

动力转向机构

一、功用及意义

转向轻便和转向灵敏互相矛盾的。在机械转向系中，单靠改善转向器本身的结构，来同时满足转向轻便和转向灵敏是很有限的。为了减轻驾驶员的疲劳强度，改善转向系统的技术性能，采用动力转向装置。采用动力转向的汽车转向时，所需的能量只有小部分是驾驶员提供的体能，而大部分是发动机驱动转向油泵旋转，将发动机输出的部分机械能转化为压力能，并在驾驶员的控制下对转向传动装置或转向器传力，从而实现转向。

二、基本组成

动力转向装置如图 1 所示，主要由转向器、转向控制阀、转向动力缸以及将发动机输出的部分机械能转换为压力能的转向油泵（或空气压缩机）、转向油罐等组成。

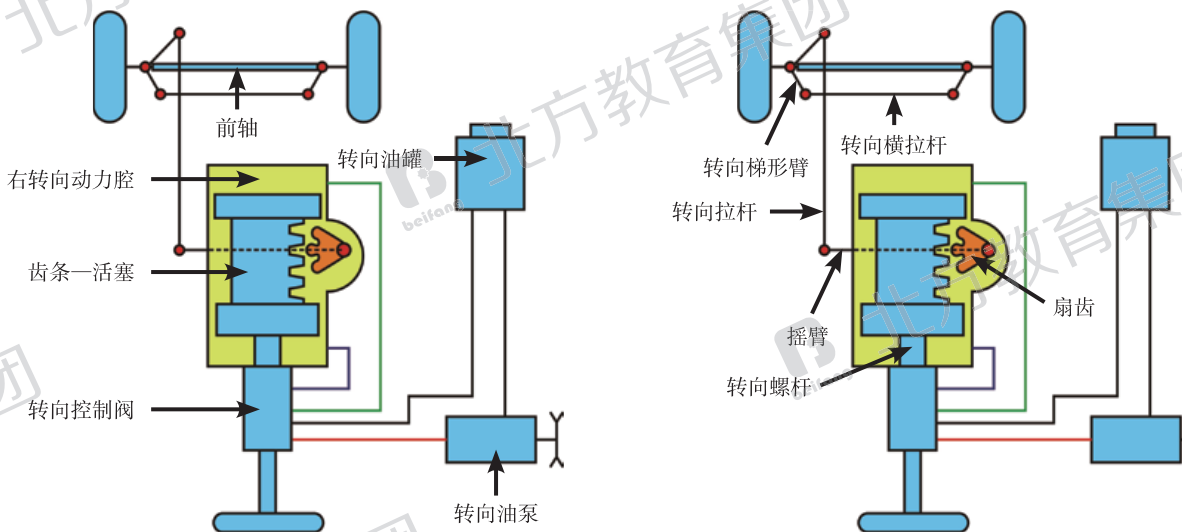


图 1 动力转向装置

转向器在机械转向器的基础上增加了两个油压动力腔，即左转向动力腔和右转向动力腔，齿条和活塞为一个整体，如此，动力腔的油压可以提供大部分动力推动扇齿转动。

三、基本原理

当汽车直线行驶时，转向控制阀控制油泵口和回油口相通，这样使油液从油泵到转向控制阀再回到转向油罐，油压不对外输出动力，如图 2 所示。

当右转向时，转向控制阀控制油泵口和右转向腔口相通，左转向腔口与回油口相通，这样使油液从油泵经转向控制阀到右转向腔，左转向腔油液经转向控制阀再回到转向油罐，液压油协助驾驶员推动齿条，推动扇齿等转向传动机构使车轮向右偏转，如图 3 所示。

