



中华人民共和国国家标准

GB/T 37752.5—2024

工业炉及相关工艺设备 安全 第5部分：钢带连续退火炉

Industrial furnaces and associated processing equipment—Safety—
Part 5: Steel strip continuous annealing furnace

2024-10-26 发布

2025-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 安全评估 2

5 安全要求和措施 3

6 安全措施验证..... 14

7 使用信息..... 14

附录 A（资料性） 典型管道和部件示例 18

参考文献 20

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 5 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。

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：浙江华达新型材料股份有限公司、江苏七天环保科技有限公司、黄石山力科技股份有限公司、济南贝斯特科技发展股份有限公司、河南天利热工装备股份有限公司、西安电炉研究所有限公司、江苏新华合金有限公司、中冶南方(武汉)热工有限公司、海安天一智控设备有限公司、辽宁嘉顺科技有限公司、北京星和众联科技有限公司、大连欣和重工有限公司、恒源工业炉(靖江)有限公司、湖北中冶窑炉有限公司、重庆赛迪热工环保工程技术有限公司、中冶赛迪上海工程技术有限公司。

本文件主要起草人：肖学文、肖鹏、姜震宇、李琨、许秀飞、何建锋、杨柏松、马国和、张彬、魏西京、李明科、华鹏、邵天男、吕凝虹、严江生、江社明、王婷、吴宝俊、宋超群、华大风、王继奇、倪晶、王玉状、刘彬、樊利军、史生川、高斌、郑飞、德军。



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。
- 其他各部分根据 GB/T 37752.1 制定,与 GB/T 37752.1 配合使用。



工业炉及相关工艺设备 安全
第 5 部分：钢带连续退火炉

1 范围

本文件规定了钢带连续镀锌生产线和连续退火生产线用退火炉的安全评估、安全要求和措施、安全措施验证和使用信息等要求。

本文件适用于普碳钢带连续退火炉(以下简称“退火炉”)在新设备的咨询设计及现有设备的改进咨询与设计。

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 2624(所有部分) 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量
GB/T 2893(所有部分) 图形符号 安全色和安全标志
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 5083 生产设备安全卫生设计总则
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 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
GB/T 13869 用电安全导则
GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
GB 15735 金属热处理生产过程安全、卫生要求
GB/T 19672 管线阀门 技术条件
GB/T 19839 工业燃油燃气燃烧器通用技术条件
GB/T 25295 电气设备安全设计导则
GB 30439(所有部分) 工业自动化产品安全要求
GB/T 37752.1 工业炉及相关工艺设备 安全 第 1 部分:通用要求
GB 50016 建筑设计防火规范
GB/T 50051 烟囱工程技术标准
GB 50057 建筑物防雷设计规范
GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
GB 50140 建筑灭火器配置设计规范
GB 50187 工业企业总平面设计规范
GB 50257 电气装置安装工程 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范
GB 50264 工业设备及管道绝热工程设计规范

GB 50316 工业金属管道设计规范

GB 50486 钢铁厂工业炉设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钢带连续退火炉 steel strip continuous annealing furnace

在充满保护性气体的密封炉膛内,连续进行钢带预热、加热、均热、冷却、过时效处理(若有)、终冷(若有)的热工炉。

注:钢带连续退火炉是钢带连续镀锌、退火等生产线的主要工艺设备之一。

3.2

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]

3.3

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]

3.4

安全布置图 safety layout

与退火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]

3.5

保护气体 protective gas

保护钢带在炉内高温下得到表面还原,而不致发生氧化的气体。

4 安全评估

4.1 总体要求

总体要求包括但不限于:

- a) 在开展退火炉的设计工作之前,应由设计单位对项目进行安全评估;
- b) 安全评估应包括但不限于: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,可不出具评估报告,但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退火炉、现场管理情况、有无安全隐患;
- c) 使用和维护退火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,相应的处理情况(若有);

