

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材

二维轮廓铣削

ERWEI LUNKUO XIXIAO

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材

二维轮廓铣削

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

二维轮廓铣削/王公安主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材. 上海市中等职业学校数控技术应用专业课程
改革教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 7695 - 8

I. 二… II. 王… III. 二维-轮廓-铣削-专业学校-教材 IV. TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 143153 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人 : 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.5 印张 486 千字
2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定价: 35.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

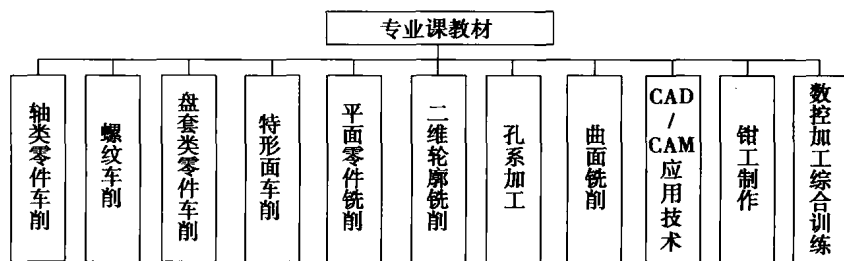
版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

前 言

为了满足上海市职业教育改革,适应市场对新型技术技能人才的需要,我们根据《上海市中等职业学校数控技术应用专业课程标准》(以下简称《课程标准》)开发了本套教材。在本套教材的开发过程中,我们始终以科学发展观为指导,以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位,以岗位需要和职业标准为依据,体现职业和职业教育发展趋势,满足学生职业生涯发展和适应社会经济发展的需要。

本套教材的体系构建打破了传统的教材体系,根据实际需要,将专业基础理论内容与工作岗位技能有机整合,进而形成新的专业课教材体系(见下图)。可以明显地看出,传统的《机械制图》《机械基础》《金属材料与热处理》等学科式教材已经整合到诸如《轴类零件车削》《螺纹车削》《孔系加工》等体现岗位技能的教材之中。



课程 分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18 周	16 周	18 周	18 周	18 周	20 周
专业课程	轴类零件车削	168			24 1~7 周			
	螺纹车削	96			24 8~9 周	24 1~2 周		
	盘套类零件车削	144				24 3~8 周		
	特形面车削	120					24 1~5 周	
	平面零件铣削	168			24 10~16 周			

续表

课程分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18周	16周	18周	18周	18周	20周
专业课程	二维轮廓铣削	144				24 9~14周		
	孔系加工	120					24 6~10周	
	曲面铣削	96			24 17~18周	24 15~16周		
	CAD/CAM应用技术	72					24 11~13周	
	钳工制作	56		2周				
	数控加工综合训练	168				24 17~18周	24 14~18周	

这一全新的专业课教材体系具有以下鲜明的职业特色:

一是以工作岗位为依据,构建教材体系。教材体系的构建与学生将来就业的相关工作岗位相匹配,不同的工作岗位对应相应的教材,较好地实现了专业教材和工作岗位的有机对接,变学科式学习环境为岗位式学习环境,从而提高了学生的岗位适应能力。

二是以工作任务为线索,组织教材内容。本套教材以一个个工作任务为线索,整合相应的知识、技能,实现理论与实践的统一,使学生在一个个贴近企业的具体职业情境中学习,既符合职业教育的基本规律,又有利于培养学生在工作过程中分析问题和解决问题的综合职业能力。

三是以典型产品为载体,反映行业的发展。本套教材引入了大量的典型产品的生产过程,力求更真实地反映行业发展的现状,反映四新技术在数控加工领域的具体应用,使教材内容具有较强的时代感,努力为学生塑造较为前沿的工业环境。

四是以多种教材形式,提供优良的教学服务。为方便教师教学,每种教材均开发有相应的立体化教学资源,包括配套的电子教案、知识点的动画演示、操作视频等。教学资源可通过中国劳动社会保障出版社网站(<http://www.class.com.cn>)下载。

此外,为使教材的内容更符合学生的认知规律,易于激发学生的学习兴趣,本套教材的工作任务结构基本上按照以下环节进行设计:

环节一:教学目标。按照《课程标准》的要求,给出通过教材内容的学习应达到的学习目标。

环节二:工作任务。给出为达到上述学习目标所要完成的工作任务,并做精要的分析,旨在使学生养成从读图、分析技术要求到自行拟定加工方案,再付诸实施的工作思路。

环节三:实践操作。结合工作任务的分析,以教师演示或学生亲自动手操作的方式,按步骤完成工作任务,掌握基本技能。该环节的重点是让学生掌握“怎么做”,而不过多地讨

论“为什么这样做”，旨在使学生对工作任务有一个形象的感受。

环节四：问题探究。针对实践操作环节出现的问题或难点，从理论角度进行分析“为什么这样做”，从而使学生在掌握相关理论知识的同时，进一步加深对实践操作环节的理解，实现理论与实践的有机结合。

环节五：知识拓展。主要针对本工作任务涉及到的理论知识和操作技能进行深入分析、拓展知识以及强化训练，达到举一反三的目的。根据各校的教学实际，该环节可作为选学内容。

环节六：练习。通过练习环节既可巩固所学知识，还可进一步培养学生分析和处理实际工作问题的能力。

从以上环节的设计上不难看出，每个工作任务的内在结构紧紧围绕技能培训这一核心，并充分兼顾理论与实践的有机结合，从而使二者都得到了有效的承载。

**全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材**

编审委员会

2009年3月

**全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业技术学校数控技术应用专业课程改革教材
编审委员会**

主 任 金 龄

副 主 任 徐坤权 李春明 王立刚 高 明 万 象 刘 春

委 员 (排名不分先后)

姚 龙 冯 伟 王照清 付 磊 张 彪 倪厚滨

郑民章 张孝三 陈奕明 李培华 陆建刚 陈立群

赵正文 沈建峰 巢文远 孙大俊 骆富昌 王 忆

王建林 宋玉明

本 书 主 编 王公安

本书副主编 沈建峰

本 书 参 编 倪厚滨 朱勤惠 孟 莉 史家迎 王鹏程 王 鹏

周红岩 韩玉珏 郭宝希 郭长胜 杨振凤 马苍平

本 书 审 稿 陈志毅 张玉东

目 录

第一篇 普通铣床上加工二维轮廓零件

项目一 识读与绘制二维轮廓零件·····	(1)
任务 1 识读二维轮廓零件·····	(1)
任务 2 绘制二维轮廓零件·····	(19)
项目二 铣削牙嵌式离合器和花键轴·····	(38)
任务 1 铣矩形齿离合器·····	(38)
任务 2 铣尖齿离合器·····	(48)
任务 3 铣矩形齿花键轴·····	(55)
项目三 铣削曲面与成形面·····	(68)
任务 1 铣压板·····	(68)
任务 2 铣成形面·····	(78)
项目四 铣削螺旋槽和凸轮·····	(89)
任务 1 铣圆柱螺旋槽·····	(89)
任务 2 铣圆柱凸轮·····	(97)
任务 3 铣盘形凸轮·····	(106)
项目五 铣削齿轮和齿条·····	(117)
任务 1 铣直齿圆柱齿轮·····	(117)
任务 2 铣直齿条·····	(137)

第二篇 数控铣床、加工中心上加工二维轮廓零件

项目六 使用 AutoCAD 绘制二维轮廓零件·····	(160)
任务 1 绘制外轮廓零件·····	(160)
任务 2 绘制内外轮廓零件·····	(193)

项目七 二维轮廓的数控铣削	(229)
任务 1 外轮廓铣削	(229)
任务 2 内轮廓铣削	(239)
任务 3 刀具长度补偿编程实例	(249)
任务 4 子程序	(260)
项目八 二维轮廓铣削编程技巧	(273)
任务 1 极坐标编程	(273)
任务 2 坐标平移编程	(280)
任务 3 坐标旋转编程	(287)
任务 4 坐标镜像编程	(296)
项目九 二维轮廓的数控铣削综合实例	(305)
任务 1 铣削综合实例 1	(305)
任务 2 铣削综合实例 2	(312)
任务 3 铣削综合实例 3	(316)

第一篇 普通铣床上加工二维轮廓零件

项目一

识读与绘制二维轮廓零件

任务 1 识读二维轮廓零件

一、教学目标

1. 掌握二维轮廓零件图的识读方法。
2. 掌握齿轮的结构及参数。
3. 了解表面粗糙度的基本概念、术语及标注。

二、工作任务

在机械加工与装配维修中,我们经常接触到这样一些零件,如用于传动的齿轮、链轮、凸轮,用于连接、传动的离合器及花键轴等,如图 1—1—1 所示。这类零件的轮廓变化主要集中在二维平面内,它们在机器或机构中主要起到连接和传动作用。

