

JIDIAN
ANQUAN
JISHU

机电安全技术

胡兴志 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

机电安全技术

胡兴志 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书在分别介绍了机械和电气的安全基本知识的基础之上,重点介绍了通用机械安全生产技术、机械制造场所安全技术、机械电气防火防爆安全技术,并就电梯的运行安全作了介绍。

本书可以作为普通高等院校、成人院校及高职高专学校的相关专业教材,亦可供从事安全相关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电安全技术/胡兴志主编. —北京:国防工业出版社,
2011.8
ISBN 978-7-118-07590-8

I. ①机... II. ①胡... III. ①机电设备—安全技术
IV. ①TM08

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 147873 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京市李史山胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 10½ 字数 239 千字

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

本教材是“十二五”规划教材之一。

本书的编写参照了《机电安全技术》(胡兴志,煤炭工业出版社,2009年版),并作了精选、改写和补充。

根据国际劳工组织统计,全球每年发生的职业事故为2.7亿起,因职业事故而死亡的人数约为35万,与工作相关的疾病为1.6亿例,因工伤害、因工死亡及职业病造成的损失相当于全球生产总值之和的4%。近年来,我国经济得到了迅猛的发展,但安全生产问题还没有彻底解决,机电安全是其中重要的一部分。本书重点介绍了机械和电气的安全基本知识、安全生产和安全防护等方面的内容。

全书共5章,其中第一章、第二章由胡兴志编写,第三章由王纪坤编写,第四章由刘友奇编写,第五章由孟祥侠、封孝辉编写。

本书在编写的过程中,参考了有关书籍资料,在此表示感谢。

书中难免存在缺点和不足之处,敬请读者批评指正,电子邮箱 huxingzhi@ncist.edu.cn。

编者
2011年5月

目 录

第一章 机械安全基础知识	1
第一节 机械安全概述	1
第二节 机械产品设计制造安全	6
第三节 机械设备的使用安全	16
第四节 机械伤害类型及对策	22
思考题与习题	30
第二章 电气安全基础知识	33
第一节 用电安全技术概述	33
第二节 触电事故	36
第三节 雷电危害	52
第四节 静电危害	56
第五节 电磁辐射伤害	71
第六节 电气系统故障	75
第七节 电气装置安全要点	82
第八节 电气线路安全	90
思考题与习题	99
第三章 通用机械安全生产技术	101
第一节 金属切削机床及砂轮机的安全技术	101
第二节 锻压与冲剪机械	106
第三节 起重机械的安全技术	112
第四节 木工机械安全技术	121
思考题与习题	125
第四章 机械制造场所安全技术	130
第一节 机械制造生产过程中存在的职业危害因素	130
第二节 机械制造生产过程中的主要危险、有害因素及其防护技术	133
第三节 机械生产作业环境	140
思考题与习题	142
第五章 机械电气防火防爆安全技术	145
第一节 引燃源	145
第二节 危险物质和危险环境	147
第三节 防火防爆技术	149
思考题与习题	154
总复习题 1	156
总复习题 2	159

第一章 机械安全基础知识

第一节 机械安全概述

机械是由若干相互联系的零部件按一定规律装配起来,能够实现一定功能的装置。机械设备在运行中,至少有一部分按一定的规律做相对运动。

一、机械的组成规律

机器的种类繁多,形状大小差别很大,应用目的也各不相同。从机器最基本的特征入手,把握机器组成的基本规律后可以发现,从最简单的千斤顶到复杂的现代化机床,机器组成的一般规律:由原动机将各种形式的动力能变为机械能输入,经过传动机构转换为适宜的力或速度后传递给执行机构,通过执行机构与物料直接作用,完成作业或服务任务,而组成机械的各部分借助支承装置连接成一个整体,其组成结构如图 1-1 所示。

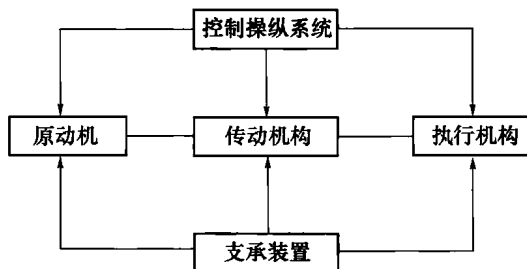


图 1-1 机器的组成

1. 原动机

原动机是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,或作为特殊场合的辅助动力)等。

2. 执行机构

执行机构是通过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。机械的应用目的主要是通过执行机构来实现,机器种类不同,其执行机构的结构和工作原理就不同。执行机构是一台机器区别于另一台机器的最有特性的部分。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

传动机构是用来将原动机和工作机构联系起来,传递运动和力(力矩),或改变运动形式的机构。一般情况是将原动机的高转速、小扭矩,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。机器不同,传动机构可以相同或类

