

# 目 录

|                     |   |
|---------------------|---|
| 总 论 .....           | 1 |
| 0.1 汽车总体构造 .....    | 1 |
| 0.2 汽车分类 .....      | 3 |
| 0.3 汽车的主要技术参数 ..... | 6 |
| 0.4 车辆识别代号 .....    | 9 |

## 第 1 篇 汽车发动机

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 项目一 发动机基本知识 .....        | 12 |
| 任务一 基本术语和分类 .....        | 12 |
| 任务二 发动机工作原理 .....        | 15 |
| 任务三 发动机的总体构造 .....       | 18 |
| 任务四 发动机产品名称和型号编制规则 ..... | 20 |
| 项目二 曲柄连杆机构 .....         | 22 |
| 任务一 概述 .....             | 22 |
| 任务二 机体组 .....            | 25 |
| 任务三 活塞连杆组 .....          | 31 |
| 任务四 曲轴飞轮组 .....          | 47 |
| 项目三 配气机构 .....           | 56 |
| 任务一 概述 .....             | 56 |
| 任务二 配气机构主要零件 .....       | 63 |
| 任务三 可变配气相位控制机构 .....     | 77 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 项目四 汽油机燃料供给系统 .....            | 80  |
| 任务一 概述 .....                   | 80  |
| 任务二 电喷系统主要部件的结构和工作原理 .....     | 85  |
| 项目五 柴油机燃料供给系统 .....            | 94  |
| 任务一 概述 .....                   | 94  |
| 任务二 可燃混合气的形成与燃烧室 .....         | 96  |
| 任务三 主要部件结构 .....               | 100 |
| 任务四 主要辅助装置 .....               | 116 |
| 任务五 任务分配式 (VE) 喷油泵柴油供给系统 ..... | 120 |
| 项目六 润滑系统 .....                 | 128 |
| 任务一 概述 .....                   | 128 |
| 任务二 润滑系统的组成及油路 .....           | 129 |
| 任务三 润滑系主要部件 .....              | 132 |
| 任务四 曲轴箱通风 .....                | 140 |
| 项目七 冷却系统 .....                 | 142 |
| 任务一 水冷系 .....                  | 142 |
| 任务二 风冷系 .....                  | 151 |

## 第2篇 汽车传动系

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 项目八 传动系和离合器 ..... | 153 |
| 任务一 传动系 .....     | 153 |
| 任务二 离合器 .....     | 157 |
| 任务三 离合器操纵机构 ..... | 161 |
| 项目九 手动变速器 .....   | 165 |
| 任务一 变速器概述 .....   | 165 |
| 任务二 变速传动机构 .....  | 166 |

|                    |                       |            |
|--------------------|-----------------------|------------|
| 任务三                | 同步器 .....             | 174        |
| 任务四                | 变速器的操纵机构 .....        | 177        |
| 任务五                | 四轮驱动汽车的变速传动机构 .....   | 181        |
| <b>项目十</b>         | <b>自动变速器 .....</b>    | <b>185</b> |
| 任务一                | 自动变速器概述 .....         | 185        |
| 任务二                | 液力变矩器 .....           | 186        |
| 任务三                | 行星齿轮机构 .....          | 190        |
| 任务四                | 换挡控制系统 .....          | 205        |
| <b>项目十一</b>        | <b>万向传动装置 .....</b>   | <b>207</b> |
| 任务一                | 万向传动装置的功用、组成和应用 ..... | 207        |
| 任务二                | 万向节 .....             | 209        |
| 任务三                | 传动轴和中间支撑 .....        | 214        |
| <b>项目十二</b>        | <b>驱动桥 .....</b>      | <b>217</b> |
| 任务一                | 概述 .....              | 217        |
| 任务二                | 主减速器 .....            | 219        |
| 任务三                | 差速器 .....             | 223        |
| 任务四                | 半轴和桥壳 .....           | 229        |
| <b>第 3 篇 汽车行驶系</b> |                       |            |
| <b>项目十三</b>        | <b>汽车行驶系和车架 .....</b> | <b>232</b> |
| 任务一                | 行驶系组成和功用 .....        | 232        |
| 任务二                | 车架类型及结构 .....         | 233        |
| <b>项目十四</b>        | <b>车桥 .....</b>       | <b>236</b> |
| 任务一                | 车桥类型 .....            | 236        |
| 任务二                | 转向桥 .....             | 236        |
| 任务三                | 转向驱动桥 .....           | 239        |
| 任务四                | 转向轮定位 .....           | 241        |

|             |                |     |
|-------------|----------------|-----|
| 项目十五        | 车轮与轮胎          | 245 |
| 任务一         | 车轮             | 245 |
| 任务二         | 轮胎             | 249 |
| 项目十六        | 悬架             | 255 |
| 任务一         | 悬架的组成及分类       | 255 |
| 任务二         | 弹性元件           | 256 |
| 任务三         | 减振器            | 260 |
| 任务四         | 典型悬架系统         | 263 |
| 任务五         | 电子控制悬架系统       | 271 |
| 第4篇 汽车操纵控制系 |                |     |
| 项目十七        | 汽车转向系统         | 280 |
| 任务一         | 机械转向系基本组成和工作原理 | 280 |
| 任务二         | 机械转向系          | 284 |
| 任务三         | 动力转向系          | 296 |
| 任务四         | 四轮转向           | 300 |
| 项目十八        | 汽车制动系统         | 302 |
| 任务一         | 概述             | 302 |
| 任务二         | 制动器            | 303 |
| 任务三         | 驻车制动器          | 314 |
| 任务四         | 液压式制动传动装置      | 316 |
| 任务五         | 真空液压式制动传动装置    | 321 |
| 任务六         | 制动力分配调节装置      | 325 |
| 任务七         | 制动防抱死 (ABS) 系统 | 329 |
| 参考文献        |                | 335 |

## 第 4 篇 汽车操纵控制系

### 项目十七 汽车转向系统

#### 任务一 机械转向系基本组成和工作原理

##### 17.1.1 转向系的功用、类型、组成和工作过程

###### 1. 转向系的功用和类型

转向系是指由驾驶员操纵，能改变和保持汽车行驶方向的系统。当汽车需要改变行驶方向时，必须使转向轮绕主销轴线偏转一定角度，直到新的行驶方向符合驾驶员的要求时，再将转向轮恢复到直线行驶的位置。

汽车转向系按转向动力源的不同分为机械转向系和动力转向系两大类。

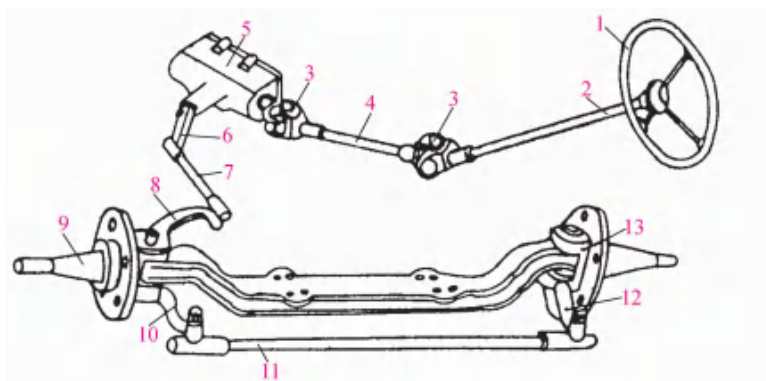
机械转向系以驾驶员的体力作转向动力源；动力转向系除了驾驶员的体力外，还能够借助汽车的动力作为辅助转向能源，从而又可以分为液压式、气压式和电动式的动力转向系。

###### 2. 转向系的组成和工作过程

###### (1) 机械转向系的组成和工作过程

汽车机械转向系是以驾驶员的体力为动力源。机械转向系由转向操纵机构、机械转向器和转向传动机构三大部分组成，其具体组成如图 17-1 所示。转向操纵机构包括转向盘、转向轴、万向节、转向传动轴；机械转向器有多种类型，轿车上常采用齿轮齿条转向器；转向传动机构包括转向摇（垂）臂、转向直（纵）拉杆、转向节臂、转向梯形臂、转向横拉杆等。

如图 17-1 所示为与非独立悬架配用的机械转向系统。汽车转向时，驾驶员转动转向盘，通过转向轴、转向节和转向传动轴，将转向力矩输入转向器。转向器中有 1~2 级啮合传动副，具有降速增矩的作用。转向器输出的转矩经转向摇臂，再通过转向直拉杆传给固定在左转向节上的转向节臂，使左转向节及装于其上的左转向轮绕主销偏转。左、右转向梯形臂的一端分别固定在左、右转向节上，另一端则与转向横拉杆做球铰链连接。当左转向节偏转时，经左转向梯形臂、转向横拉杆和右转向梯形臂的传递，右转向节及装于其上的右转向轮随之绕主销同向偏转一定的角度。



1—转向盘 2—转向轴 3—转向万向节 4—转向传动轴 5—转向器 6—转向摇臂 7—转向直拉杆  
8—转向节臂 9—左转向节 10—左转向梯形臂 11—转向横拉杆 12—右转向梯形臂 13—右转向节

