



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

机械与电气安全

吕建国 刘小刚 苏贺涛 编著



获取[课件][自测题参考答案]



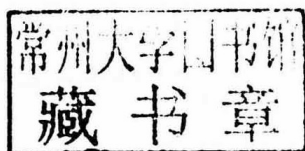
冶金工业出版社
www.cnmip.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

机械与电气安全

吕建国 刘小刚 苏贺涛 编著



冶金工业出版社

2019

内 容 简 介

本书紧密结合工程实践,较全面地介绍了工业生产中的机械与电气安全知识。全书共十章,内容包括机械安全基础、危险机械安全技术、热加工安全技术、机械安全风险评价、电气安全基础、电击防护技术、电气线路与设备安全、电气防火防爆、雷电和静电安全、电气安全管理。本书具有较强的针对性和实用性,且为方便自学,每章均设置了知识框架结构图、知识导引、重点及难点、学习目标、小结、自测题和参考答案。

本书可作为高等院校安全工程专业的教学用书,也可供从事安全生产的技术人员、管理人员和操作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械与电气安全/吕建国,刘小刚,苏贺涛编著. —北京:
冶金工业出版社, 2019. 4

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-8046-2

I. ①机… II. ①吕… ②刘… ③苏… III. ①机械工程—安全技术—高等学校—教材 ②电气安全—高等学校—教材
IV. ①TH188 ②TM08

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第058612号

出版人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 徐银河 王梦梦 美术编辑 吕欣童 版式设计 禹蕊

责任校对 卿文春 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-8046-2

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2019年4月第1版,2019年4月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 17印张; 409千字; 263页

45.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

机械设备种类繁多，应用广泛。自动化、智能化的机械设备正在成为工业、农业和人们生活必不可少的重要部分，机械设备本质安全正在成为企业发展和社会和谐的重要标志之一。电能是现代化的基础，已经广泛应用于国民经济的各个部门并深入人们的日常生活之中。随着经济的发展，机械与电气安全问题显得越来越重要。为了在机械的设计、制造、安装、使用、维护等各过程以及发电、送电、变电、配电、用电等各环节中，保障机械与电气设备的本质安全、操作人员的作业安全以及加强各个环节的安全管理，在安全工程专业培养方案中机械与电气安全已被设置为专业主干课程。

本书侧重安全技术，以机械与电气危险因素和安全方法为主要叙述对象，重点阐述预防机械与电气事故的理论、技术和方法。主要内容包括机械安全基础、危险机械安全技术、热加工安全技术、机械安全风险评价、电气安全基础、电击防护技术、电气线路与设备安全、电气防火防爆、雷电和静电安全、电气安全管理。在介绍机械的设计、制造、安装、使用、维护保养各过程和发电、送电、变电、配电、用电各环节安全基本常识的基础上，阐述了机械与电气线路设备产生的危险有害因素和主要伤害形式及机理，同时讲述了防止机械和电气事故的措施和基本方法。

为帮助学生自学，本书每章开始的内容提要均设置了知识框架结构图、知识导引、重点难点、学习目标等，每章后有小结、自测题，扫描封面二维码可获取自测题参考答案。

本书由吕建国、刘小刚、苏贺涛撰写，申奇锦、陈蕊、佟彤也参与了部分编写工作。杨有启教授对本书电气安全部分进行了审阅并提出了许多宝贵意见，程五一教授也对本书提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢！同时对本书所有参考文献的作者表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中不妥之处欢迎广大读者批评指正。

作 者

2018年12月

目 录

第一章 机械安全基础	1
本章内容提要	1
第一节 机械产品概述	2
第二节 机械的组成与状态	3
第三节 机械设备的危险部位及防护	5
第四节 机械伤害	6
第五节 机械安全设计及安全装置	9
第六节 机械制造场所安全技术	13
本章小结	15
自我小结	15
自测题	15
第二章 危险机械安全技术	18
本章内容提要	18
第一节 金属切削机床安全	19
第二节 砂轮机安全	26
第三节 冲压机械安全	27
第四节 木工机械安全	29
本章小结	32
自我小结	32
自测题	33
第三章 热加工安全技术	36
本章内容提要	36
第一节 铸造安全技术	37
第二节 锻造安全技术	40
第三节 热轧安全技术	42
第四节 热处理安全技术	44
第五节 焊接安全技术	46
本章小结	50
自我小结	50
自测题	50

