

中等专业学校教材

# 机械零件课程 设计指导书

马龙骧 主编

电子科技大学出版社

# 机械零件课程设计指导书

马龙骧 主编



电子科技大学出版社

• 1991 •

## 内 容 提 要

本书着重阐明了机械零件课程设计的设计步骤及各步的具体内容和要求,并用较多的篇幅介绍了结构设计知识。同时,将设计内容以及设计中常见的错误结构表示在大量图例之中。书后的附录收集了设计减速器所需的资料和设计减速器主要零件的程序框图。

本书是电子工业部的工科电子类统编教材,可作为中等专科学校的教材,也可供有关专业人员参考、使用。

## 机械零件课程设计指导书

马 龙 骧 主编

\*

电子科技大学出版社出版  
(中国成都建设北路二段五号)

四川省平武县印刷厂印刷

四川省新华书店发行

\*

开本 787×1092 1/16 印张 5.25 字数123千字  
版次 1988年5月第一版 印次 1991年10月第二次印刷  
印数 8501—13000

中国标准书号: ISBN7—81016—028—1/TH.2

(15452·33) 定价: 2.00元

## 出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订为1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲议中经院校推荐，由编委会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

## 前 言

本书系按电子工业部制定的工科电子类专业教材1986~1990年编审出版规划,由中专机械类专业教材编审委员会基础课编审小组组织征稿、评选、推荐出版的。

本书由辽宁电子工业学校马龙骧担任主编,成都无线电机机械学校杨锡龄担任主审。

本书是“机械原理与机械零件”一书的配套教材。

鉴于机械零件课程设计是学生第一次较全面的设计训练,本书着重阐明设计步骤及各步的具体内容和要求,用较多的篇幅介绍了结构设计知识,并用大量图例表达设计内容以及设计中常见的错误结构,对已学过的计算方法,叙述较少。本书附录收集有设计减速器所需的资料(摘录),学生利用这些资料和学过的有关知识就可以完成机械零件课程设计所规定的任务。附录还编入了减速器主要零件的设计程序框图,作为传统设计方法向现代设计方法过渡的简介。

本书第一~十二部分由辽宁电子工业学校马龙骧编写,第十三部分由武汉无线电工业学校杨青和郭仁生共同选编,设计程序框图由郭仁生编。无锡无线电工业学校葛洪彦对本书初稿提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1987年7月

# 目 录

出版说明

前 言

概 述..... ( 1 )

一、运动学计算..... ( 2 )

二、各级传动的设计计算..... ( 6 )

三、减速器装配图设计的准备..... ( 8 )

四、减速器装配图(草图)设计第一阶段..... (11)

五、减速器装配图(草图)设计第二阶段..... (14)

六、减速器装配图(草图)设计第三阶段..... (18)

七、圆锥齿轮减速器装配图设计特点..... (20)

八、蜗杆减速器装配图设计特点..... (23)

九、完成减速器装配图..... (26)

十、零件工作图设计..... (30)

十一、编写设计计算说明书..... (36)

十二、准备答辩..... (38)

十三、附录..... (38)

附表..... (38)

附图..... (67)

主要参考书目..... (78)

# 概 述

## 1. 机械零件课程设计的目的

机械零件课程设计是“机械零件”课程的最后一个重要教学环节,是机械类专业学生第一次较全面的机械设计训练。基本目的是:

① 通过机械零件课程设计,把在“机械零件”课程和其它先修课程中所学到的有关知识综合地加以运用,进而得到巩固和加深。

② 掌握一般机械传动装置的设计方法和设计步骤,培养学生理论联系实际的设计思想和分析问题、解决问题的能力。

③ 熟悉和运用有关设计资料,如有关的国家标准、手册、图册、规范等。

## 2. 机械零件课程设计的内容

根据中等专业学校“机械零件”教学大纲的规定,学生应在规定的学时内,完成以二级传动单级减速器为课题的设计。通常选择输送装置中的减速器。具体设计工作内容包括:

① 减速器装配图一张(1号图纸);

② 零件工作图两张(传动零件、轴等);

③ 设计计算说明书一份。

## 3. 课程设计的进行方式

课程设计是在教师指导下进行的。设计从分析任务书开始,经过必要地计算和结构设计,最后用设计计算说明书和图纸表达设计结果。

由于减速器装配图的设计和绘制过程比较复杂,它不是通过一次计算、一次绘制即可完成的,往往需要经过多次绘图、计算、修改。为此,应先进行装配草图的设计和绘制,然后再完成装配图。设计分阶段进行,每一阶段的设计经过认真检查无误后,方可进行下一阶段的设计。完成规定的全部设计任务后,方可参加设计答辩。

## 4. 课程设计的要求

① 理论联系实际,力求设计合理,同时鼓励创新。

② 认真阅读教材中与课程设计有关的内容,认真查阅有关资料。

③ 正确运用课程设计指导书,按步骤进行设计和计算,不要急于求成,按时完成全部设计任务。

# 一、运动学计算

机械零件课程设计任务书一般给定传动方案并附机构运动简图。因此,通过对给定的传动方案分析,即可进行运动学的计算。

## 1. 选择电动机

① 选择电动机的类型:按电动机的特性及工作条件选择。若无特殊要求一般选择Y系列三相异步电动机,其优点是可直接接在三相交流电路中,结构简单,价格便宜,维护方便。

② 选择电动机的容量:对于长期运转、载荷比较稳定、在常温下工作的传动装置,它们所用电动机的额定功率 $P_{ed}$ 应略大于(或等于)所需的电动机的工作功率 $P_d$ ,即 $P_{ed} \geq P_d$ 。

图1为带式输送机传动装置简图,若已知输送带的工作拉力 $F(N)$ ,滚筒圆周速度 $v(m/s)$ ,滚筒直径 $D(mm)$ ,则工作机输出功率为

$$P_v = \frac{Fv}{1000} \text{ (kW)}$$

所需电动机的工作功率为

$$P_d = \frac{P_v}{\eta} \text{ (kW)}$$

式中: $\eta$ ——电动机至输送带的总效率。

总效率按下式计算:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdots \eta_n$$

其中: $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$ 分别为传动装置中每一传动副(齿轮传动、蜗杆传动、带或链传动)、运动副(轴承、联轴器)的效率。

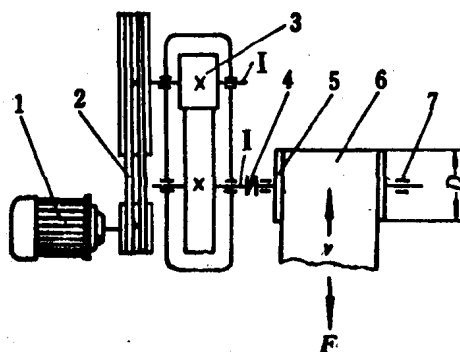


图1 带式输送机传动装置简图

1—电动机 2—三角胶带传动 3—减速器  
4—联轴器 5—滚筒 6—输送带 7—轴承

③ 确定电动机转速,容量相同的同类型电动机有不同的转速供选用。低转速电动机可使传动装置总传动比及总尺寸较小,但电动机外廓尺寸及重量较大,价格高;高转速电动机则相反。为使设计合理,可以根据工作机转速和各级传动副传动比的范围,推算出电动机转速的可选范围,进行分析比较,确定电动机转速,即:

$$n'_d = i' \cdot n_w = (i'_1 \cdot i'_2 \cdot i'_3 \cdots i'_n) n_w \text{ (r/min)}$$

式中  $n'_d$ ——电动机的可选转速范围 (r/min)

