

药 学 设 备 基 础

上海第一医学院药系

一九七六·七

(2099—7667—5)

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

改革旧的教育制度，改革旧的教学方针和方法，是这场无产阶级文化大革命的一个极其重要的任务。

学制要缩短，课程设置要精简。教材要彻底改革，有的首先删繁就简。

进行无产阶级教育革命，要依靠学校中广大革命的学生，革命的教员，革命的工人，要依靠他们中间的积极分子，即决心把无产阶级文化大革命进行到底的无产阶级革命派。

无产阶级必须在上层建筑其中包括各个文化领域中，对资产阶级实行全面的专政。

目 录

第一章 机械传动	1-1
第一节 皮带传动	1-1
第二节 齿轮传动	1-6
第三节 离合器和制动装置	1-16
第四节 凸轮机构	1-18
第二章 离心机械	2-1
第一节 向心加速度和向心力	2-1
第二节 几种离心机械	2-3
第三章 泵和压缩机	3-1
第一节 流体的压强	3-1
第二节 输送流体所需要的功和功率	3-5
第三节 流动流体中所具有的能量	3-7
第四节 泵的类别	3-12
第五节 气体压缩的基本原理	3-16
第六节 压缩机	3-21
第七节 真空泵	3-25
第四章 药厂中常用加热、冷却和冷冻方法	4-1
第一节 温度的测定	4-1
第二节 加热和冷却方法	4-4
第三节 人工冷冻	4-11
第五章 蒸发和蒸馏	5-1
第一节 蒸发	5-1
第二节 蒸馏	5-1

第六章 车间电器设备-----6-1

第一节 照明用具和电路-----6-1

第二节 变压器-----6-20

第三节 电动机-----6-28

第四节 药厂中常见的几种电力拖动-----6-39

第七章 电子学基础-----7-1

第一节 电容器和电感器-----7-1

第二节 真空二极管-----7-3

第三节 真空三极管-----7-9

第四节 真空三极管在自动控制中的应用-----7-12

第五节 五极管和束射管-----7-17

第六节 半导体二极管-----7-19

第七节 半导体三极管-----7-24

第八节 半导体三极管在自动控制的应用-----7-28

第一章 机械传动

工厂里机器就其输送动力还是接受动力可分为原动机与工作机二种。原动机是输送动力的，如电动机；工作机是接受动力而做功的，如药厂中的压片机和灌封机等等。由于工作机都要由原动机驱动，而工作机所需要的运转速度和运动方式一般都与原动机的不同，除极少数，如水泵，直接相连外，工作机与原动机之都要加一级或多级不同传动装置。

在制药生产中，常用的传动方式有皮带传动、齿轮传动和凸轮机构等。毛主席教导我们：“对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点，就是说，注意它和其他运动形式的质的区别。”下面我们讨论各种传动装置。

第一节 皮带传动

皮带传动是由一对皮带轮和一根或几根皮带所组成。原动机上的皮带轮叫做主动轮，工作机上的皮带轮叫做被动轮。当主动轮转动时，皮带与主动轮之间产生了摩擦力，利用这个摩擦力带动皮带运动，而皮带与被动轮之间摩擦力又带动了被动轮，达到了传递动力的目的。

皮带传动能力与皮带的初拉力、运动速度 w （一般 $w < 25$ 米/秒）和皮带在皮带轮上所包围的角度 α （参见图 1-2(a)）大小有关。包角越小，拉力越小，反之就大。

为了说明主动轮的转速与被动轮转速的关系，先来介绍角速度、线速度和它们之间的关系。

转速是用来描述轮子转动的快慢，用符号 n 来表示，即在单位时间内转过的转数，单位通常为转/分。轮子转动的快慢也可用角速度来描述，用符号 ω 来表示，它表示单位时间内转过的角度，单位用弧度/秒或弧度/分，有时把“弧度”二字省掉，而写成 1/秒或 1/分。因为转过一周就是转过了 360° ，也就是 2π 弧度，如转速为 n ，

