

# 交流 TIG 焊中的高频干扰及其防止

刘会杰 张九海 刘立君

(哈尔滨工业大学)

**摘要** TIG 焊中采用的高频振荡器, 是邻近电子电路的严重干扰源。本文以试验为主, 研究了影响高频干扰的多种因素, 如高频强度, 焊接电缆和焊机输入线长度, 信号源输出电阻, 信号线的种类, 长度和空间位置, 高频振荡器、焊机输入线和信号线的屏蔽接地等。在此基础上, 提出了防止高频干扰的措施。

**关键词:** 高频干扰 防干扰 TIG 焊

## 0 序 言

TIG 焊作为一种高质量的焊接方法已在生产实践中获得了广泛的应用, 并正向自动化和机器人化方向发展<sup>[1, 2]</sup>。然而, 在这发展过程中, 所面临的棘手问题就是高频引弧和稳弧的电磁干扰问题<sup>[2]</sup>。为回避这个问题, 有人采用低压进行接触引弧, 并在直流 TIG 焊中获得成功<sup>[3]</sup>。但这种方法对铝及其合金的交流 TIG 焊还不能奏效, 因为在焊接过程中, 不但需要高频进行引弧, 而且需要高频进行稳弧。因此在交流 TIG 焊的整个过程中都有高频振荡电压存在, 而且它会通过传导和耦合的方式对工作环境中的电子电路产生严重的干扰。对这个问题, 据报道国外已基本解决, 并研制成功了用于铝合金 TIG 焊的弧焊机器人<sup>[4]</sup>, 但具体是如何解决的, 却无从知晓。在我国, 高频干扰一直是焊接领域尚未解决的问题, 而且所进行的研究工作也很少。因此, 研究高频干扰现象及其防止措施, 具有重大的实际意义。

## 1 试验方法

试验设备主要由高频干扰源, 耦合通道和测试仪器组成。高频干扰源采用美国 Miller 公司生产的 Syncrowave-350 焊机内部的高频振荡器; 耦合通道采用不同类型的信号线; 测试仪器采用美国 Miller 公司仪器采用日本 HITACHI 公司生产的 V-212 示波器, 由其直接显示出干扰电压的波形, 从而读取干扰电压的幅值。

试验原理如图 1 所示。信号源(直流稳压电源)通过两条信号线向示波器输出直流电压, 该电压即为信号电压  $V_s$ ; 高频振荡器通过焊接电缆输出高频电压(这时的焊接电缆实质成了高频发射天线), 该高频电压将在周围空间产生高频电磁场, 从而在信号线上感应出干扰电压  $V_n$ (准确地说应该是噪声电压<sup>[4]</sup>, 以下均称干扰电压); 这时, 作用在示波器接收端上的电压

是由信号电压  $V_s$  和干扰电压  $V_n$  的合成电压, 从合成电压的波形上即可读出干扰电压  $V_n$  的幅值。

整个试验共分 9 组, 每组试验均以信号线相对焊接电缆的距离  $d$  为变量、以干扰电压幅值  $V_n$  为因变量进行测量。试验时, 焊接电缆与地面平行且距地面 12cm, 高频频率为 160 kHz。其余试验条件见表 1, 其中所用符号定义如下:

$D$ —高频强度。用高频在空气中的击穿距离来表示, 采用直径为 3mm、端部为球形的两钨棒为电极进行测量。

$L_w$ 、 $L_p$  和  $L_s$  分别为焊接电缆长度、焊机输入线长度和信号线长度。

$R$ —信号源等效输出电阻。当关闭信号源使其输出端短接时,  $R=0$ ; 否则, 在其输出端并接电阻使  $R=10 \text{ k}\Omega$ 。

$P$ —信号线与焊接电缆的相对方位。当信号线位于焊接电缆所在的水平面内且与焊接电缆平行时, 记为  $P=PP$ ; 当信号线位于焊接电缆的正上方且与焊接电缆平行时, 记为  $P=VP$ ; 当信号线位于焊接电缆的正上方且与焊接电缆垂直时, 记为  $P=VV$ 。

$T$ —信号线的类型。采用普通线时, 记为  $T=POP$ ; 采用双绞线时, 记为  $T=TWI$ ; 采用双绞屏蔽线时, 记为  $T=SHI$ 。

$S$ —焊机输入线屏蔽标志。未采用金属管屏蔽时, 记为  $S=NMET$ ; 采用金属管屏蔽但其未接地时, 记为  $S=MET$ ; 采用金属管屏蔽且其接地时, 记为  $S=GMET$ 。

