

第一单元

机械概述



知识目标

- 熟悉机器、机构、机械、零件、构件的基本概念。
- 熟悉机器的基本组成及各部分的功用。
- 理解金属材料的力学性能。
- 了解机械中的摩擦和磨损。



技能目标

- 根据实际应用情况能正确判断、分析机械设备是什么类型（机器、机械、机构、零件、构件）。
- 能解释金属材料的力学性能和摩擦、磨损现象。



励志名言

- 书到用时方恨少，事非经过不知难。 ——陆游

机器各式各样，它们的构造、用途和功能也各不相同，然而在很多方面却有着共同之处，这就形成了机器的基本概念、要素与过程。本单元介绍机器的若干共性问题，如机器的组成、金属材料的力学性能、机器中的摩擦和磨损等。

项目 1 机器的组成及概念

同学们在日常生活中经常看到或使用各种机器，对“机器”一词的概念，已经有了一些感性认识。例如缝纫机、汽车、各种机床等都是机器。要正确地使用和维护机器，首先应当了解机器的组成。

请同学们观察汽车与自行车的主要区别是什么？有什么相同之处？各自功能是什么？如图 1-1 和图 1-2 所示。



图 1-1 汽车示意图



图 1-2 自行车示意图

知识 1 机器的组成

机器就其功能而言，一般机器主要由以下四个基本部分组成，如图 1-3 所示。

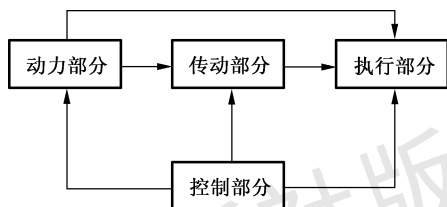


图 1-3 机器的组成

1. 动力部分

动力部分是驱动机器完成预定功能的动力源，其作用是将其其他形式的能量转变成机械能。动力源有电动机和内燃机等，而电动机的使用较为广泛。上述的汽车，其动力源为汽油发动机。

2. 执行部分

该部分的功能是直接完成机器预定的动作或任务，如汽车的车轮、自动生产线上的输送带、冲床的冲头等。

3. 传动部分

该部分是将动力源的运动和动力传递到执行部分，属于中间传递环节。利用它可以改变运动速度、转矩以及转换运动形式等，以满足工作部分的各种要求，如汽车中的变速箱、自行车的链传动与飞轮等。

4. 控制部分

控制部分主要是用于控制上述三部分的，使操作者能根据需要进行各种功能的实施，控制机器正常运行和工作。如机器的启/停、运动速度和方向的改变等。现代机器的控制系统，一般既包含机械控制系统，又包含电子控制系统，其作用包括检测及信号拾取、调节、计算机控制等。

简单的机器一般由上述的前三部分组成，有的甚至只有动力部分和执行部分，如水泵、

砂轮机等。而现代新型的自动化机器，如数控机床、机器人等，控制部分（包括检测）的作用越来越重要。

例如，如图 1-4 所示，冲压机的动力部分是电动机；执行部分是滑块与冲模作直线运动；传动部分由 V 带传动、齿轮传动和曲柄滑块机构组成，将转动转化成移动；控制部分是离合器、制动器和电气部分。

