

高等学校教材

机械设计作业集

(2)

第二版

西北工业大学机械原理及机械零件教研室 编

李育锡 主编

高等教育出版社

前 言

本作业集是高等教育出版社出版的西北工业大学机械原理及机械零件教研室编著，濮良贵、纪名刚主编《机械设计》（第七版）（以下简称主教材）的配套教材，是在《机械设计作业集》（第一版，高等教育出版社，1996）的基础上修订而成的。本作业集的编写目的是为了引导学生看书学习，方便学生做作业，利于教师批改，并使作业规范化。

本作业集的主要特点是：

1. 分装成（1）、（2）两册交替使用，（1）中编入第一、三、五……章的作业，（2）中编入第二、四、六……章的作业，学生直接将作业做在作业集上，不必另备作业本。

2. 题目类型多，有选择、填空、分析、思考、计算和结构设计题等，作业份量适当，通过作业环节使学生全面掌握所学内容。

3. 为了加强学生设计能力的培养，除各章的结构设计与分析题外，还编入了三个单元设计作业题，并编写了相应的设计指导。

4. 编入两套机械设计自测试题，供学生学完本课程后进行自我检测，以便明确自己对所学内容的掌握程度，并由此概括了解本课程的考试方法。

5. 由于本作业集的选材符合高等学校机械设计课程教学基本要求，因而亦可供使用其它同类教材的学生及广大自学者使用或参考。

主教材中编有少量习题，我们选择其中一部分习题编入本作业集，以方便学生在作业集内完成。

这次修订，根据主教材的内容，对作业集里的部分习题和部分参数的符号作了修改，使之与教材内容一致。参加本作业集修订工作的有袁茹、李建华、吴立言、李育锡，由李育锡担任主编。本作业集由西北工业大学濮良贵教授审阅，并提出了许多宝贵意见，编者在此表示衷心的感谢。由于编者水平所限，误漏之处在所难免，敬请广大使用者批评指正。

编 者

2001年2月

目 录

第二章 机械设计总论.....	2	四、结构设计与分析题	20
分析与思考题	2	第十二章 滑动轴承	22
第四章 摩擦、磨损及润滑概述	2	一、选择与填空题	22
分析与思考题	2	二、分析与思考题	22
第六章 键、花键、无键联接和销联接 ..	4	三、设计计算题	24
一、选择与填空题	4	第十四章 联轴器和离合器	26
二、分析与思考题	4	一、选择与填空题	26
三、设计计算题	4	二、分析与思考题	26
四、结构设计与分析题	8	三、设计计算题	28
第八章 带传动.....	10	第十六章 弹簧.....	28
一、选择与填空题	10	一、选择与填空题	28
二、分析与思考题	10	二、分析与思考题	30
三、设计计算题	12	三、设计计算题	30
四、结构设计与分析题	12	第十八章 减速器和变速器	32
第十章 齿轮传动	14	分析与思考题.....	32
一、选择与填空题	14	机械设计自测试题 I	34
二、分析与思考题	16	机械设计自测试题 II	38
三、设计计算题	20	参考书刊	46

第二章 机械设计总论

分析与思考题

- 2-1 一台完整的机器通常由哪些基本部分组成？各部分的作用是什么？
- 2-2 设计机器时应满足哪些基本要求？设计机械零件时应满足哪些基本要求？
- 2-3 机械零件主要有哪些失效形式？常用的计算准则主要有哪些？
- 2-4 什么是零件的强度要求？强度条件是如何表示的？如何提高零件的强度？
- 2-5 什么是零件的刚度要求？刚度条件是如何表示的？提高零件刚度的措施有哪些？
- 2-6 零件在什么情况下会发生共振？如何改变零件的固有频率？
- 2-7 什么是可靠性设计？它与常规设计有何不同？零件可靠度的定义是什么？
- 2-8 机械零件设计中选择材料的原则是什么？
- 2-9 指出下列材料的种类，并说明代号中符号及数字的含义：HT150，ZG230-450，65Mn，45，Q235，40Cr，20CrMnTi，ZCuSn10Pb5。
- 2-10 机械的现代设计方法与传统设计方法有哪些主要区别？

