

# 可控硅技术

广东工学院可控硅研究组编



广州市革委会科研领导小组  
广东工学院

# 可控硅技术

广东工学院可控硅教研组编

TN34 / 13

02

广州市革委会科研领导小组

广东工学院

一九七〇年四月



0675675

# 毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

坚持政治挂帅，加强党的领导，大搞群众运动，实行两参一改三结合，大搞技术革命。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

要采用先进技术，必须发挥我国人民的聪明才智，大搞科学实验。外国一切的经验，好的技术，都要吸收过来，为我所有。学习外国必须同独创精神相结合。必须实行科学研究、教育同生产相结合。

备战、备荒、为人民。

舟行靠舵手  
革命靠领导

## 编 辑 说 明

伟大的无产阶级文化大革命，以极其雄伟的力量推动着我国社会主义革命和社会主义建设事业蓬勃发展。在毛主席“**提高警惕，保卫祖国**”和“**备战、备荒、为人民**”的伟大战略思想指引下，在党的“九大”精神鼓舞下，我国工人阶级、革命干部和革命知识分子高举毛泽东思想伟大红旗，昂首阔步登上科学舞台，满怀豪情壮志猛攻可控硅新技术，取得了一个又一个成果，这是毛泽东思想的伟大胜利。

可控硅技术是近十年内迅速发展起来的新技术，它在工农业生产建设和国防建设中所起的作用，已被大家所认识。为了使可控硅这门新技术能够得到更加迅速推广和应用，我们遵照伟大领袖毛主席关于“**要认真总结经验**”、“**要互通情报**”的伟大教导，因此特将我们在省工交战线科学实验先进经验交流会上可控硅讲座的部分内容，和我院及有关单位几年来的部分科研成果，并在改写我院去年所编的可控硅技术讲义的内容基础上，汇编成册。供从事这项工作的同志参考。

本书分三部分，第一部分是通俗地介绍可控硅技术在有关部门的应用，目的是帮助工人同志、革命领导干部了解可控硅技术应用范围。第二部分是可控硅技术的基本原理、计算、设计及调整。第三部分是可控硅技术的应用实例。

由于我们学习毛主席著作不够，思想水平不高，三大革命斗争的实际经验比较缺乏，编写时间很仓促，一定有不少缺点和错误，希望读者批评指正，提出建议，供我们以后改进工作时参考。

编 者 1970年4月

# 目 录

第一篇 可控硅整流器及其在有关部门的应用 .....	( 1 )
一、可控硅整流器有那些优点 .....	( 1 )
二、可控硅整流器基本原理 .....	( 2 )
三、可控硅的应用范围 .....	( 5 )
第二篇 可控硅工作原理、设计及计算 .....	( 8 )
第一章 可控硅的工作原理、结构及参数 .....	( 8 )
§ 1 概述 .....	( 8 )
§ 2 可控硅整流器的工作原理 .....	( 8 )
§ 3 可控硅的结构 .....	( 10 )
§ 4 可控硅的主要参数 .....	( 11 )
(一)电压参数 .....	( 11 )
(二)电流参数 .....	( 13 )
(三)时间参数 .....	( 15 )
(四)温度参数 .....	( 15 )
§ 5 控制极特性及参数 .....	( 16 )
§ 6 使用注意事项 .....	( 17 )
§ 7 参数测试方法 .....	( 18 )
第二章 可控硅系统中常用的半导体元件 .....	( 20 )
§ 1 硅稳压管 .....	( 20 )
(一)硅稳压管的工作特性及参数 .....	( 20 )
(二)稳压线路的工作原理及参数计算 .....	( 21 )
(三)选用硅稳压管的几个问题讨论 .....	( 23 )
(四)硅稳压管的测试方法 .....	( 26 )
(五)采用硅稳压管所组成的直流稳压器 .....	( 26 )
§ 2 单结晶体管 .....	( 28 )
(一)单结晶体管的结构及工作原理 .....	( 29 )
(二)单结晶体管定额及特性参数 .....	( 30 )
(三)单结晶体管的简易测试方法 .....	( 31 )
(四)单结晶体管组成的弛张振荡电路 .....	( 31 )
§ 3 隧道二极管 .....	( 35 )