那末 $\omega = 2\pi n$ 。转动的快慢还可由线速度来描述。转动件上的各点都绕转轴作圆周运动。离开转轴距离不同的各点，它们的角速度虽然相同，但转过的路程不等。线速度是单位时间内转动件上的某点所转过的路程（即某点的线速度），单位通常是米/秒。单位时间内，转过路程的大小与转速 n 和距转轴中心距离 R 有关，用符号 W 来表示，则 $W = 2\pi R n = \pi D n$ ，式中 D 为某点作圆周运动的直径。而 $\omega = 2\pi n$ ，所以线速度也可以写成：

$$W = R \omega$$

因转动件上各点的角速度都相等，所以离转轴中心越远，即 R 越大的各点，它们的线速度也越大。

在一对皮带传动中，如图 1-1 所示，设主动轮每分转速为 n_1 ，

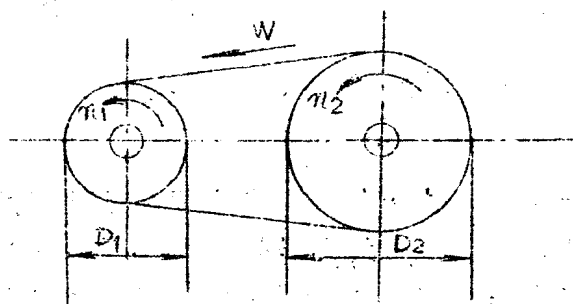


图 1-1

它的直径为 D_1 ，被动轮每分转速为 n_2 ，它的直径为 D_2 。若皮带传动的圆周速度为 W ，主动轮和被动轮的圆周速度分别为 W_1 和 W_2 ，忽略其他次要因素不计，则因理论上

$$W = W_1 = W_2$$

得

$$\pi D_1 n_1 = \pi D_2 n_2$$

即

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = i$$

由此可知两轮的转速和它们的直径成反比。 $\frac{n_1}{n_2}$ 叫做传动比，用符号 i 表示。所以我们根据这个关系式，选用不同直径的皮带轮，就能得到所需要的转速。例如已知电动机的转速 $n_1 = 960$ 转/分，电动机上主动轮的直径 $D_1 = 100$ 毫米，要使从动轮转速 $n_2 = 200$ 转/分，它的直径 D_2 根据公式

$$D_2 = \frac{n_1}{n_2} D_1 = \frac{960}{200} \times 100 = 480 \text{ 毫米}$$

现在再来谈一谈，原动机上的动力是否全部给工作机做有用的功呢？由于工作机动作时各部件间都有摩擦力，所以有一部分输入功率（参见第三章）就要用来克服摩擦力而变成无用的热。设原动机所输出的功率为 N_1 ，经过传动装置，克服摩擦力所损失的一部分功率为 N_0 ，其余输入给工作机的功率为 N_2 。输入给工作机 N_2 与原动机可输出的功率 N_1 之比叫做传动机械效率，用符号 η 表示：

$$\eta = \frac{N_1 - N_0}{N_1} = \frac{N_2}{N_1} < 1$$

显然，传动装置的机械效率越大越好。皮带传动的机械效率较低。

皮带传动由所用皮带的不同可分为平皮带传动和三角皮带传动。在制药生产中以三角皮带传动较为广泛。

一、平皮带传动

当两轴轴心相距较远时，可采用平皮带传动。

在平皮带传动中，如果要使两轮旋转方向相同，则可采用开口式皮带传动（图 1-2(a)）；两轮旋转方向相反，可采用交叉式皮带传动（图 1-2(b)）；两轮轴线既不相交又不平行，可采用半交叉式皮带传动（图 1-2(c)）。

平皮带传动使用的皮带，多半是橡胶帆布带，截面呈矩形。皮带的长度按传动的几何关系算得后，用金属夹子连成一体，张紧在二个皮带轮上，皮带轮一般用铸铁制成，轮缘做成平的，但中间微凸，以防皮带滑落。

