

普通高等院校安全工程专业
“十二五”规划教材

机械安全技术

主 编 田 宏

副主编 姜 威



國防工業出版社

National Defense Industry Press

.. 013048515

TH188
08

普通高等院校安全工程专业“十二五”

机械安全技术

主 编 田 宏
副主编 姜 威



国防工业出版社

· 北京 ·



北航

C1656558

TH188

08

013048213

内 容 简 介

本书在阐述机械产品在安全方面的基本知识和共性问题的基础上,结合各类典型机械设备的危险有害因素和易于发生的事故,重点介绍了机械设备在设计、生产,特别是使用过程中的安全要求及防止事故的一般原则和安全技术措施。涉及的内容包括机械安全概述,木工机械、切削加工、压力加工、热加工、焊接以及起重运输机械等方面的安全技术。对机械安全风险评价、机械安全设计和安全认证也做了简要的介绍。

本书可作为安全工程及相关专业本科教材,也可供企业安全管理人员、工程技术人员和机械操作维护人员参考,同时可作为生产经营单位安全管理和技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械安全技术/田宏主编. —北京:国防工业出版社,
2013. 5

普通高等院校安全工程专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-08742-0

I. ①机… II. ①田… III. ①机械设备—安全技术—
高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 084206 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)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16½ 字数 402 千字

2013 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

普通高等院校安全工程专业“十二五”规划教材

编委会名单

(按姓氏笔画排序)

门玉明	长安大学
王 志	沈阳航空航天大学
王文和	重庆科技学院
王洪德	大连交通大学
尤 飞	南京工业大学
申世飞	清华大学
田 宏	沈阳航空航天大学
司 鹄	重庆大学
伍爱友	湖南科技大学
刘秀玉	安徽工业大学
刘敦文	中南大学
余明高	河南理工大学
陈阮江	中南大学
袁东升	河南理工大学
梁开武	重庆科技学院
景国勋	河南理工大学
蔡 芸	中国人民武装警察部队学院

前 言

制造业是我国国民经济的支柱产业。由于机械设备使用的普遍性,机械安全是制造业赖以生存和发展的基础,其安全性涉及到国民经济各部门和大量从业人员的安全与健康。此外,在机械产品的国际贸易中,机械产品的安全性已构成了贸易技术壁垒的重要内容,已成为发达国家限制他国产品进入的重要筹码之一。为避免在生产中发生机械伤害等事故,提高产品在国际市场的竞争力,必须对影响机械安全的因素进行研究,在机械产品寿命周期内提出并实施安全对策措施。

本书是为了适应新时期经济和社会发展对安全专业人才的需求而编写的。本书的编写主要参照了近年来国内外关于机械安全的研究成果,补充了编者多年来在教学和科研中所形成的一些认识。在选材上,尽量遵循“全面系统、重点突出”的原则,涉及的内容包括机械安全基础,木工机械、切削加工、压力加工、热加工、焊接以及起重运输机械等方面的安全技术。为了使教材具有时代特征,本书参照并反映了有关机械安全的最新标准和规范。

本书由沈阳航空航天大学田宏教授任主编,具体编写分工如下:第1章、第2章和第6章由沈阳航空航天大学田宏编写;第3~5章由中南财经政法大学姜威编写;第7章由沈阳航空航天大学吴雅菊编写;第8章由沈阳航空航天大学佘庆民编写;第9章由东北大学林秀丽编写。

本书在编写过程中得到了很多专家、同事和朋友的关心和指导,在此向他们表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,参考了大量的文献资料。由于篇幅所限,在参考文献中仅列出了主要文献,在此向文献资料原著者们一并表示感谢。