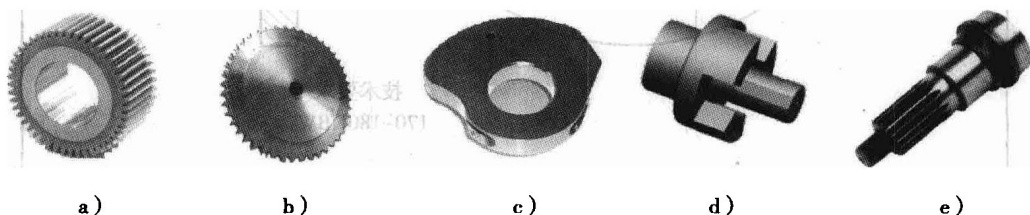


图 1—1—1 二维轮廓零件

a) 齿轮 b) 链轮 c) 凸轮 d) 离合器 e) 花键轴

二维轮廓零件的轮廓形状各不相同,在加工中工艺差别较大,为保证加工出符合要求的零件,需要对其零件图样进行正确的识读和分析,以便制定合理的加工工艺。

本任务主要学习二维轮廓零件图样的识读,其主要目的就是根据零件图想象出零件的结构形状,了解零件的功用和技术要求,为加工做好准备。

三、实践操作

下面通过几个实例来介绍二维轮廓零件图的识读方法。

1. 识读盘形凸轮零件图（图 1—1—2）

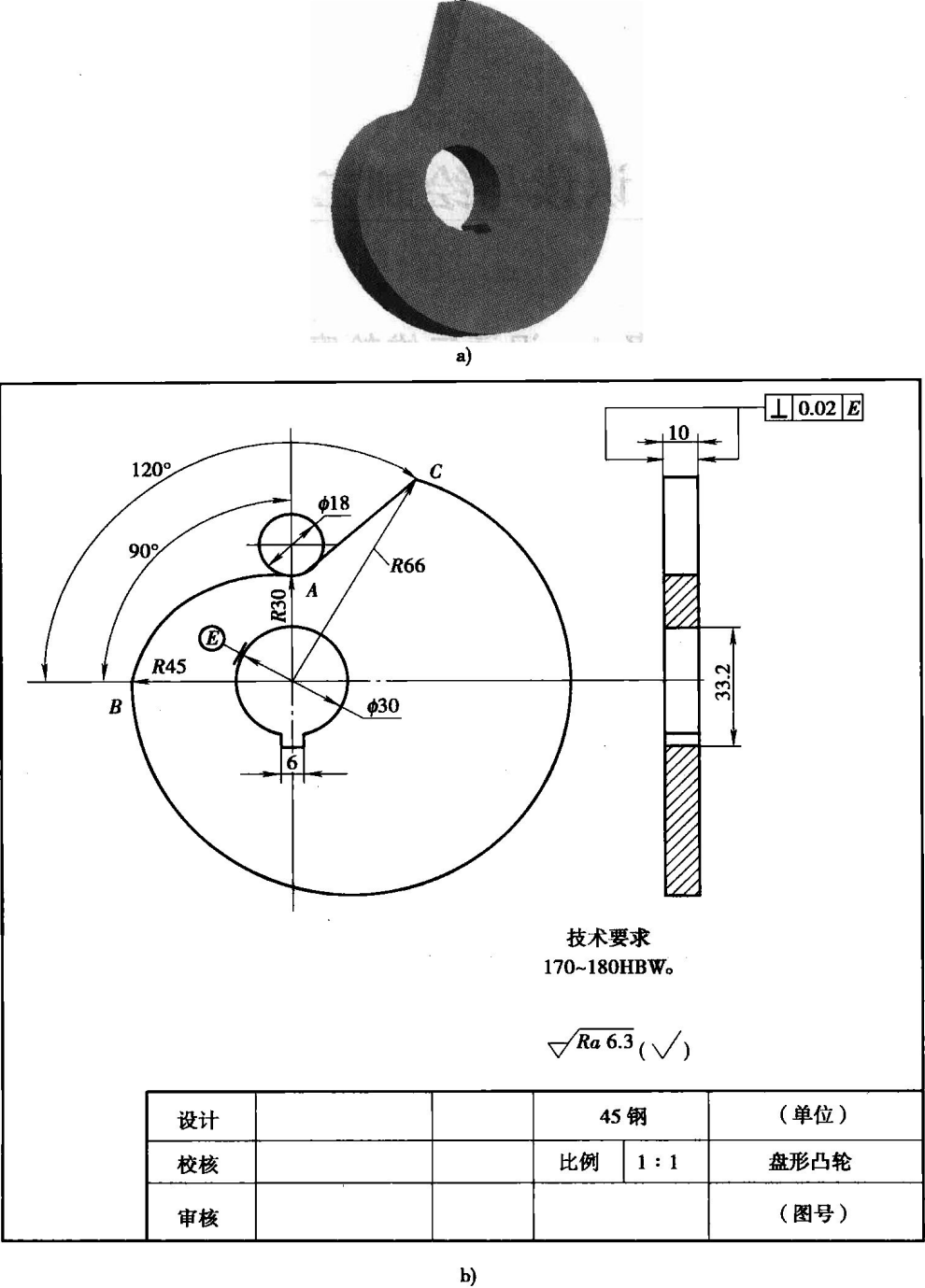


图 1—1—2 盘形凸轮
a) 轴测图 b) 零件图

(1) 读标题栏

由标题栏可知此零件的名称为盘形凸轮；绘图比例为1:1；材料为45钢，其含义为平均含碳量为0.45%的优质碳素结构钢。

(2) 表达分析

该零件用了两个视图表达。主视图为基本视图，表达了凸轮的结构外形；左视图采用了全剖视图，主要表达了带键槽的内孔的结构形状。

(3) 结构分析

凸轮是一个具有曲线轮廓或凹槽的零件，是凸轮机构的基本构件，通常作为主动件作等速转动或移动。此图样中的凸轮为盘形凸轮，按逆时针旋转分析，从A点到B点其半径在90°范围内由R30 mm变化为R45 mm；从B点到C点其半径在240°范围内由R45 mm变化为R66 mm；而从C点到A点在30°范围内其半径由R66 mm迅速变化为R30 mm。凸轮的中心为带键槽的孔，用于与传动轴配合。

(4) 尺寸分析

此零件主体结构是回转体，以轴线作为径向尺寸基准，由此注出 $\phi 30$ mm、R66 mm、R30 mm、33.2 mm及R45 mm尺寸；以零件的左端面或右端面为轴向尺寸基准，标注出10 mm。此外还标注了角度尺寸90°和120°。