(一)工作原理	( 35 )
(二)工作特性及参数定额	( 35 )
(三)应用范围	( 36 )
<b>第三章 可控硅系统中的直流放大电路</b>	( 37 )
§ 1 晶体管工作点的稳定	( 37 )
(一)引用负反馈电路	( 37 )
(二)采用非线性元件的温度补偿电路	( 40 )
§ 2 直流放大器级间的组合及其分析	( 42 )
(一)共基——共射的组合电路	( 43 )
(二)共射——共射的组合电路	( 44 )
(三)共射——共集的组合电路	( 45 )
(四)共基——共集的组合电路	( 46 )
(五)复合接法电路	( 47 )
(1) 共基极复合电路	( 47 )
(2) 共射极复合电路	( 48 )
(3) 共集电极复合电路	( 48 )
§ 3 典型放大电路介绍	( 49 )
(一)直接耦合单边输出放大器	( 49 )
(二)平衡放大器	( 52 )
(三)差动放大器	( 54 )
<b>第四章 可控硅触发电路</b>	( 63 )
§ 1 可控硅对触发电路提出的要求	( 63 )
§ 2 触发环节的分类	( 64 )
§ 3 移相控制电路	( 64 )
(一)正弦波移相电路	( 64 )
(1) 利用 R—C 元件的简单移相控制电路	( 65 )
(2) RC 移相电桥	( 65 )
(二)矩形波移相电路	( 67 )
(三)采用单结晶体管的脉冲移相电路	( 69 )
(四)采用隧道二极管的脉冲移相控制电路	( 77 )
§ 4 幅值控制电路	( 79 )
(一)锯齿波幅值控制电路	( 79 )
(二)正弦波幅值控制电路	( 84 )
(三)三角形波幅值控制电路	( 85 )
<b>第五章 可控硅元件的串并联及保护的计算</b>	( 86 )
§ 1 可控硅的串联联接	( 86 )
§ 2 可控硅串联联接的控制线路	( 88 )
§ 3 可控硅的并联联接	( 89 )

§ 4 可控硅并联联接的控制线路 .....	( 90 )
§ 5 可控硅过电流保护 .....	( 91 )
§ 6 可控硅过电压保护 .....	( 94 )
§ 7 可控硅误动作的防止 .....	( 99 )
<b>第六章 可控硅整流线路及计算 .....</b>	<b>( 100 )</b>
§ 1 概述 .....	( 100 )
§ 2 可控硅单相整流线路 .....	( 101 )
(一)可控硅单相半波整流线路 .....	( 101 )
(二)单相全波整流线路 .....	( 102 )
§ 3 三相整流线路的分析 .....	( 105 )
(一)三相半波整流线路 .....	( 105 )
(二)三相全波桥式整流线路 .....	( 107 )
§ 4 直流输出电压极性可变的整流线路 .....	( 114 )
§ 5 几种特殊接线的线路 .....	( 116 )
§ 6 设计图表应用举例 .....	( 119 )
<b>第七章 可控硅在直流调速系统中的应用 .....</b>	<b>( 123 )</b>
§ 1 概述 .....	( 123 )
§ 2 整流电抗器及整流变压器的设计计算 .....	( 125 )
§ 3 调速系统中常用的几种反馈的分析 .....	( 131 )
(一)带测速发电机的速度负反馈系统 .....	( 131 )
(二)带电压负反馈的调速系统 .....	( 134 )
(三)带电流正反馈及电压负反馈的调速系统 .....	( 135 )
(四)带电流截止负反馈的系统 .....	( 135 )
(五)用于调速系统的几种校正装置 .....	( 136 )
§ 4 采用可控硅整流器的造纸机三相直流调速系统 .....	( 139 )
§ 5 可控硅直流调速系统中的功率因数和效率 .....	( 148 )
<b>第八章 可控硅在变频系统中的应用 .....</b>	<b>( 150 )</b>
§ 1 可控硅逆变器 .....	( 150 )
(一)单相逆变器 .....	( 151 )
(二)三相逆变器 .....	( 161 )
§ 2 电磁滑差离合器调速系统 .....	( 174 )
§ 3 采用可控硅的串级调速系统 .....	( 177 )
<b>第九章 特殊可控硅及其应用 .....</b>	<b>( 181 )</b>
§ 1 硅双向可控元件 .....	( 181 )
(一)硅双向可控元件结构及工作原理 .....	( 181 )
(二)硅双向可控元件的典型参数 .....	( 183 )
(三)硅双向可控元件电路设计要点 .....	( 184 )
(四)硅双向可控元件的应用 .....	( 185 )



