

汽车类专业系列教材
“互联网+”新形态一体化教材

汽车底盘故障 诊断技术

主编 王大鹏 曹景升 于万海



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>

内 容 简 介

本书是严格按照教育部公布的职业院校汽车专业课程目录及教学标准要求,并根据《“十四五”职业教育规划教材建设实施方案》及教育部颁布的《高等职业学校专业教学标准》,同时参考汽车职业资格标准编写的。本书主要介绍了汽车专业基本作业技能中有关汽车底盘故障诊断的内容,包括转向系统检测与诊断、行驶系统检测与诊断、传动系统检测与诊断、制动系统检测与诊断4个项目。本书可作为高等职业院校汽车服务工程技术等专业的教材,也可作为汽车类岗位培训教材。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车底盘故障诊断技术 / 王大鹏, 曹景升, 于万海
主编. -- 北京 : 北京交通大学出版社, 2024. 9.
ISBN 978-7-5121-5351-6
I. U472.41
中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024N3M834 号

汽车底盘故障诊断技术

QICHE DIPAN GUZHANG ZHENDUAN JISHU

责任编辑: 刘 洵 助理编辑: 孟海江

出版发行: 北京交通大学出版社

电话: 010-51686414

<http://www.bjtup.com.cn>

地 址: 北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编: 100044

印 刷 者: 三河市华骏印务包装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185 mm × 260 mm 印张: 13 字数: 279 千字

版 印 次: 2024 年 9 月第 1 版 2024 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1—3 000 册 定价: 45.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前言

在中国汽车品牌份额不断提升的基础上，2023 年，我国汽车产销量再次实现重要突破，双双超过了 3000 万辆，使我国汽车产销量稳居全球第一。未来，随着我国国民经济的持续增长、居民收入的不断增加、基础设施的日益完善、城镇化进程的加快及产业政策的大力支持，我国汽车消费需求仍具有较大增长空间，汽车产销量有望保持良性增长。因此，汽车后市场相关行业将会急需一批合格的技术人才。为了满足市场的需求和实现育人目的，我们组织了部分汽车底盘故障诊断技术的相关专业教师与技术人员共同编写了本书，其特色如下。

一、坚持立德树人，贯彻党的二十大精神

本书积极落实《中华人民共和国职业教育法》，以《国家职业教育改革实施方案》《“十四五”职业教育规划教材建设实施方案》为指导，结合了汽车专业领域职业技能等级标准，并立足于党的二十大报告中“深入实施人才强国战略”“加快建设国家战略人才力量，努力培养造就更多大师、战略科学家、一流科技领军人才和创新团队、青年科技人才、卓越工程师、大国工匠、高技能人才”的战略要求，通过“学习目标”“情境导入”“拓展阅读”等模块，有机融入习近平新时代中国特色社会主义思想、劳模精神、工匠精神等，实现润物无声的育人效果，全面推进“三全育人”。

二、基于典型工作任务模式，体现职业教育特色

本书结合行业和企业职业需求，按照学生的认知规律，由浅入深，分项目、分任务构建了本书的编写体系，对每一个任务，按照“学习目标—情境导入—相关知识—赋能训练”这一思路进行编排。各任务内容相对独立，且涉及的知识新颖、针对性强，基本上涵盖了汽车的各个系列车型的新技术，供学生掌握新知识、新技术。

三、以产教融合为指引，开展校企合作

本书有 4 个项目、12 个任务，包括转向系统检测与诊断、行驶系统检测与诊断、传动系统检测与诊断、制动系统检测与诊断。河北科技工程职业技术大学王大鹏、曹景升、于万海担任主编；河北科技工程职业技术大学刘昊、冯丙寅、张华担任副主编；河北科技工程职业技术大学冯子亮、邢台傲龙汽车销售服务有限公司刘清薄、邢台应用技术职业学院刘桐、李瑞雪、马玉玺参加编写。具体分工如下：王大鹏编写王大鹏编写项目 1 和项目 2 的任务 2.1、任务 2.2；曹景升编写项目 2 的任务 2.3 和项目 3 的任务 3.1；于万海编写项目 3 的任务 3.2 和任务 3.3；刘桐、李瑞雪、马玉玺编写项目 4 的任务 4.1；冯子亮、刘清薄编写项目 4 的任务 4.2；刘昊、冯丙寅、张华编写项目 4 的任务 4.3。全书由河北科技工程职业技术大学汽车工程系党委书记马金刚教授担任主审。

本书在编写过程中，参阅了有关教材和资料，并得到了马金刚教授的指导，在此一并表示衷心的感谢。此外，编者还为广大一线教师提供了服务于本书的教学资源库，有需要者可致电教学助手 13810412048 或发邮件至 2393867076@qq.com。

由于编者水平有限，书中存在的不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2024 年 1 月

目录



项目 1 转向系统检测与诊断 001

- 任务 1.1 四轮定位系统检测与诊断 002
- 任务 1.2 电控液压助力转向系统检测与诊断 013
- 任务 1.3 电动助力转向系统检测与诊断 039



项目 2 行驶系统检测与诊断 053

- 任务 2.1 车轮动平衡检测与诊断 054
- 任务 2.2 轮胎状态检测与诊断 068
- 任务 2.3 电控悬架系统检测与诊断 084



项目 3 传动系统检测与诊断 100

- 任务 3.1 手动变速器检测与诊断 101
- 任务 3.2 自动变速器检测与诊断 117
- 任务 3.3 驱动电机检测与诊断 129



项目 4 制动系统检测与诊断 144

任务 4.1 ABS 检测与诊断 145

任务 4.2 驻车系统检测与诊断 162

任务 4.3 线控制动系统检测与诊断 175

参考文献 200

项目

1

转向系统检测与诊断



项目概述

转向系统自汽车诞生起就开始了一步步地演化，与其他底盘部件相比，转向系统经历的迭代最多，且还在继续。例如，与三十年前的车型相比，转向系统就有显著差异——液压转向系统转变为了电机驱动。转向系统对整车来说非常重要，除了影响车辆操控性能之外，更关乎车辆的行驶安全。发展到今天，汽车的转向系统经历了机械转向系统、机械液压助力转向系统、电控液压助力转向系统、电动助力转向系统的发展过程。传统纯机械转向系统几乎被替代，由机械液压助力转向系统升级至电控液压助力转向系统之后，电力驱动的电动助力转向系统逐步占据主流。本项目包含了四轮定位系统检测与诊断、电控液压助力转向系统检测与诊断、电动助力转向系统检测与诊断等内容，通过本项目的学习，大家可以对汽车转向系统有清晰的了解并能对其进行检测与诊断。



学习目标

知识目标

1. 掌握与用户交流、查阅相关维修技术资料的方法。
2. 熟悉根据故障现象制订正确的维修计划的流程。
3. 了解分析故障原因、正确记录各种检测结果的方法。

技能目标

1. 能够按照正确操作规范对转向系统进行检测。
2. 能够按照正确技术规范对故障进行修复。
3. 能够根据环保要求，正确处理对环境和人体有害的废料和损坏的零部件。

素养目标

树立认真检测、精准测试的严谨工作态度。

任务

1.1

四轮定位系统检测与诊断

情境导入

小张积极响应学党史的号召，假期驾驶一辆汽车前往西柏坡革命圣地旅游，但是在行驶过程中车子经常向右侧跑偏。经四轮定位检测，是两前轮前束值不相等导致的，右前轮前束值过大，调整后故障排除并顺利到达目的地。



相关知识

知识 1.1.1 主销后倾角

主销后倾角（图 1-1-1）的定义：从侧向看转向轴主销中心线与垂直线所成的夹角，主销向后倾倒。后倾为正，前倾为负。

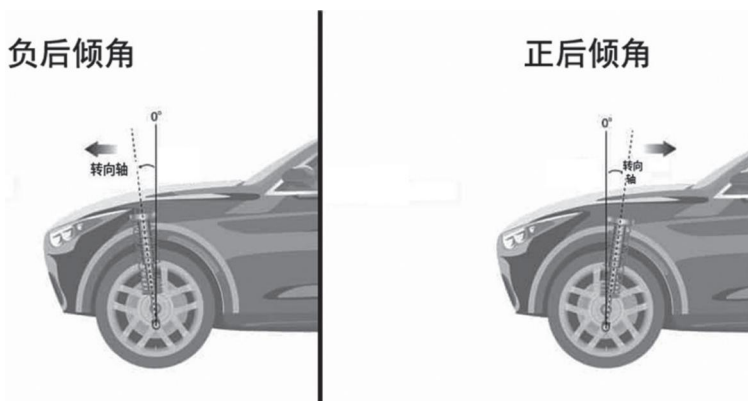


图 1-1-1 主销后倾角

主销后倾角的作用是使汽车产生回正的稳定力矩。稳定力矩的大小将影响汽车行驶稳定性。稳定力矩太大，将导致转向沉重；稳定力矩太小，将导致转向不灵敏。主销后倾角的范围一般为 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。采用低压轮胎的汽车的稳定力矩增加，后倾角较小甚至为负。主销后倾角使车轮转向轴线与路面交点在轮胎接地点前方，可利用路面对轮胎的

阻力产生绕主销轴线的回正力矩，回正力矩方向与车轮偏转方向相反。后倾角越大车辆直线行驶性越好，转向后转向盘回复性也越好。

主销后倾角过大，会使转向变得沉重，驾驶员容易疲劳；主销后倾角过小，汽车直线行驶时，容易发生前轮摆振、转向盘摇摆不定，转向后转向盘自动回正能力变弱，驾驶员失去路感。左右轮主销后倾角不等时，车辆直线行驶时容易引起跑偏，难以操纵。

知识 1.1.2 主销内倾角

主销内倾角（图 1-1-2）的定义：从纵向看，转向轴中心线与垂直线所成的角度。

主销向内倾倒的作用主要是使汽车产生自动回正力矩。理论上，当车轮以主销为中心回转时，车轮的最低点将陷入路面以下，但实际上车轮下边缘不可能陷入路面以下，而是将转向车轮连同整个汽车前部向上抬起一个相应的高度，这样汽车本身的重力有使转向车轮恢复到原来中间位置的效应，因而转向盘复位容易。

此外，主销内倾角还使得主销轴线与路面交点到车轮中心平面与地面交线的距离减小，从而减小转向时驾驶员加在转向盘上的力，使转向操纵轻便，同时也可减少从转向轮传到转向盘上的冲击力。它通过主销偏置来减小转向力矩，产生自动回正力矩。主销内倾角越大，前轮自动回正的作用就越强烈。

主销内倾角过大，转向时会使转向沉重、轮胎磨损加快；主销内倾角过小，前轮自动回正的作用就越弱，转向不灵敏，行驶发飘。左右主销内倾角不相等会使汽车跑偏。

主销内倾角存在会出现转向费力和省力的双重效应，因此主销内倾角大小要合适。主销内倾角一般小于 8° ，一般主销偏置 $40 \sim 60 \text{ mm}$ 。

知识 1.1.3 车轮外倾角

车轮外倾角（图 1-1-3）的定义：由纵向看轮胎中心线与垂直线所成的角度，车轮向外倾倒。向外为正，向内为负。

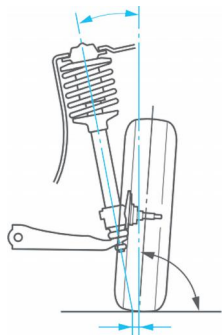


图 1-1-2 主销内倾角

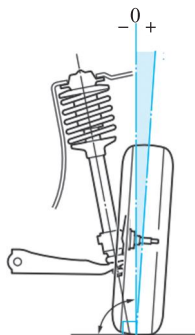


图 1-1-3 车轮外倾角

车轮外倾角的作用是增大轮胎接触面，抵消不良影响。早期的汽车采用车轮正外倾，改善前桥的耐用性并使轮胎与路面成直角接触，适应拱形路面减少轮胎磨损，并适应斜线轮胎倾斜触地便于转向盘的操作。现代汽车悬架强而有力，路面也平坦，还装用扁平子午线轮胎，由于子午线轮胎的特性（轮胎花纹刚性大、外胎面宽），外倾角缩小，若设定大外倾角会使轮胎磨偏，降低轮胎摩擦力，并且由于助力转向机构的使用，也使外倾角不断缩小，结果是四轮定位正在更趋向于零车轮外倾。有些车型设定少许的外倾角可对车轴上的车轮轴承施加适当的横推力，避免轴承产生异常磨损，还可用来抵消车身载重后悬架系统机件变形所产生的角度变化。事实上，现在负车轮外倾通常在轿车中采用，以便改进转弯的性能，减小转弯时外侧车轮外倾离心推力的影响。

正外倾角影响汽车直行稳定性和回正功能。转向时，由于正外倾角，外侧悬架有向上抬离车轮的趋势，当车轮回到直行时，汽车的质量压在转向轴上，帮助车轮回正。负外倾角在转弯时可以防止轮胎侧滑，同时也增加了转向阻力。外倾角会影响汽车行进方向，因此左右轮外倾角必须相等，保证直线行驶，与车轮前束配合，使车轮直线行驶并避免轮胎磨损不均。

如果给轮胎提供过大的正或负车轮外倾，会导致轮胎的不均匀磨损。如果给轮胎提供过大的正车轮外倾，则外侧轮胎磨损较快；如果给轮胎提供过大的负车轮外倾，则内侧轮胎磨损较快，如图 1-1-4 所示。如果外倾角过小，改变了转弯回正和直行稳定性能，破坏了前束与它的匹配，会导致轮胎偏磨；如果左右外倾角不相等，会导致汽车跑偏。

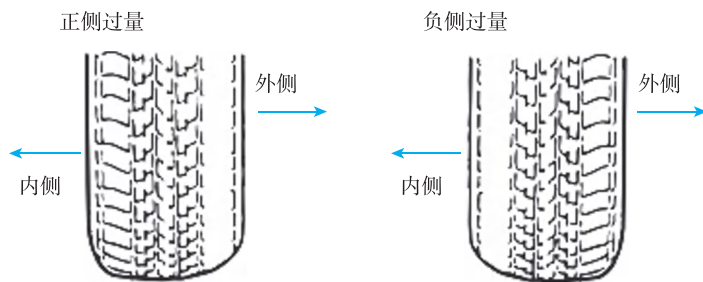


图 1-1-4 车轮外倾过大导致的轮胎不均匀磨损

外倾角的范围一般为 -1° 到 1° 之间，现代汽车由于轮胎的弹性较好，为改进转弯的性能，大多采用负外倾角。

知识 1.1.4 前束

前束（图 1-1-5）是指从上下看两个车轮前部束紧，而呈现等腰梯形、内八字。前

端向内收束为正前束，反之为负前束。现在大多称为“前束角”。按常规来说，前束的初始目的是消除前轮外倾时所产生的前轮外倾推力，抵消车轮外倾造成的车轮前部向外张开、轮胎边滚边滑产生异常磨损的影响。但近年来随着负外倾的不断普及和轮胎、悬架性能的不断改进，设法抵消前轮外倾推力已无必要，这样，前束的初始目的已改变成确保直线行驶的稳定性。

当车辆行驶在倾斜的路面上时，车身就会倾向一侧。车辆将有向车身倾斜方向转向的趋势。如果各轮的前端都转向内侧（正前束）时，车辆试图按车身倾斜的相反方向行驶，结果是保持了直线行驶的稳定性，如图 1-1-6 所示。

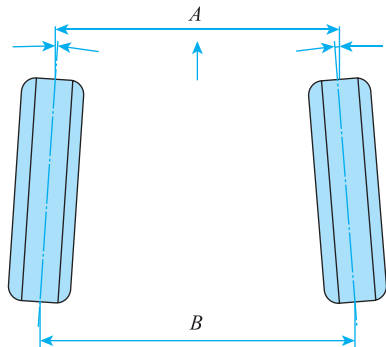


图 1-1-5 前束

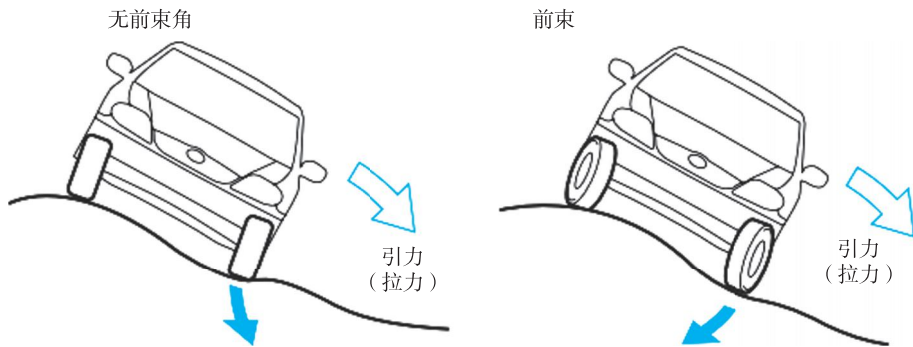


图 1-1-6 正前束确保直线行驶的稳定性

如果正前束过大，侧滑力会使轮胎不均匀磨损；如果负前束过大，则难以保证直线行驶稳定性。如果前束过小或为零，不能消除车轮外倾和保持直线行驶稳定性。合适的前束和车轮外倾的匹配，兼顾直线行驶的稳定性、轮胎的磨损和侧滑的影响。

前束不当会导致转向沉重、转向不灵敏、轮胎异常磨损、侧滑、跑偏、摆振等故障。

一般前束值在 $0 \sim 12 \text{ mm}$ 之间为正常，现在趋向于 $-1 \sim 5 \text{ mm}$ ，具体视车型而定，总前束值等于两个车轮的前束值之和。

