

QEXPAND

说明书

LVM-HA4系列

交流电机控制器

前拓电子科技有限公司

陕西省西安市新城區新園產業大廈 8 樓

郵編：710000

[www.http://www.xianqt.com/](http://www.xianqt.com/)

 仔細閱讀說明！

規格如有變更，恕不另行通知。

®Qexpand 是前拓電子科技有限公司的註冊商標。

©本文所述產品的設計和外觀歸前拓電子科技有限公司所有。

目录

1.概述	1
2.产品安装与布线说明	3
安装控制器	3
功率线缆连接	4
接线端子	4
功率线缆接线建议：所有型号	5
信号线连接	5
信号线布线建议	5
控制器接线：基本配置	8
输入/输出信号规格	9
3.监控菜单	13
4.配置菜单	17
5.初始设置	35
6.调试指南	39
7.故障诊断和排除	42
故障诊断	42
故障排除	43
8.维修和保养	51

1

概述

LVM-HA4 系列交流电机控制器是一款专用于低压交流电机驱动的高性能矢量控制器，可广泛应用于 AGV、电动叉车、电动牵引车、电动特种车、电动观光车、中短途纯电动乘用车的牵引和泵控起升控制。

采用先进的矢量控制算法，实现了对交流电机的速度和转矩的精确控制，满足车辆牵引和泵控起升的工况要求。通过一系列电机负荷试验和车载运行试验，保证了电机运行的稳定性和可靠性。采用多重保护机制来保障用户的使用安全性。可根据用户的实际工况需求对软件进行定制化开发。



图 1 前拓 LVM-HA4 系列交流电机控制器

与所有前拓控制器一样，LVM-HA4 系列可为操作员提供卓越的电机驱动性能。功能包括：

1. 采用汽车级元器件，保证产品的可靠性和环境适应性。
2. 采用矢量控制算法，保证控制的精度和效率，提供最佳的操控感受。
3. 灵敏的微动控制。
4. 高效可控的回馈制动能力，提升持续作业时间。
5. 完善的控制器故障代码显示，坡道防倒溜，欠压、过压、过流、过温、过载等保护功能，保证系统的安

全性和可维护性。

6. 控制器、仪表、手持终端之间通信，运行参数监控、修改，固件升级，均采用 CAN 通信。

7. 可灵活设置调节参数，满足不同的使用工况。可根据用户特定需求进行定制化开发。

表 1 产品规格				
产品型号	LVM24S25HA4	LVM24S35HA4	LVM48S25HA4	LVM48S35HA4
电池电压 (V)	24		48	
2 分钟电流(A)	250	350	250	350
1 小时电流(A)	120	170	120	170
控制器最大输出频率 (Hz)	200			
电机控制方式	带传感器的间接磁场定向矢量控制			
通讯方式	CAN 通讯			
重量	1.66Kg			
终端电阻	控制器内置 120Ω终端电阻			
工作环境温度	-40℃~50℃			
控制器保护温度	85℃~95℃削减输出，超过 95℃停止输出； -40℃~-25℃削减输出，低于-40℃停止输出			
冷却方式	自冷			
防护等级	IP67			
EMC 标准	EN 12895:2015+A1:2019			
安全标准	EN 1175:2020 EN ISO13849-1:2015 UL 583			
环境标准	振动：EN 60068-2-6 冲击：EN 60068-2-27 防护等级：EN 60529			

2

产品安装与布线说明

安装控制器

LVM-HA4 系列控制器的外形和安装孔尺寸见图 2，插头外壳与控制器 35 针插座配合使用时，这些控制器符合 IP67 环境防护要求，可防尘防水。为了防止外部腐蚀和泄漏，应谨慎选择安装位置，尽可能保持控制器清洁干燥。

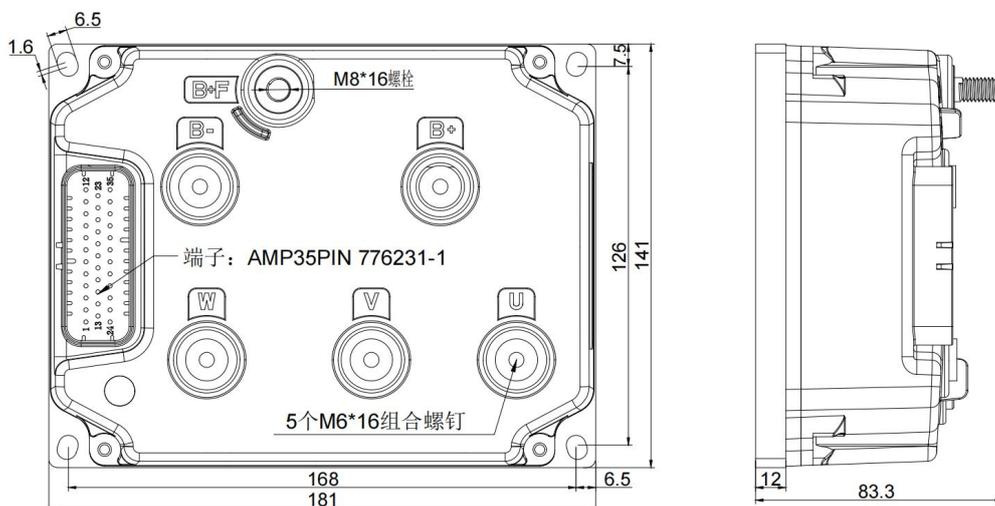


图 2 安装尺寸 LVM-HA4 电机控制器

建议使用四个 M6 的螺栓将控制器固定在干净、平整的金属表面上。可以使用导热硅脂来改善控制器散热片与安装表面之间的热传导。也可额外安装的散热片或风扇冷却。



在电气系统上工作有潜在危险。要防止失控操作、大电流电弧和铅酸电池放气：
失控运行 - 某些情况下会导致电机失控运行。在尝试对电机控制电路进行任何操作之前，请断开电机连接或用千斤顶顶起车辆并使驱动轮离地。

高电流电弧 - 蓄电池可以提供非常高的功率，如果短路就会产生电弧。在电机控制电路上工作之前，一定要断开电池电路。戴上安全眼镜，使用适当的绝缘工具以防止短路。

锂电池 - 充电或放电会产生氢气，氢气会在电池内部和周围积聚。请遵守电池制造商的安全建议。佩戴安全眼镜。

您需要在最终产品的设计和开发过程中采取措施，确保其 EMC 性能符合适用的规则。LVM-HA4 控制器包含 ESD 敏感元件。在连接、断开和处理控制器时要采取适当的预防措施。

功率线缆连接

控制器外壳上有五个功率接线柱，分别标识为 **B+**、**B-**、**U**、**V**、**W**。

表 2 大电流连接	
终端	功能
B+	控制器正极
B-	控制器负极
U	电机相位 U
V	电机相位 V
W	电机相位 W

接线端子

提供五个 M6 铝质接线柱。接线片的安装方法如下，使用 M6 螺栓，尺寸应适当啮合（见图 3）：

- 将线鼻子放在铝制接线端子的顶部，然后将平垫、弹垫依次放置。
- 如果在同一接线端子上使用两个线鼻子，应将它们叠放在一起，使电流最小的线鼻子在上面。
- 螺丝拧紧力矩： $8.5 \pm 0.5 \text{ N} \cdot \text{m}$

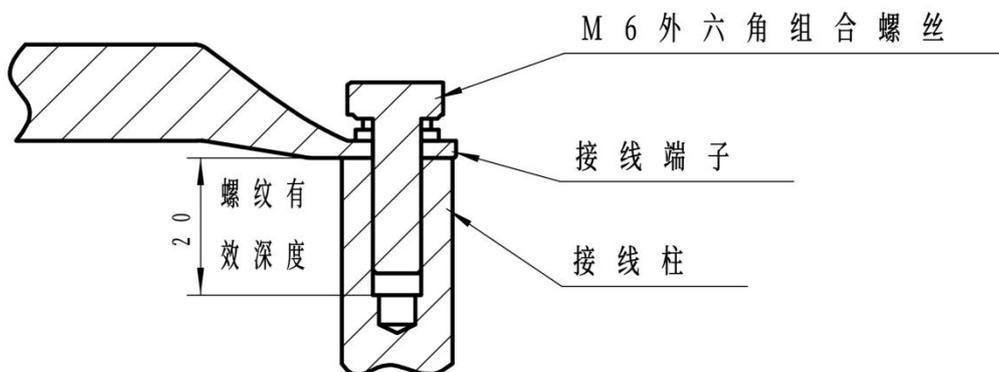


图 3 功率线接线示意图 (单位: mm)

功率线缆接线建议：所有型号

电池电缆 (B+、B-)

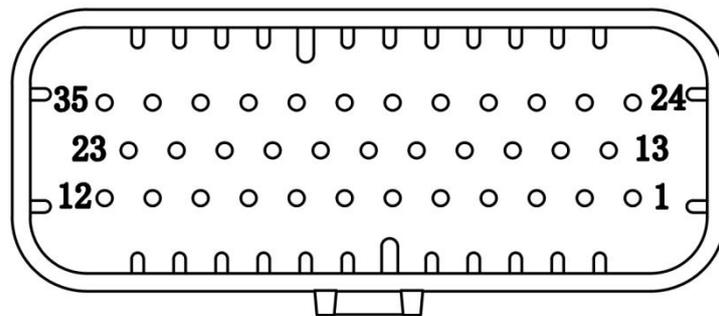
这两根电缆应紧靠在控制器和蓄电池之间。使用质量可靠的接线端子，并遵守建议的拧紧力矩。为获得最佳抗噪效果，电缆不应穿过控制器的中心部分。

电机接线 (U、V、W)

在控制器和电机之间运行时，三相电线的长度应接近相同，并捆绑在一起。电缆长度应尽可能短。使用质量可靠的接线端子，并遵守建议的拧紧力矩。为获得最佳抗噪效果，电机电缆不应穿过控制器的中心部分。如有要求低辐射的工况，可在电机电缆周围安装屏蔽罩，并连接至控制器的 B- 端子。这样安装无需屏蔽即可通过标准要求。信号线不应与电动机电缆平行，必要时，应成直角的穿过电动机电缆，以最大程度地减少干扰。

信号线连接

所有低功率信号线连接均通过单个 35 针连接器进行。表 3 列出了 35 个单独引脚的特征。



信号线布线建议

电机编码器 (引脚 5、6)

在电机和控制器之间进行连接，所有编码器线应捆绑在一起。这些电线通常可与信号线的其余部分一起连接。编码器线不应靠近电机电缆。若必须靠近电机电缆，应使用屏蔽线，屏蔽地线只连接到控制器侧的 I/O 地线 (引脚 7)。

CAN 总线 (引脚 23、35)

建议 CAN 线以双绞线的形式布置。但是，125 k 波特率的应用不需要双绞线也可工作，只需将两根线与其它信号线布线捆绑在一起即可。CAN 线应远离功率线电缆，必要时应直角交叉。