图 17-1 与非独立悬架配用的机械转向系

左、右转向梯形臂和转向横拉杆构成转向梯形，其作用是在汽车转向时，使左、右转向轮按一定的规律进行偏转。

如图 17-2 所示为与独立悬架配用的机械转向系统。

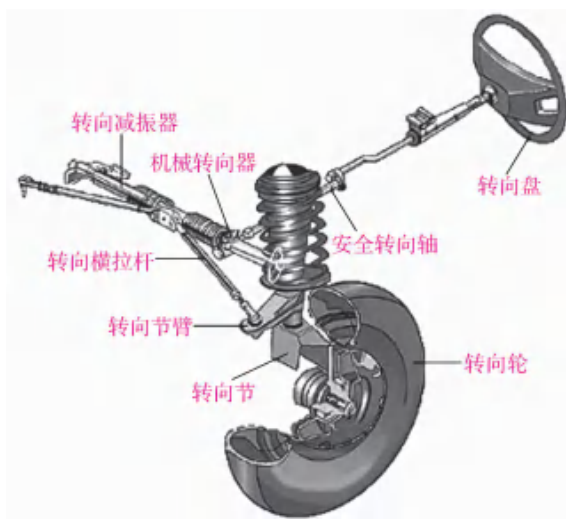


图 17-2 与独立悬架配用的机械转向系统

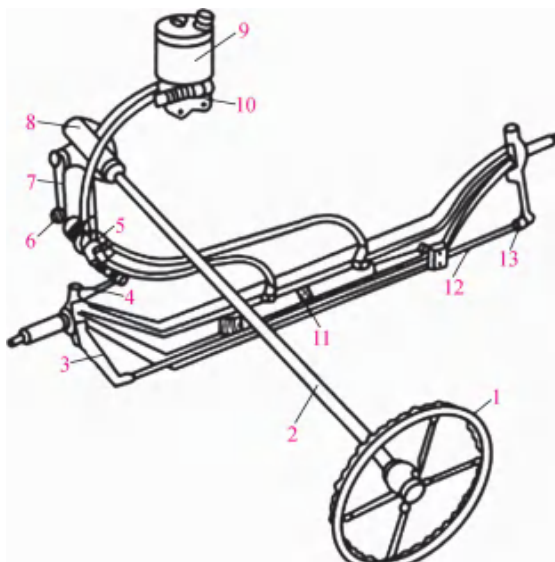
## (2) 动力转向系的组成和工作过程

动力转向系统是用驾驶员体力和发动机动力作为转向能源的转向系统。动力转向系统是在机械转向系统的基础上加设一套转向加力装置而构成的。如图 17-3 所示为液压式动力转向系统，转向储液罐、转向油泵、转向控制阀和转向动力缸构成了转向加力装置的各部件；转向油泵由发动机驱动，产生高压油液。

在正常情况下，汽车转向所需能量只有一小部分由驾驶员提供，而大部分是由发动机通过转向加力装置提供。在转向加力装置失效时，还能由驾驶员独立承担汽车转向任务。

当驾驶员逆时针转动转向盘时，转向摇臂将推动转向直拉杆向前移动。直拉杆的推力

作用于转向节臂，并依次传到梯形臂，使转向横拉杆右移。与此同时，转向直拉杆还带动转向控制阀中的滑阀，使转向动力缸的左腔接通转向油泵的出油口，右腔则接通转向油液压力为零的转向储液罐。于是转向动力缸的活塞所受向右的液压作用便经推杆施加在转向横拉杆上。这样，为了克服地面作用于转向轮上的转向阻力矩，驾驶员需要加于转向盘上的转向力矩比用机械转向系统时所需的力矩要小得多。



1—转向盘 2—转向轴 3、13—梯形臂 4—转向节臂 5—转向控制阀 6—转向直拉杆 7—转向摇臂  
8—机械转向器 9—转向储液罐 10—转向油泵 11—转向动力缸 12—转向横拉杆

图 17-3 动力转向系示意图

### 17.1.2 汽车转向时车轮的运动规律

汽车在转向行驶时，要求车轮相对于地面做纯滚动，不能有滑动的成分，因为车轮边滚边滑会导致转向行驶阻力增大，动力损耗，油耗增加，也会导致轮胎磨损增加。

汽车转向时，内侧车轮和外侧车轮滚过的距离是不等的。对于一般汽车而言，后桥左、右两侧的驱动轮由于差速器的作用，能够以不同的转速滚过不同的距离。但前桥左、右两侧的转向轮要滚过不同的距离，且要保证车轮做纯滚动就要求所有车轮的轴线都交于一点  $O$  方能实现，此交点  $O$  称为汽车的转向中心，如图 17-4 所示。

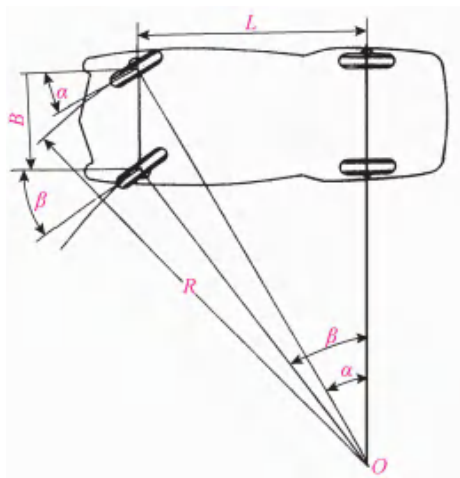


图 17-4 汽车转向示意图

汽车转向时内侧转向轮偏转角  $\beta$  大于外侧转向轮偏转角  $\alpha$ 。 $\alpha$  与  $\beta$  的关系是：

$$\cos \alpha = \cot \beta + \frac{B}{L}$$

式中： $B$ ——两侧主销中心距（可近似认为是转向轮轮距）；

$L$ ——汽车轴距。

这一关系是由转向梯形保证的。所有汽车转向梯形的设计实际上都只能保证在一定的车轮偏转角范围内，使两侧车轮偏转角大体上接近以上关系式。

从转向中心  $O$  到外侧转向轮与地面接触点的距离  $R$  称为汽车转弯半径。转弯半径  $R$  愈小，则汽车转向所需要场地就愈小，汽车的机动性也愈好。当外侧转向轮偏转角  $\alpha$  达到最大值  $\alpha_{\max}$  时，转弯半径  $R$  最小。

### 17.1.3 转向系的角传动比

#### 1. 转向系角传动比

转向盘的转角与转向盘同侧的转向轮偏转角的比值，称为转向系角传动比，一般用  $i_w$  表示。转向系角传动比也可以用转向器角传动比  $i_1$  和转向传动机构角传动比  $i_2$  的乘积来表示。其中，转向器角传动比是转向盘转角和转向摇臂摆角之比；转向传动机构角传动比是转向摇臂摆角与同侧转向轮偏转角之比。

#### 2. 角传动比对转向特性的影响

转向系角传动比越大，增矩作用也就随之加大，则转向操纵就越轻便，但由于转向盘转的圈数过多，导致操纵灵敏性变差，所以转向系角传动比不能过大；而转向系角传动比太小又会导致转向沉重。所以，转向系角传动比既要保证转向轻便，又要保证转向灵敏。但机械转向系很难做到这点，所以越来越多的车辆采用动力转向系。

汽车的转向操纵性能并不完全取决于转向系统，还与行驶系有关。汽车直线行驶时，转向轮也会受到偶然的地面侧反力而发生意外偏转，使汽车发生意外转向。为了使汽车能

稳定地保持直线行驶，对转向轮的要求是发生偏转后能够立即回正。在车轮定位中所述的主销内倾和主销后倾，就是保证转向轮自动回正性能的结构措施之一；此外，悬架导向机构的结构和布置及轮胎的径向和侧向刚度，都对汽车的转向操纵性有很大影响。

## 任务二 机械转向系

机械转向系由转向操纵机构、转向器和转向传力机构三大部分组成。

### 17.2.1 转向操纵机构

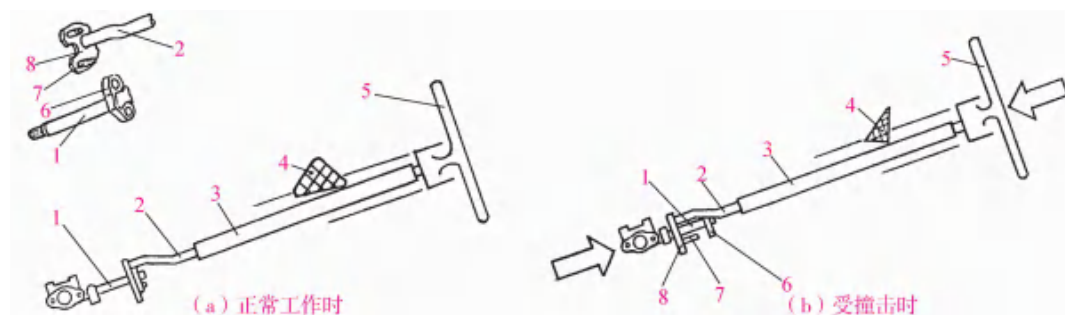
转向操纵机构主要由转向盘、转向轴和转向轴套管等组成。

转向操纵机构的功用是产生转动转向器所必需的操纵力，并具有一定的调节和安全性能。

转向操纵机构要将驾驶员操纵转向盘的力传给转向器，同时为了驾驶员的舒适驾驶，还要求转向操纵机构可以进行调节，以满足不同驾驶员的需求；为了防止车辆撞击后对驾驶员的损伤，还要求转向操纵机构具有一定的安全保护装置。

