HARDWARE SPECIFICATION

D2842-400-HB

D2842-400-HB · 双路三相 FOC 无刷电机驱动 · 产品规格书（预览版）

副标题	D2842-400-HB · 双路三相 FOC 无刷电机驱动 · 产品规格书（预览版）
品牌	Daliang Auto
产品型号	D2842-400-HB
电压平台	36 V 标称（10S 锂电，工作范围 28 – 42 V DC）
额定输出	每路连续 400 W @42 V / 350 W @36 V / 300 W @28 V（双路同时，见 §5.3）
文档版本	Rev. 1.6（预览版）
发布日期	2026-10-30
硬件版本	2.0、3.0（两版差异见 §1.1）
主控	STM32G473VET6（ARM Cortex-M4F，LQFP100）
适用	双轮 / 双电机线控底盘、卡丁车 / Gokart 线控、AGV / 机器人差速驱动、通用双路 BLDC / PMSM 有感 FOC 驱动

关于本版

- §1 – §18 为硬件规格，适用硬件 2.0 与 3.0。两版的板尺寸、电源链路与功率级相同；不同之处在相关章节逐条标注，汇总见 §1.1。文中引脚、连接器针序与电源链路可作为接线与设计依据。
- §19 仅给出出厂固件的能力概览。固件的命令、标定流程、协议、参数与故障码详见随固件版本发布的《D2842-400-HB 出厂固件说明书》。
- 本规格书随硬件版本修订，固件升级不引起本规格书改版。
- 电源、保护、栅驱、收发、桥接等器件以功能与能力等级描述，具体料号不在本文档中披露。
- 电气参数为设计值与推导值，标「推荐」者为保守取值，量产前以正式测试报告（EVT）为准。

本规格书仅描述板卡本身。电机、霍尔传感器、电池、刹车电阻、保险管、接收机、外接开关、上位机等均为板外器件，不在供货范围内。对于板外器件，本规格书仅给出板侧的接口要求与电气包络（端子形式、针序、电压 / 电流 / 功率上限），不作选型推荐，具体规格由用户按实际工况确定。

---

1. 产品概述

D2842-400-HB 是以 STM32G473VET6 为主控的双路三相 FOC（磁场定向控制）无刷电机驱动板，单板独立驱动两台 BLDC / PMSM 电机，并集成一路有刷直流 H 桥与一路母线泄放（刹车斩波）电路。

电压平台：36 V 标称（10S 锂电）

本产品为 36 V 平台产品，所配电池与电机按下表电压选取。

	电压	说明
标称（铭牌）	36 V	10S 锂电（10 × 3.6 V）。§5.3 全部功率数据均按 36 V 计算
工作范围	28 – 42 V DC	28 V = 10S 放电截止；42 V = 10S 满电（10 × 4.2 V）
绝对最大	**45 V**	超过即触发过压保护，不得长期工作在此电压

> 警告：本产品不支持 48 V 平台。板载降压、栅驱、母线电解电容与保险丝座均为 60 V 级器件，13S / 16S 体系满电电压达 54.6 / 58.4 V，裕量不足。见 §20 第 1 条。

相桥 MOSFET、母线电容与防反接 MOS 等功率器件均为 100 V 耐压。平台电压上限由辅助电源与栅驱侧的 60 V 级器件决定。

型号命名

```
D  28 42  -  400  -  H  B
|  |  |      |       |  |
|  |  |      |       |  +-- B：带母线泄放（刹车）电路
|  |  |      |       +----- H：带辅助有刷 H 桥
|  |  |      +------------- 每路额定连续输出 400 W（@42 V 满电）
|  |  +-------------------- 输入上限 42 V
|  +----------------------- 输入下限 28 V
+-------------------------- DOUBLE：双路 FOC
```

> 注：400 W 为 42 V 满电下每路的额定连续输出功率。额定值随母线电压降额：42 V → 400 W / 36 V → 350 W / 28 V → 300 W（每路，双路同时）。选型与设计按 §5.3 的电压档取值。

主要特性：

- 主控：STM32G473VET6，Cortex-M4F @ 170 MHz（Boost），512 KB Flash / 128 KB SRAM，硬件 FPU + CORDIC，双高级定时器 TIM1 / TIM8、5×ADC、FDCAN。

- 双路三相 FOC 功率级：2 × 集成三相栅极驱动器（内置电荷泵、3 路电流采样放大器、SPI 配置、VDS 硬件过流保护）+ 2 × 6 颗 100 V 功率 MOSFET 三相半桥（共 12 颗）。
- 精密电流采样（双通道）：每路低边 3 × 2 mΩ 分流 + 内置 CSA（出厂增益 20 V/V），满量程 ±41.25 A / 路，分辨率 20 mA/LSB；ADC1（电机 1）/ ADC2（电机 2），分别由 TIM1 / TIM8 触发。
- 位置反馈：双路霍尔接口（各一组 2.0 mm 5P），经六路施密特缓冲，兼容开漏 / 3.3 V / 5 V 霍尔；信号反相（见 §12）。
- 辅助有刷 H 桥：板载集成电流检测与过流 / 过温保护的有刷直流 H 桥（器件 40 V / 6 A 级），出厂限流点约 3.33 A，用于刹车电缸 / 执行器。
- 母线泄放（刹车斩波）：独立比较器迟滞控制的泄放回路，硬件自主工作，不依赖 MCU，8.8 A 级，外接电阻性负载；MCU 可读取状态、可强制禁用。
- 多路板载电源：母线经两路 60 V 级降压产生 +24 V / +12 V，再由 +12 V → +5 V → +3.3 V；对外提供 24 V / 12 V / 5 V / 3.3 V 辅助取电。
- 输入保护：理想二极管防反接 + 电子开关（背靠背 100 V MOS）、线性区限流软启动、插片式保险丝座（30 A 级）、TVS 浪涌抑制（48 V 截止 / 1.5 kW）；母线电压经 ADC 实时检测。支持外接电源开关（仅 mA 级信号，见 §4.3）。
- 通信：1 × CAN（经典 CAN ≤ 1 Mbps，双 4P 可级联，120 Ω 终端拨动开关投切）、USB Type-C（USB-UART 桥接 + 一键下载）、外部 TTL 串口（带 ESD 与自恢复保险丝）。
- 遥控输入：3 通道，其中 2 路硬件 PWM 捕获、1 路支持 SBUS（见 §10）。
- 人机：状态 LED、有源蜂鸣器、用户按键、方向 / 模式开关量、双路电位器；硬件 2.0 另有刹车开关量输入，硬件 3.0 改为模拟刹车输入，并增加本地锁拨码开关。
- 硬件 3.0：两路栅驱故障信号接定时器刹车输入（硬件直接封锁 PWM）、两路板载 NTC 温度检测。

1.1 硬件 3.0 与硬件 2.0 的差异

两版硬件的板尺寸、安装孔、电源链路、功率级、电流采样、霍尔、CAN、USB 与遥控接口相同，下表只列不同之处。

项	硬件 2.0	硬件 3.0	见
栅驱故障信号	PD6 / PB15，未接定时器刹车输入，由 CPU 轮询关断	PC13（TIM1_BKIN）/ PB7（TIM8_BKIN），**硬件直接封锁对应一路 PWM**，不经过 CPU	§2.2、§20
CN3	2P，刹车开关量（干接点，低有效）；出厂固件用作急停输入	**3P 模拟刹车输入**（1 = GND / 2 = BRAKE / 3 = +5 V），断线读 0 V	§11
急停输入	有（CN3）	**无。**电源开关即为停机手段	§19.2
板载温度检测	无	**两路 NTC**，分别贴近两路功率级	§2.2、§13
本地锁拨码开关	无	**SW3**（PC5，拨到闭合即锁定）	§11、§13
状态 LED	PC13	**PD15**	§13
CN2 PWM 油门前端	2 kΩ / 3.3 kΩ 分压（0.623），**仅 5 V 信号源**	1 kΩ / 10 kΩ 分压（0.909）+ 肖特基钳位，**3.3 V / 5 V 信号源**	§11
CN36 外部串口	仅 ESD 阵列	另加肖特基钳位（误接 5 V 时钳在约 3.5 V）；接口仍按 3.3 V 电平使用	§9
U6 第 4 列中间脚	PB7（扩展 GPIO）	空脚（PB7 改作栅驱 2 故障输入）	§10
母线采样分压	510 k / 510 k / 51 k	51 k / 51 k / 5.1 k（**比值相同，仍为 21.0**，响应更快）	§4.1
器件数	389	402	§18

