



中华人民共和国国家标准

GB/T 43319—2023

铸造机械 熔模和消失模铸造设备 安全技术规范

Foundry machinery—Investment casting and lost foam casting
equipment—Safety technical specifications

2023-11-27 发布

2024-06-01 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	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 安全要求和/或风险减小措施	3
4.1 通则	3
4.2 一般要求	4
4.3 专项设备要求	7
5 安全要求和/或风险减小措施的验证	17
5.1 验证方法	17
5.2 验证清单	18
6 使用信息	18
6.1 一般要求	18
6.2 信号和警告装置	18
6.3 标志、符号(象形图)和书面警告	18
6.4 使用说明书	19
附录 A(资料性) 重大危险清单	20
附录 B(规范性) 验证清单	27
参考文献	30
表 1 一般要求	7
表 2 熔模铸造制模设备的要求	9
表 3 熔模铸造制壳设备的要求	11
表 4 熔模铸造脱模与焙烧设备的要求	12
表 5 消失模铸造制模设备的要求	13
表 6 消失模铸造涂层制备设备的要求	15
表 7 消失模铸造造型设备的要求	15
表 A.1 重大危险清单	20
表 B.1 安全要求和/或风险减小措施验证清单	27

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。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国铸造机械标准化技术委员会(SAC/TC 186)归口。

本文件起草单位：济南铸锻所检验检测科技有限公司、青岛凯捷重工机械有限公司、中国汽车工业工程有限公司、南安市中机标准化研究院有限公司、厦门中集芯智检测设备有限公司、青岛中智达环保熔炼设备有限公司、山西华恩实业有限公司、上海万泽精密铸造有限公司、福建省闽旋科技股份有限公司、东莞市新支点科技服务有限公司、青岛青力环保设备有限公司、青岛辉鸿亮泰智能装备有限公司、青岛安泰重工机械有限公司、山东杰创机械有限公司、江阴市铸造设备厂有限公司、威海工友铸造机械有限公司、秦皇岛铸业达机械设备开发有限公司、安徽安簧机械股份有限公司、青岛三锐机械制造有限公司、四川中安科安全技术有限公司。

本文件主要起草人：孙珊珊、李琛、崔丽霞、宿立国、陈剑、柯珍珍、相洋、段金挺、张国华、陈博文、李松、陈惠玲、李毅、马明辉、陈亮、丁仁相、赵恒涛、夏新海、迟英杰、刘忠奎、黄昌文、武光欣、秦培云。

引 言

根据国家关于强制性标准整合精简的要求,本文件为推荐性标准,作为 GB 20905 的配套标准。

根据 GB/T 15706—2012 的分类,本文件属于 C 类标准。

本文件尤其与下列与本文件所涉及的机械安全有关的利益相关方有关:

——机器制造商;

——健康与安全机构。

其他受到机械安全水平影响的利益相关方有:

——机器使用人员;

——机器所有者;

——服务提供人员。

上述利益相关方均有可能参与本文件的起草。

本文件所涉及的机器以及所涵盖的危险、危险状态或危险事件范围已在本文件的范围中给出。

当本文件中的要求与 A 类标准或 B 类标准中的要求不同时,对于已按照本文件设计和制造的机器,本文件中的要求优先于其他标准中的要求。

铸造机械 熔模和消失模铸造设备 安全技术规范

1 范围

本文件规定了熔模和消失模铸造设备的安全要求和/或风险减小措施及使用信息,描述了对应的验证方法。

本文件列出了当熔模和消失模铸造设备按规定用途使用以及在制造商可合理预见的误用条件下使用时,与该类设备有关的重大危险,以及危险状态或危险事件示例(见附录 A)。

本文件适用于熔模铸造设备和消失模铸造设备的设计、制造和验收。

注 1: 熔模铸造设备包括:

- 制模设备:蜡处理装置(熔蜡炉、搅蜡机或连续式蜡料制备线、静置桶)、气压式压蜡机、气动活塞式压蜡机、液压活塞式压蜡机、电缸压蜡机;
- 制壳设备:组树线、沾浆机、雨淋式淋砂机、沸腾式浮砂机、抛砂式撒砂机、连续式制壳线机器人制壳单元、恒温恒湿干燥室;
- 脱蜡与焙烧设备:脱蜡釜(电热式及蒸汽式)、脱蜡线、焙烧炉(燃气炉或电阻炉)、脱芯单元(含脱芯釜)。

注 2: 消失模铸造设备包括:

- 制模设备:间歇式预发泡机(含流化床)、熟化仓、成型机、模样加工机(电加热、切割、雕刻)、模样粘接单元(含模样粘接机)、珠粒输送系统;
- 涂层制备设备:涂料搅拌机(高速/低速)、浸涂设备、烘干室;
- 消失模造型线:振实台、砂箱(真空砂箱)、雨淋加砂装置、落砂系统(翻箱、底卸砂)、真空系统、砂箱输送系统。

本文件不适用于本文件实施之前制造的熔模和消失模铸造设备。

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 150.4 压力容器 第4部分:制造、检验和验收

GB 2893 安全色

GB 2894 安全标志及其使用导则

GB/T 3766 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求

GB/T 3836.15 爆炸性环境 第15部分:电气装置的设计、选型和安装

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件

GB/T 7932 气动 对系统及其元件的一般规则和安全要求

GB/T 8196—2018 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 12265 机械安全 防止人体部位挤压的最小间距

GB/T 13379 视觉工效学原则 室内工作场所照明

- GB/T 14776 人类工效学 工作岗位尺寸 设计原则及其数值
- GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB/T 16251 工作系统设计的人类工效学原则
- GB/T 16754 机械安全 急停功能 设计原则
- GB/T 16855.1 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分:设计通则
- GB/T 17888(所有部分) 机械安全 接近机械的固定设施
- GB/T 18153 机械安全 可接触表面温度 确定热表面温度限值的工效学数据
- GB/T 18209.1 机械电气安全 指示、标志和操作 第1部分:关于视觉、听觉和触觉信号的要求
- GB/T 18569.2 机械安全 减小由机械排放的有害物质对健康的风险 第2部分:生成验证流程的方法
- GB/T 18717.1 用于机械安全的人类工效学设计 第1部分:全身进入机械的开口尺寸确定原则
- GB/T 18717.2 用于机械安全的人类工效学设计 第2部分:人体局部进入机械的开口尺寸确定原则
- GB/T 18831 机械安全 与防护装置相关的联锁装置 设计和选择原则
- GB/T 19436.1—2013 机械电气安全 电敏保护设备 第1部分:一般要求和试验
- GB/T 19436.2 机械电气安全 电敏保护设备 第2部分:使用有源光电保护装置(AOPDs)设备的特殊要求
- GB/T 19670 机械安全 防止意外启动
- GB/T 19876 机械安全 与人体部位接近速度相关的安全防护装置的定位
- GB 20905 铸造机械 安全要求
- GB/T 23821 机械安全 防止上下肢触及危险区的安全距离
- GB/T 25285.1 爆炸性环境 爆炸预防和防护 第1部分:基本原则和方法
- GB/T 25370 铸造机械 术语
- GB/T 25371 铸造机械 噪声声压级测量方法
- GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测
- GB/T 26952 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
- GB/T 28780 机械安全 机器的整体照明
- GB 50054 低压配电设计规范

3 术语和定义

GB/T 15706—2012 和 GB/T 25370 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

重大危险 significant hazard

已识别为相关危险,需要设计者根据风险评价采用特殊方法去消除或减小的风险。

[来源:GB/T 15706—2012,3.8]

3.2

危险事件 hazardous event

能够造成伤害的事件。

注:危险事件的发生时间可能是短时间的,也可能是长时间的。

[来源:GB/T 15706—2012,3.9,有修改]

3.3

危险状态 hazardous situation

人员暴露于至少具有一种危险的环境。

注：这类暴露可能立即或一定时间之后对人员产生伤害。

[来源：GB/T 15706—2012, 3.10]

3.4

安全防护装置 safeguard

机器所配备的对人员具有安全防护功能的装置。

注：包括：

——防护装置：设计为机器的组成部分，用于提供保护的物理屏障，如固定式防护装置、活动式防护装置，根据其结构，可称作外壳、护罩、盖、屏、门、围栏等；

——保护装置：防护装置以外的安全防护装置，如联锁装置、双手操纵装置、敏感保护设备。

3.5

熔模铸造 investment casting; lost wax casting

采用蜡模或其他易熔模，在模组表面包覆若干层耐火涂料，制成型壳（或称模壳），加热型壳熔出模料后再经高温焙烧，浇入熔融金属，从而获得铸件的方法。

[来源：GB/T 25370—2020, 2.61, 有修改]

3.6

压蜡机 wax injection machine

用于压制蜡模的机器。

[来源：GB/T 25370—2020, 8.1.3]

3.7

脱蜡釜 dewaxing cauldron

通过蒸汽或电加热方式使模料熔化脱出型壳的容器。

[来源：GB/T 25370—2020, 8.1.9]