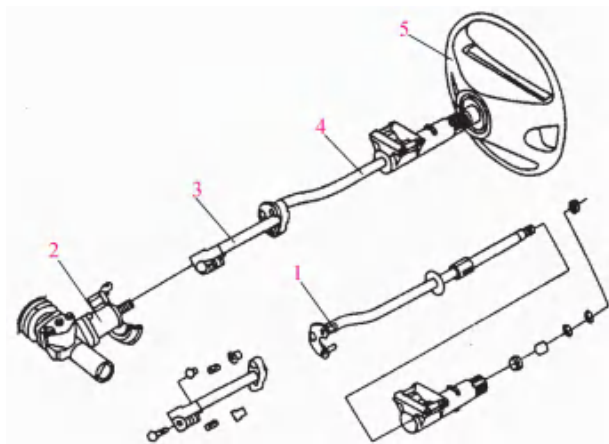
#### 1. 可分离式安全转向操纵机构

上海桑塔纳轿车采用了可分离式安全转向操纵机构，如图 17-5（a）所示为转向操纵机构的正常工作位置。此类转向操纵机构的转向轴分为上、下两段，用安全联轴节连接，上转向轴下部弯曲并在端面上焊接有半月形凸缘盘，盘上装有两个驱动销，与下转向轴上端凸缘压装尼龙衬套和橡胶圈的孔相配合，形成安全联轴节。一旦发生撞车事故，驾驶员因惯性而以胸部扑向转向盘时，迫使转向柱管压缩位于转向柱上方的可折叠安全元件而向下移动，使两个驱动销迅速从下转向轴凸缘的孔中退出，从而形成缓冲而减少对驾驶员的伤害。如图 17-5（b）所示为转向盘受撞击时，安全元件被折叠、压缩，并与安全联轴节脱开使转向管柱产生轴向移动的情形。一汽红旗、奥迪轿车的转向操纵机构与此类似，如图 17-6 所示，不同的是二者无可折叠的安全元件。



1—下转向轴 2—上转向轴 3—转向管柱 4—可折叠安全元件  
5—转向盘 6—凸缘 7—驱动销 8—半月形凸缘盘

图 17-5 上海桑塔纳轿车可分离式安全转向操纵机构



1—驱动销 2—转向器 3—下转向轴 4—上转向轴 5—转向盘

图 17-6 一汽红旗、奥迪轿车转向操纵机构

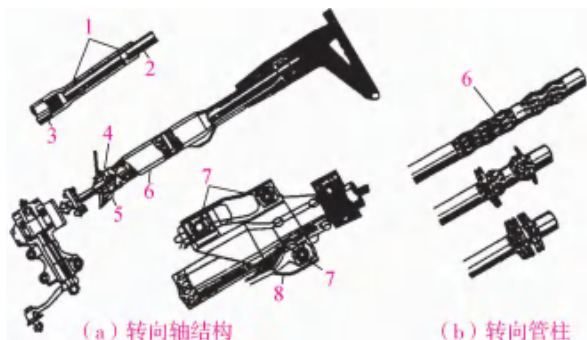
## 2. 缓冲吸能式转向操纵机构

缓冲吸能式转向操纵机构从结构上能使转向轴和转向管柱在受到冲击后轴向收缩并吸收冲击能量，从而有效地缓和转向盘对驾驶员的冲击，减轻其所受伤害的程度。

汽车撞车时，首先车身被撞坏（第一次碰撞），同时转向操纵机构被后推，从而挤压驾驶员，使其受到伤害；接着，随着汽车速度的降低，驾驶员在惯性力的作用下前冲，再次与转向操纵机构接触（第二次碰撞）而受到伤害。缓冲吸能式转向操纵机构对这两次冲击都具有吸收能量、减轻驾驶员受伤程度的作用。

### （1）网状管柱变形形式

这种转向操纵机构的转向轴分为上、下两段，如图 17-7（a）所示。上转向轴套装在下转向轴的内孔中，两者通过塑料销结合在一起（也有采用细花键结合的），并传递转向力矩。塑料销的传力能力受到严格限制，它既能可靠地传递转向力矩，又能在受到冲击时被剪断，因此，它起安全销的作用。



1—塑料销 2—上转向轴 3—下转向轴 4—凸缘盘 5—下托架 6—转向管柱 7—塑料安全销 8—上托架

图 17-7 网状管柱变形形式转向操纵机构

这种转向操纵机构的转向管柱的部分管壁制成网格状，使其在受到压缩时很容易轴向变形，并消耗一定的变形能量，如图 17-7（b）所示。另外，车身上固定管柱的托架也是

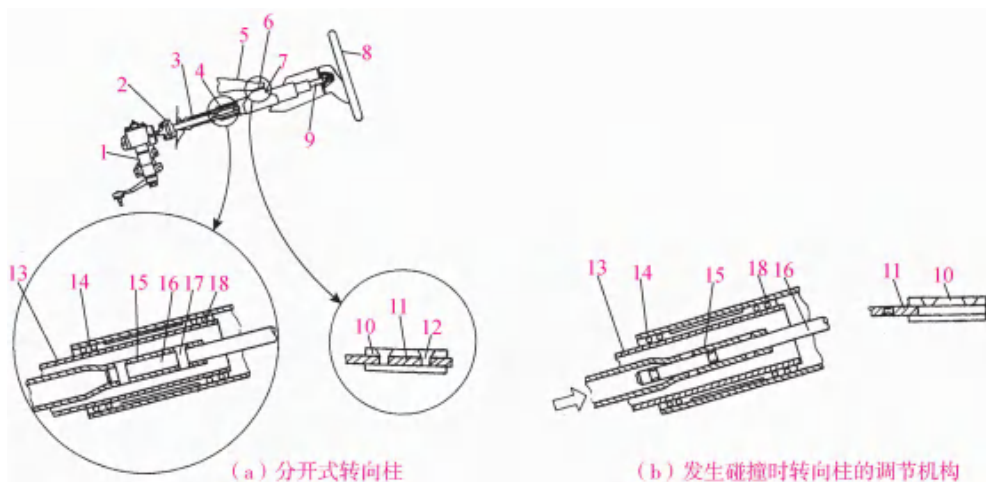
通过两个塑料安全销与管柱连接的。当这两个安全销被剪断后，整个管柱就能前后自由移动。

当发生第一次碰撞时，其一，塑料销被剪断，上转向轴将沿下转向轴的内孔滑动伸缩；其二，转向管柱上的网格部分被压缩而变形，这两个过程都会消耗一部分冲击能量，从而阻止了转向管柱整体向上移动，避免了转向盘对驾驶员的挤压伤害。第二次碰撞时，固定转向管柱的塑料安全销被剪断，使转向管柱和转向轴的上端能自由移动；同时，当转向管柱受到来自上端的冲击力后，会再次被轴向压缩变形并消耗冲击能量，如图 17-7（b）所示。这样，由转向系引起的对驾驶员的冲击和伤害被大大降低了。

## （2）钢球滚压变形式

如图 17-8（a）所示为一种用钢球连接的分开式转向柱。转向轴分为上转向轴和套在轴上的下转向轴两部分，二者用塑料销钉连成一体。转向柱管也分为上柱管和下柱管两部分，上、下柱管之间装有钢球，下柱管的外径与上柱管的内径之间的间隙比钢球直径稍小。上、下柱管连同柱管托架通过特制橡胶垫固定在车身上，橡胶垫则利用塑料销钉与托架连接。

当发生第一次碰撞时，将连接上、下转向轴的塑料销钉切断，下转向轴便套在上转向轴上向上滑动，如图 17-8（b）所示。在这一过程中，上转向轴和上柱管的空间位置没有因冲击而上移，故可使驾驶员免受伤害；第二次碰撞时，则连接橡胶垫与柱管托架的塑料销钉被切断，托架脱离橡胶垫，即上转向轴和上转向柱管连同转向盘、托架一起，相对于下转向轴和下转向柱管向下滑动，从而减缓了对驾驶员胸部的冲击。在上述两次冲击过程中，上、下转向柱管之间均产生相对滑动。因为钢球的直径稍大于上、下柱管之间隙，所以滑动中带有对钢球的挤压，冲击能量就在这种边滑动边挤压的过程中被吸收。日本丰田汽车的一些车型采用这种位置。

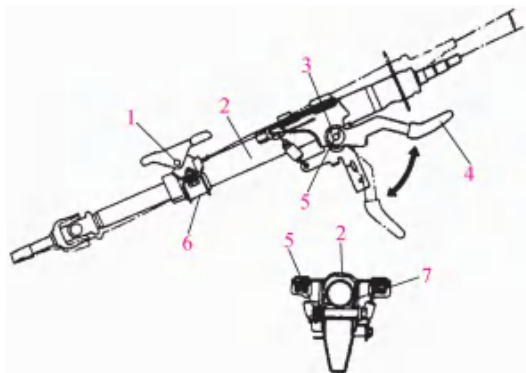


1—转向器总成 2—挠性联轴节 3、13—下转向管柱 4、14—上转向管柱 5—车身 6、10—橡胶垫  
7、11—转向管柱托架 8—转向盘 9、16—上转向轴 12、17—塑料销钉 15—下转向轴 18—钢球

