



工程实践系列丛书

普通高等院校应用型人才培养“十三五”规划教材

机械制造 工程训练

主 编 © 陈勇志 陈海彬 何楚亮
主 审 © 孙振忠

工程实践系列丛书

普通高等院校应用型人才培养“十三五”规划教材

机械制造工程训练

主 编 陈勇志 陈海彬 何楚亮

主 审 孙振忠

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

机械制造工程训练 / 陈勇志, 陈海彬, 何楚亮主编
— 成都: 西南交通大学出版社, 2019.9
(工程实践系列丛书)
普通高等院校应用型人才培养“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5643-7137-1

I. ①机… II. ①陈… ②陈… ③何… III. ①机械制
造工艺 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 195993 号

工程实践系列丛书

普通高等院校应用型人才培养“十三五”规划教材

Jixie Zhizao Gongcheng Xunlian

机械制造工程训练

主 编 / 陈勇志 陈海彬 何楚亮

责任编辑 / 罗在伟

封面设计 / 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)

发行部电话: 028-87600564

网址: <http://www.xnjdcbs.com>

印刷: 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 18.5 字数 460 千

版次 2019 年 9 月第 1 版

印次 2019 年 9 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-7137-1

定价 49.80 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

工程训练是高等院校学生在学校进行的工程氛围浓厚, 教学时间集中的实践教学环节。随着高等院校工程训练教学改革不断深入, 越来越多的现代加工技术如激光加工、3D 打印及机器人技术等被充实到工程训练的教学内容中, 为了适应这个改革方向的需要, 我们编写了这本工程训练的指导教材《机械制造工程训练》。

本书共 16 章, 涵盖材料及其成型技术、传统加工技术以及现代加工技术等内容。在现代加工技术的章节中, 简单介绍了工业机器人、教育机器人、3D 打印等相对前沿的工业技术, 以使学生对现代工业技术有一些初步认识。

本教材的编写思路是注重实际效果, 便于操作。因此, 编写时认真总结和借鉴了兄弟院校关于本课程教学改革的经验和成果, 结合编者的教学实践经验和工程训练课程的实际内容, 来完成机械制造技术及工艺的介绍。每章的后面还配有思考题与练习题, 以帮助学生消化、巩固和深化教学内容。某些章节的思考与练习题中要求学生结合实际设计并制造出有一定创意和使用价值的作品, 以便于在教学中开展创新设计与制造活动。因篇幅限制, 本教材以必需和够用为原则, 内容做了必要的精简, 文字力求简洁, 同时注意知识的系统性和科学性。

本教材适合于应用型本科院校的工程训练教学使用, 其他相关专业可根据其专业特点和后续课程需要, 有针对性地选择其中的内容组织教学。

本教材由东莞理工学院机械工程学院陈勇志、陈海彬、何楚亮老师主编, 孙振忠教授主审, 李荣泳、何伟锋、叶静、杨宇辉、吴鹏、廖忠森和陈立甲等老师参加了编写, 肖力、蔡盛腾、金鑫等老师搜集整理相关编写参考资料。教材第 1 章、第 16 章由陈勇志编写, 第 2 章、第 12 章由叶静编写, 第 3 章、第 7 章、第 8 章由何楚亮编写, 第 4 章、第 11 章由何伟锋编写, 第 5 章、第 9 章由陈海彬编写, 第 6 章、第 10 章由李荣泳编写, 第 13 章由陈立甲编写, 第 14 章由廖忠森编写, 第 15 章由杨宇辉和吴鹏编写。