$G$ —焊机壳体接地标志。机壳接地时, 记为  $G=GND$ ; 机壳未接地时, 记为  $G=NGND$ 。

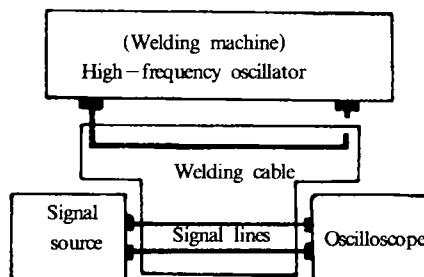


图 1 试验原理图

Fig.1 Schematic diagram of experiments

表 1 试验条件

Table 1 Experimental conditions

No.	$D(\text{mm})$	$L_w(\text{m})$	$L_p(\text{m})$	$P$	$R$	$L_s(\text{m})$	$T$	$S$	$G$
Test 1	×	2.2	0.5	PP	10	1.4	POP	NMET	NGND
Test 2	4.0	×	2.0	PP	10	1.4	POP	NMET	NGND
Test 3	4.0	2.2	×	PP	10	1.4	POP	NMET	NGND
Test 4	4.0	2.2	0.5	×	10	1.4	POP	NMET	NGND
Test 5	4.0	2.2	0.5	PP	×	1.4	POP	NMET	NGND
Test 6	4.0	2.2	0.5	PP	0	×	POP	NMET	NGND
Test 7	4.0	2.2	0.5	PP	10	1.4	×	NMET	NGND
Test 8	4.0	2.2	2.0	PP	10	1.4	POP	×	NGND
Test 9	4.0	2.2	2.0	PP	10	1.4	POP	NMET	×

— Variable to be examined.

## 2 试验结果

### 2.1 干扰源对干扰电压的影响

图2是不同高频强度时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可见,高频强度越大,所产生的干扰电压就越大;而对同一高频强度来讲,干扰电压随距离的增大而降低。

图3是不同焊接电缆长度时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可知,采用焊接电缆越长,所产生的干扰电压就越大;同样,对同一高频强度来讲,干扰电压随距离的增大而降低。

图4是焊机输入线长度不同时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可见,随着焊机输入线长度的增加,干扰电压有所增加。但与高频强度或焊接电缆长度增加时相比,增加的幅度不大。

