



中华人民共和国国家标准

GB/T 34710.3—XXXX

替代GB/T 34710.3-2018

混合气体危险性的判定 第3部分：可燃性

Hazardousness determination of the mixture gas—Part 3:Flammability

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2025年08月06日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 可燃性判定方法概述 1

5 可燃性判定试验方法 1

6 可燃性判定计算方法 1

 6.1 含 n 种可燃性气体和 p 种惰性气体的混合气体的可燃性判定 2

 6.2 由氧气（和/或空气）、可燃性气体和惰性气体组成的混合气体的可燃性判定 3

附录 A（资料性） 可燃性判定用相关参数及信息 7

附录 B（资料性） 使用计算方法判定混合气体可燃性的实例 11

附录 C（资料性） 部分可燃性气体及蒸气的 LOC 值 14

附录 D（资料性） 混合气体的 L_M 计算实例 17

参考文献 18

图 1 混合气体的可燃性和爆炸性判定图示 4

表 A.1 部分可燃性气体的 T_{ci} 值及 L_i 值 7

表 A.2 部分可燃性蒸气的 T_{ci} 值及 L_i 值 9

表 A.3 常见的氧化性气体 10

表 A.4 部分惰性气体对氮气的当量因子 K_k 10

表 C.1 部分可燃性气体或蒸气的 LOC 值 14

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 34710《混合气体危险性的判定》的第3部分。GB/T 34710已经发布了以下部分：

- 第1部分：毒性；
- 第2部分：腐蚀性；
- 第3部分：可燃性。

本文件代替GB/T 34710.3-2018《混合气体的分类 第3部分：可燃性分类》，与GB/T 34710.3-2018《混合气体的分类 第3部分：可燃性分类》相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了标准名称；
- 更改了文件范围（见第1章，2018年版的第1章）；
- 更改了“含有 n 种可燃气体和 p 种不可燃气体的混合气体的可燃性的判定”判定方法（见6.1.2，2018年版的3.3）；
- 增加了判定公式的推导过程（见6.1.1和6.1.2）；
- 增加了由氧气（和/或空气）、可燃性气体和惰性气体组成的混合气体的可燃性判定方法（见6.2）。

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。

本文件由由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国气体标准化技术委员会混合气体分技术委员会（SAC/TC206/SC2）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所替代文件的历次版本发布情况为：

- 2018年首次发布为GB/T 34710.3-2018；
- 本次为第一次修订。

引 言

危险性分类是混合气体气瓶阀门出气口连接方式的选择的关键要素之一。GB/T 34710《混合气体危险性的判定》旨在建立混合气体危险性的判定方法并进行分类，根据混合气体的危险特性，文件拟由4个部分构成：

- 第1部分：毒性；
- 第2部分：腐蚀性；
- 第3部分：可燃性；
- 第4部分：氧化性。

本文件充分考虑了目前判定混合气体危险性的实际技术水平，对于规范混合气体危险性的分类，保障气体生产和用户使用的安全性，助力我国气体产业的发展，起到十分重要的作用。

混合气体危险性的判定 第3部分：可燃性

1 范围

本文件界定了判定混合气体可燃性的相关术语和定义，描述了判定混合气体在常温(20℃)、标准压力下(101.3kPa)于空气中是否可燃的试验方法和计算方法，给出了混合气体可燃性的判定实例。

本文件适用于混合气体气瓶阀门出气口连接方式的选择。

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。

ISO 10156 气瓶 气体和混合气体 气瓶阀门出口选择用可燃性和氧化性的判定 (Gas cylinders - Gases and gas mixtures-Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

惰性气体 inert gas

既不是可燃性气体(3.2)也不是氧化性气体的气体。

注1：附录A中的表A.1和表A.2给出了常见的可燃性气体和蒸气。

注2：附录A中的表A.3给出了常见的氧化性气体。

3.2

可燃性气体 flammable gas

一种在20℃和标准压力101.3kPa时与空气混合有一定可燃范围的气体。

[来源：ISO 10156-2017-07,3.1.1]

4 可燃性判定方法概述

本文描述了确定混合气体在空气中是否可燃的试验方法(见第5章)和计算方法(见第6章)。

只有在能得到可靠的 T_{ci} (可燃性气体或蒸气和氮气的混合气体在空气中不可燃的最大含量，见6.1.2)或 L_i (混合气体中第*i*种可燃性气体的可燃下限，见6.2.2)时，才能使用计算方法。

当无法得到 T_{ci} (或 L_i)值时，使用试验方法对混合气体的可燃性进行判定。

若试验结果与计算结果不同，以试验结果为准。

5 可燃性判定试验方法

试验方法参考GB/T 27862进行。

6 可燃性判定计算方法

6.1 含 n 种可燃性气体和 p 种惰性气体的混合气体的可燃性判定

6.1.1 概述

这类混合气体的组成可以表示如下：

$$A_1F_1 + \dots + A_iF_i + \dots + A_nF_n + B_1I_1 + \dots + B_kI_k + \dots + B_pI_p$$

其中：

A_1 ——混合气体中第1种可燃性气体或蒸汽的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）；

F_1 ——混合气体中第1种可燃性气体或蒸汽；

A_i ——混合气体中第*i*种可燃性气体或蒸汽的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）， $1 \leq i \leq n$ ；

F_i ——混合气体中第*i*种可燃性气体或蒸汽， $1 \leq i \leq n$ ；

A_n ——混合气体中第*n*种可燃性气体或蒸汽的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）；

F_n ——混合气体中第*n*种可燃性气体或蒸汽；

B_1 ——混合气体中第1种惰性气体的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）；

I_1 ——混合气体中第1种惰性气体；

B_k ——混合气体中第*k*种惰性气体的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）， $1 \leq k \leq p$ ；

I_k ——混合气体中第*k*种惰性气体， $1 \leq k \leq p$ ；

B_p ——混合气体中第*p*种惰性气体的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）；

I_p ——混合气体中第*p*种惰性气体。

当混合气体中含有除氮气之外的其他惰性气体时，使用惰性气体对氮气的当量因子（ K_k ，附录A中表A.4中给出了部分惰性气体的 K_k 值）将该惰性气体的含量调整为相当于氮气的当量含量，混合气体的组成用当量因子重新表示为：

$$A_1F_1 + \dots + A_iF_i + \dots + A_nF_n + (K_1B_1 + \dots + K_kB_k + \dots + K_pB_p) N_2$$