§ 2 硅五层二极管 .....	( 189 )
§ 3 控制极可关断可控硅 .....	( 190 )
(一)控制极可关断可控硅工作原理 .....	( 190 )
(二)控制极可关断可控硅的应用 .....	( 191 )
<b>第十章 可控硅系统中几种常用元件的设计计算方法 .....</b>	<b>( 193 )</b>
§ 1 脉冲变压器的设计 .....	( 193 )
§ 2 双稳触发器的设计 .....	( 196 )
§ 3 单稳触发器的设计 .....	( 201 )
§ 4 施密特触发器的设计 .....	( 203 )
§ 5 小型整流电源变压器的设计计算图表 .....	( 206 )
§ 6 串联式半导体直流稳压器的计算 .....	( 210 )
§ 7 可控硅几种常用整流线路设计曲线 .....	( 217 )
§ 8 3 CT 可控硅整流元件的技术条件 .....	( 235 )
<b>第三篇 可控硅技术的应用实例 .....</b>	<b>( 239 )</b>
一、可控硅充电机 .....	( 239 )
二、采用可控硅的直流——交流逆变器 .....	( 246 )
三、采用可控硅的直流——直流逆变器 .....	( 254 )
四、可控硅无触点开关装置 .....	( 262 )
五、可控硅调速系统在拉力试验机上的应用 .....	( 269 )
六、M7120A 磨床可控硅吸盘供电装置 .....	( 278 )
七、M7475平面磨床电磁吸盘可控硅供电线路 .....	( 282 )
八、采用可控硅直流调速车床 .....	( 285 )
九、采用可控硅调速的 C620 车 床 .....	( 298 )
十、C615 车床可控硅直流调速系统 .....	( 302 )
十一、可控硅电弧炼钢炉电极自动调节装置 .....	( 309 )
十二、龙门刨床采用可控硅的调压和调磁系统 .....	( 320 )
十三、可控硅在 B210 龙门刨床上的应用 .....	( 333 )
十四、可控硅交流调压器 .....	( 343 )
十五、采用可控硅整流器的同步发电机励磁调节器 .....	( 344 )
十六、采用可控硅电阻炉温度自动调节器 .....	( 347 )
十七、可控硅时间继电器及晶体管时间继电器 .....	( 349 )

