

ICS



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX.1—XXXX

商用车控制系统局域网（CAN）通信协议

第1部分：物理层，250千比特/秒，屏蔽双绞线  
Physical Layer, 250K bits/sec, Twisted Shielded Pair

（SAE1939-11：1999 MOD）

（征求意见稿）

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

国家标准化管理委员会

## 前 言

GB/T××××《商用车控制系统局域网（CAN 总线）通信协议》包括 10 个部分：

- 第 1 部分：物理层—屏蔽双绞线(250K 比特/秒)
- 第 2 部分：物理层—非车载诊断连接器
- 第 3 部分：物理层—非屏蔽双绞线(250K 比特/秒)
- 第 4 部分：数据链路层
- 第 5 部分：应用层—车辆
- 第 6 部分：应用层—诊断
- 第 7 部分：网络管理
- 第 8 部分：参数组分配
- 第 9 部分：地址和标识分配
- 第 10 部分：可疑参数编号（SPN）
- 第 11 部分：网络层

本部分为 GB/T××××的第 1 部分，对应于 SAE1939-11：1999 《物理层，250k 比特/秒，屏蔽双绞线》，本部分与 SAE1939-11 的一致性程度为修改采用（技术内容完全等同），主要差异如下：

- 按 1.1 规定增加了”前言”、“范围”。
- 将原文引用的 SAE 有关标准改为引用我国的相关国标。
- 进行了编辑性修改。

本部分的附录 A、B、C、D 均为资料性附录。

本部分由全国汽车标准化技术委员会提出。

本部分由全国汽车标准化技术委员会归口。

本部分由            负责起草。

本部分主要起草人：

# 商用车控制系统局域网络（CAN 总线）通信协议

## 第 1 部分：物理层—屏蔽双绞线(250 千比特/秒)

### 1 范围

本部分规定了 CAN 总线的物理层—屏蔽双绞线(250 千比特/秒)的电气性能参数等。  
本部分适用于 M<sub>2</sub>、M<sub>3</sub> 及 N 类车辆，其他车辆可参考。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本部分，然而鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

GB/T×××× 道路车辆-静电放电产生的电骚扰试验方法（IDT ISO10605）

GB/T 17737.1 射频电缆 第 1 部分：总规范—总则、定义、要求和试验方法（idt IEC 60096-1）

ISO6722 Road vehicles -- 60 V and 600 V single-core cables -- Dimensions, test methods and requirements

### 3 物理层一般要求

#### 3.1 物理层

物理层实现网络中电控单元（ECU）的电连接。ECU 的数目限制于总线线路的负载承受能力。根据本部分的电气参数定义，在特定网段上 ECU 的最大数目定为 30。

#### 3.2 物理介质

物理介质为屏蔽双绞线。双绞线特性阻抗为 120 Ω，电流对称驱动。两条线分别命名为 CAN\_H 和 CAN\_L。相应 ECU 的管脚引线也分别用 CAN\_H 和 CAN\_L 来表示。第三条连接屏蔽终端的线用 CAN\_SHLD 表示。

#### 3.3 差动电压

CAN\_H 和 CAN\_L 相对于每个单独 ECU 地的电压有  $V_{CAN\_H}$  和  $V_{CAN\_L}$ 。 $V_{CAN\_H}$  和  $V_{CAN\_L}$  间的差动电压由下式计算：

$$V_{diff} = V_{CAN\_H} - V_{CAN\_L} \quad (1)$$

#### 3.4 总线电平

总线总是处于两种逻辑状态，即隐性和显性的其中之一（见图 1）。在隐性状态  $V_{CAN\_H}$  和  $V_{CAN\_L}$  固定在一个中值电压电平。在带终端电阻的总线上， $V_{diff}$  接近于零。

显性状态由大于最小门限的差动电压表示。显性状态覆盖隐性状态并在显性位中传输。

#### 3.5 仲裁期间的总线电平

在特定的位时间里，总线线路上两个不同的 ECU 的显性位和隐性位的冲突仲裁结果是显性位。（见图 1）

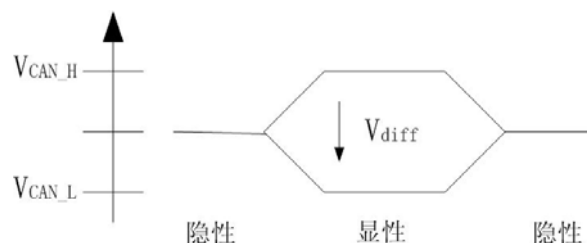


图 1 物理位示意图

#### 3.6 共模的总线电压范围

共模的总线电压范围定义为 CAN\_H 和 CAN\_L 的边界电压值。在连接在总线上的所有 ECU 正常运行的前提下，CAN\_H 和 CAN\_L 的电压值由各个 ECU 对地测得。

### 3. 7 总线终端

在线路的两个末端上，必须接有负载电阻  $R_L$  终结。  $R_L$  不得放置在 ECU 中，以避免其中一个 ECU 断线，总线将失去终端（见图 2）。

### 3. 8 内部电阻

ECU 的内部电阻  $R_{in}$  为隐性位状态，ECU 和总线线路断开下的 CAN\_H（或 CAN\_L）和 ECU 地之间的电阻值。（见图 3）。

### 3. 9 差动内部电阻

ECU 的差动内部电阻  $R_{diff}$  为隐性位状态，ECU 和总线线路断开下的 CAN\_H 和 CAN\_L 间的电阻值。（见图 4）。

### 3. 10 内部电容

ECU 的内部电容  $C_{in}$  为隐性位状态，ECU 和总线线路断开下的 CAN\_H（或 CAN\_L）和 ECU 逻辑地之间的电容值。（见图 3）。

### 3. 11 差动内部电容

ECU 的差动内部电容  $C_{diff}$  为隐性位状态，ECU 和总线线路断开下的 CAN\_H 和 CAN\_L 间的电容值。（见图 4）。

### 3. 12 位时间

位时间  $t_B$  为一比特的持续时间（见图 5）。在位时间内执行的总线管理功能（如 ECU 同步，网络传输延迟补偿和采样点定位）由 CAN 协议的可编程位计时逻辑集成电路定义。本标准对应于 250kbit/s 位时间是  $4 \mu s$ 。

