

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 9684 - 2000

电力半导体器件用散热器选用导则

2000-04-24 发布

2000-10-01 实施

国家机械工业局 发布

前 言

本标准是对 JB/Z 363—89《电力半导体器件用散热器选用导则》进行的修订。

本标准编写规则按 GB/T 1.1—1993 的规定。

本标准较前版主要修订有：

1 扩大了标准的适用范围。前版仅适用于铸造类散热器，扩大为还适用于型材类和热管类散热器，相应补充了这两类散热器结构的特点和与器件参数的定量关系等内容。

2 引用标准增多。增加了型材散热器、热管散热器、1000 A 以上普通晶闸管和 1600 A 以上普通整流管等的引用标准。

3 “总则”章中增加了“散热器的型号识别”一条，其它各条有少量文字变化。

4 在“散热器与器件的参数关系”章中，增加了机械尺寸配合前提条件和计算参数关系的方法。在参数匹配中，增加了特大电流器件（管芯 Φ 100 mm）与最大号热管散热器、水冷散热器的参数关系。除水冷散热器保留给出与 115℃（ T_{jm} ）器件的参数关系外，删去散热器与 100℃和 115℃（ T_{jm} ）器件的参数关系。

5 增加了附录 A “无露运行的冷却水最低温度”。

本标准附录 A 是标准的附录。

本标准从实施之日起，JB/Z 363—89 作废。

本标准由西安电力电子技术研究所提出并归口。

本标准起草单位：西安电力电子技术研究所、江阴市可控硅附件有限公司、鞍山鞍明热管技术有限公司。

本标准起草人：秦贤满、陈振云、郭度厚、陆正柏。

本标准首次发布于 1989 年 3 月 29 日。

电力半导体器件用散热器选用导则

代替 JB/Z 363 - 1989

1 范围

本标准给出了选用散热器的总要求、一般方法、各系列散热器的特点，以及散热器和器件相关参数的定量关系。

本标准适用于铸造（或压铸）工艺、型材拉制工艺和热管结构的电力半导体器件用散热器。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。在标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 8446.1—1987	电力半导体器件用散热器
GB/T 8446.2—1987	电力半导体器件用散热器 热阻和流阻测试方法
GB/T 8446.3—1988	电力半导体器件用散热器 绝缘件和紧固件
JB/T 5781—1991	电力半导体器件用型材散热器技术条件
JB/T 5837—1991	ZP 系列 2000 A 以上管壳额定整流二极管
JB/T 5838—1991	KP 系列 1000 A 以上管壳额定反向阻断三极晶闸管
JB/T 8157—1999	电力半导体器件用型材散热体外形尺寸
JB/T 8757—1998	电力半导体器件用热管散热器
JB/T 8949.1—1999	电流小于 100 A 普通整流管
JB/T 8949.2—1999	电流大于 100 A 普通整流管
JB/T 8950.1—1999	电流小于 100 A 普通晶闸管
JB/T 8950.2—1999	电流大于 100 A 普通晶闸管

3 总则

3.1 选用散热器的依据

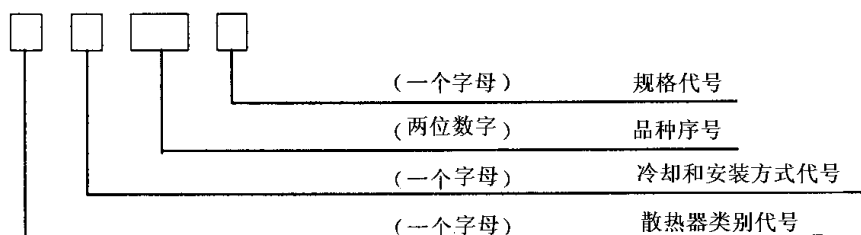
选用散热器的主要依据是电力半导体器件的内热阻（结壳热阻与接触热阻之和）和耗散功率，其次是器件的最高工作结温和冷却介质温度。

3.2 散热器的型号识别

散热器的基本型号包括两部分。第一部分为两个汉语拼音字母，两个字母分别表示散热器类别和冷却、安装方式。表示散热器品种的第二部分为两位数字，当品种需要划分为规格时，则两位数字后以一个汉语拼音字母表示，如 A、B 等。表示散热器品种的两数字越大，散热器的外形尺寸、体积越大，即散热器的热阻越小、负载能力越强。

散热器的型号及其第一部分两个字母的意义分别如图 1 和表 1 所示。

图 1
表 1



散热器类别代号及意义	冷却、安装方式代号及意义
S (铸造类) 散热器	P 自冷、片式
X 型材类散热器	Z 自冷、螺栓式
R 热管类散热器	L 风冷、螺栓式
	F 风冷、平板式
	S 水冷、平板式
	M 自冷、模块式
	K 风冷、模块式

散热器型号第一部分两个字母是散热器系列的代号，如 SF 系列、SS 系列等，对于确定的散热器类别，表示冷却、安装方式的一个字母即为散热器系列的代号。表 1 中三类散热器现行标准共有 11 个系列、45 个品种、80 个规格，各系列、品种、规格的型号如表 2 所示。

表 2

系列名称	品种规格型号							
SP 系列 自冷片形散热器	SP11	SP12	—	—	—	—	—	—
SZ 系列 自冷螺栓形散热器	SZ13	SZ14	SZ14A SZ14B	SZ15 SZ15A	SZ16	SZ17	—	—
SL 系列 风冷螺栓形散热器	SL16	SL17 SL17A	SL18 SL18A	SL19 SL19A	SL20	SL21	—	—
SF 系列 风冷平板形散热器	SF11	SF12	SF13	SF14	SF15	SF16	SF17 SF17A	—
SS 系列 水冷平板形散热器	SS11	SS12	SS13	SS14	SS15	SS16	—	—
XZ 系列 自冷螺栓形型材散热器	XZ13	XZ13A XZ13B	XZ15	XZ15A XZ15B	XZ17	XZ17A XZ17B	XZ17C XZ17D	—
XL 系列 风冷螺栓形型材散热器	XL17 XL17A	XL17B XL17C	XL18 XL18A	XL18B XL18C	XL19 XL19A	XL19B XL19C	XL20	XL20A XL20B
XF 系列 风冷平板形型材散热器	XF12A XF12B	XF15A XF15B	XF16A XF16B	—	—	—	—	—
RM 系列 自冷模块式热管散热器	RM01A RM01B	RM02A RM02B	RM03A	—	—	—	—	—
RK 系列 风冷模块式热管散热器	RK02A RK02B	RK02C	RK03A	—	—	—	—	—
RF 系列 风冷平板式热管散热器	RF12	RF15	RF16	RF17	RF17A RF17B	RF18 RF18A	—	—

