

TG502

# 机床设计指导

任殿阁 张佩勤 主编

张

限期还书卡

(号801部总一此第)

000211, 卷中, 10, 2

限用者: 读者, 100

具 李, 书到入通

博 王, 收到升黄

部 群, 辨就升黄

文未曹, 什身调佳

辽宁科学技术出版社

张  
TG502

# 第一章 概 述

## § 1—1 机床设计的目的

金属切削机床设计包括课程设计和毕业设计,是在学生学完《金属切削机床概论与设计》课以及其他有关课程,并经过生产实习后进行的,是《机床设计》课的主要实践性教学环节之一。课程设计是通过对机床的一个主要部件——主轴变速箱的设计,使学生在拟定传动系统方案、结构设计、零件设计、机械制图、编写技术文件、查阅资料以及贯彻国家标准等方面进行一次综合训练。树立正确的设计思想,掌握基本的设计方法,并培养具有初步的结构分析、结构设计和计算能力。

## § 1—2 机床设计的内容和要求

机床课程设计,通常是以卧式车床,卧式升降台铣床等通用机床主轴变速箱的设计作为设计题目比较适宜。考虑到装配图幅面的大小,以及结构的复杂程度,所设计的对象,其功率一般在7 kw以下,转速级数在18级以下。

### 一、设计内容

#### 1. 运动设计

根据机床的类型和常用的切削用量,以及同类机床的分析对比,确定机床的运动参数(极限转速及转速级数)转速数列公比,拟定转速图、传动系统图和计算带轮直径、齿轮齿数,校验转速误差等。

#### 2. 动力设计

运用类比分析法,确定机床电动机功率(液压缸牵引力,液压电机或步进电机的额定扭矩),动力参数也可由指导教师给定。依此参数确定传动系统中各传动件的基本尺寸和材料(其中包括齿轮模数估算、传动轴直径估算,以及带轮传动的计算等)。在结构设计之后,再对机床主要传动件、零件,进行应力、变形和寿命的验算,并修改结构设计。

#### 3. 结构设计

根据运动设计参数,及其传动方案,要求对相应的传动轴系、变速机构、(主轴组件、箱体、操纵机构以及润滑密封装置等进行结构设计。

### 二、设计要求

机床设计的内容是通过产品图样(装配图及零件图)和技术设计说明与计算书体现的。绘制产品图样必须遵循《机械制图》、《公差配合》、《形状和位置公差》、《表

面粗糙度》、《螺纹》等有关标准的规定,并做到正确、完整、统一、清晰。图样上的名词、术语、代号、文字、图形符号、结构要素,以及计量单位等,均应符合有关标准和《产品图样基本要求》(ZB/TJ01 035.2—90)。

### 1. 部件装配图设计

部件装配图用以表明该部件的全部构造、机构原理、每个零件的功能和零件的相互位置及运动关系的图样。主轴变速箱装配图,通常是由展开图、外观图、和若干个向视图、剖面图组成。课程设计要求完成一张展开图和一两个剖面图,其中剖面图的选择,应能表达变速操纵机构的原理。

展开图通常是按照传动轴传递运动的先后顺序,沿其轴心连线剖开,并将其展开而形成的,用以表明各传动件的传动关系,各传动轴及主轴上有关零件的结构形状、装配关系和尺寸,以及箱体有关部分的轴向尺寸和结构。展开图中还要求标注主要装配尺寸和配合代号。

剖面图是表示各轴系的空间位置,变速操纵机构及其他各种机构的相互位置及机构原理的图样。在结构设计时,绘制展开图和剖面图应交替进行,互相对应,并避免相互干涉或碰撞。剖面图要标注啮合齿轮中心距及极限偏差、主轴至基面(导轨面)的距离以及外形尺寸等。

为了直观起见,部件装配图要求按1:1的比例绘制。图样上要标注零件件号(标准件及外购件要注明数量、名称、规格及标准代号,非标准件要编注序号),并用罗马数字标注各轴轴号。

课程设计中,绘制部件装配图的工作量为A0幅面图样两张(毕业设计可适当加大绘图量)。如果因为题目复杂程度不同,出现绘图工作量差异较大,则用指定画局局部剖面图的办法予以平衡。

装配图设计的工作量约占全部课程设计总工作量的60%左右。

### 2. 零件工作图设计

零件工作图是用以表明零件构造,以及全部尺寸和技术要求的图样,是制造和检验零件的依据。绘制零件工作图是进一步训练学生的零件结构设计、尺寸标注、形位公差标注及表面粗糙度、精度、材料、热处理的选择、技术要求的制定等设计能力的重要环节,不应减免,通常要求绘制主轴零件图较为适宜。零件工作图设计大约占总工作量的10%左右。

### 3. 技术设计说明与计算书

技术设计说明与计算书是对技术设计中所确定的结构、工作原理和技术性能方面的说明,及对系统理论计算的文件,其中主要包括:

- (1) 技术任务书;
- (2) 目录;
- (3) 机床的规格和用途;
- (4) 机床主要参数的确定;
- (5) 传动方案和传动系统图的拟定;
- (6) 主要零件的计算和验算;

(7) 操纵机构、制动机构及润滑、调整的说明;

(8) 设计的优缺点和设计体会等;

(9) 参考资料编目。

全文篇幅包括文字说明、计算和必要的简图图表共12000~15000字左右,该部分占总工作量的20%左右。要求文字叙述简明扼要、段落分明、文理通顺、论据充分、计算正确、数据表格化、清晰明了。