- e) 使用单位对新建或改建退火炉相关电力、燃气、空气、保护气体、还原气体、各类用水等能源介质的供应情况；
- f) 使用单位新建或改建退火炉周围环境情况、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退火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) 钢带连续镀锌、退火等生产线的设计产能、产品规格、性能牌号、表面质量要求、产品生产比例；
- b) 各种产品的具体性能要求、热处理工艺流程曲线,包括加热温度、加热速度、保温时间、冷却速度、过时效(若有)温度、过时效(若有)时间等工艺参数以及预氧化、还原等工艺要求；
- 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) 对照普通常规设计,分析项目的特殊设计要求,应采取的对策和措施；
- e) 分析地方政府对环境特殊要求带来的安全要求,应采取的对策和措施。

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,是根据适用于本文件所列设备的风险评估确定的。由于退火炉的设计不同,在任何情况下均应进行相应的风险评估,并宜考虑有关退火炉的具体特点,以及退火炉与其他设备和/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、视觉和/或听觉信号
		采取措施使退火炉控制室能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	平台或走道的开口处应安装: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
	中毒或窒息	应采取措施防止中毒或窒息的发生
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、火灾	应采取措施防止触电、火灾的发生

5 安全要求和措施

5.1 总体设计

总体设计要求包括但不限于：

- a) 退火炉场址选择与总图布置应遵循方便施工和运行维护等原则,应符合 GB 50187 等相关规定;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) 退火炉属燃气热处理设备,应远离易燃易爆危险区域,退火炉系统的消防设计应纳入工厂的消防系统总体设计,防火间距应符合 GB 50016 等相关规定,应按照 GB 50140 的规定配置移动式灭火器;
- c) 相关建筑物的防雷设计应符合 GB 50057 的规定;
- d) 退火炉设备的布置宜考虑主导风向的影响,并优先考虑减少有害气体、噪声等对周边敏感目标的影响,应按照 GB/T 50087 的要求设计噪声控制系统,确保达到 GB 12348 的要求;
- e) 退火炉总体安全设计应符合 GB/T 37752.1 的规定;
- f) 退火炉安全卫生、工艺流程设计应符合 GB 5083、GB 15735 和 GB 50486 的规定。

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) 在设计退火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,以便操作者和设备之间建立清晰明确的交互,历史记录清晰、易查、直观、易懂。

5.2.2 工作环境

工作环境要求如下:

- a) 所有工作场所应具备适宜的照明条件;
- b) 退火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;
- c) 视觉显示器的布置应无反射且清晰可辨;
- d) 人员工作区域应易于到达和疏散;
- e) 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) 操作手轮、手柄等的安装位置宜在操作人员站立高度以上 700 mm~1 600 mm 之间,根据评估结果,在必要位置设置检修操作平台,以减少体力劳动;
- c) 现场作业区域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,应使用安全保护装置,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、气体或粉尘聚积、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:氧气浓度检测、新鲜空气交换、除尘等;
- e) 对于存在突发火灾危险的区域,应标志应急措施;
- f) 若进入较低层(如坑、槽、封闭房间),应标志详细的保护要求。

5.3.2 警示与标志

警示与标志要求如下:

- a) 退火炉安全色和安全标记的设计应符合 GB/T 2893(所有部分)的规定;
- b) 退火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。

5.3.3 安全通道和逃生通道

在作业区域应设计安全通道和逃生通道,要求如下:

- a) 作业区域的平台、坑槽应按照 GB 4053(所有部分)的要求设置护栏或扶手;
- 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) 辊子应做标记,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

退火炉采用煤气、天然气、石油液化气等可燃气体作为燃料,采用氢气作为还原气体,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) 对于经过安全评估确定为爆炸危险性较大的退火炉,应在炉膛及排气管道的易爆部位设计防爆泄压爆破片,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) 对于经过安全评估确定为爆炸危险性较大的可燃气体或废气,应在用于输送可燃气体或废气的管道端部设计防爆泄压爆破片,其方向应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管道发生损坏前缓解压力;
- d) 应在退火炉冷却段、冷却风箱、热张辊室等工作温度低于 750 ℃ 的各处,设计辉光加热器,并保持正常工作状态,点燃泄漏进炉内的氧气;
- e) 用于输送可燃气体的管道、软管、管线及仪表设备应连接并接地,并在图纸上注明接地要求。

5.3.5 紧急动力供应

由于退火炉的特殊性,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,要求如下:

- a) 应设置氮气蓄能器,发生意外故障时能将处于非安全状态的装置转到安全位置;
- b) 应提供事故冷却水,供应水冷炉辊、水冷轴承、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,保持炉压处于最低正压要求以上;
- e) 紧急动力供应时间应确保将炉子或设备温度降至安全温度以下;
- f) 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 安全布置图

安全布置图要求如下:

- a) 供应商应设计退火炉安全布置图,在图纸中标明退火炉周边安全相关要素和退火炉区域的空间布局;
- 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,可由供应商和用户共同商定;
- 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的范围及隔离防护措施、危险源及危险因素与防护措施;
- 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 燃气及保护气管道系统安全

5.4.1 基本要求

燃气及保护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,应按照 GB 50316 进行设计。
- b) 各种阀门应符合 GB/T 19672 的规定。
- c) 各种流体流量计应符合 GB/T 2624(所有部分)的规定。
- d) 管道材料优先选用不锈钢管道,并应避免形成电解化学锈蚀。
- e) 旁通管路不应与任何安全设备平行安装。
- f) 管道应按照 GB/T 2893(所有部分)的要求涂漆标志。
- g) 燃气管道应能承受工艺规定的内部压力。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 1.5 倍,且在任意点的测试压力不小于 10 kPa,在测试压力下 2 h 内应无任何可检测出的泄漏。
- h) 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。
- i) 保护气体的放散管应设置阻火器。
- j) 除本文件的要求外,氢气系统还应满足 GB 4962 的有关规定,煤气系统还应满足 GB 6222 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他管道连接形式;
- 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) 若在调节阀、排气阀上安装了排污管或放散管,则应提供将气体从系统排放至安全区域的措施。

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) 应在从总管引入退火炉区域的管道起始点安装手动隔离阀。当退火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 50 μm ;
- 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,要求如下:

- 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) 若先导燃烧器的燃气从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

退火炉应安装高、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) 每条燃气线路和保护气体中均应设计常闭阀门,常闭阀门在失电(或动力源)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) 常闭阀门应能承受规定的动作次数;
- c) 阀门结构和材料应与所用气体成分相适应,并满足耐热要求;
- d) 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;
- e) 使用频率超过 100 000 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;
- f) 所有常闭阀门均应具备手动动作检测功能;

- g) 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;
- h) 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;
- i) 入炉前的保护气配氢管道,应设置防爆自动切断阀(常闭),与炉内温度、氧含量、炉压连锁控制。

5.4.4.6 典型设计案例

管道和部件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,防止未燃燃气体的意外释放,并设计置换排放功能;
- c) 应有必要的措施,在发生相关故障时能切断燃气供应;
- 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;
- g) 应有必要的安全联锁设计,在控制系统中实现安全连锁;
- h) 使用煤气的炉区应设置 CO 泄漏检查系统。

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) 管道设计宜考虑助燃空气的特性(如压力、温度);
- b) 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;
- c) 燃烧空气系统的设计应防止炉内气体通过燃烧设备回流;
- d) 空气回路的设计应避免各种原因导致的振动。

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例(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) 当采用体积流量控制空燃比时,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) 当燃气热值变化时,空燃比应作相应调整;
- d) 为确保燃烧可靠性,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中注明。

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) 对于设计为交叉点火的多个燃烧器,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:

- 所选用的燃烧器应符合 GB/T 19839 的规定;
- 选择燃烧器时,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(最大容量和最小容量)、易于目视监控(视镜、视孔等);
- 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、运行和维护时详细的验证程序应在说明书中注明;
- 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。

5.5.3.2 烟气排放

烟气排放要求如下。

- 退火炉烟气应以安全的方式排放,排气筒的设计应符合 GB/T 50051 的规定。
- 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。
- 带有无(微)氧化区的退火炉,应设计无(微)氧化区炉气成分检测仪表;检测项目应包括但不限于:氧气浓度(%级)、一氧化碳浓度(%级);在正常生产时,无(微)氧化区炉气成分宜控制在:O₂ 不超过 0.5%,CO 控制在 3.0%以内。当 CO 浓度超过 6.0%时应报警。
- 应设计退火炉辐射管加热区排气成分检测仪表;检测项目包括但不限于:氧气浓度(%级)、一氧化碳浓度(%级);在正常生产时,排气成分:CO 应控制在 1.0%以内;当 CO 浓度超过 5.0%时应自动报警;经过评估,必要时应进行温度检测。
- 应在无(微)氧化区的排气管道入口处设置安全燃烧器,并配备火焰检测器,一旦安全燃烧器熄灭,应自动报警。