似,传动机构是各种不同机器具有共性的部分。

4. 控制操纵系统

控制操纵系统是用来操纵机械的启动、制动、换向、调速等运动,控制机械的压力、温度和速度等工作状态的机构系统。它包括各种操纵器和显示器。人通过操纵器来控制机器;显示器可以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。控制操纵系统是人机接口处,安全人机学的要求在这里得到集中体现。

5. 支承装置

支承装置是用来连接、支承机器的各个组成部分,承受工作外载荷和整个机器重量的装置。它是机器的基础部分,分固定式和移动式两类。固定式与地基相连(如机床的基座、床身、导轨、立柱等);移动式可带动整个机械相对地面运动(如可移动机械的金属结构、机架等)。支承装置的变形、振动和稳定与否不仅影响加工质量,还直接关系到作业的安全。

机器在按规定的使用条件下执行其功能的过程中,以及在运输、安装、调整、维修、拆卸和处理时,可能对人员造成损伤或对健康造成危害。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。

机械是现代生产和生活中必不可少的装备。机械在给人们带来高效、快捷和方便的同时,在其制造及运行、使用过程中,也会带来撞击、挤压、切割等机械伤害和触电、噪声、高温等非机械危害。

二、安全系统理论简介

所谓安全技术,就是指企业在组织进行生产过程中,为防止伤亡事故,保障劳动者人身安全采取的各种技术措施。系统安全和安全系统不仅仅是组成词的顺序换位,而是有其各自特定的概念,无论在内涵还是外延上都有显著的差异,表现在系统的结构和功能不同,系统的过程不同,系统的目的也不同。

1. 系统安全的认识方法

系统安全的认识是在近代科学技术高度分化基础上形成的,以机械系统为例,机械系统由机械设备、工夹具、被加工工件或物料、操作人员及加工工艺等多个基本要素组成,组成要素之间互相关联和制约,形成了制造系统的结构,并决定了制造系统的性质;系统的过程是生产要素(原材料、能量、信息等)的不断输入和有形财富(产品)的不断输出的过程;系统的目的是追求生产的高质量、短周期、低成本,把制造资源转变成财富或产品。在这样的生产系统中,安全作为生产系统正常运行的保障条件,围绕防止和解决系统发生的伤害事故问题,为系统的主要生产目的服务,但仍处于生产的辅助地位,与具体应用、服务的生产系统紧密联系,更多地表现出安全实用技术的特点。

系统安全的认识是根据经济生产部门的专业分工,把安全问题分门别类地按物质生产的不同应用领域和生产的不同手段,分成为不同的系统安全,缺乏一个独立的、整体的安全理论把它们有机地结合起来,仅仅局限于附着在某种生产专业技术理论的应用层次上。其根本缺陷是没有从思维方式和认识的源头上解决对安全的认识。

2. 安全系统的认识方法

安全科学不是只附着于某个生产系统而存在,不是以它存在和应用的领域去划分,而是从安全的角度和以安全为着眼点建立的独立学科。它不同于具体的生产技术学科只研究生产领域中的个别方面、个别领域或个别问题,不能归结为只是研究或解决具体安全问题的技术方法,而是揭示安全的内在本质与一般规律,并运用这种普遍规律和理论去解决具体应用领域中不同活动模式与机制转换中的安全问题的。安全科学是有自己独特的理论结构体系的独立科学,是从人的安全需要出发确立的知识体系。安全科学学科的发展主要集中在学科基本理论、思维逻辑和价值取向等几个方面。人才的培养以知识结构优化和整体素质提高为主要内容,关键的问题是人的思想观念和思维方式的转变,只有转换旧有系统安全的思维方式,才能够理解安全系统的理论;也只有理解了新的理论,才有可能彻底改变旧思维方式。

安全系统是由人、物和物人关系 3 个基本要素组成的系统集合体。系统中诸要素按内在逻辑规律,与存在于该系统中的其他要素互相关联,互相制约,互相补充。由于客观世界的复杂性,使系统的组成要素的某些性质表现出随机特性。当安全系统某一要素发生变化时,其他要素也相应地改变,要素关系不断变化输出,并反馈回控制过程的各个环节,使系统及时调整,以适应变化的环境这样一种动态过程。安全问题不能用单纯的某一个要素去解决,也不能仅仅用双要素交叉去解决,而必须是 3 个要素的综合作用才能体现系统的整体功能。这里,人、物是安全系统过程中的直接要素,人离不开物,得益于物,受害于物;物人关系是安全的第三要素,关系是安全的本质与核心,安全的实质是关系问题,关系是社会物质活动正常运转的必要条件,同时又是实施安全的手段,因而具有很大的弹性。安全系统的 3 个要素在表现形式上有不同的特点,独立存在,互相不可取代,构成缺一不可的安全系统整体。同时,3 个要素互相制约,并在一定条件下互相转化,系统的突变或某一要素的恶化,往往会引起系统的安全劣化,甚至导致伤害事故的发生。安全系统的主要目的就是通过要素之间的相互配合、弥补、协调,实现系统的动态平衡,使安全整体得到优化,实现可接受的最高安全水平。