注：SS15 和 SS16 尚未纳入散热器产品标准，已有制造和应用。

型号中品种序号对应散热器的长、宽、高外形尺寸，对于各螺栓形散热器系列 (SZ、SL、XZ、XL)，同一系列中品种序号相同、规格代号不同的两种或多种散热器，它们的外形尺寸和热阻等指标均相同，品种序号后有无字母或字母不同，仅表示安装器件的有关尺寸不同，如 SZ15 和 SZ15A 的螺孔尺寸分别为 M8 和 M10，XL20、XL20A 和 XL20B 分别表示无中心螺孔 (适用于模块)、螺孔为 M24×1.5 和 M30×1.5 的不同。对于平板形散热器系列 (XF、RF) 和模块用热管散热器系列 (RM、RK)，同一系列

M30×1.5的不同。对于平板形散热器系列(XF、RF)和模块用热管散热器系列(RM、RK),同一系列中品种序号相同而规格代号不同的两种散热器,它们的外形长和高相同,长度尺寸不同,两者的热阻也不相同,如XF15A和XF15B的L分别为140 mm和180 mm,热阻分别为0.065℃/W和0.055℃/W;RM01A和RM01B的L分别为305 mm和385 mm,热阻分别为0.5℃/W和0.35℃/W。

3.3 确定紧固力(力矩)的原则

紧固力(力矩)是连接器件和散热器的不可缺少的重要参数,正确确定和使用它,对保证器件长期稳定地工作和可靠性起着重要的作用。

紧固力(力矩)是使散热器与器件组装后具有良好热接触的安装力或安装力矩。此力或力矩是具有一定允差范围的额定值,组装时应严格遵守这个范围。紧固力(力矩)由器件制造厂或器件标准给出,或根据紧固力(力矩)与有关参数的特性曲线确定。当器件厂未给出紧固力时,按器件管壳与散热器接触的面积,可采用1~1.5 kN/cm²的紧固力。

为了改善散热器与器件的接触,增加有效接触面积,提高散热效果,在散热器和器件之间可涂一薄层导电导热性物质,如硅脂。

3.4 散热器的额定冷却条件

散热器的额定冷却条件系指按GB/T 8446.2确定散热器热阻值、流阻值和特性曲线的测试条件。

自冷散热器:环境空气温度不高于40℃、空气自然对流的风速不大于0.5 m/s;

风冷散热器:进口空气温度不高于40℃、进口端风速为6 m/s;

水冷散热器:进口水温度不高于35℃、水流量为4 L/min。

3.5 整机中选用散热器的一般原则

首先应根据器件在电路中的稳、瞬态工作情况,并考虑一定的余量选择器件参数,然后根据器件参数再选用所需的散热器。

3.6 散热器的机械尺寸和互换性

散热器与器件组装后的外形尺寸应符合有关标准的规定,如SF系列散热器组装后应符合GB/T 8446.1的2.3规定。

各系列平板形散热器(或模块用散热器)对于凸台平板形器件(或模块)具有良好的通用互换性。一般,两、三种散热器可用于同一种器件,一种散热器又可用于两、三种器件。散热器台面上可安装器件的最大尺寸,取决于平板形散热器的两根、三根或四根螺栓之间的最大有效开档距离,对于模块用热管散热器取决于有效台面的尺寸,这些尺寸或距离在各散热器产品标准中有详尽数据。

3.7 散热器的绝缘件和紧固件

散热器的绝缘件外形尺寸、机械强度、绝缘耐压和紧固件的外形尺寸、机械强度、表观质量等技术要求应符合GB/T 8446.3的规定。

作为风、水冷散热器零部件的绝缘件和紧固件,有一定的通用互换性,选用时,应符合GB/T 8446.3—1988的表1和表6分别规定的绝缘件型号和紧固件型号与散热器型号的对应关系。

散热器的绝缘性能主要取决于其绝缘件的性能,对于平板形风冷散热器还与阴、阳极两散热体之间的空气放电距离(H₂尺寸)有关,此尺寸应符合GB/T 8446.1表10或JB/T 8757表5的规定。为确保SS系列水冷散热器的绝缘性能和不短路,应防止散热器上出现凝露,对于85%相对湿度时,通常要求环境空气温度与冷却水温度之差不大于5℃,否则冷却水系统应有加热装置。依赖于环境温度和相

对湿度的“无露运行最低水温”详见附录 A。环境温度 T_a 高、相对湿度大时均要求水温提高，在相对湿度 95% 时，要求 T_a 与水温之差不大于 1.5°C ，而在相对湿度 70% 时，要求 T_a 与水温之差不大于 $(9.5\sim 11)^\circ\text{C}$ 。

3.8 选用散热器的综合考虑

选用散热器时应正确识别散热器、绝缘件和紧固件的型号和意义，了解各系列散热器的散热能力范围、冷却方式、技术参数和结构特点。一种器件仅从热阻参数看，可能有两、三种散热器均能满足，但应结合冷却、安装、通用互换和经济性综合考虑选取一种最佳的散热器。

