

MOTINOVA E-Bike 电气系统应用通信协议

TT-SCP-001

编	制:	周雄
审	核:	孙毅
批	准:	王瑞瑾

武汉天腾动力科技有限公司

二〇二三年十一月二十四日

目录

1 总则.....	3
2 目的.....	3
3 适用范围.....	3
4 修订记录.....	3
MOTINOVA 小牙盘系列中置系统应用通信协议.....	4
1 系统组成.....	4
2 硬件接口.....	4
2.1 通信接口参考电路.....	4
2.2 注意事项.....	4
3 通信协议规则.....	5
3.1 软件配置.....	5
3.2 数据帧封装格式.....	5
3.2.1 数据帧格式.....	5
3.2.2 ID 分配.....	6
3.2.3 分包方式.....	6
4 通信内容.....	6
4.1 MC 命令字定义.....	6
4.2 BMS 命令字定义.....	11
4.3 OBC 命令字定义.....	14
4.4 CDL 命令字定义.....	18
5 附录 1: CRC32 计算方法.....	20
5.1 CRC32 计算多项式表.....	20
5.2 CRC32 计算方法.....	21
6 附录 2: 警告/故障码列表.....	22

MOTINOVA	文件名称：MOTINOVA E-Bike 电气系统应用通信协议		密级：公开
	文件编号：TT-SCP-001	版本：V4. 6. 1	共 23 页 第 3 页
1 总则			
系统通信总线采用 CAN2. 0A 协议标准帧格式进行数据传输，本文件制定了各设备的通信 ID、报文传输格式、以及数据协议。			
2 目的			
提高 MOTINOVAE-Bike 电气系统各设备之间数据通信的信号稳定性、格式正确性及信息完整性。			
3 适用范围			
本文件适用于 MOTINOVA 小牙盘中置系统的软件开发，包含电机控制器、智能电池保护板、各类仪表等。			
4 修订记录			
表1 修订记录			
日期	修订人	修订内容	版本
20231124	周雄	根据通信协议结构划分,提取MITINOVA E-Bike 系统应用层协议。	V4. 6. 1

