

职业院校机械类专业教学用书

机械基础

北京市职教成教教材建设领导小组办公室 组编

隋明阳 王凤伶 主编



高等教育出版社

职业院校机械类专业教学用书

机 械 基 础

北京市职教成教教材建设领导小组办公室 组编

隋明阳 王凤伶 主编

高等教育出版社

内容简介

本教材是由北京市职教成教教材建设领导小组办公室组织编写,在整体课程内容的组织和编排体例都进行了大胆的改革与尝试。

本书内容编排由浅入深,系统性强,采用项目、任务驱动相结合的教学方法,通过典型任务的具体实施体现教学内容、训练方法。主要内容包括走进机械世界、机械工程常用材料、零部件的受力分析及计算、零件基本变形和强度计算基础、刚性回转件的平衡、极限与配合基础、连接、机械传动、支承零部件、弹簧、常用机构、液压与气压传动和机械的润滑与密封等 13 个项目。

本书还配有学习指导与练习,主要包括知识要点、任务同步练习和拓宽实践,为学习者进行自检或教师布置课后作业提供方便。本书配有教学光盘,主要内容有“基础资料”、“多媒体素材”、“拓展知识”、“电子教案”和“学习指导与练习参考”,帮助学习者顺利、有效地掌握知识、深入学习,为年轻教师提供教学设计指导与参考。

本书可作为职业院校机械类专业基础教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础/隋明阳,王凤伶主编;北京市职教成教教材建设领导小组办公室组编. —北京:高等教育出版社, 2007.6

ISBN 978-7-04-021039-2

I. 机… II. ①隋…②王…③北… III. 机械学-专业学校-教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 075977 号

策划编辑 王瑞丽 责任编辑 杜惠萍 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 马静如 责任校对 殷然 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京京科印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 13.75
字 数 330 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 6 月第 1 版
印 次 2007 年 6 月第 1 次印刷
定 价 22.60 元 (含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21039-00

前 言

本教材是由北京市职教成教教材建设领导小组办公室组织编写,本着以就业为导向、以能力为本位、以学生为主体的职业教育理念,在开展“北京市中等职业学校专业课教材开发、评价的理论与实践研究”课题研究的基础上,为更好配合北京市职业学校开展课程体系整体改革组织开发编写的机械类专业基础教材。本教材主要针对中等职业教育以培养生产第一线高素质劳动者和中、初级专门人才的培养目标,根据学生的知识水平、能力水平和职业岗位的实际需求,在课程内容的组织和编排上均进行了大胆的改革与尝试。

教材编写注重理论与实际相结合。在任务的设置和选择上,力图贴近企业的实际应用及学生的生活,将知识介绍与实例分析融为一体,激发学生的学习兴趣 and 积极性,注重培养学生分析问题和解决问题的能力。教材内容既有必学内容,也有选学内容,开阔学生的思路,提高学生的自主性学习能力。

教学内容由浅入深,由简单到复杂,将学生难以理解的知识分解为多个项目、单元、任务和活动进行分析学习,有利于学生对理论知识的理解和掌握。其中单元是可选编目;编写风格力求图文并茂,以图示、表格等直观形式为主;文字叙述简洁,接近学生实际,通俗易懂。

本教材依据教育部专业教学指导方案、课程教学基本要求及职业资格标准,参照最新国家行业标准和企业生产实际加工工艺路线进行编写。教材案例选择学校典型机械设备及企业标准装备,便于教师进行有针对性的教学和实训。

本教材配有多媒体光盘,主要内容有“基础资料”、“多媒体素材”、“拓展知识”、“电子教案”和“学习指导与练习参考”。“基础资料”为教材中部分实例的立体实物图,供教师教学及学生学习使用;“多媒体素材”为教材中部分知识的视频和动画演示,帮助学生理解教学难点;“拓展知识”为教材内容的进一步拓展和延伸,开拓学习者的专业视野;“电子教案”为教学设计方案,为年轻教师教学提供参考;“学习指导与练习参考”为本教材配套的学习指导与练习的参考答案,为学生进行有针对性的练习提供参考。教材中的“”标志,代表可在光盘的“多媒体素材”中找到相关的动画演示或视频演示;“(A)”标志,代表在光盘中的“基础资料”中可找到相关的实物立体图。

本教材可与《机械基础学习指导与练习》配合使用。为方便教学使用,《机械基础学习指导与练习》主要包括知识要点、任务同步练习和拓宽实践,为学习者进行自检或教师布置课后作业提供方便。“知识要点”为教材中重点概念解释;“任务同步练习”为配合教材中项目、任务学习的同步练习;“拓宽实践”为拓展学生知识面打基础。

本教材由北京市职教成教教材建设领导小组办公室策划和指导。总策划:姜丽萍、苏永昌;主编:隋明阳,王凤伶;副主编:禹治斌;参与编写的主要人员:隋明阳、孙贵鑫、王明清、王娟娟、刘永平、张怀莲、钱卫、陈继荣、蒋鸣雷、梁小丽、汪京晶、金英、隋南、崔建章。全书由王凤伶、禹治斌、隋明阳统稿,吴联兴审稿。光盘的主要制作人员:朱宏、杨迎、