技术设计说明与计算书中的传动系统图要用标准规定的符号绘制,并且要相应地标注电动机的功率、转速,带轮直径、传动轴轴号、齿轮的齿数、模数、螺旋角及方向等。

计算部分所用公式应注明出处及式中符号所代表的意义和单位。

全文最后附有参考文献目录,包括作者、文献名称、出版单位及出版日期。

## 第二章 机床设计步骤和方法

根据产品设计、试制、鉴定程序的有关规定,及产品图样和设计文件的要求,产品设计过程可划分为初步设计、技术设计和工作图设计三个阶段。

### § 2—1 初步设计

#### 一、准备工作

按照技术任务书设计题目要求,应首先认真阅读《机床设计指导》,以便确切地了解课程设计的目的、内容、要求以及进行的步骤,然后,在指导教师的指导下,拟订工作日程计划,并搜集必要的图书、杂志、图册、手册等设计参考资料,熟悉有关国家标准,以便设计中加以贯彻。

设计开始时,应首先阅读同类型机床的有关资料,如机床使用说明书、图纸资料等,并对机床的性能(主要技术参数)、用途及传动结构等分析比较,以便对同类型机床已达到的水平,发展趋势以及使用中发现的问题有初步了解,从而为设计做出正确的判断和决策打下基础。

#### 二、运动设计

为使学生获得结构设计方面的训练,并且运用所学过的知识,本课程设计原则上要求采用机械传动方式。

由于设计参考资料有限,对同类型机床类比分析有一定困难,所以,在课程设计技术任务书中常常给定设计参数(主轴的最高与最低转速、转速级数、电动机的额定功率和额定转速等)

根据技术任务书中给定的参数,首先计算出主轴转速数列公比 $\varphi$ 值,并确定出主轴转速数列。而后便可以着手拟定传动方案,画转速图和传动系统图。

绘制传动系统图,应按国家标准《机械制图》(GB4460—84)中的机构运动简图符号进行绘制,并注明轴号、齿轮的齿数及模数、带轮直径、电动机的型号、功率及转速等。

此外,根据技术任务书给定的电动机功率和额定转速,要选择电动机的型号,通用机床主运动电动机通常都选用Y系列封闭自冷式鼠笼型三相异步电动机,参见附录七。

根据所拟定的传动方案,用算法或查表法确定传动系统中的带轮直径和齿轮齿数。在确定齿轮齿数时,一般应遵循如下原则:

(1) 所确定的齿轮齿数应符合转速图上的传动比。

原书缺页

原书缺页

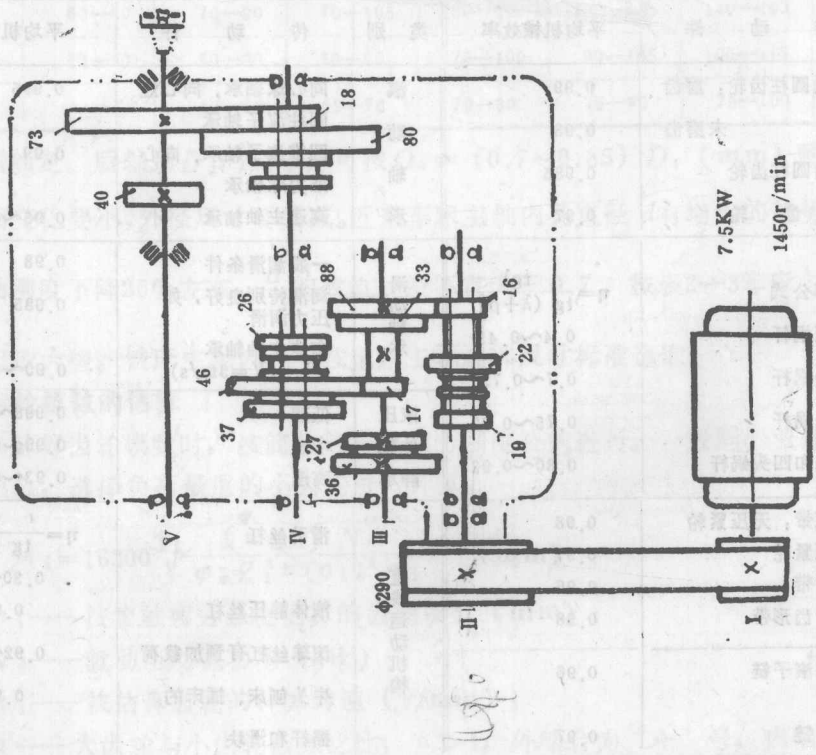
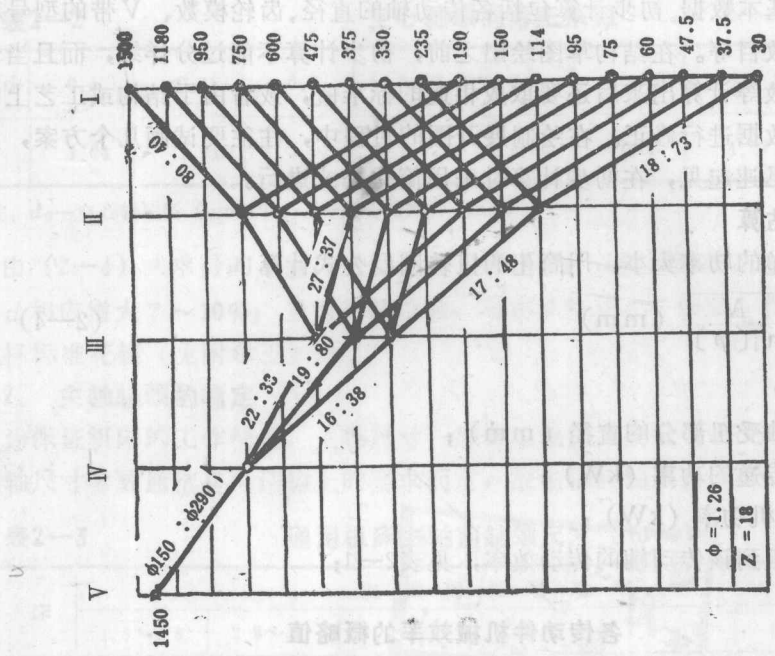