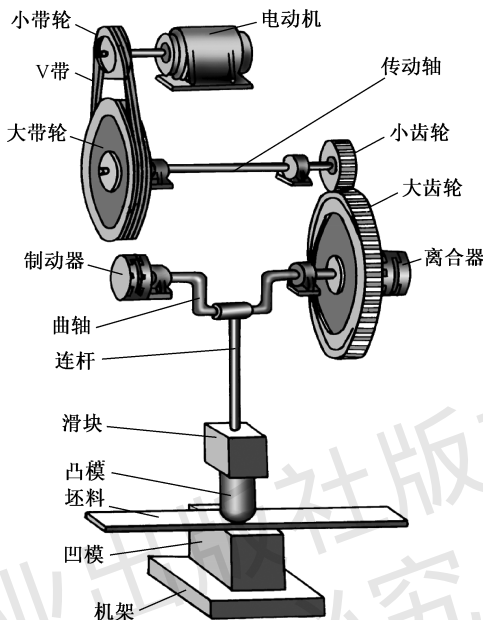


图 1-4 冲压机的组成

生活中手表的动力部分是发条或电池，传动部分是齿轮系统，执行部分是指针。摩托车的动力部分是内燃机，传动部分是链传动和飞轮内的棘轮机构，执行部分是车轮。电动自行车与摩托车的动力部分不同，将内燃机变换成电动机。家用波轮洗衣机的动力部分是单相电动机，传动部分是 V 带，执行部分是叶片波轮，而控制部分是微电脑控制板。

知识 2 机械相关概念

同学们观察汽车与自行车后，可能会发现二者有一个重要的区别，即汽车可以替代人做功，而自行车需要消耗人的体力。下面就机械相关概念及其属性进行讨论。

1. 机器

各种机器具有三个共同的特征。其一，机器都是人为地将各个实物进行有机组合；其二，组成机器各实物之间具有确定的相对运动；其三，可以代替或减轻人类的劳动，完成机械功或转换机械能。

以洗衣机为例，它由电动机、带轮、壳体、波轮、控制面板等实体组成。电动机轴带动带轮和波轮转动（具有确定的相对运动），使洗衣机可代替人用搓板搓衣的劳动。

2. 机构

从特征上看，机构和机器具有相同点，即它也是人为地将各个实物进行有机组合，组

成机构的各实物之间具有确定的相对运动。唯一的区别是机构不具备机器的第三个特征（代替或减轻人类的劳动）。

比如自行车由车轮、车架、车把、轴等部分组成（实体有机的组合），轮盘通过链条带动飞轮和车轮转动（具有确定的相对运动）。但自行车是以人作为动力的，没有原动力部分，因此不能代替或减轻人类的劳动，所以自行车属于机构而不属于机器。

机器包含机构，机构是机器的主要组成部分。一部机器可包含一个机构或多个机构。

3. 构件与零件

组成机构的各个相对运动部分称为构件，构件是运动的最小单元，它可以是单一的整体，也可以是多个零件组合而成的刚性结构。零件是制造的最小单元。比如自行车的前轮，其中辐条、轮圈、固定辐条用的螺母、外胎和内胎等组成一个构件，即车轮为一个参加运动的单元；而辐条、轮圈、固定辐条用的螺母、外胎和内胎等称为零件，分别进行制造，是制造的最小单元。

4. 机械

机器由机构组成，机构由构件组成。机构主要用来传递和变换运动，而机器主要用来传递或变换能量。如果不考虑做功和能量转换，仅从运动和结构的角度来看，机器和机构并无本质的区别，因此人们常把机器和机构统称为“机械”。

知识 3 运动副

使两物体直接接触而又能产生一定相对运动的连接，称为运动副。

根据运动副中两构件接触形式的不同，可分为低副和高副。

1. 低副

低副是指两构件之间作面接触的运动副（图 1-5）。按两构件的相对运动情况，可分为：

- ① 转动副，两构件在接触处只允许作相对转动，如由轴与轴承组成的运动副。
- ② 移动副，两构件在接触处只允许作相对移动，如由滑块与导槽组成的运动副。
- ③ 螺旋副，两构件在接触处只允许作一定关系的转动和移动的复合运动，如丝杠与螺母组成的运动副。

