

第一章 机械安全技术

考试内容及要求

运用机械安全相关技术和标准，辨识和分析作业场所存在的机械安全隐患，解决转动、传动和加工等机械安全技术问题；运用安全人机工程学理论和知识，解决人机结合的安全技术问题。

第一节 机械安全基础知识

包含六个主要内容：

- 一、基本概念
- 二、机械分类
- 三、机械使用危险有害因素
- 四、机械危险部位及安全防护措施
- 五、实现机械安全的途径与对策措施
- 六、机械制造生产场所安全技术

一、基本概念

机械是由若干个零、部件连接构成，其中至少有一个零、部件是可运动的，并且配备或预定配备动力系统，是具有特定应用目的的组合。

机械是机器、机构等的泛称。

- | | | |
|----|---|-----------------------------------|
| 区别 | { | 机械往往指一类机器（如工程机械、加工机械、化工机械、建筑机械等）。 |
| | | 机器常常指某种具体的机械产品（如数控机床、起重机、注塑机等）。 |
| | | 机构一般指机器的某组成部分，可实现某种特定运动（如传动机构等）。 |

机械安全是指在机械生命周期所有阶段，按规定的预定使用条件执行其功能的安全。机械安全由组成机械的各部分及整机的安全状态来保证，由使用机械的人的安全行为来保证，由人机的和谐关系来保证。

二、机械分类

按照机械的使用用途，可以将机械大致分为 10 类。

（1）动力机械

如机器中常用的电动机、内燃机、蒸汽机等

（2）金属切削机械

车床、钻床、镗床、齿轮加工机床、螺纹加工机床等

（3）金属成型机床

除金属切削加工以外的加工机械。如锻压机械、铸造机械等。

（4）交通运输机械

如汽车、火车、船舶和飞机等交通工具。

（5）起重运输机械

运移货物或人的提升和搬运机械。如各种起重机、运输机、升降机、卷扬机等。

（6）工程机械

挖掘机、铲运机、工程起重机、压实机、打桩机、钢筋切割机、混凝土搅拌机、路面机、凿岩机、线路工程机械以及其他专用工程机械等。

（7）农业机械

拖拉机、林业机械、牧业机械、渔业机械等。

（8）通用机械

如泵、风机、压缩机、阀门、真空设备、干燥设备、气体净化设备等。

（9）轻工机械

如纺织机械、食品加工机械、印刷机械、制药机械、造纸机械等。

（10）专用机械

专用机械指国民经济各部门生产中所特有的机械。如冶金机械、采煤机械、化工机械、石油机械等。

【例题】机械行业的主要产品包括 10 类，下列各项中属于专业机械的有（ ）。

- A．锻压机械
- B．标准紧固件
- C．压实机械
- D．冶金机械

【答案】：D

三、机械使用中危险有害因素

（一）机械性危险

产生机械性危险的条件因素主要有：

- （1）形状或表面特性。如锋利刀刃、锐边、尖角形等零部件、粗糙或光滑表面。
- （2）相对位置。如由于机器零部件运动可能产生挤压、剪切、缠绕区域的相对位置。
- （3）动能。具有运动（速度、加速、减速）以及运动方式（平动、交错运动或旋转运动）的机器零部件与人体接触，零部件由于松动、松脱、掉落或折断、碎裂、甩出。
- （4）势能。高空作业人员跌落危险、弹性元件的势能释放、高压气体、高压流体等。
- （5）质量和稳定性。机器抗倾翻性或移动机器防风抗滑的稳定性。
- （6）机械强度不够导致的断裂或破裂。
- （7）料堆（垛）坍塌、土岩滑动造成掩埋所致的窒息危险等。

（二）非机械性危险

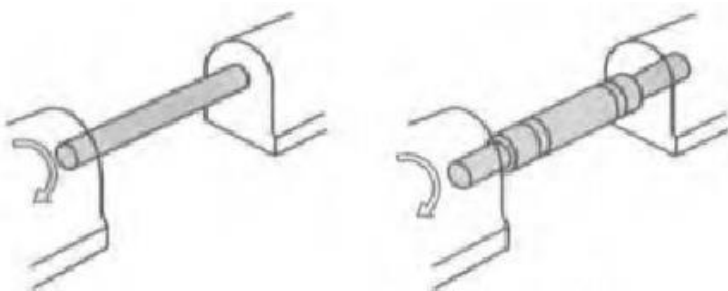
非机械性危险主要包括电气危险（如电击、电伤）、温度危险（如灼烫、冷冻）、噪声危险、振动危险、辐射危险（如电离辐射、非电离辐射）、材料和物质产生的危险、未履行安全人

机工程学原则而产生的危险等。

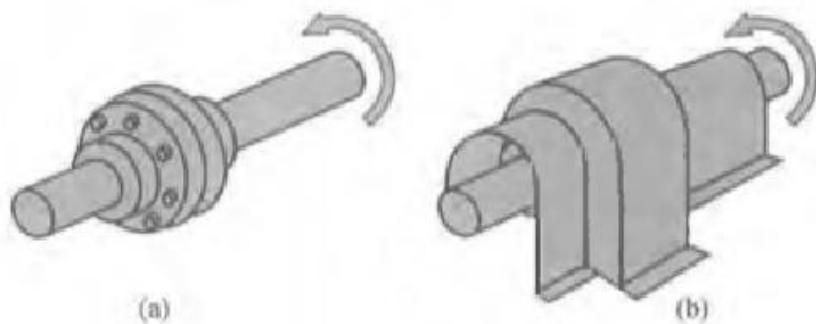
四、机械危险部位及其安全防护措施

(一) 转动的危险部位及其防护

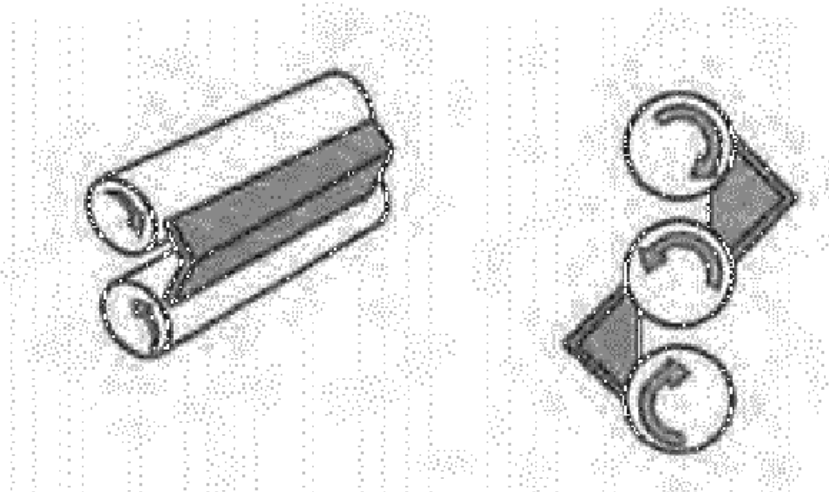
(1) 转动轴(无凸起部分): 使用与轴具有 12mm 净距的护套进行防护, 护套和轴可以相互滑动。



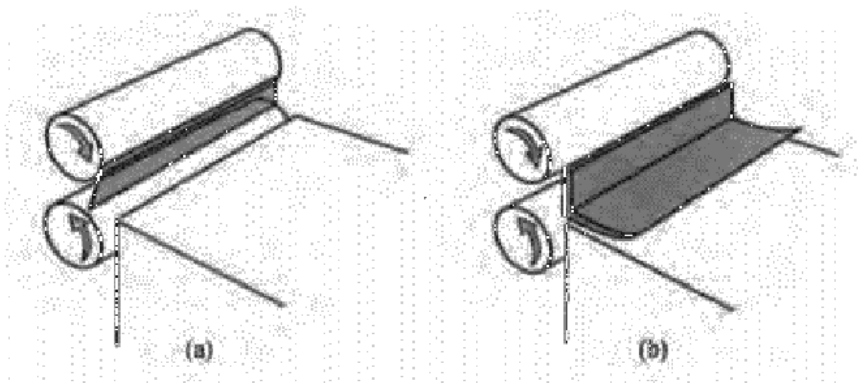
(2) 转动轴(有凸起部分): 使用防护罩封闭



(3) 对旋式轧辊: 采用钳型防护罩进行防护



(4) 牵引辊：安装钳型条防护

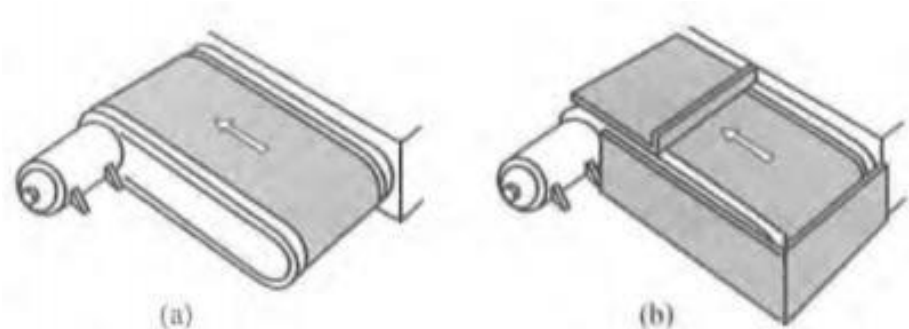


其他辊式输送机(驱动轴下游安装防护罩)、轴流风扇(防护网)、径流通风机、啮合齿轮(应全封闭)、旋转有辐轮、砂轮机及旋转道具都应安装防护。

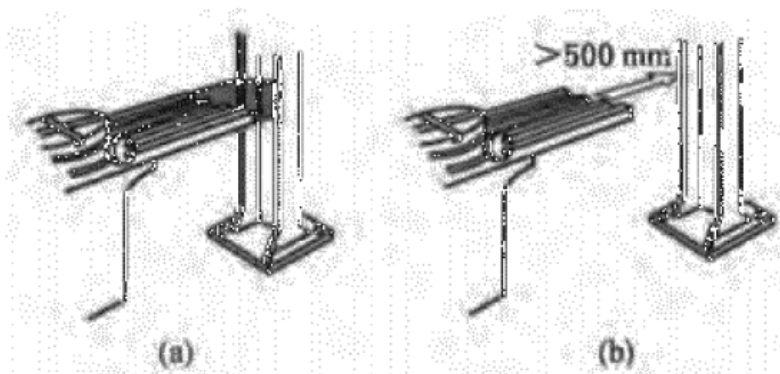
(二) 直线运动的危险部位

(1) 切割刀刃，使用安全防护。

(2) 砂带机：砂带机的砂带应该向远离操作者的方向运动，并且具有止逆装置。



(3) 机械工作台和滑枕：，当其运动平板(或者滑枕)达到极限位置时，平板(或者滑枕)的端面距离应和固定结构的间距不能小于 500 mm，以免造成挤压。



(4) 配重块：当使用配重块时，应对其全部行程加以封闭

其他如带锯机、冲压机和铆接机、剪刀式升降机安装必要的防护设施。

【例题】做直线运动的机械设备也存在相应种类的风险，下列关于做直线运动机械设备存在的危险有害因素的说法中，正确的是（ ）。

- A .砂带机的砂带应向靠近操作者的方向运动，具有止逆装置
- B .存在直线运动的带锯机，除切割部分露出，其余部分应全部封闭
- C .运动平板或滑枕达到极限位置时，端面距离和固定结构的间距不能小于 100 mm, 以免造成挤压
- D .为了方便调整配重块的操作，可以将配重块大部分露出

【答案】 B

【解析】 做直线运动的部件危险因素有：

(1) 切割刀刃：刀刃的锋利部分。

(2) 砂带机：砂带应远离操作者方向运动，具有止逆装置，靠近操作人员的端部应进行防护。

(3) 机械工作台和滑枕：运动平板或滑枕达到极限位置时，端面距离和固定结构的间距不能小于 500 mm ,以免造成挤压。

(4) 配重块：对配重块全部形成封闭，直到地面或者机械的固定配件处。

(三) 转动和直线运动的危险部位

(1) 齿条和齿轮：全封闭

(2) 皮带传动

防护罩可采用金属骨架的防护网，与皮带的距离不应小于 50 mm。一般传动机构离地面 2m

以下，应设防护罩。但在下列 3 种情况下，即使在离地面 2m 以上也应加防护：皮带轮中

心距之间的距离在 3m 以上；皮带宽度在 15 cm 以上；皮带回转的速度在 9m/min 以上。

这样，万一皮带断裂，不至于伤人。

（3）输送链和链轮：防止接近链轮的锯齿和输送链进入到链轮部位。

【例题】机械的危险部位根据机械部位特性具有不同的特点，如旋转部件和直线运动部件具有的危险性质不一致。因此，安装防护装置须根据不同危险部位的特性选择不同的防护装置。

下列关于旋转部件安装防护装置的说法中，不正确的是（ ）。

- A .对于无凸起的机械转动轴，安装的护套和轴可以相互滑动
- B .对于对旋式轧辊和牵引辊可以采用钳型防护装置提供保护
- C .对于啮合齿轮必须安装半封闭的防护罩，以方便人员通过防护罩工作
- D .对于辊轴交替驱动的辊式输送机，应在驱动轴的下游安装防护装置

【答案】 C

【解析】啮合齿轮必须有全封闭的防护罩，可用钢板或铸造箱体作为防护罩，必须坚固牢靠，方便开启。

五、实现机械安全的途径与对策措施

实现机械设备安全遵循以下两个基本途径：选用适当的设计结构，尽可能避免危险或减小风险；通过减少对操作者涉入危险区的需要，限制人们面临危险，避免给操作者带来不必要的体力消耗、精神紧张和疲劳。

三步法：

第一步：本质安全设计措施，也称直接安全技术措施，指通过适当选择机器的设计特性和暴露人员与机器的交互作用，消除或减小相关的风险。

第二步：安全防护或补充保护措施，也称间接安全技术措施。如果仅通过本质安全设计措施不足以减小风险时，可采用用于实现减小风险目标的安全防护或补充保护措施。

第三步：使用信息，也称提示性安全技术措施。如果以上两步技术措施不能实现或不能完全实现时，应使用信息明确警告剩余风险，说明安全使用设备的方法和相关的培训要求等。

(一) 采用本质安全技术

1. 合理的结构型式

- (1) 机器零部件形状。
- (2) 运动机械部件相对位置设计
- (3) 足够的稳定性

2. 限制机械应力以保证足够的抗破坏能力

- (1) 专业符合性要求
- (2) 足够的抗破坏能力
- (3) 连接坚固可靠
- (4) 防止超载应力
- (5) 良好的平衡和稳定性

3. 使用本质安全的工艺过程和动力源

- (1) 爆炸环境中的动力源
- (2) 采用安全的电源
- (3) 防止与能量形式有关的潜在危险
- (4) 改革工艺控制有害因素

4. 控制系统的安全设计

- (1) 控制系统的设计
- (2) 软、硬件的安全
- (3) 提供多种操作模式及模式转换功能

(4) 手动控制器的设计和配置应符合安全人机学原则

(5) 考虑复杂机器的特定要求

5.材料和物质的安全性

(1) 材料的力学性能承载能力

(2) 对环境的适应性

(3) 避免材料的毒性

(4) 防止火灾和爆炸风险

6. 机械的可靠性设计

(1) 使用可靠性已知的安全相关组件

(2) 关键组件或子系统加倍 (或冗余) 和多样化设计

(3) 操作的机械化或自动化设计

(4) 机械设备的维修性设计

7.遵循安全人机工程学的原则

对操作者和机器进行功能分配时,应遵循安全人机工程学原则,考虑预定使用机器“人—机”

相互作用的所有要素,以减轻操作者心理、生理压力和紧张程度。

(二) 安全防护措施

包括防护装置、保护装置及其他补充安全保护措施。

安全防护的重点是机械的传动部分及机械的其他运动部分、操作区、高处作业区、移动机械的移动区域,以及某些机器由于特殊危险形式需要特殊防护等。

1 . 防护装置的类型

(1) 固定式防护装置

(2) 活动式防护装置

(3) 联锁防护装置

2. 保护装置

联锁装置、双手操作式装置、能动装置、限制装置等。

3. 安全防护装置的选择原则

(1) 机械正常运行期间操作者不需要进入危险区的场合, 优先考虑选用固定式防护装置, 包括进料、取料装置, 辅助工作台; 适当高度的栅栏, 通道防护装置等。

(2) 机械正常运转时需要进入危险区的场合, 当需要进入危险区的次数较多, 需经常开启固定防护装置会带来作业不便时, 可考虑采用联锁装置、自动停机装置、可调防护装置、自动关闭防护装置、双手操纵装置、可控防护装置等。

