

机械设计基础

冯中鋆 沈乐年 范珍良 合编

清华大学出版社

内 容 提 要

本书根据1986年全国教学工作会议精神,参照1987年国家教委批准印发的《高等工业学校机械设计基础课程教学基本要求》编写。

全书共分十一章,包括机械设计概论 联接零件、传动零件和部件、轴及其联接和支承、非匀速传动机构、弹簧等各部分,为机械传动零部件设计提供必要的基础知识。每章都有适量的例题和习题,并附必要的资料。

本书可用作高等工科院校非机械类专业“机械设计基础”课程的教材,授课学时宜为60左右。也可供有关工程技术人员参考。

机 械 设 计 基 础

冯中鏊 沈乐年 范珍良 合编

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

北京市昌平区印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 18 5/8 字数: 464千字

1989年2月第1版 1989年9月第2次印刷

印数: 8001~18000

ISBN 7-302-00378-5/TH·18

定价: 3.75 元

前 言

本书是根据 1986 年 10 月在江西庐山召开的全国教学工作会议精神编写的。适用于高等工科院校加工工艺、动力、力学、材料、化工、核能、环保等专业。计划授课学时为 60 左右，不包括后续的课程设计。

编写中力求体现“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的原则，围绕机械传动零部件的设计，在主要内容上确保足够的理论深度，对一般内容则注意其知识面的广度。全书共分十一章。每章都有适量的例题和习题，并附有必要的资料，可与《机械零件手册》配套使用。

参加编写的有：范珍良（第四、五章）、沈乐年（第七、八、九章）和冯中璠（其余各章，并总其成）。参加审稿的有：葛中民和于德潜。

限于水平，缺点错误在所难免，恳切希望各方面专家和广大读者阅后提出宝贵的意见。

编 者

1986 年 12 月

目 录

第一章 机械设计概论	1
§ 1-1 机械设计的任务和“机械设计基础”的内容	1
§ 1-2 机械的组成和传动的作用	1
§ 1-3 机械传动的运动、动力计算	3
第二章 螺纹联接和螺旋传动	12
§ 2-1 螺纹的形成及其主要参数	12
§ 2-2 螺纹的受力、自锁和效率	13
§ 2-3 机械中常用的联接螺纹和螺纹联接件	16
§ 2-4 螺纹联接的结构设计	19
§ 2-5 螺纹联接的强度计算	23
§ 2-6 螺纹联接件的材料和许用应力	28
§ 2-7 螺旋传动	31
第三章 带传动和链传动	41
§ 3-1 带传动概述	41
§ 3-2 带传动的工作原理	43
§ 3-3 三角带传动的结构及其尺寸参数	48
§ 3-4 三角带传动的工作能力和设计计算	53
§ 3-5 链传动概述	61
§ 3-6 链传动的工作原理	62
§ 3-7 套筒滚子链传动的结构	65
§ 3-8 套筒滚子链传动的工作能力和设计计算	68
第四章 齿轮传动	74
§ 4-1 概述	74
§ 4-2 渐开线齿廓及其啮合特性	74
§ 4-3 直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	78
§ 4-4 一对渐开线齿轮的啮合	81
§ 4-5 齿轮轮齿的加工和根切现象	83
§ 4-6 轮齿的失效和齿轮的材料	85
§ 4-7 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	89
§ 4-8 斜齿圆柱齿轮传动	99
§ 4-9 直齿圆锥齿轮传动	109
§ 4-10 齿轮传动精度和齿轮结构	117
第五章 蜗杆传动	124

§ 5-1 蜗杆传动的类型和特点	124
§ 5-2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	125
§ 5-3 蜗杆传动的滑动速度和效率	130
§ 5-4 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	132
§ 5-5 蜗杆传动的受力分析	133
§ 5-6 蜗杆传动的承载能力计算	134
第六章 周转轮系和减、变速器	142
§ 6-1 周转轮系及其传动比	142
§ 6-2 减速器	147
§ 6-3 变速器	150
第七章 轴和轴毂联接	156
§ 7-1 概述	156
§ 7-2 轴的结构设计	158
§ 7-3 轴的强度设计	163
§ 7-4 轴毂联接	169
第八章 轴承	175
§ 8-1 滑动轴承概述	176
§ 8-2 非液体摩擦滑动轴承的结构和材料	176
§ 8-3 润滑剂和润滑装置	182
§ 8-4 非液体摩擦滑动轴承的计算	185
§ 8-5 液体摩擦滑动轴承简介	189
§ 8-6 滚动轴承概述	190
§ 8-7 滚动轴承的组合设计	196
§ 8-8 滚动轴承的配合、装拆和润滑、密封	202
§ 8-9 滚动轴承的选择计算	208
§ 8-10 向心滑动轴承与滚动轴承的比较	227
第九章 联轴器和离合器	229
§ 9-1 联轴器	229
§ 9-2 离合器	241
第十章 非匀速传动机构	253
§ 10-1 平面连杆机构	253
§ 10-2 凸轮机构	265
§ 10-3 间歇运动机构	270
第十一章 弹簧	278
§ 11-1 概述	278
§ 11-2 圆柱螺旋拉、压弹簧的设计计算	280
§ 11-3 圆柱螺旋扭转弹簧的设计计算	288

