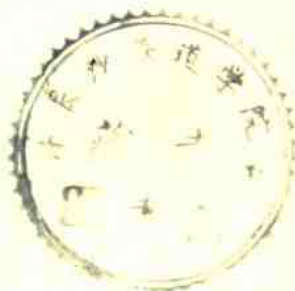


8737  
LSY

147179

# 汽车与拖拉机 碟形弹簧的设计

林世裕 編著



中国工业出版社

# 汽车与拖拉机 碟形弹簧的设计

林世裕 編著

中国工业出版社

本书首先介绍碟形弹簧(膜片弹簧)的分类、构造及其在汽车与拖拉机离合器中的应用实例与它的优点。然后,对于碟形弹簧的载荷-变形特性及应力-变形特性进行了分析,在分析的基础上阐述了碟形弹簧的强度与刚度计算方法,并列有计算实例。

本书可供汽车与拖拉机设计制造技术人员及高等工业学校汽车与拖拉机专业师生工作与教学中参考。

本书承程悦蓀同志审阅,并提出许多宝贵意见,特此致谢。

对于本书的意见与批评,请寄江苏省镇江市镇江农业机械学院汽车拖拉机教研组。

## 汽车与拖拉机碟形弹簧的设计

林世裕 编著

第八机械工业部图书杂志编辑部教材编辑室编辑(北京北河沿路4号)

中国工业出版社出版(北京修内胡同10号)

本书印刷(出版业营业许可证出字第110号)

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $2^{3/4}$ ·字数67,000

1965年8月北京第一版·1965年8月北京第一次印刷

印数0001—3,290·定价(科五)0.38元

统一书号: 15165·4034(八机-88)

## 本书常用符号

$A$ 、 $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_n$ ——载荷系数；

$C_1$ 、 $C_2$ ——应力系数；

$c$ ——碟形弹簧中立点到中心线的距离；

$D$ ——碟形弹簧外径；

$d$ ——碟形弹簧内径；

$E$ ——材料的弹性模数；

$e$ ——碟形弹簧的加载半径；

$f$ ——膜片弹簧分离指的內半径；

$H$ ——碟形弹簧內截錐高度；

$H_0$ ——碟形弹簧总高度；

$h$ ——碟形弹簧板厚度；

$E$ ——碟形弹簧刚度；

$M$ ——外力矩；

$m$ ——比值  $\frac{D}{d}$  或  $\frac{R}{r}$ ；

$P$ ——軸向载荷；

$R$ ——碟形弹簧外半径；

$r$ ——碟形弹簧內半径；

$\alpha$ ——碟形弹簧的原始錐角；

$\beta$ ——分离指寬度系数；

$\lambda$ ——碟形弹簧的軸向变形量；

$\mu$ ——材料的泊桑比；

$\sigma_t$ ——切向应力；

$\sigma_r$ ——径向应力；

$\varphi$ ——受載时錐角的角位移。

# 目 录

本书常用符号

|                          |    |
|--------------------------|----|
| § 1 碟形弹簧概述               | 1  |
| 一、碟形弹簧的分类与构造             | 1  |
| 二、汽车与拖拉机离合器中碟形弹簧的应用实例    | 6  |
| 三、汽车与拖拉机离合器中采用碟形弹簧的优点    | 10 |
| § 2 碟形弹簧的载荷-变形特性         | 14 |
| 一、碟形弹簧的计算方法              | 14 |
| 二、碟形弹簧的载荷-变形公式           | 15 |
| 三、碟形弹簧的载荷-变形特性           | 26 |
| § 3 膜片弹簧的载荷-变形特性         | 38 |
| 一、膜片弹簧的受载情况              | 38 |
| 二、膜片弹簧(没有径向槽时)的载荷-变形特性   | 39 |
| 三、膜片弹簧(具有径向槽时)的载荷-变形特性   | 43 |
| § 4 碟形弹簧的应力-变形特性         | 46 |
| 一、碟形弹簧的应力分布              | 46 |
| 二、碟形弹簧的应力-变形公式           | 49 |
| 三、碟形弹簧的应力-变形特性           | 54 |
| 四、膜片弹簧的应力计算公式            | 57 |
| § 5 碟形弹簧的材料及制造工艺         | 59 |
| 一、碟形弹簧的材料及许用应力           | 59 |
| 二、碟形弹簧的制造工艺              | 60 |
| 三、碟形弹簧的公差                | 62 |
| § 6 碟形弹簧的计算              | 62 |
| 一、碟形弹簧的设计计算方法            | 62 |
| 二、某轮式拖拉机主离合器中碟形弹簧的设计计算实例 | 70 |
| 三、某轻型载重汽车离合器中膜片弹簧的校核计算实例 | 74 |
| 参考文献                     | 83 |

