



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 37752.6—XXXX

## 工业炉及相关工艺设备 安全 第6部分： 连续涂层焚烧炉及固化炉

Industrial furnaces and associated processing equipment—Safety—Part 6: Incinerator  
and curing furnace for CCL

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 安全评估 .....	3
5 安全要求和措施 .....	4
6 安全措施验证 .....	13
7 使用信息 .....	13
附录 A （资料性） 典型气体循环系统示例 .....	17
附录 B （资料性） 控制和保护系统框图 .....	19

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB/T 37752《工业炉及相关工艺设备 安全》的第6部分。GB/T 37752已经发布了以下部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第5部分：钢带连续退火炉。
- 第6部分：连续涂层焚烧炉及固化炉。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国工业电热设备标准化技术委员会（SAC/TC 121）归口。

本文件起草单位：西安电炉研究所有限公司、济南贝斯特科技发展股份有限公司、中冶赛迪上海工程技术有限公司、海安天一智控设备有限公司、福建立亚化学有限公司、北京星和众联科技有限公司、重庆赛迪热工环保工程技术有限公司。

本文件主要起草人：许秀飞、李琨、张彬、魏西京、吴宝俊、贺卫东、宋超群、赵建明、冯永生、代双叶。

## 引 言

工业炉及相关工艺设备是利用燃料燃烧或电能转化的热量，将物料或工件加热的热工设备。为了确保工业炉及相关工艺设备的安全，有必要制定GB/T 37752《工业炉及相关工艺设备 安全》系列标准。GB/T 37752旨在规定工业炉及相关工艺设备的安全要求，拟由以下8个部分构成：

- 第1部分：通用要求。目的在于规定工业炉及相关工艺设备的通用安全要求。
  - 第2部分：燃烧和燃料处理系统。目的在于规定燃烧和燃料处理系统的安全要求。
  - 第3部分：保护性和反应性气氛气体的产生和使用。目的在于规定保护性和反应性气氛气体的产生和使用的安全要求。
  - 第4部分：保护系统。目的在于规定保护系统的安全要求。
  - 第5部分：钢带连续退火炉。目的在于规定钢带连续退火炉的安全要求。
  - 第6部分：连续涂层焚烧炉及固化炉。目的在于规定连续涂层焚烧炉及固化炉的安全要求。
  - 第7部分：钢带罩式退火炉。目的在于规定钢带罩式退火炉的安全要求。
  - 第8部分：压力烧结炉。目的在于规定压力烧结炉的安全要求。
- 各其他部分根据通用部分制定，与通用部分配合使用。

# 工业炉及相关工艺设备 安全 第6部分：连续涂层焚烧炉及固化炉

## 1 范围

本文件规定了钢带和铝带连续彩色涂层生产线用焚烧炉及固化炉为确保人员和设备安全而在设计过程中应遵循的要求，包括：安全评估、安全要求和措施、安全措施验证和使用信息。

本文件适用于钢带和铝带连续彩色涂层生产线用焚烧炉及固化炉（以下简称“涂镀炉”）在设备的制造、运输、装配、调试、运行、维护和退役过程中的安全操作、管理和验收。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2893.1 图形符号 安全色和安全标志 第1部分：安全标志和安全标记的设计原则

GB/T 2893.2 图形符号 安全色和安全标志 第2部分：产品安全标签的设计原则

GB/T 2893.3 图形符号 安全色和安全标志 第3部分：安全标志用图形符号设计原则

GB/T 2893.4 图形符号 安全色和安全标志 第4部分：安全标志材料的色度属性和光度属性

GB/T 2893.5 图形符号 安全色和安全标志 第5部分：安全标志使用原则与要求

GB 4053（所有部分） 固定式钢梯及平台安全要求

GB 4962 氢气使用安全技术规程

GB 6222 工业企业煤气安全规程

GB/T 9124（所有部分） 钢制管法兰

GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小

GB/T 41994—2022 工业炉及相关工艺设备 电弧炉炼钢机械和设备的安全要求

ISO 13577-4 工业炉及相关工艺设备 安全 第4部分：保护系统(Industrial furnaces and associated processing equipment—Safety—Part 4:Protective systems)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**连续涂层焚烧炉** incinerator furnace for CCL

以燃气加热、电力加热等方法，使涂层固化过程中产生的含有有机挥发物（VOCs）的废气燃烧，实现热能回收利用和有害废气无害化处理的热工炉。

### 3.2

**连续涂层固化炉 curing furnace for CCL**

采用加热的方法，使湿态涂膜固化的热工炉。

## 3.3

**热力燃烧法 thermal combustion method**

将含有VOCs的废气加热到750℃以上，并保持1.5s以上，使VOCs裂解、燃烧，实现无害化处理的方法。

## 3.4

**催化燃烧法 catalytic combustion method**

将含有VOCs的废气加热到450℃以上，并通过催化床，在催化剂的作用下，使VOCs裂解、燃烧，实现无害化处理的方法。

## 3.5

**对流加热固化法 convection heating curing method**

采用高温气体与湿态涂膜进行对流热交换，使湿态涂膜加热固化的方法。

## 3.6

**感应加热固化法 Induction heating curing method**

采用电磁感应原理，使湿态涂膜钢带加热，从而使湿态涂膜加热固化的方法。

## 3.7

**红外加热固化法 Infrared heating curing method**

采用红外线使湿态涂膜加热固化的方法。

## 3.8

**工作位置 work station**

用于人员操控、生产、维护活动的预定位置。

注：主工作位置为控制室、现场控制台、便携式无线控制箱。

[来源：GB/T 41994—2022，3.3，有修改]

## 3.9

**经过培训的人员 trained personnel**

具有系统知识、背景、经验和能力的人，能够按照设备的预期工作和使用程序，对设备进行操作、维护。

[来源：GB/T 41994—2022，3.16]

## 3.10

**授权人员 authorized personnel**

由用户指定在特定设备上执行特定任务的经过培训的人员。

[来源：GB/T 41994—2022，3.17]

## 3.11

**维护 maintenance**

生产过程之外的活动。

[来源：GB/T 41994—2022，3.18]

## 3.12

**安全布置图 safety layout**

与连续涂层焚烧炉及固化炉安全有关的事项和细节安排的图形概述。

[来源：GB/T 41994—2022，3.19，有修改]