由于编者学识水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者和专家批评指正。

编 者

2013年1月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 机械、机械本质安全的概念	1
1.1.1 机械(机器)的概念	1
1.1.2 机械的分类	1
1.1.3 本质安全和机械安全性的概念	3
1.2 机械安全的发展过程	4
1.2.1 人类对机械安全的认识	4
1.2.2 机械安全技术的发展过程	5
1.3 现代机械安全技术的体系结构	6
1.4 机械安全的发展趋势	7
本章小结	8
思考题	8
第2章 机械安全基础	9
2.1 基本概念	9
2.1.1 设备	9
2.1.2 机械危险和有害因素	9
2.2 典型的机械危害	9
2.2.1 机械危害的来源	9
2.2.2 机械危险部位及其安全防护措施	10
2.3 机械安全的基本要求	17
2.3.1 对机械设备的一般安全要求	17
2.3.2 对控制机构的要求	18
2.3.3 对安全防护装置的要求	19
2.3.4 安全标志和安全色	19
2.3.5 其他标志和机械使用说明书	21
2.4 实现机械安全的基本途径和措施	22
2.4.1 风险评估	22
2.4.2 机械安全设计	23
2.4.3 安全防护措施	26
2.4.4 机械的安全使用信息	28
2.4.5 机械安全认证	29

本章小结	33
思考题	33
第3章 金属切削机械安全技术	34
3.1 金属切削加工的主要危险有害因素	34
3.1.1 金属切削机床的工作特点	34
3.1.2 切削机床的种类	34
3.1.3 切削机床的基本结构	35
3.1.4 金属切削机床常见事故和原因	35
3.1.5 切削加工中的危险和有害因素	36
3.2 切削加工机械的基本安全要求	37
3.2.1 作业环境要求	37
3.2.2 切削机床的基本安全要求	39
3.3 切削加工机械的安全防护装置	42
3.3.1 切削机床上的安全保险装置	42
3.3.2 切削机床的防护装置	44
3.4 车削加工安全	45
3.4.1 车床的分类	45
3.4.2 车削加工的伤害事故及其原因	46
3.4.3 车削加工安全防护措施	46
3.5 磨削加工安全	52
3.5.1 磨床的分类	52
3.5.2 磨削加工的危险和有害因素	52
3.5.3 砂轮装置的安全措施	53
3.6 钻、刨、铣、镗削加工的安全	56
3.6.1 钻床的伤害事故及预防	56
3.6.2 刨床的伤害事故及预防	58
3.6.3 铣床的伤害事故及预防	58
3.6.4 镗床的伤害事故及预防	59
本章小结	60
思考题	60
第4章 木工机械安全技术	61
4.1 木工机械的危险和有害因素	61
4.1.1 木工机械的种类	61
4.1.2 木工机械使用中的主要危险有害因素	62
4.1.3 木工机械的主要事故	64
4.2 木工机械安全的基本要求	65
4.2.1 木工机械的通用安全要求	65
4.2.2 木工机械的特殊安全要求	67

4.2.3	工艺过程的要求	70
4.2.4	作业场所的要求	70
4.3	木工机械安全防护装置	71
4.3.1	木工机械防护装置的基本类型	71
4.3.2	木工机械安全装置的配置原则	72
4.3.3	常见木工机械的防护装置	72
4.4	木工机械安全使用和管理	81
4.4.1	木工机械安全使用	81
4.4.2	木工机械安全管理	82
	思考题	83
第5章	压力加工机械安全技术	84
5.1	压力加工的危险有害因素	84
5.1.1	冲压机械作业方式及其危险性	84
5.1.2	冲压事故原因分析	85
5.2	冲压车间的安全要求	86
5.2.1	平面布置	86
5.2.2	作业条件和环境	87
5.3	机械压力机、模具的安全防护装置及手用安全工具	88
5.3.1	模具的自身安全结构设计和安全防护装置	89
5.3.2	冲压设备(压力机)的防护装置	93
5.3.3	手用安全工具	96
5.4	剪切机械和联合冲剪机械的安全装置	97
5.4.1	剪切机械的安全装置	97
5.4.2	联合冲剪机的安全装置	99
	本章小结	102
	思考题	102
第6章	热加工安全	103
6.1	热加工中的危险和有害因素	103
6.1.1	铸造生产过程中的危险和有害因素	103
6.1.2	锻造生产中的危险和有害因素	104
6.1.3	热处理过程中的危险和有害因素	105
6.2	铸造安全	106
6.2.1	铸造的主要设备	106
6.2.2	铸造厂房的布置和除尘工艺要求	107
6.2.3	铸造设备的安全	108
6.3	锻造安全	118
6.3.1	锻造的主要设备	118
6.3.2	锻造厂房和作业环境要求	119

