

P 系列高压动力套高压配电

方案设计 & 硬件选型指南 V1.0

深圳市好盈科技股份有限公司

1、背景说明

P 系列高压动力套适用于 400V 电池电压平台，其电调内部有较大容量的电容（范围几百 μF 到几千 μF ），且未内置高压预充功能。因此，系统上电时必须通过外部预充电路进行高压上电，**严禁直接接通高压电池**一直接接通高压电瞬间，相当于电池接通容性负载，会导致电调母线瞬间短路，产生极大冲击电流，不仅会在线缆接触时引起电火花，还会严重影响产品使用寿命。

基于上述情况，P 系列高压动力套必须配套使用**高压配电盒（PDU, Power Distribution Unit）**，并在 PDU 内部设计完善的预充电路及配电方案。本文档旨在协助您完成高压配电盒 PDU 的详细设计及硬件选型工作，确保产品安全、稳定运行。

2、高压配电方案设计

考虑到不同应用场景，动力配置、动力冗余需求、重量限制等会存在差异，本文提供两种高压配电方案，仅供客户根据实际需求选择与参考。

2.1 配电方案一

2.1.1 方案描述

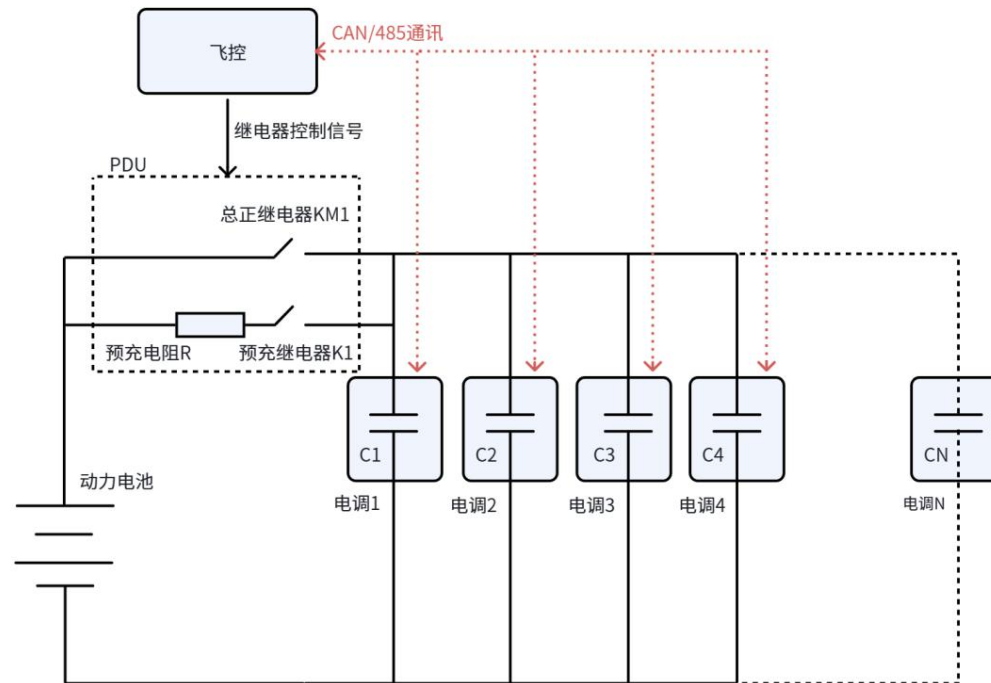
预充电路仅设置一组，经汇总后给所有电调提供预充；

方案优势：配电器件简单，PDU 体积小重量轻。