## 3.13

**制造商 manufacturer**

声明对符合机械设计制造要求负责的自然人或法人。

注：机械的设计和制造过程可能涉及多个个人或公司，但其中一个被认定为制造商。

[来源：GB/T 41994—2022，3.20]

## 3.14

**安全通道 safety access**

使用联锁保护装置或敏感保护设备进入危险区域，并由安全控制系统监控。

注1：联锁保护装置和敏感保护设备的定义见GB/T 15706—2012的3.27.4和3.28.5。

注2：一般情况下，所有危险运动均停止。

[来源：GB/T 41994—2022，3.21]

## 3.15

**启用按钮 enabling button**

附加的手动驱动装置，与启动控制一起使用，当连续驱动时，发挥机器功能。

[来源：GB/T 41994—2022，3.22]

## 4 安全评估

## 4.1 总体要求

总体要求包括但不限于：

- a) 在开展涂镀炉的设计工作之前，应由设计单位对项目进行安全评估；
- b) 安全评估包括但不限于：使用单位评估、工艺技术评估和事故风险评估等内容；
- c) 在开展设计工作时，应根据评估结果采取相应的安全防护措施。

## 4.2 使用单位评估

使用单位评估包括但不限于：

- a) 使用单位安全管理组织体系和规章制度的健全情况、实施情况；
- b) 使用单位有无类似的涂镀炉、现场管理情况、有无安全隐患；
- c) 使用和维护涂镀炉经过培训的人员和授权人员的技术水平、相关操作规程的健全情况、实施情况；
- d) 使用单位有无发生各类安全事故，若有，相应的处理情况；

- e) 使用单位对新建或改建涂镀炉相关电力、燃气、空气、保护气体、各类用水等能源介质的供应情况；
- f) 使用单位新建或改建涂镀炉周围环境情况、相关的安全通道及安全设施配置情况；
- g) 使用单位对新建或改建涂镀炉安全性方面的要求、安全投资预算等；
- h) 使用单位所在地区的防震、防洪、防风等灾害设计要求。

#### 4.3 工艺技术评估

工艺技术评估包括但不限于：

- a) 钢带或铝带连续彩色涂层生产线的设计产能、产品规格、性能牌号、表面质量要求、产品品种比例；
- b) 各种产品的具体固化要求、加热工艺流程曲线，包括加热温度、加热速度、保温时间、冷却速度等工艺参数；
- c) 根据工艺参数和工艺要求，分析对炉体及隔热材料、燃烧设备、保护气体、冷却设备、冷却介质、钢带传输设备和控制系统的要求；
- d) 焚烧处理中 VOCs 的利用和无害化处理方法，是热力燃烧还是催化燃烧；
- e) 固化炉的固化处理方法，是对流加热固化法、感应加热固化法还是红外加热固化法；
- f) 对照普通常规设计，分析项目的特殊设计要求，需要采取的对策和措施；
- g) 分析特殊设计要求带来的安全要求，需要采取的安全对策和措施。

#### 4.4 事故风险评估

表1列出了可能的危险类别和危险情况，是根据适用于本范围所列设备的风险评估确定的。由于涂镀炉的设计不同，在任何情况下均应进行相应风险评估，并宜考虑有关涂镀炉的具体特点，以及涂镀炉与其他设备和/或建筑物部分之间的界面。

表1 危险类别、危险情况、安全要求和/或措施

危险类别	危险情况	安全要求和/或措施
组合危险	未授权进入	仅限授权人员进入
		提供警示标志和视觉和/或听觉信号
		采取措施使生产线控制室能够清楚观测到重要区域
		操作/维护指令：安全工作程序使用建议，如安全锁的使用、授权人员专用通道
滑倒、绊倒、跌落	在台阶、楼梯、平台或走道上	平台或走道开口处应安装如：护栏和踢脚板
		台阶应配备扶手或同等保护装置
		楼梯、通道、平台的踏面应防止打滑，并应易于清除油污等
燃气事故	火灾或爆炸	应采取措施防止火灾或爆炸的发生
保护气体事故	火灾或爆炸	应采取措施防止火灾或爆炸的发生
	窒息	应采取措施防止窒息的发生
机械事故	人身伤害	应采取措施防止人身伤害的发生
电气事故	触电	应采取措施防止触电的发生

### 5 安全要求和措施

#### 5.1 前置要求



前置要求如下：

- a) 所有机械设备、电气设备和结构应满足使用地区防震、防洪、防风等灾害设计要求；
- b) 所有工作场所应具备适宜的照明条件；
- c) 制造商应根据预期用途(如钢型材、辅料)进行结构总成的设计计算和记录；
- d) 安全装置在各自区域连续运行时，应保护安全装置不受损坏以达到预期功能；
- e) 设计应特别注意以下方面的要求和构造细节：实用性、防护、维修开口和清洁间隙、逃生路线、机械和材料的移动、安全装置、保持运行控制、紧急制动。

## 5.2 人类工效学设计

### 5.2.1 工作氛围

工作氛围要求如下：

- a) 在设计涂镀炉时宜考虑人类工效学原则，减少操作者精神或身体的压力和紧张；
- b) 操作人员位置的设计应位于常用控制器舒适可及的区域；
- c) 人机界面（HMI）的所有要素，如控制、信号、数据显示等，均应设计得易于理解，以便操作者和涂镀炉之间建立清晰明确的交互；
- d) 当需要频繁升降或使用重型机械工具时，应提供专用的起重辅助设备或常用起重装置的锚固点；
- e) 重型部件上应安装吊环螺栓或类似辅助工具，便于吊装。还应安装表面防滑的(如网纹)把手、手柄或抓手；
- f) 用于手动搬运部件的工作区的设计应确保部件无障碍物，应不妨碍操作人员的活动。工作区宜尽量宽敞，以处理靠近身边的手动工作。

### 5.2.2 工作环境

工作环境要求如下：

- a) 涂镀炉控制室应远离热源、危险源、大电流系统，配备空调，具备噪声保护措施；
- b) 视觉显示器的布置应无反射且清晰可辨；
- c) 人员工作区域应易于到达和疏散；
- d) 现场控制台如有必要，应具备防辐射热、外部冲击、灰尘等危害的措施。

