



中华人民共和国国家标准

GB/T 8924—2005
代替 GB/T 8924—1988

纤维增强塑料燃烧性能试验方法 氧指数法

Test method for flammability characteristics of fiber reinforced plastics
—Oxygen index method

2005-05-18 发布

2005-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准代替 GB/T 8924—1988《玻璃纤维增强塑料燃烧性能试验方法 氧指数法》。

本标准与 GB/T 8924—1988 相比主要变化如下：

- 标准名称《玻璃纤维增强塑料燃烧性能试验方法 氧指数法》，改为《纤维增强塑料燃烧性能试验方法 氧指数法》；
- 增加了术语和定义(见第 3 章)；
- 增加了原理(见第 4 章)；
- 增加了附录 A,并引入了步长和标准偏差等概念。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国建筑材料工业协会提出。

本标准由全国纤维增强塑料标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位：中国船舶重工集团公司第七二五研究所。

本标准主要起草人：张用兵、石晓、张建设、姜晓彤。

本标准于 1988 年首次发布，本次为第一次修订。

纤维增强塑料燃烧性能试验方法

氧指数法

1 范围

本标准规定了纤维增强塑料燃烧性能试验方法之一——氧指数法的试验装置、试验步骤和结果计算。

本标准适用于玻璃纤维增强塑料和碳纤维增强塑料的氧指数法的测定。

本标准仅适用于评定本标准规定条件下材料的燃烧性能,但不能评定实际使用条件下材料的着火危险性,不适用于评定受热后呈高收缩率的材料。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1446 纤维增强塑料性能试验方法总则

GB/T 3863 工业用氧(GB/T 3863—1995,eqv GOCT 5583:1978)

GB/T 3864 工业氮(GB/T 3864—1996,eqv GOCT 9293:1974)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

氧指数 oxygen index

在规定的试验条件下,在氮气和氧气混合气体中(23 ± 2)℃时,刚好维持材料燃烧的最小氧浓度,它以体积分数表示。

4 原理

将试样垂直固定在燃烧筒中,使氧、氮混合气流由下向上流过,点燃试样顶端,同时记时和观察试样燃烧长度,与所规定的判据相比较。在不同的氧浓度中试验一组试样,测定试样刚好维持平稳燃烧时的最低氧浓度,用混合气中氧含量的体积分数表示。

5 试验装置

5.1 氧指数测定仪

氧指数测定仪示意图如图1所示。

5.1.1 燃烧筒

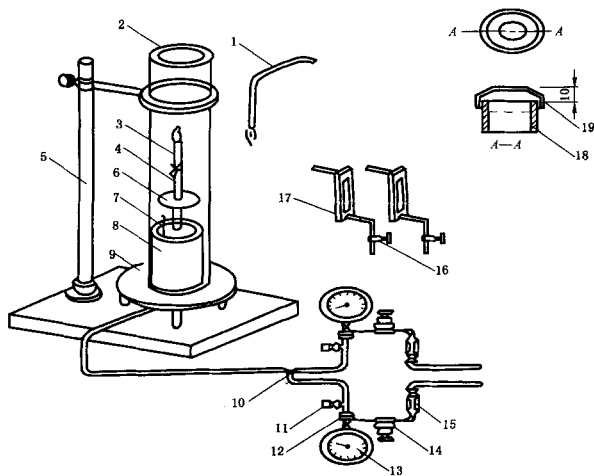
最小内径75 mm、高450 mm、顶部限流盖出口的内径为40 mm的耐热玻璃管。垂直固定在可通过氧、氮混合气流的基座上。底部用直径为(3~5) mm的玻璃珠充填,填充高度为(80~100) mm。在玻璃珠上方放置一个金属网,以防下落的燃烧碎片阻塞气体入口和配气通路。

5.1.2 试样夹

能固定在燃烧筒轴中心位置上,并能垂直夹住试样的构件。试样夹及其支撑物的轮廓应光滑,使引入气体的喘流最小化。

5.1.3 流量测量和控制系统

合适的气体流量计,控制混合气体中氧气浓度的体积含量,精度在 $\pm 0.5\%$,调节混合气体浓度的体积含量,精度在 $\pm 0.1\%$ 。



- 1—点火器;
- 2—玻璃燃烧筒;
- 3—燃烧着的试样;
- 4—试样夹;
- 5—燃烧筒支架;
- 6—金属网;
- 7—测温装置;
- 8—装有玻璃的支座;
- 9—底座架;
- 10—气体预混合结点;
- 11—截止阀;
- 12—接头;
- 13—压力表;
- 14—精密压力控制器;
- 15—过滤器;
- 16—针阀;
- 17—气体流量计;
- 18—玻璃燃烧筒;
- 19—限流盖。