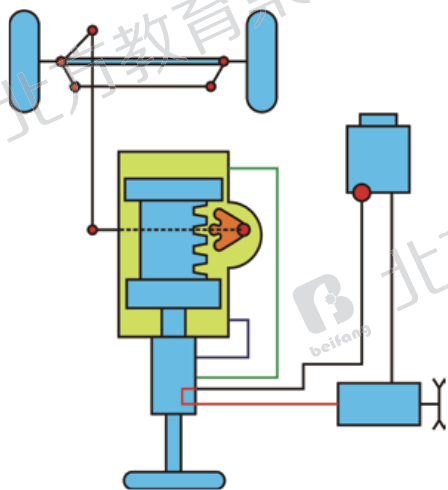


图 2 直线行驶时

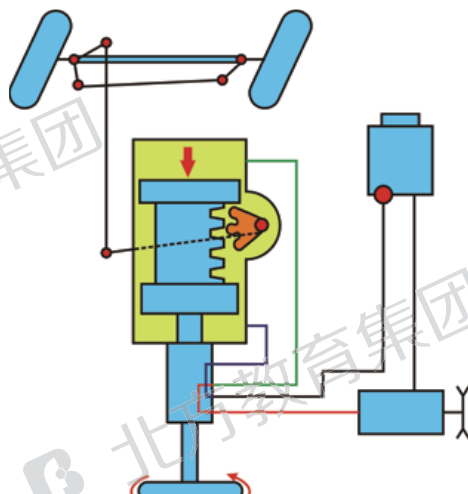


图 3 右转向时

当左转向时，转向控制阀控制油泵口和左转向腔口相通，右转向腔口与回油口相通，这样使油液从油泵经转向控制阀到左转向腔，右转向腔油液经转向控制阀再回到转向油罐，液压油协助驾驶员推动齿条，推动扇齿等转向传动机构使车轮向左偏转，如图 4 所示。

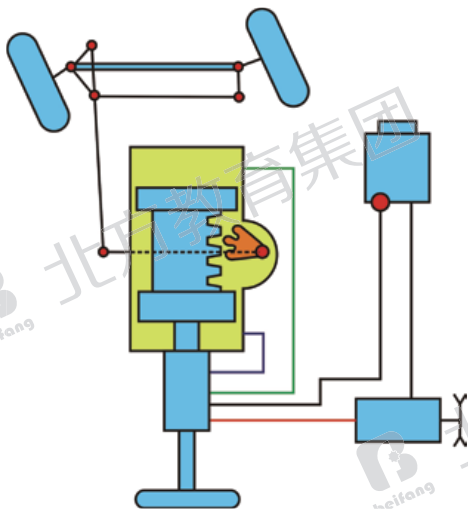


图 4 左转向时

四、转向控制阀

转向控制阀控制着左、右转向腔的油路转换，是最为重要的部件。转向控制阀由滑阀式和转阀式。下面以转阀式转向控制阀为例介绍其原理。

1. 转阀式转向控制阀结构

如图 5 所示，为转阀式转向控制阀的结构，转向控制阀主要由阀体 13、转阀 12、短轴组件（短轴 3、弹性扭杆 4 和下端轴盖 14 等）及密封圈、轴承等零件组成。

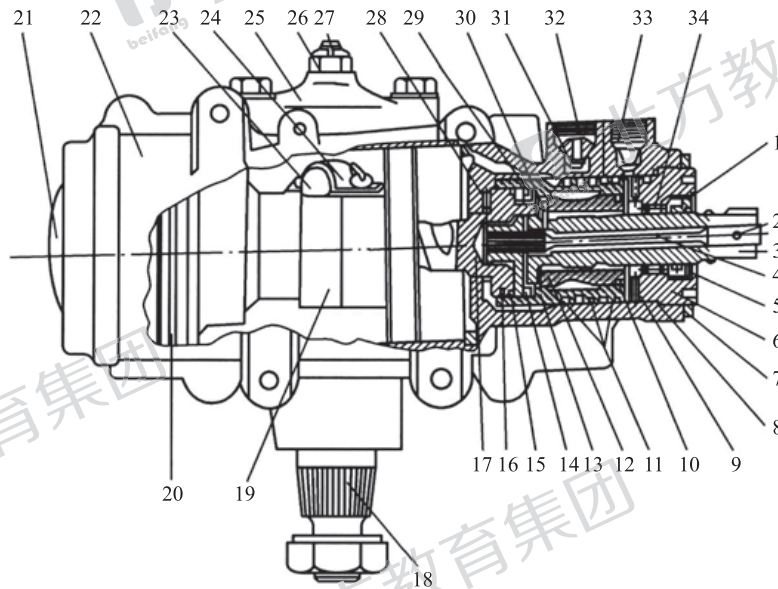
阀体 13 制成圆桶形，通过锁定销连接转向螺杆 17，方向器的动力经此输入。阀体 13 与下端轴盖 14 外圆上缺口相卡，形成盖 14 带动阀体 13 的传力连接。阀体 13 外表面切有环形槽，其中宽深的槽是油槽，浅窄的环槽用来安装密封圈组件，油槽与外壳的油道相通。阀体 13 的内表面切有 8 条互不贯通的纵向槽，并形成 8 道槽肩。

