



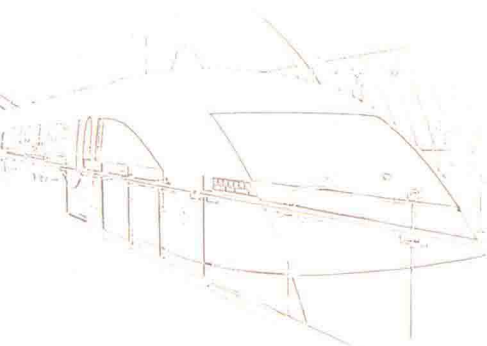
“十二五”职业教育规划教材

机械基础

潘国萍 主 编

张 涛 丁建平 副主编

宣振军 主 审



免费下载

配课件

www.ccpres.com.cn



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

“十二五”职业教育规划教材

Jixie Jichu
机械基础

	潘国萍	主 编
张 涛	丁建平	副主编
	宣振军	主 审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为“十二五”职业教育规划教材。主要内容包括:绪论,杆件的静力分析,直杆的基本变形,常用金属材料,连接,机构,机械转动,支承零部件,机械的节能环保与安全保护,机械零件精度,气压传动与液压传动,机械基础综合实践。

本书可供高职、中职院校相关专业教学选用,亦可供行业相关培训、岗前培训使用。

* 本书配有教学课件,读者可于人民交通出版社股份有限公司网站免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 潘国萍主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016. 8

“十二五”职业教育规划教材

ISBN 978-7-114-12729-8

I. ①机… II. ①潘… III. ①机械学—高等职业教育—教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 007482 号

“十二五”职业教育规划教材

书 名: 机械基础

著 作 者: 潘国萍

责任编辑: 袁 方

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 14

字 数: 324 千

版 次: 2016 年 8 月 第 1 版

印 次: 2016 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12729-8

定 价: 39.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

根据教育部相关文件的要求,本教材编写人员在认真学习领会有关文件的基础上,结合当前高等职业教育发展和城市轨道交通行业发展的实际情况,编写了本教材。

本教材的主要特色有:

1. 在编写过程中,我们突破以往教科书的编写模式,内容上注重理论与实操相结合。

2. 为了突出本教材实用性,我们在仔细分析企业岗位技能方面的具体要求的前提下进行了单元设置,在本书教学目标的前提下,强调以学生为中心,突出职业教学培训的特点。

3. 本教材在某些知识点的介绍上,是以全国目前最先进、最典型的案例来介绍的,配有大量的实物图片,以便于学生能更感性的认知。

4. 为方便教学,每个单元结束后,学生可通过实训练习或复习思考题进行自我考核,从而及时检查学习效果。

5. 教材编写全程体现了“工学结合、校企合作”的理念,由行业专家、学者全面参与本教材的编审。

本教材单元1、单元2由福建工业学校王鹏编写,单元3、单元7由北京电气工程学校丁建平、曲雪冬编写,单元4、单元5由济南铁路高级技工学校张涛编写,绪论、单元6由北京电气工程学校潘国萍编写,单元8、单元11由北京电气工程学校黄鸣编写,单元9、单元10由广州市交通运输职业学校彤景鑫编写。本书由潘国萍担任主编,张涛、丁建平担任副主编,中铁工程设计咨询集团有限公司高级工程师宣振军担任教材的主审。

由于编者水平有限,加上编写时间仓促,书中存在的错误与不妥之处敬请广大读者批评指正。

编 者

2016年5月

目录

MULU

绪论	1
单元 0.1 课程概述	2
单元 0.2 认识机械	3
单元 0.3 认识轨道交通车辆中的机械	10
复习思考题	14
单元 1 杆件的静力分析	15
单元 1.1 力的概念与基本性质	15
单元 1.2 力矩、力偶、力的平移	17
单元 1.3 物体受力分析	19
复习思考题	22
单元 2 直杆的基本变形	24
单元 2.1 直杆轴向拉伸与压缩	25
单元 2.2 连接件的剪切与挤压	30
单元 2.3 圆轴扭转	33
单元 2.4 直梁弯曲与横截面上的应力	35
复习思考题	39
单元 3 常用金属材料	41
单元 3.1 黑色金属材料	41
单元 3.2 有色金属材料	61
单元 3.3 材料的选择及运用	66
复习思考题	70
单元 4 连接	71
单元 4.1 键连接和销连接	72
单元 4.2 螺纹连接	75
单元 4.3 联轴器和离合器	84
单元 4.4 弹簧	88
实训:螺纹连接的拆装	89
复习思考题	92
单元 5 机构	95
单元 5.1 平面机构	96