$i'$ ——传动装置总传动比的合理范围

$i'_1, i'_2, i'_3 \cdots i'_n$ ——各级传动副传动比的合理范围。见表2

$n_w$ ——工作机输出轴转速

$$n_w = \frac{60 \times 1000v}{\pi D} \text{ (r/min)}$$

表1 机械传动效率的概略值

| 类 别     |                       | 效率 $\eta$  |
|---------|-----------------------|------------|
| 圆柱齿轮传动  | 很好跑合的6、7级精度齿轮传动(稀油润滑) | 0.98~0.995 |
|         | 8级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)     | 0.97       |
|         | 9级精度的齿轮传动(稀油润滑)       | 0.96       |
|         | 加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)       | 0.94~0.96  |
|         | 铸造齿的开式齿轮传动            | 0.90~0.93  |
| 圆锥齿轮传动  | 很好跑合的6、7级精度齿轮传动(稀油润滑) | 0.97~0.98  |
|         | 8级精度的一般齿轮传动(稀油润滑)     | 0.94~0.97  |
|         | 加工齿的开式齿轮传动(脂润滑)       | 0.92~0.95  |
|         | 铸造齿的开式齿轮传动            | 0.88~0.92  |
| 蜗 杆 传 动 | 自锁蜗杆                  | 0.40~0.45  |
|         | 单头蜗杆                  | 0.70~0.75  |
|         | 双头蜗杆                  | 0.75~0.82  |
|         | 三头和四头蜗杆               | 0.82~0.92  |
|         | 圆弧面蜗杆传动               | 0.85~0.95  |
| 带 传 动   | 开式平型带传动               | 0.98       |
|         | 有张紧轮的平型带传动            | 0.97       |
|         | 三角胶带传动                | 0.95       |
| 链 传 动   | 套筒滚子链                 | 0.96       |
| 滚 动 轴 承 | 润滑良好(每对)              | 0.99       |
| 联 轴 器   | 弹性联轴器                 | 0.99~0.995 |
|         | 齿轮联轴器                 | 0.99       |

表2 各类单级减速传动传动比数值范围

| 传 动 类 型     | 常 用 值 | 最 大 值 |
|-------------|-------|-------|
| 平型带传动       | 2~4   | 6     |
| 三角胶带传动      | 2~4   | 7     |
| 闭式直齿圆柱齿轮传动  | 3~4   | 10    |
| 闭式斜齿圆柱齿轮传动  | 3~5   | 10    |
| 闭式人字齿圆柱齿轮传动 | 4~6   | 10    |
| 开式圆柱齿轮传动    | 4~6   | 15~20 |
| 闭式圆锥齿轮传动    | 2~3   | 6     |
| 开式圆锥齿轮传动    | 3~5   | 8     |
| 闭式蜗杆传动      | 7~40  | 80    |
| 开式蜗杆传动      | 15~60 | 100   |

根据选定的电动机类型、所需电动机的工作功率和转速范围,由附表1查出电动机型号,并将其型号、额定功率、满载转速、外形尺寸,电动机中心高,轴伸尺寸和键联接尺寸

记下备用,也可采用表格形式列出。

## 2. 合理分配各级传动比

传动装置总传动比:

$$i = n_d / n_w$$

式中  $n_d$  ——电动机满载转速(r/min)

二级传动装置总传动比为各单级传动比的乘积,即:

$$i = i_1 \cdot i_2$$

合理分配传动比可使传动装置外廓尺寸较小、重量较轻和润滑良好。因此在分配传动比时应考虑:

① 各级传动比应在各自的合理范围内;

② 各传动零件尺寸协调,结构匀称合理,一般应使带传动的传动比小于齿轮副的传动比,以免大带轮直径过大。

由于传动装置的实际传动比只有在传动件的参数(例如齿轮的齿数,带轮直径等)确定之后才能准确计算,因此工作机的实际转速在传动件设计完成后应进行核算,一般允许与设计要求的转速或传动比有小于 $\pm(3\sim5)\%$ 的误差。

