

前 言

汽车网络控制系统检修是中职汽车专业的一门拓展课程，本教材就是特别为中职汽车专业师生编写的。

本教材充分考虑了中职学生的特点，把教材分成两部分。一部分是学习工作页，用来指导学生学习并进行考核评价。学习工作页包括任务描述、学习目标、学习准备、计划与实施、评价与反馈等栏目，对学生提出问题，让其带着问题去学习，然后完成相关任务。另一部分是学习参考，包含本课程所要学习的全部内容，学生可通过查阅获得相关知识。这样有利于激发学生的学习兴趣，培养学生的自主学习能力，为以后走向工作岗位打下坚实的基础。

本教材在编写过程中注重突出专业特色，采用汽车院校教学和实训中普遍使用的大众系列轿车和丰田系列轿车作为汽车网络控制系统的教学实例，为学生学习专业课程提供了更好的实车训练。

本教材通俗易懂、图文并茂，既可作为中职院校汽车及相关专业教材，也可供相关人员参考。

本教材的主要内容包括汽车车载网络系统的认识和检查、高速 CAN 总线的认识和检修、低速 CAN 总线的认识和检修、LIN-BUS 数据总线的认识和检修、丰田锐志 BEAN 车身电子局域网络的故障检修、MOST 光纤网络的认识和故障检修。

由于编者水平所限，教材中难免存在不妥之处，敬请读者朋友批评指正。

编 者

目 录

学习工作页

学习单元一 汽车车载网络系统的认识和检查	/ 2
学习任务一 汽车车载网络系统的基本认识	/ 2
学习任务二 迈腾轿车车载网络系统的认识和检查	/ 10
学习任务三 奥迪轿车车载网络系统的认识和检查	/ 15
学习单元二 高速CAN总线的认识和检修	/ 24
学习任务一 高速 CAN-BUS 总线的认识	/ 24
学习任务二 高速 CAN-BUS 总线的检修	/ 30
学习单元三 低速CAN总线的认识和检修	/ 38
学习任务一 低速 CAN-BUS 总线的认识	/ 38
学习任务二 低速 CAN-BUS 总线的检修	/ 43
学习单元四 LIN-BUS数据总线的认识和检修	/ 52
学习任务一 LIN-BUS 数据总线的认识	/ 52
学习任务二 LIN-BUS 数据总线的检修	/ 58
学习单元五 丰田锐志BEAN车身电子局域网络的检修	/ 65
学习任务 丰田锐志 BEAN 车身电子局域网络的检修	/ 65
学习单元六 MOST光纤网络的认识和检修	/ 75
学习任务一 MOST 光纤网络的认识	/ 75
学习任务二 奥迪汽车 MOST 光纤网络的检修	/ 80

学习参考

学习单元一 汽车车载网络系统的认识和检查	/ 86
学习任务一 汽车车载网络系统的基本认识	/ 86
学习任务二 迈腾轿车车载网络系统的认识和检查	/ 108
学习任务三 奥迪轿车车载网络系统的认识和检查	/ 127
学习单元二 高速CAN总线的认识和检修	/ 148
学习任务一 高速 CAN-BUS 总线的认识	/ 148
学习任务二 高速 CAN-BUS 总线的检修	/ 161
学习单元三 低速CAN总线的认识和检修	/ 180
学习任务一 低速 CAN-BUS 总线的认识	/ 180
学习任务二 低速 CAN-BUS 总线的检修	/ 185
学习单元四 LIN-BUS数据总线的认识和检修	/ 199
学习任务一 LIN-BUS 数据总线的认识	/ 199
学习任务二 LIN-BUS 数据总线的检修	/ 209
学习单元五 丰田锐志BEAN车身电子局域网络的检修	/ 216
学习任务 丰田锐志 BEAN 车身电子局域网络的检修	/ 216
学习单元六 MOST光纤网络的认识和检修	/ 264
学习任务一 MOST 光纤网络的认识	/ 264
学习任务二 奥迪汽车 MOST 光纤网络的检修	/ 278
部分参考答案	/ 291
参考文献	/ 293

学习工作页

学习单元一 汽车车载网络系统的认识和检查

由于对现代汽车电子控制技术的要求日渐增长，车载网络系统应运而生，各大汽车生产厂家都先后应用了此技术。通过本单元的学习，学生应能准确讲述车载网络系统的应用背景、汽车数据传输总线的特点；能简述车载网络系统的发展过程；能准确描述汽车车载网络系统的常用术语；能在常见车辆上找到车载网络系统的组成部件；能正确说出几种常用的局域网拓扑结构类型；能正确表述车载网络系统的分类和协议标准；在常用车辆上能找到典型车载网络系统结构的位置；能通过常见车型的某一系统来准确讲述车载网络系统的信息共享；能正确叙述车载网络的睡眠模式和唤醒模式；能在迈腾轿车上找到网络系统各组成的分布位置，并能结合实车的系统讲述车载网络系统的控制过程；能在奥迪 A6 轿车上找到车载网络系统各组成的分布位置，并能结合实车的系统讲述车载网络系统的控制过程。

本单元的学习任务可以分为

- ★ 学习任务一 汽车车载网络系统的基本认识
- ★ 学习任务二 迈腾轿车车载网络系统的认识和检查
- ★ 学习任务三 奥迪轿车车载网络系统的认识和检查

学习任务一 汽车车载网络系统的基本认识

[任务描述]

一款大众宝来轿车出现后电动门窗不工作的故障，进入维修厂进行维修。经过长时间的检测都无法确定故障点的位置。由于宝来轿车装备了车载网络系统为车辆控制提供通信服务，电动门窗控制就是通过车载网络通信进行控制的，根据你所掌握的汽车车载网络系统的基本知识，借助汽车维修资料和维修工具，排除电动门窗不工作的故障。

[学习目标]

1. 能正确讲述车载网络系统的应用背景及目前的应用情况。

- 2. 能准确叙述车载网络系统常用的基本术语。
- 3. 能正确说出车载网络标准的分类和各类标准的应用情况。
- 4. 能在汽车上正确连接诊断仪器并读取车载网络系统组成的数据。

▲ 建议学时：6

[学习准备]

一、知识内容

- 1. 车载网络系统的应用背景及应用情况（查阅“学习参考”中的学习单元一学习任务一）。
- 2. 车载网络系统常用的基本术语（查阅“学习参考”中的学习单元一学习任务一）。
- 3. 车载网络标准的分类及各类标准的应用情况（查阅“学习参考”中的学习单元一学习任务一）。
- 4. 故障诊断仪器的连接和数据的读取（查阅“学习参考”中的学习单元一学习任务一）。

找出任务描述中的关键词（宝来轿车、后电动门窗、不工作），通过查阅“学习参考”和相关维修手册，整理出执行该任务所需要的知识点和技能点，并填入表 1-1-1 中。

表 1-1-1

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
技能点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

二、学习场境

一体化车间。

三、学习设备

宝来轿车、故障诊断仪、原厂维修手册、维修工具等。

[计划与实施]

一、现场感受任务描述中的故障现象，观摩教师查阅手册、查找部件安装位置并予以拆卸检查，最终排除故障的操作过程。

二、在教师的引导下分组，以小组为单位学习相关知识，并完成下列知识工作页的填写。

1. 比较汽车传统的信号传输方式和车载网络系统进行信号传输的不同，并描述车载网络系统进行信号传输的优点。

2. 汽车车载网络系统常用术语释义。

(1) 局域网：

(2) 模块 / 节点：

(3) 数据总线：

(4) 多路传输：

(5) 比特率：

(6) 数据帧:

(7) 传输仲裁:

(8) 网关:

(9) 网络:

3. 车载网络分类及各类的应用情况:

A 类:

B 类:

C 类:

D 类:

E 类:

4. 汽车车载网络系统的组成:

5. 局域网常用的拓扑结构:

6. 通信协议的三要素:

7. 根据图 1-1-1 中车载网络控制系统的组成来描述各系统的工作特点。

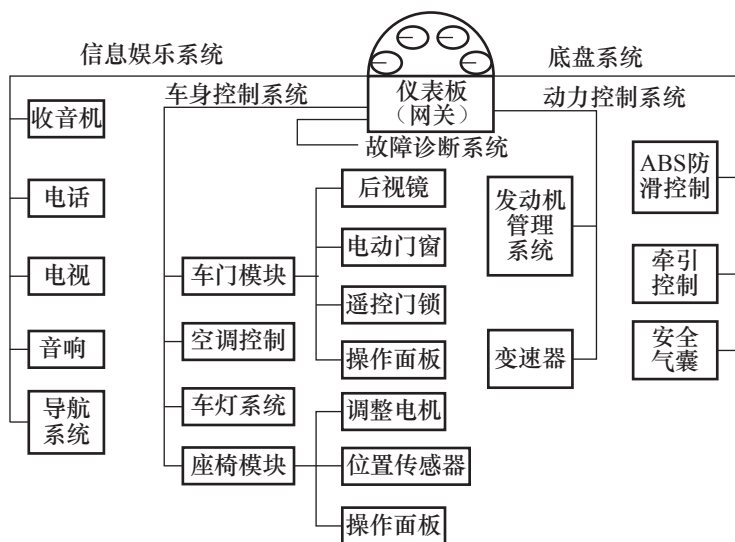


图 1-1-1

三、在教师的引导下，以小组为单位学习相关技能，并完成下列技能工作页的填写。

1. 根据图 1-1-2 的提示，在轿车上找到故障诊断接口，查阅维修手册并借助万用表共同验证各个诊断接口端子的含义，并填入表 1-1-2 中。

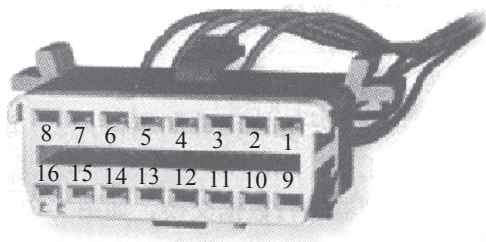


图 1-1-2

表 1-1-2

针脚号	对应的线束	针脚号	对应的线束
1		9	
2		10	
3		11	
4		12	
5		13	
6		14	
7		15	
8		16	

2. 根据图 1-1-3 的提示，连接诊断仪器，读取各个控制单元的数据，并填入表 1-1-3 中。

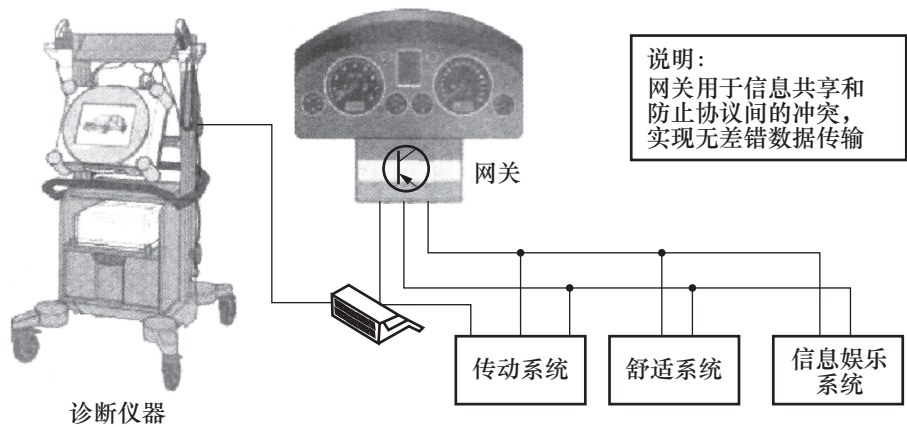


图 1-1-3

表 1-1-3

控制单元名称	读取控制单元信息

[评价与反馈]

学习效果评价

(一) 判断题

1. 从图 1-1-4 和图 1-1-5 可以看出, 汽车通信系统属于车载网络信号传输系统。()



图 1-1-4

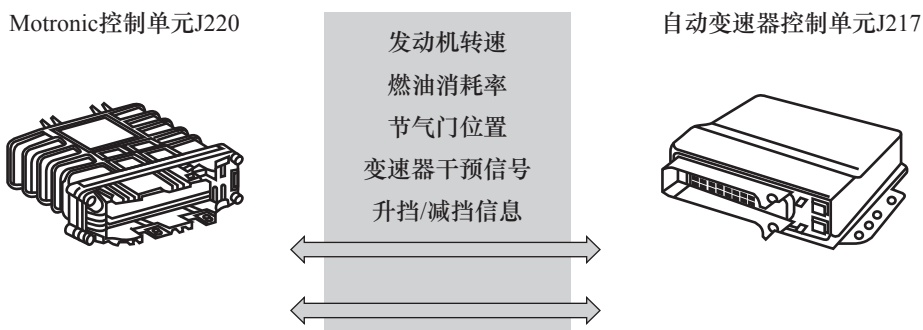


图 1-1-5

2. 网关是汽车车载通信网络的核心, 通过它可以实现各条总线上信息的共享以及实现汽车内部的网络管理和故障诊断功能。()

(二) 选择题

1. 下列关于车载网络系统的叙述, 不正确的是()。
- A. 车身系统的控制单元对实时性要求低而数量众多, 使用低速的总线连接
 - B. 动力与传动系统的受控对象直接关系到汽车的行驶状态, 使用高速的总线连接
 - C. 汽车局域网系统数据传输速度一般在 10~100kbps 范围内, 传输距离在几千米范围内
2. 下列关于车载局域网系统的叙述, 正确的是()。
- A. 数据总线一条数据线上传递的信号不能被多个系统(控制单元)共享, 从而限制系统的整体效率
 - B. 网关实际上就是一种模块, 它工作的好坏决定了不同的总线、模块和网络相互

间通信的好坏

- C. 一个由 CAN 总线构成的单一网络中，理论上可以挂接无数个节点
3. 下列关于车载局域网系统传输媒体的叙述，不正确的是()。
- A. 双绞线成本较低，传输距离较远，非常适合汽车网络的情况
- B. 双绞线与同轴电缆相比，它可以提供较高的吞吐量，连接较多的设备，跨越更大的距离
- C. 光纤的数据传输速度比较高，传输距离较远

(三)实践考核

更换一辆在用轿车，学生按照技术要求找出诊断接口的安装位置，连接诊断设备，读取控制单元的数据，并填写学生实践记录表。

表 1-1-4 学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里程数	
实践项目		实践设备	
实践流程			
结果分析			
自我评价			
组员评价			
教师评价	优秀☐ 良好☐ 合格☐ 不合格☐ 教师签名：年 月 日		

学习参考

学习单元一 汽车车载网络系统的认识和检查

学习任务一 汽车车载网络系统的基本认识

一、车载网络的应用背景

1. 线束的变化

由于现代汽车电子控制技术的要求日渐增长，在电子控制装置 ECU 增加的同时，电器配线和信号配线也越来越多，许多汽车的线束质量和线束直径已分别达到甚至超过 40kg 和 60mm。图 2-1-1 列出了近几十年间导线长度及插接件数量的变化情况。由于导线太多，越来越难以将其安装到隐藏的位置，从而造成线路复杂、故障率增加、工作可靠性下降、维修困难。因此，为了简化线路、提高各控制电脑之间的通信速度、降低故障率，汽车车载网络系统应运而生，各大汽车生产厂家都先后应用了此技术。车载电控系统经历了中央电脑集中控制、多电脑分散控制和网络控制三个阶段，应用车载网络的车辆与没有应用车载网络的车辆线束对比如图 2-1-2 所示。

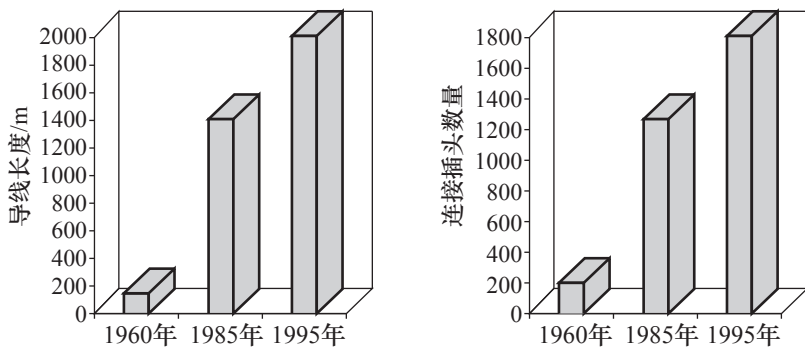


图 2-1-1 近几十年导线长度及插接件数量的变化情况



图 2-1-2 汽车电控系统的发展

2. 汽车数据传输总线介绍

(1) 数据传输总线

所谓数据传输总线，就是指在一条数据线上传递的信号可以被多个系统共享，从而最大限度地提高系统的整体效率，充分利用有限的资源。例如，常见的电脑键盘有 104 位键，可以发出 100 多个不同的指令，但键盘与主机之间的数据连接线却只有 7 根，键盘正是依靠这 7 根数据连接线上不同的数字电压信号组合（编码信号）来传递按键信息的。如果把这种方式应用在汽车电控系统上，就可以大大简化目前的汽车电路。可以用不同的编码信号来表示不同的开关动作，当信号解码后，根据指令接通或断开对应的用电设备（前照灯、刮水器、电动座椅等）。这样，就能将过去一线一用的专线制改为一线多用制，大大减少了汽车上电线的数目，缩小了线束的直径。当然，数据传输总线还将计算机技术融入整个汽车系统中，加速了汽车智能化的发展。

在汽车上，传统的信息传递方式采用并行数据传输方式，每项信息均需独立的数据线来完成，即有几个信号就要有几条信号传输线。例如，宝来轿车发动机电控单元 J220 与自动变速器电控单元 J217 之间就需要 5 条信号传输线，如图 2-1-3 所示。如果传递的信号项目多，则需要更多的信号传输线。采用传输总线后，只需要 1 根或 2 根传输线即可，如图 2-1-4 所示。而且能更好地实现在各控制系统之间调整通信、交流信息、协调控制、共享资源，完成对汽车性能的精确控制。

