

汽车总线系统概述

2.1 为什么要采用总线技术

总线控制系统既是一个开放的通信网络，又是一种全封闭的控制系统。它作为智能设备的联系纽带，把挂接在总线上称为节点的智能设备连接成网络，使之成为集控制、测量、诊断等的综合网络。

2.1.1 系统的必要性

1. 电控系统的引入显著提高了车辆的综合性能

自 20 世纪 50 年代汽车技术与电子技术开始结合以来，电子技术在汽车上的应用范围也越来越广。特别是 70 年代后，电子技术领域中集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路的发展，为汽车提供了速度快捷、功能强大、性能可靠、成本低廉的汽车电子控制系统（简称电控系统）。汽车电控系统极大地提高了汽车的经济性、安全性和舒适性，这些汽车电子技术在汽车工业上的广泛应用，能够很好地解决全球范围的汽车尾气排放环保问题和能源危机问题。

2. 电控元件的不断增加使得线束不断增加和庞大

随着电子技术的普遍应用，车辆控制单元的数目不断增多，相应的传感器和执行器的数目不断增多，同时车上的线路也越来越复杂。车上的有限空间根本不能满足汽车技术的发展。为改善汽车的性能而增加大量的电控系统，线束和插头的增加使得故障率越来越高。线束长度的飞速增加，使线束变得越来越庞大，见图 2-1。

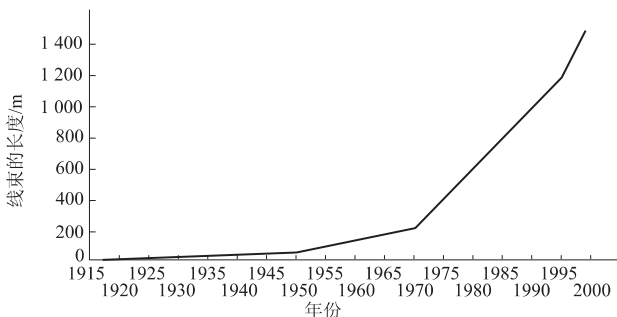


图 2-1 轿车线束不同年份增长图

2.1.2 采用总线技术的优点

1. 减轻整车重量

减少线束，部分线束变细，节省其他空间，单个线束所承载的功能增加。

2. 节约成本

线束减少，传感器共享，可以实现控制器和执行器的就近连接原则。

3. 质量可靠

插头减少，故障率减少，质量更可靠。

4. 减少装配时间

减少了装配步骤（比如：装配奥迪 A6 轿车时，方向盘模块减少 5 个，安装步骤减少 2 个）。

5. 增大开发余地

各控制器可以把整车功能相对随意地分担，新的功能和新技术可以通过软件进行更新。

2.1.3 总线技术的发展

1983 年，丰田汽车公司在世纪牌汽车上最早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。

1986—1989 年间，在车身系统上装配了铜线的网络。

GM 公司的车灯控制系统已经处于批量生产的阶段。

1983 年 Robert Bosch 公司开始开发汽车总线系统，德国的 Wolfhard Lawrenz 教授给这种新总线命名为 Controller Area Network，简称为 CAN 总线。

1986 年，在底特律汽车工程协会上，由 Bosch 公司研发的 CAN 总线系统通信方案获得认可。

1987 年，Intel 公司开发出了第一枚 CAN 的芯片 82526。Philips 公司很快也推出 82C200。

1993 年 11 月，国际标准化组织公布了 CAN 协议的国际标准 ISO11898 以及 ISO11519。

1992 年，奔驰公司作为第一个采用 CAN 总线技术的公司，将 CAN 总线系统装配在客车上。

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

随着汽车技术的发展，欧洲又以与 CAN 协议不同的思路提出了控制系统的新协议 TTP（Time Triggered Protocol），并在 X-by-Wire 系统上开始应用。

为了实现音响系统的数字化，建立了将音频数据与信号系统综合在一起的 AV 网络，因为这种网络需要将大容量的数据连续地输出，因此，在这种网络上将采用光缆。今后，当对汽车引入智能交通系统（ITS）时，由于要与车外交换数据，所以，在信息系统中将会采用更大容量的网络，例如 D2B 协议、MOST 及 IEEE1394 等。

主要车载网络的名称、概要、通信速度与组织、推动单位，见表 2-1。

表 2-1 主要车载网络基本情况

车载网络名称	概 要	通信速度	开发单位
CAN (Controller Area Network)	车身/动力传动系统控制用 LAN 协议, 最有可能成为世界标准的车用 LAN 协议	1 Mbit/s	Robert Bosch 公司 (开发), ISO
VAN (Vehicle Area Network)	车身系统控制用 LAN 协议, 以法国为中心	1 Mbit/s	ISO
J1850	车身系统控制用 LAN 协议, 以美国为中心	10.4 ~ 41.6 kbit/s	Ford Motor 公司
LIN (Local Interconnect Network)	车身系统控制用 LAN 协议, 液压组件专用	20 kbit/s	LIN 协议会
IDB - C (ITS Data Bus on CAN)	以 CAN 为基础的控制用 LAN 协议	250 kbit/s	IDM 论坛
TTP/C (Time Triggered Protocol by CAN)	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议, 时分多路复用 (TDMA)	2 Mbit/s 25 Mbit/s	TTT 计算机技术公司
TTCAN (Time Triggered CAN)	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议, 时间同步的 CAN	1 Mbit/s	Robert Bosch 公司, CAN
Byteflight	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议, 通用时分多路复用 (FTDMA)	10 Mbit/s	BMW 公司
Flex Ray	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议	5 Mbit/s	BMW 公司 Daimler-Chrysler 公司
D2B/Optical (Domestic Digital Bus/Optical)	音频系统通信协议 将 D2B 作为音频系统总线采用光通信	5.6 Mbit/s	C&C 公司
MOST (Media Oriented System Transport)	信息系统通信协议 以欧洲为中心, 由克莱斯勒与 BMW 公司推动	22.5 Mbit/s	MOST 合作组织
IEEE1394	信息系统通信协议 有转化成 IDB1394 的动向	100 Mbit/s	1394 工业协会

车上网络的应用不仅涉及汽车上各电子装置的硬件连接, 网络相关软件也必然成为每个电控单元软件中的一部分。汽车上软件系统很快就会成为一个相对独立的部分, 它与汽车上电子系统的关系会逐渐发展成像现在计算机软件与硬件系统的关系一样。那时, 汽车上的应

用系统将可以直接调用嵌入式操作系统中的网络功能服务程序和其他一些通用服务功能软件，这些软件的设计也会变得像发动机设计、底盘设计及车身设计等一样重要。

2.2 总线系统信息传输及总体构成

2.2.1 总线系统信息传输

总线系统的信息一般采用多路传输。所谓多路传输也叫时分复用技术 TDM (Time-Division Multiplexing)，是将不同的信号相互交织在不同的时间段内，沿着同一个信道传输。在接收端再用某种方法，将各个时间段内的信号提取出来还原成原始信号的通信技术，见图 2-2 多路传输原理图。

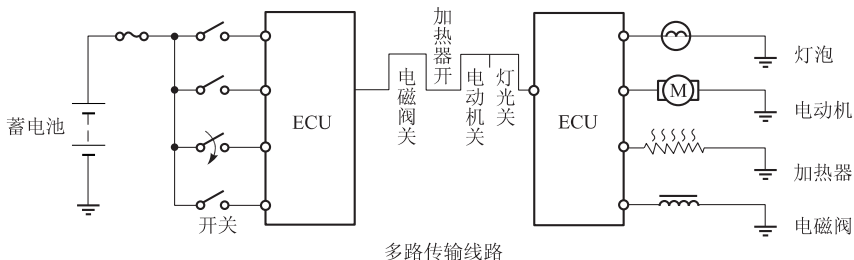


图 2-2 多路传输原理图

为了提高通信系统信道的利用率，语音信号的传输往往采用多路复用技术通信的方式。这里所谓的多路复用通信方式，通常是指：在一个信道上同时传输多个语音信号的技术，有时也将这种技术简称为复用技术。复用技术有多种工作方式，例如时分复用、时分多址、波分复用、频分复用等。

时分复用是建立在抽样定理基础上的。抽样定理使连续（模拟）的基带信号有可能被在时间上离散出现的抽样脉冲值所代替。这样，当抽样脉冲占据较短时间时，在抽样脉冲之间就留出了时间空隙，利用这种空隙便可以传输其他信号的抽样值。因此，这就有可能沿一条信道同时传送若干个基带信号。

时分多址 TDMA (Time Division Multiple Address) 多址技术就是要使众多的客户公用公共通信信道所采用的一种技术，是把时间分割成周期性的帧，每一帧再分割成若干个时隙（无论帧或时隙都是互不重叠的），再根据一定的时隙分配原则，使各个移动台在每帧内只能按指定的时隙向基站发送信号，在满足定时和同步的条件下，基站可以分别在各时隙中接收到各移动台的信号而不互相干扰。同时，基站发向多个移动台的信号都按顺序安排在预定的时隙中传输，各移动台只要在指定的时隙内接收，就能在合路的信号中把发给它的信号区分出来。

波分复用 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 是在同一光纤里同时传输不同波长信号的一种技术。这种技术能有效管理和增加现有光纤骨干的用量。

频分复用 FDM (Frequency Division Multiplexing) 就是将用于传输信道的总带宽划分成若干个子频带 (或称子信道), 每一个子信道传输一路信号。频分复用要求总频率宽度大于各个子信道频率之和, 同时, 为了保证各子信道中所传输的信号互不干扰, 应在各子信道之间设立隔离带, 这样就能保证各路信号互不干扰 (条件之一)。频分复用技术的特点是所有子信道传输的信号以并行的方式工作, 每一路信号传输时可不考虑传输时延, 因而频分复用技术得到了非常广泛的应用。

汽车上采用的是单线或双线时分复用多路传输系统。

2.2.2 总线系统构成

总线系统主要由控制单元、数据总线、网络、架构、通信协议、网关等组成。

1. 控制单元

控制单元 (ECU), 简单的如温度传感器和压力传感器, 控制单元是检测信号或进行信号处理的电子装置。

2. 数据总线

数据总线 (BUS) 是控制单元间运行数据传递的通道, 即所谓的信息 “高速公路”。如果一个控制单元可以通过总线发送数据, 又可以从总线接收数据, 则这样的数据总线就称之为双向数据总线。汽车上的数据总线实际是一条导线或两条导线。

高速数据总线及网络容易产生电磁干扰, 这种干扰会导致数据传输出错。数据总线有多种检错方法, 如检测一段特定数据的长度, 如果出错, 数据将重新传输, 这就会导致各系统的运行速度减慢。

解决的方法有: 使用价格高、功能更强大、结构更复杂的控制单元。可用双绞线 (见图 2-3, 为克莱斯勒 CCD 系统采用的双绞线数据总线), 它的数据传递是基于两条线的电压差。图上标示了所有进入发动机部位节点 (控制单元和总线的连接点) 的信息, 需要的话, 这些信息就会通过两条数据总线 (M1 和 M2) 从发动机控制单元节点传输出去。

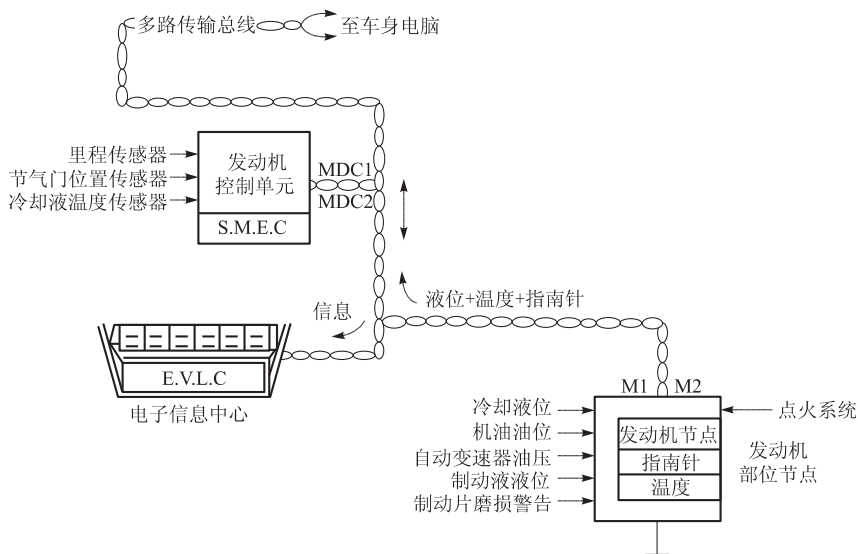


图 2-3 克莱斯勒 CCD 系统采用的双绞线数据总线

数据总线的速度通常用波特率来表示，波特率是每秒千字节数（kbit/s）

波特（Baud）：是指每秒钟信号的变化次数或者传输的字位数，得名于一位法国工程师的名字（Jean Baudot, Bd），CAN 总线的速度最大达到 1 MB/s。