MOTINOVA 小牙盘系列中置系统应用通信协议

1 系统组成

MC: 电机控制器 Motor Controller

BMS: 电池管理系统 Battery Management System

OBC: 车载计算机 On Board Computer

CDL: 通讯适配器 CAN Dongle

APP: 用户程序 Application

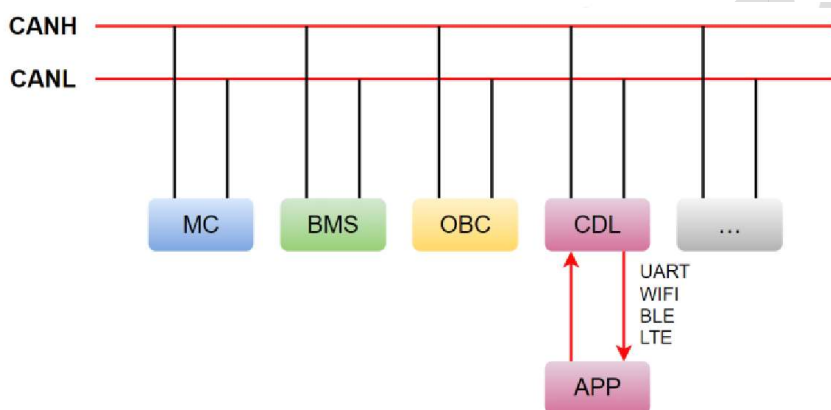


图1 系统通信接口示意图

2 硬件接口

2.1 通信接口参考电路

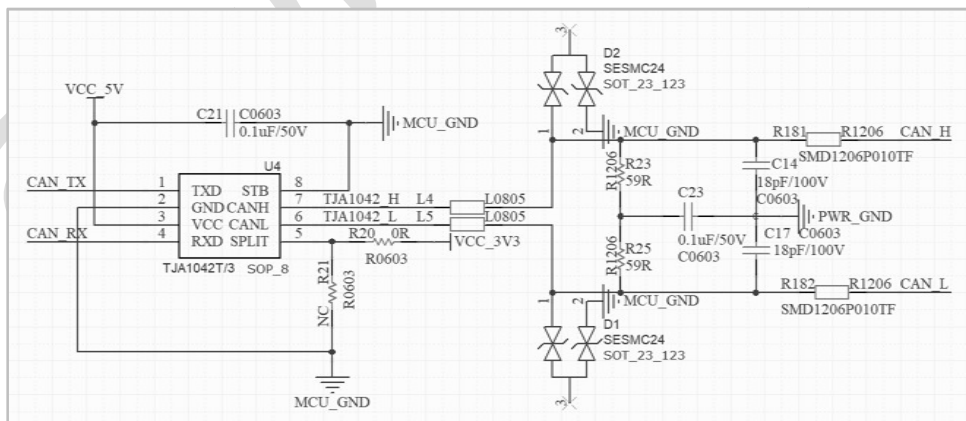


图2 通信接口参考电路

2.2 注意事项

图 2 展示的为各组件 CAN 通信接口参考电路，设计时注意以下几点：

- 1) ESD 保护电路设计需考虑电源线与通信线发生短路时，不会导致 ESD 保护器件

MOTINOVA	文件名称：MOTINOVA E-Bike 电气系统应用通信协议		密级：公开
	文件编号：TT-SCP-001	版本：V4. 6. 1	共 23 页 第 5 页

被击穿，电源线最高电压按照 48V 系统最高工作电压 54.6V 测试；

2) 终端匹配电阻设计在 BMS 和 PBU/OBC 内部，其它部件预留；

3) BMS 需考虑通信接口电气隔离设计。

3 通信协议规则

3.1 软件配置

CAN 控制器推荐配置如下：

时钟频率：2000 KHz

SJW：1

BS1：6

BS2：1

波特率： 250 Kbps

3.2 数据帧封装格式

所有传输的数据按照标准帧进行封装，将传输数据按顺序填入数据帧中。以下对数据帧格式、ID 分配、分包方式进行介绍。

3.2.1 数据帧格式

协议描述了每帧数据内容，包括帧头、帧模式、命令段长度、命令字、数据段、校验位、帧尾。每帧格式如下：

表2 数据帧格式

帧头	帧模式	命令段长度	命令字	数据段	校验位	帧尾
55 AA	读/写/上报	LENGTH	COMMAND	DATA	CRC	F0

其中：

1) 帧头固定为 0x55 0xAA，帧尾固定为 0xF0；

2) 帧模式包含读 0x11，写 0x16，和上报 0x0C，任何设备收到写指令时，需根据数据来源发送通用反馈指令；

3) LENGTH 命令段总长度，占用 1 字节，有效值为 0x02~0xFF；

4) COMMAND 为命令字，占用 2 个字节，第 1 字节为命令字序号，第 2 字节为数据段长度；

5) DATA 为数据段，长度为 LENGTH - 2；

6) CRC 为校验位，占用 4 字节，由帧头开始，CAN_ID 插入到帧头和帧模式之间，计算到数据段最后一个字节，计算方法见附录 1，计算结果高字节在前，如：

MOTINOVA	文件名称：MOTINOVA E-Bike 电气系统应用通信协议		密级：公开	
	文件编号：TT-SCP-001	版本：V4. 6. 1	共 23 页 第 6 页	

CAN_ID 为 0x0712，数据帧为 55 AA 11 03 22 01 00 CRC1 CRC2 CRC3 CRC4 F0，CRC 计算函数输入数据为 55 AA 07 12 11 03 22 01 00，计算结果依次由高到低写入 CRC1、CRC2、CRC3、CRC4；

7) 数据段发送时，采用小端模式。

3.2.2 ID 分配

表3 ID 分配

MC	Target	广播	MC	BMS	OBC	CDL
	CAN ID	0x710		0x712	0x713	0x715
BMS	Target	广播	MC	BMS	OBC	CDL
	CAN ID	0x720	0x721		0x723	0x725
OBC	Target	广播	MC	BMS	OBC	CDL
	CAN ID	0x730	0x731	0x732		0x735
CDL	Target	广播	MC	BMS	OBC	CDL
	CAN ID	0x750	0x751	0x752	0x753	

3.2.3 分包方式

对于长度超过 8bytes 的数据帧，按照 8+N 的方式分包，每个数据包填入相同的 ID 号，如下表所示：

表4 封装方式

包序号	1				N	
内容	ID	Byte1~Byte8	ID	Byte1~Byte8	ID	Byte1~ByteN

4 通信内容

4.1 MC 命令字定义

表5 MC 命令字定义

ID	模式	命令字	功能	数据段	备注
广播指令					
0x710	0x0C	0x1020	MC 运行信息 (收到 PBU/OBC 控制指令时返回)	车速:2bytes 输出转速:2bytes 电功率:2bytes 母线电压:2bytes 母线电流:2bytes 踢频:1byte 踩踏力矩:1byte 踩踏方向:1byte 助力档位:1byte	0.1km/h 1rpm 1W 1mV 1mA 1rpm 1N.m 0-正, 1-反, 2-停止 0x00: OFF 0x01: 力矩 ECO 0x02: 力矩 NORM 0x03: 力矩 SPORT