此外, 东莞理工学院机械工程学院钟守炎教授、黄辉宇博士和郭建文博士对本书提出了许多宝贵的意见, 在此谨表衷心的感谢。

鉴于编者水平有限, 时间仓促, 书中难免存在不妥与疏漏之处, 希望广大读者提出修改意见和建议, 以便再版修订时补充完善。

编 者

2019 年 5 月

目 录

第 1 章 机械制造工程实训概述	1
1.1 概 述	1
1.2 基本要求与注意事项	1
1.3 机械制造工程训练考勤制度	2
1.4 安全网上考核	2
1.5 机械制造工程训练学生手册	2
思考与练习	3
第 2 章 工业安全认识	4
2.1 机械安全技术基本知识	4
2.2 从业人员须知	5
2.3 机械设备安全概述	6
2.4 人为伤害概述	8
2.5 机械加工安全注意事项	9
2.6 清洁检查及日常维护	10
2.7 建立安全类突发事件应急处理预案	11
2.8 总 结	11
思考与练习	11
第 3 章 金属材料及其热处理、铸造与锻造	12
3.1 金属材料及其热处理	12
3.2 金属的热处理	14
3.3 铸 造	14
3.4 锻 压	17
3.5 冲模及冲压工序	21
思考与练习	23
第 4 章 塑料成型与注塑模具拆装	24
4.1 注塑成型的基本原理	24
4.2 注塑机的分类与组成	25
4.3 注塑成型的操作工艺流程	29
4.4 注塑成型机的操作	30
4.5 注塑模具的拆装	32
思考与练习	35

第 5 章 车削加工	36
5.1 概 述	36
5.2 常用量具及其使用方法	45
5.3 卧式车床	51
5.4 车外圆、端面和台阶	55
5.5 切槽、切断、车成型面	58
5.6 车圆锥面	60
5.7 孔加工	61
5.8 车螺纹	62
5.9 零件加工质量及检验方法	65
思考与练习	69
第 6 章 铣削与磨削	70
6.1 铣 削	70
6.2 立式铣床	71
6.3 卧式万能铣床	71
6.4 铣 刀	72
6.5 铣削用量	73
6.6 铣削典型表面	75
6.7 磨 削	77
6.8 砂 轮	79
6.9 平面磨床	80
6.10 万能外圆磨床	81
思考与练习	81
第 7 章 钳 工	82
7.1 概 述	82
7.2 锯 切	82
7.3 锉 削	84
7.4 孔加工	87
7.5 攻螺纹与套螺纹	92
7.6 划 线	94
7.7 装 配	97
思考与练习	99
第 8 章 焊 接	100
8.1 焊接原理与作用	100
8.2 焊接分类	100
8.3 焊接的应用	101

8.4 电弧焊	102
8.5 气 焊	108
思考与练习	114
第 9 章 数控车削加工	115
9.1 概 述	115
9.2 数控装置	116
9.3 操作系统	124
9.4 数控车床注意事项	130
思考与练习	131
第 10 章 数控铣削加工	132
10.1 数控铣床概述	132
10.2 数控铣床基本编程方法	134
10.3 自动编程	143
思考与练习	152
第 11 章 数控电火花加工	153
11.1 电火花线切割加工	153
11.2 电火花成型加工	167
11.3 电火花穿孔机加工	176
思考与练习	179
第 12 章 激光加工	180
12.1 激光及其加工系统	180
12.2 激光加工应用	181
12.3 激光加工操作步骤及实例解析	182
思考与练习	193
第 13 章 3D 打印技术	194
13.1 3D 打印的基本知识	194
13.2 光固化快速成型技术	198
13.3 叠层实体快速成型技术	202
13.4 选择性激光烧结快速成型技术	204
13.5 熔融沉积快速成型技术	208
思考与练习	214
第 14 章 工业机器人装配与实训	215
14.1 机器人概述	215
14.2 工业机器人主要零部件装配	218
14.3 工业机器人装配实训	230
思考与练习	238

第 15 章 教育机器人认识与实训	239
15.1 Arduino 初识	239
15.2 Arduino 的电气特性	240
15.3 传感器技术及测量	246
15.4 创新与实践	248
15.5 综合实例——智能小车	252
思考与练习	267
第 16 章 难熔金属合金机器制造技术	268
16.1 难熔金属合金及其制造方法	268
16.2 粉末冶金	270
16.3 硬质合金	279
思考与练习	286
参考文献	287