4 选用散热器的一般方法

4.1 器件制造厂选用的方法

4.1.1 总公式

器件带散热器额定或用全动态测试方法验证额定主电流时，应按最高工作结温、额定冷却条件、内热阻和正向（通态）伏安特性曲线（上限值）选用散热器，总的关系式是：

$$R_{sa} = \frac{T_{jm} - T_a}{P_{AV}} - (R_{jc} + R_{cs}) \dots\dots\dots (1)$$

式中： R_{sa} ——所求散热器的热阻， C/W ；

T_{jm} ——最高工作结温， $^\circ\text{C}$ ；

T_a ——环境温度， $^\circ\text{C}$ ，自冷或风冷为 40°C 、水冷为 35°C ；

R_{jc} ——器件的结壳热阻， $^\circ\text{C/W}$ ；

R_{cs} ——接触热阻， $^\circ\text{C/W}$ ；

P_{AV} ——正向（通态）耗散平均功率， W 。

4.1.2 步骤

a) 由 T_{jm} 时正向（通态）峰值电压上限值 V_{FM} (V_{TM}) 的伏安特性曲线上两规定点，求出门槛电压 V_{T0} 和斜率电阻 r_T ；

b) 按正弦半波、导通角 180° 的器件耗散功率公式 (2) 或 (3) 算出 P_{AV}

$$P_{AV} = 0.785 V_{TM} \cdot I_{AV} + 0.215 V_{T0} \cdot I_{AV} \dots\dots\dots (2)$$

$$P_{AV} = V_{T0} \cdot I_{AV} + 2.47 r_T \cdot I_{AV}^2 \dots\dots\dots (3)$$

式中： I_{AV} ——器件的额定主电流， A 。

c) 由 R_{jc} 、 T_{jm} 和 P_{AV} 按公式 (4) 算出最大允许的器件管壳温度 T_c ，若器件参数表中已给出 T_c 值，则此步骤可省略；

$$T_c = T_{jm} - R_{jc} \cdot P_{AV} \dots\dots\dots (4)$$

d) 由 R_{cs} 、 T_c 和 P_{AV} 按公式 (5) 算出最大允许的散热器台面温度 T_s ；

$$T_s = T_c - R_{cs} \cdot P_{AV} \dots\dots\dots (5)$$

e) 由 T_{cs} 、 T_c 和 P_{AV} 按公式 (6) 算出散热器的热阻值 R_{sa} ；

$$R_{sa} = \frac{T_s - T_a}{P_{AV}} \dots\dots\dots (6)$$

f) 查散热器产品标准，标准中热阻值与 e 项计算值相同，或小于又最接近计算值的散热器即为所选用的散热器。

4.1.3 示例

已知：50 A (I_{AV}) 整流管的参数为：

$$R_{jc}=0.6\text{ }^{\circ}\text{C/W}、R_{cs}=0.2\text{ }^{\circ}\text{C/W}、U_{T0}=0.8\text{ V}、T_{jm}=150\text{ }^{\circ}\text{C}、r_T=6\text{ m}\Omega、T_a=40\text{ }^{\circ}\text{C}。$$

求：用全动态测试法验证应带的散热器及允许的最大正向峰值电压 (U_{FM})。

a) 按公式 (3)，整流管最大允许耗散功率为

$$P_{AV}=V_{T0} \cdot I_{AV}+2.47r_T \cdot I_{AV}^2=77.05\text{ W}$$

b) 按公式 (4)，最大允许管壳温度为

$$T_c=T_{jm}-R_{jc} \cdot P_{AV}=103.77\text{ }^{\circ}\text{C}$$

c) 按公式 (5)，散热器基准点最高温度为

$$T_s=T_c-R_{cs} \cdot P_{AV}=88.36\text{ }^{\circ}\text{C}$$

d) 按公式 (6)，计算要求的散热器热阻值为

$$R_{sa}=\frac{T_s-T_a}{P_{AV}}=\frac{88.36-40}{77.05}\approx 0.63\text{ }^{\circ}\text{C/W}$$

e) 实际选用的散热器

查散热器标准 (GB/T 8446.1)，SL16 型风冷螺栓形散热器的热阻值为 0.60 $^{\circ}\text{C/W}$ ，略小于又最接近 d 项计算值，则 SL16 型散热器即为所求。

f) 由 (2) 式变换，计算允许的最大正向峰值电压为

$$U_{FM}=\frac{P_{AV}-0.215U_{T0} \cdot I_{AV}}{0.785I_{AV}}\approx 1.74\text{ U}$$

由已知的 U_{T0} 和 r_T ，按 $U_{FM}=U_{T0}+r_T \cdot \pi I_{AV}$ ，也可求得 $U_{FM}=1.74\text{ U}$ 。

本例器件实配的散热器热阻 (0.60) 稍小于计算要求的值 (0.63)，即该器件按 (6) 式允许的 P_{AV} 将提高至 78.57 W，由此按 (2) 式可得到 $U_{FM}=1.78\text{ V}$ (对应 $I_{AV}=52\text{ A}$)。对于器件制造厂，考虑到作为上限值 U_{FM} 的少许余量和总是用 50 A (I_{AV}) 的峰值电流测试 U_{FM} ，本例 U_{FM} 以 1.74 V 给出较为妥当。

4.2 整机中选用的方法

4.2.1 概述

整机中器件的散热器，应根据器件在整机中工作的实际冷却条件 (冷却介质温度和流量) 和稳、瞬态负载情况，并适当考虑安全系数应有的余量，按稳态不超过最高工作结温来选取。

4.2.2 一般步骤

a) 根据器件在电路中工作的电流波形和导通角，确定器件工作时的 I_{AV} 并按公式 (7) 算出 I_{RMS} ：

$$I_{RMS}=F \cdot I_{AV} \dots \dots \dots (7)$$

式中： I_{RMS} ——器件的方均根电流，A；

F ——波形因数。

b) 由 I_{RMS} 或 180 $^{\circ}$ 导通角的 I_{AV} 。并结合浪涌电流等器件参数的考虑，查器件产品标准或数据手册，找到所需器件型号；

c) 由所需器件的最大允许管壳温度 T_c 与主电流 I_{AV} 的关系曲线，查得工作点 I_{AV} 值对应的 T_c 值，或由所需器件的有关参数按 4.1.2a~c 步骤算出 T_c 值；

d) 用和 4.1.2d~e 相同的方法，算出散热器的热阻 R_{sd} ；

e) 当散热器的工作环境与额定冷却条件一致时，由计算值 R_{sd} 查散热器标准数据表就可求得所选

用的散热器；不一致时，则必须查散热器热阻与冷却介质（空气或水）流速或流量的关系曲线求得，或在 b 项时，先根据 180° 导通角的 I_{AV} （或 I_{RMS} ）与冷却介质（空气或水）流速或流量的关系曲线，将 I_{AV} 修正到额定冷却条件下的值，再确定所需器件的型号。

