

## 前 言

GB/T 8446《电力半导体器件用散热器》分为三个部分：

- 第 1 部分：铸造类系列；
- 第 2 部分：热阻和流阻测试方法；
- 第 3 部分：绝缘件和紧固件。

本部分为 GB/T 8446 的第 2 部分。

本部分代替 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》。

本部分与 GB/T 8446.2—1987 相比主要变化如下：

- 标准的结构和编写规则变化较大，前版（1987 年版）依据的是 GB/T 1.1—1981，本版（本部分）依据的是 GB/T 1.1—2000；
- 主体内容增加了前言和“范围”一章；
- 前版第 1 章和第 4 章（本版第 2 章和第 5 章）的标题“原理”和“测量”分别改为“原理和加热电流”和“测量和计算”；
- 热阻测试的加热电流提供方法前版规定为模拟法，本版规定为直流法（1987 版的第 1 章；本版的第 2 章）；
- 在本版第 2 章中，增加了加热电流的直流法和动态法的文字陈述和计算功率的公式；
- 增加了计算平板形散热器热阻的近似公式（见本版 5.4 的公式（9））；
- 测量进风温度、风速和压差计的进风端橡皮管连接位置，由原距被测散热器中心截面 300 mm 处改为距被测散热器前缘 300 mm 处（1987 年版的 2.1 和图 1；本版的 3.2 和图 1）；
- 文字处理和编辑方面变化也较大，如措词“本标准”改为“本部分”；原第 1 章（现第 2 章）无条的层次，现设条的层次并有条号和标题；原第 2 章、第 3 章和第 4 章（现第 3~5 章）的条层次都未设标题，现为醒目统一均设了标题；原标准封面左上角的国际文献分类号（UDC）现改为国际标准分类号（ICS）。

GB/T 8446 是电力半导体器件用各类散热器标准和散热器选用导则构成的系列标准之一。该系列标准还包括：

- JB/T 5781 电力半导体器件用型材散热器技术条件
- JB/T 8175 电力半导体器件用型材散热体外形尺寸
- JB/T 8757 电力半导体器件用热管散热器
- JB/T 9684 电力半导体器件用散热器选用导则

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由西安电力电子技术研究所归口。

本部分起草单位：江阴可控硅附件有限公司、温州市祥博电力电子有限公司、盐城彩阳电器阀门有限公司、襄樊仪表元件厂、北京协利电子器件厂、北京恒太谷科技有限公司、西安电力电子技术研究所。

本部分主要起草人：夏献忠、夏波涛、桑春、刘树华、陈振云、陆正柏、秦贤满。

本部分于 1987 年 12 月首次发布为 GB/T 8446.2—1987。

# 电力半导体器件用散热器

## 第2部分：热阻和流阻测试方法

### 1 范围

GB/T 8446 的本部分给出了测试散热器热阻和流阻的原理,规定了风冷、自冷和水冷散热器的测试系统要求,测试条件和基本测量程序。

本部分适用于电力半导体器件用铸造类(包括挤压)散热器、型材类散热器和热管类散热器的热阻和流阻的测试。

### 2 原理和加热电流

#### 2.1 原理

散热器热阻是散热器散出半导体器件管芯热量的能力的量度,其值定义为:在热平衡时,散热器台面上规定点温度对冷却介质规定点温度之差与产生这两点温度差的耗散功率之比,见公式(1)。

$$R_{sa} = \frac{T_s - T_r}{P} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$R_{sa}$ ——散热器热阻,单位为摄氏度每瓦( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ );

$P$ ——测试热阻的加热电流产生的功率,单位为瓦(W);

$T_s$ ——散热器台面上规定点温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_r$ ——冷却介质(水或空气)进口规定点温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )。

注:对于风冷或自冷散热器的测试,符号  $T_r$  通常用  $T_a$  代替。

对于单侧散热的螺栓形散热器的热阻,或双侧散热的平板形散热器的阴极侧或阳极侧的分热阻,可直接用(1)式测量和计算得到。此时,平板形散热器的热阻应由其两个分热阻的并联按(2)式计算得出。两个分热阻按(3)式和(4)式得出。

$$R_{sa} = \frac{R_{sa(K)} \cdot R_{sa(A)}}{R_{sa(K)} + R_{sa(A)}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$R_{sa(K)}$ ——平板形散热器阴极侧热阻,单位为摄氏度每瓦( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ );

$R_{sa(A)}$ ——平板形散热器阳极侧热阻,单位为摄氏度每瓦( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )。

$$R_{sa(K)} = \frac{T_{s(K)} - T_r}{P_K} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

$T_{s(K)}$ ——平板形散热器阴极侧台面温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$P_K$ ——平板形散热器阴极侧热流,单位为瓦(W)。

$$R_{sa(A)} = \frac{T_{s(A)} - T_r}{P_A} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$T_{s(A)}$ ——平板形散热器阳极侧台面温度,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ );

$P_A$ ——平板形散热器阳极侧热流,单位为瓦(W)。

散热器流阻( $\Delta P$ )是在风道或水路系统中,散热器两端规定点的冷却流体的压力差,单位为帕(Pa)。

流阻在风道中亦称风阻,在水路系统中亦称水阻。散热器流阻值测量直接由压差计读出(见图1)。

## 2.2 加热电流

散热器热阻测试的加热电流方法有直流法、动态法和模拟法等。本标准规定为直流法,其他方法经与该方法校核效果一致,也可以采用。测试热阻的准确性主要取决于加热电流产生的功率  $P$  和台面温度  $T_s$  测量的准确性。

直流法是对器件施加直流电流而产生功率  $P$  的热阻测试方法,见(5)式。

直流法计算  $P$  简单而准确,需有大电流直流电源设备。

$$P = I_T V_T \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$I_T$ ——作为加热电流的通态直流电流,单位为安(A);

$V_T$ ——通态直流电压,单位为伏(V)。

动态法是对器件施加正弦半波电流而产生功率  $P$  的热阻测试方法,见(6)式。动态法的现实性很强,利用测试器件额定电流的全动态或半动态测试设备即可实现。

$$P = V_{T0} I_{T(AV)} + f^2 r_T I_{T(AV)}^2 \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$V_{T0}$ ——器件的门槛电压,单位为伏(V);

$I_{T(AV)}$ ——作为加热电流的通态平均电流,单位为安(A);

$f$ ——波形因数,对于正弦波导通角  $180^\circ$  的波形因数值为 1.571;

$r_T$ ——器件的斜率电阻,单位为欧姆( $\Omega$ )。

注:为减小导通角对  $P$  的影响,器件最好采用整流管,而不用晶闸管。

模拟法是对模拟器件施加电流来产生功率  $P$  的散热器热阻测试方法。模拟器件是实际管壳内封装满足欧姆定律的电阻元件管芯的“器件”,又称假元件。模拟法计算功率与上述直流法公式一样,也简单而准确,设备投资亦小,但模拟器件制作技术难度较大,特别是测量系统的直流电压一般都高达几十伏,热电偶引线的绝缘和测试系统处理不当对测试结果影响较大。

## 3 测试系统要求和说明

### 3.1 测试系统通则

风冷、自冷和水冷散热器测试系统中均包括加热电流单元、热电偶测试单元和测量进风或进水温度 ( $T_i$ ) 的温度计。

加热电流单元中的安培表、伏特表或瓦特表的精度应为 0.5 级。

测量散热器台面温度 ( $T_s$ ) 的热电偶,宜采用 0.25 mm 直径的铜、康铜丝热端熔焊而成,焊球直径小于 0.8 mm。在使用过程中要防止热电偶热端绞碰、短路,在风道里热电偶应置于散热器背风端,并以足够细的塑料管掩蔽。热电偶冷端注意保持在  $0^\circ\text{C}$ 。

测量基准点温度 ( $T_r$  或  $T_a$ ) 的温度计的精度应为  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

### 3.2 风冷散热器测试系统

风冷散热器的测试系统如图 1 所示。测试系统除应满足 3.1 要求外,风速计推荐采用 QDF-2 型或精度更高的风速计,测量风阻的压差计推荐采用 DJM9 补偿式微压表。压差计的两橡皮管分别套接于距被测散热器前缘和后缘均 300 mm 处的风道侧壁面上的金属管,金属管的内径不得大于 6 mm,并不得伸入风道内。温度计、风速计(测量时)均置于被测散热器前缘 300 mm 处的风道截面中心位置。

