

ICS 75.180.10

CCS E 92



团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2025

油气混输泵多相流态调控与稳定输送 技术规范

Multiphase flow regulation and stable transportation technology
specification for oil-gas mixed transmission 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 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 1

 4.1 工况条件 1

 4.2 系统适应性要求 2

5 多相流态调控要求 2

 5.1 流态稳定化措施 2

 5.2 含气率调控 2

 5.3 压力与流量调控 2

6 稳定输送性能要求 2

 6.1 输送稳定性总体要求 2

 6.2 入口条件稳定要求 3

 6.3 输送过程流量稳定要求 3

 6.4 压力稳定性与管线耦合要求 3

7 在线监测与自动控制 3

 7.1 监测参数 3

 7.2 控制系统要求 4

8 运维要求 4

 8.1 启动与停机 4

 8.2 日常维护 4

9 安全与环保要求 4

 9.1 安全要求 4

 9.2 环保要求 4

10 试验方法 4

 10.1 多相流态调控性能试验 4

 10.2 稳定输送性能试验 5

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。

油气混输泵多相流态调控与稳定输送技术规范

1 范围

本文件规定了油气混输泵多相流态调控与稳定输送的基本要求、多相流态调控要求、稳定输送性能要求、在线监测与自动控制、运维要求、安全与环保要求、试验方法。

本文件适用于在油气混输工况下，输送气液混合介质的多相泵及其配套控制与监测系统。

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 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的設備

GB/T 29531 泵的振动测量与评价方法

GB 50183 石油天然气工程设计防火规范

JB/T 14426 往复式气液混输泵裝置

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

多相流态 multiphase flow pattern

油、气、水三相在管道或泵内的流动状态，包括泡状流、段塞流、环状流和雾状流等。

3.3

流态调控 flow pattern regulation

通过结构优化、叶轮几何调整、入口稳流裝置、旋流导向等措施，控制多相流在泵内的分布形态，使流态稳定、能量转换高效的过程。

3.4

稳定输送 stable transportation

在一定气含率（GVF）、压力与温度条件下，泵能实现连续无气锁运行、流量和扬程波动在允许范围内的工作状态。

4 基本要求

4.1 工况条件

运行环境要求设计与运行应明确以下多相参数范围：

- a) 工作压力：0.3MPa~10MPa；
- b) 工作温度：-20℃~120℃；
- c) 含气率：0%~95%；
- d) 液体黏度：3mPa·s~800mPa·s；
- e) 含水率：0%~80%。

4.2 系统适应性要求

油气混输泵应具备以下能力：

- a) 应适应高含气率（≥70%）条件下的稳定输送；
- b) 应保证在入口压力波动±10%范围内连续运行；
- c) 在流型从泡状流向段塞流变化时应维持流量波动≤15%。

5 多相流态调控要求

5.1 流态稳定化措施

应采用以下至少两项措施，以维持泵入口流态稳定：

- a) 设置气液分布稳压器，使入口压力波动≤±5%；
- b) 设置消能整流段（长度≥10D，D为管径）；
- c) 采用双相导流结构，使气液分布偏差≤10%；
- d) 必要时配置在线节流调控设备，使GVF调整精度≤3%。

5.2 含气率调控

含气率调控要求如下：

- a) 入口含气率应通过节流、补液、稳压罐等措施调控在泵可脱气范围内；
- b) 含气率实时监测误差应≤5%；
- c) 流型突变（段塞→泡状）转换时间应≤3s；
- d) 含气率调控系统的响应时间（监测→执行调节）应≤1s；
- e) 含气率调控装置（节流阀、补液阀、稳压罐）应具备自动与手动切换功能，手动操作时的调节精度不应低于自动模式的1.5倍。

5.3 压力与流量调控

压力与流量调控要求如下：

- a) 泵入口压力应保持在设定值±5%以内；
- b) 输送流量的短期波动不应大于±8%；
- c) 管线压差变化率应≤0.1MPa/s。

6 稳定输送性能要求

6.1 输送稳定性总体要求

- 6.1.1 油气混输系统在规定工况下应保持连续、稳定、无气锁的输送能力。
- 6.1.2 当入口压力、含气率或流型发生变化时，泵组不应出现停顿、剧烈振动或反复启停现象，应保持平稳过渡。
- 6.1.3 稳定输送评价指标应满足表1的要求。

