

高等职业教育机电系列精品教材

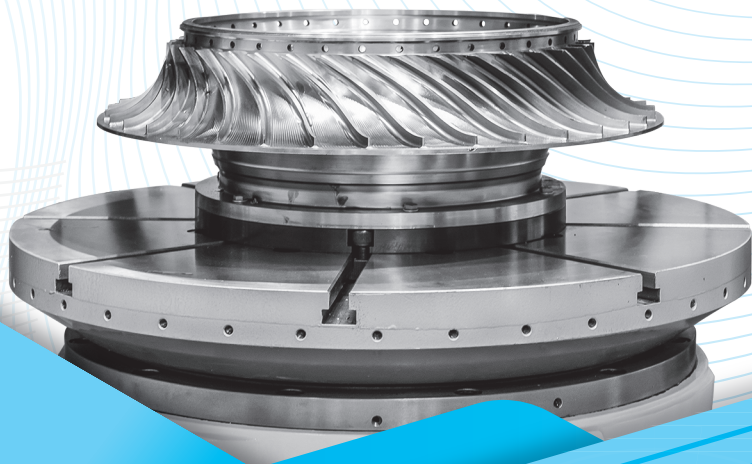
机械制造技术 项目教程

主 编 马雪洁 万丽波

副主编 张 凯 文 豪

参 编 张小明 黄 东

邹伟全 黄如辉



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

前言

本教材由多名经验丰富的机械类专业教授、讲师编写,可供高等职业教育装备制造大类相关专业教学使用,参考学时为 82 学时,其中理论 54 学时,实操 28 学时。

前序课程有机械基础与创新设计、机械制图等。本教材将前序课程与本课程有机结合,以培养应用型人才为目标,减少理论性较强的内容,主要突出实用性较强的教学内容。本教材以项目制任务式为主导,每个项目发布几项任务,教师带领学生完成任务的过程中,学习项目知识,实用性较强。每个任务引入一位行业领军人物介绍,提高学生对行业的认知度和认可度。

本教材由广东科学技术职业学院马雪洁、万丽波担任主编,广东科学技术职业学院张凯、文豪担任副主编,广东科学技术职业学院张小明、黄东、邹伟全及黄如辉参与编写。其中,项目一至项目四由万丽波、马雪洁、文豪编写,项目五和项目六由张凯、张小明编写,项目七由黄东、邹伟全编写。

在教材编写过程中,参考了机械行业优秀前辈们编写的有关教材和其他资料,在此对相关人员表示衷心感谢。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目录

绪论	1
----	---

项目一

1

工程材料	3
------	---

任务一 工程材料分类及非金属材料	3
------------------	---

任务二 有色金属	10
----------	----

任务三 黑色金属	18
----------	----

项目二

2

材料成型	25
------	----

任务一 铸造成型	25
----------	----

任务二 锻造成型	35
----------	----

任务三 型材	43
--------	----

任务四 焊接件	51
---------	----

项目三

3

金属切削刀具及机床	63
-----------	----

任务一 车床刀具选取	63
------------	----

任务二 机床选取	74
----------	----

项目四

4

机床夹具	93
------	----

任务一 机床夹具选取	93
------------	----

任务二 机床夹具设计	98
------------	----

项目五

5

工序尺寸 119

任务一 余量法计算工序尺寸 119

任务二 工艺尺寸链法计算工序尺寸 127

项目六

6

机械加工工艺规程制定 135

任务一 零件工艺性分析 135

任务二 毛坯的选择 145

任务三 工艺过程的拟定 150

任务四 工艺文件的编制 162

项目七

7

机械加工质量 171

任务 机械加工质量分析 171

参考文献 179



绪 论

机械制造业是国民经济的重要组成部分,为国家建设提供技术装备,是国民经济的重要基础产业和支柱产业。机械制造技术的水平,往往对机械制造业的发展起着至关重要的作用,为高新技术提供坚实的基础和可靠的保障。

本课程是承接机械设计相关课程,研究对象为机械中常用机构、零部件的加工制造方法,是高等职业院校机械相关专业的核心课程。主要通过工程材料、金属切削理论、金属切削机床、机床夹具设计的内容有机结合,最终形成一门崭新的课程。

根据目前高等职业院校学生的学习能力和兴趣点,本教材减少了理论知识,以项目制任务式为主导,带领学生完成每个章节的任务,激发学生学习的积极性。在学习项目内容的同时,可以根据“巩固提高”环节举一反三,更深入地学习相关知识。



