

高等学校教材

# 机械设计习题集

(第二版)

西北工业大学

山东工业大学

清华大学

北京农业工程大学

编

吴宗泽 主编

高等教育出版社

## 内 容 提 要

本习题集第二版是根据国家教委 1987 年批准印发的高等工业学校“机械设计(原机械零件)课程教学基本要求”和本书第一版发行后本学科的发展,以及教学实践的积累,对第一版内容修订而成的。全书包括思考题 327 题,习题 469 题,例题 58 题,共计 854 题。

本习题集是高等工业学校各类专业机械设计(原机械零件)课程的辅助教材,也可供有关工程技术人员参考。

高等学校教材  
**机械设计习题集**  
(第二版)

西北工业大学 山东工业大学 编  
清华大学 北京农业工程大学  
吴宗泽 主编

高等教育出版社出版  
高等教育出版社激光照排中心照排  
新华书店总店北京科技发行所发行  
国防工业出版社印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 9.75 字数 250 000  
1982 年 10 月第 1 版 1991 年 4 月第 2 版 1991 年 4 月第 1 次印刷  
印数 0001—5 560  
ISBN7-04-002651-1/TH·258  
定价 3.55 元

## 第二版前言

本书第二版是根据国家教委 1987 年批准印发的高等工业学校“机械设计(原机械零件)课程教学基本要求”和本书第一版发行后本学科的发展,以及教学实践的积累,对第一版内容修订而成的。

为适应本课程的发展,和使用者有更广泛的选择余地,本书第二版内容比第一版有所增加,题目总数由 704 增至 854 题,增加了约 21%。考虑到教学的连续性,本书第二版尽量保留第一版的主要特点,并把稳定与发展结合起来。第一版的题目绝大部分保留,但结合各方面情况也进行了修改、调整与更换。与第一版相比本书第二版的主要特点是:

1. 适当扩大习题面,以引导读者扩大设计思路和加强设计能力的锻炼,增加了一些设计方案选择、分析计算、结构设计等方面的题目。

2. 为适当地提高难度和灵活性,增加了一些难度较高,灵活性较大的题目。

3. 增加了一些使用计算机的题目。

4. 在名词术语、零件结构、计算方法等方面采用了新的国家标准。

本习题集包括思考题、习题、例题和几个大作业题。编写思考题是为了启发学生通过深入思考,深化对基本概念和基本理论的理解。习题中安排了分析、计算、设计和作图等不同类型的题目,供教学中选用。为了给予必要的解题指导,对于一些较典型的题目(计 58 题)作出了题解,可作为例题使用。

为了便于使用本习题集,我们将题目分为四类:

1. 题号采用黑体字的,如 **2-21**,是初学者应首先掌握的基本习题(计 86 题)。

2. 题号前注有 \* 号的,如 \*1-33,是难度较大的题目(计 49 题)。

3. 题号前注有  $\triangle$  号的,如  $\triangle 2-53$ ,是超出基本要求的题目(计 33 题)。

4. 其余尚有 628 个习题和思考题,是一般性的题目,教学中可根据具体情况灵活选用。

本习题集中引用的公式、数据等,主要引自参考文献[1],凡引用其他资料文献的,都予以注明。

参加本习题集编写的单位和人员是:西北工业大学张富洲、李东紫(第四、五、六章);山东工业大学夏守身、王寿裕、湛锡淦(第八、九章);清华大学冯中奎(第二章)、吴宗泽(第三、十三章)、言穆宏(第十二章)、黄纯颖(第十四章);北京农业工程大学文行进(其余各章);由吴宗泽担任主编。

本书插图由清华大学孔宪梅绘制。

本习题集承北京科技大学罗圣国同志审阅,提出了很多宝贵意见,谨表示衷心感谢。

编者殷切希望广大读者对本习题集中的错误和欠妥之处提出宝贵意见。

编 者

1990 年 8 月

# 目 录

|              |                    |     |
|--------------|--------------------|-----|
| 第一章          | 机械零件设计概述 .....     | 1   |
| 第二章          | 机械零件的强度 .....      | 13  |
| 第三章          | 摩擦、磨损、润滑 .....     | 38  |
| 第四章          | 螺纹联接(附螺旋传动) .....  | 45  |
| 第五章          | 键、销联接 .....        | 79  |
| 第六章          | 铆、焊、粘和过盈配合联接 ..... | 86  |
| 第七章          | 带传动 .....          | 97  |
| 第八章          | 齿轮传动 .....         | 111 |
| 第九章          | 蜗杆传动 .....         | 154 |
| 第十章          | 链传动 .....          | 173 |
| 第十一章         | 机械传动总论 .....       | 184 |
| 第十二章         | 轴 .....            | 206 |
| 第十三章         | 滑动轴承 .....         | 235 |
| 第十四章         | 滚动轴承 .....         | 250 |
| 第十五章         | 联轴器和离合器 .....      | 274 |
| 第十六章         | 弹簧 .....           | 288 |
| 主要参考文献 ..... |                    | 303 |

