

# 焊接电磁环境特点及其评估

张 军,谭志方,刘小兵

(北京工业大学 机械工程与应用电子技术学院,北京 100022)

**摘要:**就当前焊接电磁环境的特点进行了分析,并基于这种分析给出了研究焊接电磁场的方法,介绍了当前国内外一些研究机构对焊接电磁场的一些共识。

**关键词:**焊接;电磁场;评估

**中图分类号:**TG403

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-2303(2007)02-0017-03

## Reflections on the features of the electromagnetic fields in welding and its evaluation

ZHANG Jun, TAN Zhi-fang, LIU Xiao-bing

(College of Mechanical Engineering & Applied Electronics Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

**Abstract:** The features of the electromagnetic fields in welding and the way to evaluation are analysed and discussed. Some common understandings to the EMF at home and abroad are also introduced.

**Key words:** welding; electromagnetic fields; evaluation

## 0 前言

焊接过程中,焊接回路通常有几十到几万安培的电流,大电流带来的电磁场对焊接操作人员的不利影响已越来越受到关注。世界卫生组织(WHO)一直密切关注由于暴露于电磁场下而导致的健康问题,并且开展了环境健康标准项目,整个项目由联合国环境项目(UNEP)资助,用于评估频率范围在0~300 GHz之间的静态以及时变电磁场暴露对健康和环境的影响。该项目的研究结果由国际非电离辐射防护委员会(ICNIRP)负责评估,对非电离辐射的健康防护提供建议和指导,并在具体详尽的调查研究 and 科学实验前提下,于1994年和1998年分别颁布了静态电磁场和时变电磁场的暴露极限导则。2004年欧盟提出了工人暴露于电磁场的最低安全与健康标准《The EU directive 2004/40/EC》。该标准明确要求对工作场所的电磁场情况进行评估,并且要求电气设备的生产制造商出示相关的技术参数指标,这些参数要遵从欧洲低压电气指令《Low Voltage Directive (73/23/EEC)》。这些标准在保障工人健康和安全的同

时,也限制了电气设备所产生的电磁辐射的容许范

围。作为焊接行业的主要设备,弧焊与点焊电源亦受这些标准的制约。我国焊接行业在电磁暴露对人的影响方面的研究才刚刚起步,所以认真研究并借鉴国外的相关标准及其实施方法对我们的研究工作具有重要意义。

## 1 焊接电磁场的特点

焊接行业的电磁环境有其特殊性,此特殊性来源于焊接环境和焊接工艺的多变性和复杂性。总的来说焊接电磁环境具有下述特点。

### 1.1 环境的复杂性

焊接作为一种热加工过程,其应用的广泛性决定了其应用环境的复杂性。如在造船、汽车等制造行业,焊接现场的铁磁物质较多;而在航空、航天等行业中,焊接较多的应用于铝合金,周围较少有铁磁物质。所以不同的行业焊接现场对焊接电磁环境的影响差异很大。

### 1.2 形式的多样化

对不同的焊接对象,采用不同的焊接工艺。由于加工对象的多样性导致焊接工艺方法的多样性, MIG、MAG、CO<sub>2</sub>、TIG、VP-PMIG、电阻焊等,焊接电流大小和类型多样而复杂。即使同一种焊机在焊接

收稿日期:2006-11-23

作者简介:张 军(1975—),男,山东单县人,讲师,博士,主要从事焊接过程监控、检测设备的开发研究工作。



工艺上也可以采用不同的焊接电流形式。DC、AC 是焊接电流形式的两个大类,其中 DC 包括纯直流(理论上的直流,现实中的直流一般都带有纹波),带有纹波的直流(纹波的频率可以有 150 Hz 和 300 Hz 等),方波直流,直流带脉冲等;AC 包括交流方波、变极性、工频交流、甚至三角波等。每一种电流形式产生一种对应的电磁环境,不同的电流形式产生各异的电磁场。直流电流产生了静态电磁场,其他的电流形式则产生了时变电磁场。TIG 焊中的脉冲频率较低,可产生较低频率的电磁场,而逆变电源在输出电流的纹波达到几十 kHz 的频率,可产生相对较高频率的电磁场,所以时变电磁场从几 Hz 到几十 kHz 都存在。

### 1.3 强度范围宽

从弧焊到点焊,电流从几十安培到几万安培,可见焊接电流的变化范围非常宽,同样由于焊接电流引起的电磁场的强度也变化范围也非常大,从几 mT 到几百  $\mu$  T。

