

北京图书馆
N 15344 2
中文资料

内部资料
注意保存

机械无级变速器

参考资料

内部资料
注意保存

及变速器

资料

北京机床研究所编
一九七五年 北京

32.45

北京机床研究所编

一九七五年 北京

32.45

7-41132.45
2

前 言

在无产阶级文化大革命中，机床行业广大职工为赶超世界先进水平，创造体积小、重量轻、效率高、性能好的机床，发扬“独立自主、自力更生”的精神，在机床产品中应用了机械无级变速器这一新结构。经过几年来的生产实践和科学试验，取得了成果，积累了不少经验。

《机械无级变速器》汇集了我国机床行业第一次“机械无级变速器技术交流会”上的技术资料。为了推动我国在机械无级变速器的设计、工艺、研究及生产使用等方面取得更大的进展，我们将它汇总出版，其中各篇文章系基本按照各单位原稿编排，未经更多改动，错误在所难免，欢迎读者提出宝贵意见。

1975

A 841300



毛主席语录

提出技术革命，就是要大家学技术、学科学。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

古人、外国人的东西也要研究，拒绝研究是错误的，但一定要用批判的眼光去研究，做到古为今用，外为中用。

前 言

在无产阶级文化大革命中，机床行业广大职工为赶超世界先进水平，创造体积小、重量轻、效率高、性能好的机床，发扬“**独立自主、自力更生**”的精神，在机床产品中应用了机械无级变速器这一新结构。经过几年来的生产实践和科学试验，取得了成果，积累了不少经验。

《机械无级变速器》汇集了我国机床行业第一次“机械无级变速器技术交流会”上的技术资料。为了推动我国在机械无级变速器的设计、工艺、研究及生产使用等方面取得更大的进展，我们将它汇总出版，其中各篇文章系基本按照各单位原稿编排，未经更多改动，错误在所难免，欢迎读者提出宝贵意见。

毛主席语录

提出技术革命，就是要大家学技术、学科学。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

古人、外国人的东西也要研究，拒绝研究是错误的，但一定要用批判的眼光去研究，做到古为今用，外为中用。

目 录

机械无级变速器及其在机床上的应用	北京机床研究所 (1)
PW2 型无级变速器的设计和性能试验	广东工学院无级变速器研制组 (16)
摩擦盘式无级变速器	上海仪表机床厂 (39)
柯普 K 型无级变速器的研究	北京机床研究所 (42)
柯普 B 型无级变速器的制造工艺	江东机床厂 (67)
柯普 B 型无级变速器的制造和使用	大众机械厂 (79)
柯普 B 型无级变速器性能试验	江东机床厂 北京机床研究所 (82)
柯普 B 型无级变速器专用油(Ub-1 号)的研制	广州机床研究所 (101)
柯普 K 型无级变速器的设计计算	杭州大学 舒学工 (121)
行星锥式无级变速器在 T 649 型镗铣床上的应用	北京第八机床厂 北京机床研究所 (142)
钢珠园盘无级变速器的分析	上海交通大学 (152)

机械无级变速器及其在机床上的应用

北京机床研究所

一、概 述

所谓无级变速器就是这样的一种装置，它具有主动和被动两根轴，并通过能传递扭矩的中间媒介物（固体、液体、气体、电磁流）把二者直接或间接地联系起来，以便传递能量。当对主动轴与被动轴的连接关系进行控制时，即可使二轴的迴转速度比发生变化。而用固体做中间媒介物的变速器就叫做机械无级变速器。

机械无级变速器在近十几年来得到了讯速的发展，并对工业的发展作出了很大贡献，这是因为它具有适用性强、结构简单、价钱便宜、效率高、传动比稳定性好以及维护管理方便等一系列优点；而更重要的是机械无级变速器可以应用于恒功率传动的场合，这是目前其他种类型的无级变速器（电气、液压）所不易达到的。因此，认为由于可控硅技术和液压无级变速装置的发展将会使机械无级变速器趋于淘汰的看法是错误的。同时认为无级变速器能够取代齿轮的看法也是不正确的。作为使用者、应当对电气、液压和机械无级变速器以及齿轮传动的特点进行充分的了解，权衡利弊，针对不同的场合选择不同类型的无级变速器，并与齿轮作适当搭配以便得到既满意又经济的效果。

机械无级变速器的分类方法很多。若按输出功率特性区分，可分为：恒功率、恒力矩以及介于恒功率与恒力矩之间的三种形式。若按结构来分，则可分为金属摩擦式、皮带式和齿链式三种类型。