其他信号线

其余的信号线布线应按照标准做法进行。应始终避免信号线与功率线并行。

表 3 信号线连接		
引脚	定义	说明
1	DRIVER 2	输出信号:0-100%可调的 PWM 输出, 最大电流 2A
2	DRIVER 1	
3	DRIVER 8	
4	SWITCH 6	开关信号输入, 可接收电压范围: 12V~系统电压
5	ENC-A	脉冲信号输入:电机编码器 A 相
6	ENC-B	脉冲信号输入:电机编码器 B 相
7	I/O GND	模拟信号负极:模拟量信号地线
8	MOTOR-TMP	电机温度传感器: 传感器型号: KTY84-130/150, PT1000
9	SWITCH 1	开关信号输入, 可接收电压范围: 12V~系统电压
10	SWITCH 2	
11	SWITCH 3	
12	SWITCH 4	
13	12V-OUT	输出电源: 用于供电电源为 12V 的零部件, 最大电流 100mA
14	5V-OUT	输出电源: 用于供电电源为 5V 的零部件, 最大电流 100mA
15	SWITCH 8	开关信号输入, 可接收电压范围: 12V~系统电压
16	POT-WIPER1	模拟量 1 滑动端, 电压输入范围: 0~5V
17	SWITCH 5	开关信号输入, 可接收电压范围: 12V~系统电压
18	POT-WIPER2	模拟量 2 滑动端, 电压输入范围: 0~5V
19	SWITCH 7	开关信号输入, 可接收电压范围: 12V~系统电压
20	RS232+	串口通讯发送端:9600bps
21	POT-WIPER3	模拟量 3 滑动端, 电压输入范围: 0~5V
22	RS232-	串口通讯接收端:9600bps
23	CAN-H	CAN 高通讯信号:125kbps-500kbps
24	COIL RETURN	输出电源: 可以与驱动输出形成回路, 驱动线圈公共端

表 3 信号线连接

引脚	定义	说明
25	DRIVER 3	输出信号:0-100%可调的 PWM 输出, 最大电流 2A
26	KSI	输入电源: 控制器电源输入
27	DRIVER 6	输出信号:0-100%可调的 PWM 输出, 最大电流 2A
28	DRIVER 9	
29	DRIVER 11(PV)	输出信号:0-100%可调的 PWM 输出
30	DRIVER 12(PV)	比例输出: 最大电流 2A
31	DRIVER 4	输出信号:0-100%可调的 PWM 输出, 最大电流 2A
32	DRIVER 5	
33	DRIVER 10	
34	DRIVER 7	
35	CAN-L	CAN 低通讯信号:125kbps-500kbps

控制器接线：基本配置

基本接线图是为一般应用方案而设计的，可能无法完全满足您的系统要求。这些控制器的 I/O 和接线配置非常灵活；您可以联系前拓，讨论您的定制方案。

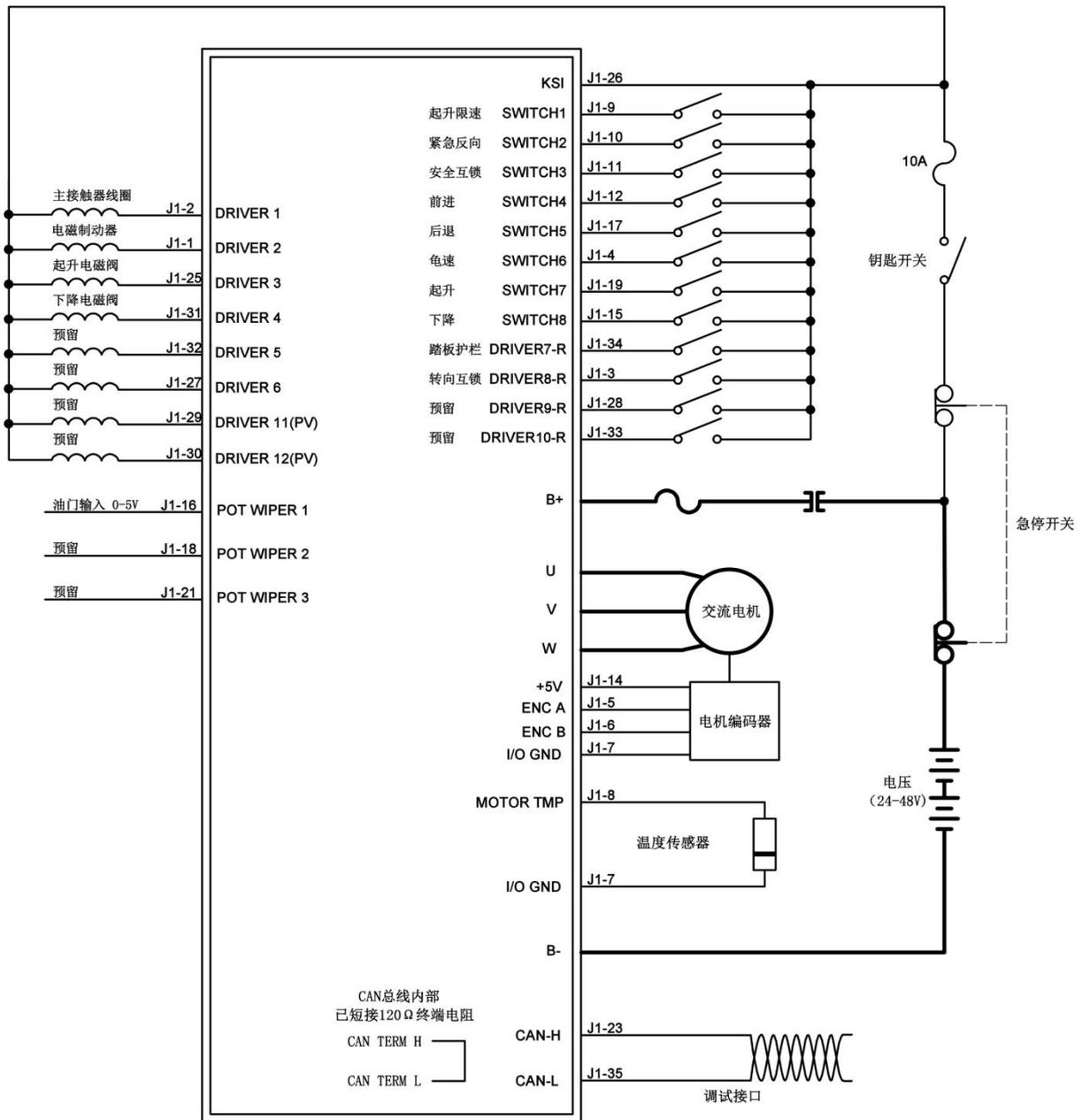


图 4 基本接线图

输入/输出信号规格

连接到 35 针连接器的输入/输出信号可按类型分为以下几组；下面将讨论它们的电气特性。

- 数字输入
- 数字和 PWM 输出
- 模拟输入
- 电源输出
- KSI 和线圈返回
- 通信端口输入/输出
- 编码器输入

数字输入

这些控制线可用作数字（开/关）输入。正常情况下，“开”直接连接至 KSI；“关”直接连接至 B-。如果没有连接，输入将关闭。

其中八条线路（开关 1-8）设计用于高电平有效的开关输入。应保持开关触点清洁，防止漏电造成错误信号。

其余的线路是与驱动器输出相关联的数字输入，11 条数字输出线也可作为输入线读取（DRIVER1-5，DRIVER7-12），因此也包括在这一组中。

数字输入规格					
名称	PIN	逻辑阈值	输入阻抗	电压范围	ESD 容许范围
SW1	9	低电平最大 3.29V，高电平 最小 7.68V	约 11kΩ	0-57.6V	±8kV 接触放电
SW2	10				
SW3	11				
SW4	12				
SW5	17				
SW6	4				
SW7	19				

SW8	15				0-48V
DRIVER1	2				
DRIVER2	1				
DRIVER3	25				
DRIVER4	31				
DRIVER5	32				
DRIVER7	34				
DRIVER8	3				
DRIVER9	28				
DRIVER10	33				
DRIVER11	29				
DRIVER12	30				

数字和 PWM 输出

共有 12 个输出驱动。其中的比例驱动可以在电流模式控制下运行，用于驱动比例阀或类似负载。该驱动器的频率通常为 8 kHz。

每个输出端都可独立连续打开（低电平）或脉冲宽度调制，以设置平均输出电压。这些输出用于驱动接触器和电磁制动器等感性负载，但如果不超过峰值电流额定值，也可用于驱动阻性负载。所有这些输出都有 B+ 或 B- 短路保护。所有电感负载都应连接至线圈回路(引脚 26)，该引脚提供反接二极管保护。这些线路也可用作数字输入，也包括在该组中。

数字和 PWM 输出规格						
名称	PIN	PWM	频率	输出电	保护电压	ESD 容许范围
DRIVER1	2	0-100% 负载	最大 200Hz	最大 2A	0-57.6V	±8kV 接触放电
DRIVER2	1					
DRIVER3	25					
DRIVER4	31					
DRIVER5	32					
DRIVER6	27					

DRIVER7	34					
DRIVER8	3					
DRIVER9	28					
DRIVER10	33					
DRIVER11	29		最大 8kHz			
DRIVER12	30					

模拟输入

三条控制线可用作模拟输入。这三个输入端都有 B+ 或 B- 短路保护。

模拟输入规格					
名称	PIN	工作电压	输入阻抗	保护电压	ESD 容许范围
POT-WIPER1	16	0-5V	电压型 POT WIPER 约为 400kΩ, 电流型 POT WIPER 约为 250Ω	0-57.6V	±8kV 接触放电
POT-WIPER2	18				
POT-WIPER3	21	0-10V			

电源输出

有两条线路为低功率电路提供辅助输出电源，如 LED 指示器、显示器、位置编码器。I/O 接地（引脚

7) 是这些低功耗设备的回流线路。两个电源输出都可以防止对 B+或 B-的短路。

电源输出规格					
名称	PIN	输出电压	输出电流	保护电压	ESD 容许范围
+5V	14	5V±5%	最大约 80mA	0-57.6V	±8kV 接触放电
+12V	13	12V±5%	最大约 80mA	0-57.6V	
I/O GND	7	不适用		不保护	

KSI 输入为所有低功率控制电路、功率电容器预充电（在主接触器接通之前）、电源输出和高功率输出驱动提供电源。

KSI 规格				
名称	PIN	工作电压	保护电压	ESD 容许范围
KSI	26	48V	0-57.6V	±8kV 接触放电

通信端口

独立的 CAN 和串行端口为所有用户提供完整的可用的控制器信息通信。

该控制器默认内置 120Ω终端电阻。如您不需要此终端电阻或对此有其他要求，请联系前拓。

通信端口规格					
名称	PIN	支持的协议/设备	数据速率	保护电压	ESD 容许范围
CAN H	23	CANopen/CAN 2.0	最大	0-57.6V	±8kV 接触放电
CAN L	35		800Kbit/s		
RS232+	20	最大	9600bps		
RS232-	22				

编码器输入

内部配置了两条控制线，用于读取正交型位置编码器。编码器通常由 5V 电源（引脚 14）供电，但只要满足逻辑阈值要求。

编码器输入规格						
名称	PIN	逻辑阈值	输入阻抗	最大频率	保护电压	ESD 容许范围
ENC A	5	下降沿 2.538V,	约为 120kΩ	3000Hz	0-57.6V	±8kV 接触放电
ENC B	8	上升沿 2.802V				

3

监控菜单

通过 PD-01 手持设备或者 HMI Platform 上位机监控软件连接到控制器，可以实时监控车辆运行过程中的状态。LVM-HA4 系列控制器分为 ECU（逻辑层）和 MCU（电机控制层），他们都有各自的参数，以下参数仅用于显示车辆运行的信息，不可修改，其中包含开关量输入状态，模拟量输入电压，驱动输出状态等，分析这些信息，可以有效提高故障排查效率，也有助于调整控制器参数，更方便的匹配电机。

