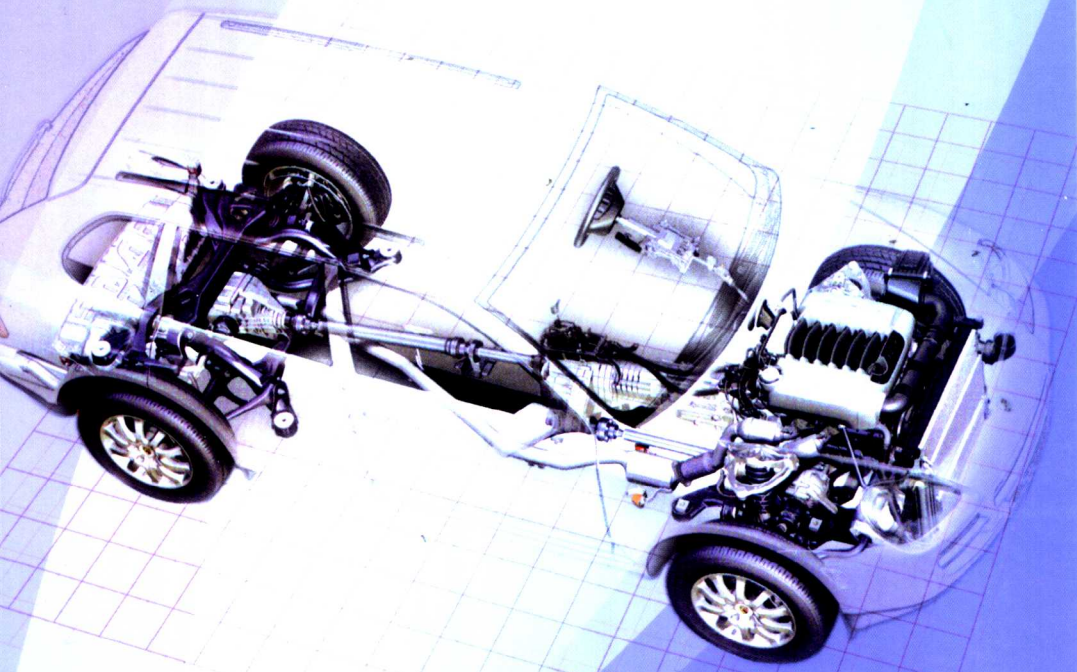


嵇伟 编著

# 新型汽车

# 悬架与车轮定位



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 新型汽车悬架与车轮定位

嵇伟 编著



机械工业出版社

本书介绍了新型汽车在悬架系统和车轮定位方面的变化,详细讲解了车轮定位的原理、作用,然后针对具体悬架类型讲解了车轮定位的调整方法和检测方法。书中还结合大量维修案例,深入浅出地讨论了与车轮定位有关的各种故障,给出了诊断思路和排除方法。书中附有大量习题,附录中还给出了国产常见轻型汽车的四轮定位数据。

### 图书在版编目(CIP)数据

新型汽车悬架与车轮定位/嵇伟编著. —北京:机械工业出版社, 2004. 7  
ISBN 7-111-14612-3

I. 新... II. 嵇... III. ①汽车—车悬架②汽车—车轮—定位 IV. U463.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 053215 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑:刘 焯 版式设计:张世琴 责任校对:唐海燕  
封面设计:解 辰 责任印制:施 红

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷  
1000mm × 1400mm B5·5.5 印张·212 千字  
0 001—4 000 册  
定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010)68993821、88379646  
封面无防伪标均为盗版

# 前 言

面对着大量新型轿车和越野车的面世，传统的汽车悬架和车轮定位的一些理论受到了挑战。为了适应新型轿车和越野车维修中四轮定位和汽车悬架的故障检测和诊断的比例逐渐增加的需要，本书从轿车、越野车悬架的构造和原理入手，对车轮定位的工作原理、测试程序、方法作了翔实的介绍，在车轮定位理论上有所突破。

本书还结合大量维修案例，深入浅出地介绍了四轮定位和悬架方面的故障，如跳动转向、力矩转向、左右牵引、转向器摆振、转向盘不能自动回正、乘坐舒适性差、车身倾斜、行驶系异响及行驶系故障造成的转向重等故障，为这些故障的排除提供了诊断方法。

