

双元制培训机械专业理论教材

机械工人专业工艺

—— 工模具制造工分册

双元制培训机械专业理论教材编委会 编



afz



机械工业出版社

ISBN 7-111-06702-9/TG·1237(课)

ISBN 7-111-06702-9



9 787111 067023 >

定价: 20.50元



双元制培训机械专业理论教材

机械工人专业工艺 ——工模具制造工分册

双元制培训机械专业理论教材编委会 编

机械工业出版社

本书是技工学校、职业技术学校推行双元制办学体制的机械专业理论教材之一。本书第一章至第四章为专业基础知识,其内容为:机械零件;机械传动;检测技术;夹具。第五章至十五章为模具专业技术知识,其内容为:模具概述;冷冲压成型的基本知识;冲裁、弯曲、拉深模;汽车覆盖件复合冲压模具;塑料及其成形性能的基本知识;塑料注射成型模具;塑料中空吹塑模;模具的特种加工方法;模具的CAD/CAM 技术介绍。

机械工人专业工艺

——工模具制造工分册

双元制培训机械专业理论教材编委会 编

*

责任编辑:吴天培 版式设计:冉晓华

封面设计:姚毅 责任校对:李秋荣

责任印制:路琳

*

机械工业出版社出版(北京市百万庄大街22号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京机工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆·印张 13.75·字数 332 千字

1999年5月第1版第1次印刷

印数 0 001—3 500 定价:20.50 元

*

ISBN 7-111-06702-9/TG·1237 (课)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

双元制培训机械专业理论教材编委会

主 任 孙宝源 李李炫
副 主 任 董无岸 王昌平 钱鸣皋
委 员 (按姓氏笔划排列)
 上官家桂 王山平 吴天培
 张松文 贾文鹏 蒋建华
顾 问 [德]海因茨—京特尔·克莱姆(H—G. klem)

本书主编 张 勤 副主编 上官家桂
参 编 杨中华 范中一 王洪志
主 审 张松文 参 审 李好学

前 言

“双元制”是德国等发达国家发展职业技术教育的一种先进的办学体制,被誉为二战后德国经济腾飞的“秘密武器”,其特点是企业与职业学校合作共同完成培养人才的任务。培训以企业为主,因此培养出来的人才能满足企业的要求;学习理论与学习技能,以技能为主,既注重基础技能的培养,更注重专业技能的训练,培养出来的是复合型实用人才;同时注重对学生解决问题的能力 and 社交能力的培养,以适应现代化大生产共同合作完成培训任务的要求。

改革开放以来,我国许多省、市和企业先后引进或借鉴“双元制”办学经验,培养出了一大批受企业欢迎的、掌握现代科技技能的复合型技工。这株由日尔曼民族培育出的美丽奇葩,一经移栽到华夏大地的沃土之上即开放出鲜艳夺目的花朵。实践证明“双元制”基本适合我国的国情,并具有强大的生命力。但是,多年来没有完整的、系统的、既能反映“双元制”的特点,又适合我国国情的培训教材,已成为阻碍“双元制”在我国推广和发展的原因之一。为此天津中德培训中心和上海大众汽车有限公司在机械工业出版社的支持下编写了这套双元制机械专业理论课培训教材。它包括《机械工人专业计算》、《机械工人专业制图》、《机械工人专业制图习题集》和《机械工人专业工艺》(包括五个分册:“基础分册”、“机械切削工分册”、“工模具制造工分册”、“机械维修工分册”和“汽车机械工分册”)。在编写中我们特别注重保持“双元制”教材的特点,既保持教材内容的先进性、适用性、多样性以及形式的直观性,又特别注重结合我国的国情;注重专业理论为专业技能服务的基本原则和注重对学生专业能力、解决问题的能力 and 社交能力的培养。但是,由于我们实践的时间较短,对教材内容的选择、内容的深度和广度的把握缺乏经验,难免会详略不当、深浅不宜,对形式的选用也会有欠妥之处。因此,希望读者能提出宝贵意见,使其日趋正确、不断完善和适合读者的需要,以期为国家培养出更多、更好的复合型实用人才。

双元制培训机械专业理论教材编委会

1994 年 12 月

双元制培训机械专业理论教材书目

机械工人专业计算
机械工人专业制图
机械工人专业制图习题集
机械工人专业工艺
 基础分册
 机械切削工分册
 工模具制造工分册
 机械维修工分册
 汽车机械工分册