## § 1 碟形弹簧概述

### 一、碟形弹簧的分类与构造

碟形弹簧（膜片弹簧）是用钢板冲压成的截锥形薄片弹簧

1. 根据结构形状可以分为两种。

（1）没有径向槽的碟形弹簧（本文中简称为蝶形弹簧）形状象一个没有底的碟子，如图 1 所示，通常用于拖拉机离合器中。



图 1 碟形弹簧

$D$ —弹簧外径； $H$ —内截锥高度； $d$ —弹簧内径； $h$ —弹簧板厚度

（2）具有径向槽的碟形弹簧（本文中简称为膜片弹簧）形状如图 2 所示，在径向槽末端制成圆孔或长方孔，以便穿过支承环螺栓，并减少应力集中现象。膜片弹簧具有径向槽的指形部分，在离合器工作过程中起分离杆的作用，因此可以称为分离指（参阅图 8）。膜片弹簧通常用于汽车离合器中。

与其他型式的弹簧（如螺旋弹簧、钢板弹簧、扭杆弹簧等）比较起来，碟形弹簧的主要特点是：

① 轴向尺寸很紧凑。

② 具有变刚度的特性，只要改变内截锥高度  $H$  与弹簧板厚度  $h$  的比值（ $\frac{H}{h}$  比值）就可以得到各种不同的弹簧弹性特性曲线（载荷-变形特性曲线）以满足不同的工作需要。

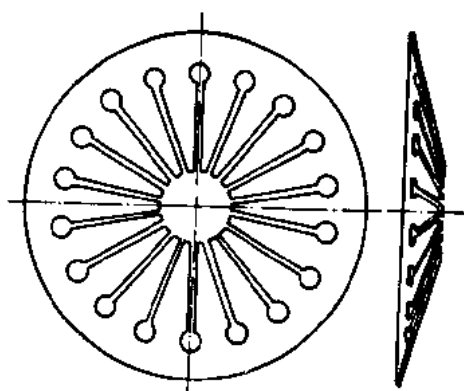


图 2 膜片弹簧

2. 根据载荷-变形特性, 可分为下列三种:

(1)  $\frac{H}{h}$  比值小 ( $\frac{H}{h} < \sqrt{2}$ ) 的碟形弹簧

这种碟形弹簧的弹性特性曲线如图 3 中曲线 1。当载荷  $P$  增加时 变形量  $\lambda$  总是不断地增大。

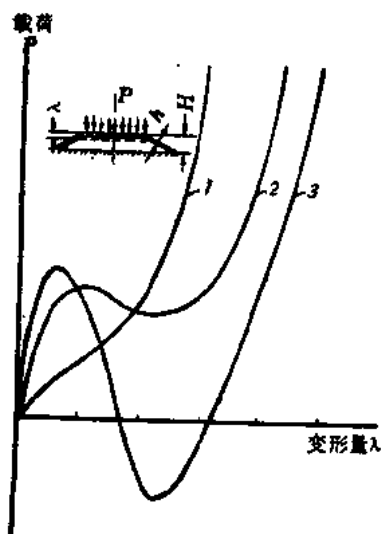


图 3 碟形弹簧的弹性特性曲线

曲线 1 —  $\frac{H}{h} < \sqrt{2}$

曲线 2 —  $\sqrt{2} < \frac{H}{h} < 2\sqrt{2}$

曲线 3 —  $\frac{H}{h} > 2\sqrt{2}$

这种碟形弹簧的刚度 $K\left(K=\frac{dp}{d\lambda}\right)$ 很大，可用以承受很大的载荷，因此用作各种缓冲装置中的行程限制弹簧等。

