

第 1 章

机械制造概述

人类成为“现代人”的标志就是能制造工具。石器时代的各种石斧、石锤和木质、皮质的简单且粗糙的工具是后来出现的机械的先驱。从制造简单工具演进到制造由多个零件、部件组成的现代机械,经历了漫长的过程。

几千年前,人类已创制了用于谷物脱壳和粉碎的臼和磨,用来提水的桔槔和辘轳,装有轮子的车,航行于江河的船及桨、橹、舵等。所用的动力,从人自身的体力,发展到利用畜力、水力和风力。所用的材料从天然的石、木、土、皮革,发展到人造材料。最早的人造材料是陶瓷,制造陶瓷器皿的陶车已是具有动力、传动和工作 3 个部分的完整机械。

1.1 机械概述



学习目标

- (1) 了解机械、机器、机构、构件、零件的概念;
- (2) 理解机器与机构、构件与零件的区别。



学习导入

机械工程通过不断扩大的实践,从分散性的、主要依赖匠师们个人才智和手艺的一种技艺,逐渐发展成为一门有理论指导的、系统的和独立的工程技术。

20 世纪后半叶,社会经济的发展,对机械产品的需求猛增。伴随着有限元法和电子计算机的广泛应用,使对复杂的机械及其零件、构件进行力、力矩、应力等的分析和计算成为可能。对于掌握有充分的实践或实验资料的机械或其元件,已经可以运用统计技术,按照要求的可靠度,科学地进行机械设计。

1. 机器与机构

(1) 机器

凡能实现确定的机械运动,又能做有用的机械功或完成能量、物料与信息转换和传递

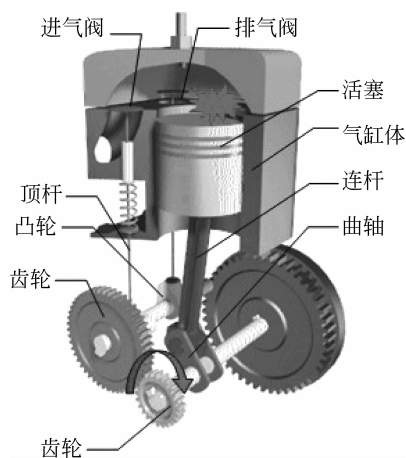


图 1-1 单缸内燃机

的装置,称为机器。如汽车、起重机、各种机床、内燃机、飞机、洗衣机、船舶、工业机器人等。使用机器可减轻人们的劳动强度、提高劳动生产率。

图 1-1 所示为内燃机,由气缸体、活塞、进气阀、排气阀、连杆、曲轴、凸轮、顶杆和齿轮等组成。

内燃机的工作过程如下:

- ① 活塞下行,进气阀开启,混合气体进入气缸;
 - ② 活塞上行,气阀关闭,混合气体被压缩,在顶部点火燃烧;
 - ③ 高压燃烧气体推动活塞下行,两气阀关闭;
 - ④ 活塞上行,排气阀开启,废气被排出气缸。
- 内燃机各部分的作用如下:

- ① 曲柄滑块机构。将活塞的往复运动通过连杆转变为曲轴的连续转动。
- ② 凸轮机构。用来启闭进气阀和排气阀。
- ③ 齿轮机构。用来保证进气阀、排气阀与活塞之间形成协调动作。

各类机器都是由若干机构组合而成,比如内燃机有曲柄滑块机构、凸轮机构、齿轮机构等。虽然各种机器构造不同、性能不同、用途不同,但都具有以下共同特征。

- ① 是由各种零件装配而成的组合体;
- ② 各部分间具有确定的相对运动;
- ③ 用来变换或传递能量、物料和信息。

(2) 机构

机构具有机器的前两个特征,用来变换或传递机械运动。如内燃机中有曲柄滑块机构、齿轮机构、凸轮机构。所以,把只能用来传递运动、力或改变运动形式的机械传动装置,称为机构。

从运动的观点看,机器与机构之间并无区别,所以通常将机器和机构统称为机械。

(3) 构件

组成机器的各个相对运动的单元体称为构件。

构件可以是单一的零件,如曲轴,也可以是几个零件组成的刚性结构,如图 1-1 中内燃机的连杆。构件是最小的运动单元,零件是最小的制造单元。

(4) 部件

通常把为协同完成某一功能而装配在一起的若干个零件的装配体称为部件。部件是装配的单元,如联轴器、轴承、减速器等。

2. 机器的组成

现代机器一般由动力装置、传动装置、执行装置和操纵控制装置 4 个部分组成,此外,还有必要的辅助装置。前 3 种装置为机器的基本组成部分。

(1) 动力装置

动力装置是机器的动力来源,主要有电动机、内燃机、燃气轮机等。现代机器大多采用电动机,而内燃机主要用于运输机械、工程机械和农业机械。

(2) 传动装置

传动装置将动力装置的运动和动力变换成执行装置所需的运动形式、运动和动力参数,并传递到执行部分。机器中的传动有机械传动、液压传动、气压传动和电气传动。机械传动应用最多。

(3) 执行装置

执行装置是直接完成机器预定功能的工作部分,如车床的卡盘和刀架、汽车的车轮、船舶的螺旋桨、带式输送机的输送带等。

(4) 操纵控制及辅助装置

操纵控制装置用以控制机器的启动、停车、正反转、运动和动力参数改变及各执行装置间的动作协调等。自动化机器的控制系统能使机器进行自动检测、自动数据处理和显示、自动控制和调节、故障诊断和自动保护等。辅助装置则有照明、润滑和冷却装置等。

