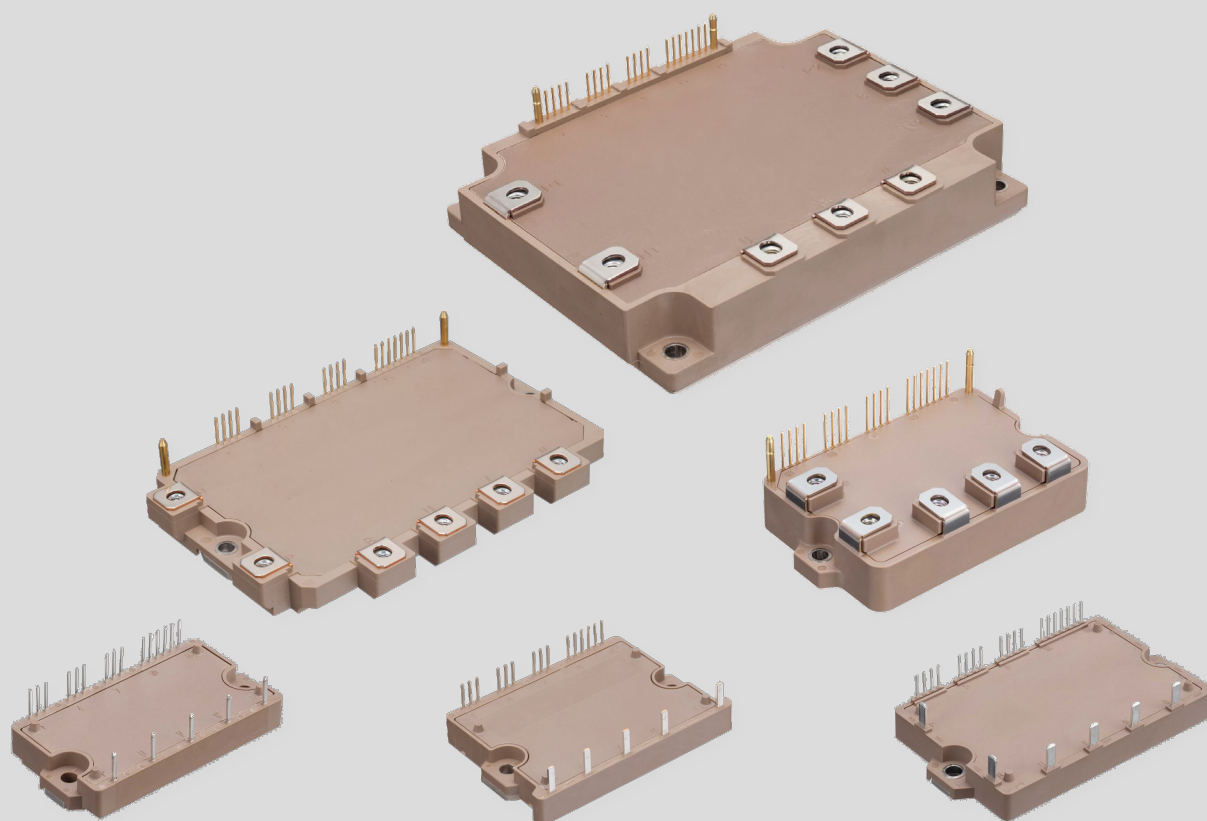




富士第7代IGBT-IPM X系列



Application Manual

注意

本手册的内容（产品规格、特性、数据、材料、构造等）是截至2020年12月的最新内容。

本内容有可能因产品规格改变或其他原因而发生变化，恕不另行通知。

使用本手册中所列产品时，请先获取该产品最新版的规格书并对数据进行确认。

本资料中记载的应用示例仅用于对使用富士电机半导体产品的代表性应用示例进行说明，本资料不具备保证工业所有权及其他权利或许可实施权的作用。

 注意

(1)运输与保存

运输时请将瓦楞纸箱正确朝上。否则产品可能会受到意外的挤压，造成端子弯曲或树脂包装内变形等不良影响。再则暴力装卸或不慎掉落可能会对产品造成严重的损伤。此外，浸水也会导致产品损坏或发生故障，请充分注意避免淋雨或发生结露。请严格遵守规格书中记载的运输中温度及湿度等环境条件要求。

(2)安装环境

功率模块的内部元件对静电非常脆弱，请在安装环境中采取适当的ESD防范措施。特别注意的是，控制端子内部是与内置的控制IC相连接的。

(3)使用环境

本产品暴露在酸、有机物、腐蚀性气体（硫化氢、硫酸气体等）环境下使用时，将无法充分确保本产品的性能及外观。

CONTENTS

第1章 特性与构造	1-1
1. IGBT-IPM的特性	1-2
2. 型号・批号的含义	1-3
3. 产品系列	1-5
4. 各封装IPM的特性	1-7
5. 构造	1-15
第2章 端子符号和术语说明	2-1
1. 端子符号说明	2-2
2. 术语说明	2-3
第3章 功能说明	3-1
1. 功能一览表	3-2
2. 功能说明	3-3
3. 真值表	3-8
4. IPM框图	3-9
5. 时序图	3-11
第4章 应用电路示例	4-1
1. 应用电路示例	4-2
2. 注意事项	4-6
3. 光耦外围电路	4-9
4. 连接器	4-10
第5章 散热设计	5-1
1. 冷却体（散热器）的选择方法	5-2
2. 散热器选择的注意事项	5-2
3. IPM的安装方法	5-3

CONTENTS

第6章 使用注意事项	6-1
1. 主电源	6-2
2. 控制电源	6-3
3. 保护功能	6-5
4. 功率循环寿命	6-7
5. 其他	6-7
第7章 发生故障时的处理方法	7-1
1. 发生故障时的处理方法	7-2
2. 故障原因分析图	7-2
3. 报警原因分析图	7-8

第1章 特性与构造

1. IGBT-IPM的特性	1-2
2. 型号・批号的含义	1-3
3. 产品系列	1-5
4. 各封装IPM的特性	1-7
5. 构造	1-15

本章中，将会对X系列IPM的特性与构造进行说明。

1. IGBT-IPM的特性

IPM（智能功率模块）是在IGBT模块中内置了门极驱动电路与保护电路的模块，具有如下特性。

1.1 内置驱动电路

- 在最佳设置条件下驱动IGBT。
- 驱动电路和IGBT之间的接线长度短，驱动电路的阻抗低，因此无需使用门极反向偏压电源。
- 总共需4个控制电源：上桥臂侧3个，下桥臂侧1个。

1.2 内置保护电路

- 内置过流保护（OC）、短路保护（SC）、控制电源欠压保护（UV）、芯片过热保护（ T_{jOH} ）以及保护运行时警报的外部输出（ALM）功能。
- OC、SC的功能是保护IGBT免遭过电流造成的破坏，通过每个IGBT内置的检测元件对集电极电流实时检测，可以针对各桥臂IGBT发生的异常情况进行保护。
- UV保护功能对驱动电源欠压起保护作用，内置于所有相的控制IC中。
- T_{jOH} 保护功能是在各IGBT芯片上内置温度检测元件，针对芯片的异常发热能迅速起到保护作用。
- ALM功能可以输出报警信号。在OC、SC、UV、 T_{jOH} 处于保护动作时，通过向控制IPM的微型控制器输出报警信号，向系统传达IPM的异常。*1

*1 各IPM的保护功能，请参照第3章功能说明。

1.3 内置制动电路（7in1 IPM）

- 通过附加电阻来消耗电机减速时的电力，构成制动电路。
- 与逆变部一样，内置了驱动电路、保护电路。
- X系列IPM在下桥臂的逆变部分检测到异常并对其进行保护时，制动部IGBT仍可独立运行。因此，可以抑制因异常停机减速而引起的主电源电压上升，从而防止半导体元件的过电压破坏。

1.4 温度预警输出功能（特定型号）

- X系列的IPM具有温度预警功能，能够在IGBT芯片温度达到150°C以上时，向IPM外部发出报警，通知其处于芯片过热状态。芯片过热保护（ T_{jOH} ）在IGBT的芯片温度达到175°C以上时开始运行，并会在输出报警的同时停止运行，而温度预警输出功能则会在输出温度预警期间继续开关动作。灵活运用本功能，可以在IPM因为过热保护功能而停止输出之前，通过更改运行条件等方法来避免设备停止运行。同时也可以预防因设备突然停止运行而导致的生产效率降低。

- 1.5 符合RoHS标准
- X系列IPM的所有型号均符合RoHS标准的要求。

2.型号・批号的含义

X系列IPM产品型号名的含义如表1-1所示。

表1-1 型号名的含义 例) 6MBP50XBA120-50

6	MBP	50	X	B	A	120	-50
IGBT 元件数	模块 的种类	逆变部 额定电流	IGBT 芯片系列	封装	封装的追加号	额定电压	机型的 序列号
6:无制动电路	MBP: Intelligent power module (IPM)	$I_C \times 1$ (A)	X:X series (7th Gen.)	A:P629		V_{CES} x1/10 (V)	
7:内置制动 电路			XR: X series (RC-IGBT)	B:P626			
				D:P630			
				E:P631			
				F:P636			
				G:P638			
				H:P639			
				J:P644			

X系列IPM的产品批号的含义如表1-2所示。

表1-2 批号的含义

20	1	001
生产年份	生产月份	序列号
19:2019年	1:1月	001~999
20:2020年	2:2月	
21:2021年	⋮	
	9:9月	
	O:10月	
	N:11月	
	D:12月	

X系列IPM的产品标识的含义如图1-1所示。



图1-1产品标识

3.产品系列

表1-3 650V 产品系列

封装	针脚安装型		螺丝安装型	
	6in1	7in1	6in1	7in1
P639	6MBP20XRHA065-50			
	6MBP30XRHA065-50			
P629	6MBP50XAA065-50			
	6MBP75XAA065-50			
P626	6MBP50XBA065-50			
	6MBP75XBA065-50			
	6MBP100XBA065-50			
P644		7MBP50XJA065-50		
		7MBP75XJA065-50		
P636	6MBP100XFN065-50	7MBP100XFN065-50		
P638			6MBP50XGA065-50	
			6MBP75XGA065-50	
			6MBP100XGN065-50	
			6MBP150XGN065-50	
P630			6MBP100XDA065-50	7MBP100XDA065-50
			6MBP150XDA065-50	7MBP150XDA065-50
			6MBP150XDN065-50	7MBP150XDN065-50
			6MBP200XDN065-50	7MBP200XDN065-50
P631			6MBP250XDN065-50	7MBP250XDN065-50
			6MBP200XEN065-50	7MBP200XEN065-50
			6MBP300XEN065-50	7MBP300XEN065-50

表1-4 1200V 产品系列

封装	针脚安装型		螺丝安装型	
	6in1	7in1	6in1	7in1
P639	6MBP10XRHA120-50			
P629	6MBP25XAA120-50			
	6MBP35XAA120-50			
P626	6MBP25XBA120-50			
	6MBP35XBA120-50			
	6MBP50XBA120-50			
P644		7MBP25XJA120-50		
		7MBP35XJA120-50		
P636	6MBP50XFN120-50	7MBP50XFN120-50		
P638			6MBP25XGA120-50	
			6MBP35XGA120-50	
			6MBP50XGN120-50	
			6MBP75XGN120-50	
P630			6MBP50XDA120-50	7MBP50XDA120-50
			6MBP75XDA120-50 6MBP75XDN120-50	7MBP75XDA120-50 7MBP75XDN120-50
			6MBP100XDA120-50 6MBP100XDN120-50	7MBP100XDA120-50 7MBP100XDN120-50
			6MBP150XDN120-50	7MBP150XDN120-50
P631			6MBP100XEN120-50	7MBP100XEN120-50
			6MBP150XEN120-50	7MBP150XEN120-50
			6MBP200XEN120-50	7MBP200XEN120-50
			6MBP300XEN120-50	7MBP300XEN120-50

4.各系列IPM的特性

4.1 P639系列（仅下桥臂具备报警输出功能 6in1）

- 产品系列包括650V系20A~30A和1200V系10A。
- 控制输入端子为2.54mm标准间距。

- 主端子形状为矩形端子。

由于与控制输入端子的高度相同，因此能够焊接到同一个电路板上。

- 散热器的安装螺丝直径为M4。
- 上桥臂侧具备保护功能，但是没有报警输出功能。
- 外形图如图1-2所示。

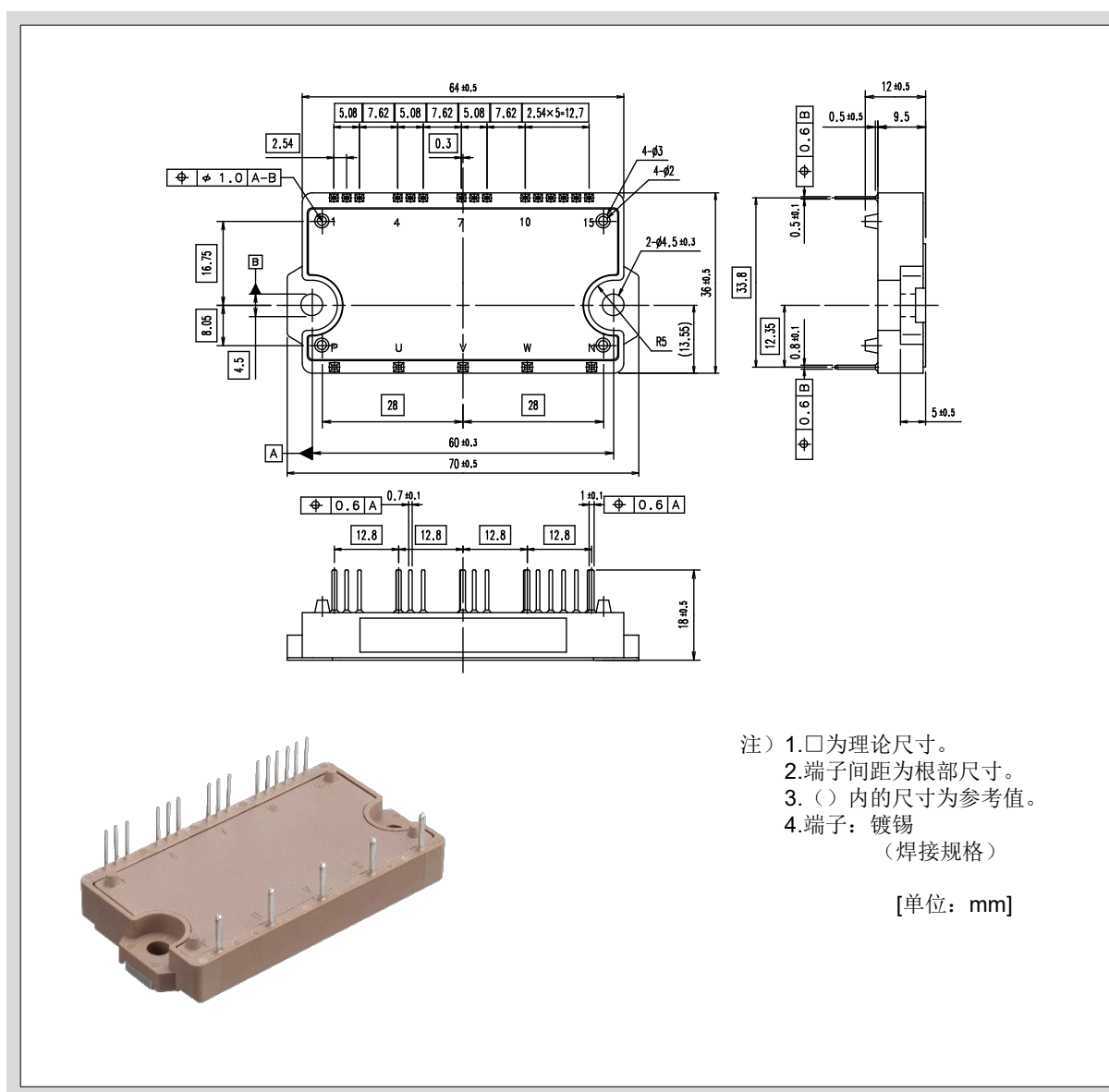


图1-2外形图（P639）

4.2 P629系列（仅下桥臂具备报警输出功能 6in1）

• 产品系列包括650V系50A~75A和1200V系25A~35A。

• 控制输入端子为2.54mm标准间距。

• 主端子形状为矩形端子。

由于与控制输入端子的高度相同，因此能够焊接到同一个电路板上。

• 散热器的安装螺丝直径为M4。

• 与R-IPM系列P619兼容。

• 上桥臂侧具备保护功能，但是没有报警输出功能。

• 外形图如图1-3所示。

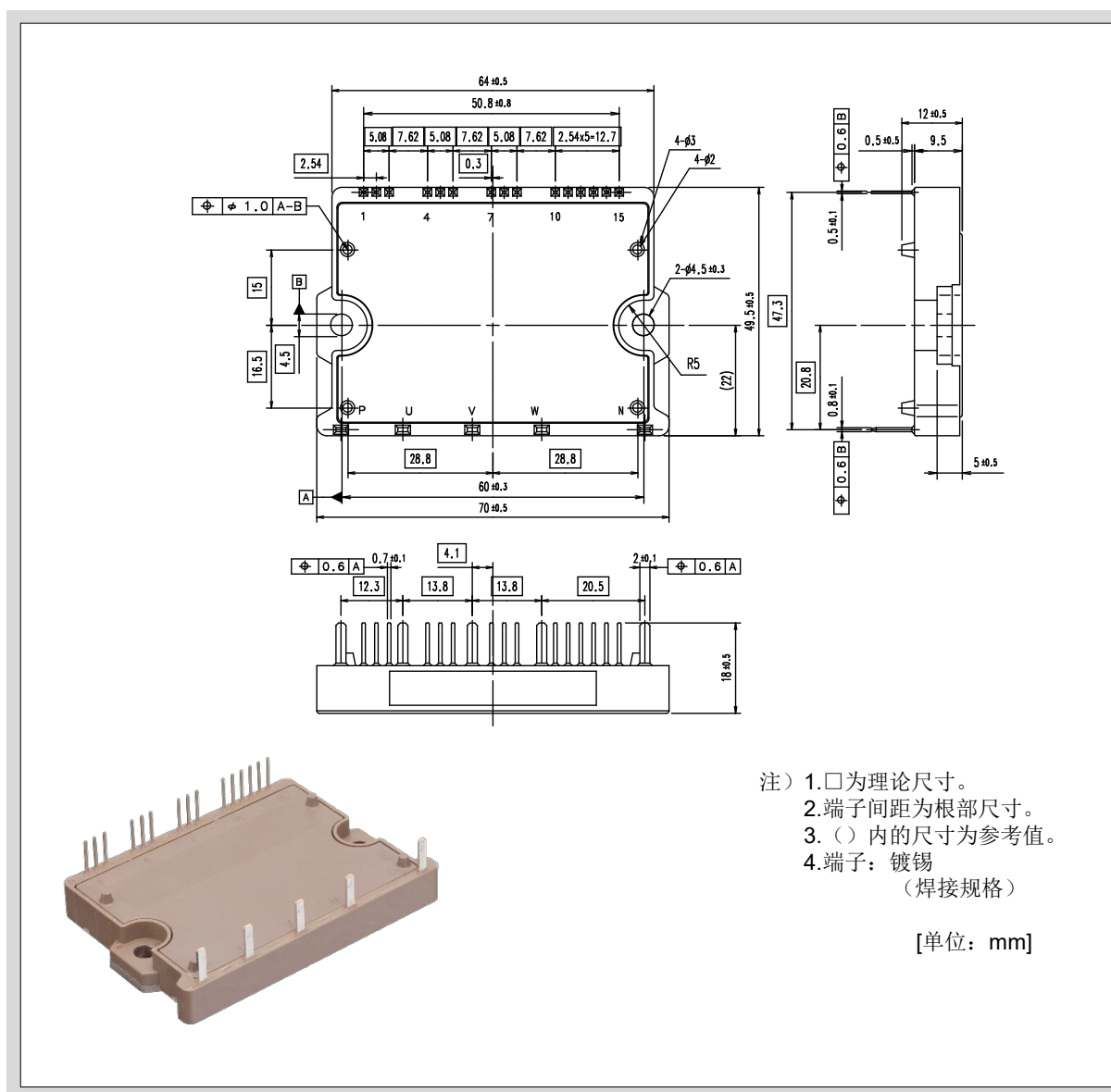


图1-3外形图（P629）

4.4 P644系列（上下桥臂均具备报警输出功能 7in1）

- 产品系列包括650V系50A~75A和1200V系25A~35A。
- 控制输入端子为2.54mm标准间距。
- 主端子形状为矩形端子。

由于与控制输入端子的高度相同，因此能够焊接到同一个电路板上。

- 散热器的安装螺丝直径为M4。
- 外形图如图1-5所示。

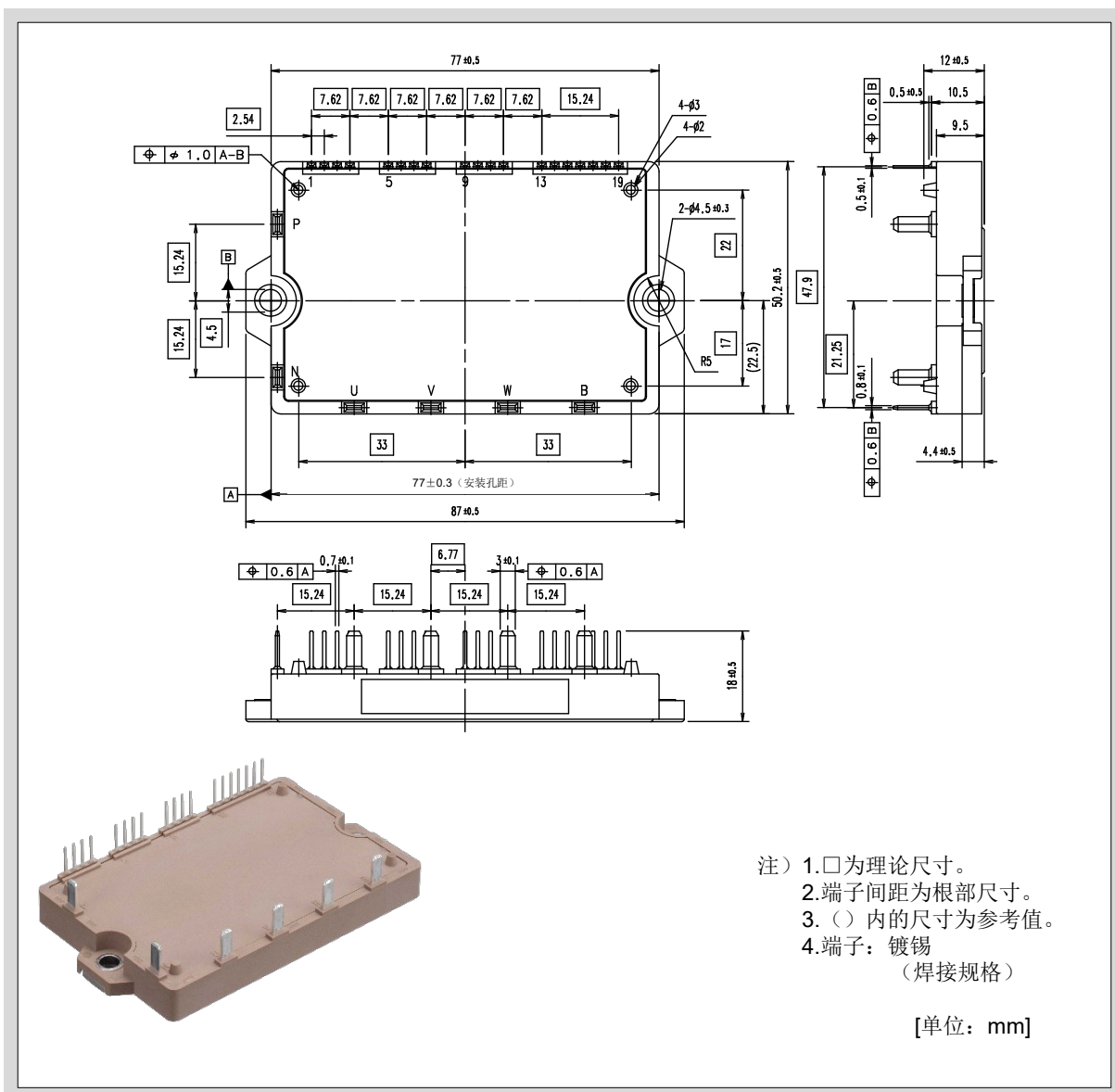


图1-5外形图（P644）

4.5 P636系列（上下桥臂均具备报警输出功能 6in1、7in1）

• 产品系列包括650V系50A~100A和1200V系25A~50A。

• 控制输入端子为2.54mm标准间距。

• 主端子形状为矩形端子。

由于与控制输入端子的高度相同，因此能够焊接到同一个电路板上。

• 散热器的安装螺丝直径为M4。

• 设有2种顶面高度不同的突起，从底面到装置控制电路板的高度有17.0mm和18.5mm两种选择。

（参照图1-18）

• 外形图如图1-6所示。

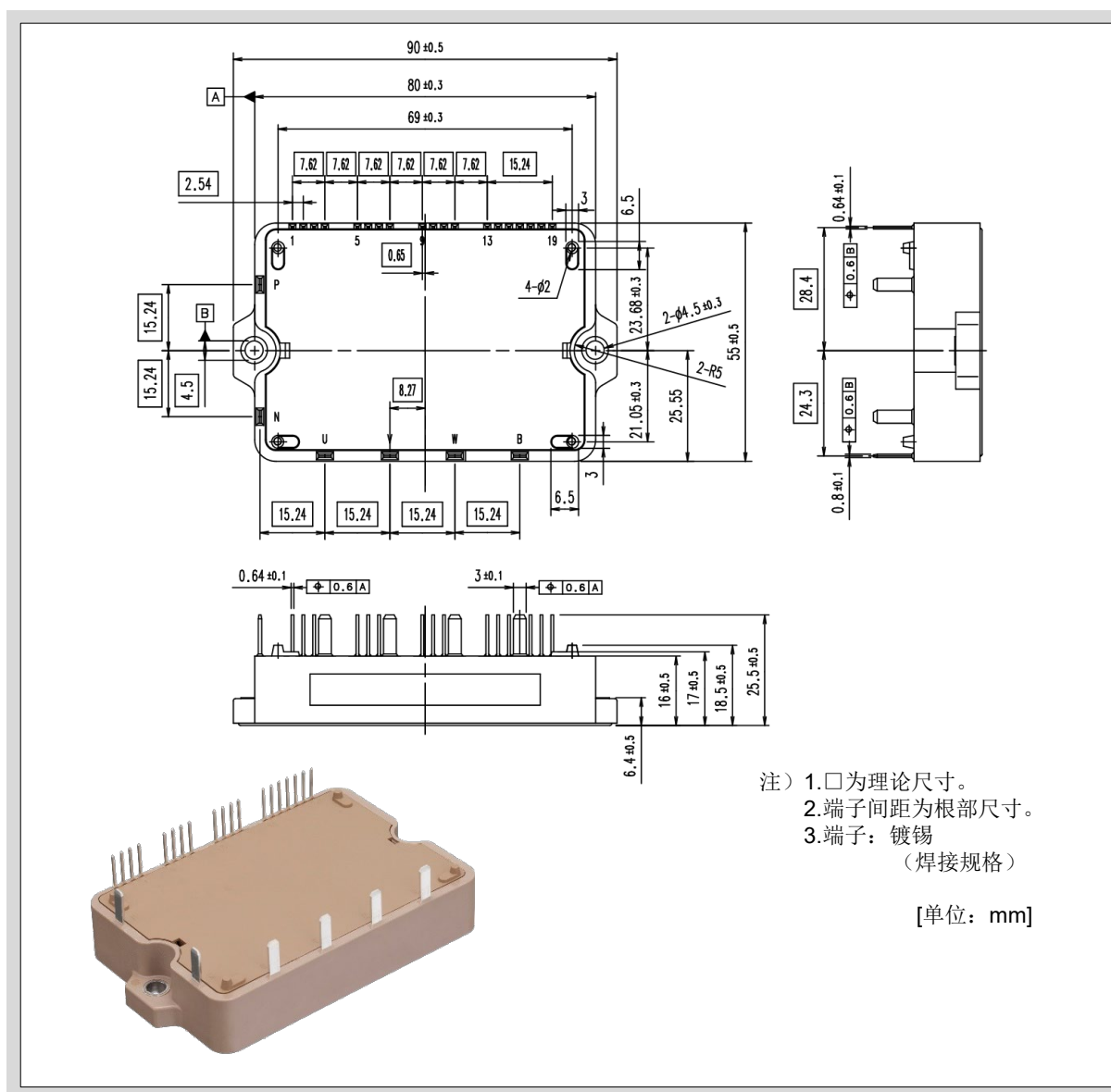


图1-6外形图（P636）

4.6 P638系列（上下桥臂均具备报警输出功能 6in1）

- 产品系列包括650V系50A~150A和1200V系25A~75A。
- 控制输入端子为2.54mm的标准间距，可使用通用连接器以及焊接方式连接。
设有导销使电路板用连接器更容易插入。
- 主端子使用M4螺丝。
- 散热器的安装螺丝直径与主端子通用，均为M4。
- 电气连接均使用螺丝及连接器，无需焊接，容易拆卸。
- 外形图如图1-7所示。

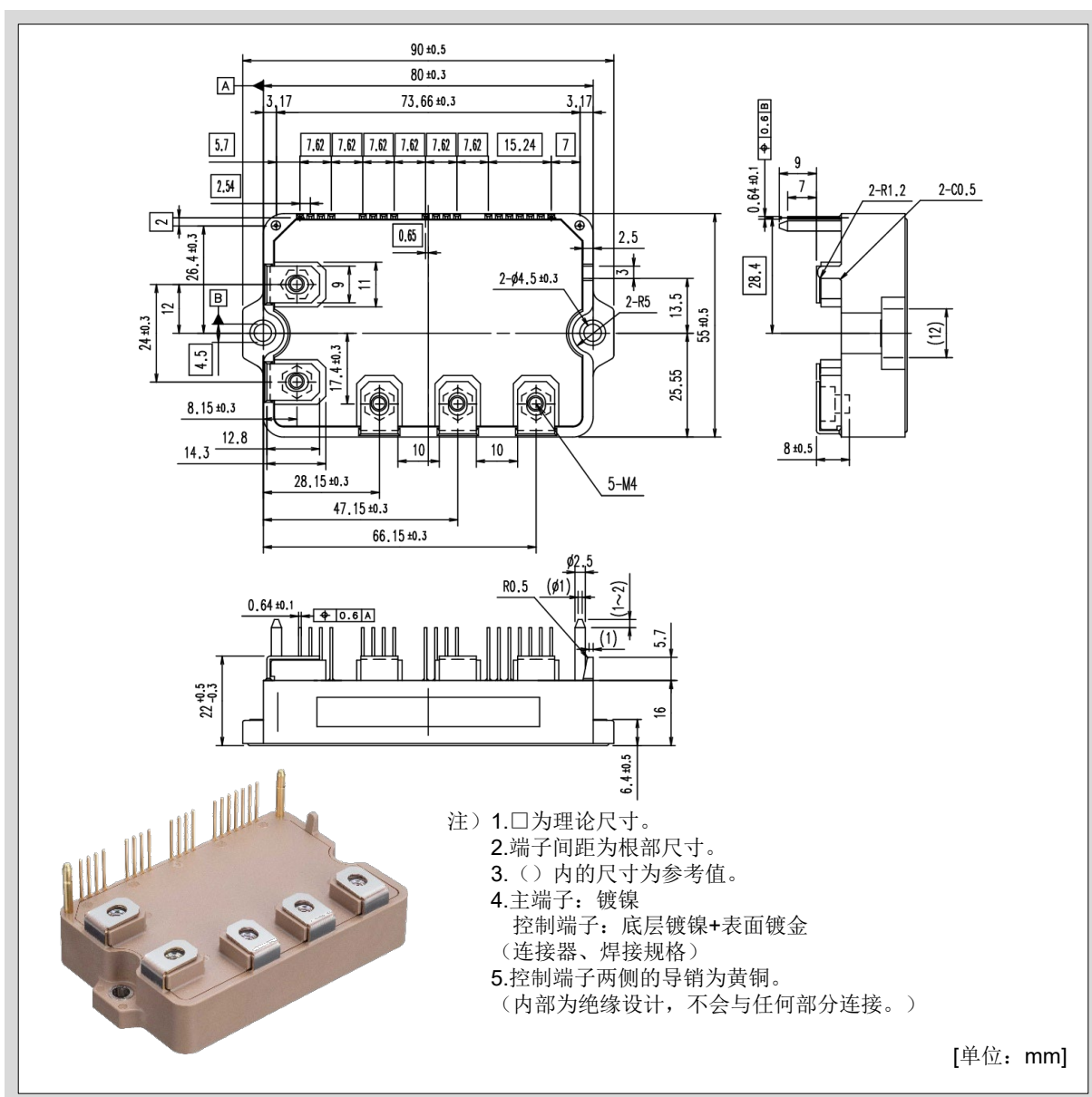


图1-7外形图（P638）

4.7 P630系列（上下桥臂均具备报警输出功能 6in1、7in1）

- 产品系列包括650V系50A~250A和1200V系25A~150A。
- 控制输入端子为2.54mm的标准间距，可使用通用连接器以及焊接方式连接。
设有导销使电路板用连接器更容易插入。
- 主端子使用M4螺丝。
- 散热器的安装螺丝直径与主端子通用，均为M4。
- 电气连接均使用螺丝及连接器，无需焊接，容易拆卸。
- 外形图如图1-8所示。

