

ICS 13.100

E 09

备案号: 15532—2005

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6137—2005

代替 SY 6137—1996, SY 6278—1997, SY 6456—2000

含硫化氢的油气和天然气处理 装置作业的推荐作法

**Recommended practices for oil and gas producing and gas
processing plant operations involving hydrogen sulfide**

(API RP 55: 1995, MOD)

2005—03—19 发布

2005—05—01 实施

国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 适用性	3
5 人员培训	4
6 个人防护装备	6
7 应急预案（包括应急程序）指南	8
8 设计和建造	10
9 作业方法	12
10 硫化氢连续监测设备的评价和选择指南	14
11 海上作业	17
12 密闭空间的操作	17
13 天然气处理装置的操作	19
附录 A(资料性附录) 本标准章条编号与 API RP 55: 1995 章条编号对照	21
附录 B(资料性附录) 本标准与 API RP 55: 1995 技术性差异及其原因	22
附录 C(资料性附录) 硫化氢的物理特性和对生理的影响	25
附录 D(资料性附录) 二氧化硫的物理特性和对生理的影响	28
附录 E(资料性附录) 硫化氢扩散的筛选方法	30
附录 F(资料性附录) 酸性环境的定义	38

前 言

本标准修改采用美国石油学会 API RP 55 (1995 年,英文版)《含硫化氢的油气生产和气体处理工厂作业的推荐作法》。

本标准根据 API RP 55 (1995 年,英文版)重新起草,在附录 A 中列出了本标准章条编号与 API RP 55; 1995 章条编号的对照一览表。

本标准代替 SY 6137—1996《含硫气井安全生产技术规定》、SY 6278—1997《天然气净化厂安全规范》和 SY 6456—2000《含硫天然气集气站安全生产规定》。

考虑到我国国情,在采用 API RP 55 时,本标准做了一些修改。主要是引用我国相关的国家标准和石油天然气行业标准,以有利于我国石油天然气工业的发展和保持采标的连续性。有关技术差异已编入正文中,并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。在附录 B 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。

本标准对技术内容的修改主要包括以下内容:

- “规范性引用文件”中增加了我国相关的国家标准和石油天然气行业标准;
- 在第 8 章“设计和建造”的相关条款中,增加了我国国家标准或石油天然气行业标准或有关技术法规文件,对有变更的相关条款做了标识。

为便于使用,本标准对 API RP 55 还做了下列编辑性修改:

- 用“本标准”代替“本推荐作法”;
- 增加了我国的法定计量单位;
- 按 GB/T 1.1—2000 的要求编制表格;
- 删除了 API RP 55 的前言,重新起草前言。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 都是资料性附录。

本标准由石油工业安全专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:中国石化西南油气田分公司天然气研究院、中国海洋石油总公司健康安全环保部、中油集团工程设计有限责任公司西南分公司。

本标准主要起草人:李士安、向启贵、王裕康、陈茂、左柯庆、苟天华、郑维田、胡平、原励、张玉坤、王秦晋、原青民、周志岐、牛世广、戴忠良、施岱艳、夏永生、张维臣。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- SY 6137—1996;
- SY 6278—1997;
- SY 6456—2000。

含硫化氢的油气生产和天然气处理 装置作业的推荐作法

1 范围

本标准规定了含硫化氢油气生产和气体处理作业中的人员培训、个人防护装备、材料选择、紧急情况下的作业程序等要求。

本标准适用于流体中含硫化氢的油气生产和气体处理作业。由于在作业中存在的硫化氢燃烧，本标准也适用于硫化氢燃烧产生二氧化硫的作业环境。

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 150 钢制压力容器

SY/T 0025—95 石油设施电器装置场所分类

SY/T 0599 天然气地面设施抗硫化物应力开裂金属材料要求

SY/T 5087 含硫化氢油气井安全钻井推荐作法

SY/T 6230 石油天然气加工 工艺危害管理

SY/T 6458 石油工业用油轮受限空间进入指南

SY/T 6499 泄压装置的检测

SY/T 6507 压力容器检验规范 维护检验、定级、修理和改造

ANSI B31.3 化学工厂和炼油厂管道

ANSI B31.4 液体石油输送管道系统

ANSI B31.8 输气和分配管线系统

API Publ 2217A 在石油工业含惰性气体限制空间内工作的指南

API RP 12R1 储罐的安装、维护、检查和修理作业的推荐作法

API RP 14C 海洋生产平台基础表面安全系统分析、设计、安装和测试的推荐作法

API RP 500 石油设施上的电气安装分区推荐作法

ISA - S12.15 检测仪器的性能要求

NACE MR 0175 油田用设备的抗硫化物应力开裂金属材料的标准要求

NFPA 496 毒性物质环境（分级）中的电气设备的吹扫和封闭加压

《压力容器安全技术监察规程》质量技术监督局锅发 [1999] 154 号

《海洋石油作业硫化氢防护安全要求》（1989）原中华人民共和国能源部海洋石油作业安全办公室

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

可接受的上限浓度 (ACC) acceptable ceiling concentration

在每班 8h 工作的任意时间内，人员可以处于空气污染物低于该浓度的工作环境。但是，当高于

以 8h 为基准的可承受的上限浓度时，规定了一个可承受的最高峰值浓度和相应的时间周期。

3.2

呼吸区 breathing zone

肩部正前方直径在 15.24cm~22.86cm (6in~9in) 的半球型区域。

3.3

硫化氢连续监测设备 continuous hydrogen sulfide monitoring equipment

能连续测量并显示大气中硫化氢浓度的设备。

3.4

紧急反应二级指标 emergency response planning guide-level (ERPG-2)

空气中传播的最大浓度，低于此限时，确保人在此环境中暴露 1h 不会出现不可逆转的或严重的健康影响或妨碍人采取保护措施的能力。

3.5

封闭设施 enclosed facility

一个至少有 2/3 的投影平面被密闭的三维空间，并留有足够尺寸保证人员进入。对于典型建筑物，意味着 2/3 以上的区域有墙、天花板和地板（见 SY/T 0025—95）。

3.6

基本人员 essential personnel

进行正确的、谨慎的安全操作所需要的人员以及对硫化氢和二氧化硫状况进行有效控制所需的人员。

3.7

气体检测仪 gas detection instrument

由电子、机械和化学元件构成，能对空气混合物中化学气体进行连续检测和响应的仪器。

3.8

硫化氢 hydrogen sulfide

化学分子式为 H_2S ，一种可燃、有毒气体，通常比空气重，有时存在于油气开采和气体加工的流体中。

警示：吸入一定浓度硫化氢会导致受伤或死亡（参见附录 C）。

3.9

立即威胁生命和健康的浓度 (IDLH) immediately dangerous to life and health

有毒、腐蚀性的、窒息性的物质在大气中的浓度，达到此浓度会立刻对生命产生威胁或对健康产生不可逆转的或延迟性的影响，或影响人员的逃生能力。（美国）国家职业安全与健康学会（NIOSH）规定硫化氢的立即威胁到生命和健康的浓度（IDLH）为 $450\text{mg}/\text{m}^3$ （300ppm），二氧化硫的立即威胁到生命和健康的浓度（IDLH）为 $270\text{mg}/\text{m}^3$ （100ppm）。API Publ 2217A 规定氧含量低于 19.5% 为缺氧，低于 16% 为 IDLH 浓度。

3.10

不良通风 inadequately ventilated

通风（自然或人工）无法有效地防止大量有毒或惰性气体聚集，从而形成危险。

3.11

显色长度检测仪 length-of-stain detector

特殊设计的泵及比色指示剂试管探测仪，带有检测管。将已知体积的空气或气体泵入检测管内，管内装有化学剂，可检测出样品中某种气体的存在并显示其浓度。试管中合成色带的长度反映样品中指定化学物质的即时浓度。

3.12

允许暴露极限 (PEL) permissible exposure limit

相关国家标准中规定的吸入暴露极限。这些极限可以以 8h 时间加权平均数 (TWA)、最高限制或 15min 短期暴露极限 (STEL) 表示。PEL 可以变化, 用户宜查阅相关国家标准的最新版本作为使用依据。

3.13

应 shall

表示“推荐作法”对该特定的活动具有普遍的适用性。

3.14

就地庇护所 shelter-in-place

该概念是指通过让居民呆在室内直至紧急疏散人员到来或紧急情况结束, 避免暴露于有毒气体或蒸气环境中的公众保护措施。

3.15

宜 should

指一种推荐作法; 1) 该作法是一种可用的安全而可比较的选择作法; 2) 该作法在某一特定的环境下可能不实际; 3) 该作法在某一特定的环境下可能不必要。

3.16

二氧化硫 sulfur dioxide

化学式为 SO_2 。燃烧硫化氢时产生的有毒产物, 通常比空气重。

警告: 吸入一定浓度二氧化硫会导致受伤或死亡 (参见附录 D)。

3.17

阈值 threshold limit value (TLV)

几乎所有工作人员长期暴露都不会产生不利影响的某种有毒物质在空气中的最大浓度。硫化氢的阈值为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm), 二氧化硫的阈值为 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm)。

3.18

安全临界浓度 safety critical concentration

工作人员在露天安全工作 8h 可接受的硫化氢最高浓度 [参考《海洋石油作业硫化氢防护安全要求》(1989) 中硫化氢的安全临界浓度为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ (20ppm)]。

3.19

危险临界浓度 dangerous threshold limit value

达到此浓度时, 对生命和健康会产生不可逆转的或延迟性的影响 [参考《海洋石油作业硫化氢防护安全要求》(1989) 中硫化氢的危险临界浓度为 $150\text{mg}/\text{m}^3$ (100ppm)]。

3.20

含硫化氢天然气 nature gas with hydrogen sulfide

指天然气、凝析油或酸性原油系统中气体总压等于或高于 0.4MPa, 而且该气体中的硫化氢分压等于或高于 0.0003MPa。

4 适用性

4.1 人员和设备保护

在油气生产和处理加工中, 应评估环境的苛刻程度。环境评估中至少要执行以下的方法:

a) 如果工作场所的硫化氢浓度超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) 或工作场所的二氧化硫浓度超过 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm), 宜提供人员保护。以下为本条款不适用的情况:

1) 硫化氢在大气中的浓度不会超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm), 或

2) 二氧化硫在大气中的浓度不会超过 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm)。

- b) 应在耐硫化物应力开裂和腐蚀的基础之上选择设备和材料，参见第8章和 NACE MR 0175 关于材料和设备选择的推荐作法。当气体中硫化氢分压不超过 0.35kPa (0.05psia) 或者在酸性原油的气相中不超过 68.95kPa (10psia) 时，本设备和材料的选择方法条款不适用（参见附录 F 中的 F.1.1 及 F.1.2）。

某些条件下可能需要采取更多个人安全措施，但可以使用常规设备和材料；其他条件下可能需要使用特殊设备和材料，但个人安全措施要求最低；而有些条件下对两者都有要求。

本标准使用了不同动作的“启动水平”用于保证人员与公众的安全。启动水平的建立参考了限值。

本标准推荐硫化氢阈限值为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) (8h TWA)，推荐二氧化硫阈限值为 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm) (体积分数)。

4.2 法律要求

本标准提供了有利于保护公众暴露于潜在的浓度危险的硫化氢和二氧化硫之中的推荐作法和预防方法，并附以可信的参考资料。这些推荐的作法认识到业主、生产经营单位、承包商和他们的雇员有不同的责任，这可能实际上是包含在契约中的。推荐作法的目的不是要改变各方面的契约关系。这里有些推荐方法是政府法律和规则规范强制要求的。由于这些要求在功能上和地理上不同，没有指明这些推荐作法中哪些是可选的，哪些是要求的。在有冲突的情况下，本标准的使用者应查阅各地区的相关规则，确保在特殊作业中正确的使用。

4.3 危险性告知（员工知情权）

执行本标准作业的所有员工应经常了解和掌握所在环境危险性的基本情况。

业主或生产经营单位应按照 7.6c) 的内容发布所发生的危险情况及危险程度和要求。

4.4 公众知晓权

作业场所附近的居民对紧急情况下生产设施向环境释放有毒物质有知情权。业主或生产经营单位应按照 7.6c) 的规定向政府有关部门报告。

4.5 危险废弃物处理

油气作业中，对某些危险废弃物（如果有的话）的清除、处理、储存和丢弃应符合有关规范和政府法令的要求。

5 人员培训

5.1 概述

涉及潜在硫化氢的油气开采区域的生产经营单位应警示所有人员（包括雇主、服务公司和承包商）作业过程中可能出现硫化氢的大气浓度超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm)、二氧化硫的大气浓度超过 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm) 的情况。在硫化氢或二氧化硫浓度可能会超过 4.1a) 中规定值的区域工作的所有人员在开始工作前都直接受培训。所有雇主，不论是生产经营单位、承包商或转包商，都有责任对他们自己的雇员进行培训和指导。被指派在可能会接触硫化氢或二氧化硫区域工作的人员应接受硫化氢防护安全指导人（见 5.6）的培训。

5.2 基本培训

在油气生产和气体处理中，培训和反复训练的价值怎么强调都不过分。特定装置或作业的特性或复杂性将决定指定员工所要进行培训的程度和范围，然而，下面的几点是对定期作业人员的最低限度的培训要求：

- 硫化氢和二氧化硫的毒性、特点和性质（参见附录 C、附录 D）；
- 硫化氢和二氧化硫的来源；
- 在工作场所正确使用硫化氢和二氧化硫检测设备的方法；

- d) 对现场硫化氢和二氧化硫检测系统发出的报警信号及时判明并作出正确响应；
- e) 暴露于硫化氢的症状（参见附录 C），或暴露于二氧化硫的症状（参见附录 D）；
- f) 硫化氢和二氧化硫泄漏造成中毒的现场救援和紧急处理措施；
- g) 正确使用和维护正压式空气呼吸器以以便在含硫化氢和二氧化硫的大气中工作（理论和熟练的实际操作）；
- h) 已建立的保护人员免受硫化氢和二氧化硫危害的工作场所的作法和相关维护程序；
- i) 风向的辨别和疏散路线（见 6.7）；
- j) 受限空间和密闭设施进入程序（如适用）；
- k) 为该设施或作业制定的紧急响应程序（见第 7 章）；
- l) 安全设备的位置和使用方法；
- m) 紧急集合的地点（如果设定了的话）。

5.3 现场监督人员的培训

现场监督人员还需要增加以下培训：

- a) 应急预案中监督人员的责任（见第 7 章）；
- b) 硫化氢对硫化氢处理系统的影响，如腐蚀、变脆等。

5.4 再次培训

执行一个正式的重新培训的计划，以熟练掌握 5.2 和 5.3 中提到的各项内容。

5.5 来访者和其他临时指派人员的培训

来访者和其他临时指派人员进入潜在危险区域之前，应向其简要介绍出口路线、紧急集合区域、所用报警信号以及紧急情况的响应措施，包括个人防护设备的使用等。这些人员只有在对应急措施和疏散程序有所了解后，有训练有素的人员在场时，才能进入潜在危险区域。如出现紧急情况，应立即疏散这些人员或及时向他们提供合适的个人防护设备。

5.6 硫化氢防护安全指导人

硫化氢防护安全指导人指已圆满地完成了某机构或组织进行的硫化氢安全培训课程，或接受过公司指定的硫化氢安全监督人员/培训人员的同等程度的指导，或有同等安全监督人员/培训人员资历的人。为了保证安全指导人的熟练性和全面性，应进行再培训。

