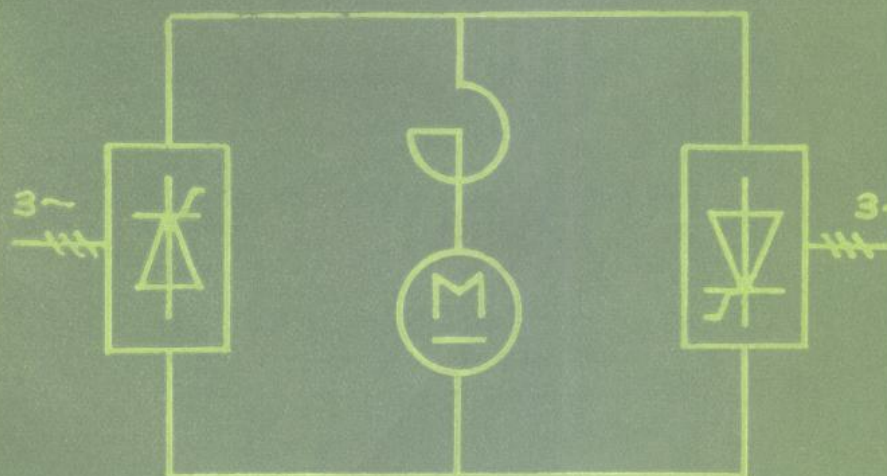


晶闸管实用技术问题解答

高玉奎 主编



天津大学出版社

IN34-44
G27

出版社

晶闸管实用技术问题解答

高玉奎 刘玉池 编
孙玉林 刘振起

天津大学出版社

内 容 提 要

本书针对由晶闸管组成的变流装置在实际应用中遇到的各种各样问题而编写的。主要内容有：晶闸管、可控整流电路、逆变与变频电路、斩波器与交流调压电路、家用电器实用电路、变压器的设计等六部分，共列出111个问题，对问题的解答力求简明、易懂。书末附有KC系列晶闸管集成触发器、集成触发组件、图形符号和文字代号新旧对照表等，以便查阅。

本书考虑到了社会需求的广泛性和实用性。可供广大维修电工、电气技师和工程技术人员提高技术和解决实际问题时使用，也可做大专院校、技工学校有关专业的师生教学和实习的参考用书。

(津)新登字012号

晶 闸 管 实 用 技 术 问 题 解 答

高玉奎、刘玉池、孙玉林、刘振起 编

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本：850×1168毫米1/32

印张：7 字数：188 千字

1993年11月第一版

1993年11月第一次印刷

印数：1—8 000 册

'SBN 7-5618-0533-0

TM·19

定价：6.00 元

前 言

近年来，晶闸管（原名可控硅）变流技术已经广泛地应用于各个工业部门及人民生活领域，本书针对由晶闸管组成的变流装置在实际应用中遇到的各种各样问题而编写的。编写时，考虑到社会需求的广泛性和实用性，还参考了大、中专院校的“晶闸管变流技术”教学大纲的要求。

全书将晶闸管实用技术分为：晶闸管、可控整流电路、逆变与变频电路、斩波器与交流调压电路、家用电器实用电路、变压器的设计等六部分，共列出111个问题，对问题的解答力求简单明确、通俗易懂。书末附录还列出了KC系列晶闸管集成触发器、集成触发组件、图形符号和文字代号新旧对照表等，供实际应用时查阅。

