

RT0 操作和维护手册

上海悠瑞环保节能科技有限公司

版本号:V1.0

修订日期:2026 年 8 月

备注: 后续小幅文字优化、勘误调整, 若无特殊说明, 版本号不作升级, 不再单独出具修订说明。

前言

首先感谢您购买上海悠瑞环保节能科技有限公司的 RTO 设备！

蓄热式热氧化器英文名为“Regenerative Thermal Oxidizer”，故简称为“RTO”，其原理是把有机废气加热升温至氧化温度以上，停留时间为 $\geq 1\text{sec}$ ，使废气中的 VOC 氧化分解，成为无害的 CO_2 和 H_2O ；氧化后的高温气体的热量被“贮存”起来，用于预热新进入的有机废气，从而节省升温所需要的燃料消耗，降低运行成本。

RTO 使用了固定方式的热交换媒介，热交换媒介使用的是蓄热陶瓷体。来自生产线的废气经过其中一个蓄热陶瓷床被加热，到反应室燃烧氧化后高温气体将另外一个蓄热陶瓷床加热，第三个蓄热陶瓷床进行吹扫工作。如此不断交替切换进行，从而实现 VOC 的净化分解，热交换蓄热陶瓷的热交换效率是目前已知高温传热传质材料中效率和成本最优的。

对于初次使用本产品的用户，应先认真阅读本手册。若对一些功能及性能方面有所疑惑，请咨询我公司的专业技术人员。

安全注意事项

本手册汇总了全套安全操作指南，请您在操作设备前务必仔细阅读本章节内容，并严格遵循所有提示与操作规范。这既是您应尽的安全责任，也是保障设备安全、高效运行的关键。忽视上述安全提示可能造成设备损坏、人身伤害，甚至引发更严重的后果。凡因违反操作规程、未遵守本手册安全要求导致的任何伤害或财产损失，本公司概不承担责任。

防止触电

- 所有控制柜、电机、外部其他电气元件通电运行时，请不要打开门或盖板，否则有触电危险。
- 即使电气系统断开时，除专业人员在监护状态下进行的操作（定期检查、维护）外，电气元件内部不得接触。
- 请勿用湿手接触、操作电气元件，否则会造成触电或受伤。
- 不要损伤电缆，或施加过重的应力、钳压，否则会导致触电。
- 人员触电，其他人员切勿用手拉或身体接触，应先断电后抢救。

防止损伤

- 不得将手或身体的任何部位接触旋转的机械构件内，否则会造成重大伤害。
- 不得在运转的设备中进行机械维护。
- 人员、移动机械通过运输通道前，必须确认设备处于停运状态，并严格按照规程通行，否则有可能造成重大人身伤害或设备损坏。
- 安全护栏内未经过批准，人员不得进入，否则有可能会造成伤害。

其他注意事项

- 警告！只允许我公司专业技术人员及客户方授权维护 RTO 的维修人员操作此设备。
- 压缩空气、天然气、电力是设备运行的必备条件，缺一不可。
- 确保炉体周围无明火作业，如有必须予以隔离或清除。
- 系统长时间不运行应将燃气总阀关闭。
- 天然气管路严禁用扳手或金属物体敲击、摩擦，避免产生静电或火花，引发燃气爆炸。
- 严禁在天然气阀组或管道上、法兰接口等处吸烟、焊接、切割、明火测试。
- 定期检查管路及接头法兰等有无松动、泄漏现象。
- 所有旋转部件均须加装防护罩，例如风机驱动装置、轴承组件等。同时，必须设置警示标识，以避免人员接触可能勾挂衣物或划伤皮肤的旋转元件。
- 此设备正常运行时，部分表层会发热。请避免触碰这些发热表层，以防烫伤。进行内部检查、清洁或

维修前，务必关闭设备并待其冷却至室温或接近室温。

- 正常情况下，应严格按照操作程序对系统进行启动和停止操作。
- 电机、变频器等专用设备必须仔细阅读相关随机文件后进行操作、维护。
- 请勿对变频器、PLC 模块等已固化的电气设备进行改造，以免降低设备的使用性能或原有品质。
- 故障检修后，请确认系统的再启动不会对相关人员造成伤害。
- 系统启动操作：必须满足系统启动前准备的所有条件，方可启动设备。
- 系统停机操作：按下系统停止按钮后，需待设备完全停止运行方可断电；压缩空气供应也必须在系统设备全部停止运行后再切断。

使用前的检查工作

- 检查压缩空气：保证所有的阀门均有 $3.5 \sim 4 \text{ kg/cm}^2$ 的压缩空气，并将压缩空气压力调成一致。
- 检查天然气：保证天然气的进口压力在 $15 \sim 50 \text{ kPa}$ 之间，现场闻嗅无天然气味道。
- 检查控制柜：保证控制柜内断路器均已合闸。

使用中的注意事项

- 定时记录 RTO 系统的运行情况，比如温度、压力、压差等。
- 定期排放压缩空气管路上过滤器的水和油。
- 查看检查压缩空气和燃烧系统管路是否有泄漏。
- 查看炉体外表温度是否过高。

突发状况处理

- 如果出现电力故障，请尽快恢复电力，没有冷却风，RTO 燃烧器无法长时间承受高温，并且系统在高温情况下长时间不运行，陶瓷床、风管、风机、软连接都会受到损坏。
- 如果出现压缩机故障，无法提供压缩空气，请按急停按钮强制停掉系统。
- 如果电力不能恢复，也无压缩空气，再重启系统前要检查氧化炉有没有损坏。要直观的检测所有的热点（在损坏的地方要涂上涂料），取下火焰探测器并检测它有没有损坏，检查风机和挠性连接等等。

尽管我公司为 RTO 设备配备了必要的防护和安全装置，以消除潜在的危险情况，但如果买方错误地操作此设备，或移除安全装置，可能会引发危险状况，导致操作者（及其他人员）受伤或设备损坏，甚至两者皆有。

设备的自动操作和安全装置必须定期进行检查，绝不可掉以轻心。即便系统已内置这些装置，也不能假定可以防范所有风险。由于系统涉及燃料的使用，在处理和点燃燃料过程中，固有的爆炸和其他危险依然存在。因此，操作者学习安全和正确的操作技术以及维护程序是至关重要的。

目录

前言	1
安全注意事项	2
目录	4
第一章 RTO 设备简介.....	5
1 参考图纸	5
2 RTO 工作原理.....	5
3 工艺流程说明	6
4 RTO 各部件说明.....	7
第二章 系统画面介绍	15
1 系统状态栏	15
2 按钮栏	15
3 阀门	16
4 风机	16
5 炉本体	17
6 燃烧系统	17
7 温度趋势	18
8 参数设定	18
9 联机状态	19
10 报警窗口	19
第三章 系统操作	21
第四章 常见故障及处理方法	23
第五章 维修保养	25
1 日维保	25
2 周维保	25
3 半年维保	25
4 年维保	26