项	硬件 2.0	硬件 3.0	见
固件	FOC_Double_C 0.4.x	**FOC_Double_C 0.5.0 起**（发布包目录带 `-hw3.0`）	§19

外观区分： 硬件 3.0 的板上有 SW3 拨码开关、3 针的 CN3 和两颗 NTC。已上电的板子以固件 `ver` 输出中的 `hw_detected=` 为准（0.5.0 起报告）。

> 警告：两版硬件的固件不能混用。0.5.x 烧到硬件 2.0 板上会拒绝打开功率级；0.4.x 不识别硬件版本，烧到硬件 3.0 板上时两路栅驱故障输入处于悬空状态，故障可能误报或漏报。硬件 3.0 板只能使用 0.5.x。

---

2. 系统框图

2.1 功率与电源链路

```
电池 10S  28 - 42 V
  |
  +-- 输入保护级
  |     +-- 插片式保险丝座 30 A（保险管为板外件）
  |     +-- TVS：48 V 截止 / 58.9 V 击穿 / 77.4 V 钳位 / 1.5 kW
  |     +-- 理想二极管防反接 + 电子开关（背靠背 100 V / 100 A MOS）
  |     +-- 线性区限流软启动（浪涌 0.21 A，爬升 330 ms）
  |     +-- 外接电源开关使能（CN1，仅 mA 级信号）
  |
  +-- VBUS --+-- 降压 -> +24 V（60 V 级异步，IC 5 A）--> P1 端子 · 有刷 H 桥供电
             |
             +-- 降压 -> +12 V（60 V 级异步，IC 5 A）
             |     +-- 经 P-MOS 软启动 -----------> P2 / P3 端子
             |     +-- 板内直出（无软启动）-------> CN7
             |     +-- 降压 -> +5 V（IC 3 A）
             |           +-- 霍尔/遥控/控制端子 -> U6 · CN2 · CN26 · CN36
             |           +-- LDO -> +3.3 V（600 mA 硬上限）-> MCU · 逻辑 · U2 · H1
             |
             +-- FOC 1：三相栅驱 + 6 x 100 V MOS ---> P4 端子 · 相线 U / V / W
             +-- FOC 2：三相栅驱 + 6 x 100 V MOS ---> P6 端子 · 相线 U / V / W
             |
             +-- 母线泄放：比较器迟滞 44.1 / 43.1 V + 100 V MOS，8.8 A
                    硬件自主，MCU 只能关不能开 ---> P7 端子 · 泄放输出（外接电阻 >=5 Ohm）
```

2.2 MCU 外设分配（STM32G473VET6 · LQFP100 · 170 MHz）

功能	外设	引脚
电机 1 三相 PWM	TIM1（中心对齐互补 + 死区）	PE8 / PE9 / PE10 / PE11 / PE12 / PE13
电机 2 三相 PWM	TIM8（中心对齐互补 + 死区）	PC6 / PC7 / PC8 / PC10 / PC11 / PC12
电机 1 三相电流	ADC1 注入组，TIM1 触发	PA0 / PA1 / PA2
电机 2 三相电流	ADC2 注入组，TIM8 触发	PC0 / PC1 / PC2

功能	外设	引脚
栅驱 1 配置 / 故障	SPI1	PA5 / PA6 / PA7，CS = PA4；EN PD5 / CAL PD4；nFAULT：2.0 为 PD6，3.0 为 PC13（TIM1_BKIN）
栅驱 2 配置 / 故障	SPI3	PB3 / PB4 / PB5，CS = PD7；EN PB14 / CAL PB13；nFAULT：2.0 为 PB15，3.0 为 PB7（TIM8_BKIN）
霍尔 1 / 霍尔 2	EXTI（经六路反相施密特缓冲）	PD12 / PD13 / PD14 · PE2 / PE3 / PE4
母线电压	ADC5（分压 ÷21）	PA8
模拟油门 / 双电位器	ADC3 / ADC4	PB1 · PE14 / PE15
遥控 RC1 / RC2 / RC3	TIM4 捕获 / TIM2 捕获 / UART5（SBUS）	PB9 / PD3 / PD2
PWM 油门 ×2	TIM2 捕获	PA3 / PB10
CAN	FDCAN1	PA11 / PA12
USB 串口（含一键下载）	USART1 → USB-UART 桥接	PA9 / PA10
外部串口	USART3	PD8 / PD9
母线泄放	GPIO	状态 PC9 / 禁用 PD11
有刷 H 桥	GPIO + ADC	PE0 / PE1，故障 PA15，电流 PD10
人机	GPIO	蜂鸣器 PE5 · 按键 PF2 · 方向 PF9 · 模式 PC3；2.0：LED PC13 · 刹车开关量 PF10；3.0：LED PD15 · 本地锁拨码 PC5
模拟刹车（仅 3.0）	ADC4	PB12（ADC4_IN3）
板温 NTC（仅 3.0）	ADC3	PE7（ADC3_IN4，功率级 1） / PB0（ADC3_IN12，功率级 2）
调试	SWD	PA13 / PA14

3. 主控 MCU 规格

参数	规格
型号	STMicroelectronics STM32G473VET6
内核	ARM Cortex-M4，带 FPU（单精度）、DSP 指令、CORDIC 三角加速器
主频	170 MHz（Vcore Scale1 + Boost）
Flash / SRAM	512 KB / 128 KB
关键外设	TIM1 + TIM8 双高级定时器（互补 PWM + 死区 + 刹车输入）、5 × 12-bit ADC、FDCAN、多路 UART / SPI
封装	LQFP100（14 × 14 mm，0.5 mm 间距）
供电	3.3 V；VDDA 经 RC 滤波，VREF+ = VDDA
时钟源	板载 8 MHz 晶振
调试	SWD（H1，2.54 mm 5P）
工作温度	-40 ℃ ~ +85 ℃（按 MCU 规格；整板见 §17）

3.1 I/O 电平耐压

STM32G4 的 I/O 没有到 VDD 的正向注入通路（数据手册原文：*Positive injection (when VIN > VDD) is not possible on these I/Os*）。

> 警告：串联电阻不能防止此类 I/O 的过压损坏。引脚电压超过上限时，没有电流泄放通路，栅氧化层直接承受全部电压。

接口	防护
双路霍尔	经六路施密特缓冲器（耐 5.5 V）隔离，兼容开漏 / 3.3 V / 5 V
遥控 RC1 / RC2 / RC3	串阻 + 下拉 + 滤波，三路均 5 V 耐受
外部串口 CN36（PD8 / PD9）	**仅 3.3 V 电平**。这两个 MCU 引脚为 TT_a 结构（上限 3.6 V）；板上 ESD 阵列为 5 V 截止型，仅防静电，不构成过压保护。硬件 2.0 误接 5 V TTL 会永久损坏 MCU；硬件 3.0 另加肖特基钳位，见 §9
方向 / 模式（及硬件 2.0 的刹车开关量）	100 Ω 串阻 + 10 kΩ 上拉至 +3V3 + 10 nF 对地（RC 去抖）；无 TVS，见 §11
CN2 PWM 油门	硬件 2.0：分压 0.623，仅 5 V 信号源；硬件 3.0：分压 0.909 + 肖特基钳位，3.3 V / 5 V 信号源，见 §11
模拟油门 / 电位器 / 模拟刹车（硬件 3.0）	分压 + RC 滤波后入 ADC
U6 第 4 列首脚（PB11）	**裸 GPIO，不耐 5 V**，误接 5 V 会永久损坏 MCU

4. 电源系统

4.1 输入与保护

环节	规格
输入接口	XT60 形式大电流插头（J1，1 = GND / 2 = BAT+）+ 3.5 mm 螺钉端子
工作电压	28 – 42 V DC（标称 36 V，10S 锂电）
绝对最大	**45 V**
过流保护	插片式（ATO）保险丝座，30 A 级；保险管为板外件，不随板提供，接口要求见 §17
浪涌抑制	单向 TVS：48 V 截止 / 58.9 V 击穿 / 77.4 V 钳位 / 1.5 kW（10-1000 μs）
防反接	理想二极管控制器 + 背靠背 100 V / 100 A MOSFET（同时兼作电子开关）
软启动	线性区限流，浪涌 ≈ 0.21 A，母线爬升 ≈ 330 ms
母线电容	实测 1675 μF（全部 ≥ 100 V 耐压）
母线检测	ADC 分压 ÷21，满量程 69.3 V（两版比值相同；硬件 3.0 分压电阻降一档，读数响应更快）

