



中华人民共和国国家标准

GB/T 27862—2011/ISO 10156:2010

化学品危险性分类试验方法 气体和气体混合物燃烧潜力和氧化能力

Testing method for classification of chemical hazards—
Fire potential and oxidizing ability of gases and gas mixtures

(ISO 10156:2010, Gases and gas mixtures—Determination of fire
potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve
outlets, IDT)

2011-12-30 发布

2012-08-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法,等同采用 ISO 10156:2010《气体和气体混合物 通过测定燃烧潜力和氧化能力选择汽缸阀排气口》。

本标准做了下列编辑性修改:

——名称改为《化学品危险性分类试验方法 气体和气体混合物燃烧潜力和氧化能力》。

本标准由全国危险化学品管理标准化技术委员会(SAC/TC 251)提出并归口。

本标准起草单位:山东出入境检验检疫局、江苏出入境检验检疫局、国家危险化学品质量监督检验中心。

本标准主要起草人:汤志旭、罗忻、徐琴、牛增元、李肖锋、庞士平、朱岩。

引 言

ISO 5145《汽缸阀排气口气体和气体混和物 选择与定尺寸》和其他类似标准确立了决定汽缸出口接头的实用判据。这些参数基于气体的固定理化性质。空气中可燃性和氧化潜力则被特别考虑。

对于纯气体,在文献中有大量数据,数据的差别依赖于试验方法的不同,而对于混合气体,文献里的数据常常是不完整的甚至无法找到。这是该标准应用的难点。

本标准的首要目标是消除文献中存在的不明确处,并补充关于混合气体已经存在的数据。

除了对汽缸阀排气口的选择之外,稍后的 ISO 10156 用作其他目的,如为全球化学品统一分类和标签制度(GHS)的国际运输及危险物质规则中的警示标签确立可燃性和氧化性潜力数据。

对该标准第二版的修订始于 2006 年,将之前的版本及 ISO 10156-2 进行了合并,更新了可燃性和氧化性数据。

化学品危险性分类试验方法

气体和气体混合物燃烧潜力和氧化能力

1 范围

本标准规定了气体或气体混合物在空气中可燃和大气条件下氧化能力的试验方法。

本标准适用于气体和气体混合物的分类,包括选择汽缸阀排气口。

本标准不适用于其他环境压力和温度下的气体和气体混合物。

2 术语、定义和符号

2.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1.1

空气中可燃的气体或气体混合物 gas or gas mixture flammable in air

在大气压和 20 °C 下,在空气中可点燃的气体或气体混合物。

2.1.2

空气中可燃下限 lower flammability limit in air

与空气的均匀混合物在火焰刚刚开始传播时的气体或气体混合物的最低浓度。

注:可燃低限在大气状况下测定。

2.1.3

空气中可燃上限 upper flammability limit in air

与空气的均匀混合物在火焰刚刚开始传播时的气体或气体混合物的最大浓度。

注:可燃高限在大气状况下测定。

2.1.4

可燃范围 flammability range

在可燃低限与高限之间的浓度范围。

注:本标准中“可燃范围”也被称为“爆炸范围”。

2.1.5

比空气更具有氧化性的气体或气体混合物 gas or gas mixture more oxidizing than air

在大气压下,氧化剂含氧量高于 23.5%,可维持燃烧的气体或气体混合物。

2.2 符号

下列符号适用于本文件。

A_i :混合气体中易燃气体的摩尔分数

B_k :混合气体中惰性气体的摩尔分数

C_i :氧分数系数

F_i :混合气体中第 i 项易燃气体

I_k :混合气体中第 k 项惰性气体

n :混合气体中易燃气体的数量

p :混合气体中惰性气体的数量
 K_i :惰性气体的氮气等价系数
 A_i' :易燃气体的分数
 L_i :易燃气体的可燃低限
 T_a :易燃气体和定量氮气混合时不可燃的最高值
 x_i :氧化组分的摩尔分数
He:氦
Ar:氩
Ne:氖
Kr:氪
Xe:氙
 N_2 :氮气
 H_2 :氢气
 O_2 :氧气
 CO_2 :二氧化碳
 SO_2 :二氧化硫
 N_2O :氧化亚氮
 SF_6 :六氟化硫
 CF_4 :四氟甲烷
 C_3F_8 :八氟丙烷
 CH_4 :甲烷

注:本标准的所有气体的百分比以摩尔分数(%)表示,等同于在大气条件下体积分数(%)。

3 空气中气体和气体混合物的燃烧性

3.1 概述

下列条款描述了确定气体或气体混合物在空气中是否易燃的试验和计算方法。只有在能得到可靠的 T_a (或 L_i) 值时,才能使用 3.3 中提到的计算方法。当无法得到 T_a (或 L_i) 值的所有情况下都应使用试验方法。

3.2 试验方法

3.2.1 安全要点

应由受过训练和称职的人员按照 3.2.4 的程序进行试验。反应管和流量计应充分甄别,以在发生爆炸时保护人员。人员应戴安全眼镜。在点火程序中,反应管应在大气中敞开,并与供应气体隔离。在分析试验气体或混合物时也应采取防护措施。