目 录

前言

1 机械零件	1
1.1 应力和应力种类	2
1.2 轴	7
1.3 导轨	11
1.4 联轴器和离合器	13
1.5 轴承	18
1.6 密封	27
2 机械传动	29
2.1 机械传动的作用	29
2.2 牵引式传动	30
2.3 齿轮传动	35
2.4 螺旋传动	39
2.5 凸轮传动机构	41
2.6 间歇传动机构	42
3 检测技术	44
3.1 长度测量	44
3.2 角度测量	47
3.3 形位误差的测量	49
4 夹具	55
4.1 夹具的作用和构成	55
4.2 定位元件	56
4.3 夹紧装置	61
4.4 夹具的典型结构	66
5 模具概述	69
5.1 模具成形工业在国民经济中的地位	69
5.2 模具的分类及主要成形模具	69
5.3 模具工业发展的趋势	70
6 冷冲压成型的基本知识	72
6.1 冷冲压加工工序的分类与特征	72
6.2 常用冲压材料	74
6.3 冲压设备	81
7 冲裁模	87
7.1 冲裁工艺及冲裁模具的分类	87
7.2 冲裁过程及冲裁断面特征	88
7.3 影响冲裁件质量的因素	89
7.4 冲裁间隙	91
7.5 冲裁模刃口尺寸的计算及制造公差 的确定	94
7.6 冲裁力、卸料力、推件力和顶件力	98
7.7 冲模压力中心的确定	101
7.8 排样、搭边和条带料宽度的确定	104
7.9 冲裁模的典型结构	108
7.10 冲模主要零部件的选用及 加工制造	117
8 弯曲工艺与弯曲模	123
8.1 弯曲变形过程分析	123
8.2 弯曲件质量分析	124
8.3 弯曲件的工艺性	128
8.4 弯曲力的计算	129
8.5 弯曲件毛坯长度的确定	130
8.6 弯曲模的典型结构	131
8.7 弯曲模工作部位尺寸的确定	133
9 拉深工艺与拉深模	137
9.1 拉深工艺分析	137
9.2 拉深件毛坯尺寸的确定	139
9.3 筒形件拉深工艺的计算	142
9.4 拉深力和压边力的计算	145
9.5 拉深模的典型结构	146
9.6 拉深模工作部分尺寸的确定	148
10 汽车覆盖件大型复合模具	151
10.1 汽车覆盖件模具的特点	151
10.2 汽车覆盖件模具的种类	151
10.3 冲压自动线	165
10.4 现代模具制造的发展趋势	166
11 塑料及其成形性能的基本知识	167
11.1 塑料及其分类	167
11.2 塑料的组成和作用	168
11.3 塑料的特性与常用塑料	170
12 塑料注射成型模具	172
12.1 注射模具成型塑件的工艺	172
12.2 注射模具的分类及其基本结构	173

12.3	注射模具的典型结构	174	14.2	激光加工	203
12.4	浇注系统	183	14.3	电火花加工	203
13	塑料中空吹塑模	194	14.4	电解加工	205
13.1	中空吹塑模的分类及成型工艺 ...	194	14.5	涂层	205
13.2	中空吹塑模的典型结构	198	15	模具的 CAD/CAM 技术介绍	208
14	模具的特种加工方法	201	15.1	CAD/CAM 的概念	208
14.1	研磨与珩磨	201	15.2	模具 CAD/CAM 技术的应用	209

1 机械零件

机械零件的主要作用是支承、联接、传递运动和动力。机械零件可以分为通用零件和专用零件两大类，前者如螺钉、螺母、销子等；后者如发动机的活塞、汽轮机的叶片、轧钢机的轧辊等。

为了保证机械零件能正常、安全地工作，在外力的作用下它不应发生破坏，如图 1-1 所示的车床主轴箱中的轮齿，在外力的作用下不应断裂，见图 1-1b，即零件必须有足够的抵抗破坏的能力，也就是零件必须有足够的强度。对于主轴而言，它的变形也不能超过允许的范围，否则，车削零件的加工精度将难于保证，如图 1-1c 所示。即零件必须有抵抗变形的能力，也就是零件必须有足够的刚度。

