备；
- 电动混砂设备；
- 油电混控仪表设备；
- 电动配液设备；
- 电动输砂设备；
- 管汇设备。

9.1.3 成套设备基本要求

- 9.1.3.1 设备配置应满足压裂施工工艺要求；
- 9.1.3.2 成套设备之间的连接管线活接头（俗称由壬）主要配合尺寸参见附录 B；
- 9.1.3.3 成套设备之间的控制方式及接口应一致；
- 9.1.3.4 设备选用高压管汇元件时应遵循其压力等级≥设备额定工作压力原则。
- 9.1.3.5 各设备的供电接入端电压应一致。
- 9.1.3.6 各设备电网公共连接点电压正弦波畸变率和注入电网的谐波电流不得超过国家标准 GB/T14549 的规定。
- 9.1.3.7 输入交流电压 10 kV，误差在±7 %内；
- 9.1.3.8 接到井场电网容量应为设计电容量的 1.2 倍。

9.1.3.9 现场应配有发电机，功率应不小于供液设备、照明系统、控制系统总功率的 1.5 倍。

9.1.3.10 供液设备、现场照明系统、应急控制系统应能直接切断电源。

9.1.3.11 电力系统电缆的敷设应符合 GB 50168 的规定。

9.1.4 成套设备整机要求

9.1.4.1 电动压裂设备在下列环境条件下时，应能保证能够满功率运行：

——海拔高度 $\leq 1\ 200\ \text{m}$ ；

——最高环境温度 $\leq 45\ ^\circ\text{C}$ ，最低环境温度 $\geq -20\ ^\circ\text{C}$ ；

——空气相对湿度：最湿月月平均最大相对湿度为 90 %（该月月平均最低温度为 $25\ ^\circ\text{C}$ ）。

9.1.4.2 运行在（爆炸性气体环境中）危险区域的电动压裂设备应符合本部分规定外，还应符合 GB 3836.1, GB 3836.2, GB 3836.3, GB 3836.5 的规定。

9.1.4.3 运行在海上钻井平台上的电动压裂设备应符合本部分规定外，其主电动机还应符合 GB/T 7060 的规定。

9.1.4.4 电动压裂设备配套的变频控制房户内装置的环境温度为 $-5\ ^\circ\text{C}\sim 40\ ^\circ\text{C}$ ，户外装置的环境温度为最高不高于 $+45\ ^\circ\text{C}$ ，最低不低于 $-20\ ^\circ\text{C}$ 。

9.1.4.5 电动压裂设备配套的变频控制房允许的振动条件：振动频率范围为 $10\ \text{Hz}\sim 150\ \text{Hz}$ 时，最大振动加速度不应超过 $5\ \text{m/s}^2$ 。

9.1.4.6 电动压裂设备运行交流电网质量要求满足：

——交流电压变化范围不超过输入额定电压的 $\pm 10\ %$ ，短时（在不超过 $0.5\ \text{s}$ 的时间内）交流电压的波动范围不超过额定输入电压的 $-15\ \% \sim +10\ %$ ；

——频率波动不超过 $\pm 2\ %$ ，频率的变化速度每秒不超过 $\pm 1\ %$ ；

——相对谐波分量不超过 $10\ %$ ；

——频率的负波动和电压的正波动不能同时发生；频率的正波动和电压的负波动也不能同时发生；

——如果需要更宽的变化范围，应服从制造厂与用户之间的协议。

9.1.4.7 电动压裂设备自备电站电网质量要求满足：

——发电机组在空载时的电压波动范围为 $95\ \% \sim 105\ %$ 额定电压；

——发电机组的电压和频率的调整率、稳定时间、波动率、恢复时间均应符合 GB/T 2820.1 的规定；

——发电机组在空载额定电压时的线电压波形正弦畸变率和允许的不对称负载按配套发电机技术条件的规定；

——供海上平台用的设备，对交流自备电源的质量要求，应按照“浅海固定平台规范”（中国船级社，2005）和“海上移动平台入级与建造规范”（中国船级社，2005）的规定执行。