使用公式（1）将混合气体的组成进行归一化。

$$\left(\sum_{i=1}^n A_i F_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k N_2 \right) \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} \right) \dots\dots\dots (1)$$

归一化因子（ F ）按公式（2）表示如下。

$$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} \dots\dots\dots (2)$$

将 $\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p B_k = 1$ 代入公式（2）可得公式（3）。

$$F = \frac{1}{\left(1 - \sum_{k=1}^p B_k \right) + \sum_{k=1}^p K_k B_k} = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^p K_k B_k - \sum_{k=1}^p B_k} \dots\dots\dots (3)$$

因此，归一化因子（ F ）也可按公式（4）进行计算。

$$F = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^p (K_k - 1) B_k} \dots\dots\dots (4)$$

可燃性气体的当量含量（ A_i' ）按公式（5）进行计算。

$$A_i' = F \times A_i \dots\dots\dots (5)$$

6.1.2 判定原则

如果满足公式（6）中的条件，则该混合气体在空气中不可燃，否则，则为可燃性气体。

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i'}{T_{ci}} \times 100\% \leq 1 \dots\dots\dots (6)$$

式中：

T_{ci} ——可燃性气体或蒸气和氮气的混合气体在空气中不可燃的最大含量，单位为百分比（%）。

附录A中的表A.1和表A.2分别给出了部分可燃性气体和蒸气的 T_{ci} 值。

将5.1中的公式（4）和公式（5）代入公式（6），得公式（7）。

$$\sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{100\%}{T_{ci}} \times \frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} \right) \leq 1 \dots\dots\dots (7)$$

公式（7）的不等号两侧同乘以 $\left(\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k \right)$ 得公式（8）。

$$\sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{100\%}{T_{ci}} \right) \leq \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k \dots\dots\dots (8)$$

公式（8）的不等号两侧同减去 $\sum_{i=1}^n A_i$ ，得公式（9）。

$$\sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{100\%}{T_{ci}} - 1 \right) \leq \sum_{k=1}^p K_k B_k \dots\dots\dots (9)$$

也可以省略中间步骤，使用公式（6）的等效公式（9）对混合气体的可燃性进行判定。

由可燃性气体和惰性气体组成的混合气体的可燃性判定实例见附录B中的B.1、B.2。

6.2 由氧气（和/或空气）、可燃性气体和惰性气体组成的混合气体的可燃性判定

6.2.1 概述

在使用本章进行可燃性判定和计算时，应注意以下两个问题：

- 未考虑可燃性气体和除氧气之外的其他氧化性气体的混合气体；
- 在环境压力和温度下于空气中不可燃的含氢卤代烃混合气体，在较高的压力和温度下与空气或氧化性气体混合时，可能会具有可燃性。

6.2.2 判定原则

图1给出了混合气体可燃性和爆炸性的判定图示。

由氧气（和/或空气）、可燃性气体和惰性气体组成的混合气体，如果氧气含量小于或等于23.5%，且可燃气体的含量低于 $T_{ci,F}$ 或 L_i ，则不可燃（见图1中区域A）；

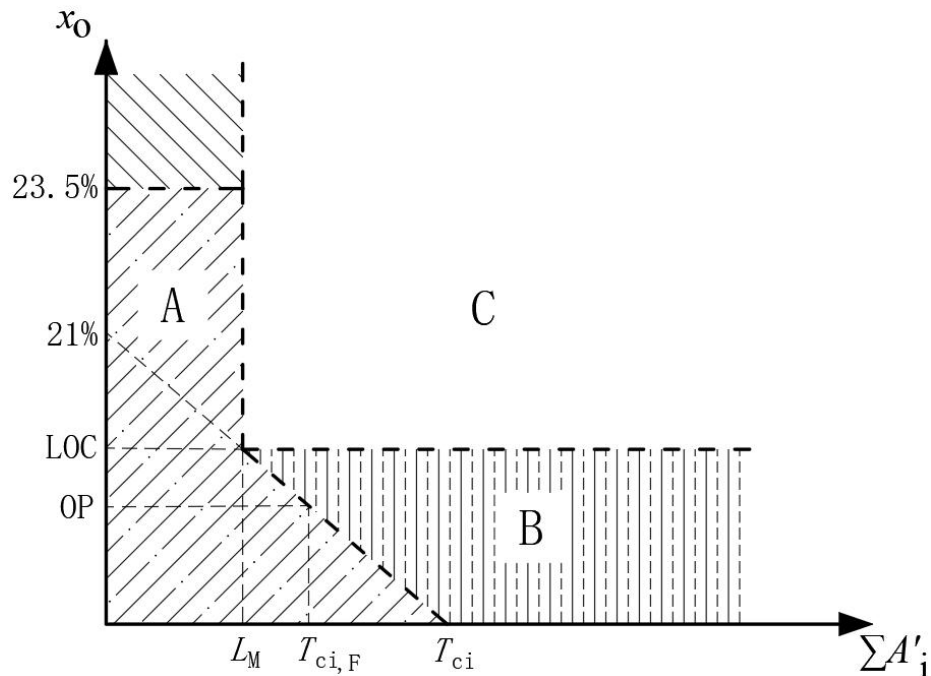
如果同时符合下列两个条件，则应归类为可燃性气体（见图1中区域B）；

——混合气体中可燃性气体的当量含量之和（ $\sum A_i'$ ） $\geq$ 混合气体在空气中不可燃的最大含量（ $T_{ci,F}$ ）；

——混合气体中可燃性气体的当量含量之和（ $\sum A_i'$ ） $\geq$ 混合气体在空气中的可燃下限（ L_M ）。

注1：如果混合气体中的氧气的当量含量大于极限氧浓度(LOC，详见附录C)，且可燃性气体的当量含量之和大于 L_M 和/或 $T_{ci,F}$ ，则可能爆炸（见图1中的区域C）。

