

# 图表细说

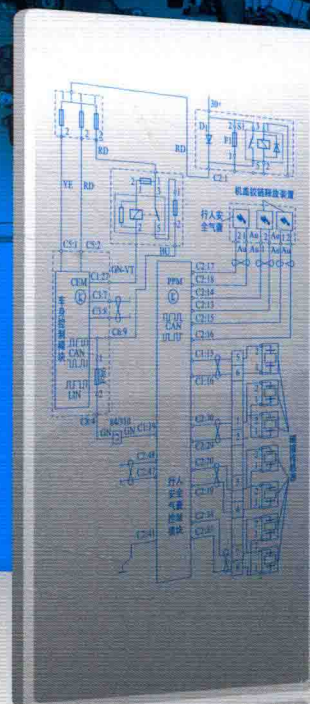
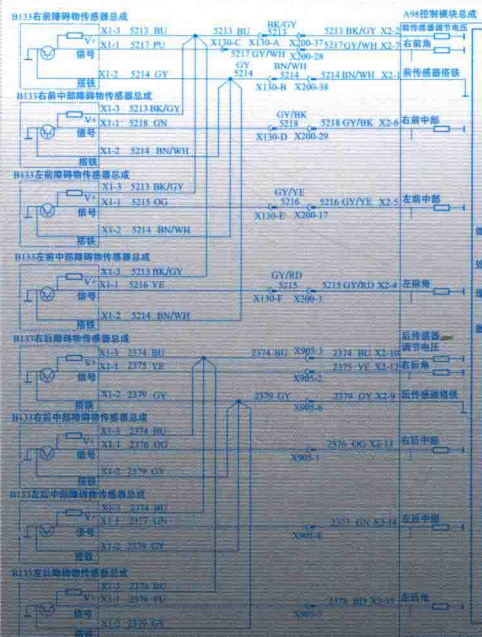
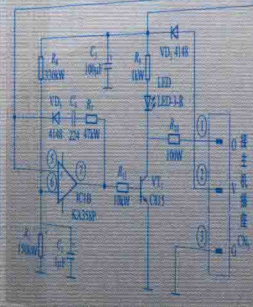
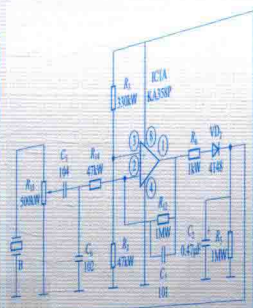
TUBIAO XISHUO  
QICHE CHUANGANQI  
YINGYONG JIANCE YU WEIXIU



# 汽车传感器

## 应用、检测与维修

孙余凯 孟 泉 项绮明 等编著



化学工业出版社

外借

图表细说

# 汽车传感器

## 应用、检测与维修

孙余凯 孟 泉 项绮明 等编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系统、全面地介绍了汽车常用传感器及新型传感器的作用、结构、工作原理、检测与维修方法,内容包括温度传感器、流量传感器、位置传感器、汽车方位探测与角位传感器、压力传感器、速度传感器、气体浓度传感器、碰撞与爆震传感器等。本书采用图表的方式,提供了大量的具体车型检测与维修示例、数据,供查阅和对比参考。本书内容新颖、分类明确、图文并茂、浅显易懂,具有较强的实用性和可操作性。

本书既可作为中等职业相关专业学校的汽车维修技术学科的参考书,也可供广大汽车维修人员查阅使用。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

图表细说汽车传感器应用、检测与维修/孙余凯等编著. —北京: 化学工业出版社, 2018. 10

ISBN 978-7-122-32839-7

I. ①图… II. ①孙… III. ①汽车-传感器-图解 IV. ①U463. 6-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 187368 号

---

责任编辑: 陈景薇

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 边 涛

装帧设计: 王晓宇

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 22<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数 550 千字 2018 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 88.00 元

版权所有 违者必究



本书是根据广大汽车维修人员的实际需要而编写的。本书在编写过程中,本着从汽车维修人员日常诊断与维修汽车的实际工作需要出发,在内容上力求简明实用,对原理阐述简略,尽量以简洁的图表方式介绍每种传感器的作用、安装位置、结构、原理、拆装方法、故障检测、维修操作方法等。本书通俗易懂,主要针对一般汽车维修人员和职业技术学院汽车维修专业师生,重点介绍传感器诊断技术与维修操作技能,使读者学习后,可以迅速应用到实际工作中。

### 1. 内容简洁,涉及面广

本书主要介绍了汽车传感器的基本知识、诊断手段、故障诊断与维修方面的知识,采用图表方式,便于读者理解和迅速应用到日常工作中,内容基本涵盖了现在汽车上使用的大部分传感器。

### 2. 突出新技术、新方法

本书突出了汽车传感器的新技术和诊断与维修汽车传感器的新方法,也就是说,在检测方法上,尽量以通用的检测仪表、检测方式来说明问题,以使读者一目了然,并提供了大量的检测数据供读者在实际工作中对比参考。