方案劣势：当单电调母线出现短路故障或者总正出现开路故障时，会造成整机丧失全部动力，共因失效会造成整机多轴多桨的动力冗余丢失。

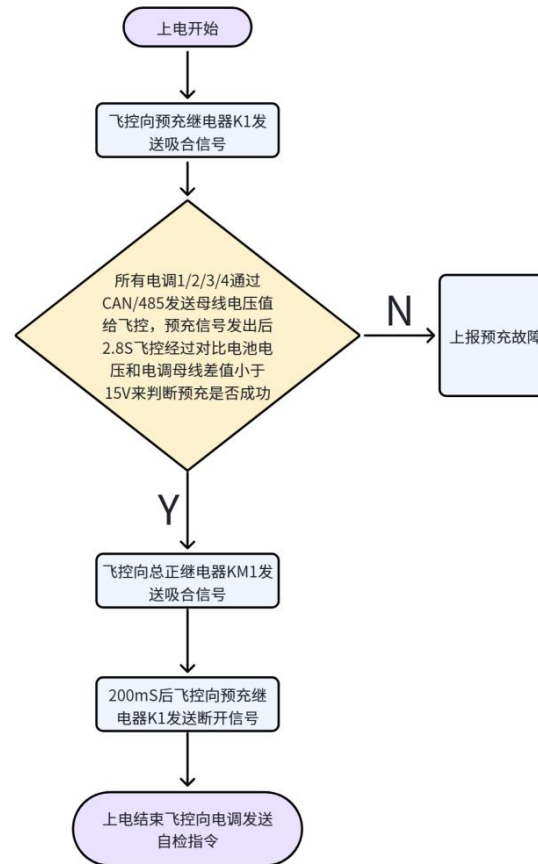
2.1.2 原理示意图

以 400V 平台：P50M/P65M/P65V，4 轴 4 桨配套 4 个电调为例，PDU 配电原理图如图一所示：



图一 方案一（4 轴 4 桨）PDU 配电原理

高压上电逻辑如图二所示：



图二 方案一高压上电逻辑图

2.1.3 特别提醒

- 1) 继电器驱动线圈使用的 24V 电源，必须与高压直流母线实现电气隔离；
- 2) 高压上电成功后，电调接收飞控指令方可进行自检，否则可能损坏预充电阻。

注：建议客户端 CAN 总线终端电阻选用 60 Ω 电阻值。

2.2 配电方案二

2.2.1 方案描述

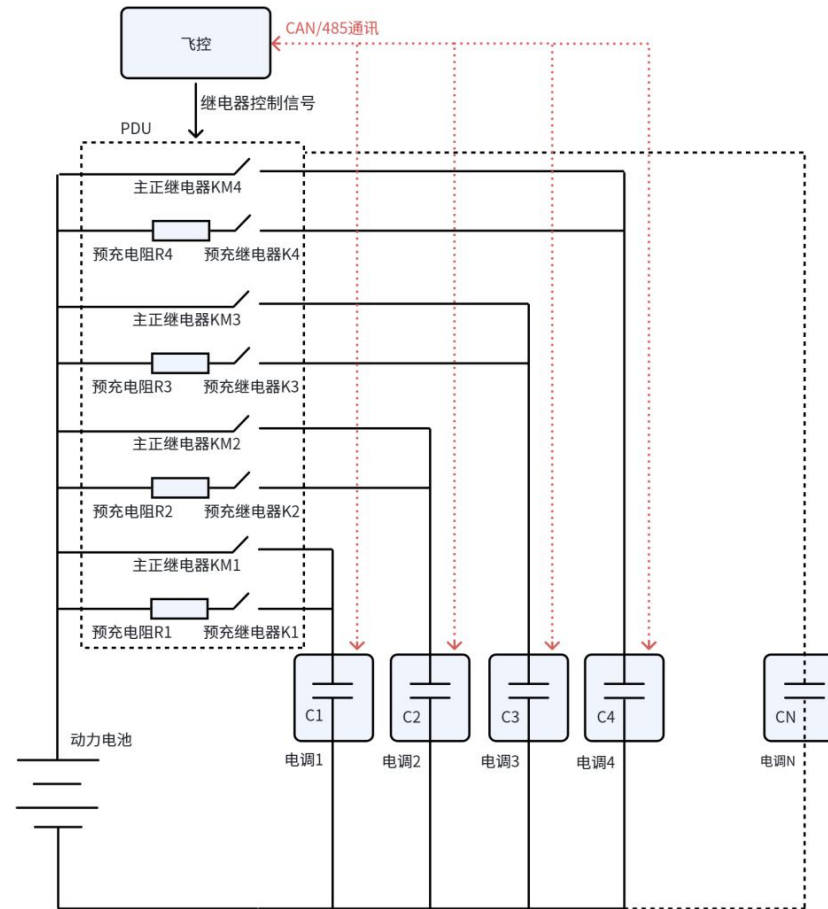
每个电调单独配备一组预充电路，实现独立预充。

方案优势：当单电调母线出现短路故障或者主正线路出现开路故障时，可以通过主正接触器断开故障点，并上报给飞控重新分配动力，确保多轴多桨的动力冗余设计方案有效，避免灾难性故障；同时，每个电调独立预充，预充时间可以适当压缩到 1S。

方案劣势：配电器件数量多，相对方案一，PDU 体积更大，重量更重。