图2—3 X6132型万能升降台铣床主传动的转速图和传动系统图

### 三、传动件的选择和初步计算

根据传动系统图，首先要选择和确定各传动件的类型，计算传动件的基本尺寸，为绘制结构草图提供基本数据。初步计算包括各传动轴的直径、齿轮模数、V带的型号和根数，摩擦片的尺寸数目等。在结构草图绘出之前，初步计算不能过分详细，而且当传动轴的直径、齿轮模数等计算出来后还要取成相近的标准值，或者由于结构或工艺上的原因，还要对计算的数据进行修正。在绘制展开图的过程中，往往要试画几个方案，免不了会出现返工，为迅速起见，在初步计算时采用简化公式进行。

#### 1. 传动轴的估算

根据传动轴传递的功率大小，用简化的扭转刚度公式计算

$$d \geq 91 \sqrt[4]{\frac{N}{n_i [\varphi]}} \quad (\text{mm}) \quad (2-4)$$

$$N = N_d \cdot \eta$$

式中  $d$  —— 传动轴受扭部分的直径 (mm)；

$N$  —— 该轴传递的功率 (kW)；

$N_d$  —— 电动机功率 (kW)；

$\eta$  —— 电动机到该传动轴的传动效率，见表2—1；

表2—1 各传动件机械效率的概略值

| 类别     | 传动件       | 平均机械效率                                                        | 类别             | 传动件                           | 平均机械效率                                                                     |
|--------|-----------|---------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 齿轮传动   | 直齿圆柱齿轮：磨齿 | 0.99                                                          | 滚动轴承           | 向心球轴承，向心短圆柱滚子轴承               | 0.995                                                                      |
|        | 未磨齿       | 0.98                                                          |                | 圆锥滚子轴承，向心推力球轴承                | 0.99                                                                       |
|        | 斜齿圆柱齿轮    | 0.985                                                         |                | 高速主轴轴承                        | 0.95~0.98                                                                  |
|        | 锥 齿 轮     | 0.97                                                          |                |                               |                                                                            |
| 蜗杆蜗轮传动 | 计算公式      | $\eta = \frac{\text{tg} \lambda}{\text{tg} (\lambda + \rho)}$ | 滑动轴承           | 一般润滑条件                        | 0.98                                                                       |
|        | 自锁蜗杆      | 0.4~0.45                                                      |                | 润滑特别好，如压力润滑                   | 0.985                                                                      |
|        | 单头蜗杆      | 0.7~0.75                                                      |                | 高速主轴轴承<br>( $V=5\text{m/s}$ ) | 0.90~0.93                                                                  |
|        | 双头蜗杆      | 0.75~0.82                                                     | 液压<br>体轴<br>静承 | 低速                            | 0.998~0.999                                                                |
|        | 三头和四头蜗杆   | 0.80~0.92                                                     |                | 中速                            | 0.99~0.995                                                                 |
| 带传动    | 平胶带：无压紧轮  | 0.98                                                          | 直线运动机构         | 滑动丝杠                          | $\eta = \frac{\text{tg} \lambda}{\text{tg} (\lambda + \rho)}$<br>0.30~0.60 |
|        | 有压紧轮      | 0.97                                                          |                | 液体静压丝杠                        | 0.99                                                                       |
|        | V 带       | 0.96                                                          |                | 滚珠丝杠有预加载荷                     | 0.92~0.96                                                                  |
|        | 同步齿形带     | 0.98                                                          |                | 牛头刨床、插床的                      | 0.90                                                                       |
| 链传动    | 套筒滚子链     | 0.96                                                          |                | 摇杆和滑块                         |                                                                            |
|        | 齿形链       | 0.97                                                          |                |                               |                                                                            |

注： $\lambda$ —蜗杆或丝杠的螺旋升角； $\rho$ —摩擦角

$n_i$ ——被估算的传动轴的计算转速 ( $\gamma/\text{min}$ ) ;

$[\varphi]$ ——该传动轴每米长度允许扭转角 ( $\text{deg}/\text{m}$ ) , 一般传动轴取  $[\varphi]=0.5\sim 1$ 。

对空心轴, 须将 (2—4) 式中计算值再乘以  $b$ ,  $b$  值由表2—2中选取。

表2—2 空心轴颈的修正系数

| $d_0/d$ | 0.4  | 0.45 | 0.5  | 0.55 | 0.6  | 0.65 | 0.7  | 0.75 | 0.8  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $b$     | 1.04 | 1.01 | 1.02 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.10 | 1.14 |

注:  $d_0$ —空心轴孔径 (mm)  $d$ —空心轴外径 (mm)

由 (2—4) 式求得的  $d$  值, 当轴上有一键槽时,  $d$  值相应增大4~5%; 有两个键槽时,  $d$  相应增大7~10%; 当为花键轴时, 可将  $d$  值减小7%后, 作为花键轴的小径, 再选择标准花键 (见附录三)。

## 2. 主轴轴颈的确定

为保证机床的工作精度, 主轴尺寸一般都是根据其刚度要求决定的。对于通用机床的主轴尺寸参数通常是由结构上的要求而定, 故主轴前轴颈  $D_1$  的尺寸按表2—3所列的