### 5.2.3 现场作业区域

现场作业区域要求如下：

- a) 现场组装机械部件的支撑物，其设计和制造宜确保稳定性并尽量减少人工搬运；
- b) 电气接头、流体动力、电气连接和其他类似装置的位置，可能对操作人员在安装和后续维护时的姿势产生不利影响，这类装置的位置宜在操作人员站立高度以上 400mm~1600mm 之间，并在上肢可及的范围内；
- c) 手轮、杠杆等的放置位置宜在操作人员站立高度以上 700mm~1600mm 之间，以减少体力劳动；
- d) 受限区域以外的可接近或可触摸表面，其温度不应超过 50℃，并辅以警告指示，必要时穿戴个人防护用品。

## 5.3 安全保护设计

### 5.3.1 危险区域

应根据安全风险评估的结果，划分危险区域；

- a) 危险区域应按照 GB 4053（所有部分）的要求设置护栏，只有授权人员方可进入危险区域；

- b) 为了保证护栏保护区域内授权人员的安全,应确保危险区域内的所有可能造成危险的因素保持安全状态;
- c) 在危险区域内进行危险活动,应使用启动控制装置和启用按钮,并在必要时减速;
- d) 对于炉膛等有限空间区域,以及其他存在着火、有毒、气体/灰尘聚积、窒息等残留风险的区域,应有明确的标志和安全保护性操作,如:新鲜空气交换、除尘、个人防护设备等;
- e) 对于存在突发火灾危险的区域,应标志应急措施;
- f) 如进入较低层(如坑、槽、封闭房间),应提供详细的使用说明。

### 5.3.2 警示与标志

警示与标志要求如下:

- a) 涂镀炉安全标志和安全标记的设计原则应符合 GB/T 2893.1 的规定;
- b) 涂镀炉产品安全标签的设计原则应符合 GB/T 2893.2 的规定;
- c) 涂镀炉安全标志用图形符号设计原则应符合 GB/T 2893.3 的规定;
- d) 涂镀炉安全标志材料的色度属性和光度属性应符合 GB/T 2893.4 的规定;
- e) 涂镀炉安全标志使用原则与要求应符合 GB/T 2893.5 的规定;
- f) 涂镀炉安全通道引导系统(逃生通道)应确保一旦发生事故,人员能够快速有序逃离;
- g) 听觉、视觉危险信号的一般要求、设计和测试应符合有关规定;
- h) 指示、标记和驱动的电气要求应符合有关规定。

### 5.3.3 安全通道

在作业区域应设计安全通道和逃生通道:

- a) 护栏、扶手应符合 GB 4053(所有部分)的规定;
- b) 通道和阶梯的表面应具备防滑措施,符合 GB 4053(所有部分)的规定;
- c) 传动轴应做标记,运行时可被清楚发现;
- d) 应合理设计旋转或移动部件,如:传动轴、联轴器、皮带和链条、滑轮和链轮等的防护装置,并规定可接近的安全距离。

### 5.3.4 爆炸防护

涂镀炉采用煤气、天然气、石油液化气等可燃气体作为燃料,也会产生易燃、有毒的VOCs气体,可能会在炉膛内部和外部产生潜在的爆炸气氛,应采取以下爆炸防护设计:

- a) 应对可能导致爆炸的危险情况进行风险评估,并采取与安全要求相适应的设计、施工措施;
- b) 应在炉膛及排气管道的易爆部位设计防爆泄压孔,其位置应确保炉膛内部与外部畅通无阻,并确保泄压时不会伤害到人员和重要设备,泄压强度应确保在发生爆炸事故时在对炉膛发生损坏前缓解压力;
- c) 应在用于输送可燃气体的管道端部设计防爆泄压孔,其方向应确保泄压时不会伤害到人员和重要设备;
- d) 用于输送可燃气体的管道、软管和管线应连接并接地,并在图纸上注明接地要求。

### 5.3.5 紧急动力供应

由于涂镀炉的特殊性,在意外失去电力、冷却水、保护气体的情况下,可能会发生设备事故甚至爆炸事故的危险,因此应设计紧急动力供应系统:

- a) 应设置氮气蓄能器,将倾动平台移至水平位置;
- b) 应提供事故冷却水,供应水冷炉辊、钢带高温计冷却器等设备;

- c) 应提供应急电源，供应炉辊、风机等设备；
- d) 应提供应急氮气，保持炉压处于最低要求以上；
- e) 在正常动力供应中断后重新供应时，应避免任何不受控制的设备意外重新启动。

### 5.3.6 通风孔

通风孔要求如下：

- a) 气体供应管道、反应气体控制系统、气体/空气混合管道或生成大气气体管道的所有排放口的尺寸都应符合预期的用途；
- b) 所有可能携带可燃性气体/空气混合物的通风孔，若装有引燃燃烧器，则应配备阻火器；
- c) 混合气供应管的所有排气孔均应从阻火器的下游引出，或安装独立的阻火器。所有未安装引燃器的通风孔应在屋顶上方终止，并远离潜在点火源，并宜适当考虑相邻建筑物的布局。这些通风孔不应为歧管。

### 5.3.7 安全布置图

安全布置图要求如下：

- a) 供应商应设计涂镀炉安全布置图，在图纸中标明涂镀炉周边安全相关要素和涂镀炉区域的空间布局；
- b) 安全布置图应作为使用信息的一部分，图中提供的信息与使用信息应建立明确的关系，其中逃生通道或消防器材，可由制造商和用户共同商定；
- c) 安全布置图应标明燃气、氢气、氮气、冷却水、压缩空气等动力的接入点；
- d) 安全布置图应标明危险区域范围及隔离防范措施、危险源及危险因素与防范措施；
- e) 安全布置图应标明安全设施，如：护栏、安全通道、逃生通道、具有安全相关功能的临时控制装置或控制台、紧急制动装置、警告装置和安全标志。