安全是系统与过程的统一。安全认识就是对安全系统和安全过程的认识。安全系统的结构涉及到系统的内部层次,表现为人、物和物人关系 3 个基本要素及其相互联系和相互作用;安全系统的功能涉及到该系统与其他事物关系的外部层次,即安全问题与其他事物之间的相互联系和作用。从过程上讲,表现为对生产系统的危险因素识别,安全风险评价与预测,提出安全要求及对策建议,……直至实现安全效果的全过程。这个过程的特征是过程的执行者不是安全工程专业技术人员本人,而是包括生产系统各个环节的全体成员。

三、人类对机械安全的认识阶段

安全问题伴随人类的生产活动而产生,是人类生存和生产的基本要求和前提,机械作为人类进行生产活动的主要工具,在人类的发展史上自始至终都占有极其重要的地位。从人类科学技术发展史看,人类对机械安全的认识经历了 4 个阶段。

1. 安全的自发认识阶段

在自然经济(农业经济)时期,人类的生产活动主要是劳动个体使用手用工具的初级劳动,人们在考虑提高生产力的同时,无形中解决了安全问题。在这个阶段,人类不是专

门解决工具的安全问题,而是由于生产技术需要,不自觉地附带解决了安全问题,因而有很大的盲目性。

2. 安全的局部认识阶段

工业革命以后,特别是动力(如蒸汽机)的发明和广泛使用,大量的机械代替手用工具。但劳动者在使用机械过程中受到的危害大大增加,为了生产不得不考虑安全问题。这时主要针对某种机械设备的局部、个别安全问题,采取专门技术方法去解决。例如,给锅炉装设安全阀,为机械加一个行程限位开关等,从而形成局部解决安全问题的局部专门技术。

3. 系统安全的认识阶段

进入工业化时代,特别是经过第二次世界大战,以制造业为主的工业化时代的到来,使生产技术向复杂化、规模化和高速化方向发展,分工的专业化形成了分属不同部门的生产方式和相对稳定的生产结构系统,对安全问题的局部认识已经很难适应要求,需要从机械整体系统的各个方面去考虑安全问题,形成了在某一生产领域应用的、从属于生产系统并为其服务的系统安全。例如,化工机械安全、建筑机械安全等,其特点是以解决机械事故为目的的安全技术。

4. 安全系统的认识阶段

随着知识经济和信息时代的到来,计算机的应用使生产力进一步解放,市场经济的高度发展,出现了在安全问题上纵横交错的复杂局面。机械已经融入人们生产、生活的各个角落,需要解决的安全问题不仅仅限于一台机械设备或一个生产领域,而要在更大范围、更高层次上,在宏观和微观的结合上全面进行安全工程设计,提出安全要求,进行安全决策。这就要求安全工程技术人员不能就事论事,而是要从更高的认识角度,用安全系统的观念和知识结构武装头脑,去解决机械系统的安全问题。也就是说,解决问题的对象还是机械,这里强调的是解决问题的人的认识角度和思维方法的转变。

机械是一种古老的装置,人类已经使用了几千年。但是,将机械安全作为一门技术甚至一门学科来对待来研究是 20 世纪 60 年代以后的事情。这主要与科学技术的发展有关。机械安全技术源于机械故障诊断技术,美国是发源地。在真正意识到机械安全的重要性以后,美国于 1967 年 4 月成立了机械故障预防小组(Mechanical Fault Prevention Group, MFPG),开始专门研究机械故障。在其影响下,美国的 ASME、EPRI 等著名组织与机构也开始仿效,成立了专门的机构从事机械故障方面的研究并开展学术交流活动。在欧洲,英国最早开展这项活动,瑞典、丹麦、法国、挪威、葡萄牙等虽然起步较晚,但是进步很快。亚洲反应相对慢一些。日本于 20 世纪 70 年代初开始研究这项技术,我国于 20 世纪 70 年代末开始接触机械诊断技术,于 20 世纪 80 年代正式研究它,真正应用是 20 世纪 90 年代。机械安全技术另外一个重要的组成部分就是机械安全设计。20 世纪 80 年代,由于市场竞争激烈,加上机械事故的日益增多,世界各国通过对传统安全工程设计方法的反思,在常规的机械设计基础上提出了机械安全设计的概念。

机械安全设计的思想是在设计时尽量采用当代最先进的机械安全技术,事先对机械系统内部可能发生的安全隐患及危险进行识别、分析和评价,然后再根据其评价结果来进行具体结构的设计。这种设计是力图保证所设计的机械能安全地度过整个生命周期。机械安全技术与传统的机械设计及安全工程设计方法相比,主要体现在以下几个方面:

(1) 系统性。它自始至终运用了系统工程的思想,将机械作为一个系统来考虑。

(2) 综合性。机械安全设计综合运用了心理学、控制论、可靠性工程、环境科学、工业工程、计算机及信息科学等方面的知识。

(3) 科学性。机械安全设计包括了机械安全分析、安全评价与安全设计。机械安全技术既全面又综合地考虑了各种影响因素,通过定性、定量的分析和评价,最大限度地降低了机械在安全方面的风险。

机械安全技术法规与标准也是机械安全技术的一个重要组成部分。标准化工作历来是推广应用先进的科学技术的重要保障。为了推动机械安全技术,欧洲共同体理事会于1985年与欧洲标准化委员会(CEN)达成协议,由CEN负责机械安全标准的制定工作。为了完成这一任务,CEN专门建立了23个有关机械安全的标准化委员会,另外还有将近40个技术委员会的工作与机械安全工作有关。这些标准化技术委员会先后一共制定了600多项机械安全方面的标准。此外,欧洲共同体理事会还专门制定了有关机械安全方面的法规,有力地推动了机械安全学科的发展。

在欧共体带动下,国际标准化组织(ISO)与CEN先后签订了“技术信息交换协议”(里斯本协议)、“技术合作协议”(维也纳协议),并于1991年1月成立了“机械安全技术委员会”(ISO/TC199)。

机械安全的任务是采取系统措施,在生产和使用机械的全过程中保障工作人员安全和健康,免受各种不安全因素的危害。机械安全包括机械产品制造安全和机械设备使用安全两大方面的内容。

四、我国机械安全面临的严峻形势

改革开放以来,我国机械工业以年均超过20%的速度高速发展,无论产业规模还是增长速度,均处于各行业前列。但也由于机械工业生产设备、设施种类多样,工艺流程繁简不一,生产制造过程危险因素较多,易发生安全生产事故,特别是与冲压、剪切、木工等危险性较大的机械设备相关的重伤事故频发,从而严重危害了从业人员的身心健康。据对安全生产事故伤亡人数统计表明,近年来机械工业全行业因安全生产事故死亡每年1000余人,各种伤害性事故,如砸伤、烫伤、断指等更是数不胜数。机械工业死亡总人数在全国排在煤炭和建筑行业之后,是日本同行业的50倍。

我国机械工业安全生产主要存在以下问题。

1. 低水平扩张埋下事故高发的诱因

从我国机械工业全行业发展看,多数企业的增加值率、人均产值并没有发生较大变化,规模的扩大主要是以固定资产和人员的大量投入换来的。数量扩张及低价恶性竞争的结果导致生产企业压低生产设备成本和人员成本,低水平、低安全的设备和低素质的劳动力普遍存在。大量中小企业的工艺技术和装备落后,制造水平仍处于简单机械加工为主的阶段,危险源数量大、分布广,是机械工业伤亡事故不断发生的主要原因。

以机床为例,珠江三角洲每年仅冲床工人发生的断指事故至少就有3万宗,被机器切断的手指头超过4万个。

机械化和自动化是解决机械工业安全生产问题的最根本途径。日本机械工业总规模与我国相当,但目前每年在机械制造业中的死亡人数已经控制在20人左右,这与其产业

向智能化、集成化方向发展有着必然的联系。

2. 生产理念脱节、难显本质安全绩效

机械工业安全生产的风险可以体现在3个阶段:设计风险、防护风险与管理风险。现在的管理模式是把设计风险压缩成防护风险,把防护风险转换成管理风险,本末倒置,造成当前的安全生产管理状况是表面上轰轰烈烈,实际上很不扎实。究其根本原因,仍在于企业不愿意加强投入,因为管理风险成本最低,但实际上最不可靠;防护风险,需要增加一些防护设施,企业不愿投入;而对于设计风险则基本上无人关注。

3. 安全生产的技术标准、设计规范滞后

目前,我国对安全生产的关注重点主要集中于易发生群死群伤的煤炭和建筑行业,可国家对这两个行业都制定了较为完善的、数量众多的安全生产技术标准、设计规范。而对机械工业等行业的安全生产管理尚处于相对重视不足的地位,在机械工业结构调整和转型升级过程中,更多强调的是节能减排等硬约束,而没有将安全生产作为一项重要指标。在制定机械工业安全生产技术标准和设计规范方面更显不足:一方面,机械工业安全生产的技术标准、设计规范制定的数量,远远滞后于机械工业本身的快速发展;另一方面,制定技术标准、设计规范的理念相对落后,无法完全满足我国机械工业持续快速发展和安全发展的需要。正是由于这一原因,导致我国重视提高机械本身安全性、支持作业者安全性、恢复机械安全性等政策就显得十分薄弱。因此,制定并完善全国性、权威的机械工业安全生产技术标准、设计规范,强制性地提升本质安全,具有十分重要的现实意义。

