



中华人民共和国国家标准

GB/T 42596.2—2024

机床安全 压力机 第2部分：机械压力机安全要求

Machine tools safety—Presses—Part 2: Safety requirements for
mechanical presses

(ISO 16092-2:2019, MOD)

2024-11-28 发布

2025-06-01 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 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 重大危险清单 3

5 安全要求和/或措施..... 3

6 安全要求和/或措施的验证 28

7 使用信息..... 33

附录 A (资料性) 重大危险、危险情况和防护措施 34

附录 B (规范性) 最小安全距离的计算 35

附录 C (资料性) 旋转凸轮装置的设置 38

附录 D (规范性) 1 型压力机停止时间 t_2 的测定 45

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 42596《机床安全 压力机》的第2部分。GB/T 42596 已经发布了以下部分：

- 第1部分：通用安全要求；
- 第2部分：机械压力机安全要求；
- 第3部分：液压机安全要求；
- 第4部分：气动压力机安全要求。

本文件修改采用 ISO 16092-2:2019《机床安全 压力机 第2部分：机械压力机安全要求》。

与 ISO 16092-2:2019 相比，本文件做了下述结构调整：

- 5.2.3 的悬置段的要求移入 5.2.3.1 中；
- 5.3.6 的悬置段的要求移入 5.3.6.1 中；
- 5.4.1 的悬置段的要求移入 5.4.1.1 中；
- 5.4.1.2.1、5.4.1.2.2、5.4.1.2.3 调整为 5.4.1.2 的列项；
- 5.4.1.3.1、5.4.1.3.2 调整为 5.4.1.3 的列项；
- 5.4.2 的悬置段的要求移入 5.4.2.1 中；
- 5.4.4 的悬置段的要求移入 5.4.4.1 中；
- 5.5 的悬置段要求移入 5.5.1 中。

本文件与 ISO 16092-2:2019 的技术性差异及其原因如下：

- 用规范性引用的 GB/T 14048.5—2017 代替 IEC 60947-5-1:2016(见第5章)，两个文件之间的一致性程度为修改，以适应我国的技术条件，增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 42596.1—2023 代替 ISO 16092-1:2017(见第5章)，两个文件之间的一致性程度为修改，以适应我国的技术条件，增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 42596.3—2023 代替 ISO 16092-3:2019(见第5章)，两个文件之间的一致性程度为修改，以适应我国的技术条件，增加可操作性；
- 增加了对 GB 17120《锻压机械 安全技术条件》的规范性引用(见第5章)，以实施我国锻压机械行业的强制性国家标准。

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。

本文件由全国锻压机械标准化技术委员会(SAC/TC 220)归口。

本文件起草单位：济南铸锻所检验检测科技有限公司、扬力集团股份有限公司、扬州锻压机床有限公司、浙江易锻精密机械有限公司、青岛宏达锻压机械有限公司、宁波澳玛特高精冲压机床股份有限公司、荣成华东锻压机床股份有限公司、宁波精达成形装备股份有限公司、金丰(中国)机械工业有限公司、南京蓝昊智能科技有限公司、山东沃达重工机床有限公司、宁波博信机械制造有限公司、山西晨辉锻压设备制造股份有限公司、山东莱恩光电科技股份有限公司、无锡市拓发自控设备有限公司、江西省力速数控机械有限公司、深圳市湾测技术有限公司。

本文件主要起草人：马立强、林雅杰、董宏斌、于镇玮、奚嘉隆、仲太生、朱新武、竺银军、李永坚、费秀峰、缪海楠、邱玉良、刘卫东、林海龙、乔温泉、舒海涛、荣琳、晏海峰、陈卓贤。

引 言

根据 GB/T 15706—2012,本文件属于 C 类标准。

本文件对下列与机械安全有关的利益相关方尤为重要:

- 机器制造商(小型、中型和大型企业);
- 健康和安全机构(监管机构、事故预防组织、市场监管机构等)。

其他受到机械安全水平影响的利益相关方有:

- 机器用户/雇主(小型、中型和大型企业);
- 机器用户/员工(例如工会、特殊需要人员组织);
- 服务提供者,例如提供维护(小型、中型和大型企业);
- 消费者(针对预定由消费者使用的机械)。

上述利益相关方均有可能参与本文件的起草。

本文件的范围中指出了有关机械以及涵盖的危险、危险情况或危险事件的范围。

当 C 类标准中的要求与 A 类或 B 类标准中规定的要求不同时,本 C 类标准的要求优先于其他标准的要求,应根据本 C 类标准的要求设计和制造机器。

GB/T 42596《机床安全 压力机》拟分为以下四个部分。

- 第 1 部分:通用安全要求。目的在于确立设计、制造和供应压力机时应遵守的通用安全技术要求和措施。
- 第 2 部分:机械压力机安全要求。目的在于确立设计、制造和供应机械压力机时应遵守的安全技术要求和措施。
- 第 3 部分:液压机安全要求。目的在于确立设计、制造和供应液压机的安全要求;
- 第 4 部分:气动压力机安全要求。目的在于确立设计、制造和供应气动压力机时应遵守的安全技术要求和措施。

机床安全 压力机

第2部分：机械压力机安全要求

1 范围

除 GB/T 42596.1—2023 外,本文件规定了设计、制造和供应下列类型的机械压力机和机械压力机生产系统应采取的安全技术要求和措施:

- a) 1 型:使用分转式离合器的压力机;
- b) 2 型:使用伺服驱动系统的压力机(机械伺服压力机)。

注 1: 本文件中的要求适用于这两类机械压力机。如果某个要求只适用于一种类型的压力机,那么需要指明。

注 2: 其他类型的电动驱动系统提供了与通常被称为“伺服驱动”或“伺服电机”类似的功能,因此在本文件使用的术语中,它们的用途被认为是相同的(例如,变频驱动系统)。

本文件适用于机械压力机,能力范围为从生产小工件的单个操作人员的小型高速压力机,到多个操作人员、生产大型复杂工件的大型慢速压力机。

本文件涉及机械压力机在预定使用和制造商可合理预见的误用条件下,处理关于机械压力机和辅助设备(例如,移动模具气垫、工件顶出器、送料和传输系统)的所有重大危险(见第 4 章)。考虑到 GB/T 15706—2012 中 5.4 规定的压力机生命周期内的所有阶段。

注 3: 所有重大危险是指在本文件发布时已识别或者与压力机相关的危险。

除 GB/T 42596.1—2023 中未包括的机器外,本文件不适用于下列机器。

- a) 通过液压或气动装置传递能量,使压力机滑块运动。
- b) 有两个或多个滑块在不同角度方向上运动。

注 4: 本文件适用于有两个或多个滑块以同一角度方向运动的压力机,例如,压力机有内、外滑块。

- c) 使用一个或多个线性电机机构来传递能量使压力机滑块运动。

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 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件(IEC 60204-1:2016,IDT)

GB/T 12668.501—2013 调速电气传动系统 第 5-1 部分:安全要求 电气、热和能量(IEC 61800-5-1:2007,IDT)

GB/T 12668.502—2013 调速电气传动系统 第 5-2 部分:安全要求 功能(IEC 61800-5-2:2007,IDT)

GB/T 14048.5—2017 低压开关设备和控制设备 第 5-1 部分:控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器(IEC 60947-5-1:2016,MOD)

GB/T 15706—2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小(ISO 12100:2010,IDT)

GB/T 16754—2021 机械安全 急停功能 设计原则(ISO 13850:2015,IDT)

GB/T 16855.1—2018 机械安全 控制系统安全相关部件 第 1 部分:设计通则(ISO 13849-1:

2015, IDT)

GB/T 16855.2—2015 机械安全 控制系统安全相关部件 第2部分:确认 (ISO 13849-2:2012, IDT)

GB 17120 锻压机械 安全技术条件

GB/T 18831—2017 机械安全 与防护装置相关的联锁装置 设计和选择原则 (ISO 14119:2013, IDT)

GB/T 19876—2012 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 (ISO 13855:2010, IDT)

GB/T 42596.1—2023 机床安全性 压力机 第1部分:一般安全要求 (ISO 16092-1:2017, MOD)

GB/T 42596.3—2023 机床安全性 压力机 第3部分:液压机安全要求 (ISO 16092-3:2017, MOD)

3 术语和定义

GB/T 15706—2012、GB/T 16855.1—2018、GB/T 42596.1—2023 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

制动器 brake

使滑块减速、停止并保持停止状态的机构。

3.2

机械制动器 mechanical brake

摩擦制动器 friction brake

使用干式或湿式摩擦的制动器(3.1)。

3.3

离合器 clutch

分转式离合器 part revolution clutch

摩擦离合器 friction clutch

通过摩擦方式,在循环中任意位置接合或脱开从飞轮到滑块的动力传递的机构。

3.4

运动方向监控 moving direction monitoring

直接或间接监控滑块运动方向的一种监控功能。

3.5

停止监控 standstill monitoring

直接或间接监控滑块位置的一种监控功能。

3.6

停止-性能(超程)监控 stopping-performance(overrun) monitoring

监控滑块停止时间、角度或制动距离的一种监控功能。

3.7

伺服驱动系统 servo drive system

通过将伺服电机直接连接至传动系统,如齿轮(电机减速器)、同步带传动机构、曲柄机构、机械连杆、滚珠丝杠、谐波传动减速器等,以取代离合器的系统。

3.8

保护停止 protective stop

由保护措施启动停止的功能。

3.9

安全通电停止 safe energized standstill

安全功能,向伺服电机提供能量以抵抗外力,防止滑块从停止位置开始的超过规定量意外运动,且无需启动机械制动器。

3.10

安全断电停止 safe de-energized standstill

安全功能,通过消除对离合器、伺服电机和机械制动器的能量供应,防止滑块意外运动。

3.11

安全停止 safe stop

由监控功能启动停止的功能。

3.12

安全转矩关闭 safe torque off;STO

阻止提供动力给电机产生力的功能。

3.13

最坏情况 worst case

压力机在可预见的不利情况下的状态,例如,压力机滑块处于其最不利的位置、使用了最大重量的模具等。

4 重大危险清单

对范围中定义的机器进行风险评估,确定所有重大危险、危险情况和事件,并且需要采取消除或降低风险的措施。

这些危险被列在 GB/T 42596.1—2023 的附录 A,附加危险被列在附录 A 的表 A.1 中。

5 安全要求和/或措施

5.1 通则

机械压力机应符合 GB 17120 和本文件的安全要求和/或保护/风险降低措施。此外,机械压力机应按照 GB/T 15706 的原则进行设计,防止发生本文件中未处理的相关非重大危险。

5.2 基本设计要求

5.2.1 液压和气动系统的一般要求

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.2.1 的规定。

5.2.2 气动系统

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.2.2 的规定。

5.2.3 液压系统

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.2.3 的规定。

5.2.4 电气系统

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.2.4 的规定。

5.2.5 机械制动器

5.2.5.1 机械压力机应至少配备一个机械制动器,该制动器应符合 5.2.5.2、5.2.5.3、5.2.5.4 的要求。机械制动器及其控制系统的设计应保证,在气动、液压或电力供应出现故障的情况下,机械制动器应立即接合。

5.2.5.2 机械制动器应通过多个压缩弹簧组件进行接合,机械制动器需要来自外部来源的动力或力才能脱开。当离合器脱开或伺服电机断电时,即使 50% 的弹簧组件失效,机械制动器应有足够的能力在压力机全行程范围内的任何点停止并支撑住滑块及其附件。

5.2.5.3 机械制动器的设计和组应确保:

- a) 所有弹簧在尺寸、质量和等级应一致;
- b) 弹簧的装入方式应确保,弹簧固定处应锁定,以防止松弛回弹;
- c) 弹簧导槽和导向销的布置要减小约束;
- d) 产生的热量如可能导致危险事件,要采取散热措施;
- e) 应采取有效的措施防止润滑油进入制动器摩擦表面;
- f) 破坏或侵蚀密封材料(例如,密封圈、密封垫)的水汽、灰尘或润滑油不会对所要求的功能产生不利影响,如阻塞流体通道或影响效率;
- g) 灰尘、液体或碎屑的积聚可能导致制动性能低下,要减少积聚,且部件破损或松动不会导致制动故障。

此外,为了防止任何单一故障导致制动功能丧失,对制动器控制系统/功能的冗余和监控(见表 1 和表 2)是必要的。

- h) 按照 GB/T 16855.2—2015 中表 A.2、表 A.3 和表 A.5 的规定提供弹簧,可排除螺旋压簧可能出现的故障;
- i) 所有机械部件或元器件按照 GB/T 16855.2—2015 中表 A.4 的要求,可排除机械元件可能出现的故障;
- j) 制动器的接合和脱开不影响其安全功能;
- k) 制动器设计时保证任一部件(如能量传递或螺栓)的故障,不会使其他零件快速产生危险的故障。

5.2.5.4 带式制动器不应用作停止滑块的机械制动器。

注:带式制动器是一种制动器,衬有摩擦材料的柔性带围绕滚筒的圆周布置。

5.2.6 滑块调整

5.2.6.1 应提供监控装置,防止压力机行程循环启动时启用滑块调整电路,当 1 型压力机的离合器接合时或 2 型压力机伺服电机启动时,不能开动滑块调整电机。当滑块调整电机用于自动化循环工作和编程控制系统补偿时,如压力机操作时模具补偿,则此项要求不适用。