(3) 对非运行状态的其他作业期间(如机器的设定、示教、过程转换、查找故障、清理或维修等)需进入危险区的场合, 需要移开或拆除防护装置, 或人为抑制安全装置功能时, 可采用手动控制模式、止-动操纵装置或双手操纵装置、点动-有限的运动操纵装置等。

4. 补充保护措施

补充保护措施也称附加预防措施, 是指在设计机器时, 除了一般通过设计减小风险, 采用安全防护措施和提供各种使用信息外, 还应另外采取的有关安全措施。

1) 实现急停功能的组件和元件

2) 被困人员逃生和救援的措施

3) 隔离和能量耗散的措施

4) 提供方便且安全搬运机器及其重型零部件的装置

5) 安全进入机器的措施

(三) 安全信息的使用

使用信息由文本、文字、标记、信号、符号或图表等组成, 以单独或联合使用的形式向使用

者传递信息，用以指导使用者安全、合理、正确地使用机器，警示剩余风险和可能需要应对机械危险事件。

使用信息的类别有：标志、符号（象形图）、安全色、文字警告等；信号和警告装置；随机文件，例如，操作手册、说明书等。

1. 信息的使用原则

- 1) 根据风险的大小和危险的性质
- 2) 根据需要信息的时间
- 3) 根据机器结构和操作的复杂程度
- 4) 根据信息内容和对人视觉的作用采用不同的安全色
- 5) 满足安全人机学的原则

2. 安全标志和安全色

1) 安全色

安全色是被赋予安全意义具有特殊属性的颜色，包括红、蓝、黄、绿四种。

颜色	颜色含义	
	人员安全	机械/过程状况
红	危险/禁止	紧急
黄	注意、警告	异常
绿	安全	正常
蓝	执行	强制性

（1）红色。红色表示禁止、停止、危险或提示消防设备、设施的信息。红色用于各种禁止标志、交通禁令标志、消防设备标志；机械的停止按钮、刹车及停车装置的操纵手柄；机

械设备的裸露部位(飞轮、齿轮、皮带轮的轮辐、轮毂等);仪表刻度盘上极限位置的刻度、危险信号旗等。

(2) 黄色。黄色表示注意、警告的信息。黄色用于如警告标志、皮带轮及其防护罩的内壁、砂轮机罩的内壁、防护栏杆、警告信号旗等。

(3) 蓝色。蓝色表示必须遵守规定的指令性信息。蓝色用于道路交通标志和标线中警告标志等。

(4) 绿色。绿色表示安全的提示性信息。绿色用于如机器的启动按钮、安全信号旗以及指示方向的提示标志,如安全通道、紧急出口、可动火区、避险处等。

(5) 红色与白色相间隔的条纹。比单独使用红色更加醒目,表示禁止通行、禁止跨越的信息。主要用于交通运输等方面所使用的防护栏杆及隔离墩;液化石油气汽车槽车的条纹;固定禁止标志的标志杆上的色带。

(6) 黄色与黑色相间隔的条纹。表示特别注意的信息。应用于各种机械在工作或移动时容易碰撞的部位(如移动式起重机的外伸腿、起重臂端部、起重吊钩和配重等),剪板机的压紧装置,冲床的滑块等有暂时或永久性危险的场所或设备,固定警告标志的标志杆上的色带等。

(7) 蓝色与白色相间隔的条纹。比单独使用蓝色更醒目,表示方向、指令的安全标记,主要用于交通上的指示性导向标等。

(8) 绿色与白色相间隔的条纹。比单独使用绿色更醒目,表示指示安全环境的安全标记。

2) 安全标志

安全标志由图形符号、安全色和(或)安全对比色、几何形状(边框)或附以简短的文字组合构成,用于传递与安全及健康有关的特定信息或使某个对象或地点变得醒目。

安全标志分为禁止标志、警告标志、指令标志、提示标志四类。

(1) 禁止标志：禁止人们不安全行为的图形标志。安全色为红色，对比色为白色，基本特征为：图形为圆形、黑色，白色衬底，红色边框和斜杠。



(2) 警告标志：提醒人们对周围环境引起注意，以避免可能发生危险的图形标志。安全色为黄色，对比色为黑色，基本特征为：图形为三角形、黑色，黄色衬底，黑色边框。



(3) 指令标志：强制人们必须做出某种动作或采用防范措施的图形标志。安全色为蓝色，对比色为白色，基本特征为：图形为圆形、白色，蓝色衬底。



(4) 提示标志：提供某种信息（标明安全设施或场所等）的图形标志。安全色为绿色，对比色为白色，基本特征为：白色图形，正方形边框，绿色衬底。



(5) 文字辅助标志：

仅靠安全标志本身不能够传递安全所需的全部信息时 ,用辅助标志给出附加的文字信息并且只能与安全标志同时使用。基本型式是矩形边框 ,有横写和竖写两种形式。

①横写时 , 文字辅助标志写在标志的下方 , 可以和标志连在一起 , 也可以分开。禁止标志、指令标志为白色字 , 衬底色为标志的颜色 ; 警告标志为黑色字 , 衬底色为白色。

②竖写时 , 文字辅助标志写在标志杆的上部。禁止标志、警告标志、指令标志、提示标志均为白色衬底 , 黑色字。标志杆下部色带的颜色应和标志的颜色相一致。

(6) 安全标志应满足的要求：

①标志牌的设置位置。应设在与安全有关的醒目地方和明亮环境中 , 并使人们看到后有足够的时间来注意它所表示的内容。 不宜设在门、窗、架或可移动的物体上 , 标志牌前不得放置妨碍认读的障碍物。

②多个安全标志在一起设置。应按警告、禁止、指令、提示类型的顺序 , 先左后右、先上后下排列。机械设备易发生危险的相应部位 , 必须有安全标志。

③标志检查与维修。标志在整个机械寿命内应保持连接牢固、字迹清楚、色彩久不褪色、耐环境条件 (如液体、气体、气候、盐雾、温度、光) 引起的损坏、耐磨损并尺寸稳定 ; 至少每半年检查一次 , 发现变形、破损、褪色不符合要求时 , 应及时修整或更换 , 以保证安全色正确、醒目。

【例题】国际通用的指示性安全色为红色、黄色 、蓝色、绿色 , 下列关于这四种安全色所对应的功能说法连接正确的是 ()。

A . 红色—提示

B . 绿色—指不

C . 蓝色—指示

D. 黄色—禁止

【答案】 C

【解析】安全色分类：

红—禁止：机械的停止按钮、刹车及停车装置的操纵手柄、机械的裸露部位、仪表刻度盘上的刻度。蓝—指令性信息：道路交通标志和标线中警告标志等。黄—注意、警告：皮带轮及其防护罩内壁。绿—提示性：启动信号、安全通道、避险处。

3. 信号和警告装置

信号的功能是提醒注意、显示运行状态、警告可能发生故障或出现险情（包括人身伤害或设备事故风险）先兆，要求人们做出排除或控制险情反应的信号。险情信号的基本属性是使信号接收区内的任何人都能察觉、辨认信号并做出反应。

1) 信号和警告装置类别

此类别包括听觉信号、视觉信号以及视听组合信号。

（1）听觉信号。通过发于声源的音调、频率和间歇变化传送的信息。险情听觉信号则根据险情的紧急程度及其可能对人群造成的伤害，分为三类：

- ①紧急听觉信号：标示险情开始的信号，必要时，还包括标示险情持续和终止的信号。
- ②紧急撤离听觉信号：标示险情开始或正在发生且有可能造成伤害的紧急情况的信号，此指示人们按已确定的方式立即离开危险区。
- ③警告听觉信号：标示即将发生或正在发生，需采取适当措施消除或控制危险的险情信号。也可提供人们采取行动或措施的信息。

（2）视觉信号：借助装置的视亮度、对比度、颜色、形状、尺寸或排列传送的信息。根据险情对人危害的紧急程度和可能后果，视觉信号分为两类：

- ①警告视觉信号：指明危险情形即将发生，要求采取适当措施消除或控制险情的视觉信号。

②紧急视觉信号：指明危险情形已经开始或正在发生，要求采取应急措施的视觉信号。

(3) 视听组合信号。其特点是光、声信号共同作用。当险情信号为紧急信号时，险情视觉信号与险情听觉信号应配合使用同时出现，用以加强危险和紧急状态的警告功能。

声	光	含义
扫频声	红色	危险，紧急行动
猝发声，快脉冲	红色	危险，紧急行动
变更声	红色	危险，紧急行动
短声	黄色	注意，警戒
序列声	蓝色	命令，强制性行动
拖延声	绿色	正常状态，警报解除

2) 安全要求

设计和应用视听信号应遵循安全人机工程学原则，具体安全要求如下：

- (1) 含义明确性。特定的特征，使信号含义明确，确保无歧义地识别传递。
- (2) 可察觉性。信号必须清晰可鉴，听觉信号应明显超过有效掩蔽阈值，在接收区内的任何位置都不应低于 65 dB (A)。紧急视觉信号应使用闪烁信号灯，警告视觉信号的亮度应至少是背景亮度的 5 倍，紧急视觉信号亮度应至少是背景亮度的 10 倍，即后者的亮度应至少 2 倍于前者，频闪效应会削弱闪光信号的可察觉性。听觉信号和视觉信号宜同时使用时，声光的同步可提高信号的可察觉性。
- (3) 可分辨性。险情信号应与所用的其他所有信号明显相区分。
- (4) 有效性。险情信号应定期复查，应复查信号的有效性。
- (5) 设置位置。宜设置于紧邻潜在危险源的适当位置，视觉险情信号应在作业地点的可听

可视范围之内，使人员能及时察觉、正确理解。

（6）优先级要求。任何险情信号应优先于其他所有视听信号；紧急信号应优先于所有警告信号，紧急撤离信号应优先于其他所有险情信号。

4.随机文件及使用说明书

主要是指操作手册、使用说明书或其他文字说明（如保修单等）。使用说明书内容应简明、准确、易于阅读和理解；能指导使用者正确使用机器，避免可能带来伤害，警告可合理预见到的误用的风险以及警告剩余风险。使用说明书不应用来掩盖设计上的缺陷。说明书应包括安装、搬运、贮存、使用、维修和安全卫生等有关规定，应在各个环节对剩余风险提出通知和警告，并给出对策建议。

六、机械制造生产场所安全技术

机械工厂包括各类机械制造业，电讯、邮电器材制造业，仪表制造业，造船、机车车辆制造业，汽车、拖拉机制造业，飞机工业等工厂。

生产场所是机械设备和各种物料集中的场所，又是人员进行作业活动的地点。多种形式的危险并存，机械危险与其他非机械危险交织在一起。由于工作环境或机器设备工具的不完善和设备设施布局不科学，工艺过程、劳动组织或技术操作方法上的缺陷等原因，而引起伤亡事故或发生职业病。

（一）总平面布置

（1）总平面布置，应结合当地气象条件，使车间厂房具有良好的朝向、采光和自然通风条件。保证作业场地和作业环境的气象条件符合防寒、防风、防暑、防湿的要求。

（2）在符合生产流程、操作要求和使用功能的前提下，应采用联合、集中、多层布置。按生产流程做到工序衔接紧密，物料传送路线短，操作检修方便，符合安全卫生要求。

（3）多层厂房应将运输量、荷载、噪声较大及有振动、有腐蚀溶液和用水量较多的工部

布置在厂房的底层，便于运输、减轻楼板荷重、排污水；将工艺生产过程中排出有粉尘、毒气和腐蚀性气体和火灾危险性较大的工部布置在顶层，以便合理使用空间、进行三废处理、加强环境保护。联合厂房应将散发烟尘、高温或排出有害介质的车间布置在靠外墙处。

（4）产生危险和有害因素的车间、装置和设备设施与控制室、变配电室、仓库、办公室、休息室、试验室等公用设施的距离应符合有关标准规定。

（5）散发热量、腐蚀性、尘毒危害较严重及使用易燃易爆物料或气体、电磁电离辐射危害严重的工序，布置在靠外墙和厂房的下风向，与其他生产工序隔开，不同危害生产工序之间亦应相互隔离。危害相同的生产工序宜集中（或相邻）布置。对于影响严重的局部工段，可采用排烟排气罩机械送、排风，或者采取密闭措施。

（6）厂区运输网应根据生产流程，充分考虑人和物的合理流向和物料输送的需要，结合进出厂（场）物品的特征、运输量、装卸方式合理布局。

（二）通道

通道包括厂区主干道和车间安全通道。

（1）合理组织人流和物流。运输线路的布置，应避免运输繁忙的货流与人流交叉、铁路与道路平面交叉、进出厂主要货流与企业外部交通干线的平面交叉，保证物流安全顺畅、路径短捷不折返。

（2）主要生产区、仓库区、动力区的道路，应环形布置。厂区尽端式道路，应有便捷的消防车回转场地。道路上部管架和栈桥等，在干道上的净高不得小于 5 m。

（3）车间通道一般分为纵向主要通道、横向主要通道和机床之间的次要通道。每个加工车间都应有一条纵向主要通道，通道宽度应根据车间内的运输方式和经常搬运工件的尺寸确定，见下表确定。车间横向主要通道根据需要设置，其宽度不应小于 2000mm；机床之间的次要通道宽度一般不应小于 1000mm。人行道、车行道的布置和间隔距离，都不应妨碍

人员工作和造成危害。

加工车间通道尺寸

运输方式	通道宽度/m				
	冷加工	铸造	锻造	热处理	焊接
人工运输	≥1	1.5	2~3	1.5~2.5	2~3
电瓶车单向行驶	1.8	2			
电瓶车对开	3		3~5	3~4	3~5
叉车或汽车行驶	3.5	3.5			
手工造型人行道	—	0.8~1.5	—	—	—
机器造型人行道	—	1.5~2	—	—	—
铁路进厂房入口宽度应为5.5					

当为消防通道时，应满足现行国家标准《建筑设计防火规范》(G B 50016) 的规定。

(4) 主要人流与货流通道的出入口分开设置；货流出入口应位于主要货流方向，应靠近仓库、堆场，并与外部运输线路方便连接；车间厂房出入口的位置和数量，应根据生产规模、总体规划、用地面积及平面布置等因素综合确定，并确保出入口的数量不少于 2 个。厂房大门净宽度应比最大运输件宽度大 600 mm，比净高度大 300 mm；车辆出人频繁的大门宜设置防撞措施。对于特大的设备可设专门安装洞口。

(5) 除厂房四周应设消防通道外，在厂房内部尚须设置纵横贯通的消防通道。

(6) 工厂铁路专用线设计，应符合现行国家标准的规定，不宜与人行主干道交叉；当必须交叉时，应设置看守道口、护栏、限速标志、警铃等安全设施或安装无人看守道口智能报警系统。

(三) 设备布置及安全防护措施

车间的机床设备布置应合理，应按工艺流程布置，力求物流线路最短。

1.机床设备安全距离

各设备之间、管线之间，以及设备、管线与厂房、建（构）筑物的墙壁之间的距离，应符合有关设计和建筑规范要求。机床间的最小距离及机床至墙壁和柱之间的最小距离不 应小于下表规定。

机床布置最小安全距离 (m)

项 目	小型机床	中型机床	大型机床	特大型机床
机床操作面间距	1.1	1.3	1.5	1.8
机床后面、侧面离墙柱间距	0.8	1.0	1.0	1.0
机床操作面离墙柱间距	1.3	1.5	1.8	2.0

2.作业现场生产设备应布局合理，各种安全防护装置及设施齐全，符合有关设备的安全卫生规程要求

(1) 带有机械传动装置的设备及联动生产线时，对运动传动部件 (如皮带轮、皮带、飞轮、齿轮、联轴器、导轨、齿杆、传动轴) 产生的危险的防护，应采用固定式防护装置或活动式联锁防护装置，并应符合现行国家标准的规定。

(2) 机床应设防止切屑、磨屑和冷却液飞溅或零件、工件意外甩出伤人的防护挡板， 重型机床高于 500 mm 的操作平台周围应设高度不低于 1050 mm 的防护栏杆。

(3) 产生有害物质排放的设备，应根据其特点和操作、维修要求，采取整体密闭、局部密闭或设置在密闭室内。密闭后应设排风装置，不能密闭时，应设吸风罩。可能突然产生大量有害气体或爆炸危险的工作场所，应设浓度探测和事故报警及事故排风装置。

(4) 生产线辊道、带式运输机等运输设备，在人员横跨处，应设带栏杆的人行走桥；平台、走台，坑池边和升降口有跌落危险处，必须设栏杆或盖板；需登高检查和维修的设备处宜设钢梯；当采用钢直梯时，钢直梯 3 m 以上部分应设安全护笼。

3. 具有潜在危险的设备应根据有关标准和规定进行防护

(1) 有高压、高温、高速、高电压或深冷等试验台和装置的各类试验站，必须配备各种信号、报警装置和安全防护设施。

(2) 高噪声设备宜相对集中，并应布置在厂房的端头，尽可能设置隔声窗或隔声走廊等；人员多、强噪声源比较分散的大车间，可设置隔声屏障或带有生产工艺孔洞的隔墙，或根据实际条件采用隔声、吸声、消声等降噪减噪措施。