第1章 机械制造工程训练概述

1.1 概述

工程训练是一门实践性较强的技术基础课,是熟悉制造生产过程、培养实践动手能力的实践性教学环节。通过工程训练,学生可熟悉机械制造的一般过程,掌握金属加工的主要工艺方法和工艺过程,熟悉各种设备和工具的安全操作使用方法等,培养学生热爱劳动、遵守纪律的好习惯和理论联系实际的严谨作风。

工程训练课程的教学目标是通过课程的学习,使学生了解机械制造的一般过程,熟悉机械零件的常用加工方法及其所用主要设备的工作原理及典型结构、工量夹具的使用以及安全操作技术;使学生了解机械制造工艺知识和一些新工艺、新技术在机械制造中的应用;对简单零件初步具有选择加工方法和进行工艺分析的能力;在主要的工种上具有独立完成简单零件加工制造的实践能力。此外,在劳动观点、质量和经济观念、理论联系实际作风等工程技术人员应具有的基本素质方面,可受到培养和锻炼。

机械制造工程训练包括工业安全认识、金属材料及其热处理、铸造与锻压、塑料成型与注塑模具拆装、车削加工、铣削与磨削、钳工、焊接、数控车、数控铣、数控电火花加工、激光加工、3D打印技术、工业机器人装配与实训、教育机器人认识与实训、难熔金属合金及其制造技术等方面的实训,学生在进行这些工种的实训时,通过视频学习、教师演示以及实际操作与练习,可以获得各种加工方法的感性认识,初步学会使用有关设备、刀具、量具和夹具等,以及相关制造的基本工艺知识,并提高实践动手能力。

1.2 基本要求与注意事项

工程训练与一般的理论性课程不一样,主要的学习不是在教室中进行,而是在工程训练中心的车间。一般的训练中心都有一套完整的管理制度,主要包括安全管理制度、设备管理制度和设备操作规程等,制订这些管理制度主要是为了防止发生人身安全和设备安全事故。

学生在工程训练中的基本要求和注意事项主要有以下几点:

(1) 学生进行工程训练之前,必须接受有关的纪律教育和安全教育,并以适当的方式进行必要的考核。

(2) 严格遵守安全制度、文明生产制度和设备及工艺操作规程。实习时必须按工种要求穿戴防护用品,不准穿拖鞋、短裤、背心、裙子等参加实习,女同学须带工作帽。

(3) 操作时必须精神集中,不准与别人闲谈。学生除在指定的设备上实习外,其他一切设备、工具未经同意不准擅自动用。

(4) 严格遵守劳动纪律,不得擅自离开岗位。

(5) 严格遵守文明生产制度。操作时所用的工具、量具等物品要摆放合理、美观,下课时应收拾清理好工具、设备,打扫工作场地,保持工作环境的整洁卫生,不得在车间嬉戏、吸烟、玩手机、阅读无关的书刊和收听广播等。