MCU 监控菜单：状态（STAT）			
参数号	参数名称	参数范围	说明
220	电机转速	-32768-32767 rpm	电机当前转速反馈（单位：转/分） 正转为正值，反转为负值
221	电机转速命令	-32768-32767 rpm	电机需要达到的命令转速（单位：转/分） 正转为正值，反转为负值
222	电机相电流	0-32767 A	通过电机 U、V、W 三相的电流
223	电机温度	-40-160 °C	电机内部温度
224	控制器温度	-40-160 °C	控制器内部温度
225	母线电压	0-120 V	控制器 B+ 相对于 B- 的电压
226	KSI 电压	0-120 V	控制器 KSI 端口相对于 B- 的电压
227	行驶速度	0-20 Km/h	车辆行驶的速度（单位：km/h） 此数值受到参数：转速公里比的影响，详见 MCU 参数配置菜单（121#参数）
228	转向角度	-90-90 °	车辆转弯时的转弯角度，此数值通常由转向控制器发送给行走控制器，无转向控制器时显示为 0
229	错误号	0-999	控制器故障码，具体含义请参考故障排除表
230	油门踏板指令	0-100 %	允许动作时的油门输出比例，由于故障或操作逻辑等禁止动作或无动作时，显示为 0
231	油门踏板指令电压	0-15 V	监控此参数前，需要先确认加速器输入类型，详见 MCU 参数配置菜单（91#参数）

			<p>加速器输入类型为 1: 2 线电阻; 2: 3 线电阻; 4: 0-10V 电压; 5: 电压 0-5V 时, 显示为油门电压值输入;</p> <p>加速器输入类型为 3: 3 总线时, 显示为加速器命令值 0-100%</p>
238	开关输入	0x00-FFFF H	<p>转化为二进制后从右向左依次表示开关 1-开关 16 的状态;</p> <p>0-开关未闭合或开关输入为低电平</p> <p>1-开关输入为高电平</p>
239	驱动输出	0x00-FFFF H	<p>转化为二进制后从 bit4 开始, 从右向左依次表示驱动输出 1-驱动输出 10 的状态;</p> <p>0-驱动无输出, 1-驱动有输出</p>
240	电机编码器输入	0-65535	电机编码器脉冲计数, 重启控制器后此数值会清零
241	方向盘编码器输入 1	0-65535	方向盘编码器 1 脉冲计数, 重启控制器后此数值会清零
242	方向盘编码器输入 2	0-65535	方向盘编码器 2 脉冲计数, 重启控制器后此数值会清零
244	制动踏板指令	0-100 %	制动踏板指令百分比, 制动踏板的实际功能请咨询前拓技术服务工程师
245	制动踏板指令电压	0-15 V	<p>监控此参数前, 需要先确认制动踏板输入类型, 详见 (配置菜单 101#参数)</p> <p>制动踏板输入类型为 1: 2 线电阻, 2: 3 线电阻, 4: 0-10V 电压, 5: 电压 0-5V 时, 显示为制动踏板电压值输入;</p> <p>制动踏板输入类型为 3: 3 总线时, 显示为制动踏板命令值 0-100%</p>

MCU 监控菜单: 版本 (VERSION)			
参数号	参数名称	参数范围	说明
211	产品类型		控制器型号缩写
212	控制器类型		<p>控制器类型</p> <p>0-主牵引控制器 MOVE 1-起升控制器 LIFT</p>

			2-转向控制器 STEER 3-从牵引控制器 SMOVE 4-逻辑控制器 LOGIC
214	软件版本年		软件版本年
215	软件版本月日		软件版本月和软件版本日

ECU 监控菜单：ECU 通用监控 (common)			
参数号	参数名称	参数范围	说明
282	开关输入		Bit0-bit14b 表示开关 1-开关 15 的状态; 1-开关闭合, 高电平, 0-开关断开
283	驱动输出		Bit0-bit14b 表示驱动输出 1-驱动输出 15 的状态; 1-驱动有输出, 0-驱动无输出
284	模拟量输入 1	0-20.00 V	模拟量输入 1 的电压值
285	模拟量输入 2	0-20.00 V	模拟量输入 2 的电压值
286	模拟量输入 3	0-20.00 V	模拟量输入 3 的电压值
289	母线电压	0-100 V	控制器 B+ 与 B- 之前的电压
290	KSI 电压	0-100 V	控制器 KSI 引脚的电压, 具体引脚参考控制器原理图
291	错误号	0-255	控制器故障码
292	比例阀电流 1	0-2000 mA	比例阀 1 当前的输出电流
293	比例阀电流 2	0-2000 mA	比例阀 2 当前的输出电流
294	电机命令值	0-100 %	ECU 发送给 MCU 的交流电机转速百分比
295	油泵命令值	0-100 %	ECU 发送给 MCU 的直流电机转速百分比
296	电机的状态字		ECU 发送给 MCU 的状态, 其中包括使能, 方向, 主接触器和制动器, 急反等

297	转向角度	-90-90 °	车辆转弯时的转弯角度，此数值通常由转向控制器发送给行走控制器，无转向控制器时显示为 0
298	电机转速	0-6000 rpm	电机当前转速反馈

4

配置菜单

通过 PD-01 手持设备或者 HMI Platform 上位机监控软件连接到控制器，可以读取到控制器的配置参数。LVM-HA4 系列控制器分为 ECU（逻辑层）和 MCU（电机控制层），他们都有各自的配置参数，以下参数用于配置控制器的功能，匹配电机的性能，调节控制器输出功率等，修改前请仔细阅读下表的控制器常用参数说明。

MCU 配置参数菜单：SYSTEM			
参数号	参数名称	参数范围	说明
1	控制器使能	Bit0-bit7	确认整车连接的控制器类型，勾选对应的 bit 位 Bit0: 主牵引控制器，控制器类型为 MOVE（主站） Bit1: 起升控制器，控制器类型为 LIFT Bit2: 电转向控制器，控制器类型为 STEER Bit3: 从牵引控制器，控制器类型为 SMOVE Bit4: 逻辑控制器，控制器类型为 LOGIC
2	控制器互锁使能	Bit0-bit7	确认整车需要互相检测报警控制器类型，勾选对应的 bit 位 Bit0: 主牵引控制器，控制器类型为 MOVE（主站） Bit1: 起升控制器，控制器类型为 LIFT Bit2: 电转向控制器，控制器类型为 STEER Bit3: 从牵引控制器，控制器类型为 SMOVE Bit4: 逻辑控制器，控制器类型为 LOGIC
3	控制位 1	Bit0-bit7	常用的通用控制位 Bit0: 编码器换向 Bit1: 电机反向，改变电机旋转方向 Bit2: 电机温度使能，勾选则检测电机温度 Bit4: 主牵引电量计使能，控制器记电量时勾选 Bit6: BMS 使能，锂电池时需要勾选
4	控制位 2	Bit0-bit7	用户扩展的其他控制位，具体功能请咨询前拓技术服务工程师

MCU 配置参数菜单：MOTOR			
参数号	参数名称	参数范围	说明
6	电机类型	0-255	区分电机类型，保存不同电机的参数后，可用于切换对应电机的参数
7	电机极对数	1-32	电机自身因素决定，请咨询电机厂家
8	编码器线数	16-4096	编码器位数，电机自身因素决定，请咨询电机厂家
9	电机惯量	10-65535 *0.0001 Kgm ²	改变电机的刚性，可设置为初始值 50
10	定子电阻	1-65535 *0.0001 Ω	调节电流环的 Kp 值，以使电机转速达到稳定，可以设置为默认值 64
11	定子时间常数	1-65535 *0.0001 s	调节电流环的 Kp 值，以使电机转速达到稳定，可以设置为默认值 96
13	转子时间常数	1000-65535 *0.0001 s	调节速度环的 Kp 值，以使电机达到更高的转速
15	弱磁基速	6-6000 rpm	改变电机磁场的基准转速，在此转速范围内，电机需要的电流将会更大，以增大电机转速
16	电机最大转速	6-9000 rpm	设定电机的最大旋转速度
17	额定功率基速	6-4500 rpm	设置电机额定功率的基准转速
18	电流限制转速增量	6-1050 rpm	设置电流限制时的转速增量值，使电机在高转速时的电流得到限制，以降低功率和限制转速
19	最大驱动电流百分比	5-100 %	设置平地行驶时达到稳定转速时的最大电流百分比，最大电流值请参考不同型号控制器的规格
20	最大爬坡电流百分比	5-100 %	设置起步过程或爬坡过程中的最大电流百分比，最大电流值请参考不同型号控制器的规格
21	最大再生电流百分比	5-100 %	设置再生制动的最大电流百分比，最大电流值请参考不同型号控制器的规格
22	最大刹车电流百分比	5-100 %	设置紧急刹车的最大电流百分比，最大电流值请参考不同型号控制器的规格
23	最大急反电流百分比	5-100 %	设置紧急反向制动过程的最大电流百分比，

	比		最大电流值请参考不同型号控制器的规格
24	Delta0 区驱动电流 限制百分比	5-100 %	转速在弱磁基速（15 号参数对应的转速）以内的驱动电流限制百分比，限制电机的功率，以减少电机发热，可以设置为默认值 100%
25	Delta1 区驱动电流 限制百分比	5-100 %	转速在 delta1 区+1*电流限制转速增量（24 号参数对应的转速+1*18 号参数对应的转速）以内的驱动电流限制百分比，限制电机的功率，以减少电机发热，可以设置为默认值 67%
26	Delta2 区驱动电流 限制百分比	5-100 %	转速在 delta1 区+2*电流限制转速增量（25 号参数对应的转速+2*18 号参数对应的转速）以内的驱动电流限制百分比，限制电机的功率，以减少电机发热，可以设置为默认值 43%
27	Delta4 区驱动电流 限制百分比	5-100 %	转速在 delta2 区+4*电流限制转速增量（26 号参数对应的转速+4*18 号参数对应的转速）以内的驱动电流限制百分比，限制电机的功率，以减少电机发热，可以设置为默认值 36%
28	Delta8 区驱动电流 限制百分比	5-100 %	转速在 delta4 区+8*电流限制转速增量（27 号参数对应的转速+8*18 号参数对应的转速）以内的驱动电流限制百分比，限制电机的功率，以减少电机发热，可以设置为默认值 26%
29	Delta0 区再生电流 限制百分比	5-100 %	转速在弱磁基速（15 号参数对应的转速）以内的再生制动电流限制百分比，限制不同转速下的电机扭矩，匹配电机的扭矩—速度特性，可以设置为默认值 100%
30	Delta1 区再生电流 限制百分比	5-100 %	转速在 delta0 区+1*电流限制转速增量（29 号参数对应的转速+1*18 号参数对应的转速）以内的再生制动电流限制百分比，限制不同转速下的电机扭矩，匹配电机的扭矩—速度特性，可以设置为默认值 97%
31	Delta2 区再生电流 限制百分比	5-100 %	转速在 delta1 区+2*电流限制转速增量（30 号参数对应的转速+2*18 号参数对应的转速）以内的再生制动电流限制百分比，限制不同转速下的电机扭矩，匹配电机的扭矩—速度特性，可以设置为默认值 91%
32	Delta4 区再生电流 限制百分比	5-100 %	转速在 delta2 区+4*电流限制转速增量（31 号参数对应的转速+4*18 号参数对应的转速）

