

[总线设计]

车载钻机CAN网络设计及故障诊断分析

文/南阳二机石油装备集团股份有限公司 王毅

提出一种车载钻机CAN总线网络的设计思路，提高车载钻机整机通信网络的安全可靠性和作业效率，并针对CAN网络通信可能出现的故障进行分析。目前已经应用于车载钻机组合仪表，实现了集安全预警指示、实时监测记录和诊断功能于一体的集成创新。

随着CAN总线仪表越来越多地应用到车载钻机上，设备数字化和信息化水平不断提高。大量CAN总线仪表的应用对设备的电路设计提出了更高要求；与此同时，故障的分析诊断排查更加复杂，对于维护人员专业能力要求更高。

本文提出一种车载钻机CAN总线网络的设计思路，提高车载钻机整机通信网络的安全可靠性和作业效率，并针对CAN网络通信可能出现的故障进行分析。

主要技术参数

1. CAN总线特点

CAN总线是一种串行数据通信协议，与其他通信总线相比，CAN的数据具有突出的可靠性、灵活性和实时性。主要特点是：极高的总线利用率，采用非破坏性位仲裁总线结构机制，可以点对点、一点对多点（成组）及全局广播几种传送方式接收数据；高抗电磁干扰性，直接通信距离最远可达10 km（速率5 Kbit/s以下），通信速率最高可达1 MB/s（此时距离最长40 m）；可靠的错误检错和处理机制，采用短帧结构，每一帧有效字节数为8个，每帧信息都有CRC校验及其他检错措施。CAN规范只包括了物理层和数据链路层，是一个可以封装在通信控制器集成电路芯片内部的规范。

2. J1939协议特点

SAE J1939以CAN为基础，其物理层和数据链路层基本上沿用了CAN规范，并增加了网络层、应用层和网络管理规范。

J1939是一种支持闭环控制的在多个ECU之间高速通信的网络协议，它是以CAN2.0为网络核心。表1介绍了CAN2.0的标准和扩展格式，及J1939协议所定义的格式。表2则给出了J1939的一个协议报文单元的具体格式。

3. 车载钻机各通信模块

早期由于电器设备少，各个电器设备之间通过一对一线束方式就足以满足使用需求，保证设备安全可靠运行。现今，车载钻机广泛采用电喷发动机、电控变速箱和CAN总线仪表等新型设备及仪表（按照J1939规范都属于标准ECU），该类设备仪表之间的通信都是采用基于CAN总线的J1939协议，该协议对于通信网络组建有着自身特殊要求，导致传统的线束及其布线方式已经无法满足正常通信，这就要求寻找并建立一个合理稳定的通信网络来解决上述难题。

以车载钻机为例，电喷发动机（比如卡特彼勒发动机和康明斯发动机）可以通过CAN总线对外广播发动机运行状态相关参数19类共150余项（包括发动机转速、机油压力、冷却液温度、环境温度、尿素罐液位、发动机后处理系统积碳程

表1 CAN2.0的标准和扩展格式及J1939协议所定义的格式

CAN扩展 帧格式	SOF		11位标识符			SRR	IDE	18位扩展标识符		
J1939帧 格式	帧起始位	优先权3位	R位 (保)	数据页DP	PF格式 6位	SRR位	扩展标识	PF	PS格式 (8位)	源地址 (8位)
CAN	1	2~4	5	6	7~12	13	14	15 16	17~24	25~32
帧位置		28~26	25	24	23~18			17 16	15~8	7~0

表2 J1939协议报文单元的具体格式

一个J1939协议报文单元						
PRIORITY	R	DP	PDU FORMAT	PDU SPECIFIC	SOURCE ADDRESS	DATA FIELD
3	1	1	8	8	8	0~64

度、发动机故障指示和发动机故障代码等），电控变速箱（比如艾里逊变速箱）可以通过CAN总线对外广播变速箱运行状态相关参数12类共72余项（包括变速箱油温、变速箱油压、变速箱故障指示和档位指示及变速箱故障代码等）。上述参数都可以通过CAN总线仪表显示出来，而CAN总线仪表与传统仪表相比具有更突出的优点，如表3所示。