图4所示为一个四轮驱动拖拉机前桥弹性悬架中碟形弹簧的应用实例。驱动力矩通过两个顺序安装的不等速万向节1和2（起等速万向节作用）传给前轮轮盘4。在转向节主销6上安装一组直列组合的碟形弹簧5作为悬架弹性元件，以缓和由前轮传给机体的冲击。与通常横置钢板弹簧悬架比较起来，这种碟形弹簧悬架的结构紧凑，使前桥地隙增大，并使非悬挂重量减小，从而减小冲击。

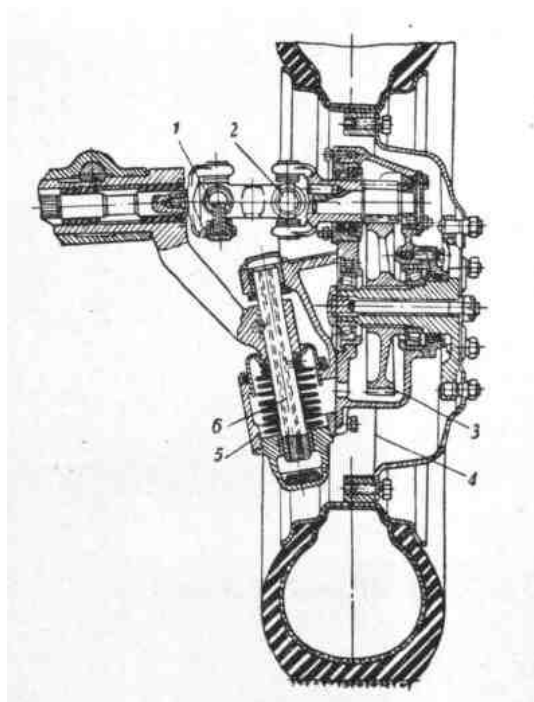


图4 拖拉机前桥弹性悬架中碟形弹簧的应用

1、2—不等速万向节；3—最终传动；4—前轮轮盘；5—碟形弹簧；6—转向节主销

这种碟形弹簧在苏联已标准化。根据ГОСТ3057-54, 它的  $\frac{D}{d}=2\sim 3$ , 锥角 $\alpha=2^{\circ}\sim 6^{\circ}$ , 外径 $D=28\sim 300$ 毫米, 厚度 $h=1\sim 20$ 毫米, 内截锥高度 $H=0.6\sim 9$ 毫米, 每个碟形弹簧的最大变形量 $\lambda$ 不应超过 $0.8H$ , 最大工作载荷 $P$ 可达到54吨。在西德也有相应的DIN2093标准<sup>[6]</sup>。

这种碟形弹簧的选择, 可参考文献[11], 根据ГОСТ3057-54查表来进行, 本文不再介绍。

(2)  $\frac{H}{h}$  比值中等 ( $\sqrt{2} < \frac{H}{h} < 2\sqrt{2}$ ) 的碟形弹簧

这种碟形弹簧的弹性特性曲线如图3中曲线2。在弹性特性曲线中段具有负刚度的区段, 在这区段中当载荷 $P$ 减小时, 变形量 $\lambda$ 反而增加, 也就是说, 这种弹簧具有不稳定工况的区域。

这种碟形弹簧用作某些汽车(如美国奥托卡牌、雪佛兰牌和奇姆西牌轻型载重汽车和英国希尔曼牌小客车中)和拖拉机(如苏联ДТ-70型履带式拖拉机)离合器的中央弹簧(作为压紧弹簧或补偿弹簧)。

