

中华人民共和国国家标准

GB 10707—89

橡胶燃烧性能测定 氧指数法

Rubber—Determination of flammability by oxygen index

本标准参照采用国际标准 ISO 4589—1984《塑料——氧指数法测定燃烧性能》。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了在一定的条件下,小型直立试样在氧氮混合气流中维持燃烧时最低氧浓度的测定方法。

本标准适用于在实验室条件下评定橡胶材料的燃烧性能。

本标准不适用于评定实际使用条件下橡胶材料的着火危险性。

2 引用标准

GB 527 硫化橡胶物理试验方法的一般要求

GB 2941 橡胶试样停放和试验的标准温度、湿度及时间

GB 3863 工业用气态氧

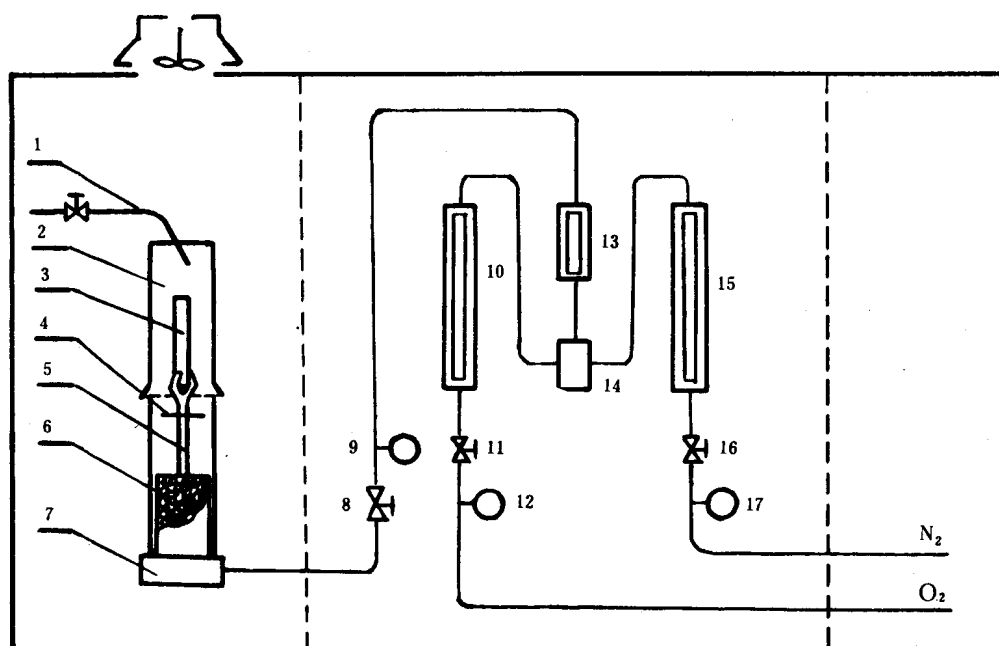
GB 3864 工业用气态氮

3 方法原理

试样垂直地支撑在一个透明的燃烧筒内,燃烧筒内有向上流动的氧和氮的混合气体,点燃试样的上端,然后观察燃烧现象,并与规定的极限值比较燃烧持续时间或燃烧长度。通过在不同的氧浓度中试验,可测得最低氧浓度。所试验的试样中要有 50% 超过规定的燃烧持续时间或燃烧长度。

4 试验装置

试验装置如下图所示。



试验装置示意图

1—点火器；2—燃烧筒；3—试样；4—金属网；5—试样支架；6—玻璃球；7—底座；8—混合气体调节阀；
9—混合气体压力表；10—氧气流量计；11—氧气调节阀；12—氧气压力表；13—混合气体流量计；
14—氧氮混合器；15—氮气流量计；16—氮气调节阀；17—氮气压力表

4.1 燃烧筒 一只直立于底座之上的耐热透明玻璃筒，其内径为 75 mm，总高度为 450 mm，以保证筒内的气流速度为 40 ± 10 mm/s。筒内底座上装有试样支架，并有引入氧氮混合气体的导管，试样支架的下部应装一片金属网。燃烧筒底部应填充直径为 3~5 mm 的玻璃球，填充高度 80~100 mm。

