

四、故障诊断

4.1、故障表现和分类

高速 CAN 网络故障通常表现为单个或多个控制单元无法通讯，车辆的若干功能失效，使用诊断仪无法诊断这些模块，仪表上的与这些模块相关的报警灯（或指示灯）被点亮，用诊断仪进入正常模块，能读到与故障模块失去通讯的 U 开头的故障码。

CAN 故障原因可以分为以下三种：

- 电源故障（模块的供电和搭铁故障）；
- 节点故障（模块硬件和软件故障）；
- 链路故障（信号传递介质故障）。
 - 1) CAN-H 与 CAN-L 短路；
 - 2) CAN-H 与正极短路；
 - 3) CAN-H 与地短路；
 - 4) CAN-L 与地短路；
 - 5) CAN-L 与正极短路；
 - 6) CAN-H 断路；
 - 7) CAN-L 断路；
 - 8) Can-Low 与 Can-high 混装（接反）；
 - 9) CAN-High 对正极通过连接电阻短路
 - 10) CAN-High 对地通过连接电阻短路
 - 11) Can-Low 对正极通过连接电阻短路
 - 12) CAN-Low 对地通过连接电阻短路

注意：如果诊断仪能够与这些模块通讯，但该模块显示数据流的是一个不可靠的数值，那么就不要在 CAN 传递上找原因了，故障不在 CAN 网络，应检查传感器或执行元件或者其他基础硬件。

4.2、故障分析方法

(1) 使用诊断仪进行故障代码诊断分析

当一个控制单元或几个控制单元需要另外接收一个控制单元发送的某个数据来完成相应的功能时，一旦收不到这个数据，接收数据的控制单元中就会产生故障码，用诊断仪可能会看到这样的故障码：“与 XX 模块失去通信”、“与 XX 模块通讯不正常”；当总线不能使用时报 CAN 总线关闭的故障码；模块 CAN 配置代码故障会报“配置代码错误”。

有关 CAN 网络的故障码和故障码内容、形成条件，每个 ECU 的故障形成条件都不一样，但是机制是一样的。CAN 网络故障，主要有以下几种：

- 接收连续的无效信号：此类故障用于控制模块收到通讯有效位是“无效”或处理后确定无效的信号的故障。
- 信号低于正常范围：此类故障用于串行数据总线信号低于正常范围。
- 信号超出正常范围：此类故障用于串行数据总线信号超出正常范围。
- 信号无效：此类故障用于串行数据总线信号与指定的执行条件不符。
- 信号丢失：此类故障用于未收到指定的信息。
- 总线关闭：此类故障用于总线不可使用的故障。
- 信号不稳定：此类故障用于总线信号短暂的失真或中断。

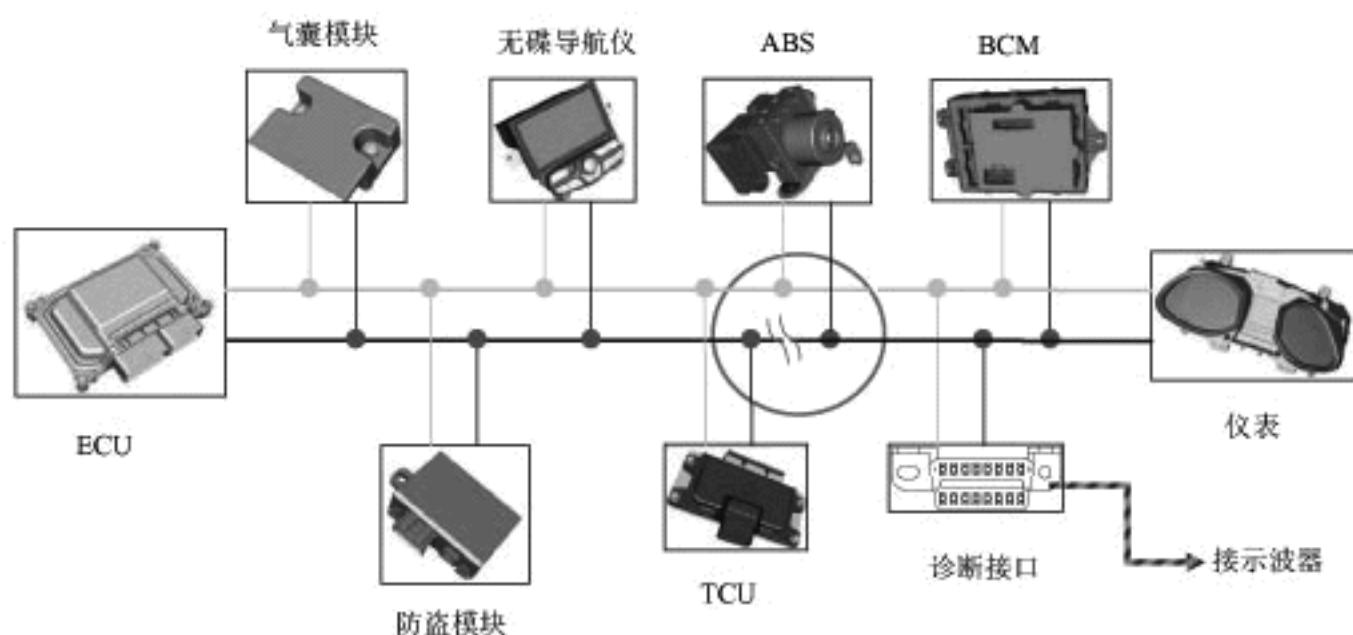
注意：只有满足该模块的故障码形成条件时，该模块才会记录故障码。所以，当一个模块虽然没有接收到另一个模块的 CAN 信号时，有可能暂时没有故障码，是因为还不满足 CAN 故障码的条件。

(2) 波形分析：这是判断 CAN 总线系统硬件故障的主要手段，通过示波器，以波形图的形式检查高速 CAN 与低速 CAN 的工作情况，通过观察示波器可以判断大部分 CAN 网络硬件故障。

例如总线波形异常，售后可以用“拔插各个节点，同时观察示波器波形”的方法来判断，如拔下某个节点后，总线波形正常，故障点就是该模块或者是连接这个模块的总线，这种方法尤其是适合针对没有故障码自诊断的模块。

(3) 电路图分析：使用万用表、示波器、诊断仪，结合电路图来判断故障是发生在那一部分。

例如用示波器判断出 CAN 线路的断路故障，会发现用诊断仪能够进入 BCM 和仪表、ABS 诊断和读数据流，但无法进入其他系统诊断，如果不是其他模块供电故障，则有可能是主干线出现断路，对照电路图，故障点有可能出现在 ABS 与 TCU 之间的线路上，如下图。



通过万用表在诊断口可以测试终端电阻的连接是否良好，终端电阻是否正常。

(4) 专业 CAN 测试仪分析：目前，奇瑞售后诊断仪读取的 CAN 网络数据流比较少，甚至没有，没有完全体现“输入、输出”这些信号，针对特别难以诊断的故障（例如无法确定硬件、软件或电磁兼容的故障），可以利用 CAN 测试工具(CANoe/CANcard)读取 CAN 信号数据流，观察每个模块发送/接收的数据和发送周期等参数，来进行辅助诊断故障。

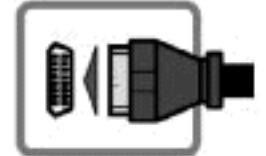
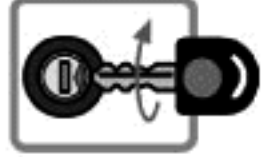
例如我们曾经处理过这样的案例：

G5+5F25 车型，客户使用空调时，发现按下 A/C 开关后，最初的 3~5 分钟内空调没有任何问题，超过 3~5 分钟 A/C 灯“亮-灭”比较频繁，每隔 1s 左右，压缩机吸合一次；仅有 ABS 有历史故障码：C0147 CAN 总线关闭，“A/C 请求信号”是 CAN 信号，诊断仪上的 ECU 数据流里没有“A/C 请求信号”这个参数；

服务站也更换过 ABS、ECU、空调面板、线束等很多零件，没有解决问题；

协调网络工程师现场支持，用 CAN 测试仪分析，发现空调发送的 A/C 请求信号正常，只是 ECU 向 CAN 网络发送的数据帧是有错误帧存在，发送周期经常超过 500ms（正常车在 100~200ms），超时很多，每当有发送周期甚至超过 500ms 时，就会伴随压缩机频繁吸合的现象，只要 ECU 外壳不接地，故障消失，最终判断为电磁兼容方面的故障。

4.3、CAN 网络故障排除流程

	查询资料,明确该车型的配置网络上有哪些控制单元,CAN 网络的类型、拓扑图、电路图。
	1. 将诊断仪、示波器连接至诊断接口,接通这些诊断测试设备。
	2. 接通“点火开关”。
	3. 测试总线波形有无异常;诊断仪快速测试,查询和记录故障记录,记录是哪些模块不能通讯,哪些模块有 CAN 故障码;查询维修手册确认故障部件和类型;清除故障存储器,适当运行车辆,运行方式须满足相应故障诊断的条件,确认故障现象和记录故障信息,根据故障相关信息和经验制定维修方案。
	4. 排除故障。
	5. 清除故障存储器;按规定的程序运行车辆,运行方式须满足相应故障诊断的条件;验证故障现象是否还存在,读取故障信息,确认故障已经排除。

注意:

当处理间歇性故障时,优先考虑使用示波器。

4.4、常见故障诊断排除

以下列举了几项常见故障及其原因、排除方法和步骤，故障原因无非三大种（电源故障、节点故障、链路故障）。

如果怀疑是某个模块的硬件坏了，用新件直接插在线束插件上即可测试波形是否恢复正常或重新验证故障现象，无需进行匹配。

4.4.1、诊断仪读到 CAN 配置错误的故障码

故障表现：仪表或 BCM 未进行 CAN 或配置代码错误，用诊断仪读到“软件配置错误”、“配置代码错误”。

排除方法和步骤：

这类情况通常属于 CAN 系统软件故障。

应当先对这些模块或传感器进行写入正确的配置代码或对这些传感器进行标定，再清除故障码，重新验证故障现象；

例如 A16 车型更换仪表、BCM 需要写入 CAN 配置代码，否则，有可能工作不正常，仪表上也会有一些报警灯显示不正常；再如更换 M16 车型气囊模块如果没有进行偏航率传感器标定，ESP 和胎压系统会工作不正常，报一些故障码，仪表上会点亮故障灯。这些都属于软件故障，与 CAN 硬件没有关系，不要更换模块。

备注：写配置代码或传感器标定请参照相应的电器模块维修手册。

4.4.2、诊断仪无法与所有模块进行通讯

故障表现：如果诊断仪在其他车辆上使用正常，在故障车辆上与各个模块都无法通讯，仪表上若干故障灯或报警灯点亮。

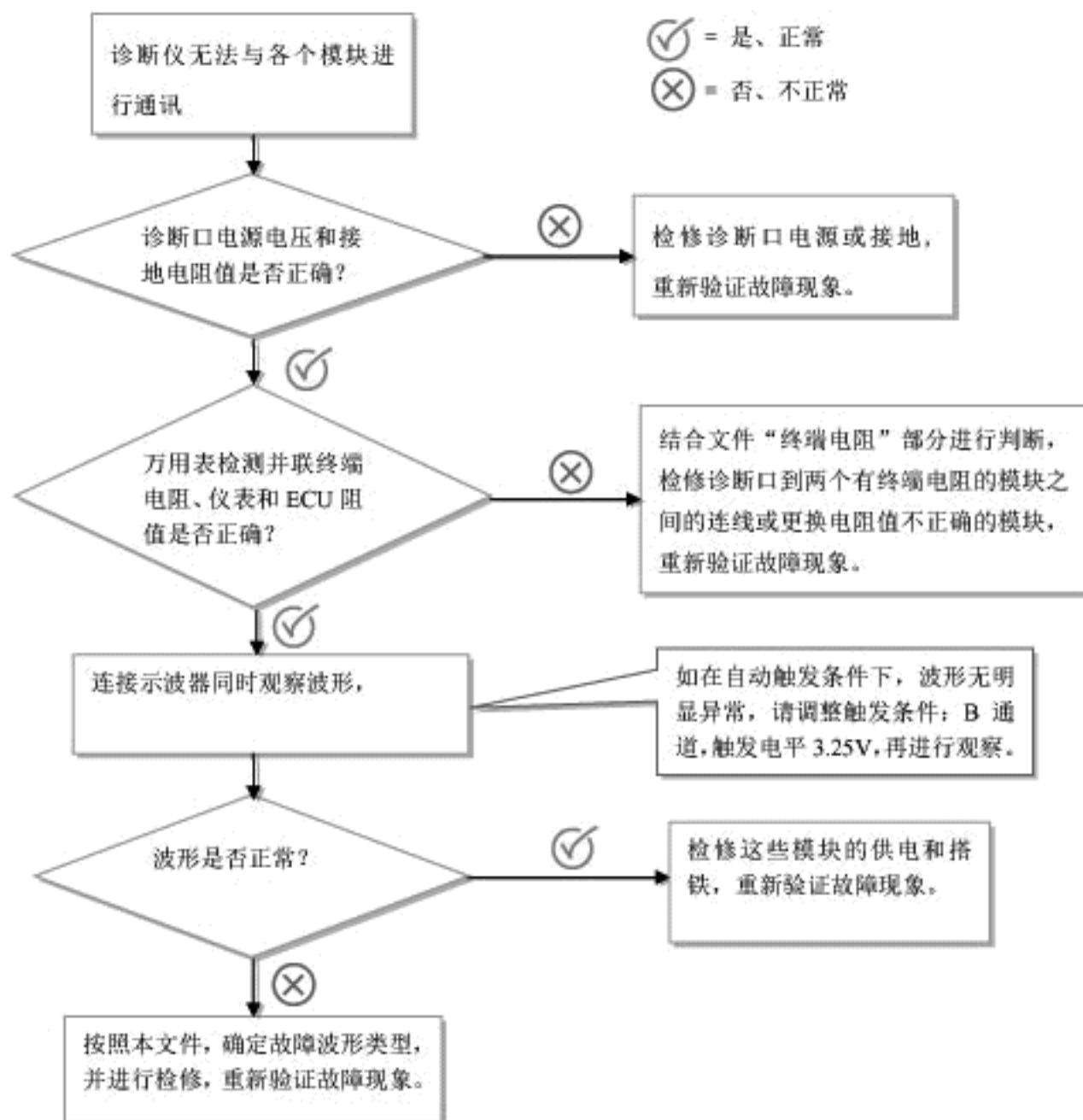
故障原因：

诊断接口供电和搭铁故障、诊断口 CAN 线与正常 CAN 线断路、总线 CAN-H 与 CAN-L 短路、CAN-H 与地短路、CAN-L 与地短路、CAN-H 与电源短路、CAN-L 与电源短路、CAN 线混装、节点（模块）故障。

排除方法和步骤：（见下一页）

排除方法和步骤：

示波器连接方法请参照示波器分析章节内容。

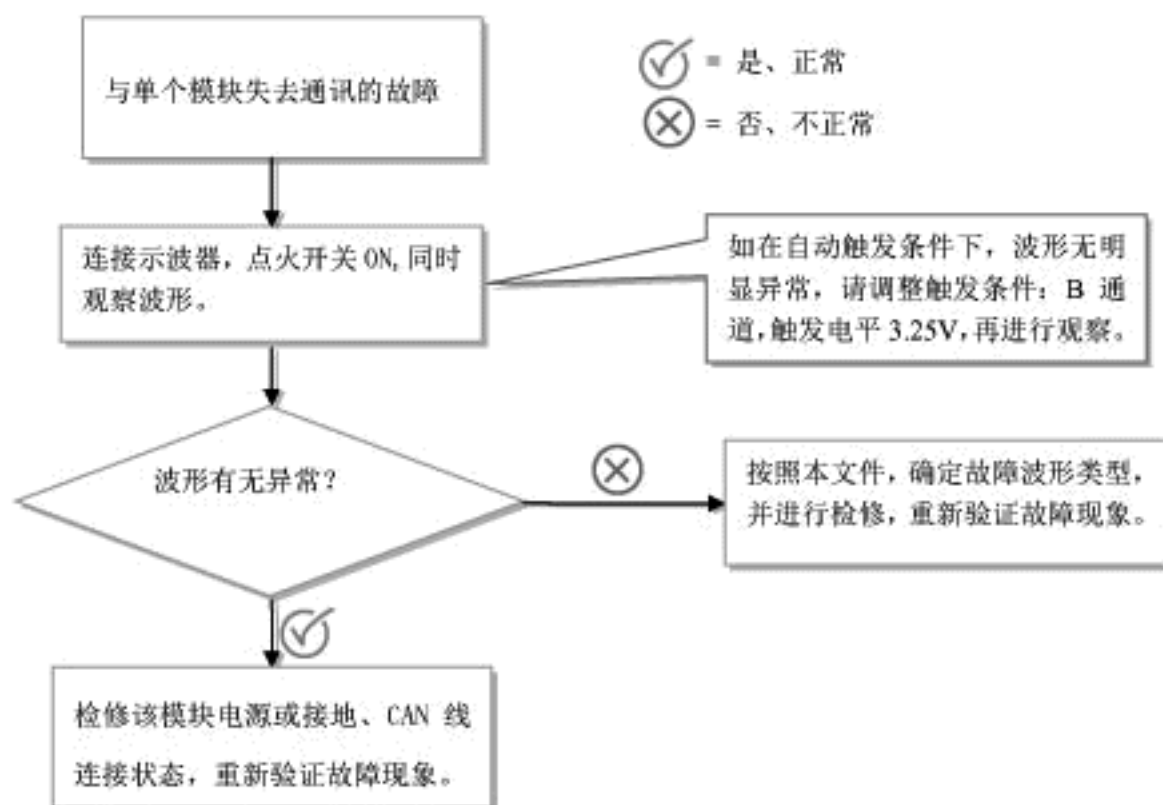


备注：维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

4.4.3、与单个模块失去通讯的故障

故障表现：诊断仪无法与单个 XX 模块通讯，并且其他模块中也有与该模块失去通讯的故障码。

故障原因：该模块电源故障（供电和搭铁）、节点（该模块）故障、此模块与 CAN 总线断路，单个模块的 CAN 总线混装。



备注：维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

4.4.4、诊断仪无法与几个模块无法进行通讯

故障表现：诊断仪无法与几个模块无法进行通讯，但至少可以与一个模块进行通讯；

故障原因：

模块的电源故障、主干 CAN 线断路、CAN 线混装、节点（模块）故障。

排除方法和步骤：参考“4.4.3、与单个模块失去通讯的故障”。

4.5、电源故障（供电和搭铁）

汽车多路传输系统的核心部分是含有通讯 IC 芯片的电控单元，电控单元的正常电压一般在工作电压的范围： $9V \leq U \leq 16V$ 的范围内，CAN 网络通信电压范围： $6V \leq U \leq 16V$ ，如果汽车电源系统提供的工作电压低于该值，就会使一些对工作电压要求较高的电控单元出现短暂的停止工作，进而使整个汽车多路信息传输系统出现无法通讯故障。

奇瑞的要求是：ECU 内部 CAN 硬件控制器电压在 6V 以下可以不工作，电压在 16V-18V 之间可通讯一个小时，电压在 18V-26.5V 之间通讯持续一分钟。

用蓄电池检测仪检测，如不符合要求，则对蓄电池充电或更换蓄电池，（同时需要检测发电机的发电量）。



经验值：用万用表测量，充满电的蓄电池电压为 $\geq 12.6V$ ，小于 11.6V 报废，在 11.6~12.2V 之间需要充电；一般模块正常的工作电压为 9~16V；

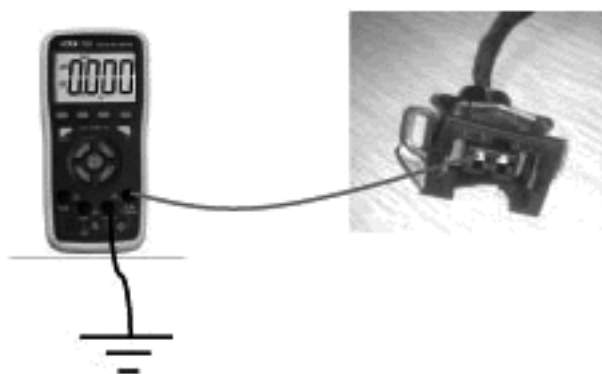
电压	状况	备注
11.6V	电量 0%	电池未充电
12.2V	电量 50%	严重亏电，补充充电
12.35V	电量 63%	轻微亏电，处于亏电的临界状态
12.65V	电量 90%	合格
12.85V	电量 100%	合格

备注：车辆的电气设备进行过改装，如果电磁兼容（EMC）不够好，也会影响模块 CAN 控制器工作，甚至会导致 CAN 总线关闭。尤其是注意搭铁点的选取。

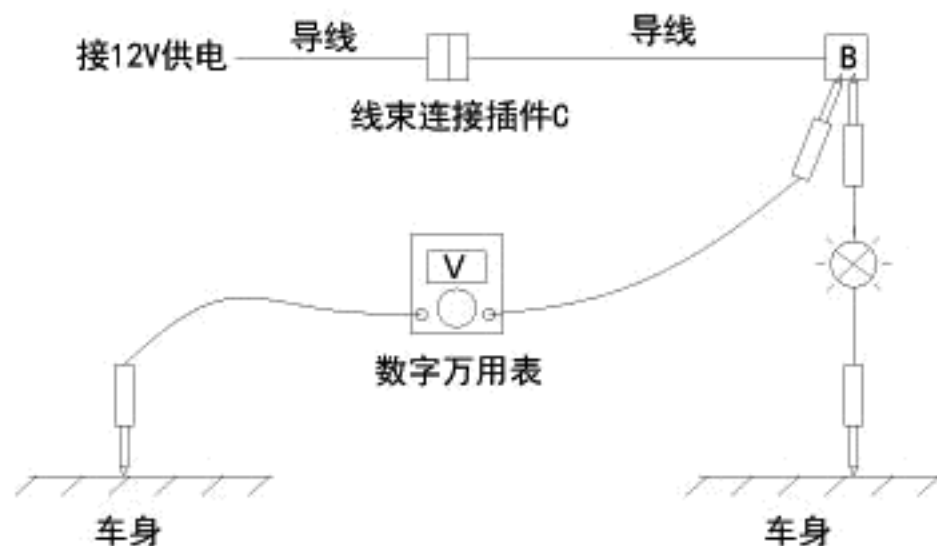
4.5.1、零部件电源的测量

(1)、喷油嘴、点火线圈、ECU 等由 12V 供电的零部件电源测量

在测量供电时，多数人喜欢把插件从零部件上拔下来进行检测，如下图：



这样测量不会出现探针与插件端子接触不良的情况，但是，对于喷油嘴、点火线圈、ECU 等由 12V 供电的零部件来讲，仅仅用万用表测量电压是不够的，如下图，例如插件 C 有“虚接”的情况，从零部件上拔下 B 插件后，在 B 插件用万用表测量该端子电压，仍然会显示 12V，不能反映导线有“虚接”的情况，根据电功率 $P=UI$ 和电流功 $W=Pt$ 公式得知，用电器做功必须有符合要求的电流，测量供电电流最简单的方法用汽车灯泡做的试灯测试，试灯明亮，表示供电电流足够，如果暗淡，表示供电电流不够，线路有可能存在接触不良的情况。



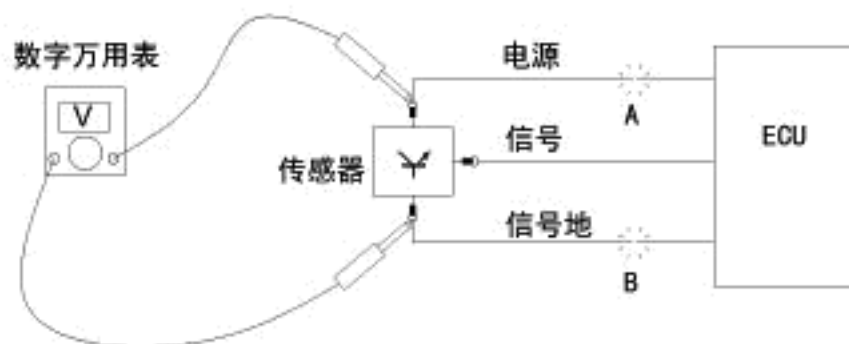
注意：对于间歇性故障，测量时，注意要边晃动线束边测量。

(2) 进气压力传感器、相位传感器(5V 供电)、节气门位置、油门踏板传感器等由 5V 供电的零部件电源测量

当线路中存在接触不良的情况后,接触不良处就会存在电阻,有电流流过时,就会产生电压降,根据分压原理,用电器的端电压就会下降,用电器作的功就减少。



测量方法如下:

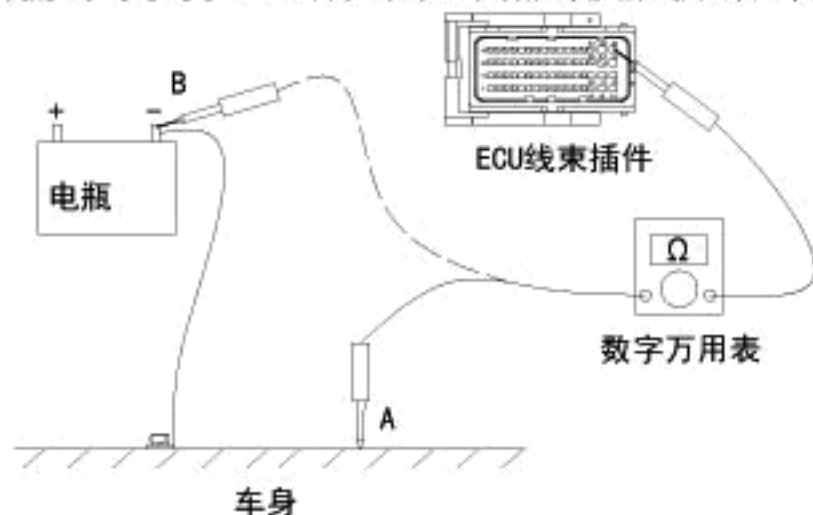


不要拔下传感器的插件,如图,测量传感器的端电压,如果线路中有接触不良的情况存在(例如图中 A 或 B),电压小于规定电压值,如果开路,电压值为零。

注意:对于间歇性故障,测量时,注意要边晃动线束边测量。

4.5.2、零部件搭铁的测量。

关闭点火开关，断开零部件插件（带电测量不准，必须要断开），例如 ECU64#端子，在 A 处测的电阻小于等于 0.3Ω ，B 处测的电阻小于等于 1Ω 左右，A 处和 B 处数值不能相差很大，如不符合要求，检查车身搭铁。



