

高等教育“十三五”规划教材



# 机械安全与 电气安全

主编 魏春荣 刘赫男

JIXIE ANQUAN YU DIANJI ANQUAN

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

规划教材

# 机械安全与电气安全

主 编	魏春荣	刘赫男	
副主编	毕业武	谢生荣	
参 编	赵 东	艾纯明	赵耀江
	王 毅	石栋华	
主 审	王树桐	孙建华	

中国矿业大学出版社

## 内 容 简 介

本书分为上、下两篇。上篇为机械安全,分为6章,包括机械安全基础、危险机械安全技术、起重机械安全技术、提升机械安全技术、机动车辆安全技术、客运索道与大型游乐设施安全技术。下篇为电气安全,分为7章,包括电气安全概述、电击防护与触电急救、电气设备安全运行、防爆设备电气安全、电气线路安全运行、电气环境安全、电气安全应用。

本书作为高等院校安全工程专业教材,也可用作高职院校、职工大学等学生的教材或参考书,亦可供从事安全检查、安全监管人员以及工程技术人员参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械安全与电气安全/魏春荣,刘赫男主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2018.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 4026 - 2

I. ①机… II. ①魏… ②刘… 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. ①TH188②TM08

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第140305号

书 名 机械安全与电气安全  
主 编 魏春荣 刘赫男  
责任编辑 满建康  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂  
开 本 787×1092 1/16 印张 26.75 字数 668千字  
版次印次 2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷  
定 价 48.00元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

本书是根据“煤炭高等教育‘十三五’规划教材”出版规划和安全专业机械安全与电气安全课程教学要求而编写的。本书由黑龙江科技大学、太原理工大学、中国矿业大学、辽宁工程技术大学共同编写,在编写过程中力求贯彻以下基本思想:

(1) 遵循系统性原则,优化知识体系,注重前后知识的连贯性、逻辑性,力求深浅适度、图文并茂,简洁有效阐明教学内容;

(2) 在保证基本内容的基础上,尽量吸收新内容,以反映安全技术的发展;

(3) 理论联系实际,注意多用典型事故实例分析,以便牢固掌握基本内容;

(4) 每章均有一定数量的习题和思考题,以培养学生的思考能力,掌握要点;

(5) 贯彻名词术语、代号、符号、量和单位等现行国家标准或行业标准。

本书作为高等院校安全工程专业教材,也可用作高职院校、职工大学等学生的教材或参考书,亦可供从事安全检查、安全监管人员以及工程技术人员参考使用。

本书分上、下两篇。上篇为机械安全,共分6章。第1章为机械安全基础,主要介绍人类对机械安全的认识,机械安全基本概念和基本规律,以及实现机械安全的途径与措施;第2章为危险机械安全技术,主要介绍常见危险机械如磨削机械、木工机械、压力机械等危险性较大的机械设备的安全技术;第3章为起重机械安全技术,主要介绍起重机的基本知识、安全防护装置、重要零部件及安全技术;第4章为提升机械安全技术,主要介绍常见电梯安全技术、矿井摩擦机安全技术;第5章为机动车辆安全技术,主要介绍机动车辆的基本知识、发动机工作原理和构造、安全保护装置及安全技术;第6章为客运索道和大型游乐设施安全技术,主要介绍客运索道的基本知识、安全防护装置及安全技术,游乐设施基本知识、安全装置及安全技术。下篇为电气安全,共分7章。第7章为电气安全概述,主要介绍电气危害和供电基础知识;第8章为电击防护与触电急救,主要介绍电流通过人体产生的效应、电击的形式、电击防护措施、触电规律和触电急救;第9章为电气设备安全运行,主要介绍常用电气保护装置及电气设备的安全运行;第10章为防爆设备电气安全,主要介绍防爆设备的分类与防爆设备电气安全技术;第11章为电气线路安全运行,主要介绍电气线路的种类、电气线路

安全运行条件及检查;第12章为电气环境安全,主要介绍静电危害及防护、电磁辐射危害及防护、雷电危害及防护和电气防火防爆;第13章为电气安全应用,主要介绍特殊环境电气安全、起重机械与电梯特种设备的电气安全及建筑施工电气安全。

