



中华人民共和国国家标准

GB/T 43905.4—2024

焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的 实验室方法 第4部分：焊接材料焊接 烟尘排放限值

Laboratory method for sampling fume and gases in welding and allied processes—Part 4: Welding consumables welding fume emission limit value

(ISO 15011-4:2017, Health and safety in welding and allied processes—Laboratory method for sampling fume and gases—Part 4: Fume data sheets, MOD)

2024-04-25 发布

2024-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原理 2

5 程序 2

6 试验条件 2

7 试验报告 6

附录 A（规范性） 烟尘数据单 9

附录 B（资料性） 烟尘数据单的可选附加部分 11

附录 C（资料性） 性能数据示例 12

附录 D（资料性） 焊接烟尘数据的用途 14

附录 E（资料性） 焊接烟尘主要组分和关键组分 16

附录 F（资料性） 焊接材料分类体系示例 18

附录 G（资料性） 不锈钢焊条电弧焊烟尘数据单示例(包括可选附加部分) 19

参考文献 21

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。

本文件是 GB/T 43905《焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的实验室方法》的第4部分。GB/T 43905已经发布了以下部分：

- 第1部分：电弧焊中烟尘排放速率的测定和分析用烟尘的收集；
- 第2部分：电弧焊、切割及气刨中一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮、二氧化氮排放速率的测定；
- 第3部分：电弧焊中臭氧排放速率的测定；
- 第4部分：焊接材料焊接烟尘排放限值；
- 第5部分：基于热解-气相色谱-质谱法的焊接或切割中有机材料热降解物的识别；
- 第6部分：电阻点焊中烟尘和气体的定量化测定。

本文件修改采用 ISO 15011-4:2017《焊接及相关工艺的健康与安全 烟尘和气体取样的实验室方法 第4部分：烟尘数据单》。

本文件与 ISO 15011-4:2017 的技术差异及其原因如下：

- 用规范性引用的 GBZ/T 224 和 GB/T 3375 替换了 ISO/TR 25901-2、ISO/TR 25901-3、EN 1540 和 EN/TR 14599（见第3章），以适用我国技术要求；
- 增加了“排放速率”术语和定义（见3.7），以便于本文件的执行；
- 用规范性引用的 GB/T 43905.1 替换了 ISO 15011-1（见4.1、5.1），以适用我国技术要求；
- 用规范性引用的 GB/T 27418 替换了 ISO GUM:1993（见5.3），以适用我国技术要求。

本文件做了下列编辑性改动：

- 根据标准内容和适用范围，将标准名称改为《焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的实验室方法 第4部分：焊接材料焊接烟尘排放限值》；
- 删除了 ISO 15011-4:2017 中 3.1、5.1、7.3 中表7、D.1.2.1 的“注”；
- 删除了 ISO 15011-4:2017 中 D.1.2.2 的“注3”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国焊接标准化技术委员会（SAC/TC 55）提出并归口。

本文件起草单位：中国机械总院集团哈尔滨焊接研究所有限公司、河北鑫宇焊业有限公司、郑州机械研究所有限公司、杭州华光焊接新材料股份有限公司、聚力新材料科技（日照）有限公司、四川大西洋焊接材料股份有限公司、北京金威焊材有限公司、浙江申嘉焊材科技有限公司、西安热工研究院有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、北京工业大学、南京理工大学、国家卫生健康委职业安全卫生研究中心、哈尔滨工业大学。

本文件主要起草人：吕晓春、王杭安、路全彬、陈融、孟波、徐晓龙、李伟、郑晓东、杨子佳、刘福广、韩晓辉、石柏成、李红、薛鹏、丁春光、林三宝、郝润泽。

引 言

GB/T 43905《焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的实验室方法》对烟尘和气体的实验室取样和分析方法进行了规范化,有利于对不同工艺方法生成的烟尘和气体进行评估。GB/T 43905 是通用性基础方法标准,由六个部分构成。

- 第1部分:电弧焊中烟尘排放速率的测定和分析用烟尘的收集。目的在于规定适用于易生成烟尘的明弧焊焊接烟尘排放速率测定的实验室方法以及用于分析的收集方法。
- 第2部分:电弧焊、切割及气刨中一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮、二氧化氮排放速率的测定。目的在于规定适用于电弧焊、切割及气刨过程中生成的一氧化碳、二氧化碳、一氧化氮、二氧化氮排放速率测定的实验室方法。
- 第3部分:电弧焊中臭氧排放速率的测定。目的在于规定适用于自动焊接电弧焊过程中臭氧排放速率测定的实验室方法。
- 第4部分:焊接材料焊接烟尘排放限值。目的在于规定适用于非合金钢、合金钢和有色金属的手工、半自动或全自动电弧焊连接或堆焊所用的全部焊接材料焊接烟尘排放限值的编制方法。
- 第5部分:基于热解-气相色谱-质谱法的焊接或切割中有机材料热降解物的识别。目的在于规定适用于全部或部分由有机材料组成的涂层在焊接、切割、预热和矫正过程中受热降解后生成的不明确产物组分识别和半定量测量的实验室方法。
- 第6部分:电阻点焊中烟尘和气体的定量化测定。目的在于规定适用于有/无涂层钢板电阻点焊生成的烟尘和气体排放率测定的实验室方法。