知识 1.1.5 转向角

转向角是指汽车前轮向左或者向右转到极限位置与前轮不发生偏转时中心线所形成的角度。一般汽车的转向角在 30° 到 40° 之间。

左右车轮的转向角相同，就没有共同的转向中心，会导致轮胎中的一个产生侧滑。不同的转向角使四个车轮的轴线都通过转向中心，可提高汽车转弯时的行驶稳定

性,减少轮胎侧滑磨损,如图 1-1-7 所示。

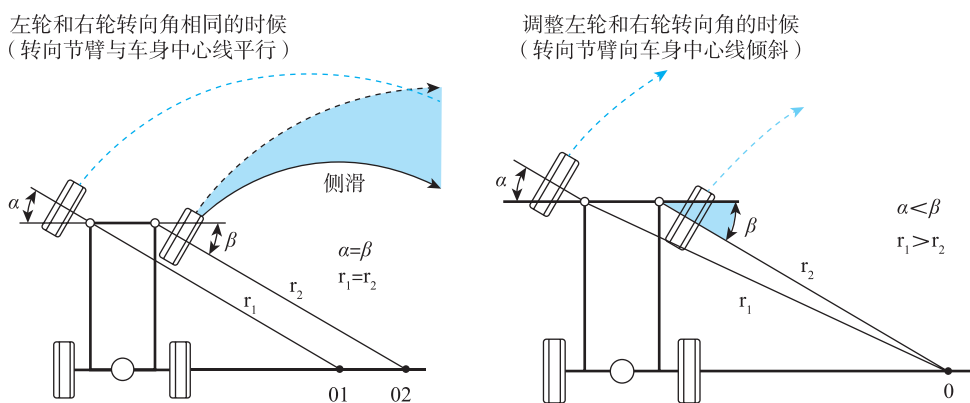


图 1-1-7 转向角与转向中心

如果转向角不当,在拐弯时内侧轮或外侧轮侧倾滑行,不仅无法平稳转向,还会产生侧滑轮胎上磨损不均现象。

知识 1.1.6 转向前展

转向前展定义为转向时两前轮最大转向角度之差。一定的转向前展是必要的,因为外侧车轮比内侧转向半径大,左右车轮转向角不同,否则会导致轮胎异常磨损。

知识 1.1.7 推进角

两后轮前束角差值的一半称为推进角。后轮前束失准、左右不相等会产生推进角,推进角过大会导致汽车跑偏。

后轮总前束的夹角的平分线称为汽车的推进线,推进线与几何中心线之间的夹角就是推进角。后桥不正和后桥前束不准会引起推进角变化。推进线左偏为正,右偏为负。运行良好的汽车是不应该有推进角的,但由于后轴胶套磨损等原因,会使后轴推进线偏斜,导致汽车跑偏,因此推进角的存在是汽车跑偏的一个重要原因。推进角一般限制在 $0.1^\circ \sim 0.4^\circ$,可通过后轮前束来调整,如图 1-1-8 所示。

知识 1.1.8 包容角

前轮外倾角与主销内倾角之和为包容角。从汽车纵向看,主销的轴线和车轮的轴线之间的夹角为包容角。如果是正外倾,包容角就比主销内倾角大;如果是负外倾,包容角就比主销内倾角小。

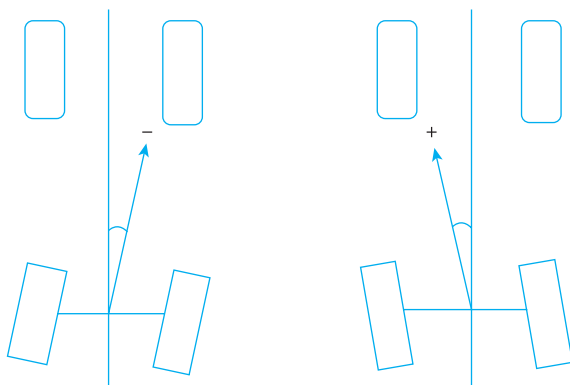


图 1-1-8 推进角



赋能训练

技能 1.1.1 四轮定位的故障分析

1. 故障表现

四轮定位失准不仅会引起转向沉重, 增加驾驶者的劳动强度, 使汽车的行驶不稳定, 不能保持直线行驶, 车轮失去自动回正作用, 还会造成汽车操纵失灵, 有导致事故发生的危险, 同时加剧转向机构和转向轮胎的磨损, 使燃油消耗量增加、动力性能下降等。

四轮定位失准导致的故障有转向沉重、转向不灵敏、车轮摆振、车轮异常磨损、汽车跑偏、汽车侧滑、汽车摆振, 以及转向盘不正、转向摆振、行驶发飘等其他故障, 如图 1-1-9 所示。因此需要正确地进行四轮定位检测与调整。

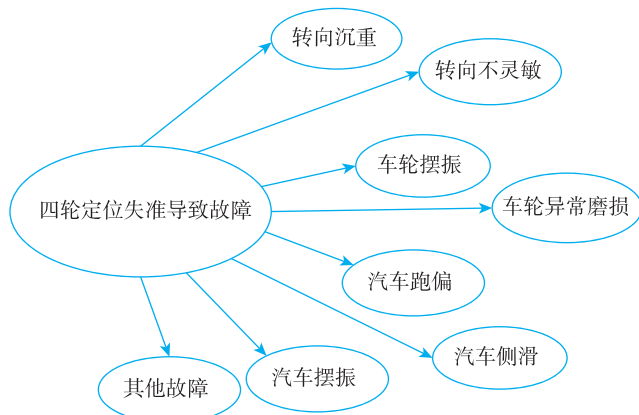


图 1-1-9 四轮定位失准故障图

在正常情况下，没必要频繁进行四轮定位。但是如果出现轮胎磨损不均匀、转向不稳定等故障，或者由于事故悬架必须进行修理时，就必须对四轮定位进行检查和调整。

2. 故障原因分析

四轮定位故障原因分析如图 1-1-10 所示。

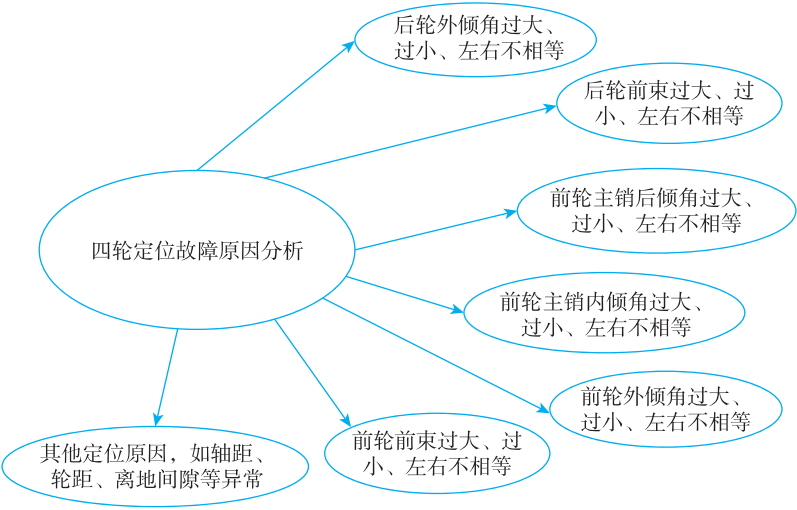


图 1-1-10 四轮定位故障原因分析图

主要故障现象和原因如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 车轮定位参数不当的故障现象及原因

故障现象		故障原因
转向沉重		后倾角太大
汽车跑偏		左右轮后倾角不相等；车身高度不相等；左右轮胎尺寸或气压不相等；轮胎变形或不良
转向盘不正		后轮前束不良；转向盘不正
轮胎异常磨损	轮胎羽毛状磨损	前束不良
	轮胎块状磨损	后轮前束不良或车轮静不平衡
	轮胎单边磨损	外倾角不良
	轮胎凸波状磨损	车轮运动不平衡或后轮前束不良

技能1.1.2 四轮定位的检测

1. 资讯准备：查资料，搜集信息

(1) 熟悉四轮定位仪说明、举升机操作说明、安全操作注意事项。

(2) 检索车型技术手册、定位数据标准、调整部位和调整方法。

(3) 咨询用户,了解车辆使用情况、车辆故障情况。

2. 何时需要做四轮定位

现代修车以定期检测、视情修理为原则,为了保证汽车的性能和延长使用寿命,四轮定位也纳入了定期检测的内容,目前在下列情况下均可做四轮定位检测。

(1) 磨合后:新车驾驶 3 个月后或达 3000 千米时,推荐做四轮定位。

(2) 保养时:每行驶半年或 1 万千米时,推荐做四轮定位。

(3) 年检时:汽车在年检时,推荐做四轮定位。

(4) 换件后:更换或调整轮胎、悬架减振系统、转向零部件后,应做四轮定位。

(5) 故障后:出现转向盘不正、需紧握转向盘、转向沉重或无法自动回正、车辆跑偏、车身摇摆不定或有飘浮感、轮胎异常磨损、油耗增加、零件磨损加快等情况时,应做四轮定位。

(6) 事故后:事故车维修后,应做四轮定位。

3. 使用四轮定位仪检测四轮定位

1) 举升机准备

确定举升机两个承载板宽度与车辆前、后轴距一致,然后将举升机降至最低点,确保转角盘和后滑板的固定销都插好之后,再将被测车辆开上举升机。注意不能撞到二次举升架。

2) 车辆准备

在进行四轮定位之前,需要做以下必要检查。

(1) 检查四个轮胎是否明显有磨损、轮胎钢圈是否偏摆(径向和轴向)、轮毂(也称钢圈)轴承是否松旷,检查轮胎胎压及轮胎动平衡是否符合标准,轮胎花纹是否严重磨损。

(2) 检查悬架各拉杆、减振器、弹簧、万向节、球头、下摆臂、轴承及前横梁等部件是否松旷和损坏,左右两侧轴距是否正常,转向传动机构部件是否变形或磨损,与前悬架有关的部件是否变形或磨损,横向车身是否倾斜(底盘地面间隙),异常必须立即排除。

(3) 检查最小离地间隙,如图 1-1-11 所示。在与前悬架无关的车辆中,车轮校正因素是随载荷的情况而变化的。因为底盘到地面之间的间隙有变化。因此,规定车轮校正因素对规定的间隙是非常必要的。除非另有说明,参阅修理手册等。

(4) 检查自动变速器把挡位是否放置在空挡,调整转向盘和车轮处于直向行驶标准位置。

以上事项检查合格后，方可进行四轮定位。

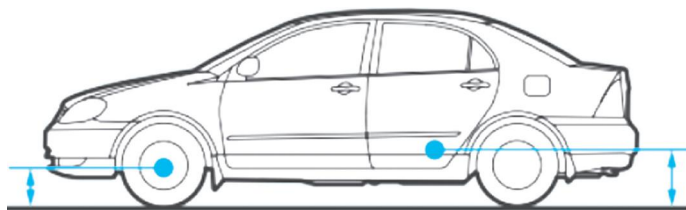


图 1-1-11 最小离地间隙的检查

3) 机头准备

安装机头并联机。车辆举升到规定高度，保证机头传感器联机。注意：机头是有方向性的，后轮上有左右标记，光学头要前后、左右相对，按水平仪调平机头。机头是激光蓝牙连接通信的并都做有标记，安装后按下电源按钮启动光学头，而且不做时也要按标记放到相应的位置上，以便充电。安装卡具时一定要使用安全绳将目标盘牢牢地固定在车轮上。

4) 开启四轮定位仪

按下四轮定位仪控制计算机电源开关，启动计算机，运行四轮定位仪软件。

5) 定位菜单操作

运行四轮定位仪软件后，出现主界面以及菜单，根据不同的定位仪操作界面进行操作。一般是首先进行车辆选择，选择厂家、车型、年款。

6) 轮辋补偿

进行轮辋补偿（钢圈补偿、后滚补偿）的目的是消除由于车轮偏心和夹子安装错误引起的测量错误，做到更精确地检测四轮定位。

进行轮辋补偿的方法根据四轮定位仪的不同而不同，有取三个方向的（SUN 四轮定位仪），有取四个方向的（海德三雄四轮定位仪），有转动四个车轮的，也有让车辆移动一定距离的。按照屏幕提示，分别对四个车轮都要进行补偿。

SUN 四轮定位仪：按照提示进行轮辋补偿。光学机头：左旋 90° ，1 字朝上，按下轮辋补偿键；右旋 180° ，2 字朝上，按下轮辋补偿键；再左旋 90° ，3 字朝上，按下轮辋补偿键。

海德三雄四轮定位仪：采用蓝牙激光机头，按右前—左前—右后—左后顺序，每次转动车轮 90° ，按下 OK 键，转一圈一个车轮就做好，然后自动跳入下一个车轮。

车辆移动式轮辋补偿：计算机屏幕指示让车辆向前移动 20 cm，摄像机四角圆点红色表示被遮挡，摄像机四周红箭头全亮代表到位，单独亮须按提示移动，到位后根据提示进行补偿。

7) 按照提示打方向

对于车轮外倾和前束,不需要打方向就能检测。但是对于主销后倾、主销内倾,以及转向前展、最大转向角必须打转向盘一定角度才能测量。一般 10° 左右测量主销后倾角和主销内倾角, 20° 左右测量车轮前展角, 30° 左右测量最大转向角。

转动转向盘前,须拔出转角盘锁止螺栓,按照提示向左或者向右转动车轮或转向盘至 STOP 状态停止 5 秒钟,即可检测出定位参数。

8) 读取定位数据判断分析

读取屏幕定位数据,包括后轮外倾、后轮前束、推进角、前轮外倾、前轮前束、主销后倾、主销内倾等。

根据检测结果分析哪些定位参数异常,必要时可填检测记录表,对照定位数据诊断,表 1-1-2 是 2022 款卡罗拉底盘四轮定位数据。

表 1-1-2 2022 款卡罗拉底盘四轮定位数据

项目	前悬架		后悬架
	1ZR-FE 发动机	2ZR-FE/3ZR-FE	1ZR-FE/2ZR-FE/3ZR-FE
标准外倾角（空载）	-0°04′±45′ （-0.07°±0.75°）	0°05′±45′ （0.08°±0.75°）	-1°23′±30′ （1.38°±0.5°）
左右差值	45′（0.75°）或更小	45′（0.75°）或更小	30′（0.50°）或更小
标准后倾角（空载）	5°32′±45′（5.53°±0.75°）		
左右差值	45′（0.75°）或更小		
标准主销内倾（空载） 标准转向轴线倾角（空载）	11°43′（11.72°）		
标准前束（空载）	B-A：（2.0±2.0）mm 或（0.08±0.08）in		B-A：（1.1±3.0）mm 或（0.04±0.11）in
标准车轮转向角（空载）			
车轮内转角	39°43′±2° （39°72′±2°）	39°44′±2° （39°73′±2°）	
车轮外转角	33°27′（33.45°）	33°27′（33.45°）	

技能 1.1.3 四轮定位的调整

车型不同,四轮定位的调整也不尽相同。一般说来,几乎所有车型的前束都可调

整，大部分车型车轮外倾可调整，少部分车型主销后倾可调整，几乎所有车型的主销内倾都不可调，如严重失差，可进行钻孔、更换偏心等修理工艺改变到正确。如果后桥是非独立悬架，后轮定位参数一般不可调。四轮定位调整流程如图 1-1-12 所示。

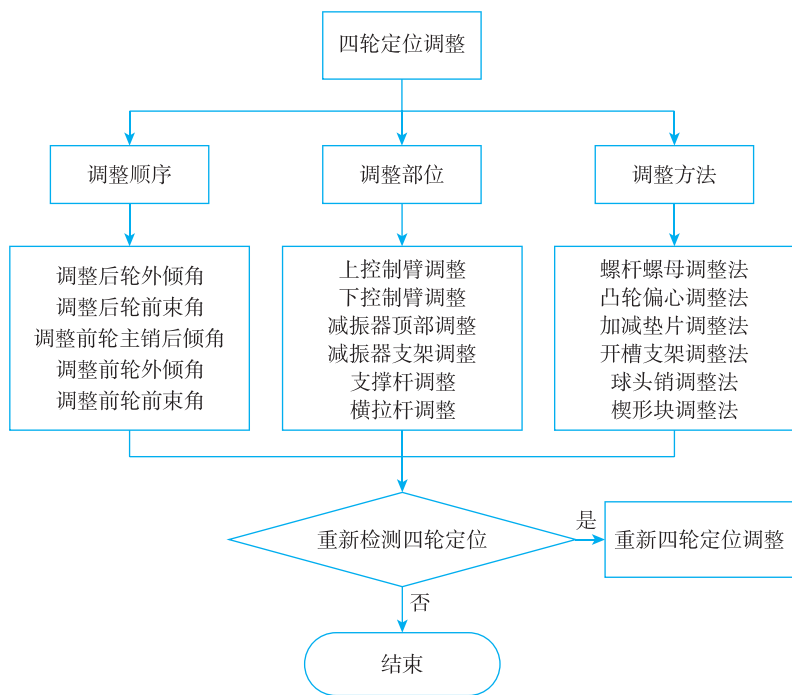


图 1-1-12 四轮定位调整流程

按照检测结果进行调整。一般先调后轮再调前轮，后轮定位先调外倾角后调前束，前轮定位先调主销后倾角再调外倾角，最后调前束。四轮定位各个参数之间都有密切的关系，当进行检查和校正时，必须考虑它们之间的关系和影响。

任务

1.2

电控液压助力转向系统检测与诊断

情境导入

小王开车去省会石家庄参加学习贯彻党的二十大精神宣讲报告会，在途中发现自己的车在车转向时，特别沉重费力。经检查，动力转向工作油压比较低，更换油泵后试车还是有点沉重，最后检修更换球头销后，故障排除。



相关知识

知识 1.2.1 基本知识

转向系统的功用是让驾驶员通过使前轮转向来控制车辆的方向。汽车行驶方向的改变是由驾驶员通过操纵转向系统来改变转向轮（一般是前轮）的偏转角度实现的。转向系统不仅可以改变汽车的行驶方向，使其按照驾驶员规定的方向行驶，还可以克服由于路面侧向干扰力使车轮自行产生的偏转，恢复汽车原来的行驶方向。

转向系统要求有良好的转向力、灵敏性、回位和反馈能力，且保证转向居中并有转向角限位能力，转向性能不良会导致以下故障：转向沉重（助力不足、回位困难）；转向不灵敏（操纵不稳定、转向盘自由行程过大、转向松旷、转向发飘、转向失灵）；转向跑偏、转向摆振、转向发卡、单边转向不足、转向不居中、转向异响、转向漏油甚至转向失灵故障。某车企就因汽车左前悬架的下部可能会从球形接头中脱离而导致转向失灵的缺陷召回相应车型。

转向力直接关系到汽车转向轻便、操纵稳定性和行车安全，《机动车运行安全技术条件》(GB 7258—2017) 有如下规定。

6 转向系

6.1 汽车（三轮汽车除外）的转向盘应设置于左侧，其他机动车的转向盘不应设置于右侧；专项作业车、教练车按需要可设置左右两个转向盘。装有两个后轮、有驾驶室的正三轮摩托车如使用转向盘转向，则转向盘中心立柱距车辆纵向中心平面的水平距离

应小于等于 200 mm；其他摩托车不应使用转向盘转向。

6.2 机动车的转向盘（或方向把）应转动灵活，无卡滞现象。机动车应设置转向限位装置。转向系统在任何操作位置上，不应与其他部件有干涉现象。

6.3 机动车（摩托车、三轮汽车、手扶拖拉机运输机组除外）正常行驶时，转向轮转向后应有一定的回正能力（允许有残余角），以使机动车具有稳定的直线行驶能力。

6.4 机动车转向盘的最大自由转动量应小于等于：

- a) 最大设计车速大于等于 100 km/h 的机动车：15°；
- b) 三轮汽车：35°；
- c) 其他机动车：25°。

6.5 汽车（三轮汽车除外）应具有适度的不足转向特性。

6.6 三轮汽车、摩托车的转向轮向左或向右转角应小于等于：

- a) 三轮汽车、三轮摩托车、正三轮轻便摩托车：45°；
- b) 两轮普通摩托车、两轮轻便摩托车：48°。

6.7 机动车在平坦、硬实、干燥和清洁的道路上行驶不应跑偏，其转向盘（或方向把）不应有摆振等异常现象。

6.8 机动车在平坦、硬实、干燥和清洁的水泥或沥青道路上行驶，以 10 km/h 的速度在 5 s 之内沿螺旋线从直线行驶过渡到外圆直径为 25 m 的车辆通道圆行驶，施加于转向盘外缘的最大切向力应小于等于 245 N。