二、典型的机械无级变速器

（一）金属摩擦型

用没有牙齿的摩擦轮靠摩擦力来进行传动的方法在很早以前就开始采用了，但是，这种方法正式用于无级变速器还是近二十年的事，这主要是由于加工精度提高和材质改进了的缘故。现在实际使用的，除了一小部分外，全是使用表面很硬的钢质光滑摩擦轮，它装在密封箱内，在充分润滑的状态下进行摩擦传动。摩擦轮的型式很多，有圆锥式、球形、碟形等各种形式。从运动形式来看有作简单摩擦传动的，也有作行星运动的。摩擦传动的摩擦系数，在有润滑时，其值为0.04左右。正因为摩擦系数小，所以在摩擦轮上施加一定的预压力就显得很重要。根据负荷来施加压力比一般持续施加最大的压力要好，这就要靠所谓的“自动加压机构”来实现。自动加压机构不仅能减少滑动损伤，而且可提高无级变速器的效率。目前采用的有两种形式，使用较多的是用一种山爪型的离合器把轴和摩擦轮联结起来，（图1-1）利用山爪形斜面上产生的轴向推力作为摩擦轮的正压力。这是一种动作很灵敏的自动加压机构。设计时，必须根据摩擦系数的大小及变速器的具体结构尺寸来正确地计算槽倾角 γ 。 γ 值不宜过小，当 γ 值小于 4° 时，加压作用即不太灵敏。

表 1 机械无级变速器分类表

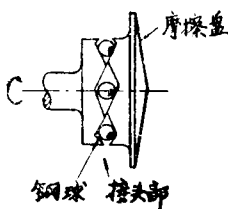
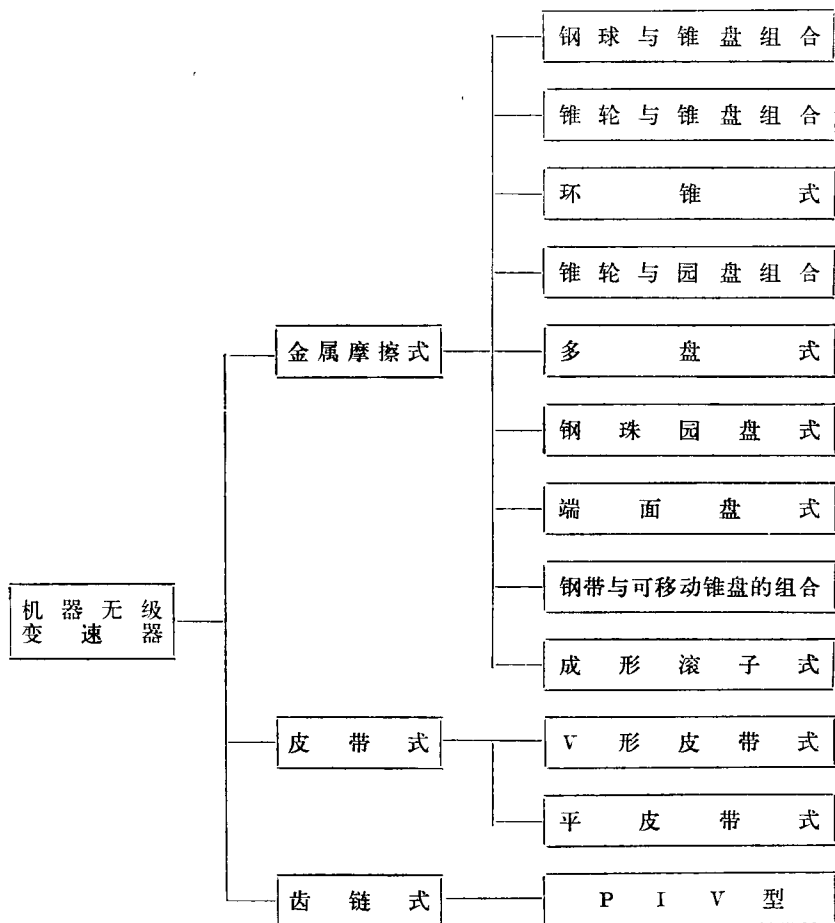


图 1-1 山爪形自动加压机构

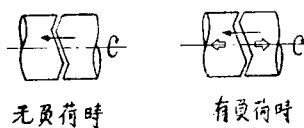


图 1-2 凸轮轴式自动加压机构

另一种是凸轮轴式 (图 1-2)。自动加压作用是由两个特殊凸轮的作用产生的,其相对接合面是节径很大的螺旋面,互相啮合。一个凸轮与输入侧接合,另一个凸轮与输出侧接合。两个凸轮的接合面由于传递扭矩而产生一定的位移和传递的扭矩成比例的轴向分力起加压作用。

在摩擦传动中,尽管有加压机构保证一定的正压力,但是随着负荷的增加,被动轮的转速总要丢失一些,而且随着负荷力矩的增大,周速丢失率(即丢转率)也跟着增大,当到一定阶段时,就会急剧增加。如果进一步增加负荷,就会造成全打滑而使被动轮不转的