并行通信中，传输速率是以每秒传送多少字节（B/s）来表示，而串行通信中，传输速率在基波传输的情况下（不加调制，以其固有的频率传送）以每秒钟传送的位数（bit/s）即波特率来表示。因此，1 波特 = 1 位/秒（B/s）。

最常用的标准波特率是 110、300、1 000、1 200、2 400、4 800、9 600 和 19 200 波特。CRT 终端能处理 9 600 波特的传输，打印机终端速度较慢，点阵式打印机一般也只能以 2 400 波特的速率来接收信号。

比特率：指每秒可传输的二进制位数。

通信线上所传输的字符数据是按位传送的，1 个字符由若干位组成。因此，每秒钟所传输的字符数即字符速率，字符速率和波特率是两种概念。在串行通信中，所说的传输速率是指波特率而不是指字符速率，两者的关系是：假如在某异步串行通信中传送 1 个字符，包括 1 个起始位，8 个数据位，1 个偶校验位，2 个停止位，若传输速率是 1 200 波特，那么，每秒所能传送的字符数是 $1\,200 / (1 + 8 + 1 + 2) = 100$ 个。

波特率和比特率的区别：

- ① 波特率指信号每秒的变化次数；比特率指每秒可传输的二进制位数。
- ② 在无调制的情况下，波特率精确等于比特率。采用调相技术时，波特率不等于比特率。

在汽车总线上一般不采用调相技术，波特率精确等于比特率，但它们是两种概念。

数字信道中，比特率是数字信号的传输速率，它用单位时间内传输的二进制代码的有效位数来表示，其单位为每秒比特数 bit/s、每秒千比特数（kbit/s）或每秒兆比特数（Mbit/s）来表示（此处 k 和 M 分别为 1 000 和 1 000 000，而不是涉及计算机存储器容量时的 1 024 和 1 048 576）。

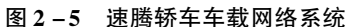
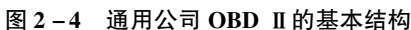
数据总线幅宽会影响数据传输的速度，32 位的数据传输量要比 8 位快 4 倍。传输速度快并不能说明一切，通用公司在其新型车 Brarada、Trailblazer、Envoy sport 的低速 OBD II 总线上采用了主/从架构。货车的车身控制单元是主控制模块，其他 17 个模块分别在不同的物理位置上。这些模块具有许多控制功能，如蓄电池缺电保护、自动空调控制、灯光控制、座椅控制、防盗控制、刮水器控制、喷淋控制、具有记忆功能的座椅、后视镜和门锁控制，还包括许多遥控的个性化调节装置。

见图 2-4，是通用公司 OBD II 的基本结构。从图上可以看出，所有的输入信号线和输出信号线都经过车辆控制模块，许多车还有一根总线连接 ABS 模块。车辆控制模块采用轮速信号作为车辆的速度输入信号，同时控制发动机和自动变速器，所以无须像其他车辆一样再用另一根总线和自动变速器控制模块连接。

3. 网络

局域网是在一个有限区域内连接的计算机网络，通过这个网络实现这个系统内的信息资源共享。局域网一般的数据传输速度为 105 kbit/s 左右，汽车上的总线传输系统（车载网络）是一种局域网。

见图 2-5，速腾轿车的总线和控制单元，几条数据总线又连接到局域网上，构成整个车载网络。



架构——信息高速公路（BUS）的配置，其输入和输出端规定了什么信息能进和什么信

息能出。如果指挥交通需要“警察”（一种特殊功能的芯片）的话，那么就要有“警局”，即模块的输入/输出端。架构通常包括1~2条线路，采用双线时数据的传输是基于两条线的电压差。当其中的一条线传输数据时，它对地有个参考电压。

数据总线及网络架构的其他重要特征包括：能一起工作的模块数量；可扩展性，无须大的改动就可增加新的模块；互交信息的种类；数据传输速度；可靠性或容错性（抗故障性）及数据交换的稳定与准确性；成本的高、低；架构的特定通信协议。

5. 通信协议

通信协议犹如交通规则，包括“交通标志”的制定方法。通信协议的标准蕴涵唤醒访问和握手。唤醒访问就是一个给模块的信号，这个模块为了节电而处于休眠状态。握手就是模块间的相互确认兼容并处于工作状态。作为汽车维修人员，并不关心通信协议本身，而真正关心的是它对汽车维修诊断的影响。为什么各汽车制造厂家都制定通信协议呢？通信协议本身取决于车辆要传输多少数据；要用多少模块；数据总线的传输速度要多快。大多数通信协议（以及使用它们的数据总线 and 网络）都是专用的，因此，维修诊断时需要专门的软件。

6. 网关

按照汽车装配的不同控制单元对总线系统性能要求的不同，汽车上的总线系统各有不同。图2-6为一汽迈腾轿车CAN-BUS数据总线，共设定了动力系统总线（驱动总线）、舒适系统总线、信息系统总线、仪表系统总线和诊断总线5个不同的区域。

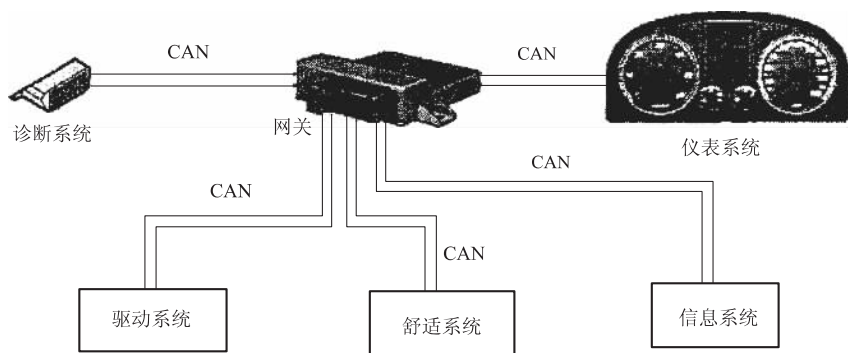


图2-6 一汽迈腾轿车CAN-BUS数据总线由网关连接的系统

（1）识别和改变不同总线网络的信号和速率

由于不同区域车载网络的速率和识别代号不同，因此，一个信号要从一个总线进入到另一个总线区域，必须把它的识别信号和速率进行改变，能够让另一个数据总线系统接受，这个任务由网关（Gateway）来完成。图2-6中，通过网关将5个系统联成网络，由于电压和电阻配置不同，所以在CAN动力数据总线和CAN舒适/信息数据总线之间无法进行耦合连接。另外这两种数据总线的传输速率是不同的，这就决定了它们无法使用不同的信号。这样，就需要在这两个系统之间能完成一个转换，这个转换过程也是通过网关来实现的。

（2）改变信息优先级

如车辆发生相撞事故，安全气囊控制单元会发出负加速度传感器的信号，这个信号的优

优先级在动力系统总线中是非常高的，但转到舒适系统车载网络后，网关调低了它的优先级，因为它在舒适系统中其功能只是打开车门和灯。

（3）网关可作为诊断接口

根据车辆的不同，网关可能安装在组合仪表内、车上供电控制单元内或在自己的网关控制单元内。由于通过 CAN 数据总线的所有信息都供网关使用，所以网关也用作诊断接口。

网关相当于站台（Gateway），见图 2-7，在站台 A 到达一列快车（CAN 驱动数据总线，500 kbit/s），车上有数百名旅客。在站台 B 已经有一辆慢车（CAN 舒适/信息数据总线，100 kbit/s）在等待，有一些乘客就换到这辆慢车上，而站台 B 上有一些乘客要换乘快车继续旅行。

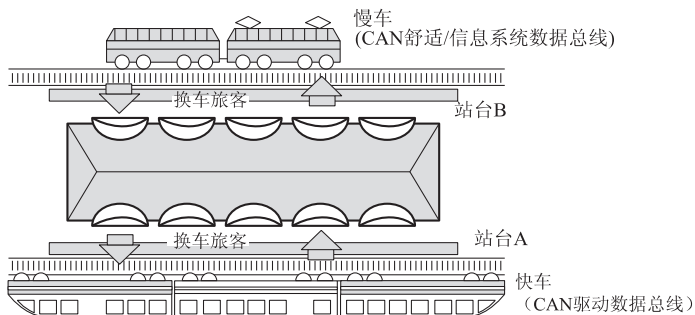


图 2-7 网关的功能

车站/站台的这种功能，即让旅客换车，以便通过速度不同的交通工具到达各自目的地的功能，与 CAN 驱动数据总线和 CAN 舒适/信息数据总线两系统网络的网关功能是相同的，网关的主要任务是使两个速度不同的系统之间能进行信息交换。

2.2.3 总线系统网络拓扑

拓扑的结构 TS（Topology Structure）是指网络节点的几何结构，即各个节点相互连接的方式，一般分为星形网络拓扑、环形网络拓扑、总线型网络拓扑结构。

1. 星形网络拓扑结构

星形网络拓扑见图 2-8，以 1 台中央处理器为中心，中央处理器与每台入网机器有 1 个物理连接链。其特点是结构简单，通信数据量较少，可以根据需要由中央处理器安排网络访问优先权或访问时间。缺点是中央处理器负载重，功能扩充困难，线路利用率低，当系统出现故障时容易影响中央处理器。由于汽车网络的应用目的之一就是简化线束，所以这种结构不可能成为整车网络的结构，但有可能在一个部件或总成上使用。

目前使用的星形网络拓扑按传输媒介可分为两类：一类是由普通导线传输数据，它的传输速率较低，抗干扰能力较差，一般用于控制精度较低的设备，如宝马轿车上自动空调系统的伺服电动机。另一类是由光纤传输数据，此类网络目前正被一些高档轿车广泛应用，它的传输速率较快，不会被电磁辐射等外界的干扰源干扰，可靠性强，信号衰减小，不存在短路和接地，如宝马 7 系列轿车被动安全系统的 Byteflight。下面就以 Byteflight 为例，对它的工作原理进行分析。

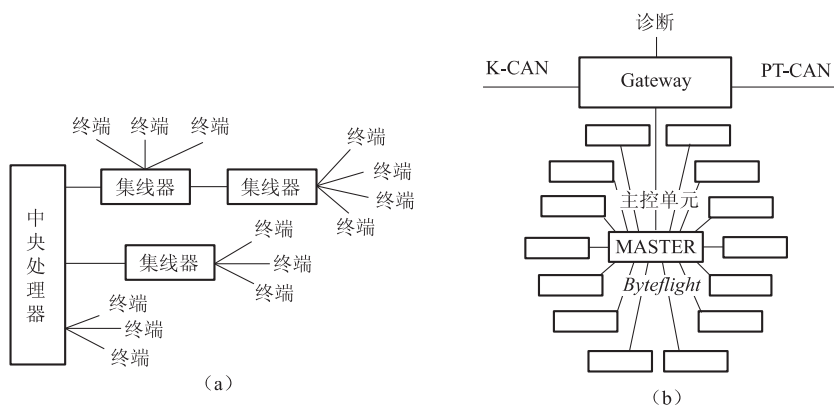


图 2-8 星形网络拓扑

(a) 星形网络拓扑示意图; (b) 宝马轿车安全系统星形网络拓扑结构

该系统是由 1 个主控单元，几个卫星式传感器，几个用于撞击识别、座椅占用识别的传感器以及用于激活安全气囊、安全带等保护系统的引爆执行器组成。当系统接通电源时，主控单元会分时访问网络覆盖的电控单元，并检测各电控单元的传感器和执行器是否工作正常。若某个电控单元出现故障，主控单元会切断出现故障的电控单元电源，使其退出工作并点亮故障指示灯，但其他安全电控单元依然可以正常工作。当系统接收到碰撞信号时，相关部位的卫星传感器将碰撞信息传送给主控单元，主控单元根据碰撞位置、强度发出相应的指令对气囊及其他安全装置进行引爆，以保护乘员安全。

2. 环形网络拓扑

图 2-9 为奥迪 A6、A8 轿车 MOST 总线环形网络拓扑结构。所谓环形拓扑是指电控单元通



图 2-9 奥迪 A6、A8 轿车 MOST 总线环形网络拓扑结构

过网络部件连到 1 个环行物理链路中,其优点是信息在网络中传输实时性好、传输数据量大及抗干扰能力强,每个节点只与其他两个节点有物理连接。缺点是 1 个节点故障可能影响整个网络,可靠性较差,网络扩充时要重新调整整个网络的排序,在增加功能时需添加电控单元,相对比较复杂。

3. 总线型网络拓扑

图 2-10 为大众轿车总线型网络拓扑结构,即所有的控制单元通过分接头接入一条载波传输线上,其特点是通信速率较高,分时访问优先权较前,网络长度和网络节点数会影响传输延时、电控单元驱动能力,所以适合传输距离较短、节点数不多的系统。汽车上的网络多采用这种结构,尤其是低端网络。

