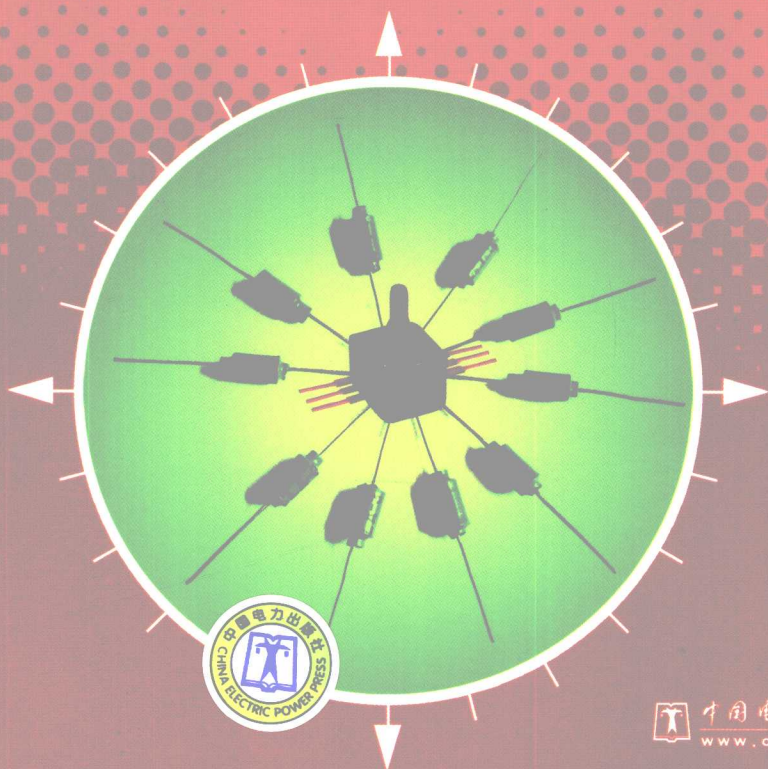


ZUIXIN CHUANGANQI XUANYONG SHOUC

最新传感器 选用手册

卿太全 郭明琼 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

ZUIXIN CHUANGANQI XUANYONG SHOUCE

最新传感器 选用手册

卿太全 郭明琼 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

随着信息技术的高速发展,传感器技术取得了重大突破,其发展前途越来越好,应用领域越来越广。为适应这种需要,掌握或了解传感器基本原理和应用,具备一定的实际动手能力和设计能力十分必要。根据这种需求,本书既讲解了传感器的基本工作原理、技术知识,又介绍了传感器的构造、选用和实际应用知识及技能,并列举了大量的实用电路。

本书共分11章,分别介绍了温度传感器、湿度传感器、光敏传感器、磁敏传感器、气体火焰传感器、压力传感器、超声波传感器、红外传感器、加速度传感器(震动传感器、位移传感器)、其他传感器、传感器信号处理集成电路的基本原理、基本电参数及应用电路。另外还选入了500多例实用、新颖电路,电路涉及工业、商业、娱乐、家用电器等领域。

本书还比较详尽地介绍了传感器及常用的传感器集成电路的内部功能框图、引脚功能、外型图等实际知识;在设计上,本书力求做到电路设计合理、线路简捷、功能完善,原理图标注详细清晰,读者易于理解和掌握。

本书适合于从事机电工程、信息工程、自动控制、测控技术计算机应用、生态环境、生物医学方面的传感器研制及传感器研发与应用的工程技术人员阅读,并可供有关专业的高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

最新传感器选用手册/卿太全,郭明琼编著. —北京:中国电力出版社, 2009

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8357 - 6

I. 最… II. ①卿…②郭… III. 传感器 - 手册 IV. TP212 - 62

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第002663号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年7月第一版 2009年7月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 19.25印张 493千字
印数0001—3000册 定价35.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

