

Welling 中置驱动系统通信协议 (WMC)

[填入文件编号]

编 制: 周雄

审 核: _____

批 准: _____

武汉天腾动力科技有限公司

二〇二二年六月二十九日

修改记录

修改日期	修改人	修改内容	版本号
20220512	周雄	1、引用《MOTINOVA 中置驱动系统通信协议_V3r3_20211014》进行修改, 删除原 MOTINOVA 特有的通信内容, 增加 Welling 电机特有的通信内容, 第一次发布; 2、修改电机控制器的缩写为 WMC, 用以区分 MOTINOVA 控制器; 3、WMC 运行信息中, 删除 ODO 信息, 改为预留; 4、WMC 生产信息中, 将预留的 8byte 用于产品品牌; 5、BMS 运行信息中, 增加 SOH 信息; 6、删除所有 HMI 相关指令。	V1.0.0
20220520	周雄	1、写入马达参数、整车信息、控制器参数、传感器参数、调试参数、助力参数的存储标志由 1 byte 改为 2 bytes。	V1.0.1
20220525	周雄	1、修改助力参数相关的协议和数据格式; 2、增加踏频曲线。	V1.0.2
20220527	周雄	1、写入助力参数时由于内存对齐原因导致控制器接收时数据错位, 增加 2bytes, 填充 0x00	V1.0.3
20220602	周雄	1、电机助力参数增加踏频占比。	V1.0.4
20220621	周雄	1、新增写入传感器标定值的相关指令; 2、整车信息中新增前后灯电压设定值。	V1.0.5
20220629	周雄	1、修改调试模式的参数内容; 2、增加 EEPROM 和 SIP 偏移校准的存储标志。	V1.0.6

Welling 中置驱动系统通信协议 (WMC)

1 系统组成

WMC: 电机控制器 Welling 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

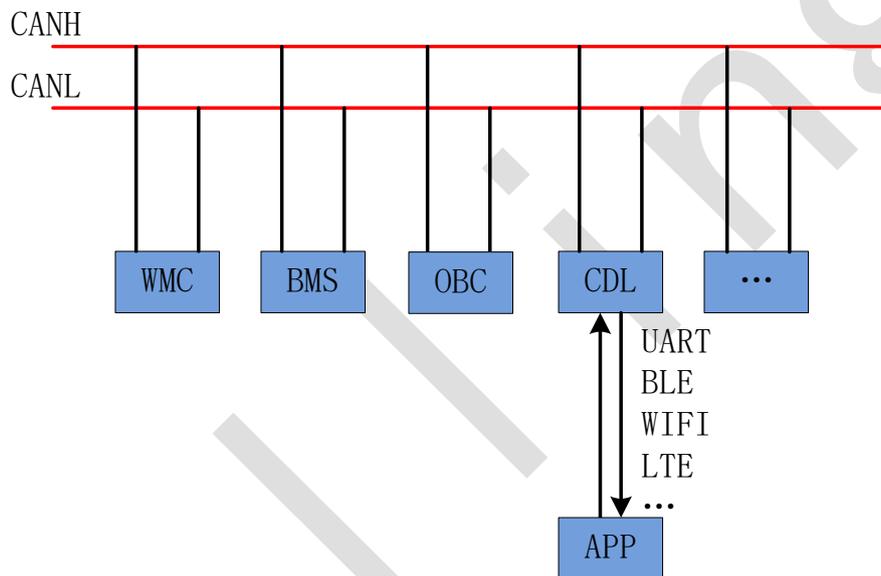


图1 系统通信接口示意图

2 通信协议规则

本协议主要描述 Welling 中置驱动系统各组件之间数据通信格式，只适用于 Welling 中置驱动系统内部组件之间通信。

2.1 硬件接口

接口类型: CAN2.0A

波特率: 250kbps

2.2 数据帧封装格式

2.2.1 数据帧格式

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

表1 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: 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。

2.2.2 ID 分配

表2 ID 分配

WMC	Target	广播	WMC	BMS	OBC	CDL
	CAN ID	0x710	0x711	0x712	0x713	0x715
BMS	Target	广播	MC	BMS	PBU	CDL
	CAN ID	0x720	0x721	0x722	0x723	0x725
OBC	Target	广播	MC	BMS	PBU	CDL
	CAN ID	0x730	0x731	0x732	0x733	0x735
CDL	Target	广播	MC	BMS	PBU	CDL
	CAN ID	0x750	0x751	0x752	0x753	0x754

2.2.3 封装方式

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3 封装方式

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

3 通信内容

3.1 WMC 命令字定义

表4 WMC 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	电机运行信息 (收到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 蹋频:1byte 踩踏力矩:1byte 踩踏方向:1byte 助力档位:1byte 大灯状态:1byte 剩余电量:1byte 续航里程:2bytes 预留: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:4byte	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 0x04: 力矩 TURBO 0x05: 力矩预留 0x11: 蹋频 ECO 0x12: 蹋频 NORM 0x13: 蹋频 SPORT 0x14: 蹋频 TURBO 0x15: 蹋频预留 0x22: 推行模式 0x33: 智能模式 0xF0-关, 0xF1-开 1%, 无效为 0xFF 1km, 无效为 0xFFFF 填充 0x00 0.01Ah/km, 无效为 0xFF +40℃ +40℃ +40℃ 0.1km 1s 填充 0x00
0x710	0x0C	0x1104	电机故障码 (存在故障时)	0:无故障 低 16 位:	按位或输出, 0-正常, 1-故障