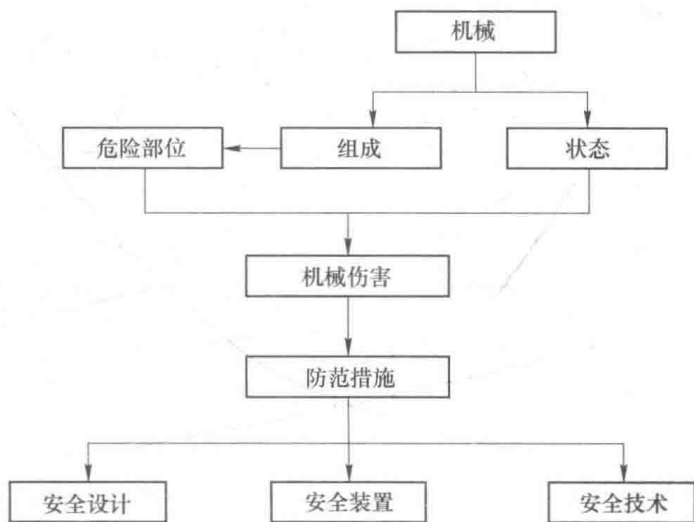
第四章 机械安全风险评价	54
本章内容提要	54
第一节 基本概念	55
第二节 机械安全风险评价程序	56
第三节 风险评价方法及工具	60
第四节 风险减小	62
本章小结	64
自我小结	64
自测题	64
第五章 电气安全基础	67
本章内容提要	67
第一节 电气事故	68
第二节 电流对人体的作用	72
第三节 工业企业供配电	79
本章小结	83
自我小结	83
自测题	84
第六章 电击防护技术	87
本章内容提要	87
第一节 绝缘	88
第二节 屏护	96
第三节 间距	97
第四节 保护接地	101
第五节 保护接零	110
第六节 安全电压	117
第七节 漏电保护	120
第八节 电气隔离	127
第九节 保护导体	129
第十节 接地装置	132
本章小结	137
自我小结	137
自测题 1	138
自测题 2	140
自测题 3	142
第七章 电气线路与设备安全	145
本章内容提要	145

第一节 电气线路的种类和特点	146
第二节 电气线路常见故障及防护	148
第三节 电气线路安全要求	152
第四节 低压用电设备安全	155
第五节 低压电器	161
第六节 变配电站及设备	171
本章小结	176
自我小结	176
自测题 1	177
自测题 2	179
第八章 电气防火防爆	182
本章内容提要	182
第一节 电气火灾的原因	183
第二节 爆炸危险物质和危险环境	184
第三节 电气火灾和爆炸的防护技术	194
本章小结	206
自我小结	206
自测题	206
第九章 雷电和静电安全	210
本章内容提要	210
第一节 雷电安全技术	211
第二节 静电安全技术	222
本章小结	237
自我小结	237
自测题	238
第十章 电气安全管理	241
本章内容提要	241
第一节 电气安全组织管理	242
第二节 电气安全用具	244
第三节 电气操作与维修安全	252
本章小结	259
自我小结	259
自测题	259
参考文献	262

第一章 机械安全基础

本章内容提要

1. 知识框架结构图



2. 知识导引

现代机械是集多学科技术于一身的复杂系统，其使用范围广，是人类进行生产经营活动不可或缺的重要工具。人类对机械安全的认识与经济形态和人类的劳动方式紧密相关，大致经历了安全自发认识、安全局部认识、系统安全认识和安全系统认识四个阶段。

在机械系统中，与安全相关的有人的行为、物（机械、作用对象或物料和作业场所环境）的状态、安全管理水平三要素。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机械和人的和谐关系来保证的。因此必须采用系统安全的观点和方法，从人、物、物与人关系三方面来解决机械系统的安全问题。

3. 重点及难点

本章通过对机械产品的组成和状态的概述，重点阐述机械的危险因素以及机械伤害事故的种类和产生原因，在此基础上提出机械本质安全设计、机械安全装置、机械伤害事故的防范措施及安全技术。