> 注意：软启动期间功率 MOS 工作于线性区为母线电容充电，每次上电该管吸收约 1.5 J。连续开关应间隔数秒，避免快速反复插拔或拨动开关。

4.2 电源轨

板载降压为 60 V 级、异步整流（外置续流二极管）拓扑。降压器件的 60 V 耐压是限制本平台电压上限为 42 V 的因素之一（见 §20）。

电源轨	来源	器件链能力	对外端子	推荐连续取电
VBUS	输入级之后	—	P7（泄放）	28 – 42 V，仅供泄放回路，见 §8
+24 V	母线 → 60 V 级异步降压	IC 5 A / 电感 8 A / 续流管 5 A	P1（5.08 mm 2P）	≤ 2 A（散热限制，待 EVT 复核）
+12 V	母线 → 60 V 级异步降压	IC 5 A / 电感 8 A / 续流管 5 A	P2 / P3（5.08 mm 2P ×2，经软启动）、CN7（2.0 mm 2P，未经软启动）	≤ 2 A（散热限制，待 EVT 复核）
+5 V	+12 V → 降压	IC 3 A / 电感 4 A / 续流管 5 A	U6（遥控 3 列）、CN2、CN26、CN36、U2	≤ 1.5 A（含板内霍尔与逻辑）
+3.3 V	+5 V → LDO	**600 mA（LDO 硬上限）**	U2（3.5 mm 3P）、H1	对外 ≤ 200 mA（扣除板内 MCU / 栅驱 / 收发器消耗）

> 注意：P2 / P3 与 CN7 为不同的电源节点。P2 / P3 经 P-MOS 软启动输出，适用于带容性负载的外部控制板、上位机、风扇。CN7 直接取自板内 12 V，无软启动，接大容性负载会在上电瞬间导致板内 12 V 跌落。
>
> 注意：+3.3 V 是全板裕量最小的电源轨（LDO 600 mA 硬上限，MCU、双栅驱、CAN 收发器与缓冲器均由其供电）。外部取用 3.3 V 前应先核算电流；需要更大电流时，从 +5 V 取电后在板外降压。
>
> 注意：U6 遥控排针的 +5 V 不带保险丝（自恢复保险丝仅设于 CN36）。该三列 +5 V 取电合计 ≤ 300 mA。

4.3 外接电源开关（CN1）

板上预留 CN1（3.5 mm 螺钉端子 2P，1 = VIN / 2 = 使能分压节点）用于外接电源开关。该开关仅串接于使能分压支路，不承载主功率电流。

参数	数值
断开时触点承受电压	稳态 42 V / 绝对最大 45 V / 热插拔瞬态 ≤ 77 V（µs 级，由 TVS 钳位决定）
闭合时触点电流	1.33 mA @42 V / 1.14 mA @36 V / 0.89 mA @28 V
板侧对触点的要求	触点间隙耐压须覆盖上述电压；电流能力无要求（mA 级）；低接触电阻有利于门限精度

> 注：触点电流为 mA 级，分断时不形成电弧，开关规格中针对分断大电流的 DC 降额不适用于本接口。本接口对开关的要求为断开状态下的触点间隙耐压。
>
> 警告：不得将开关串入主功率回路。主回路电流可达 30 A。

---

5. FOC 功率级（双路）

5.1 三相半桥与功率链路

项目	规格
拓扑	每路 3 相 × 上下桥 = 6 颗 MOSFET，双路共 12 颗
MOSFET	100 V / 100 A N 沟道，低 Rds(on)，PDFN 5×6
栅极驱动	集成三相栅驱（内置电荷泵、VDS 硬件过流、SPI 配置、故障回报）
相线输出	P4（电机 1）/ P6（电机 2），5.08 mm 螺钉端子 3P，针序 1 = U / 2 = V / 3 = W
PWM	TIM1（电机 1）/ TIM8（电机 2），中心对齐互补输出 + 硬件死区
建议载波	20 kHz（16 – 40 kHz 可设）

5.2 电流采样

项目	规格
方式	每路低边三电阻，2 mΩ / 2512
采样链	分流 → 栅驱内置 CSA → MCU ADC（注入组，PWM 同步触发）
出厂增益	20 V/V
满量程	**±41.25 A（RMS 29.2 A）**
分辨率	20 mA/LSB
ADC 映射	电机 1 → ADC1_IN1/2/3；电机 2 → ADC2_IN6/7/8

> 注：将 CSA 增益由 20 V/V 改为 10 V/V（SPI 配置）后，满量程扩至 ±82.5 A（RMS 58 A），分辨率为 40 mA/LSB。
> 警告：峰值相电流超过 29.2 A RMS 时必须改用 10 V/V 增益，否则 ADC 削顶将导致 FOC 失控。

5.3 额定输出

额定连续输出功率随母线电压变化。整板输入电流受输入保险丝座约束（见下方限制链），同等功率下母线电压越低，所需电流越大。

母线电压	每路额定连续	整板	对应母线电流	对应相电流
42 V（10S 满电）	**400 W**	800 W	20.1 A	8.6 A
36 V（标称）	**350 W**	700 W	20.5 A	8.8 A
28 V（放电截止）	**300 W**	600 W	22.6 A	9.7 A

- 上表为双路同时连续输出。单路运行时母线电流减半，全电压范围内余量充足。
- 母线电流按 95% 效率保守估算（逆变级效率约 98%，差值计入辅助电源与线损）。
- 相电流按 SVPWM 满调制、cosφ = 0.9 折算。

> 注意：母线电流预算由整板共用。上表按辅助电源轨轻载估算；若同时从 P1（24 V）、P2 / P3（12 V）大电流对外取电，该部分功率须从同一预算中扣除，可用于电机的功率相应减少。
> 注意：超过额定值的使用不在本规格书承诺范围内。

限制链（保护门限与器件额定，非输出能力承诺）

下表列出电流通路上各环节允许通过的电流，用于判断故障电流首先受哪一环节限制，并作为外部走线与端子的选取依据。表中数值未经热验证，不代表连续输出能力，也不构成超出上表额定值的性能承诺。

环节	限制	降额后	上表最坏工况的占用
输入保险丝座	30 A	24 A（× 80%）	22.6 A = 94%（28 V 档），最紧的一环
相线端子	24 A	19.2 A（× 80%）	9.7 A = 51%
电流采样量程	29.2 A RMS	—	9.7 A = 33%（增益 20 V/V）
分流电阻	约 30 A	—	9.7 A = 32%
MOSFET / 内层铜	热限，未做长时间热测试	—	未知，见 §20 第 18 条

> 注：占用率一列按额定表中最苛刻的电压档（28 V）计算，其余电压档余量更大。
> 注：限制链由紧到松依次为输入保险丝座、相线端子、电流采样量程、分流电阻、MOSFET / 内层铜。最紧的一环为输入保险丝座，整板输入电流为第一约束，上表的功率降额由此确定。
> 警告：不得自行加大保险管额定值以提高输出功率。保险管须先于保险丝座、防反接 MOS 与板内铜熔断。加大保险管额定值不会提高上述任一环节的能力，并将使本应被切断的故障电流持续流过这些环节。保险丝座额定 30 A / 60 V，防反接 MOS

在 30 A 时已达热限。
注意：热性能（长时间满载温升、是否需要外加散热与风冷）尚未完成 EVT 测试，见 §20 第 18 条。上表为按电气限制链推导的设计值，并非热测试结果。

6. 位置反馈（双路霍尔）

项目	规格
接口	U15（电机 1）/ U9（电机 2），2.0 mm 线对板 5P（PH 形式）
引脚序	**1 = +5 V / 2 = GND / 3 = HA / 4 = HB / 5 = HC**（两路相同）
调理	上拉 + 串阻 + RC 滤波 → 六路反相施密特缓冲（RC ≈ 13 µs）
兼容	开漏 / 推挽，3.3 V 或 5 V 霍尔均可
MCU	电机 1 → PD12 / PD13 / PD14；电机 2 → PE2 / PE3 / PE4（均走 EXTI）

警告：+5 V 与 GND 接反会烧毁霍尔传感器。接线以本表和板上丝印为准。
注意：霍尔信号经反相施密特缓冲器，到达 MCU 时电平已反相。固件的霍尔状态表须按反相后的编码建立，详见 §12。
注：霍尔反馈存在固有的静止分辨率限制。转子静止时霍尔不产生边沿，位置估计被量化到扇区中心，静止分辨率为 ±30° 电角（例：15 对极电机对应 ±2.0° 机械角）。该限制不能通过调整增益改善，见 §19.2 第一条。

