



中华人民共和国国家标准

GB/T 43905.5—2024

焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的 实验室方法 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

Laboratory method for sampling fume and gases in welding and allied processes—Part 5: Identification of thermal-degradation products generated when welding or cutting through products composed wholly or partly of organic materials using pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry

(ISO 15011-5:2011, Health and safety in welding and allied processes—Laboratory method for sampling fume and gases—Part 5: Identification of thermal-degradation products generated when welding or cutting through products composed wholly or partly of organic materials using pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry, 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 N

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 热降解物数据的使用..... 2

7 试验报告 2

附录 A(规范性) 试验步骤..... 3

附录B(资料性) 热解器 5

附录C (资料性) 色谱条件 7

附录 D(资料性) 系统和性能检查 8

附录E (资料性) 热降解物数据的使用..... 10

附录F (资料性) 试验报告示例 11

参考文献 13

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》的规定起草。

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5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 15011-5:2011《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5部分：基于热解-气相色谱-质谱法的焊接或切割过程中有机材料热降解物的识别》。

本文件与ISO 15011-5:2011的技术差异及其原因如下：

- 增加了规范性引用的GBZ 2.1和 GBZ/T 224(见第3章),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》；
- 用资料性引用的GB/T 43905.1替换了ISO 15011-1、GB/T 43905.2替换了ISO 15011-2(见引言),以适用我国技术要求。
- 删除了未被使用的术语“化学物质”和“职业接触限值”(见ISO15011-5:2011 的3.1、3.2)。

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、郑州机械研究所有限公司、兰州理工大学、天津大桥焊材集团有限公司、昆山京群焊材科技有限公司、浙江申嘉焊材科技有限公司、四川大西洋焊接材料股份有限公司、北京工业大学、哈尔滨工业大学、国家卫生健康委职业安全卫生研究中心、南京理工大学、北京金威焊材有限公司。

本文件主要起草人：石柏成、秦建、石环、杨天文、童天旺、郑晓东、杨飞、郝润泽、李红、林三宝、丁春光、薛鹏、李伟、杨子佳。

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。有关烟尘和气体的成分、排放速率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。

GB/T 43905.1和GB/T 43905.2主要用于未涂覆涂层的金属焊接时生成排放速率数据。然而，焊接或切割全部或部分由有机材料组成的各种涂层是焊接行业的普遍现象，这些涂层包括车间底漆、油漆、油、蜡以及诸如胶黏剂和密封剂这类的焊缝间材料。当加热时，这些涂层会生成各种各样的热降解物，其成分取决于涂层经受的温度。在焊接和切割过程中，由于所加工材料内部存在温度分布，涂层材料经受的是一个温度范围。

本文件的目的是规定在焊接、切割、预热和矫正采用上述涂层处理的金属过程中用来识别和半定量测量生成有机成分的程序，以便确认那些具有重要卫生意义的成分。生成的数据用于提供有关降解物的信息，以便在安全数据单中使用。如果需要，可以使用工作场所接触测量的现行标准对这些试验中识别的降解物进行定量化测量。

本文件能用于涂层制造商为纳入安全数据单提供信息的涂层测定，以及职业卫生师在执行风险评估和/或工作场所接触评价时识别重要热降解物的涂层测定。所测数据不能直接用于评价工作场所接触程度。

使用基于实验室的加热、热解和不同的焊接技术对各种透焊涂层进行了对比试验，根据试验结果得出宜采用热解作为本文件规定的试验程序的基础，源于以下观察和结论：

- 热解成功识别了大多数具有重要卫生意义的成分；
- 尽管热解试验是在氮气气氛中进行的，但其结果与在空气中通过炉内热分解获得的结果非常相似；
- 热解试验的成本显著低于焊接试验的成本；

- 热解试验的结果具有良好的实验室间一致程度
- 热解试验比焊接试验更容易确定标准条件;
- 为减少所需的取样程序,任何焊接试验程序都很可能需要在实验室中进行一些预试验,这就有可能使用到热解。

焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的 实验室方法 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

1 范围

本文件描述了在焊接、切割、预热和矫正有涂层处理的金属过程中生成的热降解物的识别和半定量测量的实验室方法，规定了程序、数据使用及试验报告。

本文件适用于全部或部分由有机材料组成的涂层在上述热加工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。

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 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