通过课程学习和现场实践,使学生能较好地掌握机械安全的基本概念、原理和方法,明确实现机械本质安全的基本途径,根据不同机械的特点,有针对性地提出控制事故的手段和方法、应急救援和安全运行的对策和措施;了解与供电系统有关的人身安全、设备和线路安全以及环境安全等内容,掌握电击防护、电气线路和设备运行安全、防爆电气设备、电气环境安全以及电气安全应用与防护技术,从而避免触电、电气火灾、电气设备和线路事故以及雷电、静电、电磁辐射等危害发生。

本书由黑龙江科技大学魏春荣和太原理工大学刘赫男担任主编,黑龙江科技大学毕业武和中国矿业大学谢生荣担任副主编,辽宁工程技术大学艾纯明和太原理工大学赵东、赵耀江、王毅、石栋华参加了编写工作。第1章、第4章由毕业武编写;第2章、第3章由艾纯明、魏春荣编写;第5章、第6章由魏春荣、艾纯明编写。上篇由魏春荣统稿、定稿。第7章由刘赫男编写;第8章由赵耀江编写;第9章由石栋华编写;第10章由赵东编写;第11章由王毅编写;第12章、第13章由谢生荣编写。下篇由刘赫男统稿、定稿。全书由魏春荣统稿、定稿并校稿。

本书由哈尔滨第一机械制造集团有限公司王树桐研究员级高级工程师、黑龙江科技大学孙建华教授担任主审。他们对书稿进行了认真细致的审阅,提出宝贵意见和建议,在此对两位认真负责的精神表示敬意和付出的辛劳表示衷心的感谢。

限于编者的水平,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2018年3月

## 目 录

## 上 篇 机 械 安 全

第 1 章 机械安全基础	3
1.1 机械安全的重要性	3
1.2 基本概念	5
1.3 危险有害因素识别及机械事故原因分析	9
1.4 实现机械安全的途径与措施	13
本章小结	24
复习思考题	25
第 2 章 危险机械安全技术	26
2.1 磨削机械安全技术	26
2.2 木工机械安全技术	33
2.3 压力加工机械安全技术	39
本章小结	51
复习思考题	52
第 3 章 起重机械安全技术	53
3.1 起重作业危险因素识别及起重事故分析	53
3.2 起重机械基本知识	56
3.3 起重机械易损零部件安全知识及重要部件报废标准	69
3.4 起重机械安全防护装置	86
3.5 起重机械安全操作技术与安全管理	95
本章小结	97
复习思考题	97
第 4 章 提升机械安全技术	99
4.1 提升机械危险因素识别	99
4.2 电梯安全技术	100
4.3 矿井摩擦提升机安全技术	131
本章小结	159

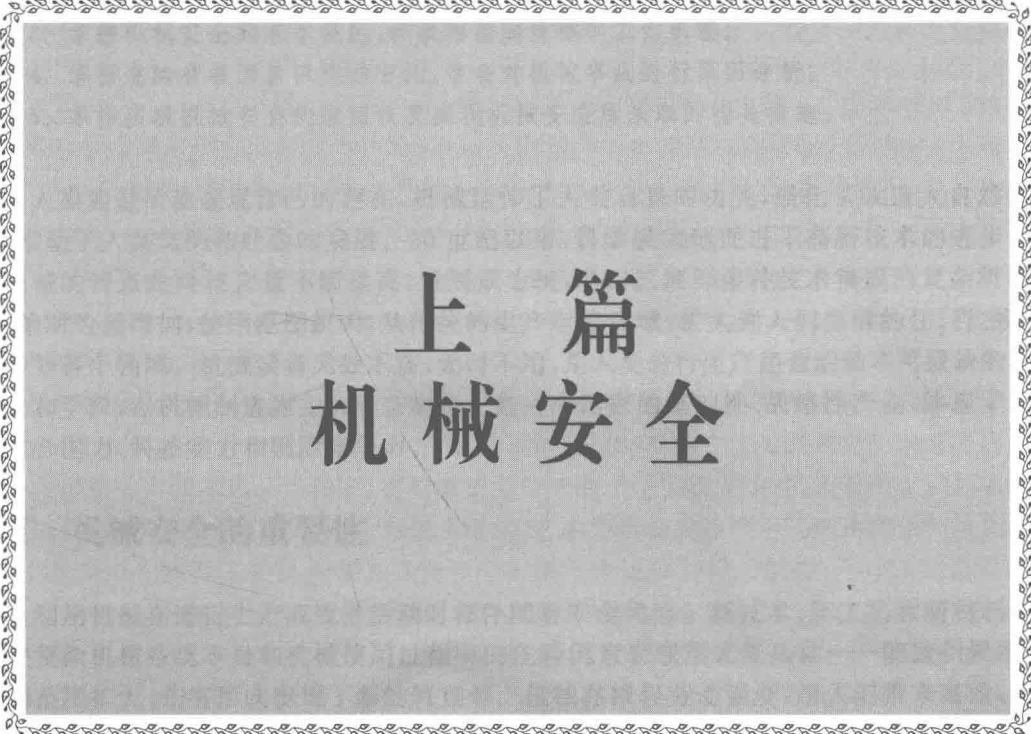
复习思考题·····	159
<b>第5章 机动车辆安全技术</b> ·····	160
5.1 机动车辆危险因素识别及事故分析·····	160
5.2 机动车辆基本知识·····	165
5.3 发动机工作原理和总体构造·····	169
5.4 安全保护装置·····	180
5.5 机动车辆安全操作要求·····	193
5.6 厂(场)内机动车辆安全技术·····	194
本章小结·····	196
复习思考题·····	196
<b>第6章 客运索道与大型游乐设施安全技术</b> ·····	197
6.1 客运索道安全技术·····	197
6.2 大型游乐设施安全技术·····	224
本章小结·····	236
复习思考题·····	236
<b>参考文献</b> ·····	238