### 3. 便于举一反三

本书在介绍汽车传感器检测与维修技能时,系统地归纳了维修工作中常用到的方法,并结合一些实际检测与维修案例,以帮助读者提升实际诊断与维修技能,便于读者举一反三,也便于读者自学。在无条件参加学习班学习的情况下,读者如能认真学习钻研本书,可从初学入门,再通过自己的检修实践逐步提高认识,就可以成为一名熟练的维修人员。

### 4. 内容分类明确、图文同表,便于查找

本书在内容上涉及了许多具体的、典型的品牌车型,传感器的类型分类明确,层次分明、内容丰富、重点突出、文字简练,并采用图表组合的方式,也就是将一个问题或与此有关的内容和示意图归纳在一起独立成表,便于阅读和查找,不仅可以作初学者的学习用书,也可作维修人员随时查阅的工具手册。

本书主要由孙余凯、孟泉、项绮明编著,参加本书编写的人员还有吴永平、孙余正、项宏宇、张朝纲、罗国风、韩明佳、刘忠梅、孙静、刘军中、陈芳、孙永章、潘童、夏立柱、叶亚东、吴鸣山、陈帆、丁秀梅、王国珍、刘伟、刘跃等。

本书在编写过程中，参考了有关汽车技术方面的期刊、书籍、报纸等资料，在这里谨向有关单位和作者一并致谢。同时对给予我们支持和帮助的有关专家及部门深表谢意！

由于汽车传感器新技术的不断更新，对其的检测与维修技术发展极为迅速，限于笔者水平，书中存在的不足之处，诚请专家和读者批评指正。

编著者



- 1.1 汽车常用传感器的基本组成与类型 / 1
- 1.2 汽车电控系统常用传感器的性能要求 / 3
- 1.3 汽车电控系统常用传感器的选用原则 / 3
- 1.4 应用于汽车上的传感器种类及其特点 / 6
- 1.5 汽车传感器常见故障及其对电控系统、  
电控发动机的影响 / 14

- 2.1 万用表检测传感器故障的方法 / 17
- 2.2 解码器诊断发动机电控系统传感器  
故障的方法 / 18
- 2.3 示波器诊断传感器故障的方法 / 25

- 3.1 温度传感器概述 / 30
- 3.2 电控汽油发动机冷却液温度传感器 / 31
- 3.3 电控柴油发动机冷却液温度传感器 / 37
- 3.4 进气温度传感器 / 38
- 3.5 油温传感器 / 41
- 3.6 空调系统温度传感器 / 42
- 3.7 其他温度传感器 / 46

- 4.1 流量传感器概述 / 51
- 4.2 热膜式空气流量传感器 / 52
- 4.3 热丝式空气流量传感器 / 55
- 4.4 翼片式空气流量传感器 / 58

## 第 1 章

### 汽车传感器的应用

1

## 第 2 章

### 汽车传感器的检测技能

17

## 第 3 章

### 温度传感器

30

## 第4章

### 流量传感器

51

- 4.5 卡尔曼涡流式空气流量传感器 / 62
- 4.6 量芯式空气流量传感器 / 66
- 4.7 空调静电式冷媒流量传感器 / 67
- 4.8 光电式燃油流量传感器 / 68

## 第5章

### 曲轴位置传感器和 凸轮轴位置传感器

70

- 5.1 曲轴位置传感器 / 70
- 5.2 曲轴转速传感器 / 80
- 5.3 汽油发动机凸轮轴位置传感器 / 81
- 5.4 柴油发动机凸轮轴位置传感器 / 86

## 第6章

### 加速踏板位置传感器和 节气门位置传感器

89

- 6.1 加速踏板位置传感器 / 89
- 6.2 节气门位置传感器 / 93
- 6.3 线性输出型节气门位置传感器 / 95
- 6.4 开关量输出型节气门位置传感器 / 98
- 6.5 编码式节气门位置传感器 / 101
- 6.6 冗余式节气门位置传感器 / 102

- 7.1 离合器位置类传感器 / 113
- 7.2 制动踏板位置传感器 / 117
- 7.3 液位传感器 / 119
- 7.4 浮子干簧管开关式液位传感器 / 124



- 7.5 半导体型冷却液液位传感器 / 126
- 7.6 电容式液位传感器 / 127
- 7.7 热敏电阻式液位传感器 / 129
- 7.8 光电式车辆高度位置检测传感器 / 131
- 7.9 喷油器针阀升程传感器 / 136
- 7.10 溢流环位置传感器 / 138
- 7.11 座椅位置传感器 / 139
- 7.12 废气再循环系统电位计式 EGR 阀传感器 / 141
- 7.13 其他位置传感器的检测与维修 / 143

- 8.1 地磁方位传感器 / 146
- 8.2 倒车雷达超声波传感器 / 153
- 8.3 雷达传感器 / 160
- 8.4 角位传感器 / 163

- 9.1 压力传感器概述 / 181
- 9.2 进气压力传感器 / 184
- 9.3 油压传感器 / 189
- 9.4 轮胎压力监测系统传感器 / 194
- 9.5 共轨压力传感器 / 201
- 9.6 大气压力传感器 / 202
- 9.7 蓄能器压力传感器 / 204
- 9.8 增压压力传感器 / 205