3.8

消失模铸造 lost foam casting; expendable pattern casting

采用由聚苯乙烯等泡沫塑料制成的模样，用不含粘结剂的干砂，采用振动填砂，通过振实和/或负压使砂子密实、形成铸型；待熔融金属浇注、凝固、冷却后，将干砂与铸件分离而获得铸件的方法。

[来源：GB/T 25370—2020, 2.64, 有修改]

3.9

消失模造型线 lost foam casting molding line

按消失模铸造工艺流程，将填砂、紧实、浇注、冷却、落砂等工序设备，用运输设备联系起来，并采用适当的控制方式组成造型生产流水线。

3.10

预发泡机 pre-foaming machine

将泡沫塑料珠粒预发泡到满足成型密度要求的机器。

[来源：GB/T 25370—2020, 8.2.1]

4 安全要求和/或风险减小措施

4.1 通则

4.1.1 熔模和消失模铸造设备（以下简称“机器”）的安全要求应符合 GB 20905 和本文件的规定。此

外,对于本文件未涉及的相关非重大危险,机器应按 GB/T 15706—2012 规定的相关原则进行设计。

4.1.2 机器设计时应进行风险评估并采取减小风险的措施。

4.1.3 机器制造商应按照以下的顺序进行风险减小过程:

- a) 通过本质安全设计措施;
- b) 通过安全防护和/或补充保护措施;
- c) 通过使用信息。

4.1.4 在设计和制造机器以及给出使用信息时,制造商应指明机器的预定使用、可合理预见的误用以及在机器的整个生命周期内进行其他活动给周围人员带来的风险。

4.2 一般要求

4.2.1 机器结构

4.2.1.1 机器及其零部件的强度和刚度应满足机器在规定条件下的储运、安装和使用要求。应将机械零件所处的工作环境(特别是侵蚀、磨损、温度和振动)对机械材料性能的影响作为机器的结构及零部件设计因素。关键(重要)零部件的安全系数应符合产品技术文件的规定。

4.2.1.2 机器易接近的外露部位不应有引起人体伤害的锐边、尖角,密封罩、盖板等薄板件的棱边应倒钝、折边或修边,可能引起刮伤的管端开口应包覆。

4.2.1.3 机器、重型零部件及大型结构件应设置起吊装置,起吊装置的位置设计应正确,防止起吊时出现偏重而失去稳定性。

4.2.1.4 机器的结构和外形布局稳定性应符合 GB/T 15706—2012 中 6.2.6 的规定,并使其在规定的使用条件下安全使用。

4.2.1.5 机器部件的形状和相对位置不应存在发生挤压和剪切危险的空间,应符合 GB/T 12265 和 GB/T 23821 的规定。

4.2.1.6 对于人员接触可能产生危险的运动部件,应采取安全防护措施。

4.2.1.7 机器易接触并可能造成缠绕、卷入等危险的运动部件和传动装置应设置防护装置,并在使用信息中说明。

4.2.1.8 停止时会产生冲击碰撞危险的运动部件,停止前应采取减速措施;运动部件行程两端均应设可靠的机械极限限位装置。

4.2.1.9 与安全防护有关的稳定性保护措施应符合 GB/T 15706—2012 中 6.3.2.6 的规定。

4.2.1.10 机器配套压力容器类零部件或装置的制造应符合 GB/T 150.4 的规定。

4.2.2 电气设备

4.2.2.1 机器的电气设备安全要求应符合 GB/T 5226.1 的规定。

4.2.2.2 电气柜的外壳防护等级不应低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP54。

4.2.2.3 在可能发生爆炸的环境中使用的电气装置应符合 GB/T 3836.15 的规定。

4.2.3 气动和液压系统

4.2.3.1 气动系统的安全要求应符合 GB/T 7932 的规定。

4.2.3.2 液压系统的安全要求应符合 GB/T 3766 的规定。

4.2.4 控制系统

4.2.4.1 控制系统应能按规定动作顺序实现联锁。

4.2.4.2 控制系统中的暂停、急停装置复位后不应引发任何危险情况。

4.2.4.3 当动力或控制信号中断时,制动、夹紧、提升或下降等动作应能立即停止并保持当前状态。

4.2.4.4 应采取措施防止动力供应失效带来的危险,包括动力不稳定、动力供应中断之后或控制回路被切断时的意外重启;防止机器意外启动的控制系统内置安全措施应符合 GB/T 19670 的规定。

4.2.4.5 控制系统安全相关部件的设计应符合 GB/T 16855.1 的规定。

4.2.5 急停装置

4.2.5.1 急停功能应符合 GB/T 16754 的规定。

4.2.5.2 急停装置应设置在使操作者或需要操纵它的人员易于接近且无操作危险的位置。

4.2.5.3 急停功能应能尽快停止危险过程,且不产生额外的危险。

4.2.5.4 急停控制器应触发或允许触发某些必要的安全防护装置的运动。

4.2.5.5 急停指令执行后应维持该指令的作用直至其复位为止。只有在触发急停指令的位置,才有可能复位。急停功能的复位不应重新启动机器,仅是允许机器重新启动。

4.2.6 热表面和热辐射

4.2.6.1 应通过安全防护减少热辐射。

4.2.6.2 人员可以接触到的高温表面应采取隔热措施,无法采取措施的应通过使用信息通知和警告机器操作人员使用个体防护装备。

4.2.7 有害物质和材料

4.2.7.1 工作时产生有害气体或大量烟雾、油雾的机器应采取措施,通过通风、除尘或排放物收集处理系统等措施达标排放。

4.2.7.2 应采取措施防止机器抛/喷射出的材料、流体介质等给人员带来的伤害。其基本要求应包括但不限于:

- a) 设计机器时采取密封装置;
- b) 设计机器时采取防护措施防止颗粒物和液压介质散落在人行通道;
- c) 钢结构平台地板采用防滑材料或结构;
- d) 使用说明书中说明;生产现场设置醒目的警示标识。

4.2.7.3 应采取措施控制气体、液体挥发物、粉尘等物质在工作环境中的累积,防止出现燃烧或爆炸危险。

4.2.7.4 机器使用或排放易燃、易爆及有毒气体时,工作区域应设置气体泄漏报警装置。对于火焰熄灭后易引起爆炸的气体,应设置火焰检测控制装置。

4.2.7.5 机器使用的液压、冷却介质、涂料、油漆等材料不应影响人体健康和环境。

4.2.7.6 储运有腐蚀性物质的装置应采用防腐材料制造,并应保证不泄漏。

4.2.7.7 混制有腐蚀性溶液的装置应安装有封闭盖,以及紧急情况下的报警装置。

4.2.8 噪声

4.2.8.1 设计机器时,首先应从源头降低机器噪声,如:

- a) 采用低噪声部件(如驱动装置);
- b) 提高部件(如槽体、罩壳)的刚性,或采用阻尼材料或夹层板,降低机器结构噪声;
- c) 对于气动设备,通过采用低噪声喷嘴、气阀排气孔安装消声器等措施,降低气流噪声;
- d) 运行过程中产生高噪声的机器或部件,应采用隔声措施。

4.2.8.2 对于安装在车间内的真空设备等高噪声设备,应采用降噪措施,如:

- a) 隔声房或吸/隔声屏;

- b) 减振底座；
- c) 进/出风口采用消声器和/或与管路连接采用柔性接头。

4.2.8.3 对于从源头和/或通过防护措施降低噪声仍未达到要求的机器，应给出使用信息，如使用个体防护装备。

4.2.8.4 机器的噪声限值应符合相应产品标准的规定。

4.2.9 安全防护装置

4.2.9.1 防护装置的设计和制造要求应符合 GB/T 8196—2018 的规定。

4.2.9.2 安装在地面上的固定式防护装置(如围栏)，固定应牢固；围栏与危险区的安全距离，应符合 GB/T 23821 的规定。

4.2.9.3 对于人员需要进入的危险区域内的活动式防护装置，应带有防护联锁，当防护装置打开时，应断开相关危险运动的驱动电源。

4.2.9.4 与防护装置相关的联锁装置的选择和设计应符合 GB/T 18831 的规定。

4.2.9.5 当危险运动的停止时间大于人员进入危险区的时间时，应使用在危险期内有效的带防护锁定的联锁防护装置。

4.2.9.6 当需要操作人员进入危险区进行检修、保养和调整时，应设置与动力源切断的联锁装置。

4.2.9.7 电敏保护设备应满足以下要求：

- a) 电敏保护设备(如光幕)的设计符合 GB/T 19436.1—2013、GB/T 19436.2 的规定；
- b) 电敏保护设备与机器的危险动作联锁；
- c) 电敏保护设备的保护范围覆盖人员进出的区域。

4.2.10 接近机器的固定设施

4.2.10.1 机器所设置的工作平台、通道、楼梯(或阶梯、直梯)和护栏等固定设施(以下称“接近设施”)，应符合 GB/T 17888(所有部分)的规定，防止以下重大危险：

- a) 坠落；
- b) 滑倒、绊倒；
- c) 可能对人员产生风险的物料或物体掉落。

4.2.10.2 接近设施的设计和制造应使其能满足可预见的使用条件，尤其应包括但不限于以下因素：

- a) 构件(包括紧固件、连接件、支撑物和地基)的选择和尺寸确定，确保其刚度和稳定性；
- b) 易与使用者接触的任何部件的设计，使其不会对使用者造成伤害或妨碍使用者使用(尖角、焊缝毛刺、毛边等)；
- c) 行走表面防滑；
- d) 工作平台和通道能避免砂子和粉尘的堆积。