## 下 篇 电 气 安 全

<b>第7章 电气安全概述</b> ·····	241
7.1 电气安全问题立论·····	241
7.2 电气危害·····	243
7.3 供电基础知识·····	245
本章小结·····	252
复习思考题·····	252
<b>第8章 电击防护与触电急救</b> ·····	253
8.1 电流通过人体产生的效应·····	253
8.2 电击的形式·····	258
8.3 电气设备及装置的电击防护措施·····	261
8.4 低压系统自身的电击防护性能分析·····	266
8.5 低压系统上专门的电击防护措施·····	271
8.6 作业场所的电击防护·····	275
8.7 触电规律与触电急救·····	280
本章小结·····	286
复习思考题·····	286

第 9 章 电气设备安全运行	287
9.1 电气设备安全运行基础知识	287
9.2 常用的电气保护装置	296
9.3 常用低压电气设备的安全运行	306
9.4 主要高压电气设备的安全运行	311
本章小结	320
复习思考题	320
第 10 章 防爆设备电气安全	322
10.1 防爆设备的分类与防爆技术	322
10.2 隔爆型设备电气安全技术	328
10.3 增安型防爆设备电气安全技术	333
10.4 本质安全型防爆设备电气安全技术	338
本章小结	346
复习思考题	346
第 11 章 电气线路安全运行	347
11.1 电气线路的种类	347
11.2 电气线路安全运行条件	349
11.3 电气线路的运行检查	357
本章小结	361
复习思考题	361
第 12 章 电气环境安全	362
12.1 静电危害及防护	362
12.2 电磁辐射危害及防护	367
12.3 雷电危害及防护	372
12.4 电气防火防爆	381
本章小结	389
复习思考题	389
第 13 章 电气安全应用	390
13.1 特殊环境电气安全	390
13.2 起重机械与电梯特种设备的电气安全	395
13.3 建筑施工电气安全	405
本章小结	419
复习思考题	419
参考文献	420





上 篇  
机 械 安 全



# 第1章 机械安全基础

## 本章学习目的及要求

1. 了解机械安全的重要性、机械安全认识的几个阶段。
2. 了解本课程的研究对象、主要任务和学习方法。
3. 掌握机械安全的基本概念、机械的组成规律和工作原理。
4. 掌握危险有害因素识别的方法,学会对机械事故进行原因分析。
5. 掌握实现机械安全的途径以及实现机械安全所采取的相关措施。

人类通过活动表现自己的存在,机械延伸了人类自身的功能,强化了改造大自然的能力,推动了人类文明和社会的发展。20世纪以来,科学极大地促进了高新技术的进步。现代机械的特点是科技含量不断提高,发展成为机、电、光、液等多种技术集成的复杂机械系统;绝对数量增加,使用范围扩大,从传统的生产运输领域,扩大到人们生活的住、行、娱乐、健身等各个领域。机械设备无处不在、无时不用,是人类进行生产经营活动不可或缺的重要工具和手段,以机械制造为主的装备制造业是一个国家的基础性、战略性产业,体现了国家的综合国力、科技实力和国际竞争力。