第四章 摩擦、磨损及润滑概述

分析与思考题

- 4-1 按照摩擦面间的润滑状态不同，滑动摩擦可分为哪几种？
- 4-2 膜厚比的物理意义是什么？边界摩擦、混合摩擦和液体摩擦所对应的膜厚比范围各是多少？
- 4-3 在工程中，常用金属材料副的摩擦系数是如何得来的？
- 4-4 什么是边界膜？边界膜的形成机理是什么？如何提高边界膜的强度？
- 4-5 零件的磨损过程大致可分为哪几个阶段？每个阶段的特征是什么？
- 4-6 根据磨损机理的不同，磨损通常分为哪几种类型？它们各有什么主要特点？
- 4-7 润滑油的粘度是如何定义的？什么是润滑油的粘性定律？什么样的液体称为牛顿液体？
- 4-8 粘度的表示方法通常有哪几种？各种粘度的单位和换算关系是什么？
- 4-9 润滑油的主要性能指标有哪些？润滑脂的主要性能指标有哪些？
- 4-10 在润滑油和润滑脂中加入添加剂的作用是什么？
- 4-11 流体动力润滑和流体静力润滑的油膜形成原理有何不同？流体静力润滑的主要优缺点是什么？
- 4-12 流体动力润滑和弹性流体动力润滑两者间有何本质区别？所研究的对象有何不同？

2-3 答：机械零件的失效形式：整体断裂 过大残余变形

零件的表面破坏 破坏正常工作条件引起失效

计算准则：强度准则 $\sigma \leq \sigma_m$ σ_{lim} 或 $\sigma \leq \frac{\sigma_{lim}}{S}$

刚度准则 $y \leq [y]$

寿命准则

振动稳定性准则

可靠性准则

3-9

第六章 键、花键、无键联接和销联接

一、选择与填空题

6-1 设计键联接时, 键的截面尺寸通常根据 (1) 按标准选择。

(1) 所传递转矩的大小 (2) 所传递功率的大小 (3) 轮毂的长度 (4) 轴的直径

6-2 普通平键联接的主要失效形式是 接压面的挤压破坏, 导向平键联接的主要失效形式是 接合面的过度磨损。

6-3 与平键联接相比, 楔键联接的主要缺点是_____。

(1) 键的斜面加工困难 (2) 键安装时易损坏 (3) 键楔紧后在轮毂中产生初应力
(4) 轴和轴上零件对中性差

6-4 矩形花键联接采用 小径 定心; 渐开线花键联接采用 齿形 定心。

6-5 型面曲线为摆线或等距曲线的型面联接与平键联接相比较, 下面第 (4) 条不是型面联接的优点。

(1) 对中性好 (2) 轮毂孔的应力集中小 (3) 装拆方便 (4) 切削加工方便

二、分析与思考题

6-6 薄型平键联接与普通平键联接相比, 在使用场合、结构尺寸和承载能力上有何区别?

6-7 半圆键联接与普通平键联接相比, 有什么优缺点? 它适用于什么场合?

6-8 采用两个平键(双键联接)时, 通常在轴的圆周上相隔 180° 位置布置; 采用两个楔键时, 常相隔 $90^\circ \sim 120^\circ$; 而采用两个半圆键时, 则布置在轴的同一直线上; 这是为什么?

6-9 与平键、楔键、半圆键相配的轴和轮毂上的键槽是如何加工的?

6-10 在材料和载荷性质相同的情况下, 动联接的许用压力比静联接的许用挤压应力小, 试说明其原因。

6-11 花键联接的主要失效形式是什么? 如何进行强度计算?

6-12 在胀紧联接中, 胀套串联使用时引入额定载荷系数 m 是为了考虑什么因素的影响?

6-13 销有哪几种类型? 各用于何种场合? 销联接有哪些失效形式?

6-14 一般联接用销、定位用销及安全保护用销在设计计算上有何不同?

