常压及低压 CVD 管式炉使用说明书

前言

本说明书适用于管式炉的操作，涵盖设备结构、操作流程、参数设置及故障排除等内容。使用前请仔细阅读全文，严格遵循操作规范，避免设备损坏或安全事故。

一、设备简介与结构示意

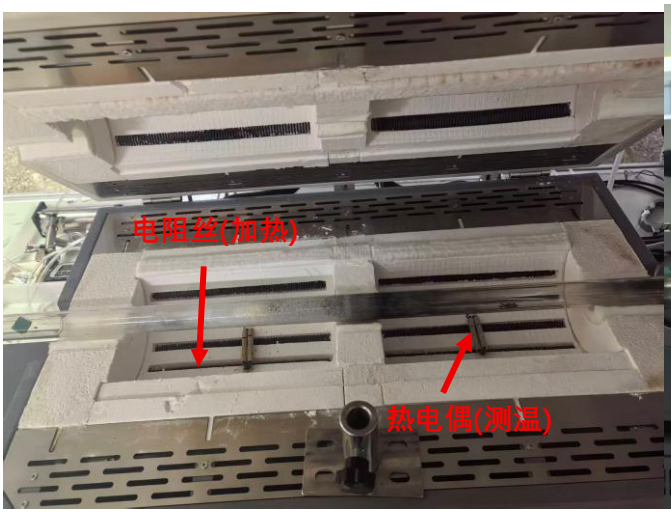
1.1 设备用途

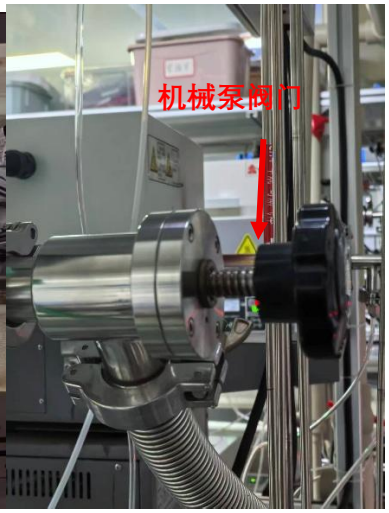
CVD 卧式石英管式炉用于在空气、惰性气体等气氛下常压及低压材料生长、器件及衬底退火等操作，加热温度可达 1100℃(短时间 1200℃)，支持多段程序控温。

1.2 核心结构及作用

低压管式炉核心结构示意图（常压管式炉出气端法兰连接洗气瓶）









机械泵



流量计



洗气瓶

炉体（含炉膛、加热元件）→ 炉管（石英管）→ 法兰及密封组件（密封圈、压环）→ 温控仪表（程序控温核心）→ 气路系统（气瓶、减压阀、流量计、洗气瓶）→ 真空系统（机械泵、真空表）→ 辅助部件（炉钩、瓷舟/坩埚、管堵、热电偶）

二、操作前准备

1. 环境要求：设备放置在水平、无震动平台，远离导电尘埃、爆炸性及腐蚀性气体，环境温度-10-75℃，相对湿度＜85%。

2. 电源检查：确认电源线连接牢固，接地线接好，空气开关正常，保险丝无熔断（备用保险丝可提前准备）。

4. 炉管检查：石英管无破损、裂纹，清洁无残留污渍；

5. 密封组件检查：密封圈、橡胶垫圈无老化、变硬、破损，若存在问题及时更换；法兰连接部件无松动。

5. 气路检查：气瓶压力充足，减压阀连接正常，无漏气；流量计、通气管路畅通，洗气瓶按要求添加洗涤液（酸性杂质用碱性洗涤剂，碱性杂质用酸性洗涤剂）。

6. 真空系统检查（低压工况）：机械泵无异常噪音，泵油液面不低于 1/2，油液无变色、浑浊；真空表、阀门工作正常。

7. 辅助部件检查：炉钩、瓷舟/坩埚清洁无破损，热电偶连接牢固（红线接正极、绿

线接负极），管堵尺寸适配炉管。

8. 原料放入瓷舟、坩埚或石英容器中，容器材质需与样品不反应、适配实验温度（陶瓷容器适用于 800℃以下，石英容器适用于 1200℃以下，刚玉容器适用于 1750℃以下）。

三、常压工况操作流程

3.1 炉管与样品安装

1. 安装炉管：将石英管平行插入炉膛，两端伸出长度一致，避免碰撞加热元件；按内法兰套-密封圈-压环-密封圈-外法兰套的顺序安装法兰，分多次轮流拧紧内六角螺丝，确保法兰不偏斜、密封良好。