CAN 协议集成电路供应商通常使用位段名称，它也可能是 2 个位的段对应一个名称。

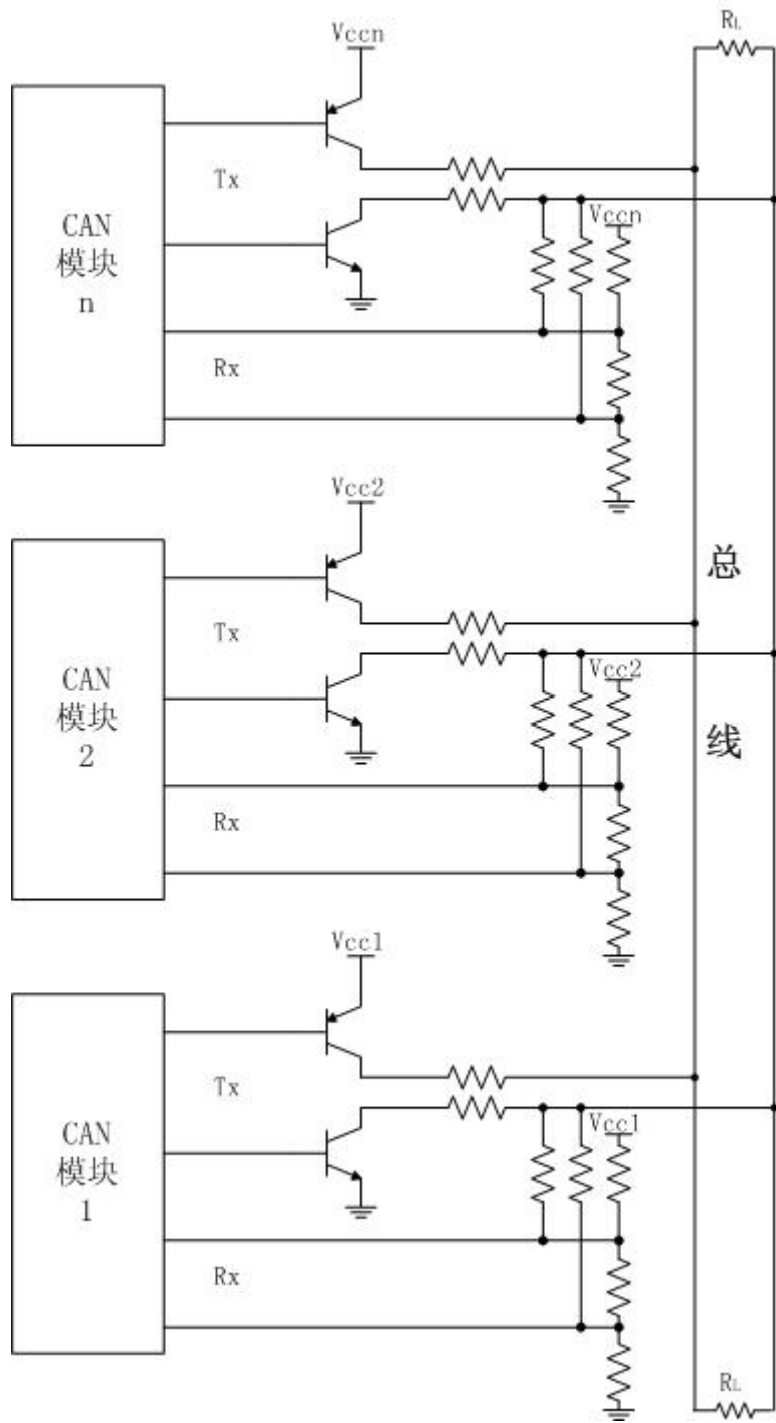


图 2 物理层功能

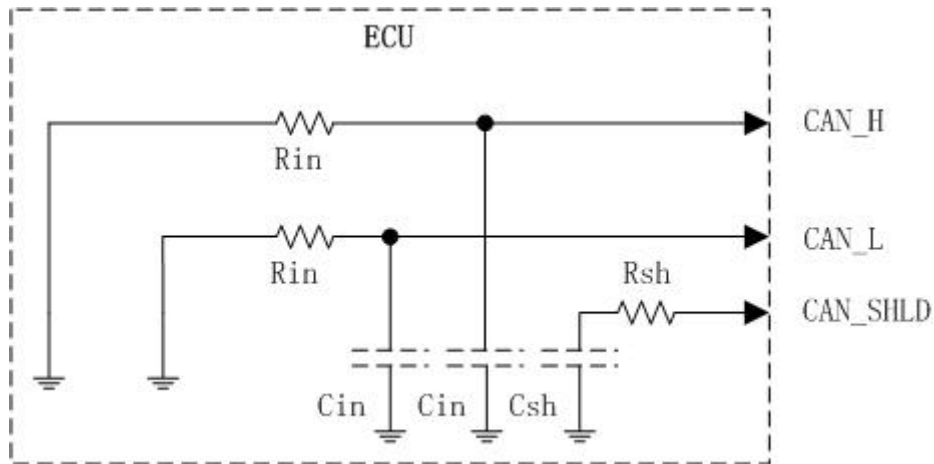


图 3 处于隐性状态的 ECU 内部电容和电阻的图解

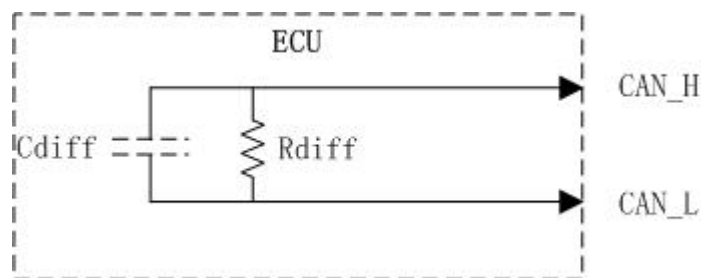


图 4 处于隐性状态的 ECU 差动内部电容和电阻的图解



注

- 同步段 (SYNC SEG) — 位时间中的这部分是用来同步总线上的不同 ECU。边沿包含在此位段中。
- 传播段 (PROP SEG) — 位时间中的这部分是用来补偿网络中由于总线传播时间和 ECU 内部延迟时间造成的物理延迟时间。。
- 相位缓冲段 1 (PHASE SEG1) 和相位缓冲段 2 (PHASE SEG2) — 这些相位缓冲段用来补偿边沿的相位误差。它能够由重新同步来加长或缩短。
- 采样点 — 是指读取并解释总线上各位值的一个时间点。它位于相位缓冲段 1 的尾部。

图 5 位划分

### 3. 13 内部延迟时间

ECU 的内部延迟时间  $t_{ECU}$  定义为相对于协议集成电路的位计时逻辑单元，在传输和接受中全部异步延迟的总和。详见图 6。

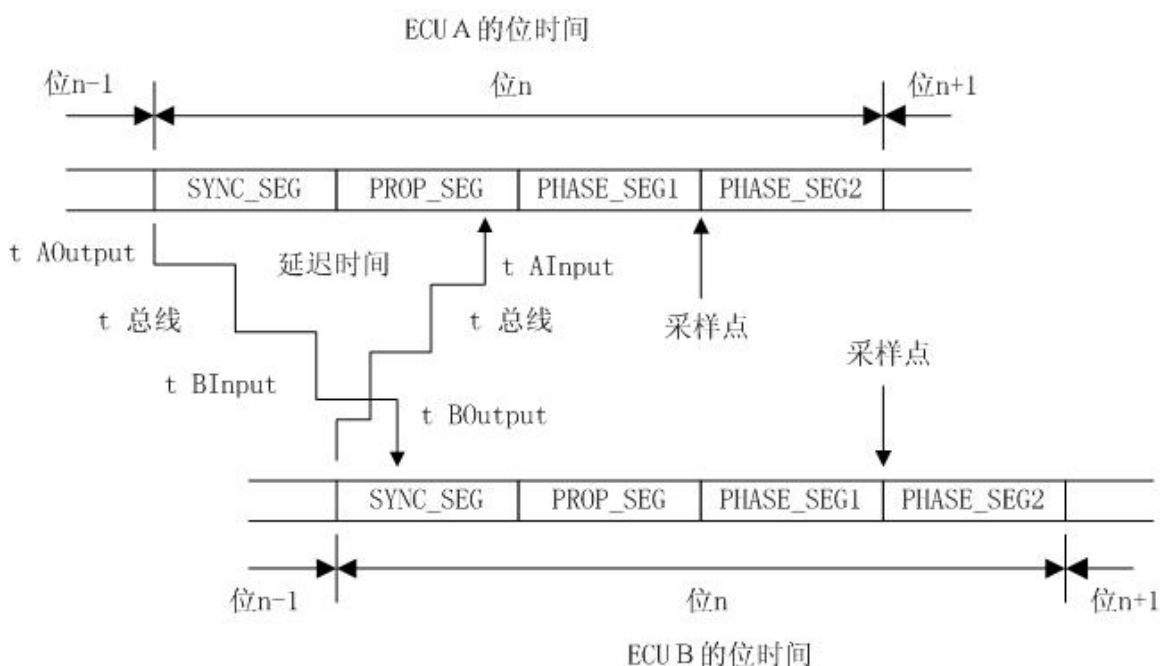
#### 3. 13. 1 同步

包括硬同步和重同步，它们应符合：

- a) 在一个位时间内只允许一个同步。
- b) 只有前采样点（原先总线读数）测得的值与紧跟边沿后总线的读数值不同时，才把边沿用于同步。
- c) 只要是“隐性”到“显性”的边沿，在上述的边沿中使用硬同步。
- d) 遵循规则 a 和 b 的所有其他“隐性”到“显性”的边缘可使用重同步。但有例外，如果在同步中只有“隐性”到“显性”的边沿可以使用，在“隐性”到“显性”边沿中带有正相错误导致发送器将不可能进行重同步。

### 3. 13. 2 同步跳转宽度 (SJW)

同步的结果可能是相位缓冲段 1 变长而相位缓冲段 2 缩短。相位缓冲段增长或缩短的数量有一个上限，这个上限由同步跳转宽度给定的。同步跳转宽度不大于相位缓冲段 1。



注

1:输入输出 ECU 延迟的总和包括 ECU 相对于位定时逻辑而言，总线断开下测得，ECU 关键参数见 3.12

$$t_{ECU} = t_{Output} + t_{Input} \quad [Output、Input:]$$

2:正确的仲裁要满足以下条件：

$$t_{AECU} + t_{BECU} + 2 * t_{Busline} \leq t_{PROP\_SEG} + (t_{PHASE\_SEG1} - t_{SJW})$$

同步段并不重要，因该段可能在模式间转换的相移位中丢失。t<sub>SJW</sub>是相位缓冲段 1 的一部分，用来补偿相错误。它是从可用时间上减去的，因为峰值可能导致 t<sub>SJW</sub>的相移位而失去同步。

这意味着关于 ECU A 同步的先导传输时序逻辑应当知道在采样点处总线上位 n 的电平。t<sub>ECU</sub>的范围主要取决于位速率，总线长度和可能的位时间长度，如仲裁条件所示。

3:集成电路可接受的晶振公差和潜在的失步取决于相位缓冲段 1 和 2。

图 6—仲裁期间 ECU A 和 B 的位定时逻辑关系

### 3. 14 CAN 的位定时要求

应保证不同供应商的元件能够组成稳定的网络。若没有任何位计时限制，不同装置则不能正确接受和解释有效信息。在特定网络条件下，特定装置可能可以对网络进行非法访问。另外，这使网络管理（系统诊断）变得异常困难。CAN 芯片供应商也推荐特定网络上的所有装置应能用相同的位时间值编程。

所有 CAN 的集成电路将位时间分割为更小的时间量 t<sub>q</sub>。对于大多数，CAN 集成电路，1t<sub>q</sub>=250ns（16MHz 时钟）（决定于振荡器频率和波特率预标定）。

因此，为了保证网络运行稳定，位时间特定值需要用寄存器确定，以，以使所有节点能够达到传播延迟和时钟误差的最佳折衷点（不同 CAN 器件制造商对位段定义会存在差异。）

建议被选中的 t<sub>q</sub> 允许采样点（见图 5）放在某个位时间靠近但不超过 7/8 处的位置（0.875

$\times 4 \mu s = 3.5 \mu s$ )。这使传播延迟和时钟误差达到最优。

在标准时钟频率下运转的典型控制器集成电路建议采用下列值。对于其他频率，可选择不同的值，以保证采样点尽可能靠近但不超过最佳时间。

16MHz

采样点=0.875 $t_b$

$t_q = 250ns$  (16 $t_q/bit$ )

$t_{sync} = 250ns$  (1  $t_q$ )

TSEG1=3.25  $\mu s$  (13 $t_q$ )

TSEG2=500ns (2 $t_q$ )

20MHz

采样点=0.85 $t_b$

$t_q = 200ns$  (20 $t_q/bit$ )

$t_{sync} = 200ns$  (1 $t_q$ )

TSEG1=3.2  $\mu s$  (16 $t_q$ )

TSEG2=300ns (3 $t_q$ )

SJW=1 $t_q$  (SJW 是 TSEG1 和 TSEG2 的一部分)