3. 机器应满足的基本要求

一般来说,机器应满足下列要求。

(1) 使用要求

机器应在规定的使用期限内保证实现预定的功能,达到规定的性能。这项要求主要靠合理地选择机器的工作原理、正确地设计传动方案、合理配置辅助系统等来实现。

(2) 经济性要求

机器的经济性应体现并贯穿在设计、制造和使用的全过程中,以求获得最高的经济效益。在设计阶段,采用先进的现代设计方法,使设计参数精确并最优化。

(3) 社会要求

对机器的社会要求有以下几个方面:应满足人机工程学要求,应满足安全运行要求,应满足工艺美术学要求,应符合环保要求等。

(4) 可靠性要求

机器的设计、制造、管理、使用环节都影响机器的可靠性,而起决定性作用的则是设计阶段。

(5) 其他特殊要求

在满足以上基本要求的前提下,不同机械还有其特殊要求,如机床有长期保持精度的要求;食品机械有防止污染的要求;大型设备有便于安装和运输的要求,等等。



思考

一、填空题

1. 机器或机构,都是由_____组合而成的。
2. 机器或机构的_____之间,具有确定的相对运动。

3. 机器可以用来_____人的劳动,完成有用的_____。
4. 组成机构并且相互间能作_____的物体,叫做构件。
5. 从运动的角度看,机构的主要功用在于_____运动或_____运动的形式。
6. 构件是机器的_____单元。零件是机器的_____单元。
7. 机器的工作部分须完成机器的_____动作,且处于整个传动的_____。
8. 机器的传动部分是把原动部分的运动和功率传递给工作部分的_____。
9. 构件之间具有_____的相对运动,并能完成_____的机械功或实现能量转换的_____的组合,叫机器。

二、判断题

1. 构件都是可动的。()
2. 机器的传动部分都是机构。()
3. 互相之间能作相对运动的物件是构件。()
4. 只从运动方面讲,机构是具有确定相对运动构件的组合。()
5. 机构的作用,只是传递或转换运动的形式。()
6. 机器是构件之间具有确定的相对运动,并能完成有用的机械功或实现能量转换的构件的组合。()
7. 机构中的主动件和被动件,都是构件。()



实践

参观校内的机加工实习车间,观察某一台机器并拆去机器的罩壳,了解机器的组成。

1.2 机械产品的生产过程



学习目标

- (1) 理解生产过程和工艺过程的概念及组成;
- (2) 了解生产过程的主要环节;
- (3) 清楚产品的生产类型及其特点。



学习导入

机械制造是指进行各种动力机械、起重运输机械、农业机械、冶金矿山机械、化工机械、纺织机械、机床、工具、仪器、仪表及其他机械设备等的生产过程。机械产品是指由机械厂家向用户或市场所提供的成品或附件,如汽车、发动机、机床等。机械制造业为整个国民经济提供技术装备,其发展水平是国家工业化程度的主要标志之一。

1. 生产过程

产品的生产过程是指把原材料变为成品各相互关联的劳动过程的总和。机械产品的

生产过程一般包括以下几方面。

① 生产与技术的准备过程：包括产品生产前的市场调查、预测，工艺设计，生产计划的编制，生产资料的准备等。

② 生产工艺过程：是指直接制造产品的毛坯和零件的切削加工、热处理、检验、装配、调试等生产活动。

③ 辅助生产过程：为了保证基本生产过程的正常进行所必需的辅助生产活动，如工艺装备的制造、能源供应、设备维修等。

④ 生产服务过程：如原材料的组织、运输、保管、储存、供应及产品包装、销售等过程。

2. 工艺过程

在生产过程中，凡是改变生产对象的形状、尺寸、位置和性质等，使其成为成品或半成品的过程都称为工艺过程。

工艺过程又可分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、热处理、装配等工艺过程，它是生产过程的主体。工艺过程的组成如下。

(1) 工序

一个工人或一组工人，在一个工作地点对同一工件或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程，称为工序。工序是工艺过程的基本组成部分，工序是制订生产计划和进行成本核算的基本单元。

机械零件的机械加工工艺过程由若干工序组成，毛坯依次通过这些工序，就被加工成合乎图样规定要求的零件。

(2) 安装

在同一工序中，工件在工作位置需要经过一次或多次装夹。安装是工件经一次装夹后所完成的那一部分工艺过程。从减小装夹误差及减少装夹工件所花费的时间考虑，应尽量减少安装数。

(3) 工位

在同一工序中，为了减少由于多次装夹而带来的误差及时间损失，往往采用转位工作台或转位夹具。工位是在工件的一次安装中，工件相对于机床(或刀具)每占据一个确切位置中所完成的那一部分工艺过程。

(4) 工步

一个工序(或一次安装或一个工位)中可能需要加工若干个表面；也可能只加工一个表面，但却要用若干把不同的刀具轮流加工；或只用一把刀具但却要在加工表面上切多次，而每次切削所选用的切削用量不完全相同。

工步是在加工表面、切削刀具和切削用量(仅指机床主轴转速和进给量)都不变的情况下所完成的那一部分工艺过程。上述3个要素中(指加工表面、切削刀具和切削用量)只要有一个要素改变了，就不能认为是同一个工步。

为了提高生产效率，机械加工中有时用几把刀具同时加工几个表面，这也被看做是一个工步，称为复合工步。

(5) 走刀

走刀是指刀具相对工件加工表面进行一次切削所完成的那部分工作。每个工步可包括一次或几次走刀。

综合分析可知,工艺过程的组成是很复杂的。工艺过程由许多工序组成,一个工序可能有几个安装,一个安装可能有几个工位,一个工位可能有几个工步,如此等等。

3. 生产过程的主要环节

一般来说,机械产品的生产过程包括以下几个主要环节。

(1) 产品设计

产品设计是企业产品开发的核心,产品设计必须保证技术上的先进性与经济上的合理性等。

产品的设计一般有 3 种形式,即创新设计、改进设计和变形设计。创新设计(开发性设计)是按用户的使用要求进行的全新设计;改进设计(适应性设计)是根据用户的使用要求,对企业原有产品进行改进或改型的设计,即只对部分结构或零件进行重新设计;变形设计(参数设计)仅改进产品的部分结构尺寸,以形成系列产品的设计。产品设计的基本内容包括编制设计任务书、方案设计、技术设计和图样设计。

(2) 工艺设计

工艺设计的基本任务是保证生产的产品能符合设计的要求,制定优质、高效、低耗的产品制造工艺规程,制订出产品的试制和正式生产所需要的全部工艺文件。包括对产品图样的工艺分析和审核、拟定加工方案、编制工艺规程以及工艺装备的设计和制造等。