4.2 试样支架 在燃烧筒轴心位置竖直地夹持试样的夹子。

4.3 气源 氧气应符合 GB 3863 的技术要求；氮气应符合 GB 3864 的技术要求。

4.4 气体测量和控制系统 由压力表、调节阀、转子流量计（氧、氮转子流量计的最小刻度为 0.05 L/min）、减压器等组成。

4.5 点火器 一根能伸入燃烧筒内点燃试样的管子，其喷嘴直径为 2 ± 1 mm。燃气可根据情况选用丙烷、丁烷、液化石油气、天然气等。燃烧时从喷嘴垂直向下喷出的火焰高度为 16 ± 4 mm。

4.6 计时器 秒表。

4.7 测长量具 最小刻度为 1 mm 的不锈钢直尺。

4.8 通风系统 为排除试验中产生的烟雾和有害气体，试验应在通风柜内进行，但试验过程中不能开抽风机，以免影响燃烧筒内的气流速度。

4.9 装置的校验 每次试验前应检查管路，不得有任何泄漏。流量计至少一年校正一次。

5 试样

5.1 试样尺寸为长 80~150 mm，宽 6.5 ± 0.5 mm，厚 3 ± 0.25 mm。

5.2 试样的制备应按 GB 527 第 2 章的要求进行。

5.3 试样停放、试验温度、湿度及时间应符合 GB 2941 的规定。

5.4 为了便于测量试样的燃烧长度，在距试样点火端 50 mm 处作一标记。

5.5 至少准备 15 个试样。

6 试验程序

6.1 检查试验装置,确保完好。燃烧筒应安放垂直,在筒中央的试样支架上竖直夹好试样,试样顶端距离筒口至少 100 mm。

6.2 根据经验或试样在空气中燃烧的情况,估计开始试验时的氧浓度。试样在空气中迅速燃烧,氧浓度估计为 18%;在空气中缓慢或不稳定燃烧,估计为 21%;在空气中不着火,至少估计为 25%。氧浓度的计算公式见附录 A。

6.3 按 6.2 确定氧浓度后,从附录 C 中查出相应的氧气和氮气流量,调好氧氮混合气体,并让其在燃烧筒中流动至少 30 s,以除去燃烧筒中的空气。每一个试样试验前都应重复此过程。在点火和燃烧过程中,不应改变气流速度和氧浓度。

6.4 点燃点火器,将火焰调到规定的长度,把点火器喷嘴伸入燃烧筒内。让火焰充分接触试样顶端表面,但不能与侧面接触。施加火焰时间不超过 30 s,其间每隔 5 s 移开点火器观察一次,看试样是否被点燃。如果试样整个顶端面都燃烧起来,就认为试样已被点燃,立即开始计时,或测量燃烧长度。

6.5 燃烧特性评定:

6.5.1 若试样燃烧时间不到 180 s 或燃烧不到 50 mm 标记处火焰自熄,记作特征“0”,并记录此时的燃烧时间和燃烧长度。

6.5.2 若试样燃烧时间超过 180 s 或燃烧超过 50 mm 标记处,记作特征“×”,并将试样熄灭。

6.5.3 如有熔滴、结炭、不稳定燃烧、阴燃等现象,也作为燃烧特征加以记录。

6.6 为继续试验需要选择下一个氧浓度。应按这样的原则来选择氧浓度:若得到“0”特征,应增加氧浓度;若得到“×”特征,应降低氧浓度。

6.7 用适当的级差改变氧浓度,重复 6.4~6.6 的操作,直到有一对“0”和“×”特征的氧浓度相差小于或等于 1。这两个相反的特征不一定是连续出现的(见附录 B 示例)，“0”特征的氧浓度不一定比“×”特征的低。用这一对特征中“0”的相应氧浓度作为初始氧浓度。

