

# 机械设计基础课程设计

指导老师：周英

13617498111

机电楼 A402

2019年

## 设计题目 示例

### 设计一带式输送机传动装置

工作条件：连续单向运转，载荷平稳，空载起动，使用期10年（每年300个工作日），小批量生产，两班制工作，输送机工作轴转速允许误差为 $\pm 5\%$ 。带式输送机的传动效率为0.96。带式输送机的设计参数如下：

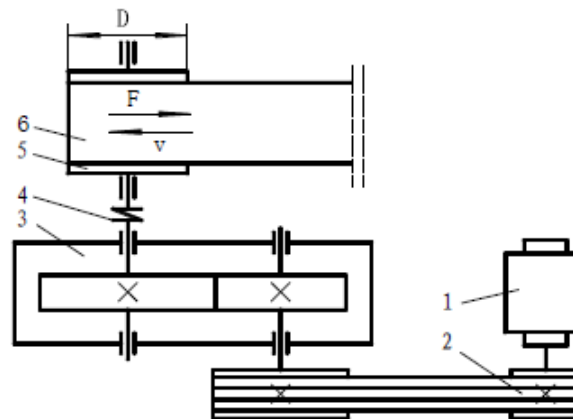
#### 第一组

输送带牵引力  **$F=3.2 \text{ KN}$**

输送带速度  **$V=1.6 \text{ m/s}$**

滚筒直径  **$D=450 \text{ mm}$**

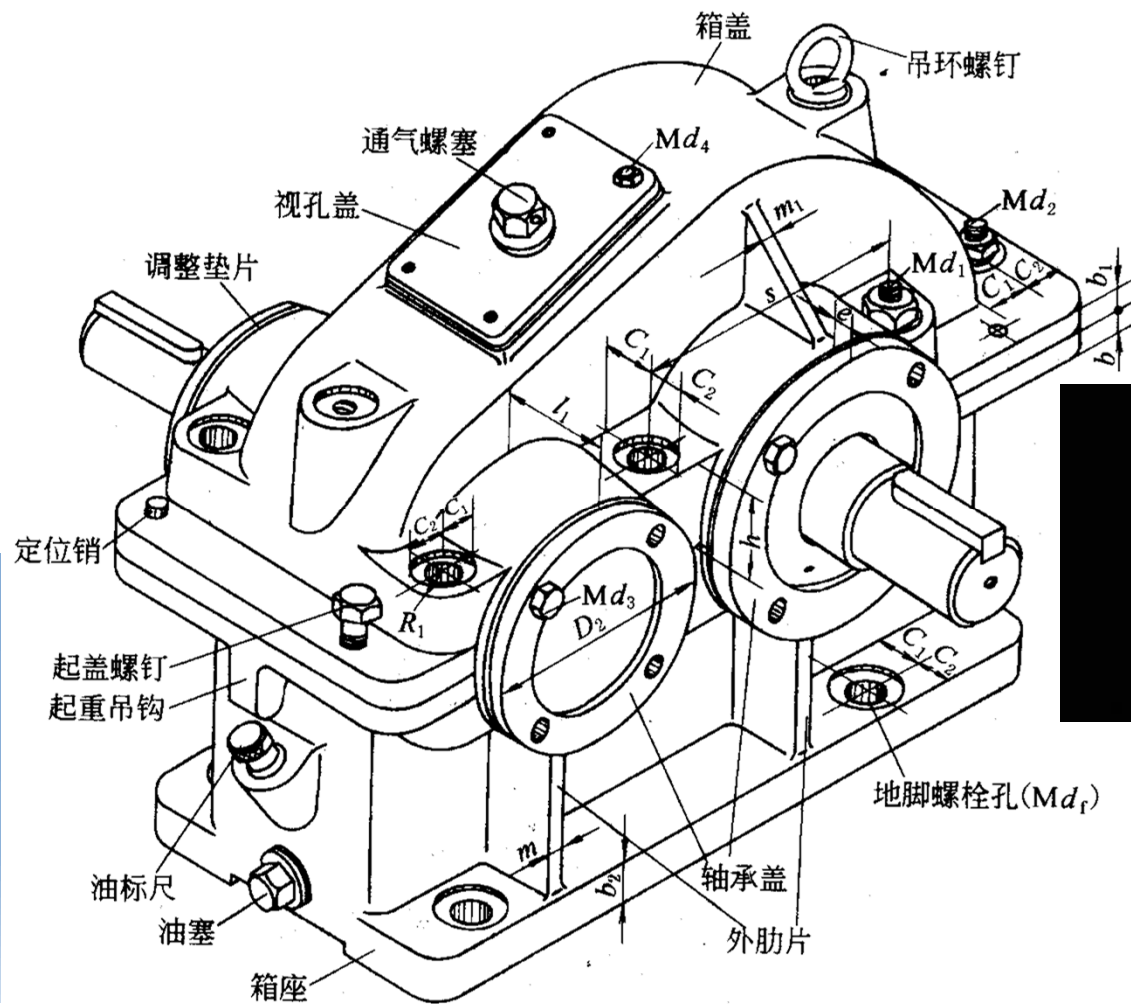
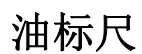
传动方案确定后依据班及组号在表1中采用运输带工作拉力 $F(\text{KN})$ 、运输带工作速度 $V(\text{m/s})$ 和滚筒直径 $D(\text{mm})$ 的原始数据。



