



METHANOL INSTITUTE (甲醇协会)

甲醇安全处理手册

二零一三年一月

www.methanol.org

<u>SINGAPORE</u>	10 Anson Road #32-10 International Plaza, Singapore 079903	+65.6325.6300
<u>WASHINGTON DC</u>	124 South West Street, Suite 203, Alexandria, VA 22314	+01.703.248.3636
<u>BRUSSELS</u>	Avenue Jules Bordet, 142, 1140 Brussels, Belgium	+32.276.116.59

目录

1 手册简介	1
1.1 手册宗旨	1
1.2 甲醇价值链	1
1.3 甲醇协会产品管理政策	2
1.4 甲醇协会联系信息	3
1.5 关于作者	3
1.6 免责声明	3
2 甲醇一般信息	5
2.1 甲醇是什么？	5
2.2 甲醇生命周期（价值链）	7
2.2.1 甲醇制造	7
2.2.2 可持续生产	9
2.2.2.1 回收	9
2.2.2.2 重新利用	9
2.2.2.3 废弃物管理	9
2.3 甲醇的用途	10
2.3.1 化学中间体	10
2.3.2 燃料应用	10
2.3.3 生物柴油燃料生产	12
2.4 甲醇的新兴用途	13
2.4.1 废水脱氮	13
2.4.2 直接甲醇燃料电池	14
2.4.3 涡轮引擎	16
2.4.4 海上平台	17
2.4.5 甲醇规格	18
3 甲醇的运输和存储	19
3.1 甲醇运输	19
3.1.1 越洋运输	19
3.1.2 铁路运输	19
3.1.3 罐车运输	20
3.2 甲醇存储	20

3.2.1	码头和海上转运站.....	20
3.2.2	罐区	20
3.2.3	便携式容器（手提容器和圆桶）	20
3.2.4	电气分类	22
3.2.5	接地和接线	22
4	健康和安全	25
4.1	接触甲醇	25
4.1.1	常见接触源	25
4.1.2	意外接触源	26
4.1.3	接触途径	27
4.1.4	甲醇代谢	27
4.1.5	接触的影响	28
4.1.5.1	一般症状.....	28
4.1.5.2	急性效应.....	28
4.1.5.3	慢性效应.....	28
4.2	接触控制	29
4.2.1	工程控制	29
4.2.1.1	通风.....	29
4.2.2	接触监控	29
4.2.3	个人防护设备	30
4.2.4	呼吸保护	30
4.2.5	化学防护服/材料	31
4.3	安全预防措施	31
4.3.1	日常操作	31
4.3.2	特殊操作和高危险操作	32
4.3.2.1	进入受限空间	32
4.3.2.2	热加工	32
4.4	急救措施	33
4.4.1	吸入	33
4.4.2	皮肤接触	33
4.4.3	眼睛接触	33
4.4.4	意外摄入	33
5	安全管理甲醇：流程安全	35
5.1	员工参与	36
5.2	流程安全信息	37
5.3	流程危害分析	37

5.4	操作程序	37
5.5	培训.....	38
5.6	承包商	38
5.7	预启动安全审查	38
5.8	设备完整性.....	38
5.9	危险工作许可证	39
5.10	变更管理	39
5.11	应急计划和响应	40
5.12	事故调查	40
5.13	流程安全审计	41
5.14	商业机密	41
5.15	实施流程安全	41
5.15.1	“危害”是什么？	42
5.15.2	“风险”是什么？	42
5.15.3	危害识别与风险评估方法.....	42
5.15.4	流程危害评估文档.....	43
6	消防安全.....	45
6.1	火灾探测和保护	45
6.1.1	蒸汽控制	47
6.1.1.1	储罐安全特点	47
6.1.1.2	压力释放系统	47
6.1.2	热探测.....	47
6.1.3	吸烟、车辆进入和各种点火源	47
6.2	火灾控制	48
6.2.1	火灾与爆炸	48
6.2.2	灭火材料	48
6.3	火场安全	49
6.3.1	受限空间火灾	49
6.3.2	消防队.....	49
6.3.2.1	外部响应者	49
6.3.2.2	个人防护设备	49
6.3.2.3	救火者培训	49
6.4	甲醇-汽油混合燃料消防安全	50
6.4.1	甲醇-汽油混合燃料的特性	50
6.4.2	甲醇-汽油混合燃料火灾	50
6.4.3	响应甲醇-汽油混合燃料火灾	51

7	应急响应	53
7.1	泄漏预防	53
7.2	泄漏响应	54
7.3	释放遏制	55
7.3.1	场地控制区	55
7.4	泄漏清除和补救	55
7.5	泄漏通知和报告	56
7.6	事故调查与记录	56
7.7	事故指挥组织	56
7.7.1	通讯	57
8	甲醇事故与安全	59
8.1	甲醇事故盘点	59
8.1.1	常见事故原因	60
8.1.2	日常操作和维护	61
8.1.3	运输活动	61
8.1.4	管道事故	61
8.2	关键发现	61
8.3	结论	62
8.4	安全	62
8.4.1	流程安全管理	63
8.4.2	预防腐蚀	63
8.4.3	热加工批准程序	63
8.4.4	防火与响应	63
8.4.5	雇员培训	63
9	环境保护	65
9.1	环境处置和运输	65
9.2	空气排放	66
9.3	地下水作用	66
9.4	对饮用水的影响	66
9.5	生物效应	66
9.6	对气候的影响	67
9.7	废弃物处理与处置	67
10	产品管理和可持续性	68
10.1	产品管理和责任关怀	68
10.2	产品管理系统	68

10.3	产品管理实践	69
10.3.1	PSP #1: 领导与责任	69
10.3.2	PSP #2: 环境、健康与安全信息	70
10.3.3	PSP #3: 原材料的选择和采购	70
10.3.4	PSP #4: 产品风险评估	70
10.3.5	PSP #5: 产品安保	70
10.3.6	PSP #6: 风险管理	70
10.3.7	PSP #7: 员工培训和教育	70
10.3.8	PSP #8: 销售	70
10.3.9	PSP #9: 公众疑虑和问题	71
10.3.10	PSP #10: 绩效指标	71
10.4	责任分销	71
10.5	可持续性	72
10.5.1	可持续性入门	72
10.5.2	替代能源	72
11	风险沟通	74
11.1	风险沟通是什么？	74
11.2	风险沟通为什么如此重要？	75
11.3	风险沟通基础知识	75
11.4	复杂的科技信息沟通	75
11.5	了解公众对风险的感知	76
11.6	赢得信任并建立可信度	76
11.7	寻找机会传达您的信息	77
12	术语表	79
12.1	术语、缩略语和首字母缩写词	79
13	参考文献	93
13.1	参考文献列表	93
A	流程安全信息	99
A.1	流程技术	99
A.2	设备	100
B	甲醇/甲基醇的特性	101
B.1	物理特性	101
B.1.1	固体	101
B.1.2	液体	101

B.1.3	蒸汽	103
B.2	化学特性	103
B.2.1	反应性	103
B.2.2	分解	104
B.2.3	不相容性	104
B.3	对金属、合金、垫圈和塑料的腐蚀性	104
B.4	结构和特性	107
B.5	燃烧和点燃特性	107
B.5.1	灭火介质	108
B.6	热力学特性	108
C	甲醇的监管、健康和安全信息	109
C.1	美国条例与规范	109
C.2	国际条例、标准和准则	111
C.3	危险材料与健康和安全信息	114
D	甲醇相关事故数据库（1998 年 - 2011 年）	115
D.1	甲醇事故，根据产业、地区和事故原因进行分类	115
D.2	事故说明和参考信息或来源	121
E	技术公告	Error! Bookmark not defined.

商标和归属

Responsible Care[®]（责任关怀[®]）是 American Chemistry Council（美国化学理事会）在美国及其它国家/地区的各类实体中的注册服务商标。

Responsible Care[®]（责任关怀[®]）是 Canadian Chemical Producers' Association（加拿大化学品制造商协会）的注册商标。

Responsible Distribution[®]（责任分销[®]）是 Canadian Association of Chemical Distributors（加拿大化学品经销商协会）的注册商标。

1 手册简介

本章说明了本手册的宗旨并对甲醇价值链进行了介绍。同时提供的还有甲醇协会的产品管理政策和联系信息。

1.1 手册宗旨

我们全体甲醇协会人员都希望本手册成为甲醇经销商和您这样的用户使用的指导性文件。本手册的宗旨在于倡导对甲醇进行安全处理，从而保护您和您的同事、工作场所、周围环境及社区的健康与安全。

您可能是印度的一名废水处理厂操作人员、加拿大的一名生物柴油厂经理、墨西哥的一名甲醛厂健康与安全协调员、阿尔及利亚化学品配送仓库的一名油罐卡车司机、新西兰开发燃料电池的一名研究工程师、东西伯利亚的一名防冻剂生产主管，也可能是中国的一名码头仓库经理。您和您全球甲醇供应链上的同事加起来讲数十种语言，并且几乎遍布于世界上每一个国家。

我们的目的是将本手册设计为一种主要的甲醇参考资源，尤其针对像您这样负责其安全处理的人士。它提供了甲醇特性、潜在环境与健康和安全危害、安全处理惯例、应急响应程序、产品与分销管理以及风险沟通的最新信息。

本手册的章节结构和内容旨在方便您获取实用的信息。关键数据和有用的参考信息均在文中重点标出。其它技术数据（如甲醇的化学、物理和热力学特性）可在附录中找到。参考部分提供了一系列科学和技术资源，用于更深层次的研究。

为更加方便您的使用，我们还提供了科学术语和常用缩写词的术语表，帮助您理解规定性和技术性语言。

除手册外，我们还针对一系列甲醇安全处理相关主题提供了情况说明书。包括燃料用甲醇、应急响应、产品管理和健康影响。

1.2 甲醇价值链

甲醇是一种具有许多有用特性的产品，它可以用作燃料或燃料添加剂、化学原料、溶剂、制冷剂以及许多消费品中的成分或中间体。甲醇也是一种危险化学品，具有极强的毒性、易燃性和活性，若处理不当，可能会对人体健康和环境造成有害影响。

甲醇的自然源包括火山气体、植被、微生物和昆虫，也可使用各种无机和有机原料制成。大多数甲醇都是在大型综合化工厂通过天然气制成的，这些工厂都位于蕴藏着大量碳氢化合物原料的地区，如波斯湾、加勒比、南美、非洲和俄罗斯。特别是在中国，大多数甲醇都是用煤制成的。虽然全球都在消耗甲醇，但最大的用户都位于工业高速发展的地区，如西欧、北美和亚洲（日本、中国、中国台湾和韩国）。2010 年全球共消耗甲醇约达 45198000 公吨。

由于各大制造中心和主要用户之间存在地理距离，全世界每年多达 80% 的甲醇产品都在各大洲之间通过远洋海运进行运输。甲醇在海上转运站被接收和存放，然后通过卡车、铁路和驳船转运到化工厂和批发商处。这些甲醇首先被存储在罐区，然后被重新装到小型容器内。罐车和拖车搭建起配送网络，将甲醇运送到甲醇价值链中的各个最终用户那里。最近开发出了多种新的甲醇工业用途，包括废水处理厂将其用作脱氮剂，生物柴油制造厂将其用作试剂和溶剂。甲醇的新应用也带来了技术革新，如用于车辆和消费类电子产品的燃料电池。

通过将杂质蒸馏掉并将材料回收处理，可以实现甲醇的回收再利用。废弃的甲醇具有很高的热值，通过热破坏处理，形成助推其它反应的热能，可重新产生能量。

1.3 甲醇协会产品管理政策

作为甲醇行业的全球贸易协会，产品管理是我们关心的主要问题。

甲醇协会的产品管理委员会负责甲醇健康与安全计划，包括产品风险评估、整个供应链的暴露风险，以及有关正确处理甲醇的教育和培训。由委员会及其成员开发的产品管理工具将使全球甲醇行业受益。委员会将与其它工作委员会紧密合作，为甲醇协会的举措提供最大支持。

1.4 甲醇协会联系信息

甲醇协会总部位于新加坡，美国分支机构位于华盛顿特区附近。如需更多信息，或想进一步了解该协会及其章程，请联系：

Gregory Dolan 先生
 Methanol Institute
 美洲/欧洲区执行董事
 4100 North Fairfax Drive, Suite 740
 Arlington, VA 22203
 (703) 248-3636
gdolan@methanol.org
www.methanol.org

1.5 关于作者

甲醇协会产品管理委员会委托原始手册的作者（联盟国际顾问公司）编写此第二版。联盟国际顾问公司是一家环境、健康与安全专业服务公司，位于加利福尼亚州的圣地亚哥。该项目组由 Enrique Medina (MS、CIH, 环境专家、编辑兼项目经理) 和 Robert R. Roberts (MS、MBA, 工艺工程和可靠性专家) 组成。如需联盟国际顾问公司的更多信息，请联系：

Enrique Medina 先生 (MS、CIH)
 总裁
 Alliance Consulting International
 3361 28th Street
 San Diego, California 92104
 (619) 297-1469
 (619) 297-1023 (传真)
emedina@pulse-point.com
www.pulse-point.com

1.6 免责声明

作为对甲醇产品管理的一项义务，甲醇协会编写了本手册。我们的目的是要提高对遵守正确的甲醇处理安全与环境惯例的认识，并在全球配送链中加以实施。本手册提供的信息、程序、建议和数据仅供参考，手册仅提供一般性指导。甲醇协会和报告编制者不对本手册中提供的信息、程序、建议和数据的准确性和完整性承担任何责任，同时对使用此类信息、程序、建议和数据所造成的后果概不负责。使用本手册的所有用户必须仍然使用自己的独立判断和思考，确保能安全处理甲醇并正确沟通。为此，必须形成一套最适合自身管理结构、产品线、地理位置和其他用户特有因素的特定系统。我们鼓励您去研究一下相关的当地法律和法规，它们可能与处理甲醇之类的易燃和危险材料有关。本手册不可取代相关法律和法规，也不会改变用户完全遵守联邦、国家和地方法律法规的义务。

2 甲醇一般信息

本章概述了甲醇作为化合物的特征、甲醇的生命周期或价值链以及甲醇的已确立和新兴用途。

2.1 甲醇是什么？

甲醇是一种无色醇类，具有吸湿性并完全混溶于水，但是轻得多（比重为 0.8）。它是一种良好的溶剂，但是毒性非常高并且极易燃烧。这种简单的单碳醇是一类挥发性溶液，是一种轻质燃料。

甲醇也称为木醇或木精，常温和常压下（NTP: 72°F 和 1 atm）是一种无色有机液体。尽管这种说法没错，但对于要安全运输、存储和使用甲醇的人来说，这种描述只是他们必须知道和理解的一小部分。

甲醇是一种非常有用的材料，对于不同使用者而言，所意味的东西也不同。对于某些人来说，甲醇是一种燃料；对于另一些人来说，它是一种燃料添加剂；同样它还可以作为一种化学原料、溶剂、制冷剂或防冻剂成分来使用。甲醇的新兴应用场合包括用作直接甲醇燃料电池技术的质子来源以及发电系统中的涡轮机燃料。

与您的工厂直接相关的特殊甲醇危害在很大程度上取决于它的接收和存储方式、使用方式、使用地点以及在任何给定时间的存储量和使用量。少量甲醇的失控引发的问题可能不会带来导致什么严重后果，但大量甲醇的失控则可能会酿成灾难。本手册的第二章节为大量和少量处理者、运输者及使用者提供了甲醇的总体概览。

处理甲醇时有五个极其重要的注意事项：

1. 甲醇是一种易燃的、能够轻易点燃的液体，会在空气中燃烧并且有时会爆炸。
2. 甲醇蒸汽的分子量略大于（密度高于）空气（32 对 28 克/摩尔）。因此，根据释放或泄漏情况的不同，甲醇液体会汇聚，其蒸汽可能会扩散至地表附近并聚集在受限空间和低洼区域。接近于中性浮力的甲醇蒸汽容易在通风良好的地方消散。不要期望它会在通风不良的场所（如下水道）和密闭空间中消散。如果点燃，甲醇蒸汽可能会逆燃至其源头。
3. 在某些特定环境下，甲醇蒸汽在点燃时可能会爆炸而不是燃烧。甲醇容器在受到外部加热时容易发生沸腾液体膨胀蒸汽爆炸（BLEVE）。
4. 甲醇有毒，摄入少量（1 到 2 盎司，约 30 到 60 毫升间）可导致死亡，更小量可导致无法治愈的失明。请勿吞食甲醇液体、吸入甲醇蒸汽、在汇聚的甲醇液体中行走，并且请勿让甲醇蒸汽或液体接触皮肤。甲醇可通过皮肤和其它组织直接被吸收到血流中。

5. 甲醇可以与水完全混溶并依然保持其易燃性，即使是在非常高浓度的水中。由 75% 的水和 25% 的甲醇混合而成的溶液即可视为可燃性液体。这对于消防具有重要影响。¹甲醇是一种化学溶剂，对于材料选择以及消防具有很重要的意义。

甲醇的分子中包含一个碳原子，因此是由普通饱和烃（也就是甲烷（CH₄）、乙烷（C₂H₆）和丙烷（C₃H₈））衍生而来的最简单的醇。两碳和三碳衍生醇分别为乙醇和丙醇。醇的化学名称得自相应烃组的名称。公认的命名规则是去掉结尾的“-e”并加上“-ol”。常见的醇（甲醇（CH₃OH）、乙醇（C₂H₅OH）和丙醇（C₃H₅OH））具有相似的物理和化学特性，但是其毒性危害却大不相同。随着醇分子中的碳原子数增加，直碳链的长度会增加，醇分子的分子量会增加，凝固点温度会降低，沸点温度会升高。

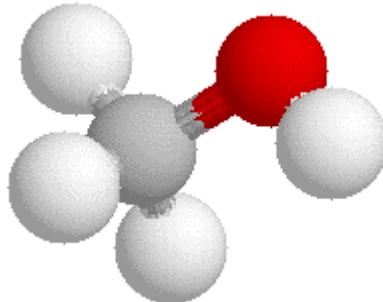


图 1. 甲醇 CH₃OH

醇在结构上与水类似。醇（特别是甲醇）的一些特性与水的特性类似。水和甲醇都是极性分子。表 1 列出了三种典型醇的结构式、系统名称、常用名称、固体溶点和沸点温度。

表 1. 三种典型烷烃衍生醇

分子结构	系统名称	常用名称	液体凝固点	液体沸点
CH ₃ OH	甲醇	甲基醇；木醇 ²	-144° F (-97° C)	149° F (65° C)
CH ₃ CH ₂ OH	乙醇	乙基醇；谷酒 ³	-175° F (-115° C)	172.4° F (78° C)
(CH ₃) ₂ CHOH	2-丙醇 (异丙醇)	异丙醇	-194.8° F (-126° C)	206.6° F (97° C)

如果处理不当，则甲醇会对人身安全造成危害。它易燃、有毒、能与碱性金属和强氧化剂起反应并与水 100% 混溶。这些特性要求处理和存储时要采取特定措施，具体做法将在后面章节中详细介绍。

¹ 请参阅甲醇协会安全处理技术公告“利用物理和化学特性管理易燃液体危害：第 1A、1B、2 和 3 部分”。

² 1926 年以前，甲醇被称为“木醇”。在此期间，甲醇通过木材分解蒸馏制成。

³ 谷酒（也叫乙醇）通过谷粒发酵制成。通常，少量甲醇会随乙醇一起产生。由于甲醇是一种强毒物，因此在饮用乙醇前必须将甲醇分离出来。

2.2 甲醇生命周期（价值链）

甲醇通常都被大量生产、存储和装运。在全球经济下滑的情况下，供需一直不旺；不过 2009 年底及 2010 年第一季度许多大型工厂建成并投产，这增加了 400 万公吨天然气衍生甲醇。

表 2. 2010 年全球（不包括中国）甲醇每年估计产能增加（以公吨为单位）摘要

地区	进口	新增产能	总产能	产量	出口
加勒比	0	0	8153	7541	7012
中东/波斯湾（文莱=0.9；埃及=1.3；阿曼=1.0）	1	3.2	8063.2	7759.2	5931.2
南美（智利和阿根廷；委内瑞拉=0.9）	0	0.9	4281	3567	3332
非洲	0	0	1758	1475	1447
新西兰	1	0	530	404	267
北美（美国和加拿大）	7112	0	1715	1606	514
西欧	8062	0	3310	3176	3119
亚洲（日本、中国、中国台湾和韩国）	5427	0	9931	7623	206

2.2.1 甲醇制造

甲醇生产商一般都位于世界上天然气生产过剩的地区、开采大量煤炭的地区及（或）可以通过相对较低的运输成本获得大量天然气的工业化国家。随着新的钻孔与水压致裂技术（使用该技术可以开发以前无法识别的低成本储备）的出现，天然气供应不断增加。传统储备加上这些额外储备，使天然气的供应发生了转变。这促使亚洲和中东地区建造了许多天然气液化处理工厂。在阿拉伯联合酋长国，液体产品是一种高等级煤油，用作石油衍生的喷气燃料的替代品。

与从其它来源（如煤炭）生产甲醇相比，从天然气生产甲醇的成本推动了另一种市场趋势的形成。由于从天然气制造甲醇的成本比从煤炭制造更低，因此高成本煤基甲醇生产商开始削减产量（尤其在中国），以便能够利用低成本进口甲醇（沙特阿拉伯、新西兰、马来西亚与印度尼西亚）。

如表 2 所示，多数地区出口大于进口，产量落后于产能。在最近的经济下滑之前，北美 33% 的产量用于出口。2006 年的消耗量大约为 800 多万公吨，但到了 2010 年却大幅下降。西欧大多数产量都用于出口，消耗量大约在 500 万公吨左右，但是也有所下降。西欧和北美的消耗量下降是由于新建工程和汽车生产的减速。加勒比、波斯湾、南美和非洲为净出口地，其中加勒比和波斯湾地区为主要出口地。2007 年，中国成为世界上最大的甲醇生产地和消耗地，每年平均需大约 1000 万公吨。这似乎标志着全球供需的转折。同时又标志着甲醇的价格开始紧跟原油的成本。310 美元/公吨的甲醇价格大约对应 80 美元/桶原油的成本。

表 3. MMSA 全球甲醇供需平衡 (2005-2010E)

www.methanolmsa.com

	2005	2006	2007	2008	2009	2010E	AAGR 05-10E
甲醇供应							
铭牌产能	43349	46061	52089	59117	65475	73104	11.0
调整	--	--	--	--	--	(1250)	
总产能	43349	46061	52089	59117	65475	71854	10.6
宏观开工率	82.5%	78.7%	74.9%	68.1%	64.3%	62.9%	
产量	35773	36267	39034	40276	42106	45198	4.8
进口量	18943	19387	19279	20231	22503	22331	3.3
总供应量	54716	55654	58313	60507	64609	67528	
甲醇需求量							
甲醛	13714	14481	15086	15160	14193	14800	1.5
乙酸	3588	3849	4003	4278	4244	4585	5.0
甲基叔丁基醚 (MTBE)	8671	7056	7094	7001	6738	6943	-4.3
甲基丙烯酸甲酯	1201	1249	1329	1328	1261	1322	1.9
对苯二甲酯 (DMT)	603	537	488	487	467	468	-4.9
甲硫醇	373	394	416	432	425	439	3.3
甲胺	1065	1099	1140	1167	1132	1201	2.4
氯甲烷	1525	1572	1686	1713	1692	1764	3.0
替代燃料							
汽油混合和燃烧	1075	2244	2799	3091	4903	5775	40.0
生物柴油	264	410	817	909	832	998	30.5
DME	176	327	932	1824	3338	3428	81.2
燃料电池	5	5	7	10	5	5	0.5
甲醇制烯烃	0	3	5	7	7	302	0.0
其它	3499	3059	3169	3038	2834	3167	-2
总计	35759	55673	58251	40445	42072	45198	4.8
出口量	18943	19387	19279	20231	22503	22331	3.3
国家/地区总体需求量	54701	55673	58251	60676	64575	67528	
净值	14	(19)	62	(168)	34	--	

在 2010 年以及可预知的未来，全球甲醇市场可能将由中国在高成本煤基资源停产时的供需状况，以及运输业和电力业的能源相关应用所驱动。在中国，可感受到甲醇作为汽油的替代品在

