

武警学院统编试用教材



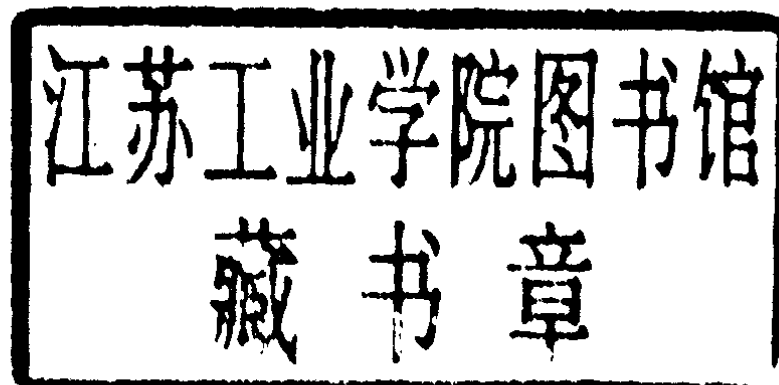
火灾物证仪器分析

中国人民武装警察部队学院

武警学院统编试用教材

火灾物证仪器分析

张美德 李建华 编写



(武警教材 内部发行)

中国人民武装警察部队学院

一九九二年七月

前 言

随着科学技术的发展,仪器分析在火灾原因调查鉴定工作中的应用日益普及。使用先进的仪器,促进了火灾原因调查工作水平的提高,推动了这项工作不断向科学化、标准化、现代化方向迈进。为了适应教学和消防工作的需要,我们依据各地的实践经验,在总结教学体会,借鉴国内外有关科研成果的基础上,编写了这本《火灾物证仪器分析》教材。

火因调查工作中用到的仪器鉴定分析方法包括的范围很广。编者在取舍内容时,主要考虑学院火调专业学习的需要,试图从可燃物和火调涉及的材料成分及其火灾危险性能的仪器鉴定角度出发,以物质的可燃性、自燃性、爆炸性等的仪器鉴定方法作为基本内容。要求学员对若干标准试验方法和热分析方法有较深入了解;同时对以成分和结构分析为主的方法(气相色谱法、原子发射光谱法、红外光谱法等)也做了介绍,以使学员对这些方法的原理、特点和应用有初步的了解。我们希望这个想法是符合实际需要和可以实现的。

本书为学院本科教材,大专教学参考书。本教材亦可供火灾原因调查人员、防火人员、消防院校以及有关院校师生参考。

限于编者的水平,书中欠妥之处在所难免,希读者批评指正。

编 者

1992年7月

说 明

遵照邓小平同志“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”的指示和国家教委关于抓好教材建设、提高教材质量的精神，根据我院各本科专业教学的需要，我们组织各系（部）教员逐步编写了具有自己特色的系列教材。《火灾物证仪器分析》是其中的一部。

这套试用教材是以马列主义、毛泽东思想为指导，以公安保卫工作的路线、方针、政策和解放军、武警部队的有关条令、条例为依据，按照教学大纲的要求，理论联系实际，总结工作经验，吸取现代科学技术和学术理论研究的新成果编写而成的。在内容上，力求正确阐述各门学科的基础理论、基础知识和基本技能，并注意到了内容的科学性、系统性和相对稳定性。

该教材由火灾原因调查教研室主任、副教授张美德（一、四、五章）和讲师李建华（二、三、六、七、八章）编写，张美德同志统稿，朱吕通教授、吴建勋教授审定。

由于时间仓促，编者水平所限，缺点错误在所难免，恳请读者批评指正，以便再版时修改。

这套试用教材在编写过程中，得到了公安部政治部教育训练部、边防局、消防局、警卫局的热情指导，得到了各省市自治区边防局、消防局、警卫处的大力支持，得到了许多兄弟院校及有关部门的无私帮助，我们在此深表谢意。