总位时间= TSEG1+ TSEG2+ $T_{sync}$ =13+2+1=16 $t_q$ =4  $\mu s$

(以 16MHz 时钟为例)

传播段+相位缓冲段 1=TSEG1

相位缓冲段 2=TSEG2

同步段=SYNC\_SEG

位定时寄存器的选择，通常要求所有节点使用晶体振荡器，以保证能够达到表 1 给定的时钟误差。

表 1 与总线断开的 ECU 的交流参数

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
位时间 <sup>(1)</sup>	$t_B$	3.998	4.000	4.002	$\mu s$	250kbit / s
内部延迟时间 <sup>(2)</sup>	$t_{ECU}$	0.0		0.9	$\mu s$	
内部电容值 <sup>(3)</sup>	$C_{in}$	0	50	100	$pF$	250kbit/s, CAN—H 和 CAN—L 相对于地
差动内部电容 <sup>(3)</sup>	$C_{off}$	0	25	50	$pF$	
可用时间 <sup>(4)</sup>	$t_{avail}$	2.5			$\mu s$	40 米的总线长度
信号上升、下降时间	$t_R, t_F$	200		500	$ns$	从信号的 10% 到 90% 处测得

注:

- 包括其原始状态及其随温度、时效等变化的值。
- 对于一个从隐性转为显性的  $V_{diff} = 1.0$  伏以及从显性转为隐性的  $V_{diff} = 0.5$  伏的电压差，应保证  $t_{ECU}$  的值。从注 1 的例子的位计时来看，若有 300ns 的预留，一个 CAN 接口延迟 500ns 是可能的（控制器不包括在内）。允许有一个较缓的斜率（图 A1 和 A2 中的 R3 和 R4）以及输入滤波（图 A1 和 A2 中的 R5、R6、C1、C2）。基于 EMC 的考虑推荐使用该特征。  
最小内部延迟时间可能为 0。最大允许值是由位计时和总线延迟时间决定的。
- 除了内部电容之外，总线线路也应有一个尽可能低的电感。 $C_{in}$  和  $C_{off}$  的最小值可能为 0，最大的允许值由位定时和网络布局参数 L 和 D（参见表 8）决定。如果在每个单个的 ECU 中，产生的电缆共振波没有抑制显性电平差低于  $V_{diff} = 1$  伏的且没有增大隐性电平差高于  $V_{diff} = 0.5$  伏的（参见表 3 和 4），就保证了正确的功能性。  
最小内部延迟时间可能为 0。最大允许值是由位计时和总线延迟时间决定的。
- 可用时间是由集成电路协议的位计时单位产生的。例如，在大多数集成电路控制器中的时间符合 TSEG1。由于不同步的原因，它可能会丢失 SJW 的长度。因此有一个不同步的可用时间 ( $t_{avail}$ ) 为



TSEG1-SJW 毫秒。一个 250ns 的  $t_q$  时间，且  $SJW = 1t_q$ ,  $TSEG1 = 13t_q$ ,  $TSEG2 = 2t_q$  使得  $t_{avail} = 3.00 ns$ 。

5. 为了保证该参数并联的加在 ECU 上的 CAN\_H 和 CAN\_L 间的负载应为  $60 \Omega$ ，电容  $200 pF$ 。

#### 4 功能性描述

如图 2 所示，总线的线路在每个末端以负载电阻  $R_L$  结束。这些终端电阻抑制了信号在总线内部的反射。

如果总线上所有 ECU 的总线发送器都处于关闭状态，那么总线就处于隐性状态。在这种情况下，总线平均电压由总线上所有 ECU 中的无源偏置电路产生，图 2 提供实现这个接收操作参考的电阻网络。

如果至少有一个单元的总线驱动电路是接通的，就有一个显性位发送给总线。这个显性位通过总线终端电阻而在两条线 (CAN\_H 和 CAN\_L) 之间产生差动电压。显性和隐性的状态由上述的电阻网络来传递，此电阻网络转换不同总线差动电压，以对应接收电路比较器输入端可识别的隐性和显性电平。

#### 5 电气特性

##### 5.1 电气参数

在每个 ECU 的工作温度范围内必须完全符合以下各表中的性能参数。这些参数满足最多有 30 个 ECU 连接到给定的总线网段。

##### 5.1.1 电控单元

在表 1 到表 4 中给定的这些限制应用于每个 ECU 的 CAN\_H 和 CAN\_L 管脚，这些 ECU 都是从总线上断开的（参见第 6 章）。

**表 2 从总线上断开的 ECU 的  $V_{CAN\_H}$  和  $V_{CAN\_L}$  的限制**

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
最大电压	$V_{CAN\_H}$	-3.0		16.0	V	额定电池电压 12 伏
	$V_{CAN\_L}$	-3.0		16.0	V	
最大电压	$V_{CAN\_H}$	-3.0		32.0	V	额定电池电压 24 伏
	$V_{CAN\_L}$	-3.0		32.0	V	

##### 5.1.1.1 绝对最大额定值

表 2 中给定的限制是指 ECU 与总线相连，且不损坏收发器电路的绝对最大直流电压值。尽管此连接不能保证是在这些条件下操作的，也没有时间限制，只是在一段时间之后，操作 CAN 的集成电路将导致“被动错误”。

##### 5.1.1.2 直流参数

表 3 和 4 定义了分别用作表示从总线上断开了的一个 ECU 的隐性和显性状态的直流参数。

**表 3 从总线上断开了的 ECU 的显性和隐性状态的直流参数—隐性状态**

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
总线电压输出特性	$V_{CAN\_H}$	2.0	2.5	3.0	V	无负载
	$V_{CAN\_L}$	2.0	2.5	3.0	V	
差动电压输出特性	$V_{diff\_or}$	-1200		50	mV	无负载
差动内部电阻	$R_{diff}$	10		100	$k\Omega$	无负载
内部电阻 <sup>(1)</sup>	$R_{in}$	5		15	$k\Omega$	无负载
差动电压输入范围	$V_{diff}$	-1.0		0.5	V	(2)(3)(4)

1、CAN\_H 和 CAN\_L 的内部电阻  $R_{in}$  应近似为相同值，相互的偏差应小于 5%。这样产生的对称信号波形可将 EMI 辐射减到最小。

2、两个并接在 CAN\_H 和 CAN\_L 之间的终端电阻的等效值为  $60 \Omega$ 。

3、接收必须确保是在表 5 和表 6 中分别定义的正常模式的电压范围内。

4、尽管只有在出现故障的情况下  $V_{diff} < -1.0V$  才有可能，它仍应被解释为隐性。

**表 4 从总线上断开了的 ECU 的显性和隐性状态的直流参数—显性状态**

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
总线电压输出特性	$V_{CAN\_H}$	3.0	3.5	5.0	V	(1)
	$V_{CAN\_L}$	0.0	1.5	2.0	V	

差动电压输出特性	$V_{diff\ id}$	1.5	2.0	3.0	$V$	(1)
差动电压输入范围	$V_{diff}$	1.0		5.0	$V$	(1)(2)
1. 两个并接在 CAN_H 和 CAN_L 之间的终端电阻的等效值为 $60\ \Omega$ 。						
2. 接收必须确保是分别在表 5 和表 6 中定义的共模电压范围内。						

**表 5 所有的 ECU 连接在总线上时表示隐性状态的总线电压参数—隐性状态**

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
总线电压	$V_{CAN\_L}$	0.1	2.5	4.5	$V$	同每个 ECU 的接地端处测得
总线差动电压 <sup>(1)</sup>	$V_{diff}$	-400	0	12	$mV$	在同总线相连的每个 ECU 处测得
1. 总线差动电压是由隐性状态中的所有 ECU 的输出特性决定的。因此, $V_{diff}$ 近似为 0 (参见表 3)。最小值是由信号传输必须能够表达一个显性状态位的要求决定的, 表示该显性状态位的最小电压为 $V_{diff}=1.2$ 伏。						

**表 6 所有的 ECU 连接在总线上时表示显性状态的总线电压参数—显性状态**

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
总线电压 <sup>(1)</sup>	$V_{CAN\_H}$		3.5	7.0	$V$	同每个 ECU 的接地端处测得
	$V_{CAN\_L}$	2.0	1.5		$V$	
总线差动电压 <sup>(2)</sup>	$V_{diff}$	1.2	2.0	3.0	$V$	在同总线相连的每个 ECU 处测得
				5.0	$V$	在仲裁期间
1. $V_{CAN\_H}$ 的最小值是由 $V_{CAN\_L}$ 的最小值加上 $V_{diff}$ 的最小值决定的。 $V_{CAN\_L}$ 的最大值是由 $V_{CAN\_H}$ 的最大值减去 $V_{diff}$ 的值决定的。						
2. 当 ECU 加载到网络中时, 由于 $R_{diff}$ 的缘故, 总线负载增加, 从而 $V_{diff}$ 减小。 $V_{diff}$ 的最小值决定了总线上允许加载的 ECU 的个数。 $V_{diff}$ 的最大值由仲裁期间的上限值所定义。该单个运行的 $V_{diff}$ 最大值必须大于 3V。						

### 5.1.1.3 交流参数

表 1 定义了 ECU 的交流参数要求。

### 5.1.2 总线运行电压

在所有的 ECU (2 到 30 个之间) 连接到正确带终端的总线上时, 表 5 和 6 中指定的参数均适用。总线上任意两个 ECU 之间的最大允许接地偏差值为 2V。这个极端的偏差电压发生在显性状态中 (参见表 6)。

### 5.1.3 静电放电 (ESD)

根据 GB/T××××《道路车辆-静电放电产生的电骚扰试验方法》, ESD 使用 15kV 的静电放电电压, 对从总线上断开时的 CAN\_H 和 CAN\_L 进行检测。

