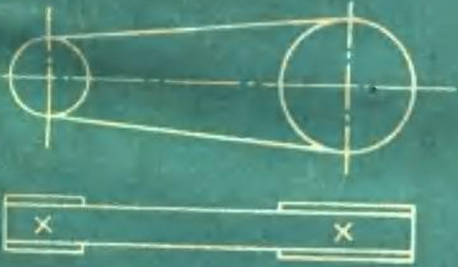


# 机械传动

《机械传动》编写组编



XIE CHUAN DONG

陕西人民出版社

# 机 械 传 动

《机械传动》编写组编

陕 西 人 民 出 版 社 出 版

陕西省新华书店发行 西安新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.75 插页 1 字数 164,000

1978年7月第1版 1978年7月第1次印刷

印数 1—13,000

统一书号: 15004·90 定价: 0.63元

---

## 前 言

英明领袖华主席指示我们：“要提倡为革命学习文化，学习技术，精通业务，又红又专。”为适应广大青年工人为革命学习技术的需要，我们在陕西省机械工业局领导下，由陕西汽车制造厂、黄河工程机械厂和陕西机械学院组成三结合的编写组，在深入实际，调查研究的基础上，编写了这本《机械传动》。

本书结合生产中常见的一些实例，简述了一般机械传动中功率、转矩、传动比的基本概念和计算；常用的皮带传动、齿轮传动等的工作原理、选用方法和维护等基本知识；对轴和轴承、常用机构也作了简要介绍。内容力求从生产实际出发，叙述简明易懂。可供青年工人自学参考。

在编写过程中，我们曾得到陕西省西安农业机械厂、西安拖拉机制造厂、西安人民搪瓷厂、西安机床厂等单位的热情支持、帮助。在此表示衷心感谢！

由于我们水平和经验有限，书中难免会有缺点和错误，希望读者提出宝贵意见。

《机械传动》编写组

一九七七年四月

# 目 录

第一章 机械传动概述 .....	(1)
一、什么是机械传动? 它包括那些内容? .....	(1)
二、转速和传动比 .....	(4)
三、功率和效率 .....	(7)
四、转矩的计算 .....	(10)
五、机械传动零件强度计算基础知识 .....	(13)
第二章 皮带传动 .....	(25)
一、概述 .....	(25)
二、皮带的种类和规格 .....	(27)
三、皮带传动的主要形式 .....	(31)
四、张紧皮带的方法 .....	(32)
五、皮带传动的传动比、包角、中心距和 皮带长度的计算公式 .....	(33)
六、皮带传动的受力情况和皮带的耐久性 .....	(38)
七、皮带的弹性滑动和打滑 .....	(39)
八、皮带传动的设计 .....	(40)
九、皮带轮 .....	(53)
十、皮带传动的安装与使用 .....	(59)
第三章 齿轮传动 .....	(60)
一、齿轮传动的应用和优缺点 .....	(60)
二、齿轮传动的传动比和轮齿的形状 .....	(60)

---

三、渐开线齿轮的分类 .....	(65)
四、直齿圆柱齿轮各部分名称、符号和尺寸关系 .....	(67)
五、齿轮的材料 .....	(73)
六、齿轮的损坏和防止方法 .....	(75)
七、直齿圆柱齿轮强度计算 .....	(78)
八、斜齿圆柱齿轮传动 .....	(81)
九、直齿圆锥齿轮传动 .....	(86)
十、齿轮的结构 .....	(91)
第四章 蜗杆传动 .....	(96)
一、概述 .....	(96)
二、蜗杆传动的的基本参数和尺寸计算 .....	(99)
三、蜗杆传动的失效形式和材料 .....	(104)
四、蜗杆传动的强度计算 .....	(105)
五、蜗杆传动的效率 .....	(107)
第五章 链传动 .....	(113)
一、链条和链轮的结构 .....	(113)
二、链传动的应用和维护 .....	(114)
三、链传动的运动特性 .....	(114)
四、链传动的失效形式 .....	(116)
五、链传动的选用步骤 .....	(118)
第六章 摩擦轮传动 .....	(123)
一、概述 .....	(123)
二、摩擦轮传动的传动比和传动能力 .....	(126)
三、摩擦轮的材料 .....	(128)
四、圆柱形平摩擦轮传动计算步骤 .....	(128)
第七章 轴 .....	(131)
一、轴的功用和分类 .....	(131)