7. 辅助有刷 H 桥

项目	规格
驱动	集成 H 桥，40 V / 6 A 级，内置电流检测、过流与过温保护
供电	+24 V 轨
输出	P5，5.08 mm 螺钉端子 2P（1 = OUT2 / 2 = OUT1）
出厂限流点	**约 3.33 A**
电流反馈	经滤波送 ADC（PD10）
控制	PWR_DIR1 / PWR_DIR2（PE1 / PE0），故障回报 PA15
用途	刹车电缸、执行器等有刷直流负载
出厂固件默认	不驱动本路输出，需在调试时使能并存盘，见 §19.3

8. 母线泄放（刹车斩波）

回馈制动时母线电压上升，本电路将多余能量以斩波方式泄放至 P7 端子外接的电阻性负载（板外件，不随板提供）。

项目	规格
端子	P7，3.5 mm 螺钉端子 2P（1 = VBUS / 2 = CHOP）
控制	独立比较器 + 2.5 V 精密基准 + 迟滞，硬件自主工作，不依赖 MCU
门限	开启 44.1 V / 关闭 43.1 V（典型）
开关器件	100 V / 100 A MOSFET，泄放电流能力 8.8 A 级
MCU 接口	状态回读 PC9、强制禁用 PD11（失效安全：MCU 只能关闭、不能开启）

P7 接口要求（外接负载须满足）：

项目	板侧要求
端子形式	3.5 mm 螺钉端子 2P，线规 0.5 – 1 mm²（18 – 24 AWG）
端子额定电流	**7 A**（本接口的硬约束）
端子承受电压	两脚均带母线电压，稳态 ≤ 42 V，绝对最大 45 V
阻值下限（绝对）	**≥ 5 Ω**（板上丝印标 `≥5Ω`）。低于此值时泄放电流超过 8.8 A，接近分流与铜的设计上限
阻值下限（连续制动）	**≥ 8 Ω**，见下方说明
导通期瞬时功率	5 Ω @ 44 V 约 387 W；8 Ω @ 44 V 约 242 W（V^2/R，斩波导通瞬间）
平均功率	瞬时功率 × 实际泄放占空比，由使用工况决定；外接负载须能承受该平均功率与上述电压 / 电流包络
极性	无极性

> 警告：P7 外接电阻有两个阻值下限，板上丝印仅标注其中一个。丝印 `≥5Ω` 为绝对下限，对应导通电流 8.8 A，超过 P7 端子 7 A 的额定值。短时点刹时斩波断续导通，端子 RMS 电流远低于 8.8 A，可使用 5 Ω。连续制动（如长下坡）时导通占空比持续偏高，RMS 电流将接近 8.8 A，超出端子额定值。
>
> 注意：连续制动场合应取 R ≥ 8 Ω（44 V ÷ (7 A × 80% 降额) = 7.9 Ω），此时导通电流 ≤ 5.5 A，端子在 100% 占空比下仍在额定范围内。
>
> 警告：P7 两脚均带母线电压（最高 45 V），接线与检修时注意安全。
>
> 注意：10S 满电电压 42.0 V 与泄放门限 44.1 V 仅相差 2.1 V。满电状态下持续回馈可能触发泄放或过压保护。首次投入使用前，应在满电状态下复核一次母线电压读数。

9. 通信接口

接口	位号	形式	针序 / 规格
CAN	CN5 / CN40	2.0 mm 线对板 4P ×2	1 = CANH / 2 = CANL / 3 = GND / 4 = NC；经典 CAN ≤ 1 Mbps，双口可级联；SW4 拨动投切 120 Ω 终端
USB	USB1	USB Type-C	USB-UART 桥接，支持一键 ISP 下载（自动控制 BOOT0 与复位，无需跳线）；可由 USB 5 V 供电调试
外部串口	CN36	2.5 mm 线对板 4P	1 = GND / 2 = 板侧 RX 输入 / 3 = 板侧 TX 输出 / 4 = +5 V；**信号线仅 3.3 V 电平**（见下）；+5 V 带 500 mA 自恢复保险丝（跳闸 1 A）

> 警告：CN36 的两条信号线只能连接 3.3 V 电平设备。板侧 RX / TX 连接 MCU 的 PD8 / PD9，这两个引脚为 TT_a 结构，输入上限 3.6 V，不耐 5 V。板上双向 ESD 阵列为 5 V 截止型（约 5 V 以上才导通），对 5 V TTL 电平不构成保护；STM32G4 的 I/O 无正向注入通路，串联电阻同样无法提供保护（见 §3.1）。硬件 2.0 上连接 5 V TTL 串口模块、5 V 单片机或 5 V 电平触摸屏会永久损坏 MCU。连接 5 V 设备时须在板外增加电平转换。
>
> 注意（硬件 3.0）：两条信号线另加肖特基钳位，误接 5 V 信号时引脚被钳在约 3.5 V，可防止误接损坏。接口仍按 3.3 V 电平设计使用。板侧 TX 只能接对方的 RX：TX 对接 TX 时，对方驱高、本板驱低，灌入 MCU 的电流约 48 mA，超过引脚绝对最大值，钳位二极管对此不起作用。
>
> 注意：CN36 第 4 脚为 +5 V 电源输出，供外设取电，与信号电平无关。信号线仍为 3.3 V 电平。
>
> 注：CAN 不支持 CAN-FD 高速段，收发器最高速率 1 Mbps。
>
> 注：未接主电池时也可调试。插入 USB 时，+5 V 轨可经肖特基二极管由 USB VBUS 供电，MCU、逻辑与通信功能均可用；驱动电机仍需主电池母线供电。

10. 遥控输入（3 通道）

U6 为 2.54 mm 3 × 5P 排针（15 脚），前三列为标准舵机接口，后两列为裸 GPIO 扩展。

列	脚	行 1	行 2	行 3
1	1–3	RC1	+5 V	GND
2	4–6	RC2	+5 V	GND
3	7–9	RC3	+5 V	GND
4	10–12	PB11（不耐 5 V）	PB7（仅硬件 2.0；硬件 3.0 为空脚）	PB6
5	13–15	PE6	PD1	PD0

三通道能力分工：

通道	MCU	PWM / PPM	SBUS
RC1	PB9	硬件捕获（TIM4_CH4）	不支持
RC2	PD3	硬件捕获（TIM2_CH1）	不支持
RC3	PD2	仅软件解码（外部中断双边沿）	原生支持（UART5 + 硬件 RXINV）

信号调理（三路一致）：1 kΩ 串阻 + 100 kΩ 下拉 + 100 pF 滤波。带宽约 1.6 MHz，兼容 SBUS 位时。悬空时下拉到 0 V，为安全默认态。

接收机输出	MCU 侧电平	判定
3.3 V（主流接收机）	3.27 V	兼容
5.0 V	4.95 V	兼容（引脚 5 V 耐受）

10.1 RC3 通用串行接收通道

RC3 除 SBUS 外还可接收其他串行协议。RC3 连接 MCU 的一路 UART 接收端（UART5_RX）。STM32G4 的 UART 内置硬件电平反相（RXINV），波特率、校验位、停止位均可配置。RC3 无需外部反相器或电平转换，即可接收下列信号：

类别	举例	板侧条件
反相型串行协议	SBUS（100 kbaud / 8E2 / 反相）	由硬件 RXINV 直接接收
常规电平串行协议	115200 8N1 一类（如 iBUS / DSMX 卫星 / SUMD）	关闭 RXINV 即可
高速串行协议	420 kbaud 一类（如 CRSF）	前端 RC 带宽约 1.6 MHz，余量充足

信号前端为 1 kΩ 串阻 + 100 kΩ 下拉 + 100 pF，3.3 V 与 5 V 电平的接收机均可直接接入（PD2 为 5 V 耐受）。

> 注意：本通道只收不发。UART5 的 TX 唯一可用引脚已被 FOC_2 的 PWM 占用，需要回传的协议（SBUS2 遥测、F.Port / SRXL2 的双向部分）在本通道上仅可使用接收方向。双向通信请使用 CN36（3.3 V 电平，见 §9）或 CAN。
>
> 注：RC3 是全板唯一的串行遥控通道。G473 上 UART5_RX 仅有 PD2 一个可用引脚，RC1 / RC2 所在引脚无 UART 复用功能，只能用于 PWM / PPM 捕获。
>
> 注：以上为硬件能力。出厂固件已实现 SBUS 与 iBUS（可切换）；其余协议硬件支持，需另行实现固件，可自行开发或联系 Daliang Auto。

