

最新电子器件置换手册系列

最新通用晶闸管 置换手册

● 本书编写组 编

ZUIXIN TONGYONG JINGZHAGUAN
ZHIHUAN SHOUC



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

最新电子器件置换手册系列

最新 通用晶闸管置换手册

本书编写组 编



机械工业出版社

本书全面汇编了国内外电气与电子设备中所使用的晶闸管(包括部分功能与参数和晶闸管类似的晶闸二极管和晶闸四极管)及其模块的实用关键参数和代换型号,内容涉及到2006年以前国内外晶闸管生产厂家的大部分最新晶闸管和模块的型号。全书共分三部分,第一部分介绍该手册的查阅方法;第二部分介绍晶闸管的型号命名、使用 and 检测方法等基础知识;第三部分以表格的形式介绍晶闸管型号(国别)、主要参数、功能用途和近似置换。该书内容全面、查阅简单、携带方便,是一本介绍晶闸管及其模块关键参数和代换资料的最新工具书。

本书适合于电气与电子设备维修、设计、研发、生产、制作人员,电子元器件销售人员及电子爱好者查阅。

图书在版编目(CIP)数据

最新通用晶闸管置换手册/本书编写组编. —北京:机械工业出版社, 2007.3

(最新电子器件置换手册系列)

ISBN 978-7-111-20947-8

I. 最... II. ... III. 晶闸管—技术手册 IV. TN34-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第025320号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:刘星宁 版式设计:张世琴

责任校对:陈延翔 封面设计:张静 责任印制:李妍

北京铭成印刷有限公司印刷

2007年4月第1版第1次印刷

169mm×239mm·34.5印张·1348千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-20947-8

定价:88.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着电子元器件技术的不断发展,新型元器件层出不穷,许多新型元器件难以购到,有些工具书由于收编时间较早也难以查到新型晶闸管及其模块的参数。为此我们特编写了电子元器件工具书——《最新通用晶闸管置换手册》一书,希望该书的出版能给广大读者带来方便。

本书以通用数表的形式全面介绍晶闸管及其模块的主要特征参数和近似置换型号,所介绍的特征参数是晶闸管及其模块的关键参数——电流、电压值,所选用的晶闸管及其模块都是一些实用的和最新的型号,并按数字或字母的升序编排,方便读者查阅。书中还介绍了晶闸管的概念、分类、命名、参数、结构、外形、新标准电路符号、特殊晶闸管及模块、晶闸管与模块的选用与检测等相关知识。

值得指出的是,本书所选用的晶闸管及其模块的特征参数是元器件本身所固有的通用技术参数,由于资料来源复杂,规格不统一,有些数据很难完全统一。另外,许多资料都是英文资料翻译过来的,同一个晶闸管的资料有时有多个版本,因此工作量很大,所以对有的晶闸管无法一一实测,可能与实际值存在差异,仅供读者参考。所选用的代换型号大多是近似置换,具体使用时应根据引脚分布、封装形式、接地端子、频率特性、温度特性等具体情况参照使用。

本书编写组成员主要有张新德、陈金桂、张健梅、袁文初、张新衡、刘晔、张新春、张云坤、王光玉、胡红娟、胡清华、胡代春、王姣、刘云辉、刘运和、陈秋玲、刘淑华、张玉兰、张冬生、张芙蓉、罗小姣、刘桂华、张美兰、李顺兴、张和花、邓国英、张容徕、张峰、张桂生、陈金艳、梁红梅、张新平、周志英等同志,还有其他为本书提供短期协助的同行,在此不再一一列举,并谨表谢意!

由于晶闸管数量繁多、资料来源复杂,参编人员众多,工作量较大,汇编时我们没有一个一个实体检测,疏漏和错误之处在所难免,凡有错漏之处,敬请读者不吝赐教,以待我们重印时修正!

本书编写组
2006年12月

目 录

前言

第1章 手册查阅说明 1

第2章 晶闸管简介 3

- 2.1 晶闸管的分类 3
- 2.2 晶闸管的命名 4
- 2.3 晶闸管的参数 5
- 2.4 晶闸管的结构与符号 7
- 2.5 晶闸管的选用 11
- 2.6 晶闸管的检测 11

第3章 晶闸管通用数表 16

- 3.1 0开头的晶闸管 16
- 3.2 1开头的晶闸管 24
- 3.3 2开头的晶闸管 46
- 3.4 3开头的晶闸管 100
- 3.5 4开头的晶闸管 121
- 3.6 5开头的晶闸管 143