出租车与公共交通工具（如公交车）领域得到了越来越多的应用。这种情况也已经开始覆盖个人汽车领域，只是速度相对缓慢。

与对甲醛和乙酸的需求一样，对含氧燃料（如甲基叔丁基醚（MTBE）和 TAME）的需求也较为平淡。需求的增加似乎源自甲醇越来越多地用作生物柴油与二甲醚（DME，一种类似于液化石油气（LPG）的液体燃料）的汽油替代品。

对 DME 的需求增加最大程度上可能归因于在发电业中的使用、用作与 LPG 的混合材料以及用作柴油燃料的替代品。

最初，甲醇通过木材分解蒸馏制成，而如今，大多数是在大型的综合化工厂利用天然气制成。在一些地区（尤其是中国），甲醇采用煤碳气化而成。由于西方国家对烃燃料以及衍生产品加工的依赖，因此甲醇盛产于蕴藏大量原料的地区（波斯湾、加勒比、南美、非洲和新西兰）。甲醇主要消耗于工业高度发达地区。与此同时，经济发展中地区对甲醇燃料和燃料添加剂需求很大。北美、西欧和少数亚洲国家及地区（日本、中国、中国台湾和韩国）将甲醇用作化工原料，而中国还将其用作替代燃料。这些地区加工以下衍生产品：甲醛、树脂、甲胺、氯甲烷、硅树脂、对苯二甲酯（DMT）、对苯二甲酸（TPA）和甲基丙烯酸甲酯。

随着原料的改变、低压和低温催化剂的改进、甲醇应用的改变和市场需求的增加，甲醇生产技术在本世纪有望继续取得进步。不断改进的技术将有望提高催化剂的效能及其对原料流杂质的耐受性。改进的催化剂可以增加用于制造甲醇的原料种类，并降低生产流程能源需求。

2.2.2 可持续生产

甲醇的可持续生产源自三大化学特质：

1. 甲醇含有丰富的甲基和羟基，这两种物质几乎无处不在。
2. 甲醇化学结构简单，很容易通过各种含碳材料来合成，不过通过某些材料进行生产的成本比其它材料（如天然气）更高。
3. 甲醇是大量有用材料的构成基体，例如：燃料、胶水、塑料、溶剂、防冻剂等。

少量低浓度的甲醇是天然形成的材料。它是大多数细菌催生的生物分解周期的天然副产品。化工厂有能力复制并加速这些天然过程。因此，与稍大点的酒精分子乙醇相比，甲醇（更准确地说是生物甲醇）可更容易且更高效地采用天然材料制造，也可采用更廉价的非木材原料制造。

2.2.2.1 回收

甲醇是一种典型的可回收材料。作为溶剂，它可以很容易地通过蒸馏法从污染物中分离出来。同样地，过量的反应物可在流程结束时被重新获得、提炼并回收到流程中。

2.2.2.2 重新利用

由于甲醇是大量化学结构复杂的材料（如塑料）的构成基体，因此它可以通过化学分解流程从这些材料中重新获得，这种工艺可将复杂的无机分子分解成简单成分。

2.2.2.3 废弃物管理

甲醇是许多有机反应中的常用溶剂，用完的甲醇在美国被认为是一种有害废弃物。蒸馏用完的溶剂，回收利用甲醇是一个标准化流程。但有些污染物在清除时可能难度太大、太具危险性或成本太高。在这些情况下，可将用完的甲醇废弃物用作辅助燃料以重新获取其能量。

将来，将通过采用新催化剂的新流程回收废弃有机材料。与后续章节中描述的污水处理厂脱氮应用一样，甲醇将用于减少现有流程中的废弃物，以及重新利用其它废弃流中的废弃物。

2.3 甲醇的用途

在过去 15 年里，随着使用和需求模式的持续转变，甲醇市场也发生了变化。不断发展的全球经济、能源和环境现状在可预见的未来仍将继续推动甲醇市场的发展。

在 2008 年第一季度，原油价格最高达到了每桶 140 多美元。而与此同时，天然气（甲烷）价格（特别是在美国）落后于原油价。使用粮食作物生产乙醇燃料，会扩大一些主食品的供应和需求，为此已受到一些谴责。这些现状使得利用甲醇代替乙醇作为汽车燃料的直接添加剂以减少尾气排放的呼声越来越高，甲醇最终可能会被作为汽车燃料取代汽油。这很可能成为影响发达国家和发展中国家（尤其是亚洲）的供需形势的主要因素。

甲醇在其它新型燃料/能源方面的应用也在逐渐兴起，如燃烧甲醇的涡轮机、生物柴油和直接甲醇燃料电池。另外，诸如废水处理等应用在脱氮处理方面也用到了越来越多的甲醇。

从全球范围而言，甲醛制造业在生产脲醛树脂和酚醛树脂、胶类和粘合剂方面占到了约 40% 的甲醇需求量。这些产品作为胶合剂广泛用于刨花板、胶合板和纤维木板的制作中。随着新建设工程的减少，对这些建筑材料的需求急剧下降。目前甲醇需求的分布正发生着根本上的变化。预计这种情况将在未来的十年中持续。

2.3.1 化学中间体

甲醇是化工合成工艺所使用的基本原料，因此是生产初级、二级、三级衍生产品所必需的。甲醛是主要产品，其次是乙酸。图 2 归纳了甲醇在中间化学原料生产中的角色。

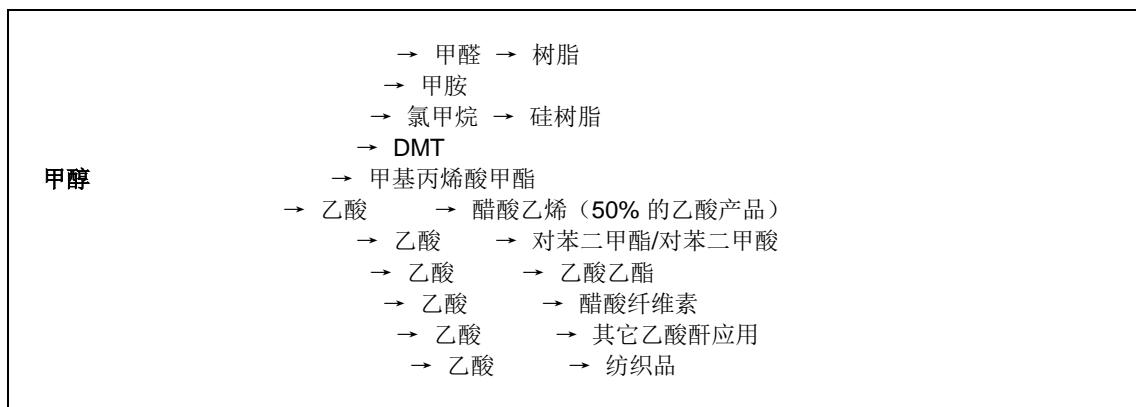


图 2. 甲醇作为中间化学原料

2.3.2 燃料应用

早在 20 世纪 70 年代原油价格达到最高值期间，利用甲醇辅助并最终取代传统汽车燃料的观点便受到了广泛关注。到 20 世纪 80 年代，人们寻找替代能源，尤其是替代汽车燃料的兴趣再次被点燃。

甲醇在那时便被认为是原油衍生汽油的潜在替代品。从 1970 年到最近 2010 年价格再次走高的这些年里，许多机构和组织已对使用甲醇作为汽车燃料的危害、困难和优点进行了评估。由 United States Environmental Protection Agency (美国环境保护局, EPA) 开展的一项研究 [63] 表明，甲醇是一种比汽油更安全的汽车燃料。但另一些研究的结论则是，公众驾驶使用甲醇所带来的危害要比使用汽油大。讨论中经常被忽视的一个重要因素就是甲醇在混合燃料中所占的比例。最近设想用于汽车混合燃料的甲醇含量范围从 5-15% 到 70-85% 不等，而非 100% 纯甲醇。随着甲醇越来越广泛地被用作汽车燃料，这些差距需要被解决。

使用甲醇作为汽车燃料时的公共安全问题主要集中在它造成汽车着火的可能性是否比汽油大。根据最新的 National Fire Protection Association (美国国家消防协会, NFPA) 研究 [43], 1980 到 2006 年期间, 美国发生的汽车着火事件下降了 45%, 达到了 20 年来的最低值。在所有死亡事故中, 由汽车着火导致的仅占 15%, 而财产损失方面则仅占 12%。有趣的是, 仅 3% 的汽车着火是由碰撞引起的, 而因此所造成的死亡人数占了一半以上。一半以上的着火事件是由于汽车零件故障引起的, 如燃料系统泄漏、接线连接松动或绝缘层破裂。燃料类型并非汽车着火事件的主要起因。据 NFPA 称, 正确进行汽车保养才是防止着火的最佳方法。

赛车行业在选择和使用汽车燃料方面拥有丰富的实践经验, 包括各种燃油等级的甲醇、乙醇和汽油混合液。赛车时, 最合适的燃料取决于比赛类型, 而比赛类型又决定了汽车特征。例如, 在 2006 年以前, NASCAR 引擎使用的是 110 辛烷值的加铅汽油, 这种燃料与街上行驶汽车所使用的大不相同, 街上行驶汽车使用的是 87 到 93 辛烷值之间的无铅汽油。2006 年, NASCAR 改用 SUNOCO 260 GTX 汽油作为认可的赛车燃料。SUNOCO 燃料无铅, 辛烷值为 99。氧化添加剂为禁用品。SUNOCO NASCAR 认可的燃料为纯石油衍生品, 工作时的压缩比为 12:1。

而 Indianapolis 500 (Indy) (印第安纳波利斯 500) 赛车在 2006 年以前使用纯甲醇, 2006 年改用 90%/10% 甲醇/乙醇混合液, 到 2007 年又改用 98% 乙醇/2% 汽油混合液。商用汽油-甲醇和汽油-乙醇混合液的甲醇或乙醇含量从 10% 到 30% 不等。选择每种燃料都有特定用途, 并且相对其它选择而言, 具有优势也有劣势。

用于 Indy 赛车中使用的甲醇 (以及后来的乙醇燃料) 具有能让引擎在极高压缩比下工作的优势, 这样在给定引擎排气量的情况下, 它能产生比 NASCAR 引擎更多的能量。选择甲醇作为燃料的另外一个好处是, 甲醇和它目前的替代品乙醇都具有多个突出的安全特点:

- 甲醇燃烧时温度低且不发光; 因此甲醇火焰产生的辐射热自然要比汽油火焰的少, 汽油火焰具有更高的燃烧温度并且燃烧时发光。
- 由于产生的辐射热较少, 因此甲醇火焰的蔓延速度要比汽油火焰慢。同样, 由于允许距离更近, 因此便携式灭火器可以更有效地熄灭火焰。使用便携式灭火器时必须对准火焰底部而不是火焰本身。
- 引发空气燃烧所需达到的甲醇浓度大约为汽油的四倍之多。同时, 甲醇在指定温度下的蒸汽压力较低。在预先确定的温度下, 甲醇释放的蒸汽要少于汽油。换句话说, 甲醇必须上升至更高温度才能产生足以让空气燃烧的蒸汽浓度 (> 6%)。
- 甲醇蒸汽接近于中性浮力, 因此与汽油相比, 更可能消散而不太可能沿着底面流动并在低洼地区聚集。尽管如此, 有报告显示甲醇蒸汽有时还是会在低洼地区聚集。
- 大型甲醇池着火使用抗泡沫灭火效果最佳, 而小火可以用便携式灭火器扑灭, 如果水量为甲醇池容量的至少四倍 (最好五倍), 那么还可以用水枪熄灭。外层围护区必须能够容纳大于甲醇池容量四到五倍的水量。

这些注意事项同样适用于一般运输模式, 尤其是在汽车着火的情境下。逃离汽车汽油火焰时, 逃离时间、温度、安全相隔距离、火焰蔓延速度、火焰抑制难易度等因素都是对人身安全至关重要的考虑事项。甲醇/汽油混合燃料尤为如此。针对灌区和加油站的注意事项甚至需要更加详细。

Indy 赛车官员选择用甲醇 (之后用乙醇) 替代汽油, 以此提高驾驶员和维修人员的人身安全。公众驾驶者可以选择使用甲醇和 (或) 甲醇混合液来代替汽油。这一转变有利有弊。预期的一个好处是可提高驾驶室的安全性。另一潜在好处是降低加油站着火的可能性 (本来就很低)。缺点是将增大油罐卡车、铁路油槽车和燃料配送设施着火时的响应复杂性。响应者必须接受更

好的培训、更好的管理并配有设备（如并非在所有情况下都可用的抗溶水成膜泡沫（AR-AFFF）灭火器）。

最新研究 [49] 表明，促使汽油向甲醇转变的基本推动力在于获取甲烷气的途径丰富多样。实现这一转变的一大难题是，利用现有技术产生甲醇合成所需的氢气需要很高的能量。将甲醇用作燃料的技术可行性是由 Methanol Conversion Group（甲醇转变小组）[67] 提出的。总的来说，直接用甲醇替代汽油从技术上来说是可行的。

目前全球原油供需现状要求在燃料消耗、燃料配方以及汽车设计和运转上进行彻底改变。甲醇在这次变革中将很可能是一个重要因素，这要求甲醇运输者、处理器和使用者对可接受的产品管理标准承担起更大的责任。

2.3.3 生物柴油燃料生产

生物柴油是柴油机燃料，通过生物可降解材料（尤其是蔬菜、废弃物或精炼油）获得，而非通过石油馏分获得。

从节约成本到“绿色环保”，生产生物柴油的原因多种多样。全球的柴油机燃料价格不断走高，在美国的某些地区最近已接近每加仑 5 美元。生物柴油使我们能够回收利用废弃材料，用可循环利用的资源替代消耗性资源。还使燃料供应基础更具多样性，而不再是单一的石油系列燃料。无论是哪种动机，生物柴油生产都需使用纯（100% 纯度）酒精，一般是甲醇或者乙醇。

生物柴油通过让植物油和动物脂肪⁴ 在羟化纳或羟化钾催化剂的作用下与纯甲醇或无水（200-proof）乙醇发生反应来产生。该化学过程称为酯转移。目的是要将油中的脂肪分子转变成酯和生物柴油，并将残渣转变成丙三醇。丙三醇是一种副产品，根据情况可加工成肥皂或可以作为废料进行处理。干燥后，丙三醇还可当作燃料燃烧或用作家畜饲料的添加剂。

当使用甲醇将生物废料加工成生物柴油时，会生成一种特性与柴油燃料类似的烃燃料。转换规模可以是 30 加仑垃圾桶大小的批次，可以是间歇性连续转换，也可以由产量为每年 400 万到 1 亿加仑（15000 到 378000 立方米）不等的工厂持续转换。

通常，利用甲醇小规模批次生产生物柴油的人员并不是受过培训的化学工作者。操作员很可能不知道其危害性和安全合法制造燃料所必须遵从的法规。这些人可能没有受过培训，也没有处理碱液（羟化钠/羟化钾、Na/KOH）和甲醇这样的浓缩危险化学品的经验。

间歇性的连续工艺的操作员可能熟悉生物柴油生产的相关预防措施和法律，但他们可能没有适当设备、不知道相关程序或没有接受过培训以进行自我保护和有效化学品处理。

小规模连续工艺的操作员可能有机会接触受过化学和化学品安全培训的人员，并且可能正在向监管机构咨询健康和安全法规以及流程安全、化学报告和废弃物处置等方面的相关行政法规。

废弃油呈酸性。将羟化钠/羟化钾混合物添加到几乎纯净的甲醇中进行混合，直到转化成碱性极强的甲醇钠/甲醇钾。甲醇盐随后与反应堆中的附加甲醇和植物油或废弃油起反应，直到完成酯化过程。这时，反应堆含有两种初级产品：一种是上层的浅色甲酯，漂浮在较重且颜色较深的丙三醇产品上。反应产品可加以分离，方法是将生物柴油轻轻倒离丙三醇，或者将丙三醇排离甲酯。

⁴ 由于动物脂肪容易腐烂，因此重点放在使用植物油上。腐烂除了令人恶心外，还会减少转化过程的产量。

大约 30% 的原始甲醇反应物仍未反应，可通过真空蒸馏法进行回收。蒸馏后，用水冲洗生物柴油，将其从冲洗水中分离出来，并进行干燥，便得到了最终的生物柴油产品。

必须采取以下预防措施：

- 甲醇必须存放在专门的位置，远离热源和火源。所有电气系统必须完全封闭，并加上防爆设施。为防止甲醇吸收湿气，必须将其放在密封容器内。密封容器内应留有热扩散空间，否则温度大幅变化可能导致甲醇胀裂容器。
- 甲醇必须存放在有护墙、挡板或护堤以及通风良好的区域，如果围护区域是按照 NFPA 30 [45] 标准设计，则应至少能够容纳最大甲醇储罐容量的 110%。最佳做法是大大超过 110%。如果围护区内有漏口，则甲醇池必须用抗溶泡沫完全覆盖。如果围护区的空间足够，则溅漏的甲醇可用水以至少 4:1（水:甲醇）的比例进行稀释，以降低着火风险。如果围护区的缓冲空间不够，便会导致甲醇溢出护墙，俗称“流火”。流火很难被控制。
- 在与甲醇盐发生反应前，预先加热废弃油很重要。进行此操作时必须小心谨慎，防止在加入甲醇羟化反应物时油喷溅出来并意外点燃。
- 在处理甲醇、添加羟化物、混合羟化物，以及之后在废油中引入甲醇时必须格外小心。
- 整个过程的温度控制对于安全有效的操作也是至关重要的。如果温度升得太高，过分搅拌，则可能会着火并且（或者）发生爆炸。如果温度太低，搅拌不够，则无法发生反应。
- 整个过程都有溅漏的可能。无论是分批操作还是连续操作，封闭的反应堆都优于开放的反应堆。

2.4 甲醇的新兴用途

前面提到的应用占用了当今世界大部分的甲醇消耗量。尽管消耗量在最近的全球经济下滑中保持平稳，不过预计甲醇的使用会由于新兴技术中的新应用以及发展中国家中的需求增长，而在 2010 年到 2020 年期间不断增加。

这里将讨论四个新应用：

1. 废水处理厂有机污水的脱氮。
2. 燃烧甲醇的涡轮引擎的燃料。
3. 直接甲醇燃料电池的燃料。
4. 中间体和深水海上碳氢化合物生产中天然气水合物的抑制和缓解。

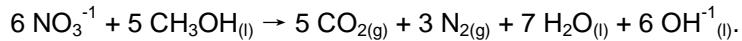
当前燃料价格的走高迫使驾车者改变驾车习惯并改用其它燃料和（或）汽车，以此来应对不断飙升的燃料成本。在发展其它运输模式和能源（包括燃料电池和燃烧甲醇的涡轮引擎）方面可能会面临更大压力。

2.4.1 废水脱氮

从地方废水处理厂流出的废水通常都含有大量的氮，这些氮以硝酸盐和氨化物形式存在（ NH_3^- - 无水氨、 NH_4OH - 氢氧化氨等）。氮是一种极好的肥料，可以促进植物在土壤和水中的生长。如果污水被排放到自然水域（如小河、大江、湖泊乃至海洋）中，那么生长过度活跃的植物将会破坏生态系统。甲醇脱氮是一种消除过量氮从而抑制植物生长的简单、有效且成本相对较低的方法。

广义上讲，脱氮就是去除土壤和水介质中的氮及氮化合物。其目的是减少可用于植物生长的肥料量，从而减缓藻类的生长速度。针对水体接收过量有机和氮营养混合物的情况而言，这是非常必要的抑制措施。在这种情况下，植物可能会过度生长，从而耗尽溶氧，使溶氧低于维持水体生态所需的阈值浓度。对环境的影响可能是灾难性的。

脱氮是一种在地表水、地下水和近地表土壤中发生的自然过程。在排放废水的环境中，脱氮是一种利用甲醇加以促进的液相生化还原反应。在厌氧（无氧）条件下，细菌等微生物会将含氮的化合物（例如，铵盐（ NH_4^+ ）、氨（ NH_3 ）、硝酸盐（ NO_3^- ）、亚硝酸盐（ NO_2^- ）和蛋白质有机氮）转换为元素氮（ N_2 ）。整体化学反应为



元素氮原子会结合形成气体（ $\text{N}_{2(g)}$ ）排放到大气中，从而降低废水排放中的氮含量。限制可用作肥料的氮含量会减缓植物生长。吸收的氧同样会减少，因而溶氧在整个水体中的含量会提高。

如果污水未经处理，则其中所含的有机物质会与氧结合，从而耗尽接收污水的自然水体中的溶氧。没有足够的氧，水生动物将会窒息甚至死亡。简单地说，甲醇被添加进废水处理厂污水中以维持野生动植物生态平衡和保护环境。

微生物破坏氮-氧化学键所需的新陈代谢能量可以从可生物降解的含碳基质材料（如甲醇）或溶氧（ $\text{O}_{2(g)}$ ）。在强制缺氧条件下，会强制还原转换反应在氮-氧键而不是氧-氧键上发生，从而在体系中清除氮并保留氧。

存在过量的氮化合物会增强藻类以及其它水生植物的生长，并在本质上焦化出含有受氮滋养的植物物质的水体。扰乱水路生态的植物过度生长问题可能会变得十分严峻（甚至在大型水域中），以致于美国环境保护局（EPA）将废水处理厂污水列为受监管的排放物。在处理厂脱氮过滤器中添加甲醇（可溶于水的可生物降解液体）可以提供容易驱散的溶解碳，这种溶解碳可被大量有机体用来对污水进行脱氮。数以百计的废水处理厂当前都通过脱氮来满足 EPA 在废水处理厂污水中的氮含量方面越来越严格的监管限制，并获得了很好的效果。这样做的成本比采用一些替代技术要低得多。

仅美国就有 200 多家废水处理厂使用甲醇进行脱氮处理。位于华盛顿特区的 Blue Plains Wastewater Treatment Facility（蓝平原废水处理厂）就是其中一家，它能够使每天进入切萨皮克湾（Chesapeake Bay）的硝酸盐从 20 吨减少到 10 吨，从而使海湾的氮含量减少 30%。每清除一磅氮花费 0.50 到 0.60 美元即可做到，这样的成本只是之前所提的 12%。

2.4.2 直接甲醇燃料电池

目前存在大约十多种燃料电池技术。这里讨论直接甲醇燃料电池，因为这类电池是一项使用甲醇作为燃料的新兴技术的构成要素。（2.3.2-1 到 2.3.2-5）

直接甲醇燃料电池是一种电化电池，可以产生电流，其功能有些类似于传统的铅酸汽车电池，但是使用外来催化剂、特殊材料、先进技术以及稍微高一些的温度和压力运行条件。

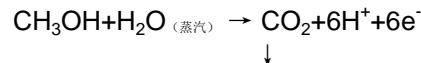
直接甲醇燃料电池的工作方式与铅酸电池类似但又有所不同。它们使用聚合膜而不是水电解质。聚合膜充当电解质，将在阳极生成的氢离子（ H^+ ）或质子转移到阴极表面。在直接甲醇燃料电池中，氢离子通过甲醇（ CH_3OH ）的直接氧化在催化阳极生成。氧化反应生成氢离子，这些氢离子通过聚合膜扩散到阴极。来自阳极氧化反应的电子通过外部电路以电流的形式循环，同时在阳极以废气产物的形式生成二氧化碳（ CO_2 ）。

在阳极生成氢离子和在阴极生成水所需的氧化还原反应可在汽相或液相时进行，具体取决于电池设计。蒸汽和甲醇混合物会在压力和高温下被注入阳极室。具有高度专业化的催化剂涂层的阳极增强了直接化学反应的动力，从而将甲醇分子的碳氢键破坏为氢离子并将碳和氧重新结合

成二氧化碳 (CO_2) 的形式。固体聚合膜会将在阳极生成的氢离子转移到阴极。阴极（同时也是一个加压气室）含有压缩空气。空气中的氧会与阴极催化表面上的氢离子进行反应，通过形成水蒸汽来完成反应的还原部分。通过使用高度先进的催化剂和聚合材料，直接甲醇燃料电池本质上会在阳极燃烧甲醇，而在阴极还原氢离子，从而形成电流并生成二氧化碳和水蒸汽。

阳极（甲醇）贵金属

催化氧化反应：



聚合电解质将 H^+

(质子) 从阳极转移到阴极：



阴极（空气形式的氧气）

还原反应：



甲醇燃料是一种易于处理的液体，而氧化还原反应的产物是不含 NO_x 和 SO_x 污染物的水和二氧化碳。

工作温度介于 $60\text{-}130^\circ\text{C}$ 之间，典型工作温度接近 120°C 。工作压力可能会有所提高，可以进行控制以实现一组给定条件下的最佳性能。工作效率预计为接近 40%。

