

CAN-bus 网络

电缆与插座的选择



目 录

1	电缆选择.....	2
1.1	最低要求.....	2
1.2	电缆选择的要素.....	2
1.3	电缆选择的极限值.....	2
1.3.1	电缆结构.....	2
1.3.2	电缆有效电阻.....	3
1.3.3	DB9 连接器的有效电阻.....	4
1.3.4	电缆适用类型示例.....	4
1.4	取决于电缆长度的波特率.....	5
1.4.1	CiA推荐的位定时.....	5
1.4.2	采用本文 CAN接口时最大的导线长度.....	6
2	设备配线.....	8
2.1	配线和连接.....	8
2.2	连接 9 针DB9 连接器.....	9
2.3	OPEN5 连接器.....	10
3	有用的附件.....	10

1 电缆选择

1.1 最低要求

CAN-bus 总线一般为差分信号传输方式，采用双绞线作为物理层，只需要有 2 根线作为差分信号线（CAN_H、CAN_L）。如果使用屏蔽双绞线，屏蔽层应该被连接到 CAN_Shield（外壳或 CAN_GND）。

1.2 电缆选择的要素

- **线长**

如果外部干扰比较弱，CAN-bus 总线中的短线（长度 $<0.3\text{m}$ ，例如在 T 型连接器）可以采用扁平电缆。通常，用带屏蔽层的双绞线作为差分信号传输线会更可靠。带屏蔽层的双绞线通常被用作长度大于 0.3m 的电缆。

- **波特率**

由于取决于传输线的延迟时间，CAN-bus 总线的通讯距离可能会随着波特率减小而增加（见 1.4 章）。

- **外界干扰**

必须考虑外界干扰，例如由其他电气负载引起的电磁干扰。尤其注意有大功率电机运行或其它在设备开关时容易引起供电线路上电压变化的场合。

如果无法避免出现类似于 CAN-bus 总线与电压变化强烈的供电线路并行走线的情况，CAN 总线可以采用带双屏蔽层的双绞线。

- **特征阻抗**

所采用的传输线的特征阻抗约为 120Ω 。由于 CAN-bus 总线接头的使用，CAN-bus 总线的特征阻抗可能发生变化。因此，不能过高估计所使用电缆的特征阻抗。