5.7 安全交底

根据现场具体状况召开硫化氢防护安全会议，任何不熟悉现场的人员进入现场之前，至少应了解紧急疏散程序。

5.8 补充培训

对于在工作中可能暴露在硫化氢和二氧化硫环境中的人员来说，安全培训是一个连续的计划。有效的连续进行的培训能够保证人员了解工作中潜在的危险、怎样进出封闭设施、怎样在密闭装置中工作、相关的维护程序及清洁方法。在这些培训计划中，一些适当的辅助材料是非常有用的。在培训计划中，可以采用影片、手册、出版物或文件，还有讲座、示范及咨询等辅助材料。

5.9 记录

所有培训课程的日期、指导人、参加人及主题都应形成文件并记录，其记录宜至少保留两年。

5.10 其他有关人员安全的考虑

5.10.1 封闭设施和有限空间的进入

进入封闭设施和有限空间作业应进行培训，培训内容见 SY/T 6458。

含有已知或潜在的硫化氢危险的密闭空间，应对其实施严格的进出限制。通常这些地方没有良好的通风，也没有人操作。此类密闭区包括罐、处理容器、罐车、暂时或永久性的深坑、沟等。进入有限空间必须经过许可。进入有限空间的许可至少包括：

- a) 表明作业位置。

- b) 许可证发放日期和有效期。
- c) 指定测试要求和其他保障安全地进行工作的条件。
- d) 保证进行足够的监测以便能够确认硫化氢、氧或烃的浓度不会着火或对健康构成危害。
- e) 拟定的操作程序得到批准。

作为对上述的 5.10.1d) 的替代, 可以在操作过程中正确地穿戴了个人正压式空气呼吸器; 但是应保证足够的监测以确认密闭装置内不存在可燃的烃类混合物。有限空间的进入许可要求参见 SY/T 6458。

在进入密闭装置 (如装有含有危险浓度的硫化氢的储存油气、产出水加工处理设备的厂房) 之前应特别地小心。人员在进入时, 应该确定不穿戴正压式空气呼吸器是安全的; 或者必须穿戴正压式空气呼吸器。此外, 良好的通风可以减小密闭装置内有害气体的浓度。

5.10.2 呼吸问题

已知其生理或心理状况会影响正常呼吸的人员, 如果使用正压式空气呼吸器或接触硫化氢或二氧化硫会使其呼吸问题复杂化, 不应指派其到可能接触硫化氢或二氧化硫的环境中工作。

日常工作需要使用正压式空气呼吸器的人员应进行定期检查以确定其生理及心理的健康情况是否适于使用正压式空气呼吸器。

6 个人防护装备

6.1 概述

本章讨论了一些用于油气生产和气体处理的工作环境中使用的个人防护装备, 这些工作环境中硫化氢浓度有可能超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) 或二氧化硫浓度有可能超过 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm)。在配备有个人防护装备的基础上, 应对员工进行选择、使用、检查和维护个人防护装备的培训。

6.2 固定的硫化氢监测系统

用于油气生产和气体加工中的固定的硫化氢监测系统包括可视的或能发声的警报, 要安装在整个工作区域都能察觉的位置。直流电系统的电池在使用中要每天检查, 除非有自动的低压报警功能。有关硫化氢监测系统的评价和选择见第 10 章。

6.3 便携式检测装置

如果大气中的硫化氢浓度达到或超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm), 就应配置便携式检测装置。评价、选择和维护硫化氢监测装置详见第 10 章。当大气中的硫化氢浓度超过所用的硫化氢检测装置的测量范围, 就应配置带有泵和检测管的比色指示管检测仪 (显色长度), 以便取得瞬时气体样品, 确定密闭装置、储罐、容器等中的硫化氢浓度。

如果大气中的二氧化硫浓度会达到或超过 6.1 中规定的值, 应有便携式二氧化硫检测装置或带检测管的比色指示管检测仪, 以确定此地区的二氧化硫浓度, 并监测受含有硫化氢的流体燃烧所产生的二氧化硫影响的地区。在此环境中的人员应使用呼吸装备见 6.4, 除非能确认工作区的大气是安全的。

6.4 呼吸装备

所有的正压式空气呼吸器都应达到相关的规范要求。下面所列全面罩式呼吸保护设备, 宜用于硫化氢浓度超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) 或二氧化硫浓度超过 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm) 的作业区域。

- a) 自给式正压/压力需求型正压式空气呼吸器: 在任何硫化氢或二氧化硫浓度条件下均可提供呼吸保护。
- b) 正压/压力需求型空气管线正压式空气呼吸器: 配合一带低压警报的自给式正压式空气呼吸器, 额定最短时间为 15min。该装置可允许使用者从一个工作区域移动到另一个工作区域。
- c) 正压/压力需求型空气管线正压式空气呼吸器: 带一辅助自给式空气源 (其额定工作时间最短为 5min)。只要空气管线与呼吸空气源相连通, 就可穿戴该类装置进入工作区域。额定工作时间少于 15min 的辅助自给式空气源仅适用于逃生或自救。

若作业人员在硫化氢或二氧化硫浓度超过 4.1a) 中规定值的区域或空气中硫化氢或二氧化硫含量不详的地方作业时, 应使用带有出口瓶的正压/压力需求型空气管线或自给式正压式空气呼吸器, 适当时应带上全面罩。

警示: 在可能会遇到硫化氢或二氧化硫的油气管井井下作业中, 不应使用防毒面具或负压压力需求型正压式空气呼吸器。

6.4.1 储存和维护

个人正压式空气呼吸器的安放位置应便于基本人员能够快速方便地取得。基本人员是指那些必须提供正确谨慎安全操作的人员以及需要对有毒硫化氢或二氧化硫条件进行有效控制的人员 (见 7.5)。针对特定点而制定的应急预案可要求配备额外的正压式空气呼吸器 (见第 7 章)。

正压式空气呼吸器应存放在方便、干净卫生的地方。每次使用前后都应应对所有正压式空气呼吸器进行检测, 并至少每月检查一次, 以确保设备维护良好。每月检查结果的记录, 包括日期和发现的问题, 应妥善保存。这些记录宜至少保留 12 个月。需要维护的设备应作好标识并从库房中拿出, 直到修好或更换后再放回。正确保存、维护、处理与检查, 对保证个人正压式空气呼吸器的完好性非常重要。应指导使用者如何正确维护该设备, 或采取其他方法以保证该设备的完好。应根据生产商的推荐作法进行操作。

6.4.2 面罩式呼吸装备的限制

符合 6.4 要求的全面罩正压式空气呼吸器宜用于硫化氢浓度超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) 或二氧化硫浓度超过 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm) 的工作区域。使用者不应配戴有镜架伸出面罩密封边缘的眼镜。采用合格的适配器, 可将校正式镜片安装在正压式空气呼吸器面罩内。

在使用呼吸保护设备之前, 应确保戴上指定或随意选择的未指定正压式空气呼吸器后面部密封效果良好。如果某一正压式空气呼吸器的面部密封效果不好, 必须向该员工提供另一满意的正压式空气呼吸器, 否则该员工不能在存在或可能存在危险的作业区域工作。

6.4.3 空气的供给

呼吸空气的质量应满足下述要求:

- 氧气含量 19.5%~23.5%;
- 空气中凝析烃的含量小于或等于 5×10^{-6} (体积分数);
- 一氧化碳的含量小于或等于 $12.5\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm);
- 二氧化碳的含量小于或等于 $1960\text{mg}/\text{m}^3$ (1000ppm);
- 没有明显的异味。

6.4.4 空气压缩机

所用的呼吸空气压缩机应满足下述要求:

- 避免污染的空气进入空气供应系统。当毒性或易燃气体可能污染进气口的情况发生时, 应对压缩机的进口空气进行监测。
- 减少水分含量, 以使压缩空气在一个大气压下的露点低于周围温度 $5^\circ\text{C} \sim 6^\circ\text{C}$ 。
- 依照制造商的维护说明定期更新吸附层和过滤器。压缩机上应保留有资质人员签字的检查标签。
- 对于不是使用机油润滑的压缩机, 应保证在呼吸空气中的一氧化碳值不超过 $12.5\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm)。
- 对于机油润滑的压缩机, 应使用一种高温或一氧化碳警报, 或两者皆备, 以监测一氧化碳浓度。如果只使用高温警报, 则应加强入口空气的监测, 以防止在呼吸空气中的一氧化碳超过 $12.5\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm)。

6.4.5 呼吸装备的使用

进入硫化氢浓度超过安全临界浓度 $30\text{mg}/\text{m}^3$ (20ppm) 或怀疑存在硫化氢或二氧化硫但浓度不

详的区域进行作业之前，应戴好正压式空气呼吸器（参见附录 C 和附录 D），直到该区域已安全或作业人员返回到安全区域。

警示：在进行救援或进入危险环境之前，应首先在安全的地方戴上正压式空气呼吸器。

6.5 待命的救援人员

当人员在立即威胁生命和健康的硫化氢或二氧化硫环境中工作时（参见附录 C、附录 D），应有经过救援技术培训的和配有救援装备包括呼吸装备的救援人员待命。

6.6 救援设备

在硫化氢、二氧化硫或氧气浓度被认为是生命或健康有即时危险的浓度（IDLH）的场所，应配备合适的救援设备，如自给式正压式空气呼吸器、救生绳及安全带等。不同情况所需的救援设备的类型有所不同，具体取决于工作类型。宜咨询熟悉救援设备的合格人员来确定某一特定现场作业环境中宜配备何种救援设备。

6.7 风向标

在油气生产和天然气的加工装置操作场地上，应遵循有关风向标的规定，设置风向袋、彩带、旗帜或其他相应的装置以指示风向。风向标应置于人员在现场作业或进入现场时容易看见的地方。

6.8 警示标志

在加工和处理含硫化氢采出液的设施的适当位置（例如进口处），可能会遇到硫化氢气体时，应遵循设置标志牌的规定，在明显的地方（如入口）张贴如“硫化氢作业区——只有监测仪显示为安全区时才能进入”，或“此线内必须佩戴呼吸保护设备”等清晰的警示标志。

7 应急预案（包括应急程序）指南

7.1 概述

生产经营单位应评估目前的或新的涉及硫化氢和二氧化硫的作业，以决定是否要求有应急预案、特殊的应急程序或者培训。这种评价应确定潜在的紧急情况 and 其对生产经营单位及公众的危害。如果需要应急预案，应按政府的有关要求制定。

7.2 范围

应急预案应包括应急响应程序，该程序提供有组织的立即行动计划以警报和保护现场作业人员、承包方人员及公众。应急预案应考虑硫化氢和二氧化硫浓度可能产生危害的严重程度和影响区域；还应考虑硫化氢和二氧化硫的扩散特性（参见附录 E 或其他公认的扩散模型）；包括本章所列的所有可适用条文的预防措施。另外，要求设施作业者指定一位应急协调人，以便在应急预案编制中与当地应急预案委员会协调。

7.3 应急预案的可获得性

所有有责任执行应急预案的人员都应得到应急预案，不论平时他们的岗位在哪里。

7.4 应急预案的信息

应急预案宜包括但不限于下述条款：

a) 应急程序：

- 1) 人员责任（见 7.5）。
- 2) 立即行动计划（见 7.6）。
- 3) 电话号码和联系方式（见 7.7）。
- 4) 附近居民点、商业场所、公园、学校、宗教场所、道路、医院、运动场及其他人口密度难测的设施等的具体位置。
- 5) 撤离路线和路障的位置。
- 6) 可用的安全设备（呼吸装备的数量及位置）。

b) 硫化氢和二氧化硫的特性：

- 1) 硫化氢的特性参见附录 C。
 - 2) 二氧化硫的特性参见附录 D。
- c) 设施描述、地图、图纸：
- 1) 装置。
 - 2) 注水站。
 - 3) 井、油罐组、天然气处理装置、管线等。
 - 4) 压缩设备。
- d) 培训和演练（见 7.8）：
- 1) 基本人员的职责。
 - 2) 现场和课堂训练。
 - 3) 告知附近居民在紧急情况下的适当保护措施。
 - 4) 培训和参加人员的文件记录。
 - 5) 告知当地政府官方有关疏散或就地庇护所等的要点。

7.5 人员的责任

应急预案应指出所有训练有素人员的职责。要禁止参观者和非必要人员进入大气中硫化氢浓度超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) 或二氧化硫浓度超过 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm) 的区域（见 4.1、参见附录 C 和附录 D）。

7.6 立即行动计划

每个应急预案都宜包括一个简明的“立即行动计划”，在任何时间接到硫化氢和二氧化硫有潜在泄漏危险时，应由指定的人员执行计划。为了保护工作人员（包括公众）和减轻泄漏的危害，立即行动计划宜包括并且不仅仅包括以下内容：

- a) 警示员工并清点人数。
 - 1) 离开硫化氢或二氧化硫源，撤离受影响区域。
 - 2) 戴上合适的个人正压式空气呼吸器。
 - 3) 警示其他受影响的人员。
 - 4) 帮助行动困难人员。
 - 5) 撤离到指定的紧急集合地点。
 - 6) 清点现场人数。
- b) 采取紧急措施控制已有或潜在的硫化氢或二氧化硫泄漏并消除可能的火源。必要时可启动紧急停工程序以扭转或控制非常事态。如果要求的行动不能及时完成以保护现场作业人员或公众免遭硫化氢或二氧化硫的危害，可根据现场具体情况，采取以下措施。
- c) 直接或通过当地政府机构通知公众，该区域井口下风方向 100m 处硫化氢或二氧化硫浓度可能会分别超过 $75\text{mg}/\text{m}^3$ (50ppm) 和 $27\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm)。
- d) 进行紧急撤离。
- e) 通知电话号码单上最易联系到的上级主管。告知其现场情况以及是否需要紧急援助。该主管应通知（直接或安排通知）电话号码单上其他主管和其他相关人员（包括当地官员）。
- f) 向当地官员推荐有关封锁通向非安全地带的未指定路线和提供适当援助等作法。
- g) 向当地官员推荐疏散公众并提供适当援助等作法。
- h) 若需要，通告当地政府和国家有关部门。
- i) 监测暴露区域大气情况（在实施清除泄漏措施后）以确定何时可以重新安全进入。

在出现另外的更为严重的情况时，7.6 应做更改，以使之适应。某些行动，特别是涉及公众的行动，应该同政府官员协商。

7.7 应急电话号码表

作为应急预案的一部分，宜准备一份应急电话号码表，以便出现硫化氢或二氧化硫紧急情况时与以下单位联系：

- a) 应急服务：
 - 1) 救护车；
 - 2) 医院；
 - 3) 医生；
 - 4) 直升机服务；
 - 5) 兽医。
- b) 政府组织：
 - 1) 地方应急救援委员会；
 - 2) 国家应急救援中心；
 - 3) 消防部门；
 - 4) 其他相关政府部门。
- c) 生产经营单位和承包商：
 - 1) 生产经营单位；
 - 2) 承包商；
 - 3) 相关服务公司。
- d) 公众。

7.8 培训和训练

在涉及硫化氢和二氧化硫的油气作业应急相应程序中，培训和训练的价值怎么强调也不过分。在应急预案中列出的人员都应进行适当的培训。重要的是，培训能提供对每一项任务的重要性的了解，以及对执行有效应急响应的每个人的作用的了解。