单元 5.2 平面四杆机构·····	99
单元 5.3 凸轮机构 ·····	101
单元 5.4 间歇运动机构 ·····	105
实训:制作平面连杆机构 ·····	109
复习思考题 ·····	111
单元 6 机械传动 ·····	114
单元 6.1 带传动 ·····	115
单元 6.2 链传动概述 ·····	120
实训 1:V 带传动的安装维护及张紧装置·····	122
单元 6.3 齿轮传动 ·····	124
单元 6.4 蜗杆传动 ·····	133
单元 6.5 轮系 ·····	137
应用练习 ·····	142
实训 2:减速器的拆装·····	144
复习思考题 ·····	147
单元 7 支承零部件 ·····	148
单元 7.1 轴 ·····	148
单元 7.2 滚动轴承 ·····	152
单元 7.3 滑动轴承 ·····	156
复习思考题 ·····	158
单元 8 机械的节能环保与安全保护 ·····	159
单元 8.1 润滑的意义 ·····	159
单元 8.2 机械密封 ·····	162
单元 8.3 机械环保与安全防护 ·····	164
复习思考题 ·····	166
单元 9 机械零件精度 ·····	167
单元 9.1 极限与配合 ·····	168
单元 9.2 几何公差 ·····	183
复习思考题 ·····	190
单元 10 气压传动与液压传动 ·····	193
单元 10.1 气压传动概述·····	194
单元 10.2 液压传动概述·····	202
复习思考题 ·····	208
单元 11 机械基础综合实践 ·····	210
单元 11.1 综合实践课·····	210
单元 11.2 实践报告·····	212
单元 11.3 实践成绩考核表·····	213
参考文献 ·····	215

绪 论

知识目标

1. 了解本课程的任务、内容和学习要求;
2. 了解机器的组成与种类,机器、机构、构件、零件的含义;
3. 了解机械零件的材料、结构、承载能力、摩擦、磨损和润滑的基本要求;
4. 了解城市轨道交通车辆中主要机械装置的名称。

能力目标

1. 能区分机器、机构的特征与异同点;能区分构件与零件;
2. 能分析机器中的各组成部分;
3. 能认识城市轨道交通车辆上各机械装置并阐述其作用。

人们的生活离不开机械,小的如螺钉、扳手;大的如城市轨道交通车辆(图 0-1)、数控机床(图 0-2)。一般的机械可以分为两大类:一类可以使物体运动速度加快,称为加速机械,如自行车、高速铁路车辆、飞机;另一类使人们能够对物体施加更大的力,称为加力机械,如挖掘机(图 0-3)、机床、千斤顶(图 0-4)等。



图 0-1 城市轨道交通车辆

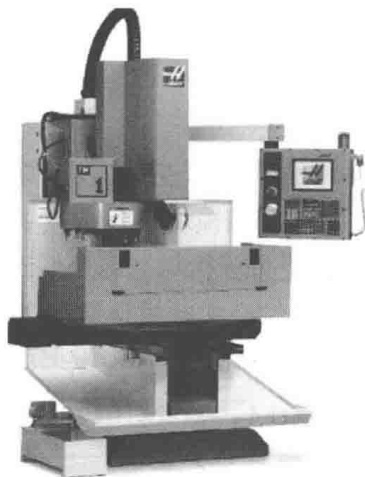


图 0-2 数控机床



图 0-3 挖掘机



图 0-4 千斤顶

单元 0.1 课程概述

一、课程性质、任务

本课程是中等职业学校机械类及工程技术类相关专业的一门基础课程。其任务是:使学生掌握必备的机械基本知识和基本技能,懂得机械工作原理,了解机械工程材料性能,准确表达机械技术要求,正确操作和维护机械设备;培养学生分析问题和解决问题的能力,使其形成良好的学习习惯,具备继续学习专业技术的能力;对学生进行职业意识培养和职业道德教育,使其形成严谨、敬业的工作作风,为今后解决生产实际问题和职业生涯的发展奠定基础。

二、课程内容、基本要求、学习方法

1. 课程内容

课程内容由基础模块、综合实践模块和选学模块三部分组成。

(1) 基础模块是各专业学生必修的基础性内容和应该达到的基本要求;主要有工程材料、杆件的受力分析与基本变形、机械传动、常用机构、轴系零件、机械的节能环保与安全防护。