注2：混合气体中可燃性气体的当量含量按6.1.1中的公式（5）进行计算。



标引序号说明:

$\Sigma A'_i$ ——可燃性气体的当量含量之和, 单位为百分比 (%);

x_o ——氧气的当量含量, 单位为百分比 (%);

OP ——气体或混合气体的氧化能力, 当混合气体中仅有氧气一种氧化性气体时, $OP=x_o$;

A ——不可燃;

B ——可燃;

C ——可能爆炸。

图 1 混合气体的可燃性和爆炸性判定图示

6.2.3 $T_{ci,F}$ 的计算

当混合气体中含有两种及以上的可燃性气体时, 可燃性气体和氮气的混合气体在空气中不可燃的最大含量 (T_{cm}) 用公式 (10) 进行计算。

$$T_{cm} = \frac{\sum A_i}{\sum \left(\frac{A}{T_c} \right)_i} \quad (10)$$

当混合气体中只含有一种可燃性气体时, $T_{cm}=T_{ci}$ 。

用公式 (11) 计算混合气体在空气中不可燃的最大含量 $T_{ci,F}$ 的值。

$$T_{ci,F} = T_{cm} \times \left(1 - \frac{x_o}{21\%} \right) \quad (11)$$

式中:

x_o ——混合气体中氧气的当量含量, 其应小于 21%, 单位为百分比 (%)。

可将要计算的混合气体中的氧气和空气均视为惰性气体, 即 K_k 值为 1, 使用 6.1.1 中的公式 (4) 计算归一化因子 (F), 再用公式 (12) 计算氧气的当量含量 x_o 。

$$x_o = F \times x'_o \quad (12)$$

式中:

x'_o ——混合气体中氧气的摩尔分数/体积分数, 单位为百分比 (%)。

6.2.4 L_M 的计算

6.2.4.1 可燃性气体和氮气（和/或空气、氧气）组成的混合气体的 L_M 计算

对于由可燃性气体组成的混合气体，通常用Le Chatelier公式估算其可燃下限(L_M)。该公式适用于可燃性混合气体，但不适用于可能爆炸的混合气体（见6.2）。

Le Chatelier公式不能用于计算爆炸上限。此外，它不适用于计算含有含氢卤代烃和除氧气（和/或空气）之外的其他氧化性气体的混合气体的可燃下限。

由可燃性气体组成的混合气体的可燃下限(L_M)的计算如公式（13）所示。

$$\frac{100\%}{L_M} = \frac{A_1}{L_1} + \frac{A_2}{L_2} + \dots + \frac{A_n}{L_n} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

A_n ——混合气体中第 n 种可燃性气体的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）；

L_n ——混合气体中第 n 种可燃性气体的可燃下限，单位为百分比（%）。

将公式（13）重新编写，由可燃性气体组成的混合气体的可燃下限(L_M)可按公式（14）进行计算。

$$L_M = \frac{100\%}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L_i}} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

A_i ——混合气体中第 i 种可燃性气体的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）；

L_i ——混合气体中第 i 种可燃性气体的可燃下限，单位为百分比（%）。

由可燃性气体组成的混合气体的可燃下限计算实例见附录D中的D.1。

对于由可燃性气体和氮气（和/或空气、氧气）组成的混合气体，可将其中可燃性气体的含量进行归一化处理，按公式（15）近似计算该类混合气体的可燃下限 L_M 。

$$L_M = \frac{100\%}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i''}{L_i}} \dots\dots\dots (15)$$

A_i'' ——对可燃性气体进行归一后的摩尔分数/体积分数，单位为百分比（%）。

A_i'' ——按公式（16）进行计算。

$$A_i'' = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \times 100\% \dots\dots\dots (16)$$

注：由公式（15）及公式（16）可知，当混合气体中只含有一种可燃性气体时， $L_M=L_i$ ，该结论同样适用于如6.4.2所述的含有可燃性气体和除氮气之外的其他惰性气体的混合气体的 L_M 计算。

由可燃性气体和氮气（和/或空气、氧气）组成的混合气体的可燃性判定实例见附录B中的B.3和B.4。

6.2.4.2 由可燃性气体和除氮气之外的其他惰性气体组成的混合气体的 L_M 计算

注：该条同样适用于同时含有氮气和/或空气、氧气的混合气体，此时，要计算的混合气体中的空气或氧气应视为惰性气体， K_k 值为1。

对于由可燃性气体和除氮气之外的其他惰性气体组成的混合气体，应考虑除氮气之外的其他惰性气体对氮气的当量因子(K_K)，此时 L_M 按公式（17）进行计算。

$$L_M = \frac{100\%}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L_i}} \dots\dots\dots (17)$$

其中 L'_i 可按公式(18)进行近似计算。

$$L'_i = \frac{\left(100\% - L'_M - (1 - K) \frac{\sum_{p=1}^k B_k}{\sum_{i=1}^n A_i} \times L'_M\right)}{(100\% - L'_M)} \times L_i \dots\dots\dots (18)$$

式中：

L'_M ——由混合气体中的可燃性气体组成的混合气体的可燃下限，单位为百分比(%)；

K ——混合气体中惰性气体对氮气的当量因子 K_k 的加权平均值。

式中 L'_M 按6.4.1中的公式(15)进行计算， K 按公式(19)进行计算。

$$K = \frac{\sum_{k=1}^p K_k B_k}{\sum_{k=1}^p B_k} \dots\dots\dots (19)$$

含有可燃性气体和除氮气之外的其他惰性气体的混合气体的可燃性判定实例见附录B中的B.5，混合气体可燃下限的计算实例见附录D中的D.2。

附录 A

(资料性)

可燃性判定用相关参数及信息

A.1 部分可燃性气体的可燃性数值^[3]部分可燃性气体的 T_{ci} 值及 L_i 值见表A.1。表 A.1 部分可燃性气体的 T_{ci} 值及 L_i 值