4.2.3 示例

电动机负载等级为 I 级，额定直流电流为 516 A，采用由晶闸管组成的三相桥电路供电，求每只晶闸管应带的散热器？

a) 在三相桥中每只晶闸管负载为（导通角 120°）

$$I_{T(AV)} = 1/3 \times 516A = 172A \quad (\text{假定 } I_{T(AV)} = I_{T(DC)})$$

$$I_{T(RMS)} = F \cdot I_{T(AV)} = 1.73 \times 172 A = 298 A$$

折合为正弦半波 180° 导通角的电流：

$$I_{T(AV)} = 298/1.57 = 190A$$

b) 查器件标准，确定选用 KP200 型器件，参数表给出的有关参数为：

$T_{jm} = 125^\circ\text{C}$ 、120° 导通的 $R_{jc} = 0.11^\circ\text{C}/\text{W}$ 、 $R_{cs} = 0.03^\circ\text{C}/\text{W}$ ；查此型器件正弦波 180° 或方波 120° 导通角的 $P_T \sim I_{T(AV)}$ 曲线，对应正弦 180° 导通的 190 A 或方波 120° 导通的 172 A 的耗散功率： $P_T \sim I_{T(AV)} = 320 \text{ W}$ ；

c) $T_c = T_{jm} - R_{jc} \cdot P_T \sim I_{T(AV)} = 125 - 0.11 \times 320 = 89.9^\circ\text{C}$ ，

若给出 $T_c \sim I_{T(AV)}$ 曲线，可由曲线对应工作点直接查出 T_c 值；

d) $T_s = T_c - R_{cs} \cdot P_T \sim I_{T(AV)} = 89.9 - 0.03 \times 320 = 80.2^\circ\text{C}$ ；

e) 应带散热器的最大热阻值：

$$R_{sa} = \frac{T_s - T_a}{P_T \sim I_{T(AV)}} = \frac{80.2 - 40}{320} = 0.126^\circ\text{C}/\text{W}$$

f) 查散热器标准 (GB/T 8446.1)，比较靠近又小于 0.126°C/W 热阻值的散热器有风冷螺栓 SL19 型 (0.110°C/W) 和风冷平板形 SF11 型 (0.120°C/W)，从热阻值看两者均能满足，到底取谁，要视设计余量、体积大小和结构、安装方式等因素综合确定；

g) 如散热器在比额定冷却条件差（如风速达不到 6 m/s）的环境工作，则应查比 SL19 或 SF11 型大一、二档的热阻与风速的关系曲线，对应实际冷却条件、热阻值又不大于 0.126°C/W 的散热器即为所求。

4.3 紧固力（力矩）特性曲线

4.3.1 概述

a) 紧固力 (F) 或紧固力矩 (M) 特性曲线是敏感于力 (力矩) 的电特性与机械额定值相联系的一种性能曲线。通常以力 (力矩) 表示自变量，并作为曲线的横坐标，以接触热阻 (R_{cs}) 或正向 (通态) 峰值电压 U_{FV} (U_{TV}) 表示因变量，并作为曲线的纵坐标；

b) 此曲线用于确定或正确选用散热器与器件安装的紧固力 (力矩) 额定值。

4.3.2 曲线的性质

a) 是一条试验曲线；

b) 曲线特性的优劣取决于散热器与器件有效接触面积大小、接触表面材质和机械加工等因素。曲线 a 是常观察到的形状，曲线 b 是试验难于得到的微观的必然定性情况。

4.3.3 曲线的四个区域

紧固力（力矩）特性曲线的定性形状如图 2 所示，并按力的大小和效果分为四个区域。

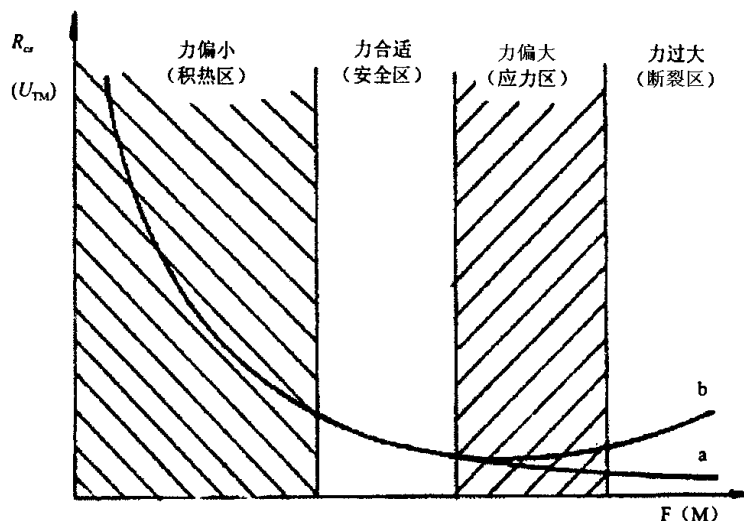


图 2

a) 力偏小区域（积热区）：此区域的力不能达到使散热器与器件良好的热接触，热特性不稳定，接触热阻过大，有积热产生，热和机械效应恶性循环将导致器件特性恶化或烧毁；

b) 力合适区域（安全区）：此区域又称定值区，在靠近曲线最低点左侧一个小范围，确定或选取紧固力（力矩）额定值。切忌取曲线最低点或其右侧范围的值；

c) 力偏大区域（应力区）：此区域前半段，表面上对有关短暂测试的出厂参数有利，但器件管芯硅片已受应力，散热器紧固件的塑性也可能消失或部分消失，对型式（周期）试验和长期工作寿命极为不利，这种内部已有应力的器件往往通不过浪涌电流试验，此区域后半段，由于力偏大，有效接触面积反而减少，宏观参数也朝不利方向变化；

d) 力过大区域（断裂区）：有效接触面积进一步减少，特性参数进一步恶化，甚至使管芯硅片断裂、散热器紧固件和绝缘件变形或破裂。

5 各系列散热器的特点

5.1 自冷散热器

5.1.1 一般要求

a) 按有关标准，自冷散热器有 SP、SZ、XZ 和 RM 四个系列，分别有 2 个品种（规格）、5 个品种（8 个规格）、3 个品种（11 个规格）和 5 个品种（规格）；

b) 自冷散热器安装时，散热器叶片应平行于垂直上、下的冷热空气自然对流方向；

c) JB/T 8757 中给出的热管散热器的热阻值是按热管水平放置确定的，而热管垂直放置较水平放置的热阻值，一般要减小 5%至 10%，甚至更多，因而在使用散管散热器时，应尽可能使热管垂直放置。