9.1.5 主电动机

9.1.5.1 主电动机的结构及安装型式应符合 GB/T 997 的规定。

9.1.5.2 主电动机的冷却方法应符合 GB/T 1993 的规定。

9.1.5.3 主电动机的定额是以连续工作制（S1）为基准的连续定额。

9.1.5.4 主电机外壳防护等级应为 IP22, IP23, IP44, IP55, 接线盒外壳的防护等级不应低于 IP54。各种防护型式的定义及技术要求应符合 GB/T 4942.1 的规定。

9.1.5.5 电机噪音不高于 95dB。

9.1.5.6 主电机绝缘等级不低于 H 级或 200 级的绝缘材料，在实际运行中，电机直接或间接收到其他热源的影响或电机的冷却空气温度比 45℃ 高，则电机试验时各部件的温升值均应比理论限值降低相应于实际冷却空气温度与 45℃ 的温差值。

9.1.5.7 主电机安装急停开关。

9.1.5.8 机座应有接地装置，保证电机外壳良好接地，用相应的符号或图形标识。接地导线及接线端子应符合 GB 755 的规定。

9.1.5.9 电机的接线盒应是固定在电机机座上的独立外壳，其结构应为符合 GB 3836.5 的正压防爆型或符合 GB 3836.2 的隔爆型。正压防爆型的防爆等级应为 Exp IIT4，盒内相对于外部压力应保持最低正压 50 Pa；隔爆型的防爆等级应为 Exp IIBT4。

9.1.5.10 主电机外壳的明显位置应有“断电源后开盖”的警告牌或设置联锁装置，保证电源接通时壳盖不能打开；壳盖打开后电源不能接通。

9.1.5.11 主电动机的基本参数，包括中心高尺寸、额定电压、额定功率，由用户与制造商协商确定。

9.1.5.12 对主电动机进行冷却的通风机电机应采用符合 GB 3836.2 的隔爆型三相异步电动机并取得防爆证书，防爆等级应达到 Exp IIBT4 及以上要求。

9.1.5.13 电机运行前，建议使其通过的冷却空气量不少于电机及其通风系统总净容积的 5 倍。

9.1.5.14 主电动机电气连接部件、电缆引入装置及其密封件、电缆线应符合 GB 14711 及 GB 3836.1 的规定。

9.1.5.15 交流电动机的设计者应考虑电机与变频器之间的电缆连接长度对电机端子处峰值电压的影响。

9.1.5.16 主电动机应安装风压继电器。安装在接线盒外部的风压继电器应符合 GB 3836.1 的规定并取得防爆证书。

9.1.5.17 主电动机内部应设置电加热器。电加热器的温度不应使加热器附件的绝缘超过规定的温升限值。

9.1.5.18 主电动机应装有检修开关机轴承、绕组温度报警传感器。

9.1.5.19 主电动机采用密封式轴承结构，正常运行条件下，应保证三年内不需要补充润滑脂而轴承润滑良好。

9.1.5.20 主电动机外壳应选用屈服强度 ≥ 235 MPa 的钢制材料，电机转轴的力学性能在常温（25℃）下应符合以下规定：抗拉强度 ≥ 735 MPa；下屈服强度 ≥ 539 MPa；断后伸长率 $\geq 15\%$ ；断后收缩率 $\geq 45\%$ ；冲击功 ≥ 47 J。

9.1.6 变频控制房

9.1.6.1 变频控制房的电压按照 GB/T 156 的规定执行；设备的额定电流等级按照 GB/T 762 的规定执行；交流电源的额定频率为 50 Hz（或 60 Hz）。

9.1.6.2 具体选用时，应根据配套使用设备的参数，满足设备的性能为准则，由产品技术文件作出该产品额定参数的明确规定。

9.1.6.3 变频控制房的户内部分应安装在钢结构的控制房中，并整体对外接线。控制房保证电动设备电控系统的控制功能，承受经常吊装运输的要求，适应电动设备现场的环境，防雨、防尘、防火、防锈蚀、隔音、隔热，满足各种安全防护要。

9.1.6.4 控制房的外形尺寸，应符合铁路、公路的运输规范。如有特殊要求，需用户与制造厂协议确定。

9.1.6.5 控制房底座应坚固，房体结构应有足够的刚度，不发生变形。控制房内各控制设备应牢固的固定。

9.1.6.6 控制房应方便起吊和装卸运输。底座上应留出吊装用的吊装措施；房体外壳应标明醒目的重心标志和吊装标志，应符合 GB/T 191 和 GB/T 6388 的规定。