项目一 工程材料



任务一 工程材料分类及非金属材料



任务清单

为教学演示用的二级减速器模型选取合适的垫片材料。二级减速器零件图如图 1.1.1 所示。

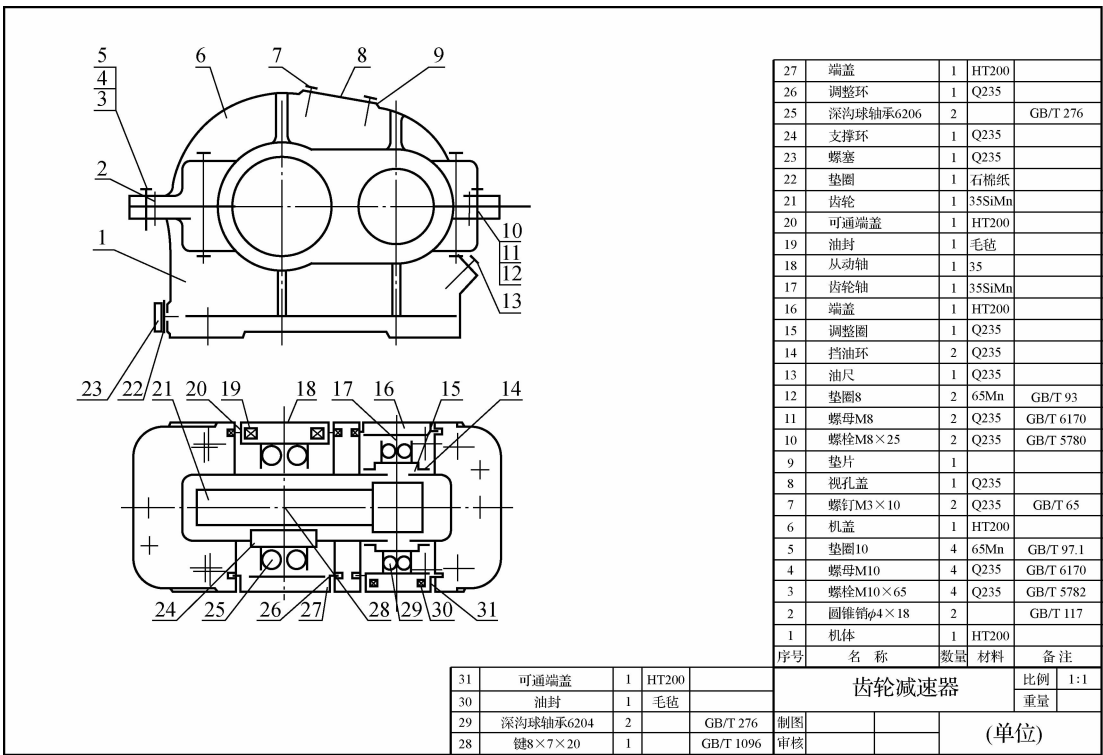


图 1.1.1 二级减速器零件图

任务目标

- (1) 掌握工程材料的分类。
- (2) 掌握常见非金属材料分类。
- (3) 掌握常见非金属材料的特点。

任务分析

减速器在使用过程中,齿轮在箱体内啮合以传递运动,为了保证齿轮的正常运转,应加注齿轮油,故减速器上下箱体之间应使用垫片保证密封性。

关联知识

一、工程材料的分类

机械工程材料分为非金属材料 and 金属材料两大类。

非金属材料是指含有非金属物质的材料。非金属材料导电性和导热性较差,通常指以无机物为主体的玻璃、陶瓷、石墨、岩石以及以有机物为主体的木材、塑料、橡胶等一类材料。

金属材料是指具有光泽、延展性、容易导电、传热等性质的材料,一般分为黑色金属和有色金属两种。

黑色金属分为钢材和铸铁,常用的有色金属有铝及其合金、铜及其合金等。机械工程材料的分类如图 1.1.2 所示。

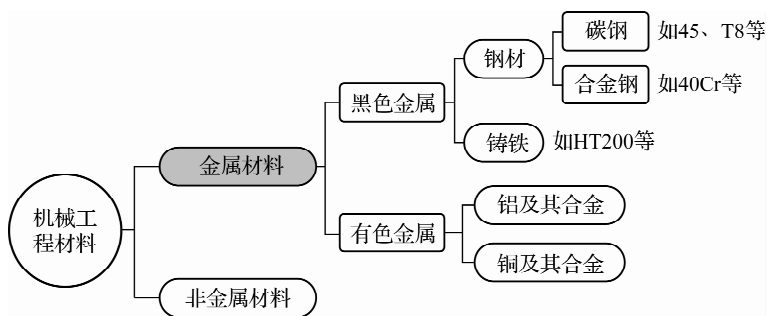


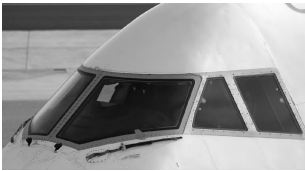
图 1.1.2 机械工程材料的分类

二、常见非金属材料

1. 玻璃

玻璃是一种较为透明的固体物质,在熔融时形成连续网络结构,冷却过程中黏度逐渐增大并硬化而不结晶的硅酸盐类非金属材料。玻璃制品被广泛用于建筑、日用、医疗、化学、家居、电子、仪表、核工程等领域。玻璃的应用如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 玻璃的应用

序 号	行 业	应 用	图 例
1	医疗、化学	玻璃器皿、针管、药剂瓶等	
2	航空航天	飞机窗户、飞机内饰	
3	建筑行业	门、窗等	
4	艺术行业	工艺品、花瓶、家用器皿等	

2. 陶瓷

陶瓷是陶器和瓷器的总称。人们早在约 8 000 年前的新石器时代就发明了陶器。陶瓷材料大多是氧化物、氮化物、硼化物和碳化物等,常见的陶瓷材料有黏土、高岭土等。陶瓷材料一般硬度较高,但可塑性较差。其除了用于食器、装饰上,陶瓷在科学、技术的发展中也扮演着重要角色。陶瓷原料是由陶瓷材料如黏土经过萃取而成的。黏土具有韧性,常温遇水可塑,微干可雕,全干可磨;烧至 700 ℃可成陶器,能装水;烧至 1 230 ℃则瓷化,此时几乎完全不吸水且耐高温、耐腐蚀。黏土用法弹性很大,使其在今日文化科技中得以有各种创意的应用。陶瓷的应用如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 陶瓷的应用

序 号	行 业	应 用	图 例
1	焊接行业	焊接陶瓷衬垫	
2	轻工业	陶瓷刀具、陶瓷餐具	
3	艺术行业	工艺品、花瓶、摆件等	

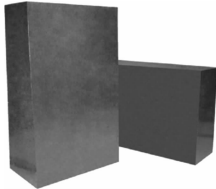
3. 石墨

石墨是碳质元素结晶矿物,它的结晶格架为六边形层状结构。其质软,有滑腻感,可导电,化学性质不活泼,耐腐蚀,与酸、碱等不易反应,在空气或氧气中加强热,可燃烧并生成二氧化碳,被广泛应用于石油化工、轻工、电子等行业。石墨的应用如表 1.1.3 所示。