在紧急情况的训练中，可以以**演练和模拟**的方式进行。学员**演练或演示**他们的职责是一个重要的方法，使他们意识到应急预案的重要性并保持警惕。演练可以是讲课或是课堂讨论，或是在设备上进行的真实的训练，检查通信设备，将“伤员”送到医院。这些演练应该通知地方官员（最好有他们参加）。在测试一个方案之后，还要进行修订和再测试，直到确认它的可行性和可靠性。

7.9 条款的更新

应急预案应定期检查，并在其规定条款和范围变化时随时更新（见 9.24）。

8 设计和建造

8.1 设计指南

本章的推荐方法用于流体中硫化氢和二氧化硫含量在 SY/T 0599 和 NACE MR 0175 范围内的气体处理和加工。NACE MR 0175 在设计和建造其他处理硫化氢的设施时也是很有用的参考。酸性环境（含硫化氢和二氧化硫）的定义见附录 F。所有的压力容器设计和建造必须执行 GB 150 和《压力容器安全技术监察规程》。所有的管输系统的设计和建造应与 ANSI B31.3、ANSI B31.4 和 ANSI B31.8 适用条款一致。

加工制造的设备必须在设计、建造、测试和通过等方面达到或超过在硫化氢环境下服务的系统要求，安装必须达到与有关规范和工业上采用的标准。

8.1.1 处理和机械上的考虑

装置设计中要考虑的因素包括但不限于：硫化氢浓度、大气和作业温度的影响、系统压力、pH 值、系统流体的水分含量、系统部件的机械应力、由于腐蚀和结垢引起的作业和系统部件、物理强度的变化以及某个作业中可能会导致系统产生伤害的特殊条件。

8.1.2 设计上的考虑

为了使内部腐蚀最小化，管路和容器宜设计和安装得使流体流动充分（包括管路尽头），如果达不到这个要求，宜采取措施排出积液。排出含硫化氢液体的系统宜设计为能够防止硫化氢从装置的一个地方运移到另一个地方。

8.1.3 材料上的考虑

当用于硫化氢条件下时，很多材料会由于脆性而不能使用，这是被称为硫化物应力开裂（SSC）的脆化引起的。一定材料对 SSC 的敏感性随着强度和拉力的增加而增加。材料的硬度通常用作其强度的直接测量方法并且有时作为限制因素。天然气开发和气体加工处理用装置的某些部件在发生硫化物应力开裂时会引起不可控制的硫化氢释放，这些部件的材料要求能抗硫化物应力开裂（见 8.1.4）。

8.1.4 材料选择

能够在硫化氢条件下使用的金属材料在 SY/T 0599 和 NACE MR 0175 中都进行了描述，在选择材料时应查阅这些标准的最新版本。这些标准应作为最起码的标准，以便于设备作业人员在更苛刻的条件下使用。但是其他形式的腐蚀和破坏（如坑蚀、氢诱发裂纹和氯化物引起的断裂）在设计和作业设备的时候都应加以考虑。控制除 SSC 外的机械破坏还可以采用化学防护、材料选择和环境控制等方法。附录 F 给出了酸性环境的定义和什么条件应采用抗 SSC 材料的曲线图。本标准的使用者应该查阅上述标准的最新版本。

8.1.4.1 由于使用条件的严格性，使用者应要求设备生产厂家具有用于含硫化氢条件使用的设备制造资质。需要充分的质量保证步骤以确认制造商具有生产设备原件和改进设备的能力。

8.1.4.2 SY/T 0599 和 NACE MR 0175 中都没有列出可用于硫化氢条件下的材料，在使用者或制造者经过认证和可接受的实验程序测试之后，也可用于硫化氢条件。在制造商和用户之间应有一个书面的协议。认证和可接受的实验程序是指能够证明该材料的性能好于或等同于 SY/T 0599 和 NACE MR 0175 中所列出的材料的实验程序，进行实验室试验或在模拟真实条件下进行测试。材料的适合性必须有适当的文件说明，其中要包括对材料的详细描述、加工处理和试验步骤。实验室、现场或其他环境下的结果或使用性能宜记录形成书面材料。使用者和制造商都要保存并能够提供材料适合性的文件。材料的使用要满足可适用规范的要求。

8.1.5 地点的选择

在选择设施地点的时候，要考虑到主风向、气候条件、地形、运输路线及可能的人口稠密地区和公共地区，也要考虑到维持进口和出口路线的清楚无障碍，使有限空间区域最小。在场地的选择中，还应考虑适用的法规对于位置、空间距离、火炬高度或放空排空烟囱的高度的要求。

8.1.6 警告方法

装置设计的时候要提供对于危害性事故和条件的警告方法。宜提供以下仪器和设备：硫化氢监测仪、报警器（可视或发声的）、工艺监测装置（如压力和流速传感器）等。对于在安装地点将出现的自然和环境条件，生产经营单位宜详细说明，设计者也宜加以考虑。

8.2 建造指南

在 8.1 中所描述装置的建造应服从以下适用的推荐作法。

8.2.1 制造和连接部件

在焊接连接管线和系统部件时，宜使用其组成和尺寸都适合于推荐温度下的焊条。预热、后加热、应力解除和硬度控制的要求要与焊接程序规范一致。宜选择符合 SY/T 0599 或 NACE MR 0175 要求的螺栓和垫圈。所有的管线排列宜合理，所有的系统部件宜有正确的支撑以减轻应力。

8.2.2 人员资质

系统部件的制造和管线的连接宜由经验丰富并有资质的工人来完成。要求焊工通过技术考试并取得国内权威部门认可的相应资质。焊接工人只能从事他们所取得的有效资质的材料和工艺的焊接。

8.2.3 设备的作业和保管

用于装置建造、重建、修理和日常维护的材料和设备在保管和作业的时候要注意不要破坏其整体性。设备安装好后没有立即使用或要求保管一段时间时，要采取预防措施以防止腐蚀、污垢、变质和其他有害的影响。可靠的仓库保管控制方法要保证不要将不能够在硫化氢条件下使用的材料和设备错误地用于硫化氢条件。

8.2.4 检查

带压的部件应彻底清洁和进行压力测试。连接部分要进行非破坏性试验（如超声波和 X 光检测）。最终的装置检查要由有资历的人来完成，检查该装置是否按照设计规范和法规规定的材料建造的，标识所用的材料是否适合于服务目的。

8.2.5 修理

设备或系统受到的损害或磨损超过一定范围，其安全性和可靠性值得怀疑时，不应继续使用或放置于使用环境中。容器、管线和设备的修理应由有经验的、如有需要应具有资质的人按照有关规范来完成。只有兼容的并能够在硫化氢条件下使用的材料才能使用或替换原有的材料。

8.3 电气设计上的考虑

除了有毒之外，硫化氢在空气中的体积浓度在 4.3%~46% 范围内是可燃的。用于甲烷—硫化氢混合物，硫化氢体积浓度达到 25% 或更高的条件下的电子设备应满足 1 级 C 组地区分级的要求，见 SY/T 0025—95 中 4.5。

9 作业方法

9.1 概述

本章讨论在涉及硫化氢条件下为保持设备完整性和作业连续性而要求遵从的作业方法参见 4.1。每套设备的安装和工作程序都应尽可能经常检查，以发现诸如作业方法或设备上需要改变的地方。油气生产中的注水和其他增产作业会导致细菌的繁殖而引起水中溶解的硫化氢随时间而增加，出现在产出流体中。

9.2 紧急程序

应急作业和关停程序应张贴，或易于为作业人员取得。

9.3 测试程序

产出液体中的气相组分测试应定期进行以检测其中的硫化氢浓度。要求建立程序，对硫化氢检测和监测设备、报警装置、强制排空系统及其他安全装置的作业进行定期的常规性能检测。这些检测的结果要记录下来。

9.4 安全工作方法

宜为操作和维护（如罐的测量、水管线爆裂、线路维修、换阀门、取样等）设计安全操作程序，这样才能避免由于硫化氢释放引起的危险。当人员要在硫化氢或二氧化硫浓度可能超标（见 4.1）的条件下进行维护和操作工作时，事先要进行安全检查。显眼的警告标志，如“硫化氢操作区——只有硫化氢监测设备表示该区域安全时才能进入”或“超过此线必须穿戴正压式空气呼吸器”等，在处理 and 加工含有硫化氢的产出流体区域要一直竖立这些标志（应用细节见 4.1）。

9.5 泄漏检查

在处理产出流体的系统中，如果有可能引起大气中的硫化氢浓度超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ （10ppm），宜使用硫化氢监测系统或程序（如可视观察、肥皂泡测试、便携式检测仪、固定监测设备等）来监测硫化氢的泄漏。对于密闭装置尤其重要（见第 12 章）。

9.6 安全工作许可

对于没有事先建立操作程序的工作，宜使用一个概述了经过特别认可的规定的安全预防措施的文件资料（加热工作许可证、按照所列条目进行的检查表）。文件资料宜包括：要求的个人防护设备；宜

被正确盲封、空置或解脱连接的设备；应该正确排空的设备和管线，在处理加工区域挖掘掩埋的管线的操作程序等。

9.7 阀门、连接件和测量仪表

阀门、法兰、连接件、测量仪表和其他部件都宜经常检查以发现需要检测、修理和维护。要调查和确定设备运转不良的原因。如果原因是由于不适应在硫化氢条件下工作，就宜考虑更换设备和工作方法。

9.8 机械采油井

宜观察机械采油井在有可能发生泄漏或故障的操作条件的任何变化。井口压力、油气水比例、流速以及其他参数的明显变化都宜被评价，以防止泄漏或故障。

9.9 自喷井

宜定期对自喷井的环型空间进行测试，看是否有压力变化。压力的变化也许预示着井筒内封隔器、油管或套管的故障。宜评价流体体积或流速、流体腐蚀性和地面压力来确定是否需要整改措施。

9.10 生产管线和集气管线

对生产管线和集气管线以及沿线路面的观察，有利于发现如由于挖掘、建筑、侵入或表面侵蚀造成的管线的故障。

9.11 压力容器

卸压阀和其他压力容器的部件应按照规范要求或公司要求进行检查，见 GB 150、SY/T 6499 和 SY/T 6507。

9.12 卸压和通常的排放装置

卸压和通常的排放装置应该修建在远离工作区的地点，宜设计成使有毒气体得到最大限度的扩散和尽量减少作业人员暴露于含硫化氢环境之中，使用的材料见 8.1.4。

9.13 储存罐

宜注意观察产出液体的储存罐以确定是否需要修理或维护。对罐顶取样器出口密封、检查和清洗板密封、排出管线回压阀等，宜作适宜的维护或更换，参见 API RP 12 R1。

9.14 火炬系统

处理硫化氢达到有害浓度的火炬系统的点火装置要定期检查和维修以保证操作正常。

9.15 监测设备的维护、检测和校准

用于职业硫化氢暴露级别的监测设备应按照制造商的推荐进行定期保养和检查，如果使用环境的湿度高、温度高和粉尘大，那么检查应更频繁。硫化氢监测设备宜定期由具有检验资质的人校准，其校准的频率应当是操作者认可的。设备宜每 3 个月校准一次，不能超过 100d。

9.16 腐蚀监测

宜建立腐蚀监测程序来探测和减轻内外表面的腐蚀，腐蚀会影响在硫化氢条件下工作的设备。

9.17 有限空间的进入

含有已知或潜在的硫化氢危险的密闭空间和严格的进出限制是值得特别注意的。通常这些地方没有良好的通风，也没有人操作。在油气生产和气体加工处理中的此类密闭区包括罐、处理容器、罐车、暂时或永久性的深坑、沟和驳船等。进入有限空间必须经过许可。进入有限空间的许可至少包括：

- a) 表明作业位置。
- b) 日期和许可证的有效期。
- c) 指定测试要求和其他保障安全地进行工作的条件。
- d) 保证进行足够的监测以便能够确认硫化氢、氧或烃的浓度不会构成健康或着火危害。
- e) 拟定的操作程序得到批准。

作为对上述的 9.17d) 的替代，可以在操作过程中正确地穿戴了个人正压式空气呼吸器；但是，应保证足够的监测以确认密闭装置内不存在可燃的烃类混合物。有限空间的进入许可要求参见 SY/T 6458。

9.18 进入密闭装置

在进入密闭装置（如装有含有危险浓度的硫化氢的储存油气、产出水加工处理设备的厂房）之前应特别地小心。个人在进入时，应该确定不穿戴正压式空气呼吸器是安全的，或者必须穿戴正压式空气呼吸器，详见第12章。

9.19 硫化铁预防措施

硫化铁是一种硫化氢与铁或者废海绵铁（一种处理材料）的反应产物，当暴露在空气中，会自然或燃烧。当硫化铁暴露在空气中时，要保持潮湿直到其按适用的规范要求进行了废弃处理。硫化铁垢会在容器的内表面和脱硫过程的胺溶液的过滤元件上积累下来，当暴露在大气中时，就有自然的危险。硫化铁的燃烧产物之一是二氧化硫，必须采取正确的安全措施处理这些有毒物质。

9.20 钻井操作

涉及硫化氢钻井和钻杆测试操作的推荐作法见SY/T 5087。

9.21 取样和测量罐操作的安全预防措施

如果取样或计量的系统含有硫化氢，宜遵守特别的安全预防措施。应测试生产罐内的浓度以确定硫化氢含量（见9.3）。宜测试通常工人呼吸区的浓度，看是否超出了4.1中所给出的级别，是否需要通过过程控制、管理程序或个人呼吸装备（见6.4）来保证取样或计量的操作。测试宜在操作和大气条件下进行，以检测出最大的硫化氢暴露级别。

如果在通常工人呼吸区的硫化氢浓度超过了 $450\text{mg}/\text{m}^3$ （300ppm），除了使用呼吸装备（见6.4）之外，还应采用救援警告和程序（见6.5和6.6）。

9.22 设施的废弃—地面装置

宜采取预防措施以确保达到有害程度的硫化氢不会遗留在废弃的地面设备里，包括埋地管线和地面流程管道。留下的埋地管线和地面流程管道宜经过吹扫净化、封堵塞或加盖帽。容器要用清水冲洗、吹扫并排干，敞开在大气中。宜采取预防措施以防止硫化铁燃烧（见9.19）。

在废弃之前，宜检查容器中是否有天然存在的放射性材料，并要使用正确的安全和处理程序。

9.23 井的废弃

在计划和对井进行永久性的废弃时，宜考虑废弃方法和井的条件。推荐用水泥封隔已知或可能产生达到危险浓度的硫化氢的地层。

9.24 应急预案的修订

操作者宜对变化具有敏锐的观察力，这些变化会导致对应急预案内容的重新考虑和可能的修订，如计划覆盖范围、改变监测设备的安装位置和油田设备的位置。有些变化是宜注意和考虑的，如新的居民、住宅区、商店、公园、学校或道路，还有油气井操作和矿场装置的变化。应急预案和补充预案及其程序的建议见第7章。