注意：1、使用万用表测量电阻前，应当先检查仪表本身的误差，测量值减去这个误差才是实际的电阻值。



2、对于间歇性故障，测量时，注意要边晃动线束边测量。

4.5.3、导线电阻的检查

“导通” ≠ “电阻符合要求”！

在实际诊断作业中，有的维修人员检查端子 A 和端子 B 之间的导线电阻时，经常使用万用表的二极管档位来检查导线连接情况，如下图：



以为只要听到二极管档位的蜂鸣声音便可确定导线连接电阻符合要求，其实，如果端子 AB 间的电阻几十欧姆时，蜂鸣器也照常蜂鸣，不能真实反映导线的电阻，所以不要使用二极管档位测试导线电阻情况，要用万用表的电阻档位来测试。如下图。

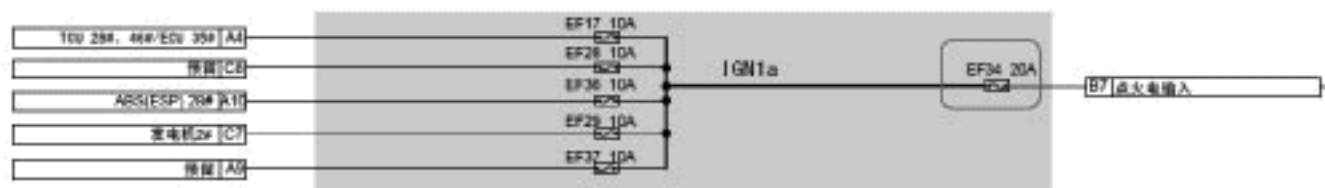


正常情况下，导线的电阻小于 1Ω 。

- 注意：1、使用万用表测量电阻前，应当先检查仪表本身的误差，测量值减去这个误差才是实际的电阻值。
2、对于间歇性故障，测量时，注意要边晃动线束边测量。

4.5.4、案例分享

有人在处理瑞虎 5 无法启动的故障时，用诊断仪发现无法进入 ECU、TCU、ESP 系统，仪表上的发动机故障灯、变速箱故障灯、ESP 故障灯、发电机等指示灯报警，便认为是 CAN 网络出现了故障，甚至拆卸很多零件去检测 CAN 网络系统，最后发现是 EF34 20A 保险断了，更换保险后，故障排除。电路图如下：



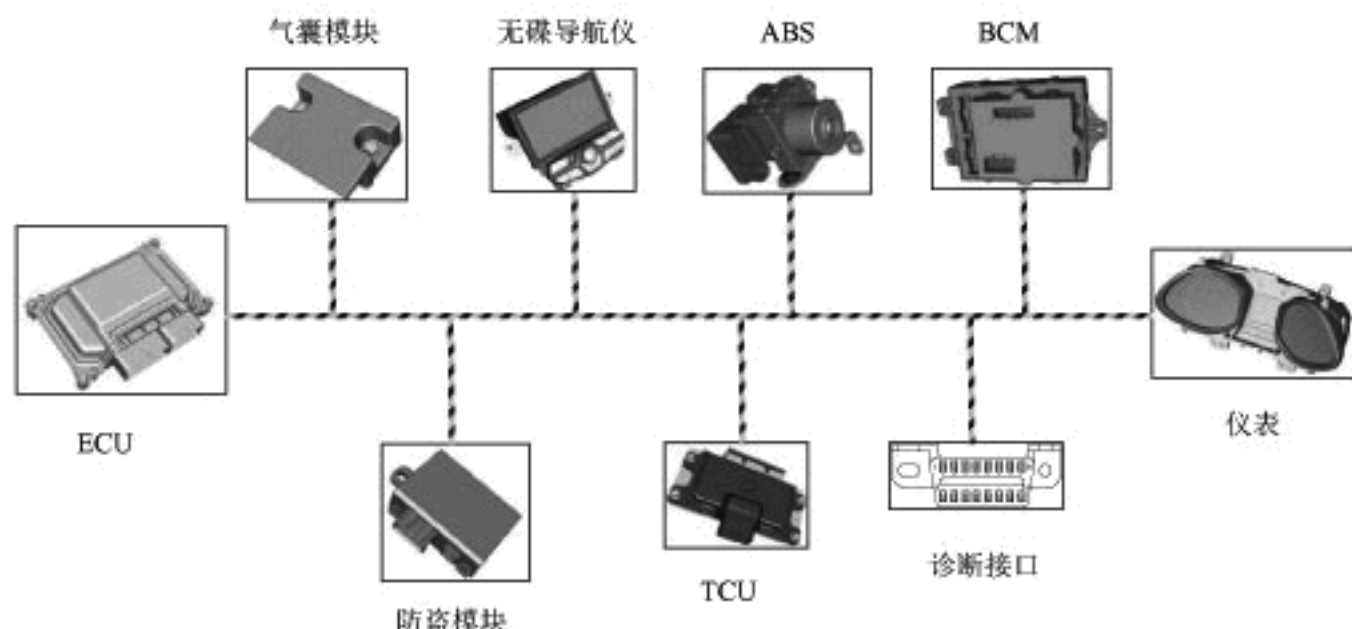
点评：多数电子控制单元需要 30 电（常火）和 15 电（IGN 电），模块有了 15 电后，模块的各个功能才会被唤醒，才能全部运转起来；EF34 保险是 ECU、TCU、ESP 系统的 15 电，这个保险断了后，这些模块没有 15 电，无法工作，当然无法通讯。

总结（1）如果所有的模块菜单，用诊断仪都无法进入，首先检查/更换诊断设备、检查车辆诊断口 PIN 脚的连接情况。

（2）如果只有一个或几个模块无法进入，首先检查模块的供电和搭铁情况，然后再检查 CAN 或 K 连线。

4.6、节点（电控单元）故障

节点是汽车多路信息传输系统中连接的各个电控单元，A16 项目的节点（电控单元如下图）：



这些电控单元在 CAN 网络中的故障包括软件故障和硬件故障两种。

软件故障 即传输协议或软件程序有缺陷或冲突，进而使汽车多路信息传输系统通讯出现混乱或无法工作，这种故障一般成批出现，且售后无法维修。还有一类是新更换的节点（电控单元），没有激活或匹配软件，致使新更换的节点软件不能正常工作而出现节点故障，这种故障经激活或匹配的方式修复；例如 A16 更换 BCM 或仪表后需要写入 CAN 配置编码，否则有可能工作不正常，例如仪表多个故障灯点亮。（关于更换 BCM 或仪表后需要写入 CAN 配置编码请参照电器维修手册）。

硬件故障，一般是由于电控单元内通讯芯片或集成电路损坏，使电控单元无法工作而造成汽车多路信息传输系统无法正常工作。这种故障一般单独出现，采用更换电控单元并重新自适应匹配的方式修复。如果怀疑是某个模块的硬件坏了，用新件直接插在线束插件上即可测试波形是否恢复正常或重新验证故障现象，无需进行匹配。

备注：车辆的电气设备进行过改装，如果电磁兼容（EMC）不够好，也会影响模块 CAN 控制器工作，甚至会导致 CAN 总线关闭。尤其是注意搭铁点的选取。

故障排除方法和步骤：参照波形分析章节。

4.6.1、案例分享

车型：风云 2 两厢 电喷系统：CEMS 电喷系统车辆行驶里程：2763KM，故障出现时里程：约为 700KM

故障现象：组合仪表指示灯偶发性全亮，如下图所示；



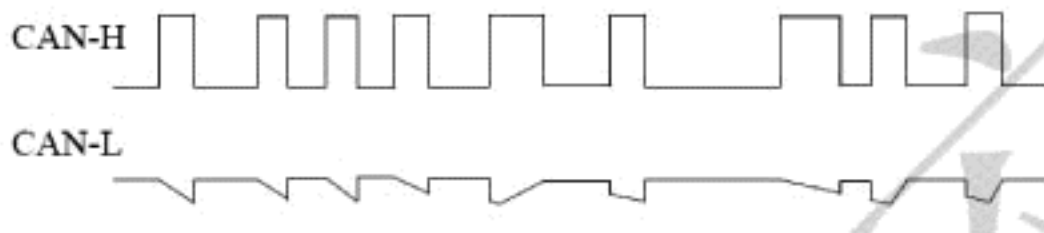
组合仪表系统中：与 ECU 失去通讯；气囊系统中：CAN 总线关闭。

为排除该故障，曾经更换前舱线束、仪表线束、发动机电喷线束、ECU 模块、BCM 模块、处理全车搭铁点，经过上述，仍未解决故障。

售后远程支持：

将电瓶负极断开 5 分钟以上，测量诊断接口 6#和 14#间电阻为 58Ω ，符合要求，测量 6#对地电阻为 $23.2K\Omega$ 和 14#对地电阻为 $23.2K\Omega$ ，而正常的车辆经测量 6#对地电阻 $7.04K\Omega$ ，14#对地电阻 $7.04K\Omega$ ，故障车与正常车差别较大；

通过示波器可以看到以下波形：



周期：20us 1V/格

一般而言，CAN-H 波动范围在 2.5V-3.5V 之间，CAN-L 波动范围在 1.5V-2.5V 之间，

根据上图波形分析，CAN-H 在正常范围内，CAN-L 波形明显不与 CAN-H 对称，电压在 0.8V 左右波动，明显不正常，

现初步判定 CAN-L 信号出现问题，原因分析可能是：1) CAN-L 线对地短路 2) 挂在 CAN 上的元器件损坏（内部短路、断路、烧损等）

根据上述分析，逐一排查：

(1) 因测量诊断口 6#、14#对地电阻 23.2K Ω ，正常车辆为 7.4K Ω ，差别较大，暂时排除 CAN-L 线对车身地短路的可能，重点检查各个模块。

(2) 按照 CAN 线束走向，依次拔掉挂在 CAN 线上的模块，同时观察示波器变化情况。当拔掉右辅助仪表时，示波器 CAN-L 波形明显变化，趋于正常。

(3) 插上右辅助仪表，示波器 CAN-L 波形再次拉低到 0.8V 左右，此时晃动周边线束，波形不再变化。

(4) 换上另一辆新车的右辅助仪表后，示波器显示又正常，将故障车右辅助仪表换到新车上，钥匙打到 on 档，故障马上出现，仪表上的指示灯全亮，由此可判定故障车右辅助仪表内部故障，导致 CAN 线通讯异常。

点评：此故障从现象上看，和 CAN-L 经电阻对地短路比较相似，故障点发生在模块内部（或 CAN 收发控制器或相关电路）；因是偶发间歇性故障，所以导致维修人员迟迟找不到故障点，为处理客户抱怨也更换了大量的零部件；处理此类故障建议如下：

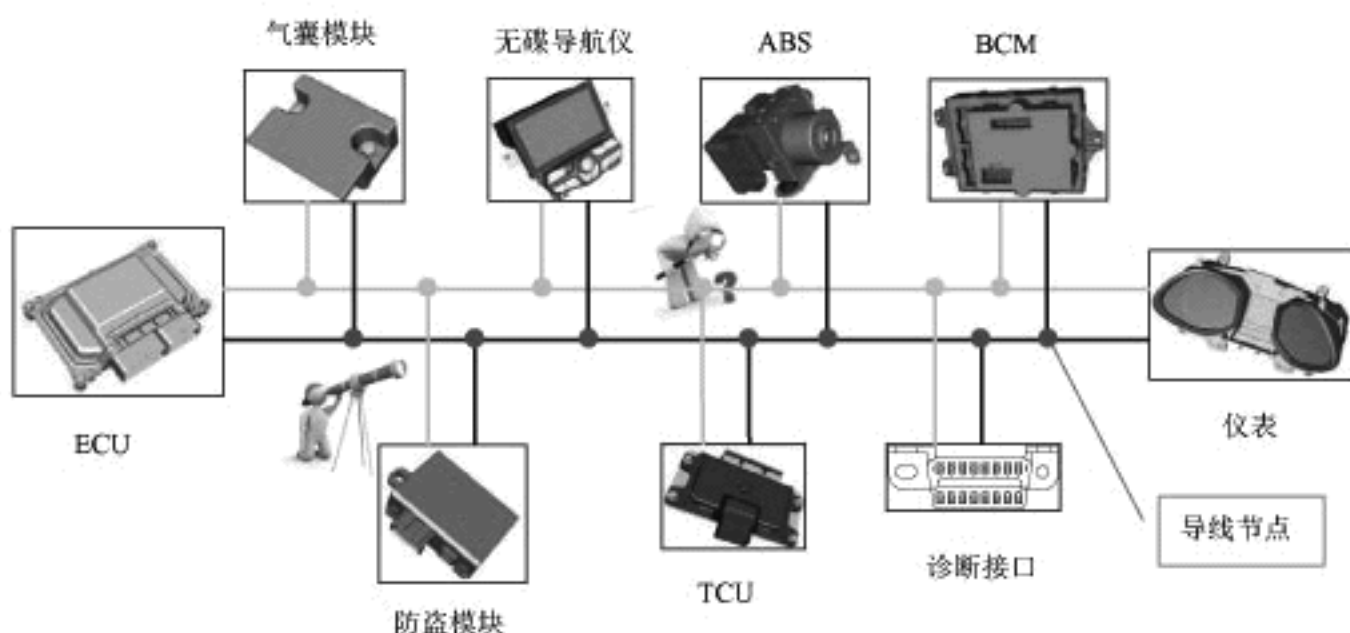
(1) 如果故障不再现，首先检查线束。要求连接正确，无对地、对电源短路，终端电阻数值正确；

(2) 使用诊断仪读取 CAN 网络上的各个模块故障码（有数据交换的两个或几个模块中，如果收不到对方的数据，一般会存储相关的故障码）；重点检查故障码指示的模块或诊断仪无法进入的模块；

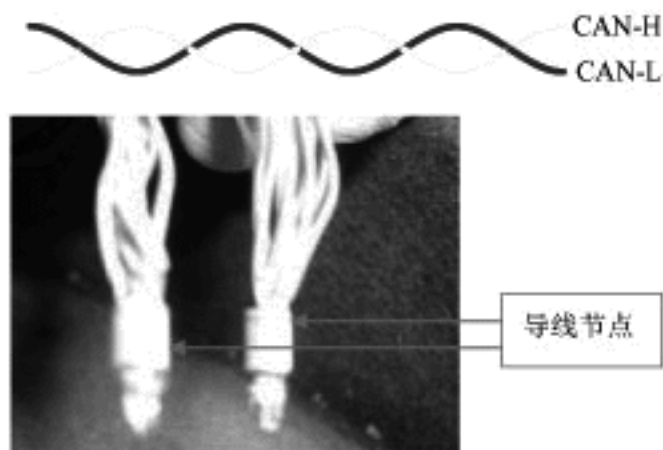
(3) 如果故障正在发生，优先使用示波器。通常来讲，绝大多数的 CAN 网络硬件故障，例如导线故障（某根导线短路、断路）或模块节点故障时，示波器能够显示出来（个别的除外），当故障发生时，观察示波器，同时拔插模块或线束插件，拔下该插件后，波形变得正常了，说明故障与模块或线束有关；示波器非常适合用来查找间歇性故障。

4.7、链路故障

链路是指各节点间的通讯连接线路。链路故障即数据通讯线路出现故障，如短路、断路以及线路因物理性质改变而引起的通讯信号衰减或失真，这些因素常常会引起多个电控单元无法正常工作或控制系统出现错误动作。判断是否为链路故障一般采用示波器或汽车专用的 CAN 测试仪，观察当前数据通讯信号是否与标准数据通讯信号相符。维修方法一般是修复短路、断路的双绞线线路，或消除改变双绞线物理性质的根源等。



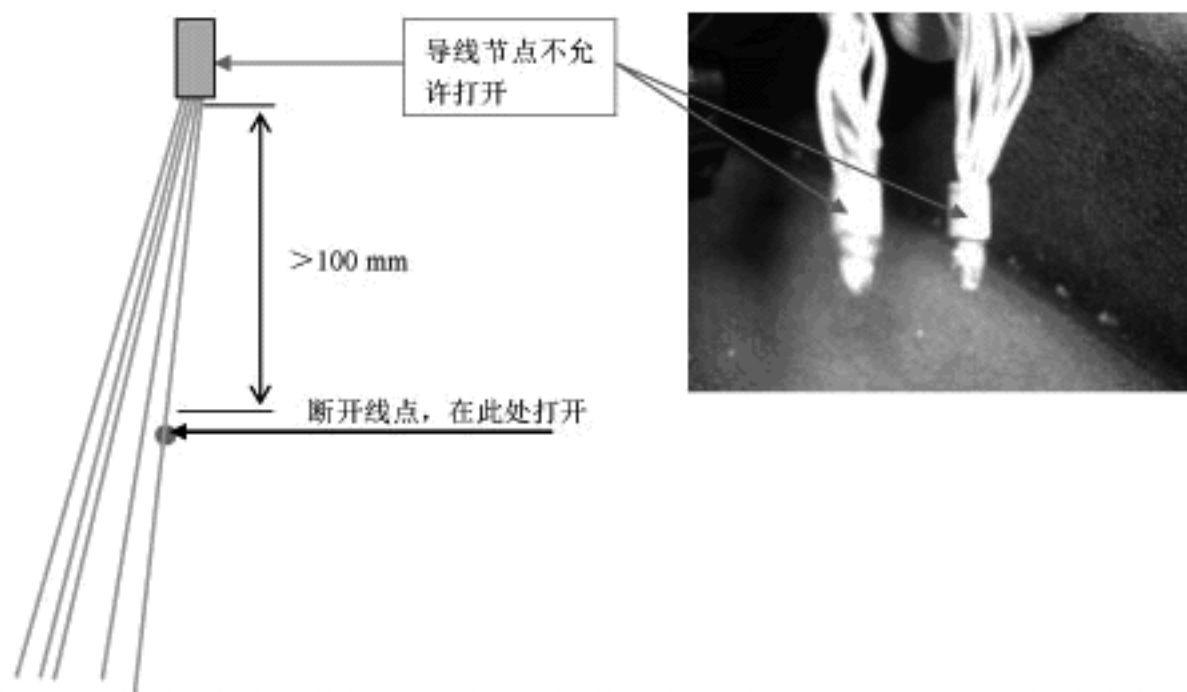
A16 项目各个 CAN 模块之间采用双绞线，通过导线压接节点连接，黄色的 CAN-H，蓝色是 CAN-L，如下图：



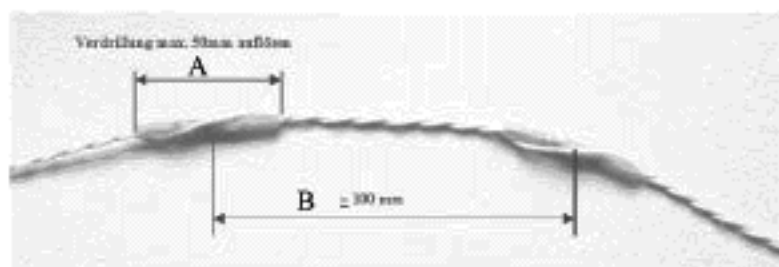
4.7.1、CAN-Bus 线的维修说明

有时为了确定故障需要从线连接点上分开一个控制单元就需要断开通向该控制单元的 CAN 总线，或在查询到故障后对该线束需要进行维修。CAN 总线传递的数据，有的甚至关系到车辆和人员的生命安全，对 CAN 总线不正确的维修，会产生干扰或信号的丢失，导致这些数据不能传输，所以，在维修时一定要遵守以下规定：

(1) 在 CAN 总线维修时，要求断开线点距离导线节点至少 100 毫米，导线节点绝对不能打开和维修更新；



(2) 如果要断开 CAN 导线，则只允许在与下个压节点相距 $\geq 100\text{mm}$ 处进行；CAN 导线的绞合对于 CAN 的干扰影响具有决定意义。只有绞合不受损坏，才能保证 CAN 抗干扰，所以，在维修时尽量少干涉该绞合。



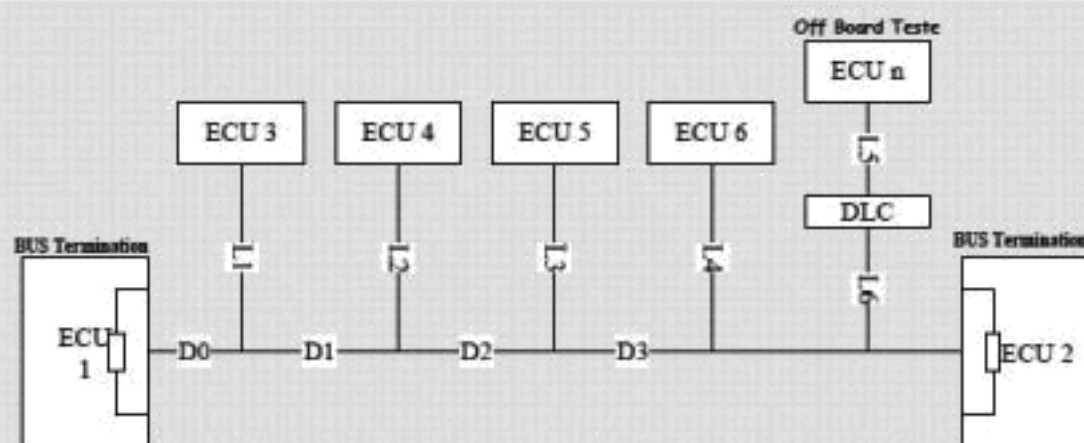
A—绞合只可解开最长 50mm

B—CAN 导线断开处要与下一个压接节点相距至少 100mm

修复导线用压线钳和冷压端子连接，使电阻最小。



(3) 奇瑞 CAN 线束设计上的一些要求



其中ECU1, ECU2是带终端电阻的节点, 其余ECU不带终端电阻。

参数	符号	最小值	正常值	最大值	单位	注释
电缆总长度	L			25	米	主干线以及所有分支电缆的长度总和
ECU分支电缆长度	L_1	0		1	米	
汽车上诊断口电缆长度	L_6	0		1.5	米	
离线测试工具端电缆长度	L_5	0.1		1.5	米	

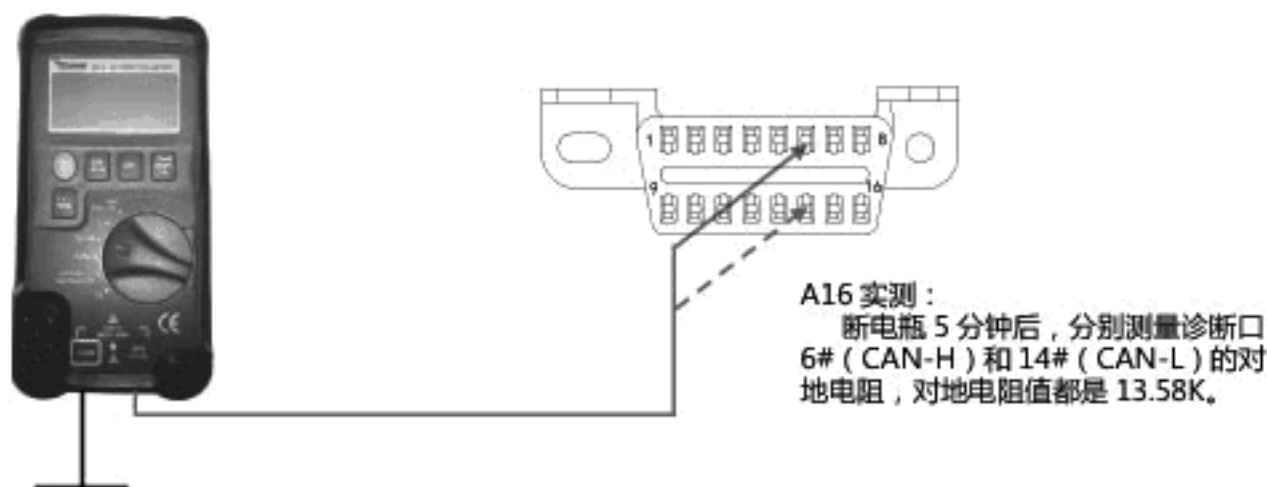
其它要求：

1. 电缆类型：双绞线，45-60绞/m
2. 电缆单位长度电阻要求： $< 60\text{m}\Omega/\text{m}$ ($\text{m}\Omega$ ：毫欧， $1000\text{m}\Omega=1\Omega$)
3. 电缆单位长度传输延迟： $< 5.5\text{ns}/\text{m}$
4. 为装配连接器，电缆可以被拆开50mm(最好拆开长度不超过25 mm)。
5. L_1, L_2, L_3, L_4 互不相等
6. D_1, D_2, D_3 互不相等
7. 总线终端的位置要根据拓扑结构定，终端应该在两个距离最远的ECU上。所以在决定终端位置时，需线束工程师提供整车布置情况。CAN接口工程师根据线束工程师提供的拓扑结构，确定终端电阻在那个ECU上。另外，每条CAN-BUS导线长度不应超过5米，否则导线所传输的脉冲信号会失真。