三、设计计算题

6-15 图示牙嵌离合器的左右两半分别用键与轴 1、2 相联接, 在空载下, 通过操纵可使右半离合器沿导向平键在轴 1 上作轴向移动。该轴传递的转矩 $T = 1\,200\text{ N}\cdot\text{m}$, 轴径 $d_1 = 80\text{ mm}$, 右半离合器的轮毂长度 $L_1 = 130\text{ mm}$, 行程 $l_1 = 60\text{ mm}$, 工作中有轻微冲击, 离合器及轴的材料均为钢材。试选择右半离合器的导向平键尺寸, 并校核其联接强度。

解: 1. 选择导向平键

6-8 答: 在进行强度校核时, 如果强度不够时, 可采用双键, 为了使受力均衡, 键的布置应该对称布置。
问什么问题?

6-8 答: 对称两键挤压力。

6-8 平键 180° 布置, 对轴的削弱均匀, 并且两键的挤压力对轴平衡了, 对轴不产生附加弯矩, 受力状态好。

两楔键相隔 $90^\circ \sim 120^\circ$ 布置。若夹角小, 对轴的局部削弱过大。若夹角过大, 则两个楔键的总承载能力下降, 当夹角为 180° , 两楔键承载能力大体上只相当于一个楔键的承载能力。

半圆键在轴上的键槽较深, 对轴削弱过大, 不宜用。两个半圆键布置在轴的前同一截面上, 故可将两个半圆键布置在轴的同一直线上, 通常半圆键只用于传递载荷不大的场合, 一般不采用两个半圆键。

6-11. 动联接: 工作面过渡磨损 静联接: 工作面压溃。

6-10.

选 A 型导向平键, 查主教材表 6-1 得平键的截面尺寸 $b=22\text{ mm}$, $h=14\text{ mm}$, 取键长 $L=180\text{ mm}<L_1+l_1$ 。

2. 强度校核

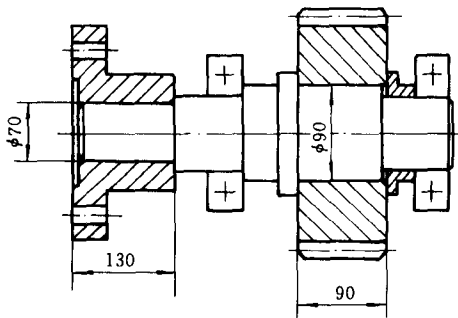
材料均为钢, 工作时有轻微冲击, 查主教材表 6-2, 取 $[\sigma_p]=110\text{ MPa}$ 。 $k=0.5h=0.5\times 14\text{ mm}=7\text{ mm}$, $l=L-b=180\text{ mm}-22\text{ mm}=158\text{ mm}$ 。

$$\sigma_p = \frac{2000T}{kld} = \frac{2000 \times 1200}{7 \times 158 \times 80} \text{ MPa} \\ = 27.1 \text{ MPa} < [\sigma_p]$$

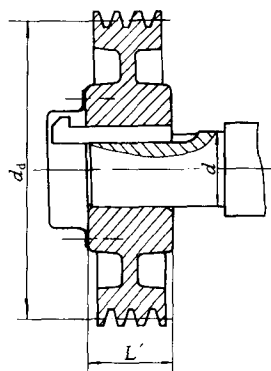
故此键联接能满足强度要求。

注: 解中有两处错误, 请指出错处并说明原因。

6-16 图示减速器的低速轴与凸缘联轴器及圆柱齿轮之间分别采用键联接。已知轴传递的转矩 $T=1000\text{ N}\cdot\text{m}$, 齿轮的材料为锻钢, 凸缘联轴器材料为 HT200, 工作时有轻微冲击, 联接处轴及轮毂尺寸如图示。试选择键的类型和尺寸, 并校核联接的强度。



