



石英灯面加热与快速滑出测试系统技术方案

陕西库赫曜能科技有限公司

方案版本：V1.0

2026年7月

一、项目概述

1.1 项目需求

本项目拟建设一套石英灯面辐射加热与手动快速滑出试验装置。薄片类样件在保温炉膛内由石英灯平面加热模组进行单面辐射加热，目标温度为 500℃。当样件接触热电偶测得样件达到 500℃时，系统立即发出到温提示，操作者通过手动滑台将样件快速退出炉膛，并停在固定成像位置，由客户已有热像仪立即拍照。

装置配置两支热电偶：一支用于监测炉膛内部温度，另一支与样件可靠接触并作为样件到温判据。整体方案重点解决加热区域覆盖、到温判据准确、快速出炉、成像位置重复以及高温操作安全等问题。

1.2 方案目标

- (1) 在约 300×150 mm 有效区域内对薄片类样件实施单面石英灯辐射加热，目标温度 500℃。
- (2) 通过双通道热电偶实现炉膛温度与样件实际接触温度的同步显示、记录与保护。
- (3) 通过加热位—成像位双位置限位，使样件能够快速、平稳、重复地进入热像仪视场。
- (4) 设置滑台位置联锁、超温保护、急停及高温防护，降低人工快速操作风险。
- (5) 滑台离开加热位后自动切断石英灯输出，避免炉膛开口状态继续加热。
- (6) 成像位置固定、视场无遮挡，便于客户已有热像仪快速拍照。

二、总体技术方案

2.1 工作原理

样件安装在随滑台移动的低热容夹具上，并推入炉膛内的加热位置。石英灯管在同一平面内平行排布，形成约 300×150 mm 的有效加热区域，从样件一侧进行辐射加热。加热模组背部配置循环水冷板，用于控制背板、灯管安装端及邻近结构的温升。

加热过程中，T1 持续显示炉膛温度，T2 与样件保持接触并实时测量样件温度。T2 达到 500℃时，系统立即声光提示；操作者拉动隔热手柄，将滑台从加热位快速退出。滑台离开加热位后，位置开关切断石英灯输出；样件到达成像位后由热像仪完成拍照。

核心流程：样件装夹 → 推入加热位 → 开启水冷并启动加热 → T2 达到 500℃ → 立即手动退出 → 到达成像位 → 热像仪拍照。

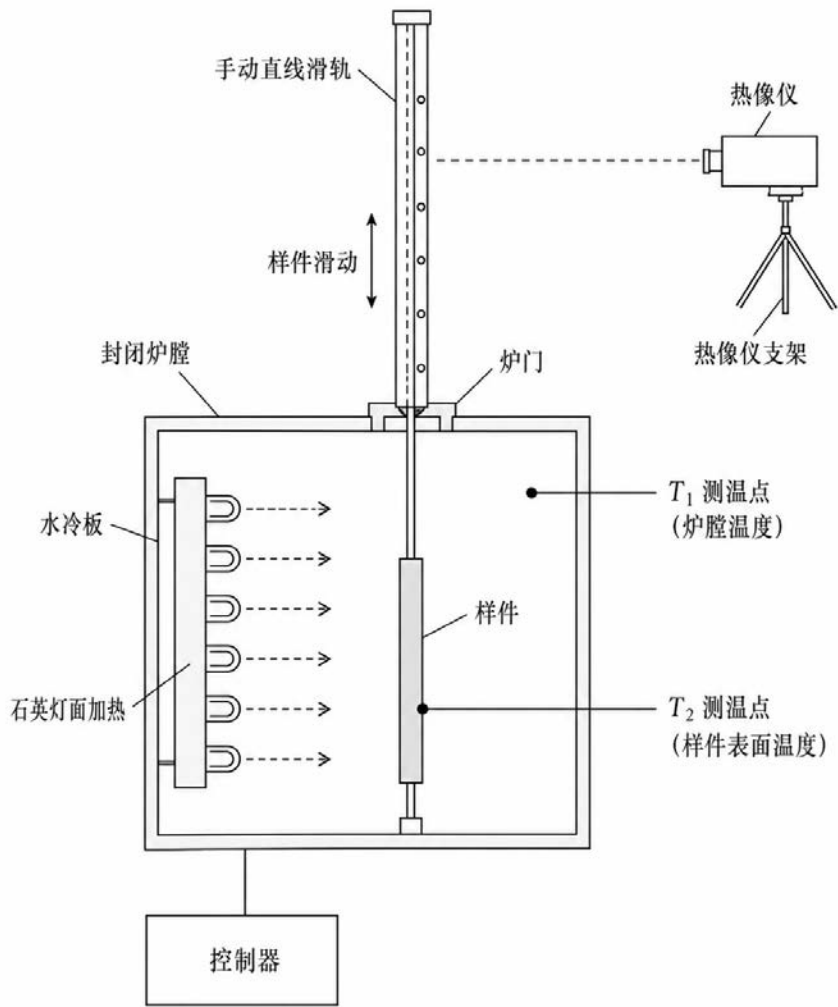


图 1 石英灯加热、手动快速转位与热像拍摄总体原理示意

样件在加热位时位于石英灯阵列的有效辐射区域内；达到设定温度后，操作者使用隔热手柄拉动滑台。滑台一旦离开加热位，位置开关即切断石英灯输出；样件继续移动至成像位并由机械限位准确停止，随后由热像仪完成拍照。