9.1.6.7 如果需要更宽的变化范围，应服从制造厂与用户之间的协议。

9.1.6.8 本标准对变频控制系统的冷却系统要求如下：

- a) 自然冷却。采用空气自然冷却时，散热器周围应留有足够的空间，以保证元件所需要的冷却条件；
- b) 强迫风冷。采用强迫风冷的设备，必要时，进风口处装有过滤装置，以滤除空气中的尘埃，或者采用经过过滤的空气作为进风。进风口风速应在产品技术条件中做出规定；
- c) 水冷。设备采用水冷时，冷却水循环系统应装有过滤装置。冷却水循环系统（管路、阀门等）不能采用铁制品（不锈钢除外），推荐采用塑料、尼龙制品。热交换器允许采用紫铜管。

9.1.7 高压电气设备

9.1.7.1 元、器件的选择与安装

元、器件的选择与安装应满足以下要求：

- a) 设备中所选用的导线颜色应符合相关国家标准的规定，用户有特殊要求时声明；
- b) 设备中所选用的指示灯和按钮颜色，应符合相关国家标准的规定执行；
- c) 设备应有正常的操作机构。操作机构的运动方向，应符合 GB/T 4205 的规定；
- d) 操作和控制器件的安装高度不应高于操作者所站立的地面以上 2 m，并且不应低于 0.4 m；
- e) 对某些动作时冲击振动较大的元、器件（如大容量接触器），应采取减震措施。

9.1.7.2 冲击耐受电压

冲击耐受电压施加于：

- a) 设备的每个点点部件（包括连接在主电路上的控制电路和辅助电路）和内连得裸露导电部件之间；
- b) 在主电路的每一个极与其他极之间；
- c) 没有正常连接到主电路上的每个控制电路与辅助电路与主电路、其他电路、裸露导电部件、外壳安装板之间；
- d) 试验电压值按 GB 7251.1 的规定执行。

9.1.7.3 控制柜/台

控制柜/台应满足以下要求：

- a) 设备的外形尺寸按 GB/T 3047.1 规定执行；
- b) 设备的柜体/台体外壳防护，按 GB/T 4208 的规定执行。装在房体内的户内设备外壳防护等级不低于 IP22，户外设备的外壳防护等级一般不低于 IP54。对设备的防护等级有其他要求的，应在制造厂与用户之间协议解决；
- c) 户外设备的外壳应能承受现场气候环境的影响，操作台上的操作标记应清晰、牢固、不脱色、所有黑色金属件均应有可靠的防护层，各紧固处均应有放松措施。柜/台应有地脚紧固用的安装孔，并且安装孔的安装尺寸应符合产品制造图样的要求。大型的柜体在顶部加装吊环或吊钩等；
- d) 设备表面应平整无凹凸现象，所有焊接处须均匀牢固，无明显的变形和缺陷；
- e) 柜/台的门应能在不小于 90° 的角度内灵活启闭。同一组合的设备，如装设门锁时，应装设能用同一把钥匙打开通用锁；

- f) 抽屉和插件应使用刚度好的导轨支撑，以保证在插接时预先对准，并在所需位置上固定牢靠。必要时，在上述各种位置上应装设机械锁紧机构；
- g) 不同功能的抽屉或插件应标以明确的符合加以区别，必要时应采取防误措施。

9.1.7.4 布线、电缆及敷设

布线、电缆及敷设应满足以下要求：

- a) 连接方式可以采用压接、绕接、焊接或插接，并应符合 GB 7251.1 及 GB/T 3797 的规定；
- b) 绝缘导线固定在金属件上时，金属件和绝缘导线之间应采取绝缘措施；
- c) 控制房内所有的电气设备之间的连接线，凡电路图或接线图上有回路标号者，其连接导线的端部应标出永久性的回路标号，标号应清晰、牢固、完整、不脱色；
- d) 控制房内的布线应走暗线，并应做到：隐蔽美观。分束捆扎、排列整齐、便于检查维修、散热良好、路径尽量短；
- e) 控制房内各电气设备之间的布线，除母线以外，应选用阻燃型的动力电缆和阻燃型的各种控制电缆（专用通讯电缆除外）。控制房内不宜使用单根绝缘导线；
- f) 控制房内所有电气设备的保护接地线、屏蔽电缆的屏蔽层，都应与控制房的金属房体及系统的接地网可靠接地。如遇有油漆等导电障碍物，应有效清除；金属结构的门不能使用铰链作为接地保护导体，可采用单独的连接软导线以保证接地的连续性。控制房内的接地连续性的指标应标准明显的接地符号。