- 3.7 6开头的晶闸管 158
- 3.8 7开头的晶闸管 180
- 3.9 8开头的晶闸管 218
- 3.10 9开头的晶闸管 239
- 3.11 A开头的晶闸管 246
- 3.12 B开头的晶闸管 260
- 3.13 C开头的晶闸管 340
- 3.14 D开头的晶闸管 428
- 3.15 E开头的晶闸管 489
- 3.16 F~G开头的晶闸管 517
- 3.17 H~K开头的晶闸管 571
- 3.18 L开头的晶闸管 598
- 3.19 M开头的晶闸管 604
- 3.20 N开头的晶闸管 645
- 3.21 O~P开头的晶闸管 668
- 3.22 Q~R开头的晶闸管 717
- 3.23 S开头的晶闸管 758
- 3.24 T开头的晶闸管 831
- 3.25 U~Z开头的晶闸管 1088

第 1 章 手册查阅说明

(1) 本书涉及到全世界各类晶闸管(曾称可控硅)的主要极限参数、出产国别、功能或用途和近似置换等实用参数。全书共分四栏,以下分别进行介绍:

第一栏为型号(国别),其中括号中说明除国产或中国合资以外的其他国家出产的晶闸管,均采用国家名字开头第一个汉字(或全称)用括号进行标注;跨国公司生产或多国生产的晶闸管则采用公司所在国家的国家名称第一个汉字组合用括号进行标注。其中,(意)表示为意大利生产的晶闸管;(法)表示为法国生产的晶闸管;(美)表示为美国生产的晶闸管;(英)表示为英国生产的晶闸管;(德)表示为德国生产的晶闸管;(日)表示为日本生产的晶闸管;(荷)表示荷兰生产的晶闸管;(西)表示为西班牙生产的晶闸管;(瑞)表示为瑞典生产的晶闸管;(波)表示为波兰生产的晶闸管;(韩)表示为韩国生产的晶闸管;(印)表示为印度生产的晶闸管;(丹)表示为丹麦生产的晶闸管;(欧)表示为欧洲生产的晶闸管;(俄)表示为俄罗斯生产的晶闸管;(捷)表示为捷克生产的晶闸管;(新)表示为新加坡生产的晶闸管等。所有器件型号均按首字母或首数字递增的顺序进行排列,首字母或首数字相同的再根据其后面的字母和数字递增排序,以此类推,即采用计算机自动排序。型号 $\times 2$ 、型号 $\times 3$ 分别表示为二单元、三单元晶闸管模块,以此类推。

第二栏为关键参数(I_{CT} 或 I_{BO}/V_{RRM} 或 $V_{DRM}/V_{GT}/I_T$),即标志晶闸管正常或极限工作条件的典型参数。其中, I_{CT} 或 I_{BO} 分别表示在室温 25°C 时在阳极和阴极加上一定的电压,晶闸管从断态转为通态的最小门极电流和从关断到导通的最小触发电流; V_{RRM} 或 V_{DRM} 分别表示晶闸管反向重复峰值电压和断态重复峰态电压; V_{GT} 表示门极触发电压; I_T (包括单向晶闸管通态平均电流 $I_{T(AV)}$ 和双向晶闸管通态方均根电流 $I_{T(RMS)}$)表示晶闸管在 40°C 以上和规定的冷却条件下额定通态平均电流或通态方均根电流。

第三栏为功能或用途,主要对晶闸管的特殊功能、极性或用途进行标注,例如主控、全波(或双向)晶闸管,相控晶闸管,快速、高频晶闸管,反并联晶闸管,全控晶闸管,半控晶闸管,门极关断晶闸管等,未标注的则大多为普通晶闸管。

第四栏为近似置换(备注),该栏主要介绍能直接替换或近似替换的晶闸管的型号,有些可能存在管脚差异、频率差异、极性差异等性能差别,则不能直接替换,应根据实际情况进行替换。备注用括号说明,主要用来说明原型号栏晶闸

管(注:不是置换的型号)的特殊工作频率、特殊材料构成、特殊封装形式和新旧程度。其中,(贴)表示原管为贴片晶闸管;(模块)表示原晶闸管为主电路和移相触发系统以及过电流、过电压保护、传感器等共同封装在一个塑料外壳内制成的整体;(大功率)表示高电压或大电流的器件;多字组合的则表示带有多种特性的晶闸管。对于其他原型号的一切特殊事项也在“(备注)”括号中进行简短说明。

(2) 本手册晶闸管通用数表部分,全部采用表格形式进行编排,按照晶闸管型号前几位数字或字母的升序划分型号段,一个型号段通过一个小标题列出。在同一个型号段内的晶闸管,则继续依照其后续字母或数字的升序进行排序,以方便读者查阅。

(3) 本书中,有少数二极管的工作原理、参数设置与晶闸管类似,故一并放在晶闸管中,并在功能或备注栏中加注了相应的说明。例如肖克莱二极管、SIDAC(双向触发二极管)、反向导通二极管等,读者应加以注意。

(4) 由于厂家资料参数项目不一致,有些参数很难完全统一,故存在部分参数空缺的现象。参数一栏中的“□”代表此参数空缺。

第2章 晶闸管简介

晶闸管国际通用名称为 Thyristor(全称为晶体闸流管),曾称为可控硅(SCR,全称为硅可控整流器件)。它是由硅半导体材料做成的硅晶体闸流管。晶闸管在电路图中常用文字符号“V”、“VT”表示。晶闸管具有真空闸流管整流器件的特性,能在高电压、大电流状态下工作,且其工作过程可以控制,被广泛应用于可控整流、交流调压、无触点电子开关、逆变及变频等电子电路中。