6.3.3	安全环保措施	120
6.3.4	锻压设备的安全措施	121
6.4	热处理安全	124
6.4.1	热处理的主要设备	124
6.4.2	热处理厂房和作业环境的要求	125
6.4.3	热处理炉和液态淬火冷却设备安全措施	125
6.4.4	热处理工艺作业安全要求	130
本章小结		133
思考题		133
第7章	焊接和切割安全	134
7.1	焊接和切割作业的危险和有害因素	134
7.1.1	焊接和切割的原理	134
7.1.2	焊接和切割的分类	134
7.1.3	焊接和切割所用能源	136
7.1.4	焊接和切割作业中的危险和有害因素	136
7.2	电焊安全	137
7.2.1	焊条电弧焊与碳弧气刨安全	138
7.2.2	气体保护电弧焊安全	141
7.2.3	其他电焊安全	144
7.3	气焊与气割安全	147
7.3.1	气焊与气割基本知识	147
7.3.2	气焊与气割的危险有害因素	147
7.3.3	气焊与气割常用气瓶安全	148
7.3.4	焊割炬安全	149
7.3.5	气焊与气割汇流排及管道安全	151
7.3.6	气焊气割工作地点和安全操作要点	153
7.4	焊接与切割的职业卫生防护	154
7.4.1	通风除尘	154
7.4.2	改善焊接的职业卫生条件	156
7.4.3	弧光伤害防护措施	157
7.4.4	热辐射防护措施	157
7.4.5	焊接噪声防护措施	158
7.4.6	个人防护措施	158
本章小结		158
思考题		159
第8章	起重机安全技术	160
8.1	起重机基本知识	160
8.1.1	起重机的类型	160

8.1.2	起重机的基本组成及主要零部件	163
8.1.3	起重机的主要性能参数	176
8.1.4	起重机的工作级别	181
8.2	起重机安全防护装置	190
8.2.1	限制运动行程与工作位置的安全装置	190
8.2.2	防超载的安全装置	196
8.2.3	抗风防滑和防倾翻装置	198
8.2.4	联锁保护	199
8.2.5	其他安全防护装置	200
8.2.6	安全防护装置在起重机上的设置要求	201
8.2.7	起重机上的安全信息	201
8.2.8	起重机上高处作业的安全防护	207
8.3	起重机安全操作技术与要求	208
8.3.1	起重作业中的危险性 & 危险要素	208
8.3.2	起重机安全操作要求与规程	209
8.3.3	安全操作技术	210
8.4	起重机安全作业管理及检验	212
8.4.1	一般安全要求	212
8.4.2	安全管理措施	213
8.4.3	安全技术检验与监测	219
8.4.4	质量监督与安全监察	226
8.5	起重机常见事故类型及防范	227
8.5.1	起重作业常见事故类型	228
8.5.2	典型事故案例	229
8.5.3	事故防范与要求	232
	本章小结	233
	思考题	233
第9章	电梯安全技术	234
9.1	电梯基本知识	234
9.1.1	电梯的分类	234
9.1.2	电梯的主要技术参数	235
9.1.3	电梯的基本构造	236
9.2	电梯事故原因及预防措施	238
9.2.1	电梯事故类型	238
9.2.2	电梯事故原因分析	239
9.2.3	预防事故发生的安全措施	239
9.3	电梯安全保护装置	240
9.4	电梯安全管理及操作要求	244
9.4.1	电梯安全使用管理措施	244

9.4.2 电梯的安全检验 245

9.4.3 电梯的安全监察 246

9.4.4 电梯安全操作要求与规程 246

本章小结 248

思考题 249

参考文献 250

第1章 绪 论

1.1 机械、机械本质安全的概念

1.1.1 机械(机器)的概念

机械是由若干个零部件组合而成,其中至少有一个零件是可运动的,并且有适当的制动机构、控制和动力系统等。它们的组合具有一定应用目的,如物料的加工、处理、搬运或包装等。

