

金属热加工 课程设计 指导书

张继世 主编

TC
Z14

机械工业出版社

337159

TG
216

金属热加工课程设计指导书

张继世 主编



机械工业出版社

金属工艺学包括机械工程材料、热加工基础、机械加工基础三门相对独立又有紧密联系的课程,是机械类专业必修的技术基础课。为了提高学生的工程实践能力和综合运用知识的能力,依据国家教委颁布的《高等工程专科学校金属工艺课程教学基本要求》,在金属工艺学教学环节中增加金属热加工工艺课程设计。

本课程设计主要包括零件的材料选择、设计与铸造、锻造、焊接工艺设计及课程设计要求 and 图选。

图书在版编目 (CIP) 数据

DW40/17

金属热加工课程设计指导书/张继世 主编. —北京: 机械工业出版社, 1997

ISBN 7-111-05496-2

I. 金… II. 张… III. 热加工-课程设计-高等学校-教学参考资料
N. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 23309 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 汪小星

封面设计: 姚 毅 责任印制: 卢子祥

三河市宏达印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

1997 年 2 月第 1 版 第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ · 6 印张 · 144 千字

0 001—2 000 册

定价: 12.00 元

前 言

金属热加工工艺课程设计是根据国家教委颁布的《高等工程专科学校金属工艺课程基本要求》安排的教学实践环节。主要目的在于提高学生的工程实践能力和综合运用知识的能力。

1. 金属热加工工艺课程设计的主要内容

(1) 依据零件给定的受力状况、环境与失效形式,进行机械零件的选材设计,即选择合适的材料成分、组织与热处理状态。

(2) 依据零件的使用条件、制造精度、形状尺寸、材料及生产性质等条件,进行毛坯种类的选择并完成相应的热加工工艺设计。

(3) 绘制铸造工艺图、铸件图。

(4) 绘制自由锻件图、模锻件图,并能进行自由锻工艺规程的编制。

(5) 进行焊接结构工艺设计。

2. 基本要求

(1) 学生可在课程设计指导书中规定的零件和许可采用的材料目录中,自行确定课程设计题目并经指导教师同意。

(2) 在零件图上直接绘制毛坯图(浇冒口系统只标引出位置)。

(3) 每位学生交一份完整的课程设计说明书和工艺图。

(4) 金属工艺学课程设计说明书的主要内容

1) 对给定工件进行工艺分析

2) 制定热加工工艺方案和选材方案

① 依要求,考虑2~3种工艺方案,分析比较后选用合理的方案;

② 确定工艺参数,进行有关的计算;

③ 写出热加工工艺过程;

④ 根据不同的成型方式,画出简图。

3. 热加工工艺课程设计的时间安排

序 号	内 容	时 间
1	分组、定题、工艺分析	1 天
2	考虑方案、初级工艺过程	1 天
3	绘制各种工艺图及零件图	3 天
4	编制热加工工艺过程	3 天
5	编写设计说明书	1 天
6	教师评阅学生设计并进行答辩	1 天

本指导书所用的零件图纸、毛坯的加工精度与公差均采用最新的标准与设计资料。

本书由华北航天工业学院张继世副教授主编,并编写序言、第3章及第4章,第1章由宋文智编写,第2章由庞国星编写,第1章零件图和第5章由付群编写。全书由齐世恩教授主审。

编者

1997年1月

目 录

前言

第1章 机械零件的选材设计	1
一、机械零件选材应满足使用性能要求	1
二、机械零件选材应满足加工工艺性要求	2
三、选材实例	5
四、机械零件选材设计资料	5
第2章 铸造工艺设计	15
一、概述	15
二、工艺设计内容与要求	15
三、附表及附图	18
第3章 锻造工艺设计	28
一、概述	28
二、锻造工艺设计	28
三、自由锻工艺设计	28
四、模锻工艺设计	49
第4章 焊接工艺设计	59
一、概述	59
二、焊接工艺设计	59
第5章 课程设计基本要求及机械零件图选	71

第 1 章 机械零件的选材设计

一、机械零件选材应满足使用性能要求

使用性能是指机械零件在工作条件下所呈现出来的一系列性能。如力学性能、化学性能等。

1. 机械零件按使用要求选材的基本步骤

1) 分析零件的工作条件与环境, 确定零件的技术条件 (如受力的种类、大小及分布, 残余内应力的种类及分布, 有无应力集中及温度、湿度、介质等);

2) 通过分析试验, 结合同类零件失效分析结果提出失效抗力指标, 并以此作为选材的基本依据;

3) 根据力学计算, 确定零件的主要力学指标;

4) 决定热处理及其它表面强化方法;

5) 审核材料经济性;

6) 试验、投产。

2. 机械零件选材应注意的几个基本问题

(1) 尺寸效应。尺寸效应是指钢材截面大小不同, 即使热处理状态相同, 其力学性能也有差别的效应。随着材料截面尺寸增大, 钢材的力学性能下降。尺寸效应不仅与冶金质量有关, 而且还与淬透性有关。淬火硬度与尺寸效应的关系见表 1-1。零件尺寸与力学性能的关系见表 1-2。