### 5.1.4 物理层电路示例

有许多满足要求的物理层分立电路和集成电路。这些电路的示例如附录 A 所示。

## 5.2 物理媒介参数

以下章节介绍了电缆、终端和网络布局的特征 (参见表 7)。

**表 7 屏蔽双绞线电缆的物理媒介参数**

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
阻抗	Z	108	120	132	$\Omega$	屏蔽接地, 采用开 / 短路法用 3 米长度试样在两根信号线之间以 1MHz 下测得
单位电阻	$r_b$	0	25	50	$m\ \Omega/m$	在 20°C 时测得 <sup>(1)</sup>
单位线延迟	$r_p$		5.0		$ns/m$	$V_p\ 67\%$ <sup>(2)</sup>
单位电容	$C_b$	0	40	75	$pF/m$	两导线间
	$C_s$	0	70	110	$pF/m$	导线对屏蔽
电缆尺寸						(3)
0.5 mm <sup>2</sup> 的导线	$a_c$	0.508			$mm^2$	(4)
绝缘直径	$d_{ci}$	2.23		3.05	$mm$	
电缆直径	$d_c$	6.0		8.5	$mm$	
0.8mm <sup>2</sup> 的导线	$a_c$	0.760			$mm^2$	(4)
绝缘线直径	$d_{ci}$	2.5		3.5	$mm$	

电缆直径	$d_c$	8.5		11.0	$mm$	
屏蔽效率			200	225	$m\Omega/m$	1 兆赫兹及以下频率的表面转移阻抗, 按 GB/T 17737.1 的测试方式
温度范围	C	-40		+125	$^{\circ}C$	加热老化: 按 ISO 6722, 3000 小时, 用 4-5 倍电缆直径的心轴测试。
电缆弯曲半径	$r$	4 倍电缆直径			$mm$	电缆没有性能或物理上损坏时的 90 度弯曲半径。
1. 由接收 ECU 检测的总线电压差依赖于它自己和发射 ECU 之间的线电阻。因此, 信号线总电阻由每个 ECU 的总线标准参数限定。 2. 总线上两点间的最小延迟时间可能为 0。最大值是由位时间和传输与接收电路的延迟时间决定的。 3. 可以使用其它的导线规格。绝缘尺寸可能要大于 ISO 6722 中的规定。设计人员应确保电缆、连接器与端子间的兼容性。 4. 符合 ISO 6722 性能要求 (包括可用的泻流线)。 5. 125 $^{\circ}C$ 或按 OEM 所指定的。						

### 5.2.1 总线线路

总线线路由一条 CAN\_H、一条 CAN\_L 和一条 CAN\_SHLD 导线组成。CAN\_H 应为黄色, 而 CAN\_L 为绿色。另外, 电缆必须符合以下的基本要求。

### 5.2.2 布局

该网络的线路布局应尽可能接近线性结构以便于避免电缆辐射。在实际中有必要采用连接短的短截线电缆到主干线电缆上的, 如图 7 所示。为了将驻波减到最少, 网络上节点的间隔不应相等且电缆短线长度 (如图 7 中尺寸 S) 也不完全等长。网络尺寸的要求见表 8 所示。

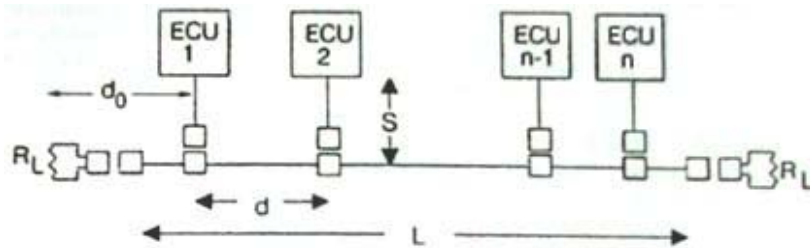


图 7 接线网络布局

表 8 网络布局参数

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
总线长度	L	0		40	$m$	不包括电缆短截线
电缆短线长度 <sup>(1)</sup>	S	0		1	$m$	见注 1
节点距离	d	0.1		40	$m$	
从 $R_L$ 起的最小距离	$d_0$	0			$m$	$R_L$ 不是位于 ECU 之内

1. 诊断连接器电缆短截线长度, 预留给车辆的最大值为 0.66 米, 预留给离线诊断设备的最大值为 0.33 米。

### 5.2.3 终端电阻

总线线路的主干线的每端都必须以一个合适的电阻来提供 CAN\_H 和 CAN\_L 导线的正确终止。该终端电阻应连接在 CAN\_H 和 CAN\_L 导线之间。该终端电阻特性应符合表 9 中规定的。

表 9 终端电阻参数

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
电阻	$R_L$	110	120	130	$\Omega$	最小功耗 400 毫瓦 <sup>(1)</sup>
电感				1	$\mu H$	

1. 假设  $V_{CAN\_H}$  为 16V。

### 5.2.4 屏蔽终止

屏蔽应以一根接线结束且它仅在一处直接接地。

屏蔽接地点通常确定的原则是 (按重要性排列):

1. 连接到最小的电子噪声点处。
2. 使用阻抗尽可能低的连接。

3. 采用与网络中心最近的连接点接地。

总线上的每个节点也都应提供一个供选择的接地屏蔽点。然而，该 CAN\_SHLD 导线的连接器应通过串联的电阻和电容达到节点间的最佳接地连接。推荐值为  $R=1\Omega$  及  $C=0.68\mu F$ 。（见图 A1 和 A2）

### 5.3 连接器

图 8 所示的两种连接器能够表示所有的网络情况。

一个 ECU 可能与一个固定的接头（附录 C）或连接器相连。如果用一个连接器将一个 ECU 连到网络主干线线路上，则可称它为“短截线连接器”，在图 8 中标明为“A”。“短截线连接器”如图 9 所示。若连接器用于将终端电阻与主干线电缆末端相连或用于通过结构边界（例如驾驶室舱壁）或用于扩展主干线线路的终端，则称之为“直通连接器”，在图 8 中标明为“B”。“直通连接器”如图 10 所示。电缆和连接器连接成终端的方法见附录 B，两根电缆也可不通过连接器直接接续(修复时),接续方法见附录 D。

这两种连接器在设计上很相似，只是采用了不同的锁扣形式，以避免对正确的通信有害的方式来连接网络的可能性。该连接器是为 CAN\_H、CAN\_L 和 CAN\_SHLD 提供的电气连接用的。

该连接器概念的使用实例如图 8 所示。

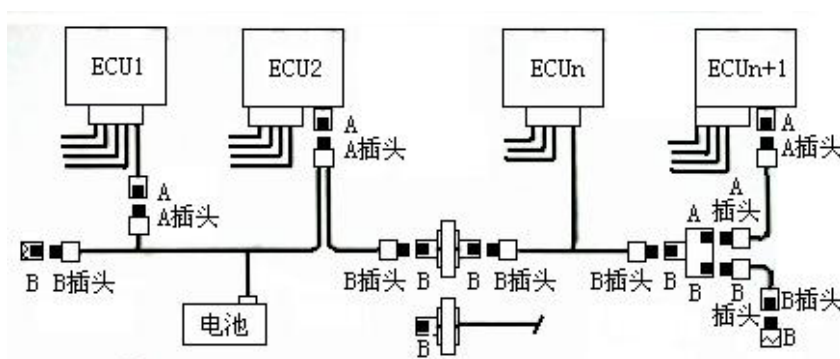


图 8 网络连接器用法实例

#### 5.3.1 连接器电性能要求

连接器以及它们的连接终端要符合表 10 中规定的电气要求。

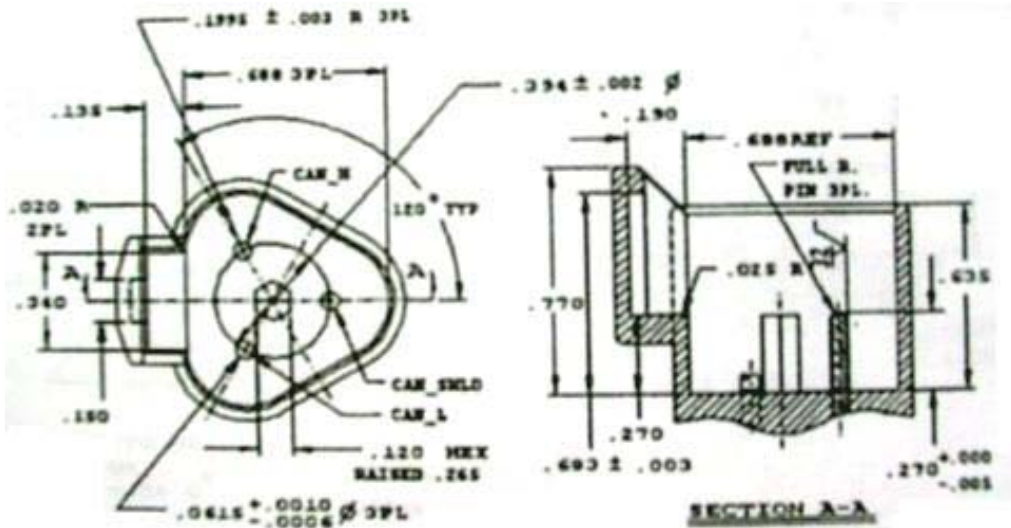
表 10 连接器参数

参数	符号	最小值	额定值	最大值	单位	条件
电压 <sup>(1)</sup>	$V_{CAN\_H}$			16	V	额定 $V_{BAT}=12$ 伏
	$V_{CAN\_L}$			32	V	额定 $V_{BAT}=24$ 伏
电流	I	0	25	80	mA	
峰值电流	$I_p$			500	mA	时间限制: $101t_B$ <sup>(1)</sup>
特性阻抗	$Z_C$	100	120	140	$\Omega$	
传输频率	f	25			MHz	
接触电阻	$R_T$			10	m $\Omega$	(2)