6.9 专用校车应采用转向助力装置；其他机动车转向轴最大设计轴荷大于 4000 kg 时，也应采用转向助力装置。装有转向助力装置的机动车，转向时其转向助力功能不应出现时有时无的现象，且转向助力装置失效时仍应具有用转向盘控制机动车的能力。

6.10 汽车（三轮汽车除外）的车轮定位应与该车型的技术要求一致。对前轴采用非独立悬架的汽车（前轴采用双转向轴时除外），其转向轮的横向侧滑量，用侧滑台检验时侧滑量值应小于等于 5 m/km。

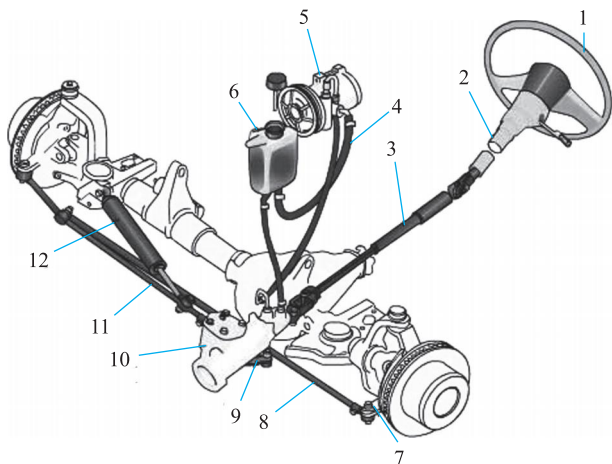
6.11 转向节及臂，转向横、直拉杆及球销应连接可靠，且不应有裂纹和损伤，并且转向球销不应松旷。对机动车进行改装或修理时横、直拉杆不应拼焊。

6.12 三轮汽车、摩托车的前减振器、上下联板和方向把不应有变形和裂损。

汽车转向系统根据其转向能源的不同，分为机械转向系统、机械液压助力转向系统（图 1-2-1）、电控液压助力转向系统、电动助力转向系统四大类型。机械转向系统由转向操纵机构、转向器和转向传动机构组成。动力助力转向系统是在机械转向系统基础上加设一套转向助力装置而组成的，比如液压助力和电动助力，俗称油助力和电助力，如图 1-2-1 所示。

转向操纵机构包括转向盘、转向轴管、转向轴及联轴节等部件。

转向器有多种类型,蜗轮蜗杆式、曲柄指销式、循环球式、齿轮齿条式,循环球式和齿轮齿条式转向器如图 1-2-2 所示。往往动力转向控制阀和转向器合二为一称为“动力转向器总成”,动力转向系统根据转向器、转向控制阀和助力油缸的集成程度分为整体式和分体式。



1—转向盘; 2—转向轴管; 3—转向轴及联轴节; 4—动力转向油管; 5—动力转向油泵及皮带轮;
6—动力转向油罐; 7—球头销及转向节; 8—横拉杆; 9—转向摇臂; 10—整体式动力转向器总成;
11—直拉杆; 12—转向减振器。

图 1-2-1 机械液压助力转向系统组成

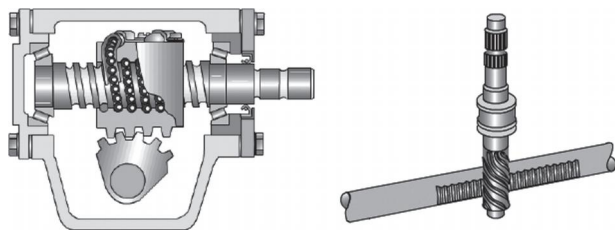


图 1-2-2 循环球式和齿轮齿条式转向器

转向传动机构包括转向摇臂、横拉杆、直拉杆、球头销、转向节臂、转向节等。当一个转向节转动时,另一个转向节也随着变位,使汽车实现转向。

液压助力转向系统包括储油罐、油管、动力转向液压油泵及限压阀、皮带、滤清器、动力转向器总成(转向器、转向控制阀、动力转向油缸)等。动力转向液压油泵安装在发动机上,由曲轴通过皮带驱动运转向外输出油压,转向油罐有进、出油管接头,通过油管分别与转向油泵和转向控制阀连接。这种助力方式是将一部分发动机动力输出转化成液压泵压力,对转向系统施加辅助作用力,从而使轮胎转向。

电控液压助力转向系统包括储油罐、液压反应装置、液流分配阀、助力转向控制单元、电动泵、转向器、助力转向传感器等,其中助力转向控制单元和电动泵是一个整体

结构。加装了电控系统，包括电动泵、电磁阀、控制单元等。电控液压助力转向克服了传统的液压转向助力系统消耗发动机动力的缺点，转向油泵不再由发动机直接驱动，而是由电动泵来驱动，由电子控制模块根据车辆的行驶速度、转向角度等信号计算出的最理想状态，如图 1-2-3 所示。

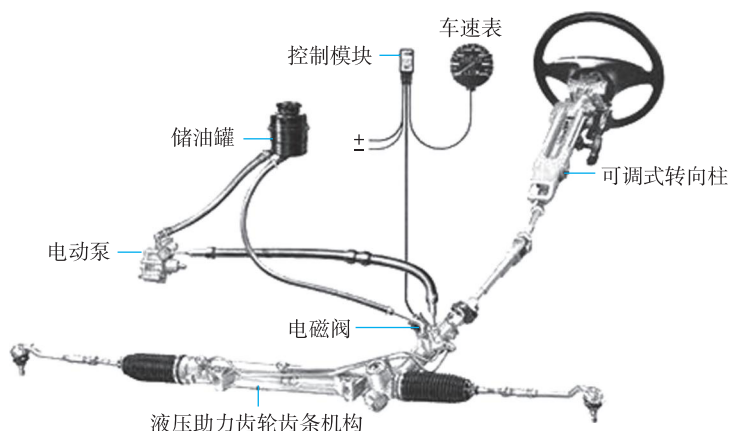


图 1-2-3 电控液压助力转向系统

电动助力转向系统包括电子控制模块（ECU）、转角传感器、转向电动机等，是汽车转向系统的发展方向。该系统由电动机直接提供转向助力，省去了液压助力转向系统所必需的动力转向油泵、软管、液压油、传送带和装于发动机上的皮带轮，既节省能量，又保护了环境，如图 1-2-4 所示。

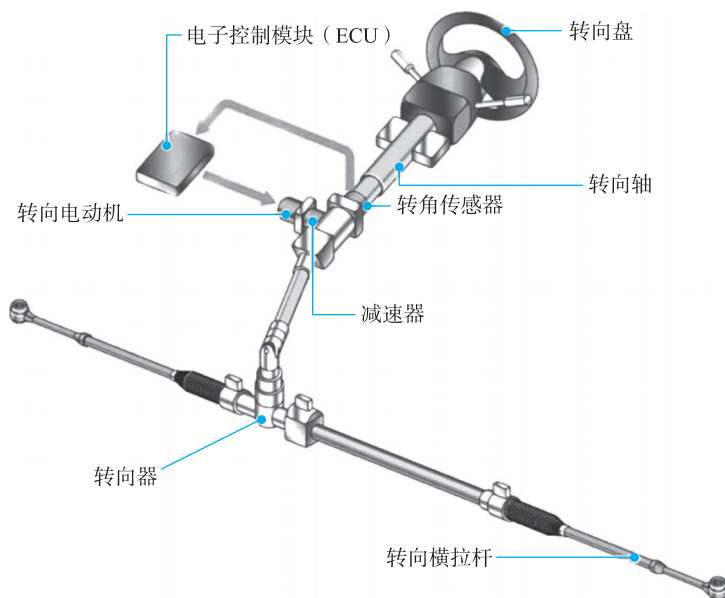


图 1-2-4 电动助力转向系统

知识 1.2.2 四轮转向系统

四轮转向系统是一种不仅前轮可以改变方向，后轮也可以改变方向的装置，当改变车辆方向时，一般车辆仅前轮转向，但是，4WS（四轮转向系统）车辆还可以根据转动转向盘的角度和车辆速度等诸多因素来转动后轮。

在中速和高速时，改变车道、通过 S 形路或拐弯时，后轮也向前轮转动的方向略微转动，以实现稳定地行驶；在低速时，后轮就以与前轮相反方向转向以便实现快速转向，如图 1-2-5 所示。

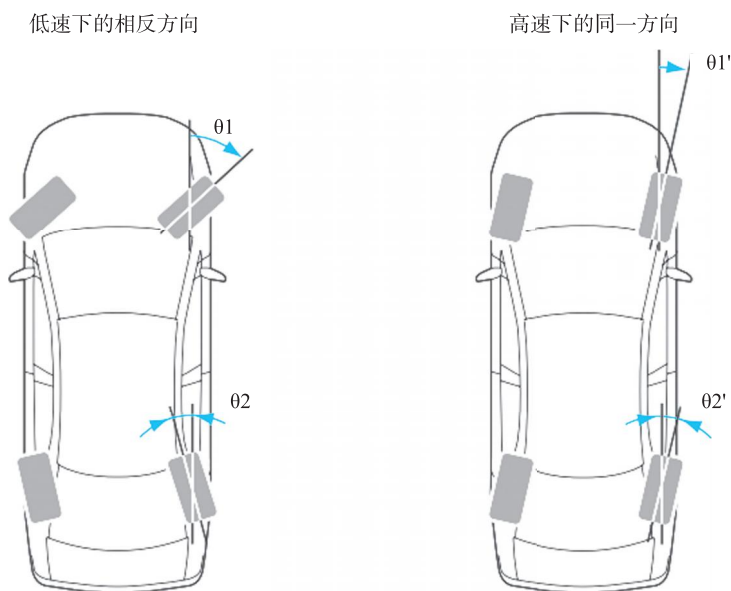


图 1-2-5 四轮转向

知识 1.2.3 转向器的转向机理

转向器是将驾驶员加在转向盘上的力矩放大，并降低速度，然后传给转向传动机构。转向器是一个大传动比的机构，其传动效率一般较低。转向器的输出功率与输入功率之比称为“转向器传动效率”。当功率由转向柱输入、由转向摇臂输出的情况下求得的传动效率称为“正效率”，而在传动方向与此相反时求得的效率为“逆效率”。为了减轻驾驶员操纵转向盘的体力消耗，应尽量提高转向器的传动效率，特别是正效率。正效率与逆效率均很高的转向器叫作“可逆式转向器”，逆效率极低的转向器称为“不可逆式转向器”，逆效率略高于不可逆式转向器的称为“极限可逆式转向器”。

可逆式转向器可以使转向轮及转向盘在转向结束后自动回正，但汽车在较差路面行

驶时,转向轮受到的冲击力会传到转向盘上,发生“打手”现象。经常在良好路面行驶的汽车,多采用可逆式转向器。不可逆式转向器使转向轮受到的冲击力不会传到转向盘上,但也使转向轮及转向盘无自动回正作用,而且驾驶员无法由转向盘上感受地面对转向轮作用力的信息,即所谓丧失“路感”。因此,目前汽车上一般不采用不可逆式转向器。极限可逆式转向器使驾驶员有一定的路感,转向轮与转向盘也具有一定的回正力矩,而且只有在路面冲击力很大时才能部分地传给转向盘,此种转向器多用于中型以上越野汽车和自卸汽车。

由于转向器各机件间都会有一定的装配间隙,这些间隙还会随着机件的磨损而增大,反映到转向盘上就会产生一定的空转角度。转向盘在空转阶段中的角行程称为“转向盘自由行程”,一定的转向盘自由行程对缓和路面冲击、避免驾驶员过度紧张是有利的,但如果转向盘自由行程过大,就会影响其转向灵敏性。因此,转向盘自由行程应限制在一定的范围内,并应经常进行调整。

知识 1.2.4 液压助力转向系统的工作原理

液压助力转向系统使用发动机的动力来驱动产生液压力的叶轮泵。当转向盘转动时,在控制阀上转换油路。当油压力施加到动力缸里的动力活塞上时,需要操纵转向盘的动力就减小了。必须定期检查动力转向液是否有泄漏现象,液压助力转向的工作原理如图 1-2-6 所示。

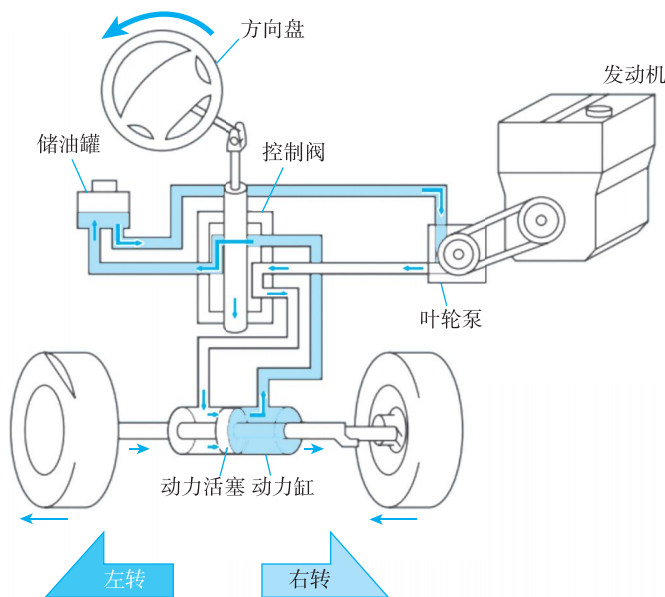


图 1-2-6 液压助力转向的工作原理

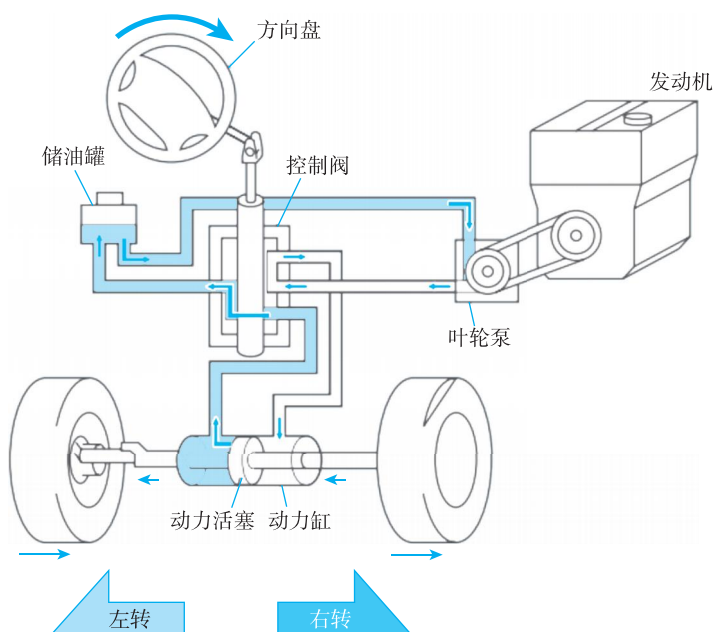


图 1-2-6 液压助力转向的工作原理 (续图)

动力缸里的活塞定位于齿条上，叶轮泵产生的油液压力作用于活塞的两侧，从而推动活塞及齿条运动，由活塞上的密封圈防止压力油液外溢，同时在油缸的两侧还有油封来防止油液外漏，如图 1-2-7 所示。

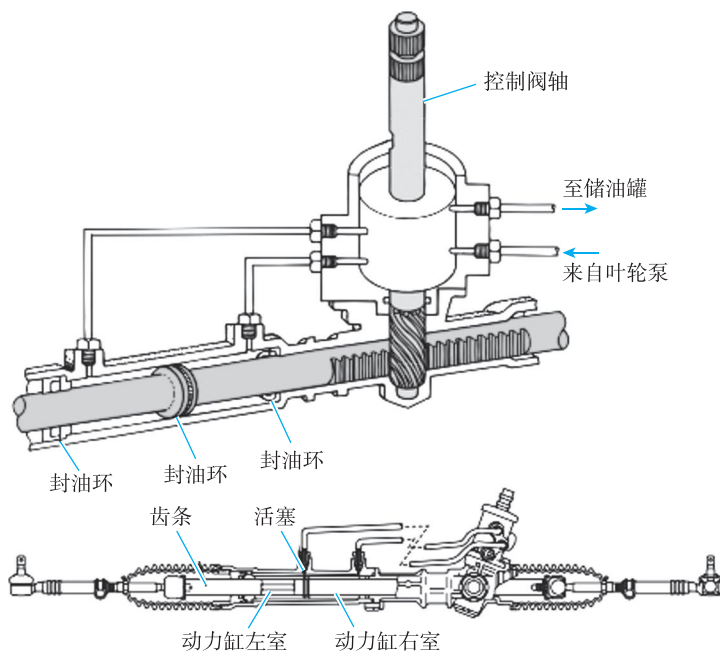


图 1-2-7 液压助力转向器

控制阀轴连接到转向盘上。当转向盘处于中间（正向前方）位置时，控制阀也处于中间位置，这样来自叶轮泵的油液就对两室不起作用，而流回到储油罐里。但是，当转向盘转向一方时，控制阀改变通道，所以油液又流入其中一个油室，另一油室中的油液被排出，通过控制阀流回储油罐。

目前，有三种不同类型的控制阀，挡板阀式、转阀式和滑阀式，如图 1-2-8 所示。所有类型的控制阀在控制阀轴与小齿轮之间都有扭矩杆，而且控制阀是按照施力到扭矩杆上的扭转量来起作用的。控制阀与齿条式或循环球式转向器集成在一起。目前，多数车型使用的是转阀类型。