现象。一般金属摩擦型无级变速器容许丢转率为3%左右，对于作行星运动的金属摩擦型无级变速器允许的丢转率可稍大一些（5%~7%）。

金属摩擦型无级变速器传递的功率

$$N = \frac{\mu \cdot Q \cdot V}{75} \text{ (马力)}$$

式中： μ ：接触面的摩擦系数

Q ：接触面正压力(公斤)

V ：接触面周速(米/秒)

μ 、 Q 、 V 越大时，传递功率越大。因此变速器的设计应力求(i)材料承载能力大；(ii)加大接触面积；(iii) μ 要尽可能的大；(iv) 打滑量要小；(v) 周速要大。而在设计摩擦式变速器时应注意严格选择摩擦元件的材料，增加摩擦接触点数和摩擦点曲率半径，以减少接触部分的赫兹应力。同时应注意使接触面易于形成油膜，避免发生金属与金属的干摩擦。

目前，国内金属摩擦式无级变速器的摩擦轮多采用轴承钢 GCr 15 或 GCr 15 SiMn 制造。GCr 15 SiMn 的淬透性比 GCr 15 要好一些。而国外，如日本最近开始采用经过真空脱气处理的高级轴承钢来制造摩擦轮等重要另件，以防止锈蚀和剥落现象的发生，进一步提高了变速器的使用寿命。摩擦轮的淬火硬度直接影响到变速器的寿命，一般硬度在 Rc 61~64 之间。摩擦元件的硬度值大于 Rc 61 时，耐磨性的变化趋于缓和，低于 Rc 61 时，耐磨性急剧下降。硬度与疲劳寿命的关系是：硬度为 Rc 62 左右时，寿命最高，低于或高于此值均有使疲劳寿命下降的趋势。此外应注意摩擦元件之间应有一定的硬度配比依工作条件的优劣而相差 2~3 度为宜。摩擦轮等重要另件的表面光洁度应达到 0.35 微米左右，对于一组摩擦轮的相互尺寸差和运转精度也应当进行严格的控制。

金属摩擦型无级变速器所使用的摩擦传动点的赫兹应力一般为 100~150 公斤/毫米²，根据接触面形状的不同分为线接触和点接触两种情况。所谓线接触的情况，实际上开始是线接触，受力变形后变为狭长条面积接触；点接触的情况，实际上开始是点接触，受力变形后为一椭圆面积接触。

接触应力计算公式：

1. 线接触的情况 (图 1-3)

$$\sigma_{j\max} = 0.418 \sqrt{\frac{QE_d}{b \cdot \rho_d}} \leq [\sigma_j]$$

式中， Q ——两接触面间的压力

b ——线接触长度

ρ_d ——当量曲率半径，设 ρ_1 、 ρ_2 分别为接触面的曲率半径，则，

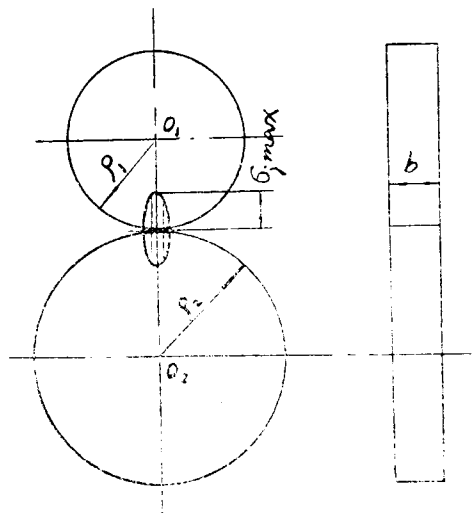


图 1-3 线接触计算简图

$$\rho_d = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_2 \pm \rho_1}$$

上式中正号用于外接触，负号用于内接触。

E_d ——当量弹性模数，设 E_1 ， E_2 分别为两接触零件材料的弹性模数，则

$$E_d = \frac{2 E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2}$$

$[\sigma_j]$ ——许用应力，一般取 $[\sigma_j] = 18 \times 10^3$ 公斤/厘米²

2. 点接触的情况 (图 1-4)

$$\sigma_{j\max} = \psi_\tau \sqrt[3]{QR_d^2} \leq [\sigma_j]$$

上式中，

Q ——两接触面间的压力

R_d ——当量曲率， $R_d = R_{11} + R_{12} + R_{21} + R_{22}$ ，其中， R_{11} ， R_{12} 是曲面 1 在接触点处的主曲率，即是主曲率半径 ρ_{11} ， ρ_{12} 的倒数 (参见图 1-4)， $R_{11} = 1/\rho_{11}$ ， $R_{12} = 1/\rho_{12}$ ， R_{21} ， R_{22} 是曲面 2 在接触点处的主曲率； $R_{21} = 1/\rho_{21}$ ， $R_{22} = 1/\rho_{22}$ 。

ψ_τ ——系数，可根据表格按 τ 值查得 [17] 而 τ 按下式求得，

$$\tau = \frac{|R_{11} - R_{12} + R_{21} - R_{22}|}{R_{11} + R_{12} + R_{21} + R_{22}}$$