(6) 严格遵守考勤制度,不得旷工、迟到或早退。

(7) 爱护实训车间的工具、设备、劳保用品和一切公共财物,节约使用必需的消耗品(如钢材、铝材、塑料、亚克力、砂布、洗衣粉等)。

(8) 现场教学和参观时,必须服从组织安排,注意听讲,不得随意走动。

(9) 注意安全,不准在运行吊车的路线上行走和停留。

(10) 实训中如发生事故,应立即切断危险源,立即报告实训指导人员,待查明原因、处理完毕后,才能再继续实训。

1.3 机械制造工程训练考勤制度

(1) 学生在实训期间,应遵守实训中心上、下课的制度,不能迟到、早退或旷课,不能脱岗。

(2) 请病假者原则上要有医生开具的证明,经辅导员老师批准后,告知实训指导人员方为有效。

(3) 实训期间学生一般不得请事假。因特殊情况必须请事假者,需经院系有关部门批准后,持相关证明向实训中心办公室办理请假手续。

(4) 学生由实训指导老师负责考勤。

1.4 安全网上考核

学生在参加实训的第一天,需要通过安全考试,考试为网上考核,成绩合格方可进入下一阶段实训。

1.5 机械制造工程训练学生手册

工程训练结束后,学生需递交一份《工程训练学生手册》,在实习结束后的一周内由各班班长或学习委员收齐交到实习中心办公室。

《工程训练学生手册》封面统一，封面上写上姓名、班级、学号、实习时间，内容应层次分明、文笔通畅，篇幅合理。

《工程训练学生手册》内容包括以下几个方面：

- (1) 思考自己实训过的内容，描述自己在操作技能、机械基础知识等方面的体会与收获。
- (2) 根据实训时的实例，描述自己对有关知识和技能的应用能力和掌握程度。
- (3) 评价自己实训过程中各方面的收获与不足。
- (4) 对实训指导人员做出客观评价，对实习内容和安排提出中肯的意见和建议。

思考与练习

1. 工程训练课程的教学目标是什么？
2. 学生在工程训练中的基本要求和注意事项是什么？
3. 工程训练的考勤有哪些要求？
4. 《工程训练学习手册》包括哪几方面的内容？

第2章 工业安全认识

2.1 机械安全技术基本知识

随着现代工业的高速发展,生产技术不断提高,新产品、新工艺、新材料、新设备的出现和应用,给生产经营和使用单位带来十分有利的因素。高校实训中心作为设备使用单位对设备的安全工作、预防事故,保障人身和财产安全有深入的了解。机械设备是现代生产中各行各业不可缺少的设备,不仅工业生产要用到各种机械,其他行业也不同程度的用到各种机械,它是各行各业解放劳动力、提高生产率的有力工具,也是现代工业的基础。在生产的人机环境系统中,机械与人相比,具有人所不可替代的优点。国家对工业安全十分重视,制定了有关法律。严重违反工业安全规定的行为是违法行为,企业发生了严重的安全事故要追究领导人的责任。大学生将来有可能成为企业的骨干或负责人,对此绝不能掉以轻心。学生参加工业安全培训应达到两个要求,一是确保人身安全、设备安全;二是获得工业安全基本知识,为将来的发展做准备,学习各项安全条例、各种设备安全防护与操作、安全事故发生后的应急措施,以及黑客入侵的防范技术等等。从这一系列的问题可以看出工业安全培训的重要性。工业安全涉及面广泛且繁杂,了解这一系列的危害与防护从而采取适当的安全对策是每个大学生应该具备的技能。

2.1.1 工业事故基本特征

事故是指在生产和行进过程中,突然发生的与人们愿望和意志相反的情况,使生产进程停止或受到干扰的事件。工业事故是指在工业生产过程中发生的事故,它的发生是意外的、突然的且后果是有危害的(导致人的伤害或财产损失),即事故具有意外性、突发性和破坏性的特点。事故和其他事物一样具有自己的特性,只有了解事故的特性才能预防事故、减少事故的损失。事故具有五个重要特征,即因果性、偶然性、必然性、潜伏性和复杂性。事故的发生是有原因的,事故和导致事故发生的各种原因之间存在有一定的因果关系,因此,分析、研究各危险因素的特征、形成过程、影响事故的发生和结果的规律与途径对预防和控制事故的发生与发展具有重要意义。事故也是一种随机现象,发生和后果往往具有一定的偶然性和随机性。同时事故又会表现出其必然性。从概率角度讲,危险因素的不断重复出现,必然会导致事故的发生。