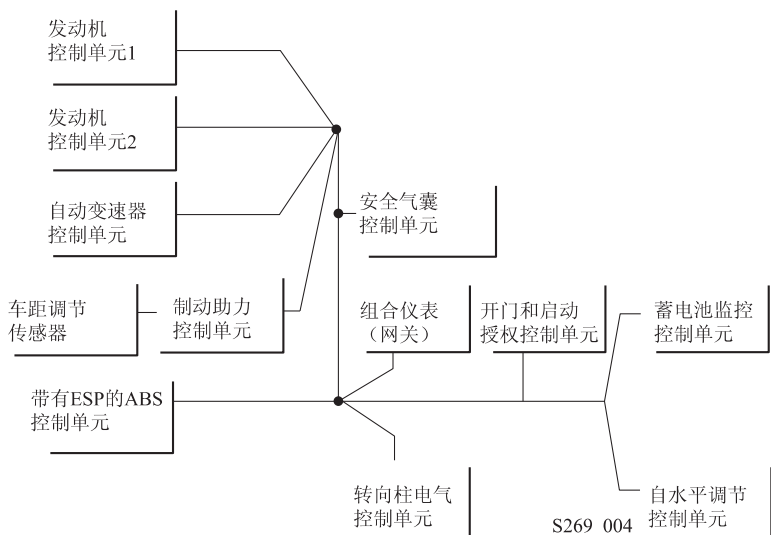


图 2-10 大众轿车 CAN 驱动数据总线实际网络拓扑结构图

2.3 汽车总线系统的类型和协议标准

2.3.1 汽车总线系统的类型

国际上众多知名汽车公司早在 20 世纪 80 年代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,其侧重的功能有所不同。

为方便研究和设计应用,美国汽车工程师学会 SAE (Society of Automotive Engineers) 车辆网络委员会按系统的复杂程度、信息量、必要的动作响应速度、可靠性要求等,将汽车数据多路传输网络划分为 A、B、C、D、E 五类。

A 类是面向传感器/执行器控制的低速网络,数据传输位速率通常小于 20 kbit/s,主要用于后视镜调整、电动窗、灯光照明等装置信号传输和控制。

B 类是面向独立模块间数据共享的中速网络, 位速率在 10 ~ 125 kbit/s, 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, 位速率在 125 kbit/s ~ 1 Mbit/s, X-by-Wire 系统传输速率可达 10 Mbit/s 以上, 主要用于牵引控制、先进发动机控制、ABS 控制等系统。

D 类是网络智能数据总线 IDB (Intelligent Data Bus) 协议, 主要面向信息、多媒体系统等, 根据 SAE 分类, IDB - C 为低速、IDB - M 为高速、IDB - Wireless 为无线通信, D 类网络协议的位速率在 250 kbit/s ~ 100 Mbit/s。

E 类网络主要面向乘员的安全系统, 应用于车辆被动安全性领域。

在今天的汽车中, 作为一种典型应用, 车体和舒适性控制模块都连接到 CAN 总线上, 并借助于 LIN 总线进行外围设备控制。而汽车高速控制系统, 通常会使用高速 CAN 总线连接在一起。远程信息处理和多媒体连接需要高速互连, 视频传输又需要同步数据流格式, 这些都可由 DDB (Domestic Digital Bus) 或 MOST (Media Oriented Systems Transport) 协议来实现, 无线通信则通过 Bluetooth 技术加以实现。

而在未来的 5 ~ 10 年里, TTP (Time Trigger Protocol) 和 Flex Ray 将使汽车发展成百分之百的电控系统, 完全不需要后备机械系统的支持。但是, 至今仍没有一个通信网络可以完全满足未来汽车的所有成本和性能要求。因此, 汽车制造商和 OEM (Original Equipment Manufacture) 商仍将继续采用多种协议 (包括 LIN、CAN 和 MOST 等), 以实现未来汽车上的联网。

2.3.2 A 类总线系统标准、协议

A 类的网络通信大部分采用 UART (Universal Asynchronous Reveiver Transmitter) 标准。UART 使用起来既简单又经济, 但随着技术的发展, 预计在今后几年中将会逐步在汽车通信系统中被停止使用。Toyota 公司制定的一种通信协议 BEAN (Body Electronics Area Network), 目前仍在其多种车型 (Clesior、Aristo、Prius 和 Celica) 中加以应用。

A 类目前首选的标准是 LIN。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 12 V 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, 而这正是 CAN 总线的带宽和功能所不要求的部分。由于目前尚未建立低端多路通信的汽车标准, 因此 LIN 正试图发展成为低成本的串行通信的行业标准。

LIN 的简化标准, 可以进一步降低汽车电子装置的开发、生产和服务费用。LIN 采用低成本的单线连接, 传输速度最高可达 20 kbit/s, 对于低端的大多数应用对象来说, 这个速度是可以接受的。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, 这极大地减少了硬件平台的成本。

在表 2-2 中, 给出了 LIN 总线以及下列其他各类典型汽车总线标准、协议特性和参数。

表 2-2 各类典型汽车总线标准、协议特性和参数

类别	A 类	B 类	C 类	诊断	多媒体	X-by-Wire	安全
名称	LIN	ISO11519-2	ISO11898 (SAE J1939)	ISO15765	D2B (MOST)	Flexray	Safety Bus
所属机构	Motorola	ISO/SAE	ISO/TMC - ATA	ISO	Philips	BMW&DC	Delphi
用途	智能传感器	控制、诊断	控制、诊断	诊断	数据流控制	电传控制	安全气囊
介质	单根线	双绞线	双绞线	双绞线	光纤	双线	双线
位编码	NRZ	NRZ-5	NRZ-5	NRZ	Biphase	NRZ	RTZ
媒体访问	主/从	竞争	竞争	TESTER/ SLAVE	TOKEN RING	FTDMA	主/从
错误检测	8 位 CS	CRC	CRC	CRC	CRC	CRC	CRC
数据长度	8 字节	0~8 字节	8 字节	0~8 字节		12 字节	24~39 字节
位速率	20 kbit/s	10 ~ 1 250 kbit/s	1 Mbit/s (250 kbit/s)	250 kbit/s	12 Mbit/s (25 Mbit/s)	5 Mbit/s	500 kbit/s
总线最大长度	40 m	40 m (典型)	40 m	40 m	无限制	无限制	未定
最大节点数	16	32	30 (STP) 10 (UTP)	32	24	64	64
成本	低	中	中	中	高	中	中

2.3.3 B 类总线系统标准、协议

B 类中的国际标准是 CAN 总线。CAN 总线是德国 Bosch 公司在 20 世纪 80 年代初,为解决现代汽车中众多的控制与测试仪器之间的数据交换而开发的一种串行数据通信协议。它是一种多主总线,通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维,通信速率可达 1 Mbit/s。CAN 总线通信接口中集成了 CAN 协议的物理层和数据链路层功能,可完成对通信数据的成帧处理,包括位填充、数据块编码、循环冗余检验、优先级判别等工作。CAN 协议的一个最大特点是废除了传统的站地址编码,而之以对通信数据块进行编码,最多可标识 2 048 (2.0 A) 个或 5 亿 (2.0 B) 多个数据块。采用这种方法可使网络内的节点个数在理论上受到限制。数据段长度最多为 8 个字节,不会占用总线时间过长,从而保证了通信的实时性。CAN 协议采用 CRC 检验并可提供相应的错误处理功能,保证了数据通信的可靠性。

B 类标准采用的是 ISO11898,传输速率在 100 kbit/s 左右。对于欧洲的各大汽车公司,从 1992 年起一直采用 ISO11898,所使用的传输速率范围从 47.6 kbit/s 到 500 kbit/s 不等。

近年来,基于 ISO11519 容错的 CAN 总线标准在欧洲各种车型中开始得到广泛的使用,ISO11519-2 的容错低速双线 CAN 总线接口标准在轿车中也得到普遍的应用,它的物理层

比 ISO11898 要慢一些,同时成本也高一些,但是它的故障检测能力却非常突出。与此同时,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。

2.3.4 C 类总线系统标准、协议

高速总线系统主要用于和汽车安全相关的实时性要求比较高的汽车系统上,如动力系统等,所以其传输速率比较高。根据传统的 SAE 的分类,该部分属于 C 类总线标准,其传输速率通常在 125 kbit/s ~ 1 Mbit/s,必须支持实时的、周期性的参数传输。目前,随着汽车网络技术的发展,未来将会使用到具有高速、实时传输特性的一些总线标准和协议,包括采用时间触发通信的 X-by-Wire 系统总线标准和用于安全气囊控制和通信的总线标准、协议。

1. C 类总线系统标准、协议

在 C 类标准中,欧洲的汽车制造商基本上采用的都是高速通信的 CAN 总线标准 ISO11898。而 J1939 是货车及其拖车、大客车、建筑设备以及农业设备使用的标准,是用来支持分布在车辆各个不同位置的电控单元之间实现实时闭环控制功能的高速通信标准,其数据传输速率为 250 kbit/s。GM 公司已开始在所有的车型上使用其专属的所谓 GM LAN 总线标准,它是一种基于 CAN 的传输速率在 500 kbit/s 的通信标准。

ISO11898 针对汽车(轿车)电控单元(ECU)之间,通信传输速率大于 125 kbit/s,最高 1 Mbit/s 时,使用控制器局域网络构建数字信息交换的相关特性进行了详细的规定。

2. 安全总线和标准

安全总线主要是用于安全气囊系统,以连接减速度传感器(碰撞传感器)、安全传感器等装置,为被动安全提供保障。目前,已有一些公司研制出了相关的总线和协议,包括 Delphi 公司的 Safety Bus 和 BMW 公司的 Byteflight 等。

Byteflight 主要以 BMW 公司为中心制订,数据传输速率为 10 Mbit/s,光纤可长达 43 m。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 月推出的新款 BMW 7 系列车型中,采用了一套名为 ISIS(Intelligent Safety Integrated System)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,中央电控单元能够更快、更准确地决定不同位置的安全气囊的展开范围与时机,发挥最佳的保护效果。

3. X-by-Wire 总线标准、协议

X-by-Wire 最初是用于飞机控制系统中,称为线传控制系统,现在已经在飞机控制中得到广泛应用。日本阿尔卑斯电气公司开发成功了一种可设置多种操作的“触感(Haptic)技术”的线传控制(X-by-Wire)系统,驾驶部分的触感来自方向盘、变速杆和刹车踏板,可以通过电子仪器让驾驶者感觉路面的情况。例如,在凹凸不平的道路上行驶时,手柄传递凹凸感;在坡道上行驶时,通过增减刹车踏板阻力传递坡道的坡度。对于实际车辆,设想通过采用触感技术的方向盘、变速杆和刹车踏板等,向驾驶员传递符合道路和操作状况的驾驶感觉,或在危险情况下发出警告。此次开发的系统,目前只是一种面向汽车厂商的提案,力争 2010 年以后达到实用水平。

为了提供这些系统之间的安全通信,就需要一个高速、容错和时间触发的通信协议。目前,这一类总线标准主要有 TTP、Byteflight 和 Flex Ray。

TTP（时间触发协议）是一种汽车自动驾驶应用系统，由维也纳理工大学的 H. Kopetz 教授开发，是欧洲委员会资助的项目。TTP 创立了大量汽车 X-by-Wire 控制系统，如驾驶控制和制动控制。TTP 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，提供了容错的时间同步以及广泛的错误检测机制，同时还提供了节点的恢复和再整合功能，其采用光纤传输速度将达到 25 Mbit/s。

BMW 公司的 Byteflight 可用于 X-by-Wire 系统的网络通信。Byteflight 的特点是既能满足某些高优先级消息需要时间触发，以保证确定延迟的要求，又能满足某些消息需要事件触发，需要中断处理的要求。但其他汽车制造商目前并无意使用 Byteflight，而计划采用另一种规格——Flex Ray。这是一种新的、特别适合下一代汽车应用的网络通信系统，它采用 FTDMA（Flexible Time Division Multiple Access）的确定性访问方式，具有容错功能和确定的消息传输时间，能够满足汽车控制系统的高速率通信要求。BMW、Daimler-Chrysler、Motorola 和 Philips 联合开发和建立了这个 Flex Ray 标准，GM 公司也加入了 Flex Ray 联盟，成为其核心成员，共同致力于开发汽车分布式控制系统中高速总线系统的标准。该标准不仅提高了一致性、可靠性、竞争力和效率，而且还简化了开发和使用，并降低了成本。

4. 诊断系统总线标准、协议

故障诊断是现代汽车必不可少的一项功能，诊断的目的主要是为了满足 OBD - II（ON Board Diagnose）、OBD - III 或 E - OBD（European - On Board Diagnose）标准。目前，许多汽车生产厂商都采用 ISO14230（Keyword Protocol 2000）作为诊断系统的通信标准，它满足 OBD - II 和 OBD - III 的要求。在欧洲，以往诊断系统中使用的是 ISO9141，它是一种基于 UART 的诊断标准，满足 OBD - II 的要求。

美国的 GM、Ford、DC 公司广泛使用 J1850（不含诊断协议）作为满足 OBD - II 的诊断系统的通信标准，但随着 CAN 总线的广泛应用，美国三大汽车公司对乘用车采用了 CAN 的 J2480 诊断系统通信标准，它满足 OBD - III 的通信要求。从 2000 年开始，欧洲汽车厂商已经开始使用一种基于 CAN 总线的诊断系统通信标准 ISO315765，它满足 E - OBD 的系统要求。