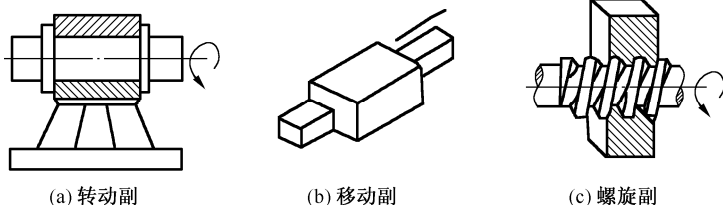


图 1-5 低副

2. 高副

高副是两构件之间作点或线接触的运动副（图 1-6）。

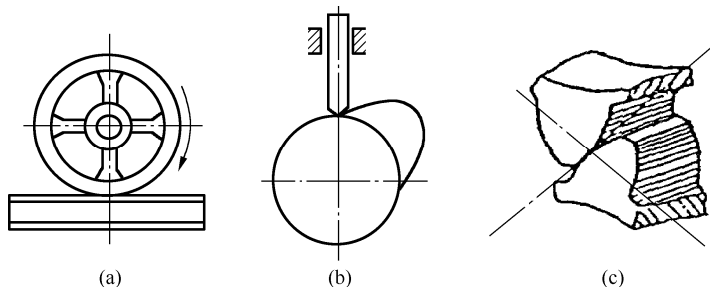


图 1-6 高副

议一议

以图 1-7 所示的齿轮构件为例，议一议构件和零件的区别。

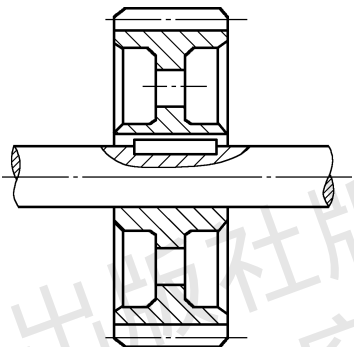


图 1-7 齿轮构件

项目 2 金属材料的性能

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料为保证机械零件或工具正常工作应具备的性能，即在使用过程中所表现出的特性。使用性能包括力学性能（或机械性能）、物理性能和化学性能等。工艺性能是指金属材料在制造机械零件或工具的过程中，适应各种冷、热加工的性能，也就是金属材料采用某种成形加工方法制成成品的难易程度。工艺性能包括铸造性能、锻压性能、焊接性能、热处理性能及切削加工性能等。在机械制造过程中，必须了解和掌握金属材料的各种性能特点，以便使机械产品在设计、选材和制造等方面体现出最优化。

知识 1 概念

金属材料在外力作用下所产生的几何形状和尺寸的变化称为变形，变形一般分为弹性变形（可以恢复的变形）和塑性变形（永久变形）两种。

金属材料在使用和制造过程中受到的力作用称为载荷，载荷通常有静载荷、变载荷等。大小、方向不随时间变化或变化缓慢的载荷称为静载荷，大小、方向随时间变化的载荷称为变载荷。

由于载荷不同，对材料的作用不同，引起材料的变形也不同，这样材料会表现出不同的

力学性能,所以金属材料力学性能的主要指标是强度、硬度、塑性、韧性和疲劳强度等。

金属材料受外力作用时,其内部产生的阻止变形的具有与外力相等的抗力称为内力,单位面积上的内力称为应力。

大小或方向不随时间变化或变化缓慢的应力称为静应力,大小或方向随时间变化的应力称为变应力。静应力只能在静载荷作用下产生,变应力可能由变载荷产生,也可能由静载荷产生。

提示

应力是一个十分重要的参数,其大小与材料的强度密切相关。

知识 2 金属材料的物理性能

金属的物理性能是金属所固有的属性,包括密度、熔点、导热性、热膨胀性、导电性和磁性等。

1. 密度

金属的密度是单位体积金属的质量,其单位为 kg/m^3 。

根据密度的大小,金属材料可分为轻金属和重金属。密度小于 4.5g/cm^3 的金属叫做轻金属,如铝、钛等。

密度是金属材料的一个重要物理性能,与材料的使用和检测等都有关系。例如,在航空工业和汽车工业中,为了增加有效载重量,密度是需要考虑的重要因素。

2. 熔点

金属从固体状态向液体状态转变时的温度称为熔点。熔点一般用摄氏温度($^{\circ}\text{C}$)表示。各种金属都有其固定熔点。如铅的熔点为 323°C ,钢的熔点为 1538°C 。