表2—3 通用机床主轴前轴颈尺寸 (mm)

| 机 床  | 主 轴 的 驱 动 功 率 ( $\text{kW}$ ) |       |        |         |        |         |         |
|------|-------------------------------|-------|--------|---------|--------|---------|---------|
|      | 1.5~2.8                       | 2.8~4 | 4~5.5  | 5.5~7.5 | 7.5~15 | 10~14   | 14~17   |
| 车 床  | 60—80                         | 70—90 | 70—105 | 80—100  | 90—115 | 140—163 | 150—190 |
| 铣 床  | 50—90                         | 60—90 | 60—95  | 75—100  | 90—105 | 100—115 | —       |
| 外圆磨床 | —                             | 50—60 | 55—70  | 70—80   | 75—90  | 75—100  | 90—100  |

统计数据确定。后轴颈  $D_2$  的尺寸, 可按  $D_2 = (0.7\sim 0.85) D_1$  (mm) 酌定, 尽量使主轴截面变化要小, 外径尺寸要缓减。近来车床主轴内孔直径  $d$  有增大的趋势, 当  $\frac{d}{D}=0.7$

时, 主轴刚度下降25%左右,  $\frac{d}{D}$  的数值一般不宜大于0.7。按表2—3车床主轴前轴颈尺

寸范围可取大些。铣床主轴内孔可按铣床主轴端部尺寸标准选取。

## 3. 齿轮模数的估算

初步计算齿轮模数时, 按简化的接触疲劳强度公式进行。一般同一变速组中的齿轮取同一模数, 选择负荷最重的小齿轮进行计算。

$$m_i = 16300 \sqrt[3]{\frac{(u \pm 1) N_d}{\varphi_m Z_1^2 u [\sigma_i]^2 n_i}} \quad (\text{mm}) \quad (2-5)$$

式中  $m_i$ ——按接触疲劳强度估算的齿轮模数 (mm) ;

$N_d$ ——驱动电动机功率 (kW) ;

$n_i$ ——被估算齿轮的计算转速 ( $\gamma/\text{min}$ ) ;

$u$ ——大齿轮与小齿轮齿数之比,  $u > 1$ , 外啮合为“+”号, 内啮合为“-”号;

$Z_1$ ——齿轮齿数;

$\varphi_m$ ——齿宽系数,  $\varphi_m = \frac{B}{m} = 6 \sim 10$ ,  $B$ 为齿宽,  $m$ 为模数;

$[\sigma_i]$ ——许用接触应力 (MPa), 查表3—9。

通常, 齿轮材料多采用优质中碳钢进行适当的热处理, 个别工作条件较重的传动齿轮, 验算时发现其应力超过许用值, 可改用合金钢, 考虑到我国资源情况。尽可能用锰硼钢代替铬钢。

#### 4. 普通V带传动的计算

普通V带的选择应保证带传动不打滑的前提下能传递最大功率, 同时要有足够的疲劳强度, 以满足一定的使用寿命。其计算内容见表2—4。

表2—4

普通V带传动的计算

已知条件: 传递的功率( $P$ , kW); 小、大带轮的转速( $n_1$ ,  $n_2$ , r/min); 传动的工作条件; 对外廓尺寸的要求

| 计算内容    | 符 号      | 单 位      | 计 算 公 式 和 图 表                                                                      | 说 明                                                                 |
|---------|----------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 设计功率    | $R_d$    | kW       | $P_d = K_A P$                                                                      | $K_A$ —工况系数, 由机床工作特点按表2—5选取                                         |
| 带型选择    |          |          | 图2—4                                                                               | 据 $P_d$ 与 $n_1$ 查图                                                  |
| 小带轮基准直径 | $d_{d1}$ | mm       | 表2—6应满足<br>$d_{d1} \geq d_{dmin}$                                                  | $d_{dmin}$ —最小基准直径见表2—6注, 结构允许应选较大 $d_{d1}$                         |
| 带速      | $v$      | m/s      | $v = \frac{\pi d_{d1} n_1}{60 \times 1000} \leq [v]$                               | $[v]$ —一带许用速度, (m/s);<br>$[v] = 5 \sim 25$ , $v = 10 \sim 20$ 时经济耐用 |
| 大带轮基准直径 | $d_{d2}$ | mm       | $d_{d2} = \frac{n_1}{n_2} d_{d1} (1 - \varepsilon)$                                | $\varepsilon$ —一带的滑动率, $\varepsilon = 2\%$                          |
| 初选中心距   | $a_0$    | mm       | $a_0$ 由机床总体布局确定                                                                    | $a_0$ 过小, 增加带弯曲次数, 降低寿命; $a_0$ 过大, 易引起振动                            |
| 带基准长度   | $L_{d0}$ | mm       | $L_{d0} = 2a_0 + \frac{n}{2} (d_{d1} + d_{d2}) + \frac{(d_{d2} - d_{d1})^2}{4a_0}$ | 据 $L_{d0}$ 从表2—7选取相近带基准长度 $L_d$                                     |
| 带绕曲次数   | $u$      | $s^{-1}$ | $u = \frac{1000mv}{L_d} \leq 40$                                                   | $m$ —带轮个数<br>$u > 40$ 时可加大 $L_d$ 或降低 $v$                            |