3.2.2 原则

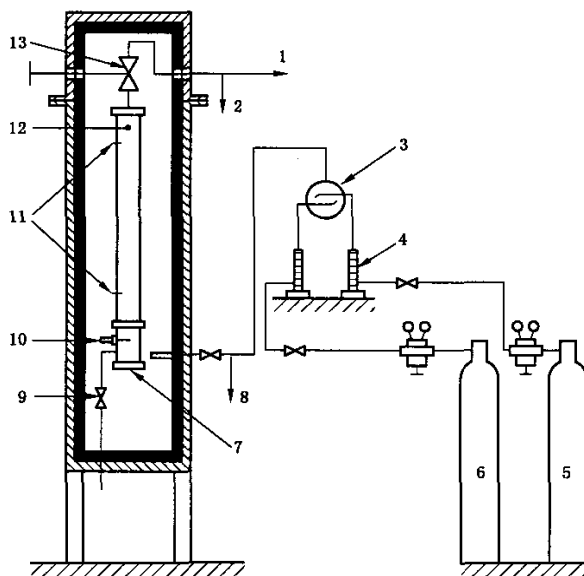
气体或气体混合物与空气混合至理想的比例。在静态下使用电火花点火试验混合物,观察火焰是否通过反应管传播。

3.2.3 设备和材料

仪器(见图 1 和图 2)包括:

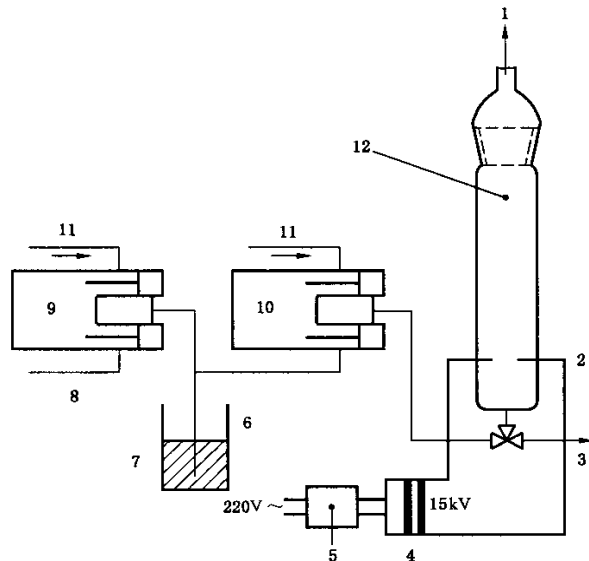
- a) 混合器；
- b) 发生反应用试管；
- c) 点火系统；
- d) 确定试验气体成分的分析系统。

注：可使用测定爆炸极限标准试验方法中所描述的等效替代仪器，如 ASTM E 681 和 EN 1839。



- 1——排放至大气的气体；
- 2——分析；
- 3——混合器；
- 4——流量计；
- 5——试验气体；
- 6——压缩空气；
- 7——安全装置(减压阀)；
- 8——分析；
- 9——阀门；
- 10——火化塞；
- 11——热电偶；
- 12——耐热玻璃管,长度 1 m,直径 50 mm；
- 13——阀门。

图 1 使用耐热玻璃管及温度测量探针的仪器



- 1 —— 经分析并排放至大气中的混合气体；
- 2 —— 点火电极；
- 3 —— 试验时气体混合物排放；
- 4 —— 高压变压器；
- 5 —— 定时开关；
- 6 —— 含有 $x\%$ 试验气体的混合物；
- 7 —— 缓冲区；
- 8 —— 试验气体；
- 9 —— 计量泵 $1x\%$ ；
- 10 —— 计量泵 $2y\%$ ；
- 11 —— 空气；
- 12 —— 含有 $(xy/100)\%$ 试验气体的混合物。

图 2 测试气体混合物的合适仪器

3.2.3.1 准备

a) 试验气体

试验气体应能代表在正常程序下产生的最易燃成分。试验气体的成分应是生产过程中可产生的气体，即试验气体应含有正常生产过程中最高浓度的易燃气体，并且水分含量应小于或等于 0.01% 。试验气体应被充分混合，仔细分析确定其准确成分。

b) 压缩空气

分析压缩空气，水分含量应低于或等于 0.01% 。

c) 试验气体/空气混合物

控制流量，将压缩空气和试验气体在混合器中混合。空气和易燃气体混合物应使用色谱仪或简单的氧分析仪进行分析。

3.2.3.2 反应管

反应管应由直立的厚玻璃(如 5 mm)圆筒制成，内径大于或等于 50 mm ，高度大于或等于 300 mm 。

在反应管底部以上 50 mm~60 mm 处放置点火电极,电极相距 5 mm。反应管应有压力释放通路。该仪器应被防护,限制爆炸造成的危害。

3.2.3.3 点火系统

火花发生器(如 15 kV)应通过电极产生能量为 10 J/次的火花。

3.2.4 程序

应注意在进行易燃性试验时避免爆炸。在一个试验物质空气中已知的“安全”浓度为 1% 时开始实验。随后,最初的气体浓度可以以 1% 的速度逐步增加,直到点火发生。

每次点火试验前,反应管应用试验混合物清洗。清洗量至少是反应管体积的 10 倍。然后在试验混合物静态下开始点火试验,观察火焰是否从点火源分离并传播。

如果观察到火焰向上传播至少 10 cm,试验物质则被归类为易燃。

如果气体的化学结构表明是非易燃的,以及通过化学计算可以得出与空气混合物的成分,只有当混合物中气体的含量是化学计算含量的 10%(绝对值)的范围时,则需要按照 1% 的速度进行试验。