10 硫化氢连续监测设备的评价和选择指南

10.1 概述

本章是使硫化氢监测设备的使用者认识到关于设备的一些限定特性和对它们的特性的要求。对于大气环境中的硫化氢含量可能达到危害健康的浓度的监测，已有若干监测原理和分析程序。本指南旨在为选择和应应用硫化氢监测设备方面提供帮助。名词“硫化氢连续监测设备”在这里的意思是能够连续测量和显示周围环境中的硫化氢浓度。本章不适用于个人用硫化氢检测器或显色长度检测器或比色型检测装置。

10.2 概要

所有的监测器，不论是便携式的还是固定的，都应在在可靠的技术和科技原理的基础上设计的，并且材料要符合要求。设计和制造便于其维护和修理。仪器要经过有资质机构的检验，以达到规定的性能要求。设备的安装、操作和维护要符合规定的要求。

通常推荐（往往要求）硫化氢监测设备和其他气体检测仪器等安全系统的电子控制部分安装要达到常供电型（自动防止故障）。意思就是在正常操作过程中要保证电源供应，这样当浓度达到某设定值的时候，设备能发出警告和做出正确的反应。在此条件下，有准备的安全设备的断电和无准备的断电发生时，设备都能够做出正确的反应。如果能够提供在不影响油气生产和气体处理的条件下进行设备测试（或校准）的方法，将是比较理想的。但是要使操作人员明白系统是处于测试（旁通）模式。

为保证正确的应用，推荐提供给制造商一个环境和应用的清单。

10.3 制造特点

以下的制造和可使用性的特点是硫化氢监测设备所希望的。

10.3.1 轻便性

便携式监测仪，包括所有要求部分和部件，其最大质量是 4.54kg (10lb)，最大体积是 0.0283m³ (1ft³)。

10.3.2 便携式监测仪的电源供给

便携式硫化氢监测设备是指自带电源、电池动力的、可以携带或运输的设备。电池组的规范为，在 -10℃ 下干净空气中，可以供电至少 8h，包括 15min 的最大负荷条件（报警、发光等激活状态）。如果要求连续工作超过 8h 或在低于 -10℃ 的环境中工作，应由最终用户向制造商特别提出。

10.3.3 数据显示

监测设备应提供直接的硫化氢浓度的读数 [mg/m³ (ppm)]。

10.3.4 数据输出

在某些场合，有时要求监测设备提供与硫化氢浓度成正比例的信号输出（4mA~20mA）到记录仪或用于其他目的。

10.3.5 操作的简单性

监测设备和检测仪要求容易操作，使那些没有学历背景和并非训练有素的人员也能操作。

10.3.6 操作手册

制造商宜为每台设备提供操作手册。操作手册宜包含完整的操作指导，包括启动程序、预热时间设置、零位校正、校准、报警设置和测试、预防性维护、性能检查和故障检修。带有可充电电源的检测器宜配备充电、蓄电和维持电源的指令。还宜有关于设备用于硫化氢条件下的恢复时间的信息。制造商应提供响应时间的数据和正确操作、设备性能有不利影响的干扰物、污染物、降低设备敏感性物质、水蒸气浓度的清单（见 10.4.7）。操作手册宜包括线路图和易损件预期使用寿命的估计，还宜有所有可替换部件的列表及采购资源。

10.3.7 电气设备编码

任何安装用于或打算用于危险（分级）地点的固定安装的硫化氢监测设备的部件或便携式的硫化氢监测仪都应经过批准并相应地标识。

10.3.8 耐用性

便携式监测仪要有足够的耐用性以承受用户所要求的日常运输、处理和现场环境。详见 ISA-S12.15 推荐的“坠落试验”来评价便携式监测仪的耐用性和“振动试验”来评价固定和便携式监测仪的耐用性。

10.3.9 校准设备

仪器校准所需要的所有附件都宜由制造商负责提供。制造商要提供在任何硫化氢测试浓度下的设备的使用寿命和特殊处理要求。

10.3.10 归零和量程调整

零位和测量范围的调节控制宜于现场调节，监测仪设计宜包括在非实验室环境的用零位和校准气对传感器进行校准的要求。宜提供校准和零位校准需要的所有零部件，并能够在现场环境下使用。

10.3.11 报警系统

固定监测设备应有外部报警器。便携式监测仪宜包含完整的、可发声的、可视的或物理表达（如振动信号）报警器，具体要求由用户提出。硫化氢的报警信号在该安装地点与其他报警信号有区别。

10.3.12 报警回路的测试

宜提供报警和报警输出的测试方法。在操作手册中宜包括测试程序。

10.3.13 远距离取样

便携式监测仪有可能需要配有远距离取样的部件（如探头等）。

便携式监测仪的可选件探头附件，可以允许操作者手动取远处的样品，而不用一直在所取样位置的环境监测。当使用非连续监测设备时，操作者宜参考使用手册来确定正确的远距离取样的样品个数。当设备回到连续监测模式时，宜移开远距离取样的附件。

10.3.14 设备故障报警

所有的监测仪都宜有故障信号（指示器或输出）。

10.3.15 测试范围的指示

测试范围宜显著地标识在设备上。

10.4 性能指南

以下推荐的性能参数适用于固定和便携式监测仪。

10.4.1 精确度

设备的精确度应满足规定的精确度测试的要求。使用者应该知道适用于现场的设备精度等级不是实验室级别的，不要指望两者的精度一样。

10.4.2 零点漂移

设备要求达到规定的“长期稳定性测试”的要求。过大的零点漂移是不正常的，会导致设备的校准周期过短。

10.4.3 预热时间

设备操作手册宜指出电源接通后最短的预热时间。有“预热完毕”的指示是监测设备的理想特征。

10.4.4 响应时间

硫化氢的毒性要求设备具有迅速的响应时间来警告人员潜在的硫化氢浓度超标危险。因此，响应时间在选择和评估这类监测仪时是一个重要参数。

10.4.5 操作湿度的范围

监测仪宜满足规定的“湿度变化测试”的要求。使用者宜根据特定的使用条件向制造商提出操作湿度范围的要求。

10.4.6 操作温度的范围

监测仪宜能适应 $-20^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ （电化学式）和 $-40^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ （氧化式）的温度范围。如果要在超出此范围的条件下使用，使用者应特别提出。

10.4.7 干扰

操作手册宜列出制造商所有知道的对测试有干扰的物质，如一氧化碳、二氧化硫、芳香族硫醇、甲醇、氮氧化物、醛类、二硫化碳、单乙醇胺、二氧化碳、苯和甲烷等，还宜包括影响设备正常操作的水蒸气浓度。

监测和检测设备及传感器不允许液体喷溅也不能灌注，这会严重影响设备性能和可靠性。

10.4.8 现场性能测试

监测仪的现场性能测试宜在“安装”或“使用”的条件下进行。在测试过程中，所有设备和系统部件都宜安装好并进行操作。现场性能测试应包括但不限于：将传感器暴露在含有足够硫化氢的样品中以引起系统的响应；现场性能测试不必进行包括零位和量程调整；现场性能测试中硫化氢浓度不能

超过最大测试浓度。

10.4.9 气流速度

监测仪要达到规定的“气流速度变化试验”的要求。通常可获得的附件可与安装在高气流速度区的探测器连用。

10.4.10 电磁干扰 (EMI)

有些监测仪容易受到 EMI 的影响,尤其是射频干扰 (RFI)。在接近无线电传播和电磁干扰源的地方要警惕。

11 海上作业

11.1 概述

本章介绍一些仅在海上作业的额外的推荐作法。本标准其他各章的内容也适用于海上作业。参见 API RP 14C 附录 F “有毒气体”。

11.2 海上作业的独特性

有些在陆上作业时看来不大的问题在海上作业时就成为严重的问题,这是由于其地点偏远、空间狭窄、逃离和撤离路线受限及复杂的逃离和撤离设备所造成的。

11.3 法律法规的要求

见《海洋石油作业硫化氢防护安全要求》。

11.4 应急预案

在潜在的硫化氢有毒物质大气浓度会出现的海上地方,由于仅有的设施就是海上平台,应急预案就非常重要。第 7 章介绍的应急预案也是适用的,但宜增加内容,它们包括但不限于以下项目:

- a) 培训:所有人员都应对所在位置、路线和逃离设备的使用非常熟悉。在海上经常工作的人员的培训按 5.2 的要求进行,并应熟练使用氧气复苏设备。
- b) 撤离程序:海上作业紧急撤离宜准备好海面 and 空中运输,以在可能有危险或危险出现时撤离访问者和非专业人员,并运进专家和救援设备。要监控可燃性气体(主要是甲烷)和硫化氢,以在运输和转移过程中避免不必要的人员和设备面临起火、爆炸和有毒物浓度超标的危险。如果硫化氢浓度超标的危险迫在眉睫,船和直升飞机尽可能从上风方向到达。

必须为直升飞机和船上的所有人员提供合适的个人正压式空气呼吸器。要计划好撤离路线和登船次序并执行。应定期进行撤离演习。

11.5 同步的操作

当钻井、修井、生产和建造这些操作中有两个或以上在同时进行,必须强调它们之间的协调配合。应指定专人负责同步的操作,指令应传达到所有的工作人员。

12 密闭空间的操作

12.1 概述

本章给出了一些专门针对涉及硫化氢的密闭装置的油气生产和气体加工操作的推荐作法。密闭的装置可能简单如有盖的设备,也可能复杂如寒冷地区的综合的地面或海上的密闭工作区。

12.2 在密闭装置进行操作的独特性

由于密闭装置进行油气生产和气体处理的独特性,存在着含有硫化氢的烃类气体的逸出,尤其是通风不好的时候。通常少量的含有硫化氢的气体泄漏会在密闭的空间内保留,这样一来就会增加对进入密闭空间内的人员的危险,良好的通风能够减少这样的危险。

12.3 设计注意事项

第 8 章介绍了一般密闭装置的设计和建造方法,这里补充在特定的操作条件下的设计考虑,其内容包括但不限于:

- a) 防止可燃性流体进入并接触到高温表面从而引起燃烧。天然气的自燃温度大约是 482℃ (900°F)。其他天然气混合物的自燃温度大约是 371℃~482℃ (700°F~900°F)。硫化氢自燃温度大约是 260℃ (500°F)。
- b) 通风。
- c) 现场正压式空气呼吸器。
- d) 电气设备 (可能是 C 组与 D 组设备要求), 参见 SY/T 0025—95。
- e) 紧急释放和卸压装置及其设置点。
- f) 通过隔膜阀、机械阀和压力调节器进行烃类物质的排空。
- g) 压缩机卸压和排放管线。
- h) 地面排水沟。
- i) 处理排放 (人工和自动)。
- j) 从气体处理设备中排出的乙二醇和胺。
- k) 硫化氢监测系统。

12.4 固定式的硫化氢监测系统

在通常人员进出频繁的地方, 或长时间设置密闭装置的地方, 固定式的硫化氢监测系统 (带有足够的报警) 能够提高安全性。在其他一些地方, 执行人员进入程序可以替代固定式的硫化氢监测系统。

固定式的硫化氢监测系统宜安装在有加工处理含硫化氢流体的设备 (如容器和机械设备等) 的工作区内, 因为当地地是处于下述两种情况时, 这些流体释放会使大气中的硫化氢浓度超过 15mg/m³ (10ppm):

- a) 12.1 和 API RP 500 中描述的密闭环境 (房间、建筑或空间)。
- b) 排空不良 (自然或人工), 不能防止硫化氢—空气混合物中硫化氢浓度超过 15mg/m³ (10ppm)。是否通风良好要根据具体情况评估。

固定式的硫化氢监测系统应带有报警器 (在噪音大的地方还应使用发出可视信号的报警器, 见 10.3.11), 当硫化氢浓度达到预设值的时候报警, 设置值不能超过 15mg/m³ (10ppm)。硫化氢监测系统的校准见 9.15。

在特定的情况下, 固定的可燃性气体监测系统能够先于固定式的硫化氢监测系统 [报警值为 15mg/m³ (10ppm)] 发现大气环境中潜在的危险。例如, 在甲烷混合物中含有 450mg/m³ (300ppm) 的硫化氢释放时, 设置的报警值在 20%LEL (爆炸低限) 的可燃性气体监测系统, 能够在硫化氢浓度为 4.5mg/m³ (3ppm) 时发出警报。

在这些情况下, 宜建立常规的测试程序来监测处理流体的成分, 以确认硫化氢浓度没有增加。如果确认硫化氢浓度增加, 使用者宜校验使用中的监测设备的灵敏度。校验时应考虑到所有会影响监测设备性能的不同变化因素及导致硫化氢浓度在工作环境中增加的因素, 同时也宜考虑一旦监测设备的工作异常或失效, 工作场地大气硫化氢浓度增加的因素。

该选项限定在界定的范围内, 并且在所有限定条件和地点的特定参数都被适当地考虑到了才宜使用。

当空气进入密闭装置或对其进行加压时, 固定式的监测系统也可以用于对密闭装置进口空气的监测, 参见 NFPA 496。

12.5 人员防护技术

要对在所有含有加工处理含硫化氢流体以至大气中硫化氢浓度可能超过 15mg/m³ (10ppm) 的设备 (容器、机械设备等) 的密闭装置内工作的人员提供保护方法, 以防止人员暴露在硫化氢浓度超过 15mg/m³ (10ppm) 的大气中。可接受的方法包括:

- a) 要求人员在进入密闭装置之前和停留在其内时要穿戴正确的正压式空气呼吸器 (见 6.4)。

- b) 安装固定式的硫化氢监测系统（见 6.2，第 10 章及 12.4）。
- c) 使密闭装置正确通风，以维持固定式的硫化氢监测系统所监测的硫化氢浓度不超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ （10ppm）。空气可以循环使用，但是要通过固定式的硫化氢监测系统来保证循环空气中的硫化氢浓度不超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ （10ppm）。
- d) 在进入密闭装置前和停留在内时连续使用便携式硫化氢检测仪（见 6.3）监测硫化氢浓度，确保其不超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ （10ppm）。

注：应该确认，一种是不需呼吸保护设备就可以安全进入，另一种是必须穿戴个人正压式空气呼吸器（见 6.4）。

12.6 警告标识

清晰的警告标识，如“硫化氢操作区域——监测仪显示安全时方可进入”，或“越过此区域必须穿戴正压式空气呼吸器”，这些标识必须永远张贴在通往生产加工含硫化氢流体的密闭装置的所有门口。

注：应遵守法规对标志的要求。

13 天然气处理装置的操作

13.1 概述

本章给出一些只有在涉及硫化氢的天然气处理装置才适用的方法。本标准介绍的其他方法也适用于天然气处理装置。

13.2 一般考虑

典型的天然气处理装置包括比现场操作（例如，油气分离装置）更复杂的过程，这些不同在于：

- a) 含有硫化氢的气体体积可能高于现场条件；
- b) 硫化氢浓度可能高于现场条件；
- c) 一般情况下人员和设备都比现场多；
- d) 人员的工作安排更固定。

这些不同之处通常要求特殊的考虑来保证涉及如容器和管道开口部位操作及有限空间进入等的安全。当上述活动准备进行时，宜召开包括操作、维护、承包人和其他涉及方参加的协调会以保证设施人员了解其所涉及的活动、它们对装置操作的影响及应遵守的必要的安全预防措施。