焊接及相关工艺生成烟尘和气体,如果吸入会对人体健康有害。有关烟尘和气体的数量、成分的资料能够帮助职业卫生专业人员评估工人的接触情况,进而确定适当的控制措施。

焊接工艺、焊接材料和焊接参数均会引起焊接烟尘排放速率的不同,从而导致焊工接触浓度不同,排放速率不能直接用于评估接触情况,一般而言,在相同的工况下,与具有较高排放速率的焊接工艺相比,具有较低排放速率的焊接工艺、焊接材料和焊接参数通常会导致焊工的接触浓度的影响更低。

为了确保所使用的焊接条件符合标准化程序,本文件提供了明确的说明和辅助性的信息指导,强调了充分报出试验中使用的焊接条件的必要性,并提供了如何在烟尘数据单上传达这些信息的示例。本文件还提供了如何使用获得数据的信息。

本文件执行和对得到结果的解释由具备资格和经验的人员负责。

焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的 实验室方法 第4部分：焊接材料焊接 烟尘排放限值

1 范围

本文件描述了焊接材料焊接烟尘排放限值的编制方法，规定了测定烟尘排放速率及化学成分的程序、试验条件和试验报告。

本文件适用于非合金钢、合金钢和有色金属的手工、半自动或全自动电弧焊连接或堆焊所用的全部焊接材料，焊接方法包括焊条电弧焊，实心焊丝、药芯焊丝（包括非金属粉型和金属粉型）的气体保护电弧焊以及药芯焊丝自保护电弧焊。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GBZ/T 224 职业卫生名词术语

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 27418 测量不确定度评定和表示（GB/T 27418—2017，ISO/IEC Guide 98-3:2008，MOD）

GB/T 43905.1 焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的实验室方法 第1部分：电弧焊中烟尘排放速率的测定和分析用烟尘的收集（GB/T 43905.1—2024，ISO 15011-1:2009，MOD）

3 术语和定义

GBZ/T 224 和 GB/T 3375 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

累计限值 additive limit value

在对化学物质混合物的组合健康影响缺乏专业了解的情形下，仅以每种成分对健康的影响为基础相加计算出的限值。

3.2

焊接烟尘累计限值 additive welding fume limit value

焊接烟尘的累计限值（3.1）。

3.3

焊接烟尘关键组分 key component of a welding fume

焊接烟尘中具有重大职业卫生意义而要求采取最严格的控制措施以确保焊工没有接触过量水平的有关物质，即在最低焊接烟尘浓度下超过限值的成分。

3.4

关键组分焊接烟尘限值 key component welding fume limit value

确保焊接烟尘中没有任何成分浓度在该限值之上的数值。

3.5

焊接烟尘主要组分 **principal component of the welding fume**
具有职业卫生意义的焊接烟尘成分。

3.6

单一组分焊接烟尘限值 **single component welding fume limit value**
确保单个组分浓度没有在该计算限值之上的数值。

3.7

排放速率 **emission rate**
焊接、切割、气刨等相关工艺过程中在单位时间内排放烟尘的质量或气体的体积。

4 原理

- 4.1 通过试验测定焊接材料在规定的操作条件下使用时生成的焊接烟尘的排放速率和化学成分,焊接烟尘按照 GB/T 43905.1 中规定的程序和本文件中规定的条件生成。
- 4.2 烟尘数据单见附录 A,可选附加部分见附录 B,一些常用焊接方法的数据示例见附录 C,数据各种可能的使用方法见附录 D,附录 E 给出了常见焊接烟尘主要组分和关键组分。

5 程序

- 5.1 按照 GB/T 43905.1 规定的程序进行烟尘排放速率的测定和/或用于分析的焊接烟尘试样(如需要)的收集。在 6.2~6.4 规定的适用条件下进行试验。
- 5.2 分析焊接烟尘试样以获得焊接烟尘所有主要组分(见表 E.1)的化学成分数据。如有必要,对焊接烟尘进行初步定性分析。
- 5.3 根据 GB/T 27418 评定和报告测量不确定度。附录 C 给出了实验室间比对获得的数据示例。

6 试验条件

6.1 通用试验参数

表 1 列出了应用于本文件范围内所有焊接方法的试验参数,也给出了特殊焊接方法的相互参照的试验参数。

由一个具备经验的焊工根据表 1~表 6 中规定的试验参数进行试验,或由多个具备经验的焊工确立的试验条件的中间值作为最终试验参数。本文件用 FER 表示烟尘排放速率,用 CC 表示化学成分。

用于测量试验参数的所有仪器设备的校准应符合相关文件。

表 1 通用试验参数

参数	试验目的	试验参数
直径	FER	除实心焊丝气体保护电弧焊以外的焊接工艺,使用产品范围内最小直径和最大直径的焊接材料测定 FER,通过插值法估算其他直径焊接材料的 FER。对于实心焊丝气体保护电弧焊,使用直径至少为 1.0 mm 和 1.2 mm 的焊丝测定 FER
	CC	通过分析使用任一直径焊接材料生成的焊接烟尘获得化学成分数据