2.1.2 从业人员的三级安全教育

1. 入厂教育

新入厂的职工（干部和工人）或调动工作的工人以及新到厂的临时工、合同工、培训和实训人员等在分配到车间和工作地点以前，要由厂劳资部门组织，安全部门进行初步安全教育。其内容包括国家有关安全生产方针政策和法规，本厂安全生产的一般状况，企业内部特殊危险部位的介绍，一般的机械电气安全知识，入厂安全须知和预防事故的基本知识。经考试合格后，再分配到车间。

2. 车间教育

车间教育是指在新职工或调动工作的工人在分配到车间后进行的安全教育。由车间主管安全的主任负责，车间安全员进行教育。教育内容有本车间的生产概况，安全生产情况，本车间的劳动纪律和生产规则，安全注意事项，车间的危险部位，危险机电设施、尘毒作业情况，以及必须遵守的安全生产规章制度。

3. 岗位教育

岗位教育是指由工段、班组长对新到岗位工作的工人进行的上岗前安全教育。教育内容有工段、班组安全生产概况，工作性质和职责范围，应知应会，岗位工种的工作性质、机电设备的安全操作方法，各种安全防护设施的性能和作用，工作地点的环境卫生及尘源、毒源、危险机件，危险物的控制方法，个人防护用具的使用方法，以及发生事故时的紧急救灾措施和安全撤退路线。

三级安全教育时间不得少于 40 学时。工人经考试合格后，方可独立进行操作。

2.2 从业人员须知

虚心学习，掌握技能。不懂的地方一定要问清楚。要努力掌握所学的知识。要逐步进行实践，生产技能要反复进行练习。整理整顿工作地点，有一个整洁有序的作业环境。经常维护保养设备，按照标准进行操作。“五必须”：必须遵守厂纪厂规，必须经安全生产培训考核合格后持证上岗作业，必须了解本岗位的危险危害因素，必须正确佩戴和使用劳动防护用品，必须严格遵守危险性作业的安全要求。“五严禁”：严禁在禁火区域吸烟、动火，严禁在上岗前和工作时间饮酒，严禁擅自移动或拆除安全装置和安全标志，严禁擅自触摸与己无关的设备、设施，严禁在工作时间串岗、离岗、脱岗或嬉戏打闹。同时，还要做到“三不伤害”：不伤害自己，不伤害他人，不被他人伤害。两人以上共同作业时注意协作和相互联系，立体交叉作业时要注意安全。

注意遵守安全警示标志提出的要求，安全警示标志牌是由安全色、几何图形和图像符号构成的，用以表示禁止、警告、指令和提示等安全信息。根据国家规定，安全色为红、黄、蓝、绿四种颜色，分禁止标志、警告标志、指令标志和提示标志四大类型，如图 2-1 所示。



● 禁止吸烟



● 注意安全



● 必须戴防护眼镜



● 紧急出口



● 禁止堆放



● 当心中毒



● 必须戴防护手套



● 避险处

(a) 禁止标志

(b) 警告标志

(c) 指令标志

(d) 指示标志

图 2-1 安全警示标志

2.3 机械设备安全概述

2.3.1 机械伤害

机械伤害是指机械做出强大的功能作用于人体的伤害。机械伤害主要包括：压伤、碾伤、夹伤、烫伤、割伤、搅伤等。机械伤害的基本类型主要分为：引入或卷入碾轧的危险，挤压、剪切和冲击的危险，卷绕和绞缠的危害，飞出物打击的危险，物体坠落打击的危险，跌倒、坠落的危险，碰撞和刮蹭的危险，高温、明火等灼、烫伤等，如图 2-2 所示。