转阀 12 也制成圆桶形，转阀外表面切有与阀体 13 对应的 8 条互不贯通的纵槽，其相应的槽肩与阀体内表面上的槽肩相配合，形成油液流动的间隙。在转阀的 8 道槽肩中，相间的 4 道槽肩上开有径向通

孔，形成回油孔。

短轴 3 与转向万向节接通，驾驶员转动转向盘的作用力即由此输入。短轴 3 为空心管形轴件，短轴 3 通过锁定销与转阀 12 连接，保证短轴 3 和转阀 12 同步转动，相互之间不发生角位移。在短轴和转阀之间留有较大的径向间隙，供低压回油油流通。

弹性扭杆 4 装在短轴 3 内部，其一端与短轴 2 连接，另一端与下端轴盖 14 连接。由于弹性扭杆的弹性作用，允许短轴 3 和下端轴盖 14 可以产生相对位置变化。也就是说，可以使转阀 12 和阀体 13 之间产生相对位置变化。



- | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| 1- 卡环 | 12- 转阀 | 24- 导管压紧板 |
| 2- 短轴与弹性扭杆的传力销 | 13- 阀体 | 25- 侧盖 |
| 3- 短轴 | 14-F 端轴盖 | 26- 锁紧螺母 |
| 4- 弹性扭杆 | 16- 转向螺杆与阀体的锁定销 | 27- 调整螺钉 |
| 5- 骨架油封 | 17- 转向螺杆 | 29- 下端轴盖与阀体的锁定销 |
| 6- 调整螺塞 | 18- 转向摇臂轴 | 30- 转阀与短轴的锁定销 |
| 7- 锁止螺母 | 19- 齿条一活塞 | 31- 进油口座及止回阀 |
| 8、10、15- “O” 形密封圈 | 21- 转向器端盖 | 32- 进油口 |
| 9、28- 推力滚针轴承 | 22- 壳体 | 33- 出油口 |
| 11、20- 聚四氟乙烯环和“O”形密封圈组件 | 23- 循环球导管 | 34- 滚针轴承 |

图 5 转阀式转向控制阀

2. 转阀式转向控制阀工作过程

(1) 直线行驶时

汽车直线行驶时，转阀处于中间位置，如图 6 所示。来自转向油泵的油液从动力转向器壳体进油口经阀体的进油道 P 流进阀体和转阀之间。由于转阀处于中间位置，进入的油液分别经过阀体和转阀纵槽槽肩形成的两边相等的间隙、阀体油道 L、R，流进转向动力缸的左、右腔室，使两腔油压相等，齿条一活塞保持在中间平衡位置，不起转向及转向加力作用。与此同时，流进阀体和转阀之间的油液还经转阀的 4 条径向回油孔汇集于转阀内腔的回油道 O，最后经转向器壳体回油口流回转向油罐，形成常流式油液循环。

(2) 左转向时

汽车左转向时，短轴 3（图 5）在转向轴驱

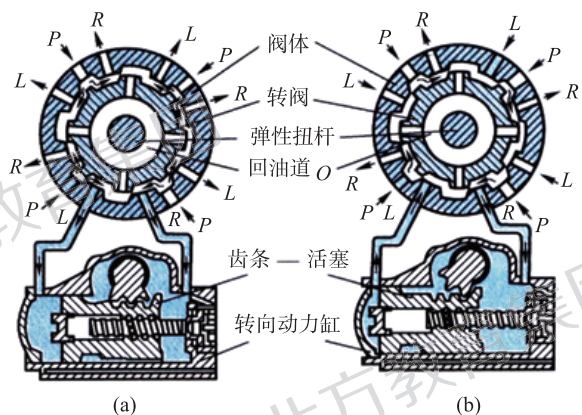


图 6 转阀式转向控制阀油路

动下逆时针方向转动，并分两路传递运动和力：一路拨动转阀 12 同步转动；另一路则通过弹性扭杆 4 的右端传给下端轴盖 14，轴盖 14 又传给阀体 13，最后传给转向螺杆 17。