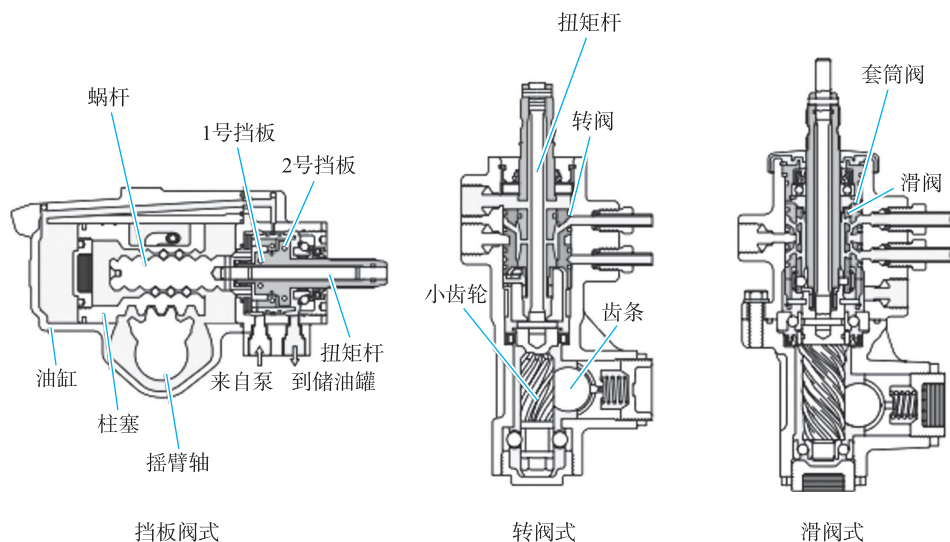


图 1-2-8 控制阀类型

知识 1.2.5 电控液压助力转向系统

一般说来，动力转向系统使用发动机的动力来驱动产生液压力的叶轮泵。电控液压助力转向系统也是一个动力转向系统，它采用发动机来产生液压力并且减少操纵转向盘所需要的动力，如图 1-2-9 所示。因为该系统减小了对发动机的载荷，所以提高了燃油经济性。发动机转速（泵排放量）是由电子控制模块根据车辆速度和转向盘转动角度等诸多数据来进行控制的。

1. 工作原理

由于机械液压助力转向系统需要大幅消耗发动机动力，所以人们在机械液压助力转向系统的基础上进行改进，开发出了更节省能耗的电控液压助力转向系统。这套系统的

转向油泵不再由发动机直接驱动，而是由电动机来驱动，并且在之前的基础上加装了电控系统，使得转向辅助力的大小不光与转向角度有关，还与车速相关。机械结构上增加了液压反应装置和液流分配阀，新增的电控系统包括车速传感器、电磁阀、转向 ECU 等。

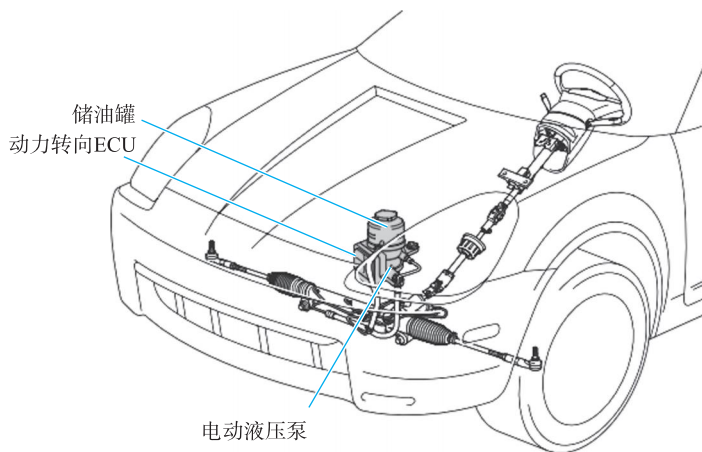


图 1-2-9 电控液压助力转向系统

电控液压助力转向系统的结构主要包括动力转向器、转向助力传感器、单向阀、车速传感器、转向控制灯、车速传感器、发动机轮速传感器、储油罐、限压阀、电动液压泵和动力转向 ECU。

电控液压助力转向系统的原理与机械液压助力转向系统基本相同，不同的是油泵由电动机驱动，同时助力力度可变。车速传感器监控车速，电控单元获取数据后通过控制转向控制阀的开启程度来改变油液压力，从而实现转向助力力度的大小调节。

电控液压助力转向系统拥有机械液压助力转向系统的大部分优点，同时还降低了能耗，反应也更加灵敏，转向助力大小也能根据转角、车速等参数自行调节，更加人性化。不过由于引入了很多电子单元，其制造、维修成本也会相应增加，使用稳定性也不如机械液压式牢靠，随着技术的不断成熟，这些缺点正在被逐渐克服，电控液压助力转向系统已经成为很多家用车型的选择。

2. 控制方式

为了提高汽车的操纵稳定性，可在动力转向（power steering，PS）系统中采用可变转向力控制机构。车速感应动力转向系统是依靠车速控制所对应的转向力，通过驾驶员的操作，使车辆操纵性获得提高的系统。驾驶员希望车辆在低速行驶区实现敏捷的运行和轻便的操纵力，而在高速行驶区能获得稳定性好的适当重的操纵力。其控制方法有机械控制和电子控制两种，目前采用的控制方式如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 车速感应 PS 机构控制方式

序号	名称	控制对象
1	流量控制式 PS	流入 PS 的供给流量
2	动力缸旁通阀控制式 PS	动力缸的工作压力
3	油压反作用控制式 PS	反作用机构的工作压力
4	阀特性控制式 PS	控制阀的工作压力（控制压力特性）
5	电磁助力式 PS	扭杆的刚性

1) 流量控制式 PS

流量控制式 PS 是根据控制阀内产生的压力损失与供给流量的平方成比例的关系，使流入 PS 的供给流量随车速上升而减小，实现既节省能量又可控制转向力的一种装置。

2) 动力缸旁通阀控制式 PS

动力缸旁通阀控制式 PS 是在 PS 转向器上设置了连接动力缸两室的旁通阀和油路，伴随着车速的增加，扩大了旁通阀的节流面积，减小了动力缸内的工作压力而控制转向力的一种装置。

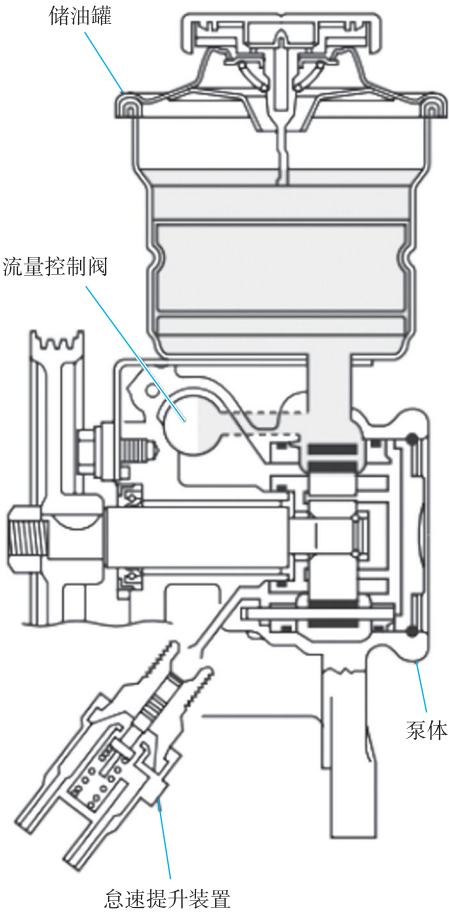


图 1-2-10 泵体原理

3) 油压反作用控制式 PS

油压反作用控制式 PS 是在 PS 控制阀上设置油压反作用机构，油压反作用机构随车速上升使流入反作用室的油压增加，提高了反作用机构的刚性（等价弹性模数），进而直接控制转向力的一种装置。

4) 阀特性控制式 PS

阀特性控制式 PS 是把阀的特性制成可以变化的，用来控制转向力的一种装置。

5) 电磁助力式 PS

电磁助力式 PS 是将普通的转阀与一个双向电磁旋转助力器（微动电机）集成在一起，用来控制转向力的一种装置。

3. 结构特点

1) 泵体

泵体把液体发送到齿轮壳体里，送给齿轮壳体的液体量是可以通过流量控制阀来调节的，过量的液体返回到吸入侧，如图 1-2-10 所示。

2) 储油罐

储油罐供给动力转向油液，可以直接安装到泵壳体上或分开安装。如果不是安装到泵壳体上时，必须用两条软管将储油罐和泵体连接起来。通常储油罐盖上有一只液位表用于检查液位。如果储油罐中的油的液位落到标准液位以下时，泵就会吸入空气，导致操作失灵。

3) 流量控制阀

流量控制阀控制从泵体到齿轮箱的油流量。

4) 怠速提升装置

当转向盘打满到右边或左边时，泵就产生最大油压力。此时，泵上有最大的载荷，这导致发动机怠速转速降低。为了解决这个问题，几乎所有的车辆上都装有一台怠速提升装置，它在泵体有重载时提高发动机怠速转速，如图 1-2-11 所示。当泵体油压力作用在空气控制阀（安装于泵体上）以控制空气流量时，怠速提升装置工作以提高怠速转速。

在 EFI（电子燃油喷射）发动机上，用油压力推动空气控制阀的活塞时，空气控制阀打开并且旁通节气阀增加空气量来调节发动速度。

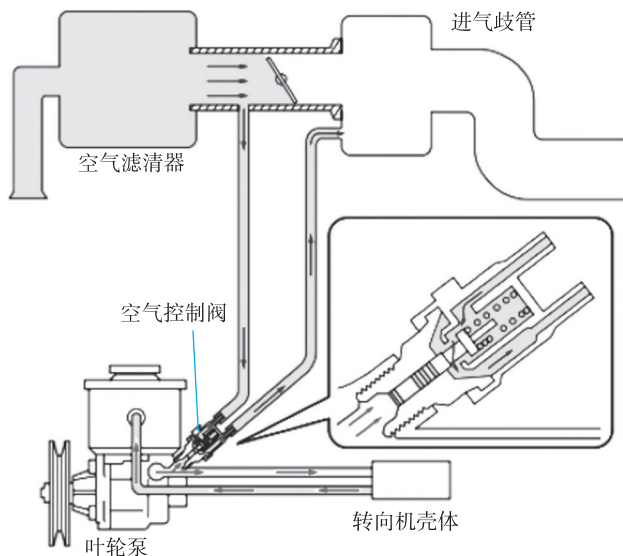


图 1-2-11 怠速提升装置

知识 1.2.6 新渐进动力转向系统

新渐进动力转向（progressive power steering, PPS）系统是按照车辆的速度来改变转向操纵力的。转向用力在低速时较轻，在高速时就较重了。液压反作用式渐进式动力转向机使用比普通动力转向机要细的扭矩杆来减小原地转向过程中或者在低速行驶时所

需要的转向用力。但是，在车辆提速时，这会使转向所需的用力变得太小（也就是说，转向盘感觉太“轻”）。为了避免这样，扭矩杆越粗，所需转向力就越大，采用一个液压反作用室及四个液压操纵的柱塞来限制控制阀轴（位于控制阀壳体中）的转动。车速低时，作用于液压反作用室的压力小，车速高时压力大。它同转向操作结果一样，动力缸里的液压升高时也增加。在液压反作用式渐进式动力转向系统里，所需的转向用力是按照车辆速度和转向操作而变化的，如图 1-2-12 所示。

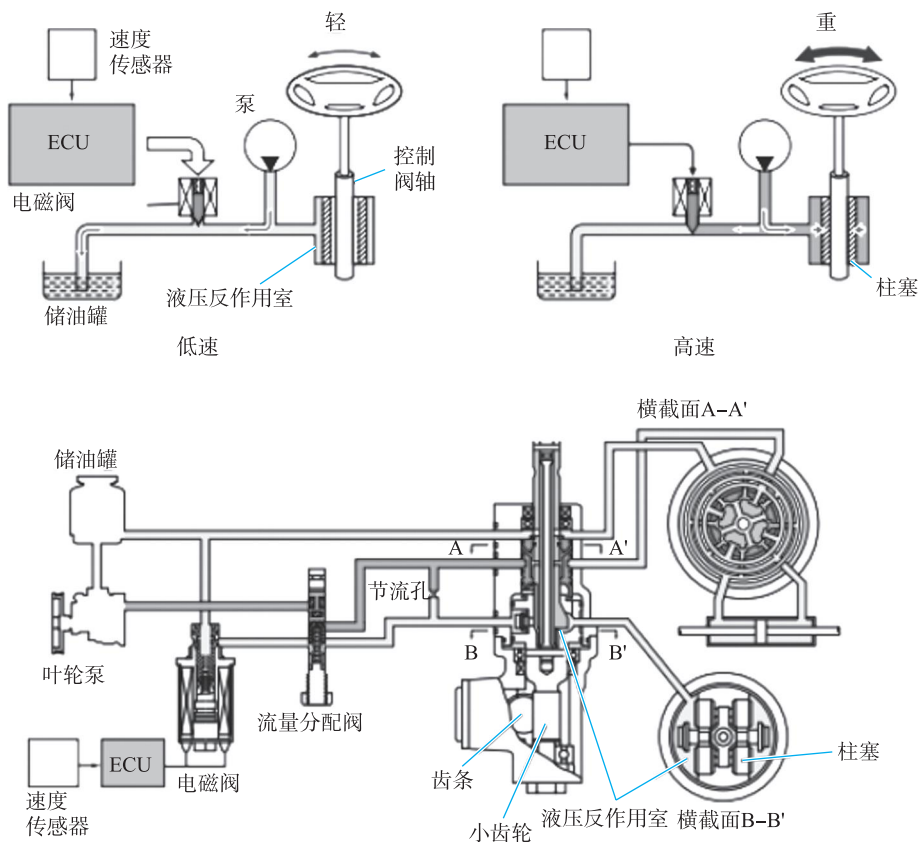


图 1-2-12 PPS 工作原理

赋能训练

技能 1.2.1 转向系统检测

1. 转向力的检测

转向盘转动阻力过大时，转向盘轴承预紧度过大，会使转向沉重，增加驾驶员的劳

动强度, 容易造成行车事故。当转向系统各部间隙过小, 机件变形造成运动发卡以及齿轮油黏度过大时, 转向盘阻力增大, 转向力可用弹簧秤拉动转向盘外缘进行测量, 也可使用转向参数检测仪进行检查。

举升汽车, 使用弹簧秤在转向盘切线方向拉动转向盘, 检测刚好拉动转向盘的转向力(转向盘紧度), 查看是否符合要求, 如图 1-2-13 所示。

对于液压助力转向的轿车, 检测条件是将汽车停放于干净、干燥、水平的路面上并拉紧手刹, 保证轮胎充气到正常胎压。使汽车处于直线行驶位置, 车轮摆正朝向正前方, 转向盘摆正处于标准位置。检查动力转向油位, 油液足够。

启动发动机, 让其怠速运转, 将转向盘从一个止点转到另一个止点, 来回转动十数次, 以便将油液加热, 使动力转向油液升温至足够的工作温度, 应保证油温约 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。在转向盘外缘挂上弹簧秤, 在发动机怠速时, 在转向盘外缘切向方向拉弹簧秤, 在转向轮开始左右转动时, 瞬时读出转向力。

一般轿车初始转向力为 29 N , 拉动弹簧秤匀速转动转向盘, 测量两个方向的匀速转向力, 匀速转向力左右都不超过 2.9 N 。

2. 动力转向油泵皮带松紧度的检测

皮带过松会出现打滑, 使转向沉重。检查时用 $98 \sim 100\text{ N}$ 的力压下皮带, 其挠度以 7 mm 左右为宜, 必要时松动油泵固定螺栓进行调整。一般新皮带挠度为 $7.5 \sim 9.5\text{ mm}$; 旧皮带挠度为 $9 \sim 13\text{ mm}$ 。

3. 动力转向油泵油量的检测

通过转向储油罐的液面在正常温度下进行油量检查, 在发动机怠速运转下原地转动转向盘多次, 使液压油增温到 80°C 左右, 查看储油罐内的油液是否有泡沫或乳化气泡, 如图 1-2-14 所示。如果有泡沫或乳化表示系统内有空气存在, 应先放气。油量应在油尺的正常标记处 (80°C 左右时油量应在油尺热刻线, 常温时在冷刻线)。

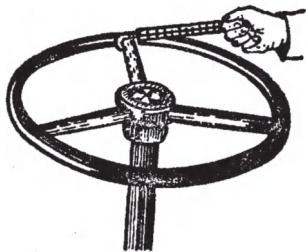


图 1-2-13 转向力的检测

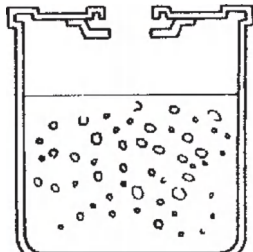


图 1-2-14 查看储油罐

4. 动力转向油压的检测

将带有手动阀的压力表接到动力转向装置回路中, 使油温升至 80°C , 保持发动机

怠速运转。这时若油压达不到规定值，且在逐步关闭手动阀时，油压也提不高，应判定为油泵有故障，或安全阀未调整好，应拆检修复，重新调整油压，必要时更换新件，如图 1-2-15 所示。

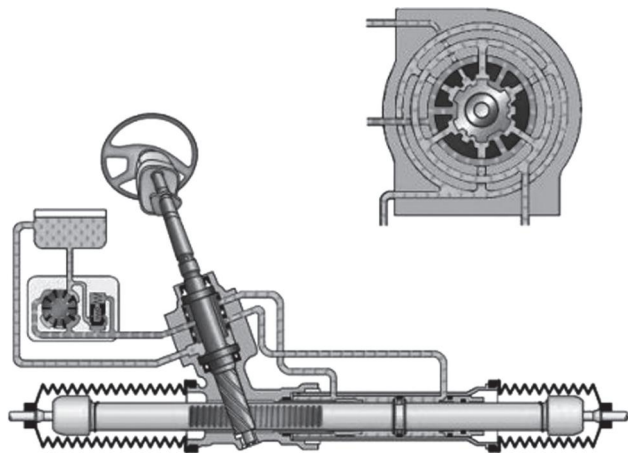


图 1-2-15 动力转向油压的检测

检查步骤如下。

- (1) 将压力表安装到油泵出油管上，放出系统中的空气，检查液面高度。
- (2) 检查动力转向液温度，至少在 80°C 以上。
- (3) 启动发动机，使它怠速运转。
- (4) 关闭压力表的阀并读取压力表上的压力值，最小压力为 2 MPa ，注意不可让阀关闭时间超过 10 s ，不要让液压油温度升得太高。如果压力低，则应修理或更换动力转向泵。
- (5) 阀完全开启，检查并记录 3000 r/min 转速下的压力值，最高压力为 50 MPa 。如果压力过低，则应修理或更换动力转向。

5. 动力转向液压油的更换

排放空气发现液压油出现发黑变质、有气泡或浮化现象时，应更换新油。在加油过程中，由于油泵在吸油时真空度较大，油液中会吸入一些空气，因此加油后必须排气。

将前轮置于直线行驶状态，用千斤顶顶起车身前部，使前轮可自由转动，用固定托架托好前轴。拆下动力转向器上的动力转向进出油管，将油管接头与垫片放入装有干净的动力转向液压油的容器中进行清洗，打开动力转向液压油储油罐盖，使液压油自然向外流出。在拆下油管的状态下，将转向盘向左、向右极限位置反复拧转几次，以排除动力缸内的旧液压油，并用油盒接好，以免液压油飞溅到其他部件上。放净液压油后，应

