

ICS 75.180.10

CCS E 92



团体标准

T/CEATEC XXX—2025

高性能油气混输泵

High-performance oil-gas multiphase pump

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类与结构 2

 4.1 分类 2

 4.2 结构要求 2

5 技术要求 2

 5.1 基本参数要求 2

 5.2 材料要求 3

 5.3 性能要求 3

 5.4 安全要求 4

 5.5 环境要求 4

6 试验方法 4

 6.1 基本参数试验 4

 6.2 材料试验 5

 6.3 性能试验 5

 6.4 安全试验 5

 6.5 环境试验 6

7 检验规则 6

 7.1 检验分类 6

 7.2 出厂检验 6

 7.3 型式检验 6

 7.4 检验报告 7

8 标志、包装、运输和贮存 7

 8.1 标志 7

 8.2 包装 7

 8.3 运输 7

8.4 贮存	7
--------------	---

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

高性能油气混输泵

1 范围

本文件规定了高性能油气混输泵的分类与结构、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于输送含有一定比例气体、液体及少量固体颗粒的油气混合介质的高性能混输泵。

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 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 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 2423.27 环境试验 第2部分：试验方法 试验方法和导则：温度/低气压或温度/湿度/低气压综合试验
- GB/T 2650 金属材料焊缝破坏性试验 冲击试验
- GB 2894 安全标志及其使用导则
- GB/T 3767 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 反射面上方近似自由场的工程法
- GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件
- GB/T 6378.1 计量抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的对单一质量特性和单个AQL的逐批检验的一次抽样方案
- GB/T 18216.4 交流1000V和直流1500V及以下低压配电系统电气安全 防护措施的试验、测量或监控设备 第4部分：接地电阻和等电位接地电阻
- GB/T 24343 工业机械电气设备 绝缘电阻试验规范
- GB/T 24344 工业机械电气设备 耐压试验规范
- GB/T 24607 滚动轴承 寿命可靠性试验及评定方法
- GB/T 29531 泵的振动测量与评价方法
- GB/T 41951 金属和合金的腐蚀 建筑用钢连接部件及钢构件耐腐蚀性能测试方法
- GB/T 44556 制冷系统及热泵 部件和接头的密封性评定
- JB/T 6882 泵可靠性验证试验
- JB/T 14426 往复式气液混输泵装置
- SN/T 2761 彩涂金属板(带)涂层附着力评价 杯突试验法

3 术语和定义

JB/T 14426界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

油气混输泵 oil-gas multiphase pump

能够同时输送油、气、水及少量固体颗粒等多相流体的泵。

3.2

混输效率 multiphase transfer efficiency

泵在规定工况下的输出能量与输入能量的比值，以百分比（%）表示。

4 分类与结构

4.1 分类

按结构形式进行划分，主要分为：

- a) S型：双螺杆式油气混输泵；
- b) D型：单螺杆式油气混输泵；
- c) A型：轴流式混输泵。

4.2 结构要求

4.2.1 总体结构

总体结构要求如下：

- a) 泵应采用紧凑、模块化设计，泵体、泵盖、叶轮、轴承、密封应可快速拆卸；
- b) 泵体应保证轴中心线径向跳动 $\leq 0.1\text{mm}$ ，轴向跳动 $\leq 0.2\text{mm}$ ；
- c) 泵结构设计应便于与变频器、监控系统等外部设备接口，保证自动化运行和远程监控。

4.2.2 轴承布置

轴承应采用滚动轴承或滑动轴承，根据泵功率和转速合理选型。

4.2.3 密封设计

泵轴密封应采用机械密封为主、填料密封为辅的组合形式。

4.2.4 泵体与叶轮结构

泵体与叶轮结构要求如下：

- a) 泵体和叶轮应采用流体力学优化设计；
- b) 叶轮可采用封闭式或半开式，根据输送介质含固量和气液比选择。

4.2.5 表面防护与涂层

表面防护与涂层要求如下：

- a) 泵体、泵盖及过流零件应进行防腐蚀处理或涂层保护；
- b) 常用涂层包括：环氧富锌底漆、化学镀镍、氮化处理等，厚度 $\geq 0.15\text{mm}$ ；
- c) 涂层表面应平整、无气泡、无剥落，涂层附着力 ≥ 2 级（SN/T 2761）。