1—电动机 2—带传动 3—单级齿轮减速器 4—联轴器 5—卷筒 6—传送胶带

## 第五章 减速器的构造

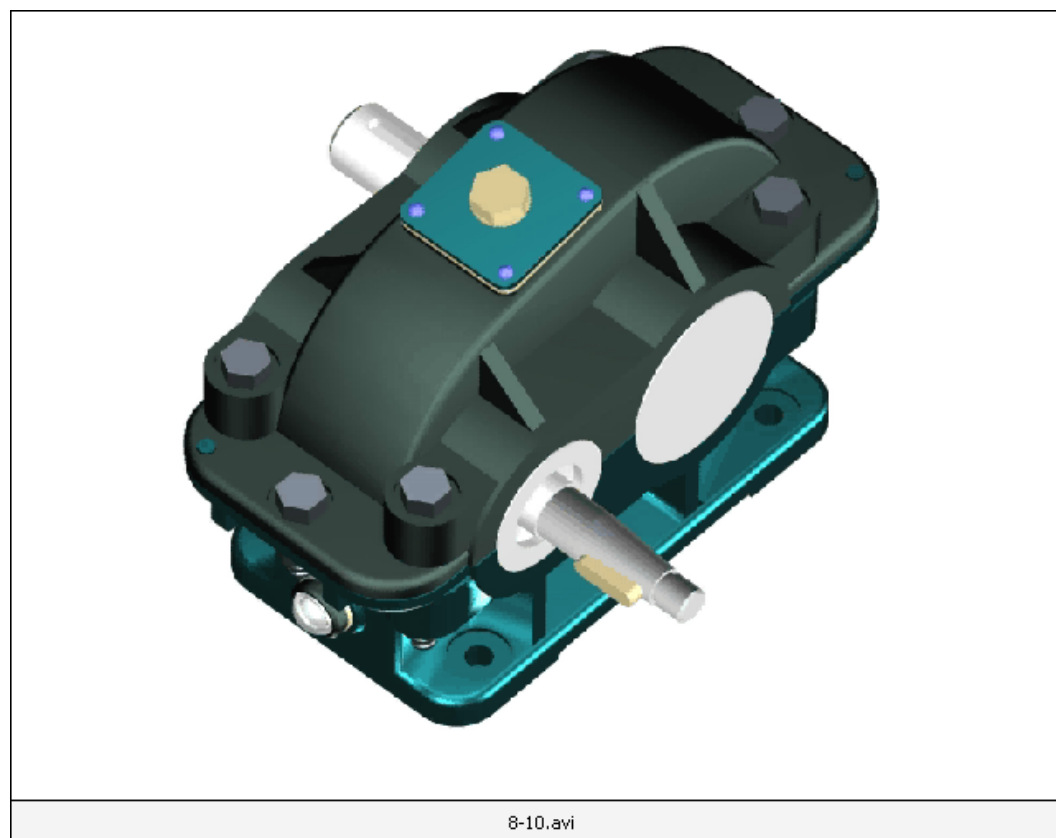
## 第一节 减速器的构造

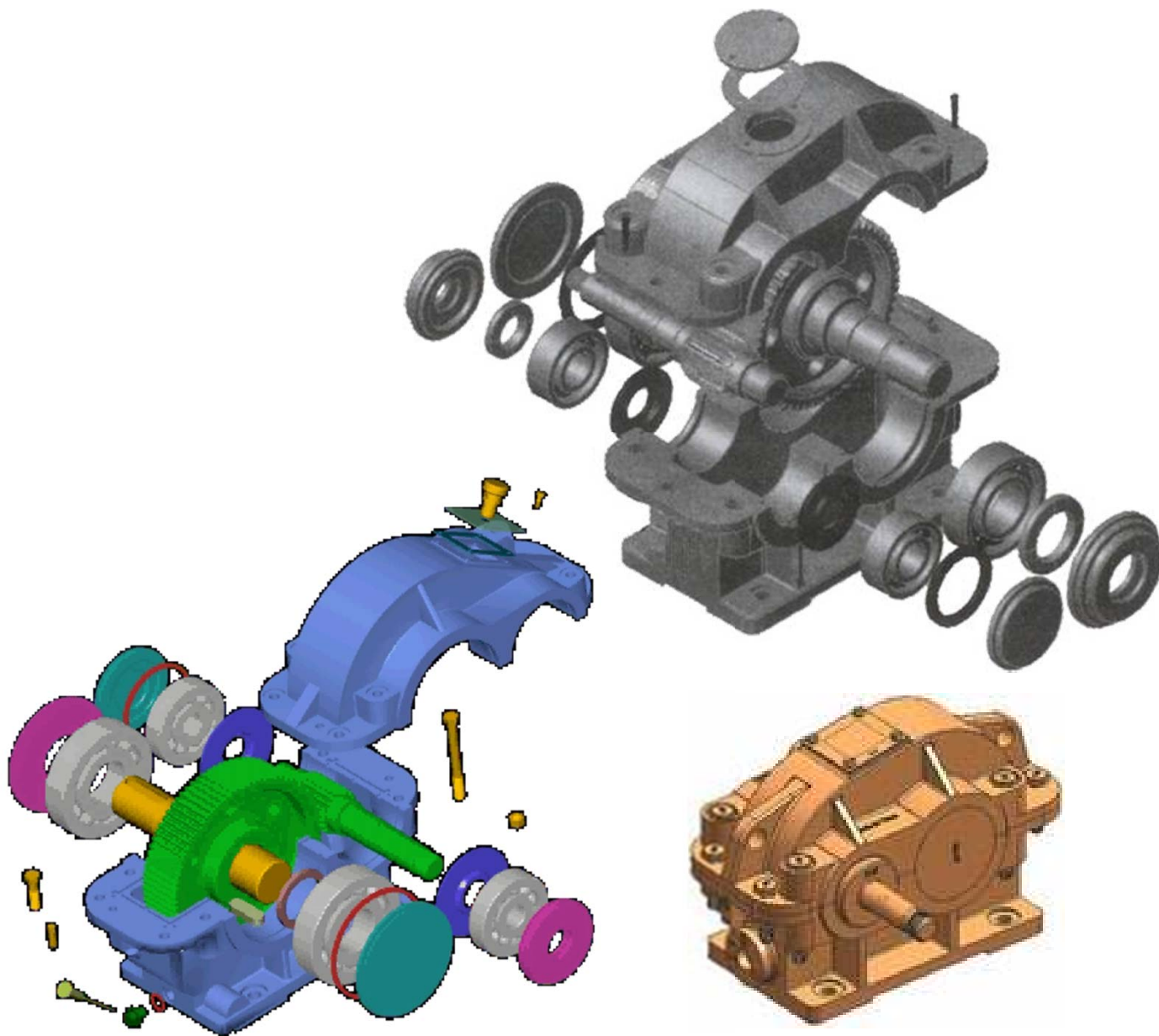


轴承盖  
(端盖)



减速器模型图





## 2周课程设计 工时分配计划表

- |                  |        |
|------------------|--------|
| • 布置任务，准备工作。总体设计 | 0.5-1天 |
| • 传动零件设计         | 1天     |
| • 初步估算高速轴与低速轴的轴径 | 0.5天   |
| • 结构设计装配草图（俯视图）  | 2天     |
| • 校核轴和轴承         | 1天     |
| • 装配图设计绘制        | 5天     |
| • 零件图设计绘制        | 1-2天   |
| • 完善设计说明书        | 1-2天   |

## 2周课程设计日程安排

第一周的周一：（第一次讲课）布置任务，各班分组，推选组长，总体设计

第一周的周二：传动零件设计，初步估算高速轴与低速轴的轴径

第一周的周三：开始结构设计装配草图（俯视图）（第二次讲课），同时校核轴和轴承

第一周的周四：下午开始审草图。草图绘制完成者可以借图板开始画装配图（第三次讲课）

第二周的周二：零件图设计（第四次讲课），并完善设计说明书。

课程设计结束前三天开始逐步答辩。

# 课程设计教室 纪律要求

- 早晨8点到场，下午2点到场，晚上自觉自习，要求必须在设计教室计算和绘图，保持教室清洁（纪律要求应写于黑板上）。
- 每天老师会巡视设计教室，答疑、不定期点名并登记进度以及关键数据，中途数据有修改必须上报老师记录，否则视为抄袭。
- 设计完成之后每个人必须答辩，答辩时根据个人进度快慢在学委或者班长处报名排序的名单顺序。每个小时安排约6~8人。



# 准备工作

借教室:

找楼管借钥匙、打扫卫生，布置座位

## 设计说明书的内容：（见模板）

1. 目录
2. 任务题目
3. 传动方案的分析和拟定（通常方案已定，仅需写出选择的理由）
4. 电动机的选择
5. 传动装置运动及动力参数计算
6. 传动零件的设计计算
7. 轴的初步计算（初估轴径，轴结构初步设计，初选轴承）
8. 联轴器的选择
9. 润滑方式、润滑油牌号及密封装置的选择
10. 装配草图设计（装配草图须装订在说明书中）
11. 轴的校核
12. 滚动轴承的校核（如果强度不足，须返回修改装配草图中的轴承）
13. 键连接的选择和计算
14. 设计小结（对课程设计的体会，设计的优缺点和改进意见等）；
15. 参考资料（将教材[1]及课程设计指导书[2]编好号，设计说明书中提到主要公式及图表出处时以例如“[1]P230”标记，阅读者即知道此处参考来自教材[1]中的第230页。）

另：设计说明书应加封面（题目，设计者信息，日期等）

# 课程设计步骤



通常采用Y系列三相异步电动机

## 1) 选择电动机

### (1) 类型选择:

异步电动机：Y型、YZR型和YZ型。

**Y系列三相异步电动机：**具有效率高、起动转矩大、体积小、重量轻、噪音低、振动小、外形美观、标准化程度高等优点，适用于不易燃、不易爆、无腐蚀和拖动无性能要求的各种机械设备上，如金属切削机床、鼓风机、空气压缩机、水泵、运输机、搅拌机、农业机械和食品机械等。

**YZR系列起重及冶金用绕线转子三相异步电机：**是用于驱动各种型式的起重和冶金机械及其它类似设备的专用产品，具有较大的过载能力和较高的机械强度，特别适用于短时间断续运转、频繁启动和制动、有过负荷及显著振动与冲击的场合。

**YZ系列起重与冶金用鼠笼转子三相异步电动机：**适用于各种起重及冶金辅助设备。

通常采用Y系列三相异步电动机

## 1) 选择电动机

**额定功率：**指连续运转时电动机发热不超过许可温升的最大功率。数值标在铭牌上。

**同步转速：**无负荷的转速，即空转转速。

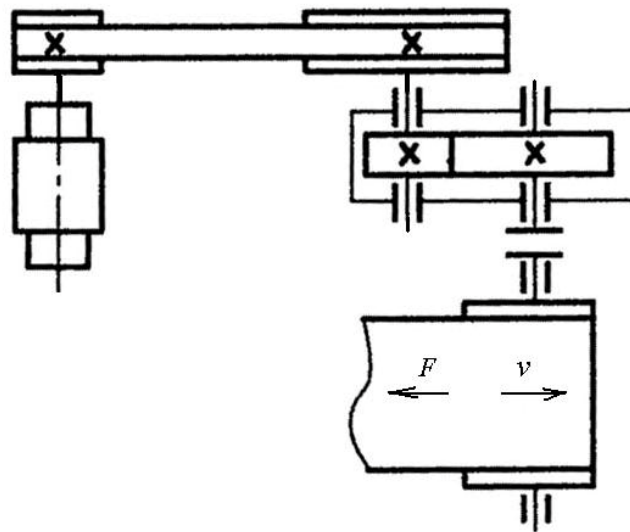
**满载转速：**指负荷相当于额定功率时的电动机转速。当负荷减小时，电动机转速会略有升高，但不会超过同步转速。

# 1) 选择电动机

## (2) 功率确定:

1) 计算工作机所需功率 $P_W$  : (有效功率)

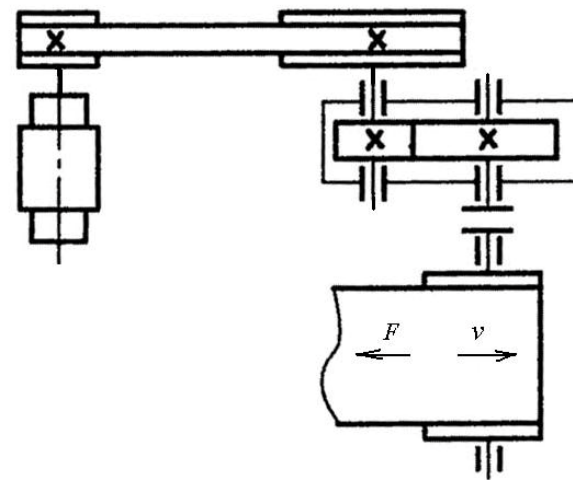
$$P_W = \frac{Fv}{1000} \text{ (KW)}$$



## 1) 选择电动机

$$P_d' = P_W / \eta \text{ (KW)}$$

(3) 计算传动总效率  
(以右图为例)



$$\eta = \eta_{\text{带}} \eta_{\text{轴承}}^3 \eta_{\text{齿轮}} \eta_{\text{联轴器}}$$



# 1) 选择电动机

## (4) 电动机转速的选择

转速低，电动机的级数多、尺寸大、重量大、价格高，但传动装置的总传动比小、尺寸小。

转速高，电动机尺寸小，价格低，但传动装置的总传动比大、尺寸大。

选择常用的同步转速为1000r/min和1500r/min两种。

# 1) 选择电动机

## (5) 电动机型号的确定

查手册确定电动机的额定功率与满载转速

$$\boxed{P_d \quad n_m} \quad P_d \geq P_d'$$

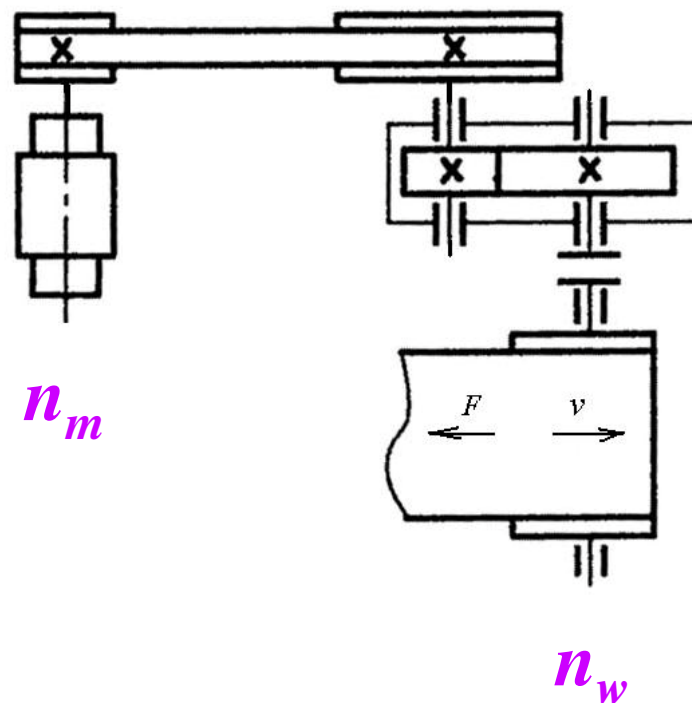
选定型号后 列出电动机性能参数和安装尺寸  
(参见本章例题中的电机参数的格式)

## 2) 计算总传动比和分配各级传动比

(1) 总传动比

$$i = \frac{n_m}{n_w}$$

$$n_w = \frac{60000v}{\pi D}$$



## 2) 计算总传动比和分配各级传动比

### (2) 传动比的分配

$$i = i_{\text{带}} i_{\text{齿轮}}$$

•带传动的实际传动比： $i_{\text{带实际}} = \text{大小带轮基准直径之比}$ ，基准直径有限定值，所以在算完一级传动比之后，一定要用实际传动比再代入下一级的传动比计算中，如： $i_{\text{齿轮设计值}} = i_{\text{总}} / i_{\text{带实际}}$ ，然后再确定齿轮齿数，计算出齿轮的实际传动比，最后再将  $(i_{\text{齿轮实际}} * i_{\text{带实际}})$  与  $i_{\text{总}}$  比较，总相对误差不超过限定值（一般是5%）则视为合格。