			200ms 自动发送, 故障消失后停止发送)	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:速度传感器故障 0x0040:力矩传感器故障 0x0080:霍尔传感器故障 0x0100:马达缺相 0x0200:NTC 故障 0x0400:BMS 校验失败 0x0800:预留故障 1 0x1000:OBC 校验失败 0x2000:MCU 故障 0x4000:踏频传感器故障 0x8000:指拨故障 高 16 位: 0x0001:MOS 短路 0x0002:电压异常 0x0004:电路故障 0x0008:预留故障 2 0x0010:预留故障 3 0x0020:预留故障 4 0x0040:预留故障 5 0x0080:预留故障 6	
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, 接收电池关机指令后返回)	ASCII 字符	READY
0x710	0x0C	0x1401	在线检测结果 (返回指令)	0x00:系统正常 0x01:BMS 离线	按位或输出, 0-在线, 1-离线

				0x02:OBC 离线 0x04:预留 0x08:预留 0x10:预留 0x20:预留 0x40:预留 0x80:预留	
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	软件定制信息 说明	ASCII 字符	结束符为'.', 无 效填充 0x20
0x710	0x0C	0x1808	关机指令 (控制器关机 前发送)	ASCII 字符	SHUTDOWN
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
0x712	0x11	0x3100	查询 BMS 物理 ID (主动发送, 收到返回或超 时停止)		
0x712	0x11	0x3200	查询 BMS 校验码 (主动发送, 收 到返回或超时 停止)		
0x712	0x11	0x3300	查询 BMS 设计信 息 (主动发送, 收 到返回或超时 停止)		
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	0x11	0x5100	查询 OBC 物理 ID (主动发送, 收 到返回或超时		

			停止)		
0x713	0x11	0x5200	查询OBC校验码 (主动发送, 收到返回或超时停止)		
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 助力方案:1byte 预留:3bytes	1cm 1-柔和, 2-正常, 3-强劲 1km/h ±10cm, 有符型 1-2 填充 0x00
发送给 CDL					
0x715	0x0C	0xA408	校验码计算密钥 (返回指令)	密钥:8bytes	ASCII
0x715	0x0C	0xA520	生产信息 (返回指令)	生产商:8bytes 生产地:8bytes 生产日期:8bytes 产品品牌:8bytes	ASCII, 0x2E 结束, 无效填充 0x20 ASCII, 0x2E 结束, 无效填充 0x20 ASCII, YYYYMMDD WELLING.
0x715	0x0C	0xA610	自定义可存储字符串 1 (返回指令)	ASCII 字符	结束符为 0x2E, 无效填充 0x20
0x715	0x0C	0xA710	自定义可存储字符串 2 (返回指令)	ASCII 字符	结束符为 0x2E, 无效填充 0x20
0x715	0x0C	0xA810	自定义可存储字符串 3 (返回指令)	ASCII 字符	结束符为 0x2E, 无效填充 0x20
0x715	0x0C	0xA903	通用反馈指令 (返回指令)	ASCII 字符	ACK
0x715	0x0C	0xAB88	返回存储器指定起始和结束地址的数据	起始地址:4bytes 结束地址:4bytes 数据:128bytes	结束地址-起始地址 <128 时, 填充 0xFF
0x715	0x0C	0xB226	马达信息 (返回指令)	极对数:2bytes 电阻:2bytes d 轴电感:2bytes q 轴电感:2bytes	1-65535 0.1 mOhm 0.01 uH 0.01 uH

				永磁体磁链:2bytes Id 最大值:2bytes Id 最小值:2bytes 额定转速:2bytes 额定功率:2bytes 额定电流:2bytes 额定电压:2bytes 惯量:2bytes 最大转矩:2bytes 预留:12byte	0.001 mWb 0.01 A 0.01 A 1 rpm 1 W 0.01 A 0.1 V $10^{-7} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ 0.1 Nm 填充 0x00
0x715	0x0C	0xB318	整车信息	轮胎周长:2bytes 电控传动比:2bytes 助力最大限速:2bytes 推行模式限速:2bytes 前牙盘 T 数:2bytes 后牙盘 T 数:2bytes 助力方案 1 编号:2bytes 助力方案 2 编号:2bytes 前后灯电压:2bytes 预留:6bytes	1 cm 0.1 1 km/h 1 km/h 1 1 每 2 bit 代表 1 个档位的助力曲线, 由低到高依次表示 1-5 档 2 bit 代表 1 个档位的助力曲线, 由低到高依次表示 1-5 档 高位: 前灯, 6:6V, 12:12V 低位: 后灯, 6:6V, 12:12V 填充 0x00
0x715	0x0C	0xB420	控制器参数	位置传感器零点:2bytes 位置传感器当前零点:2bytes 峰值电流:2bytes 电流保护阈值:2bytes 最高档电压保护阈值:2bytes 最高档欠压保护阈值:2bytes 超速保护阈值:2bytes	Q14 Q14 0.01 A 0.01 A 0.1 V 0.1 V 1 rpm