			以内的再生制动电流限制百分比，限制不同转速下的电机扭矩，匹配电机的扭矩—速度特性，可以设置为默认值 54%
33	Delta8 区再生电流限制百分比	5-100 %	转速在 delta4 区+8*电流限制转速增量（32号参数对应的转速+8*18号参数对应的转速）以内的再生制动电流限制百分比，限制不同转速下的电机扭矩，匹配电机的扭矩—速度特性，可以设置为默认值 36%
34	高速功率限制百分比	5-100 %	电机高转速时限制电机功率，减小电机发热，同时使电机转速达到稳定
36	制动强度百分比	4096≈100%	调节电机制动效果的强弱，制动效果越强则对应的制动电流也会越大
37	温度传感器类型	0-8	选择电机温度传感器类型，请咨询电机厂家，选择正确的温度传感器类型，才能准确测量电机温度
38	温度传感器偏置	-20-20 °C	设置温度测量的偏移量，当温度采集不准时，增加一个补偿，以准确测量温度
39	电机过载温度	25-250 °C	电机轻度过温报警时的温度，超过此温度时电机功率将被限制，同时有故障提示，详见故障码
40	电机极限温度	25-250 °C	电机严重过温报警时的温度，超过此温度将禁止电机工作，同时有故障提示，详见故障码

MCU 配置参数菜单：SPEED			
参数号	参数名称	参数范围	说明
48	最大油门对应正向最大转速	90-9000 rpm	设置 100%加速器时的最大正向转速，同时也受到电机最大转速（16号参数对应的转速）的限制
49	最大油门对应反向最大转速	90-9000 rpm	设置 100%加速器时的最大反向转速，同时也受到电机最大转速（16号参数对应的转速）的限制
50	惯量比	100-1200 %	与电机惯量（9号参数）一起，调节电机刚性，默认值 800

63	100%加速器时高速段加速时间	100-30000 ms	调节 100%加速器时高速段的加速率, 加速时间越长, 加速率越小
64	100%加速器时低速段加速时间	100-30000 ms	调节 100%加速器时低速段的加速率, 加速时间越长, 加速率越小
65	微量加速器时加速时间	100-30000 ms	调节微动加速器时的加速率, 可以优化微动下的驾驶感受
66	零加速器时高速段减速时间	100-30000 ms	调节释放加速器时高速段的减速率, 减速时间越长, 减速率越小
67	零加速器时低速段减速时间	100-30000 ms	调节释放加速器时低速段的减速率, 减速时间越长, 减速率越小
68	急刹时高速段减速时间	100-30000 ms	调节紧急制动或断开使能时高速段的减速率, 减速时间越长, 减速率越小
69	急刹时低速段减速时间	100-30000 ms	调节紧急制动或断开使能时低速段的减速率, 减速时间越长, 减速率越小
70	微量刹车时减速时间	100-30000 ms	调节微量刹车时的加速率, 减速时间越长, 减速率越小
71	部分加速器时减速时间	100-30000 ms	调节加速器减小但是未减小到零 (例如: 由全速进入龟速) 时的减速率, 减速时间越长, 减速率越小
72	高速分界点相对于电机最大转速百分比	0-32767 0-100 %	设置高速段的分界点, 拐点速度为电机最大速度 (16 号参数对应的转速) 的百分比, 此转速以上为高速段
73	低速分界点相对于电机最大转速百分比	0-32767 0-100 %	设置低速段的分界点, 拐点速度为电机最大速度 (16 号参数对应的转速) 的百分比, 此转速以下为低速段
77	1 档速度	0-100 %	设置不同需求下的速度限制百分比, 具体功能请咨询前拓技术服务工程师
78	2 档速度	0-100 %	设置不同需求下的速度限制百分比, 具体功能请咨询前拓技术服务工程师
79	3 档速度	0-100 %	设置不同需求下的速度限制百分比, 具体功能请咨询前拓技术服务工程师
80	4 档速度	0-100 %	设置不同需求下的速度限制百分比, 具体功能请咨询前拓技术服务工程师
81	柔和停止速度阈值	0-600 rpm	设置柔和停止的转速阈值, 低于该转速时, 将启用缓慢制动, 以达到良好的驾驶感受
82	柔和停止比例	5-100 %	设置柔和停止的强度, 合理的设置可以提升驾驶感受

85	斜坡停止模式	0-3	选择车辆在坡道上的驻车模式，当车辆没有电磁刹车时，合理的选择驻车模式可有效防止溜坡或因长时间在坡道上保持驻车，导致电机温度快速升高
162	起升电机中间档位 1	0-100 %	设置不同需求下的直流泵电机输出比例，具体功能请咨询前拓技术服务工程师
163	起升电机中间档位 2	0-100 %	设置不同需求下的直流泵电机输出比例，具体功能请咨询前拓技术服务工程师

MCU 配置参数菜单：THROTTLE			
参数号	参数名称	参数范围	说明
91	加速器输入类型	0-5	选择加速器输入类型，选择正确的加速器类型，才能匹配有效的加速器输入 0: 无踏板输入，无加速器输入 1: 2 线电阻，使用控制器 5V 输出作为电源的双线变阻器 2: 3 线电阻，使用 0-5V 电压源的 3 线制电位器 3: 3 总线：接收来自 CAN 总线的加速器输入 4: 0-10V 电压，0-10V 的电压输入 5: 电压 0-5V，0-5V 的电压输入
92	踏板正向死区最小值	0-15 V	设置正向的加速器死区最小电压，小于该电压时加速器输入为 0，设置足够的死区值可以保证松开加速器后车辆能够进入空档
93	踏板正向死区最大值	0-15 V	设置正向的加速器死区最大电压，大于该电压时加速器输入为 100%，设置足够的死区可以保证车辆加速器在一定行程内的输入能够达到 100%
94	踏板正向中值对应的输出百分比	0-100 %	设置正向时加速器电压为中值时的加速器输入百分比，修改车辆对加速器电压的响应。此值设置为 50%，可以提供加速器电压变化的线性响应；设置低于 50%，会降低控制器在低油门下的输出，从而提高低速的操控性；设置高于 50%，在低油门时速度响应会更快，反应更灵敏 中值电压= (正向死区最小值+正向死区最大值) / 2
96	踏板反向死区最小值	0-15 V	设置反向的加速器死区最小电压，小于该电压时加速器输入为 0，设置足够的死区值可以保证松开加

			速器后车辆能够进入空档
97	踏板反向死区最大值	0-15 V	设置反向的加速器死区最大电压,大于该电压时加速器输入为 100%,设置足够的死区可以保证车辆加速器在一定行程内的输入能够达到 100%
98	踏板反向中值对应的输出百分比	0-100 %	设置反向时加速器电压为中值时的加速器输入百分比,修改车辆对加速器电压的响应。此值设置为 50%,可以提供加速器电压变化的线性响应;设置低于 50%,会降低控制器在低油门下的输出,从而提高低速的操控性;设置高于 50%,在低油门时速度响应会更快,反应更灵敏 中值电压=(反向死区最小值+反向死区最大值)/2

MCU 配置参数菜单: BRAKEPEDAL

参数号	参数名称	参数范围	说明
101	制动踏板输入类型	0-5	选择制动踏板输入类型,选择正确的制动踏板类型,才能匹配有效的制动踏板输入 0: 无踏板输入,无制动踏板输入 1: 2 线电阻,使用控制器 5V 输出作为电源的双线变阻器 2: 3 线电阻,使用 0-5V 电压源的 3 线制电位器 3: 3 总线:接收来自 CAN 总线的制动踏板输入 4: 0-10V 电压,0-10V 的电压输入 5: 电压 0-5V,0-5V 的电压输入 制动踏板的功能由客户需求而定,实际作用请咨询前拓技术服务工程师
102	制动踏板正向死区最小值	0-15 V	设置正向的制动踏板死区最小电压,小于该电压时制动踏板输入为 0,设置足够的死区值可以保证制动踏板复位后车辆能够进入空档
103	制动踏板正向死区最大值	0-15 V	设置正向的制动踏板死区最大电压,大于该电压时制动踏板输入为 100%,设置足够的死区可以保证制动踏板在一定行程内的输入能够达到 100%
104	制动踏板正向中值对应的输出百分比	0-100 %	设置正向时制动踏板电压为中值时的输入百分比,修改车辆对制动踏板电压的响应。此值设置为 50%,可以提供制动踏板电压变化的线性响应;设置低于 50%,会降

			低控制器在微动下的输出，从而提高低输出的操控性； 设置高于 50%，在微动踏板时响应会更快，反应更灵敏 中值电压=（正向死区最小值+正向死区最大值）/ 2
117	制动踏板反向死区 最小值	0-15 V	设置反向的制动踏板死区最小电压，小于该电压时制动 踏板输入为 0，设置足够的死区值可以保证制动踏板复位 后车辆能够进入空档
118	制动踏板反向死区 最大值	0-15 V	设置反向的制动踏板死区最大电压，大于该电压时制动 踏板输入为 100%，设置足够的死区可以保证制动踏板在 一定行程内的输入能够达到 100%
119	制动踏板反向中值 对应的输出百分比	0-100 %	设置反向时制动踏板电压为中值时的输入百分比，修改 车辆对制动踏板电压的响应。此值设置为 50%，可以提 供制动踏板电压变化的线性响应；设置低于 50%，会降 低控制器在微动下的输出，从而提高低输出的操控性； 设置高于 50%，在微动踏板时响应会更快，反应更灵敏 中值电压=（反向死区最小值+反向死区最大值）/ 2

MCU 配置参数菜单：VEHICLE

参数号	参数名称	参数范围	说明
121	转速公里比	100-32767	设置电机转速和车辆行驶速度的转换系数，正确的 设置系数，才能精确的检测车辆行驶速度

MCU 配置参数菜单：DRIVER

参数号	参数名称	参数范围	说明
131	驱动输出使能 1	Bit0-bit7	勾选对应的标志位，选择驱动输出使能和报警检测 Bit0：主接触器驱动使能，选择“开启”时，控制 器预充电完成后，检测到电压正常时控制主接触器 吸合；选择“关闭”，则不控制主接触器，同时发 生严重故障时也无法使主接触器断开 Bit1：主接触器检查使能，选择“开启”时，控制 器将检测主接触器线圈回路的报警，并禁止控制器 输出；选择”关闭“时，不检测主接触器线圈回路 的报警 Bit3：制动器使能，选择“开启”时，控制器将在 电机动作前打开电磁刹车，停止动作后关断电磁刹

			车，同时检测电磁刹车线圈回路的报警，故障时禁止控制器输出；选择“关闭”时，控制器将不控制电磁刹车，同时不检测电磁刹车线圈回路的报警
132	驱动输出使能 2	Bit0-bit7	勾选对应的标志位，选择驱动输出使能和报警检测 Bit2: 驱动输出 3 使能，选择“开启”时，将检测驱动输出 3 线圈回路的报警，选择“关闭”时，将不检测报警；此处的选择不会影响驱动输出 3 的输出 Bit3: 驱动输出 4 使能，选择“开启”时，将检测驱动输出 4 线圈回路的报警，选择“关闭”时，将不检测报警；此处的选择不会影响驱动输出 4 的输出 Bit5: SWI1 输入类型，0-数字量，1-模拟量，SWI1 端口可以作为数字量或模拟量使用，作为数字量使用时，与其他开关输入一样；作为模拟量使用时，输入范围是 0-10V 电压
133	主接触器启动电压	0-100 %	设置主接触器首次接通时的电压，较高的初始电压可以确保主接触器吸合，1 秒后，该峰值电压将降至保持电压
134	主接触器保持电压	0-100 %	设置主接触器吸合后稳定的平均电压，必须设置足够的保持电压，以使车辆在收到震动或冲击时保持主接触器吸合，过高的保持电压也会导致主接触器温升加快
137	DRIVER3 启动电压	0-100 %	设置驱动输出 3 首次接通时的电压，较高的初始电压可以确保驱动输出 3 吸合，1 秒后，该峰值电压将降至保持电压
138	DRIVER3 保持电压	0-100 %	设置驱动输出 3 吸合后稳定的平均电压，必须设置足够的保持电压，以使车辆在收到震动或冲击时保持驱动输出 3 吸合
139	DRIVER4 启动电压	0-100 %	设置驱动输出 4 首次接通时的电压，较高的初始电压可以确保驱动输出 4 吸合，1 秒后，该峰值电压将降至保持电压
140	DRIVER4 保持电压	0-100 %	设置驱动输出 4 吸合后稳定的平均电压，必须设置足够的保持电压，以使车辆在收到震动或冲击时保持驱动输出 4 吸合