(3) 零件加工

零件的加工包括坯料的生产以及对坯料进行各种机械加工、特种加工和热处理等,使其成为合格零件的过程。极少数零件加工采用精密铸造或精密锻造等无屑加工方法。通常毛坯的生产有铸造、锻造、焊接等;常用的机械加工方法有钳工加工、车削加工、钻削加工、刨削加工、铣削加工、镗削加工、磨削加工、数控机床加工、拉削加工、研磨加工、珩磨加工等;常用的热处理方法有正火、退火、回火、时效、调质、淬火等;特种加工有电火花成型加工、电火花线切割加工、电解加工、激光加工、超声波加工等。只有根据零件的材料、结构、形状、尺寸、使用性能等,选用适当的加工方法,才能保证产品的质量,生产出合格零件。

(4) 检验

检验是采用测量器具对毛坯、零件、成品、原材料等进行尺寸精度、形状精度、位置精度的检测,以及通过目视检验、无损探伤、机械性能试验及金相检验等方法对产品质量进行的鉴定。

测量器具包括量具和量仪。常用的量具有钢直尺、卷尺、游标卡尺、卡规、塞规、千分尺、角度尺、百分表等,用以检测零件的长度、厚度、角度、外圆直径、孔径等。常用量仪有浮标式气动量仪、电子式量仪、电动式量仪、光学量仪、三坐标测量仪等,除可用于检测零件的长度、厚度、外圆直径、孔径等尺寸外,还可对零件的形状误差和位置误差等进行测量。

特殊检验主要是指检测零件内部及外表的缺陷。其中无损探伤是在不损害被检对象的前提下,检测零件内部及外表缺陷的现代检验技术。无损检验方法有直接肉眼检验、射线探伤、超声波探伤、磁力探伤等,使用时应根据无损检测的目的,选择合适的方法和检测规范。

(5) 装配调试

任何机械产品都是由若干个零件、组件和部件组成的。根据规定的技术要求,将零件和部件进行必要的配合及连接,使之成为半成品或成品的工艺过程称为装配。将零件、组件装配成部件的过程称为部件装配;将零件、组件和部件装配成为最终产品的过程称为总装配。装配是机械制造过程中的最后一个生产阶段,其中还包括调整、试验、检验、油漆和包装等工作。

常见的装配工作内容包括清洗、连接、校正与配作、平衡、验收、试验。

(6) 入库

企业生产的成品、半成品及各种物料为防止遗失或损坏,放入仓库进行保管,称为入库。

入库时应进行入库检验,填好检验记录及有关原始记录;对量具、仪器及各种工具做好保养、保管工作;对有关技术标准、图样、档案等资料要妥善保管;保持工作地点及室内外整洁,注意防火防湿,做好安全工作。

4. 生产纲领与生产类型

1) 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期间应当生产的产品产量和进度计划。计划期常为一年,所以生产纲领常称为年产量。

2) 生产类型

企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类称为生产类型。生产类型一般可分为单件生产、成批生产、大量生产 3 种类型。

(1) 单件生产

单件生产的基本特点是:生产的产品种类繁多,每种产品的产量很少,而且很少重复生产。例如,重型机械产品制造和新产品试制等都属于单件生产。

(2) 成批生产

成批生产的基本特点是:分批地生产相同的产品,生产呈周期性重复。如机床制造、电机制造等属于成批生产。成批生产又可按其批量大小分为小批生产、中批生产、大批生产 3 种类型。其中,小批生产和大批生产的工艺特点分别与单件生产和大量生产的工艺特点类似;中批生产的工艺特点介于小批生产和大批生产之间。

(3) 大量生产

大量生产的基本特点是:产量大、品种少,大多数工作长期重复地进行某个零件的某一道工序的加工。例如,汽车、拖拉机、轴承等的制造都属于大量生产。



思考

1. 什么是生产过程? 包括哪些基本过程?
2. 什么是工艺过程?

3. 什么是工序、安装、工位和工步？划分工序的依据是什么？
4. 有哪些生产类型？各自有何特点？根据什么来确定产品的生产类型？
5. 产品工艺设计的内涵是什么？包括哪些主要内容？
6. 装配工作包括哪些主要内容？



实践

参观某机械厂的产品生产车间，了解企业生产过程及工艺过程。

1.3 机械加工工种



学习目标

- (1) 了解机械加工工种分类；
- (2) 熟悉各工种特点。



学习导入

工种是对劳动对象的分类称谓，也称工作种类，如电工、钳工等。机械加工工种一般分为冷加工、热加工和其他工种三大类。

1. 冷加工(机械加工)类

(1) 钳工

钳工大多是用手工方法并经常要在台虎钳上进行操作的一个工种。目前不适宜采用机械加工方法的一些工作，通常由钳工来完成。钳工是机械制造企业中不可缺少的一个工种。

钳工工种按专业工作的主要对象不同又可分为普通钳工、装配钳工、模具钳工、修理钳工等。不管是哪一种钳工，要完成好本职工作，首先要掌握好钳工的各项基本操作技术。主要包括划线、錾削、锯割、锉削、钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹和套螺纹、刮削、研磨、测量、装配和修理等。

(2) 车工

车削加工是一种应用最广泛、最典型的加工方法。车工是指操作车床，对工件旋转表面进行切削加工的工种。车床按结构及其功用可分为卧式车床、立式车床、数控车床以及特种车床等。