				大灯状态:1byte 剩余电量:1byte 续航里程:2bytes ODO 里程:2bytes 平均功耗:1byte PCB 温度:1bytes 绕组温度:1bytes MCU 温度:1bytes 开机后骑行里程:2bytes 开机后骑行时间:2byte 预留:3bytes 变速器状态:1byte	0x04: 力矩 TURBO 0x05: 力矩预留 0x22: 推行模式 0x33: 智能模式 0xF0-关, 0xF1-开 1%, 无效为 0xFF 1km, 无效为 0xFFFF 1km 0.01Ah/km, 无效为 0xFF +40℃ +40℃ +40℃ 0.1km 1s 0x00 高 3 位: 变速器工作 模式: 0x1-关机模式/初始 化 0x2-手动模式 0x4-自动模式 低 5 位: 变速器当前 档位 (1-32) /变速 比 无变速器时, 填充 0xF0
0x710	0x0C	0x1104	MC 故障码 (存在故障时 200ms 自动发 送, 故障消失后 停止发送)	0: 无故障 低 16 位: 0x0001: 过流保护 0x0002: 低压保护 0x0004: 过压保护 0x0008: 堵转保护 0x0010: 过热保护 0x0020: SPS 故障 0x0040: TQS 故障 0x0080: 霍尔故障 0x0100: 马达缺相 0x0200: NTC 故障 0x0400: BMS 校验失 败 0x0800: HMI 校验失	按位或输出, 0-正 常, 1-故障, 未描述 的故障位填 0

				败 0x1000:PBU/OBC 校验失败 0x2000:MCU 故障 0x4000:踏频故障 0x8000:指拨故障 高 16 位: 0x0001:MOS 短路 0x0002:电压异常 0x0004:电路故障 0x0008:TE 故障 0x0010:TE 电路故障 0x0020:MC 校验失败 0x0040:马达失速故障 0x0080:预留故障 3	
0x710	0x0C	0x1240	电机版本信息 (返回指令)	ASCII 字符	排列顺序为: MODEL、SN、HW、FW; 每条信息长度为 16 bytes, 结束符为 ' . ', 无效填充 0x20 FW 命名格式为 Vxrxrx_YYYYMMDD
0x710	0x0C	0x1305	关机就绪 (返回指令)	ASCII 字符	READY
0x710	0x0C	0x1510	骑行历史信息 (返回指令)	ODO 里程: 4bytes ODO 时间: 4bytes TRIP 里程: 4bytes TRIP 时间: 4bytes	0.1km 1min 0.1km 1min
0x710	0x0C	0x1720	软件标识说明	ASCII 字符	结束符为 ' . ', 无效填充 0x20
发送给 BMS					
0x712	0x11	0x3009	BMS 在线检测 (主动发送, 收到返回或超时停止)	ASCII 字符	HANDSHAKE
发送给 OBC					
0x713	0x11	0x5009	OBC 在线检测 (主动发送, 收到返回或超时停止)	ASCII 字符	HANDSHAKE

0x713	0x0C	0x5303	通用反馈指令 (返回指令)	ASCII 字符	ACK
0x713	0x0C	0x5408	返回OBC用户参数	轮胎默认周长:1byte 启动模式:1byte 限速:1byte 周长微调:1byte 预留:2bytes 限速微调值:1byte 预留:1bytes	1cm 1-柔和, 2-正常, 3-强劲 1km/h ±10cm, 有符型填充 0x00(兼容大牙盘) 有符型, 1km/h 填充 0x00
0x713	0x0C	0x5510	返回变速器参数	校准状态:1byte 手动模式档位数量:1byte 自动模式最低踏频:1byte 自动模式最高踏频:1byte 自动关机时间:1byte 版本代号:1byte 预留 10bytes	0x00: 校准完成或无需校准 0x01: 请求校准 0x02: 提示转动车轮 5-24, 默认为 9 30-50, 默认为 50 60-120, 默认为 120 5-255, 单位 min, 默认为 5 0-255 填充 0x00
0x713	0x0C	0x5620	返回骑行参数	ECO 助力比增益:1byte ECO 助力加速度增益:1byte NORM 助力比增益:1byte NORM 助力加速度增益:1byte SPORT 助力比增益:1byte SPORT 助力加速度增益:1byte TURBO 助力比增益:1byte TURBO 助力加速度增益:1byte SMART 助力比增益:1byte	80%~120% 80%~120% 80%~120% 80%~120% 80%~120% 80%~120%