题 6-16 图



题 6-17 图

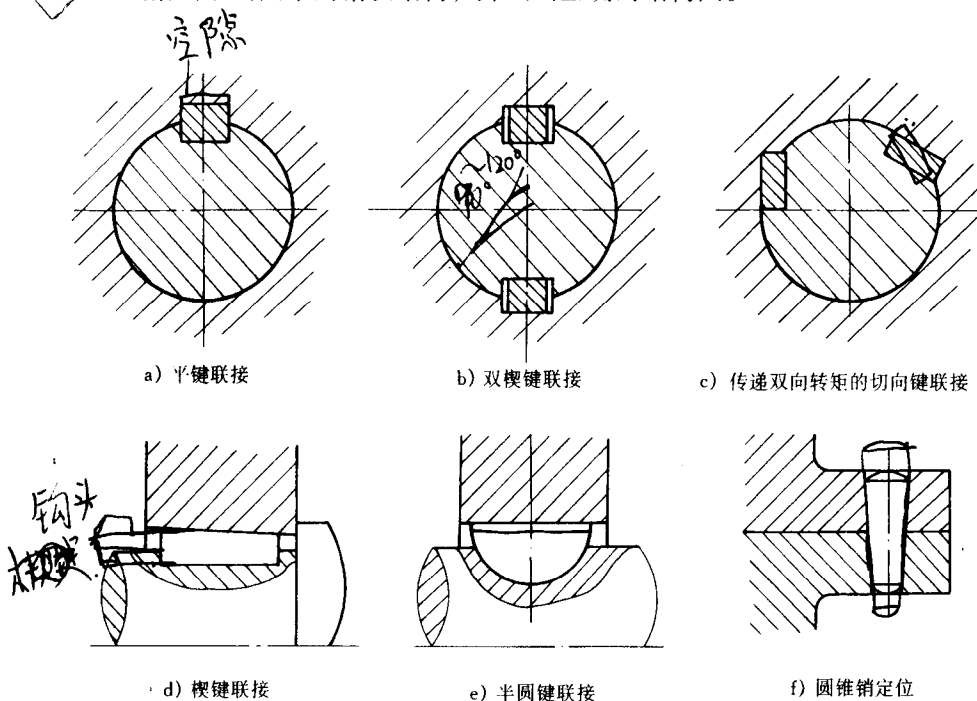
6-17 图示的灰铸铁 V 带轮, 安装在直径 $d=45\text{ mm}$ 的轴端, 带轮基准直径 $d_d=250\text{ mm}$, 工作时的有效拉力 $F_e=1500\text{ N}$, 有轻微振动, 轮毂宽度 $L'=65\text{ mm}$ 。设采用钩头楔键联接, 试选择该楔键的尺寸, 并校核联接的强度。

6-18 轴与轮毂分别采用 B 型普通平键联接和中系列矩形花键联接。已知轴的直径 (花键的大径) $d=102\text{ mm}$, 轮毂宽度 $L=150\text{ mm}$, 轴和轮毂的材料均为碳钢, 取许用挤压应力 $[\sigma_p]=100\text{ MPa}$, 试计算两种联接各允许传递的转矩。

6-19 轴与轮毂采用两个 Z2 型胀套串联联接, 轴的直径 $d=100\text{ mm}$, 轴和轮毂的材料均为碳钢。该轴毂联接同时承受轴向力 $F_a=100\text{ kN}$, 转矩 $T=12\text{ kN}\cdot\text{m}$, 载荷平稳。试验算此联接是否可靠。

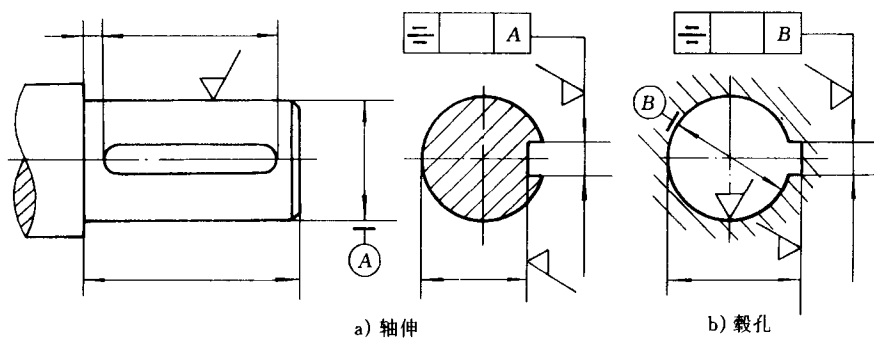
四、结构设计与分析题

6-20 试指出下列图中的错误结构，并画出正确的结构图。



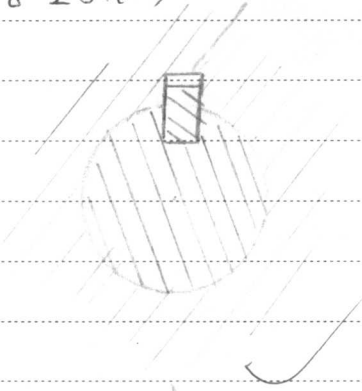
题 6-20 图

6-21 已知图示的轴伸长度为 72 mm，直径 $d = 40$ mm，配合公差为 H7/k6，采用 A 型普通平键联接。试确定图中各结构尺寸、尺寸公差、表面粗糙度和形位公差（一般键联接）。