晶闸管包含三个或三个以上的PN结,可看成一个PNP型晶体管和一个NPN型晶体管的复合管,是一种能从断态转入通态或由通态转入断态的双稳态电子器件,它泛指所有PNPN类型的开关管,也可表示这类开关管中的任意器件。

由于晶闸管只有导通和关断两种工作状态,所以它具有开关特性,平时它保持在非导通状态,直到由一个较少的控制信号对其触发使其导通,一旦被触发,就算撤去触发信号,它也能保持导通状态,要使其关断可在其阳极与阴极之间加上反向电压或将流过晶闸管的电流减少到某一个值以下。晶闸管这种通过触发信号(小的触发电流)来控制导通(晶闸管中通过大电流)的可控特性,正是它区别于普通硅整流二极管的重要特征。

2.1 晶闸管的分类

晶闸管按不同的分类方法可分为不同的类型,其具体分类方法如下:

(1) 晶闸管按关断、导通及控制方式可分为单向晶闸管、双向晶闸管、逆导晶闸管、逆阻晶闸管、门极关断晶闸管、温控晶闸管、光控晶闸管和晶闸管模块等多种。例如智能功率模块的英文名称为 Intelligent Power Module,简称 IPM。

(2) 晶闸管按引脚和极性可分为二极晶闸管、三极晶闸管和四极晶闸管。其中,二极晶闸管有双向触发二极管(SIDAC,即 Silicon Diode for Alternating Current),它是基于晶闸管原理和结构的一种两端负阻器件,由于被触发导通时两端的压降只有 1.5V 左右,因此这种器件的工作状态类似一个开关,故 SIDAC 又称为双向触发开关。还有肖克莱二极管(又称晶体闸流二极管或晶闸二极管)。

(3) 晶闸管按外形不同可分为普通型、螺旋形、平板形和平底形等类型,其中螺旋形结构的较多。

(4) 晶闸管按封装形式可分为金属封装式、塑封式和陶瓷封装式三种类型。其中,金属封装式晶闸管又分为螺栓形、平板形和圆壳形等多种,塑封晶闸管又分为带散热片型和不带散热片型两种。

(5) 晶闸管按电流容量可分为大功率晶闸管、中功率晶闸管和小功率晶闸管三种。通常，大功率晶闸管一般采用金属壳封装，而中、小功率晶闸管则大多采用塑封或陶瓷封装。

(6) 晶闸管按关断速度可分为普通晶闸管、快速晶闸管和高频晶闸管。高频晶闸管与快速晶闸管类似，但高频晶闸管往往具有更短的开关时间，可用于比快速晶闸管要求更高的各种高频晶闸管电路中。

2.2 晶闸管的命名

1. 国产晶闸管的型号命名方法

国产晶闸管的型号命名(JB/T 2423—1999《电力半导体器件型号编制方法》)主要由四部分组成，各部分的含义见表 2-1。第一部分用字母“K”表示主称为晶闸管；第二部分用字母表示晶闸管的类别；第三部分用数字表示晶闸管的额定通态电流值；第四部分用数字表示重复峰值电压级数。例如，KP2-2 表示 2A/200V 的普通反向阻断型晶闸管；KS5-5 表示 5A/500V 的双向型晶闸管。

表 2-1 国产晶闸管的型号命名及含义

主 称		类 别		额定通态电流		重复峰值电压级数	
字母	含义	字母	含义	数字	含义	数字	含义
K	晶闸管	P	普通反向 阻断型	1	1A	1	100V
				5	5A	2	200V
				10	10A	3	300V
				20	20A	4	400V
		K	快速晶闸管 反向阻断型	30	30A	5	500V
				50	50A	6	600V
				100	100A	7	700V
				200	200A	8	800V
		S	双向型	300	300A	9	900V
				400	400A	10	1000V
				500	500A	12	1200V
						14	1400V

2. 日本产品晶闸管的型号命名方法

日本生产的晶闸管由五~七部分组成，一般只用到前五个部分。第一部分，用数字表示器件有效电极数目或类型；第二部分，日本电子工业协会(JEIA)注册标志；第三部分，用字母表示器件使用材料极性和类型，如 F 表示 P 门极晶闸管、G 表示 N 门极晶闸管，M 表示双向晶闸管；第四部分，用数字表示在日本电子工业协会(JEIA)登记的顺序号，数字越大，越是近期产品；第五部分，