现代计算机技术、电子技术、通信技术、传感器技术、制导技术、人工智能技术等，是信息时代的主要特征。这些技术，归根到底可以概括为：计算机技术、电子技术、通信技术三大类，这三大技术即构成了信息技术。传感器技术是渗透到这三大技术中的重要内容之一。随着信息处理技术的高速发展，传感器技术也取得了重大突破，而且它们之间相互的依赖性也越来越强，发展前途越来越大，应用领域越来越广。随着信息技术的发展，掌握或了解传感器技术原理大有必要。对电子爱好者和专业技术人员来说，学习电子技术、计算机技术，传感器技术也是必不可少的重要内容之一。在懂得了它们的基本原理后，才能更好地培养和提高实际动手能力和设计能力。对产品研发人员来说，掌握传感器原理和应用尤为重要。基于以上原因，本书面向电子技术爱好者、学生、电子专业技术人员等，为他们了解和掌握传感器的基本原理与应用，培养实际动手能力、开发能力提供了一个很好的教材、工具，以资参考和借鉴。

该书通俗易懂，具有电路通用性、实用性强，注重理论与实践相结合，涉及 IC 种类多、知识面广的特点；适合有一定电子技术基础的电子爱好者、电子产品开发、设计专业技术人员学习使用，也可作为大专院校教学参考用书。

编 者

2009 年 2 月

前言

第一章 绪论	(1)
第一节 传感器的分类	(2)
第二节 传感器的特性	(3)
第二章 温度传感器	(5)
第一节 热敏电阻	(6)
第二节 热电阻	(28)
第三节 热电偶	(42)
第四节 PN 结、硅半导体温度传感器	(68)
第五节 集成温度传感器及其应用	(83)
第三章 湿度传感器	(137)
第一节 常用湿度传感器性能参数	(138)
第二节 湿度传感器应用电路	(150)
第三节 湿度传感器选用应用指南	(152)
第四章 光敏传感器	(156)
第一节 光敏电阻	(156)
第二节 光敏晶体管	(165)
第三节 光耦合器	(171)
第四节 集成管光敏传感器	(182)
第五节 光纤传感器	(190)
第五章 磁敏传感器	(193)
第一节 干簧管	(194)
第二节 霍尔传感器	(198)
第三节 AD22151 磁敏传感器专用集成电路	(237)
第四节 差动变压器调理集成电路	(239)

第六章 气体火焰传感器	(248)
第一节 气体传感器	(250)
第二节 气体流量传感器	(268)
第三节 火焰传感器	(272)
第四节 烟雾传感器	(276)
第七章 力敏传感器	(293)
第一节 常用压力传感器	(294)
第二节 加速度传感器	(312)
第三节 倾角传感器和应变计	(334)
第四节 振动、重力传感器	(336)
第八章 超声波传感器	(347)
第一节 超声波传感器概述	(348)
第二节 超声波传感器	(351)
第三节 超声波传感器集成电路	(363)
第九章 红外线传感器	(373)
第一节 常用红外线收发二极管	(373)
第二节 红外线编译码遥控电路	(377)
第三节 鼠标控制电路	(386)
第四节 热释电红外线传感器	(392)
第五节 热释电红外传感器集成电路	(403)
第十章 其他传感器	(424)
第一节 水银开关	(424)
第二节 液体液位传感器	(427)
第三节 其他传感器电路	(433)
第十一章 常用传感器信号处理集成电路	(450)
第一节 传感器信号放大电路	(450)
第二节 传感器信号变换处理电路	(499)
第三节 传感器信号调理电路	(520)
附录 1 热电偶分度表	(536)
附录 2 KY8 系列硅温度传感器温度—电阻值对照表 ...	(600)
附录 3 传感器测量原理及分类一览表	(604)

第一章

绪 论

现代计算机技术、电子技术、通信技术、传感器技术、制导技术、人工智能技术等，是信息时代的主要特征。这些技术，归根到底可以概括为：计算机技术、电子技术、通信技术三大类，这三大技术即构成了信息技术。传感器技术是渗透到这三大技术中的重要内容之一。随着信息处理技术的高速发展，传感器技术也取得了重大突破，而且它们之间相互的依赖性也越来越强。微处理器或计算机在测量和控制系统中得到了广泛的应用，作为信息采集系统的前端单元、传感器技术中的关键部件——传感器的作用越来越重要。传感器已成为自动化系统和机器人技术中的关键部件，特别是现代飞行器（飞船、飞机、导弹等）中，传感器扮演着非常重要的角色，例如，美国的“阿波罗 10 号”飞船总共使用了 3295 个传感器。可以说，如果没有传感器，就相当于人没有感觉器官。