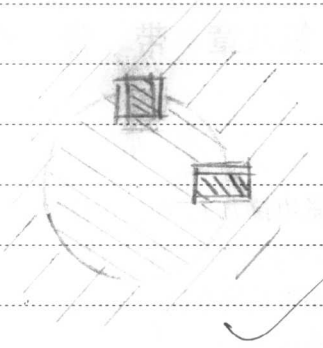


题 6-21 图

6-20 (a)



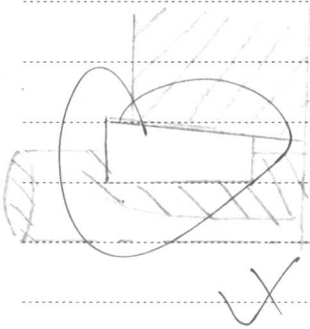
(b)



(c)



(d)



(e)



第八章 带 传 动

一、选择与填空题

8-1 带传动正常工作时,紧边拉力 F_1 和松边拉力 F_2 满足关系 (2)。

(1) $F_1 = F_2$ (2) $F_1 - F_2 = F_c$ (3) $F_1/F_2 = e^{f\alpha}$ (4) $F_1 + F_2 = F_0$

8-2 V带传动的中心距和小带轮的直径一定时,若增大传动比,则带在小带轮上的包角将 (3),带在大带轮上的弯曲应力将 (3)。

(1) 增大 (2) 不变 (3) 减小

8-3 V带传动在工作过程中,带内应力有 拉应力、离心拉应力、弯曲应力,最大应力 $\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_c$,发生在 紧边靠近小带轮处。

8-4 带传动中,主动轮圆周速度 v_1 ,从动轮圆周速度 v_2 ,带速 v ,它们之间存在的关系是 (2)。

(1) $v_1 = v_2 = v$ (2) $v_1 > v > v_2$ (3) $v_1 < v < v_2$ (4) $v > v_1 > v_2$

8-5 在平带或V带传动中,影响最大有效圆周力 F_e 的因素是 预紧力 F_0 、包角 α 和 摩擦系数。

二、分析与思考题

8-6 带传动常用的类型有几种?各应用在什么场合?

8-7 与普通V带相比,窄V带的截面形状及尺寸有何不同?其传动有何特点?

8-8 同步带传动的工作原理是什么?它有何独特的优点?

8-9 V带轮的基准直径以及V带的基准长度是如何定义的?

8-10 某带传动由变速电动机驱动,大带轮的输出转速的变化范围为 $500 \sim 1\,000 \text{ r/min}$ 。若大带轮上的负载为恒功率负载,应该按哪一种转速设计带传动?若大带轮上的负载为恒转矩负载,应该按哪一种转速设计带传动?为什么?

8-11 带传动工作时,带与小带轮间的摩擦力和带与大带轮间的摩擦力两者大小是否相等?为什么?带传动正常工作时的摩擦力与打滑时的摩擦力是否相等?为什么?

8-12 带与带轮间的摩擦系数对带传动有什么影响?为了增加传动能力,将带轮工作面加工得粗糙些以增大摩擦系数,这样做是否合理?为什么?

8-13 带传动中的弹性滑动是如何发生的?打滑又是如何发生的?两者有何区别?对带传动各产生什么影响?打滑首先发生在哪个带轮上?为什么?

8-14 在设计带传动时,为什么要限制小带轮最小直径和带的最小、最大速度?