武警学院教材编审委员会

1992年7月

目 录

第一章 塑料等固体材料燃烧性试验鉴定方法	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 氧指数法.....	(2)
第三节 隧道燃烧法.....	(17)
第四节 硬质聚氨酯泡沫塑料燃烧性能测试方法.....	(26)
第二章 化学危险物品的自燃性鉴定	(34)
第一节 贮存中的自燃放热分解及其激烈程度.....	(34)
第二节 混触着火危险性.....	(42)
第三章 爆炸物的燃烧及爆炸性鉴定	(52)
第一节 着火性及燃烧激烈程度.....	(54)
第二节 爆炸物的爆炸性.....	(68)
第四章 热分析	(84)
第一节 绪论.....	(84)
第二节 热重法.....	(87)
第三节 差热分析.....	(100)
第四节 差示扫描量热法.....	(114)
第五节 热分析联用技术.....	(121)
第六节 热分析动力学.....	(132)
第七节 热分析在火灾物证鉴定中的应用.....	(143)
第五章 色谱分析	(171)
第一节 概述.....	(171)
第二节 气相色谱仪及工作原理.....	(173)
第三节 气相色谱中的一些基本术语.....	(183)
第四节 定性和定量分析.....	(190)
第五节 高压液相色谱.....	(197)
第六节 色谱法在火灾物证鉴定中的应用.....	(205)
第六章 原子光谱分析	(235)
第一节 光谱分析法概要.....	(235)
第二节 原子发射光谱法.....	(237)
第三节 原子吸收光谱法.....	(262)

第七章 分子吸收光谱分析	(278)
第一节 分子吸收光谱简介.....	(278)
第二节 紫外——可见吸收光谱法.....	(279)
第三节 红外吸收光谱法.....	(294)
第八章 现代仪器分析方法简介	(315)
第一节 核磁共振法.....	(315)
第二节 质谱法.....	(329)

第一章 塑料等固体材料燃烧 性能试验方法

第一节 概 述

近十年来,国内外对材料的火灾危险性和阻燃性越来越感兴趣,研究领域也逐渐广泛。

研究材料燃烧性能的目的是为了减少火灾损失。这就应首先弄清楚是什么因素导致并扩大了火灾损失。

近年来,很多合成的新材料大量应用于建筑业和家庭日用品生产,引起了人们对这些新材料火灾危险性的关注。因此,对材料进行定性鉴定,定量地给出不同材料的火灾危险性指标,对消防工作来说是十分必要的。这样不仅对材料(尤其是可燃材料)的防火管理和使用提供安全性数据,而且在火灾原因调查中也可以做为认定起火物的重要依据。

对某些材料的火灾危险性试验和相应的评定方法较多。例如对泡沫塑料、玻璃钢(玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂塑料制品)等材料的试验方法有氧指数法、隧道燃烧试验法、炽热棒法、水平燃烧法、垂直燃烧法、火焰贯穿试验法等。若较全面地反映材料的燃烧性要采用两种或多种试验方法,这样所获取的结果(或两项指标)比用单一试验方法获取的结果(或指标)更为科学准确。

火调工作人员应该对每种测试方法都有所了解,因为每种方法都有各自的特点和评定标准,经多种方法测试,就可以避免产生某些误解,防止因误解而导致的重大火灾事故。例如,在某些标准中,在特定的试验条件下被定为“自熄性”、“难燃级”的泡沫塑料,有人竟认为这些泡沫塑料,一旦发生火灾,在火中不会燃烧。类似情况,国外也发生过。在火调工作实践过程中只有了解和掌握了有关材料燃烧性的诸多试验和评定方法后,才能更好地针对某个火灾现场实际,选择适宜的试验鉴定方法或借用已有的科学数据,去判定起火物,正确认定起火原因。同时,在火调实践基础上,也会对现有材料燃烧性试验和评定方法找出不足之处,提出建议进一步完善它,甚至提出新的试验方法来。

材料的火灾危险性试验方法可分为两大类;第一类模拟试验,第二类是研究、鉴定性试验。

一、原型试验和缩小规模模拟试验

对材料的火灾危险性评价若通过模拟实际火灾现场试验最为理想,但要做到是很困

难的（不仅只是经济上的困难）。一般是在实验室条件下（少数也有在火灾现场）用专门的试验设备、模拟材料并根据实际火灾中暴露的各种情况，按一定的程序测定材料的各种危险性指标。