表 1.1.3 石墨的应用

序 号	行 业	应 用	图 例
1	石油化工	换热器管板垫片、 管路对接法兰垫片等	
2	轻工行业	铅笔等文具	

续表

序 号	行 业	应 用	图 例
3	电子行业	导电材料,如碳棒、电刷等	
4	建筑行业	石墨耐火砖、高温炉等	

行业对接

20 世纪 80 年代,浦江人从制作水晶玻璃珠起步,发展到生产水晶灯饰、水晶工艺品(见图 1.1.3),并形成了独具特色的水晶产业,水晶玻璃产量占国内总产量的 60% 以上,浦江也被誉为“中国水晶之都”。提到浦江水晶产业的发展,就不能不提到浦江水晶第一人——王元成。王元成爱书画,写得一手好字,绘得一幅好画,凭借着这身“美”的细胞以及对艺术和匠心的不懈追求,他创作了一件又一件得意之作,推动了浦江水晶玻璃产业快速发展,也为他赢得了由浦江县人民政府授予的“浦江水晶产业发展突出贡献奖”。



图 1.1.3 水晶工艺品

多年在水晶事业的辛勤付出,王元成终于站在了行业最高点,被业界誉为“中国水晶大王”。百尺竿头更进一步,面对飞速的发展,王元成不敢有丝毫懈怠,这位站在时代前列奋力开拓的企业家,将继续在市场经济中奋勇拼搏,再创辉煌。



任务实施

分析本任务内容,学生可以自由分组,组内协作完成任务。

分析玻璃、陶瓷和石墨的性能及应用,如表 1.1.4 所示。

表 1.1.4 玻璃、陶瓷和石墨的性能及应用

非金属材料	特点	适用范围	加工性能	色泽外观
玻璃	抗拉强度弱,抗压强度高,硬度较高的脆性材料	门窗、器皿等	不能用普通刀具切割	透明
陶瓷	耐磨性和硬度较高,耐腐蚀、耐高温	器皿、艺术品、焊接衬垫等	成型后不能切割	白色或彩色
石墨	耐腐蚀、密封性好,不硬脆,性能稳定	压力容器、阀门或泵的垫片	不宜加工	黑色

根据表 1.1.4 可知,玻璃和陶瓷材质硬脆,不适合挤压。作为减速器垫片,需要具备高硬度、高耐磨性和密封性等特点,故选取石墨垫片最合适。



任务评价

本任务完成后,对任务小组进行评价,分为组内自评、组间互评和教师评价三部分。具体评价方法可参考表 1.1.5。

表 1.1.5 任务评价表

评价环节	具体内容	知识点	评价方法
课前自评 (10%)	网络学习平台	课件浏览比例	学习平台统计
		微课视频进度	
		问题反馈次数	
课中评价 (60%)	分组任务 (50%)	任务完成度	组内自评:30% 组间互评:30% 教师评价:40%
		任务准确性	
		组内合作度	
	组内任务 (50%)	组内任务参与度和积极性	组内自评:30% 组间互评:70%
		个人分工完成度	
课后拓展 (20%)	岗(30%)	相近行业任务拓展	网络平台自动测评
	赛(30%)	技能大赛习题练习	
	证(40%)	1+X 职业技能练习	
	知识(50%)	课后测试-课前测试	
增值性评价 (10%)	宣传推广 (50%)	任务成果宣传推广认可	兄弟院校的使用, 网络平台自动测评

 任务小结

本任务的重点是对非金属材料的理解,并根据实际情况选取合适的非金属材料。本任务的难点是了解常用非金属材料的性能和适用范围。学生在完成任务时,容易忽略常用非金属材料之间的区别,影响判断。

本任务的目的在于,使学生具备根据实际工况选取非金属材料的能力,为后续金属材料的学习奠定基础。

 巩固提高

本任务的材料选取并不唯一,可以根据实际工况,小组间对比并讨论,得到最优方案。

课后思考:除了玻璃、陶瓷、石墨,你还知道哪些工业上常用的非金属材料?