马东波、姚念近、刘炜、张利人、张庆、陈建、王欣。

本教材及光盘在编写和开发过程中,得到了北京机械工业学校、北京电子工业学校、北京市信息管理学校、北京信息职业技术学院领导的悉心指导和大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间紧迫,编者的水平有限,虽然全体编者付出了很大努力,也难免有缺陷和疏误之处,敬请广大教师和业内专家给予指正,以便再版时进一步修改和完善。

建议学时安排 (150 学时)

项目	任务数量 (个)	学时 (45 分钟)	项目	任务数量 (个)	学时 (45 分钟)
项目 1	3	2	项目 8	9	19
项目 2	9	7	项目 9	3	10
项目 3	2	12	项目 10	2	2
项目 4	4	10	项目 11	3	10
项目 5	2	2	项目 12	5	18
项目 6	3	14	项目 13	3	2
项目 7	4	12	学生活动		30

注:以上学时安排仅供参考。

编 者

2007 年 2 月

目 录

项目 1	走进机械世界	1	项目 11	常用机构	143
项目 2	机械工程常用材料	8	单元 1	平面连杆机构	144
单元 1	工程材料的性能	8	单元 2	凸轮机构	153
单元 2	金属材料的处理	11	单元 3	间歇运动机构	157
单元 3	常用工程材料	12	项目 12	液压与气压传动	161
项目 3	零部件的受力分析及计算	28	单元 1	动力元件	161
项目 4	零件基本变形和强度计算基础	41	单元 2	执行元件	166
项目 5	刚性回转件的平衡	51	单元 3	控制元件	170
项目 6	极限与配合基础	55	单元 4	辅助元件	178
单元 1	尺寸公差	55	单元 5	基本回路	178
单元 2	形状与位置公差	64	项目 13	机械的润滑与密封	184
单元 3	表面粗糙度	68	单元 1	机械润滑	184
项目 7	连接	73	单元 2	密封	191
单元 1	键连接	73	附录		195
单元 2	螺纹连接	77	附录一	本课程目标	195
单元 3	销连接	88	附录二	附表	196
单元 4	联轴器与离合器	89	附表 1	形状公差标准示例、读法、 公差带	196
项目 8	机械传动	96	附表 2	位置公差标准示例、读法、 公差带	197
单元 1	带传动	96	附表 3	常用及优先轴公差带的 极限偏差	201
单元 2	链传动	103	附表 4	常用及优先孔公差带的 极限偏差	206
单元 3	减速器	104	参考文献		211
单元 4	齿轮传动	104			
单元 5	齿轮系	117			
项目 9	支承零部件	121			
项目 10	弹簧	138			

项目 1

走进机械世界

人们在日常生活和生产中使用各种各样的机械，如自行车、汽车、飞机、轮船、缝纫机；各种金属加工机床，如图 1-1a 所示的小型车床，图 1-1b 所示的钻床；建筑工程用的挖掘机，如图 1-2 所示；造纸用的纸张压平机，如图 1-3 所示。机械在各个领域正在日新月异飞速发展，各种现代化机械层出不穷，如图 1-4 所示的数控车床；图 1-5a 所示的无人驾驶的压路机，图 1-5b 所示的电子眼，图 1-5c 所示的清洁机器人，图 1-5d 所示的行走机器人等。它们为人们的生活、生产提供了方便，在生产、生活中起着越来越重要的作用。因此，掌握机械制造、使用、维护、修理等方面的理论、方法和技能是十分必要的。本项目将带领你走进机械世界，探索机械的奥秘。