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，包括：ISO9141、ISO14230、ISO15765 等，这些标准是较为成熟的诊断标准，特别适用 CAN 总线诊断系统，适应了现代汽车网络总线系统的发展趋势。

ISO15765 的网络服务符合基于 CAN 的车用网络系统的要求，是遵照 ISO14230 - 3 及 ISO15031 - 5 中有关诊断服务的内容来制定的，因此，ISO15765 对于 ISO14230 应用层的服务和参数完全兼容，但并不限于只用在这些国际标准所规定的场合，因而有广泛的应用前景。

2.3.5 D 类总线系统标准、协议

汽车多媒体网络和协议属于 D 类总线系统，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（Intelligent Data Bus - CAN）、IDB - M（Multimedia）和 IDB - Wireless，其传输速率 250 kbit/s ~ 100 Mbit/s。

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 250 kbit/s 的位速率进行消息传送。由于其低成本的特性，IDB - C 有望成为汽车类产品的标准之一，并

已经在 OEM 方式的车辆中推行。GM 公司等美国汽车制造商计划使用 POF (Plastic Optical Fiber) 在车中安装以 IEEE1394 为基础的 IDB - 1394, Toyota 等日本汽车制造商也将跟进采用 POF。由于消费者手中已经有许多 IEEE1394 标准下的设备, 并与 IDB - 1394 相兼容, 因此, IDB - 1394 将随着 IDB 产品进入车辆的同时而成为普遍的标准。

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, 这一类里主要有 D2B、MOST 和 IEEE1394。

D2B 是用于汽车多媒体和通信的分布式网络, 通常使用光纤作为传输介质, 可连接 CD 播放器、语音电控单元、电话和互联网。D2B 技术已使用于 Mercedes 公司 1999 年款的 S - Class 车型。Damiler - Chrysler 等公司与 BWM 公司一样使用 MOST, 作为车辆内 LAN 的接口规格, 用于连接车载导航器和无线设备等, 数据传转速度为 24 Mbit/s, 其规格主要由德国 Oasis Silicon System 公司制订。

在无线通信方面, 采用 Bluetooth 规范, 它主要是面向下一代汽车的应用, 如声音系统、信息通信等。目前, 已经有一些公司研制出了基于 Bluetooth 技术的处理器, 如美国德州仪器公司 (TI) 不久前宣布推出一款新型基于 ROM 的蓝牙基带处理器, 可用于通信及娱乐或 PC 外设等方面。

2.4 CAN - BUS 总线系统结构及传输原理

CAN 是 Controller Area Network (控制器局域网) 的缩写, 含义是电控单元通过网络进行数据交换, CAN - BUS 数据总线传输可比作公共汽车, 见图 2 - 11。可以同时运输大量乘客, CAN - BUS 数据总线包含大量的数据信息。在汽车领域, 几乎所有欧洲新型汽车都使用了 CAN - BUS 网络。

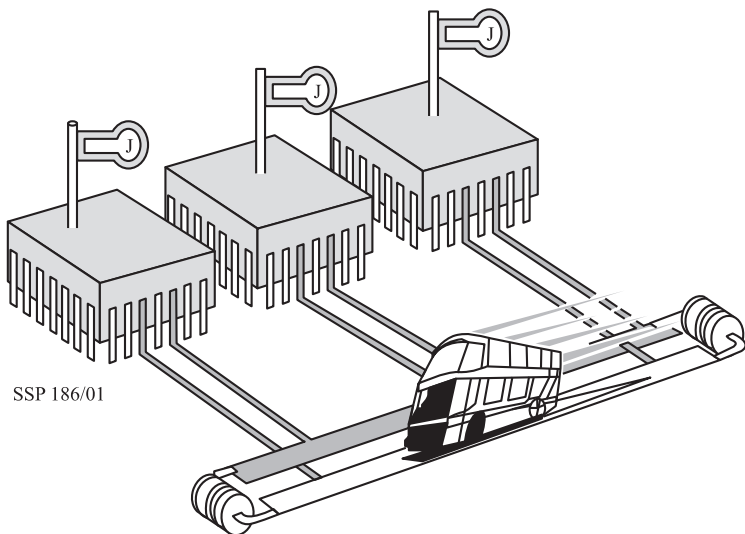


图 2 - 11 CAN - BUS 数据总线数据传输示意图

2.4.1 CAN-BUS 数据总线系统的结构

CAN-BUS 数据总线包括：控制单元（CPU）、控制器（Controller）、收发器（Tranceiver）、数据传输终端，见图 2-12。

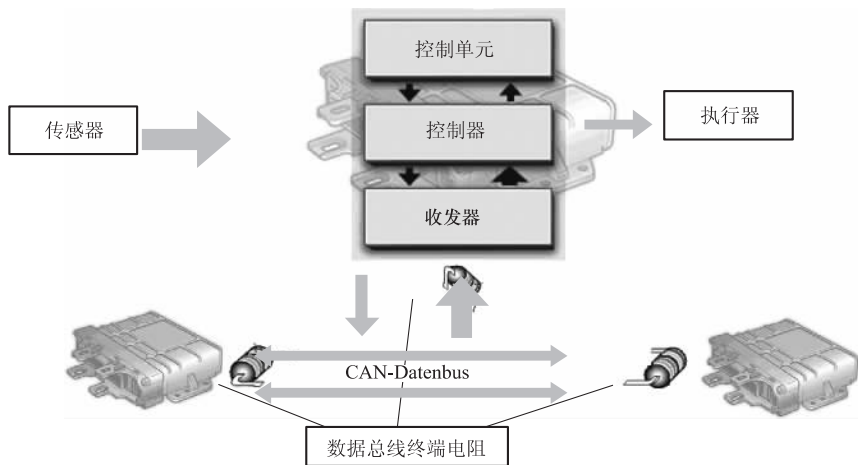


图 2-12 CAN-BUS 数据总线组成

1. 控制单元

控制单元是 CAN-BUS 数据总线主要计算机，将控制器传递来的信息进行运算，将运算数据传输给控制器。还具有故障记忆功能。

2. 控制器

控制器是 CAN 通信的控制单元，主要作用是接收来自传感器的信号，形成要发送的指令，或将总线通过接收器传递信号进行转换传递给控制单元（CPU），再将控制单元传来信号形成发送指令通过发送器传递总线。或直接驱动执行元件。图 2-13 为总线控制系统内部原理图。控制单元接收到的传感器值（如发动机温度或转速）会被定期查询并按顺序存入存储器，这个过程在原理上就相当于一个带有旋转式输入选择开关的选择器。存储器内的传感器数据会被 CPU 运算处理，然后存入输出存储器执行控制功能。

由于控制单元通过 CAN 控制器实现了网络传输，因此，CAN 网络也成为了电控单元的输入信息来源。同时，CAN 网络也成为了控制单元的信息输出对象。

微控制器按事先规定好的程序来处理输入值，处理后的结果存入相应的输出存储器内，然后到达各个执行元件。为了能够处理数据传输总线信息，各控制单元内还有一个数据传输总线存储区，用于容纳接收到的和要发送的信息。

数据传输总线构件通过接收邮箱（接受信息存储器）或发送邮箱（发送信息存储器）与控制单元相连，该构件一般集成在控制单元的微控制器芯片内。

3. 收发器

CAN 收发器由 CAN 发送器（Transmitter）和接收器（Receiver）组成，其作用是将 CAN 控制器提供的数据转换成 CAN-BUS 网络信号发送出去，同时，它也接收总线数据，并将数据传送到 CAN 控制器。其中发送器把数据传输总线构件连续的比特流（逻辑电平）转换

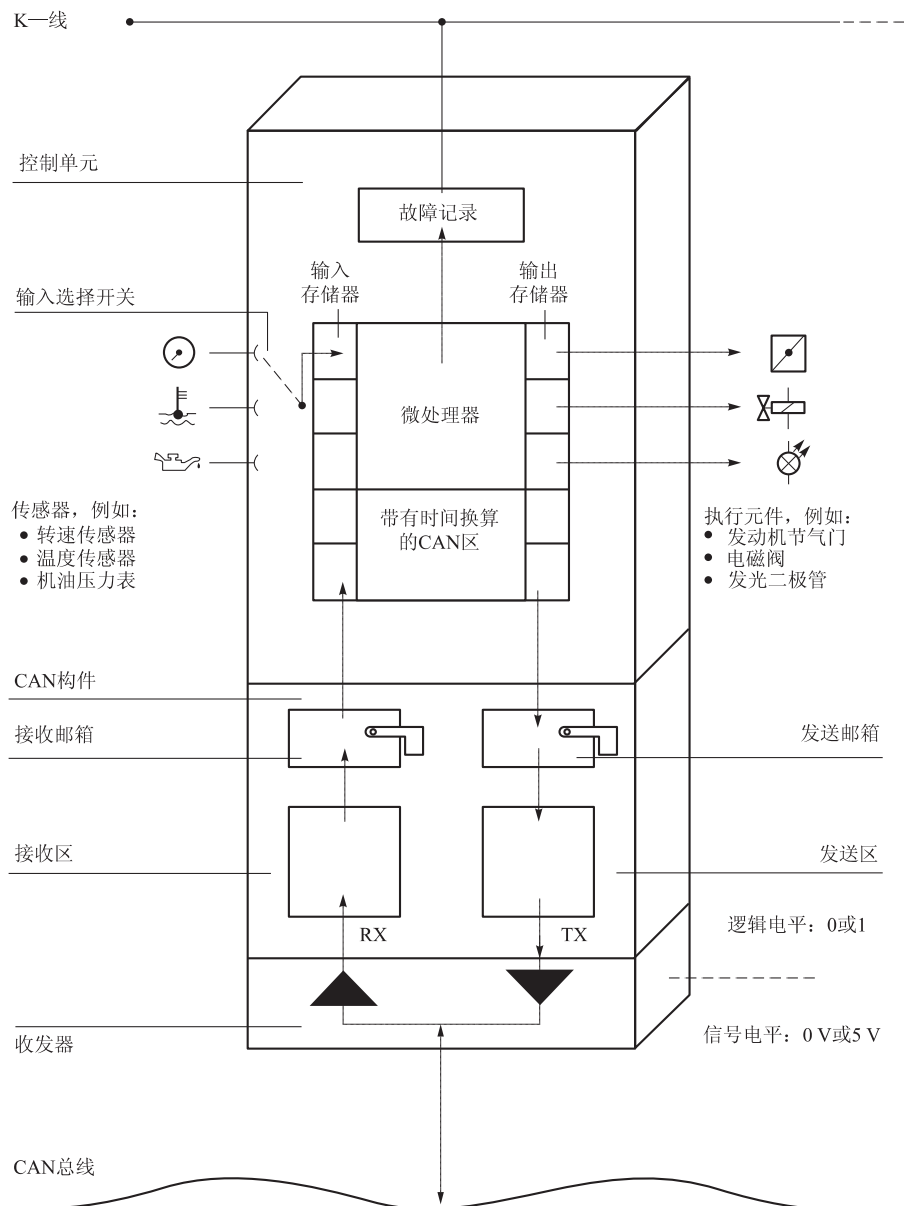


图 2-13 控制单元内部结构

成电压值（线路传输电平），这个电压值适合铜导线上的数据传输。接收器则把电压信号转换成连接的比特流，这种比特流适合 CPU 处理。

收发器通过 TX 线（发送导线）或 RX 线（接收导线）与数据传输总线构件相连，见图 2-14，RX 线通过一个放大器直接与数据传输总线相连，始终监控总线信号。

发送器的特点是 TX 线与总线的耦合，见图 2-15，这个耦合过程是通过一个断路式集流器电路来实现的。因此，总线导线上就会出现两种状态：

状态 1：截止状态，晶体管截止（开关未闭合）

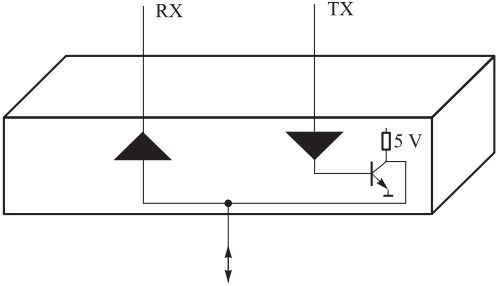


图 2-14 收发器与 TX 线耦合

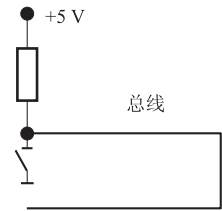


图 2-15 总线开关状态示意图

无源：总线电平 = 1，电阻高

状态 0：接通状态，晶体管导通（开关已闭合）

有源：总线电平 = 0，电阻低

见图 2-16，假设有三个控制器收发器耦合在一根总线导线上，开关未闭合表示 1（无源）；开关已闭合表示 0（有源）。则收发器 C 有源，收发器 A 和 B 无源。工作过程如下：