2.2.2 方案示意图

以 4 轴 4 桨配套 4 个电调为例，PDU 配电原理图如图三所示：

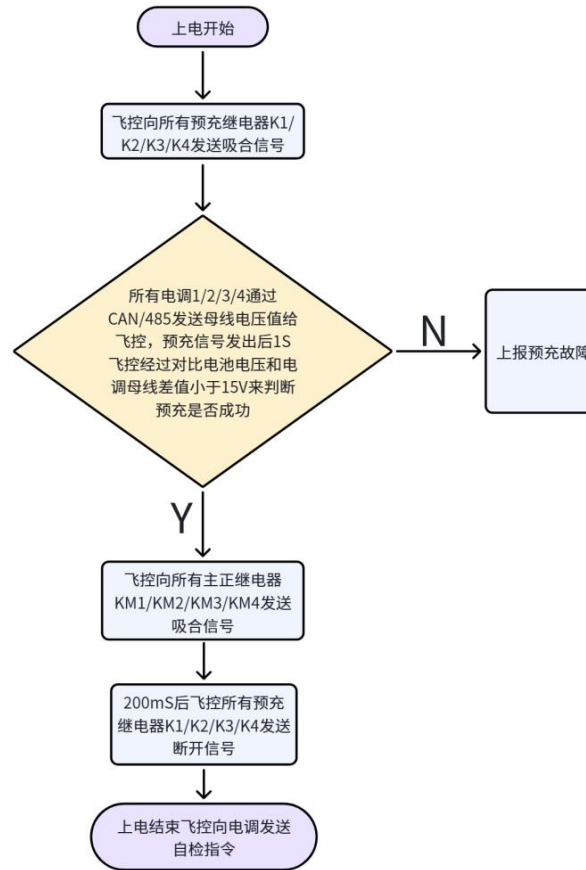


图三 方案二（4 轴 4 桨）PDU 配电原理图

深圳市好

限公司

高压上电逻辑如图四所示：



图四 方案二高压上电逻辑图

2.2.3 特别提醒

- 1) 继电器驱动线圈用的 24V 电源，必须与高压直流母线实现电气隔离；
- 2) 高压上电成功后，电调接收飞控指令方可进行自检，否则可能损坏预充电阻。

注：建议客户端 CAN 总线终端电阻采用 60 Ω 电阻值。

3、硬件选型指南与计算实例

3.1 关键计算公式

- 1、预充电阻阻值 R_{pre} (Ω) :

$$R_{pre} = -T_{pr} / (C_{bus} \times \ln(1-k))$$

C_{bus} 为母线电容容值 (F) ;

k 为目标预充电压与电池电压比值;

T_{pr} 为目标预充时间 (s) ;

- 2、预充电阻发热量 E_{re} (J) :

$$E_{re} = 0.5 * C_{bus} * V_{bus} * V_{bus} * (2k - k * k)$$

V_{bus} 为电池电压;