熔点对于冶炼、铸造、焊接和配制合金等都很重要。易熔金属及合金可用来制造熔断器和防火安全阀等零件;难熔金属及合金则用来制造要求耐高温的零件,广泛用于飞船外壳、火箭、导弹、燃气轮机和喷气飞机等。

熔点低于 1000°C 的金属称为低熔点金属,熔点在 $1000\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 的金属称为中熔点金属,熔点高于 2000°C 的金属称为高熔点金属。

3. 导热性

金属材料传导热量的能力称为导热性。一般用热导率(导热系数) λ 表示金属材料导热性能的优劣。热导率大的金属材料的导热性好。在一般情况下,金属材料的导热性比非金属材料好。金属的导热性以银为最好,铜、铝次之。

导热性好的金属散热也好,可用来制造散热器零件,如冰箱、空调的散热片。

4. 热膨胀性

金属材料在受热时体积会增大,冷却时则收缩,这种现象称为热膨胀性。各种金属的热膨胀性能不同。常用线(膨)胀系数 α_1 表示热膨胀性。如铁在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 时 $\alpha_1 = 11.76 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$,即温度升高 1°C 铁增长 $11.76\mu\text{m/m}$ 。

在实际工作中有时必须考虑热膨胀的影响。例如，一些精密测量工具就要选用膨胀系数较小的金属材料来制造，铺设铁轨、架设桥梁、金属工件加工过程中测量尺寸等都要考虑到热膨胀的因素。

5. 导电性

金属材料传导电流的性能称为导电性。各种金属材料的导电性不相同，其中以银为最好，铜、铝次之，工业上用铜、铝做导电的材料。导电性差的高电阻金属材料，如铁铬合金、镍铬铝、康铜和锰铜等用于制造仪表零件或电热元件，如电炉丝。

6. 磁性

金属导磁的性能称为磁性。具有导磁能力的金属材料都能被磁铁吸引。铁、钴等为铁磁性材料，锰、铬、铜、锌为无磁性或顺磁性材料。但对某些金属来说，磁性也不是固定不变的，如铁在 768℃ 以上就表现为没有磁性或顺磁性。

铁磁性材料可用于制作变压器、电动机的铁芯和测量仪表零件等；无（顺）磁性材料可用做要求避免磁场干扰的零件。

知识 3 金属材料的化学性能

金属材料的化学性能是指金属在化学作用下所表现的性能，如耐腐蚀性、抗氧化性和化学稳定性等。

1. 耐腐蚀性

金属材料在常温下抵抗氧、水蒸气及其他化学介质腐蚀作用的能力，称为耐腐蚀性。常见的钢铁生锈，就是腐蚀现象。

腐蚀对金属材料危害很大，每年都有大量的钢铁被锈蚀。严重时还会使金属构件遭到破坏而引发重大恶性事故，特别是在腐蚀介质中工作的金属材料制件（如制药、制酸、制碱等化工设备），必须考虑金属材料的耐腐蚀性能。

2. 抗氧化性

金属材料抵抗氧化作用的能力，称为抗氧化性。

金属材料在加热时，氧化作用加速，如钢材在锻造、热处理、焊接等加热作业时，会发生氧化和脱碳，造成材料的损耗和各种缺陷。因此，在加热坯件或材料时，常在其周围形成一种还原气体或保护气体，以避免金属材料的氧化。

3. 化学稳定性

化学稳定性是金属材料的耐腐蚀性和抗氧化性的总称。金属材料在高温下的化学稳定性叫做热稳定性。用于制造在高温下工作的零件的金属材料，要有良好的热稳定性。

知识 4 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是评定金属材料质量的主要依据，也是金属构件设计时选材和进行强度计算的主要依据。