9.1.7.5 保护

保护要求应满足：

- a) 防止触电的保护：应采取保护措施防止意外地触及电压超过 50 V 的带电部件。所有的带边设备都应在门上设有带电危险的警示标志；
- b) 短路保护：当设备的输出电流或内部某支路发生短路时，保护系统应能正确动作。当任何一个主电路发生短路而使该电路被断开时，应同时将主电路的开关器件（如断路器、接触器等）的操作电路自动断开，必要时应能发出相应的报警及联动信号；
- c) 过载保护：设备应设有完善的过载保护，当设备超过被控对象的允许值（此值由主机厂提出）时，设备应能采取一定的保护措施，并发出音响报警和过载信号指示；
- d) 过电压保护：当设备的输出电压超过规定的极限值时，应将设备的主电路自动断开或采取其他保护措施；
- e) 功率限值保护：当设备的辅助超过额定输出功率的 90 % 时，设备应发出警告信息。超过额定输出功率 95 % 时，自动降功率运行；
- f) 超温保护：电动压裂泵送设备传动系统中的电力电子变流装置、变压器、主电动机等发热多的部件，设置超温保护环节。运行中通过直接或间接的温度检测，当发生温度超过规定值的故障时，应立即发出报警信号。

9.2 电动压裂泵送设备

9.2.1 电动压裂泵送设备应符合 SY/T 7086 的规定。

9.2.2 电动压裂泵送设备平均负荷率不宜超过设备的 70 %。

9.2.3 施工设计限压 80 MPa 及以下时，电动压裂泵送设备的功率储备系数确定原则：

- a) 单井施工允许在单段施工结束后停机检修的情况下，功率储备系数不低于 1.3；
- b) 单井施工不允许中途停机检修，总施工时间低于或等于 4 h 的情况下，功率储备系数不低于 1.3；

- c) 单井施工不允许中途停机检修, 总施工时间超过 4 h 的情况下, 功率储备系数不低于 1.5。
- 9.2.4 施工设计限压 80 MPa 以上时, 电动压裂泵送设备的功率储备系数确定原则:
- a) 单井施工允许在单段施工结束后停机检修的情况下, 功率储备系数不低于 1.5;
- b) 单井施工不允许中途停机检修, 总施工时间低于或等于 4 h 的情况下, 功率储备系数不低于 1.5;
- c) 单井施工不允许中途停机检修, 总施工时间超过 4 h 的情况下, 功率储备系数不低于 1.8。
- 9.2.5 电动压裂泵送设备总功率的计算方法参见附录 A。
- 9.2.6 在计算电动压裂泵送设备数量时, 应以单车实际最大输出功率为准。
- 9.2.7 电动压裂泵送设备单泵排量不宜超过 $2 \text{ m}^3/\text{min}$ 。
- 9.2.8 电动压裂泵送设备液力端压力等级应符合设计要求。
- 9.2.9 压裂成套设备应配备三种以上超压保护装置。

9.3 电动混砂设备

- 9.3.1 电动混砂设备应符合 SY/T 7334 的规定。
- 9.3.2 混砂设备常时间工作流量不宜超过其额定流量的 70 %。
- 9.3.3 设计连续施工时间超过 4 h 的压裂作业, 宜备用一台混砂设备。
- 9.3.4 混砂设备性能参数应满足施工设计要求。
- 9.3.5 混砂设备根据现场施工排量、管线连接情况, 保证排出混合液的压力在 0.25~0.4 MPa 之间。