## 第 7 章

### 其他位置传感器

113

## 第 8 章

### 汽车方位探测传感器和角位传感器

146

## 第 9 章

### 压力传感器

181



# 第 10 章

## 速度传感器

210

- 9.9 制冷剂压力传感器 / 207
- 9.10 废气再循环系统真空控制气压传感器 / 208

- 10.1 速度传感器概述 / 210
- 10.2 轮速传感器 / 211
- 10.3 车速传感器 / 230
- 10.4 发动机转速传感器 / 252
- 10.5 加速度与减速度传感器 / 257
- 10.6 角速度传感器 / 263
- 10.7 组合传感器 / 267
- 10.8 空调压缩机转速锁定传感器 / 271

# 第 11 章

## 气体浓度传感器

273

- 11.1 气体浓度传感器概述 / 273
- 11.2 氧传感器 / 274
- 11.3 宽频氧传感器 / 286
- 11.4 空燃比测定传感器 / 289
- 11.5 NO<sub>x</sub> 传感器 / 290
- 11.6 空气质量传感器 / 292
- 11.7 烟度传感器 / 294
- 11.8 光电式烟雾浓度传感器 / 296

# 第 12 章

## 碰撞传感器与爆震传感器

298

- 12.1 碰撞传感器 / 298
- 12.2 爆震传感器 / 310
- 12.3 振动传感器 / 323

- 13.1 雨量传感器 / 326
- 13.2 光电传感器 / 332
- 13.3 智能型蓄电池传感器 / 342
- 13.4 湿度传感器 / 349
- 13.5 柴油发动机电控系统的常用传感器 / 351

# 第13章

## 汽车其他类型传感器

326

## 参考文献

354



第1章

汽车传感器的应用

随着电子技术的快速发展，传感器在汽车发动机、底盘和车身等各种电控系统上应用越来越广泛。

1.1 汽车常用传感器的基本组成与类型

由于传感器与传感器技术的迅速发展，故而使汽车使用的敏感器件的种类越来越多，捕捉信息的范围也越来越宽。

(1) 传感器的基本定义与组成

汽车电控系统中使用的传感器用于将各种非电输入量转变为电信号，传感器就是依据这种原理制成的。传感器的基本定义与组成如表 1-1 中所列。

表 1-1 传感器的基本定义与组成

| 项目   | 具体说明                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 定义   | 国家标准                                                                                                                                                     | 在国标 GB 7655—1987《传感器通用术语》中,把传感器定义为“能够感觉规定的被测量,并按一定的规律将其转换成输出信号的器件或装置,通常由敏感元件(指传感器中能直接感受或响应的被测量部分)和转换元件(指传感器中能将敏感元件感受发热或响应的被测量转换成适合于传输的电信号的部分)组成” |
|      | 国际标准                                                                                                                                                     | 国际电工委员会的定义为“传感器是测量系统中的一种前置部件,它将输入变量转换成可供测量的信号”                                                                                                   |
| 基本组成 | <p>传感器通常由敏感元件、转换元件、输出电路以及辅助电源 4 个部分组成,其构成可用右图所示的方框图来表示。各部分的具体情况如下所述</p> <div><div>辅助电源</div><div>被检测的量 → 敏感元件 → 非电量 → 转换元件 → 电参量 → 输出电路 → 电量</div></div> |                                                                                                                                                  |
|      | 敏感元件                                                                                                                                                     | 组成传感器的敏感元件(也可能为敏感单元)是指直接感受被测量(通常为非电量),并输出与被测量成确定关系的其他量(通常为电量)的元件。例如冷却液温度传感器中的热敏电阻就是敏感元件,它的作用就是把发动机冷却液的温度转换成电阻值的变化                                |
|      | 转换元件                                                                                                                                                     | 转换元件是指传感器中能把敏感元件感受(或响应)的被测量转换成适合于传输和测量的电信号部分                                                                                                     |
|      | 输出电路                                                                                                                                                     | 输出电路通常是指能够将传感元件的电参量转换为便于显示、记录、处理和控制的有用电信号的电路。该电路的类型与传感元件有关,常用电路多为驱动放大电路、阻抗变换器、振荡器、放大器电桥等                                                         |
|      | 辅助电源                                                                                                                                                     | 辅助电源通常是把外部电路提供的电源作进一步的稳压或把该电源转换为适合的电压值提供给转换元件与输出电路                                                                                               |