# 第一章 机械零件设计概述

1-1 大多数机器都由哪三个部分组成? 分析下列实例(题 1-1 图)并指出其相应的组成部分。

(1)颚式破碎机 电动机 1 上装有小带轮 2,该带轮通过三角胶带带动大带轮 3 绕其固定轴线转动,4 是曲柄销中心,大带轮 3 带动动颚 4 运动,通过控制系统操纵,从而轧碎石块或煤块。

(2)车床 电动机 1 通过三角胶带 2 带动床头箱 3 中的传动系统,然后将运动和动力传给主轴和溜板,通过手柄变速,离合器操纵,按不同要求对工件进行切削加工。

(3)摩擦压力机 电动机 1 通过三角胶带 2 带动摩擦轮 3(两个),摩擦轮带动锥齿轮,锥齿轮带动两个丝杠 4、4' 转动,由操纵系统控制,使压头 5 上下运动进行加工。

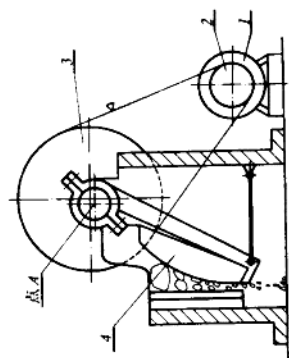
(4)拖拉机 发动机 1 通过离合器把运动和动力传给变速箱 2,经变速再传给中央传动系统 3,然后带动后轮转动并驱动拖拉机运动,以带动与拖拉机配套的农具或拖车运动。

1-2 机械一词的含义是什么? 机器和机构各指的是什么? 下列设备中哪些是机器,哪些是机构:车床,内燃机,牛头刨床,机械钟,机械手表,机械式计算装置,汽车和拖拉机。

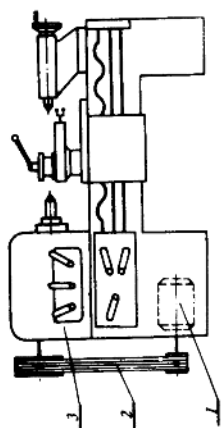
1-3 什么是部件? 什么是零件? 什么是构件? 它们在机器中各自的功能是什么?

1-4 什么是通用零件? 什么是专用零件? 指出下列零件各属于哪类零件:起重机减速器中的齿轮,胶带带轮,飞轮,凸轮,汽车车轮,起重吊钩,标准螺栓,活塞,活塞环,连杆,汽门弹簧,曲轴,织梭,纺锭等。

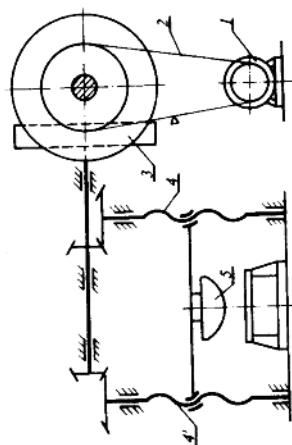
1-5 机械设计课程研究的是哪类零件? 从哪几个方面来研究这类零件? 研究的目的是什么?



