

安全工程师基础教程

—— 安全技术

主编 杨丰科 孟广华
主审 张 军



化学工业出版社

安全科学与工程出版中心

安全工程师基础教程

——安全技术

主 编 杨丰科 孟广华
副主编 樊智敏 吴俊飞 林国文
主 审 张 军



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

安全工程师基础教程. 安全技术/杨丰科, 孟广华
主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 6
ISBN 7-5025-5689-3

I. 安… II. ①杨…②孟… III. 安全技术-教材
IV. X92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 057201 号

安全工程师基础教程

——安全技术

主 编 杨丰科 孟广华

副主编 樊智敏 吴俊飞 林国文

主 审 张 军

责任编辑: 宋向雁 李晓文 邢 涛

责任校对: 陈 静

封面设计: 潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 28¼ 字数 691 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5689-3/X·489

定 价: 56.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

编 审 委 员 会

主 任

姜培生

副 主 任

张 军 雷仲敏 孟广华 孔 勇

委 员

(按姓氏笔画为序)

王 勇	王志强	孔 勇	付 平	朱延春	刘剑华
杨丰科	李士明	李风起	吴俊飞	张 军	张 峰
林国文	孟广华	赵希龙	赵瑞美	姜 真	姜培生
袁 博	崔鸿新	董 华	韩有先	程咸勇	焦晋芳
雷仲敏	翟纯宝	樊智敏			

前 言

安全生产管理是企业的重要内容，搞好企业安全管理对于提高企业经济效益，树立良好企业形象，提高核心竞争力有着非常重要的意义。我国党和政府历年来对安全生产非常重视，先后颁布了各种安全生产的法律、法规、标准，这些纲领性的文件对指导我国安全生产管理发挥了十分重要的作用。

近年来，根据安全生产管理面临的新形势，特别是我国加入 WTO 后，安全管理与国际社会接轨而出现的新环境、新问题和新特点，国家对安全管理工作提出了多方面新的要求，并开始推行注册安全工程师执业资格制度。为了适应国家对安全管理工作提出的新要求，进一步提高我国企业的安全管理水平，青岛市安全生产监督管理局根据《中华人民共和国安全生产法》要求，在全国率先对管辖的企事业单位管理人员和技术人员进行了安全管理培训。然而，由于现有的培训教材不能满足安全管理全面、综合培训目的的需要，因此，尽快编写出版一套综合性的《安全工程师基础教程》乃当务之急。为此，青岛市安全生产监督管理局和青岛科技大学现代安全管理与技术发展中心共同合作，组织有关方面的专家、教授和管理人员编写了这套《安全工程师基础教程》。

本书在编写中汲取了国内外安全管理方面最新的研究成果，总结吸纳了各方面安全管理的经典经验，力求将理论性、知识性和实用性融为一体。本书作为一种探索，可作为企业安全管理的培训教材，也可作为高等院校相关专业教材或教学参考书，对广大安全管理爱好者也有一定的学习参考价值。

本书共分安全管理和安全技术两个分册。

安全管理分册由姜真、袁博、姜培生主编；赵瑞美、董华、翟纯宝任副主编；雷仲敏主审。

安全管理分册共分十四章，其中，第一章、第十二章由姜真编写；第二章由姜培生编写；第三、四章由董华编写；第五章由赵希龙编写；第六、七章由赵瑞美编写；第八章至第十章由袁博编写；第十一章由朱延春编写；第十三章由焦晋芳编写；第十四章由翟纯宝编写。该分册由姜真统稿，雷仲敏审定。

安全技术分册由杨丰科、孟广华主编；樊智敏、吴俊飞、林国文任副主编；张军主审。

安全技术分册共分七部分三十五章，其中，第一章至第四章、第十九章至第二十一章由樊智敏编写；第五章至第九章由吴俊飞编写；第十章至第十六章由李风起、杨丰科编写；第十七、十八章由吴俊飞、付平编写；第二十二章至第二十六章由王志强（青岛理工大学）编写；第二十七章至第三十二章由张峰、林国文编写；第三十三章至第三十五章由王勇、孟广华编写。该分册由杨丰科统稿，张军审定。