任务二 有色金属



视频
工程材料-有
色金属



任务清单

为教学演示用的二级减速器模型的从动轴选取合适的工程材料。从动轴零件图如图 1.2.1 所示。

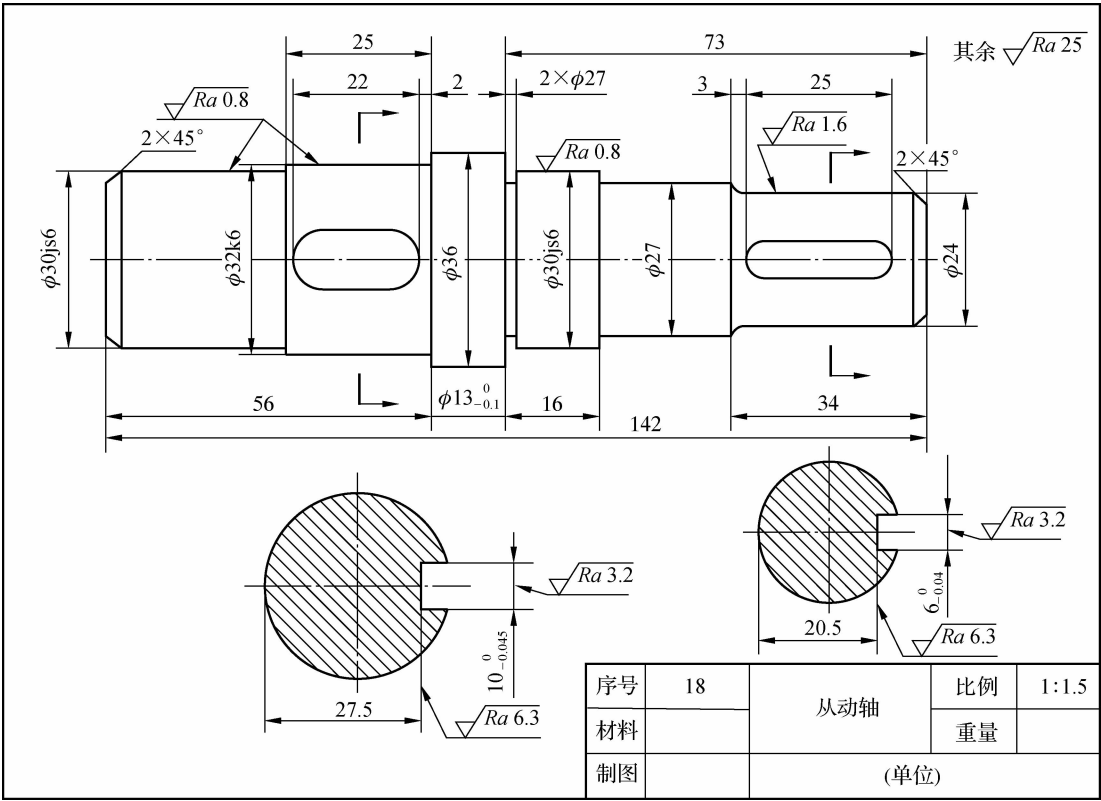


图 1.2.1 从动轴零件图



任务目标

- (1)掌握常见有色金属的特点。
- (2)掌握有色金属的适用范围。
- (3)掌握有色金属毛坯成型的方法。



任务分析

图 1.2.1 所示从动轴用于教学展示用二级减速器,减速器工作时主动轴转速为 150 r/min,

从动轴转速为 30 r/min。

关联知识

一、常见有色金属及其特点

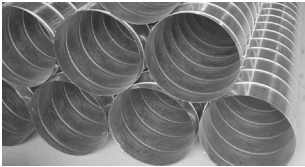
金属材料在工程中应用广泛,金属材料分为有色金属和黑色金属。有色金属是指与铁不同的金属,其主要特点是具有良好的导电性、导热性、耐蚀性以及优异的机械性能。常见的有色金属包括铜、铝、镁、锌、镍、钛、锡、铅等,工业中铜和铝较为常见。

1. 铝及其合金

作为常见的有色金属,铝型材硬度低,延展性好,耐蚀性好,质量轻,导电性能好。与黑色金属相比,同等性能的铝材,重量更轻,铝镁合金的性能更好。

目前铝材的应用非常广泛,如表 1.2.1 所示。

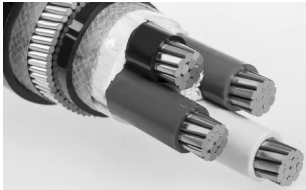
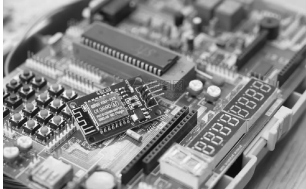
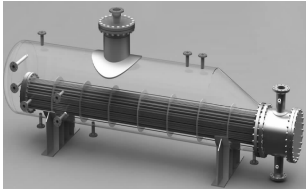
表 1.2.1 铝材的应用

序 号	行 业	应 用	图 例
1	船舶行业	船舶飞机平台、受力构件等	
2	航空航天	飞机蒙皮、机翼和受力框架等	
3	建筑行业	门、窗、管、盖、壳等	
4	暖通行业	空调、通风管路等	

2. 铜及其合金

铜及其合金是与人类生产生活密切相关的有色金属,具有较优良的导电性、导热性、延展性、耐蚀性、耐磨性等,被广泛地应用于电力、电子、能源及石化、机械及冶金、交通、轻工、新兴产业等领域。铜材在我国有色金属材料的使用中仅次于铝材,其应用如表 1.2.2 所示。

表 1.2.2 铜材的应用

序 号	行 业	应 用	图 例
1	电力行业	电缆、变压器、开关、接插元件和连接器等	
2	电子行业	印刷电路、集成电路、高频发射管等	
3	石油化工	冷凝器管板和换热管路、耐蚀性压力容器、泵和阀门等	
4	轻工业	空调的热交换器、钟表机芯、装饰材料等	

二、有色金属材料的毛坯成型

根据零件所要求的形状、工艺尺寸等制成的供进一步加工使用的生产对象,称为毛坯。毛坯常用的有铸件、锻件、型材、焊接件和其他成型件。工程中毛坯的成型方法有很多,除了常用的钢材成型方法,其他还有如挤压、冲压、粉末冶金、注塑等。挤压成型是一种常见的坯料加工方法,加工过程是坯料在三向不均匀压应力作用下,从模具的孔口或缝隙挤出使之横截面积减小、长度增加,成为所需制品。

铝材和铜材作为常见的有色金属,由于其自身性能,成型方法较为单一。如常见的铝制板材、棒料、异形型材等是用铸造成型的基础材料(铝棒),再通过挤压得到的。

1. 挤压板材

铸造的铝制棒料通过带有形状的模具孔隙多次或单次挤压,形成带有曲面或平面的铝板,如图 1.2.2 所示。铝板可以用于汽车内外装饰、家用电器、室内装饰等。良好的耐蚀性,让铝材在工业和家用中应用非常广泛。