5.2.6.2 应说明滑块调整的方法。

5.2.6.3 应限制滑块调节的上下行程调整量;例如,通过限位开关,接近开关或编码器。

5.2.7 滑块平衡系统

5.2.7.1 滑块平衡系统如果使用机械弹簧平衡系统,在机械弹簧平衡系统损坏时应有保持住系统部件的措施,在不使用制动器的情况下将滑块及其附件保持在行程中间位置。

5.2.7.2 滑块平衡系统如果使用气动平衡缸,应有在活塞和活塞杆断裂或松开的情况下保持活塞和活塞杆的措施,在不使用制动器的情况下,应能在循环中的任何位置保持滑块及其附件。

5.2.8 工作阀及排气系统

5.2.8.1 用于机械制动器、离合器或组合式离合器/制动器的工作阀和排气系统的设计应防止发生故障时停止性能降低。

5.2.8.2 工作阀的设计应确保,当处于非操作位置时进气动阀应排气充分,以防止机械制动器、离合器或组合式离合器/制动器操作缸内的压力积聚。

5.2.8.3 排气口、机械制动器、离合器或组合离合器/制动装置之间的管道、操作气缸和阀以及用于离合器排气系统的流体阀的设计应防止压力机停止性能的退化。应采取措施确保工作阀的排气口足够大,以防止气缸中的残余压力。阀的选择应确保机械制动器、离合器或组合离合器/制动装置之间的压力比,在阀出现故障时不会使气缸中的残余压力过大。

注:通常制动器中的弹簧压力与气缸内残余压力之比至少为 3.5:1。

5.2.8.4 如果提供,手动超控装置应并入工作阀并应设计有需要使用工具或钥匙才能打开的固定盖或罩子。

注:手动超控装置用于需要时(如维护)启动阀。

5.2.8.5 如果提供,电控的手动超控装置应采用钥匙操作,并且只有在滑块处于下死点位置、电机关闭和飞轮停止的情况下才能进行操作。

5.2.9 1 型压力机的附加要求

分转式离合器(摩擦离合器)和机械制动器的接合与脱开不应影响安全功能。

注:组合式离合器和制动器是一种降低接合干涉可能性的措施。

离合器及其控制系统应设计成,如果气动、液压或电源故障时,离合器应立即脱开。

离合器的设计和组成应保证:

- a) 任何破坏或腐蚀密封材料(如垫圈和密封件)的湿气、灰尘或润滑油,都不会对所要求的功能产生不利影响,例如阻塞液体通道或影响其效率;
- b) 消散可能造成危险的热量,在最大限度使用离合器的情况下,离合器能在正确位置接合和脱开;
- c) 有足够的工作间隙,以确保在去除外部接合力时离合器脱开;
- d) 摩擦表面产生的碎屑可能会降低离合器性能,使摩擦碎片有效分散,防止碎片的累积而降低离合器性能;
- e) 当离合器的外部接合装置移除、失效或断开时,离合器应脱开;
- f) 如果在离合器系统使用膜片,要采取措施避免因锐棱剪切或粗糙面磨损而造成的损坏,不因膜片松弛(例如,因材料疲劳)而妨碍排气。

5.2.10 2 型压力机的附加要求

5.2.10.1 利用带传动机构传递力或转矩来减速或托住滑块时,带传动的任何单一故障,如带断裂、带伸长、松开、松动、皮带轮空转、跳齿,均不应导致制动功能的丧失。如果出现影响停止性能的故障应立即检测到,5.4.1.7 中规定的安全停止应启动。在故障排除之前,不可能启动新的循环。

5.2.10.2 2 型压力机能将滑块的动能转换为电能且在设备中储存,如电容器,应防止由设备的放电导致的滑块意外运动。

5.2.10.3 当伺服电机断电后,机械制动器应一直保持接合。

5.3 模具区域的机械危险

5.3.1 主要危险区

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.1 的规定。

5.3.2 安全防护措施

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2 的规定。应根据附录 B 的要求计算最小安全距离。

5.3.3 其他安全要求

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.3 的规定。

1 型压力机只有在调整模式下才能反向运转。如果电机是关闭的,压力机离合器在接合状态时不可能启动电机。如果电机关闭,则不可能接合离合器,在设置条件下除外。

5.3.4 解救模具区域被困人员

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.4 的要求。

5.3.5 解救困在封闭区域内的人员

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.5 的要求。

5.3.6 防止维护或维修中的下落

5.3.6.1 应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.6 要求。

机械滑块支撑装置的设计和组成应确保:

- a) 当去除或降低电压或液体压力,或二进制逻辑元件从状态 1 到状态 0(状态 1 表示最高能量状态)时,用机械滑块支撑装置防止危险滑块运动;
- b) 1 型压力机,机械滑块支撑装置在联锁状态下,联锁功能应去除离合器控制电路、制动系统和主传动电机的能量供应;
- c) 2 型压力机,机械滑块支撑装置在联锁状态下,联锁功能应去除对伺服电机控制电路和制动系统的能量供应;
- d) 机械滑块支撑装置应有足够强度支撑滑块、模架和上模的总重量,基于最大预期负荷,该装置的最小安全系数为 2;

注:最大预期载荷通常是滑块、上模等所有附件因重力而施加向下力的静态重量。在计算最大预期载荷时,不考虑平衡系统的影响。

- e) 分析并消除由瞬时故障引起的危险事件(如滑块因受到冲击而坠落);
- f) 当机械滑块支撑装置启动时,提供两个独立的指示装置来指示验证其接合情况。

符合上列 a)~f) 的要求,并根据 5.2.5 设计的机械制动器可实现机械滑块支撑装置的功能。这种情况下,应依据 5.4.9 的要求实行停止-性能(超程)监控。2 型压力机的要求见 5.4.11。

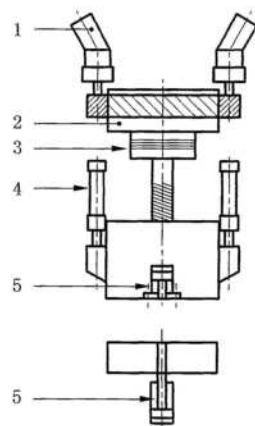
5.3.6.2 安全块或阻挡的设计和组成以确保:

- a) 当安全块联锁时,联锁功能应解除 1 型压力机的离合器控制电路、制动系统和主传动电机的能量供应,或为 2 型压力机启动安全断电停止。
- b) 有足够强度以支撑滑块、模架和上模的总重量。根据最大预期负荷,最小安全系数应为 2;
- c) 其形状和长度适合在滑块(或上模)和工作台(或下模)之间放置和使用。

注:一些安全块长度可调。

5.3.6.3 螺旋压力机的液压支撑装置应符合 GB/T 42596.3—2023 中 5.3.7.2 和 5.3.7.4 的要求。液压

控制系统联锁时,联锁功能应启动安全断电停止(见图 1)。



标引序号说明:

- 1——电机;
- 2——飞轮;
- 3——离合器;
- 4——液压缸作为支撑装置;
- 5——顶出器。

图 1 螺旋压力机支撑装置的示例

5.4 控制和监控系统

5.4.1 控制和监控功能

5.4.1.1 应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1 要求。

当防护措施(联锁防护装置不带防护锁定,ESPE 采用 AOPD,双手操纵装置和带慢速闭合的保持-运行控制装置)发生干预时,保护停止应启动。

当使用带防护锁定的联锁防护装置时,只有在安全断电停止的情况下才能打开防护装置。(直到防护装置关闭并锁定,安全断电停止应维持动作。)

当使用带防护装置锁定的联锁防护装置时,只有在安全断电停止时才能打开防护装置(打开防护装置安全断电停止应起作用,直到防护装置关闭并锁定)。

5.4.1.2 2 型压力机停止功能的设计应符合下列要求。

- a) 0 类停止功能,包括使用 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.2 规定的 0 类停止功能(例如,使用 GB/T 12668.502—2013 中 4.2.2.2 规定的安全转矩取消功能 STO)立即去除伺服电机的电源和切断机械制动器动力(例如,气动),以停止并保持滑块。
- b) 1 类停止功能,当检测出故障时,1 类停止功能的监控应启动安全停止(由多个独立伺服驱动系统组成的压力机除外,其在发生故障时,停止性能仍能实现),包括:
 - 通过伺服电机减速以实现滑块的停止,滑块停止时,使用 GB/T 12668.502—2013 中 4.2.2.3b)(SS1-r)或 4.2.2.3c)(SS1-t)规定的安全停止 1(SS1)功能去除伺服电机的电源;和
 - 去除机械制动器的动力(例如,气动)以支撑保持滑块。
- c) 2 类停止功能,包括切断伺服电机的电源以停止滑块,当滑块停止时,使用 GB/T 12668.502—2013 中 4.2.2.4b)的规定(SS2 - r 子功能)安全通电停止功能支撑保持滑块。

当检测出故障时,2 类停止功能的监控应启动安全停止(由多个独立伺服驱动系统组成的压力机除

外,其在发生故障时,停止性能仍能实现)。

5.4.1.3 安全停止功能的设计和安装应符合下列要求:

- a) 对于 2 型压力机,安全通电停止应使用 GB/T 12668.502—2013 中 4.2.3.1 中规定的安全操作停止(SOS)子功能实现安全通电停止功能。在安全通电停止期间,停止监控启动安全停止,防止滑块闭合行程中发生意外危险。
- b) 安全断电停止功能能停止并支撑滑块:
 - 1 型压力机,切断离合器和机械制动器的电源;
 - 2 型压力机,去除伺服电机的电源[例如,使用 GB/T 12668.502—2013 中 4.2.2.2 规定的安全转矩取消(STO)子功能]和去除机械制动器的动力(例如,气动)。

5.4.1.4 1 型压力机,紧急停止功能和保护停止功能应断开离合器并接合机械制动器,以停止和保持滑块。本项功能的电气安全相关部件应按 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.2 规定的 0 类停止功能操作。

2 型压力机,急停功能和保护停止功能应按 0 类或 1 类停止功能进行操作。

5.4.1.5 如果压力机配置气动平衡缸,应提供低压临界值,以监控平衡能力故障(例如,突然失压,空气供应故障)。如果检测到低压故障,则应立即启动保护停止功能。重新激活电机或离合器需要恢复正常的空气供应。

5.4.1.6 监控功能应在检测到故障时启动安全停止。

5.4.1.7 对于 1 型压力机,安全停止应脱开离合器并接合机械制动器以停止滑块。该功能的电气安全相关部件应作为 GB/T 5226.1—2019 中 9.2.2 规定的 0 类停止功能运行。故障排除前,不可能启动新的行程循环。

对于 2 型压力机,安全停止应按 0 类停止功能运行。在故障消除前,不可能启动新的行程循环。

5.4.2 抑制

5.4.2.1 应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.2 的要求。对于 2 型压力机,抑制过程中,当设计和实施这些抑制功能时应考虑,由于机械连接(例如,链条或带传动,位置传感器连接)的故障或伺服驱动系统的故障而导致滑块和电机轴的运动不一致的可能性。

如果打开行程过程中抑制启动,以下情况安全停止应立即启动:

- 在达到程序设定的停止位置之前,滑块开启速度意外下降;
- 移动方向监控到滑块反向运动;或者
- 发生电源的意外损失。

当抑制启动时,同时启动上述参数的监控功能。

如果在 2 类停止功能期间抑制启动,则启动 5.4.1.3.1 中规定的抑制监控。

5.4.2.2 自动循环中不执行抑制(见 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.2)。

5.4.3 选择装置

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.3 的规定。

5.4.4 位置传感器

5.4.4.1 应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.4 的规定。位置传感器(如位置开关、接近开关),滑块运动/位置反馈传感器(如编码器)及其操作装置(如凸轮)应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.4 的规定。

5.4.4.2 位置传感器和滑块运动/位置反馈传感器的布置应保证在超程的情况下运动部件不会损坏。如果使用机械装置(如凸轮和从动件),则其设计应确保在反向旋转的情况下不会损坏。

5.4.4.3 位置传感器和滑块运动/位置反馈传感器,如果用作提供安全功能的部件[如抑制,停止-性能(超程)监控等],应具有直接断开操作功能(见 GB/T 14048.5—2017 的附录 K)或提供类似可靠性,以

达到所需的性能水平。

5.4.4.4 使用机械凸轮,应牢固固定至轴上。所有凸轮和相关开关应位于锁定外壳内。

5.4.4.5 如果凸轮轴通过离合器连接至曲轴,离合器接合应可靠。如通过齿轮。

5.4.4.6 旋转凸轮装置布置的最大变动应以机械方式限制在 60° 内(见附录 C)。

注:最大变化通常限制在 45° 以内。

5.4.4.7 凸轮盘应保证错误或意外的安装不会导致事故,并符合下列要求:

- a) 用于控制压力机的限位开关和凸轮应相互固定牢固并要采取防松措施;
- b) 限位开关和凸轮的相对位置要有标记;
- c) 限位开关或凸轮的调节范围由固定的挡块限制,以保证压力机闭合运动期间的抑制时间不能超过压力机的总停止响应时间。

5.4.4.8 用于安全功能的位置传感器,例如用于抑制或停止-性能(超程)监控装置,由曲轴间接驱动的凸轮轴启动(如凸轮轴和曲轴之间的链条传动),则应监控间接驱动,如果出现故障,则应启动安全停止,且故障排除前不可能启动新的循环。