各种载荷，例如拉力、压力、切力、扭转力和弯曲力，均会引起零件的变形和破坏，见图 1-2。当多种载荷同时作用于某一零件上时，该零件受复合载荷的作用。

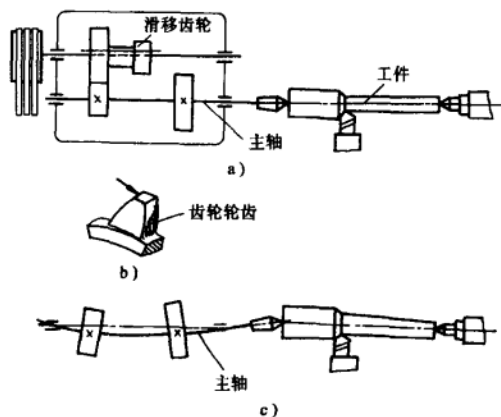


图 1-1 机械零件的变形

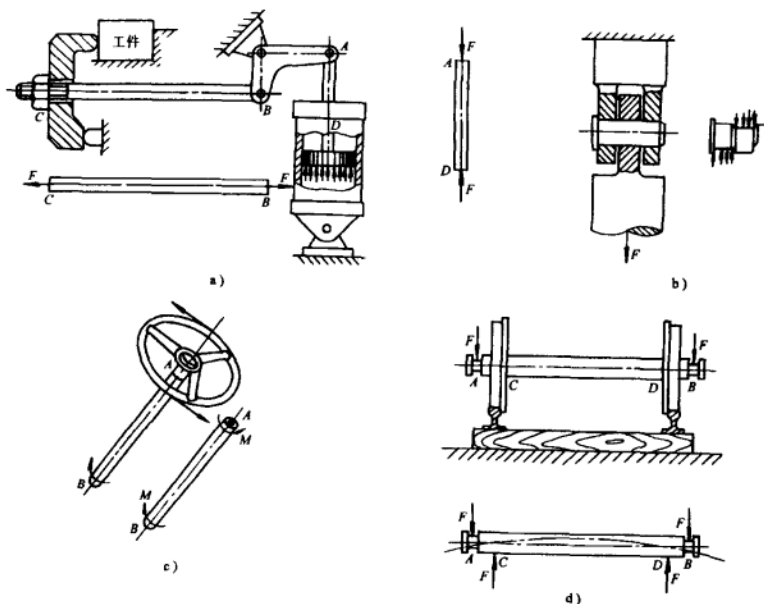


图 1-2 机械零件受力的基本形式

a) 拉伸与压缩 b) 剪切 c) 扭转 d) 弯曲

1.1 应力和应力种类

1.1.1 应力

1.1.1.1 内力 当用手拉弹簧时,就会感到有力的作用,这是由于弹簧受力被拉长时,其内部产生一种抵抗力,它阻止外力使弹簧产生变形,这样的抵抗力称为弹簧的内力。它不是构件内部原有的质点之间的相互作用力,而是由外力引起的,叫附加力,简称内力。

截面法是揭示和计算内力大小的基本方法。图 1-3a 表示处于平衡状态受拉伸的直杆,力 F 作用于杆的两端,并与杆的轴线重合,求截面 $m-m$ 处的内力的方法见图 1-3。

由图可知:因为 $N-F=0$,所以 $N=F$,即截面上内力的大小等于外力,并与其轴线重合。

1.1.1.2 应力 直杆受拉伸(或压缩)时,仅知道了内力 N 后还不能确定零件是否能满足强度要求。假若内力很大,受拉伸(或压缩)零件的截面积也很大,则零件不会破坏;反之,若内力不大,但受拉伸(或压缩)零件的截面积却很小,零件则有破坏的可能。即零件是否破坏取决于单位面积上内力的大小。单位面积上的内力叫应力(σ)。

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

式中 N ——内力(N);

A ——截面积(m^2)。

应力的单位是帕斯卡,简称为帕(Pa), $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$;工程上常用的单位是兆帕(MPa), $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$ 。

垂直于横截面的内力称为法向力,由法向力产生的应力叫正应力。

1.1.2 应力种类

1.1.2.1 拉应力和压应力 外力沿杆件轴线作用,若使杆件拉伸,则杆件所受的应力叫拉应力;若使杆件压缩,则杆件所受的应力叫压应力。

1.1.2.2 切应力 图 1-4 所示的铆钉,在外力 F 的作用下,在 $m-n$ 截面上将发生剪切变形。这种垂直于杆件轴线、相距很近、大小相等、方向相反的作用力叫切力。单位面积上切力的大小叫切应力(τ)。

$$\tau = \frac{F}{A}$$

式中 F ——切力(N);