表 1 通用试验参数（续）

参数	试验目的	试验参数
电流	FER CC	对于焊条电弧焊,见表 2。对于实心焊丝和药芯焊丝的气体保护电弧焊,见表 3。对于药芯焊丝自保护电弧焊,见表 6。测量返回导线中的电流
电压	FER CC	对于焊条电弧焊,见表 2。对于实心焊丝和药芯焊丝的气体保护电弧焊,见表 3。对于药芯焊丝自保护电弧焊,见表 6
极性	FER CC	对于焊条电弧焊,见表 2。对于实心焊丝和药芯焊丝的气体保护电弧焊,见表 3。对于药芯焊丝自保护电弧焊,见表 6
气体类型及流量	FER CC	对于实心焊丝和药芯焊丝的气体保护电弧焊,见表 3
焊接速度	FER CC	使用由具备经验的焊工确定的最佳焊接速度
试件	FER CC	材料:对于非合金、低合金、高合金、铸铁和堆焊焊接材料的焊接烟尘试验,使用非合金钢试件。对于镍合金、铝合金和铜合金焊接材料的焊接烟尘试验,使用与焊缝金属化学成分相近的试件。 尺寸:使用一个适宜尺寸的试件,使得在要求的燃弧时间内能够连续熔敷一道焊缝,例如在 500 mm(长)×50 mm(宽)×10 mm(厚)扁钢制备的试件熔敷一道线状焊缝;还可使用其他形式,例如在适宜尺寸的旋转平板或管材上,熔敷一道环形焊缝,使得焊缝金属不会熔敷在热态的金属上。 准备:确保试件表面已去除油脂和表面涂层
电源	FER CC	除非与试验焊接材料不相容,否则使用无脉冲电流的逆变电源。在其他情况下,使用制造商推荐的电源。在烟尘数据单中注明电源的设置
焊枪	FER CC	对于气体保护电弧焊,使用由焊枪制造商推荐的带标准直径气体防护罩的水冷焊枪。对于自保护电弧焊,使用专用设计的水冷焊枪,或使用为气体保护电弧焊设计、但去除气体防护罩的水冷焊枪
组配	FER CC	在平板上焊接焊缝。对于气体保护电弧焊和自保护电弧焊,焊枪的位置与试件呈 90° 夹角

下面给出表 1 中试验要求的原因。

- 直径**:FER 随着焊接材料直径的增加而增加,因为较大直径的焊接材料使用较高的电流,而 FER 随着电流增加而增加,所以理想的做法宜使用所有产品直径生成 FER 数据,然而,在本文件范围内,除实心焊丝气体保护电弧焊以外的焊接工艺中,焊接材料直径与电流呈线性关系,因此,允许使用产品范围内最小直径和最大直径的焊接材料生成 FER 数据,并通过插值法估算其他直径焊接材料的 FER。对于实心焊丝气体保护电弧焊,焊丝直径和 FER 之间没有线性关系,因此有必要使用所有关注直径的焊丝生成 FER 数据。焊接材料直径对 CC 没有很大的影响,所以仅用一种直径的焊接材料进行 CC 测定试验即可。
- 焊接速度**:焊接速度对 FER、CC 的影响不大。焊接速度很低时,FER 会增加,但这在最佳工作条件之外,因此,适宜使用由具备经验的焊工确定的最佳焊接速度进行试验。
- 试件**:从成本考虑支持使用扁钢。试件能够影响 CC 且可能影响 FER,因此,对于铁素体焊接材料使用钢试件、对于有色焊接材料使用类似材料制成的试件是非常重要的。
- 电源**:对于气体保护电弧焊,焊机类型对 FER 有很大影响。本文件不涉及脉冲焊接,但预计该

方法的 FER 低于传统焊接方法的 FER,生成的焊接烟尘的 CC 相似。

——**组配**:推荐试验时在平板上焊接焊缝,因其 FER 要高于角焊的 FER,从而代表最差条件。用于气体保护电弧焊和自保护电弧焊的焊枪角度呈 90°夹角是由于焊枪角度对 FER 有影响,用此设置则避免再规定试验时宜使用推焊技术还是拉焊技术。CC 不会受焊接组配的影响。

6.2 焊条电弧焊试验

在表 1 和表 2 给出的条件下进行焊条电弧焊生成焊接烟尘。

表 2 焊条电弧焊的试验参数

参数	试验目的	试验参数
电流	FER CC	使用制造商推荐的电流范围内最大值的 90%
电压	FER CC	使用由具备经验的焊工确立的最佳操作条件(即弧长),并记录电压。将测量仪器的参考引线连接到焊钳上
极性	FER CC	使用制造商推荐的极性,如果推荐不止一种极性,使用常用极性进行试验生成焊接烟尘

下面给出表 2 中试验要求的原因。

- 电流**:FER 随着电流的增加而增加,因此,为了在典型操作条件下进行测量,试验宜使用制造商给出的电流范围内最大值的 90%。CC 随着电流的变化会有些许变化,但是影响不大。
- 电压**:电压会影响 FER、CC,然而,焊工通常会确立一个焊接最佳弧长,即确定了电压。对于具备经验的焊工而言,最佳条件不会变化太大。
- 极性**:极性对 CC 的影响不大。直流反接(DCEP,直流电源,反极性)的 FER 通常大于交流(AC)的 FER,而 AC 的 FER 通常大于直流正接(DCEN,直流电源,正极性)的 FER。总之,所用极性通常与烟尘排放速率数据关联性最大。

6.3 实心焊丝和药芯焊丝的气体保护电弧焊试验

在表 1 和表 3 给出的条件下使用机械化焊接进行实心焊丝和药芯焊丝的气体保护电弧焊生成焊接烟尘。

表 3 实心焊丝和药芯焊丝的气体保护电弧焊的试验参数

参数	试验目的	试验参数
气体类型	FER CC	使用制造商推荐的气体类型,如果推荐不止一种气体,则通过公式($1 \times \text{CO}_2$)和($2 \times \text{O}_2$)选用氧化性最大的混合物
气体流量	FER CC	使用提供足够保护的气体流量(通常在 15 L/min~20 L/min)
导电嘴到工件距离(CTWD)、送丝速度和电流	FER CC	使用表 4 和表 5 中推荐的 CTWD。根据试验焊接材料的直径,设置电流为制造商推荐的电流范围内最大值的 90%,并记录送丝速度