直接甲醇燃料电池是使用氢 (H_2) 而不是甲醇作为燃料的间接燃料电池的副产物。与间接燃料电池相比，直接甲醇电池具有几个优势。在直接甲醇燃料电池中，燃料是液体，可方便地存储和转移。在间接燃料电池中，直接使用氢，或通过化学流重整来生成氢。氢气的存储比较困难而且可能存在危险；而蒸汽重整炉的引入会增加电池的复杂性。

直接甲醇燃料电池和间接电池在本质上相同，只不过使用甲醇替代氢作为质子来源，并且直接甲醇燃料电池的阳极是贵金属催化剂。两种类型的电池都有一个将质子从阳极转移到阴极的聚合膜，并且两者都生成水作为废料。两种电池都通过在阳极进行的氧化反应形成电流。燃料电池的阴极由空气（21% 的氧和 79% 的氮）组成。氢离子通过电解质膜进行扩散，并与阴极处空气中的氧进行反应以形成水。

直接甲醇燃料电池的数量每年大约增加 2000 套。当前实际使用的有 10000 多套。这些设备大多数小于 1.5 kW。其中大约四分之三用于便携式应用，而其余四分之一用于海洋和水下船只、踏板车、摩托车中的利基运输应用以及用作运输车辆中的利基设备。大多数设备安装在北美、欧洲和日本，不过发展中国家正在以越来越快的速度应用此技术。在得到充分发展之后，甲醇直接燃料电池的使用可能会受消费型电子产品的推动，甚至可能取代混合动力汽车的动力来源。在后一种应用中，可以想到燃料电池和内燃机在运行时都使用甲醇作为燃料。

当前配置强调模块化方法，这样可方便地更换燃料电池组件和整个燃料电池，并且堆叠使用多个设备可满足动力需求。另一种显得越来越普及的应用是使用直接甲醇燃料电池来为电池充电，从而为电子设备供电。此方法正由军队进行测试以用于电子设备的野外操作，并由 Toshiba 进行测试以用于个人电子产品（如手机、智能电话、笔记本电脑和其它便携式电子产品）。

生产商正在开发基于组件的模块化配置，这类配置可以进行更换以便在各种电池组件耗尽或磨损后进行补充。International Civil Aviation Organization (国际民用航空组织) 已经批准飞机乘客携带的个人电子设备（如笔记本电脑）可使用 DMFC 进行供电。多家开发公司目前已拥有直接甲醇燃料电池商用产品。

实现更广泛商业化应用的障碍似乎是甲醇从阳极到阴极的跨越，以及阳极和阴极表面材料的催化活性。跨越对于电池性能有两种有害影响。第一种是阴极的极化，这会降低有效电压；第二

种是燃料损失，这会减少电源容量。人们对各种因素（如电池阴极端的氧气压力）的理解正在不断加深，看上去正在创造更加光明的前景。

燃料电池技术的一种更加令人兴奋的应用可能是在混合动力汽车中取代电池。无论是使用直接还是间接甲醇燃料电池，甲醇都具有一大优势，即全电动、混合动力或引擎动力车辆可以使用单一燃料为引擎和汽车提供动力。燃料添加与汽油的添加方式类似，可适用于所有类型的汽车。

2.4.3 涡轮引擎

固定涡轮机通常使用天然气或蒸馏喷气燃料作为燃料，这两种燃料都是从原油中提炼的产品。这些燃料包含硫和氮，会引起空气质量合规性方面的问题。美国的空气质量在当地空气质量管理区的主持下，由 EPA 进行监管。

在美国，从固定来源排放的氧化氮和氧化硫 (NO_x 和 SO_x) 会受到监控和严格监管，以控制空气质量。由这些监管强制产生的成本和运营限制是相当多的。因此，使用大量直接燃烧设备（如加热器、熔炉和锅炉）的行业便有动力寻找替代方式，用于获取加工热量和电源，而不会招致与燃料污染和污染氧化物有关的处罚。

低 NO_x 燃烧器和空气监控系统已针对美国的大多数熔炉、加热器和锅炉进行了改进。如果更换的加热器增加了尺寸以提高直接燃烧设备的热容量，则低 NO_x 燃烧器可能会造成安全危险。

早在 1971 年，涡轮机使用者和生产商便开始研究可以使用甲醇取代天然气和蒸馏燃料的燃烧技术。甲醇不包含硫或氮并且燃烧温度较低，因此可极大提高烟道气空气质量。

针对以甲醇为燃料的涡轮机的空气监控要求低于针对以天然气和蒸馏物为燃料的涡轮机的要求。随着空气质量标准越来越严苛，空气质量控制已成为成本越来越高的运营问题。使用提炼的碳氢化合物燃料进行燃烧存在多个缺点：监控设备的资本成本、增加的运营成本、与不合规相关的不确定性和处罚的成本、缩短的平均故障间隔时间和增加的相关维护成本、缩短的涡轮机组件使用寿命以及增加的与系统不可用相关的生命周期成本。综上所述，甲醇与传统燃料相比可能具有显著的经济和运营优势。

在从天然气或蒸馏物转变为甲醇时有一些技术和经济方面的注意事项。这些注意事项与在内燃机中使用甲醇取代汽油时的注意事项基本相同。有些注意事项已在汽车行业获得了成功解决，预计同样可以在涡轮机的应用中得到解决。

这方面的一个证据是，GE 已发布了书面说明，指出使用甲醇作为涡轮机燃料是可行的，实际上与使用天然气和蒸馏燃料相比具有一些优势。

下面讨论了技术上的主要考虑因素。

- 与天然气和当前使用的蒸馏涡轮机燃料相比，甲醇的热值较低。必须燃烧更大量的甲醇才能形成与天然气或蒸馏燃料相同的基本负载输出（制动马力）。涡轮机燃料存储以及转移和燃烧系统可能需要进行修改才能合适地容纳更大量的燃料。测试表明，使用甲醇燃料的涡轮机可操作性和性能与使用天然气和蒸馏物的相当；空气质量则更优。
- 甲醇的润滑性较差。组成燃料的碳-氢分子性质以及少量硫的存在决定了蒸馏物天生便具有润滑性。当前正在对会提高甲醇润滑性的添加剂进行测试。
- 甲醇的闪点较低（低温下的蒸汽压力非常低），这可能会影响冷天启动和操作以及对爆炸安全措施的需求。冷天启动问题可以通过使用传统燃料启动来避免。爆炸问题需要修改引擎配置。当前正在对用于解决爆炸问题的几种方法进行测试。

- 与天然气和蒸馏燃料相比，甲醇液体可导电。导电会加速常用于处理天然气和蒸馏燃料的合金的腐蚀。对于铝和钛合金尤其如此。目前正在测试用于抑制腐蚀的添加剂。或者，可以将常用材料替换为耐腐蚀性更强的材料。如果未实施严格的机械完整性计划，则不得在甲醇或甲醇蒸汽应用中使用铝和钛合金。
- 甲醇是一种会侵蚀某些塑料、树脂和玻璃纤维化合物的溶剂。可使用各种各样的兼容材料来替代不兼容的材料。在选择和存储垫片、“O”形环以及其他防止泄漏的零件时必须特别谨慎。
- 甲醇会从空气中吸收水分。与汽油不同，洁净的甲醇和汽油-甲醇混合燃料会从空气中吸收水分。洁净甲醇吸收的水分可完全混溶，会保留为不影响燃烧的单相。汽油-甲醇混合物吸收的水分会形成将沉淀的不可混溶相，从而聚集在储罐底部和管道较低处。如果水量较少，则不可混溶相的存在对于混合燃料的燃烧性质影响很小或没有影响。大量水相材料会干扰燃烧，并且在极端情况下可能会导致熄火。

2.4.4 海上平台

井口原油和天然气产品由油气和水的混合物组成。水来自井下的含油气层。所谓的“采出水”是由底层水、注入水和浓缩水蒸汽构成的水。它还包括微量化学添加剂，这些添加剂会实现各种功能，如抑制水合物形成、捕捉水蒸汽、防止结垢、控制腐蚀、阻止细菌生长、破坏和凝固油水溶液、防止形成泡沫以及取出沉积的石蜡。水合物和脱水添加剂主要用于天然气开采；不过也用于在油气伴有大量相关气体和水时进行石油开采。

一般而言，采出的水量会在油井的整个开采期中增加，而油气量会减少。在这种情况下，随着井口产量的减少，水合物形成的可能性会提高，而与水合物相关的风险也会提高。因此，气井通常会在开始产生大量水时关闭。甲醇的有效使用可以降低水合物风险，因而可延长气井开采期。这是一个典型的以产品收益和油气开采成本的收支平衡点（包括甲醇抑制剂的增加量）为基础考虑因素的经济决策。

与处理采出水相关的成本在天然气开采总体成本中占小部分。不过，处理不当或不彻底可能会损害设备性能，因而提高运营成本。同样，使用未经处理的井口产品会缩短设备故障的平均间隔时间，从而导致维护成本的增加以及设备使用寿命的缩短。上述内容与海底天然气管道、阀门和设备中的天然气水合物或包合物的形成尤其相关。

甲醇水合物、甲醇包合物、液体甲醇、甲醇冰、“火冰”和天然气水合物是固体包合化合物的同义词，这类化合物可在冰冻水的晶体结构中捕获大量甲醇，从而形成类似冰的多孔固体。甲醇包合水合物的典型构成在 0.9 g/cm^3 的观察密度下，为每 5.75 摩尔的水中含 1 摩尔的甲醇。在标准温度和压力下，一升甲醇包合物包含 168 升甲醇气体。包合物包含可在空气中点燃和燃烧的足够甲醇，因此名为“火冰”。

在高压和中等温度下，水合物会形成粘附在管道和设备内侧表面上的固体。如果水合物的形成速度未得到缓解，则海下采集管道和输送管道可能会堵塞并中断液体流动。脱离管壁的水合物块可能会在液体流中移动，从而妨碍采集、损坏设备并在极端情况下导致灾难性管道故障。如果发生管道故障，则可能必须封闭井口、损失产品并将油气直接排放到水体中。

可以通过使用隔热和伴热装置避免产生形成水合物所需的温度条件这种机械方式，或是通过在最低工作温度下降低冰点这种化学方式，来控制水合物形成。

化学水合物抑制剂的作用与汽车引擎冷却系统中的防冻剂作用相同。在井口以及某些情况下在井中添加乙二醇（更常见的是添加甲醇）可降低水的冰冻温度，从而可防止形成包合物结构。由于乙二醇的成本较高，因此甲醇是最常见的首选添加剂。达到相同保护级别所需的甲醇大约是乙二醇的一半。乙二醇保留在采出水中，有助于回收和重新利用。大约一半的甲醇添加剂会蒸发为气相并且不可回收；另一半甲醇保留溶解在采出水中，有助于回收和循环利用。

除了在温暖的浅水中，海上天然气开采也需要使用甲醇或乙二醇来避免水合物的形成。甲醇正广泛用于墨西哥湾的中层水和深水开采，在这类开采中，液流压力可能较高而温度较低。

2.4.5 甲醇规格

甲醇的其它信息和规格可通过 Internet 从 International Methanol Producers and Consumers Association（国际甲醇生产商和消费者协会）（IMPCA）网站上获取。IMPCA 成员是非常好的信息来源。

3 甲醇的运输和存储

本章概述了与甲醇存储和运输相关的安全问题（从制造中心到最终用户）。

3.1 甲醇运输

甲醇市场的地理和分布状况要求大量依靠运输来将甲醇产品从生产商送达消费者。甲醇的制造在世界的某些地区，而使用则在另一些地区。由于制造地和使用地之间存在一定距离，这就要求全球每年生产的甲醇多达 80% 要在各大洲之间运输。越洋运输、入港转移和海上转运站存储的安全性、可靠性和完整性构成了很大一部分的潜在损失，其原因包括意外和未减缓的释放，这些损失都需要由甲醇行业承担。

3.1.1 越洋运输

甲醇从码头区储罐中被抽入油轮的封闭式货舱中。可以通过管道、轮船、铁路或卡车运送到码头区贮藏库。

甲醇的越洋运输与其它羟液体类似，如原油、汽油、柴油和 MTBE 这样的燃料添加剂。发运方通常采用双壳体船，随着全球产量的增长，这很可能成为标准。油轮装运的特殊预防措施包括：清洁（防止污染甲醇）、甲醇泄漏检测、适当的消防器材（包括抗溶泡沫）以及适用于甲醇应用的泵、管道、软管和垫圈材料。

应避免甲醇被意外释放到海洋中，不过它对环境造成的威胁要比原油、船用燃料、汽油或柴油燃料小。纯（100%）甲醇可以在水中快速、充分地溶解。即使是大型的灾难性释放，在不到一英里的距离内就可以通过稀释过程将甲醇浓度降低到无法对海洋生物产生毒性的程度。

3.1.2 铁路运输

铁路运输的预防措施与乙醇、汽油、MTBE、喷气燃料（煤油）和蒸馏液非常相似。其中包括防止静电放电的接地措施。

特殊设计的罐车配有压力释放装置，以便在运输过程中提供热扩散，在转移和临时存放时提供短期（少于 30 天）侧壁内衬。只要甲醇被密封在立式罐车内，铁路运输还是很安全的。

如发生脱轨事故，第一响应者应将甲醇作为高度可燃和剧毒物来处理。2008 版的《Emergency Response Guidebook》（应急响应指南）（ERG2008）[19] 建议应立即对方圆 150 英尺（50 米）内的区域实施隔离。如大量释放，则可能会发生所谓的“流火”。还可能会发生回火。流火如果流入下水道和排水沟，会有非常大的危害。针对由脱轨或其它危及密封性的事故导致的意外释放，ERG2008 建议响应者应隔离以释放点为中心方圆半英里（800 米）以内的区域，并考虑疏散此区域内的人群。发生溅漏事故时，第一响应者应穿着化学防护服并戴上自给式正压空气呼吸器（SCBA）。逃出来的人群是救火的好帮手，但不适合去参与

溅漏处置任务，这会使他们接触到未密封的甲醇。必须消除方圆至少半英里（800 米）以内的点火源。

据了解，甲醇罐车被燃烧和（或）承受了高辐射热通量时会发生 BLEVE（沸腾液体膨胀蒸汽爆炸，罐车瞬间破裂，发生灾难性释放，随后蒸汽会被点燃）。

3.1.3 罐车运输

对铁路罐车的建议同样适用于由牵引拖运卡车牵引的罐车和由牵引拖运卡车拖拽的槽车。甲醇运输卡车拖运时采用的预防措施与汽油运输时日常所采用的措施完全相同。

3.2 甲醇存储

甲醇存储所采用的预防措施基本上与汽油存储相同。甲醇通常存储在由地面浮顶储罐和内部隔离的小型浮动隔板储罐组成的罐区。储罐必须接地，避免静电释放带来的危害。可通过氮填充、天然气填充或通过指定点火控制危险区域来进行点火控制。

由于甲醇通常与其它溶液和原料存放在一起，因此传输甲醇的所有管道和阀门都必须采用统一的标签，并且应指明流向。所有存储材料，包括手提容器和圆桶，都要求有护墙并且通风良好。护墙应使用合适的抗甲醇织物或混凝土压实加以固定。由于甲醇具有溶剂属性，因此烃残渣、沥青和铺路油不适合作为护墙的保护和固定材料。

甲醇燃烧时会产生可能在明亮阳光下不可见的不发光火焰。响应者必须配备红外设备，以便可以进行远程热量和相对温度检测。如果有可能，在高空的应急响应直升机上配备此功能设备是非常可取的。

3.2.1 码头和海上转运站

码头和海上转运站的存储设备通常为浮顶储罐，这种储罐专用于处理甲醇。首选使用内部浮顶来避免污染。设施可能配有泄漏检测和警报装置。合适的灭火和溅漏响应能力十分重要，并且可能为保险方所要求。

比较大的一个问题是无人值守时的储罐泄漏。要获取储罐的建造、检查和维护方面的特定信息，应参考 American Petroleum Institute（美国石油学会）的相关法规、标准和建议做法。

3.2.2 罐区

精炼厂和化工厂这些地方的罐区通常有专用的甲醇存储和处理系统。通常，储罐高于地面，管道也高于地面并架设于管道架上。一般来说，汽油储罐的消防措施对于甲醇储罐而言已经绰绰有余了，但应增加一些其它方面的防护，包括泄漏检测、毒性危害控制以及酒精适用的泡沫消防设备。

3.2.3 便携式容器（手提容器和圆桶）

手提容器和圆桶可能会引发问题。甲醇行业花了很长时间来设计和制造很容易找到的令人满意的手提容器。由于使用手提容器和圆桶的用户比配有专用批量存储和处理系统的工厂要多得多，因此本手册特别强调了使用手提容器和圆桶容器时安全处理甲醇的重要性。有关容器选择的问题，强烈建议处理器向甲醇供应商咨询。罐区的用户很少直接接触溅漏甲醇，而手提容器和圆桶的用户则不同，他们通常会遇到甲醇溅漏，这就需要他们迅速做出响应并进行后续清洁。

建议手提容器、桶、罐用户采用以下预防措施：

- 只向声誉良好的供应商购买甲醇。甲醇协会提供在甲醇客户和甲醇供应商之间搭建桥梁的服务。访问甲醇协会网站 www.methanol.org，并单击“**Methanol Source Request**（甲醇供应商请求）”链接。完成并提交这份在线表格，以提供您的甲醇需求信息，然后您的信息就能被代表全球领先甲醇厂商和经销商的甲醇协会会员看到。之后，这些供应商便会直接与您联系并商讨价格，然后供应产品。
- 应在签定销售合同之前向供应商咨询预期用途和使用环境。许多商业化工公司都有相关服务，并且也愿意提供此类服务，以确保他们出售的化学品能得到安全使用。
- 同意接收、存储和当地运输方面的设施和条款后，建立并培训一支本地响应团队，对于负责溅漏事故处理是必需且明智的。
- 甲醇处理的某些环节需要有特殊的预防和保护措施。包括：
 - 尽可能在专门划分出来并且有适当标签的专用区域存放并使用甲醇。在该区域工作的人员应能够随时采取安全措施。应指定该区域为危险区域，并且在溅漏、暴露和着火情况下应可以迅速采取保护措施。
 - 指定进行甲醇处置的区域应配备有效的声音警报以便及时求援。
 - 对垫圈、过滤器、软管材料和类似物资采用明确的材料标识。
 - 在预计会发生降解或毁坏前，定期更换垫圈、软管和“O”形环。
 - 确保制定有接地程序，并定期检查接地情况。
 - 确保防止吸水和积水的程序到位。
 - 确保程序和预防措施到位，以防止溅漏的甲醇进入排水沟、人体以及受限空间。
 - 确保防止甲醇进入地下水位或蓄水层的程序和预防措施到位。
 - 确保个人保护和缓解暴露的程序和设备到位。这应包括洗眼器和淋浴房。
 - 确保泄漏检测与报警的程序和设备到位。
 - 确保现场应急响应程序和设备到位。
 - 确保为非现场应急响应者准备的程序（可能还有专门设备）到位。
- 在小型储罐、手提容器、圆桶中处理和存储甲醇的相关指南和注意事项在以下规章和最佳做法文档中提供：
 - IFC 第 34 章。
 - NFPA 30。
 - OSHA CFR 49 1910.119 和其它危险材料相关规定。
 - 政策和程序还必须论述在危险和可操作性研究（HAZOP）中提出的，并在首次利用储罐卡车车厢、手提容器或圆桶运送甲醇前执行的安全注意事项。
 - Methanex Corporation 的公司手册：Container Filling Best Practice（容器灌注最佳做法），文档 #CR3RC250。
 - ISO 9001: 2000 – 质量管理系统。

3.2.4 电气分类

邻近甲醇存储和处理的电气设备必须根据 National Electrical Code (美国国家电气规程, NEC) 要求 [42] 配备防爆设施。可能要求正压以确保吸烟室、控制系统和电力开关装置等无甲醇区得到保护。

3.2.5 接地和接线

接地在防止甲醇因静电释放而意外燃烧方面尤其重要。甲醇是一种导电的极性化合物。一般而言，甲醇的存储不应聚集静电荷。但是，如果存在带有非导电衬垫的储罐，这类情况可能会改变电荷聚集速度。

建议在接地线上装上硬质合金头夹子，确保电触头穿过绝缘表面涂层（如油漆）。储罐和存储容器应与灌注吸管相配，这样才能防止液体穿过空气时产生的静电点燃甲醇。

在甲醇蒸汽附近或可能属于近距离范围内的照明系统、管道架、泵、容器、过滤器和其它设备均需接地。可能会受到雷击的高塔和其它设备必须装上避雷器。

软管必须接地。在装卸甲醇时，由于静电积聚而产生花火的可能性比低硫磺柴油等材料小。甲醇不会积聚静电。甲醇的导电性相比大多数燃料要高。但是，如果会出现高压下降、液压影响和腐蚀等问题，运送过程中还是应限制速度。如需有关特定指导，请参阅 API 和 NFPA 出版物。

接线是对流经导电或非导电材料时产生的静电进行释放的一种措施。具体做法是在接地物体和非接地物体之间建立连接。甲醇转移作业应进行连结和接地。

在甲醇转运作业过程中，金属容器（圆桶或手提容器）和使用到的灌注泵设备应连结在一起并接地。灌注导管或软管应该是导电的，并且应与灌注系统连结起来。接线时应使用一根 1/8 英寸的不锈钢裸电缆⁵ 连接到一个能穿透油漆、锈层和堆积材料的带硬化钢头和螺钉的夹子上或强力弹簧上。取出桶塞前，在桶容器的上边缘夹上接线夹。将导管伸到距离容器底部 1 英寸（25 毫米）以内的位置。开始缓慢地灌注（以小于每秒一米的速度，或每分钟液体上升高度小于 2 英寸或 5 厘米的容器灌注速率进行），直到容器灌注到沿灌注导管上升相当于两个导管直径的高度时再停止。

近年来，大家开始将注意力转向在空气可能发生爆炸的环境（如汽油站和加油站）中使用个人电子产品（如手机、笔记本电脑等）的危害性。点燃汽油蒸汽所必需的能量（在最适合燃烧的混合比率下为 0.2 mJ）与静电和低压电子设备开机时发出的火花所产生的能量接近。不建议在潜在的易燃大气中操作电子设备（如手机和笔记本电脑）。

注意以下几点：

- 手机可以点燃汽油、乙醇、甲醇、丙烷、压缩天然气 (CNG) 产生的燃油蒸汽。
- 手机在开机或来电时发光所释放的能量足以提供能够点燃碳氢化合物蒸汽的火花。
- 不得在灌注站、加油站内，或在灌注便携式容器，以及给割草机、船等加油时使用手机（应关机）。
- 不得在容易产生易燃或易爆气体的材料（如溶液、化学品、煤气）周围使用手机（应关机）。

⁵ 1/4 到 3/8 英寸的柔软裸铜线可用于大型接地和接线夹。

同样的预防措施也适用于笔记本电脑、手电筒、电池照明灯和其它使用电池的无防爆功能设备。一条通用规则是，不得在距离易爆空气 20 英尺（7 米）内使用电子设备 [40]。这一距离足以在可能的易燃气体源头和设备间形成一个缓冲距离。对于加压液化气（如丙烷），将这一距离增加到 50 英尺（17 米）。

当用金属容器进行分配时，容器和相关灌注设备（包括吸管、传导软管、泵）应连结在一起并接地。如果塑衬金属容器带有厚度小于 2 毫米的环氧或酚醛涂层，则可以把它视为金属容器。如果内衬厚度大于 2 毫米，则该容器应视为非导电容器。处置甲醇时，应将非导电容器视为容器和甲醇都不导电。

按照 NFPA 30 “易燃和可燃液体”的规定，塑料容器无法接地，未经专家审核不可用于盛放 I 类易燃液体（如甲醇）。如果必须使用塑料容器，请遵照金属容器的程序。

有关预防意外点燃相关问题的详细信息，请查阅以下标准和参考书目：

- ASTM E681 describes a standard test method for determining flammability limits.
- Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th Edition, McGraw-Hill Book Company, San Francisco, Sec. 3, pp.256-257, 1984.
- NFPA-325, *Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids*, 1994.
- Glassman, I., Combustion, 2nd Edition, pp.321-313, pp.486-489, 1987.
- NFPA 30A, *Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages*, 2008.
- UFC, Article 52, *Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations*, 1997.
- NEC, Chapter 5, Articles 500-504, 2008. These articles define requirements for intrinsically safe electronic devices in Class I, Division 1, and Class 1, Division 2 area hazardous locations.
- ANSI/UL 1203 *Explosion-proof and Dust-Ignition-proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations*.
- ANSI/UL 913 *Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III Division 1, Hazardous Locations*.
- UL 1604 *Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations*.
- DOD-HDBK-263, *Electrostatic Discharge Control Handbook*.
- IEC 60050-426:1990, IEC 60079-4:1975, IEC 60079-4A:1970, IEC 60079-20:199.