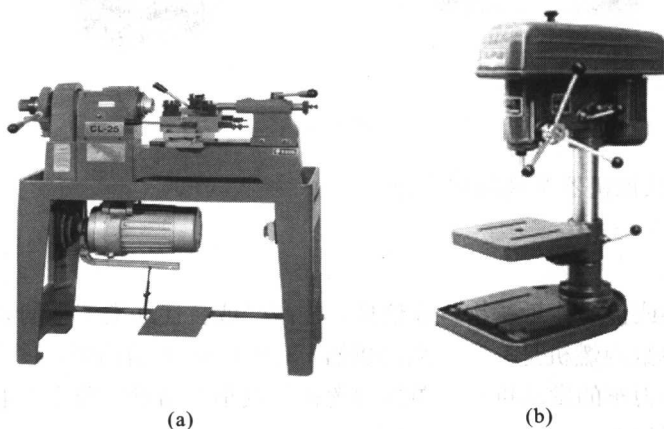


图 1-1



图 1-2

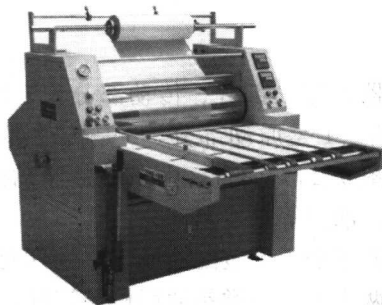


图 1-3

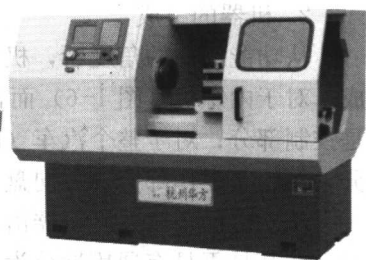


图 1-4

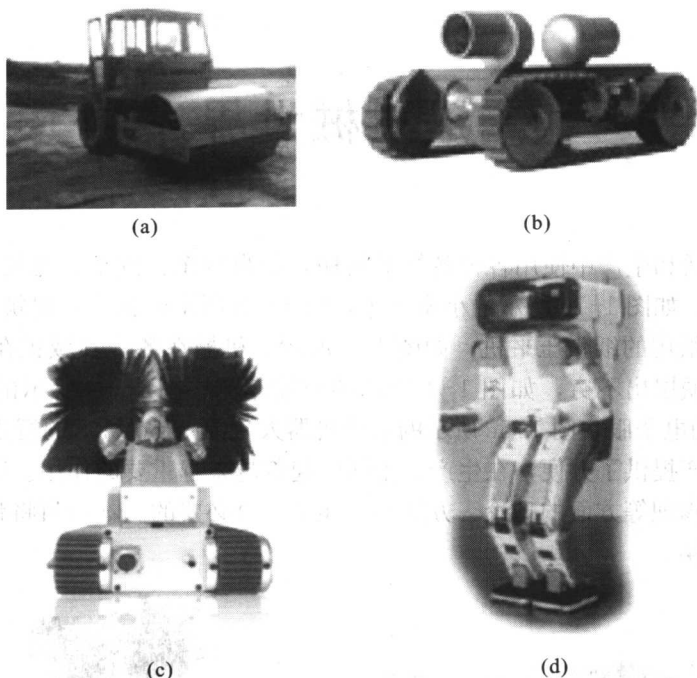


图 1-5

任务 1：初步认识机器及其组成部分。

【知识储备】

1. 机器

机器是用来变换或传递能量、物料或信息，能减轻或替代人类劳动的装置。

图 1-6 所示的单缸内燃机是一个典型的机器。(图 1-6a 为结构图，图 1-6b 为机构简图)。轻便摩托车和燃油助力车的发动机多为单缸内燃机。汽车发动机、柴油发电机则可以看成是多个单缸内燃机的并联组合。

内燃机工作时靠燃油推动活塞 1 向下运动，通过连杆 2 使得曲轴 3 旋转，从而输出转动和转矩给变速箱，再带动车轮转动，实现了能量的转换。齿轮 5 和 6、凸轮 7、气门杆 8 是用来控制进、排气的。

2. 机器的组成

从功能划分的角度看，机器由原动部分、传动部分、工作部分、控制部分和辅助部分组成。对于内燃机(图 1-6)而言，1 是原动部分，2 是传动部分，3 是工作部分，5、6、7、8 是控制部分；对于整个汽车(图 9-11)而言，内燃机是原动部分，变速器和传动轴是传动部分，车轮是工作部分，方向盘、油门等是控制部分。

从制造的角度看，机器由若干个零件装配而成。零件(元件)是机器中不可拆卸的制造单元。按其是否具有通用性分为两大类：一类是通用机械零件，应用广泛，几乎在任何一部机械中都能找到它，例如齿轮、轴、螺母、销钉等；另一类是专用机械零件，仅用于某些机器中，

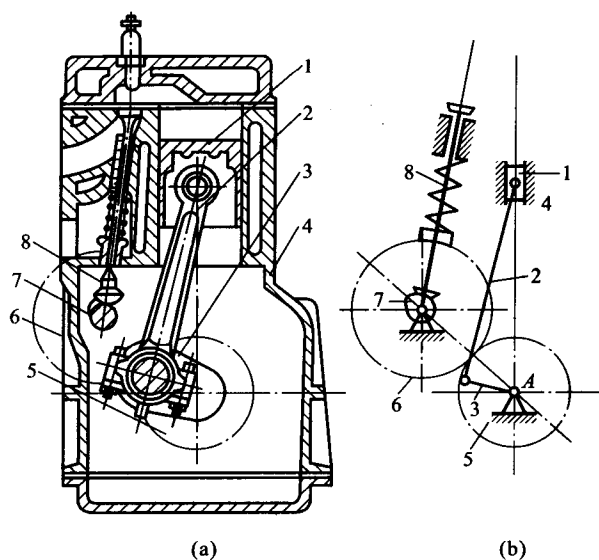


图 1-6 单缸内燃机④

1—活塞；2—连杆；3—曲轴；4—机体；5、6—齿轮；7—凸轮；8—气门杆

可表征该机器的特点，如内燃机的活塞（图 1-6a）、起重机的吊钩等。为了装配方便，可将协同工作的零件分别装配或制造成相对独立的组合体，再装配成整机，这种组合体常称为部件（组件），例如内燃机的连杆（图 1-6a），车床的主轴箱、尾座（图 1-1a），滚动轴承以及自行车的脚蹬子等。按零部件的主要功用可以将它们分为连接件、紧固件、传动件、支承件等。在机器中，它们是通过连接、传动、支承等形式按一定的原理和结构联系在一起的，发挥出机器的整体功能。常用的机械零件将在后面的项目中学习。