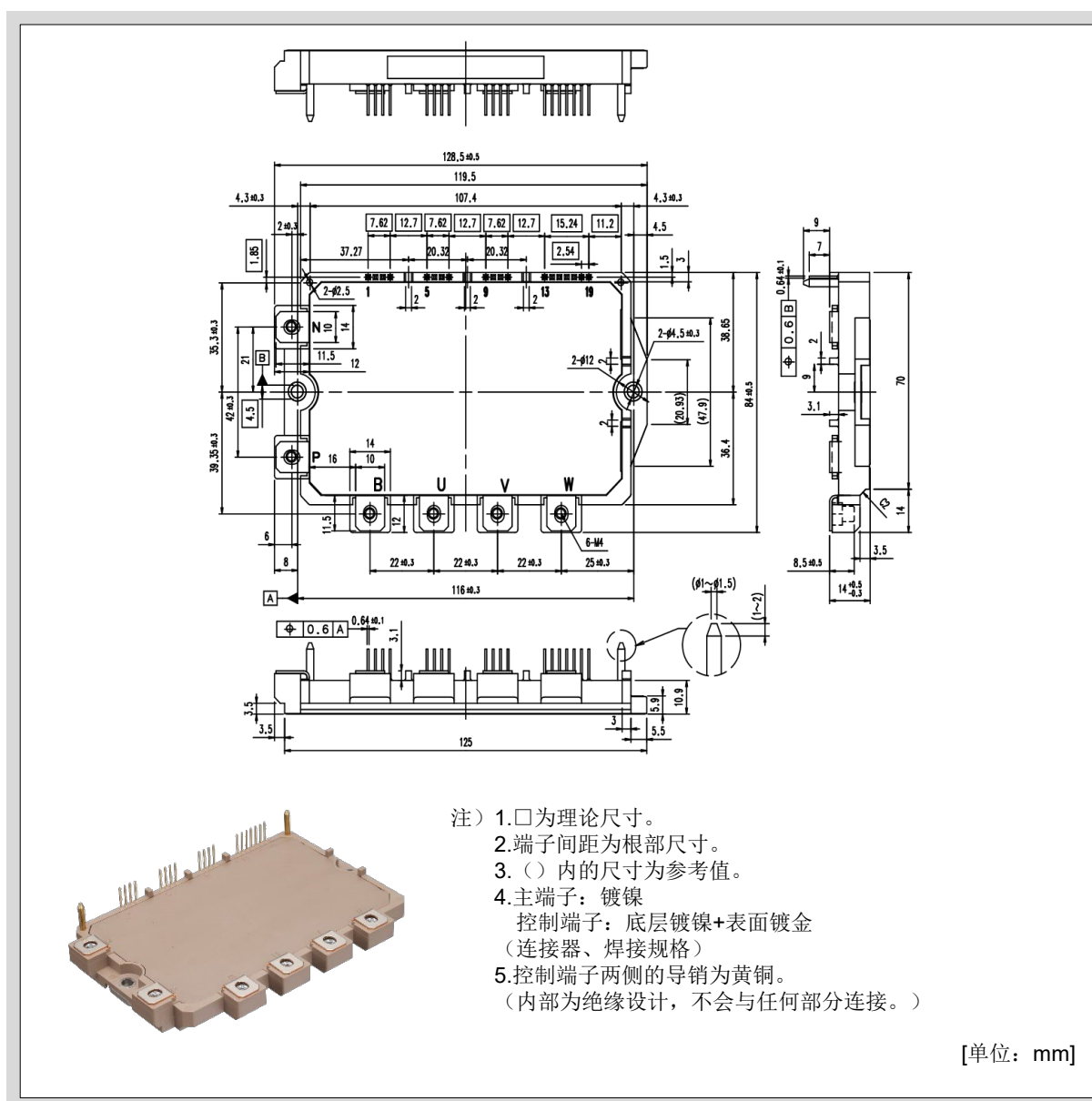


图1-8外形图（P630）

4.8 P631系列（上下桥臂均具备报警输出功能 6in1、7in1）

- 产品系列包括650V系200A~450A和1200V系100A~300A。
- 控制输入端子为2.54mm的标准间距，可使用通用连接器以及焊接方式连接。
设有导销使电路板用连接器更容易插入。
- 主电源输入（P1、P2、N1、N2）、制动输入（B）以及输出端子（U、V、W）的位置接近，从而简化了主配线。P1及P2、N1及N2端子内部已连接。
- 主端子使用M5螺丝，能够实现大电流连接。
- 散热器的安装螺丝直径与主端子通用，均为M5。
- 电气连接均使用螺丝及连接器，无需焊接，容易拆卸。
- 与R-IPM系列P612相互兼容。（控制端子部分除外）
- 外形图如图1-9所示。

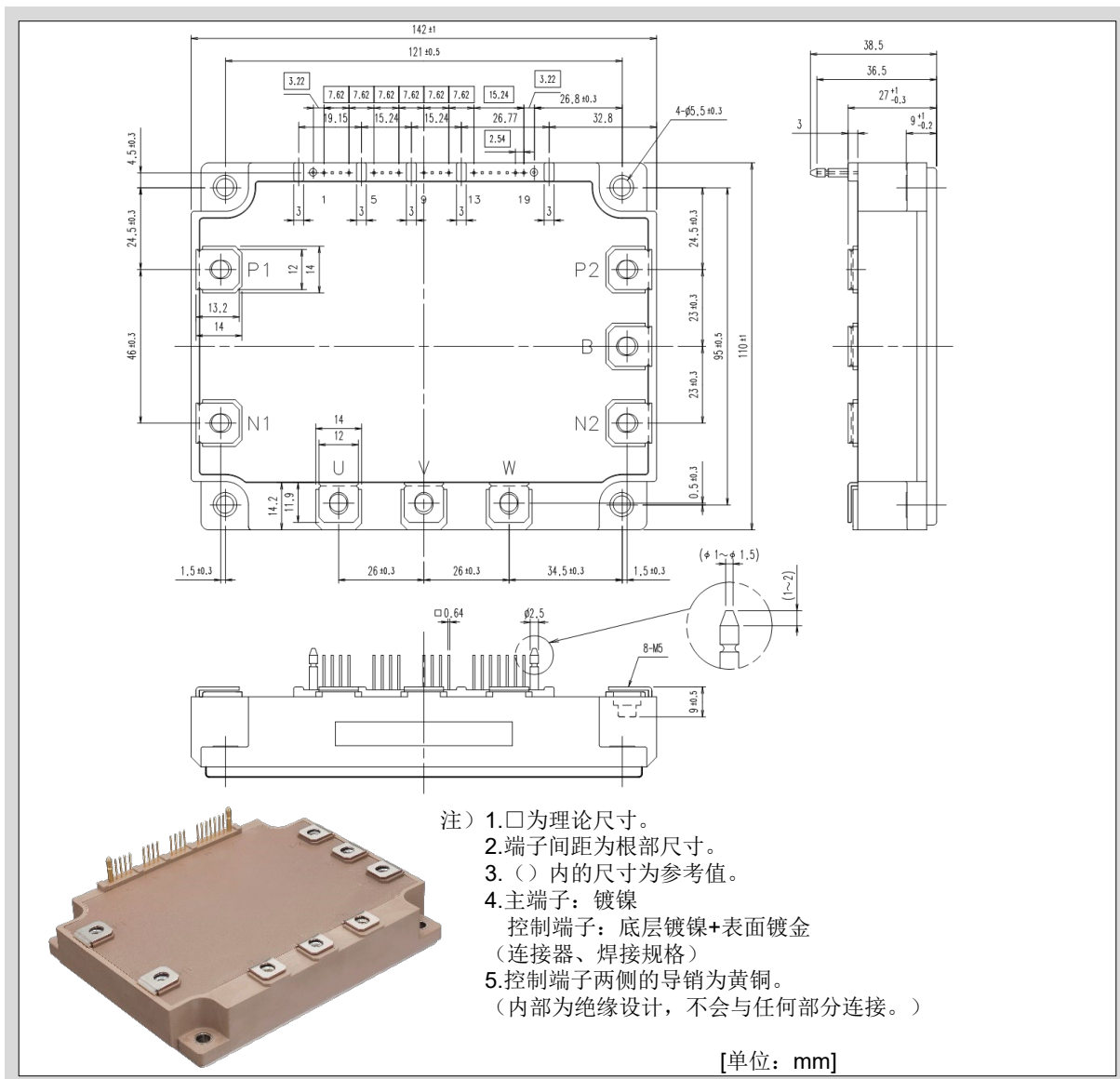


图1-9外形图（P631）

5.构造

各系列的构件如图1-10至图1-16所示。

※本图仅用于对材料说明，并非用于表示准确的尺寸和布局。

同时，也没有标识产品中使用的所有部件。

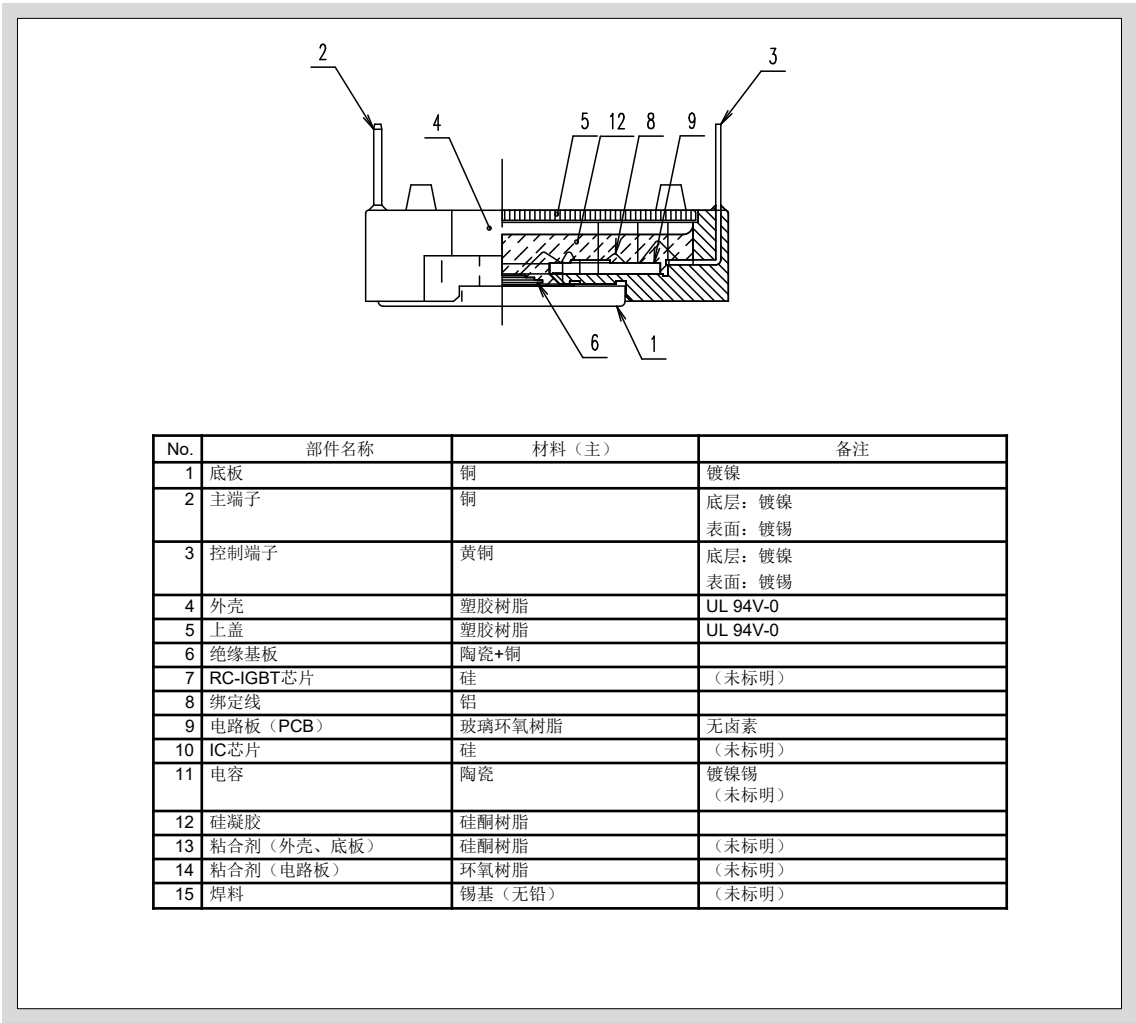
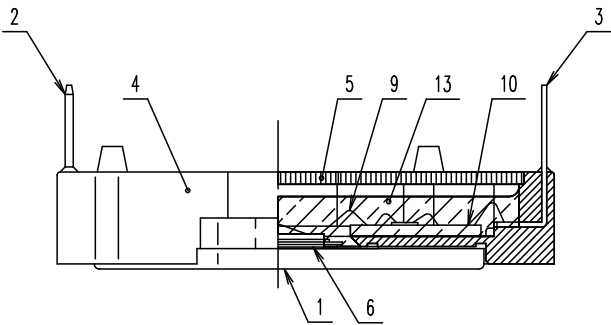
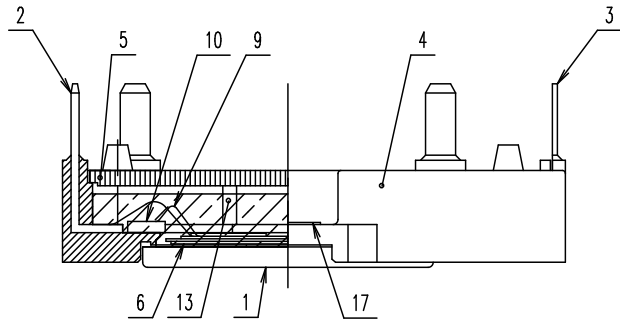


图1-10 构造（P639）



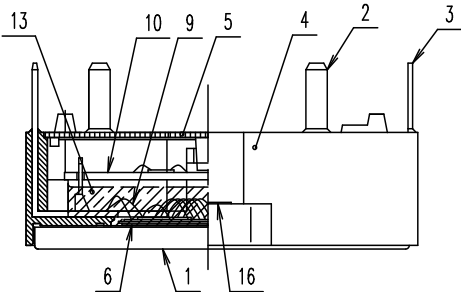
No.	部件名称	材料（主）	备注
1	底板	铜	镀镍
2	主端子	铜	底层：镀镍 表面：镀锡
3	控制端子	黄铜	底层：镀镍 表面：镀锡
4	外壳	塑胶树脂	UL 94V-0
5	上盖	塑胶树脂	UL 94V-0
6	绝缘基板	陶瓷+铜	
7	IGBT芯片	硅	（未标明）
8	FWD芯片	硅	（未标明）
9	绑定线	铝	
10	电路板（PCB）	玻璃环氧树脂	无卤素
11	IC芯片	硅	（未标明）
12	电容	陶瓷	镀镍锡 （未标明）
13	硅凝胶	硅酮树脂	
14	粘合剂（外壳、底板）	硅酮树脂	（未标明）
15	粘合剂（电路板）	环氧树脂	（未标明）
16	焊料	锡基（无铅）	（未标明）

图1-11 构造（P629）



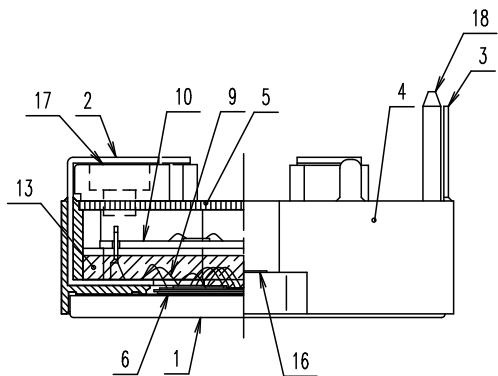
No.	部件名称	材料（主）	备注
1	底板	铜	镀镍
2	主端子	铜	底层：镀镍 表面：镀锡
3	控制端子	黄铜	底层：镀镍 表面：镀锡
4	外壳	塑胶树脂	UL 94V-0
5	上盖	塑胶树脂	UL 94V-0
6	绝缘基板	陶瓷+铜	
7	IGBT芯片	硅	（未标明）
8	FWD芯片	硅	（未标明）
9	绑定线	铝	
10	电路板（PCB）	玻璃环氧树脂	无卤素
11	IC芯片	硅	（未标明）
12	电容	陶瓷	镀镍锡 （未标明）
13	硅凝胶	硅酮树脂	
14	粘合剂（外壳、底板）	硅酮树脂	（未标明）
15	粘合剂（电路板）	环氧树脂	（未标明）
16	焊料	锡基（无铅）	（未标明）
17	O型圈	不锈钢	

图1-12 构造（P626，P644）



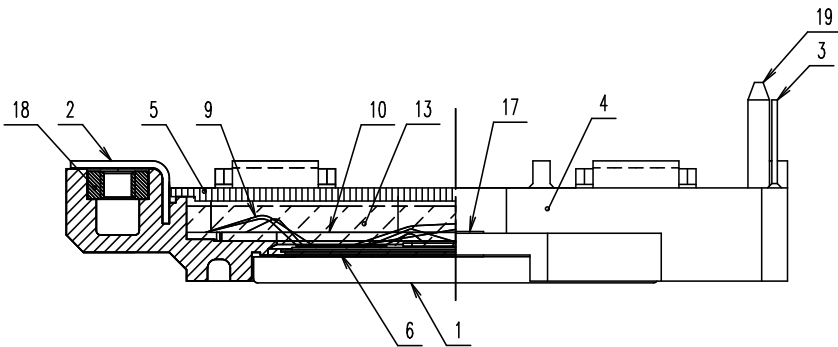
No.	部件名称	材料（主）	备注
1	底板	铜	镀镍
2	主端子	铜	底层：镀镍 表面：镀锡
3	控制端子	黄铜	底层：镀镍 表面：镀锡
4	外壳	塑胶树脂	UL 94V-0
5	上盖	塑胶树脂	UL 94V-0
6	绝缘基板	陶瓷+铜	
7	IGBT芯片	硅	（未标明）
8	FWD芯片	硅	（未标明）
9	绑定线	铝	
10	电路板（PCB）	玻璃环氧树脂	无卤素
11	IC芯片	硅	（未标明）
12	电容	陶瓷	镀镍锡 （未标明）
13	硅凝胶	硅酮树脂	
14	粘合剂（外壳、底板）	硅酮树脂	（未标明）
15	焊料	锡基（无铅）	（未标明）
16	O型圈	不锈钢	

图1-13 构造（P636）



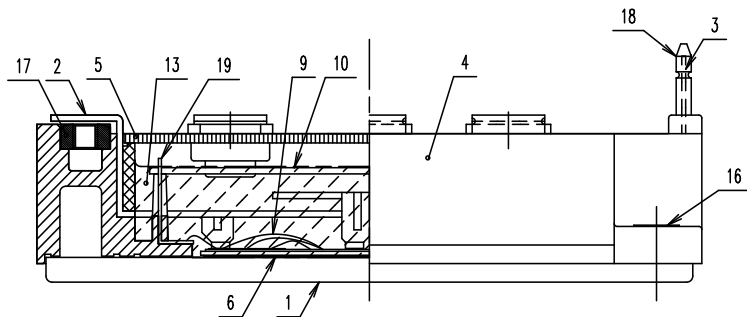
No.	部件名称	材料（主）	备注
1	底板	铜	镀镍
2	主端子	铜	镀镍
3	控制端子	黄铜	底层：镀镍 表面：金属电镀
4	外壳	塑胶树脂	UL 94V-0
5	上盖	塑胶树脂	UL 94V-0
6	绝缘基板	陶瓷+铜	
7	IGBT芯片	硅	（未标明）
8	FWD芯片	硅	（未标明）
9	绑定线	铝	
10	电路板（PCB）	玻璃环氧树脂	无卤素
11	IC芯片	硅	（未标明）
12	电容	陶瓷	镀镍锡 （未标明）
13	硅凝胶	硅酮树脂	
14	粘合剂（外壳、底板）	硅酮树脂	（未标明）
15	焊料	锡基（无铅）	（未标明）
16	O型圈	不锈钢	
17	螺母	铁	三价铬酸盐处理
18	导销	黄铜	

图1-14 构造（P638）



No.	部件名称	材料（主）	备注
1	底板	铜	镀镍
2	主端子	铜	镀镍
3	控制端子	黄铜	底层：镀镍 表面：金属电镀
4	外壳	塑胶树脂	UL 94V-0
5	上盖	塑胶树脂	UL 94V-0
6	绝缘基板	陶瓷+铜	
7	IGBT芯片	硅	（未标明）
8	FWD芯片	硅	（未标明）
9	绑定线	铝	
10	电路板（PCB）	玻璃环氧树脂	无卤素
11	IC芯片	硅	（未标明）
12	电容	陶瓷	镀镍锡 （未标明）
13	硅凝胶	硅酮树脂	
14	粘合剂（外壳、底板）	硅酮树脂	（未标明）
15	粘合剂（电路板）	环氧树脂	（未标明）
16	焊料	锡基（无铅）	（未标明）
17	O型圈	不锈钢	
18	螺母	铁	三价铬酸盐处理
19	导销	黄铜	

图1-15 构造（P630）



No.	部件名称	材料（主）	备注
1	底板	铜	镀镍
2	主端子	铜	镀镍
3	控制端子	黄铜	底层：镀镍 表面：镀金
4	外壳	塑胶树脂	UL 94V-0
5	上盖	塑胶树脂	UL 94V-0
6	绝缘基板	陶瓷+铜	
7	IGBT芯片	硅	（未标明）
8	FWD芯片	硅	（未标明）
9	绑定线	铝	
10	电路板（PCB）	玻璃环氧树脂	无卤素
11	IC芯片	硅	（未标明）
12	电容	陶瓷	镀镍锡 （未标明）
13	硅凝胶	硅酮树脂	
14	粘合剂（外壳、底板）	硅酮树脂	（未标明）
15	焊料	锡基（无铅）	（未标明）
16	O型圈	不锈钢	
17	螺母	铁	三价铬酸盐处理
18	导销	黄铜	
19	内部端子	黄铜	镀镍

图1-16 构造（P631）

- IPM的主端子（螺丝安装型）
主端子的构造如下所示。

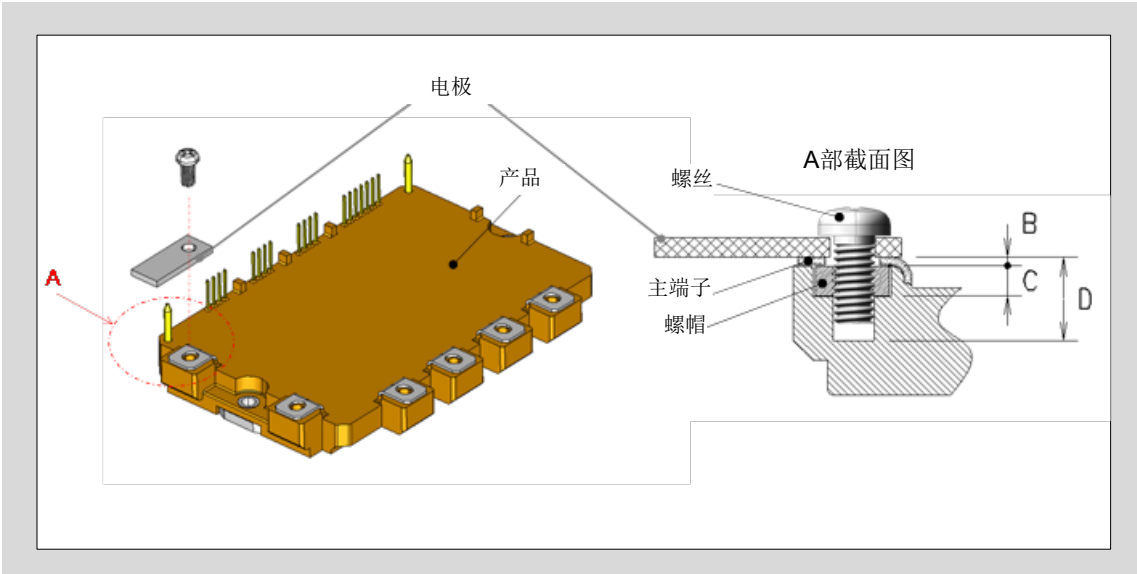


图1-17 IPM主端子部的构造（例 P630）

表1-5 IPM主端子部的规格

封装	螺丝规格	主端子厚度（B）	螺帽深度（C）	螺纹深度（D）
P638	M4	0.8	3.5	8.0 ± 0.5
P630	M4	0.8	3.5	8.5 ± 0.5
P631	M5	1	4.0	9.0 ± 0.5

【单位：mm】

- IPM的导销
P638、P630及P631的控制端子部两侧的导销为黄铜材质。内部为绝缘设计，不会与任何部分连接。

• P636系列 外壳上端的突起高度

通过改变P636外壳上端突起的使用方法，可以将电路板距离IPM底板的高度设置为17.0mm和18.5mm两种。

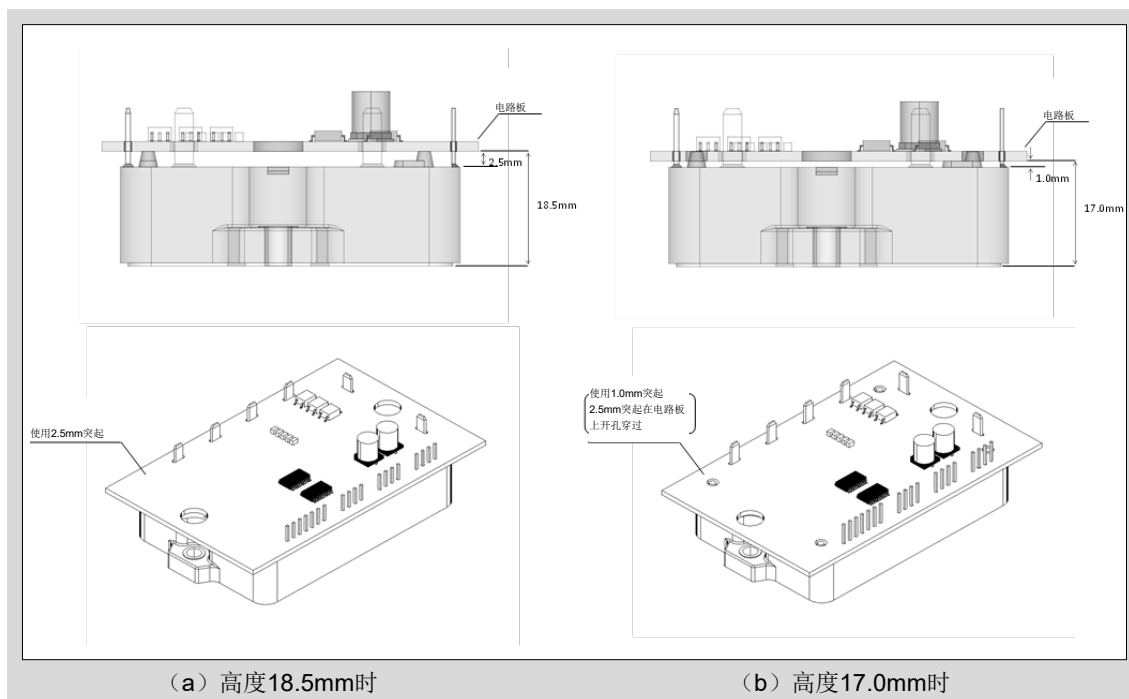


图1-18 突起高度的使用方法

第2章 端子符号和术语说明

1. 端子符号说明	2-2
2. 术语说明	2-3

本章将对X系列IPM的端子符号和术语进行说明。

1.端子符号说明

1.1 主端子

端子符号	内容
P (P1、P2) N (N1、N2)	逆变系统的整流转换器平滑滤波后的主端子 V_{DC} 输入端子 P: +端、N: -端
B	制动输入端子: 减速时制动用电阻的连接端子
U V W	三相逆变输出端子

*P1、P2、N1、N2端子仅存在于P631系列中。

1.2 控制端子

端子符号	P639 P629	P626,P644 P630, P636,P638	P631	内容
GND U V_{CC} U	① ③	① ④	① ③	上桥臂U相的控制电源 V_{CC} 输入 V_{CC} U: + 端、GND U: - 端
V_{in} U	②	③	②	上桥臂U相的控制信号输入
ALM U	—	②	④	保护电路动作时的上桥臂U相的报警输出
GND V V_{CC} V	④ ⑥	⑤ ⑧	⑤ ⑦	上桥臂V相的控制电源 V_{CC} 输入 V_{CC} V: + 端、GND V: - 端
V_{in} V	⑤	⑦	⑥	上桥臂V相的控制信号输入
ALM V	—	⑥	⑧	保护电路动作时的上桥臂V相的报警输出
GND W V_{CC} W	⑦ ⑨	⑨ ⑫	⑨ ⑪	上桥臂W相的控制电源 V_{CC} 输入 V_{CC} W: + 端、GND W: - 端
V_{in} W	⑧	⑪	⑩	上桥臂W相的控制信号输入
ALM W	—	⑩	⑫	保护电路动作时的上桥臂W相的报警输出
GND V_{CC}	⑩ ⑪	⑬ ⑭	⑬ ⑭	下桥臂共用的控制电源 V_{CC} 输入 V_{CC} : + 端、GND: - 端
V_{in} X	⑫	⑯	⑯	下桥臂X相的控制信号输入
V_{in} Y	⑬	⑰	⑰	下桥臂Y相的控制信号输入
V_{in} Z	⑭	⑱	⑱	下桥臂Z相的控制信号输入
V_{in} DB WNG	—	⑮	⑮	下桥臂制动相的控制信号输入 芯片温度预警动作时的下桥臂Y相的预警信号输出
ALM	⑮	⑲	⑲	保护电路动作时的下桥臂的报警信号输出