11. 控制 I/O 资源

功能	位号 / 引脚	针序 / 说明
模拟油门	CN26（2.0 mm 3P）→ PB1	1 = GND / 2 = THR / 3 = +5 V；ADC3，分压 + RC

功能	位号 / 引脚	针序 / 说明
PWM 油门 ×2	CN2（2.0 mm 4P）→ PA3 / PB10	1 = GND / 2 = PWM 油门 2（PB10） / 3 = PWM 油门 1（PA3） / 4 = +5 V；TIM2 捕获；信号电平见下
方向	CN6（2.0 mm 2P）→ PF9	1 = GND / 2 = DIR；调理见下
模式	CN4（2.0 mm 2P）→ PC3	1 = GND / 2 = MODE；调理见下
刹车开关量（硬件 2.0）	CN3（2.0 mm 2P）→ PF10	1 = GND / 2 = BRAKE；调理见下
模拟刹车（硬件 3.0）	CN3（2.0 mm 3P）→ PB12	1 = GND / 2 = BRAKE / 3 = +5 V；ADC4，调理见 §11.2
本地锁拨码（硬件 3.0）	SW3 → PC5	拨到闭合即锁定（用途由固件定义，见《固件说明书》）
板载电位器 ×2	PE14 / PE15	ADC4
用户按键	SW2 → PF2	可作急停 / 功能键（用途由固件定义，见《固件说明书》）
复位按键	SW1 → NRST	

> 注：CN2 的两路输入连接 TIM2 捕获通道，为两路 PWM 油门输入，不作为通用 GPIO 使用。

CN2 PWM 油门的信号电平：

硬件版本	前端	可接信号源
2.0	2 kΩ 串阻 + 3.3 kΩ 下拉，分压 0.623	**仅 5 V。**3.3 V 信号到 MCU 脚上只有约 2.06 V，低于输入高电平门限，该路无响应
3.0	1 kΩ 串阻 + 10 kΩ 下拉，分压 0.909 + 肖特基钳位到 +3.3 V	3.3 V 与 5 V 均可（3.3 V 信号到脚上约 3.0 V；5 V 信号被钳在约 3.5 V）

11.1 方向 / 模式（及硬件 2.0 刹车开关量）

前端调理（各路一致）：



项目	规格
有效电平	**低有效。**触点闭合到 GND 为有效，开路 / 断线为无效
输入类型	干接点（无源开关），板侧自带上拉，不得从外部施加电压
去抖时间常数	闭合 ≈ 1 μs（10 nF ÷ 100 Ω） / 释放 ≈ 100 μs（10 nF ÷ 10 kΩ）
触点电流	≈ 0.33 mA @3.3 V
过压保护	无 TVS。抗浪涌与限幅须在板外实现

> 警告：这几路按干接点设计。板上已有 10 kΩ 上拉至 +3V3，外接无源开关或继电器触点到 GND 即可。不得从外部施加 5 V 或其他电平。输入端无 TVS，且 STM32G4 的 I/O 无正向注入通路（见 §3.1）。
>
> 注意：这几路开路时读为高电平（无效），断线表现为功能不起作用，不会误触发。对刹车信号而言属于安全方向，但断线不会被自动检测。

11.2 模拟刹车（CN3，硬件 3.0）

接刹车把手的直流模拟量输出（典型霍尔刹车把手 0.8 – 4.2 V），前端与模拟油门 CN26 相同：

```
CN3 第 2 脚 --[10 kΩ]--+-- PB12（ADC4_IN3）
                       |
                  [20 kΩ] 对地
                       |
                  [100 nF] 对地
```

项目	规格
针序	1 = GND / 2 = BRAKE / 3 = +5 V（把手供电）
分压	20 / 30 = 0.667，连接器端 5 V 对应 ADC 端 3.33 V
滤波	时间常数约 0.67 ms
断线	20 kΩ 为对地下拉，信号线断开时读数约 0 V，低于把手松开时的输出，可检测断线
冗余	单一模拟通道，没有机械刹车开关输入

> 警告：CN3（模拟刹车）与 CN26（模拟油门）是同一型号的 3P 连接器，针序也相同，插头可以互换。插反的表现是「捏刹车，车加速」，两路信号电气特性相同，固件无法发现。装配时须用线束标签或不同颜色的护套区分两根线，并将此项列入整车出厂检查。

---

12. 施密特缓冲器与极性约定

板上六路反相施密特触发器用于两路霍尔信号调理（一颗芯片覆盖两路共 6 根霍尔信号）。

极性表

信号	传感器输出	MCU 读到	说明
霍尔 HA / HB / HC（两路共 6 根）	高	低	反相
霍尔 HA / HB / HC	低	高	反相

> 注意：霍尔状态表必须按反相后的编码建立。直接套用传感器原始真值表会导致换相错误。出厂固件的自学习功能自动测定本机霍尔表，无需人工换算（见 §19.2 第三条）。

---

13. 指示与人机

器件	位号	说明
状态 LED	LED1	硬件 2.0 由 PC13 驱动；硬件 3.0 由 PD15 驱动
电源指示 LED	LED2	+12 V 轨常亮
有源蜂鸣器	BUZZER1	PE5 经三极管驱动

器件	位号	说明
用户按键	SW2	PF2
复位按键	SW1	NRST
CAN 终端拨动开关	SW4	投切 120 Ω
本地锁拨码开关（硬件 3.0）	SW3	PC5，10 kΩ 上拉 + 100 nF，拨到闭合（接地）为锁定
板温 NTC（硬件 3.0）	RT1 / RT2	10 kΩ / B 3380 K（阻值与 B 值均 ±1%）NTC 各一颗，分别贴近功率级 1 / 2；10 kΩ 上拉至 +3V3 + 100 nF，接 PE7 / PB0。温度越高电压越低，25 ℃ 约 1.65 V

14. 编程、调试与扩展

接口	位号	说明
SWD	H1，2.54 mm 排针 5P	+3V3 / SWDIO / SWCLK / GND / NRST
USB 一键下载	USB1	经桥接芯片自动控制 BOOT0 与复位，无需跳线
3.3 V / 5 V 取电	U2，3.5 mm 端子 3P	1 = +3V3 / 2 = +5V / 3 = GND
扩展 GPIO	U6 第 4–5 列	硬件 2.0 为 6 根、硬件 3.0 为 5 根裸 GPIO（无电源地），见 §10

空闲 MCU GPIO：硬件 2.0 为 9 个（PB0、PB2、PB12、PC4、PC5、PC14、PC15、PD15、PE7）；硬件 3.0 为 7 个（PB2、PC4、PC14、PC15、PD6、PF10、PB15，其中 PB15 可作 ADC4_IN5 模拟输入）。

15. 完整引脚分配表（STM32G473VET6 / LQFP100）

脚	端口	功能	脚	端口	功能
1	PE2	霍尔 A2	55	PD8	外部串口 TX
2	PE3	霍尔 B2	56	PD9	外部串口 RX
3	PE4	霍尔 C2	57	PD10	H 桥电流反馈
4	PE5	蜂鸣器	58	PD11	泄放禁用
5	PE6	扩展 GPIO（U6）	59	PD12	霍尔 A1
6	VBAT	直接接 +3V3（无备份电池，见 §20）	60	PD13	霍尔 B1
7	PC13	状态 LED	61	PD14	霍尔 C1
10	PF9	方向输入	65	PC6	FOC2 PWM
11	PF10	刹车输入	66	PC7	FOC2 PWM
12	PF0	晶振 IN	67	PC8	FOC2 PWM
13	PF1	晶振 OUT	68	PC9	泄放状态
14	—	NRST	69	PA8	母线电压
15	PC0	电流 A2	70	PA9	USB 串口 TX
16	PC1	电流 B2	71	PA10	USB 串口 RX
17	PC2	电流 C2	72	PA11	CAN RX
18	PC3	模式输入	73	PA12	CAN TX