第一章 RT0 设备简介

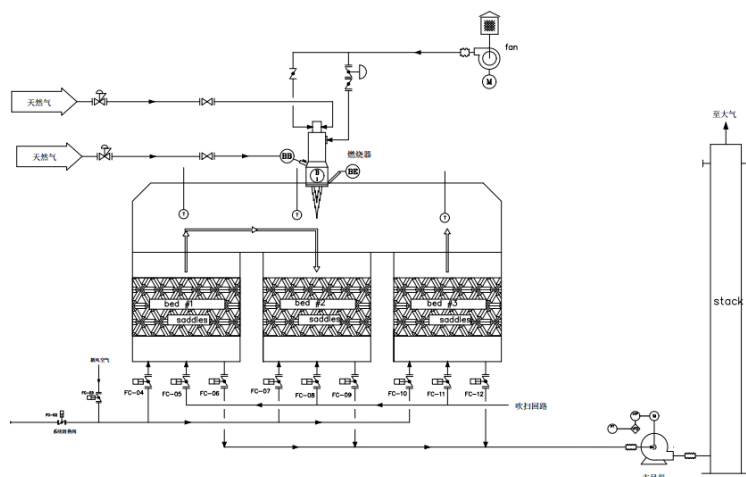
1 参考图纸

请参阅您获取的全套工程图纸，图纸内含电气原理图与系统总图；借助图纸能够充分理解整套系统，在开展设备维护作业时，也是十分重要的参考资料。

系统的主体结构由 RT0 本体、保温层、蓄热陶瓷、风机、燃烧系统、供气系统、阀门、风管、烟囱、操作平台、仪器仪表以及电控系统等关键部分组成。

2 RT0 工作原理

炉体由三个蓄热室加一个反应室组成。



三个蓄热室分别承担吸热、放热和清扫任务，依次循环。工艺流程的末端通过管道系统连接至 RT0。当 RT0 达到预定运行温度，并且满足所有安全要求及工艺联锁条件时，联机阀将开启，引导含有挥发性有机化合物（VOCs）的气体进入 RT0 进行处理。

待处理的废气在主风机的作用下进入蓄热室 1，其中的陶瓷蓄热体释放热量，温度降低，而有机废气则被加热至较高温度后进入反应室。在反应室内，燃烧器补充热量，使废气达到设定的氧化温度（760℃ 以上），废气中的有机成分被分解成 CO_2 和 H_2O 。由于废气在蓄热室内已被预热，因此所需的额外燃料较少。净化后的高温废气离开反应室，进入蓄热室 2，释放热量，温度降低后经烟囱排放。而蓄热室 2 的陶瓷蓄热体吸热，“贮存”大量的热量（用于下个循环加热废气）。同时蓄热室 3 进行吹扫工作，清除残余未处理的有机废气。一个循环完成后，进气、出气、吹扫阀门进行一次切换，改变气流方向（进入下一循环）。废气由蓄热室 2 进入，净化后的气体由蓄热室 3 排放，蓄热室 1 进行吹扫工作。再一个循环完成后，进气、出气、吹扫阀门进行一次切换，改变气流方向（进入下一循环）。废气由蓄热室 3 进入，净化后的气体由蓄热室 1 排放，蓄热室 2 进行吹扫工作。

通过这种持续的交替过程，显著减少了燃料的消耗，并且避免了额外的步骤来降低尾气出口的温度。

3 工艺流程说明

RT0 有以下三个状态。

（1）启动预热状态

RT0 和工艺之间的联机阀关闭，切断和工艺管道的联系，前端新风阀打开，在主风机的作用下引入空气。此时主风机运行在较低的频率之下，燃烧器点火燃烧进行升温操作，升温过程中蓄热陶瓷吸收热量逐渐达到工艺要求温度，为 VOC 进入 RT0 进行氧化分解提供必要条件，同时确保了装置的节能及安全运行。

（2）运行状态

预热完成后 RT0 进入运行状态，热氧化炉升温至 760℃（挥发性有机废气的燃烧点）以上。有机废气首先从 1 室进入，吸收了蓄热体的热量以及燃烧器补充的热量，有机废气温度提高到 760℃以上。在 3T（温度、停留时间、湍流）作用之下，有机废气成分被分解成 CO₂、H₂O。经充分氧化后的清洁气体从 2 室排出，并将热量释放至 2 室蓄热体，热量得以回收。同时第 3 室进行吹扫工作，清除 RT0 残余未处理的有机废气。有机废气热氧化炉周期循环，是为了保证每个室体温度在可控范围之内，确保了处理效果的稳定高效。

RT0 正常运行状态时，三床阀门的切换操作过程如下：

三床 RT0 蓄热床的运行过程

阶段	蓄热室1	蓄热室2	蓄热室3
一	进气	出气	吹扫
二	进气	出气	出气
三	吹扫	进气	出气
四	出气	进气	出气
五	出气	吹扫	进气
六	出气	出气	进气

三床 RT0 阀门切换时序

阶段	阀门	蓄热室1	蓄热室2	蓄热室3
周期一	进气阀	开	关	关
	吹扫阀	关	关	开
	出气阀	关	开	关
周期二	进气阀	开	关	关
	吹扫阀	关	关	关
	出气阀	关	开	开
周期三	进气阀	关	开	关

	吹扫阀	开	关	关
	出气阀	关	关	开
周期四	进气阀	关	开	关
	吹扫阀	关	关	关
	出气阀	开	关	开
周期五	进气阀	关	关	开
	吹扫阀	关	开	关
	出气阀	开	关	关
周期六	进气阀	关	关	开
	吹扫阀	关	关	关
	出气阀	开	开	关

(3) 故障状态及联锁

反应室及陶瓷床温度报警和超温停车联锁，燃烧机停止同时 RT0 离线，RT0 吹扫降温不停车；RT0 出口温度报警和超温停车联锁，燃烧机停止同时 RT0 离线，主风机停止运行；所有阀门开关位置及阀门状态检测报警，RT0 切换阀组故障燃烧机停止同时 RT0 离线；RT0 进出口管路设置差压变送器，用来观测蓄热陶瓷的工作情况，是否有堵塞或者破损，压力超过设定值，则故障报警、燃烧机停止同时 RT0 离线；压缩空气总管设置压力控制器，压缩空气压力低，则故障报警、燃烧机停止同时 RT0 离线，主风机停止运行，切换阀回到初始安全位置；主风机故障报警，燃烧机停止同时 RT0 离线；助燃风机故障报警、燃烧系统压力异常报警，燃烧机停止，RT0 不停车；燃烧机按欧洲安全标准设计，确保不会出现爆炸或爆鸣出现。

4 RT0 各部件说明

4.1 反应室

反应室是 VOC 氧化的主要场所，工作温度在 760℃ 以上，由蓄热室预热后的废气在这里发生氧化反应，生成 CO₂ 和 H₂O。反应室有两个作用：一是保证废气能达到设定的氧化温度，二是保证有足够的停留时间使废气中的 VOC 充分氧化，本工程设计停留时间 ≥ 1sec。

反应室位于蓄热室顶部，内衬为陶瓷纤维折叠块保温。反应室采用连续焊以保证气密性，且有足够的强度以承受 RT0 系统风机产生的最大压力。反应室有一套燃烧器，配备有反应室观察窗口，以观察火焰和反应室状态，进行空燃比的最佳调整。反应室各个侧面采用陶瓷纤维软制品内保温且设有 2 个维修人孔。

4.2 燃烧器和附件

本 RT0 安装有一套燃烧器来预热陶瓷填料，同时在溶剂浓度较低时，用以维持反应室的温度。燃烧机的火焰调节方式为比例调节，并配有安全装置，燃料阀门、补充空气阀门及管线、操作平台等。

燃烧器品牌为美国麦克森 RT0 专用燃烧器，配备有自诊断 UV 火焰探测器和控制器，品牌为霍尼韦尔

(HONEYWELL)BC1000。燃烧器配置有高压点火装置。燃料控制阀组包含有燃气过滤器、恒流调压阀、燃料高低压数显开关、双燃料快速紧关断阀，母火双燃料电磁阀，手动关断阀，燃料/空气比例控制阀和母火空燃比控制调节阀、火焰观察视镜等。