为了便于广大汽车维修人员在检测和修理时，了解不同的悬架结构，准确地掌握四轮定位参数和调整方法，本书提供了国内常见轿车、越野车车轮定位的调整部位及具体的调整方法，国内常见的四轮定位仪的使用方法，并在此基础上进行了归纳总结，使维修人员能掌握一定的维修规律，起到举一反三，融会贯通的目的。

本书还配有大量习题，使读者可以检查自己的学习效果，并可以从中学掌握构造、原理的要点和许多故障的诊断方法。

考虑到转向系和行驶系密不可分的关系，本书扼要地介绍了手动和动力转向系构造、原理、检测方法及常见故障的诊断与维修方法。

本书注重实用性、通俗性，不仅可供车轮定位、汽车悬架、转向方面维修人员和技术人员学习参考，也可供汽车高职院校师生阅读、参考。

作 者

2004年1月于北京

20115/03

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 概 论</b> .....	1
1.1 前轮驱动汽车在悬架等方面配置上的变化 .....	1
1.2 新型后轮驱动轿车在悬架等方面配置上的变化 .....	4
1.3 转向系和轮胎 .....	5
1.4 车轮定位的重要性和必要性 .....	6
1.5 车轮定位在构造和维修理论上的变革 .....	8
<b>第 2 章 与车轮定位相关的悬架和转向系统</b> .....	10
2.1 前悬架系统 .....	10
2.2 后悬架系统 .....	20
2.3 导向装置、弹性元件、减振器和轮胎 .....	27
2.4 转向系统 .....	36
<b>第 3 章 车轮定位的原理和作用</b> .....	43
3.1 概述 .....	43
3.2 前轮定位 .....	44
3.3 后轮定位 .....	54
3.4 前轮定位与四轮定位的区别 .....	56
<b>第 4 章 车轮定位的调整</b> .....	58
4.1 概述 .....	58
4.2 前轮定位的调整方法 .....	64
4.3 后轮定位的调整方法 .....	78

<b>第 5 章 车轮定位等方面故障的诊断与维修方法</b> .....	85
5.1 转向器摆振故障的诊断 .....	85
5.2 转向轮不能自动回正故障的诊断 .....	91
5.3 汽车行驶跑偏故障的诊断 .....	92
5.4 行驶系故障造成转向重的诊断 .....	93
5.5 乘坐舒适性差故障的诊断 .....	94
5.6 悬架系统异响声故障的诊断 .....	97
5.7 车身倾斜故障的诊断 .....	99
5.8 零部件和总成的检测和诊断 .....	102
5.9 对车轮定位情况进行经验分析 .....	107
5.10 独立悬架的拆卸、检查和修理 .....	109
5.11 动力转向系故障的诊断和维修 .....	114
<b>第 6 章 四轮定位的检测</b> .....	117
6.1 四轮定位测量、校正前检查 .....	117
6.2 前轮定位的检测 .....	119
6.3 四轮定位的检测 .....	121
6.4 博世 FWA510/515 四轮定位仪使用说明 .....	123
6.5 韩国 OSPEED(奥斯匹特)四轮定位仪使用说明 .....	132
6.6 其他国内常见的四轮定位仪 .....	138
<b>附录</b> .....	141
附录 A 车轮定位的总结和思考题 .....	141
附录 B 国产轻型汽车车轮定位角 .....	159

# 第 1 章 概 论

## 1.1 前轮驱动汽车在悬架等方面配置上的变化

随着 20 世纪 70 年代末前轮驱动轿车开始普及,使汽车在结构上发生了许多变化。本书从汽车悬架入手,围绕着四轮定位,就维修人员普遍关注的相关实践问题进行介绍和论述。

### 1. 悬架

前轮驱动轿车在前悬架上通常采用麦弗逊式悬架或它的改进型烛式悬架。两者的区别只是减振器是装在螺旋弹簧内还是装在一侧。装在一侧的是烛式悬架,其好处是拆卸螺旋弹簧时可以不使用弹簧压缩器。两种悬架在车轮定位角等主要方面基本一样,构造原理和维修思路也基本一致。在实际使用中配置较好的车多使用烛式悬架。