4. 学习目标

通过本章的学习，应达到以下目标：

- (1) 了解机械产品主要类别；
- (2) 了解机械的组成与状态；

- (3) 熟悉常用机械的主要危险部位及防护;
- (4) 掌握机械伤害事故的种类、原因及预防对策;
- (5) 熟悉机械本质安全设计及要求;
- (6) 掌握机械安全装置;
- (7) 掌握机械制造场所安全技术。

5. 教学活动建议

搜集机械伤害事故的历史事件, 课间播放相关视频以提高读者学习兴趣。可结合实际情况, 针对机械的主要危险部位、机械伤害事故、本质安全、安全装置等内容组织现场教学。

第一节 机械产品概述

机械是机器和机构的总称, 是由若干相互联系的零部件按一定规律装配起来的组合体, 其中至少有一个零件是运动的, 并且具有制动、控制和动力系统等。这种组合体可进行物料加工、搬运、包装、质量检测等。

机械具有三个方面的特征: 首先, 机械是一种人为的实物构件的组合; 其次, 机械各部分之间具有确定的相对运动; 第三, 它能把施加的能量转变为最有用的形式, 代替人类的劳动以完成有用的机械功或转换成机械能。

机械包括单台的机械、有联系的一组机械或大型成套设备。

机械工业是指机器制造业, 它是为各行业提供机械装备(机械产品)的产业。机械工业素有“工业的心脏”之称。它是其他经济部门的生产手段, 也可说是一切经济部门发展的基础。它的发展水平是衡量一个国家工业化程度的重要标志。

只要是与机械有关的行业都可以说是机械行业, 机械行业与国民经济密切相关, 属于周期性行业, 同时属于资本、技术及劳动力密集型产业。机械行业内部子行业众多, 产品覆盖范围广泛, 机械行业系统生产的机械产品分为 12 类。

- (1) 农业机械: 拖拉机、内燃机、播种机、收割机等。
- (2) 重型矿山机械: 冶金机械、矿山机械、起重机械、装卸机械设备等。
- (3) 工程机械: 叉车、铲土运输机械、压实机械、混凝土机械等。
- (4) 石化通用机械: 石油钻采机械、炼油机械、化工机械、气体压缩机、制冷空调机械、造纸机械、印刷机械、塑料加工机械、制药机械等。
- (5) 电工机械: 发电机、变压器、电动机、高低压开关、电焊机、家用电器等。
- (6) 机床: 金属切削机床、锻压机械、铸造机械、木工机械等。
- (7) 汽车: 载货汽车、公路客车、轿车、改装汽车、摩托车等。
- (8) 仪器仪表: 自动化仪表、电工仪器仪表、光学仪器、成分分析仪、汽车仪器仪表、电料机械、电教设备、照相机等。
- (9) 基础机械: 轴承、液压件、密封件、粉末冶金制品、标准紧固件、工业链条、齿轮、模具等。

(10) 包装机械：充填机、灌装机、封口机、裹包机、贴标签机、捆扎机、集装机以及自动包装线等。

(11) 环保机械：水污染防治设备、大气污染防治设备、固体废物处理设备等等。

(12) 其他机械。

非机械行业系统生产的主要机械产品有铁道机械、建筑机械、纺织机械、轻工机械、船舶机械等。

根据我国对机械设备安全管理的规定，借用欧盟机械指令中危险机械的概念，从机械使用安全卫生的角度，可以将机械设备分为3类：

(1) 一般机械：事故发生概率很小，危险性不大的机械设备。例如：数控机床、加工中心等。

(2) 危险机械：危险性较大的、人工上下料的机械设备。例如：木工机械、冲压剪切机械、塑料（橡胶）注射或压缩成型机械等。

(3) 特种设备：涉及生命安全、危险性较大的设备设施，例如：承压类设备（锅炉、压力容器和压力管道）、机电类设备（电梯、起重机械、客运索道和大型游乐设施）和厂内运输车辆等。

