

张 英 斌
阎 以 诗 编

机 械 设 计 基 础 丛 书

挠 性 传 动 设 计

机 械 工 业 出 版 社

TH132.3.
7.8.
机械设计基础丛书

挠性传动设计

张英斌 阎以诗 编

机械工业出版社

内 容 提 要

本书是《机械设计基础丛书》之一。挠性传动是指带传动和链传动。

全书分带传动和链传动两章。书中主要介绍挠性传动的基本知识、设计计算方法和结构设计,并为设计工作者提供了挠性设计步骤和方法。可供从事机械设计的工人和技术人员参考。

机械设计基础丛书

挠性传动设计

张英斌 阎以诗 编

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $3^{1/4}$ · 字数 68千字

1985年4月北京第一版·1985年4月北京第一次印刷

印数 00,001—8,100 · 定价0.49元

*

统一书号: 15033·5907

前 言

为了实现我国社会主义四个现代化的宏伟目标，各个生产部门都力求大搞技术革新、推动技术进步，因而迫切需要以最新的机器来装备自己，以求不断提高产品质量、提高工效和经济效益。为此，机械设计日益成为技术改革中的重要环节。为适应这一新的形势需要根据“发展国民经济必须依靠科学技术，科学技术必须为国民经济服务”的方针，从当前实际需要出发组织编写了《机械设计基础丛书》。

本丛书共分九册：

- 一、平面连杆机构设计
- 二、凸轮机构设计
- 三、斜面机构和螺旋机构设计
- 四、挠性传动设计
- 五、齿轮传动设计
- 六、轴系零部件设计
- 七、常用机械设计
- 八、机器测绘技术
- 九、润滑和密封

本丛书是以结构设计为重点，介绍了设计计算的必要基础知识。并提供了许多机械设计实例，为设计工作引路。关于设计计算，除应用一般数学运算外，还考虑使用算图法（即诺谟图）它具有运算上简便迅速，数据可靠的优点，故本书尽量采用图算法进行计算。

本丛书是在机械设计学习班试用的基础上重新整理编写的。在编写过程中得到许多同志的支持与帮助，特别是东北工学院徐灏教授。参加审阅的有：郑福庭、方昆凡、郭胜楠、蔡绍秀、陈修鸿等同志，编者在此表示衷心的感谢。

在机械传动中，中心距较远的两轴间传递运动或动力是常见的。这种传动是使用挠性传动，即带传动和链传动。本书分带传动和链传动两章介绍了挠性传动的基本知识、设计计算方法和结构设计，并为设计工作者提供了挠性传动设计的步骤和方法。由于我们水平所限，难免存在某些缺点错误，望读者给予批评指正。

编者 一九八二年十二月

《机械设计基础丛书》

主编：张季高 毕传湖 曹金汤

编者：王汉文 马先贵 刘葆兴 伍文枢 毕传湖

张英斌 高泽远 张秀艳 张和远 周鹏翔

阎以诗 曹金汤 鄂仲凯 蔡春源

目 录

前 言

第一章 带传动	1
第一节 概述	1
第二节 带传动的工作情况分析	8
第三节 带传动的设计计算	14
第四节 三角带传动的张紧装置	43
第五节 平型带传动	44
第六节 其它带传动简介	53
第七节 带轮工作图的绘制	58
第二章 链传动	63
第一节 链传动的特点及应用	63
第二节 套筒滚子链	64
第三节 链轮结构和材料	69
第四节 链传动的运动分析和动力分析	74
第五节 套筒滚子链的设计计算	77
第六节 链传动的使用和维护	94

挠性传动是指带传动和链传动。它们是借助挠性元件胶带与链条，在中心距较远的两轴间传递运动或动力。这类传动具有吸收振动载荷和阻尼振动影响的作用，而其结构简单，易于制造，在各种机器上广泛使用，尤其在农业机械上代替齿轮传动的作用，可大大简化机构。

第一章 带 传 动

第一节 概 述

在一般机械传动系统中，经常采用带传动来传递运动或动力。例如，金属切削机床、运输机械、起重机械等机械设备中都广泛地使用带传动。

带传动的工作原理与类型

图 1-1 所示带传动是由主动带轮 1、从动带轮 2 和紧套在两带轮上的带 3 所组成。当原动机驱动主动轮转动时，由于带与带轮间的摩擦力驱动从动轮一起转动并传递动力。