4 健康和安全

本章介绍甲醇的毒性、接触途径和症状、有效控制策略、安全预防措施及急救措施。

4.1 接触甲醇

4.1.1 常见接触源

人们会从多种源头接触到甲醇。不仅人体内会自然产生甲醇，人们平常也会通过空气、水和食物接触到甲醇。食物是一般人群接触甲醇的主要源头。经观测，普遍认为饮食决定了血液中的甲醇浓度。甲醇以微量浓度广泛存在于人类的食物中，如新鲜水果、蔬菜和饮料（如果汁、啤酒、葡萄酒、白酒）。食物甜味剂（一种人造甜料）和二烷酸二甲酯（DMDC，茶饮料、运动饮料、水果或气泡果汁、葡萄酒中使用的一种发酵抑制剂）在人体中进行新陈代谢时会排出少量甲醇。表 4 举例说明了常见食物和饮料中的甲醇含量（与人体内的本底值相比）。

表 4. 食物和饮料中以及血液中的甲醇含量

样品	甲醇含量
新鲜和罐装果汁 (橙汁和葡萄柚汁)	1-640 毫克/升 (平均 140 毫克/升)
啤酒	6-27 毫克/升
葡萄酒	96-329 毫克/升
豆类	1.5-7.9 毫克/千克
扁豆	4.4 毫克/千克
碳酸饮料	~56 毫克/升
人体本底值	0.5 毫克/千克 (血液中为 0.73 毫克/升)

接触甲醇的潜在非饮食类源头（主要通过吸入）可能是使用某种消费产品，如油漆、挡风玻璃洗涤液、防冻剂、除冰装置和使用甲醇作为溶液的粘合剂。香烟的烟雾中也含有甲醇蒸汽，每支烟含有 180 微克 (μg)。甲醇还在消费类电子设备（如笔记本电脑和手机）的燃料电池中使用。使用燃料电池的汽车也采用甲醇作为氢载体燃料。这些相对较新的甲醇应用可能会在将来变得越来越普遍。

研究表明，美国一般人群血液中的甲醇浓度介于 0.025 到 4.7 毫克/升之间。在对照研究中，呼吸气体包含 200 ppm（每百万单位体积中的单位数）甲醇的人类，其血液浓度低于 10 毫克/升。

通常，在日常环境中接触空气中甲醇蒸汽的机会比职业性的接触要少得多。通常，在农村空气中接触到的甲醇低于 0.0008 ppm，而在城市地区则接近 0.03 ppm。甲醇目前在一定程度上被用作备用燃油，主要是以 85% 甲醇和 15% 汽油的混合形式存在，也称为 M85。随着将甲醇用作石油燃料替代品的建议被提出，甲醇可能会更大量地通过汽车尾气和加油站向大气释放。

职业（工作场所）接触可能导致最高程度的日常甲醇接触。职业接触通常由于在生产或使用过程中吸入甲醇蒸汽而导致。美国生产的甲醇大约 70% 都用作其它有机化学物和一系列消费类产品（包括挡风玻璃洗涤液）的生产原料。它还用于废水和污水的处理。与甲醇的职业性接触可能发生在其生产过程中，或者因其存在于冷藏系统中，以及被作为甲醛、MTBE、乙酸等工业化化学品的成分而导致接触。Occupational Safety and Health Administration（职业安全与卫生监管，OSHA）公布的甲醇时间加权平均值（Time-Weighted-Average, TWA）允许接触限值（Permissible Exposure Limit, PEL）为 200 ppm（每天 8 小时，每周 40 小时）。

工人为使用甲醇的巴士补给燃料时，在其呼吸区域测得的甲醇蒸汽浓度一般低于 10 ppm。修理工为这些巴士更换燃料过滤器时（该过程用时 2 分钟），在其呼吸区域测得的甲醇蒸汽浓度平均约为 50 ppm。

4.1.2 意外接触源

一般人群接触甲醇较不常见的情形包括使用含甲醇的燃料作为溶剂以及发生意外溅漏。另一种类型的甲醇潜在意外接触也值得一提。每年，向美国毒药控制中心报告的汽油意外摄入案例都达数千例。分析数据发现，39% 的意外摄入都发生在未成年人和年轻男子身上，而 36% 则发生在不到 6 岁的儿童身上。前一种情况几乎都是发生在将燃料从一个容器转移到另一个容器的（用嘴）虹吸过程中。后一种情况则大多数是由于小孩子接触到装过汽油的旧饮料容器才发生。汽油的主要毒性危害在于燃料回流和吸入排放物的可能性，这可能引发化学性肺炎。但如果将这些情形中的汽油换成 M85，则甲醇可能大大增加严重疾病或死亡的可能性。皮肤接触甲醇溶液也可能导致快速吸收并出现毒性特征。已报道过儿童因皮肤接触甲醇而中毒的案例。

下表给出了甲醇的一些潜在接触途径，以及对于一个体重 154 磅（70 公斤）的人来说，身体能承受的额外甲醇接触量。

表 5. 人体能承受的额外甲醇量 [32]

接触/剂量	人体承受的额外甲醇量
人体承受的本底量	35 毫克*
手皮肤接触液体甲醇, 2 分钟	170 毫克
吸入, 8 小时 40 ppm 甲醇	170 毫克
吸入, 15 分钟 150 ppm	42 毫克**
吸入 12 盎司 (0.34 升) 含甜味剂的甜味饮料	21 毫克
吸入 0.2 毫升甲醇	170 毫克
吸入 0.7-3 盎司 (25-90 毫升) 甲醇	致命 (~21000-70000 毫克)

*根据体重 70 千克的人身体能承受的甲醇为 0.5 毫克/千克来估计

**假设 100% 吸入肺 (可能性较大的是 60%-85%)

4.1.3 接触途径

甲醇进入人体的主要途径是吸入、吸收（通过皮肤接触和眼睛接触）以及通过饮食摄入。

4.1.4 甲醇代谢

甲醇很容易通过各种接触途径被快速吸收并迅速扩散到整个人体。人体可以吸收吸入甲醇的 60%-85%。少量未经代谢便由肺部和肾脏排出。甲醇在人体内的代谢速度为 25 毫克/千克·小时，比乙醇慢七倍，并且不受血液中所含浓度的影响。人体首先将甲醇代谢成甲醛。甲醛再转化成甲酸盐（浓度过高会有毒），最终再转化成二氧化碳和水。口腔或皮肤接触后，甲醇通过呼气排出的半衰期为 1.5 小时。由于人体将甲酸盐代谢成二氧化碳的能力有限，因此在接触大量甲醇后，甲酸盐会在人体内积聚。如果甲酸盐生成速度持续超过新陈代谢速度，则甲醇便会发挥毒性。人体内的甲醇本底量不会造成甲酸盐积聚或对人体健康造成不利影响。研究表明，短时间吸入 200 ppm 甲醇时，甲醇浓度小于 10 毫克/升的血液中的甲酸盐浓度不会显著增加。

人体甲醇代谢:



4.1.5 接触的影响

甲醇是一种有毒物质。这意味着一次接触便可能会导致严重、有时甚至是致命的急性毒性作用。因此，首要关注的问题是通过各种主要侵入途径的急性接触。甲醇接触的征兆和症状不会立即显现。从接触到病症发作的时间滞后可能会导致误诊病源，尤其当人们不知道自己接触过甲醇，或者不了解甲醇的毒性以及甲醇、乙醇和异丙醇的区别时更容易发生这种情况。

4.1.5.1 一般症状

不管接触途径是什么，甲醇的毒性都是一样的。身体组织的中毒征兆会在最初接触后 8 到 36 小时之间出现。甲醇会刺激眼睛、皮肤和呼吸道。它还会剥离皮肤上的天然油脂，导致皮肤干裂。只要经历一次急性接触，它便可对视觉神经、中枢神经和末梢神经系统造成永久性破坏。甲醇中毒的其它征兆和症状包括头痛、头昏眼花、呕吐、腹部剧烈疼痛、背痛、呼吸困难、四肢发冷、精神萎靡和失调。眼睛接触还会导致烧灼的感觉，同时伴有流泪、发红和胀大等症状。直接接触液体可能导致结膜炎和角膜烧伤。过量接触可能导致失明和死亡。

4.1.5.2 急性效应

经过对人体酒精中毒情况和动物的研究，已确定了大量接触甲醇后的急性效应。通常，受影响的人会因中枢神经系统轻度抑郁而经历短时间的迷醉，随后便会进入无明显迷醉或毒性症状的时期（一般为 12 到 14 小时）。之后便会出现中毒生理症状，如头痛、恶心、呕吐、失衡、腹部剧痛和呼吸困难等。这些症状可能导致昏迷和死亡。其它甲醇急性中毒特征还包括视觉系统紊乱和体内酸性物质积聚。甲醇接触造成的视觉影响包括对光线过度敏感、视觉朦胧或模糊到视力明显减退甚至完全失明。

少量的甲醇即可引发严重的甲醇接触危害：假设吞食的是 100% 甲醇燃料，对于一周岁婴儿，致命剂量为少于一茶匙的量（4 毫升）；三周岁儿童为一茶匙半的量（6 毫升）；成人为少于两茶匙的量（28 毫升）。

4.1.5.3 慢性效应

与大量接触的急性效应相比，我们对少量甲醇接触带来的慢性效应了解得相对较少。根据有限的病例报告和流行病学研究，长期接触甲醇的影响与急性接触类似：视觉和中枢神经系统紊乱。皮肤反复直接接触甲醇可导致带干裂症状的皮炎。慢性接触的其它症状包括眼睛刺痛、头痛、眼花、失眠、肠胃问题，特点是视力困难。

根据经济合作发展组织（OECD）的筛选信息数据集显示，由于甲醇的潜在危害性质（包括神经系统影响、中枢神经系统（CNS）抑郁、视觉影响、生殖和发育影响以及其它器官毒性）而需要在人体健康影响方面对其进行进一步研究。根据剂量的不同，会出现快速新陈代谢和排泄现象。

目前，无任何国际权威组织或政府机构（如 IARC、NTP、NIOSH、ACGIH 或 OSHA）将甲醇列为致癌物质。EPA 的综合风险信息系统（IRIS）正进行甲醇的人体健康危害和剂量响应评估。IRIS 于 2009 年 12 月发布的供外部同行评阅的 Toxicological Review of Methanol（甲醇

毒理学审查)草案中提出,证据的份量与裁定一致,即甲醇可能会对人致癌。这被定义为“在多个物种、性别、压力、场所或接触途径方面进行动物试验时测试结果呈阳性的制剂,不管是否存在对人致癌的证据”。2011年3月,在收到一份来自国家毒理学计划处(NTP)的报告后(该报告建议参考一家欧洲研究机构完成的甲醇研究中报告的特定肿瘤诊断来解决意见分歧),EPA搁置了外部同行对IRIS Methanol Toxicological Review(甲醇毒理学审查)草案的评审。EPA和国家环境健康科学研究所计划联合赞助一个独立的病理学工作组(PWG)来评审该机构进行的研究。

根据IRIS毒理学评审草案,“在与人类慢性甲醇管理癌症观察有关的文献中没有可用信息”。此外,无任何人类数据证明甲醇接触与天生缺陷或生殖危害发病率的升高与有关。但最近针对大鼠和小鼠的现有数据表明,吸入或口腔接触大量甲醇对发育具有危害。由于大鼠和小鼠代谢甲醇的方式与人类不同,因此这些研究在预言人体健康影响方面有多少价值还不太确定。

当孕妇接触了一定量的甲醇,使得血液中甲醇浓度高于10毫克/升时,会对胎儿发育造成的不利影响是目前关注的一个问题。正常甲醇PEL不会导致血液中甲醇含量达到或高于10毫克/升。但是,该值并不用来代表最高“安全”血液浓度。

4.2 接触控制

4.2.1 工程控制

如有可能,自动将圆桶或其它存储容器中的液体甲醇抽到工艺容器中,以减少接触的可能性。甲醇应始终存放在密闭装置中,切勿敞开在空气中。有关详情,请参阅3.2节(甲醇存储)和第5章(安全管理甲醇:流程安全)。

4.2.1.1 通风

建筑通风系统应为常规操作提供新鲜空气,并且应考虑泄漏的可能性。在某些情况下,自然通风可能已足够,否则,应提供机械通风系统。通风要求应根据具体场所而定,但最终目的都是确保空气中的甲醇浓度不达到或超过200 ppm。

如有可能,可采用密封式操作方式,并在转移、使用或排放甲醇的地方采用适当的局部通风。通风类型取决于闭塞空气空间、甲醇工艺温度、对流气流和风向等因素。在确定设备位置、类型和容量时必须考虑这些因素。如果安装机械通风装置,则必须使用防火花风扇。

4.2.2 接触监控

甲醇略带甜酒味,但在浓度未达到2000 ppm或以上前无法被感觉到,而这一浓度已经超过了人体接触安全限值200 ppm的十倍。由于甲醇气味不是一个很好的浓度指标,因此必须确定一些接触程度的量化标准。这是确保工人健康不受损,以及确定是否遵从任何适用法规所必需的。

甲醇蒸汽浓度可使用直读式气体探测管(如比色检测管)或电子仪器(如便携式气体监测仪)测量。气体监测仪可持续显示甲醇浓度的读数,并且可为特定浓度设定警报。TWA个人接触浓度还可使用带硅胶吸管的空气采样泵测量。



便携式气体监测仪



气体探测管

(由 Drägerwerk AG 提供, 已授权使用)

目前, OSHA PEL 和 American Conference of Governmental Industrial Hygienists (美国政府工业卫生工作者会议, ACGIH) 将甲醇阈限值 (TLV) 设为 200 ppm [3]。两个值均基于 8 小时 TWA 接触。ACGIH 甲醇短期接触限制为 250 ppm, 它包含皮肤吸收标记。National Institute for Occupational Safety and Health (美国国家职业安全与卫生研究所, NIOSH) 也将 10 小时 TWA 建议接触限值设为 200 ppm。设置 OSHA PEL 旨在保护工人免受危险品 (如甲醇) 接触之健康影响。PEL 是工作场所空气中不可超标的物质的数量或浓度规定限值。它们也含有皮肤吸收标记, 以此警告应预防皮肤吸收, 避免因吸入而吸收超过 PEL 值的剂量。ACGIH TLV 是工业卫生工作者和其他健康与安全专家在确定工作场所中各种化学品安全接触量时所使用的指标。PEL 和 TLV 均为一般工人不会受到不利健康影响的最大接触量。

ACGIH 还公布了大量化学品的生物接触指标 (BEI)。BEI 的决定因素是个人“吸收”化学品的指标。虽然有些 BEI 会直接产生不利健康影响, 但大多数还是与 TLV 直接相关。轮班结束时收集的尿液中的甲醇 BEI 为 15 毫克/升。

4.2.3 个人防护设备

无论何时使用或处理甲醇, 都可能因吸入、皮肤吸收、眼睛接触或摄入而接触到甲醇。甲醇接触风险等级决定了相应的个人防护设备等级。建议至少戴上带侧面防护的安全眼镜或护目镜, 以及与任务相配套的手套。根据情形的不同, 可能还需要其它个人防护设备。

4.2.4 呼吸保护

呼吸保护应根据存在的危害性和潜在接触的可能性来选择。带有机蒸汽 (OVA) 筒的空气净化呼吸器不适合用于防甲醇蒸汽, 因为 OVA 筒的有效寿命非常短。另外, 甲醇的气味阈值可能在 100 到 1500 ppm 之间, 因此当甲醇蒸汽泄漏且呼吸器不再提供甲醇接触防护时, OVA 筒无法提供充分警告。建议使用带全面罩的按需调压式或其它正压式供气呼吸器来保护呼吸。评价呼吸器类型是否合适还应考虑眼睛的保护需求。每当执行某项任务需使用呼吸保护时, 都应对呼吸器设备进行适合性测试和常规维护。下表在假定已知空气中甲醇浓度的情况下, 针对是否需要呼吸保护提供了指南。

表 6. 呼吸保护指南

空气中的甲醇浓度	呼吸保护
<200 ppm	无需保护。仍可能需要皮肤和眼睛保护。
200 ppm 或更高	如果超过日常的接触时间加权平均值 (TWA) 或是如果存在其它接触途径 (皮肤、眼睛、摄入)，则需要保护。如需保护，则必须使用供气系统。
持续 >200 ppm	必须使用供气式呼吸设备 (SCBA) 系统 (如正压式 SCBA)。

4.2.5 化学防护服/材料

如果皮肤要反复或长时间接触甲醇，则应穿着化学防护服/材料。这可能包括橡皮靴、防护手套和其它密封和防护服。化学防护材料包括丁基橡胶和丁腈橡胶。如果眼睛可能会接触甲醇（包括蒸汽），则请使用化学护目镜。可在护目镜上再戴一个全面罩加以保护，但它不可以取代护目镜。

表 7 根据给定情形提供了相应的个人防护设备指南。

表 7. 个人防护设备选择

低蒸汽风险/低飞溅量风险	高蒸汽风险/低飞溅量风险	高蒸汽风险/高飞溅量风险
阻燃服	化学防护套服	不渗水的化学防护套服
手套 (Silvershield 或一次性丁腈手套)	化学防护橡胶手套	化学防护橡胶手套
带侧面防护的安全眼镜	全面罩供气式呼吸器	SCBA 或压缩空气呼吸设备 (CABA)
全覆盖靴套	化学防护橡胶靴	化学防护橡胶靴

4.3 安全预防措施

4.3.1 日常操作

由于甲醇蒸汽具有易燃性，静电可以将其点燃。因此，当可能有静电时，所有设备都必须始终接地和连结。通常采用硬质合金头夹子（确保能穿透油漆，接触良好）和吸管灌注来防止被静电点燃。

下面是建议采用的安全预防措施。特殊或高危险操作可能需要其它预防措施，这将在下一节介绍。

- 严禁吸烟。
- 严格控制车辆出入。
- 通风必须足以应付建筑物中可能存在的最大蒸汽量。
- 无甲醇区需采取积极的强制措施，如控制、开关和吸烟室。
- 储罐通风口的大小应适合明火加热的应急蒸汽释放。

- 电气设备必须根据美国国家电气规程的要求配备防爆设施。
- 建议使用带 6% 泡沫（与水的比例）的抗溶水成膜泡沫（AR-AFFF）设备灭甲醇火。
- 干粉灭火器可用于扑灭小火。应备有足够的手提式和轮架式灭火器。
- 消防栓应从战略意义上备足软管。
- 少量溅漏应使用沙、土或其它不可燃吸收材料进行补救，然后用水冲洗溅漏区域。
大量溅漏应使用水冲淡，然后再进行隔离处理。
- 照明设备应接地。较高的容器和结构应装有安全接地的避雷器。

4.3.2 特殊操作和高危险操作

4.3.2.1 进入受限空间

许多工作场所都有“受限”空间，因为这些空间要限制必须进出其中以及在其中工作的人的活动。受限空间会限制或约束进出的方式，但并非要让工人长期呆在里面。受限空间的例子包括（但不限于）地下储藏室、储罐、储藏库、检修孔、深坑、地窖、工艺容器和管道。另外，受限空间内的空气通常氧气不足、有毒或易燃，因此，OSHA 要求在其入口处设置“凭证入内”标示。曾有工作场所发生过受限空间内的死亡事件，因为在进入受限空间前未事先测试其空气或未实行持续监控。受限空间进入程序必须遵从所有相关联邦和地方法律法规。

除空气中可能缺氧外，受限空间内积聚的甲醇蒸汽如被点燃也可能发生爆炸。甲醇的爆炸下限（LEL）为含量 6% (60000 ppm)，它是立即威胁生命或健康 (IDLH) 浓度的 10 倍，而其爆炸上限 (UEL) 则为含量 36% (360000 ppm)。当空气中浓度低于 LEL 时，甲醇蒸汽不足以引发火灾。当空气中浓度高于 UEL 时，则甲醇过多且氧气不足，也无法引燃。甲醇的 LEL 和 UEL 相对应的温度范围为 54° F 到 106° F (12° C 到 41° C)。在此温度范围内，甲醇会燃烧。由于在爆炸范围内的甲醇蒸汽浓度是有毒的，因此让空气浓度保持在对健康无害的程度也能使它免于着火。但让其免于着火不代表就能安全呼吸。

在受限空间内必须安装通风系统，使空气中甲醇浓度能保持在 LEL 以下，以及允许的爆炸限值以下。在进入可能含有甲醇的受限空间之前，先进行检查，确保未达到爆炸浓度。

4.3.2.2 热加工

热加工是任何能产生热量、火焰、火花或烟的活动。热加工的例子有（但不限于）焊接、铜焊、锡焊、切割、加热处理、碾磨和使用动力工具。甲醇极其易燃，当在甲醇源附近进行热加工时，甲醇可能会着火。

NFPA 和 OSHA 将其定义为 1B 类易燃液体，联合国将其定义为易燃液体 (UN Hazard Class 3)。当它等于或低于环境温度时会释放蒸汽。与空气混合后，甲醇能在户外燃烧。未混合甲醇蒸汽的比重为 1.1，而空气是 1.0。甲醇蒸汽略重于空气，在达到燃点和逆燃前可沿地面传播一小段距离（几码或几米）。传播距离取决于释放环境。急湍释放会加快与空气混合的速度，而非急湍释放则会减慢与空气混合的速度。

纯甲醇闪点较低，为 54° F (12° C)，易燃范围较广（量的 6-36%）。闪点的定义为液体蒸汽压力足以与液体表面附近的空气形成可燃混合气时的最低温度。易燃范围为浓度范围，在此范围内，如有火源，则空气与甲醇蒸汽的混合气便能够点燃。易燃范围的幅度意味着甲醇蒸汽在空气的较大浓度范围内可被点燃 [33]。空气中甲醇的最低点能量 (MIE) 稍低于汽油。局部热点可超过闪点，甲醇可点燃。当甲醇着火时会有明亮的蓝色火焰，在强烈的太阳光下很难看见。甲醇可能已着火，而您可能无法通过观察火焰来辨别火的危害。

热加工的危险性可通过实施有效的热加工计划来降低，包括加工前授权、安全焊接做法和防火。

4.4 急救措施

急救是在接触人员得到医疗专家的治疗或建议之前对其采取的紧急临时治疗。行动必须要迅速。如有必要，必须尽快获得医疗救援。有关急救措施的相关信息，应仔细查阅甲醇或含甲醇材料的材料安全数据表（MSDS）。

4.4.1 吸入

当有人吸入甲醇蒸汽时，您应在确保自身安全的情况下先将人员转移到新鲜空气环境中，同时为他（她）保暖，让其休息。观察他（她）呼吸的困难程度。如果呼吸越来越困难，或者如果呼吸已经停止，应立即采取人工呼吸或心肺复苏（CPR）措施并寻求医疗救助。如果受过训练，应根据需要通过辅助通风补充氧气。

4.4.2 皮肤接触

如果不慎接触到皮肤，应立即使用紧急洗眼水或安全喷淋，同时用大量温水冲洗接触部位至少 15 分钟。受污染衣服和鞋子应放到淋浴头下冲洗。用肥皂和水将接触部位彻底冲洗干净。如仍有刺激或疼痛感，或者中毒症状加重，请寻求医疗救助。受污染衣服和鞋子冲洗干净后方可再次使用。

4.4.3 眼睛接触

如不慎接触到眼部，应立即用大量温水冲洗眼睛至少 15 分钟。冲洗时眼睛应保持睁开，确保眼睛的所有可触及组织和眼睑能够接触到水。寻求医疗救助。

4.4.4 意外摄入

摄入甲醇可能对生命造成威胁。可能要在摄入后 18 到 24 小时才会出现症状。切勿抠呕。立即寻求医疗救助。应对摄入人员实行封闭式医疗护理，并观察几天。

甲醇中毒已有明确的治疗方法：服用碱和乙醇，并进行血液透析。服用碱是为了溶解血液中积聚的甲酸盐。服用乙醇是因为乙醇能与甲醇争夺将甲醇代谢成甲酸盐的酶。当乙醇和甲醇同时存在时，酶会优先代谢乙醇。透析用于帮助从血液中除掉甲醇及其有毒产品。解毒剂（注射液形式）也可用于治疗甲醇中毒。