9.4 油电混控仪表设备

- 9.4.1 油电混控仪表设备应符合 SY/T 5211 的规定。
- 9.4.2 油电混控仪表设备应能控制电动压裂泵送设备。
- 9.4.3 油电混控仪表设备应能监测电动混砂设备。
- 9.4.4 油电混控仪表设备应能采集、记录压裂成套装备的作业数据。
- 9.4.5 油电混控仪表设备应能对施工关键区域进行视频监视。
- 9.4.6 油电混控仪表设备应配备无线对讲指挥系统。

9.5 管汇设备

9.5.1 高压管汇

- 9.5.2 电动压裂成套装备所用高压管汇应满足 SY/T 6270 的要求。
- 9.5.3 高压管汇最高工作压力应高于最高施工压力, 最高施工压力应不高于额定工作压力的 90 %。
- 9.5.4 高压管汇应配备压力采集口;
- 9.5.5 电动压裂泵送设备与管汇之间的高压管汇上必须使用旋塞阀, 保证每台电动压裂泵送设备与井口隔离。
- 9.5.6 每根通向井口的高压注入管线应安装相应的旋塞阀、安全阀等阀件, 保证安全。
- 9.5.7 在高压注入管线上应连接安全阀。
- 9.5.8 压裂地面管线应设置有手动或远程液动卸压口进行卸压。
- 9.5.9 高压管线落地处应配置垫木及安全防脱索具。
- 9.5.10 单根高压注入管线通过流速不宜超过 12.2 m/s , 最高流量参见附录 B。
- 9.5.11 特殊工艺使用含有强酸、强碱或其他腐蚀性液体时, 应考虑管汇的适用性。
- 9.5.12 极端环境如低温等, 应选择适于外部环境使用的高压管汇。
- 9.5.13 按照施工设计要求准备足够数量相应压力级别的高压管件, 管线数量及连接方式应以不超排量使用为准则。

- 9.5.14 高压管线标准扣型参见附录 C，两端采用公扣（M）和母扣（F），便于压裂成套装备接口连接的标准化；应统一各装备高压接口扣型，电动压裂泵送设备排出采用公扣（M），高压管汇采用母扣（F）。
- 9.5.15 低压管汇
- 9.5.16 低压管汇应配备取样采集口。
- 9.5.17 吸入软管标准扣型为 FIG206，两端采用公扣（M）和母扣（F），便于压裂成套装备接口连接的标准化，应统一各装备低压接口扣型，参见表 2。
- 9.5.18 吸入软管连接数量为所需最少数量的 1.5~2 倍，保证充足的供液能力。

表2 设备接口扣型

设备	电动压裂泵送设备吸入	电动混砂设备吸入及排出	低压管汇设备	液罐及其它
4”扣型	FIG206 F	FIG206 F	FIG206 M	FIG206F
8”扣型		Tr260×12 F	Tr260×12 M	

9.6 电动配液设备

- 9.6.1 连续配液装置能力应不低于设计最大流量的 1.2 倍。
- 9.6.2 常规压裂时，储液罐容量应不低于设计总液量的 1.2 倍。
- 9.6.3 大型压裂时，应配备缓冲储液罐。最低缓冲储液罐总容积=设计总流量（m³/min）×30（min）。

9.7 电动输砂设备

- 9.7.1 输砂装置应以设计要求输送能力向混砂装置螺旋输砂器提供多种支撑剂。
- 9.7.2 输砂装置应保障现场施工过程中支撑剂的清洁、干燥。
- 9.7.3 常规压裂时，供砂装置储砂能力应不低于施工加砂总量。
- 9.7.4 大型压裂时，供砂装置供砂能力应不低于施工加砂排量的 1.2 倍。

10 联机试验

10.1 安全环保要求

- 10.1.1 按照试验场压裂成套装备的摆放位置，将设备摆放在试验场的上风口位置，对设备编号，确定设备进入试验场的顺序。
- 10.1.2 安全通道宽度应保留 0.8 m。
- 10.1.3 仪表设备进出门不应正对高压区。
- 10.1.4 压裂泵送设备及地面高压管汇组成的高压管路系统应配有机械式安全阀。
- 10.1.5 高压区域应设置警示牌和警示隔离带。
- 10.1.6 试验区域应摆放灭火装置。
- 10.1.7 试验压力不应超过设备及管路允许的额定工作压力。
- 10.1.8 试验噪声应符合 GB 3096 规定。
- 10.1.9 试验用水排放应符合 GB 8978 规定，并能循环使用。
- 10.1.10 电动压裂设备带电作业安全符合 SY/T 5856 的规定。
- 10.1.11 设备电压超过 380V，应在配电箱处挂“高压危险”警示牌。
- 10.1.12 电动压裂成套设备摆放位置应满足 SY/T 5727 的要求，距离井口及储油罐不应小于 30 m，