(2) 综合实践模块是结合专业对典型机械拆装、调试和分析为主的综合性实践教学内容。

(3) 选学模块是根据专业培养的实际需要自主确定的选择性内容,主要包括机械零件的精度、气压传动和液压传动。

2. 课程基本要求

通过本课程的学习,具备对构件进行受力分析的基本知识,会判断直杆的基本变形;具备机械工程常用材料的种类、牌号、性能的基本知识,会正确选用材料;熟悉常用机构的结构

和特性,掌握主要机械零部件的工作原理、结构和特点,初步掌握选用方法;了解机械零件几何精度的国家标准,理解极限与配合、形状和位置公差标注;了解气压传动和液压传动的原理、特点以及应用,会正确使用常用气压和液压元件,并会搭建简单常用回路;能够分析和处理一般机械运行中发生的问题,具备维护一般机械的能力。

具备获取、处理和表达技术信息,执行国家标准,使用技术资料的能力;能够运用所学知识和技能参加机械小发明、小制作等实践活动,尝试对简单机械进行维修和改进;了解机械的节能环保与安全防护知识,具备改善润滑、降低能耗、减小噪声等方面的基本能力;养成自主学习的习惯,具备良好的职业道德和职业情感,提高适应职业变化的能力。

3. 学习方法

本课程是从理论性、系统性很强的基础课和专业基础课向实践性较强的专业课过渡的一个重要转折点。因此,根据课程特点,在学习方法上建议:

(1)结合所学专业中的机械设备,引导学生查阅相关资料,重视理论联系实践,为专业课打好基础,激发学生的学习兴趣。

(2)在教学中,引导学生开展常用工程材料、标准机械零部件市场销售情况调查活动;组织开展以小论文、小制作、小发明、小改革等为载体的创新思维训练。

(3)以专业为背景,选择合适的课题,制作综合实践任务书,组织学生进行阶段性实习训练和综合实践,训练学生机械基础的综合能力。

在教学过程中,还应充分利用数字化教学资源辅助教学,合理利用网络与多媒体技术,应用现代教育技术,积极创建适应个性化的学习需求,强化实践能力培养的教学环境,提高教学效率和质量。

单元0.2 认识机械

机械是机器与机构的总称。机器应用示例,如图0-5所示。

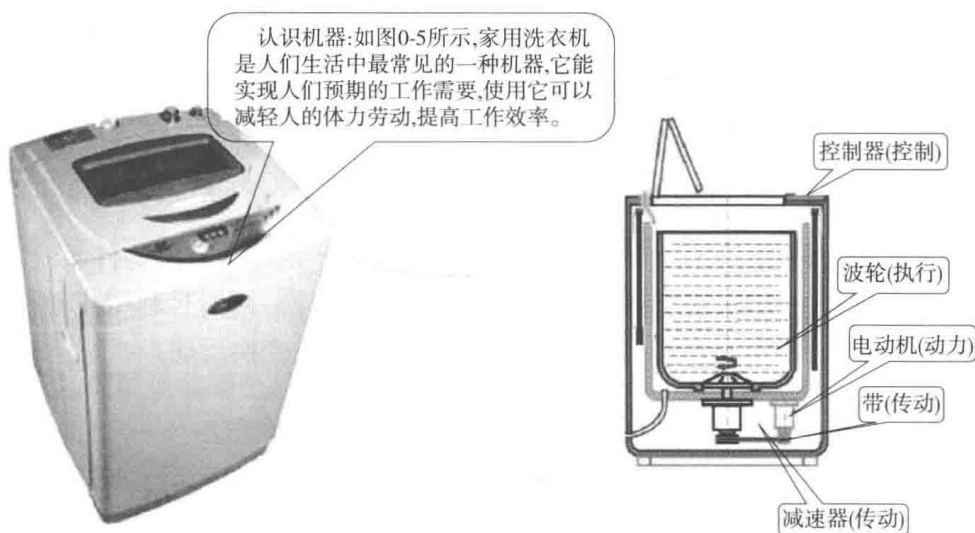


图0-5 家用洗衣机

一、机器与机构

机器是执行机械运用的装置,用来变换或传递能量、物料与信息。机器就是人为实体(构件)的组合,各部分之间具有确定的相对运动,并能代替或减轻人类的体力劳动,完成有用的机械功或实现能量转换。按工作的类型,机器分为三种,见表 0-1。