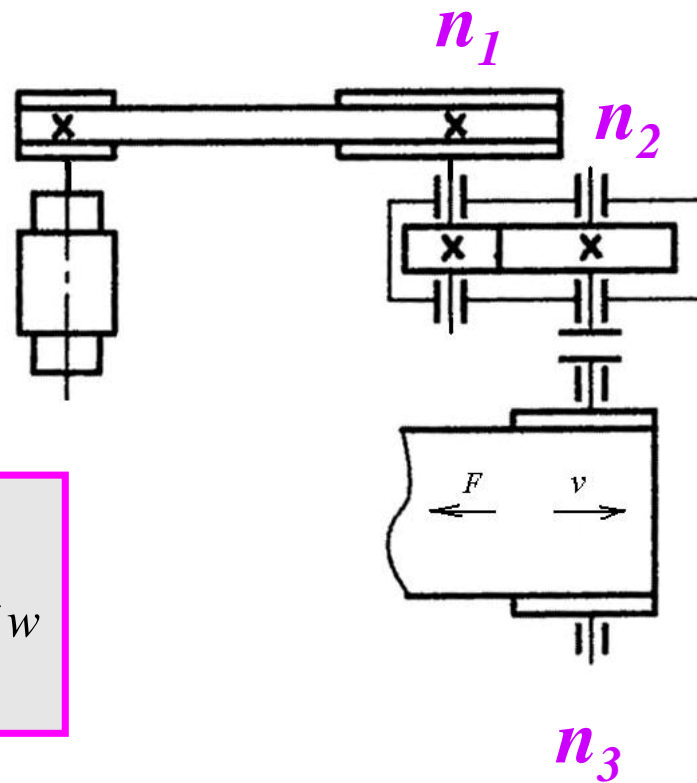
## 齿轮传动比分配及分组要求

- 组长负责传动比分配（在总体设计中完成）以及数据不重复的校对。各班课程负责人负责全班数据不重复的校对。
- 同组成员选取同样的一组题目数据，总传动比是一样的，但分配的带传动、尤其是齿轮传动的传动比等设计数据切不可雷同，雷同者均做降分处理。
- 例如同组成员： $i_{\text{齿轮}} = 67/19, 67/21, 69/19$ 等均可，但齿轮齿数配对的两个数据切不可雷同。万不得已如果两个齿轮的齿数相同，则模数不能一样！

### 3) 运动参数、动力参数的确定

$$n_1 = \frac{n_m}{i_{\text{带}}}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{齿轮}}} = n_3 = n_w$$

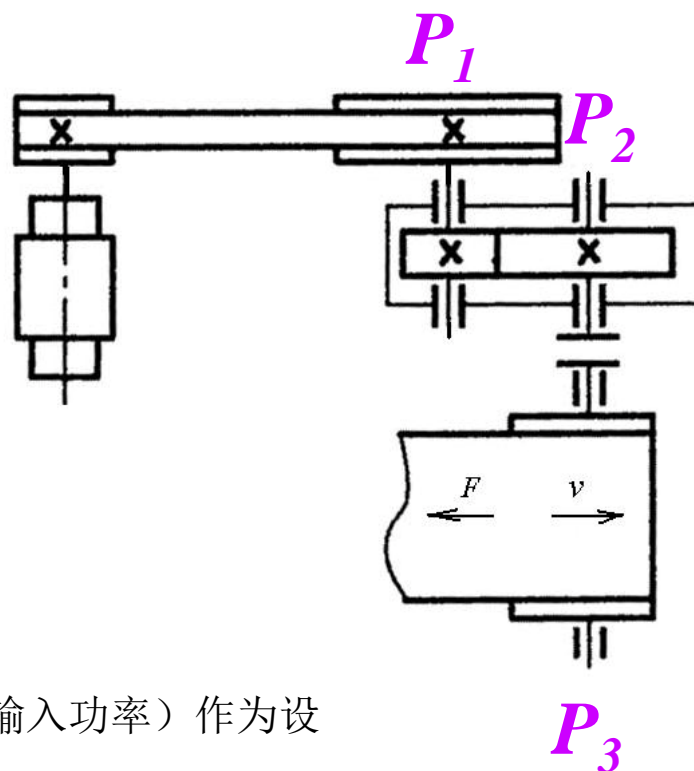


## 4) 运动参数、动力参数的确定

$$P_1 = P_d \eta_{\text{带}}$$

$$P_2 = P_1 \eta_{\text{轴承}} \eta_{\text{齿轮}}$$

$$P_3 = P_2 \eta_{\text{轴承}} \eta_{\text{联轴器}}$$



注：各轴上都是以该轴上最大功率（即输入功率）作为设计所用。

## 4. 运动参数、动力参数的确定

$$T_j = 9550 \frac{P_j}{n_j} \quad (N \cdot m) \quad (j = 1, 2, 3)$$



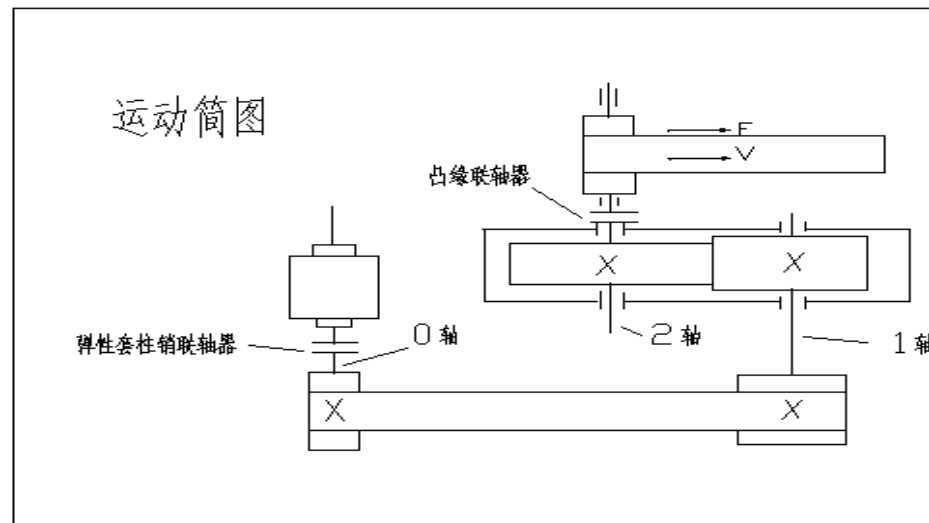
## 4) 运动参数、动力参数的确定

轴 号	功率 $P$ (KW)	转速 $N$ (r/min)	扭矩 $T$ (N·m)	传动比 $i$
电机轴	$P_d$	$n_m$	$T_d$	$i_{\text{带}}$
I	$P_1$	$n_1$	$T_1$	
II	$P_2$	$n_2$	$T_2$	$i_{\text{齿轮}}$
III	$P_3$	$n_3$	$T_3$	