1. 总线故障。  
2. 由接收 ECU 检测的总线线路电压差，该接收 ECU 依赖于它自己和传输 ECU 之间的线路电阻。因此，信号线总电阻由每个 ECU 的总线参数水平限定。

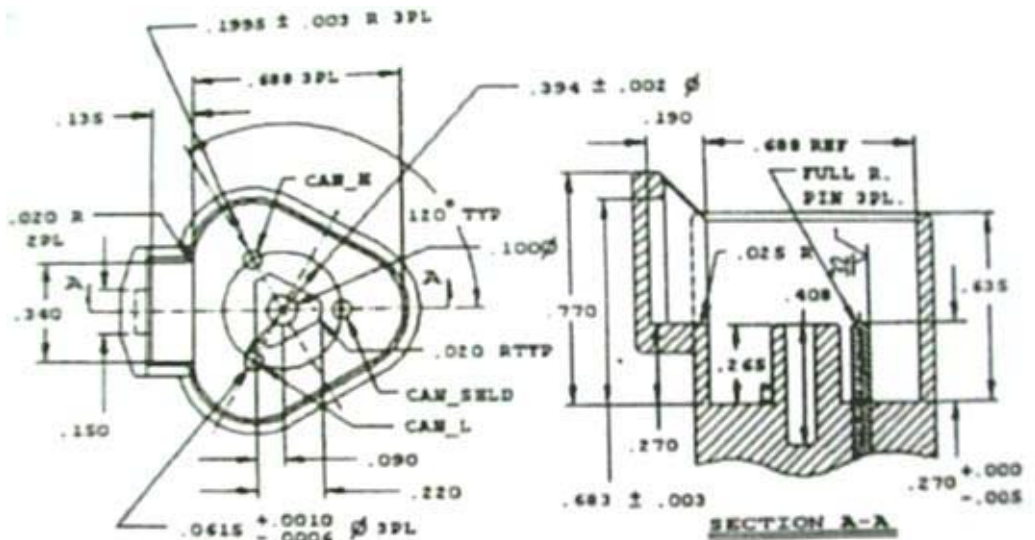
#### 5.3.2 连接器的机械性能

如采用了连接器，连接器应有符合要求的锁闭、偏振和保持装置。这些连接器还应该具体表现符合应用的环境保护措施。“短截线连接器”和“直通连接器”的尺寸特性分别示于图 9 和图 10。



2 塑料额定温度为-55℃到+125℃ “短截线连接器”的接口尺寸  
 1 针头是镀金铜的

图9 “短截线连接器”(针状连接器)的尺寸(A)



2 塑料额定温度为-55℃到+125℃ “直通连接器”的接口尺寸  
 1 针头是镀金铜的

图10 “直通连接器”(孔状连接器)尺寸(B)

## 6 性能测试

下面的图和公式，从原理上表明了元件供应商应对 5.1 部分规定的参数如何测试。尽管在物理层中有许多的要求，这部分详细说明了收发器应遵循的测试方法。注意这里的地连接和 CAN\_SHLD 不一样。测量对地参数应该是 ECU 的逻辑地。

### 6.1 ECU 的隐性输出

隐性输出电压的测量，如图 11 所示。

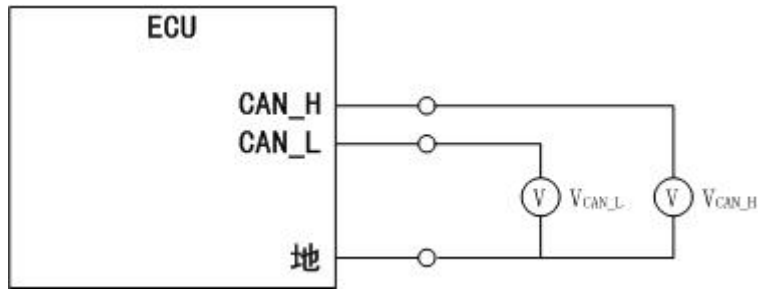


图 11 在总线空闲状态下  $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  的测量

在总线  $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  不工作时，即总线无负荷情况下， $V_{diff}$  的计算

$$V_{diff} = V_{CAN-H} - V_{CAN-L} \quad (2)$$

表 3 定义了隐性状态下的门限。

注：在  $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  在无负载的最坏情况下，可以测试观察到最大的隐性状态接收条件。+

### 6.2 $V_{CAN-H}$ 和 $V_{CAN-L}$ 的内部电阻

$V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  内部电阻  $R_{in}$  的测量，如图 12 所示。

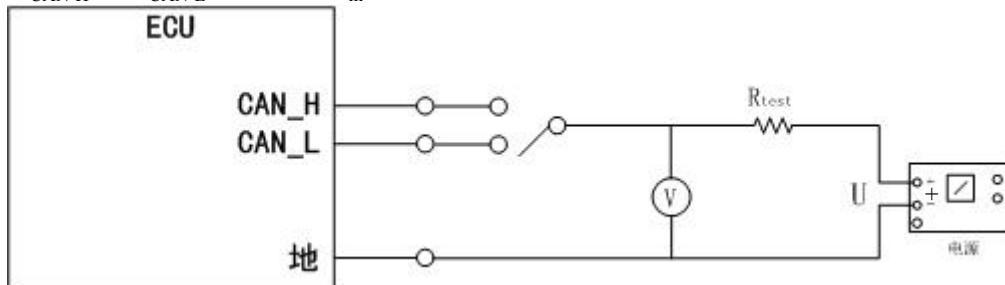


图 12 在 ECU 协议集成电路设置为总线空闲状态下  $R_{in}$  的测量

在  $U=0V$  和  $U=5V$  时，分别决定了  $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  的内部电阻  $R_{in}$ 。

设定  $R_{test}=5k\Omega$ ， $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  的内部电阻  $R_{in}$  的计算

$$R_{in} = R_{test} \frac{V_{CAN-H,L} - V}{V - U} \quad (3)$$

其中：

$V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  是开路电压，见图 11。 $R_{in}$  由表 3 的隐性状态和表 3 中注 4 的直流参数所定义。

### 6.3 内部差动电阻

内部差动电阻的测量，如图 13 所示。

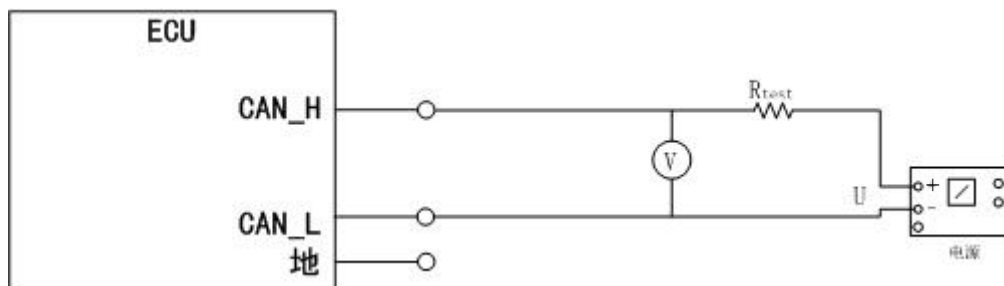


图 13 在 ECU 协议集成电路设置为总线空闲状态下  $R_{diff}$  的测量

总线空闲状态下， $U=5V$ ， $R_{test}=10k\Omega$ ， $R_{diff}$  的计算

$$R_{diff} = R_{test} \frac{V_{diff} - V}{V - U} \quad (4)$$

其中：

$V_{diff}$  是开路的差动电压值，按 6.1。

#### 6.4 单个 ECU 的隐性输入门限

在正常范围内，单个 ECU 隐性输入门限的确定，如图 14 所示

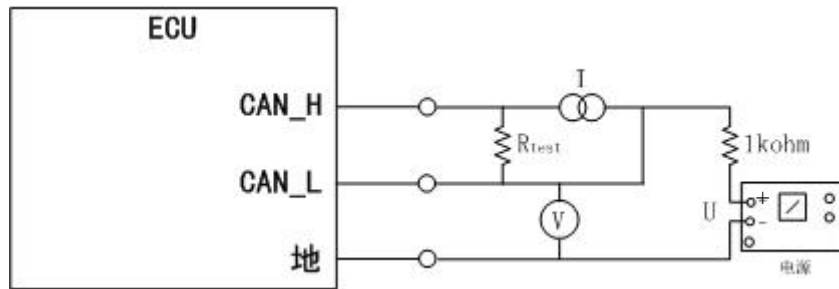


图 14 隐性位侦测的输入门限测试

电流  $I$  可以通过  $R_{test}$  ( $60\ \Omega$  总线负载等效电阻) 调整到  $0.5V$  (在隐性状态中检测一个隐性电位的上限)。另外， $U$  在总线空闲时，可被设置为两个适当的值： $V=-2V$  和  $V=+6V$ ，在这种条件下，ECU 不可停止传输。这显示出，整个被传输的隐性位一直被 ECU 的协议集成电路作为隐性状态检测。隐性位的电压值几乎不受  $U$  限制。