第一章 机械设计概论

§ 1-1 机械设计的任务和“机械设计基础”的内容

为了实现社会主义四化建设的宏伟目标，全国人民正在党的领导下努力奋斗。七五计划要求：积极推进技术改造，采用先进的工艺和设备，把产品质量和经济效益提高到新的水平。机械工业担负着装备国民经济各部门的使命，要求提供先进的技术装备和机械产品，同时还需进行自身的技术改造，任务相当艰巨。为了很好地完成这一任务，除了依靠现正从事机械工业的领导干部、科技人员和广大职工的共同努力外，还必须根据面向现代化、面向世界、面向未来的方针，大力进行智力开发和人才培养，为机械工业输送合格的后备力量；同时，要重视机械知识的普及工作，使应用机械设备的各行各业有关人员能对机械设计制造有足够的了解，以便与专业机械人员密切配合，正确发挥各种机械设备在四化建设中的作用。

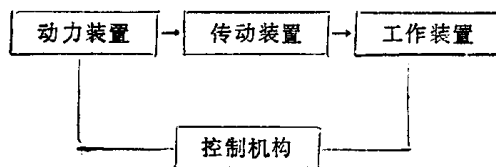
机械设计是机械产品开发和技术改造的关键性环节，影响到全局的成败，至关重要；必须根据设计对象的任务要求和工作条件，从结构轻巧、易于制造、维修方便、性能良好、成本低廉、耐久可靠等方面综合考虑，力求圆满完成。为此，需要设计人员具备必要的理论知识和实践经验，深入实际，调查研究，并从有关资料中及时掌握业务信息，消化吸收，取长补短。

“机械设计基础”是一门介绍机械设计基础知识并培养设计能力的课程，其内容主要介绍各种通用机械零件以及由之组合而成的部件，叙述其工作原理、性能特点、结构、材料、标准、使用方法以及设计计算等。所谓通用零件，是指在绝大多数机械中都具备的常见零件，如螺钉、皮带、链条、齿轮、轴和轴承等。至于只用于某种机械、专业性较强的专用零件，则不属本课程讲述的范围。

本课程的教学是在学生学完工程力学、机械制图、机械制造基础等课程并经过金工实习的基础上进行的，又是为各专业的综合性设计打基础的，所以，在教学计划中起到承上启下的作用。

§ 1-2 机械的组成和传动的作用

机械的种类繁多，形式各不相同，但就其本质来说，总不外乎由下列四部分所组成，可图解为



1. **动力装置**——是机械工作能力的来源。各种机械普遍应用的动力装置有两大类：（1）电动机——直流的和交流的，交流中又有同步的和异步的；（2）内燃机——汽油机和柴油机。

2. **传动装置**——是将动力装置的运动和动力传送到工作部分的装置，在动力装置与工作装置之间起“桥梁”的作用。传动装置由各种通用零件所构成，包括螺旋-螺母、摩擦轮、带-带轮、链-链轮、齿轮、蜗杆-蜗轮等传动零件和轴、轴承、联轴器等。一台机械的传动装置可以由一种传动零件构成的一级或多级传动，也可以是由几种传动零件构成的多级传动。

3. **工作装置**或称**执行装置**——是直接完成工作任务的部分，如水轮机的叶轮、发电机的转子、起重机的吊钩、抓斗、机床的刀架、等等。由于各种机械的用途不同，其工作装置也各不相同，在工作时，有的转动，有的移动。每台机械的工作装置直接表示了机械的特性。

4. **控制机构**——是控制机械各部分、使之能起或不起各种作用的装置。如使机械开或停、改变运动的速度和方向、输出或切断动力等。控制机构常由一些连杆、拨叉、凸轮、弹簧等零件构成。

今以图 1-1 所示的曲柄压力机为例，说明机械的组成。图中，电动机 1 是机械的动力装置；带传动 2、转轴 3、齿轮传动 4、离合器 5、曲轴 6 和连杆 7 是机械的传动装置；脚踏板 9 和使离合器开合的连杆部分 10 则是机械的控制机构。

上述机械的四个组成部分中，传动装置占有重要的地位。它不仅能将运动和动力从动力装置传送到工作装置，而且能起到以下几种作用：

1. **改变运动的形态**——由旋转变为移动，由连续运动变为间歇运动。如卷扬机（图 1-2）的动力装置（电动机）输出的是旋转运动，而工作装置（吊钩）却要求作直线移动，就靠卷筒和钢丝绳的传动来解决这一矛盾。又如图 1-1 的曲柄压力机，其动