				温度保护阈 值:2bytes	1 Ce
				温度保护恢复阈 值:2bytes	1 Ce
				温度降额启动阈 值:2bytes	1 Ce
				预留:12bytes	填充 0x00
0x715	0x0C	0xB528	传感器参数	力矩传感器出厂零 点值:2bytes	Q12
				力矩传感器历史零 点值 1:2bytes	Q12
				力矩传感器历史零 点值 2:2bytes	Q12
				力矩传感器历史零 点值 3:2bytes	Q12
				力矩传感器最新零 点值:2bytes	Q12
				力矩传感器最大转 矩:2bytes	0.1 Nm
				第一阶段转矩点加 载值:2bytes	0.1 Nm
				第一阶段转矩点采 集值:2bytes	Q12
				第二阶段转矩点加 载值:2bytes	0.1 Nm
				第二阶段转矩点采 集值:2bytes	Q12
				第三阶段转矩点加 载值:2bytes	0.1 Nm
				第三阶段转矩点采 集值:2bytes	Q12
				第四阶段转矩点加 载值:2bytes	0.1 Nm
				第四阶段转矩点采 集值:2bytes	Q12
				踏频传感器一圈脉 冲数:2bytes	1
				车速传感器一圈脉 冲数:2bytes	1
				预留:8bytes	填充 0x00
0x715	0x0C	0xB64C	助力参数	零速启动增 益:2bytes	0.1
				巡航启动增 益:2bytes	0.1

				助力转矩曲线编号: 2bytes	助力转矩曲线编号 1-15
				助力踏频曲线编号: 2bytes	助力踏频曲线编号 1-5
				转矩曲线 a: 4bytes	
				转矩曲线 b: 4bytes	
				转矩曲线 c: 4bytes	
				转矩曲线 d: 4bytes	
				踏频曲线 a: 4bytes	
				踏频曲线 b: 4bytes	
				踏频曲线 c: 4bytes	
				踏频曲线 d: 4bytes	
				助力启动阈值: 2bytes	0.1 Nm
				助力停止阈值: 2bytes	0.1 Nm
				启动时电流增长阶梯: 2bytes	Q14
				启动对应踏频脉冲数: 2bytes	1
				转矩滤波对应踏频脉冲数: 2bytes	1
				待速转速: 2bytes	1 rpm
				待速最大电流: 2bytes	0.01 A
				车速限幅启动阈值: 2bytes	0.1 km
				车速限幅停止阈值: 2bytes	0.1 km
				踏频占比: 2bytes	
				预留: 16bytes	填充 0x00
0x715	0x0C	0xB74C	历史信息	开机次数: 2bytes	1
				使用时间 H: 2bytes	1 min
				使用时间 L: 2bytes	1 min
				NTC 温度传感器最高温: 2bytes	1 Ce

				NTC 温度传感器最 低温:2bytes 硬件过流保护次 数:2bytes 软件过流保护次 数:2bytes 过温保护次 数:2bytes 堵转次数:2bytes 缺相次数:2bytes 过压次数:2bytes 欠压次数:2bytes 通讯超时次 数:2bytes 平均功耗 1:2bytes 平均功耗 2:2bytes 平均功耗 3:2bytes 平均功耗 4:2bytes 平均功耗 5:2bytes ODO 里程 H:2bytes ODO 里程 L:2bytes ODO 时间 H:2bytes ODO 时间 L:2bytes TRIP 里程 H:2bytes TRIP 里程 L:2bytes TRIP 时间 H:2bytes TRIP 时间 L:2bytes 力矩传感器故障次 数:2bytes 踏频传感器故障次 数:2bytes 车速传感器故障次 数:2bytes 位置传感器故障次 数:2bytes 预留:16bytes	1 Ce 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0.01 Ah/km 0.01 Ah/km 0.01 Ah/km 0.01 Ah/km 0.01 Ah/km 0.1 km 0.1 km 1 min 1 min 0.1 km 0.1 km 1 min 1 min 1 1 1 1 填充 0x00
0x715	0x0C	0xB83A	调试参数	整体运行模 式:2bytes 位置获取模 式:2bytes 采样模式:2bytes 旋转方向:2bytes 定位电流:2bytes 拖拽电压:2bytes	

				拖拽电流:2bytes 拖拽频率:2bytes 加速斜率:2bytes 减速斜率:2bytes 转速环控制器带 宽:2bytes 转速环控制器 m:2bytes 电流环控制器带 宽:2bytes 电流环控制器 m:2bytes 磁链观测器带 宽:2bytes 磁链观测器 m:2bytes 锁相环带 宽:2bytes 锁相环 m:2bytes 惯量:2bytes PWM 最大占空 比:2bytes PWM 七段式切五段 式阈值:2bytes 功率限幅 值:2bytes 功率 Error:2bytes 功率限幅 Kp:2bytes 功率限幅 Ki:2bytes 预留:8bytes	填充 0x00
0x715	0x0C	0xB904	存储标志	EEPROM 存储 FLAG:2bytes SIP 偏置校准 FLAG:2bytes	0-未存储, 1-已存储 0-未存储, 1-已存储

3.2 BMS 命令字定义

表5 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	1mV 1mA, 有符型, 放电 为负, 充电为正