*P626、P638、P636(6in1)、P630(6in1)、P631(6in1)的⑮针为WNG。

*P644、P636(7in1)、P630(7in1)、P631(7in1)的⑮针为 V_{in} DB。

2.术语说明

2.1 绝对最大额定值

术语		符号	内容
电源电压		V_{DC}	PN端子之间可施加的直流电源电压
电源电压（短路时）		V_{SC}	可进行短路・过电流保护的PN端子之间直流电源电压
集电极・发射极间电压		V_{CES}	内置IGBT芯片的集电极・发射极间最大电压以及FWD芯片的反复峰值反向电压（制动部仅对IGBT）
集电极电流		I_C	IGBT芯片能容许的最大直流集电极电流
		I_{CP}	IGBT芯片能容许的最大脉冲集电极电流
		$-I_C$	FWD芯片能容许的最大直流正向电流
FWD正向电流		I_F	FWD芯片能容许的最大直流正向电流（仅制动部）
集电极损耗		P_{tot}	IGBT芯片1个元件能消耗的功率最大值 $T_c=25^{\circ}\text{C}$ 时, $T_{vj}=175^{\circ}\text{C}$ 的损耗
控制电源电压		V_{CC}	V_{cc} -GND端子之间可施加的电压
输入电压		V_{in}	V_{in} -GND端子之间可施加的电压
报警外施电压		V_{ALM}	ALM-GND端子之间可施加的电压
报警输出电流		I_{ALM}	ALM-GND端子之间能流经的电流的最大值
预警外施电压		V_{WNG}	WNG-GND端子之间可施加的电压
预警输出电流		I_{WNG}	WNG-GND端子之间能流经的电流的最大值
芯片结温		T_{vj}	IGBT、FWD芯片的结温
芯片连续动作结温		T_{vjop}	IGBT、FWD芯片能够连续动作的结温
动作时外壳温度		T_{cop}	能够进行开关动作的外壳温度范围 （外壳温度 T_c 测定点如图5-4所示。）
保存温度		T_{stg}	不施加电气负载能够单独保存IPM的环境温度的范围
焊接温度		T_{sol}	焊接时的最大温度
绝缘耐压		V_{isol}	在全部端子短路的状态下，端子和散热器安装面之间能容许的正弦波电压的最大有效值
紧固扭矩	端子	M_t	使用指定的螺丝，连接端子与外部配线时的最大扭矩
	安装	M_s	使用指定的螺丝，在冷却体（散热器）上安装元件时的最大扭矩

2.2 电气特性

2.2.1 主电路

术语	符号	内容
集电极・发射极间漏电流	I_{CES}	全部输入信号H在IGBT的集电极与发射极间施加指定电压时的漏电流
集电极・发射极间饱和电压	$V_{CE(sat)}$	只有测试对象元件的输入信号为L(=0)，其他所有元件的输入为H时，集电极电流通过时的集电极・发射极之间的电压
二极管正向电压	V_F	以全部输入信号H，在二极管上通过电流时的正向电压
开通时间	t_{on}	从输入信号降至输入阈值电压 $V_{in(th(on))}$ 开始，到集电极电流达到所需电流的90%以上所需的时间。如图2-1所示。(参见2-7页)
	$t_{d(on)}$	从输入信号降至输入阈值电压 $V_{in(th(on))}$ 开始，到集电极电流达到所需电流的10%以上所需的时间。如图2-1所示。
关断时间	t_{off}	从输入信号超过输入阈值电压 $V_{in(th(off))}$ 开始，到集电极电流降至减少的电流切线上的所需电流的10%以下所需的时间。如图2-1所示。
	$t_{d(off)}$	从输入信号超过输入阈值电压 $V_{in(th(off))}$ 开始，到集电极电流降至减少的电流切线上的所需电流的90%以下所需的时间。如图2-1所示。
脉冲下降时间	t_f	IGBT关断时，集电极电流从所需电流的90%开始，降至减少的电流切线上的10%以下所需的时间。如图2-1所示。
反向恢复时间	t_{rr}	内置二极管的反向恢复电流在减少的电流切线上消失所需的时间。如图2-1所示。
死区时间	t_{dead}	上下桥臂输入信号休止时间。如图2-6所示。

2.2.2 控制电路

术语	符号	内容
控制电源消耗电流	I_{ccp}	上桥臂侧 1相控制电源 V_{cc} -GND之间的电流
	I_{ccn}	下桥臂侧 控制电源 V_{cc} -GND之间的电流
输入阈值电压	$V_{in(th(on))}$	IPM能够将输入电压识别为ON信号的电压
	$V_{in(th(off))}$	IPM能够将输入电压识别为OFF信号的电压

2.2.3 保护电路

术语	符号	内容
过电流保护动作电流	I_{OC}	过电流保护（OC）动作的IGBT集电极电流
过电流关断延迟时间	t_{dOC}	从超过过电流保护触发阈值到保护开始为止的延迟时间。 如图2-4所示。
短路保护动作电流	I_{SC}	短路保护（SC）动作的IGBT集电极电流
短路保护延迟时间	t_{dSC}	从超过短路保护触发阈值到保护开始为止的延迟时间。 如图2-5所示。
芯片过热保护温度	T_{JOH}	检测IGBT芯片结温 T_{vj} ，在过热时对IGBT进行保护的断路温度
芯片过热保护迟滞	T_{JH}	过热保护动作后，在保护动作重置前需要降低的温度
芯片温度预警输出温度	T_{JW}	检测IGBT芯片结温 T_{vj} ，输出芯片温度预警信号时的温度
芯片温度预警迟滞	T_{JWH}	芯片温度预警信号输出后、芯片温度预警动作重置前需要降低的温度
控制电源欠压保护电压	V_{UV}	控制电源电压 V_{cc} 下降，对IGBT进行保护的断路电压
控制电源欠压保护迟滞	V_H	控制电源欠压保护动作后，在保护动作重置前所需要的返回电压
报警输出保持时间	$t_{ALM(OC)}$	过电流保护（OC）动作后的报警信号输出脉冲宽度
	$t_{ALM(UV)}$	控制电源欠压保护（UV）动作后的报警信号输出脉冲宽度
	$t_{ALM(TJOH)}$	芯片过热保护（ T_{JOH} ）动作后的报警信号输出脉冲宽度
预警输出保持时间	t_{WNG}	芯片温度预警动作后的预警信号输出时间
报警端子电压	V_{ALMH}	未实施保护动作时的报警端子电压
预警端子电压	V_{WNGH}	未实施芯片温度预警动作时的预警端子电压
报警输出电阻	R_{ALM}	报警端子上串联连接的内置电阻的值 限制光耦一次侧正向电流
预警输出电阻	R_{WNG}	预警端子上串联连接的内置电阻的值 限制光耦一次侧正向电流

2.3 热特性

术语	符号	内容
芯片・外壳之间的热阻	$R_{th(j-c)Q}$	IGBT的芯片・外壳之间的热阻
	$R_{th(j-c)D}$	FWD的芯片・外壳之间的热阻
外壳・散热器之间的热阻	$R_{th(c-s)}$	采用导热硅脂，按照推荐的扭矩值安装到散热器上的状态下，外壳、散热器之间的热阻
外壳温度	T_c	IPM的外壳温度 (IGBT或FWD正下方铜底板下表面的温度)

2.4 噪音耐量

术语	符号	内容
共模噪音	—	本公司测试电路中的共模噪音耐量

2.5 其他

术语	符号	内容
质量	W_t	IPM单体的重量
开关频率	f_{sw}	控制信号输入端子中能够输入的控制信号频率范围
反向恢复电流	I_{rr}	反向恢复电流的峰值。如图2-1所示
反向偏置安全动作区	RBSOA	关断时，在指定条件下，能够关断IGBT的电流和电压的范围 若超出该范围使用，可能会导致元件损坏
开关损耗	E_{on}	开通时的IGBT开关损耗
	E_{off}	关断时的IGBT开关损耗
	E_{rr}	反向恢复时的FWD开关损耗
输入电流	I_{in}	V_{in} -GND端子能流过的电流最大值
软关断	—	保护动作时的关断动作 (比普通关断更缓和)

2.6 动作说明图

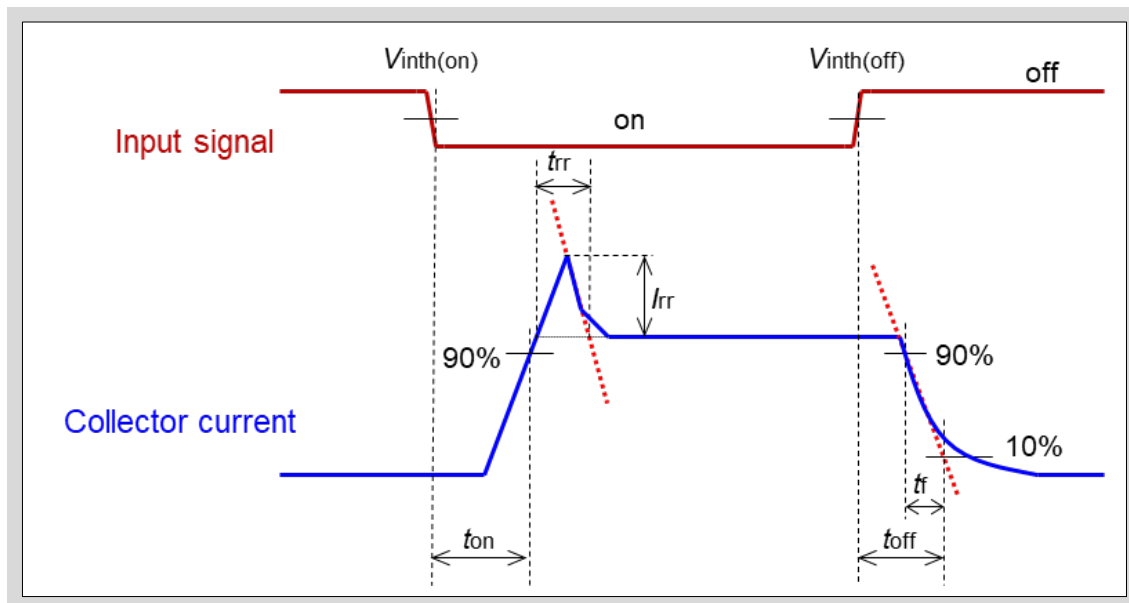


图2-1 开关时间

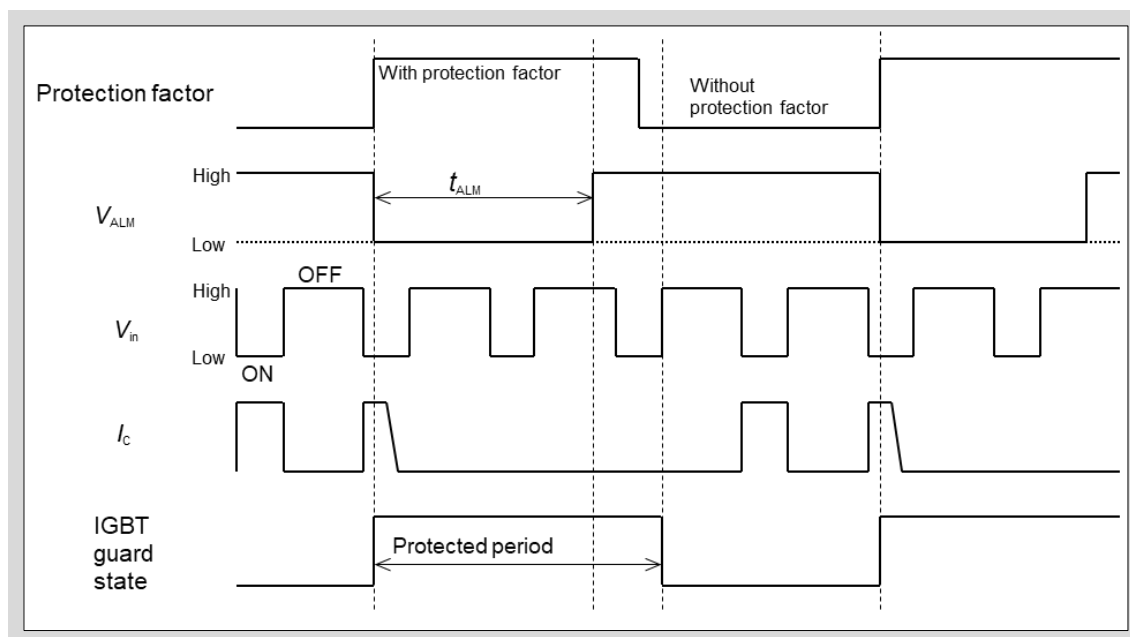


图2-2 报警输出保持时间 (t_{ALM})

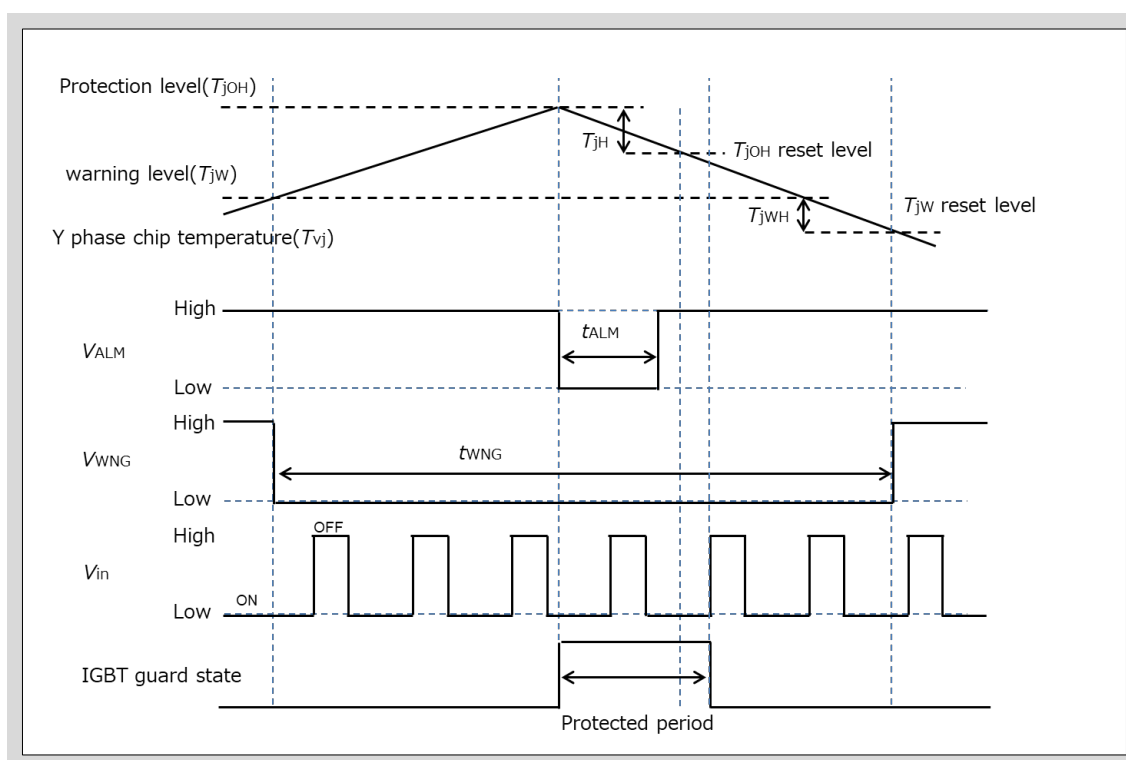


图2-3 芯片温度预警

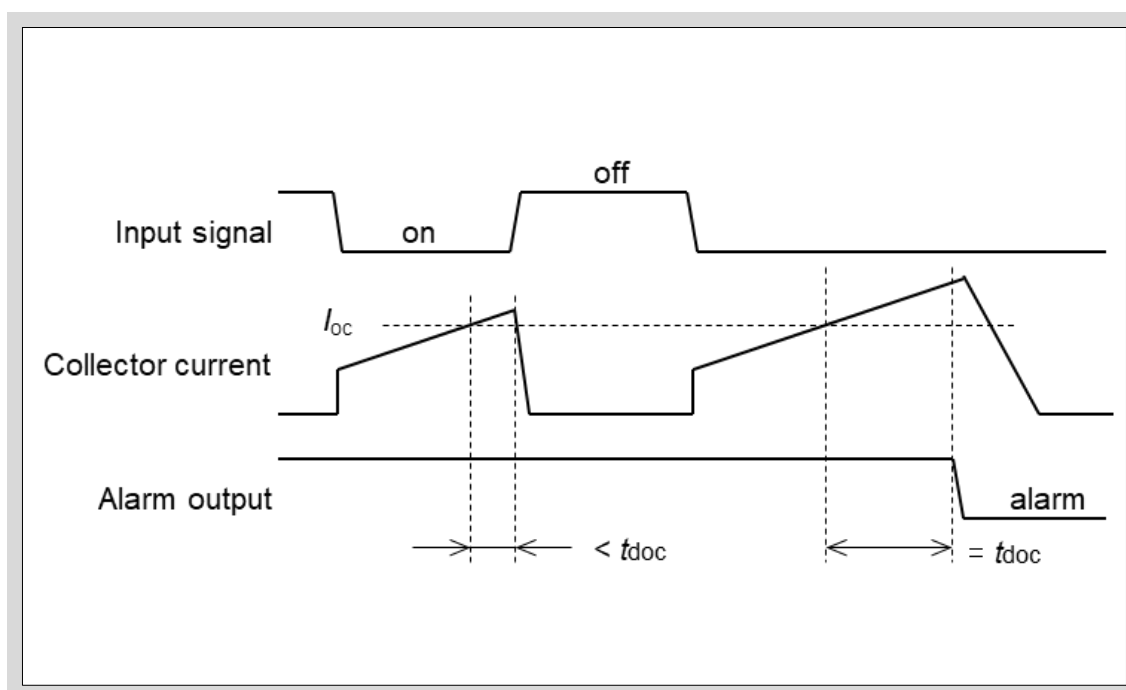


图2-4 过电流保护延迟时间 (t_{doc})

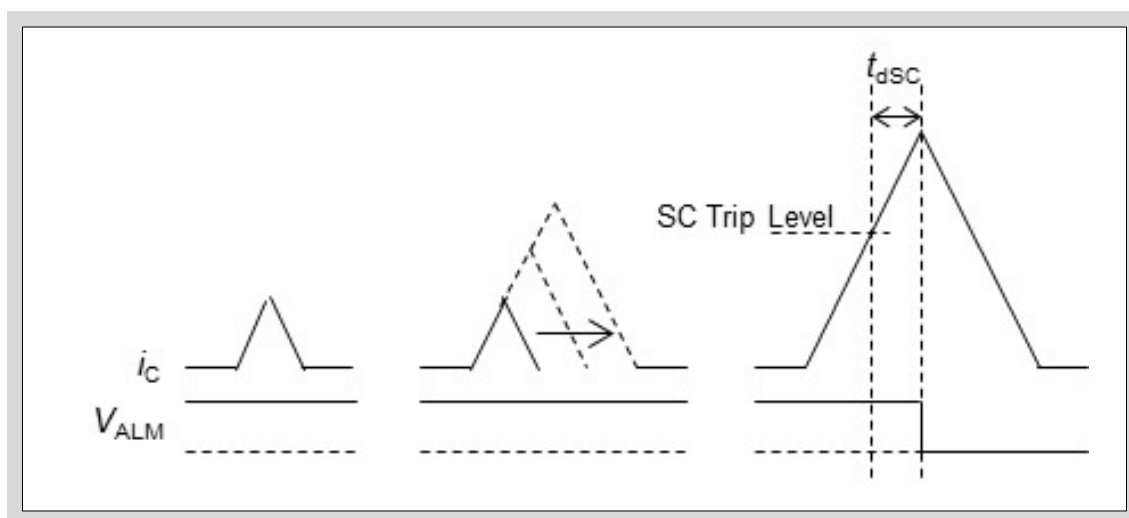


图2-5 短路保护延迟时间 (t_{dSC})

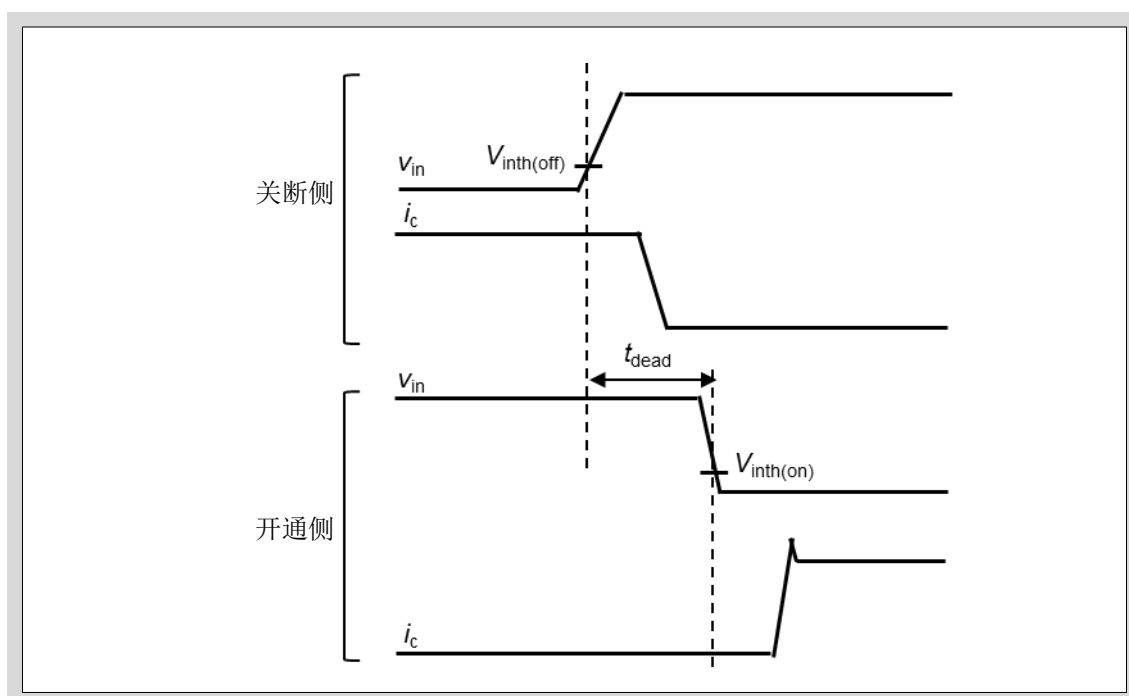


图2-6 死区时间

第3章 功能说明

1. 功能一览表	3-2
2. 功能说明	3-3
3. 真值表	3-8
4. IPM框图	3-9
5. 时序图	3-11

本章将对X系列IPM的功能进行说明。

1.功能一览表

X系列IPM内置的功能如表3-1、表3-2所示。

表3-1 IPM内置功能（6in1）

元件数	封装	内置功能						
		上下桥臂共用				上桥臂	下桥臂	
		Drive	UV	T_{JOH}	OC SC	ALM	ALM	WNG
6in1	P639	○	○	○	○	—	○	—
	P629	○	○	○	○	—	○	—
	P626	○	○	○	○	○	○	○
	P636	○	○	○	○	○	○	○
	P638	○	○	○	○	○	○	○
	P630	○	○	○	○	○	○	○
	P631	○	○	○	○	○	○	○

Drive: IGBT驱动电路、UV: 控制电源欠压保护、 T_{JOH} : 芯片过热保护、OC: 过电流保护、SC: 短路保护、ALM: 报警信号输出、WNG: 芯片温度预警输出

表3-2 IPM内置功能（7in1）

元件数	封装	内置功能						
		上下桥臂共用				上桥臂	下桥臂	
		Drive	UV	T_{JOH}	OC SC	ALM	ALM	WNG
7in1	P644	○	○	○	○	○	○	—
	P636	○	○	○	○	○	○	—
	P630	○	○	○	○	○	○	—
	P631	○	○	○	○	○	○	—

Drive: IGBT驱动电路、UV: 控制电源欠压保护、 T_{JOH} : 芯片过热保护、OC: 过电流保护、SC: 短路保护、ALM: 报警信号输出、WNG: 芯片温度预警输出

2.功能说明

2.1 三相逆变用IGBT、FWD

如图3-1所示，内置有三相逆变用IGBT及FWD，在IPM内部构成三相桥式电路。P，N端子连接主电源，U，V，W端子连接三相输出线，组成主配线。为了抑制浪涌电压，请连接缓冲电路再使用。

2.2 制动用IGBT、FWD

如图3-1所示，内置有制动IGBT及FWD，将IGBT的集电极作为B端子输出到外部。在P—B端子之间连接制动电阻，通过控制制动IGBT来消耗减速时的能量回馈，从而能够抑制P—N端子之间的电压上升。

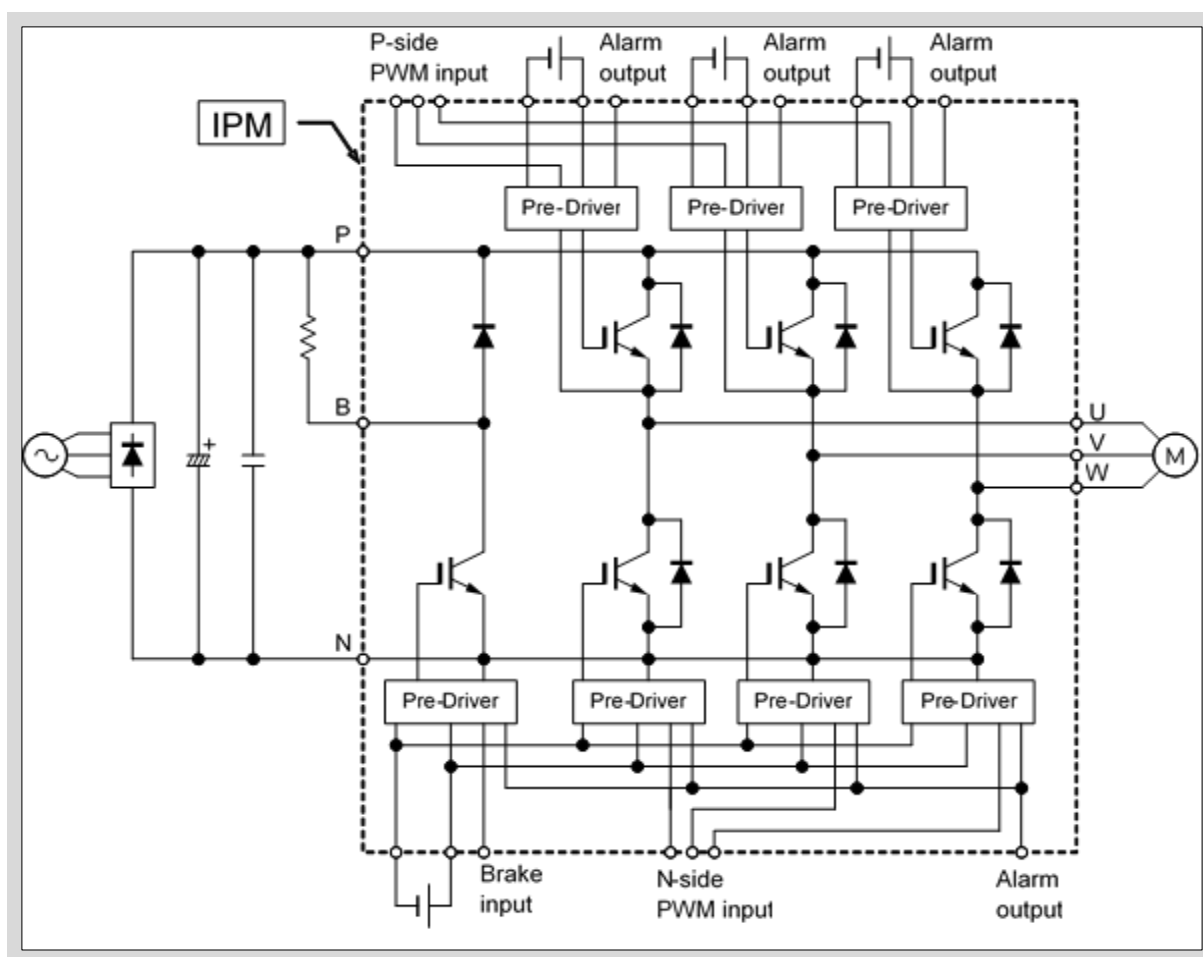


图3-1 3相逆变器适用例（例：7MBP250XDA065-50内置制动）

2.3 IGBT驱动功能

图3-2为Pre-Driver的框图。IPM由于内置IGBT驱动功能，所以只要将光耦输出连接到IPM，无需设计门极驱动电路就可驱动IGBT。

以下对本驱动功能的优点进行介绍。

□ 独立的门极输出控制

不使用单一的门极电阻，内置开通及关断专用的驱动电路。这样就可以独立控制开通和关断的 dv/dt ，因此也可充分发挥元件的特性。

□ 软关断

在各种异常情况的保护动作下关断IGBT时，缓慢降低门极电压，抑制关断IGBT时产生的浪涌电压，防止因浪涌电压导致元件损坏。

□ 防止误开通

设有以低阻抗将IGBT的门极与发射极对地的电路，因此可以防止在关断时因噪音等原因使 V_{GE} 上升出现误开通的情况。

□ 无需反向偏置电源

IPM由于控制IC与IGBT之间的配线较短，接线阻抗较小，所以无反向偏置也能够驱动IPM。

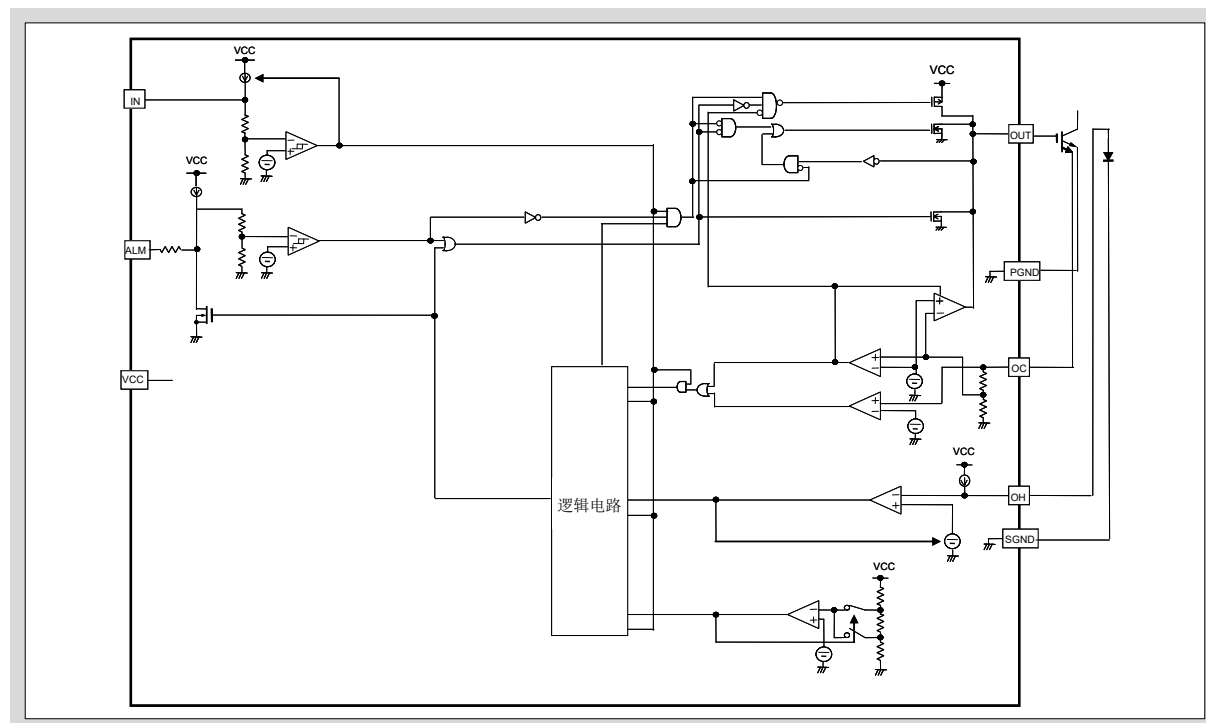


图3-2 Pre-Driver框图（例：7MBP250XDA065-50）

2.4 保护功能

IPM内置有保护电路，可以保护IPM不会因异常模式导致元件损坏。对应异常模式的不同故障因素，共设有4种保护功能。分别为OC（过电流保护）、SC（短路保护）、UV（控制电源欠压保护）、 T_{JOH} （芯片过热保护）。