二、轴的材料 .....	(133)
三、转轴的设计 .....	(134)
四、轴的校核计算 .....	(141)
第八章 滑动轴承 .....	(146)
一、概述 .....	(146)
二、向心滑动轴承的结构型式 .....	(148)
三、轴瓦和轴承衬 .....	(151)
四、非液体润滑向心滑动轴承的设计计算 .....	(156)
五、轴承的润滑 .....	(158)
第九章 滚动轴承 .....	(164)
一、概述 .....	(164)
二、滚动轴承的主要类型和特点 .....	(165)
三、滚动轴承的精度等级和代号 .....	(168)
四、滚动轴承的选择 .....	(171)
五、滚动轴承的组合设计 .....	(172)
六、滚动轴承和滑动轴承比较 .....	(178)
第十章 联轴器和离合器 .....	(180)
一、概述 .....	(180)
二、联轴器 .....	(183)
三、离合器 .....	(190)
第十一章 常用机构概论 .....	(193)
第十二章 平面连杆机构 .....	(199)
一、四连杆机构的基本型式和应用 .....	(199)
二、四连杆机构设计简介 .....	(212)
第十三章 凸轮机构 .....	(217)
一、凸轮机构的应用和分类 .....	(217)
二、盘形凸轮轮廓曲线的绘制 .....	(222)

---

三、 凸轮的结构与材料 .....	(229)
第十四章 间歇运动机构 .....	(232)
一、 槽轮机构 .....	(232)
二、 棘轮机构 .....	(236)

# 第一章 机械传动概述

## 一、什么是机械传动？它包括那些内容？

一部机器工作的时候，必须由原动机带动，由原动机供给机器需要的动力。但在大多数情况下，由于受到安装位置的限制，或是由于原动机的转速不符合机器工作部分的要求，所以需要在原动机和机器工作部分之间，利用一些装置来传递动力、传递运动和改变转速。这样的装置，叫传动装置。例如，汽车发动机和车轮之间的变速箱和传动轴（图 1—1）；车床的电机和主轴之间的皮带和主轴箱里的许多对齿轮（图 1—2），都是传动装置。