重新安装好油管。

向储油罐内注满新的液压油后，启动发动机并使其怠速运转。这时油位会立即降低，因此要连续补充液压油。当储油罐内的液位稳定下来时，就应将液压油补充到储油罐的上限（或“MAX”）的刻线位置。

发动机转速升到中速后，将转向盘向左右转动几次，使液压系统内的空气流回到储油罐后向外排出，应将排气作业一直进行到储油罐内的气泡完全消失为止，并且随时补充液压油到量油尺的上限刻度位置。在结束排气作业后，应擦净油污，将转向盘向左右转动几次，检查各部位有无漏油现象。将前轮置于直行位置后，停止发动机转动，撤出托架，放下前轮。再次检查液压油量是否达到储油罐的上限刻度，如图 1-2-16 所示。

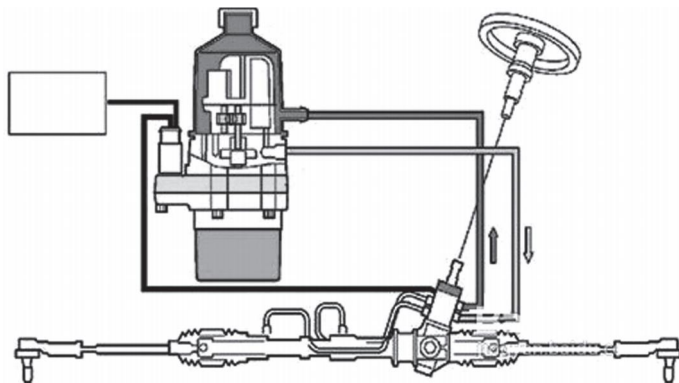


图 1-2-16 动力转向油的更换

6. 转向器轴承预紧度和啮合间隙的检测和调整

转向器导致转向沉重的原因主要是轴承预紧度过大和啮合间隙太小，不同的转向器其调整位置不同，齿轮齿条式转向器的检调为齿条的背面与一压块配合，压块内装有一预紧弹簧，可通过调整螺钉来调整弹簧的预紧力，使压块紧紧顶住齿条。当齿轮齿条磨损后，可通过调整螺塞来调整啮合间隙。

7. 转向盘自由行程的检测

转向盘自由行程是指汽车处于直线行驶位置时，在转向轮不发生偏转的情况下，转向盘所能转过的行程或者角度，单位可以是 mm 或者°，它是转向系统各零部件配合间隙的总叠加、总反映。在整个转向系统中，各传动件之间都必然存在着装配间隙，而且这些间隙将随着零件的磨损而增加。转向盘在空转阶段中的行程或角度就是转向盘自由行程，转向盘自由行程又称转向盘空行程、转向盘自由转角、转向盘自由间隙、转向盘自由转动量、转向盘游动间隙等。

转向盘自由行程有利于转向时缓和路面冲击及避免驾驶员紧张，但过大时会影响转

向的灵敏度和产生车轮摆振,影响行车安全。一般转向盘自由行程不大于 15° ,可通过机件的啮合的间隙实现。丰田卡罗拉轿车的转向盘自由行程一般要小于 7° 。

若用手晃动转向盘,自由转动量超限,行驶中会感到“发飘”。如果过小或者没有,可能导致转向发卡或转向沉重。检测转向盘自由行程可以使用角度板、游标卡尺、钢板尺,或者转向参数检测仪等检测,转向参数检测仪检测精度高,提倡使用。

检测条件:检测前检查轮胎气压,使用气压表检测,气压符合标准,例如丰田卡罗拉轿车前后轮气压为220 kPa。将汽车停放在干燥、水平的路面上,处于直线行驶位置,车轮摆正朝向正前方,转向盘摆正处于标准位置。

1) 使用游标卡尺检测转向盘自由行程

在转向盘外缘找一个或做一个记号标记,轻微向左打转向盘,直至遇到阻力,车轮恰好即将摆动为止,使用游标卡尺一端定位在该标记空间位置处,然后轻微向右回打转向盘,标记重新移动,但是卡尺不能动,直至又遇到阻力,车轮恰好即将摆动为止,使用游标卡尺另一端定位在该标记新的空间位置处,测量出自由行程,反复多次测量。轿车转向盘自由行程一般为 $0 \sim 10 \text{ mm}$,查维修手册或使用钢板尺测出转向盘直径为380 mm,换算向左向右角度之和不超过 3° 。

2) 使用转向参数检测仪检测转向盘自由行程和转向力

测量前应先将仪器转角盘可靠地安装在被测车辆的转向盘上,调整伸缩爪,使仪器的中心线同被测车辆转向盘的中心线重合,然后进行角度杆定位仪器调零。打开电源开关,用螺丝刀进行仪器调零,使左右屏转矩、转角为0。

按下开关键,仪器开始对转向盘的转矩和转角进行实时检测。启动发动机怠速运转,开始检测转向盘自由行程和转向力,轻微向右转动转向盘,在车轮未转动的情况下,屏幕实时显示读数,直至遇到阻力,车轮恰好即将摆动为止,停止转动转向盘,读取转向力和转向角度,按下存储键,存储数据。同样轻微向左转动转向盘,可测出另一个方向的转向力和转向角度。反复检测,多次存储,读取出最大值。

一般要求新车或大修车的转向盘自由行程小于等于 15° ,GB 7258—2017规定,对于最大设计车速大于或等于100 km/h的机动车,转向盘的最大自由转动量应小于等于 15° 。比如本田雅阁轿车,厂家规定转向盘自由行程不大于 3° ,初始转向力不大于29 N,匀速转向力不大于2.9 N。

如超过规定,应检查转向器轴承预紧度和啮合间隙、齿条式转向器齿条的滑动力,检查转向轴、球头销、球头拉杆及转向节等转向系统零部件及其连接情况,必要时还需检查前桥悬架以及车轮定位等,检修调整故障部位并重新检测。

8. 前轮最大转向角的检测与调整

汽车前轮最大转向角的目的:避免转向不足或车轮碰撞汽车的其他部分。前轮最大

转向角过大,汽车急转弯时,轮胎与地面产生横向滑磨,以及可能与翼子板和直拉杆等部件碰擦,加剧轮胎磨损。转角太小,使急转弯困难,影响汽车的最小转弯半径和机动性。

前轮最大转向角可使用四轮定位转角仪或三角板、直尺、量角器检测,如图 1-2-17 所示。一般应在前束调整正常后检测转向角。

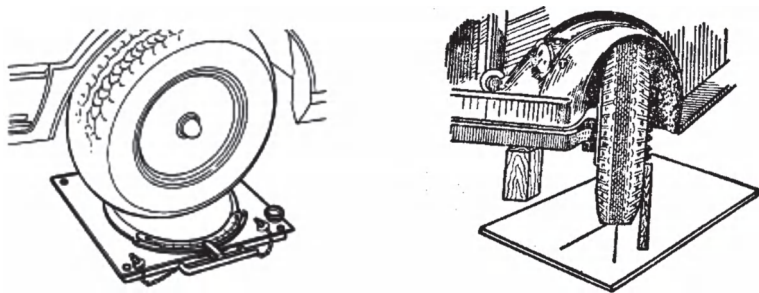


图 1-2-17 前轮最大转向角的检测

9. 转向减振器的检查和转向横拉杆球头销的检测

转向减振器作用:克服汽车行驶时转向轮产生的摆振,用来衰减转向轮的摆振和缓和来自路面的冲击载荷,并提高汽车行驶的稳定性 and 乘坐的舒适性。

转向减振器原理:转向减振器是内部充满液体的筒式减振器,利用液体分子的内摩擦产生的黏性阻尼来衰减振动。因转向减振器是呈水平状态布置在汽车上,故其密封要求严格。因为转向减振器要衰减车轮的左右摆动,所以它的减振特性是对称的,即拉伸和压缩行程 S 有对称的阻尼力 F 。

检查转向减振器是否漏油,检查转向减振器的行程和阻尼力。工作行程应为最大长度与最小长度之差,检查是否符合要求,不符应予以更换。检查阻尼力在试验台上进行,拉伸和压缩的阻尼力应该相等且符合规定值。

检查转向横拉杆球头(球头销)的转动力和摆动力,用弹簧秤检查内外球头的摆动力,分别应为 $5.9 \sim 51 \text{ N}$ 和 $6.9 \sim 64.7 \text{ N}$ 。用扭力扳手检查转向横拉杆外球头销的轴向间隙,应为 0 ,转动力矩应在 $0.3 \sim 4.0 \text{ N} \cdot \text{m}$,若达不到要求,则应更换球头销。

技能 1.2.2 转向沉重故障检测与诊断

1. 故障现象

转向沉重是汽车转向系统常见的故障现象,汽车在行驶中驾驶员向左右转动转向盘时,感到沉重费力,无回正感;当汽车以低速在转弯行驶或掉头时,转动转向盘吃力,

甚至打不动。

2. 故障原因

转向沉重的故障实质：间隙过小、配合过紧、润滑不良、助力不足、回矩过大、阻力过大。造成转向沉重的因素有如图 1-2-18 所示的几大方面。

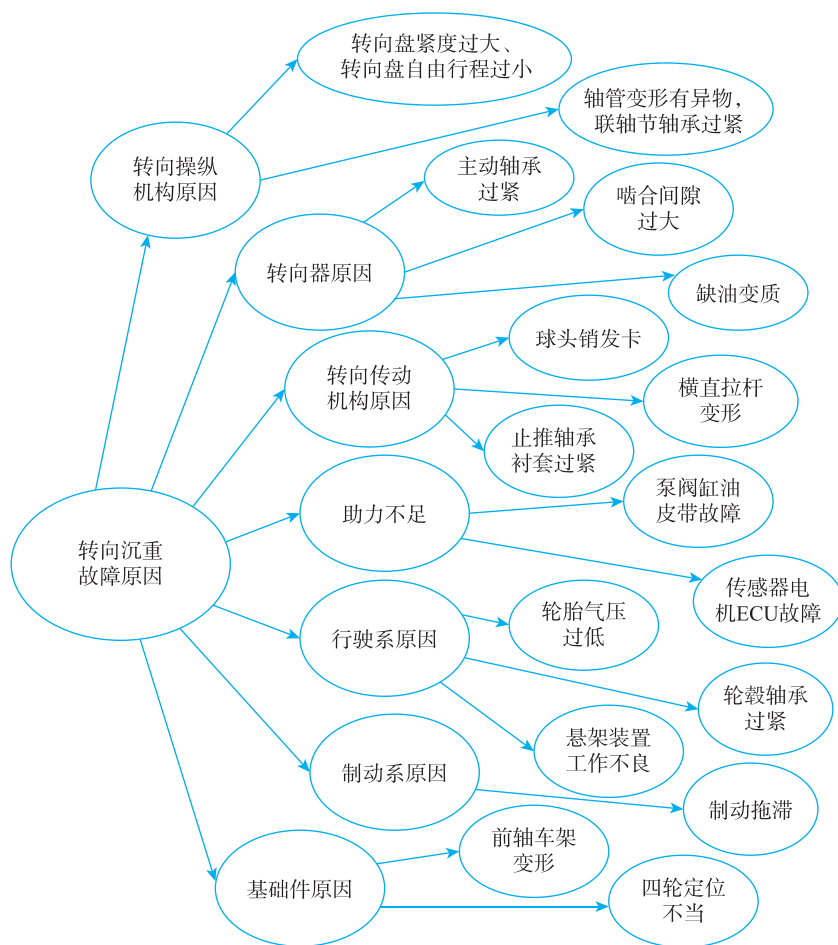


图 1-2-18 转向沉重故障原因分析

转向系统方面，包括转向操纵机构原因、转向器原因、转向传动机构原因、助力不足原因。其他系统方面，包括行驶系原因、制动系原因、基础件原因等。

(1) 转向盘自由行程过小、转向柱弯曲变形、轴管中有异物、联轴节轴承损坏等。

(2) 转向器主动轴承预紧力过大或调整不当；转向器啮合间隙过小或调整不当；转向器缺油、齿轮油黏度过大、润滑不良；转向器从动衬套配合过紧；齿条弯曲变形；转向器不在中间位置上等。

(3) 球头销调整不当、发卡或缺油润滑不良；摇臂、横拉杆直拉杆弯曲变形；转向

节变形、转向止推轴承缺油或损坏等。

(4) 轮胎气压不足、轮毂轴承过紧、制动拖滞；悬架弹簧、减振器工作不良、减振器顶部压力轴承异常磨损；导向扭力杆变形等。

(5) 前轴、车身、车架变形，四轮定位异常，如主销后倾角、内倾角过大、前轮外倾和前束过大不匹配、轴距轮距异常等。

(6) 液压助力转向助力不足或失效(油助力)，如皮带打滑，转向油泵、控制阀、助力缸不良或损坏，转向助力泵压力不够，油管漏油或内部泄漏，有空气，液面偏低等。

(7) 电子助力转向或电动助力转向助力不足或失效(电助力)，转角传感器(角度传感器)、扭矩传感器、车速传感器、电子控制模块(ECU)、转向电机或电动泵、保险、继电器、电磁阀、线路和插头工作不良或损坏等。

3. 故障诊断

1) 初步检查

检查转向盘紧度、轮胎气压、轮毂轴承松紧度是否符合要求；对于液压助力转向，检查油液高度、油液品质、皮带松紧度、是否漏油等；对于电子液压和电动转向，检查是否有故障码，保险、继电器是否损坏等，如果有故障码，进一步检查相应传感器、保险、继电器、插头、线路、ECU 等。

2) 故障确诊

主观确诊：路试诊断，通过新旧车比较法经验诊断转动转向盘感觉是否沉重；通过着车前后转动转向盘比较助力转向是否起作用。

客观检测：使用弹簧秤拉在转向盘切线方向检测转向盘转向力，查看是否符合要求；或者拆下液压油泵油管接头连接上油压表检测液压助力转向油压，查看是否符合要求。

3) 顶起前桥转动转向盘诊断

区分转向系和非转向系原因：汽车开上举升机，使前轮悬空，转动转向盘。若感到明显轻便省力，则故障在前轮、前桥或车架，检查是否轮胎气压不足、转向节轴承或衬套过紧、轮毂轴承过紧，是否制动拖滞，是否悬架杆件变形，检查底盘各部件，必要时检测四轮定位轴距轮距等。若转向仍然沉重费力，说明故障在转向系统。

4) 区分机械和助力转向故障

着车前后转动转向盘，如果转向力区别不大，说明故障在液压助力转向不足，进一步检测动力转向油压，油压过低即能确诊是助力装置故障，进一步检查油泵、限压阀、动力转向器总成转向控制阀和动力缸工作情况。如果转向力差别很大，说明故障在机械转向系统。

5) 断开转向器和拉杆诊断

将转向器和拉杆之间的摇臂或联轴节球头拆下，继续转动转向盘，若转动灵活、明显轻便省力，则故障在转向传动机构，检查各部连接处是否过紧而运动发卡，检查各拉杆及转向节有无变形、主销轴向间隙是否过小、拉杆是否变形、转向节轴承或衬套是否过紧；若仍然转向沉重，则故障在转向器或转向操纵机构。

6) 断开转向轴和转向器诊断

拆下转向轴凸缘管与转向器之间的联轴节，转动转向盘试验，如果转动灵活，说明故障在转向器，需进一步拆检，检查转向器的主动轴承预紧度是否过紧、轴承间隙是否过小、主从动齿轮啮合间隙是否过小，检查齿轮油情况，检查从动衬套是否配合过紧等。如果仍然沉重，说明故障在转向操纵机构，如转向轴变形、卡滞、有异物，是否套管凹陷、转向盘紧度过紧、联轴节轴承过紧等。

7) 液压助力转向诊断，重点检测液压助力转向油压

(1) 检查并调整液压泵驱动皮带预紧度。

(2) 检查储油罐液面高度，过低时应及时添加补充。

(3) 检查液压管路有无扭曲、褶皱或破裂，各连接部位有无漏油现象，并视情况予以修复。

(4) 排出液压系统中的空气。

(5) 检测动力转向油压，检查液压泵的泵油压力和转向工作压力，不符合要求时，应对液压泵及压力流量限制阀进行修复或更换。

(6) 检查转向控制阀和助力缸，若工作不良或损坏，应维修或更换动力转向器总成。

8) 电动助力转向诊断，重点检测故障码、传感器、电机电压

(1) 查看故障指示灯：EPS（电动助力转向）警告灯亮起说明 EPS 故障。

(2) 故障码诊断：连接诊断仪，查询故障码，并检测数据流，诊断故障区域。

(3) 传感器检查，重点检查转角、扭矩传感器。

(4) 助力电机电流电压检测：若电流电压为零或变化过小说明没有助力或助力不足。

(5) 检查保险、继电器、插头、线路连接情况。

(6) 检查 EPS ECU，对 ECU 初始化和转向角传感器的设定。

9) 四轮定位检测

必要时，还应对前轮及车架是否变形进行检查，检测四轮定位参数，过大的主销后倾角、主销内倾角会加大回正力矩而导致转向沉重，还应检查前轮外倾、前束、轴距、轮距等是否异常。