从运动的角度看，机器由若干个运动的单元所组成，即由构件所组成。构件（运动单元）可以是一个零件（图 1-6a 中的气门杆 8），也可以是若干个零件组成的刚性组合体（图 1-6a 中的连杆 2，是由连杆体、连杆头和螺栓、螺母等零件组合而成的一个构件）。构件与构件直接接触所形成的可动连接称为运动副。用运动副将若干个构件连接起来以传递运动和力的系统称为机构。常用机构有齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等。用运动的观点看机器，一部机器就是一个机构或若干个机构的组合。

3. 机械

机械是机构与机器的统称。

【完成任务】

以合作学习方式，通过分析具体的机器来说明机器的组成和特征。

提示 以车床（图 1-1a）为例进行分析讨论。

1. 原动部分是电动机，传动部分有三角带传动、齿轮传动等，工作部分是主轴，控制部分有离合器、操纵杆、拨叉等。

2. 电动机轴通过键与小带轮固连在一起成为一个构件。单个的电动机轴、键与小带轮等分别都是零件。

任务 2: 了解机械生产过程及主要加工工艺。

【知识储备】

机械的生产过程主要包括机械设计和机械制造两个阶段。在机械设计阶段,企业的设计部门或个人根据市场信息(含预测)或用户要求,确定设计任务。然后从生产和生活的实际需要出发,运用设计理论、方法,经过构思、计算,将设计者的思想、意图通过绘图的方式表达出来。机械制造阶段是将设计出来的图纸通过采购、加工、组装等生产过程形成机械产品的阶段。这一过程所需的知识还将在后续项目及课程中学习。

加工材料不同,加工工艺方法也有所不同。机械制造中最常用的两大类材料是金属和塑料。

1. 金属加工工艺主要方法

(1) 压力加工 压力加工是一种金属材料在外力作用下产生塑性变形或分离,并无切屑的制成零件或毛坯的加工方法,分为热压力加工和冷压力加工两种类型。锻造和热轧属于热压力加工;冷轧、冷拉拔、冷挤压、冷墩和冲压等属于冷压力加工。压力加工具有可以改善金属材料的内部组织、节省材料、生产效率较高等优点,但也存在着只能加工塑性材料和不适宜加工形状复杂(特别是内腔复杂)的零件或毛坯的局限性。

(2) 热加工 热加工是指那些在加工过程中有加热状态的加工方法,包括铸造、焊接、热处理等。铸造是把液态金属浇注到与零件形状、尺寸相适应的铸型型腔中,待其冷却凝固后获得铸件的加工方法,多用在制造形状复杂(特别是内腔复杂)的零件或毛坯中,适用于批量生产。焊接是采用加热或加压或既加热又加压的手段,使互相分离的两部分材料局部熔融后借助于原子间的结合而连接起来的加工方法。焊接加工具有操作简便、节省材料、成本低,连接件的重量轻、密封性好,单件和批量生产均可的优点,但是会产生热变形。

(3) 冷加工 冷加工又称为切削加工或机械加工,是利用切削工具从工件上切除多余材料的加工方法,包括车削、铣削、刨削、磨削、钻削、镗削、铰削、研磨等。冷加工具有加工精度高,适应面广的特点。冷加工经常与热处理联合使用。

(4) 其他加工方法 表面处理:发蓝、电镀、喷涂、刷镀等;特种加工:电火花加工、线切割加工、电解加工、电子束加工、激光加工等。

2. 塑料加工工艺方法

(1) 塑料成形加工 塑料成形加工是指对塑料加压加热(一般不超过 400°C)使其熔融,通过注射(注塑)、压塑、挤塑、铸塑、吹塑、挤出等成形方法制成工件或型材的加工方法。其中挤出成形主要用来生产型材,吹塑成形主要用来生产中空制品或薄膜。注射成形由于具有生产率高、对塑料品种的适应性好、一次成形就可以制得形状复杂和精度高或带有金属嵌件的制品等优点,得到了广泛的应用。注射成形加工所使用的卧式注射机如图 1-7 所示。

(2) 塑料表面加工 塑料表面加工是指通过喷涂、浸渍、粘结或等离子喷涂等方法将塑料覆盖在金属或非金属基体上的加工,也可以指在塑料表面镀覆金属。

(3) 塑料切削加工 塑料切削加工与金属切削加工相类似,一般用于二次加工。

在整个设计与制造的过程中要注意充分利用计算机的强大功能(如上网查询、学习与咨询、辅助设计与制造、资料的存储与修改、生产管理、信息传递等),从而提高设计与制造的质量和工作效率,取得最好的效益。