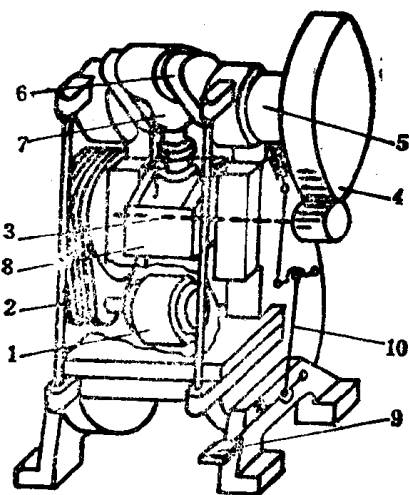


图 1-1

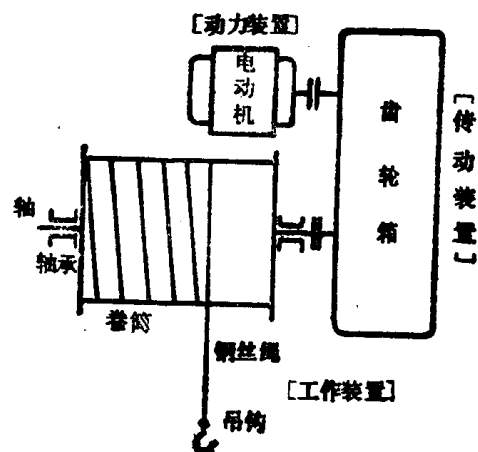


图 1-2

力装置的运动是连续的，而工作装置的运动则是间歇的。

2. 减速（或增速）——传动装置的末轴（与工作装置相连）转速与动力装置的转速一般总是不一致的，就靠传动装置来改变。如电动机转速常为每分钟几百转至千转以上，而卷扬机的卷筒转速只有每分钟几转至几十转，用作传动装置的齿轮箱必须起减速的作用。

3. 变速——当工作装置有大小不等的几种速度（转速）时，传动装置（变速齿轮箱）应能将来自动力装置的一种转速变为大小不等的几种转速传送给工作装置。如车床（图 1-3）的主轴要求有一、二十种转速，工作时需根据实际情况加以变换。

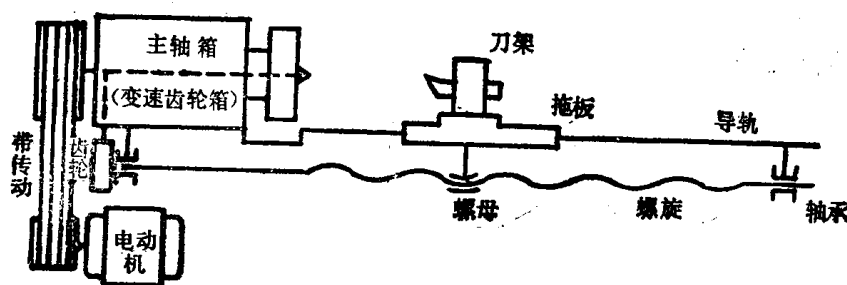


图 1-3

4. 变向——在不改变动力装置转向的情况下，能使工作装置的转向任意改变。卷扬机的传动装置（齿轮箱）能使卷筒顺转或倒转，使重物被拖动向前（上升）或向后（下降）。车床的主轴和刀架都可以改变转动或移动的方向。

5. 分配动力和运动——由一个动力装置带动两个或更多的工作装置。

以上提到机械各部分，仅限于作为机械共同基础的各种刚性和挠性机械零件的组合。此外，现代化机械设备和产品中还广泛应用各种液压、气动、光学和电子等装置，则涉及各个专业领域深入研究的内容。因此，一个高水平的现代化机械设计，应当由各个方面的专业人员密切配合，共同努力，方能圆满完成。

§ 1-3 机械传动的运动、动力计算

如上所述，传动装置在机械中占有重要的地位，常常是机械的主体部分。一般的机械传动设计大致需经以下步骤：

1. 根据机械的工作要求，选择传动零件和部件的类型；
2. 进行传动的总体计算，确定各个零件的运动、动力参数，为计算零件所受的载荷、确定零件的尺寸准备数据；
3. 进行传动零件和部件的设计，选择材料，由强度、刚度或其它因素确定基本尺寸，并考虑工艺、使用和标准化等条件，绘制传动结构草图，进行结构设计；
4. 进行非标准零件的结构细部设计，绘制零件工作图；
5. 编写设计计算说明书、标准件和外购件明细表等技术文件。

这里先就机械传动的总体计算作一介绍，其它问题留待后面各章的教学和课程设计再予说明。

一、机械传动的运动计算

运动计算的目的是求得传动装置的传动比。所谓传动比是指传动的主动部分与从动部分（即运动的输入部分与输出部分）的转速之比。一般，机械的传动装置常由多种零件组成多级的传动，图 1-4 中的皮带运输机为常见的例子，它由带传动和齿轮传动所组成。设主动和从动带轮的直径分别为 D_1 、 D_2 ，主动和从动齿轮的齿数分别为 z_3 、 z_4 ，相应各轮的转速分别为 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 ，则将由本书第三、四章得知，传动装置的部分传动比应是

$$\left. \begin{array}{l} \text{带传动} \quad i_{\text{带}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \\ \text{齿轮传动} \quad i_{\text{齿}} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{z_4}{z_3} \end{array} \right\} \quad (1-1)$$

在设计中，更重要的是计算传动装置的总传动比。设作为动力装置的电动机转速为 n_0 ，作为工作装置的卷筒转速为 n_x ，在这里， $n_0 = n_1$ ， $n_2 = n_3$ ， $n_x = n_4$ ，则总传动比应是

$$i_{\text{总}} = \frac{n_0}{n_x} = \frac{n_1}{n_4} = \frac{n_1}{n_2} \times \frac{n_3}{n_4} = i_{\text{带}} \times i_{\text{齿}} = \frac{D_2}{D_1} \times \frac{z_4}{z_3} \quad (1-2)$$

可见，总传动比等于各个部分传动比的连乘，也即等于各个从动零件（带轮 2、齿轮 4）的基本参数连乘与各个主动零件（带轮 1、齿轮 3）的基本参数连乘之比。

图 1-5 中，介于主动齿轮 1 与从动齿轮 2 之间装有中间齿轮 3；对于 1-3 传动来说，它是从动零件，对于 3-2 传动来说，则是主动零件。因得部分传动比：