传统的后轮驱动的汽车主销内倾角都是正偏距,内倾角多为  $6^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ,正偏距为  $40 \sim 60\text{mm}$ ,见图 1-1。

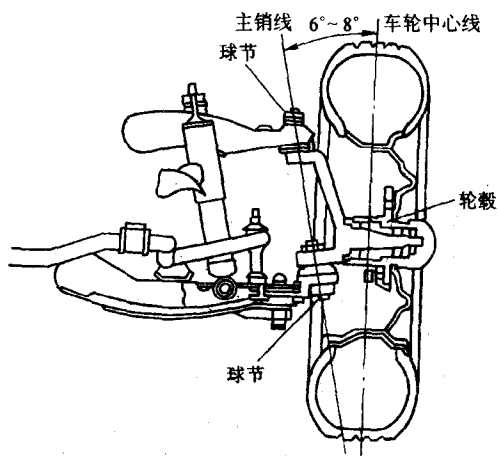


图 1-1 后轮驱动汽车主销内倾角都是正偏距

麦弗逊式悬架和烛式悬架就主销内倾角的特点大体可分为两种。一种主销轴线恰好和悬架中筒式减振器中心重合,而主销轴线延长线与地面的交点又恰好和车轮中心线重合,即零主销偏移。从车轮定位角上讲,设计的思路是使转向最轻,见图 1-2。

另一种为主销轴线上端从减振器上端中部穿过,下端则穿过转向节下球节头中心,然后延长线越过车轮中心线与地面相交,形成负主销偏移。此种设计主要是为了减少转向轮在各种异常情况下向两侧的侧滑。缺点是大角度转向时转向器回位较差,见图 1-3。

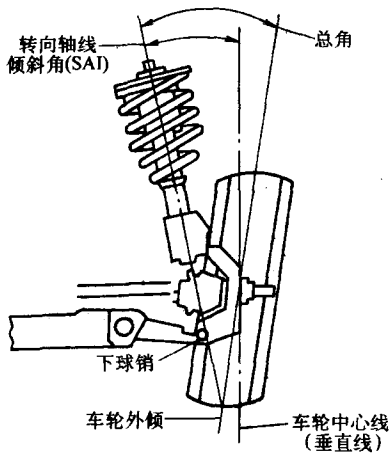


图 1-2 零主销偏移的麦弗逊式悬架

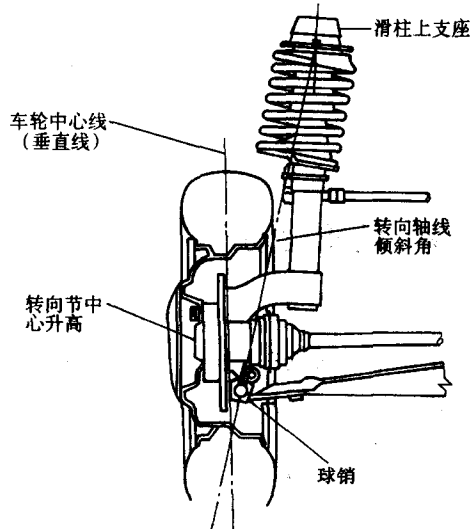


图 1-3 负主销偏移的麦弗逊式悬架

后轮驱动汽车为了防止承载的后车轮外倾，导致重量集中于较为单薄的轮毂外轴承处，引起不安全因素，通常都设计为空载时为 $1^{\circ} \sim 1.5^{\circ}$ 的车轮外倾角，以便承载后车轮能垂直于路面。

麦弗逊式和烛式这些前轮驱动轿车悬架有着和后轮驱动汽车悬架不同的工作特性，即在悬架系统中伸张行程时车轮上端向外倾，麦弗逊式悬架和烛式悬架的车轮外倾角多为 $0^{\circ} \begin{smallmatrix} +30^{\circ} \\ -15^{\circ} \end{smallmatrix}$ 。

在前轮驱动汽车普及之前，汽车只需做前轮定位；这是因后轮驱动汽车都装有刚性很大的车架，后桥都是刚性很大的驱动桥，后悬架刚度明显好于前悬架，所以只做前轮定位也基本上可以满足汽车直线行驶稳定性的需要。