注:由于含有氢气的混合物火焰几乎是无色的。为了确认存在这种火焰,应使用温度测量探针(见图 1)。

3.2.5 纯气体的结果

表 1 和表 2 给出了易燃气体的 T_d 值和 L_i 值。这些值已经通过使用 3.2.3 所描述的试验设备获得。

3.3 含 n 种易燃气体和 p 种惰性气体的混合物计算方法

这种混合物的成分用式(1)表示:

$$A_1 F_1 + \cdots + A_i F_i + \cdots + A_n F_n + B_1 I_1 + \cdots + B_k I_k + \cdots + B_p I_p \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中:

A_i 和 B_k ——分别为第 i 项易燃气体和第 k 项惰性气体摩尔分数;

F_i ——指定的第 i 项易燃气体;

I_k ——指定的第 k 项惰性气体;

n ——易燃气体数量;

p ——惰性气体数量。

混合物的成分用等价系数重新表示同等的成分,所有的惰性气体组分转化为其氮等价系数。表 3 给出了 K_k 值:

$$A_1 F_1 + \cdots + A_i F_i + \cdots + A_n F_n + (K_1 B_1 + \cdots + K_k B_k + \cdots + K_p B_p) N_2$$

所有气体成分的总和等于 1,用式(2)表示:

$$\left(\sum_{i=1}^n A_i F_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k N_2 \right) \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} \right] \quad \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中:

$$\frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} = A'_i$$

相当于易燃气体的含量。混合物在空气中不可燃的条件是:

$$\sum_{i=1}^n \frac{A'_i}{T_d} \times 100 \leq 1$$

T_d 是易燃气体或蒸气与氮混合物在空气中不可燃的最高含量。表 1 和表 2 给出了气体和蒸气的

T_a 值。

方程式(3)是上述两个公式的结合：

$$\sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{100}{T_a} - 1 \right) \leq \sum_{k=1}^p B_k K_k$$

.....(3)

表 1 易燃气体的可燃性数据

材 料	CAS 编号	UN 编号	T_a / %	L_i / %
乙炔	74-86-2	3374	3.0	2.3
氢	7664-41-7	1005	40.1	15.4
砷化三氢	7784-42-1	2188	3.9	3.9
溴化甲烷	74-83-9	1062	13.9	8.6
1,2-丁二烯	590-19-2	1010	2.0	1.4
1,3-丁二烯	106-99-0	1010	2.0	1.4
正丁烷	106-97-8	1011	3.6	1.4
1-丁烯	106-98-9	1012	3.3	1.5
顺-2-丁烯	590-18-1	1012	3.3	1.5
反-2-丁烯	624-64-6	1012	3.3	1.5
一氧化碳	630-08-0	1016	15.2	10.9
硫化羰	463-58-1	2204	6.5	6.5
一氯二氟乙烷(R142b)	75-68-3	2517	26.4	6.3
氯乙烷	75-00-3	1037	5.8	3.6
三氟氯乙烯(R1113)	79-38-9	1082	7.4	4.6
氟	460-19-5	1026	3.9	3.9
环丁烷	287-23-0	2601	2.9	1.8
环丙烷	75-19-4	1027	3.4	2.4
氟	7782-39-0	1957	6.7	6.7
乙硼烷	19287-45-7	1911	0.9	0.9
二氯甲硅烷	4109-96-0	2189	2.5	2.5
二氟乙烷(R152a)	75-37-6	1030	8.7	4.0
二氟乙烯(R1132a)	75-38-7	1959	6.6	4.7
二甲醚	115-10-6	1033	3.8	2.7
二甲胺	124-40-3	1154	2.8	2.8
新戊烷	463-82-1	2044	2.1	1.3
乙烷	74-84-0	1035	4.5	2.4
甲基乙基醚	540-67-0	1039	2.8	2.0
乙基乙炔	107-00-6	2452	1.8	1.3
乙烯	74-85-1	1962	4.1	2.4

表 1 (续)

材 料	CAS 编号	UN 编号	$T_a/\%$	$L_i/\%$
乙撑氧	75-21-8	1040	4.8	2.6
氟代乙烷	353-36-6	2453	6.1	3.8
氟代甲烷	593-53-3	2454	9.0	5.6
锆烷	7782-65-2	2192	1.0	估计 1.0
氢	1333-74-0	1049	5.5	4.0
硒化氢	7783-07-5	2202	4.0	4.0
硫化氢	7783-06-4	1053	8.9	3.9
异丁烷	75-28-5	1969	3.4	1.5
异丁烯	115-11-7	1055	4.0	1.6
甲烷	74-82-8	1971	8.7	4.4
氯甲烷	74-87-3	1063	12.3	7.6
甲硫醇	74-93-1	1064	5.7	4.1
亚硝酸甲酯	624-91-9	2455	5.3	5.3
甲硅烷	992-94-9	3161	1.3	1.3
甲基乙炔	74-99-7	3161	2.5	1.8
甲胺	74-89-5	1061	6.9	4.9
3-甲基-1-丁烯	563-45-1	2561	2.4	1.5
一乙胺	75-04-7	1036	5.7	3.5
磷化氢	7803-51-2	2199	1.7	1.6
丙二烯	463-49-0	2200	2.7	1.9
丙烷	74-98-6	1978	3.7	1.7
丙烯	115-07-1	1077	4.2	1.8
硅烷	7803-62-5	2203	1.0	估计 1.0
四氟乙烯(R1114)	116-14-3	1081	10.5	10.5
三氟乙烷(R143a)	420-46-2	2035	11.3	7.0
三氟乙烯(R1123)	359-11-5	1954	13.1	10.5
三甲胺	75-50-3	1083	3.2	2.0
三甲基硅甲烷	993-07-7	3161	1.3	1.3
乙烯基溴	593-60-2	1085	9.0	5.6
乙烯基氯	75-01-4	1086	6.1	3.8
乙烯基氟	75-02-5	1860	4.7	2.9
乙烯基甲醛	107-25-5	1087	3.6	2.2