车削加工的主要工艺内容为车削外圆、内孔、端面、沟槽、圆锥面、螺纹、滚花、成形面等。

(3) 铣工

铣工是指操作各种铣床设备，对工件进行铣削加工的工种。

铣床按结构及其功用可分为普通卧式铣床、普通立式铣床、万能铣床、工具铣床、龙门铣床、数控铣床、特种铣床等。

铣削加工的主要工艺内容为铣削平面、台阶面、沟槽(键槽、T型槽、燕尾槽、螺旋槽)以及成形面等。

(4) 刨工

刨工是指操作各种刨床设备,对工件进行刨削加工的工种。

常用的刨削机床有普通牛头刨床、液压刨床、龙门刨床和插床等。

刨削加工的主要工艺内容为刨削平面、垂直面、斜面、沟槽、V型槽、燕尾槽、成形面等。

(5) 磨工

磨工是指操作各种磨床设备,对工件进行磨削加工的工种。

常用的磨床有普通平面磨床、外圆磨床、内圆磨床、万能磨床、工具磨床、无心磨床以及数控磨床、特种磨床等。

磨削加工的主要工艺内容为磨削平面、外圆、内孔、圆锥、槽、斜面、花键、螺纹、特种成形面等。

除上述工种外,常见的冷加工工种还有钣金工、镗工、冲压工、组合机床操作工等。

2. 热加工类

(1) 铸造工

铸造是指熔炼金属,制造铸型,并将熔融金属浇入铸型,凝固后获得一定形状、尺寸和性能的金属铸件的工作。

铸造工指操作铸造设备,进行铸造加工的工种。常见的铸造种类有砂型铸造、金属砂型铸造、压力铸造及离心铸造等。

(2) 锻造工

锻造是利用锻造方法使金属材料产生塑性变形,从而获得具有一定形状、尺寸和机械性能的毛坯或零件的加工方法。

锻造工是指操作锻造机械设备及辅助工具,进行金属工件的毛坯制料、锻粗、冲孔、成型等锻造加工的工种。锻造可分为自由锻和模锻两大类。

(3) 焊工

焊工是指操作焊接和气割设备,对金属工件进行焊接或切割成型的工种。焊工的工作内容主要包括以下几方面。

① 安装和调整焊接、切割设备及工艺装备。

② 操作焊接设备,进行焊接。

③ 使用特殊焊条,焊接设备和工具,对铸铁、铜、铝、不锈钢等材质的管、板、杆件及线材进行焊接。

④ 使用气割机械设备或手工工具,对金属工件进行直线、坡口和不规则线口的切割。

⑤ 维护保养相关设备及工艺装备,排除使用过程中出现的一般故障。

常见的焊接方法有熔焊、压焊、钎焊三大类。

(4) 热处理工

金属材料可通过热处理改变其内部组织,从而改善材料的工艺性能和使用性能,所以

热处理在机械制造业中占有很重要的地位。

热处理工是指操作热处理设备,对金属材料进行热处理加工的工种。根据不同的热处理工艺,一般可将热处理分成整体热处理、表面热处理、化学热处理和其他热处理4类。

3. 其他工种

(1) 机械设备维修工

机械设备维修工主要是指从事设备安装维护和修理的工种。机械设备维修工的工作内容主要包括以下几方面。

- ① 选择测定机械设备安装的场地、环境和条件。
- ② 设备搬迁和新设备的安装与调试。
- ③ 对机械设备的机械、液压、气动故障和机械磨损进行修理。
- ④ 更换或修复机械零件、部件,润滑保养设备。
- ⑤ 对修复后的机械设备,进行运行调试与调整。
- ⑥ 到现场巡回检修,排除机械设备运行过程中的一般故障。
- ⑦ 对损伤的机械零件,进行钣金、钳加工。
- ⑧ 配合技术人员,预检机械设备故障,编制大修理方案,并完成大、中、小型修理。
- ⑨ 维护保养工具、夹具、量具、仪器仪表,排除使用过程中出现的故障。

(2) 维修电工

维修电工主要是指从事工厂设备的电气系统安装、调试与维护、修理的工种。维修电工的工作内容主要包括以下几方面。

- ① 对电气设备与原材料进行选型。
- ② 安装、调试、维护、保养电气设备。
- ③ 架设并接通送、配电线路与电缆。
- ④ 对电气设备进行修理或更换有缺陷的零部件。
- ⑤ 对机床等设备的电气装置、电工器材进行维护保养与修理。
- ⑥ 对室内用电线路和照明灯具进行安装、调试与修理。
- ⑦ 维护保养电工工具、器具及测试仪器仪表。
- ⑧ 填写安装、运行、检修设备技术记录。

(3) 电加工设备操作工

在机械制造中,为了加工各种特殊材料和复杂表面,常直接利用电能、化学能、热能、光能、声能等进行零件加工,这种加工方法一般称为特种加工。其中操作电加工设备进行零件加工的工种,称为电加工设备操作工。

常用的加工方法有电火花加工、电解加工等。



思考

1. 机械加工常见的工种有哪几类? 各有何特点?
2. 热加工工种分为哪几类? 各工种的作用是什么?



实践

到相关生产厂家进行参观实习,尽可能多地了解各种机械加工工种的加工方法和加工工艺。

1.4 机械制造的安全生产与节能常识



学习目标

- (1) 了解能源的种类,培养节能意识;
- (2) 了解安全生产常识。



学习导入

一般意义上讲,“安全生产”是指在社会生产活动中,通过人、机、物料、环境、方法的和谐运作,使生产过程中潜在的各种事故风险和伤害因素始终处于有效控制状态,切实保护劳动者的生命安全和身体健康。

安全生产是安全与生产的统一,其宗旨是安全促进生产,生产必须安全。

1. 设备操作安全常识

- ① 机械设备开机前,应先检查机械设备是否装设了合理、可靠而又不影响操作的安全装置,若不符合安全要求,应及时向车间提出安全整改意见或方案。
- ② 检查零部件是否有严重磨损、报废和安全松动的迹象,发现后应及时更换、维修、维护,防止设备带病运行。
- ③ 检查电线、控制柜是否破损,所处环境是否可靠,设备的接地或接零等设施是否安全,发现不良状况,应及时采取防护措施。
- ④ 检查各传动部位有无安全防护罩,作业巡视及靠近其附近时不得身着宽大的衣物,女同志不得披长发。
- ⑤ 作业人员在操作时应按规定穿戴劳动防护用品。
- ⑥ 作业人员不得随意拆除机械设备的安全装置。
- ⑦ 维护、保养、维修及清理设备、仪表时应确认设备、仪表已处于停机状态且电源已完全关闭;同时应在工作现场分别悬挂或摆放警示牌,提示设备处于维护、维修状态或有人在现场工作。
- ⑧ 设备运转时,严禁用手调整、测量工件或进行润滑、清除杂物、擦拭设备。
- ⑨ 维护、维修等操作工作结束后,应将器具从工作位置退出,并清理好工作场地和搞好机械设备的卫生。
- ⑩ 车间应定期做好设备的维护、保养和维修工作,保证机械设备的正常运行。