## 注意事项（设计所用数据请以参考书为依据，ppt上参数仅供讲解所用）

1. 通常选用转速为1000rpm和1500rpm的电动机；
2. 设计传动装置时，如按工作机实际需要的电动机输出功率 $P_d$ 计算，则为专用减速器；如按电动机的额定功率计算，则为通用减速器；两种算法都可取。转速取满载转速。
3. 一级减速器传动比范围 $i=3\sim6$ ，一级开式传动 $i=3\sim7$ （均指圆柱齿轮）。
4. 带传动
  - 开口平带传动  $i=2\sim4$  ( $i\leq 6$ ) ；
  - 有张紧轮的平带传动  $i=3\sim5$  ( $i\leq 8$ ) ；
  - 三角带传动  $i=2\sim4$  ( $i\leq 7$ ) 。
5. 圆锥齿轮传动
  - 一级开式传动  $i=2\sim4$  ( $i\leq 8$ ) ；
  - 一级闭式传动  $i=2\sim3$  ( $i\leq 6$ ) 。

## 计算示例：传动装置的总体设计



## ● 参数:

输送带牵引力  $F=3.2\text{KN}$ ,

输送带速度  $V=1.6\text{s/mm}$

滚筒直径  $D=450\text{mm}$

# 传动装置的总体设计

电动机的选择(见指导书【2】P )

目前应用最广泛的是Y系列自扇三相异步电动机，其结构简单，起动性能好，工作可靠，价格低廉，维护方便适用于不易燃，不易爆，无腐蚀性气体，无特殊要求的场合，如运输机、机床、风机、农机、轻工机械等。

# 电动机的选择

1、选择电动机类型 按已知工作条件和要求选用Y系列三相异步电动机。

2、同步转速

选1000 r/min或1500 r/min

(电动机的转速越低，极对数越多，价格越贵)

# 电动机的选择

## 3、选择电动机型号

工作机所需的输出功率为：

$$P_w = Fv / 1000 \quad (\text{KW})$$

(F---N, V---m/s)

或  $P_w = Fv \quad (\text{KW})$

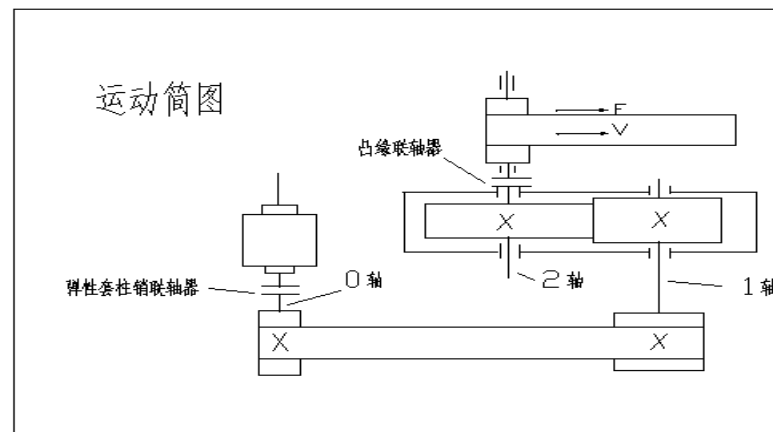
(F---KN, V---m/s)

## 传动装置的总体设计

机械传动效率概略值

传动类别	精度、结构及润滑	效 率	传动类别	精度、结构及润滑	效 率
圆柱齿轮传动	7级精度(油润滑)	0.98	滑动轴承	润滑不良	0.94(一对)
	8级精度(油润滑)	0.97		正常润滑	0.97(一对)
	开式传动(脂润滑)	0.94~0.96		液体摩擦	0.99(一对)
锥齿轮传动	7级精度(油润滑)	0.97	滚动转承	球轴承	0.99(一对)
	8级精度(油润滑)	0.95~0.97		滚子轴承	0.98(一对)
	开式传动(脂润滑)	0.92~0.95	V带传动		0.96
蜗杆传动	自锁(油润滑)	0.40~0.45	滚子链传动		0.96
	单头(油润滑)	0.70~0.75	螺旋转动(滑动)		0.30~0.60
	双头(油润滑)	0.75~0.82	螺旋转动(滚动)		0.85~0.95
	四头(油润滑)	0.82~0.92	联轴器	弹性、齿式	0.99

# 电动机的选择



电动机输出功率: $P_d = P_w / \eta$

$$P_w = Fv$$

$$\eta = \eta^2_{\text{联}} \times \eta_{\text{带}} \times \eta_{\text{齿}} \times \eta^2_{\text{轴承}} \times \eta_{\text{卷筒}}$$

取:  $\eta_{\text{联}} = 0.99$   $\eta_{\text{带}} = 0.96$   $\eta_{\text{齿}} = 0.97$

$\eta_{\text{轴承}} = 0.99$   $\eta_{\text{卷筒}} = 0.90$  则

$$\eta = 0.99^2 \times 0.96 \times 0.97 \times 0.99^2 \times 0.90 = 0.81$$

所以  $P_d = 3.2 \times 1.6 \div 0.81 = 6.32 \text{KW}$



# 电动机的选择

- 确定电动机型号

(1)根据  $P_d = 6.32\text{KW} < P_{ed}$  (电动机的额定功率), 符合这一范围的同步转速有750r/mm、1000r/mm和

1500r/mm

查出有三种适用的电动机型号其技术参数及传功比的比较情况见下表:

方案	电动机型号	额定功率 $P_{ed}/\text{kW}$	电动机转速 (r/min)		传动装置的传动比		
			同步转速	满载转速	总传动比	带传动比	齿轮传动比
1	Y160L-8	7.5	750	720	7.82	3	2.61
2	Y160M-6	7.5	1000	970	10.53	3.14	3.35
3	Y132M-4	7.5	1500	1440	15.63	3.5	4.47

# 列出电动机性能参数

- 所选电动机的主要类型和安装尺寸如下所示:

- 型号**Y132M-4**

- 额定功率 $P_{ed}=7.5KW$ ,

- 满载转速 $n_m=1440r/min$ ,

- 伸出轴长度 $E=80mm$

- 直径 $D=38mm$

- 键槽 $G=33mm, F=10mm$

- 中心高 $H=132mm$

- 外廓尺寸 $=L \times HD=515 \times 315$

说明:后面的计算功率用实际功率 $P_d=6.32KW$  计算,转速用满载转速 $n_m=1440r/min$ 。因为我们设计的是专用减速器。

# 传动装置的总体设计

## 一、传动比分配的一般原则

(1) 各级传动比可在各自荐用值的范围内选取。

各类机械传动的传动比

	平带传动	V带传动	链传动	圆柱齿轮传动	锥齿轮传动	蜗杆传动
单级荐用值 <i>i</i>	≤2~4	≤2~4	≤2~5	≤3~5	≤2~3	10~40
单级最大值 <i>i</i> <sub>max</sub>	5	7	6	8	5	80