(3) 高振设备设施宜相对集中布置，采取减振降噪等措施。高振动的设备应避开对防振要求较高的仪器、设备，保持有足够防振间距。对振动、爆炸敏感的设备，应进行隔离或设置屏蔽、防护墙、减振设施等。

(4) 输送有毒、有害、易燃、易爆、高温、高压和有腐蚀性气体或液体的管道、管件、阀门及其材质、连接等，必须分别具有密封、耐压、防腐蚀、防静电等措施。

(5) 加热设备及反应釜等的作业孔、操作器、观察孔等应有防护设施，作业区热辐射强度不应超过有关规定；设置必要的提示、标志和警告信号。

4.所有车间应配置必要的消防器材

室内消防栓、灭火器等消防设施和器材配备示意图或清单，灭火器材应定置存放，不应挪动和破坏，应定期检查，保证在检验有效期内。消防器材前方不准堆放物品和杂物，用过的灭火器不应放回原处。

(四) 采光照明

1. 天然采光

应优先利用天然光，辅助以人工光，采取有效措施节约能源。

2. 照明方式

按下列要求确定照明方式：

(1) 工作场所通常设置一般照明，即照亮整个场所的均匀照明。

(2) 同场所内不同区域有不同照度要求时，应分区设置一般照明或局部照明（例如，机床的床头灯）。

(3) 对于部分作业面照度要求较高，只采用一般照明不合理，宜采用由一般照明与局部照明组成的混合照明。

3. 照明种类

(1) 工作场所均应设置正常照明，即在正常情况下使用的室内外照明。

(2) 工作场所下列情况应设置应急照明。

应急照明包括疏散照明、安全照明、备用照明。

①正常照明因故障熄灭后，需确保正常工作或活动继续进行的场所，应设置备用照明。

②正常照明因故障熄灭后，需确保处于潜在危险之中的人员安全场所，应设置安全照明。

③正常照明因故障熄灭后，需确保人员安全疏散的出口和通道，应设置疏散照明。

(3) 如果需要，还应考虑其他照明。例如，非工作时间，在车间、营业厅等提供值班照明；为防范需要，在重要厂区、库区等有警戒任务的场所，设置警卫照明等。

4. 光照度

作业空间应有符合标准规定的足够的尽可能均匀的光照度。应急照明的照度标准值应符合下列规定：

(1) 备用照明的照度值除另有规定外，不低于该场所一般照明照度值的 10%。

(2) 安全照明的照度标准值除另有规定外，不低于该场所一般照明照度标准值的 10%。

(3) 疏散照明的地面平均水平照度值除另有规定外，水平疏散通道不应低于 1lx，垂直疏散区域不应低于 5 lx。

5. 避免眩光、频闪和阴影

(五) 物资堆放

生产物料、产品和剩余物料的堆放、布置和间隔距离，都不应妨碍人员工作和造成危害。

(1) 生产物料、半成品及成品应严格按指定区域归类堆放，排列有序；工位器具、工具、模具、夹具应放在指定的部位，安全稳妥，应分类存放上架或装盘；生产过程中的余料和废品、废料等物料，按规定堆放在划定区域内；推车等简易搬运工具应明确规定放置地点。

(2) 易燃、易爆物质的库房，按消防要求，配置足够消防设施和器材，单独储存在专用

仓库、专用场地或专用柜内，并设专人管理。物料、半成品及成品间有互相影响或本身产生有毒有害物质，应隔离堆放，并设有相关的防护措施。

（ 3 ）合理地做好毛坯、原材料、辅助材料和工艺装备的投产批次和数量，限量存储。白班存放为每班加工量的 1.5 倍，夜班存放为加工量的 2.5 倍，大件不得超过当班定额。高处作业区堆放生产物料和工具，应严格控制数量。

（ 4 ）各类物资的堆放应安全牢固，做到按类存放，重不压轻，大不压小，使货堆保持最大的稳定性。

（ 5 ）成垛堆放生产物料、产品和剩余物料应堆垛稳固。当直接存放在地面上时，堆垛高度不应超过 1.4 m，且高与底边长之比不应大于 3，垛的基础要牢固，不得产生下沉、歪斜或倾塌，垛之间的距离应便于搬移或机械化装卸作业。

（六）作业场所地面要求

（ 1 ）作业场地应地面平整、坚固、无坑凹，且能承受工作时规定的荷重。

（ 2 ）地面应经常保持清洁。在工作地周围地面上，不允许存放与生产无关的物料。垃圾或废料、油污、废水应及时清理，做到“工完、料尽、场地清”。

（ 3 ）地面平整，无障碍物和绊脚物，避免凸出的管线等障碍；坑、沟、池应设置可靠的盖板或护栏，夜间有照明。

（ 4 ）容易发生危险事故的场地，应设置醒目的安全标志。安全标志及涂安全色应符合标准的规定。

①标注在落地电柜箱、消防器材的前面，不得用其他物品遮挡的禁止阻塞线。

②标注在突出悬挂物及机械可移动范围内，避免碰撞的安全提示线。

③标注在高出地面的设备安装平台边缘的安全警戒线。

④标注在楼梯第一级台阶和人行通道高差 300 mm 以上的边缘处的防止踏空线。

⑤标注在凸出于地面或人行横道上、高差 300mm 以上的管线或其他障碍物上的防止绊跤线。

第二节 金属切削机床及砂轮机安全技术

包含三个主要内容：

一、金属切削机床存在的主要危险

二、安全要求和安全技术措施

三、砂轮机安全技术

金属切削加工是通过刀具与工件间的相对运动，从毛坯上切除多余金属，从而获得合格零件的一种机械加工方法。金属切削机床是用切削（车、钻、刨、铣、镗、磨、插、锯等）特种加工（直接利用电能、化学能、声能、光能、热能等或其与机械能的组合等形式）等方法来获得所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的加工机器。

一、金属切削机床存在的主要危险

机床危险部位（或险区）是指机床在静止或运转时，可能使人员损伤或危害健康及设备损坏的区域。主要包括加工区域和工作区域。

（一）机械危险

机床存在的机械危险大量表现为人员与可运动件的接触伤害，是导致金属切削机床发生事故的主要危险。伤害起因和伤害形式如下：

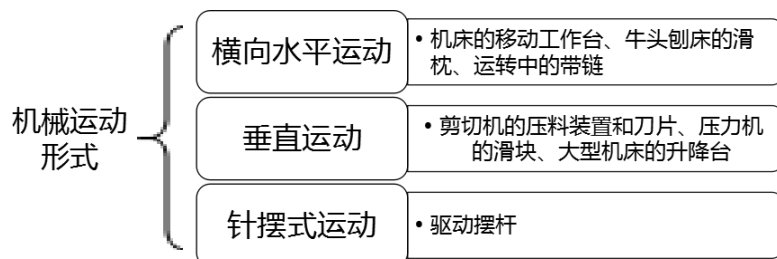
（1）卷绕和绞缠。常见的危险部位有：

①做回转运动的机械部件。如轴类零件。

②回转件上的突出形状，如安装在轴上的突出键、螺栓或销钉、手轮的手柄等。

③旋转运动的机械部件的开口部分，如链轮、齿轮等圆轮形零件的轮辐、旋转凸轮的中空部位等。

(2) 挤压、剪切和冲击。引起这类伤害的是作往复直线运动或往复转角运动的零部件。



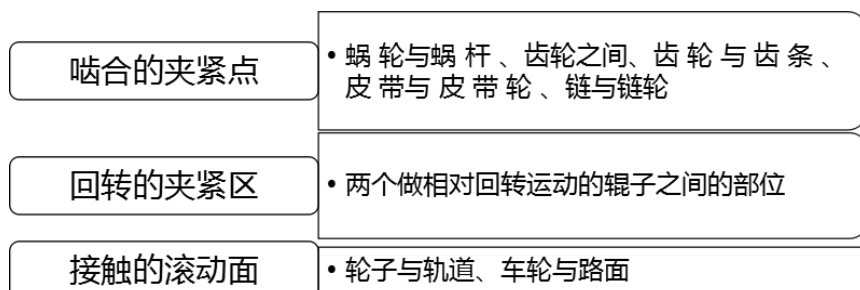
①接近型的挤压危险。两部件相对距离越来越近，甚至完全闭合。如工作台、滑鞍（或滑板）

与墙或其他物体之间，刀具与刀座之间，刀具与夹紧机构或机械手之间。

②通过型的剪切危险。相对错动或擦肩而过，如工作台与滑鞍之间，滑鞍与床身之间，主轴箱与立柱（或滑板）之间，刀具与刀座之间的剪切危险。

③冲击危险。工作台、滑座、立柱等部件快速移动、主轴箱快速下降、机械手移动引起的冲击危险。

(3) 引入或卷入、碾轧的危险。危险产生于相互配合的运动副或接触面：



(4) 飞出物打击的危险。由于动能或弹性能量的意外释放，使失控物件飞甩或反弹造成的伤害。危险产生原因和部位有：

①失控的动能。机床零件或被加工材料/工件、运动的机床零件或工件掉下或甩出；切屑（最易伤人是带状屑、崩碎屑）飞溅引起的烫伤、划伤，以及砂轮的磨料和细切屑使眼睛受伤。

②弹性元件的位能。如弹簧、皮带等的断裂引起的弹射。

③液体或气体位能。机床冷却系统、液压系统、气动系统由于泄漏或元件失效引起流体喷射，负压和真空导致吸入的危险。

(5) 物体坠落打击的危险。处于高位置的物体具有势能，当它们意外坠落时，势能转化为动能，造成伤害。危险产生部位有：

①如高处坠掉的零件、工具或其他物体。

②悬挂物体的吊挂零件破坏或夹具夹持不牢引起物体坠落。

③由于质量分布不均、外形布局不合适、重心不稳，或有外力作用，丧失稳定性，发生倾翻、滚落。

④运动部件运行超行程脱轨等。

(6) 形状或表面特征的危险。无论施害物是处于运动还是静止状态，都会构成潜在的危险：

①锋利物件的切割、戳、刺、扎危险。

②粗糙表面的擦伤。如砂轮表面、粗糖的毛坯表面等。

③碰撞、刮蹭和冲击危险。如机床结构上的凸出、悬突或悬挂式部位，支腿、吊杆、手柄等；长、大加工件伸出机床的部分等。如果是运动状态，还可能造成冲击的危险。

(7) 滑倒、绊倒和跌落危险。如果由此跌落引起二次伤害，后果可能更严重。

由于电气设备绝缘不良、带电体的屏护保护不当、电气设备接地不良可能导致触电：

(1) 触电的危险（直接或间接触电）。带电体无保护、绝缘不当或失效、未按采取接地措施。

(2) 电气设备的保护措施不当。电气设备无短路保护或保护不当，电动机无过载保护或过载保护不当，电动机超速引起的危险，电压过低、电压过高或电源中断引起的危险。

(3) 电气设备引起的燃烧、爆炸危险。

(三) 热危险

(1) 由于接触高温加工件、高温金属切屑以及热加工设备的热源辐射引起的烧伤和烫伤；接触液压系统发热的元件或油液引起的烫伤危险。

(2) 由过热或过冷对健康造成的伤害。如接触或靠近极高或极低温状态下的机械零件或材料, 造成对人的伤害。

(3) 作业环境过热或过冷对健康造成的危害。

(四) 噪声危险

作业场所的噪声不符合规定对人听力造成损伤和其他生理紊乱, 对语言通讯和声讯信号造成干涉。机床的噪声超标会导致人耳鸣、听力下降或疲劳和精神压抑等疾病。

(五) 振动危险

切削过程中, 刀具与工件之间经常会产生自由振动、强迫振动或自激振动(颤振) 等类型的机械振动。振动会影响加工表面质量, 降低机床和刀具的寿命, 并引起噪声, 导致各种精神疾病等。

(六) 辐射危险

(1) 电弧、激光辐射造成视力下降、皮肤损伤。

(2) 特种加工的电火花加工、电子束离子束加工产生较强 X 射线等离子化辐射源。

(3) 电磁干扰使电气设备无法正常运行或产生误动作, 电磁辐射损害人身健康的危险。

(七) 物质和材料产生的危险

(1) 接触或吸入有害液体、气体、烟雾、油雾和粉尘等。

(2) 现场的发火因素, 如干式磨削产生的火花、冷却液、油液易燃或加工易燃材料引起的火灾危险; 抛光金属(如镁、铝合金) 零件产生具有爆炸性粉尘的危险。

(3) 生物和微生物, 冷却液、油液发霉和变质的危险。

(八) 设计时忽视人机工效学产生的危险

(1) 作业频率和强度不当, 造成操作者精神紧张、心理负担过重及疲劳。

(2) 作业位置(工作台、座椅) 和操纵装置(手轮、手柄、按钮站) 不适, 导致不利健康

的姿势和操作力过大。

(3) 忽视人员防护装备的使用，未使用人员防护装备或防护装备使用不当。

(4) 不符合要求的作业照明，如照度不够，阴影、眩光、频闪等。

(5) 符号标识不清、操作方向不一致引起的误操作危险。

(九) 故障、能量供应中断、机械零件破损及其他功能紊乱造成的危险

(1) 机床或控制系统能量供应中断。动力中断或波动造成机床误动；动力中断后重新接通时，机床自行再启动引起的危险。

(2) 动力中断、连接松动、元件破损。刀具、工件、机床零件意外甩出，压力气体或液体的意外喷出的危险。

(3) 控制系统的故障或失灵、选择和安装不符合设计规定。引起机床意外启动或误动作、速度变化失控和运动不能停止；机床主轴过载和进给机构超负荷工作；控制件功能不可靠引起。

(4) 数控系统由于记忆失灵和保护不当及与各种外部装置间的接口连接使用不当引起。

(5) 装配错误。机床部件装配错误和导管、电缆、电线或液压、气动管件等连接错误引起。

(6) 机床稳定性意外丧失。机床及其附件产生翻倒、落下或异常移动；配重系统中元件断裂引起倾覆的危险。

(十) 安全措施错误、安全装置缺陷或定位不当

(1) 防护装置性能不可靠，存在漏保护区，使人员有可能在机床运转过程中进入危险区产生的危险。

(2) 保护装置。互锁装置、限位装置、压敏防护装置性能不可靠或失灵引起的危险。

(3) 信息和报警装置。能量供应切断装置和机床危险部位未提供必要安全信息（安全色和安全标志）或信息损坏不清，报警装置未设或失灵。

- (4) 急停装置性能不可靠，安装位置不合适。
- (5) 安全调整和维修用的主要设备和附件未提供或提供不全。
- (6) 气动排气装置安装、使用不当，气流将切屑和灰尘吹向操作者。
- (7) 进入机床（操作、调整、维修等）措施没有提供或措施不到位。
- (8) 机床液压系统、气动系统、润滑系统、冷却系统压力过大、压力损失、泄漏或喷射等引起的危险。

【例题】金属切削机床的风险有很多，有非机械风险如粉尘、热辐射等，但机械风险主要来自于两个方面：①故障、能量中断、机械零件破损及其他功能紊乱造成的危险。②安全措施错误，安全装置缺陷或定位不当造成的危险。下列各种情况属于第二类危险的是（ ）。

- A. 由于机床动力中断或动力波动造成机床误动作
- B. 金属切削机床加工过程中工件意外甩出造成工人的机械伤害
- C. 机床的配重系统故障引起机床倾覆
- D. 气动排气装置装反，气流将碎屑吹向操纵者

答案：D

解析：(1) 故障、能量中断、机械零件破损及其他功能紊乱造成的危险有：动力中断或波动造成机床误动；工具意外甩出、液体意外喷出；机床主轴过载和进给机构超负荷工作；装配错误和导线、电缆连接错误导致危险；机床稳定性意外丧失；配重系统故障引起倾覆等。

(2) 第二类危险有：保护装置存在漏保护区；互锁装置限位装置失灵；急停装置安装位置不合适；报警装置失灵；气动排气装置装反，气流将碎屑吹向操纵者；进入机床维修保护措施不到位；机床液压系统、润滑系统泄漏喷射引起的危险等。

二、安全要求和安全技术措施

应通过设计尽可能排除或减少所有潜在的危险因素。通过设计不能避免或充分限制的危险，

应采取必要的安全防护装置（防护装置、安全装置）。对无法通过设计排除或减少的危险因素，而且安全防护装置对其无效或不完全有效的剩余危险应用信息通知和警告操作者。（三步法）。