由于受到路面转向阻力，使轴向螺杆 17 暂时不能随短轴 3 同步转动，即阀体暂时不能随短轴 3 同步转动。由短轴 3 传递的驾驶员的转向力矩只能使弹性扭杆 4 发生扭转变形，从而使转阀 12 相对于阀体 13 转过不大的角度，二者纵槽槽肩两边的间隙不再相等：通 R 油道的一边增大；通 L 油道的一边减小，如图 6b 所示。来自油泵的油液从油道 P 进入阀体与转阀之间，流向间隙增大的一边，并经 R 油道流进动力缸的右腔，使该腔油压升高；而与 L 油道相通的动力缸左腔油压则降低（左腔油液通过 L 油道流进阀体与转阀之间，再经转阀的 4 条径向油孔、回油道 O 流回转向油罐）。左、右两腔的压力差作用在齿条—活塞上，帮助转向螺杆迫使齿条—活塞开始左移，转向轮开始向左偏转，转向加力起作用。同时转向螺杆本身也开始与短轴同向转动。只要转向盘继续转动，弹性扭杆的扭转变形便一直保持不变，阀体与转阀之间的相对角位置也不变，转向加力作用就一直存在，转向轮将继续向左偏转。

在转向过程中，转向盘转得越快，弹性扭杆的扭转速度就越快，转阀相对于阀体产生角位移的速度也越快，从而使动力缸左、右两腔产生压力差的速度加快，转向轮的偏转速度也相应加快。

（3）停止转向时

一旦转向盘停止转动并维持在某一转角位置不动，短轴及转阀便不再转动。但齿条—活塞在油压差的作用下仍继续左移，导致转向螺杆连同阀体沿原转动方向继续转动，使弹性扭杆的扭转变形减小，阀体与转阀的相对角位移量减小，动力缸左、右两腔油压差减小。减小了的油压差仍作用在齿条—活塞上，以克服转向轮的回正力矩，使转向轮的偏转角维持不动。

（4）方向的回正

若在维持转向的位置上松开转向盘，被扭转变形的弹性扭杆 4（图 5）的右端自动转过一定的角度而恢复自由状态，转阀 12 则在随之同向转动的短轴 3 带动下回复到中间位置，动力缸停止工作，转向轮在回正力矩作用下自动回正。如果需要液压加力，驾驶员可以回转转向盘，使动力转向装置帮助转向轮回正。

（5）路面作用力反馈

汽车直线行驶时，若遇路面作用力而使转向轮偏转（设转向轮向左偏转，驾驶员仍保持转向盘处于直线行驶位置），转向阻力通过转向传动机构、齿条—活塞、转向螺杆作用于阀体，使阀体相对于不转动的转阀逆时针方向转动（在图 6a 所示位置上，阀体相对于转阀逆时针方向转动），动力缸左腔油压升高，右腔油压降低，压力差作用在齿条—活塞上使其右移，并通过转向传动机构使转向轮向右偏转而回正。从而保证了汽车直线行驶的稳定性和有效地避免了转向盘“打手”现象。

（6）动力转向失效时

在动力转向装置失效的情况下由人力转向时，短轴 3（图 5）随转向盘转过一定角度后，其左端凸缘上的弧形缺口便抵住转向螺杆 17 右端的叉形凸块，由短轴直接带动转向螺杆转动，以保证汽车转向。