表 3 实心焊丝和药芯焊丝的气体保护电弧焊的试验参数（续）

参数	试验目的	试验参数
电压	FER CC	对于实心焊丝,使用开放电弧条件。 对于氩基和氨基保护气体,在规定电流下确立喷射电弧条件,降低电弧电压,直到听见有微小的劈啪声或嘶嘶声,然后稍微提高电压直到不再听到劈啪声(必要时调整送丝速度以恢复试验电流)。 对于 CO ₂ ,由具备经验的焊工设置规定的电流、调整电压,以确立最平稳的熔滴过渡
极性	FER CC	对于实心焊丝气体保护电弧焊,使用 DCEP。对于药芯焊丝气体保护电弧焊,使用制造商推荐的极性,如果制造商推荐不止一种极性,则使用常用的极性生成烟尘

下面给出表 3 中试验要求的原因。

- 气体类型**:使用由焊接材料制造商推荐的混合气体类型是十分重要的,如果推荐不止一种气体类型,氧化性最大的混合气体会出现最大的 FER,即代表了最差的条件。气体类型对 CC 仅有轻微影响。
- 气体流量**:最佳气体流量会根据焊接材料直径和种类变化。然而,气体流量不会对 FER 或 CC 有太大影响,因此,试验条件只需代表实际工作条件,提供足够的保护即可。
- CTWD、送丝速度和电流**:常规的做法是设置 CTWD 和送丝速度,然后调整电压,这样比设定电流更准确。然而,不可基于此方法界定试验条件,因为对于每种焊接材料直径、焊接材料种类和保护气体的组合有必要规定不同的送丝速度,因此,有必要规定试验所用的 CTWD 和电流。表 4 中列出的试验使用的 CTWD 源自 IEC 60974-7。试验使用制造商给出的电流范围内最大值的 90%,以产生实际工况的典型喷射过渡条件。电流和 CTWD 对 CC 仅有轻微影响。
- 电压**:电压和过渡形式对 FER、CC 都有影响。喷射过渡是最常使用的过渡形式。为了得到喷射过渡,具备经验的焊工通常将电压设置为最小值且不会变化太大。当使用 CO₂ 保护气体焊接时不能获得喷射过渡,焊工通常设置到使熔滴平稳过渡的最佳电压。
- 极性**:对于实心焊丝气体保护电弧焊始终使用 DCEP。对于药芯焊丝气体保护电弧焊,焊接材料制造商通常推荐一个极性,试验中使用该极性显然是适宜的;在可能推荐使用不止一种极性时,通常使用导致烟尘排放速率数据相对最大的极性。

表 4 用于实心焊丝气体保护电弧焊的推荐 CTWD

焊丝直径 mm	CTWD mm
0.6	8
0.8	10
1.0	15
1.2	18
1.6	22
2.0	26
2.4	28
注:对于其他直径的焊丝,CTWD 能用插值法确定。	

表 5 用于药芯焊丝气体保护电弧焊的推荐 CTWD

焊丝直径 mm	CTWD mm
0.9	15
1.0	18
1.2	20
1.4	22
1.6	25
2.0	28
2.4	30
注：对于其他直径的焊丝，CTWD 能用插值法确定。	

6.4 药芯焊丝自保护电弧焊试验

在表 1 和表 6 给出的条件下使用机械化焊接进行药芯焊丝自保护电弧焊生成焊接烟尘。

表 6 药芯焊丝自保护电弧焊的试验参数

参数	试验目的	试验参数
CTWD、送丝速度和电流	FER CC	使用由试验焊接材料制造商推荐的 CTWD。根据试验焊接材料的直径，设置电流为焊接材料制造商推荐的电流范围内最大值的 90%，并记录送丝速度
电压	FER CC	使用由具备经验的焊工确立的、实现熔滴平稳过渡的最小电压。将测量仪器的参考引线连接到送丝机上
极性	FER CC	使用制造商推荐的极性

下面给出表 6 中试验要求的原因。

- 电流和 CTWD**：送丝速度和电流之间的关系会根据药粉配方、焊丝构造等发生改变，因此，通常的做法是设置 CTWD 和电流，并记录送丝速度。然而，CTWD 取决于产品类型且比气体保护电弧焊更加严格。因此，制造商通常推荐一个 CTWD，并被用于试验中。FER 随着电流的增加而增加，为使熔滴平稳过渡，并与其他类型焊接材料试验所用条件保持一致，试验电流使用制造商给出的电流范围内最大值的 90%。电流和 CTWD 对 CC 仅有轻微影响。
- 电压**：电压对 FER、CC 都有影响。具备经验的焊工通常将电压设置为实现熔滴平稳过渡的最小值，且不会变化太大，因此，在此条件下进行试验是适宜的。
- 极性**：制造商通常推荐一个极性，试验中使用该极性显然是适宜的。