5.1.2 SP 系列自冷散热器

- a) 结构最简单, 每种散热器都是一个兼顾安装用、表面有镀层的铜片;
- b) 散热功率小, 适用于小电流的螺栓器件, 可用于 $1\sim 5\text{ A}$ ($I_{F(AV)}$)、 $3\sim 6\text{ W}$ ($P_{F(AV)}$) 的整流管 $1\sim 3\text{ A}$ ($I_{T(AV)}$)、 $2\sim 5\text{ W}$ ($P_{T(AV)}$) 的晶闸管。

5.1.3 SZ 和 XZ 两系列自冷散热器

a) 结构较简单, 每种散热器均由一件散热体和一件兼安装用、表面有镀层的铜导电片组成, 散热体材质为合金铝;

b) 适用于中小电流螺栓形器件, 可用于 $5\sim 30\text{ A}$ ($I_{F(AV)}$)、 $8\sim 40\text{ W}$ ($P_{F(AV)}$) 的整流管或 $5\sim 20\text{ A}$ ($I_{T(AV)}$)、 $7\sim 30\text{ W}$ ($P_{T(AV)}$) 的晶闸管;

c) SZ 和 XZ 两系列散热器的基本结构形状、冷却方式和适用器件电流范围都相同, 两者主要不同是制造工艺和外观: SZ 型散热器由铸造或压铸工艺制造, 散热器材质较纯或表面积较大, 因而热阻稍小些, XZ 型散热器由型材工艺制造, 外观质量和机械强度较好。

5.1.4 RM 系列自冷散热器

a) RM 型自冷散热器是一种热管散热器, 由于热管散热器传热性能优良, 自冷热管散热器的最大特点和优势是适用于中大电流器件, 并可代替部分较大容量的铸造或型材风冷散热器, 从而省去风道、风机等装置, 简化应用系统, 提高系统的可靠性;

b) RM 系列是主要用于电力半导体模块的自冷热管散热器系列, 其结构和台面上可能的安装方式也适用于平底形器件和单面散热的平板形器件。RM 系列的热阻范围为 $0.50\sim 0.075\text{ }^\circ\text{C/W}$, 适用的模块或分立器件的电流范围一般为 $30\sim 400\text{ A}$, 耗散功率范围一般为 $100\sim 700\text{ W}$ 。

5.2 风冷散热器

5.2.1 一般要求

a) 按有关标准, 风冷散热器有 SL、SF、XL、XF、RK 和 RF 六个系列, 分别有 6 个品种 (9 个规格)、7 个品种 (8 个规格)、4 个品种 (15 个规格)、3 个品种 (6 个规格)、4 个品种 (规格) 和 6 个品种 (8 个规格);

b) 风冷散热器安装时, 散热器叶片应沿冷却风气流方向;

c) 由于风冷散热器在风冷条件下有较强散热能力的特点, 风冷散热器一般不宜作自冷散热器用; 若用于自冷, 则必须根据散热器热阻与风速关系曲线的零风速附近的热阻值决定散热器的负载能力;

d) 由于风冷散热器具有风阻参数的特点, 选用整机中的散热器时, 应根据负载要求和风机能力, 查散热器热阻、流阻与风速的关系曲线, 折中考虑散热器热阻和风阻两个参数。

5.2.2 SL 和 XL 两系列风冷散热器

a) SL 系列和 XL 系列均是用于螺栓形器件的风冷散热器, 其结构组成和材质分别与 SZ 系列和 XZ 系列相似或相同。SL 系列是铸造类散热器, XL 是型材类散热器, XL 系列还可用于电力半导体模块, 型号中不带规格字母的, 如 XL17、XL18 等均是模块用的风冷散热器。

b) 适用于中大电流螺栓形器件, 可用于 $30\sim 500\text{ A}$ ($I_{F(AV)}$)、 $60\sim 700\text{ W}$ ($P_{F(AV)}$) 的整流管或 $30\sim 400\text{ A}$ ($I_{T(AV)}$)、 $50\sim 600\text{ W}$ ($P_{T(AV)}$) 的晶闸管。

5.2.3 SF、XF 和 RF 三系列风冷散热器

a) SF、XF 和 RF 分别属于铸造类散热器、型材类散热器和热管类散热器。铸造类 SF 系列平板形风冷散热器的材质可用纯铝, 这有利于热阻的减少。型材类 XF 系列平板形风冷散热器的机械强度和外

观质量好,根据不同应用需求,可改变型材拉制方向的散热器尺寸。热管类 RF 系列平板形风冷散热器,更适用于大电流和特大电流器件,RF18 能满足 $\Phi 100$ mm 管芯的器件应用,RF 系列较 SF 或 XF 系列同体积,同热阻水平的散热器,其散热体重量轻一半左右:

b) 一套散热器由两件散热体和若干个紧固件、绝缘件组成。散热体的叶片为树枝状分布,材质为纯铝或合金铝,热管散热器的热管为铜材;

c) 与器件安装是平面接触,具有良好的通用互换性;

d) 适用于大电流和特大电流平板形器件,SF 和 XF 系列可用于 $200\sim 1600$ A ($I_{F(AV)}$)、 $300\sim 3000$ W ($P_{F(AV)}$) 的整流管或 $200\sim 1200$ A ($I_{T(AV)}$)、 $200\sim 2000$ W ($P_{T(AV)}$) 的晶闸管。RF 系列可用于 $300\sim 2500$ A 的整流管或 $200\sim 2000$ A 的晶闸管。

5.2.4 RK 系列风冷散热器

a) RK 系列风冷散热器是主要适用于电力半导体模块的一种热管散热器,RK 系列和 RM 系列结构相同,不同型号的热管散热器也可安装 1 至 3 只模块。RK 系列热管散热器也可用于平底形器件和单面散热的平板形器件;

b) RK 型风冷热管散热器较 RM 自冷热管散热器热阻小得多,更适用于中大电流模块,RK 系列的热阻范围为 $0.10\sim 0.06$ $^{\circ}\text{C}/\text{W}$,可用于模块或分立器件的电流范围一般为 $100\sim 600$ A,耗散功率范围一般为 $200\sim 1200$ W。