序号	气体名称 (中文)	气体名称 (英文)	CAS 号	UN 号	$T_{ci}/\%$	$L_i/\%$
1	乙炔	Acetylene	74-86-2	3374	3.0	2.3
2	氨	Ammonia	7664-41-7	1005	40.1	15.4
3	砷化氢	Arsine	7784-42-1	2188	3.9	3.9
4	溴代甲烷	Bromomethane	74-83-9	1062	13.9	8.6
5	1,2-丁二烯	1,2-Butadiene	590-19-2	1010	2.0	1.4
6	1,3-丁二烯	1,3-Butadiene	106-99-0	1010	2.0	1.4
7	正丁烷	n-Butane	106-97-8	1011	3.6	1.4
8	1-丁烯	1-Butene	106-98-9	1012	3.3	1.5
9	顺丁烯	cis-Butene	590-18-1	1012	3.3	1.5
10	反丁烯	trans-Butene	624-64-6	1012	3.3	1.5
11	一氧化碳	Carbon monoxide	630-08-0	1016	15.2	10.9
12	羰基硫	Carbonyl sulfide	463-58-1	2204	6.5	6.5
13	二氟氯乙烷	Chlorodifluoroethane	75-68-3	2517	26.4	6.3
14	氯乙烷	Chloroethane	75-00-3	1037	5.8	3.6
15	三氟氯乙烯	Chlorotrifluoroethylene	79-38-9	1082	7.4	4.6
16	氰	Cyanogen	460-19-5	1026	3.9	3.9
17	环丁烷	Cyclobutane	287-23-0	2601	2.9	1.8
18	环丙烷	Cyclopropane	75-19-4	1027	3.4	2.4
19	氘	Deuterium	7782-39-0	1957	6.7	6.7
20	乙硼烷	Diborane	19287-45-7	1911	0.9	0.9
21	二氯甲硅烷	Dichlorosilane	4109-96-0	2189	2.5	2.5
22	氟利昂	Difluoroethane	75-37-6	1030	8.7	4.0
23	二氟乙烯	Difluoroethylene	75-38-7	1959	6.6	4.7
24	二甲醚	Dimethyl ether	115-10-6	1033	3.8	2.7
25	二甲胺	Dimethylamine	124-40-3	1154	2.8	2.8
26	新戊烷	Dimethylpropane (neopentane)	463-82-1	2044	2.1	1.3
27	乙烷	Ethane	74-84-0	1035	4.5	2.4
28	甲基乙基醚	Ethyl methyl ether	540-67-0	1039	2.8	2.0
29	乙基乙炔	Ethylacetylene	107-00-6	2452	1.8	1.3
30	乙烯	Ethylene	74-85-1	1962	4.1	2.4
31	环氧乙烷	Ethylene oxide	75-21-8	1040	4.8	2.6
32	氟乙烷	Fluoroethane	353-36-6	2453	6.1	3.8
33	氟甲烷	Fluoromethane	593-53-3	2454	9.0	5.6
34	锗烷	Germane	7782-65-2	2192	1.0	1.0 (估计值)
35	氢气	Hydrogen	1333-74-0	1049	5.5	4.0

表 A.1 部分可燃性气体的 T_{ci} 值及 L_i 值 (续)

序号	气体名称 (中文)	气体名称 (英文)	CAS 号	UN 号	$T_{ci}/^{\circ}\text{C}$	$L_i/\%$
36	硒化氢	Hydrogen selenide	7783-07-5	2202	4.0	4.0
37	硫化氢	Hydrogen sulfide	7783-06-4	1053	8.9	3.9
38	异丁烷	Isobutane	75-28-5	1969	3.4	1.5
39	异丁烯	Isobutene	115-11-7	1055	4.0	1.6
40	甲烷	Methane	74-82-8	1971	8.7	4.4
41	氯甲烷	Methyl chloride	74-87-3	1063	12.3	7.6
42	甲硫醇	Methyl mercaptan	74-93-1	1064	5.7	4.1
43	亚硝酸甲酯	Methyl nitrite	624-91-9	2455	5.3	5.3
44	甲基硅烷	Methyl silane	992-94-9	3161	1.3	1.3
45	丙炔	Methylacetylene (propyne)	74-99-7	3161	2.5	1.8
46	甲胺	Methylamine	74-89-5	1061	6.9	4.9
47	3-甲基-1-丁烯	Methylbutene (3-methylbut-1-ene)	563-45-1	2561	2.4	1.5
48	乙胺	Monoethylamine	75-04-7	1036	5.7	3.5
49	磷化氢	Phosphine	7803-51-2	2199	1.7	1.6
50	丙二烯	Propadiene	463-49-0	2200	2.7	1.9
51	丙烷	Propane	74-98-6	1978	3.7	1.7
52	丙烯	Propene	115-07-1	1077	4.2	1.8
53	硅烷	Silane	7803-62-5	2203	1.0	1.4
54	四氟乙烯 (R114)	Tetrafluoroethylene	116-14-3	1081	10.5	10.5
55	三氟乙烷(R143a)	Trifluoroethane	420-46-2	2035	11.3	7.0
56	三氟乙烯(R1123)	Trifluoroethylene	359-11-5	1954	13.1	10.5
57	三甲胺	Trimethylamine	75-50-3	1083	3.2	2.0
58	三甲基硅烷	Trimethylsilane	993-07-7	3161	1.3	1.3
59	溴乙烯	Vinyl bromide	593-60-2	1085	9.0	5.6
60	氯乙烯	Vinyl chloride	75-01-4	1086	6.1	3.8
61	氟乙烯	Vinyl fluoride	75-02-5	1860	4.7	2.9
62	乙烯基甲基醚	Vinyl methyl ether	107-25-5	1087	3.6	2.2

A.2 部分可燃性蒸气的可燃性数值^[3]

