

电动公交车 CAN 总线网络通信结构的设计

李 然, 武俊峰, 王海英, 赵 旭

(哈尔滨理工大学 测控技术与通信工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 为了研究电动公交车上 CAN 总线网络节点信息的实时性及可靠性问题, 依据 CAN 总线网络通讯协议技术的特点, 研究并设计了一种电动公交车的 CAN 总线网络通讯结构, 并给出了适用于电动公交车的 SAE J1939 应用层协议及汽车 CAN 总线网络的硬件接口模块, 软件模块采用了基于优先权竞争的模式, 通过 CAN 总线网络和基于优先权模式的方法, 实现了实时采集、分析、处理电动公交车的各个数据节点的信息和数据。最后, 在路况测试中通过对实际数据的采集, 验证了电动公交车 CAN 总线网络通讯结构的硬件、软件模块设计合理, 具有实际的学术价值和应用前景。

关键词: CAN 总线; 通信结构; SAE J1939; 电动公交车

中图分类号: TP23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2012)01-0068-06

A Design Method of CAN BUS Network Communication Structure for Electric Vehicle

LI Ran, WU Jun-feng, WANG Hai-ying, ZHAO Xu

(School of Measure-control Technology and Communication Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: In order to research the study on the real-time and reliability of the CAN BUS informations on electric vehicle, this study designed a structure of CAN BUS network communication for electric vehicle based on the characteristics of CAN BUS technology and an application layer protocol of SAE J1939 for electric vehicle and the hardware modules. The software modules used the priority-based of the right mode of competition to ensure the system's real-time and reliability. Through the actual data collection on road, the hardware circuits and the software design are reasonable. So the designed of CAN BUS network communication structure for electric vehicle has practical application value.

Key words: CAN BUS; communication structure; SAE J1939; electric vehicle

0 引 言

CAN 总线是德国 BOSCH 公司从 20 世纪 80 年代初为解决现代汽车中众多的控制与测试仪器之间的数据交换而开发的一种串行数据通信协议, 它是一种多主总线, 通信介质可以是双绞线、同轴电缆或

光纤。通信速率可达 1MBPS。总线通信接口中集成了 CAN 协议的物理层和数据链路层功能, 可完成对通信数据的成帧处理, 包括位填充、数据块编码、循环冗余检验、优先级判别等工作^[1-3]。CAN 协议特点是对通信数据块进行编码, 数据段长度最多为 8 个字节, 可满足电动公交车上的控制命令、工作状态及测试数据的一般要求。同时, 8 个字节不会

收稿日期: 2010-03-02

基金项目: 国家重点基础研究项目 973(2009CB220107); 黑龙江省教育厅科技项目(12511104); 哈尔滨市后备带头人基金项目(RC2009QD008004)

作者简介: 李 然(1980—), 男, 博士研究生, E-mail: zeemoolr@126.com;

武俊峰(1959—), 男, 教授, 博士生导师。

占用总线时间过长,从而保证了通信的实时性^[4]. CAN 协议采用 CRC 检验并提供相应的错误处理功能,保证了数据通信的可靠性. 如今,CAN 总线技术已经成为电动公交车中广泛采用的通讯方式^[5]. 本文根据电动公交车 CAN 总线网络的通讯结构,制订了符合系统功能要求的 SAE J1939 应用层协议,并对系统进行了软件、硬件设计.

1 CAN 总线通讯网络节点的设计

1.1 CAN 总线工作节点设计

1) CAN 总线的分层结构: 根据 CAN 总线的网络结构,划分为以下五个层次,如图 1 所示.

2) CAN 总线位定时及节点同步技术: CAN 控制器振荡器的最大振荡器容差为 1.58%. CAN 位速率分成四个部分: 同步段、传播段、相位缓冲段 1 和相位缓冲段 2. 同步段用于同步总线上不同的节点,它被规定为一个时间量程. 传播段用于补偿网络内的物理延时时间. 相位缓冲段用于补偿边沿阶段的误差^[6].