表3 CAN总线仪表与传统仪表对比

仪表项目	CAN总线仪表	传统仪表	备注
与发动机ECU通信	CAN通信接口，遵循J1939协议	无	欧Ⅲ以上排放发动机ECU都有CAN接口
与变速箱ECM通信	CAN通信接口，遵循J1939协议	无	电控变速箱ECM都有CAN接口
线束	通过CAN通信接口，可提取J1939协议信息，如发动机转速、机油压力、冷却液温度、电池电压、变速箱档位和变速箱油温等信息，可节约这些传感器到仪表的线束	必须把传感器线束接到仪表上	减少了整机线束数量
发动机故障信息提取	可根据J1939通信协议提取发动机的各种故障信息，并实时报警显示	无	
变速箱故障信息提取	可根据J1939通信协议提取变速箱的各种故障信息，并实时报警显示	无	
传感器	通过CAN通信接口，可节约转速传感器、机油压力传感器和冷却液温度传感器等	不能节省传感器	
指针	采用步进电动机，准确度高，指示准确，抗振动，寿命长	十字线圈，不精确，不防振	
背光	背光亮度可调	亮度单一，不可调	
指示灯和报警灯	采用LED发光管，色彩丰富，亮度均匀，可靠性高，寿命长	色彩单一，亮度不均匀，寿命短	
故障诊断	支持在线诊断，可直接显示部分故障存在的部位和原因	无故障诊断功能	
人机对话	液晶屏显示图形符号、文字和各种用户需要提示的信息	无人机对话功能	
参数设置	通过软件设置参数和报警控制逻辑等	参数固化	
增加新功能	根据用户要求可随时更改，满足不同要求	功能单一，不能修改	
适用车型	对车速速比、各类传感器参数可任意编程处理，易形成标准化，适用各种车型	单一车型	
其他	体积小，重量轻，功耗低	重量重，功耗高	

车载钻机CAN网络设计

车载钻机CAN总线网络设计目的就是利用CAN总线把车载钻机上的电气设备连接起来，实现数据实时准确传输和超限报警，故障快速排查，使用户方便快捷地了解设备运行状态。

1. CAN总线下SEA J1939协议网络组网要求
SAE J1939网络定义的系统包含一个或多个由

网络互连ECU连接的网段。每个J1939网段都由围绕整台车装钻机连接各个ECU的一条屏蔽双绞线对组成。每个ECU可以通过短的截断端连接到总线。线性总线的数据速率必须是250 Kbit/s，使电信号的反射最小。总线每端的终端电阻也能降低反射。当J1939网络由多个网段组成时，网段之间通过网络互连ECU（比如网桥、中继器、路由器

和网关)连接。这些网段不需要直接与其他网段兼容,它们可以在不同的数据速率或不同的物理介质下工作。其中:中继器可以增强数据信号,使数据传输更远的距离,网段间可以是不同的传播媒介;网桥负责数据的转发和过滤,它可以把网络拆解成网络分支,分割网络数据流,隔离分支中发生的故障,这样就可以减少每个网络分支的数据信息流量而使每个网络更有效,提高整个网络效率,网段间可以是不同的数据传输率和媒介;路由器不仅具有网桥的全部功能,还可以使它连接的不同网络段具有独立的地址空间;网关可以在不同的协议或报文集的网段之间传送数据。

J1939协议要求网络组网时有如下注意事项:

①主干线两端必须使用120 Ω 终端电阻;②主干线长度不能超过40 m;③分支长度不大于1 m;④两个分支间隔(节点)不小于10 cm;⑤屏蔽层必须从中间部位接地;⑥不允许从分支上再取分支;⑦一个给定网段上,电控单元最大数量为30;⑧推荐使用3针接头。

2. 车载钻机CAN网络设计

车载钻机CAN总线网络设计以CAN总线和

SAE J1939通信协议的组网要求为基础,驾驶室CAN总线仪表、发动机ECU、变速箱ECM、可编程程序控制器(PLC)和操作台CAN总线仪表等通过通信电缆连接组成多主站网络拓扑结构,将驾驶室、发动机、传动箱、控制器和操作台之间的数据通过总线传输,实现在驾驶室对车载钻机运行状态的数据监测,并保留拓展空间,以满足不同用户要求和远程传输要求。通信信号采用屏蔽双绞线传输,通信速率快、抗干扰能力强,提高了系统可靠性和稳定性。