### 3.3 自冷散热器测试系统

自冷散热器的测试系统除满足 3.1 要求外,主要由自冷环境箱构成。自冷环境箱的空间大小应足以保持距被测散热器四周 200 mm 处温差不大于  $2^\circ\text{C}$ ,空气自然对流形成的风速不大于 0.5 m/s。被测散热器应悬挂于自冷环境箱空间中部,且散热器叶片顺上下空气自然对流方向。测量  $T_s$  的位置在散

热器中心正下方 200 mm 处。

### 3.4 水冷散热器测试系统

水冷散热器的测试系统除加热电流单元和热电偶测试单元外,主要由测量进水温度( $T_i$ )的温度计、测量水流量的流量计和测量水阻( $\Delta P$ )的压差计组成。

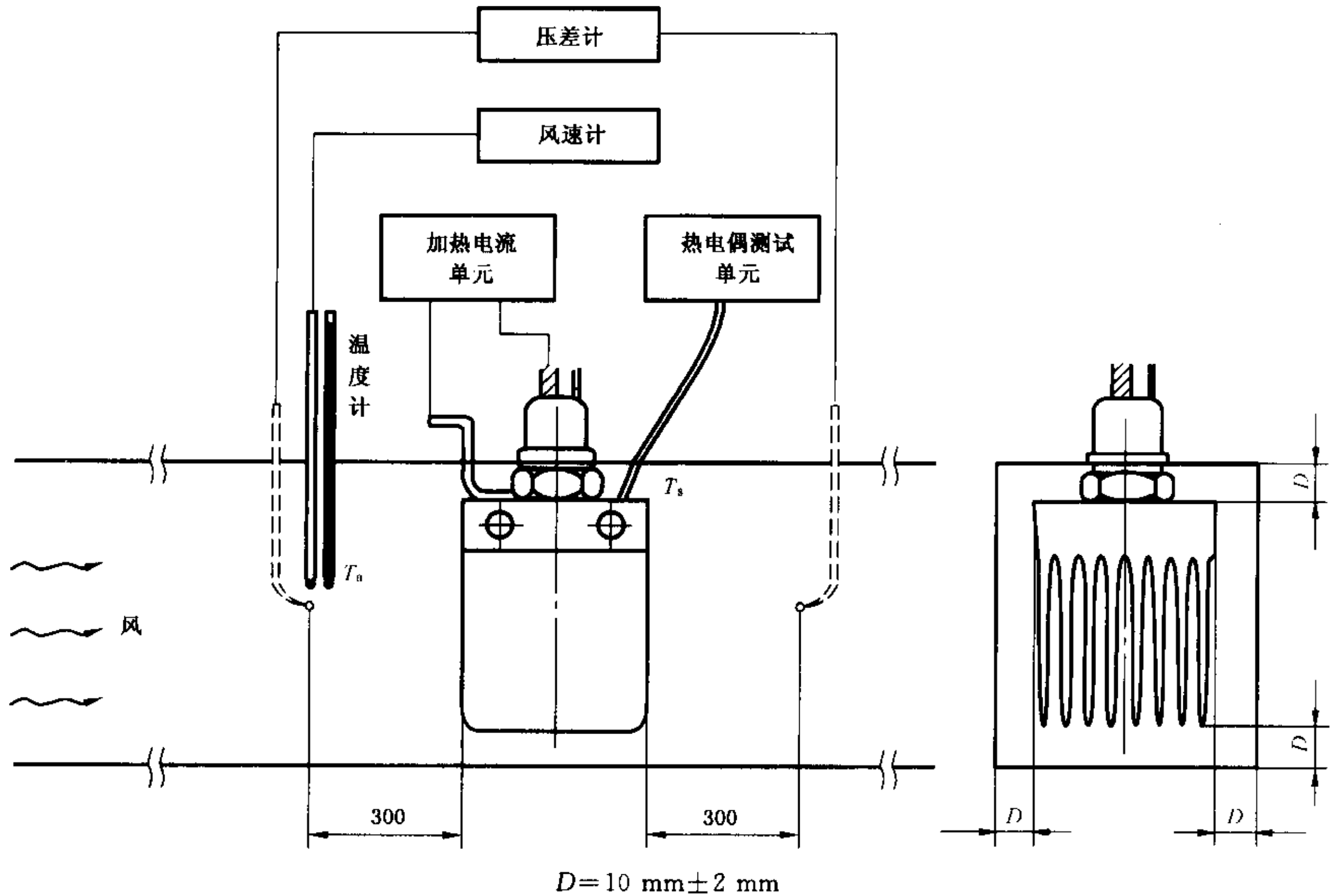


图 1 风冷散热器的测试系统

## 4 测试条件

### 4.1 加热功率的大小

应在散热器温升与加热功率的线性关系范围内选取。

### 4.2 散热器与发热器件的安装力

应符合有关器件产品标准的规定。

### 4.3 散热器的冷却条件

测试风冷散热器时,风速为 6 m/s,进口风温度为实际环境空气温度;测试自冷散热器时,空气自然对流的风速不超过 0.5 m/s,规定点环境温度为实际环境空气温度;测试水冷散热器时,水流量为 4 L/min,进口水规定点温度为  $35_{-3}^{\circ}\text{C}$ 。

### 4.4 测量基准点温度的位置

测量环境基准点温度  $T_i$  或  $T_a$  的位置应符合第 3 章的有关规定。

测量散热器上基准点温度  $T_s$  的位置,应在发热器件管壳台面直径外或螺栓形管壳最大直径外 2 mm 处的散热器台面上的一个小孔,孔径为 0.8 mm,孔深为 1 mm。热电偶放入孔中,用锤尖拍打附近金属使热电偶与散热器台面坚实地接触,并注意热电偶引线的绝缘。

## 5 测量和计算

### 5.1 测量的准备工作

被测散热器采用规定的安装力或安装力矩组装上发热器件,按 4.4 的要求安装上热电偶后,置入风