表 1-1 淬火硬度与尺寸效应

淬 火 硬 度 HRC	截面尺寸 (mm ²)							
		<3	4~10	11~20	21~30	31~50	51~80	81~120
材料及热处理								
15 钢	渗碳水碎	59~65	58~65	58~65	58~65	58~62	50~60	—
35 钢	水碎	45~50	45~50	45~50	35~45	30~40	—	—
45 钢	水碎	54~59	50~58	50~55	48~52	45~50	40~45	25~35
45 钢	油碎	40~45	30~35					—
T8	水碎	60~65	60~65	60~65	60~65	56~62	50~55	40~45
T8	油淬	55~62						
T10	碱浴	61~64	61~64	61~64	60~62			
20Cr	渗碳油淬	60~65	60~65	60~65	60~65	56~62	45~55	
40Cr	油淬	50~60	50~55	50~55	45~50	40~45	35~40	
35SiMn	油淬	48~53	48~53	48~53	40~45	40~45	35~40	
65SiMn	油淬	58~64	58~64	50~60	48~55	40~45	40~45	35~40
GCr15	油淬	60~64	60~64	60~64	58~63	52~62	48~50	
CrWMn	油淬	60~65	60~65	60~65	60~65	60~64	58~62	56~60

表 1-2 零件尺寸与力学性能

材 料	$\phi 25 \sim 30$ (mm)				$\phi 100$ (mm)			
	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	ψ (%)	a_k (J/cm ²)	σ_s (MPa)	σ_b (MPa)	ψ (%)	a_k (J/cm ²)
40、45、40Mn、45B	400~600	600~800	50~55	80~100	300~400	500~700	40~50	400~500
30CrMnSi, 37CrNi3, 35CrMoV, 18Cr2Ni4W	900~1000	1000~1200	50~55	80~100	800~900	1000~1200	50~55	80~100

(2) 力学性能与加工状态、处理条件有关。不同的加工状态（如铸造、锻造，不同热处理，有否压力加工等）其力学性能是有差别的。

(3) 材料的力学性能对同一牌号的材料来说，由于其成分是在一定范围内变化，因此其力学性能也是有一定的波动范围的。

(4) 要合理地确定硬度值。在技术文件或图纸上，经常采用标注硬度值的方法来间接地反映其强度与塑性。因此，合理地确定硬度值，就是一个值得注意的问题，一般来说：

1) 当承受均匀载荷的无缺口、无变化截面的零件时，其硬度值应选择高值。

2) 有应力集中的零件，其硬度值应选低值。

3) 对高精度的零件，其硬度值应选高值。

4) 对于一对摩擦副，应注意其区别。一般来说，小尺寸零件比大尺寸的零件，其硬度值高出 25~40HBS 单位。

(5) 综合考虑强度、塑性、韧性的良好配合。

二、机械零件选材应满足加工工艺性要求

材料的工艺性是适应某种加工工艺的能力。零件所选材料一般应先制成与成品形状相近似的各种毛坯件（例如铸件、锻件、冲压件、焊接件），各材料提出的工艺性要求也不同。常用的工艺性能见表 1-3~表 1-8。

表 1-3 常用金属材料的铸造性能

材 料	铸 造 性 能						
	流动性	收 缩 性		偏析倾向	熔 点	对壁厚冷却（速度）的敏感性	其 它
		体收缩	线收缩				
灰铸铁	很好	小	小	小	较低	较大、厚处强度低	
铸 钢	差	大	大	大	高	小、壁厚增加强度无明显降低	含碳量增加、收缩增加
铸造铝合金	尚好	小	小	较大	比铸铁低	大、强度随壁厚增加而降低	易吸气、氧化

表 1-4 常用毛坯加工方法及其制品的比较

序号	比较内容	铸 件	锻 造	冲 压	焊 接
1	成形特点	液态下成形	固态下	塑性变形	永久性接头
2	对工艺性要求	流动性好收缩率低	塑性好、变形	抗力小	强度高、塑性好、液态下化学安全性好
3	常用制品材料	灰铸铁、中碳铸钢、铝铜合金	中碳钢及中碳合金结构钢	低碳钢及有色金属薄板	低碳钢，低合金结构钢，不锈钢，铝合金
4	组织特点	晶粒粗大，疏松杂质排列无方向性	晶粒小、致密，杂质排列呈纤维方向	多数不变，拉延加工后形成纤维组织	焊缝为铸造组织，熔合区，过热区晶粒粗大

(续)

序号	比较内容	铸 件	锻 造	冲 压	焊 接
5	制品性能特点	力学性能差、减振、耐磨好,铸钢件力学性能好	力学性能好	强度、硬度提高,刚度好	接头力学性能接近母材
6	零件的结构特点	形状一般不受限制	形状比铸件简单	形状可以复杂	尺寸、形状不受限制
7	材料利用率	高	低	较高	较高
8	生产周期	长	自由锻短,模锻长	长	短
9	生产成本	较低	较高	批量越大,成本越低	较高
10	主要适用范围	铸铁件用于受力不大或承受压为主的零件,要求减振,耐磨性能。铸钢件用于承受重载,形状复杂的大、中型零件	用于承受重载、动载及复杂载荷的重要零件。	用于薄板成形的各种零件	用于制造各种结构,部分用于制造零件的毛坯及修复废旧零件