				SMART 助力加速度增益:1byte	80%~120%
				ECO 最大电流增益:1byte	80%~120%
				ECO 最大力矩增益:1byte	80%~120%
				NORM 最大电流增益:1byte	80%~120%
				NORM 最大力矩增益:1byte	80%~120%
				SPORT 最大电流增益:1byte	80%~120%
				SPORT 最大力矩增益:1byte	80%~120%
				TURBO 最大电流增益:1byte	80%~120%
				TURBO 最大力矩增益:1byte	80%~120%
				SMART 最大电流增益:1byte	80%~120%
				SMART 最大力矩增益:1byte	80%~120%
				预留:12bytes	0x00
发送给 CDL					
0x715	0x0C	0xA230	运行历史 1 (返回指令)	开机次数:4bytes	次
				使用时间:4bytes	1min
				过流保护:2bytes	次
				低压保护:2bytes	次
				过压保护:2bytes	次
				堵转保护:2bytes	次
				过热保护:2bytes	次
				SPS 故障:2bytes	次
				TQS 故障:2bytes	次
				霍尔故障:2bytes	次
				马达缺相:2bytes	次
				NTC 故障:2bytes	次
				BMS 校验失败:2bytes	次
				HMI 校验失败:2bytes	次
				PBU 校验失败:2bytes	次
				PCB 最高温度:1byte	+40℃

MOTINOVA		文件名称：MOTINOVA E-Bike 电气系统应用通信协议			密级：公开	
		文件编号：TT-SCP-001		版本：V4. 6. 1	共 23 页 第 11 页	
				PCB 最低温度:1byte 预留:4bytes 绕组最高温度:1byte 绕组最低温度:1byte MCU 最高温度:1byte MCU 最低温度:1byte 预留:4bytes	+40℃ 填充 0x00 +40℃ +40℃ +40℃ +40℃ 填充 0x00	
0x715	0x0C	0xAC10	运行历史 2 (返回指令)	MCU 故障次数:2bytes 踏频故障次数:2bytes 指拨故障次数:2bytes MOS 短路次数:2bytes 电压异常次数:2bytes 电路异常次数:2bytes TE MCU 异常次数:2bytes TE 电路异常次数:2bytes	次 次 次 次 次 次 次 次	

4.2 BMS 命令字定义

表6 BMS 命令字定义

ID	模式	命令字	功能	数据段	备注
广播指令					
0x720	0x0C	0x1010	电池运行信息 (返回指令)	电压:2bytes 平均电流:2bytes 剩余容量:2bytes 满充容量:2bytes 电芯温度:1byte 剩余电量:1byte 运行状态:1byte (按位或输出)	1mV 1mA，有符型，放电为负，充电为正 1mAh 1mAh +40℃ 0~100% 0x00:休眠 0x01:充电器接入 0x02:预留 0x04:预留

				SOH:1byte 循环次数:2bytes 剩余充电时间:2bytes	0x08:预留 0x10:预留 0x20:预留 0x40:预留 0x80:预留 0~100% 次 1min
0x720	0x0C	0x1120	电芯电压 (返回指令)	Cell_1:2bytes Cell_16:2bytes 不足部分填充 0x00	1mV 1mV
0x720	0x0C	0x1204	BMS 故障码 (存在故障时 200ms 自动发送, 故障消失后 停止发送)	高 16 位: 0x0001: 充电过压警告 0x0002: 放电低压警告 0x0004: 充电过流警告 0x0008: 放电过流警告 0x0010: 充电高温警告 0x0020: 充电低温警告 0x0040: 放电高温警告 0x0080: 放电低温警告 0x0100: MOS 高温警告 低 16 位: 0x0001: 二级放电过流保护 0x0002: 充电过流保护 0x0004: 短路保护 0x0008: 过放保护 0x0010: 过充保护 0x0020: 放电低温保护 0x0040: 放电高温保护	按位或输出, 0-正常, 1-故障

				0x0080: 充电低温保护 0x0100: 充电高温保护 0x0200: 放电 MOS 故障 0x0400: 充电 MOS 故障 0x0800: 温度传感器故障 0x1000: 预留 0x2000: 一级过流保护 0x4000: AFE 故障 0x8000: MCU 故障	
0x720	0x0C	0x1308	关机指令 (主动发送, 收到返回或超时停止)	ASCII 字符	常按开关键 3s 或监测到母线电流小于 50mA 且 CAN 总线空闲持续 30min 后, 执行发送 SHUTDOWN, 延时 1s 后, 关闭放电开关
0x720	0x0C	0x1410	电池设计信息 (返回指令)	设计容量: 2bytes 设计电压: 1byte 电芯型号: 8bytes 电芯数量: 1byte 预留: 4bytes	1mAh 1V ASCII, 0x2E 结束, 无效填充 0x20 个 填充 0x00
0x720	0x0C	0x1540	电池版本信息 (返回指令)	ASCII 字符	排列顺序为: MODEL、SN、HW、FW; 每条信息长度为 16 bytes, 结束符为 ' ', 无效填充 0x20; FW 命名格式为 Vxrxx_YYYMMDD.
0x720	0x0C	0x1810	用户使用记录 (返回指令)	电芯最高温: 1byte 电芯最低温: 1byte 最近充电间隔时间: 2bytes 最大充电间隔时间: 2bytes 预留: 10bytes	+40℃ +40℃ 小时 小时 填充 0x00
发送给 MC					
0x721	0x0C	0x3005	在线检测反馈	ASCII 字符	READY