- **有效电阻**

所使用的电缆的电阻必须足够小，以避免线路压降过大，影响位于总线末端的接收器件。为了确定接收端的线路压降，避免信号反射，在总线两端需要连接终端电阻。

1.3 电缆选择的极限值

1.3.1 电缆结构

为了避免受到外界干扰的影响，传输数据的电缆通常使用带有屏蔽层的双绞线，并且屏蔽层要接到参考地。

下面的图分别列出了带单/双屏蔽层的 CAN 电缆剖析与连接线示范。

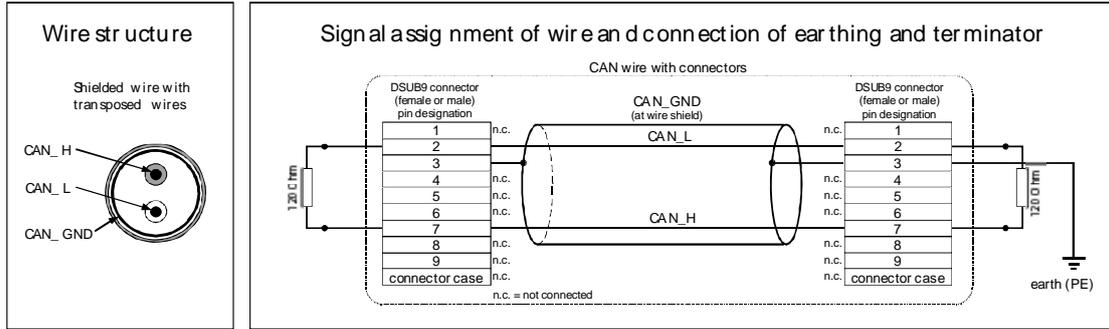


图 1.1 单屏蔽层的 CAN 电缆剖析与连接

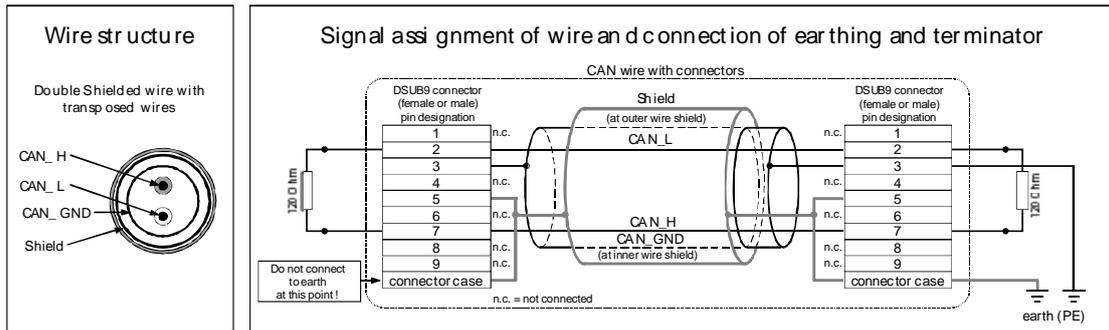


图 1.2 双屏蔽层的 CAN 电缆剖析与连接

在使用双层屏蔽线的双绞线时，使用者必须注意：电缆的外屏蔽层只能通过一个连接器的外壳连接到大地上。由于连接器的外壳一般与已接地的设备前面板相连接，连接到到外屏蔽层的连接器外壳和连接器的 5 针在网络中一点连接。这可以被应用到类似的内屏蔽层也接地的设备上。

1.3.2 电缆有效电阻

ISO/DIS 11898 有以下推荐值：直流电压参数、终端电阻和波特率近似值：

表 1.1 与传输线长度相关的电缆直流参数推荐值

总线长度	电缆 1*)		终端电阻	最大波特率
	直流电阻	导线截面积		
0...40m	70mΩ/m	0.25 mm ² ~0.34 mm ² AWG23, AWG22	124Ω/1%	1Mbit/s at 40m
40m...300m	<60mΩ/m	0.34 mm ² ~0.6 mm ² AWG22, AWG20	127Ω/1% 2*)	>500kbit/s at 100m
300m...600m	<40mΩ/m	0.5 mm ² ~0.6 mm ² AWG20	127Ω/1% 2*)	>100kbit/s at 500m
600m...1km	<20mΩ/m	0.75 mm ² ~0.8 mm ² AWG18	127Ω/1% 2*)	>50kbit/s at 1km

- 1) 电缆交流参数推荐值：120Ω 特征电阻、5ns/m 延时；
- 2) 为了把电缆直流电阻引起的电压衰减降到最小，较大的终端电阻值（例如选用非标准的 150~300 Ω；而在 ISO11898 标准中，提供的参考值为“118 Ω < R_T < 130 Ω”范围）有助于增加总线长度。

1.3.3 DB9 连接器的有效电阻

当确定电缆的电压衰减后，连接器的传输电阻也需要考虑在电缆电阻中。依照生产商的规范，e.g. DB9 连接器每个触点的容抗在 2.5mΩ 和 10mΩ 之间，每个插头的有效电阻增加 5mΩ 到 20mΩ。

1.3.4 电缆适用类型示例

以下表格列出了一些 CAN 双绞线/屏蔽双绞线的电缆型号。这个型号清单只是作为一个参考，并不要求与表格中完全一致。用户根据其应用领域决定里使用哪种类型的电缆。

在决定使用何种电缆之前，参考来自生产商的电缆技术参数。

表 1.2 推荐的电缆类型

RVVP 屏蔽线、双绞屏蔽线			
型 号	芯数X标称截面(mm ²)	导体结构 (No./mm)	通讯距离 (米)
RVVP	2X0.12	2X7/0.15 双绞镀锡铜编织	
RVVP	2X0.20	2X12/0.15 双绞镀锡铜编织	
RVVP	2X0.30	2X16/0.15 双绞镀锡铜编织	
RVVP	2X0.50	2X28/0.15 双绞镀锡铜编织	
RVVP	2X0.75	2X24/0.20 双绞镀锡铜编织	1000
RVVP	2X1.00	2X32/0.20 双绞镀锡铜编织	3000
ZR RVVP	2X1.00	阻燃 2X32/0.2 双绞镀锡铜编织	
RVVP	2X1.50	2X48/0.2 双绞镀锡铜编织	
ZR RVVP	2X1.50	阻燃 2X48/0.2 双绞镀锡铜编织	
RVVP	2X2.50	2X49/0.25 双绞镀锡铜编织	