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。

- 燃烧器的火焰应采用火焰检测器进行监控。
- 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分别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。
- 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。

- 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 °C;
 - 2) 配有先导燃烧器,且先导燃烧器处于工作状态;
 - 3) 在无(微)氧化炉中,其他燃烧器正常工作,只有其中一只燃烧器由熄火状态转入工作状态。

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:
 - 1) 燃气安全阀正常,过压安全放散阀正常,低压开关和高压开关无报警,燃气压力调节器处于自动模式并工作正常;
 - 2) 助燃风机运转正常,压力控制正常,废气管道内的 CO 浓度不超过 0.1%;
 - 3) 燃烧管路、燃烧器内的空气置换完毕,燃气管道气密性测试合格;
 - 4) 废气风机运行正常,废气压力控制回路正常且无压力报警。
- 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) 若发生火焰故障,燃烧器应锁定。
- f) 燃烧器锁定后应在保证安全的前提下解锁。

5.5.4.3 运行中火焰故障

运行中火焰故障要求如下。

- a) 若在运行过程中发生火焰故障,燃烧器应锁定。
- b) 燃烧器锁定后,若设备的安全性不受影响(如燃烧室的气氛不超过 LFL 的 25%),则可解锁重新点火。若重新点火后仍无火焰信号,故障的燃烧器应重新锁定,且在没有充分吹扫和排除故障前,不应再次重新点火。

5.5.4.4 加热速度和温度控制

加热速度和温度控制要求如下:

- a) 应根据安全和设备的需要,规定退火炉加热和冷却时允许的温度变化斜率,宜根据炉温高低设计不同的数值,设计安全保护联锁,确保在允许的斜率范围内加热或冷却;
- b) 应设计炉温或辐射管壁温度检测和过温报警系统,当超过或低于设计文件规定的数值时,自动报警。

5.6 炉气与炉压安全

5.6.1 基本要求

炉气与炉压安全基本要求如下。

- a) 退火炉在热态时,其还原区域内部应充满保护性质的气体,防止钢带及设备氧化;一般采用纯度超过 99.999% 的氮气作为保护性气体。
- b) 退火炉在正常工作时,其还原区域内部应充满还原性质的气体,使已氧化的钢带充分还原,满足生产工艺要求;一般采用纯度超过 99.999% 的氢气与纯度超过 99.999% 的氮气的混合气作为还原性气体;氢气与氮气混合的体积比根据工艺对钢带还原的要求及钢带还原时间来确定。
- c) 退火炉在正常运行时,炉内压力应保持在 50 Pa 以上,距钢带入口 2 m 处的压力不应低于 40 Pa。最大压力根据设计条件确定。
- d) 退火炉炉膛宜有足够的强度承受炉内压力,并具有足够的密封性防止内部气体泄漏和外部气体渗入。
- e) 退火炉密封性检测的介质应采用空气,初始炉压达到 1 000 Pa,在密封状态下,保持 30 min 后,应大于 500 Pa;也可由设计和使用单位协商确定。