5 安全管理甲醇：流程安全

本章概述了管理高危险材料的“流程安全管理”系统。根据 49 CFR 1910.119（即所谓的“OSHA 流程安全管理标准”[60]）中制定的条款，将与流程相关联并且达到至少 10000 磅（1508 加仑）的甲醇划分为高危险材料。这决不是成功用于管理危险化学品的唯一系统，但自其生效 20 年以来，事实证明，只要长期巧妙地应用这些原则，它是非常有效的。可通过 Internet 在美国 OSHA 网站上免费获取该标准的副本。

International Electrotechnical Commission（国际电工委员会，IEC）提出了出色而详细的操作安全标准，这些标准可作为 OSHA 指南的补充。相关信息还可从 Organization for Economic Cooperation and Development（经济合作发展组织，OECD）的 *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness, and Response*（化学品事故预防、准备及响应指导原则）[50]、European Directive on the Control of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances（欧洲危险品主要事故危险控制规程）（规程 96/82/EC）以及 Association Française de Normalisation（法国标准化协会，AFNOR）、Deutsches Institut für Normung E.V.（德国标准协会，DIN）、International Organization for Standardization（国际标准化组织，ISO）、American Petroleum Institute（美国石油学会，API）和 American Society of Mechanical Engineers（美国机械工程师学会，ASME）获得。选择将 OSHA Process Safety Management Standard（OSHA 流程安全管理标准）作为 *甲醇手册* 的模型，是因为它概述了为维持化学品加工行业安全繁荣而必须以各种形式实施的管理职责。

无论您处在甲醇生产和配送链中的哪个环节，当您在交付甲醇时，它都要经历很长的路程，并且要经过许多双手的管理。在这些管理过程中，大多数人重点关注的是甲醇的安全生产、存储和运输，从原始甲烷气到灌注和交付储罐的包装设施、手提容器、圆桶或存放甲醇的容器。

不夸张地说，目前在预防制造过程各环节以及配送链各步骤中的事故发生上已花费了数百万美元。做这项工作的目的就是为了保护生命安全、环境质量和资本资产。直接暴露在甲醇固有的危险因素之下可导致受伤、退化和损失。

作为甲醇的使用者，管理的一个方面就是以安全可靠的方式使用此化学品。在大多数国家，您都应该并且从法律上也有责任来维系这条保管链，并在看护和保管的各个环节实施最佳的工程和管理举措。

流程安全管理采用描述性而非指示性的指令和控制方法来管制危险材料。选择流程安全管理的目的是为了让过程操作员和化学品处理者在决定如何最大程度地以安全、可靠、有效的方式来操作和维持其各自用途时，发挥最大的自主性。从本手册的角度而言，您的机构已经或者即将遵守 OSHA 标准的规定与否并不重要。关键不是规定，而是责任。流程安全管理标准中制定的基本体系经时间证明，可以为危险化学品的安全制造、存储和使用提供一个有效框架。我们鼓励您好好利用该标准中制定的原则。

流程安全所基于的原则就是“知识就是力量”，力量带动控制，而控制便是一项基础管理活动。流程安全管理（PSM）的目的就是认识、理解和控制大小化学活动中使用的化学品、工艺技术和设备的危险性。

PSM由14个管理要素组成。每个要素对应安全管理化学品危害所需过程的某个环节。各个要素相互独立，但又相互补充、相互加强。如表8所示，这些要素可分为七组：了解、执行、响应、恢复、学习、验证和保护。这些要素根据安全操作和维护化学加工资产这一前提进行分组，无论是两人实验室、水处理厂，还是大型合成厂，都必须（1）在开始做之前先了解您要做什么、（2）开始做、（3）应对意外事故并进行恢复、（4）从失误中学习、（5）验证管理控制措施是否如期发挥效用、（6）保护私有财产。

表8. 流程安全组织

组	PSM要素	组	PSM要素
了解		响应和恢复	
	员工参与		应急计划和响应
	流程安全信息	学习	
	流程危害分析		事故调查
	操作程序	验证	
	培训		流程安全审计
执行		保护	
	承包商		商业机密
	预启动安全审查		
	设备完整性		
	危险工作许可		
	变更管理		

PSM的各个要素以五年为一个周期的系列顺序，通过一连串步骤长期反复实施。每经过一个连续周期，工厂管理层和员工应在确定日常事务和改进设备运转方面越来越熟练。

本章其余部分将概述标准中各要素的目的。

5.1 员工参与

有关员工参与的指导原则为：为安全有效地操作和维护工艺系统设备，员工须尽可能详细了解并熟悉工艺详情。PSM向工厂管理层提供了三种有关员工参与流程安全管理的措施。

1. 雇主制定一个书面的员工参与计划。
2. 雇主与员工商量流程安全所有要素与环节的实施。
3. 雇主开放所有为流程安全管理制定的信息的访问权。

事实上，流程安全计划的各个方面都关乎工厂员工；雇主有责任制定和支持该计划并提供资金，也有责任验证计划是否按预期发挥效用并产生想要的结果。员工对自己不了解的东西并不知情。雇主有责任告知所有员工在甲醇附近工作的危险和风险以及如何有效控制这些风险。当

事故发生时（并且很可能会发生），通常是由于处理甲醇或在甲醇存储和处理区域附近工作的人没有意识到这种风险。事故表明在正确培训和监督员工方面的管理控制不当。

5.2 流程安全信息

在组织的各个层次都需要有关流程的准确且详细的具体信息，以便了解流程中化学品在控制限值和异常情况下如何发生作用。雇主必须为员工收集、整理并提供三类信息：

1. 与化学品在流程中的危险性有关的信息。
2. 与工艺技术有关的信息（包括安全控制参数限值）。
3. 与流程中用到的设备有关的信息。

强调员工要逐渐熟悉此信息的目的就是要确保操作人员、维护人员以及他们的主管：

- 知道并了解流程中的化学品在各种潜在操作环境（包括瞬变、背离、偏移、翻转、启动、关机和紧急关机）中的特性和表现。
- 了解工艺技术在由功效中断、设备故障、人为错误以及外部天气和地质事件（如地震、海啸、洪水和飓风）造成的异常操作环境中是如何促使流程发生偏移的。
- 知道异常状况下的设备压力、温度和密封度限值并作出响应。
- 确保设备设计和构造符合“公认和普遍接受的工程惯例”。
- 验证工人是否胜任职责以及设备是否适合持续工作。

5.3 流程危害分析

因为环境和感知会随着时间的变化而变化，因此进行流程危害分析（PHA，也称为危害评估、风险评估或危害识别技术）是必需的。应定期进行 PHA 以验证是否采取了足够的安全措施来防范异常运行条件并避免流程材料意外释放到工作场所、相邻社区和环境中。

OSHA 标准的这一要素规定，应使用适合流程复杂度的分析技术对流程的所有环节执行 PHA。PHA 识别、评估和验证由于流程以及由于与流程相关的危险化学品存货所导致的危害是否被控制在计划操作范围内。它还确保由于设备停机和（或）人为错误所造成的异常情况不会危害工人和承包商的健康或对设施或环境造成伤害。PHA 团队负责检验各种潜在环境是否受到保护层的深层次保护；向环境中的意外释放是否减轻；意外释放时应急响应是否迅速、适当和有效。如果上述任意一条措施由于不存在、不可靠或设计不恰当而被认为不充分，那么 PHA 团队会针对识别出的缺陷提出建议。纠正行文应及时进行。

5.4 操作程序

为了维持安全操作，操作人员必须知道安全与不安全操作条件之间的界限。同样，他们还必须知道在正常操作过程中以及异常情况下如何以及何时执行与设备操作和流程控制相关的具体任务。

雇主必须提供书面操作说明，指引操作人员在正常和异常操作条件下完成启动、操作、关闭和紧急关闭流程的必要步骤。程序应清楚地说明温度、压力、级别、流动速率、燃烧室燃烧速率、燃烧室烟道气成分、储罐和容器容量以及其它重要环境条件的最大和最小安全操作限值。

只要是在流程内进行非同类变更，便应重新修订操作程序。程序必须每年接受一次更新和校验，以确保其准确性。

5.5 培训

必须在理解和应用书面操作程序方面对操作人员进行培训。从实际角度而言，培训可分为课堂和一对一在职培训。对于大型复杂的流程，试点培训要用到电子流程控制模拟器，就像使用电子液压模拟器一样。对于小型简单的流程，操作员培训可能包括桌面演习。

当对流程进行非同类变更后，应再次培训。每三年应进行一次更新培训。

雇主必须保管好每个员工的培训记录，并证明员工不仅参与，而且对培训有一定程度的理解，至少表现出理解和操作熟练。同样，雇主还必须实施相应的控制，确保操作员只要在工厂上班便“胜任职责”。

5.6 承包商

长期以来，不定期到工厂短期执行专门服务（如转场）的承包商员工事故率出奇得高。有些承包商相关事故仅涉及到承包商，而有些则涉及到承包商和工厂人员。在化学实验室，承包商可能由技工组成，如水管工或电工。当化学制造厂业绩好转时，可能有数百名承包雇用制工人。两种情况下的情形相同。不熟悉其工作场所危险的工人易于出现过失，从而引起受伤和（或）危险化学品的不受控意外释放。

PSM 保证工厂管理层可从多个层面解决这一问题。首先，在雇用承包商到工厂工作之前，应进行认真筛选。如果承包商以前工作的安全记录较差，那么就应该考虑选择安全记录良好的承包商。筛选并定下承包商后，应就工厂和化学品特殊危险性方面对承包商员工进行安全培训。承包商还必须每天与其全体成员开展针对安全性的一些活动。这包括承包商员工培训、每日安全会议（所谓的跟进会议）、记录跟踪、危险承包工作通知、准备工作卡以及事故报告和调查等。这些措施对于在甲醇附近执行热加工或进入受限空间的工人尤其重要。

5.7 预启动安全审查

如果某个工艺装置或设备项需要维修，并且该工艺装置或设备项在进行维修时停止使用，则流程安全管理会要求审查设备项和组织是否处在操作就绪的状态。只要流程中的化学品、技术或设备的更改需要更新流程安全信息，则必须执行预启动安全审查。

在定义为“带入高危险化学品”的设备“恢复工作”之前，雇主应确认以下几点：

- 施工任务已完成，施工活动已结束。
- 设备符合设计规格。
- 流程安全信息已更新。
- 安全、操作、维护和应急程序到位且适当。
- 流程危险审查适合流程的复杂性，更改已完成，得出的建议已解决和（或）实施。
- 变更管理的要求令人满意。
- 参与流程操作和维护的每位员工都经过与该变更相关的培训。

5.8 设备完整性

流程安全的设备完整性要素重点强调维护工作（设备检查、测试和维修），因为这种工作涉及“服务适应性”或“继续服务适应性”。因此，该要素为编写书面维护程序、培训维护工人、记录员工培训结果以及设备检查、测试和缺陷纠正设定了标准。

此要素的规定包括备件和替换材料的仓储。雇主必须确保流程应用中要用到的维护材料、备件和设备都适合流程应用。这可能包括标签、肯定的材料鉴定和验证结果，符合规格并且与设计要求一致。

在化学制造厂，此要素属于采购、仓储、检查和维护部门的职责。此要素中的规定通常适用于所有类型的设备：压力容器、储罐、管道系统、排气和通风系统、紧急关机系统、控制系统、泵和其它设备，如压缩机、涡轮引擎、涡轮发电机等。

5.9 危险工作许可证

维护、检查和测试可能需要工厂员工和承包商员工在所谓的危险环境中进行工作。就流程安全而言，危险环境包括与工作环境相关的直接危险和潜在危险：这包括受限空间进入、能量源封锁/隔离、升降工作、路基工作、断线、热攻丝、热加工、高架起重、起重机移位以及其它需要安全措施来防止伤害的工作任务。

流程安全要求雇主和员工知悉并了解所有需要进行设备检查、测试和维护工作的位置和相关的危险。因此，必须在开展工作之前，先制定计划并获得许可证。计划和许可证都要对执行的任务、执行地点、完成时间、执行方式、执行人员以及与任务或工作环境相关的危险进行书面记录。危险工作许可证使员工和雇主确信，所有合理的措施都已经采用，以保护被安排去执行危险工作的工人。

5.10 变更管理

变更管理可解决配置管理的问题。有时为了提高绩效、可靠性或效率，必须更改流程系统的配置。就流程安全而言，维护和维修活动分为两种项目或组件更换情形：(1) 同类更换和(2) 非同类更换。

同类更换涉及的是这样一种维修过程：即用符合或超过原部件、组件或零件的设计原理和制造规格的另一个部件、组件或零件替换现有产品。此情形不会更改或从其它方面影响安装了替换件的系统的设计原理和使用性能，因此它不构成“变更”。

非同类更换涉及的是这样一种维修或更换：即用不符合设计原理和制造规格的部件、组件或项目零件替换原部件、组件或零件。

根据此流程安全要素的要求制定的变更管理程序可解决以下问题：

- 提议变更的技术原理。
- 变更对安全与健康的影响。
- 对操作程序的修改。
- 变更的有效期（临时或永久）。
- 提议变更的授权要求。

应采取以下行动：

- 根据要求更新流程安全信息。
- 根据要求更新操作、维护、检查和测试程序。
- 将修订后的程序告知从事操作、维护、检查和测试的工人及承包商，并对其进行培训。
- 保留以上活动的书面记录。

5.11 应急计划和响应

对工厂应急事件进行计划、准备、培训和响应十分重要。包括事故、伤害、高危险化学品意外泄漏、随之发生的火灾和爆炸，以及其它导致损失和接触的溅漏和事故。在制定计划时，确定可能发生什么、可能在何处以及如何发生。安装合适的探测器和预警设备。还需要制定撤离程序、集合点和点名程序。在计划中包括缓解措施十分重要，如固定消防炮、洒水车系统、雨淋系统、自动隔离系统、防爆墙和类似措施。这些措施有助于遏制、控制和减小伤害。请务必根据供应商的建议，定期检查和测试警报、缓解措施及安全系统。

建立了指挥和控制中心，具备了情况分析、协调响应者、呼叫救援以及优先进行医疗护理和急救所必需的沟通能力后，您就可以更加方便地制定计划和作出响应。

与您当地的第一响应者（警察、消防、应急医疗部门，还可能是军队）共同来完成这些工作，让他们知道您制定的应急计划和响应程序，以便他们提供反馈，这会十分有帮助。地方消防部门通常有兴趣参与在化学工厂举行的消防演练，以便让消防员积累经验并更好地了解您的工厂。如果消防卡车首次开进您的厂房是为了响应紧急事件，那么消防员便可能没有前往事故地点和了解现场情况的宝贵时间。邀请您当地的第一响应者参与消防演练，有助于让他们熟悉场地，并了解您用于挽救生命及财产的行动。

5.12 事故调查

虽然主观意图良好、防范工作常备不懈、缓解措施适当并且应急响应有效，但事故还是会发生在。还是会有人受伤，空气、土壤、水介质还是会被污染，资产设备还是会被破坏和毁坏。流程安全提倡的惯例和程序可以显著降低事故的次数和严重性。不过，这些做法不可能完全预防所有可能发生事故。

正因为有这种期望，从过去的失误中吸取教训非常重要。因此，事故调查是有效流程安全管理系统的根本要素。雇主应随时备有受过培训的人员调查事故（例如泄漏、有毒物泄漏、溅漏、火灾、爆炸，尤其是小事故或事故发生前被发现的情况（也称为“幸免事故”））。

应根据严重性以及所需的响应对事故进行分类。应对所有（至少是破坏性的）事故执行体系化的事故调查和根源分析。应提出能解决根源并旨在预防再次发生的纠正措施。

以下是事故调查指导原则：

1. 尽快展开调查，不得超过 48 小时。
2. 根据情况，调查小组应由以下成员组成：
 - 熟悉流程的人员。
 - 承包商员工（如果事故涉及到承包商）。
 - 受过法庭调查培训的人员。
 - 受过面谈培训的人员。
 - 受过空气传播模型、火灾模型、爆炸模型和失败分析培训的人员或顾问。
3. 准备一份带建议的书面调查报告。
4. 建立一个小组，负责处理调查结果并解决或实施建议。
5. 和那些工作职能与调查结果有关的员工和承包商一起阅读该报告。
6. 告知员工和承包商吸取到的教训。
7. 保留报告，并在随后进行存档。

5.13 流程安全审计

至少每三年（如果不是经常）开展全工厂范围内的审计工作，确定针对流程安全的程序、规定和做法已到位。这些做法不仅应为员工所知悉并理解，而且应充分、实用、有效和高效。审计工作应由具有以下资质的员工、承包商和顾问组成的小组来安排和执行：

- 从技术上了解流程。
- 掌握并熟悉机构、管理组织和职能部门的任务及职责。
- 具有安全审计方面的专业知识和经验。

审计小组应向雇主提交一份书面审计报告，该报告应对各种计划要素中的优点和弱点进行评估。雇员应立即针对各项审计结果给予回复，同时纠正不足并记录已经改正的不足。审计报告应保留并存档。

5.14 商业机密

商业机密和被认为是雇主知识产权的专有信息都应包括在流程安全计划内。因而对机密的知情权利和权限也不应被排除在计划之外。

雇主必须通过书面形式清楚标明商业机密和被认为是雇主专有的信息。知识产权应受雇主与员工和承包商员工签定的保密协议保护，员工和承包商员工必须了解如何在执行流程安全计划各要素的职责中使用这些信息。需特别说明的是，这也包括负责以下工作的人员：

- 进行过程风险分析。
- 编写操作程序。
- 制定维护、检查和测试程序。
- 展开事故调查。
- 执行应急计划和响应。
- 执行流程安全审计。

如前文所述，流程安全的基本原则是“知识就是力量”。作为一名甲醇使用者，您在产品管理中要做到的一点就是以安全可靠的方式使用此化学品。建议读者要充分利用这一点。

5.15 实施流程安全

安全管理的一个关键步骤是确定制造、转移、运输和存放甲醇带来的风险。这样便可将安全性融入流程中。风险评估可以作为 PHA 的一部分进行。本节介绍了开展 PHA 的主要步骤。开展甲醇 PHA 的其它信息将在术语表和附录中提供。

来看一个非常简单的风险评估例子：让我们来比较一下甲醇和汽油（应用最广泛的燃料，也是易挥发、易燃烧物质）的危险属性。

与汽油相比，甲醇的物理和化学特性对于使用者具有几点消防优势。甲醇具有比汽油更低的挥发性、蒸汽密度和热释放速率以及较低的可燃性限值。United States Federal EPA（美国联邦 EPA）指出：“这些特性合在一起让甲醇本身就比汽油更难点燃，即使点燃，引起致命性或破坏性火灾的可能性也更小。”

还应了解其它重要差异。甲醇在密闭空间（如燃料罐）内可在环境温度下点燃。这与汽油形成了鲜明对比，汽油会产生大量蒸汽，从而使浓度可能很容易超过可燃性上限。这一特殊危险必

须从燃料罐设计和位置方面加以解决，确保存储甲醇的燃料罐远离所有可预见的点火源。毒性是甲醇的另一个注意事项。甲醇的嗅觉阈值高于可允许的接触限制。这意味着在大多数人察觉到气味时，甲醇的浓度可能已达到或高于毒性级别。

5.15.1 “危害”是什么？

“危害”是一个经常用到的词。在风险评估这个语境下，该词具有特殊的含义。用在本手册中时，危害是指由物质固有的物理或化学特性带来的威胁。通常，危害按类型来划分。化学危害根据存在化学品所带来的威胁性质来划分：着火（化学品是否为易燃液体）、毒性（化学品是否已知有毒）、反应性（其它化学品是否可与主体材料剧烈反应）、化学或热不稳定（化学品是否已知在特定情况下会自然分解）以及化学不相容性（将化学品与其它化学品混合是否会增加已知危险或出现其它危险）。例如，甲醇被划分为易燃和有毒物。处理、使用或存储甲醇的人员必须采取预防措施，以保护自己和他人免受这些危险。还需要防止甲醇与火源接触，并且在甲醇存货附近进行处理或工作时需要穿戴个人防护设备（PPE）。

危害是物质的一种特性，也是该物质的特征，当物质不再存在时危害会消除。

5.15.2 “风险”是什么？

“风险”一词经常使用，容易遭到误解。用在本指南中时，术语“风险”具有非常特定的含义：引发某种负面后果或造成损害的后果的一系列事件的频率、可能性或概率。后果是化学危险的显露。从数学角度讲，风险是事件频率（或概率）与后果严重程度量的乘积。

特定后果的风险（如爆炸）是爆炸的概率（例如，在为期 10 年的时间内为 10%，这相当于每个日历年 1% 的概念）和后果严重性（例如，每次发生损失 2000 万美元）的乘积。在此示例中，作为预期损失，工厂承受的风险负担便是每年 20 万美元（2000 万美元 × 0.01），小于投保金额。

如果管理层认为每年 20 万美元的风险太高、不可接受，则可以通过实施减少该特定事故可能频率的其它保护政策和程序来降低风险。如果工厂执行了 PHA 并识别出其它爆炸情况，那么必须通过其它安全措施来减少一定数量的爆炸风险。应根据成本效益来选择要保护的方案。问题是“哪些方案可以花费最低的开支最大程度地减少风险？”

5.15.3 危害识别与风险评估方法

执行危害审查的第一步就是收集和审查与材料、其危险性、流程的技术以及设备的设计原理和条件相关的信息。

第二步就是确定使用哪种危害审查方法。工作人员可使用多种危害识别与风险评估方法，从“假定”评估（需要一组熟悉环境的人参与）到严密的结构化定量保护层或故障树分析。

第三步是展开审查，从而提出建议，根据需要添加合适的安全措施来满足管理标准。对危害审查的各个方面都应进行记录，包括建议列表。

之后准备报告，对建议进行实施或进一步讨论；进一步讨论会修订或否决建议。在实施建议前后对特定后果的风险进行评估。通常，工程安全措施更昂贵且更可靠。管理性安全措施成本更低，但可靠性要低得多（尤其是一段时间后）。

附录 B 提供了甲醇物理、化学和热力特性以及它的反应性和相关表现（热稳定性、化学稳定性、不相容性和腐蚀性）的详细信息。还提供了包含流程技术和设备的相关重要信息的各种类型文档的列表。

许多危害标记系统都在全球范围内使用。一些较常用的系统包括 United Nations system（联合国系统）、NFPA system（NFPA 系统）、U.S. Department of Transportation system（美国交通运输部系统）以及其他来自欧盟的系统。

5.15.4 流程危害评估文档

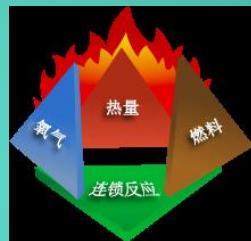
流程危害评估必须记入文档。应在工厂的整个生命期间保存此文档。通常来说，该文档应指出评审的信息、提出的问题、防范的危险、情节如何造成、事故情节的组成要素、选择了什么纠正措施以及纠正措施的有效性、可靠性、可维持性、适用性和优点/成本。

6 消防安全

本部分提供了有关甲醇特有的易燃性特征信息，这与其它常见燃料不同，如汽油、柴油和喷气燃料（加氢煤油）。

存在甲醇时，扑灭混入汽油或柴油的火灾特别困难。此处讨论的重点是控制和扑灭甲醇火灾，虽然这也适用于存在汽油或柴油的甲醇火灾。有关消防安全方面的甲醇特性的其它信息在附录B中提供。

火灾四面体



以下是四个引起燃烧的必要因素：

1. 点火源（如高温、火花等）。
2. 燃料（例如甲醇）。
3. 氧气（空气是氧气的来源）。
4. 化学连锁反应（为继续保持火焰而提供能量的燃烧）。

防火：通过消除其中一个因素（尤其是点火源）来破坏这个四面体。

6.1 火灾探测和保护

一般来说，所有火灾都有一个共性：刚发生时较小，然后火势会越来越大。防止火灾的目标就是在火势仍然较小时进行遏制、控制和扑灭。通过三方面的火灾响应便可顺利地取得成功：(1) 早期探测、(2) 立即响应和 (3) 适当的措施。