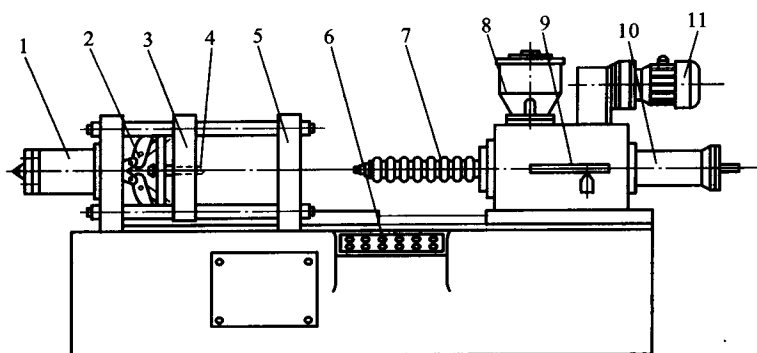


图 1-7 卧式注射机

1—锁模油缸；2—锁模机构；3—移动模板；4—顶杆；5—固定模具；6—控制面板；
7—料筒及其外面的加热器；8—料斗；9—定量供料装置；10—注射油缸；11—电动机

以上程序也不是一成不变的，在工作中，应根据实际情况进行灵活处理。关于机械设计与制造的基本原则、要求以及步骤可分别见所附光盘中的“拓展知识”。

【完成任务】

活动 讨论什么是机械设计与制造，总结所学所见的加工方法。

任务 3：了解机械的使用与维护的基本常识。

通过本任务使学生初步了解机械的合理使用与常见故障的排除；懂得机械的维护保养；了解机械修理常识；了解摩擦和润滑状态的四种类型以及跑合的目的。

【知识储备】

1. 机械的合理使用维护

机械在运动过程中都存在着摩擦及磨损。磨损到一定程度零件就会失去工作能力（即失效）。磨损与摩擦和润滑有关。

1) 摩擦、磨损与润滑的含义

摩擦 摩擦是一种普遍存在的自然现象。两个物体直接接触，在外力作用下产生相对运动或有相对运动趋势，都会产生摩擦。上述的第一种情况称为动摩擦，第二种情况称为静摩擦，两个物体的接触面称为摩擦面。在机械中存在着大量的摩擦，摩擦既可利用（如自行车行驶、螺纹自锁、人走路都要依靠摩擦等），同时也能带来危害（如生热造成能量损失、使组成运动副的两个零件产生磨损等）。据估计，全世界由于各种摩擦而消耗的能量占总能量的 $1/3 \sim 1/2$ 。

磨损 零件摩擦面上的表面材料不断损失的现象称为磨损。磨损不仅是零件失效的一种形式，有时也是引起其他失效的根源。据估计，约有 80% 的零件是因为磨损严重而报废的。

润滑 为了防止和降低磨损，在两摩擦面之间加入能减少摩擦、减轻磨损的物质（润滑剂）。润滑与摩擦多数情况下密不可分。

2) 摩擦（润滑）状态

摩擦按状态不同分为四类：干摩擦、边界摩擦（润滑）、流体摩擦（润滑）、混合摩擦（润滑）。详见所附光盘中的“拓展知识”。

3) 磨损的三个阶段

零件磨损过程的三个阶段是跑合磨损、稳定磨损和剧烈磨损，本书仅介绍跑合磨损。其他磨损详见所附光盘中的“拓展知识”。工作时间 t 与磨损量 q 之间的关系可用磨损曲线来表示（图 1-8）。

跑合磨损又称为走合或磨合，是指所装配或大修后的机器按一定的规范进行试运转，使各运动副的摩擦表面互相适应、贴合良好的一种方法。机器只有经过跑合后才能正常工作并达到预期寿命。因此，一般机械都要跑合。

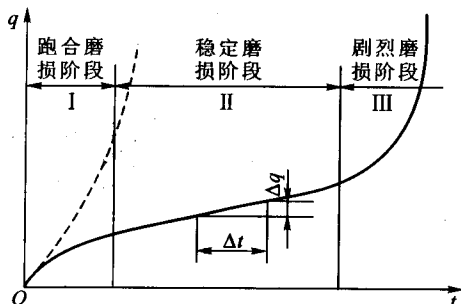


图 1-8 磨损曲线

4) 磨损类型

磨损主要分为三种类型：粘着磨损、磨粒磨损和疲劳磨损（点蚀）。具体见所附光盘中的“拓展知识”。

5) 机械的维护保养

为了保证机械长期正常运转，减少维修次数，保持良好的性能，就要合理使用机械。对于操作者还要求能够排除一般故障（详见所附光盘中的“拓展知识”）。

（1）日常维护 日常维护由操作者进行，主要包括以下内容：

- ① 开动设备前，对设备进行清洁、润滑。
- ② 使用设备中，要严格按照操作规程进行。要经常检查设备的运行情况，发现故障及时排除。
- ③ 使用设备后，要将各滑动导轨面擦净、注油，定期清洗各润滑系统及设备表面。