图 1 氧指数测定仪示意图

5.2 气源

用 GB/T 3863 中所规定的氧和 GB/T 3864 中所规定的氮及所需的氧、氮气钢瓶和调节装置。气体使用的压力不低于 1 MPa。

5.3 点火器

由一根金属管制成,尖端为内径 (2 ± 1) mm的喷嘴,火焰长度可以随意控制,并能进入燃烧筒上方点燃试样,当喷嘴垂直向下时,火焰的长度为 (16 ± 4) mm。热源为丙烷,或丁烷、石油液化气、煤气、天然气等。

注:仲裁试验时,须以未混有空气的丙烷作为点燃气体。

5.4 排烟系统

能排除燃烧产生的烟尘和灰粒,但不影响燃烧筒中气体的流速和温度。

5.5 其他

5.5.1 秒表

精度 0.1 s。

5.5.2 游标卡尺

精度 0.01 mm。

6 试样

6.1 试样制备

按 GB/T 1446 试样制备的有关规定。

6.2 尺寸

试样长度为 $(70\sim 150)$ mm,宽度为 (6.5 ± 0.5) mm,厚度为 (3 ± 0.25) mm,其他厚度的试样也可进行试验,但试验结果只能在同样厚度下比较。

6.3 试样数量

每组试样不少于 5 根。

6.4 外观要求

试样外观应符合 GB/T 1446 的有关规定。

6.5 状态调节与试验环境

状态调节和试验环境按 GB/T 1446 有关规定执行。

7 试验步骤

7.1 试样测量

测量试样尺寸,厚度准确至 0.01 mm。

7.2 设备检查

试验前,应转动阀门,检查连接处是否漏气。

7.3 开始试验时氧浓度的确定

根据经验或试样在空气中点燃的情况,估计开始试验时氧浓度。如在空气中迅速燃烧,则开始试验时的氧浓度为 18%左右;在空气中缓慢燃烧或时断时续,则为 21%左右;在空气中离开点火源即灭,则至少为 25%以上。

7.4 安装试样

将试样夹在夹具上,垂直地安装在燃烧筒的中心位置上,保证试样顶端低于燃烧筒顶端至少 100 mm,试样暴露部分最低处应高于燃烧筒底部至少 100 mm。

7.5 调节气体控制装置

用 7.3 中确定的氧浓度,以 (40 ± 2) mm/s 的速度,洗涤燃烧筒至少 30 s。

7.6 点燃试样

使火焰的最低可见部分接触试样顶端并覆盖整个顶表面,勿使火焰碰到试样的棱边和侧表面。在确认试样顶端全部着火后,立即移去点火器,开始计时。

点燃试样时,火焰作用时间最长为 30 s,若在 30 s 内不能点燃,则应增大氧浓度,继续点燃,直至 30 s 内点燃为止。

7.7 燃烧行为观察和记录

7.7.1 反复进行下面 a 条和 b 条的操作,测得三次试样燃烧时间为 3 min 以上的最低氧浓度,即 a 条的氧浓度值,但 a 条和 b 条所得的氧浓度之差应小于 0.5%。在燃烧过程中流最不能改变,也不能打开排烟系统。

- a) 试样燃烧时间大于 3 min,则降低氧浓度;
- b) 试样燃烧时间小于 3 min,则增加氧浓度。

7.7.2 应记下材料燃烧特性,例如:熔滴、烟灰、结炭、漂游性燃烧、灼烧、余辉或其他需要记录的特性。

8 氧指数的计算

氧指数 OI 按下式计算:

$$OI = (O_2) / [(O_2) + (N_2)] \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- OI——氧指数,用体积分数表示,%;
- (O₂)——氧气的流量,单位为升每分钟(L/min);
- (N₂)——氮气的流量,单位为升每分钟(L/min)。

9 试验结果

- 9.1 每根试样的氧指数值。
- 9.2 算术平均值,取小数点后一位。

10 试验报告

试验报告应包括下列内容:

- a) 注明采用本标准;
- b) 材料的鉴别特征:名称、编号、基料牌号、成型工艺、批号、生产厂、出厂日期等;
- c) 试样尺寸和状态调节情况;
- d) 如采用热固性树脂,必要时注明试样平均树脂含量 W_r(%)及平均固化度 C_r(%);
- e) 点燃气体种类;
- f) 每个试样的氧指数值和平均值;
- g) 燃烧特性;
- h) 试验环境、日期和试验人员;
- i) 其他需要注明的事项。

注:试验步骤、氧指数的计算、试验结果也可采用附录 A 中的方法。

附录 A

(资料性附录)

按步长计算氧指数的试验方法

A.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

A.1.1

步长 interval

在规定的试验条件下测定氧指数时,使用和控制的两个氧浓度之差,以体积分数表示。

A.2 试验步骤

A.2.1 试样数量

每组试样至少 15 条。

A.2.2 试样测量

测量试样尺寸,厚度准确至 0.01 mm。

A.2.3 设备检查

试验前,应转动阀门,检查连接处是否漏气。

A.2.4 试样的标线

标线应划在距点燃端 50 mm 处。

A.2.5 开始试验时氧浓度的确定

根据经验或试样在空气中点燃的情况,估计开始试验时氧浓度。如在空气中迅速燃烧,则开始试验时的氧浓度为 18% 左右;在空气中缓慢燃烧或时断时续,则为 21% 左右;在空气中离开点火源即灭,则至少为 25%。

A.2.6 安装试样

将试样夹在夹具上,垂直地安装在燃烧筒的中心位置上,保证试样顶端低于燃烧筒顶端至少 100 mm,试样暴露部分最低处应高于燃烧筒底部至少 100 mm。

A.2.7 调节气体控制装置

用 A.2.5 中确定的氧浓度,以 (40 ± 2) mm/s 的速度,洗涤燃烧筒至少 30 s。

A.2.8 点燃试样

使火焰的最低可见部分接触试样顶端并覆盖整个顶表面,勿使火焰碰到试样的棱边和侧表面。在确认试样顶端全部着火后,立即移去点火器,开始计时和观察试样烧掉的长度。

点燃试样时,火焰作用时间最长为 30 s,若在 30 s 内不能点燃,则应增大氧浓度,继续点燃,直至 30 s 内点燃为止。

A.2.9 燃烧行为观察和记录

A.2.9.1 点燃试样后,立即开始计时,观察试样燃烧长度及燃烧行为。若燃烧中止,但在 1 s 内自发再燃,则继续观察和计时。

A.2.9.2 如果试样的燃烧时间不超过 180 s 和燃烧长度均不超过上标线,则这次试验记录为“O”反应,如果试样的燃烧时间超过 180 s 或燃烧长度超过上标线,扑灭火焰,记录这次试验为“×”反应,并记下燃烧长度和时间。

A.2.9.3 应记下材料燃烧特性,例如:熔滴、烟灰、结炭、漂游性燃烧、灼烧、余辉或其他需要记录的

特性。

A. 2.9.4 如果有无焰燃烧,应根据需要,报告无焰燃烧情况或包括无焰燃烧时的氧指数。

A. 2.10 下次试验准备

A. 2.10.1 取出试样,擦净燃烧筒和点火器表面的污物,使燃烧筒的温度回复至常温或更换一个为常温的燃烧筒,进行下一个试验。

A. 2.10.2 如果试样足够长,可以将试样倒过来或剪掉燃烧过的部分再用,但不能用于计算氧浓度。

A. 2.11 逐次选择氧浓度

A. 2.11.1 用“少量样品升-降法”这一特定的条件,以任意步长作为改变量,进行另一条试样的试验。

A. 2.11.2 根据前一条试样的燃烧行为改变氧浓度:

- a) 如果前一条试样的燃烧行为是“×”反应,则降低氧浓度;
- b) 如果前一条试样的燃烧行为是“O”反应,则增大氧浓度。

A. 2.12 初始氧浓度的确定

采用任一合适的步长,重复 A. 2.6~A. 2.11,直到以体积分数表示的两个氧浓度之差不大于 1.0% 并且一次是“O”反应,一次是“×”反应为止。将这组氧浓度中得“O”反应的记作初始氧浓度 Ψ_0 。

A. 2.13 氧浓度的改变

A. 2.13.1 用初始氧浓度 Ψ_0 重复 A. 2.6~A. 2.10 操作,记录在 Ψ_0 时所对应的“O”或“×”反应。即为 N_L 系列的第一个值。

A. 2.13.2 用混合气浓度的 0.5%(V/V)为步长,重复 A. 2.6~A. 2.10 操作,测得一组氧浓度值及对应的反应。直至得到不同于 A. 2.13.1 的反应为止,记下这些氧浓度值及其反应。A. 2.13.1 和 A. 2.13.2测得的结果即为 N_L 系列。

