

P 系列高压动力套高压配电方案设计及硬件选型指南 V1.1

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 /800V 应用场景，其电调内部有较大容量的电容（范围几百 uF 到几千 uF 不等），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**——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。

深圳市好盈科技股份有限公司

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

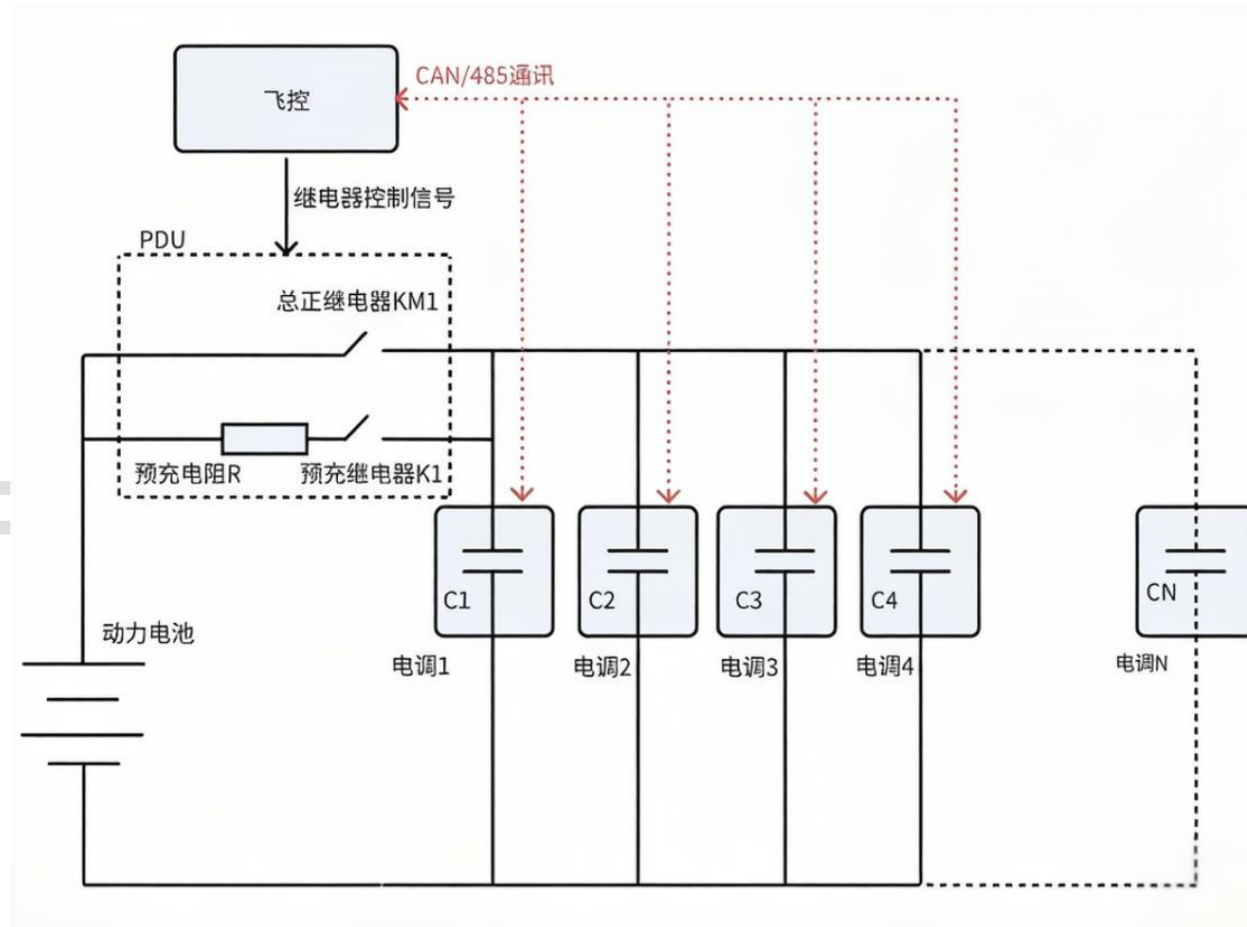
预充电路仅设置一组，经汇总后给所有电调提供预充；

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 4 轴 4 桨配套 4 个电调为例，PDU 配电原理图如图一所示：