部分可燃性蒸汽的 T_{ci} 值及 L_i 值见表 A.2。

表 A.2 部分可燃性蒸气的 T_{ci} 值及 L_i 值

序号	气体名称（中文）	气体名称（英文）	CAS 号	UN 号	$T_{ci}/^{\circ}\text{C}$	$L_i/\%$
1	乙醛	Acetaldehyde	75-07-0	1088	6.5	4.0
2	丙酮	Acetone	67-64-1	1090	4.0	2.5
3	苯	Benzene	71-43-2	1114	2.3	1.2
4	二硫化碳	Carbon disulfide	75-15-0	1131	1.3	0.6
5	环己烷	Cyclohexane	110-82-7	1145	1.8	1.0
6	癸烷	n-Decane	124-18-5	2247	1.1	0.7
7	二乙醚	Diethyl ether	60-29-7	1155	2.4	1.7
8	2-丁炔	Dimethyl acetylene (2-butyne, crotonylene)	503-17-3	1144	2.0	1.4
9	2,2-二甲基丁烷	2,2-Dimethylbutane (neohexane)	75-83-2	1208	1.9	1.2
10	十二烷	n-Dodecane	112-40-3	—	1.0	0.6
11	乙醇	Ethanol	64-17-5	1170	5.6	3.1
12	乙酸乙酯	Ethyl acetate	141-78-6	1173	4.6	2.0
13	氯乙烷	Ethyl chloride (Chloroethane)	75-00-3	1037	5.8	3.6
14	甲酸乙酯	Ethyl formate	109-94-4	1089	3.8	2.7
15	庚烷	n-Heptane	142-82-5	1206	1.3	0.8
16	正己烷	n-Hexane	110-54-3	1208	2.3	1.0
17	氰化氢	Hydrogen cyanide	74-90-8	1051	5.4	5.4
18	2,2,4-三甲基戊烷	Isooctane (2,2,4-trimethylpentane)	540-84-1	1262	1.6	1.0
19	2-甲基丁烷（异戊烷）	Isopentane (2-methylbutane)	78-78-4	1265	2.1	1.3
20	四乙基铅	Lead tetraethyl (tetraethyllead)	78-00-2	1649	1.8	1.8
21	甲醇	Methanol	67-56-1	1230	12.5	6.0
22	乙酸甲酯	Methyl acetate	79-20-9	1231	5.0	3.1
23	2-丁酮	Methyl ethyl ketone (butanone)	78-93-3	1193	2.4	1.5
24	甲酸甲酯	Methyl formate	107-31-3	1243	8.1	5.0
25	二氯甲烷	Methylene chloride (Dichloromethane)	75-09-2	1592	21.0	13.0
26	一氯甲硅烷	Monochlorosilane	13465-78-6	2986	1.0	1.0（估计值）
27	羰基镍	Nickel carbonyl (tetracarbonylnickel)	13463-39-3	1259	0.9	0.9
28	正壬烷	n-Nonane	111-84-2	1920	1.1	0.7
29	正辛烷	n-Octane	111-65-9	1262	1.3	0.8
30	正戊烷	n-Pentane	109-66-0	1265	1.8	1.1
31	甲酸丙酯	Propyl formate	110-74-7	1281	4.6	2.1
32	环氧丙烷	Propylene oxide	75-56-9	1280	3.7	1.9
33	甲苯	Toluene	108-88-3	1294	2.3	1.0

A.3 常见的氧化性气体

常见的氧化性气体见表A.3。

表 A.3 常见的氧化性气体

序号	气体/蒸气
1	双-三氟甲基过氧化物
2	五氟化溴
3	三氟化溴
4	氯气
5	五氟化氯
6	三氟化氯
7	氟
8	五氟化碘
9	一氧化氮
10	二氧化氮
11	三氟化氮
12	三氧化二氮
13	氧化亚氮
14	二氟化氧
15	臭氧
16	四氟肼

A.4 部分惰性气体对氮气的当量因子

部分惰性气体对氮气的当量因子 K_k 见表A.4。

表 A.4 部分惰性气体对氮气的当量因子 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：这些数据是根据气体行业的实验数据和经验保守估计的。 注2：对于其他化学式中包含三个或三个以上原子的惰性气体，可取当量因子$K_k = 1.5$。某些不可燃的含氢卤代烃，例如制冷剂R134a，在存在可燃性气体的情况下可以与空气或氧气发生不完全反应。对于所有含有可燃性气体和不可燃含氢卤代烃超过0.5%的混合气体，如果可燃性组分的含量超过0.25%，则不得采用此值计算。											

附录 B

(资料性)

使用计算方法判定混合气体可燃性的实例

B.1 判定氢气含量为 7%、二氧化碳含量为 93%的混合气体的可燃性

B.1.1 概述

该混合气体由可燃性气体（氢气）和惰性气体（二氧化碳）组成，按6.1.1和6.1.2进行计算和判定。

B.1.2 判定方法一（按6.1.2中的公式（6）进行判定）

根据附录A中表A.4可得，二氧化碳的 K_k 值为1.5，按6.1.1中的公式（2）和公式（5）分别计算 F 、 A_i' ，如公式（B.1）、公式（B.2）所示。

$$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} = \frac{1}{7\% + 1.5 \times 93\%} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$A_i' = F \times A_i = \frac{7\%}{7\% + 1.5 \times 93\%} = 4.78\% \dots\dots\dots (B.2)$$

根据附录A中的表A.1可得，氢气的 T_{ci} 值为5.5%，按6.1.2中的公式（6）进行判定，如公式（B.3）所示。

$$\sum_{i=1}^n \frac{A_i'}{T_{ci}} 100\% = \frac{4.78\%}{5.5\%} = 0.869 \dots\dots\dots (B.3)$$

因 $0.869 < 1$ ，根据6.1.2的判定原则，该混合气体不可燃。

B.1.3 判定方法二（按6.1.2中的公式（9）进行判定）

根据附录A中表A.4可得，二氧化碳的 K_k 值为1.5，根据附录A中的表A.1可得，氢气的 T_{ci} 值为5.5%，按6.1.2中的公式（9）进行计算和判定，如公式（B.4）、公式（B.5）所示。

$$\sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{100\%}{T_{ci}} - 1 \right) = 7\% \times \left(\frac{100\%}{5.5\%} - 1 \right) = 1.203\% \dots\dots\dots (B.4)$$