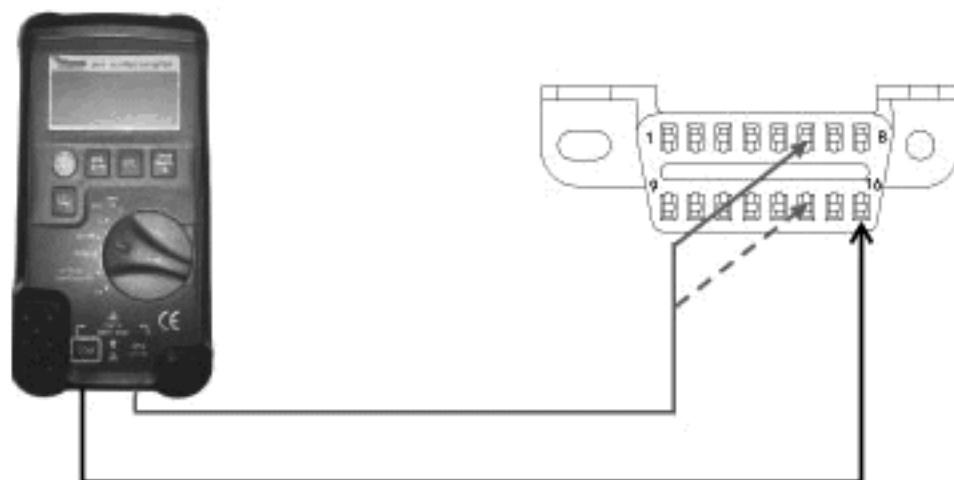
4.7.2、万用表测量 CAN-H 和 CAN-L 对地短路，对电源线电阻

测量 CAN-H 和 CAN-L 对地绝缘，对电源线的电阻，可以判断有无短路，也可以判断系统中是否有硬件故障存在，例如前面故障案例中，故障车的诊断口 6#、14#对地电阻 23.2K Ω ，正常车辆为 7.4K Ω ，差别较大。

CAN 线对地线电阻检测



CAN 线对电源线电阻检测



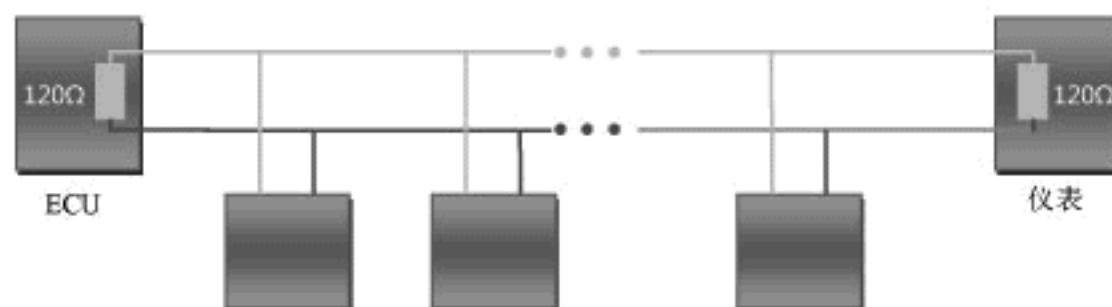
A16 实测：

断电瓶 5 分钟后，分别测量诊断口 6# (CAN-H) 和 14# (CAN-L) 的对 16# 之间的电阻，对地电阻值都是 13.44K。

4.7.3、终端电阻

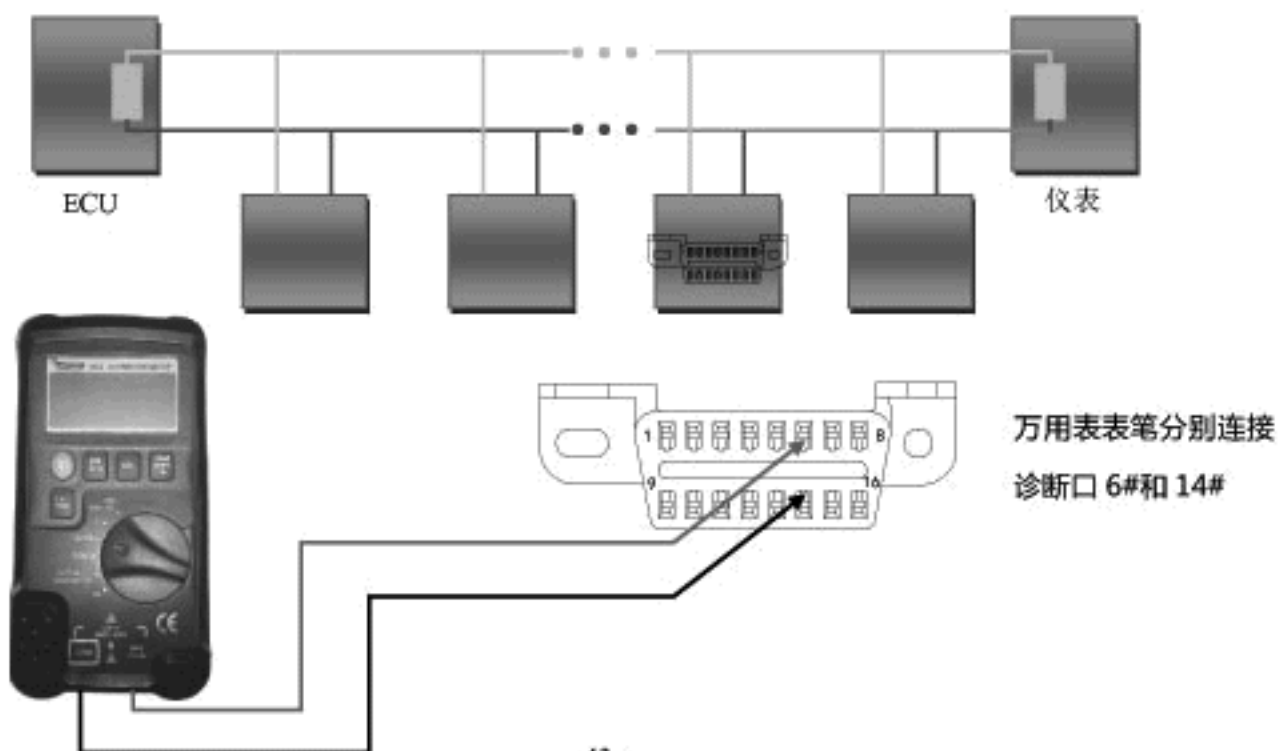
终端电阻装在系统的 2 个控制单元内，用于阻止 CAN 总线信号在 CAN 总线上产生变化电压的反射。当终端电阻出现故障，方波在传输过程中，因为线路的反射影响，严重时，会让信号发生变形，控制单元的信号无效。当用示波器进行信号的 CAN 总线信号的测量，若该信号与标准信号不相符，也需要对终端电阻是否损坏进行测量。

对于本车型，CAN 上的两个终端电阻（约 120Ω ）放在发动机 ECU 和仪表中，终端电阻可以用万用表进行测量，通过测量终端电阻，除了可以判断电阻是否正常外，还可以判断 CAN 主干线路是否存在开路故障。



终端电阻的测量步骤：

1. 点火开关 OFF，将蓄电池的电极线拔除；
2. 等待大约 5 分钟，直到所有的电容器都充分放电；
3. 连接测量仪器并测量总阻值；



4. 将一个带有终端电阻控制单元的插头拔下来；
5. 检测总的阻值是否发生变化；
6. 第一个控制单元（带有终端电阻）的插头连接好，再将第二个控制单元的插头拔下来；
7. 检测总的阻值是否发生变化；
8. 分析测量结果。

A16 实测值（仅供参考）：测诊断口 6#和 14#之间的电阻值（两个终端电阻并联值）为 58Ω ，单独拔下仪表或 ECU，测诊断口 6#和 14#之间的电阻值为 $108\sim 109\Omega$ 。单独测量零部件：仪表终端电阻 124Ω ，ECU 终端电阻 121Ω ，

通过该测量可以得出判断，连接电阻是否是正常的。

（1）从诊断口测得并联电阻应当是 60Ω （ 58Ω ）左右；

- ✧ 如果大于 60Ω （ 58Ω ），并且数值在 120Ω 左右，有可能是 CAN 主干线路开路、其中一个终端电阻开路；
- ✧ 如果数值大于 120Ω ，并且数值相差很大，有可能是 CAN 主干线路开路、两个终端电阻开路；
- ✧ 如果数值小于 60Ω （ 58Ω ），并且数值相差很大，有可能是 CAN 主干线路通过电阻短路、两个终端电阻不符合要求或某个模块故障；

（2）在总的阻值测量后，将一个带有终端电阻控制单元的插头拔下，显示的阻值应当发生变化，此时测量的是一个控制单元的终端电阻阻值（理论值是 120Ω ）。

A16 实车测试：单独拔下仪表或 ECU，测诊断口 6#和 14#之间的电阻值为 $108\sim 109\Omega$ 。

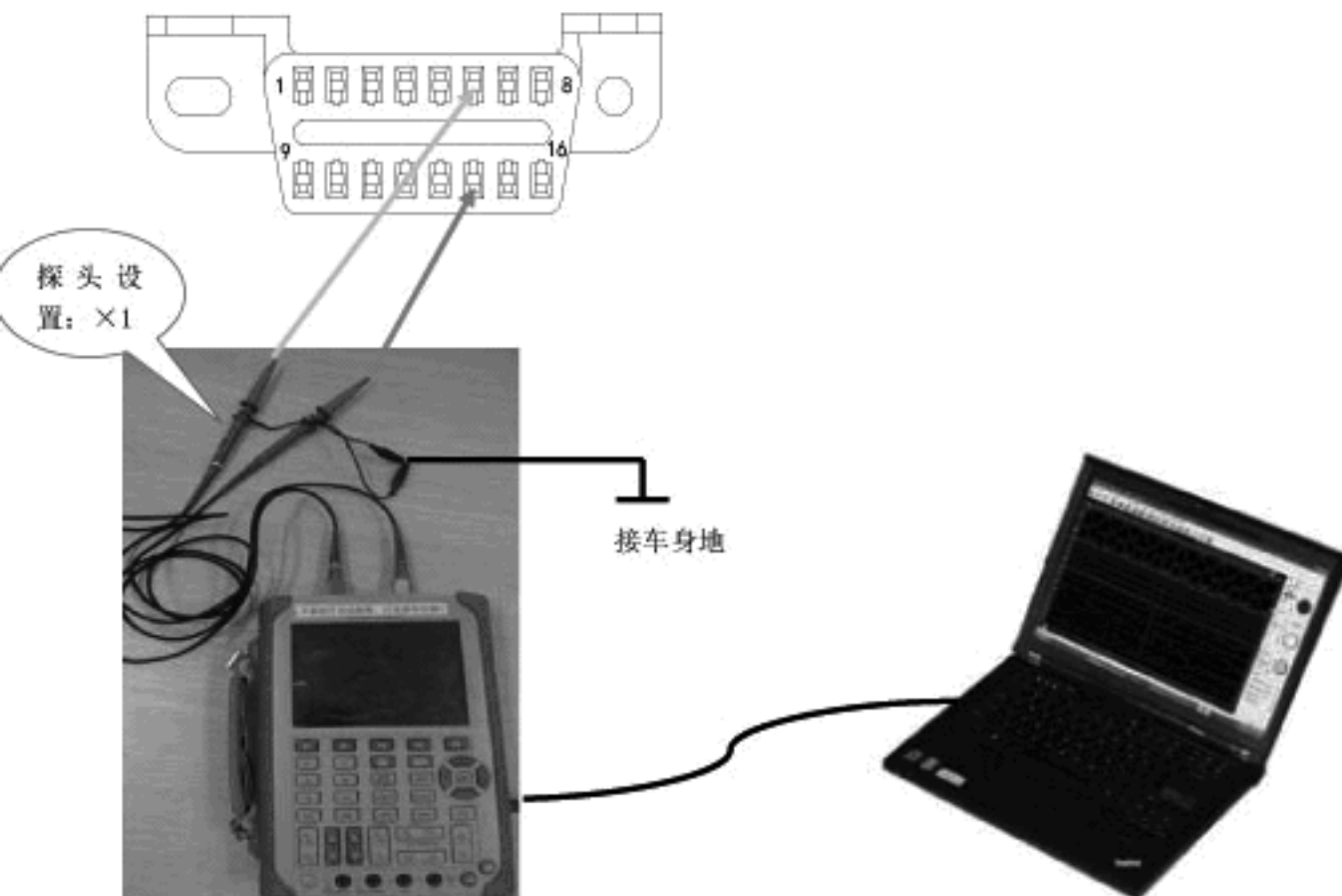
- ✧ 当在一个带有终端电阻控制单元的插头拔下后测量的阻值没有发生变化，则说明系统中存在问题。这说明被拔取的控制单元的终端电阻可能损坏或者是 CAN-Bus 总线出现断路。
- ✧ 如果在拔取控制单元后显示的阻值变得无穷大，那么，或者是连接中的控制单元终端电阻损坏，或者是到该控制单元的 CAN-Bus 线出现故障。

4.7.4、示波器分析

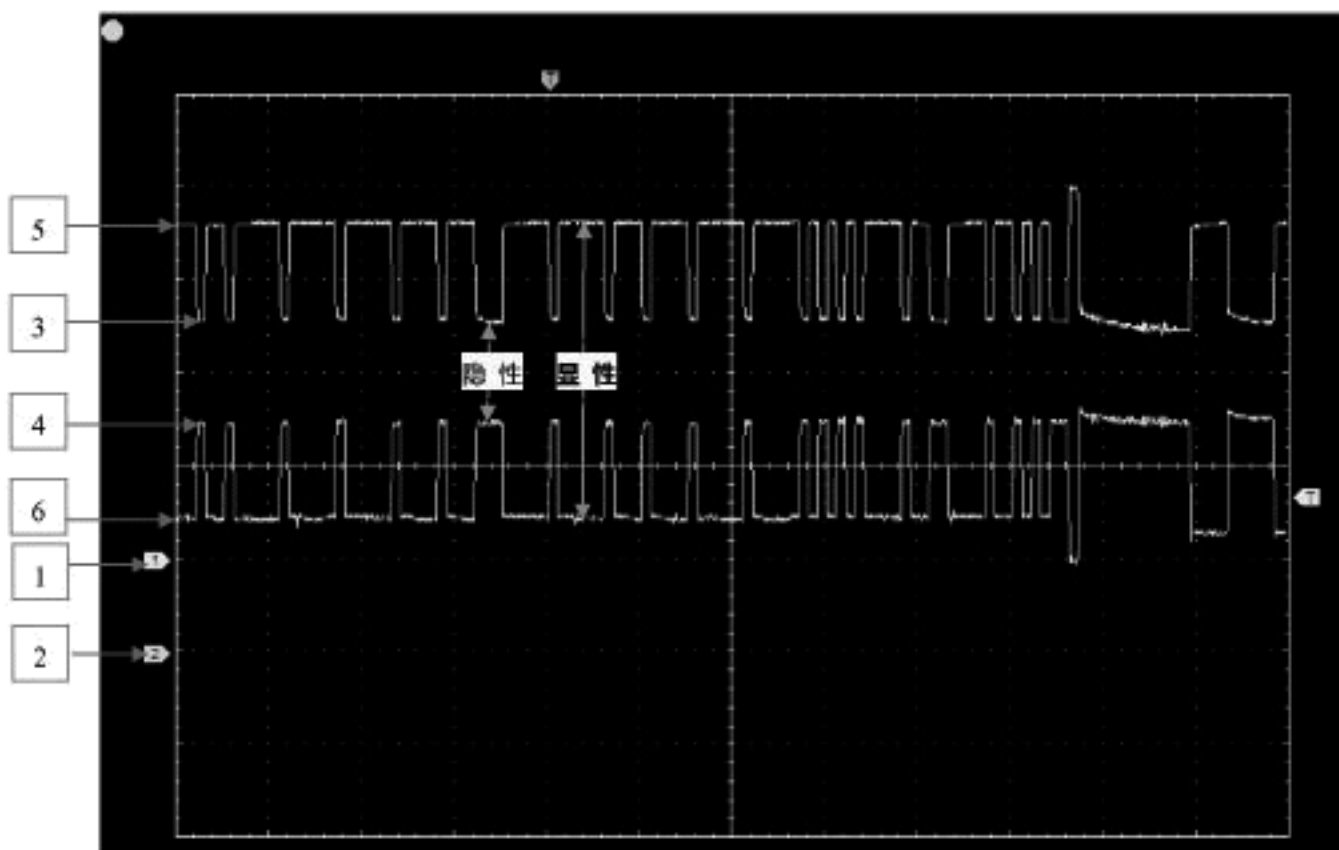
通过用示波器观察 CAN 总线的波形，可以判断 CAN 系统大部分硬件故障，非常方便。

4.7.4.1、示波器连接

CH1 (1 通道) 接诊断口 6# (CAN-H), CH2 (2 通道) 接 14# (CAN-L), 示波器探头的鳄鱼夹接共同的车身地。



4.7.4.2、正常的波形



CH1 : **CH2 :**

Sampling Rate = 50MSa/s

Time/DIV = 20.00us/div

CH1: VOLT DIV = 1.00V/div

Input Coupling = DC

CH2: VOLT DIV = 1.00V/div

Input Coupling = DC

说明：

- 1、CAN-H 的零电位；
- 2、CAN-L 的零电位；
- 3、CAN-High 的隐性电压电位大约为 2.6 V (逻辑值 1).
- 4、CAN-Low 的隐性电压电位大约为 2.5V (逻辑值 1).
- 5、CAN-High 的显性电压电位大约为 3.6V (逻辑值 0).
- 6、CAN-Low 的显性电压电位大约为 1.4 V (逻辑值 0).

电位	CAN-High – 对地	CAN-Low – 对地	电压差
显性	3.6 V (3.5 V)	1.4 V (1.5 V)	2.2 V (2.0 V)
隐性	2.6 V (2.5 V)	2.5 V (2.5 V)	0.1 V (0 V)

备注：

(1) 总是利用两条线的电压差确认数据。当 CAN-High 的电压值上升时，相应 CAN-Low 的电压值下降。矩形波形，波形对称。

(2) 正如示波器显示所示，CAN-Bus 仅只能有两种工作状态。在隐性电压电位时，两个电压值很接近。在显性电压电位时，两个电压差值标准为 2.0V。

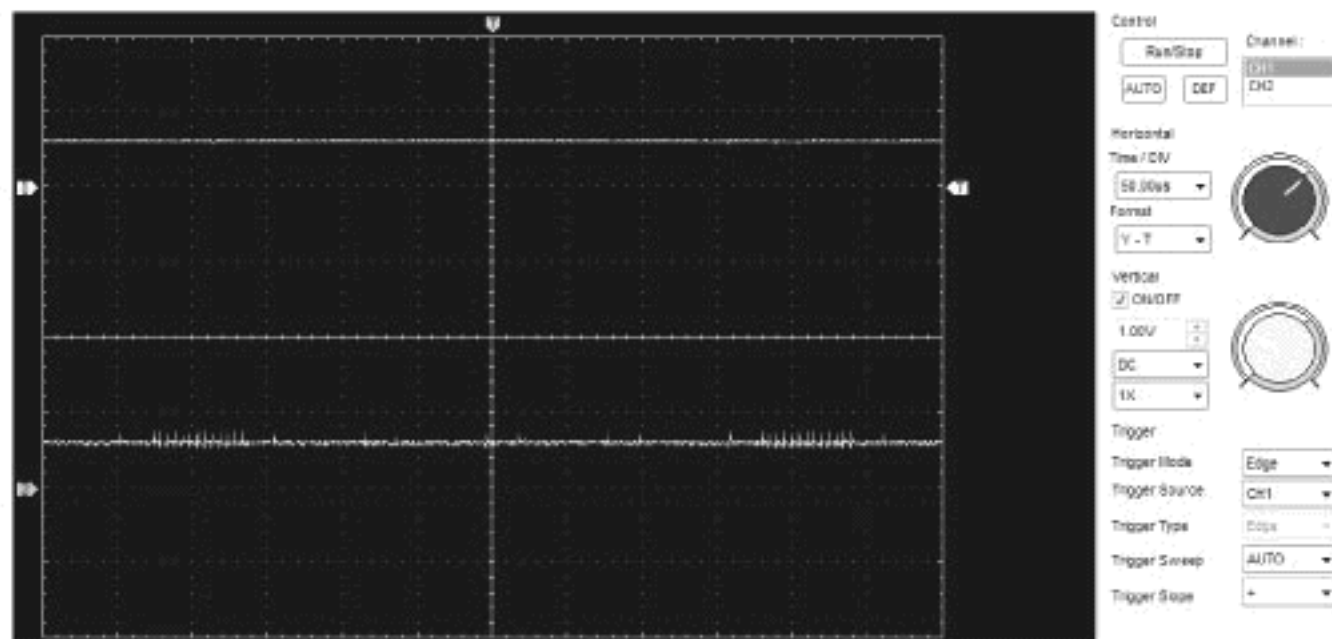
(3) 实测电压值和标准值比较，大约有 100mV 的差值。

(4) 通讯时，高速 CAN 工作电压范围：CAN_H：显性 2.75V~4.5V，隐性 2V~3V；CAN_L：显性 0.5V~2.25V，隐性 2V~3V；无信号传递即 CAN bus 空闲时发射隐性信号，新的信息以显性开始。

CAN 协议 ISO11898 标准中的一些要求：

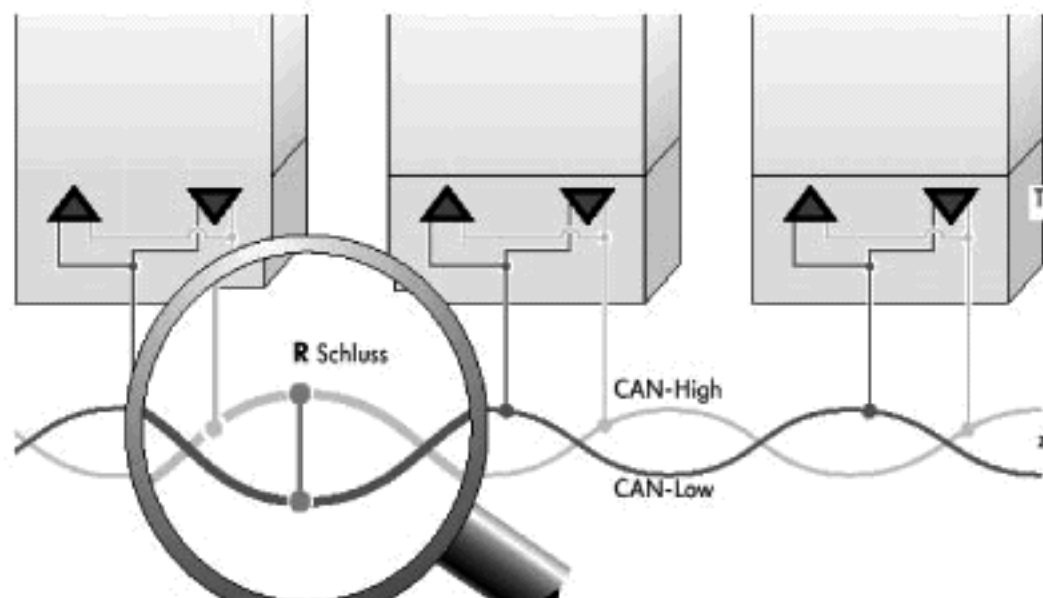
物理层	ISO11898 (高速)					
通信速度	至 1Mbit/s					
最大总线长度	40m/ Mbit/s					
连接单元数	最大 30					
总线电平	隐性电平/V			显性电平/V		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
CAN-H	2.00	2.50	3.00	2.75	3.50	4.50
CAN-L	2.00	2.50	3.00	0.50	1.50	2.25
电位差 (H-L)	-0.5	0	0.05	1.5	2.0	3.0
总线特性	双绞线 (屏蔽/非屏蔽) 闭环总线 阻抗(Z)：120Ω (Min.85Ω Max.130Ω) 总线电阻率(r)：70mΩ/m 总线延迟时间：5ns/m 终端电阻：120Ω (Min.85Ω Max.130Ω)					

(5) A16 CAN 睡眠模式：点火开关 OFF，所有的门 后背门 小灯 危险灯 都关闭的情况下，10s 后进入睡眠模式，点火开关 OFF 后，如果有个别门没有关，15 分钟后，仪表和 BCM 不再通讯，进入睡眠模式，实车测试波形如下：

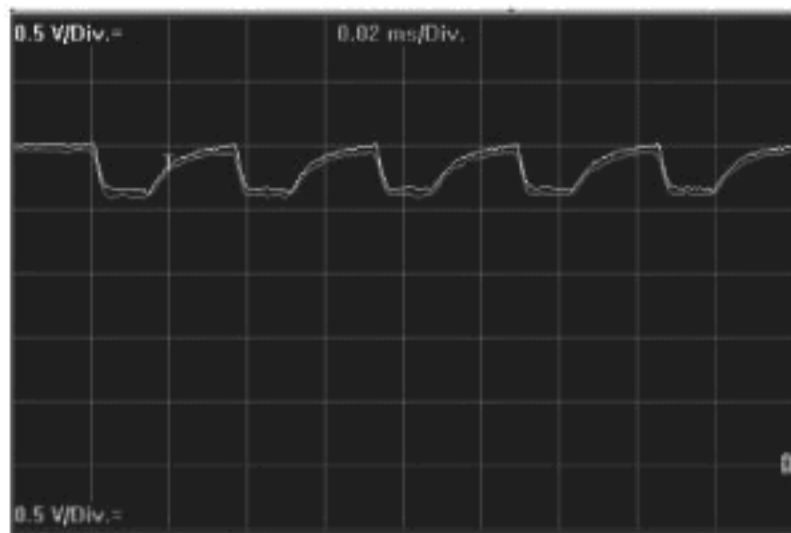


CAN-H 和 CAN-L 电压为 0.6V (接近 0V)，波形为一条直线。

4.7.4.3、CAN-H 与 CAN-L 短路



故障波形 1：



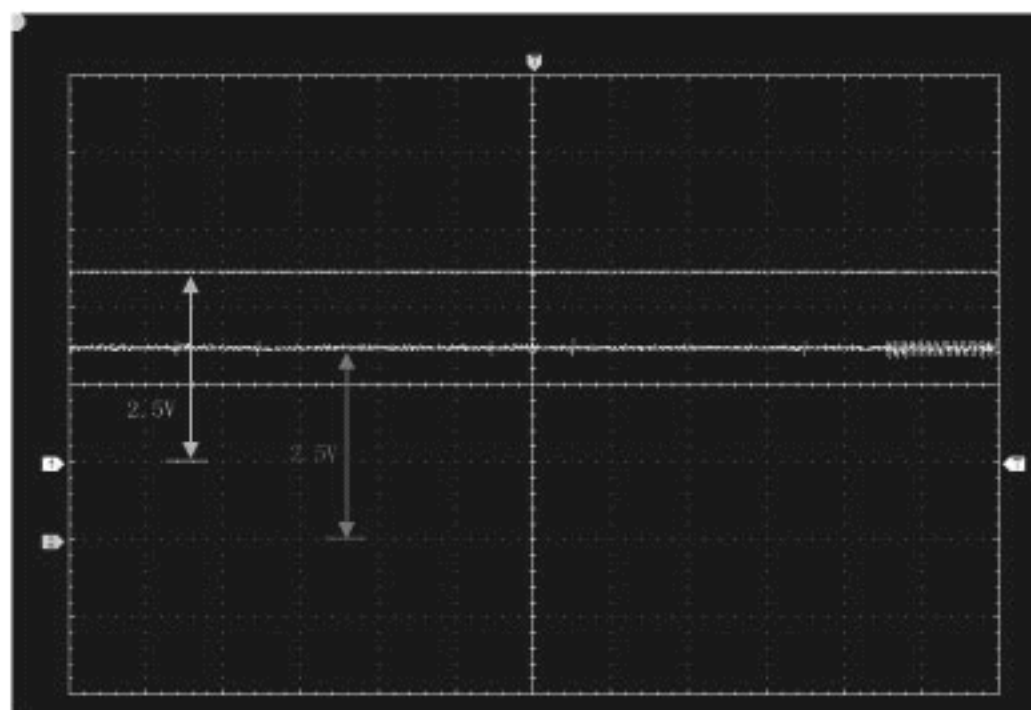
故障描述：

CAN-High 与 CAN-Low 短路。

1.特征：

- 用示波器观察，电压电位于隐性电压值（大约 2.5V）。通过移动示波器两个通道零电位的位置，让两个通道的零位置重合，可以看到，CAN-High 与 CAN-Low 波形变化一致，电位一致；