金属材料的强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等力学性能指标都是通过试验得到的。

1. 强度

强度是金属材料在静载荷作用下抵抗变形和破坏的能力。抵抗能力越大，则强度越高；强度越高的材料越能承受较大的外力而不变形和破坏。

金属材料的强度指标可以通过拉伸试验测得。金属材料抵抗拉伸力的强度指标主要有屈服强度（或规定残余伸长应力）和抗拉强度等。

（1）屈服强度和规定残余伸长应力

屈服强度是指在拉伸试验过程中拉力（或载荷）不增加（保持恒定）的情况下，拉伸试样仍然能继续伸长（变形）时的应力。GB/T 228—2002 标准规定：屈服强度分为上屈服强度（ R_{eH} ）和下屈服强度（ R_{eL} ）。一般情况下，屈服强度指下屈服强度。屈服强度是工程技术上重要的力学性能指标之一，也是大多数机械零件选材和设计的依据。

工业上使用的部分金属材料（如高碳钢、铸铁等）在进行拉伸试验时，没有明显的屈服现象，也不会产生缩颈现象，这就需要规定一个相当于屈服强度的指标，即规定残余延伸强度。规定残余延伸强度是指拉伸试样在卸除拉伸力后，其标距部分的残余伸长与原始标距比值达到规定的百分比时的应力，用符号 R_r 表示，如 $R_{r0.2}$ 表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

（2）抗拉强度

抗拉强度是指拉伸试样拉断前所承受的最大标称拉应力，用符号 R_m 表示。

R_m 是表征金属材料由均匀塑性变形向局部集中塑性变形过渡的临界值，也表征金属材料在静拉伸条件下的最大承载能力。对于塑性较好的金属材料来说，拉伸试样在承受最大拉应力 R_m 之前，变形是均匀一致的；但超过 R_m 后，金属材料便开始出现颈缩现象，即产生集中塑性变形。

2. 塑性

塑性是金属材料在静载荷作用下产生永久性变形（去掉外力后不能恢复原状的变形）而不破坏的能力。金属材料的塑性可以用拉伸试样断裂时的最大相对变形量来表示，如断后伸长率和断面收缩率。它们是表征材料塑性优劣的主要力学性能指标。

（1）断后伸长率

拉伸试样在力的作用下会产生塑性变形，拉伸试样中的原始标距会不断伸长。拉伸试样拉断后的标距伸长与原始标距的百分比称为断后伸长率，用符号 A 或 $A_{11.3}$ 表示。

（2）断面收缩率

断面收缩率是指拉伸试样拉断后颈缩处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比。断面收缩率用符号 Z 表示。

金属材料的塑性对零件的加工和使用具有重要的意义，塑性好的金属材料容易进行锻压、轧制等成形加工，在使用时也较安全。所以，大多数机械零件除要求具有较高的强度外，还要求有一定的塑性。

目前，金属材料室温拉伸试验方法采用的标准主要是新标准（GB/T 228—2010），新标准与旧标准（GB/T 228—1987）在强度与塑性方面的名词和符号对照见表 1-1。

表 1-1 新标准与旧标准（GB/T 228—1987）在强度与塑性方面的名词和符号对照

GB/T 228—2010 新标准		GB/T 228—1987 旧标准	
名 词	符 号	名 词	符 号
断面收缩率	Z	断面收缩率	ψ
断后伸长率	A 和 A _{11.3}	断后伸长率	δ_5 和 δ_{10}
屈服强度	—	屈服点	σ_s
上屈服强度	Re _H	上屈服点	σ_{SU}
下屈服强度	Re _L	下屈服点	σ_{SL}
规定残余延伸强度	Rr, 如 Rr0.2	规定残余延伸应力	σ_r , 如 $\sigma_{r\,0.2}$
抗拉强度	Rm	抗拉强度	σ_b

3 . 硬度

硬度是指金属材料抵抗局部变形，特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。它是衡量金属材料软硬程度的一种性能指标。在许多场合下都要求材料具有一定的硬度。例如，切削刀具、工具、量具、模具和一些重要的零件。硬度越高，其耐磨性越好，抵抗局部变形的能力越好，才能保证其使用性能和寿命，而且硬度也间接反映材料的强度。