A. 2.13.3 仍以 0.5%(V/V)为步长,重复 A. 2.6~A. 2.11,再测试四条试样,记下各次的氧浓度及所对应的反应,最后一条试样的氧浓度用 Ψ_F 表示。A. 2.13.1~A. 2.13.3 试验结果,组成 N_T 系列。

A. 3 结果的计算

A. 3.1 氧指数的计算

A. 3.1.1 以体积分数表示的氧指数,按式(A.1)计算:

$$OI = \Psi_F + Kd \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

- OI——氧指数, %;
- Ψ_F —— N_T 系列最后一个氧浓度,取一位小数, %;
- K——查表 A.1 所得的系数;
- d——A. 2.12 使用和控制的两个氧浓度之差,即步长,取一位小数。

A. 3.1.2 报告 OI 时,取一位小数,不能修约,为了计算 A. 4 的标准偏差 σ ,OI 应计算到二位小数。

A. 3.2 K 值的确定

A. 3.2.1 按 A. 2.13.1 条试验的试样如为“O”反应,则第一个相反的反应是“×”反应,从表 A.1 第一栏中找出所对应的反应,并按 N_L 系列的前几个反应,查出所对应的行数,即为所需 K 值,其符号与表中符号相同。

A. 3.2.2 按 A. 2.13.1 试验的试样如为“×”反应,则第一个相反的反应是“O”反应,从表 A.1 第六栏中找出所对应的反应,并按 N_L 系列的前几个反应,查出所对应的行数,即为所需 K 值,其符号与表中符号相反。

表 A.1

1	2	3	4	5	6
最后五次试验 的反应	a. N_L 前几次测试的反应如下时的 K 值				
	O	OO	OOO	OOOO	
×OOOO	-0.55	-0.55	-0.55	-0.55	O××××
×OOO×	-1.25	-1.25	-1.25	-1.25	O×××O
×OO×O	0.37	0.38	0.38	0.38	O××O×
×OO××	-0.17	-0.14	0.14	0.14	O××OO
×O×OO	0.02	0.04	0.04	0.04	O×O××
×O×O×	-0.50	-0.46	-0.45	-0.45	O×O×O
×O××O	1.17	1.24	1.25	1.25	O×OO×
×O×××	0.61	0.73	0.76	0.76	O×OOO
××OOO	-0.30	-0.27	-0.26	-0.26	OO×××
××OO×	-0.83	-0.76	-0.75	-0.75	OO××O
××O×O	0.83	0.94	0.95	0.95	OO×O×
××O××	0.30	0.46	0.50	0.50	OO×OO
×××OO	0.50	0.65	0.68	0.68	OOO××
×××O×	-0.04	0.19	0.24	0.25	OOO×O
××××O	1.60	1.92	2.00	2.01	OOOO×
×××××	0.89	1.33	1.47	1.50	OOOOO
	b. N_L 前几次测试的反应如下时的 K 值				最后五次试验 的反应
	×	××	×××	××××	

A.4 步长 d 值的校验

$$(2/3)\sigma < d < (3/2)\sigma \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

σ ——标准偏差;

d ——A.2.13 中所用的步长, %。

$$\sigma = [\sum(\Psi_i - OI)^2 / n - 1]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

Ψ_i —— N_T 系列中最后六个试样所对应的氧浓度值, %;

n ——计入 $\sum(\Psi_i - OI)^2$ 的氧浓度测定次数。

若 d 满足式(A.2)的条件或者 $d=0.5$ 时, $d > 2/3\sigma$, 则 OI 有效。

若 $d < 2/3\sigma$, 则增大 d , 重复 A.2.13 操作, 直至满足(A.2)式为止。

若 $d > 3/2\sigma$, 则减小 d , 重复 A.2.13 操作, 直至满足条件为止。一般不应将 d 减少至小于 0.2, 除非

相应的产品标准有规定。

A.5 试验报告

试验报告应包括下列全部或部分內容：

- 注明采用本标准；
- 材料的鉴别特征：名称、编号、基料牌号、成型工艺、批号、生产厂、出厂日期等；
- 试样尺寸和状态调节情况；
- 如采用热固性树脂，必要时注明试样平均树脂含量 W_r (%) 及平均固化度 C_r (%)；
- 点燃气体种类；
- 氧指数 OI 和步长 d ；
- 燃烧特性；
- 无焰燃烧情况或包括无焰燃烧时的氧指数；
- 试验环境、日期和试验人员；
- 其他需要注明的事项。