图 17-8 钢球滚压变形式转向管柱

### 3. 可调节式转向柱

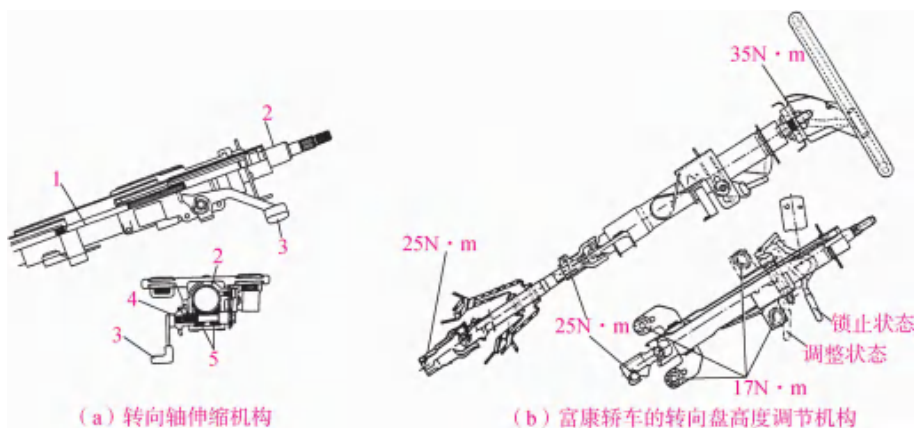
转向柱调节的形式分为倾斜角度调节和轴向位置调节两种。如图 17-9 所示为转向轴倾斜角度调整机构。转向柱管的上段和下段分别通过倾斜调整支架和下托架与车身相连，而且转向柱管由倾斜调整支架夹持并固定。倾斜调整用锁紧螺栓穿过调整支架上的长孔和转向柱管，螺栓的左端为左旋螺纹，调整手柄即拧在该螺纹上。当向下扳动手柄时，锁紧螺栓的螺纹放松，转向柱管即可以下托架上的枢轴为中心在装有螺栓的支架长孔范围内上下移动；确定了转向柱管的合适位置后，向上扳动调整手柄，从而将转向柱管定位。



1—枢轴 2—转向柱管 3—长孔 4—调整手柄 5—锁紧螺栓 6—下托架 7—倾斜调整支架

图 17-9 转向轴倾斜角度调整机构

如图 17-10 (a) 所示是一种转向轴伸缩机构。转向轴分为上、下两段，二者通过花键连接。上转向轴由调节螺栓通过楔状限位块夹紧定位。调节螺栓的一端拧有调节手柄。当需要调整转向轴的轴向位置时，先向下推调节手柄，使楔状限位块松开；再轴向移动转向盘，使之调到合适的位置；最后向上拉调节手柄，将上转向轴锁紧定位。富康车采用的转向盘高度可调节机构的工作原理与此类似，如图 17-10 (b) 所示。



1—下转向轴 2—上转向轴 3—调节手柄 4—调节螺栓 5—楔状限位块

图 17-10 转向轴伸缩机构

转向轴套管被固定在驾驶台上，多数轿车的转向轴套管上还安装有点火开关、转向信

号开关、雨刮器开关等；转向盘上装有喇叭按钮，且大部分轿车车型的转向盘中安装有安全气囊的部件，有的轿车的转向盘上还装有巡航和 CD 机按钮。

### 17.2.2 转向器

#### 1. 功用

转向器是转向系中的减速增力传动装置，其功用是增大由转向盘传到转向节的力，并改变力的传动方向。

#### 2. 类型

转向器的种类较多，按转向器中传动副的结构形式分类，目前应用较广泛的有循环球式、齿轮齿条式和蜗杆曲柄指销式等。

#### 3. 转向器的传动效率与转向盘的自由行程

##### (1) 转向器的传动效率

转向器传动效率是指转向器输出功率与输入功率之比。当功率由转向盘输入，从转向摇臂输出时，所求得的传动效率称为正传动效率；反之，转向摇臂受到道路冲击而传到转向盘的传动效率则称为逆效率。

##### (2) 按传动效率分类

按传动效率的不同，转向器还可以分为可逆式转向器、极限可逆式转向器和不可逆式转向器。

可逆式转向器是指正、逆传动效率都很高的转向器。这种转向器有利于汽车转向后转向轮的自动回正，转向盘“路感”很强，但也容易在坏路行驶时出现“打手”，所以主要应用于经常在良好路面行驶的车辆。

极限可逆式转向器是指正传动效率远大于逆传动效率的转向器。这种转向器能实现汽车转向后转向轮的自动回正，但“路感”较差，只有当路面冲击力很大时才能部分地传到转向盘，主要应用于中型以上的越野汽车、工矿用自卸汽车等。

不可逆式转向器是指逆传动效率很低的转向器。这种转向器使驾驶员不能得到路面的反馈信息，没有“路感”，而且转向轮也不能自动回正，所以很少采用。

##### (3) 转向盘自由行程

转向盘为消除转向系统各传动件之间的装配间隙，克服弹性变形所空转过的角度称为转向盘自由行程。转向盘自由行程对于缓和路面冲击及避免驾驶员过于紧张是有利的，但过大的自由行程会影响转向灵敏性。通常通过调整转向器传动副的啮合间隙来调整转向盘自由行程。

#### 4. 齿轮齿条式转向器

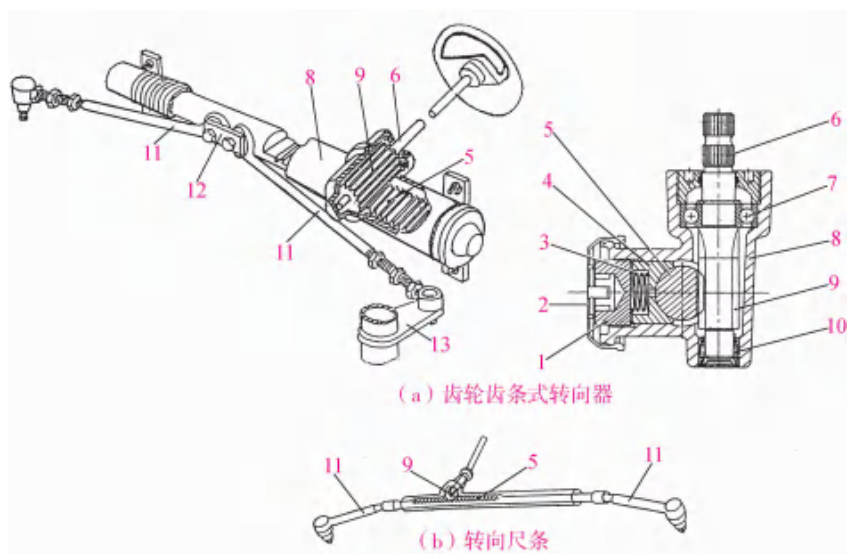
##### (1) 结构、原理

如图 17-11 (a) 所示为齿轮齿条式转向器，它主要由转向器壳体、转向齿轮、转向齿条等组成。转向器通过转向器壳体的两端用螺栓固定在车身（车架）上。齿轮轴通过球轴承、滚柱轴承垂直安装在壳体中，其上端通过花键与转向轴上的万向节（图中未画出）相连，其下部分是与轴制成一体的转向齿轮。转向齿轮是转向器的主动件，它与相啮合的从

动件转向齿条水平布置，齿条背面装有压簧垫块。在压簧的作用下，压簧垫块将齿条压靠在转向齿轮上，保证二者无间隙啮合。调整螺塞 1 可用来调整压簧的预紧力。压簧不仅起消除啮合间隙的作用，而且还是一个弹性支承，可以吸收部分振动能量，缓和冲击。

转向齿条 5 的中部（有的是齿条两端，如图 17-11（b）所示）通过拉杆支架与左、右转向横拉杆连接。转动转向盘时，转向齿轮转动，与之相啮合的转向齿条沿轴向移动，从而使左、右转向横拉杆带动转向节转动，使转向轮偏转，实现汽车转向。

齿轮齿条式转向器结构简单，可靠性好，也便于独立悬架的布置；同时，由于齿轮齿条直接啮合，转向灵敏、轻便，所以在各类型汽车上的应用越来越多。

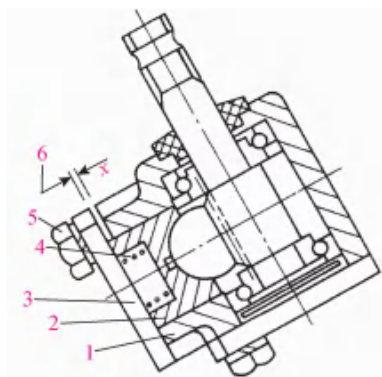


1—调整螺塞 2—罩盖 3—压簧 4—压簧垫块 5—转向齿条 6—齿轮轴 7—球轴承  
8—转向器壳体 9—转向齿轮 10—滚柱轴承 11—转向横拉杆 12—拉杆支架 13—转向节