# 传动比的分配计算

•总传动比  $i = \frac{n_m}{n_{\text{卷筒}}} = \frac{1440}{67.8} = 21.2$

由于卷筒轴的工作转速

$$n_{\text{卷筒}} = 60 \times 1000V / 3.14 \times D = 60 \times 1000 \times 1.6 / (3.14 \times 450) \\ = 67.8 \text{ r/min (取 } 68 \text{ r/min)}$$

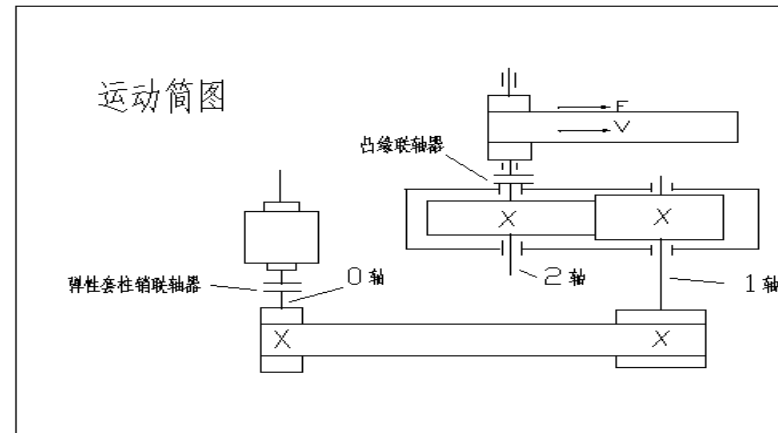
而:  $i_{\text{总}} = i_{\text{带}} \times i_{\text{齿轮}}$

一般  $i_{\text{齿轮}} = 3-5$  , 取  $i_{\text{齿轮}} = 4.5$

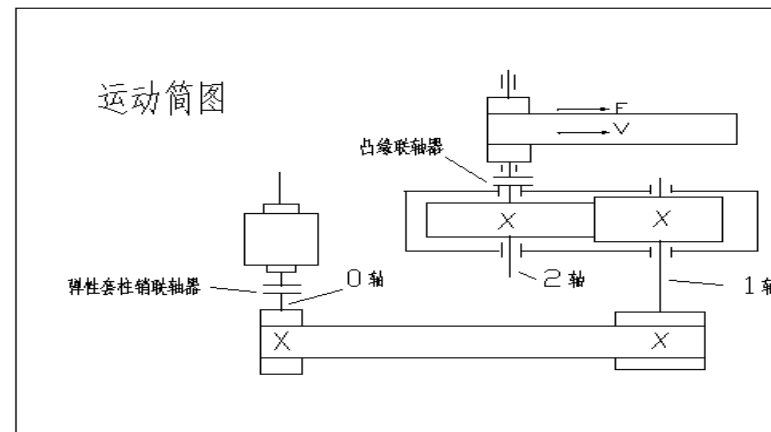
(两齿轮的齿数互质比较好)

一般  $i_{\text{带}} = 2-5$  (常用值),  $i_{\text{带}} \leq 7$

即:  $i_{\text{带}} = i_{\text{总}} / i_{\text{齿轮}} = 21.2 / 4.5 = 4.7$



# 传动装置的运动和动力参数计算



## 一、各轴的转速

- $n_0 = n_m = 1440 \text{ r/min}$  (电动机的满载转速)
- $n_1 = n_m / i_{\text{带}} = 1440 / 4.7 = 306 \text{ r/min}$
- $n_2 = n_1 / i_{\text{齿}} = 306 / 4.5 = 68 \text{ r/min}$
- 卷筒轴  $n_{\text{卷筒}} = n_2 = 68 \text{ r/min}$

# 传动装置的运动和动力参数计算

## 二、各轴的输入功率

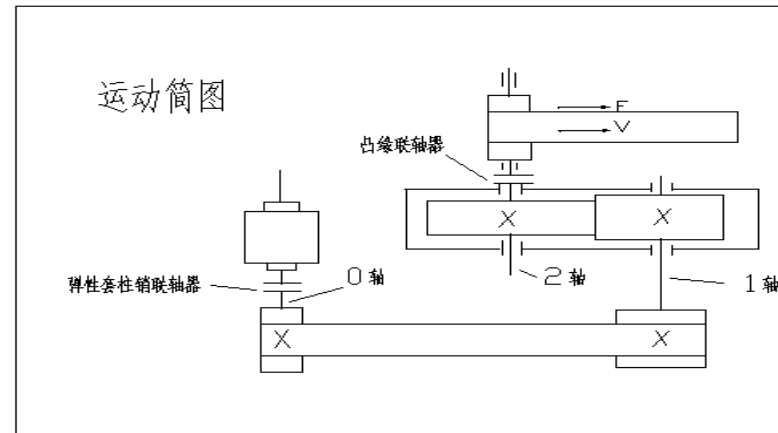
$$P_0 = P_d \cdot \eta_{\text{联}} = 6.36 \times 0.99 = 6.3 \text{ kw}$$

$$P_1 = P_0 \times \eta_{\text{带}} = 6.3 \times 0.96 = 6.05 \text{ kw}$$

$$P_2 = P_1 \times \eta_{\text{轴承}} \times \eta_{\text{齿}} = 6.05 \times 0.99 \times 0.97 = 5.81 \text{ kw} \quad (\text{此处轴承效率为1轴轴承})$$

(只考虑箱内，所以箱体外的轴承就没有考虑了)

$$\begin{aligned} \text{卷筒输入 } P_3 &= P_2 \times \eta_{\text{轴承}} \times \eta_{\text{联}} \\ &= 5.81 \times 0.99 \times 0.99 = 5.69 \text{ kw} \quad (\text{此处轴承效率为2轴轴承}) \end{aligned}$$



# 传动装置的运动 和动力参数计算

## 三、各轴输出转矩

0轴  $T_0 = 9550 \times P_0 / n_m = 9550 \times 6.5 / 1440 = 41.78 \text{ N}\cdot\text{m}$

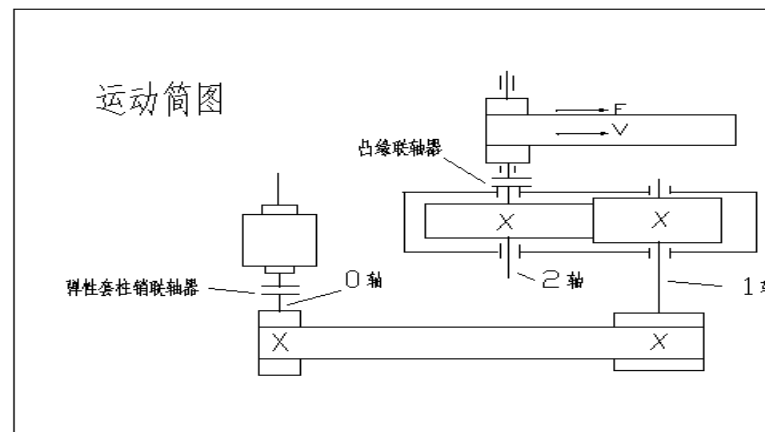
**I 轴**

$T_1 = 9550 \times P_1 / n_1 = 9550 \times 6.05 / 306 = 188.82 \text{ N}\cdot\text{m}$