前轮驱动的汽车通常采用和车身一体化的薄壁结构的承载式车身，配有很软的后悬架，如不做四轮定位，后轮推力线易偏离几何中心线，造成行驶跑偏。所以前轮驱动的所有汽车都必须做四轮定位。

## 2. 承载式车身

前轮驱动的轿车通常采用承载式车身(无梁结构)，和车身板一样厚的薄壁盒梁式车架和车身合为一体，取消了传统的很厚的合金钢板的车架。车身底部薄钢板制成的盒形梁上载荷被均匀分布，没有应力集中点。在承载式车身中，所有的部件都有承受载荷和各个方向冲击的功用。不仅降低了成本，也明显地减轻了汽车自身质量。

## 3. 后悬架

前轮驱动的轿车在后悬架上，除了沿用麦弗逊式和烛式悬架外，主要采用单臂式独立悬架系统和半独立式悬架系统。前者以法国轿车为代表，雪铁龙、标



致、雷诺的后悬架采用以扭杆弹簧为弹性元件的单臂式独立悬架。后者以通用汽车公司前轮驱动轿车为代表，采用以螺旋弹簧为弹性元件的半独立悬架。两种悬架的结构和原理详见本书第2章。

#### 4. 弹性元件

前轮驱动轿车通常采用螺旋弹簧、空气弹簧、扭杆弹簧等作弹性元件。这些弹性元件具有质量轻、所占用空间尺寸小、便于布置、缓冲性能好、汽车行驶的平顺性好、乘坐舒适的明显优点。但不具备减振功能和导向功能，所以需匹配较好的减振器及较多的导向装置。其中使用空气弹簧的汽车车身低，压缩行程较大，通过沟坎时需提前减速。修理厂经常遇到一些过主、辅路之间的减速水泥隔离墩时没减速，或没提前减速导致自动变速器油底壳被撞坏的车。

#### 5. 导向装置

传统汽车中通常只有越野车才使用横向稳定杆。前轮驱动轿车不仅在前、后悬架上都备有减少汽车在坏路和转弯时产生横向角倾斜和横向角振动的稳定杆外，还需配置以下部件：

- 1) 减少汽车横向位移(侧滑)的横向推力杆。
- 2) 减少汽车纵向位移的纵向推力杆。
- 3) 减少下摆臂前后移动的撑杆。
- 4) 负责传递横向和侧向力的下摆臂。
- 5) 负责传递纵向力的上、下控制臂。

具体的导向装置参见图 1-4。

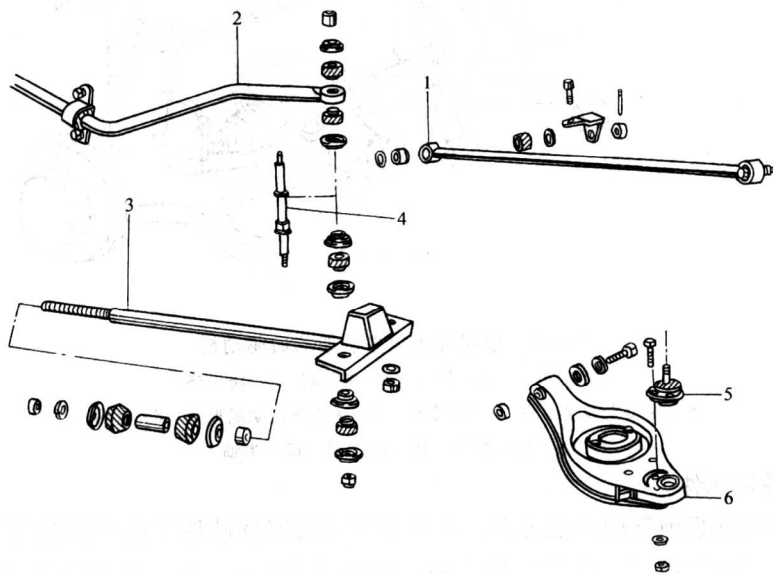


图 1-4 导向装置

1—横向推力杆 2—横向稳定杆 3—撑杆 4—稳定杆支柱 5—下球头销 6—下摆臂

## 1.2 新型后轮驱动轿车在悬架等方面配置上的变化

### 1. 悬架

新型后轮驱动轿车在前悬架系统中，除了传统的双摆臂悬架、工字梁悬架外又出现了扭杆弹簧悬架系统。扭杆弹簧有横置式布置，也有纵置式布置的。扭杆弹簧虽然是直的，但每根都有反向预加负荷。扭杆弹簧悬架的汽车在做四轮定位前，需双手向下压保险杆，然后释放才能恢复正常的空车高度。每根扭杆弹簧还能单独进行车身高度的调节。