表 1-5 几种常用铸造方法的比较

铸造方法 比较项目	砂型铸造	熔模铸造	金属型铸造	压力铸造	低压铸造	离心铸造
合金种类	不限制	不限制,以钢为主	不限制,以有色为主	以有色为主	以有色为主	黑色、铜合金为主
铸件晶粒	粗	粗	细	特细	取决于铸型种类	细
铸件质量范围	不限制	一般 $<25\text{kg}$	以中、小件为主,一般 $<100\text{kg}$	一般 $<10\text{kg}$ 也用于中等铸件	以中、小件为主	不限制
铸件形状	不限制	不限制	不宜复杂	不宜厚壁或厚薄悬殊铸件	不宜过大或厚薄悬殊铸件	适合回转体的中空铸件
铸件最小壁厚 (mm)	铝合金 >3 灰铸铁 >4 铸 钢 >6	一般 $0.2\sim0.7$ 孔 $\phi 1.5\sim2.0$	铝合金 $>2\sim3$ 灰铸铁 >4 铸 钢 >5	$0.5\sim1.6$ 孔 $\phi 0.7$	$2\sim5$	最小内孔为 $\phi 7$
铸件公差等级 IT	$15\sim14$	$14\sim11$	$14\sim12$	$13\sim11$	$14\sim12$	$14\sim12$ (孔径精度低)
表面粗糙度值 Ra (μm)	粗糙	$12.5\sim1.6$	$12.5\sim6.3$	$3.2\sim0.8$	$12.5\sim3.2$	$12.5\sim6.3$ (孔表面粗糙)
铸件加工余量	大	小或不加工	小	不加工	小	内孔加工余量大
生产批量	不限制	有限制,以成批为主	大量	大量	成批、大量	成批、大量
生产率(一般机械化程度)	低、中	低、中	中、高	最高	中、高	中、高
凸台	可以,附加费用少	可以,有些困难	可以	可以,加少量费用	可以,加少量费用	可能
侧凹	可以,附加费用少	可以,中等费用	可以	可以,成本增加较多	可以,成本增加较多	不可以
镶嵌件	可以,附加费用少	不可以	可以	可以,生产率低	可以,生产率低	可以
应 用	机床床身、机架、箱体、带轮等各种铸件	刀具、模具、汽轮机叶片、汽车、拖拉机零件	铝活塞、水暖器材、水轮机叶片、民用器皿等	汽车化油器、喇叭、电器、仪表、照相机、拖拉机零件	气缸体、缸盖、船用螺旋桨、纺织机零件	铸铁管、套筒、环、叶轮、滑动轴承等

表 1-6 常用锻造方法特点的比较

特点 方法	适用金属	锻件大小及复杂性	内部质量	加工 余量	生产范围	应 用
自由锻	钢及压力加工 有色金属	(200~300) × 10 ³ kg 到 1kg 以下, 形状简单	力学性能比铸件高, 纤维方 向有时不能沿零件外形分 布	大	单件小批	普通机器锻件尤其是 重型机器锻件
模 锻	钢及压力加工 有色金属	150kg 以下形状复杂	力学性能高, 纤维方向 能沿零件外形分布	>1~5 (mm)	大批量	汽车、拖拉机、飞机、轴 承等锻件
胎模锻	钢及压力加工 有色金属	一般 30kg 以下形状较 复杂	介于自由锻模锻之间	较少	成批, 小批量	普通机器锻件

表 1-7 常用焊接方法比较表

焊接 方法	焊接 热源	主要接头型式	焊接 位置	板厚度 (mm)	被 焊 材 料	生产率	应 用 范 围
手弧焊	电弧	对接、搭接、T 形 接、卷边接	全位	3~20	碳钢、低合金钢、铸铁、 铜及合金	中等 偏高	要求在静止、冲击或振动载荷下 工作零件, 焊接铸件缺陷、损坏 机件
气焊	氧— 乙炔	对接、卷边接	全位	0.5~3	碳钢、低合金钢、铸铁、 铜及合金、铝及合金、 耐热钢	低	要求耐热, 致密静载荷, 受力不 大的薄板结构及补焊铸铁, 损坏 机件
埋弧焊	电弧	对、搭、T 形接头	平焊	6~60	碳钢、低合金钢、铜及 合金等	高	在各种载荷下成大批生产的中 厚板长直缝和较大直径环缝
氩弧焊	电弧	对、搭、T 形接头	全位	0.5~25	铝、铜、铁、钛合金耐 热钢、不锈钢	中等 偏高	要求致密、耐蚀、耐热
对 焊	电阻热	对接	平	≤20	碳钢、低合金钢、不锈 钢、铝及合金	很高	熔焊接杆状零件
点 焊	电阻热	搭接	全位	0.5~3	碳钢、低合金钢、不锈 钢、铝及合金	很高	薄板壳体
缝 焊	电阻热	搭接	平	<3	碳钢、低合金钢、不锈 钢、铝及合金	很高	薄壁容器和管道
钎 焊	各种 热源	搭、套接	平	—	碳钢、合金钢、铸铁、铜 及合金	高	用其它焊接方法难于焊接的焊 件、强度要求不高的焊件