保护功能动作时，报警输出用的MOS导通，报警输出端子电压从High变为Low，报警输出端子相对各参考电位GND导通。同时，由于IPM内置有1.3K Ω 的电阻，所以能够直接驱动连接在ALM端子和V_{CC}端子之间的光耦。

□ 报警信号输出功能

识别各种异常模式对IGBT进行软关断，从检测到异常模式的相输出报警信号。保护动作期间内，即使输入开启信号IGBT也不会动作。

- 经过报警信号输出时间（ t_{ALM} ）后，报警故障因素被消除，且输入信号关闭时，保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在报警信号输出时间（ t_{ALM} ）内被解除，在报警信号输出时间（ t_{ALM} ）仍然继续执行保护动作，所以IGBT不会动作。经过报警信号输出时间（ t_{ALM} ）后，若输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 上桥臂侧方面，检测到异常模式的相的IGBT将会软关断并停止动作。
- 下桥臂侧方面，在逆变部分的各相进入保护动作时，除制动部以外，下桥臂所有的IGBT都会软关断并停止动作。另外，制动部是可以动作的。

此外，制动部异常时，下桥臂所有的IGBT会与制动部一起软关断并停止动作。

* P629、P639系列虽然内置有上桥臂侧的保护功能，但是没有内置报警信号输出功能。下桥臂内置有保护功能与报警信号输出功能。

□ 报警故障因素识别功能

根据异常模式的故障因素不同，报警信号输出时间（ t_{ALM} ）也有所不同，通过输出的报警信号脉冲宽度可以对异常模式的故障因素进行识别。

报警故障因素	报警信号输出时间（ t_{ALM} ）
过电流保护（OC） 短路保护（SC）	2ms（typ）
控制电源欠压保护（UV）	4ms（typ）
芯片温度过热保护（ T_{JOH} ）	8ms（typ）

但是，报警用光耦二次侧的报警信号输出时间会受到光耦的延迟时间及外围电路的影响而改变。设计时需要考虑其影响。

2.5 过电流保护功能：Over Current (OC)

通过将IGBT芯片中内置的电流检测用元件（电流传感IGBT）上感应的传感电流输入到控制电路，对IGBT的集电极电流进行检测。电流在过电流关断延迟时间（ t_{dOC} ）内连续超过设置的电流保护电平（ I_{OC} ）时，则会判断为OC状态并对IGBT进行软关断，防止因过电流而损坏。

判定为OC状态时，保护功能与报警信号输出功能将会动作。OC保护时的报警信号输出时间（ t_{ALM} ）为约2ms。

- 若报警信号输出在约2ms（ t_{ALM} ）后低于 I_{OC} 电平且输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在约2ms（ t_{ALM} ）以内被消除，在到达约2ms（ t_{ALM} ）前仍继续执行保护动作，因此IGBT不会动作。若在约2ms（ t_{ALM} ）后输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。

2.6 短路保护功能：Short Circuit (SC)

SC保护功能能够抑制负载短路及桥臂短路时的峰值电流。检测IGBT的集电极电流，当电流在短路保护延迟时间（ t_{dSC} ）内连续超过设置的电流保护电平（ I_{SC} ）时，则会判定为SC状态并对IGBT进行软关断，防止因短路而损坏。被判定为SC状态时，保护功能与报警信号输出功能将会动作。SC保护时的报警信号输出时间（ t_{ALM} ）为约2ms。

- 若报警信号输出在约2ms（ t_{ALM} ）后低于 I_{SC} 电平且输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在约2ms（ t_{ALM} ）以内被消除，在到达约2ms（ t_{ALM} ）前仍继续执行保护动作，因此IGBT不会动作。若在约2ms（ t_{ALM} ）后输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。

2.7 控制电源欠压保护功能：Control Supply Under-Voltage (UV)

UV保护功能可以防止因控制电源电压（ V_{CC} ）过低而导致的控制IC误动作及IGBT的 $V_{CE(sat)}$ 损耗增加导致的热损坏。若 V_{CC} 在约20 μ s的时间内连续低于设置的电压保护电平（ V_{UV} ），则会判定为UV状态并对IGBT进行软关断，防止因控制电源欠压而导致的误动作和损坏。

被判定为UV状态时，保护功能与报警信号输出功能将会动作。UV保护时的报警信号输出时间（ t_{ALM} ）为约4ms。

- 由于设有时滞 V_H ，所以在报警信号输出约4ms（ t_{ALM} ）后，若 V_{CC} 高于 $V_{UV}+V_H$ 且输入信号关闭，则保护动作将被解除，并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在约4ms（ t_{ALM} ）以内被消除，在到达约4ms（ t_{ALM} ）前仍继续执行保护动作，因此IGBT不会动作。若输入信号在经过约4ms（ t_{ALM} ）后关闭，则保护动作将被解除并重新开始正常动作。此外，在控制电源电压 V_{CC} 上电和下电时，将会输出判定UV状态的报警信号。

2.8 芯片温度过热保护功能: IGBT chip Over Heat protection (T_{jOH})

芯片温度过热保护功能是通过所有IGBT芯片中内置的温度检测用元件直接对IGBT芯片表面温度进行检测。当检测到连续超出过热保护电平 (T_{jOH}) 约1ms以上时, 将判定为过热状态并对IGBT进行软关断, 通过芯片过热保护功能防止元件损坏。被判定为 T_{jOH} 状态时, 保护功能与报警信号输出功能将会动作。

T_{jOH} 保护时的报警信号输出时间 (t_{ALM}) 为约8ms。

- 由于设有时滞 T_{jH} , 所以在报警信号输出约8ms (t_{ALM}) 后, 若 T_j 低于 ($T_{jOH} - T_{jH}$) 且输入信号关闭, 则保护动作将被解除, 并重新开始正常动作。
- 即使报警故障因素在约8ms (t_{ALM}) 以内被消除, IPM在到达8ms (t_{ALM}) 前仍继续执行保护动作, 因此IGBT不会动作。若输入信号在经过约8ms (t_{ALM}) 后关闭, 则保护动作将被解除, 并重新开始正常动作。

另外, 旧系列内置的外壳过热保护功能 (T_{cOH}) 并未内置在本X系列中。当然, 通过芯片过热保护功能可以对IGBT芯片过热的情况进行保护。

2.9 温度预警输出功能: IGBT Chip Warning Temperature (T_{jW})

温度预警输出功能是通过Y相IGBT芯片中内置的温度检测用元件, 直接对IGBT芯片表面温度进行检测。当检测到连续超出温度预警电平 (T_{jW}) 约1ms以上时, 将会判定为过热状态, 并通过预警输出端子输出温度预警信号。本功能可以在因芯片过热保护而停止之前, 提前判断是否处于过热状态。在被判定为过热状态时, 保护功能与报警信号输出功能将不会动作。(即使输出温度预警信号也不会实施保护, 元件可正常动作)

温度预警信号输出时间 (t_{WNG}) 会持续到故障原因被解除为止。

- 由于设有时滞 T_{jWH} , 所以在 T_{vj} 低于 ($T_{jW} - T_{jWH}$) 时, 预警输出将被解除。

另外, 本功能仅在下述富士第7代X系列IGBT-IPM中搭载。

P626, P636 (6in1), P638, P630 (6in1), P631 (6in1)

3.真值表

发生异常时的真值表如表3-5所示。

表3-5 真值表

	报警原因	IGBT					报警输出信号				预警输出信号
		U相	V相	W相	X、Y、Z相	B相	ALM-U	ALM-V	ALM-W	ALM-Low side	
U相	OC	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	SC	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	UV	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
	T _{JOH}	OFF	*	*	*	*	Low	High	High	High	*
V相	OC	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	SC	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	UV	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
	T _{JOH}	*	OFF	*	*	*	High	Low	High	High	*
W相	OC	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	SC	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	UV	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
	T _{JOH}	*	*	OFF	*	*	High	High	Low	High	*
X、Y、Z相	OC	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	SC	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	UV	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
	T _{JOH}	*	*	*	OFF	*	High	High	High	Low	*
Y相	T _{JW}	*	*	*	*	*	High	High	High	High	Low
B相	OC	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	SC	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	UV	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*
	T _{JOH}	*	*	*	OFF	OFF	High	High	High	Low	*

*与输入信号相关

※P639、P629中没有上桥臂（U、V、W相）的ALM输出。

下桥臂X、Y、Z相执行保护动作时，制动相仍能执行正常动作。

制动相执行保护动作后，包括制动相在内的所有下桥臂相将全部进入保护动作状态。

4. IPM框图

IPM框图如图3-3～图3-5所示。

图3-3为上桥臂无报警功能的P629（6in1）的示例。

此外，图3-4为P630（6in1）的示例，图3-5为P630（7in1）的示例。

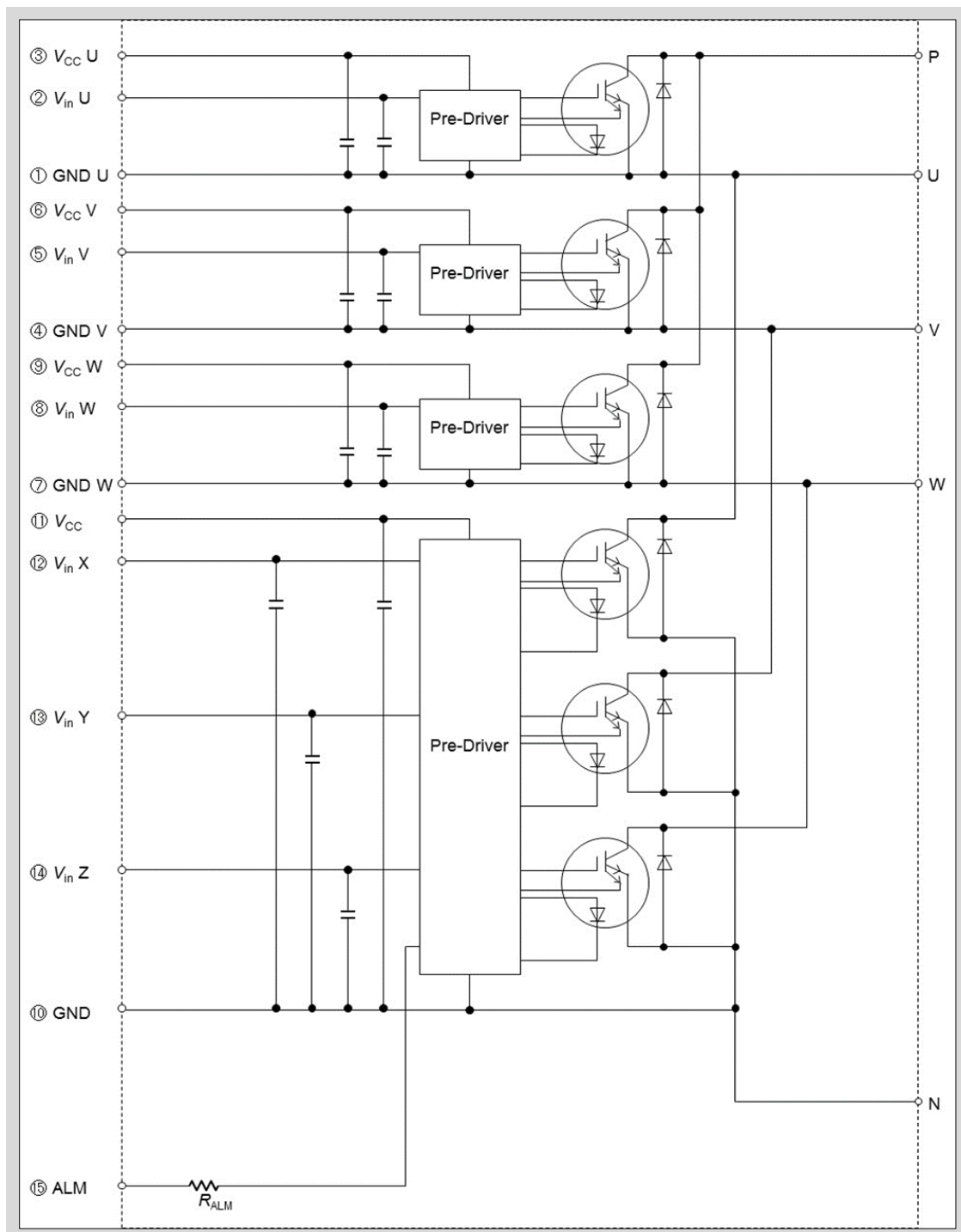


图3-3 IPM框图（例：P629）

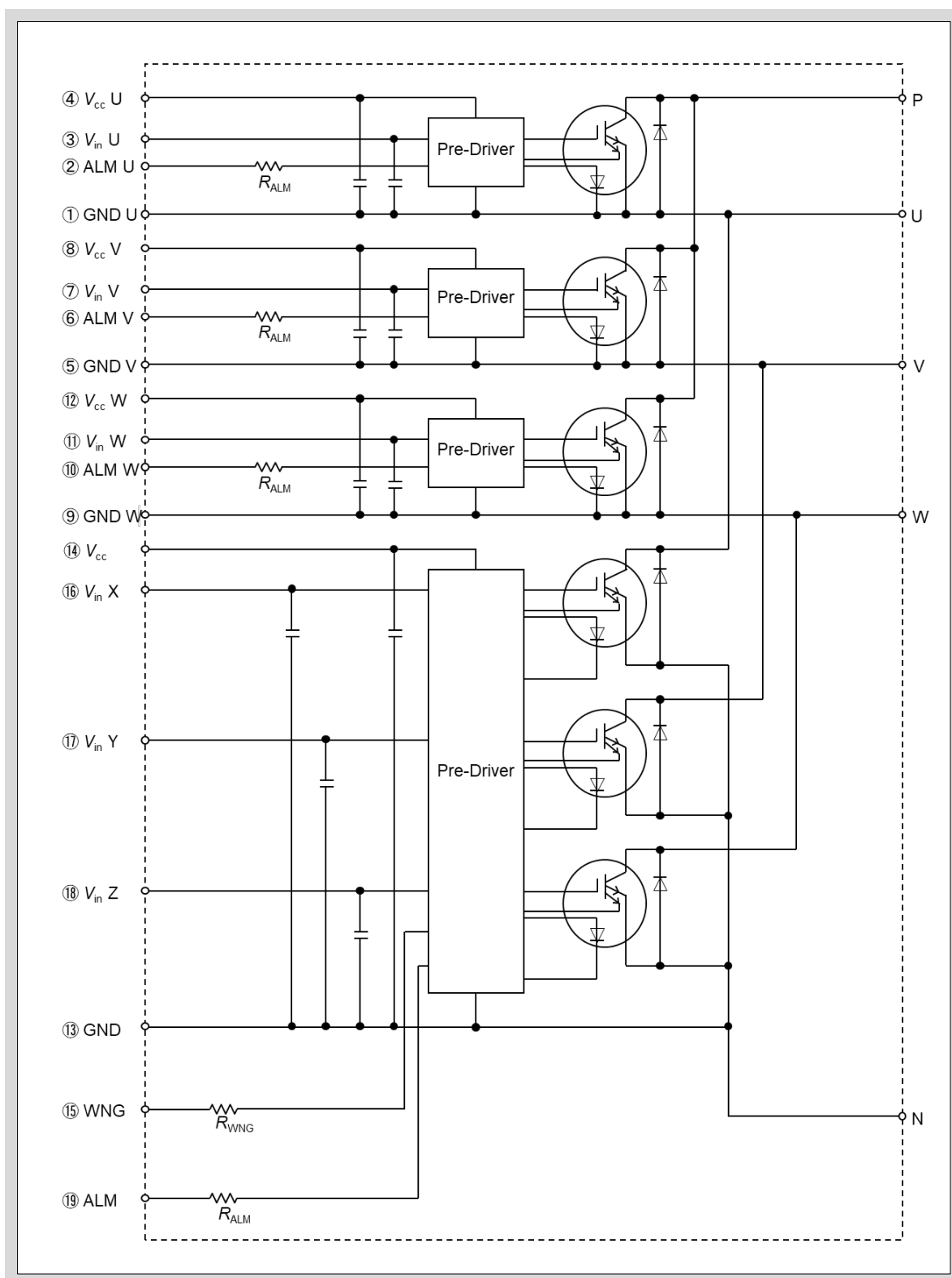


图3-4 IPM框图 (例: P630 6in1)

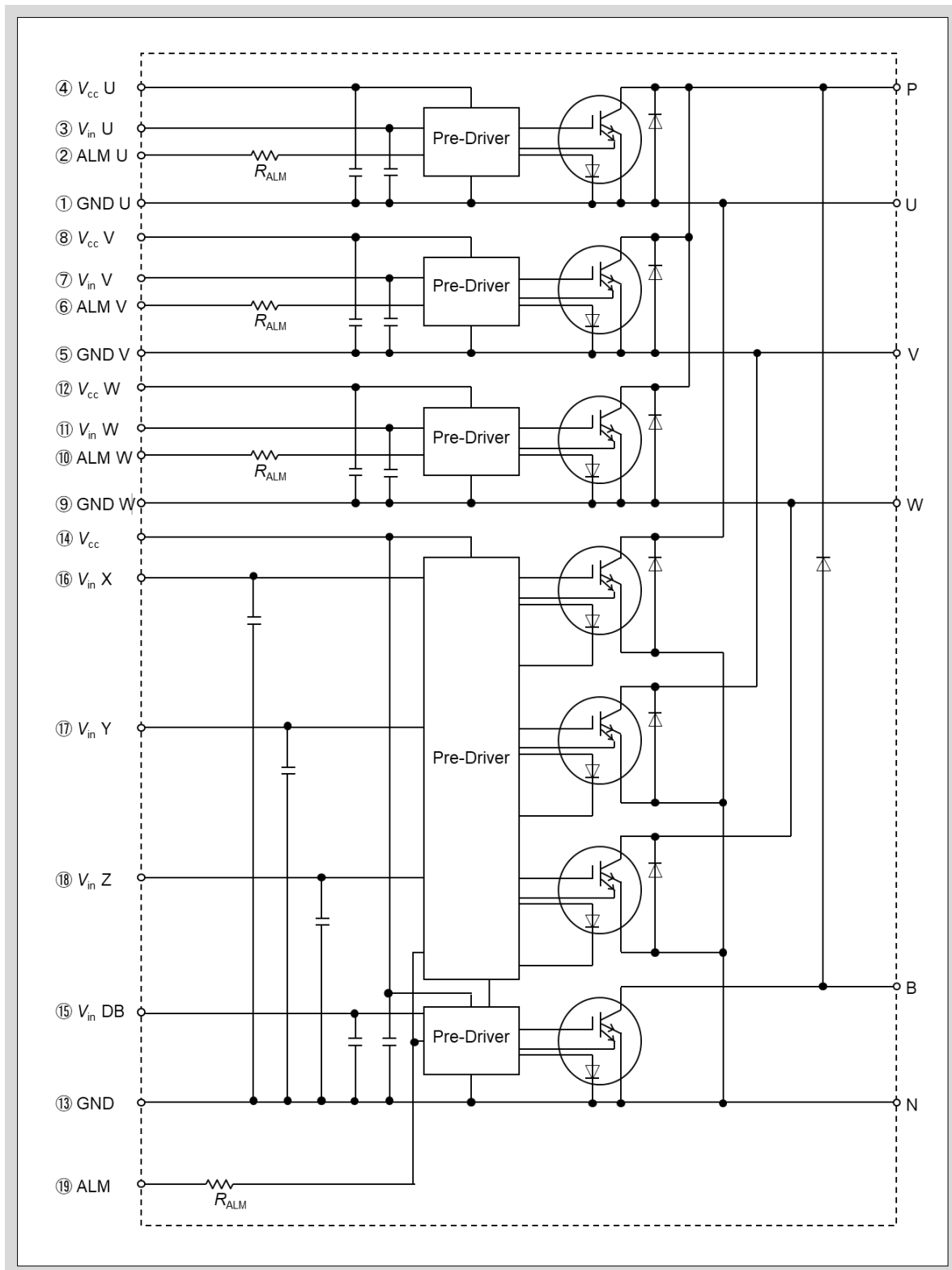


图3-5 IPM框图 (例: P630 7in1)

5.时序图

5.1 控制电源欠压保护（UV）动作

5.1.1 V_{CC} 接通时与 V_{in} High（OFF）时的动作（①～④的动作）

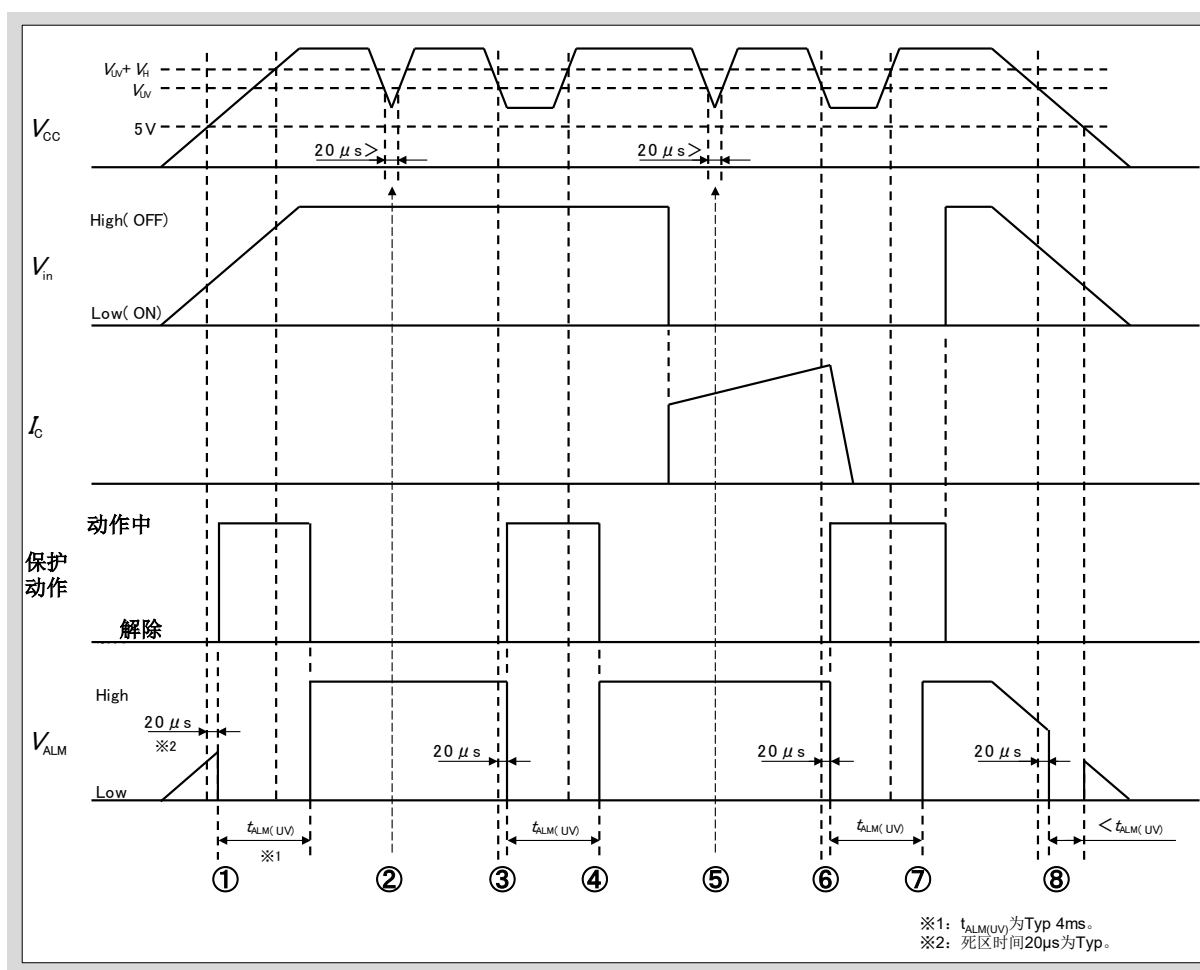


图3-6 UV保护动作（①～④）

- V_{CC} 接通时， V_{CC} 在5V以上，且低于 V_{UV} 的条件下开始输出报警信号。（①）
- V_{CC} 低于 V_{UV} 的时间低于20 μs 时，无论 V_{in} 信号开关都不会动作。（②）
- V_{CC} 低于 V_{UV} ，在约20 μs 后将会输出报警。
- V_{in} 为OFF时，IGBT将保持关断。（③）
- V_{CC} 在 $t_{ALM(UV)}$ 时间内恢复到 $V_{UV} + V_H$ 时，会在 $t_{ALM(UV)}$ 时间内保持UV保护动作。（③～④）
- V_{in} 为OFF时，若 $t_{ALM(UV)}$ 时间结束，则故障解除，恢复动作。（④）
- 另外，即使保护动作持续时间比 $t_{ALM(UV)}$ 长很多，报警输出次数也只有1次。

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_H : Under Voltage Protection Hysteresis
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level
 V_{in} : Input Signal Voltage

5.1.2 V_{in} Low (ON) 时与 V_{CC} 关断时的动作 (⑤~⑧的动作)

保护动作恢复④~ V_{CC} 电源关断时间

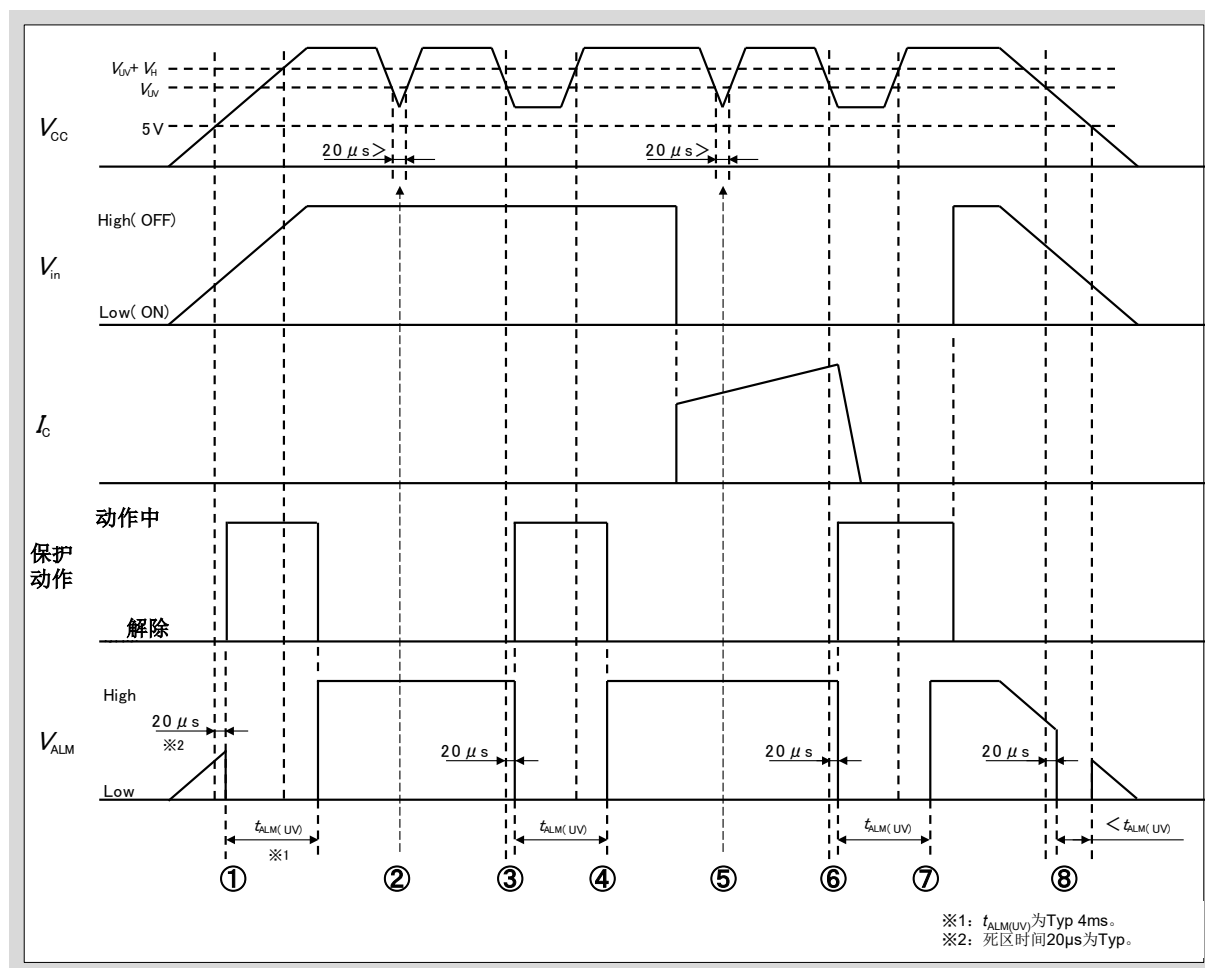


图3-7 UV保护动作 (⑤~⑧)

- V_{CC} 低于 V_{UV} 的时间低于 $20\mu s$ 时, 无论 V_{in} 信号开关都不会动作。(⑤)
- V_{CC} 低于 V_{UV} , 在约 $20\mu s$ 后将会输出报警。
- V_{in} 为 ON 时, V_{CC} 降至 V_{UV} 以下约 $20\mu s$ 后输出报警, IGBT 会软关断※1。(⑥)
- V_{in} 连续为 ON 时, 虽然报警会输出 $t_{ALM(UV)}$ 的时间, 但之后仍会保持保护动作。
- V_{in} 为 OFF 时故障解除, 恢复动作。(⑦)
- V_{CC} 关断时, 在 V_{UV} 以下时输出报警。(⑧)
- 另外, 即使保护动作持续时间比 $t_{ALM(UV)}$ 长很多, 报警输出次数也只有 1 次。

※1 软关断: 比正常关断稍缓慢一些

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_H : Under Voltage Protection Hysteresis
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level
 V_{in} : Input Signal Voltage