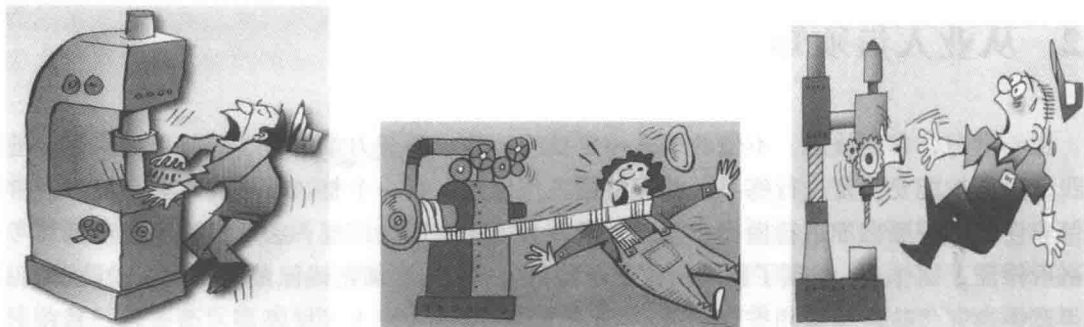


图 2-2 机械伤害

2.3.2 机械伤害造成的原因

1. 人的不安全行为

人的不安全行为是指违反安全操作规则（程）或安全原则，使事故有可能或有机会发生的行为。

- (1) 操作错误、忽视安全、忽视警告；
- (2) 造成安全防护装置失效；
- (3) 使用不安全设备；
- (4) 手代替工具操作；
- (5) 物体存放不当；
- (6) 冒险进入危险场所；
- (7) 忽视使用个人劳动防护用品等。

2. 设备的不安全状态

设备的不安全状态是直接形成或可能导致事故发生的物质条件。不安全状态还包括物、作业环境的潜在危险。

- (1) 缺乏安全防护，保险、联锁、信号等装置或装置有缺陷。
- (2) 设备、设施、工具、附件（设计）有缺陷。

加工原材料的不安全状态：如木工机械的伤害事故大多数是由于木料材质出现变化，刀头吃力不均而引起。

作业环境的不安全状态。高噪声、照度不符合要求、场地狭窄、物件摆放零乱、超高等都容易造成事故。

管理缺陷：缺乏安全管理规章制度和安全教育、无章可循或有章不循。

为此，设备的安全防护装置必须达到国家相关要求。安全防护装置应具有足够的可靠性，在规定的寿命期限内有足够的强度、刚度、稳定性、耐腐蚀性、抗疲劳性，以确保安全。安全防护装置应与设备运转联锁，保证安全防护装置未起作用之前，设备不能运转；安全防护罩、屏、栏的材料及其运转部件的距离，应符合《机械安全防护装置 固定式和活动式防护装置设计与制造一般要求》（GB/T8196—2003）的规定。安全防护装置应结构简单、布局合理，不得有锐利的边缘和凸缘。

2.3.3 机械伤害预防对策措施

机械伤害风险的大小除取决于机器的类型、用途、使用方法和人员的知识、技能、工作态度等因素外，还与人们对危险的了解程度和所采取规避危险的措施有关。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。

预防的主要对策（3E对策）如下：

(1) 工程技术对策：采用先进的、安全可靠、性能高的安全技术、安全设施、安全检测等技术来提高生产过程的本质安全。

(2) 安全教育对策：即采用各种有效的安全教育措施，加强文化建设，全面提高操作人员的安全素质。

(3) 安全管理对策：即采用各种有效的管理措施与方法，协调人、机、环境的关系，提高生产系统整体的安全性与可靠性。

2.3.4 实现机械本质安全

- (1) 消除产生危险的原因。
 - (2) 减少或消除接触机器危险部位的次数。
 - (3) 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受到伤害）。
 - (4) 提供保护装置或者个人防护装备。
- 上述措施是依次序给出的，也可以结合起来综合应用。

2.3.5 保护操作者和有关人员安全

(1) 通过培训，提高操作人员辨识危险的能力。让操作人员理解安全方针、政策，明确安全的重要性及其对生产产生的影响，确保安全作业的信心。让人员了解操作空间的安全布局、要求和状态，熟悉采取的防范措施，明确一旦发生不安全行为时，需要如何应对。让人员了解本班组和本岗位的安全要求，熟悉具体的操作规程和防范技术，确保安全生产从我做起。