用字母表示同一型号的改进型产品标志, A、B、C、D、E、F 表示该晶闸管是原型号的改进产品。

3. 美国产品闸管的型号命名方法

美国电子工业协会晶闸管的型号命名方法: 第一部分, 用符号表示器件用途的类型; 第二部分, 用数字表示 PN 结数目, 如 3 表示三个 PN 结晶闸管; 第三部分, 美国电子工业协会(EIA)注册标志; 第四部分, 美国电子工业协会登记顺序号; 第五部分, 用字母表示器件类型分档。

4. 国际电子联合会晶闸管型号命名方法

欧洲国家, 大都采用国际电子联合会晶闸管的型号命名方法。这种命名方法由四个基本部分组成: 第一部分, 用字母表示器件使用的材料; 第二部分, 用字母表示器件的类型及主要特征, 如 R 表示小功率晶闸管、T 表示大功率晶闸管; 第三部分, 用数字或字母加数字表示登记顺序号; 第四部分, 用字母对同一类型器件进行档别分类。

除四个基本部分外, 有时还加后缀, 以区别特性或进一步分类。晶闸管型号常见的后缀是数字, 通常标出最大反向峰值耐压值和最大反向关断电压中数值较小的那个电压值。

2.3 晶闸管的参数

晶闸管的参数包括电压参数、电流参数、门极参数及动态参数等, 下面就经常用到的一些主要参数及其意义予以介绍。

1. 晶闸管的电压参数

晶闸管的电压参数包括断态重复峰值电压 V_{DRM} 、断态不重复峰值电压 V_{DSM} 、反向重复峰值电压 V_{RRM} 、反向不重复峰值电压 V_{RSM} 、通态门槛电压 V_{TO} 、通态峰值电压 V_{TM} 、模块绝缘电压 V_{ISO} 、门极触发电压 V_{GT} 等。

(1) 断态重复峰值电压 V_{DRM} : 断态重复峰值电压是指晶闸管在正向阻断时, 允许加在 A、K(或 T1、T2) 极间最大的峰值电压。

(2) 断态不重复峰值电压 V_{DSM} : 断态不重复峰值电压又称正向转折电压, 是指在额定结温为 100°C 且 G 极开路的条件下, 在其 A 极与 K 极之间加上正弦半波正向电压, 使其由关断状态转变为导通状态时所对应的峰值电压。

(3) 反向重复峰值电压 V_{RRM} : 反向重复峰值电压是指晶闸管在 G 极断路时, 允许在 A、K 极间的最大反向峰值电压。

(4) 反向不重复峰值电压 V_{RSM} : 反向不重复峰值电压是指晶闸管处于阻断状态时能承受的最大转折电压。

(5) 通态峰值电压 V_{TM} : 通态峰值电压又称峰值压降, 是指晶闸管通过规定通态峰值电流 I_{TM} 时的峰值电压, 它直接反映了器件的通态损耗特性, 影响着器

件的通态电流额定能力。

(6) 门极触发电压 V_{GT} : 门极触发电压表示晶闸管在额定条件下从关断到导通的门极触发电压。

2. 晶闸管的电流参数

晶闸管的电流参数包括维持电流 I_H 、通态平均电流 I_T 、通态一个周波不重复浪涌电流(峰值) I_{TSM} 、通态电流有效值 $I_{T(RMS)}$ 、断态重复峰值电流 I_{DRM} 、反向重复峰值电流 I_{RRM} 、最小门极触发电流 I_{BO} 、门极触发电流 I_{GT} 等。

(1) 维持电流 I_H : 维持电流是指维持晶闸管导通的最小电流。当正向电流小于维持电流时, 导通的晶闸管会自动关断。

(2) 通态平均电流 I_T : 通态平均电流是指在规定环境温度和冷却条件下, 晶闸管正常工作时 A、K(或 T1、T2) 极间所允许通过电流的平均值。其中包括单向晶闸管通态平均电流 $I_{T(AV)}$ 和双向晶闸管通态方均根电流 $I_{T(RMS)}$ 。

(3) 断态重复峰值电流 I_{DRM} : 断态重复峰值电流是指晶闸管在关断状态下的正向最大平均漏电流值。

(4) 反向重复峰值电流 I_{RRM} : 反向重复峰值电流是指晶闸管在关断状态下的反向最大漏电流值。

(5) 最小门极触发电流 I_{BO} : 最小门极触发电流表示晶闸管在额定条件下从关断到导通的最小门极触发电流。

(6) 门极触发电流 I_{GT} : 门极触发电流表示晶闸管在额定条件下从关断到导通的门极触发电流。

3. 晶闸管的门极参数

晶闸管的门极参数包括门极反向电压、门极触发电压 V_{GT} 及门极触发电流 I_{GT} 等。其中, 反向电压是指晶闸管门极上所加的额定电压。门极触发电流、门极触发电压是指在规定的环境温度下, 阳极与阴极间加有一定电压时, 晶闸管从关断状态转为导通状态所需要的最小门极电流和电压。

4. 晶闸管的动态参数

晶闸管的动态参数包括断态电压临界上升率 dv/dt 、通态电流临界上升率 di/dt 、电路换向关断时间 t_q 、结壳热阻 R_{jc} 、额定结温 T_{jm} 等。