$[\sigma_j]$ ——许用应力，一般 $[\sigma_j] = 25 \times 10^3$ 公斤/厘米²

几种典型金属摩擦型无级变速器的传动简图及简要性能可参阅表 2。

(二) 皮带无级变速器

皮带无级变速器具有结构简单、价钱便宜、过负荷能力强、运转平稳和维护使用方便等优点，同时可用于恒功率传动的场合，因此在各种机械上应用范围很广。特别是美国对于变速用皮带的研究进展很快，提高了皮带无级变速器的性能和寿命，因此目前在美国皮带无级变速器已经占有所有变速器数量的一半以上。

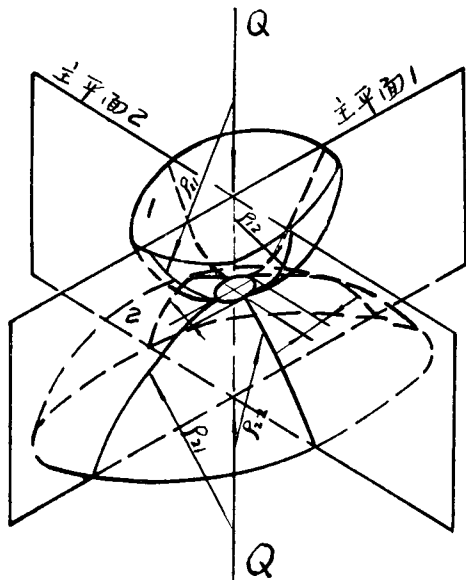


图 1-4 点接触计算简图

其基本原理如图 1-5 所示。将一个 V 形皮带盘从中间剖开，一分为二，以轴贯通，使两个盘 (或其中一个) 在轴上移动。当两个盘相互远离时，使皮带轮节经变小；而当两个盘互相趋近时，节经增大。这就是皮带式变速器的基本原理。

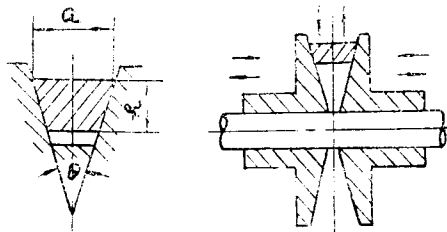
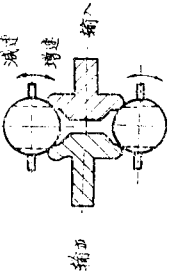
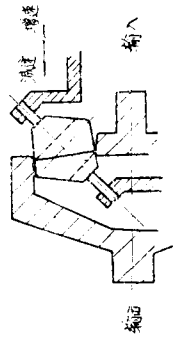
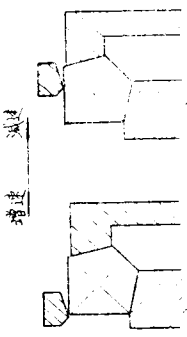
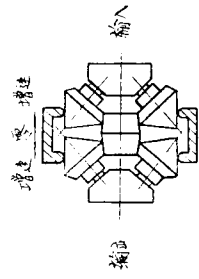
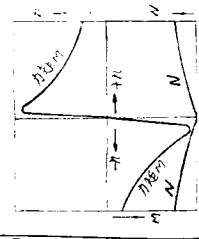
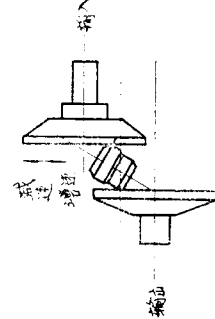
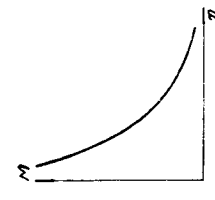
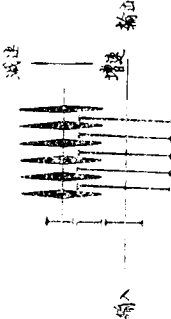
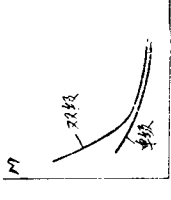