4. 生产过程存在安全弱筋、安全管理措施仍属缺位

我国机械工业固定资产投资的增速持续高于全国城镇固定资产投资增速,这对加快技术改造、推进结构调整、提高国际竞争力是好事,但同时产能供过于求的风险正在积聚,低水平重复建设问题日益突出。随着市场无序竞争和恶性价格战加剧,机械制造企业特别是广大中小型机械制造企业,更是对安全生产相对漠视。不重视安全生产设备的更新、安全生产工艺的改造和安全生产技术的应用;安全生产管理往往流于形式,管理措施极为弱化;不将职工的人身安危置于重要地位,从而导致我国机械工业安全生产事故频发,且并未出现减缓的趋势。

第二节 机械产品设计制造安全

机械安全包括设计、制造、安装、调整、使用、维修、拆卸等各阶段的安全。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、机械安全基本要求

机械设备在规定的整个使用期内,不得发生由于机械设备自身缺陷所引起的、目前已

为人们认识的各类危及人身安全的事故和对健康造成损害的职业病,避免给操作者带来不必要的体力消耗、精神紧张和疲劳。无论是机器预定功能的设计还是安全防护的设计,都应该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。

1. 足够的抗破坏能力、良好的可靠性和对环境的适应性

(1) 合理的机械结构型式。机械设备的结构型式一定要与其执行的预定功能相适宜,不能因结构设计不合理而造成机械正常运行时的障碍、卡塞或松脱;不能因元件或软件的瑕疵而引起微机数据的丢失或死机;不能发生任何能够预计到的与机械设备的设计不合理的有关事件。

(2) 足够的抗破坏能力。机械的各组成受力零部件及其连接,应满足完成预定最大载荷的足够强度、刚度和构件稳定性,在正常作业期间不应发生由于应力或工作循环次数产生断裂破碎或疲劳破坏、过度变形或垮塌;还必须考虑在此前提下机械设备的整体抗倾覆或防风抗滑的稳定性,特别是那些由于有预期载荷作用或自身质量分布不均的机械及那些可在轨道或路面行驶的机械,应保证在运输、运行、振动或有外力作用下不致发生倾覆,防止由于运行失控而产生不应有的位移。

(3) 对使用环境具有足够的适应能力。机械设备必须对其使用环境(如温度、湿度、气压、风载、雨雪、振动、负载、静电、磁场和电场、辐射、粉尘、微生物和动物入侵、腐蚀介质等)具有足够的适应能力,特别是抗腐蚀或空蚀、耐老化磨损、抗干扰的能力,不致由于电气元件产生绝缘破坏,使控制系统零部件临时或永久失效,或由于物理性、化学性、生物性的影响而造成事故。

(4) 提高机械的可靠性。可靠性是指机器或其零部件在规定的使用条件下和规定期限内,执行规定功能而不出现故障的能力。传统机械设计只按产品的性能指标进行设计,而可靠性设计除要保证性能指标外,还要保证产品的可靠性指标,即产品的无故障性、耐久性、维修性、可用性和经济性等,可靠性是体现产品耐用和可靠程度的一种性能,与安全有直接关系。

2. 不得产生超过标准规定的有害物质

(1) 有毒有害物质。应采用对人无害的材料和物质(包括机械自身的各种材料、加工原材料、中间或最终产品、添加物、润滑剂、清洗剂,以及与工作介质或环境介质反应的生成物及废弃物)。对不可避免的毒害物(如粉尘、有毒物、辐射、放射性、腐蚀等),应在设计时考虑采取密闭、排放(或吸收)、隔离、净化等措施。在人员合理暴露的场所,其成分、浓度应低于产品安全卫生标准的规定,不得有害于人体健康,也不得对环境造成污染。

(2) 预防物理性危害。机械产生的噪声、振动、过热和过低温度等指标,都必须控制在低于产品安全标准中规定的允许指标,防止对人的心理及生理造成危害。

(3) 防火防爆。有可燃气体、液体、蒸汽、粉尘或其他易燃易爆或发火性物质的机械生产设备,应在设计时考虑防止跑、冒、滴、漏,根据具体情况配置监测报警、防爆泄压装置及消防安全设施,避免或消除摩擦撞击、电火花和静电积聚等,防止由此造成的火灾或爆炸危险。

3. 可靠有效的安全防护

任何机械都有这样那样的危险,当机械设备投入使用时,生产对象(各种物料)、环境

条件以及操作人员处于动态结合情况下的危险性就更大。只要存在危险,即使操作者受过良好的技术培训和安全教育,有完善的规程,也不能完全避免发生机械伤害事故的风险。因此,必须建立可靠的物质屏障,即在机械上配置一种或多种专门用于保护人的安全的防护装置、安全装置或采取其他安全措施。当设备或操作的某些环节出现问题时,靠机械自身的各种安全技术措施避免事故的发生,保障人员和设备安全。危险性大或事故率高的生产设备,必须在出厂时配备好安全防护装置。