燃烧器安全设计：

- 1) 吹除时间:在热氧化器启动点火之前，避免反应室内残留天然气等可燃性气体，需以洁净空气进行吹除动作，吹除风量不得低于反应室内容积的四倍。本系统规划吹除时间为 2 分钟，已充分吹除反应室内可燃性气体。
- 2) 自动点火：燃烧器采用高压电火花点火实现全自动控制，高压点火变压器产生电弧点火。工作时间为 2 至 5 秒。
- 3) 燃烧状态监控：燃烧状态必须予以动态监控，一旦 UV 火焰探测器感测到熄火信号，必须在极短时间内反馈到 PLC 系统，燃烧器随即进入保护状态，同时切断燃气供给。
- 4) 点火失败后的保护：燃烧器点火时通入燃气，燃气着火燃烧。要求在通入燃气 2 至 5 秒，燃烧控制器对 UV 火焰探测器的火焰信号进行判断，未检测到火焰时系统进入保护状态并报警提示。
- 5) 燃气压力高低限保护：供燃料系统管路含稳压阀、燃料自动切断阀，还含有高低压开关。低压保护作用：若燃烧器前管路燃料泄漏或燃料供给不足等原因，燃气压力低，燃料自动关断阀切断燃料，燃烧器停止工作；高压保护作用：若燃烧器前管路稳压阀坏掉，或是堵塞管路至使压力超高，燃料自动关断阀切断燃料，燃烧器停止工作。
- 6) 助燃风压力不足保护：如果风机发生故障造成空气中断或空气不足，立即切断燃气，否则会发生炉膛爆燃或向风机回火。因此燃气控制必须与空气压力连锁，当空气压力不足时，应立即切断燃气供给。
- 7) 断电保护：燃烧器在工作过程中突然断电，必须立即切断燃料供给，保护设备安全。燃气控制电磁阀必须是常闭型的，一旦断电自动关闭，切断燃料供给。

详细资料请参考附录 2 RTO 燃烧系统资料说明。

4.3 蓄热室

蓄热室采用网格外框加固，四周连续焊保证了气密性，内衬为陶瓷纤维折叠块保温。RTO 共 3 个蓄热室，一个蓄热室用来预热废气至 760℃ 以上，同时另一个蓄热室填料将高温气的热量蓄积在陶瓷床上，第三个蓄热室将滞留在陶瓷床内的有机废气通过风机再次送入反应室继续氧化。3 个蓄热室都由独立的钢结构组成，每个蓄热室包括一个用隔栅做支撑的蓄热床，保证足够的强度和耐温来装填蓄热陶瓷填料。

4.4 保温模块

RTO 箱体内部采用高铝陶瓷纤维保温模块，为反射层、陶瓷纤维毯和折叠块多层组合结构。保温材料容重大于 220kg/m³，保温厚度 300mm，最高工作温度 1000℃，耐温 1260℃。保温按照 GB/T 11835-2016《绝热用岩棉、矿渣棉及其制品》的要求进行设置，在正常使用温度下陶瓷纤维保温折叠块

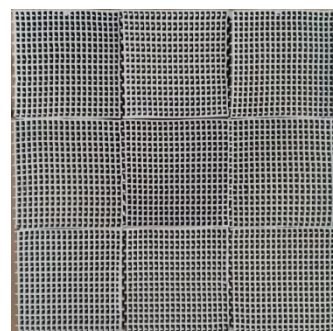


使用寿命达 10 年以上。陶瓷纤维保温材料不应在露天堆放,应采取防雨、防雪、防潮措施,严防受潮。高铝陶瓷纤维保温模块技术特性如下:

- 1) 低热容量、低导热率。
- 2) 优良热稳定性、抗热震性。
- 3) 抗热流冲刷性能优良、弹性优良、机械强度高。由于纤维组块制作时保持一定压缩量,砌筑完成后纤维组块自身会膨胀,相互挤紧炉衬无缝隙,并可检纤维衬收缩,从而提高纤维炉衬的绝热性能。
- 4) 安装简便、迅速、锚固件内装、安全性能好。

4.5 蓄热填料

RLM 蓄热陶瓷是我公司自主开发的规整片状蜂窝陶瓷,其极高的换热效率、较低的压降和较高的耐热耐腐蚀性能,特别适用于蓄热式热氧化器(RTO),蓄热式换热器等设备。经大量试验测试及实际应用,在工况相同的条件下,RLM 产品传热性能比传统的 1" 矩鞍环传热性能可提高 1.6 倍;在相同的应用条件下,RLM 陶瓷产品床高比 1" 矩鞍环减少 54%,能耗可减少 30%以上。其优异的综合性能在十多年的使用中得到充分的验证。



RLM 产品根据比表面积不同可分为五种规格:RLM125、RLM160、RLM180、RLM200。

RLM 规整蜂窝陶瓷填料技术指标

项目 Item	单位 Unit	RLM125	RLM160	RLM180*	RLM200
尺寸 Dimension	mm	305x305x101	305x305x101	305x305x101	305x305x101
比表面积 Surface area	(m ² /m ³ -ft ² /ft ³)	410/125	525/160	590/180	655/200
密度 Density	g/cm ³	2.25-2.35	2.25-2.35	2.25-2.35	2.25-2.35
容重 Weight	Kg/m ³	703	873	981	1096
耐酸度 Acid Resistance	%	≤4	≤4	≤4	≤4
吸水率 Water Absorption	%	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
孔隙率 Free Space	%	69	61	56	51
最高使用温度 Max Working Temperature	°C	1200	1200	1200	1200
热容 Heat Capacity	(kJ/ m ² -° C)	670	810	940	1070
抗压强度 Crushing Strength	lb/ft ²	4210	5380	6120	7340

1m/s 时单位高度 冷态压降 (25°C)	Pa/m	60.22	84.44	106.11	148.45
1m/s 时 1.5m 床层高度 工作温度时压降 (850°C)	Pa/m	169.7	212.65	364.2	422.39

***部分为本次选用片状蜂窝陶瓷。**

4.6 阀门

我公司提供的阀门均为气动蝶阀，这类阀门具有较小的压降，安装灵活度高，并且在处理污浊气流时表现出较高的可靠性，维护简便，工作稳定。此外，所有阀门均配备断电自动返回安全位置的功能，每个气动执行机构都配备了限位开关以显示阀板的位置，并且配有可视位置指示器，以便快速参考。

联机阀的主要功能是阻止含有挥发性有机化合物（VOCs）的气体流向蓄热式热氧化炉（RTO）。当 RTO 达到运行温度并满足所有安全条件及工艺联锁要求时，联机阀将打开，允许含有 VOC 的气体进入 RTO。

新风阀是带 4~20mA 气动定位器的装置，作用是向 RTO 炉内引入洁净空气。当联机阀关闭时，新风阀会打开，引入洁净空气完成系统的吹扫与预热。同时，当反应室或陶瓷床出现超温时，新风阀也会开启，通入洁净空气以降低温度与 VOC 浓度。

炉体底部配置了九个切换阀，专门用于调节 VOC 的进出气方向。这九个阀门的交替运作，构成了整个 RTO 系统的核心机制。

本系统采用三套 RTO 设备共用一个烟囱的设计，因此设置关断阀，用于避免某一套 RTO 设备停止运行时，其余两套处理后的尾气倒流入该套停运设备中。

4.7 风机

结合本项目 RTO 设计的工艺条件，RTO 系统配置 1 台燃烧风机，负责为燃料气提供助燃空气，完成 RTO 陶瓷床的预热工作；另配备 1 台中压主风机，为 VOC 废气提供传输动力，克服陶瓷床的阻力。该风机采用变频技术，可在启动阶段以合适风量完成空气吹扫与系统预热工作。

4.8 烟囱

一期 RTO 设备在设计阶段已充分考虑后期新建 RTO 的可能性，其烟囱风量核算中已包含后续新增风量需求，因此本项目与一期 RTO 共用同一烟囱，无需另行配套建设。