6.8 用由 6.7 得到的初始氧浓度,重复 6.4~6.6 的操作,试验 1 个试样,记录所用的氧浓度和特征作为第一个结果。

6.9 取氧浓度级差 $d = 0.2\%$,重复 6.4~6.6 的操作,直到得出与第一个结果相反的特征为止。记录这些特征和相应的氧浓度。

6.10 保持 $d = 0.2\%$,重复 6.4~6.6 的操作,再试验 4 个试样,记录每个试样所用的氧浓度及其特征,并指定用于最后 1 个试样的氧浓度为最终氧浓度 C_F 。将这 4 个特征和 6.9 中得到的最后 1 个特征排列到一起,以便确定 k 值。

6.11 计算最后 6 个试样所用氧浓度(包括 C_F)的估计标准差 σ (见 7.3),如果下列关系成立:

$$\frac{2}{3}r < d < \frac{3}{2}\sigma$$

则按 7.1 计算的氧指数结果可信,否则:

若 $d < \frac{2}{3}\sigma$,增加 d 值,重复 6.9~6.11 的操作,到条件满足为止;

若 $d > \frac{3}{2}\sigma$,当 $d = 0.2\%$,认为氧指数结果可信。但当 $d > 0.2\%$,则减少 d 值,重复 6.9~6.11 的操作,到条件满足为止。

7 结果的计算

7.1 氧指数计算

$$O_1 = C_F + kd \dots\dots\dots(1)$$

式中: O_1 ——用体积百分数表示的氧指数,计算中保留两位小数,报告中只保留一位小数;

C_F ——用体积百分数表示的最终氧浓度,保留一位小数;

k ——系数,确定方法见 7.2;

d ——用体积百分数表示的氧浓度级差,保留一位小数。

7.2 k 值的确定

k 值及其正负号取决于试样的特征,可按下述方法从表中确定。

7.2.1 若按 6.8 试验得到“0”特征,那么第一个相反的特征(见 6.9)应为“×”。从表内第一列中每行的后 4 个特征排列里,找到与 6.10 得到的特征排列完全相同的那一行。再根据 6.8 和 6.9 得到的“0”特征的个数,从(a)行中找到个数与之相同的那一列。行列交叉处即为所求的 k 值。

7.2.2 若按 6.8 试验得到“×”特征,那么第一个相反的特征应为“0”,从表内第六列中每行的后 4 个特征排列里,找到与 6.10 得到的特征排列完全相同的那一行。再根据 6.8 和 6.9 得到的“×”特征的个数,从(b)行中找到个数与之相同的那一列。行列交叉处即为所求 k 值。此时的 k 值应改变符号,即查正得负,查负得正。

k 值确定表

1	2	3	4	5	6
最后 5 个特征					
	(a)0	00	000	0000	
×0000	-0.55	-0.55	-0.55	-0.55	0××××
×000×	-1.25	-1.25	-1.25	-1.25	0×××0
×00×0	0.37	0.38	0.38	0.38	0××0×
×00××	-0.17	-0.14	-0.14	-0.14	0××00
×0×00	0.02	0.04	0.04	0.04	0×0××
×0×0×	-0.50	-0.46	-0.45	-0.45	0×0×0
×0××0	1.17	1.24	1.25	1.25	0×00×
×0×××	0.61	0.73	0.76	0.76	0×000
××000	-0.30	-0.27	-0.26	-0.26	00×××
××00×	-0.83	-0.76	-0.75	-0.75	00××0
××0×0	0.83	0.94	0.95	0.95	00×0×
××0××	0.30	0.46	0.50	0.50	00×00
×××00	0.50	0.65	0.68	0.68	000××
×××0×	-0.04	0.19	0.24	0.25	000×0
××××0	1.60	1.92	2.00	2.01	0000×
×××××	0.89	1.33	1.47	1.50	00000
	(b)×	×	×××	××××	
					最后 5 个特征

7.3 氧浓度标准差

$$\sigma = \left[\frac{\sum(C_i - O_1)^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