这时的动力转向器即变为机械转向器，转向变得沉重，转向盘自由行程增大。

3. 转阀式转向控制阀特征

在转向过程中，动力缸中的油液压力是随转向阻力变化的，而动力缸中油压的变化又受控于弹性扭杆的扭转变形量：转向阻力增大，弹性扭杆的扭转变形量也增大，转阀相对于阀体的角位移量增大，从而使动力缸中油压升高；反之，则动力缸中油压降低。显然，弹性扭杆的扭转变形量取决于转向阻力的大小。在此过程中，弹性扭杆因扭转变形而产生的反作用力（与转向阻力成递增函数关系）传到转向盘上，使驾驶员能感觉到转向阻力的变化情况，所以这种转阀式动力转向装置具有“路感”作用。

五、转向油泵

转向油泵是液压式动力转向装置的能源，一般由发动机驱动，其作用是将输入的机械能转换为液压能输出。转向油泵有齿轮式、叶片式、转子式和柱塞式等几种形式。曾被广泛采用的齿轮式转向油泵的构造及工作原理与发动机润滑系统中的齿轮式机油泵类似。

叶片式转向油泵具有结构紧凑、输油压力脉动小、输油量均匀、运转平稳、性能稳定、使用寿命长等优点，现代汽车采用较多，以下介绍叶片式转向油泵。

1. 单作用非卸荷式叶片泵

单作用非卸荷式叶片泵主要由端盖、驱动轴、转子、定子、叶片及壳体组成，如图 7 所示。

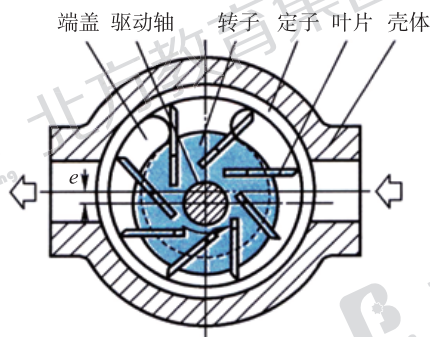


图 7 单作用叶片泵原理图

定子具有圆柱形内表面。转子上沿圆周均匀制有径向切槽。矩形叶片装在转子的切槽内，可在槽内移动；叶片沿转子轴向的两端分别压靠在两侧端盖的端面上，并可在端面上滑动。这样就由定子内表面、转子外表面、叶片和端盖构成若干个油腔。转子和定子中心不重合，有一偏心距 e 。当转子旋转时，叶片在自身离心力的作用下紧贴定子的内表面，将上述各油腔密封，并在转子切槽内作往复运动。

当转子按图示逆时针方向转动时，右半转子上各叶片均沿切槽向外滑动而伸出，相邻两叶片之间油腔的工作容积均增大，因而具有吸油作用；而左半转子上各叶片则均沿切槽向内滑动而被压回，相邻两叶片之间油腔的工作容积均减小，因而具有压油作用。

转子每转一周，叶片在切槽内作往复伸、缩运动各一次，完成吸油、压油各一次，故称为单作用叶片泵。由于右边吸油区的油压低，左边压油区的油压高，左、右两油区的压力差作用在转子上，使转子轴的轴承上承受较大的荷载，故称其为非卸荷式叶片泵。

2. 双作用卸荷式叶片泵

双作用卸荷式叶片泵也由转子、定子、叶片、端盖等组成，如图 8 所示。与单作用叶片泵的不同之处在于：双作用叶片泵的转子与定子的中心相重合；定子的内表面不是一个近似的椭圆形，它由两条长半径 R ($ab, c'd'$) 和两条短半径 r ($cd, c'd'$) 所决定的圆弧以及 4 段过渡曲线所组成。当转子旋转，叶片由短半径 r 向长半径 R 处运动时，两叶片间油腔的工作容积逐渐增大，形成局部真空而吸油；而叶片由长半径 R 向短半径 r 处运动时，两叶片间油腔的工作容积逐渐减小而压油。

转子每转一周，叶片在转子切槽内往复运动两次，完成两次吸油和两次压油，故称为双作用叶片泵。由于两个吸油区和两个压油区各自的中叶心夹角对称，所以作用在转子上的油压作用力相互平衡，故又称为卸荷式叶片泵。为了使转子受到的径向油压力完全平衡，工作油腔数（叶片数）应当为偶数。