5.6.2 炉内气氛转换与氢气供应条件

炉内气氛转换与氢气供应要求如下。

- a) 当炉内气氛由空气状态转入还原气体状态时,应进行吹扫,吹扫用氮气浓度可由粗氮转至精氮,也可直接采用精氮。氮气的小时流量宜为炉膛体积的 1 倍,吹扫时间应超过 4 h。氮气宜从炉膛底部及风箱的死角处进入。
- b) 当炉内温度超过 650 °C 时,炉内氧气浓度经吹扫应降至 1% 以下,方可转入供应氢氮还原性气体;当炉内温度低于 650 °C 时,炉内氧气浓度经吹扫应降至 $150 \times 10^{-4} \%$ 以下,方可转入供应氢氮还原性气体。除此之外,还应同时满足 c) 的所有条件。
- c) 开启氢氮还原性气体供应,除应满足 b) 的条件外,还应同时满足以下所有条件:所有公辅能源介质供应正常;炉内压力正常;生产线运行正常或各项生产准备工作正常;炉子入口密封处无明火;无其他任何故障报警;没有按下急停按钮;氢气和氮气流量控制回路处于自动模式且工作正常;炉子顶部放散阀处于自动模式且无故障;所有安全点火器工作正常。
- d) 在氢气供应期间,应监控:氢氮混合还原气体流量测量值是否超过其设定值、氢气流量测量值占氮氢混合总流量的比例是否超过其设定值。
- e) 当炉内气氛由还原气体状态转入空气状态时,应进行吹扫,当炉内氢气浓度经吹扫降至 1.0% 以下,且炉内温度降至 150 °C 以下时,方可打开炉门,进入空气。

5.6.3 炉气成分与压力控制

炉气成分与压力控制要求如下。

- a) 退火炉的还原区应设计炉气成分检测仪表,检测项目包括但不限于:氧气含量(%级)、微氧含量(10^{-4} %级)、氢气含量(%级)、露点。检测仪表应具备校正功能,并在操作说明书中规定正常情况下校正的周期。
- b) 退火炉的还原区应设计炉内压力检测仪表,在不同区域或炉塔内分别设置,并在 HMI 上显示实测数据和记录历史数据。
- c) 退火炉还原区应设计吹扫用氮气入口,设计时应确保炉内和循环风箱及管道死角处能得到充分吹扫。
- d) 立式炉还原区每个炉塔顶部应设计排气出口,由调节阀控制,与炉区压力控制系统联锁控制。
- e) 立式炉还原区每个炉塔应设计炉气压力、进气流量的联锁和报警装置,炉压控制系统应确保在异常情况下不会发生爆炸和炉外空气进入,一旦炉压设计低于最小值,或还原性气体的流量低于设计最小值,自动启动吹扫程序,保证炉内压力。
- f) 在正常运行时,若炉内氧气浓度超过 $200 \times 10^{-4} \%$,则发生自动报警,并停止氢氮还原气体供

应,自动转入氮气吹扫模式。

- g) 应在退火炉的入口密封处安装火焰探测器和温度测量热电偶,设氮气吹扫管路,当检测到火焰或温度上升时,发出报警并启动氮气吹扫系统。氮气吹扫系统也可在现场操作室由人工启动。

5.7 异常检测与报警系统

5.7.1 能源介质供应异常报警

能源介质供应异常报警要求如下:

- a) 当发生停电时,应自动发出报警,生产线紧急停止,并转入备用电源供应;
- b) 当发生停水时,应自动发出报警,生产线紧急停止,并转入备用水源供应;
- c) 当发生燃气压力低于规定值时,应自动发出报警,燃气自动停止供应,转入燃烧器吹扫模式;
- d) 当发生氢氮还原性气体压力低于规定值时,应自动发出报警,转入炉内氮气吹扫模式。

5.7.2 氢气泄漏检测与报警

氢气泄漏检测与报警要求如下:

- a) 应设计退火炉外氢气泄漏检测报警系统,检测传感器应安装在每层平台的下方、炉子入口以及其他易于聚集的地方;
- b) 当检测到炉外氢气浓度超过 0.1% 时,应自动发出报警,自动停止炉内还原气体进入,转入精氮吹扫模式。

5.7.3 燃气泄漏检测与报警

燃气泄漏检测与报警要求如下:

- a) 应设计退火炉燃气泄漏检测报警系统,检测传感器应按照燃气种类合理设计;
- b) 当检测到环境燃气浓度超过不同燃气的有关规定范围时,应自动发出报警,自动停止燃气供应,转入燃烧器吹扫模式。