3、预充电阻峰值功率 P_{peak} (W) :

$$P_{peak} = V_{bus} * V_{bus} / R_{pre}$$

4、预充电阻平均功率 P_{avg} (W) :

$$P_{avg} = E_{re} / T_{pr}$$

5、预充峰值电流 I_{pk} (A) :

$$I_{pk} = V_{bus} / R_{pre}$$

3.2 方案一：器件选型与计算

以下计算基于电池最高电压 450V，预充目标值 98% (k=0.98)，预充时间 2.8 秒。

3.2.1 选型计算参数表

已知条件：400V 平台的电池最高电压 450V，额定功率要求最低工作电压 315V，峰值功率要求最低工作电压 336V，单电调额定输入电流为 30A，峰值输入电流为 100A (5S)。根据 3.1 计算公式，方案一不同动力配置下的 PDU 器件选型计算参数如表一所示。

表一 方案一器件选型计算参数表

预充配置说明	好盈动力套型号	母线容值/F	预充电阻阻值/ Ω	预充电阻发热量/J	预充电阻峰值功率/W	预充电阻平均功率/W	预充峰值电流/A	母线额定电流/A	母线峰值电流/A (5s)
4轴4桨	P50M/P65M/P65V (400V)	1.984×10^{-3}	360.76	200.8	561.32	71.71	1.25	120	400
6轴6桨		2.976×10^{-3}	240.5	301.2	841.98	107.57	1.87	180	600
4轴8桨		3.968×10^{-3}	180.38	401.6	1122.64	143.43	2.49	240	800
6轴12桨		5.952×10^{-3}	120.25	602.4	1683.96	215.14	3.74	360	1200

3.2.2 推荐硬件选型参数

预充电阻要求：耐冲击，高可靠性，选用铝壳线绕功率电阻，精度 $\pm 1\%$ ，电阻温度系数 $\pm 100 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，耐压2500V。根据工程经验，电阻额定功率取值范围为峰值功率 $1/4 \sim 1/3$ ，结合市面上通用物料，预充电阻最终选型参数如表二所示。

配电方案一中不同动力配置下，根据表一计算结果预充峰值电流 $1.25 \sim 3.74\text{A}$ ，最高电池电压450V，为确保可靠性，推荐选用市面上批量成熟的车规级继电器（具备优异的抗振性能及电气寿命）。结合通用物料规格，选用满足以下参数的预充继电器：**额定负载电流20A，分断电流 $\geq 30\text{A}$ ，负载电压 $\geq 450\text{VDC}$ （400V平台），线圈电压24V，同一型号参数兼容所有应用场景。**

配电方案一中不同动力配置下，母线额定电流和母线峰值电流差异很大，最高电池电压450V。主继电器作为飞行中的动力源关键路径，为了避免单点故障，选型需重点关注工作温度、电气寿命、最大分断电流、最大分断电压、额定负载电流、额定负载电压，介质耐压等性能参数，且需预留足够的裕量。推荐选用市面上批量成熟的车规级继电器（具备优异的抗振性能及电气性能），主继电器通用要求如下：**工作温度范围 $\geq -40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ ；电气寿命在450VDC额定负载下 ≥ 1000 次；最大分断电压 $\geq 1000\text{VDC}$ ；额定负载电压 $\geq 750\text{VDC}$ ；**

介质耐压（触点间/触点与线圈） $\geq 3000\text{VAC}1\text{min}$ ；线圈电压 24V。考虑到无人机苛刻的振动环境，继电器选型重量不能超过 500g，否则长期工作有振坏风险。结合表一中母线电流计算结果，主继电器最终选型参数如表二所示。

表二 方案一器件选型参数表

预充配置说明	好盈动力套型号	预充电阻			预充继电器			主继电器			
		阻值/ Ω	额定功率/W	耐电压/V	额定负载电流/A	分断电流/A	负载电压/VDC	额定负载电流/A	最大分断电流/A	电流耐受/A	选用继电器重量/g
4轴4桨	P50M/P65M/P65V (400V)	360	200	2500	20	≥ 30	≥ 450	200	2000	900A : 10s	<500
6轴6桨		240	300					300		1000A : 25s	
4轴8桨		180	350					600		1500A : 60s	
6轴12桨		120	500					600		1500A : 60s	

3.3 方案二：器件选型与计算

以下计算基于单个电调参数：电池最高电压 450V，单电调母线容值 $4.96 \times 10^{-4}F$ ，预充目标值 98% ($k=0.98$)，预充时间 0.9 秒。