5 技术要求

5.1 基本参数要求

5.1.1 性能参数范围

不同型式的油气混输泵性能参数范围见表1。

表1 典型高性能油气混输泵性能参数范围

型号	额定流量 $Q(\text{m}^3/\text{h})$	额定扬程 $H(\text{m})$	排出压力 $P(\text{MPa})$	额定转速 $n(\text{r}/\text{min})$	额定效率 $\eta(\%)$	适用气液比（体积 分数）
S型	50~2000	20~160	2.5~16.0	500~3600	≥ 72	≤ 90
D型	10~800	5~80	0.6~8.0	300~1800	≥ 68	≤ 75
A型	500~5000	5~25	0.5~2.5	1450~3600	≥ 78	≤ 60

5.1.2 性能允许偏差

主要性能允许偏差应符合表2的要求。

表2 主要性能允许偏差

项目	允许偏差
额定流量	$\pm 5\%$
排出压力	$\pm 3\%$
额定扬程	$\pm 4\%$
额定转速	$\pm 2\%$

5.2 材料要求

油气混输泵主要部件材料要求见表3。

表3 油气混输泵主要部件材料要求

部件	推荐材料	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	硬度HB
泵体、泵盖	ASTM A216 WCB/20CrMo	≥ 420	≥ 250	≤ 220
耐腐蚀泵体	CF8M/1Cr18Ni9Ti	≥ 550	≥ 300	≤ 200
叶轮	1Cr18Ni9Ti/CF8M	≥ 550	—	≤ 200
泵轴	40CrNiMoA/17-4PH	≥ 980	—	≤ 340
轴套	CrSiMnMo合金钢/碳化钨复合	≥ 900	—	≤ 300
机械密封端面	碳化硅/碳化钨	—	—	—
弹性密封件	氟橡胶(FKM)/氢化丁腈橡胶(HNBR)	—	—	—
焊接/紧固件	合金钢/不锈钢	—	—	—

5.3 性能要求

5.3.1 气液混输适应性

气液混输适应性要求如下：

- 泵应保证在额定气液比 $\leq 85\%$ （体积分数）下正常运行；
- 内压缩式双螺杆泵允许气液比最高可达95%，在该工况下连续运行不少于72h，无异常振动、卡滞、堵塞或泄漏；
- 对含固量 $\leq 1.0\%$ （质量分数，粒径 $\leq 0.3\text{mm}$ ）的介质，应保证泵叶轮和密封件正常运行，无异常磨损或堵塞。

5.3.2 压力波动与脉动

压力波动与脉动要求如下：

- 泵出口压力波动率应控制在 $\pm 3\%$ 以内（以额定压力为基准）；
- 高含气比工况下，应配置压力脉动抑制器或气液分离装置；
- 流量不平衡或泵停机时，不应出现泵反转、气锁或瞬间超压。

5.3.3 运行可靠性

运行可靠性要求如下：

- 轴承额定寿命应 $\geq 50000\text{h}$ 。
- 泵应在额定工况下连续运行 $\geq 72\text{h}$ ，无异常振动、噪声或泄漏；
- 泵在部分流量、低流量或高气液比工况下，应保证机械密封、轴承及叶轮长期稳定。
- 高压长输工况泵应配置在线振动监测和轴承温度监控装置。

5.3.4 振动与噪声

振动与噪声要求如下：

- 泵运行振动速度（有效值）应 $\leq 4.5\text{mm/s}$ ；
- 泵运行噪声声压级（A计权）应 $\leq 85\text{dB(A)}$ ；
- 对特殊工况，应根据用户需求加装减振或隔声装置。

5.3.5 特殊工况适应性

特殊工况适应性要求如下：

- 高温或低温工况下，泵应具备泵体加热或冷却系统，以保证流体性能及泵运行可靠性；
- 海上或腐蚀性工况，泵体、叶轮及管路应采用耐腐蚀材料或涂层，并具备防风雨、防盐雾及防爆功能；

c) 对含纤维、颗粒或杂质介质，应配置前置过滤或导流装置，减少叶轮磨损和堵塞风险。

5.4 安全要求

5.4.1 电气安全

电气安全要求如下：

- a) 电机及控制系统应符合GB 5226.1的要求；
- b) 耐压测试2000V/min，不击穿；
- c) 电机对地绝缘电阻 $\geq 100\text{M}\Omega$
- d) 接地电阻 $\leq 4\Omega$ ，漏电保护动作电流 $\leq 30\text{mA}$ ，动作时间 $\leq 0.2\text{s}$ 。

5.4.2 机械安全

机械安全要求如下：

- a) 旋转部件应设防护罩，防护等级应满足GB/T 4208中IP54及以上要求；
- b) 密封泄漏量应 $\leq 0.05\text{L/h}$ （额定工况）。
- c) 叶轮及螺杆端部与操作空间的最小安全距离应 $\geq 50\text{mm}$ ；
- d) 泵体及关键部件应具备明显的安全标识，安全标识应符合GB 2894的要求。