$$\sum_{k=1}^p K_k B_k = 1.5 \times 93\% = 1.395\% \dots\dots\dots (B.5)$$

因 $1.203\% < 1.395\%$ ，根据5.2的判定原则，该混合气体不可燃。

B.2 判定氢气含量为 2%、甲烷含量为 8%、氩气含量为 25%、氦气含量为 65%的混合气体的可燃性

B.2.1 概述

该混合气体由可燃性气体（氢气、甲烷）和惰性气体（氩气、氦气）组成，按6.1.1和6.1.2进行计算和判定。

B.2.2 判定方法一（按6.1.2中的公式（6）进行判定）

根据附录A中表A.4可得，氩气的 K_k 值为0.55、氦气的 K_k 值为0.9，按6.1.1中的公式（2）和公式（5）分别计算 F 、 A_i' ，如公式（B.6）、公式（B.7）和公式（B.8）所示。

$$F = \frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i + \sum_{k=1}^p K_k B_k} = \frac{1}{(2\% + 8\%) + (0.55 \times 25\% + 0.9 \times 65\%)} \dots\dots\dots (B.6)$$

$$A'_{H_2} = F \times A_{H_2} = \frac{2\%}{(2\% + 8\%) + (0.55 \times 25\% + 0.9 \times 65\%)} = 2.43\% \dots\dots\dots (B.7)$$

$$A'_{CH_4} = F \times A_{CH_4} = \frac{8\%}{(2\% + 8\%) + (0.55 \times 25\% + 0.9 \times 65\%)} = 9.73\% \dots\dots\dots (B.8)$$

根据附录A中的表A.1可得，氢气的 T_{ci} 值为5.5%，甲烷的 T_{ci} 值为8.7%，按6.1.2中的公式（6）进行判定，如公式（B.9）所示。

$$\sum_{i=1}^n \frac{A'_i}{T_{ci}} 100\% = \frac{2.43\%}{5.5\%} + \frac{9.73\%}{8.7\%} = 1.56 \dots\dots\dots (B.9)$$

因 $1.56 > 1$ ，根据6.1.2的判定原则，该混合气体可燃。

B.2.3 判定方法二（按6.1.2中的公式（9）进行判定）

根据附录A中表A.4可得，氮气的 K_k 值为0.55、氢气的 K_k 值为0.9，根据附录A中的表A.1可得，氢气的 T_{ci} 值为5.5%，甲烷的 T_{ci} 值为8.7%，按6.1.2中的公式（9）进行计算和判定，如公式（B.10）和公式（B.11）所示。

$$\sum_{i=1}^n A_i \left(\frac{100\%}{T_{ci}} - 1 \right) = 2\% \times \left(\frac{100\%}{5.5\%} - 1 \right) + 8\% \times \left(\frac{100\%}{8.7\%} - 1 \right) = 0.344\% + 0.840\% = 1.184\% \dots\dots\dots (B.10)$$

$$\sum_{k=1}^p K_k B_k = 0.55 \times 25\% + 0.9 \times 65\% = 0.7225\% \dots\dots\dots (B.11)$$

因 $1.184\% > 0.7225\%$ ，根据6.1.2的判定原则，该混合气体可燃。

B.3 判定氧气含量为3%、氢气含量为5%、氮气含量92%的混合气体的可燃性

该混合气体由氧气、可燃性气体（氢气）和惰性气体（氮气）组成，按6.2.3、6.2.4和6.2.2进行计算和判定。

按6.2.3中的公式（11）计算 $T_{ci,F}$ ，按6.2.4.1中的公式（15）计算 L_M ，再根据6.2.2进行判定。根据附录A中的表A.1可得，氢气的 T_{ci} 值为5.5%， L_i 值为4%，计算如公式（B.12）所示。

$$T_{ci,F} = T_{cm} \times \left(1 - \frac{x_O}{21\%} \right) = 5.5\% \times \left(1 - \frac{3\%}{21\%} \right) = 4.71\% \dots\dots\dots (B.12)$$

该混合气体中只含有一种可燃性气体，此时 $L_M = L_i = 4\%$ 。

$$\sum A'_i (5\%) \geq T_{ci,F} (4.71\%) ;$$

$$\sum A'_i (5\%) \geq L_M (4\%) .$$

同时符合6.2.2中两项条件，该混合气体可燃。

B.4 判定氢气含量为2%、甲烷含量为1%、氧气含量为13%、氮气含量为84%的混合气体的可燃性

该混合气体由氧气、可燃性气体（氢气、甲烷）和惰性气体（氮气）组成，按6.2.3、6.2.4和6.2.2进行计算和判定。

按6.2.3中的公式（10）、公式（11）分别计算 T_{cm} 、 $T_{ci,F}$ ，按6.2.4.2中的公式（16）、公式（15）分别计算 A'_i 、 L_M ，再根据6.2.2进行判定。

根据附录A中的表A.1可得，氢气的 T_{ci} 值为5.5%、 L_i 值为4%，甲烷的 T_{ci} 值为8.7%、 L_i 值为4.4%，相关项计算如公式（B.13）、公式（B.14）、公式（B.15）、公式（B.16）和公式（B.17）所示。

$$T_{\text{cm}} = \frac{\sum A_i}{\sum \left(\frac{A}{T_c} \right)_i} = \frac{2\% + 1\%}{\left(\frac{2\%}{5.5\%} \right) + \left(\frac{1\%}{8.7\%} \right)} = 6.27\% \dots\dots\dots (\text{B.13})$$

$$T_{\text{ci,F}} = T_{\text{cm}} \times \left(1 - \frac{x_o}{21\%} \right) = 6.27\% \times \left(1 - \frac{13\%}{21\%} \right) = 2.39\% \dots\dots\dots (\text{B.14})$$

$$A_{\text{H}_2}'' = \frac{A_{\text{H}_2}}{A_{\text{H}_2} + A_{\text{CH}_4}} \times 100\% = \frac{2\%}{2\% + 1\%} \times 100\% = 66.67\% \dots\dots\dots (\text{B.15})$$

$$A_{\text{CH}_4}'' = \frac{A_{\text{CH}_4}}{A_{\text{H}_2} + A_{\text{CH}_4}} \times 100\% = \frac{1\%}{2\% + 1\%} \times 100\% = 33.33\% \dots\dots\dots (\text{B.16})$$

$$L_M = \frac{100\%}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i''}{L_i}} = \frac{100\%}{\frac{66.67\%}{4\%} + \frac{33.33\%}{4.4\%}} = 4.12\% \dots\dots\dots (\text{B.17})$$