2. 放置样品：用炉钩将装有原料的容器缓慢推入炉管中部加热区（对准热电偶位置），放入管堵（两端各放 2 个，最里端间距适配加热段长度），与保温层平行，生长衬底放置在下游目标区域。

3. 连接气路：安装进气口、出气口法兰，法兰盘之间放置橡胶垫圈，无需拧得过紧，依靠垫圈缓冲密封；将出气口与洗气瓶进气口连接。

3.2 控温程序设置

1. 开启电源，控温仪表开机后显示型号及版本号，随后进入温度测量状态（PV 显示炉温，SV 显示设定值，闪烁“STOP”表示程序停止）。



实际温度

运行状态或设定温度

2. 轻按进入程控界面，符号 C 指温度,默认 01 阶段为室温(30℃),无需更改。轻按进入时间设置界面，符号 T 指时间-01 为第一段持续时间,按、及设置第一段升温时间长短(如 30 min)。



3. 轻按进入 02 阶段温度设置，根据实验需求设定目标温度及持续时间（例：升温至 480℃，恒温 10 分钟）。



4. 重复步骤 2-3，可设置多段程序，结束时段需设置时间 T 为-121，确保程序结束后设备自动停止运行。



5. 设置完成后，同时按和键返回初始操作界面，检查参数无误后，准备启动加热。

⚠️ 注意：正常情况下升温速率不超过 10℃/min，最高温度不超过炉管及加热元件的

额定温度；高温段（＞1000℃）需降低升温速率至 2℃/min。

3.3 加热与降温操作

1. 确认流量计面板处于 Run 模式，流量正常，气路阀门打开，载气正常通入石英管，洗气瓶内有正常数量气泡冒出，按下“加热就绪”键（绿色按钮），进入加热准备状态，长按运行键（RUN）启动控温程序。



2. 加热过程中，密切观察控温仪表显示的炉温及程序运行状态，定期检查气路流速、洗气瓶鼓泡情况，发现异常立即长按停止键（STOP）停机。

3.4 样品取出与设备整理

1. 确认炉膛完全降温至 100℃以下后，松开法兰螺丝，打开炉管，用炉钩小心取出样品容器（避免烫伤），关闭流量计。



2. 清洁炉管、管堵、瓷舟/坩埚，去除残留样品；石英管可采用稀硫酸（无机沉积物）或乙醇（有机沉积物）清洗，刚玉管需避免与腐蚀性物质接触，清洗后彻底干燥。

3. 整理法兰、密封圈等部件，妥善存放；更换洗气瓶内废弃洗涤液，清理设备周边杂物。

四、低压（真空）工况操作流程

1、同常压工况 3.1 步骤基本一致，此时石英管出气端法兰连接真空泵组件，确认**炉管与样品安装完成，加热程序已设定好。**



2、**关闭对应进气口气路阀门及机械泵阀门，开启机械泵电源，缓慢打开机械泵阀门（防止样品被吹走），直至机械真空计指针左旋至最小值。**



3、**关闭机械泵，缓慢打开气路阀门，流量计面板设定为 OPEN 模式，通入气体直至机械真空计指针至常压。重复 2-3 次，除去管内空气。**



4、确认流量计面板处于 Run 模式，流量正常，气路阀门打开，载气正常通入石英管，机械泵运行，机械泵阀门打开，管内气压处于低压，基本不变后，同 3.3 进行加热与降温操作。