2. 节能常识

能源是能量的来源或源泉,是人类赖以生存的物质,是发展生产、改善人民生活的物

质基础。

1) 能源的种类

(1) 再生能源和非再生能源

再生能源是指在生态循环中能重复产生的自然资源,可以源源不断地从自然界中得到补充,是人类取之不尽用之不竭的能源。如水力、潮汐、太阳辐射、风力、海洋能、草木燃料、地下热水、地热蒸汽、温泉、热岩层以及从有机物质及其废物中提取的燃料,如酒精、沼气等。

非再生能源是指经过亿万年漫长地质年代形成,随着人类的不断开发利用而日益减少,终究要消耗殆尽,不能在短期内重复再生的能源,如煤炭、原油、天然气等。

(2) 常规能源和新能源

常规能源也称传统能源,是指已经利用多年,目前科学技术条件已成熟,经济上比较合理,已被人类大规模生产和广泛使用的能源,如煤炭、原油、天然气、电、水能、柴草等。

新能源是指人类新近才开发利用或正在研究开发,今后可以广泛利用的能源,如太阳能、风能、地热能、海洋能等。

新能源是人类未来能源的开发重点领域。目前的新能源随着科学技术的不断提高,今后会被广泛使用,也会成为常规能源。如核能在某些工业发达国家中已广泛使用,已被列入常规能源之中。

2) 能量转化

各种能源形式可以互相转化,在一次能源中,风、水、洋流和波浪等是以机械能(动能和位能)的形式提供的,可以利用各种风力机械(如风力机)和水力机械(如水轮机)转换为动力或电力。煤、石油和天然气等常规能源一般是通过燃烧将化学能转化为热能。热能可以直接利用,但大量的是将热能通过各种类型的热力机械(如内燃机、汽轮机和燃气轮机等)转换为动力,带动各类机械和交通运输工具工作;或是带动发电机送出电力,满足人们生活和生产的需要。

3) 节能

节能的中心思想是采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可接受的措施,来更有效地利用能源资源。为了达到这一目的,需要从能源资源的开发到终端利用,更好地进行科学管理和技术改造,以达到提高能源利用效率和降低单位产品的能源消耗。由于常规能源资源有限,而世界能源的总消耗量则随着生产的发展和人民生活水平的提高越来越大,世界各国十分重视节能技术的研究(特别是节约常规能源中的煤、石油和天然气,因为这些还是宝贵的化工原料;尤其是石油,世界储量相对很少),千方百计地寻求代用能源,开发利用新能源。

思考

1. 何为安全生产? 设备操作安全常识有哪些?
2. 何为能源? 何为再生能源、非再生能源、常规能源、新能源?
3. 如何从身边小事做起,培养环保和节能意识?

实践

在参观实践时,观察学校实训车间或企业生产车间是否存在安全隐患,是否有不符合安全生产规程的地方和行为,向车间领导提出存在问题并探讨改进办法。

第 2 章

常用工程材料

在机械工程中,材料的种类很多,常用的材料主要有金属材料和非金属材料两大类。本章主要为大家介绍常用工程材料的分类、牌号、用途、性能及热处理等基础知识。

2.1 常用工程材料的分类与主要性能



学习目标

- (1) 掌握碳素钢、合金钢和铸铁的分类、牌号,了解其性能和用途;
- (2) 了解常用有色金属的分类、牌号、性能和用途。



学习导入

金属材料的种类繁多,常用的金属材料有铸铁、碳素钢、合金钢、有色金属和硬质合金等。为了正确选择和使用材料,必须了解各种金属材料的分类、牌号、性能及用途等有关知识。

1. 常用工程材料及其分类

金属材料一般按其化学性质分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属是以铁或以铁为主形成的物质,包括碳素钢、合金钢和铸铁等;除黑色金属以外的其他金属,统称为有色金属,如铜、铝、镁、铅、锌及其合金。

1) 黑色金属

(1) 碳素钢

含碳量在 2.11% 以下而不含有特意加入合金元素的钢,称为碳素钢。碳素钢除含碳外一般还含有少量的硅、锰、硫、磷。

① 碳素钢的分类

a. 按含碳量分类如下:

低碳钢: $\omega_{\text{C}} \leq 0.25\%$

中碳钢: $0.25\% \leq \omega_c \leq 0.6\%$

高碳钢: $\omega_c > 0.6\%$

b. 按钢的质量分类(主要根据钢中有害杂质硫、磷的含量成分)如下:

普通碳素钢: $\omega_s \leq 0.055\%, \omega_p \leq 0.045\%$

优质碳素钢: $\omega_s \leq 0.045\%, \omega_p \leq 0.040\%$

高级优质碳素钢: $\omega_s \leq 0.03\%, \omega_p \leq 0.035\%$

c. 按用途分类如下:

碳素结构钢: 主要用于制造各种工程构件和机械零件, 如建筑、桥梁用钢, 螺栓、螺钉。一般为低、中碳钢。

碳素工具钢: 主要用于制造各种工具、刀具、模具。一般为高碳钢。

d. 按脱氧方法分类如下:

沸腾钢: 脱氧不完全的钢, 一般用锰铁或铝脱氧。用作钢板, 加工性能好、表面质量好、价格便宜, 但化学成分不均匀。

镇静钢: 脱氧完全的钢, 先用锰铁后用硅铁再用铝脱氧。其成分均匀、力学性能均匀、焊接性好、抗腐蚀性能好。但表面质量差、价格较高。

半镇静钢: 性能介于沸腾钢和镇静钢之间, 生产过程较难, 很少生产。

② 几种常用的碳素钢

a. 碳素结构钢: 主要用来承受载荷, 要求有较高的强度、塑性和韧性。根据其质量可分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢两大类。

普通碳素结构钢: 含碳量在 $0.06\% \sim 0.38\%$, 其中有害元素硫、磷和非金属夹杂物的含量较多。这类钢的强度和硬度不高, 但冶炼容易、工艺性好、价格便宜, 常用来轧制成钢板、钢带和各种型钢、棒钢等, 可供焊接、铆接、栓接一般工程件, 因而广泛使用, 如图 2-1 所示。