常用机器的类别及应用举例 表 0-1

类 别	作 用	实 例
动力机械	用于变换能量的机器	内燃机、电动机(图 0-6) 等
工作机械	用于完成有用机械功或搬运物料	起重机、高速铁路车辆(图 0-7)、机床
信息机器	用于实现信息变换	计算机、传真机(图 0-8)



图 0-6 电动机



图 0-7 高速铁路车辆



图 0-8 传真机

图 0-9 所示为汽油机中的凸轮机构、曲柄滑块机构(图 0-10)、带传动机构、齿轮机构等。

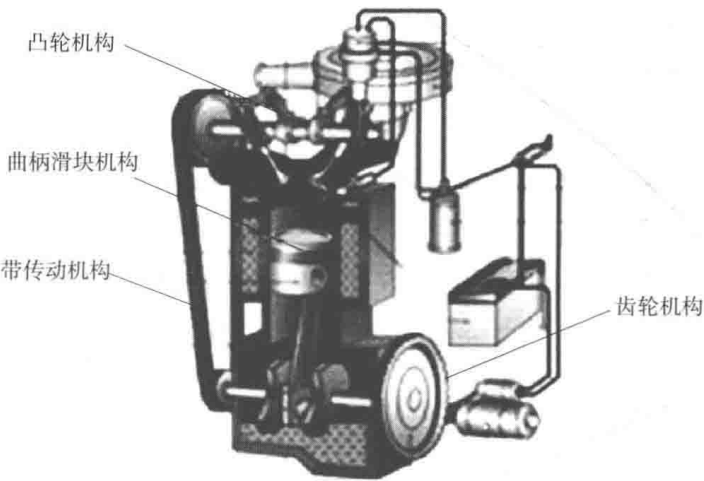


图 0-9 汽油机的组成

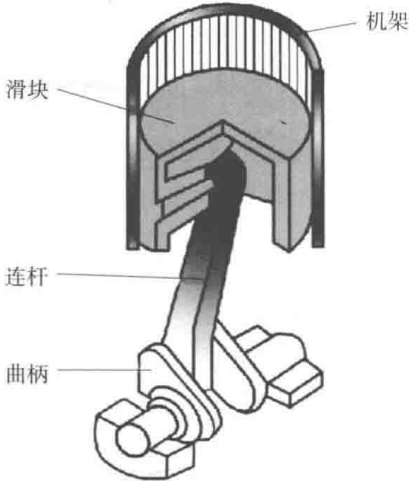


图 0-10 曲柄滑块机构

机构是具有确定相对运动的构件的组合,它是用来传递运动和力的构件系统。
机器与机构是有区别的,机器同时产生运动和能量的转换,目的是利用或转换机械能以代替或减轻人的劳动;机构只产生运动的转换,目的是传递或变换运动。

二、机器的组成

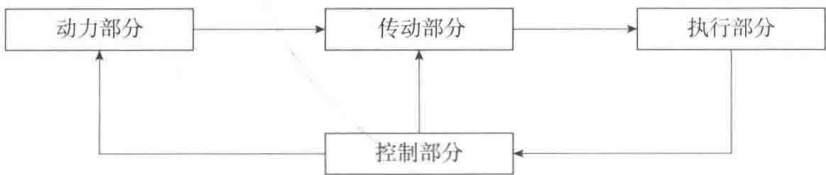
以家用洗衣机为例,电动机产生的动力经皮带传动和减速器传动后,带动波轮旋转,整个洗衣过程由洗衣机中的控制器来控制。一般机器主要由动力部分、传动部分、执行部分、控制部分组成。各组成部分的作用和应用举例,见表 0-2。

机器各组成部分的作用和应用举例

表 0-2

组成部分	作 用	应 用 举 例
动力部分	把其他形式的能量转换为机械能,以驱动机器各部件运动等	电动机、内燃机、空气压缩机
传动部分	将原动机的运动和动力传递给执行部分的中间环节	城市轨道交通车辆中的带传动、螺旋传动、齿轮传动等,机器中常有的传动有机械传动、液压传动、气压传动等
执行部分	直接完成机器工作任务的部分,处于整个传动装置的终端,其结构形式取决于机器的用途	如金属切削机床的主轴、托板,城市轨道交通车辆中的车体、车门
控制部分	包括自动检测部分和自动控制部分,其作用是显示和反映机器的运行位置和状态,控制机器正常运行和工作	数控机床、轨道车辆中的控制装置