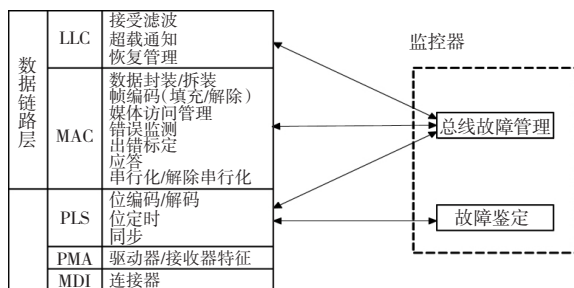


图 1 CAN 总线分层结构

3) CAN 总线工作节点设计: 电动公交车 CAN 总线系统包括主控节点、灯光节点、空节点、车门节点、仪表节点等^[7]. 电动公交车的 CAN 总线拓扑图,如图 2 所示. 主控节点是整个车身控制系统的中枢,负责和其他各个节点进行数据通讯并作消息处理,并接受来自驾驶员的开关输入信号. 各子节点将检测到的各种量如开关量和模拟量,打包处理成含有各种所需信息的报文即消息发送给主节点,主节点根据报文所含的信息作相应处理,再打包成消息发送给子节点执行^[8].

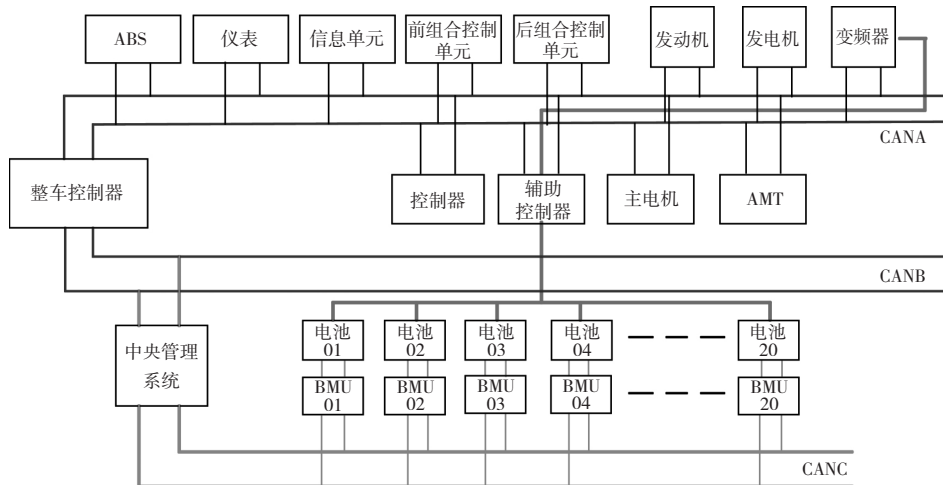


图 2 电动公交车 CAN 总线系统拓扑图

2 SAE J1939 应用层设计

2.1 SAE J1939 应用层协议的特点

SAE J1939 通信协议(以下简称 J1939 协议)是由美国汽车工程师协会——卡车和公共汽车电气电子委员会下的控制和通信网络分委员会制定的高层 CAN 网络通信协议. J1939 协议定义了物理层、数据链路层、网络层和应用层等四个层次. J1939 协议传输功能是数据链路层的一部分,其具有两大主要功能: 消息封装和重组、连接管理. 为了

使每个单独发送的帧能在接收节点处正确地重组,数据域的第一个字节被定义为封装的序列号,为 1 ~ 255. 序列号从 1 开始顺序编号直到消息被打包结束并顺序发送出去. 对于多封装特定目标的消息而言,传输节点在每个包间的延时最大时间不超过 200 ms. 每一个数据包都必须包括原始消息中的 7 个字节,而最后那一个数据包含有 8 个字节,其中有一个字节的序列号,至少一个字节是和参数组相关的数据,剩余的都设为 FF. 每个数据包顺序传到接收端,按序列号排列组成长数据,并交由节点使用.

2.2 SAE J1939 应用层协议的设计

网络报文结构图如图 3 所示.