图 17-11 齿轮齿条式转向器

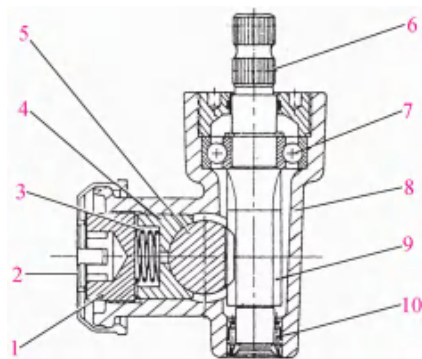
## (2) 调整

齿轮齿条式转向器的调整是调整转向齿条与转向齿轮的啮合间隙，也称为转向齿条的预紧力。因结构的差异，调整方法也有所不同。但常见的有两类：一种方法是改变转向齿条导块与盖之间的垫片厚度来调整转向齿条与转向齿轮轮齿的啮合间隙，从而完成预紧力的调整，如图 17-12 所示；另一种方法是用盖上的调整螺塞改变转向齿条导块与弹簧座之间的间隙值，从而完成预紧力的调整，如图 17-13 所示。



1—转向器壳体 2—导块 3—盖  
4—导块压紧弹簧 5—固定螺母  
6—盖与壳体间间隙

图 17-12 预紧力调整机构（一）



1—调整螺塞 2—罩盖 3—压簧 4—压簧垫块  
5—转向齿条 6—齿轮轴 7—球轴承  
8—转向器壳体 9—转向齿轮 10—滚柱轴承

图 17-13 预紧力调整机构（二）

对于第一种结构形式，其预紧力的调整步骤是：先不装弹簧及盖之间的垫片而进行  $x$  值的调整，使转向齿轮轴上的转动力矩为  $1 \sim 2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ；然后用厚薄规测量  $x$  值，在  $x$  值上加  $0.05 \sim 0.13 \text{ mm}$ ，此值就是应加垫片的厚度，也就是转向齿条和转向齿轮合格的啮合间隙所要求的垫片厚度。

对于第二种结构形式，其预紧力的调整步骤是：先旋转盖上的调整螺塞，使弹簧座与导块接触；再将调整螺塞旋出  $30 \sim 60^\circ$  之后，检查转向齿轮的转动力矩，如此重复操作，直至转向齿轮的转动力矩符合原厂规定；最后紧固锁紧螺母。

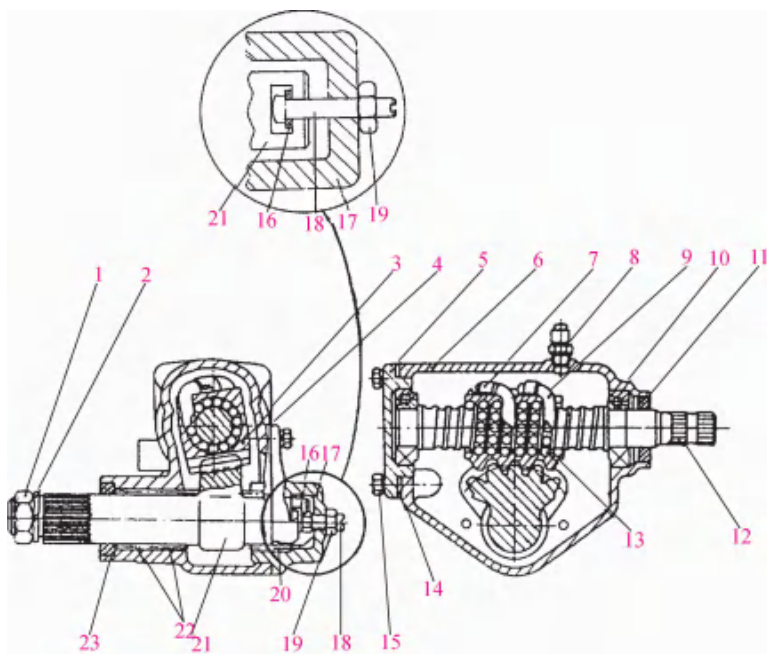
## 5. 循环球式转向器

### （1）结构、原理

解放 CA1092 型汽车的循环球—齿条齿扇式转向器如图 17-14 所示。它有两级传动副，第一级传动副是转向螺杆—转向螺母；转向螺母的下平面加工成齿条，与齿扇轴内的齿扇相啮合，构成齿条—齿扇第二级传动副。显然，转向螺母即是第一级传动副的从动件，也是第二级传动副的主动件。通过转向盘转动转向螺杆时，转向螺母不能随之转动，而只能沿转向螺杆轴向移动，并驱使齿扇轴（即摇臂轴）转动。

转向螺杆支承在两个推力球轴承上，轴承的预紧度可用调整垫片调整。在转向螺杆上松套着转向螺母，为了减少它们之间的摩擦，二者的螺纹并不直接接触，其间装有许多钢球，以实现滚动摩擦。

当转动转向螺杆时，通过钢球将力传给转向螺母，使转向螺母沿转向螺杆轴向移动。随着转向螺母沿螺杆作轴向移动，其齿条便带动齿扇绕着转向摇臂轴作圆弧运动，从而使转向摇臂轴连同摇臂产生摆动，通过转向传动机构使转向轮偏转，实现汽车转向。



- 1—螺母 2—弹簧垫圈 3—转向螺母 4—转向器壳体密封圈 5—转向器壳体底盖 6—转向器壳体  
7—导管夹 8—加油（通气）螺塞 9—钢球导管 10—球轴承 11、23—油封 12—转向螺杆  
13—钢球 14—调整垫片 15—螺栓 16—调整垫圈 17—侧盖 18—调整螺钉 19—锁紧螺母  
20、22—滚针轴承 21—齿扇轴（摇臂轴）

图 17-14 循环球式转向器

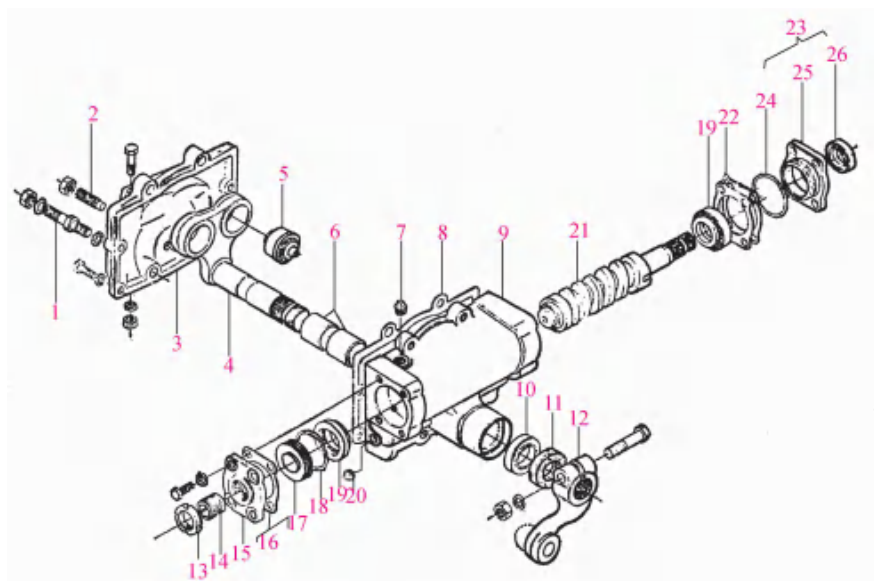
转向螺母下平面上加工出的齿条是倾斜的，与之相啮合的是变齿厚齿扇，只要使齿扇轴相对于齿条作轴向移动，便可调整二者的啮合间隙。调整螺钉旋装在侧盖上。齿扇轴靠近齿扇的端部切有 T 型槽，旋入调整螺钉的圆柱形端头嵌入此切槽中，端头与 T 形槽的间隙用调整垫圈来调整。旋入调整螺钉，则齿条与齿扇的啮合间隙减小，出则啮合间隙增大，调整好后用锁紧螺母锁紧。

#### 6. 蜗杆曲柄指销式转向器

##### (1) 结构、原理

东风 EQ1090E 型汽车的蜗杆曲柄双销式转向器如图 17-15 所示，它主要由转向器壳体、转向蜗杆、转向摇臂轴、曲柄和指销、上下盖、调整螺塞和螺钉、侧盖等组成。

转向器壳体固定在车架的转向器支架上，壳体内装有传动副，其主动件是转向蜗杆，从动件是装在摇臂曲柄端部的指销。



- 1—螺栓、螺母 2—摇臂轴调整螺钉及螺母 3—侧盖 4—摇臂轴 5—指销轴承总成 6—摇臂轴衬套  
7—加油螺塞 8—侧盖衬垫 9—转向器壳体 10—油封 12—转向摇臂 13—螺母 14—蜗杆轴承调整螺塞  
15—下盖 16—下盖衬垫 17—蜗杆轴承垫块 18—密封圈 19—蜗杆轴承 20—放油螺塞 21—蜗杆  
22—调整垫片 23—上盖总成 24—密封圈 25—上盖 26—蜗杆油封