动力部分、传动部分、执行部分和控制部分之间的关系如下:



三、构件与零件

1. 概念

构件是机构运动的最小单元体,也就是相互之间能做相对运动的物体,如图 0-11 所示。
零件是机器的最小制造单元,如连杆由螺栓、螺母、轴瓦、连杆头、连杆体等组成,如图 0-12 所示。



图 0-11 曲柄滑块机构中的连杆

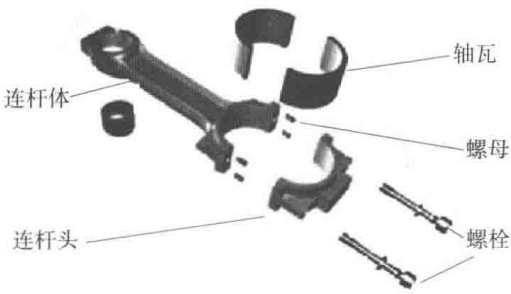


图 0-12 组成连杆的各零件

综上所述,机械是机器与机构的总称,最简单的机器由一个机构组成;机构由构件组成,构件由零件组成。一台机器由许多的零件组合而成,零件是机器的基本组成单元,也是制造单元;在拆装机器时,零件也是不能再拆分的最小单元。

零件→构件→机构→机器
机械

2. 构件的基本要求

各种机械和工程结构都由若干个构件组成,这些构件在工作时都要承受力的作用。为了保证构件在使用寿命内和规定工作条件下能正常工作,构件必须满足以下要求。

1) 有足够的强度

保证构件在外力作用下不发生破坏,是构件能正常工作的前提条件。构件的强度就是构件在外力作用下抵抗破坏的能力。

2) 有足够的刚度

构件在外力的作用下产生的变形不能影响其正常工作,应在允许的限度内。构件的刚度就是构件在外力作用下抵抗变形的能力。

3) 有足够的稳定性

某些细长杆件(或薄壁容器)在轴向压力达到一定的数值时,会突然变弯,或由此折断,失去正常工作。稳定性就是指构件保持原有状态的平衡能力。

保证构件有足够的强度、刚度、稳定性的前提下,构件能够承受的最大载荷称为构件的承载能力。这些都与材料的力学性能有关,而材料的力学性能必须通过实验来测定。而且有些实际机械工程中的问题并不能用已有的理论来解决,还需要用实验解决,或者还有待于研究新的理论。

四、机械零件的材料

机器是由各种零件构成的系统,因此零件的材料、结构以及加工精度将影响机器的性能,以轨道交通车辆为例,车辆上不同零部件采用不同材料加工制造而成,其中 80% 为金属材料,其余为非金属材料,从车辆的设计、制造到车辆的维护都涉及材料,认识机器的常用材料很有必要。

1. 认识常用金属材料

1) 金属材料

金属材料:同一金属元素或以金属元素为主要组成的并具有金属特性的工程材料,包括纯金属和合金。由于纯金属的强度、硬度都较低,所以合金已被广泛使用。

金属材料分为两大类:黑色金属和有色金属。黑色金属是指钢铁材料;有色金属是指钢铁材料以外的金属材料,如铝、镁、铜及其合金。

2) 常见金属机械零件的材料与属性

齿轮减速器(图 0-13)上主要零件的材料,见表 0-3。有关金属材料的详细内容将在单元 3 中讨论。

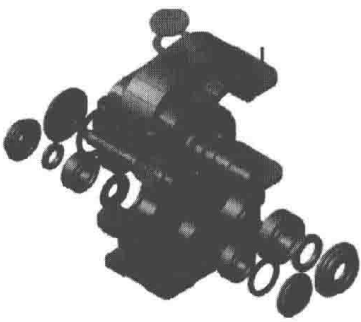


图 0-13 一级减速器零件拆分图

2. 认识常用非金属材料

机器上常用的非金属材料有橡胶、工程塑料、工程陶瓷和润滑材料。

1) 橡胶

橡胶是一种具有高弹性的有机高分子材料,应用很广。它有一定的强度,具有优异的抗疲劳性以及良好的耐磨、密封、绝缘、隔声、缓冲、防腐、减振等性能。橡胶同步带,见图 0-14;橡胶密封圈,见图 0-15;轨道交通车辆连接装置中的橡胶缓冲装置,见图 0-16。