图 1-5 皮带变速原理图

表 2

变速器名称	传动简图	变速性能		适用场合	生产厂家	备注
		输出功率特性曲线	参考数据			
柯普B型 KOPP-B		$n = \left(\frac{1}{3} \sim 3\right) n_0$ 若 $n_0 = 1500$ 转/分 则 $n = 500 \sim 4500$ 转/分 $i = 1:9$ $N = 0.2 \sim 11$ 瓩 (国外有系列生产)	1. 传动钢球的真圆度控制在 3 微米以内 2. 手柄操作力矩 1.15~7.3 公斤·厘米 3. 带 3.7 千瓦电机时三个座标方向的最大全振幅为 5~8 微米, 噪音 50~80 分贝 4. 效率为 80~90% 5. 从最低调到最高速的时间约为 20 秒 6. 每 1000 小时换一次油可用 10 年以上	机床系统 或进给系统	日本 旭精机工业(株) 英国 ALLSPED Ltd.	这种变速器是瑞士人柯普发明的由他命名为世界各统一称号
柯普K型 KOPP-K		$n = \left(\frac{1}{7} \sim 1.7\right) n_0$ 若 $n_0 = 1500$ 转/分 则 $n = 220 \sim 2650$ 转/分 $i = 1:12$ $N = 0.37 \sim 37$ 千瓦 (国外有系列生产)	1. 锥齿轮的相互差在 3 微米以内, 表面光洁度 0.3 微米, 运转精度 3 微米以内 2. 变速比 1:1.1 时丢转率不超过 3% 3. 手柄操作力矩 1.5~4.4 公斤·厘米 4. 带 37 千瓦电机时在平台三座标方向的复合振幅最大 15 微米, 带 5.5 千瓦电机时, 振动小 5 微米, 噪音 80 分贝以下 4. 寿命长, 最少可用 10 年	机床系统 或进给系统	旭精机工业(株) ALLSPED Ltd. 以及 日本 英国 葡萄牙 印度 法国 意大利 西班牙 巴西 阿根廷 共 10 个国家有系列生产	这种变速器同样是瑞士人柯普在 B 型的基础上发展起来的
行星锥式		$n = \left(\frac{1}{115} \sim \frac{1}{3}\right) n_0$ 若 $n_0 = 1500$ 转/分 则 $n = 13 \sim 500$ 转/分 $i = 1:38.5$ $N = 0.5 \sim 2.2$ 千瓦 尚无系列生产	1. 将此变速装置应用于北京第八机床厂生产的行星锥式变速器(T649)第一台已经过三年多的生产考验运转正常 2. 丢转率为 5~7%	机床进给系统	北京第八机床厂生产的行星锥式变速器用于 T649 镗床	锥式行星变速器的一种

续表

变速器名称	传动简图	变速性能			适用场合	生产厂家	备注
		变速范围 n 变速比 i 及功率范围 N	输出功率特性曲线	参考数据			
OM型		$n = \left(\frac{1}{6} \sim 0 \sim -\frac{1}{5}\right) n_0$ 若 $n_0 = 1800$ 转/分 $n = 300 \sim 0 \sim -360$ 转/分 $i = 6$ $N = 0.1 \sim 3.7$ 千瓦		1. 手轮操作力矩 $1.5 \sim 3$ 公斤·厘米 2. 效率 60%	机床主传动系统或进给系统	日本シンボ工業(株)(即S社)	属于环锥式无级变速器的另一种, 又称零型无级变速器
FU型		$n = (0.2 \sim 1.2) n_0$ 若 $n_0 = 1500$ 转/分 则 $n = 300 \sim 1800$ 转/分 $i = 1:6$ $N = 0.13 \sim 25$ 千瓦		1. 噪音为 $60 \sim 80$ 分贝, 振幅全振幅 $5 \sim 10$ 微米 2. 摩擦面的容许瞬间最大扭矩为标称扭矩的 200% 3. 寿命在 25,000 小时以上由日本进口的 BT 8 镗床主传动系统采用国产品了这种变速器在我使用已有六、七年, 反映情况良好 4. 效率 $80 \sim 90\%$	机床主传动系统	日本东洋电机制造(株) 法国: Unicum公司	FU 无级变速器是法国 Unicum 公司发明的 Societe des Fabrications Unicum 的字母“FU”的头, “FU”为世界各国统一称号
多盘式		单级: $n = (0.2 \sim 0.8) n_0$ $i = 1:4$ 双级: $n = (0.06 \sim 0.75) n_0$ $i = 1:12$ (或大于 10) $N = 0.2 \sim 150$ 千瓦		1. 丢转速一般在 2% 以下, 低速范围内为 $3 \sim 3.5\%$ 2. 带 3.7 千瓦电机时变速器放在平台上无负荷情况下最大 3 微米 3. 3.7 千瓦的变速器以一定速度在全负荷下运转 6000 小时结果还未达到初期磨损 4. 效率 $80 \sim 85\%$	机床主传动系统或走刀系统	日本: 住友机械工业株式会社 日本: 长谷川齿车铁工所	又称理耳多盘变速器

注: 表中 N -输出功率(千瓦), M -输出力矩(公斤·米), n -输出转速(转/分)

皮带无级变速器的设计要素:

1. 变速范围

皮带无级变速器的变速范围取决于滑动盘沟槽角与皮带的形状。标准V形皮带的角度是 40° ，而变速用的皮带角度有 22° 的。该角度因皮带侧面的摩擦系数和皮带的构造而异。一般摩擦系数高的皮带V沟角度不能太大，以防止传动效率降低。变速皮带越宽变速范围也就越大(图1-6)宽皮带的内表面制成齿形，对于侧压有补强作用，同时使皮带柔软，以便适用于小直径皮带盘的场合。在环境温度高或高速转动情况下工作时，在背面也制成嵌齿状。