本书可供广大维修电工、电气技师和工程技术人员提高技术和解决实际问题时使用，也可做大、中专院校、技工学校有关专业的师生教学和实习的参考用书。

本书由高玉奎主编。高玉奎编写第一、三、四部分，刘玉池编写第二部分和附录，刘振起编写第五部分，孙玉林编写第六部分。

目前，晶闸管实用技术领域不断扩大，新型的器件层出不穷，限于编者的学识和经验，本书缺点和错误在所难免，恳请读者不吝批评指正。

编 者

1992年9月

目 录

一、晶闸管	(1)
1. 什么是晶闸管? 它有哪些用途?	(1)
2. 如何区分晶闸管的三个电极?	(1)
3. 怎样鉴别晶闸管的好坏?	(1)
4. 晶闸管的型号表示什么意义?	(3)
5. 变流装置中所用的晶闸管其额定电压值为什么比 线路电压值大得多?	(4)
6. 晶闸管的额定电流和其它电气设备的额定电流有 什么不同?	(5)
7. 怎样选取晶闸管的额定电流?	(5)
8. 某变流装置的一个晶闸管损坏, 换上同一型号的 晶闸管之后, 其温升较高, 是什么原因?	(6)
9. 为什么晶闸管在夏天比冬天容易出故障?	(6)
10. 为什么晶闸管在夏天工作正常到了冬天就不可靠 了?	(7)
11. 晶闸管在使用时门极常加上负电压, 有何利弊? ...	(7)
12. 在调试晶闸管整流器时, 有触发脉冲晶闸管导 通, 脉冲消失后则又关断, 是何原因?	(7)
13. 主回路电源电压正常, 门极加上触发脉冲晶闸管 也不导通, 试分析原因?	(7)
14. 主回路加电源电压后, 不加触发脉冲晶闸管就导 通, 是何原因?	(8)
15. 晶闸管在工作中过热, 是哪些原因引起的?	(8)

16. 晶闸管在运行中烧坏的原因有哪些?	(9)
二、可控整流电路	(13)
17. 可控整流电路有哪些型式?	(13)
18. 哪些地方使用可控整流电路?	(13)
19. 可控整流电路为直流电动机供电, 为什么主回路 中要串入电抗器?	(13)
20. 上题中电抗器的电感量如何计算?	(18)
21. 续流二极管在全控桥整流电路和半控桥整流电路 中的作用有何不同?	(20)
22. 图2-4是同步发电机单相半波自激电路。在额定转 速下运行, 什么原因会使激磁电压下降?	(22)
23. 在实际电路中为什么要用晶闸管串联? 晶闸管串 联时应采取哪些措施?	(23)
24. 晶闸管串联时如何进行均压?	(23)
25. 在实际电路中为什么要用晶闸管并联? 晶闸管并 联时应采取哪些措施?	(25)
26. 晶闸管并联时如何进行均流?	(26)
27. 晶闸管整流电路为什么要进行过压保护? 通常有 哪些方法?	(28)
28. 晶闸管整流电路过流的原因是什么? 如何进行过 流保护?	(28)
29. 上题中D种过流保护的快熔如何选取?	(30)
30. 在整流电路的交流侧设置的电流检测装置是如何 进行过流保护的? 如何整定?	(30)
31. 晶闸管对触发电路有哪些要求?	(31)
32. 常用的触发电路有哪几种?	(33)
33. 如何调试单结晶体管移相触发电路?	(33)
34. 如何调试正弦波同步触发电路?	(33)
35. 正弦波同步触发电路有哪些优缺点?	(38)

36. 怎样确定正弦波同步触发电路的同步电压和主电路电源电压的相位关系? (39)
37. 怎样测定电源的相序? (39)
38. 如何测定单相变压器的极性? (42)
39. 如何测定三相变压器的极性? (42)
40. 三相变压器联结组的标号是如何确定的? (44)
41. 如何调试锯齿波同步触发电路? (50)
42. 锯齿波同步触发电路输出脉冲宽度不够, 如何解决? (50)
43. 锯齿波同步触发电路是怎样发出双窄触发脉冲的? (50)
44. 怎样确定三相同步变压器的联结组别? (54)
45. 锯齿波同步触发电路的故障, 如何影响三相桥式全控整流电路的输出电压? (54)
46. 三相桥式全控整流电路使用同步信号为锯齿波的触发电路, 为什么六个锯齿波的斜率要达到一致? (56)
47. 如何根据整流电路输出电压 u_d 波形和晶闸管两端电压 u_{VT} 波形分析电路的故障? (56)
48. 如果用示波器测出如图2-42所示的三相全控桥电感性负载输出电压 u_d 波形, 试分析原因所在? 如何解决? (62)
49. 上题中六个波头严重不对称时, 将有什么后果? (62)
50. KC04晶闸管移相触发电路有什么优点? 它是由哪些环节组成的? 又是怎样工作的? (64)
51. 某三相半波整流电路, 为什么会出现图2-46所示的输出电压 u_d 波形? (66)
52. 晶闸管整流电路为什么要用整流变压器? 三相整

流变压器为什么都用 Δ/Y 接法? (68)

53. 三相半控桥与三相全控桥整流电路相比有哪些特点? (69)

54. 调试晶闸管整流装置时, 应注意哪些问题? (69)