以上电缆的信息来自深圳凌宇线缆公司，见网址：www.lingyu.cn。标注RVV为普通双绞线，RVVP为屏蔽双绞线。国外也有专门生产CAN-bus网络或DeviceNet网络的电缆厂商，比如美国百通电缆公司，他们专门生产的电缆适合于各种复杂的通讯网络工程项目。

表 1.3.1 推荐的 DeviceNet 电缆类型 (1)

Communications Rate	DeviceNet Communications Rate Table																					
	Maximum Distance																					
	3082A		3082F		3082K		3083A		3084F		3084A/3085A		7895A		7896A		7897A		7900A			
Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	Fl.	m	
125 Kbps	1640	500	1640	500	1378	420	1640	500	328	100	328	100	984	300	1378	420	1640	500	328	100		
250 Kbps	820	250	820	250	656	200	820	250	328	100	328	100	820	250	656	200	820	250	328	100		
500 Kbps	328	100	328	100	328	100	328	100	328	100	328	100	328	100	328	100	328	100	328	100	328	100

表 1.3.2 推荐的 DeviceNet 电缆类型 (2)

Description	Part No.	UL NEC/ C(UL) CEC Type	Standard Lengths		Standard Unit Weight		Conductor (stranding) Diameter Nom. DCR	Shielding Materials Nom. DCR	Color Code	Nominal OD		Nom. Imp. (Ω)	Nom. Vel. of Prop.	Nominal Capacitance		Nominal Attenuation	
			Ft.	m	Lbs.	kg				Inch	mm			pF/Ft.	pF/m	MHz	dB/ 100 Ft.
600V Class 1 Thick • 15 and 18 AWG Stranded Tinned Copper • 100% Individually Foil Shielded + Overall 65% TC Braid • Drain Wire*																	
PVC/Nylon Insulation (Power) • FEP Insulation (Data) • Lt. Gray Sunlight/Oil-resistant PVC Jacket																	
High Velocity Thick 600V 75°C	7897A <small>NEW</small>	NEG: TC	500 1000 2000	152.4 304.8 609.6	63.5 124.0 250.0	28.9 56.4 113.6	(2)15 AWG TC (19x28) 3.6Ω/M' 11.8Ω/km (2)18 AWG TC (19x30) 6.9Ω/M' 22.6Ω/km	100% Individual Foil + Overall 65% TC Braid 1.8Ω/M' 5.7Ω/km	Power Pair: Red/Black Data Pair: Blue/White	.440 11.18	120	—	12.0 39.4	.125 .500 1.000	.13 .25 .40	.43 .82 1.31	
																	
*18 AWG stranded (19x30) tinned copper drain wire. Meter marks on jacket to aid users in installation.																	
600V Class 1 ODVA Cable V • 16 and 18 AWG Stranded Tinned Copper • 100% Individually Foil Shielded + Overall 65% TC Braid • Drain Wire*																	
PVC/Nylon Insulation (Power) • F-R Polypropylene Insulation (Data) • Lt. Gray Sunlight/Oil-resistant PVC Jacket																	
Open Wiring 600V 75°C	7896A <small>NEW</small>	NEG: TC	500 1000 2000	152.4 304.8 609.6	70.0 136.0 276.0	31.8 64.8 125.5	(2)16 AWG TC (19x29) 4.9Ω/M' 16.1Ω/km (2)18 AWG TC (19x30) 6.9Ω/M' 22.6Ω/km	100% Individual Foil + Overall 65% TC Braid 1.8Ω/M' 5.7Ω/km	Power Pair: Red/Black Data Pair: Blue/White	.502 12.75	120	—	14.7 48.2	.125 .500 1.000	.13 .25 .40	.43 .82 1.31	
																	
C(UL) AWM I/II A/B *18 AWG stranded (19x30) tinned copper drain wire. Meter marks on jacket to aid users in installation.																	
600V Class 1 ODVA Cable IV • 16 and 18 AWG Stranded Tinned Copper • Unshielded																	
PVC/Nylon Insulation (Power) • F-R Polypropylene Insulation (Data) • Lt. Gray Sunlight/Oil-resistant PVC Jacket																	
Drop 600V 75°C	7900A <small>NEW</small>	NEG: TC	500 1000	152.4 304.8	45.0 92.0	20.5 41.8	(2)16 AWG TC (19x29) 4.9Ω/M' 16.1Ω/km (2)18 AWG TC (19x30) 6.9Ω/M' 22.6Ω/km	Unshielded	Power Pair: Red/Black Data Pair: Blue/White	.430 10.92	120	—	14.7 48.2	.125 .500 1.000	.13 .25 .40	.43 .82 1.31	
																	
Meter marks on jacket to aid users in installation.																	
DCR = DC Resistance • FEP = Fluorinated Ethylene-propylene • F-R = Flame-retardant • TC = Tinned Copper if conductor, or Tray Cable if NEC rating.																	

