

高职高专“十二五”规划教材

安全技术系列

机械与特种设备安全

JIXIE YU TEZHONG SHEBEI ANQUAN

刘景良 主编



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材
——安全技术系列

机械与特种设备安全

刘景良 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书注重对机械与特种设备安全基础知识的介绍,兼顾内容的通用性及系统性。体现生产实际,反映新理论、新技术、新装备以及最新相关法规标准要求。注重机械与特种设备安全意识的建立与强化。使读者了解机械与特种设备的危险性、危险控制及安全管理的基本理论和方法。

本书共分七章,包括机械安全概述、机械零件的失效与防护、金属加工机械安全、特种设备安全概述、起重机械安全、锅炉安全、压力容器安全、压力管道安全、电梯安全、场(厂)内专用机动车辆安全、大型游乐设施安全和客运索道安全等内容,对机械和特种设备的使用安全作了较为全面、系统的介绍。书中选编了一定数量的事故案例,以便加深读者对本书内容的认识和理解。

本书可作为高等职业院校安全类、机械类专业及相关专业系统性较强的教学用书,又可作为机械和特种设备安全管理人员、使用和维护保养人员的培训及参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械与特种设备安全/刘景良主编. —北京:化学工业出版社, 2013.5

高职高专“十二五”规划教材——安全技术系列

ISBN 978-7-122-16827-6

I. ①机… II. ①刘… III. ①机械设备-设备安全-高等职业教育-教材 IV. ①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 057849 号

责任编辑: 窦 臻

文字编辑: 闫 敏

责任校对: 王素芹

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 350 千字 2013 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

机械和特种设备广泛应用于各个行业企业，人们在日常生活中也会经常接触到。机械和特种设备在给人们带来高效、便捷的同时，也带来了危险。机械和特种设备应用的普遍性以及频频发生的伤害事故，对人们的生命安全和财产安全造成巨大威胁。熟悉机械和特种设备的危险和安全要求，加强对机械和特种设备在使用过程中的安全管理，确保使用安全，是安全生产管理的重要组成部分，也是实现安全生产的重要任务和重要途径。

本书在编写过程中注重科技发展和生产实际，反映新理论、新技术、新装备以及最新相关法规标准要求，同时兼顾内容的通用性和系统性。

本书包括机械安全概述、机械零件的失效与防护、金属加工机械安全、特种设备安全概述、起重机械安全、锅炉安全、压力容器安全、压力管道安全、电梯安全、场（厂）内专用机动车辆安全、大型游乐设施安全和客运索道安全等内容，对机械和特种设备的使用安全作了较为全面而系统的介绍。书中选编了一定数量的事故案例，以便加深读者对本书内容的认识和理解。

本书旨在为高等职业院校安全类、机械类专业及相关专业提供一本系统性较强的教学用书，同时也可作为机械和特种设备安全管理人员以及使用、维护保养人员的培训及参考用书。

本书由天津职业大学刘景良教授担任主编。全书共分七章，其中刘景良教授编写第一、二、三、四、五章，天津职业大学刘景良教授和贾立军正高级工程师共同编写第六章和第七章。全书由刘景良教授统稿。

在本书编写过程中，参考借鉴了许多文献资料（详见本书的参考文献），在此由衷地表示感谢。

由于编者水平所限，书中不当之处，恳请读者批评指正。

编者

2013 年 4 月

目 录

第一章 机械安全概述	1	第四节 腐蚀	29
第一节 机械概述	1	一、腐蚀的分类	29
一、机械的种类	1	二、金属腐蚀防护技术	30
二、机器的组成	1	三、常见腐蚀及其防护	35
三、机械各种状态的安全问题	2	第五节 材质对失效的影响及其控制 措施	38
第二节 机械产生的危险及其主要伤害 形式	4	一、金属材料的内在质量对失效的 影响	38
一、机械产生的危险	5	二、控制措施	40
二、机械危险的主要伤害形式	6	第三章 金属加工机械安全	41
第三节 机械安全事故原因分析	9	第一节 金属冷加工机械安全技术	41
第四节 机械通用安全技术措施与原则	10	一、金属切削机床及切削安全概述	41
一、设计与制造的本质安全措施	10	二、车床安全技术	43
二、可靠有效的安全防护措施	12	三、钻床安全技术	44
第五节 机械设备的基本安全要求	14	四、磨床安全技术	45
一、机械设备应满足的基本安全要求	14	五、铣床安全技术	49
二、安全防护装置的基本要求	14	六、刨床安全技术	50
三、机器设备安装、维修时的安全 要求	15	第二节 金属热加工安全技术	50
四、工作场所的环境要求	15	一、铸造安全技术	51
第六节 机械安全信息	15	二、锻造安全技术	52
一、使用信息概述	15	三、焊接安全技术	54
二、信号和警告装置	16	四、热处理安全技术	56
三、安全色和安全标志	16	第三节 冲压机械安全技术	58
四、随机文件	17	一、冲压机械概述	59
第二章 机械零件的失效与防护	19	二、压力加工的危险有害因素	61
第一节 摩擦与磨损	19	三、冲压事故分析	61
一、摩擦分类	19	四、实现冲压安全的对策	63
二、摩擦的系统分析	20	五、过载保护装置	63
三、主要磨损介绍	20	六、冲压机械的安全防护装置	63
第二节 变形	22	七、冲压手用工具	67
一、材料力学性能	22	八、冲压机械安全操作技术	68
二、弹性变形	24	第四章 特种设备安全概述	69
三、塑性变形	25	第一节 特种设备及其事故概述	69
第三节 断裂	26	一、特种设备及其事故概况	69
一、疲劳断裂	27	二、特种设备事故分析	69
二、应力腐蚀断裂(破裂)(SCC)	27	第二节 特种设备的分类	71
三、氢脆(HE)	28	第三节 特种设备安全监察	72
四、蠕变断裂	28	一、特种设备安全监察的总要求	72