13.3 天然气处理装置

天然气处理厂内进行着许多气体处理和硫磺回收过程。这些处理可以分为化学反应、物理溶解和吸收过程，还可以细分为再生和非再生的过程。再生过程的化学剂包括胺溶液、热碳酸钾、分子筛和螯合剂。非再生过程的化学剂包括海绵铁、碱吸收液、金属氧化物、直接氧化和其他各种硫磺回收过程。由于这些方法的大多数会导致含硫化氢气体的浓度提高或生成反应产物，操作者应该熟悉该特定装置处理过程中的各种化学和物理特性。如果某一处理装置中所存在的硫化氢总量已经达到了一定界限，应执行国家相关的法律法规的要求。

13.4 建造的材料

天然气处理装置的部件故障会导致不可控制的硫化氢向大气中的释放。这些设备的零部件由于处于硫化物应力环境中，应由抗硫化物应力开裂的材料制造。

13.5 腐蚀监测

宜建立腐蚀监测程序来最小化内部和外部的腐蚀，腐蚀会影响硫化氢的处理设备。

13.6 泄漏检测

在所含有的硫化氢浓度可能引起其在大气中的浓度超过 $15\text{mg}/\text{m}^3$ （10ppm）或更高的气体或液体处理系统中，监测技术或程序（如可视观察、肥皂泡试验、便携式监测仪或固定式监测仪）宜用于监测硫化氢的泄漏。对于密闭装置要格外注意，如控制室、压缩机、储藏室和储槽等（见第 12 章）。推荐进行规定程序的定时泄漏检查，如对泵的密封检查。其检查的结果作为装置或设备操作和维护的

记录的一部分，至少要保存一年。在靠近人口居住区的气体处理装置推荐使用固定式的硫化氢监测系统（见第 10 章并参见附录 E），以便早期检测，必要时对公众报警。

13.7 应急预案

天然气处理装置的应急预案应包含可能暴露于泄漏的硫化氢中的装置操作人员和公众（见 SY/T 6230）。操作人员必须熟悉紧急情况下装置关停程序、救援措施、通知程序、集合地点和紧急设备的位置（见第 7 章）。应向来访者简要介绍天然气处理装置的平面图、所使用的警告信号和如何在紧急情况下作出反应。

附 录 A
(资料性附录)

本标准章条编号与 API RP 55: 1995 章条编号对照

表 A. 1 给出了本标准章条编号与 API RP 55: 1995 章条编号对照一览表。

表 A. 1 本标准章条编号与 API RP 55: 1995 章条编号对照

本部分章条编号	对应的 API 章条编号
—	0
2	2. 1
—	4. 4
4. 3	—
4. 4	4. 3
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	附录 A
附录 D	附录 B
附录 E	附录 C
附录 F	附录 D
注：表中的章条以外的本标准其他章条编号与 API RP 55: 1995 其他章条标号均相同且内容相对应。	

附录 B
(资料性附录)

本标准与 API RP 55: 1995 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本标准与 API RP 55: 1995 技术性差异及其原因的一览表。

表 B.1 本标准与 API RP 55: 1995 技术性差异及其原因

本标准的章条编号	技术性差异	原因
1	用“本标准规定了含硫化氢油气生产和气体处理作业中的人员培训、个人防护装备、材料选择、紧急情况下的作业程序等要求。本标准适用于流体中含硫化氢的油气生产和气体处理作业。由于在作业中存在的硫化氢燃烧，本标准也适用于硫化氢燃烧产生二氧化硫的作业环境。”代替 API RP 55: 1995 中的第一段“本出版物所述的推荐作法适用于石油和天然气生产及天然气处理装置操作，而这些操作是在采出液中存在硫化氢的情况下进行的。由于硫化氢的存在，这些操作中，有可能使人员暴露于硫化氢燃烧所产生的二氧化硫之中。其适用性可参阅本标准的第 4 节。”	以符合我国的语言习惯并适应我国 GB/T 1.1 的规定
2	引用了部分我国的国家标准和行业标准	以方便使用
2	删除 API RP 55: 1995 中的法规、其他参考资料和文献目录	以适合我国国情
3.17, 3.18, 3.19, 3.20	修改了阈限值的定义，增加了安全临界浓度、危险临界浓度、含硫化氢天然气的定义	以适合我国国情
4.1	取消了加权平均浓度和短期暴露平均值的说法	以适合我国国情
4.2	用“在有冲突的情况下，本标准的使用者应查阅各地区的相关规则，确保在具体作业中正确的使用。”代替 API RP 55: 1995 中的“万一这些推荐作法和法律要求的作法之间出现疏漏或冲突，则必须以法律和规定来控制。涉及硫化氢的与安全生产作业的有关联邦法规，列在第 2 节及参考资料中。本出版物的用户都应该查阅这些法规和联邦、州和地方法律，确保在其特定作业中得以合理遵守。”	以适合我国国情
	删去原标准的 4.4 条“综合环境响应、补偿和责任法及超额基金修正案和重新授权法第三款 计划和公众知情权。”	以适合我国国情
4.3	增加了员工知情权的条款	从关爱员工的角度出发
4.4	用“作业场所附近的居民对紧急情况下生产设施向环境释放有毒物质有知情权。业主或生产经营单位应按照 7.6c) 的规定向政府有关部门报告。”代替 API RP 55: 1995 中的 4.3	以适合我国国情
4.5	用“油气作业中，对某些危险废弃物（如果有的话）的清除、处理、储存和丢弃应符合有关规范和政府法令的要求。”代替 API RP 55: 1995 中的 4.5	以适合我国国情
5.10.1	用“SY/T 6458”代替了“联邦法规 29 第 1910.146 部分”	以适合我国国情
5.9	记录保存期由 1 年改为了 2 年	以适合我国国情

表 B.1 (续)

本标准的章节编号	技术性差异	原因
6.4	用“所有的正压式空气呼吸器都应达到相关的规范要求。”代替了 API RP 55; 1995 中“防毒面具应满足职业安全和健康局的呼吸防护标准的技术要求(参阅联邦法规 29, 第 1910.134 部分), 并按美国国家标准学会 Z88.2 中所规定的程序批准。所有的呼吸气瓶都应该满足美国运输部或其他适用规章的要求(参阅联邦法规 30, 第 1910.134 部分第一章 B 节、第二章 H 节 11.80 段和联邦法规 49, 第 178 部分的 C 部分)。”	
6.4.3	用“呼吸空气的质量应满足下述要求: a) 氧气含量 19.5%~23.5%; b) 空气中凝析烃的含量小于或等于 5×10^{-6} (体积分数); c) 一氧化碳的含量小于或等于 12.5mg/m ³ (10ppm); d) 二氧化碳的含量小于或等于 1960mg/m ³ (1000ppm); e) 没有明显的异味。”代替 API RP 55; 1995 中的“呼吸空气质量应符合 OSHA 29 CFR Part 1910.134 中呼吸保护标准的要求, 至少应符合 ANSI CGA G-7.1 的 D 级要求。”	以方便使用
6.4.4	用“所用的呼吸空气压缩机应满足下述要求: a) 避免污染的空气进入空气供应系统。当毒性或易燃气体可能污染进气口的情况发生时, 应对压缩机的进口空气进行监测。b) 减少水分含量, 以使压缩空气在一个大气压下的露点低于周围温度 5℃~6℃。c) 依照制造商的维护说明定期更新吸附层和过滤器。压缩机上应保留有资质人员签字的检查标签。d) 对于不是使用机油润滑的压缩机, 应保证在呼吸空气中的一氧化碳值不超过 10×10^{-6} (体积分数)。e) 对于机油润滑的压缩机, 应使用一种高温或一氧化碳警报, 或两者兼备, 以监测一氧化碳浓度。如果只使用高温警报, 则应加强入口空气的监测, 以防止在呼吸空气中的一氧化碳超过 10×10^{-6} (体积分数)。”代替 API RP 55; 1995 中的“所用的所有空气压缩机均应符合 OSHA 29 CFR Part 1910.134 中呼吸保护标准的要求。压缩机的空气吸入口必须位于 API RP 500B 节中未分类的无污染区。如果情况变化, 注入口可能被有毒、易燃气体污染, 则应对压缩机进气进行监测。”	以适合我国国情
7	用“应急预案(包括应急程序)指南”代替 API RP 55; 1995 中的“应急预案(包括应急程序)。”	以与本章内容更相符
7.1	用“生产经营单位应评估目前的或新的涉及硫化氢和二氧化硫的作业, 以决定是否要求有应急预案、特殊的应急程序或者培训。这种评价应确定潜在的紧急情况和对生产经营单位及公众的危害。如果需要应急预案, 应按政府的有关要求制定。”代替 API RP 55; 1995 中的第一段	以适合我国国情
7.6c)	用“直接或通过当地政府机构通知公众, 该区域井口下风方向 100m 处硫化氢或二氧化硫浓度可能会分别超过 75mg/m ³ (50ppm) 和 27mg/m ³ (10ppm)。”代替原标准中的“向可能受到硫化氢浓度超过 30ppm 或二氧化硫超过 10ppm 的侵害的公众提出警告(直接地或通过有关的政府机构)。”	以适合我国国情

表 B.1 (续)

本标准的章条编号	技术性差异	原因
8.1	用“所有的压力容器设计和建造必须执行 GB 150 和《压力容器安全技术监察规程》”代替“所有的压力容器都应按照美国机械工程师协会锅炉和压力容器标准进行设计和建造(参阅美国和加拿大各州、市、郡和省的锅炉和压力容器法律、法则和条例大纲)。”	以适合我国国情
8.1.4	用“SY/T 0599”代替 API RP 55; 1995 中“NACE MR 0175”	以适合我国国情
8.2.1	用“SY/T 0599”代替 API RP 55; 1995 中“NACE MR 0175”	以适合我国国情
8.3	用“见 SY/T 0025—95 中 4.5”代替 API RP 55; 1995 中“(参阅 3.5 节 API RP 500 中‘国家大气混合物电力标准组合法’)。”	以适合我国国情
9.11	用“见 GB 150、SY/T 6499 和 SY/T 6507”代替“参阅 API Std 510 和 API RP 576”	SY/T 6499 和 SY/T 6507 已等效采用 API Std 510 和 API RP 576
9.17	用“SY/T 6458”代替了“联邦法规 29 第 1910.146 部分”	以适合我国国情
9.20	用“SY/T 5087”代替 API RP 55; 1995 中“API RP 49”	以适合我国国情
10.4.6	用“监测仪宜能适应 -20℃~55℃(电化学式)和 -40℃~55℃(氧化式)的温度范围。”代替 API RP 55; 1995 中的“监测设备宜能适应在环境温度为 14°F~122°F (-10℃~50℃下)使用。”	以适合我国国情
11.3	用“见海洋石油硫化氢防护安全要求。”代替 API RP 55; 1995 中的“参阅联邦法规 30 第 250 和 256 部分,美国内务部矿业管理服务中心对外大陆架含硫化氢的石油和天然气生产作业的要求。这些法规包括对外大陆架石油和天然气生产作业中的人员培训要求,和大陆架石油和天然气生产作业中硫化氢应变计划。”	以适合我国国情
12.3d)	用“SY/T 0025—95”代替 API RP 55; 1995 中的“API RP 500”	以适合我国国情
13.7	用“天然气处理装置的应急预案应包含可能暴露于泄漏的硫化氢中的装置操作人员和公众见 SY/T 6230。”代替 API RP 55; 1995 中的“对于气体处理装置的应变计划,应该包括可能暴露于释放的硫化氢环境中的装置操作人员和公众(参阅 API RP 750 附录 B)。”	SY/T 6230 等效采用了 API RP 750

附 录 C

(资料性附录)

硫化氢的物理特性和对生理的影响

C.1 物理数据

化学名称：硫化氢。

化学文摘服务社编号：7783-06-4。

同义词：硫化氢、氢硫酸、二氢硫。

化学分类：无机硫化物。

化学分子式： H_2S 。

通常物理状态：无色气体，比空气略重， $15^{\circ}C$ ($59^{\circ}F$)、 $0.10133MPa$ (1atm) 下蒸气密度（相对密度）为 1.189。

自燃温度： $260^{\circ}C$ ($500^{\circ}F$)。

沸点： $-60.2^{\circ}C$ ($-76.4^{\circ}F$)。

熔点： $-82.9^{\circ}C$ ($-117.2^{\circ}F$)。

可爆范围：空气中蒸气体积分数 4.3%~46%。

溶解度：溶于水和油，溶解度随溶液温度升高而降低。

可燃性：燃烧时火焰呈蓝色，生成二氧化硫，参见附录 D。

气味和警示特性：硫化氢有极其难闻的臭鸡蛋味，低浓度时容易辨别出。但由于容易很快造成嗅觉疲劳和麻痹，气味不能用作警示措施。

C.2 暴露极限

美国职业安全与健康局 (OSHA¹⁾) 规定硫化氢可接受的上限浓度 (ACC) 为 $30mg/m^3$ (20ppm)， $75mg/m^3$ (50ppm) 为超过可接受的上限浓度 (ACC) 的每班 8h 能接受的最高值 (参见 29 CFR²⁾ Part 1910.1000, Subpart Z, Table Z-2)。美国政府工业卫生专家联合会 (ACGIH³⁾) 推荐的阈限值为 $15mg/m^3$ (10ppm) (8h TWA)，15min 短期暴露极限 (STEL) 为 $22.5mg/m^3$ (15ppm)。每天暴露于短期暴露极限 (STEL) 下的次数不应超过 4 次，连续 2 次间隔时间至少为 60min。对于外大陆架的油气作业，即使偶尔短时暴露于 $30mg/m^3$ (20ppm) 的硫化氢环境，根据美国内政部矿产管理部门的规定，要求使用呼吸保护装置。详细资料详见 The NOISH Recommended Standard for Occupational Exposure to Hydrogen Sulfide。参阅表 C.2 暴露值的附加资料。向雇主了解特定情况下的暴露值。

C.3 生理影响

警示：吸入一定浓度的硫化氢会伤害身体（参阅表 C.1），甚至导致死亡。

硫化氢是一种剧毒、可燃气体，常在天然气生产、高含硫原油生产、原油馏分、伴生气和水的生产中可能遇到。因硫化氢比空气重，所以能在低洼地区聚集。硫化氢无色、带有臭鸡蛋味，在低浓度下，通过硫化氢的气味特性能检测到它的存在。但不能依靠气味来警示危险浓度，因为处于高浓度 [超过 $150mg/m^3$ (100ppm)] 的硫化氢环境中，人会由于嗅觉神经受到麻痹而快速失去嗅觉。长时间

1) 美国职业安全与健康局 (美国劳工部)。可从 U. S. Government Printing Office, Washington, D. C. 20402 获得。

2) 美国联邦法规。

3) 美国政府工业卫生专家联合会。

处于低硫化氢浓度的大气中也会使嗅觉灵敏度减弱。

警示：应充分认识到硫化氢能使嗅觉失灵，使人不能发觉危险性高浓度硫化氢的存在。

过多暴露于硫化氢中能毒害呼吸系统的细胞，导致死亡。有事例表明血液中存在酒精能加剧硫化氢的毒性。即使在低浓度 [$15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) \sim $75\text{mg}/\text{m}^3$ (50ppm)] 时，硫化氢也会刺激眼睛和呼吸道。间隔时间短的多次短时低浓度暴露也会刺激眼、鼻、喉，低浓度重复暴露引起的症状常在离开硫化氢环境后的一段时间内消失。即使开始没有出现症状，频繁暴露最终也会引起刺激。