- 10.1.13 电气工作人员具有特种作业操作证（高低压电工作业证），具备专业的电气知识和业务技能，熟悉电动压裂成套设备及其系统，符合 GB 26859 的规定。
- 10.1.14 设备作业安置地点附近设置接地体，符合 GB 50169 的规定，接地电阻值应小于 $4\ \Omega$ 。
- 10.1.15 高压开关柜操作需执行倒闸操作票制度，符合 GB 26859 的规定。
- 10.1.16 高压开关柜操作由两人进行，一人操作，一人监护，符合 GB 26164 的规定。
- 10.1.17 工作区域应设置警示牌和警示隔离带，符合 GB 2894 的规定。
- 10.1.18 试验现场的生产条件、安全设施、作业机具和安全工器具等应符合国家或行业标准规定的规定，安全工器具和劳动防护用品在使用前应确认合格、齐备，符合 GB 11651 的规定。
- 10.1.19 绝缘测试，符合 GB 26859 的规定，对地绝缘性应大于 $10\ M\Omega$ 。
- 10.1.20 压裂施工现场应配备有防触电劳动防护用品，其配置要求及数量见附录 D。

10.2 试验条件

- 10.2.1 试验介质为清水。
- 10.2.2 备齐试验所需用到的仪器、仪表。
- 10.2.3 试验设备应按要求完成单机和零部件试验，验收合格。
- 10.2.4 试验设备油品加注满足联机试验要求。
- 10.2.5 试验设施供、排液能力不应小于联机试验要求。
- 10.2.6 试验设备额定压力等级不低于联机试验要求。
- 10.2.7 压裂管汇连接及密封可靠。
- 10.2.8 风级超过 6 级、能见度等级超过 3 级的天气条件下不应进行带压试验。
- 10.2.9 联机试验设备至少包括压裂泵送设备、仪表设备、管汇设备等。
- 10.2.10 试验现场的生产条件、安全设施、作业机具和安全工器具等应符合国家或行业标准规定的要求，安全工器具和劳动防护用品在使用前应确认合格、齐备，符合 GB 11651 的规定。

10.3 试验内容

- 10.3.1 验证各试验设备管路接口及通讯接口的一致性。
- 10.3.2 验证控制单元工作的准确性、可靠性和响应的及时性。
- 10.3.3 测定各试验设备参数是否满足联机试验要求。
- 10.3.4 验证设备运转时噪声是否满足要求。
- 10.3.5 按产品技术文件对机组控制终端的控制功能逐一进行测试，并对试验数据进行记录。

10.4 试验程序

- 10.4.1 设备进入试验场，按布置要求摆放。
- 10.4.2 绝缘测试，符合 GB 26859 的规定。
- 10.4.3 设备接地，符合 GB 50169 的规定。
- 10.4.4 联接压裂管汇和数据通讯线。
- 10.4.5 检查试验设备情况。
- 10.4.6 高压管汇通水试压，测试压力不小于试验压力的 1.2 倍，保压 3~5 分钟，无渗漏。
- 10.4.7 按技术文件要求进行联机试验。
- 10.4.8 试验情况分析、判定。
- 10.4.9 拆卸压裂管汇，设备退场。
- 10.4.10 试验结束。

11 文件

11.1 文件保存

11.1.1 本标准中要求的任何文件的全部记录，应由制造商在设备制造和销售后保存 10 年。文件应清晰、易读、清晰，并应防止损坏、变质或丢失。

11.1.2 本标准要求的所有质量控制记录应签字并注明日期。

11.1.3 制造商应能提供所有记录和文件，以证明设备符合本标准。

11.2 随机文件

随车技术文件包括：

- 产品合格证；
- 产品使用及维护说明书；
- 交货清单、备件清单、装箱单；
- 随机附件（包括专用工具）备件清单；
- 易损件目录及图样；
- 底盘车出厂所带技术文件。