1.4 取决于电缆长度的波特率

1.4.1 CiA 推荐的位定时

以下表格为 CiA 提供的波特率以及相应的 SJA1000、82C200、82527 芯片的位定时控制寄存器 BTR0、BTR1 设定值。国际标准中的总线长度规范，尤其是在高波特率下 (>500kbps)，与本文的实际规范不同。其原因能在于本文的规范是以接口延时作为影响 CAN 信号传输主要因素时最坏的情况下制定的。实际应用表明，通常，使用本文推荐的接口参数能延伸到更长的距离。

当然，如果你使用 CiA 推荐的波特率，是没有任何问题的。如果总线上连接有其它生产商的总线模块，则应该引起注意。

表 1.3 CAN 网络位定时标准 (采用晶振为 16MHz)

波特率 总线长度	位时间	每位的时间份 额数量	时间份额值	采样点位置	BTR0 [HEX]	BTR1 [HEX]
1 Mbit/s 25 m	1μs	8	125ns	6tq (750ns)	00	14
800 kbit/s 50 m	1.25μs	10	125ns	8tq (1us)	00	16
500 kbit/s 100 m	2μs	16	125ns	14tq (1.75us)	00	1C
250 kbit/s 250 m	4μs	16	250ns	14tq (3.5us)	01	1C

125 kbit/s 500 m	8μs	16	500ns	14tq (7us)	03	1C
100 kbit/s 650 m	10μs	16	625ns	14tq (8.75us)	04	1C
50 kbit/s 1 km	20μs	16	1.25us	14tq (17.5us)	09	1C
20 kbit/s 2.5 km	50μs	16	3.125us	14tq (43.75us)	18	1C
10 kbit/s 5 km	100μs	16	6.25us	14tq (87.5us)	31	1C

注意：总线长度的整数值是以 5ns/m 的电缆延时为基础的，而假定的内部延时依赖于这些波特率 1M...800kbit/s; 500k...250kbit/s; 300ns; 125k...100kbit/s; 450ns; 50k...10kbit/s; 1.5tq。更多的信息参考 CiA 的出版物。

1.4.2 采用本文 CAN 接口时最大的导线长度

使用本文推荐的 CAN 接口时，最大的导线长度可以根据下面的方程式来计算：

$$l_{MAX} = \frac{t_x / \text{cable delay}}{2} \quad (t_x = t_{SAMPLING} - t_{DELAY})$$

$$l_{MAX} = \frac{t_{s1} - 2 \cdot (t_{rxdel} + t_{txdel} + 2 \cdot t_{opto})}{2 \cdot \text{cable delay}}$$

$$t_{s1} = T_0 \cdot T_{brp} \cdot (T_{seg1} - T_{sjw} + 1) \quad (t_{s1} = \text{采样点})$$

- $T_0 = 2/16 \text{ MHz} = 125 \text{ ns}$ (对于常用的SJA1000 芯片)
- $T_{brp} = \text{BTR0x} + 1$ (BTR0x = CAN控制器BTR0 寄存器内容以 0x3F 掩蔽(->BTR0 寄存器位 6...0))
- $T_{seg1} = \text{BTR1x} + 1$ (BTR1x = CAN控制器BTR1 寄存器内容以 0x0F 掩蔽(->BTR1 寄存器位 3...0))
- $T_{sjw} = \text{sjw} + 1$ (采样点跳转宽度; sjw = BTR1 寄存器内容以 0xC0 掩蔽 (-> BTR1 的位 7 和 6), 值的范围 0..3)
- $\text{trxdel} = \max. 62 \text{ ns}$ (CAN 控制器延时)
- 50 ns (实测值)
- $\text{ttxdel} = \max. 40 \text{ ns}$ (Tx) (CAN 发送器 82C250 的延时值)
- $\max. 80 \text{ ns (Rx)}$
- 30 ns (连到 HCPL710x 的典型延时)
- $\text{topto} = \max. 40 \text{ ns}$ (HCPL710x 光偶延时)
- $\text{typ. } 28 \text{ ns}$
- 15 ns (连到 82C250 的典型延时)
- $\text{Cable delay} = 5.5 \text{ ns/m}$ (双绞线典型值(有效长度), 厂商规范, 见前面的 CiA 标准)