根据带的剖面形状和结构的不同，可分为三角带传动、平型带传动、圆型带传动与同步齿型带传动等多种。其中以三角带传动应用最为广泛。

如图 1-2 a 所示，平型带的剖面为扁平矩形，工作时带的环形内表面与轮缘相接触，即带的内表面为工作面。图 1-2 b 为三角带传动，带的横剖面为梯形，工作时带的两侧面和带轮轮槽的侧面接触，即三角带的两侧面为工作面。三角带梯

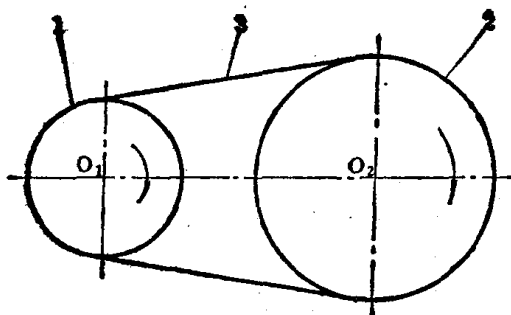


图1-1 带传动

1—主动带轮 2—从动带轮 3—带

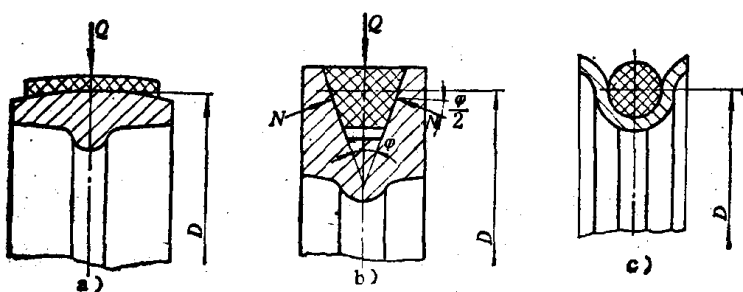


图1-2 带传动的类型

a) 平型带 b) 三角带 c) 圆型带

形剖面夹角为 $\varphi = 40^\circ$ ，考虑到三角带张紧后产生纵向收缩变形，因此带轮轮槽的相应夹角 φ 一般取为 $\varphi = 34^\circ$ 、 36° 与 38° 。如果平型带与三角带传动受相同的张紧力，即带对带轮的压紧力 Q 相同时，对于平型带，带与轮缘的极限摩擦力 $F = Qf$ ；但是，对于三角带，每一侧面上的正压力 $N = Q/2\sin\frac{\varphi}{2}$ ，因此其极限摩擦力为

$$F = 2Nf = \frac{Q}{\sin\frac{\varphi}{2}} f = Qf'$$

式中 f ——摩擦系数,

f' ——当量摩擦系数, 其值为 $f' = f / \sin \frac{\varphi}{2}$ 。当 $\varphi =$

34° 、 36° 、 38° 时, $f' = (3.42 \sim 3.07)f$ 。这充分说明三角带传动传递功率的能力比平型带传动大。因此在一般机械传动中得到广泛地应用。

标准三角带都制成无接头的环形, 有帘布结构和线绳结构两种。见表 1-1。

上述各种类型三角带都是由橡胶和纤维制成的。可分为包布层、伸张层、强力层和压缩层四部分。包布层一般由胶帆布制成, 对三角带起保护作用。伸张层由橡胶制成, 在胶带弯曲时起伸张作用。强力层由几层帘布或一层粗绳制成, 用来承受基本的拉力。压缩层由橡胶制成, 在带弯曲时承受压缩力。目前强力层也有采用化学纤维如尼龙、人造丝等制成。可以承受较大的载荷。

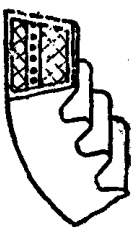
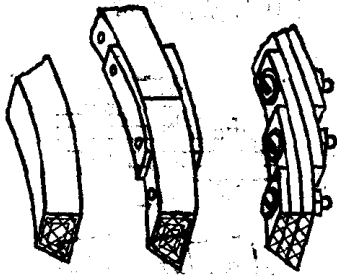
帘布结构的三角带制造方便, 应用较广泛, 型号也齐全。线绳结构的三角带柔韧性好, 抗弯强度高, 但其抗拉强度比帘布结构的三角带差。目前国产线绳结构的三角带只有 O、A、B、C 四种型号。