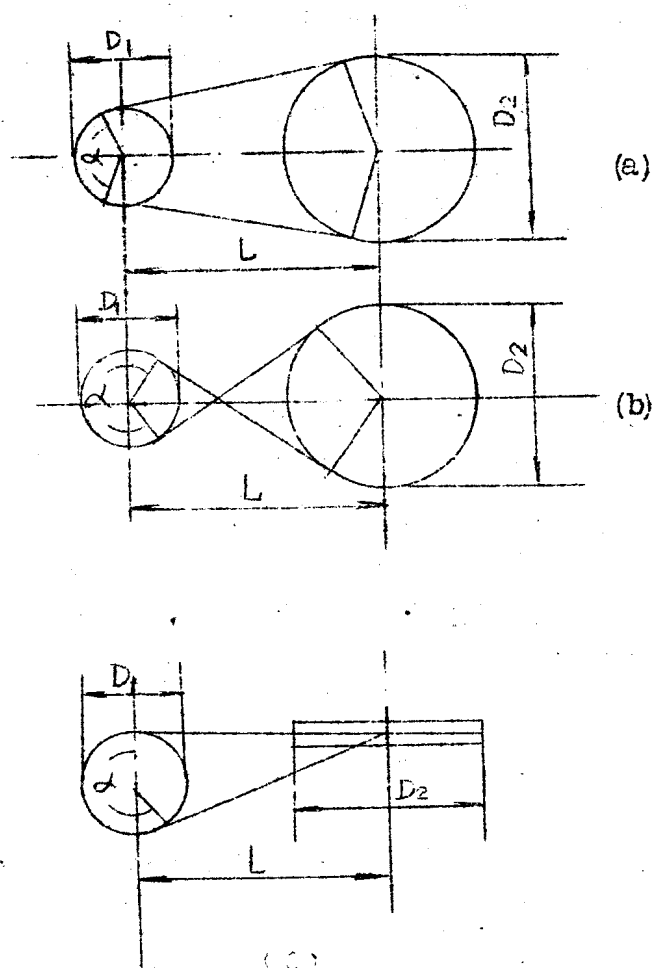


图 1 - 2

应用平皮带传动，结构简单，成本低，更换方便。但它占地较大，使用安全装置麻烦。此外，由于在传动时打滑，得不到要求的速比，因此三角皮带传动的运用更为广泛。

三 三角皮带传动

当两轴轴心线之间的距离不大时，可采用三角皮带传动。三角皮带传动只有开口式传动。

当传动比一定时，两轮的尺寸已确定，两轮之间的中心距大小影响包角大小和皮带的寿命。为了不使包角太小，则中心距不能太小。而为了保持皮带的一定寿命也不能使中心距太小。从传动结构紧凑的角度，要求中心距不可太大，所以三角皮带传动的中心距一般为0.4~5米。

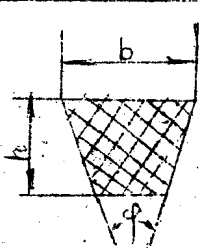
三角皮带传动，皮带和皮带轮的接触是楔形，因而摩擦力较平皮带大，不易打滑，所以它对包角的要求并不需要很大，一般最小可以小至 70° （平皮带传动 $\alpha \geq 150^\circ$ ）。

三角皮带是做成连续的一圈，没有接头部分，所以工作起来比较平稳。由于皮带与皮带轮之间摩擦力较大，所以能传递较大的功率而不致于打滑。当过载时，皮带可以在轮子上打滑而不会损坏其他机件，因而皮带传动可起安全保险作用。又因皮带有一定的弹性，在工作时能缓和冲击和振动，并且无噪音。但皮带传动比不能准确皮带传动的外廓尺寸较大，效率也比较低。

三角皮带通常是一根或几根装成一排的，因此在皮带轮上有时要有形状相同的几条槽。

我国生产的普通三角皮带型号如表1-1所示。

表1-1 三角皮带的断面尺寸

类型	单位	型 别							
		O	A	B	C	D	E	F	
甲种	b(毫米)	10	13	17	22	32	38	50	
	h(毫米)	6	8	10.5	13.5	19	23.5	30	
	φ (度)	40	40	40	40	40	40	40	
	断面面积(厘米) ²	0.71	0.81	1.38	2.30	4.76	6.92	11.70	
乙种	b(毫米)		12.7	16.5	22	31.5	38		
	h(毫米)		8.7	11	13.5	19	25.4		
	φ (度)		40	40	40	40	40		