(3)  $\frac{H}{h}$  比值大 ( $\frac{H}{h} > 2\sqrt{2}$ ) 的碟形弹簧

这种碟形弹簧的弹性特性曲线如图3中曲线3。在弹性特性曲线中具有更大的负刚度的不稳定工况的区域, 而且具有载荷为负值的区域。

这种碟形弹簧用于某些汽车(如奇姆西柯奇牌大客车)液力传动系的锁定机构中。

由于每个碟形弹簧的变形量很小, 所能承受的载荷也比较有限。因此应用时, 常以许多组碟形弹簧组合使用, 常用的组合型式有下列几种:

(1) 直列组合 将碟形弹簧直列地安装, 每两个碟形弹簧依次地以内缘和外缘相接触(图5, a)。为了防止径向移动必须

采用适当的导向装置，如将每組裝在一个套筒中，或套在一根共同的心軸上。直列組合中，在同一載荷 $P$ 下，具有 $n$ 片碟形彈簧組的變形量 $\lambda_n$ ，就比单个碟形彈簧的變形量 $\lambda$ 增大 $n$ 倍（ $\lambda_n = n\lambda$ ）。因此使碟形彈簧組的剛度 $K_n$ 減小（ $K_n = \frac{P}{\lambda_n}$ ），彈性增加，这样可以得到所需要的較大的軸向變形量（參閱圖4）。

直列組合時，在接觸的內緣與外緣應磨成小平面，以便使接觸良好。

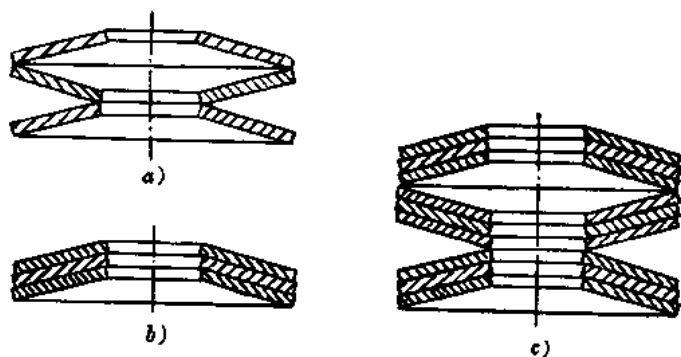


圖 5 碟形彈簧的組合型式

(2) 並列組合 將碟形彈簧並列地安裝，使上彈簧內表面迭放在下彈簧的外表面上，（圖5，b）。並列組合時，在同一變形量 $\lambda$ 下，具有 $n$ 片碟形彈簧組的載荷 $P$ ，如不計各片之間的摩擦，就要比单个碟形彈簧的載荷 $P$ 大 $n$ 倍，（ $P_n = nP$ ）。由此使碟形彈簧組的剛度 $K_n$ 增大（ $K_n = \frac{P_n}{\lambda}$ ），这样可以承受較大的載荷。當並列組合時，彈簧接觸表面應平滑而且有潤滑（參閱圖7）。

(3) 復合組合 為直列與並列的復合組合，這樣就能使彈簧組的彈性特性在很大範圍內變化（圖5，c）。在組合彈簧中，當其中一部分彈簧損壞時，只要更換那一部分彈簧。而且即使是

载荷大的弹簧组合，其中每个弹簧的尺寸并不太大，这样就便于机械加工和热处理。

## 二、汽车与拖拉机离合器中碟形弹簧的应用实例

碟形弹簧主要用于汽车与拖拉机的离合器中，今举几个应用实例加以说明。

### 1. 丰收-35型轮式拖拉机的离合器(图6)

这是一种干式、单片、经常接合、双作用式摩擦离合器，其中采用了两个碟形弹簧4作为压紧弹簧<sup>[16]</sup>。在该离合器中主离合器部分是由飞轮1，前从动盘2，前压盘3及碟形弹簧4组成；动力输出离合器部分是由后主动盘5，后从动盘11，后压盘12及碟形弹簧4组成。碟形弹簧4进行预加压缩，以保持离合器处于经常接合的状态。