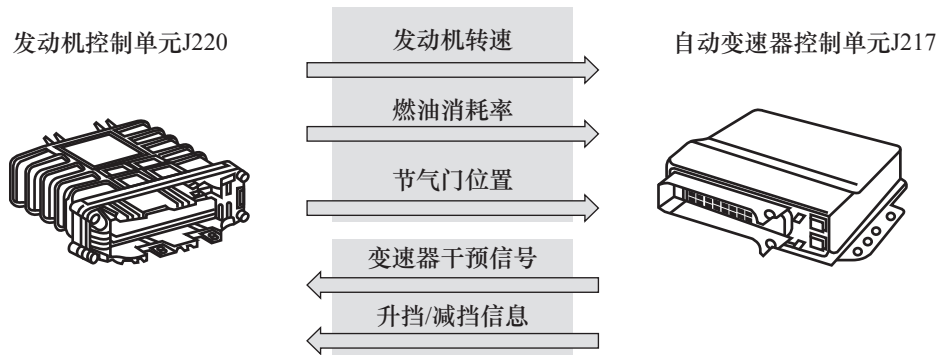


图 2-1-3 传统信号传递方式

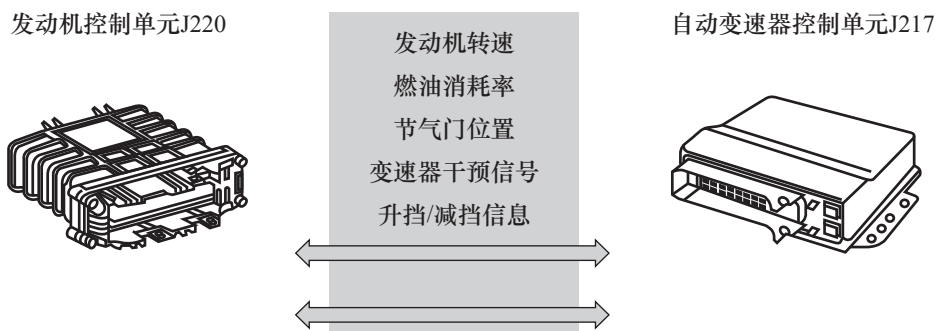


图 2-1-4 数字总线信号传递方式

在传统控制电路中，各种控制信号都属于平行关系，互相之间并联，每个信号都有专属的信号线，因此，如果需要传输多个信号，就需要多根线。而在车载网络系统中采取基于串行数据总线体系结构，能将各种信号按照内部程序转换为各种数据后，通过一条线或两条线，每个比特（bit）一个一个地被传输进行串行通信，在其通信线上传送“0”“1”数字信号。如图 2-1-5 所示，A 电脑读取 4 个开关信号状态，将其转换为“0110”的数据传送给 B 电脑，B 电脑收到后将其解出，即可知道现在 1、4 开关断开，2、3 开关接通。

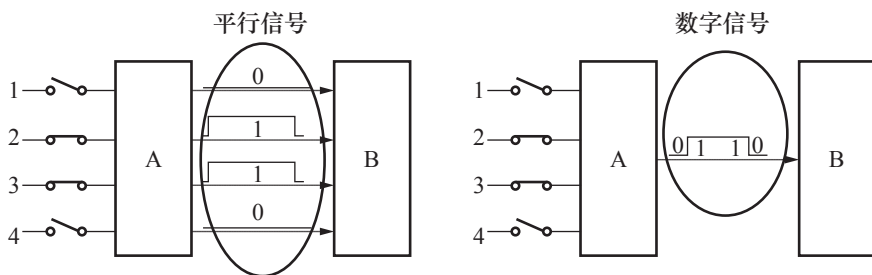


图 2-1-5 两种不同的信号

当数据中的字节有多位时，就能表达很多含义，在进行通信时就能通过多位数的不同的“0”“1”组合变化来传递信息。如表 2-1-1 所示，用 2 位数就可以表达 4 种意义，以此类推，有 n 位二进制数即可以有 2 的 n 次方种数据类型。

表 2-1-1 2 位二进制数字代表的含义

第一位数电压 /V	第二位数电压 /V	数据	水温 /℃
0	0	00	20
0	5	01	40
5	0	10	60
5	5	11	80

(2) 总线数据传输的要求

总线系统上并联有多个元件，这就要求整个系统满足以下要求。

①可靠性高 传输故障（无论是由内部还是外部引起的）应能准确识别出来。

②使用方便 如果某一控制单元出现故障，其余系统应尽可能保持原有功能，以便进行信息交换。

③数据密度大 所有控制单元在任一瞬时的信息状态均相同，这样就使得两控制单元之间不会有数据偏差。如果系统的某一处有故障，那么总线上所有连接的元件都会得到通知。

④数据传输快 连成网络的各元件之间的数据交换速率必须快，这样才能满足实时要求。

(3) 采用车载网络进行信号传输的优点

①简化线束，减轻质量，减少成本，减少尺寸，减少连接器的数量。

②可以进行设备间的通信，丰富了功能。

③通过信息共享，减少传感器信号的重复数量。

3. 车载网络系统的发展历史

从 1980 年起，汽车内开始装用网络。1983 年，丰田公司最早在汽车上采用了应用光缆的车门控制系统，实现了多个节点的连接通信。此系统采用了集中控制方法，车身 ECU 对各车门的门锁、电动玻璃窗进行控制，这是早期在汽车上采用的光缆系统，此后，在较长的一段时间里，其他公司并没有跟进采用光缆系统。

1986—1989 年，在车身系统上装用了利用铜线的网络，代表产品为日产公司的车门相关系统、GM 公司的车灯控制系统，并且这些系统在当时已经处于批量生产的阶段。

虽说这时的一些系统已经达到了可以正式生产的阶段，但是在这个时期出现了非常重要的事情，对现在来说也是如此：德国的 Robert Bosch 公司提出了汽车车载局域网（LAN）的基本协议，此协议为众所周知的控制器局域网（Controller Area Network, CAN）。目前控制系统局域网应用最广的标准就是 CAN。

接着，美国汽车工程学会（SAE）提出了 J1850。

此后，日本也提出了各种各样的网络方案，并且丰田、日产、三菱、本田和马自达公司都已经处于批量生产的阶段，但都没有统一为以车身为主的控制方法。

而在其他国家，特别是欧洲的厂家则采用 CAN，同时发表文章介绍采用大型 CAN 网络的车型。由于它们在控制系统上都可以采用 CAN，从而充分证明了 CAN 在此领域的先进性。

在美国，通过采用 SAE J1850 普及了数据共享系统，在 SAE 中也通过了 CAN 的标准，明确地表示将转向 CAN 协议。

2000 年以后，各厂商又发表了很多新标准。

二、常用术语释义

1. 局域网

局域网（Local Area Network，LAN）是在一个有限区域内连接的计算机网络。一般这个区域具有特定的职能，通过这个网络实现这个系统内的资源共享和信息通信。连接到网络上的节点可以是计算机、基于微处理器的应用系统或控制装置。局域网一般的数据传输速度在 105Mbps~1Gbps 范围内，传输距离在 250m 范围内，误码率低。汽车上的总线传输系统（车载网络）是一种局域网。

2. 模块 / 节点

模块是一种电子装置。简单一点的如温度和压力传感器，复杂的如计算机（微处理器）。连接在汽车车载网络系统中的控制单元模块被称为节点。

3. 数据总线

数据总线是模块间运行数据的通道，即所谓的信息高速公路，如图 2-1-6 所示。

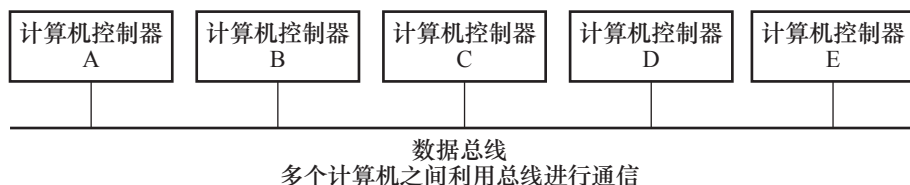


图 2-1-6 数据总线示意图

数据总线能实现在一条数据线上传输的信号被多个模块共享，从而最大限度地提高系统整体效率，充分利用资源。如果模块可以发送和接收数据，则这样的数据总线就称为双向数据总线。

汽车上的数据总线实际是一条导线或两条导线或光纤。当采用两条导线时，为抗电子干扰，就将它们绞在一起成为双绞线。各汽车制造商一直在设计各自的数据总线，如果不兼容，就称为专用数据总线；如果是按照某种国际标准设计的，就是非专用数据总线。

4. 多路传输

多路传输是指在同一通道或线路上同时传输多条信息。图 2-1-7 所示为常规线路与多路传输线路的对比。事实上，数据信息是依次传输的，但速度非常快，似乎就是

同时传输的。对一个人来说， $\frac{1}{10}$ s 算是非常快了，但是对一台运算速度相对较慢的计算机来说， $\frac{1}{10}$ s 却是很长的时间。如果将 $\frac{1}{10}$ s 分成若干段，许多单个的数据都能被传输——每一段传输一段，这就叫分时多路传输。

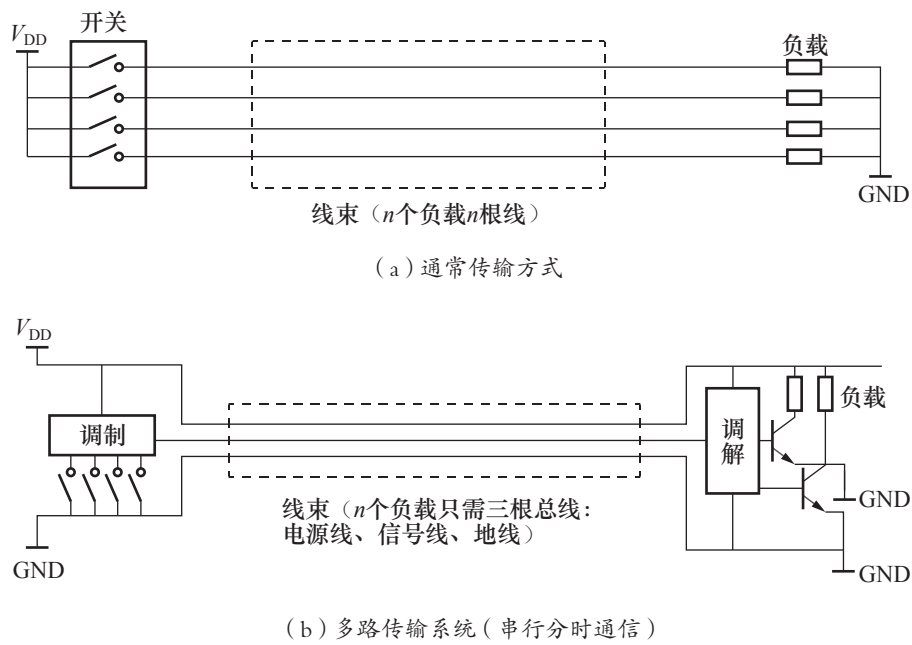


图 2-1-7 常规线路与多路传输线路的简单对比

常规线路比多路传输线路要简单得多，然而多路传输系统 ECU 之间所用的电线比常规的线路系统所用的导线少得多。ECU 可以触发仪表上的警告灯或故障指示灯等。由于多路传输可以通过一根线（数据总线）执行多个指令，因此可以增加许多功能装置。多路传输的界面如图 2-1-8 所示。