MCU 配置参数菜单：EMBRAKE

参数号	参数名称	参数范围	说明
-----	------	------	----

142	制动器启动电压	0-100 %	设置电磁制动器首次接通时的电压，较高的初始电压可以确保电磁制动器释放，1 秒后，该峰值电压将降至保持电压
143	制动器保持电压	0-100 %	设置电磁制动器释放后稳定的平均电压，必须设置足够的保持电压，以使车辆在收到震动或冲击时保持电磁制动器释放，过高的保持电压也会导致电磁制动器温升加快

MCU 配置参数菜单：PROPDRIVER

参数号	参数名称	参数范围	说明
147	直流泵控最大输出电流百分比	5-100 %	存在直流泵控制时生效，设置直流泵输出的最大电流百分比，最大输出电流值为 270A
148	直流泵控最小输出电压百分比	0-100 %	修改直流泵控制电压的占空比，设置直流泵电机启动时的最小电压
149	直流泵控最大输出电压百分比	5-100 %	修改直流泵控制电压的占空比，设置直流泵电机最大输出时的最大电压
150	直流泵控全压输出的加速时间	10-30000 ms	设置直流泵最大输出时全压输出的时间，增大全压输出的时间以使电机转速快速提高
151	比例阀电流比例增益	328-32767 1-100%	设置比例阀电流控制的 Kp 值，修改电流响应速度，数值越大响应越快；Kp 值过大，电流控制可能会出现超调
152	比例阀电流积分增益	82-8192 1-100 %	设置比例阀电流控制的 Ki 值，合理的设置 Ki 值可以减小电流的稳态误差，数值越大电流控制速度越快，但是过大的 Ki 值，可能导致电流控制出现震荡
153	比例阀最大输出电流	0-2000 mA	设置比例阀输出的最大电流，最大电流不能超过理论最大电压/比例阀线圈电阻，否则超出的部分将无法达到
154	比例阀最小输出电流	0-2000 mA	设置比例阀最小输出时的电流
155	比例阀抖动周期	10-500 ms	设置比例阀电流波动的周期，合理的设置抖动周期及抖动电流可以增加比例阀的灵活性，使比例阀开启更顺畅
156	比例阀抖动电流百分比	0-100 %	设置比例阀波动电流相对于最大电流的百分比，比例阀电流将按照一定比例上下波动，合理的设置抖动周期及抖动电流可以增加比例阀的灵活性，使比例阀开

			启更顺畅；设置为 0 时则不启用比例阀抖动电流
157	比例阀线圈电阻	10-10000 *0.1 Ω	设置比例阀线圈的电阻，按照实际测量结果设置，正确的设置比例阀线圈电阻，才能给出准确的电压以调节比例阀的电流

MCU 配置参数菜单：EMREVERSE

参数号	参数名称	参数范围	说明
158	紧急反向锁定时间限制	0-30000 ms	设定紧急反向开始到结束的总时间
159	紧急反向最大速度	180-6000 rpm	设置反向运动时的最大速度
160	紧急反向加速时间	100-3000 ms	设置反向运动时的加速率，加速时间越长，加速率越小
161	紧急反向时运动停止阶段 减速时间	100-3000 ms	设置紧急反向触发后，减速过程的减速率，减速时间越长减速率越小

MCU 配置参数菜单：STEER

注意：下列参数在牵引控制器和转向控制器中的作用不同，请确认所选控制器的类型，控制器类型为主牵引控制器时，参考下表：

参数号	参数名称	参数范围	说明
196	方向盘 Cw 转向范围	0-90 °	设置转弯降速的起始角度 当转向角度大于设置的起始角度时，启动转弯减速，行驶速度按照设定值减小，转向角度越大，降速效果越明显
197	方向盘 Ccw 转向范围	0-90 °	设置转弯降速的终止角度 当转向角度达到设置的终止角度时，降速效果达到设置的最小速度，转向超过此角度后，降速效果不再增强，维持在最小速度
198	导向轮 0°对应的方向 盘位置	0-100 %	设置转弯降速起始角度的速度百分比 当转向角度达到起始角度时，速度将会降到此设置值，此后，随着转向角度增大，降速效果逐渐增强
199	转向轮反向间隙	0-100 %	设置转弯降速终止角度的速度百分比 当转向角度达到终止角度时，速度将会降到此设置值，此后，随着转向角度增大，降速效果不再增强

MCU 配置参数菜单：STEER

注意：下列参数在牵引控制器和转向控制器中的作用不同，请确认所选控制器的类型，控制器类型为转向控制器时，参考下表

参数号	参数名称	参数范围	说明
190	电转向位参数	Bit0-Bit7	<p>Bit0: 方向盘编码器反向, 交换方向盘编码器脉冲的方向</p> <p>Bit1: 回中方向, 改变回中的方向, 需要改变驱动轮回到中位的路径时可修改此位的状态</p> <p>Bit2: 每次电机使能都回中, 0-转向控制器上电后即控制驱动轮回到中位, 1-转向控制器上电后, 闭合互锁开关则控制驱动轮回到中位</p> <p>Bit5: 中位开关感应区域, 0-面域, 1-点域</p> <p>Bit6: 中位开关类型, 选择中位开关类型, 0-PNP型, 1-NPN型</p>
191	位置命令平滑时间	0-1000 ms	设置转向位置命令的变化率, 时间越长, 变化率越小, 合理的设置可有效提高转向时驱动轮的跟随性
192	位置环增益	1-200 rad/s	设置转向位置环的 Kp 值, 合理的设置可以提高转向时对于位置命令变化的响应速度, 设置过大可能会导致驱动轮在静止时出现明显抖动
193	电子齿轮比分子	1-32767	设置转向电机到驱动轮的齿轮比, 电子齿轮比分母通常设置为 1, 修改电子齿轮比分子, 使手柄转到 90°时, 驱动轮恰好也转到 90°为最佳 修改此参数前, 需要先匹配电位计的电压, 根据手柄转到最左侧, 最右侧, 中间位置时的电位计电压值, 设置转向控制器的 92, 93, 94 号参数
194	电子齿轮比分母	1-32767	
195	导向轮 90°所需方向盘脉冲数	4-8192	转向输入为编码器盘时, 此参数生效 设置驱动轮旋转 90°所需要的方向盘编码器脉冲数
196	方向盘 Cw 转向范围	0-16384	转向输入为编码器盘时, 此参数生效 设置方向盘顺时针旋转的有效脉冲范围, 超过此数值的脉冲驱动轮不再响应
197	方向盘 Ccw 转向范围	0-16384	转向输入为编码器盘时, 此参数生效 设置方向盘逆时针旋转的有效脉冲范围, 超过

			此数值的脉冲驱动轮不再响应
--	--	--	---------------

ECU 配置参数列表			
注意：使用 HB4 和 HA4 系列控制器时，需要配置以下参数			
参数号	参数名称	参数范围	说明
56	电池类型	0-5	选择电池类型，目前仅支持锂电池或非锂电池，若要增加电池类型请咨询前拓技术服务工程师
85	比例阀 0 电流比例增益	328-32767 1-100 %	设置比例阀 0 电流控制的 Kp 值，修改电流响应速度，数值越大响应越快；Kp 值过大，电流控制可能会出现超调
86	比例阀 0 电流积分增益	82-8192 1-100 %	设置比例阀 0 电流控制的 Ki 值，合理的设置 Ki 值可以减小电流的稳态误差，数值越大电流控制速度越快，但是过大的 Ki 值，可能导致电流控制出现震荡
87	比例阀 0 最大输出电流	0-2000 mA	设置比例阀 0 输出的最大电流，最大电流不能超过理论最大电压/比例阀线圈电阻，否则超出的部分将无法达到 不使用比例阀 0 或需要屏蔽比例阀 0 报警时需要将此参数设置为 5 以内
88	比例阀 0 最小输出电流	0-2000 mA	设置比例阀最小输出时的电流 不使用比例阀 0 或需要屏蔽比例阀 0 报警时需要将此参数设置为 5 以内
89	比例阀 0 加速周期	0-1000 ms	设置比例阀 0 电流从最小值增加到最大值所需要的时间，加速周期越短，比例阀电流增加越快，设置太小可能导致比例阀开启时出现震动
90	比例阀 0 抖动周期	10-500 ms	设置比例阀 0 电流波动的周期，合理的设置抖动周期及抖动电流可以增加比例阀的灵活性，使比例阀开启更顺畅
91	比例阀 0 抖动电流百分比	0-100 %	设置比例阀 0 波动电流相对于最大电流的百分比，比例阀 0 电流将按照一定比例上下波动，合理的设置抖动周期及抖动电流可以增加比例阀的灵活性，使比例阀开启更顺畅；设置为 0 时则不启用比例阀 0 抖动电流
92	比例阀 0 线圈电阻	0-1000 *0.1 Ω	设置比例阀 0 线圈的电阻，按照实际测量结果设置，正确的设置比例阀 0 线圈电阻，才能给

			出准确的电压以调节比例阀 0 的电流
98	比例阀 1 电流比例增益	328-32767 1-100 %	设置比例阀 1 电流控制的 Kp 值, 修改电流响应速度, 数值越大响应越快; Kp 值过大, 电流控制可能会出现超调
99	比例阀 1 电流积分增益	82-8192 1-100 %	设置比例阀 1 电流控制的 Ki 值, 合理的设置 Ki 值可以减小电流的稳态误差, 数值越大电流控制速度越快, 但是过大的 Ki 值, 可能导致电流控制出现震荡
100	比例阀 1 最大输出电流	0-2000 mA	设置比例阀 1 输出的最大电流, 最大电流不能超过理论最大电压/比例阀线圈电阻, 否则超出的部分将无法达到 不使用比例阀 1 或需要屏蔽比例阀 1 报警时需要将此参数设置为 5 以内
101	比例阀 1 最小输出电流	0-2000 mA	设置比例阀最小输出时的电流 不使用比例阀 1 或需要屏蔽比例阀 1 报警时需要将此参数设置为 5 以内
102	比例阀 1 加速周期	10-1000 ms	设置比例阀 1 电流从最小值增加到最大值所需要的时间, 加速周期越短, 比例阀电流增加越快, 设置太小可能导致比例阀开启时出现震动
103	比例阀 1 抖动周期	10-500 ms	设置比例阀 1 电流波动的周期, 合理的设置抖动周期及抖动电流可以增加比例阀的灵活性, 使比例阀开启更顺畅
104	比例阀 1 抖动电流百分比	0-100 %	设置比例阀 1 波动电流相对于最大电流的百分比, 比例阀 1 电流将按照一定比例上下波动, 合理的设置抖动周期及抖动电流可以增加比例阀的灵活性, 使比例阀开启更顺畅; 设置为 0 时则不启用比例阀 1 抖动电流
105	比例阀 1 线圈电阻	0-1000 *0.1 Ω	设置比例阀 1 线圈的电阻, 按照实际测量结果设置, 正确的设置比例阀 1 线圈电阻, 才能给出准确的电压以调节比例阀 1 的电流
109	驱动标志	Bit0-Bit15	开启或关闭驱动输出和模拟量输入的报警检测 Bit0-Bit9: 对应 DO1-DO10 的报警检测, 选择禁用即不检测该 DO 的报警, 但是不影响控制该 DO 输出 (注意: DO1-DO2 由 MCU 控制, ECU 中该 DO 必须选择禁用) Bit10-Bit12: 对应模拟量 1-模拟量 3 的报警检