GBZ/T 224 职业卫生名词术语

3 术语和定义

GBZ 2.1、GBZ/T 224 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

车间底漆 shop primer

出于防护目的涂覆于未涂漆金属表面上的、在焊接前不是必须去除且不妨碍制造合格焊缝的材料。

注：车间底漆通常涂覆厚度在15 μm~30 μm之间。

3.2

薄膜有机涂层 thin organic coating

出于防护目的以非常薄的涂层涂覆于未涂漆金属表面上的、在焊接前不是必须去除且不妨碍制造合格焊缝的材料。

注：薄膜有机涂层通常涂覆厚度在1 μm~3μm之间。

3.3

可焊胶黏剂 weld-through adhesive

在焊接之前使用且不妨碍制造合格焊缝、出于粘合目的在原始的或未涂漆的金属表面涂覆的聚合物。

3.4

可焊密封胶 weld-through sealant

在焊接之前使用且不妨碍制造合格焊缝、出于非压力密封目的在未涂漆的金属表面涂覆的间隙填

充材料。

3.5

可焊油 weld-through oil

由脂肪族和芳香族类烃基组成的且不妨碍制造合格焊缝、用于提供保护并在压力操作期间作为润滑剂的材料。

注，可焊油的芳香烃含量通常小于10%(体积分数)。

3.6

可焊蜡 weld-through wax

由酯化脂肪酸组成的且不妨碍制造合格焊缝、用于提供保护并在压力操作期间作为润滑剂的材料。

4 原理

将所研究涂层的样品或从已涂覆所研究涂层的试件上制取的样品在热解器中加热，并通过气相色谱-质谱(GC-MS)法识别所生成的热降解物，在封闭的载气流中进行分析，将热降解物与其他空气污染物隔离开来。封闭条件下加热操作也有助于聚集热降解物，提高方法检出限。

5 程序

5.1 热降解物的识别

使用附录A中规定的热解程序进行实验室测定，以识别必要的热降解物。热解器信息见附录B.色谱条件见附录C, 系统和性能检查见附录D。

5.2 数据分析

评估数据以确定最具职业卫生意义的热降解物。

6 热降解物数据的使用

有关使用本文件中规定的程序生成的热降解物数据的信息见附录E。

7 试验报告

试验报告至少应包含以下信息：

- a) 本文件编号，使用的试验方法；
- b) 产品制造商或供应商的名称和地址；
- c) 产品类型和/或试验产品的商品名称；
- d) 实验室的名称和地址；
- e) 试验报告签发日期；
- f) 试验涂层的批号；
- g) 任何与本文件中规定程序的偏差、异常情况或其他值得注意的观察结果；
- h) 所测涂层每组试验条件的全部细节；
- i) 在每组试验条件下生成的热降解物的化学成分半定量数据。

试验报告的示例见附录F。

附录 A

(规范性)

试验步骤

A.1 设备

A.1.1 热解器

使用的热解器应能加热到至少800℃。

注：在热解器主要类型中已发现有两种能产生满意结果，即热丝型热解器和管式炉型热解器，其用于加热样品的方法有所不同。详细信息见附录 B。

A.1.2 GC-MS系统

GC-MS 系统应包括以下组件：

- a) 一个适用的毛细管柱，置于温控柱箱中；
- b) 分流/不分流进样器；
- c) 质量范围至少为25 u~400 u的检测器；
- d) 包含峰面积测量和谱库检索功能的软件控制包。

推荐使用长为30 m、直径约为0.25 mm、膜厚为0.25 μm~0.50 μm的非极性毛细管柱。也能使用其他适宜参数。有关系统和性能检查的信息见附录D，这些信息能用来确定是否能获得合适的分辨率。