(2) 传感器的种类

汽车电控系统使用的传感器较多，根据分类方式的不同有多种形式，具体情况如表 1-2 中所列。

表 1-2 传感器的种类

| 项目         | 具体说明                                                                                                                  |                                                                                                                                                       |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 按是否需外加能量分类 | 传感器按是否需要外加能量进行分类，主要分为主动型传感器与被动型传感器两大类，这两大类传感器的具体情况如下所述                                                                |                                                                                                                                                       |
|            | 主动型                                                                                                                   | 主动型传感器的工作不需要外部提供电源，由其自身吸收其他能量(光能或热能)，经变换后再输出电能，它实际就是一个能量变换装置。例如，太阳能电池和热电偶输出的电能分别来源于传感器吸收的光能和热能。一般来说，采用热电效应、压电效应、光电效应、磁致伸缩效应等原理制成的传感器均属于主动型传感器         |
|            | 被动型                                                                                                                   | 汽车上使用的传感器大多数属于被动型传感器，这种传感器需要外加输入电源(通常为+5V)才能输出电信号。例如温度传感器，它以所测温度的大小相应改变电阻值的方式向外输出电信号，但信号的输出需要外部提供电源。一般来说，凡是采用电阻、电容、电感，利用应变效应、热阻效应、磁阻效应制成的传感器均属于被动型传感器 |
| 按信号转换分类    | 传感器按信号转换分类可分为由一种非电量转换成另一种非电量的传感器，如弹性敏感元件、气动传感器等；由非电量转换为电量的传感器，如热电偶温度传感器、压电式加速度传感器等                                    |                                                                                                                                                       |
| 按使用功能分类    | 传感器按其使用功能可以分为两大类，一类为使驾驶、维修人员了解汽车各部分状态的传感器，如温度传感器以及车速、发动机转速、液体压力传感器等，另一类是用于控制车辆运行状态的传感器，如节气门位置传感器、轮速传感器、减速度传感器、偏航率传感器等 |                                                                                                                                                       |
| 按工作原理分类    | 传感器按其工作原理进行分类，主要有电阻式、电容式、电感式、压电式、光电式、光敏式、热电式、应变式等                                                                     |                                                                                                                                                       |
| 按制造工艺分类    | 传感器按制造工艺进行分类，可以分为集成电路传感器、厚膜传感器、薄膜传感器、陶瓷传感器等类型                                                                         |                                                                                                                                                       |
| 按输入量不同分类   | 传感器按输入量不同(即按被测量情况分类)进行分类，可分为力、压力、力矩、位移、角位移、速度、加速度、角速度、气体成分、浓度、真空度、温度、电流等传感器                                           |                                                                                                                                                       |
| 按输出信号形式分类  | 传感器按其输出信号形式进行分类，主要可以分为输出模拟信号的传感器与输出数字信号的传感器(也包括开关型传感器)两大类。这两类传感器的具体情况如下所述                                             |                                                                                                                                                       |
|            | 输出模拟信号的传感器                                                                                                            | 所谓模拟信号是指随时间延续而连续变化的电信号。在汽车电子控制单元系统中，大多数传感器属于输出模拟信号的传感器                                                                                                |
|            | 输出数字信号的传感器                                                                                                            | 所谓数字信号是指随时间延续而不连续变化的电信号，该信号只有两种状态，即高电平和低电平，同时也包括一些开关信号。数字电压信号不需要经过 A/D(模拟/数字)转换，电子控制单元(ECU)就可以直接进行处理                                                  |

(3) 汽车传感器总的特点

传感器作为汽车电子控制系统的信息源，是汽车电子控制系统实现闭环控制的重要部件。表 1-3 列出了汽车传感器检测特点、检测范围与检测要求。

表 1-3 汽车传感器检测特点、检测范围与检测要求

| 项目   | 具体说明                                                                                                                                                                                    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 检测特点 | 汽车电子控制系统以电子控制单元为控制中心，利用安装在发动机、变速器、底盘、车身、舒适和安全等系统上的各种传感器，检测出汽车运行时各部件总成的运行参数，将其输入电子控制单元中，再按照控制单元中预存的控制程序精确地控制汽车上的各种执行器，满足汽车各种工况下都能正常行驶，使汽车各总成部件运行处于最佳状态                                   |
| 检测范围 | 汽车传感技术是随着汽车电子的发展而发展起来的一种技术。汽车传感器是汽车电子控制系统的输入装置，它把汽车运行过程中的各种工况信息(如动力总成运行参数、底盘部件运转参数、车身和舒适系统运行参数等)转化为电信号输送给电子控制单元，使汽车处于最佳运行状态。汽车传感器可对温度、压力、位置、转速、加速度、湿度、电磁、光电、气体、振动、图像等信息进行实时、有效而准确的测量和控制 |



续表

| 项目   | 具体说明                                                                                                                                                                                                     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 检测要求 | 由于汽车行驶环境中温度和气候条件差别较大,因此,要求传感器具有极强的适应能力。能够在-50~150℃(个别传感器可在1000℃以内)的环境中正常工作;同时,汽车传感器还要经受来自发动机内部、电器部件工作时的各种干扰、酸、碱、盐、油等物质的腐蚀,以及行驶过程中的路况引起的振动。因此,汽车对传感器的要求极为苛刻。汽车传感器必须具有稳定性好、精度高、响应快、可靠性好、抗干扰和抗震能力强、使用寿命长等特点 |

1.2 汽车电控系统常用传感器的性能要求

(1) 基本要求

汽车电控系统对传感器的基本要求是反应灵敏、准确;工作可靠、稳定;能量转换效率要高;抗干扰能力要强。实际使用时,还要考虑到它的体积、重量、成本、耗电、拆装是否方便等因素。