			测，选择禁用即不检测该模拟量的报警，但不影响该模拟量正常输入 Bit13-Bit15：预留
119	CAN 通讯 ID	0x00-FFFF H	设置 CAN 通讯的 NODE ID，当 CAN 网络存在多个控制器时，可以设置不同的 ID，用于区分
128	DO1	0-100 %	设置 DO 的启动电压占空比和保持电压占空比，较高的初始电压可以确保 DO 输出足够开启接触器，1 秒后，该峰值电压将降至保持电压 设置足够的保持电压，以使车辆在收到震动或冲击时保持 DO 稳定输出 过高的保持电压也会导致 DO 所控制的接触器温升加快 高八位表示启动电压百分比，低八位表示保持电压百分比
129	DO2	0-100 %	
130	DO3	0-100 %	
131	DO4	0-100 %	
132	DO5	0-100 %	
133	DO6	0-100 %	
134	DO7	0-100 %	
135	DO8	0-100 %	
136	DO9	0-100 %	
137	DO10	0-100 %	
144	加速器输入类型	0-5	选择加速器输入类型，目前仅支持以下几种加速器类型 0：无踏板输入，无加速器输入 1：2 线电阻，使用控制器 5V 输出作为电源的双线变阻器 2：3 线电阻，使用 0-5V 电压源的 3 线制电位器 3：3 总线：接收来自 CAN 总线的加速器输入 4：0-10V 电压，0-10V 的电压输入 5：电压 0-5V，0-5V 的电压输入
145	踏板正向死区最小值	0-15 V	设置正向的加速器死区最小电压，小于该电压时加速器输入为 0，设置足够的死区值可以保证松开加速器后车辆能够进入空档
146	踏板正向死区最大值	0-15 V	设置正向的加速器死区最大电压，大于该电压时加速器输入为 100，设置足够的死区可以保

			证车辆加速器在一定行程内的输入能够达到 100%
147	踏板正向中值对应的输出百分比	0-100 %	<p>设置正向时加速器电压为中值时的加速器输入百分比，修改车辆对加速器电压的响应。此值设置为 50%，可以提供加速器电压变化的线性响应；设置低于 50%，会降低控制器在低油门下的输出，从而提高低速的操控性；设置高于 50%，在低油门时速度响应会更快，反应更灵敏</p> <p>中值电压=（正向死区最小值+正向死区最大值）/ 2</p>
148	踏板反向死区最小值	0-15 V	设置反向的加速器死区最小电压，小于该电压时加速器输入为 0，设置足够的死区可以保证松开加速器后车辆能够进入空档
149	踏板反向死区最大值	0-15 V	设置反向的加速器死区最大电压，大于该电压时加速器输入为 100，设置足够的死区可以保证车辆加速器在一定行程内的输入能够达到 100
150	踏板反向中值对应的输出百分比	0-100 %	<p>设置反向时加速器电压为中值时的加速器输入百分比，修改车辆对加速器电压的响应。此值设置为 50%，可以提供加速器电压变化的线性响应；设置低于 50%，会降低控制器在低油门下的输出，从而提高低速的操控性；设置高于 50%，在低油门时速度响应会更快，反应更灵敏</p> <p>中值电压=（反向死区最小值+反向死区最大值）/ 2</p>
151	制动踏板输入类型	0-5	<p>选择制动踏板输入类型，目前仅支持以下几种制动踏板类型</p> <p>0：无踏板输入，无加速器输入</p> <p>1：2 线电阻，使用控制器 5V 输出作为电源的双线变阻器</p> <p>2：3 线电阻，使用 0-5V 电压源的 3 线制电位器</p> <p>3：3 总线：接收来自 CAN 总线的加速器输入</p> <p>4：0-10V 电压，0-10V 的电压输入</p> <p>5：电压 0-5V，0-5V 的电压输入</p>

152	制动踏板正向死区最小值	0-15 V	设置正向的制动踏板死区最小电压，小于该电压时制动踏板输入为 0，设置足够的死区值可以保证制动踏板复位后车辆能够进入空档
153	制动踏板正向死区最大值	0-15 V	设置正向的制动踏板死区最大电压，大于该电压时制动踏板输入为 100%，设置足够的死区可以保证制动踏板在一定行程内的输入能够达到 100%
154	制动踏板正向中值对应的输出百分比	0-100 %	设置正向时制动踏板电压为中值时的输入百分比，修改车辆对制动踏板电压的响应。此值设置为 50%，可以提供制动踏板电压变化的线性响应；设置低于 50%，会降低控制器在微动下的输出，从而提高低输出的操控性；设置高于 50%，在微动踏板时响应会更快，反应更灵敏 中值电压=（正向死区最小值+正向死区最大值）/2
155	制动踏板反向死区最小值	0-15 V	设置反向的制动踏板死区最小电压，小于该电压时制动踏板输入为 0，设置足够的死区值可以保证制动踏板复位后车辆能够进入空档
156	制动踏板反向死区最大值	0-15 V	设置反向的制动踏板死区最大电压，大于该电压时制动踏板输入为 100%，设置足够的死区可以保证制动踏板在一定行程内的输入能够达到 100%
157	制动踏板反向中值对应的输出百分比	0-100 %	设置反向时制动踏板电压为中值时的输入百分比，修改车辆对制动踏板电压的响应。此值设置为 50%，可以提供制动踏板电压变化的线性响应；设置低于 50%，会降低控制器在微动下的输出，从而提高低输出的操控性；设置高于 50%，在微动踏板时响应会更快，反应更灵敏 中值电压=（反向死区最小值+反向死区最大值）/2
160	1 档速度	0-100 %	设置不同需求下的速度限制百分比，具体功能请咨询前拓技术服务工程师
161	2 档速度	0-100 %	设置不同需求下的速度限制百分比，具体功能请咨询前拓技术服务工程师
162	3 档速度	0-100 %	设置不同需求下的速度限制百分比，具体功能请咨询前拓技术服务工程师

163	4 档速度	0-100 %	设置不同需求下的速度限制百分比，具体功能请咨询前拓技术服务工程师
164	转速公里比	0-32767	设置电机转速和车辆行驶速度的转换系数，正确的设置系数，才能精确的检测车辆行驶速度 行驶速度=电机转速/转速公里比
167	起升电机中间档位 1	0-100 %	设置不同需求下的直流泵电机输出比例，具体功能请咨询前拓技术服务工程师
168	起升电机中间档位 2	0-100 %	设置不同需求下的直流泵电机输出比例，具体功能请咨询前拓技术服务工程师
169	转弯降速起始角度	0-90 °	设置转弯降速的起始角度 当转向角度大于设置的起始角度时，启动转弯减速，行驶速度按照设定值减小，转向角度越大，降速效果越明显
170	转弯降速终止角度	0-90 °	设置转弯降速的终止角度 当转向角度达到设置的终止角度时，降速效果达到设置的最小速度，转向超过此角度后，降速效果不再增强，维持在最小速度
171	起始角度速度百分比	0-100 %	设置转弯降速起始角度的速度百分比 当转向角度达到起始角度时，速度将会降到此设置值，此后，随着转向角度增大，降速效果逐渐增强
172	终止角度速度百分比	0-100 %	设置转弯降速终止角度的速度百分比 当转向角度达到终止角度时，速度将会降到此设置值，此后，随着转向角度增大，降速效果不再增强

5

初始设置



在开始设置程序之前，用千斤顶将车辆驱动轮顶离地面，使其自由旋转。仔细检查所有接线，确保其符合第 2 节中的接线指南。确保所有连接都牢固。

控制器上电后故障灯黄灯常亮或黄灯与红灯交替闪烁，使用 PD01 手持设备或者 HMI Platform 上位机监控软件连接到控制器，确保可以读取到监控参数和配置参数，否则，需要检查手持设备或上位机软件的安装以及所有节点 CAN 线的连接，然后进行基础参数设置。

1. 电机极对数

此参数由电机自身因素决定，可以咨询电机厂家获得，常用的电机一般极对数为 2，必须设置正确的极对数，才能得到正确的电机转速命令。

2. 编码器线数

该信息通常可以从电机厂家获得，常用的编码器线数有 32、48、64、80、128、256，必须设置正确的编码器线数，才能得到正确的电机转速反馈。

若要检查设置是否正确，可以使电机低速旋转，在监控参数菜单：STATE 中查看电机转动时的电机转速命令和电机转速，若显示一致则表示这是正确，若相差较大，则表示未设置正确的编码器线数。

此外，若监控到电机转速命令和电机转速值的符号相反（一正一负），则需要在配置参数菜单：SYSTEM 中修改编码器换向。



编码器步进参数设置不当可能导致车辆故障，包括非指令驱动。修改编码器换向时，在发动机重新正常运转之前，不要将车辆从车架上卸下。

3.电机惯量和惯量比

调节电机刚性的参数，可以先设置为默认值（电机惯量：70，惯量比 800），使电机能正常转动，然后根据实际情况做出调整。

4.定子电阻和定子时间常数

调节电流环比例增益的参数，可以先设置为默认值（定子电阻 64，定子时间常数：96），使电机能正常转动，然后根据实际情况做出调整。

5.弱磁基速、额定功率基速和电流限制转速增量

设置电机磁场的基准转速，以及电流限制时的转速增量，这三个参数会影响拐点电流的在电机转速中的分布，通常弱磁基速设置为电机正向和反向最大转速的 2/5，额定功率基速=弱磁基速，电流限制转速增量=弱磁基速/2。

6.电机最大转速、前进和后退的最大转速

电机最大转速约束了电机在所有动作中的最大转速，最大油门对应正向或反向最大转速则分别限制电机正转或反转的最大转速，设置这三个参数前需要先按照减速比 p 、轮径 m 、行驶速度 v ，计算出需要的电机转速 r ，计算公式为： $r = (v * p) / (3.14 * 60 * m)$ 。

7.最大电流限制

驱动电流、爬坡电流、再生电流、刹车电流、急反电流是控制器在进行相应动作时的最大电流限制百分比，根据实际情况，设置为所需的值。

8.电机温度传感器

确认是否连接了电机温度传感器，然后在 3 号参数中，勾选电机温度使能，即表示启用电机温度检测功能，然后选择温度传感器类型，目前仅支持 KTY84-130/150 和 PT1000 两种类型。

要检查设置是否正确，可以在监控参数菜单：STATE 中查看电机温度的显示值，在电机长时间运行后，电机温度将显著升高，若测量实际温度与显示温度差距过大，请确认温度传感器类型是否正确或联系前拓技术服务工程师。

在电机温度显示正常后，可以按照需求设置电机过载温度和电机极限温度，在电机过温时限制功率或

者禁止动作，以延长电机的使用寿命。

9.加速器输入

确认加速器输入类型，选择正确的类型才能得到正确的油门输入。若选择非总线类型的加速器输入，需要确认加速器按照要求接线，且输入的电压在允许的电压范围之内，否则可能出现报警。

选择非总线类型的加速器输入时，监控参数菜单：STATE 中的油门踏板指令电压显示了加速器输入的实际电压；总线类型的加速器输入值可以通过分析 CAN 总线数据获得，参考以上电压或总线数据，可以设置合适的死区值以及修改加速器输入的映射值。