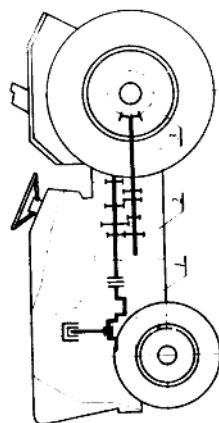
a) 颚式破碎机



b) 车床



c) 摩擦压力机



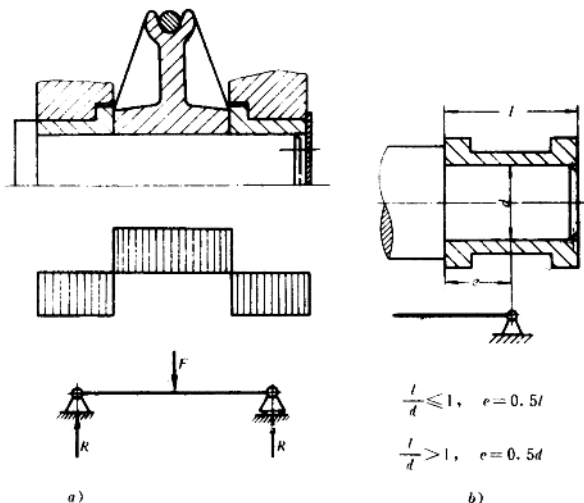
d) 拖拉机

图 1-1 图

1-6 机器设计的方法大体上有几种? 它们各有什么特点? 近几十年来机械设计方法方面形成了哪几个分支? 就你所知列举出来并对其内容作简单的说明与解释。

1-7 机械零件的计算有哪两种? 它们大致包括哪些内容?

1-8 什么是机械零件的条件性计算? 如何将机械零件的受力和变形简化并得到可用于计算的力学模型?

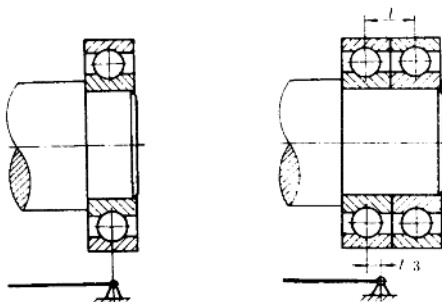


题解 1-8 图之一

**解:** 条件性计算是合理的简化计算。机械零件计算中常常对某些复杂的受力和变形现象作适当而又合理的简化, 使计算能顺利地进行, 如以集中力代替某些实际上的分布力, 以点支承代替某些面支承等等。这样的简化在工程计算中是允许的, 由于其结果具有一定的近似性和条件性, 通常将这些计算称为条件性计算。下面举三个例子加以说明。

1. 滑轮轴受力的简化, 以集中力代替实际上的分布力(图 a)。
2. 滑动轴承支点的简化(图 b)。
3. 滚动轴承支点的简化(图 c)。





c)

题解 1-8 图之二

1-9 机器设计应满足哪些基本要求?机械零件设计应满足哪些基本要求?分析下列机械零件应满足的基本要求是什么:电动机轴,普通减速器中的齿轮轴,起重机吊钩,精密机床主轴,汽门弹簧,农业机械中的拉曳链,联合收割机中的三角胶带。

1-10 什么是标准化、系列化和通用化?采用三化有哪些重要意义?可用其中哪一个来代替这三个名词?

1-11 产品的技术评价常用什么方法进行?用什么指标来表示评价的结果?产品的经济评价通常计算什么内容,用什么指标来表示?

1-12 提高产品技术经济价值的主要措施有哪些?

1-13 写出下列标准代号的中文名称。

(1)国内(汉语拼音缩写):GB,JB,YB,KY,QB;

(2)国外:ISO,ГОСТ,NBS,ASA,AGMA,BS,DIN,JIS。

1-14 什么叫数值圆整?圆整的规则有哪些?

解:去掉非有效数字的运算通常称为数值圆整。数值圆整的规则有下列几条:

1. 舍去部分的第一位数小于 5,则保留部分的最后一位数不变,如 244.122,按计算要求保留 5 位、4 位或 3 位有效数字,则依次可圆整成 244.12、244.1 或 244;

2. 舍去部分的第一位数大于 5, 或等于 5 而 5 后面除零外还有至少一位数, 则保留部分最后一位数加 1, 如 15.502 可圆整成 16, 15.6 可圆整成 16;

3. 保留部分最后一位数是偶数, 舍去部分的第一位数正好是 5 且 5 后面只有零, 则保留部分的最后一位数不变, 如 1.450 和 1.45 均可圆整成 1.4;

4. 保留部分最后一位数是奇数, 舍去部分第一位数正好是 5 且 5 后面只有零, 则保留部分最后一位数加 1, 如 1.55 和 1.550 均可圆整成 1.6;

5. 含有乘除运算时, 应在运算之后再圆整;

6. 含有加减运算时, 应在运算前将所有数值圆整到比运算式中最小精确度的位数多一位, 然后进行运算, 运算完再圆整, 如  $104.2 + 1.692 + 13.463$  这一运算式中, 数值 104.2 的精确度最小, 其他两数值在运算前应圆整成 1.69 和 13.46, 运算式为  $104.2 + 1.69 + 13.46 = 119.35$ , 然后圆整到与 104.2 的精确度相同, 即 119.4.