				剩余容量:2bytes 1mAh 满充容量:2bytes 1mAh 电芯温度:1byte +40℃ 剩余电量:1byte 0~100% 运行状态:1byte 0x00:休眠 (按位或输出) 0x01:充电器接入 0x02:预留 0x04:预留 0x08:预留 0x10:预留 0x20:预留 0x40:预留 0x80:预留 SOH:1byte 0~100% 预留:5bytes 填充 0x00	
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	按位或输出, 0-正 常, 1-故障

				0x0040:放电高温保护 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 0x1000:一级过流警告 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	0x160C	电池物理 ID (返回指令)	ID:12bytes	不足位填充 1
0x720	0x0C	0x170C	电池校验码 (返回指令)	校验码:12bytes	
发送给 WMC					
0x721	0x0C	0x3005	在线检测反馈 (返回指令)	ASCII 字符	READY

3.3 OBC 命令字定义

表6 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	0x120C	OBC 物理 ID (返回指令)	ID:12bytes	不足位填充 1
0x730	0x0C	0x130C	OBC 校验码 (返回指令)	校验码:12bytes	
0x730	0x0C	0x1405	关机就绪 (返回指令)	ASCII 字符	READY
发送给 WMC					

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 0x11: 踢频 ECO 0x12: 踢频 NORM 0x13: 踢频 SPORT 0x14: 踢频 TURBO 0x15: 踢频预留 0x22: 推行模式 0x33: 智能模式 0xF0-关, 0xF1-开
0x731	0x0C	0x3105	在线检测反馈 (返回指令)	ASCII 字符	READY
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 助力方案:1byte 预留:6bytes	有符型, 单位 1cm, ±10.0cm 1-柔和, 2-正常, 3- 强劲 1-2 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		

3.4 CDL 命令字定义

表7 CDL 命令字定义

ID	模式	命令字	功能	数据段	备注
发送给 WMC					

0x751	0x11	0x1000	查询电机校验码密钥		
0x751	0x16	0x1108	写入电机校验码密钥		
0x751	0x11	0x1200	查询电机版本信息		
0x751	0x11	0x1300	查询自定义可存储字符串 1		
0x751	0x16	0x1410	写入自定义可存储字符串 1	ASCII 字符	结束符为 0x2E, 无效填充 0x20
0x751	0x11	0x1500	查询自定义可存储字符串 2		
0x751	0x16	0x1610	写入自定义可存储字符串 2	ASCII 字符	结束符为 0x2E, 无效填充 0x20
0x751	0x11	0x1700	查询自定义可存储字符串 3		
0x751	0x16	0x1810	写入自定义可存储字符串 3	ASCII 字符	结束符为 0x2E, 无效填充 0x20
0x751	0x16	0x1901	写入电机工作模式	工作模式:1byte	0-运行, 1-配置
0x751	0x11	0x1E00	查询电机历史信息		
0x751	0x11	0x1F00	查询电机生产信息		
0x751	0x11	0x2100	查询设备在线检测结果		
0x751	0x16	0x2210	写入电机 Model (仅供生产商写入)	ASCII 字符	结束符为 0x2E, 无效填充 0x20
0x751	0x16	0x2310	写入电机 SN (仅供生产商写入)	ASCII 字符	结束符为 0x2E, 无效填充 0x20
0x751	0x16	0x2420	写入生产信息 (仅供生产商写入)	生产商:8bytes 生产地:8bytes 生产日期:8bytes 产品品牌:8bytes	ASCII, 0x2E 结束, 无效填充 0x20 ASCII, 0x2E 结束, 无效填充 0x20 ASCII, YYYYMMDD WELLING.
0x751	0x16	0x2505	复位指令	ASCII 字符串	RESET
0x751	0x16	0x2605	系统清除	ASCII 字符串	CLEAR
0x751	0x16	0x2708	参数还原	ASCII 字符串	RECOVERY
0x751	0x16	0x2802	控制指令	助力档位:1byte	0x00: OFF 0x01: 力矩 ECO

				大灯状态:1byte	0x02: 力矩 NORM 0x03: 力矩 SPORT 0x04: 力矩 TURBO 0x22: 推行模式 0x33: 智能模式 0xF0-关, 0xF1-开
0x751	0x16	0x2C01	设置电机转速百分比	百分比:1byte	5~100
0x751	0x11	0x2D08	读取存储器指定地址数据	起始地址:4bytes 结束地址:4bytes	读取数据大小≤128Bytes
0x751	0x11	0x2E00	查询骑行历史信息		
0x751	0x16	0x3909	历史信息清除	ASCII	LOG CLEAR
0x751	0x11	0x3A00	读取马达信息		
0x751	0x16	0x3B28	写入马达信息	存储标志:2bytes 极对数:2bytes 电阻:2bytes d 轴电感:2bytes q 轴电感:2bytes 永磁体磁链:2bytes Id 最大值:2bytes Id 最小值:2bytes 额定转速:2bytes 额定功率:2bytes 额定电流:2bytes 额定电压:2bytes 惯量:2bytes 最大转矩:2bytes 预留 0:12byte	0-不存储, 1-存储 1-65535 0.1 mOhm 0.01 uH 0.01 uH 0.001 mWb 0.01 A 0.01 A 1 rpm 1 W 0.01 A 0.1 V 10^{-7} kg*m ² 0.1 Nm 填充 0x00
0x751	0x11	0x3C00	读取整车信息		
0x751	0x16	0x3D1A	写入整车信息	存储标志:2bytes 轮径:2bytes 电控传动比:2bytes 助力最大限速:2bytes 推行模式限速:2bytes 前牙盘 T 数:2bytes 后牙盘 T 数:2bytes 助力方案 1 编号:2bytes	0-不存储, 1-存储 1 cm 0.1 1 km/h 1 km/h 1 1 每 2 bit 代表 1 个档位的助力曲线, 由低