5.3 水冷散热器

5.3.1 一般要求

a) 按 GB/T 8446.1,SS 系列水冷散热器有四个品种(规格)的外形和安装尺寸,此外,还有 SS15 和 SS16 两种水冷散热器,可供特大电流器件选用;

b) 相对于风冷散热器,水冷散热器体积小、重量轻、散热效率高;

c) 对冷却水的水质应有一定要求:循环水的电阻率应不低于 2.5 $\text{k}\Omega$ 、pH 值在 $6\sim 9$ 之间;

d) 水冷散热器在工作时,应特别注意防漏水、防堵塞、防凝露。

5.3.2 SS 系列水冷散热器

a) 水冷散热器的结构组成和良好的通用互换性与 SF 系列风冷散热器类似,散热体材质是表面有镀层的铜材;

b) 适用于更大电流和特大电流的平板形器件,可用于 $200\sim 4000$ A ($I_{F(AV)}$)、 $500\sim 6200$ W ($P_{F(AV)}$) 的整流管或 $200\sim 3000$ A ($I_{T(AV)}$)、 $400\sim 4800$ W ($P_{T(AV)}$) 的晶闸管;

c) 水冷散热器通常不用于 2000 V 以上的器件,当用于高电压或较高电压器件时,必须确保上述水质的要求或更高水质的要求。

6 散热器与器件的参数关系

6.1 计算参数关系的原则、条件和方法

6.1.1 计算参数关系的原则

a) 针对器件常用最高工作结温 150°C 、 125°C 和 115°C ;

b) 器件的结壳热阻依据 JB/T 5837 和 JB/T 5838 等标准;

c) 散热器与器件必须能机械配合,如 M8 的螺栓形散热器只能计算与 M8 的螺栓形器件的参数关系

才有意义，平板形散热器也不能任意与几种平板形器件组合，必须受到散热器台面上最大安装（器件）尺寸的限制。

下列各表中的安装尺寸，系指安装器件的散热器螺孔直径（D）或器件的最大外径（ D_{max} ）。

d) 计算得到的数据有效位数：耗散功率（ P_{AV} ）和正向（通态）峰值电压 V_{FM} （ V_{TM} ）均取三位；

e) 散热器与器件的各种参数组合中，考虑了正向（通态）峰值电压值国内、外水平的一个范围：整流管为 1.30~1.80 V，晶闸管为 1.50~2.20 V。并适当考虑了浪涌电流在配合前后的适应问题。

6.1.2 计算参数关系的条件

- a) 散热器在额定冷却条件（见 3.3 条）下工作；
- b) 器件在工频 50 Hz、正弦半波、180°导通的负载电流条件下工作；
- c) 正弦 180°导通的结壳热阻（ R_{jc} ）等于直流的结壳热阻（ R_{jc} ）；
- d) 接触热阻值（ R_{cs} ）：螺栓形器件和模块取（1/3） R_{jc} ，平板形器件取（1/5） R_{jc} ；
- e) 门槛电压值（ V_{T0} ）：整流管取 0.8 V，晶闸管取 1.0 V。

6.1.3 计算参数关系的方法

a) 以已知的 R_{ja} 、 T_{ja} 和 T_a ，用（1）计算出 P_{AV} ，总热阻 $R_{ja}=R_{sa}+R_{jc}+R_{cs}$ ；

b) 以预定的 I_{AV} 档值，用（2）计算出 V_{FM} （ V_{TM} ），若 V_{FM} （ V_{TM} ）值在需要的范围内，则完成了散热器与器件参数关系的计算；

c) 若 V_{FM} （ V_{TM} ）值过大或过小，则调整 I_{AV} 的档值，再用（2）式计算出 V_{FM} （ V_{TM} ）。

注：下列各表中的“配合前电流”，系指在有关按管壳额定的器件产品标准中，该结壳热阻对应的电流。

6.2 自冷散热器与器件的参数关系

6.2.1 SP、SZ、XZ 和 RM 四系列自冷散热器与最高工作结温 150℃ 器件的参数关系，如表 3 所示。

表 3

散热器 型号	散热器 热阻	结壳 热阻	耗散 功率	正向平 均电流	正向峰 值电压	安装尺寸	配合前 电 流
	R_{sa}	R_{jc}	$P_{F(AV)}$	$I_{F(AV)}$	U_{FM}	$D(I \times b)$	$I_{F(AV)}$
	℃/W	℃/W	W	A	V	mm (mm ²)	A
SP11	16	6	4.58	3	1.73	M6	3
SP12	14	6	5.00	3	1.90	M6	3
XZ13	12	4	6.35	5	1.40	M6	5
SZ13	7.5	4	8.75	5	1.96	M6	5
SZ14	4.4	2	15.6	10	1.77	M8	10
XZ15	4.2	2	16.0	10	1.82	M8	10

表 3 (完)

散热器 型号	散热器 热阻	结壳 热阻	耗散 功率	正向平 均电流	正向峰 值电压	安装尺寸	配合前 电 流
	R_{sa}	R_{jc}	$P_F(AV)$	$I_F(AV)$	U_{FM}	$D(I \times b)$	$I_F(AV)$
	°C/W	°C/W	W	A	V	mm (mm ²)	A
SZ15	3.4	1	23.2	20	1.26	M10	30
SZ16	2.8	1.4	23.6	20	1.28	M10	20
XZ17	1.5	1	38.8	30	1.43	M12	30
SZ17	1.3	1	41.8	30	1.56	M12	30
RM01A	0.50	0.6	84.6	50	1.94	105×94	50
RM01B	0.35	0.3	147	100	1.65	105×94	100
RM02A	0.14	0.2	270	200	1.50	120×115	200
RM02B	0.11	0.11	429	300	1.60	120×115	300
RM03A	0.075	0.095	545	400	1.52	3×95×94	400