A ——受剪面积(m^2)。

1.1.2.3 挤压应力 受剪零件一般均伴有挤压

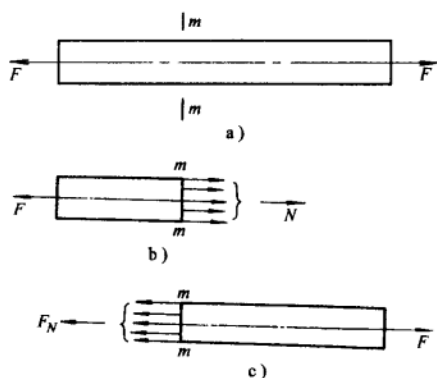


图 1-3 内力的求法

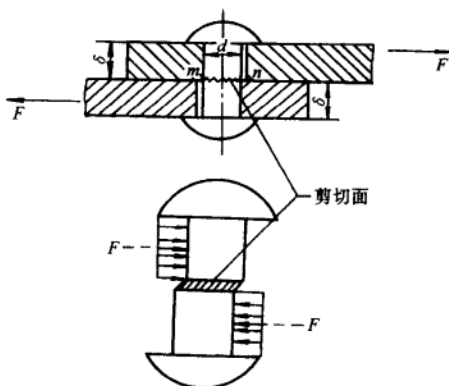


图 1-4 切力

现象, 因为被剪零件的接触面 (挤压面) 在剪切时即产生挤压力。单位面积上的挤压力叫挤压应力 (σ_{jy})。

$$\sigma_{jy} = \frac{F_{jy}}{A_{jy}}$$

式中 F_{jy} ——挤压面上的挤压力 (N);

A_{jy} ——挤压计算面积。它等于实际的挤压面在与压力相垂直的平面上的投影面积, 即受压部分通过圆柱体轴线的纵剖面面积 (m^2)。

1.1.2.4 弯曲应力 如图 1-5 所示, 当力 F 作用于一端固定的梁上时, 梁不是绕固定点转动, 而是产生弯曲, 在固定点产生的弯矩 (M) 是

$$M = FL$$

式中 F ——作用于梁上的外力 (N);

L ——力的作用点到梁的支点的距离 (m)。

在计算拉应力、压应力和切应力时, 其大小应是外力与受拉、压、剪切的截面积之比, 弯曲应力的计算则应为弯矩与抗弯截面模量之比

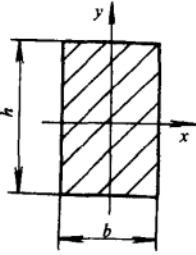
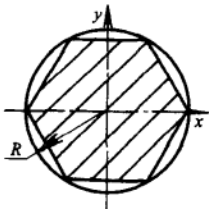
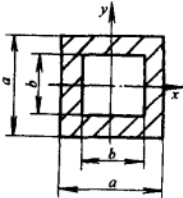
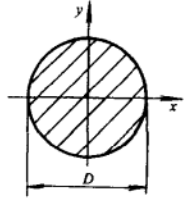
$$\sigma = \frac{M}{W}$$

式中 M ——弯矩 (Nm);

W ——抗弯截面模量 (m^3)。

抗弯截面模量是零件抵抗弯矩对其弯曲的能力, 它的大小与其所对应的弯曲轴有关, 所以也叫轴的抗弯截面模量。 W 是一个纯计算值, 不能把它的单位 (m^3) 看成是体积单位。常见的抗弯截面模量见表 1-1。

表 1-1 常见截面的抗弯截面模量

简 图	抗弯截面模量/ m^3	简 图	抗弯截面模量/ m^3
	$W_x = \frac{bh^2}{6}$ $W_y = \frac{hb^2}{6}$		$W_x = 0.625R^3$ $W_y = 0.5413R^3$
	$W_x = \frac{a^4 - b^4}{6a}$		$W = \frac{\pi}{32}D^3$

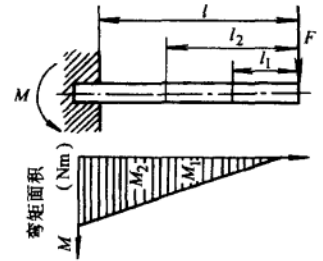
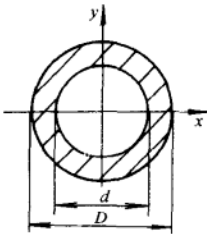
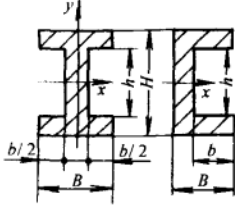