因此，对于 CAN 控制器 SJA1000, 82527 或 8xC591 芯片，以下方程的结果 (在 5.5 ns/m 电缆延时的情况下，所有时间单位为 ns)见表达式：

$$l_{MAX} = \frac{\left[125ns \cdot (BTR0_x + 1) \cdot \left\{ (BTR1_x + 1) - (sjw + 1) + 1 \right\} \right] - \left[2 \cdot (t_{rxdel} + t_{txdel} + 2 \cdot t_{opto}) \right]}{11ns/m}$$

以下表格为导线最大长度的典型值和一些波特率情况下导线的最小长度。

导线最大长度的典型值符合本文的经验值，并经过实际测量的证实。本文所列数据已经过标准测试并遵循 1Mbit/s 特定值检查。

最小有效线长已经被使用在厂商规范中最差延时的场合。这些线长不能通过测量来证实，因为元件的延时都很正常且好于最差场合规范的规定。

由温度引起的延时的显著变化可以被排除。通常由器件生产误差引起的延时的偏移比温度引起的要大。

请注意带有终端电阻的网络构成了这些规范的基础。每个线上的电阻（如较长的支线）会引起有效线长的减少。

导线最大长度 lmax [m] ^{1*)}	导线最小长度 lmin [m] ^{2*)}	波特率 [kbps]	SJA1000 寄存器	
			BTR0 [HEX]	BTR1 [HEX]
37	20	1000	00	14
59	42	800	00	16
80	65	666.6	00	18
130	110	500	00	1C
180	160	333.3	01	18
270	250	250	01	1C
420	400	166	02	1C
570	550	125	03	1C
710	700	100	43	2F
1000	980	66.6	45	2F
1400	1400	50	47	2F
2000	2000	33.3	4B	2F
3600	3600	20	53	2F
5400	5400	12.5	5F	2F
7300	7300	10	67	2F

1*) 延时

t_{rxdel} = 50 ns

t_{txdel} = 30 ns

t_{opto} = 15 ns

Σ T_{DEL} = 110 ns

2*) 延时

t_{rxdel} = 62 ns

t_{txdel} = 60 ns

t_{opto} = 40 ns

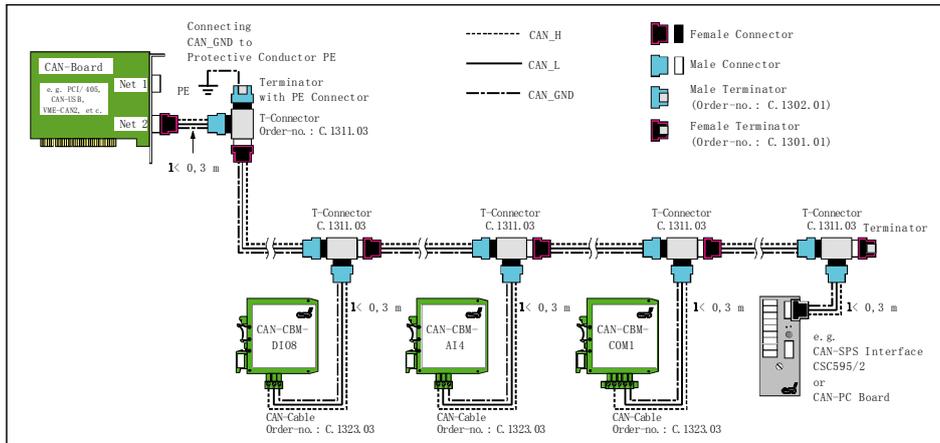
Σ T_{DEL} = 202 ns

2 设备配线

2.1 配线和连接

CAN 网络的拓扑结构是“直线式”的；对比星形或环形网络，网络有两个“端点”。在两个端点上，都有 1 个大约 120Ω 的终端电阻被连接在 CAN_H 和 CAN_L 信号线上。