4.2.10.3 当人员通过满足 GB/T 17888(所有部分)要求的接近设施接近机器，有可能会暴露于机器产生的其他危险源(如机器运行时运动部件或移动式机器自身的运动，或者产生的振动、噪声、粉尘和高温)时，应在接近设施的醒目部位或附近设置警示标志。

4.2.11 人类工效学原则

4.2.11.1 机器的设计应确保在适用的情况下，宜采用技术辅助措施代替人工操作；工作强度、运动幅度、姿势等应与人的能力和极限相适应，机器工作系统的设计应符合 GB/T 16251 的规定。

4.2.11.2 工作岗位尺寸应符合 GB/T 14776 的规定。

4.2.11.3 机器根据操作需要所开设的用于人员进出的开口尺寸，应符合 GB/T 18717.1、GB/T 18717.2 的规定。

4.2.11.4 机器的照明应符合 GB/T 28780 的规定。

4.3 专项设备要求

4.3.1 概述

针对本文件范围内机器涉及的各种重大危险,以表格的形式规定了各专项设备具体安全要求和/或风险减小措施。

4.3.2 一般要求

涉及重大危险、安全要求和/或风险减小措施,机器的一般要求应符合表 1 的规定。

表 1 一般要求

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
1 机械危险的预防措施				
1.1 刺穿或刺破	在运输、安装、使用和维护过程中接触到机器结构部分、防护装置或包裹在隔热材料外的金属保护层的锐角、锐边或锋利部件导致的人员伤害	零部件外露部位不应出现尖角、锐边和锋利部件	4.2.1.2	表 B.1 中序号 1
		使用说明书中应说明:在运输、安装、使用和维护过程中使用个体防护装备	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.2 滑倒、绊倒	机器周边由以下原因产生的伤害: a) 机器周边泄漏或洒落的原料、水渍、油污等导致人员滑倒; b) 机器周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	在设计过程应采取措施,防止材料的累积	4.2.7.3	表 B.1 中序号 10、序号 11
		应保持机器周边整洁,通道顺畅,照明良好	4.2.7.2、4.2.11	表 B.1 中序号 7、序号 16
		使用说明书中应说明:生产现场设置醒目的警示标识	4.2.7.2、第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.3 碰撞、挤压	机器搬运或因检修需要拆除零部件过程中对人员产生碰撞或挤压伤害	作业前应检查起重机器和吊具完好状况,保持周边环境整齐通畅	4.2.1.3	表 B.1 中序号 4
		地面应做防滑处理	4.2.7.2、4.2.10	表 B.1 中序号 7
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明:作业过程应遵守安全操作规范	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.4 缠绕	人体部分或随身物品接触到旋转或连续式生产线的传动部分被卷入造成伤害	在旋转部分外围应设置防护罩	4.2.1.7	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备,按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17

表 1 一般要求 (续)

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件条款编号或标准	验证方法
1.5 抛出	液压和气动系统管路爆裂,导致流体喷射或零件抛出产生的危险	在设计中应按照零件的极端受力情况,合理设定连接形式和安全系数	4.2.1.1、 4.2.3	表 B.1 中序号 2、 序号 13、 序号 14
		使用说明书中应说明:合理使用机器,加强维护,及时发现隐患并妥善处理	第 6 章	表 B.1 中序号 17
2 电气危险的预防措施				
2.1 烧伤、化学效应、医学植入物的影响、电死、电击	电气设备线路漏电产生的触电危险	机器电气设备应有可靠的绝缘,防止漏电	4.2.2	表 B.1 中序号 12
		电气设备应做好接地防护	4.2.2	表 B.1 中序号 12
		所有电器元件应保持洁净,防止潮湿或淋雨、浸泡、覆盖导电粉尘等	4.2.2	表 B.1 中序号 12
		电气柜外部电缆应有桥架、拖链、防护管等专用防护装置	4.2.2	表 B.1 中序号 12
	人员误接触到元器件带电部分	在人员可能接触到电气元件的位置应设置醒目的防触电警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		应对线路定期巡检,及时消除隐患	第 6 章	表 B.1 中序号 17
2.2 着火	电气过载故障引发的火灾危险	电气负载功率应不大于额定功率	4.2.2	表 B.1 中序号 12
		电气设备应做好过载保护	4.2.2	表 B.1 中序号 12
	电气线路局部接触不良引起火灾	应减少线路中间连接点	4.2.2	表 B.1 中序号 12
		各处连接点应牢固可靠	4.2.2	表 B.1 中序号 12
	电缆、柜内元器件过于密集,散热不良引起火灾	桥架内电缆敷设应符合规定	4.2.2、 GB 50054	表 B.1 中序号 12
		电气柜内元器件应布置合理	4.2.2	表 B.1 中序号 12
3 热危险的预防措施				
3.1 烫伤	机器及管道隔热材料缺失导致高温表面外露造成人员烫伤	机器高温外表面应采取隔热措施	4.2.6.1	表 B.1 中序号 9
		设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	机器的高温蒸汽、热水或熔体意外外泄造成人员烫伤	使用说明书中应说明:严格按说明书要求进行调试、使用和维护	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	人员违规操作接触到热水或熔体	使用说明书中应说明:作业过程遵守安全操作规范	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	检修时被机器高温部分烫伤	使用说明书中应说明:断电,温度降低后再进行检修,或者使用个体防护装备	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17

表 1 一般要求（续）

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章条编号或标准	验证方法
4 人类工效学危险的预防措施				
4.1 疲劳、肌肉与骨骼疾病	人工操作位置（如手工加料的熔蜡炉加料口）设置不合理，造成人员姿态不舒适或者费力，容易因劳累而产生危险	应合理设置人员操作点位	4.2.11	表 B.1 中序号 16
	因以下工作场所照明原因引起疲劳、精神紧张： a) 照明不足； b) 闪烁、眩光、阴影、频闪效应	应合理设计工作场所照明的强度和方向	4.2.11	表 B.1 中序号 16
4.2 人为错误	标识不清或缺失造成误操作，如： a) 蒸汽、热水进出口标识； b) 阀门开关标识； c) 加热介质或熔体的压力、温度或料（液）位检测及显示元件或标识； d) 操作按钮标识不清等导致人员误操作造成伤害； e) 机器维修空间小	设计应预留足够的空间，防止维修空间狭小	4.2.11	表 B.1 中序号 16
		所有标识应醒目准确	4.2.11	表 B.1 中序号 16
		对于易混淆、误操作的位置，应进行防错设计，从本质上杜绝误操作	4.2.11	表 B.1 中序号 16

4.3.3 熔模铸造的制模设备

熔模铸造的制模设备的安全要求和/或风险减小措施应符合表 2 的规定。

表 2 熔模铸造制模设备的要求

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章条编号或标准	验证方法
1 机械危险的预防措施				
1.1 碰撞、挤压、剪切	在压蜡机工作过程中，人员肢体侵入模具运动空间，同时安全装置故障或缺失造成人体受到挤压和剪切	应采用双手控制启动设计	4.2.4	表 B.1 中序号 14
		应采用电敏保护设备	4.2.9.7	表 B.1 中序号 6
		安全装置应齐全有效	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明：作业人员按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	操作、安装、检修、维护机器时，意外产生的伤害：	机器操作人员取模、合模工位应分离	4.2.1.6	表 B.1 中序号 3
	a) 压蜡机上合模板连接结构失效掉落导致人员伤害；	模具应安装紧固，使用锁紧螺母，每班按时检查	4.2.1.1	表 B.1 中序号 2
	b) 压蜡机模具因固定不牢坠落导致人员受到碰撞、挤压；	机器维修时，应有防掉落措施（使用支撑工具或装置）	4.2.9	表 B.1 中序号 5
	c) 两人操作配合不当导致人员受到伤害	使用说明书中应说明：机器操作人员取模时离开合模工位	第 6 章	表 B.1 中序号 17

表 2 熔模铸造制模设备的要求(续)