图 1-5 弯曲应力

(续)

简 图	抗弯截面模量/m ³	简 图	抗弯截面模量/m ³
	$W = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4)$ $\alpha = \frac{d}{D}$		$W_x = \frac{bH^3 - bh^3}{6H}$

在受弯矩作用的梁的横截面上的应力分布是不均匀的。在弯曲轴以上部分受拉应力，在弯曲轴以下部分受压应力，通过弯曲轴的中性层没有应力存在，最大应力在受弯截面最外缘处的纤维层上。

在同样大小面积下， W 值越大，其抗弯能力也越强。用抗弯截面模量 W 与其面积的比值 W/A ，来说明截面形状的合理性，见表 1-2。从表中可以看出，工字型截面最合理，它可以从应力分布规律来说明。弯曲时截面上的应力呈线性分布，靠上、

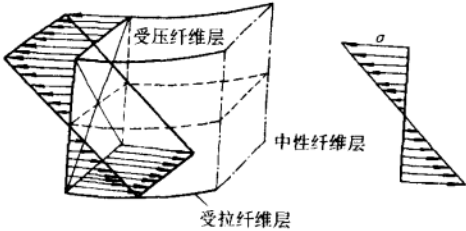
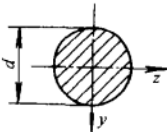
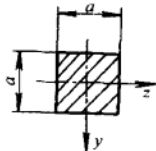
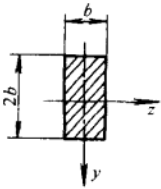
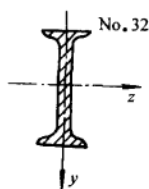


图 1-6 弯曲应力的分布

下边缘的应力最大，中性层附近的应力最小，工字型截面材料的分布状况也大抵如此，从而提高了工字型截面梁的承载能力。圆形截面的大部分材料集中在中性层附近，不能充分发挥材料的作用，所以 W/A 的值很低，约为工字型截面的 1/10。

表 1-2 几种截面面积相等形状不同的 W/A 值

截面形状		
面积 A/m^2	67.05×10^{-4}	67.05×10^{-4}
抗弯截面模量 W/m^3	77.4×10^{-6}	91.6×10^{-6}
W/A	1.15×10^{-2}	1.37×10^{-2}
截面形状		
面积 A/m^2	67.05×10^{-4}	67.05×10^{-4}
抗弯截面模量 W/m^3	129.4×10^{-6}	692×10^{-6}
W/A	1.93×10^{-2}	10.32×10^{-2}

1.1.2.5 扭转应力 如图 1-7 所示的轴,它在外力的作用下与轴线平行的素线 AB 绕 A 点转过角度 ϕ 而至 B' , AB 变成了一条螺旋线 AB' , 轴受到了扭矩的作用,其大小 $T = FL$ 。由于扭矩的作用而产生的最大变形和最大扭转应力出现在零件横截面的外圆周上。在材料的弹性范围内,变形和扭转应力从周边向轴心线(中性层)呈线性减小,见图 1-7b。最大扭转应力 ($\tau_{\max}$) 可以用下式计算

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_n}$$

式中 T ——扭矩 (Nm);

W_n ——抗扭截面模量 (m^3)。

圆形截面的抗扭截面模量为 $W_n = \frac{\pi D^3}{16}$;

空心圆截面的抗扭截面模量为 $W_n = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4)$

式中 D ——截面外圆直径;

d ——截面内圆直径;

$\alpha = \frac{d}{D}$ 。

1.1.2.6 组合应力 在大多数情况下,往往是多种外力同时作用于某一零件上,该零件承受组合应力的作用。图 1-8 所示的传动轴,既受弯曲力矩也受扭转力矩的作用,在该轴上出现了弯矩与扭矩的组合应力。