三、逆变与变频电路 (70)

55. 什么叫逆变? 怎样分类? (70)

56. 要想使变流器工作在逆变状态, 应该具备什么条件? (70)

57. 什么叫逆变角? (70)

58. 在逆变状态时晶闸管工作有何特点? (70)

59. 三相逆变电路对触发电路要求和整流电路相比有什么不同? (72)

60. 什么叫逆变失败? 造成逆变失败的原因有哪些? (72)

61. 为了防止逆变失败, 最小逆变角 $\beta_{\min}$ 应取多大? ... (73)

62. 试举例说明有源逆变有哪些应用? (73)

63. 某晶闸管——电动机龙门刨调速系统, 电动机稳定运行速度达不到给定要求, 甚至停车, 试分析原因? (76)

64. 在哪些地方使用由晶闸管组成的静止变频器? ... (81)

65. 变频器怎样分类? 试述其简单工作原理。..... (81)

66. 变频器有哪些换流方式? (83)

67. 中频电源逆变器都有哪些型式? (85)

68. 如何区分电压源型和电流源型变频器? (85)

69. 电压源型变频器和电流源型变频器各有什么特点? (85)

70. 图3-11为一小功率单相逆变器, 试说明它是怎样工作的? (85)

71. 交-交变频器怎样分类? 各有什么优缺点? (85)

72. 交-交变频器和交-直-交变频器各有什么特点? (88)
73. 图3-12为微机用不间断电源, 试述它是怎样工作的? (88)
- 、斩波器和交流调压电路**..... (91)
74. 什么叫斩波器? 哪些地方使用斩波器? (91)
75. 斩波器怎样改变加到负载上的直流电压平均值? (91)
76. 斩波器怎样分类? (91)
77. 图4-2是2吨电动平板车定频调宽式调速装置的主电路图, 它是如何进行工作的? (93)
78. 上题中若平板车不能起动, 是什么原因造成的? (93)
79. 77题中2吨电动平板车不能调速、只能全速运行是何原因? (96)
80. 图4-4为KDS3系列电动铲车或平板车定宽调频式调速装置的主电路, 试说明它是怎样进行工作的? (96)
81. 上题中、行走电机不能起动, 是什么原因引起的? (99)
82. 第80题中的KDS3系列电动铲车或平板车起动后不能调速是何原因? (100)
83. 什么叫交流调压器? 都应用在哪些地方? (100)
84. 什么是晶闸管交流开关? (100)
85. 交流调压器的晶闸管, 常用哪些方式控制? (100)
86. 单相交流调压器主电路如图4-8所示。对于电阻-电感负载, 为什么晶闸管的触发脉冲要用宽脉冲或脉冲列? (103)
87. 在交流调压器或交流开关中, 使用双向晶闸管有

什么好处?	(103)
88. 三相交流调压器有哪些接线方式? 各有什么特点?	(103)
89. 双向晶闸管的型号表示什么意义? 它有哪些主要参数?	(103)
90. 图4-10所示电路, 是怎样进行温度调节的?	(106)
91. 图4-11为三相交流调压电路, 说明它是怎样调压的?	(109)
92. 图4-12为KJW-1型“或”门晶闸管交流开关, 它是怎样工作的?	(109)
93. 图4-13为双向晶闸管交流开关电路, 它是怎样控制电动机运行的?	(112)
94. 图4-14为全波连续式晶闸管过零触发调功器, 它是怎样调节输出功率的?	(112)
95. 试述图4-16所示的单片机控制的晶闸管过零触发调功装置的工作原理	(116)
五、家用电器实用电路	(120)
96. 图5-1 电路是怎样进行灯光调节的?	(120)
97. 图5-3所示的应急照明灯电路如何进行工作? ...	(120)
98. 照明灯延时开关有什么作用? 它是怎样延时的?	(122)
99. 触电保安器有什么作用? 它是怎样进行工作的?	(122)
100. 图5-6为电视机电源过压自动断电保护电路, 试述其工作原理	(123)
101. 电扇无级调速电路如图5-7所示, 它是如何进行调速的?	(124)
102. 电扇怎样才能模拟自然风?	(125)
103. 怎样实现电冰箱的失压、过压、过流自动保	