本书编写过程中，参考了大量国内外有关教材、专著、案例和其他文献资料，书后列出了主要参考资料目录，在此向原著作者表示衷心的感谢！

由于水平所限，加之时间仓促，书中难免存在不足和疏漏之处，恳请读者批评指正。

编者

2004年5月于青岛

内 容 提 要

本书是一本综合性安全技术教程，内容包括七个部分共三十五章。第一部分是机械安全技术；它包括机械安全、金属冷加工机械安全技术、金属热加工安全技术和重大危险机械安全技术。第二部分是电器安全技术；它包括电气安全基础知识、触电防护技术、静电防护技术、防雷技术和电磁辐射防护技术。第三部分是危险化学品安全技术；它包括危险化学品的安全管理、燃烧和爆炸性化学品的危险特性、易燃易爆危险化学品的安全技术、有毒危险化学品的安全技术、腐蚀性危险化学品的安全技术、放射性危险化学品的安全技术和化工过程安全技术。第四部分是特种设备安全技术；它包括锅炉安全技术、压力容器安全技术、电梯安全技术、起重机械安全技术和客运索道、游艺机、游乐设施安全技术。第五部分是建筑施工安全技术；它包括安全防护技术概述、土方工程、施工机具安全技术、脚手架及其防护、施工安全用电和高处作业。第六部分是防火防爆安全技术；它包括燃烧与爆炸的基础知识、火灾、防火防爆的原理及措施、防火防爆的原理及措施、建筑物防火防爆和灭火。第七部分是危险源辨识与安全评价；它包括事故致因理论及事故预防、危险源辨识和安全评价。

本书可作为注册安全工程师资格考试复习资料，可作为高等院校安全工程等专业的教材，也可作为各行各业安全技术和管理人员的培训教材及学习参考书。

目 录

第一部分 机械安全技术	1
第一章 机械安全	1
第一节 机械安全概述	1
第二节 机械安全通用技术	4
第二章 金属冷加工机械安全技术	9
第一节 金属切削机床及切削安全	9
第二节 车床安全技术	11
第三节 钻床安全技术	12
第四节 磨床安全技术	13
第五节 铣床安全技术	14
第六节 刨床安全技术	15
第三章 金属热加工安全技术	17
第一节 铸造安全技术	17
第二节 锻造安全技术	19
第三节 焊接安全技术	21
第四节 热处理安全技术	22
第四章 重大危险机械安全技术	24
第一节 冲压机械安全技术	24
第二节 木工机械安全技术	29
第二部分 电气安全技术	35
第五章 触电事故与急救	35
第一节 触电事故的种类	35
第二节 触电事故对人体伤害程度的影响因素	37
第三节 触电事故发生的原因及规律	40
第四节 触电急救	42
第六章 触电防护技术	46
第一节 直接接触的防护	46
第二节 间接接触的防护	51
第三节 漏电保护器	54
第七章 静电防护技术	57
第一节 工业静电的产生	57
第二节 静电的特性与危害	61
第三节 静电防护技术	63
第八章 防雷技术	72

第一节	雷电的基本知识	72
第二节	防雷的基本措施	75
第三节	建(构)筑物、化工设备及人体的防雷措施	77
第九章	电磁辐射防护技术	81
第一节	电磁辐射的概念	81
第二节	电磁辐射的防护	84
第三部分	危险化学品安全技术	89
第十章	危险化学品的安全管理	89
第一节	危险化学品的定义和分类	89
第二节	危险化学品安全管理	91
第三节	危险化学品的废弃物的处理	94
第四节	常见危险化学品事故的紧急救护方法	96
第十一章	燃烧和爆炸性化学品的危险特性	97
第一节	易燃易爆危险化学品的理化性质	97
第二节	爆炸性危险化学品	99
第三节	氧化剂及有机过氧化物	102
第四节	压缩气体和液化气体	108
第五节	易燃液体危险品	111
第六节	易燃固体危险品	116
第七节	自燃危险化学品	120
第八节	遇湿易燃危险品	123
第十二章	易燃易爆危险化学品的安全技术	126
第一节	燃烧性危险化学品的贮运安全	126
第二节	爆炸性危险化学品的贮存和销毁	128
第三节	烟花爆竹的贮存与燃放	129
第四节	灭火及灭火剂的选用	132
第五节	常见化学危险品禁用灭火剂分析	135
第十三章	有毒危险化学品的安全技术	141
第一节	有毒危险化学品的性质和类型	141
第二节	毒性物质侵入人体的途径及危害	149
第三节	职业中毒的防护措施	151
第十四章	腐蚀性危险化学品的安全技术	154
第一节	腐蚀性危险品的性质与危害	154
第二节	常见的腐蚀性物品	155
第十五章	放射性危险化学品的安全技术	158
第一节	辐射的种类与危害	158
第二节	几种常见的放射性物品	159
第三节	放射性废弃物的处理	160
第十六章	化工过程安全技术	162
第一节	化学工业对安全的要求	162