### 1.4 测试点的位置影响

焊接操作人员进行焊接操作时,不同的操作人员其习惯不同,特别是手弧焊条件下,有些焊工喜欢将焊接电缆扛在肩上,有些则习惯于将焊接电缆放在手臂上,形式多样。所以在测试焊接电磁环境及对人体影响的评估时,需要考虑人体某一部位与电磁场的具体位置。

## 2 对焊接电磁场影响的研究范围

如前所述,在焊接电磁场环境中存在静态和时变两种电磁场,其中时变电磁场的频率从几 Hz 到几十 kHz 变化,磁场强度变化范围宽,磁场变化多样。从电磁生物效应的角度考虑,可以将电磁场的频率分为四个区,即低频感应区、辐射区、光学区和电离区。低频感应区的电磁场频率集中在几十 kHz 以下,辐射区从几十 kHz 到 300 GHz,光学和电离区则是更高频率的电磁场。

“人体电磁暴露”的研究一般限定在低频感应区和辐射区,在焊接电磁环境下,焊接电缆和设备产生的电磁场基本上均在低频感应区,所以国外的研究频段一般选在 100 kHz 以内,如英国焊接研究所 TWI 将其频率限定在 100 kHz 以下,而同样在欧洲,芬兰职业健康协会规定将焊接电磁场的研究范围分为 100 kHz 以下和 100 kHz~10 MHz,并规定了

在电磁场的两个频段不同评估方法<sup>[1-2]</sup>;有些国家也按 0~100 kHz 和 100 kHz~10 MHz,所以在我国研究焊接电磁环境时,有必要根据自己的实际情况,决定频段研究范围。

## 3 焊接电磁场的评估

### 3.1 焊接电磁场的评估依据

国际非电离辐射防护委员会(ICNIRP)给出了不同频段的电磁暴露的基本限值和参考值(见表 1),一般基本限值小于参考限值。基本限值是更为严格的限制条件,当测量值小于基本限值则电磁场是安全的,如果测量值大于参考值则电磁场则是不安全的。目前,从文献来看国外焊接电磁场研究很少涉及电场强度,而一般都是研究磁感应强度的分布情况。

表 1 ICNIRP 规定的职业标准参考值<sup>[1]</sup>

频带	电场强度 $E/V \cdot m^{-1}$	磁场强度 $H/A \cdot m^{-1}$	磁感应强度 $B/\mu T$
~1 Hz	—	$1.630 \times 10^5$	$2.00 \times 10^5$
1~8 Hz	20 000	$1.630 \times 10^5/f^2$	$2.00 \times 10^5/f^2$
8~25 Hz	20 000	$2.000 \times 10^4/f$	$2.50 \times 10^4/f$
0.025~0.820 kHz	$500/f$	$20.000/f$	$25.00/f$
0.82~65.00 kHz	610	24.400	30.70
0.065~1.000 MHz	610	$1.600/f$	$2.00/f$
1~10 MHz	$610/f$	$1.600/f$	$2.00/f$
10~400 MHz	61	0.160	0.20
400~2 000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$
2~300 GHz	137	0.36	0.45

在给出参考值的同时,ICNIRP 给出了评估公式

$$\sum_n \frac{B_n}{R_n} \leq 1,$$

式中  $B_n$  为磁感应强度的测量值; $R_n$  为相应频率的安全评估值,该值可以通过 ICNIRP 的参考标准(reference levels)查出。如果各频段测量值和参考值的比值累加之和小于等于 1 说明测量值没有超过安全评估值。

各国的焊接电磁场测量和评估都遵从 ICNIRP 给出的参考值和评估公式。

### 3.2 测量设备

电磁场测量设备利用各相同性的磁场探头将某一点的磁感应强度量值转化为电量(如电流或电压),该电量经采集系统转化为离散的数字信号,这些离散的数字信号经 FFT 变换,转换成磁感应强度的频谱,比较各频段的测量值和参考值即可知当前焊接环境电磁污染是否超标。所以一个典型的焊接

专题讨论  
EMF(焊接环境下的电磁场对焊接操作者的影响)