本书只讨论一般机械和危险机械的安全问题。

第二节 机械的组成与状态

一、机械的组成

机械一般由原动机、传动机构、执行机构、控制系统和支撑装置组成，其结构如图1-1所示。

原动机是机械工作运动的动力源。常用的原动机有电动机、内燃机、人力或畜力（常用于轻小设备或工具，作为特殊场合的辅助动力）和其他形式。

执行机构也称为工作机构，是实现机械应用功能的主要机构。通过刀具或其他器具与物料的相对运动或直接作用，改变物料的形状、尺寸、状态或位置。执行机构

是区别不同功能机械的最有特点的部分，它们之间的结构组成和工作原理往往有很大差别。执行机构及其周围区域是操作者进行作业的主要区域，称为操作区。

传动机构用来将原动机与执行机构联系起来，传递运动和力（或力矩），或改变运动形式。对于大多数机械，传动机构将原动机的高转速低转矩，转换成执行机构需要的较低速度和较大的力（或力矩）。常见的传动机构有齿轮传动、带传动、链传动、曲柄连杆机构等。传动机构包括除执行机构之外的绝大部分可运动零部件。不同功能机械的传动机构可以相同或类似，传动机构是各种不同机械具有共性的部分。

控制系统是人机接口部位，可操纵机械的启动、制动、换向、调速等运动，也可控制

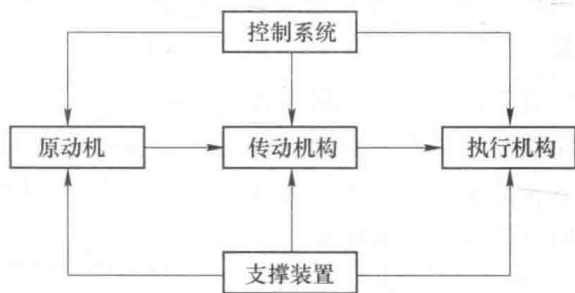


图 1-1 机械组成示意图

机械的压力、温度或其他工作状态,包括各种操纵器和显示器。显示器可以把机械的运行情况实时反馈给操作者,以便操作者通过操纵器及时、准确地控制、调整机械的状态,保证作业任务的顺利进行,防止发生事故。

支撑装置是用来连接、支撑机械的各个组成部分,承受工作外载荷和整个机械的重量,是机械的基础部分,分为固定式和移动式两类。固定式支撑装置与地基相连(例如机床的基座、床身、导轨、立柱等),移动式支撑装置可带动整个机械运动(例如可移动机械的金属结构、机架等)。支撑装置的变形、振动和稳定性不仅影响加工质量,还直接关系到作业的安全。

此外,还有附属装置,包括安全防护装置、润滑装置、冷却装置、专用的工具装备等,它们对保护人员安全、维持机械的稳定正常运行和进行机械维护保养起着重要的作用。

二、机械的状态

机械安全的源头在设计,质量保证在制造。机械的安全性集中体现在使用阶段中诸环节的各种状态。一般将机械的状态划分为3种。

(一) 正常工作状态

正常工作状态是指在机器完好的情况下,机器完成预定功能的正常运转过程中,存在着各种不可避免的但却是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。

(二) 非正常工作状态

非正常工作状态是指在机器运转过程中,由于各种原因(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干扰等)引起的意外状态,包括故障状态和检修保养状态。

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;砂轮轴的断裂,会产生砂轮飞甩的危险;速度或压力控制系统出现故障,会产生速度或压力失控的危险等。

检修保养状态是指对机器进行维护和修理作业时(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。

(三) 非工作状态

非工作状态指机器停止运转处于静止的状态,在正常情况下,机械基本是安全的;但不排除由于环境照度不够,导致人员与机械悬凸结构的碰撞、结构垮塌、室外机械在风力作用下的滑移或倾覆、堆放的易燃易爆原材料的燃烧爆炸等。

第三节 机械设备的危险部位及防护

一、机械的危险区

危险区是指使人员面临损伤风险的机械内部或周围的某一区域。就大多数机械而言,机械的危险区主要在传动机构、执行机构及其周围区域。传动机构和执行机构集中了机械上几乎所有的运动零部件,它们种类繁多、运动方式各异、结构形状复杂、尺寸大小不一,即使在机械正常状态下进行正常操作时,也有可能由于机械能释放或非正常传递而形成危险区。

由于传动机构在工作中不需要与物料直接作用,在作业前调整好,作业过程中基本不需要操作者频繁接触,所以经常用各种防护装置进行隔离或封装。只要保证防护装置处在完好状态,就可以较好地解决接触性伤害的安全问题。而执行机构及周围的操作区情况较为复杂,由于在作业过程中需要操作者视机器的运行状况不断地调整机械状态,人体的某些部位不得不经常进入或始终处于操作区,使操作区成为机械伤害的高发区,因此成为安全防护的重点,而且不同种类机械的工作原理区别很大,表现出来的危险有较大差异,因此又成为安全防护的难点。