所有火灾都会释放热量，大多数燃料火灾都会出现火焰并产生烟雾。纯（洁净）甲醇的火灾与大多数常见火灾不同。甲醇火灾产生的热量更少（燃烧温度较低）；向周围散发的热量更少（火焰不发光）；难以看见（白天几乎无法用肉眼看到，烟雾很少或没有烟雾）；可能在意外

情况下点燃（可燃性限值介于 6% 与 36% 的容量百分比之间）；难以用水熄灭（100% 混溶）以及当含水比例为 75% 时易燃。

甲醇火灾早期探测所需的技术与汽油和柴油火灾早期探测技术不同。如果在白天发生甲醇点然，则在火灾蔓延到可产生发光火焰或可见的缕缕烟雾的相邻材料之前，不可能在视觉上探测到火灾。有两种仪器技术可用于甲醇火灾的早期探测。第一种是蒸汽探测。如果甲醇源产生大量蒸汽，则发生点然和回火只是时间问题。如果运气好的话，可以在蒸汽点然之前隔离和缓解蒸汽来源。第二种技术是热成像，此技术已在识别电气系统中的热点和松散连接方面使用过多年。它也同样适用于甲醇火灾。一段甲醇储罐卡车火灾和沸腾液体膨胀蒸汽爆炸（BLEVE）视频很好地证明了热成像技术在保护火场人员生命安全方面十分有用。
(<http://www.firefighternation.com/videos/methanol-tank-truck-fire>)

立即响应是第二个目标。甲醇的燃烧温度较低，这种情况与不发光的火焰相结合，便会显著减少辐射热通量率。低燃烧温度与低热通量相结合，这样相比于汽油或柴油火灾，消防员可以更加接近火焰。此情况既是优点也是缺点。

优点在于，可以使用手持灭火器扑灭小火。缺点在于难以确定火灾的位置和强度（燃烧率）。为了合理确定，需要使用热成像设备。在没有高度信心确定火灾位置时，可能是第一道防线太靠近燃料源。针对甲醇和甲醇-汽油混合火灾定位和定性的不确定性要求必须经过深思熟虑、不能急于做出判断。对于可能发生 BLEVE 或热导致储罐内装载物侧翻的情况尤其如此。使用火灾鸟瞰图（如同使用热成像设备看到的一样）来确定灭火计划是非常可取的。在扑灭甲醇和甲醇-汽油火灾时，拥有高空成像能力可挽救生命。

第三个目标“适当的措施”在扑灭甲醇火灾时特别重要。甲醇火灾需要特殊程序：

- 甲醇 100% 混溶于水；75% 的水和 25% 的甲醇组成的混合物是能够支持燃烧的易燃液体。
- 与汽油相比，甲醇对水具有更大的亲和力。如果存在水，则甲醇-汽油混合燃料中的甲醇会与汽油分离开来形成较重的甲醇-水相（位于汽油下方）。这在储罐中可能是极其危险的情况。甲醇混合物需要特殊措施来避免由于热导致的储罐内装载物侧翻及后续储罐爆炸。请勿使用水作为甲醇混合燃料火灾的抑制剂。仅使用高温的醇类相容泡沫（如成膜氟蛋白泡沫，特别是抗溶水成膜泡沫（AR-FFFF））。此外，还应与火点保持较远距离，并在火灾看似扑灭之后继续长时间施放泡沫。现在已知道，如果太快中断泡沫抑制，则甲醇火灾会死灰复燃。
- 对于涉及洁净甲醇或几乎纯净的甲醇的小火灾，可以把水作为抑制剂。不过，水必须为水雾或细小水滴喷雾的形式，并且必须有足够空间来容纳增加的甲醇-水溶液体积（按四倍系数）。否则，抑制火灾的灭火水体积可能会导致火灾蔓延。
- 如果使用泡沫作为抑制剂，则泡沫必须是醇类相容泡沫（AR-AFFF）。否则甲醇的溶剂特性会腐蚀和消除泡沫。
- 甲醇是一种强极性溶剂。许多塑料与合成纤维在与甲醇接触时会软化并迅速降解。
- 最后，甲醇是一种不得摄入、吸入或与皮肤接触的毒药。甲醇会通过皮肤被吸收。随传统消防服配戴的 SCBA 呼吸设备不能提供足够保护来防范甲醇、甲醇水溶液或甲醇蒸汽的毒性。在这类情况下，可能需要适合防护皮肤吸收的达到“B”级化学防护水平的 SCBA。

总之，作为甲醇运输者、使用者或处理器，需要制定特殊预防措施来响应意外泄漏。甲醇的危害是易燃性和毒性。但是，合适响应的构成是由物理特性来确定的。甲醇与甲醇混合燃料的物理和化学特性截然不同。针对甲醇火灾的合适响应不会是针对甲醇-汽油火灾的合适响应。

6.1.1 蒸汽控制

甲醇火灾早期探测中的首要措施依赖于甲醇蒸汽的存在。如果有浓度达到或接近可燃性下限（6%的容量比）的甲醇存在，则必须假定它可能点燃。如果点燃，燃烧便会引发火灾或爆炸。点燃发生的途径取决于环境温度、点火源能量、蒸汽是否作为近中性浮力稠密气体漂移以及积聚的蒸汽是否被封闭。如果环境温度高于闪点，并且容器、储罐、房间、建筑或箱子内存在大量蒸汽，则可能发生回火和爆炸。如果环境温度低于闪点、潜在点火源能量较低、蒸汽可以很容易扩散到大气中，则发生爆炸的可能性较小。

无论后果是火灾还是爆炸，若要进行控制就需要控制蒸汽浓度和蒸汽通风性。若要控制蒸汽，需要控制液体或液体上方蒸汽空间中的含氧量。

6.1.1.1 储罐安全特点

大量甲醇的罐装存储最好使用内部浮顶储罐，以尽量减少罐中的甲醇蒸汽空间并减少能与蒸汽混合的空气量。还需要控制从罐内排放出来的蒸汽。如果未使用惰性气体填充罐内的蒸汽空间，则储罐通风口必须装有阻火器。请验证阻火器组件是否不是由铝合金制成的。甲醇会腐蚀铝合金。曾经报道过一个由于储罐中释放出过多蒸汽而导致储罐火灾的例子。阻火器的铝合金组件已在 13 年的时间内降解并失效。很明显，对设施的预防性维护不充分。覆盖或填充一层惰性气体可在储罐蒸汽空间中增添一层额外的点燃防护。因为氮气 ($N_{2(g)}$) 是一种窒息剂，所以对于接触罐顶和清扫储罐入口的人员应实施特殊预防措施。

氮气填充的另一个优势是保持甲醇纯度。干氮是覆盖用的首选气体。覆盖气体不能含二氧化碳，避免在潮湿空气下发生腐蚀，同时也避免产生能增加甲醇酸性和腐蚀性的产品污染物。

进一步建议在甲醇存储区附近严格控制点火源，无论是否在储罐或便携式容器中进行了抑制都应如此。甲醇储罐外部应涂上热反射涂料。这种方法可以减少从罐中的蒸汽损失。

6.1.1.2 压力释放系统

罐内压力可通过压力释放/真空断路器阀来控制。通风孔可以配置或不配置阻火器，这取决于特定环境，不过阻火器是首选配置。

压力释放阀应根据火灾情况确定尺寸，如果可能，应通过管道接到火焰释放口。如果配置为释放到大气，那么强烈建议配置流程安全阀 (PSV)，通过阻火器释放到大气。在配置储罐通风孔和压力释放设备时，除消防安全外，建议考虑当地限制烃排放的法规。

不建议使用溅漏管。我们知道，当环境温度低于存储温度时，甲醇液体会聚集并滴落出溅漏管。围护区中的任何浓缩液态甲醇积聚都会造成火灾危险并可能会排入环境。

6.1.2 热探测

甲醇火灾的第二项早期探测措施是早期热探测。在处理甲醇时，“哪里有烟，哪里就有火”的谚语应改成“哪里热，哪里就有火”。有多种技术可用于探测温度。根据您的特殊需求来考虑研究并测试这些技术。

6.1.3 吸烟、车辆进入和各种点火源

- 只能在不可能存在甲醇蒸汽的指定位置吸烟。
- 车辆进入必须严格控制并强制执行。
- 强烈建议使用无火花工具。
- 收音机、电话、便携式设备、计算机、计算器和其它电子设备在甲醇围护区使用之前应具备防爆等级。

- 一般说来，应保证含有个人小容量甲醇容器（如罐头、水桶、酒桶和手提容器）的存储区域周围至少有方圆 20 英尺（7 米）的“无点火源”区。应保证含有和（或）处理大量甲醇的存储和物流区（如个人储罐车、轨道车和小型储罐）周围至少有方圆 50 英尺（17 米）的“无点火源”区。应保证同时装卸多辆卡车、轨道车、驳船、轮船和大容量储罐的物流港周围至少有方圆 200 英尺（70 米）的“无点火源”区。
- 当火灾中涉及储罐卡车、轨道车或储罐时，应疏散方圆至少半英里（850 米）范围内的人群。甲醇有毒；因此建筑消防员保护服在处理甲醇溅漏和火灾时无法提供有效保护。⁶请注意，甲醇的嗅觉阈值远高于毒性接触限值。
- 便携式容器、储罐卡车、轨道车和储罐都容易发生 BLEVE。应制定可识别超压、辐射热通量和毒性接触危险的安全预防措施。

6.2 火灾控制

保护的关键要素是作出即时和适当的响应以及控制住火灾。

6.2.1 火灾与爆炸

火灾事故虽然都是大家不希望看到的，但是相比爆炸事故，还稍微好一些。与流程危害分析和风险评估关联的事故情节后果分析必须考虑在各种环境下更可能发生哪种情况：火灾或爆炸。如果判断是爆炸，则应考虑改变环境、流程条件、流程配置，使得点燃后更可能发生的是火灾。如果不存在这种可能性，则必须清除所有潜在点火源，并且严禁所有移动点火源进入该区域。已知甲醇蒸汽会回火到点火源。验证危险区域周界是否足够。在评估情节后果严重性时，需要考虑与超压和辐射热通量的接触。

6.2.2 灭火材料

如果工厂的一部分被火吞没，则可以使用水流冷却相邻工艺设备。普通的水成膜泡沫（AR-AFFF）灭火泡沫不适用于醇类火灾。甲醇的溶剂特性会导致常用灭火泡沫降解。必须使用 AR-AFFF 扑灭甲醇火灾。

对于保护空间中的小火，请考虑自动喷射干粉或二氧化碳灭火材料的应用方案。如果这不可行，则可以考虑自动喷射细水雾或水雾的应用方案。甲醇可以与水 100% 混溶。水所占比例未超过 75% 的甲醇水溶液和气溶胶可燃。需要较大水量（至少为甲醇量的四倍）才能扑灭甲醇火灾。如果选择水作为第一响应灭火介质，则必须采取预防措施，防止产生的甲醇水溶液（1）进入排水沟和检修孔，以及（2）漫出并将火焰带到工厂的其它位置。

⁶ 如需有关更多指南，请参阅 2008 Emergency Response Guidebook（2008 应急响应指南）。

6.3 火场安全

火场指挥员必须保持警惕，防止消防队部分浸入甲醇水易燃溶液或者被溶液包围。因为甲醇在白天不会产生可见火焰，所以可能成为威胁生命安全的隐藏危险。

6.3.1 受限空间火灾

必须防止易燃甲醇水溶液进入受限空间，如下水道和排水沟。必须防止未燃烧的易燃甲醇水溶液接触到点火源和可导致这些溶液点燃的热设备。

燃烧和未燃烧的甲醇水溶液必须远离其它燃料源，如车辆。

6.3.2 消防队

虽然消防队的组成和能力不在本手册讨论范围内，但本部分谈及了消防队在响应甲醇火灾时必须牢记的一些关键问题。

6.3.2.1 外部响应者

使用本手册的大部分工厂都没有他们自己的消防队，并且必须依靠外部资源来救火。假如设有早期探测、警报、快速召集、仪表以及视觉火灾评估的话，并不会影响响应效率。场外响应者必须了解他们响应的是甲醇火灾，并且必须跟内部消防队一样经过培训并配有设备装备。建议工厂运营者与当地第一响应者联系，组织现场参观和消防演习，增加他们对场地的熟悉度。

如果拥有空间和火场热成像能力，响应者会受益匪浅。响应者必须自己携带或向其提供 AR-AFFF 醇类相容灭火泡沫。

6.3.2.2 个人防护设备

救火者必须至少穿戴以下个人防护设备（PPE）：

- 带有头盔、手套和靴子的甲醇相容整套装备（防火制服）。
- 全面罩正压式 SCBA。
- 通讯设备。

6.3.2.3 救火者培训

救火者必须经过甲醇火灾消防培训并配有设备装备。为消灭甲醇火灾，必须直接使用抗醇类泡沫灭火、在火灾扑灭后继续长时间施放泡沫并谨慎巧妙地使用水。当冷却周围设备用水量过大时，流出的水与正在燃烧的甲醇混合后，稀释液体可能造成所谓的“流火”。在储罐内部使用水不会抑制甲醇火灾，而是更加可能使响应者遭受储罐内装载物由于热导致的侧翻和膨胀所引起的储罐爆炸。

专门的预防措施必须适应外部响应。应在将甲醇引入工厂之前就确定并准备好。

响应者应配有可在火场中和火场上空使用的便携式热成像设备。响应者必须在使用仪器方面接受过培训，而事故指挥也必须接受利用热成像能力方面的培训。

6.4 甲醇-汽油混合燃料消防安全

在美国受到空气质量限制的大都市中心，醇类（乙醇和甲醇）已取代 MTBE 作为汽车燃料中的含氧化合物。加利福尼亚州的情况是掺入 7 到 10% 的乙醇进行混合。在欧洲，可再生能源指令要求生物燃料符合 B7、E5 和 E10 混合要求。大多数都市加油站将使用内联混合技术将甲醇添加到汽油中。郊区和农村地区的较小规模运营可以使用飞溅混合。有鉴于此，10000 加仑容量（38000 升）运输罐车可能是当前美国和欧洲响应者会遇到的最大量混合燃料。如果取消甲醇生物燃料生产补贴，则可以预计这种情况将在接下来的三到五年中改变。

在此环境中应审阅有关甲醇混合燃料消防安全的以下讨论，因为它主要适用于 10000 加仑批次，以及农村环境中罐装存货的较大量飞溅混合燃料。

6.4.1 甲醇-汽油混合燃料的特性

甲醇混溶于汽油和水；不过，甲醇对水的亲和力大于对汽油的亲和力。甲醇与水的溶液不混溶于汽油。甲醇-水溶液会形成一种单独相，可下沉到储罐、储罐拖车和外层防溅围护区底部。这对于如何针对涉及甲醇-汽油混合燃料的紧急情况部署第一响应者具有特定含义。

甲醇-汽油燃料混合物具有两种最糟糕的情况。第一种是由于各层受热不均而引发的热导致储罐内装载物侧翻。另一种是 BLEVE。这两种情况都可能表现出压力波，并且可能伴有具有高辐射热通量率的大型火球。

如果使用水抑制涉及甲醇-汽油混合燃料的火灾（即使是使用烟雾、薄雾或细小水滴喷雾的小火），则与燃料混合物接触的消防水会立即开始形成单独相，将甲醇从混合燃料中提取出来，并且将其浓缩为会沉到混合燃料箱底部的甲醇-水相。结果便会分成两层易燃液体：浮在甲醇-水相上的汽油。如果容器是容易接收来自储罐外部火的热通量和（或）来自储罐内汽油火灾的热量的金属储罐，则分层可能会导致意外和有害的后果。

汽油与水和甲醇溶液的热容量大相径庭。因此，各分层中的温度上升速度不同。汽油层的温度上升速度要快于水-甲醇层，因为水与汽油相比具有非常大的热容量。如果由于各层受热不均而导致的储罐内对流气流足够活跃，并且如果较低层中的水发生闪蒸，则储罐基本上会遇到蒸汽爆炸，同时伴有由储罐内含的大多数易燃液体组成巨大火球。由于必须添加非常大量的水才能将甲醇稀释为超出其易燃范围的浓度，因此不太可能在侧翻之前添加如此大量的水。事实上，添加水可能会增加侧翻的概率。因此，储罐内的所有装载物都是易燃液体。在最糟糕的情况下，火球会突然释放储罐内装载物燃烧的热量。

如果发生储罐卡车运输事故，则更可能发生第二糟糕的情况，即 BLEVE。在这时情况下，火球引发的超压和热通量取决于储罐中在发生 BLEVE 时残余的燃料量。

6.4.2 甲醇-汽油混合燃料火灾

更典型的混合燃料情形可能涉及在围护区中填充了太多 15M/85G 燃料。后果的严重性取决于溅出的燃料量、是否严格区分储罐的热加工危险区、响应速度以及响应者是否接受过使用热成像和应用醇类相容的抗热泡沫方面的培训并正确配备了相关设备。

汽油燃烧时具有发光火焰，因此可轻松地识别出火灾的汽油部分。15/85 燃料混合物燃烧时具有微弱的火光。甲醇-水相可能位于汽油之下（这样会阻止燃烧），或者在消耗掉漂浮的汽油层时才开始燃烧。甲醇-水相燃烧时具有不可见的不发光火焰。响应者可能认为应用泡沫会抑制火灾；不过甲醇火灾会十分持久。实际上需要在火灾扑灭之后长时间释放泡沫。维持灭火所需的 AR-AFFF 泡沫量是最初扑灭火焰所需泡沫量的两到三倍。这意味着泡沫存货需要足以把溅漏量覆盖得相当深。

重要的是记住，汽油火灾需要传统的 AFFF 才能进行有效灭火。另一方面，甲醇-水火灾的甲醇需要 AR-AFFF 或成膜氟蛋白（FFFP）泡沫才能进行有效灭火。15M/85G 混合物需要 FFFF 以对抗汽油火灾的较高温度并抵抗甲醇的溶剂腐蚀。

AFFF 泡沫不抗醇类。它们会在与醇类接触时立即分解。AR-AFFF 泡沫具有较差耐热和耐高温性。AR-AFFF 会在接触与汽油火灾相关的高温时降解。

如果对甲醇火灾应用 AFFF 泡沫，并且如果对汽油火灾应用 AR-AFFF 泡沫，则两种泡沫都会无效，响应者将不得不依赖喷水和（或）让燃烧的火自行熄灭。

在错误的时间、错误的地点应用错误的泡沫可能会导致火灾强度增大，结果是储罐侧翻和（或）BLEVE 非常可能成为现实。此时，响应者已失去了对火场的控制，除非决定增加相隔距离，否则有人受伤的概率会增大。

6.4.3 响应甲醇-汽油混合燃料火灾

对甲醇-汽油混合燃料火灾的响应十分复杂。要了解的第一点是燃料成分。第二个问题是确定火灾大小和蔓延的概率。第三个条件是拥有经过良好培训和训练的团队并具有适用于扑灭甲醇和汽油火灾的设备。

下面是在筹划练习响应时可能十分有用的简短问题列表。

- 事故指挥官如何确定由谁进行监控以及由哪些喷水管人员在何时获得哪种泡沫？
- 需要哪种类型的泡沫以及泡沫存货是否足够？
- 事故指挥官将如何追踪火灾蔓延情况？
- 如何识别热点？
- 指挥官如何知道是否即将发生 BLEVE 或储罐侧翻？
- 事故指挥官在最初扑灭火灾之后应继续施放多长时间的泡沫？
- 什么是最佳策略：扑灭火灾还是撤退并让火灾燃烧到自行熄灭？
- 必须在响应中的哪个时间作出撤退决策、作出决策需要哪些信息以及谁来作出决策？

7 应急响应

意外释放是甲醇使用、存储和配送带来的主要环境与健康安全危险之一。本章介绍了甲醇释放应急响应（ER）的六个主要阶段：(1) 溅漏预防，(2) 溅漏响应，(3) 释放遏制，(4) 清除与补救，(5) 通知与报告以及(6) 事故调查记录。

有效应急响应从制定应急响应计划（ERP）开始，该计划用于确定潜在的危险，这些危险可能来自操作、自然与人为灾难、怠工以及可影响操作、人类生活或环境的恶意破坏行为。接着再为各种情境制定适当的响应措施，确定内部资源、人员、设备、所需培训，以及同外部响应机构（如消防部门、监管机构和私人承包商）的协作。

一份好的应急响应计划（ERP）应包含定期演习（含计划内与计划外）和年度审核，从而确保计划能完全实施并保持最新。紧急响应时，时间是最大的敌人。警报时间、响应时间、部署时间以及控制事故的时间是评估紧急响应有效性和效率的重要基准。此文中，“有效性”是在正确的时间（尽可能早）、正确的地点采取正确的行动。效率在各种情况和环境中被反复有效地执行。

7.1 溅漏预防

溅漏预防是 ER 计划不可或缺的一部分。最佳的溅漏预防策略在设计阶段就纳入了流程安全管理。有效溅漏预防计划涉及了工程控制、标准操作程序、标准维护程序、溅漏响应计划和定期培训（与员工在响应行动中的参与度相对应）。

与甲醇储罐相关的工程控制包括：过满保护，方法是借助可视和可听高级警报；配备阻火器的自动化仪表止动闸，以在溢满通风口之前终止流动；挡板、护堤或护墙等外层围护系统；蒸汽探测和警报；探测和警告释放事故中的可引致火灾和爆炸危险的爆炸气体探测器。

甲醇必须存放在有护墙、挡板或护堤以及通风良好的区域。如果围护区域按照 NFPA 30 标准设计，则应至少能够容纳 110% 的最大甲醇储罐容量。如果围区内有漏口，则汇聚的液体甲醇最好用抗溶泡沫完全覆盖。如果围护区的空间足够，则溅漏的甲醇可用水以至少 4:1（水:甲醇）的比例进行稀释，以降低着火风险。不管甲醇是否着火都需要采取这些预防措施。目的是通过降低蒸汽从液体表面释放的速度来阻止蒸汽漂移和回火。

预防和探测泄漏和溅漏的操作与维护程序应包含定期（至少每个班次一次）的肉眼检查。对储罐、阀门、管道、软管和挡板状况的非破坏性测试以及对机械、电气和结构组件的预防性维护应定期进行。这包括探测与警报系统。应考虑将级别控制和蒸汽探测指定为未分类或指定为 SIL 1 仪器回路。

甲醇处理、封闭和控制系统必须加以维护，让其始终“适合持续工作”。应制定装载和转移甲醇的书面程序以及紧急关闭的必要步骤，并通过定期对操作人员进行培训来加强。

必须培训工人以确保其安全处理甲醇。应实施保护员工、工厂和环境的系统和程序。

在任何处理、存储或使用甲醇的区域都必须配有溅漏工具箱。完整的溅漏工具箱必须包含：

- 各种类型和尺寸的吸附材料（蛭石或活性碳、吸油垫）。
- 分散吸附材料的塑料（防爆）铲。
- 用于隔离区域的黄色警告带或其它围栏设备。
- 用于放置收集的废弃材料的圆桶或容器。
- 紧急通讯设备，如防爆手机或对讲机。

响应者使用的个人防护设备至少应包括：

- 防化眼镜和面罩。
- 丁基或丁腈手套。
- 胶靴。
- 防化衣。
- 供应新鲜空气的设备（不得使用带有机蒸汽筒的空气净化呼吸器阻止甲醇蒸汽）。
- 多套灭火器。
- 工业急救箱。
- 应在附近设置可供水 15 分钟的全身淋浴和洗眼器以净化接触的人员。
- 充足的饮用水供应，用于清洗和饮用。
- 适合紧急运输的车辆。

7.2 溅漏响应

使用、存储或分发甲醇的工厂应作好溅漏应对准备，制定和实施溅漏响应计划，每年至少进行一次预定或突击演习，如果可能，还可以更频繁。

发生溅漏时采取的措施

发生溅漏时应采取的第一个措施是：

1. 如果可以安全进行，则在甲醇泄漏时应阻止或减慢其泄漏速度。
2. 如果存在有毒蒸汽，则须鸣响蒸汽泄漏警报，疏散在场人员并通知主管或应急协调员。
3. 在释放点或甲醇池附近的安全相隔距离中消除所有点火源。
4. 疏散溅漏或泄漏区域所有未配备防护设备的人员，直至清理完成（这需要事先确定清理等级）。
5. 切勿在溅漏的产品中穿越。避免皮肤接触和吸入。
6. 始终待在上风位并避开容易聚集蒸汽的低洼区域。
7. 对于大面积的溅漏和火灾，应立即呼叫消防队。