- 1) 下图是 A16 实车测试 CAN-high 和 CAN-Low 短路的波形，两个波形都是一条直线，电压约为 2.5V，用万用表测试终端电阻接近或等于 0 欧姆。



CH1 :

CH2 :

Sampling Rate = 50MSa/s

Time/DIV = 20.00us/div

CH1: VOLT DIV = 1.00V/div

Input Coupling = DC

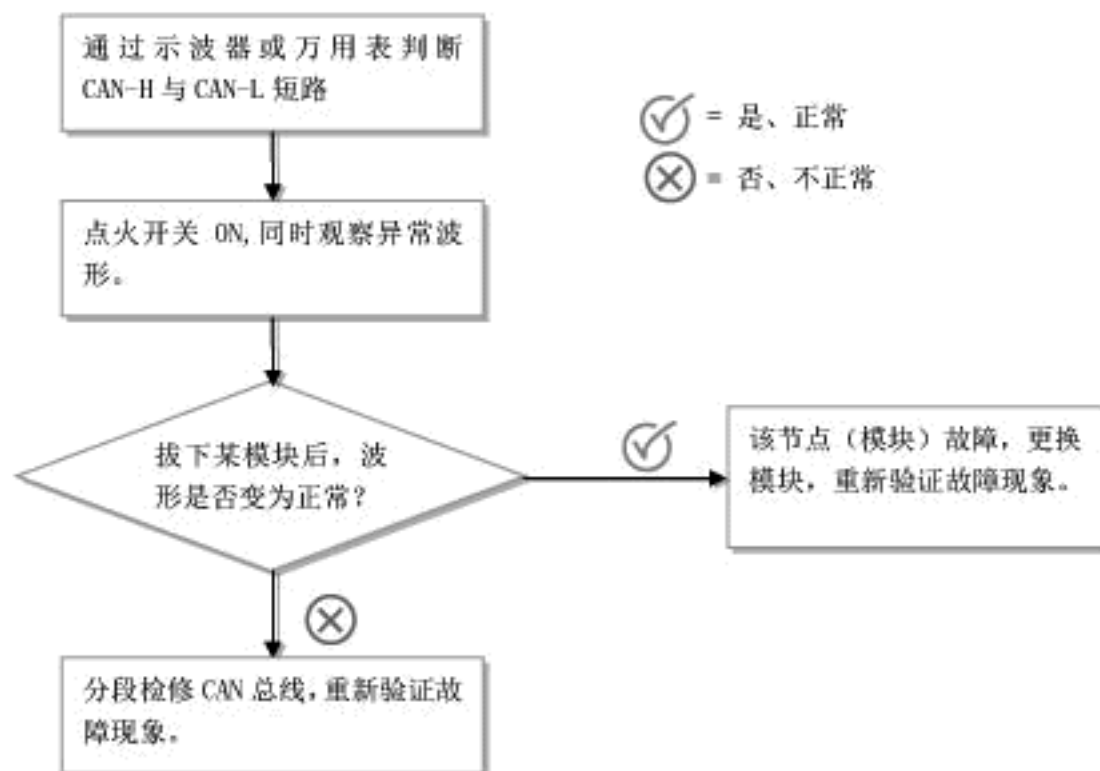
CH2: VOLT DIV = 1.00V/div

Input Coupling = DC

2.故障原因：总线 CAN-High 与 CAN-Low 短路、节点（模块）故障。

3.故障排除步骤：

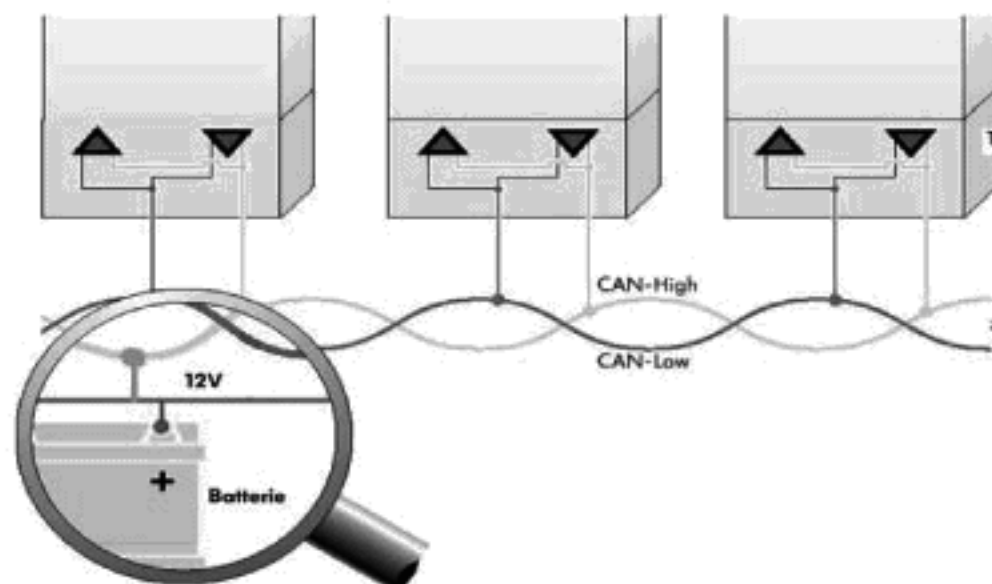
- 1) 通过逐个插拔 CAN 总线上的控制单元，同时观察示波器波形，可以判断是由于控制单元引起的短路还是由于 CAN-high 和 CAN-Low 线路连接引起的短路；
- 2) 当拔下某个模块的插件时，波形回复正常，故障点为该模块故障；
- 3) 当为线路短路引起的短路，需要将 CAN 线组（CAN-High 和 CAN-Low）从线束插件或线束节点处依次断开，同时注意示波器的图形。当故障线组被取下后，示波器的图形恢复正常。
- 4) 当没有其他测量办法时，只能将 CAN 线从线连接点处分开，注意 CAN 线的维修说明。



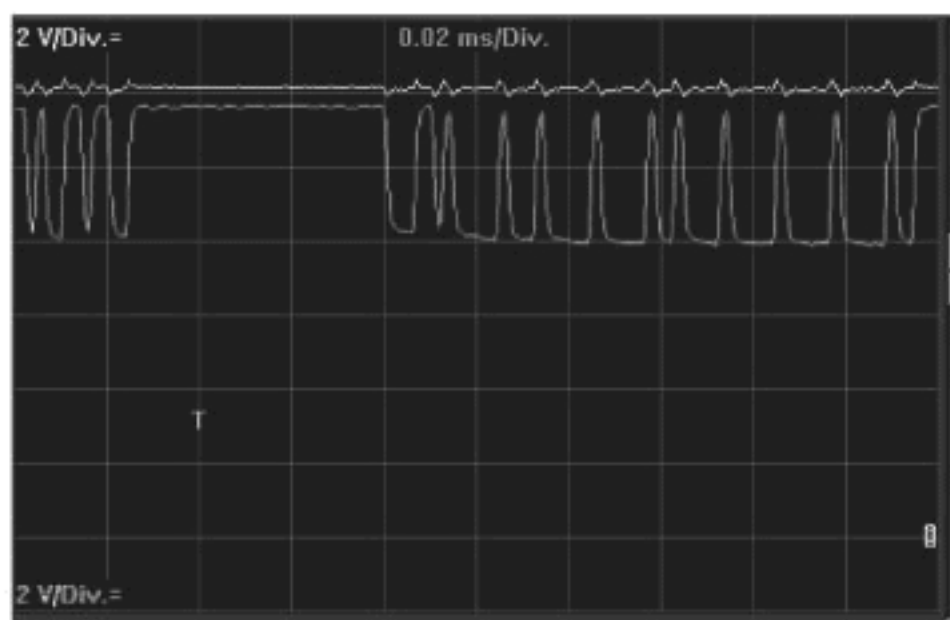
备注：维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

A16 实车测试：用万用表测试终端电阻接近或等于 0 欧姆，用诊断仪 CAN 线上的任何模块，诊断仪都无法进入，仪表上的 ABS 和 “!” 刹车、大灯远光、前后雾灯、水温报警点亮。EPC 灯反而熄灭。仪表转速不动。无法启动。

4.7.4.4、CAN-H 与正极短路



故障波形 2：



故障描述:

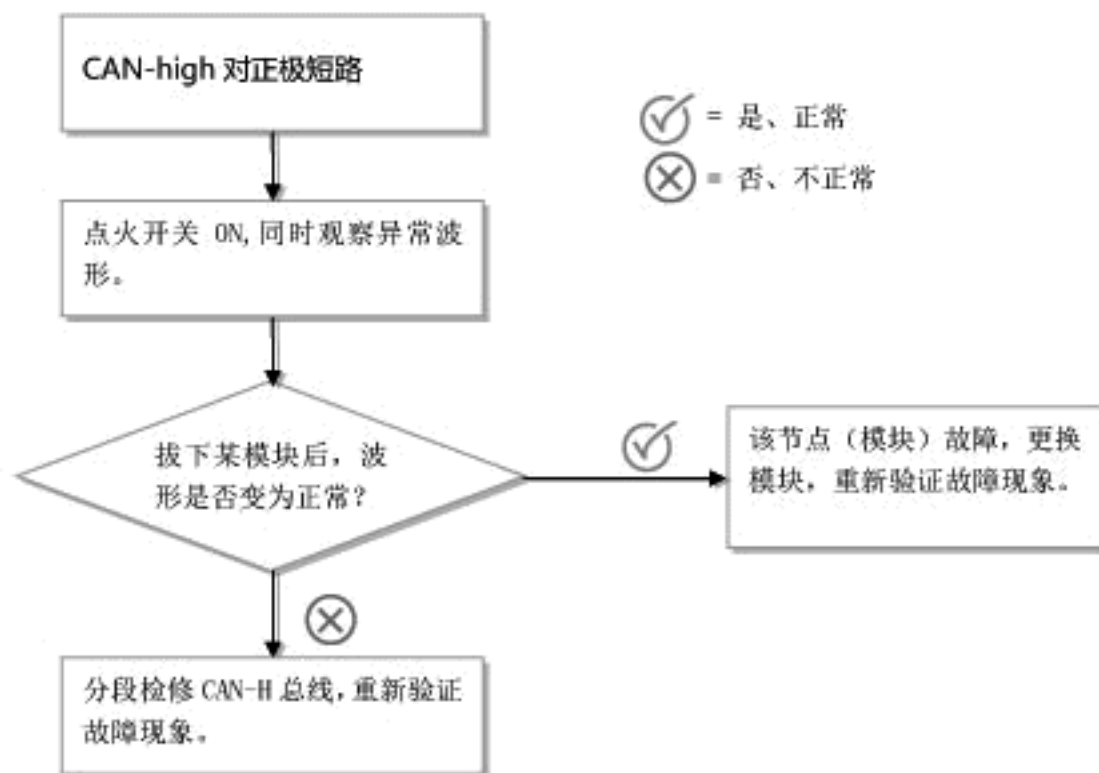
CAN-high 对正极短路：

1. 特征：

- 用示波器观察：CAN-high 线的电压电位被置于 12V，CAN-Low 线的隐性电压被置于大约 12V，振幅变大，这是由于在控制单元的收发器内的 CAN-high 和 CAN-Low 的内部连接引起的。

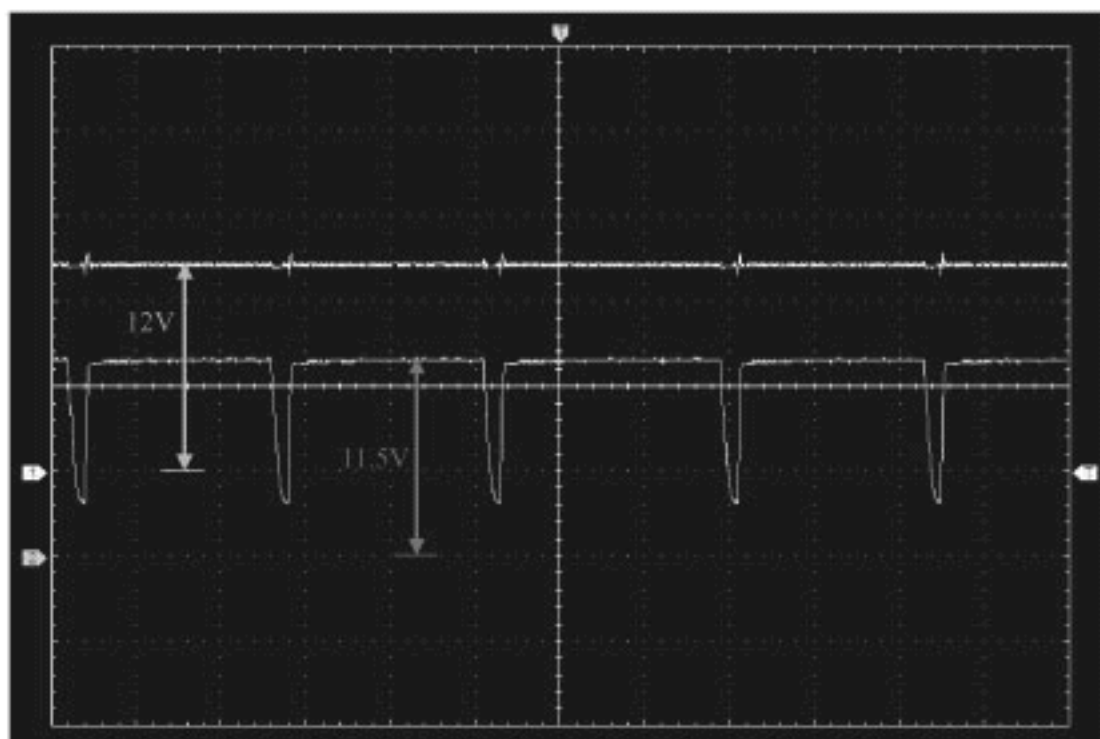
2. 故障原因：CAN-H 总线对正极短路、节点（模块）故障。

3. 故障排除步骤：



备注：维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

下图是 A16 实车测试 CAN-high 对正极短路的波形，CAN-high 线的电压电位被置于 12V(蓄电池电压)，CAN-Low 线的隐性电压被置于大约 11.5V(蓄电池电压)，振幅变大。



CH1 : **CH2 :**

Sampling Rate = 50MSa/s

Time/DIV = 20.00us/div

CH1: VOLT DIV = 5.00V/div

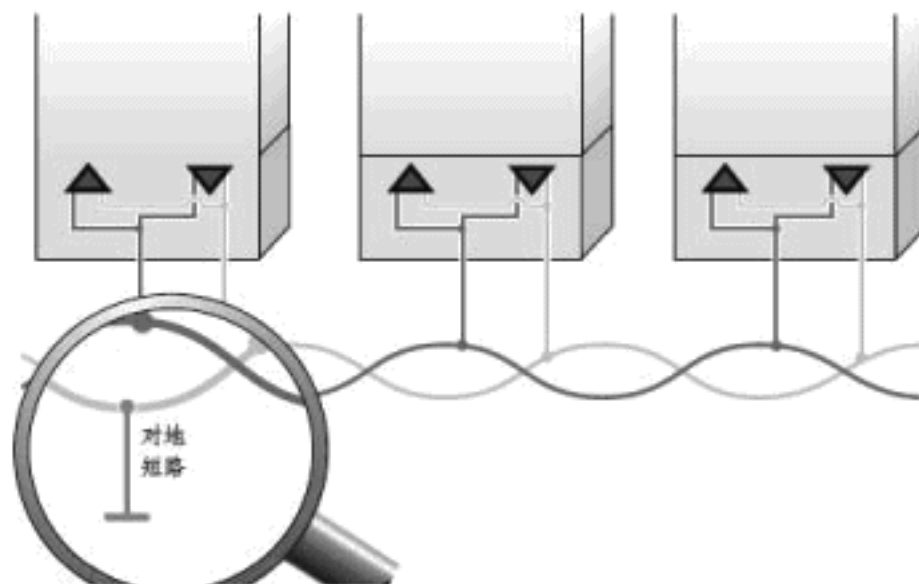
Input Coupling = DC

CH2: VOLT DIV = 5.00V/div

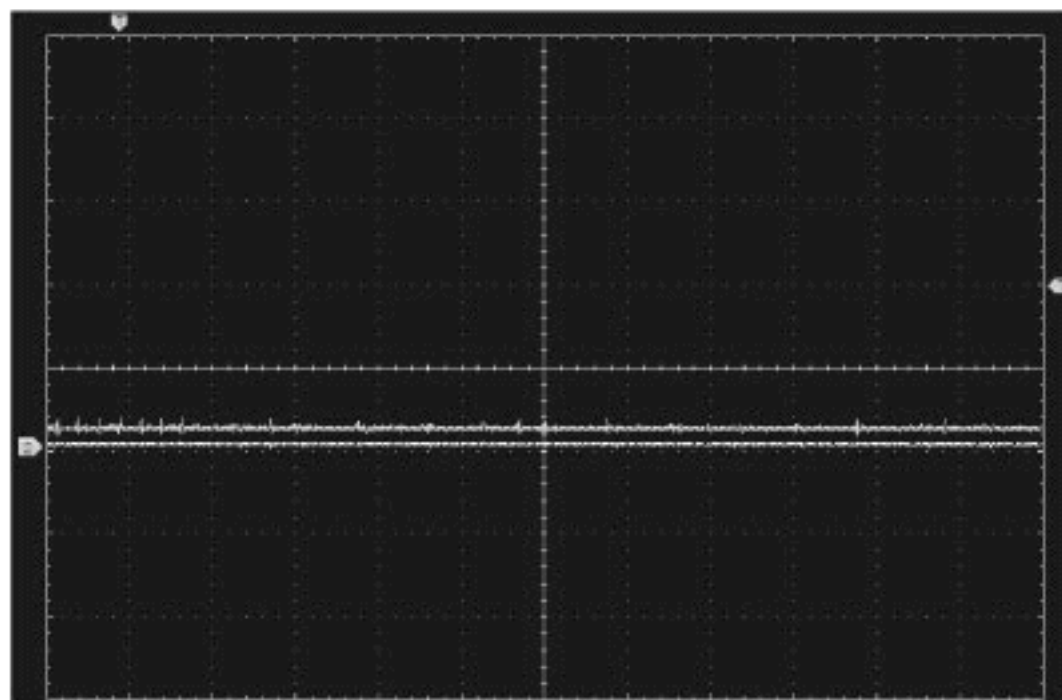
Input Coupling = DC

A16 实测：CAN-H 线对电源短路后，ABS 和 “!” 刹车、大灯远光、前后雾灯、水温报警点亮。EPC 灯反而熄灭。仪表转速不动。无法启动。诊断仪无法进入各个模块。

4.7.4.5、CAN-H 与地短路



故障波形 3 :



CH1 : CH2 :

Sampling Rate = 50MSa/s

Time/DIV = 20.00us/div

CH1: VOLT DIV = 1.00V/div

Input Coupling = DC

CH2: VOLT DIV = 1.00V/div

Input Coupling = DC

故障描述:

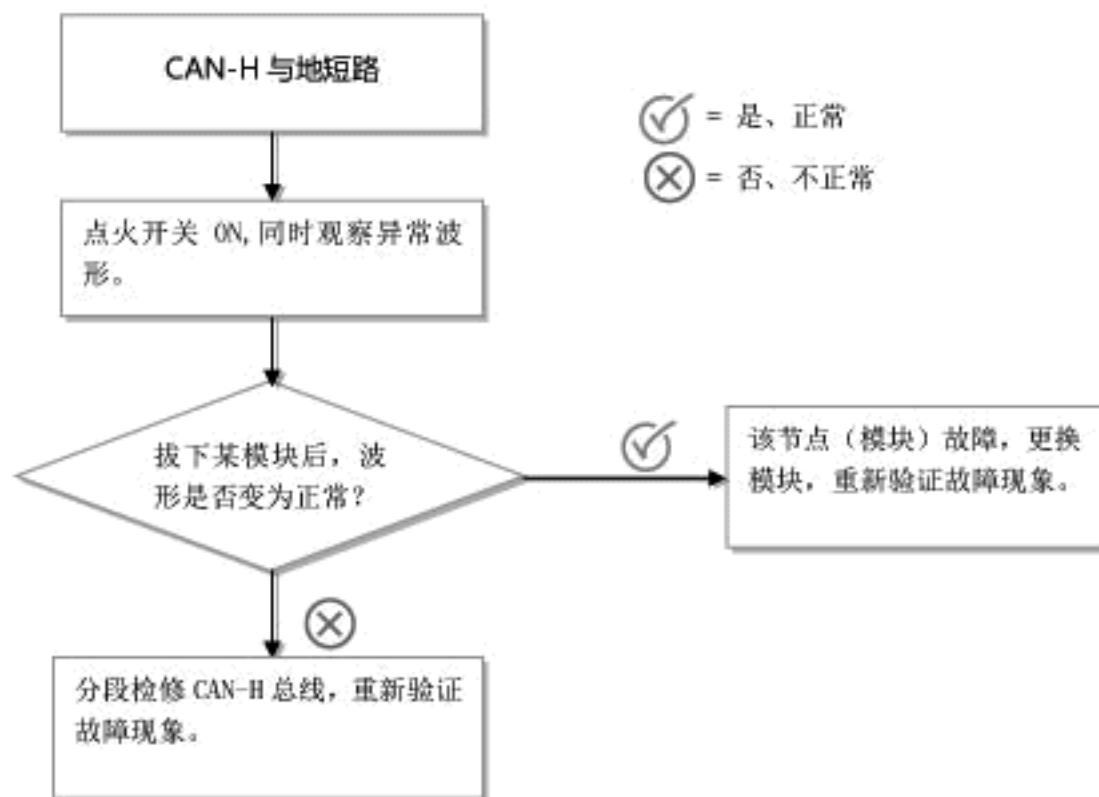
CAN-H 与地短路:

1.特征:

- 用示波器观察: CAN-high 线的电压电位被置于 0V, CAN-Low 线的电压被置于大约 0.2V (0V 附近);

2.故障原因: 总线 CAN-H 与地短路、节点 (模块) 故障。

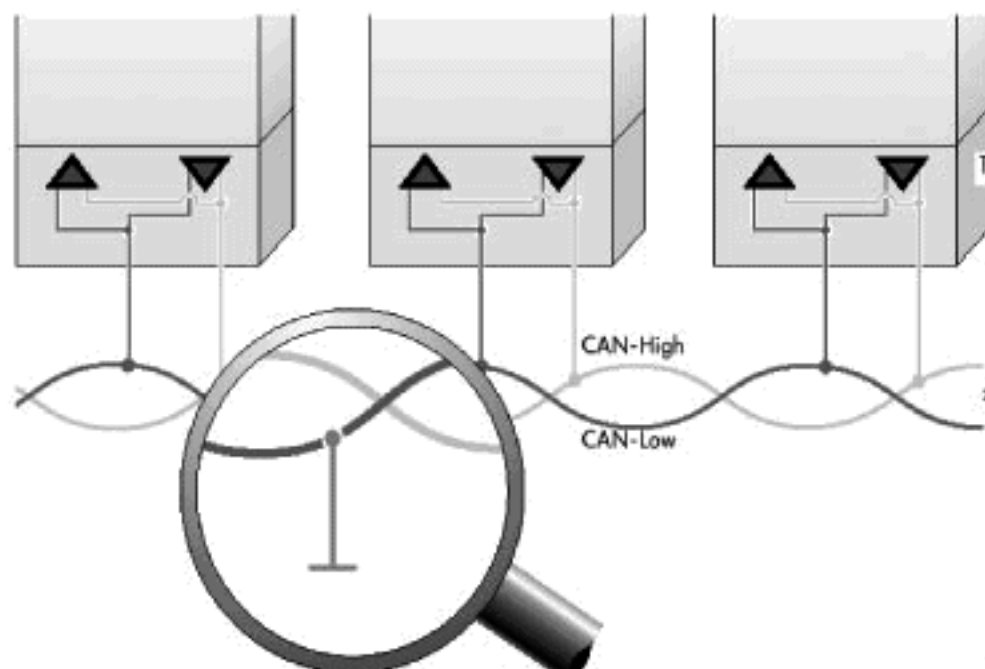
3.故障排除步骤:



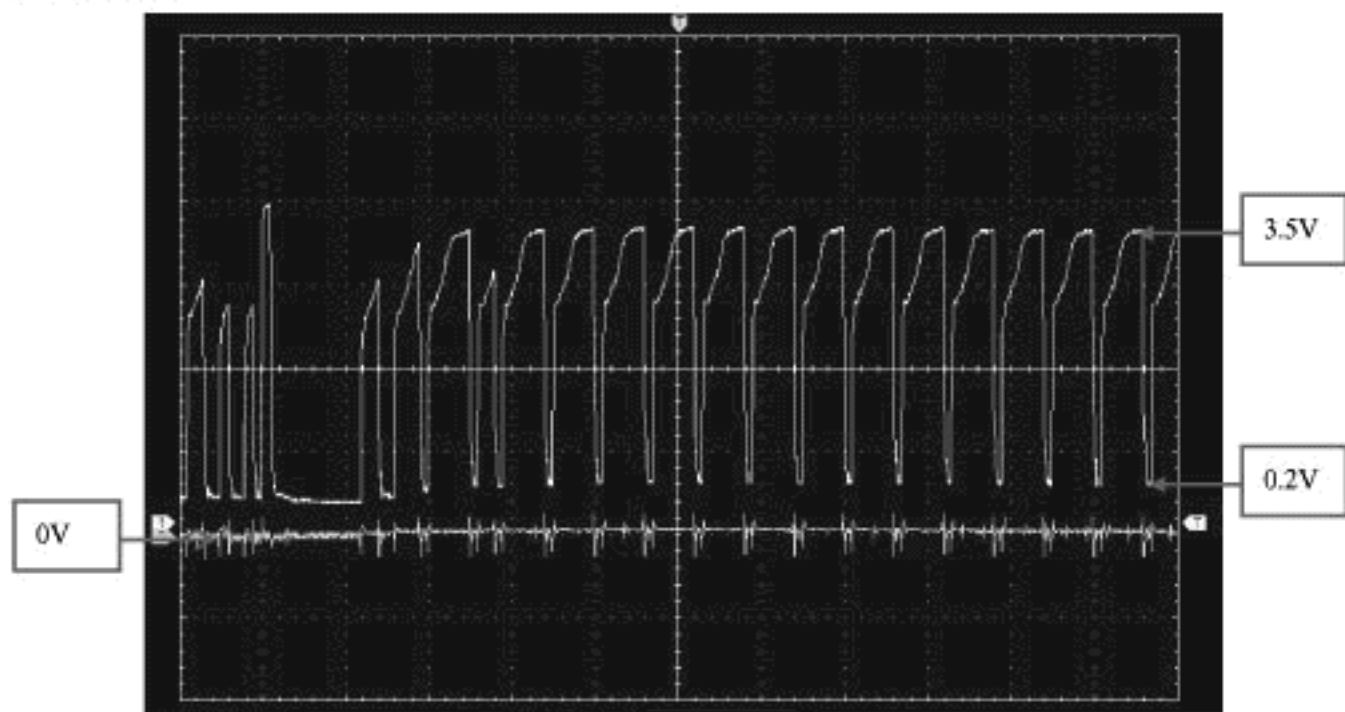
备注: 维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

A16 实测: CAN-H 与地短路后, ABS 和 “!” 刹车、大灯远光、前后雾灯、水温报警点亮。EPC 灯反而熄灭。仪表转速不动。无法启动。诊断仪无法进入各个模块。

4.7.4.6、CAN-L 与地短路



故障波形 4 :



CH1 : **CH2 :**

Sampling Rate = 50MSa/s

Time/DIV = 20.00us/div

CH1: VOLT DIV = 1.00V/div

Input Coupling = DC

CH2: VOLT DIV = 1.00V/div

Input Coupling = DC

故障描述:

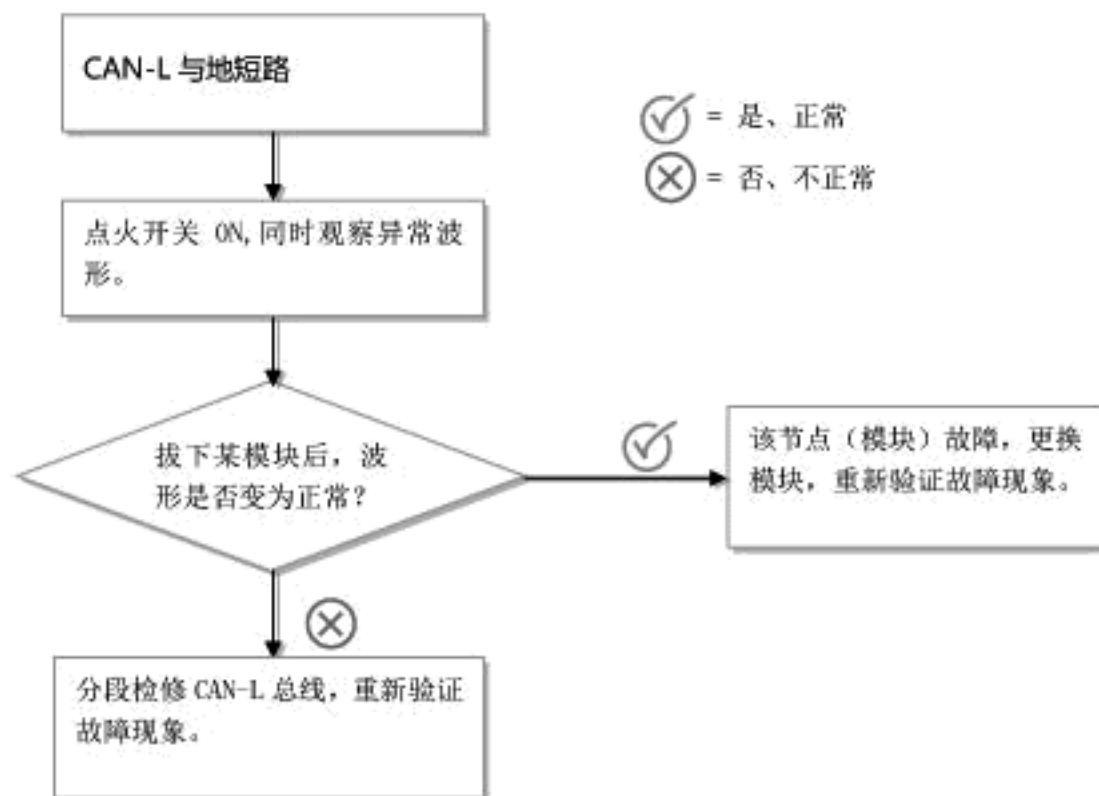
CAN-L 与地短路:

1.特征:

- 用示波器观察: CAN-Low 的电压大约为 0V, CAN-High 线的隐性电压也被降至 0.2V (0V 附近)。

2.故障原因:总线 CAN-L 与地短路、节点(模块)故障。

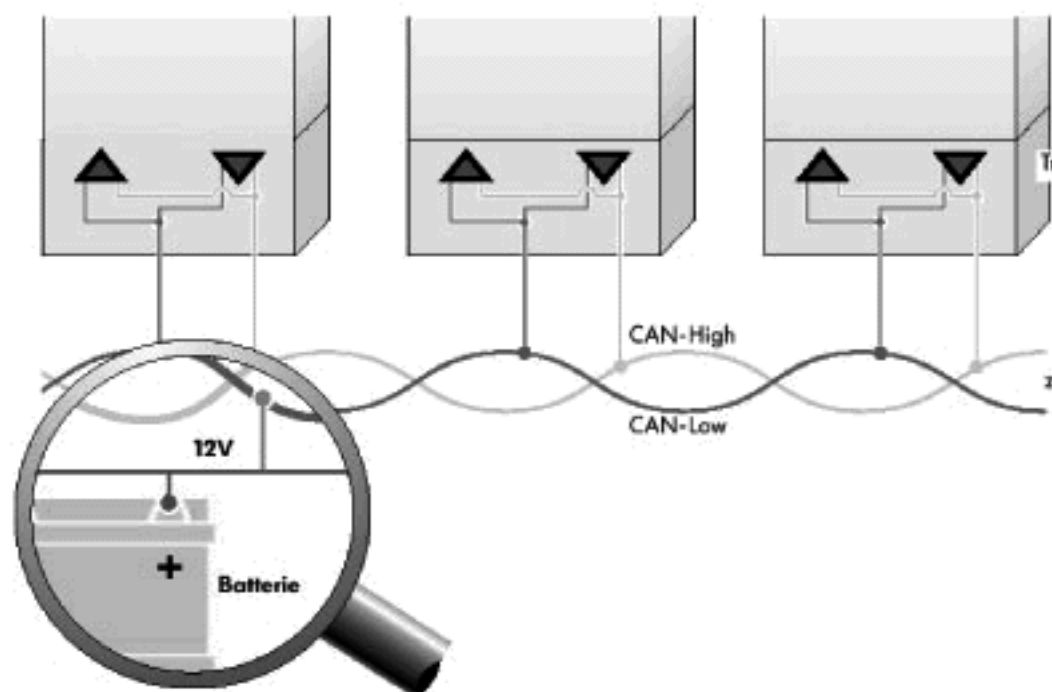
3.故障排除步骤:



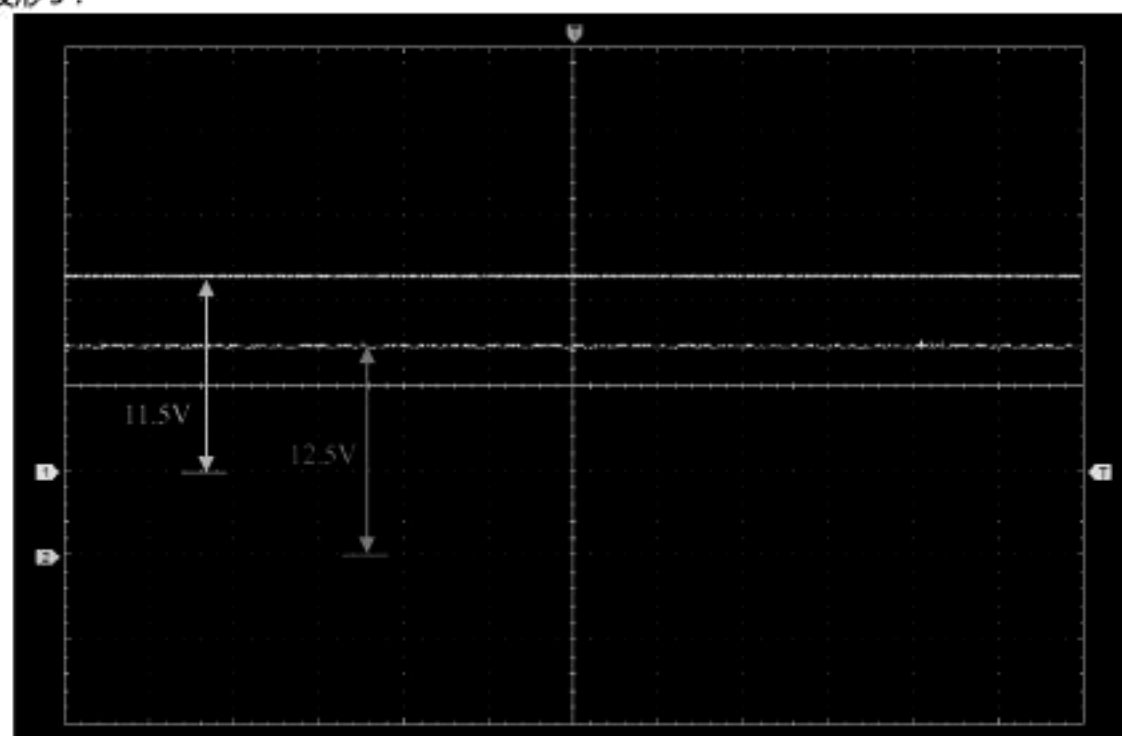
备注: 维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

A16 实测: CAN-L 与地短路后, 仪表显示正常, 诊断仪能进入各个模块, 没有 CAN 网络故障码。能启动车辆。

4.7.4.6、CAN-L 与正极短路



故障波形 5 :



CH1 : **CH2 :**

Sampling Rate = 50MSa/s

CH1: VOLT DIV = 5.00V/div

CH2: VOLT DIV = 5.00V/div

Time/DIV = 20.00us/div

Input Coupling = DC

Input Coupling = DC

故障描述:

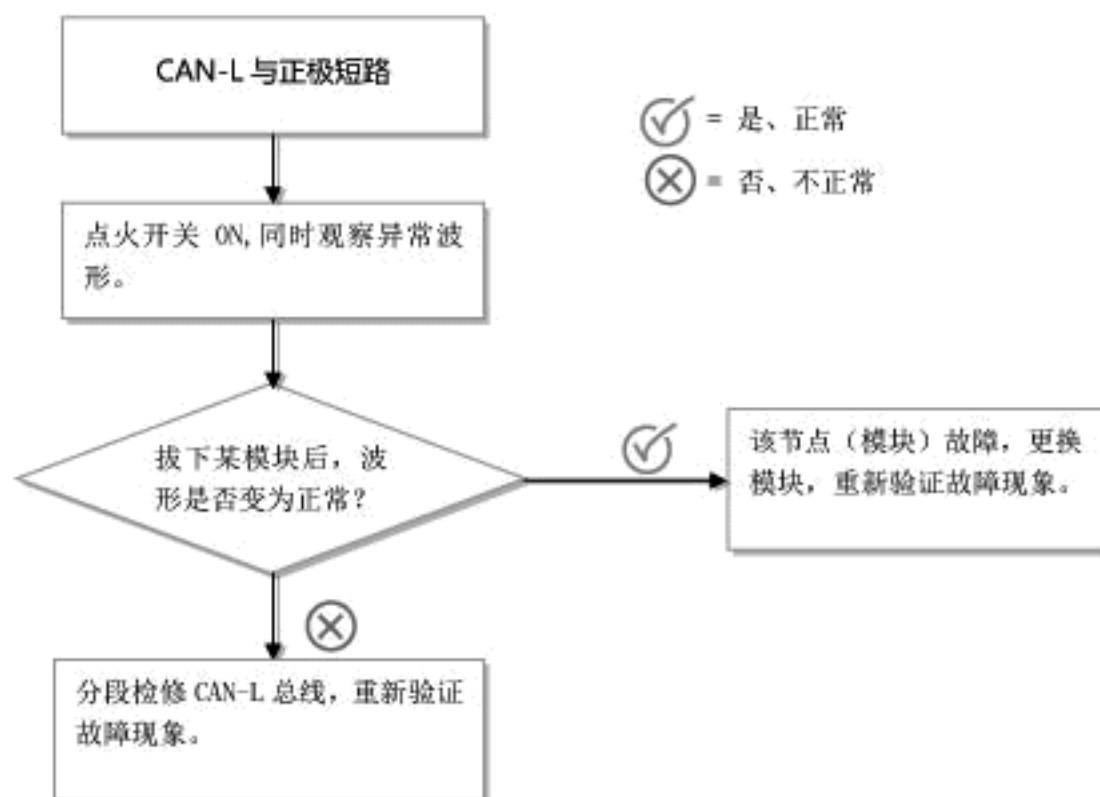
CAN-L 对正极短路:

1.特征:

- 用示波器观察:两条总线电压都大约为 12V,波形均为一条直线。

2.故障原因:总线 CAN-L 对正极短路、节点(模块)故障。

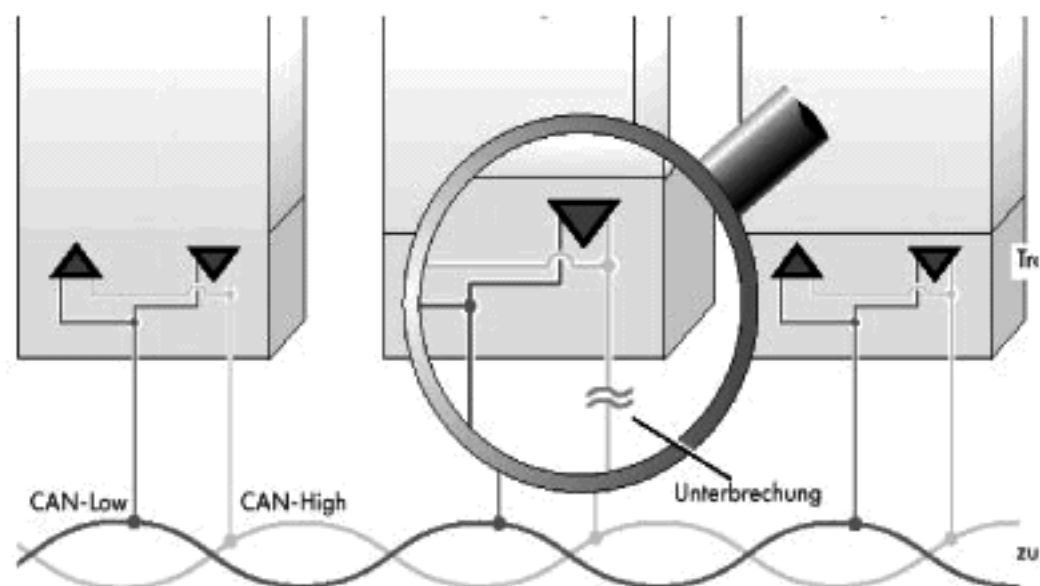
3.故障排除步骤:



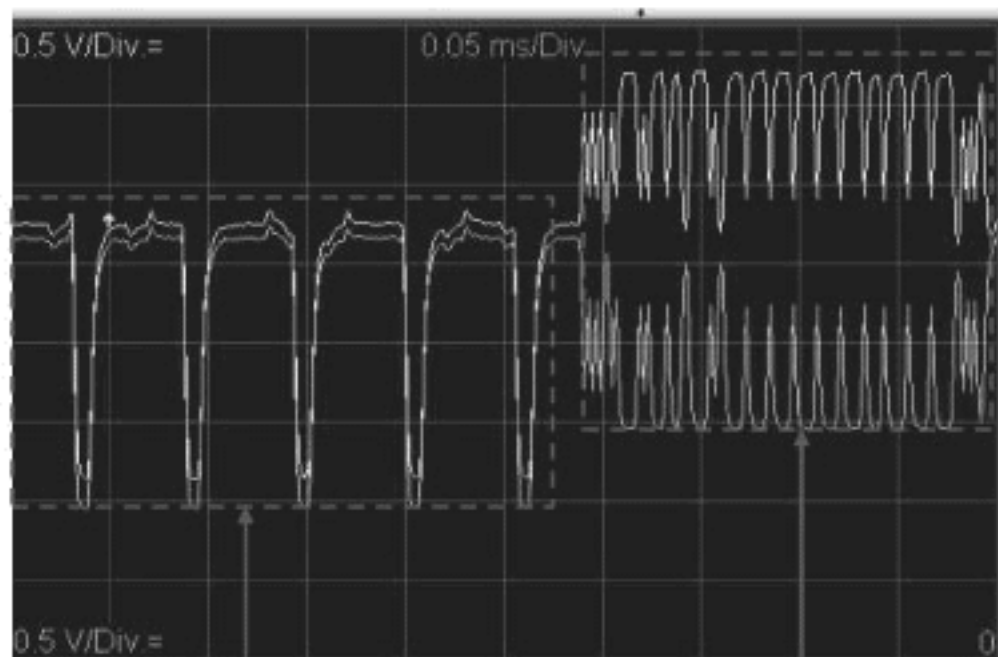
备注:维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

A16 实测:CAN-L 对电源短路后,ABS 和 “!” 刹车、大灯远光、前后雾灯、水温报警点亮。EPC 灯反而熄灭。仪表转速不动。无法启动。诊断仪无法进入各个模块。

4.7.4.6、CAN-H 断路



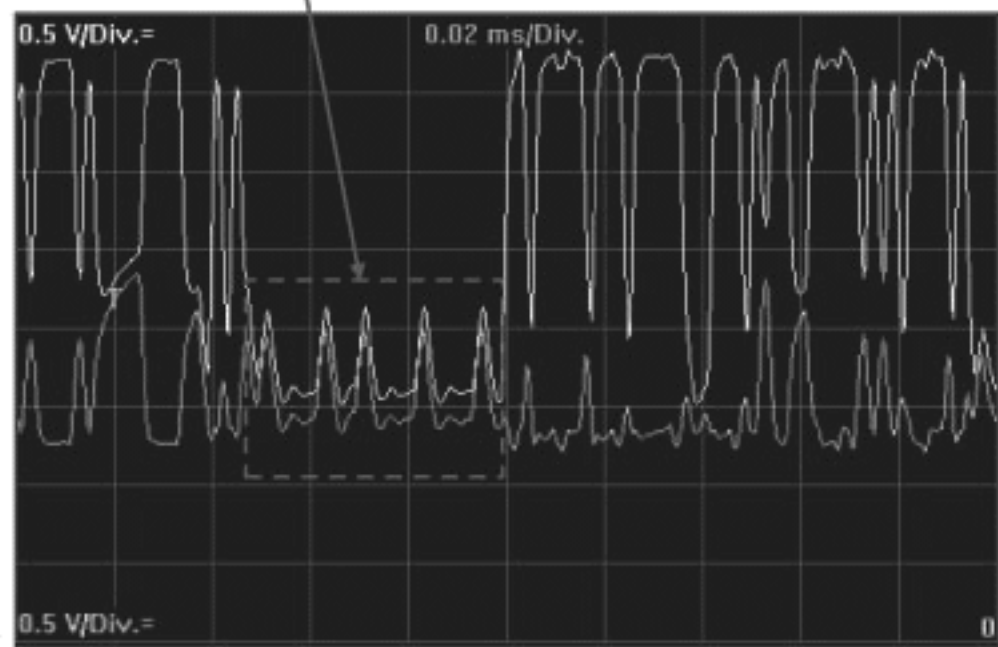
故障波形 6 :



图一

故障驱动控制
单元的不正常
波形

其他驱动控制
单元的近似正
常波形



图二

故障描述:

CAN-H 断路

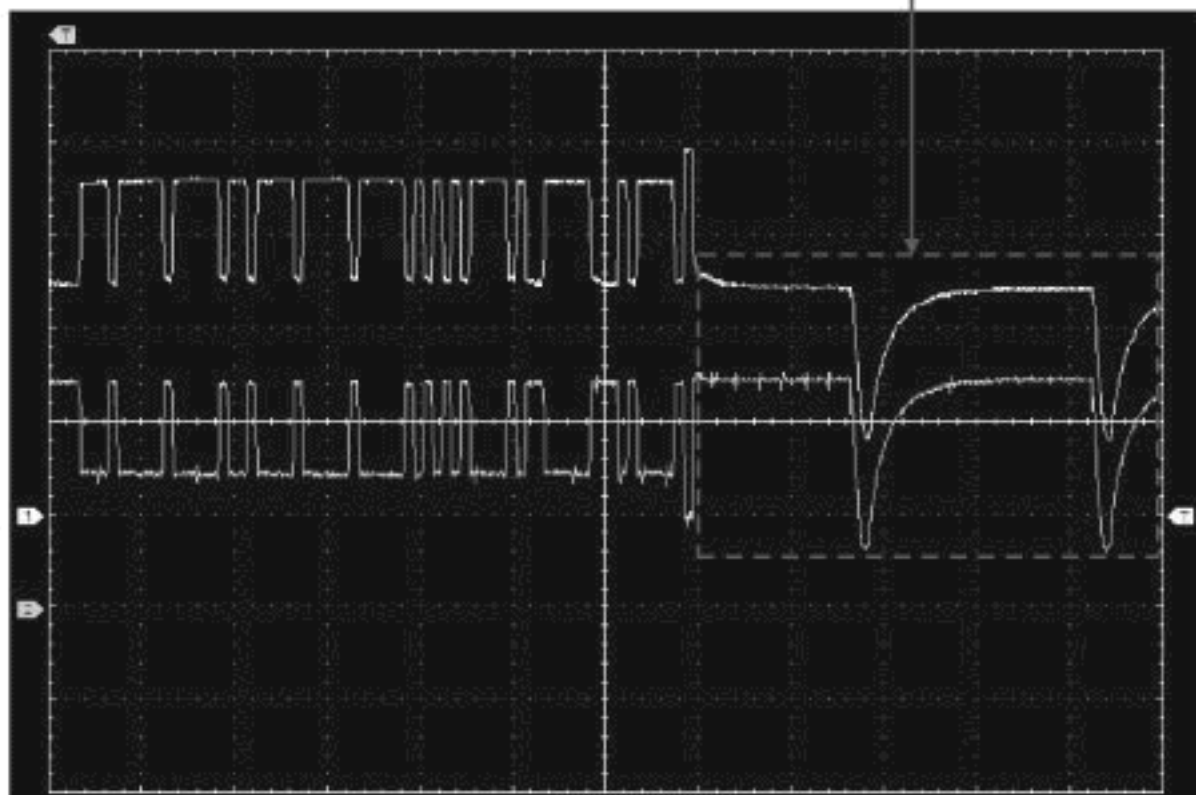
1.特征:

■ 用示波器观察:

- ◆ 故障驱动控制单元波形与正常模块的波形同时存在，这点和 CAN-H 与 CAN-L 短路不同；
- ◆ 驱动 CAN 的 high 断路，但 high 和 low 线相互绞在一起，当故障单元 CAN-L 在发送信号时，在 CAN-H 线上会感应出相同的波形，所以 CAN-H 与 CAN-L 的波形就会相同，CAN-H 的电压会处于 2.5V 以下的位置；
- ◆ 有的车型，甚至两线相互感应产生叠加波形，比正常波形振幅增大，如图一，但有的车型，两线的波形只是相似，如图二。

下图是 A16 实车测试防盗模块 (IMMO) CAN-H 断路的波形。

H 线波形电压处于 2.5V 以下，
同 L 线，两线的波形振幅增加，
最低电压小于 1V。



CH1 : CH2 :