二、特种设备的安全许可	72	三、司索工安全操作要求	154
三、特种设备的使用	73	第八节 起重机械的安全监察	155
四、特种设备的检验检测	75	一、起重机械制造	156
五、特种设备监管部门的监督检查	75	二、起重机械安装、改造、维修	156
六、特种设备事故分类、应急管理和事故 调查原则	76	三、起重机械使用	157
七、对违反《条例》规定的情形的处罚 规定	77	第九节 使用单位对桥式起重机的安全 管理	158
第五章 起重机械安全	80	一、建立、健全起重机械的规章制度	159
第一节 起重机械概述	80	二、定期检验	159
一、起重机械分类	80	三、使用单位内部检查	159
二、起重机的组成	84	四、起重作业人员的培训考核管理	160
三、起重机主要技术参数	85	第六章 锅炉、压力容器、压力管道 安全	162
四、起重机工作级别	87	第一节 锅炉安全	162
五、起重机的载荷	95	一、锅炉的级别划分	162
第二节 起重作业与起重事故概述	96	二、工业锅炉安全附件	163
一、起重作业特点	96	三、锅炉安全保护装置的基本要求	167
二、起重伤害事故形式	97	四、锅炉水质处理	167
三、起重伤害事故的特点	98	五、定期检验	168
四、起重事故的原因分析	98	六、锅炉运行的安全管理	170
第三节 起重机械易损零部件安全	99	七、锅炉常见事故及处理	173
一、吊钩	99	八、锅炉事故案例分析	174
二、钢丝绳	102	第二节 压力容器安全	175
三、滑轮与卷筒	109	一、压力容器的应用及危险性概述	175
四、制动器	114	二、压力容器的分类	177
第四节 起重机的安全防护	117	三、压力容器的安全附件	179
一、起重机械安全防护装置	117	四、压力容器的定期检验	184
二、电气保护	131	五、压力容器的主要破坏形式	186
三、高处作业的安全防护	131	六、压力容器的安全技术管理和安全 使用	187
四、起重机危险部位与标志方法	133	七、压力容器事故案例分析	190
第五节 桥架型起重机安全技术	134	第三节 气瓶安全	192
一、概述	134	一、气瓶的分类	192
二、轨道运行常见的问题	139	二、气瓶的安全附件	193
三、桥架型起重机的金属结构	142	三、气瓶的颜色	193
四、桥架型起重机安全技术检验	147	四、气瓶的安全管理	194
第六节 流动式起重机安全技术	149	五、气瓶的检验	196
一、流动式起重机的种类	149	六、气瓶事故案例分析	197
二、流动式起重机的常见事故	150	第四节 压力管道安全	198
三、流动式起重机安全装置	150	一、压力管道概述	198
四、流动式起重机使用安全技术管理	151	二、压力管道的结构及主要参数	199
五、流动式起重机事故案例	153	三、压力管道的分类与分级	200
第七节 起重作业安全操作技术	153	四、压力管道安全装置	202
一、吊运前的准备	153	五、压力管道安全管理	203
二、起重机司机通用安全操作要求	153		

六、压力管道常见事故	204	二、场（厂）内机动车辆事故案例	
七、压力管道事故案例分析	205	分析	217
第七章 其他特种设备安全	207	三、安全管理与安全要求	219
第一节 电梯安全	207	第三节 大型游乐设施安全	226
一、电梯、自动扶梯的结构及工作		一、概述	226
原理	207	二、大型游乐设施事故案例分析	226
二、电梯分类	208	三、大型游乐设施的应急措施	227
三、电梯和自动扶梯常见事故	210	四、大型游乐设施的安全管理	228
四、电梯的安全要求	212	第四节 客运索道安全	228
五、电梯主要安全装置	213	一、概述	228
六、电梯安全管理	213	二、客运索道事故案例分析	229
七、电梯事故案例分析	215	三、客运索道事故的应急措施	230
第二节 场（厂）内专用机动车辆安全	216	四、客运索道的安全管理	230
一、概述	216	参考文献	231

第一章 机械安全概述

机械是生产力发展水平的重要标志；机械的应用几乎涉及国民经济的各个领域，任何现代化的生产都离不开机械。

机械是人类进行生产以减轻体力劳动和提高劳动生产率的主要工具，它在给人们带来高效、便捷的同时，也带来了危险。机械应用的普遍性以及频频发生的机械伤害事故，给人们的安全和财产安全造成巨大损失。确保机械安全，防止机械伤害事故是实现安全生产的任务之一。

机械安全是指从人的安全需要出发，在使用机械的全过程的各种状态下，达到使人的身心免受外界因素危害的存在状态和保障条件。机械安全是由组成机械的各部分及整机的安全状态、使用机械的人的安全行为以及由机器和人的和谐关系来保证的。