试验分原型模拟和缩小规模模拟。原型试验结果更接近于实际物品在火中的暴露性能，但更多的是采用缩小型模拟试验。

二、研究性试验和鉴定性试验

此类试验是从试验目的出发的。其中研究性试验主要包括研究新材料的合成与制取、阻燃剂的添加方式等方面内容。鉴定性试验主要是用来评价材料的火灾危险性。

鉴定性试验又依其对材料评价的不同目的分为以下六方面：

1. 易燃性试验；
2. 表面蔓延试验；
3. 放热试验；
4. 耐火试验；
5. 发烟性试验；
6. 燃烧产物毒性试验。

其中，材料的易燃性试验、表面蔓延试验和放热试验是对材料燃烧难易、阻燃优劣进行评价的常用鉴定试验。放热性试验方法主要指差热分析或差示扫描量热法。它们可给出一定环境条件下材料的开始放热温度，放热量大小，从而比较各种材料的开始放热温度高低，放出的热量多少，进而评价它们的火灾危险性。此法是我国对物质热稳定性评价的标准试验方法之一。易燃性试验属最基本的火灾危险性试验鉴定方法。什么是材料的易燃性呢？易燃性又称易着火性，它表示材料或材料的分解成分在一定的大气温度、湿度、空气流速和空气中氧浓度条件下，着火燃烧难易程度。易燃性试验就其测量范围来说，主要包括材料的着火点（燃点）、闪点、自燃点以及点火时间等内容。其所试材料也很广泛，包括工业、能源、日常生活所用的气、液、固态物质材料。其中气、液态材料易燃性指标测量方法建立较早，也有了标准试验方法，如国家标准石油产品闪点和燃点的测定方法GB267—64，可燃气体爆炸极限测定方法等；而对固体材料的试验方法是在大量涌现高分子材料后，特别是在建筑装修上大量使用并引起大火后，安全消防人员才于1966年研究出了一些试验方法，如氧指数法、垂直和水平燃烧法等。表面蔓延试验法主要是用以测定、描述和评价材料表面燃烧特性，反映火焰在材料表面蔓延速度的大小。速度愈小，说明材料的阻火性愈好。常用的试验方法是隧道燃烧法。

第二节 氧指数法

一、氧指数测量方法的特点

（一）该法仅用于测定和描述在受控制的实验条件下（实验室内）材料、产品或系统在热和火焰作用下的性能，而不能用于描述和评定在实际的火灾条件下材料、产品或系

统的着火危险性。

(二) 本法主要适用于试验各种形状的塑料材料(包括薄膜和泡沫塑料)、电绝缘材料、橡胶、纤维、纺织品等高分子材料。另外也适用于对气体燃料样品的测量等(如 ASTM D1071)。

(三) 该法多用于可燃材料的试验,因此它有一定的局限性。对流体燃料虽尚未有较成熟的标准试验法,但也适用于流体的燃烧性能测试。

(四) 本法为国内外测定塑料等高分子材料燃烧性能的标准试验方法之一。如国际(美国)标准 ASTM D2863—77; JISK(塑料) 6000; JIS LO 204; JIS LO 208(纤维)。1980年我国国家标准局批准的标准号是 GB 2406(塑料)。

我国国家标准局制定的塑料燃烧性试验方法中,只有氧指数法适用于泡沫塑料。我国一些部门或地区对泡沫塑料的氧指数作了具体规定,如上海市公安局1984年2月发出的《关于生产、销售、使用高分子建筑材料的管理规定》中明确规定,硬质聚氨酯泡沫的氧指数不得小于26。

另外我国近几年还制定了各种形式的纺织物的国标燃烧性试验方法如 GB 5454—85等。

二、什么是氧指数

所谓氧指数就是在标准(规定)的试验条件下,材料在氧、氮混合气中刚好能维持发焰燃烧时的最小氧浓度。以体积百分率来表示(%号不写出)。并用OI(Oxygen Index的缩写)符号表示氧指数。