三角皮帶型号可根据传递动力和皮帶速度大小在表1 - 2 中选择。

表1 - 2 三角皮帶型号的选用

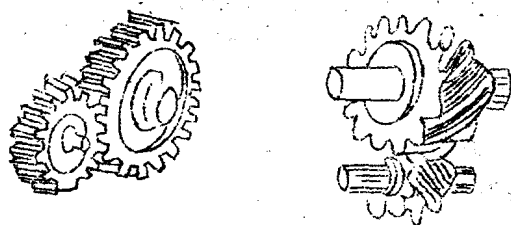
传 动 功 率 (千 瓦)	皮 帶 速 度 (米 / 秒)		
	至 5	大于5至10	大于10
0.4 ~ 0.75	O	O	O
>0.75 ~ 2.2	O.A	O.A	O.(A)
>2.2 ~ 3.7	O.A	O.A.B.	O.A
>3.7 ~ 7.5	B.C.(D)	A.B.(C)	A.B
>7.5 ~ 20	C.D	B.C	B.C
>20 ~ 40	-	C.D	C.D
>40 ~ 75	-	D.E	C.D
>75 ~ 150	-	E.F	D.E
>150	-	-	E.F

第二节 齿 轮 传 动

齿轮传动是依靠齿轮逐个啮合来传动的，因此传动作用可靠，传动比可保持不变。此外，由于齿轮传动中没有挠性中间零件，故传递功率范围大，效率高，地位紧凑。其主要缺点是成本高，有噪音等。齿轮传动的种类很多，主要有园柱齿轮，园锥齿轮，蜗轮蜗杆等。在制药机械中使用极为广泛。

一、园柱齿轮传动

园柱齿轮是用于平行轴间的传动。其上的轮齿可分为直齿(图1-3(a))和斜齿(图1-3(b))等，以直齿为常见。直齿的特点是其上所



(a)

(b)

图 1 - 3

刻的齿是直的，并且与轴线平行，加工方便。斜齿的特点是其上所刻的齿不是直线，而是曲线。由于斜齿轮的一对齿在进入和脱离啮合时都是逐渐的，而直齿轮的一对齿就是一下子在齿轮上全部啮合，所以不及斜齿平稳。从生产要求出发要使传动平稳可靠，必须保证在传动过程中传动比稳定不变，以免产生冲击振动和噪音。

为了保证主动轮与被动轮的传动比，在任一瞬间都不变，必须把齿轮的齿形曲线做成合适的形状。目前广泛采用的齿形曲线有一种叫做“渐开线”是比较理想的。如轮齿采用这种曲线作为外形，如图 1 - 4 所示，可以满足上述要求。

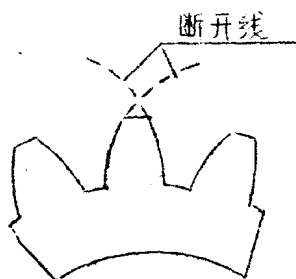


图 1 - 4

直齿圆柱齿轮的代号如图 1 - 5 所示。图上以直径 D_f 所作的圆叫做节圆，因此 D_f 也叫做节径。节圆是代表齿轮的圆盘的圆，沿着这个圆的圆周长来等分排列轮齿。如果齿数为 Z ，则相邻两齿相应点之间的弧长为

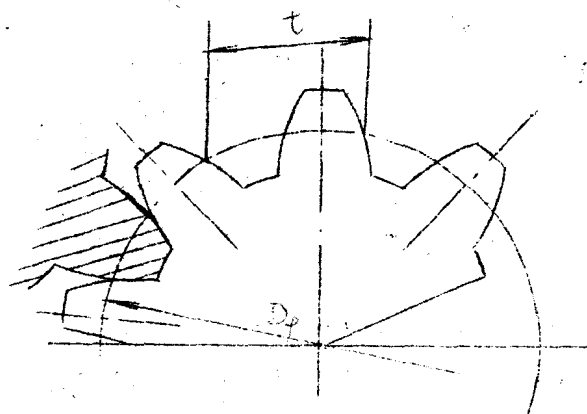


图 1 - 5

$$\frac{\text{节圆圆周长}}{\text{齿轮}} = \frac{\pi D_f}{Z}$$

这个弧长我们叫它周节，用符号 t 表示，则得

$$t = \frac{\pi D_f}{Z}$$

所以

$$D_f = Z \cdot \frac{t}{\pi}$$

由此可知，如齿轮 Z 一定，则周节 t 越大， D_f 也越大，也就是说，周节大小就可以代表轮齿大小。但为了方便，实际上，人们多把 $\frac{t}{\pi}$ 来表示轮齿大小，我们称它叫模数，用符号 m 表示，单位为毫米。

模数是计算齿轮尺寸的一个基本参数，模数越大，齿形尺寸也大，轮齿所能承受的力也就大，而模数的大小是由传递的动力的大小而决定的。另外再要注意一对齿轮要实现正确啮合传动，必须使这一对齿轮的模数相同，否则不能使用。

我国是采用模数做标准的，见表1-3。

图1-3 标准模数

第一系列	0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8
	1, 1.25, 1.5, 2.0, 2.5, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 36, 40,
	45, 50,
第二系列	0.7, 1.75, 2.25, (2.75), (3.25), 3.5, (3.75),
	4.5, (5.5), (6.5), 7, 9, (11), (13), (15),
	28, 33.