表1 稳定输送评价指标

指标	要求
流量波动系数	≤±8%；
出口压力波动幅度	≤±5%；
能耗波动	≤±5%；
振动值	≤4.5mm/s；

入口含气率瞬时波动的恢复稳定时间	$\leq 3s$
------------------	-----------

6.2 入口条件稳定要求

6.2.1 入口压力控制

入口压力控制要求如下：

- a) 入口压力应保持在设定值 $\pm 5\%$ 范围内；
- b) 当入口压力下降超过10%时，系统应自动触发补液、节流或转速调控；
- c) 压力变化率应 $\leq 0.1\text{MPa/s}$ 。

6.2.2 入口含气率控制

入口含气率控制要求如下：

- a) 含气率应控制在泵设备允许范围内（一般 $\leq 85\%$ ，螺杆泵可 $\leq 95\%$ ）；
- b) 含气率波动带宽应 $\leq \pm 5\%$ ；
- c) 当GVF超过设定阈值时，应自动启动降速、补液或预脱气调节措施。

6.2.3 流型稳定性

流型稳定性要求如下：

- a) 应避免段塞流直接进入泵入口，必要时设置整流段或气液稳压装置；
- b) 段塞流向泡状流的流型转换时间应 $\leq 3s$ ；
- c) 长段气体栓塞不应进入泵入口。

6.3 输送过程流量稳定要求

6.3.1 流量波动控制

流量波动控制要求如下：

- a) 稳态输送时，流量短期波动 $\leq \pm 8\%$ ；
- b) 长期平均（ $\geq 1h$ ）流量波动 $\leq \pm 5\%$ ；
- c) 当流量下降 $\geq 10\%$ 时，应自动启动入口压力、含气率、管阻变化等诊断机制。

6.3.2 流量维持能力

流量维持能力要求如下：

- a) 在高GVF工况下，应保持 $\geq 80\%$ 的额定输送能力；
- b) 系统应具备自动增压、补液和节流调节能力；
- c) 流量计瞬时响应时间应 $\leq 0.5s$ ，测量精度应 $\leq 2\%$ 。

6.4 压力稳定性与管线耦合要求

6.4.1 压力梯度控制

压力梯度控制要求如下：

- a) 管线压力梯度变化率应 $\leq 0.15\text{MPa/10m}$ ；
- b) 管线局部阻力构件（弯头、阀门、三通）应优化设计。

6.4.2 压力脉动控制

压力脉动控制要求如下：

- a) 泵出口压力脉动幅度应 $\leq 5\%$ ；
- b) 当压力脉动频率接近泵组固有频率或管线共振频带时，应采取减振、消振或改变运行参数等措施；
- c) 必要时可配置压力脉动阻尼器，其吸收效率应不低于30%。

7 在线监测与自动控制

7.1 监测参数

系统应至少监测以下参数：

- a) 入口压力、出口压力（仪表精度不低于0.5级）；
- b) 流量（测量误差应 $\leq \pm 2\%$ ）；

- c) 含气率（测量误差应 $\leq \pm 5\%$ ）；
- d) 入口温度、出口温度（精度不低于 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ）；
- e) 振动、噪声及电机功率。

7.2 控制系统要求

控制系统应具备实时数据采集、状态识别、自动调节与安全保护功能，并满足以下要求：

- a) 具备自动调节泵速（PID控制）、入口节流阀、补液系统的能力；
- b) 控制响应时间 $\leq 200\text{ms}$ ；
- c) 异常状态（GVF $> 95\%$ 、气锁、超温）自动停机保护时间 $\leq 1\text{s}$ 。

8 运维要求

8.1 启动与停机

启动与停机要求如下：

- a) 启动前含气率应调整至 $\leq 60\%$ ；
- b) 启动压力升幅应 $\leq 0.05\text{MPa/s}$ ；
- c) 启动后应在30~60s内进入稳定运行状态，并逐步提升至目标工况；
- d) 停机前应逐步降低泵速，减小流量与压差；
- e) 对高GVF工况，应在停机前适当补液或维持低流量排气。

8.2 日常维护

日常维护要求如下：

- a) 关键部件（轴承、密封）巡检周期 $\leq 500\text{h}$ ；
- b) 在线仪表校验周期 ≤ 3 个月；
- c) 含气率校准周期 ≤ 1 个月；
- d) 控制系统（PLC、传感器、执行机构）应每6个月进行一次功能性巡检；
- e) 管线易气聚区域（弯头、上升段、节流点）应每1个月检查一次。