1.1.3 疲劳强度

有许多机械零件在工作过程中所受的应力是随时间作周期性变化的,以齿轮的轮齿根部 A 为例,在啮合过程中, A 点的弯曲应力由零增至最大值,再由最大值减至零。在每一转中,每个轮齿啮合一次,应力也就重复一次。若以时间 t 为横坐标,应力 σ 为纵坐标,画出 A 点的应力随时间而变化的规律如图 1-9b 所示。这种随时间而作周期性变化的应力称为交变应力。零件在交变应力作用下产生的破坏叫疲劳破坏。疲劳破坏是零件在经过相应数量的应力循环次数后,在应力远低于材料的强度极限的情况下发生的突然破坏。零件抵抗疲劳破坏的能力叫疲劳强度。

零件的疲劳破坏是在零件没有产生明显的塑性变形,产生的裂纹也不易被肉眼觉察的情况下突然发生的,极容易造成事故。因此对重要的机械零件应按其对称循环的持久极限,校核其疲劳强度。

1.1.4 结构强度

构件的疲劳强度值是对磨光后的光滑试件而言的,工程中实际零件的形状、尺寸、表面粗糙度和工作条件不同,疲劳强度也不相同。结构强度是在考虑了所有影响构件强度因素后的疲劳强度,其影响因素主要有:

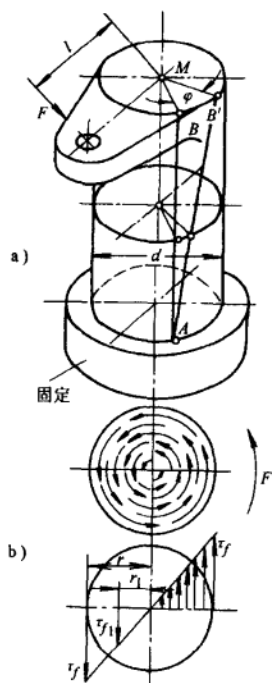


图 1-7 扭转应力

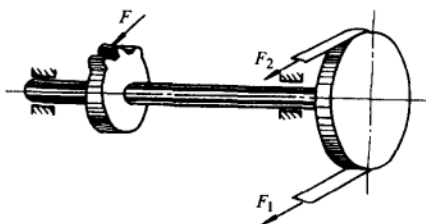


图 1-8 组合应力

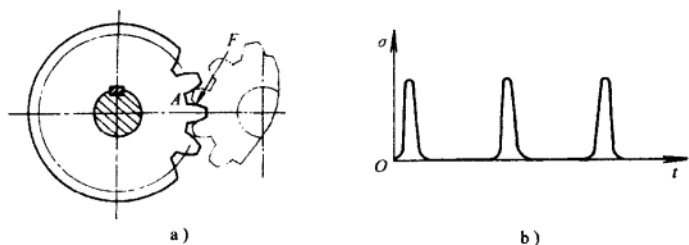


图 1-9 交变应力

1. 应力集中 当 $F=3200\text{N}$ 的力作用到无切口的横截面 A_1 上, 力沿轴线作用到 32mm^2 的面积上, 见图 1-10。在这样的假设下, 长方形横截面上承受的应力为

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3200\text{N}}{4\text{mm} \times 8\text{mm} \times 10^{-6}} = 100\text{MPa}$$

并且均匀分布在横截面上。如果在零件上切除两个 2mm 的切口, 则横截面上的平均应力为

$$\sigma = \frac{3200\text{N}}{4\text{mm} \times 4\text{mm} \times 10^{-6}} = 200\text{MPa}$$

从图上可以看出, 在切口附近应力的密度大于横截面的其他部分, 产生了最大应力 $\sigma_{\max}$, 见图 1-10a。由于横截面的变化而引起的应力增大的现象叫应力集中。应力集中产生于零件横截面尺寸变化处 (小孔、键槽、轴肩等), 见图 1-10b。在应力集中处容易形成疲劳裂纹, 造成疲劳破坏。因此对于阶梯轴, 阶梯的变化应尽量小, 并应在阶梯变化处采用圆角过渡。在轴上应尽量避免开槽、钻孔和切口。