续表

| 计算内容          | 符 号          | 单 位 | 计 算 公 式 和 图 表                                                                                                              | 说 明                                                                                                      |
|---------------|--------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 实际中心距         | $a$          | mm  | $a = A + \sqrt{A^2 + B}$<br>式中 $A = \frac{L_d}{4} - \frac{\pi(d_{d1} + d_{d2})}{8}$<br>$B = \frac{(d_{d2} - d_{d1})^2}{8}$ | 安装时最小中心距为<br>$a_{\min} = a(h - 0.01L_d)$<br>紧张或补偿时最大中心距为<br>$a_{\max} = a + 0.02L_d$<br>$h$ —带高度, 见表2—13 |
| 小带轮包角         | $\alpha_1$   | °   | $\alpha_1 = 180^\circ - 2\sin^{-1} \frac{d_{d2} - d_{d1}}{2a}$<br>$\geq 120^\circ$                                         | $\alpha_1$ 过小时应加大中心距或加张紧装置                                                                               |
| 单根V带的基本额定功率   | $P_1$        | kW  | 表2—8                                                                                                                       | 据 $n_1$ 查表                                                                                               |
| 单根V带的基本额定功率增量 | $\Delta P_1$ | kW  | $\Delta P_1 = K_b n_1 (1 - \frac{1}{K_u})$                                                                                 | $K_b$ 弯曲影响系数, 查表2—9<br>$K_u$ —传动比系数, 查表2—10                                                              |
| 带的根数          | $z$          |     | $z = \frac{P_d}{(P_1 + \Delta P_1) K_\sigma K_L}$                                                                          | $K_\sigma$ —包角修正系数, 查表2—11<br>$K_L$ —带长修正系数, 查表2—12                                                      |
| 单根带初拉力        | $F_0$        | N   | $F_0 = 500 \frac{P_d}{vz} (\frac{2.5}{K_a} - 1) + qv^2$                                                                    | 新带取计算值的1.5倍<br>$q$ —带每米长质量, 查表2—13                                                                       |
| 带对轴压力         | $Q$          | N   | $Q = 2F_0 z \sin \frac{\alpha_1}{2}$                                                                                       |                                                                                                          |
| 轮槽截面尺寸        |              |     | 表2—14                                                                                                                      |                                                                                                          |

表2—5

工 况 系 数  $K_A$

| 工 况    |              | 空、轻载起动, 每天工作时间 $h$ |              |       |
|--------|--------------|--------------------|--------------|-------|
|        |              | $<10$              | $10 \sim 16$ | $>16$ |
| 载荷变动微小 | 车床、钻床、磨床、镗床等 | 1.0                | 1.1          | 1.2   |
| 载荷变动小  | 铣床、滚齿机等      | 1.1                | 1.2          | 1.3   |
| 载荷变动较大 | 刨床、插床、插齿机等   | 1.2                | 1.3          | 1.4   |

表2—6

基准直径  $d_d$  系列及其外径  $d_a$ 

(mm)

| $d_d$ | $d_a$           |                   |                  |   | $d_d$ | $d_a$ |       |     |                    |
|-------|-----------------|-------------------|------------------|---|-------|-------|-------|-----|--------------------|
|       | Z               | A                 | B                | C |       | Z     | A     | B   | C                  |
| 50    | 54 <sup>*</sup> |                   |                  |   | 132   | 136   | 137.5 | 139 |                    |
| 56    | 60              |                   |                  |   | 140   | 144   | 145.5 | 147 |                    |
| 63    | 67              |                   |                  |   | 150   | 154   | 155.5 | 157 |                    |
| 71    | 75              |                   |                  |   | 160   | 164   | 165.5 | 167 |                    |
| 75    | 79              | 80.5 <sup>*</sup> |                  |   | 170   |       |       | 177 |                    |
| 80    | 84              | 85.5              |                  |   | 180   | 184   | 185.5 | 187 |                    |
| 85    |                 | 90.5              |                  |   | 200   | 204   | 205.5 | 207 | 209.6 <sup>*</sup> |
| 90    | 94              | 95.5              |                  |   | 212   |       |       |     | 221.6              |
| 95    |                 | 100.5             |                  |   | 224   | 228   | 229.5 | 231 | 233.6              |
| 100   | 104             | 105.5             |                  |   | 236   |       |       |     | 245.6              |
| 106   |                 | 111.5             |                  |   | 250   | 254   | 255.5 | 257 | 259.6              |
| 112   | 116             | 117.5             |                  |   | 265   |       |       |     | 274.6              |
| 118   |                 | 123.5             |                  |   | 280   | 284   | 285.5 | 287 | 289.6              |
| 125   | 129             | 130.5             | 132 <sup>*</sup> |   | 300   |       |       |     | 309.6              |

注: \* 号的  $d_a$  值所对应的  $d_d$  值为该型最小基准直径  $d_{dm \min}$ 

表2—7

V 带 基 准 长 度  $L_d$ 

(mm)

| $L_d$ |      | 带 型 |   |   |   | 配 组 |  | $L_d$ |      | 带 型 |   |   |   | 配 组 |  |
|-------|------|-----|---|---|---|-----|--|-------|------|-----|---|---|---|-----|--|
| 基本尺寸  | 极限偏差 | Z   | A | B | C | 允 差 |  | 基本尺寸  | 极限偏差 | Z   | A | B | C | 允 差 |  |
| 710   | +15  |     |   |   |   |     |  | 1800  | +27  |     |   |   |   | 4   |  |
| 800   | -7   |     |   |   |   |     |  | 2000  | -13  |     |   |   |   |     |  |
| 900   | +17  | Z   |   |   |   | 2   |  | 2240  | +31  |     | A |   |   | 8   |  |
| 1000  | -8   |     |   |   |   |     |  | 2500  | -16  |     |   |   |   |     |  |
| 1120  | +19  |     | A |   |   |     |  | 2800  | +37  |     |   | B |   |     |  |
| 1250  | -10  |     |   |   |   |     |  | 3150  | -18  |     |   |   | C |     |  |
| 1400  | +23  |     |   | B |   | 4   |  | 3550  | +44  |     |   |   |   | 12  |  |
| 1600  | -11  |     |   |   |   |     |  | 4000  | -22  |     |   |   |   |     |  |

(kW)