## 5.4 燃气管道系统安全

### 5.4.1 基本要求

燃气管道系统安全基本要求如下：

- a) 管道系统的设计宜考虑燃料气体的成分和特性（如压力、温度、腐蚀性、比重），以及通风、换气（吹扫）和清理的需要；
- b) 管道材料优先选用钢管道，并应避免形成电化学锈蚀；
- c) 旁通管路不应与任何安全设备平行安装；
- d) 管道应按照 GB/T 2893.1 的要求涂漆标志；
- e) 燃气管道应是密闭的，并能承受内部压力。组装完成后，应对气体管道进行压力测试和密闭性测试。测试压力不应小于最大工作压力的 1.1 倍，且在任意点的最小工作压力不小于 5kPa；
- f) 气体管道的设计宜避免气流速度和压力波动造成振荡的可能性（如正确设计管道尺寸、使用压力调节器等），这种振荡可能对管道、部件或安全系统造成损害；
- g) 除本文件的要求外，燃气管道系统还应满足 GB 6222 和 GB 4962 的有关规定。

### 5.4.2 管道的连接

管道的连接要求如下：

- a) 气体管道应采用金属连接，优先采用法兰、焊接或钎焊类型。宜尽量减少连接点；
- b) 任何穿过密闭不通风空间的管道，不应出现除焊接方式外的其它管道连接形式；

- c) 管道法兰应符合 GB/T 9124（所有部分）的规定；
- d) 管道的设计应避免接头承受拉伸负荷。

### 5.4.3 管道的排污

管道的排污要求如下：

- a) 若燃气的冷凝液可能造成危险，则应在设备的最低处安装用于排放冷凝液的装置；
- b) 任何冷凝液排放设施都应安装在易于检查的位置；
- c) 应将易燃冷凝液收集在合适的装置中（如用管道收集至容器）；
- d) 冷凝液排放管应用金属管塞、盖帽或法兰盲板合理密封；
- e) 在调试和维护时，应提供净化燃气系统装置的方法防止易燃物堆积；
- f) 若在调节阀、排气阀上安装了排污管或通气管，则应提供将气体从系统排放至安全区域的措施；
- g) 若排污管或通气管有聚合，则收集器的截面应适用于同时排出排气源的总流量；
- h) 若排污管和通气管有集合，则应明确收集管道、阀门和仪器之间有无相互作用。

### 5.4.4 必要的安全装置

#### 5.4.4.1 手动隔离阀

手动隔离阀要求如下：

- a) 应在从总管引入涂镀炉区域的管道起始点安装手动隔离阀。当涂镀炉分多条管路供气时，每个管路都应安装手动隔离阀。手动隔离阀在具备生产条件时手动打开，在停机时手动关闭；
- b) 手动隔离阀的设计布置及安装位置宜考虑防止误操作，便于操作人员接近，在需要时能快速操作；
- c) 手动隔离阀“开启”和“关闭”的位置应易于区分，并有显著标志，优先采用直角旋转阀。

#### 5.4.4.2 过滤器

过滤器要求如下：

- a) 对于存在杂质的煤气管道应在第一个手动隔离阀的下游安装合适的过滤器，进行过滤净化；
- b) 过滤器应安装在易于定期维护的位置；
- c) 过滤器的过滤能力应根据下游设备对杂质过滤精度的要求来选择，一般不超过  $5\mu\text{m}$ ；
- d) 若需在过滤器上设置旁路管道，则旁路管道上也应安装一个相同的过滤器；
- e) 应在操作手册中注明检查更新过滤器、过滤网的频次要求。

#### 5.4.4.3 压力调节器

因控制压力和流量的需要，应安装燃气压力调节器：

- a) 压力调节器在安装时应确保安全；
- b) 气体压力调节器应只能通过专用工具调整；
- c) 若先导燃烧器的气体从气体压力调节器的上游进入主燃烧器时，先导燃烧器应配备单独的燃气压力调节器。

#### 5.4.4.4 高、低压保护装置

涂镀炉应安装高、低压保护装置，高、低压保护装置要求如下：

- a) 高、低压保护装置应对各种工况的压力提供满意可靠的保证；

- b) 当系统压力高于或低于预定值时，系统应防止启动或安全关闭和锁定。此功能应符合保护系统的规定；
- c) 应对气体压力检测器进行评估，以确保适当的反应时间和准确性。

#### 5.4.4.5 常闭阀门

常闭阀门要求如下：

- a) 每条线路中气体的供气应由气体管道系统中的常闭阀门控制，常闭阀门在失电时自动关闭，只有在授权人员经过供气条件确认，发出指令时，才能手动打开供气；
- b) 常闭阀门的密封压力不应小于 15kPa；
- c) 常闭阀门应能承受热塑性弹性体（TPE）中规定的循环次数；
- d) 阀门结构和材料应与所用气体成分相适应；
- e) 常闭阀门应能承受所有工艺环境下的上游压力、背压和压差；
- f) 使用频次超过 100000 次/年(如脉冲点火、蓄热式燃烧器)的常闭阀门，应能达到预期的动作次数和开/关速率；
- g) 应提供说明书，详细说明检查常闭阀门正确操作的必要性、应采取的程序、应执行的时间间隔以及更换要求，以及使操作者明确何时更换常闭阀门的方法；
- h) 所有常闭阀门均应具备手动检测功能；
- i) 若控制阀设计为安全关闭阀和调节阀，控制阀可被当作安全关闭阀使用，则可将其作为常闭阀门；
- j) 当出现任何安全保护条件不满足的情况时，常闭阀门不应打开；
- k) 当出现火焰故障或工艺控制故障时，相应的常闭阀门应自动关闭。

#### 5.4.4.6 典型设计案例

气体循环系统的典型设计案例见附录A。在实际设计中，若有所精简，应作出风险评估。

### 5.5 燃气与加热安全

#### 5.5.1 基本要求

燃气与加热安全基本要求如下：

- a) 应有必要的措施，确保燃烧器中空气/燃气混合物实现可靠稳定点火；
- b) 应有必要的措施，防止未燃烧燃料的意外释放；
- c) 应有必要的措施，在发生相关故障时能切断燃料供应；
- d) 应有必要的管线保护措施，防止火焰反向燃烧（回火）；
- e) 应有必要的措施，在不确定烟气是否正常排出时使燃烧器无法点火；
- f) 应有必要的措施，在工艺条件不安全的情况下使燃烧器无法点火。

#### 5.5.2 助燃空气系统

##### 5.5.2.1 空气回路

空气回路要求如下：

- a) 管道设计宜考虑燃烧空气的特性（如压力、温度）；
- b) 燃烧进气口的位置应防止杂质(如灰尘)和烟尘进入，除非设计中另有规定(如减少氮氧化物的排放)；
- c) 空气供应系统应确保在任何条件下均有足够的吹扫空气和助燃空气供应至燃烧器；