注: 1. 对于某些参数(如齿轮模数), 按设计计算结果取标准值, 有时也称为圆整, 但其圆整方法与上面所说的不同。

2. 机械零件设计中并不是所有带小数的数值都需要圆整成整数。如传动链节距 15.875 就不要再圆整。又如斜齿圆柱齿轮法面模数  $m_n = 4$ , 螺旋角  $\beta = 8^\circ 6' 34''$ , 则端面模数  $m_t = m_n / \cos \beta = 4.040$ , 不必再圆整。

1-15 有一三角形公制螺纹, 牙型角  $\alpha = 60^\circ$ , 实际摩擦系数  $f = 0.12$ , 求当量摩擦系数  $f_r$  及当量摩擦角  $\rho_r$ 。

$$\text{计算结果为: } f_r = \frac{f}{\cos(\alpha/2)} = \frac{0.12}{\cos(60^\circ/2)} = 0.138564$$

$$\rho_r = \arctan f_r = 7.88890^\circ = 7^\circ 53' 20.05''$$

请分析此种数据取值的有效数字位数是否合适? 应如何取值?

1-16 从工程设计计算的角度分析, 下列算式有效数字取值是否合适, 为什么?

$$\sqrt{31.3^2 + 4 \times 42.5^2} = 90.579744$$

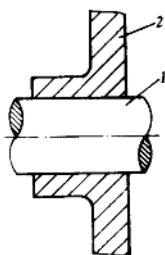
$$2.1 \times 10^4 + 365.4 = 21365.4$$

1-17 解释下列名词: 静载荷, 变载荷, 稳定循环变载荷, 动载荷, 工作载荷, 额定载荷, 计算载荷, 静应力, 变应力, 疲劳及疲劳极限。

静载荷是否一定产生静应力, 变载荷是否一定产生变应力?

1-18 什么是可靠性,什么是可靠度?为什么机器设计中一般尽可能要求用等可靠度的零件?

1-19 对于图示轴 1 与轮毂 2 的联接,试从联接部分的形状、联接件所处的位置、联接件尺寸的大小和联接件的数量等四个方面分析可采用哪些联接方式,并总结出机械零件设计的一些特点。



题 1-19 图

解:可能采用的联接方式如图所示。

机械零件设计应从多方面去考虑,提出各种可能实行的方案,然后根据任务和具体结构要求、制造条件、使用条件和机器类型等决定取舍,通常这种解不会也不可能唯一的,这点与理论基础课程如数学等有较大区别。

1-20 在机械传动系统中,已知原动机的额定功率  $P(\text{kW})$ ,额定转速  $n(\text{r/min})$ ,传动零件上作用的扭矩如何计算?写出扭矩计算的通用公式。

1-21 什么是体积应力?什么是表面应力?它们各与载荷成什么关系。

1-22 计算转矩  $T_c = KT$  时,为什么要在工作转矩  $T$  之前乘以载荷系数  $K$ (有时也用工作情况系数  $K_A$ ),它反映载荷的什么变化情况?

1-23 改善机械零件强度和刚度的主要措施有哪些?试举几例说明如何从结构设计方面改善机械零件的强度和刚度。

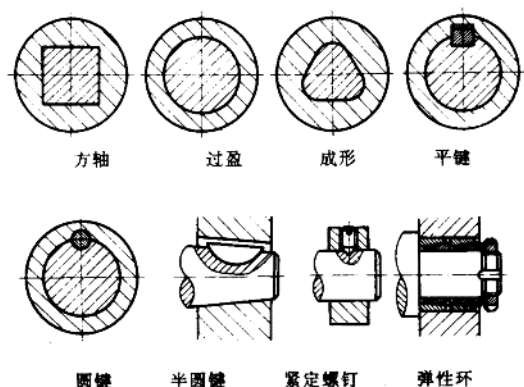
1-24 写出长度、质量、时间、功(能)、力、压力、角速度、应力、转矩、速度、体积等量的法定计量单位的符号或关系式。

1-25 将下列单位换成法定计量单位中的相应单位:  $\text{kgf}, \text{kg}$

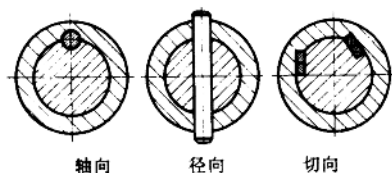
$\cdot \text{m/s}^2, \text{kgf} \cdot \text{m}, \text{kgf/mm}^2, \text{rpm}, \text{kgf} \cdot \text{m/s}, \text{kgf} \cdot \text{s/m}^2$ 。

