

电焊机用晶闸管模块的选择与应用

一、概述：

电焊机在进行各种金属焊接时，根据焊接工艺的不同，对焊接时电弧的电压和电流有不同的要求，因此需要各种不同特性的交流或直流电源。例如，在点、凸、峰焊、电阻焊时需要调节焊接隔离变压器原边的电压大小（相控调压或改变通过的周波数量），属于晶闸管应用于交流调压；在各种氩弧焊、CO₂气体保护焊中需要的是直流电源或交直流方波电源。

交流应用时，反并联的晶闸管串接在主回路中，直流调压应用时，晶闸管可以组成单、三相全控或半控或双反星型电路。改变晶闸管的导通角或控制晶闸管的开关时间即可达到调节焊接电压和电流的目的。

尤其是近几年来，CO₂气体保护焊机发展比较迅速，据报道，发达国家这种焊机占到百分之六十或七十的比例，我国该焊机所占比例很低，也就百分之二十左右。目前，国内CO₂气体保护焊机有可控和不可控两种，根据所用器件进行区分。采用整流的即为不可控；采用晶闸管整流的即为可控。全国以成都、广州及华东地区发展比较快。所选用的器件大部分是螺栓式晶闸管或二极管占有的比例也很大，其次是日本产的焊机专用整流模块。

二、电焊机晶闸管模块分类及应用：

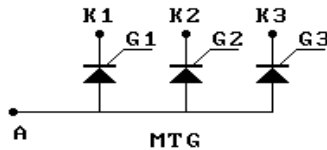
电焊机中用的晶闸管模块按模块散热底板与电极是否绝缘可分为绝缘型和非绝缘型两种，即俗称底板是否带电。绝缘型的模块多用在交流焊机中，如广泛应用于点焊、电阻焊机中的晶闸管模块MTX系列；广泛应用于CO₂气体保护焊机、WSM普通焊机等MTG系列模块。各焊机应用晶闸管模块在下表中简述：

整机种类	使用模块	常见主回路形式	电路特点
WS可控硅直流氩弧焊机	MFG		单相全波整流
CO ₂ 气保焊机	MDG		双反星 并联 (带平衡电抗器)
CO ₂ 气保焊机	MTG		

逆变焊机变频器	MDC MDQ MDS	<p>单相整流桥 三相整流桥</p>	单相或三相整流桥
点焊机	MTX MTC		电子开关

三、CO₂焊机专用晶闸管 MTG 模块：

- 模块内部电路图：



- 焊机专用 MTG 模块特点简介：

- ◇ MTG 模块是由三只共阳极晶闸管封装在一起的模块化结构组件。模块内管芯参数针对焊机特点专门设计，额定结温高、通态压降低、通流和过载能力强动态性能的一致性、耐疲劳性强，免除螺栓式晶闸管装机前参数挑选和配对的难题，提高工效。
- ◇ 焊机目前正朝模块化方向发展，而且由于装配，调试，维修简单；整机装置美观大方等优点；能明显地提升焊机品位，因此模块应用会越来越广泛。

- 适用焊机典型主回路形式：适用于双反星并联带平衡电抗器电路

- 焊机额定输出电流对模块的选择：见下表

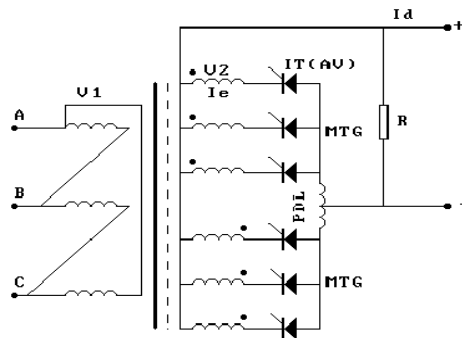
焊机型号	适用主回路	焊机额定输出电流	MTG	MTG (AA)	替代国外模块型号
ZX5 WSM NBK	双反星 并联带 平衡电 抗器	200A	MTG100A/800V	MTG (AA) 60A/400V	三社 (SanRex) PWB60A; 三菱 (MITSUBISHI) TM6 0SZ -M; TM6 0SA -6
		250A 315A	MTG150A/800V	MTG (AA) 80A/400V	SanRex PWB90A; MITSUBISHI TM100 SZ-M TM9 OSA-6 英 达 PFT9003N