C.4 呼吸保护

美国职业安全与健康局审查了正压式空气呼吸器测试标准和正压式空气呼吸器渗漏源，建议暴露于硫化氢含量超过 OSHA 规定的可接受的上限浓度的任何人都要配戴正压式（供气式或自给式）带全面罩的个人正压式空气呼吸器。有关油气井服务和修井作业中推荐使用的适当正压式空气呼吸器见 6.5。

表 C.1 硫化氢

在空气中的浓度				暴露于硫化氢的典型特性
% (体积分数)	ppm	每 100 标准 立方英尺的 格令数	mg/m^3	
0.000013	0.13	0.008	0.18	通常，在大气中含量为 $0.195\text{mg}/\text{m}^3$ (0.13ppm) 时，有明显和令人讨厌的气味，在大气中含量为 $6.9\text{mg}/\text{m}^3$ (4.6ppm) 时就相当显而易见。随着浓度的增加，嗅觉就会疲劳，气体不再能通过气味来辨别
0.001	10	0.63	14.41	有令人讨厌的气味。眼睛可能受刺激。美国政府工业卫生专家联合会推荐的限值 (8h 加权平均值)
0.0015	15	0.94	21.61	美国政府工业卫生专家联合会推荐的 15min 短期暴露范围平均值
0.002	20	1.26	28.83	在暴露 1h 或更长时间内，眼睛有烧灼感，呼吸道受到刺激，美国职业安全与健康局的可接受上限值
0.005	50	3.15	72.07	暴露 15min 或 15min 以上的时间后嗅觉就会丧失，如果时间超过 1h，可能导致头痛、头晕和（或）摇晃。超过 $75\text{mg}/\text{m}^3$ (50ppm) 将会出现肺水肿，也会对人员的眼睛产生严重刺激或伤害
0.01	100	6.30	144.14	3min~15min 就会出现咳嗽、眼睛受刺激和失去嗅觉。在 5min~20min 过后，呼吸就会变样、眼睛就会疼痛并昏昏欲睡，在 1h 后就会刺激喉道。延长暴露时间将逐渐加重这些症状
0.03	300	18.90	432.40	明显的结膜炎和呼吸道刺激。 注：考虑此浓度为立即危害生命或健康，参见（美国）国家职业安全与健康学会 DHHS No 85 - 114 《化学危险袖珍指南》

表 C.1 (续)

在空气中的浓度				暴露于硫化氢的典型特性
% (体积分数)	ppm	每 100 标准 立方英尺的 格令数	mg/m ³	
0.05	500	31.49	720.49	短期暴露后就会不省人事, 如不迅速处理就会停止呼吸。头晕、失去理智和平衡感。患者需要迅速进行人工呼吸和 (或) 心肺复苏技术
0.07	700	44.08	1008.55	意识快速丧失, 如果不迅速营救, 呼吸就会停止并导致死亡。必须立即采取人工呼吸和 (或) 心肺复苏技术
0.10+	1000+	62.98+	1440.98+	立即丧失知觉, 结果将会产生永久性的脑伤害或脑死亡。必须迅速进行营救, 应用人工呼吸和 (或) 心肺复苏
注 1: 表中的数据只作为指导的近似值, 公布的数据会稍为不同。				
注 2: 资料来源于 API RP 55 (第二版, 1995) 表 A.1。				

表 C.2 硫化氢的职业暴露值

OSHA ACCs				ACGIH TLVs				NIOSH RELs			
ACC		ACC 以上的 8h 最大峰值		TWA		STEL		TWA		CEIL (C)	
ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
20	30	50	75	10	15	15	22.5	N/A	N/A	C10	C15
ACC、ACCs; 可接受的上限浓度。 TLV、TLVs; 阈值。 REL、RELs; 推荐的暴露值。 TWA; 8h 加权平均浓度 (不同加权平均重量计算方法见特定的参考资料)。 STEL; 15min 内平均的短期暴露值。 N/A; 不适用的。 CEIL (C); NIOSH 规定的 10min 内平均的暴露值。											

附录 D
(资料性附录)

二氧化硫的物理特性和对生理的影响

D.1 物理数据

化学名称：二氧化硫。

化学文摘服务社编号：7446-09-05。

化学分类：无机物。

化学分子式： SO_2 。

通常物理状态：无色气体，比空气重。

沸点： -10.0°C (14°F)。

可燃性：不可燃，由硫化氢燃烧形成。

溶解性：易溶于水 and 油，溶解性随溶液温度升高而降低。

气味和警示特性：有硫燃烧的刺激性气味，具有窒息作用，在鼻和喉粘膜上形成亚硫酸。

D.2 暴露极限

美国职业安全与健康局规定二氧化硫 8h 时间加权平均值 (TWA) 的允许暴露极限值 (PEL) 为 $13.5\text{mg}/\text{m}^3$ (5ppm)，而美国政府工业卫生专家联合会 (ACGIH) 推荐的阈限值为 $5.4\text{mg}/\text{m}^3$ (2ppm) (8h TWA)，15min 短期暴露极限 (STEL) 为 $13.5\text{mg}/\text{m}^3$ (5ppm)。参阅表 D.2 暴露值的附加资料。向雇主了解特定情况下的暴露值。

D.3 生理影响

D.3.1 急性中毒

吸入一定浓度的二氧化硫会引起人身伤害甚至死亡。暴露浓度低于 $54\text{mg}/\text{m}^3$ (20ppm)，会引起眼睛、喉、呼吸道的炎症，胸痉挛和恶心。暴露浓度超过 $54\text{mg}/\text{m}^3$ (20ppm)，可引起明显的咳嗽、打喷嚏、眼部刺激和胸痉挛。暴露于 $135\text{mg}/\text{m}^3$ (50ppm) 中，会刺激鼻和喉，流鼻涕、咳嗽和反射性支气管缩小，使支气管黏液分泌增加，肺部空气呼吸难度立刻增加 (呼吸受阻)。大多数人都不能在这种空气中承受 15min 以上。据报道，暴露于高浓度中产生的剧烈的反映不仅包括眼睛发炎、恶心、呕吐、腹痛和喉咙痛，随后还会发生支气管炎和肺炎，甚至几周内身体都很虚弱。

D.3.2 慢性中毒

有报告指出，长时间暴露于二氧化硫中可能导致鼻咽炎、嗅、味觉的改变、气短和呼吸道感染危险增加，并有消息称工作环境中的二氧化硫可能增加砒霜或其他致癌物⁴⁾的致癌性，但至今还没有确凿的证据。有些人明显对二氧化硫过敏。肺功能检查发现在短期和长期暴露后功能有衰减。

D.3.3 暴露风险

尚不清楚多少浓度的低量暴露或多长时间的暴露会增加中毒风险，也不清楚风险会增加多少。宜尽量少暴露于二氧化硫中。宜坚决阻止暴露于二氧化硫环境中的人吸烟。

注：工作安排必须考虑任何原有的慢性呼吸伤害，因暴露于二氧化硫中能使其病情恶化。

D.4 呼吸保护

4) Criteria for a Recommended Standard for Occupational Exposure to Sulfur Dioxide, 1974, p. 26.

美国职业安全与健康局审查了正压式空气呼吸器测试标准和正压式空气呼吸器渗漏源，建议暴露于二氧化硫含量超过 OSHA 规定的允许暴露极限（PEL）的任何人都要配戴正压式（供气式或自给式）带全面罩的个人正压式空气呼吸器。有关含二氧化硫的油气生产和处理过程中适用的呼吸装备见 6.4。

表 D.1 二氧化硫

空气中的浓度				
% (体积分数)	ppm	格令每 100 标准立方英尺	mg/m ³	暴露于二氧化硫的典型特性
0.0001	1	0.12	2.71	具有刺激性气味，可能引起呼吸改变
0.0002	2	0.24	5.42	ACGIH TLV 和 NIOSH REL
0.0005	5	0.59	13.50	灼伤眼睛，刺激呼吸，对嗓子有较小的刺激。注：OSHA PEL（参见 29 Code of Federal Regulations Part 1910.1000，表 Z-1；ACGIH 和 NIOSH STEL 15min 内暴露平均值的极限
0.0012	12	1.42	32.49	刺激嗓子咳嗽，胸腔收缩，流眼泪和恶心
0.010	100	12.0	271.00	立即对生命和健康产生危险的浓度（IDLH），见 DHHS No. 85-114，NOISH 化学危险品手册
0.015	150	17.76	406.35	产生强烈的刺激，只能忍受几分钟
0.05	500	59.2	1354.50	即使吸入一口，就产生窒息感。应立即救治，提供人工呼吸或心肺复苏技术（CPR）
0.10	1000	118.4	2708.99	如不立即救治会导致死亡，应马上进行人工呼吸或心肺复苏（CPR）
注：表 D.1 中列出的值为大约值，一些出版物中给出的值会稍有不同。				

表 D.2 二氧化硫的职业暴露值

OSHA PELs				ACGIH TLVs				NIOSH RELs			
TWA		STEL		TWA		STEL		TWA		STEL	
ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
5	14	N/A	N/A	2	5	5	13	2	5	5	13
ACC: 可承受的最高浓度。 TLV: 阈限值。 REL: 推荐的暴露水平限值。 TWA: 8h 加权平均浓度（不同重量计算方法见特定的参考资料）。 STEL: 15min 内平均的短期暴露水平限值。 N/A: 不适用的。											

附录 E

(资料性附录)

硫化氢扩散的筛选方法

注 1: 美国石油学会 (API) 空气模拟工作小组 (AQ7) 采用简单的筛选模型及模拟技术给出了暴露半径的预计值 (图 E.1~图 E.4)。对于硫化氢和携带气体的平衡悬浮混合物的低速释放, 这些模型较准确。图 E.1~图 E.4 对于高速释放的、以轻的气体为硫化氢携带气的混合物, 可用作一种较保守的筛选处理方式。但不推荐将图 E.1~图 E.4 用于低速释放、携带气和硫化氢混合物重于空气的场合, 或可能产生气溶胶的场合, 因为此时可能会得出偏小的暴露半径预测值。宜对具体的应用条件进行评价, 以决定是否需要使用条件更为苛刻的模拟技术。使用者宜对他们自己的作业过程进行评价, 以选择适合的模型用于具体的应急预案。

E.1 概述

本附录列出的内容是一般性的, 以供编制应急预案时, 保守地估计硫化氢扩散达到的浓度时使用。图 E.1~E.4 给出了纯硫化氢连续释放或瞬时释放时, 由计算模型算出的其在大气中呈屏幕平面的浓度为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm), $45\text{mg}/\text{m}^3$ (30ppm), $150\text{mg}/\text{m}^3$ (100ppm), $450\text{mg}/\text{m}^3$ (300ppm), $750\text{mg}/\text{m}^3$ (500ppm) 的暴露半径。暴露半径描述了释放源与沿着羽毛状的地面中心线到达所关心的浓度之间的距离。已开发出了一些作为释放的硫化氢的质量/速率和不同的释放方式 (连续释放或瞬时释放) 的函数的暴露半径的关系式, 来预测不同浓度的暴露半径。方程式和相关系数在 E.8 和表 E.1 中给出。模拟了最坏的气象条件下的白天和夜晚的情况。

涉及硫化氢操作的不同的规范都给出了一个暴露半径 (ROE) 的预测方法和技术, 必须考虑这些方法, 因为为了符合某些特殊的要求, 规范可能会规定特定的方法, 除非允许使用其他方法。

E.2 方法

图 E.1、图 E.2、图 E.3 和图 E.4 中的暴露半径 (ROE) 是用基于 Gaussian 扩散理论经美国环保署批准的模型预测所得, 图 E.1 和图 E.2 的暴露半径 (ROE) 是在连续、稳定的释放 100% 硫化氢的模式上预测出来的, 图 E.3 和图 E.4 的暴露半径 (ROE) 是在硫化氢瞬时释放的模型上预测出来的。两种硫化氢释放类型都是用中等浮升介质在稳定的气象条件下模拟的。所有的模拟工作中均采用了 3.048m (10ft) 的有效烟羽高度 (释放高度加上烟羽抬升高度)。假设预测的暴露半径 (ROE) 值在 $0\text{m}\sim 15.24\text{m}$ ($0\text{ft}\sim 50\text{ft}$) 的有效烟羽高度内没有明显变化。

为了进行扩散模拟, 空气中的紊流程度被分为增加的或稳定的两类, 应用最广泛的分类是 Pasquill-Gifford (PG) 稳定级别 A、B、C、D、E、F (Pasquill, F., Atmospheric Diffusion, Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1974)。PG 稳定级别 A 是指最不稳定的 (最强紊流) 空气条件, PG 稳定级别 F 是指最稳定的 (最少紊流) 空气状态, PG 稳定级别 D 是指中间的空气状态, 温度的梯度几乎与绝热下降速度相同。在这样的条件下, 上升或下降的热的气包的速度与周围空气相同, 不会加剧或抑制空气的垂直运动。

平坦、开敞草原的标准 PG 扩散系数用于连续硫化氢释放模式, 平坦、开敞草原的 Slade 扩散系数 (参见 NTIS⁵⁾ - TID 24190; Slade, D. H., Meteorology and Atomic Energy, 1986) 用于瞬时硫化氢释放模式。在建立瞬时硫化氢释放模式时, 假定下风向 (X) 和上风向 (Y) 扩散系数相同。这样的假设得到最保守 (最坏情况) 的暴露半径 (ROE) 预测值。以下的气象条件也假设代表了白天和夜晚最坏的情况。选择了稳定的中间级别 PG D 级, 风速 $8.045\text{km}/\text{h}$ ($5\text{mile}/\text{h}$) 作为白天硫化氢连续释放条件。对于夜晚硫化氢连续释放情况, 选择了稳定的中间级别 PG D 级, 风速 $3.540\text{km}/\text{h}$

5) 美国国家技术情报中心。

(2.2mile/h)。对于白天瞬时释放，选择了稍微不稳定的级别 Slade A 级，风速 8.045km/h (5mile/h)。对于夜晚的瞬时释放，选择了中间稳定的级别 Slade B 级，风速 3.540km/h (2.2mile/h)。

$45\text{mg}/\text{m}^3$ (30ppm), $150\text{mg}/\text{m}^3$ (100ppm), $450\text{mg}/\text{m}^3$ (300ppm), $750\text{mg}/\text{m}^3$ (500ppm) 的硫化氢连续释放时的暴露半径 (ROE) 值适用于 10min~1h 的平均时间, 10×10^{-6} (体积分数) (连续释放) 的暴露半径 (ROE) 值为基于 8h 的平均浓度, 因 10×10^{-6} (体积分数) 代表了硫化氢 8h 的时间加权平均数 (TWA) 值。为了取得 8h $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) 平均浓度, 需用系数 0.7 转化 1h 的浓度 (参见 EPA⁶⁾ - 450/4 - 88 - 009: A Workbook of Screening Techniques for Assessing Impacts of Toxic Air Pollutants)。 $45\text{mg}/\text{m}^3$ (30ppm), $150\text{mg}/\text{m}^3$ (100ppm), $450\text{mg}/\text{m}^3$ (300ppm), $750\text{mg}/\text{m}^3$ (500ppm) 的硫化氢瞬时释放的暴露半径 (ROE) 值适用于 1min~10min 的平均时间; EPA 的转换因子 0.7 用于转换模型预测的瞬时峰值以获得 10min $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) 时间平均浓度。对于连续释放, 美国环保署 (EPA) 认为 10min 和 1h 的平均时间是相同的。本附录所述的模拟假定瞬时排放时间极短 (最多 10min~15min)。