MOTINOVA		文件名称：MOTINOVA E-Bike 电气系统应用通信协议			密级：公开
		文件编号：TT-SCP-001		版本：V4. 6. 1	共 23 页 第 14 页
			(返回指令)		
发送给 CDL					
0x725	0x0C	0x5028	电池BMS历史信息 (返回指令)	电芯最高温:1byte 电芯最低温:1byte 最大放电电流:2bytes 最大充电电流:2bytes 循环次数:2bytes 最近充电间隔时间:2bytes 最大充电间隔时间:2bytes 充电过流保护次数:2bytes 放电过流保护次数:2bytes 过充保护次数:2bytes 过放保护次数:2bytes 短路保护次数:2bytes 充电低温保护次数:2bytes 充电高温保护次数:2bytes 放电低温保护次数:2bytes 放电高温保护次数:2bytes 运行时间:4bytes SOH:1byte 预留:5bytes	+40℃ +40℃ 无符型，单位 1mA 无符型，单位 1mA 次 小时 小时 次 次 次 次 次 次 次 次 次 次 次 1min 0~100% 填充 0x00
4. 3 OBC 命令字定义					
表7 OBC 命令字定义					
ID	模式	命令字	功能	数据段	备注
广播指令					
0x730	0x0C	0x1008	关机指令 (主动发送，收到返回或超时停止)	ASCII 字符	SHUTDOWN，收到 MC、HMI 的 READY 或超时 1s 后，关闭开机信号

0x730	0x0C	0x1140	OBC 版本信息 (返回指令)	ASCII 字符	排列顺序为: MODEL、 SN、HW、FW; 每条信息长度为 16 bytes, 结束符为 '.', 无效填充 0x20 FW 命名格式为 Vxrxrx_YYYYMMDD
0x730	0x0C	0x1405	关机就绪 (返回指令)	ASCII 字符	READY
0x730	0x0C	0x1504	OBC 故障代码 (存在故障时 200ms 自动发 送, 故障消失后 停止发送)	高 16 位: 0x0000 低 16 位 0x0000: 无故障 0x0001: +键失效 0x0002: -键失效 0x0004: i 键失效 0x0008: 灯键失效 0x0010: Walk 键失 效 0x0020: 电源键失 效 0x0040: MCU 故障 0x0080: MOS 短路 0x0100: 电压检测 异常 0x0200: HMI 通讯异 常 0x0400: MC 通讯异 常 0x0800: 预留故障 1 0x1000: 预留故障 2 0x2000: 预留 0x4000: 预留 0x8000: 预留	按位或输出, 0-正 常, 1-故障
发送给 MC					
0x731	0x0C	0x3002	控制电机指令 (定时上传)	助力档位: 1byte 大灯状态: 1byte	0x00: OFF 0x01: 力矩 ECO 0x02: 力矩 NORM 0x03: 力矩 SPORT 0x04: 力矩 TURBO 0x05: 力矩预留 0x22: 推行模式 0x33: 智能模式 0xF0-关, 0xF1-开
0x731	0x0C	0x3105	在线检测反馈	ASCII 字符	READY

			(返回指令)		
0x731	0x11	0x3300	OBC 查询用户参数 (主动发送, 收到返回或超时停止)		
0x731	0x16	0x3408	OBC 设置用户参数 (主动发送, 收到返回或超时停止)	周长微调值:1byte 启动模式:1byte 预留:2bytes 限速微调值:1byte 预留:3bytes	有符型, 单位 1cm, ±10.0cm 1-柔和, 2-正常, 3-强劲 填充 0x00 (兼容大牙盘) 有符型, 单位 1km/h, -50~0km/h (OBC 根据仪表需求书设定调节下限, 例如要求最低限速为 12km/h 时, 若电机读取的出厂限速为 25km/h, 则限速调节范围为 -13~0km/h) 填充 0x00
0x731	0x11	0x3500	OBC 查询骑行历史信息 (主动发送, 收到返回或超时停止)		
0x731	0x16	0x3605	OBC 清除电机 TRIP 信息(主动发送, 收到返回或超时停止)	ASCII 字符	CLEAR
0x731	0x11	0x3900	OBC 读取电机版本信息		
0x731	0x16	0x4008	OBC 设置自动变速器工作模式以及传动比或目标踏频(主动发送, 收到返回或超时停止)	工作模式:1byte 手动模式目标档位或自动模式目标踏频:1byte (校准模式填充 0x00) 预留:6bytes	工作模式: 0x3-手动模式 0x4-自动模式 0x8-校准模式 手动模式目标档位: 1-9 自动模式目标踏频: 30-120 填充 0x00
0x731	0x10	0x4100	OBC 查询变速器		