(5) 了解技术要求

凸轮经过热处理达到硬度值170~180 HBW，便于铣削；同时对凸轮表面粗糙度的要求较高， R_a 的上限值为6.3 μm ；图中的形位公差要求 $\boxed{\text{L}0.02\text{E}}$ 表示凸轮的前、后端面相对于孔 $\phi 30$ mm的轴线垂直度公差为0.02 mm。

2. 识读锥齿轮零件图(图1—1--3)

(1) 读标题栏

由标题栏可知此零件的名称为锥齿轮，具有传动作用；绘图比例为1:5；材料为HT200，其含义为抗拉强度的最小值为200 MPa的灰铸铁。

(2) 表达分析

该零件用了三个视图来表达。主视图采用了全剖视，表达了锥齿轮的轮齿纵截面形状及内孔结构等；一个局部视图表达了锥齿轮的内孔及键槽结构；还有一个局部放大图，表达了锥齿轮的渐开线齿廓形状。

(3) 结构分析

零件整体形状为圆锥台，外圆锥圆周上均匀分布有36个渐开线轮齿，左端为内圆锥形凹槽，右端是一直径为130 mm，长度为45 mm的轮毂，形体中间有带键槽的孔，用于与传动轴配合。

(4) 尺寸分析

此零件主体结构是回转体，以轴线作为径向尺寸基准，由此注出 $\phi 130$ mm、 $\phi 288$ mm、 $\phi 299.3_{-0.130}^0$ mm、 $\phi 70_{+0}^{+0.046}$ mm及 $74.9_{+0}^{+0.2}$ mm等尺寸；以零件的右端面为轴向尺寸基准，标注出45 mm、71.8 mm、115.93 mm及 $215_{-0.12}^0$ mm；锥齿轮的轮齿部分的尺寸有 $65_{-0.3}^0$ mm、 $12.564_{-0.29}^{+0.14}$ mm及8.096 mm；轮齿角度尺寸有45°、42°18'及47°15'±10'等。