- d) 燃烧空气系统的设计应防止炉内空气通过燃烧设备回流；
- e) 空气回路的设计应避免可能导致材料缺陷的振动。

### 5.5.2.2 空气、燃气比控制

空气、燃气比控制要求如下：

- a) 空气质量流量应与燃气质量流量成一定比率（以下简称“空燃比”），以确保安全点火，并在整个运行期间内，保持每个燃烧器稳定安全燃烧；
- b) 若空气和燃气的压力和/或温度的变化影响了安全和燃烧稳定性，则应对压力和/或温度进行校正；
- c) 空燃比控制器的设计宜考虑工艺条件及燃料和助燃空气的特性；
- d) 为确保其可靠性，空燃比控制器应符合设计条件（如：温度、压力、流量）。这些条件和维护说明应在说明书注明；
- e) 若应用其他方法/技术控制空燃比，且此类方法/技术的应用取决于燃烧空气和燃料气体特性，则应根据危险评估结果应用附加保护措施。功能测试的方法/技术和程序应在说明书中注明。

注1：空燃比在所有操作条件下不一定是相同的值；

注2：若空燃比导致不安全的情况，其缺陷或故障将使系统趋于更高的空气过剩或进入锁定状态。

### 5.5.2.3 燃烧器关闭

燃烧器关闭要求如下：

- a) 独立点燃的多个燃烧器，每个燃烧器应配备一个适用于气体类型的手动关闭阀；
- b) 若燃烧器的进气端设计有空气、燃气混合装置，则关闭阀应安装在此类装置的上游；
- c) 对于设计为交叉点燃的多个燃烧器，整个燃烧器组应配备至少一个手动关闭阀。

## 5.5.3 燃烧系统

### 5.5.3.1 燃烧器

燃烧器要求如下：

- a) 所有燃烧器应确保安全运行、适合工作条件，如：使用的燃料（种类、压力等）、操作条件（压力、温度、气氛等）、额定输入功率和调节范围（最大和最小容量）、易于目视监控（视镜、视孔等）；
- b) 点火装置应性能可靠并具有足够的容量，以便快捷、低噪、顺利点火。在调试、运行和维护中详细的验证程序应在说明书中注明；
- c) 先导燃烧器的结构和位置应确保在所有操作条件下，先导火焰保持稳定，并保持主火焰被点燃的状态；
- d) 先导燃烧器在主燃烧器的供应气体或可燃蒸汽具有不确定燃烧特征的状况下使用，例如不同热值。永久性先导燃烧器应具有独立的清洁燃气持续供应（如天然气、液化气），并配备自动燃烧器控制系统。

### 5.5.3.2 烟气排放

烟气排放要求如下：

- a) 涂镀炉烟气应以安全的方式排放；
- b) 烟道系统的横截面积应根据烟道气体（燃烧产物、过剩空气和工艺排放）的体积、压力和温度计算；

- c) 若烟气由风机抽走或由通风气阀控制，并且固有的安全或机械设计没有充分降低风险，系统应配备安全装置，以便在烟道排气故障时，燃烧器安全关闭或切换至备用管道系统。

### 5.5.3.3 燃烧监控与保护系统

燃烧监控与保护系统要求如下：

- a) 燃烧器的火焰应采用火焰检测器进行监控；
- b) 对于主燃烧器运行期间先导燃烧器仍在使用的系统，应安装单独的火焰探测器装置来监测先导引燃火焰和主火焰。主火焰探测器装置的位置应使其在任何情况下都不能探测到先导引燃火焰；
- c) 若先导燃烧器、主燃烧器都配备有各自的火焰检测装置，先导火焰不应影响主火焰传感器的响应；
- d) 当火焰检测器不应有火焰时检测到火焰，或当检测到自动燃烧器控制系统有缺陷时，燃烧保护系统应进入锁定状态。

### 5.5.4 加热系统运行

#### 5.5.4.1 燃烧室的预吹扫

燃烧室的预吹扫要求如下：

- a) 在未采取充分措施确保燃烧室、连接管道和烟道系统（热交换器、除尘器等）中可燃混合物浓度处于限值之前，不应启动燃烧系统或在锁定后重新启动燃烧系统；
- b) 除 e) 的情形外，应通过点火前规定时间的预吹扫来保证 a) 的条件；
- c) 预吹扫时间的计算方法，假设燃烧室、连接管道和烟道系统最初充满可能出现的可燃气体，通过吹扫后确保任何部分、任何可燃气体的浓度低于其燃烧下限 (LFL) 的 25% 来计算；
- d) 预吹扫和吹扫的程序、清洗程序和/或吹扫方法应在说明书中注明；
- e) 可不进行预吹扫的情形：
  - 1) 燃烧室温度高于 750℃；
  - 2) 配有先导燃烧器，且先导燃烧器处于工作状态。

#### 5.5.4.2 燃烧器点火

燃烧器点火要求如下：

- a) 只有在以下条件全部满足时，才能启动燃气供应：已检查安装的空气及燃气供应装置（如空气流量、气体压力），确保它们处于正确的启动操作状态；所有相关连锁（如燃烧器位置、阀门位置、烟道气闸位置）均在正确位置；
- b) 开启燃气阀门时，不应同时打开多个回路，防止产生短时的压力波动；
- c) 点火过程应在预吹扫阶段结束后立即启动，或在说明书规定的时间内启动；
- d) 主燃烧器由先导燃烧器点燃，在先导燃烧器的预吹扫和点火期间，应切断主燃烧器的燃气供应；主燃烧器的自动关闭阀只有在先导燃烧器的火焰被确认后才能开启；
- e) 若在安全时间发生火焰故障，燃烧器应锁定。若设备的安全性不受影响（如燃烧室气氛不超过 LFL 的 25%），则可再循环。再循环次数不应超过两次。若再循环结束后无火焰信号，故障的燃烧器应锁定；
- f) 再循环条件、再循环时间间隔以及循环次数应在说明书中注明。