二、机械设备危险部位

机械设备可造成碰撞、夹击、剪切、卷入等多种伤害,主要危险部位包括:

- (1) 旋转部件和成切线运动部件间的咬合处。如动力传输皮带和皮带轮、链条和链轮、齿条和齿轮等。
- (2) 旋转的轴。如联轴器、心轴、卡盘、丝杠等。
- (3) 含有凸块或空洞的旋转部件。如风扇叶、凸轮、飞轮等。
- (4) 对向旋转部件的咬合处。如齿轮、轧钢机、橡胶开炼机、混合辊等。
- (5) 旋转部件和固定部件的咬合处。如辐条手轮或飞轮和机床床身、旋转搅拌机和无防护开口外壳搅拌装置等。
- (6) 接近类型。如锻锤的锤体、动力压力机的滑枕等。
- (7) 通过类型。如金属刨床的工作台及其床身、剪切机的刀刃等。
- (8) 单向滑动。如带锯边缘的齿、砂带磨光机的研磨颗粒、凸式运动带等。
- (9) 旋转部件与滑动之间的危险。如某些平板印刷机面上的机构、纺织机床等。

三、机械传动机构的防护

机械设备常见的传动机构有啮合传动机构、皮带传动机构、联轴器等。这些机构的高速旋转易造成卷入、绞伤等事故,因而有必要把传动机构危险部位加以防护,以保护操作者的安全。

为了保证机械设备的安全运行和操作人员的的安全和健康,所采取的安全措施一般可分为直接、间接和指导性三类。直接安全技术措施是在设计机器时,考虑消除机器本身的不安全因素;间接安全技术措施是在机械设备上采用和安装各种安全有效的防护装置,克服在使用过程中产生的不安全因素;指导性安全技术措施是制定机器安装、使用、维修的安

全规定及设置标志,以提示或指导操作程序,从而保证安全作业。

(一) 啮合传动机构的防护

啮合传动有齿轮(直齿轮、斜齿轮、伞齿轮、齿轮齿条)啮合传动、蜗轮蜗杆传动、链条传动等。在齿轮传动机构中,两轮开始啮合的地方最危险。

齿轮传动机构必须装置全封闭型的防护装置。在机器外部绝不允许有裸露的啮合齿轮,不管啮合齿轮处在何种位置,因为即使啮合齿轮处在操作人员不常去的地方,在维护保养机器时有可能与其接触而带来不必要的伤害。在设计 and 制造机器时,应尽量将齿轮装入机座内,而不使其外露。对于一些老设备,如发现啮合齿轮外露,就必须进行改造,加上防护罩。没有防护罩的齿轮传动机构不得使用。

防护装置的材料可用钢板或铸造箱体,必须坚固牢靠,并保证在机器运行过程中不发生振动。

防护装置要便于开启、便于机器的维护保养,即要求能方便地打开和关闭。为了引起工作人员的注意,防护装置内壁应涂成红色,最好装电气联锁,使得防护装置在开启的情况下机器停止运转。

防护装置本身不应有尖角和锐利部分,并尽量使之既不影响机器的美观,又起到安全作用。

(二) 皮带传动机构的防护

皮带传动机构传动平稳,噪声小,结构简单,维护方便。因此,皮带传动机构广泛应用于机械传动中。皮带传动的传动比精确度较齿轮啮合传动的传动比差,但是当过载时,皮带打滑,起到了过载保护作用。由于皮带摩擦后易产生静电放电现象,故不适用于容易发生燃烧或爆炸的场所。

皮带传动机构的危险部分是皮带接头处、皮带进入皮带轮的地方。皮带传动装置的防护罩可采用金属骨架的防护网,与皮带的距离不要小于50mm,设计要合理,不要影响机器的运行。一般传动机构离地面2m以下,要设防护罩。但在下列3种情况下,即使在2m以上也应加以防护:皮带轮之间的距离在3m以上;皮带宽度在15cm以上;皮带回转的速度在9m/min以上。这样万一皮带断裂,也不至于落下伤人。