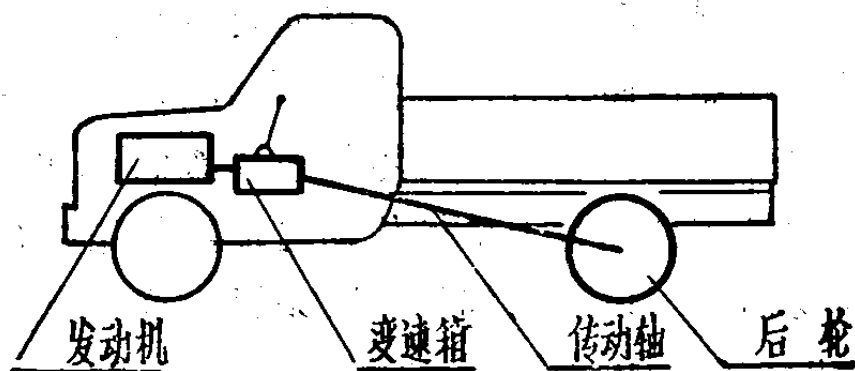


图 1—1

用上述的皮带、齿轮这样一些机械零件组成的传动装置，称为机械传动。

常用的机械传动，除皮带传动、齿轮传动以外，还有链传动、摩擦轮传动等几种。由于很多机械传动零件，都需要



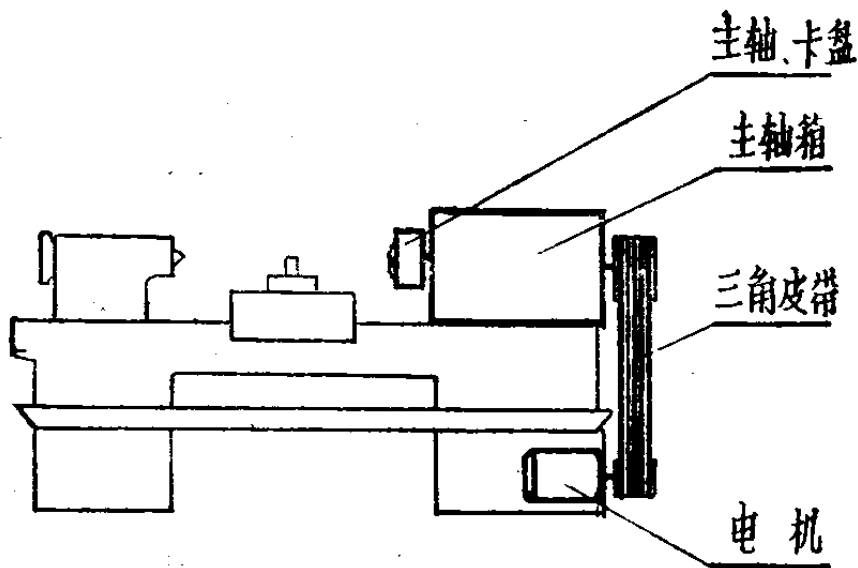


图 1—2

安装在轴和轴承上才能工作；有些轴与轴之间，还需要联轴器来联接；有些机器的工作部分的运动，还要利用凸轮机构，槽轮机构，连杆机构等来协同完成。因此，以上这些机械零件和机构的工作原理、特点和选用方法，我们也把它们编入这本《机械传动》，分章予以简要叙述。

机械传动要传递动力，要传递运动，就需要进行动力的计算和转速的计算；有些传动零件还要考虑强度问题。因此，在我们具体介绍各类机械传动之前，首先结合一台常见的自制简易吊车（以下简称吊车）来讨论这些问题。

吊车的结构和传动简图见图 1—3，它的工作情况是这样的：小皮带轮 2 装在电机 1 轴上，它通过三角皮带 3，带动大皮带轮 4 和小齿轮 5 转动（因为小齿轮 5 和大皮带轮 4 都固定联接在同一根轴上），小齿轮 5 又带动大齿轮 6 和卷筒 7 转动，卷筒卷绕钢绳并通过滑轮使吊钩 9 上升起重。在关掉电机以后，制动器 8 能防止重物下滑，保证了工作安全。

