

HXd3G 型机车推挽模式网络系统设计及应用

陶红杰, 王 威, 郝凤荣, 张彦民

(中车大连机车车辆有限公司, 辽宁 大连 116021)

摘 要: 文章以 HXd3G 型机车为载体, 介绍了机车网络系统的构成及特点。该机车采用 SHDSL 通信技术, 网络数据通过以太网扩展器 (DSL) 及普通双芯屏蔽电缆进行传输, 实现了 650 m (18 节车辆) 距离下 15 Mbit/s 的内重联通信的功能, 验证了载波通信技术通过 DSL 实现远距离、高速率传输的可行性。通过测试, 分析机车在牵引、制动等各种控制模式下数据传输的稳定性, 确定系统各部件参数的最优配置方案, 满足车辆推挽编组模式下不同运行工况的控制要求。

关键词: HXd3G 型机车; SHDSL; 推挽模式; 网络系统

中图分类号: U264.91; TP393

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2019.02.015

Design and Application of Push-pull Mode Network System for HXd3G Locomotive

TAO Hongjie, WANG Wei, HAO Fengrong, ZHANG Yanmin

(CRRC Dalian Locomotive and Rolling Stock Co., Ltd., Dalian, Liaoning 116021, China)

Abstract: Taking HXd3G locomotive as an example, the composition and characteristics of locomotive network system were introduced. The locomotive adopted SHDSL communication technology, and the network data was transmitted through the Ethernet expander (DSL) and common double-core shielded cable. The function of 15 Mbit/s inline communication at 650 meters (18 vehicles) distance was realized. The feasibility of carrier communication technology to realize long-distance and high-speed transmission through DSL was verified. By testing and analyzing the stability of data transmission of locomotive under various control modes such as traction and braking, the optimal configuration scheme of parameters of each component of the system was determined to meet the control requirements of different operation conditions under the vehicle push-pull marshalling mode.

Keywords: HXd3G locomotive; SHDSL; push-pull marshalling mode; network system

0 引言

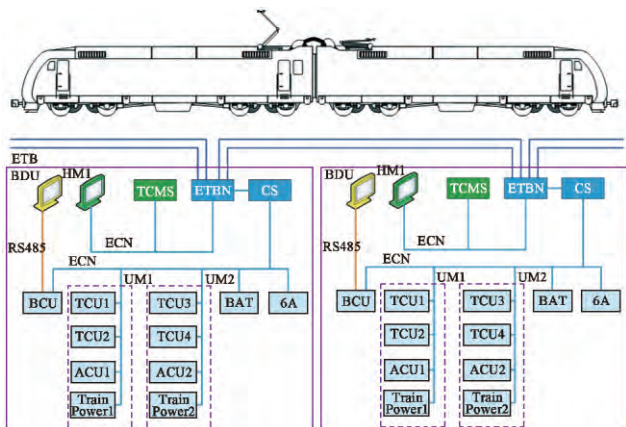
随着我国铁路客运需求日益增长, 对客运机车牵引模式提出了新的要求, 采用 2 辆动力车分别位于列车两端的推挽运行模式可节省客运列车重新编组时间, 提高运行效率。通常客运车辆采取 18 节车辆编组, 需在每节车辆上增加 WTB 贯穿线以满足数据信息传输 600 m 以上的距离要求。本文以既有客车车辆不改造或少改造的原则, 研究在整列编组采用普通线缆通信的可行性。

1 HXd3G 型机车网络构成

HXd3G 型机车为八轴客运机车, 采用 SHDSL 技术, 在机车上采用以太网扩展器 (DSL) 和双芯屏蔽线进行远距离、高速率重联通信测试。HXd3G 型机车微机网络控制系统采用基于 TCN 国际标准 (IEC 61375-2-5:2014《铁路电子设备 - 列车总线 第 2-5 部分: 列车以太网 ETB》和 IEC 61375-3-4:2014《铁路电子设备 - 列车总线 第 3-4 部分: 固定编组以太网 ECN》) 的车载网络控制系统。HXd3G 型机车由 2 节机车固定重联组成。机车 TCN 控制网络分为列车级和车辆级, 具有通信、控制、故障诊断、动态冗余等功能。

收稿日期: 2018-01-02; 修回日期: 2018-05-21

HXd3G 型机车网络控制系统是车辆级控制核心,与机车制动系统、机车车载安全防护系统、蓄电池充电等非传动设备直接进行通信,又是牵引环路中的 1 个节点,通过 TS 与牵引变流器、辅助变流器形成环形以太网网络。TCMS 网络系统拓扑结构如图 1 所示。