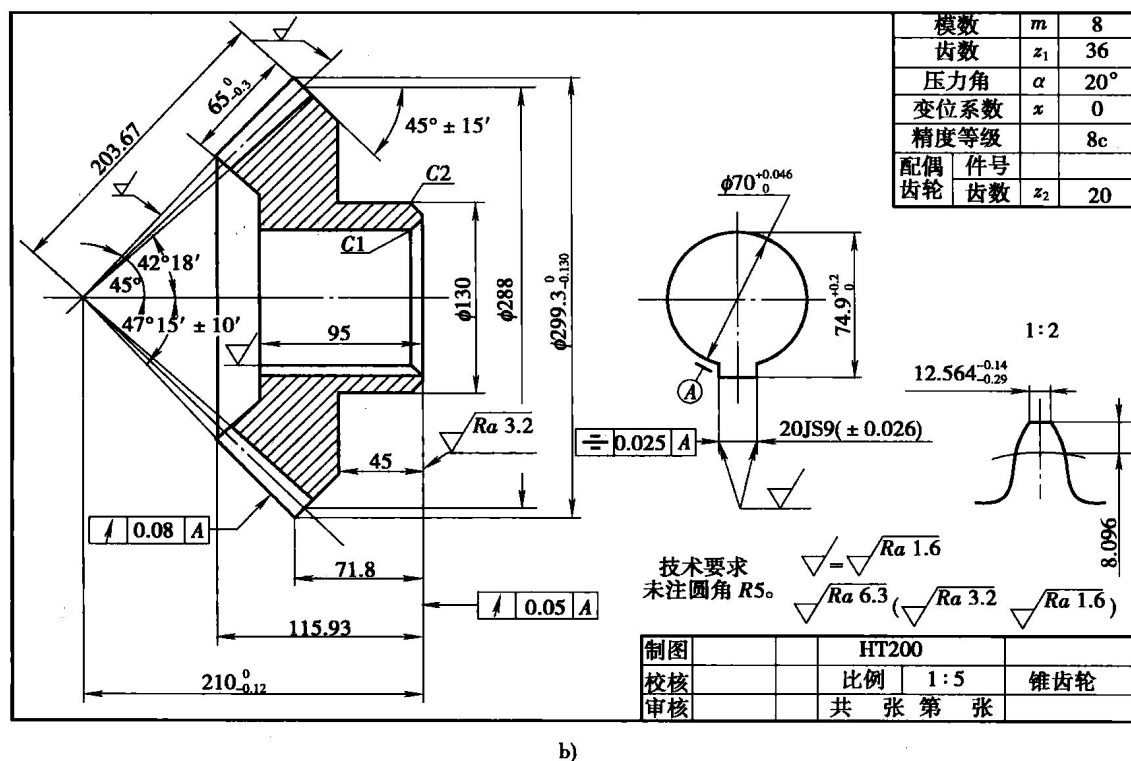
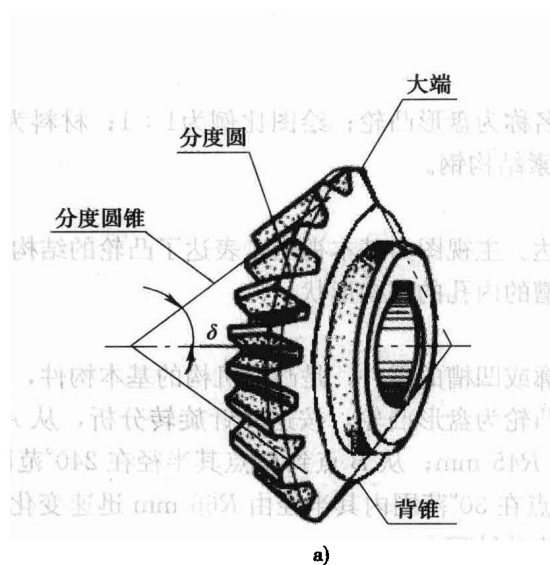