（一）防止机械危险安全措施

1.机床结构

- （1）稳定性。机床的外形布局应确保具有足够的稳定性。
- （2）机床外形。可接触的外露部分不应有锐边、尖角和开口；机床的各种管线布置排列合理、无障碍，防止绊倒；机床突出、移动、分离部分应采取安全措施，防止产生伤害。

2.运动部件

- （1）有可能造成缠绕、吸入或卷入等危险的运动部件和传动装置应予以封闭、设置防护装置或使用信息提示。
- （2）凡在作业上方有物料传输装置、带传动装置以及上方可能有坠落物件的下方,应设置防护廊、防护棚、防护网等防护。
- （3）运动部件与运动部件之间、运动部件与静止部件（包括墙体等构筑物）之间，不应存在挤压危险和剪切危险，否则应限定避免人体各部位受到伤害的最小安全距离（下表规定）或按有关规定采用防止挤压、剪切的保护装置。

防止挤压的身体部位最小间距/mm

身体部位	最小间距 a	身体部位	最小间距 a	身体部位	最小间距 a
身体	500	臂	120	腿	250
头部	300	手指	25	脚趾	50

- （4）运动部件在有限滑轨运行或有行程距离要求的，应设置可靠的限位装置。
- （5）有惯性冲击的机动往复运动部件，应设置缓冲装置。

(6) 对于可能超负荷(压力、起升量、温度等)发生部件损坏而造成伤害的,应设置超负荷保护装置,并在机床上或说明书中标明极限使用条件。

(7) 运动中可能松脱的零部件必须采取有效措施加以紧固,防止由于启动、制动、冲击、振动而引起松动、脱离、甩出。

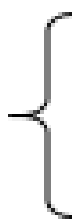
(8) 对于单向转动的部件应在明显位置标出转动方向,防止反向转动导致危险。

(9) 运动部件不允许同时运动时,其控制机构应联锁,不能实现联锁的,应在控制机构附近设置警告标志,并在说明书中加以说明。

3.夹持装置

(1) 夹持装置应确保工件、刀具不坠落或不甩出,尤其当紧急停止或动力系统故障时,必要时限定最高安全速度或转速。

(2) 机动夹持装置夹紧过程结束应与机床运转开始相联锁,连锁装置满足以下三个要求:

 机床运转时,工件夹紧装置不应动作;
未达到预期安全预紧力时,工件驱动装置不应动作;
工件夹紧力低于安全值或超过允许值时,工件驱动装置应自动停止,并保持足够的夹紧力,使其可靠地停下来。

4.平衡装置

(1) 与机床部件及其运动有关的配重,如果构成危险,应采取安全防护措施,如将其置于机床体内或置于固定式防护装置内等,并防止配重系统元件断裂而造成的危险。

(2) 采用动力平衡装置,应防止动力系统发生故障时机床部件坠落而造成的危险。

(3) 移动式平衡装置(如配重),应在其移动范围内采取防护措施,防止移动造成的碰撞、夹挤。

5.排屑防喷溅措施

(1) 采取断屑措施防止产生长带状屑, 设防护挡板防止磨屑、切屑崩飞; 大量产生切屑的机床应设机械排屑装置, 必要时可与防护装置的打开和机床运转的停止联锁; 手工清除废屑, 应提供适宜的手用工具, 严禁手抠嘴吹。

(2) 机床输送高压流体的冷却系统、液压系统、气动系统及润滑系统, 应设有防止超压的安全阀或调整压力变化的溢流阀, 能承受正常操作时的内压和外压, 系统的渗漏不应引起喷射危险; 蓄能器应能自动卸压或安全闭锁(特殊情况, 断开时还需压力除外)。

6. 工作平台、通道、开口防止滑倒、绊倒和跌落的措施

不能在地面操作的机床, 则应配置供站立的平台和通道。其设计、制造、定位和必要的保护, 使操作者进入工作平台和进行操作、设置、监视、维修或与机器相关的其他工作时是安全的。

(1) 当可能坠落的高度超过 500mm 时, 应安装防坠落护栏、安全护笼及防护板等。

(2) 一般情况下, 工作平台和通道上的最小净高度应为 2100mm, 通道的最小净宽度应为 600mm, 最佳为 800mm。当经常通过或有多人同时交叉通过的通道宽度应为 1000mm。

(3) 为了避免绊倒危险, 相邻地板构件之间的最大高度差应不超过 4mm, 工作平台或通道地板的最大开口应使直径 35mm 的球不能穿过该开口。对下面有人工作的非临时通道, 其地板最大开口不应让直径 20mm 的球体穿过。

(4) 机床的电线和电缆导管、油管、气管和冷却管的排列和布置应不会引起绊倒危险。

(二) 电气系统

1. 防止触电危险

(1) 按照规定要求, 加强电气设备的带电体、绝缘、保护接地和电磁兼容的防护。

(2) 过电流的保护、电动机的过载和超速保护、电压波动和电源中断的保护、接地故障(或剩余电流)保护等各种电气保护应符合有关规定。

(3) 电气设备应防止或限制静电放电, 必要时可设置放电装置。

2.控制系统

(1) 应确保控制系统功能安全可靠。即使在控制系统出现故障时,也不应导致危险产生。

(2) 控制装置应设置在危险区以外(紧急停止装置、移动控制装置等除外);设置必要的标志表示其功能和用途;在操作位置不能观察到全部工作区的机床,应设置视觉或听觉警告信号装置或警告信息。

(3) 启动和停止。机床只应在人有意控制下才能启动,包括停止后重新启动、操作状况(如速度、压力)有重大变化和防护装置尚未闭合时;停止装置应位于每个启动装置附近。按下停止装置,执行机构的能量供应切断,机床运动完全停止。

(4) 控制模式选择。机床有一种以上工作或操作方式时,应设置模式选择控制装置,每个被选定的模式只允许对应一种操作或控制模式。在特别的安全措施(如减速、减功率或其他措施)下,机床的危险运动部件才允许运转。

(5) 紧急停止装置。机床应设置一个或数个紧急停止装置,保证瞬时动作时,能终止机床一切运动或返回设计规定的位置;易于触及且操作无危险;易识别,易于接近;该装置复位时不应使机床启动,必须按启动顺序重新启动才能重新运转。

(6) 数控系统。应防止非故意的程序损失和电磁故障;当信息中断或损坏,程序控制系统不应再发出下一步指令,但仍可完成在故障前预先选定的工序;当错误信息输入时,工作循环不能进行;有关安全性的软件不允许用户改变。

(三) 物质和材料

(1) 主要通过消除或最大程度减小危险的设计(工程)措施来实现。材料无毒或低毒,不可燃或不易燃,若采用有害物质或材料应采取相应措施防范。

(2) 消除或最大程度减少有害物质排放,最大限度减少人员暴露于有害物质中。加强油雾监测,控制油雾浓度最大值不超过 $5\text{mg}/\text{m}^3$;粉尘控制,机床附近的粉尘浓度最大值不超

过 10mg/m³ 等。

(3) 火灾和爆炸。采取下列措施进行控制：

消除或最大程度减小机器自身或物质的过热风险；

限制现场可燃、助燃物的量；

控制爆炸性气体、粉尘的浓度，防止气体、液体、粉尘等

物质产生火灾和爆炸危险。

有可燃性气体和粉尘的作业场所，避免产生火花，良好的通风系统（通风空气不应循环使用），综合考虑防火防爆措施和报警系统，合理选择和配备消防设施。

(四) 满足安全人机学要求

(1) 工作强度、运动幅度、可见性、姿势等应与人的能力和极限相适应；工作位置应适合操作者的身体尺寸、工作性质及姿势；防止操作时出现干扰、紧张、生理或心理危险；对于操作机床会造成伤害的，应提示用户采用个人防护装置。

(2) 友好的人机界面设计。人机交流集中体现在操纵器和显示装置的设计、性能和形式选择、数量和空间布局等，应符合信息特征和人的感觉器官的感知特性，保证迅速、通畅、准确地接收信息；显示器的视距应至少为 0.3m, 安装高度距地面或操作站台应为 1.3~2m。重大危险信号和报警装置，宜配置在故障易发或危险性较大部位，优先采用声、光组合信号。操纵装置的形状、尺寸和触感等表面特征的设计和配置应与人体操作的运动器官的运动特性相适应，与操作任务要求相适应。手轮、手柄操纵力和安装高度应符合下表的规定。

手轮、手柄操纵力和安装高度

项目	机床质量				安装高度
经常使用>25 次/每班	≤2t	>2t	>5-10t	>10t	
不经常使用	≤40N	≤60N	≤80N	≤120N	0.5-1.7m
仅调整时使用	≤60N	≤100N	≤120N	≤160N	0.3-1.9m
					≤2m

（五）其他危险的安全措施

1.热危险的安全

机床或其组成部件、液压系统的元件、材料存在异常温度热危险时，可采取降低表面温度、绝热材料包覆、设置保护装置（屏障或栅栏）、表面结构糙化、液压系统控制油温等工程措施，加设警示标志，必要时提供个人防护装备。

2.噪声和振动

应采取措施降低机床的噪声和振动对人体健康的影响。在空运转条件下，机床的噪声声压级应符合表的规定。

机床质量/t	≤10	>10-30	≥30
普通机床/dB（A）	85	85	90
数控机床/bB（A）	83		

3.电离和非电离辐射

（1）高频、微波、激光、紫外线、红外线等非电离辐射作业，除合理选择作业点、减少辐射源的辐射外，应按危害因素的不同性质，采取屏蔽辐射源、加强个体防护等相应防护措施；使用激光的作业环境，禁止使用镜面反射的材料，光通路应设置密封式防护罩。

(2) 对于存在电离辐射的放射源库、放射性物料及废料堆放处理场所,应有安全防护措施,外照射防护的基本方法是时间、距离、屏蔽防护,并应设有明显的标志、警示牌和划出禁区范围。

三、砂轮机安全技术

砂轮机借助砂轮的切削作用,除去工件表面的多余层,使工件结构尺寸和表面质量达到预定要求。

(一) 砂轮机加工的特点

- (1) 砂轮的运动速度高。磨削速度可高达 $30\sim 35\text{m/s}$, 或更高。
- (2) 砂轮的非均质结构。磨具由磨粒、结合剂和孔隙三要素组成,其强度低于金属刀具。
- (3) 磨削的高热现象。砂轮的高速运动使磨削区产生大量的磨削热。
- (4) 大量磨削粉尘。在正常磨削作业过程中,以及对砂轮进行修整时都会产生。

(二) 磨削加工危险因素

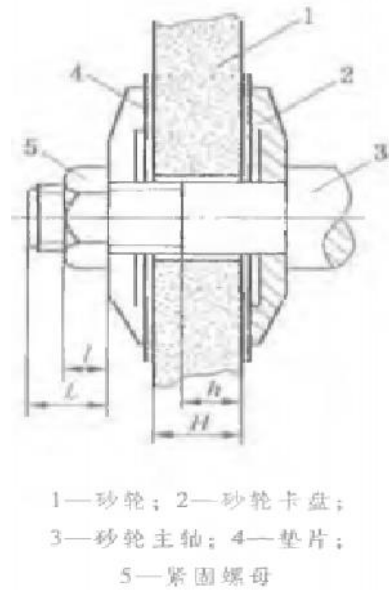
- (1) 机械伤害。砂轮破坏,碎块飞甩伤人,是后果最严重的伤害,砂轮安全是防护的重点。
- (2) 噪声危害。切削比能大、速度高是产生磨削噪声的主要原因,与干式磨削的排风系统噪声叠加,噪声有时可高达 115dB 以上。
- (3) 粉尘危害。据测定,干式磨削产生的粉尘中,小于 $5\mu\text{m}$ 的颗粒平均占比很高,容易引起尘肺病。磨削粉尘和金属细磨屑还易伤及眼睛。磨削时产生的火花,特别是磨削镁合金,是引起火灾的不安全因素。

(三) 砂轮机的安全要求

砂轮装置由砂轮、主轴、卡盘和防护罩共同组成。

1.砂轮主轴

砂轮主轴端部螺纹应满足防松脱的紧固要求，其旋转方向须与砂轮工作时旋转方向相反，砂轮机应标明砂轮的旋转方向；端部螺纹应足够长，切实保证整个螺母旋入压紧；主轴螺纹部分须延伸到紧固螺母的压紧面内，但不得超过砂轮最小厚度内孔长度的 $1/2$ ($h > H/2$)。



2.砂轮卡盘

一般用途的砂轮卡盘直径不得小于砂轮直径的 $1/3$ ，切断用砂轮的卡盘直径不得小于砂轮直径的 $1/4$ ；卡盘结构应均匀平衡，各表面平滑无锐棱，夹紧装配后，与砂轮接触的环形压紧面应平整、不得翘曲；卡盘与砂轮侧面的非接触部分应有不小于 1.5mm 的足够间隙。

3.砂轮防护罩

砂轮防护罩一般由圆周构件和两侧面构件组成，防护罩留有一定形状的开口，防护罩应满足以下安全技术要求：

(1) 砂轮防护罩的总开口角度应不大于 90° ，如果使用砂轮安装轴水平面以下砂轮部分加工时，防护罩开口角度可以增大到 125° 。而在砂轮安装轴水平面的上方，在任何情况下防护罩开口角度都应不大于 65° 。

(2) 砂轮防护罩任何部位不得与砂轮装置各运动部件接触，砂轮卡盘外侧面与砂轮防护罩开口边缘之间的间距一般应不大于 15mm 。

(3) 防护罩上方可调护板与砂轮圆周表面间隙应可调整至 6mm 以下；托架台面与砂轮主轴中心线等高，托架与砂轮圆周表面间隙应小于 3mm 。

(4) 防护罩的圆周防护部分应能调节或配有可调护板，以便补偿砂轮的磨损。当砂轮磨损

时，砂轮的圆周表面与防护罩可调护板之间的距离应不大于 1.6mm。

(5) 应随时调节工件托架以补偿砂轮的磨损，使工件托架和砂轮间的距离不大于 2mm。

4.电气安全要求

(1) 绝缘电阻。电源接线端子与保持接地端之间的绝缘电阻，其值不应小于 1MΩ。

(2) 保护接地装置连接件和连接点应确保不受机械、化学或电化学的作用而削弱其导电能力，接地装置处应有清晰、永久固定的接地标记。

5.其他要求

(1) 噪声。台式、落地砂轮机在空运转条件下，噪声声压级不得超过 80dB。

(2) 干式磨削砂轮机应设置吸尘装置，砂轮防护罩应备有吸尘口，带除尘装置的砂轮机的粉尘浓度不应超过 10mg/m³。

(3) 砂轮只可单向旋转，在砂轮机的明显位置上应标有砂轮旋转方向。

(四) 砂轮机的使用安全

1.砂轮的检查

(1) 标记检查。通过标记核对砂轮的特性是否符合使用要求、砂轮与主轴尺寸是否相匹配。砂轮没有标记或标记不清，都不可使用。

(2) 新砂轮、经第一次修整的砂轮以及发现运转不平衡的砂轮，都应做平衡试验。

2.砂轮机的操作要求

(1) 在任何情况下都不允许超过砂轮的最高工作速度，安装砂轮前应核对砂轮主轴的转速，在更换新砂轮时应进行必要的验算。

(2) 应使用砂轮的圆周表面进行磨削作业，不宜使用侧面进行磨削。

(3) 无论是正常磨削作业、空转试验还是修整砂轮，操作者都应站在砂轮的斜前方位置，不得站在砂轮正面。

(4) 禁止多人共用一台砂轮机同时操作。

(5) 砂轮机的除尘装置应定期检查和维修，及时清除通风装置管道里的粉尘，保持有效的通风除尘能力。

(6) 发生砂轮破坏事故后，必须检查砂轮防护罩是否有损伤，砂轮卡盘有无变形或不平衡，检查砂轮主轴端部螺纹和紧固螺母，合格后方可使用。

3. 个体防护要求

操作时应佩戴眼镜或护目镜，金属研磨特别注意防止铅化合物等重金属污染，配备防护服、完善的卫生洗涤设备和提供必要的医疗措施。

【例题】机械制造企业中常使用的砂轮机，砂轮质量易碎、转速高、使用频繁，容易发生伤人事故。某单位对砂轮机进行了一次例行安全检查。下列检查记录中，符合安全要求的是 ()。

A. 砂轮防护罩与主轴水平线的开口角为 50°

B. 电源接线端子与保持接地端之间的绝缘电阻，其值为 $0.1\text{ M}\Omega$

C. 砂轮防护罩有吸尘口，带除尘装置的砂轮机的粉尘浓度 $12\text{mg}/\text{m}^3$

D. 左右砂轮各有一个工人在磨削工具

答案：A

解析：B 选项中，电源接线端子与保持接地端之间的绝缘电阻，其值不应小于 $1\text{ M}\Omega$ 。C 选项中干式磨削砂轮机应设置吸尘装置，砂轮防护罩应备有吸尘口，带除尘装置的砂轮机的粉尘浓度不应超过 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。D 选项中，砂轮机禁止多人同时操作。