系统的总线通讯速率为 250kbps. CAN 总线的

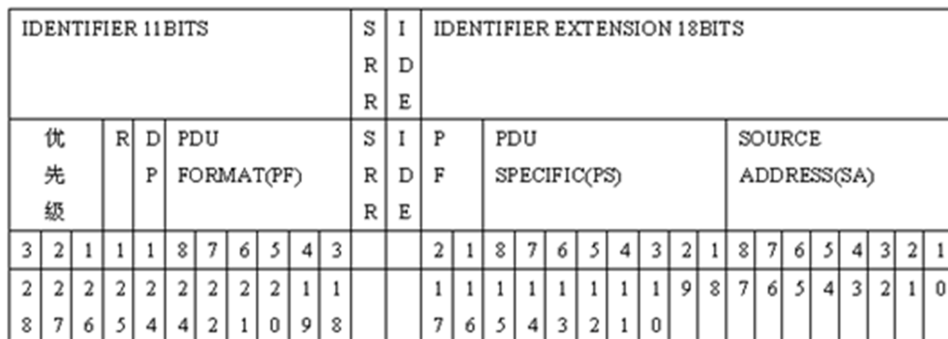


图 3 CAN 总线网络报文结构图

本协议采用 29 位扩展帧,根据电动公交客车的具体情况,制订了符合 SAE J1939 协议的应用层协议,其 CAN 总线网络节点 ID 信息分配表如表 1 所示. 其中,优先级为 3 位,可以有 8 个优先级; R 一般固定为 0; DP 现固定为 0; 8 位的 PF 为报文的代码; 8 位的 PS 为目标地址或组扩展; 8 位的 SA 为发送此报文的源地址. 数据页位 DP 用来做数据页选择. 在页 0 中包含了目前定义的所有消息,而页 1 用于将来扩展,本协议中 DP 定义为 0. 若 PF 域的值在 0 到 239 之间(PDU1), PS 域中包含的是目的地址. 若 PF 域的值在 240 到 255 之间(PDU2), PS 域中包含的是 PF 的群扩展^[8].

表 1 CAN 总线网络节点功能描述及部分 ID 信息分配表

序号	CAN 节点名称	CAN ID 地址
1	档位符号	0x18FFCE00 Byte 1~6
2	前、后雾灯开关符号	0x18FECA00 Byte 1~4
3	左、右转向灯符号	0x18FECA00 Byte 5~8
4	油量报警灯符号	0x18FECE00 Byte 1
5	油量表	0x18FECE00 Byte 5、6
6	水温表	0x18FECE00 Byte 1、2
7	机油压力表	0x18FECE00 Byte 3、4
8	车速表	0x18FF83D0 Byte 1、2
9	发动机转速表	0x0CF00400 Byte 4、5

3 CAN 总线接口模块设计

CAN 总线接口电路的构成主要由 CAN 通信控制器 SJA1000、高速光耦 6N137 和 CAN 总线驱动器 82C250 组成. 通过对片内寄存器的读、写操作,主控制器单片机能够设置 CAN 总线通信模式,实现数据的发送与接收. 驱动收发器采用 PCA82C250,它是 CAN 控制器和物理传输线路之间的接口,可以用高

达 1 Mb/s 的位速率实现在两条差动电压总线电缆上的数据传输. 82C250 的 CANH 和 CANL 引脚各自通过一热敏电阻与 CAN 总线相连,当过流时电阻发热阻值变大,保护 82C250 免受过流的冲击. SJA1000 在逻辑上实现了传输数据的编码和解码,借助总线驱动器 82C250 增强 CAN 总线的差动发送和接收驱动能力. SJA1000 的 TX 和 RX 通过高速光耦 6N137 后再与 82C250 相连以增强 CAN 总线节点的抗干扰能力,防止线路间串扰. 另外, CAN 总线驱动器采用带隔离的 DC/DC 模块单独供电,实现了通信控制器与 CAN 总线的隔离,增强系统的抗干扰能力和可靠性^[10].

控制器的其他外围电路还有电源模块、EEPROM 存储器、时钟保持电路、LED 指示灯和看门狗电路、通信和系统通信故障的指示电路等,以方便系统的调试和对控制器运行状况的监测. 图 4 给出了 CAN 总线系统硬件电路原理图.

4 CAN 总线网络的软件设计

软件部分主要程序单元分为: CAN 初始化单元、报文发送单元、报文接收单元和中断服务单元. 通讯模块的功能主要负责整车 CAN 总线网络各个节点之间的数据通讯与交换,以及一些开关信号、模拟信号的通讯处理. 通讯模块的软件如何能够做到稳定可靠、实时、无误成为软件编写过程中的首要任务.