Sampling Rate = 50MSa/s

CH1: VOLT DIV = 1.00V/div

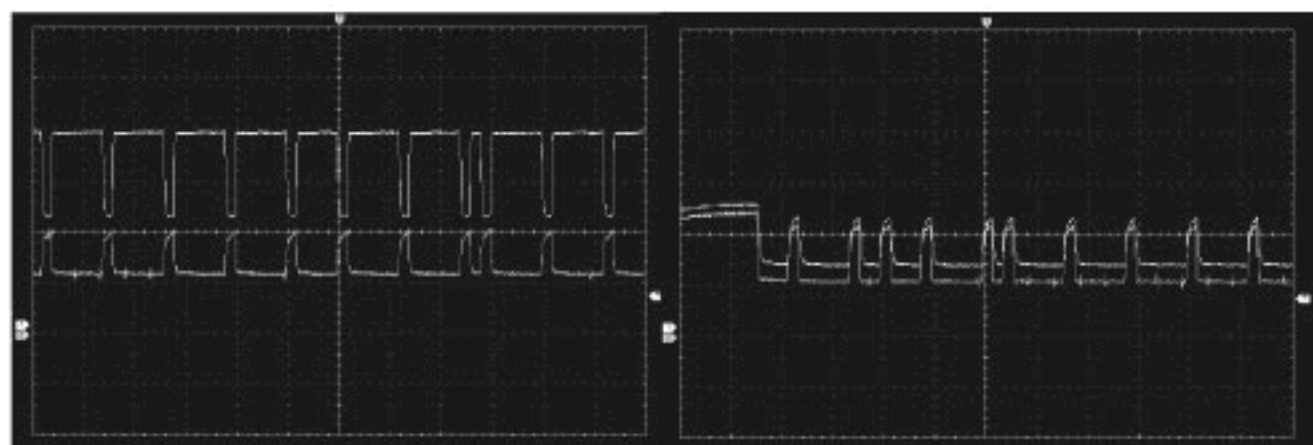
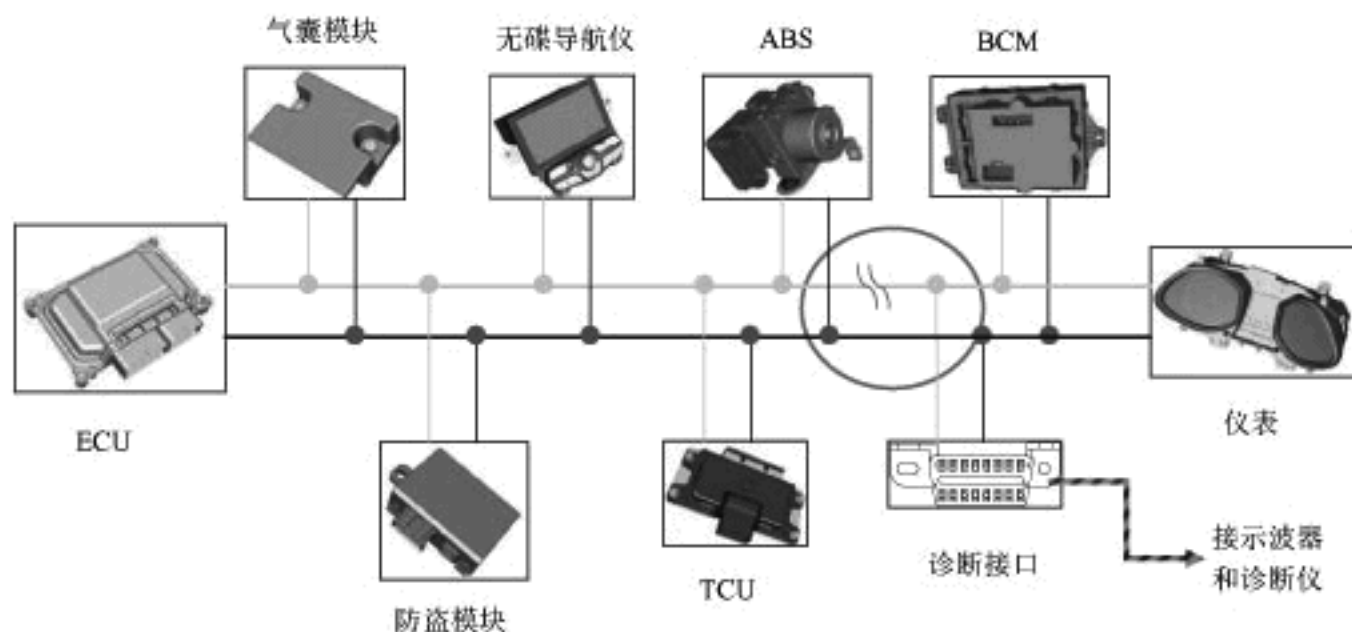
CH2: VOLT DIV = 1.00V/div

Time/DIV = 20.00us/div

Input Coupling = DC

Input Coupling = DC

如下图，如个是几个模块之间的 CAN-H 断路了，不正常的 CAN-H 波形比单个模块 H 线开路时增多。断点两侧的模块可以通讯，例如 BCM 和仪表，诊断仪也只能和 BCM 和仪表通讯。



CH1 : **CH2 :**

Sampling Rate = 75MSa/s

CH1: VOLT DIV = 1.00V/div

CH2: VOLT DIV = 1.00V/div

Time/DIV = 10.00us/div

Input Coupling = DC

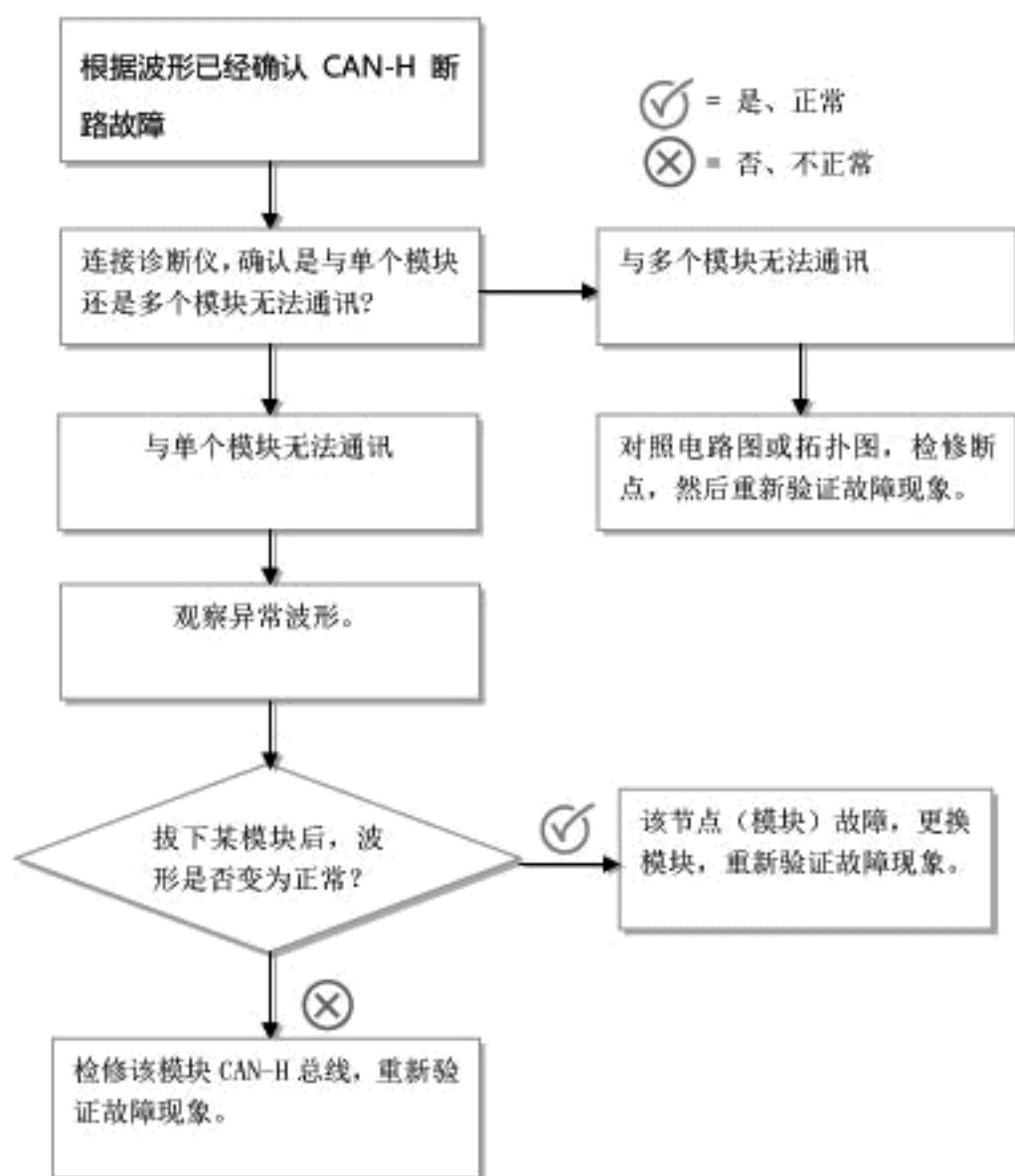
Input Coupling = DC

2.故障原因：总线 CAN-H 断路、节点（模块）故障。

3. 故障排除步骤：

如果是单个模块 CAN 总线断路，诊断仪不能和这个模块进行诊断仪，但能和其他模块进行通讯；如果多个模块之间的 CAN 主干线断路，诊断仪只能和连接良好的模块进行通讯，如上图的 BCM 和仪表，对照拓扑图

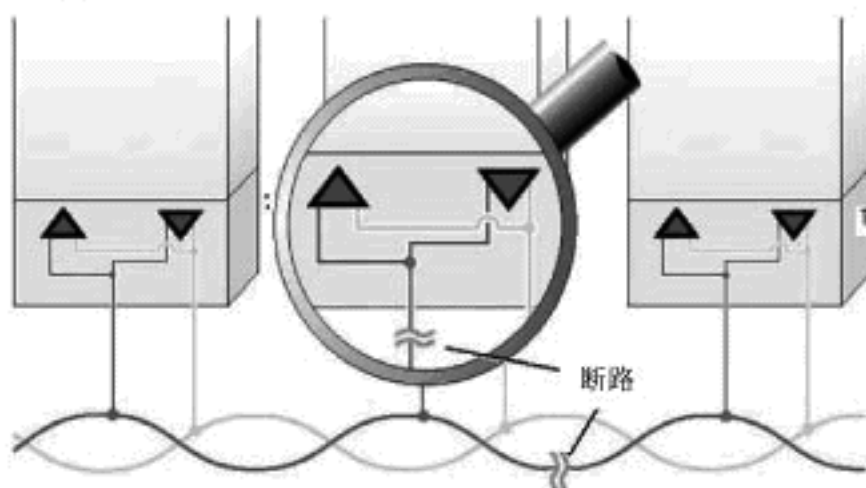
或电路图可以判断，断路故障点可能在能通讯模块和不能通讯模块之间的那段导线上，通过测量终端电阻值也可以判断 CAN 主干线是否开路。



备注：维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

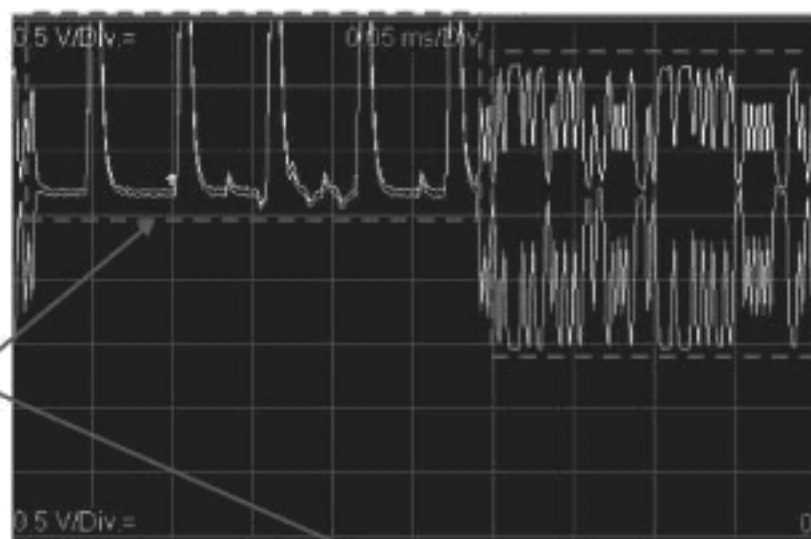
A16 实测：单个模块的 CAN-L 或 CAN-H 断路后，这个模块不能单线运行，与其他模块失去通讯；多个模块之间的 CAN 主干线任何一根断路，位于断点同一侧的模块可以互相通讯，位于断点两侧的模块不能通讯（不能单线运行）。

4.7.4.7、CAN-L 断路

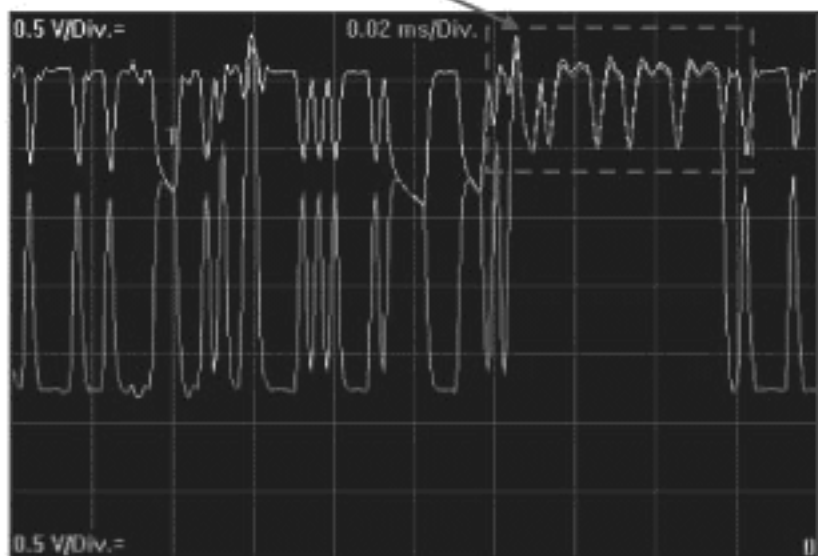


故障波形 7 :

图一



图二



故障描述:

CAN-L 断路：

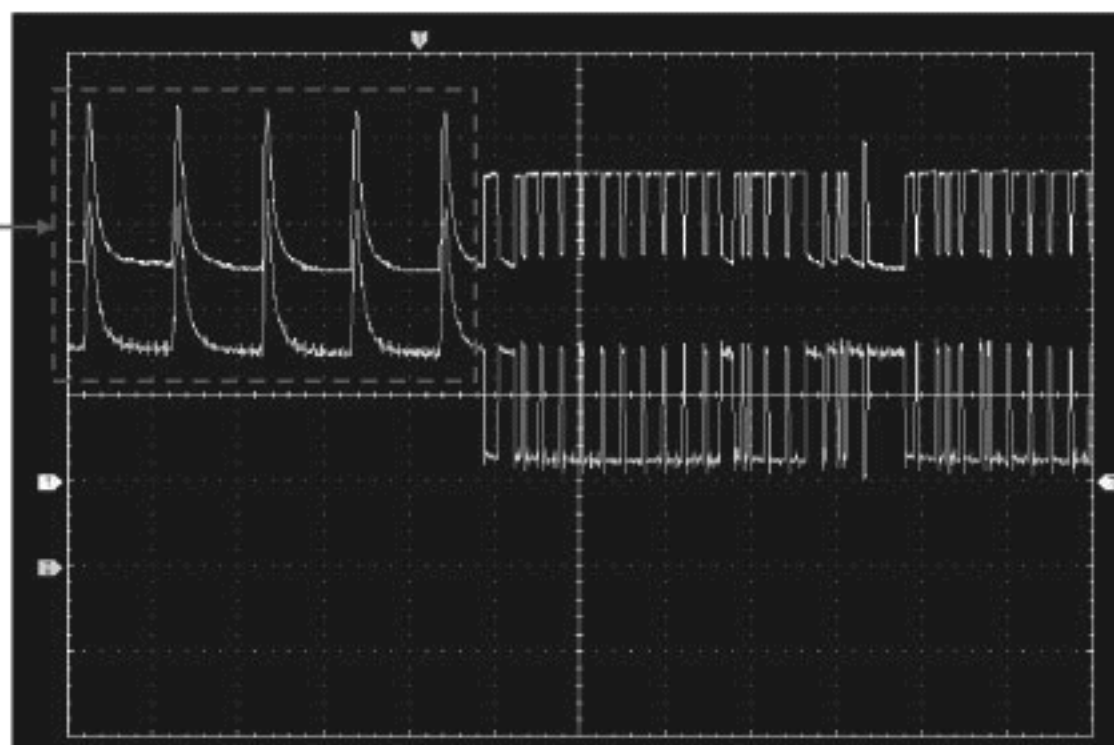
1.特征：

■ 用示波器观察：

- ◆ 故障驱动控制单元波形与正常模块的波形同时存在，这点和 CAN-H 与 CAN-L 短路不同；
- ◆ 驱动 CAN 的 low 断路，但 high 和 low 线相互绞在一起，当故障单元 CAN-H 在发送信号时，在 CAN-L 线上会感应出相同的波形，所以 CAN-L 与 CAN-H 的波形就会相同，CAN-L 的电压会处于 2.5V 以上的位置；
- ◆ 有的车型，甚至两线相互感应产生叠加波形，比正常波形振幅增大，如图一，但有的车型，两线的波形只是相似，如图二。

下图是 A16 实车测试防盗模块 (IMMO) CAN-L 断路的波形。

L 线波形电压处于 2.5V 以上，同 H 线，两线的波形振幅增加，最低电压大于 4V。



CH1 : **CH2 :**

Sampling Rate = 20MSa/s

CH1: VOLT DIV = 1.00V/div

CH2: VOLT DIV = 1.00V/div

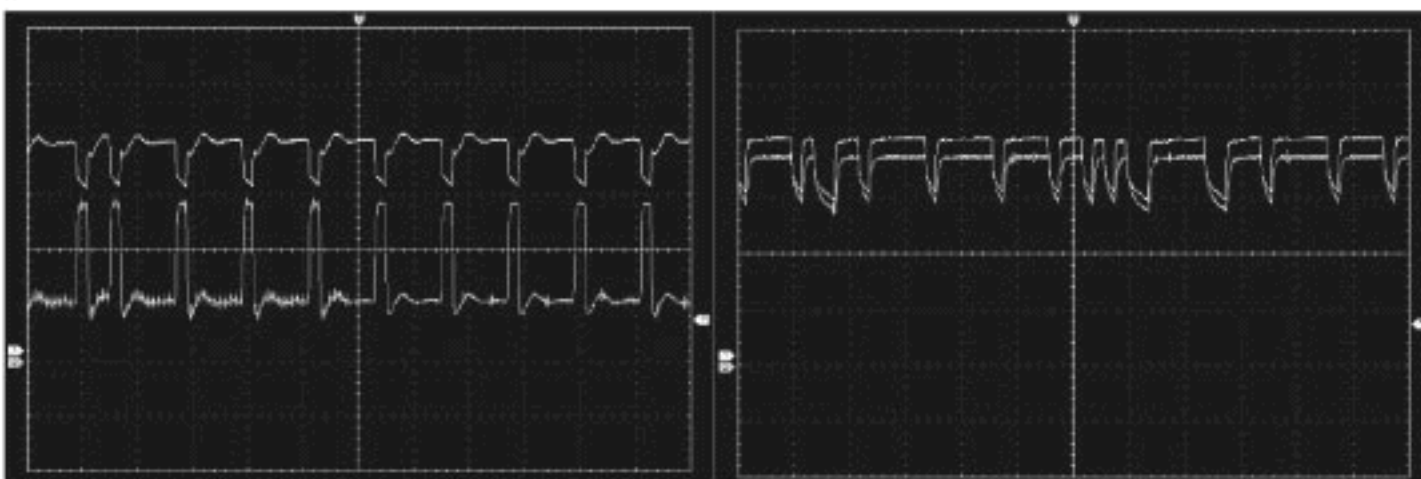
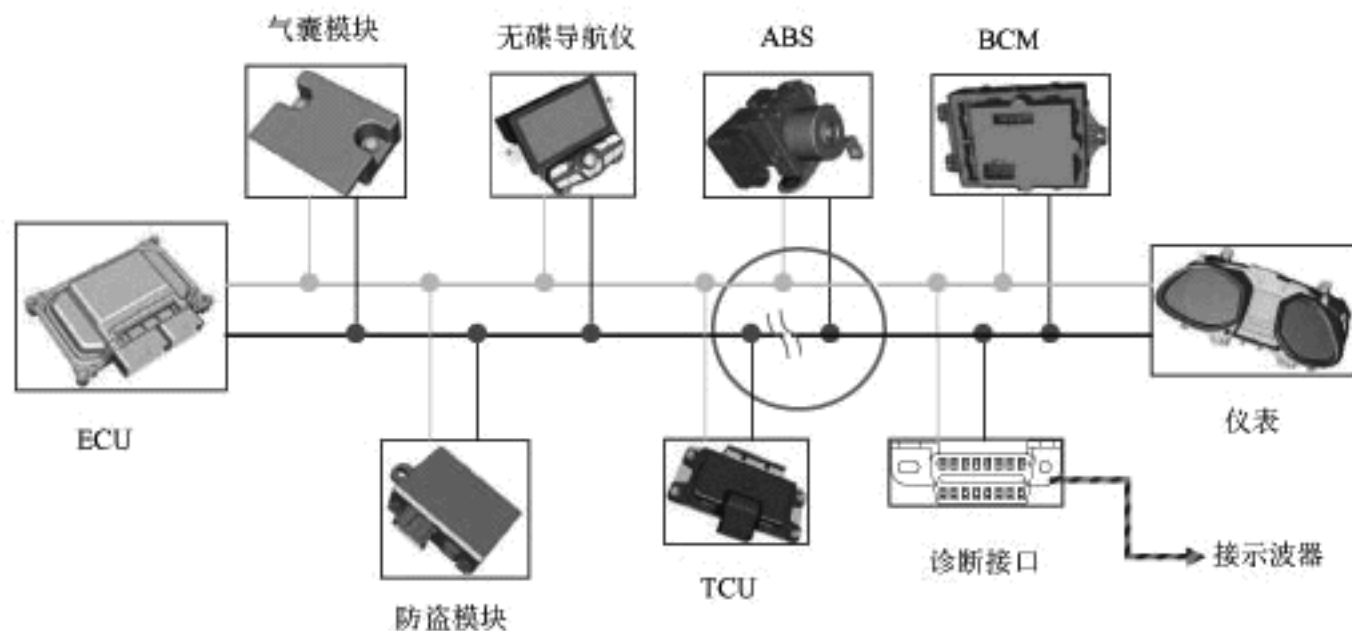
Time/DIV = 50.00us/div

Input Coupling = DC

Input Coupling = DC

如下图，如个是几个模块之间的 CAN-L 断路了，不正常的 CAN-L 波形比单个模块 L 线开路时增多。断点

两侧的模块可以通讯，例如 BCM 和仪表、ABS，诊断仪也只能和 BCM 和仪表、ABS 通讯。



CH1 : **CH2 :**

Sampling Rate = 75MSa/s

CH1: VOLT DIV = 1.00V/div

CH2: VOLT DIV = 1.00V/div

Time/DIV = 10.00us/div

Input Coupling = DC

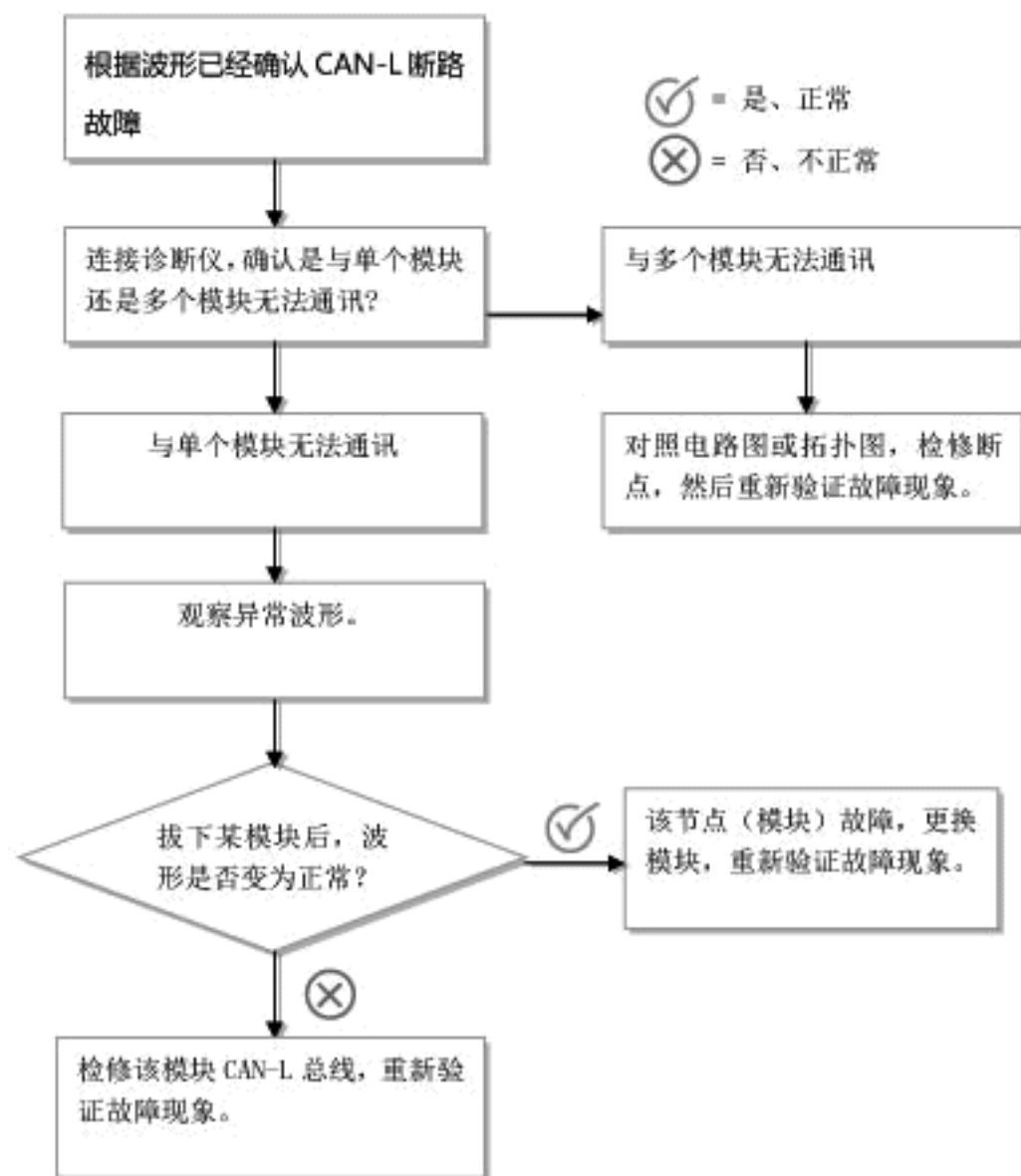
Input Coupling = DC

2.故障原因：总线 CAN-L 断路、节点（模块）故障。

3.故障排除步骤：

如果是单个模块 CAN 总线断路，诊断仪不能和这个模块进行通讯，但能和其他模块进行通讯；如果多个模块之间的 CAN 主干线断路，诊断仪只能和连接良好的模块进行通讯，如上图的 BCM 和仪表、ABS，对照拓扑图或电路图可以判断，断路故障点可能在能通讯模块和不能通的模块之间的那段导线上，通过测量终端电阻