5.4.3 防爆与压力安全

防爆与压力安全要求如下：

- a) 泵体及电气系统应符合GB/T 3836.2的要求；
- b) 泵出口安全阀启闭压力应为 $1.05\sim 1.10\times$ 额定排出压力，防止超压；
- c) 高气液比工况下，排气量应 \geq 额定气体量 $\times 1.2$ ，防止气锁或压力过升。

5.4.4 操作与防护

操作与防护安全要求如下：

- a) 泵应配备紧急停机装置和隔离阀，便于快速切断流体；
- b) 防护罩、标识及检修口应保证操作人员安全，检修口尺寸 $\geq 0.6\times 0.6\text{m}^2$ ；
- c) 重要监测点应具备报警功能：轴承温度报警阈值 90°C ，泵体温度报警上限为介质温度 $+10^\circ\text{C}$ 。

5.5 环境要求

5.5.1 温度适应性

泵及驱动电机、控制系统应能在 $-40^\circ\text{C}\sim +160^\circ\text{C}$ 范围内正常运行。

5.5.2 湿度适应性

泵及电气设备应能在相对湿度 $\leq 95\text{RH}$ 条件下安全运行。

5.5.3 冲击适应性

泵应能承受 $\pm 5\%$ 重力加速度的短时冲击，结构无塑性变形或泄漏。

5.5.4 耐腐蚀性

普通材料盐雾耐久 $\geq 480\text{h}$ ，耐腐蚀材料盐雾耐久 $\geq 720\text{h}$ 。

6 试验方法

6.1 基本参数试验

6.1.1 流量与扬程

应按照以下步骤进行测定：

- a) 将泵连接至试验管路，确保所有阀门开启正常；
- b) 以额定转速启动泵，调整出口阀门至额定扬程对应的压力；
- c) 测量出口流量、扬程和泵轴转速；
- d) 数据记录连续3次，每次稳定运行不少于5分钟；
- e) 计算流量、扬程、压力允许偏差是否符合5.1.2要求。

6.1.2 转速与效率

应按照以下步骤进行测定：

- a) 在额定工况下运行泵；

- b) 测量泵电机输入功率、泵出口压力及流量；
c) 根据式（1）计算泵效率，判断是否符合5.1.1额定效率指标。

$$\eta = \frac{\rho \times g \times H \times Q}{P_{\text{电机输入}}} \quad (1)$$

式中：

ρ ——流体密度，单位为 kg/m^3 ；

g ——重力加速度， $9.81\text{m}/\text{s}^2$ ；

H ——扬程，单位为 m ；

Q ——流量，单位为 m^3/s 。

6.2 材料试验

6.2.1 拉伸试验

应按照GB/T 228.1规定的方法执行。

6.2.2 硬度试验

应按照GB/T 231.1规定的方法执行。

6.3 性能试验

6.3.1 气液混输适应性试验

应按照以下步骤进行：

- a) 装置检查、仪器校准并记录基线读数（空载、无气情况下）；
- b) 设定液相流与气相流以达到目标气液比，逐步增加至目标值并稳定（每次变更后系统应稳定10min）；
- c) 在目标气液比下保持额定转速运行并记录：流量、压力、泵轴功率、振动、温度、泄漏情况、噪声；对含固试验同时记录入口/出口固体含量及颗粒损耗测值；
- d) 连续运行至规定时间（ $\geq 72\text{h}$ ），期间每小时记录一次关键参数，出现异常立即记录并拍照/录像；
- e) 试验结束后拆检：叶轮、轴套、密封表面检查并测量磨损量（质量损失或尺寸变化），拍照并报告。

6.3.2 压力波动试验

应按照以下步骤进行：

- a) 在额定流量、额定转速下，采集出口压力信号5min（采样率 $\geq 200\text{Hz}$ ），记录稳态压力均值和瞬时压力序列；
- b) 在高气液比（如70%、85%）条件重复步骤a），每个工况采样5min；
- c) 对采集数据进行频域和时域分析，计算压力波动率：

$$\Delta P\% = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\text{mean}}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