4.9 在线 LEL

在 RTO 进口管道安装一台 LEL 浓度检测仪，用于实时监测进入 RTO 装置的废气浓度。一旦检测到进气浓度超过 25%LEL，系统将立即发出报警并关闭联机阀，切断产线与 RTO 的连接。

操作平台同样安装一台 LEL 浓度检测仪，用于实时监测燃烧器平台及其周边的可燃气体浓度。一旦检测到浓度超过 25%LEL，系统将立即发出报警并切断燃料供应，停止燃烧过程，保障操作安全。

4.10 阻火器

在 RTO 进口管道上配置 1 台阻火器（亦称回火防止器）。该阻火器能够有效阻挡来自蓄热氧化炉的回火现象，仅允许废气通过，从而抑制火焰的蔓延。

4.11 控制系统

控制系统选用西门子 S7-300 系列 PLC 和工程师站，可保障系统运行稳定性。系统已充分考虑各部件的联锁逻辑，当系统关键部件触发故障报警时，系统会自动停车，降低危险发生的概率。控制系统配备人性化的人机交互界面，操作人员可根据工艺需求在界面上修改参数，也可通过监控关键参数分析系统运行状态。发生报警时，人机界面将直接显示故障发生时间与故障类型，便于维修人员现场维护，快速排除故障。此外，控制系统可接入客户以太网，支持远程数据调试与常规故障维护。

4.11.1 控制系统功能

- （1）节能控制：设备启动、停止、故障等不同状态下，PLC能够自动执行不同控制模式，最大化降低设备的待机能耗。
- （2）预警防护：设备温度、压力等控制点发生异常时，发出声光报警信号，并自动做应急处理。
- （3）协调控制：可根据生产线实际情况选择需要投入的生产线，确保生产线和RTO的安全运行。
- （4）急停控制：设备PLC控制系统预留急停按钮信号，作为设备控制优先等级的控制点。
- （5）应急控制：当PLC控制系统检测到温度、压力超限或阀门故障等报警时，会自动进行相应的联锁保护；当出现超高、超时等紧急故障时，系统将自动切换到应急状态。
- （6）数据传输性：控制系统的网络采用标准的局域网络结构，通常网络连接采用网络交换机；系统的网络媒介根据实际需要采用 6 类双绞网线或光纤。
- （7）记录功能：PLC系统自动记录设备运行的关键控制点，在设备维护和使用过程中能够提供可靠数据支持；数据存储LOG日志记录，保存时间可达一年以上。

4.11.2 控制方式

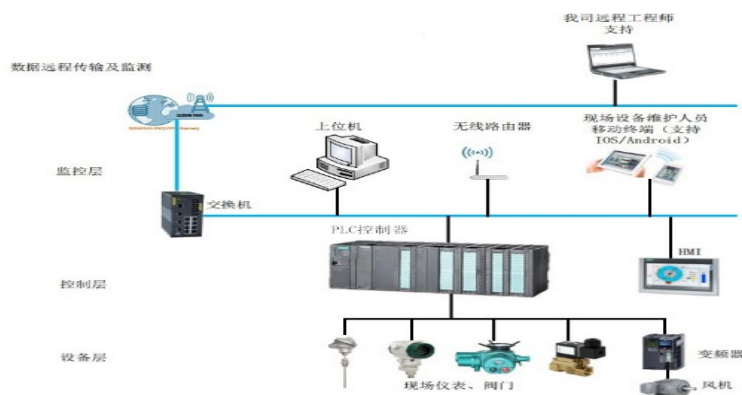
本系统包含自动与手动双重模式，配备威纶 12 寸触摸屏进行控制。操作简便，自动化水平显著。

在自动模式下，设备无需人工干预即可运行。系统依据预设参数，自动执行设备控制、联锁等操作。

手动模式允许对单体设备、风机、阀门等进行独立的手动操作，无论是开启还是关闭。此模式通常仅在维护和检修期间使用。

4.11.3 控制系统原理图

控制系统原理图如下图所示：



监控层：业主能够利用上位机远程与控制系统进行数据交互，实时监控各设备的状态和故障情况，同时也可以在本通过触摸屏进行监控和操作。

控制层：控制层的核心是 PLC 系统。该系统负责实时监测现场仪表设备的信号，并根据这些信号对现场设备执行自动控制。

设备层：设备层主要包括变频器、现场设备检测元件以及现场执行机构（如电动机、调节阀等）。它与控制层的 PLC 系统进行数据通信，以实现 PLC 发出的操作指令。

4.11.4 设备层控制说明

1、温度控制和记录

在 RT0 的反应室、蓄热室、进口风管、出口风管均配备了 K 型热电偶，PLC 控制系统实时采集温度信号，依据系统设定的温度参数自动点火，并对相关阀门设备执行联锁控制，以实现温度的自动调节。系统能够实时记录、存储和显示温度数据。

2、压力控制

（1）燃烧系统配置了压力控制器和差压变送器，PLC 控制系统实时监控压力信号，并根据工艺流程的需求执行相应的联锁控制。一旦 PLC 检测到压力超出正常范围，它将自动执行联锁操作，关闭相应的阀门和设备，并触发报警。

（2）在 RT0 的进出口安装了差压变送器，其信号被传输至 PLC 控制系统。PLC 实时监测压差信号，一旦检测到压差超出正常范围，将执行相应的联锁控制并发出报警。

（3）压缩空气总管配备了压力控制器，PLC 控制系统持续监控压力信号。当压力降至低于设定值时，PLC 将执行相应的联锁控制并自动报警。

3、阀门控制

阀门由九个切换阀、联机阀、关断阀和新风阀组成。在正常运行状态下，九个切换阀严格按照三床 RT0 阀门的切换时序进行工作。联机阀在生产投线后立即开启，关断阀则在主风机运行时自动打开，而新风阀则在启动预热过程及高温状态下开启，并通过 4~20mA 信号精确控制其开度。

4、风机控制

PLC 控制系统根据工艺流程需求对风机执行控制任务，实时监控 RT0 入口负压与风机运行状况。风机采用变频技术调节，在满足生产需求的同时实现节能效果。

5、燃烧系统控制

燃烧系统通过自动点火模式控制反应室的温度。管路中配置了比例调节阀，能够根据炉膛所需的温度变化调节开度，从而实现燃料的节约。同时，燃料与助燃空气的流量同步调节，维持固定比例，确保燃烧过程的稳定性和完全性。

4.11.5 控制层说明

控制层主要由 PLC 系统构成。我们采用了西门子 S7-300 系列 PLC，以实现对设备的精准控制与调节，确保了高度的自动化水平和运行的安全可靠。

4.11.6 监控层说明

监控层主要由触摸屏和 PC 工程师站构成，负责对整个工艺流程、工艺参数以及设备运行状况进行实时监控。它具备动态工况的实时监视和控制功能。

监控层能够展示各区域的温度、压力等关键信息（包括设定值和实际值），设备的运行状态（如风机、阀门等），以及设备故障状态（例如风机故障、超温报警、风压信号等）。

4.11.7 安全联锁说明

1、超温联锁：

- ① 反应室超温：启动新风系统以降低温度。若新风系统启用后温度仍居高不下，则会触发超温报警，燃烧机停止点火，RTO 系统断开连接，同时开启新风阀进行降温，整个过程无需停机。
- ② 蓄热室超温：启动新风系统以降低温度。若新风系统启用后温度仍居高不下，则会触发超温报警，燃烧机停止点火，RTO 系统断开连接，同时开启新风阀进行降温，整个过程无需停机。
- ③ 出口超温：触发超温报警，燃烧机停止点火，RTO 系统断开连接。若温度持续上升，则主风机停止运行。