术语“机械”和“机器”也包括为了同一个应用目的,将其安排、控制得像一台完整机器那样发挥它们功能的若干台机器的组合。

1.1.2 机械的分类

1. 按照国民经济行业分类

按照《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2011)的规定,机械制造行业属于制造业门类,具体分为:通用设备制造业,专用设备制造业,汽车制造业,铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业,电气机械和器材制造业等几个大类。

(1) 通用设备制造业。该大类包括:锅炉及原动设备制造,金属加工机械制造,物料搬运设备制造,泵、阀门、压缩机及类似机械制造,轴承(齿轮)和传动部件制造,烘炉、风机、衡器、包装等设备制造,文化、办公用机械制造,通用零部件制造,其他通用设备制造。

(2) 专用设备制造业。该大类包括:采矿、冶金、建筑专用设备制造,化工、木材、非金属加工专用设备制造,食品、饮料、烟草及饲料生产专用设备制造,印刷、制药、日化及日用品生产专用设备制造,纺织、服装和皮革加工专用设备制造,电子和电工机械专用设备制造,农、林、牧、渔专用机械制造,医疗仪器设备及器械制造,环保、社会公共服务及其他专用设备制造。

(3) 汽车制造业。该大类包括:汽车整车制造,改装汽车制造,低速载货汽车制造,电车制造,汽车车身、挂车制造,汽车零部件及配件制造。

(4) 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业。该大类包括:铁路运输设备制造,城市轨道交通设备制造,船舶及相关装置制造,航空、航天器及设备制造,摩托车制造、自行车制造,非公路休闲车及零配件制造,潜水救捞及其他未列明运输设备制造。

(5) 电气机械和器材制造业。该大类包括:电动机制造,输配电及控制设备制造,电线、电缆及电工器材制造,家用、非电力器具制造,其他电气机械及器材制造。

2. 按照使用用途分类

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:指用做动力来源的机械,也就是原动机。如机器中常用的电动机、内燃机、蒸汽机以及无电源的地方使用的联合动力装置。

(2) 金属切削机械:指对机械零件的毛坯进行金属切削加工用的机械。根据其工作原理、结构性能特点和加工范围的不同,又分为车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、

铣床、刨(插)床、拉床、电加工机床、锯床和其他机床等 12 类。

(3) 金属成型机械:指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:指用于长距离载人和物的机械。如汽车、火车、船舶和飞机等交通工具。

(5) 起重运输机械:指用于在一定距离内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:凡土石方施工工程、路面建设与养护、流动式起重装卸作业和各种建筑工程所需的综合性机械化施工工程所必需的机械装备统称为工程机械。它包括挖掘机、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:指用于农、林、牧、副、渔业等生产的机械。如拖拉机、林业机械、牧业机械、渔业机械等。

(8) 通用机械:指广泛用于工农业生产各部门、科研单位、国防建设和生活设施中的机械。如泵、风机、压缩机、阀门、真空设备、分离机械、减(变)速机、干燥设备、气体净化设备等。

(9) 轻工机械:指用于轻工、纺织等部门的机械。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: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。

3.《机械指令》(2006/42/EC)对危险机械的分类

根据机械在使用中存在的潜在危险,《机械指令》(2006/42/EC)把机械分为普通机械和危险机械两大类。《机械指令》在其附录Ⅳ中列出了如下 23 种危险机械:

第一种,加工木材及类似物性材料,或加工肉类及类似物性材料的圆锯(单刀片或多刀片)。

第二种,手动进料木工平面刨床。

第三种,木工用单面厚板刨床,内设机械式工件进给装置,手动装卸工件。

第四种,加工木材及类似物性材料,或加工肉类及类似物性材料的带锯,手动装卸工件。

第五种,用于加工木材及类似物性材料的组合式机械,包含第一~四种和第七种所述的机械均可作为其组合机械装置。

第六种,手动进料多刀夹具的木工开榫机。

第七种,用于加工木材及类似物性材料的手动进料立轴铣床。

第八种,木工用手提链条锯。

第九种,手动装卸的金属冷加工用压床(包括弯板机),其可动工作部件行程可达 6mm 以上,移动速度超过 30mm/s。

第十种,手动装卸的塑料注塑或压塑成型机。

第十一种,手动装卸的橡胶注射或压力成型机。

第十二种,包括火车车头和司闸车、液压支架等用于地下或井下工作的机械设备。

第十三种,装有压实机构的人工装载家庭垃圾的卡车。

第十四种,带有防护装置的可拆卸式机械传动设备。

第十五种,可拆卸式机械传动设备所用的防护装置。

第十六种,车辆维修用升降机。

第十七种,具有从 3m 以上垂直高度跌落危险的载人或载人或载物升降设备。

第十八种,便携式火药驱动固定器械或其他冲击式机械设备。

第十九种,为操作人员而设计的保护装置。

第二十种,第九~十一种所述的用以机械防护的动力驱动联锁式可移动防护装置。

第二十一一种,确保安全功能的逻辑装置。

第二十二种,倾覆防护装置。

第二十三种,物体跌落防护装置。

1.1.3 本质安全和机械安全性的概念

从事故致因理论可知,人的不安全行为和物的不安全状态是造成能量或危险物质意外释放的直接原因。在事故控制过程中,物的不安全状态具有决定性的意义。这是由于受生活环境、作业环境和社会环境的影响,人的自由度较大,可靠性比机械差,人失误难以避免,因此要实现生产安全,必须有某种即使存在人为失误的情况下也能确保人身及财产安全的机制和物质条件,即机械设备的本质安全。

1. 本质安全

机械本质安全是指当操作人员发生失误时,机械设备能自动保证安全;当设备出现故障时,能自动发现并自动消除,能确保人身和设备的安全。本质安全的机械设备具有高度的可靠性和安全性,可以杜绝或减少伤亡事故,减少设备故障,从而提高设备利用率,实现安全生产。由于绝对安全的机械是不存在的,本质安全只是人们追求的最高安全目标,为此,人们也将本质安全称为本质较安全、本质安全程度,或本质安全化。也就是说,本质安全程度并不是一成不变的,它将随着科学技术的进步而不断提高。

不论在哪一个行业,本质安全化都是建立在以物为中心的事故预防技术的理念上,它强调先进技术手段和物质条件在保障安全生产中的重要作用。希望借助现代科学技术,从根本上消除物的不安全状态;如果暂时达不到时,则采取相应的安全措施,达到最大限度的安全。同时尽可能采取完善的防护措施,增强人体对各种伤害的抵抗能力。

2. 机械本质安全的指导思想

为了实现机械设备的本质安全,可以从设计、操作和管理措施 3 方面入手。

1) 设计阶段

(1) 应采用技术措施来消除危险,使人不可能接触或接近危险区;将危险区安全封闭;采用安全装置;用专用工具代替人手操作;实现机械化和自动化等。

(2) 机械设备能自动防止操作失误和设备故障。人员操作失误和设备故障是生产中难以避免的。因此,设备应有自动防范措施。这些措施应能达到:即使操作失误,也不会导致事故;即使出现故障,应能自动排除、紧急切换或安全停机。

2) 操作阶段

建立有计划的维护保养和预防性维修制度;采用故障诊断技术,对运行中的设备进行状态监测;避免或及早发现设备故障;对安全装置进行定期检查,保证安全装置始终处于可靠和待用状态;提供必要的个人防护用品等。

3) 管理措施

指导机械的安全使用,向用户及操作人员提供有关设备危险性的资料、安全操作规程、维修安全手册等技术文件;加强对操作人员的教育和培训,提高操作人员发现危险和处理紧急情况的能力。

上述3方面中,设计阶段所应采取的措施是主要的,后两方面的措施是必要的补充。

3. 机械安全性

机械安全性是指机器在按使用说明书规定的预定使用条件下(有时在使用说明书中给定的期限内)执行其功能和在其运输、安装、调整、维修、拆卸和处理时不产生损伤或危害人员健康的能力。

从系统安全的角度来看,没有绝对安全的机械,机械安全具有如下的特点:

- (1) 任何一台机械都存在危险,不存在绝对安全的机械。
- (2) 控制危险源是机械安全的首要目标。
- (3) 实现机械安全的关键在于机械设计阶段,在于本质安全措施的实施。
- (4) 实现机械安全是一项复杂的系统工程,贯穿于机械全寿命周期的各个阶段。