11.3 随车附件

随车附件包括：

- 附件、备件；
- 专用工具；
- 底盘车出厂所带工具。

12 设备标志、包装、运输、贮存

12.1 标志安装及内容

产品标志应安装于车上最明显且易于永久保存的部位。标志的内容应符合 GB/T 13306 的规定。

标牌要求的基本内容包括：

- 制造厂名及注册商标；
- 产品名称及型号；
- 总质量；
- 整备质量；
- 产品外形尺寸；
- 产品主要技术参数；
- 发动机型号；
- 发动机额定功率；
- 产品出厂编号及产品制造日期；
- 车装设备应标识 VIN（车辆识别代码）。

12.2 包装及运输

整车可裸装运输，车上各主要部件有配合关系的裸露部位应涂润滑脂或防锈剂，或安装防护附件，防止运输过程中出现锈蚀及磕、碰、损伤情况。随车技术文件一律装在不透水塑料袋内，并与随车附件

一并装箱。

12.3 贮存

设备应放在干燥通风的场地，存放期间要注意防水、防火、防冻、防锈蚀。

附 录 A
(资料性附录)
电动压裂泵送设备总功率计算方法

设计总功率计算如公式 (1) 所示:

$$P_{\text{设计总功率}} = 22.68 \times Q_{\text{设计最大流量}} \times P_{\text{设计施工限压}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $P_{\text{设计总功率}}$ —— 设计总功率, hp;
- 22.68 —— 计算系数, (hp·min)/(MPa·m³);
- $Q_{\text{设计最大流量}}$ —— 压裂施工设计最大流量, m³/min;
- $P_{\text{设计施工限压}}$ —— 压裂设计施工限压, MPa。

示例: 某压裂井设计最大施工排量 10 m³/min, 施工限压 70 MPa, 单井施工允许在单段施工结束后停机检修, 该井压裂施工泵车组总功率计算如下:

$$P_{\text{设计总功率}} = 22.68 \times 10 \times 70 = 15\,876 \text{ hp}$$
$$P_{\text{总}} = P_{\text{设计总功率}} \times 1.3 \div 80\% = 25\,798.5 \text{ hp}$$