4.1 CAN 控制器初始化

CAN 控制器初始化主要是对它的一些内部寄存器进行设置,如对位定时器进行设置及对邮箱进行初始化. 在对单片机的 CAN 寄存器初始化的时候,系统上电后立即对读、写缓冲区清零,对时钟分频寄存器、接收发送代码的寄存器、中断使能寄存器

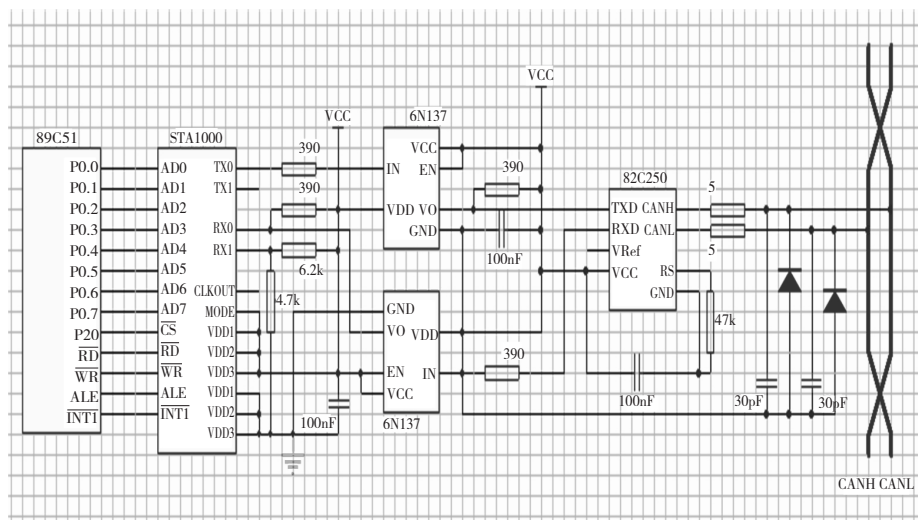


图 4 CAN 总线系统硬件电路原理图

等进行配置,当初始化设置完成后,单片机进入正常通讯状态,准备工作. 初始化程序代码如下:

```
void canCirBufInit( CANCIRBUF * ptCanCirBuf,
TCAN_DATA * ptCanFrameBuf, unsigned char uc-
Length)
{
    ptCanCirBuf -> ulWriteIndex = 0; ptCanCirBuf -
    > ulReadIndex = 0; /* Buffer 读、写下标清零 */
    ptCanCirBuf -> bIsFull = false; /* 循环队列不
    满 */
    ptCanCirBuf -> ulLength = ucLength; /* 记录长
    度,此值不允许再更改 */
    ptCanCirBuf -> ptCanFramBuf = ptCanFrame-
    Buf; /* 指向数据缓冲区首地址 */
    for ( unsigned int i=0; i < ucLength; i++ )
    {
        ptCanCirBuf -> ptCanFramBuf[i]. isExt = 1; /*
        初始化未标准数据帧 */
        ptCanCirBuf -> ptCanFramBuf[i]. rxRTR = 0;
        ptCanCirBuf -> ptCanFramBuf[i]. dlc = 0; /*
        数据场长度 */
        ptCanCirBuf -> ptCanFramBuf[i]. id = 0; /*
        CAN 报文 ID */
        for ( unsigned int j=0; j < 8; j++ )
        {
            ptCanCirBuf -> ptCanFramBuf[i]. data[j] =
            0; /* 报文数据场 */
        }
    }
}
```

}

4.2 CAN 报文的发送

当初始化完成后,单片机系统进入工作模式, CAN 报文的发送采取查询方式,大约每 20ms 检测发送数据缓冲区是否有发送命令包,如果没有,返回主程序等待下一次查询,如果有命令包,那么 CAN 控制器开启发送状态,向 CANBUS 发送缓冲区数据,程序设计的流程如图 5 所示.