请确认你总是在总线两端使用单独的终端电阻，因为当在将来对网络作出一些改变时，在总线接头或 PCB 里的电阻很难被发现。针式的或孔式的 9 针 DB9 连接器都可以被用作 CAN 总线接头。



一些 CAN-bus 模块支持这种总线结构，因为他们有两个不同的 DB9 型插座：一个连接输入线，另一个连接输出线。如果一个模块被从链接上移除，CAN 总线能立即互相连接，因为一个有孔式的 DB9 连接器而另一个有一个针式的 DB9 连接器。

通常情况下，总线端点仅有一个 CAN 连接的设备。它的连接可以通过一个 T 型连接器。总线末端支线长度应尽可能的短。通常，接近 0.3m 的长度是可以得到保证的。

参考电位对 CAN 总线有影响，因为每个模块彼此之间是相互隔离的。参考电位在网络中的某一点被接地。请确认只有一个接地点，否则会在 CAN_GND 线上形成地环流。

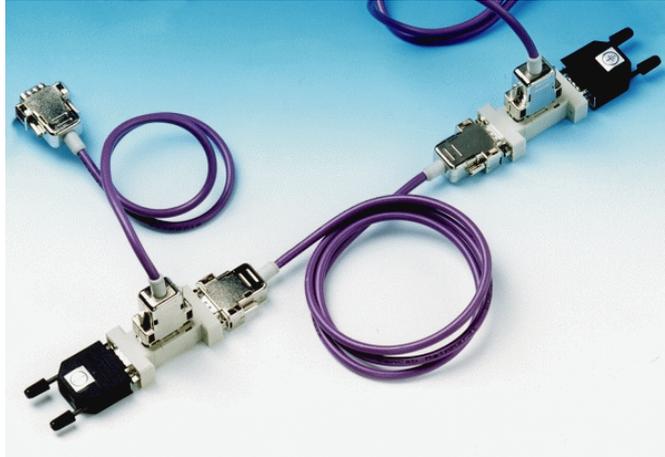
如果连接了一个没有电气隔离的 CAN 接口，产生的效果就像连地。因此，最多只能连接一个没有电气隔离的 CAN 接口。

所有 CAN 产品都应该具备电气隔离接口。实际上如果模块没有电气隔离接口，将在模块手册里被特别提及。

如果使用单层屏蔽电缆时，作为 CAN_GND 的屏蔽线不能连接到 DB9 接头的屏蔽层，只能与 pin 3 和/或 pin 6 连接。屏蔽层肯定在这一点处被接地 (PE)。因此，可以采用特殊的连地的终端。

如果使用了双层屏蔽电缆，对于内屏蔽层，类似于单层屏蔽电缆屏蔽层的应用：作为 CAN_GND 信号线且在某一点处接地(PE)。

外屏蔽层同样应该在某一点处接地 (PE)。但不是作为 CAN_GND。而是，外屏蔽层应该总是被连接到 DB9 插座的接头屏蔽层。如果连接器没有屏蔽层（如扁平电缆连接器）外屏蔽层还需要连接到 pin 5 以确保可靠的接地。

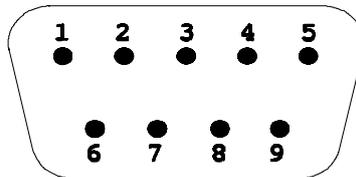


以下列表说明了组建 CAN 网络时应该遵守的规则：

1	网络的两端必须有两个范围在 $118\Omega < RT < 130\Omega$ 的终端电阻（在 CAN_L 和 CAN_H 信号之间）！
2	参考电位“CAN_GND”在某一点处连接到地（PE）。那里必须是一点接地！
3	当使用双层屏蔽电缆时，外屏蔽层在某一点处连接到地。那里也必须是一点接地！
4	没用的支线必须尽可能的短($l < 0.3m$)！
5	使用适当的电缆类型（见前章）！必须确定电缆的电压衰减！
6	确保不要在干扰源附近布置 CAN 总线。如果不得不这样做，应该使用双层屏蔽电缆。

2.2 连接 9 针 DB9 连接器

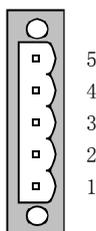
下图描绘了 CAN 总线的 9 针 DB9 连接器（公头）（与 CiA 协会于 2001-12-12 发布的 DRP303-1 标准一致）的引脚分配。通常的产品中，CAN 模块或 CAN 开发板只分配：CAN_H、CAN_L 和 CAN_GND 信号。因此，未加说明时，大多数连接电缆中不需要分配其他信号。