2、风机保护及安全联锁：

- ① 电机配备了过流、过压、欠压以及缺相保护功能。
- ② 主风机故障：触发故障报警，导致主风机停止运行，同时燃烧机将停止点火，RTO 系统也会断开连接。
- ③ 主风机散热风扇故障：启动故障报警，主风机随之停止运行，燃烧机停止点火，RTO 系统也会离线。
- ④ 助燃风机故障：发出故障报警，并导致燃烧机停止点火。

3、压力安全联锁：

- ① RTO 进出口配备差压变送器，用于监控蓄热陶瓷的工作状态，检测是否存在堵塞或损坏。若压力超出预设阈值，系统将发出故障报警，燃烧机将停止点火，RTO 系统将被迫离线。
- ② 燃烧系统管路配备压力控制器，一旦检测到压力异常，系统将立即发出故障报警，并使燃烧机停止点火。
- ③ 燃烧系统的助燃风管配备差压变送器，若压力差低于设定值，系统将触发故障报警，燃烧机将停止点火。
- ④ 压缩空气总管配备压力控制器，当压力降至设定的最低阈值以下时，系统将激活故障报警，阀门将自动复位至初始位置，燃烧机将停止点火，同时 RTO 系统将中断连接。

4、阀门安全联锁：

- ① 联机阀、关断阀和新风阀出现故障时，将触发相应的阀门故障报警。

② 切换阀发生故障，将导致对应的阀门故障报警，并使燃烧机停止点火，同时 RTO 系统将离线。

5、LEL 可燃气体浓度超标联锁：

① 进口管道 LEL 超标：配新风稀释 VOC 浓度，稀释后仍然超标（进气浓度 $>25\%LEL$ ）则故障报警、燃烧机停止点火、RTO 离线。

② 操作平台 LEL 超标：燃烧器平台及其周边的可燃气体浓度 $>25\%LEL$ ，故障报警、燃烧机停止点火。

6、UV 检测安全联锁：

燃烧器配备 UV 火焰探测器，用于监测火焰状态。正常工作时，燃烧器启动并运行。若 UV 火焰探测器未检测到火焰，系统将触发安全联锁，紧急切断燃气电磁阀，终止点火过程。

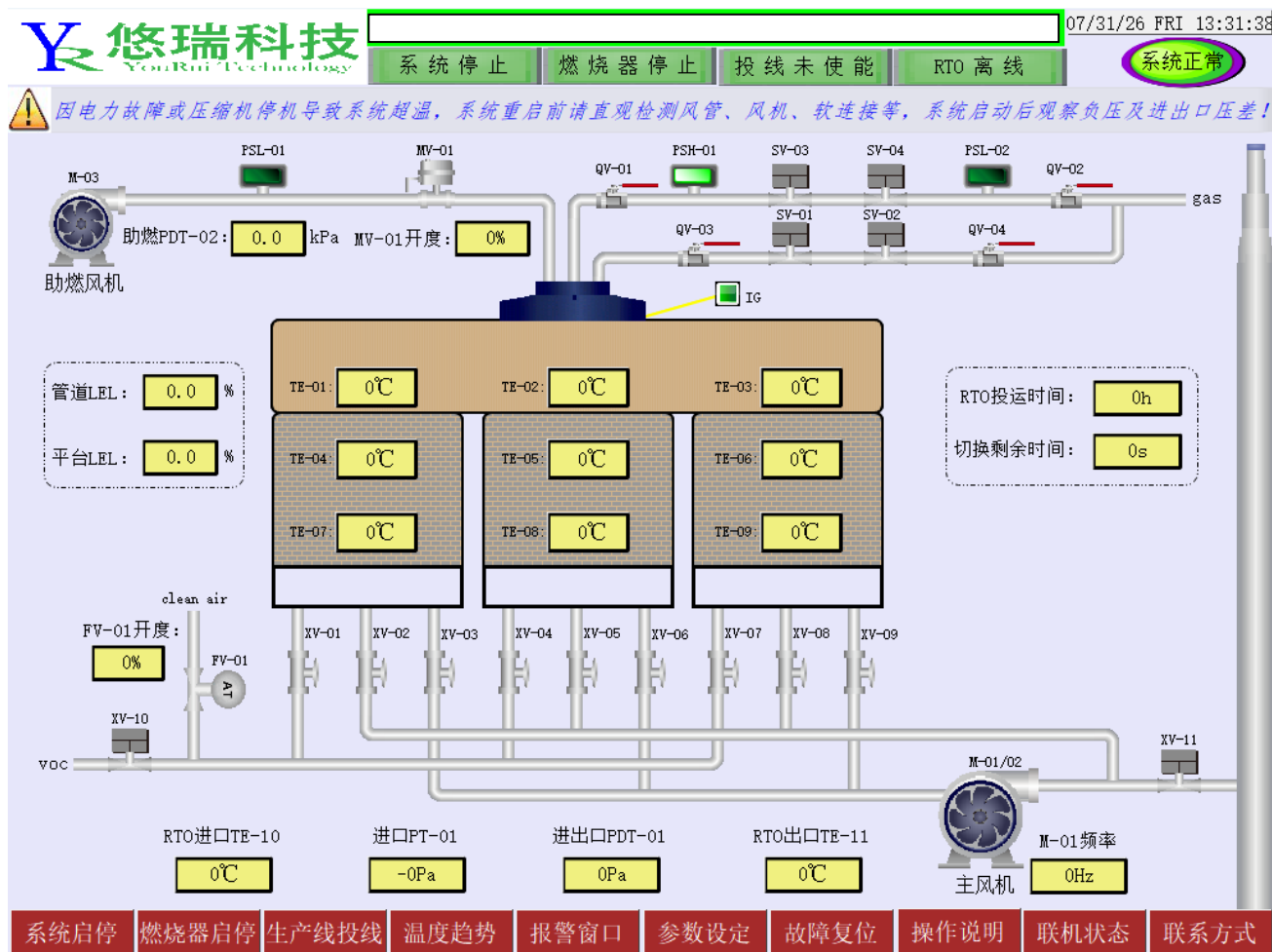
7、停电处理：

当系统遭遇突发停电时，整个系统将暂停运行，所有阀门自动复位至初始状态（即进气阀和联机阀关闭，而出气阀、关断阀和吹扫阀打开，同时燃烧系统的电磁阀也会关闭）。

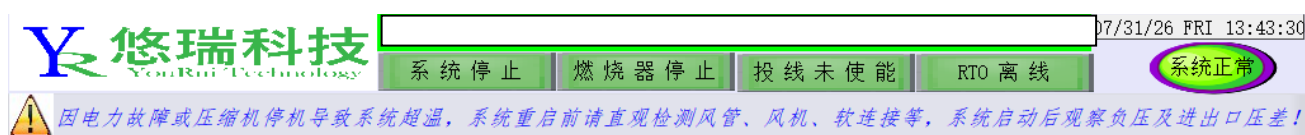
若发生电力故障，请立即采取措施恢复电力供应。由于缺乏冷却风，RTO 燃烧器无法长时间耐受高温，且若系统在高温状态下长时间停机，陶瓷床、风管、风机和软连接均可能遭受损害。