三角带是标准件, 根据截面尺寸的不同, 可以分为 O、A、B、C、D、E、F 七种型号, 其基本尺寸见表 1-2。三角带的长度系列见表 1-3, 考虑到制造与测量方便, 规定以三角带内周长度 L_i 作为公称长度。沿带的中性层量得的胶带长度定为节线长度 L_p , 也称计算长度。节线长度 L_p 与内周长度 L_i 之差根据表 1-3 求得。

除上述的三角带外, 还有一种活络三角带也经常使用, 其截面型号与一般三角带相同。此种传动带是由多层挂胶布

表1-1 三角带的类型与结构

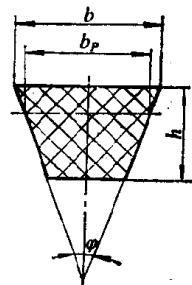
类型	简图	结构	特点	应用	说明
三角带		强力层为胶线绳或胶布布，横截面为梯形的环形胶带	较平型带摩擦力大，允许包角小、传动比大、预紧力小、外廓尺寸小，线绳结构带体较柔软，曲挠疲劳性好	$v < 25 \sim 30 \text{ m/s}$ 、 $N < 700 \text{ kW}$ 、 $i \leq 10$ 的传动。带轮直径较小或速度较高时宜用线绳结构	规格见 GB1171-74 (表1-2)，线绳结构目前只有 O、A、B、C 四种型号
风扇带		结构同线绳三角胶带，尺寸小	曲挠性和耐热性好，但扯断强度和传递功率较三角胶带低	汽车、拖拉机风扇传动，也可用于带轮和中心距较小的工作温度较高的传动	规格见 HG4-41-74
微型三角带		结构同线绳三角胶带，尺寸更小	传递功率小	0.5kW 以下的传动	

齿形三角带		内制成齿形、横截面为梯形的线绳式环形胶带	散热性、与轮槽贴合性好，是曲挠性最好的三角带	同风扇带	规格见 HG4-41-74
有接头三角带		截面尺寸和同型号三角胶布相近。活络三角带由多层小片胶帆布以螺栓或铆钉联接。多孔型三角带是用胶帆布绕绳芯卷成，许多孔冲许多定距小孔，冲孔型是嵌接头时再加工孔。这两种带都需专用接头联接	长度规格不受限制，局部损坏可更换。强度受接头影响而削弱，平稳性差，单根传递功率约为同型号胶带的70% 活络三角带结构复杂、重量大、易松弛	不重要的传动，或在中小功率、低速传动中临时应用	活络三角带有 O、A、B、C、D、E 六型，规格见 HGB4003-60

347953

表1-2 三角带截面尺寸(按GB1171-74) (mm)

型 号	O	A	B	C	D	E	F
b	10	13	17	22	32	38	50
b_p ①	8.5	11	14	19	27	32	42
h	6	8	10.5	13.5	19	23.5	30
φ	40°						
ISO 型号 对照	Z	A	B	C	D	E	—



① 按ISO R 52、R 253。

贴合，经硫化后冲切成小片，逐节搭迭后用螺栓联接而成。该三角带长度可以根据需要加长或缩短，适用于中心距不能调整的传动中。此外，活络带的重量较大，强度较差，易松弛，在速度较高时容易出现传动失稳现象，而且寿命也较短。见图1-3。

目前，在机械传动中也在使用结构简单的平型带，它较易制造和安装，常用于中心距较大的传动中。

常用的平型带有橡胶布带、皮革带、环形橡胶带、强力锦纶带、高速带（例如聚氨脂带）、编织带（锦纶、丝织、麻织）等。其中以橡胶布带应用最广，规格为GB524-74。

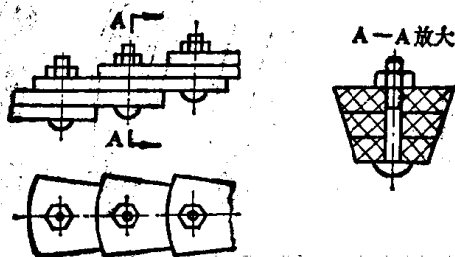


图1-3 活络三角带

表1-3 三角带长度系列

(mm)