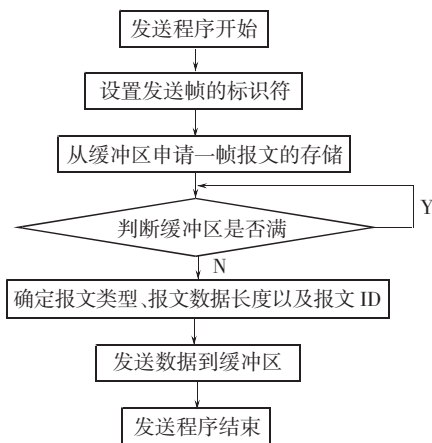


图 5 CAN 报文的接收程序流程图

4.3 CAN 报文的接收

接收报文有两种方式: 查询方式和中断方式. 本次设计采用中断方式. QY9263K 系统的单片机通过等待中断标志来检测状态寄存器,当中断产生时,检查接收缓冲器状态标志 RBS,查看是否有新的报文. 当 RBS 为 0 时,表示没有收到新的报文,继续等待. 当 RBS 为 1 时,表示接收到新的报文,单片机释放接收缓冲器读取报文. 其接收程序流程图如图 6 所示.

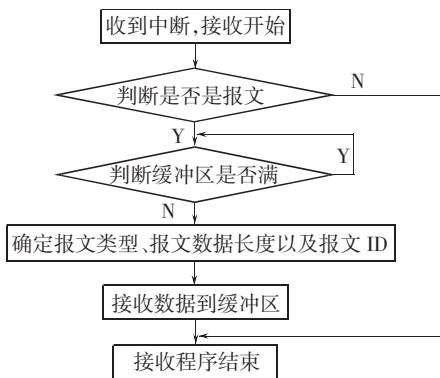


图 6 CAN 报文的发送程序设计流程图

5 设计验证

整车 CAN 总线网络的软件、硬件设计完成后,对系统功能的稳定性、可靠性和数据传输一致性进行验证。在系统上电后,选取了电动公交客车车体上的一个电池组模块,每隔 1 秒记录一次电池组模块的电压信息,累计记录了电动公交客车运行时约 6 000 组数据,数据来源于 CAN 总线的接收缓冲区。并将采集结果记录如下表 2。同时采用 CAN 总线分析仪将总线上的数据同步记录下来。

表 2 电动公交客车运行时单包电池电压部分数据

时间/s	电压/V								
	1-20 次	21-40 次	41-60 次	...	1 001 - 1 020 次	1 021 - 1 040 次	...	5 061 - 5 080 次	5 081 - 6 000 次
1	26.403	26.449	26.388	...	25.042	24.804	...	24.636	25.197
2	26.417	26.41	26.437	...	24.967	24.856	...	24.628	25.141
3	26.413	26.413	26.417	...	24.92	24.84	...	24.64	25.082
4	26.429	26.421	26.388	...	24.84	24.836	...	24.64	25.029
5	26.437	26.41	26.37	...	24.789	24.88	...	24.745	24.974
6	26.429	26.381	26.35	...	24.782	24.936	...	24.749	25.022
7	26.429	26.35	26.343	...	24.816	24.967	...	24.816	25.053
8	26.478	26.347	26.339	...	24.808	25.245	...	24.8	25.118
9	26.512	26.335	26.343	...	24.808	25.305	...	24.848	25.154
10	26.502	26.323	26.339	...	24.808	25.279	...	24.879	25.193
11	26.494	26.303	26.319	...	24.808	25.293	...	24.94	25.186
12	26.512	26.307	26.264	...	24.808	25.271	...	24.967	25.174
13	26.523	26.3	26.21	...	24.808	25.261	...	24.967	25.209
14	26.523	26.319	26.163	...	24.804	25.291	...	24.998	25.197
15	26.554	26.323	26.107	...	24.808	25.257	...	25.079	25.201
16	26.543	26.315	26.038	...	24.808	25.297	...	25.333	25.193
17	26.505	26.319	25.969	...	24.808	25.353	...	25.277	25.233
18	26.494	26.323	25.899	...	24.812	25.353	...	25.229	25.209
19	26.502	26.343	25.875	...	24.808	25.369	...	25.245	25.201
20	26.49	26.343	25.843	...	24.804	25.424	...	25.205	25.205

将总线分析仪的采集结果与 CAN 总线接收数据缓冲区内的数据同步对比,如图 7 所示,车辆 CAN 节点实时发送的大量报文信息准确、稳定,没有发生丢数、丢帧、串数等通讯异常现象。系统功能的稳定性、可靠性和数据传输一致性均符合要求。