表 1-8 常用材料切削加工性比较

切削加 工等级	各种材料切削性		相对加工性 Kv	代 表 性 材 料
1	一般有色金属	很容易加工	8~20	铝镁合金
2	易切钢	易加工	2.5~3.0	易切钢 ($\sigma_s=400\sim500\text{MPa}$)
3	易切削材料	易加工	1.6~2.5	30 钢正火 ($\sigma_s=500\sim500\text{MPa}$)
4	一般碳钢铸铁	普通	1.0~1.5	45 钢、灰铸铁
5	稍难切削材料	普通	0.7~0.9	85 钢 (轧钢), 2Cr13 调质 ($\sigma_b: 850\text{MPa}$)
6	较难切削材料	难加工	0.5~0.65	65Mn 钢调质 ($\sigma_b: 950\sim1000\text{MPa}$)、易切不锈钢
7	难切削材料	难加工	0.15~0.5	不锈钢 (1Cr18Ni9Ti)
8	很难切削材料	难加工	0.04~0.4	耐热合金、钛合金

注: Kv: 相对加工性, $Kv = \frac{V_{60}}{(V_{60})^f}$ 。V60: 刀具耐用度为 60min 时的切削速度用 V60 来表示。V60 越高, 切削加工性越好, 并以 $\sigma_s=600\text{MPa}$ 的 45 钢 V60 为基准, 简写为 (V60) f。若以其它材料 V60 与 (V60) f 相比, 其比值为相对加工性。

三、选材实例

1. 零件名称

某汽车一速齿轮。

2. 齿轮简图

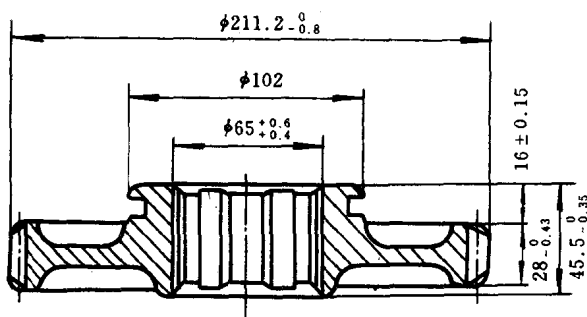


图 1-1 一速齿轮

3. 工作条件分析

(1) 该齿轮是将发动机功率传递到后轮起倒车作用。属于承载、磨损、冲击均较大的重要受力零件。

(2) 技术要求：表面有较高的耐磨性和接触疲劳强度，而心部则要求较高的强度与韧性。心部强度 $\sigma_b > 1000\text{MPa}$ ，冲击韧性 $a_k > 60\text{J/cm}^2$ 。

(3) 生产性质为大批量生产。

(4) 选材分析

1) 在调质钢中选择。这类钢经调质后有较好的综合力学性能，但韧性、塑性均较低。而且在经过淬火后其表面的耐磨性也不理想。

2) 在渗碳钢中选择。如选用 15、20Cr。这类渗碳钢，经渗碳、淬火低温回火后，对本齿轮来说，由于齿轮厚度较大，淬透性差，使齿轮心部强度达不到要求（参阅王运炎主编《金属材料与热处理》表 6-5，P161）。因此，应在淬透性较好的渗碳合金钢中选择。20CrMnTi 钢的淬透性就较好（油中淬透直径 D_o 可达 30~40mm），经渗碳、淬火低温回火后， σ_b 可达 1100MPa， $a_k > 60\text{J/cm}^2$ （齿轮厚度与该碳钢临界淬火直径相近，可用王运炎《金属材料及热处理》一书中的表 6-5 所列数据），它的热处理工艺性好，不易过热，可直接淬火。它的可锻性也很好。如果把此钢锻后淬火，它的切削加工性也很好。

四、机械零件选材设计资料

(1) 材料品种规格：20CrMnTi、T8、65、40Cr、20、45、9SiCr、T12、Cr12MoV、ZL102、30CrMnSiA、HT150、HT200、ZG35。

(2) 零件的种类见表 1-9 所示。

表 1-9 零件种类及技术要求

序号	零件名称	生产性质	技术要求
1	汽车后桥主动传动圆柱斜齿轮, 见图 1-2	大批	表面耐磨、硬度 50~62HRC, 心部硬度 35~40HRC, $\sigma_{-1} > 44\text{MPa}$, $\sigma_s \leq 800\text{MPa}$, $a_k > 70\text{J/cm}^2$
2	坐标镗床主轴用滑动轴承, 见图 1-3	大批	$\sigma_b > 800\text{MPa}$, $\sigma_s \geq 500\text{MPa}$, $\delta \geq 15\%$, $\psi \geq 50\%$, $a_k = 50 \sim 70\text{J/cm}^2$
3	凸接头, 见图 1-4	大批	
4	接合螺母, 见图 1-5	小批	承受 700MPa 的高压力, 硬度要求为 26~32HRC
5	减速器箱体, 见图 1-6	单件	$\sigma_b \geq 200\text{MPa}$, $\sigma_{bb} \geq 400\text{MPa}$, 尺寸稳定, 承受振动, 减摩的基础件, 两轴线垂直度公差为 0.04mm
6	输送机底座, 见图 1-7	单件	$\sigma_b \geq 100\text{MPa}$ 尺寸稳定, 是基础件
7	轴承座, 见图 1-8	单件	$\sigma_b \geq 250\text{MPa}$, $\sigma_{bb} \geq 400\text{MPa}$, 基础件
8	双联齿轮, 见图 1-9	大批	表面耐磨, 心部有一定强度、塑性和韧性 $\sigma_b \geq 500\text{MPa}$, $\sigma_s \geq 300\text{MPa}$, $a_k \geq 30\text{J/cm}^2$, 硬度 240~250HBS
9	传动轴, 见图 1-10	小批	$\sigma_b > 500\text{MPa}$, $\sigma_s \geq 300\text{MPa}$, $\delta \geq 15\%$, $a_k = 35\text{J/cm}^2$, 硬度 230~240HBS
10	端盖, 见图 1-11	单件	$\sigma_b \geq 150\text{MPa}$, $\sigma_{bb} \geq 330\text{MPa}$