用于预测硫化氢连续释放和瞬时释放的暴露半径 (ROE) 值的模型的简要描述见 E. 13。

表 E. 1 下风向时硫化氢浓度及其释放的量/速率所对应的暴露半径 (ROE) 数学预测的线性回归系数

时 间	排 放 类 型	浓 度 ppm	系 数	
			A	B
白天	连续	10	0.61	0.84
白天	连续	30	0.62	0.59
白天	连续	100	0.58	0.45
白天	连续	300	0.64	-0.08
白天	连续	500	0.64	-0.23
夜晚	连续	10	0.68	1.22
夜晚	连续	30	0.67	1.02
夜晚	连续	100	0.66	0.69
夜晚	连续	300	0.65	0.46
夜晚	连续	500	0.64	0.32
白天	瞬时	10	0.39	2.23
白天	瞬时	30	0.39	2.10
白天	瞬时	100	0.39	1.91
白天	瞬时	300	0.39	1.70
白天	瞬时	500	0.40	1.61
夜晚	瞬时	10	0.39	2.77
夜晚	瞬时	30	0.39	2.60
夜晚	瞬时	100	0.40	2.40
夜晚	瞬时	300	0.40	2.20
夜晚	瞬时	500	0.41	2.09

注 1: 白天气象条件: 稳定的 PG D 级 (中间), 风速 1.609km/h (1mile/h)。
注 2: 夜晚气象条件: 稳定的 PG F 级 (稳定), 风速 3.540km/h (2.2mile/h)。

6) 美国环保署。

E.3 结论

硫化氢连续释放和瞬时释放所产生的羽状中心线和地面硫化氢浓度的暴露半径 (ROE) 值的预测和表示见图 E. 1~图 E. 4。其中图 E. 1 和图 E. 2 分别是最坏气象条件下的白天和夜晚硫化氢连续释放的暴露半径 (ROE) 预测值, 而图 E. 3 和图 E. 4 分别是最坏气象条件下的白天和夜晚硫化氢瞬时释放的暴露半径 (ROE) 预测值。两种释放模式都分别包括了浓度为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm), $45\text{mg}/\text{m}^3$ (30ppm), $150\text{mg}/\text{m}^3$ (100ppm), $450\text{mg}/\text{m}^3$ (300ppm), $750\text{mg}/\text{m}^3$ (500ppm) 的暴露半径 (ROE) 值。 $15\text{mg}/\text{m}^3$ (10ppm) 的暴露半径 (ROE) 值表示硫化氢连续释放 8h 平均时间和瞬时释放 1min 平均时间的暴露半径 (ROE) 值。 $45\text{mg}/\text{m}^3$ (30ppm), $150\text{mg}/\text{m}^3$ (100ppm), $450\text{mg}/\text{m}^3$ (300ppm), $750\text{mg}/\text{m}^3$ (500ppm) 的暴露半径 (ROE) 值表示硫化氢连续释放 10min 平均时间和瞬时释放 1min 平均时间的暴露半径 (ROE) 值。对硫化氢连续释放, 模拟了 $4.536\text{kg}/\text{h} \sim 4536\text{kg}/\text{h}$ ($10\text{lb}/\text{h} \sim 10000\text{lb}/\text{h}$, $111.8\text{ SCFH} \sim 111768\text{ SCFH}$) 的速率。对硫化氢瞬时释放, 模拟了 $0.454\text{kg} \sim 454\text{kg}$ ($0.1\text{lb} \sim 1000\text{lb}$, $1.1\text{ SCF} \sim 11177\text{ SCF}$) 的释放量。如果硫化氢的释放量以磅为单位, 可以通过乘以转换因子 11.2 转换为标准立方英尺 (SCF)。

注 2: 图 E. 1~图 E. 4 中的暴露半径 (ROE) 均为依据硫化氢的释放量绘制的曲线。对于含有多种成分气流的释放, 应使用实际的硫化氢释放量确定暴露半径 (ROE)。

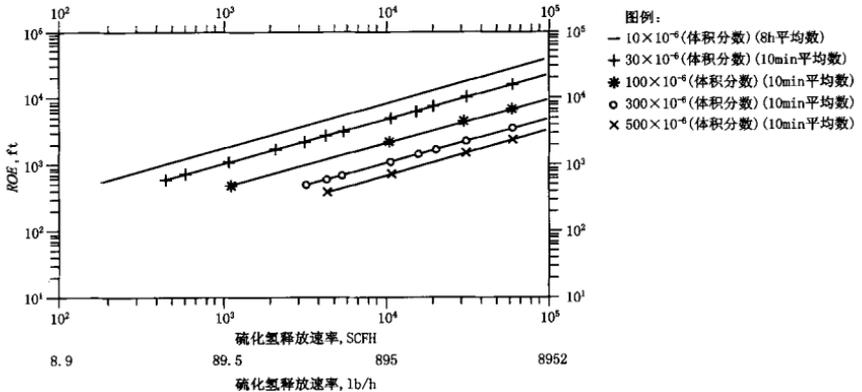


图 E. 1 白天持续释放硫化氢的预测暴露半径 [PG D 级——风速 $8.045\text{km}/\text{h}$ ($5\text{mile}/\text{h}$)]

表 E. 1 描述了下行向时硫化氢浓度及其释放的量/速率所对应的暴露半径 (ROE) 数学预测的线性回归系数, 方程式见 E. 8。这些系数只有在图 E. 1~图 E. 4 中所给出的范围内才可以采用, 如果用外推法, 将导致对暴露半径 (ROE) 值过于保守的估计。任何超过 15min 以上的释放应视为连续释放。本附录中模型建立基于气象条件是稳定的假设。长平均时间 (8h) 和长下风距离预测出的暴露半径 (ROE) 值是保守的, 这是因为不可能在此其间气象条件一直不变。

E.4 其他考虑

本附录中建模工作是假设平衡浮力的气态硫化氢稳定的气象条件下释放在平坦的乡村地形。图 E. 1~图 E. 4 所示的暴露半径 (ROE) 值代表包括各种场所和释放条件下硫化氢释放的一般情况。实际暴露半径 (ROE) 值取决于具体释放类型、释放条件和场所。如在有较多建筑物等的城区附近的

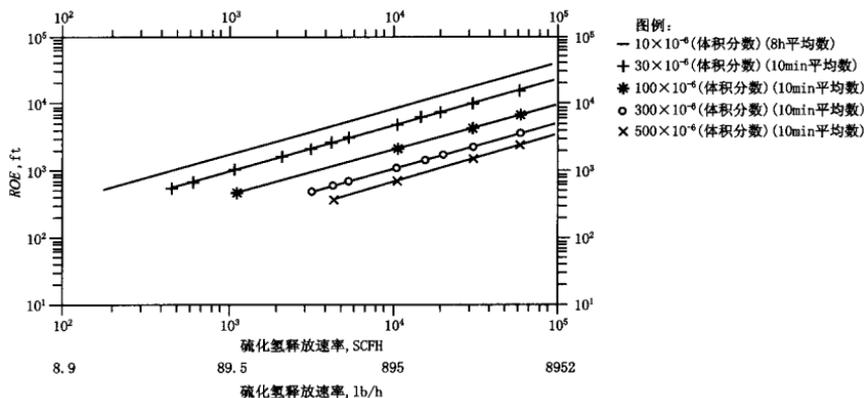


图 E.2 夜晚持续释放硫化氢的预测暴露半径 [PG F级——风速 3.540km/h (2.2mile/h)]

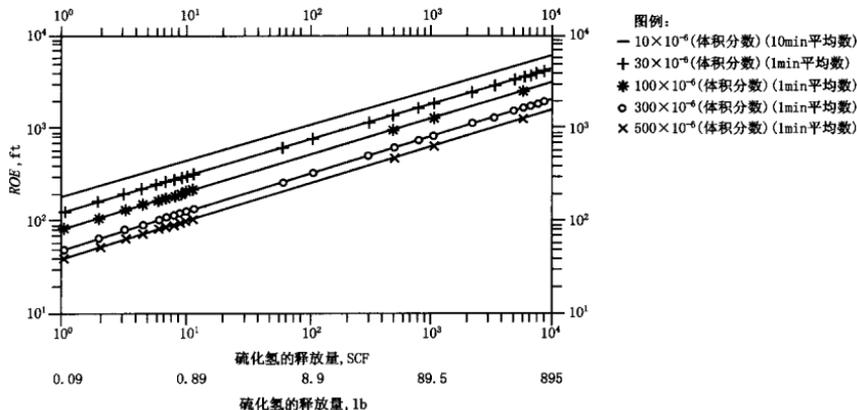


图 E.3 白天瞬时释放硫化氢的预测暴露半径 [Slade A级——风速 8.045km/h (5mile/h)]

场所硫化氢释放的暴露半径 (ROE) 值将大大减小, 这是由于建筑物导致的紊流所致。一些其他可能明显影响实际暴露半径 (ROE) 值的情况包括: 液体/气体悬浮物的释放、密集的云雾、烟羽抬升、喷射释放、不稳定释放 (井喷、管线破裂等) 和复杂的地形等。如果有上述任何一种情况存在, 应建立更加严格的模式。

当扩散的硫化氢和携带气混合物的密度比空气重得多, 并且释放速度很慢时, 图 E.1~图 E.4 中的暴露半径 (ROE) 曲线不能用。如果硫化氢和携带气混合物的相对密度高于 1.2 左右, 图 E.1~图 E.4 可能不能对所有释放速度和气象条件都给出保守的暴露半径 (ROE)。在石油工业中经常遇到的硫化氢, 通常在携带气体, 如天然气或二氧化碳中含量都较低。二氧化碳的相对密度是 1.52。硫化氢/二氧化碳混合物的扩散预测, 低速释放的情况下, 使用密集气体模式有时会得到过低的硫化氢暴

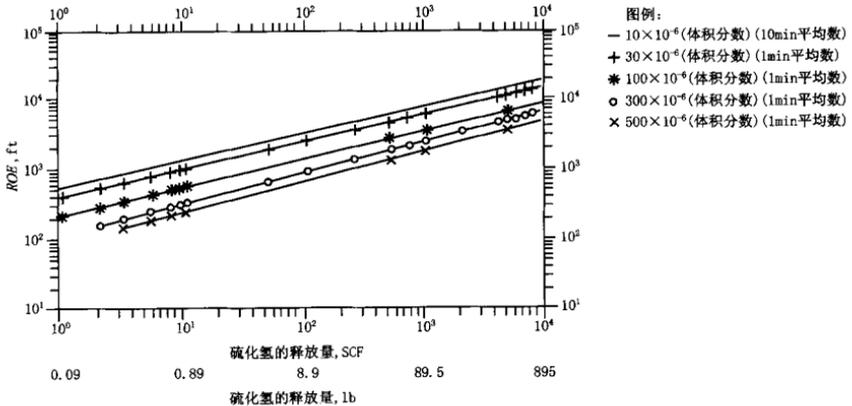


图 E.4 夜晚瞬时释放硫化氢的预测暴露半径 [Slade B 级——风速 3.540km/h (2.2mile/h)]

露半径 (ROE) 预测值。低速率的气体释放应包括初始速度低于 60.96m/s (200ft/s) 和因气体从释放源喷射出撞击附近表面而使喷射动力下降的高于 60.96m/s (200ft/s) 的释放。同样地, 图 E.1~图 E.4 不能用于潜在的含有气溶胶的硫化氢/携带气体的释放。

图 E.1~图 E.4 也可能过高地预测暴露半径 (ROE)。对于当硫化氢/携带气混合物比空气轻得多 (例如相对密度低于 0.8) 的低速释放, 使用这些图例其暴露半径 (ROE) 的高估系数可达 2~3。使用这些图例会导致对高速释放的硫化氢/携带气混合物 [例如气体释放速率大于 60.96m/s (200ft/s)] 暴露半径 (ROE) 值的过高预测, 无论其释放方向如何。其过量预测对垂直高速释放十分明显, 可以达到 2 个数量级的差异。使用者宜参考更加严格的大气扩散模式。

当计算危险气体稀释浓度的暴露半径 (ROE) 时, 可能导致过高的预测。例如, 实际上不可能指望下风方向的大气浓度高于稳定释放流束中的浓度。使用者宜参考更加严格的大气扩散模式。

总之, 硫化氢/携带气混合物的组成、释放速率和方向都是关键的变量, 能极大地影响硫化氢的暴露半径 (ROE) 预测值。当然, 其他变量, 如释放气体的温度、含有硫化氢溶液的闪蒸和气溶胶形成等, 都会对暴露半径 (ROE) 预测产生大的影响。精确的大气扩散模拟技术十分必要, 同时也是复杂的。在某些环境下, 如上所述, 可能要求建立更加严格的模型。

已有一些参考资料和模型可用于描述特定的释放情况。E.5 和 E.6 列出了部分可用于这些情况的模型。美国石油学会 (API) 没有认可任何具体模型。可从模型开发者或该领域内有经验的人士处获得有关模型选择和使用的更多指导。加拿大艾得蒙顿的阿尔伯塔大学机械工程系的 Wilson, D.J. 所著 "Release and Dispersion of Gas from Pipeline ruptures" 是有关井喷和管线破裂的参考资料。

当使用者计算出的硫化氢的释放量低于图 E.1~图 E.4 的范围时, 暴露半径 (ROE) 曲线可以延伸到最小的暴露半径 (ROE) 值 15.24m (50ft)。在某些情况下, 15.24m (50ft) 以下的值可以由外推曲线的方法得出。图 E.1~图 E.4 由一个假设的释放高度加上 3.048m (10ft) 烟羽抬升高度的得出。若实际不是 3.048m (10ft) 的释放高度将会得到不同的暴露半径 (ROE)。

如果用户计算的硫化氢释放量低于图 E.1~图 E.4 所显示的范围, 允许暴露半径 (ROE) 曲线延伸到最低暴露半径 (ROE) 值 15.24m (50ft)。在某些情况, 低于 15.24m (50ft) 的暴露半径 (ROE) 可通过外推曲线而得出。采用假设释放高度加上 3.048m (10ft) 的上升热柱, 发展了图 E.1~图 E.4。实际释放高度导致不同的暴露半径 (ROE)。

E.5 专利扩散模型

注3：使用者宜仔细地评估这些模型对主导条件的适用性。

以下为可以用于特定场合的一些专利模型：

CHARM (Radian Corporation)：CHARM 是一个可以用于连续地或瞬时地释放气体或液体的 Gaussian 模型。该模型设计为处理悬浮、平衡悬浮和重于空气的化学物的扩散。重质气体的扩散由 Eidsvik 模型估算。本模型组件的来源包括壳牌公司的 SPILLS 模型的改进版本 (Radian Corp., 850 MOPAC Blvd., Austin, TX 78759)。

FOCUS (Quest Consultants, Inc.)：FOCUS 是一个包括散发速率模型 (两相排出、储存池蒸发、喷气释放排出等) 和用于平衡悬浮和致密气体烟羽扩散模型的软件包。该模型可以分别使用或联合使用 (Quest Consultants, Inc., 908 26th Avenue, NW, Suite 103, Norman, OK 73069 - 6216)。