通俗地讲,氧指数即为在规定的试验条件下,在氧氮混合气中材料刚好能维持燃烧状态所需要的最低氧浓度。

例如尼龙(聚酰胺)的OI为29,即表示尼龙在规定的试验条件下,在氧氮混合气中尼龙刚好能维持燃烧状态所需要的最低氧浓度是29%(体积比)。换句话说,氧指数为29的尼龙,仅仅表示两个含义:一是以氧指数表示的难燃程度;二是符合规定要求。但是,丝毫没有在实际火灾中不燃烧的含义。

氧指数,过去的资料上有的又称其为临界氧浓度(COC)、极限氧浓度(LOC)、临界氧指数(COI)、极限氧指数(LOI)。它们的英文表达分别为:

Critical oxygen concentration

Limiting oxygen concentration

Critical oxygen index

Limiting oxygen index

查资料时应注意到这一点。

三、氧指数测定的方法原理

用试样夹将试样垂直夹持于透明燃烧筒内,其中有向上流动的氧氮气流,点着试样的上端,观察随后的燃烧现象,并与规定的极限值比较其持续燃烧时间或燃烧过的距离。通过在不同氧浓度中一系列试样的试验,就可以得到该材料的最低氧浓度。试样在燃烧室内燃烧所产生的热及向周围的热损失两者之间建立起平衡状态。通常以燃烧长度和燃烧时间两个指标之一作为极限值,并且一般燃烧长度为50mm,燃烧时间为3min,

试验时满足一个指标即可。

氧指数是用来对固体材料的可燃性进行评价和分类的一个特性指标。氧指数大小反映了材料燃烧的难易程度，氧指数愈大，材料愈难燃；愈小愈易燃。

据此，材料分为不燃、难燃、可燃、易燃四级：

当 $OI > 50$ 时认为不燃；

当 OI 在 $27 \sim 50$ 时认为该材料在火中是自行熄灭的难燃材料；

当 OI 在 $20 \sim 27$ 时是可燃材料；

当 $OI < 20$ 时为易燃材料。

一些国家标准规定：

$OI > 26$ 以上的属不燃材料；

$OI < 26$ 以下的属可燃材料；

$OI < 20$ 以下的属易燃材料。

对于具体材料来说，其燃烧阻燃性能如何也常使用几个参数来衡量。玻璃纤维增强不饱和聚酯树脂塑料制品（俗称玻璃钢）广泛用于建筑、化工、交通、电器和机械等领域。该材料具有质量轻、强度高、加工方便和耐腐蚀等特点，深受欢迎。但是这种材料容易着火燃烧，引起火灾。1978~1981年四年里上海地区因这类材料发生火灾造成的经济损失达400多万元。1985年江西某冶炼厂曾连续2次发生此类火灾，直接损失的1千万元，损失之大实为罕见。为此沪标计下达（86）第293号文件委托公安部上海消防科研院所和上海市建科所等6个单位承担此材料的安全标准制订工作。科研人员采用了炽热棒法、氧指数法、隧道燃烧试验法等进行试验、比较和分析，结果将该材料的阻燃性能分为两级：

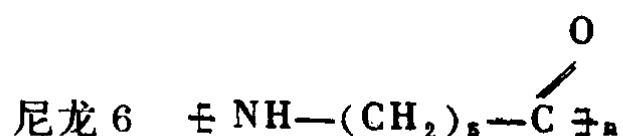
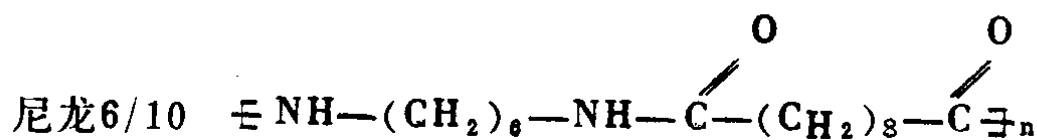
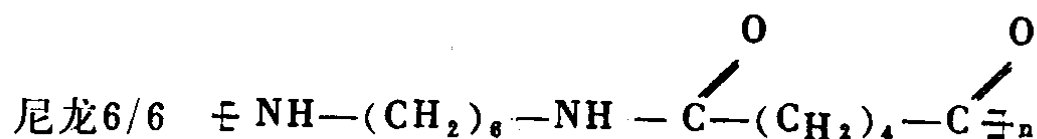
阻燃1级：平均燃烧长度 $L \leq 10\text{mm}$ （炽热棒法）