7.3 释放遏制

甲醇释放包括货运船、储罐卡车、轨道车的大量释放，储罐和管道故障引起的大量溅漏，转移操作过程中的中量溅漏，小桶、手提容器或软管泄漏。溅漏响应计划应考虑预期释放位置与条件。更常见的是，甲醇溅漏通常由手提容器、桶或传输软管事故引发。

无论何时，都不得让溅漏的甲醇进入下水道或排水沟，这类位置包含容易发生爆炸的受限空间，而且液体可以通过这类位置流入小溪、河流、湖泊或海洋。如果可能，将泄漏容器搬到户外或通风良好的隔离区，这样溅漏便可得到遏制，液体也可安全地转移到合适的容器内。流出的液体只能使用防爆泵、接地或连结的容器以及防爆工具来收集或转移。

溅漏到经过铺设的地面或裸露地面的液体应通过机械或化学屏障来围护，如沙、蛭石、沸石或吸附挡板。对于小型溅漏，猫砂就是很有效的吸附材料。溅漏表面应覆盖一层吸附材料或活性碳，以便收集汇聚的甲醇。使用后，应取下并包装好饱和的吸附材料或含甲醇的土，进行恢复、回收或处置。

甲醇蒸汽密度略大于空气，应防止它流入受限空间，如污水坑、检修孔和公用隧道，甲醇蒸汽在这些地方会沉积下来并达到可燃浓度。在重新进入这些空间之前应检查是否存在爆炸性空气。

水喷雾可以压低甲醇蒸汽，但无法防止它在密闭空间点燃。应使用 AR-AFFF 灭火泡沫抑制蒸汽溅漏和降低火灾危险。

为防止火灾或爆炸，应给建筑或受限空间内部的蒸汽释放提供通风环境，使其达到甲醇 LEL 的 10% 以下，这相当于 0.6% 或 6000 ppm。但即便是这种程度，甲醇蒸汽仍被认为是可以“立即威胁生命或健康的”。建筑物内部必须进行疏散，直到响应人员认为它已经安全并可再次进入，空气中的甲醇浓度已经低于 200 ppm。应关闭或清除溅漏区方圆 328 到 656 英尺（100 到 200 米）临近区域内的所有点火源（如烟、闪光、火花或火焰）。

甲醇蒸汽在户外释放时扩散速度相对较快。适当的响应措施为隔离溅漏源方圆 328 到 656 英尺（100 到 200 米）的区域并让释放流保持逆风传播。如果涉及到储罐卡车或轨道车，则应将隔离区扩大到释放源方圆半英里（800 米）的范围。扩大隔离半径限值的目的是，在发生 BLEVE 的情况下保护人员不受超压力、辐射热通量以及飞溅物的伤害。

管道溅漏需设置转移渠道或通道，将甲醇引入天然或工程设计的收集池，让其远离敏感生态区或水路。即使排干残余物后关闭逆流和顺流阀或绕开液流后，这样做也很有必要。

重新回收溅漏到河流、湖泊和海洋等天然水体中的甲醇是不太现实的。

7.3.1 场地控制区

场地控制是实施 ERP 的一个重要部分。要控制污染物的扩散以及防止员工接触化学和物理危险，溅漏区应以隔离区（EZ）“热区”为圆心划分成三个同心圆，对溅漏进行封闭。隔离区外围是污染物消减区（CRZ），这包括响应人员和设备的单个进出点，另外还有一个净化带，用于清洁离开热区的人员和设备。最外围的支持区（SZ）用于存放响应设备，同时用于设立指挥所和通讯中心。只有授权人员方可进入 EZ 和 CRZ。应急响应协调员（ERC）负责验明人员凭证进入的工作区，并负责执行场地控制措施。

7.4 溅漏清除和补救

只能允许经过适当培训和持有设备装备的员工参与甲醇溅漏控制和清除操作。在美国，应急响应者必须根据美国联邦法规第 29 章 1910.120 节 “OSHA Hazardous Waste Operations and Emergency Response (OSHA 危险废弃物操作和应急响应, HAZWOPER) ” 规定参加培训

[59]。对于可疑的或可能具备爆炸浓度的甲醇溅漏，应急响应者必须穿着带供气式呼吸器的“**A**”级全封装防蒸汽服。较小的溅漏可能需要“**B**”级防蒸汽服、手套和供气式呼吸器保护。由于活性木炭在甲醇蒸汽中很快便会饱和，因此不得使用带有机蒸汽筒的空气净化呼吸器。

一旦控制住火灾、爆炸和健康危险后，甲醇溅漏清除操作的目标便是在甲醇彻底稀释前尽可能地重新提纯材料或甲醇水混合液，使其再次利用或回收的可能性变得最大。甲醇饱和的吸附材料还具有热量价值，可作为辅助燃料混合物或用于焚烧。重新提取甲醇混合液的可能处理过程包括反渗透、碳吸附、蒸汽剥离和空气剥离。但成本效益因素需按个案评估原则来评估。

受污染的吸附材料和被影响的土壤可能需作为危险废弃物处理。处理和处置选择取决于适用法规。根据位置和受影响介质的不同，可能需对甲醇溅漏场地进行补救。甲醇不能持续存在于环境中，当被释放到地表水、土壤和地下水中后，它很容易被稀释成低浓度液体，使得土生或水生细菌能在相对较短的时间内将其生物降解。从甲醇生物降解的相对速度来说，天然清除比人为清除还快。但法规和潜在责任还是要求有人为补救过程。

7.5 溅漏通知和报告

United States Emergency Planning and Community Right-To-Know Act（美国应急计划和社区知情权法案，EPCRA）要求，对于超过特定阈值的化学品释放，应即时通知 **Federal National Response Center**（联邦国家响应中心）、**State Emergency Response Commissions**（国家应急响应委员会）和 **Local Emergency Planning Committees**（地方应急计划委员会）。另外，国家和地方政府机构对于危险材料溅漏可能也有提出通知和报告的要求。在 United States Comprehensive Emergency Response and Liability Act（美国综合应急响应和责任法案，CERCLA）危险物品清单中，甲醇溅漏的必须报告数量为 5000 磅（2.2 吨），相当于 755 加仑（2858 升）。在加拿大，溅漏量只要达到 53 美制加仑（200 升）即需报告。在欧盟，按照 166/2006 号规定 European Pollutant Release and Transfer Register（欧洲污染物释放与转移记录），公众可访问污染物释放电子数据库。

溅漏通知可能触发补救溅漏区和恢复任何被破坏环境的要求，还可能导致遭受惩罚和罚款。

7.6 事故调查与记录

ER 计划的一个关键组成部分就是执行事故调查，确定释放原因，纠正流程安全系统和操作程序中的任何缺陷，同时改进响应工作本身。

工厂应具有书面事故调查和跟进程序，确保能够实施适当的纠正措施，并保留所有调查相关记录和文档。

7.7 事故指挥组织

在工厂内部能够处理的小型溅漏事故中，现场应急响应指挥官（ERC）对响应、纠正紧急情况以及采取适当措施确保现场人员及公众安全方面负有主要责任。ERC 还负责确保纠正措施已得到实施，相关当局机构已知悉，并且跟进报告已完成。相关措施可能包括撤离释放区人员。工厂人员应向 ERC 报告所有溅漏、火灾、伤情、病情和财产损失。

在需要外部响应者（如消防部门和/或危险材料响应单位）的大型事故中，ERC 应将指挥职责交给领导机构的事故指挥（IC），他将负责指挥响应工作。

根据事件的规模和严重程度，事故指挥（IC）可能由一个人，也可能由一个团队负责。IC 受信息、安全和联络员支持，可能还需要支持人员来协调操作、物流、计划和财务。

7.7.1 通讯

隔离区的现场团队和支持区人员之间的顺畅通讯也是紧急情况下必不可少的。为确保适当的通讯和安全，在隔离区（热区）执行现场调查和清除行动期间，应始终使用两人同行制（或两人组）。应向所有 ER 人员提供本质安全（防爆）型手机或对讲机（适用于无手机服务的区域）。不同的响应机构使用不同的无线电和呼叫代码。请验证您的无线电是否与工厂被强制要求依赖的响应者兼容。

8 甲醇事故与安全

本章盘点了有关甲醇各类大小事故的主要类型与原因，并对各类甲醇用户经历的最常见危害进行了描述。讨论的内容同样是可以有助于减少有害事故的发生频率及规模的有效安全措施。

8.1 甲醇事故盘点

全球媒体对甲醇溅漏、火灾及爆炸事故的报导屡见不鲜，互联网上的一些公共机构和私人报告中也有相关内容。不过，对于在全球供应链阶段已发生的甲醇类大小事故，集中式数据库中却找不到相关的完整清单。从中间化学原料与溶剂到替代燃料，甲醇都得到了广泛的应用，因而这就变成了一项很复杂的任务。

下表展示的事故数据汇总了互联网上的研究结果，记录了自 1998 至 2011 年间各国报告的多起事故，其中包括美国、加拿大、巴西、法国、意大利、德国、瑞典、中国、印度、马来西亚、南非及澳大利亚。作为该表制作基础的完整事故清单可在本手册的附录 D 中找到。

表 9. 按用户所属产业划分的甲醇类事故类型（1998-2011）

产业	事故发生次数	事故发生百分比	火灾和/或爆炸	溅漏	其它
生物柴油	23	28%	23		
工业	23	28%	21	2	
运输	22	27%	12	6	4
居家	4	5%	4		
管道	4	5%	1	3	
学校	3	4%	3		
商业	1	1%	1		
水处理	1	1%	1		
总计	81		66	11	4
百分比	100%	100%	81%	14%	5%

本表并不意在成为表示此类事故发生的相对频率或规模的完整或有代表性的统计。不过，该表仍可作为评估甲醇类事故常见类型的一个出发点，并帮助用户识别风险以及制定可以预防潜在灾难的安全措施。

发生事故次数最多的产业类别当属高居榜首的工业类，它与生物柴油生产行业一起，占所有事故总数的 56%。生物柴油制造行业的事故数占到 46 起工业类事故的一半，共有 23 起火灾和/或爆炸。其它工业类事故中的大多数也涉及火灾或爆炸，外加两起溅漏报告。

占事故总数 27% 的 22 起运输行业事故中，几乎一半涉及甲醇的公路运输，另有 36% 涉及铁路运输。另有 4 起水路运输事故报告。22 起事故中共有 12 起引起火灾或爆炸，6 起引起泄漏，其余 4 起引起撞车、翻车、脱轨、轮船搁浅，但无重大材料损失。

盘点 1998 至 2011 年间发生的 81 起甲醇类事故可以发现火灾或爆炸占所有事故总数的 81%，泄漏占 14%。

下文中的表 10 显示了已报告的甲醇类事故所造成的伤亡率。

表 10. 按用户所属产业划分的甲醇类事故的伤亡（1998-2011）

产业	事故发生次数	死亡人数	受伤人数	占死亡人数的百分比	占受伤人数的百分比
运输	22	14	9	54%	18%
工业	23	5	15	19%	31%
生物柴油	23	4	6	15%	12%
水处理	1	2	1	8%	2%
商业	1	1	1	4%	2%
学校	3	0	12	0%	24%
居家	4	0	5	0%	10%
管道	4	0	0	0%	0%
总计	81	26	49	100%	100%

与运输有关的事故在伤亡总数中占比最高，死亡人数占比达 54%，受伤人数占比 18%。除生物柴油类之外的工业类事故中非致命受伤人数最高，涉及 15 人，另有 5 人死亡。生物柴油类事故中有 4 人死亡，6 人受伤。已报告的居家及学校类事故受伤情况主要是烧伤。居家、学校或管道类事故中没有人员死亡的报告。废水处理厂报告的一起工人两死一伤的事故（因电焊事故引起）成了事故率最高的一起。

因在酒精类饮料中违法滥用甲醇致人中毒身亡的死亡案例未列入本分析中。不过，2011 年 6 月 24 日苏丹喀土穆却报告了一起因饮用掺入了甲醇的饮料而引起的 61 位流浪汉死亡的惨剧。这几乎是上文表格中所报告的 13 年来所有事故死亡总数的两倍。

工业甲醇用户（含生物柴油制造商）以及运输类在每 5 起已报告的事故中就占到 4 起还多，所有死亡人数中也占比 88%。

8.1.1 常见事故原因

要从整理过的报告或媒体报告的事故中找出事故根源往往是不太可能的。报告的事故中，几乎有三分之一不明原因。另有 10%，或者说 8 个案例，都可归为涉及儿童及成人玩弄甲醇造成火灾或是学校理科班实验出错的“非故意类”使用。

8.1.2 日常操作和维护

在工业及生物柴油领域，与维护相关的事故似乎占到了已知原因事故的一半多。在甲醇储罐或容器上进行焊接或打磨作业的这种“热作业”形式在维护类事故中占比一半，剩下的事故类型主要包括电气装置和设备、传输管线、泵或安全阀的故障。

材料混合、在高温或高压下的反应、以及材料转移等日常操作似乎占到了工业领域中火灾或爆炸事故的 45%，尽管在这些案例中找到特定的火源并不太可能。

在所有已知原因的已报告工业类事故中，生物柴油制造领域占了三分之二。

8.1.3 运输活动

在运输领域，因火车、有轨车或轮船及驳船相撞造成的事故占已知原因事故总数的四分之三强。溅漏占据了剩余事故类型的全部。

总的来说，运输类事故主要在车辆或船舶携带甲醇行驶在公路、铁路上或在水上航行时的这类日常操作中发生。仅有两起事故可以直接归咎于维护，尽管另一起事故的直接原因尚不明确。有趣的是，目前尚无甲醇在材料运输作业中溅漏的报告案例。所有已报告的溅漏都是由于相撞或翻车，其中一起在存储铁路站场发生了少量溅漏。

8.1.4 管道事故

四起已报告的管道事故（三起溅漏加一起火灾）中，所有的都与流程有关，其中三起是在日常维护活动中发生的。

8.2 关键发现

以上事故数据表明，通常由溅漏或其它释放所造成的火灾及爆炸是甲醇类事故的最常见后果，其具体原因因进行的活动不同而有所不同。运输类事故，无论是公路、铁路或是水路，似乎都会在日常活动中发生。管道与工业事故均与设备维护相关，特别是与生物柴油生产的日常操作相关。

它们所共有的特点就是人为因素，这一因素在评估事故的后果方面是关键重要因素。这一点强调了理解甲醇的危害、学习并实践安全处理、响应应急情况的程序方面的关键重要性。

尽管无法确定每次事件中的事发地、涉及人员以及处理方法各自所占的百分比，但我们仍然可以从类似的产业与流程的流程安全管理和事故分析中获益匪浅。造成这些事故的常见因素包括：

- 对甲醇的物理、化学及易燃属性理解不足。
- 未维护好甲醇容器、软管或管道的整体性。
- 无视甲醇蒸汽聚集或释放达到易燃浓度。
- 防溅容器容积不足。
- 未意识或未控制明显的点火源（如热加工）。
- 来自非防爆设备或安装的静电、电弧、摩擦及机械火花、或未识别或难以控制的放热化学反应等点火源。
- 设备维护不足。
- 采用了日常操作中未被允许或不适当的标准操作程序。

- 流程安全措施未到位或未被遵从。
- 消防系统未到位、不足或可操作性差。
- 应急响应的计划、培训、设备与/或监管不足。
- 对危害或事态发展的规模理解错误，也不能及时采取适当的生命安全保护措施。

8.3 结论

通过分析上述曾经发生的事故，可以了解到甲醇在使用、存储及运输时其固有的危害会导致严重及灾难性的后果。如防护措施不足且不能妥善处理这种化学品，那么就会导致丧命、重伤、和/或重大财产损失。综合这些事故中的信息，得出以下结论：

- 甲醇价值链中的所有环节均存在可以引发灾难性后果的条件，包括制造、运输、配送、存储及处理环节以及教育、娱乐和居住环境方面。
- 因使用、运输或存储甲醇而造成的严重事故可能会在不同技术层面的各类大小操作中发生，事实上也确实发生过。
- 应急响应和溅漏预防能力、培训与设备是安全处理甲醇的必要因素，因为很多起溅漏事故都引发了火灾和爆炸。
- 如能在焊接或打磨工作开始前推行适当的热加工批准流程，大多数的事故以及死亡本都可以避免。
- 设备完整性与适当的预防性维护对所有甲醇用户来说都是非常重要的。
- 理解腐蚀形成以及在传送系统、管道和储罐上开展预防工作的重要性也很关键。这对海上转运站、罐区、化工厂、灌装栈桥以及所有工业用户来说都特别重要。
- 必须强调所有情况下对潜在点火源的识别、确认以及控制，因为这些存在甲醇的地方往往就有泄漏的情况。点火源包括了热源、火源、摩擦、电弧、静电、火花、化学反应以及物理工艺条件等。
- 工业甲醇用户，尤其是生物柴油制造产业，能从流程安全管理惯例的执行以及日常及特殊操作与应急条件下的流程中获益匪浅。
- 就甲醇的物理、化学和易燃属性对操作员进行培训是安全处理的关键因素，尤其是工业和运输行业的工人。

8.4 安全

为减少灾难性事故的可能性与后果，甲醇用户须有正确的工具来协助其识别他们所参与的操作或活动类型的具体危害并了解可以控制这些危害的适当的安全措施。在化工产业中，通过一个安全管理系统即可达到这一目标，而这一系统由三个元素组成：人、设备和流程。该系统方法的一个关键概念就是要认识到如果我们更换了系统中的任何一样，我们都能有效的更改这个系统，而这就会造成不安全或危险的情况发生。

所有优良的系统都需要正确的计划、操作员培训和执行。为了使安全管理系统更为成功，流程必须以书面形式完整的体现，还需定期更新并严格遵循。工艺中的设备必须正确并能接受妥善维护和记录，所涉及人员必须接受流程与设备培训，并在监管之下开展安全有效的工作。

以下是构成甲醇用户的有效安全管理系统部分的关键因素。这些因素可能会依据操作、存储或吞吐量的类型以及处理甲醇的环境得到适当的调整。

8.4.1 流程安全管理

流程安全管理（PSM）是一种在化工行业得到 20 多年有效应用的安全管理系统。在美国，OSHA 会要求大多数存储、处理或使用 10000 磅（1508 加仑）以上甲醇的工厂执行 PSM（流程安全管理）。流程安全管理（PSM）的目的就是认识、理解和控制大小化学操作和活动中使用的化学品、工艺技术和设备的危险性。构成 PSM（流程安全管理）的 14 项管理要素实现了系统化工作。每个要素对应安全管理化学品危害所需过程的某个环节。不过，可以调整 PSM 的要素以适应工厂的特定情况，所有工厂也可按需执行。全球范围内还有其它正在使用的化工流程安全，甲醇用户可以有效的采纳。本手册中的第 5 章详细描述了 PSM 流程。

8.4.2 预防腐蚀

与天然气和蒸馏燃料相比，甲醇液体可导电。由于甲醇极高的导电性，装有甲醇的容器要比装有烃类（如汽油）的容器在面对电蚀时更为脆弱。导电会加速常用于处理天然气和蒸馏燃料的合金的腐蚀。对于铝和钛合金尤其如此。此外，甲醇还是一种溶剂并且仅与几种特定的塑料及橡胶并存。如使用通常用来装汽油的塑料容器来装甲醇，那么这个容器就会失去其结构完整性，因此必须用更耐腐蚀和抗溶的材料替换。如果未实施严格的机械完整性计划，则不得在甲醇或甲醇蒸汽应用中使用存储容器及管道传送系统。本手册中的附录 B 讨论了防腐蚀保护的内容。

8.4.3 热加工批准程序

热加工的危险性可通过实施有效的热加工批准程序来降低。包括加工前授权、安全焊接做法和防火。如需其它详细信息，请参阅本手册 4.3 节的安全预防。

8.4.4 防火与响应

火灾响应的三个关键因素包括早期探测、立即响应和适当的措施。这些原则的特定应用也许会有所不同，但如果要获得经过周密计划和部署的系统，培训、设备和实践缺一不可。如需更多详细信息，请参阅第 6 章。

8.4.5 雇员培训

雇主有责任告知所有员工在甲醇附近工作的危险和风险以及如何有效控制这些风险。以上事故告诉我们，由于处理甲醇或在甲醇存储和处理区域附近工作的人没有意识到这种风险，所以才会导致事故发生。未提高管理工作的优先级，致使员工没有得到适当的培训和监管是发生事故的征兆。

应在理解和应用书面操作程序，以及恶劣条件和应急响应方面对操作人员进行培训。从实际角度而言，培训可分为课堂和一对一在职培训，并补充演习和模拟（可能包括完整的模拟事件或简单的台面练习）。

培训是一个必须定期更新的动态过程。有效的培训需包括：

1. 收到指派时的初始培训。
2. 定期进修培训。
3. 更新培训。只要流程更改或者发生事故或幸免事故时，这都是最为重要且应该做的。

有效的培训与技能开发必须让所有工人都有清楚的了解，同时也必须包括能证明工人在理解和技能熟练度方面达到最低水平的评估工具。对所有甲醇工人来说，透彻的理解甲醇的物理与化学属性如何影响可燃性危害及严重性是非常重要的培训主题。如需更多详细信息，请参阅甲醇协会的使用物理和化学特性管理易燃液体危害的技术公告。

9 环境保护

本章讨论甲醇对环境的影响。

衡量甲醇对环境之影响的最重要特性有溶解性、挥发性和毒性。这些特性决定了进入空气、溶入水和渗透到土地的甲醇的处置和运输方法，以及它对生物的影响。

植物、动物和人体中都自然存在甲醇。环境中的甲醇可能来自于自然和人类活动。根据美国排放毒性化学品目录 (TRI) 的报告，释放到空气中的甲醇比释放到任何其他环境介质中的都要多，尽管有些甲醇也会溶入到水中。

大气中的甲醇主要是来自工业活动。甲醇可以通过光氧化作用降解，并通过生物学机制经历好氧和厌氧降解两个阶段。甲醇对大多数水生生物的毒性都较低，是否对鱼有明显的生物积累尚未可知。经济合作发展组织 (OECD) 的筛选信息数据集 (SIDS) 计划 [54] 已确定甲醇为低优先级化学品，在正常情况下，其特性对环境无害。EPA 已经确定甲醇在环境中的滞留性有限。

9.1 环境处置和运输

影响甲醇处置、运输、配送以及在地表水和地下水中持久性的主要物理和化学特性包括其可混溶性、与其他材料的亲和力（分配系数）以及生物降解。

甲醇完全混溶于水而且水/辛醇分配系数低，这意味着这两种液体可以按任何比例完全混合。因此，如果甲醇流到地表水中，它将快速溶解，并稀释为相对较低的浓度。虽然纯甲醇在空气中极易挥发，但一旦溶解到水中后，它就变得非常稳定，因此不易蒸发。这样，要处理洒入水中的甲醇就变得困难。如果甲醇溅漏在公海，自然的波动作用会让甲醇快速溶解在水体中，由于水量丰富，因此甲醇会快速稀释到无毒的浓度。

稀释后的甲醇与矿物表面和土壤中有机碳的亲和力不高。但是，土壤中的甲醇达到较低的浓度后，极易在范围很广的地球化学条件下进行生物降解。

如果甲醇渗透到地下水，最后会完全稀释到相对较低的浓度。最初的稀释浓度取决于溅漏区域的面积、土壤含水量以及距地下水位的深度。在初始源区域稀释和混合后，甲醇的最终浓度将取决于特定环境中污染团的扩散程度。

生物降解是指通过细菌作用将甲醇分解为二氧化碳和水，这是从环境中消除甲醇的主要方法。甲醇溅漏至地表水时，在厌氧条件下可快速生物降解。但是，如果排放到以细粒土壤、低导水性、低养分以及无氧条件为主的区域，则甲醇在土壤或地下水中的降解将会变得异常缓慢。

甲醇降解的活动微生物群落会在进入地表水后的几天内建立起来。水中的溶氧浓度是限制生物降解速率的因素。在地表水中，降解速率通常是每天 10 毫克/升。如果浓度低于 3000 毫克/升，则甲醇极易在广泛的地下条件下降解。但是，如果甲醇浓度高于 10000 毫克/升，将抑制微生物种群，并降低降解速率。