## 常用符号说明

$SCR$	——可控硅
$U_{FB}$	——可控硅转折电压
$U_F$	——可控硅导通时管压降
$U_M$	——可控硅在线路中工作电压（峰值）
$U_{FM}(P.F.V)$	——可控硅正向阻断峰值电压
$P_{RV}$	——可控硅反向阻断峰值电压
$U_{RB}$	——可控硅反向电压峰值（击穿电压）
$I_H$	——可控硅维持电流或电动机额定电流
$I_f$	——可控硅正向平均漏电流
$I_r$	——可控硅反向平均漏电流
$I_g$	——可控硅控制极触发电流
$U_g$	——可控硅控制极触发电压
$t_{on}$	——可控硅开通时间
$t_{off}$	——可控硅关断时间
$\frac{dI}{dt}$	——可控硅正向电流上升率
$U_{J.T}$	——单结晶体管（双基极三极管）
$U_p$	——单结晶体管峰值电压
$I_p$	——单结晶体管峰值电流
$U_v$	——单结晶体管谷电压
$I_v$	——单结晶体管谷电流
$I_{eb2}$	——单结晶体管反向漏泄电流
$R_{BB}$	——单结晶体管第一第二基极间电阻
$\eta$	——单结晶体管分压系数或指整流效率等
$U_{Esat}$	——单结晶体管饱和压降
$TD$	——隧道二极管
$ZD$	——硅稳压管
$R_{动}$	——硅稳压管在稳定电流的动态电阻
$U_z$	——硅稳压管稳定电压值
$I_{zmax}$	——硅稳压管允许通过的最大电流
$P_{zmax}$	——硅稳压管耗散功率的极限值
$U_{ces}$	——三极管饱和管压降
$R_T$	——热敏电阻

T	——半导体三极管
SR(Z)	——硅二极管
D	——半导体二极管或直流电动机符号, 或指调速范围
$E_1$	——电源电压有效值
$I_D$	——直流电流平均值
$I_{RMS}$	——直流电流有效值
$I_a$	——电动机电枢电流
$I_L$	——负载电流
$E_D$	——整流输出电压
$U_H$	——电动机额定电压
$E_a$	——电动机反电势
$U_{RMS}$	——直流电压有效值
$i_b$	——电动机激磁电流
$R_a$	——电动机电枢电阻
$C_u\Phi$ 、 $C_e\Phi$	——电机常数
M	——电枢转矩(负载)
$\alpha$	——移相角
$\varphi$	——导通角
$\Phi$	——三相整流起通角
$\gamma$	——三相整流重叠角
$\beta$	——三相逆变角
$U'_a, I'_a$	——有源逆变器的反电势及反电流
$I_x$	——有源逆变器的短路电流
$\cos \varphi$	——功率因数( $\varphi$ 指电压、电流之夹角)
$L_{DK1}$	——限制电流脉动电感
$L_{DK2}$	——使电流连续电感
$L_{DKB}$	——限制环流电感
$L_D$	——电动机电枢电感
$L_f$	——变压器每相电感
TГ	——测速发电机
$U_{BX}$	——中间放大器的输入电压
$U_y$	——中间放大器的输出电压或脉冲移相控制电压
K	——系统的放大系数
$U_s$	——交流同步电压
$R_H$	——负载电阻
E	——滑差离合器调速中电枢产生的感应电势
B	——气隙磁感应强度
l	——电枢有效长度

$I_D$	— 电枢涡流
$f$	— 电源频率
$P$	— 电动机极对数
$S$	— 滑差
$U_1, U_2$	— 定子、转子电压
$I_{FH}$	— 硅双向可控元件正向维持电流
$I_{RH}$	— 硅双向可控元件反向维持电流
$I_A$	— 硅双向可控元件额定工作电流
$U_{FC}$	— 硅双向可控元件正向导通压降
$U_{RC}$	— 硅双向可控元件反向导通压降

# 毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

## 第一篇

### 可控硅整流器及其在有关部门的应用

#### 一、可控硅整流器有那些优点

可控硅是一种大功率半导体电子器件。它自一九五九年问世以来，不论从器件的产量、产值、品种以及应用的广泛性等方面都得到非常迅速的发展。可控硅新技术虽很年轻，但发展非常迅速，主要原因是它具有以下的优点：重量轻，体积小，功率大，效率高，动作迅速，静止元件，无转动部分，维护简单，操作方便，便于实现自动化，而且可以与计算机组成程序控制……等。我们现举几个例子加以说明：