A.2 样品制备

A.2.1 热丝型热解器

A.2.1.1 车间底漆和薄膜有机涂层

轻刮带涂层金属，以获得合适质量的试验材料(约为50 μg)。将刮屑直接放在热解器的热丝上。

A.2.1.2 可焊密封胶、可焊胶粘剂和可焊蜡

将适量的试验材料(约为50μg)直接放在热解器的热丝上。

A.2.1.3 可焊油

对于涂油金属板，用二甲烷从涂层金属中提取油。对于纯油，制备大约100 g/L 的油-二甲烷的试验溶液。将2 μL试验溶液放在热解器热丝上，让溶剂在室温下挥发。

A.2.2 管式炉型热解器

A.2.2.1 车间底漆和薄膜有机涂层

轻刮带涂层金属，以获得合适质量的试验材料(通常为0.5 mg~2 mg)。将刮屑直接放入热解器管中或使用合适的注射器将其注入。

A.2.2.2 可焊密封胶、可焊胶粘剂和可焊蜡

将适量的试验材料(通常为0.5 mg~2 mg)直接放入热解器管中或使用合适的注射器将其注入。如果试验材料在室温下太软或太黏，将其放在冰箱中硬化。

A.2.2.3 可焊油

对于涂油金属板，用二氯甲烷从涂层金属中提取油，然后使溶剂挥发。对于纯油，不需要样品预处理。将大约1 pL油放入热解器的加热管中或使用合适的注射器将其注入。

A.3 分析

使用碳数范围从2到30的组分的分离而优化的色谱条件，在600℃~800℃的温度下进行试验。适合与A.1.2 中推荐的色谱柱一起使用的一组条件见附录C。

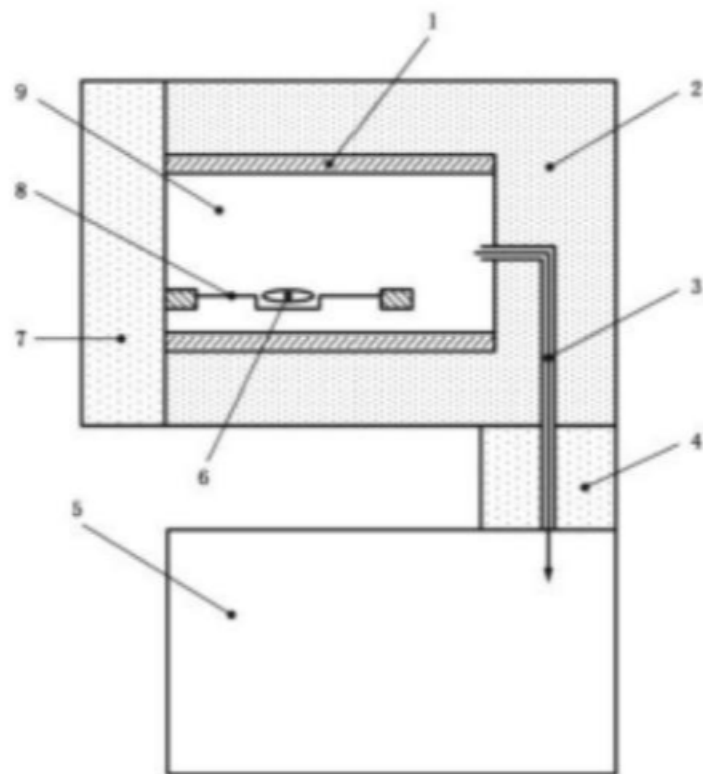
A.4 数据收集

在整个运行时间以总离子流(TIC) 模式收集质谱数据。

附 录 B
(资料性)
热解器

B.1 热丝型热解器

热丝型热解器包括金属(通常是铂)细丝, 试验样品放置在细丝上。细丝位于加热热解室内, 热解室通过加热的毛细管传输线连接到GC-MS 系统的入口。样品在氮气载气流中加热几秒(通常为2s), 任何热降解物通过加热的传输线输送到GC-MS 系统的入口以进行分离和检测。设备宜至少加热到800℃。图 B.1 显示了典型系统的示意图。



标引序号说明。

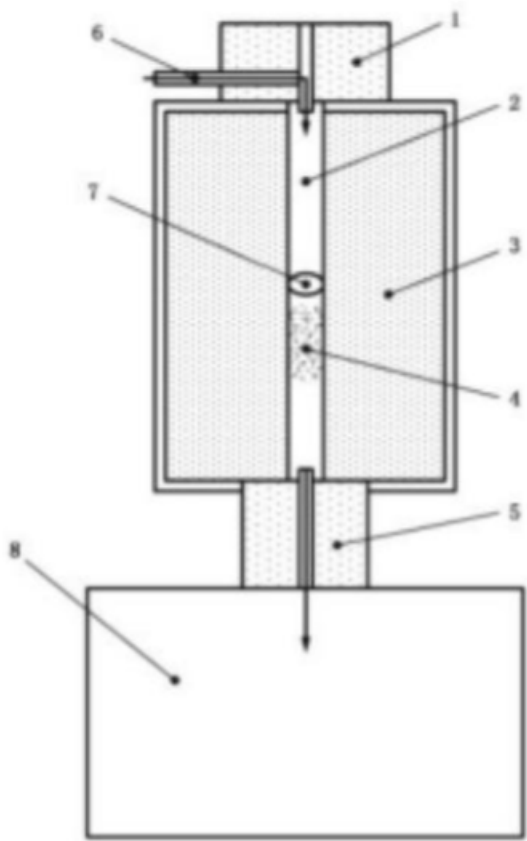
- 1——玻璃衬里;
- 2——热解室加热块;
- 3——毛细管传输线;
- 4——传输线加热块;
- 5——GC-MS系统;
- 6——样品;
- 7——热解器室门;
- 8——铂丝;
- 9——热解室。