1.2 机械安全的发展过程

1.2.1 人类对机械安全的认识

从人类科学技术发展史来看,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

在工业革命前漫长的农业经济时期,人类的生产活动局限于劳动个体使用手用或者畜力工具,人们主要考虑提高生产力,而不是专门解决工具的安全问题。由于生产技术需要,不自觉地附带解决了安全问题,因而对安全处于一种无意识状态。

2. 安全的局部认识阶段

工业革命以后,特别是随着蒸汽机的发明和广泛使用,大量的机器替代了手用工具。但劳动者在使用机器过程中产生的伤亡事故大大增加,为了生产不得不考虑安全问题。这时主要针对某种机器设备的局部、个别安全问题,采取专门技术去解决。

在此期间,最早出现工业安全法规和工业安全理论的国家是英国,一方面是由于英国是工业革命的发源地;另一方面,早期机械的大量使用导致了众多的工人伤亡,引起了公众的广泛关注。

1802年,英国通过了《学徒健康与道德法》,其中主要限制了工厂中学徒的劳动时间,规定了室温、照明、通风等标准。这一法规虽然不是以安全来命名的,但实质上是一个以工厂安全为主的法规。

1815年,伦敦发生了惨重的锅炉爆炸事故,英国议会对事故原因进行了调查,随后制定了有关的法规,并创建了锅炉专业检验公司。

1844年,英国制定了对机械上的飞轮和传动轴进行防护的安全法规。

1919年,英国的格林伍德(M. Greenwood)和伍兹(H. H. Woods)对许多工厂里事故发生次数进行了统计分析,提出了事故频发倾向者概念。

1931年,海因里希(W. H. Heinrich)首先提出了事故因果连锁论,该理论认为企业事故预防工作的中心就是防止人的不安全行为,消除机械的或物的不安全状态,中断事故连锁的进程而避免事故的发生。

3. 安全的系统化认识阶段

第二次世界大战以后,随着工业化时代的到来,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,对安全问题的局部认识已经很难适应要求,需要从系统总体出发全面考虑各方面安全问题,形成了系统安全技术。

在此期间,国际劳工组织(International Labor Organization, ILO)提出了多项公约,其中和机械安全相关的有:1959 年《职业卫生设施建议书》;1960 年《防辐射公约和建议书》;1963 年《机器防护公约和建议书》等。

20 世纪 60 年代,吉布森(J. J. Gibson)和哈登(W. Haddon)等人提出了能量意外释放论。

1963 年,美国系统安全协会(System Safety Society)成立,标示着系统安全工程演化成一个相对独立的学科。

4. 安全的本质化认识阶段

经过多年的实践,人们逐渐认识到,实现机械安全的根本出路在于本质安全化。在机械设备的**安全设计方面,发达国家一直主张一种全新的理念,就是通过机械本身的安全性来保证生产过程的安全性。实现本质安全化的思路在于:①从根本上消除发生事故的条件;②机械设备能自动防止操作失误和设备故障。

1977 年,英国的克莱兹(T. Kletz)首次提出了化工生产工艺和设备本质安全的概念,这标志着本质安全认识论的出现。尽管该理论是针对化工系统而提出的,同样也适用于其他生产系统。

2004 年颁布的 ISO/TR 18569《机械安全 机械安全标准的理解和使用指南》中指出逐层减小机器风险的步骤是:进行机器的本质安全设计;采用安全防护和保护措施;在使用信息中指明残留的危险。目前,本质安全的理论和方法还处于发展和完善阶段。

1.2.2 机械安全技术的发展过程

尽管人类已有几千年使用机械的历史,但是,将机械安全作为一门学科或技术来专门进行研究是 20 世纪 60 年代以后的事情。从某种意义上来说,机械安全技术是由机械故障诊断技术、机械安全设计和机械安全技术标准体系三大部分组成,这三大部分也是机械安全技术的主要研究内容。

1. 机械故障诊断技术的发展

随着机械设备朝着大型(重型)化、复杂化、智能化等方向不断发展,机械结构日趋复杂,一旦某部分突发故障,不仅影响机械本身的运行,可能还会引发二次故障和连锁反应,从而造成巨大的经济损失和人员伤亡。为此,世界各国都十分重视大型机械的监测和故障诊断工作,并积极开展机械故障诊断技术的研究和推广应用。