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件条款编号或标准	验证方法
1.1 碰撞、挤压、 剪切	操作、安装、检修、维护机器时,意外产生的伤害:	使用说明书中应说明:使用个体防护装备	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	a) 压蜡机上合模板连接结构失效掉落导致人员伤害;	使用说明书中应说明:作业过程遵守安全操作规范	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	b) 压蜡机模具因固定不牢坠落导致人员受到碰撞、挤压;			
	c) 两人操作配合不当导致人员受到伤害			
1.2 缠绕	人体部分或随身物品接触到搅蜡机或连续式生产线的传动部分被卷入造成伤害	应在旋转部分外围设置防护罩	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		使用说明书中应说明:设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备,按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
2 热危险的预防措施				
2.1 烫伤	静置桶排渣意外外泄	排渣口 阀门应采用双重防护或收集渣料总口增加一级防护	4.2.9、4.2.4	表 B.1 中序号 5、 序号 15
2.2 烧伤	采用火焰辅助粘贴蜡模时被烧伤	应制定合理的工艺流程,作业过程遵守安全操作规范	4.2.6	表 B.1 中序号 17
		应定期清理机器旁集烟罩和管路内的沉积蜡	4.2.7.3	表 B.1 中序号 17
		应做好防火措施	4.2.7.3	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
3 材料/有害物质危险的预防措施				
3.1 窒息、中毒	模料熔化过程中产生的有害气体被人员吸入	应强制除尘、通风	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		人员应使用口罩或呼吸过滤面罩	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
3.2 着火、爆炸	模料处理不当和挥发性气体聚集产生的伤害:	应强制除尘、通风	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
	a) 模料处理不当引起火灾;	应加强防火措施,防止明火	4.2.7.3	表 B.1 中序号 17
	b) 熔体产生的挥发性气体聚集引起着火或爆炸	使用说明书中应说明:设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	蜡料存放不当	蜡料应远离电气柜及相关线路	第 6 章	表 B.1 中序号 17
3.3 喷射	熔体压注通道密封失效造成熔体喷射	应设置防护挡板	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		定期检查通道密封	4.2.3	表 B.1 中序号 14
		应严格按说明书要求进行调试、使用和维护	第 6 章	表 B.1 中序号 17

4.3.4 熔模铸造的制壳设备

熔模铸造的制壳设备的安全要求和/或风险减小措施应符合表 3 的规定。

表 3 熔模铸造制壳设备的要求

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
1 机械危险的预防措施				
1.1 碰撞、挤压、 剪切	防护装置缺失产生的伤害： a) 人员违规操作或机器防护装置缺失，导致人员肢体侵入连续式制壳线的悬链或滚筒式淋砂机的滚筒运动空间造成碰撞、挤压、剪切伤害； b) 斗式淋砂机防护装置缺失，人员肢体侵入料斗运动空间造成碰撞、挤压、剪切伤害； c) 制壳机械手工作运行旋转时，旋转半径内未进行有效防护，造成人员碰撞、挤压伤害； d) 制壳线链条突然断裂，造成人员碰撞、挤压； e) 链条脱离光轮，造成链条脱轨收缩； f) 配重块缺少防护，掉落时造成人员挤压	应采用适当的防护装置，防护装置齐全有效： a) 防护连锁装置； b) 固定式防护装置； c) 电敏保护设备； d) 监控报警装置	4.2.9	表 B.1 中序号 5、 序号 6、 序号 18
		悬链线下人员经过处应设置防护网	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		输送线下坡段应设置链条捕捉器	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应进行作业前安全培训及风险隐患告知	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明：设置人员巡视专用通道	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		配重块下部应设置专用防护笼	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		作业人员应按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.2 抛出	沾浆机搅拌电机联轴器连接失效或断(破)裂，被抛出对人员造成伤害	在设计过程中应按照零件的极端受力情况，确定安全系数符合设计规范	4.2.1.1	表 B.1 中序号 2
		应设置防护罩	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应合理使用机器，加强维护，及时发现隐患并妥善处理	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.3 碾压	滚筒式浮砂机驱动轮与滚筒处对人员造成碾压伤害	防护装置应齐全有效	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		检修时应加强监护，防止误启动	4.2.9、 第 6 章	表 B.1 中序号 14、 序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.4 吸入	浮砂机鼓风机进风口防护网损坏或缺失造成人员衣物被吸入	应合理设定防护网网孔大小	4.2.1.5	表 B.1 中序号 3
		应保持防护网稳固完好	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.5 缠绕	电机、传动等旋转部件产生的缠绕伤害： a) 沾浆机搅拌电机、传动轴及叶片对人员造成缠绕伤害； b) 滚筒式淋砂机的电机、联轴器、传动轴对人员造成缠绕伤害； c) 斗式淋砂机的电机、传动部分对人员造成缠绕伤害； d) 浮砂机鼓风机电机对人员造成缠绕伤害	应设置防护装置，并定期检查防护装置的完整有效	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17

表 3 熔模铸造制壳设备的要求(续)

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章条编号或标准	验证方法
2 材料/有害物质危险的预防措施				
2.1 窒息、中毒	沾浆机中及壳模上的涂料挥发的有害气体被人员吸入造成伤害	应强制除尘、通风	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		人员应使用口罩或呼吸过滤面罩	第 6 章	表 B.1 中序号 17
2.2 尘肺病	淋砂机或浮砂机工作时产生的扬尘被人体吸入导致尘肺病	应强制除尘、通风	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		人员应使用口罩或呼吸过滤面罩	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
3 噪声危险的预防措施				
3.1 耳鸣、疲劳	噪声超标产生的伤害：	应采用低噪声喷嘴	4.2.8.1	表 B.1 中序号 8
	a) 鼓风机、除尘风机的噪声源未进行屏蔽,造成人员噪声伤害；	鼓风机的进风口和除尘风机的排风口前应加消声器	4.2.8.1	表 B.1 中序号 8
	b) 使用气枪吹扫压蜡机模具,噪声超标	风机等应采取隔音降噪措施	4.2.8.2	表 B.1 中序号 8
		人员应使用耳塞	4.2.8.3	表 B.1 中序号 17

4.3.5 熔模铸造的脱模与焙烧设备

熔模铸造的脱模与焙烧设备的安全要求和/或风险减小措施应符合表 4 的规定。

表 4 熔模铸造脱模与焙烧设备的要求

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章条编号或标准	验证方法
1 机械危险的预防措施				
1.1 挤压、碰撞、 剪切	焙烧炉的台车或转盘在运行时对人员造成挤压、碰撞和剪切伤害	应保持安全装置齐全有效	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		人员应按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	脱蜡釜或焙烧炉的门开闭过程中造成人员受到挤压或剪切	应设置带防护装置的自动开关门和人员分隔装置，将自动运行区域与人员活动区域分隔开	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		手动操作的炉门应设置为双手操作或远程操作	4.2.4	表 B.1 中序号 15
		应设置防护装置与门电气连锁	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		门应设置双重防护	4.2.4	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.2 碾压	焙烧炉台车走轮对人员产生碾压伤害	应设置防护装置	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		检修时应加强监护	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.3 缠绕	人体部位或随身物品接触到脱蜡釜或焙烧炉开关门的传动机构被卷入缠绕造成伤害	在传动机构周边应设置防护罩	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明：使用个体防护装备，按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17

表 4 熔模铸造脱模与焙烧设备的要求（续）

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
2 热危险的预防措施				
2.1 爆炸	焙烧炉点火前或一次点火失败后未吹扫,造成燃气浓度高,点火瞬间造成燃爆	在控制系统设计时,点火前应强制进行吹扫	4.2.4、 4.2.7.3	表 B.1 中序号 11 序号 14
		燃烧器应配备一套自动火焰检测控制装置,失火后将自动切断气源,并发出声光报警	4.2.7.4	表 B.1 中序号 11
3 热辐射危险的预防措施				
3.1 对眼睛和皮肤的伤害	焙烧炉中及刚出炉的壳模发出的光辐射对人员眼睛和皮肤造成辐射伤害	应及时关闭炉门	4.2.6.1	表 B.1 中序号 9
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
4 材料/有害物质危险的预防措施				
4.1 窒息、中毒	模料熔化或焙烧过程中产生的有害气体被人员吸入造成伤害	应强制除尘、通风	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		人员应使用口罩或呼吸过滤面罩	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
4.2 着火、爆炸	蜡料挥发的气体聚集遇明火引起着火或爆炸	应强制除尘、通风	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		应定期检查清理焙烧炉烟囱壁堆积蜡烟	4.2.7.3	表 B.1 中序号 17
		存放场地应设置警示标志,防止明火	4.2.7.1	表 B.1 中序号 17
4.3 腐蚀	人员操作过程中,意外接触碱液身体被腐蚀造成伤害	使用说明书中应说明:使用个体防护装备,按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17

4.3.6 消失模铸造的制模设备

消失模铸造的制模设备的安全要求和/或风险减小措施应符合表 5 的规定。

表 5 消失模铸造制模设备的要求

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
1 机械危险的预防措施				
1.1 碰撞、挤压、 剪切	人体部位侵入成型机模具运动空间,造成人体受到挤压和剪切	应采用双手操作装置、机械限位装置、电敏保护设备	4. 2. 1. 8、 4.2.4、4.2.9	表 B.1 中序号 5、 序号 6、 序号 14
		应采用带安全锁的安全防护装置	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		作业人员应按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	成型机模具因固定不牢而坠落造成人员受到碰撞、挤压	应合理设计模具与成型机的连接固定方式	4.2.1.1	表 B.1 中序号 2
		模具应安装紧固,按时检查	第 6 章	表 B.1 中序号 17

表5 消失模铸造制模设备的要求(续)