				助力方案 2 编号:2bytes 前后灯电压:2bytes 预留:6bytes	到高依次表示 1-5 档 2 bit 代表 1 个档位的助力曲线, 由低到高依次表示 1-5 档 高位: 前灯, 6:6V, 12:12V 低位: 后灯, 6:6V, 12:12V 填充 0x00
0x751	0x11	0x3E00	查询控制器参数		
0x751	0x16	0x3F22	写入控制器参数	存储标志:2bytes 位置传感器零点:2bytes 位置传感器当前零点:2bytes 峰值电流:2bytes 电流保护阈值:2bytes 最高档电压保护阈值:2bytes 最高档欠压保护阈值:2bytes 超速保护阈值:2bytes 温度保护阈值:2bytes 温度保护恢复阈值:2bytes 温度降额启动阈值:2bytes 预留:12bytes	0-不存储, 1-存储 Q14 Q14 0.01 A 0.01 A 0.1 V 0.1 V 1 rpm 1 Ce 1 Ce 1 Ce 填充 0x00
0x751	0x11	0x4000	查询传感器参数		
0x751	0x16	0x4104	写入力矩传感器加载值	标定点序号:2ytes 加载值:2bytes	1 0.1 Nm
0x751	0x16	0x420E	写入传感器参数	存储标志:2bytes 踏频传感器一圈脉冲数:2bytes 车速传感器一圈脉冲数:2bytes 预留:8bytes	0-不存储, 1-存储 1 1 填充 0x00
0x751	0x11	0x4304	查询助力参数	助力转矩曲线编	1

				车速限幅停止阈 值:2bytes 频率占比:2bytes 预留:1bytes	0.1 km 填充 0x00
0x751	0x11	0x4500	查询调试参数		
0x751	0x16	0x463C	写入调试参数	存储标志:2bytes 整体运行模 式:2bytes 位置获取模 式:2bytes 采样模式:2bytes 旋转方向:2bytes 定位电流:2bytes 拖拽电压:2bytes 拖拽电流:2bytes 拖拽频率:2bytes 加速斜率:2bytes 减速斜率:2bytes 转速环控制器带 宽:2bytes 转速环控制 m:2bytes 电流环控制器带 宽:2bytes 电流环控制 m:2bytes 磁链观测器带 宽:2bytes 磁链观测器 m:2bytes 锁相环带 宽:2bytes 锁相环 m:2bytes 惯量:2bytes PWM 最大占空 比:2bytes PWM 七段式切五段 式阈值:2bytes 功率限幅 值:2bytes 功率 Error:2bytes 功率限幅 Kp:2bytes 功率限幅	0- 不存储, 1-存储

				Ki:2bytes 预留:8bytes	填充 0x00
0x751	0x16	0x472E	写入力矩传感器参数	存储标志:2bytes 出厂零点:2bytes 历史零点 1:2bytes 历史零点 2:2bytes 历史零点 3:2bytes 最新零点:2bytes 最大扭矩:2bytes 第一阶段加载值:2bytes 第一阶段采集值:2bytes 第二阶段加载值:2bytes 第二阶段采集值:2bytes 第三阶段加载值:2bytes 第三阶段采集值:2bytes 第四阶段加载值:2bytes 第四阶段采集值:2bytes 预留:16bytes	0-不存储, 1-存储 Q12 Q12 Q12 Q12 Q12 0. 1N. m 0. 1N. m Q12 0. 1N. m Q12 0. 1N. m Q12 0. 1N. m Q12 0. 1N. m Q12 填充 0x00
0x751	0x11	0x4800	读取存储标志		
0x751	0x16	0x4906	写入存储标志	存储标志:2bytes EEPROM 存储 FLAG:2bytes SIP 偏置校准存储 FLAG:2bytes	0-不存储, 1-存储 0-未存储, 1-已存储 0-未存储, 1-已存储