(2) 性能指标的要求

汽车用传感器的性能指标包括精度指标、响应性、可靠性、耐久性、适应性、结构紧凑性、输出电平与制造成本等,具体情况见表1-4中所列。

表 1-4 汽车电控系统对传感器性能指标的要求

| 项目       | 具体说明                                                                                                                                         |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 适应性方面    | 汽车工作的环境恶劣,温度通常在-40~80℃之间,而且要在各种复杂的道路条件下行驶,要经受各种变化载荷的冲击,其中,发动机承受的热负荷、热冲击、振动、油液与水汽等的腐蚀则更为严重。因此,汽车上使用的传感器适应性要强,要能够适应温度、湿度、冲击、振动、腐蚀及油液污染等恶劣的工作环境 |
| 再现性方面    | 由于微电脑在汽车上的应用,要求汽车上使用的传感器再现性一定要好。在再现性好的基础上,如果传感器线性特性不良,也便于通过系统对其进行修正                                                                          |
| 量产与通用性方面 | 伴随着汽车工业的发展,要求传感器应具有批量生产的可能性,并且还要具有通用性。也就是说,一种传感器最好可以用于多种控制,如将速度信号微分可得到加速度信号等                                                                 |
| 标准与精度方面  | 汽车上使用的传感器要符合有关行业标准的要求,要有较高的精度。表1-5中列出了部分汽车传感器的检测项目和精度要求                                                                                      |
| 其他方面     | 汽车上使用的传感器要求小型化,便于安装使用,检测识别方便,还要有较高的工作稳定性及可靠性                                                                                                 |

表 1-5 部分汽车传感器的检测项目和精度要求

| 检测项目   | 冷却液温度    | 进气歧管压力    | 空气流量      | 曲轴转角     | 节气门开度  | 排气中氧浓度                      |
|--------|----------|-----------|-----------|----------|--------|-----------------------------|
| 检测范围   | -50~150℃ | 10~100kPa | 6~600kg/h | 10°~360° | 0°~90° | $(0.4\sim1.4)\times10^{-6}$ |
| 精度要求/% | ±2.5     | ±2        | ±2        | ±0.5     | ±1     | ±1                          |
| 分辨能力   | 1℃       | 0.1%      | 0.1%      | 1°       | 0.2°   | $1^{\circ}\times10^{-6}$    |
| 响应时间   | 10s      | 2.5ms     | 2.5ms     | 20μs     | 10ms   | 10ms                        |

1.3 汽车电控系统常用传感器的选用原则

汽车传感器的型号、品种繁多,即使是测量同一对象,可选用的传感器也较多。因此,在选择传感器时考虑要周到。

(1) 传感器的量程、分辨率、误差以及重复性的选用原则

表 1-6 中列出了选用汽车电控系统传感器的量程、分辨率、误差以及重复性时的基本原则。

表 1-6 选用传感器的量程、分辨率、误差以及重复性时的基本原则

| 项目  | 具体说明                                                                                                         |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 量程  | 量程是传感器测量上限与下限的代数差。例如,检测车高用位移传感器,要求测量上限为 40mm,测量下限为 -40mm,则选择位移传感器的量程应为 80mm                                  |
| 分辨率 | 分辨率表示传感器可能检测出的被测信号的最小增量。例如,发动机的曲轴位置传感器,要求分辨率为 0.1°,也就是表示设计或选择数字传感器时,它的脉冲当量选择为 0.1°                           |
| 误差  | 误差是指实际检测指示值与真实值之间的差值。有的采用绝对值来表示,如温度传感器的绝对误差为±0.2℃;有的则采用相对于满量程之比来表示,如空气流量传感器的相对误差为±1%。传感器误差是系统总体误差所要求的,应当得到满足 |
| 重复性 | 重复性是指传感器在正常工作条件下,被检测的同一数值在一个方向上进行重复检测时,测量结果的一致性。例如,检测发动机在转速上升时期对某一个速度重复检测时,数值的一致性或误差值应满足规定要求值                |