8-15 试分析带传动中心距 a 、预紧力 F_0 及带的根数 z 的大小对带传动的工作能力的影响。

8-16 一带式输送机装置如图所示。已知小带轮基准直径 $d_{d1} = 140 \text{ mm}$,大带轮基准直径

2-11 答: 两轮与带的摩擦力均相等. ($F_e = F_1 - F_2 = F_f$)

当带打滑时 F_1 和 F_2 都产生, F_e 达到一定值带与轮打滑, 动.

所以两种状态下摩擦力不相等. ✓

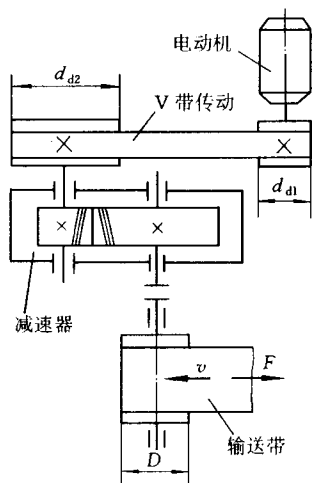
$d_{d2} = 400 \text{ mm}$, 鼓轮直径 $D = 250 \text{ mm}$, 为了提高生产率, 拟在输送机载荷不变 (即拉力 F 不变) 的条件下, 将输送带的速度 v 提高, 设电动机的功率和减速器的强度足够, 且更换大小带轮后引起中心距的变化对传递功率的影响可忽略不计, 为了实现这一增速要求, 试分析采用下列哪种方案更为合理, 为什么?

- (1) 将大带轮基准直径 d_{d2} 减小到 280 mm ;
- (2) 将小带轮基准直径 d_{d1} 增大到 200 mm ;
- (3) 将鼓轮直径 D 增大到 350 mm 。

8-17 在两根 V 带传动中, 当一根带疲劳断裂时, 应如何更换? 为什么?

8-18 为何 V 带传动的中心距一般设计成可调节的? 在什么情况下需采用张紧轮? 张紧轮布置在什么位置较为合理?

8-19 一般带轮采用什么材料? 带轮的结构形式有哪些? 根据什么来选定带轮的结构形式?



题 8-16 图

三、设计计算题

8-20 已知一窄 V 带传动, 主动轮转速 $n_1 = 1460 \text{ r/min}$, 两带轮基准直径 $d_{d1} = 140 \text{ mm}$, $d_{d2} = 400 \text{ mm}$, 中心距 $a = 815 \text{ mm}$, 采用四根 SPA 型窄 V 带, 一天运转 16 小时, 工作载荷变动较大, 试求带传动所允许传递的功率。

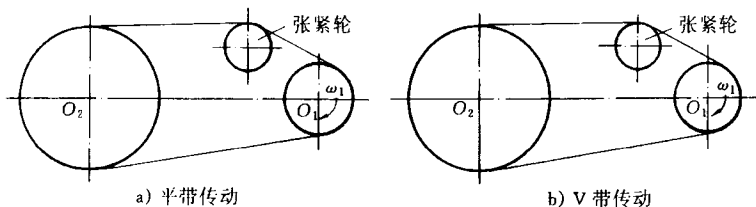
8-21 某车床电动机和主轴箱之间为窄 V 带传动, 电动机转速 $n_1 = 1440 \text{ r/min}$, 主轴箱负载为 4.0 kW , 带轮基准直径 $d_{d1} = 90 \text{ mm}$, $d_{d2} = 250 \text{ mm}$, 传动中心距 $a = 527 \text{ mm}$, 预紧力按规定条件确定, 每天工作 16 小时, 试确定该传动所需窄 V 带的型号和根数。

8-22 一 V 带传动传递的功率 $P = 7.5 \text{ kW}$, 带速 $v = 10 \text{ m/s}$, 测得紧边拉力是松边拉力的两倍, 即 $F_1 = 2F_2$, 试求紧边拉力 F_1 、有效拉力 F_e 和预紧力 F_0 。

8-23 现设计一带式输送机的传动部分, 该传动部分由普通 V 带传动和齿轮传动组成。齿轮传动采用标准齿轮减速器。原动机为电动机, 额定功率 $P = 11 \text{ kW}$, 转速 $n_1 = 1460 \text{ r/min}$, 减速器输入轴转速为 400 r/min , 允许传动比误差为 $\pm 5\%$, 该输送机每天工作 16 小时, 试设计此普通 V 带传动, 并选定带轮结构形式与材料。