A.6 试验记录及结果计算示例

A.6.1 玻璃纤维增强塑料

A.6.1.1 初始氧浓度的测定结果，记于表 A.2：

表 A.2

氧浓度/%	28.0	27.0				
燃烧时间/s	>180	25				
燃烧长度/mm	—					
反应(“O”或“×”)	×	O				

氧浓度间隔不大于 1% 的一对“O”和“×”反应中，“O”的氧浓度 $\Psi_0 = 27.0$ ，该值再次用于第二部分的首次测定。

A.6.1.2 氧指数的测定结果，记于表 A.3：

表 A.3

N _T 系列测定										
N _L 系列测定						Ψ _F				
氧浓度/%	27.0	27.5	28.0			28.0	27.5	27.0	27.5	28.0
燃烧时间/s	30	30	>180			>180	>180	45	30	>180
燃烧长度/mm										
反应(“O”或“×”)	O	O	×			×	×	O	O	×

查表 A.1 得 $K = -0.76$ 。

$$OI = \Psi_T + Kd = 28.0 + (-0.76 \times 0.5) = 27.62 = 27.6$$

A.6.1.3 步长 d 的校验

$$\text{标准偏差: } \sigma = [\sum(\Psi_i - OI)^2 / n - 1]^{1/2}$$

计算过程, 记于表 A.4。

表 A.4

最后六个试验结果	氧浓度(%)			
	Ψ_i	OI	$\Psi_i - OI$	$(\Psi_i - OI)^2$
1	27.5	27.62	-0.12	0.014 4
2	28.0	27.62	0.38	0.144 4
3	27.5	27.62	-0.12	0.014 4
4	27.0	27.62	-0.62	0.384 4
5	27.5	27.62	-0.12	0.014 4
6	28	27.62	0.38	0.144 4

$$\sum(\Psi_i - OI)^2 = 0.716$$

$$\sigma = (0.716/5)^{1/2} = 0.378$$

$$(2/3)\sigma = 0.25$$

$$d = 0.5$$

$$(3/2)\sigma = 0.567$$

$$OI = 27.6 \text{ 有效}$$

A.6.2 碳纤维增强塑料

A.6.2.1 初始氧浓度的测定结果, 记于表 A.5:

表 A.5

氧浓度/%	27.5	27.0	26			
燃烧时间/s	>180	>180	30			
燃烧长度/mm	—					
反应("O"或"×")	×	×	O			

氧浓度间隔不大于1%的一对“O”和“×”反应中,“O”的氧浓度 $\Psi_0 = 26.0$, 该值再次用于第二部分的首次测定。

A.6.2.2 氧指数的测定结果, 记于表 A.6:

表 A.6

N _T 系列测定										
N _i 系列测定					Ψ_T					
氧浓度/%	26.0	26.5	27.0	27.5		27.5	27.0	26.5	27.0	26.5
燃烧时间/s	20	80	130	>180		>180	>180	10	>180	>180
燃烧长度/mm	—									
反应("O"或"×")	O	O	O	×		×	×	O	×	×

查标准中表 A. 1 得, $K=0.5$

$$OI = \Psi_F + Kd = 26.5 + (0.5 \times 0.5) = 26.75 = 26.7$$

A. 6.2.3 步长 d 的校验

$$\text{标准偏差: } \sigma = [\sum(\Psi_i - OI)^2 / n - 1]^{1/2}$$

计算过程, 记于表 A. 7:

表 A. 7

最后六个试验结果	氧浓度/%			
	Ψ_i	OI	$\Psi_i - OI$	$(\Psi_i - OI)^2$
1	27.0	26.75	0.25	0.062 5
2	27.5	26.75	0.75	0.562 5
3	27.0	26.75	0.25	0.062 5
4	26.5	26.75	-0.25	0.062 5
5	27.0	26.75	0.25	0.062 5
6	26.5	26.75	-0.25	0.062 5

$$\sum(\Psi_i - OI)^2 = 0.875$$

$$\sigma = (0.875/5)^{1/2} = 0.418$$

$$(2/3)\sigma = 0.279$$

$$d = 0.5$$

$$(3/2)\sigma = 0.627$$

$$OI = 26.7 \text{ 有效}$$