		350A 400A	MTG200A/800V	MTG (AA) 130A/400V	SanRex PWB130A; MITSUBISHI TM130SZ-M; 英 PFT1303N	达
		500A 630A	MTG250A/800V	MTG (AA) 160A/400V	MITSUBISHI TM150SZ-M; 英 PFT1503N	达
			MTG300A/800V	MTG (AA) 200A/400V	SanRex PWB200AA; MITSUBISHI TM200SZ-M 英 PFT2003N;	达

注：上表中 MTG 型为普通压降模块；MTG (AA) 为低电压低导通压降型模块。

● 焊机用模块电流和电压计算：

我公司 MTG、MTG (AA) 焊机专用模块可以使用在很多不同型号规格的焊机中，如 ZX5 普通焊机；WSM 直流氩弧焊机；NBK CO₂ 气体保护焊机。这些焊机目前都采用流行的双反星并联带平衡电抗器主回路形式，如下图：



(双反星并联带平衡电抗器主回路)

- ◇ 该线路相当于正极性和反极性两组三相半波整流电路并联。每只晶闸管的最大导通角为 120°，负载电流 I_d 同时由两个晶闸管和两个变压器绕组供给，每管子承担 $1/6$ 的 I_d ，任何瞬时，正，负极性组均有一支电路导通工作。
- ◇ 该线路提高了变压器利用率，变压器磁路平衡，不存在磁化的问题。要求主变压器和平衡电抗器对称性好。
- ◇ 整流输出电压： $U_d=1.17U_2\cos\alpha$ 。当负载电流小于额定值 (I_d) 2~5% 时，流过平衡电抗器的电流太小，达不到激磁所需的临界电流，平衡电抗器失去作用，其上的三角波形电压也就没有了，此时该线路输出电压与三相半波电路一样，该电压即为电焊机空载电压。输出电压： $U_d=1.35U_2\cos\alpha$ 。
- ◇ 电阻 R 的作用是为电焊机在空载电压输出时，提供可控硅导通的擎制电流。因此擎制电流参数的大小或离散性对 R 的阻值有相当重要性。

实例：

1. 晶闸管耐压的选择 (V_{RRM} ; V_{DRM}):

已知条件: 空载电压: 100V, 额定输出电流: 630A; 暂载率: 60%

根据公式: $U_d=1.35U_2\cos\alpha$ (大电流时: $U_d=1.17U_2\cos\alpha$) 对于双反星型并联电路, 其对晶闸管耐压要求均为: $\sqrt{6}U_2$ 。 U_2 为变压器副边相电压。

根据 $U_d=1.35U_2\cos\alpha$ 计算 $U_2=100V/1.35=74V$ 。考虑两倍余量:

$$V_{RRM}; V_{DRM}=2 \times 2.236 \times 74V=331V.$$

因此选择耐压 400V 的晶闸管及模块即可。

2. 晶闸管额定电流的选择 ($I_T(AV)$):

先计算变压器副边流过的相电流 (I_e):

由公式: $I_e=1/2 \times 0.577 \times I_d$ (适用双反星型并联电路, 因两极性组并联, 所以公式中需乘以 1/2)。对于 630A 输出电流, $I_d=630A$

所以: $I_e=1/2 \times 0.577 \times 630A=182A$ (此值为交流有效值。需折算为平均值)

计算流过的晶闸管额定电流 ($I_{T(AV)}$):

$$I_T=I_e/1.57=182A/1.57=116A$$

考虑选型需按 1.5-2.0 倍留一定的余量, 按 2.0 倍计算

$$I_{T(AV)} = (1.5-2.0) I_T=116A \times (1.5-2.0)=174A-232A$$

显然, 通过以上的计算对于采用双反星型并联电路的 ZX5-630; NBK-630; WSM-630 焊机应选择 MTG200-300A/800V 或 MTG(AA)130-200A/400V 的模块。最好选 MTG250--300A/800V 或 MTG(AA)160-200A/400V 的模块。当然, 焊机可靠长期正常工作除了与模块正确选型有关外, 与以下因素还有一定的关系:

◇ 焊机暂载率即额定负荷工作持续率 (FS):