##### (1) 重量轻，体积小，功率大，不怕震动。

如可控硅充电机，重量仅4公斤，比旧产品的直流发电机组，钨氩管或硒片充电机（重几十公斤到几百公斤）要轻10—100倍。又如直流电动机的调速系统，过去用直流发电机——电动机组，现采用可控硅调速，其重量轻3~5倍，同时大量节约金属材料及减少占地面积。工业、国防等方面，显示了其体积小，重量轻，功率大及不怕震动等突出优点。

(2) 整流效率高，因此，可以大幅度节约电能。以造纸工业为例，采用了可控硅直流电动机调速系统，与过去发电机——电动机系统对比，具有效率高的优点。以一台1000瓩机组为例，每天可节约5000度电力（每年可节约180万度电），仅皮带一项开支每年也可以节约几万元，而且采用了分部传动系统，可靠性，生产操作安全性都提高了，占地面积也减少，维修也简单。又如电弧炼钢炉由于改用可控硅的电极自动调节器，加快电极移动速度，从而减少了耗电量，一台3吨电炉，每年可节约上百万度电。

再如化工行业所需要的直流电源（如果需要改变直流电压值时采用可控硅，如不需要改变电压值时，则用硅整流）。由于可控硅整流效率高，损耗小，因此一台1000瓩设备每年可以节约上百万度电，这不但节约电力支援工农业生产，而且可以减少运行费用，降低产品成本价格。

(3) 技术性能先进，制造周期短。

过去机械变速多采用齿轮箱，用齿轮只能实现有级变速，不能实现无级变速，而且体积庞大，操作麻烦。采用可控硅可以实现无级变速，而且体积小，操作简便，不需停车可以任意改变速度，还可以快速停车，容易实现生产自动化。如有个工厂需要双轴专用铣床加工大型汽轮机主轴上的叶根槽。请外地制造（不用可控硅）造价要40万元，需要1971年交货。而该厂采用了可控硅技术，仅三个月时间，只花了3~4万元，就把该铣床制造出来。采用了可控硅后，不但铣头实现了无级调速，而且简化了铣床的机械结构。

又如本书介绍的可控硅拉力试验机，若用老的机械变速方法，是难于解决调速问题的，采用了可控硅后，其体积小，技术性能先进，圆满地解决了该机的调速问题。

(4) 维修简便。

我省市许多厂的电弧炼钢炉，过去都是采用交磁放大机的自动调节器，交磁放大机因高速旋转（3000转/分），经常坏，维护麻烦，且交磁放大机时间常数较大，电极移动速度提不高，使耗电量加大，炼钢时间拉长。采用可控硅后，不仅可以大大节约电力，加快电极移动，而且维修简便很多。

目前采用可控硅的系统，由于其控制回路采用了印刷线路及插件，因此提高了系统运行可靠性，一旦出现故障时，只需将备用的印刷线路插件对换，设备就可以继续投入生产运行。

(5) 为进一步实现生产设备的电气化、自动化提供了条件。采用了可控硅系统以后，可进一步提高生产设备的电气化及自动化水平。例如目前已有采用电子计算机及可控硅所组成的全盘生产过程自动化设备。如连续轧钢机，冶炼设备及化工机械。

## 二、可控硅整流器基本原理

我们前面讲过可控硅是一种大功率半导体元件。那么什么是半导体？大家都熟知在常温情况下，能导电的物体如铜、铝叫导体，不能导电的如玻璃、塑料叫绝缘体。自然界中存在着介于这两者之间的许多物体叫半导体，如硅、锗、硒、碲等以及大多数金属氧化物（如氧化亚铜）……都是半导体。

我们若用不同性质的半导体合在一起还可制成各种各样的晶体二极管及三极管，因为晶体管的材料都是半导体，故大家又叫半导体管。

硅是半导体的一种。硅在自然界的分布是很广的，在地球中占20%，然而这些硅不是纯净的，它是以化合物形式存在的，如主要是 $\text{SiO}_2$ （石英砂）因此必须把石英砂进行还原变成纯度很高的硅。人们可以提纯到一亿分之一的纯度，也就是说在一亿个硅原子中，只允许有一个杂质原子。上面提纯的硅称硅粉，还需在单晶炉中制成硅单晶。硅单晶就是制造可控硅及硅二极管的重要材料。