氧指数 $OI \geq 30$ （氧指数法）

阻燃2级：平均燃烧长度 $L \leq 25\text{mm}$ （炽热棒法）

氧指数 $OI \geq 26$ （氧指数法）

实验证明，材料的氧指数受环境温度影响较大。由于实际的火灾都是在空气条件（空气含氧20.9%）下进行的，按上述分类分析，凡是氧指数大于21的固体材料点燃后会在空气中自行熄灭；但由于在火灾中高温会使其氧指数降低，实际也会着火燃烧。实验数据也说明材料的氧指数受温度影响，温度升高，其氧指数就会降低，如表1—1所示。表中尼龙（Nylon）的化学结构式分别为：



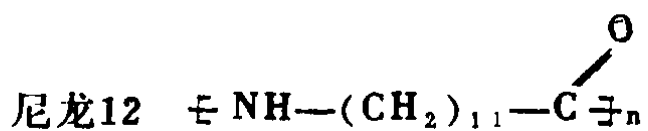
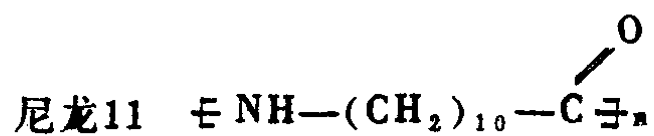


表 1—1 聚酰胺树脂的氧指数与温度的关系

材 料 温度 ℃	尼 龙 6/4	尼 龙 6/10	尼 龙 6	尼 龙 11	尼 龙 12
25	31.2	32.6	31.8	32.8	36.2
100	30.0	30.0	28.9	28.8	29.6
200	20.3	27.8	26.2	24.1	28.3
300	17.9	22.4	20.2	17.5	20.3