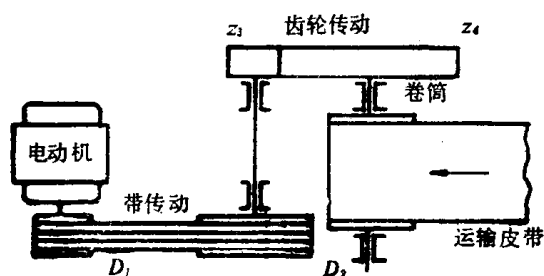


图 1-4

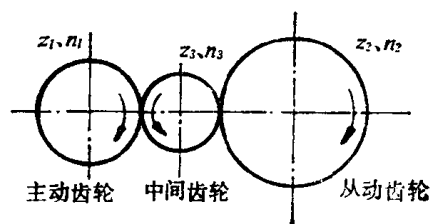


图 1-5

$$1-3 \text{ 传动} \quad i_{1-3} = \frac{n_1}{n_3} = \frac{z_3}{z_1}$$

$$3-2 \text{ 传动} \quad i_{3-2} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{z_2}{z_3}$$

而总传动比

$$i_{\Sigma} = i_{1-2} = i_{1-3} \times i_{3-2} = \frac{z_3}{z_1} \times \frac{z_2}{z_3} = \frac{z_2}{z_1} \quad (1-2a)$$

可见,中间齿轮的齿数是不影响总传动比的。但是,有了中间齿轮能起到改变传动转向的作用;如图 1-5,有了中间齿轮之后,从动齿轮的转向将由与主动齿轮相反改变为与主动齿轮相同。而且如再增加中间齿轮,使齿轮的啮合次数加多,从动齿轮的转向还会继续改变。在某些齿轮的计算中,不但要算出传动比的数值,而且还要确定主动齿轮与从动齿轮转向之间的关系,就需要算出传动比的代数值,用正负号来加以区别。设正号表示顺时针转向,负号表示反时针转向, j 为齿轮间的总啮合次数(如图 1-5 中的 j 应等于 2),则齿轮的传动比等于

$$i = \frac{n_1}{n_2} = (-1)^j \frac{z_2}{z_1} \quad (1-3)$$

式中, i 、 n_1 和 n_2 都取代数值, j 和 z_1 、 z_2 都为正整数。当 i 为正值时表示主动齿轮与从动齿轮转向相同;反之,当 i 为负值时则表示转向相反。

以上所述为外接齿轮传动的情况。倘如图 1-6 所示,2 与 3 改为内接齿轮传动,则其啮合次数应不计入总啮合次数 j 之内,因为其啮合并不改变转向。图中的 j 应等于 1 而不能为 2。

图 1-7 所示的车床走刀齿轮板是利用中间齿轮改变转向的例子。当齿轮板处于 a 图位置时,中间齿轮 3 同时与主动齿轮 1 和从动齿轮 2 啮合,与 3 相啮合的另一中间齿轮 4 则不与 1 和 2 相啮合,总共啮合两次。当齿轮板转过一个角度,处于 b 图位置时,3 与 1 脱开,而 4 与 1 啮合,使总的啮合多了一次。一般,1、2 齿轮常取相同的齿数, $z_1 = z_2$ 。对于图 (a) 的啮合, $j=2$,则 $i=+1$,1 与 2 的转向相同;对于图 (b) 的啮合, $j=3$,则 $i=-1$,1 与 2 的转向相反。

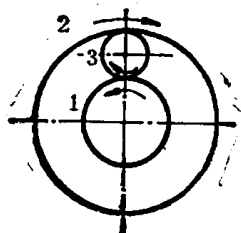


图 1-6

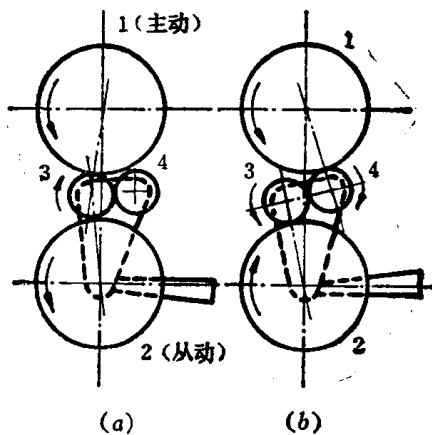


图 1-7

在机械传动设计中,不但要由已知的传动参数计算总的传动比,更多的是要由总的传动比分解为各个部分传动比,以确定各个传动零件的参数。如果总传动比的数值不大,则采用单级或级数较少的传动就能满足要求,不应当采用级数过多的传动,否则将使结构复杂、成本提高。但在总传动比的数值较大的情况下,就需采用多级传动,其总

传动比等于各部分传动比的连乘。这时，如不用多级传动而采用单级传动，则反而会使体积加大、重量增加，同样要加大制造成本。这是一个优化选择的问题。例如，对于齿轮传动，如要求总传动比 $i_{\text{总}}=5$ ，应当采用单级传动；倘使改用双级传动，其传动比 $i_{\text{总}}=i_{\text{高}} \times i_{\text{低}}=2 \times 2.5$ ，则重量将增加约 30%（图 1-8）。如总传比加大到 $i_{\text{总}}=20$ ，则采用双级传动，其传动比 $i_{\text{总}}=i_{\text{高}} \times i_{\text{低}}=4 \times 5=20$ 就比较恰当；否则改用单级传动，就要加大重量将近一倍（图 1-9）。