（2）一级保养 一级保养主要由操作者在维修人员指导下完成。

一级保养的周期：金属切削设备运转 1 200~1 500 h（小时）或两班制连续生产的设备运转 4~5 个月进行一次；锻压、起重设备运转 900~1 200 h 或两班制连续生产的设备运转 3~4 个月进行一次。

一级保养的内容包括：

- ① 清扫、检查、调节电器部分；
- ② 全面清洗设备外表，检查、调节各传动、操作机构；
- ③ 清洗、疏通润滑系统，检查冷却系统；
- ④ 检查并且排除一般故障及故障隐患；
- ⑤ 检查并且调节安全防护措施、限位块及有关仪器、仪表等。

（3）二级保养 二级保养应以维修人员为主，在操作者参与下进行。

二级保养的周期：金属切削设备运转 3 600~4 500 h 或两班制连续生产的设备运转 12~15 个月进行一次；锻压、起重设备一般运转 2 700~3 600 h 或两班制连续生产的设备运转 9~12 个月进行一次。

二级保养的主要内容包括：

- ① 清扫、检查、调节电器部分；
- ② 全面清洗润滑系统并且更换润滑油；
- ③ 全面清洗冷却系统；

- ④ 检查设备的技术状况及安全设施，全面调整各处间隙，排除故障，清除隐患。
- ⑤ 修复和更换必要的磨损零件，或者刮研必要的磨损部位。
- ⑥ 全面清除设备的漏油、漏气、漏水现象。
- ⑦ 使设备达到安全可靠、运行正常的要求，符合设备完好标准。

许多机械设备都配有保养手册或规程，用户可根据具体内容和要求维护保养。

2. 机械修理常识

机械设备维护修理是随着科学技术的发展、设计制造水平的提高和维修管理水平与工艺水平的改善与丰富而变化的，大体经历了事后修理、预防维修、可靠性管理引入维修和预知维修四个阶段。设备维修要从技术、经济和经营三个方面考虑。

现代制造提倡“无维修设计”和服务到底的理念。在一般情况下，用户只需要能够根据“维修指南”或“故障手册”或通过服务热线咨询，对设备进行日常维护或故障排除。对于不好解决或解决不了的问题，则由制造企业或专业化、社会化的维修企业来完成。但由于我国的经济水平和技术水平发展很不平衡，又考虑到建设节约型社会，还需要采用一些常用的修理工艺，特别是对于那些大型零件、贵重零件、特殊零件、稀少零件和非正常损坏零件，进行修理是非常值得的。有时考虑到修理时间的长短对整个生产或工作以及效益和信誉的影响，还需要进行抢修。好的维修需要良好的服务态度、先进的诊断和检测设备、丰富的知识和经验、灵活的头脑、采用最合适的修理工艺。

零件损坏的原因最多的是磨损，其次是断裂。常用的机械修理工艺有镀、涂、焊、墩、粘、机钳加工、金属扣合（图 1-9）等。在此以表格的形式列出常用的机械修理工艺及其修补层合理厚度和对材质的适应性（见所附光盘中的“拓展知识”），维修者可结合实际情况参考选用。

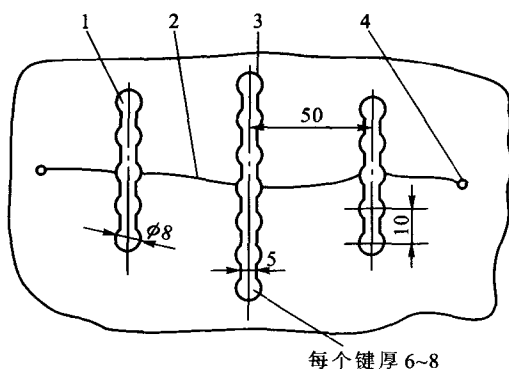


图 1-9 金属扣合

1、3—金属扣合键；2—裂纹；4—打孔（防止裂纹扩展）

【完成任务】

- 活动 1 开展合作学习和调查研究，讨论摩擦和润滑状态的四种类型。
- 活动 2 调查汽车跑合的一些情况并分析跑合规范。
- 活动 3 观看有关机械设备维修的教学片，加深对所学内容的理解。
- 活动 4 观察汽车或摩托车的维护、保养过程，进行思考。
- 活动 5 阅读某机械设备使用说明书中的有关维护的内容。

机械工程常用材料

单元 1

工程材料的性能

任务：掌握金属材料的主要力学性能。分析齿轮塑性变形及铸造缺陷的含义。

【知识储备】

机械工程中大量使用的是金属材料。影响金属材料使用性能的主要方面是其力学性能。

1. 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力的作用下显示出来的特性，以前称为机械性能，主要包括强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等五个方面。