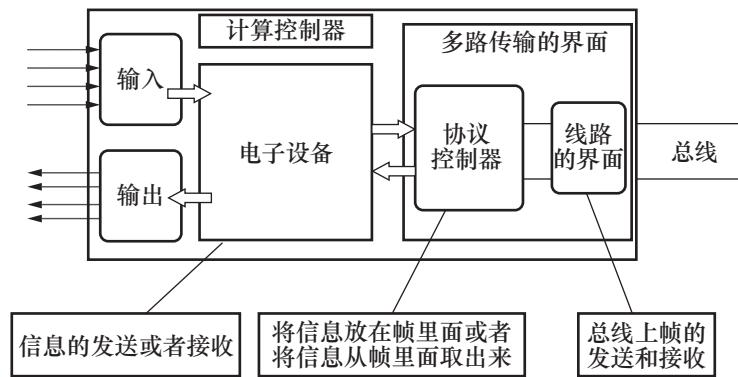


图 2-1-8 多路传输的界面

正如可把无线广播和移动电话的电波分为不同的频率，我们也可以同时传输不同

的数据流。随着现在和未来的汽车装备无线多路传输装置的增加,基于频率、幅值或其他方法的同时数据传输也成为可能。汽车上用的是单线或双线分时多路传输系统。

5. 比特率

比特率是指每秒传送的比特数,单位为 bps (bit per second),也可以表示为 bps,比特率越高,单位时间传送的数据量(位数)越大。计算机中的信息都用二进制的 0 和 1 来表示,其中每一个 0 或 1 被称作一个位,即 bit,用小写 b 表示。大写 B 表示 byte,即字节。一个字节等于 8 个位,即 $1B=8b$ 。一般都使用千字节(kB)来表示文件的大小。

6. 数据帧

为了可靠地传输数据,通常将原始数据分割成一定长度的数据单元,数据单元即称为数据帧。一帧内应包括同步信号(例如帧的开始与终止)、错误控制(各类检错码或纠错码,大多数采用检错重发的控制方式)、流量控制(协调发送方与接收方的速率)、控制信息、数据采集、寻址(在信道共享的情况下,保证每一帧都能正确地到达目的站,收方也能知道信息来自何站)等。数据帧的结构如图 2-1-9 所示。

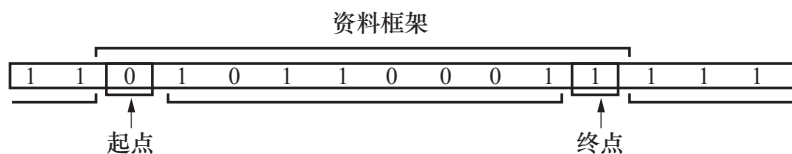


图 2-1-9 数据帧的结构

7. 数据仲裁

数据仲裁,即当出现数个使用者同时申请利用总线发送信息时,用于避免发生数据冲突的机构。仲裁可保证信息按其重要程度来发送。

8. 网关

因为车上用这么多总线和网络,所以必须用一种方法达到信息共享和不产生协议间的冲突。例如:车门打开时,发动机控制模块也许需要被唤醒。为了使采用不同协议及速度的数据总线间实现无差错数据传输,必须要用一种特殊功能的计算机,这种计算机就叫作网关。网关实际上就是一种模块,它工作的好坏决定了不同的总线、模块和网络相互通信的好坏。网关可以单独由一个模块充当(如奥迪 A8 轿车就有一个网关模块),也可以由别的模块兼顾(如帕萨特轿车就由仪表电脑充当网关)。有些车可能安装两个以上的网关。

网关是汽车车载通信网络的核心,通过它可以实现各条总线上信息的共享以及实现汽车内部的网络管理和故障诊断功能。网关连接示意图如图 2-1-10 所示。

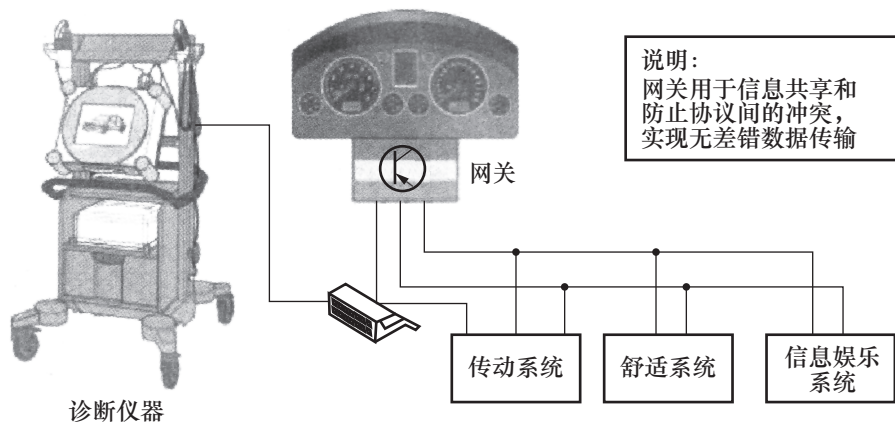


图 2-1-10 网关连接示意图

网关的功能：

- (1) 它可以把局域网上的数据转变成可以识别的 OBD-Ⅱ 诊断数据语言，方便诊断。
- (2) 它可以实现低速网络和高速网络的信息共享。
- (3) 与计算机中的网关作用是一样的，负责接收和发送消息。
- (4) 激活和监控局域网的工作状态。
- (5) 实现车辆数据的同步性。
- (6) 对信息标识符做翻译。

9. 网络

为了实现信息共享而把多条数据总线连在一起，或者把数据总线和模块当作一个系统。从物理意义上讲，汽车上许多模块和数据总线距离很近，因此被称为 LAN(局域网)。

三、汽车车载网络系统的组成

汽车车载网络系统的组成包含链路、拓扑结构和通信协议(MAC)三个部分，它们在很大程度上决定了可以传输的数据类型、通信速度、效率以及网络提供的应用种类。

1. 链路(传输媒体)

链路指网络信息传输的媒体，分为有线和无线两种类型，目前车上使用的大多数都是有线网络，通常用于局域网的传输媒体有双绞线、同轴电缆和光纤。表 2-1-2 列出了这三种传输媒体的特性。

表 2-1-2 双绞线、同轴电缆和光纤的主要特征

媒体	信号类型	最大数据传输速度 / Mbps	最大传输距离 / km	网络节点数
双绞线	数字	1~2	0.1	几十
同轴电缆 (50Ω)	数字	10	0.5	几百
同轴电缆 (75Ω)	数字	50	1	几千
光纤	模拟	100	1	几千

(1) 双绞线

双绞线是局域网中最普通的传输媒体，一般用于低速传输；双绞线的成本较低，传输距离较近，非常适合汽车网络的情况，也是汽车网络使用最多的传输媒体。双绞线的结构及传输示意图如图 2-1-11 所示，双绞线的数据传输原理如图 2-1-12 所示。

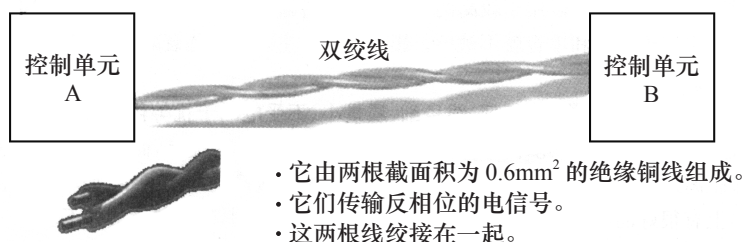


图 2-1-11 双绞线的结构及传输示意图

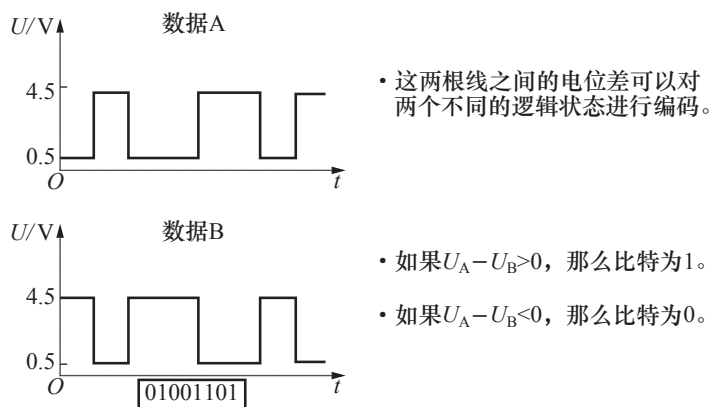


图 2-1-12 双绞线的数据传输原理

(2) 同轴电缆

同轴电缆的基本结构如图 2-1-13 所示。

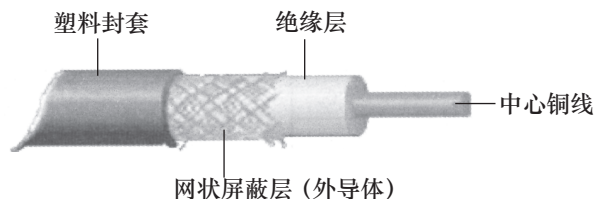


图 2-1-13 同轴电缆的基本结构

像双绞线一样，同轴电缆也由两个导体组成，但其结构不同。同轴电缆由内导体、外导体、绝缘介质和防护套四部分组成。外导体是整体的或金属编织的，内导体是整体的或多股的。用均匀排列的绝缘环或整体的绝缘材料将内部导体固定在合适的位置，外部导体用绝缘护套覆盖。几个同轴电缆线往往套在一个大的电缆内，有些里面还装有二芯双绞线或四芯线组，用于传输控制信号。同轴电缆的外导体是接地的，由于它的屏蔽作用，外界噪声很少进入其内。