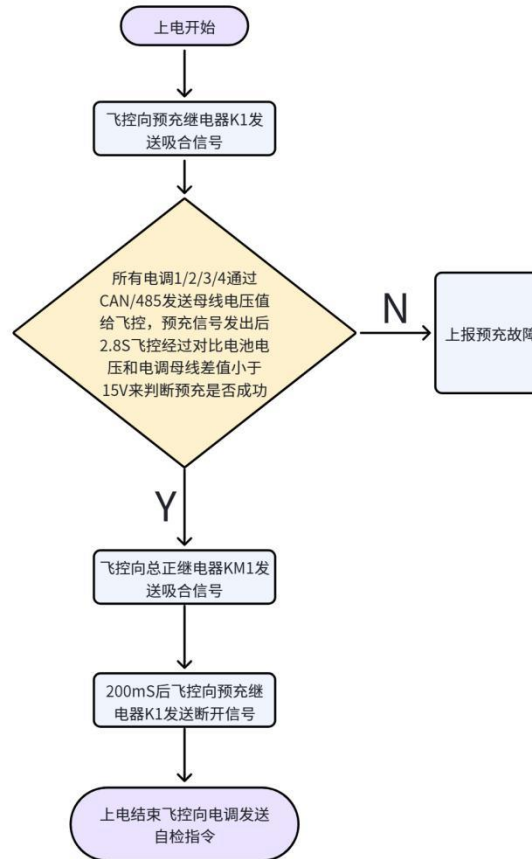


图一 方案一（4轴4桨）PDU 配电原理

深圳行

公司

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 60Ω 电阻值。

2.2 配电方案二

2.2.1 方案描述

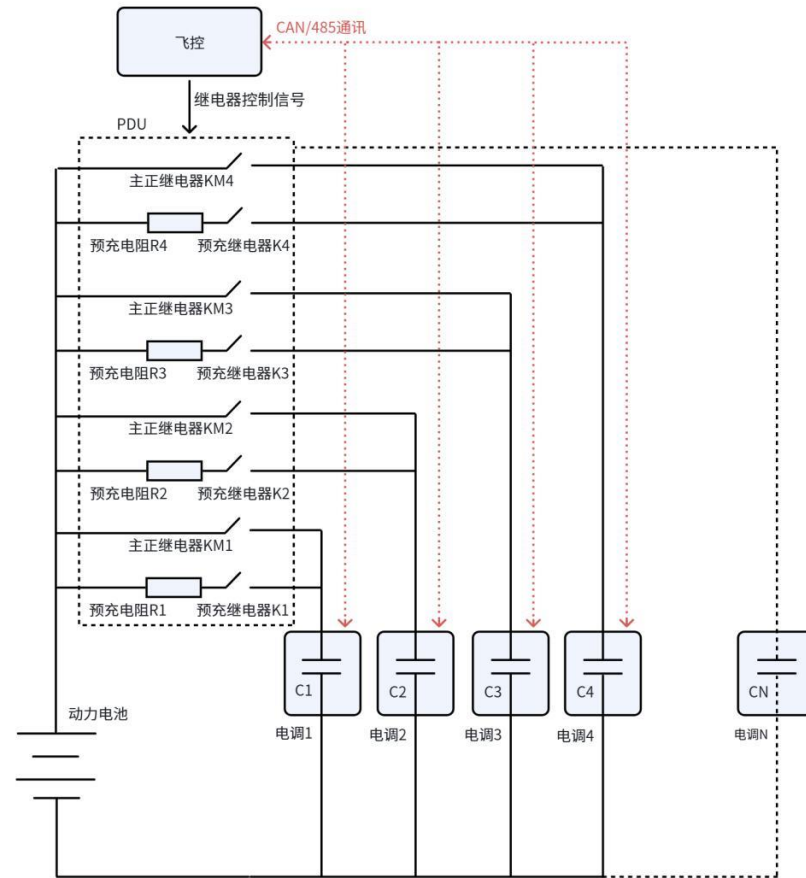
每个电调单独配备一组预充电路，实现独立预充。

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：

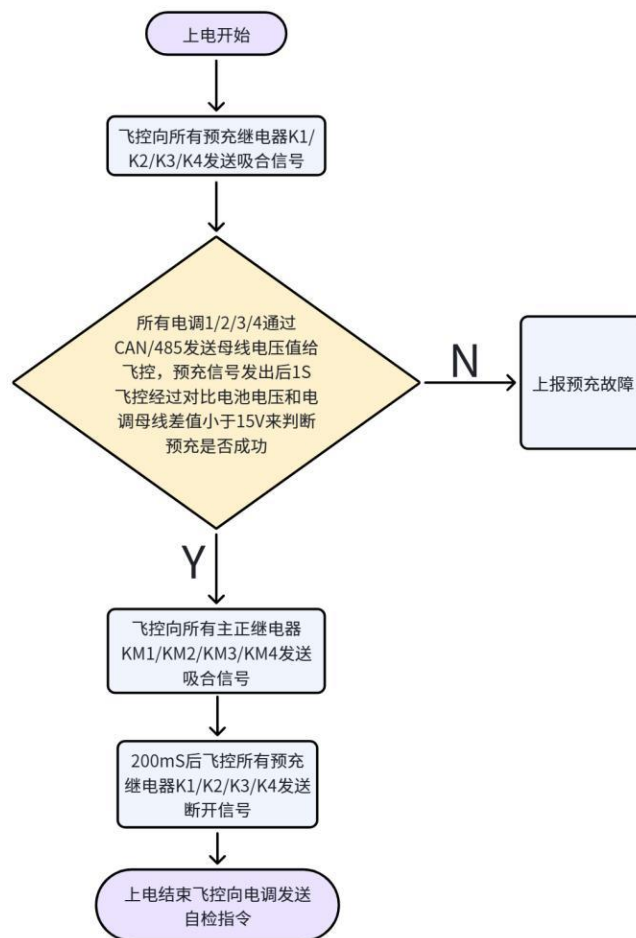


图三 方案二（4轴4桨）PDU 配电原理图

深圳市好

有限公司

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 60Ω 电阻值。

3、硬件选型指南与计算实例

3.1 关键计算公式

3.1.1 预充电阻阻值 R_{pre} (Ω) :

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

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);

3.1.2 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;

深圳市好盈科技股份有限公司

3.1.3 预充电阻峰值功率 P_{peak} (W) :

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

3.1.4 预充电阻平均功率 P_{avg} (W) :

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

3.1.5 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 或 850V，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	电池电压/V	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)	450	1.984×10^{-3}	360.76	200.8	561.32	71.71	1.25	120	400
6轴6桨		450	2.976×10^{-3}	240.5	301.2	841.98	107.57	1.87	180	600
4轴8桨		450	3.968×10^{-3}	180.38	401.6	1122.64	143.43	2.49	240	800
6轴12桨		450	5.952×10^{-3}	120.25	602.4	1683.96	215.14	3.74	360	1200
4轴4桨	P85M(400V)	450	1.984×10^{-3}	360.76	200.8	561.32	71.71	1.25	188	480
6轴6桨		450	2.976×10^{-3}	240.5	301.2	841.98	107.57	1.87	282	720
4轴8桨		450	3.968×10^{-3}	180.38	401.6	1122.64	143.43	2.49	376	960
6轴12桨		450	5.952×10^{-3}	120.25	602.4	1683.96	215.14	3.74	564	1440
4轴8桨	P115M(800V)	850	0.24×10^{-3}	2982.26	86.67	242.27	30.95	0.29	120	360
6轴12桨		850	0.36×10^{-3}	1988.17	130	363.4	46.43	0.43	180	540