许多后轮驱动的中、高档轿车在后悬架系统中都开始采用单摆臂式独立悬架的驱动桥。其中较突出的变化是把传统的整体式半轴改造成三段式(断开式)半轴，内端通过三星套和差速器半轴齿轮内花键相连，外端通过球笼式万向节和车轮相连。参见图 1-5。

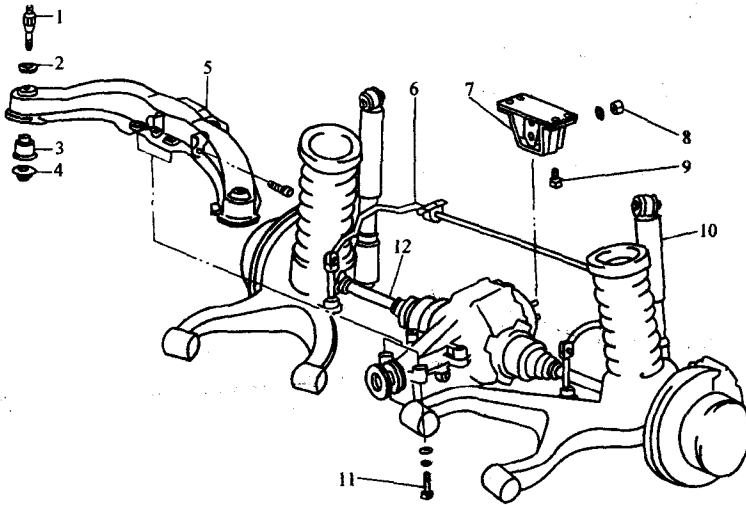


图 1-5 单摆臂式独立悬架的后驱动桥

- 1—连接杆 2—垫片 3—橡胶套 4—防尘套  
5—悬架支撑梁 6—横向稳定杆 7—减速器支架隔振垫 8—螺母  
9、11—螺栓 10—减振器 12—半轴

### 2. 弹性元件

传统的钢板弹簧因片数过多，片与片之间的摩擦破坏了汽车行驶的平顺性，使汽车多了些颠簸感，少了些舒适感。采用最少只有一片，大部分为 2~3 片，并且中间厚，越到两边越薄的变截面钢板弹簧，使汽车行驶的平顺性明显变好

了。玻璃纤维的变截面钢板弹簧进一步降低了汽车自身的质量。后悬架上横置式玻璃纤维钢板弹簧的布置方式无疑是设计上的一大突破。参见图 1-6。

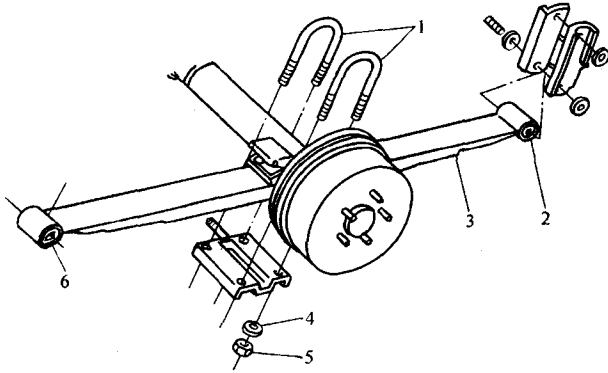


图 1-6 单片的变截面钢板弹簧

1—骑马螺栓 2—后吊耳 3—变截面弹簧

4—弹簧垫 5—螺母 6—前吊耳

### 3. 车身高度自动调节装置

电控悬架中装有车身高度自动调节装置，通过高度传感器提供信息，由单片机控制电动气泵的工作与关闭，使汽车在各种复杂路况下驾驶员席视野都能保持水平，前照灯光束都能保持一定。在好路上可降低车身高度，提高汽车行驶的平顺性。在坏路上将车身高度提高 3cm，以提高通过性。