4. 履行安全人机学的要求

人机界面是指在机器上人、机进行信息交流和相互作用的界面。显示装置、控制(操纵)装置、人的作业空间和位置以及作业环境,是人机要求集中体现之处,应满足人体测量参数、人体的结构特性和机能特性、生理和心理条件,合乎卫生要求。其目的是保证人能安全、准确、高效、舒适地工作,减少差错,避免危险。

5. 维修的安全性

(1) 机械的可维修性。机器出现故障后,在规定的条件下,按规定程序或手段实施维修,可以保持或恢复其执行预定功能状态,这就是机器的可维修性。设备的故障会造成机器预定功能丧失,给工作带来损失,而危险故障还会引发事故。从这个意义上讲,解决了危险故障,恢复安全功能,就等于消除了安全隐患。

(2) 维修作业的安全。在按规定程序实施维修时,应能保证人员的安全。由于维修作业是不同于正常操作的特殊作业,往往采用一些超常规的做法,如移开防护装置,或是使安全装置不起作用。为了避免或减少维修伤害事故,应在控制系统设置维修操作模式;从检查和维修角度,在结构设计上考虑内部零件的可接近性;必要时,应随设备提供专用检查、维修工具或装置;在较笨重的零部件上,还应考虑方便吊装的设计。

二、实现机械安全的措施

机械设备安全应考虑其“寿命”的各阶段,包括设计、制造、安装、调整、使用(设定、示教、编程或过程转换、运转、清理)、查找故障和维修、拆卸及处理;还应考虑机器的各种状态,包括正常作业状态、非正常状态和其他一切可能的状态。决定机械产品安全性的关键是设计(机械产品设计和制造工艺设计)阶段采用安全措施。

(1) 本质安全技术。这是指在机械的功能设计中采用的、不需要额外的安全防护装置而直接把安全问题解决的措施,因此也称为直接安全技术措施。本质安全技术是机械设计优先考虑的措施。

(2) 安全防护。直接安全技术措施不能或不完全能实现安全时,必须在生产设备总体设计阶段设计出一种或多种专门用来保证人员安全的装置,也称为间接安全技术措施。

(3) 使用信息。本质安全技术和安全防护都无效或不完全有效的那些风险,可通过使用文字、标记、信号、符号或图表等信息,向人们作出说明,提出警告,并将遗留风险通知用户,也称指示性(说明性)安全技术措施。

(4) 附加预防措施:

① 着眼紧急状态的预防措施。如急停装置、陷入危险时的躲避和援救保护措施。

② 附加措施,如机器的可维修性、断开动力源和能量泄放措施;机器及其重型零部件容易而安全的搬运措施、安全进入机器的措施、机器及其零部件稳定性措施等。

三、通过选用适当的设计结构尽可能避免或减少危险

通过设计减小风险,是指在机器的设计阶段,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、运动件的质量与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,履行安全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。总之,通过采用使机器达到本质安全的措施,来减少或限制操作者涉入危险区的需要,从而降低人们面临危险的概率;通过机器的设计和制造,把实现机器的预定功能与实现机器使用安全的目标结合起来,以达到机械本质安全的目的。

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器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器的预定功能时满足机器自身安全的要求。

(1) 避免锐边、尖角和凸出部分。在不影响预定使用功能前提下,机械设备及其零部件应尽量避免设计成会引起损伤的锐边、尖角、粗糙的凸凹不平的表面和较凸出的部分。金属薄片的棱边应倒钝、折边或修圆。可能引起刮伤的开口端应包覆盖物。

(2) 安全距离的原则。利用安全距离防止人体触及危险部位或进入危险区,是减小或消除机械风险的一种方法。在规定安全距离时,必须考虑使用机器时可能出现的各种状态、有关人体的测量数据、技术和应用等因素。机械的安全距离包括两类距离要求:

① 防止可及危险部位的最小安全距离。它是指作为机械组成部分的有形障碍物与危险区的最小距离,用来限制人体或人体的某部位的运动范围。当人体某部位可能越过障碍物或通过机械的开口去触及危险区时,安全距离足够长,限制其不可能触碰到机械的危险部位,从而避免了危险。

② 避免受挤压或剪切危险的安全距离。当两移动件相向运动或移动件向着固定件运动时,人体或人体的某部位在其中可能受到挤压或剪切。这时,可以通过增大运动件之间的最小距离,使人的身体可以安全地进入或通过;也可以减小运动件之间的最小距离,使人的身体部位伸不进去,从而避免了危险。

(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量值来减小危险。例如,将操纵力限制到最低值,使操作件不会因破坏而产生机械危险;限制运动件的质量或速度,以减小运动件的动能;限制噪声和振动等。