7 试验报告

7.1 烟尘数据单

实验室应以适当的形式提供综合性的试验报告，由具备资格和经验的人员进行试验并负责对结果

进行解释。烟尘数据单应包含以下信息：

- a) 本文件编号；
- b) 焊接材料制造商或供应商的名称和地址；
- c) 烟尘数据单的签发或确认日期；
- d) 试验焊接材料的牌号和类型；
- e) 制造焊接材料所依据的标准；
- f) 实验室的名称和地址；
- g) 试验报告的签发日期；
- h) 任何与本文件规定程序的偏离、异常事件或其他值得注意的观察结果；
- i) 试验条件的所有数据；
- j) 测定的焊接烟尘排放速率(mg/s 、 g/h)，至少报出两位有效数字；
- k) 烟尘化学成分(质量分数，%)，报出焊接烟尘中含量超过表 E.2 给出的报出限值的所有主要组分(见表 E.1)，报出的最少小数位和有效数字见表 E.3。

烟尘数据单也可能包含附加信息，包括：

- a) 对于销售该焊接材料的所有国家，如果规定了关键组分限值(见 D.1.1)，计算出焊接烟尘关键组分的限值(mg/m^3)，保留一位小数；
- b) 对于销售该焊接材料的所有国家，如果规定了累计限制(见 D.1.2)，计算出焊接烟尘累计限值(mg/m^3)，保留一位小数；
- c) 对于销售该焊接材料的所有国家(或地区)，如果适用(见附录 F)，给出根据表 F.1 确定的焊接烟尘焊接材料分类；
- d) 当计算焊接烟尘关键组分限值和/或焊接烟尘累计限值时，使用限值的引用来源(见 D.1.1.2 的注和 D.1.2.2 的注 2)；
- e) 标示于焊接材料包装上标签的焊接烟尘焊接材料分类的信息。

按照用户要求，焊接材料制造商或供应商应以烟尘数据单的形式提供试验报告的有效副本，如附录 A 所示。如果需要报出附加信息，烟尘数据单能包括附加部分，如附录 B 所示。

附录 G 给出了烟尘数据单的一个示例，用以说明试验条件信息和试验结果的报出方式。

7.2 过渡安排

作为过渡安排，焊接材料供应商可以继续引用在本文件发布之前获得的化学成分数据，直到适用 7.3 所述条件要求复验为止。然而，未在规定试验条件下确定的烟尘排放速率不应在烟尘数据单中报出，因为烟尘排放速率受焊接参数的影响很大。

7.3 复验

当以下条件适用时，产品应接受复验，且应有效生成新的烟尘数据单。

- a) 产品中包含主要组分或关键组分的一种或多种原料比例的变化超过表 7 中给出的允许偏差，如附录 E 所示。
- b) 产品中包含主要组分或关键组分的一种或多种原料，如附录 E 所示，被具有不同化学成分的其他原料替代，或者产品中加入包含主要组分或关键组分的其他原料。

表 7 无需复验的原料比例允许偏差

原料的原始比例(质量分数) %	原始比例的允许偏差 %
≤ 2.5	± 50
$> 2.5 \sim 10$	± 30
$> 10 \sim 25$	± 20
$> 25 \sim 100$	± 10

比例变化的允许偏差应相对较高,以便允许生产的产品在标准规定的允许偏差范围内波动。

7.4 数据共享

对于使用多种商用牌号的焊接材料,只要产品的等效性以文件形式由质量管理体系证明,则允许使用相同的实验室试验报告编制烟尘数据单。

对于定制产品(例如,少量客户定制特殊改型的产品),只要不符合 7.3 规定的复验条件,则允许使用原型产品的实验室试验报告。

对于给定规范的实心焊丝和金属粉芯焊丝,烟尘成分和排放速率不会因制造商而有显著差异。在这种情况下,只要制造商之间相互认可并且所有相关方提供全部试验细节,则允许制造商之间共享数据。

7.5 烟尘数据单的确认

至少每五年应检查一次烟尘数据单的有效性。确认日期应记录在烟尘数据单上。

有效性检查应包括以下内容:

- a) 产品信息;
- b) 地址和联系信息;
- c) 焊接材料原料比例;
- d) 烟尘数据单附加部分的内容。

附录 A
(规范性)
烟尘数据单

烟尘数据单格式见表 A.1。

表 A.1 烟尘数据单

制造商/供应商：	地址：
编制或确认日期：	
焊接材料产品牌号：	焊接材料类型：
制造焊接材料依据的标准：	
实验室：	试验报告签发日期：
	实验室观察记录：
试验条件	
参 数	试验条件
焊接材料直径(mm)	
电 流(A)	
电 压(V)	
电 流类型(DCEP/AC/DCEN)	
保护气体类型	
保护气体流量(L/min)	
焊接速度(mm/min)	
试件材料	
电源：制造商、类型、型号和设置	
焊枪：制造商、型号和喷嘴直径(mm)	
CTWD(mm)	
送丝速度(m/min)	

表 A.1 烟尘数据单（续）

根据本文件确定的烟尘排放速率和化学成分数据		
烟尘排放速率	mg/s	
	g/h	
焊接烟尘主要组分		化学成分(质量分数) %

附录 B
(资料性)

烟尘数据单的可选附加部分

烟尘数据单的可选附加部分格式见表 B.1。

表 B.1 烟尘数据单的可选附加部分

关键组分焊接烟尘限值 mg/m ³	关键组分	焊接烟尘焊接材料分类	适用的国家/地区 (参考限值的来源)
焊接烟尘累计限值 mg/m ³	焊接烟尘焊接材料分类		适用的国家/地区 (参考限值的来源)
焊接材料标记：			
参考：			