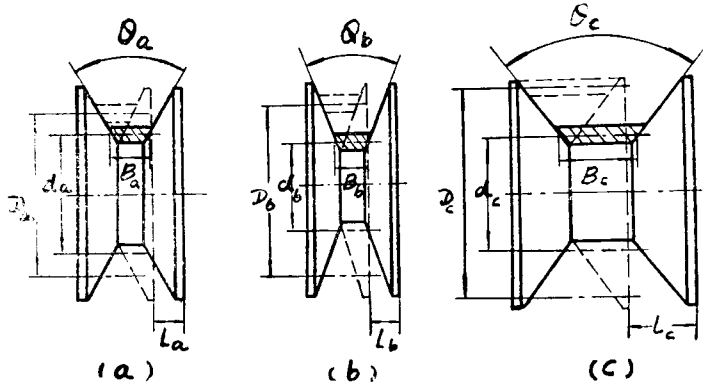


图 1-6 盘沟角度及皮带宽度对变速范围的影响
设: $Q_a > Q_b$ 则 $D_a: d_a < D_b: d_b$
设: $Q_a = Q_c$ 而 $B_c > B_a$ 则 $D_c: d_c > D_a: d_a$

2. 传递功率

皮带厚度增加时，摩擦接触面积增大，因此传递能力大，但变速比会减少。同时由于内部发热和摩擦面的发热，使效率降低，因此皮带不能太厚。

皮带无级变速器的侧压应随着皮带的摩擦系数、盘沟角度、盘的材质(构造)，皮带速度(一般标准V型皮带的容许速度为5~25米/秒，宽皮带是3~20米/秒)、盘径、皮带接触角度等因素而有所不同。若弹簧力不够，则会产生打滑，使回转比降低，并由于发热摩擦而导致早日破坏；但是如果弹簧力超过了许用值，就会出现皮带的耐久性下降，机械损失大的现象。一般宽幅皮带的侧压根据皮带的构造、材质、形状可以选为3~7公斤/厘米²

变速皮带的容许张力和容许侧压是两大要素，最大传递扭矩值就是由这两个因素决定的。

3. 皮带寿命

一般的皮带，在普通的使用状态下，寿命为10,000小时(1日10小时运转约3年)。皮带的寿命与皮带承受的应力(传递功率的有效张力、弯曲应力、离心力、皮带速度)成反比。此外环境温度对皮带寿命也有很大影响，因此应考虑良好的通风条件。

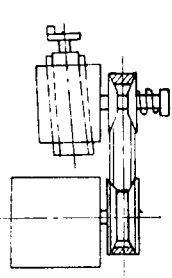
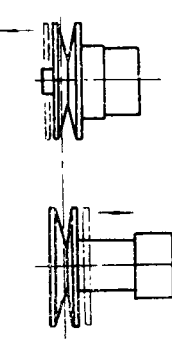
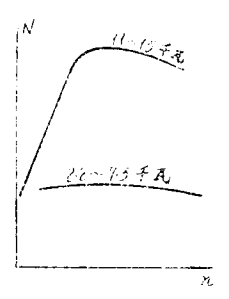
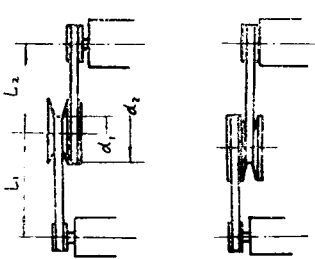
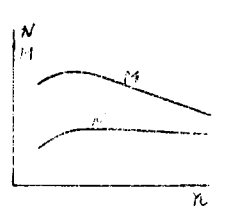
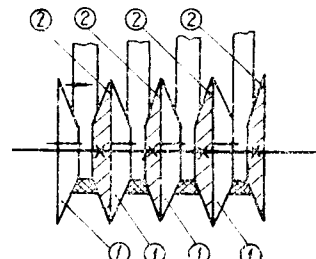
4. 皮带的效率和丢转率