第三节 冲压剪切机械安全技术

包含三个主要内容：

一、冲压事故分析

二、压力机作业区的安全保护

三、剪板机安全技术简介

压力加工工艺即利用压力机和模具，使金属及其他材料在局部或整体上产生永久变形。压力加工包括弯曲、胀形、拉伸等成形加工，挤压、穿孔、锻造等体积成形加工，冲裁、剪切等分离加工，以及成形结合、锻造和压接等组合加工等，是一种少切削或无切削的加工工艺。

中、小吨位开式曲柄机械压力机的使用数量最多，常称冲床。

压力机（包括剪切机）是危险性较大的机械，从劳动安全卫生角度看，压力加工的危险因素有机械危险、电气危险、热危险、噪声振动危险（对作业环境的影响很大）、材料和物质危险以及违反安全人机学原则导致危险等，其中以机械伤害的危险性最大。压力机在作业危险区特有的冲压事故尤为突出，因冲压事故导致操作者的手指被切断的事故量惊人。

一、冲压事故分析

冲压事故可能发生在冲床设备的非正常状态，

例如，离合器或制动器元件缺陷、

故障，模具设计不合理或

有缺陷引发事故。更多是

发生在机器处于正常状态，

冲压作业正常进行中。



（一）冲压事故的共同特点

（1）危险状态：滑块做上下往复直线运动。

(2) 操作危险区：压力机滑块安装冲模后，冲模的垂直投影面范围模口区域。

(3) 危险时间：随着滑块的下行程，上、下模具的相对距离变小甚至闭合的阶段。

(4) 危险事件：在特定时间（滑块的下行程），操作者在该区域进行安装调试冲模，或进行加工作业，当人的手臂仍然处于危险空间（模口区）发生挤压、剪切等机械伤害。

（二）冲压事故的原因

(1) 冲压操作简单，动作单一。单调重复的作业极易使操作者产生厌倦情绪。

(2) 作业频率高。操作者需要被动配合冲床，手频繁地进出模口区操作，精力和体力都有很大消耗。

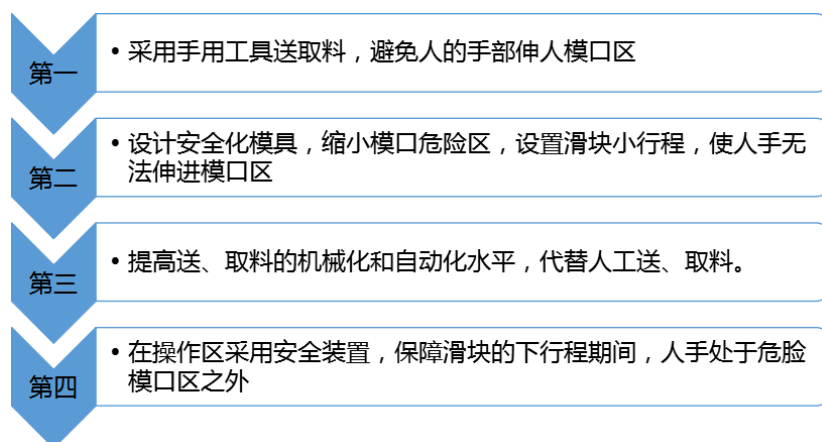
(3) 冲压机械噪声和振动大。作业环境恶劣造成对操作者生理和心理的不良影响。

(4) 设备原因。模具结构设计不合理；未安装安全装置或安全装置失效；冲头打崩；机器本身故障造成连冲或不能及时停车等。

(5) 人的手脚配合不一致，或多人操作彼此动作不协调。

因此，仅单方面要求操作者在整个作业期间，来实现安全是苛刻的，也难以保证。必须首先从安全技术措施上，在压力机的设计、制造与使用等诸环节全面加强控制。

（三）实现冲压安全的对策



避免人的手部伸入模口解决冲压事故的根本措施是在实现本质安全措施的基础上，在操作区使用安全防护装置。

压力机的安全功能部件包括离合器和制动器、紧急制动装置、安全防护装置和安全辅助装置等与安全相关的部件。

二、压力机作业区的安全保护

（一）操作控制系统

操作控制系统包括离合器、制动器和脚踏或手操作装置。

制动器和离合器是操纵曲柄连杆机构的关键控制装置，离合器与制动器工作异常，会导致滑块运动失去控制，引发冲压事故。

离合器分为刚性离合器和摩擦离合器。刚性离合器以刚性金属键作为接合零件，构造简单，不需要额外动力源，但不能使滑块停止在行程的任意位置，只能使滑块停止在上死点。摩擦离合器借助摩擦副的摩擦力来传递扭矩，结合平稳，冲击和噪声小，滑块可停止在行程的任意位置。在设计时应保证：

（1）离合器与制动器的联锁控制动作应灵活、可靠，不得相互干涉。一般采用离合器-制动器组合结构，以减少二者同时结合的可能性。

（2）采用规格尺寸、质量、刚度上应一致的压缩弹簧接合制动器和脱开离合器。

（3）制动器和离合器设计时应保证任一零件（如能量传递或螺栓）的失效，不能使其他零件快速产生危险的联锁失效。

（4）离合器及其控制系统应保证在气动、液压和电气失灵的情况下，离合器立即脱开，制动器立即制动。

（5）禁止在机械压力机上使用带式制动器来停止滑块。

（6）脚踏操作与双手操作规范应具有联锁控制。

（7）在离合器、制动器控制系统中，须有急停按钮。在执行停机控制的瞬时动作时，必须保证离合器立即脱开、制动器立即接合。急停按钮停止动作应优先于其他控制装置。

（二）安全防护装置

压力机应安装危险区安全防护装置，安全防护装置分为安全保护装置与安全保护控制装置。

安全防护装置应具备以下安全功能之一：①在滑块运行期间，人体的任一部分不能进入工作危险区；②在滑块向下行程期间，人体的任一部分不能进入工作危险区；③在滑块向下行程期间，当人体的任一部分进入危险区之前，滑块能停止下行程或超过下死点。

安全保护装置包括活动式、固定栅栏式、推手式、拉手式等。安全保护控制装置包括双手操作式、光电感应保护装置等。如果压力机工作过程中需要从多个侧面接触危险区域，应为各侧面安装提供相同等级的安全防护装置。危险区开口小于 6mm 的压力机可不配置安全防护装置。

1.固定式封闭防护装置

通过在危险区周围设置实体隔离，保护一切有可能进入危险区人员的安全。常见有固定和活动联锁式，实体隔离有透明实体隔板、栅栏式防护装置，应满足下列安全要求：

（1）防护装置应牢固固定安装在机床、周围其他固定的结构件或安装在地面上，不用专门工具不能拆除。

（2）固定式防护装置的送料开口、栅栏式防护装置的栅栏间隙和隔离实体到危险线的安全距离，应符合防止上下肢触及危险区的安全距离的标准要求。

（3）联锁式防护装置只有在活动护栏门关闭后才能启动工作行程。

2.双手操作式安全保护控制装置

双手操作式安全装置的工作原理是将滑块的下行程运动与对双手的限制联系起来，必须符合以下要求：

（1）双手操作的原则。不能只用一只手、同一手臂的手掌和手肘、小臂或手肘、手掌和身体的其他部分来启动输出信号，必须双手同时推按操纵器，离合器才能接合滑块下行程；在

滑块下行过程中，松开任一按钮（即仅有一只手离开），滑块立即停止下行程或超过下死点。

（2）重新启动的原则。对于被中断的操作控制需要恢复以前，应先松开全部按钮，然后再次双手按压后才能恢复运行。

（3）最小安全距离的原则。安全距离是指操纵器的按钮或手柄到压力机危险线的最短直线距离。安全距离应根据压力机离合器的性能，通过计算来确定。

（4）操纵器的装配要求。两个操纵器（按钮或操纵手柄的手握部位）的内缘装配距离至少相隔 260mm。为防止意外触动，按钮不得凸出台面或加以遮盖。

（5）对需多人协同配合操作的压力机，应为每位操作者都配置双手操纵装置，并且只有全部操作者协同操作双手操纵装置时，滑块才能启动运行。对此需要说明，双手操作式安全装置只能保护使用该装置的操作者，不能保护其他人员的安全。

3.光电保护装置

光电保护装置是目前压力机使用最广泛的安全保护控制装置。通过由在投光器和接收器二者之间形成光幕将危险区包围，或将光幕设在通往危险区的必经之路上。当人体的某个部位进入危险区（或接近危险区）时，立即被检测出来，滑块停止运动或不能启动。应满足以下功能：

（1）保护范围。由保护高度和保护长度构成矩形光幕。保护高度不低于滑块最大行程与装模高度调节量之和，保护长度应能覆盖操作危险区。

（2）自保功能。在保护幕被遮挡，滑块停止运动后，即使人体撤出恢复通光时，装置仍保持遮光状态，滑块不能恢复运行，必须按动“复位”按钮，滑块才能再次启动。

（3）回程不保护功能。滑块回程时装置不起作用，在此期间即使保护幕被破坏，滑块也不停止运行，以利操作者的手出入操作。

（4）自检功能。光电保护装置可对自身发生的故障进行检查和控制，使滑块处于停止状态，

在故障排除以前不能恢复运行。

(5) 响应时间与安全距离。装置响应时间不得超过 20ms。从保护幕到模口危险区的最小安全距离,应根据压力机离合器的性能通过计算来确定。

(6) 抗干扰性。光线式安全装置在白炽灯、高频电子电源荧光灯干扰下应能正常工作,受到频闪灯光干扰不应失灵。

4.拉(推或拨)手式安全装置

拉(推或拨)手式安全装置属于机械式安全装置,可防止操作者双手误入危险区。若手已入危险区,通过该安全装置将手随冲模的闭合而拉(推或拨)出危险区。目前已很少使用。

5.安全操作附件

安全操作附件指在压力机主机以外,为用户安全操作额外提供的手用操作工具。包括手用钳、钩、镊、各式吸盘(电磁、真空)及工艺专用工具等。需要强调指出,手用工具本身并不具备安全装置的基本功能,是安全操作的辅助手段,它只能代替人手伸进危险区,不能取代安全装置。手工具必须符合人机工程要求,手持式电磁吸盘还应符合电气安全的规定。

(三)消减冲模危险区的措施

可采取下列措施:

(1) 减少上、下模非工作部分的接触面,将上模座正面和侧面制成斜面、倒钝外廓和非工作部件的尖角。

(2) 当冲模闭合时,从下模座上平面至上模座下平面的最小间距应大于 60mm。

(3) 手工上下料时,在冲模的相应部位应开设避免压手的空手梢。

(四)其他保护措施

1.超载保护装置

压力机应装备超载保护装置。如剪切式、压塌式、液压式等超载保护装置。当发生超载时,

使动力不能继续输入，后续机构运动停止，从而保护后续主要受力件不遭到损坏。

2.安全支撑装置

压力机在调整模具或维修时，将支撑装置作为支撑，置于模具空间内，防止滑块或模具部件移动、下落。只要支撑装置处在防护位置，则压力机不能启动行程并滑块应保持在上下死点。可将其同压力机控制装置联锁。

3.紧急停止按钮

必须装设红色紧急停止按钮，该装置在供电中断时，应以不大于 0.20s 的时间快速制动。如果有多个操作点时，各操作点上一一般均应有紧急停止按钮。

4.安全监控、显示装置

应根据安全运行、操作的需要设置安全监督、控制、显示装置。

5.防松措施

压力机上所用的螺栓、螺母、销针等紧固件和弹簧，因其破坏、失效、松脱会导致意外或零部件移位、跌落时，必须采取防松措施。

6.解救被困人员

应提供解救在模区被困人员的措施，如辅助驱动装置、手动旋转飞轮的开口。手动旋转应与压力机控制系统联锁。

三、剪板机安全技术简介

剪板机属于压力机械中的一种，由墙板、工作台和运动的刀架（上横梁）组成。固定在刀架上的上刀片相对固定在工作台上的下刀片作往复直线运动。通过压料装置将板料压紧在工作台上，上刀架从上下死



点至下死点,对金属板材施加剪切力,使板材断裂,然后回到循环停止位置(通常为上死点)。剪板机与冲床的工作原理相似,都属于危险性大的机械。剪切事故与冲压事故有相同的机理,在操作区防护措施方面,有很多共同之处。剪板机的操作危险区是刀口和压料装置(压料脚)及其关联区域,常常选择固定式防护装置,保护暴露于危险区的人员。如固定式防护装置不可行,则应选择联锁防护装置(联锁防护装置或联锁防护装置与固定式防护装置的组合)、光电保护装置。当间隙不超过6mm时,则不需要安全防护。

(一) 一般安全要求

- (1) 剪板机应有单次循环模式。该模式下刀架和压料脚只能工作一个行程。
- (2) 压料装置(压料脚)应确保剪切前将材料压紧,压紧后的板料在剪切时不能移动。
- (3) 安装在刀架上的刀片应固定可靠,不能仅靠摩擦安装固定。
- (4) 剪板机上的所有紧固件应紧固,并应采取防松措施以免引起伤害。
- (5) 在使用剪板机时,剪板机后部落料危险区域一般应设置阻挡装置,以防止人员发生危险。
- (6) 应根据剪板机自身的结构性能特点,设置合适的安全监督控制装置,对机器的安全运行状况进行监控。
- (7) 剪板机上必须设置紧急停止按钮,一般应在剪板机的前面和后面分别设置。
- (8) 如果剪板机配有激光器(指示剪切线),应符合安全标准的规定,以保证其不致对人身产生伤害。

(二) 安全防护装置

剪板机安全防护装置防止从前部、侧面和后部接触运动的刀口和电动后挡料以及辅助装置。如剪板机完成工作需从多个侧面接触危险区域,每一个侧面都应设置防护。

1. 固定式防护装置

应牢固安装在机器上。应可防止进入刀口和压料装置构成的危险区域。固定式防护装置不应阻挡看清剪切线。装置的进料开口和装置安置的最小安全距离，应符合防止上下肢触及危险区的安全距离的标准要求。

2. 联锁防护装置或联锁防护装置与固定式防护装置的组合。

(1) 如果联锁防护装置处于打开位置，任何危险运动都应停止；只有防护装置关闭后才能启动剪切行程，电动后挡料和辅助装置才能开始运动。

(2) 不带防护锁的联锁防护装置应安装在操作者伤害发生前且没有足够时间进入危险区域的位置。

(3) 不带防护锁的联锁防护装置应与固定式防护装置结合使用，在任何危险运动过程中应能防止进入危险区（压料装置、剪切线）。

(4) 安全距离应按照剪板机总响应时间和操作者的速度进行计算确定。

3. 光电保护装置

采用光电保护装置应满足下列要求：

(1) 确保只能从光电保护装置的检测区进入危险区，应提供附加的安全防护装置，阻止从其他方向进入危险区。

(2) 如果现场有可能从剪板机侧面进入危险区，应提供附加的安全防护装置，附加的安全防护装置应确保人或任何身体部位不能进入危险区。

(3) 如果现场有可能从后部进入危险区，安装在剪板机后部的光电保护装置，用于防止从剪板机后部接触刀架和电动后挡料，并且允许剪切后的板料移动到安全位置。

(4) 光电保护装置应安装在操作者接触危险区域伤害发生前，危险运动已经停止的位置。

(5) 安全距离的计算应根据剪板机总停止响应时间和操作者接近危险区域的速度计算。

(6) 如果人体任一部分引起光电保护装置动作，任何危险动作应停止，亦不可能启动。

(7) 复位装置应放置在可以清楚观察危险区域的位置。每一个检测区域严禁安装多个复位装置；如果后面由光电保护装置防护，每个检测区域应安装一个复位装置。

【例题】剪板机用于各种板材的裁剪，下列关于剪板机操作与防护的要求中，正确的是()。

- A.应有单次循环模式，即使控制装置继续有效，刀架和压料脚也只能工作一个行程
- B.剪板机的皮带、齿轮必须有防护罩，飞轮则不应装防护罩
- C.必须设置紧急停止按钮，并且应设置在剪板机的前部
- D.为提高工作效率，剪板机叠料剪切时不得超过 5 块物料同时剪切

答案：A

解析：剪板机安全要求：应有单次循环模式，即使控制装置继续有效，刀架和压料脚也只能工作一个行程。压料装置应能压紧；刀片应固定可靠。

剪板机后部落料危险区域应设置阻挡装置，防止人员发生危险，如设置了前托料和后挡料都不能将其调整到刀口下方或刀口之间，必须设置紧急停止按钮，并且在前面和后面分别设置。