图 1—1—3 锥齿轮

a) 锥齿轮轴测图 b) 锥齿轮零件图

(5) 了解技术要求

锥齿轮为铸件，未注圆角为 $R5$ mm；针对于锥齿轮的传动功能，对轮齿齿面的表面粗糙度要求较高， R_a 的上限值为 $1.6 \mu\text{m}$ ；内孔与传动轴配合，所以其 R_a 的上限值也为 $1.6 \mu\text{m}$ 。图中的形位公差要求有： $\begin{matrix} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{matrix} \begin{matrix} 0.025 \\ A \end{matrix}$ 表示键槽的对称中心平面相对于 $\phi 70$ mm 孔轴线的对称度公差值为 0.025 mm； $\begin{matrix} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{matrix} \begin{matrix} 0.05 \\ A \end{matrix}$ 表示锥齿轮右端面相对于 $\phi 70$ mm 孔轴线的端面圆跳动公差值为 0.05 mm； $\begin{matrix} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{matrix} \begin{matrix} 0.08 \\ A \end{matrix}$ 表示锥齿轮的齿顶轮廓面相对于 $\phi 70$ mm 孔轴线的斜向

圆跳动公差值为 0.08 mm。

(6) 锥齿轮的相关数据分析

锥齿轮的参数以表格的形式标在图样的右上角,如模数 m 为 8 mm、齿数 z_1 为 36、标准压力角 α 为 20° ,其加工精度等级为 8c,与之配合齿轮的齿数为 20。此相关数据是为了在加工中选取适当的加工刀具,进行合理的工艺安排,同时也为了保证锥齿轮的传动精度而设定。

四、问题探究

1. 识读二维轮廓零件图的方法

识读零件图的目的,是为了确定该零件合理的加工工艺。二维轮廓零件涵盖的轮廓形状比较多,读图时需抓住二维轮廓零件的典型特征。其图样可从以下几个方面进行识读:

(1) 识读标题栏

了解该零件的名称及其功用;利用绘图的比例,可大体判断其结构形状的大小;对材料的识读,能对该零件的力学性能有所了解。

(2) 表达分析

二维轮廓零件的表达所采用的视图类型及数量要视具体情况而定,主要与零件轮廓形状的多样化有关。从以上两个例图中可以看到:其主要视图可以采用基本视图或剖视图,以表达轮廓外形为主,同时辅以局部视图或局部放大图来表达零件的细部结构。

(3) 结构分析

二维轮廓零件用途不同,其结构也各有特点,如齿轮就有圆柱齿轮、斜齿轮、锥齿轮等,凸轮也有盘形凸轮、柱形凸轮等,所以对于二维轮廓零件的结构,需结合各自零件的功能特点进行分析。

(4) 尺寸分析

在二维轮廓零件图样中,传动用零件尺寸精度要求较高的部位主要集中在与其他部件相配合要求的位置。选择基准时也是以配合部位为主要尺寸基准。

(5) 技术要求分析

二维轮廓零件的工作或配合表面的表面粗糙度和形位公差要求一般较高,并且为了满足其使用性能,还需安排恰当的热处理工艺。在有些零件的图样中,如齿轮还需有参数列表,以深入了解该零件的相关参数,便于顺利完成加工。

2. 齿轮的结构、参数

齿轮属于常用件,它被广泛用于机器或部件的传动中,如图 1—1—4 所示为三种常见的齿轮传动形式:圆柱齿轮通常用于平行两轴之间的传动(图 1—1—4a);锥齿轮用于相交两轴之间的传动(图 1—1—4b);蜗杆与蜗轮则用于交错两轴之间的传动(图 1—1—4c)。齿轮除了用来传递动力外,还可以改变机件的回转方向和转动速度。

齿轮传动中最常见的是圆柱齿轮,其外形呈圆柱形,轮齿有直齿、斜齿、人字齿等。直齿圆柱齿轮又是圆柱齿轮中最常见的一种。下面主要介绍直齿圆柱齿轮的结构形状(图 1—1—5)、基本参数及几何要素的尺寸计算(表 1—1—1)。