同轴电缆可以满足较高性能的要求，与双绞线相比，它可以提高吞吐量，连接较多的设备，跨越更大的距离。同轴电缆可以传输模拟和数字信号。同轴电缆比双绞线有着优越的频率特性，因而可以用于较高的频率和数据传输率。与双绞线相比，由于其屏蔽的同轴心结构，同轴电缆对于干扰和串音不敏感。影响性能的主要因素是衰减、热噪声和交调噪声。

(3) 光纤

光纤具有传输容量大、损耗低、线径细、质量小、不受电磁干扰等优点，适合作为近程、中程以及远程的传输线路。光纤在电磁兼容性等方面有独特的优点，而且数据传输速度比较高，传输距离远，在汽车网络上，尤其在一些要求传输速度高的车载网络（如车上信息与多媒体网络）上有很好的应用前景。但由于其受到成本和技术限制，现在使用的并不多。

图 2-1-14 是目前已经实用化的一种多模光纤的结构。它由直径为 $50\sim 75\mu\text{m}$ 的玻璃纤芯线和适当厚度的玻璃包层构成。芯线的折射率 n_1 略大于包层的折射率 n_2 ，在芯与包层之间形成良好的光学界面。

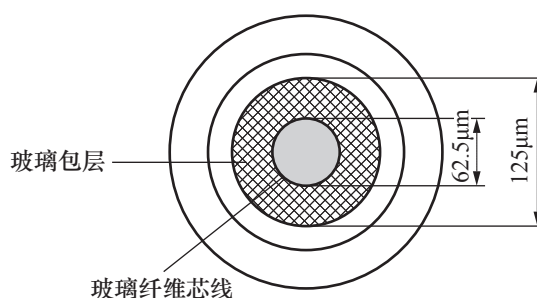


图 2-1-14 多模光纤的结构

光纤的正常传输过程如图 2-1-15 所示。当光以某一角度射到纤维端面时，光的传播情况取决于入射角的大小。

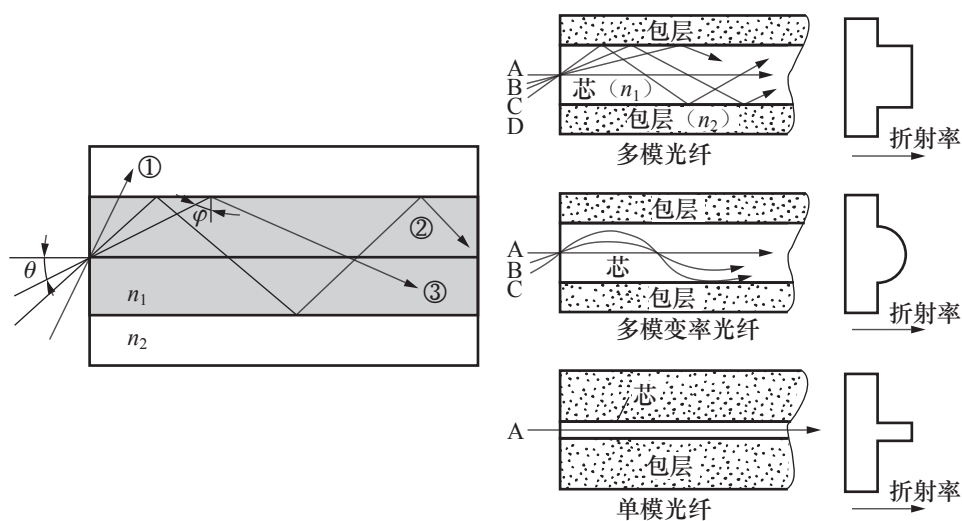


图 2-1-15 光纤的正常传输过程

2. 拓扑结构

所谓拓扑结构就是网络的物理连接方式。局域网的常用拓扑结构有 3 种：星型、总线型、环型。

(1) 星型网拓扑结构

星型网是指以一台被称为中心处理机为主组成的网络，各种类型的入网机均与该中心处理机的物理链路直接相连，因此，所有的网上传输信息均需通过该机转发。其结构如图 2-1-16 所示。

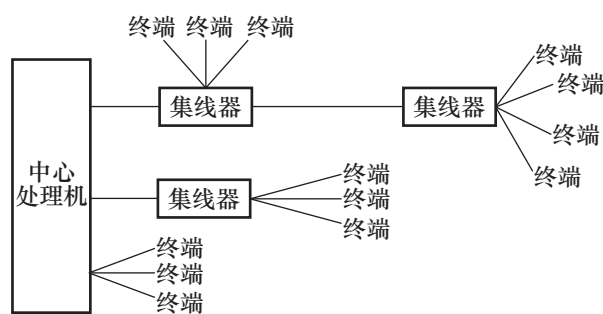


图 2-1-16 星型网拓扑结构

星型网的物理结构使其具有以下特点：由中心节点和从节点组成，中心节点可直接与从节点通信，而从节点间必须通过中心节点才能通信。

(2) 总线型网拓扑结构

总线型网是从计算机的总线访问控制发展而来的，它将所有的入网计算机通过分接头接入一条载波传输线上，网络拓扑结构就是一条传输线，如图 2-1-17 所示。

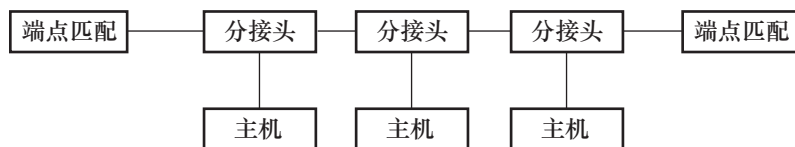


图 2-1-17 总线型网拓扑结构

由于所有的入网计算机共用一条传输信道，因此总线型网的一个特殊问题就是信道的访问控制权的分配，并由此产生一系列的处理机制。

总线型网的特点是：由于多台计算机共用一条传输线，所以信道利用率较高；同一时刻只能有两处网络节点在相互通信；网络延伸距离有限；网络容纳节点数受信道访问机制影响，因而是有限的。因此，总线型网适用于传输距离较短、地域有限的组网环境。目前，局域网多采用此种拓扑结构。

(3) 环型网拓扑结构

环型网通过一个转发器将每台入网计算机接入网络，每台转发器与相邻两台转发器用物理链路相连，所有转发器组成一个拓扑为环状的网络系统，如图 2-1-18 所示。

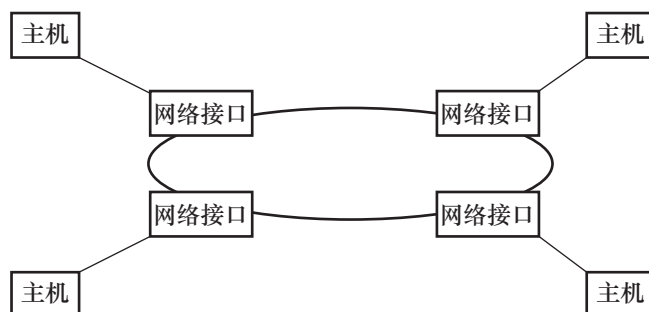


图 2-1-18 环型网拓扑结构

环型网由于其点一点通信的唯一性，不宜在广域范围内组建计算机网络。它是一种较为实用的局域网拓扑结构，尤其适用于实用性要求较高的环境。

环型网的特点是：由于一次通信信息在网中传输的最大时间是固定的，因此实时性较高；每个网上节点只与其他两个节点的物理链路直接互联，因此传输控制机制较为简单；一个节点出现故障可能会终止全网运行，因此可靠性较差；网络扩充需对全网进行拓扑和对访问控制机制进行调整，因此较为复杂。

3. 通信协议

通信协议是控制通信实体间有效完成信息交换的一组约定和规则。换句话说，想要交流成功，通信实体双方必须“说同样的语言”并按既定的控制法则来保证相互的配合。具体来讲，在通信内容、怎样通信及何时通信等方面，两个通信实体要相互遵从一组约定和规则，这些约定和规则的集合称为协议。大多数通信协议以及使用它们的

数据总线和网络都是专用的。因此,维修诊断时需要专门的软件。

通信协议的三要素:

(1) 语法

确定通信双方之间“如何讲”,即通信信息帧的格式。

(2) 语义

确定通信双方之间“讲什么”,即通信信息帧的数据和控制信息。

(3) 定时规则

确定事件传输的顺序以及速度匹配。

四、车载网络分类和协议标准

从 20 世纪 80 年代应用汽车车载网络系统以来,众多的汽车生产公司就积极致力于汽车网络技术的研究及应用,迄今为止已有多种网络标准发表并应用。目前存在的网络标准,按系统的复杂程度、通信速率、必要的动作响应速度、工作可靠性等方面的因素,美国汽车工程师协会(SAE)将其划分为 A、B、C、D、E 等 5 类。