这种离合器有三个工作位置。

(1) 全部接合的位置 前后碟形弹簧均在预加压缩状态，使主离合器与动力输出离合器均保持接合。

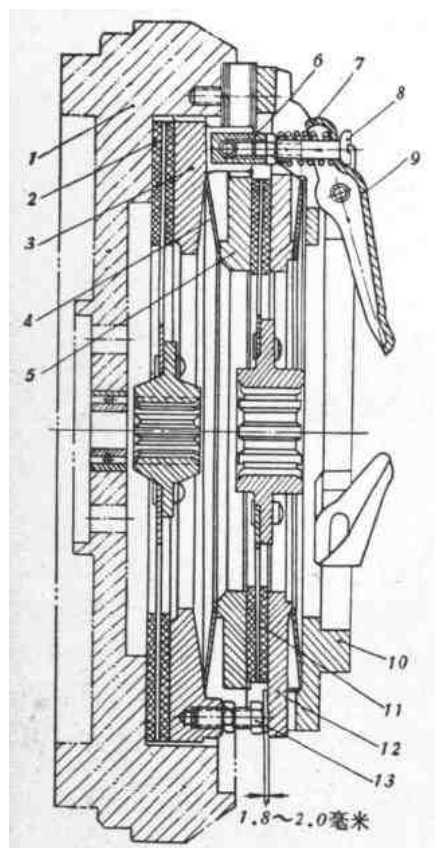


图6 丰收-35型轮式拖拉机的离合器

- 1—飞轮；2—前从动盘；3—前压盘；  
4—碟形弹簧；5—后主动盘；6—分离  
螺栓座；7—弹簧；8—分离螺栓；9—  
分离杆；10—离合器盖；11—后从动  
盘；12—后压盘；13—螺栓

(2) 主离合器分离，而动力输出离合器仍然接合的位置  
离合器踏板踏下时，经分离叉，分离轴承套筒，而使分离杆9的内端向前摆动，经过分离螺栓8，分离螺栓座6而使离合器前压盘3向离开飞轮的方向（向后）移动，将前碟形弹簧4进一步压缩；于是使主离合器分离，而动力输出离合器仍保持在接合状态。

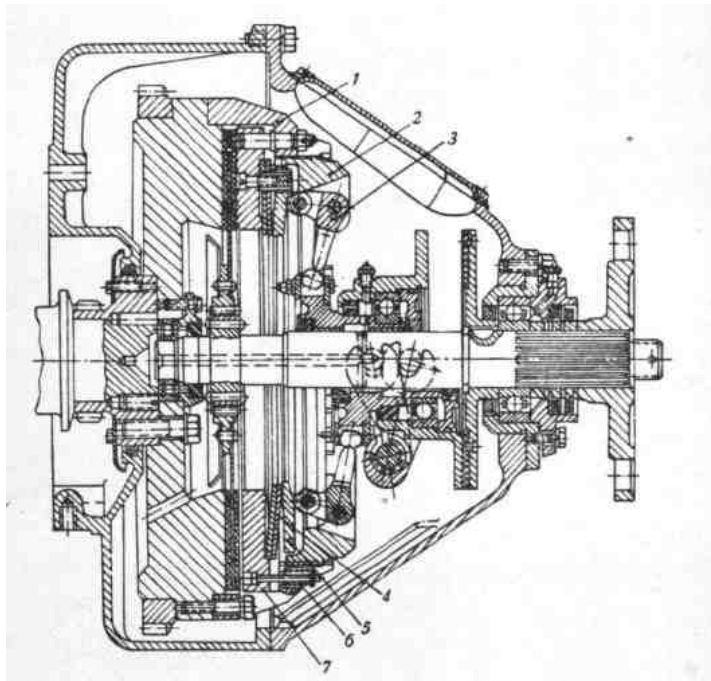


图 7 DT-70型履带式拖拉机的离合器

上半图—接合位置；下半图—分离位置

1—离合器盖；2—调整环；3—压紧杠杆；4—补偿弹簧（碟形弹簧）；5—压环；6—分离弹簧；7—压盘

(3) 全部分离的位置 离合器踏板继续踏下时，前压盘3继续向后移动，于是前压盘3上的三个螺栓13便把后压盘12向后推开，将后碟形弹簧4进一步压缩，因而使动力输出离合器也分离。显然，这时为了克服两个碟形弹簧的压力，离合器踏板上所