内周长度 L_i ①	节 线 长 度 L_p ②						
	O	A	B	C	D	E	F
450	472						
500	522						
560	582	905					
630	652	660	670				
710	732	740	750				
800	822	830	840				
900	922	930	940				
1000	1022	1030	1040				
1120	1142	1150	1160				
1250	1272	1280	1290	1299			
1400	1422	1430	1440	1449			
1600	1622	1630	1640	1649			
1800	1822	1830	1840	1849			
2000	2022	2030	2040	2049			
2240		2270	2280	2289			
2500		2530	2540	2549			
2800		2830	2840	2849			
3150		3180	3190	3199	3219		
3550		3580	3590	3599	3619		
4000		4030	4040	4049	4069		
4500			4540	4549	4569	4587	
5000			5040	5049	5069	5087	
5600			5640	5649	5669	5687	
6300				6349	6369	6387	6409
7100				7149	7169	7187	7209
8000				8049	8069	8087	8109
9000				9049	9069	9087	9109
10000					10069	10087	10109
11200					11269	11287	11309
12500						12587	12609
14000						14087	14109
16000						16087	16109

① 内周长度 L_i 系列按GB1171-74。

② 我国过去称为计算长度, 现按ISO R1081称为节线长度。

第二节 带传动的工作情况分析

一、带传动的受力分析

图 1-4 a 所示为带传动静止时情况, 此时带两边拉力相等, 称为初拉力, 并以 S_0 表示之。

由于初拉力 S_0 的作用, 使带与带轮接触面间产生一定的正压力。

图 1-4 b 表示带传动开始工作的情况。由于带与带轮接触面间摩擦力的作用, 使进入主动轮一边的带拉力由 S_0 增至 S_1 , 而进入从动轮一边的带拉力由 S_0 降至 S_2 , S_1 称为紧边拉力, S_2 称为松边拉力。拉力差 $P = S_1 - S_2$ 称为有效拉力, 即带所传递的圆周力。

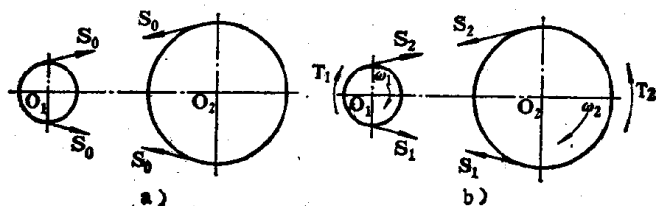


图 1-4 带传动的受力

a) 静止情况 b) 工作情况

$$P = \frac{2000T_1}{D_1} = \frac{1000N}{v} \quad (\text{N}) \quad (1-1)$$

式中 T_1 ——主动轮所传递的扭矩(N·m);

D_1 ——主动轮直径(mm);

N ——主动轮传递的功率(kW);

v ——带速(m/s)。

由式 (1-1) 知, 如果带速一定, 传递的功率 N 增大, 则

所传递的圆周力 P 也随之增大。但当圆周力 P 增加到超过带与带轮间的极限摩擦力时, 带将在带轮上打滑, 使从动轮转速迅速下降到停止, 以致传动失效。这种现象称为打滑, 在设计及使用带传动时是必需避免的。

一般认为带传动在工作时, 其紧边拉力增量 $S_1 - S_0$ 近似等于带松边拉力的减小量 $S_0 - S_2$, 即

$$\begin{aligned} S_1 - S_0 &= S_0 - S_2 \\ \therefore S_1 + S_2 &= 2S_0 \end{aligned} \quad (1-2)$$

由前面所述带传递的圆周力 P 等于带紧边拉力与松边拉力之差, 即

$$S_1 - S_2 = P \quad (1-3)$$

由式 (1-2) 与式 (1-3) 可以得出

$$\begin{cases} S_1 = S_0 + \frac{P}{2} \\ S_2 = S_0 - \frac{P}{2} \end{cases} \quad (1-4)$$

