

## 第2章 术语和特性

1. 术语说明	2-2
2. 车载IGBT的模块冷却性能	2-5

本章对车载IGBT 模块的相关术语和特性进行说明。

## 1.术语说明

以下是规格书等中使用的各种术语的说明。

表2-1 最大额定值

术语	符号	定义（相关条件请参考规格书）
集电极-发射极间电压 (Collector-emitter voltage)	$V_{CES}$	在栅极-发射极间短路的状态下，可在集电极-发射极间施加的最大电压
栅极-发射极间电压 (Gate-emitter voltage)	$V_{GES}$	在集电极-发射极间短路的状态下，可在栅极-发射极间施加的最大电压
集电极电流 (Implemented collector current)	$I_{CN}$	额定电流
集电极电流 (Collector current)	$I_{Cnom}$	集电极电极允许的最大直流电流
	$I_C$	
	$-I_{Cnom}$	内置二极管允许的最大直流正向电流
	$-I_C$	
集电极损耗 (Collector power dissipation)	$P_C$	每个元件的IGBT允许的最大电力损耗
结温 (Junction temperature)	$T_{vj}$	可在不引起元件异常的情况下动作的最高芯片温度 (设计时需确保即使装置在最差状态下也不会超过该值)
连续动作时的结温 (Operating junction temperature)	$T_{vjop}$	允许元件连续动作的结温
冷却水温度 (Cooling water temperature)	$T_W$	冷却水道入水口的冷却水温度
保存温度 (Storage temperature)	$T_{stg}$	未向电极施加电力负荷时可保存或传输的温度范围
绝缘耐压 (Isolation voltage)	$V_{iso}$	在所有电极短路的状态下，电极和冷却器安装面间允许的正弦波电压的最大有效值
紧固转矩 (Screw torque)	Mounting	使用规定螺钉在用户装置中安装IGBT模块时的最大转矩值
	Main Terminal	使用规定螺钉紧固主端子和外部配线以及母排时的最大转矩值
	PCB Mounting	使用紧固螺钉将PCB安装至IGBT模块时的最大转矩值
控制端子焊接 (Control terminal soldering)	Number of times	最大次数
	Soldering temperature	最高焊接温度
	Soldering time	最大焊接时间 注：任何情况下均不可超过标记的最大额定值。

注：任何情况下均不可超过标记的最大额定值。

**表2-2 电气特性**

术语	符号	定义 (相关条件请参考规格书)	
静态特性	集电极-发射极间断路电流 (Zero gate voltage collector current)	$I_{CES}$	栅极 (以下称为G) -发射极 (以下称为E) 间短路的状态下, 在集电极 (以下称为C) -E间施加指定电压时的C-E漏电流
	栅极-发射极间漏电流 (Gate-emitter leakage current)	$I_{GES}$	C-E间短路的状态下, 在G-E间施加指定电压时的G-E间漏电流
	栅极-发射极间阈值电压 (Gate-emitter threshold voltage)	$V_{GE(th)}$	指定C-E间电流 (以下称为集电极电流) 和C-E间电压 (以下称为 $V_{CE}$ ) 的G-E间电压 (以下称为 $V_{GE}$ ) (作为C-E间开始流入微弱电流的 $V_{GE}$ 值、IGBT开始ON的 $V_{GE}$ 标准使用)
	集电极-发射极间饱和电压 (Collector-emitter saturation voltage)	$V_{CE(sat)}$	指定 $V_{GE}$ 中流过额定集电极电流时的 $V_{CE}$ 值 (通常, $V_{GE}=15V$ , 计算损耗时的重要值)
	输入电容 (Input capacitance)	$C_{ies}$	C-E间交流性短路的状态下, 在G-E间以及C-E间施加指定电压时的G-E间电容
	输出电容 (Output capacitance)	$C_{oes}$	G-E间交流性短路的状态下, 在G-E间以及C-E间施加指定电压时的C-E间电容
	反向转移电容 (Reverse transfer capacitance)	$C_{res}$	E接地时, 在G-E间施加指定电压时的C-G间电容
	二极管正向电压 (Diode forward on voltage)	$V_F$	内置二极管中流动指定正向电流 (通常为额定电流) 时的正向电压 (与 $V_{CE(sat)}$ 相同, 计算损耗时的重要值)
动态特性	开通时间 (Turn-on time)	$t_{d(on)}$	IGBT开通时, 从栅极-发射极电压上升到最大值的10%开始, 直到集电极电流上升到最大值的10%为止的时间。
	上升时间 (Rise time)	$t_r$	从集电极电流上升到最大值的10%开始, 到90%为止所需的时间。
	关断时间 (Turn-off time)	$t_{d(off)}$	IGBT关断时, 从栅极-发射极电压下降到最大值的90%开始, 直到集电极电流下降到最大值的90%为止的时间。
	下降时间 (Fall time)	$t_f$	IGBT关断时, 集电极电流在电流下降的接线上从最大值的90%下降至10%为止的时间
	反向恢复时间 (Reverse recovery time)	$t_{rr}$	内置二极管的反向恢复电流消失所需的时间
	反向恢复电流 (Reverse recovery current)	$I_{rrm}$	内置二极管的正向电流断路时, 反向流动电流的峰值
反向偏压安全动作区 (Reverse bias safe operating area)	RBSOA	关断时, 通过指定条件可断开IGBT的电流和电压范围 (超过该范围使用时可能损坏元件)	
栅极电阻 (Gate resistance)	$R_G$	栅极串联电阻值 (标准值记录在开关时间的测定条件中)	