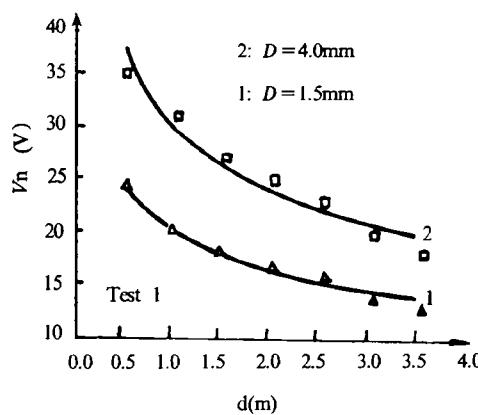


图2 高频强度对干扰电压的影响

Fig.2 Effect of high-frequency intensity on interference voltage

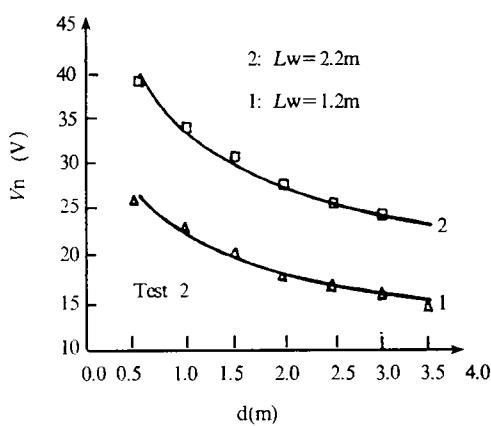


图3 焊接电缆长度对干扰电压的影响

Fig.3 Effect of length of welding cable on interference voltage

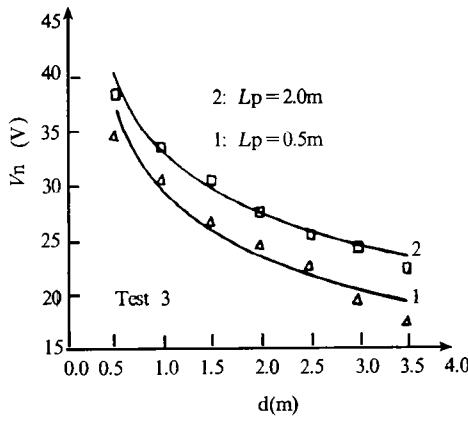


图4 焊机输入线长度对干扰电压的影响

Fig.4 Effect of length of power line on interference voltage

### 2.2 耦合通道对干扰电压的影响

图5是信号线在空间相对焊接电缆处于不同方位时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可知,信号线在空间处于不同方位时,即使与焊接电缆的距离相同,所产生的干扰电压也不同。特别是在距离较近的情况下,差异更大,且以信号线处在焊接电缆正上方并与其平行位置为最大,而与其垂直位置为最小。随着信号线与焊接电缆相对距离的增大,这种差异趋于减小,同时三个方位上的干扰电压也在减小,并以贴近地面的平行位置为最小。因此,当必须

在焊接电缆附近布线时,应选取与焊接电缆相垂直的位置;当可以远离焊接电缆布线时,应选取贴近地面的位置。

图 6 是信号源等效输出电阻不同时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可见,输出电阻对干扰电压有很大的影响,其数值越小,所产生的干扰电压就越小。因此,降低信号源的输出电阻也是减小高频干扰的一个途径。

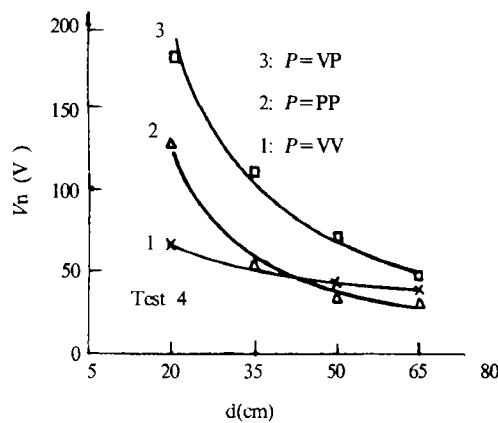


图 5 信号线方位对干扰电压的影响

Fig.5 Effect of orientation of signal line on interference voltage

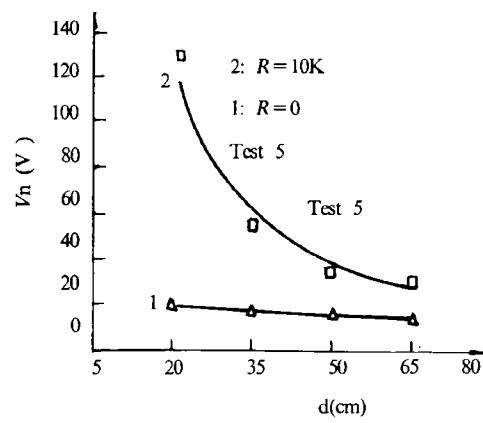


图 6 信号源输出电阻对干扰电压的影响

Fig.6 Effect of output resistance of signal source on interference voltage

图 7 是不同信号线长度时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可知,信号线越长,所产生的干扰电压就越大。因此,在提取信号时,应尽量减小信号线的长度,最好使信号源和接收电路置于同处,这样可使信号线达到最短,因而产生的干扰也最小。

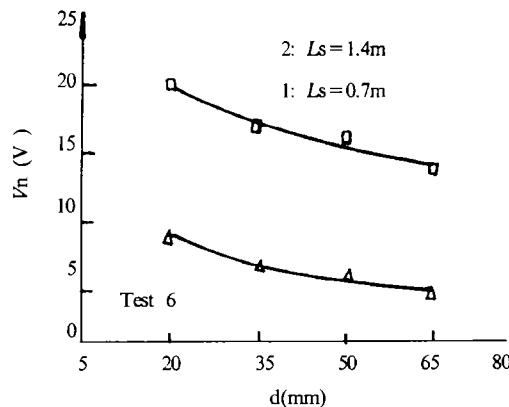


图 7 信号线长度对干扰电压的影响

Fig.7 Effect of length of signal line on interference voltage

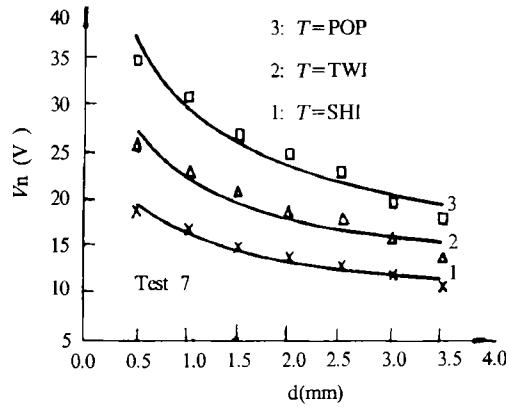


图 8 信号线类型对干扰电压的影响

Fig.8 Effect of type of signal line on interference voltage

### 2.3 屏蔽接地对干扰电压的影响

图8是选用不同类型信号线时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可知,信号线类型不同,所形成的干扰电压不同。在普通线、双绞线和双绞屏蔽线中,普通线所受的干扰电压最大,双绞线居中,而双绞屏蔽线所受干扰电压最小。这就是说,双绞屏蔽线具有较强的抗高频干扰的能力。