需施加的作用力比較大。

## 2. AT-70 型履带式拖拉机的离合器 (图 7)

这是一种干式、单片、非經常接合式摩擦离合器，其中采用了二个并列組合的碟形弹簧 4 作为补偿弹簧<sup>(16)</sup>。补偿弹簧安装时是在預加压缩状态。

这种离合器有两种工作位置：

(1) 接合位置 (图 7 中上半图) 当离合器的压紧杠杆 3 (装在与离合器盖 1 以螺纹联接的調整环 2 上) 向前摆动时，将压环 5 向前压，经过补偿弹簧 4，而使压盘 7 压向从动盘，在接合过程中可以分为两个阶段：

① 第一阶段——从开始接合到压紧力等于补偿弹簧的預加压力的阶段。在这个阶段中，由于补偿弹簧所受压力小于它的預加压力，因此，补偿弹簧并没有附加变形，其接合过程与刚性压紧机构相同，这时补偿弹簧对压紧机构的特性并没有影响。

② 第二阶段——从压紧力大于补偿弹簧的預加压力一直到完全接合的阶段。在这个阶段中，补偿弹簧产生附加变形，成为压紧机构中的一个变形零件，使整个压紧机构的刚度变小，具有弹性，这样不但可以使接合过程比較平順，而且可以改变离合器的調整特性，以减少离合器的調整次数。

(2) 分离位置 (图 7 中下半图) 当离合器的压紧杠杆 3 向后摆动时，就不对压环施加压力，于是在分离弹簧 5 的作用下，使压盘 7 向后移动，离合器就保持在分离状态。

## 3. 雪佛兰牌輕型載重汽車的离合器 (图 8)

这是一种干式、单片、經常接合式摩擦离合器，其中采用了具有 18 个分离指的膜片弹簧 (与图 2 一样) 作为压紧弹簧和分离杆<sup>(17)</sup>。

这种离合器有两个工作位置：

(1) 接合位置 (图 8, a) 膜片弹簧 3 靠在后支承环 2 上，并用它的大端 (外部) 紧压着压盘 5 (膜片弹簧在預加压缩状态)，因此使从动盘 6 接合。

(2) 分离位置 (图 8, b) 由于分离轴承套筒向膜片弹簧 3 的小端 (内部) 分离指前压, 使膜片弹簧 3 靠在前支承环 4 上, 通过弹簧片 1, 而将压盘 5 拉开, 因此使从动盘 6 分离。

