

# PrEN ISO/DIS15011—4 标准中确定焊材烟气释放率的方法（上）

英国 Buxton 公司  
英国剑桥大学  
中国机械工程学会（北京 100823）

阿兰·霍威  
格兰海姆·卡特  
苏晓鹰译

EN ISO 15011—1 标准规定了确定焊接烟气化学成分和释放率的方法。该标准规定了测试方法，但根据不同的用途，要由用户自己选择适当的测试条件。因此又起草了一个补充标准，规定了产生烟气数据的测试条件，焊接耗材制造商可以把这些内容收入安全数据表中，最后这个标准将以 EN ISO 15011—4 的编号出版。遗憾的是，由于以前很少有关于测试参数对烟气释放率影响的信息，因此很难确定这些参数应控制到什么精度，也不可能标准中规定性能参数。人们主要关心的是测试方法是否具有足够的可重复性和再现性。为此进行了试验，用集体试验的方法确定 EN ISO 15011—4 标准是否能达到所要得到的结果。

试验结果表明，使用标准草案中规定的测试方法测量烟气释放率，测试结果的重复性很好，重复率在 2%~10% 内。对于大多数被检测的焊接工艺，测试方法的再现性也很好，95% 的可靠界限为  $\pm 10\% \sim \pm 40\%$ 。并对烟气释放率测量的再现性做出建议，如果采纳这些建议，有望使这一测试方法应用于所有焊接工艺。对烟气成分测量的可重复性也很好，尤其是烟气中主要成分，重复率在 5%~10% 内。

## 一、欧洲和国际标准草案 prEN ISO/DIS 15011—4

### 1. 背景

prEN ISO 15011—4 标准规定了当采用 EN ISO 15011—1 的标准测试焊接烟气时的测试条件，这时产生

烟气的目的是为了获得烟气释放率和烟气化学成分的数据。此外，EN ISO 15011—4 规定了烟气释放率和化学成分的报告格式，称为烟气数据表。本文仅讨论该标准中测试方法的特性。

### 2. 标准的制定

prEN ISO/DIS 15011—4 标准的起草是由 CEN121 技术委员会第 9 分委员会第 5 工作组完成的，内容涉及焊接、焊接及相关工艺的健康与安全及烟气数据表。鉴于前阶段健康与安全实验室（HSL）和 TWI 的工作已表明，焊接条件的变化对烟气的成分没有很大影响，工作组对于为获得烟气成分而产生焊接烟气的条件，毫无困难就取得了一致意见。

但焊接参数却对烟气释放率却有很大的影响，因此工作组对烟气释放率测量条件的规定很难达成一致的意见。实际上用了 4 年时间，开了 9 次工作组会议，才解决推荐标准中这个和其他有争议的问题，准备交 CEN 和 ISO 评审。最终在 2004 年 8 月到 2005 年 1 月间进行了评审。人们抓住这个机会在评审同期进行了集体试验审核，供表决过程中参考。

### 3. prEN ISO/DIS 15011—4 标准中涉及的焊接工艺

prEN ISO/DIS 15011—4 标准涉及了许多不同的焊接工艺：

(1) 手工金属弧焊。

(2) 使用实芯焊丝的气体保护焊，包括 MIG 焊（金属惰性气体焊）和 MAG 焊（金属活性气体焊）。

- (3) 药芯焊丝气体保护金属弧焊或药芯焊丝弧焊 (FCAW)。  
 (4) 金属芯焊丝气体保护金属弧焊, 或金属芯焊丝弧焊 (MCAW)。  
 (5) 药芯焊丝自保护金属弧焊或药芯焊丝自保护弧焊(SSFCAW)。

#### 4. prEN ISO/DIS 15011 — 4 标准规定的测试条件

表 1 简要地列出了 prEN ISO/DIS 15011 — 4 标准草案在征求意见时规定的测试条件, 以及应注意的 3 个基本方面。

(1) 表中列出的信息只是概述了标准中比较重要的测试条件, 实际上有 6 个相互关联的表格, 更详细地规定了焊接应该如何进行。

(2) 制定测试条件的工作组最先考虑的是, 由于使用的条件不同, 任何一种焊接耗材的烟气释放率都会变化很大。因此, 工作组选择规定的测试条件是最具再现性, 符合标准化的概念, 而且在实际最常用的有关耗材中最具代表性的。

(3) 表 1 列出的测试条件根据集体试验的结果已经稍稍做了一些修正, 因此在最后出版的标准中, 测试条件会略有不同。

表 1 prEN ISO/DIS 15011 — 4 标准规定的测试条件

参数	测试条件
直径	MIG/MAG: 所有直径 其他工艺: 最小和最大直径, 及其他插值而得的直径
电流	耗材制造商推荐的最大电流的 90%
导电嘴与工件之间的距离 (CTWD)	MIG/MAG、FCAW 焊接: CTWD 按标准规定, SSFCAW 焊接: CTWD 请遵照厂家的建议
电压	最佳工作条件的电压由有经验的焊工确定 MIG/MAG: 应符合喷射过渡条件 FCAW 和 MCAW: 应符合平稳熔滴过渡条件
极性	MIG/MAG: dc+ 其他工艺: 采用耗材厂家建议的极性
气体的种类和流量	配方中给出的大多数含氧气体: $(1 \times \text{CO}_2)$ 和 $(2 \times \text{O}_2)$ , 气体流量应足以达到保护的(通常的范围: 15~20L/min)
焊接速度	最佳焊接速度由有经验的焊工确定
测试工件	材料: 尽可能接近焊缝金属的材料 尺寸: 切成适当长度的商用型钢 准备: 去除表面油脂, 不涂敷任何涂层
电源	无波动电流的逆变电源
焊炬	水冷、标准直径气体罩
配置	金属板焊道, 焊炬与测试工件的角度为 90°