(1) 断态电压临界上升率 dv/dt : 断态电压临界上升率是指在规定条件下不会导致晶闸管从断态转换到通态所允许的最大正向电压上升速度。

(2) 通态电流临界上升率 di/dt : 通态电流临界上升率是指晶闸管从阻断状态转换到导通状态时, 所能承受的通态电流上升率的最大值。

(3) 结壳热阻 R_{jc} : 结壳热阻是指晶闸管在规定的条件下, 由结到壳流过单位功耗所产生的温升。结壳热阻反映了器件的散热能力, 直接影响了器件的通态额定性能。

(4) 电路换向关断时间 t_q : 电路换向关断时间是指在规定条件下, 晶闸管从通态电流降至零的瞬间起, 到器件开始能承受规定的断态电压瞬间为止的时间间隔。

2.4 晶闸管的结构与符号

1. 普通晶闸管的结构与符号

(1) 单向晶闸管: 单向晶闸管英文全称为 Unidirectional Thyristor, 但为方便起见, 仍常沿用 SCR (Semiconductor Controlled Rectifier) 作为其简称。它是由 PNP 四层半导体材料构成的三端半导体器件, 三个引出端分别为阳极 A、阴极 K 和门极 G, 其电路图形符号如图 2-1 所示。

单向晶闸管的阳极与阴极之间具有单向导电的性能, 其内部结构如图 2-2 所示, 由 P1、N1、P2、N2 四层半导体组成。单向晶闸管内部有三个 PN 结, 从 P1 区引出阳极 A、N2 区引出阴极 K、P2 区引出门极 G, 所以单向晶闸管又称四层三端器件。四层结构形成三个 PN 结(J1、J2、J3), 这三个结按正反正的极性相互串联在一起。

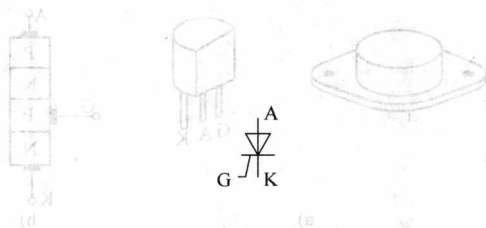


图 2-1 单向晶闸管电路图形符号

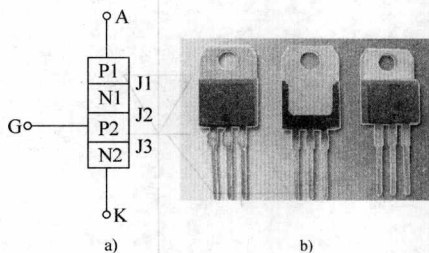


图 2-2 晶闸管内部结构

a) 结构 b) 外形

(2) 双向晶闸管: 双向晶闸管又称三端双向交流开关, 简称 TRIAC, 它是在单向晶闸管的基础上发展而来的。双向晶闸管由 NPNPN 五层半导体材料构成, 相当于两只单向晶闸管反向并联, 其电路图形符号如图 2-3 所示, 有主电极 T1、主电极 T2 和门极 G 三个电极。

双向晶闸管的内部结构和外形如图 2-4 所示, 可以双向导通, 即门极加上正或负的触发电压, 均能触发双向晶闸管正、反两个方向导通。

2. 其他特殊晶闸管的结构与符号

(1) 门极关断晶闸管: 门极关断晶闸管又称门控晶闸管, 简称 GTO 晶闸管 (Gate Turn-off Thyristor), 其主要特点是: 当门极加负向触发信号时, GTO 晶闸管能自行关断。GTO 晶闸管的电路图形符号如图 2-5 所示, 它也属于 PNP 四层三端器件, 其结构与普通晶闸管相似(内部结构见图 2-6)。大功率 GTO 晶闸管一般制成模块形式。

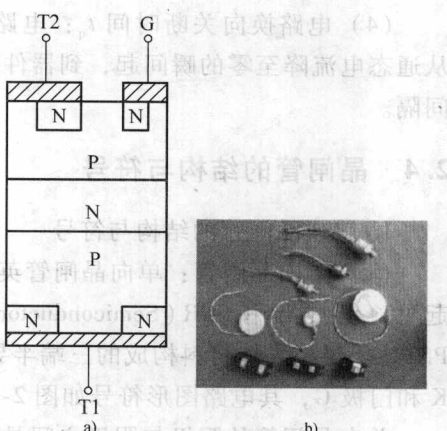
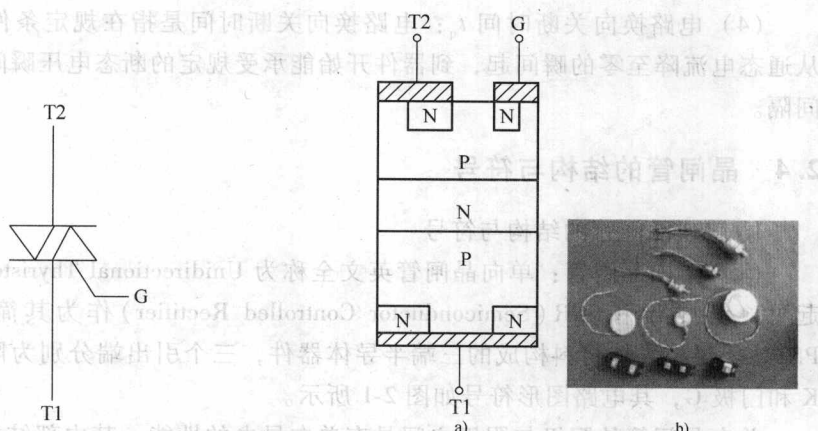