剪板机的皮带、飞轮、齿轮以及轴等运动部位必须安装防护罩。

剪板机不准叠料剪切。

第四节 木工机械安全技术

包含三个主要内容：

一、木材加工特点和危险因素

二、木工机械安全技术措施

三、木工平刨床安全技术

四、带锯机安全技术

五、圆锯机安全技术

木材加工是指通过刀具切割破坏木材纤维之间的联系，从而改变木料形状、尺寸和表面质量的加工工艺过程。进行木材加工的机械称为木工机械。

一、木材加工特点和危险因素

（一）木材加工特点

从劳动安全卫生角度看，木材加工有以下特点：

（1）木工机械是高速机械，其刃口锋利的刀具速度可高达 2500~4000r/min，甚至达每分钟上万转。

（2）加工对象木材存在天然缺陷，如疖疤、裂纹、夹皮、虫道；木材干缩湿胀，会发生不同程度的翘曲、开裂、变形；其生物活性使木材含有真菌或滋生细菌，有些还有刺激性物质。

（3）木材从原料、木屑和木粉尘、废弃物、木制成品及表面修饰用料（如油漆、浸渍、贴面等）都是易燃易爆危险物。

（4）木工机械作业大多是敞开式的，手工送进工件操作比例高。

（二）木材加工危险因素

（1）机械危险。主要包括刀具的切割伤害、木料的反弹冲击伤害、锯条断裂或刨刀片飞出以及木屑碎片抛射飞出物伤人等。

(2) 木材的生物效应危险。取决于木材种类、接触时间或操作者自身的体质条件。可引起皮肤症状、视力失调、对呼吸道黏膜的刺激和病变、过敏病状等。

(3) 化学危害。在木材的存储防腐、加工和成品的表面修饰粘接都需要采取化学手段。其中有些会引起中毒、皮炎或损害呼吸道黏膜。

(4) 木粉尘伤害。可导致呼吸道疾病,严重的可表现为肺叶纤维化症状,家具加工行业鼻癌和鼻窦腺癌比例较高。

(5) 火灾和爆炸的危险。木材原料、半成品或成品、切削废料等都是易燃物,悬浮状态的木粉尘和某些化学品是易爆物。火灾危险存在于木材加工全过程的各个环节。

(6) 噪声和振动危害。木工机械是高噪声和高振动机械。

刀具切割的发生概率高,危险性大,木材的天然缺陷、刀具高速运动和手工送料的作业方式是直接原因。

木工机械事故,第一位是平刨床,第二位是锯机类(主要是圆锯机和带锯机),其他木工机械比前两者事故率要低得多。火灾爆炸事故更是后果严重,木工作业场所是防火的重点。

二、木工机械安全技术措施

通过安全设计,在源头尽可能避免或减小危险,即提高设备的可靠性、操作机械化或自动化。

需要手工送料的木工机械,重点是在操作区采取有效安全技术措施,应遵章守则,规范安全操作行为。安全技术要求如下所述。

(一) 稳定性

机床的结构应具备将其固定在地面、台面或其他稳定结构上的措施。

(二) 操控装置

在木工机械的每一操作位置上应装有使机床相应的危险运动件停止的停止操纵装置。若刀具主轴的惯性在运转过程中存在与刀具的接触危险,则应装配一个自动制动器,使刀具主轴在

小于 10s 的足够短的时间内停止运动。

（三）工作台和导向板

对于手推工件进给的机床，工件的加工必须通过工作台、导向板等来支撑和定位。

（四）刀具及刀具总成体

刀具和刀具主轴材料强度符合要求；刀具的总成体及其在机床上的固定应确保当启动、运转和制动时不会松脱，应进行平衡试验并标记最高许用工作转速；手动进给机床应严格限制刀片相对刀体的伸出量。

（五）安全防护装置

根据机床具体结构，采用固定式、活动式、可调式或自调式、全封闭或栅栏式安全防护装置；控制方式有机械式、光电式、手动式多种类型。安全防护装置应能防护机床的整个工作范围（高度、宽度）；并能承受材料的冲击力，并满足以下要求：

（1）功能安全可靠。

（2）木工机械的刀轴与电器应有安全联控装置，在装卸或更换刀具及维修时，能切断电源并保持断开位置，以防止误触电源开关或突然供电启动机械，造成人身伤害事故。

（3）存在工件抛射风险的机床，应设有相应的安全防护装置。例如，刨床上和多锯片圆锯机采用止逆器、在圆锯机上采用分料刀、防反弹安全屏护等。

（4）传动装置（如带和带轮、链和链轮、变速齿轮等），应尽量设置于箱体内部，否则对其危险部位应设置安全防护装置。

（5）配置必要的手用工具。例如，在手动进给的木工圆锯机上采用的推棒或推块、木工平刨床上使用推块或进给夹具等。

（六）非机械危险的防护

（1）所有电气设备应符合安全要求，尤其是电击防护、短路保护和过载保护、保护接地等。

(2) 降噪与减振。应安装消声、降噪装置；在噪声源内表面的周围，使用吸音材料；改进气流特性。例如，在木工平刨床的唇板上打孔或开梳状槽，既能降噪又可减振；吸尘罩采用气动设计，避免空气在吸尘管道内部受阻等措施。

采取减振措施降低机床的振动，例如，使用平衡的刀具；充分支承工件，尤其是工件接近切削点的位置；将工作台或工作台唇板开孔或开槽，阻断振动的传递；对振幅、功率大的设备设计减振基础等措施。

(3) 有害物排放。应考虑安装吸尘通风装置和采集系统，保证工作场所的粉尘浓度不超过 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。吸尘系统应设在与排放源尽量接近之处；建议吸尘罩、输送管、导风板的结构基于抽出气体在导管中的速度为 $20\text{m}/\text{s}$ （对于含水率小于或等于 18% 的木屑）和 $28\text{m}/\text{s}$ （对于含水率大于 18% 的木屑）来设计和安装，以保证木屑和粉尘输送到采集系统。

(4) 防火防爆。

三、木工平刨床安全技术

手工推压木料从高速运转的刀轴上方通过，是木工平刨床最大的危险。常见伤害是刨切割手事故，防止切割的关键是工作台加工区和刨刀轴的安全。

(一) 作业平台

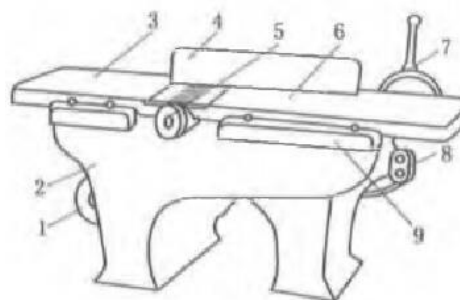
工作台是木材刨削的操作平台，两块工作台板安装在刨刀轴两侧形成开口，露出刨刀轴，该部位称作唇口或刨口。

(1) 工作台应符合安全人机学要求的设计。安装后的工作台面离地面高度应为 $750\sim 800\text{mm}$ ；机身外形采用圆角和圆滑曲面，避免利棱锐角。台面应平整、光滑，不得坑凹凸起，防止木料通过弹跳、侧倒。

(2) 导向板和升降机构应能自锁或被锁紧，防止受力后其位置自行变化引起危险。

(3) 开口量应尽量小，使刀轴外露区域小，从而降低危险；但开口量过小，会使机床的动

力噪声急剧增加。工作台的开口应兼顾加工安全、排屑和降噪的需要，开口量符合规定要求。在零切削位置时的工作台唇板与切削圆之间的径向距离应保持为 $(3 \pm 2) \text{ mm}$ 。



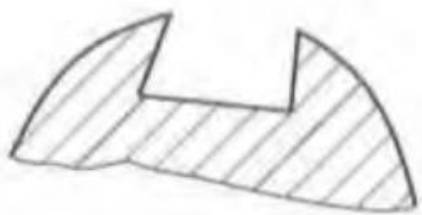
1—电动机；2—机身；3、6—工作台面；
4—导尺；5—刀轴；7—工作台调整手柄；
8—电钮；9—偏心轴架护罩

（二）刨刀轴

刀轴由刨刀体、刀轴主轴、刨刀片和压刀组

成，装入刀片后的总成，称为刨刀轴或刀轴。刀轴的各组成部分及其装配应满足以下安全要求：

（1）刀轴必须是装配式圆柱形结构，严禁使用方形刀轴。装刀梯形槽应上底在外，下底靠近圆心，组装后的刀槽应为封闭型或半封闭型。通过刀具零件的结构和形状可靠固定。



(a) 梯形槽

（2）组装后的刨刀片径向伸出量不得大于 1.1 mm

（3）组装后的刀轴须经强度试验和离心试验，试验后的刀片不得有卷刃、崩刃或显著磨钝现象；压刀条相对于刀体的滑移量不超过规定要求。

（4）刀轴的驱动装置所有外露旋转件都必须有牢固可靠的防护罩，并在罩上标出单向转动标志；须设有制动装置。

（三）加工区安全防护装置

平刨床操作危险区必须设置安全防护装置，其基本功能是遮盖刀轴防止切手。可采用护指键式、护罩或护板等形式，控制方式有机械式、光电式、电磁式、电感应式等。平刨床遮盖式

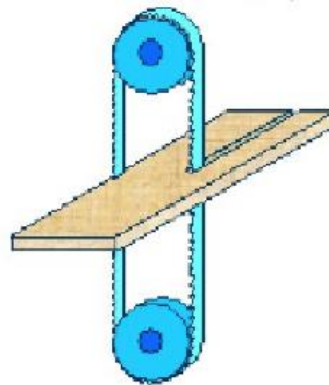
安全装置的安全技术要求如下：

- (1) 非工作状态下，护指键（或防护罩）必须在工作台面全宽度上盖住刀轴。
- (2) 刨削时仅打开与工件等宽的相应刀轴部分，其余的刀轴部分仍被遮盖。未打开的护指键或护罩部分必须能自锁或被锁紧。
- (3) 应有足够的强度与刚度。整体护罩或全部护指键应承受 1kN 径向压力，发生径向位移时，位移后与刀刃的剩余间隙要大于 0.5mm。
- (4) 安全装置闭合灵敏，从接到闭合指令开始到护指键或防护罩关闭为止，闭合时间不得大于 80ms。爪形护指键式的相邻键间距应小于 8mm。
- (5) 装置不得涂耀眼颜色，不得反射光泽。

四、带锯机安全技术

带锯机是以一条开出锯齿的无端头的带状锯条为刀具，锯条由高速回转的上、下锯轮带动，实现直线纵向剖解木材的木工机械。各种类型带锯机的共同特点是高速运动的带锯条悬空段长，自由度大、刚性差，

容易出现振动、锯条自锯轮上脱落、锯条断裂等情况，锯条的切割伤害等是主要的危险因素。其安全技术要求如下所述。



（一）带锯条的安全要求

- (1) 带锯条的锯齿应锋利，齿深不得超过锯宽的 1/4，锯条厚度应与匹配的带锯轮相适应。避免小轮选用大厚度锯条，造成断裂伤人。
- (2) 锯条焊接应牢固平整，接头不得超过 3 个，两接头之间长度应为总长的 1/5 以上，接头厚度应与锯条厚度基本一致。

(3) 严格控制带锯条的横向裂纹，裂纹超长应切断重新焊接。

(二) 操控机构的要求

(1) 启动按钮应设置在能够确认锯条位置状态、便于调整锯条的位置上。

(2) 启动按钮应灵敏、可靠，不应因接触振动等原因而产生误动作。

(3) 上锯轮机动升降机构应与锯机启动操纵机构联锁；下锯轮应装有能对运转进行有效制动的装置。

(4) 必须设置急停控制按钮。

(三) 带锯机安全防护装置

有可能造成伤害的危险部分，如锯轮、锯条、带传动等部位必须设置安全防护装置。

(1) 锯轮防护。防护罩应保证足够强度和刚度，上锯轮内衬有缓冲材料；上锯轮处任何位置，防护罩均能罩住锯轮 3/4 以上表面；上锯轮处于最高位置时，其上端与防护罩内衬表面应有大于 100mm 的间隔；锯轮、主运动的带轮应作平衡试验。

(2) 锯齿防护罩。切削边的锯齿防护罩应保证非工作锯齿不外露。可采用多种形式的防护罩：固定式防护罩；活动式防护罩；高度可调式防护罩。

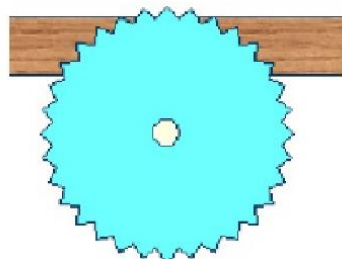
(四) 除屑、降噪、减振

机床应设置有效的排屑口、吸尘器；锯轮应设置除屑装置；在下锯轮应设有防止卷入的装置。

应采取降噪、减振措施，空运转下，机床噪声最大声压级不得超过 90dB (A)。

五、圆锯机安全技术

圆锯机是以圆锯片对木材进行锯切加工的机械设备。锯片的切割伤害、木材的反弹抛射打击伤害是主要危险，手动进料圆锯机必须装有分料刀；自动进料圆锯机须装有止逆器、压料装置和侧向防护挡板，送料辊应设防护罩。



圆锯机应满足以下所述要求。

（一）锯片与锯轴

圆锯机所使用圆锯片的横向稳定性和锯齿的足够刚度是主要的安全指标。

（1）锯轴的额定转速不得超过圆锯片的最大允许转速。

（2）锯片与法兰盘应与锯轴的旋转中心线垂直，防止旋转摆动；锯片与法兰盘应与锯轴同心，防止产生不平衡离心力。

（3）锯片夹紧法兰盘直径与锯片应有足够的接触面积，夹紧面必须平整。

（4）普通圆锯片使用前应进行压料或拨料并经过刃磨，适张度处理和平衡检查调整。

（5）圆锯片连续断裂 2 齿或出现裂纹时应停止使用，圆锯片有裂纹不允许修复使用。若更换锯片时必须锁定主轴，应提供主轴锁定装置。

（二）安全防护装置圆锯片需要部分暴露，可采用自关闭式或可调式防护装置。

1.刀具的防护

应提供可调的锯片防护装置，对工作台上方的锯片部位进行防护。强度、刚度、稳定性满足要求，重要一条：安全防护罩应采用部分封闭式结构，便于锯片更换和锯机调整维修。

2.分料刀

分料刀是设置在出料端减少木材对锯片的挤压并防止木材反弹的装置。不同尺寸的锯片应采用相应规格的分料刀。分料刀的安全要求如下：

（1）应采用优质碳素钢 45 或同等机械性能的其他钢材制造。

（2）应有足够的宽度以保证其强度和刚度，其宽度应介于锯身厚度与锯料宽度之间，在全长上厚度要一致。

（3）分料刀的引导边应是楔形的，以便于导入。其圆弧半径不应小于圆锯片半径。

（4）应能在锯片平面上作上下和前后方向的调整，分料刀顶部应不低于锯片圆周上的最高

点；与锯片最靠近点与锯片的距离不超过 3mm，其他各点与锯片的距离不得超过 8mm。

（三）带防护功能的手用工作装置

应提供采用塑料、木材或胶合板制造的推棒和推块，以避免加工时手接近锯片。

推棒的长度应不小于 400mm,推块长度建议为 300-450mm,宽度为 80~100mm,厚度为 15~20mm。加工小工件和需要贴着导向板推送工件时，建议用推块。

（四）有害物的排除

圆锯机设计时应考虑锯屑和粉尘的排除，吸尘罩或吸尘接口应考虑防火和防爆。

【例题】木工机械刀轴转速高、噪声大，容易发生事故，下列危险有害因素中，属于木工机械加工过程危险有害因素的是（ ）。

- A．高处坠落
- B．热辐射
- C．粉尘
- D．电离辐射

答案：C

解析：木工机械危险有害因素包括：机械伤害、火灾和爆炸、木材的生物、化学危害、木粉尘危害、噪声和振动危害。

第五节 铸造安全技术

包含两个主要内容：

一、铸造作业危险有害因素

二、铸造作业安全技术措施

铸造作为一种金属热加工工艺，将熔融金属浇注、压射或吸入铸型型腔中，待其凝固后而得到一定形状和性能铸件的方法。铸造作业一般按造型方法来分类，习惯上分为普通砂型铸造和特种铸造。

铸造设备主要包括：

- (1) 砂处理设备，如碾轮式混砂机、逆流式混砂机、叶片沟槽式混砂机、多边筛等。
- (2) 有造型造芯用的各种造型机、造芯机，如高、中、低压造型机、抛砂机、无箱射压造型机、射芯机、冷和热芯盒机等。
- (3) 金属冶炼设备，如冲天炉、电弧炉、感应炉、电阻炉、反射炉等。
- (4) 铸件清理设备，如落砂机、抛丸机、清理滚筒机等。