转向沉重故障诊断流程，如图 1-2-19 所示。

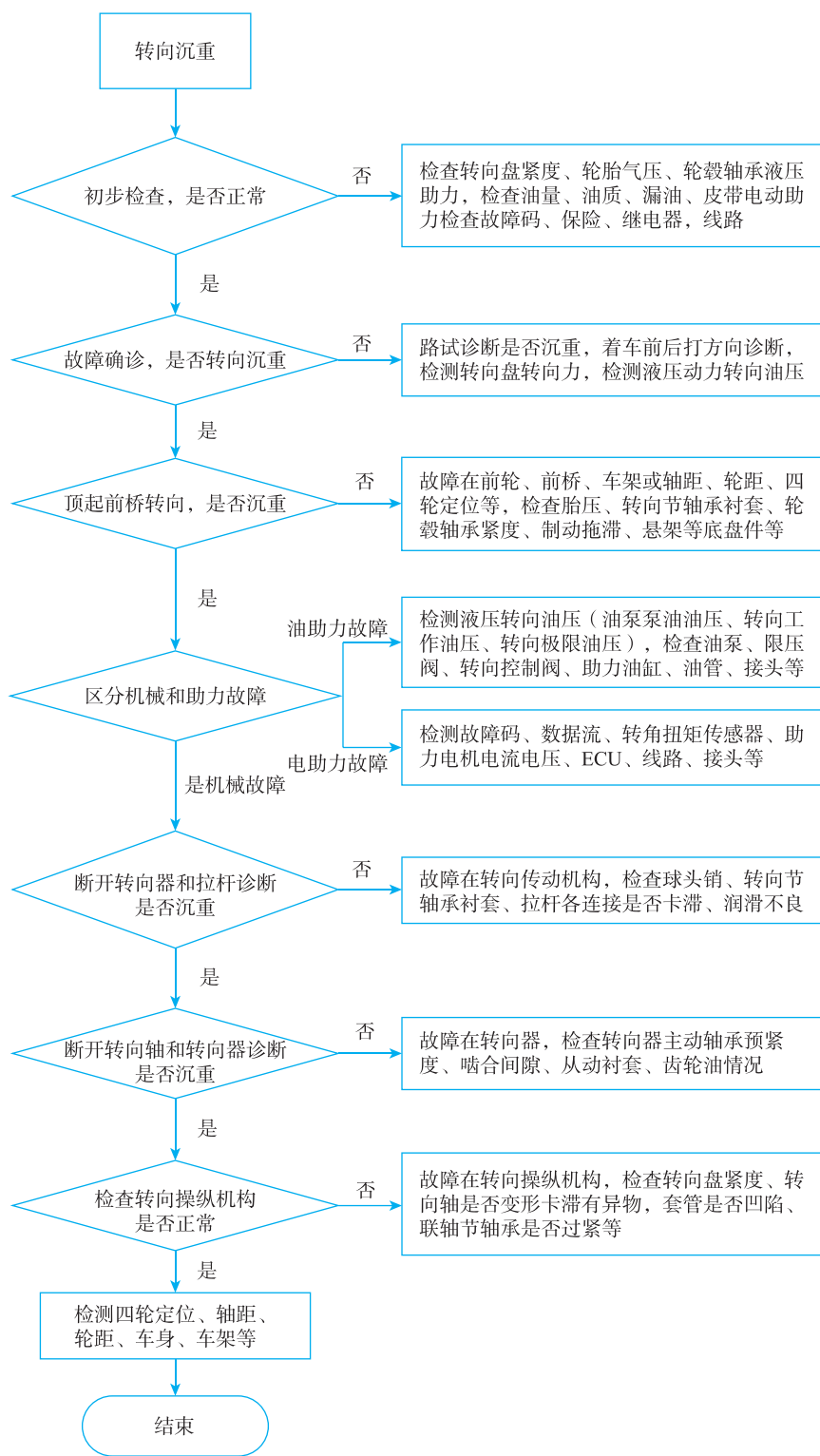


图 1-2-19 转向沉重故障诊断流程

技能 1.2.3 转向不灵敏故障检测与诊断

1. 故障现象

在汽车转向操纵转向盘时感觉有明显的松旷，需较大幅度才能转动转向盘；汽车在直线行驶时感到行驶不稳。表现为转向不灵敏、操纵不稳定，包括转向盘自由行程（空行程、自由转角、游动间隙、自由转动量）过大，转向松旷，转向力过小、回正力矩过小，高速时助力过大，转向发飘，转向摆振，转向跑偏，转向发卡，单边转向不足，转向不居中，转向异响，甚至转向失灵等，如图 1-2-20 所示。

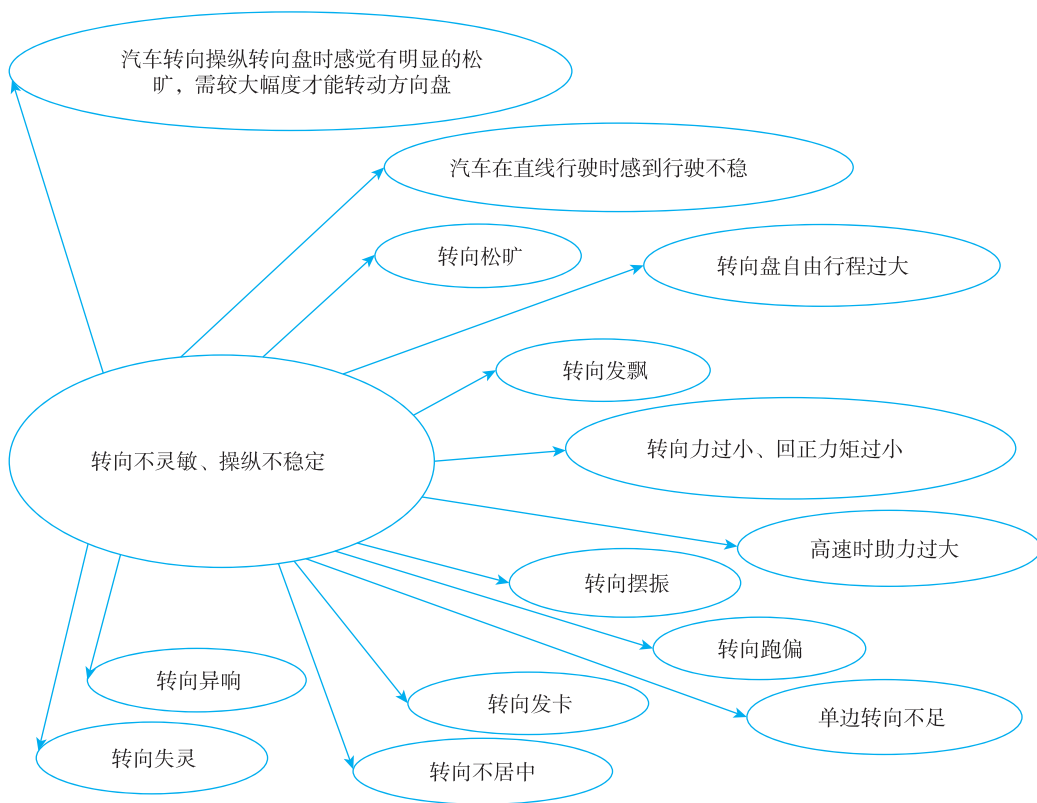


图 1-2-20 转向不灵敏故障现象

2. 故障原因

分析造成转向不灵敏的因素有以下几大方面，如图 1-2-21 所示。

转向不灵敏的故障实质：转向盘自由转动量过大、转向力过小、回正力矩过小及助力过大。

造成转向不灵敏的因素有以下几大方面。

转向系方面,包括转向操作机构原因、转向器原因、转向传动机构原因。

其他系统方面,包括高速时助力过大、行驶系原因、制动系原因、基础件原因、传动轴动不平衡松旷、使用装载问题等。

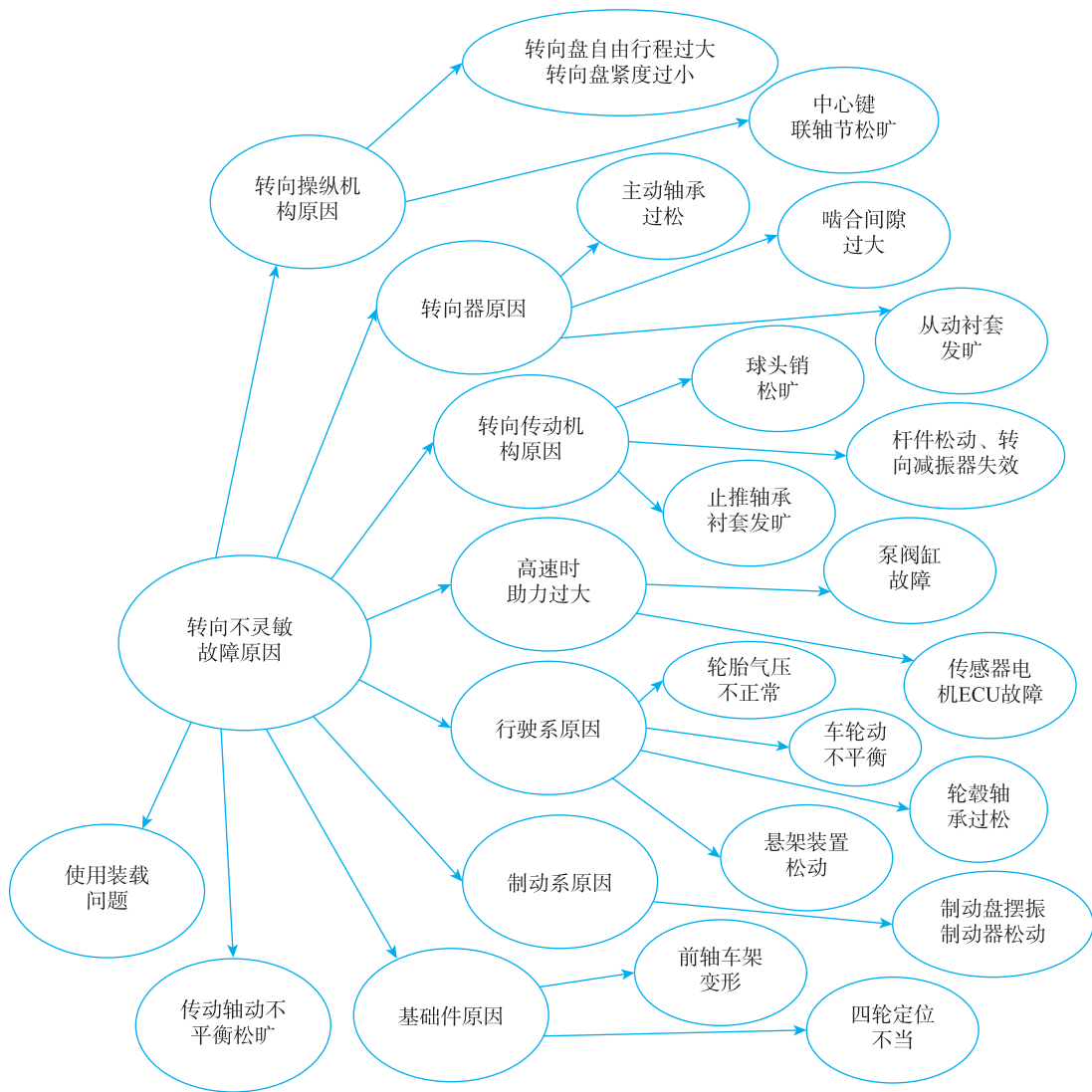


图 1-2-21 转向不灵敏故障原因分析图

(1) 转向盘自由行程(转向盘自由转角)过大、转向盘中心轴间隙过大、转向盘与转向轴键连接松旷、联轴节及轴承螺栓松旷等。

(2) 转向器主动轴承预紧度过小磨损松旷或调整不当、转向器(主、从副)啮合间隙过大或调整不当、转向器主传动副磨损过大、转向轴与衬套配合间隙过大、转向器从动衬套配合磨损过大、齿轮齿条磨损、转向器连接器(花键等)磨损严重、转向器不居

中、转向摇臂与转向摇臂轴配合过松或间隙过大等。

(3) 球头销松旷磨损严重、锁紧螺母松动、补偿弹簧折断、万向传动联轴节轴承磨损及花键传动间隙过大、各连接螺栓松动、横拉杆直拉杆弯曲变形杆件连接松动、摇臂紧定螺钉松动、转向节变形连接松动、转向节止推轴承或主销衬套磨损间隙过大、转向减振器失效等。

(4) 轮胎气压不正常, 轮毂轴承预紧度过小、调整不当、间隙过大、磨损松旷, 车轮动不平衡, 悬架弹簧、减振器松旷工作不良, 导向扭力杆变形连接松动, 各连接球头销螺栓轴承松动等。

(5) 前轴、车身、车架变形松动, 四轮定位异常, 如主销后倾角、主销内倾角过小导致回正力矩过小, 前轮外倾和前束不匹配, 前束过大, 轴距轮距异常等。

(6) 液压助力转向助力(油助力)过大, 如转向油泵压力过大、限压阀调整不当、转向控制阀工作不良、油缸卡滞、动力转向系统中有空气等。

(7) 电子助力转向或电动助力转向助力(电助力)过大, 转角传感器、扭矩传感器、车速传感器、电子控制模块(ECU)、转向电机或电动泵、继电器、电磁阀有故障等。

(8) 制动盘磨损摆振、制动器固定支架松动等。

(9) 传动轴动不平衡、轴承松旷、连接螺栓松动。

(10) 汽车装载不平衡、开车猛打方向等。

3. 故障诊断

1) 初步检查

检查转向盘紧度、转向盘游动量、轮胎气压、轮毂轴承松紧度是否符合要求; 对于电控液压助力转向和电动助力转向, 检查是否有故障码, 保险、继电器是否损坏等, 如果有故障码, 进一步检查相应传感器、电动泵、转向电机、ECU 等。

2) 故障确诊

主观确诊: 用手晃动转向盘检查自由转动量, 感觉是否松旷, 路试诊断, 通过新旧车比较法经验诊断行驶中是否感到转向不灵敏、操纵不稳定; 高速行驶感觉是否有转向摆振、转向发飘、转向异响等故障。

客观检测: 使用角度板、卡尺或转向参数检测仪检测转向盘自由行程、前轮最大转向角, 查看是否符合要求。

3) 区分诊断

通过检查转向盘的自由转动量区分诊断, 若过大, 说明转向系统内存在间隙过大的故障。若转向盘的自由转动量正常, 故障原因可能是前轮毂轴承间隙过大、主销转向节衬套孔间隙过大、主销与转向节轴向间隙过大及前束过大等。

举升汽车, 在垂直方向摇动转向轮, 如有松旷则为主销与衬套间隙过大, 再横向摇

动转向轮，如有松旷则为轮毂轴承间隙过大，应予以调整。检查前轮毂轴承、主销等处，找出松旷部位。

如果转向系统游动间隙过大，由一人转动转向盘，另一人观察摇臂或齿条拉杆摆动，当开始摆动时转向盘自由转动量不大，说明是转向传动机构松旷，否则为转向器、联轴节松旷。

必要时检查前束，前束值过大时，会伴随轮胎异常磨损。

4) 诊断步骤

(1) 转动转向盘，转向器摇臂或齿条不能立即随之运动，表明齿条与齿条啮合间隙过大，可通过补偿机构进行调整，消除转向器的啮合间隙。

(2) 若齿条运动而横拉杆不动，应更换横拉杆内端连接孔内的缓冲衬套，并检查齿条及连接板与转向支架的连接情况，松动应重新予以紧固。

(3) 横拉杆随转向盘运动而转向臂不动，应对横拉杆外端球头销进行检修与调整。

(4) 若转向臂能随之灵活摆动，支起前桥，可晃动前轮检查轮毂轴承是否松旷，如果松旷应予以调整或更换新件。

(5) 对其他类型的转向系统，还应检查和调整转向器的轴承预紧度、啮合间隙，调整、紧固各连接杆件球头销、转向系统机件等。

(6) 如果行驶时车辆的转向盘难以操纵，可能是两侧的前轮规格或气压不一致；两侧的前轮主销后倾角或车轮外倾角不相等；两侧的前轮毂轴承间隙不一致；两侧的钢板弹簧拱度或弹力不一致；左右两侧轴距相差过大；车轮制动器间隙过小或制动鼓失圆，造成一侧制动器发卡，使制动器拖滞；车辆装载不均匀等。

(7) 如果高速行驶伴随有转向发飘故障，检查转向盘自由行程是否正常，检查转向轮回正力矩是否过小（四轮定位参数主销后倾、主销内倾过小或者为 0），检查是否转向摆振，检查动力转向油压是否过高，检查油泵、限压阀、转向控制阀是否工作正常，检查动力转向电控部分是否有故障码，检测数据流，并进一步检查传感器、电动泵、转向电机、ECU 等。

(8) 如果汽车行驶时伴随有低速或高速摆振现象，应进一步检查悬架系统减振器弹簧杆件支撑固定情况及是否变形损坏失效，弹簧刚度是否不一致；检查传动轴总成是否动平衡松动、车轮轮胎是否动平衡、制动盘是否端面跳动量过大导致不平衡；检查发动机支撑、前轴、车身、车架是否变形松动，定位参数是否校准不当。

(9) 必要时检测车轮动平衡和四轮定位参数，过大的车轮动不平衡会导致转向摆振，过小的主销后倾角、主销内倾角会减小回正力矩而导致转向不灵敏，还应检查前轮外倾、前束、轴距、轮距等是否异常。

转向不灵敏故障诊断流程，如图 1-2-22 所示。

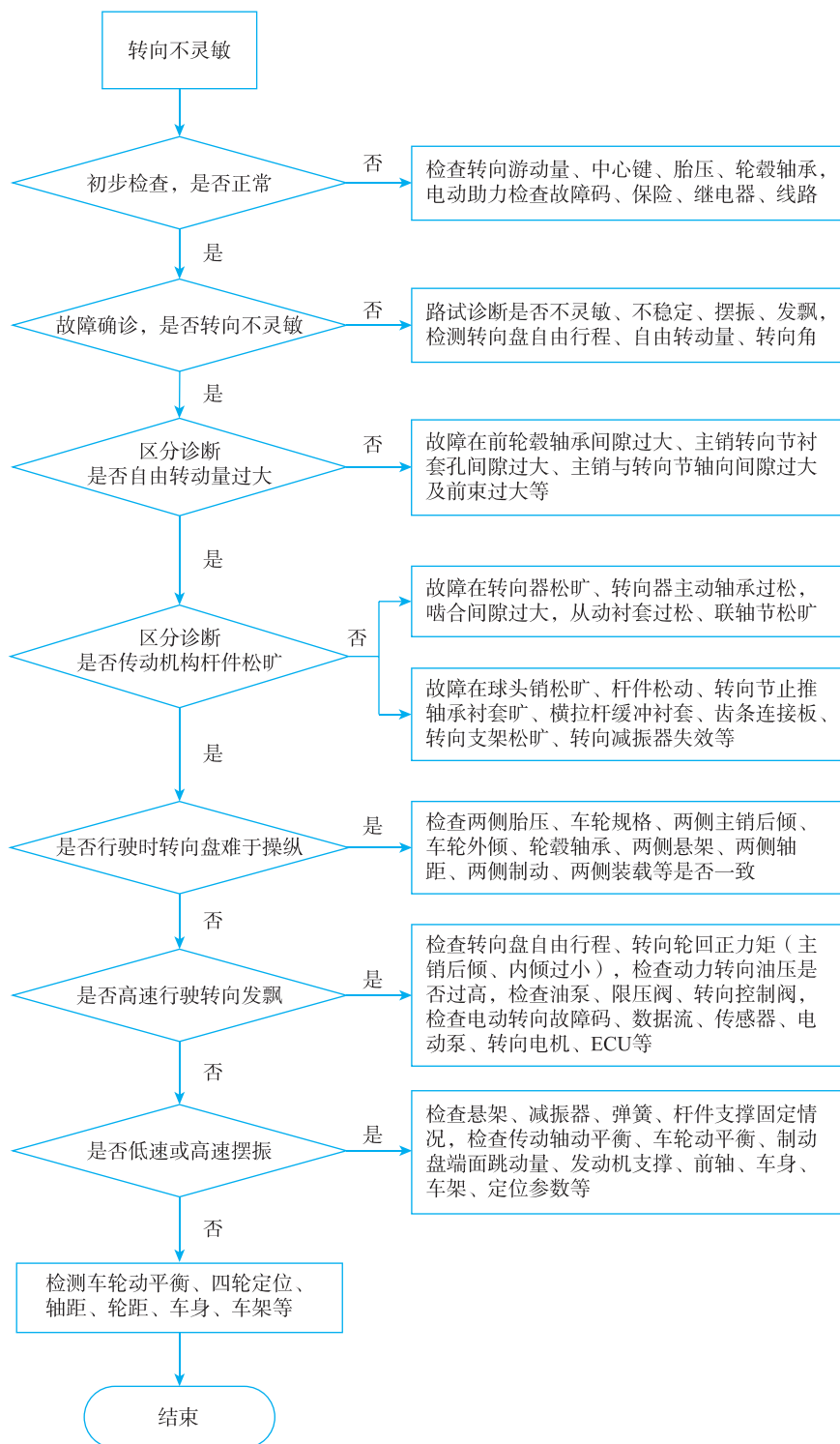


图 1-2-22 转向不灵敏故障诊断流程

任务

1.3

电动助力转向系统检测与诊断

情境导入

小李开车去中国人民抗日军政大学陈列馆参观，在行驶过程中，发现转向异常沉重，同时故障指示灯点亮。经检查发现发动机转角传感器脏污，清除插头内的水分和铜锈，再用诊断仪对发动机转角传感器进行初始化，故障排除。