6 结 语

CAN 总线技术以其高实时性、高可靠性和高灵

活性,在汽车网络通讯领域成为了重要的网络通讯技术之一。本文通过对 CAN 总线技术的分析,设计了基于电动公交客车的 CAN 总线工作节点,并依此进行了 SAE J1939 应用层设计,同时给出了 CAN 总线网络的软件、硬件的基本实现方案。最后,通过试验测试表明,电动公交客车 CAN 总线网络通讯结构的硬件电路稳定,软件设计合理,实现了本文设计目标。

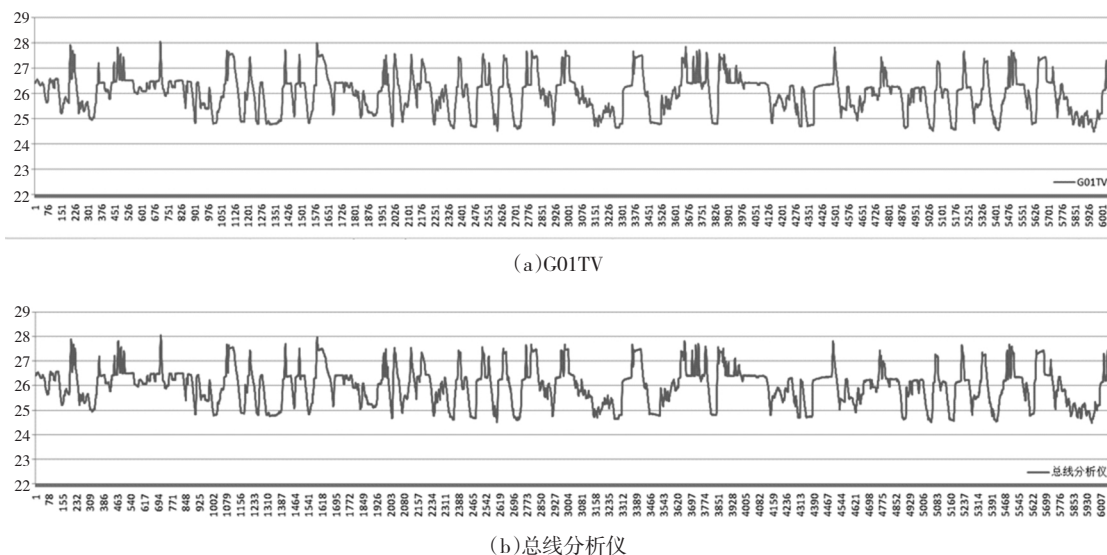


图 7 总线接收的数据和实际数据对比

参考文献:

- [1] 付亮, 李伟. CAN 总线控制器 SJA1000 的开发与设计 [J]. 现代交通技术, 2007, 4(2): 81-83.
- [2] 周杨. 基于 Petri 网的 CAN 总线性能分析与评估 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2009, 14(3): 46-50.
- [3] PINHO LM, VASQUES F. Timing Analysis of Reliability Real-time Communication in CAN Networks [J]. IEEE in Digital Object Identifier, 2001: 79-86.
- [4] 陈显奎. CAN 总线在大中型客车中的应用 [J]. 电子技术应用设计, 2009, 10(4): 52-63.
- [5] SHENG M C, MENG W. Analysis of Schedulability of CAN Based on RM Algorithm [C]. // Vehicular Electronics and Safety. ICVES IEEE International Conference, 2007, 12: 1-4.
- [6] 宋清昆, 吴立松. CAN 总线智能节点设计 [J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(7): 9-12.
- [7] 冯源, 向桂林, 李军. 基于 C8051 的冗余 CAN 总线智能节点设计 [J]. 航空计算技术, 2008, 17(8): 35-38.
- [8] 宫江海, 唐厚君, 孔俊. CAN 总线在电动汽车上的应用研究 [J]. 工业控制计算机, 2004, 4(3): 42-48.
- [9] FENG G S, ZHANG W, JIA S M, et al. CAN Bus Application in Automotive Network Control [C]. // Proc. Measuring Technology and Mechatronics Automation, ICMTMA, 2010: 779-782.
- [10] 侯明, 杜奕. 基于 CAN 总线的接口电路设计 [J]. 通信技术, 2008, 7(41): 138-141.

(编辑: 付长缨)