四、结构设计与分析题

8-24 图中所示为带传动的张紧方案, 试指出其不合理之处, 并改正。



题 8-24 图

8-17 答: 为了保持带传动的平稳性, 当一根V带疲劳断裂, 就要全部换

8-22 解: $P = \frac{F_e v}{1000}$ $F_e = F_1 - F_2$

$$F_1 = F_0 + \frac{F_e}{2}$$

$$F_2 = F_0 - \frac{F_e}{2}$$

$$F_e = \frac{1000P}{v} = \frac{1000 \times 7.5}{10} = 750N$$

且已知 $F_1 = 2F_2$

$$2F_2 - F_2 = F_e = F_e = 750N$$

$$F_1 = 1500N$$

$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{1500 + 750}{2} = 1125N$$

7.2 2/6

$$F_e = 1000 \frac{P}{v} = 1000 \times \frac{7.5}{10} = 750N$$

$$F_e = F_1 - F_2 = 2F_2 - F_2 = F_2$$

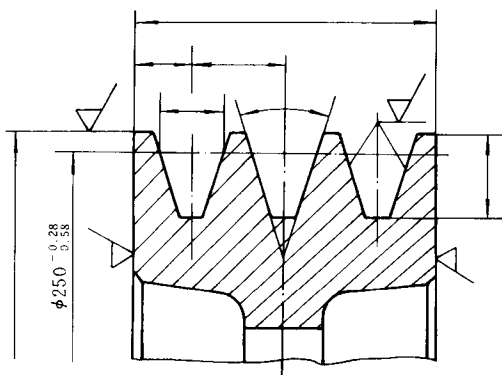
$$F_2 = 750N$$

$$F_1 = 2F_2 = 1500N$$

$$2F_0 = F_1 + F_2$$

$$F_0 = \frac{F_1 + F_2}{2} = 1125N$$

8-25 图中所示为 SPB 型窄 V 带的轮槽结构, 试填写有关结构尺寸、尺寸公差及表面粗糙度值。



题 8-25 图

第十章 齿 轮 传 动

一、选择与填空题

10-1 在齿轮传动的设计计算中, 对下列参数和尺寸应标准化的有 (1) (7); 应圆整的有 (5) (4); 没有标准化也不应圆整的有 (2) (3) (6) (8) (9) (10)

- (1) 斜齿轮的法面模数 m_n (2) 斜齿轮的端面模数 m_t , (3) 直齿轮中心距 a
 (4) 斜齿轮中心距 a (5) 齿宽 B (6) 齿厚 s (7) 分度圆压力角 α
 (8) 螺旋角 β (9) 锥距 R (10) 齿顶圆直径 d_a 。

10-2 材料为 20Cr 钢的硬齿面齿轮, 适宜的热处理方法是 (2)。

- (1) 整体淬火 (2) 渗碳淬火 (3) 调质 (4) 表面淬火

10-3 将材料为 45 钢的齿轮毛坯加工成为 6 级精度的硬齿面直齿圆柱外齿轮, 该齿轮制造工艺顺序应是 (1) 为宜。

- (1) 滚齿、表面淬火、磨齿 (2) 滚齿、磨齿、表面淬火 (3) 表面淬火、滚齿、磨齿
 (4) 滚齿、调质、磨齿

10-4 在齿轮传动中, 仅将齿轮分度圆的压力角 α 增大, 则齿面接触应力将 (3)。

- (1) 增大 (2) 不变 (3) 减小

10-5 在齿轮传动中, 将轮齿进行齿顶修缘的目的是 减小动载荷, 将轮齿加工成鼓形齿的目的是 改善载荷沿齿向的分布。

10-6 影响齿轮传动动载系数 K_v 大小的两个主要因素是 圆周速度精度。

10-7 一对正确啮合的渐开线标准齿轮作减速传动时, 如两轮的材料、热处理及齿面硬度均相同, 则齿根弯曲应力 相等。

- (1) $\sigma_{F1} > \sigma_{F2}$ (2) $\sigma_{F1} = \sigma_{F2}$ (3) $\sigma_{F1} < \sigma_{F2}$