① 如果某一开关已闭合，电阻上就有电流流过，于是总线导线上的电压就为 0 V。

② 如果所有开关均未闭合，那么就没有电流流过，电阻上就没有压降，于是总线导线上的电压就为 5 V。

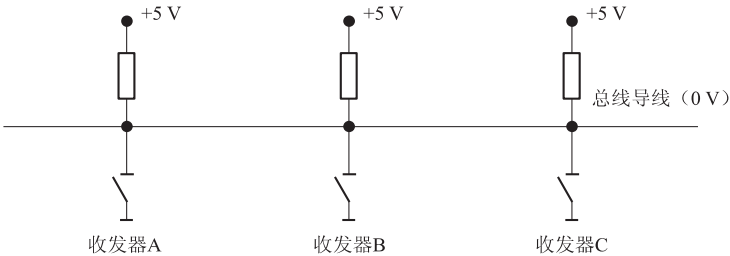


图 2-16 在一条总线上耦合的三个收发器

按照图 2-16 所示连接方式，三个控制器连接在 CAN 总线上的工作状态，如表 2-3 所示。

表 2-3 控制器和总线状态对应关系表

控制器 A	控制器 B	控制器 C	总线状态
1	1	1	1 (5 V)
1	1	0	0 (0 V)
1	0	1	0 (0 V)
1	0	0	0 (0 V)
0	1	1	0 (0 V)
0	1	0	0 (0 V)
0	0	1	0 (0 V)
0	0	0	0 (0 V)

总线系统中信号采用二进制传输, 因此, 如果总线处于状态 1 (无源), 那么此状态可以由某一个控制单元使用状态 0 (有源) 来改写。我们将无源的总线电平称为隐性的, 有源的总线电平称为显性的。实现逻辑运算的模型, 见图 2-17 和图 2-18。

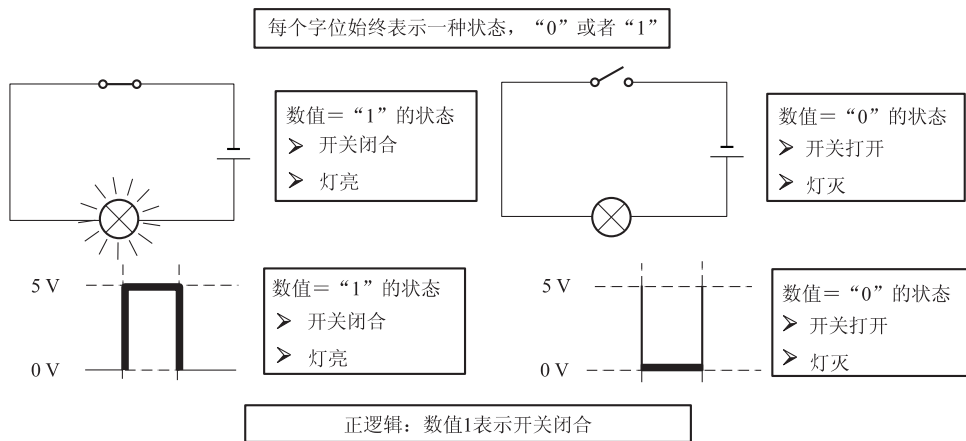


图 2-17 正逻辑运算模型

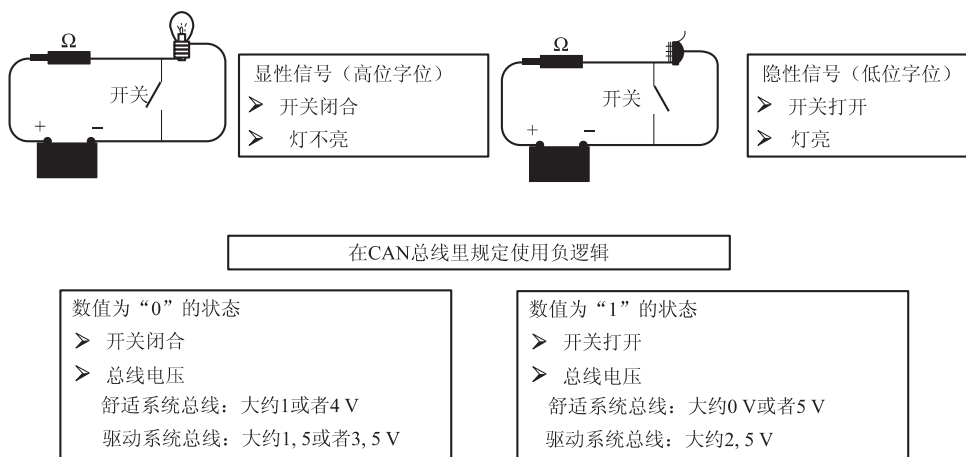


图 2-18 负逻辑运算模型

总线系统采用二进制传输, 负逻辑运算。

4. 数据传输终端

一般由终端电阻组成, 防止信号反射。

2.4.2 数据传输形式和数据传输原理

1. 数据传输形式

目前, 在汽车上应用的总线数据传输可以采用单线形式, 也可以采用双线形式。原则上数据传输总线用一条导线就足以满足功能要求了, 使用第二条导线传输信号只不过是与第一条导线上的传输信号形成镜像关系, 这样可有效地抑制外部干扰。电控单元之间的所有信息

都是通过两根数据线 CAN - Low 和 CAN - High 来传输的，例如发动机和自动变速器控制单元之间的传输，见图 2 - 19。电控单元间进行大量的信息交换，CAN - BUS 数据总线也能完全胜任，如果需要增加额外信息，只需修改软件即可。

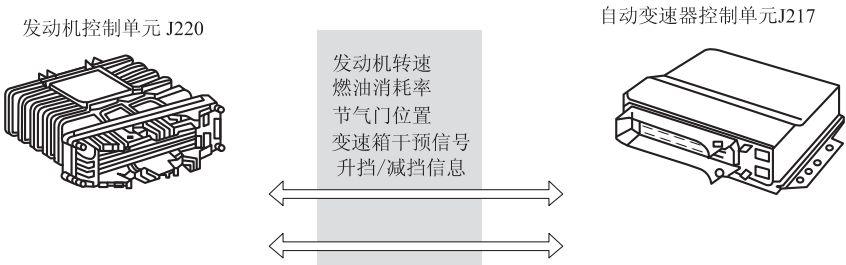


图 2 - 19 数据传输形式

2. 数据传输原理

CAN - BUS 数据总线中的数据传递就像一个电话会议，见图 2 - 20。一个电话用户（电控单元）将数据“讲入”网络中，其他用户通过网络“接听”这个数据，对这个数据感兴趣的就会利用数据，而其他用户则选择忽略。

3. CAN - BUS 数据总线传递数据的格式

CAN - BUS 数据总线传递的数据由多位构成。在数据中，位数的多少由数据域的大小决定。CAN - BUS 数据总线在极短的时间里在各控制单元间传递的数据，见图 2 - 21，可将其分为开始域、状态域、检查域、数据域、安全域、确认域和结束域 7 个部分，该数据构成形式在两条数据传输线上是一样的。

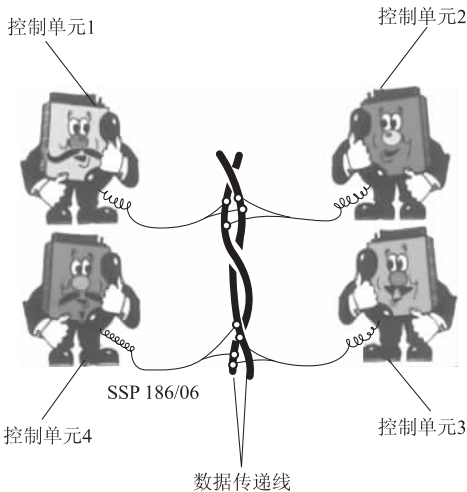


图 2 - 20 CAN - BUS 数据总线数据传输原理

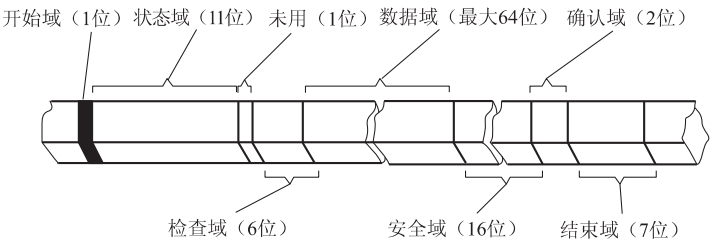


图 2 - 21 CAN - BUS 数据总线传递数据的格式

- ① 开始域。标志着数据列的开始，由 1 位构成。带有大约 5 V 电压（由系统决定）的 1 位被送入高位 CAN 线；带有大约 0 V 电压的 1 位被送入低位 CAN 线。
- ② 状态域。判定数据中的优先权，由 11 位构成。如果两个控制单元都要发送各自的数据，那么，具有较高优先权的控制单元优先发送。

③ 检查域。用于显示在数据域中所包含的信息项目数，由 6 位构成。在本部分，允许任何接收器检查是否已经接收到所传递过来的所有信息。

④ 数据域。传给其他电控单元的信息，最大由 64 位构成。

⑤ 安全域。检测传递数据中的错误，由 16 位构成。

⑥ 确认域。确认域由 2 位构成。在此，CAN 接收器信号通知 CAN 发送器，确认 CAN 接收器已经收到传输数据。若检查到错误，CAN 接收器立即通知 CAN 发送器，CAN 发送器再重新发送一次数据。

⑦ 结束域。结束域由 7 位构成，标志数据列的结束。此部分是显示错误并重复发送数据的最后一次机会。

4. 传递的信息

用于交换的数据称为信息，每个控制单元均可发送和接收信息。信息是以二进制值系列（0 和 1）来表示，其中包含着要传递的物理量，例如，发动机转速为 1 800 r/min 可表示成 00010101，见图 2-22，二进制数据流也称为比特流。

在发送过程中，二进制值先被转换成连续的比特流，该比特流通过 TX 线（发送线）到达收发器（放大器），收发器将比特流转化成相应的电压值，最后这些电压值按时间顺序依次被传送到数据传输总线的导线上。

在接收过程中，这些电压值经收发器又转换成比特流，再经 RX 线（接收线）传至控制单元，控制单元将这些二进制连续值转换成信息。例如，00010101 这个值又被转换成 1 800 r/min。

每个控制单元均可接收发送出的信息。人们也把该原理称为广播，就像一个广播电台发送某一节目一样，每个连接的用户均可接收，但收与不收由接受用户决定。这种广播方式可以使得连接的所有控制单元总是处于相同的信息状态，见图 2-23 和图 2-24。

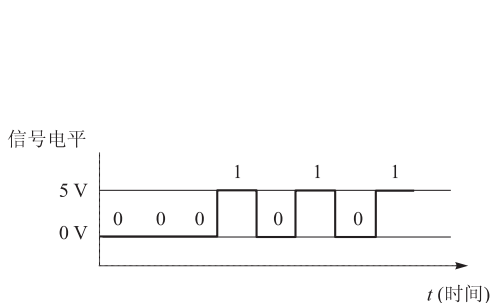


图 2-22 二进制数据流

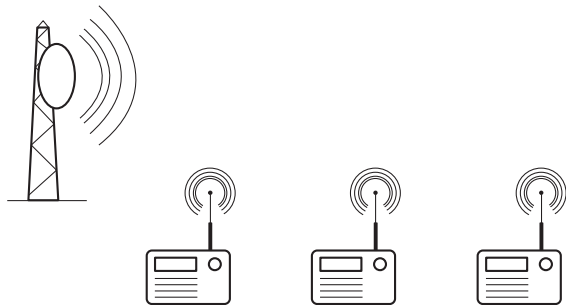


图 2-23 数据传递和广播原理一样

2.4.3 CAN-BUS 数据总线的数据传递过程

CAN-BUS 数据总线并没有指定的数据接收者，数据在 CAN-BUS 数据总线传输过程中，可以被所有电控单元接收和计算。CAN-BUS 数据总线的数据传递过程，见图 2-25。