5.2 电源上电时和下电时的控制电源欠压保护（UV）动作

X系列IPM具备有控制电源欠压保护（UV）功能，会在电源上电时和下电时输出报警。

5.2.1 电源上电时

案例1（ V_{CC} 上升快时）、案例2（ V_{CC} 上升慢时）均在 V_{CC} 高于5V超过20 μ s后输出报警。

案例1中， V_{CC} 在 $t_{ALM(UV)}$ 之内超过（ $V_{UV}+V_H$ ），且 V_{in} 处于OFF状态，因此从保护动作中恢复。

案例2中，由于在 $t_{ALM(UV)}$ 之后仍然低于（ $V_{UV}+V_H$ ），因此在输出报警后仍继续处于保护动作。

V_{CC} 高于（ $V_{UV}+V_H$ ）且 V_{in} 处于OFF状态时，则故障解除，恢复动作。

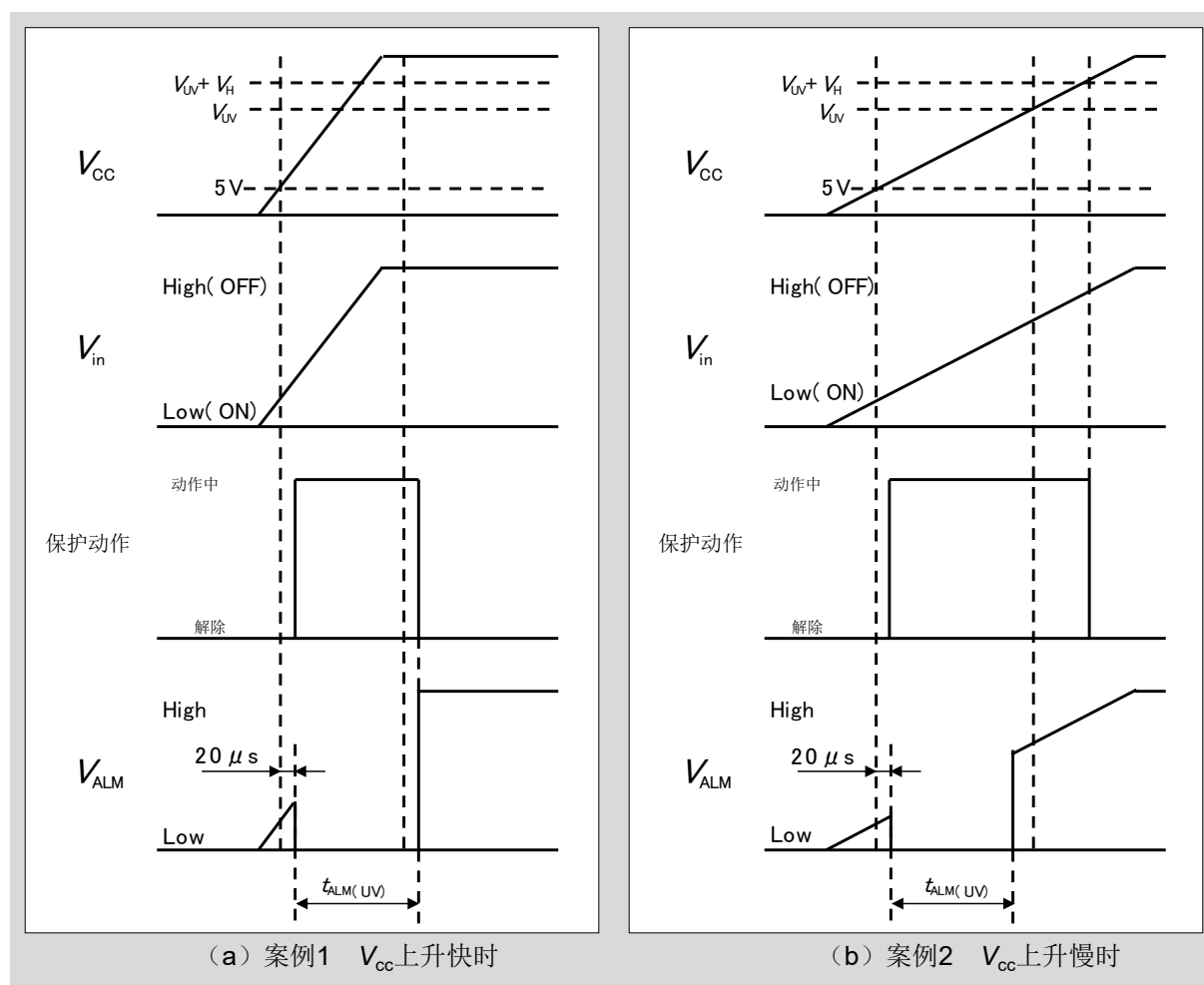


图3-8 电源上电动作

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_H : Under Voltage Protection Hysteresis
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level
 V_{in} : Input Signal Voltage

5.2.2 电源下电时

案例3（ V_{CC} 上升快时）、案例4（ V_{CC} 上升慢时）均在 V_{CC} 低于 V_{UV} 超过 $20\mu s$ 后输出报警。

案例3中， V_{CC} 在 $t_{ALM(UV)}$ 之内降低至 $5V$ 以下，因此控制IC无法正常动作，报警被解除。

案例4中， V_{CC} 在 $t_{ALM(UV)}$ 之后仍高于 $5V$ ，因此保护动作将会持续。不过在 V_{CC} 降至 $5V$ 以下后控制IC将无法正常工作， V_{ALM} 将与 V_{CC} 相当。

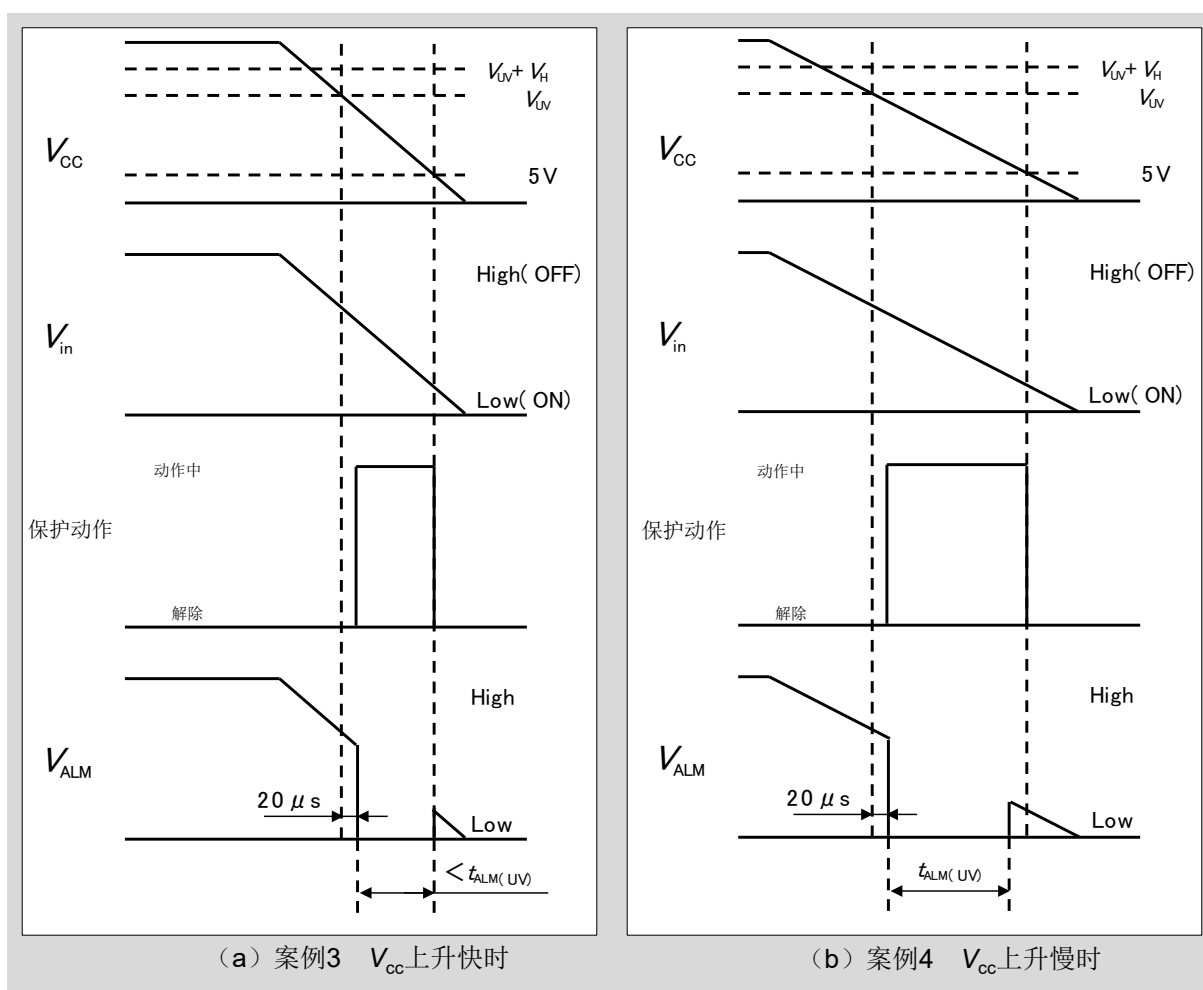


图3-9 电源下电动作

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_H : Under Voltage Protection Hysteresis
 V_{ALM} : Alarm Signal Voltage
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level
 V_{in} : Input Signal Voltage

5.3 控制电源欠压保护（UV）中下桥臂的多次报警输出

X系列IPM中，下桥臂配备有多个独立的控制IC，而报警输出为下桥臂的控制IC的通用输出。因此，有可能会由于控制IC保护动作电平的不同而多次输出报警。特别是 V_{CC} 在 V_{UV} 附近的 dv/dt 变化量在 $0.5V/ms$ 以下时，有可能会出现图中所示的报警输出。（本现象不属于异常）

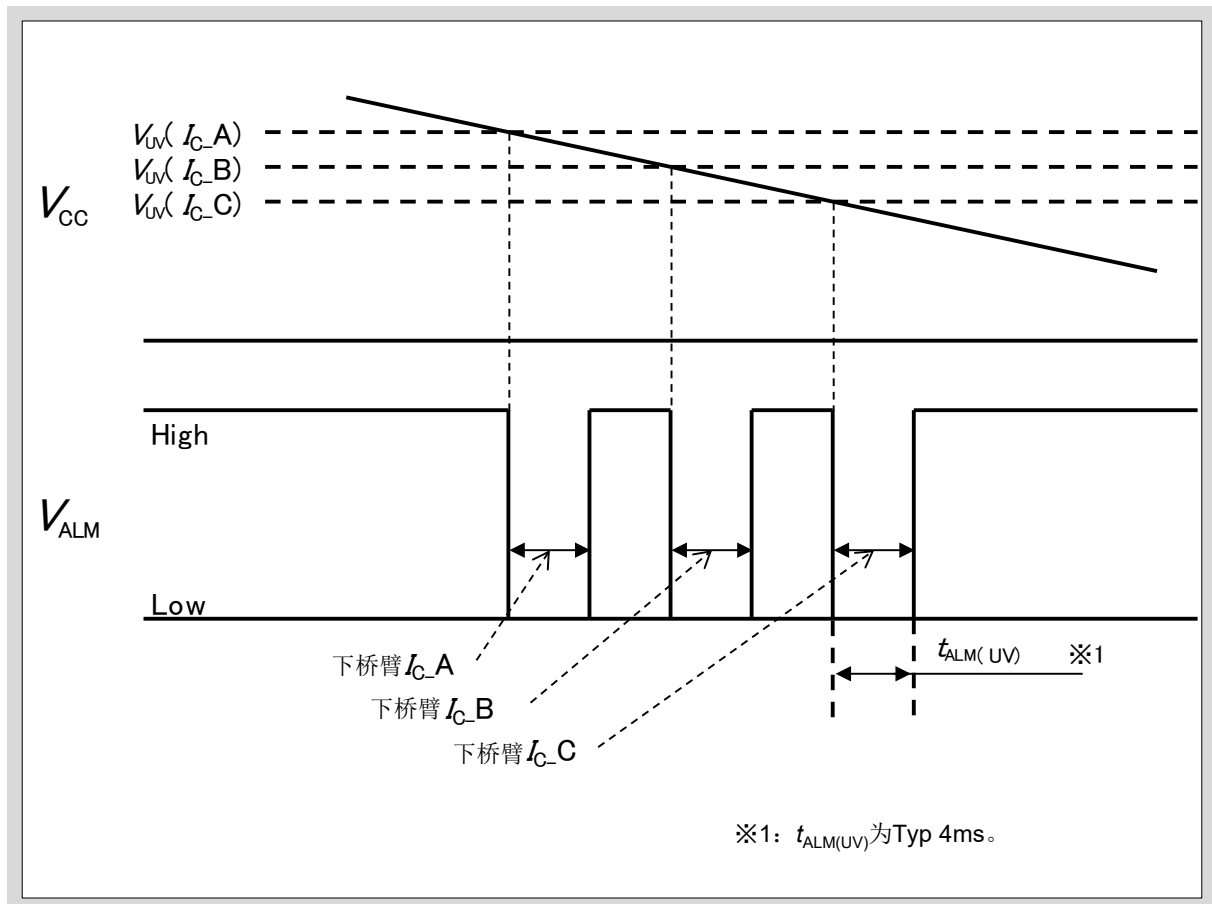


图3-10 下桥臂的UV报警输出

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver
 V_{ALM} : Alarm Signal Voltage
 $t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{UV} : Under Voltage Protection Level

5.4 过电流保护（OC）动作

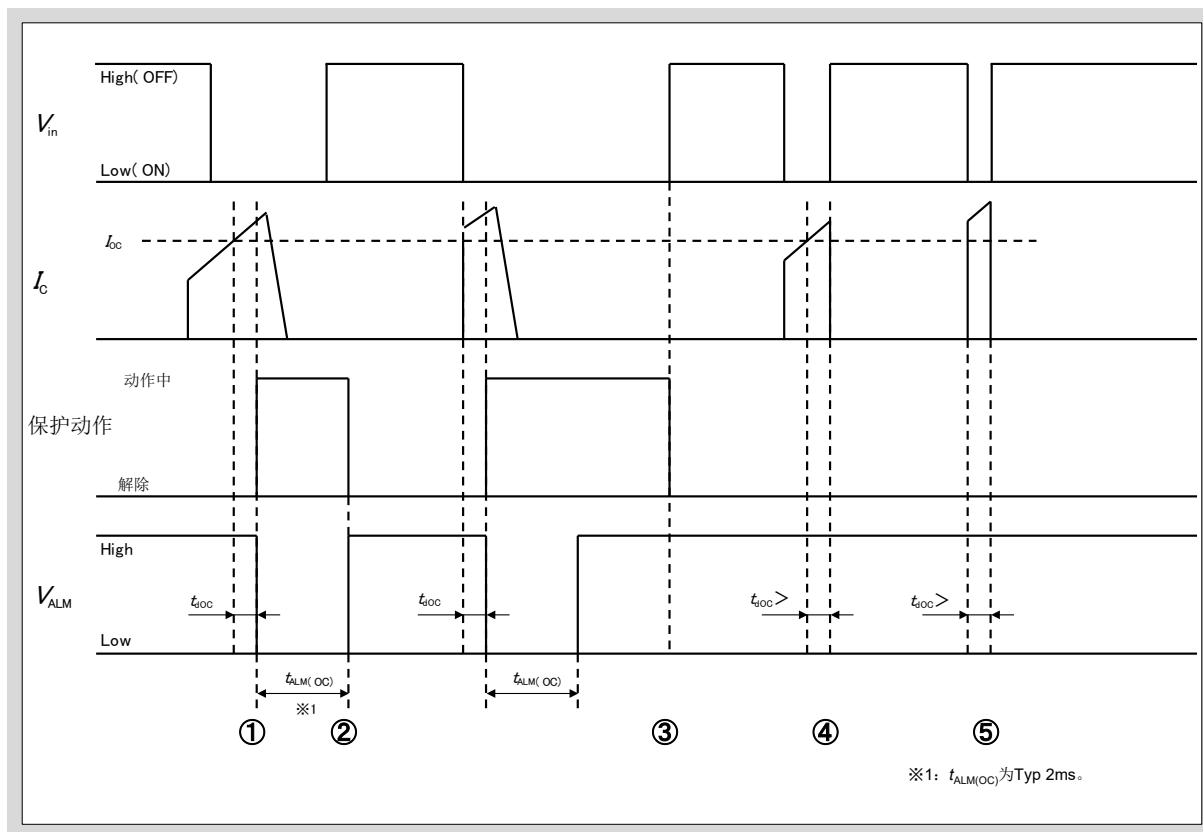


图3-11 OC保护动作

- I_C 超过 I_{OC} 时在持续 t_{dOC} 以上将输出报警信号，IGBT 将软关断※1。（①）
- 即使 V_{in} 在 $t_{ALM(OC)}$ 之内变为 OFF，保护动作仍将持续到 $t_{ALM(OC)}$ 结束， V_{in} 在 $t_{ALM(OC)}$ 结束后变为 OFF 时，则故障解除，恢复动作。（②）
- V_{in} 在经过 $t_{ALM(OC)}$ 之后为 ON 时，OC 保护动作将会继续，在 V_{in} 为 OFF 时恢复。（③）
- V_{in} 在 I_C 高于 I_{OC} 未超过 t_{dOC} 之前变为 OFF 时，将不会实施保护动作，IGBT 将正常关断※2。（④）
- V_{in} 变为 ON 时，即使 I_C 高于 I_{OC} ，若 V_{in} 在 t_{dOC} 之内变为 OFF，则不会实施保护动作，IGBT 将正常关断。（⑤）
- 另外，即使保护动作持续时间长于 $t_{ALM(OC)}$ ，报警输出次数也只有 1 次。

※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

※2 正常关断： V_{in} 为 OFF 时的关断

V_{in} : Input Signal Voltage

I_C : Collector Current

$t_{ALM(OC)}$: Alarm Signal Hold Time

V_{ALM} : Alarm Signal Voltage

I_{OC} : Over Current Protection Level

t_{dOC} : Over Current Protection Delay time

5.5 短路保护（SC）动作

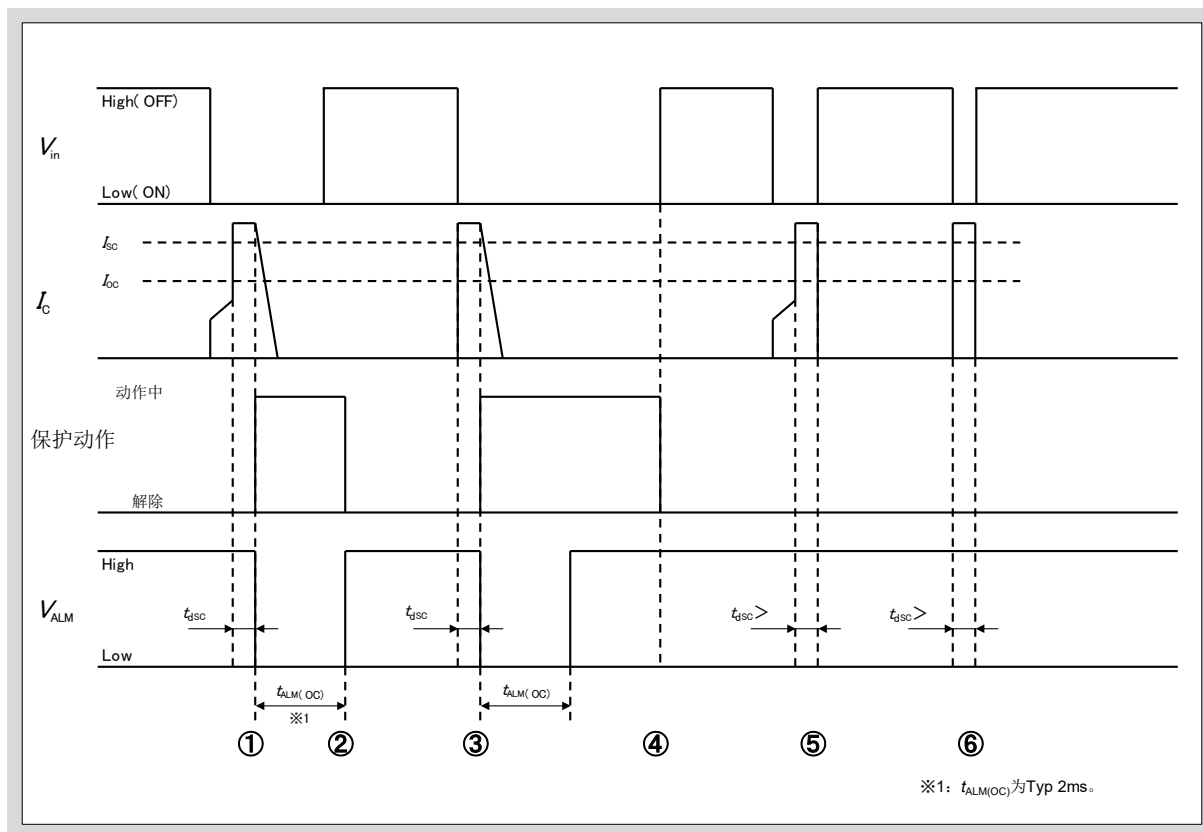


图3-12 SC保护动作

- 在 I_c 开始流过后发生负载短路，在超过 I_{SC} 的同时抑制 I_c 峰值。
之后在经过 t_{dsc} 后输出报警信号，对IGBT进行软关断※1。（①）
- V_{in} 在经过 $t_{ALM(OC)}$ 之后为OFF时，SC保护动作与报警将同时恢复。（②）
- 在 I_c 开始流过的同时发生负载短路，在超过 I_{SC} 的同时抑制 I_c 峰值。在经过 t_{dsc} 后输出报警信号，对IGBT进行软关断。（③）
- V_{in} 在经过 $t_{ALM(OC)}$ 后仍为ON时，SC保护动作将会继续。 V_{in} 为OFF信号输入时SC保护动作将被解除。另外，即使 V_{in} 变为OFF之前的保护动作持续时间长于 $t_{ALM(OC)}$ ，报警信号输出次数也只有1次。（④）
- 在 I_c 开始流过后发生负载短路，在超过 I_{SC} 的同时抑制 I_c 峰值。之后，若 V_{in} 在 t_{dsc} 之内变为OFF，则不会实施SC保护动作，IGBT将正常关断※2。（⑤）
- 在 I_c 开始流通的同时发生负载短路，在超过 I_{SC} 的同时抑制 I_c 峰值。之后，若 V_{in} 在 t_{dsc} 之内变为OFF，则不会实施SC保护动作，IGBT将正常关断。（⑥）

※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

※2 正常关断： V_{in} 为OFF时的关断

V_{in} : Input Signal Voltage

I_c : Collector Current

$t_{ALM(OC)}$: Alarm Signal Hold Time

I_{SC} : SC Trip Level

t_{dsc} : Short Circuit Protection Delay time

5.6 芯片过热保护 (T_{JOH}) 动作: V_{in} 的ON/OFF状态会对保护动作造成影响时

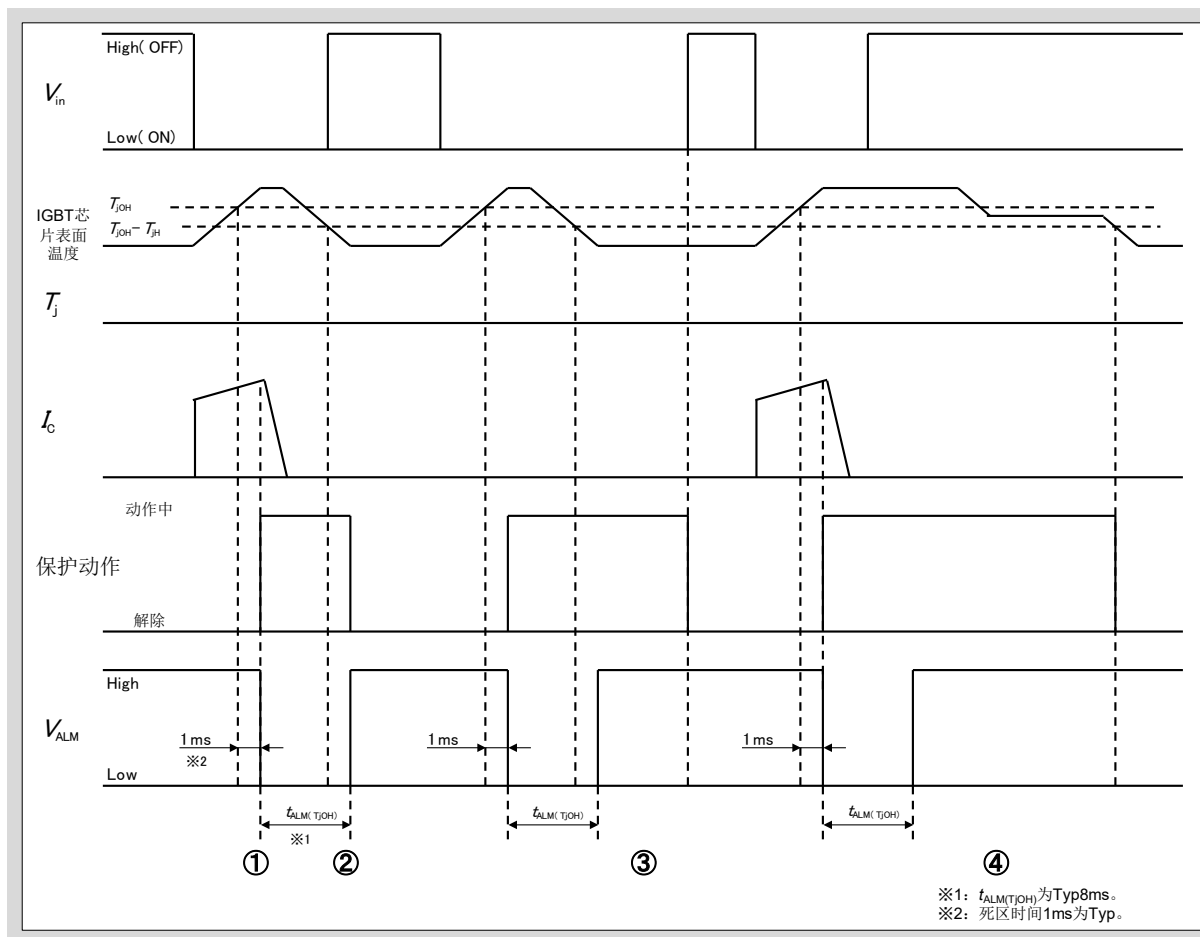


图3-13 T_{JOH} 保护动作 (1)

- IGBT芯片表面温度 T_{vj} 超过 T_{JOH} 持续约1ms时，将输出报警信号，对IGBT进行软关断※1。（①）
- 即使在 $t_{ALM(TJOH)}$ 之内降低至 $(T_{JOH} - T_{jH})$ 以下，也仍会在 $t_{ALM(TJOH)}$ 时间内维持保护动作。
经过 $t_{ALM(TJOH)}$ 后， V_{in} 为OFF时，则故障解除，恢复动作。（②）
- 经过 $t_{ALM(TJOH)}$ 后，即使IGBT芯片表面温度 T_{vj} 降至 $(T_{JOH} - T_{jH})$ 以下，只要 V_{in} 继续为ON，则不会解除故障，恢复动作。（③）
- 经过 $t_{ALM(TJOH)}$ 后，即使 V_{in} 变为OFF，若IGBT芯片表面温度高于 $(T_{JOH} - T_{jH})$ ，则将维持保护动作。
另外，即使保护动作持续时间长于 $t_{ALM(TJOH)}$ ，报警输出次数也只有1次。（④）

※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

V_{in} : Input Signal Voltage

V_{ALM} : Alarm Signal Voltage

$t_{ALM(TJOH)}$: Alarm Signal Hold Time

T_{JOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

T_{jH} : Over Heating Protection Hysteresis

5.7 芯片过热保护 (T_{jOH}) 动作: V_{in} 的ON/OFF状态不会对保护动作造成影响时

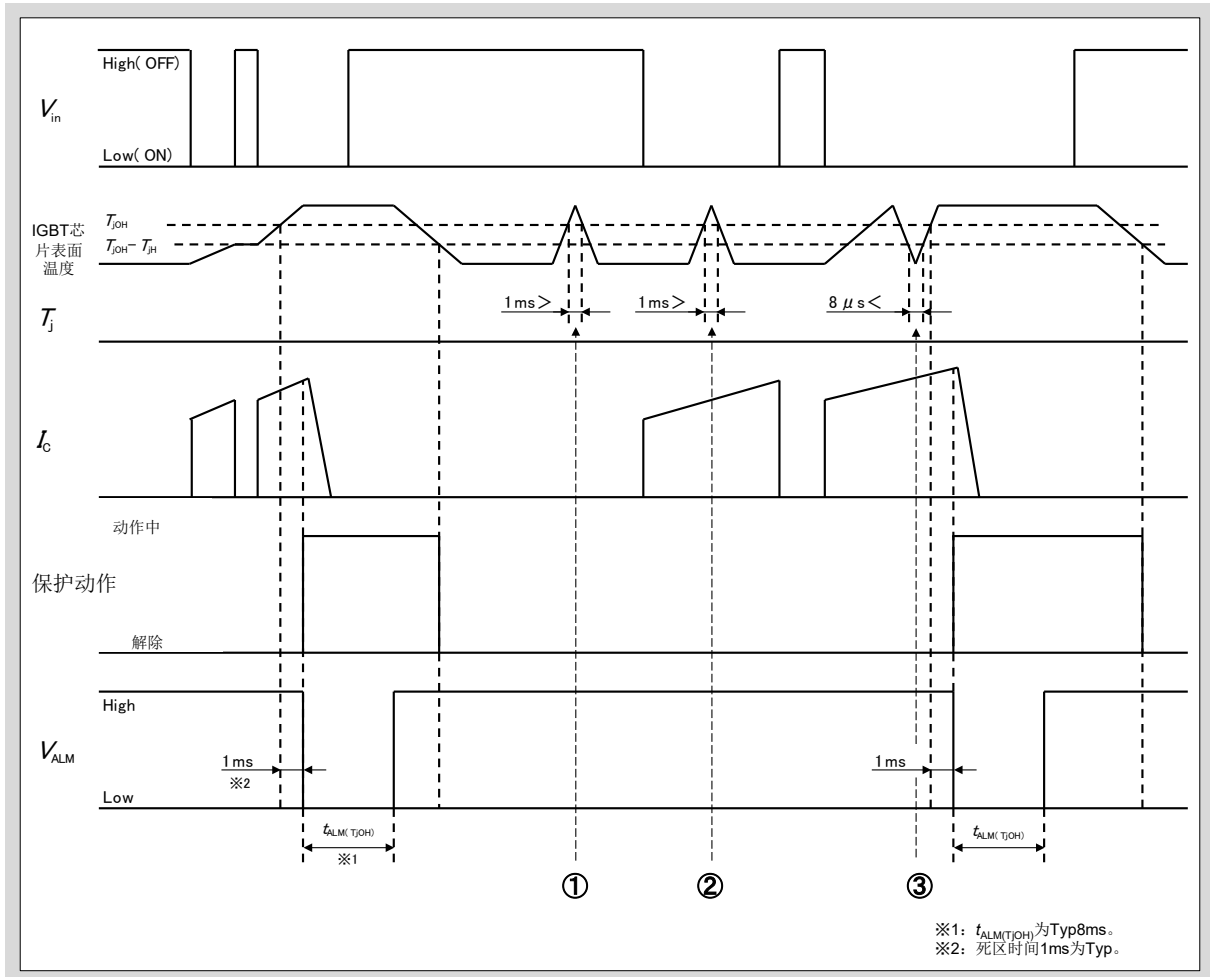


图3-14 T_{jOH} 保护动作 (2)

- IGBT 芯片表面温度 T_{vj} 超过 T_{jOH} 并在约 1ms 以内降至 T_{jOH} 以下时, 无论 V_{in} 处于 ON 还是 OFF 都不会实施保护动作。(①、②)
- IGBT 芯片表面温度 T_{vj} 超过 T_{jOH} 后, 若有超过约 8μs 时间在 ($T_{jOH} - T_{jH}$) 以下时, 则约 1ms 的 T_{jOH} 检测计时器将被复位。(③)

V_{in} : Input Signal Voltage

V_{ALM} : Alarm Signal Voltage

I_C : Collector Current

$t_{ALM(TjOH)}$: Alarm Signal Hold Time

T_{jOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

T_{jH} : Over Heating Protection Hysteresis

5.7 芯片过热保护 T_{jOH} 动作中的控制电源欠压保护 (UV) 动作 (①~③)