第二节	典型化工过程安全技术	162
第三节	典型单元操作安全技术	170
第四部分	特种设备安全技术	175
第十七章	锅炉安全技术	175
第一节	锅炉的基本知识	175
第二节	锅炉安全附件	177
第三节	常见的锅炉事故	181
第四节	锅炉事故的处理	183
第五节	预防锅炉事故的措施	184
第六节	锅炉的停炉保养	184
第七节	锅炉的水质要求	185
第八节	锅炉的安全管理	187
第十八章	压力容器安全技术	189
第一节	压力容器基本知识	189
第二节	容器的基本结构	193
第三节	压力容器设计、制造、检验、安装和使用的规定	205
第四节	容器的定期检验	210
第五节	容器常见缺陷及处理	218
第六节	容器破坏事故的处理	228
第七节	容器的安全使用与管理	235
第八节	气瓶安全技术	237
第十九章	电梯安全技术	251
第一节	电梯的分类和工作原理	251
第二节	电梯安全技术	253
第三节	电梯安全管理	254
第二十章	起重机械安全技术	256
第一节	起重机械基本知识	256
第二节	起重机主要零部件安全技术	258
第三节	起重机安全防护装置	264
第四节	起重机安全技术	267
第五节	起重事故的类型	268
第六节	起重机安全操作要求	269
第二十一章	客运索道、游艺机、游乐设施安全技术	271
第一节	客运架空索道安全技术	271
第二节	游艺机、游乐设施安全技术	274
第三节	客运索道、游艺机、游乐设施安全技术	275
第五部分	建筑施工安全技术	277
第二十二章	建筑施工安全技术概述	277
第一节	建筑施工特点	277

第二节	建筑施工安全防护技术	278
第三节	安全生产纪律与基本的安全要求	280
第二十三章	土方工程、施工机具安全技术	285
第一节	土方工程	285
第二节	施工机具安全技术	287
第二十四章	脚手架及其防护	295
第一节	概述	295
第二节	落地式多立杆脚手架	298
第三节	附着式升降脚手架	302
第四节	挑、挂、吊脚手架	305
第二十五章	安全用电	309
第一节	施工现场电气事故的分析	309
第二节	施工现场的临时用电安全管理	311
第三节	外电防护及接地、接零、防雷的一般要求	312
第四节	配电系统	315
第五节	现场照明	318
第六节	电动建筑机械和手持电动工具	319
第二十六章	高处作业	321
第一节	高处作业的概述	321
第二节	高处作业的安全技术要求	322
第六部分	防火防爆安全技术	332
第二十七章	燃烧与爆炸的基础知识	334
第一节	燃烧	334
第二节	爆炸	337
第二十八章	火灾	340
第一节	火灾基本概念	340
第二节	火灾中的热量传播	340
第三节	典型火灾发生、发展及蔓延的特点	341
第四节	火灾的产物	342
第五节	火灾统计管理	343
第六节	火灾隐患的整改	344
第二十九章	防火、防爆的原理及措施	345
第一节	防火、防爆的原理	345
第二节	防火、防爆的措施	345
第三十章	电气防火防爆	349
第一节	电气火灾发生的主要原因	349
第二节	电气火灾的特点	351
第三节	电气防火、防爆基本措施	351
第四节	电气线路的防火、防爆	351
第五节	电动机的防火、防爆	352

第六节	变压器的防火、防爆	352
第七节	油断路器（油开关）的防火、防爆	353
第八节	爆炸和火灾危险场所的电气设备	353
第九节	几种常见电器的防火、防爆	356
第三十一章	建筑物防火防爆	358
第一节	建筑物的分类	358
第二节	建筑物的耐火等级	358
第三节	城市建筑物总体防火	362
第四节	建筑物内的防火分区、防烟分区及防火分隔物	365
第五节	安全疏散、消防给水及火灾报警装置	366
第六节	建筑物的防爆措施	366
第七节	建筑工程消防监督审核管理	367
第三十二章	灭火	369
第一节	灭火的基本原理与基本方法	369
第二节	灭火剂	369
第三节	灭火器	372
第四节	灭火设施	376
第五节	扑救初起火灾的简易方法	376
第六节	火警应变	377
第七节	逃生	379
第七部分	危险源辨识与安全评价	383
第三十三章	事故致因理论及事故预防	383
第一节	事故的定义、分类及特征	383
第二节	影响事故发生的主要因素	383
第三节	事故致因理论	385
第四节	事故预防	387
第三十四章	危险源辨识	389
第一节	基本概念	389
第二节	危险源的分类	389
第三节	危险源辨识的内容和范围	392
第四节	危险源辨识的方法	393
第五节	作业环境常见危险源	395
第六节	重大危险源辨识	398
第七节	危险源的管理与控制	401
第三十五章	安全评价	407
第一节	安全评价概述	407
第二节	安全评价方法概述	409
第三节	安全检查表	410
第四节	事故树分析	411
第五节	事件树分析	417