图 2-1 普通碳素结构钢的应用

(a) 板材; (b) 公路护栏

普通碳素结构钢的牌号用“Q+屈服点数值-质量等级·脱氧方法”表示。其中, Q 表示钢材屈服点“屈”字汉语拼音首字母; 质量等级为 A、B、C、D 4 个等级, A 级硫、磷含量最高, D 级硫、磷含量最低; 脱氧方法用 F、b、Z、TZ 表示, 其中 F 为沸腾钢、b 为半镇静钢、Z 为镇静钢、TZ 为特殊镇静钢。如 Q235—A·F 表示屈服强度为 235MPa 的 A 级沸腾钢。

优质碳素结构钢：只含有少量的有害杂质硫和磷，硫、磷含量均少于0.035%，此类钢既能保证钢中的化学成分，又能保证其力学性能，主要用于制造各种重要的机器零件，如轴类、齿轮、弹簧等零件，如图2-2所示。

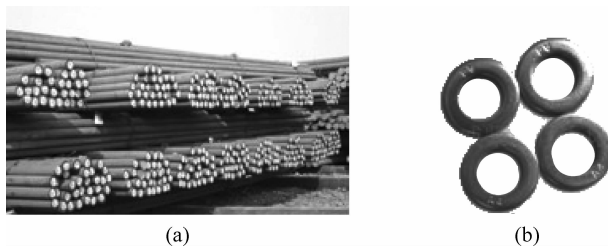


图 2-2 优质碳素结构钢的应用

(a) 圆钢；(b) 垫圈

优质碳素结构钢的牌号由两位数字组成，表示钢中平均含碳量的万分数。如45钢表示平均含碳量为0.45%的优质碳素结构钢。在含碳量后面加“A”表示高级优质钢，如10A表示平均含碳量为0.1%的高级优质碳素结构钢；加“F”表示沸腾钢，如08F表示平均含碳量为0.08%的沸腾钢；加“Mn”表示含锰量较高的优质碳素结构钢，如65Mn为平均含碳量为0.65%的高锰优质碳素结构钢。

b. 碳素工具钢：含碳量在0.7%以上，主要用来制造各种刀具、模具、量具等，具有较高的硬度和耐磨性，如图2-3所示。

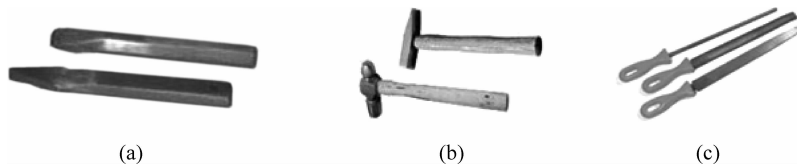


图 2-3 碳素工具钢的应用

(a) 镊子；(b) 锤子；(c) 锉刀

碳素工具钢的牌号用“T+数字”表示。其中“T”表示碳素工具钢，数字表示平均含碳量的千分数。如：T08表示平均含碳量为0.8%的碳素工具钢。若为高级优质碳素工具钢，则在牌号后加字母A，如T10A表示平均含碳量为1.0%的高级优质碳素工具钢。

常用碳素工具钢的牌号、性能及应用如表2-1所示。

表 2-1 常用碳素工具钢的牌号、性能及应用

牌 号	含碳质量 分数/%	退火后的硬度/HBS	淬火后的硬度/HRC	应用举例
		不大于	不小于	
T7、T7A	0.65~0.74	187	62	凿子、模具、锤子、木工工具及钳工装配工具等不受大的冲击、需较高硬度和耐磨性的工具
T8、T8A	0.75~0.84	187	62	

续表

牌 号	含碳质量 分数/%	退火后的硬度/HBS	淬火后的硬度/HRC	应 用 举 例
		不大于	不小于	
T9、T9A	0.85~0.94	192	62	刨刀、冲模、丝锥、手工 锯条及卡尺等不受较大 冲击的工具和耐磨机件
T10、T10A	0.95~1.04	197	62	
T11、T11A	1.05~0.94	207	62	
T12、T12A	1.15~1.24	207	62	钻头、锉刀、刮刀等不受 冲击而要求极高硬度的 工具和耐磨机件
T13、T13A	1.25~1.34	217	62	

c. 铸钢：是指将钢水直接浇注成零件毛坯的碳钢，其含碳量一般在 0.2%~0.6% 之间。铸钢一般用于制造承受重载、力学性能要求较高、形状较复杂的零件。如大型齿轮、气缸体、变速箱体缸体、轧钢机机架等，如图 2-4 所示。

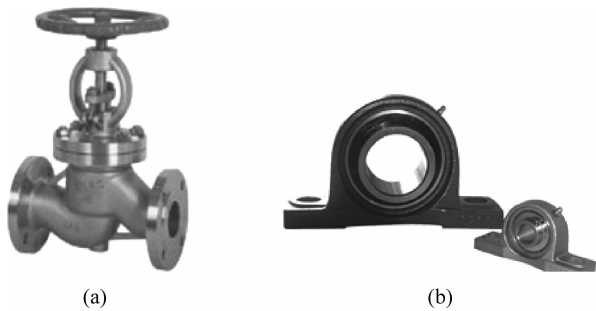


图 2-4 铸钢的应用
(a) 截止阀；(b) 轴承座

铸钢的牌号用“ZG+数字—数字”表示，其中“ZG”表示铸钢，第一组数字表示最低屈服强度，第二组数字表示最低抗拉强度。如 ZG200—400 表示最低屈服强度为 200MPa、最低抗拉强度为 400MPa 的铸钢。

(2) 合金钢

为了改善钢的性能，在冶炼时有目的地在碳素钢中加入一定比例的一种或几种合金元素(如硅、锰、铬、镍、钨、钼、钒、钴、硼、钛等)的钢。由于在碳素钢中加入了合金元素，可以细化钢的晶粒，改善钢的热处理性能。