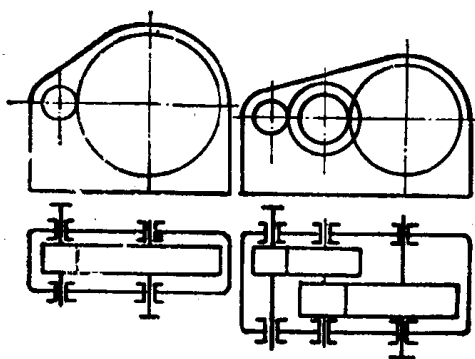


图 1-8

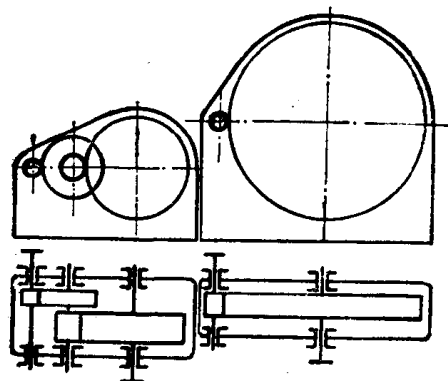


图 1-9

表 1-1 各种机械传动和轴承的最大（单级）传动比 i_{max} 和机械效率 η 的值

传 动 和 轴 承 的 类 型			$i_{\max}$ 值	η 值
摩擦轮传动	开 式		3 (5)	0.85~0.90
	闭 式			0.94~0.96
带 传 动	平 型 带		7 (10)	0.97~0.98
	三 角 带		3 (5)	0.95~0.96
链 传 动	开 式		5 (8)	0.90~0.92
	闭 式			0.96~0.97
齿轮传动	圆柱	开 式	6 (8)	0.92~0.94
		闭 式		0.96~0.98
	圆锥	开 式	4 (6)	0.90~0.92
		闭 式		0.95~0.97
蜗杆传动	开 式		80 (300)	按公式计算
	闭 式			
轴 承 (一对)	滑动 (非液体摩擦)			0.96~0.97
	滚 动			0.98~0.99

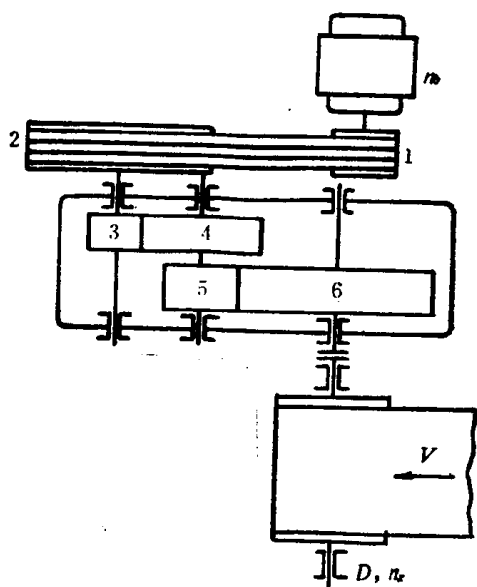
注：括弧内的数值用于特殊情况。

可见, 齿轮传动有一个合理经济的最大(单级)传动比 i_{max} 。如要求总传动比小于 i_{max} , 应采用单级传动; 如要求大于 i_{max} , 则应采用双级或更多级的传动, 每一级的部分传动比应不超过其本身的 i_{max} 。各种机械传动的最大(单级)传动比 i_{max} 值见表 1-1。

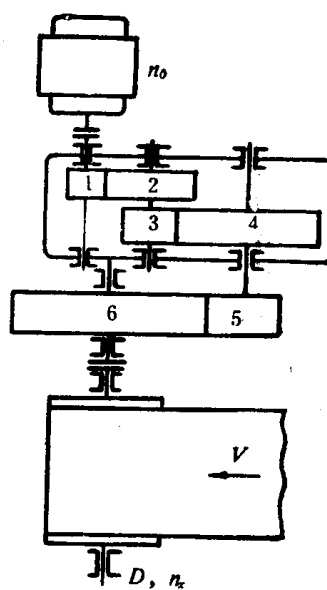
实际上, 实现总传动比的传动方案可能不止一个, 则应分别进行总体计算, 然后考虑一些具体情况, 如传动性能的优劣、制造与供应的难易、空间布置的是否紧凑、成本高低等进行分析比较, 从中确定一种比较满意的方案。

有了各级传动比的数值, 就可以算出各个传动零件的转速, 作为零件设计的依据。

例 1-1 就下列两种皮带运输机传动装置的方案分别确定各级传动的部分传动比, 并计算各个传动零件的转速。已知: 电动机转速 $n_0 = 1450 \text{ r/min}$, 运输皮带线速 $v = 0.5 \text{ m/s}$, 卷筒直径 $D = 500 \text{ mm}$ 。