根据焊机行业标准此类焊机暂载率一般为: 35%; 60%; 100%。其定义如下:

暂载率 $FS=$ 负载满负荷持续运行时间 (t) / [负载满负荷持续运行时间+休止时间] $\times 100\% = t/T \times 100\%$

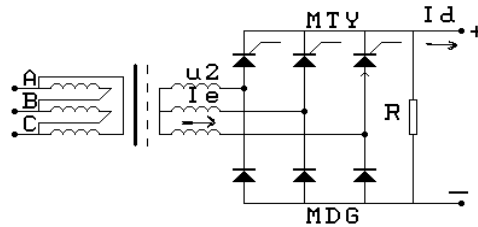
上式中 T 为焊机的工作周期, 它是负荷持续运行和休止时间之和。我国焊机行业规定, 手工氩弧焊时 T 为 5 分钟; 自动氩弧焊时 T 为 10 分钟; 即工作 6 分钟, 休息 4 分钟。

◇ 散热条件:

以上计算均是在假设散热条件足够的情况下考虑的。如果散热条件发生变化, 对模块的选型要求可适当增大或减小。

● 其它线路焊机对模块的选型:

对于使用在三相半控全桥整流线路中的模块 MTY; MDG, 如下图, 对器件通流能力要求更高, 同等输出电流的情况下, 该线路中的器件通过的电流是双反星并联线路中的两倍; 但对耐压的要求低一倍。



实例：

已知条件： $I_d=630A$ ；空载电压： $100V$

1、器件耐压 (V_{RRM} ； V_{DRM}) 的计算：

由公式： $U_d=2.34U_2\cos\alpha$ ，可以计算出变压器副边相电压 $U_2=100V/2.34=43V$ ；

考虑两倍的选择余量后 V_{RRM} ； $V_{DRM}=2 \times \sqrt{6} \times U_2=2 \times 2.236 \times 43V=191V$

因此选择耐压 $200V-300V$ 的器件足够。

2、器件额定电流 $I_{T(AV)}$ 的计算：

由于该线路相当于两组三相半波整流电路的串联，

根据公式： $I_e=0.577 \times I_d$ ；可以计算出变压器副边相电流：

$I_e=0.577 \times I_d=0.577 \times 630A=364A$ (此值为交流有效值)

折算为平均值 $I_{T(AV)} = I_e/1.57=364A/1.57=232A$

考虑选型需按 $1.5-2.0$ 倍留一定的余量，按 2.0 倍计算

$$I_{T(AV)} = (1.5-2) I_T = 232A(1.5-2)=348A-462A$$

显然，目前没有如此大电流的模块，应建议客户采用 $400-500A$ 的平板式可控硅为宜。

以上两种线路对器件耐压和通流能力的要求是不一样的。后一种线路对器件耐压要求比前一种线路低一倍，但通流能力要求大两倍。

四、使用模块产品注意事项：

- 电力半导体模块属于温度敏感性器件，使用时必须安装于散热器上。安装前首先用酒精将模块底板和散热器表面擦拭干净，待自然干燥后，在模块底板上均匀涂上（采用滚柱来回滚动涂抹）导热硅脂，导热硅脂刚好能够覆盖整个底板和散热器。安装之后可从散热器上取下模块，检查模块底板整个区域是否完全沾润。
- 手册中额定电流 [$I_{T(AV)}$ 、 $I_{F(AV)}$] 是在规定散热器、强通风冷 (风速 $6m/s$) 和额定壳温 T_c 和纯阻性负载下得出的。若使用条件发生变化 (如感性负载) 额定电流就会下降。
- 散热器与模块接触面应平整，散热器的平面度 $\leq 0.03mm$ ($12mil$)，确保良好的热传导，电极与铜排连接时，必须拧紧螺丝，并按下图方法将模块紧固于散热器上，紧固力矩按手册中要求执行。否则接触热阻变大，热量向管芯传递。
- 采用自然风冷散热时，散热器应垂直放置，以利于热量的循环。对模块额定电流和散热器长度的选择，相对于强制风冷情况下，模块额定电流和散热器长度都增加一倍为宜。
- 为确保使用时模块的结温不超过额定结温 (T_{jm})，建议采用温度保护措施。