## 1.3 转向系和轮胎

### 1. 转向系

转向系、悬架系统和车轮定位之间有密不可分的关系，所以本书第 2 章中有一节对转向系作了简介。

前轮驱动轿车受空间尺寸限制，通常使用齿轮齿条式手动或动力转向器。齿轮齿条式转向器的传动部分，没有梯形结构转向器中的转向器摇臂和直拉杆，由两根横拉杆直接操纵转向节臂。和梯形结构转向器相比，齿轮齿条式转向器啮合副采用了无间隙啮合和润滑脂润滑。

无间隙啮合使转向盘的自由行程明显变小了。采用具有良好低温工作性能的 2 号通用锂基润滑脂润滑齿轮齿条啮合面，不会出现寒冷地区转向变重的缺憾。

齿轮齿条式转向器还因摩擦点少，具有很好的路感。但是由于整个系统只是在两侧横拉杆上有 4 个摩擦点，摩擦少使路面冲击和振动也容易传到转向盘上和

乘员室中。所以配置较好的前轮驱动轿车在齿轮齿条转向器上配置有减振器。一些高档车使用了可变量转向器。在转向杆和车轮上装有转速传感器，在助力缸内柱塞上装有 2 位 2 通常闭式电磁阀的电控可变量转向器，保证了高速行驶时的方向稳定性。

还有一些轿车上使用变速比的循环球式转向器。传统的循环球式转向器，转向角越大，转向越重。这是因为齿扇是圆的，齿条是直的，存在运动干涉的影响。变速比的循环球转向器把齿条也做成扇形，齿条和齿扇的啮合状态改善，无论转向角多大，转向力矩都不会增加。使用变速比的循环球式转向器，在转向器打到止端时，转向盘的力矩要比同样角传动比的等速比转向器省力 36% 左右。

## 2. 轮胎

轮胎也与车轮定位关系密切。目前汽车上使用的大部分是子午线轮胎。子午线轮胎具有寿命长、滚动阻力小、附着力好、帘线少、刚度低、缓冲性好、行驶平顺性好、乘坐舒适、节能、工作温度较低、扎胎后泄气较慢等优点。但子午线轮胎有独特的使用、保养方面的要求，如充气气压最好是略微超过厂家规定的上限 20 ~ 30kPa。轮胎每隔 8 000 ~ 1 2000km 换一次位，换位只能在同侧进行，交叉换位会改变轮胎帘线已经形成的方向性，引起车轮跳动，反而会造成胎冠处出现块状磨损。

## 1.4 车轮定位的重要性和必要性

为了使驾驶者能轻松自如、安全地驾驶车辆，也为了提高汽车行驶的平顺性和乘坐的舒适性，汽车研发部门必须恰当地设计车轮定位角。正确的车轮定位角可以保证汽车转向轻便，转向后能自动回正，汽车转向时、急剧改变车速时和高速行驶时，以及在坏路行驶，或紧急制动时能保证行驶方向的稳定性。操纵车辆时能稳定准确，路面振动小，坏路上车身没有明显摇摆，乘坐舒适，轮胎寿命长。

随着汽车行驶里程的增加，磨损的加剧，或意外的撞击，汽车的悬架系统和转向系的传动系统会发生一定的变化。如球头销和控制臂衬套磨损过量，会使车轮前束值和车轮外倾角发生明显的变化。独立悬架汽车下控制臂变形，会改变车轮的外倾角和前束值。

当汽车出现后轮或前轮，或只是单独某一个车轮发生畸形磨损；当行驶中不得不经常左右小范围旋转转向盘；当在急加速，或坏路上行驶中汽车出现行驶跑偏时；当在行驶中遇到转向器摆振，严重时车身都随其振抖等异常现象时，均必须严格按照厂家提供的车轮定位值，做精密的车轮定位校正工作。正确的车轮定