10.制动踏板输入

制动踏板作为预留的可配置功能，其实际作用由客户需求决定，可以咨询前拓技术服务工程师；不需要使用时，制动踏板输入类型可选择为无踏板输入，此时将屏蔽关于制动踏板的功能和报警。

使用时，先确认制动踏板输入类型，选择正确的类型才能得到正确的制动踏板输入。若选择非总线类型的制动踏板输入类型，需要确认制动踏板按照要求接线，且输入的电压在允许的电压范围之内，否则可能出现报警。

选择非总线类型的制动踏板输入时，监控参数菜单：STATE 中的制动踏板指令电压显示了制动踏板输入的实际电压；总线类型的制动踏板输入值可以通过分析 CAN 总线数据获得，参考以上电压或总线数据，可以设置合适的死区值以及修改制动踏板输入的映射值。

11.驱动输出

主接触器（驱动输出 1）：主接触器一般作为车辆的必选配置，在配置参数菜单：DRIVER 中可以选择主接触器驱动使能和主接触器检查使能，同时按照电源电压和接触器规格设置合适的启动电压和保持电压，一般设置为启动电压 100%，保持电压：80%。

开启主接触器使能后，控制器在正常上电后驱动主接触器吸合，出现严重故障时，将断开主接触器以保护车辆及驾驶员安全；开启主接触器检查使能后，需要确保主接触器按照要求接线，否则可能出现报警。

电磁制动器（驱动输出 2）：电磁制动器是车辆的可选配置，在配置参数菜单：DRIVER 中可以选择制动器使能，同时按照电源电压和电磁制动器规格设置合适的启动电压和保持电压，一般设置为启动电压

100%，保持电压：80%。

选择制动器使能后，需要确保电磁制动器按照要求接线，否则可能导致报警，控制器将在电机动作之前驱动电磁制动器释放，电机停止动作后电磁制动器抱死。

12.故障排除

完成所有初始设置后，关闭控制器的 KSI 电源，然后重新打开，重启控制器，以使修改的参数生效。使用 PD-01 手持设备或 HMI Platform 上位机监控软件连接控制器，或者观察控制器故障灯状态，可以读取控制器的故障码。在驱动电机动作之前，必须清除所有故障，故障排除方法，请参考故障码表，或联系前拓技术服务工程师。

6

调试指南

通过控制器的各种可配置参数，可以优化车辆性能，配置车辆功能等。整车系统的参数优化完成后，就可以作为该车型的标准参数。如果该车型的电机，控制器，驱动系统等相关部件发生变化，都需要重新调整系统的参数，以提供最佳的性能。

1.调整电机参数

此步骤主要匹配电机的相关参数，优化控制器对电机的控制；执行此步骤时需要确保驱动轮悬空，使其可以自由旋转。

电机惯量：从默认值 50 开始，每次增加 10，观察电机的旋转状态，当电机在低速时出现抖动、电机旋转异常或旋转时出现异响，此时即为电机惯量的极限值，实际值设置为极限值的 80%，在最大化发挥电机性能的同时，留有一定的余量，以满足电机的微小差异。

定子电阻和定子时间常数：这两个参数的比值为 2:3，从默认值（定子电阻 64，定子时间常数 96）开始，每次增加 10，且按照 2:3 的比值逐渐增大，观察电机的旋转状态，当能明显听到有电流声或者电机旋转时出现异响，此时即为定子电阻和定子时间常数的极限值，实际值分别设置为极限值的 75%，在最大化发挥电机性能的同时，留有一定的余量，以满足电机的微小差异。

完成此步骤后，电机基本匹配完成，可以对转速进行有效的控制，此时将车辆落地，进行接下来的调试。

2.优化车辆性能

此步骤主要调整车辆行驶时的电流曲线，优化电机扭矩，使车辆在不同工况下行驶时，满足速度要求的同时，电流尽可能地减小，以降低车辆能耗，减缓电机和控制器温升，延长车辆的使用时间。

爬坡测试：调整最大爬坡电流百分比，使车辆在标准载重下，在坡道上勉强可以起步；然后调整转子时间常数，每次增大或减小 1000，车辆爬坡过程中，监控电机转速和电机电流，当电机稳定后的转速较高且电流较小时，即为最佳值；然后根据爬坡速度要求，增大或减小最大爬坡电流百分比，使其可以满足要

求的爬坡速度。

平地测试：调整最大驱动电流百分比，使车辆在标准载重下，可以达到要求的行驶速度，同时加速距离可以满足要求，车辆行驶过程中，电机电流稳定且越小效果越佳。

优化电流曲线：参考 MCU 配置参数菜单：MOTOR 中的 24~28 号参数，默认的电流曲线通常可以满足基本的需求；在调试时如果发现车辆在某一个转速范围内加速过程缓慢，加速距离很长，可以适当增大该转速区间的电流限制百分比，以提高电机在该转速区间的扭矩，从而获得更大的加速度，以满足需求。

刹车和急反电流设置：一般情况下，最大再生电流，最大刹车电流，最大急反电流与最大爬坡电流相同，或略大于最大爬坡电流，保证车辆在各种工况下都能够刹得住车。

3.加速和制动

此步骤主要调整车辆的加速率和减速率曲线，在满足加速度和制动距离的前提下，优化加速和减速曲线，是驾驶员有更舒适的驾驶感受。

参考 MCU 配置参数菜单：SPEED 中的 63~73 号参数，设置合适的高速段与低速段分界点，并根据不同工况设置合适的加速和减速时间，以调整加速和减速的大致曲线。每个参数修改所产生的效果，请参考 MCU 配置参数菜单：SPEED 中的说明。

此外，MCU 配置参数菜单：SPEED 中的 81~82 号参数，可以调整车辆在正常减速过程中，停止前的缓冲速度阈值和缓冲效果。

4.转弯降速

若车辆系统中配置了转向控制器或转向角度传感器时，可以设置转弯降速相关的参数，以使车辆根据不同的转向角度，执行对应的速度削减，此配置在优化了驾驶感受的同时，也降低了转弯时因速度过快而导致车辆侧翻或载货掉落的风险。

详见：MCU 配置参数菜单：STEER 中的 196~199 号参数。

ECU 配置参数列表中的 169~172 号参数。

5.配置直流泵和比例阀

当所选控制器支持直流泵电机控制时，还需要对直流泵相关参数进行配置，否则将导致直流泵无输出；

详情请参考 MCU 配置参数菜单：PROPDRIVER 中 147~150 号参数，设置合适的直流泵控输出电流和电压。若所选控制器不支持直流泵电机控制，则此处的配置将不会生效。

当控制系统中需要用到比例阀输出时，需要配置比例阀相关的参数，否则将导致比例阀驱动无输出；此处的配置主要调整控制比例阀输出的电流曲线，一方面改变比例阀的开度，以满足需求；另一方面，使比例阀在打开和关断时，尽可能地平滑，以减小对车辆的冲击。

详见：MCU 配置参数菜单：PROPDRIVER 中 151~157 号参数

ECU 配置参数列表中的 85~105 号参数

6.紧急反向

当车辆配置了紧急反向功能时，此步骤需要调整紧急反向过程的速度曲线，保证车辆在急反开关触发时能够快速制动，且按照预期执行反向运动。请参考 MCU 配置参数菜单：EMREVERSE 中的 158~161 号参数。

7

故障诊断和排除

控制器可以检测各种故障和错误条件，以故障码和故障指示灯的形式传达给使用者，同时针对不同级别的故障或错误做出相应的处理。其中，故障码 30 及以内的故障为严重故障，此类故障不能自己消除，故障时将禁止电机输出；故障码 31 及以上的故障为轻微故障，此类故障通常只限制电机的输出，部分故障在满足清除条件后可以自己消除。本节主要介绍故障诊断和排除的方法。

故障诊断

故障有等级之分，故障码从小到大故障等级依次降低，同时发生多个故障时，优先显示故障等级较高（故障码较小）的故障码。可以通过以下两种方式获取故障信息：

(1) 通过 PD-01 手持设备或者 HMI Platform 上位机监控软件连接控制器，读取控制器监控参数中的错误号。

(2) 通过观察控制器故障指示灯的状态获取故障码。控制器内置的一对 LED 灯（一黄一红）显示格式如下表。

控制器指示灯显示格式	
指示灯状态	含义
黄灯和红灯均不亮	控制器未接通电源或出现严重故障 控制器底层程序丢失
黄灯常亮	控制器正常运行
黄灯和红灯交替快速闪烁	控制器在进行固件升级
红灯常亮	控制器硬件和软件不匹配
黄灯或红灯缓慢闪烁	控制器存在故障，黄灯和红灯组合显示故障码 黄灯闪烁次数为故障码十位数，红灯闪烁次数为故障码个位数

故障排除

发生任何故障时，在不确定车辆故障原因时，可以尝试关闭 KSI，给控制器断电，再重新打开，查看故障是否排除。若故障未排除，则关闭 KSI，并卸下 35PIN 连接器，检查接线是否牢靠或腐蚀损坏，必要时进行清洁，然后重新插入。

下表提供了所有控制器故障时的故障码、故障的影响、可能的故障原因、故障清除条件。

MCU 故障检查表			
故障码	故障含义及影响	可能的故障原因	故障清除条件
1	反馈超速 关闭电机输出，关闭电磁制动器	电机转速反馈高于设定的转速，电机参数或编码器参数未匹配合适	正确设置编码器位数和电机极对数，调整电机相关参数 清除：重启控制器
2	内核运行错误 关闭所有输出	控制器软件与硬件不匹配，或控制器相关硬件损坏	联系制造商确认软件和硬件版本，更新软件或更换控制器 清除：重启控制器
3	控制器及电机长时间过载 关闭电机输出，关闭电磁制动器	控制器选型过小	更换大功率的控制器或降低使用负荷 清除：重启控制器
4	电机位置超差（跟踪超限） 关闭电机输出，关闭电磁制动器	指令位置和实际位置差距过大 控制器驱动电流太小或电机堵转 位置环相关参数未匹配合适	适当增大驱动电流和电机转速，调整位置环相关参数，或联系制造商 清除：重启控制器
5	电机电子齿轮比之后的位置指令变化超过电机最大转速 关闭电机输出，关闭电磁制动器	位置环相关参数或电子齿轮比设置不合适	调整位置环相关参数或电子齿轮比，或联系制造商 清除：重启控制器
6	速度模式时，速度指令超过电机最大转速 关闭电机输出，关闭电磁制动器	速度环相关参数未匹配合适	调整速度环相关参数，或联系制造商 清除：重启控制器