从表 1 可看出, 规定的测试条件适用于很宽范围的焊接参数。但是, 其中有一些参数对烟气释放率的影响较大, 因此决定在进行集体试验前, 做一些初步的调查工作, 评价方法的耐用性。

## 二、耐用性测试

### 1. 背景

prEN ISO 15011 — 4 标准要求测试按照精确规定某些参数值的协议来

进行, 而其他一些内容比较主观, 例如: 在标准中规定了接触导电嘴至工件距离的精确值, 耗材厂家推荐的最大电流范围必须从厂家的行业文献中提取。但是其他参数中最重要的是电压, 要由有经验的焊工优化确定。在测试之前, 这些依赖于焊工优化的测试条件可能变化的程度, 及对烟气释放率的影响是未知的。因此, 进行耐用性测试, 评价测试条件变化对烟气释放率的影响, 以便在开始进行集体试验之前使测试条件更加合理, 而且在该标准出版前, 仍有机会对 prEN ISO 15011 — 4 标准进一步的优化。

### 2. 测试的耗材

表 2 列出了初步的耐用性试验和后来的集体试验中的详细数据。列举了手工金属弧焊条、实芯焊丝、金属芯焊丝和自保护药芯焊丝的测试情况, 还列举了两种气体保护药芯焊丝 (金红石和碱性) 的数据。

### 3. 进行的测试

检验方法的耐用性由 prEN ISO/DIS 15011 — 4 标准规定的测试条件变化时, 测试结果的相对标准误差来衡量。评价的主观变量为弧电压、横向速度和焊接方向, 即拉弧或压弧。电压和横向速度是在有经验的焊工建立的最佳值的上下合理范围内进行研究。对于电压, 测试范围的极端值是由 5 名焊工得出的最佳值的最高值和最低值。但手工金属弧焊除外, 因为只能测试较高的电压。横向速度的上限和下限是最佳值的  $\pm 30\%$ 。焊接方向的试验是采用可接受方向及反方向, 焊炬的角度为 75°, 另一次试验中焊炬的角度为 90°。

另外, 还评价了其他许多参数的影响。特别是还试验确定了使用不

表2 测试耗材的数据

厂家	材料名称	分类及说明	直径/mm	电流/A
Avesta-Polarit	308L	AWS A5.4—92 E308L—17 MMA 焊条	3.2	120
Lincoln Electric	LNM316LSi	AWS A5.9—93: ER316LSi 实芯 MIG/MAG 焊丝	1.2	220~240
FILARC	PZ6113	AWS A5.20:E71—T1 金红石气体保护 FCAW 焊丝	1.2	130~350
ESAB	OK Tubrod 15.00	AWS A5.20: E71—T5 碱性气体保护 FCAW 焊丝	1.2	100~250
Lincoln Electric	外保护 MC710H	AWS A5.18: E70—6MH4 气体保护 MCAW 焊丝	1.2	180~340
Lincoln Electric	内保护 NR—211MP	AWS A5.20: E71—T11 自保护 FCAW 焊丝	1.1	120~170

同厂家的逆变电源对烟气释放率的影响,用 MIG/MAG 焊枪进行药芯焊丝自保护金属弧焊时,带气体保护和不带气体保护时的结果是否相同。

#### 4. 测试结果

耐用性试验的结果表明,对烟气释放率影响最大的

参数是电压,由此人们提出建议,测试条件不应由一名有经验的焊工确定,如果可能,应采用由许多有经验的焊工建立的测试条件的中间值。另外,还做了一些建议,在标准草案征求意见和进行集体试验之前加入 prEN ISO/DIS 15011—4 标准中。表3列出了测试的电压范围和所

表3 烟气释放率耐用性试验的结果

焊接工艺	测试电压的范围/V	烟气释放率		
		平均值/ $\text{mg} \cdot \text{s}^{-1}$	SD/ $\text{mg} \cdot \text{s}^{-1}$	RSD(%)
手工金属弧焊	25.7~26.2	5.2	1.0	18
MAG	23.0~23.5	0.7	0.3	49
金红石 FCAW	29.2~33.1	17.8	1.4	8
碱性 FCAW	25.4~26.1	19.7	3.8	19
MCAW	33.4~36.4	21.4	4.0	19
SSFCAW	17.5~20.4	7.1	2.0	28

得出的烟气释放率数据。

测试结果的相对标准误差一般在30%以下,误差很小,因为烟气释放率的测试是刻意在可以合理预期的极端条件下进行的。MAG焊接的相对标准误差近50%,是由于这一技术对电压的依赖程度很高造成的。图1为烟气释放率与电压的关系图,由图1可看出,凹点处为发生喷射过渡的最佳电压,即测量烟气释放率的电压条件。根据这个结果得出结论,尽管对集体试验数据可能得出可再现性结果期望值不应太高,但对大多数被测的工艺,95%的可靠界限应为 $\pm 50\%$ 。

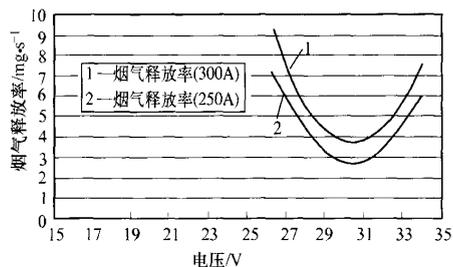


图1 烟气释放率与电压的关系

热 (待续) (20060712)