齿轮减速器上主要零件的材料

表 0-3

零件名称	材料种类	使用性能要求	材料属性
壳体	HT200、HT250	散热好、防腐能力强且精度高	黑色金属
轴	45 钢、40Cr 钢	受力复杂,具备足够刚度、强度等良好的综合力学性能的材料,锻造成型并经过严格切削加工和热处理制成	黑色金属
小齿轮	40Cr	高硬度、高精度的钢材或进行热处理加工,具有良好的铸造性能或切割性能	黑色金属
大齿轮	45 钢	高硬度、高精度的钢材或进行热处理加工,具有良好的铸造性能或切割性能	黑色金属
键	45 钢	抗挤压、抗剪切、抗冲击等良好的力学性能	黑色金属
螺栓	Q235	抗拉强度高、耐腐蚀	黑色金属
垫片	黄铜、尼龙	耐高温、耐高压、耐腐蚀、耐磨损	有色金属
滚动轴承	GCr15、GCr15SiMn	耐磨性能和接触疲劳性能,有较理想的加工性能,具备一定的弹性和韧性	黑色金属



图 0-14 橡胶同步带



图 0-15 橡胶密封圈

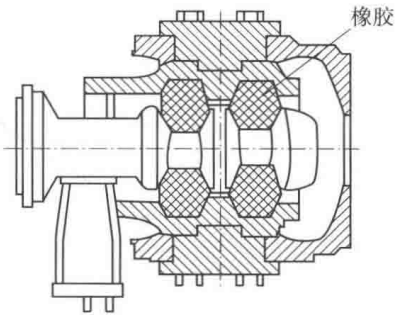


图 0-16 车辆橡胶缓冲装置

2) 工程塑料

塑料是以合成树脂为主要成分,加入适量的添加剂,在一定的温度和压力下塑制成型的有机高分子材料。工程塑料是指可以作为结构件的塑料,如工程塑料泵(图 0-17)、工程塑料轴承(图 0-18)。

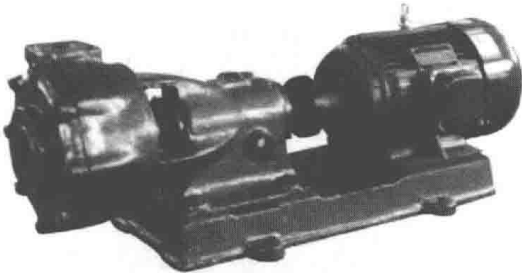


图 0-17 工程塑料泵

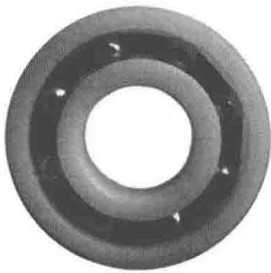


图 0-18 工程塑料轴承

3) 工程陶瓷

工程陶瓷是以天然或人工合成的各种无机化合物为基本原料,经制料、成型和烧结而成的。它具有高硬度、高抗压强度、高耐磨性、绝缘、优良的抗氧化性和耐腐蚀等特点。如陶瓷刀具(图 0-19)、陶瓷火花塞(图 0-20)。