第二章 系统画面介绍

RTO 画面是系统运行的监视画面，主要分以下几块：



1 系统状态栏



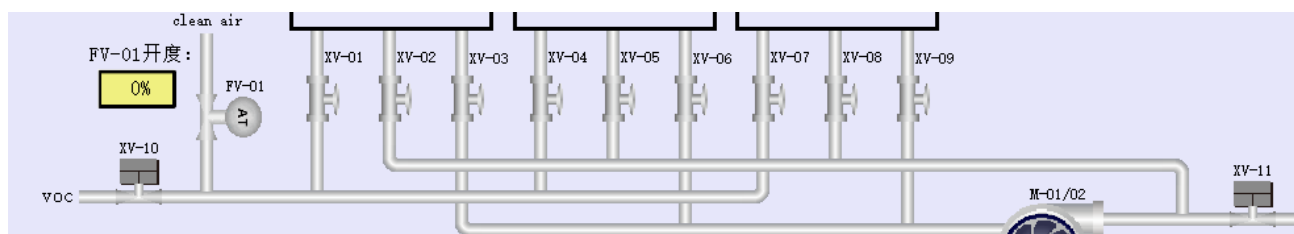
系统状态栏依次显示：系统运行与停止状态、燃烧器启动与停止情况、生产线联线与离线状态、系统实时时间以及系统是否存在故障。

2 按钮栏

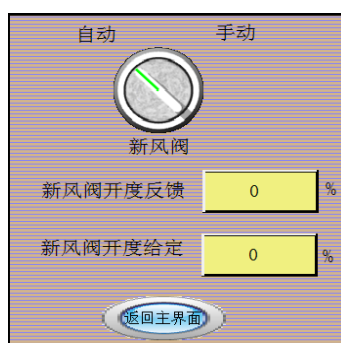


系统启动与关闭、燃烧器操作、生产线投入与离线、趋势与报警监控、参数设定、故障复位，以及操作指南和联机状态查看，均通过按钮栏完成。

3 阀门

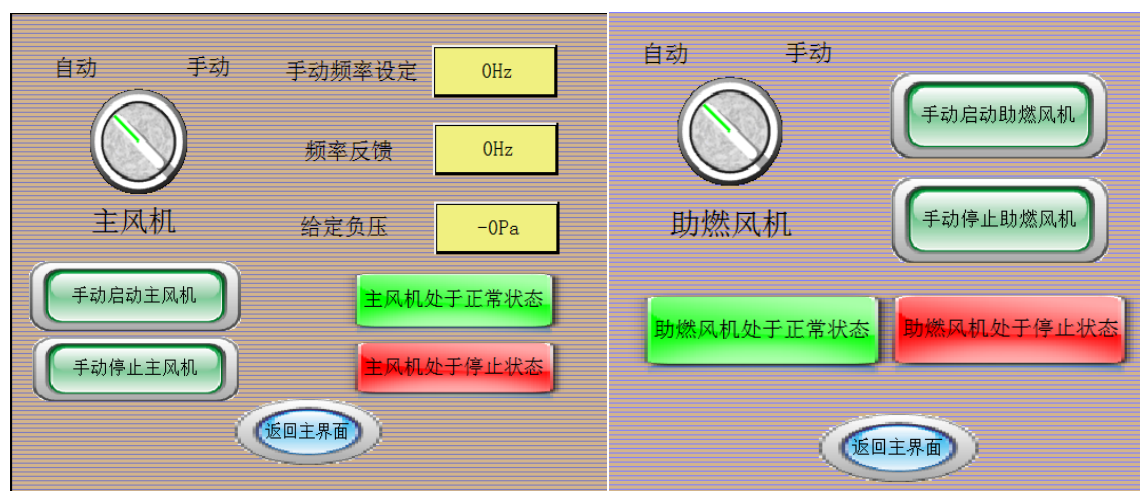


进气阀（XV-01、XV-04、XV-07）、联机阀（XV-10）为失电关闭，吹扫阀（XV-02、XV-05、XV-08）、出气阀（XV-03、XV-06、XV-09）、关断阀（XV-11）和新风阀（FV-01）为失电打开。阀门打开时显示绿色，并有流动显示。XV-01~XV-09 为九个切换阀，通过主风机作用交替进行吸热、放热、吹扫过程。



新风阀（FV-01）为比例调节阀，由 4~20mA 模拟量信号控制，比例精度高。点击新风阀图标，弹出如上窗口。旋钮转到手动位置，可手动设定其开度。转到自动位置，新风阀会根据系统投线与否、反应室的温度自动调节开度。

4 风机



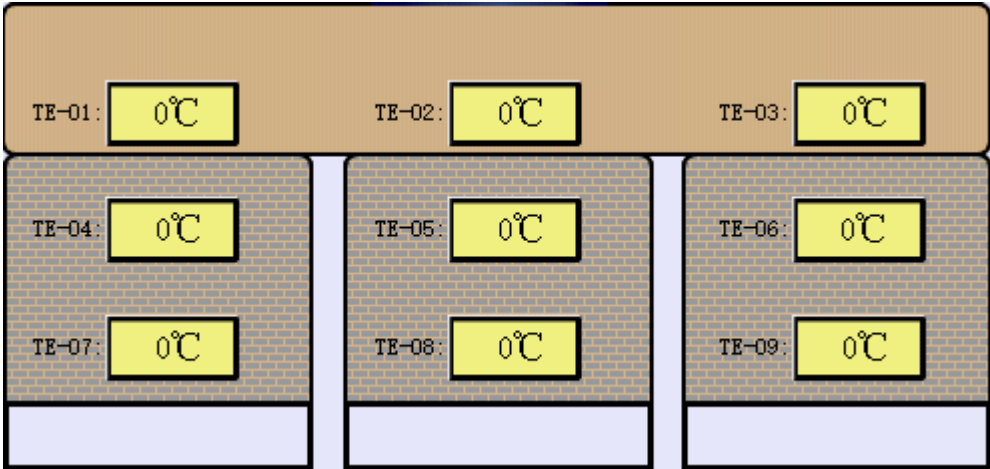
风机具备两种控制模式：手动控制和自动控制，点击任一风机图标，均会弹出相应的信息窗口以及对应的设定参数，如图所示。

自动控制模式：当系统处于正常运行状态时，系统启动将触发主风机和助燃风机的同步启动。相对地，

系统停止后，仅当在反应室温度降至安全停车温度以下时，风机才会随之停止。

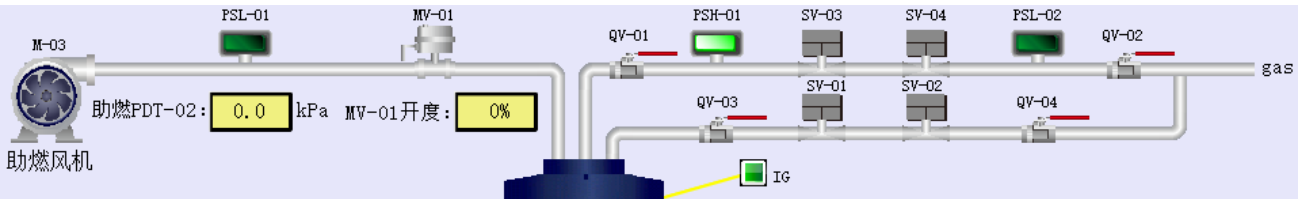
手动控制模式：在系统正常运行期间，风机保持恒定状态，不会随系统的变化而自动调整。若需启动或停止风机，必须采取手动操作。主风机为变频风机，在手动模式下，若要调整风机的频率，必须手动进行设定。

5 炉本体



炉本体由反应室和三个蓄热室组成，如图所示。这些温度指标是至关重要的参数，若出现超温情况，系统将自动执行相应的保护措施。

6 燃烧系统



燃烧系统由多个关键组件构成，包括助燃风机、高压点火变压器、比例调节阀、UV 火焰探测器、电磁阀、压力开关以及球阀等。

供燃料安全阀组配备了稳压阀，以确保压力稳定，同时具备高低压保护功能。若燃烧器前管路出现燃料泄漏导致压力过低，低压保护将被激活；若稳压阀故障或管路堵塞导致压力过高，高压保护将介入。此外，安全阀组还包括燃料快速切断阀和比例调节阀，后者能够根据炉膛所需温度的变化调节开度，以节约燃料并确保燃料与助燃空气同步变化，从而稳定燃烧。