护?	(126)
104. 图5-10电路为什么能点燃可燃性气体?	(126)
105. 电子灭蝇器是怎样将苍蝇杀死的?	(128)
106. 用电饭锅煮饭有什么好处? 如何才能实现?	(130)
107. 图5-13为电子锁电路, 试述其工作原理.....	(130)
108. 音乐彩灯门铃电路是怎样进行工作的?	(131)
六、变压器的设计	(132)
109. 怎样设计整流变压器?	(132)
110. 怎样设计脉冲变压器?	(152)
111. 电抗器的结构如何设计?	(164)
附录一 KC系列晶闸管集成触发器	(172)
附录二 集成触发组件	(190)
附录三 图形符号和文字代号新旧对照表	(194)
主要参考资料	(203)

一、晶 闸 管

1. 什么是晶闸管？它有哪些用途？

晶闸管是硅晶体闸流管的简称，它包括普通晶闸管和双向、可关断、逆导、快速等晶闸管。普通型晶闸管原名可控硅。常用SCR（英文Silicon Controlled Rectifier的缩写）表示，国际通用名称为Thyristor，简写成T。在实际应用中，如果没有特殊说明，皆指普通晶闸管而言。

晶闸管主要用来组成整流、逆变、斩波、交流调压、变频等变流装置和交流开关以及家用电器实用电路等生活设施，由于上述装置特别是变流装置是静止型的，具有体积小、寿命长、效率高、控制性能好，并且无毒、无噪音、造价低、维修方便等优点，因此在各个工业部门和民用领域都得到广泛地应用。

2. 如何区分晶闸管的三个电极？

晶闸管是一种四层(PNPN)三端(A、K、G)半导体器件，工业上应用的晶闸管功率较大，其结构、外形和符号如图1-1所示。

从外形上分，有螺栓式和平板式，三个引出端分别叫做阳极A、阴极K、门极G，门极又叫控制极。对于螺栓式晶闸管，螺栓是阳极，粗辫子为阴极，细辫子为门极。而平板式晶闸管，两侧是阳极和阴极，由中间金属环边缘引出的细辫子是门极，门极离阴极较近。目前，200A以上的晶闸管都采用平板式结构，主要原因是散热效果好。三个电极不能从外形区分时，可采用第3题(1)所述的方法区分。

3. 怎样鉴别晶闸管的好坏？

在没有专用测试设备的条件下，可通过下述方法判断晶闸管能否投入工作。

(1) 将万用表欧姆档置于 $R \times 10$ 档，测量阳极—阴极之间和阳极—门极之间正、反向电阻，正常值都应在几百千欧以上；门极—阴极之间正向电阻约数十欧到数百欧，反向电阻较正向电阻略大。测量时，特别是测量门极—阴极之间的阻值时，绝不允许使用 $R \times 10\text{K}$ 档，以免表内高压电池击穿门极的PN结。测量时，如发现任何两个极短路或门极对阴极断路，说明晶闸管已经损坏。

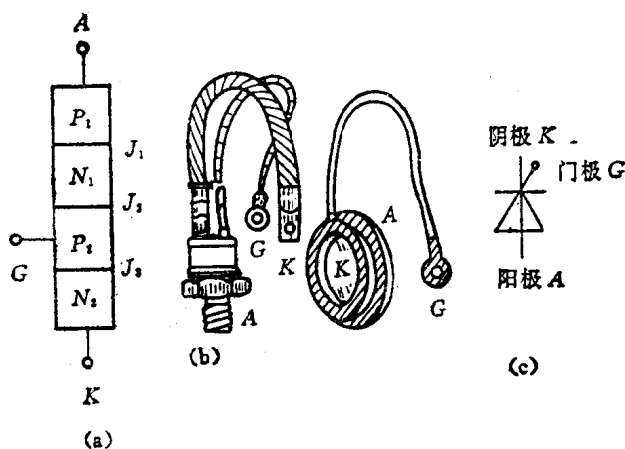


图 1-1 晶闸管的结构、外形和符号
a) 结构 b) 外形 c) 符号

(2) 按照(1)所述方法，只是初步鉴别晶闸管的好坏，能否投入工作，还需按照图1-2接线进行实验。

欲使晶闸管导通，需要同时具备两个条件：①晶闸管阳极—阴极间加正向电压，②门极加正向电压，使足够的门极电流 I_g 流入。因此，按图1-2接线，合上QS时，小灯泡不亮，再按一下SB，小灯泡如果发亮，说明晶闸管良好，能够投入电路工作。