## 1.1 机械安全的重要性

利用机械在进行生产或服务活动时都伴随着安全风险。新技术、新工艺和新材料的采用使复杂机械系统本身和机械使用过程中的危险因素表现形式复杂化——能量积聚增加、作用范围扩大、伤害形式出现了新的特点等。机械在减轻劳动强度,给人们带来高效、便利的同时,也带来了不安全因素。我国在事故多发的作业中,机械事故发生率高、涉及面广,特别是机电类特种设备事故多、后果严重、死伤比例大,不仅对受害人生命个体及其家庭带来巨大的痛苦,使国家蒙受经济损失,破坏正常的生产、生活秩序,而且对我国的国际形象造成负面影响,成为影响现实社会和谐目标的不和谐因素。随着人们生活质量的提高,安全意识的增强,“关注安全、珍爱生命”的安全氛围日渐浓厚,人们对机械设备的安全期望越来越强烈。在经济全球化的今天,安全性也成为机械产品竞争的重要方面,对机械产品进出口贸易产生十分重要的影响,机械安全问题理所当然地越来越受到人们的重视。所以,必须全方位提高机械装备的科技自主创新和安全技术水平,加强检测方法、设备研发和监管工作的技术支持能力,完善机械安全标准体系,在安全风险评估、检验检测与预警等方面取得突破,从根本上提高抵御机械伤害的能力。

### 1.1.1 人类对机械安全的认识

以科学技术和生产力发展水平以及相应的生产结构为标准,人类社会可划分为农业社

会、工业社会和信息社会三个发展阶段。人类对安全的认识与社会经济发展的不同时代和劳动方式密切相关,经历了自发认识和自觉认识两个时代的四个认识阶段,即安全自发认识阶段、安全局部认识阶段、系统安全认识阶段和安全系统认识阶段。机械是进行生产经营活动的主要工具,各阶段由于人类对机械安全有相应的认识而表现出不同的特点。

### 1. 安全自发认识阶段

在自然经济(农业经济)时期,人类的生产活动方式是劳动者个体使用手用工具或简单机械进行家庭或小范围的生产劳动,绝大部分机械工具的原动力是劳动者自身,由手工生物能转化为机械能,人能够主动对工具的使用进行控制,但是,无论是石器、木器,还是金属工具的使用都存在一定的危险。在这个时期,人类不是有意识地专门研究机械和工具的安全,而是在使用中不自觉附带解决了安全问题(例如刀具,刀刃和刀柄的分离)。这个阶段人们对机械安全的认识存在很大的盲目性,处于自发和凭经验的认识阶段。

### 2. 安全局部认识阶段

第一次工业革命时代,蒸汽机技术直接使人类经济从农业经济进入工业经济,人类从家庭生产进入工厂化、跨家庭的生产方式。机器代替手用工具,原动力变为蒸汽机,人被动地适应机器的节拍进行操作,大量暴露的传动零件使劳动者在使用机器过程中受到危害的可能性大大增加。卓别林的著名电影《摩登时代》反映的劳动情节正是那个时期工业生产的真实写照。为了解决机械使用安全,针对某种机器设备的局部、针对安全的个别问题,采取专门技术方法去解决,例如,锅炉的安全阀、传动零件的防护罩等,从而形成机械安全的局部专门技术。

### 3. 系统安全认识阶段

当工业生产从蒸汽机进入电气、电子时代,以制造业为主的工业出现标准化、社会化以及跨地区的生产特点,生产更细的分工使专业化程度提高,形成了分属不同产业部门的相对稳定的生产结构系统。生产系统的高效率、高质量和低成本的目标,对机械生产设备的专用性和可靠性提出更高的要求,从而形成了从属于生产系统并为其服务的机械系统安全,例如,起重机械安全、化工机械安全、建筑机械安全等,其特点是机械安全围绕防止和解决生产系统发生的安全事故问题,为企业的主要生产目标服务。