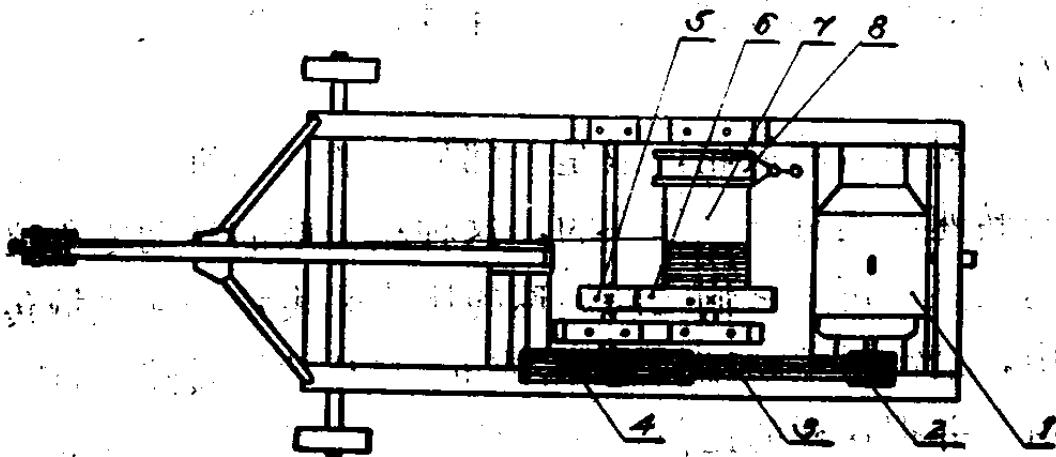
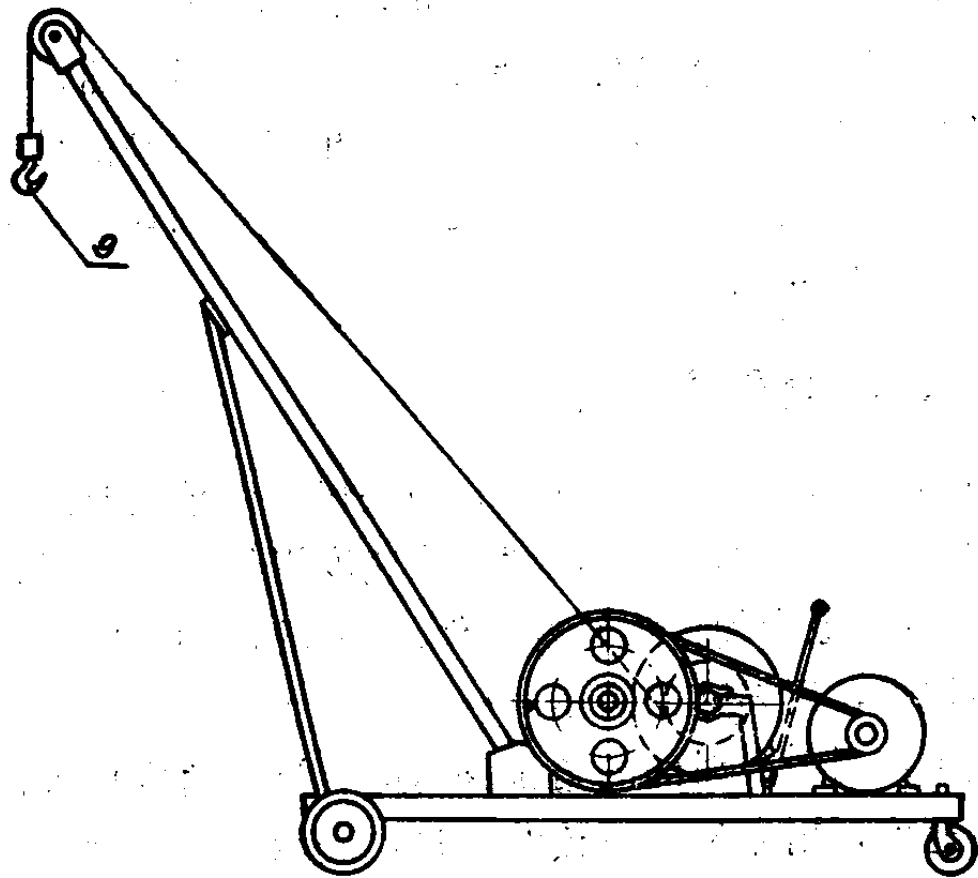


图 1—3

- |       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| 1 电机  | 2 小皮带轮 | 3 三角皮带 | 4 大皮带轮 |
| 5 小齿轮 | 6 大齿轮  | 7 卷筒   | 8 制动器  |
|       |        |        | 9 吊钩   |

在这台吊车上，电机是原动机，吊钩连同卷筒是工作部分。三角皮带和齿轮是传动装置，它们的任务是带动卷筒转动并传递卷筒需要的功率，同时，把电机的较高的转速，变为卷筒所需要的较低的转速，使吊钩按规定的速度提升规定重量范围内的重物。

## 二、转速和传动比

吊钩升降，是直线运动，它的快慢，用单位时间内吊钩移动的距离来衡量，称线速度。线速度用符号  $v$  表示，单位常用米/秒。象卷筒、齿轮等零件，它们的运动是回转运动。转动的快慢，用转速来表示。转速有两种表示方法：