图 B.1 热丝型热解器的示意图

B.2 管式炉型热解器

管式炉型热解器包括保持在炉中的立式加热管, 试验样品置于加热管中。加热管通过加热传输线连接到GC-MS 系统的入口。经由顶部的端口将样品注入或降低进入加热管, 并在氮气载气流中加热

几秒(通常为3s)。任何热降解物都通过加热传输线输送到GC-MS 系统的入口以进行分离和检测。设备宜至少能加热到800℃。图B.2 显示了典型系统的示意图。



- 标引序号说明:
- 1—进样口;
 - 2——石英管;
 - 3——炉体;
 - 4——石英棉;
 - 5—加热传输线;
 - 6—载气入口;
 - 7—样品;
 - 8—GC-MS 系统。

图 B.2 管式炉型热解器示意图

附 录 C
(资料性)
色谱条件

推荐氮气作为载气使用，气体流量约为1 mL/min。分流/不分流进样器宜设置为分流模式。推荐分流流速为50 mL/min。炉温控制程序能根据需要进行优化。运行时间为30 min的典型炉温控制程序是：

- a) 将初始炉温设置为50℃并保持5 min;
- b) 以5℃/min 的速率将炉温升至75℃;
- c) 以12.5℃/min的速率将炉温升至200℃;
- d) 以25℃/min的速率升高到300℃的最终炉温并保持6 min。

使用该温控程序和A.1.2中推荐的色谱柱，大多数挥发性组分会有大约1 min的保留时间。

附录 D

(资料性)

系统和性能检查

D.1 需要监控的方面

为了保证质量，宜通过使用内部系统检查或分析质量保证材料来监控以下内容：

- a) 整体系统性能(以确保足够的灵敏度和结果的一致性)；
- b) 持续回收，尤其是对双酚A或多环芳烃类的半挥发性组分；
- c) 色谱分辨率，特别是对甲醛和丁二烯类的高挥发性组分；
- d) 最佳样品加载量；
- e) 实验室间或设备间的变化。

在对试验设备设置或进行重大更改(如更改为不同的色谱柱)时，质量保证尤为重要。

D.2 质量保证材料

D.2.1 总则

许多常见物质能用作质量保证材料。见D, 2.2~D, 2.4。

D.2.2 高密度聚乙烯(HDPE)

这种材料在热解时生成一系列碳数从2到30的脂肪族类烃。因此，HDPE 用作质量保证材料，以检查热降解物在广泛的挥发性范围内的一致回收。从HDPE 热解获得的色谱图示例见图D.1。

D.2.3 聚苯乙烯溶液

该材料通常是在合适的溶剂(例如二氯甲烷)中制备1 mg/mL 溶液，用于监测系统响应和灵敏度。含有1 pg 聚苯乙烯的1 μ L 等分溶液能用作峰面积的半定量化测量(见附录F 中的试验报告示例)。从1 pg聚苯乙烯热解获得的色谱图示例见图D.2。

D.2.4 其他物质

其他能用作特定组分或组分群的质量保证材料的物质，包括环氧树脂(对于酚类组分，例如苯酚或双酚A)、聚酯树脂(对于邻苯二甲酸酐这类组分)和聚氨基甲酸酯[对于异氰酸酯组分，例如甲苯二异氰酸酯(TDI) 或亚甲基二苯基二异氰酸酯(MDD)]。