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 1/4~1/3，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 1.25~3.74A，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）或负载电压 $\geq 1000\text{VDC}$ （800V 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 $\geq 750\text{VDC}$ （400V 平台），或额定负载电压 $\geq 1000\text{VDC}$ （800V 平台），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，**额定负载 600A 及以下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					
4轴4桨	P85M(400V)	360	200				20	≥ 30		≥ 450		300	2000	1000A:25S	<1100
6轴6桨		240	300									600		1500A:60s	
4轴8桨		180	350									600		1500A:60s	
6轴12桨		120	500									800		3000A:30s	
4轴8桨	P115M(800V)	2900	100	20	≥ 1000	≥ 1000	200	2000	900A:10S	<500					
6轴12桨		1900	150				300		1000A:25S						

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 $4.96 \times 10^{-4} \text{F}$ ，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，具体如下表三所示。

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
单个电调	P85M (400V)	463.83	50.2	436.58	55.78	0.97	47	120
单个电调	P115M (800V)	7668.67	10.83	94.21	12.04	0.11	15	45

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 1/4~1/3，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(400V 平台)或 850V (800V 平台)，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 $\geq 450VDC$ （400V 平台），或负载电压 $\geq 1000VDC$ （800V 平台），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 $\geq -40^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$ ；电气寿命在 450VDC 额定负载下 ≥ 1000 次；最大分断电压 $\geq 1000VDC$ ；额定负载电压 $\geq 750VDC$ （400V 平台），或额定负载电压 $\geq 1000VDC$ （800V 平台）；介质耐压（触点间/触点与线圈） $\geq 3000VAC1min$ ；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/P85M (400V)	470	150	2500	20	≥ 30	≥ 450	100	1000	900A : 4s	<500
单个电调	P115M (800V)	7600	40	2500			≥ 1000	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、P85M、P115M 五款动力套有效。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。