9 安全与环保要求

9.1 安全要求

安全要求如下：

- a) 系统设计、设备布置及运行管理应符合GB 50183的要求；
- b) 在含硫化氢工况下，应设置两级报警（预警、报警）和紧急切断联锁功能：
 - 预警值应设定在 $\leq 10\text{ppm}$ ；
 - 报警值应设定在 $\leq 15\text{ppm}$ ；
 - 报警触发后应自动执行通风、人员撤离提示和紧急切断措施；
- c) 设备防爆性能应符合GB/T 3836.2的要求。

9.2 环保要求

环保要求如下：

- a) 排放油气、含油废液、含气废气等不应超过当地及行业现行环保标准要求；
- b) 设备连接处、密封点及阀门在稳定运行条件下的综合泄漏率应 $\leq 0.05\%$ 。

10 试验方法

10.1 多相流态调控性能试验

10.1.1 流态稳定化试验

应按照以下方法进行：

a) 气液分布稳压器试验：在规定工况下运行泵组并接入稳压器，记录入口压力随时间变化曲线，计算压力波动幅度： $\Delta P_{peak} = P_{max} - P_{min}$ ；

b) 双相导流结构试验：运行系统并采集气液相分布图像或传感器数据，计算气液分布偏差。

10.1.2 含气率调控试验

应按照以下方法进行：

- 将系统运行在目标含气率工况（低、中、高各1点），并记录稳态含气率与监测值；
- 通过节流或注气方式施加快速含气率扰动，使入口含气率发生阶跃变化；
- 测量含气率监测值恢复至设定带宽的时间，并记录监测信号至执行机构动作的响应时间；
- 切换至手动模式，对含气率进行调节并记录手动调节精度，与自动模式调节误差进行对比。

10.1.3 压力与流量调控试验

应按照以下方法进行：

- 将系统调至稳定运行状态，连续记录入口压力、出口压力及流量数据不少于10min；
- 人为改变入口节流阀开度，使入口压力产生不少于 $\pm 10\%$ 的扰动，观察压力恢复过程并记录压力变化率；
- 通过调节流量形成短时扰动（ $\pm 10\%$ ），记录流量瞬时波动范围；
- 比较各测量结果是否满足入口压力、流量波动和压差变化率要求。

10.2 稳定输送性能试验

10.2.1 输送稳定性总体试验

应按照以下方法进行：

- 在规定工况下连续运行系统至少2h，记录流量、出口压力、能耗及泵振动值等稳态数据；
- 在运行过程中分别施加入口压力、含气率及流型的阶跃变化，观察泵是否出现停顿、气锁、反复启停或剧烈振动；
- 统计扰动期间和恢复后的流量波动、出口压力波动及能耗波动，振动值按照GB/T 29531规定的方法测量，判定是否满足稳定输送指标。

10.2.2 入口压力控制试验

应按照以下方法进行：

- 在设定入口压力条件下稳定运行不少于10min，记录入口压力基线值；
- 逐渐降低入口压力至低于设定值10%以上，记录补液、节流或转速调控的自动触发时间；
- 测量入口压力的变化率及恢复到设定范围内的时间。

10.2.3 入口含气率控制试验

应按照以下方法进行：

- 在允许范围内选择不同含气率工况进行稳定运行，采集含气率实时数据；
- 增加气相流量使含气率超过设定阈值，记录系统是否自动启动降速、补液或预脱气措施；
- 测量含气率波动带宽以及含气率恢复至设定范围内的时间。

10.2.4 流型稳定性试验

应按照以下方法进行：

- 模拟段塞流进入入口管段，记录未采取整流措施时的流型特征；
- 启用整流段或气液稳压装置，再次导入段塞流，记录流型变化过程；
- 测量段塞流向泡状流转换所需时间，并检查是否有长段气栓进入泵入口。

10.2.5 流量稳定性试验

应按照以下方法进行：

- 将系统在稳态工况下连续运行并记录流量数据不少于30min，用于计算短期与长期流量波动；
- 在高含气率工况下运行，记录泵的稳定输送流量并计算其占额定输送能力的比例；
- 制造流量下降 $\geq 10\%$ 的条件，记录系统是否触发入口压力与含气率诊断机制，并记录流量恢复时间。

10.2.6 压力梯度与压力脉动试验

应按照以下方法进行：

- 在管线不同位置布置压力测点，系统稳定运行后记录压力随距离的变化，计算压力梯度变化率；

- b) 在泵出口布置压力脉动测点，采集脉动幅值与频率；
 - c) 当脉动接近系统固有频率时，启用减振或阻尼装置，重新测量脉动幅值并计算吸收效率。
-