第六节	风险评价指数矩阵法.....	419
第七节	一般作业的危险评价.....	420
第八节	日本劳动省化工企业六阶段安全评价法.....	421
第九节	美国道化学公司火灾爆炸危险指数评价法.....	426
第十节	蒙德火灾、爆炸毒性指标评价法.....	433
参考文献	438

第一部分 机械安全技术

第一章 机械安全

机器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、快捷、方便的同时，也带来了不安全因素。频频发生的机械伤害事故，给人们的生命和财产安全都带来巨大损失，由此机械安全问题引起了全社会的广泛重视。

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以及由机器和人的和谐关系来保证的。

第一节 机械安全概述

一、机器的组成

机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料或信息。机械是机器和机构的总称。

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。因此，一部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）。现代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）。

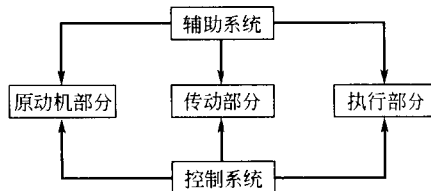


图 1-1 机器的组成

1. 原动机

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，复杂的机器也可能有几个动力源。一般地说，它们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热力机为主。

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千变万化的，所要克服的阻力也随工作情况而异。但是原动机的运动形式、运动及动力参数却是有限的，而且是确定的。如何把原动机的运

动形式、运动及动力参数转变为执行部分所需的运动形式、运动及动力参数呢？这个任务就是靠传动部分来完成。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、排档杆、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。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。

二、机械产生的危害

机械产生的危害是指在使用机械设备过程中，可能对人的身心健康造成损伤或危害的根源或因素。它可分为两类：一类是机械性危害，另一类为非机械性危害。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；后者包括电器危害（如电击伤）、灼烫和冷冻危害、噪声危害、振动危害、电离和非电离辐射危害、材料和物质产生的危害、未履行安全人机工程学原则而产生的危害等。

（一）机械产生的危害类型

机械性危害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、联轴器螺丝等。
- （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) 飞出的铁屑或工件。

(二) 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、维护、报废等机器整个生命周期的各个环节。机械事故的发生往往是多种因素综合作用的结果，按照安全系统的认识分析观点，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。物的不安全状态是引发事故的直接原因之一。在机械生命周期中各环节的安全隐患，都可能引发使用中的危险事故发生。如设计不合理、计算错误、安全系数取值偏小、对使用条件估计不足等；制造环节加工质量差、偷工减料、以次充好等；安装运输过程中野蛮作业，使机器的组成元件受到损伤而埋下隐患等。在使用过程中，缺乏必要的安全防护、润滑保养不良、零部件超过其使用寿命而未及时更换、不符合卫生标准的不良作业环境等，都可以造成机械伤害事故。

2. 人的不安全行为

人的不安全行为是引发事故的另一个直接原因。人的行为受到生理、心理等多种因素的影响。缺乏安全意识和安全操作技能差，即安全素质不高是引发事故的主要原因。例如不了解机器性能及存在的危险、不按安全操作规程操作、缺乏自我保护意识和处理意外情况的能力等。指挥失误、操作失误、监护失误等是人的不安全行为的常见表现形式。在日常生活中，人的不安全行为大量表现在不安全的工作习惯上，例如工具随手乱放、清理机器或测量工件不停机等。

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特种设备的安全监察等全方位的管理。

三、机械在各种状态下的安全问题

机械在运输、安装、调试、运行、维修、报废的全过程中，都可能对人员造成伤亡或对健康造成危害，这种危害在机械使用的任何阶段和各种状态下都有可能发生。

1. 正常工作状态

机械在完成预定功能的正常状态下，存在执行预定功能所必须具备的运动要素，有可能产生危害后果。例如，零部件间的相对运动、锋利刀具的运转、机械运转的噪音、振动等，使机械在正常状态下存在碰撞、切割、环境恶化等对工作人员安全不利的危险和有害因素。