道或水路系统或自冷环境箱中的适当处,连接上加热电流单元和热电偶测试单元。将温度计、压差计等测量仪表的探头放至规定位置。校准测量  $T_s$  的电位差计(或仪表)和风速计的零点。

5.2 调整和控制冷却条件

按 4.3 的要求进行。

5.3 测量和记录中间参数

按 4.1 要求施加加热电流并稳定后,记录  $I_T$ (或  $I_{T(AV)}$ )、 $V_T$ (或  $V_{T0}$ 、 $v_T$ )、 $T_a$ (或  $T_f$ )和  $T_s$ (实际是热电偶的毫伏数)的数值,对于风、水冷还需记录流阻  $\Delta P$  的数值。

5.4 计算  $P$  和  $R_{sa}$

按(5)式或(6)式计算  $P$ 。

被测散热器若是单侧散热的,如螺栓形散热器,其热阻  $R_{sa}$ 按(1)式计算即得;若是双侧散热的平板形散热器,原则上应先按(3)式和(4)式计算出  $R_{sa(K)}$ 和  $R_{sa(A)}$ ,再按(2)式计算所求的  $R_{sa}$ 。

只有当  $R_{sa(K)} = R_{sa(A)}$ ,或满足  $T_{s(K)} = T_{s(A)}$ 和  $P_K = P_A$ 时才有:

$$R_{sa} = \frac{1}{2}R_{sa(K)} = \frac{1}{2}R_{sa(A)} \quad \dots\dots\dots(7)$$

或 
$$R_{sa} = \frac{T_{s(K)} - T_f}{P} = \frac{T_{s(A)} - T_f}{P} \quad \dots\dots\dots(8)$$

当  $P_K$ 和  $P_A$ 未知而不能计算  $R_{sa(K)}$ 和  $R_{sa(A)}$ 时,平板形散热器的(总)热阻  $R_{sa}$ 可采用近似公式(9)求得。

$$R_{sa} = \frac{(T_{s(K)} + T_{s(A)})/2 - T_f}{P} \quad \dots\dots\dots(9)$$