A 类是面向传感器、执行器控制的低速网络,位速率通常小于 20kbps,主要用于后视镜调整、电动窗、灯光照明等车身低速控制。

B 类是面向独立模块间数据共享的中速网络,位速率一般在 10~125kbps,主要应用于车身电子舒适性模块、仪表显示等系统。

C 类是面向高速、实时闭环控制的多路传输网络,位速率一般在 125kbps~1Mbps,主要应用于牵引力 ASR 控制、发动机控制、ABS 控制等系统。

D 类是面向多媒体信息的高速传输网络,位速率一般在 1~100Mbps,主要应用于车载视频、音频、导航等系统。

E 类是面向乘员的安全系统高速、实时网络,位速率一般在 10Mbps 以上,主要应用于车辆被动性安全领域。

1. A 类网络标准

A 类网络是应用在控制模块与智能传感器或智能执行器之间的通信网络(子总线),例如,在大众迈腾轿车上面就运用了几个 A 类网络来控制智能雨刮、自动空调等系统,其特点是传输位速率低、成本低。

表 2-1-3 中的 A 类网络标准很多已经被淘汰,目前还在应用的主要是 LIN 协议、TTP/A 协议和丰田专用 BEAN 协议等。

表 2-1-3 A 类网络标准

名称	用户	应用场合	备注
UART (ALDL)	GM	多种场合	正在淘汰
Sinebue	GM	Audio	应用于无限操纵车轮控制
E & C	GM	娱乐媒体	正在淘汰
12C	Renault	极少使用	
J1708/J1587/J1922	T & B	多种场合	正逐步淘汰
CCD	Chrysler	传感器总线	正逐步淘汰
ACP	Ford	娱乐媒体	正在淘汰
BEAN	Toyota	车身控制	
LIN	许多公司	车身控制	由 LIN 协会开发
TTP/A	TTTech	智能传感器	由维也纳理工大学开发

(1) LIN 协议

A 类目前首选的网络标准是 LIN。目前大量的车型采用此协议标准为车载 A 类网络标准。LIN 是用于汽车分布式电控系统的一种新型低成本串行通信系统，它是一种基于 UART 的数据格式、主从结构的单线 12V 的总线通信系统，主要用于智能传感器和执行器的串行通信。

LIN 采用低成本的单线连接，传输速度可达 20kbps，它的媒体访问采用单主 / 多从的机制，不需要进行仲裁，在从节点中不需要晶体振荡器而能进行自同步，采用 8 位单片机，这极大地减少了硬件平台的成本。LIN 总线应用示例如图 2-1-19 所示。

(2) TTP/A 协议

最初由维也纳理工大学制定，为时间触发类型的网络协议，主要应用于集成了智能交换器的实时现场总线。它具有标准的 UART，能自动识别加入总线的主节点和从节点，节点在某段已知的时间内触发通信但不具备内部容错功能。

(3) BEAN 协议

BEAN (Body Electronic Area Network，车身电子局域网络)，是丰田汽车双向通信网络的专利。它是一种多总线车身电子局域网，由仪表板 BEAN 系统、转向柱 BEAN 系统和车门 BEAN 系统组成。最大传输速率为 10kbps，采用单线制，数据长度为 1~11 个字节。

2. B 类网络标准

表 2-1-4 为 B 类网络标准，从目前来看，主要应用的 B 类网络标准有三种：低速 CAN、J1850 和 VAN。低速 CAN 是 B 类的国际标准，以往广泛适用于美国车型的 J1850 正逐步被基于 CAN 总线的标准和协议所取代。低速 CAN (ISO 11898-3)、VAN、J1850 性能比较如表 2-1-5 所示。

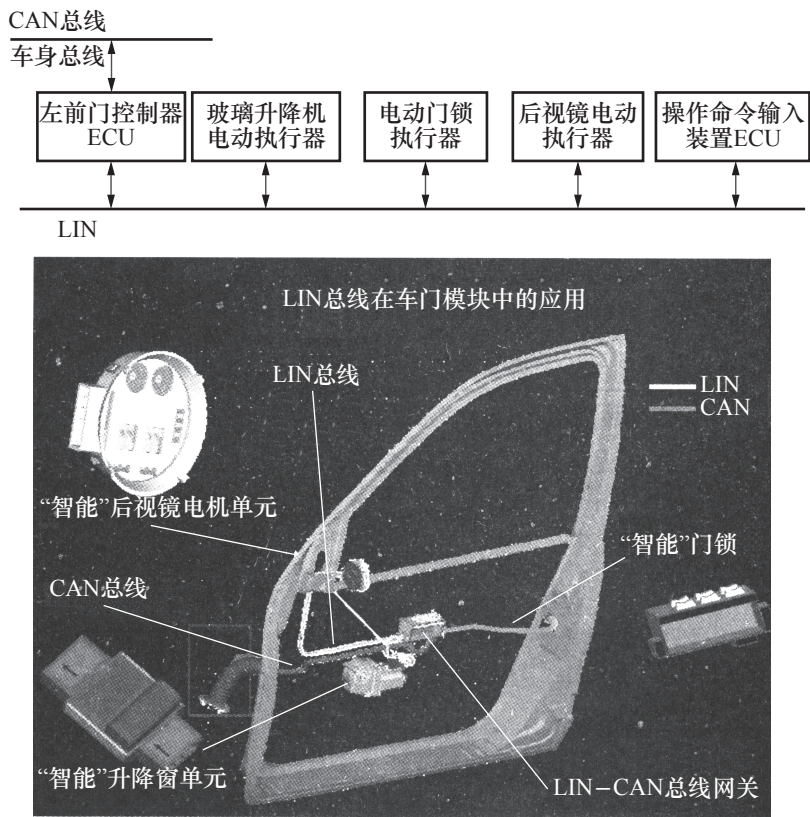


图 2-1-19 LIN 总线应用示例

表 2-1-4 B 类网络标准

名称	用户	应用场合	备注
J2284	GM, Ford, DC	多种场合	基于 ISO 11898、500kbps
低速 CAN	欧洲	车身系统控制	基于 ISO 11519, 也称为容错 CAN
J1939	T & B	多种场合	应用于卡车、大客车时为 250kbps
J1850	GM, Ford, Chrysler	多种场合	主要应用于北美汽车公司
VAN	Renault & PSA	车身控制	基于 ISO 11519-3、法国

表 2-1-5 B 类网络标准性能比较

比较内容	低速 CAN	VAN	J1850	
应用场合	控制、诊断	控制、诊断	通用、诊断	
传输介质	双绞线	双绞线、扁平线	单线	双绞线
位编码方式	NRZ	Manchester	VPW	PWM
介质访问方式	竞争	竞争	竞争	
位速率	10kbps~1Mbps	125kbps	10.4kbps	41.6kbps
数据字节	0~8	28	0~8	
节点成本	中	低	低	

(1) J1850

1994 年 SAE 正式将 J1850 作为 B 类网络标准协议。J1850 最早用在美国 Ford、GM 以及 Chrysler 公司的汽车中, J1850 协议作为诊断和数据共享被广泛地应用在汽车产品中。但是 J1850 并不是一个单一的标准。Ford 采用的 J1850 标准, 其物理层与 GM 和 Chrysler 公司采用的不同; 而 GM 和 Chrysler 公司在相同的物理层上又使用不同的数据帧格式, 并且三个公司使用各自的协议, 现在已停止使用, 全部转至 CAN 总线。

(2) 低速 CAN

CAN-BUS 是德国 Bosch 公司从 20 世纪 80 年代初, 为解决现代汽车中众多的控制单元之间数据交换问题, 以及控制单元与测试仪器之间的数据交换问题而开发的一种串行数据通信协议。

低速 CAN 是一种多主总线, 通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维, 目前车上主要使用双绞线, 通信速率可达 125kbps。1991 年首次在奔驰 S 系列汽车中实现。同年, Bosch 公司正式颁布了 CAN 技术规范, 版本 2.0。该技术规范包括了 A 和 B 两部分。1993 年 11 月, ISO 正式颁布了国际标准 ISO 11898, 为 CAN 的标准化、规范化铺平了道路。1994 年, 美国汽车工程师协会卡车和巴士控制与通信子协会选择 CAN 作为 J1939 标准的基础。低速 CAN 具有许多容错功能, 一般用在车身电子控制中。综上所述, CAN 总线凭借其突出的可靠性、实时性和灵活性已从众多总线中凸显出来, 成为被世界接受的 B 类总线的主流协议。

(3) VAN

VAN, 又称车辆局域网, 是现场总线的一种, 主要在法国车中应用, 由法国的雷诺汽车公司和标致集团联合开发。VAN 通信介质简单, 位传输速率可达 1Mbps (40m 内), 主要用于车身电子控制。

VAN 支持分布式实时控制的通信网络, 可广泛地应用于汽车门锁、电动车窗、空调、自动报警以及娱乐控制等系统。VAN 总线作为串行通信网络, 与一般总线相比, 其数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性。

3. C 类网络标准

由于高速总线系统主要用于与汽车安全相关, 以及实时性要求比较高的地方, 如动力系统等, 所以其传输速率高, 通常在 125kbps~1Mbps 之间, 支持实时的周期性的参数传输, 高速网络主要用于动力控制系统、电子制动系统等。C 类网络标准如表 2-1-6 所示。高速 CAN、FlexRay、TTP/C 性能比较如表 2-1-7 所示。