表 2 易燃蒸气的可燃性数据

材 料	CAS 编号	UN 编号	$T_d/\%$	$L_i/\%$
乙醚	75-07-0	1088	6.5	4.0
丙酮	67-64-1	1090	4.0	2.5
苯	71-43-2	1114	2.3	1.2
二硫化碳	75-15-0	1131	1.3	0.6
环己烷	110-82-7	1145	1.8	1.0
正癸烷	124-18-5	2247	1.1	0.7
乙醚	60-29-7	1155	2.4	1.7
2-乙炔	503-17-3	1144	2.0	1.4
2,2-甲基丁烷(新己烷)	75-83-2	1208	1.9	1.2
正十二烷	112-40-3		1.0	0.6
乙醇	64-17-5	1170	5.6	3.1
乙酸乙酯	141-78-6	1173	4.6	2.0
氯乙烷	75-00-3	1037	5.8	3.6
甲酸乙酯	109-94-4	1089	3.8	2.7
正庚烷	142-82-5	1206	1.3	0.8
正己烷	110-54-3	1208	2.3	1.0
氰化氢	74-90-8	1051	5.4	5.4
异辛烷(2,2,4-三甲基戊烷)	540-84-1	1262	1.6	1.0
异戊烷(2-甲基丁烷)	78-78-4	1265	2.1	1.3
四乙基铅	78-00-2	1649	1.8	1.8
甲醇	67-56-1	1230	12.5	6.0
乙酸甲酯	79-20-9	1231	5.0	3.1
甲基乙基酮	78-93-3	1193	2.4	1.5
甲酸甲酯	107-31-3	1243	8.1	5.0
二氯甲烷	75-09-2	1592	21.0	13.0
一氯甲硅烷	13465-78-6	2986	1.0	估计 1.0
蒽基镍	13463-39-3	1259	0.9	0.9
正壬烷	111-84-2	1920	1.1	0.7
正辛烷	111-65-9	1262	1.3	0.8
正戊烷	109-66-0	1265	1.8	1.1
甲酸丙酯	110-74-7	1281	4.6	2.1
环氧丙烷	75-56-9	1280	3.7	1.9
甲苯	108-88-3	1294	2.3	1.0

注：其他易燃液体的值可以在国际电工委员会的技术报告(IEC 79-20)中找到。

表 3 惰性气体的氮等价系数 K_k

气体	N ₂	CO ₂	He	Ar	Ne	Kr	Xe	SO ₂	SF ₆	CF ₄	C ₃ F ₈
K_k	1	1.5	0.9	0.55	0.7	0.5	0.5	1.5	4	2	1.5

注 1：这些数据是天然气行业基于实验数据和经验的保守评估。

注 2：对于其他分子式中含有三个或更多的原子的非易燃和非氧化性气体，等价系数 $K_k=1.5$ 。某些种类的非易燃部分卤化碳氢化合物，例如制冷剂 R134a，可以与易燃气体中的空气和氧气发生部分反应。如果易燃成分的浓度超过 0.25%，对于所有含有非易燃部分卤化碳氢化合物和易燃气体的混合物不允许采用该计算方法。

示例 1：

认为混合物含有 7% 的 H₂ 和 93% 的 CO₂。

使用表 3 中相应的 K_k 值，这种混合物的分数为：

$7(H_2) + 1.5 \times 93(N_2)$

即：

$7(H_2) + 139.5(N_2)$

或者，调整摩尔分数总和为 1，

4.78% H₂ + 95.22% N₂。

从表 1 可以看出，H₂ 的 T_a 值是 5.5。

因为 $4.78/5.5 (=0.869)$ 的比值小于 1，该混合物在空气中不易燃。

示例 2：

认为混合物含有 2% 的 H₂、8% 的 CH₄、25% 的 Ar 和 65% 的 He。

这种混合物可以符合：

$A_1 F_1 + A_2 F_2 + B_1 I_1 + B_2 I_2$

式中， $F_1 = H_2, F_2 = CH_4, I_1 = Ar, I_2 = He$

通过下列公式计算确定 A_1, A_2, B_1, B_2 的值：

$2\% H_2 + 8\% CH_4 + 25\% Ar + 65\% He$

$= 1 \times 2\% + 1 \times 8\% + 0.55 \times 25\% + 0.9 \times 65\%$

$= 2\% + 8\% + 13.75\% + 58.5\%$

$= 82.25\%$

$2\% H_2 + 8\% CH_4 + 25\% Ar + 65\% He$ 变为：

$\frac{2}{82.25} H_2 + \frac{8}{82.25} CH_4 + \frac{13.75}{82.25} Ar + \frac{58.5}{82.25} He$