传感器相当于人的感觉器官。广义地说，传感器是一种能把物理量或化学量转变成电信号的器件。国际电工委员会（IEC: International Electrotechnical Committee）的定义为：“传感器是测量系统中的一种前置部件，它将输入变量转换成可供测量的信号”。因此，传感器是传感器技术的重要组成部分，它是测量与控制系统中信号输入的第一道关口。

目前，传感器已经应用到工农业生产、家庭生活、空间开发、海洋开发、环境气候监测、生物工程等诸多领域。



第一节 传感器的分类

传感器的种类繁多,有多种不同的分类方法。这里介绍几种最常用和基本的分类方法。

一、按用途和作用分

按用途和作用,传感器可分为:温敏传感器、力敏传感器、位移传感器、液面传感器、能耗传感器、速度传感器、射线辐射传感器、振动传感器、湿敏传感器、磁敏传感器、气敏传感器、真空度传感器、生物传感器等。

二、按工作原理分

按传感器工作原理可分为物理传感器和化学传感器两大类。物理传感器是利用物理效应,如压电效应,磁致伸缩现象,离子化、极化、热电、光电、磁电等效应。化学传感器则以化学吸附、电化学反应等方式作为信号检测。但有些传感器既不属物理类,也不属于化学类。

以传感器输出信号为标准又可将传感器分为:

模拟传感器——将被测量的非电学量转换成模拟电信号。

数字传感器——将被测量的非电学量转换成数字信号输出,如脉冲信号、一定频率的电信号、绝对值的大小、正负极性等。

三、按制造材料分

(1) 按基本的材料分为金属、聚合物、陶瓷、混合物传感器。

(2) 按材料的物理性质分为导体、绝缘体、半导体、磁性传感器。

(3) 按材料的晶体结构分为单晶、多晶、非晶材料传感器。

四、按制造工艺分

按制造工艺,传感器可分为:集成传感器、薄膜传感器、厚膜传感器、陶瓷传感器。

集成传感器是用标准的生产半导体集成电路的工艺技术制



造的。通常还将传感器信号预处理电路也集成在同一芯片上。

薄膜传感器则是通过把相应敏感材料沉积在介质衬底（基板）上而形成的。使用混合工艺制造时，同样可将部分电路制造在此基板上。

厚膜传感器是利用相应的材料，涂覆在陶瓷基片上制成的，基片通常是 Al_2O_3 制成的，然后进行热处理，成形厚膜。

陶瓷传感器是采用标准的陶瓷工艺等（溶胶-凝胶等）生产。

关于传感器的测量原理及详细分类参见附录3。



第二节 传感器的特性

一、传感器的静态特性

1. 传感器的线性

输入量与输出量之间的线性比例关系称为传感器的线性。但具有理想线性关系的传感器极少，大多数传感器的输出信号都是非线性的。因此，只有通过线性补偿和校正电路对传感器的输出信号进行线性化处理，使之达到最佳线性。在某些要求不高的场合，可以忽略这些非线性误差。

2. 传感器的灵敏度与信噪比 (S/N)

传感器的灵敏度是指传感器在稳态工作时输出量变化 Δy 对输入量变化 Δx 的比值。它反映了传感器对被检测信号的敏感程度；灵敏度越高，说明传感器对被检测信号越敏感；反之，则迟钝。