第一节 机械概述

一、机械的种类

机械是机器和机构的总称。

按服务对象不同，机械可分为建筑机械、运输机械、采掘机械、冶金机械、石油机械、纺织机械、印刷机械……众多类别。

按使用目的不同，机械可分为动力机械和工作机械两大类。

动力机械是指将非机械能（如燃料的热能、水力的位能、风力的动能、电能以及太阳能、原子能等）转化为机械能以驱动其他机械工作的机械。如电动机、内燃机等。

工作机械是指利用机械能做出有用的功或完成一定的能量转换，以达到作业目的的机械。如发电机、起重机等。

许多机械则为动力机械和工作机械的统一体，运输机械如汽车、轮船、飞机，搬运机械如起重机、叉车等，家用电器如洗衣机、豆浆机等。

尽管机械的种类繁多，外观及用途、功能各异，但可以用以下特征来概括各类机械：

- ① 各类机械都是由各种零件所组成的实体；
- ② 机械的各部件之间存在确定的、互相协调的相对运动；
- ③ 代替人的劳动，完成一定的能量转换或做出有用的功。

同时具备上述三个特征的机械称为机器，只具备前两个特征的机械称为机构。

高度现代化的机器不仅可以代替人的体力劳动，而且可以代替人的脑力劳动（如智能机器人）。

二、机器的组成

机器的发展经历了一个由简单到复杂的过程，它是由若干相互联系的零部件按一定规律装配而成、能够完成一定功能的整体。随着科学技术的发展，机器的概念也有了相应的变化。机器中除刚体外，液体、气体也参与了运动的变换。有些机器还包含了使其内部各机构正常动作的控制系统和信息处理与传递系统等。

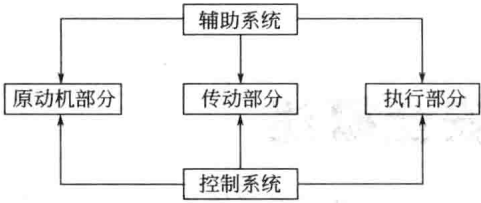


图 1-1 机器的组成

完整的机器通常由原动机部分、传动部分、执行部分以及控制系统等组成（如图 1-1 所示）。

1. 原动机部分

原动机是驱动整部机器以完成预定功能的动力源。

通常一部机器只用一个原动机，复杂的机器也可以有几个动力源。一般而言，原动机都是把其他形式的能量转化为可以利用的机械能。现代机器中使用的原动机大都是以电动机和内燃机为主。

2. 执行部分

执行部分是用来完成机器预定功能的组成部分。它是通过利用机械能（如刀具或其他器具与物料的相对运动或直接作用）来改变物料的形状、尺寸、状态或位置的机构。一台机器可以只有一个执行部分（例如压路机的压辊），也可以把机器的功能分解成好几个执行部分。机器种类不同，其执行部分的结构和工作原理也就不同。

3. 传动部分

机器的功能多种多样，要求的运动形式也是各不相同。但是原动机的运动形式、运动参数及动力参数却是有限的，而且是确定的。传动部分的任务就是把原动机的运动形式、运动及动力参数转变为执行部分所需的运动形式、运动参数及动力参数。就是说机器中所用传动部分，是用来将原动机和工作机联系起来，传递运动和动力或改变运动形式的部分。例如把旋转运动变为直线运动，高转速变为低转速，小转矩变为大转矩等。

4. 控制系统及辅助系统

随着机器的功能越来越强，对机器的精确度要求也越来越高，如果机器只由上述原动机部分、传动部分、执行部分三个基本部分组成，使用起来就会遇到很多困难。所以机器除了以上三部分外，还会不同程度地增加控制系统和辅助系统等。

控制系统是用来控制机器的运动及状态的系统，如机器的启动、制动、换向、调速、压力、温度、速度等。它包括各种操纵器和显示器。人通过操纵器来控制机器，显示器把机器的运行情况适时反馈给人，以便及时、准确地控制和调整机器的状态，以保证作业任务的顺利进行并防止事故发生。操纵器是人机接口处，安全人机工程学的要求在这里得到集中体现。

以汽车为例，发动机是汽车的原动机；离合器、变速箱、传动轴和差速器等组成传动部分；车轮、底盘（包括车身）及悬挂系统是执行部分；转向盘和转向系统、排挡杆、刹车及其踏板、离合器踏板及油门组成控制系统；后视镜、车门锁、刮雨器等为辅助装置。

一般情况下，传动部分和执行部分集中了机器上几乎所有的可动零部件。它们种类繁多、运动各异、形状复杂、尺寸不一，是机械的危险区域。但二者又有区别：传动部分不与作业对象直接作用，不需要操作者频繁接触，常用各种防护装置隔离或封装起来；执行部分直接与作业对象作用，并需要人员不断介入，使操作区成为机械伤害的高发区，成为安全防护的重点和难点。

三、机械各种状态的安全问题

机器在按规定的使用条件执行其功能的过程中，以及在运输、安装、调整、维修过程

中,都可能对人员造成伤害。事实上,这种伤害在机器使用的任何阶段和各种状态下都有可能发生。这里所说的“各种状态”包括如下。

1. 正常工作状态

正常工作状态是指机器完好情况下的工作状态。机器完成预定功能的正常运转过程中,存在着执行预定功能所必须具备的运动要素,有些可能产生危害后果。例如,大量形状各异的零部件的相对运动、刀具锋刃的切削、起吊重物、机械运转的噪声、振动等,使机械正常工作状态下就存在着碰撞、切割、重物坠落、使环境恶化等对人身安全不利的危险和有害因素。