由于带传动是依靠带与带轮间的摩擦力传递运动或动力。当紧边拉力 S_0 为一定值, 带所传递的有效圆周力 P 超过某一极限值时, 带将在带轮上打滑。在刚开始打滑时, S_1 与 S_2 间的关系可以用欧拉公式表示

$$\text{即} \quad S_1 = S_2 e^{f\alpha} \quad (1-5)$$

式中 e ——自然对数的底, $e = 2.7183$;

f ——摩擦系数;

α ——通常取小带轮上的包角。

将式 (1-4) 代入式 (1-5) 中整理后, 可求得当带传动的张紧力为 S_0 时, 带所能传递的最大有效圆周力 P_0 为

$$P_e = 2S_0 \frac{e^{f\alpha} - 1}{e^{f\alpha} + 1} \quad (1-6)$$

再由式 (1-3) 与式 (1-5) 联立求解可得紧边拉力 S_1 、松边拉力 S_2 和有效圆周力 P_e 之间的关系为

$$\begin{aligned} S_1 &= P_e \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} \\ S_2 &= P_e \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} \end{aligned} \quad (1-7)$$

二、带传动中的应力分析

带传动在工作时的应力有：由紧边与松边拉力 S_1 与 S_2 所引起的拉应力、由离心力引起的拉应力以及带在带轮上弯曲引起的弯曲应力。

(一) 由紧边与松边拉力引起的拉应力

$$\left. \begin{aligned} \text{紧边拉应力} \quad \sigma_1 &= \frac{S_1}{A} \\ \text{松边拉应力} \quad \sigma_2 &= \frac{S_2}{A} \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

式中 A ——带的剖面积 (mm^2)。

(二) 带在带轮上弯曲引起的弯曲应力

当带在工作中绕经带轮时，带在带轮上弯曲引起弯曲应力 σ_b ，根据材料力学公式可以得到三角带的弯曲应力为

$$\sigma_b = \frac{Eh}{D} \quad (1-9)$$

式中 E ——带材料的弹性模量 (MPa)；

h ——三角带厚度 (mm)；

D ——带轮直径 (mm)。

在一般减速传动中，小带轮直径比大带轮直径小，所以带在绕经两带轮时引起的弯曲应力不等，在小带轮处的弯曲

应力大。

(三) 离心力引起的拉应力

当三角带在工作中沿带轮作圆周运动时, 由于三角带有一定的速度, 三角带本身有一定的重量, 将在带全长上引起离心力。由于离心力的作用在三角带所有横剖面上都要产生离心应力 σ_o 。

离心力

$$S_o = \frac{q \cdot v^2}{g}$$

离心拉应力为

$$\sigma_o = \frac{S_o}{A} = \frac{qv^2}{Ag}$$

$$\text{即 } \sigma_o = \rho v^2 \quad (1-10)$$

式中 q ——传动带单位长度的重量 (N/m);

v ——带速 (m/s);

g ——重力加速度 $g = 9.8(\text{m/s}^2)$;

ρ ——带的密度 (kg/cm^3)。

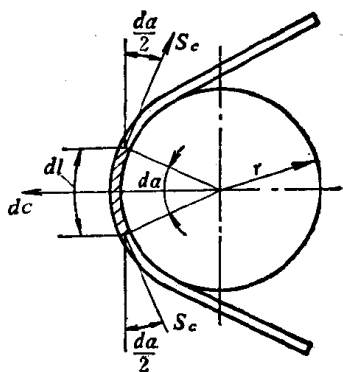


图1-5 带传动的离心力

根据上述带在传动中所受的总应力即为此三种应力之和。如果将应力的相位旋转 90° , 可以画出带的应力分布图, 见图 1-6。由图中可以看出最大应力 $\sigma_{\max}$ 为

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_o + \sigma_{b1} \quad (1-11)$$

此最大应力发生在带紧边进入小带轮处, 当然, 作用在带上某截面的应力随带工作位置不同而变化, 即带是在循环变应力作用下工作的。在传递一定的功率时, 当应力循环次数达到一定值之后, 传动带容易产生疲劳断裂。

另外, 由图 1-6 中可以看出三种应力中以弯曲应力 σ_{b1}