

真空系统操作流程及配置规范

一、引言

本文档整合真空系统自动模式、手动模式的操作流程、设备操作条件、异常处理机制及系统配置相关内容，旨在为操作人员提供统一、全面的操作指引，确保系统安全、稳定运行。

二、核心操作模式与流程

（一）自动模式

自动模式包含一键抽真空、一键停机、腔室放气三大核心操作及故障复位流程，所有操作需满足对应先决条件，执行过程中系统自动监测状态，异常时触发停机报警。

1. 一键抽真空

- 先决条件：**4 路水路正常、放气阀 1/2 关闭、闸板阀 5 关闭、真空计 2/3 工作正常、气源气压 ≥ 0.4 兆帕、螺杆泵和分子泵 123 电源供电正常。
- 初始化操作：**关闭所有泵（螺杆泵、罗茨泵、分子泵 123）、电磁阀 1234、闸板阀 1234，确保设备处于初始关闭状态。
- 分流程执行：**
 - 非真空状态 (≥ 3000 帕)：**开电磁阀 4（检测开到位）→开电磁阀 123（检测开到位）→开闸板阀 123（检测开到位）→启动螺杆泵→达 110 赫兹稳定→真空度 ≤ 7000 帕开罗茨泵→真空度 ≤ 45 帕开分子泵 123→分子泵满 518 赫兹后关罗茨泵（延时 1 分钟）→维持真空度至 5×10^{-4} 帕并稳定。
 - 低真空状态 (< 3000 帕)：**开电磁阀 4→开放气阀 1→平衡至大气压→关放气阀 1→启动螺杆泵→达 110 赫兹→真空度 ≤ 7000 帕开罗茨泵→真空度 ≤ 3000 帕开闸板阀 4→开电磁阀 123→开闸板阀 123→关闸板阀 4→后续流程同非真空状态的流程。
- 异常处理：**任何阀泵未在 5 秒内反馈到位信号，或出现故障码、电源异常、水路异常，立即触发一键停机并报警。

备注：自动抽真空流程中，须互锁屏蔽“腔室放气”功能。

2. 一键停机

- 执行顺序：**关闸板阀 1-4→关分子泵 1-3（待 0 赫兹）→关电磁阀 1-3→关罗茨泵（延时 1 分钟）→关螺杆泵→关电磁阀 4。

3. 腔室放气

1. 先决条件：闸板阀 1-5 均关闭。
2. 操作流程：开放气阀 2→实时检测真空计 1/2→达到大气状态后自动关放气阀 2，流程结束。

4. 故障复位

1. 核心前提：
 1. 系统已触发异常停机（所有设备按一键停机流程停止运行，处于安全状态）；
 2. 硬件故障已排查修复（如阀卡滞、管路泄漏、电源异常、水路断流等实际问题已解决）；
2. 操作流程：
 1. 发起复位指令：PLC 接收复位信号并清除所有异常报警标志位。

（二）手动模式

手动模式仅在非自动流程状态下可执行，自动流程运行时手动操作被互锁屏蔽。

1. 操作限制

自动流程执行时，手动操作被互锁屏蔽。仅在非自动状态下可操作单个设备。

2. 各设备操作条件

（1）泵类设备（螺杆泵、罗茨泵、分子泵 1-3）

1. 螺杆泵：
 1. 开启条件：4 路水路均正常（水流开关反馈有水流）、电磁阀 4 处于开启状态、无泵体故障码（变频器无报错）、供电电源正常（接触器反馈吸合）。
 2. 关闭条件：罗茨泵已完全关闭（0 赫兹状态）、分子泵 1-3 均已关闭（0 赫兹状态）。
2. 罗茨泵：
 1. 开启条件：螺杆泵已启动且运行频率 ≥ 110 赫兹（稳定状态）、真空计 3 读数 ≤ 7000 帕、电磁阀 4 处于开启状态、无泵体故障码、供电正常。
 2. 关闭条件：分子泵 1-3 均已满转（518 赫兹稳定状态）。
3. 分子泵 1-3（单台独立操作）：