## 3. 计算传动装置的运动和动力参数

计算各轴的转速、输入功率和转矩。

在计算中、传动装置的设计功率取所需电动机工作功率  $P_d$ ,而转速取电动机满载转速  $n_d$ 。下面以图1带式输送机传动装置为例说明计算方法。

设  $P_d$  ——所用电动机工作功率(kW);  $n_d$  ——电动机满载转速(r/min);  $\eta_1$  ——带传动的效率;  $\eta_2$  ——齿轮传动的效率;  $\eta_3$  ——一对轴承的效率;  $\eta_4$  ——联轴器的效率。

各轴转速: (单位: r/min)

$$n_1 = n_d / i_1$$

$$n_2 = n_1 / i_2 = n_d / (i_1 \cdot i_2)$$

$$n_3 = n_2$$

各轴输入功率: (单位: kW)

$$P_1 = P_d \cdot \eta_1$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = P_d \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_4$$

$$= P_d \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^2 \cdot \eta_4$$

各轴输入转矩: (单位: N·m)

$$T_1 = 9550 \frac{P_1}{n_1} = 9550 \frac{P_d}{n_d} \cdot i_1 \cdot \eta_1$$

$$T_2 = 9550 \frac{P_2}{n_2} = T_1 \cdot i_2 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

$$T_3 = 9550 \frac{P_3}{n_3} = T_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$$

为了方便，可将上述数值列入下表：

| 信 号 \ 内 容 | 功 率<br>$P(\text{kW})$ | 转 速<br>$n(\text{r/min})$ | 转 矩<br>$T(\text{N}\cdot\text{m})$ | 传 动 比<br>$i$ | 效 率<br>$\eta$ |
|-----------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------|---------------|
| 1         |                       |                          |                                   |              |               |
| 2         |                       |                          |                                   |              |               |
| 3         |                       |                          |                                   |              |               |

## 二、各级传动的设计计算

各级传动装置一般按传动次序进行计算,有关设计计算方法均是“机械零件”教材中所述的,下面仅就应注意的问题作简要提示。

### 1. 减速器外传动设计计算要点

#### (1) 带传动设计计算要点

- ① 应检查带轮尺寸与相关零部件尺寸的相互关系,例如小带轮直径与电动机中心高度是否相称,小带轮孔径是否与电动机轴径一致,大带轮是否过大与机架相碰(图2)。

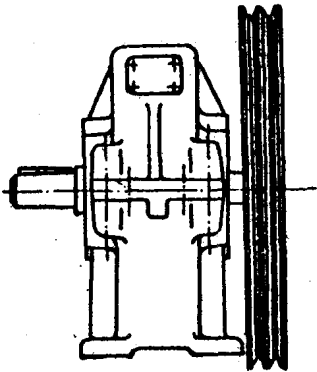


图2. 大带轮直径过大

- ② 画出带轮结构草图,标明主要尺寸备用。
- ③ 求出带的初拉力,供轴的受力分析及安装时检查用。
- ④ 计算实际传动比和大带轮转速,并以此修正减速器传动比和输入转矩。

#### (2) 链传动设计计算要点

- ① 如果用单排链结构尺寸过大时,应改用双排链。
- ② 应选定润滑方式和润滑剂牌号。
- ③ 画出链轮结构草图,但链轮齿形可以不画。

### 2. 减速器内传动的设计计算要点

#### (1) 圆柱齿轮传动设计计算要点

① 根据齿轮工作条件选择材料的性能,根据齿轮毛坯制造方法选择材料的种类,例如当齿轮直径  $d \leq 500$  mm 时,采用锻造毛坯,应选用锻钢,如果齿轮直径  $d \geq 500$  mm 时,采用铸造毛坯,可选用铸钢或铸铁;当齿轮与轴制成一体时,材料应兼顾轴的要求。

② 齿轮设计计算方法和校核计算方法依据工作条件、齿面硬度和重要程度确定,若有短期过载,应作静强度校核。

③ 圆柱齿轮传动的主要参数  $m$ 、 $Z$ 、 $\alpha$  和  $\beta$  等互相影响并保持一定几何关系,设计时要经过调整,以便最后得到合理的数值。