ACU—辅助变流器控制单元; BAT—110 V 电源装置; BCU—制动控制单元; BDU—制动显示屏; CS—固定网交换机; ECN—固定编组以太网; ETB—列车以太网; ETBN—列车以太网节点; UM1~UM2—变流器; TCMS—微机控制系统; TCU—牵引控制单元; Train Power—列车供电单元; 6A—机车车载安全防护系统。

图 1 HXd3G 型机车网络控制系统拓扑图

HXd3G 型机车网络控制系统采用 ETB、ECN 及其他网络(如 RS485、MVB 等)共组的形式。列车总线采用 ETB 总线,具备双线冗余功能。车辆总线采用 ECN 为主,部分设备采用 RS485 或 MVB 进行通信。ECN 中的设备包括交换机和终端设备,ETBN 和 CS 为交换机,其他设备都为终端设备。ECN 采用星型网络,各个终端设备直接或者通过 CS 连接到 ETBN 交换机上。ETBN 为 3 层交换机,除了作为本节车各个子设备的以太网的汇聚节点,还用于本车与他车数据之间的路由。TCMS 系统与车辆各设备间采用硬线连接或网络通信;其中多数电气控制设备与 TCMS 系统间采用硬线连接,再切换到 ECN 网络;其他主要牵引传动电气设备通过 ECN 网络与 TCMS 连接,如辅助变流器控制单元、牵引控制单元、列车供电单元等;其他辅助电气设备如果不具备 ECN 接口,可以通过 RS485、MVB 等其他总线与 TCMS 连接。

HXd3G 型机车分为 A 节和 B 节,当以推挽模式运行时,TS2(TS4)数据通过以太网扩展器(DSL)与他车进行信息传输。2 节车之间仅仅需要普通的双芯屏蔽线就可以实现远距离、高速率、低延迟的数据传输。采用推挽编组模式时 HXd3G 型机车网络拓扑如图 2。

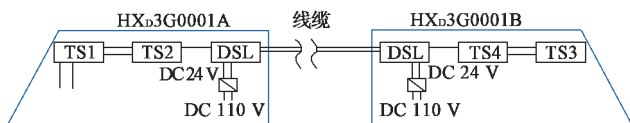


图 2 推挽编组模式 HXd3G 型机车网络拓扑简图

1.1 列车网交换机 TS

每个列车网交换机 TS 有 12 个以太网端口,其

中 4 个专门用于 ETB 网络;另外 8 个用于 ECN 网络,分别连接 1 个 USP、2 个 TCMS、2 个 MPU1、1 个 APU1,还有 2 个备用。以太网接口类型符合 M12 D-code 要求,另外有 USB 调试端口,可以对 TS 进行工作方式和编号的设定。电源接口适用 DC 110 V 机车控制电源。

1.2 以太网扩展器 DSL

DSL 采用 Wolverine 系列以太网扩展器(DDW-142),采用 SHDSL 技术,可进行超长距离、高速传输,传输速率可达 15.3 Mbit/s,具备扩展线路保护功能,具有 2 个 10/100Base TX 以太网接口,如图 3 所示。



图 3 DSL 扩展器图

2 推挽编组远距离传送试验

根据设计要求,HXd3G 型机车可拆分成 2 节,并在中间增加 18 辆客车采用推挽模式运行。HXd3G 内重联 TCN 网络通过加装 DSL 设备实现了 18 节客车编组,每节 36 m 线长的通信要求。加装设备示意图如图 4 所示。每节机车增加 2 个 DSL 设备,每个设备接入 1 路 TCN,2 个 DSL 设备之间只需要普通的双芯屏蔽线就可以实现远距离、高速率、低延迟的数据传输。

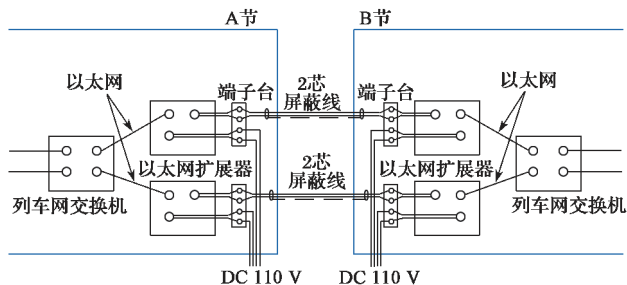


图 4 推挽编组模式 HXd3G 型机车加装 DSL 远程通信示意图

HXd3G 型机车以推挽模式在“新乡—晋城北”,“新乡—安阳”线路运行,编组方式为 HXd3G0001A 节机车+试验车+负载车+HXd3G0001B 节机车。2 节机车连通 18 节客车编组,每节 36 m 线长的重联线贯通连接。

试验过程中,A 节机车与 B 节机车实现联控,任意一端设置为操纵端后可以在操纵端实现对整车的操纵控制。在 2 节机车主电路完全独立的情况下,TCMS 通过远程重联,实现对整车受电弓控制、主断路器(VCB)控制、机车控制系统的输入/输出控制、机车的逻辑控制、机车的牵引特性控制、机车的制动特性控制、主变流器控制、辅助变流器控制、定速控制、冗余控制、自动过分相控制、无人警惕控制、停放制动控制、重联控制等功能。