这两个惰性气体可以组合成氮分数。上述方程变成：

$\frac{2}{82.25} H_2 + \frac{8}{82.25} CH_4 + \frac{72.25}{82.25} N_2$

或

$0.024\ 3 H_2 + 0.097\ 3 CH_4 + 0.878\ 4 N_2$

每段乘以 100 获得摩尔分数，上述方程变成：

2.43% H₂ + 9.73% CH₄ + 87.84% N₂

H₂ 的 T_a 值是 5.5 (见表 1)

CH₄ 的 T_a 值是 8.7 (见表 1)

计算两个易燃成分 A_i/T_a 的比值：

$\Sigma \frac{A'_i}{T_a}$

$= \frac{A'_1}{T_{a1}} + \frac{A'_2}{T_{a2}}$

$$\begin{aligned}&= \frac{2.43}{5.5} + \frac{9.73}{8.7} \\&= 0.44 + 1.12 \\&= 1.56\end{aligned}$$

因为 $\sum \frac{A_i'}{T_a}$ 值大于 1.00, 该混合物在空气中是易燃的。

使用结合式(3):

$$\sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{100}{T_a} - 1 \right) \leq \sum_{i=1}^n B_i K_i$$

示例 2 的结果为:

$$\begin{aligned}&2 \left(\frac{100}{5.5} - 1 \right) + 8 \left(\frac{100}{8.7} - 1 \right) \leq (25 \times 0.55) + (65 \times 0.9) \\&118.3 > 72.25\end{aligned}$$

由于非易燃情况按照上述公式无法完成, 该混合物在空气中是易燃的。

3.4 根据全球化学品统一分类和标签制度(GHS)分类(参见附录 A)

本标准不包括按照 GHS 易燃气体混合物分为 1 类或 2 类物质的分类方法。因此, 所有含有易燃气体或易燃液体成分的混合物, 并满足本标准试验方法或计算方法的应分为第 1 类。

4 气体和气体混合物的氧化能力

4.1 概述

下列条款叙述了确定气体或气体混合物是否支持燃烧的试验方法和计算方法, 将在氮中氧化剂含氧超过 23.5% 作为参照。当表 4 中给出 C_i 值时, 应使用 4.3 中提到的计算方法。当这些数据无法获得时, 均应使用试验方法。

注: 这种气体在标准中被称为“高度氧化剂”, 但在 GHS 中被称为“氧化剂”。

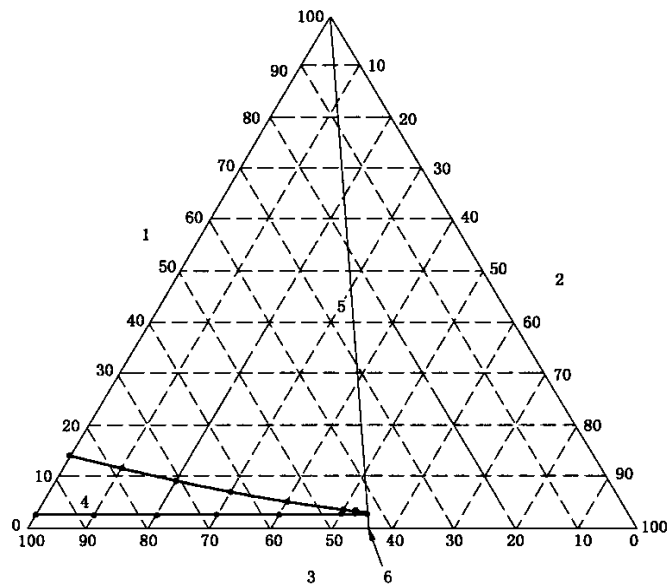
4.2 试验方法

4.2.1 原理

该气体或气体混合物(X)与氮(N)按固定的比例组成混合物(XN)进行评价。这种固定的比例在氮和空气(A)的混合物(NA)中应是相同的, 而且不支持参考物质“乙烷”(C)的燃烧(见图 3)。

通过使用 4.2.2 中的仪器, 将混合物(XN)与参考物质(C)混合, 逐渐增加参考物质(C)的量, 形成试验混合物(XNC)。通过应用程序和标准来判定易燃性, 如果这些试验混合物是易燃的则可观察到。

如果(XN)和(C)的混合物是易燃的, 则认为气体(X)比空气更具氧化性。如果在参考物质(C)含量最大值(C_{max})内也没有观察到易燃性, 则认为气体(X)的氧化性小于或等于空气。



- 1——乙烷摩尔分数,以%表示;
- 2——氮气摩尔分数,以%表示;
- 3——空气摩尔分数,以%表示;
- 4——可燃范围;
- 5——氧化剂/氮气的定比线;
- 6——氧化剂限制分数(LOF)=43.4%空气。

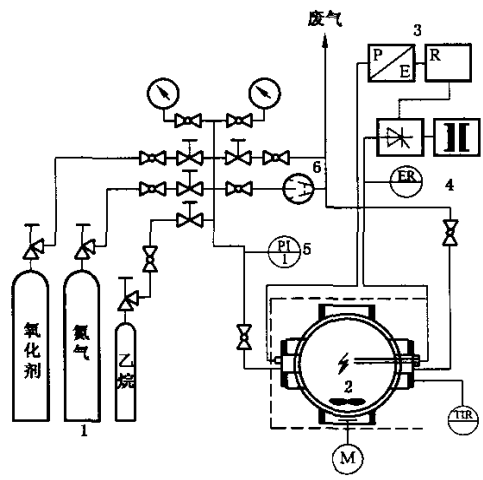
图 3 不支持乙烷燃烧的氮和空气中氧化剂限制分数的判定

4.2.2 设备和材料

4.2.2.1 描述

该仪器(见图 4)包括:

- a) 一个带有搅拌器的封闭试验罐;
- b) 点火系统;
- c) 两个压力测量系统;
- d) 检查试验气体成分系统。



- 1——供应压缩气体；
- 2——由带有磁性搅拌器制成的不锈钢试验罐；
- 3——记录点火舱内压力上升的装置；
- 4——点火金属线和电子控制的装置；
- 5——试验混合物压力表；
- 6——真空泵。

图 4 测定气体和气体混合物氧化能力的仪器举例

4.2.2.2 试验罐

试验罐应由不锈钢制成,并设计能够承受的最大压力至少 3 000 kPa。容积至少是 0.005 m³。它可以是圆柱形或球形。如果是圆柱形舱,它的长度和直径比应为 1。该舱应包含搅拌器和足够的开口,以便于进出料和清洗。

该舱应配备一个合适的温度测量装置。

4.2.2.3 点火系统

应使用点火导线引信。点火装置通过连接两个金属棒的镍铬线段上的电流产生电弧。金属棒(直径至少为 3 mm)应相互平行,距离为(5±1) mm。镍铬线直径应在 0.05 mm 和 0.2 mm 之间。熔化镍铬线和产生电弧的电力应使用交流隔离变压器(功率 0.7 kV·A~3.5 kV·A;二次电压 230 V)。变压器的二次绕组应通过电子装置切换到金属棒上,该电子装置调节点火能量的范围在 10 J 和 20 J 之间,通过带有可控硅开关元件的二级电压相角控制来实现。

引信导线应位于试验罐的中心。

4.2.2.4 压力测量系统

针对爆炸压力的压力测量系统由一个压力传感器、放大器和数据记录系统组成。压力传感器和放大器的时间分辨率应至少为 1 ms。传感器应至少耐压 3 000 kPa,测量范围为 1 000 kPa。按照差压法(压力传感器或压力表)准备试验混合物的压力显示系统应有最高 200 kPa 测量范围。两个压力测量系统的精度应至少为 0.5%。

4.2.2.5 检查试验气体成分系统

试验混合物(XN)或(XNC)成分分析应使用气相色谱仪或其他适当的分析仪。

4.2.2.6 材料

应使用乙烷(纯度大于 99.5%)作为参考可燃物(C)。选乙烷为参考燃料,因为它的碳氢键、碳碳键可作为大部分可燃材料。乙烷与许多氧化性气体的燃烧范围已知。

混合物(XN)应由评估值 $(38.5 \pm 1)\%$ 摩尔分数的气体(X)和 $(61.5 \pm 1)\%$ 摩尔分数的氮(纯度 99.995%)组成。(XN)可以直接在试验罐内按每个成分的压差制备。在下一步程序中,使用预混合气体和通过辅助试验装置在疏散气瓶中产生压缩混合物(XN),也是可接受的。

当混合物(XN)或混合物(XNC)之一直接在压力罐中产生时,应加以分析。

气体的水分含量应小于体积的 0.01%。如因某种原因(如吸湿气体或未知物质)而无法实现,这一事实应在报告中指出。

4.2.3 程序

试验应在室温和大气压力下进行。试验混合物(XNC)应按压差在试验罐中制备,最终达到 100 kPa 的压力。乙烷逐步添加到混合物(XN)中。每次启动点火,并观察是否发生反应。反应是通过点火后压力上升表现出来的,压力上升幅度至少为 10% 的初始压力。

试验从乙烷含量摩尔分数 1% 时开始。如果没有发生反应,乙烷的比例以摩尔分数 1% 的速度增加,直到发生反应,或直至乙烷的摩尔分数比例超过 20%。

警告:试验进行时可能有爆炸危险。有毒性和腐蚀性气体时应特别注意。工作人员应意识到潜在的危險,并应采取必要的预防措施。试验装置应安装在实验室通风柜里。

除非由有能力人员按充分验证的程序操作,气瓶中试验用燃料和氧化剂气体不得在大气压力下混合。本标准不能说明氧化气体混合物可否安全顺利地生产,因为这是在人员、仪器、环境方面使用安全可靠程序制造商的责任。

4.2.4 结果

如果试验中反应被观察到,则可判定气体(气体混合物)的氧化能力高于空气,而且可认为是“高度氧化”。

4.3 计算方法

4.3.1 原则

为了判定气体混合物的“氧化能力(OP)”,给出如下计算方法:

如果下列条件成立,则认为混合物的氧化性高于空气,见式(4):

$$\sum_i x_i C_i > 23.5\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

x_i ——氧化组分含量(摩尔分数), %;

C_i ——氧分数系数。

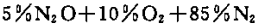
上述公式中氮以外惰性气体的稀释结果不予考虑。如果经评估混合物包含某种惰性气体,则 K_k 值应予以考虑:

$$OP = \frac{\sum_{i=1}^n x_i C_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k}$$