注：设置  $V=6V$  而不是  $7V$  是因为接收一个隐性位的最大门限是  $0.5V$ 。见表 2

#### 6.5 单个 ECU 的显性输出

ECU 的显性输出的测量，如图 15 所示。

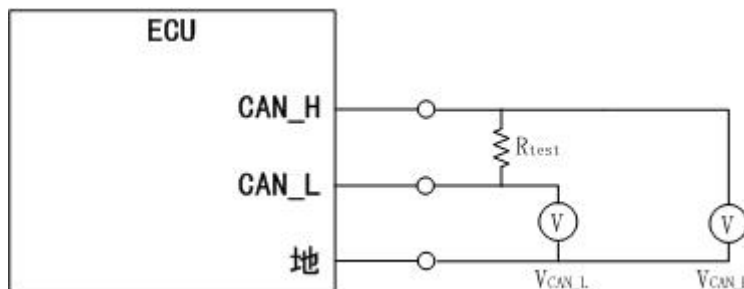


图 15 当 ECU 发送一个显性位时  $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  的测量

当 ECU 发送一个显性位时， $V_{CAN-H}$  和  $V_{CAN-L}$  的测量。 $R_{test}=60\ \Omega$ ，则对应  $V_{diff}$  为

$$V_{diff} = V_{CAN\_H} - V_{CAN\_L} \quad (5)$$

注：ECU 从总线断开后，显性状态电压见表 4 中的参数值。

#### 6.6 单个 ECU 的显性输入门限

在正常范围内，ECU 的显性输入门限的确定，如图 16 所示。

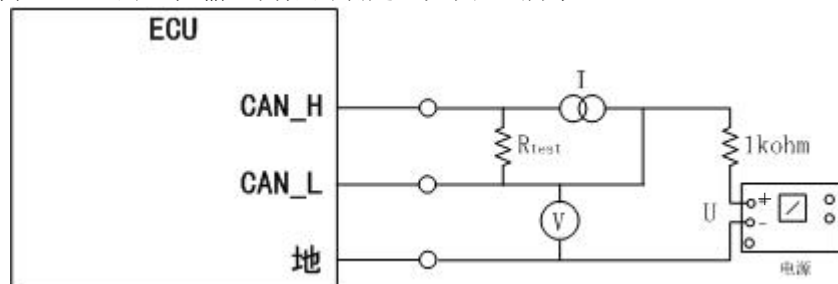


图 16 显性位侦测的输入门限测试

通过  $R_{test}=60\Omega$ (总线负载匹配电阻) 电流  $I$  被调整到一个值, 这个值在  $R_{test}$  引起对于在隐性状态下检测一个显性状态位所必需的  $1V$  上限值。另外, 在总线空闲期间  $U$  被设置为两个值, 即  $V = -2V$  and  $V = +6V$ 。在这些条件下, ECU 必须停止传送消息来证明仲裁确认。这显示出, 整个传送的隐性位被 ECU 的协议集成电路作为显形检测。这个显性位的电压值几乎不受  $U$  限制。

注: 设置的  $V=6V$  而不是  $7V$  是因为接收一个显性位的最大极限值是  $1V$ 。见表 4。  
(小于  $1V$  就有可能转为隐性状态)

### 6.7 内部延迟时间

ECU 内部延迟时间的测量是通过在第一个隐性标识位, 用一段从显性电平开始到这次仲裁停止为止的时间覆盖的(阴影区域)部分来测量, 如图 17 所示。

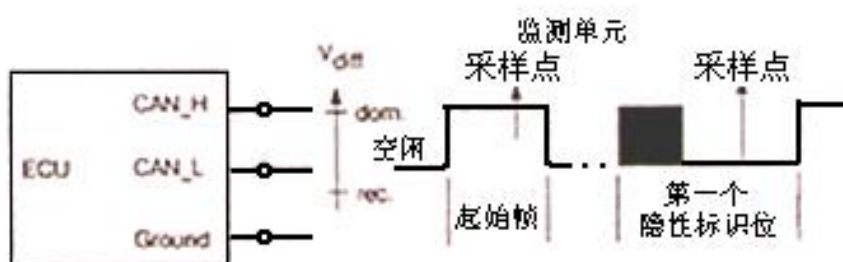


图 17 内部延迟时间  $T_{ECU}$  的测量

图 17 的监测单元由 ECU 的协议集成电路所传递, 它和起始帧位同步。内部延迟时间  $T_{ECU}$  是通过在第一个隐性标识位, 用一段从显性电平开始到这次仲裁停止为止的时间  $t_{overw}$  覆盖的(阴影区域)部分来测量。 $t_{overw}$  覆盖时间增加到 ECU 协议集成电路结束仲裁和停止传输为止。对延迟时间补偿的位时间  $T_{avail}$  的有效部分刚好被耗尽(见图 5 图 6 和表格 7)。 $T_{ECU}$  的计算如公式 6 所示

$$T_{ECU} = T_{avail} - T_{overw} \quad (6)$$

其中:

$T_{avail}$  是从 ECU 协议集成电路的位计时单元已知,  $T_{overw}$  是从监测单元已知。

因为接收显性和隐性电压已被设置为相应的极限值, 即显性电压为  $1V$ , 隐性电压为  $0.5V$ 。这就确定了唯一的电压与内部延迟时间的关系。

## 7 总线故障

在正常操作中, 由于发生一些总线故障而导致了非正常的操作。故障导致可能发生的网络行为如下。

### 7.1 网络连接失败

如果一个节点从总线网络脱开而导致连接失败, 剩下的其它节点之间应能够继续通信。

### 7.2 节点电源断开或节点接地断开

如果某个节点与电源断开, 或者处于低电压状态下, 网络不会被拉低, 剩下的节点应能够继续通信。

如果某节点与接地点断开, 网络不会被拉高, 剩下的节点应能够继续通信。

### 7.3 屏蔽接地断开



万一某个节点的屏蔽接地断开,则会在屏蔽层与双绞线的任一根线之间产生共模干扰电压。虽然通信是可能的,但电磁干扰会增加。

#### 7.4 开路 and 短路故障

原则上,由电子控制单元来分析重要消息的毁坏率故障是可以察觉的。一些意外事件引起的故障示例如下,并见图 18。

##### 例 1: CAN-H 断开

在 CAN-H 断开点的不同边节点之间,数据通信是不可能的。而在 CAN-H 断开点的相同边节点之间,数据通信是可能的。但是数据信号的信噪比 (S/N) 随之降低。

##### 例 2: CAN-L 断开

在 CAN-L 断开点的不同边节点之间,数据通信是不可能的。而在 CAN-L 断开点的相同边节点之间,数据通信是可能的。但是数据信号的信噪比 (S/N) 会随之降低。