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。

4 附录 1: CRC32 计算方法

4.1 CRC32 计算多项式表

```
uint32_t Crc32Table[ 256 ] =
```

```
{
```

```

    0x00000000, 0x04C11DB7, 0x09823B6E, 0x0D4326D9, 0x130476DC, 0x17C56B6B,
    0x1A864DB2, 0x1E475005, 0x2608EDB8, 0x22C9F00F, 0x2F8AD6D6, 0x2B4BCB61,
    0x350C9B64, 0x31CD86D3, 0x3C8EA00A, 0x384FBDBD, 0x4C11DB70, 0x48D0C6C7,
    0x4593E01E, 0x4152FDA9, 0x5F15ADAC, 0x5BD4B01B, 0x569796C2, 0x52568B75,
    0x6A1936C8, 0x6ED82B7F, 0x639B0DA6, 0x675A1011, 0x791D4014, 0x7DDC5DA3,
    0x709F7B7A, 0x745E66CD, 0x9823B6E0, 0x9CE2AB57, 0x91A18D8E, 0x95609039,
    0x8B27C03C, 0x8FE6DD8B, 0x82A5FB52, 0x8664E6E5, 0xBE2B5B58, 0xBAEA46EF,
    0xB7A96036, 0xB3687D81, 0xAD2F2D84, 0xA9EE3033, 0xA4AD16EA, 0xA06C0B5D,
    0xD4326D90, 0xD0F37027, 0xDDB056FE, 0xD9714B49, 0xC7361B4C, 0xC3F706FB,
    0xCEB42022, 0xCA753D95, 0xF23A8028, 0xF6FB9D9F, 0xFBB8BB46, 0xFF79A6F1,
    0xE13EF6F4, 0xE5FFEB43, 0xE8BCCD9A, 0xEC7DD02D, 0x34867077, 0x30476DC0,
    0x3D044B19, 0x39C556AE, 0x278206AB, 0x23431B1C, 0x2E003DC5, 0x2AC12072,
    0x128E9DCF, 0x164F8078, 0x1BOCA6A1, 0x1FCDBB16, 0x018AEB13, 0x054BF6A4,
    0x0808D07D, 0x0CC9CDCA, 0x7897AB07, 0x7C56B6B0, 0x71159069, 0x75D48DDE,
    0x6B93DDDB, 0x6F52C06C, 0x6211E6B5, 0x66D0FB02, 0x5E9F46BF, 0x5A5E5B08,
    0x571D7DD1, 0x53DC6066, 0x4D9B3063, 0x495A2DD4, 0x44190B0D, 0x40D816BA,
    0xACA5C697, 0xA864DB20, 0xA527FDF9, 0xA1E6E04E, 0xBFA1B04B, 0xBB60ADFC,
    0xB6238B25, 0xB2E29692, 0x8AAD2B2F, 0x8E6C3698, 0x832F1041, 0x87EE0DF6,
    0x99A95DF3, 0x9D684044, 0x902B669D, 0x94EA7B2A, 0xE0B41DE7, 0xE4750050,
    0xE9362689, 0xEDF73B3E, 0xF3B06B3B, 0xF771768C, 0xFA325055, 0xFEF34DE2,
    0xC6BCF05F, 0xC27DEDE8, 0xCF3ECB31, 0xCBFFD686, 0xD5B88683, 0xD1799B34,
    0xDC3ABDED, 0xD8FBA05A, 0x690CE0EE, 0x6DCDFD59, 0x608EDB80, 0x644FC637,
    0x7A089632, 0x7EC98B85, 0x738AAD5C, 0x774BB0EB, 0x4F040D56, 0x4BC510E1,
    0x46863638, 0x42472B8F, 0x5C007B8A, 0x58C1663D, 0x558240E4, 0x51435D53,
    0x251D3B9E, 0x21DC2629, 0x2C9F00F0, 0x285E1D47, 0x36194D42, 0x32D850F5,
    0x3F9B762C, 0x3B5A6B9B, 0x0315D626, 0x07D4CB91, 0x0A97ED48, 0x0E56F0FF,
    0x1011A0FA, 0x14D0BD4D, 0x19939B94, 0x1D528623, 0xF12F560E, 0xF5EE4BB9,
    0xF8AD6D60, 0xFC6C70D7, 0xE22B20D2, 0xE6EA3D65, 0xEBA91BBC, 0xEF68060B,
    0xD727BBB6, 0xD3E6A601, 0xDEA580D8, 0xDA649D6F, 0xC423CD6A, 0xC0E2D0DD,
    0xCDA1F604, 0xC960EBB3, 0xBD3E8D7E, 0xB9FF90C9, 0xB4BCB610, 0xB07DABA7,
    0xAE3AFBA2, 0xAAFBE615, 0xA7B8COCC, 0xA379DD7B, 0x9B3660C6, 0x9FF77D71,
    0x92B45BA8, 0x9675461F, 0x8832161A, 0x8CF30BAD, 0x81B02D74, 0x857130C3,
    0x5D8A9099, 0x594B8D2E, 0x5408ABF7, 0x50C9B640, 0x4E8EE645, 0x4A4FFBF2,
    0x470CDD2B, 0x43CDC09C, 0x7B827D21, 0x7F436096, 0x7200464F, 0x76C15BF8,
    0x68860BFD, 0x6C47164A, 0x61043093, 0x65C52D24, 0x119B4BE9, 0x155A565E,
    0x18197087, 0x1CD86D30, 0x029F3D35, 0x065E2082, 0x0B1D065B, 0x0FDC1BEC,
    0x3793A651, 0x3352BBE6, 0x3E119D3F, 0x3AD08088, 0x2497D08D, 0x2056CD3A,
    0x2D15EBE3, 0x29D4F654, 0xC5A92679, 0xC1683BCE, 0xCC2B1D17, 0xC8EA00A0,
    0xD6AD50A5, 0xD26C4D12, 0xDF2F6BCB, 0xDBEE767C, 0xE3A1CBC1, 0xE760D67E,