式中： σ ——氧浓度的标准差；

C_i ——依次表示最后6个氧浓度；

O_1 ——按7.1计算所得的氧指数；

n ——对 $\sum(C_i - O_1)^2$ 有影响的试验次数。

对本方法， $n = 6$ 。

8 试验报告

- a. 本国家标准号；
- b. 样品名称或代号；
- c. 试样的尺寸；
- d. 燃气种类及火焰长度；
- e. 氧指数；
- f. 熔滴、不稳定燃烧、阴燃等现象；
- g. 试验环境；
- h. 试验日期及试验、审核人员。

附录 A
氧浓度的计算
(补充件)

A1 氧浓度按式(A1)计算:

$$C_o = \frac{100V_o}{V_o + V_N} \dots\dots\dots(A1)$$

式中: C_o —— 氧浓度, % (V/V);
 V_o —— 氧气体积流量, L/s;
 V_N —— 氮气体积流量, L/s.

附录 B
试验结果计算示例
(参考件)

B1 6.7 条的记录:

表 B1

序号	1	2	3	4	5
氧浓度, %	25.0	35.0	30.0	32.0	31.0
燃烧时间, s	10	>180	140	>180	>180
燃烧长度, mm					
特征	0	×	0	×	×

估计的氧浓度为 25%, 第三次和第五次试验得到的特征相反, 氧浓度相差为 1%。所以, 将第三次试验的氧浓度 30% 作为初始氧浓度。

B2 氧指数的计算:

表 B2

氧浓度, %	(6.8 条+6.9 条)					C_F (6.10 条)				
	30.0	29.8	29.6	29.4		29.4	29.6	29.4	29.6	29.8
燃烧时间, s	>180	>180	>180	150		150	>180	110	165	>180
燃烧长度, mm										
特征	×	×	×	—	→ 0	×	0	0	×	

按 6.8 得到的特征为“×”, 相反的特征为“0”。根据 7.2.2 从表中找到“0×00×”所在行, “×××”所在列, 交叉处为 1.25, 变号, 得 $k = -1.25$ 。

$$\begin{aligned} OI &= C_F + kd \\ &= 29.8 + (-1.25 \times 0.2) \\ &= 29.55 \end{aligned}$$

$$= 29.6$$

B3 氧浓度级差 d 的验证

取最后 6 个试样的氧浓度(包括 C_F)进行计算:

表 B3

氧浓度	C_i	O1	$C_i - O1$	$(C_i - O1)^2$
C_F	29.8	29.55	0.25	0.0625
	29.6	29.55	0.05	0.0025
	29.4	29.55	-0.15	0.0225
	29.6	29.55	0.05	0.0025
	29.4	29.55	-0.15	0.0225
	29.6	29.55	0.05	0.0025

$$\sigma = \left[\frac{\sum(C_i - O1)^2}{n - 1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{0.115}{5} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0.152$$

$$\frac{2}{3}\sigma = 0.101$$

$$\frac{3}{2}\sigma = 0.227$$

$$d = 0.2$$

$$\frac{2}{3}\sigma < d < \frac{3}{2}\sigma$$

条件满足,该材料氧指数为 29.6 可信。

附录 C

氧浓度与氧气、氮气流量的关系表

(参考件)

C1 在试验过程中,需要不断地改变氧浓度。根据公式(A1)和混合气体的总流量(对内径为 75 mm 的燃烧筒来说,为保证混合气体的流速约为 40 mm/s,则混合气体总流量约为 10.6 L/min),可算出一系列与氧浓度值 C_0 对应的 V_0 和 V_N 值,将其列表于后,供试验时查用。