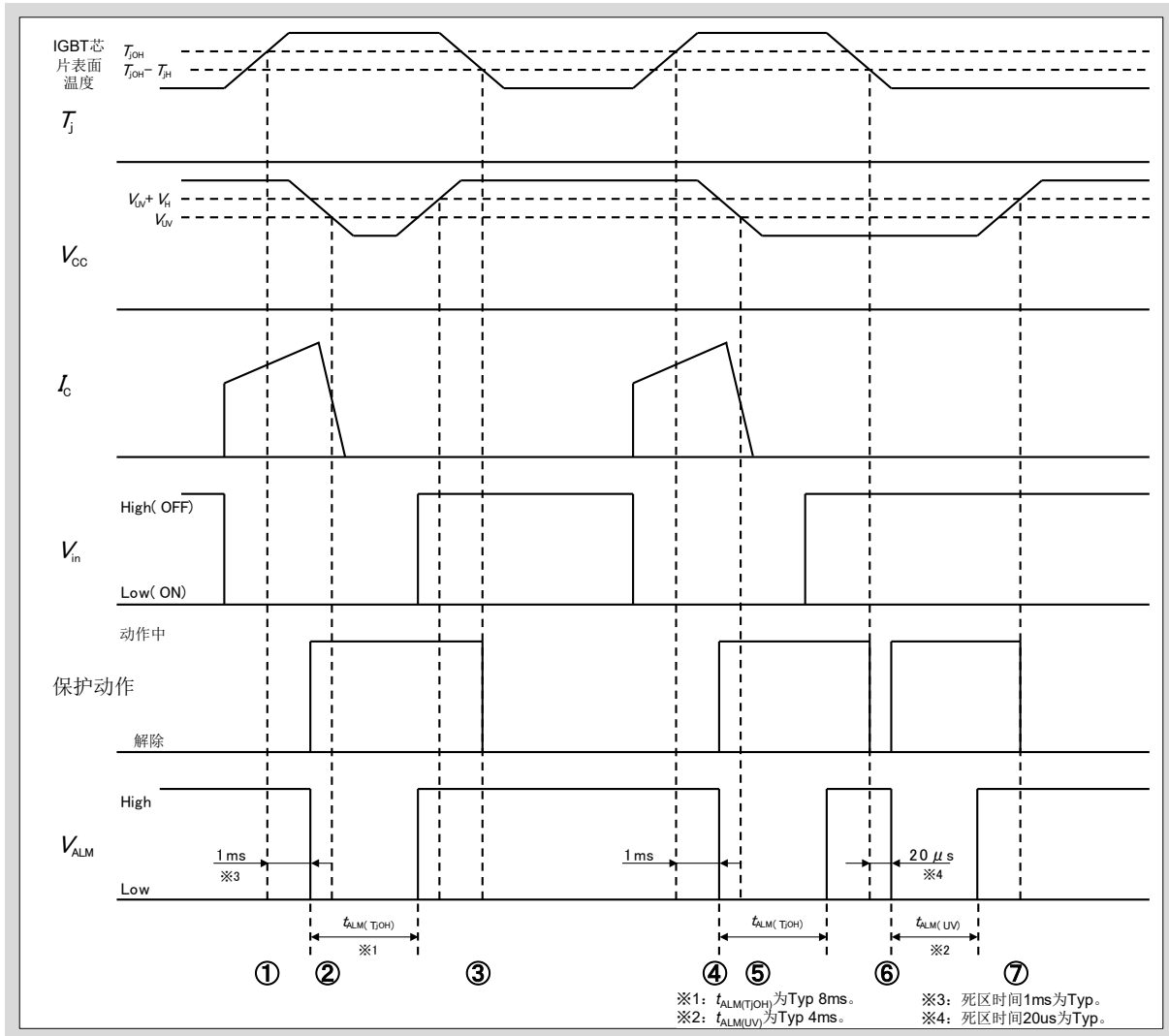


图3-15 T_{jOH} 多故障保护动作 (①~③)

- IGBT芯片表面温度 T_{vj} 超过 T_{jOH} 持续约1ms时将会输出报警信号，对IGBT进行软关断※1。(①)
- V_{CC} 在 $t_{ALM(TjOH)}$ 时间内降至 V_{UV} 以下时，由于 $t_{ALM(TjOH)}$ 的保护动作仍然持续，所以 V_{UV} 的报警输出将被取消。(②)
- V_{in} 在经过 $t_{ALM(TjOH)}$ 后变为OFF且IGBT芯片表面温度 T_{vj} 低于 $(T_{jOH} - T_{jH})$ 时，则故障解除，恢复动作。(③)

※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver

V_{in} : Input Signal Voltage

I_C : Collector Current

$t_{ALM(TjOH)}$: Alarm Signal Hold Time

T_{jOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

T_{jH} : Over Heating Protection Hysteresis

V_{UV} : Under Voltage Protection Level

V_{ALM} : Alarm Signal Voltage

$t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

5.8 芯片过热保护 T_{jOH} 动作恢复后的控制电源欠压保护 (UV) 动作 (④~⑦)

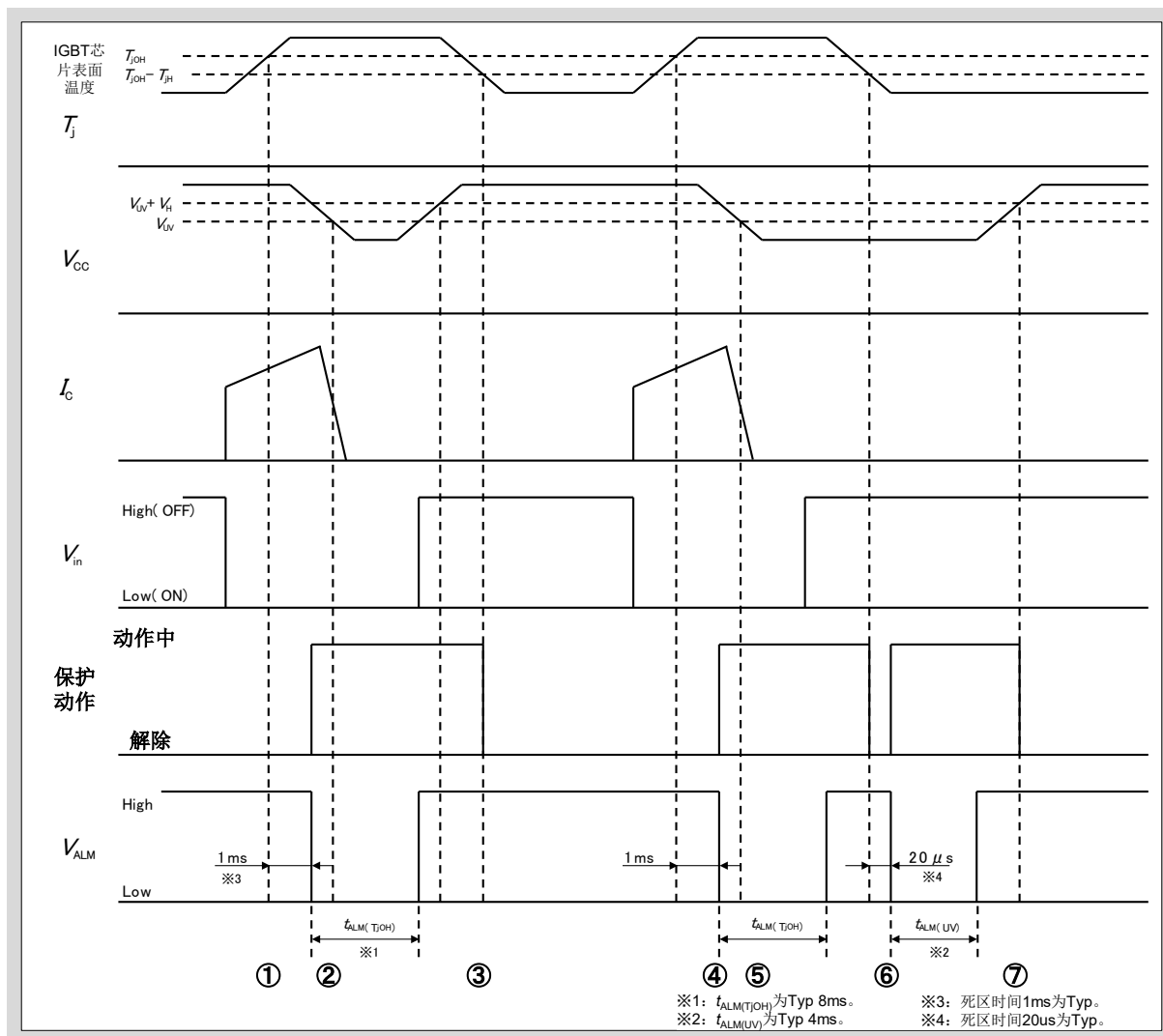


图3-16 T_{jOH} 多故障保护动作 (④~⑦)

- IGBT芯片表面温度 T_{vj} 超过 T_{jOH} 持续约1ms时将会输出报警信号，对IGBT进行软关断※1。(④)
- 与前页②相同， $t_{ALM(TjOH)}$ 保护动作过程中， V_{UV} 的报警信号输出将被取消。(⑤)
- V_{in} 在经过 $t_{ALM(TjOH)}$ 后变为OFF，同时芯片温度 T_{vj} 低于 $(T_{jOH} - T_{jH})$ 时，则故障解除，恢复动作。此时，由于 V_{CC} 保持在 V_{UV} 以下，所以在从 T_{jOH} 的保护功能中恢复后，若持续约20 μ s以上低于 V_{UV} ，则会再次输出 V_{UV} 的报警信号，实施保护动作。(⑥)
- V_{in} 在经过 $t_{ALM(UV)}$ 后变为OFF且 V_{CC} 高于 $(V_{UV} + V_H)$ 时，则故障解除，恢复动作。(⑦)

※1 软关断：比正常关断稍缓慢一些

$t_{ALM(TjOH)}$: Alarm Signal Hold Time

$t_{ALM(UV)}$: Alarm Signal Hold Time

T_{jOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

T_{jH} : Over Heating Protection Hysteresis

5.9 芯片温度预警动作

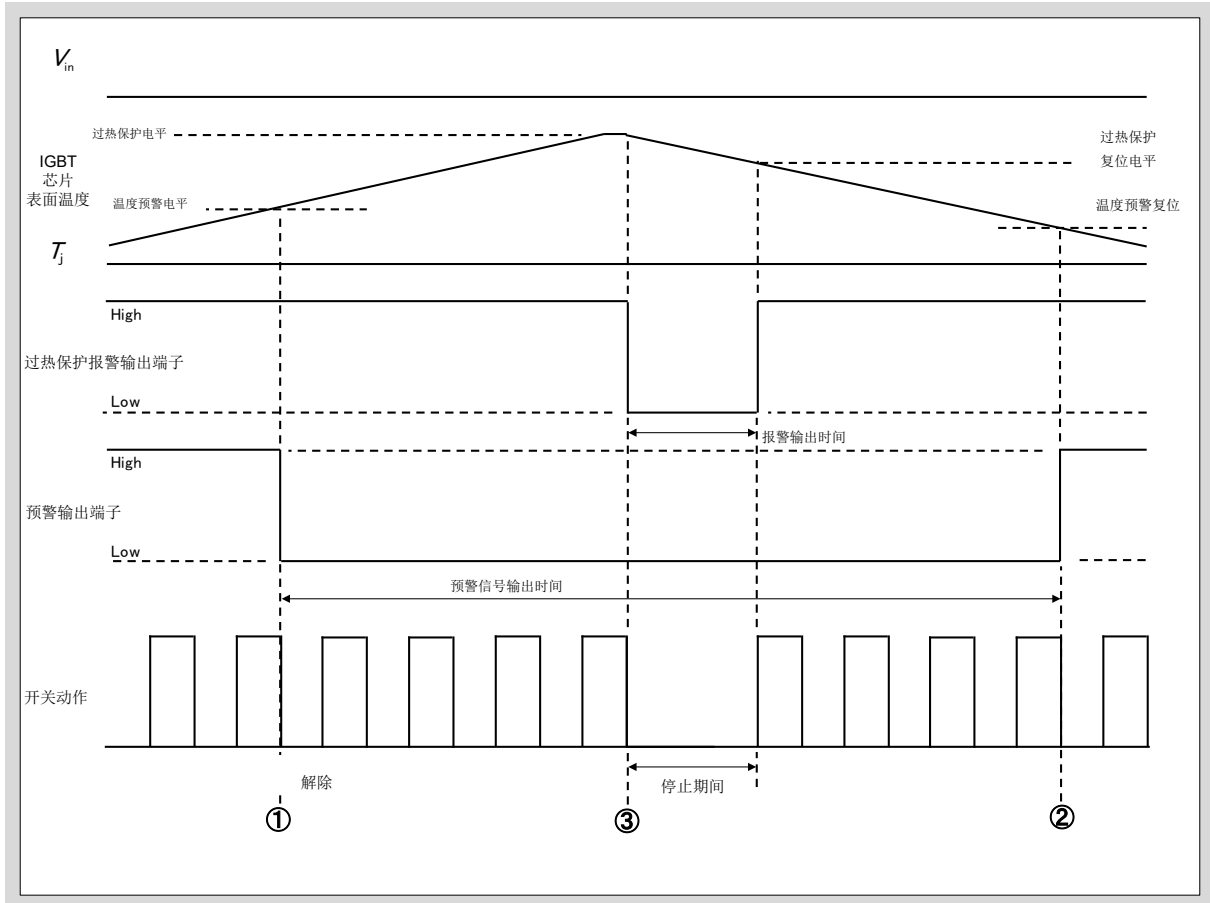


图3-17 芯片温度预警动作

- 在IGBT芯片过热保护的开关动作停止前，输出芯片温度预警。
此时，开关动作将会继续。
- IGBT芯片表面温度 T_{vj} 超过芯片温度报警温度 T_{jw} 时，预警端子电压从 V_{CC} 变为0V。
此时，开关动作将会继续。（①）
- IGBT芯片表面温度 T_{vj} 低于温度预警复位电平时，预警端子电压从0V恢复到 V_{CC} 。（②）
- 然后，若在①的状态下IGBT芯片表面温度 T_{vj} 超过 T_{jOH} ，则输出报警信号，开关动作停止。（③）

V_{CC} : Supply Voltage of Pre-Driver

T_{jOH} : IGBT Chips Over Heating Protection Temperature Level

第4章 应用电路示例

1. 应用电路示例	4-2
2. 注意事项	4-6
3. 光耦外围电路	4-9
4. 连接器	4-10

本章将对X系列IPM的应用电路示例进行说明。

1.应用电路示例

图4-1为P629、P639（6in1系列、仅下桥臂具备报警输出功能）的应用电路示例。

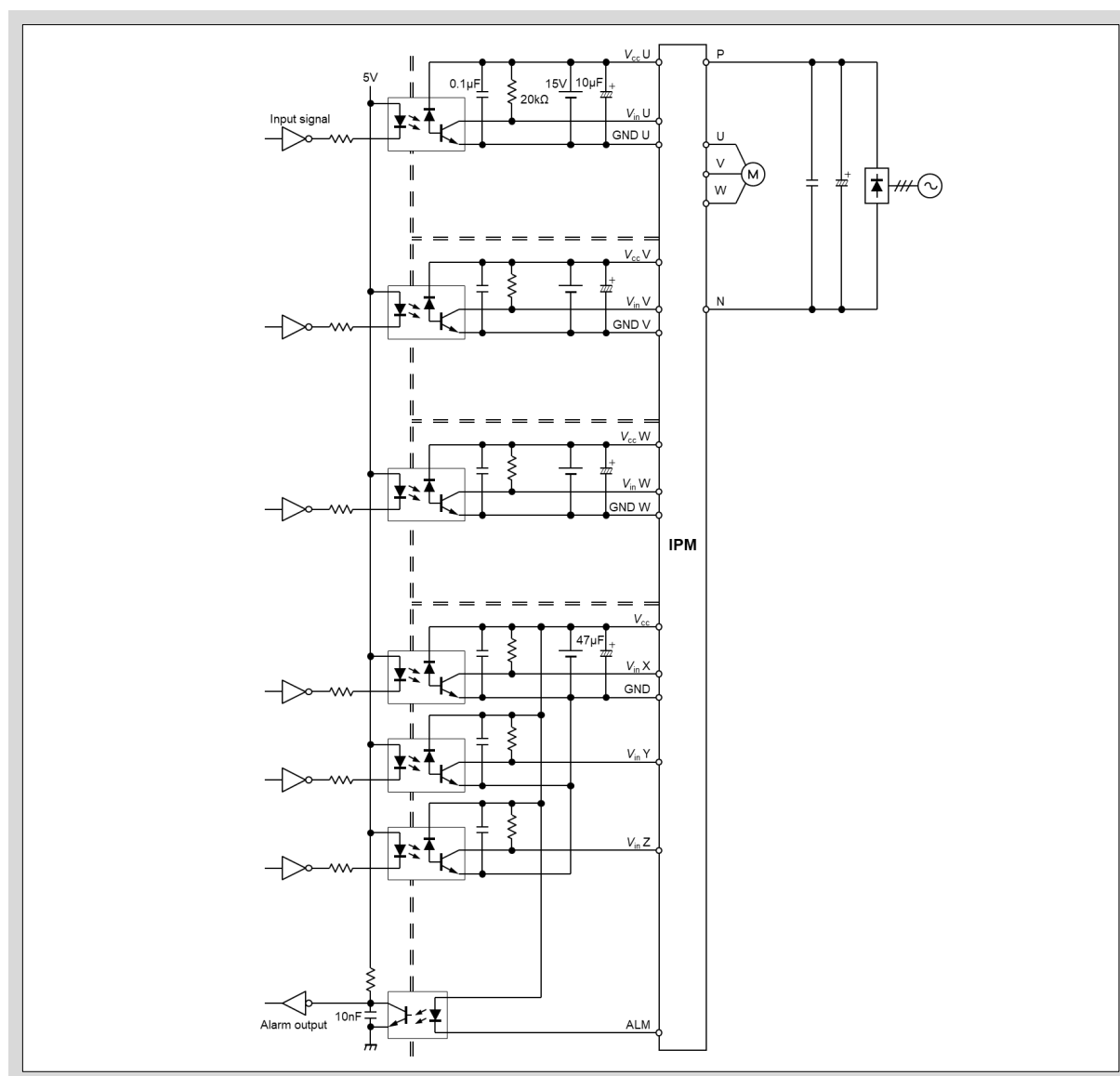


图4-1 P629、P639的应用电路示例

图4-2为P626、P636（6in1系列）的应用电路示例。

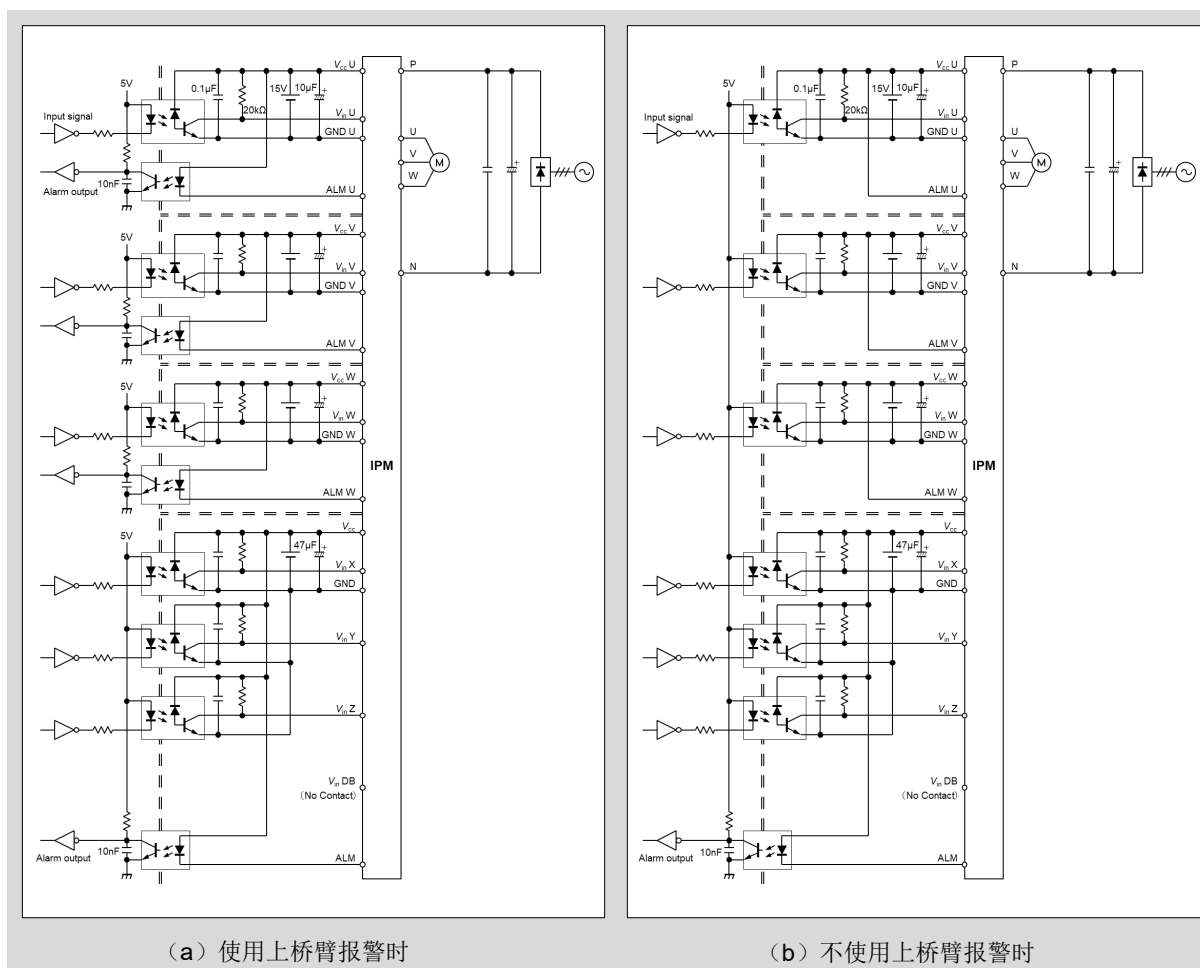


图4-2 P626、P636的应用电路示例

图4-4为P630、P631、P636、P644（7in1系列、内置制动功能）的应用电路示例。

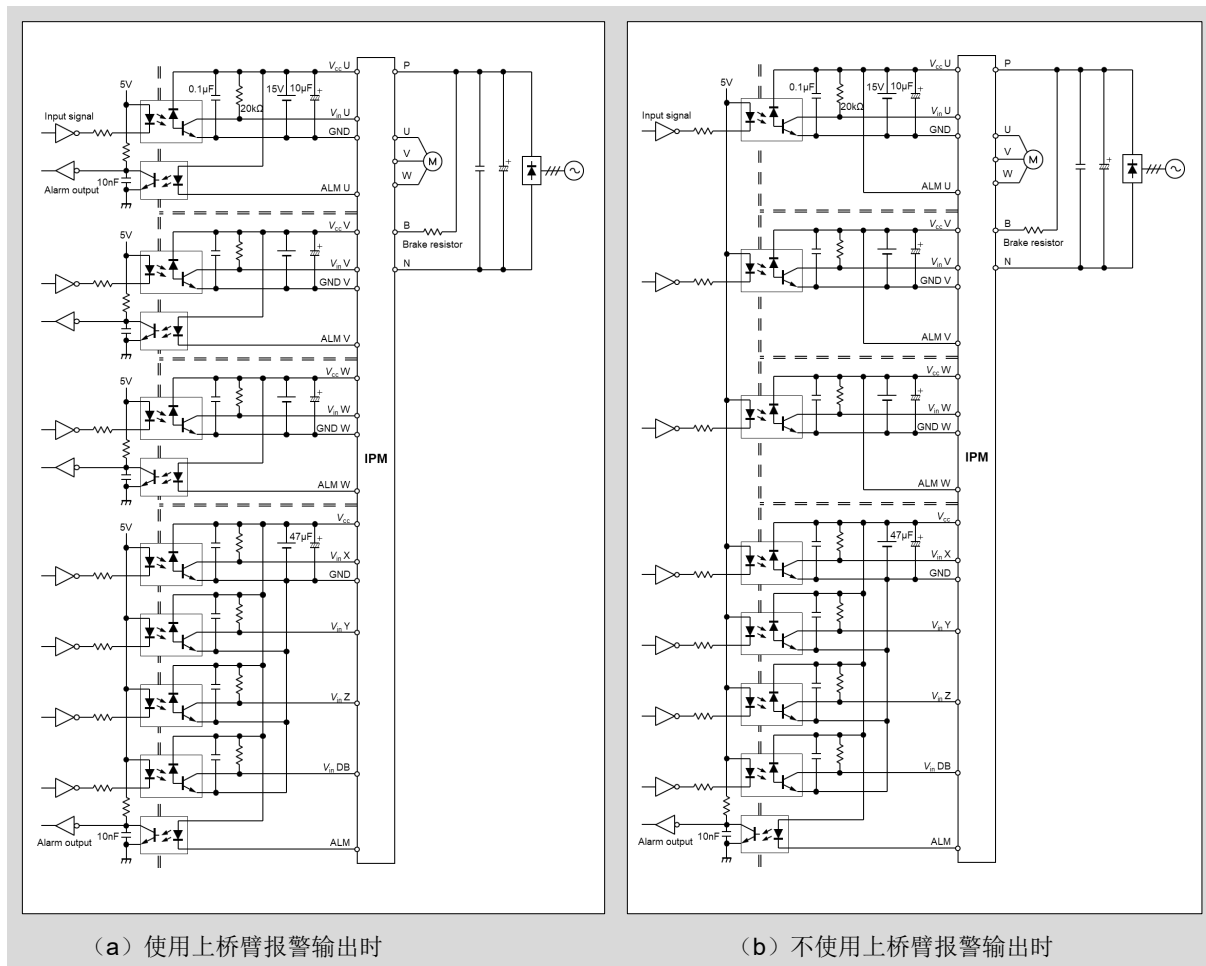


图4-4 P630、P631、P636、P644（7in1系列）的应用电路示例

2. 注意事项

2.1 控制电源

如应用电路示例所示，控制电源需要上桥臂侧3组，下桥臂侧1组、共计4组绝缘电源。请尽可能在靠近IPM控制电源端子 V_{CC} 的位置上安装铝电解电容（上桥臂：50V/10 μ F、下桥臂50V/47 μ F左右）。另外，本电容并不是用于平滑控制电源，而是用于补偿连接到IPM的接线阻抗。在Bootstrap等单电源使用的情况下，可以预见会出现控制电压波动等情况，因此需要进行充分的研究和论证。

使用市场上销售的电源组件时，请勿连接电源输出侧的GND端子。

将输出侧GND连接到输出的+极或-极时，电源输入侧地线会将各个电源连接起来，从而会导致误动作。

另外，请尽量减少各电源之间和与接地之间的杂散电容C（寄生电容）。

同时请使用瞬间波动较小，可提供 I_{CC} 的电源。

2.2 4组电源之间的结构性绝缘（输入部连接器及电路板）

4组电源之间以及与主电源之间必须绝缘。

另外，IGBT开关动作时，绝缘部的 dv/dt 较大，因此请确保充分的绝缘距离。（建议2mm以上）

2.3 GND连接

请勿通过外部电路将控制端子GND U与主端子U、控制端子GND V与主端子V、控制端子GND W与主端子W、控制端子GND与主端子N（P631中为N1、N2）连接起来。否则可能会造成误动作。

2.4 控制电源的电容

连接到应用电路示例中各控制电源的10 μ F（47 μ F）及0.1 μ F电容并不是用于平滑控制电源，而是用于补偿连接到IPM的接线阻抗。因此另外还需要用于平滑的电容。

另外，10 μ F（47 μ F）及0.1 μ F电容到控制电路之间的接线阻抗会引起电压瞬时变化，所以请尽量靠近IPM控制端子及光耦进行连接。

电解电容请选用阻抗低、频率特性良好的产品，同时请将薄膜电容等频率特性良好的电容并联连接。

2.5 报警电路

IPM内置有 $1.3\text{k}\Omega$ 的报警电阻，因此无需外部连接电阻即可直接连接光耦。另外，在连接光耦时，光耦与IPM之间的配线请尽可能的短，并采用降低光耦一次侧与二次侧的寄生电容的布局。

在 dv/dt 作用下，报警用光耦的二次侧电位有可能发生波动，建议在报警用光耦的二次侧输出端子上安装 10nF 左右的电容来稳定电位。

此外，在上桥臂具备报警输出的IPM中，若不使用上桥臂报警输出，请将报警输出端子上拉至 VCC 来稳定电位。

2.6 预警电路（仅特定型号）

IPM中内置有 $1.3\text{k}\Omega$ 的预警电阻，因此无需在外部连接电阻即可直接连接光耦。另外，在连接光耦时，光耦与IPM之间的配线请尽可能的短，并采用降低光耦一次侧与二次侧的寄生电容的布局。

在 dV/dt 作用下，预警用光耦的二次侧电位有可能发生波动，建议在预警用光耦二次侧的输出端子上安装 10nF 左右的电容来稳定电位。

此外，温度预警功能动作时， $\text{V}_{\text{CC}}/\text{R}_{\text{WNG}}$ 会导致电流消耗增加，请仔细考虑电源的设计。另外，在不使用温度预警功能时，建议预警端子悬空。如果将该预警端子上拉至 V_{CC} ，会使温度预警功能动作时的电流消耗增加，请仔细考虑电源的设计。此外，请勿下拉至 GND 。

2.7 信号输入端子的上拉

控制信号输入端子请使用 $20\text{k}\Omega$ 的电阻上拉至 V_{CC} 。此外，如果7in1（制动内置型）的IPM不使用B相时，不使用的相的输入端子也请使用 $20\text{k}\Omega$ 的电阻上拉至 V_{CC} 。

若不上拉，则电源接通时会持续处于控制电源欠压保护中，IPM将无法动作。

2.8 有未使用相时的连接

在6in1（无制动型）中以单相使用或在7in1（制动内置型）中不使用B相等有未使用相时，请对未使用的相提供控制电源并将输入端子、报警输出端子连接到 V_{CC} 上以稳定电位。预警端子除外。（参见4.2.6）

2.9 未连接端子（No Contact端子）的处理

未连接端子（No Contact端子）在IPM内部未进行连接。由于已经做过绝缘处理，因此无需进行稳定电位等特殊处理。

此外，导销在IPM内部也没有连接。

2.10 缓冲电容

缓冲电容请直接连接PN端子并尽可能使用较短的配线。

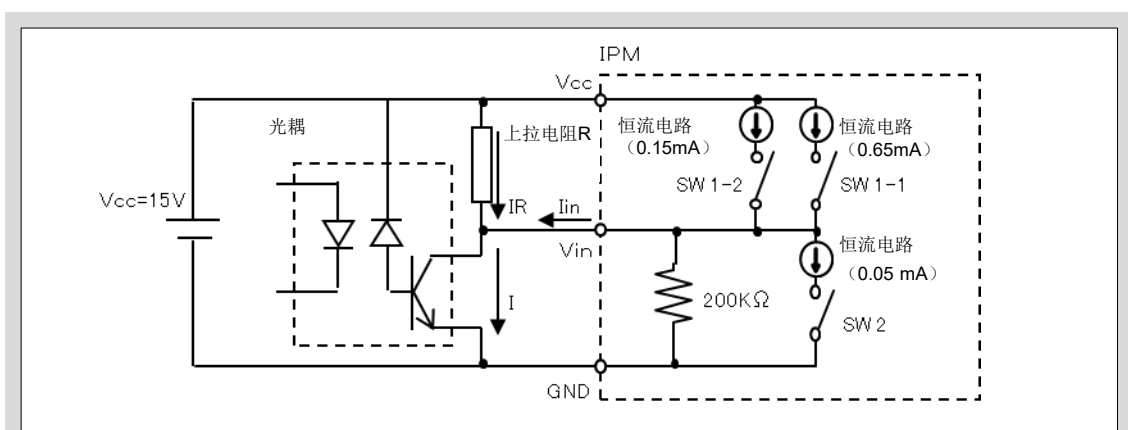
对于能够连接2处缓冲电容的P631系列，在P1-N1之间、P2-N2之间的两侧都安装缓冲电容可以更有效的降低浪涌电压。在P1-N2之间、P2-N1之间斜向连接有可能会产生误动作，请避免这种连接。