信噪比 (S/N) 是指传感器输出的信号量与噪声量的比值，数值越大说明噪声越小，信号越强，噪声和信号越容易分离；反之，噪声和信号难以分离而形成干扰。

但灵敏度和信噪比之间有一定的制约关系，灵敏度越高对提高检测精度有利，但相应地噪声也增大、对抗干扰能力也有一定影响（或对电路的抗干扰能力要求更高）；同时，灵敏度愈



高,测量范围变得愈窄,稳定性也可能变差。因此,应该很好地权衡灵敏度和信噪比之间的关系,才能使传感器达到最佳性能。

3. 传感器的分辨力

分辨力是指传感器可能感受到的被测量的最小变化的能力。也就是说,如果输入量从某一非零值缓慢地变化,当输入变化量未超过某一数值时,传感器的输出不会发生变化,即传感器对此输入量的变化不能检出。只有当输入量的变化超过分辨力时,其输出才会发生变化。

4. 传感器的迟滞特性

迟滞特性表征传感器分别在正向(输入量增大)和反向(输入量减小)输入时,输出一输入特性曲线不一致的程度,通常用这两条曲线之间的最大差值 Δ_{MAX} 与满量程输出 $F \cdot S$ 的百分比表示。

二、传感器的动态特性

传感器的动态特性是指在输入变化时它的输出特性,它表征传感器输出量随时间变化的特性。

传感器的动态特性对传感器的要求如下:

(1) 高灵敏度和高精度。很多被检测对象的信号变化量是非常微弱的,传感器就必须具备所需要的检测灵敏度和精度才能满足实际要求。同时要求传感器对信号变化速度能够及时响应。

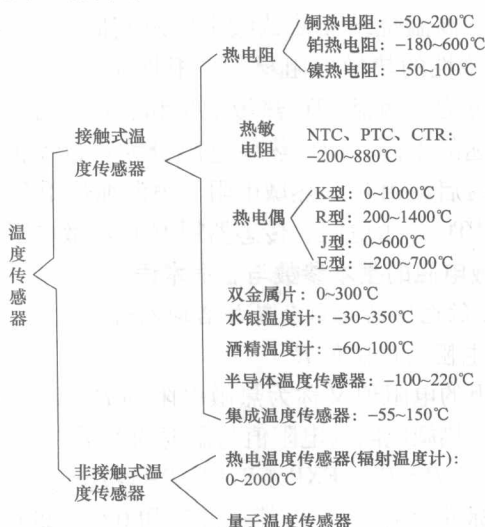
(2) 信噪比高。要求传感器具有较强的抗干扰能力(对噪声不敏感)和稳定性。

(3) 可靠性高、寿命长。这就要求传感器具有耐用性、抗环境干扰能力强。

第二章

温度传感器

温度传感器为温度测量电路中的关键部件。温度传感器有很多种类,根据测温的方式可分为接触式温度传感器和非接触式温度传感器两大类。接触式温度传感器是指被测物体与传感器直接进行接触的传感器;非接触式传感器则是被测物体与传感器不直接接触,如被测物体通过辐射热量到传感器上而进行测温的传感器。根据不同用途和制造材料,温度传感器还可以分成多种种类,如热敏电阻(NTC、PTC、CTR)、铂电阻、热电偶、半导体温度传感器、量子温度传感器、集成温度传感器等。温度传感器的分类如下:





第一节 热敏电阻

热敏电阻是利用半导体的阻值随温度变化这一特性而制成的，分为 NTC（负温度系数）（Negative Temperature Coefficient）热敏电阻、PTC（正温度系数）（Positive Temperature Coefficient）热敏电阻两大类。PTC 热敏电阻阻值随温度升高而增大，NTC 热敏电阻阻值随温度升高而降低。