1) 强度

金属材料抵抗塑性变形（永久变形）和断裂的能力称之为强度。抵抗能力越大，则强度越高。测定材料强度高低通常用拉伸试验机做拉伸试验来完成。

采用形状相同但材料不同的试样（图 2-1）做试验能够比较出结果。

（1）力-变形曲线 通过拉伸试验可以得到力-变形曲线，它反映了力与试样变形之间的关系。低碳钢的力-变形曲线如图 2-2 所示。纵坐标表示拉伸力 F ，横坐标表示试样的伸长量 Δl 。

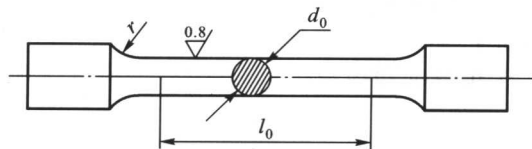


图 2-1 拉伸试样

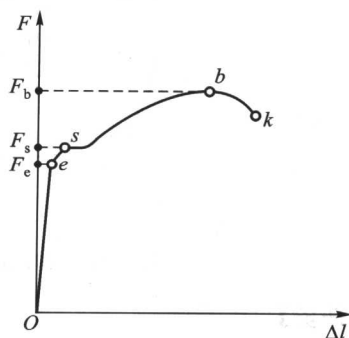


图 2-2 低碳钢的力-变形曲线

（2）应力 应力是单位面积上的内力。内力则是指材料受到外力作用后，其内部产生的相互作用力。做拉伸试验时，试样没有断裂前处于平衡状态，可以认为内力与外力（即拉伸力）相等。

应力公式：应力 = $\frac{\text{拉伸力}}{\text{截面积}}$

应力用符号 σ 表示，其单位为 Pa (帕) 或 MPa (兆帕)。1 Pa = 1 N/m² (牛/米²)，1 MPa = 10⁶ Pa。

(3) 强度判据 比较材料强度的高低用强度判据。常用的强度判据有 3 个：弹性极限 σ_e 、抗拉强度 σ_b 和屈服点 σ_s 。它们的计算公式分别为

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0}$$

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0}$$

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

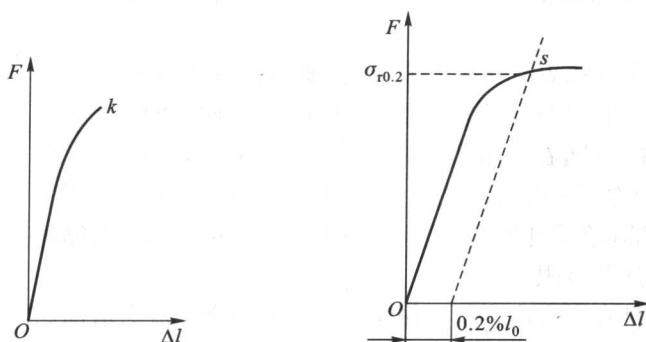
式中， S_0 ——试样的原始截面积，mm² (毫米²)；

F_e ——试样产生完全弹性变形时的最大拉伸力，N (牛)；

F_b ——试样被拉断前所承受的最大拉伸力，N；

F_s ——试样产生屈服时的拉伸力，N。

另外，对于没有明显屈服现象的金属材料 (图 2-3a 所示的铸铁等)，将试样产生永久变形为 0.2% 时的应力作为其条件屈服点，用 $\sigma_{r0.2}$ 表示 (图 2-3b)。



(a) 铸铁的力-变形曲线

(b) 没有明显屈服现象材料的拉伸曲线

图 2-3 材料的受力-变形曲线

2) 塑性

塑性是指金属材料断裂前发生不可逆永久变形的能力。判断金属材料塑性好坏的主要判据是断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ ，可以通过前面提到的拉伸试验进行分析。 δ 和 ψ 的数值越大，表示金属材料的塑性越好 (即容易产生不可恢复的变形，但不容易发生断裂)。

3) 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形，特别是局部塑性变形、压痕或划痕的能力，是衡量材料软硬的判据。硬度值也是通过试验得到的。采用最多的两种硬度是布氏硬度和洛氏硬度。

布氏硬度：用布氏测试法测定的硬度称为布氏硬度 HBS 。通过做试验或观看教学录像 HBS ，可以理解布氏测试法原理。

洛氏硬度：用洛氏测试法测出的硬度值称为洛氏硬度（洛氏硬度试验计）。洛氏硬度常采用三种标尺：HRA、HRB 和 HRC，其中 HRC 应用最多。表示方法：硬度值+符号，如 58 HRC、85 HRA 等。

除了以上两种常用硬度外，还有维氏硬度（HV）和里氏硬度（HL）。各种硬度都是数值越大硬度越高。由于各种硬度的测试条件不同，它们之间不能直接进行比较和换算，但它们之间仍有一定的对应关系，需要时可查阅硬度对照表。

4) 韧性

韧性是指金属材料在断裂前吸收变形能量的能力。韧性主要反映了金属抵抗冲击力而不断裂的能力。韧性好的金属抗冲击的能力强。韧性的判据是冲击吸收功，用 A_k 表示，其单位是 J（焦耳）。 A_k 值越大，表明材料的韧性越好。 A_k 值由冲击试验确定。最常用的冲击试验是摆锤式一次性冲击试验，试样及参数分析见所附光盘中的“拓展知识”。