附录 C
(资料性)
性能数据示例

表 C.1～表 C.4 中的数据仅用于有关可实现的重复性和再现性的信息,不能用于方法比对或分类目的。

表 C.1 实验室间比对确定的烟尘排放速率测量的重复性

焊接方法	平均烟尘排放速率 mg/s	平均重复性 %	重复性范围 %
焊条电弧焊	4.8	6.5	2.5～10.1
实心焊丝气体保护电弧焊	2.0	17	5～44
药芯焊丝气体保护电弧焊-金红石型	18.7	4.8	2.3～11.3
药芯焊丝气体保护电弧焊-碱性	23.5	4.2	2.7～7.3
药芯焊丝气体保护电弧焊-金属粉型	14.3	6.3	3.0～10.0
药芯焊丝自保护电弧焊	10.1	4.8	1.7～11.0

表 C.2 实验室间比对确定的烟尘排放速率测量的再现性

焊接方法	烟尘排放速率(以平均值±2 SD 标准偏差表示) mg/s	95%置信界限
焊条电弧焊	4.8±1.7	±35%
实心焊丝气体保护电弧焊	2.0±3.7	±155%
药芯焊丝气体保护电弧焊-金红石型	18.7±1.9	±10%
药芯焊丝气体保护电弧焊-碱性	23.5±9.4	±39%
药芯焊丝气体保护电弧焊-金属粉型	14.3±11.3	±78%
药芯焊丝自保护电弧焊	10.1±3.6	±34%

表 C.3 实验室间比对参与者使用的试验条件

焊接方法	型号	直径 mm	电流 A	电压 V
焊条电弧焊	GB/T 983—2012 E308L-17	3.2	119～120	26～29
实心焊丝气体保护电弧焊	GB/T 29713—2013 S316LSi	1.2	238～245	24～29
药芯焊丝气体保护电弧焊-金红石型	GB/T 10045—2018 T×××T1-×××-×	1.2	304～315	31～38
药芯焊丝气体保护电弧焊-碱性	GB/T 10045—2018 T×××T5-×××-×	1.2	218～231	24～28

表 C.3 实验室间比对参与者使用的试验条件（续）

焊接方法	型号	直径 mm	电流 A	电压 V
药芯焊丝气体保护电弧焊-金属粉型	GB/T 10045—2018 T×××T15-×M21×-×H5	1.2	298~321	29~35
药芯焊丝自保护电弧焊	GB/T 10045—2018 T×××T11-×N×-×	1.1	151~157	16~22

表 C.4 单个实验室确定的化学成分测量的重复性

焊接方法	元素	平均成分(质量分数) %	重复性 %
焊条电弧焊	Cr	4.4	8.5
	Fe	5.5	8.7
	Mn	4.9	6.4
	Ni	0.3	8.8
	Pb	0.4	4.0
	V	2.2	7.2
药芯焊丝气体保护电弧焊-金红石型	Fe	36.9	3.7
	Mn	8.8	4.9
	Cu	0.2	4.0
	Ni	0.2	6.2
	Mg	4.1	7.4
药芯焊丝气体保护电弧焊-碱性	Fe	56.9	4.6
	Mn	6.9	5.0
	Ni	0.3	4.7
	Mg	1.4	4.8
	V	0.3	10.5
药芯焊丝气体保护电弧焊-金属粉型	Fe	64.3	5.8
	Mn	5.9	9.4
	Ni	0.2	8.8
药芯焊丝自保护电弧焊	Fe	34.9	5.2
	Mn	1.6	8.0
	Ba	16.6	7.1
	Li	0.6	7.9
	Mg	10.5	10.0
	V	5.3	7.9

附录 D

(资料性)

焊接烟尘数据的用途

D.1 个人接触焊接烟尘的重量测量评估

D.1.1 重量法测量及其结果与关键组分焊接烟尘限值的比较

D.1.1.1 焊接烟尘接触评估的常用方法是测量焊工呼吸的空气中存在的具有职业卫生意义的所有化学物质的浓度,并将所得结果与相关物质的相应限值进行比较。然而,化学分析相对昂贵,如果需要测量大量分析物,分析成本会很高。除非国家要求规定使用累计限值,通过对个人接触焊接烟尘的重量测量并将结果与关键组分焊接烟尘限值进行比较,能减少进行接触测量所需的工作量。

D.1.1.2 如果接触评估的实施是通过个人接触焊接烟尘的重量测量并将结果与关键组分焊接烟尘接触限值进行比较,使用公式(D.1)计算焊接烟尘每一个主要组分的单一组分焊接烟尘限值:

$$LV_{WF(SC)} = \frac{LV_i}{i} \times 100 \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$LV_{WF(SC)}$ ——烟尘的第 i 个主要组分计算的单一组分焊接烟尘限值,即超过烟尘第 i 个主要组分限值时的焊接烟尘浓度,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

LV_i ——焊接烟尘第 i 个主要组分的限值,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

i ——烟尘数据单中报出的焊接烟尘的第 i 个主要组分的比例, %。

然后将个人接触的重量测量结果与这些单一组分焊接烟尘限值中的最低值(即关键组分焊接烟尘限值 $LV_{WF(KC)}$ 进行比较),以评估焊工是否接触任一焊接烟尘组分的浓度超过其限值。

关键组分焊接烟尘限值宜修约至 $0.1 mg/m^3$ 。

注:如果焊接烟尘主要组分的国家限值存在差异,则关键组分焊接烟尘限值会因国家/地区而异,并且如果相关国家限值被修订,它们会随时间而变化,因此,当报出关键组分焊接烟尘限值时,始终需要提供其计算中使用的限值参考来源。