5.4.5 控制装置

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.5 的规定。

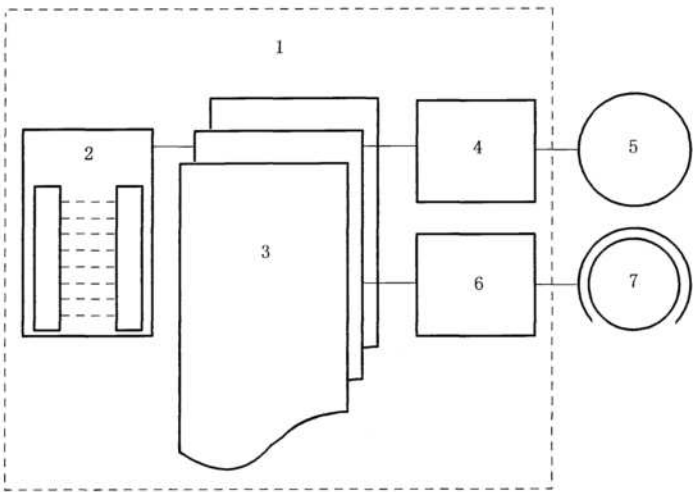
5.4.6 阀

如需要提供机械制动器,离合器或组合式离合器/制动器的控制系统的冗余和监控(见表 1 和表 2),用于控制流体排放的阀应满足下列要求。

- a) 通过可直接控制流向的操作机械制动器、离合器或组合离合器/制动装置的流体阀,防止由于工作阀(包括电磁阀)中的任何单一故障而导致压力机停止性能的恶化,或采取其他等效方法。
- b) 如果发生单一故障,机械制动器、离合器或组合式离合器/制动器的控制系统能防止进一步操作。只有通过受限手段才可能恢复正常操作,如工具、钥匙或电子密码。
- c) 当需要阀监控时,阀要具有内部监控系统,自显故障或检测阀状态的传感器是阀的组成部分。
- d) 提供措施(如单独布线),布线的单个故障不能激活两个电磁阀。
- e) 避免或自动监测阀连接(例如,电磁阀对电磁阀,电磁阀对自我监控组件)间的短路,且不会导致附加或意外的滑块运动。

5.4.7 安全功能的性能等级

机械压力机的安全功能应满足表 1 和表 2 中所述要求。图 2 显示了带安全功能的 2 型压力机控制系统的所有相关部件、使用有源光电保护装置作为电敏保护装置停止滑块的闭合行程的示例。



- 标引序号说明：
- 1——安全功能的整个控制系统 SRP/CS(通过使用 AOPD 作为 ESPE 停止滑块向下行程)；
 - 2——“输入”：使用 AOPD 作为 ESPE；
 - 3——“逻辑”：控制部件(选择的合理性检验,有源光电保护装置的逻辑)；
 - 4——“输出”：伺服驱动器或电流转换器；
 - 5——伺服电机；
 - 6——“输出”：电磁阀或接触器；
 - 7——机械制动器（见 5.2.5）。

图 2 2 型压力机所有安全功能及相关安全部件的示例

表 1 和表 2 中的性能等级是所需的最低性能等级,并且已经考虑了发生的概率。

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能和 I、L 和 O 所需的最低 PL(PL _r)	输入、逻辑和输出的安全功能的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
闭合模具作为唯一的防护措施[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1a)]	滑块、模垫、工件顶出器的运动(例如,闭合行程)	循环启动/停止	PL _a	类别 B	任意 ^e	任意	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统(例如,气动阀)
		单次行程功能			凸轮开关,编码器或合适的替代		
闭合模具用于压力机配合其它操作模式和不同的主要安全系统)[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1a)]	滑块、模垫、工件顶出器的运动	循环启动/停止	PL _a	类别 B	任意 ^e	任意	
		单次行程功能			凸轮开关,编码器或合适的替代		
固定式封闭防护装置作为唯一的保护措施[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1 b)]	滑块、模垫、工件顶出器和送料系统的运动	循环启动/停止	PL _a	类别 B	任意 ^e	任意	
		单次行程功能			凸轮开关,编码器或合适的替代		
带或不带防护锁定的联锁防护装置(带或不带超前开启)或带控制功能的防护装置(带或不带超前开启),见 [GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1c)、d) 和 e)]	滑块、模垫的运动(例如,闭合行程)	通过控制装置而不是防护装置启动循环	PL _a	类别 B	任意,但非防护装置本身启动 ^e	任意	电气控制系统中起逻辑控制作用的部分
		通过带控制功能的防护装置启动循环			防护装置的联锁装置		

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能和 I、L 和 O 所需的最低 PL(PL _r)	输入、逻辑和输出的安全功能的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
带或不带防护锁定的联锁防护装置(带或不带超前开启)或带控制功能的防护装置(带或不带超前开启功能)[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1c)、d)和 e)]	滑块、模垫的运动 (例如,闭合行程)	通过不带防护锁定的联锁防护装置的联锁装置停止 [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.7 和 5.3.2.10 b)]	PL _e ^{b,c}	类别 4	联锁装置(2 个传感器或等效解决方案) ^{e,f}	安全相关逻辑	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统(例如,气动阀)
		通过带防护锁定的联锁防护装置的联锁装置停止 [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.7 和 5.3.2.10 a)]			联锁防护装置带防护锁定(2 个传感器或等效解决方案) ^{e,f}		
		防护装置未锁定	PL ^d	输入和逻辑为类别 3,输出为类别 2 ⁱ	传感器或其他合适的检测装置以确定安全断电停止已完成		
		在不带防护锁定的超前开启防护装置和带控制功能的防护装置情况下的抑制(见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023 的 5.4.2)	同抑制启动时的安全功能 ^a	—	位置传感器或合适的替代(见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023 的 5.4.2)		
		2 型压力机,速度监控(抑制时)1(见 5.4.2.1)			—		
		2 型压力机,停止监控(抑制时)1(见 5.4.1.3.1)		编码器或合适的替代	与抑制启动时的安全功能相同	伺服驱动和制动器控制系统(例如,气动阀)	

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能和 I、L 和 O 所需的最低 PL(PL _r)	输入、逻辑和输出的安全功能的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
带或不带防护锁定的联锁 防护装置(带或不带超前 开启) 或 带控制功能的防护装置 (带或不带超前开启) [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1.c), d) 和 e)]	2 型压力机, 移动方向监 控(抑制时) ¹ (见 5.4.2.1)	与抑制启动时的 安全功能相同 ^q	—	—	编码器或合适的 替代	与抑制启动 时的安全功 能相同	伺服驱动和制动器 控制系统(例如, 气动阀)
		在超前开启情况下的单次 行程功能 ^r (见 5.4.8)	PL ^{b,e}	类别 4	凸轮开关、编码器 或合适的替代		离合器/制动器工 作阀或伺服驱动和 制动器控制系统 (例如, 气动阀)
		在防护装置不带防护锁定 情况下, 停止-性能(超程) 监控(见 5.4.9)	PL _c	类别 2 ⁱ			
	工件顶出器和送料 系统的运动	通过不带防护锁定的联锁 防护装置的联锁装置停止 [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.7 和 5.3.2.10 b)]	PL ^{d,b,d}	类别 3	联锁防护装置(2 个传感器或等效解 决方案) ^{e,f}	安全相 关逻辑	电 气, 液压或气动 系统
		通过带防护锁定的联锁防 护装置的联锁装置停止 [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.7 和 5.3.2.10 a)]			联锁防护装置带防 护锁定(2 个传感 器或等效解决方 案) ^{e,f}		
		防护装置未锁定	PL _c	输入和逻辑 为类别 3, 输出为类别 2 ⁱ	传感器或其他合适 的检测装置以确定 安全断电停止已 启动		防护锁定的

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能和 I、L 和 O 所需的最低 PL(PLr)	输入、逻辑和输出的安全功能的设计基础			
				输入、逻辑和输出 的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
带或不带防护锁定的联锁 防护装置(带或不带超前 开启) 或 带控制功能的防护装置 (带或不带超前开启) [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1c)、d)和 e)]	工件顶出器和 送料系统的运动	在不带防护锁定的超前开 启防护装置和带控制功能 的防护装置情况下抑制 (见 5.4.2 和 GB/T 42596.1— 2023 的 5.4.2)	同抑制启动时的 安全功能 ^a	—	编码器或 合适的替代	—	—
		通过 AOPD 对带控制功能 的防护装置进行附加安全 防护来防止重启(见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.9)	PL _e ⁰	类别 4	AOPD		电气控制系统中起 逻辑控制作用的 部分
		通过联锁防护装置对带控制 功能的防护装置进行附加安 全防护来防止重启(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.2.9)	PL _c ^{0,P}	输入为类别 1,逻辑 和输出为类别 3	联锁装置	安全 相关 逻辑	电气控制系统中起 逻辑控制作用的 部分
		通过不带防护锁定的防护 装置的联锁装置停止	PL _c	类别 1			电气、液压或气动 系统
带或不带防护锁定的联锁 防护装置 (见 GB/T 42596.1—2023 中 5.6.1)	传动和传动机构 (见 GB/T 42596.1— 2023 中 5.6.1)	通过带防护锁定的防护装 置的联锁装置停止	PL _c	输入和逻辑为类 别 3,输出为类别 2 ⁱ	传感器或其他合适 的检测装置以确保 安全断电停止已启动		防护锁定装置的
		防护装置未锁定	PL _c	输入为类别 1,逻辑 和输出为类别 3	联锁装置		与用于生产模式的 安全防护措施的输 出相同

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能和 I、L 和 O 所需的最低 PL(PL _r)	输入、逻辑和输出的安全功能的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
ESPE 使用 AOPD [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1f) 和 5.3.2.11]	滑块、模垫的运动 (例如,闭合行程)	通过 AOPD 之外的其他 控制装置启动循环	PL _a	类别 B	任意,但非 AOPD 本身 ^e	任意	电气控制系统中起 逻辑控制作用的 部分
		由 AOPD 启动循环					
		由 AOPD 停止	PL _e ^c	类别 4	AOPD	安全相 关逻辑	离合器/制动器工 作阀或伺服驱动和 制动器控制系(例 如,气动阀)
		抑制 (见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.2)					
		2 型压力机,速度监控 (抑制过程中) ¹ (见 5.4.2.1)	同抑制启动时 的安全功能 ^a	—	位置传感器或合适 的替代 (见 5.4.2 和 GB/T 42596.1— 2023 中 5.4.2)	—	—
		2 型压力机,停止监控 (抑制过程中) ¹ (见 5.4.1.3.1)					
		2 型压力机,移动方向 监控(抑制过程中) ¹ (见 5.4.2.1)					
					编码器或 合适的替代	同抑制 启动时 安全功能	伺服驱动和制动器 控制系统 (例如, 气动阀)

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能和 I、L 和 O 所需的最低 PL(PLr)	输入、逻辑和输出的安全功能的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
ESPE 使用 AOPD [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1f) 和 5.3.2.11]	滑块、模垫的运动 (例如,闭合行程)	开启行程时,在单次行程功能情况下的抑制 ^c (见 5.4.8)	PL ^{e,b,c}	类别 4	凸轮开关,编码器或合适的替代物	安全相关逻辑	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统 (例如,气动阀)
		停止-性能(超程)监控 (见 5.4.9)	PL ^c	类别 2 ⁱ			
	工件顶出器和送料系统的运动	由 AOPD 停止	PL ^d	类别 3	AOPD	—	电气、液压或气动系统
		抑制(见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023 的 5.4.2)送料系统不允许抑制	同抑制启动时的安全功能 ^a	—	位置信号或合适的替代物(见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023, 5.4.2)		
双手操纵装置 [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1g) 和 5.3.2.12]	滑块、模垫,工件顶出器和送料系统的运动	通过 AOPD 对安全防护装置进行附加安全防护防止重启[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.11 c)]	PL ^d	类别 3	AOPD	安全相关逻辑	电气控制系统中起逻辑控制作用的部分
		通过联锁装置进行附加安全防护防止重启[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.11 c)]	PL ^{c,p}	输入为类别 1: 逻辑和输出为类别 3	联锁装置		
	滑块、模垫的运动 (例如,闭合行程)	通过双手操纵装置停止和启动循环	PL ^{e,b,c}	类别 4	双手操纵装置的按钮 ^{a,h}	—	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统 (例如,气动阀)

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能和 I、L 和 O 所需的最低 PL(PL _r)	输入、逻辑和输出的安全功能的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
双手操纵装置 [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1g)和 5.3.2.12]	滑块、模垫的运动 (例如,闭合行程)	抑制(见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023 的 5.4.2)	同抑制启动时的安全功能 ^q	—	位置传感器或合适的替代(见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023 的 5.4.2)	—	—
		2 型压力机,速度监控(抑制过程中) ^k (见 5.4.2.1)					
		2 型压力机,停止监控(抑制过程中) ^k (见 5.4.1.3.1)					
		2 型压力机,移动方向监控(抑制过程中) ^k (见 5.4.2.1)					
	开启行程时在抑制情况下的单次行程功能 ^r (见 5.4.8)	PL ^{b,c}	类别 4	凸轮开关,编码器或合适的替代物	安全相关逻辑	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统(例如,气动阀)	
		PL ^c	类别 2 ⁱ				
双手操纵装置停止和循环开启	PL ^{b,d}	类别 3	双手操纵装置的按钮 ^{e,h}	安全相关逻辑	电气、液压或气动系统		
	传送系统不允许抑制(见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.2)	同抑制启动时的安全功能 ^q	—	位置信号或合适的替代(见 5.4.2 和 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.2)	—		