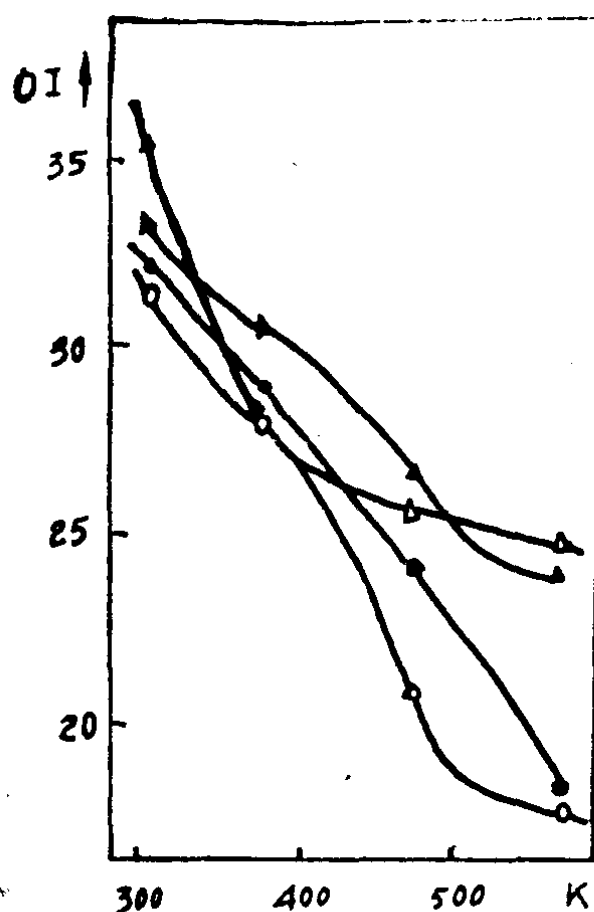


图 1—1 几种聚合物的氧指数与温度关系曲线

- Δ 酚醛树脂 $\bullet$ 尼龙11
 $\blacktriangle$ 聚双苯氧基磷酯 $\circ$ 等规聚丙烯

实践也说明，一些在室温、正常空气条件下本属不易燃的材料也都在火灾条件下燃烧起来了。

由此看来，材料的氧指数只是用来评价固体材料可燃性的一个（不是唯一的）指

标，并不完全说明材料在实际火灾中的危险程度。

附带说明：日本有的资料把氧指数称为难燃指数。根据难燃指数高低，分成五级：

难燃 1 级 难燃指数 > 30

难燃 2 级 难燃指数为 $27 \sim 30$

难燃 3 级 难燃指数为 $24 \sim 27$

难燃 4 级 难燃指数为 $21 \sim 24$

难燃 5 级 难燃指数 < 21

难燃 5 级实际上是完全可燃的。

四、氧指数的测量

(一) 试样的制备

不同国家标准中对试验的个数、尺寸、形状及试样的养护条件规定得不太一样。例如塑料材料，一般把所取的试样分成 A、B、C、D 四种。形状有棒状材，也有片材和薄膜。取样的个数为 $5 \sim 10$ 个左右。但是试样表面要求光滑，不带有毛刺或加工后的毛边。表 1—2 列出 ASTM D—2063 号规定的试样尺寸。

表 1—2 试 样 尺 寸 (单位: mm)

类 别	塑 料 形 状	宽	厚	长
A	自支撑塑料棒	6.5 ± 0.5	3.0 ± 0.5	$70 \sim 150$
B	软塑料棒	6.5 ± 0.5	2.0 ± 0.25	$70 \sim 150$
C	泡沫塑料	12.5 ± 0.5	12.5 ± 0.5	$125 \sim 150$
D	薄膜或薄片	5.2 ± 0.5	—	140 ± 5

1. 试样取量：从受试材料上切取足够数量的试样。通常每组 9—10 个试样。

2. 取样位置：纺织品应从距离布边的 $\frac{1}{10}$ 幅宽部位取样（必要时经向纬向要各取 10 个），而塑料一般无此要求。

3. 试样尺寸：不同受试材料有不同的规格要求；如

	长	宽	厚 (mm)
纺织品:	150	50	—
塑 料	$70 \sim 150$	30 ± 0.5	6.5 ± 0.5
塑料壁纸	150	55	$1 \sim 2$

4. 试样的保养：除去吸附水（湿存水）后，将试件放在干燥器中，平衡 24 小时（温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，湿度 $65 \pm 2\%$ ）。

(二) 氧指数仪的基本构造

在这里仅介绍国产 HC—2 型氧指数仪。

氧指数仪主要由燃烧系统、气路系统两部分构成（如图 1—2 所示）。

1. 燃烧系统

作用：引燃被测物质，并展示出试样的燃烧过程，便于观察。

基本构件：混合气体分散装置；燃烧室或燃烧圆筒（由内径75mm、高 ≥ 450 mm的耐热玻璃管构成，筒底部接进气管，玻璃珠，金属圈）；样品支持架；点火器（内径1~3mm）内盛丙烷或丁烷液化气。火焰长度可调在6~25mm范围内。