位可以帮助系统中所有部件都处于正常关系中，可以获得以下好处。

### 1. 延长轮胎的使用寿命

一组新的轮胎，有时表现为某一个轮胎使用不久就发生异常磨损，有时发生在前轮，有时发生在后轮。在大多数情况下轮胎的异常磨损，或跑长途时爆胎的原因是车轮定位不准确。

### 2. 提高操纵的稳定性

不正确的车轮定位可以加剧转向轮，以至整个转向系的摆振；还可以造成行驶跑偏、高速时转向发飘、左右牵引、车轮不能自动回正、路面的振动无法被有效吸收。正确的车轮定位则可以避免或排除上述故障。

### 3. 减少转向机械和悬架的磨损

由于不同的车轮定位角可以使汽车处于不同的平衡关系中，因此不正确的车轮定位角不仅会加剧车轮的磨损，而且会造成悬架和转向系传动部分的转动部件，如控制臂衬套、球头销、主销衬套等的非正常磨损。

### 4. 提高燃油的经济性

所有的车轮定位角，都是为了使车轮在行驶中尽可能地垂直于路面，最大限度地减少车轮的滑移，使车轮滚动阻力减少，燃油经济性提高。正确的车轮定位，还可以保证四个车轮彼此平行，这样保证了最小的滚动阻力，再加上正确的轮胎充气，可确保提高燃油经济性。

### 5. 得到最佳的行驶平顺性

正确的车轮定位帮助前、后悬架恰如其分地工作，使行驶系、转向系所有部件处在正确关系中，路面的振动被有效地吸收，车辆行驶更平稳。

### 6. 确保安全驾驶

正确的车轮定位最大的好处就是保证安全驾驶。它可以确保车辆的可操作性，操作的稳定性，在正常行驶中有正确、迅速的操纵响应。

正确的车轮定位校正是非常重要的。校正不适当，可能会造成转向困难，转向车轮不能自动回正，行驶跑偏，产生不正常的噪声，轮胎异常磨损。

在做车轮定位角校正时，还需注意各种定位角彼此之间的关系。如主销后倾角和前轮外倾角，前轮外倾角和主销内倾角，车轮外倾角和车轮前束皆相互关联，变更其一，可能影响其他相关定位角度。某些角度是可以调整的，某些角度原设计是不可以调整的，但经过改造后可以变为可调的。也有些定位角，如主销内倾角和许多车型的后轮外倾角及后轮前束，从设计上就决定它是不可调的。定位角不合适，只能通过换件解决。

在做车轮定位前，通常先进行路试和观察轮胎磨损情况，凭经验对车轮定位状况进行初步的定位分析，然后用2柱举升器举升汽车，检查悬架系统的所有部件和转向系的传动部分，检查步骤如下。

1) 检查控制臂的衬套, 以及控制臂和转向系横拉杆、直拉杆的球头销有无松旷。这些松旷可以改变车轮的外倾角和车轮前束值。所以做车轮定位前需先更换掉过度松旷的衬套和球头销。

2) 检查导向装置, 包括控制臂、横向稳定杆、横向推力杆、撑杆等有无变形, 衬套有无破损。如有需要, 更换后, 再做车轮定位。导向装置的变形、破损不仅可能影响车轮定位角的准确度, 而且还会产生和车轮定位角不正确相类似的一些故障。

在做车轮定位前, 除必须先修理、更换相关的已损坏部件外, 还必须依据厂家提供的数据测量车身的高度。正确的车身高度也是做四轮定位必要的前提条件。

在做车轮定位调整时, 还需注意先后顺序, 前、后轮都需调整时, 应先调后轮, 后调前轮。先调后轮使后轮推力线和几何中心线重合, 这样前轮便也可以以后轮推力线为定位基础, 从而保证汽车直线行驶时四个车轮相互平行。

## 1.5 车轮定位在构造和维理论上的变革

以往教材中说主销后倾角越大, 汽车直线行驶的稳定性和转向越重, 所以主销后倾角不应该超过 $3^\circ$ 。这个提法大概依据的是早期的汽车主销后倾角多为 $1^\circ 30'$ , 而前轮驱动的汽车主销后倾角从 $2^\circ$ 左右到 $3^\circ$ 左右的都有。美国的许多 SUV(多功能越野车)的主销后倾角在 $6^\circ \sim 10^\circ$ 之间。如北京的切诺基和大切诺基的主销后倾角就在 $6^\circ \sim 8^\circ$ , 但切诺基的手动转向器并没有感到沉重。