图 17-15 EQ1090E 型汽车的蜗杆曲柄双销式转向器

蜗杆与两个锥形的指销相啮合，构成传动副。两个指销均用双列圆锥滚子轴承支承在曲柄上，并可绕自身轴线转动，以减轻蜗杆与指销啮合传动时的磨损，提高传动效率。销颈上的螺母用来调整轴承的预紧度，以使指销能自由转动而无明显轴向间隙为宜，调整后用锁片（图中未示出）将螺母锁住。

安装指销和双排圆锥滚子轴承的曲柄制成叉形，与摇臂轴制成一体。摇臂轴用粉末冶金衬套支承在壳体中。转向器侧盖上装有调整螺钉，旋入（或旋出）调整螺钉可以改变摇臂轴的轴向位置，以调整指销与蜗杆的啮合间隙，从而调整转向盘自由行程，调整后用螺母锁紧。摇臂轴伸出壳体的一端通过花键与转向摇臂连接。

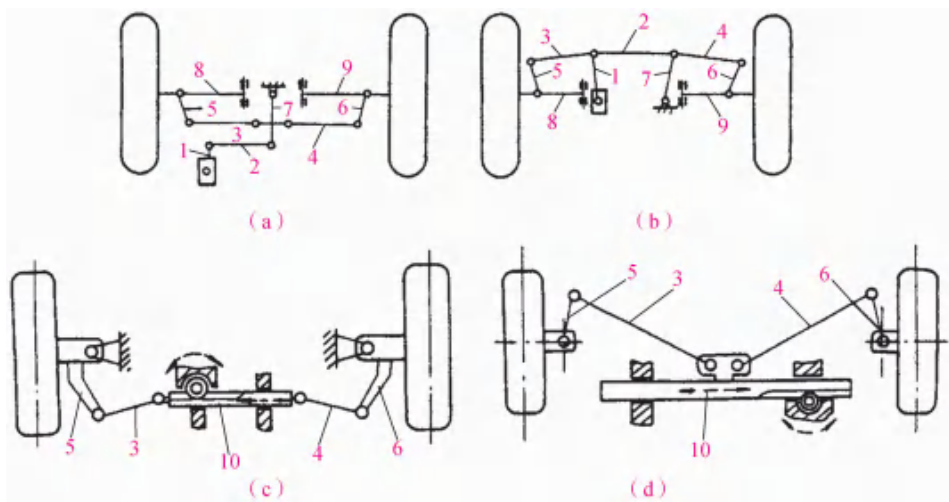
汽车转向时，驾驶员通过转向盘转动转向蜗杆（主动件），与其相啮合的指销（从动件）一边自转，一边以曲柄为半径绕摇臂轴轴线在蜗杆的螺纹槽内作圆弧运动，从而带动曲柄、转向摇臂摆动，实现汽车转向。

### 17.2.3 与独立悬架配用的转向传动机构

转向传动机构的功用是将转向器输出的力和运动传到转向桥两侧的转向节，使两侧转向轮偏转，且使两转向轮偏转角按一定关系变化，以保证汽车转向时车轮与地面的相对滑动尽可能小。

当转向轮采用独立悬架时，由于每个转向轮都需要相对于车架（或车身）作独立运动，所以，转向桥必须是断开式的；与此同时，转向传动机构中的转向梯形也必须分成两段或三段。如图 17-16 所示为几种独立悬架配用的转向传动机构示意图，其中图 17-16（a）、（b）所

示的机构与循环球式转向器配用,图 17-16 (c)、(d) 所示的机构与齿轮齿条式转向器配用。



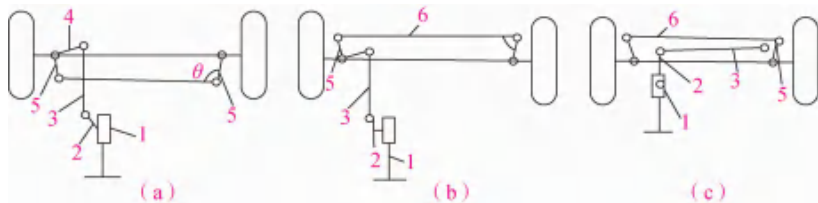
1—转向摇臂 2—转向直拉杆 3—左转向横拉杆 4—右转向横拉杆 5—左梯形臂  
6—右梯形臂 7—摇杆 8—悬架左摆臂 9—悬架右摆臂 10—齿轮齿条式转向器

图 17-16 与独立悬架配用的转向传动机构示意图

#### 17.2.4 与非独立悬架配用的转向传动机构

与非独立悬架配用的转向传动机构如图 17-17 所示,它一般由转向摇臂、转向直拉杆、转向节臂、两个转向梯形臂和转向横拉杆等组成。各杆件之间都采用球形铰链连接,并设有防止松动、缓冲吸振、自动消除磨损后的间隙等的结构。

当前桥仅为转向桥时,由左、右转向梯形臂和转向横拉杆组成的转向梯形一般布置在前桥之后,如图 17-17 (a) 所示,称为后置式。这种布置简单方便,且后置的转向横拉杆有前面的车桥做保护,可避免直接与路面障碍物相碰撞而损坏。当发动机位置较低或前桥为转向驱动桥时,往往将转向梯形布置在前桥之前,如图 17-17 (b) 所示,称为前置式。若转向摇臂不是在汽车纵向平面内前、后摆动,而是在与路面平行的平面内左、右摆动(如北京 BJ2020N 型汽车),则可将转向直拉杆横向布置,并借球头销直接带动转向横拉杆,从而推动转向梯形臂 5 转动,如图 17-17 (c) 所示。



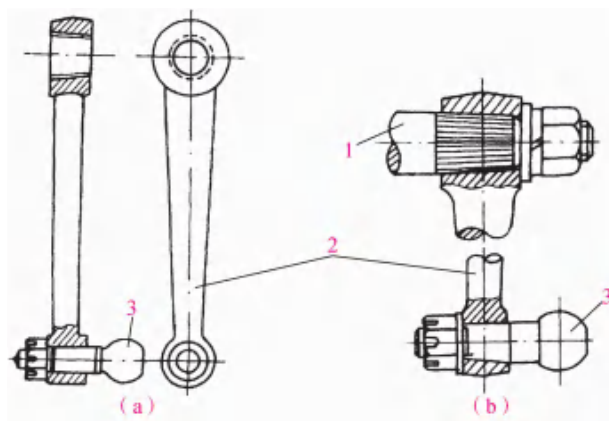
1—转向器 2—转向摇臂 3—转向直拉杆 4—转向节臂 5—转向梯形臂 6—转向横拉杆

图 17-17 与非独立悬架配用的转向传动机构示意图

##### 1. 转向摇臂

如图 17-18 所示为常见转向摇臂的结构形式,其大端具有三角细花键锥形孔,用以与

转向摇臂轴外端相连接，并用螺母固定；其小端带有球头销，以便与转向直拉杆作空间铰链连接。转向摇臂安装后从中间位置向两边摆动的角度应大致相等，故在把转向摇臂安装到摇臂轴上时，二者相应的角度位置应正确。为此，常在摇臂大孔外端面上和摇臂轴的外端面上各刻短线，或是在二者的花键部分上都少铣一个齿作为装配标记，且装配时应将标记对齐。

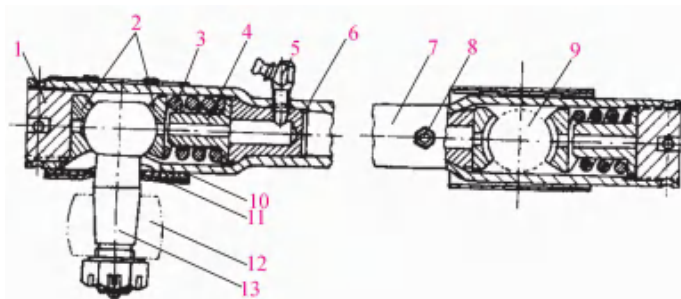


1—转向摇臂轴 2—转向摇臂 3—球头销

图 17-18 转向摇臂

## 2. 转向直拉杆

如图 17-19 所示为解放 CA1092 型汽车的转向直拉杆。直拉杆体由两端扩大的钢管制成，在扩大的端部里，装有由球头销、球头座、弹簧座、压缩弹簧和螺塞等组成的球铰链。球头销的锥形部分与转向摇臂连接，并用螺母固定；其球头部分的两侧与两个球头座配合，前球头座靠在端部螺塞上，后球头座在弹簧的作用下压靠在球头上，这样，两个球头座就将球头紧紧夹持住。为保证球头与座的润滑，可从油嘴注入润滑脂。拆装时供球头出入的直拉杆体上的孔口用油封垫的护套盖住，以防止润滑脂流出和污物侵入。



1—端部螺塞 2—球头座 3—压缩弹簧 4—弹簧座 5、8—油嘴 6—座塞 7—直拉杆体  
9—转向节臂球头销 10—油封垫 11—油封垫护套 12—转向摇臂 13—球头销