脚	端口	功能	脚	端口	功能
19	PF2	用户按键	76	PA13	SWDIO
20	PA0	电流 A1	77	PA14	SWCLK
21	PA1	电流 B1	78	PA15	H 桥故障
22	PA2	电流 C1	79	PC10	FOC2 PWM
25	PA3	PWM 油门 1	80	PC11	FOC2 PWM
26	PA4	栅驱 1 片选	81	PC12	FOC2 PWM
27	PA5	栅驱 1 SCK	82	PD0	扩展 GPIO（U6）
28	PA6	栅驱 1 MISO	83	PD1	扩展 GPIO（U6）
29	PA7	栅驱 1 MOSI	84	PD2	遥控 RC3 / SBUS
33	PB1	模拟油门	85	PD3	遥控 RC2
39	PE8	FOC1 PWM	86	PD4	栅驱 1 校准
40	PE9	FOC1 PWM	87	PD5	栅驱 1 使能
41	PE10	FOC1 PWM	88	PD6	栅驱 1 故障
42	PE11	FOC1 PWM	89	PD7	栅驱 2 片选
43	PE12	FOC1 PWM	90	PB3	栅驱 2 SCK
44	PE13	FOC1 PWM	91	PB4	栅驱 2 MISO
45	PE14	电位器 1	92	PB5	栅驱 2 MOSI
46	PE15	电位器 2	93	PB6	扩展 GPIO（U6）
47	PB10	PWM 油门 2	94	PB7	扩展 GPIO（U6）
50	PB11	扩展 GPIO（U6），不耐 5 V	95	PB8	BOOT0
52	PB13	栅驱 2 校准	96	PB9	遥控 RC1
53	PB14	栅驱 2 使能	97	PE0	H 桥方向 2
54	PB15	栅驱 2 故障	98	PE1	H 桥方向 1

上表为硬件 2.0。硬件 3.0 只有下列引脚不同，其余与上表相同：

脚	端口	硬件 2.0	硬件 3.0
7	PC13	状态 LED	栅驱 1 故障（TIM1_BKIN）
11	PF10	刹车输入	空
31	PC5	空	本地锁拨码 SW3
32	PB0	空	板温 NTC 2（ADC3_IN12）
38	PE7	空	板温 NTC 1（ADC3_IN4）
51	PB12	空	模拟刹车（ADC4_IN3）
54	PB15	栅驱 2 故障	空
62	PD15	空	状态 LED
88	PD6	栅驱 1 故障	空
94	PB7	扩展 GPIO（U6）	栅驱 2 故障（TIM8_BKIN）

16. 连接器一览表

位号	间距 / 形式	功能与针序
J1	XT60 形式大电流插头（卧式）	主电源输入：1 = GND / 2 = BAT+
F1	插片式（ATO）保险丝座	输入保险；保险管为板外件，不随板提供，规格见 §17
CN1	3.5 mm 螺钉端子 2P	外接电源开关（仅 mA 级，见 §4.3）
P4	5.08 mm 螺钉端子 3P	电机 1 相线：1 = U / 2 = V / 3 = W
P6	5.08 mm 螺钉端子 3P	电机 2 相线：1 = U / 2 = V / 3 = W
P7	3.5 mm 螺钉端子 2P	母线泄放输出：1 = VBUS / 2 = CHOP；外接电阻 ≥ 5 Ω，包络见 §8
P5	5.08 mm 螺钉端子 2P	有刷 H 桥输出：1 = OUT2 / 2 = OUT1
U15	2.0 mm 线对板 5P	电机 1 霍尔：1 = +5 V / 2 = GND / 3 = HA / 4 = HB / 5 = HC
U9	2.0 mm 线对板 5P	电机 2 霍尔（针序同上）
U6	2.54 mm 排针 3 × 5P	遥控 ×3 + 扩展 GPIO（2.0 为 6 根，3.0 为 5 根），见 §10
P1	5.08 mm 螺钉端子 2P	+24 V 输出：1 = GND / 2 = +24 V
P2 / P3	5.08 mm 螺钉端子 2P ×2	+12 V 输出（经软启动）：1 = GND / 2 = +12 V
CN7	2.0 mm 线对板 2P	+12 V 输出（未经软启动）：1 = +12 V / 2 = GND
U2	3.5 mm 螺钉端子 3P	+3.3 V / +5 V 输出：1 = +3V3 / 2 = +5V / 3 = GND
CN5 / CN40	2.0 mm 线对板 4P ×2	CAN ×2（可级联）：1 = CANH / 2 = CANL / 3 = GND / 4 = NC；SW4 投切 120 Ω 终端
CN36	2.5 mm 线对板 4P	外部串口：1 = GND / 2 = 板侧 RX / 3 = 板侧 TX / 4 = +5 V（带 500 mA 自恢复保险丝）。**信号线仅 3.3 V 电平，不耐 5 V**，见 §9
CN26	2.0 mm 线对板 3P	模拟油门：1 = GND / 2 = THR / 3 = +5 V
CN2	2.0 mm 线对板 4P	PWM 油门 ×2：1 = GND / 2 = PWM2 / 3 = PWM1 / 4 = +5 V
CN6 / CN4	2.0 mm 线对板 2P ×2	方向 / 模式：均为 1 = GND / 2 = 信号（低有效）
CN3	硬件 2.0：2.0 mm 线对板 2P；硬件 3.0：2.0 mm 线对板 3P	2.0：刹车开关量，1 = GND / 2 = 信号（低有效）；3.0：模拟刹车，1 = GND / 2 = BRAKE / 3 = +5 V（与 CN26 同型号，注意防插错，见 §11.2）
H1	2.54 mm 排针 5P	SWD 调试
USB1	USB Type-C	USB 下载 / 调试 / 供电

17. 电气特性（典型，Ta = 25 ℃）

参数	最小	典型	最大	单位	备注
主电源输入 VIN	28	36	**42**	V	10S 锂电；绝对最大 45 V
输入欠压启动门限	24.4	26.0	27.7	V	迟滞由控制器内部设定
输入浪涌电流（软启动）	—	0.21	—	A	母线爬升约 330 ms
TVS 截止 / 击穿 / 钳位	48	58.9	77.4	V	1.5 kW @10-1000 µs

参数	最小	典型	最大	单位	备注
+24 V 轨	—	24	—	V	对外 P1，推荐连续 ≤ 2 A
+12 V 轨	—	12	—	V	对外 P2 / P3（软启动）、CN7（无软启动），推荐连续 ≤ 2 A
+5 V 轨	—	5.0	—	V	推荐连续 ≤ 1.5 A；CN36 侧带 500 mA 自恢复保险丝
+3.3 V 轨	—	3.3	**0.6**	V / A	LDO 硬上限 600 mA，对外推荐 ≤ 200 mA
额定连续输出功率 @42 V	—	**400**	—	W	每路，双路同时；整板 800 W
额定连续输出功率 @36 V	—	**350**	—	W	每路，双路同时；整板 700 W
额定连续输出功率 @28 V	—	**300**	—	W	每路，双路同时；整板 600 W
额定连续相电流	—	8.6 – 9.7	—	A	对应上三行，随电压档变化
相线端子额定	—	—	24	A	端子器件额定，非输出能力承诺，见 §5.3
输入保险丝座额定	—	—	30	A	整板输入侧，限制链最紧的一环；不得自行加大保险管
相电流采样量程	—	—	±41.25	A	2 mΩ + 增益 20 V/V；改 10 V/V 则 ±82.5 A
母线电压采样量程	—	—	69.3	V	分压比 21.0
有刷 H 桥限流	—	3.33	—	A	出厂设定，器件 40 V / 6 A 级
母线泄放门限	43.1	—	44.1	V	关闭 / 开启，硬件迟滞
母线泄放电流（导通期）	—	8.8	—	A	外接电阻 5 Ω 时；8 Ω 时为 5.5 A
P7 端子额定电流	—	—	**7**	A	低于 5 Ω 档的导通电流，连续制动须取 ≥ 8 Ω，见 §8
PWM 载波频率	16	20	40	kHz	固件设定
CAN 速率	—	—	1	Mbps	经典 CAN，不支持 FD 高速段
遥控信号电平	—	3.3 / 5	5.5	V	三路均 5 V 耐受
CN2 PWM 油门信号电平	—	5（2.0） / 3.3 或 5（3.0）	—	V	硬件 2.0 仅 5 V 信号源，见 §11
模拟刹车输入（硬件 3.0）	0	—	5.0	V	CN3，分压 0.667，断线读 0 V
工作温度	-20	—	+85	℃	受板载器件限制，整板以实测为准