图 1.2.2 铝板挤压

2. 挤压棒料

铸造的铝制棒料通过带有形状的模具孔隙多次或单次挤压,形成方形或圆形铝棒。相比于铸造铝棒,挤压成型的铝棒具有更好的力学性能,其尺寸也可以根据用户需求随意更换。

3. 挤压型材

铸造成型的铝制材料(通常指铝棒)通过挤压,还可以形成铝制型材,如工字形铝材、方管铝材和异形铝材等,如图 1.2.3 所示。

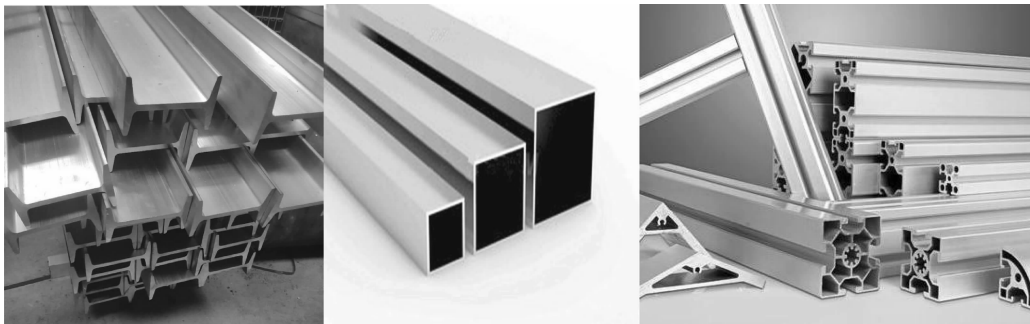


图 1.2.3 挤压型材

三、金属材料的力学性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能,使用性能是指在使用过程中体现出来的性能,分为力学性能、物理性能和化学性能。工艺性能是指在制造加工过程中体现出来的性能,分为铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理性能。金属材料的性能如图 1.2.4 所示。

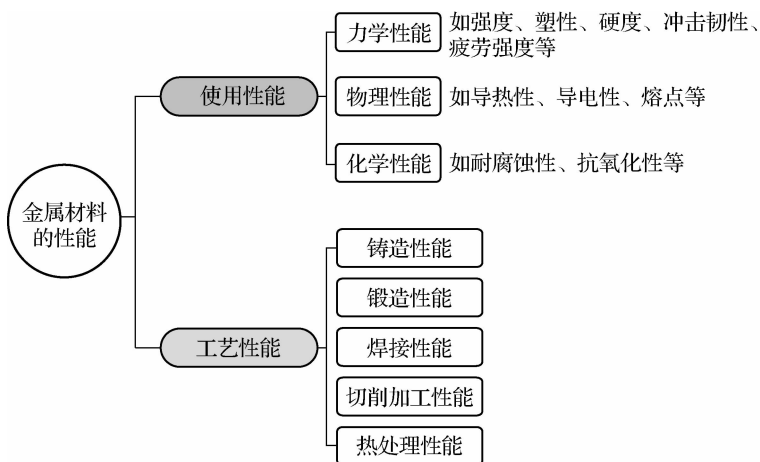


图 1.2.4 金属材料的性能

下面主要介绍金属材料的力学性能。

1. 强度

金属材料在载荷作用下,抵抗塑性变形和断裂的能力称为强度。工程上应用最普遍的强度指标为屈服强度和抗拉强度,这两个强度指标通常是采用拉伸试验法来测定。

(1)屈服强度。金属材料发生屈服现象时的屈服极限,称为屈服强度,也即抵抗微量塑性变形的应力,通常用 σ_s 表示。

(2)抗拉强度。材料经过屈服阶段后进入强化阶段后随着横向截面尺寸明显缩小在拉伸时所承受的最大力,称为抗拉强度,通常用 σ_b 表示。

2. 塑性

金属材料在载荷作用下产生断裂前所能承受的最大塑性变形的能力称为塑性。常用的塑性指标有断后伸长率 δ 和断面收缩率 ψ ,也是通过对试样进行拉伸试验来测定的。

$$\text{断后伸长率 } \delta = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$\text{断面收缩率 } \psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

塑性好的金属材料,便于进行各种塑性加工,使用安全性能也较好。一般利用断后伸长率来判断塑性:当 $\delta < 5\%$ 时,属于脆性材料;当 $\delta = 5\% \sim 10\%$ 时,属于韧性材料;当 $\delta > 10\%$ 时,属于塑性材料。

3. 硬度

硬度是指金属材料抵抗硬物压入或划伤的能力,即抵抗局部塑性变形和破坏的能力。

测定硬度的方法较常用的是压入法硬度试验。生产中应用较广泛的硬度测试法有布氏硬度测试法和洛氏硬度测试法两种。一般来说,硬度越高,耐磨性越好。

4. 冲击韧性

机器零件往往是在冲击载荷作用下工作,因此金属材料应具备足够的抵抗冲击载荷的能力。金属材料抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力称为冲击韧性,可以通过冲击试验测定。

5. 疲劳强度

很多金属材料零件在工作中,经常受到大小和方向作周期性变化的载荷作用,这种载荷称为交变载荷。金属材料零件在交变载荷作用下,能承受的最大应力值远远小于屈服强度,但是经过数次循环后,零件在无显著外观变形的情况下会发生断裂,称为疲劳断裂。故金属材料经过多次交变载荷作用,却不引起断裂的最大应力值称为疲劳强度。



行业对接

铝材在工程中应用非常广泛,铝合金制品的使用比重也越来越多。从事铝材制造(见图 1.2.5)的人员也日益增多。其中有一位佼佼者——刘永刚。1984 年,经过战火洗礼的刘永刚转业后被分配到西南铝锻造厂,成为一名工人。30 多年来,刘永刚坚守机台,埋头苦干,从一名模压新手成长为“全国技术能手”,大家戏称他为“工人院士”。2020 年全国劳动模范和先进工作者表彰大会在北京人民大会堂召开,刘永刚荣获“全国劳动模范”称号。



图 1.2.5 铝材制造——铝材压制示意

2016 年,西南铝成功轧制出重型运载火箭用 10 米级整体铝合金环件,这是刘永刚同研制团队在 9 米级的基础上锻造成功的,被称作“世界第一环”。那段时间,刘永刚带领着团队与专业技术人员起早贪黑、连班作业,每天工作 10 小时以上,有时为了攻克一个技术难题,甚至通宵不合眼。

刘永刚在平凡的岗位上精益求精,刻苦钻研,做出了不平凡的成绩。



任务实施

分析本任务内容,学生可以自由分组,组内协作完成任务。

分析铜棒和铝棒的应用范围,铜棒和铝棒的性能对比如表 1.2.3 所示。

表 1.2.3 铜棒和铝棒的性能对比

材 料 类 型	特 点	适 用 范 围	加 工 性 能	色 泽 外 观
铜棒	疲劳强度高,强度高,密度大,导电率高	电子行业、精密仪器	易加工	黄色
铝棒	疲劳强度相对略低,强度略低,密度小,导电率低	航空航天、机械工业	易加工	银色