(2) 传感器的灵敏度、线性度、可靠度、过载以及响应时间的选用原则

表 1-7 中列出了选用汽车电控系统传感器的灵敏度、线性度、可靠度、过载以及响应时间的基本原则。

表 1-7 选用传感器的灵敏度、线性度、可靠度、过载以及响应时间的基本原则

| 项目   | 具体说明                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 灵敏度  | 灵敏度是指传感器达到工作稳定时,输出量 $y$ 的变化量 $\Delta y$ 与引起此变化的输入量 $x$ 的变化量 $\Delta x$ 之比,即 $\kappa = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ 显然希望 $\kappa$ 越大越好,但当 $\kappa$ 过大后,对于干扰信号也会太敏感。因此,在满足要求的情况下,尽量选用灵敏度低的传感器,以增强抗干扰能力。一般希望检测极限大、范围宽,但往往又和灵敏度相矛盾,故两者应通盘考虑。例如,测量发动机冷却液温度的传感器,它的测量变化值为 170℃(-50~120℃),而它的输出电压值要求为 0~5V。所以选择其灵敏度为 5V/170℃ |
| 线性度  | 线性度是指该传感器的输入、输出关系曲线和其理论直线之间的偏差。这类偏差的选择要大小一定,重复性好,而且要有一定的规律,以便于微电脑在进行数据处理时可以采用硬件或软件进行补偿                                                                                                                                                                                                                             |
| 可靠度  | 可靠度的含义是指在规定条件(规定的时期,产品所处的环境条件、维护条件与使用条件等)下,传感器能够正常工作的可能性。例如,压力传感器符合上述条件时,工作 2000h,它的可靠性(概率)为 0.997(99.7%)。在选用时,要求传感器的工作时间长短及概率这两项指标均应符合要求,才能保证整个系统的可靠性指标                                                                                                                                                           |
| 过载   | 过载是指传感器允许承受的最大输入量(被检测量)。在该输入量的作用下,传感器的各项指标均应保持在不超过其规定的公差范围,通常用允许超过测量上限(或下限)的被检测值与量程的百分比来表示,选择时只要实际工况超载量不大于传感器说明书上的规定值即可                                                                                                                                                                                            |
| 响应时间 | 响应时间(或叫建立时间)是指阶跃信号激励后,传感器输出值达到稳定值的最小规定百分数(如 6%)时所需要的时间。例如,压力传感器的响应时间要求≤10ms,也就是要求该传感器在工作条件下,输入信号加入 10ms 以内输出值达到所要求的数值。该参数太小会直接对车辆工况变换的时间产生影响,如汽车启动时间的长短                                                                                                                                                            |

(3) 无人驾驶汽车传感器的选用原则

无人驾驶汽车是一种智能化的移动交通工具,它能够代替人类驾驶员完成一系列驾驶行为,它涉及环境感知、导航定位及智能决策控制等众多学科。目前,世界上主流的无人驾驶汽车主要采用激光、雷达、摄像头等传感器,各种传感器的选用原则如表 1-8 中所示。

表 1-8 无人驾驶汽车传感器的选用原则

| 项目              | 具体说明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                        |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 基本要求            | 在选择具体某个无人驾驶汽车传感器时,通常需要考虑其性能特点、价格、形状以及厂家供货周期等信息,在保证信息识别效果的同时提供性价比,并且最大化地使得无人车在外观上与原车型保持一致                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                        |
| 应考虑天气因素         | 在更复杂的情况下,还需要对天气现象进行了解和分析,通常需要关注的天气状况主要有雨、冰雪、风、雾、晴天等,对于白天黑夜,也需要考虑传感器在各种条件下的应用效果,以便于针对不同环境都有有效的传感器能够正常工作。因此,首先要进行调研能用来分辨这些情况的传感器及其应用情况,然后给出通过传感器匹配实现不同环境下的精确探测。表 1-9 中列出了各种环境下传感器的应用情况                                                                                                                                                                                |                                                                        |
| 不同天气情况下传感器的选用原则 | 对于不同天气的感知和识别也需要通过相应的传感器技术来实现。具体选择要求和基本情况如下所述                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                        |
|                 | 晴天或雨天区分                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 通常情况下,晴天或雨天的区分可以用雨量传感器来进行探测,很多此类的传感器也集成了温度、光线强度、雨雪等环境的识别               |
|                 | 风速的探测                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 风速大小对车辆的正常运行影响较大,可以通过风速传感器来感知风速的大小和方向,配合车辆运行状态,来区分车辆运动带来的风速还是外界环境带来的风速 |
|                 | 浓雾的识别                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 浓雾会造成能见度降低,可通过摄像头、湿度和光线强度传感器等来进行识别                                     |
|                 | 雪的探测                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 雪的探测在有些雨量传感器中已经集成有此项功能,也可以通过摄像头、温度传感器配合探测                              |
|                 | 白昼的区分                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 白天、黑夜的感知,可以采用光线强度传感器配合当地时间进行白天或黑夜的区分                                   |
| 实际应用参考          | 传感器的安装与组合将直接决定着环境感知系统的能力和感知效果。在大多数无人驾驶车辆中,都使用了相似的传感器组合方式和传感器类型,但在一些具体细节上则有一定的差异。最基本的原则是使用组合式的传感器,提供一定的冗余量和覆盖率,以满足在复杂环境中安全导航的需求。一般认为传感器的检测范围以及检测速度比其所获得的信息量更为重要,而由于视频视觉系统信息巨大,所以多数无人驾驶汽车采用摄像头来识别交通标志、信号灯与停车线,以适用较为固定或者变化较慢的外界环境。激光雷达、超声波等传感器则用于测量一些变化较快的环境信息,如障碍物、车道线、路面等。有些研究单位,例如谷歌的无人驾驶汽车,除了通过摄像机、雷达传感器和激光测距仪来“看”外界环境之外,还充分利用谷歌街景地图的优势,使用详细的地图(通过手动驾驶车辆收集而来)来进行导航 |                                                                        |