注：RM 系列散热器是按与单管模块的关系计算的。

6.2.2 SP、SZ、XZ 和 RM 四系列自冷散热器与最高工作结温 125°C 器件的参数关系，如表 4 所示。

表 4

散热器 型号	散热器 热阻	结壳 热阻	耗散 功率	通态平 均电流	通态峰 值电压	安装尺寸	配合前 电 流
	R_{sa}	R_{jc}	$P_T(AV)$	$I_T(AV)$	U_{TM}	$D(I \times b)$	$I_T(AV)$
	°C/W	°C/W	W	A	V	mm (mm ²)	A
SP11	16	4	3.98	3	1.42	M6	3
SP12	14	4	4.40	3	1.59	M6	3
XZ13	12	3	5.31	3	1.98	M6	5
SZ13	7.5	3	7.39	5	1.61	M6	5
SZ14	4.4	3	10.1	5	2.30	M6	5
XZ15	4.2	3	10.4	5	2.37	M6	5
SZ15	3.4	1.6	15.4	10	1.69	M8	10
SZ16	2.8	1.6	17.2	10	1.92	M8	10
XZ17	1.5	1	30.0	20	1.64	M10	20
SZ17	1.3	1	32.3	20	1.78	M10	20
RM01A	0.50	0.4	82.3	50	1.82	105×94	50
RM01B	0.35	0.11	171	100	1.91	105×94	200
RM02A	0.14	0.08	345	200	1.92	120×115	300
RM02B	0.11	0.05	481	300	1.77	120×115	400
RM03A	0.075	0.04	662	400	1.84	3×95×94	500

注：RM 系列散热器是按与单管模块的关系计算的。

6.3 风冷散热器与器件的参数关系

6.3.1 SL、XL 和 RK 三系列风冷散热器与最高工作结温 150℃ 器件的参数关系，如表 5 所示。

表 5

散热器 型号	散热器 热阻	结壳 热阻	耗散 功率	正向平 均电流	正向峰 值电压	安装尺寸	配合前 电流
	R_{sa}	R_{jc}	$P_F(AV)$	$I_F(AV)$	U_{FM}	$D(I \times b)$	$I_F(AV)$
	℃/W	℃/W	W	A	V	mm (mm ²)	A
SL16	0.60	0.6	78.6	50	1.78	M12	50
SL17	0.25	0.3	169	100	1.93	M16(20)	100
XL17	0.20	0.3	183	100	2.12	M16(20)	100
SL18	0.16	0.2	258	200	1.42	M20	200
XL18	0.15	0.2	264	200	1.46	M20	200
SL19	0.11	0.11	429	300	1.60	M24	300
XL19	0.10	0.11	446	300	1.67	M24	300
RK02A						140×115	
RK02B	0.085	0.095	520	400	1.44	150×115	400
SL20	0.080	0.095	532	400	1.48	M24	400
XL20							
RK02C	0.070	0.068	685	500	1.53	170×115	500
SL21	0.066	0.068	702	500	1.57	M24	500
RK03A	0.060	0.068	730	500	1.64	3×115×94	500

6.3.2 SF、XF 和 RF 三系列风冷散热器与最高工作结温 150℃ 器件的参数关系，如表 6 所示。

表 6

散热器 型号	散热器 热阻	结壳 热阻	耗散 功率	正向平 均电流	正向峰 值电压	配合前 电流	安 装 尺 寸
	R_{sa}	R_{jc}	$P_F(AV)$	$I_F(AV)$	U_{FM}	$I_F(AV)$	D
	℃/W	℃/W	W	A	V	A	mm
SF11	0.12	0.2	306	200	1.73	200	66
		0.11	437	300	1.64	300	
SF12 XF12 RF12	0.09	0.2	333	200	1.90	200	66
		0.11	495	300	1.88	300	
		0.095	539	400	1.50	400	
SF13	0.071	0.095	595	400	1.68	400	76
		0.068	719	500	1.61	500	
XF15	0.065	0.057	825	600	1.53	600	90
SF14	0.056	0.057	884	600	1.66	600	90
		0.042	1030	800	1.43	800	
XF17	0.050	0.042	1100	800	1.53	800	110
SF15 RF15	0.048	0.042	1120	800	1.56	800	90
		0.034	1240	1000	1.36	1000	
SF16 RF16	0.037	0.034	1410	1000	1.58	1000	100
		0.028	1560	1200	1.43	1200	
RF17B	0.034	0.028	1630	1200	1.51	1200	110
SF17 RF17(A)	0.030	0.028	1740	1200	1.62	1200	110
		0.021	1990	1400	1.69	1600	
		0.017	2180	1600	1.52	2000	
RF18(A)	0.020	0.014	2990	2000	1.68	2500	155
		0.012	3200	2200	1.63	3000	
		0.008	3720	2500	1.68	4000	

6.3.3 SL、XL 和 RK 三系列风冷散热器与最高工作结温 125℃ 器件的参数关系，如表 7 所示。

表 7

散热器 型号	散热器 热阻	结壳 热阻	耗散 功率	通态平 均电流	通态峰 值电压	安装尺寸	配合前 电 流
	R_{sa}	R_{jc}	$P_T(AV)$	$I_T(AV)$	U_{TW}	$D(I \times b)$	$I_T(AV)$
	℃/W	℃/W	W	A	V	mm (mm ²)	A
SL16	0.6	0.4	75.0	50	1.64	M12	50
SL17	0.25	0.2	165	100	1.88	M16(20)	100
XL17	0.20	0.2	182	100	2.05	M16(20)	100
SL18	0.16	0.11	277	200	1.49	M20	200
XL18	0.15	0.11	287	200	1.55	M20	200
SL19	0.11	0.08	392	300	1.39	M24	300
XL19	0.10	0.08	411	300	1.47	M24	300
RK02A						140×115	
RK02B	0.085	0.05	560	400	1.57	150×115	400
SL20	0.080	0.05	580	400	1.63	M24	400
XL20							
RK02C	0.070	0.04	689	500	1.48	170×115	500
SL21	0.066	0.04	712	500	1.54	M24	500
RK03A	0.060	0.04	750	500	1.64	3×115×94	500