硬度测定方法有压入法、划痕法、回弹高度法等，其中压入法的应用最为普遍。在压入法中根据载荷、压头和表示方法的不同，常将硬度分为布氏硬度（HBW 或 HBS）、洛氏硬度（HRA、HRB、HRC）和维氏硬度（HV）三种。

布氏硬度的优点是具有较高的测量精度，但由于压痕较大，对金属表面的损伤较大，不宜测定太小或太薄的试样。主要用于测定原材料的硬度，如铸铁、非铁金属、经退火处理或正火处理的金属材料及其半成品，但不能测定高硬度材料。

洛氏硬度的试验原理是将锥角为 120° 的金刚石圆锥体或直径为 1.5875mm 的球（淬火钢球或硬质合金球）压入试样表面。其特点是硬度试验压痕小，对试样表面损伤小，常用来直接检验成品或半成品薄壁零件的硬度，尤其是经过淬火处理的零件，常采用洛氏硬度计进行测试。操作迅速、简便，可在表盘上直接读出值，应用最广。

维氏硬度的测定原理与布氏硬度相似，它常将相对面夹角为 136° 的正四棱锥体金刚石作为压头。其适用范围宽，从很软的材料到很硬的材料都可以测量，尤其适用于零件表面层硬度的测试，如化学热处理的渗层硬度测量，其测量结果精确可靠。但测取维氏硬度值时，需要测量压痕的对角线长度，然后查表或计算，而且测试时，对试样表面的质量要求高，测量效率较低。因此，维氏硬度没有洛氏硬度使用方便。

4 . 韧性

韧性是指金属材料抵抗冲击载荷而不破坏的能力。换句话说，它是金属材料在断裂前吸收变形能量的能力。

机械零件在工作中往往要受到冲击载荷的作用，如冲床的冲模、锻模等，零件受外力瞬时冲击所引起的破坏能力，要比静载荷作用下大得多，所以其性能指标不能用静载荷作用下的指标衡量，而必须考虑材料的冲击韧度的好坏。因此，金属材料韧性的大小通常采用吸收能量 *K*（单位为焦耳）指标来衡量，吸收能量越大，表示金属材料抵抗冲击试验力而不破坏的能力越强。

5. 疲劳强度

许多机械零件（如轴、齿轮、轴承等）在工作过程中往往受到的是大小和方向随时间变化的载荷，即交变载荷的作用，在这种情况下，金属材料能够承受的应力远远低于静载荷时的应力，甚至在低于屈服点的状态下，长时间工作都会发生裂纹或者突然断裂，材料的这种现象称为金属的疲劳。

金属材料在无数次重复的交变应力作用下，而不破坏的最大应力称为疲劳强度，用 σ_{-1} 表示。实际上，金属材料不可能做无限多次交变载荷试验，一般试验时规定，钢经受 10^7 次、有色金属经受 10^8 次交变载荷作用时不产生断裂的最大应力称为疲劳强度。

疲劳破坏是机械零件失效的主要原因之一。据统计，在零件失效中有80%以上属于疲劳破坏，而且疲劳破坏前没有明显的变形，所以疲劳破坏经常造成重大事故，可见，疲劳强度是材料的一个重要指标。

6. 表面强度

机械零件受载荷作用时，如果应力是在较浅的表层内产生（如接触应力、挤压应力），则在这种应力状态下的零件强度称为表面强度。

（1）挤压强度

面接触而无相对运动的零件，承载时因相互挤压作用而产生的压应力称为挤压应力。此时零件强度表现为抵抗压溃或塑性变形，即挤压强度。

（2）接触强度

在载荷作用下，机械中的高副，如齿轮副、蜗杆副、凸轮副、滚动轴承中的滚动体与套圈等，由于接触面很小，即点接触或线接触，表层的局部应力很大，这种应力称为接触应力。接触应力一般都是变应力。在接触应力作用下零件的强度称为接触强度。当接触应力超过材料相应疲劳强度时，零件表层金属便从本体剥落，形成小坑，这种现象称为疲劳点蚀。