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能和 I、L 和 O 所需的最低 PL(PL _r)	输入、逻辑和输出的安全功能的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器) O——输出 (预执行机构)	
双手操纵装置 [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1g) 和 5.3.2.12]	滑块、模垫,工件顶出器和送料系统的运动	限制访问的附加措施(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.2.12)通过防护装置的联锁装置停止	PL ^{d,b,d}	类别 3	联锁装置 (2 传感器或同等解决方案)	安全相关逻辑 电气、液压或气动系统	
		限制访问的附加措施(见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.12)通过 ESPE 使用 AOPD 或 AOPDDR 来停止	PL ^d		AOPD 或 AOPDDR		
共同特点							
安全系统需复位	滑块、模垫,工件顶出器和送料系统的运动	手动复位 (见 GB/T 42596.1—2023 的 5.4.1.3)	同启动时安全功能 ^m	输入为任何类别 ^l ,与逻辑和输出所选安全功能的类别相同	按钮	安全相关逻辑 ^l 安全相关逻辑以确认输入的合理性 ^l	电气控制系统中起逻辑控制作用的部分
安全系统需选择方式		选择装置 (见 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.3.1)	同选择功能中最高 PL _r		选择装置,例如,选择开关、电子钥匙系统		
低压切断布置 ^k	滑块的运动	气动平衡故障的监控	PL ^a	类别 B	压力开关或合适的替代	任意	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统(例如,气动阀)
急停装置	滑块、模垫,工件顶出器和送料系统的运动(例如,锁模行程)	急停功能(见 5.4.1.4、GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.6、5.4.5.2 和 5.4.5.3)	PL ^c (见 GB/T 16754—2021 中 4.1.5.1)	类别 1	急停按钮 ^h	安全相关逻辑	

表 1 在手动送料或卸料、单次循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统危险区域
(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.1)的操作者安全防护要求汇总 (续)

^a 在表中,“输入、逻辑和输出”的类别要求表示输入、逻辑或输出的类别要求之间的关系如下: ——使用类别 4、3、2 类可替代 1 类; ——使用类别 4、3 类可替代 2 类; ——使用类别 4 类可替代 3 类。	
^b 故障排除,例如传感器的机械断裂是不可接受的。	
^c 应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.4 a)、b)、c)、d)、e)规定的功能安全。	
^d 应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.4 a)、b)、c)规定的功能安全,如果合理可行应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.4 d)、e)。	
^e 或等效解决方案,例如本身符合 PL 要求的系统。需要合理性检查。	
^f 带锁定的联锁保护装置的设计见 GB/T 18831。	
^g 如果使用移动操纵装置(例如脚踏板),应采取措施防止由于连接控制装置与控制系统的电缆中发生短路而导致意外启动。	
^h 如果使用移动控制装置,应作出规定以确保如果连接至控制系统的电缆短路的情况下,停止功能保持运行。	
ⁱ 应提供输入的合理性检查,并且应确保选定的位置和相关的安全措施仍然有效,不会发生任何故障或停止危险运动。	
^j 下列情况下该部件可被认为是类别 2:如果需求率小于或等于 1/100 测试率,或根据安全功能要求立即进行测试,并且检测到故障会立即停止机器(通过类别 2 系统的部件测试停止输出,见 GB/T 16855.1—2018 中注释部分和图 10)。只有在修复后才能重新启动机器。	
^k 如需,则用,取决于设备的设计和结构。	
^l 输入没有特定类别要求,因为逻辑部分仅在输入激活或取消激活后才会起作用,输入信号的阻碍不会导致新的复位(见 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.3)。	
^m 与保护装置有关的手动复位功能未设置在人员可能进入的危险区,不适用本表对安全功能的 PL 要求。仅符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.3 要求。	
ⁿ 性能等级 e 是基于 F2 的假定,通过 AOPD 提供的附加防护措施,覆盖主要防护措施(可控防护措施或 ESPE)与人员频繁进入的危险区之间的空间。例如,每个循环。	
^o 附加联锁安全防护装置在生产过程中不应频繁开启(例如,仅在模具调试、试运行或维护时开启)。如果这是不可行的,应使用其他方法。	
^p 在联锁装置附加安全防护情况下,指定 PI(见 GB/T 16855.1—2018 中 A.2.3)因为保护装置作为一个物理障碍在适当的位置,即使联锁保护装置发生故障,操作者也可能在启动行程之前识别出保护装置被移除或打开(如果通过 AOPD 提供附加安全防护,发生故障时,操作者可能无法被检测到在带控制功能的防护装置/主 AOPD 之间的危险区域)。	
^q 该子功能没有特定 PL 要求,它应被视为其作用的安全功能的内部部分。评估安全功能的 PL 时应考虑该子功能。	
^r 2 型压力机不能实现 PL _e , 类别 4 要求,抑制不可接受。	

表 2 在仅自动送料及卸料、自动循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统
(见 GB/T 42596.1—2023, 5.3.1)的危险区域的操作者安全防护要求汇总

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能及 I, L 和 O 的 PL (PL _r) 的最低要求	安全功能的输入、逻辑,输出的设计基础			
				输入、逻辑和输出 的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
闭合模具作为唯一的保护措施[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1a)] 压力机不同安全系统其他操作模式下使用的闭合模具[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1a)]	滑块、模垫、工件顶模器和送料系统的运动(例如,闭合行程)	循环启动/停止	PL _a	类别 B	任意 ^e	任意	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统(例如,气动阀)
		循环启动/停止	PL _a				
作为唯一保护方式使用的固定的封闭式防护装置[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1b)]	滑块、模垫、工件顶出器和传送系统的运动	通过防护装置以外的其他控制装置启动循环	PL _a	类别 B	任意,但非防护装置本身 ^e	任意	电气控制系统中起逻辑控制作用的部分
带或不带防护锁定的联锁装置[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1c)]	滑块、模垫的运动(例如,闭合行程)	通过不带防护锁定的联锁防护装置停止[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.7 和 5.3.2.10 b)]	PL ^{b,d}	类别 3	联锁装置(2 个传感器或等效解决方案) ^{e,f}	安全相关逻辑	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统(例如,气动阀)
		通过带防护锁定的联锁防护装置停止[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.7 和 5.3.2.10 a)]	PL ^b	类别 2 ^k	带防护锁定的联锁装置(2 个传感器或等效解决方案) ^{e,f}		

表 2 在仅自动送料及卸料、自动循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统
(见 GB/T 42596.1—2023, 5.3.1)的危险区域的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能及 I, L 和 O 的 PL (PL _r) 的最低要求	安全功能的输入、逻辑、输出的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
带或不带防护锁定的联锁装置[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1c)]	滑块、模垫的运动 (例如,闭合行程)	防护装置未锁定	PL _c	输入和逻辑为类别 3,输出为 2 ⁱ	传感器或其他合适的检测装置以确认安全断电停止已启动	安全相关逻辑	防护锁定的预执行机构
		在不带防护锁定的防护装置情况下的停止-性能(超程)监控(见 5.4.9)	PL _c	类别为 2 ^k	凸轮开关,编码器或合适的替代		离合器/制动器 工作阀或伺服驱动和制动器控制系统 (例如,气动阀)
	工件顶出器和送料系统的运动	通过不带防护锁定的联锁防护装置停止[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.7 和 5.3.2.10b)]	PL _d ^{b,d}	类别 3	联锁装置(2 个传感器或等效解决方案) ^{e,f}	安全相关逻辑	电气、液压或气动系统
		通过带防护锁定的联锁防护装置停止[见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.7 和 5.3.2.10 a)]	PL _d ^b	类别 2 ⁱ			
	驱动和传动(见 GB/T 42596.1—2023 中 5.6.1)	防护装置未锁定	PL _c	输入和逻辑为类别 3,输出为类别 2 ⁱ	传感器或其他合适的检测装置以确认安全断电停止已完成	安全相关逻辑	防护锁定的预执行机构
		通过带或不带防护锁定的联锁防护装置的联锁装置停止	PL _c	类别 1	联锁装置		电气、液压或气动系统
		防护装置未锁定	PL _c	输入和逻辑为类别 3,输出为类别 2 ⁱ	传感器或其他合适的检测装置以确认安全断电停止已启动		防护锁定的预执行机构

表 2 在仅自动送料及卸料、自动循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统
(见 GB/T 42596.1—2023, 5.3.1)的危险区域的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能及 I, L 和 O 的 PL (PL _r) 的最低要求	安全功能的输入、逻辑,输出的设计基础			
				输入、逻辑和输出 的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (执行机构)
联锁保护装置开启仅用于 模具设置 [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1c) 和 5.5.6]	滑块、模垫、工件 顶出器和传送系统 的运动	通过联锁防护 装置停止	PL _c	输入为类别 1 逻辑和输出为类别 3	联锁装置	安全相 关逻辑	与生产模式中安全 防护措施使用的相 同输出
	滑块、模垫的运动 (例如,闭合行程)	由其他控制装置而不是 AOPD 启动循环	PL _a	类别 B	任意,但不是由 AOPD 本身 ^e 启动	任意	电气控制系统中起 逻辑控制作用的 部分
		由 AOPD 停止	PL _d ^d	类别 3	AOPD	安全相 关逻辑	离合器/制动器工 作阀或伺服驱动和 制动器控制系统 (例如,气动阀)
ESPE 使用 AOPD [见 GB/T 42596.1—2023 中 5.3.2.1f) 和 5.3.2.11]		停止-性能(超程)监控 (见 5.4.9)	PL _c	类别 2 ⁱ	凸轮开关,编码器 或合适的替代		
	工件顶出器和 送料系统的运动	由 AOPD 停止	PL _d ^d	类别 3	AOPD		电气,液压或气动 系统
共同特点							
需复位的安全系统	滑块、模垫、工件 顶出器和送料 系统的运动	手动复位 (见 GB/T 42596.1—2023 的 5.4.1.3)	与启动的安全 功能相同 ^m	输入 ¹ 的任何类别, 逻辑和输出所选安 全功能的相同类别 ⁱ	按钮	安全相 关逻辑 ¹	电气控制系统中起 逻辑控制作用的 部分
		选择装置 (见 GB/T 42596.1—2023 的 5.4.3.1)	与所选功能的 最高 PL 相同 ^r			检查输入安 全相关逻辑 的合理性 ⁱ	

表 2 在仅自动送料及卸料、自动循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统
(见 GB/T 42596.1—2023, 5.3.1)的危险区域的操作者安全防护要求汇总 (续)

主要安全系统	危险运动	安全功能	安全功能及 I, L 和 O 的 PL (PLr)的最低要求	安全功能的输入,逻辑,输出的设计基础			
				输入、逻辑和输出的类别要求 ^a	I——输入 (传感器区)	L——逻辑 (控制器)	O——输出 (预执行机构)
低压切断布置 ^k	滑块的运动	气动平衡装置的故障监控	PL _a	类别 B	压力开关或合适的替代	任意	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统 (例如,气动阀)
		慢速					
慢速和保持-运行控制装置 (见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.3.4)	操作装置的运动	保持-运行控制装置	PL _c	类别 2 ^k	编码器或合适的替代 2个电子-机械接触器 (一个用于启动,一个用于诊断) ^{a, h}	安全相关逻辑	电气、液压或气动系统
		受限运动的启动和自动停止					
急停装置	滑块、模垫、工件顶出器和送料系统的运动 (例如闭合行程)	急停功能 (见 5.4.1.4、GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.6、5.4.5.2 和 5.4.5.3)	PL _c (见 GB/T 16754—2021 中 4.1.5.1)	类别 1	急停按钮 ^h	安全相关逻辑	离合器/制动器工作阀或伺服驱动和制动器控制系统

表 2 在仅自动送料及卸料、自动循环操作模式和生产模式下,模具、模垫、工件顶出器和送料系统
(见 GB/T 42596.1—2023, 5.3.1)的危险区域的操作者安全防护要求汇总 (续)

^a 在表中,“输入、逻辑和输出”的类别要求表示输入、逻辑或输出的类别要求之间的关系如下: ——使用类别 4、3、2 类可替代 1 类; ——使用类别 4、3 类可替代 2 类; ——使用类别 4 类可替代 3 类。
^b 故障排除,例如传感器的机械断裂是不可接受的。
^c 应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.4 a)、b)、c)、d)、e)规定的功能安全。
^d 应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.4 a)、b)、c)规定的功能安全,如果合理可行应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.4 d)、e)。
^e 或等效解决方案,例如本身符合 PL 要求的系统。需要合理性检查。
^f 带锁定的联锁保护装置的设计见 GB/T 18831。
^g 如果使用移动操纵装置(例如脚踏板),应采取措施防止由于连接控制装置与控制系统的电缆中发生短路而导致意外启动。
^h 如果使用移动控制装置,应作出规定以确保如果连接至控制系统的电缆短路的情况下,停止功能保持运行。
ⁱ 应提供输入的合理性检查,并且应确保选定的位置和相关的安全措施仍然有效,不会发生任何故障或停止危险运动。
^j 下列情况下该部件可被认为是类别 2:如果需求率小于或等于 1/100 测试率;或根据安全功能要求立即进行测试,并且检测到故障会立即停止机器(通过类别 2 系统的部件测试停止输出,见 GB/T 16855.1—2018 中注释部分和图 10)。只有在修复后才能重新启动机器。
^k 如果要求,取决于机器设计和组成。
^l 输入不需要具体的类别,因为逻辑部分只有在输入激活或断开后动作,任何输入的阻塞都不会导致任何新的复位(见 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.3)。
^m 与保护装置有关的手动复位功能未设置在人员可能进入的危险区,不适用本表对安全功能的 PL 要求。仅符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.4.1.3 的要求。