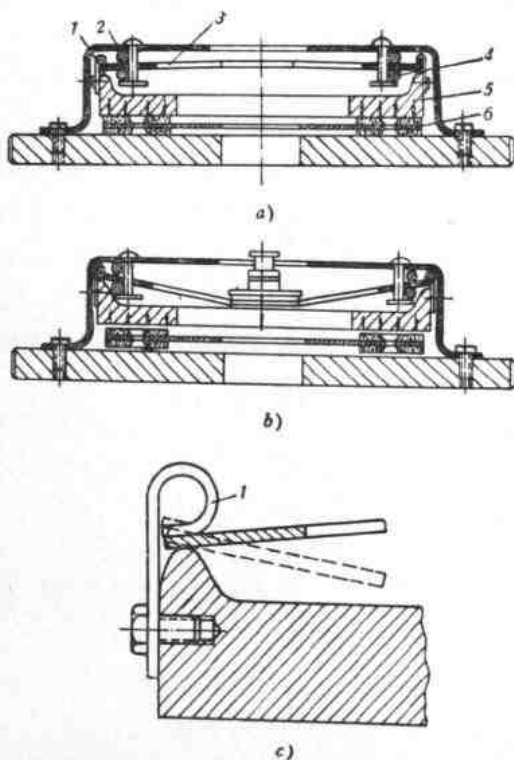


图 8 雪佛兰牌轻型载重汽车的离合器

a) 一接合位置; b) 一分离位置; c) 一弹簧片的固定  
1—弹簧片; 2—后支承环; 3—膜片弹簧; 4—前支承环;  
5—压盘; 6—从动盘

#### 4. 奇姆西柯奇牌大客车的 V 型液力传动系中锁定机构 (图 9)

美国通用汽车公司 1949 年所生产的奇姆西柯奇牌 (GMC coach) 大客车上, 发动机是横置地安装在车厢后部, 因此传动系必须总布置成一定角度, 于是, 采用 V 型传动系。

这种液力传动系的鎖定机构是采用干式，經常接合，双作用式摩擦离合器，其中采用二个并列組合的膜片弹簧作为压紧弹簧<sup>(9)</sup>。

这种离合器有两个工作位置。

(1) 前从动盘7的接合位置 传动系采用液力传动。在图9所示的位置，膜片弹簧的錐頂朝向离合器，此时膜片弹簧8經過压盘6将前从动盘7压紧在接合位置，于是由传动系主动軸1（与发动机曲軸相連）传来的扭矩，經過弧齿圓錐齒輪3传给双作用离合器壳盖4，前从动盘7，再經空心軸11，到液力变扭器的泵輪12，渦輪13和滑块式自由輪14（此时处于楔紧位置）传给中心軸15，最后經中心軸传给从动軸的凸緣盘2。当大客車起步和在困难道路上行駛以及在低速行駛时，就要采用液力传动，以便使从动軸上的扭矩增大。

(2) 后从动盘5的接合位置 传动系采用机械传动。当采用气动操纵装置，經過分离叉軸9，分离叉将分离軸承套筒向前推动，使膜片弹簧8由一个极端稳定位置（錐頂朝后）經過中間不稳定位置而轉变到另一个极端稳定位置（錐頂朝前），經過压盘6，将后从动盘5压紧在接合位置。于是由于传动系主动軸1传来的扭矩，經過弧齿圓錐齒輪3，双作用离合器壳盖4，后从动盘5，直接传给中心軸15，最后經中心軸传给从动軸的凸緣盘。在这个机械直接挡传动位置时，使液力传动由工作状态分离。因为渦輪13是以滑块式自由輪14装在中心軸15上的，所以虽然中心軸15仍在旋轉，但此时滑块式自由輪14是处于自动分离状态，因此，渦輪并不轉动，这样可以避免液力传动部分的功率消耗。当大客車高速度行駛时，就要采用机械传动。