2.11 接地电容

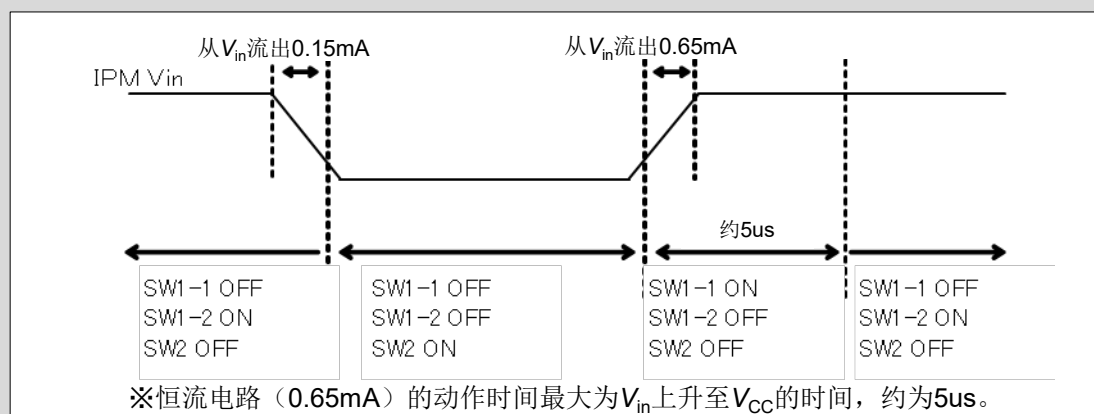
为了阻止来自AC输入线路的噪音，请在AC输入的三相与地线之间连接接地电容。

2.12 IPM的输入电路

IPM的输入电路中安装有如图4-5（a）所示的恒流电路，会按照如图4-5（b）所示的时序从IPM的输入端子输出 $I_{in}=0.15\text{mA}$ 或 $I_{in}=0.65\text{mA}$ 的恒定电流。因此必须确定光耦一次侧的 I_F ，以便在光耦二次侧产生上拉电阻电流 I_R 与恒定电流 I_{in} 合并的电流。 I_F 不充分时，二次侧可能会出现误动作。



（a）IPM输入电路



（b）恒流动作时序

图4-5 IPM输入电路与恒流动作时序

3.光耦外围电路

3.1 控制输入用光耦

3.1.1 光耦额定值

请使用满足以下特性的光耦产品。

- $CMH=CML > 15kV/\mu s$ 或 $10kV/\mu s$
- $tpHL=tpLH < 0.8\mu s$
- $tpLH-tpHL = -0.4 \sim 0.9\mu s$
- $CTR > 15\%$

例) 博通产品: HCPL-4504

东芝产品: TLP759 (IGM)

东芝产品: TLP2958

瑞萨电子产品: PS9513

此外, 还请留意UL、VDE等安全规格。

另外, 上述光耦仅为推荐, 不代表本公司已确认并保证这些产品的可靠性。

3.1.2 一次侧的限流电阻

光耦一次侧的限流电阻请注意保证二次侧能流过足够的电流。

光耦的CTR会发生老化, 设计一次侧限流电阻时需要考虑到此情况。

3.1.3 光耦・IPM间配线

使用最短配线以便降低光耦与IPM控制端子之间的接线阻抗, 请注意不要让各配线互相靠近, 以避免一次・二次侧之间的寄生电容变大。一次・二次侧之间有较大的 dv/dt 。

3.2 报警输出用光耦及温度预警输出用光耦

3.2.1 光耦额定值

可以使用通用光耦，不过推荐使用具有以下特性的产品。

- $100\% < \text{CTR} < 300\%$
- 单元件型

例) 东芝产品: TLP781-1-GR、TLP785-1-GR 此外, 请注意UL、VDE等安全规格。

另外, 上述光耦仅为推荐, 不代表本公司已确认并保证这些产品的可靠性。

3.2.2 输入限流电阻

光耦输入侧发光二极管的限流电阻内置在IPM中。 $R_{\text{ALM}}=1.3\text{k}\Omega$, 直接连接 V_{cc} 时, 在 $V_{\text{cc}}=15\text{V}$ 下, I_F =约10mA。因此, 不需要在外部连接限流电阻。

但光耦输出侧需要较大电流 $I_{\text{out}} > 10\text{mA}$ 时, 请加大光耦的CTR值, 调整到所需值。

3.2.3 光耦・IPM间配线

报警输出用光耦及温度预警输出用光耦也有较大的dv/dt, 注意事项与3.1.3项相同。

4.连接器

连接器的电极表面材料(镀层等)请选择与IPM控制端子的电镀材料相同的产品。

市场上有符合X系列IPM的控制端子形状的连接器的销售。

P630用: HIROSE电机产品 MA49-19S-2.54DSA、MA49-19S-2.54DSA (01)

P631用: HIROSE电机产品 MDF7-25S-2.54DSA

有关上述连接器的可靠性及使用方法, 请联系连接器生产厂家进行确认。

另外, 上述连接器仅为推荐, 不代表本公司已确认并保证这些产品的可靠性。

第5章 散热设计

1. 冷却体（散热器）的选择方法	5-2
2. 散热器选择的注意事项	5-2
3. IPM的安装方法	5-3

本章将对X系列IPM的散热设计进行说明。

1.冷却体（散热器）的选择方法

- 为了IGBT的安全工作，必须保证结温 T_{vj} 不高于 175°C 。

此外，考虑到散热设计，必须保证 T_c 不超过 125°C 。

- 请在散热设计中保留一定裕量，无论在额定负载时还是在过负载等异常情况下，都不能超过 175°C 。
- 在 175°C 以上的温度下动作有可能会造成芯片热损坏。

如果IPM的IGBT芯片温度超过 175°C ， T_{joh} 功能将会动作，但如果温度急剧上升的话，则可能会出现无法保护的情况。

对于FWD，也请注意与IGBT一样，不要超过 175°C 。

- 在选择冷却体（散热器）时，请务必测试芯片中心点正下方的外壳温度。

关于芯片配置，请参照IPM的规格书。

此外，关于具体的设计请参照以下资料。

「IGBT模块应用手册RH984」

- 发生损耗的计算方法
- 散热器（冷却体）的选择方法
- 在散热器（冷却体）上的安装方法
- 故障排除

2.散热器选择的注意事项

IGBT模块应用手册RH984中记载了散热器的选择方法，不过还需要注意散热器面的平坦度。散热器螺丝安装位置之间的平坦度请控制在 $100\text{mm} \pm 50\mu\text{m}$ 以内，表面的粗糙度请控制在 $10\mu\text{m}$ 以下。散热器的表面有凹陷时，有可能会造成接触热阻（ $R_{th(c-s)}$ ）增加。

【理由】

- 负值时：散热器—IPM间会出现缝隙，散热性变差（接触热阻 $R_{th(c-s)}$ 增加）。
- $+50\mu\text{m}$ 以上时：有可能造成IPM的铜底板变形，内部绝缘基板出现开裂。

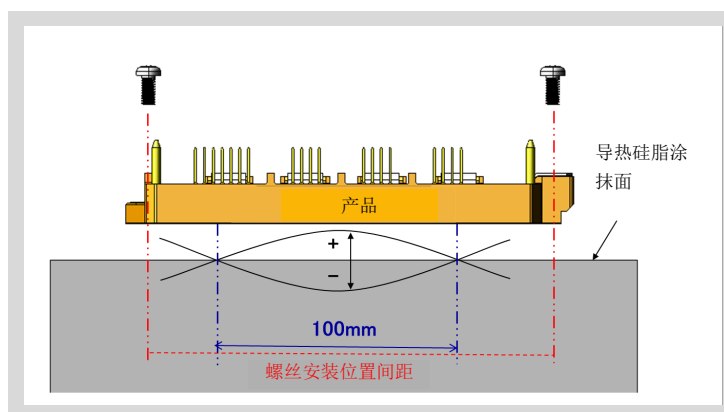


图5-1 散热器面的平坦度

3. IPM的安装方法

3.1 在散热器上的安装方法

热阻会根据IPM在散热器上的安装位置而发生变化，请注意以下几点。

- 将1个IPM安装到散热器上时，安装在散热器中心位置的热阻最小。
- 在1个散热器上安装多个IPM时，需要考虑各IPM产生的损耗及散热器上热量分布和散热路径来决定安装位置。IPM产生的损耗较大时，请设计较大的散热面积。

3.2 导热硅脂的涂抹

为了减少接触热阻，请在散热器与IPM的安装金属底面之间涂抹导热硅脂。

导热硅脂的涂抹方法有使用钢网进行涂抹的方法，也有使用滚筒进行涂抹等方法。

导热硅脂虽然能促进对散热器的热传导，但是其自身也有一定的热容量。因此，若涂抹厚度超出适宜的厚度，则有可能阻碍向散热器散热，从而导致芯片温度上升。另一方面，若导热硅脂的厚度低于适宜的厚度，则散热器与IPM之间就有可能产生导热硅脂未接合的部分，使接触热阻上升。因此，导热硅脂必须按照适宜的厚度进行涂抹。

导热硅脂的涂抹厚度不适宜时会使得向散热器散热的效果变差，最严重的情况下有可能导致芯片温度超过175℃造成芯片损坏。

因此，导热硅脂的涂抹方法建议采用能够以均匀的厚度涂抹在IPM底面的钢网涂抹方法。

使用钢网导热硅脂涂抹方法的示例概要如图5-2所示。基本方法是使用钢网将指定重量的导热硅脂涂抹到IPM金属底面上。之后，使用各产品的建议扭矩将涂抹了导热硅脂的IPM固定在散热器上，这样基本可以保证导热硅脂厚度均匀。

另外，富士电机推荐的钢网样式可以根据客户的需求进行提供。

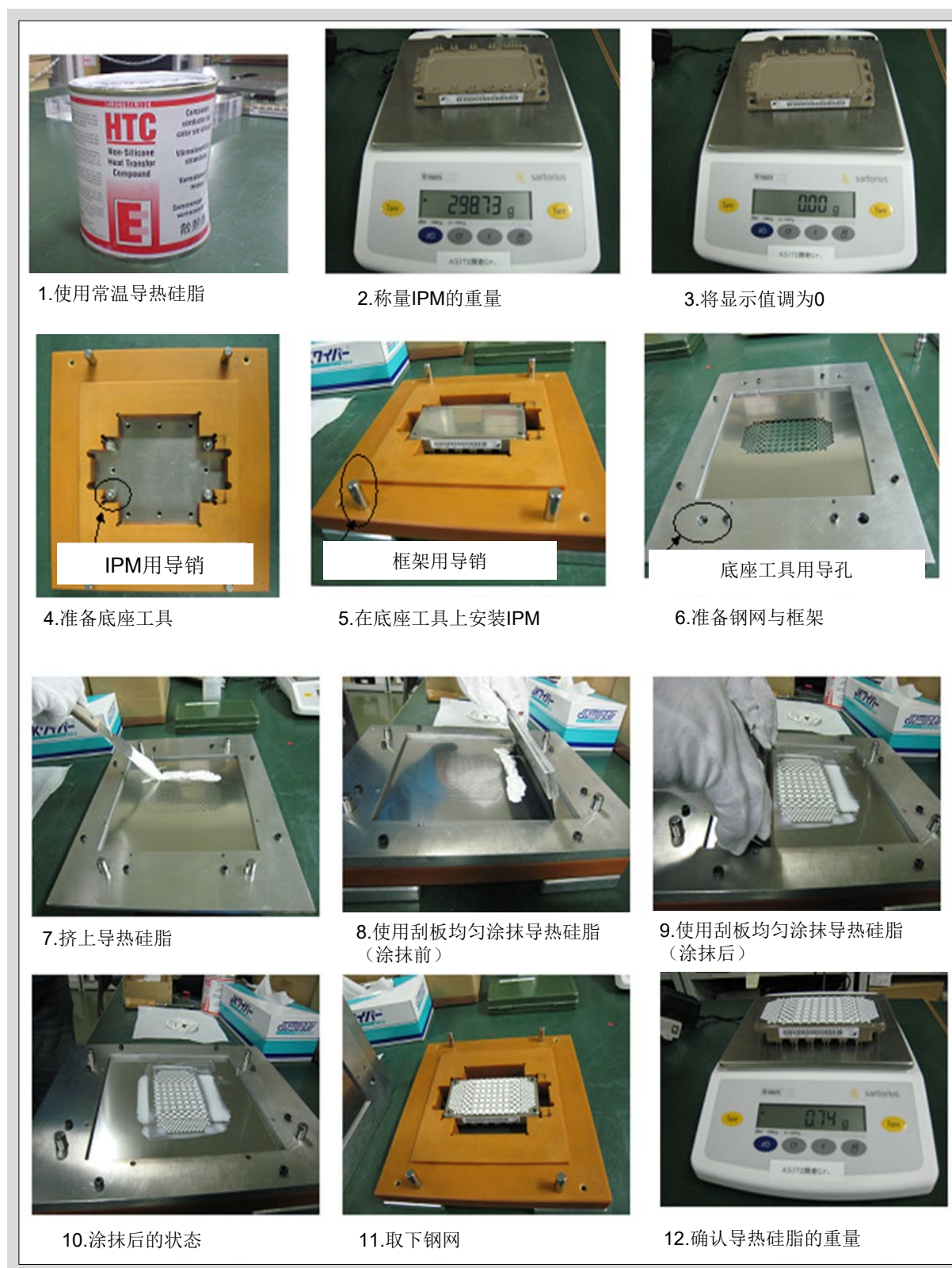


图5-2 导热硅脂涂抹方法示例概要

此处假定导热硅脂厚度均匀时所需的重量可以使用以下算式来表示。

$$\text{导热硅脂厚度 (}\mu\text{m)} = \frac{\text{导热硅脂重量 (g)} \times 10^{-4}}{\text{IPM的底面面积 (cm}^2\text{)} \times \text{导热硅脂的密度 (g/cm}^3\text{)}}$$

请通过此算式计算出与导热硅脂厚度对应的重量，并在IPM上涂抹相应重量的导热硅脂。其中导热硅脂的推荐涂抹厚度（导热硅脂厚度）为约100 μm 。

另外，导热硅脂的最佳涂抹厚度会因所使用导热硅脂的特性及涂抹方法等而发生改变，请在使用前进行确认。

表5-1为IPM的底面面积。

表5-1 IPM的底面面积

封装	底面面积 (cm ²)
P639	14.74
P629	21.71
P626、P644	22.77
P636、P638	41.17
P630	55.67
P631	141.24

3.3 紧固方法

安装IPM时的螺丝紧固方法如图5-3所示。另外，请按照规定的紧固扭矩紧固螺丝。

规定扭矩记载在规格书中，请另行参照。扭矩不足时，有可能会造成接触热阻变大或在动作中出现松动的情况。相反的，若扭矩过大，则有可能导致外壳破损等。

3.4 IPM的安装方向

在挤压成型制作的散热器上安装IPM时，如图5-3所示，建议在与散热器的挤压方向平行的方向上安装IPM。这样可以减少因散热器变形而带来的影响。

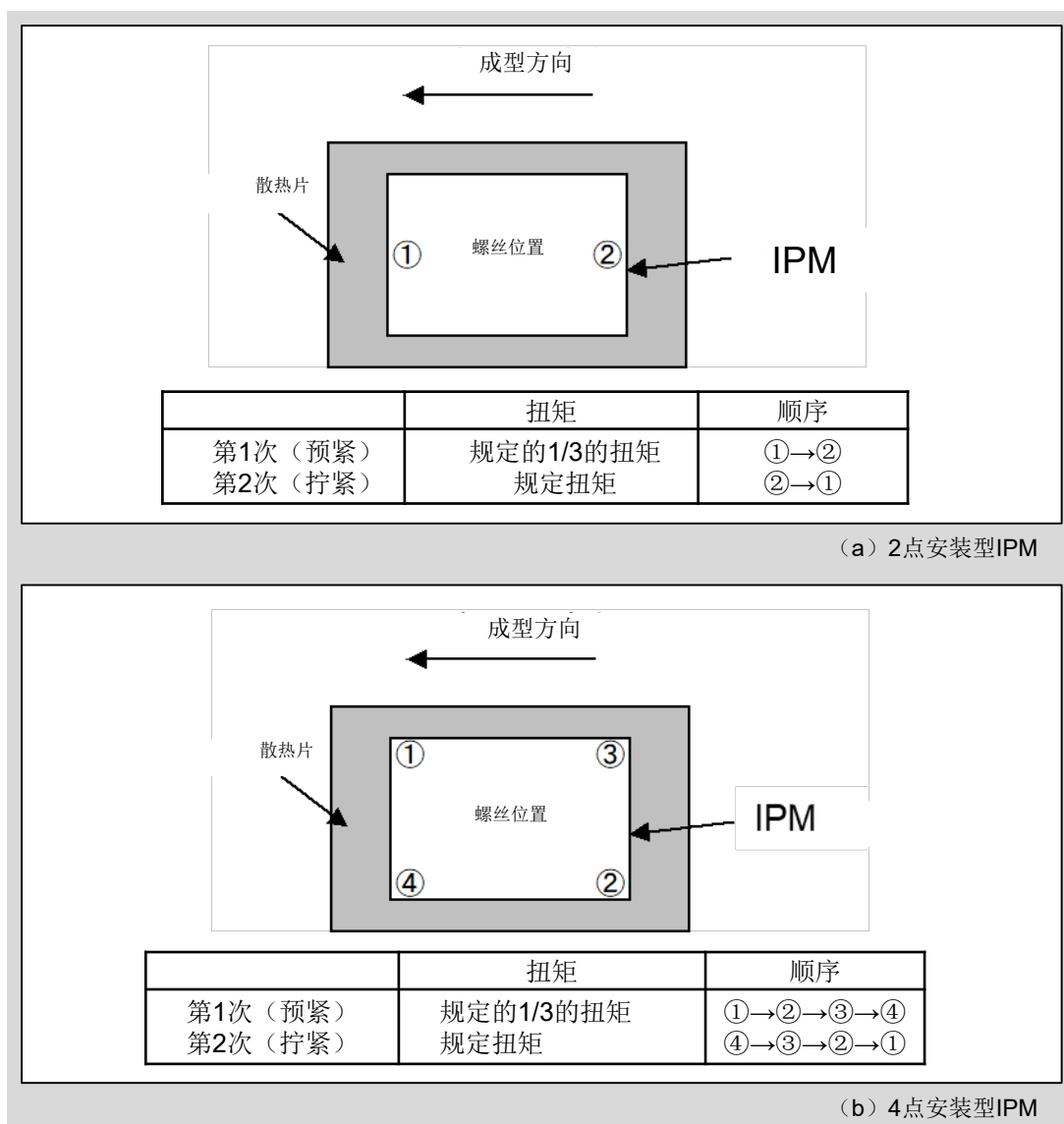


图5-3 IPM的安装方法

3.5 芯片温度验证

选定散热器，确定IPM的安装位置后，测试 T_c （芯片正下方）与 T_f （芯片正下方）的温度，并确认芯片结温（ T_{vj} ）。

外壳温度（ T_c ）的正确测试方法示例如图5-4所示。请参照规格书中记载的芯片坐标，测试芯片正下方的外壳温度。

请验证散热设计是否能够满足外壳温度在125°C以下且芯片结温在175°C以下的目标，以保证系统的预期寿命。

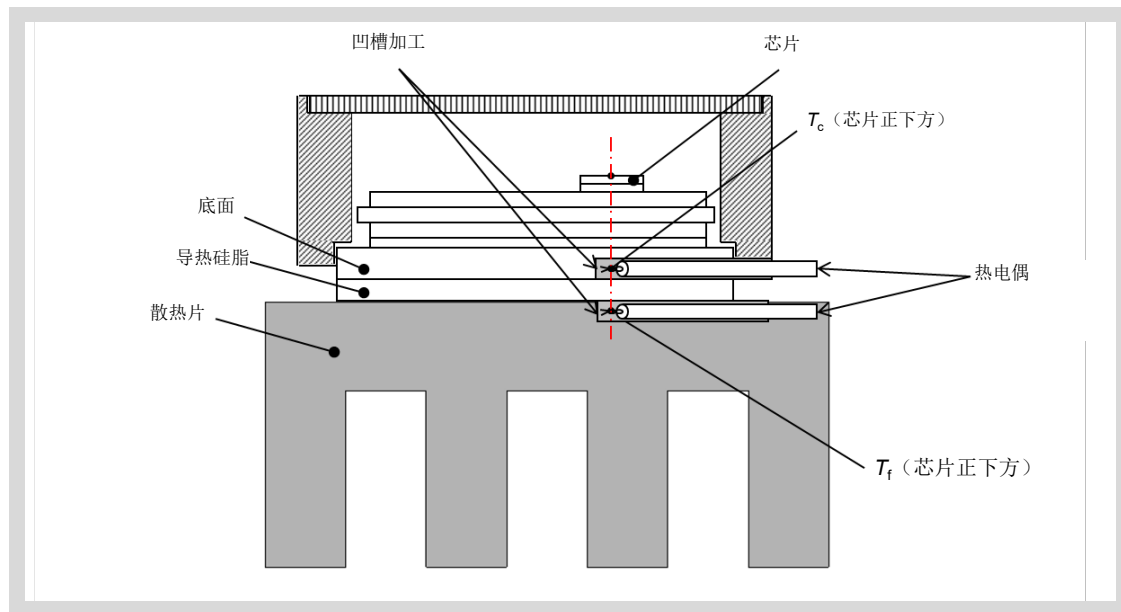


图5-4 外壳温度测定

第6章 使用注意事项

1. 主电源	6-2
2. 控制电源	6-3
3. 保护功能	6-5
4. 功率循环寿命	6-7
5. 其他	6-7

本章将对X系列IPM的使用注意事项进行说明。

1.主电源

1.1 电压范围

- 主电源在所有集电极・发射极主端子之间（ $=V_{CES}$ ）请不要超过绝对最大额定电压（650V系=650V,1200V系=1200V）。
- 为了使开关时的最大浪涌电压在所有端子之间都不超过额定电压，IPM与系统的连线请尽量短，并在靠近P，N端子处安装缓冲电容。所有端子之间是指表6-1中所记载的端子。

表6-1 各系列的端子间

封装	端子间
P639, P629, P626, P630(6in1), P636(6in1), P638	[P-(U,V,W)、(U,V,W)-N]
P630(7in1)、P636(7in1)、P644	[P-(U,V,W,B)、(U,V,W,B)-N]
P631(6in1)	[P1-(U,V,W)、P2-(U,V,W)、(U,V,W)-N1、(U,V,W)-N2]
P631(7in1)	[P1-(U,V,W,B)、P2-(U,V,W,B)、(U,V,W,B)-N1、(U,V,W,B)-N2]

- P631的主电源请连接在P1—N1之间或P2—N2之间。P1—N2之间、P2—N1之间的交叉连接有可能会产生误动作，请勿尝试。

缓冲电容安装在P1—N1间、P2—N2间的两侧时降低浪涌电压的效果更好。

1.2 外来噪音

- IPM内部设计了针对外来噪音的应对措施，但根据噪音的种类和强度不同，可能会出现误动作、损坏的情况。针对施加到IPM上的噪音，请对其进行充分的评估并采取应对措施。

1.2.1 来自系统外部的噪音

- 请采取AC线路噪音滤波器以及强化绝缘对地等措施。
- 如有必要，请在全部相的输入信号—GND之间增加不影响开关时间的电容（100pF以下）。
- 对报警端子施加过高的噪音电压时可能会出现误报警的情况。请根据需要在不影响报警输出的范围内在报警端子上串联0.2～1kΩ的电阻。

此时，请根据光耦的电流传导率（CTR）选择适合的电阻值。

- 为了防止来自AC线路的噪音干扰，请在AC输入的三相各线—地线之间连接对地电容。
- 针对雷击浪涌，请采取防雷器等措施。

1.2.2 来自系统内部的噪音

- 整流器外：请采取与1.2.1项相同的措施。
- 整流器内：请采取在P、N线路上安装缓冲电容等措施。

1.2.3 来自输出端子的噪音

- 为了防止接触器的开闭浪涌等干扰，请在外部采取相应措施。

2.控制电源

2.1 电压范围

- 控制电源电压其范围请控制在包括电压纹波的规格值内。

表6-2 基于控制电源电压值的动作

控制电源电压 (V_{CC}) [V]	IPM动作	控制电源 欠压保护 (UV)	IPM输入 信号电压	IGBT 动作
$0 \leq V_{CC} \leq 5.0$	控制IC不能正常动作，对IGBT的门极输出不稳定。但即使5V以下的 V_{CC} 直接施加到IGBT上时，IGBT的门极阈值仍在 V_{th} 以下，因此无法开启。控制电源欠压保护不动作，不输出报警。	—	Hi	—
			Lo	—
$5.0 < V_{CC} \leq 11.0$	控制IC动作。控制电源欠压保护将使IGBT固定在关断状态。控制电源欠压保护动作，输出报警信号。	动作	Hi	OFF
			Lo	OFF
$11.0 < V_{CC} \leq 12.5$	存在控制电源欠压保护动作和不动作2种条件。 ①控制电源欠压保护动作时： IGBT不动作，输出报警信号。 ②控制电源欠压保护不动作时： IGBT将根据IPM的输入信号动作。 不输出报警信号。	①动作	Hi	OFF
			Lo	OFF
		②解除 or 动作前	Hi	OFF
			Lo	ON
$12.5 < V_{CC} \leq 13.5$	控制电源欠压保护不动作。IGBT将根据IPM的输入信号动作，不过存在损耗增加噪音降低的倾向。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$13.5 < V_{CC} \leq 16.5$	推荐的动作电压范围。驱动电路稳定运行。IGBT将根据IPM的输入信号动作。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$16.5 < V_{CC} \leq 20$	控制电源欠压保护不动作。IGBT将根据IPM的输入信号动作，不过存在损耗降低噪音增加的倾向。由于保护特性变化，有可能出现短路电流增加的情况。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$V_{CC} < 0, 20 < V_{CC}$	控制电源电压低于0V以及超过20V时，有可能出现功率芯片、控制IC误动作或损坏的情况。绝对不要施加。	—	—	—
			—	—

• 2.2 电压纹波

- 推荐电压范围**13.5V~16.5V**包含 V_{CC} 的电压纹波。

在设计控制电源时请注意应充分考虑减小电压纹波。此外，也应采取充分的措施来降低叠加到电源上的噪音。施加高于推荐电压范围的控制电源时，有可能会導致IPM误动作。

- 控制电源在设计时应尽量保证 dv/dt 在**5V/ μ s**以下。

此外，电源电压的变化推荐在 **$\pm 10\%$** 以内。

2.3 电源上电 / 下电顺序

- 在确认 V_{CC} 已达到推荐电压范围后再施加主电源（P、N间电压）。

V_{CC} 的下降请保证比主电源缓慢。在达到推荐电压之前施加主电源时或在主电源残留的状态下，有可能会因外来噪音而误动作，也有可能造成损坏。

2.4 电源上电时、下电时的报警

- 电源上升时，将输出**UV**报警。

虽然在经过 $t_{ALM(UV)}$ 之后报警信号就会恢复，不过只要未满足保护动作解除条件，IPM就不会接收输入信号。保护动作的解除条件（保护因素消除、时间经过 $t_{ALM(UV)}$ 、输入信号**OFF**）达成时，将开始接收输入信号。请在驱动电路侧采取措施保证在报警解除后能够接收输入信号。

- 电源下电时也会输出报警。
- 时序图请参照第3章第5项“时序图”。

2.5 控制电路设计上的注意事项

- 控制电源 V_{CC} 请使用绝缘的**4**组电源（上桥臂**3**组电源、下桥臂**1**组电源）。

此外，请在各控制电源端子附近安装频率特性良好的电容等，尽可能减少过大的电压波动。

- 请充分考虑驱动电路的消耗电流规格值（ I_{CC} ），在设计时要留有充分的裕量。
- 为了防止误动作，请注意与其他相配线的间隔及并行的方式等，在布线配置上避免受到串扰的影响。
- 请在高速光耦的 V_{CC} -GND之间靠近的位置安装电容。
- 高速光耦请使用 t_{pHL} 、 $t_{pLH} \leq 0.8\mu s$ 、高CMR的产品。
- 对于报警输出电路，请使用低速光耦**CTR $\geq 100\%$** 的产品。
- 请注意，在输入端子—GND之间连接电容时，会导致对光耦一次侧输入信号的响应时间变长。
- 请尽可能缩短光耦与IPM输入端子之间的配线，通过布线配置降低光耦一次侧与二次侧的寄生电容。
- 设计光耦的一次侧电流 I_F 时，应充分考虑所使用光耦的**CTR**，保留充分的裕量。为了降低噪音的影响，光耦二次侧的上拉电阻请尽可能设定的低一些，以降低阻抗。

3. 保护功能

如第4章的“应用电路示例”所述，必须确定光耦一次侧的 I_F ，以便在光耦二次侧产生上拉电阻电流 I_R 与恒定电流 I_{in} 合并的电流。 I_F 不充分时，二次侧可能会出现误动作。同时，由于光耦使用寿命有限，因此在选定一次侧限制电阻时也需要考虑使用寿命的因素。

此外，有些系列中没有上桥臂报警输出，请在第3章1项“功能一览表”中对IPM的报警规格进行确认。

3.1 保护动作

3.1.1 保护范围

- IPM的保护功能用于应对非重复的异常现象。请避免让IPM的保护动作反复触发。最坏情况下有可能会造成损坏。过电流、短路保护可在控制电源电压13.5~16.5V、主电源电压=200~400V（650V系）、400~800V（1200V系）的条件下正常工作。

3.1.2 对报警输出的处置

- 报警输出后，请立即停止向IPM输入信号并停止系统动作。
- IPM的保护功能仅用于对异常现象进行保护，并不能消除导致异常的原因。
- 上桥臂检测到异常时，将仅关闭所检测桥臂的IGBT的输出，检测到异常的桥臂将会输出报警(P629、P639除外)。此时，其他各相可以进行开关。

另一方面，下桥臂的逆变部分检测到异常时，无论输出报警的是哪一相，下桥臂逆变部分所有的IGBT都将被关闭，并由下桥臂输出报警。此时，下桥臂的制动部与上桥臂的各相可进行开关。下桥臂的制动部检测到异常时，制动部+下桥臂所有的IGBT都将被关闭，并由下桥臂输出报警。此时，上桥臂的各相可以进行开关。

3.2 保护动作的注意事项

3.2.1 过电流（OC）

- 过电流保护（OC）在过电流持续超过延迟时间 t_{dOC} 时，将会判定为OC状态并对IGBT进行软关断，同时输出报警。

因此，过电流在 t_{dOC} 时间内被消除时，OC将不会动作并进行正常关断。

- P629、P639中没有上桥臂的报警输出端子，不会进行报警输出，但OC会动作并对IGBT进行软关断。

3.2.2 短路 (SC)

- 短路保护 (SC) 在短路电流持续超过延迟时间 t_{dSC} 时, 将会判定为SC状态并对IGBT进行软关断, 同时输出报警。

因此, 短路电流在 t_{dSC} 时间内被消除时, SC将不会动作, 只是进行正常关断。

- P629、P639中没有上桥臂的报警输出端子, 不会进行报警输出, 但是SC会动作并对IGBT进行软关断。

3.2.3 对地短路

(1) 上桥臂IGBT的对地保护与报警输出

- 因对地短路而在上桥臂的IGBT中出现过电流超过延迟时间 (t_{dOC} 、 t_{dSC}) 的情况时, 将会由OC (SC) 实施保护动作, 不过各封装系列的报警输出有所不同。

P629、P639: 会通过上桥臂的OC (SC) 进行保护, 但不会进行报警输出。

P626、P630、P631、P636、P638、P644: 通过上桥臂的OC (SC) 进行保护。也进行报警输出。

(2) 下桥臂IGBT的对地保护与报警输出

- 因对地短路而在下桥臂的IGBT中出现过电流超过延迟时间 (t_{dOC} 、 t_{dSC}) 的情况时, 将会由OC (SC) 实施保护动作, 且所有系列均会进行报警输出。