##### 例 3: CAN-H 与电源短路

如果电源电压比最大允许的总线正常电压范围还大,数据通信是不可能的。

##### 例 4: CAN-L 与地短路

由于总线电压在允许的正常电压范围内,所以通信是可能的。但是数据信号的信噪比 (S/N) 下降,抗电磁辐射能力减弱。

##### 例 5: CAN-H 与地短路

数据通信不能进行。

##### 例 6: CAN-L 与电源短路

数据通信不能进行。

##### 例 7: CAN-H 与 CAN-L 短路

数据通信不能进行。

##### 例 8: CAN-H 与 CAN-L 在同一位置断开

在断点的不同一侧的节点之间,数据通信是不可能的。而在断点的同一侧的节点之间,数据通信是可能的,但是数据信号的信噪比 (S/N) 会随之降低。

##### 例 9: 总线匹配终端的丢失

虽然通过总线的数据通信是可能的,但是数据信号的信噪比 (S/N) 会随之降低。

##### 例 10: 违反布局参数 (如: 总线的长度、节点短截总线的长度、节点的分布设置)

通过总线进行数据通信是可能的,但是数据信号的信噪比 (S/N) 会随之降低。

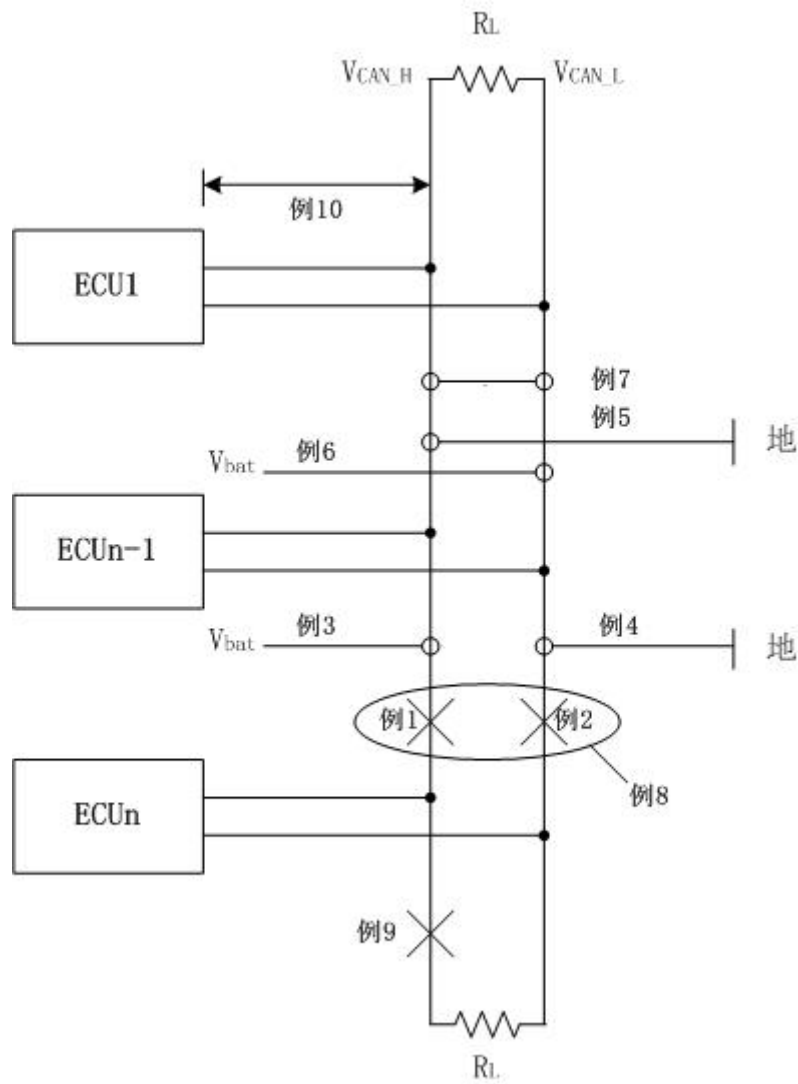


图 18 由于意外事件的可能错误

## 附录 A (资料性附录) 物理层电路范例

### A.1 物理层 例 1

以下是三个物理层电路范例，它们都符合本部分所描述的电气性能。

#### A.1.1 物理层 例 1

见图 A1。

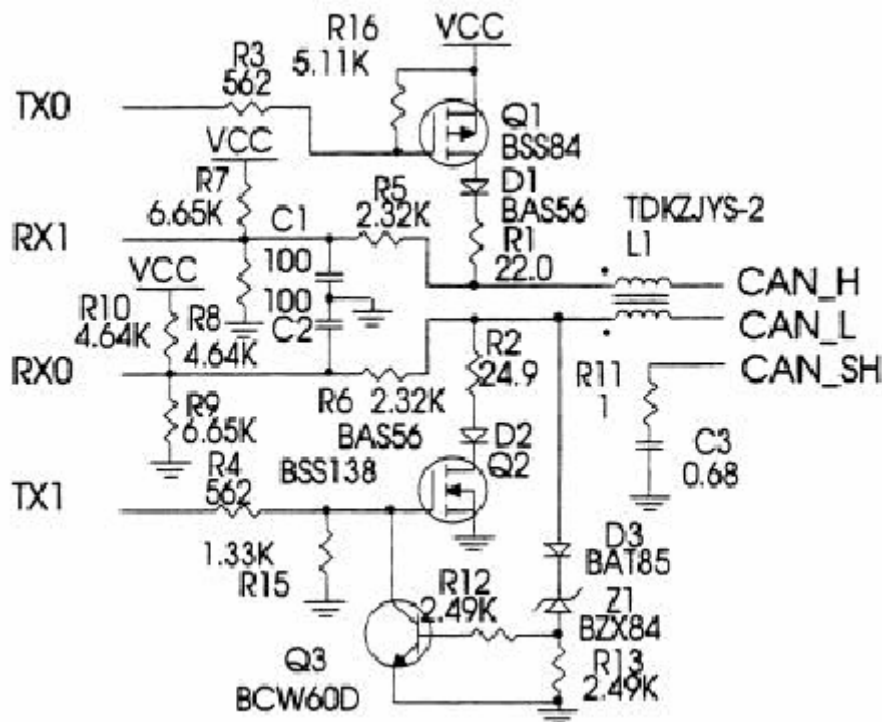


图 A1 物理层电路例 1

这个电路对 CAN\_L 通路有专门的短路保护。所以虽然它只使用低压元件，但它可以承受总线上+50V 的电压（例如，负载卸荷状态）。R7, R8, R9, R10 用于构成隐性状态下的偏压网络；R5, R6, C1, C2 和偏压网络一起构成一个大约 1.2MHz 的输入滤波器。R3, R4, R15 和 R16 为三极管 Q1 和 Q2 的驱动电阻；合理选择这些电阻，可以使 CAN\_H 和 CAN\_L 的转换波形在转换过程中保持均匀对称。Q1 和 Q2 上的电阻 R1 和 R2，一起构成工作状态下的输出阻抗；D1 和 D2 用于对共模干扰的抑制。如果在 CAN\_L 通路上的电压超过+10V, R12, R13, D3, Z1 和 Q3 将使 Q2 管关闭（此时 Q1 管由 D1 抑制）。D3 把 Z1 的电容与总线隔离。

L1 联在总线上，用于减少高频微处理器的开关噪声。测试表示，这个元件可以减少 10KHz 到 200MHz 测试范围内的辐射发散，特别是 30MHz 以下范围的辐射。虽然这个元件可以改善辐射发散的性能，但本标准不强制要求使用。ECU 的辐射发散性能须符合其他规定。

### A.2 物理层 例 2

#### A.2.1 物理层电路 例 2

这个电路是为贴片元件设计的。电阻 R7, R8 和 R9 构成一个偏压网络，它决定隐性状态下线路的电压。网络 R5, R6, C1 和 C2 构成一个抑制共模干扰的滤波器，转角频率大约为 1.5MHz。电阻 R3, R4, R15, R16 是输出管 Q1 和 Q2 的驱动阻抗。为了保持信号线路的平衡，应该调整这些元件的大小，以使在从显性到隐性状态，和从隐性状态到显性状态的转换过程中，驱动电压保持对称。电阻 R1 和 R2 把线路的电流限制在大约 100 mA 以内。这样当与电池发生短路时，可以减少把全部的功率都消耗在驱动管上。在电流限制下，R1 和 R2 上的损耗功率大约为 0.25W。当 CAN\_H 与地短路时，Q1 上的损耗功率也大约有 0.25W。当 CAN\_L 和 32V 短路时，Q2 上的损耗功率为 2.95W，但被马上限制了。

L1 串联在总线上，用于减少高频微处理器的开关噪声。测试表示，这个元件可以减少 10KHz 到 200MHz 测试范围内的辐射发散，特别是 30MHz 以下范围的辐射。虽然这个元件可以改善辐射发散的性能，但本标准不强制要求使用。ECU 的辐射发散性能须符合其他规定。

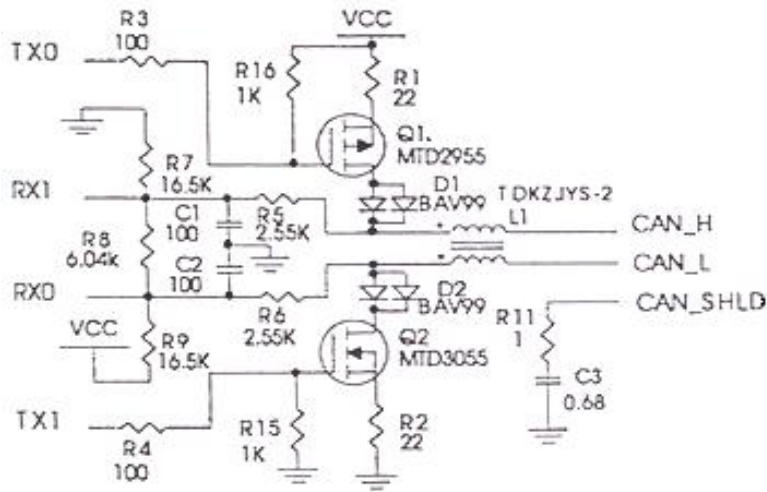


图 A2 物理层电路例 2

### A.3 物理层 例 3

见图 A3。

#### A.3.1 物理层电路 例 3

这个电路提供了使用贴片元件和集成芯片的解决方法，集成芯片 U1 代替了范例 A1 和 A2 中的分立器件。电容 C1 是 U1 的供电解耦电容，通常在 0.01UF 和 0.1UF 之间。电阻 R1 确定了在集成芯片传输信号时 CAN\_L 和 CAN\_H 的（上升和下降）斜率。U1 的 5 脚  $V_{REF}$  输出电压大约为  $V_{CC}/2$ 。一些 CAN 协议控制器需要  $V_{REF}$  信号来执行正确的操作。关于 U1 的特性和使用的额外信息，请参考飞利浦半导体应用笔记，AN96116，“PCA82C250/251 CAN 收发器”。

L1 联在总线上，用于减少高频微处理器的开关噪声。测试表明，这个元件可以减少 10KHz 到 200MHz 测试范围内的辐射发散，特别是 30MHz 以下范围的辐射。虽然这个元件可以改善辐射发散的性能，但本标准不强制要求使用。ECU 的辐射发散性能须符合其他规定。