(2) 通过对机器的重新设计，或者使用警示标志使危险部位更加醒目，如图 2-3 所示。通过培训，提高操作人员避免伤害的能力。

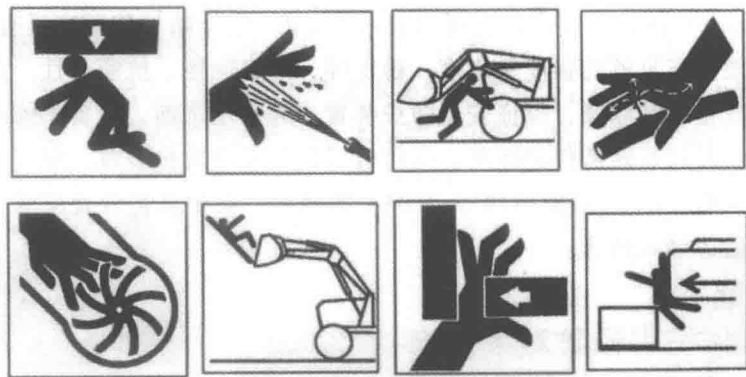


图 2-3 警示标志

2.4 人为伤害概述

2.4.1 人的因素

人们通常因缺乏安全知识，疏忽大意或采取不安全的操作动作等而引起事故。因人的安全素质差（即安全意识差、安全观念差、安全技能差、安全行为规范差）造成的事故灾害占伤亡事故的 80% 及以上。数据显示，发生过工伤事故的企业中，来自农村、乡镇和县城的务工者在工伤事故中分别占工伤者总数的 70.2%、15.4% 和 10%，城市户籍职工受工伤的比例

占 4.3%，而大城市的工伤者只占 1.6%。高校毕业生由于入职不久，对岗位环境不熟悉，存在好奇、紧张、侥幸等一些不安全的心理因素，导致在工作中表现出一些不安全的行为，容易诱发安全事故。

常见的影响安全的人的因素有：违章指挥，违章操作，违反劳动纪律。

2.4.2 物的因素

机械设备工具等有缺陷或环境条件差而引起的事故。

2.4.3 人与物的综合因素

上述两种因素综合引起。

2.5 机械加工安全注意事项

树立“安全第一，预防为主”的理念，不伤害自己，不伤害他人，不被他人（它物）伤害。机械操作“十字”作业：清洁、润滑、调整、紧固、防腐。机械操作员“四懂三会”：懂原理、懂性能、懂构造、懂用途、会操作、会维修保养、会排除故障。旋转机械设备操作员防护注意事项：

- (1) 着装“三紧”：袖口紧、下摆紧、裤脚紧，如图 2-4 所示。
- (2) 不准戴手套、围巾等。
- (3) 女员工要将头发扎起盘紧，避免卷入机械设备。
- (4) 工作卡等容易卷进机械设备物件，在作业前应摘下。

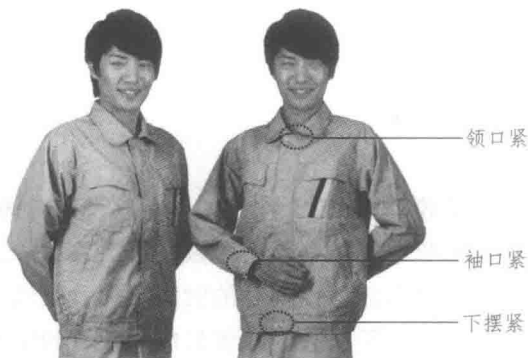


图 2-4 着装“三紧”

2.5.1 危险源识别

作业区域地面要防滑并保持清洁，做到定置管理，严禁嬉戏打闹。人的任何一种不安全