(1) 用单位时间的角位移（即转过的角度）来计量。称为角速度，用字母  $\omega$ （读欧米加）表示，一般这个角度用弧度计量，单位是径/秒或 1/秒；

(2) 用每分钟若干转来计量。用字母  $n$  表示，单位是转/分。

一对啮合的齿轮，或是一部机器的原动机和工作部分之间的转速，是有一定联系的，这种相关联的转动零件之间的转速关系，可用它们之间转速的比值来表示，在机械传动计算中，最常用主动轴转速  $\omega_1$  或  $n_1$  与从动轴转速  $\omega_2$  或  $n_2$  的比值，并把这样的比值，叫做传动比，用字母  $i$  表示。即

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1-1)$$

各类机械传动的传动比，都有一定的范围，列于表 1—1。

表1—1 各类机械传动的传动比(单级)

传动种类	平皮带	三角皮带	摩擦轮	圆柱齿轮	圆锥齿轮	蜗杆	链传动
传动比 $i$	$i \leq 5$	$i \leq 7 \sim 15$	$i \leq 5 \sim 7$ 特殊情况可到 15~25	$i \leq 10$ 常用 $i \leq 5$	$i \leq 6$ 常用 $i \leq 3$	开式 $i = 7 \sim 100$ 常用 $i = 15 \sim 60$ 闭式 $i = 7 \sim 80$ 常用 $i = 10 \sim 40$	$i \leq 6 \sim 10$

由多级传动组成的机械传动，它的总传动比，等于各级传动比的乘积。即

$$i_{\text{总}} = i_1 \times i_2 \times \dots \times i_{\text{末}} \quad (1-2)$$

根据这个关系，当我们从传动比方面来考虑一部机器的方案时，可以先根据机器工作部分（或输出轴、从动轴）需要保证的转速和所选用的原动机（或输入轴、主动轴）的转速，算出总传动比  $i_{\text{总}}$ 。然后，根据  $i_{\text{总}}$  的大小，结合机器的工作条件，来决定所选用的机械传动的种类、级数和各级传动的传动比。这个过程，叫做传动方案的选定和传动比分配。

例如：图 1—3 的吊车，已知吊车提升重物的线速度（即吊钩运动的线速度） $v = 0.46$  米/秒，假若卷筒直径选定为  $D_{\text{卷}} = 200$  毫米(注)，电机转速选定为  $n_1 = 1450$  转/分，我们可以按以下顺序来进行传动方案的选定和传动比分配：

注：卷筒直径  $D_{\text{卷}}$ ，一般取为钢绳直径的 20~40 倍。钢绳直径  $d$  根据所吊的最大重量的 3~5 倍，在《机械设计手册》等资料中选取。

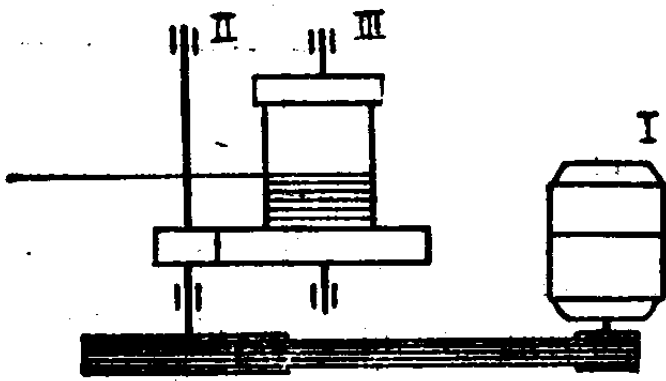


图 1—4

这台吊车的机械传动，可用图 1—4 的传动简图来表示，并给各根轴编上号，以便于计算。

首先，算出卷筒的转速，即轴Ⅲ的转速  $n_{\text{Ⅲ}}$  (转/分)

因为卷筒的圆周速度等于钢绳和吊钩的线速度  $v$ ，所以

$$v = \frac{\pi D_{\text{卷}} n_{\text{Ⅲ}}}{60 \times 1000} \quad (\text{分母上的 } 1000 \text{ 是把 } D_{\text{卷}} \text{ 的毫米，化为}$$