以上介绍的金属材料的力学性能，它们虽然有所区别，但也绝对不是完全无关的，它们之间有着紧密的关联性，一般情况下，金属材料的强度、硬度较好时，往往塑性、韧性较差；相反塑性、韧性较好时，而强度、硬度较低。但有些材料在处理较好时，也会得到综合性能较好的结果。

项目 3 摩擦与磨损

摩擦和磨损是自然界和社会生活中普遍存在的现象。有时人们利用它们有利的一面，例如车辆行驶、带传动和制动等是利用摩擦作用，精加工中的磨削、抛光等是利用磨损的有用方面。由于摩擦的存在造成了机器的磨损、发热和能量损耗。据估计，目前世界上有30%~50%的能量消耗在各种形式的摩擦中，约有80%的机器因为零件磨损而失效。因此，零件的磨损是决定机器使用寿命的主要因素。

知识 1 摩擦

摩擦是指两物体的接触表面阻碍它们相对运动的机械阻力（图 1-8）。

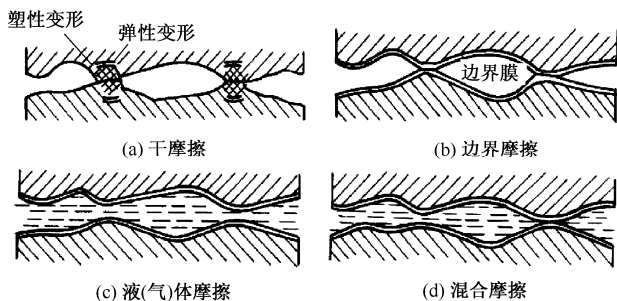


图 1-8 摩擦状态

相互摩擦的两个物体称为摩擦副。根据摩擦副的运动状态可将摩擦分为静摩擦、动摩擦。仅有相对运动趋势时的摩擦称为静摩擦，静摩擦力的大小随作用于物体的外力的变化而变化。当外力克服了最大静摩擦力，摩擦副间产生相对运动时的摩擦称为动摩擦。根据摩擦副的运动形式可分为滑动摩擦和滚动摩擦，根据摩擦副的摩擦状态可分为固体摩擦、液（气）体摩擦和混合摩擦。

1. 固体摩擦

固体摩擦分为干摩擦和边界摩擦。

(1) 干摩擦

摩擦副在直接接触时产生的摩擦称为干摩擦，如图 1-8(a)所示，摩擦因数大，磨损严重，除利用摩擦力工作的场合外，应尽量避免。

(2) 边界摩擦

在摩擦副间施加润滑剂后，摩擦副的表面吸附一层极薄的润滑膜，这种摩擦状态称为边界摩擦，如图 1-8(b)所示。边界摩擦的润滑膜强度低，容易破裂，致使摩擦副部分表面直接接触产生磨损，但摩擦和磨损状况优于干摩擦。

2. 液（气）体摩擦

在摩擦副间施加润滑剂后，摩擦副的表面被一层具有一定压力和厚度的流体润滑膜完全隔开时的摩擦，称为液（气）体摩擦，如图 1-8(c)所示。液（气）体摩擦中摩擦副的表面不直接接触，摩擦因数很小，理论上不产生磨损，是一种理想的摩擦状态。

3. 混合摩擦

兼有固体摩擦和液（气）体摩擦中两种摩擦状态以上的一种摩擦状态，称为混合摩擦，如图 1-8(d)所示。混合摩擦中摩擦表面仍有少量直接接触，大部分处于液（气）体摩擦，故摩擦和磨损状况优于固体摩擦，但比液（气）体摩擦差。