① 合金钢的分类

合金钢的分类方法很多，一般可按以下两种方法分类。

a. 按用途分为以下几种。

合金结构钢：主要用于制造机械零件和工程构件。

合金工具钢：主要用于制造各种刀具、量具、模具等。

特殊工具钢：具有某种特殊性能的合金钢，如不锈钢、耐磨钢、耐热钢等。

b. 按合金元素总含量分为以下几种。

低合金钢：合金元素总含量<5%。

中合金钢：合金元素总含量为 $5\% \sim 10\%$ 。

高合金钢：合金元素总含量 $>10\%$ 。

② 合金钢的牌号

a. 合金结构钢：它的牌号用“两位数字+化学元素符号+数字”表示，“两位数字”表示平均含碳量的万分数，“化学元素符号”表示钢中含有的主要合金元素，“数字”表示该合金元素含量的百分数，当含量 $<1.5\%$ 时，牌号中一般不标明含量；当合金元素含量在 $1.5\% \sim 2.5\%$ ， $2.5\% \sim 3.5\%$ ， $\dots$ 时，则相应地用 $2, 3, \dots$ 表示。例如，40Cr 钢表示平均含碳量为 0.4% 、含铬量小于 1.5% 的合金结构钢；60Si2Mn 钢表示平均含碳量为 0.6% 、含Si量为 2% 、含Mn量小于 1.5% 的合金结构钢。

合金结构钢根据性能和用途不同，可分为低合金钢、合金渗碳钢、合金调质钢、合金弹簧钢和滚动轴承钢等。

低合金钢：是指一种低碳、低合金的钢，具有高的屈服强度和良好的塑性、韧性、焊接性和耐蚀性。如16Mn 钢，多用于桥梁、汽车大梁、船舶等；15MnV 钢，多用于锅炉、大型厂房等，如图2-5所示。



图 2-5 低合金钢的应用

(a) 桥梁；(b) 起重机

合金渗碳钢：含碳量较低，一般为 $0.10\% \sim 0.25\%$ ，常加入一定量的铬、镍、锰、硅、硼等合金元素，以提高钢的淬透性，保证零件在热处理后表层和心部均得到强化。主要用来制造耐磨性、耐疲劳性好，又能承受冲击载荷作用的零件，如20CrMnTi、20CrNi3 多用于汽车中变速齿轮、传动轴、重负荷下工作的齿轮等，如图2-6所示。



图 2-6 合金渗碳钢的应用

(a) 凸轮轴；(b) 变速齿轮

合金调质钢：是指经调质处理后具有良好力学性能的钢，其含碳量为 $0.25\% \sim 0.5\%$ ，通常加入少量Cr、Mn、Si、Ni 和B 等合金元素，以提高钢的淬透性。一般用于制造

汽车、拖拉机、机床和其他机器上的各种重要零件,如 40Cr、45Mn2 多用于制造齿轮、花键轴、螺栓等零件,如图 2-7 所示。

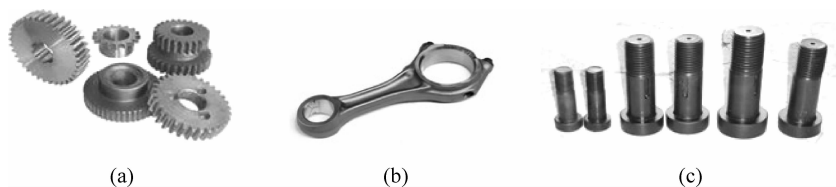


图 2-7 合金调质钢的应用

(a) 齿轮; (b) 连杆; (c) 高强螺栓

合金弹簧钢: 是指一种专用结构钢,其含碳量一般为 $0.45\% \sim 0.7\%$,具有较高的强度、高的弹性极限和疲劳极限、足够的塑性和韧性。如 55Si2Mn、60Si2Mn、50CrVA,多用于制造各种弹簧和弹性元件,如图 2-8 所示。

滚动轴承钢: 含碳量较高,一般为 $0.95\% \sim 1.15\%$,主要用来制造滚动轴承的内外套圈及滚动体,也可用来制造各种工具和耐磨机件,如冷冲模、机床丝杠等,如图 2-9 所示。常用滚动轴承钢有 GCr15、GCr9SiMn,其中“G”为滚动轴承,铬元件符号后的数字表示平均含铬量的千分数。



图 2-8 合金弹簧钢的应用



(a)



(b)

图 2-9 滚动轴承钢的应用

b. 合金工具钢: 是在碳素工具钢的基础上,加上适量的合金元素,以改善其性能。

合金工具钢的牌号由“一位数字+元素符号+数字”表示。其中,“一位数字”表示平均含碳量的千分数,当平均含碳量 $>1\%$ 时,一般不标出;“元素符号”表示钢中含有主合金元素;“数字”表示合金元素含量的百分数,表示方法与合金结构钢相同。如 9SiCr 表示平均含碳量为 0.9% ,含 Si、Cr 量均小于 1.5% 的合金工具钢。Cr12MoV 表示平均含碳量大于 1% ,含 Cr 量为 12% ,含 Mo、V 量均小于 1.5% 的合金工具钢。

合金工具钢常用来制造各种刀具、量具和模具,所以常按用途将合金工具钢分为刀具钢、量具钢和模具钢。

刀具钢: 主要用于制造各种刀具,一般分为低合金钢和高速钢。

低合金刀具钢是在碳素工具钢的基础上加入少量($<5\%$)合金元素的钢。主要用于制造形状复杂、尺寸较大、切削用量较大的刀具,如丝锥、板牙、铰刀等。最常用的低合金刀具钢为 9SiCr 钢、CrWMn 钢等。

高速钢又称锋钢,是一种高合金刀具钢,在高速切削中刃部温度达 600°C 时,其硬度无明显下降,能够长期保持刃口锋利。高速钢具有较高的热硬性和足够的强度、韧性和耐磨性,主要适用于制造切削速度较高的刀具,如车刀、钻头、铣刀等,如图 2-10 所示。高速钢的常用牌号为 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 钢等。