注：1.表中模数适用于各种齿轮及蜗轮。

2.采用m时首先用第一系列，括号中的m尽量不用。

前面谈到节圆是一个假想的圆，是作为计算和度量的校准。如果一对标准齿轮1和2传动来讲，这个假想圆正好相切。轮1在这个圆上经过一个周节，轮2也相应地在它的节圆上经过同样一个周节，因而两个齿轮的啮合传动可看作在节圆上作纯滚动而无滑动，因此一对齿轮传动在节圆上它们的圆周速度是相等的 即 $w_1 = w_2$ 。

若主动轮1转速为 n_1 ，节径为 D_1 ，从动轮2转速为 n_2 ，节径为 D_2 。

$$\text{那么： } w_1 = \frac{\pi D_1 n_1}{60}, \quad w_2 = \frac{\pi D_2 n_2}{60}$$

$$\text{则 } \frac{\pi D_1 n_1}{60} = \frac{\pi D_2 n_2}{60}$$

$$\text{所以 } D_1 n_1 = D_2 n_2 \quad \text{即 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$\text{因 } i = \frac{n_1}{n_2}, \quad D = mz$$

$$\text{所以 } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

由此得知，一对齿轮传动比等于齿数反比。

齿轮的转向问题如图 1-6 所示是一对圆柱直齿轮传动，很显明，

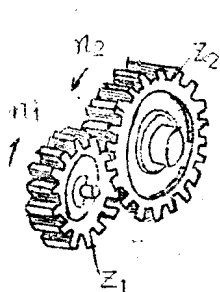


图 1-6

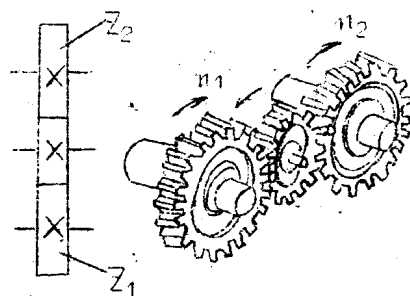


图 1-7

传动时，主动齿轮和被动齿轮的转向是相反的。为了使它们的转向一致，只要在主动齿轮与被动齿轮之间添上一只过桥小齿轮（又叫中间齿轮）就可以了，如图 1-7 所示。这样的装置不仅把被动齿轮的转向改变过来，和主动齿轮的转向一致，而且它们的传动比不变。因为假定中间齿轮的齿数为 Z ，转速为 n ，主动齿轮与被动齿轮的齿数分

别为 Z_1 和 Z_2 ，它们的转速分别为 n_1 和 n_2 ，那末根据一级齿轮的传动比公式，可以算出中间齿轮与主动齿轮的传动比和被动齿轮与中间齿轮的传动比，即

$$\frac{n_1}{n} = \frac{Z}{Z_1} \quad \text{和} \quad \frac{n}{n_2} = \frac{Z_2}{Z}$$

将上两式中等号左边和等号右边各自相乘，

$$\frac{n_1}{n} \cdot \frac{n}{n_2} = \frac{Z}{Z_1} \cdot \frac{Z_2}{Z}$$

得
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

上式就是不添中间齿轮时主动齿轮与被动齿轮的传动比，由此可知传动比保持不变。人们利用这一特性制成变向机构，来改变被动轮的转向。

例如 AG $\frac{1}{2}$ 灌封机送瓶花盘与齿板转轴需同向转动，则在二齿轮中间加入一个过桥齿轮。又已知齿板轴齿轮 $Z_1 = 32$ （主动轮）， $n_1 = 25$ 转/分，而过桥轮 $Z = 60$ ，送瓶花盘齿轮 $Z_2 = 88$ ，求送瓶花盘的转速。