### 4. 安全系统认识阶段

信息技术-数字网络化的技术,把人类直接带进知识经济时代,反过来极大地改变了传统的工业和农业生产模式,解决安全问题的手段出现综合化的特点。机械安全问题突破了生产领域的界限,机械使用领域不断扩大,融入人们生产、生活的各个角落,机械设备的复杂程度增加,出现了光机电液一体化,这就要求解决机械安全问题需要在更大范围、更高层次上,从“被动防御”转向“主动保障”,将安全工作前移。对机械全面进行安全系统的工程设计包括从设计源头按安全人机工程学要求对机械进行安全评价,围绕机械制造工艺过程进行安全、技术、经济性综合分析,识别机器使用过程中的固有危险和有害因素,针对涉及人员的特点,对其可预见的误用行为预测发生危险事件的可能性,对危险性大的机械进行从设计到使用全过程的安全监察等,即用安全系统的认识方法解决机械系统的安全问题。

#### 1.1.2 课程的研究对象和任务

本课程是以实现机械设备安全为目的的综合性工程技术课程,是大学本科四年制安全工程专业的主要必修专业课之一。

本课程的主要内容是以安全系统的基本理论和安全工程技术人员应具备的思维方式为主线,在阐述各类机械在安全方面的基本知识和共性、规律性问题的基础上,以危险性较大的机械、机电类特种设备[起重机械、厂(场)内机动车辆、电梯、客运架空索道]以及相应的作业过程为主要对象,介绍各类机械设备的组成及工作原理,识别机械危险有害因素及作用机理,分析机械事故发生的原因、条件、过程及规律,研究进行机械安全风险评价的理论及程序。重点是探讨如何从物(机)的安全状态来保障人的安全,侧重于机电类特种设备安全技术方面的有关知识。

本课程的主要任务是,在使学生掌握机械安全的基本概念、原理和方法的基础上,探讨机械设备的设计、制造和使用等全寿命周期各环节应遵守的安全卫生原则,研究实现机械本质安全的基本途径,学会检测、检验机电类特种设备状态与故障诊断的手段和方法。根据不同机械的特点,有针对性地提出控制事故的手段和方法,以及应急救援和安全运行的对策和措施。

本课程的学习方法是通过实践认识、课堂讲授、综合实验和课程设计等教学环节,培养学生建立安全系统的理念和思维方法,运用所学的知识和技能,增强安全意识、掌握安全技能、了解安全法规,提高学生的综合安全素质和分析、解决机械安全问题的能力。

## 1.2 基本概念

### 1.2.1 基本术语与定义

研究机械安全的基本术语与定义,是为了建立机械安全的认识基础,运用基本理论去研究、解决机械安全实际问题。

#### 1. 机械

##### (1) 机械的定义

机械是由若干零部件连接而成的组合体,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。这种组合体为一定应用目的服务,如物料加工、搬运或包装以及质量检测等。

##### (2) 机械、机器与机构

机械、机器和机构在使用上既有联系又有区别。

① 机构。机构一般指机器的某组成部分,可传递、转换运动或实现某种特定运动,如四连杆机构、传动机构等。

② 机器。机器常常指某种具体的机械产品,如起重机、数控车床、注塑机等。

③ 机械。机械是机器、机构等的泛称,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。此外,一些具有安全防护功能的零部件组成的装置(当该装置发生故障时,将危及暴露于危险中人员的安全或健康)也属广义的机械,如确保双手控制安全的逻辑组件、过载保护装置等。

一切机器都可以看作机构或复合机构。从安全角度,我们对机械、机器和机构三者可以不进行严格区分。生产设备是更广义的概念,指生产过程中,为生产、加工、制造、检验、运输、安装、储存、维修产品而使用的各种机器、设施、工机具、仪器仪表、装置和器具的总称。

##### (3) 机械的功能

1) 机械的使用功能。机械的功能主要指机械的使用功能,可以概括为制造和服务两个功能。

① 机械的制造功能。它是指利用机械通过加工和装配手段,改变物料的尺寸、形态、性质或相互配合位置,如制造汽车、修铁路、盖房子等。用来制造其他机器的机械常称为工作母机或工具机,如各种金属切削机床等。

② 机械的服务功能。机械也可以完成某种非制造作业,虽然没有改变作用对象的性质,但提供了某种服务,如运输、包装、信息传输、检测等。

2) 机械的安全性。一切机械在规定的使用条件下和寿命期间内,应该满足可靠性要求;在按使用说明书规定的方法进行操作,在执行其预定使用功能和进行运输、安装、调整、维修、拆卸及处理时,不应该使人员受到损伤或危害人员健康。