固定内重联时 TCN 网络传送速度可达 100 Mbit/s。

为了研究通信线路长度在不同传输速度下的通信丢包率和延时, 在 18 根 36 m 电缆长度的条件下, 利用信息发送和接收装置测试不同传送速度下的通信延时和丢包率, 数据如表 1 所示。

表 1 不同速度下 DSL 通信质量

速度/(Mbit·s ⁻¹)	延时/ms	丢包率
1	2.0	1% 以下
5	2.3	1% 以下
15	3.5	1% 以下
30	12.3	7%

由表 1 可知, 在 650 m 传输距离下, DSL 设备在 15 Mbit/s 可以保证通信质量, 满足推挽编组重联信息的传输。整个试验过程中机车状态正常, A 节机车与 B 节机车之间通信正常, 机车牵引、制动特性控制、主变流器控制、定速控制等功能完成良好, 说明列车网络通信技术通过 DSL 完全可以实现远距离传输, 传输速率高, 满足机车运用的要求, 从而使机车重联采用推挽编组模式通信技术成为可能。

3 结语

HXd3G 型机车推挽模式下通过在以太网交换机

TS2 至 TS4 之间增加 DSL 设备实现了 18 节车辆约 650 m 距离重联线缆 15 Mbit/s 的内重联信息传递, 中间仅仅依靠普通双芯屏蔽电缆即可实现高速率的远距离通信传输, 实现了整列车推挽控制编组运行, 其在动力集中动车组等机车上也会有非常广阔的运用空间, 为动力集中动车组等机车的设计提供了借鉴。

参考文献:

- [1] 路向阳. 我国列车通信网络的发展与应用 [J]. 机车电传动, 2001(6): 1-5.
- [2] 张丽红, 李新, 杨守君, 等. HXd3 型交流传动电力机车网络控制系统 [J]. 电力机车与城轨车辆, 2008, 31(1): 20-22.
- [3] 缪学勤. 论六种实时以太网的通信协议 [J]. 自动化仪表, 2005, 26(4): 1-6.

作者简介: 陶红杰 (1981—), 女, 高级工程师, 从事电力电气系统设计工作。

(上接第 65 页)

close(fd)

2) 监控应用程序和维护程序

调用 Linux C 函数库中的 system(const char *string) 实现所需功能。

① 获取应用程序和维护程序的运行状态, 并将其输出至指定文件, 实现的语句如下:

```
system("ps -w|grep -v 'grep'|grep "NAME_
MainApp">>"OUTFILE);
```

```
system("ps -w|grep -v 'grep'|grep "NAME_
AuxApp">>"OUTFILE)
```

② 打开指定文件, 读取文件内容, 实现的语句如下:

```
fd = open(OUTFILE,O_CREAT|O_RDONLY,0777);
memset(buffer,0,100);
read(fd,buffer,100)
```

③ 判断应用程序和维护程序是否运行, 实现的语句如下:

```
match(buffer, MainApp);
match(buffer, AuxApp)
```

⑤ 启动应用程序或关闭维护程序, 实现的语句如下:

```
system("/opt/MainApp");
system("killall -9 AuxApp")
```

3.4.3 应用效果

如果操作系统底层不稳定或应用程序未及时释放内存造成内存溢出都可能导致应用程序意外中止或退

出, 守护进程作为独立运行的特殊进程可以对此故障迅速做出响应, 在最短时间内重启应用程序, 避免造成运营事故。

4 总结

本文详细介绍了制动显示屏的软件设计和实现, 采用跨平台集成开发环境 Qt Creator 开发, 保证了软件的可移植性; 采用多线程技术及信号和槽机制保证了数据处理和信息显示的实时性; 采用守护进程保证了应用程序运行的稳定性和可靠性。

参考文献:

- [1] 孙天泽. 嵌入式 Linux 操作系统 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [2] 霍亚飞. Qt Creator 快速入门 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2017.
- [3] JASMIN Blanchette, MARK Summerfield. C++ GUI Qt4 编程 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [4] 张立斌. 基于 Qt 的电力机车显示屏系统的软件设计 [D]. 大连: 大连海事大学, 2008: 28.
- [5] 蔡志明, 卢传富, 李立夏, 等. 精通 Qt4 编程 [M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [6] JESSE Storimer. 理解 Unix 进程 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013.
- [7] 朱建红. Linux 守护进程的编写 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2001(11): 15-16.

作者简介: 刘 澳 (1983—), 男, 高级工程师, 现从事轨道交通车辆制动控制系统研究及设计工作。