相关知识

知识 1.3.1 电动助力转向系统

电动助力转向系统是汽车转向系统的发展方向，该系统由电机直接提供转向助力，省去了液压助力转向系统所必需的动力转向油泵、软管、液压油、传送带和装于发动机上的皮带轮，既节省能量，又保护了环境。另外，还具有调整简单、装配灵活以及在多种状况下都能提供转向助力的特点。电动助力转向系统由扭矩传感器、减速机构、故障灯（位于组合仪表上）、继电器等组成，如图 1-3-1 所示。

电动助力转向系统利用电动机作为动力源，根据车速和转向盘矩阵等参数，由电子控制模块完成助力控制。根据电动机布置位置不同，可分为转向柱助力式、齿轮助力式和齿条助力式三种类型，如图 1-3-2 所示。

齿条助力式 EPS 的电动机和减速机构直接驱动齿条提供助力。齿轮助力式 EPS 的电动机和减速机构和小齿轮相连，直接驱动转向齿轮，实现助力转向。转向柱助力式 EPS 的电动机固定在转向柱的一侧，通过减速机构与转向轴相连，直接驱动转向轴助力转向。

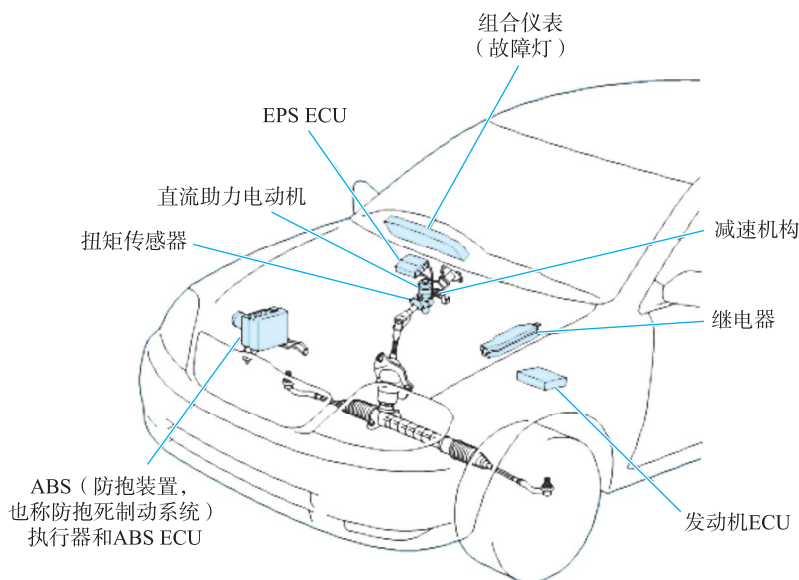


图 1-3-1 电动助力转向系统

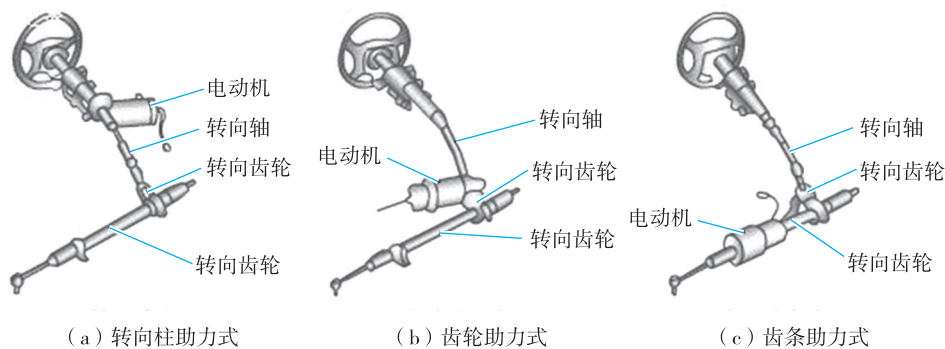


图 1-3-2 电动助力转向系统类型

知识 1.3.2 电动助力转向系统工作原理

1. 电动助力转向电子控制模块（EPS ECU）

电动助力转向电子控制模块接收来自各种传感器的信号，判断现场的车辆情况，决定施加到助力电机上电流的大小和方向。

2. 扭矩传感器

当驾驶员操作转向盘时，转向转矩通过转向主轴施加到扭矩传感器输入轴上。扭矩传感器如图 1-3-3 所示，检测环 1 和 2 定位在输入轴（转向盘侧）上，而检测环 3 则定

位在输出轴（转向机侧）上。输入轴和输出轴通过扭杆连接。同时，检测环外周上都有外接触检测线圈，以便形成激励电路。当产生转向转矩时，扭转扭杆，在检测环 2 和 3 之间产生一个相位差。根据这个相位差，把与输入转矩成正比的信号输出到电子控制模块，根据这个信号，电子控制模块计算出当前车速下发动机的辅助转矩并驱动发动机。

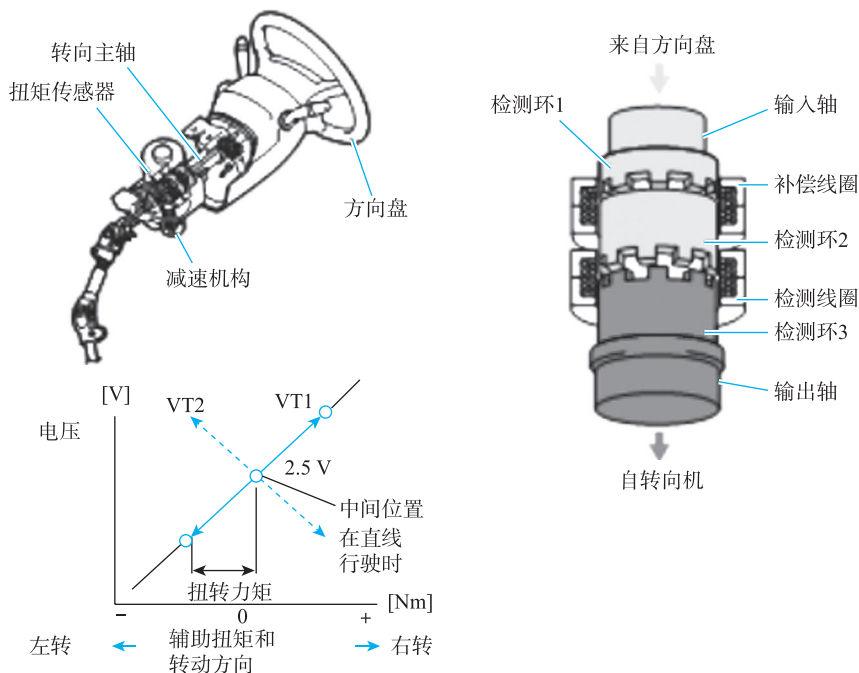


图 1-3-3 扭矩传感器

3. 直流发动机和减速机构

直流发动机是由转子、定子和电枢轴组成的；减速机构是由蜗轮蜗杆装置组成的，如图 1-3-4 所示。把由转子产生的转矩传送给减速机构，然后把转矩传送给转向轴，由轴承支撑蜗轮蜗杆传动装置，以便减小噪声。因此，即使直流发动机断开与转向主轴连接或减速机构不固定，转向盘仍可以转向。

4. ABS（防抱装置，也称防抱死制动系统）执行器和 ABS ECU

将车辆速度信号输出到电动助力转向电子控制模块（EPS ECU）。

5. 发动机 ECU

当 ECU 检测到发动机启动后，EPS 系统才能进行助力控制。

6. 组合仪表

如果系统中有故障，接通故障灯。

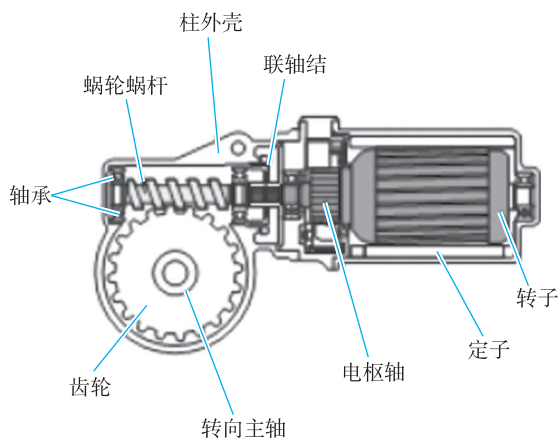


图 1-3-4 直流电动机和减速机构

7. 继电器

供给直流电动机和电动助力转向电子控制模块（EPS ECU）电源。

电动助力转向系统的工作原理如图 1-3-5 所示，扭矩传感器测出驾驶员施加在转向盘上的操纵力矩，车速传感器测出车辆当前的行驶速度，将这两个信号传递给 ECU；ECU 根据内置的控制策略，计算出理想的目标助力力矩，转化为电流指令给电机；然后，电机产生的助力力矩经减速机构放大后作用在机械式转向系统上，和驾驶员的操纵力矩一起克服转向阻力矩，实现车辆的转向。

扭矩传感器检测作用在输入轴的力矩，ECU 根据车速传感器和扭矩传感器的信号控制电动机的旋转方向和助力电流的大小，电动机的力矩通过减速机构作用到转向齿轮上，实现助力转向。丰田卡罗拉轿车电动助力转向系统如图 1-3-6 所示。

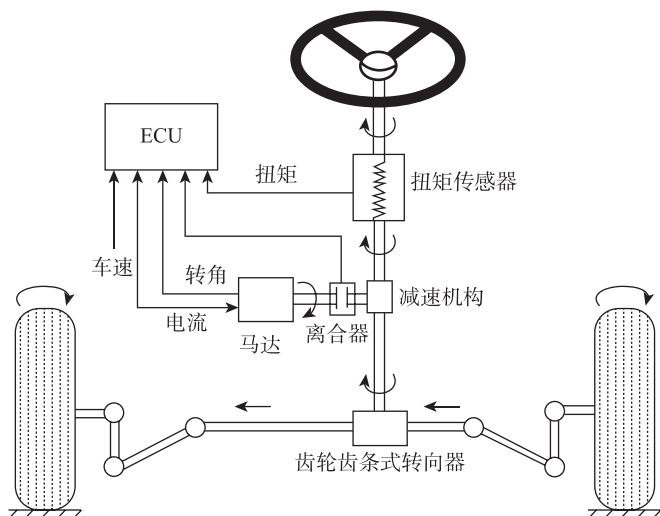


图 1-3-5 电动助力转向系统的工作原理

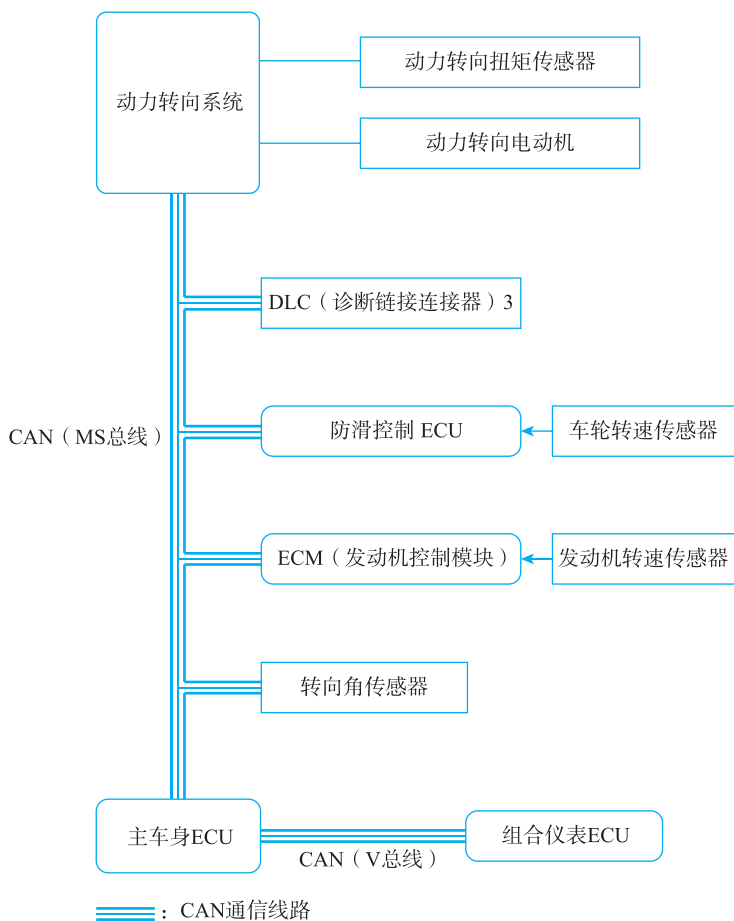


图 1-3-6 丰田卡罗拉轿车电动助力转向系统图

知识 1.3.3 汽车线控转向系统

1. 汽车线控转向系统组成

汽车线控转向技术取消了传统转向盘与转向柱之间的机械连接，摆脱了传统转向系统的局限性。汽车线控转向技术可以通过数据总线传输信号，并从转向控制系统获得反馈指令。由于取消了转向柱等机械连接，汽车线控转向技术可以大大提高汽车的安全行驶性能，防止交通事故中转向柱对驾驶员的伤害。此外，该技术可以在转弯或停车时减小转向盘的转动角度，获得更好的直行驾驶体验。在驾驶过程中，通过仿真生成驾驶员的道路体验，转向盘提供的信息更加准确，能够有效反馈驾驶路况。汽车线控转向系统由转向盘总成、转向执行器总成中央处理器（CPU）三个主要部分，以及自动故障处理系统、电源等辅助系统组成，如图 1-3-7 所示。

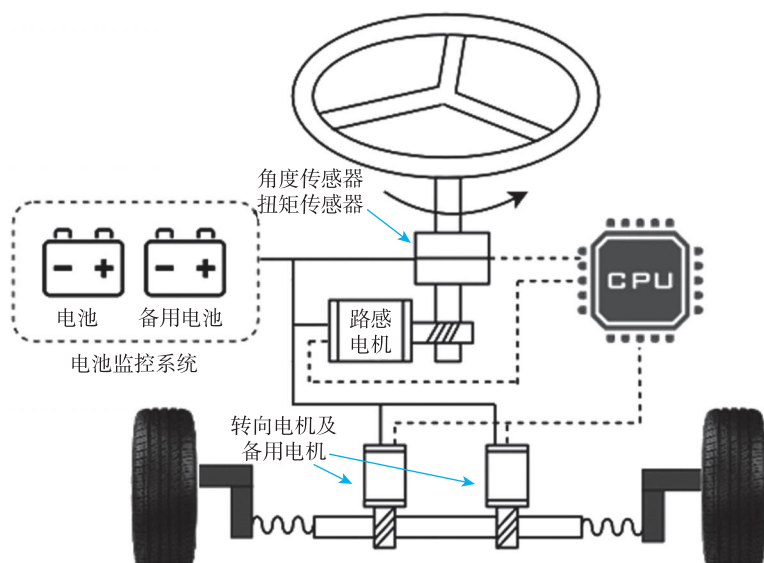


图 1-3-7 汽车线控转向系统

2. 汽车线控转向系统工作过程

汽车线控转向系统的转向盘总成的主要作用是将驾驶员的转向意图（通过测量转向盘角度）转换成数字信号，并传送给中央处理器；同时接收来自中央处理器的扭矩信号，产生转向盘定位扭矩，为驾驶员提供相应的路感信息。转向盘总成包括转向盘、转向盘角度传感器、扭矩传感器和转向盘定位扭矩电机。转向执行器总成的作用是接受中央处理器的命令，通过转向电机控制器控制转向盘转动，实现驾驶员的转向意图。转向制动器组件包括前轮角度传感器、转向制动器发动机、转向发动机控制器和前轮转向组件。中央处理器（CPU）的作用是对采集的信号进行分析处理，判断车辆的运动状态，向转向盘扶正器和转向电机发出指令，控制两个电机的工作，保证车辆在各种工况下的理想响应，从而减少驾驶员对车辆转向特性随车速变化的补偿任务，减轻驾驶员的负担。同时，处理器还可以识别驾驶员的操作指令，判断驾驶员在当前状态下的转向操作是否合理。当汽车处于不稳定状态或驾驶员发出错误指令时，汽车线控转向系统会屏蔽驾驶员的错误转向操作，自动控制稳定性，使汽车尽快恢复稳定状态。自动故障处理系统是汽车线控转向系统的重要模块，包括一系列的监控和执行算法，根据不同的故障形式和故障等级作出相应的处理，最大限度地保持汽车的正常运行。汽车转向系统是决定汽车主动安全性的关键总成。传统的汽车转向系统是一个机械系统，汽车的转向运动是由驾驶员操纵转向盘，通过转向器和一系列连杆传递给转向盘来实现的。汽车线控转向系统取消了转向柱与转向盘之间的机械连接，完全依靠电能实现转向。传感器用于检测驾驶员的转向数据，然后通过数据总线将信号传输到车辆上的 ECU，并从转向控制系统得到反

馈指令。转向控制系统还从转向控制机构获得驾驶员的转向命令，并从转向系统获得车轮状况。从而引导整个转向系统的运动。转向系统控制车轮转向所需的的角度，并将车轮角度和扭矩反馈给系统的其余部分，如转向控制机构，使驾驶员获得路感，转向控制系统根据不同情况控制路感，如图 1-3-8 所示。