图 2-3 双向晶闸管的电路图形符号

图 2-4 双向晶闸管内部结构和外形

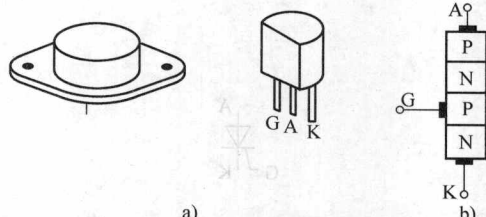
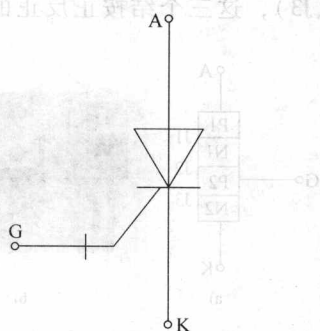


图 2-5 GTO 晶闸管电路图形符号

图 2-6 GTO 晶闸管内部结构

尽管普通晶闸管与 GTO 晶闸管的触发导通原理相同,但两者的关断原理及关断方式截然不同。这是由于普通晶闸管在导通之后即处于深度饱和状态,而 GTO 晶闸管在导通后只能达到临界饱和,所以在 GTO 晶闸管的门极上加负向触发信号即可关断。

(2) 光控晶闸管：光控晶闸管曾称光控可控硅，简称 LAT，也称 GK 型光开关管，它是一种光敏器件。在电路中常用图 2-7 所示的图形符号来表示。光控晶闸管的外形和内部结构如图 2-8 所示，它由 PNP 四层半导体材料构成，可等效为由一只晶闸管和一只电容、一只光敏二极管组成的电路。由于光控晶闸管的控制信号来自光的照射，故其只有阳极 A 和阴极 K 两个引出电极，门极为受光窗口（小功率晶闸管）或光导纤维、光缆（大功率晶闸管）等。

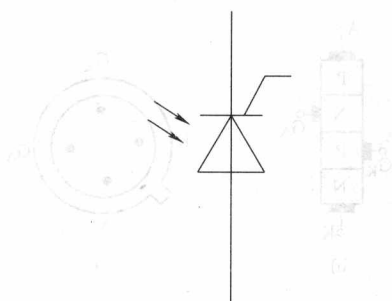


图 2-7 光控晶闸管电路图形符号



a)



b)

图 2-8 光控晶闸管外形及内部结构

a) 外形 b) 内部结构

(3) 温控晶闸管：温控晶闸管是一种新型温度敏感开关器件，其结构与普通晶闸管的结构相似，也是由 PNP 半导体材料制成的三端器件，但在制作时，温控晶闸管中间的 PN 结中注入了对温度极为敏感的成分，因此改变环境温度，即可改变其特性曲线。

(4) 逆导晶闸管：逆导晶闸管又称反向导通晶闸管，简称 RCT (Reverse-Conducting Triode Thyristir)，其特点是在晶闸管的阳极 A 与阴极 K 之间反向并联一只二极管 (电路图形符号和等效电路见图 2-9)，使阳极与阴极的发射结均呈短路状态。

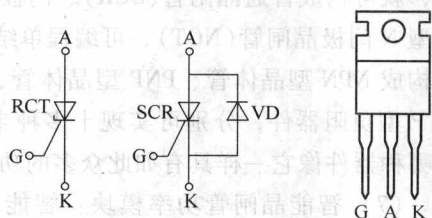


图 2-9 逆导晶闸管的电路图形符号与等效电路

a) 电路图形符号 b) 等效电路 c) 外形

(5) 逆阻晶闸管：逆阻晶闸管又称 BTG 晶闸管，也称可编程单结晶闸管 (PUT)。它是由 PNP 四层半导体材料构成的三端逆阻型晶闸管，其电路图形符号如图 2-10 所示，内部结构如图 2-11 所示。

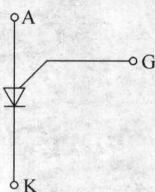


图 2-10 逆阻晶闸管的电路图形符号

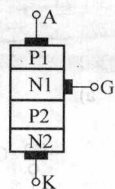


图 2-11 逆阻晶闸管的内部结构

(6) 四极晶闸管：四极晶闸管也称硅控制开关管 (SCS)，是一种由 PNP 四层半导体材料构成的多功能半导体器件。图 2-12 所示为其电路图形符号和内部结构。