1. 提供数据

电控单元的微处理器向 CAN 控制器提供需要发送的数据。

2. 发送数据

CAN 收发器接收由 CAN 控制器传来的数据，转为 CAN 网络电信号并发送到 CAN-BUS

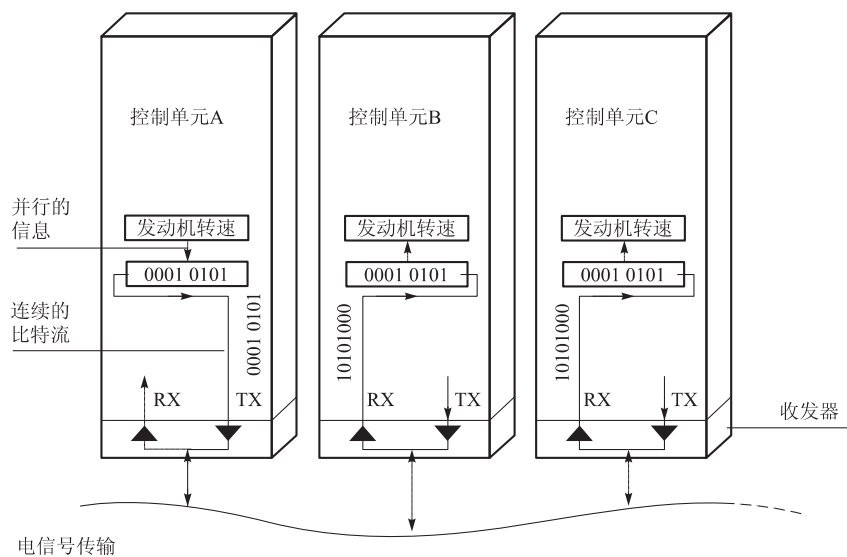


图 2-24 控制单元内部信息转换

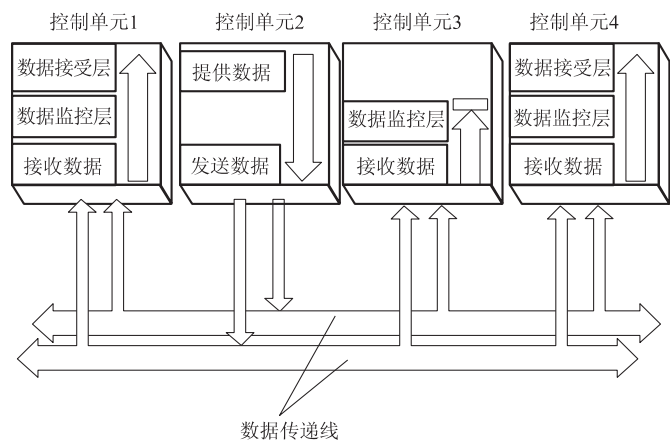


图 2-25 CAN-BUS 数据总线的数据传递过程

数据总线上。

例如，发动机控制单元的发送过程，见图 2-26。

- ① 传感器接收到转速值，该值以固定的周期到达微控制器的输入存储器内。由于该转速值还用于其他控制单元，如组合仪表，所以该值应通过数据传输总线来传递。
- ② 该转速值被复制到发动机控制单元的发送存储器内。
- ③ 该信息从发送存储器进入数据传输总线构件的发送邮箱内。如果发送邮箱内有一个实时值，那么该值会由发送特征位（举起的小旗示意有传输任务）显示出来，将发送任务委托给数据传输总线构件，发动机控制单元就完成了此过程中的任务。
- ④ 发动机转速值按协议被转换成图 2-21 数据传输总线的特殊格式。
- ⑤ 数据传输总线构件通过 RX 线来检查总线是否有源（是否正在交换别的信息），必要

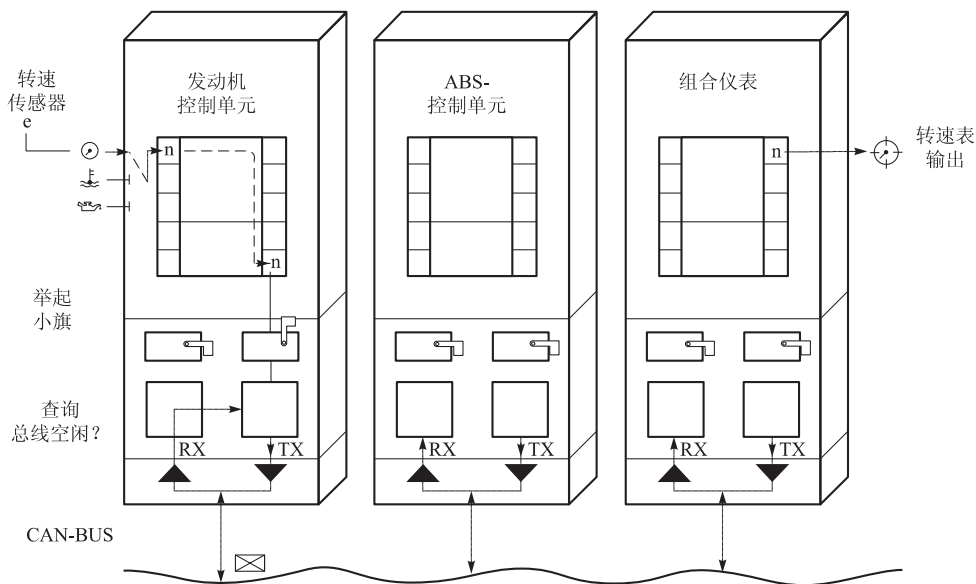


图 2-26 信息发送过程

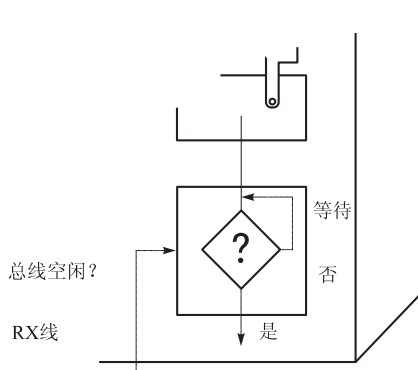


图 2-27 总线空闲查询

时会等待，直至总线空闲下来为止，见图 2-27。如果总线空闲下来，发动机信息就会被发送出去。

3. 接收数据

所有与 CAN-BUS 数据总线一起构成网络的电控单元转为接收器，从 CAN-BUS 数据总线上接收数据。

信息接收过程分为两步，见图 2-28。

第一步：检查信息是否正确（在监控层）。

第二步：检查信息是否可用（在接受层）。

（1）信息接收

连接的所有装置都接收发动机控制单元发送的信息，该信息是通过 RX 线到达数据传输总线构件各自的接收区。

（2）信息校验

接收器接收发动机的所有信息，并且在相应的监控层检查这些信息是否正确。这样就可以识别出在某种情况下某一控制单元上出现的局部故障。所有连接的装置都接收发动机控制单元发送的信息，可以通过监控层内的循环冗余码校验 CRC（Cycling Redundancy Check），校验和数来确定是否有传递错误。在发送每个信息时，所有数据位会产生并传递一个 16 位的校验码。接收器按同样的规则，从所有已经接收到的数据位中计算出校验和数。随后，接收到的校验数与计算出的校验数进行比较，如果确定无传递错误，那么连接的所有装置会给发送器一个确认回答，这个回答就是所谓的“信息收到符号”ACK（Acknowledge），它位于校验和数后。

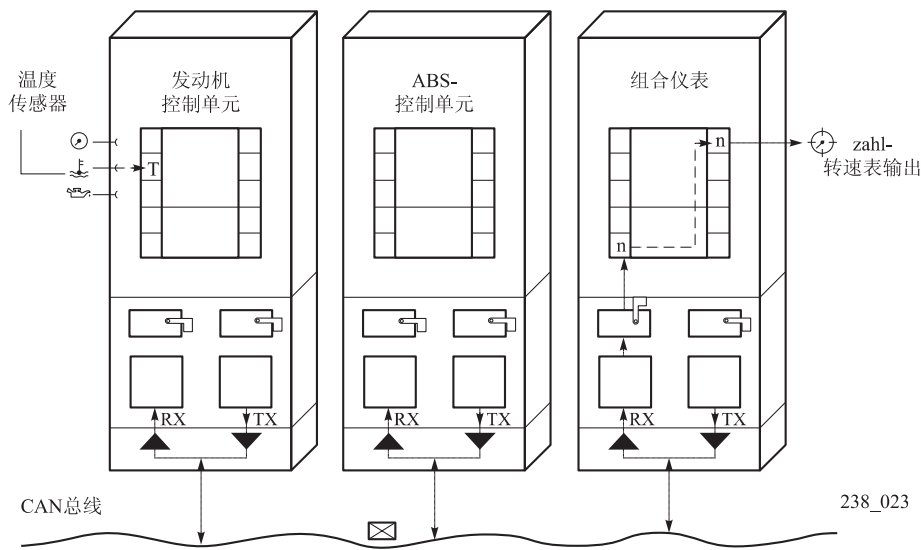


图 2-28 信息接收过程

(3) 信息接受

已接收到的正确信息会到达相关数据传输总线构件的接受区，在那里来决定该信息是否用于完成各控制单元的功能。如果不是，该信息就被拒收。如果是，该信息就会进入相应的接收邮箱。控制单元根据接受信号（升起的“接受小旗”）就会知道：现在有一个信息（如转速）在排队等待处理，见图 2-29。

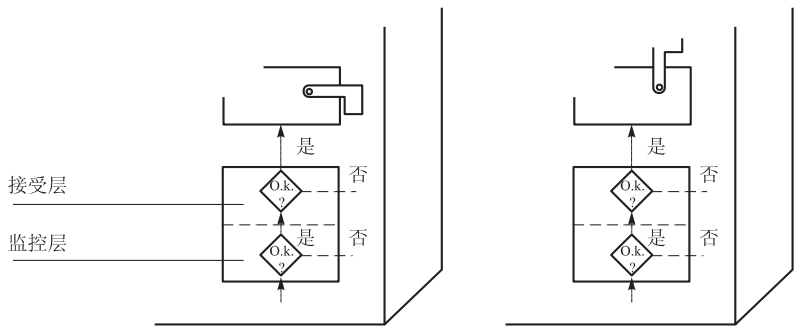


图 2-29 信息接受判断

组合仪表调出该信息并将相应的值复制到它的输入存储器内，至此，通过数据传输总线构件发送和接收信息的过程结束。在组合仪表内，转速经微控制器处理后控制转速表显示相应的转速。

2.4.4 CAN 总线的传输仲裁

如果多个电控单元要同时发送各自的数据列，那么数据总线上就必然会发生数据冲突。为了避免发生这种情况，CAN - BUS 数据总线系统就必须决定哪个控制单元的数据列首先进行发送，总线采用传输仲裁，原则是：具有最高优先权的数据首先发送。控制单元是如何实

现仲裁的呢?

- ① 每个控制单元在发送信息时,通过发送标识符来识别优先级。
- ② 所有的控制单元都是通过各自的 RX 线来跟踪总线上的一举一动并获知总线的状态。
- ③ 每个发射器将 TX 线和 RX 线的状态逐位进行比较。
- ④ 数据传输总线的调整规则:用标识符中位于前部的“0”的个数代表信息的重要程度,“0”的位数越多越优先,从而保证按重要程度的顺序来发送信息。越早出现“1”的控制单元,越早退出发送状态而转为接收状态。基于安全考虑,涉及安全系统的数据优先发送。

例如,由 ABS/EDL 电控单元提供的数据比自动变速器控制单元提供的数据(驾驶舒适)更重要,因此具有优先权。数据列的状态域是由 11 位组成的编码,其数据的组合形式决定了数据的优先权,见图 2-30。3 个控制单元同时发送数据列,此时,在 CAN-BUS 数据传输线上进行一位一位的比较,如果 1 个控制单元发送了 1 个低电位而检测到 1 个高电位,那么该控制单元就停止发送数据列而转为接收器。

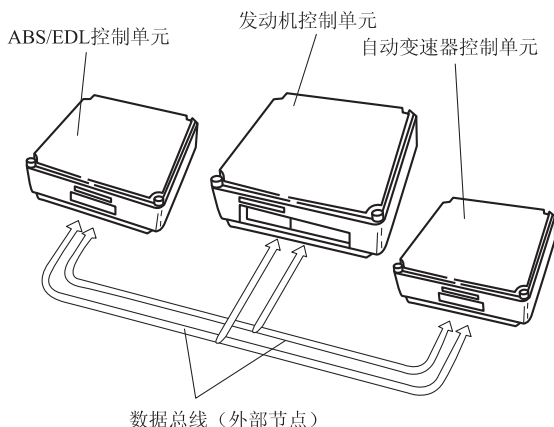


图 2-30 优先权判定 CAN-BUS 数据总线举例

表 2-4 是 3 组不同数据列的优先权。例如,见图 2-31,在数据列的状态域位 1, ABS/EDL 控制单元发送了 1 个高电位,发动机控制单元也发送了 1 个高电位,自动变速器控制单元发送了 1 个低电位而检测到 1 个高电位,那么自动变速器控制单元将失去优先权而转为接收器。在数据列的状态域位 2, ABS/EDL 控制单元发送了 1 个高电位,发动机控制单元发送了 1 个低电位并检测到 1 个高电位,那么,发动机控制单元也失去优先权而转为接收器。在数据列的状态域位 3, ABS/EDL 控制单元拥有最高优先权并接收分配的数据,该优先权保证其持续发送数据直至发送終了,ABS/EDL 控制单元结束发送数据后,其他控制单元再发送各自的数据。

表 2-4 不同数据列的优先权

优先权	数据报告	状态域形式
1	Brake1 (制动 1)	001 1010 0000
2	Engine1 (发动机 1)	010 1000 0000
3	Gearbox1 (变速器 1)	100 0100 0000