表 2-1-6 C 类网络标准

名称	用户	应用场合
高速 CAN	GM, 欧洲	实时控制
TTP/C	TTTech	实时控制 (X-by-Wire)
FlexRay	BMW, Motorola, Daimler-Chrysler	实时控制 (X-by-Wire)

表 2-1-7 C 类网络性能比较

比较内容	高速 CAN	FlexRay	TTP/C
应用场合	汽车、自动化领域、航空	X-by-Wire	对实时性要求严格的系统 (X-by-Wire)
信息传输	异步	异步或同步	同步
位编码方式	NRZ	NRZ	频率调制
介质访问方式	CSMA/CR	TDMA/FTDMA	TDMA
最大位速率	1Mbps	10Mbps	25Mbps
数据字节	0~8	0~246	0~236

(1) TTP/C 协议

TTP/C 协议是由维也纳理工大学研究的基于 TDMA 的访问方式。TTP/C 是一个应用于分布式实时控制系统的完整的通信协议,它能够支持多种容错策略,提供容错的时间同步以及广泛的错误检测机制,同时还提供节点的恢复和再整合功能。其采用光纤传输的工程化样品速度将达到 25Mbps。TTP/C 支持时间和事件触发的数据传输。TTP 管理组织成员包括 Audi、SA、Renault、NEC、TTChip、Delphi 等。

(2) FlexRay

FlexRay 是 BMW、Daimler-Chrysler、Motorola 和 Philips 等公司制定的功能强大的通信网络协议。它是基于 FTDMA 的确定性访问方式,具有容错功能及确定的通信消息传输时间,同时支持事件触发与时间触发通信,具备高速率通信能力。FlexRay 采用冗余备份的办法,对高速设备可以采用点对点方式与 FlexRay 总线控制器连接,构成星型结构,对低速网络可以采用类似 CAN 总线的方式连接。

(3) 高速 CAN

欧洲的汽车制造商基本上采用总线标准 ISO 11898。总线传输速率通常在 125kbps~1Mbps 之间。据 Strategy Analytics 公司统计,2008 年用在汽车上的 CAN 节点数目超过 7 亿个,已成为事实上的国际标准,在高速网络通信系统中应用得最为广泛。然而,作为一种事件驱动型总线,CAN 无法为下一代线控系统提供所需的容错功能或带宽,因为 X-by-Wire 系统(电传系统)实时性和可靠性要求都很高,必须采用时间触发的通信协议,如 TTP/C 和 FlexRay 等。

CAN 协议仍为 C 类网络协议的主流,但随着汽车中引进 X-by-Wire 系统,TTP/C 和 FlexRay 将显示出优势。它们之间的竞争还要持续一段时间,在未来的线控系统中,

到底哪一种标准更具有生命力尚难定论。

TTP/C 和 FlexRay 应用于 X-by-Wire 系统中，X-by-Wire 最初用在飞机控制系统中，称为电传控制，现在已经在飞机控制中得到广泛应用。由于目前对汽车容错能力和通信系统的高可靠性的需求日益增长，X-by-Wire 系统开始应用于汽车电子控制领域。X-by-Wire 技术将使传统的汽车机械系统（如刹车和驾驶系统）变成通过高速容错通信总线与高性能 CPU 相连的电气系统。

4. D 类网络标准（多媒体系统总线标准和协议）

汽车信息娱乐和远程信息设备，特别是汽车导航系统，需要功能强大的操作系统和连接能力。目前主要应用的几种 D 类网络标准如表 2-1-8 所示。

表 2-1-8 D 类网络标准

分类	名称协议	应用场合	传输介质	位速率	备注
低速	IDB-C	通信娱乐	双绞线	250kbps	基于 CAN 总线
高速	D2B	通信娱乐	双绞线 / 光纤	12Mbps	
	MOST	通信娱乐	光纤	25Mbps	
	IDB-1394	PC 设备	光纤	90~393Mbps	
无线	蓝牙	PC 设备		2.4GHz	短距离射频技术

D 类网络标准分为三种类型，分别是低速、高速和无线，对应 SAE 的分类相应为 IDB-C、IDB-M 和 IDB-W，其传输速率为 250kbps~2.4GHz。

低速用于远程通信、诊断及通用信息传送，IDB-C 按 CAN 总线的格式以 250kbps 的位速率进行信息传送。由于其低成本的特性，早期的汽车多媒体网络多采用该模式，但一般不传输媒体信息，主要完成操作指令的传输。

高速主要用于实时的音频和视频通信，如 MP3、DVD 和 CD 等的播放，所使用的传输介质是光纤或双绞线，如 D2B、MOST 和 IDB-1394。

无线通信方面，采用蓝牙规范。

5. E 类网络标准（安全总线标准）

E 类网络标准主要应用于安全气囊系统，以连接气囊控制电脑、加速度计、安全传感器等装置，为被动安全提供最佳保障。

如 BMW 公司的 Byteflight。Byteflight 协议是由 BMW、Motorola、Elmos、Infineon 等公司共同开发的，试图用于安全保障系统。此协议基于灵活的时分多路 TDMA 协议，以 10Mbps 的速率传送数据，光纤可长达 43m。其结构能够保证以一段固定的等待时间专门用于来自安全元件的高优先级信息，而允许低优先级信息使用其余的时段。这种决定性的措施对安全是至关重要的。

Byteflight 不仅可以用于安全气囊系统的网络通信,还可用于 X-by-Wire 系统的通信和控制。BMW 公司在 2001 年 9 月推出的 BMW 7 系列的车型中,采用了一套名为 ISIS 的安全气囊控制系统,它是由 14 个传感器构成的网络,利用 Byteflight 来连接和收集前座保护气囊、后座保护气囊以及膝部保护气囊等安全装置的信号。在紧急情况下,中央电脑能够更快、更准确地决定不同位置的安全气囊的释放范围与时机,达到最佳的保护效果。

6. 诊断系统总线标准和协议

故障诊断是现代汽车必不可少的一项功能,使用诊断系统主要是为了满足 OBD-Ⅱ、OBD-Ⅲ或 E-OBD 标准。目前,汽车的故障诊断主要是通过一种专用的诊断通信系统来形成一套较为独立的诊断网络。

OBD-Ⅱ 随车电脑诊断系统,由美国汽车工程师协会于 1994 年提出。自 1994 年以来,美、日、欧一些主要汽车生产厂家为了维修方便逐渐使用 OBD-Ⅱ 随车电脑诊断系统。这一系统集成故障自诊断系统软硬件结构、故障代码、通信方式系统、自检测试模式为一体,具有监视发动机微机和排放系统部件的能力。

2004 年,美国 GM、Ford、DC 三大汽车公司对乘用车采用基于 CAN 的 J2480 诊断系统通信标准。在欧洲,从 2000 年开始,欧洲汽车厂商就已经开始使用一种基于 CAN 总线的诊断系统通信标准 ISO 15765。采用了 CAN 总线作为诊断总线后,需要使用 CAN 专用诊断头以连接车载控制单元。目前,除了 CAN 网络,LIN 协议也已经成为汽车诊断的总线标准。目前应用的主要诊断总线如表 2-1-9 所示。

表 2-1-9 各种诊断总线

协议标准	用户	备注
ISO 9141	欧洲	满足 OBD-Ⅲ
ISO 14230	欧洲	又称 Keyword Protocol 2000, 满足 OBD-Ⅱ
J1850	GM, Ford, DC	满足 OBD-Ⅱ
J2480	GM, Ford, DC	基于 CAN, 满足 OBD-Ⅲ
ISO 15765	欧洲	基于 CAN, 满足 E-OBD

7. 汽车网络的发展趋向

X-by-Wire, 即线控操作,是未来汽车的发展方向,在汽车上的实际应用如图 2-1-20 所示。该技术来源于飞机制造,基本思想就是用电子控制系统代替机械控制系统,减轻质量,提高可靠性,如 Steer-by-Wire、Brake-by-Wire 等。由于整个设计思想涉及动力、制动、方向控制等关键功能,对汽车网络也就提出了不同要求。在未来的 5~10 年里,X-by-Wire 技术将使传统的汽车机械系统变成通过高速容错通信总线与高性能 CPU 相连的电气系统。在一辆装备了综合驾驶辅助系统的汽车上,目前存在几种相互竞争的网

络技术,包括前文提到的 TTP、Byteflight 和 FlexRay 以及 TTCAN(时间触发的 CAN)。

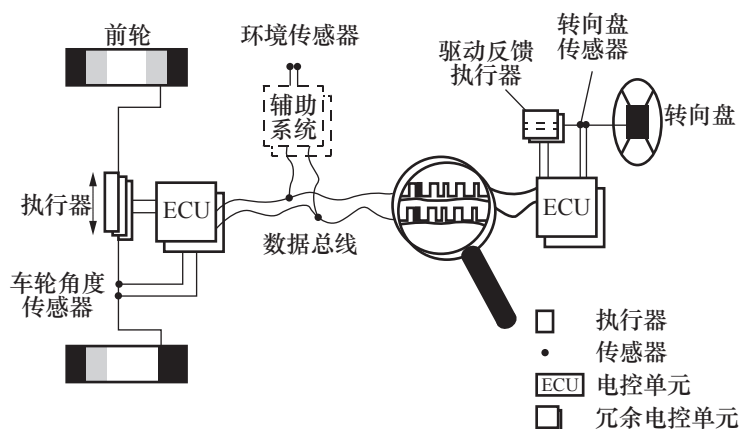


图 2-1-20 X-by-Wire 系统在汽车上的应用

五、典型车载网络系统的结构

随着汽车技术的发展,在汽车上采用的计算机微处理芯片数量越来越多,多个处理器之间相互连接、协调工作并共享信息构成了汽车车载电脑网络系统。出于成本、速率等因素的考虑,通常将车上的系统分为车身控制系统、动力控制系统、信息娱乐系统、故障诊断系统等,各控制系统根据其自身特点采用不同的总线,再将各总线用网关集成一个完整的车载网络。