(3) 要充分考虑零件对材料的淬透性要求

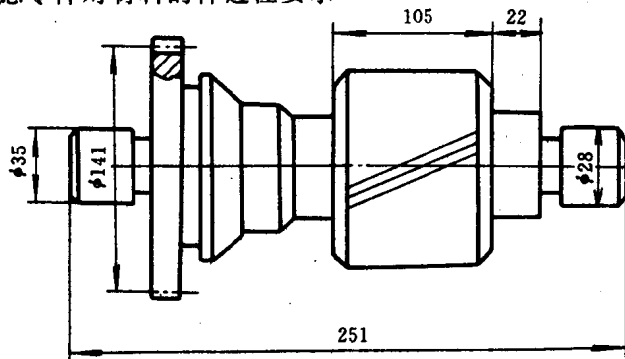


图 1-2 圆柱斜齿轮

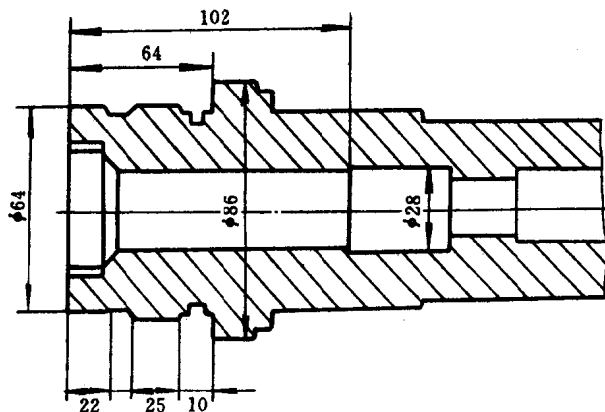