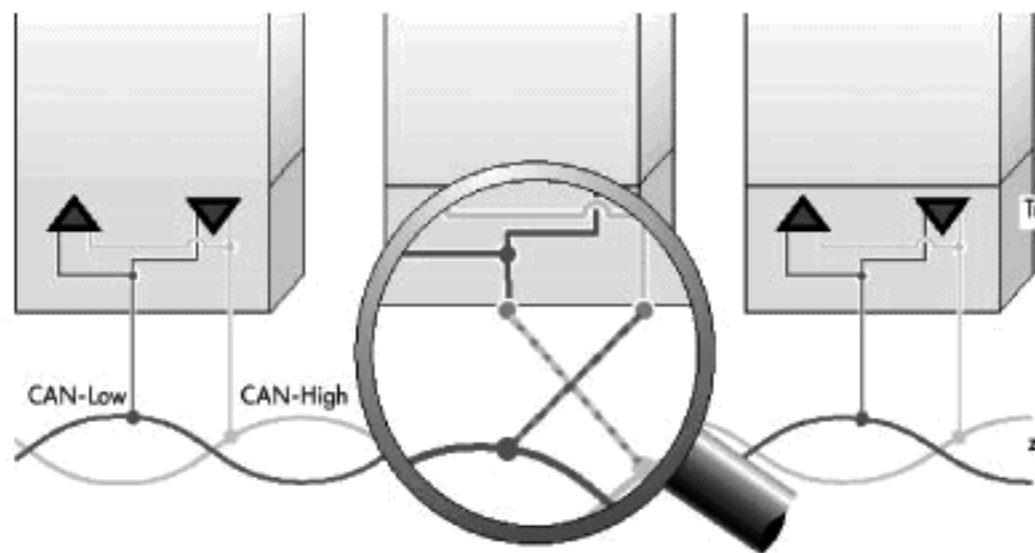
值也可以判断 CAN 主干线是否开路。



备注：维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

A16 实测：单个模块的 CAN-L 或 CAN-H 断路后，这个模块不能单线运行，与其他模块失去通讯；多个模块之间的 CAN 主干线任何一根断路，位于断点同一侧的模块可以互相通讯，位于断点两侧的模块不能通讯（不能单线运行）。

4.7.4.8、Can-Low 与 Can-high 混装 (接反)

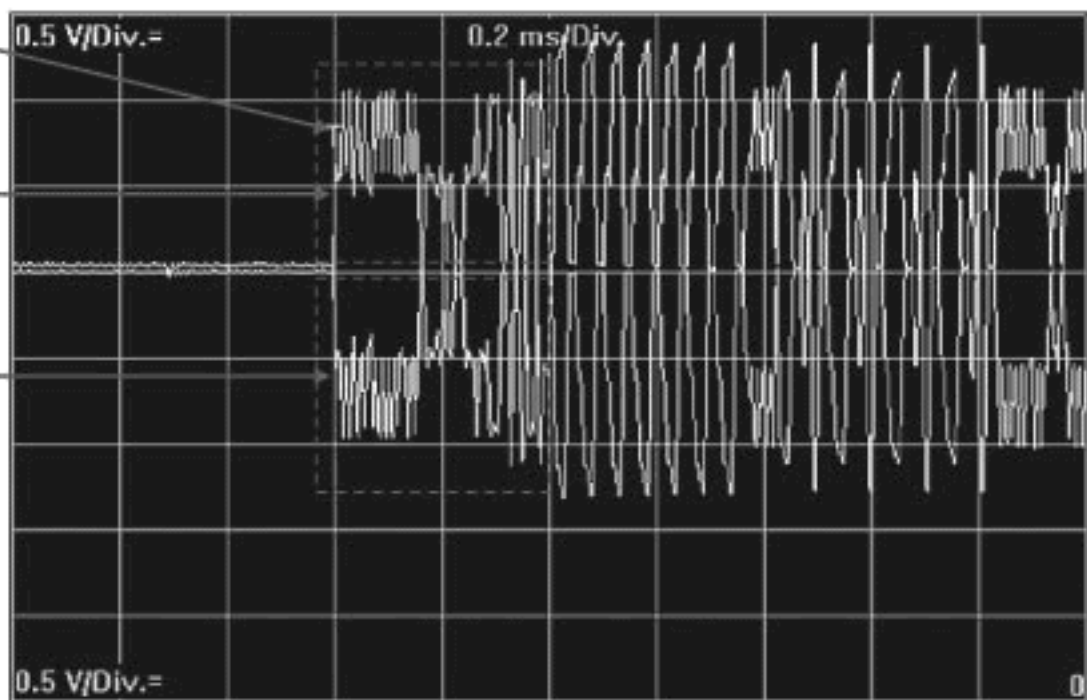


故障波形 8 :

触发器：B 通道
3.25V

CAN-L 波形电压
在 2.5V 以上

CAN-H 波形电压
在 2.5V 以下



故障描述:

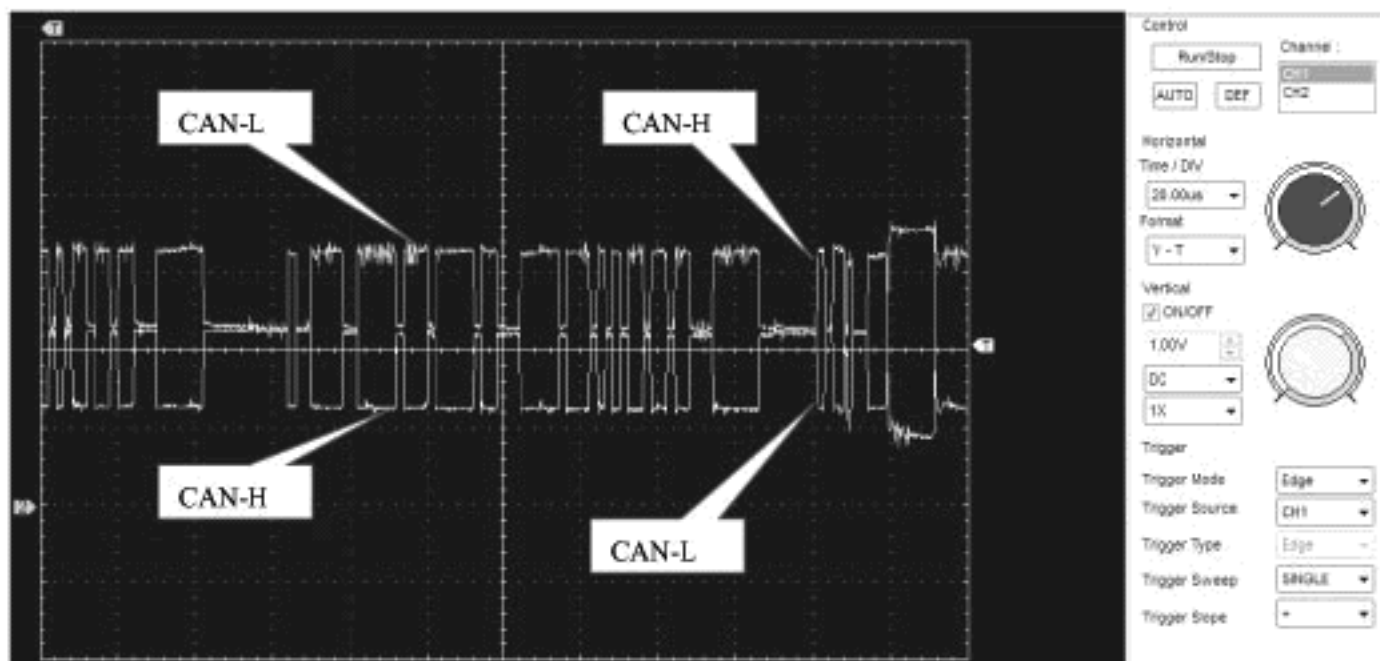
Can-Low 与 Can-high 混装 (接反):

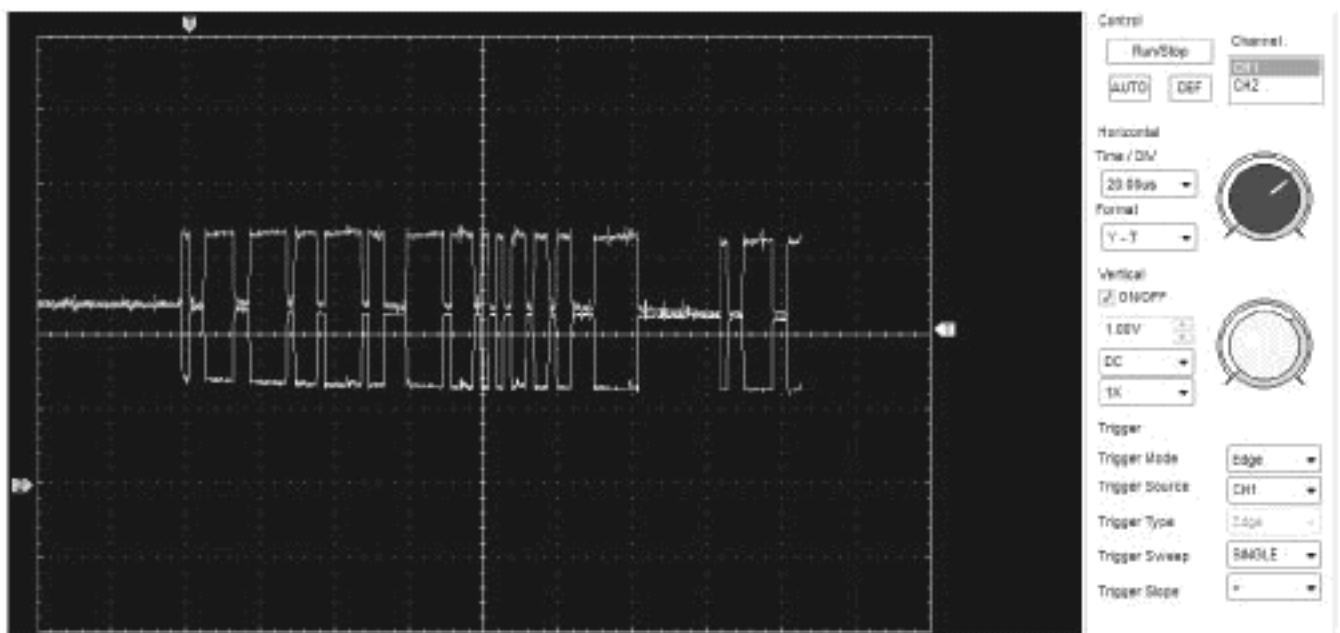
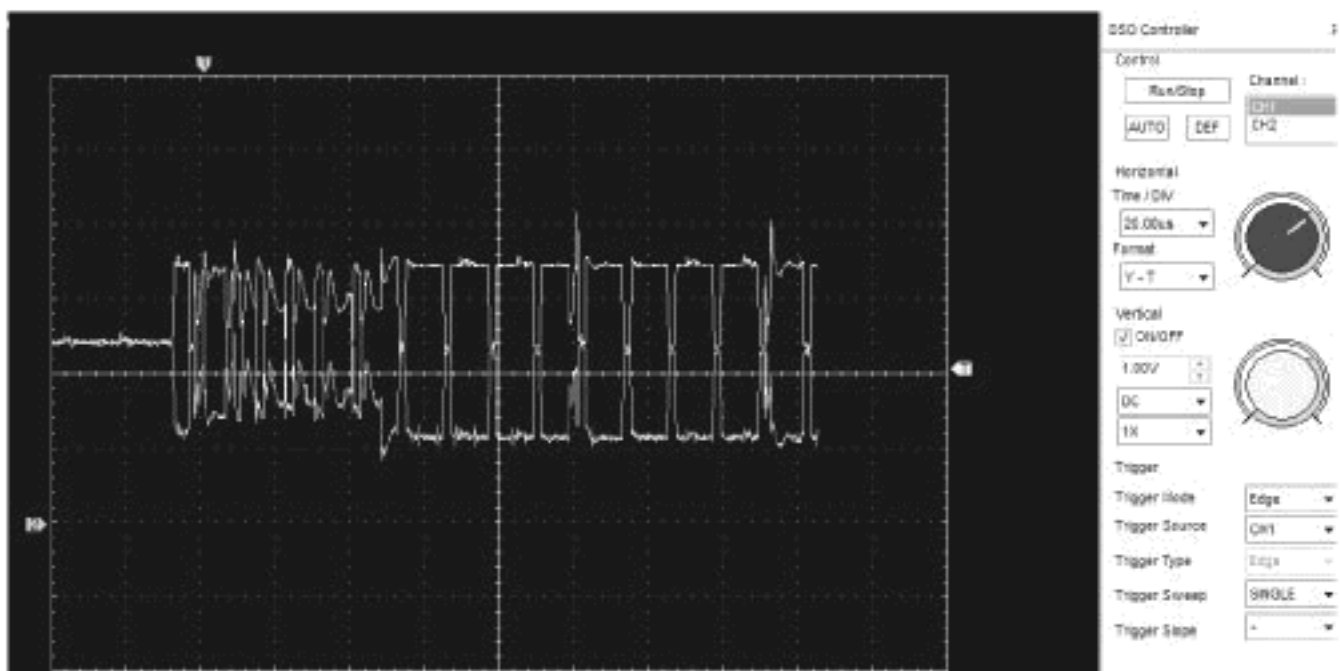
1.特征:

■ 用示波器观察:

- ◆ 当一个控制单元或一组控制单元的 CAN-High-线与 CAN-Low-线接混时,暂时在显示屏上不一定就能看出与正常波形有什么差别。能够观察到差别的频率可能非常低,以至于经过很长时间也不会显示出来,这需要对示波器的触发条件进行设定,例如把触发器设为 B 通道 3.25V (如上图,绿色波形 CAN-L),单次触发或普通触发,故障波形就显示在屏幕上了。
- ◆ 故障驱动控制单元波形与正常模块的波形同时存在;
- ◆ 因为 Can-Low 与 Can-high 混装 (接反),所以 CAN-L 与 CAN-H 的波形就会相反,CAN-L 的电压会处于 2.5V 以上的位置;CAN-H 的电压会处于 2.5V 以下的位置;

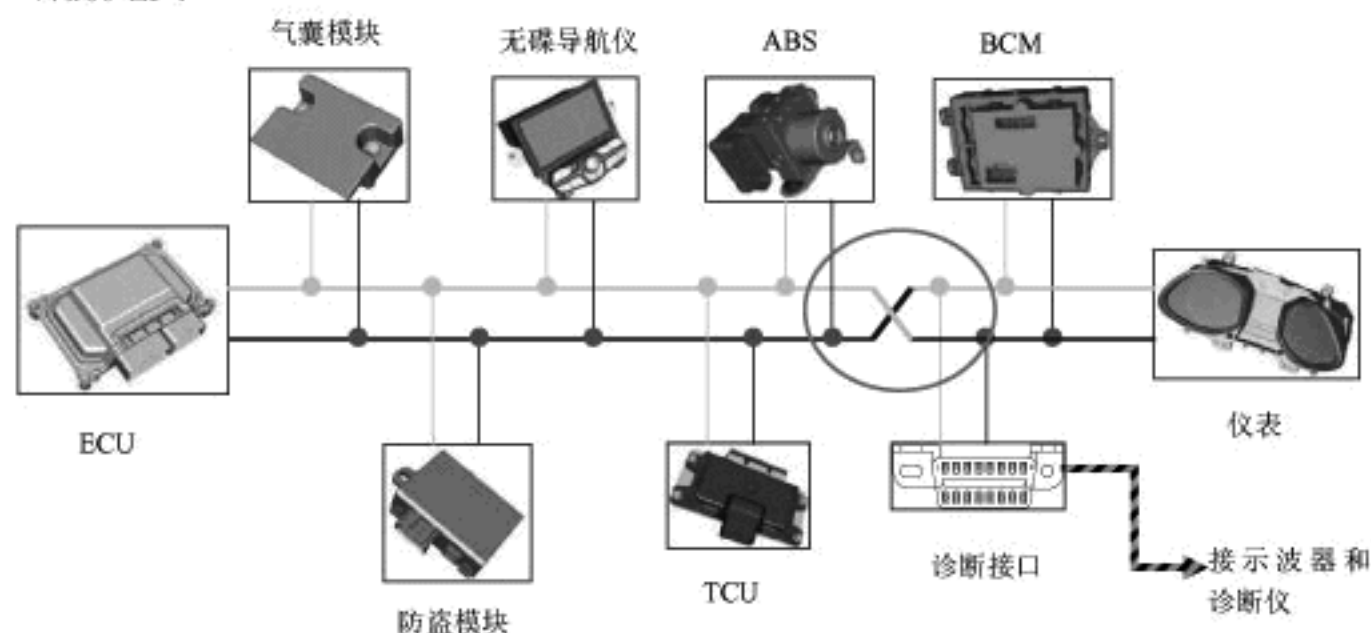
下图是 A16 实车测试 DVD 导航仪线束插件 Can-Low 端子与 Can-high 端子混装 (接反) 的波形:



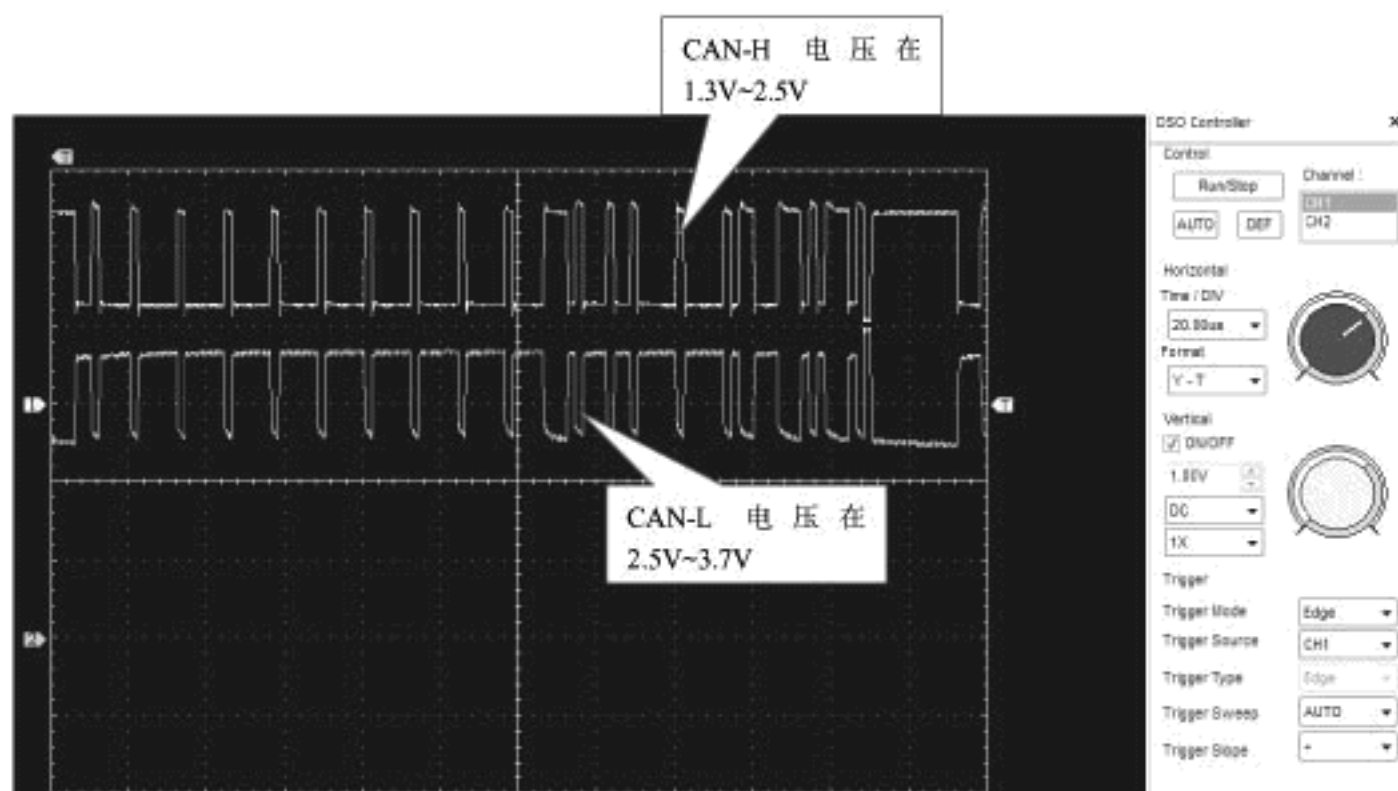


如果是几个模块之间的 Can-Low 与 Can-high 总线接反，如下图，示波器在自动触发条件下就可以看到故

障波形增多。



A16 实车测量几个模块之间的 Can-Low 与 Can-high 总线接反的波形：(室仪 3-15 与 14 调换位置)



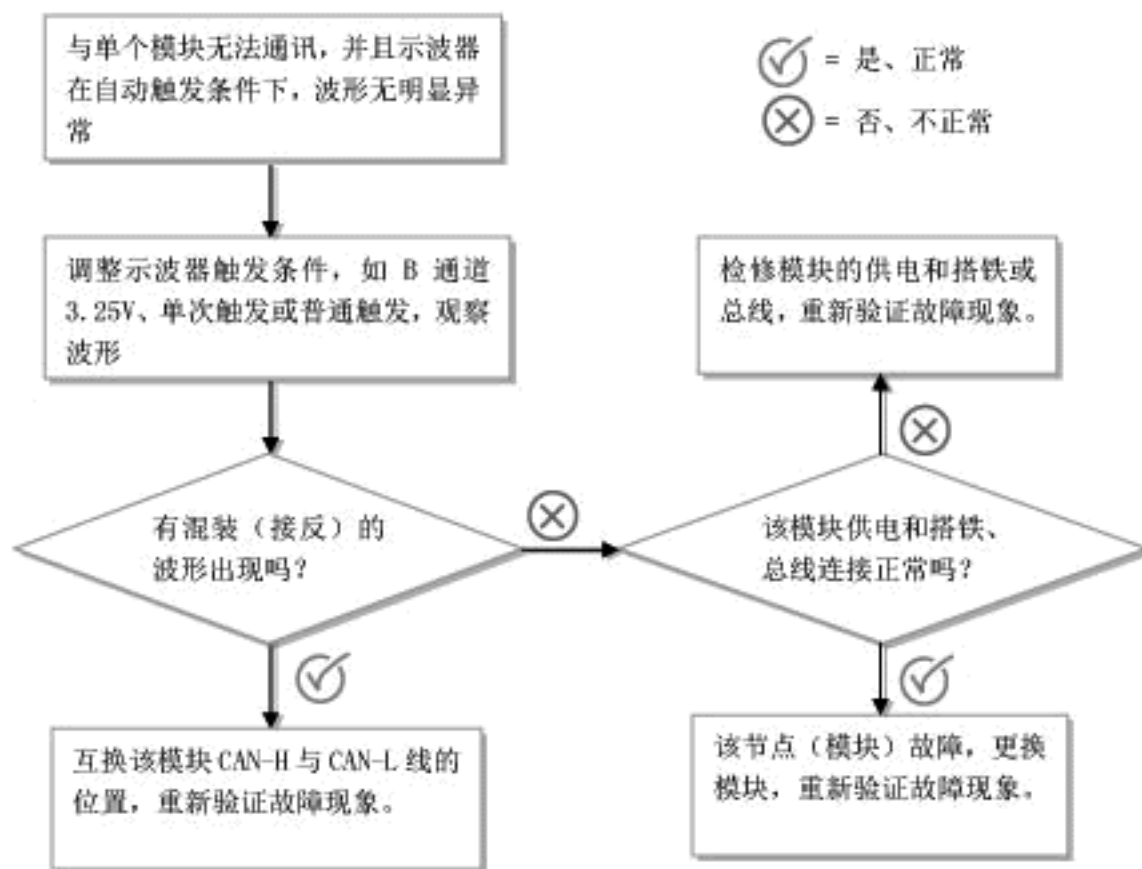
2.故障原因：

Can-Low 与 Can-high 混装（接反），这种故障主要发生在安装新件或以前曾经修理过数据总线的情况下。

3、故障排除步骤：

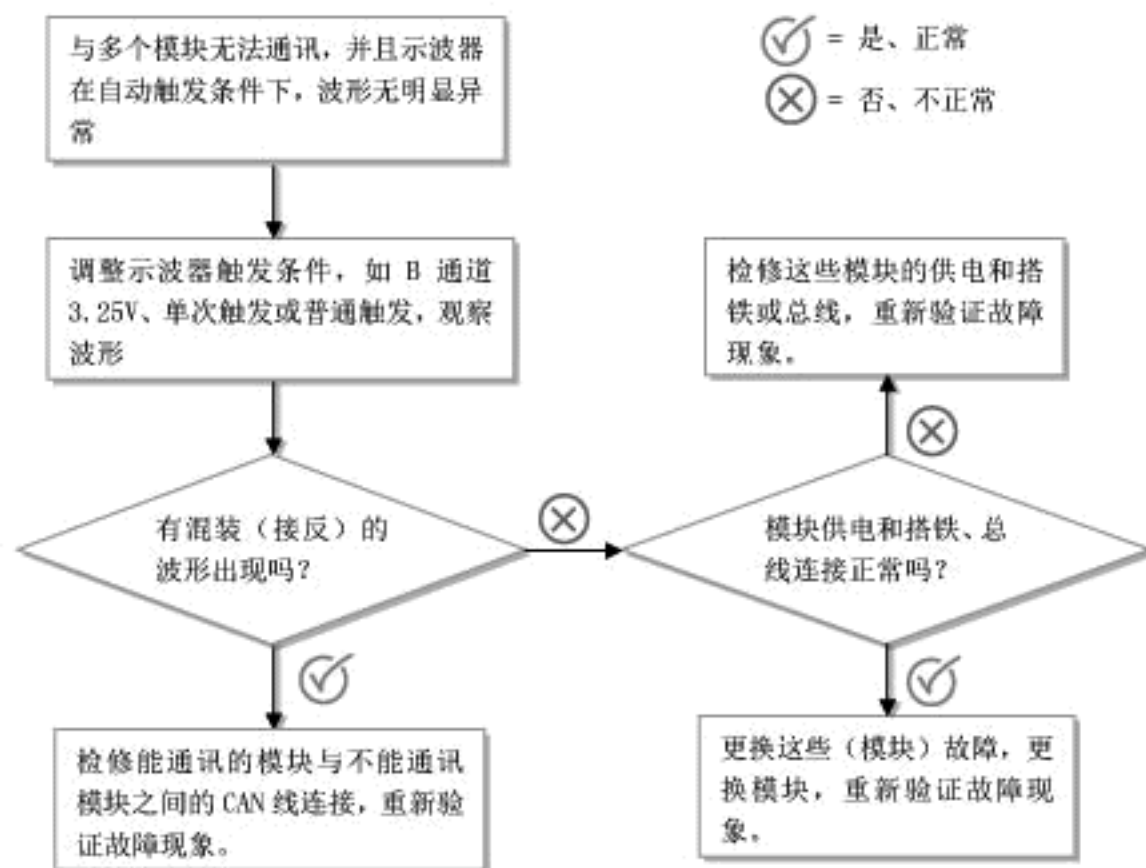
如果是单个模块 Can-Low 与 Can-high 混装（接反），诊断仪不能和这个模块进行通讯，但能和其他模块进行通讯；如果多个模块之间的 CAN 主干线 Can-Low 与 Can-high 混装（接反），CAN 信息中断导致控制单元彼此相互干扰，这种情况积累多了就会产生“故障帧”（即 Error-Frames，就是 CAN 数据总线上的故障记录），诊断仪只能和连接良好的模块勉强进行通讯（甚至无法通讯），如上图的 BCM 和仪表。