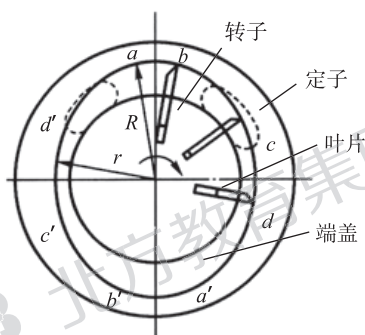


图 8 双作用叶片泵原理图

3. 叶片式转向油泵的构造

北京切诺基吉普车采用双作用卸荷式叶片泵，其构造如图 9 所示。

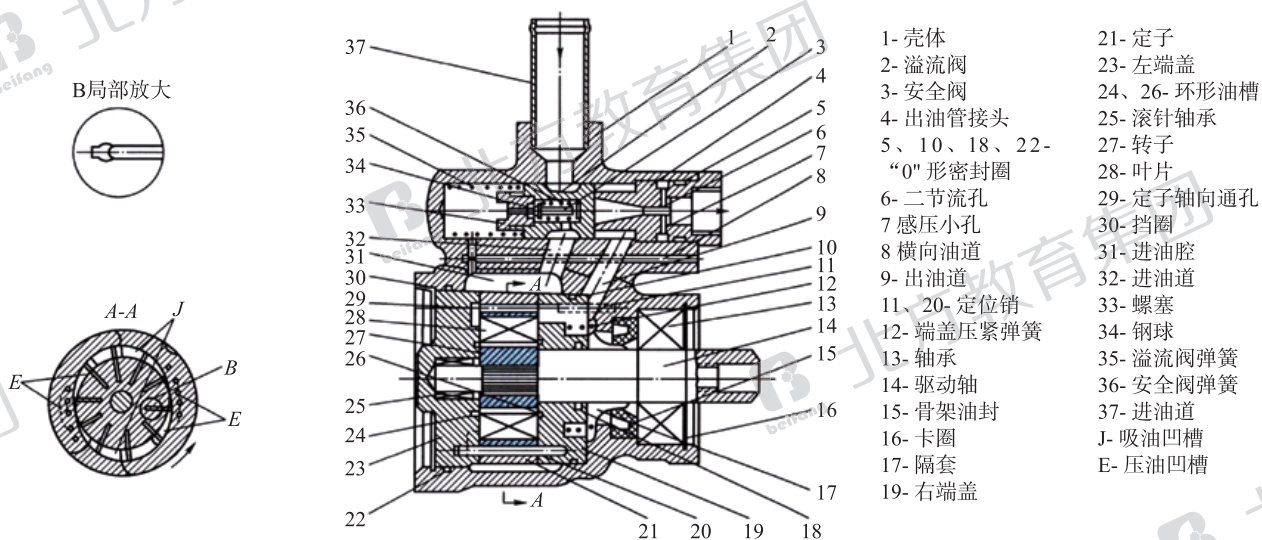


图 9 北京切诺基吉普车叶片式转向油泵

左端盖 23 和右端盖 19 以外圆柱面与壳体 1 的内孔滑动配合，配合表面之间分别装有“O”形密封圈 22 和 10，其中密封圈 10 使端盖 19 的右侧（与油泵的压油腔、出油道 9 均相通）与壳体的进油腔 31 隔开。定子 21 即位于左、右端盖之间的进油腔 31 内，其两端与左、右端盖的接合端面靠弹簧 12 的弹力压紧，弹性挡圈 30 限制端盖在弹簧 12 作用下向左轴向移动。

在右端盖 19 上开有两个对称的吸油凹槽 J，两凹槽均与进油腔 31 相通，实现双边进油，以利于增大油泵的流量。此外，在左、右两端盖上还对称开有两个压油凹槽 E，转子工作腔内压出的高压油流入其中的左端盖压油凹槽后，经定子 21 上的八个轴向通孔 29 汇集于右端盖 19 的压油凹槽内，右端盖的压油凹槽开有轴向通道，与出油道 9 相通。两个定位销 20 使定子 21 与左、右端盖周向定位；右端盖 19 又通过定位销 11 与壳体 1 周向定位，从而保证了端盖各油口以及壳体进、出油道之间正确的相对位置。