2. 气路系统

作用：提供测定所需的氧气和氮气。气体纯度在99%以上。同时向燃烧系统提供一个满意的流量控制系统，即一定比例的氧氮流量，且流速稳定，混合均匀。

构件：气源——氧气、氮气钢瓶；气体减压阀；稳流阀；针形阀；流量调节阀；转子流量计；压力表等。

3. 试验工具：秒表、游标卡尺等。

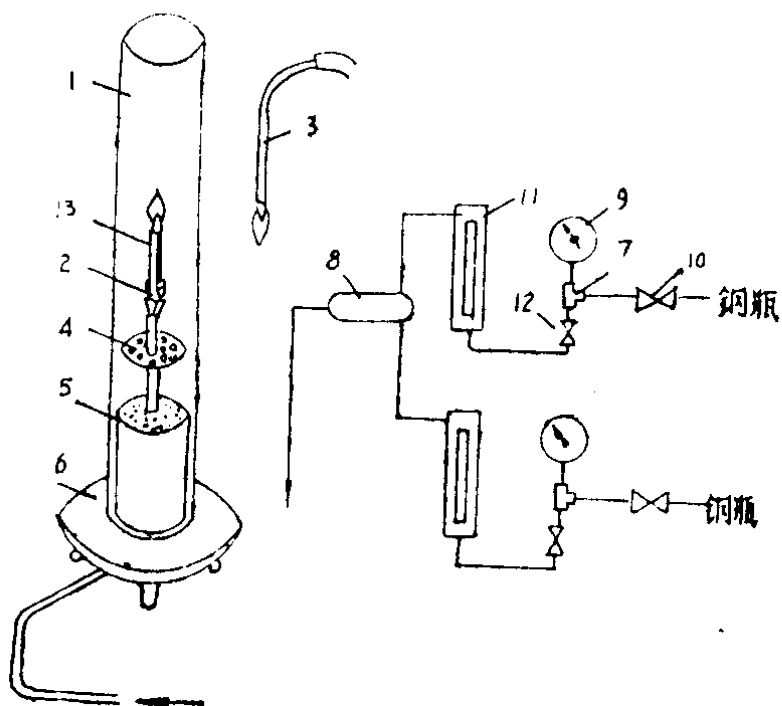


图 1—2 氧指数试验装置示意图

1. 燃烧筒； 2. 试样夹； 3. 点火器； 4. 金属网； 5. 玻璃球；
6. 底座； 7. 三通； 8. 气体混合器； 9. 压力表； 10. 稳压阀；
11. 转子流量计； 12. 调节阀； 13. 燃烧着的试样

（三）试验操作程序简述

1. 在试样的宽面上距点火端50mm处划一标线，将另一端插入燃烧筒内试样夹中。将试样垂直地装在试样夹上。试样上端至筒顶的距离不小于100mm。

2. 根据试样在空气中点燃的情况，估计开始试验时的氧浓度值。对于在空气中迅速燃烧的估计氧浓度 $< 18\%$ ；对于在空气中不着火的估计氧浓度为25%以上。

3. 开启氧、氮钢瓶阀门，调节减压阀，压力为2~3 kg/cm²。然后调节稳压阀，压力表指示压力在0.5~1.5 kg/cm²。

4. 调节流量阀门，使流入燃烧筒的氧，氮混合气体达到要求的氧浓度，并使燃烧筒

中气体的流速为 $4 \pm 1 \text{ cm/s}$ (HC—2 型氧指数仪设计时已考虑到并能控制)。

5. 使调节好的气流流通30秒, 以清洗燃烧筒。然后用点火器点燃试样顶部, 在确认试样顶部全部着火后, 移去点火源, 并开始计时 (有些标准规定在试样上标有一计时标记, 当烧到该标记时开始计时)。

一旦把试样点燃后, 就不要再调节氧气浓度。根据试样点火后燃烧情况, 可重新调节氧浓度, 并用新的试样重复点火试验。每调节一次氧的浓度, 都要在点火前用新调整后的混合气体在整个装置中流通30秒然后再点火。

不断重复上述过程, 直到得出最低氧浓度值为止。(①当试样的燃烧时间超过3分钟或火焰前锋超过标线时, 就降低氧浓度。②当试样的燃烧时间不足3分钟或火焰前锋不到标线时, 就提高氧浓度。如此反复, 直到①和②所得氧浓度之差小于0.5%时, 即可由该时①的氧浓度计算材料的氧指数。此时, 必须测得试样正好在3分钟或50 mm 熄灭时的氧浓度并重复三次, 取三次氧浓度的平均值计算)。

6. 记录下氧气和氮气流量, 试样燃烧时间, 燃烧现象 (如熔化、滴落、结炭、卷曲、以及滴落物是否燃烧等)。

7. 实际上是记录转子流量计浮子高度, 然后查表1—9得氧气、氮气流量, 可直读出该材料的氧指数来。

(四) 结果计算

按测试程序操作, 进行5~6次平行试验, 其中有2~3次试验超过规定的燃烧长度或燃烧时间, 即可取氧体积流量和氮气体积流量, 用下式计算:

$$OI(\text{某材料}) = \frac{[O_2]}{[O_2] + [N_2]} \times 100 = \frac{V_{O_2}}{V_{O_2} + V_{N_2}} \times 100$$