表 C1

$C_o, \%$	$V_o, \text{L/min}$	$V_N, \text{L/min}$	$C_o, \%$	$V_o, \text{L/min}$	$V_N, \text{L/min}$
10.0	1.06	9.54	17.0	1.80	8.80
10.2	1.08	9.52	17.2	1.82	8.78
10.4	1.10	9.50	17.4	1.84	8.76
10.6	1.12	9.48	17.6	1.87	8.73
10.8	1.14	9.46	17.8	1.89	8.71
11.0	1.17	9.43	18.0	1.91	8.69
11.2	1.19	9.41	18.2	1.93	8.67
11.4	1.21	9.39	18.4	1.95	8.65
11.6	1.23	9.37	18.6	1.97	8.63
11.8	1.25	9.35	18.8	1.99	8.61
12.0	1.27	9.33	19.0	2.01	8.59
12.2	1.29	9.31	19.2	2.03	8.57
12.4	1.31	9.29	19.4	2.06	8.54
12.6	1.34	9.26	19.6	2.08	8.52
12.8	1.36	9.24	19.8	2.10	8.50
13.0	1.38	9.22	20.0	2.12	8.48
13.2	1.40	9.20	20.2	2.14	8.46
13.4	1.42	9.18	20.4	2.16	8.44
13.6	1.44	9.16	20.6	2.18	8.42
13.8	1.46	9.14	20.8	2.20	8.40
14.0	1.48	9.12	21.0	2.23	8.37
14.2	1.51	9.09	21.2	2.25	8.35
14.4	1.53	9.07	21.4	2.27	8.33
14.6	1.55	9.05	21.6	2.29	8.31
14.8	1.57	9.03	21.8	2.31	8.29
15.0	1.59	9.01	22.0	2.33	8.27
15.2	1.61	8.99	22.2	2.35	8.25
15.4	1.63	8.97	22.4	2.37	8.23
15.6	1.65	8.95	22.6	2.40	8.20
15.8	1.67	8.93	22.8	2.42	8.18
16.0	1.70	8.90	23.0	2.44	8.16
16.2	1.72	8.88	23.2	2.46	8.14
16.4	1.74	8.86	23.4	2.48	8.12
16.6	1.76	8.84	23.6	2.50	8.10
16.8	1.78	8.82	23.8	2.52	8.08

续表 C1

$C_o, \%$	$V_o, \text{L/min}$	$V_N, \text{L/min}$	$C_o, \%$	$V_o, \text{L/min}$	$V_N, \text{L/min}$
24.0	2.54	8.06	31.0	3.29	7.31
24.2	2.57	8.03	31.2	3.31	7.29
24.4	2.59	8.01	31.4	3.33	7.27
24.6	2.61	7.99	31.6	3.35	7.25
24.8	2.63	7.97	31.8	3.37	7.23
25.0	2.65	7.95	32.0	3.39	7.21
25.2	2.67	7.93	32.2	3.41	7.19
25.4	2.69	7.91	32.4	3.43	7.17
25.6	2.71	7.89	32.6	3.46	7.14
25.8	2.73	7.87	32.8	3.48	7.12
26.0	2.76	7.84	33.0	3.50	7.10
26.2	2.78	7.82	33.2	3.52	7.08
26.4	2.80	7.80	33.4	3.54	7.06
26.6	2.82	7.78	33.6	3.56	7.04
26.8	2.84	7.76	33.8	3.58	7.02
27.0	2.86	7.74	34.0	3.60	7.00
27.2	2.88	7.72	34.2	3.63	6.97
27.4	2.90	7.70	34.4	3.65	6.95
27.6	2.93	7.67	34.6	3.67	6.93
27.8	2.95	7.65	34.8	3.69	6.91
28.0	2.97	7.63	35.0	3.71	6.89
28.2	2.99	7.61	35.2	3.73	6.87
28.4	3.01	7.59	35.4	3.75	6.85
28.6	3.03	7.57	35.6	3.77	6.83
28.8	3.05	7.55	35.8	3.79	6.81
29.0	3.07	7.53	36.0	3.82	6.78
29.2	3.10	7.50	36.2	3.84	6.76
29.4	3.12	7.48	36.4	3.86	6.74
29.6	3.14	7.46	36.6	3.88	6.72
29.8	3.16	7.44	36.8	3.90	6.70
30.0	3.18	7.42	37.0	3.92	6.68
30.2	3.20	7.40	37.2	3.94	6.66
30.4	3.22	7.38	37.4	3.96	6.64
30.6	3.24	7.36	37.6	3.99	6.61
30.8	3.26	7.34	37.8	4.01	6.59