注: 1hp=0.735kW

附 录 B
(资料性附录)
高压管汇件最大流量推荐表

高压管汇件使用时，流体的最大流速不宜超过12.2 m/s，流量不宜超过表B.1要求。（超过限速或最大流量值，将使承压件本体受流体的冲蚀加剧，易造成不正常损坏。）

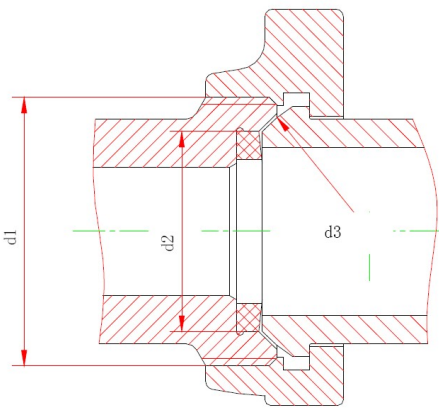
表B.1 高压管汇件最大流量推荐表

高压管汇件名称	规格和类型	内径	流量
		mm	m ³ /min
旋塞阀	1 " × 2 " (25.4mm×50.8mm) -602 (1002, 1502)	22.22	0.28
	2 " × 2 " (50.8mm×50.8mm) -602 (1002, 1502)	44.45	1.14
		33.02	0.63
	3 " × 3 " (76.2mm×76.2mm) -602 (1002, 1502)	69.85	2.80
	3 " × 3 " (76.2mm×76.2mm) -2002	76.20	3.34
活动弯头	1 " (25.4mm) 短半径	25.40	0.37
	1.5 " (38.1mm) 短半径	36.00	0.83
	1.5 " (38.1mm) 长半径	38.00	0.83
	2 " (50.8mm) 短半径	50.80	1.48
		47.75	1.31
	2 " (50.8mm) 长半径	47.75	1.31
	3 " (76.2mm) 长半径	69.85	2.80
	3 " (76.2mm) -2002长半径	76.20	3.34
	4 " (101.6mm) 长半径	95.25	5.21
单向阀	2 " × 2 " (50.8mm×50.8mm)	44.45	1.14
	2 " × 2 " (50.8mm×50.8mm) -2002	33.02	0.63
	3 " × 3 " (76.2mm×76.2mm)	69.85	2.80
	3 " × 3 " (76.2mm×76.2mm)	76.20	3.34
刚性直管	1 " -1502 (25.4mm) 整体直管	22.22	0.28
	1.5 " -1502 (38.1mm) 整体直管	33.02	0.63
	2 " (50.8mm) 整体直管	43.50	1.14
	2 " (50.8mm) -2002 (2202) 整体直管	33.02	0.63
	3 " (76.2mm) -602 (1002, 1502) 整体直管	65.00	2.55
	3 " (76.2mm) -2002 (2202) 整体直管	77.00	3.34
	4 " (101.6mm) -602 (1002) 整体直管	95.25	5.21
	4 " (101.6mm) -1502 整体直管	88.90	4.54
	2 " (50.8mm) -602 (1002, 1502) NPST	44.45	1.14
	3 " (76.2mm) -602 (1002, 1502) NPST	66.67	2.55

表B.1（续）

高压管汇件名称	规格和类型	内径	流量
		mm	m ³ /min
刚性直管	4 "（101.6mm）-602 NPST	95.25	5.21
	4 "（101.6mm）-1002 NPST	88.90	4.54
	4 "（101.6mm）-1502 NPST	76.20	3.34

附 录 C
(资料性附录)
接口主要配合尺寸

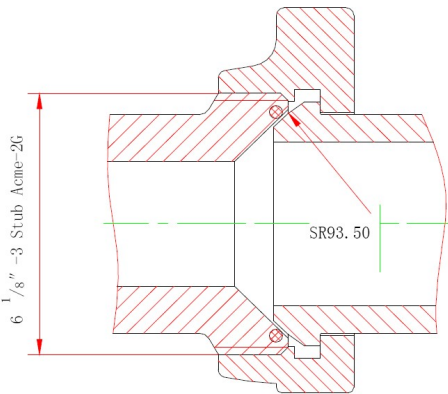


图C.1 接口主要配合尺寸

表C.1 接口主要配合尺寸表

扣型	d1	d2	d3
2"fig1502	4 1/8" -3-Acme-2G	Φ68.15	SR51.59
3"fig1502	5 3/8" -3 1/2-Acme-2G	Φ101.60	SR74.60
4"fig1502	6 11/16" -3-Acme-2G	Φ126.60	SR92.86
2"fig2002	3 5/8" -4-Acme-2G	Φ46.20	SR34.30
3"fig2002	6 11/16" -4-Acme-2G	Φ101.60	SR74.60

注：扣型为美国标准梯形螺纹 (ANSI B1.5)。



注：6 1/8" -3 Stub Acme-2G 美国标准短齿梯形螺纹 (ANSI B1.8)。

图C.2 4 "fig206 接口主要配合尺寸图

附 录 D
(资料性附录)
安全防护用品测试指标及配备数量

表D.1 安全防护用品测试指标及配备数量

序号	器具	项目	周期	要求				说明
1	绝缘杆	工频耐压试验	1 年	额定电压 kV	试验长度 m	工频耐压 KV		
						持续时间 1 min	持续时间 5 min	
				10	0.7	45	—	
				35	0.9	95	—	
2	绝缘鞋/靴	工频耐压试验	半年	工频耐压 kV	持续时间 min		泄漏电流 mA	
				15	1		≤7.5	
3	绝缘手套	工频耐压试验	半年	电压等级	工频耐压 kV	持续时间 min	泄漏电流 mA	
				高压	8	1	≤9	
4	绝缘夹钳	工频耐压试验	1 年	额定电压 kV	工频耐压 kV	持续时间 min	试验长度 m	
				10	45	1	0.7	
				35	95	1	0.9	
5	绝缘绳	工频耐压试验	半年	100 kV/0.5 m，持续时间 5 min				