图 1-3 主轴用滑动轴承

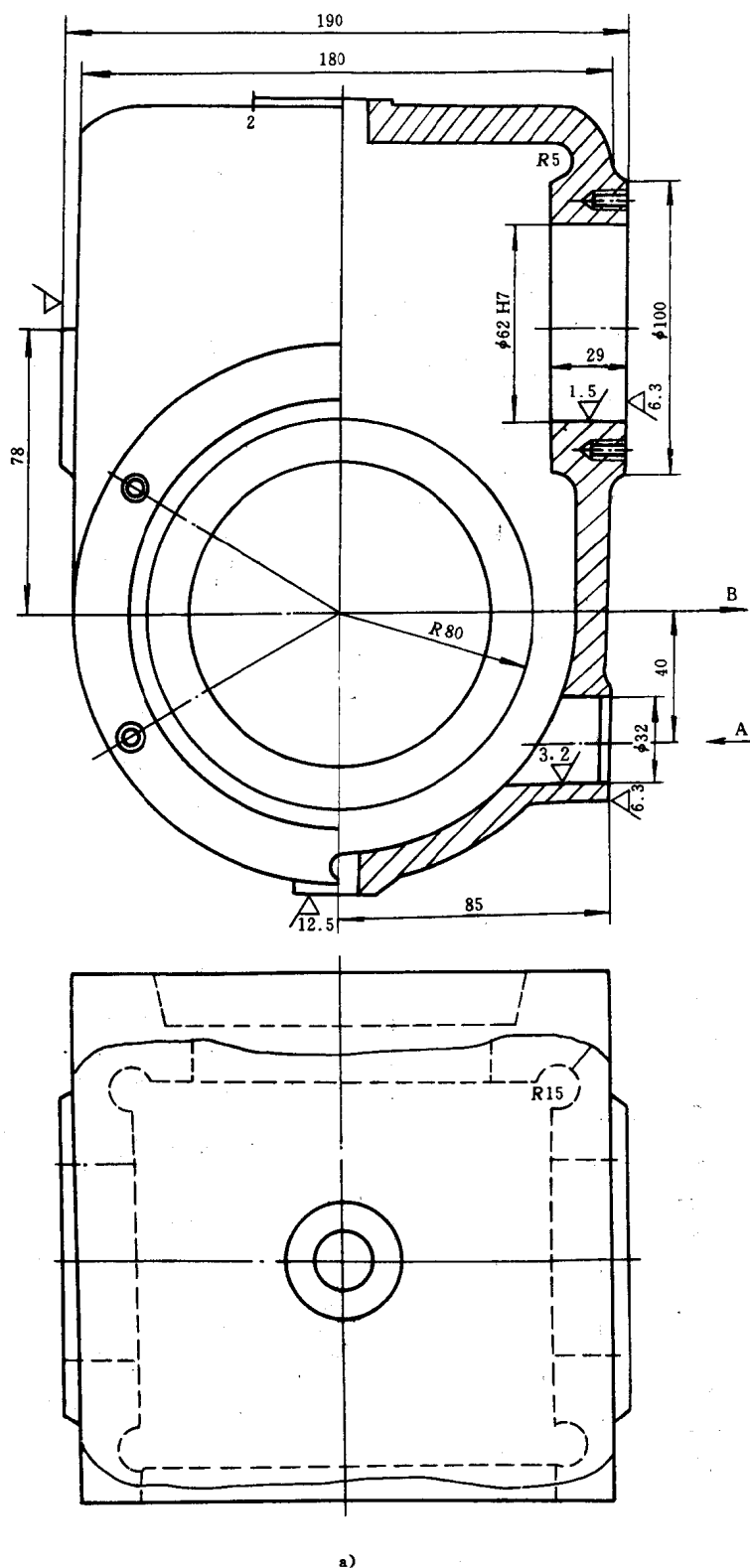


图 1-6 减速器箱盖

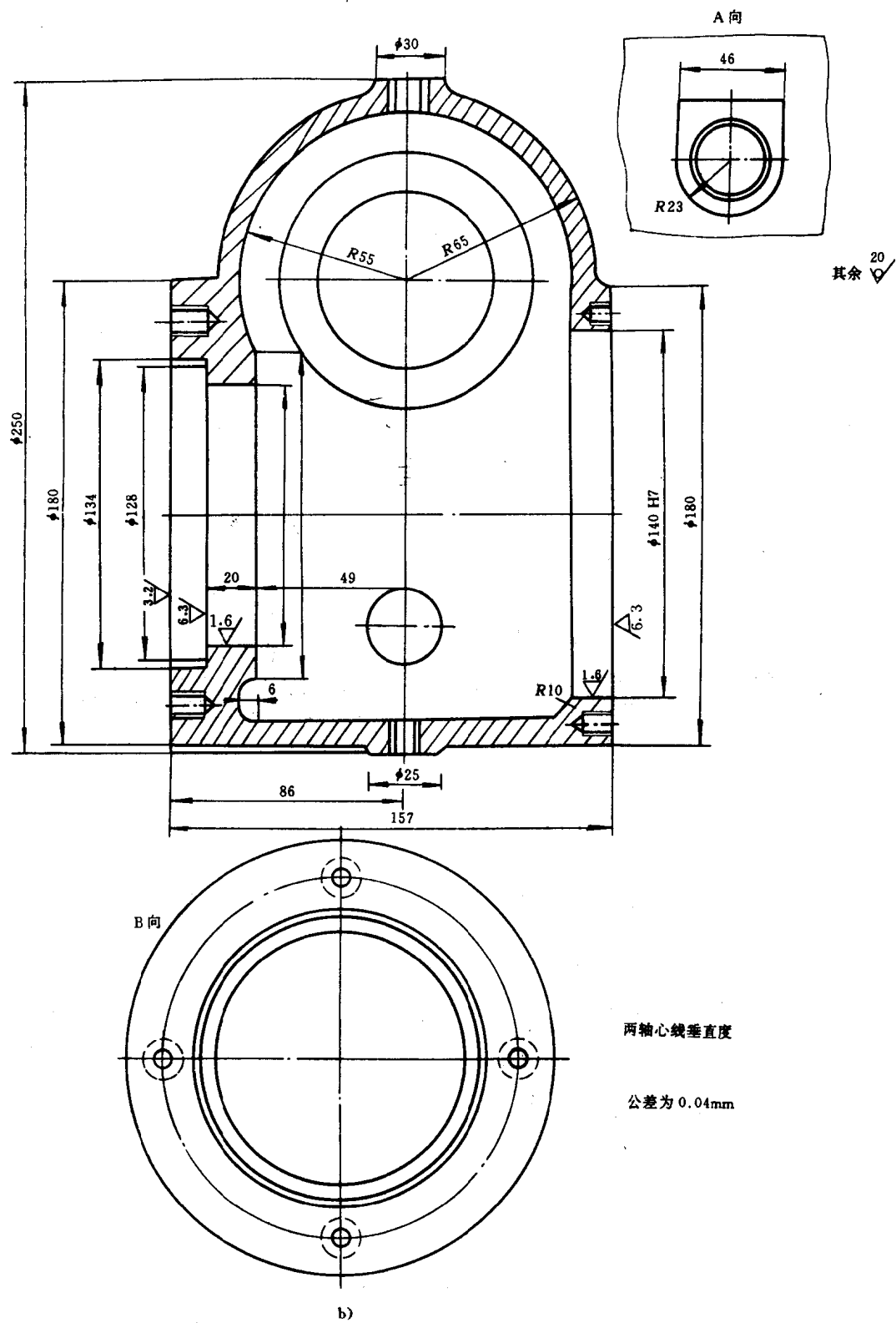


图 1-6 减速器箱盖 (续)