图 1-2 用手指绕砂布打磨内
螺纹纹断手指示意图

【事故案例】 打磨内螺纹手指被绞断事故(见图 1-2)

某年 4 月 22 日 12:40,某单位女车工洪某(女,工龄 2 年)操作 C620 机床,加工连接阀杆套。为了排除丝扣毛头,洪某用砂布绕在食指上,在车速 600r/min 时打磨螺纹口,将食指放入螺扣,瞬间食指断筋被拉出来约 200mm,绞断食指旋进螺扣内。即时送医院,为了及时取出手指以便进行再植,火速用牛头刨刨开螺母,取出断后的 3 节食指送医院再植,医院虽经多方救治,但终无法进行再植手术,构成了重伤事故。

2. 非正常工作状态

非正常工作状态是指在机器运转过程中,由于某种原因(可能是人员的操作失误,也可能是动力突然丧失或来自外界的各种干扰等)引起的意外状态。例如,意外启动、运动或速度变化失控,外界磁场干扰使信号失灵,瞬时大风造成起重机倾覆倒地等。机械的非正常工作状态往往没有先兆,会直接导致或轻或重的事故危害。

【事故案例】 强对流天气引起起重机械倾覆事故

2009 年 8 月 19 日 16 时 40 分左右,位于上海市嘉定区封杨路 555 号的中交第三航务工程局上海嘉定制梁场,一台 10t 门式起重机发生倾覆,其一侧支腿砸在地面,造成 4 死 3 伤的起重机械重大事故。事故的直接原因是:事故起重机在作业过程中,突遇强对流天气,起重机作业人员未能进行正确处置,导致起重机在风力作用下,沿轨道加速运行 50m 后脱轨倾覆。事故调查组认定:这是一起因遇强对流天气、现场安全管理混乱,以及无证使用、无证操作起重机引发的特种设备责任事故。

3. 故障状态

故障状态是指机械设备(系统)或零部件丧失了规定功能的状态。设备的故障,哪怕是局部故障,有时都会造成整个设备的停转,甚至整个流水线、整个自动化车间的停产,给企业带来经济损失。而故障对安全的影响可能会有两种结果。有些故障的出现,对所涉及的安全功能影响很小,不会出现大的危险。例如,当机器的动力源或某零部件发生故障时,使机器停止运转,处于故障保护状态。有些故障的出现,会导致某种危险状态。例如,由于电气开关故障,会产生不能停机的危险;砂轮过期使用,会导致砂轮破裂、碎片飞甩的危险;速度或压力控制系统出现故障,会导致速度或压力失控的危险等。

【事故案例】 砂轮破裂飞出击伤胸部事故

某车间管道班职工李某于某年 12 月 11 日 16:30 左右,在砂轮机旁边操作,旋转的砂轮破裂成 3 块,由于砂轮机安全罩被人拆下,砂轮残片飞出将李某击伤,致使其胸部软骨骨折。

4. 非工作状态

非工作状态是指机器停止运转处于静止的状态。在非工作状态下，机械同样会引发事故，如由于环境照度不够，导致人员与机械悬凸部位产生碰撞；室外机械在风力作用下产生滑移或倾覆等。

【事故案例】细长棒料甩弯击打头部事故

某年，某车间起重工冯某在机床边吊工件，车工陈某在加工 1 根长近 6m、直径为 30mm 的细圆钢，伸出床头箱（主轴箱）部分为 3m 长。在陈某开车时，因车速较快，伸出的细圆钢旋转甩弯，棒头猛击冯某头部，将冯某击倒在地。鲜血直流，当场休克，冯某的头盖骨被打坏。经外科专家会诊抢救，手术后虽挽救了其生命，将有机玻璃嵌入头盖骨内，并用不锈钢铆钉紧固，但已造成终身残废。图 1-3 是事故现场简图。

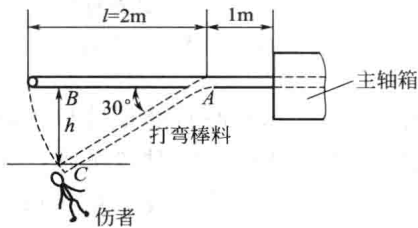


图 1-3 细长棒料甩弯伤人事故现场示意图

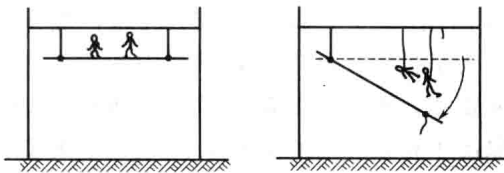


图 1-4 白棕绳折断后 2 人吊挂在大梁上的示意图

5. 检修保养状态

检修保养状态是指对机器进行检修或保养作业时（包括保养、修理、改装、翻建、检查、状态监控和防腐润滑等）机器的状态。尽管检修保养一般在停机状态下进行，但其作业的特殊性往往迫使检修人员采用一些超常规的做法。例如，攀高、钻坑、将安全装置短路、进入正常操作不允许进入的危险区域以及大型部件的拆装等，使得在检修及保养过程中容易出现正常操作过程中不存在的危险。出现如高处坠落、触电、物体打击等事故。