皮带的接头一定要牢固可靠。安装皮带时要做到松紧适宜。皮带传动机构的防护可采用将皮带全部遮盖起来的方法,或采用防护栏杆防护。

(三) 联轴器的防护

一切突出于轴面而不平滑的部件(键、固定螺钉等)均增加了轴的危险因素。联轴器上突出的螺钉、销、键等均可能给操作人员带来伤害。因此对联轴器的安全要求是其上没有突出的部分,即采用沉头螺钉,使之不突出轴面;为彻底排除隐患,根本的办法就是加防护罩,最常见的是 Ω 型防护罩。

第四节 机械伤害

一、主要危险和有害因素

机械装置运行过程中存在着多种形式的危险、有害因素,包括物体打击、机械伤害、

触电、灼烫等。

(1) 物体打击：是指物体在重力或其他外力的作用下产生运动，打击人体而造成人身伤亡事故。不包括主体机械设备、车辆、起重机械、坍塌等引发的物体打击。

(2) 车辆伤害：企业机动车辆在行驶中引起的人体坠落和物体倒塌、飞落、挤压造成的伤亡事故。不包括起重提升、牵引车辆和车辆停驶时发生的事故。

(3) 机械伤害：是指机械设备运动或静止部件、工具、加工件直接与人体接触引起的挤压、碰撞、冲击、剪切、卷入、绞绕、甩出、切割、切断、刺扎等伤害。不包括车辆、起重机械引起的伤害。

(4) 起重伤害：是指各种超重作业（包括起重机安装、检修、试验）中发生的挤压、坠落、物体（吊具、吊重物）打击等造成的伤害。

(5) 触电：包括各种设备设施的触电、电工作业的触电、雷击等。

(6) 灼烫：是指火焰烧伤、高温物体烫伤、化学灼伤（酸、碱、盐、有机物引起的体内外的灼伤）、物理灼伤（光、放射性物质引起的体内外的灼伤）。不包括电灼伤和火灾引起的烧伤。

(7) 火灾伤害：包括火灾造成的烧伤和死亡。

(8) 高处坠落：是指在高处作业中发生坠落造成的伤害事故。不包括触电坠落事故。

(9) 坍塌：是指物体在外力或重力作用下，超过自身的强度极限或因结构稳定性破坏而造成的事故，如挖沟时的土石塌方、脚手架坍塌、堆置物倒塌、建筑物坍塌等。不包括矿山冒顶片帮和车辆、起重机械、爆破引起的坍塌。

(10) 火药爆炸：是指火药、炸药及其制品在生产、加工、运输、贮存中发生的爆炸事故。

(11) 化学性爆炸：是指可燃性气体、粉尘等与空气混合形成爆炸混合物，接触引爆物体时发生的爆炸事故（包括气体分解、喷雾、爆炸等）。

(12) 物理性爆炸：包括锅炉爆炸、容器超压爆炸等。

(13) 中毒和窒息：包括中毒、缺氧窒息、中毒性窒息。

(14) 其他伤害：是指除上述以外的伤害，如摔、扭、挫、擦等伤害。

就机械零件而言，对人产生伤害的因素有以下几方面：

(1) 形状和表面性能：切割要素、锐边、利角部分、粗糙或过于光滑。

(2) 相对位置：相对运动，运动与静止物的相对距离小。

(3) 质量和稳定性：在重力的影响下可能运动的零部件的位能。

(4) 质量、速度和加速度：可控或不可控运动中的零部件的动能。

(5) 机械强度不够：零件、构件的断裂或垮塌。

(6) 弹性元件的位能：在压力或真空下的液体或气体的位能。

二、机械伤害类型

机械伤害是指机械做出强大的功能作用于人体的伤害。机械伤害往往会造成惨重的后果，如绞死、挤死、压死、碾死、被弹出物体打死、磨死等。机械伤害事故的种类主要有：

(1) 机械设备零、部件做旋转运动时造成的伤害。例如机械设备中的齿轮、皮带轮、

滑轮、卡盘、轴、光杠、丝杠、联轴节等零、部件都是做旋转运动的。旋转运动造成人员伤害的主要形式是绞伤和物体打击伤。

(2) 机械设备的零、部件做直线运动时造成的伤害。例如锻锤、冲床、切断机的刀头、牛头刨床的床头、龙门刨床的床面及桥式吊车大、小车和升降机构等都是做直线运动的。做直线运动的零、部件造成的伤害事故主要有压伤、砸伤、挤伤。