3.3.1 选型计算参数表（单电调）

已知条件：电池最高电压 450V，额定功率要求最低工作电压 315V，峰值功率要求最低工作电压 336V，单电调额定输入电流为 30A，峰值输入电流为 100A (5S)。根据上述公式及已知条件，可得出方案二所有动力配置的 PDU 器件选型计算参数一致，具体如表三所示。

表三 方案二器件选型计算参数表

预充配置说明	好盈动力套型号	预充电阻阻值 / Ω	预充电阻发热量/J	预充电阻峰值功率/W	预充电阻平均功率/W	预充峰值电流/A	母线额定电流/A	母线峰值电流/A (5s)
单个电调	P50M/P65M/P65V (400V)	463.83	50.2	436.58	55.78	0.97	30	100

3.3.2 推荐硬件选型参数（单电调）

预充电阻要求与方案一一致：耐冲击，高可靠性，选用铝壳线绕功率电阻，精度 $\pm 1\%$ ，电阻温度系数 $\pm 100 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，耐压 2500V。根据工程经验，电阻的额定功率取值范围为峰值功率 $1/4 \sim 1/3$ ，结合市面上的通用物料，预充电阻最终选型参数如表四所示。

配电方案二中不同动力配置下，根据表三计算结果，预充峰值电流 0.97A，最高电池电压 450V，为确保可靠性，推荐选用市面上批量成熟的车规级继电器（具备优异的抗振性能及电气寿命）。结合通用物料规格，预充继电器统一选用以下参数：**额定负载电流 20A，分断电流 $\geq 30A$ ，负载电压 $\geq 450VDC$ ，线圈电压 24V，同一型号可兼容所有应用场景。**

配电方案二中不同动力配置下，主继电器均可选用同一型号规格，选型重点关注工作温度、电气寿命、最大分断电流、最大分断电压、额定负载电流、额定负载电压，介质耐压等性能参数，且需预留足够设计裕量。本文推荐选用市面上批量成熟的车规级继电器

（具备优异的抗振性能及电性能），主继电器通用要求与方案一一致，：工作温度范围 $\geq -40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ；电气寿命在 450VDC 额定负载下 ≥ 1000 次；最大分断电压 $\geq 1000\text{VDC}$ ；额定负载电压 $\geq 750\text{VDC}$ ；介质耐压（触点间/触点与线圈） $\geq 3000\text{VAC1min}$ ；线圈电压 24V。

考虑到无人机苛刻的振动环境，继电器选型重量不能超过 500g，否则长期工作有振坏风险。结合表三母线电流计算结果，主继电器最终参数如表四所示。

表四 方案二器件选型参数表

预充配置说明	好盈动力套型号	预充电阻			预充继电器			主继电器			
		阻值/ Ω	额定功率/W	耐电压/V	额定负载电流/A	分断电流/A	负载电压/VDC	额定负载电流/A	最大分断电流/A	电流耐受/A	选用继电器重量/g
单个电调	P50M/P65M/P65V (400V)	470	150	2500	20	≥ 30	≥ 450	100	1000	900A : 4s	<500

综合考量不同动力配置、可靠性要求、安全性指标、体积重量限制、PDU 复杂度、物料采购便捷性等因素，针对 P 系列高压动力套 PDU 选型，推荐如下：

- 1) 4 轴 4 桨应用场景：因整机无动力冗余，优先采用配电方案一。该方案 PDU 线路简单，体积小重量轻；
- 2) 6 轴 6 桨、4 轴 8 桨、6 轴 12 桨应用场景：因整机设计有动力冗余，优先采用配电方案二。该方案可保证动力冗余的独立性，避免工因失效导致的灾难性故障，且 PDU 内部物料归一化程度高，采购便捷，同时独立预充可缩短上电时间。



重要说明

本指南所载硬件参数及选型方案，仅对已通过我司内部严格测试与验证的 P50M、P65M、P65V 三款动力套有效。其他型号动力套的配电参数仅供参考，客户须经充分验证后方可使用。

深圳市好盈科技股份有限公司