P_{mean} ——稳态压力均值。

6.3.3 运行可靠性试验

轴承寿命试验应按照GB/T 24607规定的方法执行，连续运行可靠性试验应按照JB/T 6882规定的方法执行。

6.3.4 振动与噪声试验

振动试验应按照GB/T 29531的规定执行，噪声试验应按照GB/T 3767的规定执行。

6.4 安全试验

6.4.1 电气安全试验

应按照以下方法进行：

- a) 耐压试验：应按照GB/T 24344规定的方法执行；
- b) 绝缘电阻测试：应按照GB/T 24343规定的方法执行；
- c) 接地电阻测试：应按照GB/T 18216.4规定的方法执行；

d) 漏电保护试验：采用可调电流源，逐步增加漏电流，测定漏电保护装置动作电流和动作时间。

6.4.2 机械安全试验

应按照以下方法进行：

a) 防护等级试验：应按照GB/T 4208规定的方法执行；

b) 密封性试验：应按照GB/T 44556规定的方法执行；

c) 安全距离检查：在泵运行状态下，用游标卡尺测量叶轮、螺杆端部至外部可接触面的最小距离。

6.4.3 防爆与压力安全试验

应按照以下方法进行：

a) 防爆性能试验：应按照GB/T 3836.2规定的方法执行；

b) 安全阀启闭压力试验：在额定排出压力条件下，以5%递增方式逐步升压，测量安全阀的启闭压力；

c) 排气能力验证：在高气液比工况（ \geq 额定气液比的0.9倍）下进行，测量排气量。

6.4.4 操作与防护安全试验

应按照以下方法进行：

a) 紧急停机功能测试：在泵运行状态下，人工触发紧急停机按钮，检测从触发到电机停止的响应时间；

b) 报警功能测试：通过加热模拟，分别升高轴承与泵体温度，检测报警系统响应。

6.5 环境试验

6.5.1 温度适应性试验

应按照GB/T 2423.27规定的方法执行。

6.5.2 湿度适应性试验

应按照GB/T 2423.27规定的方法执行。

6.5.3 冲击适应性试验

应按照GB/T 2650规定的方法执行。

6.5.4 耐腐蚀性试验

应按照GB/T 41951规定的方法执行。

7 检验规则

7.1 检验分类

本文件要求的检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.2 出厂检验

出厂检验的项目应包括外观与结构检查等关键指标。各项指标均满足本文件的要求时，方可被判定为合格产品。对于不合格的产品，应进行报废处理。

7.3 型式检验

7.3.1 检验时机

有下列情形之一时，应进行型式检验：

a) 新产品试制定型鉴定时；

b) 设计、工艺或主要原材料有较大改变，可能影响产品性能；

c) 正常生产满一年时；

d) 间隔一年以上再生产时；

e) 出厂检验结果与同产品型号或批次的型式检验有较大差异时。

7.3.2 检验项目及要求

型式检验应在国家认证监督管理委员会认可的检测机构，或者具备相关认证资质的实验室完成，检验的项目应包括所有技术指标。

7.3.3 抽样规则

抽样规则应符合GB/T 6378.1的要求。

7.3.4 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足本文件的技术要求时，判定为合格。任一项不符合规定时，判定为不合格。对于不合格的产品，应进行返工或报废处理，返工产品应重新进行检验。

7.4 检验报告

所有检验记录和报告应妥善存档，每次检验结束后应出具完整的检验报告，并包括下列内容：

- a) 基本信息：产品名称、产品批次编号、检验日期、检验机构和参与人员等；
- b) 检验目的与检验依据；
- c) 检验环境与检验设备清单等；
- d) 检验方法与检验过程；
- e) 检验数据：详细列出各项的检测数据；
- f) 检验结论：评估该批次产品是否合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品标志应满足下列要求：

- a) 应有清晰、牢固、持久的标志，内容包括：产品名称和型号、生产单位、出厂编号、生产日期、电气参数、安全和防爆标志等；
- b) 所有标志应清晰、耐磨，符合GB/T 191的相关规定。

8.2 包装

产品包装应满足下列要求：

- a) 包装应采用防潮、防震、防尘材料，确保产品在运输和存储过程中不受损；
- b) 包装内部应有缓冲材料；
- c) 包装箱外应标明产品的名称、型号、毛重、净重及运输标志；
- d) 每件产品随包装附带说明书、合格证及出厂检验报告。

8.3 运输

产品运输应满足下列要求：

- a) 运输过程中应避免剧烈振动、跌落及强烈温度变化；
- b) 在运输过程中不得与有毒、有腐蚀性或易燃物品混装；
- c) 产品运输过程中应避免暴露在高湿或雨淋环境下。

8.4 贮存

产品贮存应满足下列要求：

- a) 产品应存放于0℃～50℃的环境温度内，相对湿度≤85%的干燥环境中；
- b) 贮存环境应通风良好，避免阳光直射及高湿度环境；
- c) 长期贮存时，应每6个月对产品进行一次检查和维护。