有些机械或装置本身就是专门为保障人的身心安全健康发挥作用的,它们的使用功能同时也就是它们的安全功能,如安全防护装置、检测检验设备等。

#### (4) 机械的分类

出发点不同,机械设备的分类方法也很不一样。从不同分角度,机械设备可有多种分类方法。

1) 按机械设备的使用功能分类。从行业部门管理角度,机械设备通常按特定的功能用途分为十大类:

① 动力机械。例如,锅炉、汽轮机、水轮机、内燃机、电动机等。

② 金属切削机床。例如,车床、铣床、磨床、刨床、齿轮加工机床等。

③ 金属成型机械。例如,锻压机械(包括各类压力机)、铸造机械、辊轧机械等。

④ 起重运输机械。例如,起重机、运输机、卷扬机、升降电梯等。

⑤ 交通运输机械。例如,汽车、机车、船舶、飞机等。

⑥ 工程机械。例如,挖掘机、推土机、铲运机、压路机、破碎机等。

⑦ 农业机械。用于农、林、牧、副、渔业各种生产中的机械。例如,插秧机、联合收割机、园林机械、木材加工机械等。

⑧ 通用机械。广泛用于生产各个部门甚至生活设施中的机械。例如,泵、阀、风机、空压机、制冷设备等。

⑨ 轻工机械。例如,纺织机械、食品加工机械、造纸机械、印刷机械、制药设备等。

⑩ 专用设备。各行业生产中专用的机械设备。例如,冶金设备、石油化工设备、矿山设备、建筑材料和耐火材料设备、地质勘探设备等。

2) 按能量转换方式不同分类。

① 产生机械能的机械。例如,蒸汽机、内燃机、电动机等。

② 转换机械能为其他能量的机械。例如,发电机、泵、风机、空压机等。

③ 使用机械能的机械。这是应用数量最大的一类机械。例如,起重机、工程机械等。

3) 按设备规模和尺寸大小分类。可分为中小型、大型、特重型三类机械设备。

4) 从安全卫生的角度分类。根据我国对机械设备安全管理的规定,借用欧盟机械指令危险机械的概念,从机械使用安全卫生的角度,可以将机械设备分为三类:

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)射出或压缩成型机械等。

③ 特种设备。涉及生命安全、危险性较大的设备设施,包括承压类设备(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。

## 2. 安全

安全是一个经过抽象思维确定的概念,目前所见的文献对安全的定义有很多种,但至今没有一个确切的、普遍被认可的定义。在实际环境下没有绝对的安全可言,安全具有相对性,安全一般是指客体受到的冲击在允许范围内。

美国安全工程师学会(ASSE)编写的《安全专业术语词典》认为:安全是“导致损伤的危险度是能够容许的,较为不受伤害的威胁和损害概率低的通用术语”。

从职业安全与安全工程学角度看,安全是指消除能导致人员伤害、疾病、死亡或引起设备破坏、财产损失及环境危害的条件。

## 3. 机械安全

机械安全是指机械在规定的使用条件下和寿命期间内完成预定功能的能力。即在正确操作下完成其预定的使用功能,并且在机械的运输、安装、使用、维修、拆卸以及报废处理过程中,对操作者不产生损伤或危害其健康的能力。

## 4. 机械安全工程

机械安全工程就是研究、设计、制造、使用、管理各类机器和各类机械设备与装置,使之达到“安全”的工程科学。

### 1.2.2 机械的组成规律和工作原理

了解机械的组成规律和实现使用功能的工作原理,是搜集机械基础信息程序的要求。这些信息对于确定机械作业危险区,分析工艺过程中人员暴露于危险作业区的时间和频次,以及作业人员介入的操作方式和性质,从而进行危险识别、安全风险评价,以及采取针对性安全管理措施和提出技术整改建议都是极为重要的,这也是安全工作者的专业技能基本功之一。

#### 1. 机械的组成规律

由于应用目的不同,不同功能的机械形成千差万别的种类系列,它们的组成结构差别很大,必须从机械的最基本特征入手,把握机械组成的基本规律。其组成结构如图 1-1 所示。