D.3 程序

质量保证材料宜采用与试验样品相同的方式制备和分析，使用附录A 中规定的适当程序。

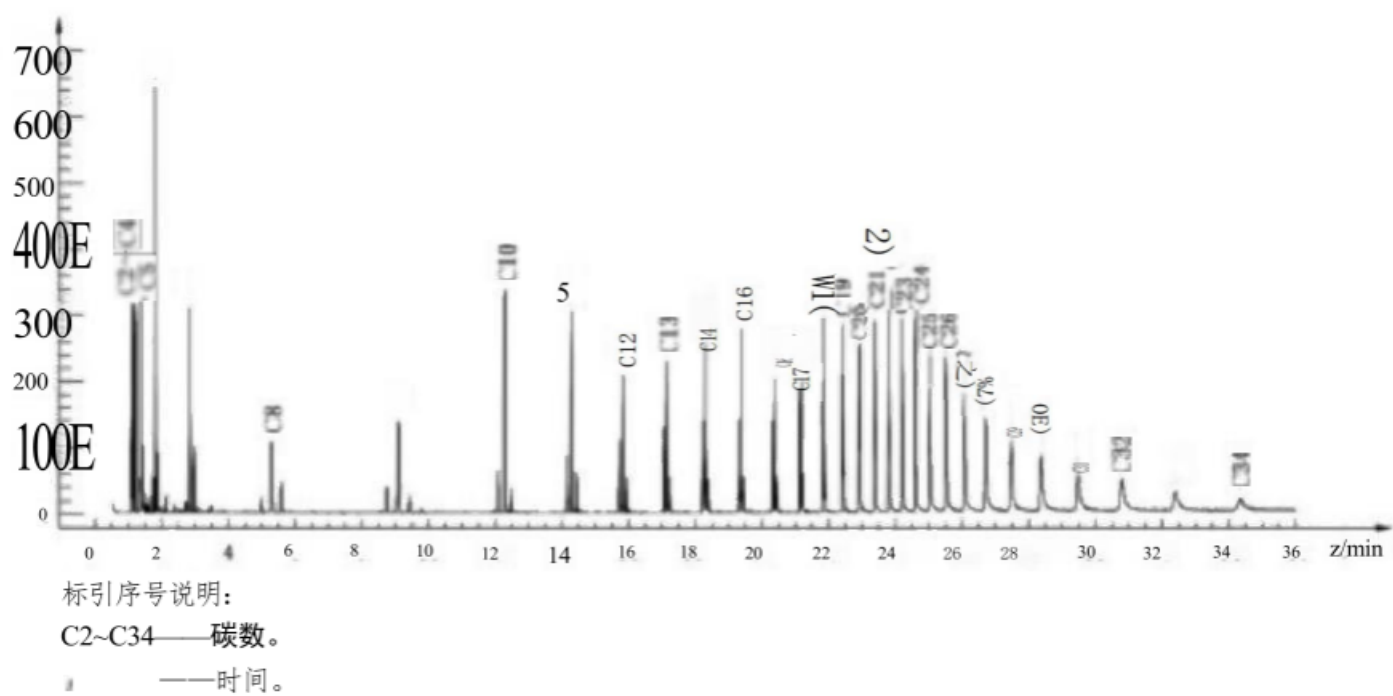


图 D. 1800℃ 下 HDPE 的热解色谱图示例

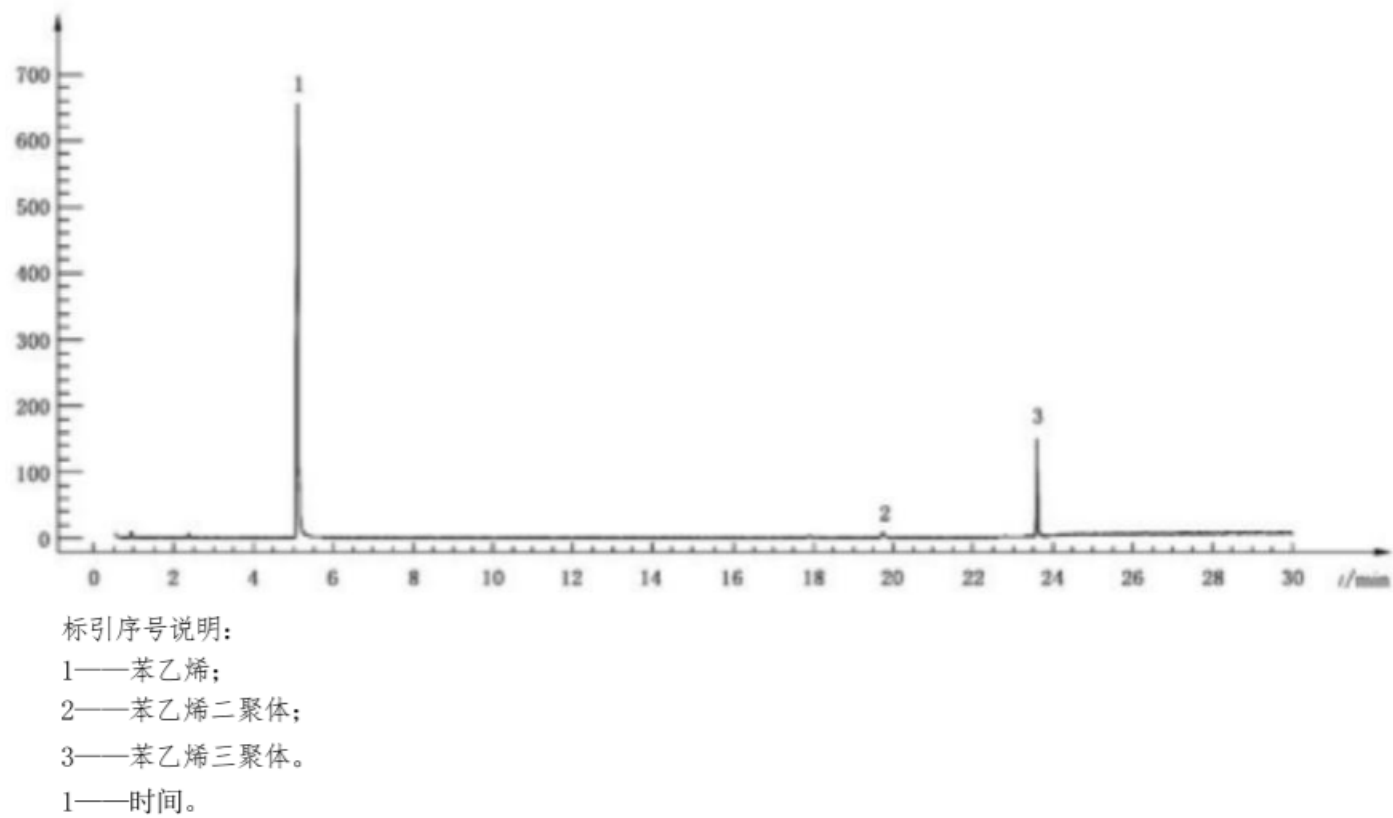


图 D. 2600℃ 下聚苯乙烯(1 pg)的热解色谱图示例

附 录 E
(资料性)
热降解物数据的使用

使用本文件中规定的程序生成的热降解物的数据能被以下人员使用。

- a) 产品制造商：提供信息以纳入安全数据单。
- b) 职业卫生师：
 - 1) 识别任何具有职业卫生意义的、需要使用定量技术进一步分析的热降解物；
 - 2) 提供信息以用作特定工作场所活动风险评估的一部分；
 - 3) 确定具有职业卫生意义的、包含在任何个人接触评估中的热降解物；
 - 4) 确定哪种热降解物(如果有)能作为标记物，对其进行测量能简化个人接触评估。
- c) 环境管理人员：识别任何具有环境意义(排放控制)的、需要使用定量技术进一步分析的热降解物。

附录 F
(资料性)
试验报告示例

本文件试验报告示例见表F.1。

表 F.1 试验报告示例