图 17-19 CA1092 型转向直拉杆

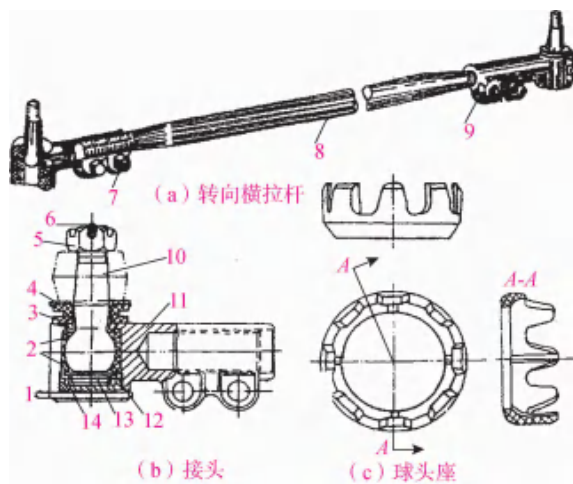
压缩弹簧能自动消除因球头与座磨损而产生的间隙，弹簧座的小端与球头座之间留有不大的间隙，作为弹簧缓冲的余地，并可限制缓冲时弹簧的压缩量（防止弹簧过载）。此

外,当弹簧折断时此间隙可保证球头销不致从管孔中脱出;端部螺塞可以调整此间隙,调整间隙的同时也调整了前弹簧的预紧度,调好后用开口销固定螺塞的位置,以防松动。

### 3. 转向横拉杆

如图 17-20 (a) 所示为解放 CA1092 型汽车转向横拉杆,横拉杆体用钢管制成,其两端切有螺纹,一端为右旋,一端为左旋,与横拉杆接头旋装连接。两端接头结构相同,如图 17-20 (b) 所示。接头的螺纹孔壁上开有轴向切口,故具有弹性,旋装到杆体上后可用螺栓夹紧。旋松夹紧螺栓以后,转动横拉杆体,可改变转向横拉杆的总长度,从而调整转向轮前束。

在横拉杆两端的接头上都装有球头销等零件组成的球形铰链。球头销的球头部分被夹在上、下球头座内,球头座用聚甲醛制成,有较好的耐磨性。球头座的形状如图 17-20 (c) 所示。装配时上、下球头座凹凸部分互相嵌合;弹簧通过弹簧座压向球头座,以保证两球头座与球头的紧密接触,在球头和球头座磨损时能自动消除间隙,同时还起缓冲作用。弹簧的预紧力由螺塞调整。球铰上部有防尘罩,以防止尘土侵入。球头销的尾部锥形柱与转向梯形臂连接,并用螺母固定、开口销锁紧。

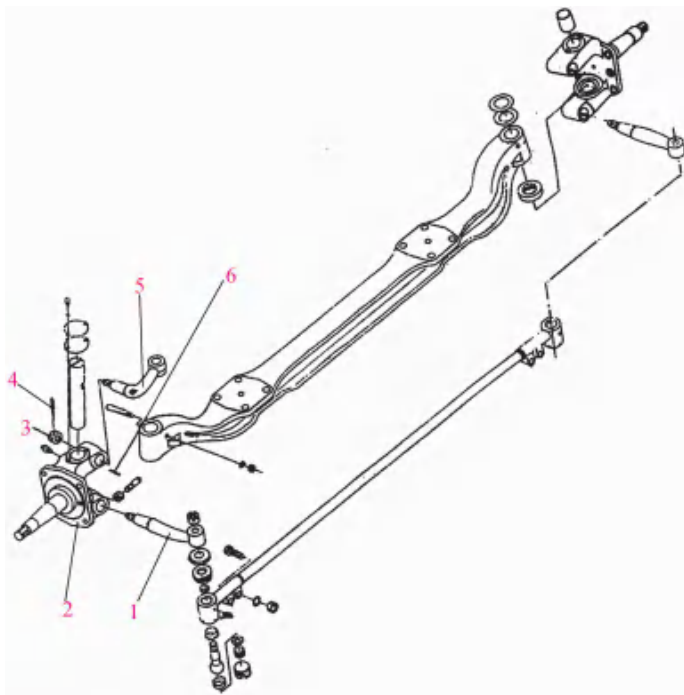


1—限位销 2—球头座 3—防尘罩 4—防尘垫 5—螺母 6—开口销 7—夹紧螺栓  
8—横拉杆体 9、11—横拉杆接头 10—球头销 12—弹簧座 13—弹簧 14—螺塞

图 17-20 解放 CA1092 型汽车转向横拉杆

### 4. 转向节臂和梯形臂

解放 CA1092 型汽车的转向节臂和梯形臂如图 17-21 所示,转向横拉杆通过转向节臂与转向节相连。转向横拉杆两端经左、右梯形臂与转向节相连。转向节臂和梯形臂带锥形柱的一端与转向节锥形孔相配合,用键防止螺母松动;臂的另一端带有锥形孔,与相应的拉杆球头销锥形柱相配合,同样用螺母紧固后插入开口销锁住。



1—左转向梯形臂 2—转向节 3—锁紧螺母 4—开口销 5—转向节臂 6—键

图 17-21 解放 CA1092 型汽车转向节臂和梯形臂

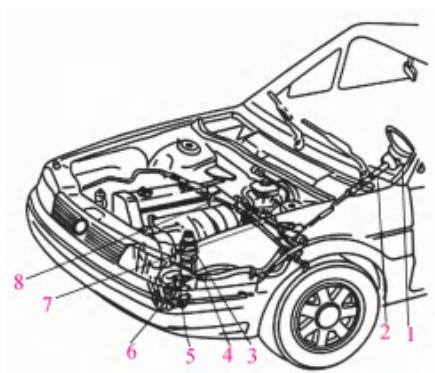
### 任务三 动力转向系

重型汽车和低压胎轿车转向时的阻力矩比普通汽车要大得多，机械转向系统很难兼顾操纵省力和灵敏的要求。为了减轻驾驶员的体力消耗，增加驾驶舒适性，同时保证行车安全，在一些车型中加装了转向助力装置。转向助力装置以发动机输出的动力为能源，在汽车转向时，只有一小部分是消耗驾驶员的体能，大部分是发动机提供的液压能或气压能及电机提供的能源。

由于液压系统工作压力高、部件尺寸小，并且工作时无噪声、工作滞后时间短，还能吸收来自不平路面的冲击，因此液压转向助力装置在各类车上得到了广泛应用。常见的动力转向系在车上的布置，如图 17-22 所示。

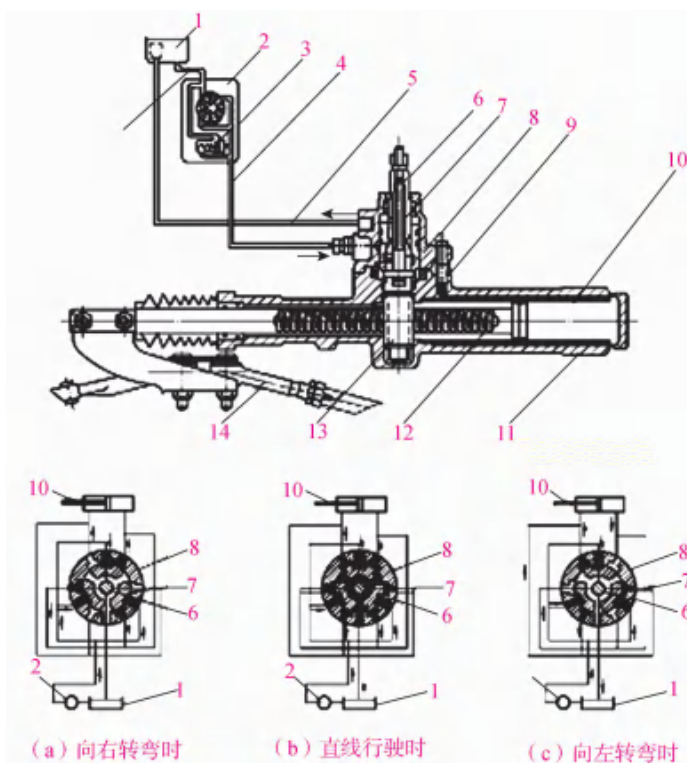
#### 17.3.1 动力转向器结构与工作原理

如图 17-23 所示是一种转阀式动力转向器，它是在机械式齿轮齿条转向器的基础上增加了液压阀结构，在齿条端部增加了活塞，在转向器壳体上与活塞相配处增加了活塞缸。下面简要介绍动力转向器的结构和工作原理。



1—转向盘 2—转向柱 3—回油管 4—伺服动力转向器 5—横拉杆 6—进油管 7—叶片泵 8—转向油罐

图 17-22 动力转向系在车上的布置



1—转向油罐 2—叶片泵 3—压力流量限制阀 4—进油管 5—回油管 6—扭力杆 7—阀芯 8—阀套  
9—阀壳 10—液压缸 11—转向器壳 12—齿条 13—小齿轮 14—横拉杆 15—油管