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
1.2 缠绕	人体部位或随身物品接触到机器的旋转部分被卷入造成伤害： a) 预发泡机风机电机； b) 成型机运动驱动电机、丝杠或液压站电机、联轴器	在旋转部分外围应设置防护罩	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明：使用个体防护装备，按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.3 爆裂	蒸汽罐、空气罐等压力容器因使用和维护不当产生的危险	应符合 GB/T 150.4 规定	GB/T 150.4	表 B.1 中序号 20
		应定期巡检	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
2 电气危险的预防措施				
2.1 火灾、爆炸	料仓、珠粒输送系统静电、明火和成型机失火	机器应配备可靠的接地	4.2.2	表 B.1 中序号 12
		机器应配备防静电装置	4.2.2	表 B.1 中序号 12
		机器周边不应有易爆装备	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明：机器操作人员应安全培训后上岗	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		在使用说明书中提示：机器应布置在符合建筑消防规范要求的设施内	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	热熔胶加热过程，导致的火灾温控失灵、遇明火造成火灾	电气设备应有防爆功能	4.2.2.3	表 B.1 中序号 12
		应定期巡检，防止明火	第 6 章	表 B.1 中序号 17
3 热危险的预防措施				
3.1 烫伤	预发泡机和成型机的蒸汽意外外泄造成人员烫伤(管路腐蚀、密封件老化、连接件松动、蒸汽软管老化、仪器仪表安装松动)	应严格按说明书要求进行调试、使用和维护	4.2.3.1、第 6 章	表 B.1 中序号 13、序号 17
		应定期巡检	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	更换粘胶板时，人体接触到热熔胶或高温粘胶板造成烫伤	更换粘胶板时，应等胶温降至安全温度再进行作业	4.2.6.1	表 B.1 中序号 9
		人员应按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
4 材料/有害物质危险的预防措施				
4.1 窒息、中毒	有害气体被人员吸入产生的伤害： a) 预发泡、成型过程中产生的有害气体被人员吸入造成危险； b) 涂料挥发的有害气体被人员吸入	应增加强制通风和挥发性有机物（VOCs）处理	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		在使用说明书中提示：人员应使用口罩或呼吸过滤面罩	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
4.2 着火	珠粒、白模处理不当引起火灾	应加强防火措施，防止明火	4.2.7.3	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17

4.3.7 消失模铸造的涂层制备设备

消失模铸造的涂层制备设备的安全要求和/或风险减小措施应符合表 6 的规定。

表 6 消失模铸造涂层制备设备的要求

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
1 机械危险的预防措施				
1.1 挤压、剪切	在烘干隧道运行时,人体部位侵入悬链、台车等输送装置运行空间,受到挤压和剪切	悬链运行的地方应有防护网,并设置防护门	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		作业人员应按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.2 缠绕	人体部分或随身物品接触到机器的旋转部分被卷入造成伤害: a) 涂料搅拌机(高速/低速)的桨叶; b) 烘干室悬链、辊道等传动装置造成缠绕伤害	应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备,按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17

4.3.8 消失模铸造的造型设备

消失模铸造的造型设备的安全要求和/或风险减小措施应符合表 7 的规定。

表 7 消失模铸造造型设备的要求

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
1 机械危险的预防措施				
1.1 碰撞、挤压、剪切	在消失模造型线运行过程中,人体部位侵入机器或砂箱运动空间,造成人体受到碰撞和挤压	安全设施应齐全有效	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		作业人员应按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	人员手指进入预加砂、雨淋加砂的闸板孔中受到闸板的剪切伤害	手动检查加砂闸板前应关闭闸板驱动气路或油路,或者系统断电	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	机器搬运或因检修需要拆除零部件过程中对人员产生碰撞或挤压伤害	作业前检查起重器和吊具应处于完好状况,保持周边环境通畅	4.2.1.3	表 B.1 中序号 4
		作业过程应遵守安全操作规范	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.2 抛出	零件被抛出对人员产生的伤害: a) 真空设备与电机之间的联轴器、皮带、带轮因受力破坏,或相关紧固件因连接失效或断(破)裂; b) 振实台零件因受力或振动电机偏心块因旋转造成连接失效或断(破)裂	在设计过程中应按照零件的极端受力情况,合理设定安全系数	4.2.1.1	表 B.1 中序号 2
		应保持振动电机外壳完整,安装牢固	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		应安装防护罩	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应合理使用机器,加强维护,及时发现隐患并妥善处理	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17

表 7 消失模铸造造型设备的要求(续)

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
1.3 喷射	浇注时真空不足或型砂透气性不好造成金属液喷射	各浇注工位应设置真空检测仪表	4.2.7.4	表 B.1 中序号 11
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备,按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.4 缠绕	人体部位或随身物品接触到砂箱或小车驱动的走轮、辊轮或其传动部分被卷入造成伤害	机器运行区域周边应设立防护装置	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备,按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
1.5 吸入	真空系统密封不良或人员操作失误对人员造成吸入伤害	应按说明书要求调试、使用和维护	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		人员应规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
2 热危险的预防措施				
2.1 烫伤	人员接触到高温产生的伤害: a) 人员接触到浇注时飞溅的金属熔液; b) 人员接触到浇注后的砂箱表面; c) 从砂箱中抽出的高温气体造成对接真空接头、管道温度过高,人员接触到造成烫伤; d) 人员接触到热砂和零件导致烫伤	自动运行区域应设置防护装置	4.2.9	表 B.1 中序号 5
		人工浇注时,人员应穿戴全套隔热防辐射工作服	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
		应保证浇注区砂箱真空度,防止白模烧蚀产生的气体使金属液反冲	4.2.6.1	表 B.1 中序号 17
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备,按规范操作	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
2.2 热源辐射引起的伤害	浇注时金属熔液发出的热辐射对人员造成伤害	使用说明书中应说明:使用个体防护装备,按规范操作	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
3 噪声危险的预防措施				
3.1 耳鸣、疲劳	机器工作时噪声产生的伤害: a) 振实加砂或砂箱振实时产生的噪声造成人员耳鸣、疲劳; b) 真空设备工作时产生的噪声造成人员耳鸣、疲劳	应采取有效的隔振措施,降低机器传递到基础的动载力	4.2.8	表 B.1 中序号 19
		使用说明书中应说明:使用个体防护装备	4.2.8.3	表 B.1 中序号 8、序号 17

表 7 消失模铸造造型设备的要求（续）

重大危险	危险状态	安全要求和/或风险减小措施	本文件章节编号或标准	验证方法
4 材料/有害物质危险的预防措施				
4.1 窒息、中毒	由以下原因产生的气体被人员吸入产生的伤害： a) 从真空设备中排出的气体中存在白模烧蚀后产生的多种有害气体，人员吸入产生窒息、中毒危害； b) 浇注过程中产生的烟气排放不畅，被人员吸入造成伤害	应加强通风、除尘，集中收集排放	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		浇注过程中砂箱内排放的废气进入真空设备前，应进行一级处理；真空设备后水气分离，应增加 VOCs 治理，废气达到排放标准	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		浇注过程中砂箱外排的废气应采用集中收集排放、除尘	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		使用说明书中应说明：使用个体防护装备	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
4.2 尘肺病	预加砂、雨淋加砂及振实工作时产生的扬尘被人体吸入导致尘肺病	应强制除尘	4.2.7.1	表 B.1 中序号 10
		使用说明书中应说明：使用个体防护装备	4.2.6.2	表 B.1 中序号 17
		应设置醒目的警示标识	第 6 章	表 B.1 中序号 17
4.3 着火	人工操作平台上白模处理不当引起着火	人员应操作规范	第 6 章	表 B.1 中序号 17
	金属熔液意外洒落和浇注金属液反喷，遇到可燃物引起着火	浇注区应设置警示标志，防止可燃物引起着火	第 6 章	表 B.1 中序号 17
		对机器管线等可燃物应进行防护处理	第 6 章	表 B.1 中序号 17

5 安全要求和/或风险减小措施的验证

5.1 验证方法

5.1.1 通则

机器是否与第 4 章中安全技术要求和/或措施相符，应按下列四种方法验证。每一项安全技术要求和/或措施至少需用一种方法验证，根据机器的安全要求和/或风险减小措施的性质，具体采用何种验证方法，应按照 5.1.2～5.1.5 优先顺序，在前一种方法无法实施或不能验证的情况下，允许按后一种方法验证，依次进行。当某一项安全技术要求和/或措施具有多种方法可验证时，几种方法验证的结果均应相符。

5.1.2 功能试验

通过功能试验（例如，通过防护装置的强度试验或保护装置的功能试验），检查机器的强度或功能是否满足要求。

5.1.3 测量或检测

使用检测仪器、仪表优先选择现行有效且经标准化的测定方法,检查规定的要求是否在限定之内(例如,噪声、粉尘浓度的测量)。

5.1.4 计算和/或查看文件

通过计算来分析和检查机器是否满足要求(例如,重心位置、机械强度、安全系数和稳定性的计算);和/或通过文件证明(例如,查看设计图、计算书、试验记录、使用说明书等)。