[illegible]

MOTINOVA			文件名称：MOTINOVA E-Bike 电气系统应用通信协议			密级：公开
			文件编号：TT-SCP-001		版本：V4. 6. 1	共 23 页 第 18 页
				TURBO 最大力矩增益:1byte SMART 最大电流增益:1byte SMART 最大力矩增益:1byte 预留:12bytes	80%~120% 80%~120% 80%~120% 0x00	
发送给 BMS						
0x732	0x11	0x5000	查询BMS运行信息 （主动发送，收到返回或超时停止）			
0x732	0x11	0x5100	OBC 查询 BMS 版本信息 （主动发送，收到返回或超时停止）			
0x732	0x11	0x5200	OBC 查询 BMS 设计信息（主动发送，收到返回或超时停止）			
0x732	0x11	0x5300	OBC 查询 BMS 电芯电压（主动发送，收到返回或超时停止）			
0x732	0x11	0x5400	OBC 查询BMS 用户使用记录（主动发送，收到返回或超时停止）			
发送给 CDL						
0x735	0x0C	0x9003	通用反馈指令 （返回指令）	ASCII 字符	ACK	
0x735	0x0C	0x9310	运行历史信息 （返回指令）	运行时间:4bytes 开机次数:4bytes 预留:8bytes	1min 次 填充 0x00	

4.4 CDL 命令字定义

表8 CDL 命令字定义

ID	模式	命令字	功能	数据段	备注
发送给 MC					
0x751	0x11	0x1200	查询电机版本		

			信息		
0x751	0x11	0x1E00	查询电机历史信息		
发送给 BMS					
0x752	0x11	0x3300	查询电池版本信息		
0x752	0x11	0x3400	查询电池运行信息		
0x752	0x11	0x3500	查询电芯电压		
0x752	0x11	0x3600	查询电池设计信息		
0x752	0x11	0x3800	查询电池历史信息		
发送给 OBC					
0x753	0x11	0x5400	查询 PBU/OBC 版本信息		
0x753	0x11	0x5600	查询 PBU/OBC 历史信息		