对照拓扑图或电路图可以判断，故障点可能在能通讯模块和不能通的模块之间的那段导线上，用万用表测量 CAN 总线连接状况，也可以判断故障点。



备注：维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

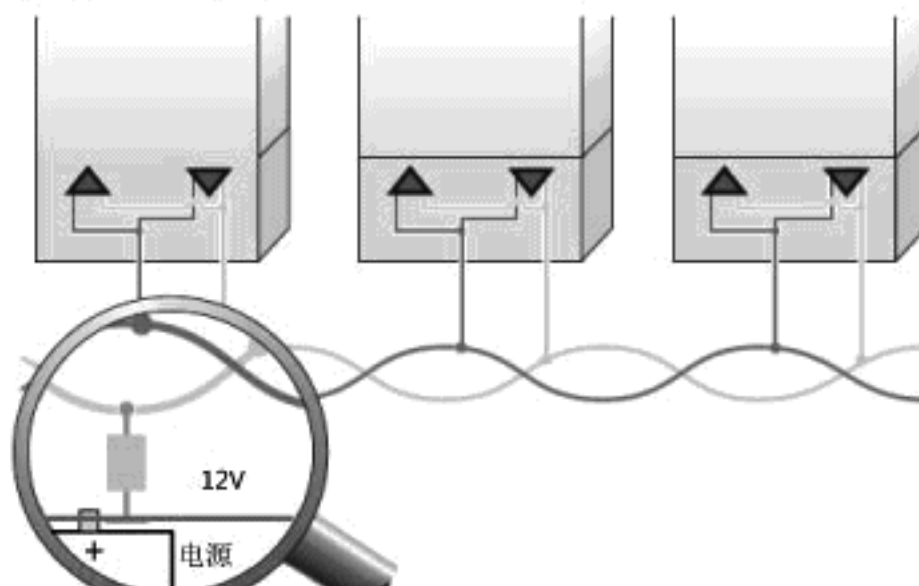
A16 实测：当把仪表 CAN Can-Low 与 Can-high 混装（接反）后，诊断仪无法与仪表通讯，但诊断仪能与其他模块通讯。



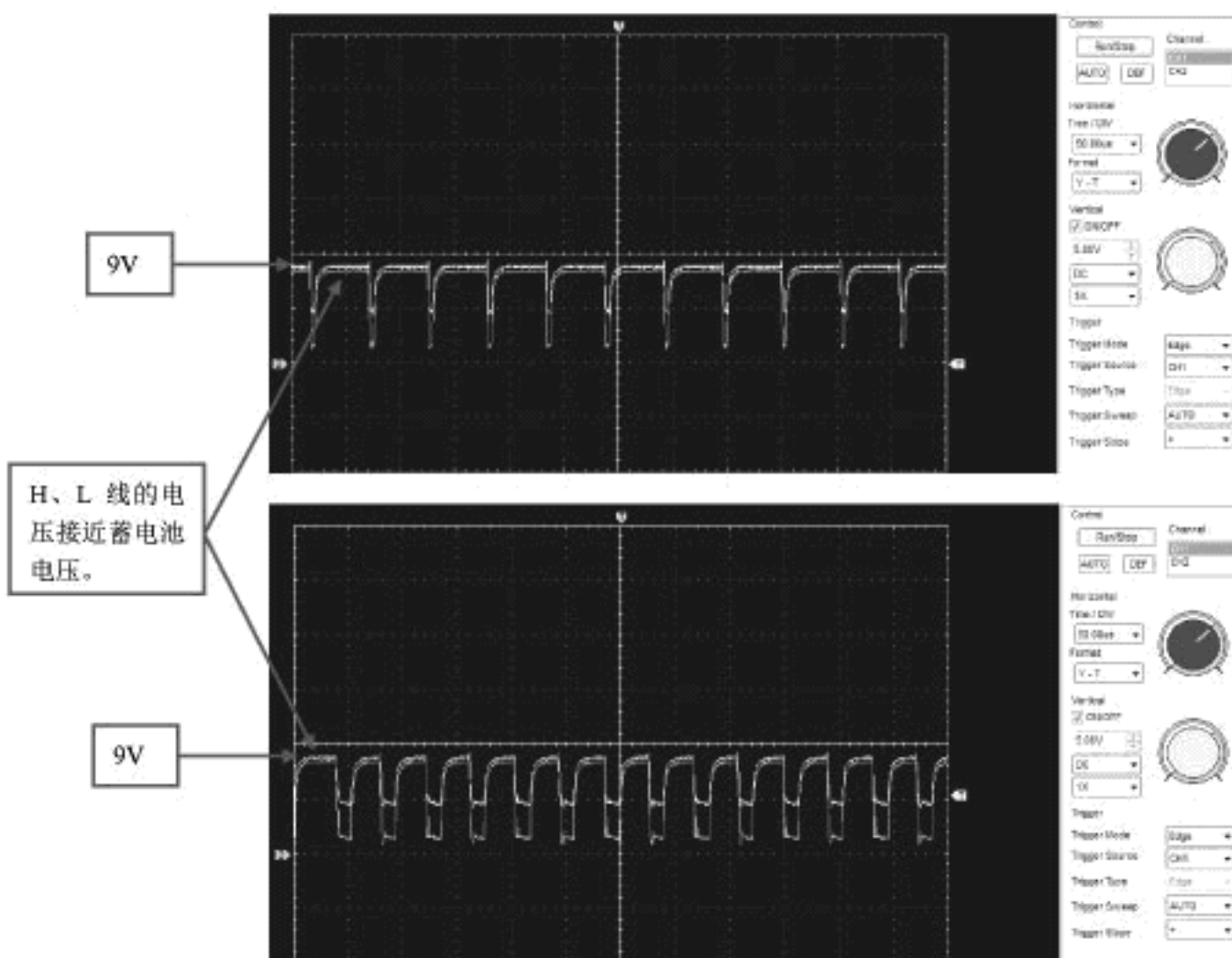
备注：维修 CAN 总线必须遵守“CAN-Bus 线的维修说明”中的规定。

A16 实测：室/仪 3-15#与 14#端子互换位置后（Can-high 与 Can-Low 接反），可以启动，仪表转速表不动，EPC 灯不亮，水温灯和 MIL 灯、前后雾灯，大灯、ABS “!” 气囊灯点亮；诊断仪虽然能进入仪表和车身控制器系统，偶尔能读取数据和故障码，但多数是失败。其余系统均无法进入。

4.7.4.9、CAN-H 对正极通过连接电阻短路

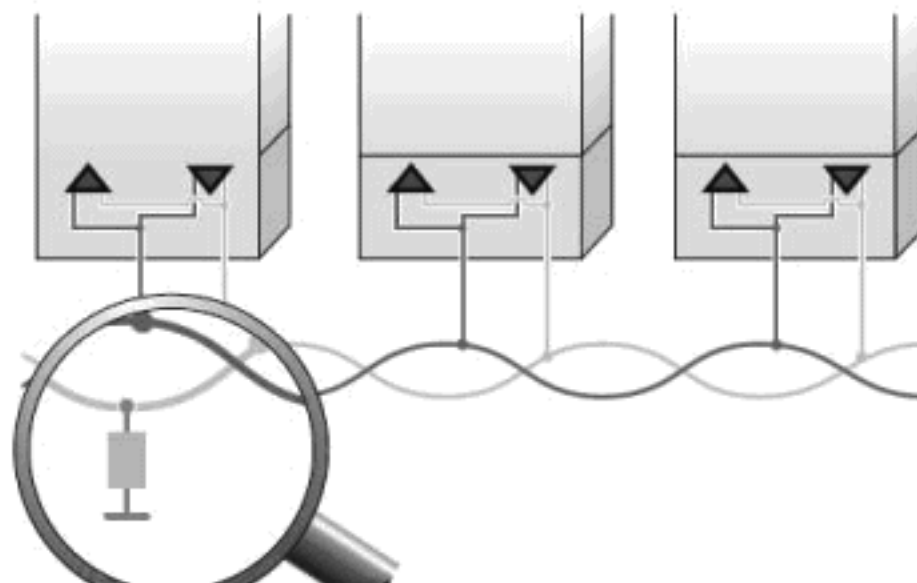


故障波形 9：下图是 A16 车型 CAN-H 通过 110 欧姆电阻对电源短路的波形为例说明波形特征。

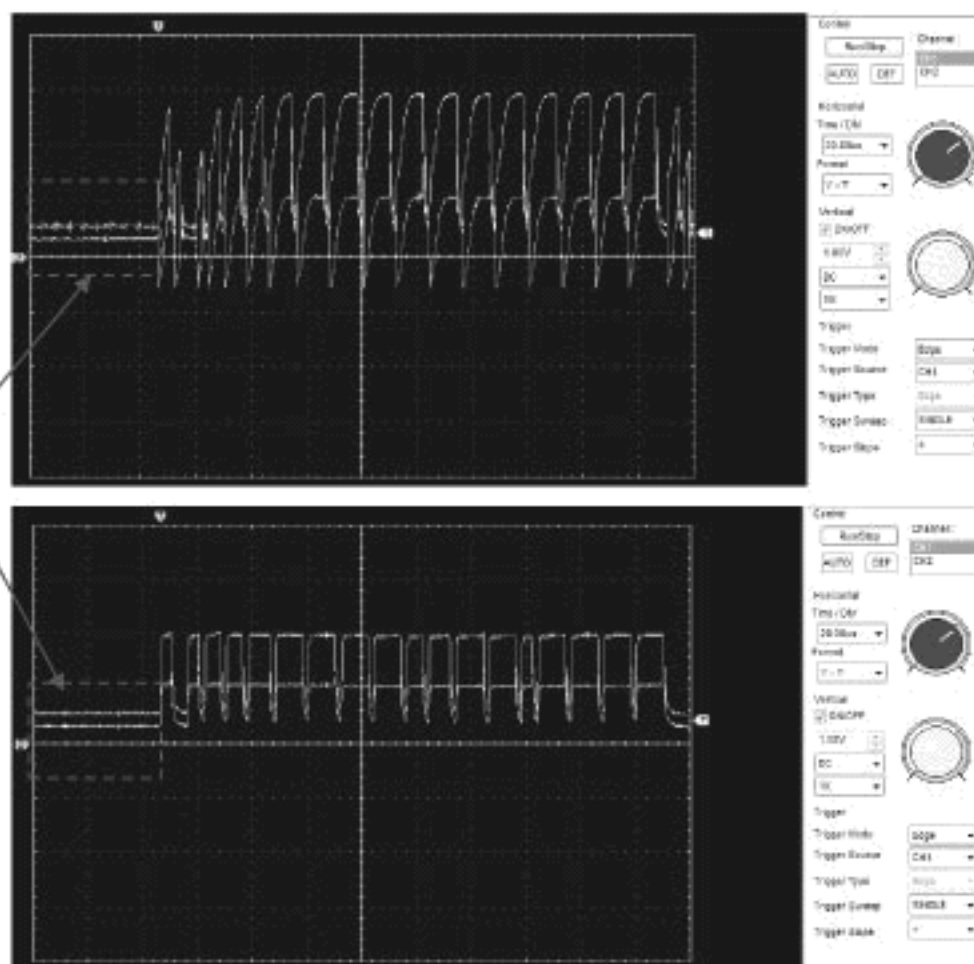


- 1.特征：
用示波器观察：H、L 线的电压接近蓄电池电压，H 线电压最高，H 线、L 线变化趋势相同。
 - 2.故障原因：总线 CAN-H 对电源通过连接电阻短路、节点（模块）故障。
 - 3.故障排除步骤：同 CAN-H 与电源短路。
- 实测：A16 车型 CAN-H 通过 110 欧姆电阻对电源短路后，用诊断仪无法与各个模块进行通讯，仪表：EPC 灯熄灭外，水温、远近光、前后雾灯、ABS、气囊故障灯或报警灯点亮（仅供参考）。

4.7.4.10、CAN-H 对地通过连接电阻短路



故障波形 10：下图是 A16 车型 CAN-H 通过 110 欧姆电阻对地短路的波形为例说明波形特征。



H、L 线隐性电压 < 2.5V，甚至接近 0V，H 线电压最低。

1.特征：(主要观察隐性电压值)

用示波器观察： 无数据传输时，CAN-Low 和 CAN-High 线的隐性电压 $< 2.5V$ ，甚至接近 $0V$ ，H 线电压最低。

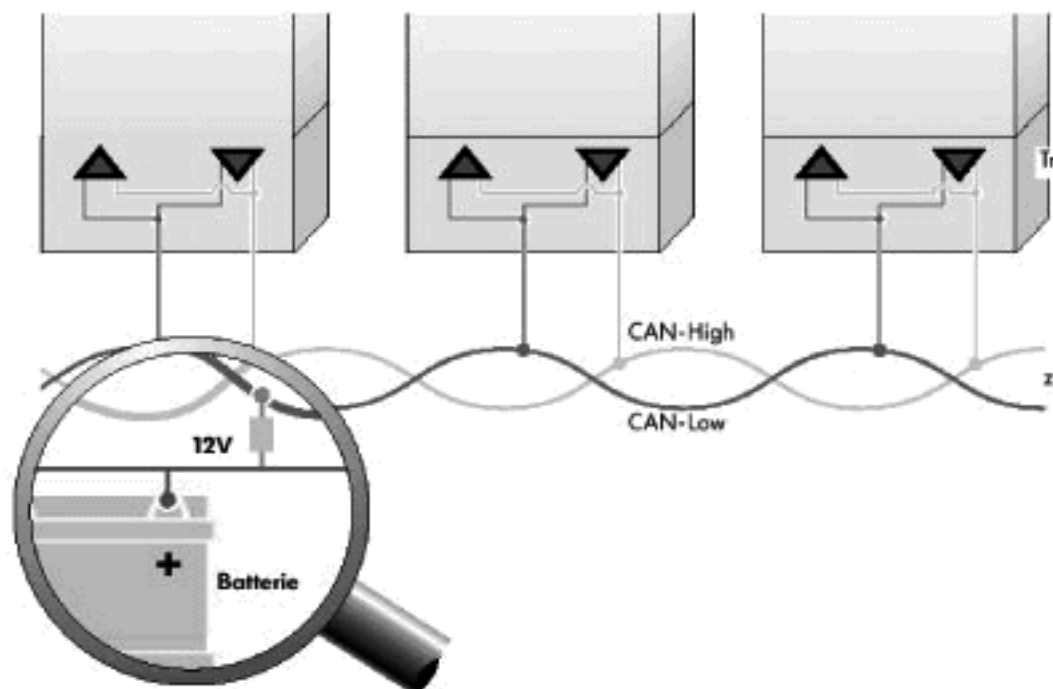
2.故障原因：总线 CAN-H 对地通过连接电阻短路、节点（模块）故障。

3.故障排除步骤：同 CAN-H 与地短路。

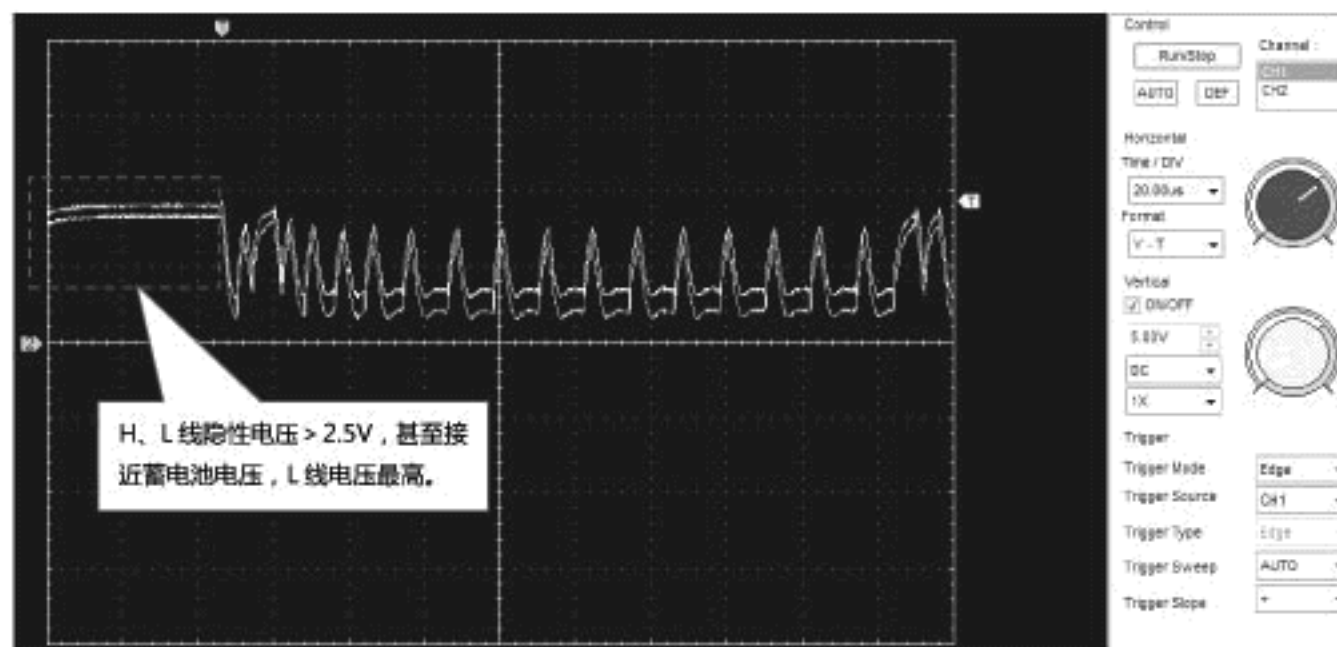
实测：A16 车型 CAN-H 通过 $110\ \Omega$ 电阻对地短路后，用诊断仪可以与各个模块进行通讯，仪表无异常报

警灯点亮（仅供参考）。

4.7.4.11、CAN-L 对正极通过连接电阻短路



故障波形 11：下图是 A16 车型 CAN-L 通过 110 欧姆电阻对电源短路的波形为例说明波形特征。



1.特征：(主要观察隐性电压值)

用示波器观察：无数据传输时，CAN-Low 和 CAN-High 线的隐性电压 > 2.5V，甚至接近蓄电池电压，L 线电压最高，

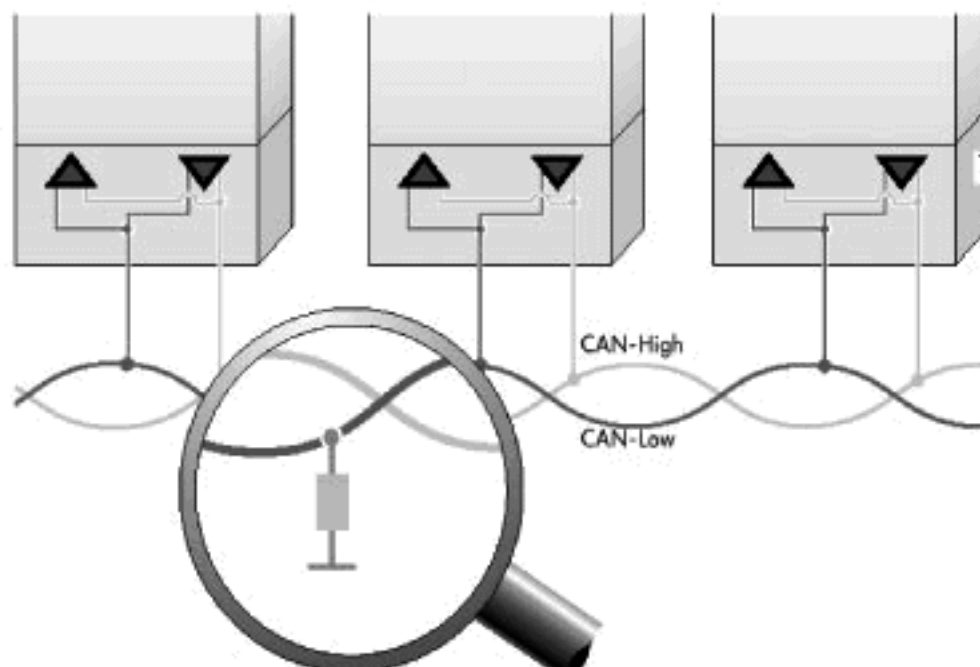
H 线、L 线变化趋势相同。

2.故障原因：总线 CAN-L 对电源通过连接电阻短路、节点（模块）故障。

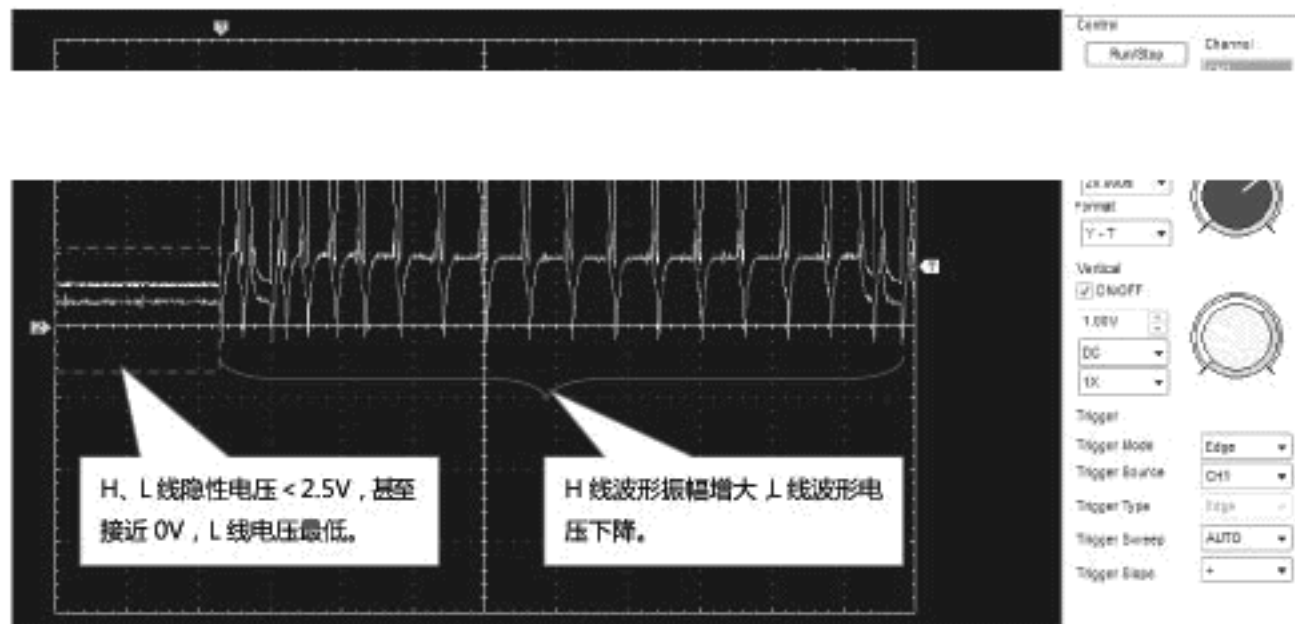
3.故障排除步骤：同 CAN-L 与电源短路。

实测：A16 车型 CAN-L 通过 110 欧姆电阻对电源短路后，用诊断仪无法与各个模块进行通讯，仪表：EPC 灯熄灭外，水温、远近光、前后雾灯、ABS、气囊故障灯或报警灯点亮（仅供参考）。

4.7.4.12、CAN-L 对地通过连接电阻短路



故障波形 12：下图是 A16 车型 CAN-L 通过 110 欧姆电阻对地短路的波形为例说明波形特征。



故障描述:

CAN-L 对地通过连接电阻短路。

1.特征：

用示波器观察：无数据传输时，CAN-Low 和 CAN-High 线的隐性电压 < 2.5V，甚至接近 0V，L 线电压最低；

有数据传输时，H 线波形振幅增大，L 线波形电压下降，振幅变小。

2.故障原因：总线 CAN-L 对地通过连接电阻短路、节点（模块）故障。

3.故障排除步骤：同 CAN-L 与地短路。

实测：A16 车型 CAN-L 通过 110 欧姆电阻对地短路后，用诊断仪可以与各个模块进行通讯，仪表无异常报警灯点亮（仅供参考）。