2.1 系统组成

表 1 系统主要组成（具体尺寸及接口在样件和热像仪参数确认后定型）

组成模块	主要配置	功能
石英灯面加热模块	石英灯管阵列、反射罩、保温隔热层及安装框架	形成约 300×150 mm 有效加热区
保温炉膛	耐温内衬、侧向隔热、快速出料开口及防护外壳	降低散热并限制杂散辐射
手动滑台	直线导轨、加热位/成像位机械限位、缓冲及位置检测	实现快速、重复转位
样品夹具	低热容金属框架、玻璃隔热支点及可调压紧结构	固定薄片样件并减少热沉效应
双通道测温	炉膛热电偶 T1、样件接触热电偶 T2、温度显示与采集	T2 为到温判据，T1 为监测/保护
电气控制	调功器、温控器/PLC、声光提示、急停、超温及位置联锁	完成加热控制与安全保护
热像接口	成像位置、视场避让和安装基准预留	匹配客户已有热像仪

三、关键结构设计

3.1 石英灯阵列

加热模组采用常规石英灯管在同一平面内平行排布，灯管有效发热区域覆盖样品需要加热的范围。模组以直接辐射加热为主，整体为普通平面加热结构。灯管数量和单支功率根据样品材质、厚度、质量、表面状态及要求升温时间最终选配。

石英灯阵列背部设置金属水冷背板，并预留进水口和回水口。循环冷却水主要用于控制背板、灯管安装端及炉膛外壳温升。加热启动前确认冷却水正常，水流异常时禁止石英灯输出。

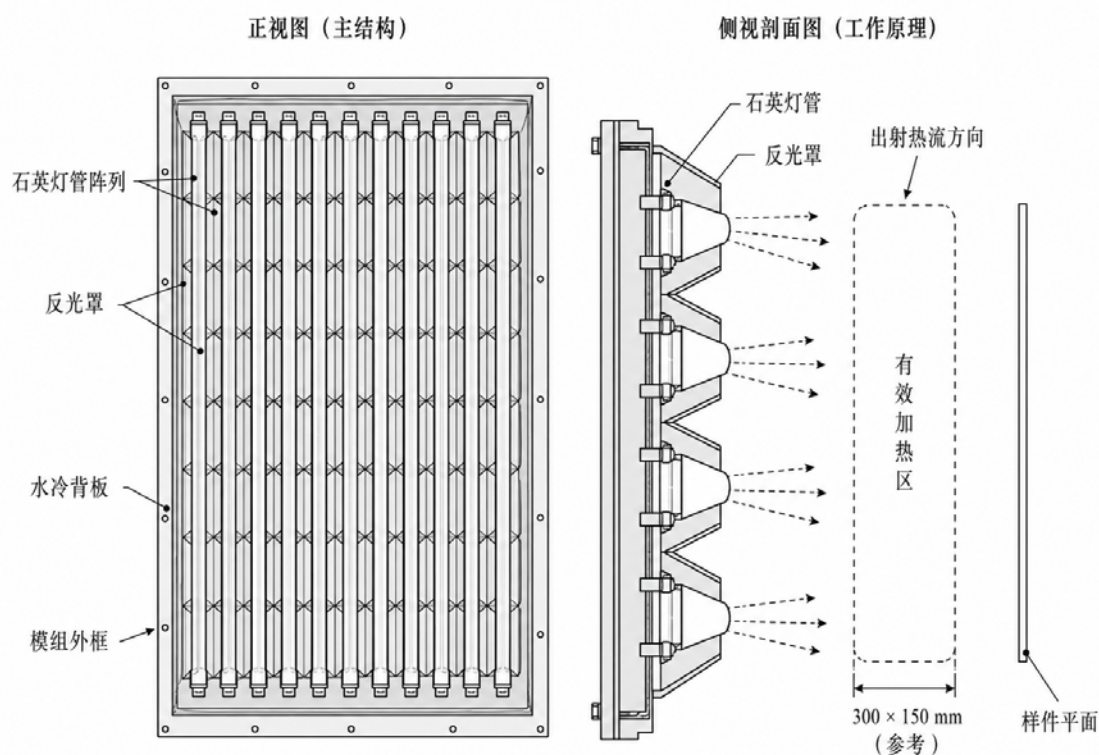


图2 石英灯阵列反光罩及有效加热区参考结构（示意尺寸，最终按样品校核）

3.2 保温炉膛

炉膛采用保温隔热结构，内部设置加热模组安装位和样品加热位，出料侧设置与滑台运动方向一致的快速开口。开口尺寸满足样品及夹具顺利退出，同时尽量减小运行过程中的热量散失。炉膛外侧设置防护外壳及高温警示。