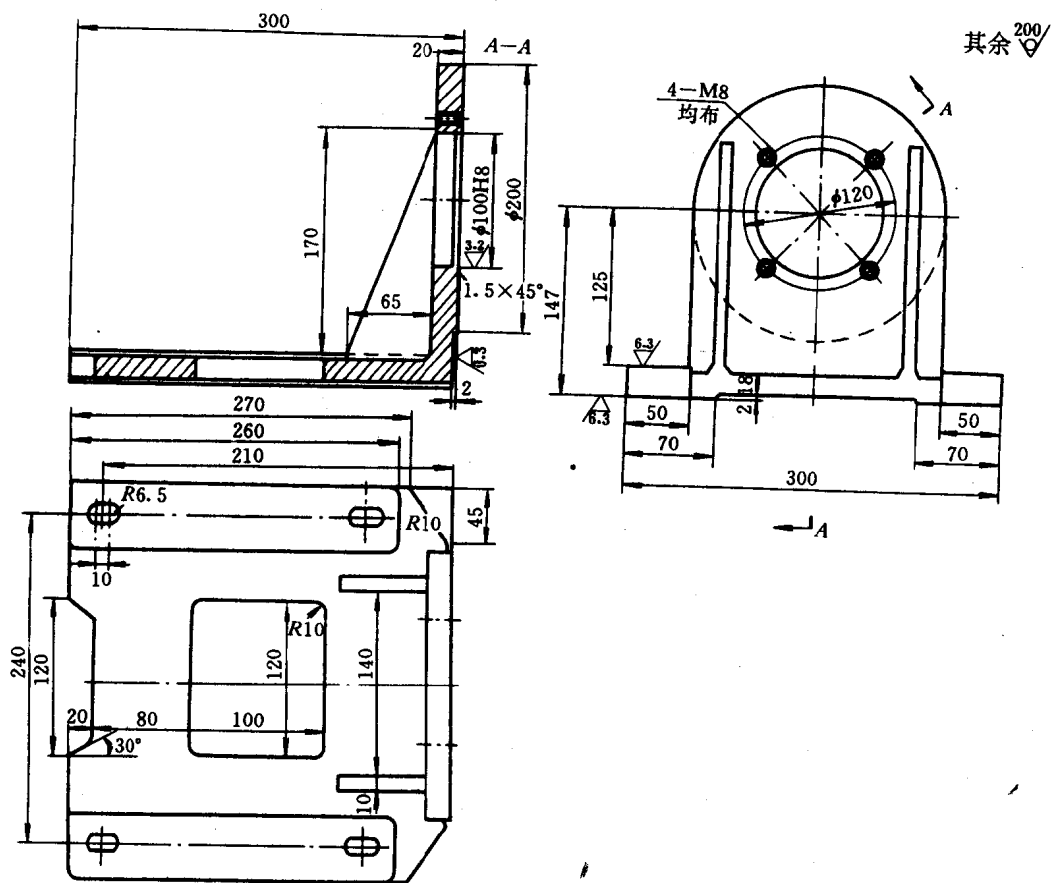


图 1-7 输送机底座

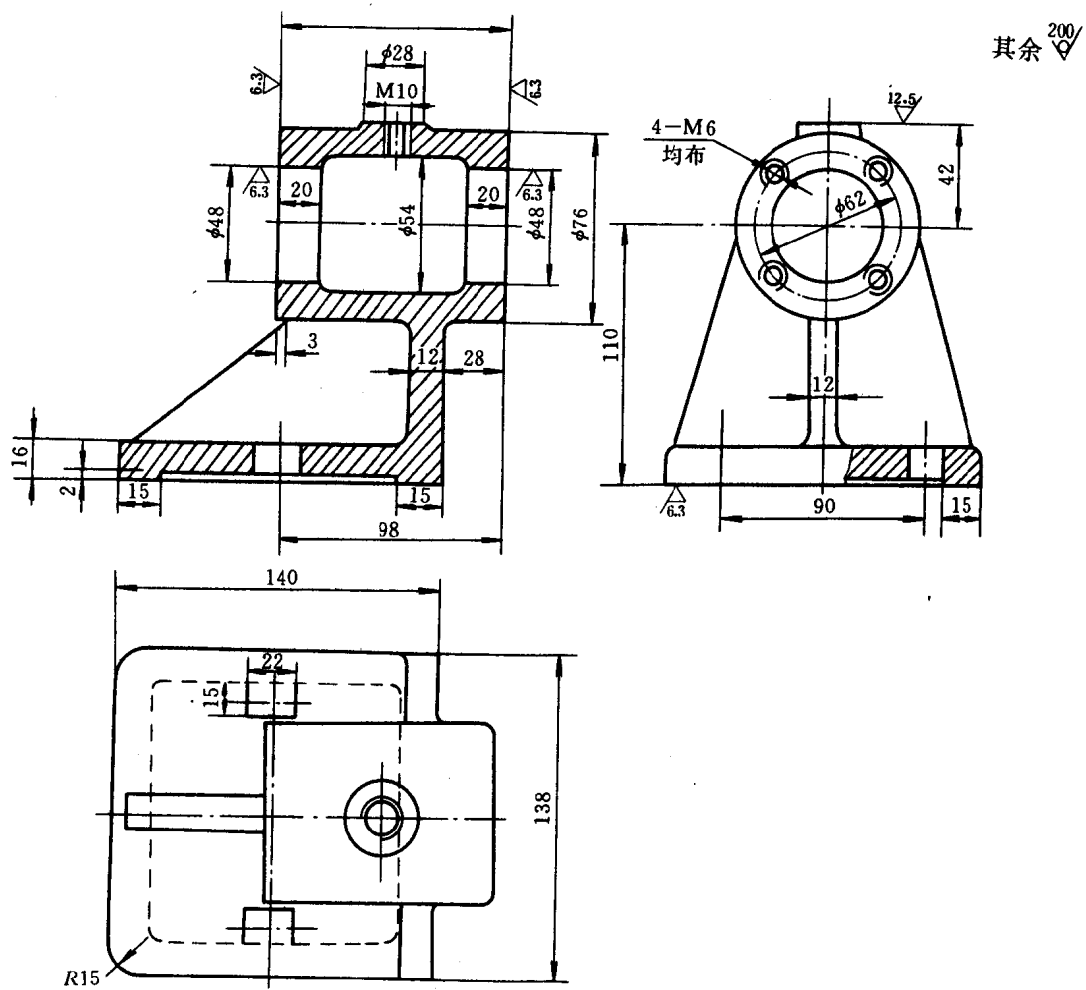