单机CAN通信独立网络结构如图1所示,仅包含一个独立的物理层,由主网及连接其上的一个或多个子网构成。

网络还可以由多重子网构成,如图2所示,车载钻机的CAN网络分为3个子网,分别是动力系统子网、传输控制系统子网和辅助系统子网,这样可以避免独立网络上电气设备过多,影响通信速率,以及一个或多个设备发生故障时影响到网络上其余设备的正常工作。同时,钻机自身工作数据和其他配套设备的运行数据可以通过网关利用远程传输系统发送给用户,进行监测和备份。

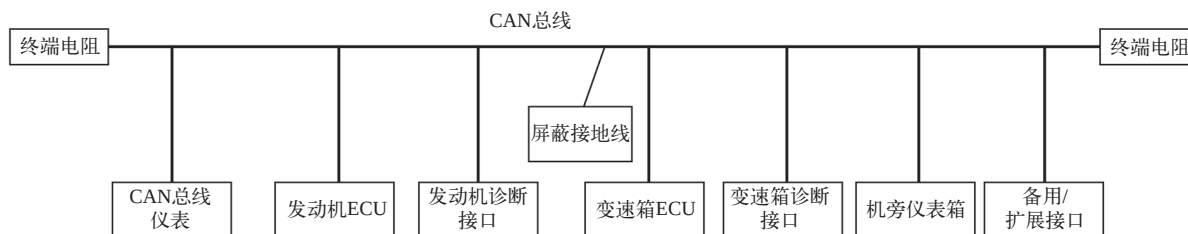


图1 单机CAN通信独立网络结构

故障诊断分析

对于CAN网络可能存在的故障需要从多个方面分步骤进行排查,利用万用表、示波器等电工仪表检查物理故障,根据CAN总线仪表显示的故障代码有针对性地检查故障部件。

首先应该检查CAN网络连接电缆是否存在故障。采用的方法是把所有的有源控制单元电源关闭后,利用万用表量取电阻的位置和值为:3针的接插件在A和B之间,9针的接插件在C和D之间,量值为60 Ω 。量值为120 Ω 表示某一端没有终端电阻或该网线有断路,量值为0 Ω 表示CAN网的高压端和低压端有短路。

其次根据CAN总线仪表显示的故障代码针对性地检查可能发生故障的部件。

由于自身的布置和结构特点,CAN总线工

作时的可靠性很高。如果CAN总线系统出现故障,故障就会存入相应的控制单元故障存储器内,可以用诊断仪读出这些故障。用诊断仪读出CAN总线故障记录后,即可按这些信息准确地查寻故障。

控制单元拥有自诊断功能,通过自诊断功能还可识别出与CAN总线相关的故障。控制单元内的故障记录用于初步确定故障,还可用于读出排除故障后的无故障说明。

诊断/开发工具用于分析、调试、开发和监视在网段上的ECU。

J1939包括在线故障诊断功能,由诊断应用层定义。诊断应用层面向以下几方面:

1) 安全。在数据链路层上定义一个安全的框架,使得符合工业标准的开发工具执行必要的

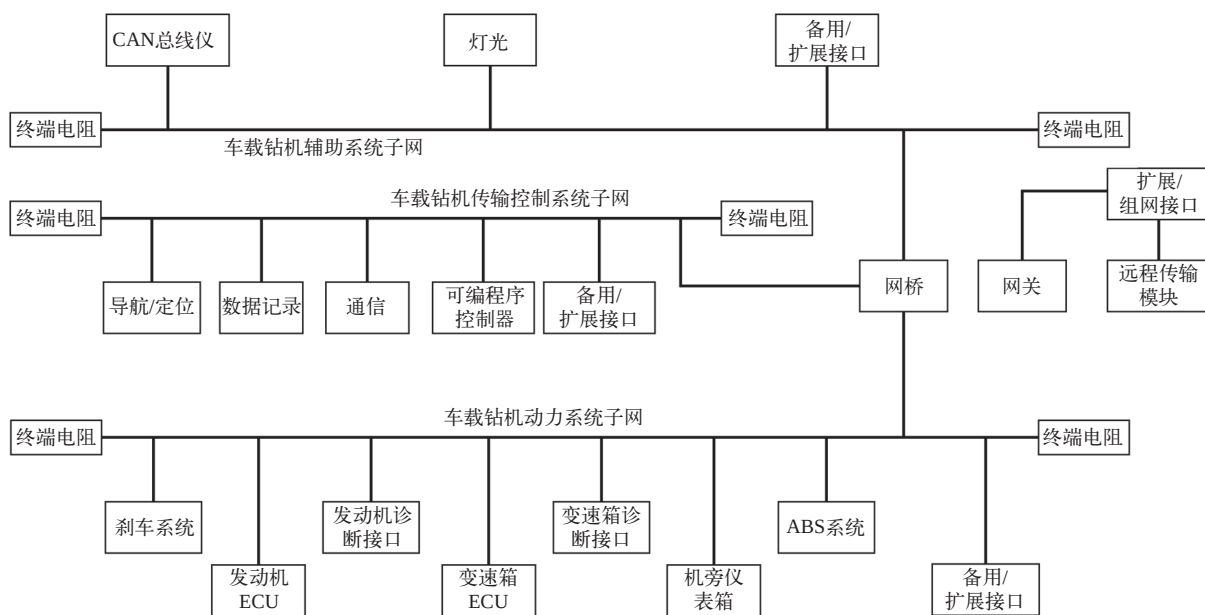


图2 CAN通信多重子网网络结构

诊断任务。包括获取诊断信息，获取节点配置信息，标定控制模式。但对非开放型的数据加密。

2) 连接。建立J1939网络节点与开发工具之间的连接。连接器的设计也必须符合J1939协议。

3) 诊断状态数据支持。提供一系列的数据格式。包括读取出错数据、清除错误数据、监测通信参数、获取节点的配置以及其他的一些信息。

4) 诊断测试支持。可以使开发工具把各种控制节点放到具体的测试模式中以正确设计子网体系。诊断工具通过连接器与其他节点进行通信以获取诊断数据。因此所有的控制节点都应该具备以下功能：读取诊断故障代码、清除诊断故障代码和获取实时信息，而诊断故障代码记载了出错的参数及所在的节点等主要信息。

应用情况

目前南阳二机石油装备集团股份有限公司已经开发出利用CAN总线技术应用于车载钻修机的组合仪表，实现了集安全预警指示、实时监测记录和诊断功能于一体的集成创新。

新型组合式仪表已经在南阳二机石油装备集团股份有限公司研制生产的车载钻修机上得到推广应用，经过大量现场实际应用证明，该类组合仪表便于安装接线，工作安全可靠，指示和报警信息直观准确，得到用户广泛好评。

结束语

利用CAN总线技术进行设计的车载钻机新型组合式仪表抗干扰能力强、可靠性高及可扩展性好，增强了车载钻机现场信息集成能力，便于实现在线故障诊断报警。

综上所述，J1939通信协议解决了如下问题。

1) 优先权问题。如自动换挡要求减油门，巡航控制同时要求增油，而ASR则要求减油门以维持驱动轴的低扭矩。根据重要程度，则应确定换挡优先，协议能定义各个子系统的优先权顺序。

2) 灵活性问题。因为各个子系统都是不同类型的控制系统，网络应具备将各个子系统有机地融合在一起的能力。

3) 可扩展性。即需要增加新的子系统时，不需要对基本系统作修改。

4) 独立性。每个子系统都可以独立工作，某个子系统出现故障时并不影响其他系统的正常工作。

5) 为满足不同控制系统的要求，应具有高的数据传输速率，具有通用的故障诊断接口诊断协议。

6) 车辆状态共享。如发动机转速、车速和轮速等数据必须各子系统共享，数据的传输及刷新时间取决于各个子系统的特性，并由此决定优先权。EA

(收稿日期：2019.06.26)

(编辑：朱金凤)