GB/T 43905, 5试验报告		报告签发日期: ××××-X×-××	
制造商或供应商: ×××		样品制备: 使用滚筒将车间底漆涂在金属板上作为涂层, 厚度为20 μm. 使涂层干燥24 h, 通过轻刮获取试验样品进行分析, 并直接置于热解器热丝上	
地址: ×××			
实验室: ×××			
地址: ×××			
商品名称: Max底漆			
通用产品类型: 醇酸保养底漆		试验方法: AB-123	
批号: ABC00123		热解温度: 600℃;800℃	
热解器型号/类型: P1/热丝型		GC-MS型号: XS1000	
色谱参数: 30 m×0.22 mm:XP-5色谱柱(0,5 nm);氮气载气(1 mL/min);炉温控制程序按照测试方法			
备注:			
试验1(600℃)			
成分	TIC数据		限值 mg/m³
	峰面积	%	
邻苯二甲酸酐	27000	26.5	4
芳香族酯	10600	10.4	5*
苯甲酸	9700	9.5	5
乙基丙烯醛	6.800	6.7	0.34
甲基丙烯醛	1400	1.4	0.23*
苯	500	0.5	2.3
其他	46.000	45.0	
合计	102000	100	
含有1 pg聚苯乙烯标样的峰面积为50.000. 相关化合物的限值。			