2. 非正常工作状态

非正常工作状态是指机械运转过程中，由于各种原因引起的意外状态，包括故障状态和检修保养状态。设备的故障，不仅可以造成局部或整机的停转，还可能对人员构成危险，如电器开关故障，会造成机器不能停机或控制不灵的危险；砂轮片破损，会导致飞出物打击危险；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。机械的检修保养一般都是在停机状态下进行的，但作业的特殊性往往迫使检修人员采取一些非常规的做法，例如，攀高、进入

狭小或几乎封闭的空间、将安全装置短路、进入正常操作不允许进入的危险区等，使维护或修理过程容易出现正常操作不存在的危险。

3. 非工作状态

当机械处于停止运转状态或静止状态时，正常情况下，机械是安全的，但不排除发生意外事故的情况。如由于周围照度不够，导致人员发生碰撞事故；室外机械在风力作用下的滑移或倾翻等。

第二节 机械安全通用技术

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试、维护等措施。

(一) 选用合适的设计结构，避免或减小危险

1. 采用本质安全技术与动力源

本质安全技术也称机器的固有安全技术，是指利用该技术进行机械预定功能的设计和制造时，就可以同时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，限制运动件的质量和速度，来减小运动件的动能；将操纵力限制到最低值，使操纵件不会因破坏而产生机械危险；控制振动、噪音、过热或过低温度等，使其低于安全标准中规定的允许指标等，减轻振动、声音等非机械性危险和有害因素。

(4) 使用本质安全工艺过程和动力源。对预定在有爆炸隐患场所使用的机械设备，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，限制最大压力不超过允许值，并在机械设备的液压装置中使用阻燃和无毒液体，或采用“本质安全”动力源。

2. 限制零件应力

机械零件选用的材料性能、设计规范、计算方法等，都应该符合机械设计与制造专业的专

业标准或规范的要求，使零件的计算应力不超过许用值，保证安全系数，以防止由于零件应力过大而破坏或失效，避免故障和事故的发生。

3. 履行安全人机工程学原则

在现代工业生产中，所有机器和设备都要由人操纵和控制，或者由人监督和维护，人是生产的核心和主导，人—机器—环境—安全形成一个不可分割的系统。因此，要根据人—机器—环境—安全系统要求进行产品设计。

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，提高机械设备可操作性和可靠性，使操作者的体力消耗和心理压力降到最低，从而减小操作差错。例如设备所设计、选用和配置的操纵器应与人体操作部位的特性（特别是功能特性、操纵容易程度）以及控制任务相适应。

4. 设备使用材料具有良好的安全卫生性能

制造机械的材料、燃料和加工材料在使用期间不得危及工作人员的安全和健康。材料的力学性能，如拉伸强度、剪切强度、冲击韧性、屈服极限等，应能满足执行预定功能的载荷作用要求；材料应具有均匀性，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过大的残余应力；材料应能适应预定的环境条件，如具有抗蚀性、耐老化、耐磨损等能力。

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、蒸气或其他物质造成的火灾或爆炸危险。若必须使用，则应采取可靠的安全卫生技术措施以保障人员的安全和健康。

5. 设计控制系统的安全原则

机械在使用过程中，典型的危险情况有：意外启动、速度变化失控、运动不能停滞、运动的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采取措施。设备的操纵器、信号和显示器应满足安全要求原则。对于可能出现误动作或误操作的操作器，应采取必要的保护措施，并遵循以下原则和方法。

(1) 可编程软件的安全保护。在关键的安全控制系统中，如果采用可编程控制，则应注意采取可靠措施，以防止因为贮存程序被有意或无意改变而使机器产生危险的误动作。建议采用故障检验系统来检查由于程序改变而引起的差错。

(2) 重新启动原则。动力中断后重新接通时，如果机械设备自动启动将会产生危险，应采取措施，使动力重新接通时机械不会自行启动，只有再次操作启动装置后机械才能运转。这样可以防止在失电后又通电，或在停机后人员没有充分准备的情况下，由于机器的自发启动产生的危险。

(3) 关键件的冗余原则。控制系统的关键零部件，可以通过备份的方法减小机械故障率，即当一个零部件失效时，用备用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。对于设备关键部位的操纵器，一般应设电器和机械连锁装置。

(4) 定向失效模式：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用相应的预防措施。

6. 防止气动和液压系统的危险

采用热能、液压、气动等装置的机械，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潜在危险。