四极晶闸管的四个电极分别为阳极 A、阴极 K、阳极门极 G_A 和阴极门极 G_K 。若将四极晶闸管的阴极门极 G_K 悬空，则可以代替 BTG 晶闸管或门极关断晶闸管使用；若将其阳极门极 G_A 悬空，则四极晶闸管可以代替普通晶闸管或门极关断晶闸管使用；若将其阳极门极 G_A 与阳极 A 短接，则可

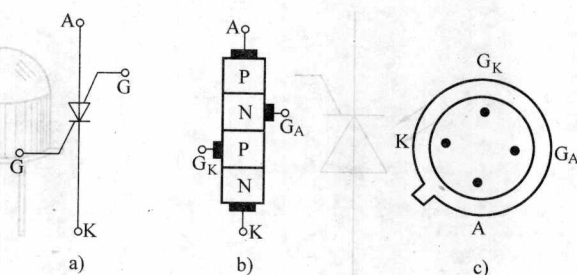


图 2-12 四极晶闸管的电路图形符号及内部结构

a) 电路图形符号 b) 内部结构 c) 外形

以代替逆导晶闸管或 NPN 型硅晶闸管使用。因此，只要改变四极晶闸管的接线方式，就可构成普通晶闸管(SCR)、门极关断(GTO)晶闸管、逆导晶闸管(RCT)、互补型 N 门极晶闸管(NGT)、可编程单结晶闸管(PUT)、单结晶闸管(UJT)，此外还能构成 NPN 型晶体管、PNP 型晶体管、肖克莱二极管(SKD)、稳压二极管、N 型或 P 型负阻器件，分别可实现十多种半导体器件的电路功能。迄今为止，还不曾有哪种器件像它一样具有如此众多的功能，因此它被誉为新颖的万能器件。

(7) 智能晶闸管功率模块：智能晶闸管功率模块简称 ITPM (Intelligent Thyristor Power Module)，是把晶闸管主电路和移相触发系统以及过电流与过电压保护、传感器等共同封装在一个塑料外壳内制成的，使有关电路成为了一个整体。最新 ITPM 的移相触发电路为全数字电路，功能电路由单片机完成，并且内置有多路电流、电压、温度传感器，通过模块上的接插件可将各种控制线引到键盘，进行各种功能和电气参数设定，并可进行 LED 或 LCD 显示。图 2-13 所示为晶闸

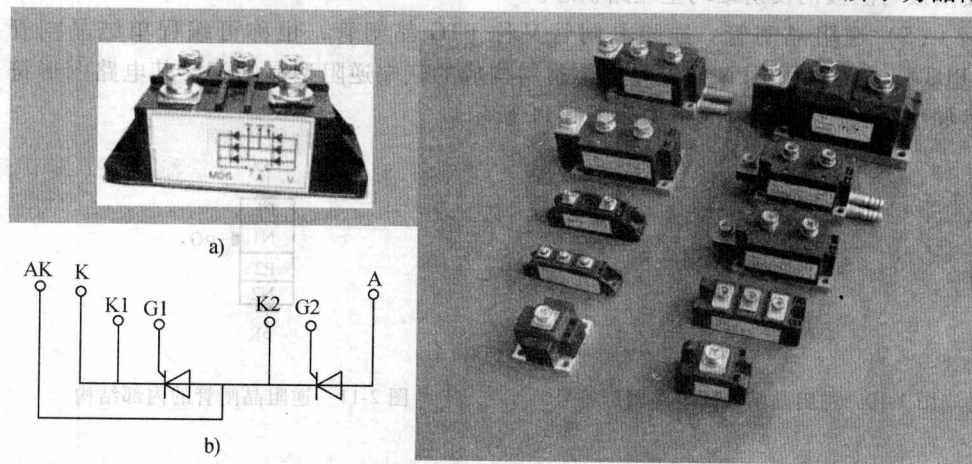


图 2-13 晶闸管模块外形和电路

a) 实物外形 b) 电路

管模块外形和电路。

2.5 晶闸管的选用

1. 选择晶闸管的类型

晶闸管有多种类型,应根据应用电路的具体要求合理选用。

若用于交直流电压控制、可控整流、交流调压、逆变电源、开关电源保护电路等,可选用普通晶闸管;若用于交流开关(或加于交流开关前)、交流调压、交流电动机线性调速、灯具线性调光及固态继电器、固态接触器等电路中,应选用双向晶闸管;若用于交流电动机变频调速、斩波器、逆变电源及各种电子开关电路等,可选用门极关断晶闸管;若用于电磁灶、电子镇流器、超声波电路、超导磁能储存系统及开关电源等电路,可选用逆导晶闸管;若用于光耦合器、光探测器、光报警器、光计数器、光电逻辑电路及自动生产线的运行监控电路,可选用光控晶闸管。