注: CDL 发送的所有指令均按照定时 200ms 发送, 其中查询指令收到返回的信息或超时 1s 停止发送, 写入指令收到通用反馈指令或超时 1s 停止发送。

5 附录 1: CRC32 计算方法

5.1 CRC32 计算多项式表

```
1. uint32_t Crc32Table[ 256 ] =  
2. {  
3.     0x00000000, 0x04C11DB7, 0x09823B6E, 0x0D4326D9, 0x130476DC, 0x17C56B6B,  
4.     0x1A864DB2, 0x1E475005, 0x2608EDB8, 0x22C9F00F, 0x2F8AD6D6, 0x2B4BCB61,  
5.     0x350C9B64, 0x31CD86D3, 0x3C8EA00A, 0x384FBDBD, 0x4C11DB70, 0x48D0C6C7,  
6.     0x4593E01E, 0x4152FDA9, 0x5F15ADAC, 0x5BD4B01B, 0x569796C2, 0x52568B75,  
7.     0x6A1936C8, 0x6ED82B7F, 0x639B0DA6, 0x675A1011, 0x791D4014, 0x7DDC5DA3,  
8.     0x709F7B7A, 0x745E66CD, 0x9823B6E0, 0x9CE2AB57, 0x91A18D8E, 0x95609039,  
9.     0x8B27C03C, 0x8FE6DD8B, 0x82A5FB52, 0x8664E6E5, 0xBE2B5B58, 0xBAEA46EF,  
10.    0xB7A96036, 0xB3687D81, 0xAD2F2D84, 0xA9EE3033, 0xA4AD16EA, 0xA06C0B5D,  
11.    0xD4326D90, 0xD0F37027, 0xDB056FE, 0xD9714B49, 0xC7361B4C, 0xC3F706FB,  
12.    0xCEB42022, 0xCA753D95, 0xF23A8028, 0xF6FB9D9F, 0xFBB8BB46, 0xFF79A6F1,  
13.    0xE13EF6F4, 0xE5FFE643, 0xE8BCCD9A, 0xEC7DD02D, 0x34867077, 0x30476DC0,  
14.    0x3D044B19, 0x39C556AE, 0x278206AB, 0x23431B1C, 0x2E003DC5, 0x2AC12072,  
15.    0x128E9DCF, 0x164F8078, 0x1B0CA6A1, 0x1FCDDB16, 0x018AEB13, 0x054BF6A4,  
16.    0x0808D07D, 0x0CC9CDCA, 0x7897AB07, 0x7C56B6B0, 0x71159069, 0x75D48DDE,  
17.    0x6B93DDDB, 0x6F52C06C, 0x6211E6B5, 0x66D0FB02, 0x5E9F46BF, 0x5A5E5B08,  
18.    0x571D7DD1, 0x53DC6066, 0x4D9B3063, 0x495A2DD4, 0x44190B0D, 0x40D816BA,  
19.    0xACA5C697, 0xA864DB20, 0xA527FDF9, 0xA1E6E04E, 0xBFA1B04B, 0xBB60ADFC,  
20.    0xB6238B25, 0xB2E29692, 0x8AAD2B2F, 0x8E6C3698, 0x832F1041, 0x87EE0DF6,  
21.    0x99A95DF3, 0x9D684044, 0x902B669D, 0x94EA7B2A, 0xE0B41DE7, 0xE4750050,  
22.    0xE9362689, 0xEDF73B3E, 0xF3B06B3B, 0xF771768C, 0xFA325055, 0xFE34DE2,  
23.    0xC6BCF05F, 0xC27DEDE8, 0xCF3ECB31, 0xCBFFD686, 0xD5B88683, 0xD1799B34,  
24.    0xDC3ABDED, 0xD8FBA05A, 0x690CE0EE, 0x6DCDFD59, 0x608EDB80, 0x644FC637,  
25.    0x7A089632, 0x7EC98B85, 0x738AAD5C, 0x774BB0EB, 0x4F040D56, 0x4BC510E1,  
26.    0x46863638, 0x42472B8F, 0x5C007B8A, 0x58C1663D, 0x558240E4, 0x51435D53,  
27.    0x251D3B9E, 0x21DC2629, 0x2C9F00F0, 0x285E1D47, 0x36194D42, 0x32D850F5,  
28.    0x3F9B762C, 0x3B5A6B9B, 0x0315D626, 0x07D4CB91, 0x0A97ED48, 0x0E560FF,  
29.    0x1011A0FA, 0x14D0BD4D, 0x19939B94, 0x1D528623, 0xF12F560E, 0xF5EE4BB9,  
30.    0xF8AD6D60, 0xFC6C70D7, 0xE22B20D2, 0xE6EA3D65, 0xEBA91BBC, 0xEF68060B,  
31.    0xD727BBB6, 0xD3E6A601, 0xDEA580D8, 0xDA649D6F, 0xC423CD6A, 0xC0E2D0DD,  
32.    0xCDA1F604, 0xC960EBB3, 0xBD3E8D7E, 0xB9FF90C9, 0xB4BCB610, 0xB07DABA7,  
33.    0xAE3AFBA2, 0xAAFBE615, 0xA7B8C0CC, 0xA379DD7B, 0x9B3660C6, 0x9FF77D71,  
34.    0x92B45BA8, 0x9675461F, 0x8832161A, 0x8CF30BAD, 0x81B02D74, 0x857130C3,  
35.    0x5D8A9099, 0x594B8D2E, 0x5408ABF7, 0x50C9B640, 0x4E8EE645, 0x4A4FFBF2,  
36.    0x470CDD2B, 0x43CDC09C, 0x7B827D21, 0x7F436096, 0x7200464F, 0x76C15BF8,  
37.    0x68860BFD, 0x6C47164A, 0x61043093, 0x65C52D24, 0x119B4BE9, 0x155A565E,  
38.    0x18197087, 0x1CD86D30, 0x029F3D35, 0x065E2082, 0x0B1D065B, 0x0FDC1BEC,  
39.    0x3793A651, 0x3352BBE6, 0x3E119D3F, 0x3AD08088, 0x2A97D08D, 0x2056CD3A,  
40.    0x2D15EBE3, 0x29D4F654, 0xC5A92679, 0xC1683BCE, 0xCC2B1D17, 0xC8EA00A0,
```

```
41. 0xD6AD50A5, 0xD26C4D12, 0xDF2F6BCB, 0xDBEE767C, 0xE3A1CBC1, 0xE760D676,  
42. 0xEA23F0AF, 0xEEE2ED18, 0xF0A5BD1D, 0xF464A0AA, 0xF9278673, 0xFDE69BC4,  
43. 0x89B8FD09, 0x8D79E0BE, 0x803AC667, 0x84FBDDBD, 0x9ABC8BD5, 0x9E7D9662,  
44. 0x933EB0BB, 0x97FFAD0C, 0xAFB010B1, 0xAB710D06, 0xA6322BDF, 0xA2F33668,  
45. 0xBCB4666D, 0xB8757BDA, 0xB5365D03, 0xB1F740B4  
46. };
```