米，60 是把分化为秒)

从而：

$$n_{\text{Ⅲ}} = \frac{60 \times v \times 1000}{\pi \times D_{\text{卷}}} = \frac{60 \times 0.46 \times 1000}{\pi \times 200} = 44 \text{ (转/分)}$$

然后，根据  $n_{\text{Ⅲ}} = 44$  转/分和电机转速  $n_{\text{Ⅰ}} = 1450$  转/分，算出总传动比  $i_{\text{总}}$ ：

$$i_{\text{总}} = \frac{n_{\text{Ⅰ}}}{n_{\text{Ⅲ}}} = \frac{1450}{44} \approx 33$$

由于各类传动，都有它适合的传动比范围（参看表 1—1），只用一级皮带或一级齿轮传动，不能得到这样大的传动比，因此考虑采用一级皮带和一级齿轮来满足  $i_{\text{总}}$  的需要。只要使两级传动的传动比乘积等于  $i_{\text{总}}$  即可。例如，我们可以令  $i_{\text{皮带}} = 5.5$ ， $i_{\text{齿轮}} = 6$  或  $i_{\text{皮带}} = 4.5$ ， $i_{\text{齿轮}} = 7.3$  都可以保证卷筒按  $n_{\text{Ⅲ}} = 44$  转/分转动，保证吊钩按  $v = 0.46$  米/秒工作。

综上所述，我们可以看出，一部机器的传动方案，传动种类、传动级数等，是根据机器工作部分的需要和各种传动的特点，经过选定，计算得出来的。

传动比，是设计机械传动时，必须确定的基本数据之一。

### 三、功率和效率

#### (一) 功率的计算

当一个力  $P$ ，作用在一个物体上，并使这个物体沿力的方向移动了一段距离  $S$ ，我们说这个力作了功。功的大小，用力  $P$  与距离  $S$  的乘积来衡量。常用字母  $W$  表示。

$$W = P \times S \quad (1-3)$$

机械传动计算中，力的单位常用公斤，距离的单位常用米，所以，功的单位为公斤·米或  $\text{kg}\cdot\text{m}$ 。

单位时间  $t$  内作的功的多少，称功率，它是衡量一部机器作功能力大小的一个标志。功率习惯上用字母  $N$  表示。

$$N = \frac{W}{t} = \frac{P \times S}{t} = P \times \frac{S}{t} = P \times v \quad (1-4)$$

由上式可以看出，功率  $N$  也可以用力  $P$  和物体移动的线速度  $v$  的乘积来计算。

对于作回转运动的物体，功率可以用作用在该物体上某一圆周切线方向的力  $P$  (称圆周力) 和该圆周切线方向的速度  $v$  (称圆周速度) 的乘积来计算。

当回转物体的角速度  $\omega$  和转矩  $M$  (参看下节转矩的计算) 已知时，因为作用在直径为  $D$  的圆周上的圆周力：

$$P = \frac{M}{\frac{D}{2}} = \frac{2M}{D}$$

圆周速度：

$$v = \frac{D}{2} \cdot \omega$$

于是，功率：

$$N = P \times v = \frac{2M}{D} \times \frac{D}{2} \omega = M \cdot \omega \quad (1-5)$$

即是说，回转物体的功率，可以用该回转物体的转矩和角速度的乘积来计算。

机械传动计算时，力的大小，常用公斤，线速度常用每秒米，所以，功率的单位，是每秒公斤·米，记作公斤·米/秒或 $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$ 。