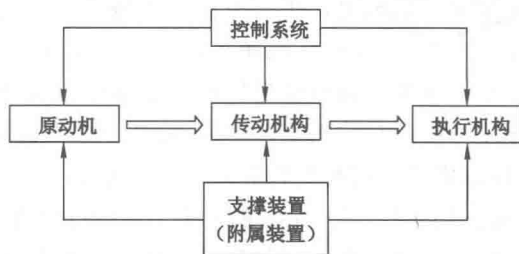


图 1-1 机械的组成结构

#### 2. 机械的一般工作原理

机械的原动机将各种能量形式的动力源转变为机械能输入,经过传动机构转换为适宜

的力、速度和运动形式,再传递给执行机构,通过执行机构与物料或作业对象的直接作用,完成制造或服务任务。控制系统对整个机械的工作状态进行控制调整,组成机械的各部分借助支撑装置连接成一个有机的整体。机械各组成部分的功能如下:

(1) 原动机。原动机提供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)和其他形式等。

(2) 执行机构。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性的部分,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。

(3) 传动机构。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(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(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,传动机构是机械具有共性的部分。

(4) 控制系统。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,或控制机械的压力、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适时反馈给操作者,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。

(5) 支撑装置。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质量,是机械的基础部分,有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。

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。

### 3. 机械的危险区

危险区是指使人员面临损伤或危害健康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和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,在传动机构和执行机构及其周围区域也有可能由于机械能遗散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,所以常用各种防护装置隔离或封装起来,只要保证防护装置的完好状态,就可以比较好地解决防止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,需要操作者通过观察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主要危险区,因此成为安全防护的重点;又由于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。



## 1.3 危险有害因素识别及机械事故原因分析

### 1.3.1 危险有害因素及其分类

#### 1. 危险有害因素

##### (1) 危险的定义

危险是指客观存在、可能损伤或危害健康的起源。

由于危险是引起伤害的外界客观因素,所以人们常称之为危险因素。客观危险对人身心的不利作用和影响的后果由其种类、性质状态、量值大小、作用强度以及作用时间与方式等因素决定。

##### (2) 危险有害因素

根据外界因素对人的作用机理、作用时间和作用效果,在狭义概念上,通常分为危险因素和有害因素。

① 危险因素。它是指直接作用于人的身体,可能导致人员伤亡后果的外界因素,强调危险事件的突发性和瞬间作用。例如,物体打击、刀具切割、电击等。直接危害即狭义安全问题。

② 有害因素。它是指通过人的生理或心理对人体健康间接产生的危害,可能导致人员患病的外界因素,强调在一定时间范围的累积作用效果。例如,粉尘、噪声、振动、辐射危害等。间接危害即狭义卫生问题。

机械设备及其生产过程中存在的危险因素和有害因素,在很多情况下是来自同一源头的同一因素,由于转变条件和存在状态不同、量值和浓度不同、作用的时间和空间不同等原因,其后果有很大差别。有时表现为人身伤害,这时常被视作危险因素;有时由于影响健康引发职业病,又被视为有害因素;有时两者兼而有之,是危险因素还是有害因素,容易造成认识混乱,反而不利于危险因素的识别和安全风险分析评价。为便于管理,现在对此分类的趋势是对危险因素和有害因素不加更细区分,统称为危险有害因素,或将二者并为一体,统称危险因素。

##### (3) 危险有害因素产生的原因

危险有害因素造成事故或灾难后果,本质上是由于存在着能量和有害物质,且能量或有害物质失去控制(泄漏、散发、释放等)。因此,能量和有害物质存在并失控是危险有害因素产生的根源。

#### 2. 危险有害因素的分类

“危险”一词常常与其他词联合使用,来限定其起源或预料其具体的损伤及危害健康的性质。但是,对危险因素表述的随意性,往往会给机械危险因素识别工作造成混乱,应该按标准进行规范分类。我国现行有效的相关安全标准有《企业职工伤亡事故分类》(GB 6441—1986)、《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T 13861—2009)和《机械安全 设计通则 风险评估与风险减小》(GB/T 15706—2012)等。

##### (1) 按事故类别分类

《企业职工伤亡事故分类》(GB 6441—1986)综合起因物、诱导性原因、致害物、伤害方式、从物的不安全状态导致的直接伤害后果,将危险因素分为物体打击、车辆伤害、机械伤