④ 尺寸数据应根据情况分别进行标准化、圆整或求出精确数值。例如模数必须标准化,齿宽以及在图3中所标出的齿轮各项结构尺寸应尽量圆整。直齿圆柱齿轮传动为满足中心距为整数,可改变模数  $m$  和齿数  $Z$  或采用角变位,对于斜齿圆柱齿轮传动,可调整螺旋角  $\beta$  使中心距为整数,中心距与大小齿轮节圆半径之和应相等。啮合尺寸(节圆、分度圆、齿顶圆直径和螺旋角等)必须求出精确值,尺寸应准确到小数点后2~3位,角度应准确到秒。

⑤ 为了使用方便,可将齿轮的几何尺寸参数的计算结果列表备查。

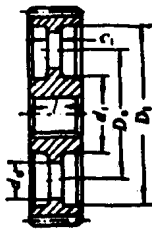


图3 需圆整的齿轮结构尺寸

#### (2) 圆锥齿轮传动设计计算要点

除参看圆柱齿轮传动的各点外还应注意:

- ① 两轴交角为  $90^\circ$  时,分度圆锥角  $\delta_1$  和  $\delta_2$  由传动比精确计算,不

能圆整。

② 设计时,可先根据强度条件初步计算出小圆锥齿轮大端分度圆直径  $d_{o1}$  (节圆直径),再按  $Z_{\min} \geq 17 \cos \delta_1$  选定齿数  $Z_1$ , 然后按式  $m = d_{o1}/Z_1$  求出大端模数, 并取标准数值,

而后按式  $R = \frac{m Z_1}{2} \sqrt{1 + \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^2}$  求得锥距。

③ 分度圆直径  $d_1$  和  $d_2$  应精确计算, 不能圆整。按  $b = \phi_R R$  求得齿宽应进行圆整, 大小轮齿宽应相等。

### (3) 蜗杆传动设计计算要点

① 先初估蜗杆传动副相对滑动速度, 以此选择材料。

② 蜗杆传动设计计算以蜗轮轮齿的强度为依据, 蜗杆的强度和刚度计算按轴的计算方法进行。

③  $Z_1$  和  $Z_2$  应根据传动比大小、传动效率高低、蜗轮齿数的限制等条件来确定。

④ 为了便于加工, 蜗杆螺旋线方向尽量取右旋。蜗杆转向由工作机的转向及蜗杆螺旋线方向来确定。

⑤ 蜗杆传动尺寸确定后, 要校验滑动速度和传动效率, 必要时要对设计进行修正。

⑥ 计算蜗杆分度圆圆周速度。当  $v_1 \leq 10 \text{ m/s}$  时, 蜗杆放在蜗轮下面, 称为下置蜗杆传动; 否则, 应为上置式。

⑦ 蜗杆与蜗轮的结构尺寸, 除啮合尺寸外均应适当圆整。

### 三、减速器装配图设计的准备

减速器装配图是表示减速器各零件组合关系及工作原理的图样，也是制造、装配和绘制零件图的依据。一般采用 1:1 的比例绘制。在绘制装配图之前，应观看减速器录像或拆装减速器实物，阅读有关资料，确定联轴器类型，汇总已确定的各传动零件的参数及尺寸，列表备用。图 4、图 5、图 6 分别为圆柱齿轮减速器、圆锥齿轮减速器和蜗杆减速器的结构图，其结构尺寸关系列入附表，可供设计结构时参考。