一、铸造作业危险有害因素

铸造作业过程中存在诸多的不安全因素，可能导致多种危害，需要从管理和技术方面采取措施，控制事故的发生，减少职业危害。

(一) 火灾及爆炸

红热的铸件、飞溅铁水等一旦遇到易燃易爆物品，极易引发火灾和爆炸事故。

(二) 灼烫

(三) 机械伤害

(四) 高处坠落

(五) 尘毒危害

在型砂、芯砂运输、加工过程中，打箱、落砂及铸件清理中，都会使作业地区产生大量的粉尘或有害物质。冲天炉、电炉产生的烟气中含有大量一氧化碳，在烘烤砂型或砂芯时也有二氧化碳气体排出；利用焦炭熔化金属，以及铸型、浇包、砂芯干燥和浇铸过程中都会产生二氧化硫气体，如处理不当，将引起呼吸道疾病。

（六）噪声振动

（七）高温和热辐射

铸造生产在熔化、浇铸、落砂工序中都会散发出大量的热量，在夏季车间温度会达到 40℃ 或更高，铸件和熔炼炉对工作人员健康或工作极为不利。

二、铸造作业安全技术措施

由于铸造车间的工伤事故远较其他车间为多，因此，需从多方面采取安全技术措施。

（一）工艺要求

1. 工艺布置

应根据生产工艺水平、设备特点、厂区场地和厂房条件等，结合防尘防毒技术综合考虑工艺设备和生产流程的布局。污染较小的造型、制芯工段在集中采暖地区应布置在非采暖季节最小频率风向的下风侧，在非集中采暖地区应位于全年最小频率风向的下风侧。砂处理、清理等工段宜用轻质材料或实体墙等设施与其他部分隔开；大型铸造车间的砂处理、清理工段可布置在单独的厂房内。造型、落砂、清砂、打磨、切割、焊补等工序宜固定作业工位或场地，以方便采取防尘措施。

2. 工艺设备

凡产生粉尘污染的定型铸造设备（如混砂机、筛砂机、带式输送机等），制造厂应配置密闭罩，非标准设备在设计时应附有防尘设施。型砂准备及砂的处理应密闭化、机械化。输送散料状干物料的带式输送机应设封闭罩。混砂宜采用带称量装置的密闭混砂机。炉料准备的称

量、送料及加料应采用机械化装置。

3.工艺方法

在采用新工艺、新材料时，应防止产生新污染。冲天炉熔炼不宜加萤石。回用热砂应进行降温去灰处理。

4.工艺操作

在工艺可能的条件下，宜采用湿法作业。落砂、打磨、切割等操作条件较差的场合宜采用机械手遥控隔离作业。

（1）炉料准备。炉料准备包括金属块料（铸铁块料、废铁等）焦炭及各种辅料。在准备过程中最容易发生事故的是破碎金属块料。

（2）熔化设备。用于机器制造工厂的熔化设备主要是冲天炉（化铁）和电弧炉（炼钢）。冲天炉熔炼过程：从炉顶加料口加入焦炭、生铁、废钢铁和石灰石，高温炉气上升和金属炉料下降，伴随着底焦的燃烧，使金属炉料预热和熔化以及铁水过热，在炉气和炉渣及焦炭的作用下使铁水成分发生变化。

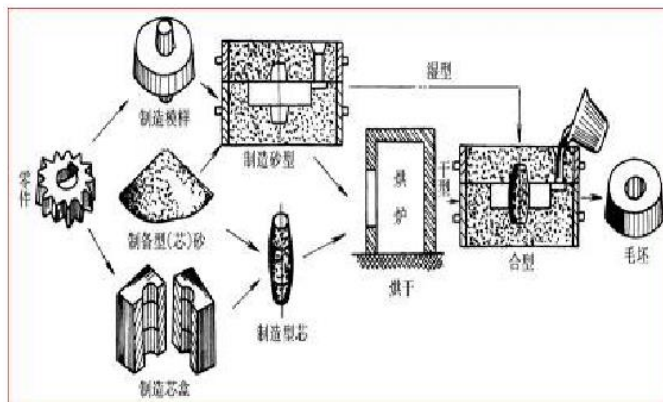
（3）浇注作业。浇注作业一般包括烘包、浇注和冷却三个工序。浇注前进行检查；浇包盛铁水不得超过容积的80%，以免洒出伤人；浇注时，所有与金属溶液接触的工具如扒渣棒、火钳等均需预热，防止与冷工具接触产生飞溅。

（4）配砂作业。不安全因素有粉尘污染；钉子、铁片、铸造飞边等杂物扎伤；混砂机运转时，操作者伸手取砂样或试图铲出型砂，容易发生事故。

（5）造型和制芯作业。制造砂型的工艺过程叫作造型，制造砂芯的工艺过程叫作制芯。很多造型机、制芯机都是以压缩空气为动力源，因此在结构、气路系统和操作中，应设有相应的安全装置，如限位装置、联锁装置、保险装置。

（6）落砂清理作业。铸件冷却到一定温度后，将其从砂型中取出，并从铸件内腔中清除芯

砂和芯骨的过程称为落砂。有时为提高生产率，若过早取出铸件，因其尚未完全凝固而易导致烫伤事故。



(二) 建筑要求

铸造车间应安排在高温车间、动力车间的建筑群内，建在厂区其他不释放有害物质的生产建筑的下风侧。厂房主要朝向宜南北向。厂房平面布置应在满足产量和工艺流程的前提下同建筑、结构和防尘等要求综合考虑。铸造车间四周应有一定的绿化带。

铸造车间除设计有局部通风装置外，还应利用天窗排风或设置屋顶通风器。熔化、浇注区和落砂、清理区应设避风天窗。有桥式起重设备的边跨，宜在适当高度位置设置能启闭的窗扇。

(三) 除尘

1. 炉窑

(1) 炼钢电弧炉。排烟宜采用炉外排烟、炉内排烟、炉内外结合排烟。通风除尘系统的设计参数应按冶炼氧化期最大烟气量考虑。电弧炉的烟气净化设备宜采用干式高效除尘器。

(2) 冲天炉。冲天炉的排烟净化宜采用机械排烟净化设备，包括高效旋风除尘器、颗粒层除尘器、电除尘器。当粉尘的排放浓度在 400-600mg/m³ 时，最好利用自然通风和喷淋装置进行排烟净化。

2. 破碎与碾磨设备

颚式破碎机上部，直接给料，落差小于 1m 时，可只做密闭罩而不排风。不论上部有无排风，

当下部落差大于或等于 1m 时，下部均应设置排风密封罩。球磨机的旋转滚筒应设在全密闭罩内。

3.砂处理设备、筛选设备、输送设备

以上所列设备及制芯、造型、落砂及清理、铸件表面清理等均应通风除尘。

【例题】铸造车间的厂房建筑设计应符合专业标准要求。下列有关铸造车间建筑要求的说法中，错误的是（ ）。

- A. 熔化、浇铸区应设置天窗排风
- B. 铸造车间除设计有局部通风装置外，还应利用天窗排风设置屋顶通风器
- C. 厂房平面布置在满足产量和工艺流程的前提下应综合考虑建筑结构和防尘等要求
- D. 铸造车间应建在厂区中不释放有害物质的生产建筑物的上风侧

答案：D

解析：铸造车间应安排在高温车间、动力车间的建筑群内，建在厂区其他不释放有害物质的生产建筑的下风侧。厂房平面布置应在满足产量和工艺流程的前提下同建筑、结构和防尘等要求综合考虑。铸造车间四周应有一定的绿化带。铸造车间除设计有局部通风装置外，还应利用天窗排风或设置屋顶通风器。熔化、浇铸区和落砂、清理区应设避风天窗。有桥式起重设备的边跨，宜在适当高度位置设置能启闭的窗扇。

第六节 锻造安全技术

包含三个主要内容：

一、锻造的特点

二、锻造的危险有害因素

三、锻造安全技术措施

锻造是金属压力加工的方法之一，根据锻造加工时金属材料所处温度状态的不同，锻造又可分为热锻、温锻和冷锻。热锻指被加工的金属材料处在红热状态（锻造温度范围内），通过锻造设备对金属施加的冲击力或静压力，使金属产生塑性变形而获得预定结构。

锻造车间里的主要设备有锻锤、压力机（水压机或曲柄压力机）、加热炉等。经常处在振动、噪声、高温灼热、烟尘，以及料头、毛坯堆放等不利的工作环境中，容易发生各种事故。

一、锻造的特点

从安全和劳动保护的角度来看，锻造的特点如下：

- （1）作业在金属灼热的状态下进行（如低碳钢锻造温度范围在 750~1250℃之间），由于大量的手工作业，稍不小心就可能发生灼伤。
- （2）加热炉和灼热的钢锭、毛坯及锻件，不断散发出大量的辐射热，造成热辐射侵害。
- （3）加热炉在燃烧过程中产生的烟尘排入车间，降低了车间内的能见度。
- （4）锻造加工所使用的设备如空气锤、蒸汽锤、摩擦压力机等，容易造成冲击伤害。
- （5）锻造设备在工作中的作用力很大，如曲柄压力机、拉伸锻压机和水压机这类锻压设备，我国已制造和使用的 12000t 的锻造水压机，常见的 100~150t 的压力机，这类设备易造成相应的伤害事故。
- （6）锻工工具多，容易混乱使用，造成工伤事故。
- （7）由于锻造作业设备在运行中产生噪声和振动增加了发生事故的可能性。

二、锻造的危险有害因素

在锻造生产中易发生的伤害事故，按其原因可分为 3 种：

（1）机械伤害。锻造加工过程中，机械设备、工具或工件的非正常选择和使用，人的违章操作等，都可导致机械伤害。

（2）火灾爆炸。红热的坯料、锻件及飞溅氧化皮等一旦遇到易燃易爆物品，极易引发火灾和爆炸事故。

（3）灼烫。锻造加工坯料常加热至 800~1200℃，操作者一旦接触到红热的坯料、锻件及飞溅氧化皮等，必定被烫伤。

三、锻造安全技术措施

锻压机械的结构不但应保证设备运行中的安全，而且应能保证安装、拆卸和检修等各项工作的安全；此外，还必须便于调整和更换易损件，便于对在运行中应取下检查的零件进行检查。

（1）锻压机械的机架和突出部分不得有棱角或毛刺。

（2）外露的传动装置（齿轮传动、摩擦传动、曲柄传动或皮带传动等）必须有防护罩。

（3）锻压机械的启动装置必须能保证对设备进行迅速开关，并保证设备运行和停车状态的连续可靠。

（4）启动装置的结构应能防止锻压机械意外地开动或自动开动。

（5）电动启动装置的按钮盒，其按钮上需标有“启动”，“停车”等字样。停车按钮为红色，其位置比启动按钮高 10~12mm。

（6）高压蒸汽管道上必须装有安全阀和凝结罐，以消除水击现象，降低突然升高的压力。

（7）蓄力器通往水压机的主管上必须装有当水耗量突然增高时能自动关闭水管的装置。

（8）任何类型的蓄力器都应有安全阀。

（9）安全阀的重锤必须封在带锁的锤盒内。

(10) 安设在独立室内的重力式蓄力器必须装有荷重位置指示器,使操作人员能在水压机的工作地点上观察到荷重的位置。

(11) 新安装和经过大修理的锻压设备应该根据设备图样和技术说明书进行验收和试验。

(12) 操作人员应认真学习锻压设备安全技术操作规程,加强设备的维护、保养,保证设备的正常运行。

【例题】锻造分为热锻、温锻、冷锻。热锻是使被加工的金属材料处在红热状态,通过锻造设备对金属施加的冲击力或静压力,使其发生塑性变形以获得预想尺寸和组织结构的加工方法。热锻加工中存在着多种危险有害因素。下列危险有害因素中,不属于热锻作业危险有害因素的是()。

A.尘毒危害

B.烫伤

C.急性中毒

D.机械伤害

答案:C

解析:在锻造生产中易发生的伤害事故主要有:机械伤害、火灾爆炸、灼烫。主要的职业危害:噪声和振动、尘毒危害、热辐射。

第七节 安全人机工程

包含四个主要内容：

一、人的特性

二、机械的特性

三、人与机器特性的比较

四、人机系统和人机作业环境

安全人机工程是运用人机工程学的理论和方法研究“人一机—环境”系统，并使三者安全的基础上达到最佳匹配，以确保系统高效、经济地运行的一门综合性的科学。

在人机系统中，人始终处于核心并起主导作用，机器起着安全可靠的保障作用。安全人机工程的研究内容主要包括以下 4 个方面：

(1) 分析机械设备及设施在生产过程中存在的不安全因素，并有针对性地进行可靠性设计、维修性设计、安全装置设计、安全启动和安全操作设计及安全维修设计等。

(2) 研究人的生理和心理特性，分析研究人和机器各自的功能特点，进行合理的功能分配，以建构不同类型的最佳人机系统。

(3) 研究人与机器相互接触、相互联系的人机界面中信息传递的安全问题。

(4) 分析人机系统的可靠性，建立人机系统可靠性设计原则，据此设计出经济、合理以及可靠性高的人机系统。

一、人的特性

(一) 人的生理特性

1. 人体供能与劳动强度分级

1) 人体特性参数

人体特性参数较多，归纳起来主要有以下 4 类：

(1) 尺度参数,指人体在静止状态下测得的形态参数,也称人体基本尺度,如人体高度及各部位长度尺寸等。

(2) 动态参数,指人体运动状态下,人体的动作范围,主要包括肢体的活动角度和肢体所能达到的距离两方面的参数,如手臂、腿脚活动时测得的参数等。

(3) 生理参数,主要指有关人体各种活动和工作时的参数及其变化,反映人活动和工作时负荷的参数大小,如人体耗氧量、心跳频率、呼吸频率及人体表面积和体积等。

(4) 生物力学参数,主要指人体各部分如手掌、前臂、上臂、躯干(包括头、颈)、大腿和小腿、脚等出力大小的参数,如握力、拉力、推力、推举力、转动惯量等。

2) 人体能量代谢

人体能量的产生和消耗称为能量代谢。人体代谢所产生的能量等于消耗于体外做功的能量与体内直接、间接转化为热的能量之和。在不对外做功的条件下,体内所产生的能量等于由身体散发出的能量,从而使体温维持在相对恒定的水平上。能量代谢分为三种,即基础代谢、安静代谢和活动代谢。

影响人体作业时能量代谢的因素很多,如作业类型、作业方法、作业姿势、作业速度等。

3) 劳动强度及分级

劳动强度是以作业过程中人体的能耗量、氧耗、心率、直肠温度、排汗率或相对代谢率等指标分级的。

(1) 我国的劳动强度分级。我国工作场所不同体力劳动强度分级现使用的是近年修订的国家标准《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素》(GBZ2.2)。

WBGT 指数又称湿球黑球温度,是综合评价人体接触作业环境热负荷的一个基本参量,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

工作场所不同体力劳动强度 WBGT 限值

接触时间/%	体力劳动强度/℃			
	I	II	III	IV
100	30	28	26	25
75	31	29	28	26
50	32	30	29	28
25	33	32	31	30

《工业企业设计卫生标准》指出了寒冷环境下作业时，一定的体力劳动强度对应的环境温度要求，见下表。

体力劳动强度级别	采暖温度/℃
I	≥18
II	≥16
III	≥14
IV	≥12

(2)体力劳动强度指数 I。体力劳动强度指数 I 是区分体力劳动强度等级的指标，指数大反映劳动强度大，指数小反映劳动强度小。体力劳动强度按大小分为 4 级。

体力劳动强度级别	体力劳动强度指数	劳动强度
I	$I \leq 15$	轻
II	$15 < I \leq 20$	中
III	$20 < I \leq 25$	重
IV	$I > 25$	过重

体力劳动强度指数 I 的计算方法为

$$I = T \cdot M \cdot S \cdot W \cdot 10$$

式中 T—— 劳动时间率,劳动时间率=工作日净劳动时间(min)/工作日总工时(min),% ；

M——8h 工作日能量代谢率, kJ/ (min·m²)； S——性别系数, 男性=1,女性= 1.3 ； W—

—体力劳动方式系数, 搬=1, 扛=0.40,推/拉 =0.05 ；

通过以上公式计算的体力劳动强度指数 I 能较正确地反映生理负荷的大小。

常见职业体力劳动强度分级的描述见下表。

体力劳动强度分级	职业描述
I (轻劳动)	坐姿：手工作业或腿的强度活动（正常情况下、如大字、缝纫、脚踏开关等。）立姿：操作仪器，控制、查看设备，上臂用力为主的装配工作
II (中等劳动)	手和臂持续动作（如锯木头等）；臂和腿的工作（如卡车、拖拉机或建筑设备等运输操作）；臂和躯干的工作（如锻造、风动工具操作、粉刷、间断搬运中等重物。除草。锄田、摘水果和蔬菜等）
III (重劳动)	臂和躯干复合工作（如搬重物、铲、锤锻、锯刨或凿硬木、割草、挖掘等）
IV (极重劳动)	大强度的挖掘、搬运、快到极限节律的极强活动