```

0xEA23F0AF, 0xEED2ED18, 0xFOA5BD1D, 0xF464A0AA, 0xF9278673, 0xFDE69BC4,
0x89B8FD09, 0x8D79E0BE, 0x803AC667, 0x84FBDBD0, 0x9ABC8BD5, 0x9E7D9662,
0x933EB0BB, 0x97FFAD0C, 0xAFB010B1, 0xAB710D06, 0xA6322BDF, 0xA2F33668,
0xBCB4666D, 0xB8757BDA, 0xB5365D03, 0xB1F740B4 };

4.2 CRC32 计算方法

```
uint32_t CRC32_Calculate( uint8_t *pData, uint16_t Length )
{
    uint32_t nReg;
    uint32_t nTemp = 0;
    uint16_t i, n;

    nReg = 0xFFFFFFFF;
    for ( n = 0; n < Length; n++ )
    {
        nReg ^= (uint32_t) pData[ n ];
        for ( i = 0; i < 4; i++ )
        {
            nTemp = Crc32Table[ ( uint8_t ) ( ( nReg >> 24 ) & 0xFF ) ];
            nReg <<= 8;
            nReg ^= nTemp;
        }
    }
    return nReg;
}
```

5 附录 3: 升级协议及流程

5.1 升级流程图

系统 CAN 总线上除 CDL 外所有设备均需通过 CDL 完成升级, 升级流程图如下图所示:

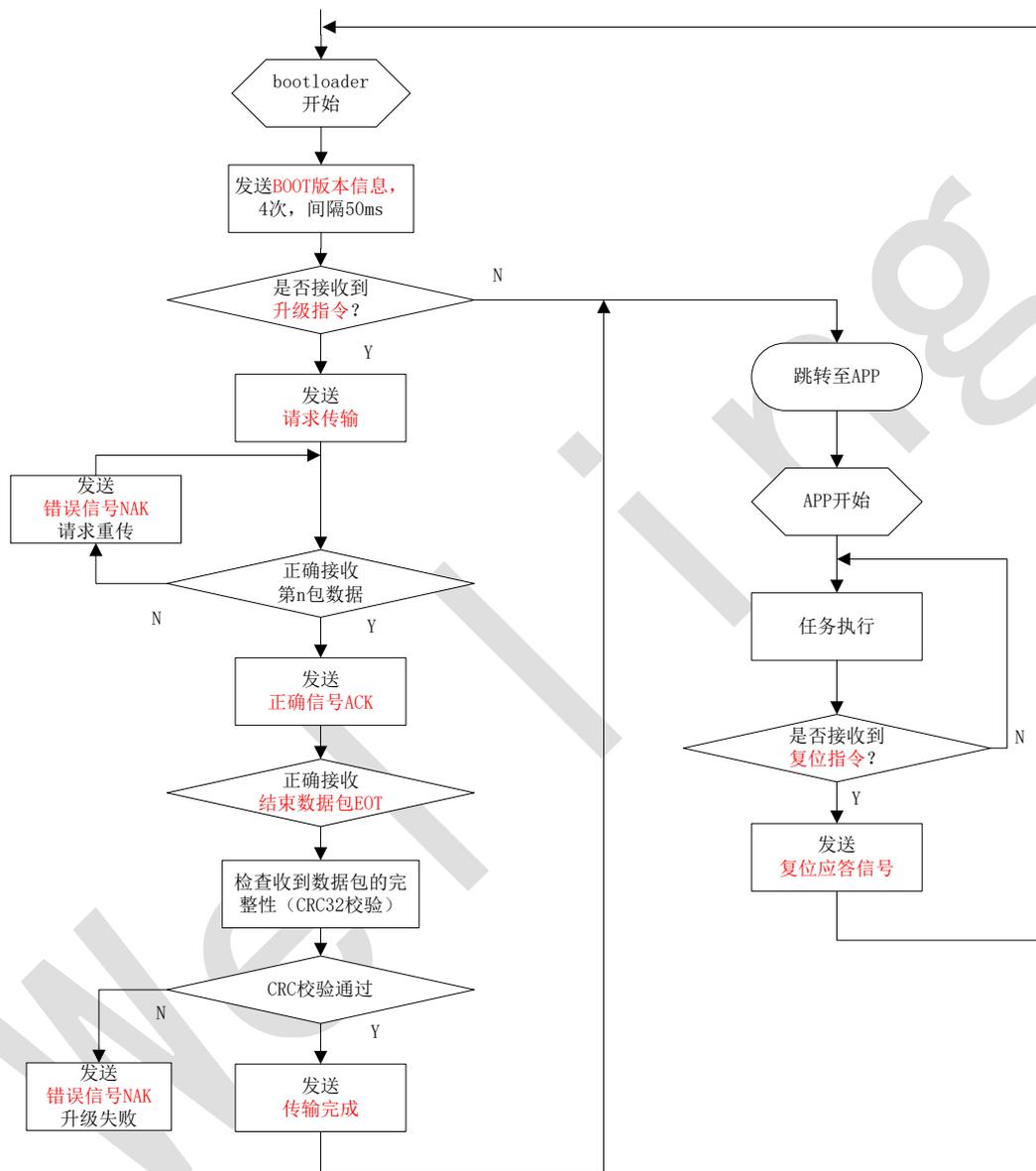


图2 升级流程图

5.2 升级协议

APP 程序中复位指令和复位应答指令参考第 3 章有关 CDL 发送给各设备的复位指令, 以及各设备发送给 CDL 的通用应答指令。

Bootloader 中的协议描述如下:

表8 CDL 发出指令

指令功能	设备名称	ID	模式	命令段长度	命令字	数据段
升级指令	WMC	0x751	0x16	0x0D	0xA10B	ASCII 字符: "WMC_UPD" + 数据包大小 4 字节 (如 78351B, 内容为: 0F 32 01 00)
	BMS	0x752				ASCII 字符: "BMS_UPD" + 数据包大小 4 字节
	OBC	0x753				ASCII 字符: "OBC_UPD" + 数据包大小 4 字节
数据包格式	WMC	0x751	0x16	0x87	0xA385	SOH(01)+序号(1~65535)+总包数(1~65535)+数据(长度 128B, 无效填充 0xFF)
	BMS	0x752				
	OBC	0x753				
结束数据包	WMC	0x751	0x16	0x03	0xA401	EOT(04)
	BMS	0x752				
	OBC	0x753				

表9 设备发出指令

指令功能	设备名称	ID	模式	命令段长度	命令字	数据段
BOOT 版本信息	WMC	0x715	0x0C	0x0B	0xC109	ASCII 字符: "WMC"+"Vx.x.x"
	BMS	0x725				ASCII 字符: "BMS"+"Vx.x.x"
	OBC	0x735				ASCII 字符: "PBU"+"Vx.x.x"
正确信号	WMC	0x715	0x0C	0x04	0xC202	当前包号, 2byte
	BMS	0x725				
	OBC	0x735				
错误信号	WMC	0x715	0x0C	0x04	0xC302	当前包号, 2byte
	BMS	0x725				
	OBC	0x735				
请求传输	WMC	0x715	0x0C	0x04	0xC402	0x00 0x00
	BMS	0x725				
	OBC	0x735				
传输完成	WMC	0x715	0x0C	0x04	0xC502	0x00 0x00
	BMS	0x725				
	OBC	0x735				

6 附录 4: WMC 与模拟骑行设备通信协议

制定本协议前, 已完成 Welling 电机与模拟骑行设备之间的通信调试, 通信协议参考以下内容。

6.1 控制流程

1) 上位机点击握手按钮, 电机返回应答信息, 上位机判断和电机握手成功, 使能对电机的控制和数据采集按钮;

2) 上位机点击开始采集按钮, 电机开始定时发送运行信息, 上位机接收到运行信息后执行显示实时数据、绘制曲线、存储数据等操作;

3) 上位机点击停止采集按钮, 电机停止发送运行信息, 上位机停止显示实时数据;

4) 测试过程中, 可通过上位机调节电机的助力档位, 有 0, 1, 2, 3, 4, Walk 共 6 种模式;

6.2 协议内容

6.2.1 上位机发送握手指令

ID	帧头	模式	命令段长度	命令字	数据段	CRC32	帧尾
0x751	0x55 0xAA	0x10	0x02	0xF000	N/A	CRC32	0xF0

6.2.2 电机返回应答指令

ID	帧头	模式	命令段长度	命令字	数据段	CRC32	帧尾
0x715	0x55 0xAA	0x0C	0x02	0xF000	N/A	CRC32	0xF0

6.2.3 上位机发送开始采集指令

ID	帧头	模式	命令段长度	命令字	数据段	CRC32	帧尾
0x751	0x55 0xAA	0x16	0x03	0xF101	0x00	CRC32	0xF0

6.2.4 上位机发送停止采集指令

ID	帧头	模式	命令段长度	命令字	数据段	CRC32	帧尾
0x751	0x55 0xAA	0x16	0x03	0xF101	0x01	CRC32	0xF0

6.2.5 电机定时发送运行信息指令

ID	帧头	模式	命令段长度	命令字	数据段	CRC32	帧尾
0x715	0x55 0xAA	0x0C	0x14	0xF112	Data	CRC32	0xF0

其中 Data 定义如下:

byte1: 踩踏力矩, 单位 N.m

byte2: 踩踏方向, 0-正向, 1-反向, 2-停止

byte3: 踏频, 单位 rpm

byte4: 助力档位, 0、1、2、3、4、0x22-Walk

byte5: PCB 温度, 偏移 40, 单位 °C, 例如 0 表示 -40 °C

byte6: 绕组温度, 偏移 40, 单位 °C, 例如 0 表示 -40 °C

byte7-byte8: 母线电压, 单位 mV, 低位在前

byte9-byte10: 母线电流, 单位 mA, 低位在前

byte11-byte12: 电机转速, 单位 rpm, 低位在前

byte13-byte14: 车速, 放大 1 倍, 单位 km/h, 低位在前

byte15-byte16: Iq, 数据类型为 int16

byte17: 故障码, 按位表示, 最多 8 个故障类型

byte18: 预留

6.2.6 上位机发送调节电机助力档位指令

ID	帧头	模式	命令段长度	命令字	数据段	CRC32	帧尾
0x751	0x55 0xAA	0x16	0x14	0x2802	Data	CRC32	0xF0

其中 Data 定义如下:

byte1: 助力档位, 0、1、2、3、4、5、0x22-Walk

byte2: 预留

6.2.7 电机发送反馈指令

ID	帧头	模式	命令段长度	命令字	数据段	CRC32	帧尾
0x715	0x55 0xAA	0x0C	0x05	0xA903	"ACK"	CRC32	0xF0