单根 V 带基本额定功率  $P_i$ 

表2-8

| $n_1$<br>(r/min) |      | $d_{d1}$ (mm) |               |      |      |      |      |      | $v$<br>(m/s) | $n_1$<br>(r/min) | $d_{d1}$ (mm)    |      |               |      |       |       |       | $v$<br>(m/s) |       |              |
|------------------|------|---------------|---------------|------|------|------|------|------|--------------|------------------|------------------|------|---------------|------|-------|-------|-------|--------------|-------|--------------|
|                  |      | 50            | 56            | 63   | 71   | 80   | 90   | 100  |              |                  | 112              | 125  | 140           | 160  | 180   | 200   | 224   |              | 250   | 280          |
| Z                | 400  | 0.11          | 0.14          | 0.17 | 0.20 | 0.25 | 0.29 | 0.34 | 0.39         | B                | 200              | 0.48 | 0.59          | 0.74 | 0.88  | 1.02  | 1.19  | 1.37         | 1.58  | 5            |
|                  | 700  | 0.16          | 0.21          | 0.27 | 0.33 | 0.40 | 0.47 | 0.54 | 0.63         |                  | 400              | 0.84 | 1.05          | 1.32 | 1.59  | 1.85  | 2.17  | 2.50         | 2.89  | 10           |
|                  | 800  | 0.18          | 0.23          | 0.30 | 0.37 | 0.44 | 0.53 | 0.61 | 0.71         |                  | 700              | 1.30 | 1.64          | 2.09 | 2.53  | 2.96  | 3.47  | 4.00         | 4.61  |              |
|                  | 900  | 0.21          | 0.27          | 0.34 | 0.42 | 0.51 | 0.61 | 0.71 | 0.82         |                  | 800              | 1.44 | 1.82          | 2.32 | 2.81  | 3.30  | 3.85  | 4.46         | 5.13  |              |
|                  | 1200 | 0.25          | 0.32          | 0.41 | 0.51 | 0.62 | 0.74 | 0.86 | 1.00         |                  | 950              | 1.64 | 2.08          | 2.66 | 3.22  | 3.77  | 4.42  | 5.10         | 5.85  | 15           |
|                  | 1450 | 0.28          | 0.37          | 0.48 | 0.59 | 0.72 | 0.85 | 1.00 | 1.17         |                  | 1200             | 1.93 | 2.47          | 3.17 | 3.85  | 4.50  | 5.26  | 6.04         | 6.90  | 20           |
|                  | 1600 | 0.30          | 0.40          | 0.51 | 0.64 | 0.73 | 0.94 | 1.09 | 1.26         |                  | 1450             | 2.19 | 2.82          | 3.62 | 4.39  | 5.13  | 5.97  | 6.82         | 7.76  |              |
|                  | 2000 | 0.35          | 0.47          | 0.61 | 0.76 | 0.93 | 1.12 | 1.30 | 1.51         |                  | 1600             | 2.33 | 3.00          | 3.86 | 4.68  | 5.46  | 6.33  | 7.20         | 8.13  | 25           |
|                  | 2400 | 0.40          | 0.54          | 0.71 | 0.88 | 1.07 | 1.28 | 1.49 | 1.72         |                  | 1800             | 2.50 | 3.23          | 4.15 | 5.02  | 5.83  | 6.73  | 7.63         | 8.46  |              |
|                  | 2800 | 0.44          | 0.59          | 0.78 | 0.98 | 1.20 | 1.43 | 1.65 | 1.91         |                  | 2000             | 2.64 | 3.42          | 4.40 | 5.30  | 6.13  | 7.02  | 7.87         | 8.60  | 30           |
|                  | 3200 | 0.47          | 0.65          | 0.85 | 1.07 | 1.31 | 1.56 | 1.80 | 2.06         |                  | 2200             | 2.76 | 3.58          | 4.40 | 5.52  | 6.35  | 7.19  | 7.97         | 8.53  |              |
|                  | A    | 200           | 0.15          | 0.22 | 0.26 | 0.31 | 0.37 | 0.43 | 0.51         |                  | 0.69             | C    | 200           | 1.39 | 1.70  | 2.03  | 2.42  | 2.84         | 3.36  | 3.91         |
| 400              |      | 0.26          | 0.39          | 0.47 | 0.56 | 0.67 | 0.78 | 0.94 | 1.09         | 300              | 1.92             |      | 2.37          | 2.85 | 3.40  | 4.04  | 4.75  | 5.54         | 6.40  |              |
| 700              |      | 0.35          | 0.61          | 0.74 | 0.90 | 1.07 | 1.26 | 1.51 | 1.76         | 400              | 2.41             |      | 2.99          | 3.62 | 4.32  | 5.14  | 6.05  | 7.06         | 8.20  | 10           |
| 800              |      | 0.45          | 0.68          | 0.83 | 1.00 | 1.19 | 1.41 | 1.69 | 1.97         | 500              | 2.87             |      | 3.58          | 4.33 | 5.19  | 6.17  | 7.27  | 8.52         | 9.81  |              |
| 950              |      | 0.51          | 0.77          | 0.95 | 1.15 | 1.37 | 1.62 | 1.95 | 2.27         | 600              | 3.30             |      | 4.12          | 5.00 | 6.00  | 7.14  | 8.45  | 9.82         | 11.29 | 15           |
| 1200             |      | 0.61          | 0.93          | 1.14 | 1.39 | 1.66 | 1.96 | 2.36 | 2.74         | 700              | 3.69             |      | 4.64          | 5.64 | 6.76  | 8.09  | 9.50  | 11.02        | 12.63 |              |
| 1450             |      | 0.68          | 1.07          | 1.32 | 1.61 | 1.92 | 2.28 | 2.73 | 3.16         | 800              | 4.07             |      | 5.12          | 6.23 | 7.52  | 8.92  | 10.46 | 12.1         | 13.80 | 20           |
| 1600             |      | 0.74          | 1.15          | 1.42 | 1.74 | 2.07 | 2.45 | 2.94 | 3.40         | 950              | 4.58             |      | 5.78          | 7.04 | 8.49  | 10.05 | 11.73 | 13.48        | 15.23 | 25           |
| 2000             |      | 0.85          | 1.34          | 1.66 | 2.04 | 2.44 | 2.87 | 3.42 | 3.93         | 1200             | 5.29             |      | 6.71          | 8.21 | 9.81  | 11.53 | 13.31 | 15.04        | 16.59 | 30           |
| 2400             |      | 0.94          | 1.50          | 1.87 | 2.30 | 2.74 | 3.22 | 3.80 | 4.32         | 1450             | 5.84             |      | 7.45          | 9.04 | 10.72 | 12.46 | 14.12 | 15.53        | 16.47 |              |
| 2800             |      | 1.02          | 1.64          | 2.05 | 2.51 | 2.98 | 3.48 | 4.06 | 4.54         | 1600             | 6.07             |      | 7.75          | 9.38 | 11.06 | 12.72 | 14.19 | 15.24        | 15.57 | 35           |
| $n_1$<br>(r/min) |      | 75            | $d_{d1}$ (mm) |      |      |      |      |      |              | $v$<br>(m/s)     | $n_1$<br>(r/min) |      | $d_{d1}$ (mm) |      |       |       |       |              |       | $u$<br>(m/s) |
|                  | 90   | 100           | 112           | 125  | 140  | 160  | 180  | 200  | 224          |                  |                  | 250  | 280           | 315  | 355   | 400   | 450   |              |       |              |