图 1-8 轴承座

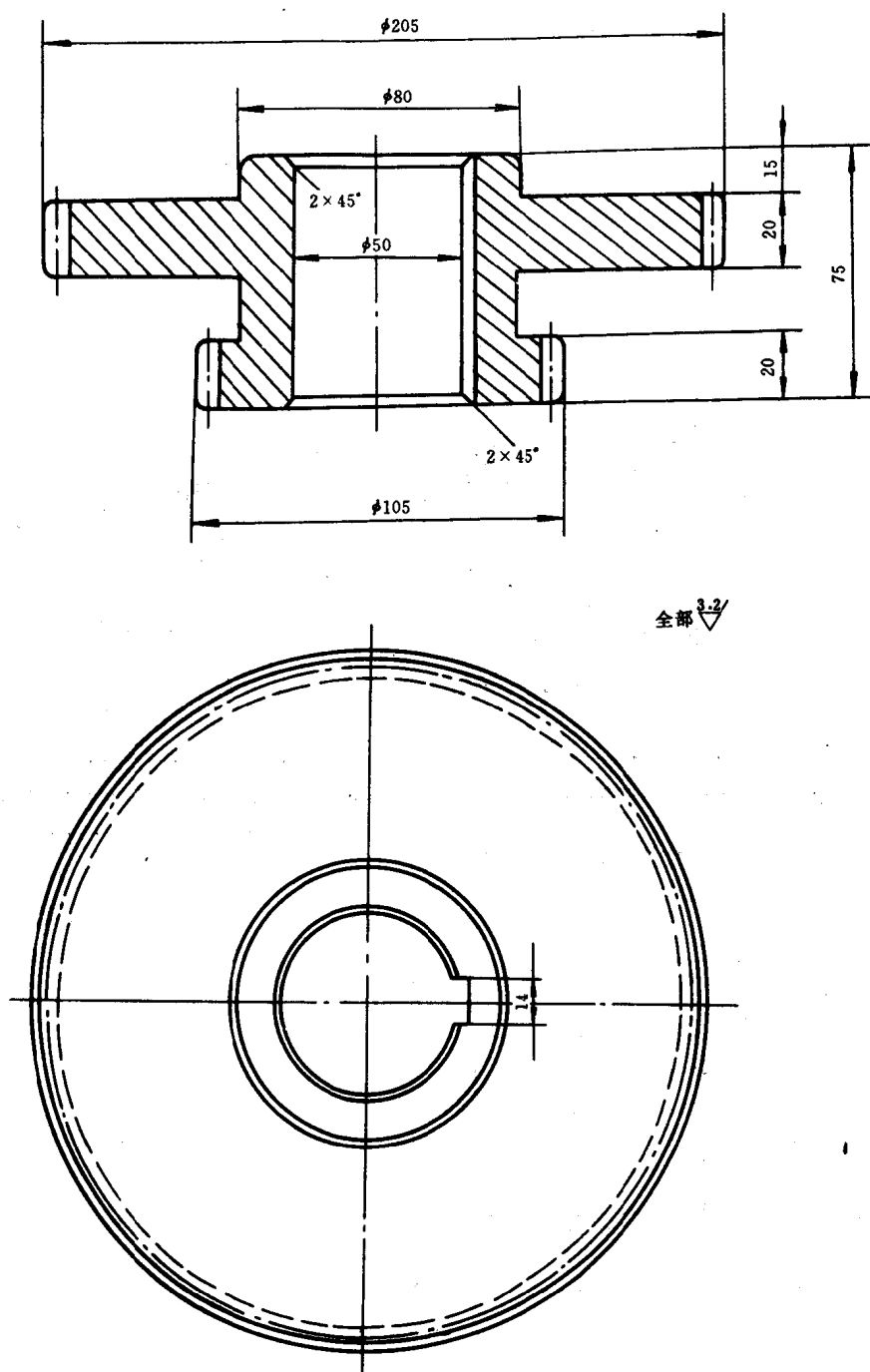


图 1-9 双齿轮座