在实际应用时，常用千瓦(KW)或马力(HP)来表示功率的大小。

一千瓦等于每秒102公斤·米的功，即：

$$N = \frac{Pv}{102} \quad (\text{千瓦}) \quad (1-6)$$

一马力等于每秒75公斤·米的功，即

$$N = \frac{Pv}{75} \quad (\text{马力}) \quad (1-7)$$

千瓦与马力都是表示功率大小的单位，它们可以互相换算。

1千瓦 = 1.36 马力；或 1 马力 = 0.735 千瓦。

现在，结合着前面的吊车，来看一看功率的计算。

设吊钩工作时的最大吊重量  $Q = 750$  公斤，吊钩的速度已

规定为  $v = 0.46$  米/秒，按千瓦计算得：

$$N = \frac{Qv}{102} = \frac{750 \times 0.46}{102} = 3.38 \text{ (千瓦)}$$

在设计机械传动时，它所传递的功率大小，也是必须知道的基本数据之一。

## (二) 机械传动的效率

机械传动在传递功率时，不可避免地会有损失（如摩擦损失），因此，从动轴实际得到的功率  $N_{\text{从动}}$ ，总是小于主动轴输入的功率  $N_{\text{主动}}$ ，我们用  $N_{\text{从动}}$  与  $N_{\text{主动}}$  的比值来衡量功率传递过程中的有效程度，称为传动效率，用字母  $\eta$ （读作唉塔）表示

$$\eta = \frac{\text{从动轴实得功率}}{\text{主动轴输入功率}} = \frac{N_{\text{从动}}}{N_{\text{主动}}} \quad (1-8)$$

在多级传动中，功率每经一级传动，就有一次损失。整个多级传动的效率称为总传动效率，用  $\eta_{\text{总}}$  表示。 $\eta_{\text{总}}$  等于最末一级输出的功率与为首一级输入的功率的比值，也等于各级传动的效率  $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{\text{末}}$  的乘积。即

$$\eta_{\text{总}} = \frac{N_{\text{末级输出}}}{N_{\text{首级输入}}} = \eta_1 \times \eta_2 \times \dots \times \eta_{\text{末}} \quad (1-9)$$

各类机械传动的效率，已用实验方法测定，列于表1—2，因此，我们可以根据从动轴需要保证的功率和传动效率，去计算主动轴需要输入的功率。

例如，图1—3的吊车的机械传动，是由一级皮带传动和一级齿轮传动组成的，由表1—2假设取  $\eta_{\text{皮带}} = 0.91$ ，



**表 1—2 各类机械传动的效率的平均值 (包括轴承损失)**

传动种类	皮带传动	齿轮传动	自锁蜗杆传动	非自锁蜗杆传动	链传动
$\eta$	0.9~0.94	0.92~0.98	0.3~0.5	0.7~0.9	0.9~0.97

$\eta_{\text{齿轮}} = 0.94$ ; 那么, 这台吊车的总传动效率

$$\begin{aligned} \eta_{\text{总}} &= \frac{N_{\text{卷筒(大齿轮)}}}{N_{\text{电机(小皮带轮)}}} = \eta_{\text{皮带}} \times \eta_{\text{齿轮}} \\ &= 0.91 \times 0.94 = 0.855 \end{aligned}$$

当我们把滑轮的摩擦损失忽略不计时, 卷筒的功率  $N_{\text{卷筒}}$  应等于吊钩的功率 3.38 千瓦, 根据上面的关系, 可以求出电机需要的功率

$$N_{\text{电机}} = \frac{N_{\text{卷筒}}}{\eta_{\text{总}}} = \frac{3.38}{0.855} = 3.95 \text{ (千瓦)}$$

根据这个数据, 就可以选用电机功率。

各级传动在计算时, 总是以主动轴的功率为依据。例如, 皮带传动一级的功率, 以主动轮, 即小皮带轮或轴 I 的功率为依据, 即

$$N_{\text{皮带}} = N_{\text{I}} = 3.95 \text{ (千瓦)}$$

齿轮传动一级的功率, 以小齿轮, 即轴 II 的功率为依据:  
即

$$N_{\text{齿轮}} = N_{\text{II}} = N_{\text{I}} \times \eta_{\text{皮带}} = 3.95 \times 0.91 = 3.59 \text{ (千瓦)}$$

#### 四、转矩的计算

机械传动中许多零件, 如齿轮、皮带轮以及卷筒卷绕钢绳