5.4.8 单次行程功能/装置

如果在单次行程模式下使用压力机,则应执行或安装单次循环功能或装置,即使连续操作控制装置也不能进行下一次行程。下一次行程启动需要释放控制装置并重新操作(见表 1)。

5.4.9 停止-性能(超程)监控功能/装置

压力机配置保护装置或防护装置的类型包括:

- ESPE 使用 AOPDs;
- 不带防护锁定的联锁防护装置;
- 不带防护锁定的带控制功能的防护装置;
- 超前开启联锁防护装置;
- 用于生产模式的双手操纵装置。

应包含停止-性能(超程;距离或时间)监控功能或装置,以确保:

- a) 每个循环结束时应进行监控,曲轴的停止角与预期或编程的循环停止位置(如 TDC)之间不超过 15° ;

注:最大停止角度通常限制在 10° 以内。

- b) 2 型压力机,由保护装置或上述防护装置启动的每次保护停止后应进行监控。停止时间不超过用于计算最小距离的预定时间。

如果超过 a) 或 b) 中要求的停止性能,应立即启动安全停止,并且不可能启动新的循环。只有通过受限的方式,如工具、钥匙或电子密码,才能恢复压力机的操作。在滑块返回到其编程的初始启动位置或 TDC 之前,除寸动模式以外的任何模式都不可能操作。

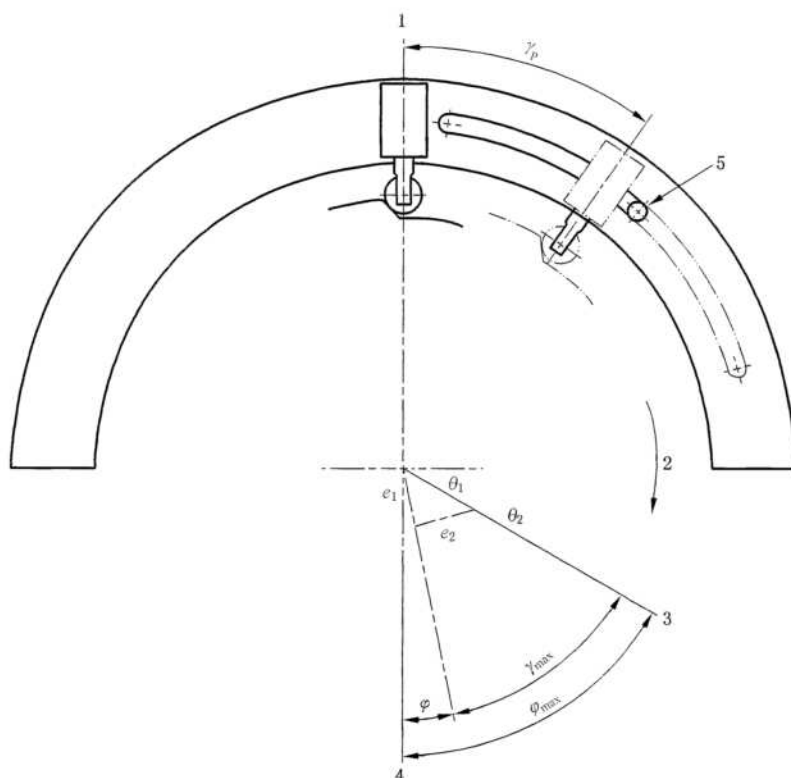
根据所采取的保护措施要求,停止-性能(超程)监控的安全相关部件应符合表 1 和表 2 中规定的性能水平等级(PL)。

5.4.10 1 型压力机的附加要求

5.4.10.1 离合器/制动器控制系统的监控应每个循环至少运行一次,如果阀发生故障,则离合器脱开且制动器启动制动。

5.4.10.2 停止-性能(超程)监测、单行程功能和静音的位置传感器应相互关联,确保凸轮之间的相对位置和开关之间的相对地位不会改变。配有变速装置的压力机,其单次行程功能开关可单独调节。

5.4.10.3 行程长度可调时,用于循环控制的位置传感器的布置应确保其相对位置不会改变,以降低用户错误设定的可能性,例如,补偿制动性能退化,可通过维护机械制动器来改进(见图 3 和附录 C)。



标引序号说明：

1——上死点；

2——旋转方向；

3——抑制信号；

4——下死点；

5——用于限制旋转凸轮装置调整的机械阻止；

γ_p ——机械阻止之间旋转凸轮可旋转的最大角度；

φ ——下死点前部分抑制的角度；

φ_{max} ——下死点前部分抑制的角度的最大允许值，以度为单位，由整个系统的停止性能和最低速度计算。

图3 行程长度可调的压力机的传感器位置示例

5.4.11 2型压力机的附加要求

5.4.11.1 机械制动器只在保护停止期间使用或作为机械支撑装置，则制动器应定期进行制动测试。应提供下列两种方法。

a) 静态制动测试

在最坏的情况下(见 3.17)的压力机滑块及其附件质量产生转矩的 1.5 倍条件下，支撑时间不低于 1 s。在制动器制动时启动伺服电机，滑块应保持在停止位置。当滑块在测试过程中移动超过最大行程的 2%时，测试不合格。

对于单次行程操作的压力机，在每班(通常为 8 h)开始时，控制系统应进行测试。如果不进行测试，控制系统将不准许进行生产。

对于其他压力机，控制系统应要求每 24 h 进行一次测试。如果不进行测试，控制系统将不准许进行生产。

制造商应提供方法，将修改试验转矩值和其他试验参数的能力限制在授权人员(如锁定的外壳、密

码等)。

如果压力机在自动模式下运行,并且配有带防护锁定的联锁防护装置,则 24 h 制动检测可暂停直到防护装置打开。如果制动测试不合格,则无法解锁防护装置。

b) 动态制动测试

制造商应为进行主动制动试验提供必要的规定(技术措施)。

检测应在闭合行程期间进行,滑块以最大速度运动(以实际评估停止性能的速度)时启动 0 型停止,当停止时间超过预先确定的计算最小距离的时间时,检测不合格(见附录 B)。

控制系统应要求每年至少进行一次主动制动检测。如果不进行检测,控制系统将不允许进行生产。

如果静态或动态测试不合格,则应在故障消除之前,不可能启动新的循环,并且只能通过受限的方式(如工具、钥匙或电子密码)才能恢复压力机的操作。

5.4.11.2 只有在防护装置和保护装置就位并运行的情况下,才能进行定期制动测试。

5.5 模具调整、行程调试、维修和润滑

5.5.1 一般要求

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.5 的要求。

应提供寸动模式,以确保在生产模式中使用的保护措施不可行的情况下,通过对 1 型压力机实施 5.5.2.1 和 2 型压力机实施 5.5.3.1 的风险降低措施,充分降低与滑块运动相关的风险。

5.5.2 1 型压力机的附加要求

5.5.2.1 在模具设置、维护和润滑过程中,应提供当防护装置和保护装置处于正常位置运行时允许滑块运动的方法(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.2.1)。

如不可行,应至少提供下列设备之一(如寸动模式,见 5.5.1):

- a) 断电后,手动旋转曲轴;
- b) 慢速闭合(≤ 10 mm/s)的保持-运行控制装置;
- c) 符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.5.7 和 5.5.8 的双手操纵装置,位于最小安全距离之外;
- d) 滑块运动应通过寸动装置操作,寸动的位移应小到能防止危险情况并被时间控制装置或距离控制装置限制。在曲轴在 90° 位置时寸动,每次寸动滑块位移不应超过 6 mm。

在模具设置、维护和润滑期间,滑块的停止功能应由保护停止功能启动。

5.5.2.2 如果使用盘杆或其他装置手动旋转曲轴,应符合下列要求:

- a) 主电机关闭后、飞轮完全停止之前应设置防止离合器重新接合的装置。该装置可是用户不能调整的定时器或运动监控装置并被监控;
- b) 在正常操作过程中,不因疏忽而将盘杆留在原位;
- c) 应至少能看见飞轮的一部分,以确认飞轮是静止的。

5.5.3 2 型压力机的附加要求

5.5.3.1 在模具设置、维护和润滑过程中,应提供当防护装置和保护装置处于正常位置运行时允许滑块运动的方法(见 GB/T 42596.1—2023 的 5.3.2.1)。

如不可行,应至少提供下列设备之一(例如,寸动模式,见 5.5.1):

- a) 使用增量式手动运动控制装置和慢速闭合(≤ 10 mm/s)的保持—运行控制装置;
- b) 符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.5.7 和 5.5.8 的双手操纵装置,位于最小安全距离之外;
- c) 安全极限增量(SLI)子功能产生的间隙运动(≤ 6 mm)(见 GB/T 12668.502—2013 的 4.2.3.9)。

在模具设置、维护和润滑过程中,应通过符合 5.4.1.3 的安全断电停止功能来实现滑动的停止。在

工具设置、维护和润滑期间，滑动的停止功能应由保护停止功能执行。

5.5.3.2 如果慢速闭合是伺服传动系统的一项功能[例如，安全极限速度(SLS)子功能(见 GB/T 12668.502—2013 中 4.2.3.4)]：

- 速度控制功能应符合性能等级 PLd, Cat 3；
- 滑块慢速闭合应通过符合性能等级 PL d, Cat 3 的功能进行监控；如果速度超过预定限制，安全停止将启动。

5.5.3.3 如果间歇运动是伺服驱动系统的一个功能，则安全极限增量(SLI)功能应符合性能等级 PL d, Cat 3，或者滑块的间歇运动应通过符合性能等级 PL d 和 Cat 3 的功能进行监测。当间歇运动超过预定极限时，应启动安全停止。

5.5.3.4 增量手动运动控制装置(如电子手轮，其在旋转过程中通过向伺服驱动系统输入脉冲产生来启动和保持滑块运动)及其安全相关控制系统的设计及组成应确保：

- 其自重或轻微震动的影响不会产生意外的脉冲；
- 未使用增长手动运动控制装置时防止滑块运动。

5.5.3.5 应提供在设置和维护期间指示伺服驱动系统和制动系统的工作状态(电源条件)的方法。

5.6 其他机械危险

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.6 的规定。

5.7 滑倒、绊倒和跌落

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.7 的规定。

5.8 防止其他危险的保护措施

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 5.8 的规定。

2 型压力机的伺服驱动系统应符合 GB/T 12668.501—2013 中第 4 章的规定。

6 安全要求和/或措施的验证

表 3 应与 GB/T 42596.1—2023 中的表 1 一同使用。

表 3 中“×”表示检验第 5 章、第 7 章和附录 B 中的安全要求和保护措施应采用的方法，以及对本文件中相应条款的引用。

安全要求和/或措施的验证见表 3。

表 3 安全要求和/或措施的验证和/或型式试验方法

章条号	安全要求和/或措施	目视检查 ^a	性能检查/试验 ^b	测量 ^c	图纸/计算/技术数据 ^d
5.2	基本设计原则				
5.2.5	机械制动器				
5.2.5.1	机械制动器及其控制系统	×	×		×
5.2.5.2	多重弹簧组件	×		×	×
5.2.5.3 a)	弹簧的一致性	×		×	×
5.2.5.3 b)	防止松弛回弹	×			×

表3 安全要求和/或措施的验证和/或型式试验方法(续)

章条号	安全要求和/或措施	目视检查 ^a	性能检查/试验 ^b	测量 ^c	图纸/计算/技术数据 ^d
5.2.5.3 c)	弹簧导槽和导向	×			×
5.2.5.3 d)	散热	×		×	×
5.2.5.3 e)	防止润滑油进入	×			×
5.2.5.3 f)	异物		×		×
5.2.5.3 g)	多余材料的积聚		×		×
5.2.5.3 h)	弹簧故障的排除				×
5.2.5.3 i)	机械故障的排除				×
5.2.5.3 j)	安全功能		×		×
5.2.5.3 k)	故障后果				×
5.2.6	滑块调整				
5.2.6.1	监督控制		×		×
5.2.6.2	滑块调整方法	×			×
5.2.6.3	限制措施		×	×	×
5.2.7	滑块平衡系统				
5.2.7.1	机械弹簧平衡系统		×	×	×
5.2.7.2	气动平衡缸		×	×	×
5.2.8	工作阀和排气系统	×	×		×
5.2.8.1	停止性能降低				×
5.2.8.2 5.2.8.3	泄露的排出				
	气缸排气		×		×
	阀的排气口		×		×
5.2.9 a)	异物		×		×
5.2.9 b)	散热	×		×	×
5.2.9 c)	工作间隙		×	×	×
5.2.9 d)	碎片的积累和分散		×		×
5.2.9 e)	外部离合器接合装置		×		×
5.2.9 f)	膜片	×	×		×
	液体的排放		×		×
5.2.10	2型压力机附加要求				
5.2.10.1	安全相关的带传动机构	×		×	×
	故障检测功能		×		×
5.2.10.2	滑块动能转化		×		×
5.2.10.3	机械制动的接合		×		×

表3 安全要求和/或措施的验证和/或型式试验方法(续)