表 1-9 各种环境下传感器的应用情况

| 传感器   | 晴天 | 雾天   | 雨天   | 风  | 冰雪   | 白天 | 黑夜   |
|-------|----|------|------|----|------|----|------|
| 毫米波雷达 | 可用 | 可用   | 效果不好 | 可用 | 效果不好 | 可用 | 可用   |
| 激光雷达  | 可用 | 效果不好 | 效果不好 | 可用 | 效果不好 | 可用 | 可用   |
| 红外摄像机 | 可用 | 效果不好 | 效果不好 | 可用 | 可用   | 可用 | 可用   |
| 普通摄像机 | 可用 | 可用   | 效果不好 | 可用 | 可用   | 可用 | 效果不好 |

表 1-10 中列出了国内外无人驾驶汽车传感器的使用情况。

表 1-10 国内外无人驾驶汽车传感器的使用情况

| 公司或学校           | 视觉传感器                  |               | 雷达传感器                             |              | 定位导航系统   |          |
|-----------------|------------------------|---------------|-----------------------------------|--------------|----------|----------|
|                 | 种类                     | 识别功能          | 种类                                | 识别功能         | 种类       | 识别功能     |
| 谷歌              | Camera                 | 红绿灯、交通标志、停车线等 | HDL-64E-Velodyne Lidar            | 障碍物检测,车道线及路面 | GPS, INS | 车辆定位姿态感知 |
| 弗吉尼亚理工大学(O-din) | Monocular Camera (* 2) | 道路检测,障碍物检测及分类 | IBEO AlascaXT(* 2)、IBEO Alasca A0 | 障碍物检测及分类     | GPS      |          |
|                 |                        |               | SICK LMS(* 4)                     | 道路、障碍物检测及分类  | INS      |          |
| 斯坦福大学(Junior)   | Camera                 | 红绿灯、交通标志、停车线等 | HDL-64E-Velodyne Lidar            | 障碍物检测,车道线及路面 | GPS      |          |



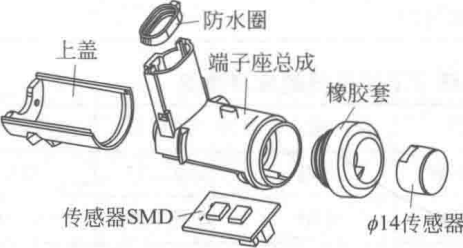
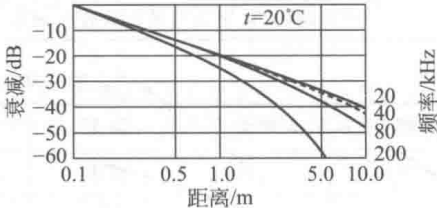
续表

| 公司或学校         | 视觉传感器  |               | 雷达传感器                                                                           |                       | 定位导航系统       |          |
|---------------|--------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|----------|
|               | 种类     | 识别功能          | 种类                                                                              | 识别功能                  | 种类           | 识别功能     |
| 斯坦福大学(Junior) | Camera | 红绿灯、交通标志、停车线等 | BOSCH Radar                                                                     | 较远处的移动障碍物             | Applanix INS | 车辆定位姿态感知 |
|               |        |               | Riegl laser,Sick laser,IBEO laser                                               | 补充 Velodyne Lidar 的盲点 |              |          |
| 军事交通学院(猛狮3号)  | Camera | 红绿灯、交通标志、停车线等 | HDL-64E-Velodyne Lidar                                                          | 障碍物检测,车道线及路面          | 北斗           |          |
| 卡耐基梅隆大学(Boss) | Camera | 红绿灯、交通标志、停车线等 | HDL-64E-Velodyne Lidar                                                          | 障碍物检测,车道线及路面          | GPS          |          |
|               |        |               | IBEO Alasca<br>Continental ARS Radar<br>SICK LMS Lidar<br>Continental ISF Lidar | 补充 Velodyne Lidar 的盲点 | Applanix INS |          |
|               |        |               |                                                                                 |                       |              |          |

(4) 车载倒车雷达传感器的选择

车载倒车雷达传感器是根据蝙蝠在黑夜里高速飞行而不会与任何障碍物相撞的原理设计开发的。表 1-11 列出了车载倒车雷达传感器的选用原则与频率的选择。

表 1-11 车载倒车雷达传感器的选用原则与频率的选择

| 项目                       | 具体说明                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 倒车雷达传感器的展开与频率和距离之间的关系示意图 | <div></div> <div></div> <div>(a) 展开示意图</div> <div>(b) 频率和距离关系</div> |
| 选用原则                     | 倒车雷达传感器的展开示意图如图(a)所示。由于影响车载倒车雷达传感器性能的主要参数有外形尺寸和工作频率,故在进行选择时,应将这两项指标放在首要位置。对于外形尺寸,除了应根据实际车型进行选择外,还应结合其工作频率来综合兼顾进行考虑                                                                                                                         |
| 频率的选择                    | 倒车雷达传感器是整个倒车系统的关键部件,其工作频率依据所需要探测的距离及传感器的特性进行选择。一般来说,超声波能量与距离的平方成反比,故探测距离越远,反射回来的超声波能量越少,超声波的频率应根据使用要求来确定。超声波频率和距离之间的关系图(b)所示                                                                                                               |