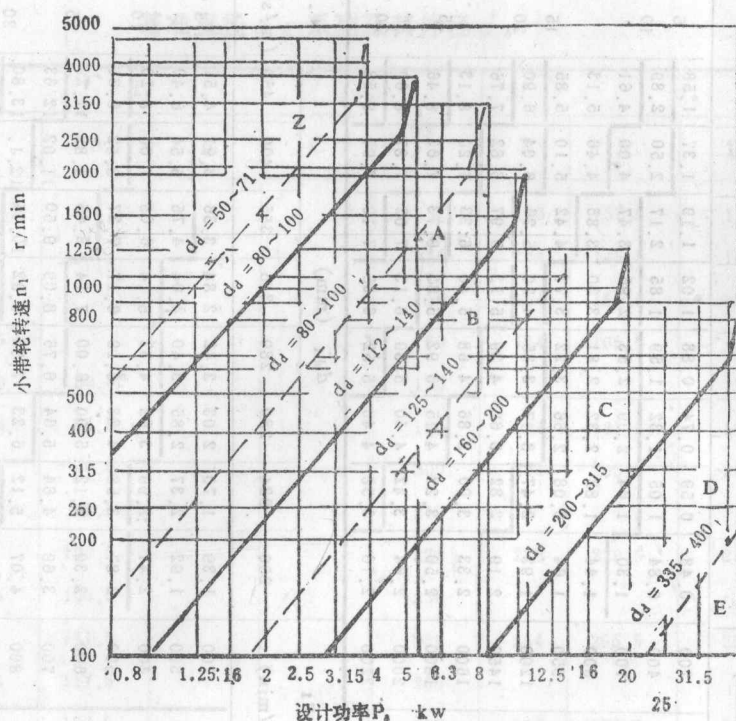


图2—4 普通V带选型图

表2—9 弯曲影响系数  $K_b$

| 带型号 | $K_b$                 |
|-----|-----------------------|
| Z   | $0.39 \times 10^{-3}$ |
| A   | $1.03 \times 10^{-3}$ |
| B   | $2.65 \times 10^{-3}$ |
| C   | $7.5 \times 10^{-3}$  |

表2—10 传动比系数  $K_u$

| $d_{d2}/d_{d1}$ | $K_u$ |
|-----------------|-------|
| 1.00~1.04       | 1.00  |
| 1.05~1.19       | 1.03  |
| 1.20~1.49       | 1.08  |
| 1.50~2.95       | 1.12  |
| > 2.95          | 1.14  |

表2—11 接触弧的包角  
修正系数  $K_\alpha$

| $\alpha_1^\circ$ | $K_\alpha$ | $\alpha_1^\circ$ | $K_\alpha$ |
|------------------|------------|------------------|------------|
| 180              | 1          | 145              | 0.91       |
| 175              | 0.99       | 140              | 0.89       |
| 170              | 0.98       | 135              | 0.88       |
| 165              | 0.96       | 130              | 0.86       |
| 160              | 0.95       | 125              | 0.84       |
| 155              | 0.93       | 120              | 0.82       |
| 150              | 0.92       |                  |            |

表2—12 带长修正系数  $K_L$

| $L_d$ | $K_L$ |      |      |      | $L_d$ | $K_L$ |      |      |      |
|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
|       | Z     | A    | B    | C    |       | Z     | A    | B    | C    |
| 710   | 0.83  | 0.83 |      |      | 1800  | 1.06  | 1.01 | 0.95 | 0.86 |
| 800   | 0.91  | 0.85 |      |      | 2000  | 1.08  | 1.03 | 0.98 | 0.88 |
| 900   | 0.92  | 0.87 | 0.82 |      | 2240  | 1.10  | 1.06 | 1.00 | 0.91 |
| 1000  | 0.94  | 0.89 | 0.84 |      | 2500  | 1.30  | 1.09 | 1.03 | 0.93 |
| 1120  | 0.95  | 0.91 | 0.86 |      | 2800  |       | 1.11 | 1.05 | 0.95 |
| 1250  | 0.98  | 0.93 | 0.88 |      | 3150  |       | 1.13 | 1.07 | 0.97 |
| 1400  | 1.01  | 0.96 | 0.90 |      | 3550  |       | 1.15 | 1.09 | 0.99 |
| 1600  | 1.04  | 0.99 | 0.92 | 0.83 | 4000  |       | 1.17 | 1.13 | 1.02 |