3.3 手动滑台与成像定位

- (1) 导轨主体尽量布置在高温辐射区之外，并设置隔热挡板，避免润滑部位和位置开关长期受热。

- (2) 加热位和成像位均设置刚性限位；成像位增加缓冲，避免快速拉出时冲击样件或引起画面抖动。
- (3) 滑台采用隔热手柄，手柄操作方向与热像仪光轴避让，确保人员不进入热像仪正前方。
- (4) 样件从加热位移动至成像位的路径保持无遮挡，转位行程根据炉膛开口、热像仪工作距离和视场最终确定。
- (5) 滑台位置检测与石英灯电源联锁：滑台离开加热位即禁止石英灯继续输出。

3.4 样品夹具与热电偶布置

样品夹具采用低热容、少接触点设计。建议使用耐热金属框架配合氧化铝玻璃支点，在满足固定可靠的前提下，减少夹具对样件的导热吸收和对热像视场的遮挡。夹具应随滑台整体移动，并便于更换不同尺寸样件。

样件接触热电偶 T2 建议布置在样件边缘或非主要成像区域，通过细丝热电偶和玻璃压头保持稳定接触，测温线沿夹具背面或侧边固定并随滑台移动。这样可避免快速转位时临时拆线，同时减小热电偶在热像画面中的影响。

四、测温与控制逻辑

4.1 双热电偶功能分配

表 2 双通道测温分工（500℃判据以 T2 为准）

编号	测温点	建议布置	控制作用
T1	炉膛热电偶	布置在有效加热区附近，避开灯管直接照射	监测炉内热环境；参与炉膛超温保护，不作为样件 500℃到温的唯一判据
T2	样件接触热电偶	与样件表面稳定接触，优先位于边缘/非成像关键区	作为样件主控温信号和 500℃到温判据；随夹具与样件一同移动

4.2 运行流程

- (1) 将样件安装于夹具上，确认 T2 与样件接触可靠，滑台推至加热位并锁定。
- (2) 启动循环冷却水，确认水冷背板供水正常。
- (3) 开启控制系统，设定样件目标温度 500℃；T1、T2 同步显示。
- (4) 石英灯按设定升温程序输出，控制器以 T2 为主信号调节各灯组功率，T1 持续监测炉膛温度。
- (5) 当 T2 首次达到 500℃并满足设定判定条件时，系统立即发出声光提示；
- (6) 操作者立即拉动隔热手柄。滑台离开加热位后，位置联锁切断石英灯功率。
- (7) 滑台在成像位缓冲并准确停止，热像仪按预设触发方式完成拍照或序列采集。

(8) 试验结束后将样件移至安全冷却位置；待温度降至允许范围后再进行拆卸。

五、主要技术参数

表 3 主要技术参数

项目	方案参数
加热方式	石英灯阵列单面辐射加热
适用样件	薄片类样件
有效加热区	约 300×150 mm
目标温度	样件 500℃
温度控制范围	室温~500℃
测温通道	2 路（T1 炉膛温度；T2 样件接触温度）
热电偶建议	K 型
加热模组冷却	背部循环水冷
灯管配置	数量与单支功率按热计算及样件试验确定
灯-样距离	可调
滑台形式	手动直线滑台
到温动作	500℃声光提示，人工立即滑出
热像系统	客户已有（需确认型号、镜头、视场、工作距离及触发方式）
高温防护	炉膛外侧设置隔热防护和高温警示，手动操作位置配置隔热手柄

六、安全与可靠性设计

- (1) 位置联锁：仅当滑台处于加热位并确认到位时允许石英灯输出；滑台离位立即切断输出。
- (2) 超温保护：T1 设置炉膛超温报警/切断值，T2 设置样件超温报警；主控温失效时由独立保护回路停止加热。
- (3) 电气保护：设置总断路器、短路/过载保护、可靠接地、急停及加热输出指示。
- (4) 热防护：炉膛外侧设置隔热外壳和高温警示，滑台手柄采用隔热结构，成像区设置必要的人员防护边界。
- (5) 机械保护：成像位设置缓冲及限位，移动电缆采用耐温护套并固定，防止夹线、拉脱或进入热像视场。

七、方案结论

本方案采用石英灯阵列对薄片样件进行面辐射加热，以样件接触热电偶作为 500℃到温主判据，并通过炉膛热电偶、位置联锁和超温保护建立完整的加热安全逻辑。手动滑台

设置加热位和成像位双限位，可在样件到温后快速转移并进入客户已有热像仪视场，满足“炉内加热—到温判定—立即滑出—热像拍摄”的试验流程。

样件参数和热像仪接口确认后，可完成灯管功率、炉膛开口、滑台行程及夹具的最终设计，并形成生产图纸与验收指标。