根据表 1.2.3 可知,铜质材料色泽呈黄色或深黄色,导电率高,价格贵,通常用于电子行业或精密仪器;铝质材料色泽银白,与钢质材料色泽相近,价格较低且密度小,质量轻,适合航空航天、机械工业等行业。本任务是为教学演示用的二级减速器模型从动轴选取合适的材料,综上,选取铝棒材料更合适。

铝棒成型方法有铸造和挤压两种方式。铸造铝棒常被用于进一步加工,成型为其他形状的型材或者板材。挤压铝棒是通过铸造铝棒挤压拉拔成型的,适用于各种轴类零件的加工。本任务选取挤压成型铝棒。

任务评价

本任务完成后,对任务小组进行评价,分为组内自评、组间互评和教师评价三部分。具体评价方法可参考表 1.2.4。

表 1.2.4 任务评价表

评 价 环 节	具 体 内 容	知 识 点	评 价 方 法
课前自评 (10%)	网络学习平台	课件浏览比例	学习平台统计
		微课视频进度	
		问题反馈次数	
课中评价 (60%)	分组任务 (50%)	任务完成度	组内自评:30% 组间互评:30% 教师评价:40%
		任务准确性	
		组内合作度	
	组内任务 (50%)	组内任务参与度和积极性	组内自评:30% 组间互评:70%
		个人分工完成度	
		个人分工准确率	
课后拓展 (20%)	岗(30%)	相近行业任务拓展	带队教师评价
	赛(30%)	技能大赛习题练习	网络平台自动测评
	证(40%)	1+X 职业技能练习	
增值性评价 (10%)	知识(50%)	课后测试-课前测试	兄弟院校的使用, 网络平台自动测评
	宣传推广 (50%)	任务成果宣传推广认可	

任务小结

本任务的重点是对有色金属材料及其成型方法加以了解,并根据实际情况选取合适的

金属材料及其成型方法。本任务的难点是区分不同有色金属的性能以及金属材料的力学性能,区分不同测试方法得到的不同力学性能。学生在完成任务时,容易忽略金属材料的力学性能对材料选取的影响,应在授课过程中着重讲解。

本任务的目的在于,使学生具备根据实际工况选取毛坯材料的能力,为后续选取合适的加工机床、加工方法和最终制定机械加工工艺路线奠定基础。



巩固提高

本任务的材料选取并不唯一,可以根据实际工况,小组间对比并讨论,得到最优方案。

课后思考:除了铝质材料,是否可以选择碳钢材料制作教学演示用的二级减速器模型从动轴?