3.3 定义了氮等价系数和惰性气体 B 的分数系数,并在表 3 中列明。

注：在干燥大气含氧气 20.95%的条件下，含氧不高于 23.5%的混合物可被视为非氧化气体。

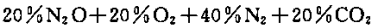
示例 1：



OP=Σx_iC_i=0.05×0.6+0.1×1.0=0.13

因为 13%<23.5%，该混合物的氧化性小于空气。

示例 2：



OP=
$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i C_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{k=1}^m K_k B_k} = \frac{0.2 \times 0.6 + 0.2 \times 1.0}{0.4 + 0.4 \times 1 + 0.2 \times 1.5} = 0.29$$

因为 29%>23.5%，该混合物的氧化性高于空气。

4.3.2 系数 C_i

气体氧化系数 C_i 是从氧化气体与氮和乙烷的混合物的爆炸范围推导出来的。为确定 C_i 值，应考虑氧化剂限制分数即氧化剂与氮气的比值(见图 3)。该氧化剂限制分数(LOF)间接反映了比例系数 C_i。

$$C_i = 9.07 \times \frac{1}{LOF}$$

系数 C_i 是针对每个氧化气体。氧气的系数 C_i 定义为 1.0。

系数 9.07 是来自使用 C_i 定义值(氧气)=1 的空气中的 LOF 值。表 4 给出了由实验 LOF 值得出的 C_i 值。对于非试验气体 C_i 值是固定的为 40。

表 4 氧等价系数 C_i

气体/蒸气	系数 C _i
过氧化双(三氟甲基)	40 ^a
五氟化溴	40 ^a
三氟化溴	40 ^a
氯	0.7
五氟化氯	40 ^a
三氟化氯	40 ^a
氟	40 ^a
五氟化碘	40 ^a
一氧化氮	0.3
二氧化氮	1 ^b
三氟化氮	1.6
三氧化氮	40 ^a
一氧化二氮	0.6
二氟化氧	40 ^a
臭氧	40 ^a
四氟联氨	40 ^a
^a 对于非试验氧化气体和蒸气,C _i 值定为 40。	
^b 来源于氧化氮和三氟化氮。	

5 含有氧和易燃气体的混合物

5.1 通则

注 1：易燃气体和其他氧化气体的混合物不予考虑。应注意的是，混合部分是卤化碳氢化合物的，高温高压下或与氧化潜力大于空气的氧化剂混合时，空气环境压力和温度下非易燃的可以变为可燃的。

含有易燃和氧化气体的混合物是如下一种情况(见图 5)：

- 非易燃和非氧化的(如氧含量小于或等于 23.5%和易燃气体含量低于 T_a (flamox)或 L_i 值),或;
- 氧化的(如氧气含量超过 23.5%和易燃气体含量低于 L_i 值),或;
- 易燃的(如易燃气体含量高于 T_a (flamox)或 L_i 值),或;
- 潜在爆炸的(如氧含量高于 LOC 和易燃气体含量高于 L_i 值)。

表 5 给出了用于进行风险评估和避免爆炸性气体混合物的极限氧浓度(LOC)。LOC 是大气条件下不会产生爆炸的易燃物质、空气或惰性气体混合物的最大氧浓度。LOC 通常以摩尔分数或体积分数表示。

注 2：这些值只是在大气压力有效。

表 5 易燃气体的极限氧浓度(LOC) %

易 燃 物 质	LOC
氨	12.2
苯	8.5
正丁烷	9.6
1-丁烯	9.7
一氧化碳	4.7*
二硫化碳	4.6
二甲醚	8.5
乙烷	8.8
乙醇	8.5
乙烯	7.6
正己烷	9.1
氢	4.3
硫化氢	9.1
异丁烷	10.3
异丁烯	10.6
甲烷	11.0
甲醇	8.1
正戊烷	9.3
丙烷	9.8
1-丙醇	9.3
2-丙醇	8.7
丙烯	9.3
环氧丙烷	7.7
注：本表未列入的易燃物质应使用守恒值 2%。	
* 含有水分或碳氢化合物的一氧化碳的数据是最差的情况。纯净的一氧化碳的燃烧是受动力抑制的。	

LOC 对应的是在大气压力和环境温度下由易燃气体、空气和氮气(作为惰性气体)组成的非爆炸性气体混合物。

5.2 易燃性分类原则

如果符合以下两个条件,含有易燃和氧化气体的混合物则被分类为易燃的:

- a) 易燃气体浓度(A_i) $\geq L_i$
- b) 易燃气体浓度(A_i) $\geq T_a(\text{flamox})$

$T_a(\text{flamox})$ 计算公式如下:

$$T_a(\text{flamox}) = T_a \times (1 - X_{O_2}/21\%)$$

X_{O_2} 是氧气浓度的百分比,小于 21%。

根据图 5 的分类原则。 T_a 至 21% O_2 浓度线描述了限量混合物(易燃气体在氮中的最高非易燃浓度)与空气的混合情况。如果混合物含有少量的氧气,则其限量情况在同一条线上,但起点应高一些,从圆圈到 21% O_2 。相应的 $T_{a,F}$ 是由向下延伸到 x 轴的位置来决定。