【事故案例】悬吊过桥的白棕绳折断事故

某年 12 月 9 日，某机械厂钳工三班青工刘某和赵某，在检修离水泥地面 12m 高的行车电动葫芦时，为检修方便，起重工搭了一个临时过桥，过桥是用白棕绳吊在行车大梁上的。两名青工站在过桥上操作。10min 后，突然一端悬吊过桥的白棕绳折断，过桥随之倒下，2 人被吊挂在行车大梁上，幸亏系了安全带，2 人才幸免于难。见图 1-4 是事故现场简图。

第二节 机械产生的危险及其主要伤害形式

机械在上述五种状态下之所以存在安全问题，最根本的原因在于，每种状态下均存在着各种危险有害因素。

危险有害因素可细分为危险因素和有害因素。

危险因素通常是指导致人员伤亡事故的因素。如高速运转、漏电、高处作业无防护设施、超压、超载等。

有害因素通常是指导致职业危害甚至职业病的因素。如工业毒物、粉尘、噪声、振动、辐射、高温、低温等。

实际上在很多情况下，同一危险因素由于物理量不同，作用的时间和空间不同，有时导致人身伤害，有时引起职业病，有时甚至二者兼有。因此，以下对机械设备及其生产过程中

的不利因素，不再细分危险与有害因素，一律称为机械产生的危险。

一、机械产生的危险

机械产生的危险可分为两大类，一类是机械危险，另一类是非机械危险。前者包括的主要形式有夹挤、碾压、剪切、切割、卷绕、刺伤、摩擦或磨损、飞出物打击、高压流体喷射、碰撞或跌落等；后者包括电气危险、温度危险、噪声危险、振动危险、辐射危险、材料和物质产生的危险、违反安全人机学原理产生的危险等。

（一）机械危险

指由于机械设备及其附属设施的构件、零件、工具、工件或飞溅的固体和流体物质等的机械能（动能和势能）作用而产生的各种危险以及与机械设备有关的滑绊、倾倒和跌落危险。

机械危险包括设备静止状态和运动状态下所呈现的各种危险。

1. 静态危险

- （1）刀具的刀刃，机械设备突出部分，如表面螺栓、吊钩、手柄等。
- （2）毛坯、工具、设备边缘锋利飞边和粗糙表面（如铸造零件表面）等。
- （3）引起滑跌、坠落的工作平台，尤其是平台有水或油时更为危险。

2. 直线运动及旋转运动危险

- （1）作直线运动的构件，如龙门刨床的工作台、升降式铣床的工作台。
- （2）人体或衣服卷进旋转着的机械部位引起的危险，如搅拌机、卡盘、各种切削刀具、相互啮合的齿轮副、链条-链轮等。

3. 打击危险

- （1）旋转运动加工件打击，如伸出机床的细长加工件。
- （2）旋转运动部件上凸出物打击，如转轴上键、联轴器螺钉等。
- （3）孔洞部分的危险，如风扇、叶片、齿轮、飞轮。

4. 振动夹住危险

机械的一些振动部件结构，如振动体的振动引起被振动体部件夹住的危险。

5. 飞出物打击危险

- （1）飞出的刀具或机械部件，如未夹紧的刀片、破碎的砂轮片、齿轮轮齿断裂等。
- （2）飞出的铁屑，如金属表面加工产生的金属屑等。

（二）非机械危险

1. 电气危险

电气危险的主要形式是电击、燃烧和爆炸。其产生条件可以是人体与带电体的直接接触；人体接近带高压电体；带电体绝缘不充分而产生漏电、静电现象；短路或过载引起的熔化粒子喷射，热辐射和化学效应等。

2. 温度危险

- （1）高温对人体的影响。高温烧伤、烫伤，高温生理反应（如中暑）。
- （2）低温冻伤和低温生理反应。
- （3）高温引起的燃烧或爆炸。

温度危险产生的条件有：环境温度、热源辐射或接触高温物（材料、火焰或爆炸物等）。

3. 噪声危险

噪声产生的原因主要有机械噪声、电磁噪声和空气动力噪声。

噪声的危害主要有：

(1) 对听觉的影响。根据噪声的强弱和作用时间不同，可造成耳鸣、听力下降、永久性听力损失，形成因噪声引起的职业病之噪声聋。

(2) 对生理、心理的影响。通常 90dB (A) 以上的噪声对神经系统、心血管系统等都有明显的影响；而低噪声，会使人产生厌烦、精神压抑等不良心理反应。

(3) 干扰语言通信和听觉信号而引发其他危险。

4. 振动危险

振动对人体的生理和心理产生负面影响，可造成损伤和病变。最严重的振动（或长时间不太严重的振动）可能产生生理严重失调（血脉失调，神经失调，骨关节失调，腰痛和坐骨神经痛）等。振动可导致职业病之手臂振动病。