方案一 带—两级闭式齿轮传动



方案二 两级闭式—开式齿轮传动

例 1-1 图

解 1) 运输皮带线速 $v = \frac{\pi D n_x}{60 \times 1000} \text{ m/s}$

卷筒转速 $n_x = \frac{v \times 60 \times 1000}{\pi D} = \frac{0.5 \times 60 \times 1000}{\pi \times 500} = 19.1 \text{ r/min}$

总传动比 $i_{总} = \frac{n_0}{n_x} = \frac{1450}{19.1} = 75.9$

2) 按表 1-1, 三角带传动和圆柱齿轮传动的 i_{max} 值分别为 3 和 6, 因而取各级传动比为:

方案一 $i_{带} \times i_{高} \times i_{低} = 2.5 \times 5.06 \times 6 = 75.9$

方案二 $i_{高} \times i_{低} \times i_{开} = 3.6 \times 4.22 \times 5 \approx 75.9$

3) 计算各个传动零件的转速, 过程从略, 结果如下:

	r/min	
	方案一	方案二
$n_0 = n_1$	1450	1450
$n_2 = n_3$	580	402.8
$n_4 = n_5$	114.6	95.4
$n_6 = n_x$	19.1	19.1

二、机械传动的动力计算

动力计算的目的是求得传动装置各部分的功率。图 1-10 为传动装置示意图, 功率由轴 I 输入, 经过 I、II、…、(j-1)、j 各轴与轴承、a-b、c-…-v、w-x 各级传动, 由轴 j 输出。如不计各处因摩擦等原因而引起的功率损失, 则传送到各个部分的功率应是相等的; 但实际上并不相等, 一部分无效功率损失在相关的传动零件之间和轴与轴承之间, 机械能变为热能被消耗掉了, 因而引入机械效率 η 的概念。如 P_{λ} 表示全功率、或输入功率, $P_{\text{出}}$ 表示有效功率、或输出功率, 则

$$P_{\text{出}} = P_{\lambda} \eta \quad (1-4)$$

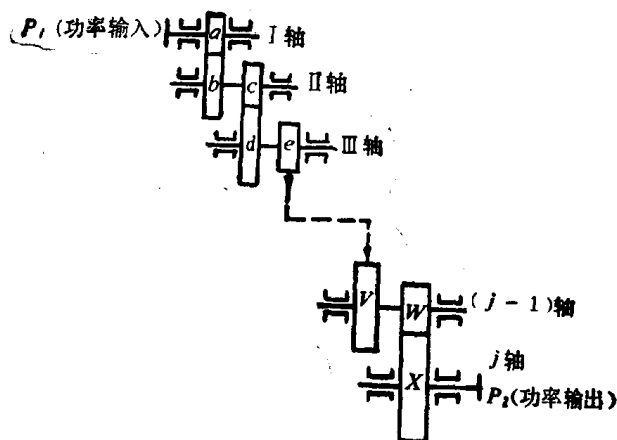


图 1-10

η 值恒小于 1。这个功率之间的关系, 既表现在整个传动装置的总体上, 也表现在各个传动零件和轴与轴承的局部上。设 P_1 、 P_2 为传动装置的输入、输出功率, P_a 、 P_b 、…、 P_w 、 P_x 为相应部分的功率, $\eta_{\text{总}}$ 为整个传动装置的总机械效率, $\eta_{\text{承}}$ 为每一根轴与每一对相配轴承间的机械效率, η_{a-b} 、 η_{c-d} 、…、 η_{w-x} 为各级传动的机械效率, 于是

$$P_2 = P_1 \eta_{\text{总}}$$

又有

$$P_a = P_1 \eta_{\text{承}}$$

$$P_b = P_a \eta_{a-b}$$

$$P_c = P_b \eta_{\text{承}}$$

.....

$$P_w = P_v \eta_{\text{承}}$$

$$P_z = P_w \eta_{\text{承}}$$

$$P_2 = P_z \eta_{\text{承}}$$

将以上各式合并, 得出

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{承}}^i \cdot \eta_{\text{轴}} \cdots \eta_{\text{承}}$$

显然, 传动装置的总效率与各部分效率之间的关系是

$$\eta_{\text{总}} = \eta_{\text{承}}^i \cdot \eta_{\text{轴}} \cdots \eta_{\text{承}} \quad (1-5)$$

即总效率等于各部分效率的连乘。只要确定每一对轴承和每一级传动的机械效率, 即不难求出整个传动装置的总机械效率。

轴承和传动的机械效率不但决定于它们的形式, 还与加工精度、润滑情况等等因素有关。准确的机械效率值只能由实验测得。为了便于设计计算, 表 1-1 中同时列出在一般加工精度和正常润滑情况下的各种传动零件和轴承的机械效率概略值。

在机械设计中, 通过计算、实测或调查对比等方法可以确定整个传动装置的功率 P_1 或 P_2 , 从而也就确定了各部分的传动功率 P_a 、 P_b ..., 为进一步计算各个零件所受的载荷 (力或扭矩) 提供依据。

如输入到主动轴的功率为 P_1 (kW)、转速为 n_1 (r/min), 由从动轴输出的功率为 P_2 (kW)、转速为 n_2 (r/min), 则作用在主动和从动轴上的扭矩应分别为:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= 9.55 \times 10^6 \frac{P_1}{n_1} \text{ N} \cdot \text{mm} \\ T_2 &= 9.55 \times 10^6 \frac{P_2}{n_2} \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