图9是焊机输入线是否采用金属管屏蔽接地时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可知,当焊机输入线采用金属管屏蔽且金属管接地时能明显降低干扰电压。但值得注意的是,当焊机输入线采用金属管屏蔽而金属管未接地时,不但不能降低干扰电压,反而使干扰电压有所增加。因此,采用金属管屏蔽时,一定要将金属管良好地接地。

图10是焊机壳体是否接地时干扰电压  $V_n$  随距离  $d$  的分布曲线。由图可见,当焊机壳体接地时,能显著降低干扰电压。因此,在TIG焊情况下,为减小高频干扰,同时也为人身安全,务必使焊机壳体良好接地。

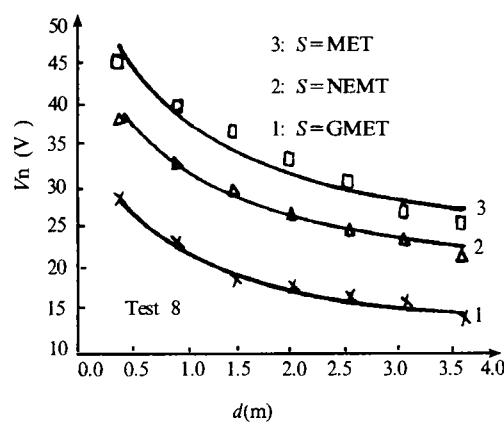


图9 焊机输入线屏蔽对干扰电压的影响

Fig.9 Effect of shielding of power line on interference voltage

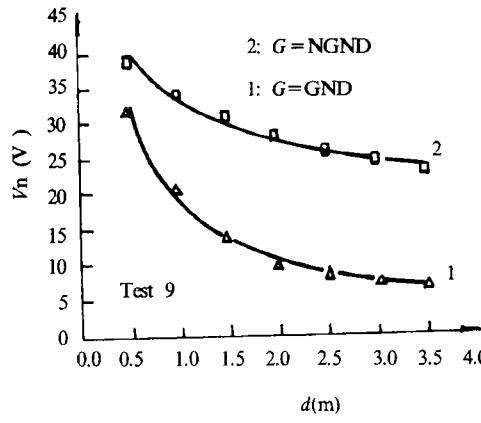


图10 焊机壳体接地对干扰电压的影响

Fig.10 Effect of grounding of machine case on interference voltage

## 3 讨论

在TIG焊中,高频振荡器产生的高频振荡电压,通过焊接电缆向空间发射,从而对邻近电子电路产生严重的干扰,甚至造成硬件的损坏。从耦合方式上看,这种干扰属于高频电磁干扰,更确切地说是近场感应干扰<sup>[5, 6]</sup>。要抑制这种干扰,应该从形成干扰的三要素(干扰源、耦合通道和接收电路)入手<sup>[4]</sup>,本文所做的工作正是如此。

### 3.1 抑制噪声源

干扰源对高频干扰起决定作用。试验结果(见图2~图4)表明,高频强度越大,焊接电缆和焊机输入线越长,高频振荡电压在空间产生的磁场就越强,通过信号线所感应的干扰电压也就越大。为抑制高频干扰,就应设法降低高频振荡电压在空间产生的电磁场强度。也就是说,在满足焊接引弧、稳弧和使用条件下,应尽量降低高频强度,减小焊接电缆和焊机输入线

长度。

同时,试验结果(图9~图10)还表明,抑制高频干扰较为重要的措施是要对高频振荡器和焊机输入线进行屏蔽和接地,即将高频振荡器用金属板单独屏蔽在机壳内,将焊机输入线用金属管屏蔽,而后将机壳和金属管良好接地。这种措施能降低高频干扰的原因在于:机壳和金属管在高频电磁场中会受到高频感应而在其表面产生高频感应电压,这时的机壳和金属管对信号线来讲就成了新的高频发射天线,它也将向空间发射高频干扰波。当机壳和金属管与地相接时,其表面上的高频感应电压将通过大地被释放掉,从而削弱了它在空间发射的高频干扰波,因此信号线上产生的干扰电压得到降低。

