# 超临界 $CO_2$设备

# 多流道喷嘴使用说明书

*注意：本说明书所列参数为该分系统的典型配置，具体数值以出厂铭牌及技术协议为准。*

# 目录

目录 ..... 2
一、概述 ..... 3
二、主要技术参数 ..... 3
三、结构组成与工作原理 ..... 3
3.1 结构组成 ..... 3
3.2 工作原理 ..... 3
四、安装与调试 ..... 4
4.1 安装要求 ..... 4
4.2 调试步骤 ..... 4
五、操作说明 ..... 4
5.1 喷射前检查 ..... 4
5.2 喷射操作 ..... 4
5.3 停机 ..... 4
六、维护与保养 ..... 5
七、常见故障及排除方法 ..... 5
八、安全注意事项 ..... 5

# 一、概述

多流道喷嘴是超临界 $CO_2$ 设备的终端执行部件。高压超临界 $CO_2$ 流经喷嘴时节流膨胀，压力骤降、体积急剧膨胀并伴随焦耳-汤姆逊冷却效应，形成高速射流或微细雾化流场，用于对切削加工区域进行冷却。

喷嘴的孔径、流道型式与上游压力、温度共同决定射流形态，是影响工艺效果的关键部件。喷嘴系统同时配备快速启闭电磁阀、高压软管等附件，由 PLC 逻辑控制系统统一控制。

# 二、主要技术参数

| 项目 | 参数 | 备注 |
| --- | --- | --- |
| 喷孔孔径 | 0.5 mm | / |
| 设计压力 | 10MPa | / |
| 设计温度 | 31.7 ℃ | / |
| 喷嘴体材质 | 304 不锈钢+竹节管 | / |
| 启闭阀 | 高压电磁阀，响应 ≤50 ms | 常闭型 |
| 连接方式 | 高压卡套 / 锥面螺纹 | 按管路配置 |

*注：表中为典型配置参数，具体数值以出厂铭牌及技术协议为准。*

# 三、结构组成与工作原理

## 3.1 结构组成

- 喷嘴体：两通道同芯设置，中间通道传输高压 CO2，外通道走压缩空气；
- 高压密封组件：金属卡套或螺纹密封，保证高压下无泄漏；
- 高压电磁阀：控制喷射的启闭，由 PLC 按喷射逻辑驱动；

## 3.2 工作原理

超临界 $CO_2$（典型工况：8～10 MPa、31.7～40 ℃）经电磁阀进入喷嘴体，流经喷孔时节流膨胀为高速射流。压力骤降引起的焦耳-汤姆逊效应使 $CO_2$ 剧烈冷却，射流中夹带细小干冰颗粒。

喷射的启闭由 PLC 控制电磁阀按设定的时间逻辑执行。

# 四、安装与调试

## 4.1 安装要求

- 喷嘴安装前确认系统已泄压至常压；
- 密封件安装时，注意方向；
- 高压接头按厂家规定力矩分次均匀拧紧，不得单边受力；
- 喷嘴轴线对准工艺靶位，并将喷嘴整体安装在合适位置；
- 电磁阀线圈接线与保温套加热回路接线正确，绝缘良好。

## 4.2 调试步骤

（1）安装完成后随系统进行气密性试验，确认喷嘴连接处无泄漏；

（2）空载测试电磁阀动作：在手动界面点动电磁阀，听辨启闭声音清脆、无卡涩；

（3）低压（5～8 MPa）试喷，观察射流形态是否对称、连续，无偏斜、发散异常；

（4）逐步升压至工艺压力，验证系统动作正确，记录射流效果；

# 五、操作说明

## 5.1 喷射前检查

- 确认增压系统压力、加热控温系统温度均已稳定在工艺设定值；
- 确认喷嘴已安装固定 OK；
- 确认喷射方向无人员及易损物品；

## 5.2 喷射操作

（1）保证手动操作模式关闭的情况下，按下自动运行按钮，待增压、加热稳定后，选中喷嘴 A 和喷嘴 B，最后将喷射按钮 OFF 占击为 ON；

（2）启动喷射后观察射流状态与系统压力变化；；

（3）喷射过程中严禁将手或身体任何部位置于射流路径上；

（4）需停止时，将喷射按钮切换回 OFF 状态；

## 5.3 停机

（1）长时间停机时，按下停止按钮，系统会停止运行；

（2）停机时，管路中的气体还会经过喷嘴持续喷出，人员应远离喷射方向；

（3）长期停机时，就将设备中的高压气体通过手动泄压阀缓慢泄掉，等压力归零后，关闭设备电源。

## 六、维护与保养

| 周期 | 维护内容 |
| --- | --- |
| 每班 | 喷射前目视检查喷嘴外观；观察射流形态是否正常 |

*注：喷孔芯为精密易损件，拆装时使用专用工具，不得敲击。*

## 七、常见故障及排除方法

| 故障现象 | 可能原因 | 排除方法 |
| --- | --- | --- |
| 无射流或射流突然中断 | 喷孔堵塞（杂质或干冰）；电磁阀未动作或堵塞 | 停机泄压后拆洗喷孔芯；检查电磁阀供电与 PLC 输出点；清除电磁阀内部杂质； |

## 八、安全注意事项

本设备工作在高压（超过 $CO_2$ 临界压力 7.38 MPa）工况下，任何操作必须由经过培训并考核合格的人员执行。

- 高压射流可直接造成严重人身伤害，喷射区域内严禁人员停留；
- 泄压与喷射会产生低温 $CO_2$ 气流和干冰颗粒，可致冻伤，操作时佩戴防护面屏与低温手套；
- 严禁带压拆装喷嘴、喷孔芯及任何接头，必须确认系统压力表指示为零；
- 喷射作业区 $CO_2$ 浓度会快速升高，应保持强制通风，必要时佩戴氧含量监测仪；
- 小孔径喷孔承受高压差，严禁用针、铁丝等硬物通孔，以免损伤喷孔或造成碎片飞出；
- 发现射流异常、异常噪声或泄漏时，立即停止喷射并泄压检查。