#### 5.5.4.3 运行中火焰故障



- a) 若在运行过程中发生火焰故障，燃烧器应锁定。若设备的安全性不受影响（如燃烧室的气氛不超过 LFL 的 25%），则可安全锁定和再循环。再循环功能应符合 ISO 13577-4 中保护系统的规定。若再循环结束后无火焰信号，故障的燃烧器应锁定；
- b) 再循环次数不应超过 1 次，循环条件应在说明书中注明；
- c) 总关闭时间不应超过 3s，但在无吹扫循环的情况下，若燃烧室内的 LFL 不超过 25%，则总关闭时间不应超过 5s。

## 5.6 机械设备安全

### 5.6.1 炉体设备

炉体设备要求如下：

- a) 设计炉体、炉塔时应确保足够的强度、刚度和稳定性，除能承受外力作用外，还应确保其安全性能；
- b) 设计炉体、炉塔时宜考虑温度变化带来的热应力，合理设计膨胀节、伸缩导向轨道；
- c) 为防止炉体机械部件之间的电位差，所有这些部件均应进行连接和接地。

### 5.6.2 炉辊设备

炉辊设备要求如下：

- a) 炉辊设计时，宜充分考虑温度差带来的影响，除确保钢带稳定运行外，还应确保其安全性能；
- b) 炉辊与炉体的连接部位应合理设计膨胀节；
- c) 炉辊轴承应充分冷却和润滑，防止发生机械事故；
- d) 炉辊传动部位应设计保护罩。

### 5.6.3 辅助系统

辅助系统要求如下：

- a) 液压和气动液体系统及其部件应确保安全。应提供关于系统填充介质后的使用信息指南，介质很可能在极端环境温度下凝固和/或改变粘度，进而引发危险；
- b) 冷却系统、液压系统和润滑系统的设计宜考虑温度、压力、火源（包括着火和有毒气体释放）以及气体/灰尘反应等造成的危害；
- c) 应提供如何应对炉内小/大面积漏水的说明。一旦发生大面积泄露，应向控制系统提供水流测量信号，以便进一步采取措施（如停止供水）；
- d) 应规定排入专用水池的介质，并提供排放所需的设备。应在使用信息中提供排放说明；
- e) 应设计集油坑、收集器或其他措施，防止泄漏物燃烧。集油坑应设计为防火。

## 5.7 电气设备安全

### 5.7.1 供电系统

电源包括高压开关柜、电抗器、变压器、交流/直流转换器、互连大电流系统以及电缆，应符合**相关规定**。

### 5.7.2 低压电源和控制系统

低压电源包括低压开关柜、控制系统以及低压电缆，应符合**相关规定**。

### 5.7.3 安全控制系统



涂镀炉安全控制和保护系统框图示例见附录B，安全相关的控制应根据危险评估和**有关标准**的规定进行选择。

所有使用组件的制造商应提供可靠性/性能证明文件的支持数据。

## 5.8 辐射安全

### 5.8.1 基本要求

操作人员可能会遭受有害红外线或紫外线辐射的任何检验点，均应进行适当屏蔽，避免直接接触。

利用非电离辐射、微波、激光、电磁场和/或射频领域设计的控制装置、测量仪器和监控附件，若是TPE不可分离的部分，则应遵循**有关排放限值的法规和指令**。

### 5.8.2 红外线辐射

对有害红外线、可见光和紫外线辐射，应提供合适的防护措施。应避免与辐射源直接视线接触。应隔离检查孔，必要时，应对TPE的控制柜和控制室进行适当保护。应提供具体的危险警告标志。

### 5.8.3 激光束

激光设备及其使用应符合**相关规定**。必要时，应进行激光定位避免**一般操作人员**接触到。应安装合适的联锁，防止接触激光束。应提供具体的危险警告标志。

### 5.8.4 电磁场

应从**正常操作人员**工作和休息的位置，对具有足够能量可能会造成危险的电磁场源分别进行屏蔽和隔离。

在有害电磁场的有效区域，应提供警告标志，带有心脏起搏器、金属项链、金属戒指或手镯等的人员不应进入。

## 6 安全措施验证

安全措施验证包括但不限于：

- a) 应确保本文件的所有要求均已纳入涂镀炉的设计和制造中；
- b) 电气安全验证应根据安全评估和确保安全的原则进行；
- c) 噪声验证应按照噪声测试守则进行，以此来验证在设计阶段所采取措施的有效性；
- d) 验证宜在设备投入使用前尽快开展；
- e) 若验证需进行部分拆卸（如获得权限），不应影响正在验证的功能。安全装置因验证停运的，在验证完成前应予以恢复。

## 7 使用信息

### 7.1 一般要求

使用信息是涂镀炉设计的一个重要组成部分。使用信息应包括通讯连接，例如：文章、文字、标记、信号、符号、图表等。单独或组合使用，向用户传递信息。

### 7.2 警示装置和安全标示

警示装置和安全标示应符合5.3.2的规定。

### 7.3 最少的标记

在涂镀炉的显著位置应至少醒目的标记以下信息：

- a) 制造商名称和地址，如适用，授权代理的名称和地址；
- b) 主要特征及技术参数；
- c) 强制标记；
- d) 序号/机器号；
- e) 制造过程完成的年份。

### 7.4 附带文件

#### 7.4.1 指导手册

##### 7.4.1.1 一般要求

每台机器/设备的指导手册应由制造商提供。在手册中，应指定特定机器/设备的特性和措施。

7.4.1.2和7.4.1.3举例说明说明书的结构和内容，并应根据具体设备来完成或补充。

##### 7.4.1.2 机器/设备声明

应提供下列资料：

- a) 制造商、机械类型、制造年份、序号（如有）；
- b) 技术文件（电路图、数据表、备件资料/参考）；
- c) 对于预定用途，附加/可选机械接口的详细信息；
- d) 非预定用途（如不应使用特定辅助设备、不应使用特定材料）；
- e) 根据噪声排放值，如有需要，宜佩戴听力保护装置；
- f) 辅助设备描述及控制系统安装（如紧急制动、安全装置效果）。

##### 7.4.1.3 详细信息/说明

###### 7.4.1.3.1 安全布置

安全布置的详细内容见5.3.7。

###### 7.4.1.3.2 设备运输和组装说明

应提供设备运输、装配和安装说明，特别包括：

- a) 安全吊装说明（如运输设备、吊环、重心）；
- b) 运输质量；
- c) 安全装置运输及调试前拆除；
- d) 连接点的正确连接说明；
- e) 未经授权，不应重建或改建；
- f) 厂房布局/安装条件（如地基图、建筑物要求）；
- g) 机械或机器的单个部件的安装/组装，特别是机械位置或建筑物需安全防护或降低风险时；
- h) 烟气和粉尘排放，与排气系统的连接。