6.3.4 SF、XF 和 RF 三系列风冷散热器与最高工作结温 125℃ 器件的参数关系，如表 8 所示。

表 8

散热器 型号	散热器 热阻	结壳 热阻	耗散 功率	通态平 均电流	通态峰 值电压	配合前 电 流	安 装 尺 寸
	R_{sa}	R_{jc}	$P_T(AV)$	$I_T(AV)$	U_{TW}	$I_T(AV)$	D_{max}
	℃/W	℃/W	W	A	V	A	mm
SF11	0.12	0.11	333	200	1.85	200	66
		0.05	472	300	1.73	400	
SF12 XF12 RF12	0.09	0.11	383	200	2.17	200	66
		0.08	457	300	1.65	300	
		0.05	567	400	1.53	400	
SF13	0.071	0.08	509	300	1.89	300	76
		0.05	649	400	1.79	400	
XF15	0.065	0.05	680	400	1.89	400	90
SF14	0.056	0.05	732	400	2.06	400	90
		0.04	817	500	1.80	500	
XF17	0.050	0.04	867	500	1.94	500	110
SF15	0.048	0.04	885	500	2.03	500	90
		0.035	944	600	1.78	600	
SF16	0.037	0.035	1080	600	2.01	600	100
		0.026	1250	800	1.76	800	
		0.02	1390	1000	1.56	1000	
RF17B	0.034	0.02	1470	1000	1.59	1000	110
SF17 RF17(A)	0.030	0.026	1390	800	1.99	800	110
		0.02	1570	1000	1.79	1000	
		0.012	1910	1200	1.81	2000	
RF18(A)	0.020	0.015	2240	1400	1.76	1600	155
		0.012	2470	1600	1.69	2000	
		0.008	2870	2000	1.56	3000	

6.4 水冷散热器与器件的参数关系

6.4.1 SS 系列水冷散热器与最高工作结温 150℃ 器件的参数关系，如表 9 所示。

表 9

散热器 型号	散热器 热阻	结壳 热阻	耗散 功率	正向平 均电流	正向峰 值电压	配合前 电流	安 装 尺 寸
	R_{sa}	R_{jc}	$P_{F(AV)}$	$I_{F(AV)}$	U_{FW}	$I_{F(AV)}$	D_{max}
	℃/W	℃/W	W	A	V	A	mm
SS11	0.026	0.1	728	400	2.10	300	76
		0.068	1070	600	2.05	500	
		0.057	1220	800	1.72	600	
SS12	0.018	0.057	1330	800	1.90	600	76
		0.042	1680	1000	1.92	800	
		0.034	1960	1200	1.86	1000	
SS13	0.015	0.042	1680	1000	1.92	800	110
		0.034	2060	1200	1.97	1000	
		0.021	2860	1600	2.06	1600	
SS14	0.013	0.028	2470	1600	1.75	1200	110
		0.021	3010	2000	1.70	1600	
		0.012	4200	2500	1.92	2000	
SS15	0.010	0.010	5000	3000	1.95	—	150
		0.008	5610	3500	1.82	—	
SS16	0.008	0.010	5500	3500	1.78	—	150
		0.008	6250	4000	1.77	—	

6.4.2 SS 系列水冷散热器与最高工作结温 115℃、125℃ 器件的参数关系，如表 10 所示。

表 10

散热器 型号	散热器 热阻	工 作 结 温	结壳 热阻	耗散 功率	通态平 均电流	通态峰 值电压	配合前 电流	安 装 尺 寸
	R_{sa}	T_{jm}	R_{jc}	$P_T(AV)$	$I_T(AV)$	U_{TW}	$I_T(AV)$	D_{max}
	℃/W	℃	℃/W	W	A	V	A	mm
SS11	0.026	125	0.11	570	300	2.15	200	76
			0.05	1050	600	1.95	400	
		115	0.11	506	300	1.88	200	
			0.05	930	600	1.70	400	
SS12	0.018	125	0.04	1360	800	1.90	500	76
			0.026	1830	1000	2.06	800	
		115	0.04	1210	800	1.66	500	
			0.026	1630	1000	1.80	800	

表 10 (完)

散热器 型号	散热器 热阻	工作 结温	结壳 热阻	耗散 功率	通态平 均电流	通态峰 值电压	配合前 电 流	安 装 尺 寸
	R_{sa}	T_{jm}	R_{ic}	$P_T(AV)$	$I_T(AV)$	U_{TM}	$I_T(AV)$	D_{max}
	°C/W	°C	°C/W	W	A	V	A	mm
SS13	0.015	125	0.02	2310	1200	2.18	1000	110
			0.015	2730	1600	1.90	1600	
		115	0.02	2050	1200	1.90	1000	
			0.015	2420	1600	1.66	1600	
SS14	0.013	125	0.012	3280	2000	1.82	1600	110
			0.010	3600	2000	2.02	2500	
		115	0.012	2920	2000	1.59	1600	
			0.010	3200	2000	1.76	1600	
SS15	0.010	125	0.010	3860	2500	1.69	—	150
			0.008	4340	2500	1.93	—	
		115	0.010	3410	2000	1.90	—	
			0.008	3830	2500	1.68	—	
SS16	0.008	125	0.010	4250	3000	1.53	—	150
			0.008	4830	3000	1.78	—	
		115	0.010	3750	2500	1.64	—	
			0.008	4260	3000	1.53	—	

附录 A
(标准的附录)

SS 系列水冷散热器无露运行的冷却水最低温度

表 A1

℃

环境温度 (℃)	相对湿度 (%)					
	95	90	85	80	75	70
40	38.5	37	35	33	31.5	29.5
38	36.5	35	33	31	29.5	27.5
36	34.5	33	31.5	29	27.5	26
34	32.5	32	29	27.5	25.5	23.5
32	30.5	30	27.5	25.5	23	21
30	28.5	27	25.5	23	21.5	19.5
28	26.5	25	23.5	21.5	20	18.5
26	24.5	23	21.5	19.5	18	16.5

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
电 力 半 导 体 器 件 用 散 热 器 选 用 导 则
JB/T 9684 - 2000

*

机 械 科 学 研 究 院 出 版 发 行
机 械 科 学 研 究 院 印 刷
(北 京 首 体 南 路 2 号 邮 编 100044)

*

开 本 880 × 1230 1/16 印 张 X/X 字 数 XXX,XXX
19XX 年 XX 月 第 X 版 19XX 年 XX 月 第 X 印 刷
印 数 1 - XXX 定 价 XXX.XX 元
编 号 XX - XXX

机 械 工 业 标 准 服 务 网 : <http://www.JB.ac.cn>