任务三 黑色金属



视频

工程材料-黑色金属

任务清单

本任务为二级减速器下箱体选取合适的工程材料。减速器下箱体零件图如图 1.3.1 所示。

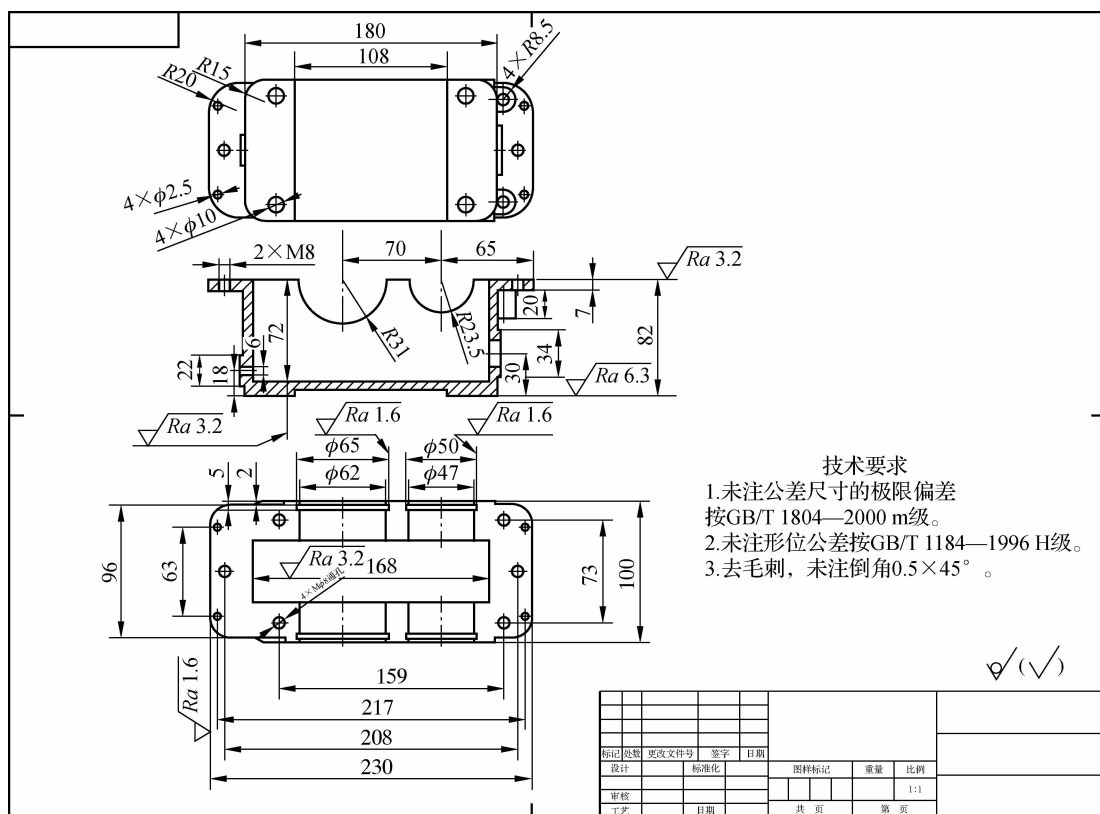


图 1.3.1 减速器下箱体零件图

任务目标

- (1) 掌握黑色金属的定义。
- (2) 掌握黑色金属的分类和特点。
- (3) 掌握常用的黑色金属的适用范围。

任务分析

图 1.3.1 所示减速器下箱体用于二级减速器，在减速器工作的过程中，下箱体保持不

动,工况稳定,受力较小。



关联知识

一、黑色金属的定义

黑色金属不一定“黑”,工业上将铁、铬和锰及这三种金属的合金统称为黑色金属。纯净的铁和铬是银白色的,锰是灰色的,钢铁表面通常覆盖一层黑色的氧化膜,故称为黑色金属。

铁矿石是地壳主要组成成分之一。我国是较早掌握冶铁技术的国家之一。

铬用于不锈钢,可制造汽车零件、工具、磁带和录像带等。铬质极硬而脆,耐腐蚀,属于不活泼金属,常温下对氧和湿气稳定。在金属上镀铬可以防锈,坚固美观。自然界不存在游离状态的铬,主要含铬矿石是铬铁矿。铬被广泛应用于冶金、化工、铸铁、耐火及高精端科技等领域。

锰在空气中易氧化,表面生成灰褐色氧化物,质坚而脆。作为重要的工业原料,锰被广泛应用于钢铁、有色冶金、化工、电子、电池、农业、医学等领域。

二、常见的黑色金属

机械工程中,黑色金属应用广泛,占有重要地位。黑色金属根据其含碳量分为工业纯铁(含碳量 $W_C < 0.0218\%$)、钢(含碳量 $W_C = 0.0218\% \sim 2.11\%$)及铸铁(含碳量 $W_C > 2.11\% \sim 6.69\%$)。其中钢和铸铁在机械工程中较为常用。

1. 钢

钢的种类较多,可以根据含碳量、品质和用途等进行分类,如表 1.3.1 所示。

表 1.3.1 钢 的 分 类

分 类 标 准	钢 的 种 类	备 注
按含碳量	低碳钢	$0.10\% < W_C \leq 0.25\%$
	中碳钢	$0.25\% < W_C \leq 0.60\%$
	高碳钢	$0.60\% < W_C \leq 1.70\%$
按品质	普通碳素结构钢	有害元素含量正常
	优质碳素结构钢	有害元素含量较低
按用途	碳素工具钢	用于制造工具、刀具、量具
	碳素结构钢	用于工程、建筑

工程上常用钢介绍如下。

1) 低碳钢

低碳钢又称软钢,含碳量为 $0.10\% \sim 0.25\%$ 。低碳钢易于接受各种加工如锻造、焊接和

切削,其强度和硬度较低,常用于制造链条、铆钉、螺栓和轴等。

2)中碳钢

中碳钢是含碳量为 0.25%~0.60%的碳素钢,有镇静钢、半镇静钢、沸腾钢等多种产品。除碳外其还可含有少量锰(0.70%~1.20%)。按产品质量,中碳钢又分为普通碳素结构钢和优质碳素结构钢。其热加工及切削性能良好,焊接性能较差,所以在中等强度水平的各种用途中中碳钢应用较为广泛,除作为建筑材料外,还大量用于制造各种机械零件。

3)高碳钢

高碳钢常称工具钢,含碳量为 0.60%~1.70%,可以淬硬和回火。由于含碳量较高,其硬度和耐磨性高,常被用于制造各种工具。如锤、撬棍等用含碳量为 0.75%的工具钢制造;切削工具如钻头、丝攻、铰刀等用含碳量为 0.90%~1.00% 的工具钢制造。

4)普通碳素结构钢

普通碳素结构钢对含碳量、性能范围以及磷、硫和其他残余元素含量的限制较宽,适用于制造对材质和性能要求不高的结构件等。普通碳素结构钢的牌号用“Q+数字+质量级别”表示,其中 Q 是钢材屈服强度“屈”字的汉语拼音字首,数字代表钢材的屈服值,质量级别用 A、B、C、D 表示,其中 A 质量等级最低,D 质量等级最高。例如,Q235B 钢材表示屈服值为 235 的碳素结构钢,质量等级为 B。常用的普通碳素结构钢如表 1.3.2 所示。

表 1.3.2 常用的普通碳素结构钢

牌 号	性 能	适 用 范 围
Q195	具有高的塑性、韧性和好的焊接性能,具有良好的加工性能,强度较低	用于制造地脚螺栓、烟囱、铆钉、低碳钢丝、薄板、拉杆、吊钩、支架、焊接钢结构等
Q215		
Q235	具有良好的塑性、韧性和焊接性能,一定的强度和较好的冷弯性能	广泛应用于一般要求的零件和焊接结构,如受力不大的拉杆、销轴类零件、螺栓螺母、支架机座、建筑桥梁结构等

5)优质碳素结构钢

和普通碳素结构钢相比,优质碳素结构钢的硫、磷及其他非金属夹杂物的含量较低。优质碳素结构钢的牌号一般用两位数字表示,代表钢中平均碳的质量分数的百分比。如 45 钢,代表平均碳的质量分数为 0.45%的优质碳素结构钢。常用的优质碳素结构钢如表 1.3.3 所示。

表 1.3.3 常用的优质碳素结构钢

牌 号	性 能	适 用 范 围
45	常用的一种优质碳素结构钢,综合性能良好,小型件宜采用调质处理,大型件宜采用正火处理	用于制造强度高的运动件,如叶轮、活塞、轴、齿轮齿条、蜗杆等。焊接件应进行焊前预热,焊后退火

续表

牌 号	性 能	适 用 范 围
65	热处理后具有较高的强度,焊接性不好,易产生裂纹,弹性较好	用于制造形状简单受力较小的弹簧零件,也可以用于制造高耐磨性零件,如曲轴、凸轮等
85	含碳量最高的结构钢,强度硬度高,但弹性略低	用于制造耐疲劳件,如曲轴、轴、连杆,高应力作用下的螺栓螺母等