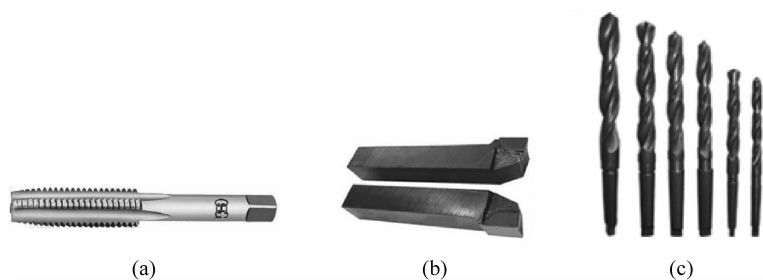


图 2-10 刀具钢的应用

(a) 丝锥; (b) 车刀; (c) 钻头

量具钢: 主要用于制造各种测量工具的钢,如游标卡尺、千分尺等,具有较高的硬度、良好的耐磨性、足够的韧性及高的尺寸稳定性,如图 2-11 所示。常用牌号有 CrWMn、CrMn、SiMn 等。



图 2-11 量具钢的应用

(a) 游标卡尺; (b) 螺旋千分尺

模具钢: 主要用于制造各种模具的钢。按模具工作条件不同,模具钢可分为冷作模具钢、热作模具钢。

冷作模具钢主要用于制造金属或非金属材料冷态成型用的各种冷冲模、冷挤压模及拉丝模等冷作模具,其特点是具有高的硬度和高耐磨性,足够的强度、韧性和疲劳强度,如图 2-12(a)所示。冷作模具钢的常用牌号有 9SiCr、Cr12MoV 等。

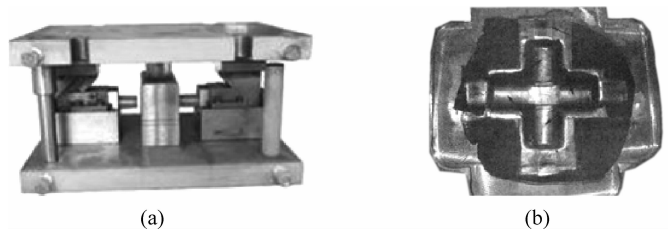


图 2-12 模具钢的应用

(a) 冷冲模; (b) 热锻模

热作模具钢主要用于制造在高温下金属成型的各种热锻模、热压模、热冲裁模具等,其特点是在高温下能保持足够的强度、韧性和耐磨性,较高的抗热疲劳性和导热性,如图 2-12(b)所示。热作模具钢的常用牌号有 5CrMnMo、5CrNiMo 等。

c. 特殊性能合金钢:是用于制造在特殊工作条件或特殊环境下工作,具有特殊物理、化学性能的高合金钢。

特殊性能合金钢的牌号表示与合金工具钢的表示原则相同。前面一位数字表示平均含碳量的千分数,若平均含碳量 $<0.1\%$ 时,用“0”表示;平均含碳量 $\leq 0.03\%$ 时,用“00”表示。如 2Cr13 表示平均含碳量为 0.2% ,含 Cr 量为 13% 的合金钢;0Cr13 表示平均含碳量 $<0.1\%$,含 Cr 量为 13% 的合金钢;00Cr18Ni10 表示平均含碳量 $\leq 0.03\%$,含 Cr 量为 18% ,含 Ni 量为 10% 的合金钢。

特殊性能合金钢一般包括不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。

不锈钢:是指具有抵抗大气或某些化学介质腐蚀作用的合金钢,其主要合金元素是铬和镍。铬不锈钢中主要合金元素为铬,一般含 Cr 量为 $12\% \sim 14\%$ 。由于含有大量的铬元素,使钢具有良好的耐蚀性,适用于制造化工设备、医疗器械等,常用牌号有 1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr13 等。铬镍不锈钢中含有大量的铬、镍元素,使钢具有良好的塑性、韧性、耐蚀性,主要用于制造在强腐蚀介质中工作的各种设备和零件,如储槽、化工容器、管理等,如图 2-13 所示。不锈钢的常用牌号有 1Cr18Ni9Ti、1Cr18Ni9Nb 等。

耐热钢:是指具有高温抗氧化性和高温强度的特殊钢。耐热钢中含有较多的铬和硅,以保证钢具有高的抗氧化性和高温下的力学性能,主要适用于制造汽轮机、舰艇、电炉、转子等,如图 2-14 所示。耐热钢的常用牌号有 1Cr11MoV、4Cr10Si2MoV、4Cr9Si2 等。

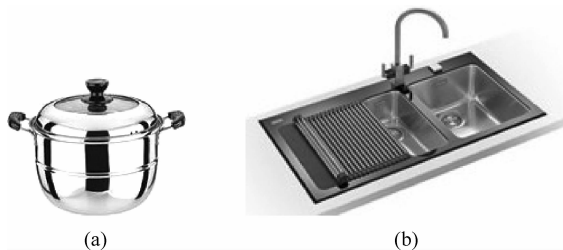


图 2-13 不锈钢的应用
(a) 不锈钢锅; (b) 不锈钢水槽

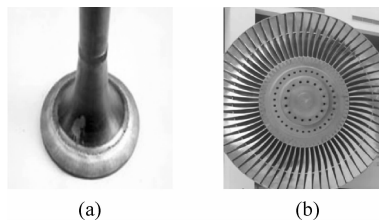


图 2-14 耐热钢的应用
(a) 内燃机气门; (b) 汽轮机叶片

耐磨钢:是指在强烈冲击和磨损条件下具有良好韧性和耐磨性的高锰钢,其含碳量一般为 $1.0\% \sim 1.3\%$,含锰量为 $11\% \sim 14\%$ 。其主要用于制造在强烈冲击载荷和严重磨损下工作的机械零件,如坦克和拖拉机履带、挖掘机的铲斗、推土机挡板等,如图 2-15 所示。耐磨钢的常用牌号有 ZGMn13-1、ZGMn13-2、ZGMn13-3 等。

(3) 铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金。铸铁的强度、塑性和韧性较差,但其具有良好的耐磨性、吸振性、铸造性、切削加工性及一定的力学性能,价格低廉,生产工艺简单,因而广泛用于制作机床床身、主轴箱、尾架、减速机箱盖、箱座等。

根据碳在铸铁中存在的形态不同,将铸铁分为灰铸铁、可锻铸铁及球墨铸铁。图 2-16 所示为铸铁中石墨的存在形式。