V形皮带的传动效率一般为96~98%，使用变速皮带的场合，效率也在80%以上。

通常的皮带丢转率为1~2%，多数在3%以内。超过3%以上时，由于发热将使寿命大大减少。

5. 配合间隙

表 3

类别	传动简图	变速范围 n 变速比 i 及功率范围 N	功率特性	备注
轴间距可变式		$i=1:2$ $N=0.75\sim 7.9$ 千瓦	恒功率	注1: 生产厂家: 1. 日本寺尾商会 2. 日本 スピンドル 制造(株) 3. 德国 SCHLAGETER 公司 4. 日本酒井制作所 5. 日本大阪工作所
采用两个变节径盘式		$n=500\sim 2400$ 转/分 $i=1:4$ (或 $1:6$) $N=2.2\sim 15$ 千瓦 [2.2~7.5 千瓦为恒功率型 11~15 千瓦为恒扭矩型]		注2: 表中 N -功率(千瓦) M -输出力矩(公斤·米) n -输出转速(转/分)
可变径中间轮式		$i=1:6$		注3: 卡苏奴甫式皮带无级变速器是用液压伺服阀操纵的
采用数个变节径盘式	 <p>①—移动盘(联动) ②—固定盘</p>	只有一根轴上的盘可调时 $i=1:1.23\sim 1.31$ $N=5.5\sim 19$ 千瓦 主被动轴均可调时 $i=1:1.46\sim 1.62$ $N=7.5\sim 37.5$ 千瓦	恒功率	

类别	传动简图	变速范围 n 变速比 i 及功率范围 N	功率特性	备注
卡苏奴甫皮带无级变速器		$i=1:10$ 全变速域调速时间为 2~3 秒 操作为 200 克以下 $N=5\sim 30$ 千瓦		

因为皮带无级变速器的滑动盘与轴之间有滑动间隙，在变速器运转过程中经常存在的轻微振动将会引起磨损。当出现了磨损区或被磨下来的金属屑跑到滑动盘与轴之间时，就会出现调速不灵便，甚至滑动盘完全不能滑动的现象。为了解决这个问题，可在滑动部涂上耐磨表层（特殊聚四氟乙烯），并用聚氨基甲酸乙脂制造导向键（柱），这样可避免金属与金属的接触。设计时应注意不使滑动部分的配合过于松动，否则不但会引起噪音和振动，而且还会重复地使皮带引起异形压缩而降低皮带的寿命。

皮带无级变速器主要应用于机床的主传动系统。

几种典型的皮带无级变速器的结构，性能及制造厂家如表 3 所示

(三) 齿链式

这种变速器是 1928 年英国人阿伯特发明的。原名“Positive Infinitely Variable Speed Chain Gear Box”简称 PIV 无级变速器。国内外均已系列产品，传动简图如图 1-7 所示。

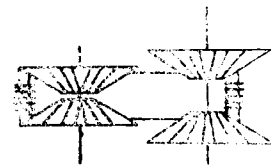


图 1-7 齿链式无级变速器传动简图

由于这种变速器是靠链条与带齿盘啮合传动的，没有滑

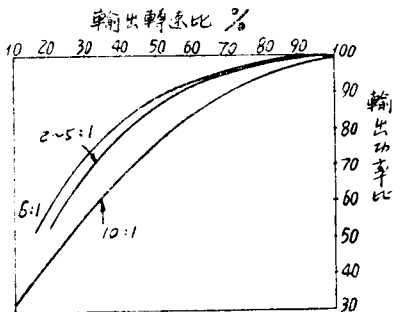


图 1-8 功率特性曲线

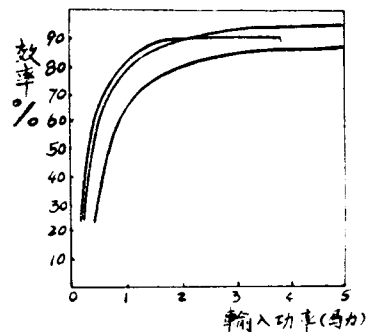


图 1-9 效率曲线

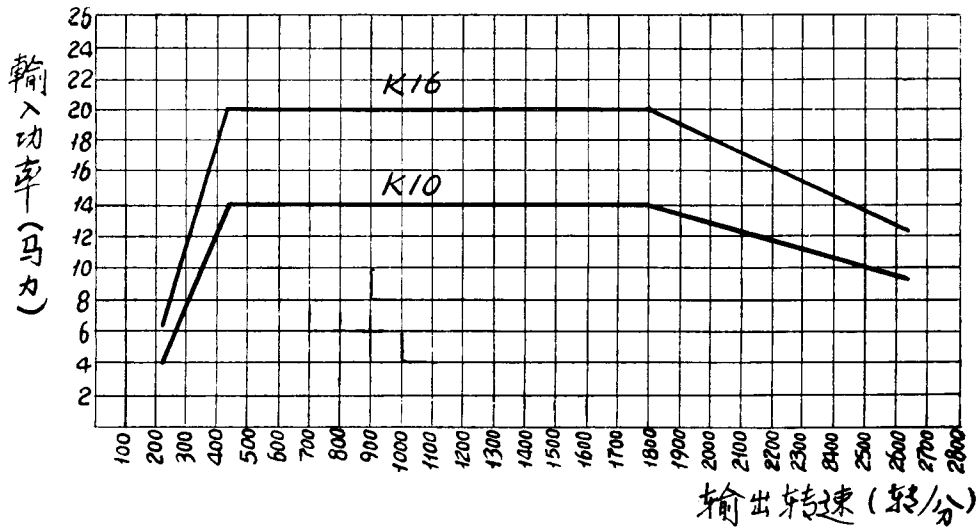


图 1-10 柯普K型变速器功率特性曲线

动，因此当负荷变动时，可以认为回转比基本上没有变化。

金属链有两种。一种是用薄钢板与联杆制成的链条，变速比可达1:6，功率范围是1~26马力；另一种是滚子链，可作高速迴转用，变速比达1:10，功率范围是1/8~6马力。齿链式无级变速器的功率特性曲线如图1-8所示，效率曲线如图1-9所示。