(3) 刀具造成的伤害。例如车床上的车刀、铣床上的铣刀、钻床上的钻头、磨床上的砂轮、锯床上的锯条等。刀具在加工零件时造成的伤害主要有烫伤、刺伤、割伤。

(4) 被加工零件造成的伤害。机械设备在对零件进行加工的过程中,有可能对人身造成伤害。被加工零件固定不牢甩出打伤人,例如车床卡盘夹不牢工件,在旋转时就会将工件甩出伤人。被加工的零件在吊运和装卸过程中,可能造成砸伤。

(5) 电气系统造成的伤害。工厂里使用的机械设备,其动力绝大多数是电能,因此每台机械设备都有自己的电气系统,包括电动机、配电箱、开关、按钮、局部照明灯以及接零(地)导线等。电气系统对人的伤害主要是电击和电伤。

(6) 手工具造成的伤害。手工具即手动工具,是借助于手来拧动或施力的工具。可导致的危害主要有被工具的刃口或锋利部分割伤、被尖利部分刺伤、被工具夹伤、锤击时击伤手部、使用的工具失控击伤、工作中产生的切屑或化学溶剂溅伤等。

(7) 其他伤害。机械设备除去能造成上述各种伤害外,还可能造成其他一些伤害。例如有的机械设备在使用时伴随着强光、高温,还有的释放出化学能、辐射能,以及尘毒危害物质等,这些对人体都可能造成伤害。

三、机械伤害的主要原因

造成机械伤害的主要原因是人的不安全行为和机械的不安全状态。

(一) 人的不安全行为

人的不安全行为有以下几方面。

(1) 检修、检查机械过程中不注重安全措施会造成机械伤害事故。如人进入设备检修、检查作业,不切断电源,未挂“有人工作,不准合闸”警示牌,未设专人监护等措施而造成严重后果。有的因当时受定时电源开关作用或发生临时停电等因素误判而造成事故。也有的虽然对设备断电,但因未等至设备惯性运转彻底停住就下手工作,同样造成严重后果。

(2) 在机械运行中进行清理积料、捅卡料、上皮带蜡等作业。

(3) 任意进入机械运行危险作业区进行采样、干活、借道、拣物等。

(4) 无证上岗或其他人员乱动机械也会造成机械伤害事故。

(二) 机械的不安全状态

缺乏必要的安全装置。如有的机械传动带、齿机、接近地面的联轴节、皮带轮、飞轮等易伤害人体部位没有完好的安全防护装置;还有的人孔、投料口、绞笼井等部位缺护栏及盖板,无警示牌,人疏忽误接触这些部位,就会造成事故。

电源开关布局不合理也是造成机械伤害的原因之一。一种情况是有了紧急情况不能立即停车;另一种情况是好几台机械开关设在一起,极易造成误开机械,引发严重后果。

通风、防毒、防尘、照明、防震、防噪声及气象条件等安全卫生设施缺乏等均能诱发事故。

机械伤害事故发生的原因虽然是多方面的，但根本原因是操作人员的安全意识淡薄。要想降低机械伤害事故的发生率，提高安全意识是非常必要的。

四、机械伤害防范措施

机械伤害风险的大小取决于机器的类型、用途、使用方法与人员的知识、技能、工作态度；同时，还与人们对危险的了解程度和所采取的避免危险的技能有关。正确判断什么是危险和什么时候会发生危险是十分重要的。

预防机械伤害包括两方面的对策。(1) 实现机械本质安全。包括消除产生危险的原因；减少或消除接触机器的危险部件的需求；使人们难以接近机器的危险部位（或提供安全装置，使得接近这些部位不会导致伤害）；提供保护装置或者防护服。(2) 保护操作者和有关人员安全。包括通过培训来提高人们辨别危险的能力；通过对机器的重新设计，使危险更加醒目（或者使用警示标志）；通过培训提高避免伤害的能力；增强采取必要的行动来避免伤害的自觉性。