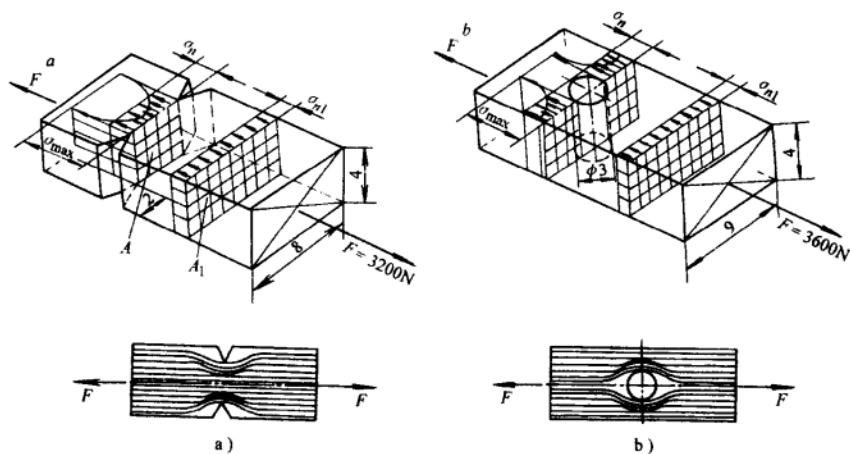


图 1-10 应力集中

2. 构件的表面质量 试件的表面是经过磨削加工的, 若构件的表面粗糙度数值大于试件的表面粗糙度数值, 则其疲劳强度将要降低, 这是由于粗糙表面容易引起应力集中的缘故。

如果由于交变载荷、应力集中导致了构件的疲劳破坏就采用更高强度的材料来制造零件的作法是错误的。高强度材料对应力集中更敏感。结构强度必须通过结构措施加以解决。注意避免尖角结构、采用卸荷槽有益于力的传输。图 1-11 所示的轴受扭转载荷的作用, 由图可以看出, 槽底圆角半径的变化对应力集中的影响很大, 圆角半径越小, 应力集中现象越严重,

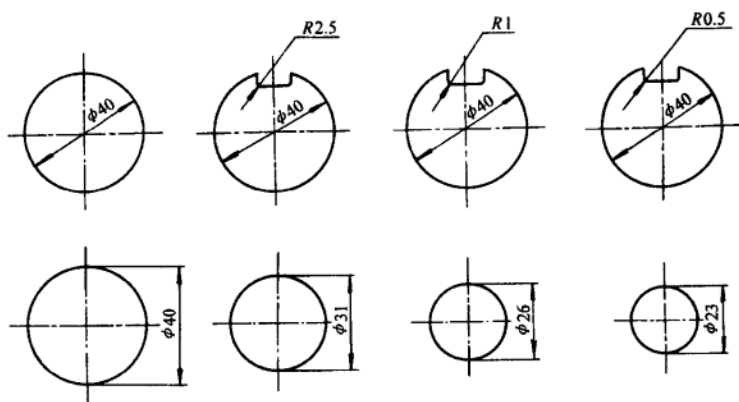


图 1-11 圆角半径对应力集中的影响

对轴的强度的削弱也就越严重。

1.2 轴

轴是机器中的重要零件，它的作用是支承旋转零件（例如带轮、齿轮等），传递运动和动力。

1.2.1 轴的分类

根据轴所载荷性质的不同，可以把轴分为以下三类。

1.2.1.1 心轴 只承受弯矩不传递动力的轴叫心轴，见图 1-12。心轴用于支承转动零件，它可以是转动的，见图 1-12b，也可以是固定的，见图 1-12a。前者承受脉动循环应力，后者承受不变的静应力。