2. 疲劳

1) 疲劳的定义

疲劳分为肌肉疲劳（或称体力疲劳）和精神疲劳（或称脑力疲劳）两种。肌肉疲劳是指过度

紧张的肌肉局部出现酸痛现象，一般只涉及大脑皮层的局部区域；而精神疲劳则与中枢神经活动有关，是一种弥散的、不愿意再作任何活动的懒惰感觉，意味着肌体迫切需要得到休息。

2) 疲劳产生的原因

劳动过程中，人体承受了肉体或精神上的负荷，受工作负荷的影响产生负担，负担随时间推移，不断地积累就将引发疲劳。归结起来疲劳有两个方面的主要原因。

(1) 工作条件因素：泛指一切对劳动者的劳动过程产生影响的工作环境，包括劳动制度和生产组织不合理。如作业时间过久、强度过大、速度过快、体位欠佳等；机器设备和工具条件差，设计不良。如控制器、显示器不适合于人的心理及生理要求；工作环境很差。如照明欠佳，噪声太强，振动、高温、高湿以及空气污染等。

(2) 作业者本身的因素：作业者因素包括作业者的熟练程度、操作技巧、身体素质及对工作的适应性，营养、年龄、休息、生活条件以及劳动情绪等。

肌体疲劳与主观疲劳感未必同时发生，有时肌体尚未进入疲劳状态，却出现了心理疲劳。如劳动效果不佳、劳动内容单调、劳动环境缺乏安全感、劳动技能不熟练等原因会诱发心理疲劳。

3) 消除疲劳的途径

消除疲劳的途径归纳起来有以下几个方面：

(1) 在进行显示器和控制器设计时应充分考虑人的生理、心理因素。

(2) 通过改变操作内容、播放音乐等手段克服单调乏味的作业。

(3) 改善工作环境，科学地安排环境色彩、环境装饰及作业场所布局，保证合理的温湿度、充足的光照等。

(4) 避免超负荷的体力或脑力劳动，合理安排作息时间，注意劳逸结合等。

3. 轮班与单调作业生理问题

1) 单调作业

单调作业是指内容单一、节奏较快、高度重复的作业。

2) 改进单调作业措施

改进作业单调的措施主要包括以下几个方面：

(1) 培养多面手。变换工种，基础作业工人兼做辅助或维修作业，或兼做基层管理工作。

(2) 工作延伸。按进程扩展工作内容，如参与研究、开发、制造，激发热情和创造力。

(3) 操作再设计。根据人的生理心理特点重组工序，如合并动作、工序，使作业多样化。

(4) 显示作业终极目标。设立作业的阶段目标，中间目标的到达，鼓舞，增强信心。

(5) 动态信息报告。放置标识板，每隔相同时间报告作业信息，让工人了解工作成果。

(6) 推行消遣工作法。作业者在保证任务完成前提下，可自由支配时间如弹性工作制等。

这样会使时间浪费减少，充分利用节约的时间去休息、学习、研究，提高工作与生活质量。

(7) 改善工作环境。可利用照明、颜色、音乐等条件，调节工作环境尽可能适宜于人。

3) 轮班作业

轮班制分为单班制、两班制、三班制或四班制等。各个行业应当根据行业自身的特点、劳动性质及劳动者身心需要安排轮班方式。如纺织企业的“四班三运转”，煤炭企业的“四六轮班”，冶金、矿山企业的“四八交叉作业”，海上平台 28 天轮换作业等。

研究表明，夜班工作效率比白班降低约 8%，夜班作业者的生理机能水平只有白班的 70%。

凌晨 3 ~ 4 时的工作错误率最高。连续 3 ~ 4 天夜班作业，就可以发现有疲劳累积的现象。

轮班作业易发生疲劳的另一原因，是夜班作业者在白天难以得到充分休息，造成疲劳积累。

4) 改进轮班作业的措施

改善轮班作业不利因素的措施主要包括，为使生物节律与休息时间相一致，可通过环境的明暗、喧闹与安静的交替来实现；环境变化若发生强制性的颠倒，人的生理机制会通过新的适

应改变原节律，但这种适应需要较长时间；现在我国许多企业都实行“四班三运转制”，其变化是延续而渐进的，在一定程度上减轻了肌体不适应性的疲劳状况。

（二）人的心理特性

有事故统计的资料表明，由人的心理因素而引发的事故占 70%~75%，或者更多。安全心理学的主要研究内容和范畴包括以下几个方面。

1.能力

主要有感觉、知觉、观察力、注意力、记忆力、思维想象力和操作能力等。各种能力的总和就构成人的智力，它包括人的认识能力和活动能力。其中观察能力是智力结构的眼睛，记忆能力是智力结构的储存器，思维能力是智力结构的中枢，想象能力是智力结构的翅膀，操作能力是智力结构转化为物质力量的转换器。

2.性格

归纳为冷静型、活泼型、急躁型、轻浮型和迟钝型 5 种。在安全生产中，有不少人就是由于鲁莽、高傲、懒惰、过分自信等不良性格促成了不安全行为而导致伤亡事故的。

3.需要与动机

安全是每个人的需要，也是家庭、社会、企业和国家的需要，只有将安全意识提高到这个水平，安全管理人员才能各尽其责，操作人员才能自觉地遵守安全操作规程，才能杜绝重复事故的发生，达到满足安全需要的目的，同时实现企业最基本的获利需求。

4.情绪与情感

情绪是由肌体生理需要是否得到满足而产生的体验。情绪带有情境性，它由一定的情境引起，并随情境的改变而消失，带有冲动性和明显的外部表现。

在生产实践中常会出现以下 2 种不安全情绪：

（1）急躁情绪。

(2) 烦躁情绪。

5.意志

意志是人自觉地确定目标并调节自己的行动,以克服困难、实现预定目标的心理过程,它是意识的能动作用与表现。

二、机械的特性

依据对人的特性的描述,以下从同样的7个方面描述机器的特性。

(一)信息接收

对于信息接收,机器在接受物理因素时,其检测度量的范围非常广,机器能在视觉范围以外,使用红外线或者其他电磁波进行工作,这是人所无法企及的。

(二)信息处理

对于信息处理,机器若按预先编程,可快速、准确地进行工作。

优势:记忆正确并能长时间储存,调出速度快;能连续进行超精密的重复操作和按程序的大量常规操作,可靠性较高;对处理液体、气体和粉状体等比人优越,能够正确地进行计算,能进行多通道的复杂动作。

缺点:处理柔软物体不如人,但难以修正错误;图形识别能力弱。

(三)信息的交流与输出

对于信息的交流与输出,机器与人之间的信息交流只能通过特定的方式进行,能够输出极大的和极小的功率,但在作精细的调整方面,多数情况下不如人手,难做精细的调整;一些专用机械的用途不能改变,只能按程序运转,不能随机应变。

(四)学习与归纳能力

在学习与归纳能力方面,机器的学习能力较差,灵活性也较差,只能理解特定的事物,决策方式只能通过预先编程来确定。

（五）可靠性和适应性

机器在持续性、可靠性和适应性方面也有以下特点：可连续、稳定、长期地运转，但是也需要适当地进行维修和保养；机器可进行单调的重复性作业而不会疲劳和厌烦；可靠性与成本有关，设计合理的机器对设定的作业有很高的可靠性，但对意外事件则无能为力；机器的特性固定不变，不易出错，但是一旦出错则不易修正。

（六）环境适应性

在环境适应性方面，机器能非常好地适应不良的环境条件，可在具有放射性、有毒气体、粉尘、噪声、黑暗、强风暴雨等恶劣的环境、甚至危险的环境下可靠地工作。

（七）成本

在成本方面，机器设备一次性投资可能过高，包括购置费、运转和保养维修费；但是在寿命期限内的运行成本较人工成本要低；不足是万一机器不能使用，本身价值完全失去。

三、人与机器特性的比较

（一）人优于机器的功能

（1）在感知方面，人的某些感官的感受能力比起机器来要优越。例如，人的听觉器官对音色的分辨力以及嗅觉器官对某些化学物质的感受性等，都显著地优于机器。

（2）人能够运用多种通道接收信息。当一种信息通道发生障碍时可运用其他的通道进行补偿；而机器只能按设计的固定结构和方法输入信息。

（3）人具有高度的灵活性和可塑性，能随机应变，采取灵活的程序和策略处理问题。机器应付偶然事件程序非常复杂，均需预先设定，任何高度复杂的自动系统都离不开人的参与。

（4）人能长期大量储存信息并能综合利用记忆的信息进行分析和判断。

（5）人具有总结和利用经验，除旧创新，改进工作的能力。而机器无论多么复杂，只能按照人预先编排好的程序进行工作。

(6) 人能进行归纳、推理, 在获得实际观察资料的基础上, 归纳出一般结论, 形成概念, 并能创造、发明。

(7) 人的最重要特点是有感情、意识和个性, 具有能动性, 能继承历史、文化和精神遗产。人在社会生活中, 接受社会的影响, 有明显的社会性。

(二) 机器优于人的功能

(1) 机器能平稳而准确地输出巨大的动力, 输出值域宽广; 而人受身体结构和生理特性的限制, 可使用的力量小和输出功率较小。

(2) 机器的动作速度极快, 信息传递、加工和反应的速度也极快。

(3) 机器运行的精度高, 现代机器能做极高精度的精细工作; 产生的误差随机器精度提高而减小。

(4) 机器的稳定性好, 做重复性工作而不存在疲劳和单调等问题。人的工作易受身心因素和环境条件等的影响, 因此在感受外界作用 and 操作的稳定性方面不如机器。

(5) 机器对特定信息的感受和反应能力一般比人高, 如机器可以接受超声、电离辐射、微波、电磁波和磁场等信号。还可以做出人难以做到的反应, 如发射电讯信号、发出激光等。

(6) 机器能同时完成多种操作, 且可保持较高的效率和准确度。人一般只能同时完成 1~2 项操作, 而且两项操作容易相互干扰, 而难以持久地进行。

(7) 机器能在恶劣的环境条件下工作, 如机器在高压、低压、高温、低温、超重、缺氧、辐射、振动等条件下都可以很好地工作, 而人则无法耐受恶劣的环境。

四、人机系统和人机作业环境

(一) 人机系统

1. 人机系统的概念

系统是由相互作用、相互依存的要素(部分)组成的、具有特定功能的有机整体。人机系统

是由相互作用、相互依存的人和机器两个子系统构成，能完成特定目标的一个整体系统。人机系统还有一个重要因素：人机界面。

人的子系统的功能主要是感受刺激——大脑信息加工——做出反应；机器子系统的功能主要是控制装置—机器运转—显示装置。在人机系统中，人与机器之间存在着信息回路；系统能否正常工作，取决于信息传递过程能否持续有效地进行，或取决于信息流和能量流能否正常无误地流动。

2.人机系统的类型

（1）按人机系统按系统的自动化程度可分为人工操作系统、半自动化系统和自动化系统三种。

人工操作系统、半自动化系统：人机共体，或机为主体，系统的动力源由机器提供，控制器主要由人来进行操作。在控制系统中设置监控装置，如果人操作失误，机器会拒绝执行或提出警告，是现代生产中应用较多的人机系统类型。其系统的安全性主要取决于人机功能分配的合理性、机器的本质安全性及人为失误状况。

自动化系统：以机为主体，人作为监视者和管理者。该系统的安全性主要取决于机器的本质安全性、机器的冗余系统是否失灵以及人处于低负荷时的应急反应变差等情形。

（2）按有无反馈控制可分为闭环人机系统和开环人机系统两类。反馈是指系统的输出量与系统输入量结合后重新对系统发生作用的机制。

闭环人机系统：即反馈控制人机系统，系统中有反馈回路，系统输出直接作用于系统控制。

开环人机系统：系统中没有反馈回路，系统输出不对系统的控制发生作用，所提供的反馈信息不能控制下一步的操作，即系统的输出对系统的控制作用没有直接影响。

（3）人机系统按系统中人机结合的方式可分为人机串联系统、人机并联系统和人机串、并联混合系统等类型。

（二）人机作业环境

人机作业环境包括的因素很多，如照明环境、声环境、色彩环境、气候环境、空气中的气体成分环境等。

1.照明环境

1) 照明环境特性

照明环境即光环境，又称为光照环境。光环境主要依赖于光照条件。光照条件使用光通量进行度量。光通量是人眼所能感觉到的辐射功率，是单位时间内可到达、离开或通过某曲面的光强。其单位是流明（lm）。

发光强度简称光强，是光源在给定方向上单位立体角内的光通量。其单位是坎德拉（cd）。亮度表示发光体表面发光强弱的物理量。当从某个方向观察光源时，光强与人眼所见到的光源面积之比可定义为亮度。其单位是坎德拉每平方米（cd/m²）。

照度即光照强度，是单位面积上接受可见光的能力。其单位是勒克司（lx）。

照明条件与作业疲劳有一定的联系。适当的照明条件能提高近视力和远视力。当照明不良时，易使视觉发生疲劳，视觉疲劳可通过闪光融合频率和反应时间等方法进行测定。

对象目标与背景亮度的对比过大，或者物体周围背景发出刺目耀眼的光线，这被称为眩光。

眩光条件下，导致视觉疲劳；汽车驾驶员高速驾驶途中遇不良眩光条件，有时可能导致重大道路交通事故的发生。

2) 光环境控制应注意的问题

工作环境进行照明设计时，应考虑视觉作业的照明与作业安全、视觉工效之间的关系，可使用自然采光或人工照明，但均应满足正常状态和紧急情况两类情况下的需要，一般应设应急照明装置。

作业场所的照明方案应既能满足工作照明，又避免不良的眩光；注意颜色的利用、表面特性

的显示、各种照明方式的运用、灯光与昼光的合理结合，以及无强烈对比和眩光等。面对作业人员的墙壁，避免采用强烈的颜色对比；避免有光泽的或反射性的涂料等。

有控制要求的房间，开设窗户不仅为照明，还有针对作业人员心理和生理的需要；使用的各种视觉显示器之间的亮度差应避免大于 10:1；确保显示器使用时无闪烁；出于减少反射光引起视物不清及安全保密等理由，应不设或少设窗户。

2. 色彩环境

1) 色彩对人的影响

色彩可以引起人的情绪反应，也会一定程度影响人的行为。产生这种反应的原因，一是人的先天因素；二是人们对过去经验的潜意识作用。

色彩对人们的生理和心理均会产生一定程度的影响。

色彩的生理作用主要表现在对视觉疲劳的影响。由于人眼对明度和彩度的分辨力较差，在选择色彩对比时，常以色调对比为主。对引起眼睛疲劳而言，蓝、紫色最甚，红、橙色次之，黄绿、绿、绿蓝等色调不易引起视觉疲劳且认读速度快、准确度高。色彩对人体其他系统的机能和生理过程也有一定的影响。

例如，红色色调会使人的各种器官机能兴奋和不稳定，有促使血压升高及脉搏加快的作用；而蓝色、绿色等色调则会抑制各种器官的兴奋并使机能稳定，可起到一定的降低血压及减缓脉搏的作用。

色彩对人们的心理也有一定的影响。人类在漫长的生活实践中获得和形成了大量有关色彩的感受和联想，并赋予不同的情感和象征。

2) 色彩控制应注意的问题

作业场所色彩设计时，应考虑色彩环境与作业安全、视觉工效之间的关系。

选择适当的色彩设计方案，这些手段主要包括：颜色的利用、表面特性的显示、颜色的合理

选用，结合无反射表面的利用，避免作业人员视觉的紧张和疲劳等。

颜色设计具体应遵循的原则包括：面对作业人员的墙壁，避免采用强烈的颜色对比；避免过多地使用黑色、暗色或深色；避免有光泽的或具有反射性的涂料（包括地板在内）；避免过度使用反射性强的颜色，如白色；控制台或工作台应为低的颜色对比；避免环境中高饱和色等。

【例题】人机系统可分为机械化、半机械化的人机系统和全自动化控制的人机系统两类。在机械化、半机械化的人机系统中，人始终起着核心和主导作用，机器起着安全保证作用。下列关于机械化、半机械化的人机系统的说法中，正确的是（ ）。

- A．系统的安全性主要取决于人处于低负荷时应急反应变差
- B．系统的安全性取决于机器的冗余系统是否失灵
- C．机器的正常运转依赖于该闭环系统机器自身的控制
- D．系统的安全性主要取决于该系统人机功能分配的合理性

答案：D

解析：人机系统的安全性主要取决于人机功能分配的合理性、机器的本质安全性及人为失误状况。A、B、C 选项均属于全自动化控制的人机系统。