章条号	安全要求和/或措施	目视检查 ^a	性能检查/试验 ^b	测量 ^c	图纸/计算/技术数据 ^d
5.3	模具周围区域的机械危险				
5.3.2	安全防护措施				
	最小安全距离			×	×
5.3.3	其他安全要求				
	电机和离合器联锁		×		×
5.3.6	防止维护或维修中的重力下落				
5.3.6.1 a)~c)	机械滑块支撑装置的联锁		×		×
5.3.6.1 d)	足够的强度				×
5.3.6.1 e)	瞬时故障引起的事件				×
5.3.6.1 f)	支撑装置接合指示功能	×	×	×	×
5.3.6.2 a)	安全块联锁		×		×
5.3.6.2b)和 c)	强度、形状、长度				×
5.3.6.3	液压支撑装置的联锁		×		×
5.4	控制和监控系统				
5.4.1	控制和监控功能				
5.4.1.1	保护措施的干预		×		×
5.4.1.2	2 型压力机的停止功能		×		×
5.4.1.3	安全停止功能		×	×	×
5.4.1.4	保护停止功能		×		×
5.4.1.5	低压切断布置		×		×
5.4.1.6	监控		×		×
5.4.2	抑制				
5.4.2.1	2 型压力机的抑制		×		×
5.4.4	位置传感器				
5.4.4.2	超程或反转时无损坏		×		×
5.4.4.3	直接断开操作	×			×
5.4.4.4	机械凸轮	×			×
5.4.4.5	离合器联接	×			×
5.4.4.6	凸轮布置变化			×	×
5.4.4.7 包括 a) 和 b)	凸轮盘安装和标记				
5.4.4.7 c)	挡块限制			×	×
5.4.4.8	凸轮间接驱动的监控		×		×

表3 安全要求和/或措施的验证和/或型式试验方法(续)

章条号	安全要求和/或措施	目视检查 ^a	性能检查/试验 ^b	测量 ^c	图纸/计算/技术数据 ^d
5.4.6	阀				
5.4.6 a)	流体的直接控制				×
5.4.6 b)	单一故障的发生及恢复正常操作		×		×
5.4.6 c)	传感器集成在阀内				×
5.4.6 d)	单独布线		×		×
5.4.6 e)	短路		×		×
5.4.7	安全功能的性能等级				
	表1和表2的要求	×	×	×	×
5.4.8	单次行程功能/装置				
	防止随后的行程		×		×
5.4.9	停止-性能(超程)监控功能/装置				
5.4.9 a)	最大超程 15°		×	×	×
5.4.9 b)	停止时间		×	×	×
5.4.9	安全停止		×		×
5.4.9	重启		×		×
5.4.10	修改限值的限制		×		×
5.4.10	1型压力机的附加要求				
5.4.10.1	离合器/制动器控制系统的动态监控		×		×
5.4.10.2	牢固连接	×			×
5.4.10.3	行程调节时传感器的相对位置		×		×
5.4.11	2型压力机的附加要求				
5.4.11.1 a)	静态制动测试		×	×	×
5.4.11.1 b)	动态制动测试		×	×	×
5.4.11.1	防止继续操作		×		×
5.4.11.2	防护及保护装置		×		×
5.5	模具调整、行程调试、维修和润滑				
5.5.1	寸动模式		×		×
5.5.2	1型压力机的附加要求				
5.5.2.1	配安全防护的滑块操作的运行	×	×		×

表 3 安全要求和/或措施的验证和/或型式试验方法 (续)

章条号	安全要求和/或措施	目视检查 ^a	性能检查/试验 ^b	测量 ^c	图纸/计算/技术数据 ^d
5.5.2.1 a)	手动旋转		×		×
5.5.2.1 b)	慢速保持-运行控制装置		×	×	×
5.5.2.1 c)	双手操纵装置		×	×	×
5.5.2.1 d)	寸动装置		×	×	×
5.5.2.1	保护停止功能		×		×
5.5.2.2 a)	防止离合器重新接合		×		×
	计时/运行检测器和监控		×		×
5.5.2.2 b)	盘杆		×		×
5.5.2.2 c)	飞轮观察	×			×
5.5.3	2 型压力机附加要求				
5.5.3.1	安全装置运行时滑块的运行	×	×		×
5.5.3.1 a)	增量式手动运动控制装置		×	×	×
5.5.3.1 b)	双手操纵装置		×	×	×
5.5.3.1 c)	间歇运动		×	×	×
5.5.3.1	安全断电停止和保护停止功能		×		×
5.5.3.2	安全极限速度		×		×
5.5.3.3	间歇运动功能		×		×
5.5.3.4	增量式手动运动控制装置		×		×
5.5.3.5	操作状态指示器	×	×		×
5.8	防止其他危险的保护措施				
5.8.1	伺服传动系统相关的危险				×
7	使用信息				
7.2	标志	×			×
7.4	使用说明书				
7.4 a)	支撑装置的使用说明	×			×
7.4 b)	制动测试的规定	×			×
7.5	行程指示方式:当前滑块位置	×	×		×
附录 B	最小安全距离的计算和停止时间的测定			×	×
^a 通过目视检查部件验证是否符合技术要求。 ^b 性能检查/试验验证性能和功能是否满足技术要求。 ^c 测量通过使用仪器验证是否满足技术要求和指标。 ^d 通过图纸/计算/技术数据来验证部件的设计特征是否满足技术要求。					

7 使用信息

7.1 通则

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 7.1 的规定。

7.2 标志

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 7.1 的规定。还应标明下列数据：

- a) 名称“机械压力机”和压力机类型(1 型或 2 型)；
- b) 最小行程长度和最大行程长度；
- c) 滑块调节及封闭高度；
- d) 连续行程次数(每分钟行程次数)；如果有可变速度范围,还需标出最大速度和最小速度；
- e) 图表表示气动平衡缸匹配模具质量的空气压力(如果提供)；
- f) 运输和安装的起吊点；
- g) 1 型压力机的曲轴正常停止位置,如上死点；
- h) 1 型压力机的飞轮最大允许速度和正常旋转方向；
- i) 1 型压力机离合器接合允许的最大每分钟次数。

7.3 警告

应符合 GB/T 42596.1—2023 中 7.3 的规定。

7.4 使用说明书

除了 GB/T 42596.1—2023 中 7.4 的要求外,使用说明书还应包括下列内容：

- a) 符合 5.3.6 要求的支撑装置的使用说明；
- b) 关于 2 型压力机的静态和动态制动检查的必要规定。

7.5 行程指示方法

关于 2 型压力机,应提供指示可编程行程中当前滑块位置的方法。

在合理可行的情况下,应注明下列事项：

- a) 滑动运动方向(上行程或下行程)；
- b) 可编程行程的上限位置和下限位置,或用于设置这些限值的位置传感器的位置；
- c) 停止性能(超程)监控功能的参数设置(如允许制动距离)及监控结果。

附 录 A
(资料性)

重大危险、危险情况和防护措施

本附录包含风险评估确定的所有重大危险、危险情况和事件,这些微信对于该类型机床具有重大影响,并且需要采取特定措施来消除或减小风险。见表 A.1。

表 A.1 重大危险、危险情况和防护措施

GB/T 15706—2012 的附录 B	危险来源	压力机上的危险情况	本文件中相关条款
1 机械危险			
表 B.1	重力	维护或维修	5.2.5, 5.3.6
表 B.1	运动元件	所有生产模式	5.2.5, 5.2.6, 5.2.7, 5.2.8,5.2.9, 5.2.10, 5.3.2, 5.3.3,5.4.1, 5.4.2, 5.4.4, 5.4.6, 5.4.7, 5.4.8. 5.4.9, 5.4.10,5.4.11
		模具设置,试运行行程,维护和润滑	5.5.1, 5.5.2, 5.5.3
2 电气危险			
表 B.1	伺服驱动系统	所有操作模式和维护(适用于 2 型压力机)	5.8.1
3 高温危险			
表 B.1	伺服驱动系统	所有操作模式和维护(适用于 2 型压力机)	5.8.1

附录 B

(规范性)

最小安全距离的计算

B.1 通则

本附录代替 GB/T 42596.1—2023 的附录 D。

最小安全距离 S 适用于下列装置：

- 不带防护锁定的联锁防护装置；
- 不带锁定的带控制功能的防护装置；
- 不带防护锁定的超前开启联锁防护装置；
- 使用光电保护装置作为电敏保护装置；
- 双手操纵装置；

距离危险区的最小安全距离 S 应按照 GB/T 19876—2012 中的公式(2)和公式(B.1)给出的通用公式进行计算。

$$S = (K \times T) + C \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

S ——最小安全距离(从危险区到检测点、线、平面或区域的距离,(见 GB/T 42596.1—2023 的图 C.1,危险区的边界),单位为毫米(mm)；

K ——参数,单位为毫米每秒(mm/s)；

T ——整个系统停止性能(总停止响应时间),单位为秒(s)；

C ——为闯入附加距离,单位为毫米(mm),基于保护装置启动之前闯入危险区的情况确定,(对于使用垂直安装的 AOPD 和 AOPDDR 的 ESPE,按照 GB/T 42596.1—2023 中 D.3 的要求确定其值)；

整个系统停止性能(总停止响应时间) T 应按照公式(B.2)计算：

$$T = t_1 + t_2 \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

T ——整个系统停止性能(总停止响应时间),单位为秒(s)；

t_1 ——从感应功能的致动到保护装置将输出信号切换到断开状态之间的最大时间,单位为秒(s)；

t_2 ——停止时间,从保护装置输出断开状态的信号开始到满足以下三个条件之间的最大时间,单位为秒(s)：

- a) 滑块减速至 10 mm/s 或更低；
- b) 机械制动器被激活(即断电或降压)；
- c) 伺服电机断电或离合器脱开。

每类保护装置的接近速度 K 和闯入附加距离 C 应根据 GB/T 19876—2012 的要求确定。但是：

——在没有防护装置锁定的情况下,超前开启联锁防护装置的侵入距离 C 可为 0；

——垂直安装的 AOPD 和 AOPDDR 的闯入附加距离 C 应根据 GB/T 42596.1—2023 的 D.3 确定。

如果 AOPD 用于压力机的循环重新启动,则应符合 GB/T 19876—2012 中 6.2.3.2 的规定。

当与压力机机械连接的防护装置的位置可改变时,为了保持最小距离,安全防护装置应联锁或能锁定在指定位置,以便只能使用工具、钥匙或电子密码移动。

B.2 整个系统停止性能

B.2.1 通则

测量或评估整个系统停止性能 T 时,应在最恶劣的条件下考虑以下方面:

- a) 停止功能相关部件的磨损;
- b) 系统相关部件温度的影响;
- c) 根据压力机预期使用的最大模具质量;
- d) 压力机滑块最大速度(如偏心压力机过上死点 90° 处的滑块最大速度,传动系统最高角速度);
- e) 排气阀及消声器的影响;
- f) 平衡缸系统(例如,使用说明书中表明的最小平衡气压);
- g) 控制系统从停止命令被输入或由系统逻辑启动到系统的输出达到 OFF 状态的时间的延迟;
- h) 保护装置和控制系统之间的接口延迟;
- i) 最大行程长度。

B.2.2 1 型压力机的附加考虑

在测量或估计 1 型压力机的整体系统停止性能 T 时,除了 B.2.1 外,在最严重的正常条件下还应考虑以下方面:

- a) 每分钟最大行程次数;
- b) 离合器/制动器系统中最大流体压力;
- c) 平衡缸的低压切断装置所允许的最小气压。

注:确定停止时间 t_2 的详细信息见附录 D。

B.2.3 2 型压力机的附加考虑

B.2.3.1 通则

在测量或估计 2 型压力机的整个系统停止性能 T 时,除 B.2.1 外,还应考虑以下方面。

B.2.3.2 故障条件下的整个系统停止性能

对于第 2 组压力机,由于安全相关控制系统(包括伺服系统和辅助电气制动装置)中发生的任何单一故障,其整体系统停止性能 T 不应超过 GB/T 42596.1—2023 中 7.2 m) 标明的值。当涉及保护停止功能和机械制动控制功能的安全相关部件被设计为冗余和监控系统时,这些安全相关部件中的任何一个故障都不会导致功能损失。但停止功能发生所需的时间可能会因故障项目和单个故障发生的时间而变化。

因此,制造商应确定最长整体系统停止性能的故障条件,并应采用由此计算出的最小安全距离。需根据系统配置进行分析,以使滑块减速、启动机械制动器和断开伺服电机。

注 1: 伺服系统的故障清单和故障排除见 GB/T 12668.501—2013 的附录 D。

注 2: 故障条件下整个系统停止性能包括监控响应时间(故障检测的时间和故障反应时间,如安全停止)。

B.2.3.3 考虑动力损失

控制系统(包括伺服系统)的电源意外损失或中断应视为单一故障。

在这种情况下,伺服系统执行的电制动功能应视为失效,停止功能应通过其他方式执行(如机械制动器、由电阻器等无源元件组成的动力制动器等)。

B.2.3.4 使用速度监控功能确定压力机的最高滑块速度

当测量需要将滑块减速至小于 10 mm/s 所需的时间作为停止时间 t_2 的一个因素，应考虑闭合行程过程中的最快滑块速度。

在实施速度监测的情况下，只有当其符合保护停止功能或 PLd 所需的 PL (见 GB/T 16855.1—2018) 时，才能考虑其影响。在这种情况下，最高滑块速度通过公式 (B.3) 计算：

$$v = v_{\text{limit}} + \alpha_{\text{max}} \times t_{\text{delay}} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- v ——测量中设置的最高滑块速度；
 - v_{limit} ——监控功能的预置速度限制；
 - α_{max} ——由最大电动机转矩产生的滑块在闭合行程上的最大加速度；
 - t_{delay} ——最大时间滞后，是从超速发生的时间到速度监控启动安全转矩关闭 (STO) 的时间。
- 如果速度监测不同于保护停止功能所需的 PL 或 PLd，则应认为其在限制最高滑动速度方面无效。