警告：以下事项涉及器件损坏或保护失效，使用前须逐条确认。

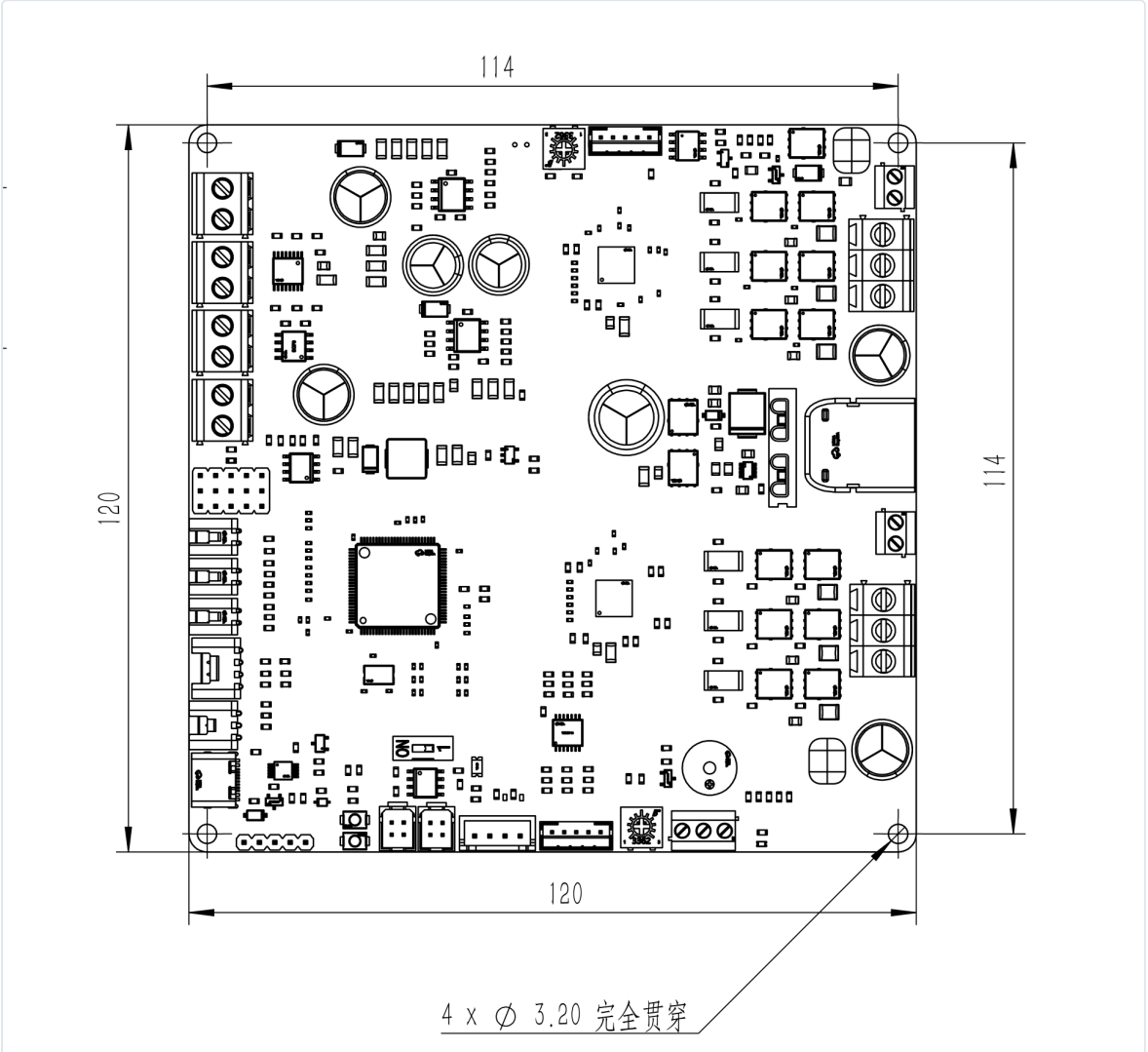
1. STM32G4 的 I/O 无正向注入通路，串联电阻不能防止过压损坏。见 §3.1。
2. U6 第 4 列首脚 PB11 为裸 GPIO，不耐 5 V，误接 5 V 会永久损坏 MCU。
3. 保险管为板外件，不随板提供。输入为插片式（ATO）保险丝座，所配保险管须满足 30 A / ≥ 58 V 高分断。
4. P7 外接电阻阻值下限为 ≥ 5 Ω（绝对） / ≥ 8 Ω（连续制动）。P7 端子额定 7 A，5 Ω 时导通电流 8.8 A 已超出额定值，仅适用于短时点刹。见 §8。
5. 峰值相电流超过 29.2 A RMS 时必须将 CSA 增益改为 10 V/V，否则 ADC 削顶将导致 FOC 失控。
6. 本平台电压上限 42 V，不支持 48 V 电池。见 §20。

7. 硬件 3.0 的 CN3（模拟刹车）与 CN26（模拟油门）插头可互换，插反后捏刹车会加速且无法被固件发现。见 §11.2。
8. 两版硬件的固件不能混用，硬件 3.0 只能使用 0.5.x。见 §1.1。

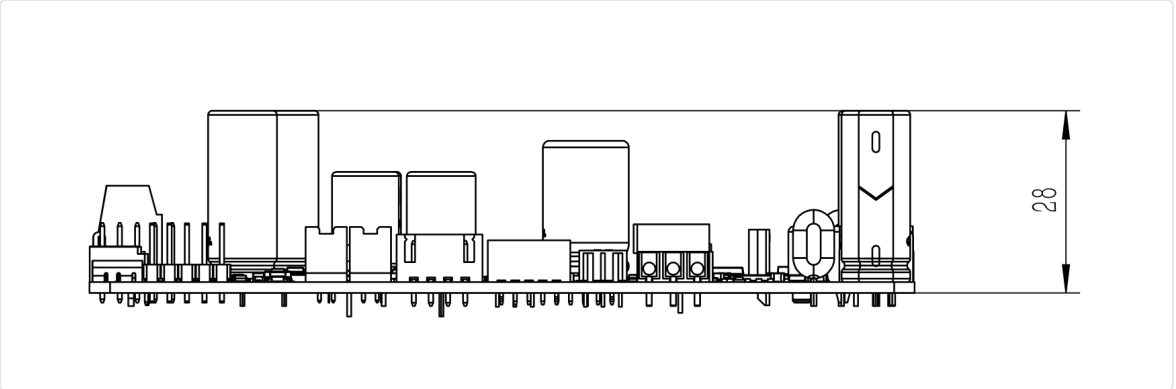
18. 机械尺寸

项目	规格
板尺寸	120 × 120 mm（圆角 R3.0 mm）
整体高度	28 mm（含元件与插件引脚，硬件 2.0 实测，见侧视图）；硬件 3.0 母线电解电容换为直径 10 mm 的小尺寸型号，整体高度以实物为准
安装孔	4 × Ø3.20 mm 完全贯穿（配 M3 螺钉），孔位间距 114 × 114 mm，距各边 3.0 mm
层数	4 层（L1 器件 + 信号 + 覆铜 / L2 完整 GND 平面 / L3 VBUS + 相线功率分配 / L4 信号 + 部分 VBUS）
铜厚	外层 1 oz，内层 0.5 oz
PCB 板厚	1.6 mm（典型）
贴装	器件全部位于顶层，单面贴装（硬件 2.0 为 389 个，硬件 3.0 为 402 个）
散热	功率 MOSFET、栅驱、降压 IC 裸焊盘下密布过孔到内 / 底层

俯视图（板框、安装孔），单位 mm



侧视图（整体高度），单位 mm



> 完整机械工程图与 3D 模型（STEP）可另行索取。

---

19. 出厂固件

本板出厂预装双路 FOC 固件。连接电机、霍尔传感器与电源，经 USB 完成一次自学习标定后，即可由踏板、触摸屏或整车 CAN 驱动，无需编写代码。

固件的完整说明单独成册：

文档	《D2842-400-HB 出厂固件说明书》（随固件版本发布）
内容	命令一览、标定流程、控制逻辑、CAN 与遥测协议、参数、故障码全表、升级方式

> 注：本章仅给出能力概览，以及由硬件决定、不随固件版本变化的事项。命令名、协议字段、默认值与故障码以《D2842-400-HB 出厂固件说明书》为准，该说明书标注其对应的固件版本。