$$\sum A_i' (2\% + 1\% = 3\%) \geq T_{\text{ci,F}} (2.39\%);$$

$$\sum A_i' (2\% + 1\% = 3\%) < L_M (4.12\%)。$$

不同时符合6.2.2中两项条件，该混合气体不可燃。

B.5 判定一氧化碳含量为10%、氧气含量为5%、氮气含量为10%、二氧化碳含量为20%、氩气含量为25%、氦气含量为30%的混合气体的可燃性

该混合气体由氧气、可燃性气体（一氧化碳）和惰性气体（氮气、二氧化碳、氩气、氦气）组成，按6.2.3、6.2.4和6.2.2进行计算和判定。

按6.1.1中的公式（4）、公式（5）分别计算 F 、 A_i' ，按6.2.3中的公式（12）、公式（11）分别计算 x_o 、 $T_{\text{ci,F}}$ ，按6.2.4.1中的公式（15）计算 L_M ，再根据6.2.2进行判定。

根据附录A中的表A.1可得，一氧化碳的 T_{ci} 值为15.2%、 L_i 值为10.9%，根据附录A中表A.4可得，二氧化碳的 K_k 值为1.5，氩气的 K_k 值为0.55，氦气的 K_k 值为0.7，相关项计算如公式（B.18）、公式（B.19）、公式（B.20）和公式（B.21）所示。

$$F = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^p (K_k - 1) B_k} = \frac{1}{1 + [(1.5 - 1) \times 20\% + (0.55 - 1) \times 25\% + (0.7 - 1) \times 30\%]} = 1.114 \dots\dots\dots (\text{B.18})$$

$$A_i' = F \times A_i = 1.114 \times 10\% = 11.14\% \dots\dots\dots (\text{B.19})$$

$$x_o = F \times x_o' = 1.114 \times 5\% = 5.57\% \dots\dots\dots (\text{B.20})$$

$$T_{\text{ci,F}} = T_{\text{cm}} \times \left(1 - \frac{x_o}{21\%} \right) = 15.2\% \times \left(1 - \frac{5.57\%}{21\%} \right) = 11.17\% \dots\dots (\text{B.21})$$

该混合气体中只含有一种可燃性气体，此时 $L_M = L_i = 10.9\%$ 。

$$\sum A_i' (11.14\%) < T_{\text{ci,F}} (11.17\%);$$

$$\sum A_i' (11.14\%) \geq L_M (10.9\%)。$$

不同时符合6.2.2中两项条件，该混合气体不可燃。

附 录 C
(资料性)
部分可燃性气体及蒸气的 LOC 值

C.1 概述

LOC是在大气条件下由可燃性气体或蒸气与空气或惰性气体组成的任意混合气体均不会发生爆炸的最大氧气含量。为了评估风险和避免形成爆炸性混合气体，需要评估混合气体中存在的可燃性气体或蒸气的LOC，LOC通常用摩尔分数或体积分数表示。

表C.1中给出了可燃性气体或蒸气的极限氧浓度值（LOC）^[3]。

表 C.1 部分可燃性气体或蒸气的 LOC 值

可燃性气体或蒸气	LOC %O ₂
氨	12.2
苯	8.5
正丁烷	9.6
正丁烯	9.7
一氧化碳	4.7
羰基硫	4.6
甲醚	8.5
乙烷	8.8
乙醇	8.5
乙烯	7.6
正己烷	9.1
氢气	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

表 C.1 部分可燃性气体或蒸气的 LOC 值 (续)

可燃性气体或蒸气	LOC %O ₂
2-丙醇	8.7
丙烯	9.3
环氧丙烷	7.7
注：对于表中未列出的可燃性气体或蒸气，为保守起见，其LOC值可取2%。	

C.2 只含有一种可燃性气体或蒸气的 LOC 计算

混合气体中可能含有一种或同时存在多种可燃性气体或蒸气。当只含有一种可燃性气体或蒸气时，该可燃性气体的LOC即为表C.1中列出的数值。

C.3 多种可燃性气体或蒸气共存时的 LOC 计算

当混合气体中同时存在多种可燃性气体或蒸气时，混合可燃气体的LOC计算方法如下，该方法既适用于二元混合可燃性气体又适用于多元混合可燃性气体。

根据勒夏特列规则，多组分可燃性气体的可燃下限（LEL）的计算如公式（C.1）所示，其适用条件已在6.2.4.1中充分说明：

$$L_{\text{mixt}} = \frac{100\%}{\sum \frac{x_i}{L_i}} \quad \text{..... (C.1)}$$

定义 L_{mixt}^* 和 L_i^* 分别如公式（C.2）和（C.3）所示。

$$L_i^* = \frac{(\text{LOC})_i}{R_i} \quad \text{..... (C.2)}$$

式中：

$(\text{LOC})_i$ ——混合气体中第*i*种可燃性气体的极限氧含量值，单位为摩尔百分比（%）；

R_i ——氧与混合气体中第*i*种可燃性气体的化学计量数之比；

L_i^* ——混合气体中第*i*种可燃性气体的可燃下限，单位为百分比（%）。

$$L_{\text{mixt}}^* = \frac{(\text{LOC})_{\text{mixt}}}{R^*} \quad \text{..... (C.3)}$$

式中：

$(\text{LOC})_{\text{mixt}}$ ——混合可燃性气体的极限氧含量值，单位为摩尔百分比（%）；

R^* ——氧与混合可燃性气体的化学计量数之比；

L_{mixt}^* ——混合可燃性气体的可燃下限，单位为百分比（%）。

R^* 的计算如公式（C.4）所示：

$$R^* = \sum x_i R_i \quad \text{..... (C.4)}$$

式中：

x_i ——混合气体中第*i*种可燃性气体的摩尔分数。

将公式（C.2）、（C.3）和（C.4）带入公式（C.1）中，进行整合得到公式（C.5）：

$$(\text{LOC})_{\text{mixt}} = \frac{\sum x_i R_i}{\sum \frac{x_i}{L_i}} = \frac{\sum x_i R_i}{\sum \frac{x_i R_i}{(\text{LOC})_i}} \dots\dots\dots (\text{C.5})$$