根据用途不同，NTC 热敏电阻又分为：功率型 NTC 热敏电阻、补偿型 NTC 热敏电阻、测温型 NTC 热敏电阻。

PTC 热敏电阻是具温度敏感性的半导体电阻，一旦超过一定的温度（居里温度）时，它的电阻值随着温度的升高几乎呈阶跃式的增大。PTC 热敏电阻的制造材料是以 BaTiO_3 或 SrTiO_3 或 PbTiO_3 为主要成分的烧结体，并掺入微量的 Nb、Ta、Bi、Sb、Y、La 等氧化物进行原子价控制而使之半导体化，常将这种半导体化的 BaTiO_3 等材料简称为半导（体）瓷；同时还添加增大其正电阻温度系数的 Mn、Fe、Cu、Cr 氧化物，采用一般陶瓷工艺成形、高温烧结而使钛酸钡等及其固溶体半导化，从而得到正温度特性的热敏电阻材料。根据制造材质的不同，PTC 热敏电阻又分为：陶瓷 PTC 热敏电阻和有机高分子 PTC 热敏电阻；根据用途的不同，PTC 热敏电阻分为：自动消磁用 PTC 热敏电阻、延时启动用 PTC 热敏电阻、恒温加热用 PTC 热敏电阻、过载保护用 PTC 热敏电阻、传感器用 PTC 热敏电阻。

一、热敏电阻的基本参数与名词术语

（一）热敏电阻的基本参数与名词术语

1. 热敏电阻的电阻值 R

热敏电阻的电阻值又称为热敏电阻的 $R-T$ （电阻-温度）特性，它表示热敏电阻的电阻值与温度的关系，计算式为：

$$R = R_0 \times \text{EXP} [B (1/T - 1/T_0)]$$

式中： R_0 为标准温度 T_0 （以某一温度如 0°C 、 25°C 为标准）时

的电阻值, Ω ; B 为热敏电阻的 B 常数。

2. 热敏电阻的 B 常数 (或 B 值)

热敏电阻的 B 常数是指 NTC 热敏电阻的热敏系数, 它代表热敏电阻的感度 (对温度的敏感程度), 与热敏电阻的制造材料有关。 B 常数定义为: 在温度 T_1 时热敏电阻的电阻值 R_{T1} 和温度 T_2 时热敏电阻的电阻值 R_{T2} 之比的自然对数与温度 T_1 、 T_2 之差的倒数和 T_1 、 T_2 的积, 关系式为

$$B = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{R_{T1}}{R_{T2}} = 2.3026 T_1 T_2 (\log R_{T1} - \log R_{T2}) / (1/T_1 - 1/T_2)$$

其中, 温度单位为 K。一般把其中温度之一规定为 25℃ (298.15K) 或 50℃ (323.15K), 因此, 除非特别说明, 热敏电阻的 B 值通常是指在 25℃ (298.15K) 或 50℃ (323.15K) 时的数值。NTC 热敏电阻的 B 值在 2000 ~ 6000 之间。

3. 热敏电阻的电阻温度系数

热敏电阻的电阻温度系数是表示温度每变化 1℃ 时, 其电阻值的变化率, 表达式为

$$\alpha = (1/R) (dR/dT) \times 100 = -100B/T^2$$

式中: α 为电阻温度系数, %/℃; R 为温度 T (K) 时的电阻值, Ω 。

4. 热敏电阻的耗散系数

热敏电阻的耗散系数是指, 在一定环境温度下, 温度变化时, 热敏电阻自身消耗的功率的变化量与温度的变化量之比。表达式为

$$\delta = \frac{\Delta P}{\Delta T}$$

5. 热敏电阻的热时间常数

在零功率条件 (流过热敏电阻的电流为零) 下, 热敏电阻本身温度发生变化, 当温度在初始值和最终值之间改变了 63.2% 时所需要的时间称为热敏电阻的热时间常数 τ 。

$$\tau = \frac{C}{\delta}$$

6. 热敏电阻的零功率电阻 R_T

R_T 指在规定温度 T 时, 采用引起电阻值变化相对于总的测量误差来说可以忽略不计的功率测量时测得的电阻值。

7. 热敏电阻的额定零功率电阻值 R_{25} (Ω)

根据国标规定, 额定零功率电阻值是指 NTC 热敏电阻在基准温度 25°C 时测得的电阻值 R_{25} , 这个电阻值就是 NTC 热敏电阻的标称电阻值, 即通常所说的 NTC 热敏电阻的电阻值。