5. 辐射危险

可以把产生辐射危险的各种辐射源（离子化或非离子化）归为以下几个方面。

(1) 电波辐射：低频辐射、无线电射频辐射和微波辐射。

(2) 光波辐射：主要有红外线辐射、可见光辐射和紫外线辐射。

(3) 射线辐射：X 射线和 γ 射线辐射。

(4) 粒子辐射：主要有 α 、 β 粒子射线辐射、电子束辐射、离子束辐射和中子辐射等。

(5) 激光。

辐射的危险是杀伤人体细胞和机体内部的组织，轻者会引起各种病变，重者会导致死亡。

6. 材料和物质产生的危险

材料和物质产生的危险主要有：

(1) 接触或吸入有害物（如有毒、腐蚀性或刺激性的液、气、雾、烟和粉尘）所导致的危险；

(2) 火灾与爆炸危险；

(3) 生物（如霉菌）和微生物（如病毒或细菌）危险。

使用机械加工过程的所有材料和物质都应考虑在内。例如：构成机械设备、设施自身（包括装饰装修）的各种物料；加工使用、处理的物料（包括原材料、燃料、辅料、催化剂、半成品和产成品）；剩余和排出物料，即生产过程中产生、排放和废弃的物料（包括气、液、固态物）。

7. 未履行安全人机学原则而产生的危险

由于机械设计或环境条件不符合安全人机学原则的要求，存在与人的生理或心理特征、能力不协调之处，可能会产生以下危险：

(1) 对生理的影响。负荷（体力负荷、听力负荷、视力负荷、其他负荷等）超过人的生理范围，长期静态或动态型操作姿势、劳动强度过大或过分用力所导致的危险。

(2) 对心理的影响。对机械进行操作、监视或维护而造成精神负担过重或准备不足、紧张等而产生的危险。

(3) 对人操作的影响。表现为操作偏差或失误而导致的危险等。

二、机械危险的主要伤害形式

机械危险的伤害实质，是机械能（动能和势能）的非正常做功、流动或转化，导致对人员的接触性伤害。机械危险的主要伤害形式有夹挤、碾压、剪切、切割、缠绕或卷入、戳扎

或刺伤、摩擦、飞出物打击、高压流体喷射、碰撞和跌落等。

1. 机器零件（或工件）产生机械危险的条件

- (1) 存在锐边、利角等切割要素，粗糙或过于光滑。
- (2) 存在相向运动或运动与静止物的相对距离小。
- (3) 存在在重力的影响下可能运动的零部件。
- (4) 存在可控或不可控运动中的零部件的动能。
- (5) 存在由于机械强度不够而导致零件、构件的断裂或垮塌。
- (6) 存在弹性元件（如弹簧）的势能，或在压力或真空下的液体或气体的能量。

2. 机械伤害的主要形式

(1) 卷绕和绞缠 引起这类伤害的是作回转运动的机械部件（如轴类零件），包括联轴器、主轴、丝杠等；回转件上的凸出物和开口，例如轴上的凸出键、调整螺栓或销、圆轮形状零件（链轮、齿轮、皮带轮）的轮辐、手轮上的手柄等，在运动情况下，将人的头发、饰物（如项链）、肥大衣袖或下摆卷缠引起的伤害。

【事故案例】 某年10月13日，某纺织厂职工朱某与同事一起操作滚筒烘干机进行烘干作业。5时40分朱某在向烘干机放料时，被旋转的联轴器挂住裤脚口摔倒在地。待旁边的同事听到呼救声后，马上关闭电源，使设备停转，才使朱某脱险。但朱某腿部已严重擦伤。引起该事故的主要原因就是烘干机马达和传动装置的防护罩在上一班检修作业后没有及时罩上而引起的。

(2) 卷入和碾压 引起这类伤害的主要危险是相互配合的运动副，例如，相互啮合的齿轮之间以及齿轮与齿条之间，皮带与皮带轮、链与链轮进入啮合部位的夹紧点，两个作相对回转运动的辊子之间的夹口引发的卷入；滚动的旋转件引发的碾压，例如，轮子与轨道、车轮与路面等。

【事故案例】 某年8月17日上午，浙江一注塑厂职工江某正在进行废料粉碎。塑料粉碎机的入料口是非常危险的部位，按规定，在作业中必须使用木棒将原料塞入料口，严禁用手直接填塞原料，但江某在用了一会儿木棒后，嫌麻烦，就用手去塞料。以前他也多次用手操作，也没出什么事，所以他觉得用不用木棒无所谓。但这次，厄运降临到他的头上。右手突然被卷入粉碎机的入料口，瞬间手指被碾断。

(3) 挤压、剪切和冲撞 引起这类伤害的是作往复直线运动的零部件，诸如相对运动的两部件之间，运动部件与静止部分之间由于安全距离不够产生的夹挤，作直线运动部件的冲撞等。直线运动有横向运动（例如，大型机床的移动工作台、牛头刨床的滑枕、运转中的带链等部件的运动）和垂直运动（例如，剪切机的压料装置和刀片、压力机的滑块、大型机床的升降台等部件的运动）。

【事故案例】 某年5月18日，四川广元某木器厂木工李某用平板刨床加工木板，木板尺寸为 $(300 \times 25 \times 3800)$ mm，李某进行推送，另有一人接拉木板。在快刨到木板端头时，遇到节疤，木板抖动，李某疏忽，因这台刨床的刨刀没有安全防护装置，右手脱离木板而直接按到了刨刀上，瞬间李某的四个手指被刨掉。在一年前，就为了解决无安全防护装置这一隐患，专门购置了一套防护装置，但装上用了一段时间后，操作人员嫌麻烦，就给拆除了，结果不久就发生了事故。

(4) 飞出物打击 由于发生断裂、松动、脱落或弹性能等机械能释放，使失控的物件飞甩或反弹出去，对人造成伤害。例如：轴的破坏引起装配在其上的皮带轮、飞轮、齿轮或其他运动零部件坠落或飞出；螺栓的松动或脱落引起被它紧固的运动零部件脱落或飞出；高