式中: $[V_{O_2}]$ — 在测定浓度下氧气的体积流量 (ml/s)

V_{N_2} — 在测定浓度下氮气的体积流量 (ml/s)

取三个最低氧浓度值, 然后取算术平均值, 作为氧指数。

如果试验中同时使用空气, 再加上氮气和氧气, 则氧指数计算公式为:

$$OI = \frac{V_{O_2} \times 100 + 20.9 \times V_A}{V_{O_2} + V_{N_2} + V_A}$$

式中: V_A — 空气的体积流量 (ml/s)

V_{O_2} — 氧气的体积流量 (ml/s)

V_{N_2} — 氮气的体积流量 (ml/s)

精确度: 根据ASTM D2863—77介绍, 按规定方法讨论时, 泡沫塑料样品在不同实验室间的标准偏差是0.4~1.5, 同一实验室的标准偏差是0.1~0.3。

注: 试样点火前, 燃烧筒应接近室温。可采用两个燃烧筒交替使用。使用过的试样只要长度足够, 可以把烧过的端头截掉, 或掉过头来继续使用。该操作1和2不适于泡沫塑料。

有些材料由于有结炭、熔滴等现象，用上述试验步骤中操作①和②得不出满意结果时可采用国标附录中的统计学方法进行试验和计算。

附录：

1.从已得之试验数据计算最低氧浓度和标准偏差的公式如下：

$$C = C_0 + d \left(\frac{A}{N} \pm \frac{1}{2} \right)$$

$$S = 1.620 d \left[\frac{(NB - A^2)}{N^2} + 0.029 \right]$$

式中：C——最低氧浓度；
d——氧浓度的试验级差；
S——标准偏差；
N——试验中试样连续燃烧大于和小于 8 min（或50mm）的总次数中较小的数；
C₀——N次中的最低一级的氧浓度值。

$$A = \sum_{i=0}^k i n_i; \quad B = \sum_{i=0}^k i^2 n_i$$

式中：n_i——为计算的N中，在每一级的个数；
i——为N中由低到高每一级的序号。

2.计算的实例

（1）一次试验的结果为

氧浓度值	20 次 试 验 结 果	合 计		i取值
		大于数	小于数	
28.0		1		
27.5		4		
27.0		4	4	2
26.5		2	8	1
26.0			2	0
注：	符号说明：V—连续燃烧大于 3 min（或50mm） O—连续燃烧小于 3 min（或50mm）			

由试验结果可知:

$$d = 0.5, N = 9 \text{ (小于数的总次数)}, C_o = 26.0$$

$$\text{算得: } A = (0 \times 2) + (1 \times 4) + (2 \times 3) = 10$$

$$B = (0^2 \times 2) + (1^2 \times 4) + (2^2 \times 3) = 16$$

$$C = 26 + 0.5 \left(\frac{10}{9} + \frac{1}{2} \right) = 26.8$$

$$S = 1.620 \times 5.5 \left(\frac{16 \times 9 - 10^2}{92} + 0.029 \right) = 0.5$$

由此得出该材料的氧指数为26.8, 标准偏差为0.5。

(2) 又一次试验的结果为

氧浓度值	20 次 试 验 结 果	大于数	小于数	i取值
28.0		2		3
27.5		2	3	2
27.0		4	3	1
26.5		1	4	0
26.0			1	
注:	符号说明: V—连续燃烧大于 3 min (或 50mm) O—连续燃烧小于 3 min (或 50mm)			

$$d = 0.5, N = 9 \text{ (大于数的总次数)}, C_o = 26.5$$

$$\text{算得: } A = (0 \times 1) + (1 \times 4) + (2 \times 2) + (3 \times 2) = 14$$

$$B = (0^2 \times 1) + (1^2 \times 4) + (2^2 \times 2) + (3^2 \times 2) = 30$$

$$C = 26.5 + 0.5 \left(\frac{14}{9} - \frac{1}{2} \right) = 27.0$$

$$S = 1.620 \times 0.5 \left(\frac{9 \times 30 - 14^2}{92} + 0.029 \right) = 0.8$$

由此得出该材料的氧指数OI为27.0, 标准偏差为0.8。