5.1.5 目视检查

通过目视检查机器是否达到应具备的要求和性能(例如,通过目视检查机器的警告信号和标志的颜色以及其他使用信息)。目视检查包括检查或审查机器的使用信息。

5.2 验证清单

按照上述验证方法进行验证的过程优先选用现行有效且经标准化的规范性验证方法。本文件范围内涉及的机器的安全要求和/或风险减小措施的验证方法应按附录 B 进行。

6 使用信息

6.1 一般要求

6.1.1 机器设计应有使用信息,使用信息应通知和警告操作者有关的剩余风险。

6.1.2 机器使用信息应包括安全说明,安全说明可单独编写,也可作为使用说明书的一部分。

6.2 信号和警告装置

6.2.1 机器的视觉信号(如警示灯)、听觉信号(如报警器)应符合 GB/T 18209.1 的规定。

6.2.2 指示灯信号颜色应符合 GB/T 5226.1 的规定。

6.3 标志、符号(象形图)和书面警告

6.3.1 机器的标志、符号(象形图)和书面警告应符合 GB/T 15706—2012 中 6.4.4 的规定。

6.3.2 机器应在明显位置固定标记有机器识别信息的标志,标志内容应至少包括:

- a) 制造商或供应商的名称;
- b) 产品型号与名称;
- c) 出厂日期和出厂编号。

6.3.3 机器还应在明显位置固定标记有机器性能和维护有关信息的标志,表明如下信息:

- a) 额定生产率;
- b) 机器质量;
- c) 运输和安装时的起吊点;
- d) 人工润滑的润滑点;
- e) 各种信号和警告装置(如闪光灯、报警器)、标志、文字警告(如对在潜在易燃、易爆气氛中使用的设备,以及尽管动力源已被切断并锁定,然而尚未符合零机械状态的有可能造成意想不到危险条件的设备部件等)。

6.3.4 机器的各种安全与警告指示应在机器的相应部位设置醒目标志。

6.3.5 机器及其电气存在剩余风险的地方应设置警告性标志。

6.3.6 机器的安全色和安全标志应符合 GB 2893 和 GB 2894 的规定。

6.3.7 机器操作面板上应有反映机器安全运行、工作状态、故障等有关信息的指示。

6.4 使用说明书

6.4.1 使用说明书应符合 GB/T 15706—2012 中 6.4.5 和 GB/T 9969 的规定。

6.4.2 使用说明书应包括下列信息：

- a) 是否需要培训；
- b) 是否需要个体防护装备；
- c) 可能需要的附加防护装置或保护装置；
- d) 熔模和消失模铸造设备的参数和特性数据；
- e) 产品采用的标准；
- f) 安装说明(如安装地基图、地基要求、连接要求、减振要求、安装程序与步骤、各系统的安装要求与调整等),环境条件；
- g) 熔模和消失模铸造设备与动力源的连接说明；
- h) 对熔模和消失模铸造设备及其附件、防护和/或安全装置的详细说明；
- i) 电气控制系统说明；
- j) 试运转前应完成的调试项目及其应达到的技术要求,需要检验保护措施的要求；
- k) 熔模和消失模铸造设备工作时产生的噪声等数据；
- l) 安全操作步骤、安全规程的详细说明；
- m) 操作者可能需要的其他保护的详细资料,如听觉保护、视觉保护,以及防护服、头盔、呼吸罩等；
- n) 对故障的识别与位置确定、排除方法以及调整、维修后再启动的详细说明；
- o) 维修、维护程序 and 要求的详细说明；
- p) 润滑部位、润滑方法及润滑油种类牌号的说明；
- q) 在操作、保养和修理工作时,接触金属熔液、高温零件和物质的表面、有毒或易发生反应的化学物质；
- r) 维修、维护程序 and 要求的详细说明。

6.4.3 机器的正确维修或维护对操作者的安全至关重要,在使用说明书中强调：

- a) 在操作者身体的任何部分置于危险区之前,应先将机器置于零机械状态；
- b) 在进行维修或维护之前,应使机器处于断电状态;确需带电作业时,应做好防护和安全监管；
- c) 在起重机器前应检查起重机器和吊具的状况是否正常；
- d) 应经常检查紧固件是否松动,如有松动应紧固到位；
- e) 电机的电源接线应保证其转向与转向标志或转向警示标识的要求一致；
- f) 断裂的或严重磨损、腐蚀的零件及其紧固件等应进行更换,并进行定期检查；
- g) 应检查所有防止液压介质、蒸汽、压缩空气溢出的密封件,如发现有缺陷应进行更换；
- h) 应及时清扫熔模和消失模铸造设备上的散落物；
- i) 应定期对润滑点进行润滑。

附 录 A
(资料性)
重大危险清单

本附录包含了本文件所涉及的、经风险评估识别为本类机器需要采取措施消除或减小风险的所有重大危险,以及危险状态和危险事件示例。

机器的重大危险清单见表 A.1。

表 A.1 重大危险清单

序号	危险类型	危险区域、危险源 ^a	危险 ^b	危险状态或危险事件示例	本文件对应条款
1	机械危险	机器零部件的尖角或锐边	刺穿或刺破	在运输、安装、使用和维护过程中接触到机器结构部分、防护装置或包裹在隔热材料外的金属保护层的锐角、锐边或锋利部件导致的人员伤害	表 1 中 1.1
		机器搬运或因检修需要拆除零部件过程的吊装和搬运	碰撞、挤压	机器搬运或因检修需要拆除零部件过程中对人员产生碰撞或挤压伤害	表 1 中 1.3
		蜡处理装置	滑倒	蜡料泄漏或洒落等导致人员滑倒	表 1 中 1.2
		搅蜡机	缠绕	人体部位或随身物品接触到搅蜡机或连续式生产线的传动部分被卷入造成伤害	表 1 中 1.4
		压蜡机	滑倒、绊倒	压蜡机或连续生产线周边泄漏或洒落的蜡料、水渍、油污等导致人员滑倒; 机器周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	表 1 中 1.2
			碰撞、挤压、剪切	在压蜡机工作过程中,人员肢体侵入模具运动空间,同时安全装置故障或缺失造成人体受到挤压和剪切; 模具因固定不牢而坠落造成人员受到碰撞、挤压; 两人操作配合不当导致人员受到伤害	表 2 中 1.1
			抛出	液压式压蜡机的液压站电机联轴器破坏造成零件抛出对人员造成伤害	表 2 中 1.2
		沾浆机	滑倒、绊倒	机器周边泄漏或洒落的砂粒、涂料等导致人员滑倒	表 1 中 1.2
			抛出	机器周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	表 3 中 1.1
				搅拌电机联轴器连接失效或断(破)裂,被抛出对人员造成伤害	表 3 中 1.2

表 A.1 重大危险清单（续）

序号	危险类型	危险区域、危险源 ^a	危险 ^b	危险状态或危险事件示例	本文件对应条款
1	机械危险	沾浆机	缠绕	搅拌电机、传动轴及叶片对人员造成缠绕伤害	表 3 中 1.5
		淋砂机、浮砂机	滑倒、绊倒	机器周边泄漏或洒落的砂粒、涂料等导致人员滑倒	表 1 中 1.2
				机器周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	表 1 中 1.2
			碰撞、挤压、剪切	人员违规操作或机器防护装置缺失,导致人员肢体侵入滚筒式淋砂机的滚筒运动空间造成碰撞、挤压、剪切伤害	表 3 中 1.1
				斗式淋砂机防护装置缺失,人员肢体侵入料斗运动空间造成碰撞、挤压、剪切伤害	表 3 中 1.1
			碾压	因防护装置损坏或缺失,滚筒式浮砂机驱动轮与滚筒处对人员造成碾压伤害	表 3 中 1.3
			吸入	浮砂机鼓风机进风口防护网损坏或缺失造成人员衣物被吸入	表 3 中 1.4
			缠绕	电机、联轴器、传动轴对人员造成缠绕伤害	表 3 中 1.5
		制壳线	碰撞、挤压、剪切	人员违规操作或机器防护装置缺失,导致人员肢体侵入连续式制壳线的悬链造成碰撞、挤压、剪切伤害; 制壳机械手工作运行旋转时,旋转半径内未进行有效防护,造成人员碰撞、挤压伤害; 制壳线链条突然断裂,造成人员碰撞、挤压; 链条脱离光轮,造成链条脱轨收缩; 配重块缺少防护,掉落时造成人员挤压	表 3 中 1.1
		脱蜡釜	滑倒、绊倒	机器周边泄漏或洒落的水渍、焙烧炉周边散落的砂粒等导致人员滑倒	表 1 中 1.2
				机器周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	表 1 中 1.2
			挤压、剪切	门开闭过程中造成人员受到挤压或剪切	表 4 中 1.1
			缠绕	人体部位或随身物品接触到机器开关门的传动机构被卷入缠绕造成伤害	表 4 中 1.2
		焙烧炉	挤压、碰撞、剪切	焙烧炉的台车或转盘在运行时对人员造成挤压、碰撞和剪切伤害	表 4 中 1.1
				门开闭过程中造成人员受到挤压或剪切	表 4 中 1.1
			碾压	台车走轮对人员产生碾压伤害	表 4 中 1.2