议一议

同学们在道路上经常会看到贴有“跑合”、“走合”、“磨合”等字样的汽车，这是为什么？

知识 2 磨损

运动副之间的摩擦将导致零件表面材料逐渐损耗形成磨损。磨损会影响机器的精度，降低工作的可靠性，甚至促使机器提前报废。

1. 磨损过程

一个零件的磨损过程大致可分为三个阶段，磨损曲线如图 1-9 所示。

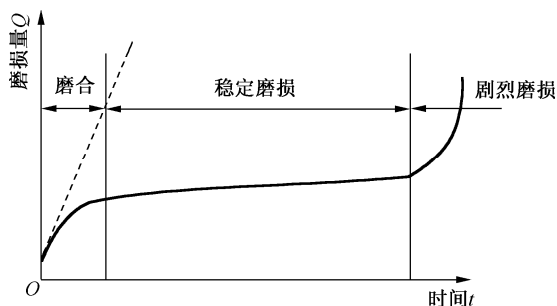


图 1-9 磨损过程

(1) 磨合阶段

在运转初期，摩擦副的接触面积较小，单位面积上的实际载荷较大，磨损速度较快。随着磨合的进行，实际接触面积不断增大，磨损速度逐渐减缓，在达到某一定值后即转入稳定磨损阶段。磨合结束后应更换润滑油。

(2) 稳定磨损阶段

在这个阶段，零件以平稳而缓慢的速度磨损，这个阶段的长短代表零件的使用寿命。

(3) 剧烈磨损阶段

在剧烈磨损阶段，磨损急剧增长，运动副中的间隙增大，精度丧失，引起额外的动载荷，出现噪声和振动，最终导致失效。这时必须更换零件。

2. 磨损的类型

根据磨损机理及零件表面磨损状态，一般工况下经常出现以下几种磨损。

(1) 黏着磨损

在边界摩擦或混合摩擦状态下，当载荷较大、速度较高时，润滑膜可能破坏，摩擦表面的不平度峰尖在相互作用的各点处发生黏着后，当相对滑动时材料从一个表面转移到另一个表面，形成了黏着磨损。这种磨损是金属摩擦副之间最普通的一种磨损形式。黏着磨损会造成运动副胶合、咬死。齿轮传动、蜗杆传动及滑动轴承等零件可能发生黏着磨损。

(2) 磨料磨损

进入摩擦面间的游离颗粒，如磨损造成的金属微粒，会在较软材料的表面上犁刨出很多沟纹，这样的微切削过程称为磨料磨损。除液体摩擦外，其他摩擦状态下工作的零件都可能出现磨料磨损，例如开式齿轮传动经常因严重磨损而失效。

(3) 疲劳磨损

做滚动或滚动兼滑动的高副摩擦表面，在接触区受到循环变化的高接触应力作用时，零件表面出现裂纹，随着应力循环次数的增加，裂纹逐步扩展以致表面金属剥落，出现凹坑，这种现象称为疲劳磨损，也称疲劳点蚀或简称点蚀。它是滚动轴承、齿轮、凸轮等零件的主要失效形式之一。

(4) 腐蚀磨损

摩擦副受到空气中的酸、润滑油、燃油中残存的少量无机酸（如硫酸）及水分的化学作用或电化学作用，在相对运动中造成材料的损失称为腐蚀磨损。腐蚀可以在没有摩擦的条件下形成。

课后思考与实践

1. 简答题

- (1) 机器由哪几部分组成？各部分有何功用？
- (2) 指出下列机器的动力部分、传动部分、执行部分和控制部分：
①汽车；②机床；③搅拌机；④洗衣机。
- (3) 自行车、机械式手表、汽车、台式虎钳等哪些为机器？哪些为机构？
- (4) 构件和零件有何区别和联系？
- (5) 什么是金属材料的力学性能？一般包括哪些项目？
- (6) 什么是强度？常用的强度有哪几种？
- (7) 什么是硬度？常用的硬度有哪几种？
- (8) 磨损的形式有几种？各发生在什么场合？

2. 实践活动

到实习工厂参观，认识常用机器设备的种类、外观、功能、工作原理、构造组成、运动转换和动力传递等情况。