因 $P_2 = P_1 \eta_{1-2}$, $n_2 = \frac{n_1}{i_{1-2}}$, η_{1-2} 和 i_{1-2} 分别为由主动轴至从动轴之间的机械效率和传动比, 于是得出两轴扭矩之间的关系为

$$T_2 = T_1 \cdot \eta_{1-2} \cdot i_{1-2} \quad (1-7)$$

这个关系对于整个传动装置以至任何部分的传动都是适用的。对于一般的减速传动, 由主动轴至从动轴间的机械效率 η_{1-2} 为与 1 相近的小数, 而传动比 i_{1-2} 则为比 1 大的倍数, 其结果总使从动扭矩 T_2 大于主动扭矩 T_1 , 即转速高的扭矩小, 转速低的扭矩大。这就是所谓“**减速增矩**”的原理, 也是传动装置所能起到的又一作用。卷扬机的电动机必须经过带传动和齿轮传动等减速以提高工作能力, 才能拖动重物, 否则将不可能。同时这又将使传动零件所受的载荷增加, 因此零件的尺寸必须相应加大, 否则将因强度不足而破坏。在多级传动中, 低速级零件的尺寸必然大于高速级零件的尺寸。

例 1-2 例 1-1 的方案一中, 运输皮带所受的拉力 $F = 4500\text{N}$, 所有轴承都是滚动的。要求:

1) 电动机输入给传动装置的总功率;

2) 传至高速级主动齿轮的功率;

3) 高速级齿轮所承受的扭矩。

解 1) 运输皮带工作时所需的功率

$$P_x = FV = \frac{4500 \times 0.5}{1000} = 2.25 \text{ kW}$$

按表 1-1, 取机械效率: $\eta_{\text{带}} = 0.95$, $\eta_{\text{齿}} = 0.96$, $\eta_{\text{承}} = 0.98$, 按式 (1-5), 传动总效率
 $\eta_{\text{总}} = \eta_{\text{带}} \cdot \eta_{\text{齿}} \cdot \eta_{\text{承}} = 0.95 \times 0.96 \times 0.98 = 0.84$

按式 (1-4), 传动装置的输入功率 $P_0 = \frac{P_x}{\eta_{\text{总}}} = \frac{2.25}{0.84} = 2.68 \text{ kW}$

2) 由电动机至高速级主动齿轮 3 的机械效率 $\eta_{0-3} = \eta_{\text{带}} \cdot \eta_{\text{承}} = 0.95 \times 0.98 = 0.93$

传至齿轮 3 的功率 $P_3 = P_0 \eta_{0-3} = 2.68 \times 0.93 = 2.49 \text{ kW}$

3) 齿轮 3 的转速 $n_3 = 580 \text{ r/min}$ (见例 1-1), 按式 (1-6), 齿轮 3 所受的扭矩

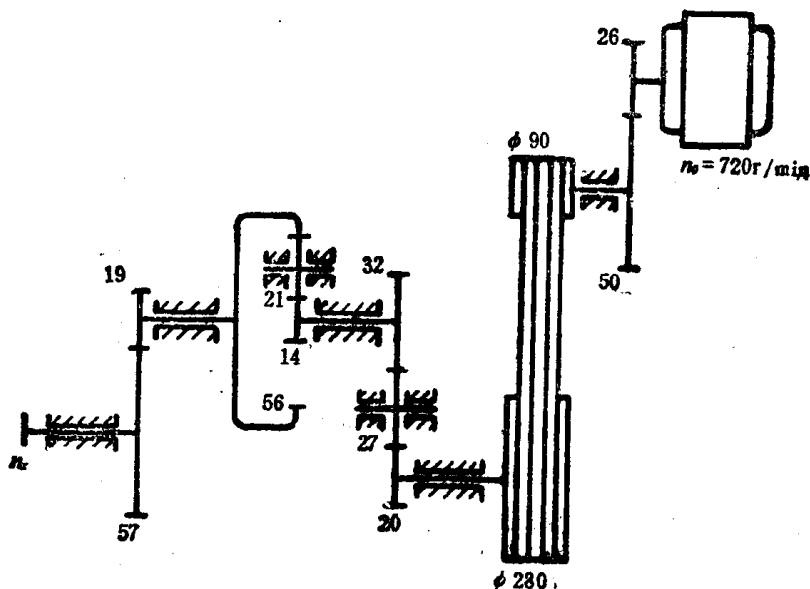
$$T_3 = 9.55 \times 10^6 \frac{P_3}{n_3} = 9.55 \times 10^6 \times \frac{2.49}{580} = 4.1 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

高速级齿轮传动比 $i_{3-4} = 5.06$ (见例 1-1), 按式 (1-7), 齿轮 4 所受的扭矩 T_4
 $= T_3 \cdot \eta_{3-4} \cdot i_{3-4} = 4.1 \times 10^4 \times 0.96 \times 5.06 = 19.9 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}$

习 题

1-1 图示带-齿轮传动装置, 带轮直径和齿轮齿数已标注于图。其中仅齿数为 21 和 56 的齿轮传动为内接啮合, 其余均为外接啮合。电动机转速 $n_0 = 720 \text{ r/min}$ 。问:

1) 总传动比 $i_{\text{总}} = ?$

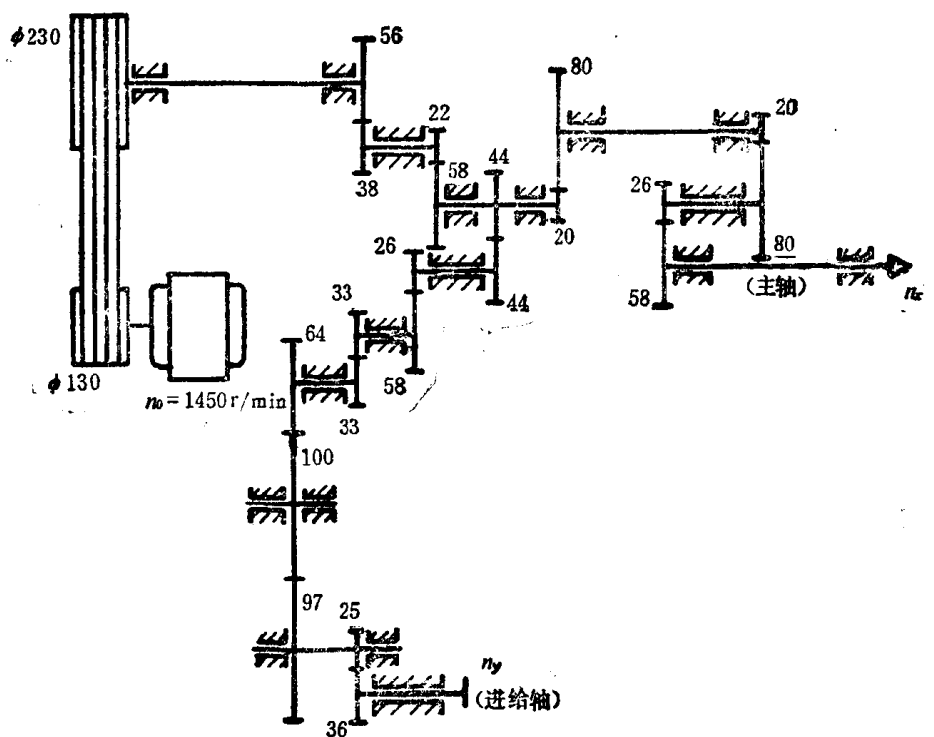


题 1-1 图

- 2) 输出轴转速 $n_x = ?$
- 3) 输出轴转向与电动机是否一致?
- 4) 总机械效率 $\eta_{\text{总}} = ?$

1-2 图示 CA6140 普通车床的部分传动系统, 带轮直径和齿轮齿数已标注于图。所有齿轮传动均为外接啮合。电动机转速 $n_0 = 1450 \text{ r/min}$ 。试分别列出由电动机至主轴和进给轴的总传动比计算式。并问:

- 1) 主轴转速 $n_x = ?$ 进给轴转速 $n_y = ?$
- 2) 主轴和进给轴的转向与电动机是否一致?
- 3) 设主轴工作时所承受的扭矩 $T_x = 2 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$, 进给轴工作时所承受的扭矩 $T_y = 1 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{mm}$, 则电动机应供给的功率为多少千瓦?



题 1-2 图

第二章 螺纹联接和螺旋传动

机械的各部分需用各种联接零件或各种方法组合起来,用得最多的是螺纹联接。它是属于可拆联接的一种,是利用钢等金属制的零件表面的螺纹来起联接作用的。它具有结构简单、形式多样、装拆方便、工作可靠、成本低廉等特点。缺点是螺纹部分有应力集中,在变载荷作用下容易疲劳断裂。

螺旋传动用以传递机械零部件之间的动力和运动。它的功用虽不同于螺纹联接,但由于其结构和受载情况与螺纹联接有共同之处,因而也合并在这一章里叙述。

§ 2-1 螺纹的形成及其主要参数

如图 2-1 所示,将直角三角形绕于直径为 d_2 的圆柱上。三角形的底边与圆柱的底面对齐,三角形的斜边就在圆柱表面形成一条螺旋线。其相邻两圈之间的轴向间距 s 称为螺旋线的导程。它与所对的三角形锐角 λ 、圆柱直径 d_2 之间应有

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{s}{\pi d_2} \quad (2-1)$$

λ 称为螺旋线的升角。

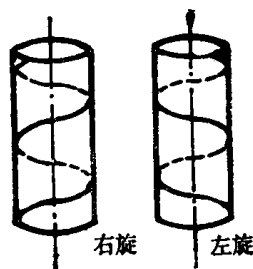


图 2-1

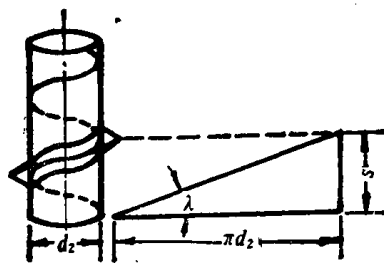


图 2-2

按照圆柱直立时螺旋线的方向是向右上升还是向左上升,有右旋和左旋之分(图 2-2)。

上述在圆柱上只绕成一条螺旋线,便称为单头的;如果绕成两条间隔均匀的螺旋线,则是双头的(图 2-3)。依此类推,还有三头的、四头的等。

相邻螺旋线之间的轴向间距 t 称为螺距。它与导程 s 、螺旋线头数 z 的关系是

$$s = z t \quad (2-2)$$

在机床上用各种剖面的刀具沿着螺旋线在工件表面切削,便能得到各种不同形状的