1.4 应用于汽车上的传感器种类及其特点

目前,传感器在汽车自动控制中的作用越来越重要,应用越来越广泛,各种类型传感器的应用情况如下所述。

(1) 空气流量传感器

空气流量传感器的作用是把吸入发动机的空气量转换成电信号提供给电子控制单元

(ECU)，是确定基本喷油量的主要依据。表 1-12 中列出了空气流量传感器的类型及其特点。

表 1-12 空气流量传感器的类型及其特点

| 项目    | 具体说明                                                                                                                                                    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 翼片式   | 翼片式空气流量传感器属于体积流量型,该传感器结构简单、成本低,但由于其运动件翼片占据进气道的大量面积,从而降低了进气系统的流动性,增大了进气阻力,故现在已经较少使用                                                                      |
| 卡门漩涡式 | 卡门漩涡式空气流量传感器属于体积流量型,在丰田、三菱汽车上应用较多。该传感器具有体积小、重量轻、无磨损、进气道简单、进气阻力小、检测精度高、响应较快等特点,但成本较高,多用于高档轿车上                                                            |
| 热线式   | 热线式空气流量传感器属于质量流量型,可以直接检测进气空气的质量流量,不需要对进气温度与大气压力进行修正。由于该传感器没有运动件,进气阻力小、响应特性较好,可正确检测出急减速时空气的进气量,故应用较广泛                                                    |
| 热膜式   | 热膜式空气流量传感器属于质量流量型,由美国通用公司开发研制,在通用与日本五十铃公司生产的车辆上被广泛应用。该传感器的工作原理和热线式传感器基本相同,仅是把发热体的热线改成热膜(由发热金属铂固定在薄的树脂膜上构成)。这种结构可使发热体不直接承受空气流动所产生的阻力,从而使强度增加,也提高了工作时的可靠性 |

(2) 发动机温度传感器

发动机温度传感器的作用是把气体或液体的温度变化情况转换成电信号提供给 ECU。表 1-13 中列出了发动机温度传感器的类型及其特点。

表 1-13 发动机温度传感器的类型及其特点

| 项目      | 具体说明                                                                                            |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 水温传感器   | 发动机冷却水温传感器安装在气缸体上,用于检测发动机冷却水的温度信息,并将该信息转换为电信号后提供给发动机电子控制单元(ECU)                                 |
| 进气温度传感器 | 发动机进气温度传感器在 L 型 EFI 系统中安装在空气流量传感器上,而在 D 型 EFI 系统中则安装在空气滤清器的外壳内或稳压罐内,为发动机电子控制单元(ECU)提供发动机进气温度的信息 |
| 燃油温度传感器 | 燃油温度传感器用于柴油发动机电子控制分配泵燃油喷射系统中,用于向发动机电子控制单元(ECU)提供燃油温度的信息,以便实现喷油量的精确控制                            |

(3) 位置及速度传感器

节气门位置传感器、曲轴位置传感器、车速传感器、加速踏板位置传感器用于为 ECU 提供各种位置信息。表 1-14 中列出了这几种传感器的类型及其特点。

表 1-14 节气门位置传感器、曲轴位置传感器、车速传感器、加速踏板位置传感器的类型及其特点

| 项目        | 具体说明                                                                                                                                                                              |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 节气门位置传感器  | 节气门位置传感器安装在节气门体上,可同时将节气门开度、怠速、大负荷等信息转换成电信号后提供给 ECU。节气门位置传感器有线性输出型与开关量输出型两种。相比较而言,后者检测性能较差,但结构简单,价格便宜。有的 EFI 系统同时安装了上述两种类型的节气门位置传感器,用开关量输出型传感器检测发动机怠速与全负荷状态;而使用线性输出型传感器来检测全程节气门的开度 |
| 曲轴位置传感器   | 曲轴位置传感器用于向 ECU 提供发动机曲轴转角位置信号、活塞行程位置信号以及发动机转速信号。有磁电式、光电式与霍尔式三种类型。前两种通常安装在分电器内和分电器一起转动,后一种安装在曲轴前端。由于磁电式传感器与霍尔式传感器抗干扰能力强、高速时识别能力好,故被广泛应用                                             |
| 车速传感器     | 车速传感器安装在变速器输出轴或主减速器上,为电子控制单元(ECU)提供汽车速度信号,该传感器的结构、原理与曲轴位置传感器十分相似                                                                                                                  |
| 加速踏板位置传感器 | 加速踏板(油门踏板)位置传感器通常用于直喷式发动机上,为 ECU 提供负荷大小,负荷范围,加、减速的信息,ECU 根据这些信息来决定发动机燃烧成层区(直喷式发动机的燃烧形式有成层燃烧和均匀燃烧两种)的喷油量                                                                           |

(4) 排气净化类传感器

排气净化类传感器用于把排气中的有关信息转换成电信号提供给 ECU。表 1-15 中列出