19.1 能力概览

方面	出厂固件提供
控制模式	双路完全独立：电流（转矩）/ 速度（四象限，可回馈制动）/ 位置 / 开环，20 kHz 电流环
电机自学习	一条命令测定接线相序、绕组电阻与电感、逆变器死区、霍尔换相表与机械增益，结果保存在本板 Flash 中。更换电机后重新执行自学习即可，无需修改代码
整车通路	多个指令源按固定优先级仲裁：控制台 / 触摸屏 / 整车 CAN / 遥控 / 踏板；含挡位、速度档、限速与刹车驱动
保护	统一故障管理，每条故障对应切桥 / 降额 / 仅报告三档动作；切桥类故障均锁存，须显式清除
对外接口	控制台命令行、遥测输出、整车 CAN、VGUS 触摸屏
升级	双分区 Bootloader，串口升级，镜像内含版本与校验信息；镜像损坏时可自动从另一分区引导

以上功能的使用方法详见《D2842-400-HB 出厂固件说明书》。

19.2 由硬件决定的三条（不随固件版本变化）

一、霍尔反馈的静止分辨率为 ±30° 电角。 转子静止时霍尔不产生边沿，位置无法内插（15 对极电机对应 ±2.0° 机械角）。该限制由传感器决定，不能通过调整增益或更换固件改善。需要更高静止精度时，应选用带编码器的机型。见 §6。

二、本板不提供硬件级急停通路。 板上没有从外部输入到栅极、不经过 CPU 的关断通路。硬件 2.0 的出厂固件急停为 1 kHz 轮询的软件实现（输入为 CN3）；硬件 3.0 没有急停输入，CN3 为模拟刹车。硬件 3.0 的栅驱故障信号接定时器刹车输入，栅驱报故障时由硬件直接封锁该路 PWM，但这只覆盖栅驱自身检测到的故障，不是急停通路。使用自研固件时，这些硬件条件同样不变。

> 警告：整机级的硬件急停能力须由系统设计者在板外实现（例如切断主电源）。硬件 2.0 仅提供急停输入接口（常闭对地、断线即停）；硬件 3.0 不提供急停输入。

三、霍尔信号经反相缓冲器。 固件的状态表须按反相后的编码建立，见 §12。出厂固件的自学习功能自动处理该反相。

19.3 刹车输出的出厂默认值

> 警告：出厂固件默认不驱动 BRK 刹车输出。装有刹车执行器的整车必须在调试时使能该输出并存盘（命令详见《D2842-400-HB 出厂固件说明书》），否则每次上电后本板均不驱动刹车执行器。
> 注意：未使能时固件不报错。该项应列入整车出厂检查表。

19.4 客户自行开发固件

板卡支持完全自研固件：SWD 与 USB 一键下载均已就绪，硬件资源见 §15 / §16。本章描述的功能属于出厂固件，不构成硬件规格的一部分。

---

20. 已知限制与使用须知

硬件：

#	项	说明
1	平台上限 42 V，不支持 48 V 电池	栅驱、板载降压、母线电解电容、保险丝座均为 60 V 级；不适用于 48 V 体系（13S / 16S 满电 54.6 / 58.4 V）
2	满电 42 V 距泄放门限 44.1 V 仅 2.1 V	满电状态下长坡制动可能触发泄放或过压保护；首次上路前应在满电状态下复核母线电压读数
3	无硬件封波（仅硬件 2.0）	栅驱 nFAULT 未连接定时器 BKIN。栅驱自身的 VDS 过流保护可关断对应一路的栅极；MCU 侧关桥最坏需 50 µs + 中断延迟。硬件 3.0 已改为接定时器刹车输入，硬件直接封波
4	无硬件级急停通路	板上无绕过 CPU 的关断通路；硬件 2.0 仅提供急停输入接口，硬件 3.0 无急停输入；整机级硬件急停须在板外实现，见 §19.2 第二条
5	无板载 NTC（仅硬件 2.0）	功率级温度依赖栅驱内部过温告警 + MCU 内部温度 + 固件 I^2t 估算。硬件 3.0 有两路板载 NTC
6	VBAT 直接接 +3V3	无备份电池 / 超级电容。备份寄存器内容在复位后保留、掉电后丢失，故障快照断电即丢失
7	EXTI15 冲突（仅硬件 2.0）	H 桥故障（PA15）与栅驱 2 故障（PB15）同属 EXTI line15，只能一路使用中断、另一路轮询。硬件 3.0 栅驱 2 故障改到 PB7，冲突不存在
8	CN7 的 12 V 未经软启动	接大容性负载会在上电瞬间导致板内 12 V 跌落；对外供电优先使用 P2 / P3
9	+3.3 V 仅 600 mA（LDO 硬上限）	板内已占用大部分电流，对外取电前应先核算
10	UART5 只收不发	SBUS2 遥测回传与 UART5 调试打印均不可用
11	串行遥控只有 RC3 一路，且只收不发	UART5_RX 在 G473 上仅 PD2 一个可用引脚，其 TX 引脚被 FOC2 PWM 占用；RC1 / RC2 无 UART 复用，只能做 PWM / PPM 捕获，RC3 无硬件 PWM 捕获
12	12 V 对外软启动不解决短路	硬短路时由降压 IC 打嗝限流保护，板内 12 V 将跌落

#	项	说明
13	霍尔信号反相	固件状态表须按 §12 建立（出厂固件的霍尔自学习自动处理）
14	CAN 不支持 FD 高速段	最高 1 Mbps
15	方向 / 模式（及硬件 2.0 刹车开关量）无 TVS	板侧有 100 Ω 串阻 + 10 kΩ 上拉 + 10 nF 去抖，无浪涌钳位；均为低有效干接点，见 §11
16	母线 ADC 只用 61% 量程	分压 ÷21，满量程 69.3 V
17	U6 的 +5 V 不带保险丝	该三列 +5 V 取电合计 ≤ 300 mA
18	热性能未完成 EVT 测试	长时间满载温升、是否需要外加散热片 / 风冷尚无测试报告。测试报告发布前，连续工作以 §5.3 各电压档的每路额定值为准；§5.3 限制链中的电流数值为保护门限与器件额定，不代表可持续输出的功率
19	P7 泄放端子额定 7 A，低于 5 Ω 档的导通电流 8.8 A	板上丝印 `≥5Ω` 为绝对下限，仅适用于短时点刹；**连续制动须取 ≥ 8 Ω。**见 §8
20	外部串口 CN36 的信号线不耐 5 V	板侧 RX / TX 连接 PD8 / PD9（TT_a，上限 3.6 V）；板上 ESD 为 5 V 截止型，不构成过压保护。连接 5 V TTL 设备须在板外增加电平转换。硬件 3.0 另加肖特基钳位，可防误接损坏，但 TX 对接 TX 仍会损坏，见 §9
21	模拟刹车与模拟油门插头可互换（硬件 3.0）	CN3 与 CN26 同型号、同针序；插反后捏刹车会加速，固件无法发现。须在线束端区分，见 §11.2
22	刹车为单一模拟通道（硬件 3.0）	无机械刹车开关输入，不能做双通道交叉校验
23	固件分两条线（两版硬件）	硬件 2.0 用 0.4.x，硬件 3.0 用 0.5.x，不能混用；0.4.x 烧到硬件 3.0 板上栅驱故障输入悬空。见 §1.1

出厂固件的已知限制见《D2842-400-HB 出厂固件说明书》「已知限制」一章，该章随固件版本更新。

21. 版本信息

版本	日期	说明
Rev. 1.6（预览版）	2026-10-30	增列硬件 3.0：新增 §1.1 两版差异、§11.2 模拟刹车、§15 硬件 3.0 引脚变化表；修订 §2.2、§3.1、§4.1、§9、§10、§11、§13、§14、§16、§17、§18、§19.2、§20 中两版不同之处。
Rev. 1.5（预览版）	2026-09-17	文字修订，技术参数不变。
Rev. 1.4（预览版）	2026-09-15	修订 §1 型号命名释义与硬件版本号写法。
Rev. 1.3（预览版）	2026-09-12	修订主控主频参数。
Rev. 1.2（预览版）	2026-09-02	修订 §19，固件详细内容移入《出厂固件说明书》。
Rev. 1.1（预览版）	2026-08-25	修订硬件章节接口、电源、功率与机械参数，新增 §19 出厂固件。
Rev. 1.0	2026-08-14	首个正式版本。
Rev. 0.1	2026-07-15	初版草稿。

本文档基于 2.0 与 3.0 版硬件编写（3.0 依据 2026-09-03 投产版 BOM 与原理图复核记录）。电气参数为设计值与推导值，量产前以正式测试报告（EVT）为准。