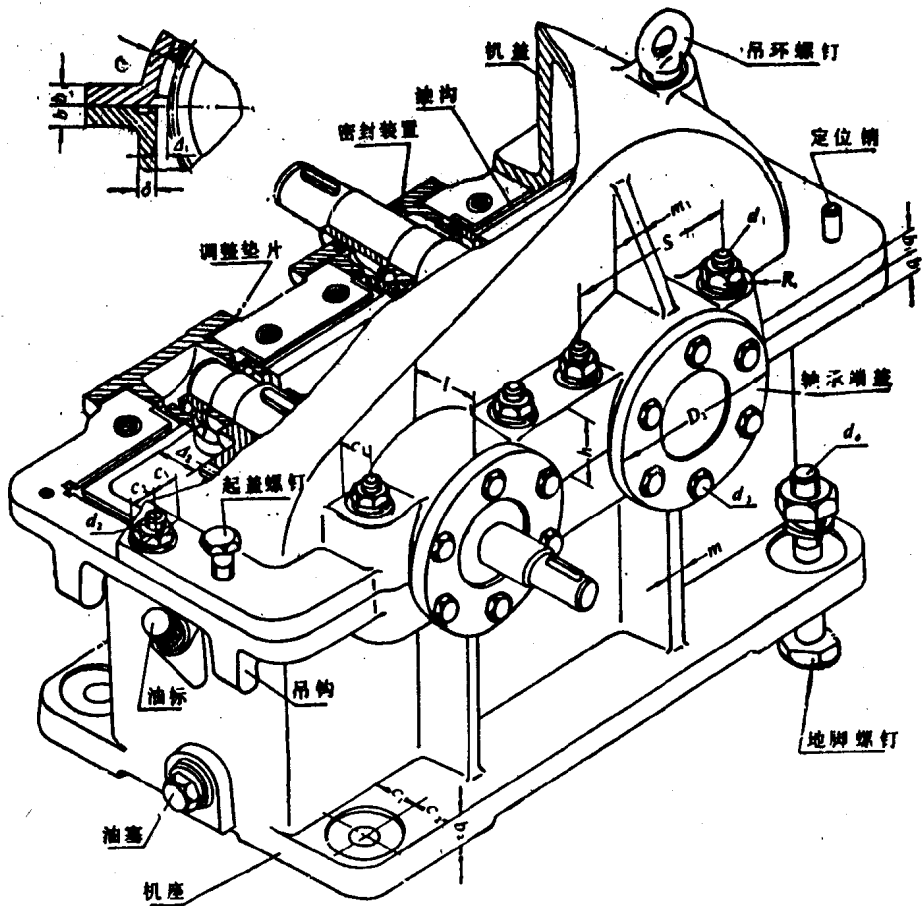


图 4 圆柱齿轮减速器

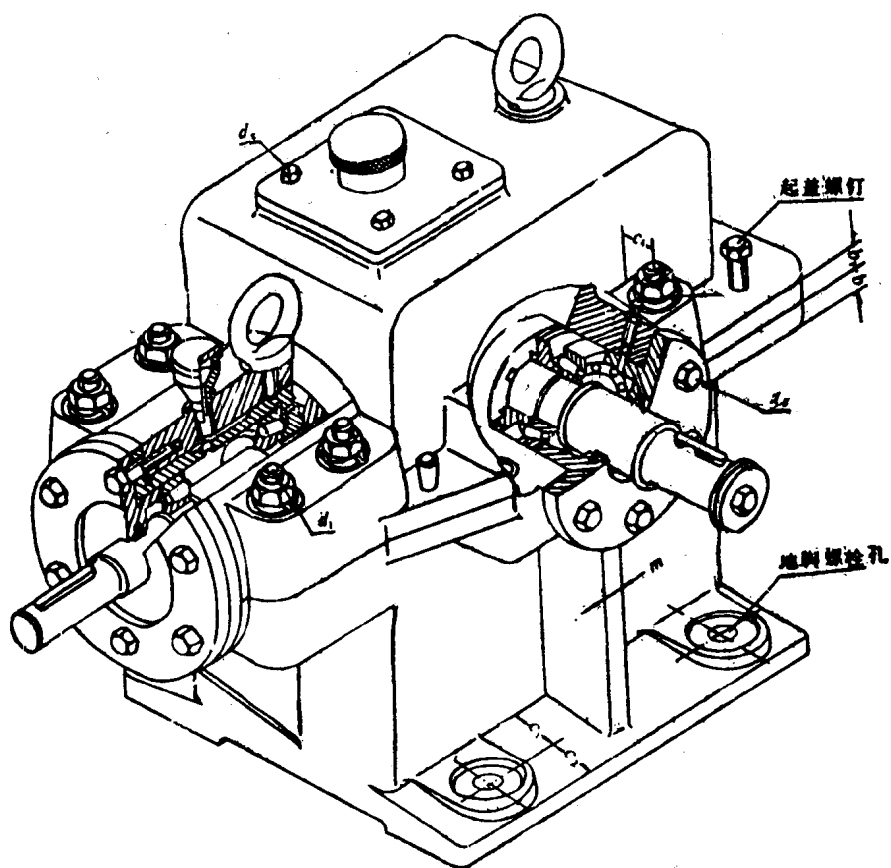


图5 圆锥齿轮减速器

对一级圆锥齿轮减速器，壁厚  $\delta = 0.0125(d_{m1} + d_{m2}) + 1 \geq 8$ ，地脚螺钉直径  $d_4 = 0.018(d_{m1} + d_{m2}) + 1 \geq 12$ ， $d_{m1}$ ， $d_{m2}$ ，分别为大小圆锥齿轮平均直径，其它结构尺寸见图4及附表4、附表5