TRACE (Dupont)：TRACE 使用多重的 Lagrangian Wall 扩散模型处理间歇和连续释放。可以将风道结合考虑，也可以将液体蒸发和悬浮效果考虑进去 (E. I. Dupont de Nemours & Company, 5700 Corea Avenue, Westlake Village, CA 91362)。

WHAZAN (Technical International)：WHAZAN 是一个用于平衡悬浮和致密气体烟羽扩散模型的软件包。它同时含有可以处理两相排出、蒸发和自由喷射式蒸气扩散的子模型。这些模型可以单独运行也可以连接运行 (Technical International Associates, Inc., Box 187, Woodstock, GA 30128 - 4420)。

E.6 公众可以获得的模型

注4：使用者宜仔细的评估这些模型对主导条件的适用性。

以下为公众可以获得的一些可以用于特定场合的模型：

DEGADIS (美国海岸警卫队)：DEGADIS 为重于空气气体的扩散模型。它可以用于液体池蒸发气体的扩散和喷射扩散。基本上是一个稳态的，但却是用系列稳态计算的方法模拟过渡态。蒸气产生的速率、池的面积、气象参数等都是重要的输入数据。可以由美国商务部的 NTIS (国家技术情报中心) 获得有关资料，Springfield, VA 22161。

HEGADAS (Shell Research B. V.)：HEGADAS 是一个用于平衡悬浮和致密气体扩散的模型。其基本的模型是对平流/扩散方程式和标准形式的高斯扩散模型求解。该模型的适用范围宽，包括瞬时水平喷射。可以由美国商务部的 NTIS (国家技术情报中心) 获得有关资料，Springfield, VA 22161。

SLAB (Lawrence Livermore National Laboratory)：SLAB 设计用于由溢出液体所产生的致密气体发散，该模型考虑了在垂直于羽状中心线的截面处的浓度聚集。计算了下风方向的浓度变化。溢出液体所产生的致密气体发散的量和速率是模型要求输入的数据，可以从 Lawrence Livermore National Laboratory, Box 808, Livermore, CA 94550, 或 API, Health & Environmental Sciences Department, 1220 L Street, NW, Washington, DC 20005 获得有关资料。

E.7 图 E.1~图 E.4 的计算示例

下列的计算式可用于当已知总体积及其硫化氢含量时，估算硫化氢的体积和质量：

对连续释放：

假设：释放 141584m^3 (5000000 SCFD) 的天然气，所含硫化氢为 $12000\text{mg}/\text{m}^3$ (8000ppm)。

注5：用户必须知道天然气体积 (或流动速率) 和硫化氢浓度，以便有效利用图 E.1~图 E.4。

为了计算以 SCFH (标准立方英尺每小时) 为单位的硫化氢释放量，需进行下式计算：

$$\begin{aligned}\text{硫化氢的释放率} &= \frac{5000000 \times 8000 \times 10^{-6}}{24000000} \\ &= 1667 \text{ SCFH (47.21m}^3/\text{h)}\end{aligned}$$

为了计算以磅每小时 (lb/h) 为单位的硫化氢释放量, 需按下式计算:

$$\begin{aligned}\text{硫化氢的释放速率} &= \frac{5000000 \times 8000 \times 10^{-6}}{267605634} \\ &= 150 \text{ lb/h (68.04kg/h)}\end{aligned}$$

对瞬时释放:

假设: 释放 2831.68m³ (100000 SCFD) 的天然气, 所含硫化氢为 12000mg/m³ (8000ppm)。同样假设在白天释放, 风速为 8.045km/h (5mile/h) (见图 E.3)。

为了计算以 SCF (标准立方英尺) 为单位的硫化氢释放量, 需按下式计算:

$$\begin{aligned}\text{硫化氢的释放速率} &= \frac{100000 \times 8000 \times 10^{-6}}{1000000} \\ &= 800 \text{ SCF (22.64m}^3)\end{aligned}$$

在通过适当的计算和已知的参数得到硫化氢释放的速率或释放量后。参考图 E.1~图 E.4 或 E.8 的方程式 (E.9~E.12 给出计算示例) 可获得暴露半径 (ROE) 数据。

以下公式是把硫化氢的体积分数转化成 ppm。

$$\text{硫化氢的体积分数} \times 10000 = \text{ppm}$$

使用 E.8 的方程式时, 表 E.1 中的系数取: A=0.40; B=2.40。

E.8 暴露半径 (ROE) 的计算

使用表 E.1 中的系数 “A” 和 “B”, 经过下列方程式的数学计算, 可以得到各种硫化氢释放率 (硫化氢) 下的暴露半径 (ROE):

$$ROE = \lg^{-1} [A \lg (\text{硫化氢}) + B]$$

对连续释放, 输入的硫化氢释放速率 (硫化氢) 为 SCFH, 对瞬时释放输入的硫化氢的释放量 (硫化氢) 为 SCF。

E.9 计算示例——连续释放 (白天)

白天 (稳定性为 PG D 级), 风速为 8.045km/h (5mile/h) 时, 100% 的硫化氢连续释放, 计算在释放速率为 316.33m³/h (11170 SCFH) 时的 ROE_{100ppm}。使用表 E.1, 适用的系数值为: A=0.58, B=0.45, 代入 E.8 中的方程式:

$$ROE_{100\text{ppm}} = \lg^{-1} [0.58 \times \lg 11170 + 0.45] = 628\text{ft (191.41m)}$$

E.10 计算示例——连续释放 (夜晚)

夜晚 (稳定性为 PG F 级), 风速为 3.540km/h (2.2mile/h) 时, 100% 的硫化氢连续释放, 计算在释放速率为 316.33m³/h (11170 SCFH) 时的 ROE_{100ppm}。使用表 E.1, 适用的系数值为: A=0.66, B=0.69, 代入 E.8 中的方程式:

$$ROE_{100\text{ppm}} = \lg^{-1} [0.66 \times \lg 11170 + 0.69] = 2300\text{ft (701.04m)}$$

E.11 计算示例——瞬间释放（白天）

白天（稳定性为 Slade A 级），风速为 8.045km/h (5mile/h) 时，100% 的硫化氢瞬时释放，计算在释放速率为 31.63m³ (1117 SCF) 时的 ROE_{100ppm} 。使用表 E.1，适用的系数值为：A = 0.39，B = 1.91，代入 E.8 中的方程式：

$$ROE_{100ppm} = \lg^{-1} [0.39 \times \lg 1117 + 1.91] = 1255\text{ft} (373.38\text{m})$$

E.12 计算示例——瞬间释放（夜晚）

夜晚（稳定性为 Slade B 级），风速为 3.540km/h (2.2mile/h) 时，100% 的硫化氢瞬时释放，计算在释放速率为 31.63m³ (1117 SCF) 时的 ROE_{100ppm} 。使用表 E.1，适用的系数值为：A = 0.40，B = 2.40，代入 E.8 中的方程式：

$$ROE_{100ppm} = \lg^{-1} [0.40 \times \lg 1117 + 2.40] = 4161\text{ft} (1268.27\text{m})$$

E.13 高斯模型和瞬时扩散模型概述

E.13.1 概述

应急响应的高斯模型和瞬时扩散筛选模型用于预测在稳定的气象条件下，平衡悬浮的、稳态点源的气态物的下风向扩散（羽状中心线及与下风向距离相关的地面水平浓度和最大地面水平烟羽宽度）。由 EPA（美国国家环保局）批准的经典高斯扩散理论被用于此模型中。该程序在 BASIC 中被设计为个人电脑使用。该程序在使用中应该使用对生命或健康有即时危险的浓度（IDLH）、ERPG-2、阈值（TLV）和短期暴露极限（STEL）等作为浓度水平，因为这些都是人们所关注的浓度。两个程序中的以上浓度水平都可以通过输入替代的浓度所代替。可以向美国石油学会（API）的勘探与生产部（700 North Pearl Street, Suite 1840, Dallas, Texas 75201-2845）索取示例程序清单和计算机演算实例。

E.13.2 高斯模型

该模型计算在稳定的气象条件下，平衡悬浮的、羽状中心线、地面水平浓度和最大地面水平烟羽宽度的稳态单一点源的连续扩散，其稳态气象条件和下风向距离由计算者给出。该模型使用标准的高斯模型并采用 Pasquill-Gifford 扩散系数。使用者输入释放率、有效释放高度（释放高度加烟羽抬升）、名义风速、计算所用的各段递增的下风向距离、释放物的类型和稳定度等级。该模型目前可以处理的物质有 8 种。另外需要加入时，可以采用将模型中已有的物质替代的方法加入。模型的预设稳定性等级为 D。但 Pasquill-Gifford 稳定性等级的所有 6 个等级（A、B、C、D、E 和 F；A 为最不稳定，F 为最稳定）都可以输入使用。

E.13.3 瞬时释放模型

该模型计算在稳定的气象条件下，平衡悬浮的、羽状中心线、地面水平浓度和最大地面水平烟羽宽度的稳态单一点源的瞬时扩散，其稳态气象条件和下风向距离由计算者给出。该模型使用标准的高斯模型并采用 Slade 扩散系数。计算者所需要输入的量值，除输入释放的总量而不是释放率外，其他都和高斯模型一样。模型可以接受的稳定性等级为 3 个（A、B 和 C；A 为最不稳定，C 为最稳定）。

附录 F
(资料性附录)
酸性环境的定义

F.1 酸性环境

酸性环境⁷⁾定义为含有液态水和硫化氢含量超过 F.1.1 和 F.1.2 中规定值的流体, 这些环境可能适成敏感性材料的硫化物应力开裂 (SCC)。

注意: 应该指出, 高敏感性的材料可能会在比上述条件好的环境下失效。SCC 现象受到一系列复杂参数的相互作用影响, 包括:

- a) 化学组成、强度、热处理和材料微观结构;
- b) 环境的氢离子浓度 (pH);
- c) 硫化氢浓度和总压;
- d) 总拉伸应力;
- e) 温度;
- f) 时间。

使用者应该判明, 所处的环境条件是否属于本标准的所述范围之内^{*}。

F.1.1 酸性气体

当被处理气体的总压达到或高于 0.4MPa (65psia), 并且其中所含的硫化氢分压高于 0.0003MPa (0.05psia) 时, 应选用抗 SCC 材料或对该环境进行控制。系统的总压低于 0.4MPa (65psia), 或者其中所含的硫化氢分压低于 0.0003MPa (0.05psia) 时, 则不在本标准的范围之内。分压由系统的总压乘以硫化氢的摩尔分数而得到。图 F.1 给出一个确定在酸性环境中硫化氢分压是否超过 0.0003MPa (0.05psia) 的简便方法。以下是两个例子:

- a) 在一个系统中, 硫化氢的摩尔分数为 0.01% [150mg/m³ (100ppm) 或 6.7 格令每 100 标准立方英尺], 总压为 7MPa (1000psia), 其硫化氢的分压超过 0.0003MPa (0.05psia) (图 F.1 中的点 A)。
- b) 在一个系统中, 硫化氢的摩尔分数为 0.005% [75mg/m³ (50ppm) 或 3.3 格令每 100 标准立方英尺], 总压为 1.4MPa (200psia), 其硫化氢的分压不超过 0.0003MPa (0.05psia) (图 F.1 中的点 B)。

F.1.2 酸性油和多相流体

在酸性原油系统中, 当只有原油, 或含有油、水、气的两相或三相流体时, 使用标准设备能够满意地运行, 且具备下列的条件, 则不在本标准的范围内:

- a) 最大气油比为 1000m³/t [5000 SCF: bbl (原油重量单位桶)];
- b) 气相中硫化氢的体积含量最高为 15%;
- c) 气相中硫化氢的分压最高为 0.07MPa (10psia);
- d) 地面操作压力最高为 1.8MPa (265psia) (见图 F.2);
- e) 当操作压力超过 1.8MPa (265psia) 时见 F.1.1。

一般认为, 标准设备在这些低压系统中之所以能够满意地运行是因为油的缓蚀作用和低压条件下所处的低应力两者的原因。

7) 引自 NACE MR0175-94, Standard Material Requirements Stress Cracking Resistant Metallic Materials for Oil-field Equipment.

* F.1.1 和 F.1.2 中以及图 F.1 与图 F.2 所给出的临界硫化氢水平由低合金钢数据得出。——译者

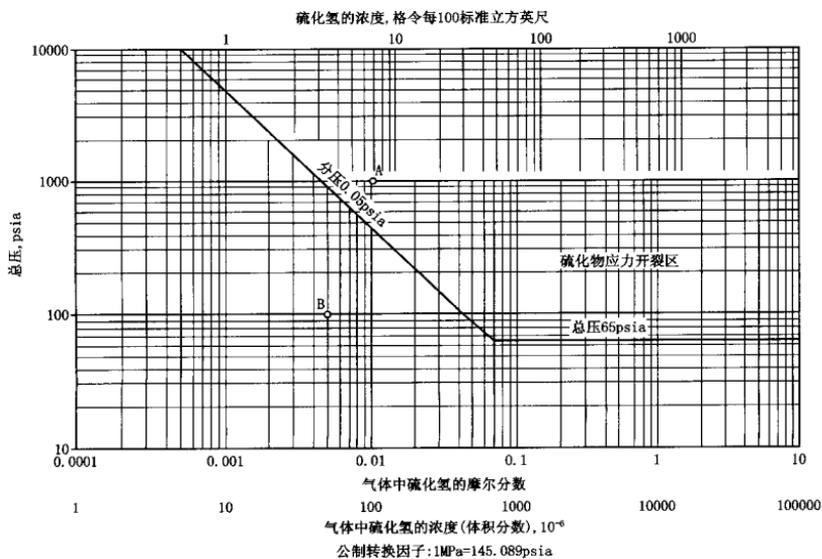


图 F.1 酸性气体系统 (见 F.1.1)

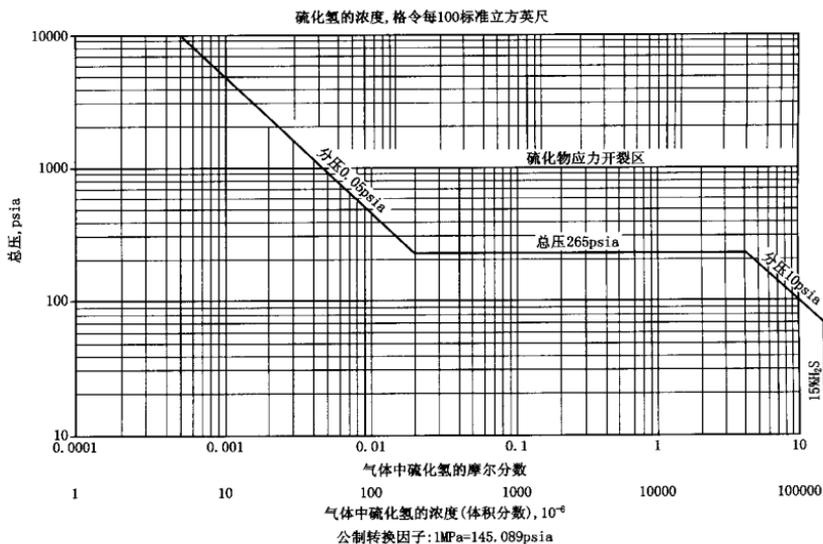


图 F.2 酸性多相系统 (见 F.1.2)