1. 开启条件：螺杆泵已启动且运行正常、对应电磁阀 1-3 处于开启状态、对应闸板阀 1-3 处于开启状态、真空计 1/2 读数 ≤ 45 帕、4 路水路正常、无泵体故障码、供电正常。
2. 关闭条件：可直接关闭（关闭后需等待 0 赫兹状态）。

(2) 电磁阀类（电磁阀 1-4）

1. 电磁阀 1-3（对应分子泵）：

1. 开启条件：放气阀 1 处于关闭状态。
2. 关闭条件：对应分子泵已关闭（0 赫兹状态）、对应闸板阀 1-3 已关闭。

2. 电磁阀 4（尾气排放）：

1. 开启条件：无前置条件。
2. 关闭条件：螺杆泵、罗茨泵、分子泵 1-3 均已完全关闭。

(3) 闸板阀类（闸板阀 1-5）

1. 闸板阀 1-3（对应分子泵管路）：

1. 开启条件：放气阀 2 处于关闭状态、闸板阀 5 处于关闭状态、腔室与前级管道压差 < 3000 帕、对应电磁阀 1-3 已开启、气源气压 ≥ 0.4 兆帕（驱动气缸正常工作）。
2. 关闭条件：对应分子泵已关闭。

2. 闸板阀 4（旁通阀）：

1. 开启条件：放气阀 2 处于关闭状态、闸板阀 5 处于关闭状态、腔室真空度 < 3000 帕、螺杆泵已启动且运行正常（达 110 赫兹）、气源气压 ≥ 0.4 兆帕。
2. 关闭条件：可直接关闭。

3. 闸板阀 5（腔室与靶球连接阀）：

1. 开启条件：闸板阀两侧气压差 < 3000 帕、闸板阀 1-4 均处于关闭状态、放气阀 2 处于关闭状态、外部大行程系统发出允许开启信号、气源气压 ≥ 0.4 兆帕。
2. 关闭条件：外部大行程系统发出允许关闭信号。

(4) 放气阀类（放气阀 1-2）

1. 放气阀 1（前级管道放气）：

1. 开启条件：闸板阀 1-4 均处于关闭状态。
2. 关闭条件：前级管道已放气至大气状态（真空计 3 读数 ≥ 80000 帕）。

2. 放气阀 2（腔室放气）：

1. 开启条件：闸板阀 1-5 均处于关闭状态。
2. 关闭条件：腔室已放气至大气状态（真空计 1/2 读数 \geq 80000 帕）。

3. 核心约束条件（全设备通用）

1. 所有设备操作前需检查供电正常（无电源故障报警），无设备自身故障码；
2. 手动操作后需等待设备反馈到位信号（如阀关 / 开到位、泵频率稳定）。

三、异常处理与报警机制

（一）异常类型

涵盖阀开到位和关到位异常（闸板阀 5 个*2，电磁阀 4 个*2，放气阀 2 个*2）、泵故障（变频器报错，5 个）、电源异常（4 个）、水路断流（4 个）、气源压力不足（1 个）、真空计读数异常（3 个）、主电源相序异常（1 个），共 40 种异常情况。

（二）处理逻辑

1. 系统实时轮询检测异常信号，任何异常触发一键停机，同时记录报警信息；

（三）记录功能

1. 异常报警记录：系统每 5 秒轮询（如改为 OPC-UA，应改为订阅模式）异常报警，记录发生时间、类型；支持筛选查询；
2. 数据记录：系统每秒采集真空度、泵转速数据；支持时间范围查询；
3. 设备操作记录：系统记录设备操作动作，系统每 1 秒轮询（如改为 OPC-UA，应改为订阅模式）并记录动作事件。
4. 真空趋势曲线：展示真空度变化趋势曲线；

四、系统配置与界面功能

（一）参数配置

1. 分子泵启用设置：可选择自动流程中启用或停用 分子泵 1-3；

（二）界面核心功能

1. 主界面：显示设备实时状态；水路 / 气路状态监控；
2. 配置界面：自动、手动控制；

3. 记录界面：异常报警记录、数据记录、设备操作记录、真空趋势曲线。

（三）通讯与硬件设计

1. 通讯方式：采用 OPC UA（支持事件驱动），替代现有 S7 通讯（仅支持轮询，存在延时和高负载问题）；