###### 7.4.1.3.3 设备调试和拆卸信息

应提供有关重大风险和必要补救措施的详细信息。特别包括：

- a) 能源供应（电力、液压、气动）；

- b) 填充量;
- c) 流体规格;
- d) 特殊设备的安装;
- e) 安全启动、操作、停机;
- f) 调试前安全装置的检查和打样;
- g) 未经授权的重建和修改;
- h) 栅栏或护栏保护区的残余风险;
- i) 去功能化的参考(如: 高压流体的处理、排空说明、放射性物质的处理);
- j) 操作人员资格参考;
- k) 因泄露而导致的注水说明;
- l) 关于个人防护装置的需求和使用信息。

#### 7.4.1.3.4 设备相关的操作说明

应提供以下操作说明:

- a) 可用的安全装置;
- b) 安全装置说明书;
- c) 定期检查安全装置;
- d) 重大危害(如电流、液压,特别是安装和安装后重新启动时);
- e) 可能产生烟尘的加工材料,对人体健康可能会造成的伤害,包括清理要求;
- f) 安全相关控制系统描述;
- g) 关于操作人员的资质水平信息;
- h) 对操作人员进行机器操作的指导和培训;
- i) 发生故障或异常操作时应采取的措施;
- j) 因下列原因造成的风险:未释放压力、可编程电子系统故障、火灾、噪声、工作区表面温度过高、栅栏或护栏区;
- k) 特定风险需偶尔进入的情况下(如:维修、排除故障),应在使用手册和机器上用与危险性质有关的标记/符号标记风险性质。若保护装置在此操作中不起作用,应注明需采取的措施。

#### 7.4.1.3.5 关联设备

关于关联设备的信息,应提供交接点。

#### 7.4.2 维护手册

维修手册应包含以下说明:

- a) 应进行的测试;
- b) 维护工作;
- c) 修理工作标准;
- d) 将能量来源进行隔离、消除或减少到无害水平;
- e) 对危险情况的防护措施,如定期检查壳体温度和耐火条件;
- f) 需特殊知识或资质的维修活动;
- g) 安全装置的定期检查计划和检查频率,应在设计阶段根据装置的可靠性、性质和重要性确定;
- h) 预防措施(如更换易损件、润滑等);
- i) 控制系统的错误信息及由此产生的操作;
- j) 在维修过程中,应关闭的系统部分;

- k) 对现有剩余能量(液压油箱等)及其消除的说明;
- l) 维修过程中需电气隔离和接地;
- m) 安全布局;
- n) 参照图纸或电路图的备件清单;
- o) 故障清单,说明故障原因和应采取的措施。

## 7.5 人员培训

人员培训要求包括以下内容:

- a) 制造商应告知用户,人员特定培训对涂镀炉的安全使用很有必要;
- g) 人员特定培训宜考虑设备的整个生命周期,并特别涵盖以下操作条件:设备开启、正常操作、非正常条件操作、维护和维修、关闭程序;
- h) 在过程控制自动化的情况下,培训计划应特别包括不同操作模式下的人员与设备之间的互动,如:手动、自动、本地和维护控制;
- i) 制造商应通知用户定期对人员进行进修培训。