3.2.4 负载短路・对地短路状态启动

- OC、SC存在延迟时间 (t_{dOC} 、 t_{dSC}), 低于延迟时间的输入信号脉冲宽度将不会引发保护动作。特别是在负载短路的状态下启动时, 如果输入信号脉冲宽度长时间 (数10ms) 处于延迟时间以下时, 将会连续发生短路, 导致芯片温度急剧上升。此时, 一般芯片过热保护 (T_{jOH}) 将会动作, 不过由于 T_{jOH} 也有1ms左右的延迟时间, 所以根据芯片温度上升的情况, 可能会出现保护动作过慢造成芯片损坏的情况。

此外, 电源接通时会按照AC电源→地线→输出端子→FWD芯片→电解电容的路径流过电解电容的充电电流, 因此有可能出现FWD芯片损坏的情况。

3.3 芯片过热保护

- 包括制动部的所有IGBT中都内置有芯片过热保护 (T_{jOH})。芯片异常发热时, T_{jOH} 将会动作。X-IPM由于没有外壳过热保护, 因此在芯片温度低于 T_{jOH} 时, 即使外壳温度异常发热也不会启动保护。请根据需要由用户自行配备保护功能。

3.4 FWD保护

- FWD没有保护功能。

4.功率循环寿命

- 半导体产品的使用寿命是有一定期限的。应特别留意因温度上升・下降而导致的热疲劳寿命。当温度连续上升下降时，请尽量减小温度变化的幅度。
- 温度变化导致的热疲劳寿命也称为功率循环寿命（耐量），有下述2种模式。
 - ① ΔT_{vj} 功率循环耐量：周期相对较短的时间内发生的芯片温度变化所导致的寿命减少
（主要是芯片表面的绑定线接合部老化所导致的寿命减少）
 ΔT_{vj} 功率循环寿命曲线请参照MT6M15364。
 - ② ΔT_c 功率循环耐量：周期相对较长的时间内发生的底板温度变化所导致的寿命减少
（主要是用于接合绝缘DCB与铜底板之间的焊接部分老化所导致的寿命）
 ΔT_c 功率循环寿命曲线请参照MT5F39952。
- 此外，请同时参照富士IGBT模块应用手册（RH984）11章“功率模块的可靠性”。请务必仔细阅读。

5.其他

5.1 在设备上使用时的注意事项

- ① IPM使用时以及安装到设备上时的注意事项，请同时阅读IPM的交货规格书。
- ② 为了防止芯片损坏，请务必在商用电源与本产品之间安装容量合适的保险丝或断路器，防止二次损坏。
- ③ 在分析通常关断动作中芯片功能是否正常时，请确认关断电压・电流动作轨迹是否符合RBSOA规格。
另外，由于IPM中配备了能够检测短路电流并在损坏前进行自我关断的短路保护功能，因此未对SCSOA进行规定。短路时，请确认浪涌电压在绝对最大额定值范围内。
- ④ 请充分掌握产品的使用环境，在确认能否满足产品的可靠寿命要求的基础上再选用本产品。超出产品的可靠寿命进行使用时，IPM有可能会在系统的目标寿命之前发生损坏。
- ⑤ 即使在最大额定值范围内使用，产品寿命也可能会因温度及使用环境的影响而改变。使用时请充分考虑产品寿命及使用环境等因素。
- ⑥ 重新启动功率芯片已经损坏的IPM时，保护功能将无法正常工作，有可能会造成大规模的损坏。请勿重新启动已经损坏的IPM。

5.2 安装至设备时的注意事项

- ① 请在IPM与散热器之间涂上导热硅脂等，以降低接触热阻。
(参照第5章第3项)。
- ② 请注意螺栓的长度。如果使用比螺孔深度更长的螺栓，有可能损坏外壳。
(参照第1章第5项)。
- ③ IPM的紧固扭矩及散热器的平坦度，请参考规格书所规定的范围进行紧固及调整。
如果超过规格书所规定的范围或错误的安装，有可能引起绝缘损坏(参照第5章第2项)。
- ④ 请注意不要向IPM施加机械应力。
请勿施加使盖子变形的应力。否则在按压方向上可能损坏IPM内部电路。
向外拉扯盖子可能会导致脱落。另外，请注意不要弯曲控制端子。
- ⑤ 请勿对主端子、控制端子进行回流焊。
在焊接其他部件时，请不要让产生的热量、助焊剂、清洗剂影响IPM。
- ⑥ 请避免在有腐蚀性气体及灰尘较多的场所使用。
- ⑦ 请不要对主端子、控制端子施加静电。
- ⑧ 在进行IPM与控制电路之间的装卸时，请确认 V_{CC} 为0V后再进行操作。
- ⑨ 请勿在IPM外部将控制端子GNDU与主端子U、控制端子GNDV与主端子V、控制端子GNDW与主端子W、控制端子GND与主端子N(P631为N1、N2)进行连接。
否则可能导致误动作。
- ⑩ 如果仅使用IPM单相或者不使用内置制动系列的制动相，未使用的相也需供给控制电源，将输入端子(V_{in})、报警输出端子(ALM)上拉到VCC。
在输入端子(V_{in})悬空的状态下供给控制电源时，将输出报警信号。
- ⑪ 在不使用预警功能时，推荐悬空预警端子。
当预警端子上拉到 V_{CC} 时，在预警动作时因 V_{CC}/R_{WNG} 所产生的消耗电流将会增加。
此时请考虑控制电源的设计。
另外，如果将预警端子下拉GND时，通常情况下会有大约200uA的电流通过控制IC，因此不推荐这样做。
- ⑫ 报警输出信号因保护信号的不同输出的脉宽也不同。(参照第3章第2项)
报警用光耦二次侧的报警输出时间，应结合光耦的延时及周边电路等情况进行设计。
- ⑬ IPM不能并联使用。各个IPM内置驱动、保护电路，如果将各个IPM并联，可能会因开关时间的偏差及保护时间的偏差导致电流集中于特定的IPM并使其损坏。
- ⑭ 外壳虽然使用的是UL规格的94-V0认定品，但并非不燃材料。
- ⑮ 在进行主端子及控制端子的焊接时，需注意勿让盖子表面温度超过焊接耐热温度。
如果焊料接触到盖子，可能导致盖子融化变形及焊料附着残留的情况发生。
- ⑯ X系列的IPM是以逆变器用途为前提而设计的。将本产品应用于整流器时，需充分研讨。
如欲将其应用于整流器，请咨询相关人员。
- ⑰ 制动部是以电阻负载为前提进行设计的。如需使用电感负载或用于升压电路等，请咨询相关人员。

第7章 发生故障时的处理方法

1. 发生故障时的处理方法	7-2
2. 故障原因分析图	7-2
3. 报警原因分析图	7-8

本章将对X系列IPM发生故障时的处理方法进行说明。

1.发生故障时的处理方法

IPM与IGBT模块相比内置了各种保护功能（过电流、过热等），因此在发生异常时，不会轻易损坏。但是，在某些异常模式下也可能会发生损坏的情况，所以在发生损坏时，需要查清发生的状况及原因并采取必要措施。

有关损坏的原因分析图见第2项，请参考其中的内容对损坏原因进行分析。

（元件的故障判定请参照模块应用手册RH984b第4章2项故障判定方法。）

此外，IPM输出报警时请利用本章3项的报警原因分析图对原因进行调查分析。

2.故障原因分析图

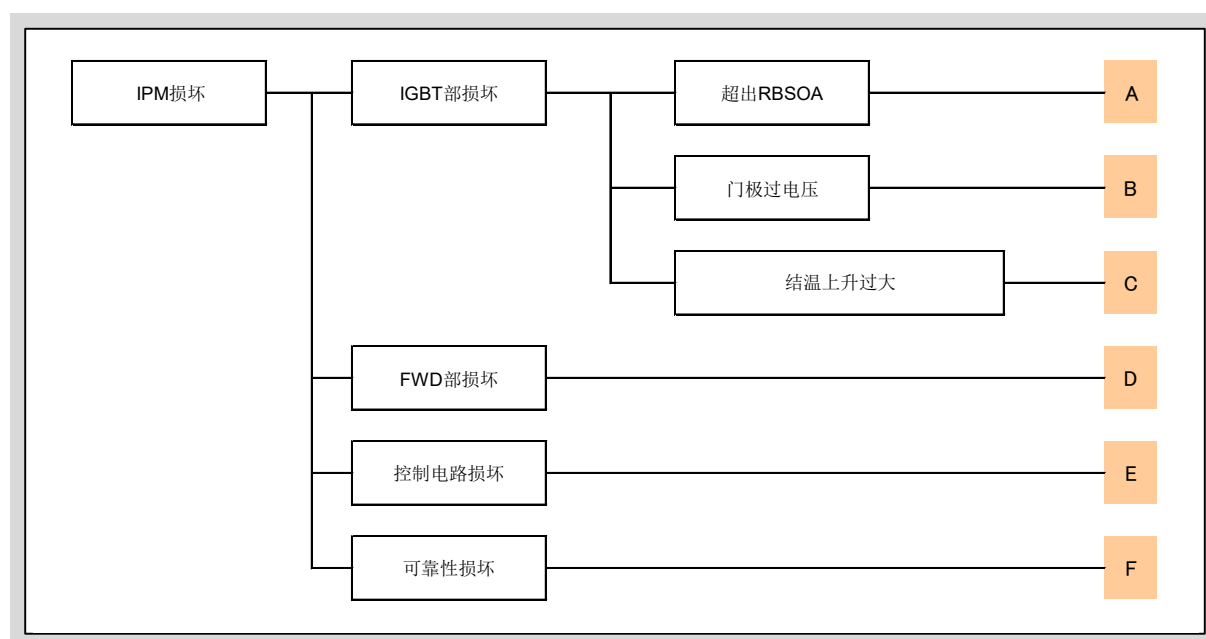
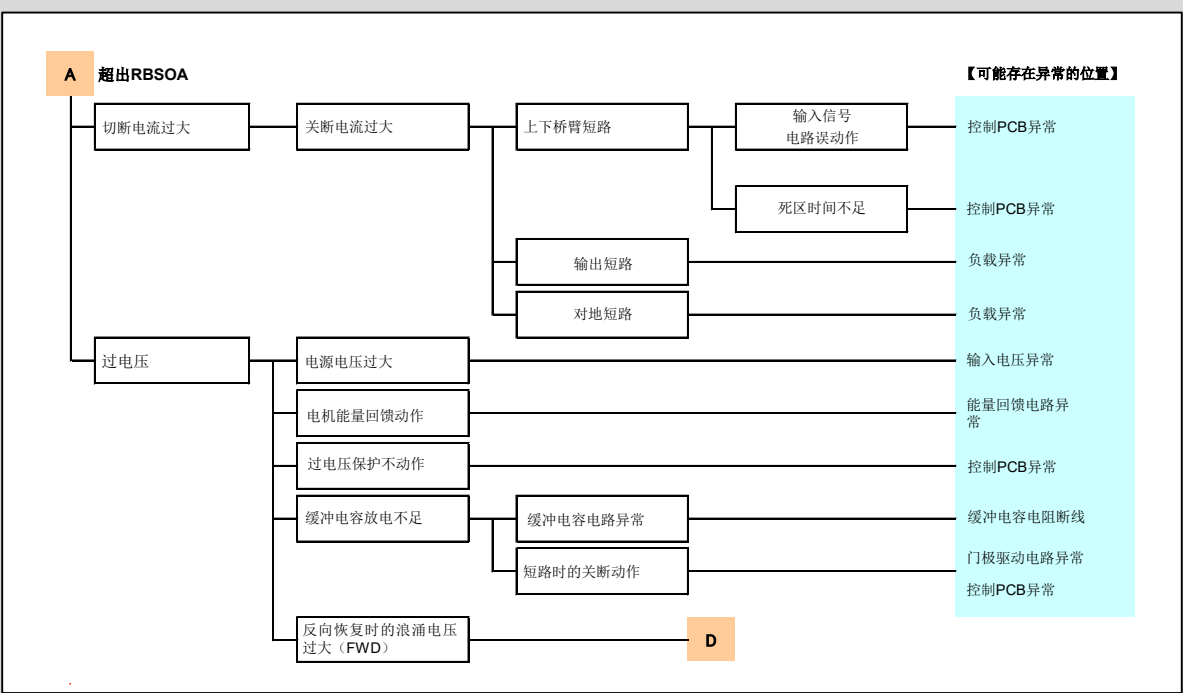
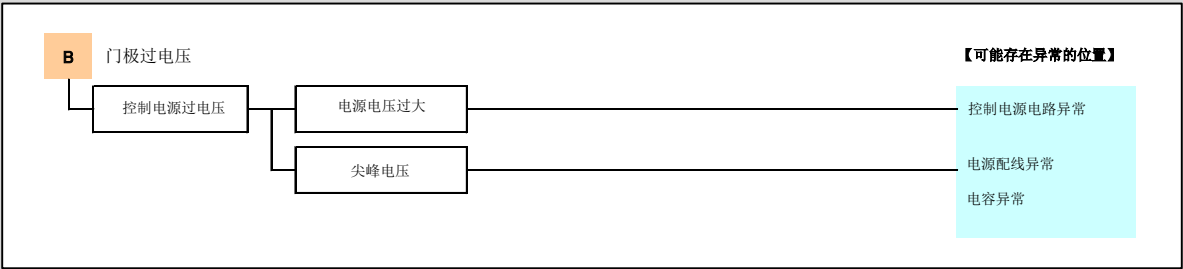


图7-1 IPM故障分析图（A~F符号与其他页详细FTA关联）

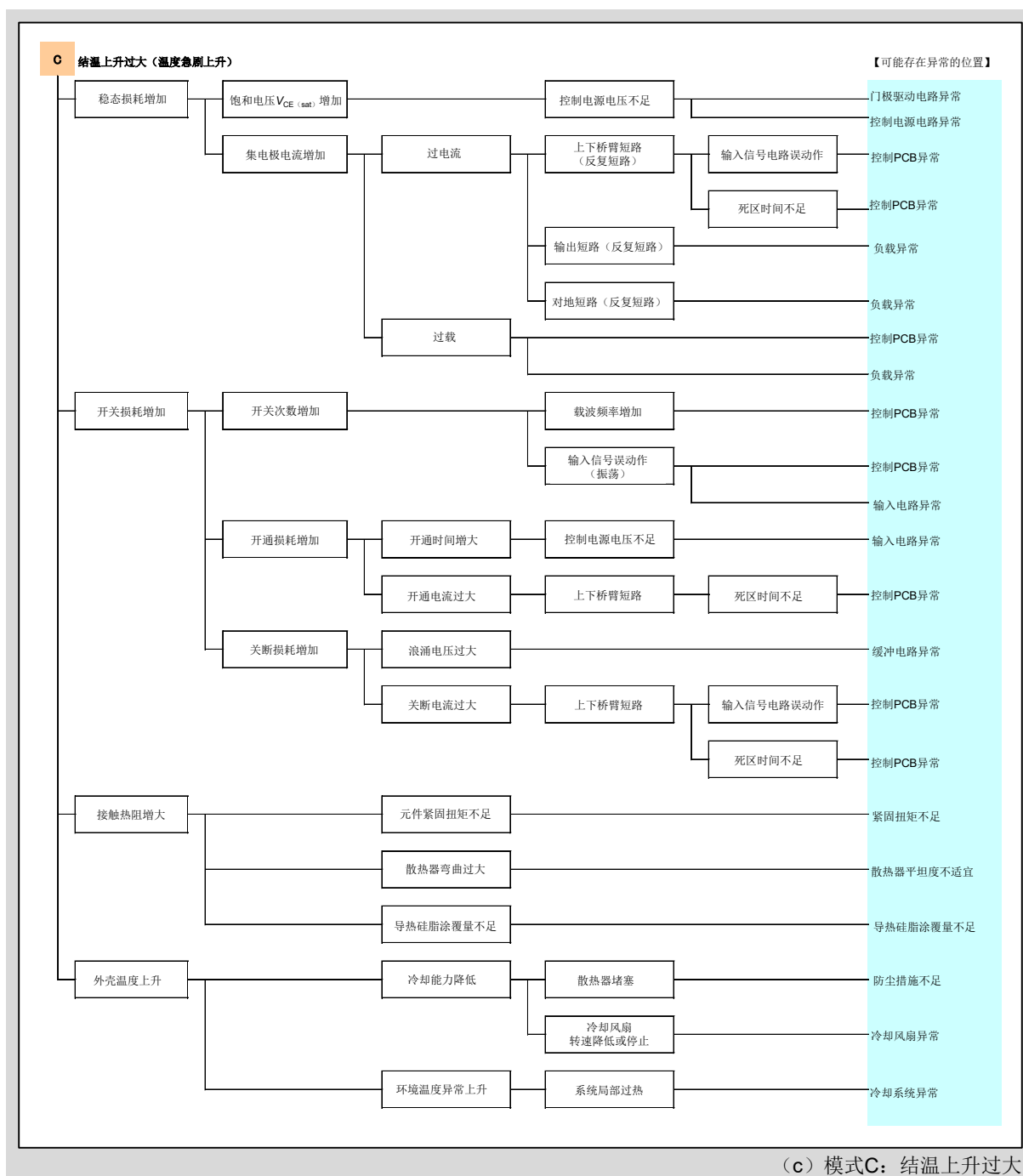


(a) 模式A: 超出RBSOA



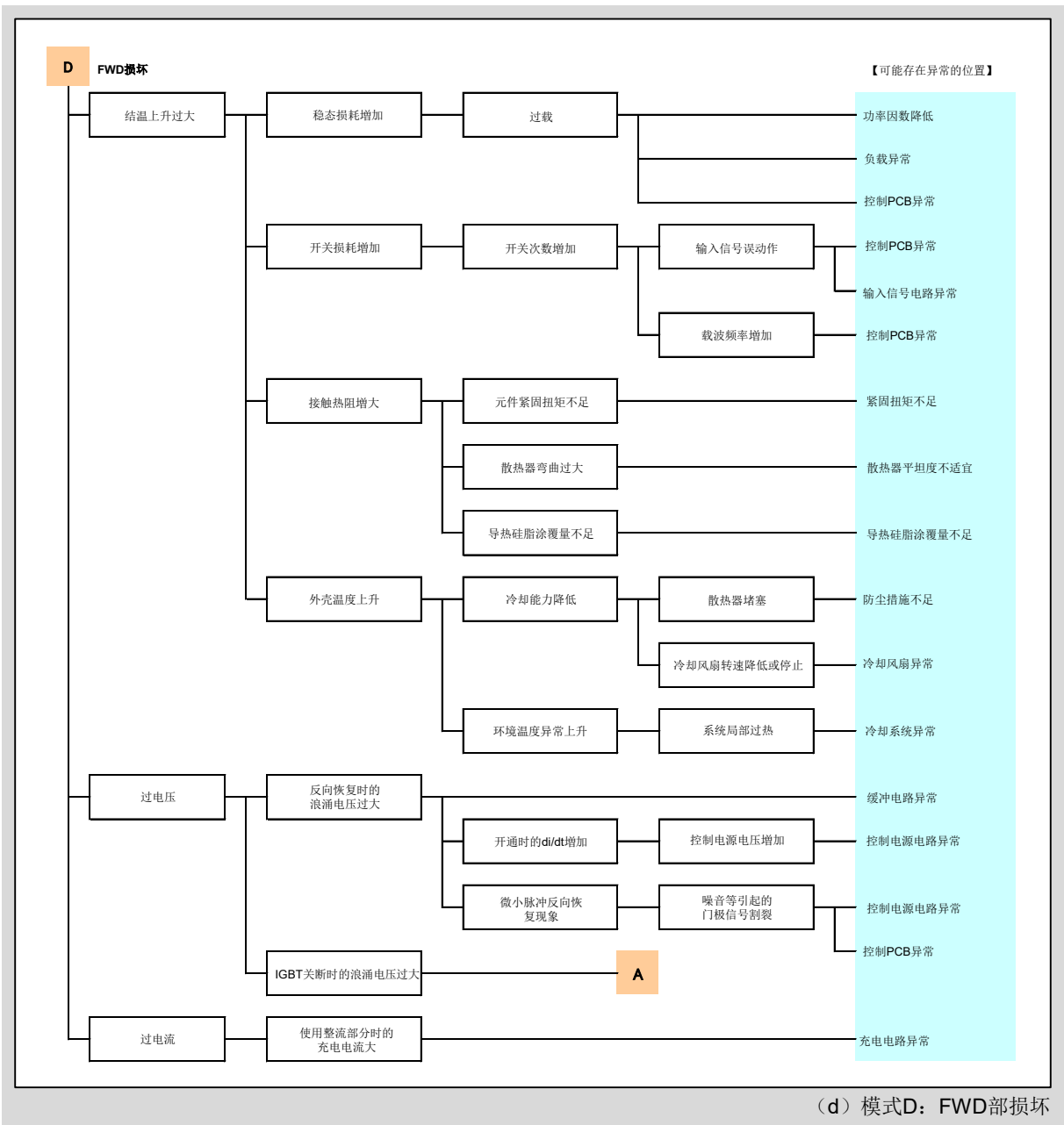
(b) 模式B: 门极过电压

图7-1 IPM故障分析图



(c) 模式C: 结温上升过大

图7-1 IPM故障分析图



(d) 模式D: FWD部损坏

图7-1 IPM故障分析图

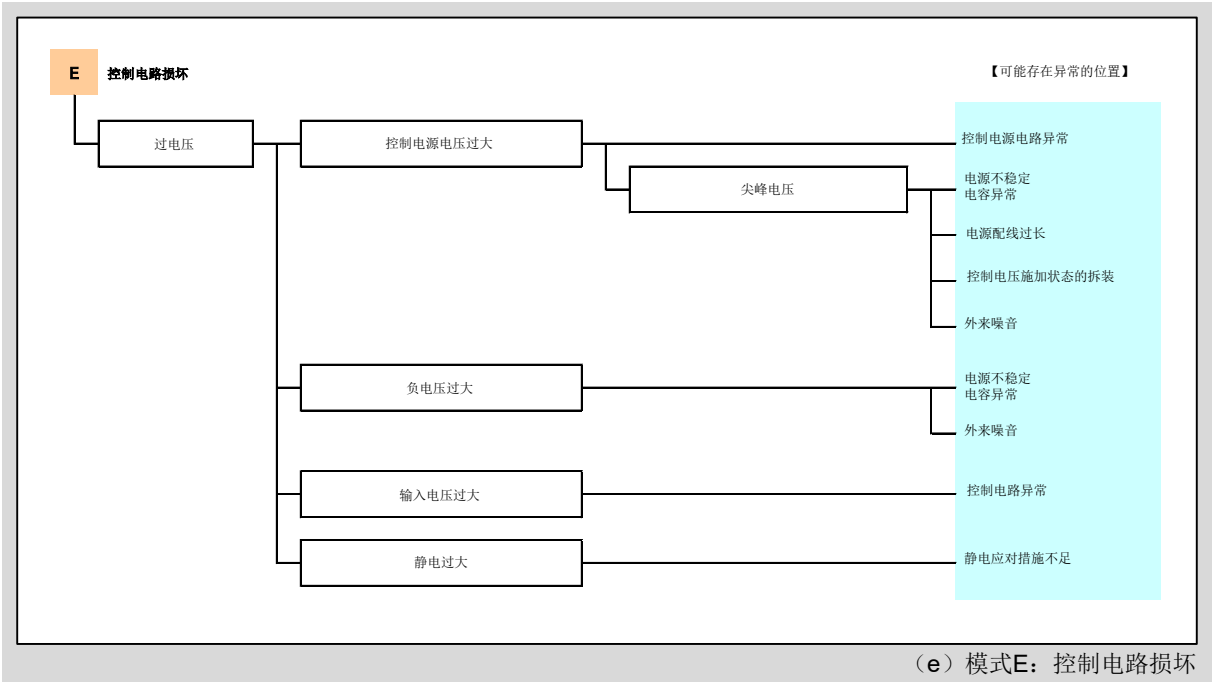


图7-1 IPM故障分析图

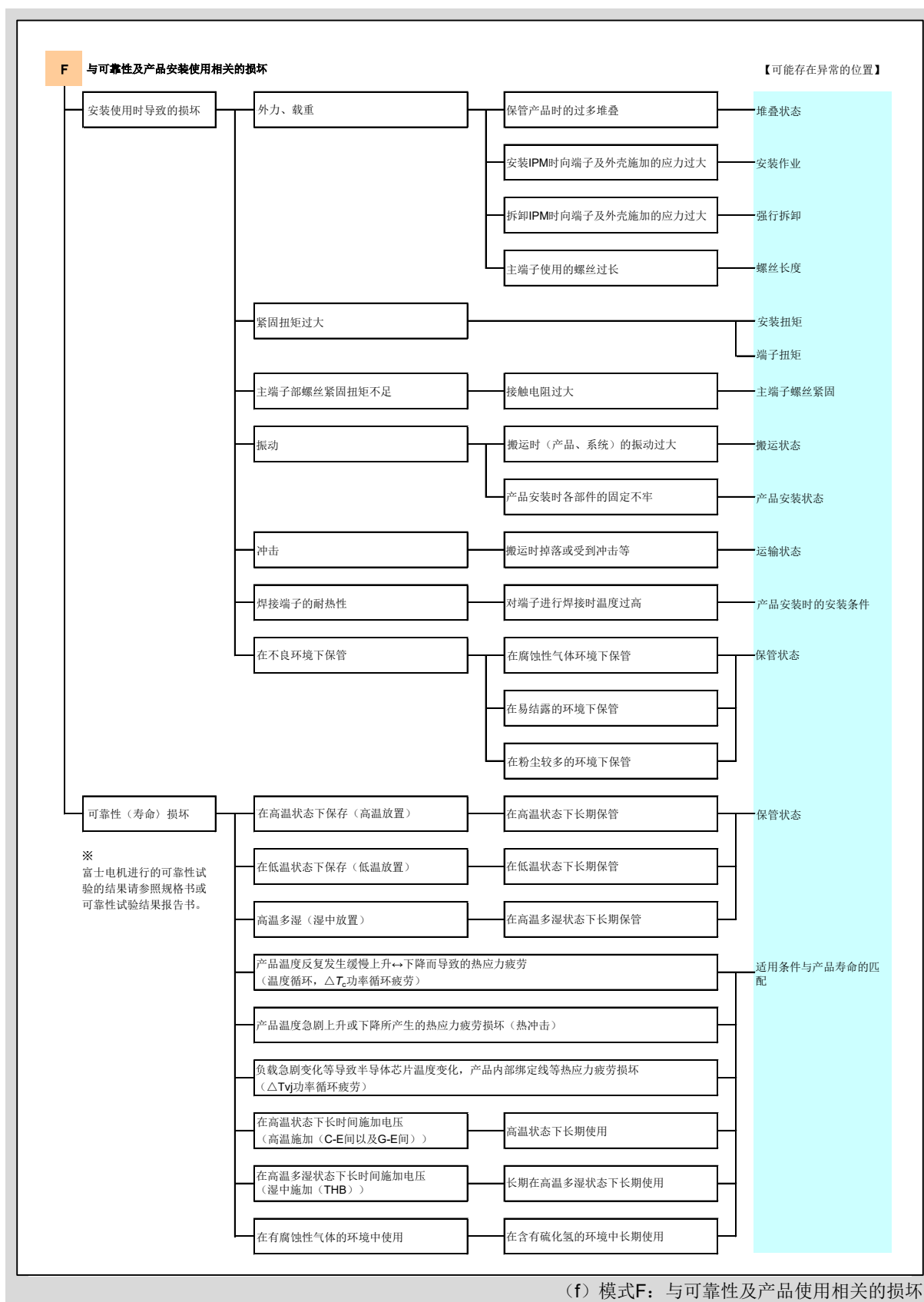


图7-1 IPM故障分析图

3.报警原因分析图

使用了IPM的系统发生报警停止时，首先应分析确认该报警是从IPM输出的，还是从系统控制电路（IPM以外）产生的。

若是由IPM输出的报警，则应按照图7-2的报警原因分析图来查找异常原因。

X-IPM与V-IPM相同，可以通过确认报警的脉宽来识别是哪种保护功能在动作，在确认报警脉宽之后再进行分析，就可以缩短原因分析所需的时间。

另外，测量报警电压时，在IPM报警端子与报警用光电二极管的负极之间插入1.3kΩ的电阻，在此状态下就能够较容易的测量出报警输出电压。

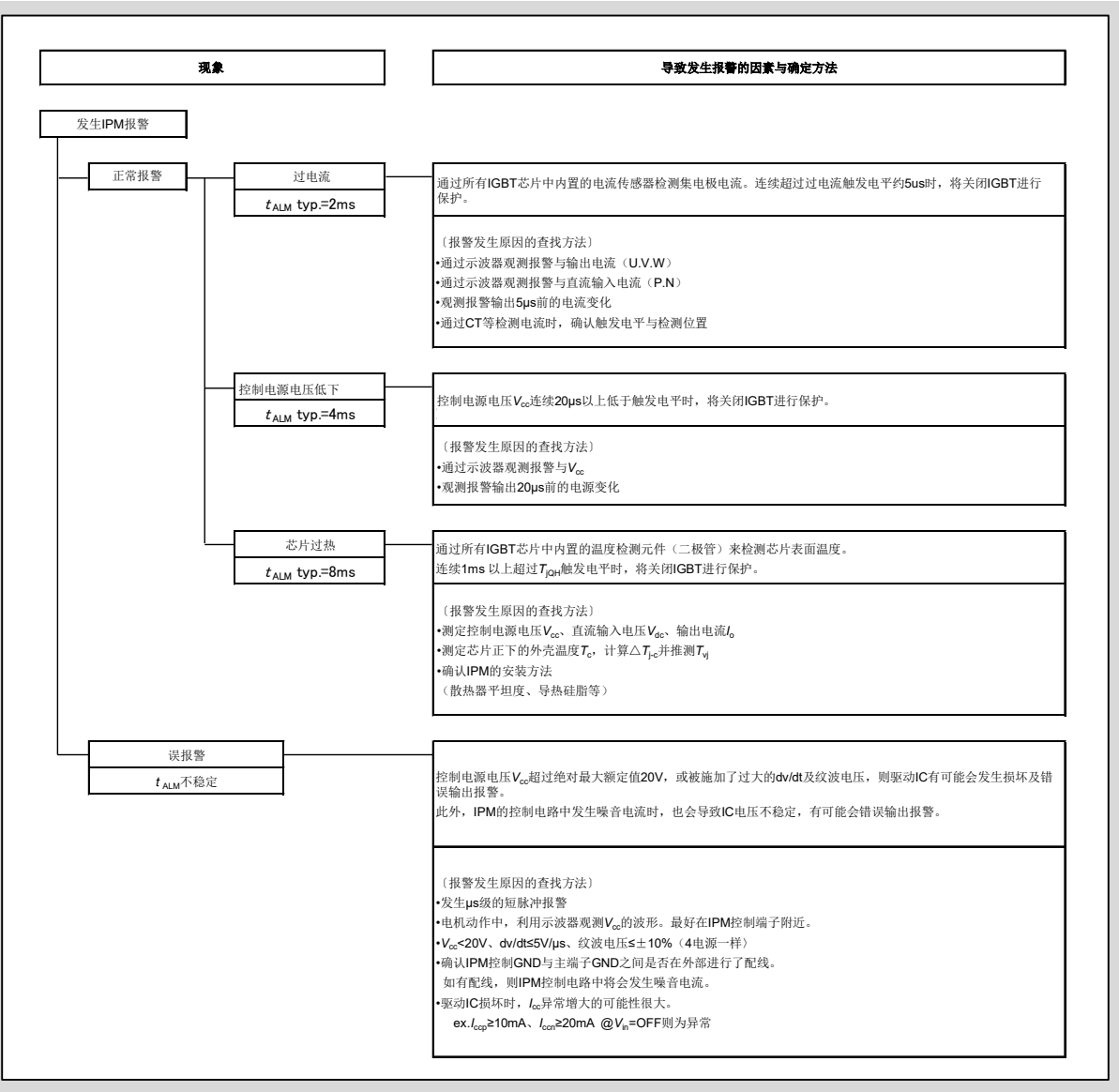


图7-2报警原因分析图