对于两组分可燃性气体混合物（组分为 a 和 b ），公式（C.5）进一步简化得到公式（C.6）：

$$(\text{LOC})_{\text{mixt}} = \frac{(x_a R_a + x_b R_b)}{\left(\frac{x_a R_a}{(\text{LOC})_a} + \frac{x_b R_b}{(\text{LOC})_b} \right)} \dots\dots\dots (\text{C.6})$$

C.4 LOC 计算实例

C.4.1 甲烷（m）含量75%、乙烯（et）含量30%的混合可燃气体的LOC计算

甲烷的 $R_m=2$ ，乙烯的 $R_{et}=3$ ，甲烷的 $(\text{LOC})_m=11\%$ ，乙烯的 $(\text{LOC})_{et}=7.6\%$ 。根据公式（C.6）计算混合可燃性气体的 $(\text{LOC})_{\text{mixt}}$ ：

$$(\text{LOC})_{\text{mixt}} = \frac{x_a R_a + x_b R_b}{\frac{x_a R_a}{(\text{LOC})_a} + \frac{x_b R_b}{(\text{LOC})_b}} = \frac{0.7 \times 2 + 0.3 \times 3}{\frac{0.7 \times 2}{11\%} + \frac{0.3 \times 3}{7.6\%}} = 9.36\% \dots\dots\dots (\text{C.7})$$

C.4.2 甲烷（m）含量60%、一氧化碳（co）含量20%、氢气（h）含量20%的混合可燃气体的LOC计算

甲烷的 $R_m=2$ ，一氧化碳的 $R_{co}=0.5$ ，氢气的 $R_h=0.5$ ，甲烷的 $(\text{LOC})_m=11\%$ ，一氧化碳的 $(\text{LOC})_{co}=5.1\%$ ，氢气的 $(\text{LOC})_h=4.6\%$ 。根据公式（C.5）计算混合可燃性气体的 $(\text{LOC})_{\text{mixt}}$ ：

$$(\text{LOC})_{\text{mixt}} = \frac{\sum x_i R_i}{\sum x_i R_i / (\text{LOC})_i} = \frac{0.6 \times 2 + 0.2 \times 0.5 + 0.2 \times 0.5}{\frac{0.6 \times 2}{11\%} + \frac{0.2 \times 0.5}{5.1\%} + \frac{0.2 \times 0.5}{4.6\%}} = 9.31\% \dots\dots\dots (\text{C.8})$$

附 录 D
(资料性)
混合气体的 L_M 计算实例

D.1 计算甲烷含量为 80%、乙烷含量为 20%的混合气体的可燃下限

该混合气体由可燃性气体（甲烷、乙烷）组成，按6.4.1中的公式（14）计算混合气体的可燃下限。根据附录A中的表A.1可得，甲烷的 L_i 值为4.4%，乙烷的 L_i 值为2.4%，混合气体的可燃下限计算如公式（D.1）所示。

$$L_M = \frac{100\%}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L_i}} = \frac{100\%}{\left(\frac{80\%}{4.4\%}\right) + \left(\frac{20\%}{2.4\%}\right)} = 3.8\% \quad \text{..... (D.1)}$$

D.2 计算氢气含量为 15%，甲烷含量为 15%，二氧化碳含量为 30%，氮气含量为 35%和空气含量为 5%的混合气体的可燃下限

该混合气体由可燃性气体（氢气、甲烷）、除氮气（和/或空气、氧气）之外的其他惰性气体（二氧化碳）、氮气和空气组成，不会发生爆炸，按6.2.4.2中的公式（17）计算混合气体的可燃下限。根据附录A中的表A.1可得，氢气的 L_i 值为4.0%，甲烷的 L_i 值为4.4%，根据附录A中表A.4可得，二氧化碳的 K_k 值为1.5，分别按6.2.4.1中的公式（16）、公式（14）计算 A_i'' 、 L_M' ，按6.2.4.2中的公式（19）、公式（18）分别计算 K 、 L_i ，相关项计算如公式（D.3）~公式（D.8）所示。

$$A_{H_2}'' = A_{CH_4}'' = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \times 100\% = \frac{15\%}{15\% + 15\%} \times 100\% = 50\% \quad \text{..... (D.3)}$$

$$L_M' = \frac{100\%}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i''}{L_i}} = \frac{100\%}{\frac{50\%}{4.4\%} + \frac{50\%}{4.0\%}} = 4.2\% \quad \text{..... (D.4)}$$

$$K = \frac{\sum_{k=1}^p K_k B_k}{\sum_{k=1}^p B_k} = \frac{1.5 \times 30\% + 1 \times 35\% + 1 \times 5\%}{30\% + 35\% + 5\%} = 1.21 \quad \text{..... (D.5)}$$

$$L_{CH_4} = \frac{\left(100\% - L_M' - (1 - K) \frac{\sum_{k=1}^p B_k}{\sum_{i=1}^n A_i} \times L_M'\right)}{(100\% - L_M')} \times L_i = \frac{\left(100\% - 4.2\% + 0.21 \times \frac{70\%}{30\%} \times 4.2\%\right)}{100\% - 4.5\%} \times 4.4\% = 4.5\% \quad \text{..... (D.6)}$$

$$L_{H_2} = \frac{100\% - 4.2\% + 0.21 \times \frac{70\%}{30\%} \times 4.2\%}{100\% - 4.2\%} \times 4.0\% = 4.1\% \quad \text{..... (D.7)}$$

该混合气体的可燃下限如公式（D.8）所示。

$$L_M = \frac{100\%}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i}{L_i}} = \frac{100\%}{\frac{15\%}{4.5\%} + \frac{15\%}{4.1\%}} = 14.3\% \quad \text{..... (D.8)}$$

参 考 文 献

- [1] GB/T 27862-2011 《化学品危险性判定试验方法 气体和气体混合气体燃烧潜力和氧化能力》
 - [2] GB/T 34711-2017 《化学不稳定性气体判定试验方法》
 - [3] ISO 10156-2017 Gas cylinders — Gases and gas mixtures — Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets
 - [4] I.A. Zlochower, G.M. Green. The limiting oxygen concentration and flammability limits of gases and gas mixtures. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22, 499–505.
-