(4) 使用本质安全工艺过程和动力源。对预定在爆炸气氛中使用的机器,应采用全气动或全液压控制系统和操纵机构,或“本质安全”电气装置,也可采用电压低于“功能特低电压”的电源,以及在机器的液压装置中使用阻燃和无毒液体。

2. 限制机械应力

机械选用的材料性能数据、设计规程、计算方法和试验规则,都应该符合机械设计与制造的专业标准或规范的要求,使零件的机械应力不超过许用值,保证安全系数,以防止由于零件应力过大而被破坏或失效,避免故障或事故的发生。同时,通过控制连接、受力和运动状态来限制应力。

(1) 连接应力。采用可靠的紧固方法,对诸如螺栓连接、焊接等,通过采用正确计算、结构设计和紧固方法来限制应力,防止运转状态下连接松动、破坏,紧固失效。

(2) 防止超载应力。通过在传动链预先采用“薄弱环节”预防超载(例如,采用“易熔”塞、限压阀、断路器等限制应力),避免主要受力件因超载而被破坏。

(3) 避免交变应力。避免在可变应力(主要是周期应力)下零件产生疲劳。例如,钢丝绳滑轮组的钢丝绳在缠绕时,尽量避免其反向弯折导致的疲劳破坏。

(4) 回转件的平衡。设计时,对材料的均匀性和回转精度应做出规定,并在使用前经过静平衡或动平衡试验,防止在高速旋转时引起振动,还可能使回转件的应力加大,甚至造成碎裂(如砂轮)。

3. 材料和物质的安全性

用以制造机器的材料、燃料和加工材料在使用期间不得危及面临人员的安全或健康。

(1) 承载能力。材料的力学特性,如抗拉强度、抗剪强度、冲击韧性、屈服极限等,应能满足执行预定功能的载荷作用的要求。

(2) 对环境的适应性。材料应有良好的环境适应性,机械在预定的环境条件下工作时,应有抗腐蚀、耐老化、磨损的能力,不至于受物理性、化学性、生物性的影响而失效,从而避免事故的发生。

(3) 材料的均匀性。根据零件的功能,保证材料的均匀性,防止由于工艺设计不合理,使材料的金相组织不均匀而产生残余应力,防止由于内部缺陷(如夹渣、气孔、异物、裂纹)给安全埋下隐患。

(4) 避免材料的危险。在设计和制造选材时,应避免采用有毒性的材料或物质;应避免机器自身或由于使用某种材料而产生的气体、液体、粉尘、蒸汽或其他物质造成的火灾和爆炸风险;对可燃、易爆的液体及气体材料,应设计使其在填充、使用、回收或排放时减小危险或无危险。

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,提高机器的操作性能和可靠性,使操作者的体力消耗和心理压力尽量降到最低,从而减小操作差错。

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、运动机器零件或工件掉下飞出、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,使操作者可以安全进行干预的措施,并遵循以下原则和方法:

(1) 机构启动及变速的实现方式。机构的启动或加速运动应通过施加或增大电压或流体压力去实现,若采用二进制逻辑元件,应通过由“0”状态到“1”状态去实现;相反,停机或降速应通过去除或降低电压或流体压力去实现,若采用二进制逻辑元件,应通过“1”状态到“0”状态去实现。

(2) 重新启动的原则。动力中断后重新接通时,如果机器自发启动会产生危险,就应采取保护措施,使动力重新接通时机器不会自行启动,只有再次操作启动装置机器才能运转。

(3) 零部件的可靠性。这应作为安全功能完备性的基础,使用的零部件应能承受在

预定使用条件下的各种干扰和应力,不会因失效而使机器产生危险的误动作。

(4) 定向失效模式。这是指部件或系统主要失效模式是预先已知的,而且只要失效总是这些部件或系统,这样可以事先针对其失效模式采取相应的预防措施。

(5) “关键”件的备份(或冗余)。控制系统的关键零部件,可以通过备份的方法,当一个零部件万一失效,用备份件接替以实现预定功能。当与自动监控相结合时,自动监控应采用不同的设计工艺,以避免共因失效。

(6) 自动监控。自动监控的功能是保证当部件或元件执行其功能的能力减弱或加工条件变化而产生危险时,以下安全措施开始起作用:停止危险过程,防止故障停机后自行再启动,触发报警器。

(7) 可重编程序控制系统中安全功能的保护。在关键的安全控制系统中,应注意采取可靠措施防止储存程序被有意或无意改变。可能的话,应采用故障检验系统来检查由于改变程序而引起的差错。

(8) 有关手动控制的原则:

① 手动操纵器应根据有关人类工效学原则进行设计和配置。

② 停机操纵器应位于对应的每个启动操纵器附近。

③ 除了某些必须位于危险区的操纵器(如急停装置、吊挂式操纵器等)外,一般操纵器都应配置于危险区外。

④ 如果同一危险元件可由几个操纵器控制,则应通过操纵器线路的设计,使其在给定时限内,只有一个操纵器有效;但这一原则不能用于双手操纵装置。

⑤ 在有风险的地方,操纵器的设计或防护应做到不是有意识的操作不会动作。

⑥ 操作模式的选择。如果机械允许使用几种操作模式以代表不同的安全水平(如允许调整、维修、检验等),则这些操作模式应装备能锁定在每个位置的模式选择器。选择器的每个位置都应相应于单一操作或控制模式。

(9) 特定操作的控制模式。对于必须移开或拆除防护装置,或使安全装置的功能受到抑制才能进行的操作(如设定、示教、过程转换、查找故障、清理或维修等),为保证操作者的安全,必须使自动控制模式无效,采用操作者伸手可达的手动控制模式(如止-动、点动或双手操纵装置),或在加强安全条件下(如降低速度、减小动力或其他适当措施)才允许危险元件运转并尽可能限制接近危险区。

6. 防止气动和液压系统的危险

当采用气动、液压、热能等装置的机械时,必须通过设计来避免与这些能量形式有关的各种潜在危险。

(1) 借助限压装置控制管路中最大压力不能超过允许值;不因压力损失、压力降低或真空度降低而导致危险。

(2) 所有元件(尤其是管子和软管)及其连接应密封,要针对各种有害的外部影响加以防护,不因泄漏或元件失效而导致流体喷射。

(3) 当机器与其动力源断开时,储存器、蓄能器及类似容器应尽可能自动卸压,若难以实现,则应提供隔离措施或局部卸压及压力指示措施,以防剩余压力造成危险。

(4) 机器与其能源断开后,所有可能保持压力的元件都应提供有明显识别排空的装置和绘制有注意事项的警告牌,提示对机器进行任何调整或维修前必须对这些元件卸压。

7. 预防电的危险

电的安全是机械安全的重要组成部分,机器中电气部分应符合有关电气安全标准的要求。预防电的危险尤其应注意防止电击、短路、过载和静电。

四、减少或限制操作者涉入危险区的需要

1. 设备的可靠性

可靠性是指机器或其零部件在规定的使用条件下和规定期限内执行规定的功能而不出现故障的能力。

(1) 规定的使用条件。这是指机械设计时考虑的空间限制,包括环境条件(如温度、压力、湿度、振动、大气腐蚀等)、负荷条件(载荷、电压、电流等)、工作方式(连续工作或断续工作)、运输条件、存储条件及使用维护条件等。

(2) 规定的时间。这是指机械设备在设计时规定产品的时间性指标,如使用期、有效期。行驶里程、作用次数等。

(3) 规定的功能。这是指机械设备的性能指标,是该机械若干功能全体的总和,而不是其中一个元件或一部分的功能。

可靠性应作为安全功能完备性的基础,这一原则适用于机器的零部件及机械各组成部分。提高机械的可靠性可以降低危险故障率,减少需要查找故障和检修的次数,不因为失效使机器产生危险的误动作,从而可以减少操作者面临危险的概率。

2. 采用机械化和自动化技术

在生产过程中,用机械设备来补充、扩大、减轻或代替人的劳动,该过程便称为机械化过程。自动化则更进了一步,即机械具有自动处理数据的功能。机械化和自动化技术可以使人的操作岗位远离危险或有害现场,从而减少工伤事故,防止职业病;同时,也对操作人员提出了较全面的素质要求。

(1) 操作自动化。在比较危险的岗位或被迫以机器特定的节奏连续参与的生产过程,使用机器人或机械手代替人的操作,使得工作条件不断改善。

(2) 装卸搬运机械化。装卸机械化可通过工件的送进滑道、手动分度工作台等措施实现;搬运的自动化可通过采用工业机器人、机械手、自动送料装置等实现。这样可以限制由搬运操作产生的风险,减少重物坠落、磕碰、撞击等接触伤害。装卸应注意防止由于装置与机器零件或被加工物料之间阻挡而产生的危险,以及检修故障时产生的危险。

3. 调整、维修的安全

在设计机器时,应尽量考虑将一些易损而需经常更换的零部件设计得便于拆装和更换;提供安全接近或站立措施(梯子、平台、通道);锁定切断的动力;机器的调整、润滑、一般维修等操作点配置在危险区外,这样可减少操作者进入危险区的需要,从而减小操作者面临危险的概率。

五、设计与制造的本质安全措施

通过实现机器预定功能的设计不能避免、限制或充分减小的某些风险,在利用机械进行生产活动的过程中,特别是在各个生产要素处于动态作用的情况下,可能对人员造成伤害事故和职业危害。因此,在机械的设计阶段就应加以考虑,不是为了加强机器预定生产