以上是鉴别晶闸管好坏的一种简易方法，如果想要进一步知道晶闸管的特性和有关参数，则需要查产品合格证上所标的测试参数

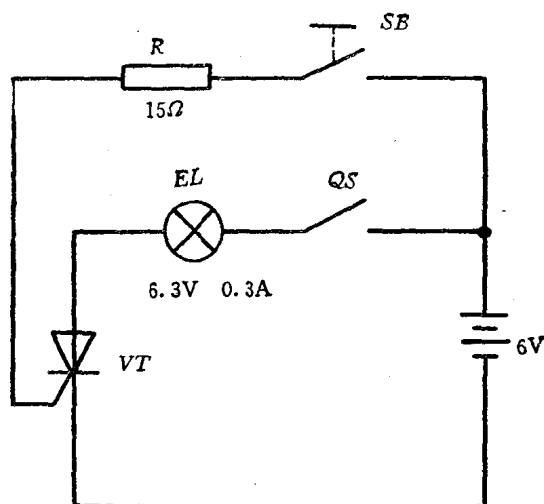
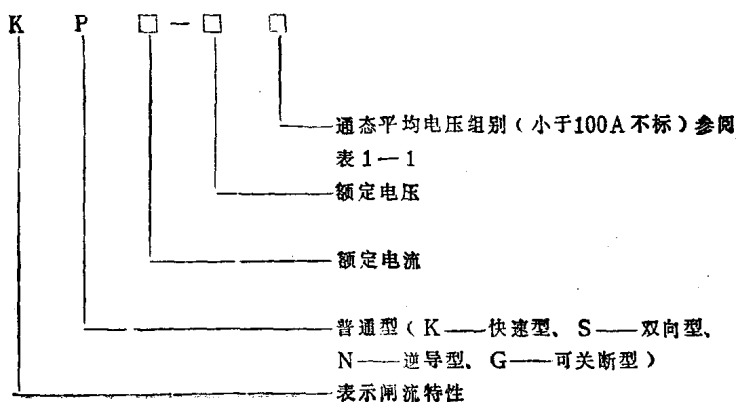


图 1-2 测试晶闸管的简易线路

或用专门测试设备测试。

4. 晶闸管的型号表示什么意义？

按机械工业部标准JB1144—75规定，KP型普通晶闸管的型号及其含义如下：



例：KP200—14D表示额定电流为 200A、额定电压为1400V、通态平均电压为 $0.6 < U_T \leq 0.7(V)$ 的普通型晶闸管。晶闸管的额定电压在1000V以下用百位数表示；1000V及以上用千位和百位数表示。

表 1-1 晶闸管通态平均电压分组

组 别	通态平均电压 V	组 别	通态平均电压 V
A	$U_T \leq 0.4$	F	$0.8 < U_T \leq 0.9$
B	$0.4 < U_T \leq 0.5$	G	$0.9 < U_T \leq 1.0$
C	$0.5 < U_T \leq 0.6$	H	$1.0 < U_T \leq 1.1$
D	$0.6 < U_T \leq 0.7$	I	$1.1 < U_T \leq 1.2$
E	$0.7 < U_T \leq 0.8$		

表中： U_T ——通态平均电压。

5. 变流装置中所用的晶闸管其额定电压值为什么比线路电压值大得多？

晶闸管过载能力差是它的主要缺点之一，因此在选择晶闸管时，必须留有安全裕量，通常按下式选取晶闸管的额定电压值：

$$U_{T\epsilon} = (2 \sim 3) U_m (V)$$

式中 $U_{T\epsilon}$ ——晶闸管额定电压

U_m ——晶闸管在线路中可能承受的最大正向或反向电压值。

例如在单相电路中，交流侧正弦相电压的有效值是 220V，晶闸管承受的最大电压为其峰值： $\sqrt{2} \times 220 = 311V$ ，按上式算出晶闸管的额定电压 $U_{T\epsilon}$ 为：

$$U_{T\epsilon} = (2 \sim 3) \times 311 = 622 \sim 933 (V)$$

在此范围内按标准电压等级取700V（或800V、900V）。

标准电压等级：在1000V以下，每隔100V为一级；如100V、200V、…；1000~3000V每隔200V为一级，如1000V、1200V、…。

同理，在三相电路中，交流侧正弦线电压有效值为 380V，则

晶闸管的额定电压 U_T 为:

$$U_{T\phi} = (2 \sim 3) \times \sqrt{2} \times 380 = 1074 \sim 1611(\text{V})$$

按标准电压等级取1200V、1400V、1600V中任一值均可。

晶闸管额定电压取得高些,则工作更为可靠,但额定电压高的晶闸管,价钱要贵,因此,选取晶闸管的额定电压只要能满足工作需要、保证安全工作即可,不必追求过大裕量。

6. 晶闸管的额定电流和其它电气设备的额定电流有什么不同?