附录 A  
(资料性)  
典型气体循环系统示例

A.1 预热式废气热力燃烧系统

预热式废气热力燃烧系统示例见图A.1，有助于理解钢带和铝带连续彩色涂层生产线用预热式废气热力燃烧系统焚烧炉的气体流向。

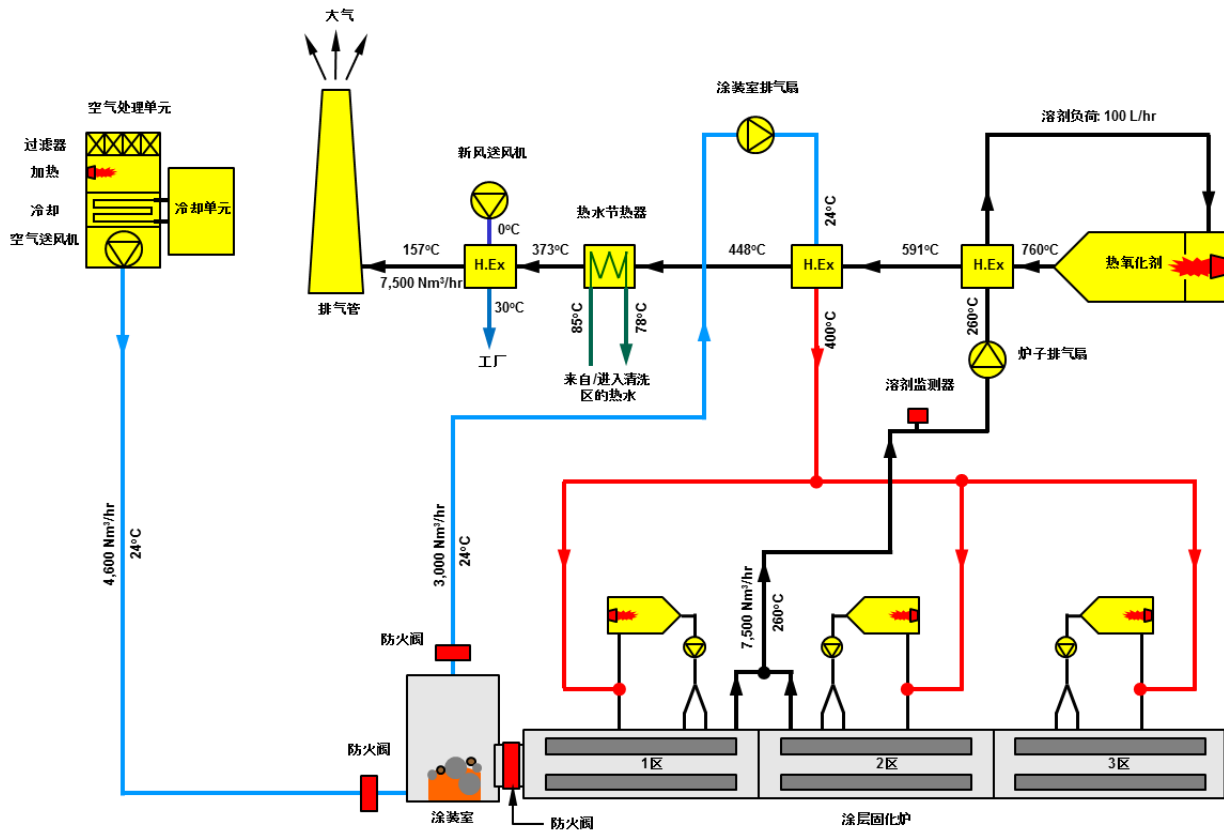


图 A.1 预热式废气热力燃烧系统示例

A.2 蓄热式废气热力燃烧系统

蓄热式废气热力燃烧系统示例见图A.2，有助于理解钢带和铝带连续彩色涂层生产线用蓄热式废气热力燃烧系统焚烧炉的气体流向。

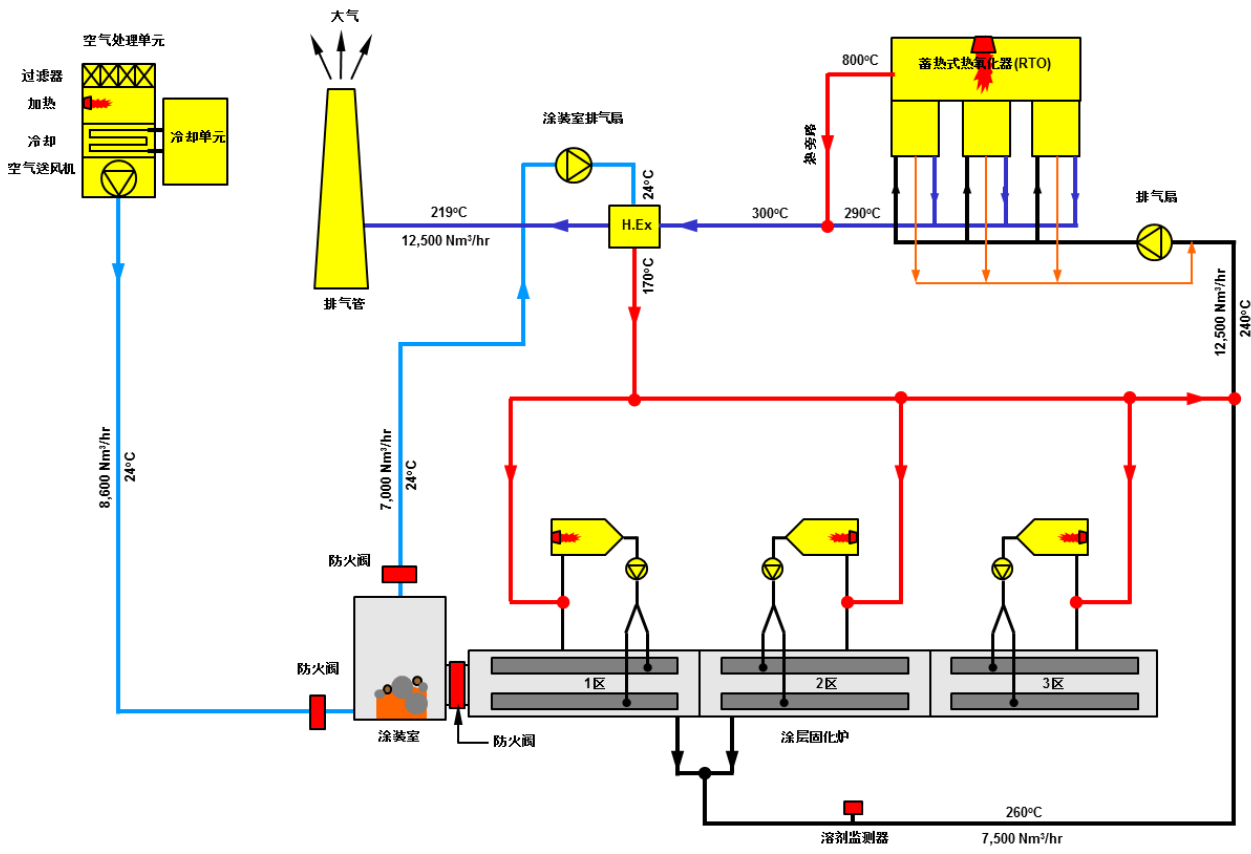


图 A.2 蓄热式废气热力燃烧系统示例

**附录 B**  
(资料性)  
**控制和保护系统框图**

涂镀炉控制和保护系统框图示例见图B.1，有助于理解涂镀炉各个元件及其辅助设备、加热系统、过程控制系统和保护系统之间的关系。

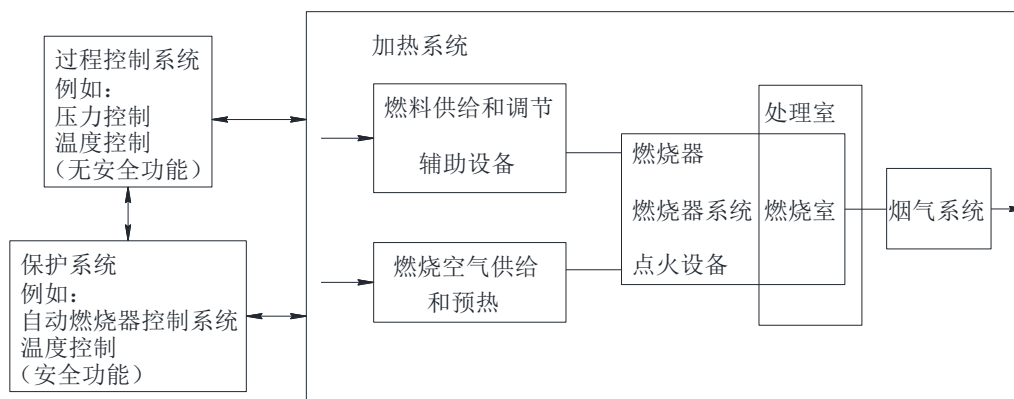


图 B.1 控制和保护系统框图示例