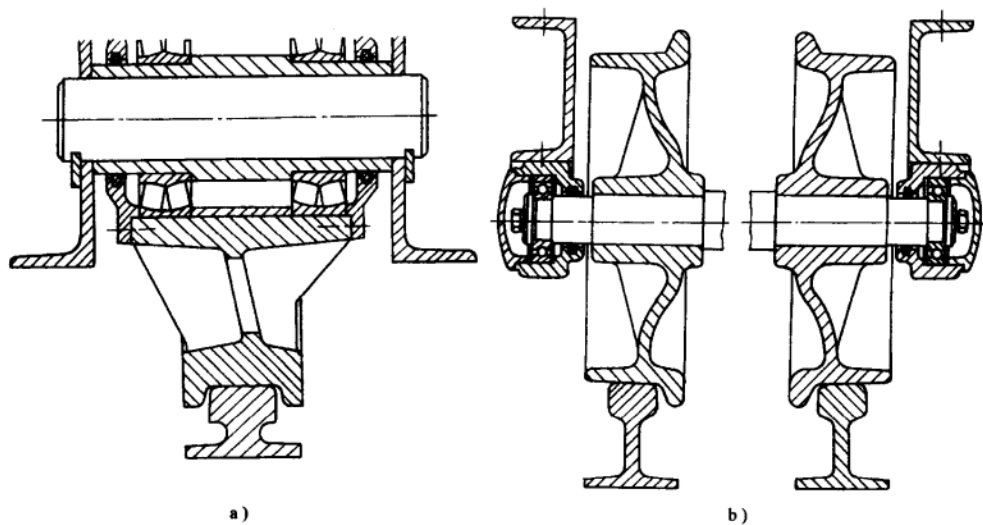


图 1-12 心轴

a) 固定心轴 b) 转动心轴

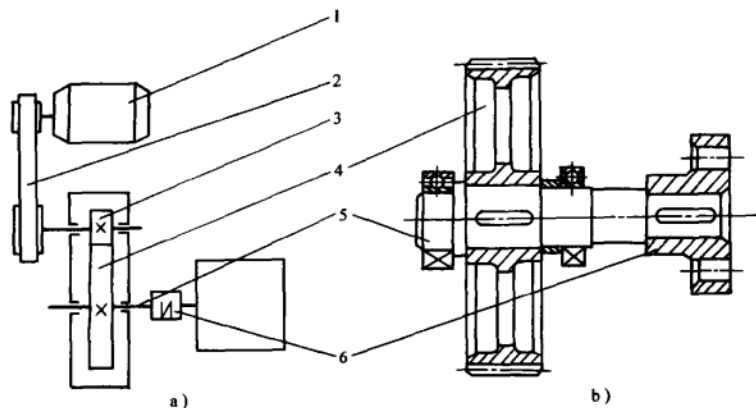


图 1-13 转轴

a) 减速器传动装置简图 b) 减速装置输出轴

1—电动机 2—带传动 3—小齿轮 4—大齿轮 5—输出轴 6—联轴器

1.2.1.2 转轴 既承受弯矩又承受扭矩作用的轴叫转轴，见图 1-13 中的输出轴就是转轴。转轴在机器中的应用最为广泛。

1.2.1.3 传动轴 只承受扭矩、不承受弯矩，或承受很小弯矩的轴叫传动轴，见图 1-14。

根据轴的几何形状不同，把轴分为曲轴，见图 1-15a；阶梯轴，见图 1-15b；挠性轴，见图 1-15c。曲轴常用于把往复运动转变为旋转运动，或者相反，把旋转运动转变为往复运动的机械中，例如内燃机中的曲轴。阶梯轴的应用最广泛。挠性轴是由几层紧贴在一起的钢丝层构成的，可以把旋转运动灵活地传到任何位置，常用于捣振机等设备中。

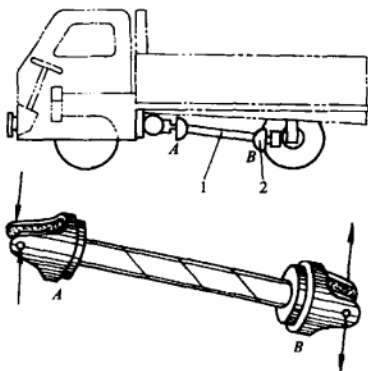


图 1-14 传动轴

1—传动轴 2—万向联轴器

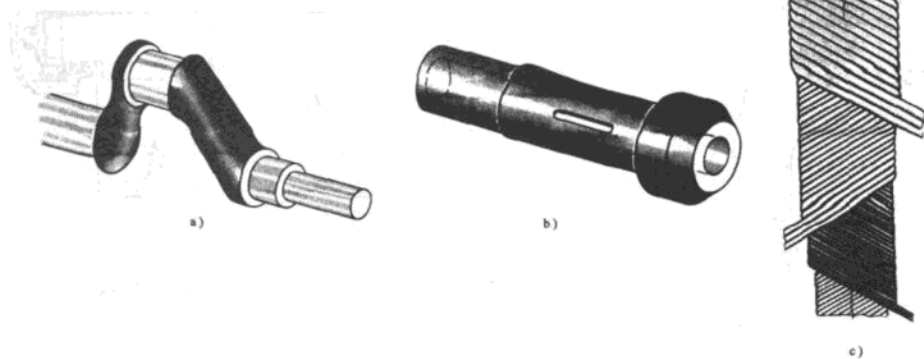


图 1-15 轴的几何分类

a) 曲轴 b) 阶梯轴 c) 挠性轴