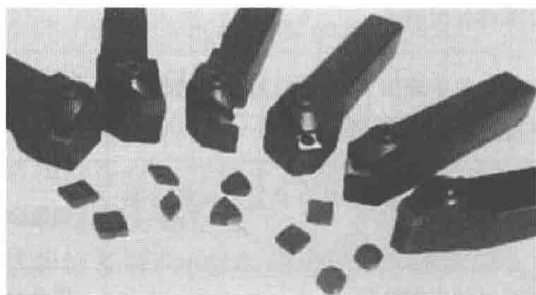


图 0-19 陶瓷刀具



图 0-20 陶瓷火花塞

4) 润滑材料

润滑材料是指加到运动副之间,保证接触面不受损害,降低摩擦和提高工作效率的一种工程材料。常用的有润滑油(图 0-21)和润滑脂(图 0-22)。



图 0-21 润滑油



图 0-22 润滑脂

五、摩擦、磨损与润滑

摩擦与磨损是机器运转过程中不可避免的物理现象,如齿轮的轮齿磨损(图 0-23)、齿轮轴安装轴承处的磨损(图 0-24)。



图 0-23 齿轮轮齿磨损

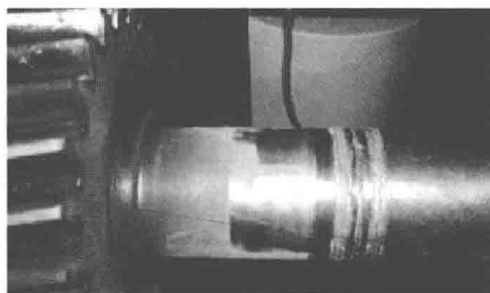


图 0-24 齿轮轴安装轴承处的磨损

在实际工作中,两构件相互接触并有相对运动的过程中必然产生物质和能量的消耗,世界上 $1/3 \sim 1/2$ 的能源消耗在摩擦上,因磨损失效的机械零件也占全部失效零件的一半以上。磨损是摩擦的结果,润滑是减少摩擦和磨损的有力措施。

1. 摩擦

摩擦是指有相对运动(或者有相对运动趋势)的两个物体,在接触面上阻碍相对运动的现象。相互摩擦的两个物体构成一个摩擦副。根据摩擦副的运动形式,把摩擦分为滑动摩擦和滚动摩擦;根据摩擦副的摩擦状态,把摩擦可分为干摩擦、边界摩擦、流体摩擦和混合摩擦,如图 0-25 所示。

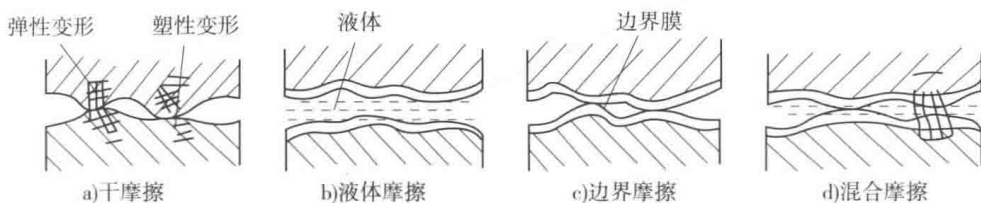


图 0-25 摩擦的四种状态

1) 干摩擦

两物体的滑动表面无任何润滑剂或保护膜摩擦,如盘式制动器的制动过程。

2) 流体摩擦

两物体表面不直接接触,被润滑膜隔开,如液体动力轴承、磁悬浮列车。

3) 边界摩擦

两摩擦表面被吸附在表面的边界膜隔开,如减速器齿轮转动过程的齿间摩擦。

4) 混合摩擦

处于干摩擦、液体摩擦与边界摩擦的混合状态,如滑动轴承起动过程中的摩擦。

2. 磨损

运动副之间的摩擦将导致零件表面材料的逐渐损失,这种现象称为磨损。磨损会降低机器的工作可靠性,影响机器的精度,最终导致机器报废。

1) 磨损过程

磨损过程大致可分为以下三个阶段,磨损曲线如图 0-26 所示。

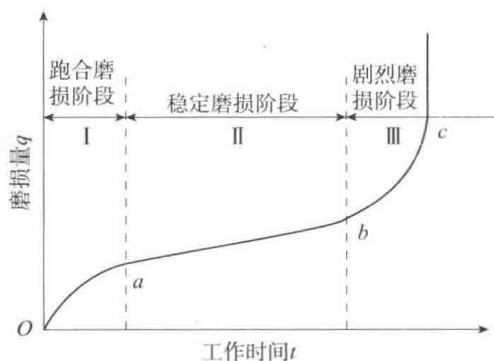


图 0-26 磨损曲线

(1) 跑合(磨合)磨损阶段。机件运转初期,摩擦副的接触面较小,单位面积实际载荷较大,磨损速度较快。

(2) 稳定磨损阶段。该阶段由于摩擦副的有效面积增大,单位面积实际载荷较小,磨损平稳而缓慢。

(3) 剧烈磨损阶段。该阶段运动副的间隙不断增大,磨损加剧,直至零件或机器失效。

2) 磨损类型

按照磨损的机理以及零件表面磨损状态的不同,把磨损分为:

(1)磨粒磨损。由于摩擦表面上硬质突出物或外部进入摩擦表面的硬质颗粒,对摩擦表面起到切削或刮擦作用,从而引起表层材料脱落的现象,称为磨粒磨损。

(2)黏着磨损。摩擦表面的微凸体在相互作用的各点发生黏着作用,使材料由一表面转移到另一表面的磨损。

(3)疲劳磨损。摩擦表面受循环接触应力作用到达一定程度时,就会在零件工作表面形成疲劳裂纹,随着裂纹的扩展与相互连接,会造成许多微粒从零件表面上脱落下来,致使工作表面出现许多浅坑。