维修实践证明设计为 $3^\circ$ 以下主销后倾角的汽车, 做车轮定位时将主销后倾角加大 $1^\circ$ , 可以扼制转向轮摆振, 可以使转向变轻, 可以帮助转向盘自动回正。原设计主销后倾角为 $6^\circ \sim 10^\circ$ 的, 将主销后倾角适当降低, 则可以有效扼制转向轮摆振。同时所有的汽车如果把主销后倾角调得过大, 在高速行驶时, 转向轮则可能出现左右牵引(转向发飘)。

单调一侧的主销后倾角或车轮外倾角, 可以修理行驶跑偏。但许多厂家都规定同一悬架两侧车轮定位角的角度差必须小于 $30'$ 。

传统的汽车理论讲主销后倾角越大, 汽车直线行驶的稳定性和转向越重。但在维修实践中发现车轮定位角是一个非常复杂的问题, 如大量的维修实践证明, 加大主销后倾角是解决转向盘不能自动回正的最有效的方法, 以及前文提到的原设计主销后倾角为 $3^\circ$ 以下的汽车, 将主销后倾角加大 $1^\circ$ , 可以扼制除悬架和转向系变形造成转向轮摆振以外的各种

复杂因素造成的转向轮摆振。而原设计为 $6^{\circ}$ 以上的主销后倾角适当减小主销后倾角，则能有效扼制转向轮摆振。主销后倾角的调节已成为大多数转向器摆振最有效的维修方法。大量维修实践还告诉我们，适当加大主销后倾角，转向非但没有加重，反而明显变轻。主销后倾角如过大，当车轮发生偏转后，离心力造成的地面反向推力就可能会过大，造成回正过量，使车轮回正到另一侧。车速越高，主销后倾角所产生的离心力(回正力矩)就越大，于是高速行驶中就会出现左右牵引。

## 第 2 章 与车轮定位相关的悬架和转向系统

悬架的作用是吸收汽车在道路上行驶所产生的各种振动或者冲击，在确保乘坐舒适感和行车安全的同时保护车身。悬架主要由负责缓冲的弹簧，衰减、调节弹簧振动的减振器，以及转向时减少汽车侧滑、侧倾的导向装置组成。

### 2.1 前悬架系统

在独立悬架的轿车中，后轮驱动汽车的前悬架最常见的是双摆臂式，其次是扭杆悬架。前轮驱动的汽车前悬架最常见的是麦弗逊式悬架，其次是烛式悬架。

在非独立悬架的汽车中大部分以钢板弹簧作为前后悬架中的弹性元件，但在越野吉普中很多的前悬架用螺旋弹簧作弹性元件，后悬架用螺旋弹簧或延用钢板弹簧。

#### 1. 双摆臂式悬架系统

早期的前悬架上、下摆臂等长。这种悬架有明显的不足，行驶中轮胎底部随车轮跳起和回弹运动而左右摆动，从而改变轮距，引起轮胎的摩擦、磨损和摆振。参见图 2-1。

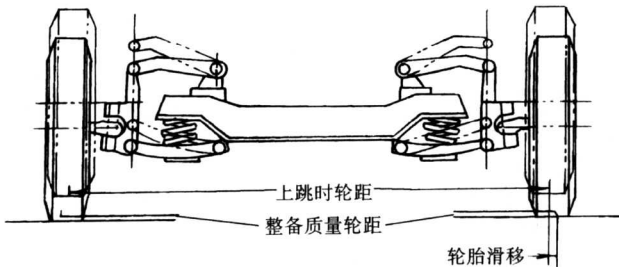


图 2-1 早期等长双摆臂式悬架会造成车轮滑移

近代的双摆臂式悬架上、下摆臂不再等长。以图 2-2 中所示的红旗 CA7560 型轿车为例，上摆臂 11 短，下摆臂 4 长，车轮上跳或回弹时上臂比下臂运动弧度小。这种运动使轮胎上部轻微地向外移动，而底部不受影响，还处于正常位置。这减少了轮胎磨损，提高了行驶的平顺性和方向的稳定性。这是该悬架最主要的优点。

前悬架的主销中心线从上摆臂球头销 A 到下摆臂球头销 B 的中心穿过。需