6)碳素工具钢

碳素工具钢的含碳量在 0.65%~1.35%之间,经热处理后可得到高硬度和高耐磨性,被主要用于制造各种工具、刀具、模具和量具。

7)碳素结构钢

碳素结构钢按照屈服强度分为 4 个牌号,即 Q195、Q215、Q235、Q275。每个牌号由于质量不同,又分为 A、B、C、D 等级,最多的有 4 种等级,有的只有 1 种等级。

2. 铸铁

铸铁是指由铁、碳、硅组成的合金系的总称,在这些合金中,碳和硅的含量较高,并含有较多的锰、硫、磷等杂质。铸铁的力学性能比钢差,但接近共晶成分的铸铁熔点低、流动性好,所以具有优良的铸造性能,有良好的减磨性、消振性和切削加工性。并且生产工艺及设备简单,价格低廉,因此铸铁也是各个工业部门中普遍使用的工程材料之一。工业上使用的铸铁大部分是灰铸铁,常见的灰铸铁牌号如表 1.3.4 所示。

表 1.3.4 常见的灰铸铁牌号

铸 铁 类 别	牌 号	壁厚/mm	用 途 举 例
铁素体灰铸铁	HT100	2.5~50	低载荷和不重要的零件,如盖、外罩、手轮、支架、重锤等
铁素体-珠光体灰铸铁	HT150	2.5~50	承受中等应力的零件,如支柱、底座、齿轮箱、工作台、刀架、端盖、阀体、管路附件及一般工作条件要求的零件
珠光体灰铸铁	HT200	2.5~50	承受较大应力和较重要零件,如气缸体、齿轮、机座、飞轮、床身、缸套、活塞、制动轮、联轴器、齿轮箱、轴承座、液压缸等
	HT250	4.0~50	
孕育铸铁	HT300	10~50	承受高弯曲应力及抗拉应力的重要零件,如齿轮、凸轮、车床卡盘、剪床床身、压力机机身、高压液压缸、滑阀壳体等
	HT350	10~50	

行业对接

钢材作为工程中常用的金属材料,它的制造离不开炼钢工人。炼钢人工作场景如图 1.3.2 所示。跨入新时代,为提升中国制造核心竞争力,中国制造向中国创造转变、中国速度向中国质量转变,中信重工的杨金安和其他工匠伙伴一样,倍感责任和压力,用实际行动支撑中国制造、中国创造的新动力。炼钢过程中,通过肉眼观察,杨金安就能判断出钢水的含碳量、钢水的温度,不仅有效缩短了化验和冶炼的时间,还大大提高了炼钢效率,降低能耗。



图 1.3.2 炼钢人工作场景

杨金安的“火眼金睛”并不是与生俱来的。刚进入中信重工时,车间里打雷般的轰鸣声,差点击碎了杨金安的炼钢梦,但是他很快下定决心要努力学点真本事。在师傅们的精心指导下,杨金安炼钢技术进步飞速,短短两年时间,已经熟悉了热工操作、炼钢、控制室设备操作的整个流程且能独立操作。在扎根炼钢一线的 30 余年里,杨金安在熊熊烈火燃烧的炼钢炉前担起了促进科技进步的责任与使命。

任务实施

分析本任务内容,学生可以自由分组,组内协作完成任务。

不同黑色金属的性能对比如表 1.3.5 所示。

表 1.3.5 不同黑色金属的性能对比

黑色金属的类型	特 点	适 用 范 围	加 工 性 能
普通碳素结构钢	杂质较多,性能一般	对性能要求不高的钢结构件(钢板、型材)等	较易于加工
优质碳素结构钢	杂质较少,性能良好	对性能要求较高的钢质工具等	较难加工
铸铁	力学性能较差	使用工况要求不高,形状复杂的箱型零件等	较易于加工

根据表 1.3.5 可知,普通碳素结构钢通常做成钢板或者型材,用于制造钢结构件;优质碳素结构钢通常作为工具用钢材;铸铁是液态金属浇注成型的,适用于制造复杂的箱体类零件。减速器下箱体内部结构简单,但外部结构曲线复杂,故采用铸铁更合适。



任务评价

本任务完成后,对任务小组进行评价,分为组内自评、组间互评和教师评价三部分。具体评价方法可参考表 1.3.6。

表 1.3.6 任务评价表

评 价 环 节	具 体 内 容	知 识 点	评 价 方 法
课前自评 (10%)	网络学习平台	课件浏览比例	学习平台统计
		微课视频进度	
		问题反馈次数	
课中评价 (60%)	分组任务 (50%)	任务完成度	组内自评:30% 组间互评:30% 教师评价:40%
		任务准确性	
		组内合作度	
	组内任务 (50%)	组内任务参与度和积极性	组内自评:30% 组间互评:70%
		个人分工完成度	
		个人分工准确率	
课后拓展 (20%)	岗(30%)	相近行业任务拓展	带队教师评价
	赛(30%)	技能大赛习题练习	网络平台自动测评
	证(40%)	1+X 职业技能练习	
增值性评价 (10%)	知识(50%)	课后测试-课前测试	兄弟院校的使用, 网络平台自动测评
	宣传推广 (50%)	任务成果宣传推广认可	



任务小结

本任务的重点是了解黑色金属的分类、特性及其适用范围,本任务的难点是如何区分不

同的黑色金属适用场合。学生完成任务过程中,较难分清各种碳钢之间的区别,应在授课过程中着重讲解。

本任务的目的在于,使学生具备根据实际工况选取黑色金属的能力,为后续选取合适的材料成型方法以及最终制定机械加工工艺路线奠定基础。



巩固提高

减速器下箱体材料选取方案不唯一,不同的使用工况,可能选取材料类型不同。请查询资料或网络资源,研究减速器下箱体有哪些材料种类。