国内生产齿链式无级变速器的工厂是上海纺织机械厂。

三、无级变速器的选用

机械无级变速器的种类很多，在选用或设计时，必须首先明确以下三个因素：(1) 输入转速；(2) 使用的输出转速；(3) 负荷容量及负荷条件

1. 输入转速

一般机械无级变速器的输入转速都是按1500~1800转/分设计的。实际输入转速低时，允许传递的功率减小；输入转速高时，允许传递的功率增加。因此，对于作恒功率使用的变速器必须要注意实际的输入转速。

以柯普型变速器为例，当输入转速不等于1500转/分时，其输入功率、输出力矩和输出转速应在原有基础上乘以表4中的系数。

表 4

输入转速(转/分)	300	400	500	750	900	1000	1200	1500	1800
输入功率	0.30	0.37	0.44	0.59	0.68	0.74	0.85	1.00	1.13
输出力矩	1.50	1.39	1.32	1.18	1.13	1.11	1.06	1.00	0.94
输出转速	0.20	0.27	0.33	0.50	0.60	0.67	0.80	1.00	1.20

2. 使用的输出转速

各种机械无级变速器均有其自己的功率特性曲线（输出转速与输出力矩的关系曲线），

对应于不同的输出转速段所能传递的动力也不相同。

以 16 K 型柯普无级变速器为例，它的功率特性曲线如图 1-10 所示。

当使用的输出转速为 240~2650 转/分时，功率为 7.5 马力；

当使用的输出转速为 280~2650 转/分时，功率为 10 马力；

当使用的输出转速为 360~2350 转/分时，功率为 15 马力；

当使用的输出转速为 440~1800 转/分时，功率为 20 马力。

因此在选用机械无级变速器之前，必须先对它的功率特性有所了解，才不至于在选用中产生误差。

3. 负荷容量和负荷条件

在确定了输入转速和输出转速的前提下，即可以根据所需传递的功率来选择适当型式和适当型号的变速器。

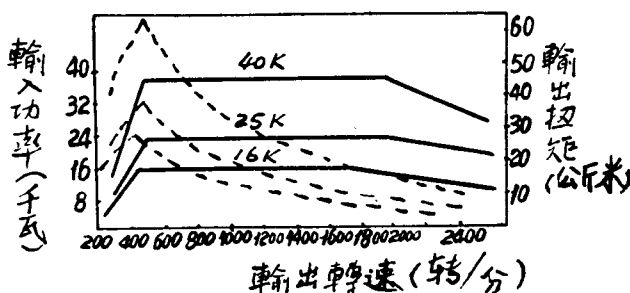


图 1-11 柯普 K 变速器功率特性曲线

仍以柯普 K 型为例，图 1-11 是一族功率特性曲线。若输入转速确定为 1500 转/分，当输出转速为 350~2600 转/分时，要使输入功率达到 20 千瓦，就必须选用 40 K 型，若输出转速为 470~2250 转/分，那么要使输入功率达到 20 千瓦，选用 25 K 型就可以了。

在这里应当特别着重指出的是，机械无级变速器与齿轮传动装置相比，超负载能力很差，而且工作过程中有打滑、丢转的现象，因此起动扭矩大、起动次数多、负荷变动大、有冲击负荷、急刹车等使用条件都会降低变速器的寿命，为了防止这种现象，应当加入保护装置，在结构上尽量不使变速器受到苛刻的负荷，或者考虑表 5 中所列的使用系数，采用比原规格更大的、有一定余量的无级变速器。起动扭矩大时，应在电机和变速器之间使用粉末联轴节；起动次数较多时，变速器和相应的机械装置中间要加离合器；负荷变动大和有冲击负荷时，变速器和相应的机械装置中间应装入惯性轮或粉末联轴节；有急刹车的必要时，变速器和相应的机械装置中间可加入刹车离合器，这些方法都是很有有效的。

此外，在设计和选用无级变速器时，还应注意下述问题。

1. 轴端悬出量

轴端有很大负荷时，不仅降低轴承寿命，而且使传递动力部分的定位也改变了，因此对轴端悬出量应加以限制。变速器与相应的机械连接时，最好采用直线联接式。

2. 起动时间

起动时，通常要有额定扭矩的 2~3 倍，起动时间太长就会使变速器长时间处于超负荷状态，因此应限制启动时间。