B.3 不带防护锁定的联锁防护装置，不带防护锁定的带控制功能的防护装置，不带防护锁定的超前开启联锁防护装置

GB/T 42596.1—2023 中 D.2 应适用于本附录计算整个系统停止性能 T 。

B.4 ESPE 使用垂直安装的 AOPDs 和 AOPDDRs

GB/T 42596.1—2023 中 D.3 应适用于本附录计算整个系统停止性能 T 。

B.5 ESPE 使用水平安装的 AOPDs 作为唯一安全防护装置

GB/T 42596.1—2023 中 D.4 应适用于本附录计算整个系统停止性能 T 。

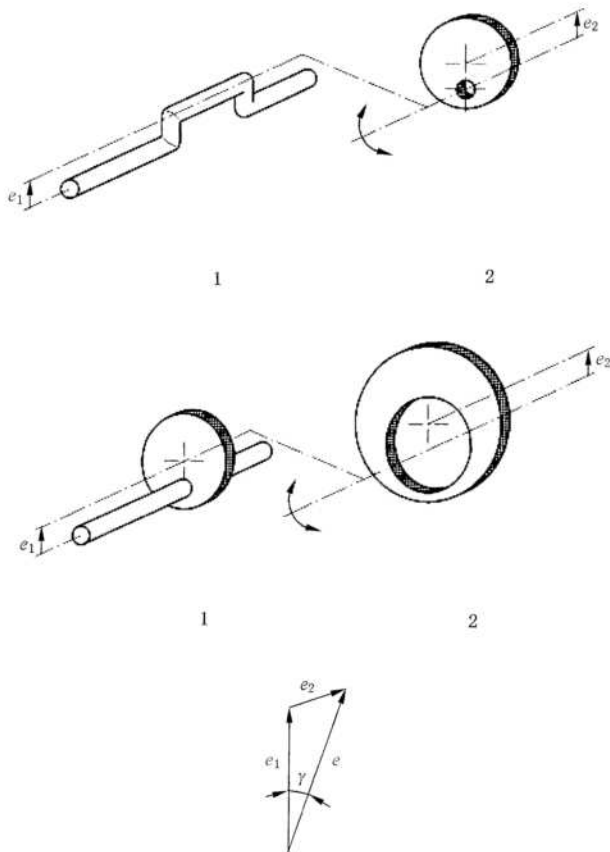
B.6 双手操纵装置

GB/T 42596.1—2023 中 D.5 应适用于本附录计算整个系统停止性能 T 进行计算。

附录 C
(资料性)
旋转凸轮装置的设置

C.1 偏心调节和旋转凸轮装置的基本特征

不同行程长度的固定角度调整。图 C.1 显示了偏心调整。



标引序号说明：

1 —— 曲轴；

2 —— 偏心衬套；

e_1 —— 曲轴或偏心轴的偏心距离；

e_2 —— 偏心衬套的偏心距离；

e —— e_1 和 e_2 的矢量和(半行程长度)；

γ —— e_1 和 e 之间角度(即,基于行程长度的变化的 e_1 和 e 的角度变化)。

注：这是曲轴需要转动的角度,以便将滑块重新定位到与行程调整前相同的角度位置。

图 C.1 偏心调整

假定从最大行程长度和滑块位于上死点时开始, e_1 和 e_2 成一直线, 旋转凸轮装置指示滑块位于上死点位置。见图 C.2 a)。

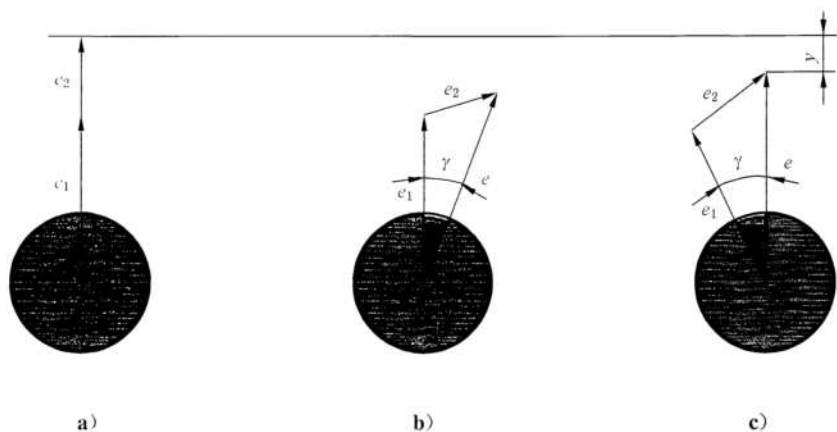


图 C.2 曲轴上偏心衬套的位置

通过转动偏心衬套,可获得等于 e_2 的更短行程长度[见图 C.2 b)]。

为了将滑块重新定位到上死点 TDC,曲轴(以及旋转凸轮装置)在与偏心衬套转动相反的方向上转动角度 γ 。行程长度现在减少 $2y$ [见图 C.2 c)]。旋转凸轮装置指示滑动位置偏离 TDC 的角度 γ 。这就是为什么需要调整旋转凸轮装置的原因。

角度 $\gamma_{\max}$ 可达到 0° 和 $\gamma_{\max}$ 之间的值, $\gamma_{\max}$ 取决于 e_1 和 e_2 之间的比率。

如果以 e_2 和 e 之间的角度为 90° 的方式转动 e_2 , 则可获得 $\gamma_{\max}$ (见图 C.3)。

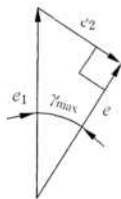


图 C.3 旋转凸轮装置的最大角度 $\gamma_{\max}$

$\gamma_{\max}$ 由 $\sin\gamma_{\max} = e_2/e_1$ 得到, 因为 $e_1 \geq e_2$ 。这意味着 $\gamma_{\max}$ 不能大于 90° (当 $e_1 \leq e_2$ 时, $\gamma_{\max} = 90^\circ$)。

如果偏心衬套可调节到 180° , 也可使用最大和最小行程长度 $S_{\max}$ 和 $S_{\min}$ 来计算 $\gamma_{\max}$ (见表 C.1)

表 C.1 与行程长度和动力关联的旋转凸轮装置最大角度的推荐值

行程长度/mm	最大	63	71	80	90	100	112	125	140	160	180	200
	最小	12			16		20			25		
$s_{\max} - s_{\min}$		51	59	68	74	84	92	105	120	135	155	175
$s_{\max} + s_{\min}$		75	83	92	106	116	132	145	160	185	205	225
$\sin\gamma_{\max}$		0.68	0.711	0.739	0.698	0.724	0.697	0.724	0.75	0.73	0.756	0.778
$\gamma_{\max}/(^{\circ})$		42.9	45.4	47.7	44.4	46.5	44.3	46.5	48.7	47.0	49.3	51.2
公称力/kN		100	160	250	400	630	(800)	1 000	(1 250)	1 600	(2 000)	2 500
$\gamma_p + \epsilon_2$ 最好不超过 45°。 注: 基于 EPPMP(欧洲机械压力机制造商专家组)推荐, 行程长度增大, 角度 $\gamma_{\max}$ 和停止位移位置 λ [约等于停止性能(超程)]裕度 ϵ_2。												

使用公式 (C.1):

$$\sin\gamma_{\max} = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max} + S_{\min}} = \frac{e_2}{e_1} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

如果在最大行程长度和最小行程长度($\gamma=0^\circ$)处压力机停止位置与 TDC 重合,应根据每次设定的行程长度后在 TDC 的停止角度变化调整停止位置。

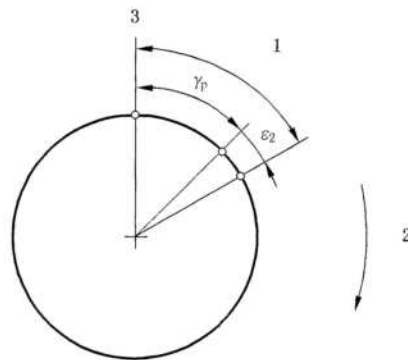
为了对此进行补偿并将停止位置保持在 TDC,需要将旋转凸轮装置调节到相应的角度。调整可通过相对于曲轴旋转限位开关或凸轮来进行。

旋转凸轮装置可在机械止动件之间旋转的最大角度被指定为 γ_p ,这是旋转凸轮装置的最大允许调整角度。

在速度、行程长度和/或旋转凸轮装置调整的任何情况下,滑块的平均停止位置都不允许超过上死点 TDC 60° (宜为 45°)(见 5.4.4.6)。因此,需要限制机械挡块之间的角度 γ_p 。

停止-性能(超程)的安全监控裕度,附录 D 中规定的 ε_2 也需要包括在允许的超程范围内(60° 或最好是 45°)。

因此,在压力机的最大行程速度下, γ_p 和 ε_2 的总和需要小于 60° (最好是 45°)(见图 C.4)。



标引序号说明:

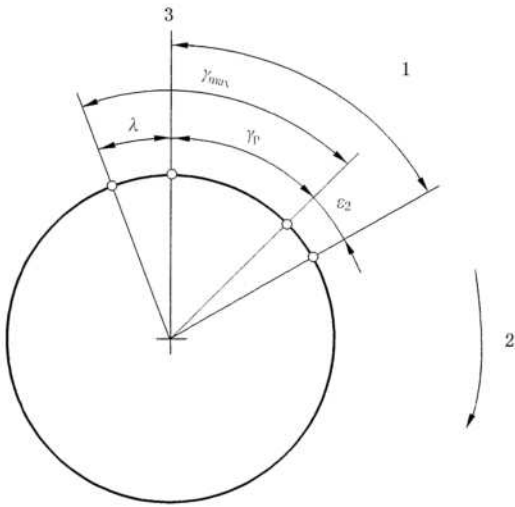
- 1——最大超程($=\gamma_p + \varepsilon_2$);
- 2——旋转方向;
- 3——上死点。

图 C.4 关于旋转凸轮装置的超程

γ_p 通常等于 $\gamma_{\max}$,因此在不同的行程长度下,滑块的停止位置将始终位于 TDC。

如果角度 $\gamma_{\max}$ 较大,则需要限制 γ_p ,以免超过允许的超程。

因此,滑块在确定行程长度(如下所述)的停止时间不能比在角度 λ 内更接近 TDC(见图 C.5)。



标引序号说明：
1——最大超程(= $\gamma_p + \varepsilon_2$)；
2——旋转方向；
3——上死点。
注： λ 是停止位置的位移。

图 C.5 关于旋转凸轮装置的停止位置

图 C.5 显示 $\gamma_p = \gamma_{\text{max}} - \lambda$ 。

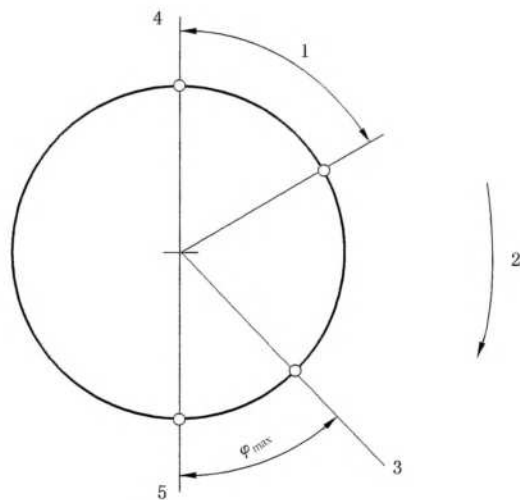
γ_{max} 的大小取决于压力机的最大或最小行程长度。最小行程长度是对角度大小影响最大的因素。因此，应使用表 C.1 所示的最大和最小行程长度。

如果 γ_p 不等于 γ_{max} ，则不能实现 TDC 的停止 ($\lambda > 0$)。这也可能出现在：

- 最大和最小行程长度；
- $\gamma = \gamma_{\text{max}}$ 时产生的行程长度。

旋转凸轮装置的调整极限是确定的：

- 与曲轴旋转方向一致：最大超程 $\gamma_p + \varepsilon_2$ ；
- 与曲轴旋转方向相反：下死点之前抑制角度的最大允许值 φ_{max} (见图 C.6)。

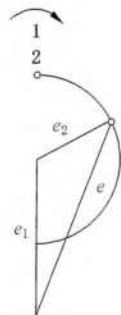


- 标引序号说明：
- 1——最大超程($=\gamma_p + \varepsilon_2$)；
 - 2——旋转方向；
 - 3——抑制的开启；
 - 4——上死点；
 - 5——下死点。

图 C.6 最大抑制角度的位置

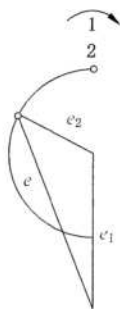
为了不超过最大允许超限,当滑块处于 TDC 时,通过图 C.2 中的方案 a)或方案 b),将旋转凸轮装置的一个端部止动器相对于偏心轴固定。即 $\gamma=0$ 或 $\gamma=\gamma_{max}$ 。