然而为什么我们利用不同性质半导体结合在一起就可以制成各种各样的晶体二极管和三极管呢？毛主席教导我们说：“任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾，这种特殊的矛盾就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。”在纯的半导体材料中，加入一些不同的杂质，就能获得不同特性的半导体，因此在实际应用中常常在纯的半导体中加入一定材料的杂质，使得它的性能能按照我们的要求得到改变。因此制造各种晶体管的半导体材料都是加

一定杂质的。

加过杂质的半导体可分两大类：一类叫 P 型半导体，一类叫 N 型半导体。这两类半导体有着不同特性，将这两种不同性质的半导体材料按一定方式合在一起时，就可造成目前使用非常广泛的二、三极管及可控硅。

可控硅就是利用 N 型硅片，在扩散炉中进行扩散（N 型硅扩散成为 PNP）再把金属铈片用合金烧结炉烧上去，即成了 PNPN 可控硅管蕊了。

这就是图（一）（C）中所画出的 4 层元件。

可控硅的管芯有多大呢？50安硅片直径 18mm，厚 0.25mm。400安可控硅，硅片只不过 38mm，由此不难看出可控硅是一种功率很大，体积很小的元件。

以下让我们进一步说明一下可控硅的电气性能及工作原理。

### （1）可控硅的结构。

可控硅有三个电极，A 阳极，C 阴极，G 控制极，如图一（a）。

可控硅内部结构如图一（b）所示，它是一个四层 P—N—P—N 半导体器件，有三个 PN 结，三个电极，另外还有一些电接触材料铝，铜，钢，铈等。

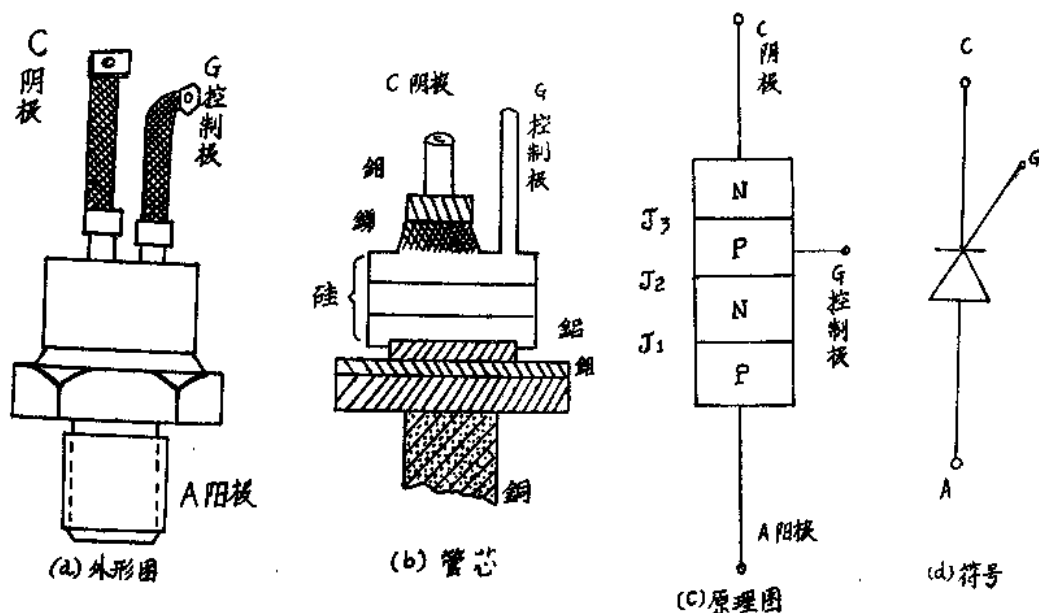


图 一

### （2）可控硅工作原理。

图（二）是工作原理图，其中  $U$  是电源电压， $U_g$  控制电压，负载是灯泡。图（二）（a）当开关  $K$  打开，电压  $U$  全部降在可控硅上，此时我们称可控硅不导通。（也可理解为此时可控硅内阻很大）。