D.1.2 重量测量及其结果与焊接烟尘累计限值的比较

D.1.2.1 一些国家规定对化学组分混合物的复杂物质(例如焊接烟尘)使用累计限值。在对化学物质混合物的组合健康效应缺乏专业了解的情形下,这些国家决定在将各种成分的影响至少相加的基础上进行危险度评估。

D.1.2.2 如果接触评估的实施是通过个人接触焊接烟尘的重量测量并将结果与焊接烟尘累计限值进行比较,则使用公式(D.2)计算焊接烟尘累计限值:

$$LV_{WF(A)} = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{i}{LV_i} + \frac{(100 - \sum_{i=1}^n i)}{LV_{WF}}} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$LV_{WF(A)}$ ——焊接烟尘累计限值,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

n ——焊接烟尘主要组分的数量(见 3.5);

i ——焊接烟尘数据单中报出的焊接烟尘第 i 个主要组分的比例, %;

LV_i ——焊接烟尘第 i 个主要组分的限值,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

LV_{WF} ——仅含低度、中度毒性的化学物质的焊接烟尘限值(如果已设置此类限值);或,可吸入粉尘的限值(如果未设置焊接烟尘限值);单位为毫克每立方米(mg/m^3)。

然后将个人接触的重量测量结果与计算出的使用焊接材料的焊接烟尘累计限值进行比较。

注 1: 计算焊接烟尘累计限值时,对计算焊接烟尘累计限值贡献不少于 5% 的任一焊接烟尘主要成分都予以考虑。

焊接烟尘累计限值修约至 $0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

注 2: 如果焊接烟尘主要组分的国家限值存在差异,则焊接烟尘累计限值会因国家/地区而异,并且如果相关国家/地区限值被修订,它们也会随时间变化,因此,当报出焊接烟尘累计限值时,始终需要提供其计算中使用的限值参考来源。

D.2 化学分析对焊接烟尘关键组分的限制

D.2.1 如 D.1.1.1 所述,如果需要测量大量分析物,分析成本会很高。除非国家要求规定使用累计限值,否则降低成本的另一种方法是将个人接触样品的化学分析限制在焊接烟尘关键组分。

D.2.2 如果接触评估的实施是通过对个人接触样品的焊接烟尘关键组分进行化学分析并将结果与相关物质的相应限值进行比较,使用公式(D.1)计算关键组分焊接烟尘限值。然后确定焊接烟尘关键组分的接触量,并将结果与焊接烟尘关键组分的限值进行比较,以确定控制措施是否足够确保焊工不会接触过量水平的焊接烟尘中存在的任何化学物质。

D.3 焊接材料按其烟尘排放速率和焊接烟尘计算限值分类

焊接材料可按其烟尘排放速率和所生成烟尘的毒性进行分类,使用计算得出的关键组分焊接烟尘限值(见 D.1.1)或焊接烟尘累计限值(见 D.1.2)作为烟尘毒性的指标,用于危险度评估。如附录 F 中描述的分类体系提供了关于烟尘排放速率和烟尘毒性的有价值的独立信息,因为它们的相对重要性会根据工作性质和工作场所情况而有所不同。

附录 E
(资料性)

焊接烟尘主要组分和关键组分

常见焊接烟尘的典型主要组分和典型关键组分见表 E.1,化学成分数据的报出限值见表 E.2,化学成分数据报出的小数位和有效数字见表 E.3。

表 E.1 常见焊接烟尘的典型主要组分和典型关键组分

焊接方法	焊接材料类型	典型的主要组分	其他可能的主要组分	典型的关键组分
焊条电弧焊	非合金和低合金钢	Fe, Mn, Cr, Ni, Cu	F ⁻	Mn
	高合金钢	Cr, Cr(VI), Fe, Mn, Ni	F ⁻	Cr(VI)/Ni
	铸铁	Ni, Cu, Fe, Mn	Ba, F ⁻	Ni/Cu
	堆焊	Co, Cr, Cr(VI), Fe, Ni, Mn	V	Co, Cr, Cr(VI), Ni/Mn
	加工硬化	Fe, Mn, Cr	—	Mn
	镍基	Cr, Cr(VI), Ni	Fe	Cr, Cr(VI)/Ni
	铜基	Cu, Ni	—	Cu/Ni
实心焊丝气体保护电弧焊	非合金和低合金钢	Fe, Mn, Cr, Ni, Cu	—	Mn
	高合金钢	Cr, Cr(VI), Fe, Mn, Ni	—	Cr/Ni
	铝合金	Al, Mg, Mn, Zn	—	Al, Mn/Zn
	镍基	Cr, Cr(VI), Ni	Fe	Cr/Ni
	铜基	Cu, Ni	—	Cu/Ni
药芯焊丝气体保护电弧焊	非合金和低合金钢	Fe, Mn, Cr, Ni, Cu	F ⁻	Mn
	高合金钢	Cr, Cr(VI), Fe, Mn, Ni	F ⁻	Cr(VI)/Ni
	硬面堆焊	Co, Cr, Cr(VI), Fe, Ni, Mn	V	Co, Cr, Cr(VI), Ni/Mn
药芯焊丝自保护电弧焊	非合金和低合金钢	Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Al	Ba, F ⁻	Mn
	高合金钢	Cr, Cr(VI), Fe, Mn, Ni, Al	Ba, F ⁻	Cr(VI)/Ni
	硬面堆焊	Co, Cr, Cr(VI), Fe, Ni, Mn, Al	V	Co, Cr, Cr(VI), Ni/Mn