7	<p>转矩模式时，转矩指令超过电机最大转矩</p> <p>关闭电机输出，关闭电磁制动器</p>	<p>转矩系数设置不合适</p>	<p>调整转矩系数，或联系制造商</p> <p>清除：重启控制器</p>
8	<p>速度传感器错误</p> <p>关闭电机输出，关闭电磁制动器</p>	<p>速度环长时间饱和，而速度反馈不存在</p> <p>速度传感器连接断线</p> <p>速度传感器损坏，无信号输入</p> <p>电机堵转或电机相线有开路</p> <p>控制器检测电路异常</p>	<p>检查速度传感器接线，电机接线及速度传感器信号输入</p> <p>清除：重启控制器</p>
9	<p>速度传感器方向错误</p> <p>关闭电机输出，关闭电磁制动器</p>	<p>速度环长时间饱和，而速度反馈反向</p> <p>速度传感器 AB 相的方向和电机 UVW 的方向不一致</p>	<p>修改参数编码器换向</p> <p>交换电机 UVW 任意两相的接线</p> <p>交换速度传感器 AB 相的接线</p> <p>清除：重启控制器</p>
11	<p>电机两分钟最大电流保护</p> <p>关闭电机输出，关闭电磁制动器</p>	<p>电机电流持续超过 2 分钟最大电流，时间超过 2 分钟</p> <p>电机堵转或电机负荷过大</p> <p>电机参数未匹配合适</p>	<p>排除电机堵转情况</p> <p>调整电机参数或优化驱动电流</p> <p>清除：重启控制器</p>
12	<p>电机过电流</p> <p>关闭电机输出，关闭电磁制动器</p>	<p>电机电流超过软件内设定的最大值</p> <p>电机短路</p> <p>控制器选型过小</p> <p>电机参数未匹配合适</p> <p>控制器故障</p>	<p>检查电机接线，调整电机参数，更换控制器或联系制造商</p> <p>清除：重启控制器</p>
13	<p>母线电容充电故障</p> <p>关闭所有驱动输出</p>	<p>预充时未能将电容电压充达到 KSI 电压</p> <p>静止状态下上电直接报故障：</p> <p>控制器 B+端有负载</p> <p>主接触器触点或线圈损坏，或接线断路</p> <p>主回路中保险损坏</p> <p>控制器中主接触器参数未配置正确</p> <p>控制器故障</p> <p>静止状态下不报，整车动作后报故障：</p>	<p>检查主接触器及其接线，确认主接触器参数配置</p> <p>检查控制器 B+ 端接线</p> <p>确认控制器 B+ 端的电压是否足够</p> <p>更换控制器或联系制造商</p> <p>清除：重启控制器</p>

		确认电池是否选型过小、电压较低或缺液	
14	主接触器连接故障 关闭所有驱动输出	主接触器线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查主接触器接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
15	电磁制动连接故障 关闭电机输出，关闭电磁制动器	电磁制动器线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查电磁制动器接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
16	电压严重过低保护 关闭所有驱动输出	电池电压严重低于软件内设定最低电压阈值 电池电压过低或压降过大 控制器选型不对，电压等级不符	测量电池电压及压降，保持电池电压在正常工作范围之内 选择符合电压等级的控制器 清除：重启控制器
17	电压严重过高保护 关闭所有驱动输出	电池电压严重高于软件内设定最高电压阈值（控制器电压的125%） 电池电压过高 控制器选型不对，电压等级不符	测量电池电压，保持电池电压在正常工作范围之内 选择符合电压等级的控制器 清除：重启控制器
18	控制器高温保护 关闭电机输出	控制器温度高于 95°C 控制器长时间大负荷使用 控制器散热条件太差 控制器选型不合适	选择合适的控制器 保持较好的散热环境，以维持控制器长时间工作 清除：重启控制器
19	电机严重高温 关闭电机输出	电机温度高于参数内设定的电机极限温度 电机长时间大负荷工作 电机散热条件太差	确认参数设置合理 保持较好的散热环境，以维持电机长时间工作 清除：重启控制器
20	加速器踏板输入异常 关闭电机输出	加速器踏板输入信号异常	检查踏板和控制器连线； 检查踏板是否损坏； 检查控制器有关踏板的参数设置，尤其是踏板类型。 清除：重启控制器
21	主接触器触点黏连 关闭所有驱动输出	主接触器损坏或其他原因导致主接触器触点无法断开	检查主接触器及其接线
22	5V 输出故障 关闭电机输出	5V 输出端口短路 控制器硬件损坏	检查 5V 输出端口接线及其外接设备 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器

23	MACID 检测失败 关闭电机输出	控制器 CAN 网络 ID 号设置重复, 或同一 CAN 网络中使用了完全相同的多个控制器	重新设置 CAN 节点的 ID 清除: 重启控制器
24	主接触器驱动故障 关闭所有驱动输出	主接触器损坏 控制器硬件损坏	更换主接触器 更换控制器或联系制造商
25	功率模块故障 关闭电机输出	电压波动太大, 工作时电压过低或过高 控制器硬件故障	保持控制器电压在正常工作时允许的电压范围之内 更换控制器或联系制造商 清除: 重启控制器
26	CAN 通信错误 关闭电机输出	设定时间内, 未检测到相关联 CAN 节点 CAN 通讯节点接线异常, 导致丢失 CAN 通讯超时检测时间设置不合理 CAN 终端电阻配置不合理, 或 CAN 总线有干扰, 导致通讯不稳定	检查各个 CAN 节点的接线, 配置合适的终端电阻, 设置合理的报文发送及检测周期 清除: 重启控制器
27	电压高于最大电压 2V 关闭电机输出	控制器 Vbus 电压高于极限电压 2V 以上 控制器选型不符 控制器接线不符合要求 控制器在非正常工况下使用	选择合适的控制器, 按要求接线, 保持控制器在正常工况下使用, 或联系制造商 清除: 重启控制器
29	电机温度传感器故障 关闭电机输出	电机温度超过软件设定的温度 电机温度传感器故障或接线存在断路	检查温度传感器及其接线 清除: 重启控制器
31	电池电压轻度过低 削减控制器功率	电池电压轻度过低 电量不足或电池压降太大	测量电池电压及压降, 保持电池电压在正常工作时允许的电压范围之内 清除: 重启控制器
32	功率板轻度过温 削减控制器功率	控制器温度高于 85°C 控制器长时间大负荷使用 控制器散热条件太差 控制器选型不合适	选择合适的控制器 保持较好的散热环境, 以维持控制器长时间工作 清除: 重启控制器
33	功率板低温(-30°C) 削减控制器功率	控制器工作环境温度低于-30°C	保持控制器在正常工况下使用 清除: 重启控制器

34	电机轻度高温 削减控制器功率	电机温度超过参数设置的电机过载温度 电机长时间大负荷工作 电机散热条件太差	确认参数设置合理 保持较好的散热环境，以维持电机长时间工作 清除：重启控制器
35	12V 输出故障 关闭电机输出	12V 输出端口短路 控制器硬件损坏	检查 5V 输出端口接线及其外接设备 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
36	DRIVER3 连接故障 关闭 DRIVER3 输出	驱动输出 3 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查驱动输出 3 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
37	DRIVER4 连接故障 关闭 DRIVER4 输出	驱动输出 4 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查驱动输出 4 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
38	EEPROM 读写参数错误 关闭电机输出	读取或写入控制器参数失败，控制器故障	更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
39	参数编号错误、超限错误 关闭电机输出	写入控制器参数时设置的参数超过该参数的可修改范围 远程修改参数时，无对应的参数号	确认参数的可读写范围 清除：重启控制器
40	上电 io 异常/上电状态异常（操作时序错误） 关闭电机输出	复位后，关键信号不在原位（油门开关，方向开关，起升/下降，安全开关）。信号归位，报警自动消除。	检查报警相关的开关及信号 清除：关键信号复位后自动消除
41	电量轻度过低警告 削减控制器功率	电量低于 20%，电量过低，需要充电	清除：铅酸电池，充电达到复位电压（电量充满）后，重启控制器 锂电池，充电电量高于警告值后，重启控制器
42	电量严重过低警告 关闭电机输出	电量低于 15%，电量过低，需要充电	清除：铅酸电池，充电达到复位电压（电量充满）后，重启控制器 锂电池，充电电量高于警告值后，重启控制器
95	未定义控制器 关闭所有输出	控制器内部程序丢失	重新下载控制器程序 清除：无法清除

ECU 故障检查表			
故障码	故障含义及影响	可能的故障原因	故障清除条件
51	DRIVER1 连接故障 关闭 DRIVER1 输出	驱动输出 1 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO1 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
52	DRIVER2 连接故障 关闭 DRIVER2 输出	驱动输出 2 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO2 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
53	DRIVER3 连接故障 关闭 DRIVER3 输出	驱动输出 3 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO3 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
54	DRIVER4 连接故障 关闭 DRIVER4 输出	驱动输出 4 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO4 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
55	DRIVER5 连接故障 关闭 DRIVER5 输出	驱动输出 5 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO5 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
56	DRIVER6 连接故障 关闭 DRIVER6 输出	驱动输出 6 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO6 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
57	DRIVER7 连接故障 关闭 DRIVER7 输出	驱动输出 7 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO7 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
58	DRIVER8 连接故障 关闭 DRIVER8 输出	驱动输出 8 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO8 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
59	DRIVER9 连接故障 关闭 DRIVER9 输出	驱动输出 9 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO9 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
60	DRIVER10 连接故障 关闭 DRIVER10 输出	驱动输出 10 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO10 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
66	DRIVER11 连接故障 关闭 DRIVER11 输出	驱动输出 11 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO11 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器

67	DRIVER12 连接故障 关闭 DRIVER12 输出	驱动输出 12 线圈接线断路或短路 控制器驱动故障	检查 DO12 接线 更换控制器或联系制造商 清除：重启控制器
71	模拟量 1 输入异常	模拟量 1 输入信号异常	输入信号异常： 1、检查模拟量 1 和控制器连线； 2、检查模拟量 1 部件是否损坏； 3、检查控制器有关模拟量 1 的参数设置； 清除：重启控制器
72	模拟量 2 输入异常	模拟量 2 输入信号异常	输入信号异常： 1、检查模拟量 2 和控制器连线； 2、检查模拟量 2 部件是否损坏； 3、检查控制器有关模拟量 2 的参数设置； 清除：重启控制器
73	模拟量 3 输入异常	模拟量 3 输入信号异常	输入信号异常： 1、检查模拟量 3 和控制器连线； 2、检查模拟量 3 部件是否损坏； 3、检查控制器有关模拟量 3 的参数设置； 清除：重启控制器
81	主从 MCU 故障	/	1、控制器内部通讯故障，更换控制器。
82	主从 MCU 脉冲异常	/	1、控制器内部通讯故障，更换控制器。
83	看门狗异常	/	控制器故障，更换控制器。
84	PCU 通讯错误	与 PCU 的通讯超时。	1、检查通信线接线； 2、检查报文发送周期； 清除：重启控制器
86	写入参数错误	写入 ECU 参数超时	控制器故障，更换控制器。
87	读取参数错误	读取 ECU 参数超时	控制器故障，更换控制器。
88	参数超限	写入控制器参数时设置的参数超过该参数的可修改范围； 远程修改参数时，无对应的参数号。	1、参数设置超过软件允许最大范围 2、控制器故障，更换控制器。

95	未定义控制器 关闭所有输出	控制器内部程序丢失	重新下载控制器程序 清除：无法清除
100 以上	用户层自定义故障		

8

维修和保养

请勿尝试打开、修复或以其他方式修改控制器，否则可能会损坏控制器，并使保修无效。

建议在控制器和连接处保持干净以及干燥，并定期检查和清除控制器的故障历史记录。

定期清洁控制器外部将有助于保护其免受腐蚀以及避免操作环境中由于灰尘，污垢和化学物质造成的电气控制问题，通常存在于电池供电系统中。

在任何电池供电系统上工作时，都应注意安全性以及采取预防措施，包括并不限于：相应的培训，佩戴护目镜，避免穿着宽松的衣服，禁止佩戴任何首饰。

使用以下清洁操作进行日常维护，不要使用高压清洗机来清洗控制器。

- 1.断开电池电源。
- 2.在控制器的 B +和 B-端子上连接负载（例如接触器线圈）为控制器中的电容器放电。
- 3.用湿抹布将电源和控制器周围的区域擦干，在重新连接的时候将其擦干。
- 4.确保连接牢固。有关电池和电机连接的最大拧紧扭矩规格，请参考第 2 节。