需要注意的是,偏心衬套 e_2 可顺时针或通过 e_1 逆时针转动(见图 C.7 和图 C.8)。然而,旋转凸轮装置的可调节性的必要限制仅允许使用偏心衬套的整转的一半。因此,需要设计行程调节,以便只能使用正确的一半。



- 标引序号说明：
- 1——旋转方向；
 - 2——上死点。

图 C.7 e_2 顺时针旋转

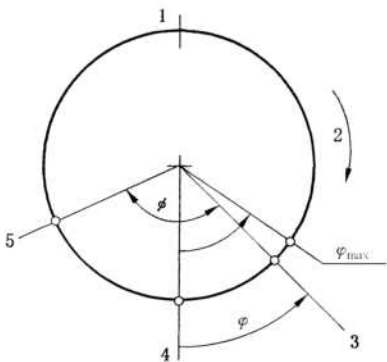


标引序号说明：
1——旋转方向；
2——上死点。

图 C.8 e_2 逆时针旋转

C.2 抑制开始位置的确定

压力机的运动如图 C.9 所示。

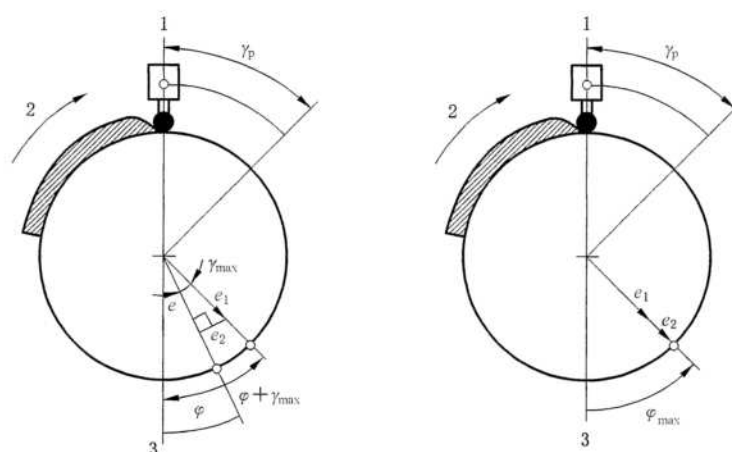


标引序号说明：
1 ——上死点 TDC；
2 ——旋转方向；
3 ——抑制信号；
4 ——下死点 BDC；
5 ——停止信号；
 ϕ ——抑制角度(抑制信号和停止信号之间的角度)；
 φ ——下死点之前的部分抑制角度，随着行程长度和旋转凸轮装置而变化，并在下死点之后计算为负；
 $\varphi_{\max}$ ——在下死点之前抑制角度的最大允许角度，以度为单位，根据整个系统停止性能及下列所述的速度进行计算。

图 C.9 抑制点的位置

从压力机接收抑制信号的时间起直至通过下死点的时间(对应 $\varphi_{\max}$ 角度)需要小于压力机的整体系统停止性能(在速度和行程长度的任何组合和/或旋转凸轮装置的设置条件下的)[见 5.4.4.7 c)]。

图 C.10 显示 $\varphi_{\max} \geq \varphi + \gamma_{\max}$ ，因此在公式(C.1)得出的角度之前不会发生抑制。



标引序号说明：

- 1——上死点；
2——旋转方向；
3——下死点。

图 C.10 与整个系统停止性能相关的抑制点位置

这意味着 φ 不容许超过一个特定值。

φ 由公式(C.2)计算：

$$\varphi = \omega \times T \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

ω ——是角速度，单位为度/秒[°/s]；

T ——是整个系统停止性能，单位为秒(s)，见附录 D。

最大允许值 $\varphi_{\max}$ (单位度)由公式(C.3)进行计算：

$$\varphi_{\max} = 6Tn \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

n 是每分行程次数，如果可调，则应以压力机最小每分钟行程次数 $n_{\min}$ 计算 $\varphi_{\max}$ 。

按上述公式得到的 $\varphi_{\max}$ 数值基本适用于固定行程和固定旋转凸轮装置的压力机。因此，由于行程长度的变化和/或旋转凸轮装置的设置，抑制开始点需要出现在 $\varphi_{\max}$ 角度之后和下死点之前(见图 C.10)。

旋转凸轮需要在一极限位置有一固定(机械)阻止，因此在调整行程长度(或旋转凸轮装置)时， $\varphi + \gamma_{\max}$ (或 γ_p) 不会超过 $\varphi_{\max}$ (在一定设置下，角度 φ 可为负)。

然后，下列设置给出旋转凸轮的两个极限位置(之间的角度 γ_p)：

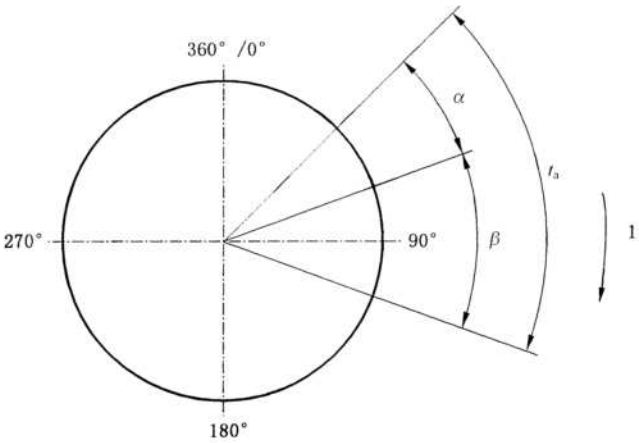
- 曲轴旋转方向：极限位置由上死点后的 γ_p (或 $\gamma_{\max}$) $+ \epsilon_2 \leq 60^\circ$ (最好是 45°) 确定(见表 C.1)；
- 在曲轴旋转的相反方向上：极限位置由下止点前的 $\varphi + \gamma_{\max}$ (或 γ_p) $\leq \varphi_{\max}$ 确定。

这适用于最不利条件的设置。

附 录 D
(规范性)

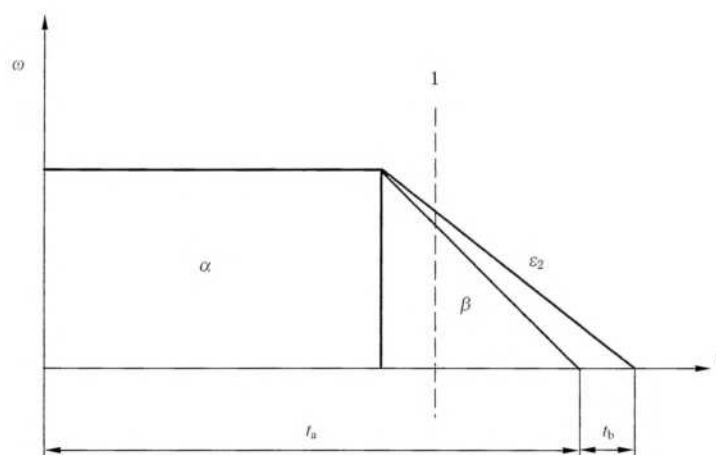
1 型压力机停止时间 t_2 的测定

下列角度和时间见图 D.1～图 D.4 中描述。



标引序号说明：
1——旋转方向。

图 D.1 响应时间 t_a 、自由旋转角度 α 和制动时间 β 之间的关系



标引序号说明：

1——滑块超过 90°；

图 D.2 停止时的角速度变化

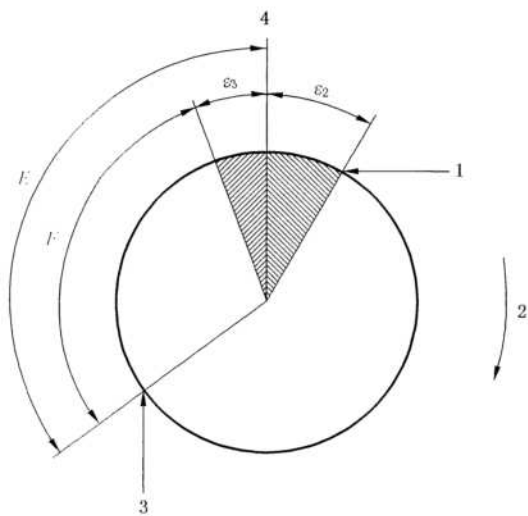
- α ——自由旋转角度,单位为度($^{\circ}$);
- β ——制动角度(假定为线性),单位为度($^{\circ}$);
- ϵ_2 ——停止-性能(超程)监控器的安全裕度,单位为度($^{\circ}$);
- ω ——角速度,单位为度每秒[$(^{\circ})/\text{s}$];
- t_a ——是在 B.2 和 B.3 中规定的工作气压和条件下测量的响应时间,单位为秒(s);
- t_b ——停止-性能(超程)监控器的安全裕度,单位为秒(s),参考时间 $t_b = \epsilon_2 / \omega$;
- t_c ——压差响应时间,单位为秒(s);
- Δt ——测量方法中的不确定性,单位为秒(s);
- $\alpha + \beta$ ——在制动器处于良好状态的情况下测量的压力机的停止角度,单位为度($^{\circ}$);
- $\alpha + \beta + \epsilon_2$ ——是在制动器磨损的情况下,同一压力机测得的停止角度,单位为度($^{\circ}$);
- ϵ_2 ——通常为 $\Delta\alpha + \Delta\beta$,但在最坏情况下仅为 $\Delta\beta$ 。

1 型压力机的停止时间 t_2 如下所述确定。

a) 时间 t_a 应在 B.2.1 和 B.2.2 规定的条件下进行测量。

注：停止时间 t_2 只能由单台压力机确定。

b) 对应于 ϵ_3 的时间 t_c 和对应于 ϵ_2 的时间 t_b (即压差时间加上制动监控器的安全裕度)现在应添加到 t_a 中(见图 D.3 和图 D.4)。



标引序号说明：

1 —— 停止性能监控器；

2 —— 旋转方向；

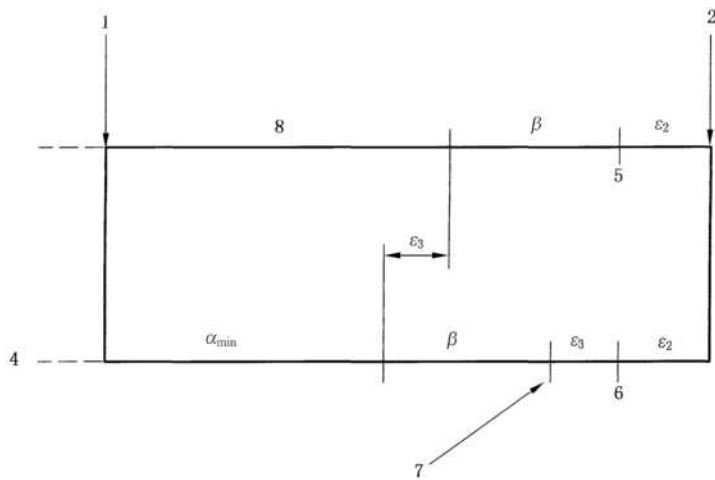
3 —— 停止信号；

4 —— 上死点；

E —— 工作气压下的角度；

F —— 最小气压下的角度。

图 D.3 停止位置与压差时间 t_c 和停车性能监控器安全裕度 t_b 的关系



标引序号说明：

1 —— 停止信号；

2 —— 停止性能监控器；

3 —— 工作气压；

4 —— 最小气压；

5 —— 上死点；

6 —— 下死点；

7 —— 最小气压停止点；

8 —— 工作气压下的 α 。

图 D.4 停止顺序图

图 D.3 和图 D.4 显示,当停止信号和停止-性能(超程)监控器的位置固定,尽管部分角度尺寸变化,但这两点之间的角度恒定不变。

图 D.3 中, E 是当调整凸轮时,正常工作气压下产生的停止角度,以使平均停止位置接近上死点。 F 是在相同设置的旋转凸轮装置下,但是由气压监控开关设置决定的最小气压时产生的新的平均停止位置。

图 D.4 显示 滑块驱动时最小气压压比正常工作气压产生更小的制动角度,气压越低,排气越快。如果制动器在最小气压下工作时恶化,虽然停止-性能(超程)监控器角度没有超过,但可能超过停止时间 t_2 。这是因为曲轴在 α (响应角度)以全速旋转,但在 β (机械制动角)期间平均以半速旋转。

理论上, t_c 能直接测量(工作压力 t_a —最小压力 t_a =压差时间 t_c),但是更实用的方法是手动测量 ϵ_3 ,并按照公式(D.1)转化为 t_c :

$$t_c = \frac{\epsilon_3}{\omega} = \frac{\epsilon_3}{6n_{\max}} \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

这假设曲轴在以下情况下自由旋转:

ϵ_3 ——单位为度($^\circ$);

$n_{\max}$ ——每分行程次数(最大行程速度)。

停止-性能(超程)监控器安全裕度 ϵ_2 用公式(D.2)转换为时间 t_b :

$$t_b = \frac{2\epsilon_2}{\omega} = \frac{\epsilon_2}{3n_{\max}} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

假定制动情况下曲轴旋转,其中:

ϵ_2 ——单位为度($^\circ$);

$n_{\max}$ ——每分行程次数(最大行程速度)。

c) Δt 考虑了测量方法中可能增加的不确定性。

d) 用于计算 1 型压力机的最小安全距离的停止时间 t_2 如公式(D.3)所示。

$$t_2 = t_a + t_b + t_c + \Delta t \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