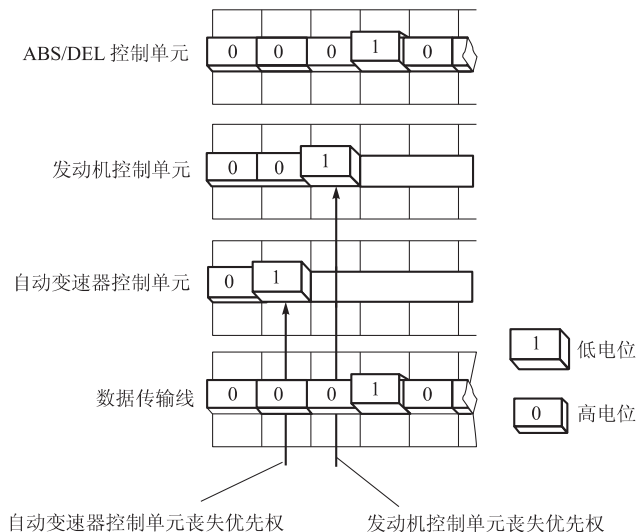


图 2-31 数据列优先权的判定

2.5 光纤网络传输

2.5.1 光纤网络的类型及工作原理

在数据通信技术中，光纤网络近年来在高档轿车中已经成为被使用较多的一种新型网络。光学网络系统目前的成本已与电路系统不相上下，且今后还有望变得更低，加之它的传输速率高、传输数据量大、信号衰减小、不易受外界干扰、耐腐蚀及灵敏度高等优点，因此光学网络系统是车载网络系统的发展方向，也是汽车线束的发展方向。

1. 光学网络的类型

光学网络可分无源光学网络和有源光学网络两类。无源光学网络是由光纤和光电耦合器构成的；有源光学网络除了光纤和光电耦合器以外，还增加了光中继器和光放大器以增强光信号，这种情况在有些光路损耗较大的应用场合是必要的。汽车使用的主要是无源光学网络，它不能放大或产生能量。

光学网络中光纤传输信息的方法有时分复用（TDM）、波分复用（WDM）和频分复用（FDM）三种。传输信息用的光纤有塑料和玻璃纤维两种，塑料光纤较为便宜和便于应用，在汽车中应用较广泛。

2. 无源光学星形网络的基本组成及工作原理

汽车无源光学星形网络主要由光源、光发送器（光二极管 LED）、在节点上的光接收器、光纤 4 部分组成。

（1）光电耦合器的类型、结构及工作原理

光源和光接收机合在一起也称光电耦合器。光电耦合器是以光为媒介传输电信号的电子元件，它既可以实现元件的输入端和输出端之间的电信号传输，又能将输入端与输出端相隔

离。其主要用途是在信号传输中起到隔离作用，在光网络中起到信号转换作用。

光电耦合器的种类很多，按其结构不同，可分为光敏电阻型、达林顿型、光电二极管型及光电三极管型等；按其输出特性不同，可分为开关输出型、线性输出型、高速输出型及组合封装型等。最常用是光电二极管型及光电三极管型，光电耦合器在电路图中的图形符号，如图 2-32 所示。

光电耦合器内部的主要结构是由一只发光二极管（光源）和一只光敏器件（光接收机）组成，其工作原理如图 2-33 所示（以常见的光电三极管型为例）。在输入端上加上电压 U 时，电流 I_1 流过发光二极管，发光二极管发光。光电三极管在接收到光后饱和，产生光电电流 I_2 ，从而实现了电信号的传输。在高档轿车的光学网络中，发光二极管与光电三极管不在同一模块里，中间的光传播媒介是光纤，如图 2-34 所示。

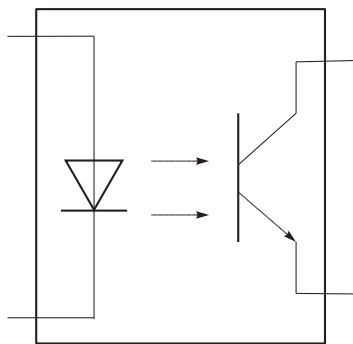


图 2-32 光电耦合器在电路图中的图形符号

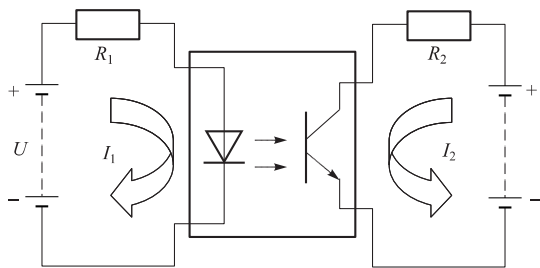


图 2-33 光电耦合器的工作原理

（2）光源

目前，在汽车光学网络系统中普遍采用的光源为发光二极管及小功率半导体激光器。发光二极管有两种：面发射型发光二极管和边发射型发光二极管。

由于面发射型二极管的发射角度很大，很难把它射出的光汇聚到接收光纤内，所以不适用于对相关性有较高要求的光学网络系统，它经常被用作指示灯和指示设备。相对而言，边发射型二极管的发射角狭窄，发射区域较小，这就意味着它射出的光可以更多地被汇聚在光纤中，它的发射速度也更快。但它的缺点是对温度比较敏感，因此必须被安装在环境可控的设备中，从而保证发射信号的稳定性。半导体激光器可以替代发光二极管，因为它有很小的发光面，一般直径不超过几微米，这就意味着大量的发射光可以被直接传送到光纤中，见图 2-35，其中面发射型发光二极管发射模式最宽，然后是边发射型发光二极管，半导体激光器的发射模式最窄。

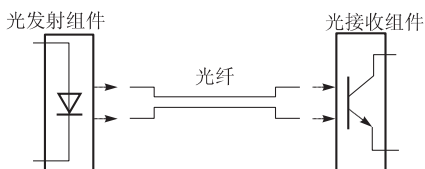


图 2-34 光纤网络传输原理

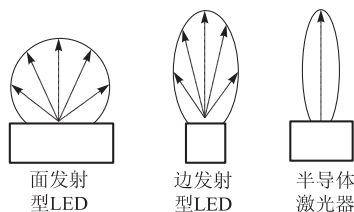


图 2-35 光源发射图

(3) 光接收机

在光网络中,接收设备的任务是获得传输光信号,然后把它转化为可以被终端设备处理的电信号和用来重建原始传输解调信号。光接收机一般采用的是半导体型,如图 2-36 所示。典型的光敏半导体是以硅为基底并由 3 个功能层组成的:负区、正区和结区。光接收机是反向偏压的,这是因为外加电阻阻止了负电荷(电子)和正电荷(空穴)向中心结区迁移,也阻止了电流从半导体中的一个有源层流向另一个有源层,如图 2-36 (a) 所示。当特定波长的光照射到对光敏感的结区上时,如图 2-36 (b) 所示,情况就会发生改变,此时将在结区产生电子空穴对,从而产生了与光照射到结区的光强成正比的电流。

光接收机的种类很多,但在现代汽车光学网络中通常使用的光接收机主要有两种:普通光电二极管型和雪崩光电二极管型。

如图 2-37 所示,普通光电二极管包含一个 PN 过渡层,它被光线射透,隔离层位于被强烈掺杂的 P 层下并几乎融入 N 层中。在 P 层上有一个接触环(阳极),N 层安置在金属底板上(阴极)。光线或红外线渗入 PN 过渡层中,通过它的能量形成空闲电子和小孔,它们通过 PN 过渡层形成电流,照射到光电二极管的光线越多,经过光电二极管的电流越强。光电二极管将在反方向有序地依靠电阻进行切换。由于高光线照射流经光电二极管的电流升高,电阻的压降增大,这样光线信号转化为电压信号。结区的反向偏压阻止了电流通过器件,只有当特定波长的光照射到介质上时,才产生电子空穴对,才允许与入射光强成正比的电流通过 PN 过渡层的截面。从光电探测角度讲,普通光电二极管并不是最敏感的,但对大多数光系统的要求来讲已经足够了。对于那些高性能系统,当它们灵敏度不够时,可以通过加上一个预放大器来提高灵敏度。雪崩光电二极管的工作原理类似于光信号放大器,它是利用强电场来进行雪崩放大。在雪崩光电二极管中,强电场使电流加速,从而使半导体中的原子被激活,产生了如同雪崩效果的电流,这种放大的结果光的强度可能为原来信号的 30~100 倍。但同时也带来了一些不利的影响,因为这种雪崩效应并非是完全线性的,而且还会产生噪声。雪崩光电二极管对温度较为敏感,因此需要一个很高的电压(30~300 V)来使其工作,电压的大小与元器件的功率有关。

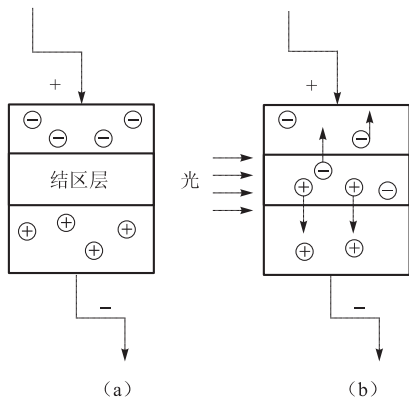


图 2-36 半导体接收机原理示意图

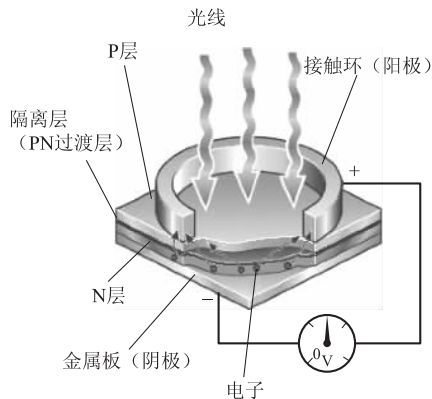


图 2-37 光电二极管的结构和工作

2.5.2 光纤的结构及光波的传输

光纤的任务是将在控制单元发射机内生成的光波导向其他的控制单元的接收机，如图 2-38 所示。光纤由几层材料组成，如图 2-39 所示。内芯线是光纤的中心部分，它由聚甲基丙烯酸甲酯组成，并且是真正的光导体。由于全反射原理，当光穿过它时，几乎没有任何损耗。全反射需要在内芯线外面使用光学上透明的含氟聚合物的覆盖层，黑色聚酰胺覆盖层保护内芯线，阻止外部入射光的射入。彩色覆盖层用于进行识别，防止发生机械损伤并起着热保护的作用。

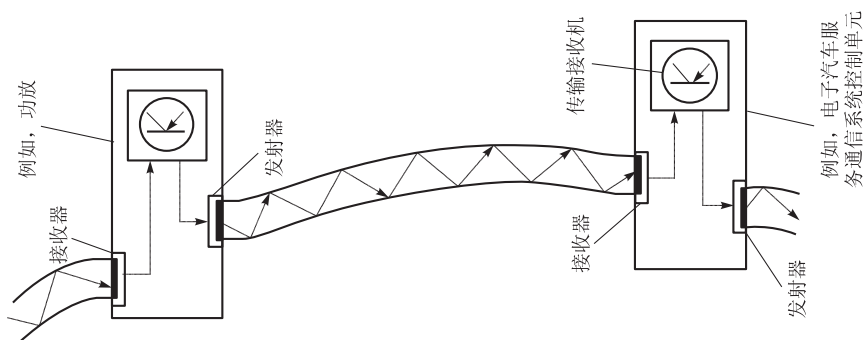


图 2-38 光纤内部光波的传递

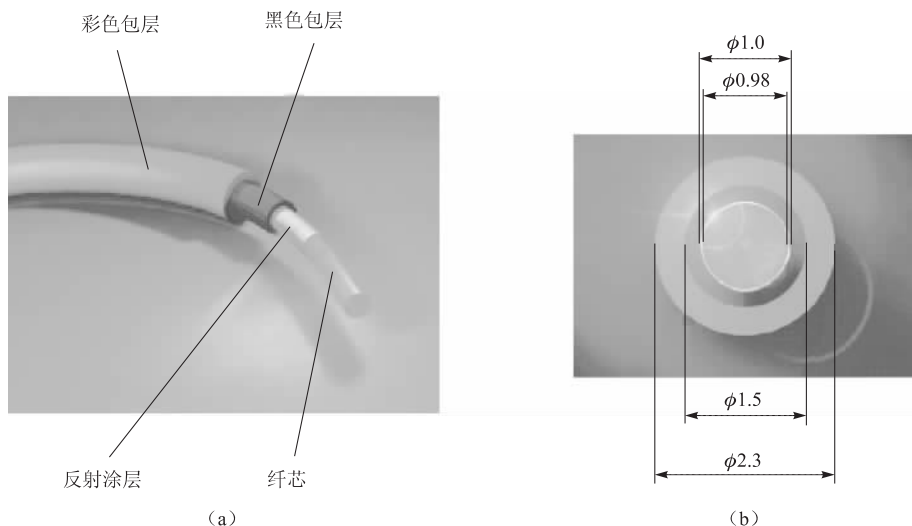


图 2-39 光纤的结构

(a) 结构；(b) 剖视图

1. 光纤中光波的传输

① 笔直的光纤。光纤以直线方式在内芯线中传导部分光波，如图 2-40 所示。大多数光波被以 Z 形图案传送，其结果在内芯线的表面产生了全反射。

② 弯曲的光纤。发生在内芯线覆盖层边缘的全反射使得光波被反射，从而被传导通过

弯曲处,如图 2-41 所示。

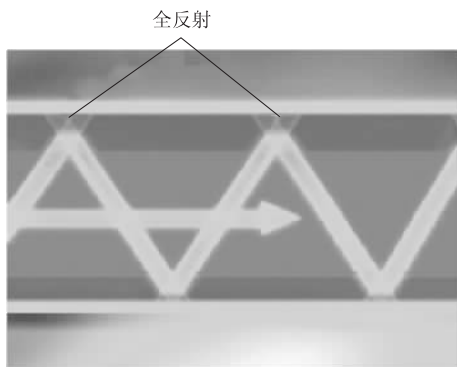


图 2-40 笔直的光纤

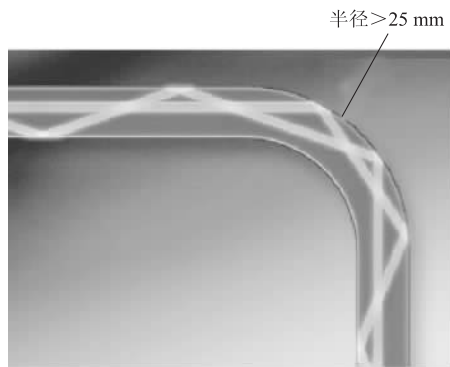


图 2-41 弯曲的光纤

③ 全反射。如果一束光线以较小的角度撞击在折射率分别较高和较低材料之间的边界层上,光束就会被完全地反射。在一根光纤中,内芯线的折射率比它的覆盖层高,因此内芯线的内部会发生全反射。这一作用取决于从内部撞击边界的光波的角度。如果这个角度太陡峭,光波就离开内芯线并产生很高的损耗。如果光纤被过度弯曲或扭绞,就会发生这种情况,如图 2-42 所示,故光纤的弯曲半径绝不能小于 25 mm。