第五节 机械安全设计及安全装置

一、机械安全设计

机械安全包括设计、制造、安装调试、使用、维修等各阶段的安全。安全设计可最大限度地减小风险。机械安全设计是指在机械设计阶段，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噪声和振动，采用本质安全技术与动力源，应用零部件间的强制机械作用原理，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；也可以通过提高设备的可靠性，操作机械化或自动化以及实行在危险区之外的调整、维修等措施，避免或减小危险。

(一) 本质安全

本质安全是指机械的设计者在设计阶段采取措施来消除机械危险的一种机械安全方法。一般是通过设计阶段使生产设备或生产系统本身具有安全性，即使在误操作或发生故障的情况下也不会造成伤害事故。具体包括失误-安全功能（误操作不会导致事故发生或自动阻止误操作）、故障-安全功能（设备、工艺发生故障时还能暂时正常工作或自动转变为安全状态）。

为保证机械设备的本质安全，应注意以下几个方面。

(1) 采用本质安全技术。本质安全技术是指利用该技术进行机械预定功能的设计和制造，不需要采用其他安全防护措施，就可以在预定条件下执行机械的预定功能时满足机械自身的安全要求。包括：避免锐边、尖角和凸出部分，保证足够的安全距离，确定有关物理量的限值，使用本质安全工艺过程和动力源。

(2) 限制机械应力。机械零件的机械应力不超过许用值，并保证足够的安全系数。

(3) 材料和物质的安全性。用以制造机械的材料在使用期间不得危及人员的安全或健

康。材料的力学特性，如抗拉强度、抗剪强度、屈服强度、冲击韧性等，应能满足执行预定功能的载荷作用要求；材料应能适应预定的环境条件，如有抗腐蚀、耐老化、耐磨损的能力；材料应具有均匀性，防止由于工艺设计不合理，使材料产生残余应力；同时，应避免采用有毒的材料或物质，应能避免机械本身或由于使用某种材料而产生的气体、液体、粉尘、蒸气等物质造成的火灾和爆炸危险。

(4) 履行安全人机工程学原则。在机械设计中，通过合理分配人机功能、适应人体特性、人机界面设计、作业空间的布置等方面履行安全人机工程学原则，提高机械设备的操作性和可靠性，使操作者的体力消耗和心理压力降到最低，从而减小操作失误。

(5) 设计控制系统的安全原则。机械在使用过程中典型的危险工况有：意外启动、速度变化失控、运动不能停止、运动机械零件或工件脱落飞出、安全装置的功能受阻等。控制系统的设计应考虑各种作业的操作模式或采用故障显示装置，使操作者可以安全地处理。

(6) 防止气动和液压系统的危险。采用气动、液压、热能等装置的机械，必须通过设计来避免由于这些能量意外释放而带来的各种危害。

(7) 预防电气危害。用电安全是机械安全的重要组成部分，机械中电气部分应符合相关电气安全标准要求。预防电气危害应注意防止电击、短路、过载和静电。

设计中，还应考虑到提高设备的可靠性，降低故障率，以降低操作者查找故障和检修设备的概率；采用机械化和自动化技术，尽量使操作人员远离有危险的场所；考虑调整、维修的安全，减少操作者进入危险区的需要。

(二) 失效安全与定位安全

失效安全是指设计者应该保证当机器发生故障时不出危险。这一类装置包括操作限制开关，限制不应该发生的冲击及运动的预设制动装置，设置把手和预防下落的装置，失效安全的限电开关等。

定位安全是指把机器的部件安置到不可能触及的地点，通过定位达到安全。但设计者必须考虑到在正常情况下不会触及而某些情况下可能会接触到的危险部件，例如登着梯子对机器进行维修等情况。

(三) 机器布置安全

车间合理的机器安全布局，可以使事故明显减少。安全布局时要考虑如下因素。

(1) 空间：便于操作、管理、维护、调试和清洁。

(2) 照明：包括工作场所的通用照明（自然光及人工照明，但要防止炫目）和为操作机器而特需的照明。

(3) 管、线布置：不要妨碍在机器附近的安全出入，避免磕绊，有足够的上部空间。

(4) 维护时的出入安全。

二、机器的安全装置

安全装置是通过自身的结构功能限制或防止机器的某种危险，或限制运动速度、压力等危险因素的装置。

常见的安全装置有固定安全装置、联锁安全装置、控制安全装置、自动安全装置、双手控制安全装置等。