表2—13

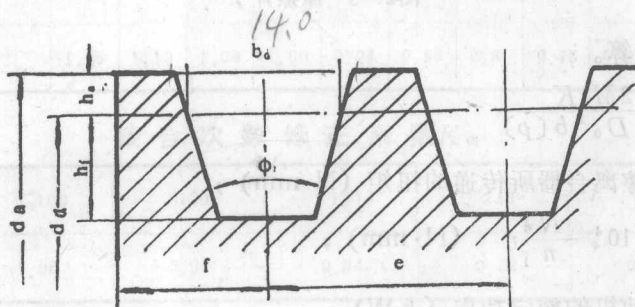
带截面尺寸与单位长度质量

| 带型号 | 节宽 $b_p$<br>(mm) | 顶宽 $b$<br>(mm) | 高度 $h$<br>(mm) | 单位质量 $q$<br>(g/kg/m) |
|-----|------------------|----------------|----------------|----------------------|
| Z   | 8.5              | 10             | 6.0            | 0.06                 |
| A   | 11.0             | 13             | 8.0            | 0.10                 |
| B   | 14.0             | 17             | 10.5           | 0.17                 |
| C   | 19.0             | 22             | 13.5           | 0.30                 |

表2—14

带轮截面尺寸

(mm)



| 槽 型 | $b_d$ | $h_{am}; a$ | $h_{fm}; a$ | $e$            | $f$              | $d_d$                  |                    |
|-----|-------|-------------|-------------|----------------|------------------|------------------------|--------------------|
|     |       |             |             |                |                  | 与 $d_d$ 相对应的 $\varphi$ |                    |
|     |       |             |             |                |                  | $\varphi=34^\circ$     | $\varphi=38^\circ$ |
| Z   | 8.5   | 2.0         | 7.0         | $12 \pm 0.3$   | $8 \pm 1$        | $\leq 80$              | $> 30$             |
| A   | 11.0  | 2.75        | 8.7         | $15 \pm 0.3$   | $10^{+2}_{-1}$   | $\leq 118$             | $> 118$            |
| B   | 14.0  | 3.5         | 10.8        | $19 \pm 0.4$   | $12.5^{+2}_{-1}$ | $\leq 195$             | $> 190$            |
| C   | 19.0  | 4.8         | 14.3        | $25.5 \pm 0.5$ | $17^{+2}_{-1}$   | $\leq 315$             | $> 315$            |

注：槽角的 $\varphi$ 偏差：Z、A、B型为 $\pm 1^\circ$ ，C型为 $\pm 30'$ 。

## 5. 多片式摩擦离合器的计算

设计多片式摩擦离合器时, 首先根据机床结构确定离合器的尺寸, 如为轴装式时, 外摩擦片的内径  $d$  应比花键轴大径大  $2 \sim 6 \text{ mm}$ , 内摩擦片的外径  $D$  的确定, 直接影响离合器的径向和轴向尺寸, 甚至影响主轴箱内部结构布局, 故应合理选择。目前, 摩擦片 (图2—5) 的尺寸尚未制定系列标准, 设计时, 应与摩擦面对数的计算交替进行。摩擦

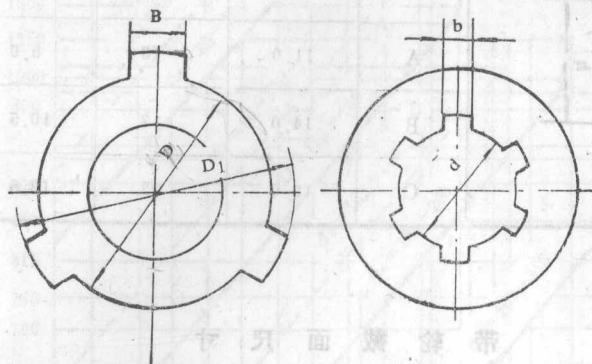


图2—5 摩擦片

面对数可按下式计算。

$$Z \geq \frac{2M_n K}{\pi f D_0^2 b [p]} \quad (2-6)$$

式中  $M_n$  ——摩擦离合器所传递的扭矩 ( $\text{N} \cdot \text{mm}$ );

$$M_n = 955 \times 10^4 \frac{N_d}{n_i} \eta \quad (\text{N} \cdot \text{mm});$$

$N_d$  ——电动机的额定功率 ( $\text{kW}$ );

$n_i$  ——安装离合器的传动轴计算转速 ( $\text{r/min}$ );

$\eta$  ——从电动机到离合器轴的传动效率;

$K$  ——安全系数, 一般取  $1.3 \sim 1.5$ ;

$f$  ——摩擦片间的摩擦系数, 由表2—15查取;

$D_0$  ——摩擦片的平均直径 ( $\text{mm}$ );

$$D_0 = \frac{D + d}{2}$$

$b$  ——内外摩擦片的接触宽度 ( $\text{mm}$ );

$$b = \frac{D - d}{2}$$

$[p]$  ——摩擦片的许用压强 ( $\text{N/mm}^2$ );

$$[p] = [p_0] K_v K_m K_z \quad (2-7)$$

$[p_0]$  ——基本许用压强 ( $\text{MPa}$ ), 由表2—15查取;

$K_v$  ——速度修正系数, 根据平均圆周速度  $v_p$  由表2—16查取;

$$v_p = \frac{\pi D_0 n}{6 \times 10^4} \quad (\text{m/s}) \quad (2-8)$$