表 F.1 试验报告示例(续)

试验2 (800 ℃)			
成分	TIC数据		限值 mg/m
	峰面积	%	
邻苯二甲酸酐	26. 000	28. 0	4
苯甲酸	9200	9. 9	5
芳香族酯	6100	6. 6	5
乙基丙烯醛	6100	6. 6	0. 34
苯	4. 600	4. 9	2, 3
甲基丙烯醛	2400	2. 6	0. 23
其他	38600	41. 4	
合计	93000	100	
含有1 pg聚苯乙烯标样的峰面积为50. 000。 相关化合物的限值。			

参 考 文 献

- [1]GBZ/T 300.59 工作场所空气有毒物质测定第59部分：挥发性有机化合物
- [2]GB/T 23984 色漆和清漆 低VOC 乳胶漆中挥发性有机化合物(罐内VOC)含量的测定
- [3]GB/T 23985 色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定差值法
- [4]GB/T 23986.2 色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC) 和/或半挥发性有机化合物(SVOC)含量的测定第2部分：气相色谱法
- [5]GB/T 35862 表面活性剂 挥发性有机化合物残留量的测定 顶空气相色谱质谱(GC-MS)联用法
- [6]GB/T 37884 涂料中挥发性有机化合物(VOC)释放量的测定
- [7]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
- [8]GB/T 43905.2 焊接及相关工艺中烟尘和气体取样的实验室方法第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
- [9]ISO 16000-6:2021 Indoor air—Part 6: Determination of organic compounds(VVOC,vOc,svOC)in indoor and test chamber air by active sampling on sorbent tubes,thermal desorption and gas chromatography using MS or MS FID
- [10]EUROPEAN Commission.Council Directive 98/24/EC of 7 April 1998 on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at work(fourteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1)of Directive 89/391/EEC).Off.J Eur.Union 1998-05-05,L131,pp.11-23.Available(viewed 2011-03-18)at <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998;131:0011:0023:EN:PDF>
- [11]PENGELLY,I.Analysis of weld-through thin organic coatings,Pyrolysis and resistance welding tests.Buxton:Health and Safety Laboratory.2007.29 p.(HSL report HSL./2007/14.)Available(viewed 2011-03-18)at:http://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2007/hsl0714.pdf
- [12]PENGELLY,I.Analysis of weld-through thin organic coatings:Are welding tests,Buxton:Health and Safety Laboratory.2007.36 p.(HSL report HSL/2007/15.)Available(viewed 2011-03-18)at;http://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2007/hsl0715.pdf
- [13]PENGELL.Y,I.Analysis of weld-through primers:Laboratory tests using pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry.Buxton;Health and Safety Laboratory.2007.32 p.(HSL report HSL/2007/16.)Available(viewed 2011-03-18)at:http://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2007/hsl0716.pdf
- [14]PENGELLY,I.Analysis of weld-through products;Summary and recommendations for EN ISO 15011-5,Buxton:Health and Safety Laboratory,2008.25 p.(HSL Analytical Sciences Unit report AS/2007/26.)

26炎辞 导年辞器

769SL-I-99099I* 台升

一能目下由120Z
0100-891-00IF箱罪务
uo tou ods'MMM*再M

(S10001)各91港非间雷三X 屋单卓非
(670001)台7由果显雷击时习图肠申草非
身霍第印t 第印求当国中

1207—s 'S06EP L/89

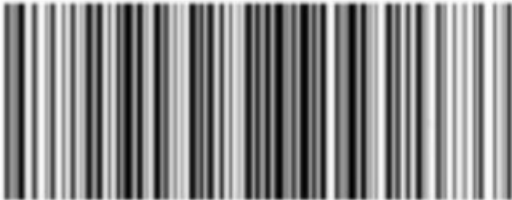
陪的明哪掷制详

储释讲草中降许革群阴系果留-器安
眸与-娜详士霁'长母S 集 半华平随¥
卵封准率与唑币醉中子工¥肆径群許

隶料席国

国时并 Y市中

tZ0Z-9 S06Ct 1/89



www.bzxz.net

免费标准下载网