(4)腐蚀磨损。在摩擦过程中,金属与周围介质发生化学反应而引起的磨损。

3. 润滑

在摩擦副的表面加注润滑油,摩擦阻力会明显降低。润滑油在各种机械中的作用如下:

(1)润滑作用:润滑材料被添加到相对运动机件的摩擦面上,使其脱离直接接触,达到降低摩擦和减少磨损的作用。

(2)冷却作用:随时将摩擦热排出机件外。

(3)洗涤作用:润滑材料在流动过程中,将摩擦面污物清洗排除。

(4)防腐蚀作用:保护摩擦表面不受侵蚀。

另外,润滑材料还有密封、减振等作用。详细内容将在单元 8 中介绍。

单元 0.3 认识轨道交通车辆中的机械

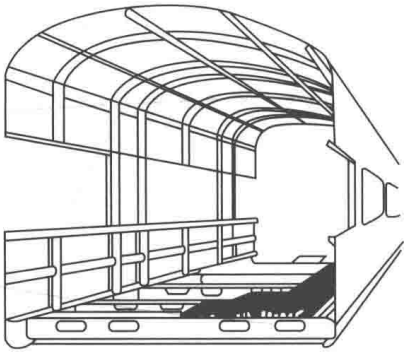
城市轨道交通车辆由机械部分、电器部分和空气管路三大部分组成。机械部分由车体、车门、连接装置、转向架和制动装置组成。

一、车体

车体是容纳旅客和司机(有驾驶室的车辆)的部分,是安装与连接其他设备和部件的基础。城市轨道交通车辆车体采用大断面铝型材或不锈钢材全焊接结构,一般均设有底架、侧墙(车窗、车门)、端墙、车顶等,如图 0-27 所示。车体分为有驾驶室车体和无驾驶室车体两种。



a)



b)

图 0-27 车体

客室内装包括地板、预制成型的顶板、侧墙板、端墙板、侧顶盖板、车窗、空调系统、进排风口等,客室一般安装有乘客座椅、照明灯、立柱扶手、灭火器、乘客信息显示器和图像显示屏、广播喇叭、乘客与司机对讲装置、紧急开门装置及车门状态指示灯、安全监控摄像头、电气控制柜等。

二、车门

车门包括客室车门(图 0-28)、驾驶室侧门、客室与驾驶室通道门、驾驶室前端疏散门(图 0-29)。目前,客室车门主要有内藏门、外挂门、塞拉门三种结构形式。客室门关系到乘客的安全,要求在运行中必须可靠锁闭,在设计上通过监测装置将车门状态与列车牵引指令电路联锁。同时,为了应对故障或紧急情况,每个车门都配置了可现场操作的切除装置和紧急开门装置。

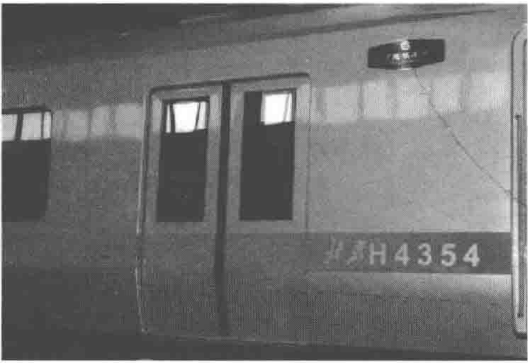


图 0-28 客室车门



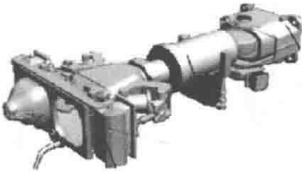
图 0-29 驾驶室前端疏散门

三、车体连接装置

车体连接装置包括车钩缓冲装置和贯通道装置。车钩缓冲装置(图 0-30)装在底架牵引梁上,是车辆的一个安全部件。其作用是:将车辆与车辆之间互相连接、传递牵引力、缓和冲击力。贯通道装置(图 0-31)实现两节车体客室之间的柔性连接,是车辆通过曲线轨道的关键部位,使乘客可在车厢之间走动,从而使乘客均匀分布。



a)



b)

图 0-30 车钩缓冲装置



图 0-31 车辆贯通装置