5.7.4 生产线急停系统

生产线急停系统要求如下。

- a) 应在退火炉燃气及保护气体控制面板、入口密封处操作控制面板、燃烧器点火控制面板、冷却段控制面板、炉辊控制面板、炉底及炉顶控制面板等处设计紧急停止按钮。
- b) 应设计连锁程序,当发生意外故障,授权人员按下紧急停止按钮时,自动启动以下程序:生产线自动停止运行;无(微)氧化炉内燃烧器关闭并转入吹扫模式;辐射管燃烧器关闭并转入吹扫模式;保护气体停止供应并转入炉内氮气吹扫模式;小型炉辊及风机进入最低运转状态。

5.8 热工及机械设备安全

5.8.1 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,除能承受外力和炉压作用外,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,应与其他结构隔断,合理设计膨胀节、伸缩导向轨道;
- c) 炉体及管道应按照 GB 50264 的规定设计绝热保护;
- d) 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。

5.8.2 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) 必要时,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。

5.8.3 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。一旦发生大面积泄漏,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。

5.8.4 炉内张力保护及断带保护

大型立式退火炉宜设计入口跳动辊及炉内张力保护和断带保护系统,要求如下。

- a) 在跳动辊运行轨迹上宜设置两个极限开关,当检测到跳动辊位置超出极限时,自动进入调整程序。
- b) 当跳动辊运行距离处于下限时,说明炉内张力较大,存在因张力过大造成断带的危险,宜适当减少炉内张力。
- c) 当跳动辊运行距离处于上限时,说明炉内张力较小,可能处于断带状态,宜启动断带保护系统并自动报警;自动停止生产线运行,自动将各处钢带压辊压下,自动加大炉内精氮供应。
- d) 当系统发出断带报警后,由操作人员根据炉内摄像机判断是否实际发生断带,若实际发生断带,应启动断带模式:燃烧器停止工作,转入吹扫状态;停止还原气体供应,转入氮气吹扫状态;其他工作按停线处理。

5.8.5 其他机械

其他机械设备应符合 GB/T 15706 的规定。

5.9 电气设备安全

5.9.1 基本要求

电气设备安全基本要求如下：

- a) 退火炉及相关设备系统用电安全应符合 GB/T 13869 和 GB/T 25295 的规定;
- b) 所用工业自动化产品应符合 GB 30439(所有部分)的规定;
- c) 置于现场的高低压电气、仪表等设备防爆设计应符合 GB 50058 的相关规定;
- d) 置于现场的高低压电气、仪表等设备的施工及验收应符合 GB 50257 的相关规定;

- e) 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。

5.9.2 电气系统

电气系统要求如下：

- a) 退火炉应设计备用供电系统，当主供电系统停止供电时，备用电源应能确保相关设备的供电；
- b) 退火炉高低压电气系统宜设置过载保护、短路保护、断相保护、接地保护、电源防雷保护等功能，接地电阻应小于 $4\ \Omega$ ；
- c) 计算机系统接地电阻应小于 $1\ \Omega$ 。

5.9.3 安全控制系统

安全控制系统要求如下：

- a) 仪表控制系统应设置备用电源(UPS)；
- b) 安全相关的控制系统应根据危险评估和确保安全的原则进行设计；
- c) 仪表控制系统应设置 UPS，当电力供应中断时，可完成安全联锁控制和安全停机。

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退火炉的设计和制造中；
- 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，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

使用信息是退火炉设计的一个重要组成部分。使用信息应包括通信连接，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

在退火炉的显著位置应至少醒目地标记以下信息：

- a) 制造商名称和地址，授权代理的名称和地址(如适用)；
- 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) 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) 噪声排放值;

注:如有需要,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 5.3.6。

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”的说明;
- 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) 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),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,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

维护手册应包括以下说明：

- 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的说明；
- 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的说明；
- 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