UV 火焰探测器负责监测燃烧器的火焰状态。在正常燃烧期间，探测器会显示火焰信号，并保持供燃料管路电磁阀的开启状态。一旦燃烧火焰熄灭，电磁阀将自动关闭，切断燃料供应，从而起到安全保护的作用。

更多详细资料，请参阅附录 2 中关于 RTO 燃烧系统的资料说明。

7 温度趋势



按下温度趋势按钮，可以查看温度趋势。根据曲线图可以清晰的看到温度趋势的变化。

8 参数设定

The figure shows a parameter setting form. It has a light blue background with a grid pattern. The form contains six input fields, each with a label and a unit: '温度设定' (Temperature Setting) in °C, '第一床时间' (First Bed Time) in s, '回差温度' (Return Difference Temperature) in °C, '第二床时间' (Second Bed Time) in s, '安全停车温度' (Safety Stop Temperature) in °C, and '第三床时间' (Third Bed Time) in s. All input fields currently show the value '0'. Below the input fields is a red warning message: '注意：阀门切换时间修改需要用户权限' (Attention: Valve switching time modification requires user permissions). Underneath the warning are two input fields for '用户名' (Username) and '密码' (Password), both showing an asterisk '*'. A '返回' (Return) button is located at the bottom right of the form.

按下参数设定按钮，弹出框如图：

温度设定：设定温度使 VOC 能在 RT0 充分氧化分解。

回差温度：燃烧器预热反应室的设定温度到再次启动的差值。

安全停车温度：点击“系统停止”，只有反应室温度小于该设定值，RT0 才会停车。

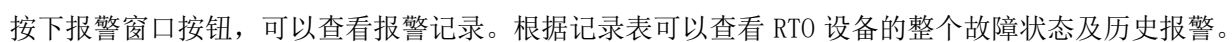
三个床切换时间：三个时间非常重要，必须正确输入账号和密码后方可修改。

9 联机状态

YR 悠瑞科技 You Rui Technology 联机状态记录 退出				
序号	讯息	触发时间 (HH: MM: SS)	触发日期 (YYYY: MM: DD)	发生次数

按下联机状态按钮，可以查看联机状态记录。根据记录表可以查看 RT0 设备的联机与离线状态。

10 报警窗口



第三章 系统操作

要求：操作人员必须仔细阅读本操作手册，并严格依照说明的方法进行设备的启动与停止，确保掌握设备运行的关键环节及主要参数。

1 启动前的准备工作

(1) 检查控制柜面板上的按钮和人机界面的参数：

- ◆ 控制柜系统的紧急停止按钮未被激活；
- ◆ 在人机界面上点击各个风机和阀门图标，确保它们均处于自动控制模式；
- ◆ 检查人机界面中的“参数设定”部分，升温阶段的温度设定值应按照 300-500-650-实际温度的顺序进行，以实现烘炉的升温过程。建议将温度设定目标定为 850℃，回差温度设定为 100℃，安全停车温度设定为 200℃，三个床层时间的基准时间设定为 100 秒。

注：RT0 系统的运行参数关系整个系统的正常和安全运行，需专业人员方可更改。

(2) 确保控制柜内的所有电气开关已正确合闸，PLC 未报故障且处于正常运行状态。

(3) 确保所有气动执行器的气源回路手阀已打开，检查气源回路是否存在泄漏，并确认减压和过滤后的压力在 $3.5 \sim 4 \text{ kg/cm}^2$ 范围内。**特别注意事项：**气源回路的过滤系统必须可靠，否则可能危及系统的安全运行。

(4) 打开燃料进口阀门，确保燃烧管路内压力适宜。

(5) 检查人机界面，确认是否有故障显示。若出现故障，请点击“故障复位”按钮。对于无法通过复位解决的故障，应根据具体情况进行相应的检查和维修。

(6) 在电机启动前，务必手动旋转传动部件数圈，以确认无阻碍后方可启动。

(7) 确保所有非操作人员已经撤离至安全区域。

2 系统启动

(1) 完成上述准备工作后，点击“系统启停”-“启动”-“确认启动”。此时，主画面上的“系统运行”状态将显示为绿色，主风机和助燃风机将开始运行，切换阀也将正常切换。这表明 PLC 已经接收到启动信号，并引导系统自动启动。

(2) 点击“燃烧器启停”-“启动”-“确认启动”，此时在主画面上“燃烧器运行”状态会显示为绿色，系统将根据燃烧系统的配置开始升温。当反应室温度低于点火温度（温度设定-回差温度）时，系统会发出点火信号给燃烧器。一旦反应室温度达到设定温度，点火将停止，系统将进入循环模式。然而，在以下情况下，系统将不会执行点火操作：

- ◆ 系统出现超温现象（包括反应室、蓄热室或 RT0 出口温度过高）；
- ◆ 主风机或助燃风机未启动；
- ◆ 九个切换阀发生故障；
- ◆ 系统压力或压差出现异常；

- ◆ 管道 LEL 或平台 LEL 浓度超出安全范围；
- ◆ “燃烧器停止”按钮已被激活。

注：在首次启动或长时间未使用后，炉子需要进行烘烤。温度设置应先从 300℃开始，随后依次升至 500℃和 650℃，每个温度下烘烤 2 小时，之后再调整至所需的实际工作温度。

（3）当温度升至设定温度后，点击“生产线投线”-“投线”-“确认投线”。在投线之前，联机阀应处于关闭状态，一旦投线操作完成，联机阀将自动打开。然而，在以下特定情况下，系统将不会执行联机操作：

- ◆ 系统出现超温现象（包括反应室、蓄热室或 RT0 出口温度过高）；
- ◆ 管道 LEL 浓度超出安全范围；
- ◆ 主风机未启动；
- ◆ 九个切换阀发生故障；
- ◆ RT0 进出口压差高；
- ◆ “离线”按钮已被激活。

3 系统停机

在主界面上点击“系统启停”-“停止”-“确认停止”，系统接收到停止指令后，将关闭联机阀，打开新风阀，并按照用户设定的安全停车温度停机。当温度降至“安全停车温度”以下时，RT0 阀组切换、助燃风机、主风机才会停止。

注：按下系统停止按钮后，必须待设备全部停止后，方可断电、断压缩空气。

4 系统故障处理

系统在运行过程中，当有故障发生时发出报警，同时报警条弹出，引起操作人员的注意。操作人员在处理时，应遵循以下步骤：

- ◆ 当发生报警以后，先点击“故障复位”按钮复位报警；
- ◆ 若报警信号无法复位，则点击“报警窗口”按钮，查看报警信息，记录报警清单，以便维修人员检修；
- ◆ 当燃烧器故障时，点击“故障复位”按钮是无法消除故障的，需点击“烧嘴”图标，弹出的窗口里有燃烧器的相关信息，点击“燃烧器故障复位”方可解除燃烧器故障报警；
- ◆ 因为系统故障导致系统停车的，请及时处理故障方可重新启动系统。

5 系统急停

当按下急停按钮以后，所有运转的设备立刻全部停止，阀门会运行到安全位置。在正常运行过程中，我们不主张使用急停按钮，仅当设备和人身出现安全事故时，才允许使用。按下急停按钮后系统响应：