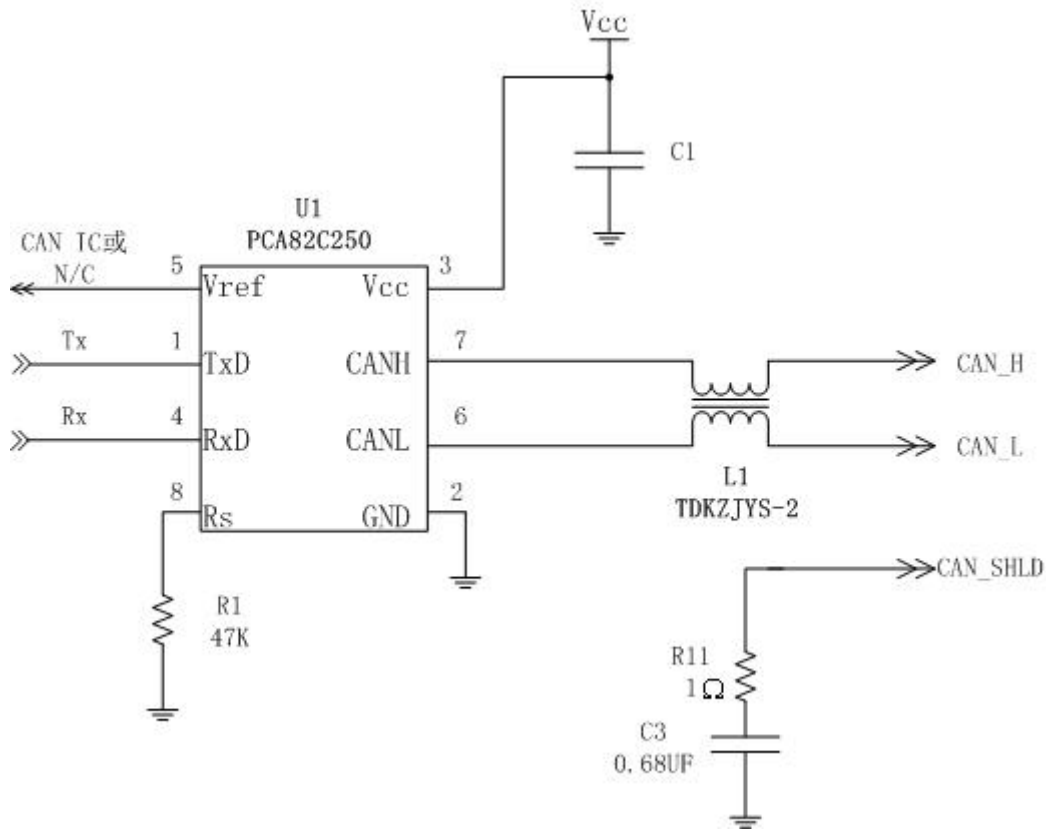


图 A3 物理层电路例 3

## 附录 B (资料性附录) 电缆作终端的方法

B.1 电缆作终端的方法  
见图 B1 和 B2。

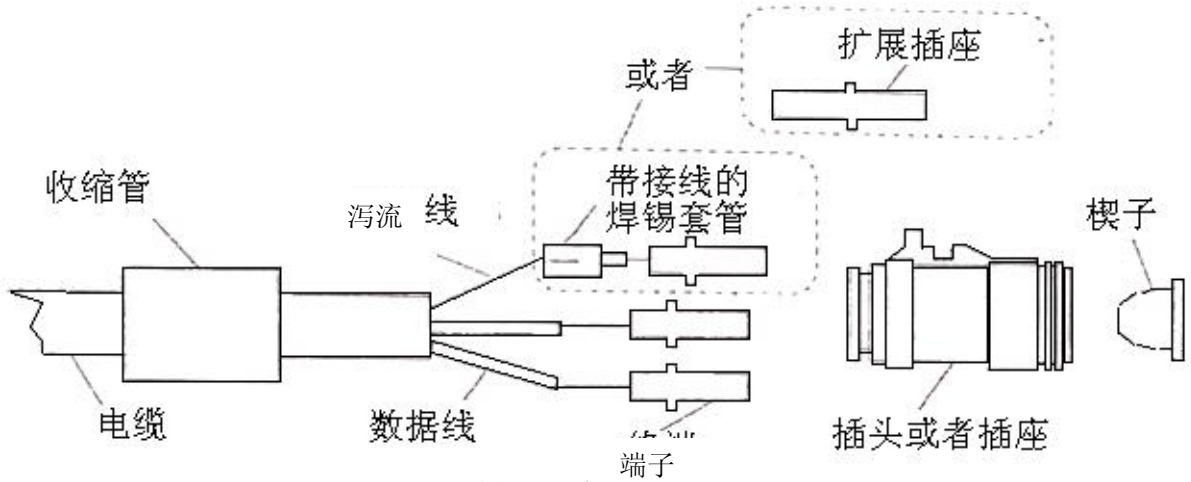


图 B1 电缆终端

注:

1. 把电缆外护套去除大约 40 到 100 mm。
2. 去除金属箔屏蔽从露出电线到电缆护套之间剩余 2 mm。
3. 把数据线的绝缘剥去  $7\text{ mm} \pm 0.8\text{ mm}$ 。
4. 按制造商推荐方法在泻流线上连接充满粘合剂的焊锡套管和电线, 或者把加长的线管联在泻流线上。
5. 如果选用焊锡套管, 把焊锡套管上的电线切成  $25\text{ mm}$  长, 并把电线的绝缘剥去  $7\text{ mm} \pm 0.8\text{ mm}$ 。
6. 按制造商推荐方法在每个数据线和焊锡套管线压接合适的端子(或使用加长线管)。
7. 把充满粘合剂的收缩套管滑到电缆的一端。
8. 按制造商说明将端子安装连接器壳体内。使用异丙醇有助于装配。
9. 按制造商的说明在连接器前面装上楔子。
10. 如果被剪掉的电缆护套超过 40 mm, 按制造商推荐的方法使用恢复 EMC 的屏蔽材料。
11. 按制造商推荐方法在连接器壳体尾端使用收缩套管。

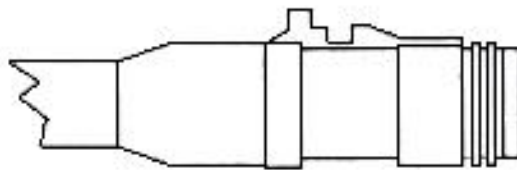


图 B2 已完成的组装

## 附录 C (资料性附录) 电缆连接方法

### C.1 电缆连接方法 见图 C1 和 C2。

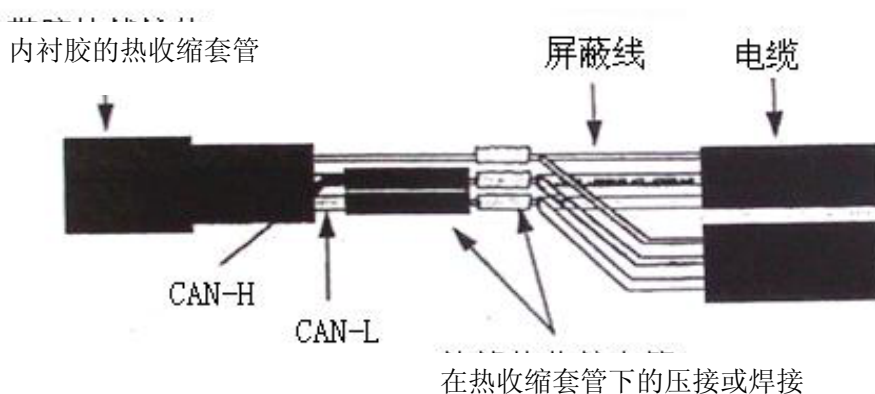


图 C1 电缆接法

#### 注:

1. 把电缆端头剪齐。向内量取 40 到 100 mm，并在该处的电缆护套上作个标记。然后，去除这部分的电缆护套和金属箔屏蔽。
2. 在泻流线上向内量取大约 6 mm，并剪断。
3. 去除 CAN-H 数据线上大约 6 mm 的绝缘。
4. 在 CAN-L 数据线上向内量取大约 21 mm 并剪断。在这根线上去除大约 6 mm 的绝缘。
5. 对另外两根准备接续的电缆重复步骤 1 到 4，但颠倒步骤 3 和 4 中关于 CAN-H 和 CAN-L<sup>2</sup>的顺序。
6. 移开 CAN-H 和 CAN-L 数据线上的两个绝缘的热收缩套管。
7. 在电缆上套上一个内衬胶的热收缩套管。
8. 分别在三根泻流线，三根 CAN-H 数据线和三根 CAN-L 数据线安装压接套管（或焊接）。
9. 若需要，把连接处焊接起来。
10. 把绝缘热收缩套管套在已压接好或已焊接好的数据线接续处中心，按制造商推荐的方法安装套管。
11. 按制造商推荐的方法使用恢复 EMC 的屏蔽材料。
12. 把内衬胶的热收缩套管套在组装的中心并按制造商推荐方法使用。



图 C2 完成的接续组装的密封电缆

<sup>1</sup> 屏蔽材料没有在图中表示。

<sup>2</sup> 通过偏移压接端子的位置，可以减少组装的总长。

附录 D  
(资料性附录)  
电缆修复方法

D.1 电缆修复方法  
见图 D1 和 D2。

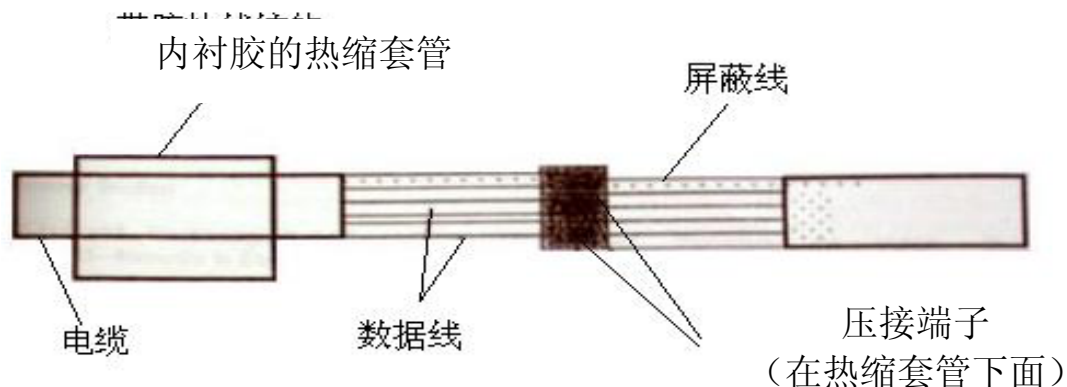


图 D1—电缆修复<sup>3</sup>

1. 把电缆端头齐剪。向内量取 40 到 100 mm，并在该处的电缆护套作个标记。然后，移除这部分的电缆护套。
2. 往后剥除两根数据线大约 6 mm 的绝缘皮。
3. 对另一根电缆重复以上步骤。
4. 在任意一个电缆的每根数据线和泻流线的线端都装上压接端子。
5. 把绝缘热收缩套管（两个）穿过压接端子套在数据线上。
6. 把内衬胶的热收缩套管套在电缆上。把另一根电缆的电线插入适当的压接端子，并装配压接端子，注意保持极性（CAN-H, CAN-L）。
7. 按制造商推荐的方法把绝缘热收缩套管安装在两根已安接好数据线接合处中心。
8. 按制造商推荐的方法使用恢复 EMC 的屏蔽材料。按制造商推荐的方法使用内衬胶的热收缩套管安装在接续处的中心。



图 D2 完成连接的组装电缆

<sup>3</sup> 屏蔽材料没有在图中表示。