8. 热敏电阻的外形与结构

如图 2-1 所示, 为常用的 NTC 热敏电阻实物外形图。

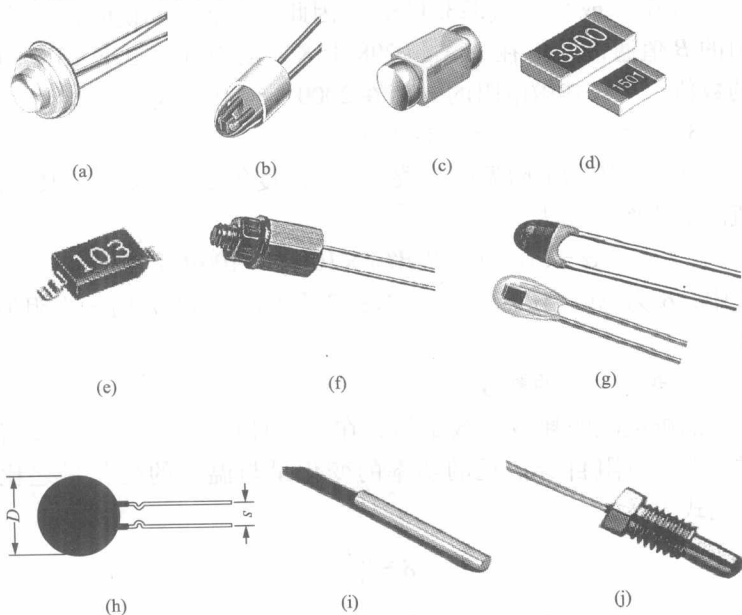


图 2-1 常用 NTC 热敏电阻实物外形图

- (a) 金属封装; (b) 陶瓷封装; (c) 柱形封装; (d) 无引线贴片式;
 (e) 带引线贴片式; (f) 带固定螺帽式; (g) 微、小型式; (h) 圆片式;
 (i) 杆状导管式; (j) 螺丝紧固式

(二) PTC 热敏电阻的基本参数与名词术语

最小电阻 $R_{\min}$: PTC 热敏电阻具有的最小的零功率电阻值。

居里温度 T_c : 电阻值开始陡峭地增高 (突变) 时的温度, 定义为居里温度。居里温度对应的 PTC 热敏电阻的电阻 $R_{TC} = 2 \times R_{\min}$ 。

表面温度 T_{surf} : 表面温度 T_{surf} 是指当 PTC 热敏电阻在规定的工作条件下与周围环境的温度处于热平衡状态时, PTC 热敏电阻表面的温度。

动作电流 I_k : 流过 PTC 热敏电阻的电流, 足以使 PTC 热敏电阻自热温升超过居里温度, 这样的电流称为动作电流。动作电流的最小值称为最小动作电流。

动作时间 t_s : 在 25°C 环境条件下, 给 PTC 热敏电阻加一个起始电流 (保证是动作电流), 通过 PTC 热敏电阻的电流降低到起始电流的 50% 时经历的时间就是动作时间。

不动作电流 I_{Nk} : 流过 PTC 热敏电阻的电流, 不足以使 PTC 热敏电阻自热温升超过居里温度, 这样的电流称为不动作电流。不动作电流的最大值称为最大不动作电流。

最大电流 $I_{\max}$: 最大电流是指 PTC 热敏电阻电流的最大承受能力。超过最大电流时 PTC 热敏电阻可能会失效。

残余电流 I_r : 残余电流是在最大工作电压 $V_{\max}$ 下, 热平衡状态时的电流值。

最大工作电压 $V_{\max}$: 最大工作电压是指在规定的环境温度下, 允许持续地保持在 PTC 热敏电阻上的最高电压。对同一产品而言, 环境温度越高, 最大工作电压值越低。