### 3.2 削弱耦合通道

耦合通道是产生高频干扰的媒体,对高频干扰起着极其重要的作用。当采用不同长度的信号线和不同输出电阻的信号源以及信号线相对焊接电缆在空间处于不同方位时,所产生的高频干扰显著不同。试验结果(图5~图7)表明,信号线越长,信号源输出电阻越大,信号线与焊接电缆在空间耦合越好,高频电磁场通过信号线上所感应的干扰电压就越大。因此,在实际焊接环境中,应尽量减小信号线长度,降低信号源输出电阻,合理布线以减小信号线与焊接电缆的耦合。

同时,试验结果(图8)还表明,对信号线采取双绞和屏蔽,能显著削弱高频干扰。双绞线能降低高频干扰的原因在于:高频在双绞线相邻绞节上感应出的电压,因大小相等方向相反而相互削弱,因此在整个长度上的感应电压大大降低;屏蔽线能降低高频干扰的原因在于:屏蔽层能对电磁波进行吸收和反射,使其产生部分消耗,降低它在信号线上的穿透量,从而降低在信号线上感应出的干扰电压。

此外,所有试验结果表明,信号线相对焊接电缆的距离是影响干扰电压的重要因素。当二者距离很近时,所产生的干扰电压可达几百伏(图5);而随距离的增加,干扰电压逐渐减小;当达到一定距离时,贴近地面的信号线所受干扰最小(图5)。

### 3.3 设计抗干扰电路

信号接收电路是干扰电压能否起作用的最后环节。如果接收电路本身的抗干扰容限高或对干扰电压能过滤处理,那么虽然有干扰电压侵入,但也未必使接收电路不能正常工作。理论分析和试验表明<sup>[4]</sup>,接收电路的输入电阻越小,抗干扰电压容限越高,接收电路对干扰电压就越不敏感,所受干扰而不能工作的可能性就越小。因此,在研制信号接收电路时,应从抗高频干扰的角度进行电路设计和选用元件。此外,对接收电路的壳体还应进行屏蔽设计并使其正确接地<sup>[4, 5]</sup>。

## 4 结 论

(1)干扰源对高频干扰起决定作用。高频强度越大,焊接电缆越长,焊机输入线越长,干扰电压就越大。为减小高频干扰,应尽量降低高频强度,缩短焊接电缆和焊机输入线的长度;同时对高频振荡器和焊机输入线采取屏蔽措施并良好接地。

(2)耦合通道是产生高频干扰的重要环节。采用的信号线越长,信号源输出电阻越大,信号线与焊接电缆的耦合越好,干扰电压就越大。为减小高频干扰,应尽量缩短信号线长度,降低信号源输出电阻,远离焊接电缆并贴近地面布设信号线;同时,采用双绞屏蔽线作信号线,并

使屏蔽层正确接地。

(3)设计低输入电阻、高抗干扰容限的信号接收电路，并对其正确屏蔽和接地，可提高接收电路的抗干扰能力，降低受到高频干扰破坏的可能性。

(1995-01-05 收到初稿, 1996-05-30 收到修改稿)

### 参 考 文 献

- 1 Watkins P V C, et al. Pulsed TIG welding. Weld. Rev. Int., 1993, (2): 29 ~ 32
- 2 Tsuchiya Y. A robotic aluminium welding system. Weld. Int., 1993, (2): 89 ~ 93
- 3 愈尚知, 等. 低压引弧机理的探讨. 焊接学报, 1985, (3): 149 ~ 153
- 4 韩刚, 徐万玉. 工业电子控制装置的抗干扰技术. 北京: 中国铁道出版社, 1984.
- 5 吴本炎, 李道恺. 电子电路的电磁兼容性. 北京: 人民邮电出版社, 1982.
- 6 滕福生, 梁碧俊. 信息和控制系统防干扰. 成都科技大学出版社, 1987.

### High-frequency Interference and its Prevention

*Liu Huijie, Zhang Juhai, Liu Lijun*

*(Harbin Institute of Technology)*

**Abstract** The high-frequency oscillator used in TIG welding is a serious interference source to the nearby electronic circuits. The paper investigates the factors affecting high-frequency interference, of which include the high-frequency intensity, the length of welding cable and power line, the output resistance of signal source, the type, length and orientation of signal line, the shielding and grounding of high-frequency oscillator, power line and signal line. Based on the results, the measures to prevent high-frequency interference are put forward.

**Key words** high-frequency interference, TIG welding, prevention of interference