5) 疲劳强度

零件工作时其内部都存在着变应力（即随时间变化的应力）。如果这种变应力作周期性变化则称之为循环应力或交变应力。材料经过无数次循环应力作用而不断裂的最大应力称为疲劳强度。

交变应力与应力循环次数的关系可以通过作疲劳曲线来分析。经过对试验数据的整理，可画出材料的疲劳曲线，如图 2-4 所示。

在该图中，纵坐标代表交变应力值 σ ，横坐标代表应力循环次数 N 。交变应力值随应力循环次数的变化大致分为两种情况：当 $N < N_0$ 时， σ 随着 N 的增加而降低；当 $N \geq N_0$ 时，无论 N 增加为多少次， σ 均为一定值 σ_r ，即当 $\sigma \leq \sigma_r$ 时（或 $N \geq N_0$ 时），零件都不会发生疲劳破坏。工程上将 N_0 称之为应力循环基数，其对应的应力值 σ_r 称之为疲劳强度（疲劳极限）。

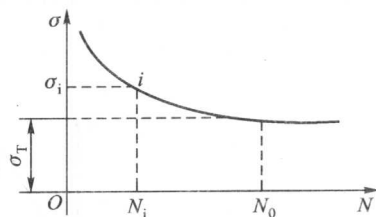


图 2-4 金属材料的疲劳曲线

需要指出：零件在交变应力下工作时，尽管有时交变应力值远远低于抗拉强度，但经过一定的应力循环次数后也会在一处或几处产生局部永久性积累损伤，导致零件产生裂纹或突然发生断裂。这个过程称为金属疲劳（疲劳破坏）。据统计，大部分零件的损坏都是由于金属疲劳造成的。零件的表面有微裂纹、划痕或应力集中，内部有缺陷（如气孔、缩松、夹杂物等）时，极易出现疲劳破坏。减小零件的表面粗糙度值，对其进行表面强化处理（如表面淬火、滚压加工、喷丸处理等）均可提高零件的疲劳强度。

2. 金属材料的加工工艺性能

金属材料的加工工艺性能反映了材料加工的难易程度，主要包括焊接性能、切削性能、压力加工性能、铸造性能和热处理性能等五个方面（详见所附光盘中的“拓展知识”）。

【完成任务】

活动 小组讨论后由代表发言讲解。注意正确理解概念和数值。

提示 齿面出现的塑性变形是不可恢复的永久变形，影响传动精度，应该避免。但塑性好的金属材料适宜用来制作冲压件。其他力学性能也都是从不同的角度反映了材料的特点。

任务：解释相同的金属材料受力后变形不同的原因。

(1) 材料和形状完全相同的两把钢制斧头用同样的力砍在木材中的同一个钉子上，为什么一把斧刃坏了而另一把没坏？(图 2-5)



图 2-5 斧子的变化

(2) 材料和形状完全相同的两个弹簧受到同样的压力，去掉压力之后为什么一个还有弹性而另一个却没有？

(3) 了解钢的常用热处理方法及作用。

【知识储备】

1. 金属材料热处理

热处理是指对固态金属或合金进行适当方式的加热、保温和冷却，使其获得所需要的内部组织和性能的加工工艺方法。金属材料是否经过热处理对其性能影响颇大。在机械制造中，绝大多数零件都需要进行热处理。

2. 钢的常用热处理方法及目的 (表 2-1)

表 2-1 钢的常用热处理方法及目的

热处理方法	含义与目的
退火 (焖火)	将钢件加热至临界温度 (具体数值可查阅有关书籍或资料，如《热处理手册》。下同) 以上 $30\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温一段时间后再缓慢冷却 (常随炉冷却) 的工艺，多用来消除铸件、锻件、焊接件的内应力，降低其硬度以易于切削加工，细化晶粒、改善内部组织，增加零件的韧性
正火 (正常化)	将钢件加热到临界温度以上，保温一段时间后放入空气中冷却的工艺，多用来处理低碳钢、中碳钢和表面渗碳零件，使其组织细化，增加强度和韧性，减少内应力，改善其切削性能
淬火 (蘸火)	将钢件加热至临界温度以上，保温一段时间后放入淬火介质 (又称淬火剂) 中急剧冷却的工艺，用来提高钢的硬度和强度以及疲劳强度。常用的淬火剂有水、盐水、机油等。要注意，因淬火时工件内部会产生较大的内应力，工件会变脆，故淬火后必须回火
回火与调质	回火的目的是消除工件淬火后的脆性和内应力，提高钢的塑性和韧性。回火是指将淬硬的工件加热至临界点 (可查有关资料) 以下某一温度，保温一段时间后让工件在空气中或油中冷却的工艺，分为低温回火、中温回火和高温回火三种情况。 通常将淬火后又高温回火的热处理工艺称为调质，其目的是提高工件的综合力学性能。重要零件一般都需要进行调质处理