由于晶闸管整流设备的输出端所接负载常用平均电流来衡量其性能,所以晶闸管的额定电流不像其它电气设备那样用有效值标定,而是用在一定条件下的最大通态平均电流按电流标准等级就低取整数来标定。电流标准等级见表1-2。

所谓通态平均电流是指工频正弦半波(不小于 170°)的通态电流在一个周期内的平均值,常用 $I_{T\phi}$ 表示。

7. 怎样选取晶闸管的额定电流?

晶闸管在工作中,其结温不能超过额定值,否则就会使晶闸管因过热而损坏。晶闸管的额定结温见表1-2,结温的高低由发热和冷却两方面的条件决定。发热多少和流过晶闸管的电流有效值有关,只要流过晶闸管的实际电流有效值等于(小于更好)晶闸管的额定电流有效值,晶闸管的发热就被限制在允许范围之内。

晶闸管的额定电流有效值用 I_T 表示,根据通态平均电流 $I_{T\phi}$ 定义,求出两者关系为:

$$I_T = 1.57 I_{T\phi}$$

此式表明:额定电流为100A的晶闸管,能通过电流有效值为157A,其余以此类推。

根据变流装置的类型、负载平均电流 I_d 、晶闸管导通角 θ ,可以求出通过晶闸管的实际电流有效值 I_T 。考虑到晶闸管过载能力差,在选取晶闸管的额定电流时,取实际需要值的1.5~2倍,使之有一定的安全裕量,保证晶闸管可靠运行,因此,根据有效值相等

原则，通常按下式计算晶闸管的额定电流。

$$I_{T_o} = (1.5 \sim 2) \frac{I_T}{1.57} (\text{A})$$

例如单相半波可控整流电路，电阻性负载，知电源电压有效值 $U_2 = 220\text{V}$ ，负载平均电流 I_d 为 20A ，导通角 θ 为 120° ，求得流过晶闸管的实际电流有效值 I_T 为 37.6A ，按上式算出 I_{T_o} 为：

$$I_{T_o} = (1.5 \sim 2) \frac{37.6}{1.57} = 36 \sim 48\text{A}$$

按标准电流等级取整数，由于没有 $36 \sim 48\text{A}$ 之间的等级，所以就高取 50A 。

*简捷算法：由于安全裕量为 $1.5 \sim 2$ 倍，如果取 1.57 ，则有 $I_{T_o} \geq I_T$ ，只要求出 I_T ，按标准电流等级就高取值，就能满足要求。上例中 I_T 为 37.6A ，不难得出晶闸管额定电流应取 50A 的结论。

8. 某变流装置的一个晶闸管损坏，换上同一型号的晶闸管之后，其温升较高，是什么原因？

由于晶闸管工作条件没有变化，因此温升较高的原因在晶闸管本身。温升的大小由发热和冷却两方面条件决定，后者未变，说明是发热较严重，而发热的原因是损耗，主要是导通时的管压降 U_T （又叫通态平均电压）引起的损耗，还有断态重复峰值电流 I_{DRM} 、反向重复峰值电流 I_{RRM} 引起的损耗，门极损耗和开关频率引起的损耗。综上所述，引起温升较高的原因，主要是新换上的晶闸管管压降 U_T 较大造成的。

9. 为什么晶闸管在夏天比冬天容易出故障？

晶闸管在正常工作时所允许的最高结温叫额定结温，在此温度下，一切有关的额定值和特性都得保证。夏天时，环境温度和冷却介质的温度都较高，使晶闸管的冷却条件变差，导致晶闸管结温过高而损坏。另外，晶闸管结温上升，使所需要的门极触发电压 U_{GT} 、门极触发电流 I_{GT} 降低，晶闸管在外来干扰下容易造成误触发。总