1-26 从受力、变形、加工和装配等方面分析下列各组结构中哪个结构更合理。

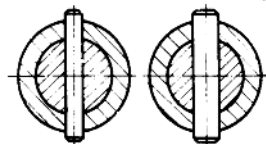
# 联接部分的形状



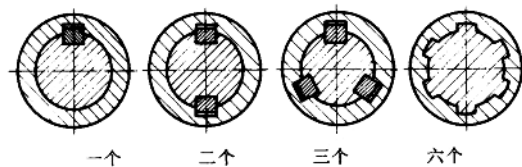
## 联接件所处的位置



## 联接件尺寸的大小



## 联接件的数量



题解 1-19 图

(1)力是否可以互相平衡或抵消一部分,从而使机架的受力更合理(图 a);

(2)配合零件扭转变形是否协调(图 b);

(3)切齿时齿体受力是否合理(图 c);

(4)钻头受力是否均匀(图 d);

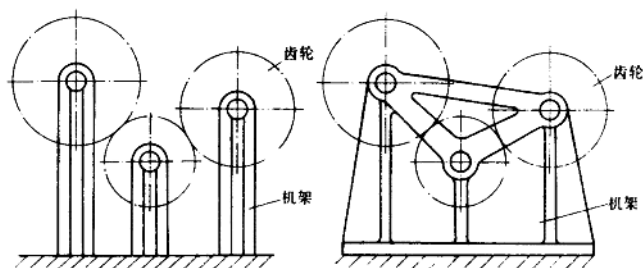
(5)螺栓安装是否方便(图 e);

(6)材料是否充分发挥作用(图 f)。(铸铁梁)

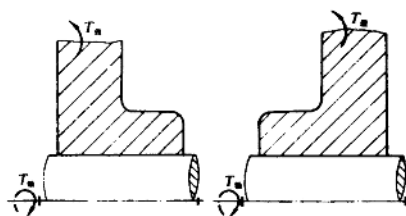
1-27 查找有关资料或手册,完成以下工作:

(1)指出下列材料名称并说明其中数字的意义:HT150, KTZ450-06, ZG230-45, 65Mn, A3, A3F, 45, 40Cr, ZQSn10-5, ZH62, ZChSnSb11-6;

(2)解释下表中的钢的热处理名词并填写其应用举例。

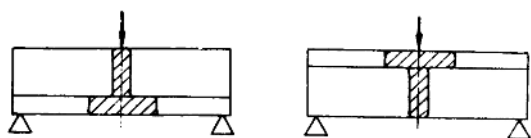
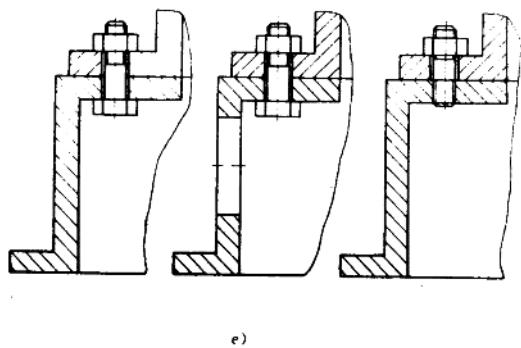
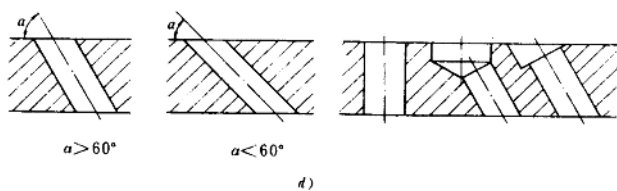
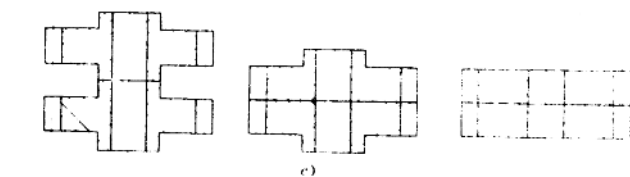


a)



b)

题 1-26 图之一



题 1-26 图之二

| 名 词  | 解释(工艺说明) | 应 用 举 例 |
|------|----------|---------|
| 正火   |          |         |
| 淬火   |          |         |
| 回火   |          |         |
| 调质   |          |         |
| 表面淬火 |          |         |
| 渗碳   |          |         |
| 氰化   |          |         |
| 氮化   |          |         |