5.2 CRC32 计算方法

```
1. uint32_t CRC32_Calculate( uint8_t *pData, uint16_t Length )  
2. {  
3.     uint32_t nReg;  
4.     uint32_t nTemp = 0;  
5.     uint16_t i, n;  
6.  
7.     nReg = 0xFFFFFFFF;  
8.     for ( n = 0; n < Length; n++ )  
9.     {  
10.        nReg ^= (uint32_t) pData[ n ];  
11.        for ( i = 0; i < 4; i++ )  
12.        {  
13.            nTemp = Crc32Table[ ( uint8_t )( ( nReg >> 24 ) & 0xFF ) ];  
14.            nReg <<= 8;  
15.            nReg ^= nTemp;  
16.        }  
17.    }  
18.    return nReg;  
19. }
```

6 附录 2: 警告/故障码列表

当总线上任何一个设备上报警告/故障代码时, 显示设备按照下列规则进行转换后, 在屏幕上依次循环显示代码, 间隔周期为 1s, 显示顺序以接收到代码的先后顺序为准, 当超时 3s 未接受到任何警告/故障代码时恢复原显示界面。

表9 警告/故障码列表

信号来源	显示代码	类型	描述	显示内容	解决办法
MC	10	警告	过流保护	Over Current Protect	5s 后自动恢复
MC	11	警告	低压保护	Under Voltage Protect	电池充电
MC	12	警告	过压保护	Over Voltage Protect	更换正确电池
MC	13	警告	堵转保护	Rotor Locked	关机重启
MC	14	警告	过热保护	Over Heat Protect	关机静置 30min 后使用
MC	15	故障	温度传感器故障	NTC Fault	返修
MC	16	故障	速度传感器故障	Speed Sensor Fault	检查或更换速度传感器
MC	17	故障	力矩传感器故障	Torque Sensor Fault	返修
MC	18	故障	马达霍尔传感器故障	Motor Fault	返修
MC	19	警告	BMS 校验失败	BMS Check Fault	更换电池
MC	20	警告	PBU 校验失败	PBU Check Fault	更换按键
MC	21	警告	HMI 校验失败	HMI Check Fault	更换仪表
MC	22	故障	马达缺相	PhaseLine Fault	返修
MC	23	故障	踏频传感器故障	Cadence Sensor Fault	返修
MC	24	故障	指拨故障	Gas Sensor Fault	更换指拨
MC	25	故障	MOS 短路	MOS Short Circuit	返修
MC	26	故障	电压异常波动	Bus Voltage Abnormal	更换电池
MC	27	故障	处理器故障	MCU Fault	返修
MC	28	故障	电路故障	Circuit Fault	返修
MC	29	故障	TE 故障	TE MCU Fault	返修
MC	30	故障	TE 电路故障	TE Circuit Fault	返修
MC	31	警告	MC 校验失败	MC Check Fault	返修
MC	32	故障	马达失速	Motor Stall	返修
MC	33	故障	预留故障位	-	-
BMS	40	警告	预留故障位	-	-
BMS	41	警告	充电过压警告	Charge Over Voltage Alarm	停止充电或更换充电器
BMS	42	警告	放电低压警告	DisCharge Under Voltage Alarm	及时充电
BMS	43	警告	充电过流警告	Charge Over Current	更换充电器

				Alarm	
BMS	44	警告	放电过流警告	Over Current Alarm	停止骑行后故障消失
BMS	45	警告	充电高温警告	Charge Over Heat Alarm	停止充电
BMS	46	警告	充电低温警告	Charge Low Temperature Alarm	停止充电
BMS	47	警告	放电高温警告	DisCharge Over Heat Alarm	关机静置 30min 后使用
BMS	48	警告	放电低温警告	DisCharge Low Temperature Alarm	建议停止使用
BMS	49	警告	MOS 高温警告	MOS Over Heat Alarm	5s 后自动恢复
OBC	60	故障	+按键失效	+ Key Fault	检查或更换按键
OBC	61	故障	-键失效	- Key Fault	检查或更换按键
OBC	62	故障	i 键失效	- Key Fault	检查或更换按键
OBC	63	故障	Light 键失效	Light Key Fault	检查或更换按键
OBC	64	故障	Walk 键失效	Walk Key Fault	检查或更换按键
OBC	65	故障	电源键失效	Power Key Fault	检查或更换按键
OBC	66	故障	处理器故障	MCU Fault	返修
OBC	67	故障	开关 MOS 短路	MOS Short Circuit	返修
OBC	68	故障	电压检测异常	Voltage Test Fault	返修
OBC	70	故障	MC 通讯异常	MC Communication Fault	检查线路或更换部件
OBC	71	故障	预留故障位 1		
OBC	72	故障	预留故障位 2		