表 E.2 化学成分数据的报出限值

主要组分限值 mg/m ³	示例限值 mg/m ³	主要组分报出限值(质量分数) %
≥1	2.5	<1
≥0.1	0.5	<0.1
≥0.01	0.05	<0.01
≥0.001	0.002	<0.001

表 E.3 化学成分数据报出的小数位和有效数字

化学成分(质量分数) %	小数位	有效数字	化学成分(质量分数)示例 %
≥ 10	0	2	11
≥ 1	1	2	2.4
≥ 0.1	2	2	0.17
≥ 0.01	2	1	0.08
≥ 0.001	3	1	0.007

附 录 F

(资料性)

焊接材料分类体系示例

F.1 焊接材料可按其烟尘排放速率和所生成烟尘的毒性进行分类,使用计算得出的关键组分焊接烟尘限值(见 D.2.1)或焊接烟尘累计限值(见 D.2.2)作为烟尘毒性的指标,用于危险度评估,如表 F.1 所示。

表 F.1 焊接材料按其烟尘排放速率和计算的焊接烟尘限值的分类

焊接烟尘限值 mg/m ³	烟尘排放速率 mg/s	≤3	>3~8	>8~15	>15~25	>25
	焊接材料分类	a	b	c	d	e
>4.5	5	5a	5b	5c	5d	5e
>3.5~4.5	4	4a	4b	4c	4d	4e
>2.5~3.5	3	3a	3b	3c	3d	3e
>1.5~2.5	2	2a	2b	2c	2d	2e
>0.5~1.5	1	1a	1b	1c	1d	1e
≤0.5	0	0a	0b	0c	0d	0e

F.2 当与测量相关的不确定度使得 66%置信上限落入表 F.1 中的类别时,焊接材料宜归入相关的两个类别(对于烟尘排放速率和化学成分数据)中较高的一个。

F.3 在 F.1 中描述的焊接材料分类体系可以有多种用途。

- a) 焊接材料分类的字母表示烟尘排放速率(“a”最低,“e”最高)。焊接材料分类的数字表示焊接烟尘的相对毒性(“0”危险最大,“5”危险最小),并直接表示宜控制个人接触的焊接烟尘的最高大致浓度(例如“1”表示焊接烟尘浓度宜控制在 1 mg/m³ 以下)。
- b) 另一种简单应用方式是按关联使用的感知风险(危险度)对焊接材料划分等级。
- c) 最后,虽然它可用作提供通风要求指南的基础但并不推荐,因为包括通风在内的控制措施取决于整个焊接情况。特别是,接触风险(危险度)不仅取决于烟尘排放,还取决于许多其他因素,如焊接地点、燃弧时间和焊工位置,因此,在评估适当的控制措施时宜考虑到所有这些因素。

附 录 G
(资料性)

不锈钢焊条电弧焊烟尘数据单示例(包括可选附加部分)

不锈钢焊条电弧焊烟尘数据单示例见表 G.1 和表 G.2。

表 G.1 烟尘数据单示例

制造商/供应商： 焊接材料制造商		地址： 中国，××省，××市，××区，××街道	
编制或确认日期：2023-06-06			
焊接材料产品牌号： A102		焊接材料类型： 焊条电弧焊用焊条	
焊接材料的制造标准： GB/T 983—2012 E308L-16			
实验室： 国家焊接材料质量检验检测中心		试验报告签发日期：2023-06-15	
		实验室观察记录： 焊接材料批号为 2023××	
试验条件			
参数		试验条件	
焊接材料直径(mm)		3.2	
电流(A)		100	
电压(V)		24	
电流类型		AC	
焊接速度(mm/min)		250	
试件材料		Q355B	
电源		交流弧焊机	
根据本文件确定的烟尘排放速率和化学成分数据			
烟尘排放速率	mg/s	5.5	
	g/h	19.8	
焊接烟尘主要组分		化学成分(质量分数) %	
Cr		4.7	
Cr(VI)		3.7	
F ⁻		9.2	
Fe		11.0	
Mn		3.8	
Ni		0.28	
注：某实验室的名称、地址等仅为方便本文件使用而提供的示例，并不构成对这些实验室的认可。			

表 G.2 烟尘数据单的可选附加部分示例

关键组分焊接烟尘限值 mg/m ³	关键组分	焊接烟尘焊接材料分类	适用的国家/地区 (参考限值的来源)
1.06	Cr	1b	CN
焊接烟尘累计限值 mg/m ³	焊接烟尘焊接材料分类		适用的国家/地区 (参考限值的来源)
0.5	1b		CN,UK
焊接材料标记:	焊接材料分类 1b—CN		
参考:GBZ 2.1—2019、EH 40/2005;2011。			

参 考 文 献

- [1] GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素
 - [2] GB/T 983—2012 不锈钢焊条
 - [3] GB/T 1591—2018 低合金高强度结构钢
 - [4] GB/T 10045—2018 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
 - [5] GB/T 29713—2013 不锈钢焊丝和焊带
 - [6] ISO/TR 13392:2014 Health and safety in welding and allied processes—Arc welding fume components
 - [7] IEC 60974-7 Arc welding equipment—Part 7:Torches
 - [8] Health and Safety Executive.EH 40/2005,Second edition 2011.Workplace Exposure Limits
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的
实验室方法 第4部分：焊接材料焊接
烟尘排放限值

GB/T 43905.4—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.net.cn

服务热线: 400-168-0010

2024年4月第一版

*

书号: 155066 • 1-75593

版权专有 侵权必究



GB/T 43905.4-2024