表 A.1 重大危险清单（续）

序号	危险类型	危险区域、危险源 ^a	危险 ^b	危险状态或危险事件示例	本文件对应条款
1	机械危险	焙烧炉	缠绕	人体部位或随身物品接触到机器开关门的传动机构被卷入缠绕造成伤害	表 4 中 1.3
		预发泡机	滑倒、绊倒	机器周边泄漏或洒落的珠粒、水渍、油污、涂料等导致人员滑倒	表 1 中 1.2
				机器周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	表 1 中 1.2
			喷射	机器蒸汽通道密封失效造成蒸汽喷射	表 5 中 1.2
			缠绕	人体部位或随身物品接触到电机等旋转部分被卷入造成伤害	表 5 中 1.3
		成型机	滑倒、绊倒	机器周边泄漏或洒落的珠粒、水渍、油污、涂料等导致人员滑倒	表 1 中 1.2
				机器周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	表 1 中 1.2
			碰撞、挤压、剪切	在成型机工作过程中,人体部位侵入模具运动空间,同时安全装置故障、缺失造成人体受到挤压和剪切	表 5 中 1.1
				模具因固定不牢而坠落造成人员受到碰撞、挤压	表 5 中 1.1
			喷射	成型机的液压系统密封失效或管路破裂造成油液喷射	表 5 中 1.2
			缠绕	人体部位或随身物品接触到成型机运动驱动电机、丝杠或液压站电机、联轴器的旋转部分被卷入造成伤害	表 5 中 1.3
		烘干室、烘干炉	挤压、剪切	烘干隧道运行时,人体部位侵入台车等输送装置运行空间,受到挤压和剪切	表 6 中 1.1
			抛出	烘干炉悬链或链板传动部分破坏造成零件抛出	表 6 中 1.2
			缠绕	烘干室悬链、链板、辊道等传动装置造成缠绕伤害	表 6 中 1.2
		消失模造型线	滑倒、绊倒	消失模造型线周边泄漏或洒落的砂粒、铁渣、油污等导致人员滑倒	表 1 中 1.2
				消失模造型线周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	表 1 中 1.2
			碰撞、挤压	在消失模造型线运行过程中,人体部位侵入机器或砂箱运动空间,造成人体受到碰撞和挤压	表 7 中 1.1
			缠绕	人体部位或随身物品接触到砂箱或小车驱动的走轮、辊轮或其传动部分被卷入造成伤害	表 7 中 1.4

表 A.1 重大危险清单（续）

序号	危险类型	危险区域、危险源 ^a	危险 ^b	危险状态或危险事件示例	本文件对应条款
1	机械危险	雨淋加砂装置	剪切	人员手指进入预加砂、雨淋加砂的闸板孔中受到闸板的剪切伤害	表 7 中 1.1
			抛出	振动式雨淋加砂因旋转造成连接失效或断(破)裂,被抛出对人员造成伤害	表 7 中 1.2
		振实台	抛出	振实台零件因受力或振动电机偏心块因旋转造成连接失效或断(破)裂,被抛出对人员造成伤害	表 7 中 1.2
		真空系统	滑倒、绊倒	真空设备周边泄漏或洒落的水渍、油污等导致人员滑倒	表 1 中 1.2
				机器周边管线布置、杂物堆放不合理或现场照明不良造成人员绊倒	表 1 中 1.2
			挤压、碰撞	在消失模造型线运行过程中,人体部位侵入机器或砂箱运动空间,造成人体受到碰撞和挤压	表 7 中 1.1
			抛出	真空设备与电机之间的联轴器、皮带、带轮因受力破坏,或相关紧固件因连接失效或断(破)裂,被抛出对人员造成伤害	表 7 中 1.2
			缠绕	人体部位或随身物品接触到真空设备电机或其传动部分被缠绕卷入造成伤害	表 7 中 1.4
			吸入	真空系统密封不良或人员操作失误对人员造成吸入伤害	表 7 中 1.5
			液压系统	喷射	熔体压注通道密封失效造成熔体喷射
		液压系统密封失效或管路破裂造成油液喷射			表 7 中 1.3
		浇注时真空不足或型砂透气性不好造成金属液喷射			表 7 中 1.3
2	电气危险	电气设备	烧伤、化学效应、医学植入物的影响、电死、电击	电气设备线路漏电产生的触电危险	表 1 中 2.1
				人员误接触到元器件带电部分	表 1 中 2.1
		着火	电气过载故障引发的火灾危险	表 1 中 2.2	
			电气线路局部接触不良引起火灾	表 1 中 2.2	
			电缆、柜内元器件过于密集,散热不良引起火灾	表 1 中 2.2	

表 A.1 重大危险清单 (续)

序号	危险类型	危险区域、危险源 ^a	危险 ^b	危险状态或危险事件示例	本文件对应条款
2	电气危险	料仓、珠粒输送系统	火灾、爆炸	静电、明火和成型机失火	表 5 中 2.1
		模样粘接单元	火灾、爆炸	热熔胶加热过程导致火灾	表 5 中 2.1
				温控失灵、遇明火造成火灾	
3	热危险	机器检修	烫伤	检修时被机器高温部分烫伤	表 1 中 3.1
				人员违规操作接触到热水或熔体	表 1 中 3.1
		熔蜡炉	烫伤	熔蜡炉及管道隔热材料缺失导致高温表面外露造成人员烫伤	表 1 中 3.1
				蒸汽式熔蜡炉的高温蒸汽、热水熔蜡炉的热水或熔蜡炉中的熔体意外外泄造成人员烫伤	表 1 中 3.1
		搅蜡机	烫伤	搅蜡机及管道隔热材料缺失导致高温表面外露造成人员烫伤	表 1 中 3.1
		静置桶	烫伤	静置桶排渣意外外泄	表 2 中 3.1
		压蜡机	烧伤	采用火焰辅助粘贴蜡模时被烧伤	表 2 中 3.2
			烫伤	存储或输送热水、熔体的腔体、管道外层隔热材料缺失造成人员烫伤	表 2 中 3.1
				熔体或热水保温式压蜡机的热水意外外泄造成人员烫伤	表 2 中 3.1
		沾浆机	窒息、中毒	沾浆机中及壳模上的涂料挥发的有害气体被人员吸入	表 3 中 2.1
		脱蜡釜	烫伤	脱蜡釜表面隔热材料缺失导致高温表面外露造成人员烫伤	表 1 中 3.1
				蒸汽式脱蜡釜的蒸汽、热水式脱蜡釜的热水或焙烧炉的高温气体外泄造成人员烫伤	表 1 中 3.1
				人员接触到回收待用的高温液态蜡料	表 1 中 3.1
				人员防护装备不全或违规操作接触到刚出炉的壳模或搬运高温壳模的工具	表 1 中 3.1
		焙烧炉	烫伤	焙烧炉表面隔热材料缺失导致高温表面外露造成人员烫伤	表 1 中 3.1
			爆炸	焙烧炉点火前或一次点火失败后未吹扫,造成燃气浓度高,点火瞬间造成燃爆	表 4 中 2.1
			热辐射	焙烧炉中以及刚出炉的壳模发出的热辐射造成人员伤害	表 4 中 3.1
		预发泡机、成型机	烫伤	蒸汽意外外泄造成人员烫伤	表 5 中 3.1
		模样粘接机	烫伤	采用热熔胶粘接白模时,人体接触到热熔胶或热熔胶池造成烫伤	表 5 中 3.1

表 A.1 重大危险清单（续）

序号	危险类型	危险区域、危险源 ^a	危险 ^b	危险状态或危险事件示例	本文件对应条款
3	热危险	模样粘接机	烧伤	采用火焰辅助粘接蜡模时被烧伤	表 2 中 3.2
		烘干室	烫伤	从烘干炉内出来的台车、托板、悬链等造成人员烫伤	表 1 中 3.1
		浇注设备	烫伤	人员接触到浇注时飞溅的金属熔液	表 7 中 2.1
				人员接触到浇注后的砂箱表面	表 7 中 2.1
			热辐射	浇注时金属熔液发出的热辐射对人员造成伤害	表 7 中 2.2
		真空系统	烫伤	从砂箱中抽出的高温气体造成对接真空接头、管道温度过高，人员接触到造成烫伤	表 7 中 2.1
4	材料/有害物质产生的危险	有害气体	窒息、中毒	模料熔化和预发泡、成型过程中产生的有害气体被人员吸入	表 2 中 4.1
				熔体、蜡模、涂料挥发的有害气体被人员吸入	表 4 中 4.1
				浇注过程中产生的烟气排放不畅，被人员吸入造成伤害	表 7 中 5.1
				从真空设备中排出的气体中存在白模烧蚀后产生的多种有害废气，人员吸入产生窒息、中毒危害	表 7 中 5.1
		易燃物	着火	珠粒、白模处理不当引起火灾	表 5 中 4.2、表 7 中 4.3
				蜡料存放不当	表 2 中 2.1
				模料处理不当引起火灾	表 6 中 5.3
				熔体产生的挥发性气体聚集引起着火或爆炸	表 2 中 4.2
				金属熔液意外洒落和浇注金属液反喷，遇到可燃物引起着火	表 6 中 5.3
		扬尘	尘肺病	淋砂机或浮砂机工作时产生的扬尘被人体吸入导致尘肺病	表 3 中 2.2
				预加砂、雨淋加砂及振实工作时产生的扬尘被人体吸入导致尘肺病	表 3 中 2.2