续表 C1

$C_o, \%$	$V_o, \text{L/min}$	$V_N, \text{L/min}$	$C_o, \%$	$V_o, \text{L/min}$	$V_N, \text{L/min}$
38.0	4.03	6.57	45.0	4.77	5.83
38.2	4.05	6.55	45.2	4.79	5.81
38.4	4.07	6.53	45.4	4.81	5.79
38.6	4.09	6.51	45.6	4.83	5.77
38.8	4.11	6.49	45.8	4.85	5.75
39.0	4.13	6.47	46.0	4.88	5.72
39.2	4.16	6.44	46.2	4.90	5.70
39.4	4.18	6.42	46.4	4.92	5.68
39.6	4.20	6.40	46.6	4.94	5.66
39.8	4.22	6.38	46.8	4.96	5.64
40.0	4.24	6.36	47.0	4.98	5.62
40.2	4.26	6.34	47.2	5.00	5.60
40.4	4.28	6.32	47.4	5.02	5.58
40.6	4.30	6.30	47.6	5.05	5.55
40.8	4.32	6.28	47.8	5.07	5.53
41.0	4.35	6.25	48.0	5.09	5.51
41.2	4.37	6.23	48.2	5.11	5.49
41.4	4.39	6.21	48.4	5.13	5.47
41.6	4.41	6.19	48.6	5.15	5.45
41.8	4.43	6.17	48.8	5.17	5.43
42.0	4.45	6.15	49.0	5.19	5.41
42.2	4.47	6.13	49.2	5.22	5.38
42.4	4.49	6.11	49.4	5.24	5.36
42.6	4.52	6.08	49.6	5.26	5.34
42.8	4.54	6.06	49.8	5.28	5.32
43.0	4.56	6.04	50.0	5.30	5.30
43.2	4.58	6.02	50.2	5.32	5.28
43.4	4.60	6.00	50.4	5.34	5.26
43.6	4.62	5.98	50.6	5.36	5.24
43.8	4.64	5.96	50.8	5.38	5.22
44.0	4.66	5.94	51.0	5.41	5.19
44.2	4.69	5.91	51.2	5.43	5.17
44.4	4.71	5.89	51.4	5.45	5.15
44.6	4.73	5.87	51.6	5.47	5.13
44.8	4.75	5.85	51.8	5.49	5.11

续表 C1

$C_o, \%$	$V_o, L/min$	$V_N, L/min$	$C_o, \%$	$V_o, L/min$	$V_N, L/min$
52.0	5.51	5.09	56.2	5.96	4.64
52.2	5.53	5.07	56.4	5.98	4.62
52.4	5.55	5.05	56.6	6.00	4.60
52.6	5.58	5.02	56.8	6.02	4.58
52.8	5.60	5.00	57.0	6.04	4.56
53.0	5.62	4.98	57.2	6.06	4.54
53.2	5.64	4.96	57.4	6.08	4.52
53.4	5.66	4.94	57.6	6.11	4.49
53.6	5.68	4.92	57.8	6.13	4.47
53.8	5.70	4.90	58.0	6.15	4.45
54.0	5.72	4.88	58.2	6.17	4.43
54.2	5.75	4.85	58.4	6.19	4.41
54.4	5.77	4.83	58.6	6.21	4.39
54.6	5.79	4.81	58.8	6.23	4.37
54.8	5.81	4.79	59.0	6.25	4.35
55.0	5.83	4.77	59.2	6.28	4.32
55.2	5.85	4.75	59.4	6.30	4.30
55.4	5.87	4.73	59.6	6.32	4.28
55.6	5.89	4.71	59.8	6.34	4.26
55.8	5.91	4.69	60.0	6.36	4.24
56.0	5.94	4.66			

附加说明:

本标准由化学工业部橡胶密封制品标准化技术归口单位西北橡胶工业制品研究所归口。

本标准由化学工业部西北橡胶工业制品研究所负责起草。

本标准主要起草人陈晋阳、董松林。