速运动的零件破裂碎块甩出；切削废屑的崩甩等；弹性元件的势能引起的弹射。例如：弹簧、皮带等的断裂；在压力、真空下的液体或气体引起的高压流体喷射等。

【事故案例】 某年12月29日，某公司田某，在打磨钻头时，砂轮片突然爆裂，飞出的砂轮片击中其左侧颈动脉，致失血过多，经医院抢救无效死亡。经调查发现，该打磨设备不是专门生产厂家的合格出厂设备，属于自制简易打磨设备，转动装置简单地固定在临时的板子上，更无安全检验。

(5) 物体坠落打击 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。例如，高处掉下的零件、工具或其他物体（哪怕是很小的）；悬挂物体的吊挂零件破坏或夹具夹持不牢引起物体坠落；由于质量分布不均衡，重心不稳，在外力作用下发生倾翻、滚落；运动部件运行超行程脱轨导致的伤害等。

【事故案例】 某年5月27日，山东某化工厂停产大检修，重碱车间在给一处位于距地面4m多高的管道加盲板的过程中，由于管内结疤，民工刘某和于某虽然松开螺母，但盲板仍插不进去。于是，刘某就用撬杆撬，于某在法兰口用楔子撑。此时，法兰之间仅有4个螺栓，这4个螺栓当中，其中1个仅有2扣带在螺母上，其余3个螺栓仅有1扣带在螺母上。在这种情况下，于某的楔子掉了下去，另一职工郭某叫地面待命（现场服务）的孙某去捡掉下的楔子，孙某过去捡楔子时，刘某仍用力敲法兰，致使4个仅有1~2扣的螺母脱开，法兰移出，使U形管下部的塑料管断开，继而带有几个弯头和短管（铸铁）的组合管坠落，坠落后的组合管反弹砸伤捡楔子的孙某，孙某送医院后抢救无效死亡。

(6) 切割和擦伤 切削刀具的锋刃，零件表面的毛刺，工件或废屑的锋利飞边，机械设备的尖棱、利角和锐边；粗糙的表面（如砂轮、毛坯）等，无论物体的状态是运动的还是静止的，这些由于形状产生的危险都会构成伤害。

【事故案例】 某年4月2日白班，模具钳工张某用凿子修花筋时，未按要求佩戴防护眼镜，导致飞溅的铁屑击伤眼睛，将左眼的眼角打破。

(7) 碰撞和刮蹭 机械结构上的凸出、悬挂部分（例如起重机的支腿、吊杆，机床的手柄等），长、大加工件伸出机床的部分等。这些物件无论是静止的还是运动的，都可能产生危险。

【事故案例】 某年5月19日，江苏省一个体机械加工厂，车工郑某和钻工张某两人在一个仅9m²的车间内作业，他们的两台机床的间距仅0.6m，当郑某在加工一件长度为1.85m的六角钢棒时，因为该棒伸出车床长度较大，在高速旋转下，该钢棒被甩弯，打在了正在旁边作业的张某的头上，当郑某发现立即停车后，张某的头部已被连击数次，头骨碎裂，当场死亡。

(8) 跌倒和坠落 由于地面堆物无序或地面凸凹不平导致的磕绊跌伤，接触面摩擦力过小（如光滑、油污、冰雪等）造成打滑而跌倒。假如由于跌倒引起二次伤害，那么后果将会更严重。

人从高处失足坠落，误踏入坑井坠落；电梯悬挂装置破坏，轿厢超速下行，撞击坑底，都会对人员造成伤害。

【事故案例】 某年8月17日下午，河北某机械厂职工李某正在对行车起重机进行检修，因为天气热，李某有点发困，他就靠在栏杆上休息，结果另一名检修人员开动行车，李某没注意，身体失去平衡而坠落，结果造成严重摔伤。

机械危险大量表现为人员与可运动物件的接触伤害，各种形式的机械危险、非机械危险往往交织在一起。在进行危险识别时，应该从机械系统的整体出发，考虑机器的不同状态、

同一危险的不同表现方式、不同危险因素之间的联系和作用，以及显现或潜在的不同形态等，以获得全面的危险信息，为正确评价其安全性或制定安全对策奠定基础。

第三节 机械安全事故原因分析

安全隐患可存在于机器的设计、制造、运输、安装、使用、报废、拆卸及处理等各个环节。机械事故的发生往往是多种因素综合作用的结果，用安全系统的认识观点，可以从物的不安全状态、人的不安全行为和安全管理上的缺陷找到原因。

1. 物的不安全状态

物的安全状态是保证机械安全的重要前提和物质基础。这里，物包括机械设备、工具、原材料、中间与最终产成品、排出物和废料等。物的不安全状态构成生产中的客观安全隐患和风险。例如，机械设计不合理、未满足安全人机要求、计算错误、安全系数不够、对使用条件估计不足等；制造时零件加工超差、以次充好、偷工减料等；运输和安装中的野蛮作业使机械及其零部件受到损伤而埋下隐患等。使用过程中的错误同样会引发物的不安全状态，例如，超负荷使用，达到报废标准的零件未及时更换，设备缺乏必要的安全防护，润滑保养不良等。此外，超过安全极限的作业条件或未达到卫生标准的不良作业环境，直接影响人的操作意识水平，使身体健康受到损伤，造成机械系统功能降低甚至失效。物的不安全状态的成因见图 1-5。