额定电压 V_N : 额定电压是在最大工作电压 $V_{\max}$ 之下的正常供电电压。通常 $V_{\max} = V_N (1 + 15\%)$ 。

击穿电压 V_D : 击穿电压是指 PTC 热敏电阻所能承受的最高电压。PTC 热敏电阻在击穿电压以上时就可能被击穿失效。

二、常用 PTC 热敏电阻性能参数

1. MF11、MF12 型 PTC 热敏电阻性能参数

MF11、MF12 型 PTC 热敏电阻的性能参数见表 2-1。

表 2-1 MF11、MF12 型 PTC 热敏电阻性能参数

型号	25℃ 时零功率电阻值		B 常数 (25/50℃)	
	阻值范围 (Ω)	允许偏差 (%)	标称值 (K)	允许偏差 (%)
MF11	3.3 ~ 33	±5	2700	±5
	6.8 ~ 68		2830	
	15 ~ 150		2950	
	33 ~ 330		3100	
	68 ~ 680		3250	
	150 ~ 1500	±10	3400	
	330 ~ 3300		3570	
	680 ~ 6800		3740	
	1500 ~ 15 000	±20	3900	
	3300 ~ 33 000		4050	
MF12	6800 ~ 68 000	±20	4250	±5
	15 000 ~ 150 000		4450	
	33 000 ~ 330 000		4670	
	68 000 ~ 680 000		4800	
	150 000 ~ 5 000 000		5050	

注 主要技术参数：热时间常数：≤30s；

测量功率：≤0.1mW，耗散系数：≥6mW/℃，额定功率：0.5W；

使用温度范围：-55 ~ 125℃。

2. M 系列 PTC 热敏电阻性能参数表

M 系列 PTC 热敏电阻性能参数见表 2-2。

表 2-2 M 系列 PTC 热敏电阻性能参数

型号	R_{25} (Ω)	B 常数 $B_{25/85}$ (K)	最大 电流 (A)	残余 电阻 (Ω)	耗散 系数 (mW/ $^{\circ}\text{C}$)	热时 间常数 (s)	工作温 度范围 ($^{\circ}\text{C}$)
M5R107	$5.1 \times (1 \pm 10\%)$	$2900 \times (1 \pm 5\%)$	4.6	0.18	17.0	20	-40 ~ 200
M8R207	$8.2 \times (1 \pm 10\%)$	$2900 \times (1 \pm 5\%)$	3.6	0.30	17.2	25	
M10007	$10.0 \times (1 \pm 10\%)$	$2900 \times (1 \pm 5\%)$	3.3	0.36	17.2	30	
M12007	$12.0 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	3.6	0.24	17.5	25	
M16007	$16.0 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	3.1	0.43	17.8	30	
M22007	$22.0 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	2.6	0.59	18.0	40	
M2R210	$2.2 \times (1 \pm 10\%)$	$2900 \times (1 \pm 5\%)$	7.4	0.08	18.9	40	
M3R010	$3.0 \times (1 \pm 10\%)$	$2900 \times (1 \pm 5\%)$	6.4	0.11	19.2	45	
M3R910	$3.9 \times (1 \pm 10\%)$	$2900 \times (1 \pm 5\%)$	5.6	0.11	19.5	45	
M5R110	$5.1 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	5.7	0.14	19.2	40	
M8R210	$8.2 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	4.5	0.22	19.9	50	
M10010	$10.0 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	4.1	0.27	20.1	60	
M1R014	$1.0 \times (1 \pm 10\%)$	$2900 \times (1 \pm 5\%)$	11.9	0.04	22.0	65	
M2R014	$2.0 \times (1 \pm 10\%)$	$2900 \times (1 \pm 5\%)$	8.6	0.07	23.4	90	
M3R014	$3.0 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	8.3	0.08	23.6	80	
M3R914	$3.9 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	7.4	0.08	24.5	95	
M5R114	$5.1 \times (1 \pm 10\%)$	$3150 \times (1 \pm 5\%)$	6.5	0.14	24.7	110	

三、常用 NTC 热敏电阻性能参数

(一) NTH5D 系列 NTC 热敏电阻性能参数

NTH5D 系列为日本产 NTC 热敏电阻, 基本性能参数见表 2-3。

表 2-3 NTH5D 系列 NTC 热敏电阻性能参数表

型 号	B 常数 (K)	温度系数	型 号	B 常数 (K)	温度系数
NTH5D102A	3800	-4.3	NTH5D331A	3300	-3.7
NTH5D103A	4100	-4.6	NTH5D332A	3900	-4.4