2. 选择晶闸管的主要参数

晶闸管的主要参数应根据应用电路的具体要求而定。所选晶闸管应留有一定的功率裕量,其额定峰值电压和额定电流(通态平均电流)均应高于受控电路的最大工作电压和最大工作电流的1.5~2倍。晶闸管的正向压降、门极触发电流及触发电压等参数应符合应用电路(指门极的控制电路)的各项要求,不能偏高或偏低,否则会影响晶闸管的正常工作。

2.6 晶闸管的检测

1. 普通晶闸管的检测

(1) 单向晶闸管的检测

判别各电极:单向晶闸管可以根据其封装形式来判断出各电极,一般螺栓形单向晶闸管的螺栓一端为阳极A、较细的引线端为门极G、较粗的引线端为阴极K;平板形单向晶闸管的引出线端为门极G、平面端为阳极A、另一端为阴极K;金属壳封装的单向晶闸管的外壳为阳极A,而塑封单向晶闸管的中间引脚为阳极A。

根据单向晶闸管的结构可知,其门极G与阴极K极之间为一个PN结,具有单向导电特性,而阳极A与门极之间有两个反极性串联的PN结。因此,通过用万用表R $\times$ 100A或R $\times$ 1k档测量单向晶闸管各引脚之间的电阻值,即能确定三个电极。具体方法是:将万用表黑表笔任接晶闸管某一极,红表笔依次去触碰另外两个电极。若测量结果有一次阻值为几千欧姆,而另一次阻值为几百欧姆,则可判定黑表笔接的是门极G。在阻值为几百欧姆的测量中,红表笔接的是阴极K,而在阻值为几千欧姆的那次测量中,红表笔接的是阳极A,若两次测出的阻

值均很大,则说明黑表笔接的不是门极 G,应用同样方法改测其他电极。另外,可测任两脚之间的正、反向电阻,若正、反向电阻均接近无穷大,则说明两极为阳极 A 和阴极 K,而另一脚为门极 G。

(2) 判断晶闸管的好坏:用万用表 $R \times 1k$ 档测量晶闸管阳极 A 与阴极 K 之间的正、反向电阻,正常时均应为无穷大(∞),否则说明晶闸管内部击穿短路或漏电。

用万用表 $R \times 1k$ 档测量门极 G 与阴极 K 之间的正、反向电阻值,正常时正向电阻值较小、反向电阻值较大,若两次测量的电阻值均很大或均很小,则说明该晶闸管 G、K 极之间开路或短路;若正、反电阻值均相等或接近,则说明该晶闸管 G、K 极之间的 PN 结已失去单向导电作用。

用万用表 $R \times 1k$ 档测量阳极 A 与门极 G 之间的正、反向电阻,正常时两个阻值均应为几百千欧姆或无穷大,否则说明 G、A 极之间反向串联的两个 PN 结中的其中一个已击穿短路。

(3) 触发能力的检测:对于小功率(工作电流为 5A 以下)的单向晶闸管,可用万用表 $R \times 1$ 档测量。测量时黑表笔接阳极 A、红表笔接阴极 K,此时表针不动,显示阻值为无穷大(∞)。用镊子或导线将 A 极与 G 极短路,此时若电阻值为几欧姆至几十欧姆,则表明晶闸管因正向触发而导通。再断开 A 极与 G 极的连接,若表针示值仍保持在几欧姆至几十欧姆的位置不动,则说明此晶闸管的触发性能良好。

对于中、大功率的单向晶闸管,由于万用表 $R \times 1$ 档所提供的电流偏低,晶闸管不能完全导通,故检测时需在黑表笔端串接一只 200Ω 可调电阻和 1~3 节 1.5V 干电池。

2. 双向晶闸管的检测

(1) 判别各电极:一般螺栓形双向晶闸管的螺栓一端为主电极 T2,较细的引线端为门极 G,较粗的引线端为主电极 T1;金属封装双向晶闸管的外壳为主电极 T2,而塑封双向晶闸管的中间引脚为主电极 T2。

用万用表 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 档分别测量双向晶闸管三个引脚间的正、反向电阻值,若测得某一引脚与其他两脚均不通,则此脚为主电极 T2,再测其他两脚之间的正反向电阻值,此时可测得两个较小的电阻值。在电阻值较小(约几十欧姆)的一次测量中,黑表笔接的是主电极 T1,红表笔接的是门极 G。

(2) 判断晶闸管的好坏:用万用表 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 档测量双向晶闸管的 T1 极与 T2 极之间、T2 极与 G 极之间的正、反向电阻值,正常时均应接近无穷大,否则说明该晶闸管电极之间已击穿或漏电短路。

用万用表 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 档测量 T1 与 G 之间的正、反向电阻值,正常时均应在几十欧姆至一百欧姆之间,若测其为无穷大,则说明该晶闸管已开路损坏。