当开关  $K$  闭合，在可控硅阴极  $C$  及控制极  $G$  间加入控制信号，灯泡就亮了。此时电压

$U$  几乎全部降在负载（灯泡）上，此时我们称可控硅导通了（也可理解为此时可控硅内阻很小）。而一旦可控硅导通后，再打开开关  $K$ ，可控硅仍然保持导通，灯泡一直亮。

我们再看图（二）(b) 不管开关开或闭，由于电源  $U$  极性相反，因此可控硅不导通。

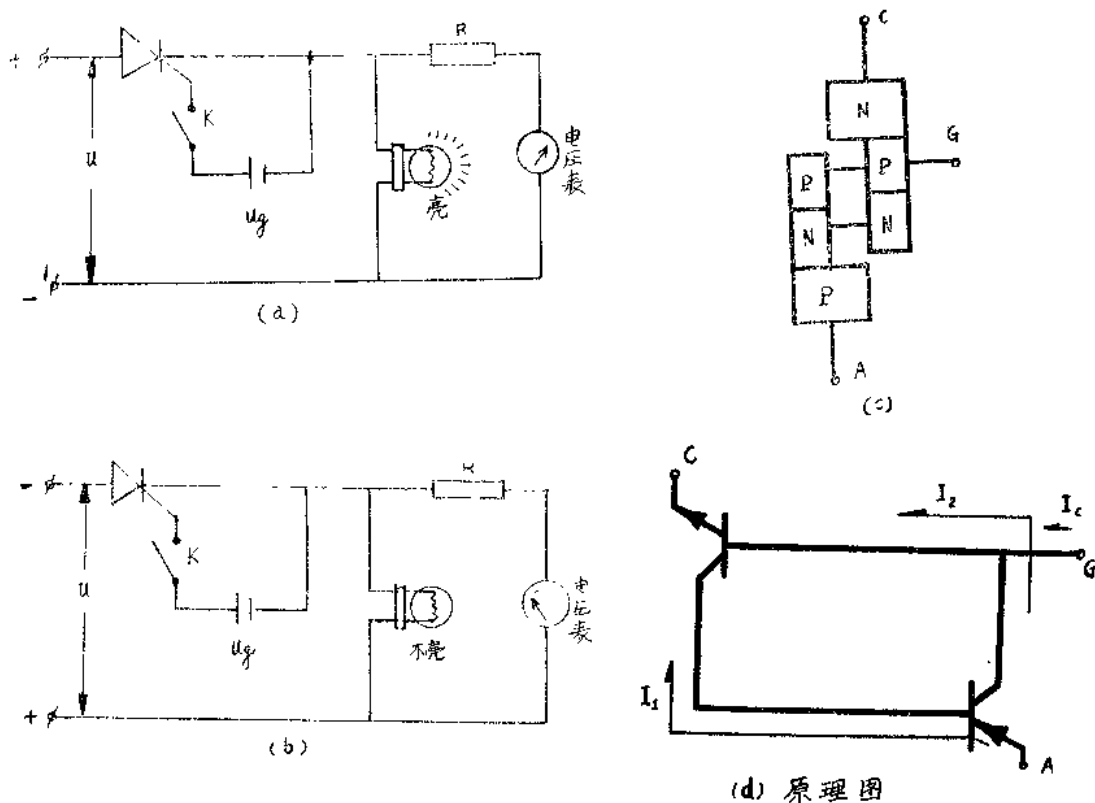


图 二

从上面这个实验，说明一个重要结论：要使可控硅导通，同时必须满足两个条件（1）可控硅阳极为正电压；（2）控制极加入正的信号电压。可控硅一旦导通后，一直保持导通状态。如果使可控硅断开，必须设法使流过可控硅负载电流小于维持电流，可控硅即断开。