表 A.1 重大危险清单（续）

序号	危险类型	危险区域、危险源 ^a	危险 ^b	危险状态或危险事件示例	本文件对应条款
5	噪声危险	振实加砂或砂箱振实、真空设备、风机、气枪 注：振动源为设备运行过程。	耳鸣、疲劳	振实加砂或砂箱振实、真空设备工作时产生的噪声造成人员耳鸣、疲劳	表 7 中 4.1
				鼓风机、除尘风机的噪声源未进行屏蔽,造成人员噪声伤害	表 3 中 3.1
				使用气枪吹扫压蜡机模具,噪声超标	表 3 中 3.1
6	忽视人类工效学原则产生的危险	操作空间与人体尺寸不协调、机旁按钮的设计或位置不合适、不合适的局部照明、过度用力、不健康的工作姿势	疲劳、肌肉与骨骼疾病	对于维护或故障排除所需的工作造成人员姿态不舒适或者费力,容易因劳累而产生危险	表 1 中 4.1
				人工操作位置(如手工加料的熔蜡炉加料口、人工沾浆及淋砂、脱蜡釜密封门、焙烧炉炉门、预发泡机加料位置、成型机的取模位置、涂料池高度等)操作位置设置不合理,造成人员姿态不舒适或者费力,容易因劳累而产生危险	表 1 中 4.1
				因以下工作场所照明原因引起疲劳、精神紧张: a) 照明不足; b) 闪烁、眩光、阴影、频闪效应	表 1 中 4.1
			人为错误	按钮标识不清、缺失造成误操作	表 1 中 4.2
				机器维修空间小	表 1 中 4.2
^a 单个危险源可能存在有几种危险。 ^b 对于某种或某组危险,可能与几个危险源有关。					

附 录 B
(规范性)
验 证 清 单

本附录给出了针对本文件范围涉及的机器的重大危险而采取的合理的安全要求和/或风险减小措施的验证方法。

机器安全要求和/或风险减小措施的验证应按表 B.1 执行。

表 B.1 安全要求和/或风险减小措施验证清单

序号	本文件安全要求	本文件章节编号	相关标准	验证方法
1	机器零部件及防护装置的形状无尖角、锐边	4.2.1.2	GB/T 15706—2012 中 6.2.2.1	目视检查(5.1.5):机器零部件有无锐边、尖角等危险形状
2	机器及零部件的强度、刚度和稳定性	4.2.1.1	GB/T 15706—2012 中 6.2.12.2、6.2.12.4、 6.2.3 和 GB/T 26951、 GB/T 26952	功能试验(5.1.2):稳定性防护措施是否达到要求。 计算(5.1.4):校核机器及零部件的强度、刚度和稳定性。 若本质安全设计不能实现稳定性要求时,查看是否采用稳定性的防护措施
3	机械部件的形状和相对位置	4.2.1.5	GB/T 12265、 GB/T 23821	测量(5.1.3):部件间的最小间距、开口防护结构与危险区的安全距离是否符合 GB/T 12265 和 GB/T 23821 的规定
4	机器整机和大型零部件吊运要求	4.2.1.3	GB/T 15706—2012 中 6.3.5.5	目视检查(5.1.5):是否设置起吊装置,标出吊点及其重量,并在使用信息中包含有关信息的说明
5	防护装置的以下要求: ——固定式和联锁活动式 防护装置的功能; ——与防护装置相关的联 锁装置要求; ——防护装置的定位以及 与危险区域保持安全 距离	4.2.9.1~4.2.9.6	GB/T 8196—2018、 GB/T 18831、 GB/T 23821、 GB/T 19876	功能试验(5.1.2):按 GB/T 8196— 2018 中第 7 章的规定对本文件采用的 防护装置分别进行验证。 功能试验联锁装置是否满足 GB/T 18831 的规定。 测量(5.1.3):防护装置的安全距离是 否符合 GB/T 23821 的规定。验证人 体部位接近速度有关的防护装置定位 的最小安全距离是否按 GB/T 19876 中的方法得出
6	电敏保护设备要求	4.2.9.7	GB/T 19436.1—2013	功能试验(5.1.2):按 GB/T 19436.1— 2013 中第 5 章进行安全要求的验证
7	接近或进入机器的固定 设施: ——接近或进入机械的安 全工作平台或通道; ——进入机器的楼梯、阶梯 和护栏	4.2.10	GB/T 17888(所有部 分)	测量(5.1.3):按 GB/T 17888(所有部 分)的要求测量工作平台、通道、楼梯、 阶梯和护栏的尺寸。 目视检查(5.1.5):工作平台及通道是 否采用了必要的防滑措施

表 B.1 安全要求和/或风险减小措施验证清单（续）

序号	本文件安全要求	本文件条款编号	相关标准	验证方法
8	通过隔离噪声源减小噪声的排放	4.2.8	GB/T 15706—2012 中 6.3.4.2	测量(5.1.3):按 GB/T 25371 检测,在屏障防护下噪声值是否满足要求
9	高温与辐射应采取防护措施	4.2.6	GB/T 18153、 GB/T 23821	测量(5.1.3):机械表面的温度是否低于标准规定的限值。 目视检查(5.1.5):是否采用防护装置屏蔽辐射,以及是否给出警示信息和使用个体防护装备的说明
10	除尘装置有效捕获、减少机器工作产生的排放	4.2.7.1	GB/T 15706—2012 中 6.3.3.2、6.3.4.4	测量(5.1.3):除尘系统是否满足排放要求。 目视检查(5.1.5):除尘装置对烟尘排放的减少
11	通过措施限制易爆有毒气体的积聚危险	4.2.7.3~4.2.7.7	GB/T 15706—2012 中 6.3.2.5、GB/T 25285.1、 GB/T 18569.2	测量(5.1.3):应按照 GB/T 18569.2 的规定验证机械排放的有害物质对于健康的风险。 目视检查(5.1.5):在使用危险气体的有限空间是否安装防爆通风风机及漏气检测报警装置
12	电气设备	4.2.2	GB/T 5226.1、 GB/T 4208—2017	功能试验(5.1.2):按 GB/T 5226.1 的要求进行。有关电路的接通、断开、急停以及过载保护都应经过功能试验。 目视检查(5.1.5): a) 电气线路是否采用可靠地隔热保护措施; b) 制造商的电气设备原理图是否合理; c) 电机铭牌数据是否满足使用要求; d) 检查采购元器件的合格证明材料和相关元件是否损坏
13	气动系统	4.2.3.1	GB/T 7932	功能试验(5.1.2):按 GB/T 7932 的要求进行
14	液压系统: ——满足安全使用; ——设置必要的安全防护装置; ——液压管路不应有液压泄漏	4.2.3.2	GB/T 15706—2012 中 6.2.10、GB/T 3766	测量(5.1.3):按 GB/T 3766 的要求进行检测:液压系统用 1.2 倍的额定压力进行耐压试验,保压 30 min,不应有油液泄漏。 查看文件(5.1.4):检查制造商的液压系统原理图是否合理。 目视检查(5.1.5):是否设置必要的固定式防护装置

表 B.1 安全要求和/或风险减小措施验证清单（续）

序号	本文件安全要求	本文件条款编号	相关标准	验证方法
15	控制系统安全相关部件	4.2.4	GB/T 16855.1	功能试验(5.1.2):对每项单独的安全功能,验证控制系统安全相关部件达到的性能等级(PL)是否满足所需性能等级(PL _r)
16	人类工效学要求: ——操作人员的工作岗位尺寸; ——人体进入机械的开口尺寸; ——合理设置操作高度,防止操作者使用机器时的不适姿势和动作; ——局部照明要求; ——警示标识	4.2.11	GB/T 13379、 GB/T 14776、 GB/T 18209.1、 GB/T 18717.1、 GB/T 18717.2	测量(5.1.3):工作岗位尺寸是否符合 GB/T 14776 的规定; 测量机械的开口尺寸是否符合 GB/T 18717.1 或 GB/T 18717.2 的原则; 机器工作区域内,局部照明应符合 GB/T 13379 的规定。 目视检查(5.1.5):机器是否易于操作; 警示标识应符合 GB/T 18209.1 的规定
17	使用信息要求: ——告知用户机器启用是否需要培训; ——机器是否需要专业资格人员使用; ——应为使用者提供个体防护装备; ——可能需要的附加防护装置或保护装置; ——设置醒目的警示标识	6.3	GB/T 15706—2012 中 6.4	目视检查(5.1.5):制造商是否提供了有关此项要求的使用信息
18	信号和警告装置	6.2	GB/T 15706—2012 中 6.4.3	目视检查(5.1.5):机器运行时是否有声光警报装置
19	振动设备传递到基础的振动力和频率要求	4.2.8.2	GB/T 15706—2012 中 6.3.4.3	计算(5.1.4):校核振动设备传递到基础的振动力和频率是否满足要求
20	压力容器要求	4.2.1.10	GB/T 150.4	功能试验(5.1.3):按 GB/T 150.4 的要求进行验证

参 考 文 献

- [1] GB/T 16755—2015 机械安全 安全标准的起草与表述规则
-