### 三、汽車与拖拉机离合器中采用碟形弹簧的优点

在汽車与拖拉机离合器中采用碟形弹簧与通常所用沿压盘圆周排列的一組螺旋弹簧比較起来，具有下列优点：

1. 碟形弹簧的軸向尺寸小，結構很緊湊，其徑向尺寸虽較

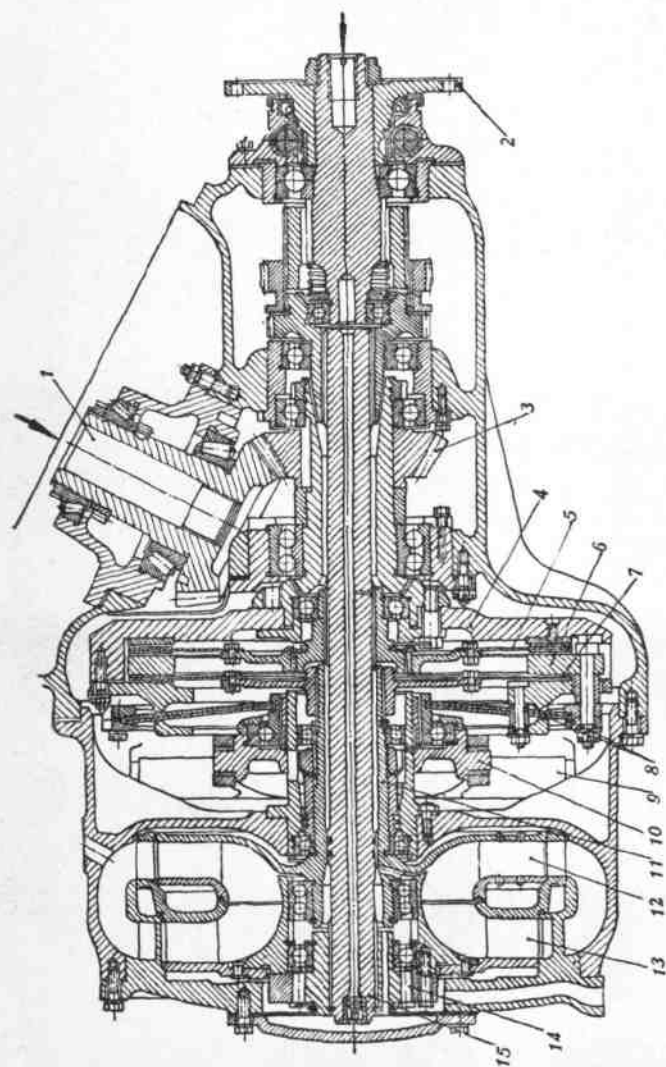


图 9 奇姆西柯奇牌大客车的V型液力传动系的纵剖面图

1—主动轴；2—凸缘盘；3—弧内圆锥内轴；4—离合器壳盖；5—后从动盘；6—压盘；7—前从动盘；8—膜片弹簧；9—分离叉轴；10—分离轴承套筒；11—空心轴；12—泵轮；13—涡轮；14—滑块式自由轮；15—中心轴

大，但与压盘形状相似，仍便于布置。例如，在普通式福格森FE-35型拖拉机中采用单作用式离合器，只有一套压盘和从动盘等，因此采用了轴向尺寸较大的螺旋弹簧作为压紧弹簧；但在超级式福格森FE-35型拖拉机中采用双作用式离合器后，具有两套压盘和从动盘等。为了使普通式和超级式拖拉机中离合器的轴向外形尺寸相同，以便于通用起见，在超级式的双作用式离合器中采用了轴向尺寸比螺旋弹簧小得多的两个碟形弹簧。

2. 由于碟形弹簧具有非线性弹性特性，因此采用碟形弹簧时，当从动盘摩擦片磨损后，压盘上的工作压力仍可保持不变或变化很小，这样可以使离合器仍能可靠地工作，而不致产生滑磨。

在图10中，当摩擦片新的时候，在离合器接合位置（ $b$ 点），两种压紧弹簧（螺旋弹簧1和碟形弹簧2）的变形量均为 $\lambda_b$ ，弹簧压力均为 $P_b$ 。当摩擦片的磨损量为 $\Delta\lambda$ 后，在离合器接合位置（ $a$ 点和 $a'$ 点）两种压紧弹簧的变形量均为 $\lambda_a$ ，但碟形弹簧的压紧力为 $P_a \approx P_b$ ，而螺旋弹簧的压紧力 $P_{a'} < P_b$ ，因此采用螺旋弹簧时如摩擦片磨损量太大，就会使离合器中压紧力不足，产生滑磨而不能传递所需要的扭矩。

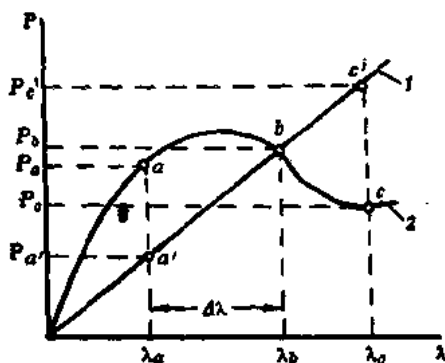


图10 离合器两种压紧弹簧的弹性特性曲线比较

1—螺旋弹簧；2—碟形弹簧；

$a$ 、 $a'$ —摩擦片磨损后的接合位置； $b$ —新摩擦片时的接合位置； $c$ 、 $c'$ —彻底分离位置