怎么解释可控硅具有这种性能呢？我们可以这样来理解四层结构的可控硅。如图（二）(c) 可以等效看成由 PNP 和 NPN 两个三极管构成。如图（二）(d) 每个三极管的基极和另一个三极管的集电极相连，如在控制极加入一个很小的控制电流  $I_c$ ，这就相当于 NPN 基极加入基极电流，经过 NPN 放大产生电流  $I_1$  远大于控制电流， $I_1$  经过三极管 PNP 的基极，经过 PNP 管放大，产生更大的电流  $I_2$ ，由阳极流到阴极，依此循环下去，可控硅即能在很小的控制信号作用下，在很短的时间（微秒级）迅速开放。当可控硅导通后，即使控制信号  $I_c$  撤消，但管子仍导通，这是因为电流  $I_1$  已足够大。显然，当电源  $U$  极性接反，此时，PNP、NPN 管都没有放大条件（相当三极管极性接反），不能形成上述的循环，即使加入控制信号  $U_c$ ，此二个三极管都截止，可控硅无法导通；同样，如控制信号极性相反，也不会产生起始电流  $I_1$ ，虽阳极为正，可控硅仍处于断开状态。



### 三、可控硅的应用范围

毛主席教导我们：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”在史无前例的无产阶级文化大革命运动中，广大工人怀着豪情壮志，纷纷开展技术革新及技术革命运动，可控硅技术得到广泛的应用。在这里我们概括地介绍一些可控硅的典型应用。

#### (1) 各种电动机的调速

直流电动机及交流电动机的可控硅无级变速已较多的用在各种机床，（车床、龙门刨床、磨床、铣床）造纸机、纺织机、橡胶工业、染织机械、印刷机械等。总之凡需要无级变速的生产机械都可以用。其可达下述技术指标：调速范围：1:10~1:50（采用一些措施可达1:100）；速度变化率：5%~10%（若采用一些技术措施也可达0.1%）；电机容量：可由几十瓦到上千瓩。

可控硅直流电动机的调速系统用得较多，其所需可控硅元件较少，而采用可控硅的交流电动机调速系统则系统较复杂，所需可控硅数量多好几倍。

目前国内外已试制成功，无换向器电动机（可控硅整流器式电动机）。我们知道一般直流电动机是根据用换向器和电刷随电枢位置不同而自动地及时地转换电枢电流的原理而制成的，由于换向器和电刷是机械的滑动接触，存在着结构复杂，制造困难，维修麻烦，运行中有火花等缺点。自从可控硅出现后，无换向器的电动机就被试制出来了。

从目前国内外发展趋势来看，采用可控硅的直流电动机调速系统将取代直流发电机电动机组（M—G组）。因其具有投资少，效率高（可节电44%），金属材料消耗量少，占地面积少，技术性能好等优点。下表从电缆干燥设备的对比可以说明这个问题。

对比项目	直流发电机——电动机调速	可控硅直流电动机调速
设备投资	20,000元	6,000元
电力消耗	100%	56% (可节约电力44%)
金属材料消耗量	4015公斤	400公斤
占地面积	3.68M <sup>2</sup>	0.36M <sup>2</sup>
加热速度	慢	快

#### (2) 可调直流电源

利用可控硅整流器可将交流电源整流为直流电源，而且直流电压可以无级调节。在不需改变直流电压值时采用硅整流器。而需要平滑改变直流电压值时，则用可控硅整流器。目前用于充电设备、电解、电镀电源、化工用整流设备、各种发电机或电动机的激磁。

下表对比了可控硅在同步发电机激磁中的应用情况

目前国家已有成套可控硅或硅整流器整流电源设备供应，其容量可达几千伏安。