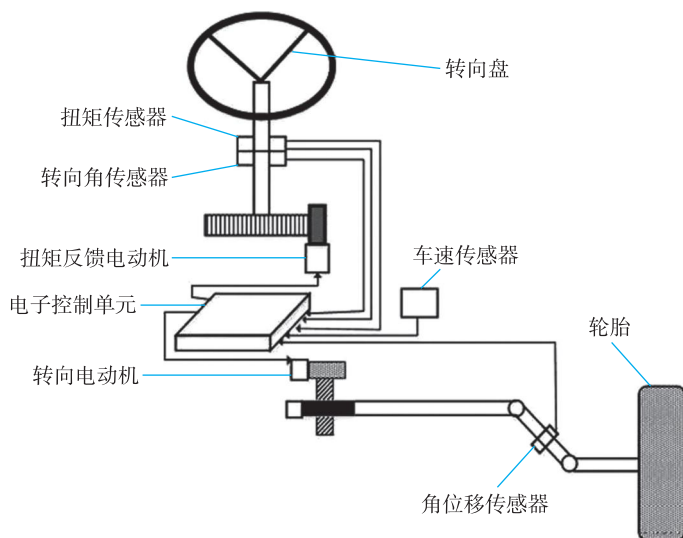


图 1-3-8 汽车线控转向系统工作过程

3. 汽车线控转向系统特点

1) 提高汽车的安全性能

拆除转向柱等机械连接，彻底避免碰撞事故中转向柱对驾驶员的伤害；智能 ECU 根据汽车的行驶状态判断驾驶员的操作是否合理，并作出相应的调整；它能自动控制汽车在极限工况下的稳定性。当系统中的电子元件出现故障时，由于冗余和容错技术，系统仍然可以实现其最基本的转向功能。

2) 增强机动性

基于车速、牵引力控制等相关参数的转向比（转向盘转角与车轮转角的比值）是不断变化的。低速行驶时，转向比低，转弯或停车时可减小转向盘转角；高速行驶时，转向比变大，获得更好的直线行驶条件。

3) 提高驾驶员的路感

由于转向盘与转向柱之间的无机械连接，驾驶员的路感是通过仿真产生的。可以从信号中提出最能反映汽车实际行驶状态和路况的信息，作为转向盘定位力矩的控制变量，使转向盘只能向驾驶员提供有用的信息，从而为驾驶员提供更真实的“路感”。

4) 提高汽车的舒适性

因为取消了机械结构连接，地面的不平缓和转向盘的不平衡不会传递到转向轴上。从

而减轻驾驶员的疲劳，并明显增加驾驶员腿部的活动空间和汽车底盘的空间。

5) 个性化设置

可以根据驾驶员的要求设定转向传动比和转向盘反馈扭矩，以满足不同驾驶员的要求，适应不同的驾驶环境，与转向相关的驾驶行为可以通过软件设置和实现。



赋能训练

技能 1.3.1 电动助力转向系统检测

1. 扭矩传感器检测

电动助力转向系统应用的是摆臂式的扭矩传感器。动力转向扭矩传感器工作原理相当于一个电位计，如图 1-3-9 所示，它具有双回路输出，即主扭矩（对应 IN+ 端电压值）、副扭矩（对应 IN- 端电压值）输出，即当扭矩传感器正常工作时，电位计的两个输出即主扭矩和副扭矩信号，理论上，正常工作范围在 $1 \sim 4 \text{ V}$ ，并且当转向盘处于中间位置时，扭矩传感器的主扭矩输出和副扭矩输出的输出电压均为 2.5 V 。一旦其本身及信号采集电路出现异常，输入 CPU 的主、副扭矩信号分别将大于 4 V 、小于 1 V 或两信号之差超过 3 V 。但实际车辆行驶中，虽然硬件和软件设计中考虑了各种抗干扰措施，各种偶然的噪声或振动还是或多或少地会引起转矩信号的暂时偏差，而这种偏离是暂时的且系统能自动修复，故将转矩信号的异常界限值设为 $0.9 \text{ V} \sim 4.1 \text{ V}$ ，并且只有当信号值超出其范围持续一定时间（如 30 ms ），才判定扭矩传感器有故障，这样可以减少其他外界原因引起对扭矩传感器故障的误判。此外，扭矩传感器的信号检测是建立在 $+5 \text{ V}$ 的稳压电源基础上的，稳压电源电路的正常与否将直接影响到主、副扭矩信号。因此在检测扭矩传感器主、副扭矩信号异常之前，首先判断扭矩传感器电源电压是否在规定范围内。考虑到三端稳压集成块在环境温度影响下输出电压会有 $\pm 0.1 \text{ V}$ 的偏差，因此规定其正常输出电压为 $5 \pm 0.2 \text{ V}$ 。如果 CPU 检测到电源电压异常，此时就跳过对扭矩传感器信号的检测，这样可以避免对扭矩传感器本身故障的误判。

2. 电动转向柱电机检测

转向助力大小是通过控制电机电流来实现的，丰田卡罗拉的转向电机如图 1-3-9 所示，因此检测电机两端的实际控制电流就显得非常重要。电机电流采集电路，通过测量串联在驱动回路中的精密电阻两端的电压，经过信号放大和适当的电容滤波，然后通过端口反馈给 CPU，此时程序设计将此电压与理论计算电压进行比较，如果两者差距过大，或者连续

几分钟之内的平均电流消耗超过预先规定的数值, 就判断电机及其线路有故障。

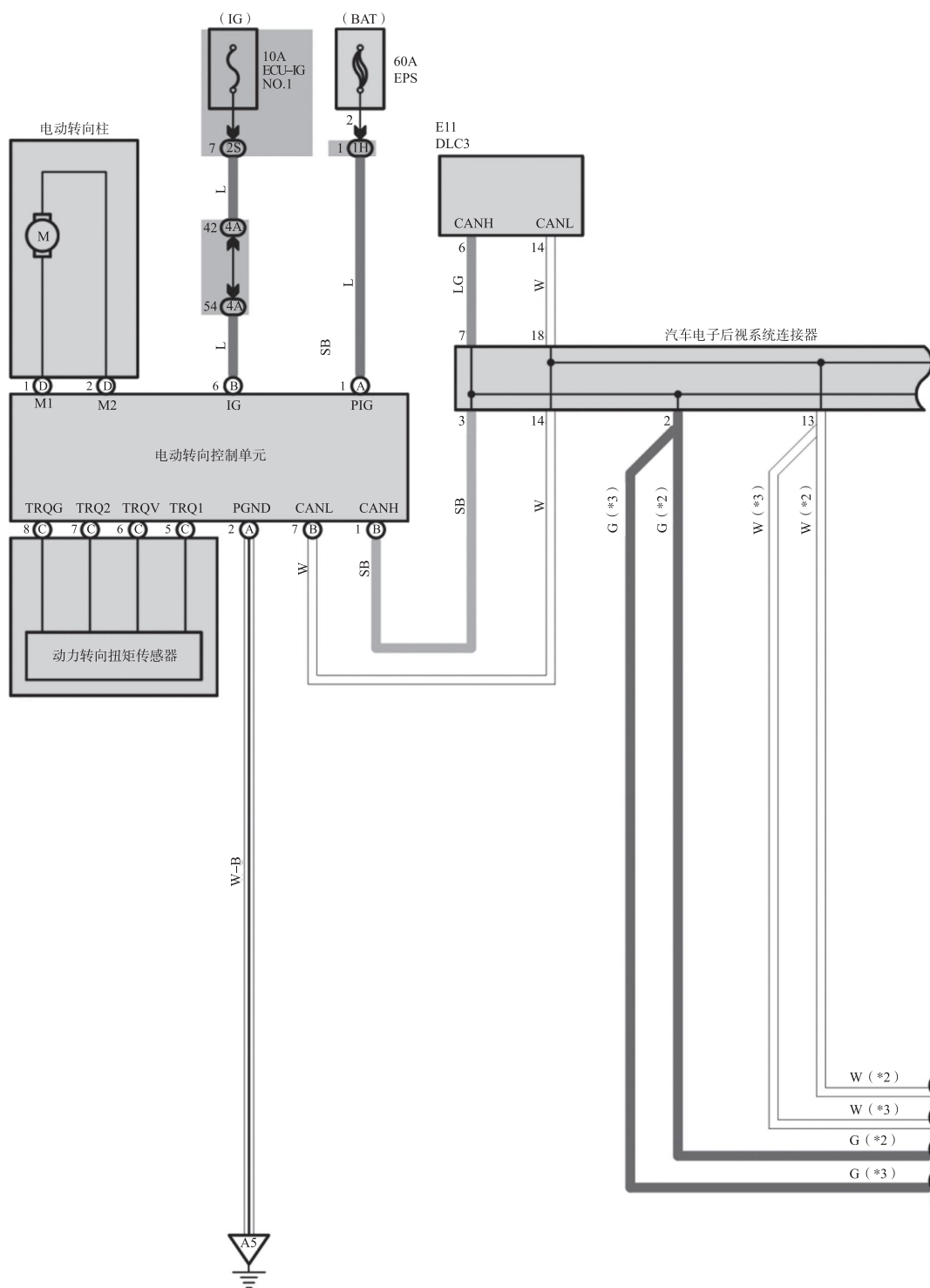


图 1-3-9 丰田卡罗拉轿车电动助力转向系统的电路图

3. 电磁离合器检测

电磁离合器连接了助力电机和转向柱，它的分离与接合稳定与否将直接影响转向特性，因此系统工作时，其状态信号要及时反馈给动力转向控制单元。当离合器处于接合状态时，端口输出高电流；反之，输出低电流。因此离合器线路断开或短路可以通过端口反映。

4. 控制单元电源线路检测

当点火开关闭合时，蓄电池电压将通过端口送给 CPU，因此当端口检测的电压信号低于 10 V，程序设计就可以控制故障灯显示蓄电池电压太低。

5. 控制模块检测

控制模块主要由电子元件和软件组成，其本身不易出现故障，主要通过硬件方面进行合理的布线和相应的滤波、抗干扰等措施来减少故障的发生；软件上通过使用看门狗技术、容错技术和设置软件陷阱等处理程序运行时的“跑飞”和“死循环”等问题。

技能 1.3.2 电动助力转向系统故障诊断

1. 故障现象

电动助力转向系统包括机械转向部分和电动助力部分，由机械转向部分和电动助力部分引起的故障很多，主要有方向跑偏，转向盘发抖，助力时有时无，行驶中发出异响，转向困难，左右转向力矩不同或转向力矩不匀，行驶时转向力矩不随车速改变或转向盘不能正确回正，动力转向工作时转动转向盘时出现敲击（或摇动）鸣响，低速行驶时转动转向盘出现噪声，车辆停止时缓慢转动转向盘时出现尖锐的声音（吱吱响），无助力且故障灯不亮、无法解读故障码，无助力且故障灯亮、无法解读故障码等。

2. 故障原因

方向跑偏的原因有两前轮气压不标准、前束异常、扭矩传感器异常。

转向盘发抖的原因有电机故障、电机与蜗杆配合不正常。

助力时有时无的原因有线束插头未连接完好、电机故障。

行驶中发出异响的原因有万向节连接处松动或装不到位、转向管柱故障。

转向困难的原因有前轮胎充气不当或磨损、前轮定位错误、转向机总成故障、前悬架（下球节）磨损、扭矩传感器损坏、动力转向电动机故障、蓄电池和电源系统故障、动力转向 ECU 电源电压和继电器损坏、动力转向 ECU 损坏。

左右转向力矩不同或转向力矩不匀的原因有转向中心点（零点）记录错误、前轮胎充气不当或磨损不均匀、前轮定位错误、前悬架（下球节）磨损、转向机总成故障、扭

矩传感器损坏、动力转向电动机故障、动力转向 ECU 损坏。

行驶时转向力矩不随车速改变或转向盘不能正确回正的原因有前悬架（下球节）磨损、轮速传感器故障、防滑控制 ECU 故障、扭矩传感器损坏、动力转向电动机故障、动力转向 ECU 损坏、CAN 通信系统问题。

动力转向工作时转动转向盘时出现敲击（或摇动）鸣响的原因有转向中间轴损坏、前悬架（下球节）磨损、动力转向 ECU 损坏。

低速行驶期间，转动转向盘时出现噪声的原因有动力转向机故障、转向柱总成故障。

车辆停止期间，缓慢转动转向盘时出现尖锐的声音的原因是动力转向电动机故障。

无助力且故障灯不亮、无法解读故障码的原因是保险丝熔断。

无助力且故障灯亮、无法解读故障码的原因有线路问题、故障码对应的部件故障。

3. 故障诊断

这里主要介绍方向跑偏诊断及故障灯亮、无助力、无法解读故障码的处理方法。

1) 方向跑偏诊断

（1）检查两前轮轮胎气压是否标准，如果不一样先调整轮胎气压，试一试方向是否仍然跑偏，若仍然跑偏，检查前束，如果异常，调整前束，再试一试方向是否仍然跑偏，如果仍然跑偏，则进入下一步骤。

（2）调整接触扭矩传感器，让车辆保持向正前方停在原地，把电源开关打到 ON 的位置，这时用万用表分别测出扭矩传感器上的绿色线和白色线、绿色线和黑色线之间的电压是否分别均为 2.5 V，如果两组数值相差较大，拆下扭矩传感器的防尘罩，松动固定扭矩传感器的螺丝，转动扭矩传感器，这时会看到万用表上的电压值在变化，进而调整电压使两组电压值均为 2.5 V，然后再试车，若仍然跑偏则再更换一个新的总成，此故障排除。

2) 故障灯亮、无助力，但是无法解读故障码的处理方法

（1）检查线路是否通电。

（2）读取故障码。

（3）根据调取的故障码更换相应的故障件。



习题训练

一

判断题

- (1) 四轮定位就是车轮、悬架、车轴所确定的相对位置或角度。 ()
- (2) 主销后倾角定义为由车侧看, 转向轴中心线与垂直线所组成的夹角。 ()
- (3) 主销内倾与主销后倾的差别在于, 主销内倾的回正力矩与行驶速度有关。 ()
- (4) 车轮外倾角向外倾为正称为车轮正外倾, 向内为负称为车轮负外倾, 高性能轿车的外倾角甚至为负值。 ()
- (5) 汽车前束是指汽车同轴上的两个车轮的中心面不平行, 两轮前边缘距离和后边缘距离不相等, 两者的距离之差。 ()
- (6) 转向力要求: 低速大转弯时, 转向力要小, 转向灵敏不沉重; 高速小转弯时, 转向力适当加大, 行驶不发飘。 ()
- (7) 转向系统不仅可以改变汽车的行驶方向, 使其按照驾驶员规定的方向行驶, 而且还可以克服由于路面侧向干扰力使车轮自行产生的偏转, 恢复汽车原来的行驶方向。 ()
- (8) 汽车转向不灵敏故障表现为转向盘自由行程过大、转向松旷、转向力过小、回正力矩过小、高速时助力过大、转向发飘、转向摆振、转向跑偏、转向助力液漏油。 ()
- (9) 若用手晃动转向盘, 自由转动量超限, 行驶中会感到发飘或摆振。如果过小或者没有, 可能导致转向发卡或转向沉重。如果左右不相等, 就可能会引起侧滑。 ()
- (10) 前轮最大转向角检查只需要检查左轮向左最大转向角和右轮向右最大转向角。 ()

二

选择题

- (1) 主销内倾角的定义为由 () 看, 转向轴中心线与垂直线所组成的夹角。
A. 汽车纵向 B. 汽车垂向 C. 汽车侧向 D. 汽车横向
- (2) 外倾过大, 轮胎磨损加快, 正外倾过大, () 磨损严重。
A. 内侧 B. 外侧 C. 中间 D. 两侧
- (3) 正负前束过大会造成轮胎磨损加快, 轮胎胎面花纹边缘羽状化磨损, 正前束过大则 () 严重。
A. 内侧 B. 外侧 C. 中间 D. 两侧
- (4) 《机动车运行安全技术条件》(GB 7258—2017) 规定, 机动车在平坦、硬实、干燥和清洁的水泥或沥青道路上行驶, 以 10 km/h 的速度在 5 s 之内沿螺旋线从直线行驶过

渡到外圆直径为 25 m 的车辆通道圆行驶, 施加于转向盘外缘的最大切向力应小于等于 () N。

- A. 145 B. 245 C. 345 D. 445

(5) 转向沉重, 要检查的项目不可能是 ()。

- A. 检查转向力和转向盘自由行程 B. 检查转向器啮合间隙和轴承预紧度
C. 检查转向助力油液面 D. 检查转向助力油温度

(6) 检查小型汽车转向助力油压, 当转向盘处于中间位置时, 动力转向系统在怠速时油压为 () MPa 左右。

- A. 1 B. 3 C. 5 D. 8

(7) () 不是转向不灵敏的故障原因。

- A. 转向盘自由行程过大 B. 转向器啮合间隙过小
C. 球头销磨损松旷 D. 轮毂轴承预紧度过小

(8) 四轮定位轮辋补偿的作用是消除由于 () 和光学头定位支架安装引起的测量误差。

- A. 汽车偏心 B. 车身偏斜 C. 车轮动不平衡 D. 车轮偏心

(9) 四轮定位检测做完轮辋补偿打正方向为直线行驶位置时, 可以检测 ()。

- A. 主销后倾 B. 主销内倾 C. 车轮内倾 D. 前束

(10) 由于主销后倾和主销内倾都有回正稳定力矩, 高速行驶时, 稳定和回正作用起主导地位的是 ()。

- A. 主销后倾 B. 主销内倾 C. 负后倾 D. 负内倾

三

简答题

- (1) 为什么要进行四轮定位检测?
(2) 四轮定位参数的调整顺序?
(3) 转向沉重的故障原因?
(4) 如何检测动力转向系统油压?
(5) 设计电动转向不灵敏的诊断流程。

拓展阅读

党的二十大精神指出要加快建设交通强国,“推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”。转向系统的性能直接影响汽车的安全操纵稳定性,它对于确保车辆的安全行驶、减少交通事故以及保护驾驶员的人身安全、改善驾驶员的工作条件起着重要的作用。

国家市场监督管理总局网站近日消息,因转向功能存在安全隐患,宝马(中国)汽车贸易有限公司召回部分进口宝马汽车。

日前,宝马(中国)汽车贸易有限公司根据《缺陷汽车产品召回管理条例》和《缺陷汽车产品召回管理条例实施办法》的要求,向国家市场监督管理总局备案了召回计划。自即日起,召回生产日期为2023年8月29日的部分进口×3汽车,共计1台;生产日期从2023年9月21日至2023年9月25日的部分进口2系汽车,共计2台;生产日期从2023年8月18日至2023年9月25日的部分进口×4汽车,共计48台。

召回原因方面,国家市场监督管理总局介绍,本次召回范围内部分车辆,因电动助力转向(EPS)系统控制模块的螺栓未按照要求正确紧固到转向器外壳上,可能造成转向器异响,严重时导致转向器卡滞,影响转向功能,存在安全隐患。

宝马(中国)汽车贸易有限公司将免费为召回范围内的车辆更换转向器,以消除安全隐患。

资料来源:《转向功能存安全隐患,宝马召回部分进口汽车》,中新经纬,2024-03-04