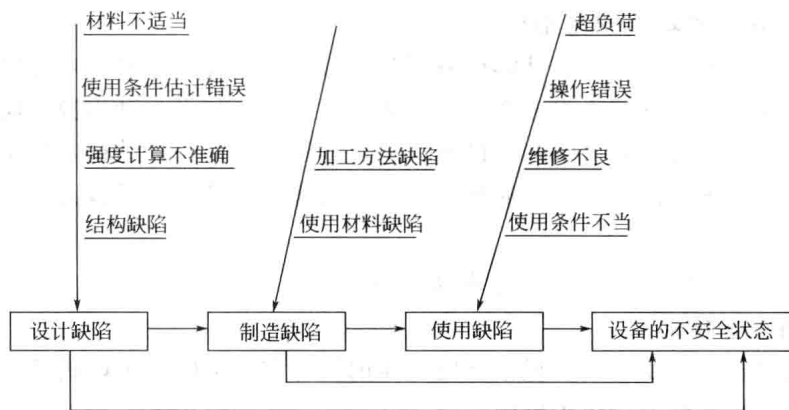


图 1-5 机械不安全状态的成因示意图

由上图可知，设计、制造、使用三个阶段的缺陷均可造成机械的不安全状态。而设计和制造过程中存在的缺陷，使得机器先天地潜藏着危险，处于不安全状态；在使用过程中，又存在使用缺陷以及诸如金属磨损、塑料老化等劣化因素，更加降低了机器的可靠性，产生了新的危险。当操作者在生产过程中发生错误处理或误操作时，上述潜在的危险因素就会被激发，导致能量逸散，从而造成机械事故。在机械使用过程中造成的物的不安全状态通常是引发事故的直接原因。

2. 人的不安全行为

在机械使用过程中人的不安全行为，可能是引发事故的另一重要的直接原因。人的行为受到生理、心理等各种因素的影响，表现是多种多样的。缺乏安全意识和安全技能差（即安全素质低下）是引发事故的主要的人的原因。例如，不了解所使用机械存在的危险，不按安全规程操作，缺乏自我保护和处理意外情况的能力等。指挥失误（或违章指挥）、操作失误

(操作差错及在意外情况时的反射行为或违章作业)、监护失误等是人的不安全行为常见的表现形式。在日常工作中,人的不安全行为大量表现在不安全的工作习惯上。例如:工具或量具随手乱放;测量工件不停机;站在工作台上装卡工件;越过运转刀具取送物料;图便捷攀越大型设备而不走人行通道等。

3. 安全管理缺陷

安全管理缺陷是事故的间接原因,但在一定程度上又是主要原因。它反映了一个单位的安全管理水平。安全管理水平包括领导的安全意识,对设备的监管,对人员使用、维护机械的安全技能进行教育和培训,安全规章制度的建立等。安全管理不能只局限在企业内部对机械设备使用阶段的管理,还包括相关方面对机械产品的安全责任制的建立,主要监管部门对企业的重要设备的安全监察等全方位的管理。

第四节 机械通用安全技术措施与原则

实现机械设备安全的最根本途径是设备的本质安全化。设备的本质安全化是指操作失误时,设备能自动保证安全;当设备出现故障时,能自动发现并自动排除,确保人身和设备安全。实现设备安全须从设备的设计、制造、安装、调试、运行、维护、报废等阶段考虑,同时,还应考虑机械的各种状态。决定机械安全性能的关键在于设计阶段采用的安全措施;另外还要通过使用阶段采用安全措施,最大限度地减小危险。

一、设计与制造的本质安全措施

设计阶段采用安全措施,是指从零件材料到零部件的合理形状和相对位置,从限制操纵力、运动件的质量和速度到减少振动和噪声,采用本质安全技术与动力源,应用零部件间的作用原理,结合人机工程学原则等多项措施,通过选用适当的设计结构,尽可能避免或减小危险;也可以采取措施提高设备的可靠性、操作机械化或自动化水平以及实行在危险区之外调试、维护等。

(一) 选用合适的设计结构,避免或减小危险

1. 采用本质安全技术

采用本质安全技术,是指进行机械预定功能的设计和制造时,可以满足机器自身安全的要求,而不需要采用其他安全防护措施。

(1) 与功能匹配的合理结构,避免锐边、尖角、粗糙表面和凸出部分。

在不影响预定使用功能前提下,机械设备及零部件应尽量避免设计成易引起危险的锐边、尖角、粗糙或凹凸不平的表面和较突出部分。对锐边或尖角应倒钝、折边或修圆,对可能引起刮伤的开口端应包覆。

(2) 安全距离的原则。

利用安全距离来减小或消除机械风险有两种措施:一是防止可及危险部位的安全距离,使机械的有形障碍物与危险区的安全距离足够长,用来限制人体或人体的某部位的运动范围;二是避免受挤压或剪切危险的安全距离,当两移动件相向移动时,可以通过增大相向运动物之间的最小距离,使人体可以安全进入或通过,也可以减小运动件间的最小距离,使人的身体部位不能进入,从而避免危险。

(3) 限制有关因素的物理量。

在不影响使用功能的情况下,根据各类机械的不同特点,限制某些可能引起危险的物理