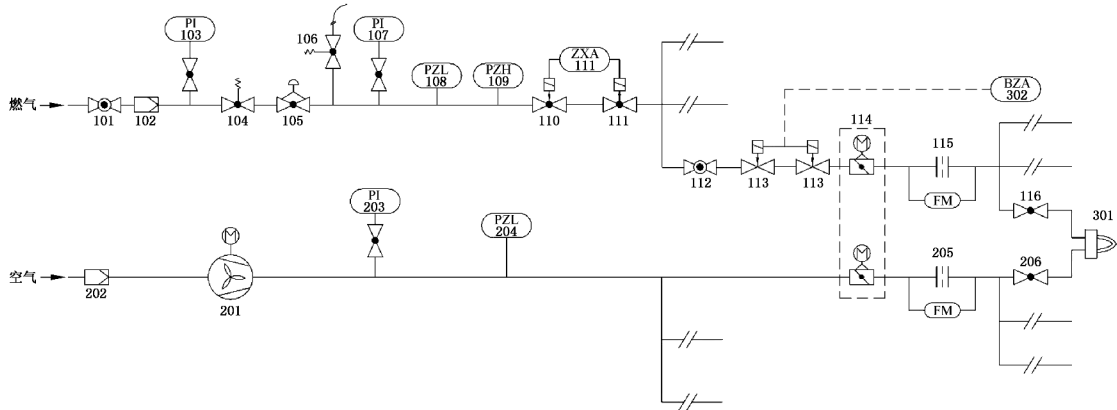
人员培训要求包括以下内容：

- a) 制造商应告知用户,人员特定培训对退火炉的安全使用很有必要;
- b) 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;
- c) 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;
- d) 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)
典型管道和部件示例

A.1 典型燃气管道和部件示例

典型燃气管道和部件示例见图 A.1。



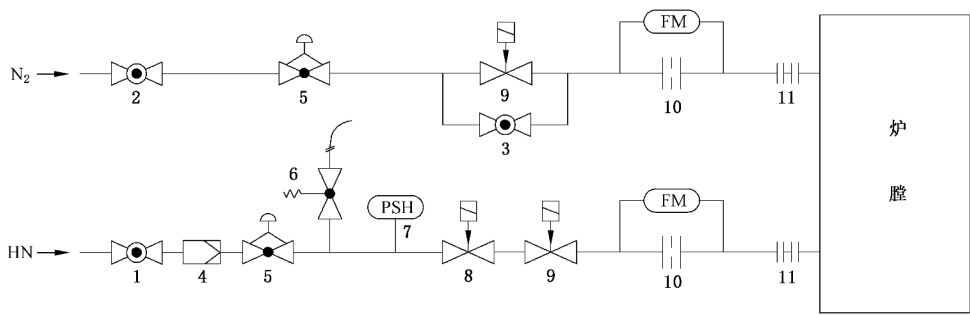
标引序号说明：

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 101——手动隔离阀； | 113——区域自动关闭阀； |
| 102——过滤器/过滤网； | 114——自动空气/燃气比控制； |
| 103——上游带压力表旋塞的压力指示器(PI)； | 115——燃气流量计(FM)； |
| 104——过压切断装置； | 116——燃烧器燃气手动关闭阀； |
| 105——气体压力调节阀； | 201——燃烧空气风机； |
| 106——泄压阀； | 202——进气过滤器； |
| 107——下游带压力表旋塞的压力指示器(PI)； | 203——带压力表旋塞的压力指示器(PI)； |
| 108——燃气低压保护(PZL)； | 204——空气低压保护(PZL)； |
| 109——燃气高压保护(PZH)； | 205——空气流量计(FM)； |
| 110——中央自动关闭阀； | 206——燃烧器空气手动关闭阀； |
| 111——自动阀门检验(ZXA)； | 301——燃烧器； |
| 112——区域手动隔离阀； | 302——自动燃烧器控制/自动燃烧器控制系统(BZA)。 |

图 A.1 典型燃气管道和部件示例

A.2 典型保护气体管道和部件示例

典型保护气体管道和部件示例见图 A.2。



- 标引序号说明：
- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1——保护气体供应手动隔离阀； | 7 —— 超压开关(PSH)； |
| 2——吹扫气体供应手动隔离阀； | 8 —— 自动切断阀(常闭)； |
| 3——吹扫气体旁路手动隔离阀； | 9 —— 自动切断阀(常开)； |
| 4——过滤器； | 10——流量计(FM)； |
| 5——压力调节阀； | 11——安全隔离大气流装置。 |
| 6——泄压阀； | |

图 A.2 典型保护气体管道和部件示例

参 考 文 献

- [1] 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
-