车载网络控制系统通常采用多条不同速率的总线分别连接不同类型的节点,并使用网关服务器来实现整车的信息共享和网络管理,如图 2-1-21 所示。

车身控制系统的控制单元多为开关器件和低速电动机,对实时性要求低但数量众多,使用低速的总线连接这些电控单元,将这部分电控单元与汽车的驱动系统分开,有利于保证驱动系统通信的实时性。此外,采用低速总线还可增加传输距离,提高抗干扰能力以及降低硬件成本。

动力控制系统的受控对象直接关系汽车行驶状态,对通信实时性有较高的要求,因此使用高速的总线连接动力与传动系统。传感器组的各种状态信息可以用广播的形式在高速总线上发布,各节点可以在同一时刻根据自己的需要获取信息。这种方式最大限度地提高了通信的实时性。

信息娱乐系统对于通信速率的要求更高,一般在 2Mbps 以上,采用新型的多媒体总线连接车载媒体。这些新型的多媒体总线往往是基于光纤通信的,从而可以保证充足的带宽。

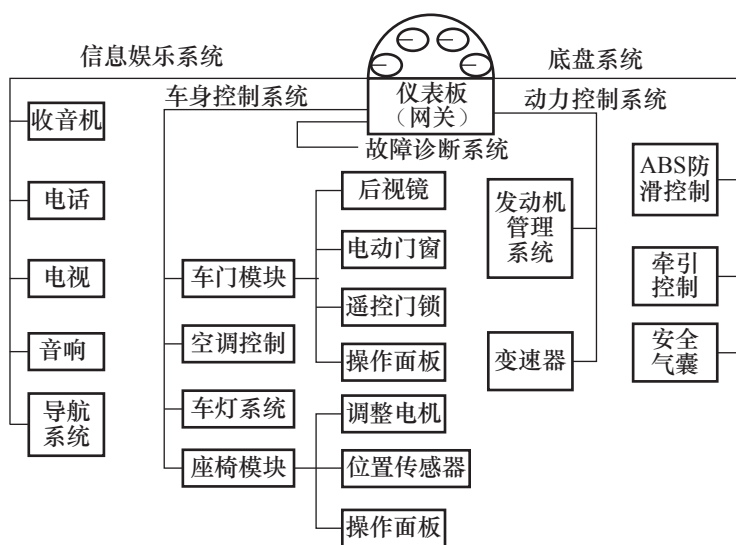


图 2-1-21 车载网络控制系统的组成

网关是汽车内部通信的核心，通过它可以实现各条总线上信息的共享以及汽车内部的网络管理和故障诊断功能。

故障诊断系统是将车用诊断仪器连接到车载通信网络上加以实现的。

六、分配功能（信息共享）

所谓分配功能是指为了某一功能，需要数个控制单元通过车载网络来进行数据交换才能达到目的的一种行为。我们只有看懂部件之间的总线连接以及分配功能，才有可能对汽车顺利完成故障查询。

1. 主导功能控制单元

在分配功能中，总有一个控制单元负责整个功能流程，这个控制单元称为主导功能控制单元（主控制单元），该控制单元收集所有的输入信息。由此而产生的请求随后被作为信息发送到数据总线上，相关的控制单元会读取这些请求信息，并操纵相应的电子部件。

2. 替代主导功能控制单元

在执行某些功能时，如果主导功能控制单元突然失效，那么会有一个控制单元来承担主导功能，它的任务是保证功能流程的顺利完成，必要时会在功能上做一些限制。

示例：刮水器 1 挡的功能（以奥迪 A6 轿车为例），如图 2-1-22 所示。

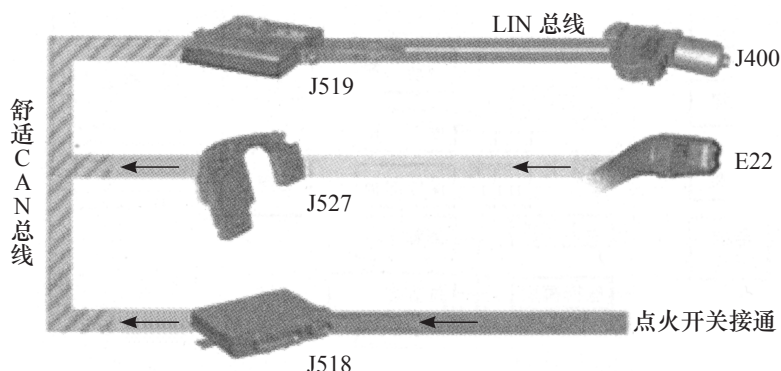


图 2-1-22 刮水器控制网络的结构

前提条件：

通过点火开关或高级钥匙（Advanced Key）来接通点火开关，这时使用和启动授权控制单元 J518 就会将接线柱 15 和 75x 的信息发送到舒适 CAN 总线上，需要接通点火开关才能启用的功能得到启用。

（1）间歇工作刮水器开关 E22 将“刮水器 1 挡”这个信息发送到转向柱电气控制单元 J527。

（2）J527 将“刮水器 1 挡”这个信息通过舒适 CAN 总线发送到车载电源控制单元 J519 上。

（3）J519 通过 LIN 总线将“刮水器 1 挡”这个信息发送到刮水器电动机控制单元 J400 上。

（4）J400 启动刮水器电动机。

七、网络管理

1. 睡眠模式

控制单元的睡眠模式是为了降低静电流消耗。由于功能分配，所有控制单元必须一起进入睡眠准备状态。首先，所有的控制单元发出睡眠准备结束信号（睡眠指示字位），总线将进入睡眠模式。

睡眠模式有以下两种类型。

（1）总线睡眠模式（总线静止）：正常情况车辆关闭大约 15min 总线进入睡眠模式。

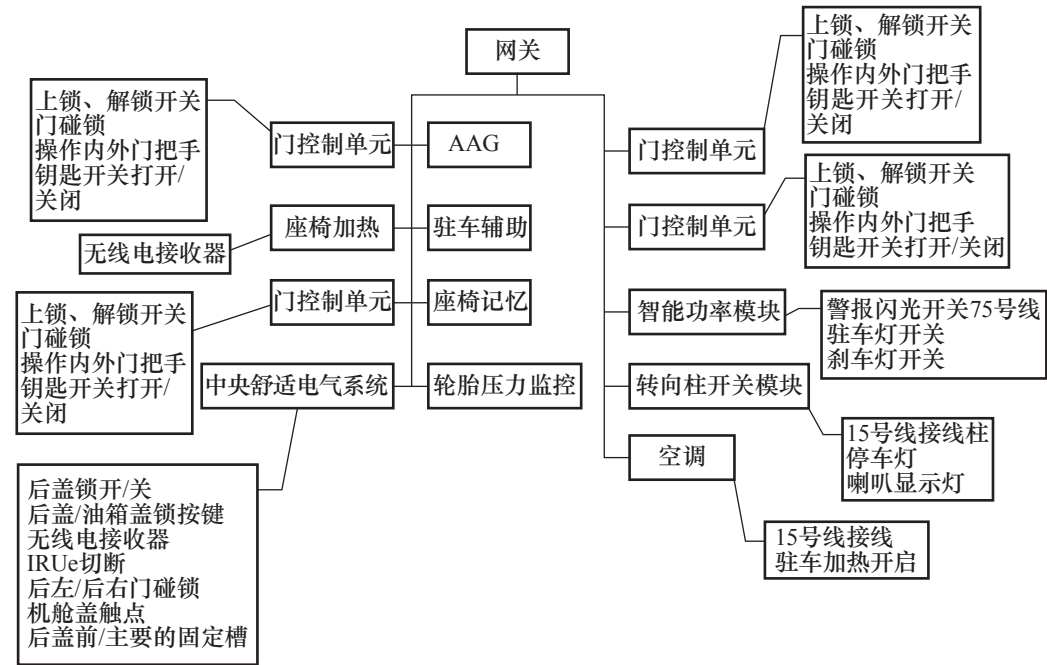
（2）控制单元睡眠模式（停止模式）：在车辆关闭 2h 后主处理器不再供电。

使用故障诊断仪读取车载网络系统各种测量数据块，可用于网络睡眠准备状态的检测，主要包括：

- (1) 哪些控制单元处于睡眠准备状态。
- (2) 哪些总线系统处于睡眠准备状态。

2. 唤醒模式

唤醒模式是指控制单元的唤醒阶段。由于功能共享，所有控制单元必须同时唤醒。总线唤醒功能是作为对总线指令或传感器的反应来实现的，通过对总线干扰实现强迫的唤醒功能。总线唤醒事由（以奥迪 A6 轿车为例）如图 2-1-23 所示。



唤醒模式有以下两种类型。

- (1) CAN 总线唤醒（从总线静止中醒来）。
- (2) 控制单元唤醒（从停止模式中醒来）。

学习任务二 迈腾轿车车载网络系统的认识和检查

一、迈腾轿车 CAN 总线系统网络

迈腾轿车总线系统网络包括动力总线、舒适总线、信息娱乐总线、诊断总线、仪表总线等，其拓扑图如图 2-1-24 所示。