所谓机械故障诊断,就是通过机械运行中的相关信息来识别其运行状态是否正常,确定故障的性质与部位,寻找故障起因,预报故障趋势,并提出相应对策。

早在 20 世纪 60 年代末,美国宇航局(NASA)就倡导成立了机械故障预防小组(Mechanical Fault Prevention Group, MFPG),专门研究机械故障。在其影响下,美国机械工程师协会(ASME)、美国国家科学理事会(NSB)、美国电力研究院(EPRI)以及美国 MTI 公司等也成立了专门的机构从事机械故障方面的研究。英国成立了英国机器保健中心(MHMC),开展了近代机械故障诊断技术的研究。其他欧洲国家在故障诊断领域也取得了很大进展,形成了各自的特色与优势,如瑞典 SPM 仪器公司的轴承监测技术,丹麦 B&K 公司的振动监测诊断和声发射技术等。

20 世纪 80 年代,人工智能得到迅猛发展,其中专家系统被广泛应用到各个领域。以信息

处理技术为基础的现代故障诊断技术开始向基于知识的智能诊断技术方向发展。

我国开展机械故障诊断技术较晚,大致经历了3个阶段:第一阶段从20世纪70年代—80年代初期,主要是引进和吸收国外的先进技术;第二阶段从20世纪80年代初—80年代末,主要是研究各种新的诊断技术,研究和创建新的诊断理论和诊断方法,将设备诊断技术推广应用到生产中去;第三阶段从20世纪80年代末至今,主要建立系统性的诊断理论,研究设备状态检测和故障诊断系统。

2. 机械安全设计的发展

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。

经过30多年的发展,机械安全设计在国外已形成一套比较成熟的方法。从20世纪90年代开始,欧洲联盟(以下简称欧盟)和美国把机械安全设计正式列入国家先进制造技术的体系之中,并将其作为重点扶植的研究领域。美国在20世纪90年代已建立起一套机械安全设计——风险评价模式 and 设计程序,其目的是尽可能地将机械的隐患与危险消除在设计过程的各环节上,从而保证机械安全。

3. 机械安全标准的发展

为了推进机械安全技术,欧洲共同体(以下简称欧共体)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,并成立了机械安全技术委员会TC114,该委员会先后制定了600多项机械安全方面的标准。此外,欧共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技术的发展。

鉴于欧共体各国就机械安全的立法与标准方面所做的卓有成效的工作,国际标准化组织(ISO)与欧洲标准化委员会(CEN)进行了紧密合作,与CEN先后签订了“技术信息交换协议”(里斯本协议)和“技术合作协议”(维也纳协议),并于1991年成立了“机械安全技术委员会”(即ISO/TC199)。

ISO/TC199自成立以来,在机械安全标准的制定、协调方面做了大量的工作。截至2011年底,ISO/TC199除公开发行的36项标准外,还有正在制修订的草案、新标准提案和修订案共计9项,其标准绝大部分来自于欧洲标准化组织机械安全技术委员会(CEN/TC114)制定的标准。

我国的机械安全标准化技术委员会(SAC/TC208)成立于1994年,是ISO/TC199的正式成员,隶属于国家标准化管理委员会,挂靠在机械科学研究院生产力促进中心。

截至2011年年底,我国的机械安全标准化技术委员会(SAC/TC208)已完成标准制定和修订39项(已发布),2011年正在制定和修订的16项。我国的机械安全基础标准涉及:机械安全设计原理(GB/T 15706系列)、风险评价方法(GB/T 16856系列)、安全控制系统(GB/T 16855系列; GB 16754、GB/T 19671; GB/T 19670)、安全装置(GB/T 17454系列、GB/T 18831、GB/T 8196)、危险区及距离(GB 12265系列、GB 17888系列)、机器排放(GB/T 18569系列)、人体工效学要求(GB/T 18717)、设计中的卫生要求(GB 19891),以及安全标准的编写及理解(GB/T 16755)等。

1.3 现代机械安全技术的体系结构

机械安全技术是以实现机械设备的安全化和无害化,即本质安全化为目标,以最大限度地预