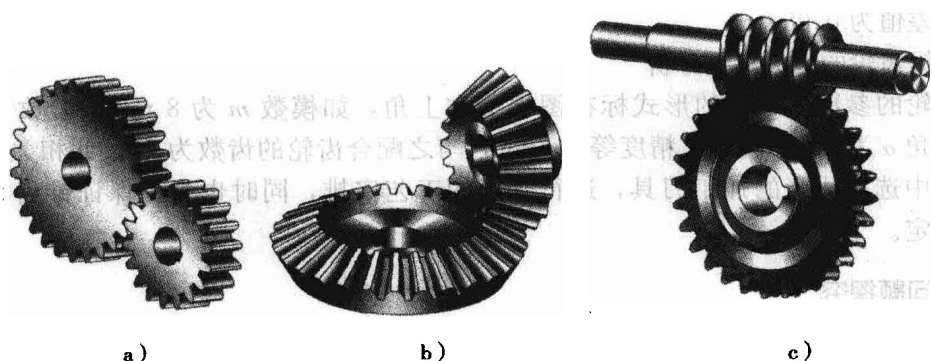


图 1—1—4 常见的齿轮传动形式

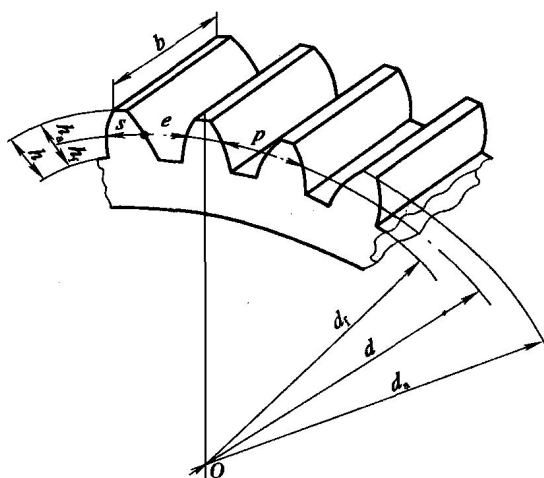


图 1—1—5 齿轮各部分代号

表 1—1—1

直齿圆柱齿轮各几何要素的尺寸计算

名称	代号	定 义	计算公式
模数	m	齿距 p 除以圆周率 π 所得的商	$m = p / \pi$
压力角	α	齿廓曲线和分度圆的交点处的径向线与齿廓在该点处的切线所夹的锐角	$\alpha = 20^\circ$
齿数	z	一个齿轮的轮齿总数	由传动比计算确定
分度圆直径	d	分度圆是一个约定的假想圆, 齿轮的轮廓尺寸均以此圆直径为基准确定, 该圆上的齿厚 s 与槽宽 e 相等	$d = mz$
齿顶圆直径	d_a	通过轮齿顶部的圆的直径	$d_a = m(z + 2)$
齿根圆直径	d_f	通过轮齿根部的圆的直径	$d_f = m(z - 2.5)$
基圆直径	d_b	基圆柱面和基圆的直径	$d_b = d \cos \alpha = mz \cos \alpha$
齿距	p	相邻两齿的同侧齿廓之间的分度圆弧长	$p = m\pi$
齿厚	s	一个齿的两侧齿廓之间的分度圆弧长	$s = m\pi / 2$
槽宽	e	一个齿槽的两侧齿廓之间的分度圆弧长	$e = m\pi / 2$
齿顶高	h_a	齿顶圆与分度圆之间的径向距离	$h_a = m$

续表

名称	代号	定 义	计算公式
齿根高	h_f	齿根圆与分度圆之间的径向距离	$h_f = 1.25m$
齿高	h	齿顶圆与齿根圆之间的径向距离	$h = 2.25m$
齿宽	b	齿轮轮齿的轴向宽度	$b \approx 10m$
中心距	a	两圆柱齿轮轴线之间的最短距离	$a = (d_1 + d_2) / 2$ $= m (z_1 + z_2) / 2$
传动比	i	主动齿轮的转速 n_1 (r/min) 与从动齿轮的转速 n_2 (r/min) 之比	$i = n_1 / n_2 = z_2 / z_1$

在表 1—1—1 中, 模数 m 是设计、制造齿轮的重要参数。模数大, 齿距 p 也大, 齿厚 s 、齿高 h 也随之增大, 因而齿轮的承载能力增大。

为了便于齿轮的设计和制造, 模数已经标准化, 我国规定的标准模数见表 1—1—2。

表 1—1—2 齿轮模数系列

第一系列	0.1	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1
	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
	16	20	25	32	40	50					
第二系列	0.35	0.7	0.9	1.75	2.25	2.75	(3.25)	3.5	(3.75)	4.5	5.5
	(6.5)	7	9	(11)	14	18	22	28	(30)	36	45

注: 选用模数时, 应优先选用第一系列, 括号内的模数尽可能不用。

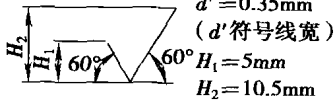
3. 表面粗糙度的基本概念及术语

表面粗糙度是零件加工表面上具有较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特征。表面粗糙度的产生原因与加工方法、刀刃形状和切削用量等各种因素有关。