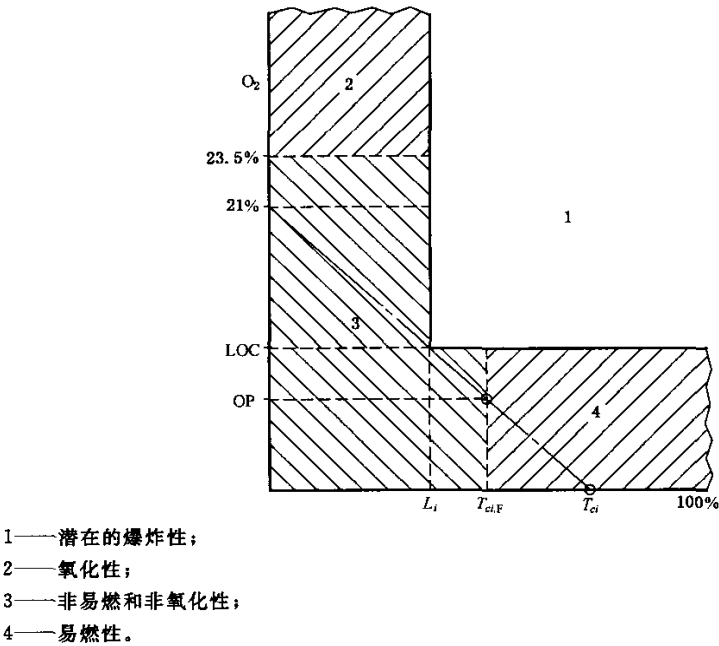


图 5 分类原则

5.3 举例

示例 1

单一易燃气体, 惰性气体=氮	5% H ₂ 、3% O ₂ 、92% N ₂
数值	易燃气体浓度=5% $L_i=4.0\%$ $T_a=5.5\%$ $X_{O_2}=3\%$ $T_a(\text{flamox}) = T_a \times (1 - X_{O_2}/21\%) = 5.5\% \times (1 - 3\%/21\%) = 4.71\%$

示例 1(续)

条件 1	易燃气体浓度 5%≥ L_i 4%, 成立
条件 2	易燃气体浓度 5%> T_a 4.71%, 成立
分类	两个条件都成立, 该混合物是易燃的

示例 2

单一易燃气体, 惰性气体=氮	2% H ₂ 、1% CH ₄ 、13% O ₂ 、84% N ₂
该例中, 易燃气体混合物的可燃低限制和最高非易燃浓度直接用 Le Chatelier 公式计算得出。 $L(\text{混合物}) = \frac{\sum A_i}{\sum \left(\frac{A}{L}\right)_i} \text{ 和 } T_c(\text{混合物}) = \frac{\sum A_i}{\sum \left(\frac{A}{T_c}\right)_i}$	
数值	易燃气体浓度=2%+1%=3% $L(\text{混合物}) = (2\%+1\%)/(2\%/4.0\%+1\%/4.4\%) = 4.12\%$ $T_c(\text{混合物}) = (2\%+1\%)/(2\%/5.5\%+1\%/8.7\%) = 6.27\%$ $X_{O_2} = 13\%$ $T_a(\text{flamox}) = T_c \times (1 - X_{O_2}/21\%) = 6.27\% \times (1 - 13\%/21\%) = 2.39\%$
条件 1	易燃气体浓度 3%≥ $L(\text{混合})$ 4.12%, 不成立
条件 2	易燃气体浓度 3%> $T_a(\text{flamox})$ 2.39%, 成立
分类	两个条件不同时成立, 所以该混合物是非易燃的

示例 3

单一易燃气体, 其他惰性气体	10% CO、5% O ₂ 、10% N ₂ 、20% CO ₂ 、25% Ar、30% Ne
该例的惰性气体与氮有不同的惰性值。该惰性气体摩尔分数是乘以表 3 中它的 K_i 值。然后易燃气体、氧化剂和氮分数的相对含量被调整(正常化)为 4.5%。	
数值	$F = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n (K_i - 1)B_i}$ 标准化因子 $F = 1/[1 + (20\% \times 0.5 - 25\% \times 0.45 - 30\% \times 0.3)] = 1.114$ 易燃气体浓度=10%×1.114=11.14% $L_i = 10.9\%$ $T_a = 15.2\%$ $OP = 5\% \times 1.114 = 5.57\%$ $T_a(\text{flamox}) = T_a \times (1 - OP/21\%) = 15.2\% \times (1 - 5.57\%/21\%) = 11.17\%$
条件 1	易燃气体浓度 11.14%≥ L_i 10.9%, 成立
条件 2	易燃气体浓度 11.14%> $T_a(\text{flamox})$ 11.17%, 不成立
分类	两个条件不同时成立, 所以该混合物是非易燃的

附 录 A
(资料性附录)
全球化学品统一分类和标签制度(GHS)

A.1 全球化学品统一分类和标签制度区分两类易燃气体,见表 A.1。

表 A.1 易燃气体标准

类 别	标 准
1	在温度 20 ℃ 和 101.3 kPa 标准压力下的气体: a) 在空气中含有小于或等于 13%混合物时,可点燃的气体。 b) 无论易燃性下限是多少,与空气混合可点燃的范围至少为 12%的气体。
2	在温度 20 ℃ 和 101.3 kPa 标准压力下,除第 1 类中的气体之外,与空气混合时可燃的气体。

A.2 大部分的易燃气体属于第 1 类。只有少数气体(如氨气)属于第 2 类。

A.3 本标准描述的试验方法和计算方法不适用于判定气体混合物的可燃性限值和可燃范围。

参 考 文 献

- [1] IEC 79-20 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres—Part 20 Data for Flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus
 - [2] EN 1839 Determination of explosion limits of gases and vapours
 - [3] ASTM E 681 Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases)
 - [4] ISO 5145:2004 Cylinder valve outlets for gases and gas mixtures—Selection and dimensioning
-