信号	引脚		信号
CAN_GND	6	1	保留
CAN_H	7	2	CAN_L
保留	8	3	CAN_GND
(CAN_V+)	9	4	保留
		5	CAN_SHIELD

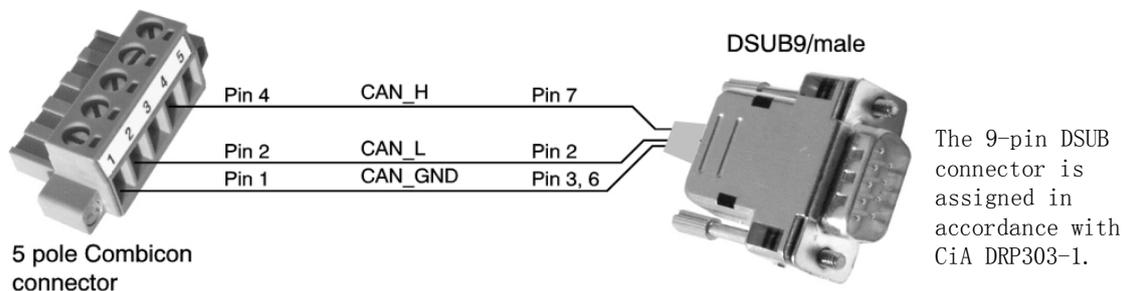
CAN_L、CAN_H	CAN 信号线。
CAN_GND	CAN 物理层的参考电平。连接到屏蔽层或者当使用双层屏蔽电缆时，连接到内屏蔽层。
(GND)	可选的 GND 和 CAN_V+的参考电平（在本文开发板上分配给 CAN_GND）。
CAN_SHIELD	CAN 屏蔽层。 当使用双层屏蔽电缆时，CAN_SHLD 连接到外屏蔽层和 DB9 连接器的屏蔽壳。并且，外屏蔽层被连接到 pin 5 以保证当使用没有屏蔽连接器的连接器时，可靠的接地。
(CAN_V+)	可选的，CAN 接口的电压源(+7V<V+<+13V)。 大多数本文开发板不要求通过总线供电，如果需要采用总线供电，不管用何种方法，确保电源线在信号线的第一层屏蔽层外，且为了保此较低的电压衰减，应使用足够粗的线。

2.3 OPEN5 连接器



引脚	信号
5	(CAN_V+)
4	CAN_H
3	(CAN_SHLD)
2	CAN_L
1	CAN_GND

OPEN5 到 DB9 的适配器(不带电源连接) 的引脚分配:



3 有用的附件

ZLGCAN 系列产品均配有 DB9 针型/孔型插座，管脚信号定义如表 4.1 所示。此管脚定义符合 CiA 的标准。

表 3.1 CAN 连接器 DB9 针型插座

引脚号	信号	功能
2	CAN_L	CAN_L 信号线
7	CAN_H	CAN_H 信号线
3、6	GND	参考地
5	CAN_SHIELD	屏蔽线
1、4、8、9	空	未用

用户可以通过选配的 DB9_OPEN5 转换器，将 CZ1、CZ2、CZ3、CZ4 的信号连接至 5 引脚的 DeviceNET 或 CANopen 网络。下面以连接至 DeviceNET 网络为例，介绍 OPEN5 插座的输出信号，如图 4.1 所示。

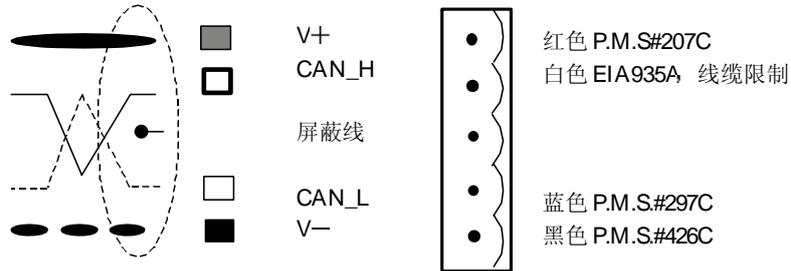


图 4.1 OPEN5 连接器

下图为 DB9_Open5 转换座的外观与连接示意图。



图 4.2 DB9_Open5 转换座