(3)找出下列材料间的摩擦系数。

| 材 料   | 静摩擦系数 |      | 滑动摩擦系数 |      |
|-------|-------|------|--------|------|
|       | 无润滑剂  | 有润滑剂 | 无润滑剂   | 有润滑剂 |
| 钢-钢   |       |      |        |      |
| 钢-铸铁  |       |      |        |      |
| 钢-青铜  |       |      |        |      |
| 铸铁-铸铁 |       |      |        |      |
| 铸铁-青铜 |       |      |        |      |
| 橡胶-铸铁 |       |      |        |      |

1-28 比赛用汽车的重要性能之一是起动加速度  $a$ , 尽可能大, 以便尽快地加速到最大行驶速度。请从设计的角度来进行分析, 有哪些加大  $a$  的途径。

解: 如题 1-28 图所示, 假设路面和轮胎条件良好, 起动中无明显打滑, 则

有:

$$F = (W_M + W_R) a_s / g$$

$$F \cdot \frac{D}{2} = T_s i_s$$

$$F = \frac{2T_s i_s}{D} = (W_M + W_R) a_s / g$$

$$a_s = \frac{2T_s i_s g}{D(W_M + W_R)}$$

式中  $T_s$  —— 发动机的起动力矩

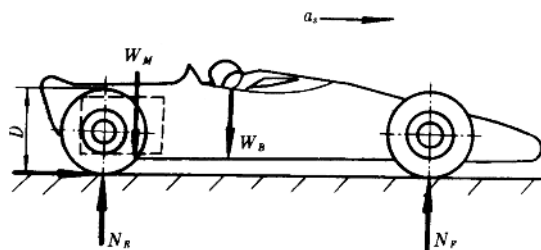
$i_s$ ——发动机轴与车轮轴之间的减速比

$D$ ——车轮直径

$W_M$ ——发动机重量

$W_b$ ——包括司机在内的车体重量(发动机除外)

$g$ ——重力加速度



题 1-28 图

根据现有资料估计  $T_s \propto W_M$ , 即  $T_s \approx KW_M$ , 以此代入  $a_s$  的计算式, 则有:

$$a_s \approx \frac{2Ki_s g}{D[1 + \frac{W_b}{W_M}]}$$

由此可知, 欲使车的起动加速度  $a_s$  达到最大, 必须:

- (1) 应选用或设计最大起动力矩的发动机;
- (2) 车的传动装置在切实可行的范围内尽量使速比  $i_s$  增大;
- (3) 在可行范围内车轮直径  $D$  尽可能小;
- (4) 车体重量  $W_b$  尽可能小。

1-29 追溯过去 10~20 年中, 你所观察到的下列产品的重要变化:

(1) 家用电风扇; (2) 学生用的计算工具; (3) 学生用的书写工具; (4) 收音机, 录音机; (5) 影院电影; (6) 其他。

请作些简单的分析, 指出为什么会出现这些变化? 它给人们带来了哪些利益?

1-30 查阅必要的资料, 了解并写出下列物品演变进化的历史情况:

(1) 复制文献的方法; (2) 自行车; (3) 普通摄影机; (4) 各种小



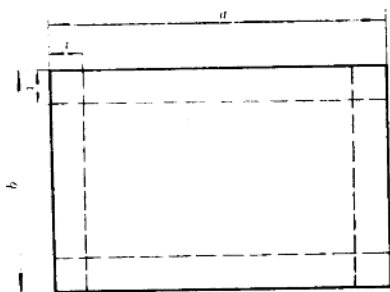
汽车(轿车)。

1-31 请你到校内的职工(如炊事员、教师、实验员、图书管理员、办公室人员、医生及护士等)中进行调研,他们在工作中有什么需要,为他们设计出一种机械产品,只要求提出方案,画成草图即可。

1-32 用方框图简述机械零件设计分析与计算的一般步骤和程序。

\*1-33 图示一矩形铁皮,边长为 $a$ 和 $b$ ,厚度不计,将铁皮四个角截去相等的小正方形,正方形边长设为 $x$ ,然后折成一个铁皮盒,要求此盒体积最大,用什么方法求得 $x$ 的值。

若 $a = 1500\text{mm}$ ,  $b = 1000\text{mm}$ ,  $x$ 精确到1,请列出方程并求解(也可编成程序上机)。



题 1-33 图