转子 27 位于定子 21 的内孔中，以三角形花键子 L 与驱动轴 14 的花键轴段相配合。转子沿圆周方向均匀地开有 10 条径向切槽，每条 E 槽内装有可沿槽径向滑动的矩形叶片 28，叶片两长边制成圆弧形，以利于与定子内表面良好接触，这种接触必须可靠，以保证油泵正常工作。为此，除依靠叶片本身的离心力外，还在叶片槽根部制有小油腔；在左、右端盖 23、19 与转子叶片槽根部相对应的圆周上分别开有环形油槽 24、26，高压油经端盖与转子之间的间隙进入环形油槽后，即可流入叶片槽根部的小油腔内，迫使叶片可靠地压向定子内表面。驱动轴 14 右部轴颈通过向心球轴承 13 支撑在壳体 1 上，轴的左端插入左端盖 23 中的无内圈滚针轴承 25 中，起支撑作用。轴 14 的左中段制有三角形花键；轴的右端与皮带盘相配合，发动机传出的动力由此输入，通过花键带动转子旋转。

叶片式转向油泵的输出油量随转子旋转速度（从而随发动机转速）的升高而增大。转向油泵设计时一般需保证即使在发动机怠速运转状态下，油泵的输出油量也能满足快速转向所需的动力缸活塞移动速度。这样，当发动机转速高时，油泵的输出油量将过大，导致油泵消耗功率过多和油温过高。油泵的输出油压取决于液压系统的负荷（动力缸活塞所受的运动阻力，也可以理解为油液的流通阻力）。输出油压过高，将导致动力缸和油泵超载而损坏其零件。为此，北京切诺基吉普车所用转向油泵在进、出油道之间装有控制流量的溢流阀 2 和控制压力的安全阀。

当输出油量过大时，出油管接头 4 内节流孔 6 中油液的流速很高，其静压力相应很低，此压力经感压小孔 7、横向油道 8 传到溢流阀 2 的左侧，使阀 2 左、右两侧压力差增大，在压力差作用下阀 2 压缩弹簧 35 在壳体 1 内左移，使进油道 32 与出油道 9 相沟通，部分油液即在泵内循环流动，使输出油量减少。当输出油量不大，而输出油压过高（如油道堵塞等原因造成）时，过高的油压同样经小孔 7、油道 8 传至阀 2 左侧，迫使钢球 34 和安全阀 3 压缩弹簧 36 而右移，则高压油可通过带滤网的螺塞 33 的中心孔经过油道 32 流回进油腔 31，从而降低了输出油压。

六、溢流阀和安全阀

转向油泵的输出油量随转子旋转速度（从而随发动机转速）的升高而增大。转向油泵设计时一般需保证即使在发动机怠速运转状态下，油泵的输出油量也能满足快速转向所需的动力缸活塞移动速度。这样，当发动机转速高时，油泵的输出油量将过大，导致油泵消耗功率过多和油温过高。油泵的输出油压取决于液压系统的负荷（动力缸活塞所受的运动阻力，也可以理解为油液的流通阻力）。输出油压过高，将导致动力缸和油泵超载而损坏其零件。为此，转向油泵在进、出油道之间装有控制流量的溢流阀和控制压力的安全阀，如图 8 所示。

当输出油量过大时，出油管接头 4 内节流孔 6 中油液的流速很高，其静压力相应很低，此压力经感压小孔 7、横向油道 8 传到溢流阀 2 的左侧，使阀 2 左、右两侧压力差增大，在压力差作用下阀 2 压缩弹簧 35 在壳体 1 内左移，使进油道 32 与出油道 9 相沟通，部分油液即在泵内循环流动，使输出油量减少。当输出油量不大，而输出油压过高（如油道堵塞等原因造成）时，过高的油压同样经小孔 7、油道 8 传至阀 2 左侧，迫使钢球 34 和安全阀 3 压缩弹簧 36 而右移，则高压油可通过带滤网的螺塞 33 的中心孔经过油道 32 流回进油腔 31，从而降低了输出油压。