**II 轴**

$T_2 = 9550 \times P_2 / n_2 = 9550 \times 5.81 / 68 = 815.96 \text{ N}\cdot\text{m}$

卷筒轴  $T_3 = 9550 \times P_3 / n_2 = 9550 \times 5.69 / 68 = 799.11 \text{ N}\cdot\text{m}$



# 计算结果

- $P_d = 3.2 \times 1.6 \div 0.81 = 6.32 \text{KW}$
- $n_m = 1440 \text{r/min}$
- $i_{\text{齿轮}} = 4.5$
- $i_{\text{带}} = i_{\text{总}} / i_{\text{齿轮}} = 21.2 / 4.5 = 4.7$

轴名 参数	电动机轴	I 轴	II 轴	卷筒轴
转速 r/min	1440	306	68	68
功率 P/kw	6.3	6.05	5.81	5.69
转矩 T/N · m	41.78	188.82	815.96	799.11

传动比i: | i带 4.7 | i齿轮 4.5 |



## 第二章. 各级传动零件的设计计算

### 1) 普通V带传动设计

### 2) 一级直齿圆柱齿轮传动设计

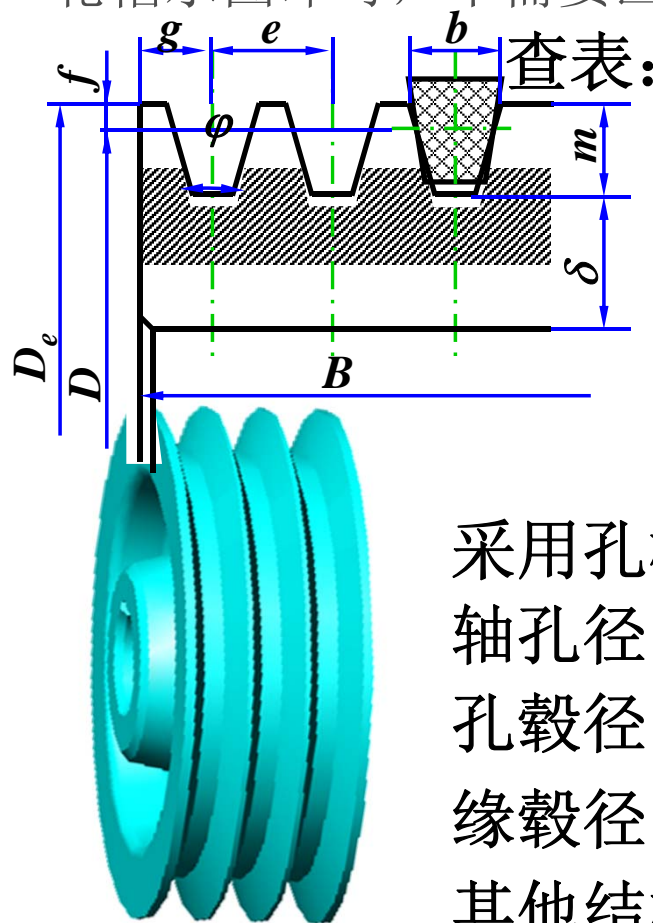
(本章算例的过程仅供参考, 例子中的数据不作为课程设计的依据)

课程设计中的传动件计算, 请依据教材【1】中的例题及参考书为准!

**完成时间: 开始设计的第二~三天**

# 1) V带传动设计注意事项

**带轮结构设计**（仅从动轮）：请在说明书上仅画出宽度方向轮槽示图即可，不需要画在绘图纸上。



查表：

$$f=5\text{mm}, m=15\text{mm}, e=20 \pm 0.4\text{mm}$$

$$g=12.5\text{mm}, \delta=7.5\text{mm}, b=17.4\text{mm}$$

$$B=(Z-1)e+2g=65\text{mm}$$

$$D=355\text{mm}$$

$$D_e=D+2f=365\text{mm}$$

采用孔板结构，ZG45铸造，查表：

轴孔径： $d=32\text{mm}$  孔毂长： $L=64\text{mm}$

孔毂径： $d_1=2d=64\text{mm}$

缘毂径： $D_0=D_e-2(m+\delta)=320\text{mm}$

其他结构尺寸（查图册）

## 二、齿轮传动设计

二、设计齿轮传动（设计步骤及公式请按《机械设计基础》教材，此处算例仅作为讲解用，不作为设计依据！）

### 1、选择材料热处理方式及精度等级

根据工作条件一般用途的减速器采用闭式传动软齿面，查表得（小齿轮如果选用齿轮轴的形式，需要注意小齿轮与所在的轴需要选择同样的材料）

小齿轮 45钢 调质处理  $HBS_1=250$

大齿轮 45钢 正火处理  $HBS_2=210$

大、小齿轮硬度差为20-30HBS

精度等级：选8级（GB10095-88）

# 齿轮传动设计

## 2、齿数

通常取 $Z_1=20\text{--}40$ ， $Z_2=Z_1 i_{\text{齿轮}}$

注意： $Z_1$ 、 $Z_2$ 取整数，设计中如果参数有限，也可以选取17到20的齿数。大小齿轮齿数选取顺序：互质>质&奇>奇&奇>奇&偶>偶&偶

3、齿宽系数  $\phi_d=b/d_1=1$  (因为是对称分布，取大点)

大、小齿轮同宽 $b_1=b_2$ ，通常小齿轮取宽点。

$b_1=b_2+5\text{--}8$ 。

载荷系数K：取 $K=1.3\text{--}1.5$

# 齿轮传动设计

## 4、根据接触强度设计小齿轮的分度圆直径 《机械设计基础》

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{671}{[\sigma_H]}\right)^2 \times \frac{K \times T_1}{\phi_d} \times \frac{i+1}{i}}$$

根据材料和热处理，查手册中的线图，取  $[\sigma_H]$   
**=470MPa**（书中是先查  $\sigma_{lim}$ ，然后除以安全系数  $S_H$ ）

由  $d_1$  求  $m$  ( $m$  一定要取标准值，尽量用第一系列)