表面粗糙度的评定参数主要有算术平均偏差 Ra 和轮廓的最大高度 Rz 。

(1) 表面粗糙度的图形符号 (表 1—1—3)

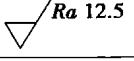
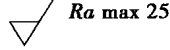
表 1—1—3 标注表面结构要求时的图形符号

符号名称	符号	含 义
基本符号		未指定工艺方法的表面, 当通过一个注释解释时可单独使用
扩展图形符号		去除材料方法获得的表面, 仅当其含义是“被加工表面”时可单独使用
		不去除材料的表面。也可用于保持上一道工序形成的表面, 不管这种状况是通过去除或不去除材料形成的
完整图形符号		在以上各种符号的长边上加一横线, 以便注写对表面结构的各种要求

注: 表中 d 、 H_1 和 H_2 的大小是当图样中尺寸数字高度选取 $h = 3.5\text{mm}$ 时按 GB/T 131—2006 的相应规定给定的。表中 H_2 是最小值, 必要时允许加大。

(2) 表面粗糙度代号及含义简介 (表 1—1—4)

表 1—1—4 表面粗糙度代号示例及含义

代号示例	含义解释
	表示该表面不允许去除材料
	表示该表面用去除材料的方法获得, Ra 上限值为 $12.5\ \mu\text{m}$
	表示该表面用去除材料的方法获得, Ra 最大值为 $25\ \mu\text{m}$

完工后零件的表面按检验规则测得轮廓参数后,需与图样上给定的极限值比较,以判断其是否合格。极限值判断规则有两种:

1) 16%规则:运用本规则时,当被检表面测得的全部数值中超过极限值的个数不多于总个数的 16%时,该表面是合格的。

2) 最大规则:运用本规则时,被检的整个表面上测得的参数值一个也不应超出给定的极限值。

16%规则是所有表面结构要求标注的默认规则,即当参数代号后未注“max”字样时,均默认为应用 16%规则(例如 $Ra\ 0.8$)。反之,则应用最大规则(例如 $Ra\ \text{max}0.8$)。

(3) 表面粗糙度在图样中的标注

1) 表面粗糙度要求对每一表面一般只注一次,并尽可能注在相应的尺寸及其公差的一致视图上。除非另有说明,所标注的表面粗糙度要求是对完工零件表面的要求。

2) 表面粗糙度的注写与读取方向与尺寸的注写和读取方向一致。表面粗糙度要求可标注在轮廓线或其延长线上,其符号应由材料外指向并接触表面,如图 1—1—6 所示。必要时,表面粗糙度也可用箭头或黑点的指引线引出标注,如图 1—1—7 所示。

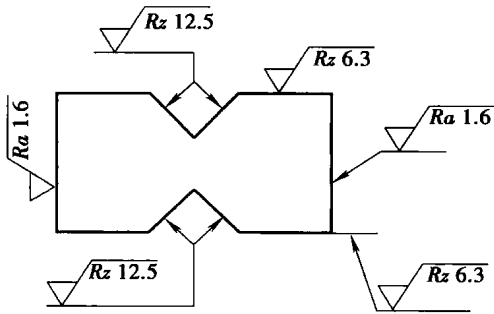


图 1—1—6 表面粗糙度在轮廓线上的标注

3) 在不致引起误解时,表面粗糙度要求可标注在给定的尺寸线上,如图 1—1—8 所示。

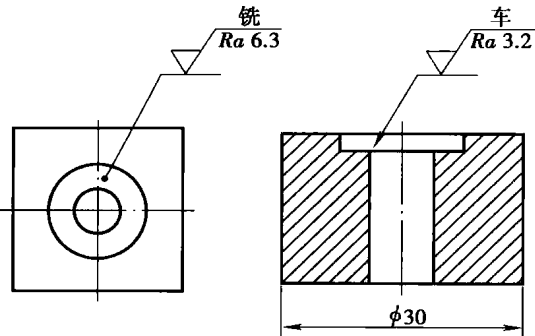
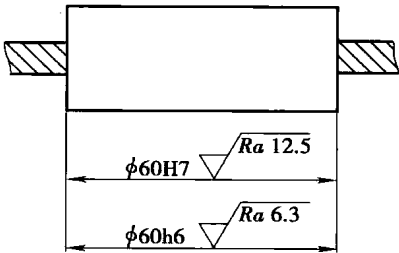


图 1—1—7 用指引线引出标注表面粗糙度要求



1—1—8 表面粗糙度要求标注在尺寸线上