电磁场测量和评估的设备必不可少的部件包括:磁场探头、数据采集模块和分析软件等。

测量焊接电磁场分布的设备结构是:PC 和分析软件,基于霍尔器件的各相同性的磁场探头,基于线圈的各相同性的磁场探头,数据采集卡。其中霍尔器件的磁场探头的测量范围在 10 Hz 以下,磁场探头的测量范围在 10~100 kHz。英国焊接研究所设计了一套测量系统<sup>[3]</sup>,其传感设备包括磁力计、霍尔器件的磁场探头和线圈的磁场探头,其截至频率分布在 3 kHz、10 kHz 和 100 kHz 等范围。与其相应的分析软件具有将电磁场在频域内展开的功能,并且具有根据 ICNIRP 提供的参考值评估所测的焊接环境电磁场是否超标的功能。

### 3.3 测量方法

焊接电缆线的空间位置不同,测量结果不同;探测仪距电缆的距离不同测量结果也会发生变化,所以在评价焊接电磁环境时,选择的测量点非常重要。图 1 和图 2 是典型的两个测试点选取图。图中磁感应强度探测仪器可以在轨道上滑动,以改变测试点到焊接电缆或者电极的距离。

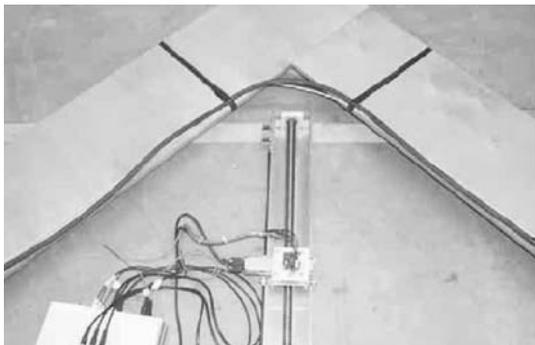


图 1 电弧焊典型测试方式<sup>[3]</sup>

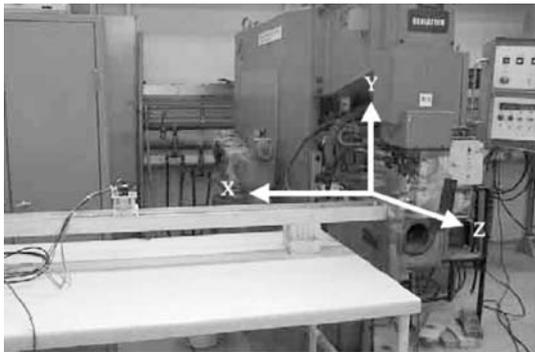


图 2 电阻点焊典型测试方式<sup>[3]</sup>

虽然 ICNIRP 提供了标准参考值和评估公式,但是并没有规定测量的具体方法,所以测量方法不同有时候会得到不同的结论。在制定我国的焊接电磁

环境评估标准时,如何明确测量方法是非常重要的。

## 4 对焊接电磁场的认识

从当前国外的研究状况来看,焊接电磁场环境的评估虽然都遵从 ICNIRP 标准,但是不同国家在具体环节上还有不同。但是在焊接电磁环境方面已达成了一些共识。

(1)最近发展起来的交流方波和脉冲 MIG 焊接工艺,由于其焊接电流的变化率大导致其焊接电磁环境的恶化。

(2)不同工艺方法其磁场频域分布相差很大,如传统交流焊接方式在 50 Hz 处磁感应强度的幅值较大,而晶闸管整流焊机其磁场频域分布在 150 Hz 或 300 Hz 附近有较大的值。

(3)点焊过程电磁环境问题较为严重,在焊接操作人员操作时站立的位置(距电极 30 cm)测量磁感应强度,通常都会超标,对此必须给予充分的重视。

(4)测量焊接电磁场的磁感应强度时,选取的位置至关重要,例如弧焊过程如果选择距离电缆 20 cm 处测量则一般都不超标,但是紧贴电缆测量则很有可能超标。

## 5 结论

从国内外研究情况看,焊接电磁环境一般都比较恶劣,为了符合电磁环境的需要一般应优先选择电磁污染较小的焊接工艺;焊接操作人员的工作习惯对电磁场的影响非常大,如焊接电缆不良的走线方式会显著恶化焊接电磁场对操作人员的环境,所以培养焊接操作人员电磁环境保护意识非常重要;有些工艺的电磁污染超标是无法克服的,因此为了保护操作人员的健康和安全,研制电磁防护设备非常必要。

### 参考文献:

- [1] ICNIRP Guidelines 1998. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Guidelines for limiting exposure in time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz), 1998.
- [2] Electromagnetical Fields of Welding Equipment in the Framework of the Directive 2004/40/EC, International workshop organized by VITO nv, April, 6, 2006.
- [3] Research report 338 for HSE. Measurement and analysis of magnetic fields from welding processes, TWI, 2005.