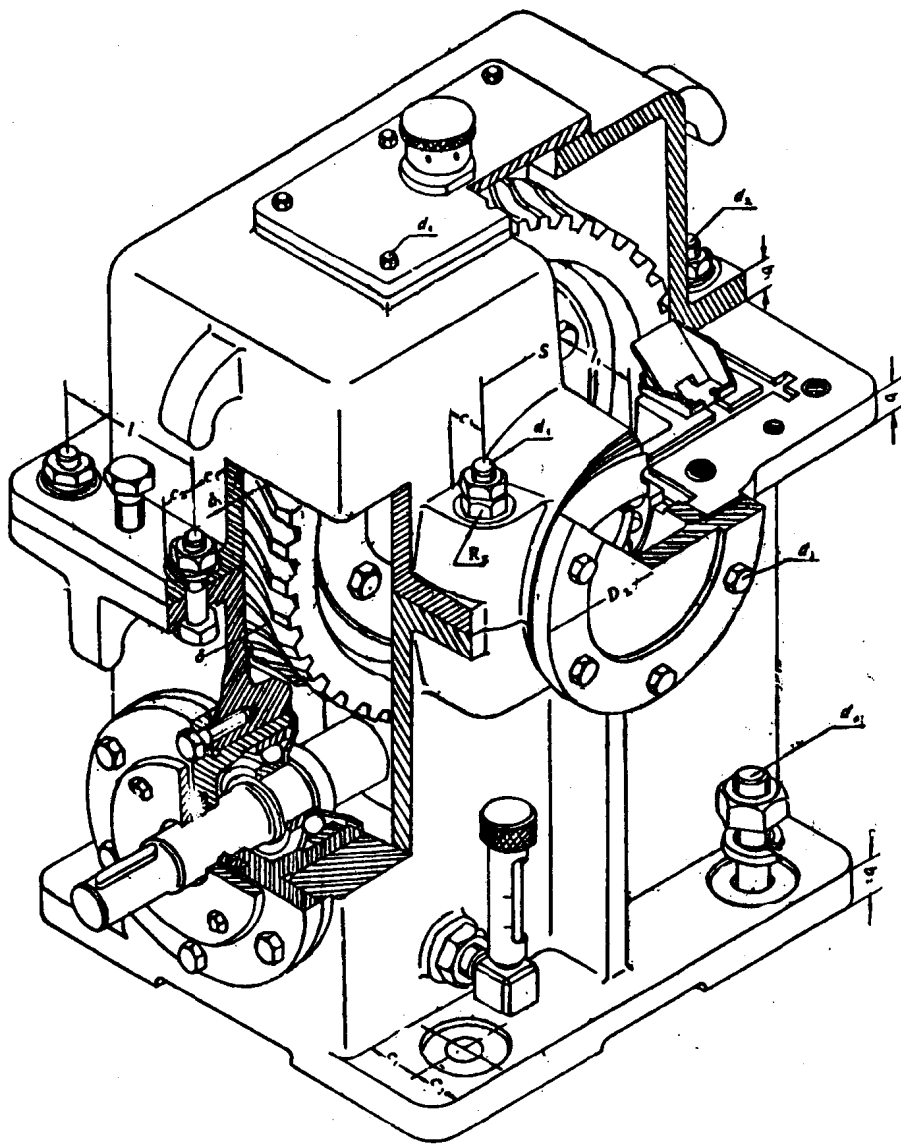


图 0 蜗杆减速器

## 四、减速器装配图(草图)设计第一阶段

这一阶段的设计内容和设计步骤大致如下:

### 1. 准备工作

画出传动零件的中心线、轮廓线、机体内壁以及机体对称线,如图7所示。绘图时应合理布置图面,一般需用三个视图,并留出标题栏、明细表、零件编号、技术特性及技术要求的文字说明等的位置,见图8。

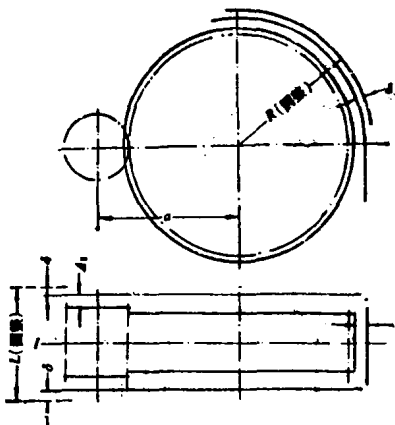


图7 圆柱齿轮减速器装配草图(一)

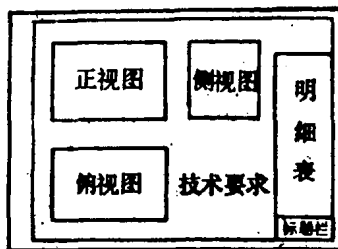


图8 图面布置

### 2. 轴径的计算

按扭转强度初步计算,此轴径通常作为轴的最小直径。若轴上开有一个键槽,轴径应增大(4~5)%,如果是装有外传动件或联轴器的外伸轴,应先确定外传动件或联轴器孔径。而轴端直径必须与装配零件孔径一致。联轴器的型号见附表。

### 3. 轴的结构设计

轴的结构设计包括确定轴的形状、轴各段的直径和轴各段的长度。

#### (1) 确定轴各段的直径

一般以最小轴径为基础,设计成中部大两端小的阶梯轴。设计阶梯轴直径的变化时要考虑以下因素:(以图9为例)

① 当以轴肩固定轴上零件并承受轴向力时,相邻直径的变化值应大些,轴肩高度 $h$ 应大于该处轴上零件的倒角 $c$ 或圆角半径 $r'$ ,轴肩的圆角半径 $r$ 应小于零件孔的倒角 $c$ 或圆角半径 $r'$ (图9中I、II)。图定轴承的轴肩高度 $h$ 应小于轴承内圈的厚度(图9中IV),间隔套筒的外径应小于轴承内圈的外径,以便于拆卸轴承。 $h$ 值和套筒外径可查轴承标准。

② 仅为了装配方便以及区别加工表面,相邻直径应稍有差别(0.5~3 mm)。图9中 $d_6$ 和 $d_7$ 的变化即是为了轴承装配方便。

③ 同一轴上的两端轴承尽量取相同型号以便于加工。

④ 轴表面需要精加工或切削螺纹时,应留越程槽或退刀槽,其结构尺寸见附表。