**表2-3 电气特性 (续)**

术语	符号	定义 (相关条件请参考规格书)
栅极充电电荷量 (Gate charge capacity)	$Q_g$	可使IGBT开通的G-E间充电电荷量
静电耐量 (Electro Static Discharge)	HBM	人体模型的静电耐量
	MM	机器模型的静电耐量
检测发射极电压 (Sense emitter voltage)	$V_{SE}$	由规格中记载的 $V_{GE}$ 引起的额定集电极电流时的检测电阻间的电流检测输出电压
温度检测电压 (Temperature sense diode forward on voltage)	$V_{AK}$	温度检测二极管的正极、负极间正向电压

**表2-4 热阻特性**

术语	符号	定义 (相关条件请参考规格书)
热阻 (Thermal resistance)	$R_{th(j-win)}$	结温和冷却液间的热阻

## 2. 车载IGBT 模块的冷却性能

### 2.1 冷却器（水套）

车载IGBT模块采用由铝基板和带铝水套的散热片组成的直接水冷结构。与第1代冷却器相比，车载IGBT取消了冷却器底部的间隙，提高了冷却效率。第1代直接水冷结构需要有冷却液流路的冷却器（水套），但是，第3代冷却器中将散热片和水套设计为一体化结构，因此，无需单独设计水套。

### 2.2 瞬态热阻特性

图2-1所示为计算温度上升使用的瞬态热阻特性（该特性为每个IGBT元件的特性）。

该热阻是热分析等常用的特性，并使用类似电阻欧姆法则的公式对其进行定义。

$$\text{温度差 } \Delta T [^{\circ}\text{C}] = \text{热阻 } R_{th} [^{\circ}\text{C/W}] \times \text{能量 (损耗) [W]}$$

车载IGBT模块中，在计算IGBT、FWD的 $T_{vj}$ 时使用的热阻。

(详情请参考第3章 散热设计方法。)

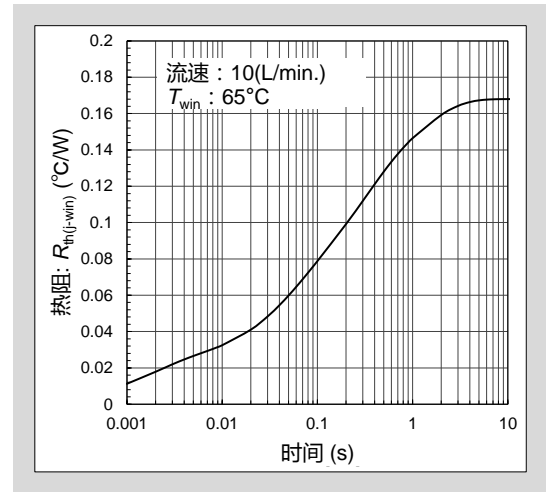


图2-1 瞬态热阻(max.)

### 2.3 受冷却液温度影响的冷却性能

用于冷却汽车IGBT模块的冷却液（冷却剂）的温度影响热阻。此外，冷却水温度越高，则压力损耗较大，但结温较高。因此，在设计模块时应适当注意。

### 2.4 冷却性能与冷却液流量的压力损耗关系

与冷却液温度相同，冷却液流量也会影响冷却性能。虽然冷却液流量增加可以提高冷却性能，但是，流路出口和入口之间的压力损失将增大。压力损失增大会导致模块内芯片温度不稳定，因此，需要优化系统内的水泵性能和流路设计。

图2-2所示为相对于冷却液流量的压力损失和热阻依存性的代表例。设计时请参考。

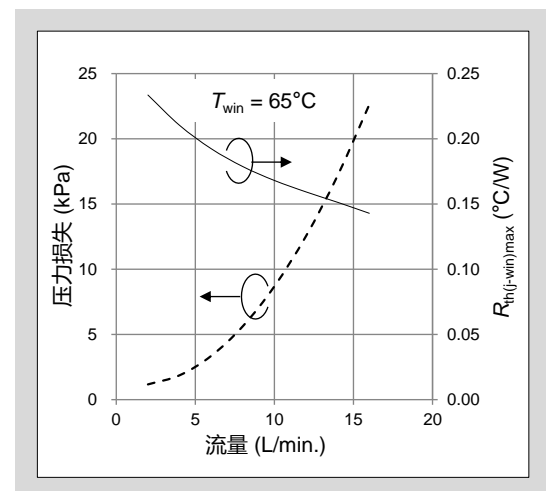


图2-2 压力损失和热阻流量依存性