5、程序运行结束，炉膛完全降温至 100℃以下后，关闭真空泵电源，待管道内压力恢复常压后，方可按照 3.4 步骤取出样品。

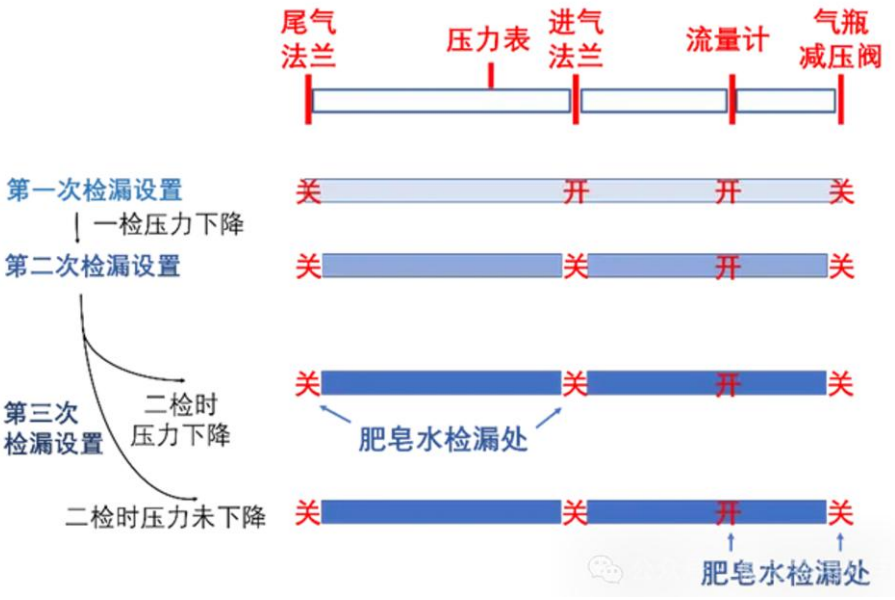
五、气路检漏

使用惰性气体气氛时，需要严格保证管式炉整体气路的密封性，因此，必须在热处理前进行检漏。常用的检漏法有正压检漏，即让管式炉的整体气路处于正压条件下，判断气路密 封效果。操作如下：

步骤 a：连接进气管路和出气管路。

步骤 b：打开气瓶减压阀，向炉管内充气，直至进气端法兰的压力表至0.05 MP 左右，维持 30 min。

步骤 c：压力表数值未下降，表明管式炉整体气路气密性良好，可以进行后续热处理。如果压力表数值下降，表明管式炉整体气路存在漏气点，进一步进行第二次和第三次的分段排查。通过调节阀门逐段缩小范围，并配合肥皂水进行排查，判断漏气位置。



管式炉检漏步骤示意图

六、常见故障及排除

故障现象	可能原因	排除方法
电源开启后仪表无显示	保险丝熔断、电源线接触不良、LOCK 旋钮未打开	检查无短路后更换保险丝，重新连接电源线，旋

		转 LOCK 旋钮至开启状态
加热时炉温不上升	加热元件损坏、热电偶接反、控温参数设置错误	更换加热元件，调换热电偶正负极，重新设置控温程序及参数
低压工况真空度无法达标	密封圈老化、炉管破损、阀门漏气、真空泵故障	更换密封圈，检查炉管并修复，用肥皂水检漏并处理，检查真空泵油位及运行状态
气路漏气	法兰未拧紧、垫圈破损、管路连接松动	重新拧紧法兰，更换垫圈，加固管路连接，逐段检漏
控温精度偏差大	热电偶老化、控温参数异常、炉膛保温层破损	更换热电偶，重启自整定校准参数，修复炉膛保温层
炉管破裂	骤冷骤热、样品水汽过多、碰撞损坏、高温超温	更换炉管，规范升降温操作，提前干燥样品，避免碰撞，严格控制加热温度

七、安全注意事项

1. 操作人员需穿戴防护装备，避免高温烫伤或气体接触伤害。

2. 禁止在炉管内放入易燃、易爆、腐蚀性强的样品，禁止向炉内灌注可燃性液体及熔融金属。

3. 加热过程中，禁止开启炉门；炉膛温度未降至室温前，不得关闭电源（避免风扇停止工作导致炉膛开裂）。

4. 使用氢气等危险性气体时，需严格控制浓度在爆炸范围外，先通气再加热，炉管两端禁止站人。

5. 抽真空、气体置换过程中，阀门操作需缓慢，避免压力骤变损坏设备或吹起样品。

7. 维修设备时，需先关闭电源、切断气路、释放真空，待设备完全冷却后再进行，禁止带电、带压操作。

8. 废弃洗涤液、样品残渣需按实验室规范处理，不得随意排放。

	扣分点（详细说明）	危害性（简要说明）	重要程度
1	控温程序设置错误（如未设结束段为-121）	程序无法终止，设备持续加热，存在安全隐患	轻
2	加热过程中未观察炉温、气路、洗气瓶状态	异常未能及时发现，可能导致设备损坏或事故	轻
3	未等炉膛降温至 100℃以下即打开法兰取样品	高温烫伤风险，炉管骤冷破裂	轻
4	低压工况未等压力恢复常压即取样品	样品被吸入真空系统或损坏	轻
5	未进行气路检漏或检漏不合格即开始实验	气体泄漏，实验失败，存在安全隐患	轻
6	废弃洗涤液、样品残渣未按规定处理	环境污染，违反实验室规定	轻
7	加热高温时开启炉门	炉膛开裂，设备损坏	重
8	维修设备未断电、断气、冷却即操作	触电、烫伤、气体泄漏风险	重