因为传动比与过桥轮齿数无关，而
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

那么
$$n_2 = \frac{n_1 Z_1}{Z_2} = \frac{25 \times 32}{88} = 9.09 \text{ 转/分}$$

即送瓶花盘转速为 9 转/分。

齿板轴转一周，传送一对安瓿，每分钟传送 25 对安瓿。送瓶花盘转一周，送出三对安瓿，那么 $n_2 = 9$ 转/分，每分钟送出 27 对安瓿。因而送瓶花盘完全可以满足齿板所需传送安瓿的量。

三 圆锥齿轮传动

园柱齿轮传动是用于两根平行轴之间传动，但在实际生产中有时需要两轴相交的传递运动，两轴之间夹角为 90° ，如图 1-8，应用较多，实现这种传动一般采用圆锥齿轮传动。

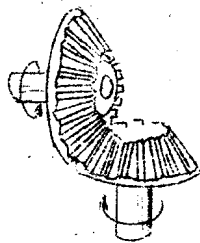


图 1-8

园柱齿轮可看作是在园柱体表面上作出许多轮齿，而圆锥齿轮就是在圆锥体表面上作出许多轮齿，实际应用的圆锥齿轮仅是一截锥体或园锥台，轮齿的齿形也是“渐开线”齿形，所以能保证得到平稳的传动。

由于圆锥齿轮的齿是分布在截锥上，由此就引起几何尺寸等差异，因而分成大端和小端，大端处齿肥，对于圆锥齿轮几何尺寸的计算和测量是以大端为标准。

三 蜗轮蜗杆传动

蜗轮蜗杆传动用于传递两交叉轴之间的运动，交角一般为 90° 。通常蜗杆为主动件而蜗轮为被动件，作为减速装置使用。它的特点是可以大幅度降速，多用于传动比大的机械。如糖衣锅和压片机等。蜗杆的形状与梯形螺纹的螺旋杆相似。如在杆上只绕一条螺纹，叫单头蜗杆；如在杆上同时绕二条或三条螺纹，就

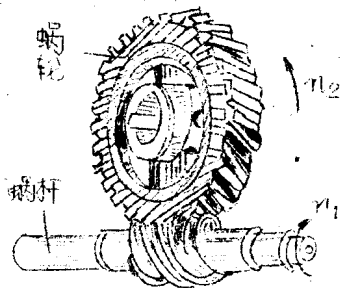


图 1-9

叫做双头蜗杆或三头蜗杆。蜗轮的形状与齿轮相似，为了使蜗轮与蜗杆紧密啮合，轮面加工成凹下的园形槽，齿也倾斜分布在轮面上如图

1 - 9 所示。

如果蜗杆是单头的，则当蜗杆转一周时，蜗轮将转过一个齿。设蜗轮有 Z_2 个齿，则蜗杆必须转 Z_2 周，蜗轮才转一周，即传动比

$$i = \frac{Z_2}{1} \text{。同理如果蜗杆为双头的，传动比 } i = \frac{Z_2}{2} \text{。因此蜗轮蜗杆传动的传动比为：}$$

$$i = \frac{n_1 (\text{蜗杆转速})}{n_2 (\text{蜗轮转速})} = \frac{Z_2 (\text{蜗轮齿数})}{Z_1 (\text{蜗杆头数})}$$

为了获得较大的传动比，有些工作机除了使用蜗轮蜗杆传动外，还与其他传动装置连合组成，例如糖衣锅一般每分钟为几十转，而使用电动机一般每分钟为 1450 转，这就必须使用多级传动装置。它是由三角皮带传动和蜗轮蜗杆传动所组成。如图 1 - 10 所示为糖衣锅动力部分。

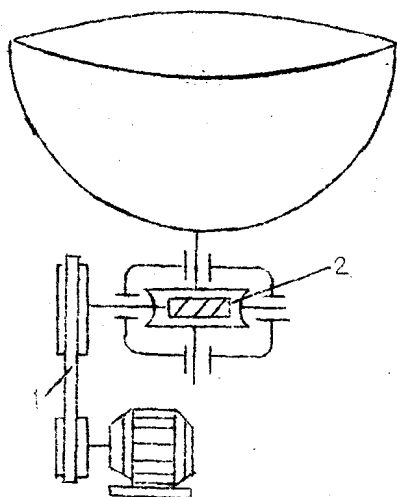


图 1 - 10

1. 皮带传动

2. 蜗轮蜗杆传动