- ◆ 退出当前的工作状态；
- ◆ 所有阀门全部回到初始状态；
- ◆ 燃烧器停止工作；
- ◆ 整个系统停止运行。

第四章 常见故障及处理方法

序号	故障现象	解决方法
1	仪表数据丢失或异常	1、检查接线有无松动、脱落、断裂等问题； 2、将仪表进行调零； 3、更换新的仪表。
2	燃气管路压力低报警	1、确认天然气管路总阀、各支管手阀是否打开； 2、确认天然气总管进口是否有压力； 3、检查各压力开关接线是否松动、脱落； 4、检查压力开关是否损坏。
3	燃气管路压力高报警	1、检查减压阀的阀芯是否有异物或膜片是否损坏； 2、检查压力开关是否损坏。
4	助燃管路压力报警	1、确认助燃风机是否打开； 2、确认助燃风机是否有异常； 3、检查压力开关接线是否松动、脱落； 4、检查压力开关是否损坏； 5、检查助燃风机出口软连接是否有异常。
5	压缩空气压力报警	1、确认压缩管路总阀是否打开； 2、确认压缩空气管路压力是否正常； 3、检查压力开关接线是否松动、脱落； 4、检查压力开关是否损坏。
6	阀类报警	见附录 4 气动蝶阀维护与故障维修方案。
7	风机启动失败	1、确认电源开关是否合闸； 2、检查相关接线有无松动及脱落； 3、查看变频器是否在自动位置； 4、查看风机是否有故障报警。
8	风机故障	1、检查线路是否正常； 2、复位热继电器按钮； 3、检查风机是否有异常震动、噪声或轴承卡死；

		4、检查电机是否烧坏。
9	变频器故障	查看故障代码找到对应的故障原因。
10	RTO 进出口压差报警	1、检查主风机运行是否正常； 2、检查 RTO 进出口压差变送器管道是否堵塞； 3、更换进出口差压变送器； 4、停机冷却后检查陶瓷是否堵塞。
11	火焰失败报警	1、检查各管路的压力是否正常，管路是否堵塞； 2、检查高压电缆接线有无脱落或是断裂等问题； 3、检查火花塞是否积碳，如其不打火，则需更换新的火花塞； 4、检查火焰探测器内玻璃是否干净，如其接线无误，可用打火机来测试火焰探测器是否工作正常，如发现其损坏，需更换新的火焰探测器； 5、检查点火过程中，电磁阀动作是否正确，电磁阀是否损坏； 6、确认管路手阀是否有变动（禁止非专业人员改动燃烧系统管路上已经调好的压力参数以及手阀位置）。
12	温度高报警	温度高报警，则自动切断联机阀，禁止投线，炉膛自动进行降温处理。

第五章 维修保养

1 日维保

- (1) 查看各风机是否有异常情况；
- (2) 查看燃烧串是否有泄漏现象；
- (3) 确认燃料压力是否正常；
- (4) 查看压缩空气压力是否正常；
- (5) 查看确认炉体外部温度是否过高，检修门是否漏气；
- (6) 排放各阀门过滤器的水和油；
- (7) 检查燃料是否充足。

注：不需要停机，正常生产情况下。

2 周维保

- (1) 检查和清理新风阀及入口滤网；
- (2) 检查和清理助燃风机的过滤网。

注：不需要停机，正常生产情况下。

3 半年维保

- (1) 检查所有风管和风机软连接是否需要修理或更换；
- (2) 检查所有阀门运行情况是否正常；
- (3) 为所有风机马达等轴承加油润滑；
- (4) 清理或更换助燃风机过滤网；
- (5) 检测燃烧系统管路是否有泄漏；
- (6) 清理或者更换点火棒：点火棒在使用一定时间后会产生积碳，如未及时清理会造成点火成功率不高。

若清理后点火棒还是不打火，则需要更换新的点火棒；

(7) 使用软布清理火焰探测器：火焰探测器内有一块透明玻璃，时间长了以后会变脏，需要用软布擦拭干净，否则火焰探测器会检测不到火焰；

- (8) 检查切换阀轴承及相关部件的磨损情况，并为阀门轴承加油润滑，如磨损严重需及时更换；
- (9) 检查切换阀阀板是否有空隙，确保其空隙很小或是紧密贴合；
- (10) 检查检修门垫圈，确保密封；
- (11) 检查切换阀气缸过滤器，确保其工作正常；
- (12) 检查和紧固硬件；
- (13) 检查所有电线，确保无接线松动、破裂等现象；

- (14) 再次开机点火后检查火焰长度和颜色，确保和正常状态无明显变化；
- (15) 再次升温后检查炉体外表面是否超温，如有温度非常高的地方，需及时停机做处理；
- (16) 其它日维保及周维保需要做的工作。

注：需要使炉膛温度冷却到室温。

4 年维保

序号	工作内容	保养步骤
1	电控柜	1、电控柜清灰除尘； 2、确认系统设备到控制盘的所有讯号线路的外观良好，无老化、破损现象； 3、确认所有端子头的螺丝无松脱状况； 4、确认各动力线接地完好，信号屏蔽线接地完好； 5、检查电控柜冷却风扇正常； 6、检查 PLC 模块有无报警，信号线有无松动。
2	主风机	1、接线有无老化、松动、外漏，接地是否正常； 2、运转时震动、温度是否正常、异音； 3、进出口是否有堵塞现象； 4、传动轴是否有异常声音，轴承加润滑油； 5、确认所有固定螺丝是否有因运转震动而有松脱现象，锁紧或更换。
3	助燃风机	1、接线有无老化、松动、外露，接地是否正常； 2、运转时震动、温度是否正常、异音； 3、进风口是否异常、杂质是否过量； 4、确认所有固定螺丝是否有因运转震动而有松脱现象，锁紧或更换。
4	风机冷却风扇	1、接线有无老化、松动、外漏，接地是否正常； 2、风扇是否有卡死或运行有异常声音。
5	阀门	1、检查各阀门动作是否正常、是否有卡滞、异常声音； 2、各限位开关信号是否正确； 3、各阀门自动调节与手动调节有无异常； 4、各阀门执行器是否有漏气现象； 5、各阀门控制信号线接线有无外漏、老化、松动现象； 6、检查各阀门执行器的电磁阀、定位器动作是否异常。
6	风管	1、检查风管上的软连接，以及各连接口的密封是否完好；

		2、检查风管有无堵塞、漏气现象； 3、各接口处的软连接膨胀节及紧固件是否松动； 4、检查所有外管接合法兰是否有高温变形而致废气外泄情形发生。
7	燃烧系统 仪器仪表	1、检查各压力表显示是否异常； 2、检测燃烧系统上的高低压开关接线有无损坏； 3、检查燃烧系统管路法兰连接处螺栓有无松动，整个燃烧系统管路有无泄漏； 4、检测主火电磁阀、母火电磁阀动作是否正常，酌情修复和更换； 5、检查比例马达动作是否正常，开关反馈信号是否正常； 6、检查火焰控制器、火焰检测器、点火变压器的接线是否松动，清除点火控制器内灰尘、清除火焰探测器附着的杂质或油性物质； 7、检查火花塞有无结碳，清理结碳并酌情更换； 8、助燃风是否正常输送到炉头处以及有无漏气现象； 9、用软布擦洗燃烧器视镜； 10、调整火焰的色泽和稳定度。
8	检修门	1、各个检修门密封是否良好，是否需要更换； 2、各个检修门连接螺栓是否松动。
9	炉体	1、炉体外表温度的检测； 2、查看外表面是否有高温而产生油漆变色及脱落的情况发生； 3、炉体内部保温是否有松动、脱落、老化现象； 4、炉头是否出现过热异常或变形、炉头陶瓷砖是否损坏； 5、检查炉体陶瓷砖情况； 6、检查炉膛内部热电偶，确保没有损坏的状况； 7、清洗视镜； 8、检查陶瓷砖支撑架是否因高温发生变形。
10	热电偶	检查热电偶信号是否正常及外部的接线是否正常，为确保系统正常运行，热电偶建议每两年进行一次更换。

注：需要使炉膛温度冷却到室温。