图 17-23 转阀式动力转向器的结构和工作原理

当轿车行驶时，转向油罐的油液流入叶片泵，通过叶片泵产生压力油，经进油管进入阀套和阀芯组成的控制阀空隙内，在控制阀不同位置时，高压油（图中黑色部分）可进入液压缸的左腔或右腔中，从而起到推动齿条向左或向右移动的作用，同时回流的油液则通过回油管回到转向油罐中。

(1) 直线行驶：转阀阀体内的主要零件为阀套、阀芯及扭力杆。转向盘与转向轴用花

键连接,转向轴通过柔性万向节与扭力杆以花键连接;扭力杆上端部又以销钉与阀芯连接,阀芯与阀套能相对位移,而阀套下部又以销轴与小齿轮连接;扭力杆下部与小齿轮刚性连接。阀芯与阀套之间可形成大小不等的空隙。

(2) 右转弯:当转向盘向右转弯方向打动时,转向盘带动转向轴转动并带动扭力杆顺时针转动,如图 17-23 (a) 所示;阀芯转动一个角度,这时阀套与阀芯所形成的空隙变成几个不相通的空隙,压力油压向转向盘油缸的右缸,活塞向伸出转向器方向移动,也即将齿条推出转向器,这时起到了转向助力的作用,车辆向右转弯;与此同时油缸左侧的油液被压出,通过阀套孔、阀芯及阀芯与扭力杆间的间隙流回转向油罐。

(3) 左转弯时的工作原理与右转弯相同,如图 17-23 (c) 所示。

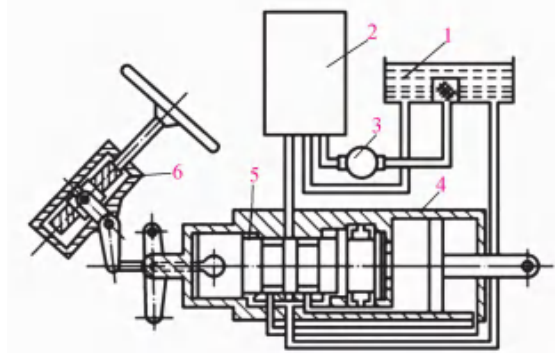
动力转向器的助力作用必须随转向盘的转动而进行,且随转向盘的停转而减小(维持),如果继续转动才会出现助力,这种转向轮的助力随转向盘的转角变化而变化的性质叫做随动作用。使扭力杆产生扭转变形的转向力矩反映在转向盘上就是转向时驾驶员的路感。

除了转阀式动力转向器,常见的还有滑阀式动力转向器,它们仅仅是控制阀结构不同,其余均相同。

### 17.3.2 动力转向器的类型

目前动力转向器广泛采用的是液压转向加力装置,而此装置根据油液的工作情况分为常压式和常流式两种;根据转向加力装置的结构可分为整体式和分置式两种。

1. 常压式和常流式:常压式液压转向加力装置的工作原理示意图如图 17-24 所示。其特点是无论汽车是否处于转向状态,液压系统的工作管路中总是保持高压状态,因此称为常压式。

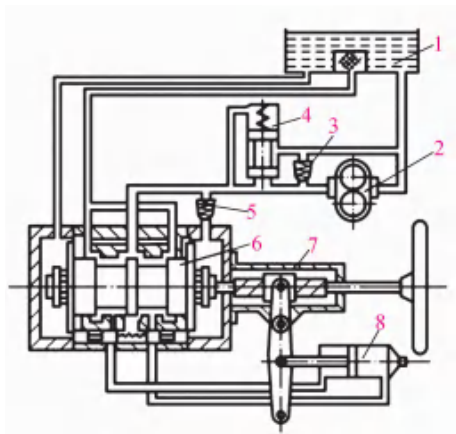


1—转向油罐 2—储油器 3—转向油泵 4—转向动力缸 5—转向控制阀 6—机械转向器

图 17-24 常压式液压转向加力装置的工作原理示意图

常流式液压转向加力装置的工作原理示意图如图 17-25 所示。其特点是无论汽车是否处于转向状态,液压系统的工作管路中的油液总是在流动,压力很低,只有在转向时才产生瞬间高压,因此称为常流式。当转向盘处于中立位置时,流量控制阀保持开启,转向动力缸活塞两侧压力相等,不产生动作,此时系统中的转向油泵在空转,油液处于低压流动

状态。当转动方向盘时，机械转向器工作，同时带动转向控制阀动作；当处于某一转弯方向相应的工作位置，此时转向动力缸相应的工作腔与回油管路隔绝，转而与转向油泵输出管路相通，压力急剧升高，而另一工作腔仍然通回油管路，压力较低，转向动力缸活塞移动，产生推力；当转向盘停止转动后，转向控制阀随即回到中立位置，动力缸停止工作。



1—转向油罐 2—转向油泵 3—安全阀 4—流量控制阀  
5—单向阀 6—转向控制阀 7—机械转向器 8—转向动力缸

图 17-25 常流式液压转向加力装置的工作原理示意图

对于上述两种液压转向加力装置，常压式的优点在于有储能器积蓄液压能，可以使用流量较小的转向油泵，而且还可以在油泵不运转的情况下保持一定的动力转向能力，使汽车能够继续行驶相当大的距离；但系统工作压力高、易泄漏、发动机功率消耗大，因此在目前仅少数重型汽车上采用这种动力转向系。常流式结构简单、油泵消耗功率小、管路压力低、泄漏少、工作寿命长、应用广泛。

2. 整体式和分置式：在汽车常见的常流式动力转向系中，转向控制阀、转向动力缸与机械转向器结合成一个整体，称为整体式动力转向器；如果将机械转向器与转向控制阀组合成一个整体，将转向动力缸作为一个独立部件分别进行装配，则称为分置式动力转向器。

### 17.3.3 电子控制动力转向系

传统的动力转向系是由发动机直接驱动油泵，因此发动机往往要损失一部分功率；电子控制动力转向系虽然也是靠液压力进行转向，但是油泵通过电动机驱动，与车辆发动机在机械上毫无关系，如图 17-26 所示。

电子控制动力转向系的助力传动装置与传统的齿轮齿条式是相同的，不同的是增加了助力转向传感器和助力转向控制单元。系统通过助力转向传感器来检测转向盘的转动，当助力控制单元接收到传感器转动方向和载荷大小时，通过调节齿轮油泵的转速，进而调节供油体积流量，从而控制转向助力的大小和方向。

与传统的助力转向系相比，电子控制动力转向系有很多优点：①节约能源；②保护环境；③节约燃油；④主动安全性好；⑤当传感器失效时，能够进入紧急运行状态，此时转

向功能得以保证，从而保证了行驶的安全性。



1—转向传动装置 2—助力转向传感器 3—齿轮油泵 4—助力转向控制单元 5—储油罐

图 17-26 电子控制动力转向系的结构示意图

## 任务四 四轮转向

现代汽车多采用前轮转向，基本能够满足汽车转向行驶的需要，但两轮转向的汽车在高速行驶时，汽车的转向操纵性能和稳定性变差。为了克服这个缺点，四轮转向技术（Four Wheel Steering，简称 4WS）得到了应用。所谓四轮转向是指后轮也和前轮相似，具有一定的转向功能，即既可以与前轮同方向转向，也可以与前轮反方向转向。四轮转向系使汽车低速行驶转向，当转向盘转动角度很大时，后轮相对于前轮反向偏转，并且偏转角度随转向盘转角增大而在一定范围内增大。如当汽车急转弯、调头行驶、避障行驶或进出车库时，使汽车转向半径减小，转向机动性能提高。汽车在高速行驶转向时，后轮应相对于前轮同向偏转，从而使汽车车身的横摆角度和横摆角速度大为减小，使汽车高速行驶时的操纵稳定性显著提高。

### 1. 四轮转向汽车的转向方式

目前，典型 4WS 汽车前、后轮偏转规律为：

（1）同相位转向：在中、高速行驶或转向盘转角较小时，前、后轮实现同相位转向，即后轮的偏转方向与前轮的偏转方向相同（后轮最大转向角为  $1^\circ$  左右）。这种转向方式可使汽车车身的横摆角速度大大减小，并能减小汽车车身发生动态侧偏的倾向。

（2）逆相位转向：在低速行驶或转向盘转角较大时，前、后轮实现逆相位转向，即后轮的偏转方向与前轮的偏转方向相反，且偏转角度随方向盘转角增大而在一定范围内增大（后轮最大转向角一般为  $5^\circ$  左右）。这种转向方式可改善汽车低速时的操纵轻便性，并能减小汽车的转弯半径，提高汽车的机动灵活性。

## 2. 四轮转向系的类型

四轮转向系是在前轮转向机构的基础上，增加后轮转向机构组成的。

(1) 按照控制后轮转向的方法分类：后轮转向装置从控制方法上可分为转角传感型四轮转向装置和车速传感型四轮转向装置。

(2) 按照控制和驱动后轮转向的方式分类：后轮转向装置主要有后轮转向驱动装置（后转向器）和后轮转向控制装置。按照控制和驱动后轮转向方式可分为机械式（驾驶员通过机械传动控制并驱动后轮转向）、液压式（借助液压来控制并驱动后轮转向）、电动式（借助电力来控制并驱动后轮转向）。