2. 光学端面

为了最大限度地减小传送损失,光纤的端面必须光滑、垂直和清洁。只有使用专用的切割工具才能达到上述要求。切割面上的污垢和刮痕会产生很高的损耗(衰减)。光学端面通过内芯线的端面,光被传送到控制单元中的发射机/接收机。在生产过程中,光纤上被安装了激光焊接的塑料套圈或压接式的黄铜套圈,因此它能够被固定在插头外壳中的正确位置。

3. 光纤总线中的衰减

光纤状态的评定包括测量它的衰减度。传送过程中发生的光波的功率下降被称为衰减,如图 2-43 所示。光纤内光脉冲的发生距离越大,衰减就越大,衰减量不允许超过某个规定值,否则相应控制单元内的接收机将无法再处理这个光脉冲。衰减率(A)用分贝(dB)表示。分贝并不是一个绝对数量,而是代表两个数值之比。衰减率越高,信号传送就越差。

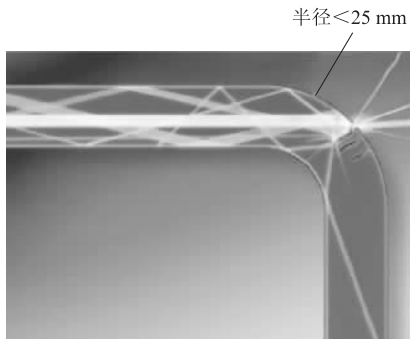


图 2-42 光纤过度弯曲或扭绞

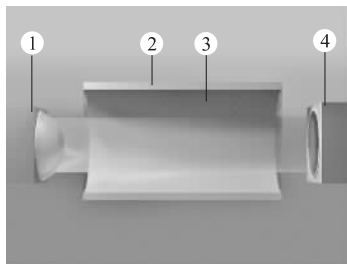


图 2-43 光纤内光线的衰减

1—发射二极管; 2—外壳; 3—光纤; 4—接收机

如果传送光信号涉及几个部件,那么必须把这几个部件的衰减率相加,从而计算出总衰减率。这就如同计算几个串联的电气部件的电阻一样。光脉冲的衰减有两种基本形式,即自然衰减和故障衰减。自然衰减是由光脉冲从发射机至接收机走过的距离产生的;故障衰减是由于光脉冲传输区域有缺陷而产生的。

4. 光学数据总线中衰减增加的原因

如图 2-44 所示,光学数据总线中衰减增加的原因主要有以下几个方面:

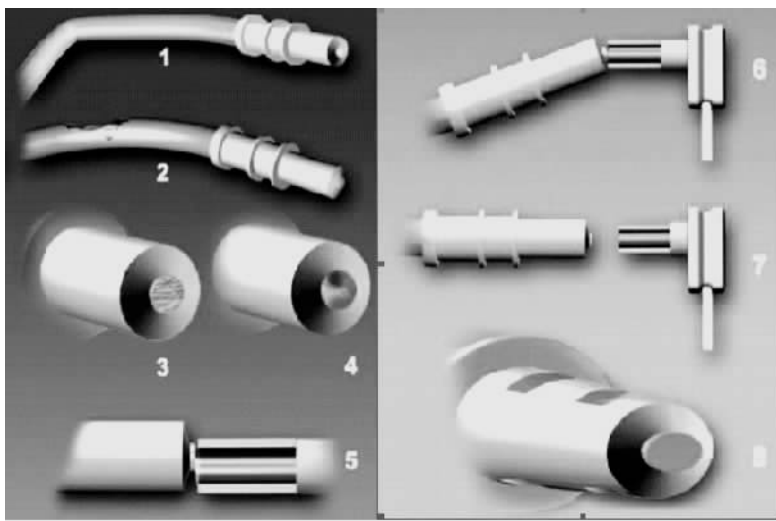


图 2-44 光学数据总线中衰减增加的原因

① 光纤弯曲半径太小。光纤的弯曲半径小于 25 mm (扭绞),使得内芯线在弯曲点产生阴影(与弯曲的有机玻璃相比较),在光纤与包层之间的分界面上会导致光束的入射角大,光束不再被反射,如图 2-45(a)所示。必须更换光纤,如图 2-46 所示,通过安装防扭绞管套(波纹管),可保证在铺设光纤时的最小半径为 25 mm。

② 光纤的覆盖层损坏,或者有磨痕。与铜导线不同的是光纤磨坏时不会造成短路,但会导致光线损失或者外部光线射入,如图 2-45(b)所示,系统受到干扰或完全失灵。

③ 端面刮伤。如图 2-45(c)所示,端面刮伤使射到其上的光束发生散射,导致到达接收机的光量减少。

④ 端面变脏。如图 2-45(d)所示,端面变脏阻止光束通过,导致衰减增大。

⑤ 端面移位(插头外壳破裂)。

⑥ 端面不成直线(角度误差)。

⑦ 光导纤维的端面和控制单元的接触面之间有缝隙(插头外壳破裂或未啮合)。

⑧ 套圈未正确地压接。

⑨ 光纤对折。装配时绝对不允许将光纤对折,这样会损坏包层和光纤,如图 2-45(e)所示。光线将在对折位置处出现局部散射,从而造成信息传输速度降低。

⑩ 光纤过度延伸(受拉)。如图 2-45(f)所示,光纤受拉后芯线伸长,光纤横断面减小,导致光线的通过能力减小,增大衰减。

⑪ 光纤有压痕。由于压力可以使导光的横断面永久变形,如果光纤出现任何压痕,将

使光纤丧失光线传输能力,如图 2-45 (g) 所示。因为过紧的导线扎带提高了作用在光纤上的横向力,所以也会在光纤上形成压痕。

⑫ 光纤过热。

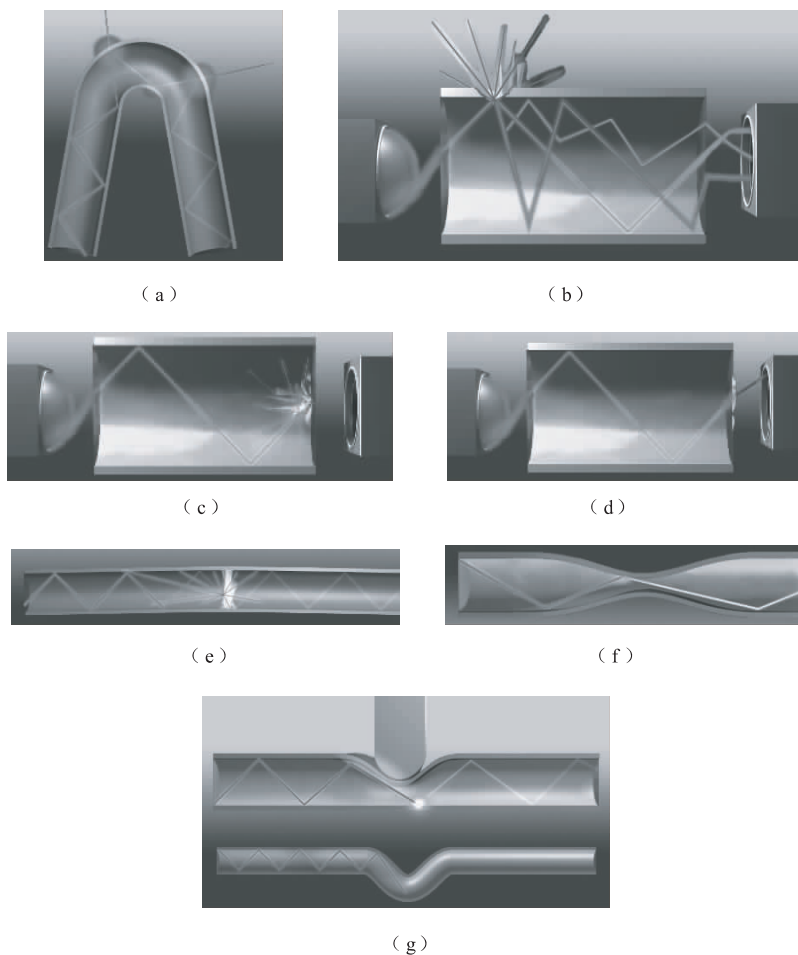


图 2-45 各种损坏形式光线衰减原理

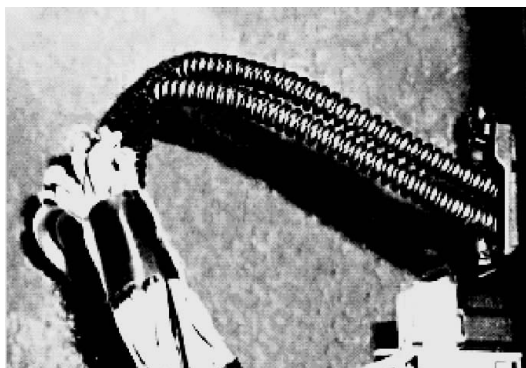


图 2-46 防扭绞管套 (波纹管)

5. 处理光纤及其部件的规则

- ① 绝不可对其进行热加工或采用如焊锡、热压焊和焊接的修理方法。
- ② 绝不可使用化学的和机械的方法，例如：黏结和连接。
- ③ 绝不可把两根光纤的导线或一根光纤的导线与一根铜线绞合在一起。
- ④ 避免覆盖层的损坏。例如：钻孔、切割或挤压。在汽车中进行安装时，不要站在覆盖层上或把物体放在覆盖层上。
- ⑤ 避免污染端面。例如：液体、灰尘或其他介质。只有在进行连接或测试时，才可以极其小心地取下规定的保护性罩盖。
- ⑥ 当铺设在汽车中时，应当避免其成环形和打结。
- ⑦ 更换光导纤维时，应注意正确的长度。



小结

1. 采用总线的优点：减轻整车重量、节约成本、质量可靠、减少装配时间、增大开发余地。
2. 总线系统的信息一般采用多路传输。
3. 总线系统主要由控制单元、数据总线、网络、架构、通信协议、网关等组成。
4. 网关的作用：识别和改变不同总线网络的信号和速率；改变信息优先级；网关可作为诊断接口。
5. 总线系统网络拓扑：是指网络节点的几何结构，即各个节点相互连接的方式，一般分为星形网络拓扑、环形网络拓扑、总线型网络拓扑结构。
6. 汽车总线系统的类型：A、B、C、D、E 五类连同不同协议，适合传输不同速率的总线。
7. CAN - BUS 数据总线包括：控制单元（CPU）、控制器（Controller）、收发器（Tranceiver）、数据传输终端。
8. 数据传输原理：CAN - BUS 数据总线中的数据传递就像一个电话会议，一个电话用户（电控单元）将数据“讲入”网络中，其他用户通过网络“接听”这个数据，对这个数据感兴趣的就会利用数据，而其他用户则选择忽略。
9. CAN - BUS 数据总线传递数据的格式：分为开始域、状态域、检查域、数据域、安全域、确认域和结束域 7 个部分。
10. CAN 总线的传输仲裁原则是：具有最高优先权的数据首先发送。
11. 汽车无源光学星形网络主要由光源、光发送器（光二极管 LED）、在节点上的光接收器、光纤 4 部分组成。
12. 光波在光纤中采用全反射原理进行传播。



习题

1. 什么是节点？
2. 什么是拓扑？
3. 什么是总线的传输的仲裁？
4. 总线系统是怎样进行数据传输的？