# 齿轮传动设计

$m$ 确定后，先校核弯曲强度，由材料和热处理查图表取  
 $[\sigma_F] = 400\text{MPa}$ ,

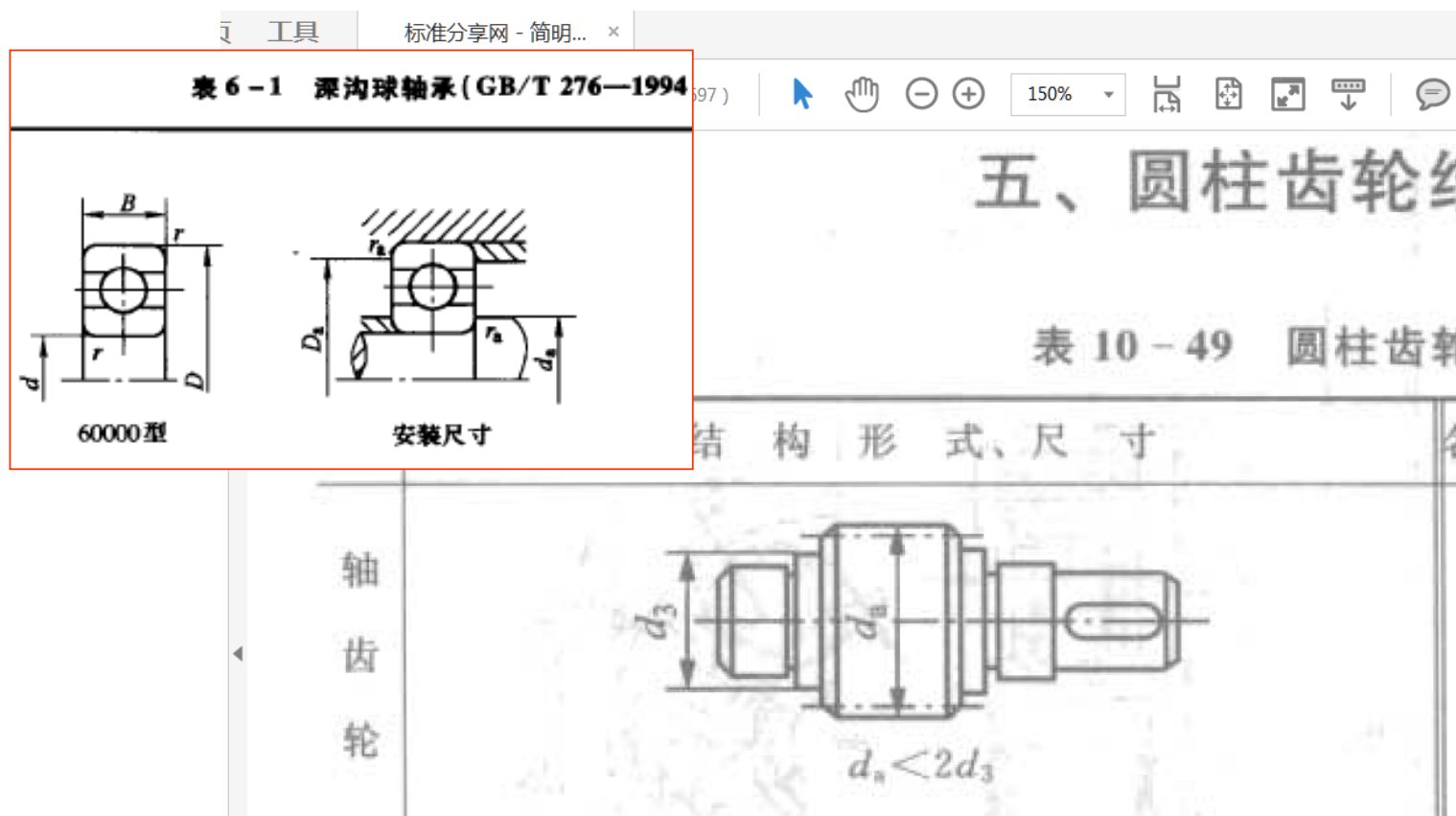
若弯曲强度合格，计算齿轮所有尺寸，若弯曲强度不合格，加大 $m$ ，再重算尺寸。(齿轮直径、齿顶高、齿根高、全齿高、中心距、小齿轮宽)

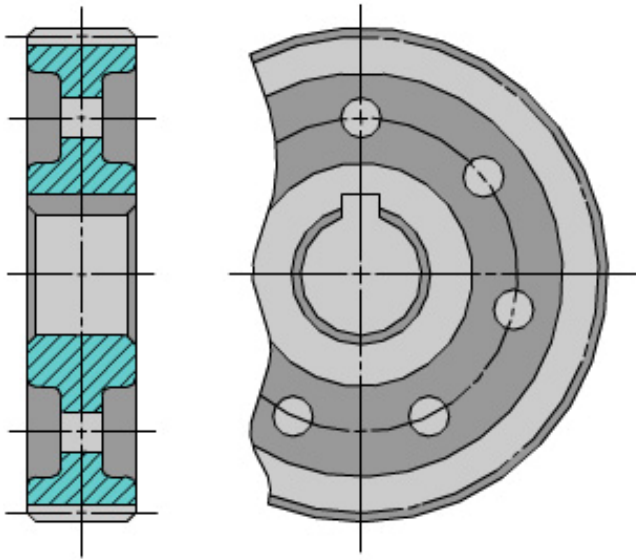
5、结构：小齿轮：齿轮轴

大齿轮：腹板式、锻造齿轮（结构尺寸见机械设计课程设计指导书）

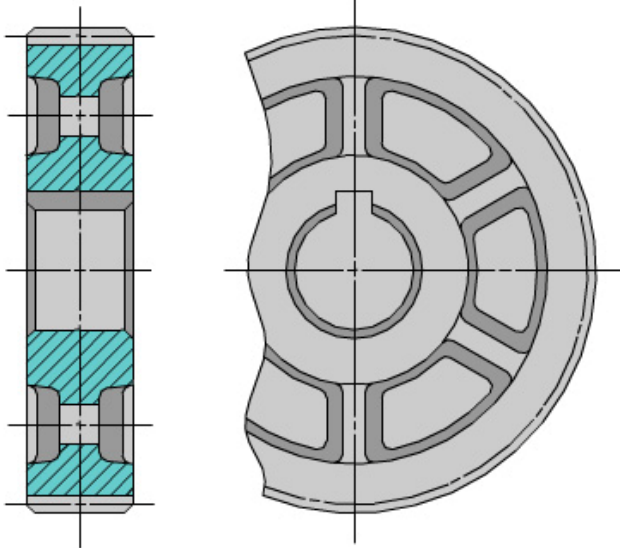
# 小齿轮选取齿轮轴结构的依据

- 注意此处 $d_3$ 应当对应轴承的安装尺寸 $d_a$ !

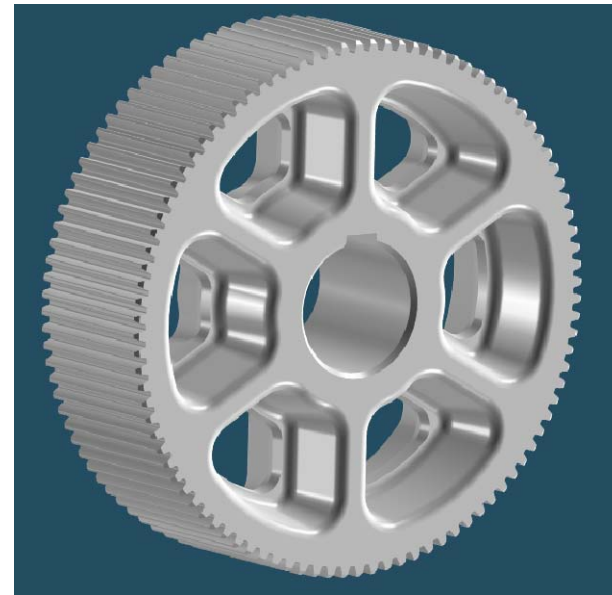




腹板式齿轮（锻造）



轮辐式齿轮（锻造）





## 三、链传动设计（略）

- 链传动设计参看教材或参考文献中对应的算例
- 绘图也仅仅绘制链轮的轴剖面（显示单排链或者多排链的构造）