9.2 空气排放

纯甲醇的蒸汽压力相对较高，这导致它极易挥发到空气中。如果在地底下释放，它会聚集到土壤孔隙的气体中，尽管它极易被生物降解。在大气中，甲醇蒸汽会与氮氧化物 (NO_x) 发生反应，从而产生硝酸甲酯。作为挥发性有机化合物 (VOC)，甲醇有助于光化烟雾的形成。甲醇可被阳光分解，半衰期为 17 到 18 天。预计 5 天后可从环境中消除 75%-82%，20 天内可消除最多 95%。

根据美国排放毒性化学品目录 (TRI) 的报告，2009 年美国所有行业工厂内外共排放甲醇 1 亿 1680 万磅（计 53000 吨）。约有 87% 的排放物进入空气，进入到地表水的不足 2.5%。2009 年最大的甲醇排放源是纸浆和造纸工业。

根据《1999 年的美国清洁空气法案》(修正案)，甲醇列于 EPA (美国环境保护局) 的 188 种空气毒物清单中，同时作为对健康有潜在危害的污染物质列于综合风险信息系统 (IRIS) 数据库中。

9.3 地下水作用

混合、扩散和稀释时的可能性是决定甲醇污染团降解速率的关键因素。如果渗透区域较大，则即便是高容量释放，生物降解也可在一到两年内将浓度降至 3 毫克/升以下。对于规模较小但持续的释放（如地下管道的泄漏），此时间段可以延长到五或十年，甲醇污染团会趋于稳定 - 核心位置浓度较高，尤其在水位很浅的地方（参考信息 - Smith Molson 和 Maloney）。

这对于地下管道结构老化的工厂和燃料转运终端尤其重要。因为即使有很少量的水存在，也会导致甲醇管道腐蚀速度加快。

与纯甲醇传输相比，传输 85/15 汽油-甲醇混合物的燃料传输终端或管道将面对可能更大的环境影响。这是因为甲醇充当在地下水中的帮助汽油扩散的溶剂，同时和苯争夺嗜氧细菌，从而使释放需要长得多的时间来进行生物降解。确保地下水管道完整性的问题在燃料传输终端中可能足够严峻，以至于会将管道重新铺设到地面上的混凝土渠道中。

9.4 对饮用水的影响

目前，EPA (美国环境保护局) 的国家基本饮用水规定 (NPDWR)、国家二级饮用水规定 (NSDWR) 或饮用水卫生公告未将甲醇列为污染物。但 EPA (美国环境保护局) 2008 年 2 月发布的污染物候选名单 3 (CCL-3) 中将甲醇列为候选污染物。

9.5 生物效应

美国 EPA Office of Pollution Prevention and Toxics (美国环境保护局污染防治和有毒品办公室) 发现，根据中等致死浓度和有效浓度的报告值，甲醇对于测试的四种水生鱼类并无毒害。但是，地表水排放中的甲醇生物降解会导致水中的含氧量降低，这样会对该水域中的鱼类造成危害。

如果甲醇浓度远远超过 1000 毫克/升，甚至超过 10000 毫克/升，则对水生生物（如鱼、水蚤和海藻）有毒性。根据 EPA (美国环境保护局) 的报告，这些值说明甲醇对淡水鱼的急性毒性较低。甲醇对水生植物的毒性并不一致。它对蔓草和藻类的毒性较高，但对绿藻的毒性较低。

甲醇对河口鱼和海鱼的毒性与对淡水鱼的毒性相似。甲醇对淡水无脊椎动物（水蚤、水生潮虫）、河口和海洋无脊椎动物（蚌类、卤虫）的毒性为低到中等。如果短期接触甲醇，则它对

海洋生物的毒效是暂时的且是可恢复的。甲醇对处于食物链顶端的动物的生物积累效果并不明显。

甲醇对哺乳动物的影响主要来自于对实验动物的研究，包括老鼠、家鼠、猫、狗和猴子。在野外，甲醇的独特气味会警告动物们避开污染区域并防止接触。但是，甲醇是防冻剂的构成成分，如果被家庭宠物食用，会产生较高的毒性。

在实验室进行的吸入、口腔摄入和皮肤接触研究表明，啮齿动物、兔子和狗在服用大剂量甲醇后，会出现肌肉不协调、意识不清和昏迷等症状。人类在摄入高致死和亚致死剂量时，会出现酸中毒症状，眼睛也会出现明显的变化，但这些动物不会有这些症状。对于动物，致命的空气浓度比人类要低，但致命的口服剂量则比人类要高的多。

9.6 对气候的影响

天然气产生的甲醇比任何其他来源都要多。使用天然气的甲醇加工厂如果运转良好，其效率约为 68%。使用这种由高达 80% 的甲烷和 20% 的高级烃（如乙烷、丙烷、丁烷和其他烃）构成的石化原料生产甲醇的最高效率约为 75%。也可以使用生物质生产甲醇，还可以使用水力发电或风能产生的电能生成甲醇，与传统的天然气生产工艺相比，其能源效率仅为 55%-60%。

在二十世纪九十年代，一般的甲醇生产厂每生产一公吨甲醇，就要排放约 0.9-1.0 公吨的二氧化碳 (CO₂)。除了对环境造成影响，大量排放 CO₂ 表明甲醇厂的运转效率不高，因为作为 CO₂ 排放出的碳并不能用于生产甲醇分子。基于这些原因，甲醇厂始终着眼于提高效率，以减少 CO₂ 的排放量。

在过去的十年里，甲醇厂已经降低了高达 40% 的 CO₂ 排放量。这是通过实施效率改进措施，并以使用高效技术的新设备来取代旧设备实现的。报告显示，有些设备每生产一公吨甲醇，只排放 0.54 公吨的 CO₂。这相当于每加仑甲醇排放 3.6 磅的 CO₂（每升排出 0.43 千克的 CO₂）。

根据 Intergovernmental Panel on Climate Change (联合国政府间气候变化专门委员会，IPCC) 的报告，如果将由生物质生产的甲醇供机动车使用，则与石化燃料相比，能够降低整体温室气体排放量，因为生物质衍生的燃料中的 CO₂ 源自于空气，因此排放清单或生命周期分析中不计算其排放量。

9.7 废弃物处理与处置

如果按照重量计算，当甲醇废弃物的浓度等于或大于 24% 时，则符合 EPA (美国环境保护局) 对可燃有害废弃物的定义。产品级的甲醇在废弃处置时被定义为有害废弃物。甲醇废弃物，或者被甲醇污染的水将被视为有害废弃物，绝不能直接排放到下水道或地表水中。只有持有处理有害废弃物持照的工厂才能处置这些废弃物，具体定义请见美国资源保护和回收法案 (RCRA)。被甲醇污染的产品、土壤或水必须由经过注册的运输人员使用核准的容器进行运输。建议使用的甲醇处置方法是焚化，以回收发热量。浓缩的液态甲醇可在能使用水溶废弃物的系统中作为二次燃料使用。还可以通过过滤法和蒸馏法回收利用甲醇废弃物。

10 产品管理和可持续性

本章介绍甲醇协会的产品管理和可持续性理念，并概括了“产品管理系统”的构成要素。在名为“实现产品管理”的情况说明书中提供了更多信息。

10.1 产品管理和责任关怀

对于全球的甲醇行业来说，不管是在甲醇生产期间输入原材料，还是到消费者手上以及最终进行甲醇处置，产品管理一直都是一个中心关注点。甲醇协会在提升全球甲醇行业的产品管理方面扮演着重要的角色。此角色符合 Responsible Care® Ethic（责任关怀道德）[14]，这是全球通用的指导原则，尤其被几家甲醇协会成员公司所推崇。这是一项自发倡导，各公司根据该倡导共同协作，持续改善其健康、安全和环境绩效，并与其有关人士讨论产品和流程相关事宜。

根据 American Chemistry Council（美国化学理事会）的统计，“责任关怀”公司已经将环境排放量降低了 78%，并且刷新了员工安全记录，与美国生产部门的平均值相比，安全性提高了 5 倍。

在全球化生产行业，通常将产品管理理解为：在整个生命周期（摇篮到坟墓）内对化学产品的开发和管理。产品管理的目标是，确保产品供应链上下游的各方都采用了积极有效的管理系统，可保证以对社会负责的方式安全地处理产品，且不会对环境造成危害。在调研、原材料、产品处理、使用和最终弃置的问题上，各方都需要不断地进行评估并找到解决方法。其中涉及到共有和持续的责任承诺，以便随时发现产品链中出现的问题并采取纠正措施。产品管理的终极目标是在化学产品的整个生命周期中改善其责任管理，从输入原材料到最后的产品最终使用和弃置。

甲醇协会通过在全球分销链中以及对下游客户宣传安全处理指导方针，在产品管理中发挥作用。随着全球范围内（特别是最近几年）对甲醇需求的增加，维护和遵守涉及安全、健康和环境的最高标准已经成为甲醇行业的首要工作。甲醇协会负责制定甲醇健康和安全计划，例如产品风险评估、在整个供应链中的接触风险评估以及有关正确处理、保存和使用甲醇的教育和培训。另外，甲醇协会已经成为了国际甲醇行业的代言人，特别在甲醇的健康影响、安全预防和环境影响方面。甲醇协会还维护着世界上最全面、有关甲醇健康影响和环境影响的数据库。

10.2 产品管理系统

与安全和环境管理系统（如国际标准化组织 ISO 14001 和职业健康和安全认证咨询 OHSAS 18001）一样，产品管理要求管理系统方法也遵守“计划 - 执行 - 检查 - 行动”这一流程。此管理系统应记录正确行事的方法、分配实施责任并概括执行下列行事的流程：

- 培训、纠正和奖励人员。

- 不断寻求更好的方法。
- 通过审核确保系统正常运行。
- 跟踪和报告绩效，并用此反馈推动改善。

希望各个公司能将产品管理文化和实践融入到他们的现有管理系统中，用于管理公司运营和业务的所有环节。产品管理文化是一种共同的信念，即公司买卖的任何产品都不能对人员或环境造成伤害。

10.3 产品管理实践

与责任关怀的所有环节相同，公司必须能够在组织中逐渐灌输产品管理文化，将产品管理实践整合到管理系统中。这些系统用于开发、生产、营销可盈利和可持续的优质产品并进一步改善其状态。

在公司中，各级管理人员和员工都必须实施十项产品管理实践 (Product Stewardship Practice - PSP)。这十个实践可以履行一些必需的基本行为，从而确保在产品的生命周期（从产品概念形成到产品寿命结束）内进行产品管理，以及在公司内逐渐灌输产品管理文化。

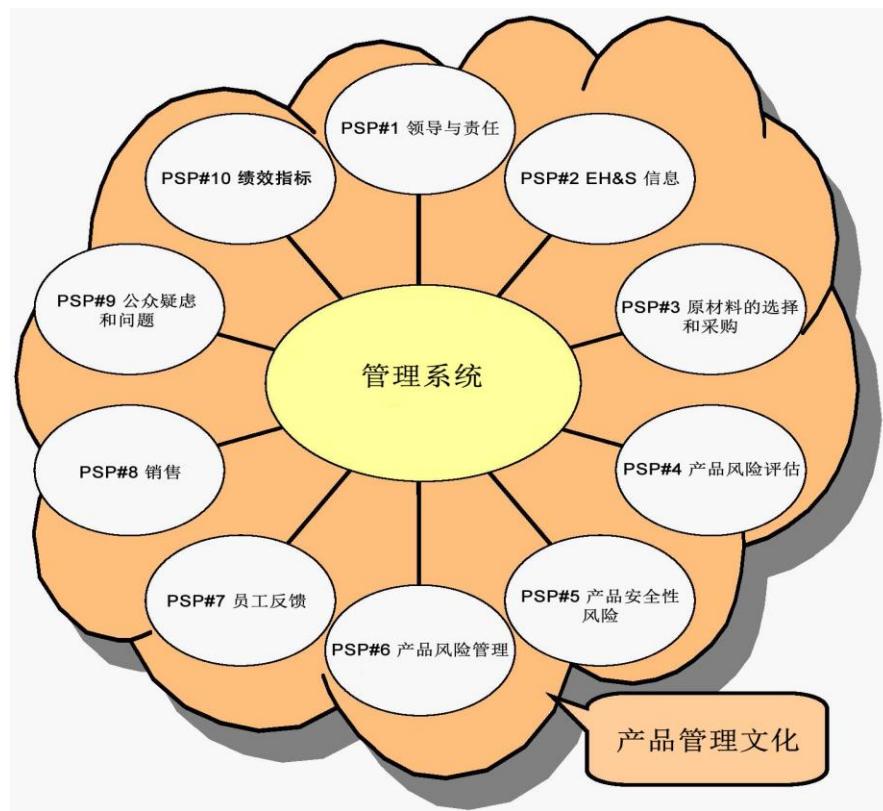


图 3. 产品管理实践

(由 Canadian Chemical Producer's Association 在 2003 年 12 月的《产品管理指南》提供，已授权使用)

10.3.1 PSP #1：领导与责任

以书面政策的形式清晰地陈述高级领导者对产品管理所做的长期承诺。具体而言，领导者应该：

- 鼓励组织中的员工了解产品管理概念，并将这些概念融入他们自己的职责中。
- 确保可以使用充足的资源来建立、审核并达成每个产品的产品管理绩效目标。
- 通过采取各种措施应对低劣的产品管理绩效，解决难题，修改支持资源，或更改产品管理/商业化战略，从而展示和强化公司对产品管理的承诺。

10.3.2 PSP #2: 环境、健康与安全信息

建立一个数据库，用来存储、更新和访问产品的环境、健康与安全 (EH&S) 信息，这一点至关重要。这些信息包括产品测试数据、监管注册数据及工作场所危险品接触/工厂排放数据。有很多可用来源能收集信息，这些来源包括内部研发、行业合作伙伴、学术团体和政府来源。重要的是确保在发布新信息后更新这些信息，并定期进行更新。甲醇协会的网站 www.methanol.org 可用做开发 EH&S 信息数据库的一个有用工具。

10.3.3 PSP #3: 原材料的选择和采购

在对原材料和成品的采购惯例进行变更前，定期对可能发生的潜在影响和风险进行评估。在采购决策流程中整合风险管理对材料及成分的最有效使用；经判断风险过高时，授权员工终止供应协议。最好是积极征求供应商对其产品的评价和建议以及风险管理经验。

10.3.4 PSP #4: 产品风险评估

设计并重新规划新产品或新应用，提供良好的降低风险机会，并生产更加环保的产品。尽量采取措施降低产品在生命周期中的能耗和材料强度。以定期方式或者在收到新信息或法规变更时，重新评估风险，以确保对数据的解释仍然适用。

10.3.5 PSP #5: 产品安保

公司应制定一个安保计划，以防止在出现恐怖活动、激进行动、故意破坏行为和恶意行为时蓄谋滥用公司产品和原材料。在应对恐怖活动时，所采取措施的范围和严厉程度将根据潜在风险的程度而异。潜在风险的程度根据国家、省或当地政府的指导进行确定。

10.3.6 PSP #6: 风险管理

在开展新销售之前对产品风险进行评估，一旦判断风险过高，不管是针对个别客户还是针对整个市场，即停止销售。如果评估的风险没有加以妥善处理，或者不被认同，则采取纠正措施来减少发现的高风险问题。

10.3.7 PSP #7: 员工培训和教育

在整个公司中，将产品管理教育纳入现有的员工培训和教育计划中，并为已担负产品管理责任的员工提供额外培训。倡议员工提供他们可能关注的关于社会、EH&S 和道德方面的反馈。

10.3.8 PSP #8: 销售

倡议与下游乙方进行双向沟通，从而让各公司能够了解对产品的市场预期，以及社会、EH&S 和道德方面的关注点。向乙方就 EH&S 事宜提供均衡准确的信息，这一点尤其重要。这将有助于确保客户和下游用户了解产品的开发新动向以及相关 EH&S 信息。积极地从下游乙方征求有关产品最终使用情况和产品风险管理经验的反馈，从而帮助提升产品认识。从早期开始就让客户及客户的客户参与到产品研发中，辅助产品设计，将产品在使用、处理、回收和处置方面的潜在困难减至最低程度。与下游的分销商和客户共享本《甲醇安全处理手册》，这是促进产品管理的一个好方法。如果您需要更多副本，请通过 MI@methanol.org 与甲醇协会取得联系。

10.3.9 PSP #9: 公众疑虑和问题

请确保个人或团体的有关疑虑不会在产品的直接使用过程中发生。在早期便对这些团体的疑虑进行讨论，将有助于减少现有的危害和已经察觉到的危害。

10.3.10 PSP #10: 绩效指标

将产品管理绩效衡量指标和目标整合到员工评估、认可和奖励流程中。所有员工在日常工作活动中都需实现对产品管理的承诺。

10.4 责任分销

如前所述，责任关怀是指导原则。Responsible Distribution[®]（责任分销）概念专门对这个原则进行了扩充，因为它与化学品、化学产品和化工服务的所有分销方面都相关。与责任关怀相同，甲醇协会的某些成员公司也特别推崇并遵守责任分销。由于甲醇在全球范围内分销，因此在管理危险品并尽量降低使用甲醇所带来的风险方面，务必要知晓并遵守责任分销规程。根据 Canadian Association of Chemical Distributors（加拿大化学品经销商协会）[13] 介绍，责任分销通常要求：

4. 确保一般遵从性。

公司应具有书面的政策、标准和程序来管理化学品、化学产品和化工服务责任分销的所有环节。

5. 管理风险。

公司应制定有效的计划，持续改善安全性和环境绩效。风险管理的关键要素包括（但不限于）：定期进行流程危害和风险评估；针对散装和包装存储及处理制定书面标准和程序（例如防溅容器和清理；产品隔离；对现场车辆的操作和维护；对容器和运输车辆的选择、标示和管理，以及其他操作步骤）；为员工和承包商提供有关分销活动（例如处理化学品、清理存储罐和存储桶、将物品从一个容器转移到另一个容器；包装和其他分销活动）中所涉及的危害和风险的信息。

6. 传达信息。

公司应制定相应的计划，向员工、客户、承包商、子分销商和供应商传达信息。

7. 遵守法律要求。

公司应制定相应计划，以便遵守法律要求，并确保员工依法工作。

8. 与相关各方进行交互。

公司应实施一个计划，以协助并协同相关各方（员工、组织及政府和社会团体）发现问题，并设定持续改善化学品分销的标准。

9. 管理子分销商。

公司可以有一个口头或书面合同，概括产品分销和/或销售的条款和条件，以便不会对产品、包装和/或标示有任何更改，与成员公司最初供应时的保持一样。成员公司应实施相应计划来教育、协助和评估所有子分销商。

10. 管理供应商。

公司应实施相应计划来教育、协助、评估和批准化学品、化学产品和化工服务的供应商，以鼓励其遵守此规程。

10.5 可持续性

参与“责任关怀”和“责任分销”的甲醇使用者也要制定和实施可持续性策略。供需链运作发生变化的最大驱动因素之一来自于在产品采购、物流、运输、分销和运营做法方面变得更加环保，更具可持续性的压力。

10.5.1 可持续性入门

1987 年在南非约翰内斯堡召开的 United Nations Sustainable Development Conference（联合国可持续发展大会）将可持续发展定义为“满足目前需求，但不损害子孙后代满足其需求的能力”。在更为熟悉的商业方面贯彻可持续性的一个关键概念是经济、环境和（社会）公平的“3 E”或“三重底线”概念。中心点是大部分企业和政府决策需要综合这三个方面，以便评估它们对地球的整体影响并形成最可取的方式。“绿色”一词经常用作可持续性的代名词，尽管在实际应用中其含义更广泛。在规划可持续性策略和设置绩效基准时，这些概念可以成为非常有用的工具。

大多数全球领先的企业都接受了实现可持续性的商业模式。拥有庞大供需网络的公司（如化学工业）正在寻找可以在整个供应链中应用的可持续性绩效的标准化度量和指标。

很多遵循“责任关怀”和“责任分销”的组织还在实施“精益”生产方法，以便在整个价值链中改进制造流程、提高效率并降低成本。精益生产的目标是杜绝生产系统中的所有浪费。

甲醇价值链公司可以借助精益生产实施计划来支持其可持续性工作。“精益到绿色”运动利用了可持续性与精益管理之间的相似点。精益目标（提高质量、杜绝浪费、缩短完成任务的时间以及降低总成本）与可持续性目标（消除浪费和污染、提高能源效率、增加可再生资源的使用以及降低传统材料采购、生产以及分销环节的环境成本）是相容的。此外，精益和可持续性都强调了利益相关者教育、员工团队合作以及分析工具和指标的应用对推动绩效的重要性。可持续性和精益管理都是流程导向的活动。精益生产的核心原则是持续改进。最佳的“责任关怀”、“责任分销”和“可持续性”系统也反映了这一原则，这不足为奇。

10.5.2 替代能源

全球对衍生自化石燃料的能源在环境和社会方面影响的认识也使人们日益关注新型替代能源是否可满足公认的可持续性标准。人们对生物燃料作为化石燃料替代品的接受和未来成功应用在很大程度上取决于其整体社会、经济和环境影响（即可持续性的三大支柱）。就此而言，并非所有可再生燃料来源都相同。因为从粮食作物制造生物燃料或进行森林砍伐来种植生物燃料作物会影响其相对碳排放量，遭到的社会阻力可能会日益增长。

甲醇作为替代燃料用作汽油调合组分、用于生物柴油生产和用作氢燃料电池的关键成分，这有助于减少化石燃料的直接消耗。然而，目前 98% 的商业甲醇是在大型化工厂中使用非可再生天然气生产的。通过使用废料作为原料，从可再生资源中生产甲醇是一种很有前景的替代方案。

当前在欧洲，一些生物甲醇生产技术正处于从示范项目到有限生产工厂的开发过程中。Chemrec AB（一家瑞典公司）开发的这样一种技术，利用黑液（通过造纸厂的废料生产）经过气化过程来生产生物基甲醇。

BioMCN（位于荷兰的世界最大生物柴油制造商之一）正在使用以可再生方法生产的甘油来制造生物甲醇。粗甘油（生物柴油生产的副产品）可通过净化、脱水和裂化来获取合成气，合成气用于合成生物甲醇。生物甲醇在标准的生物柴油生产过程中通过蒸馏进行净化并与植物油和脂肪一起使用，同时生成甘油作为副产品，从而闭合了生产循环（称为“从摇篮到摇篮”）。合成气也可以从其他形式的生物质获取，如衍生自有机废料和非食用农作物的木材和藻类。BioMCN 运营一家生物甲醇厂，年产量达 20 万吨。

位于冰岛的 Carbon Recycling International (CRI) 首次使用地热能从水中生产氢，并将其与地热发电排放的二氧化碳相结合来生产甲醇，从而生产出“可再生甲醇”。CRI 自 2007 年开始在冰岛运营一家示范工厂，并正在冰岛的斯瓦辛基建造一家每年商业产量达 130 万加仑的工厂。

南加州大学的研究者们正在研究和开发一项技术，用于从大气中分离出二氧化碳以生产甲醇。

各种替代燃料碳排放量的明确评估超出了本手册的涵盖范围。但主要可再生燃料资源乙醇作为可持续替代品，面临着许多挑战。其中包括输入超过输出的负能量平衡、由于产自玉米和甘蔗而对水和土壤造成的环境影响以及由于与粮食作物和农业用地的竞争而造成的社会影响。通过根据许多可持续性标准进行对比，来自可持续资源的甲醇与乙醇相比毫不逊色。因为它可从各种各样的资源（除用于人类消耗的农作物和具有高商业价值的生物质之外）获得。甲醇允许按“摇篮到摇篮”方式循环利用副产品，以及可以将二氧化碳用作原料。[（参考文献 9.5.2-1 至 9.5.2-5）Pimentel, Chemrec, BioMCN, CRI]

11 风险沟通

11.1 风险沟通是什么？

当我们刚开始考虑风险沟通时，通常会将其认为是在应急或危机情形下沟通信息的一种方式，如以下定义所示 [15]：

风险沟通是一种科学方法，用于在具有以下特征的情形下进行有效沟通：

- 关注度很高，压力很大
- 富于情绪化，或
- 有争议

这确实是事实，在全球甲醇行业中该定义所适用的情形比比皆是，例如大量的甲醇泄漏、燃烧和供应中断等。如果我们在讨论甲醇的风险，那么我们肯定是在讨论许多人都高度关注的一个话题。

风险沟通还可以应用于家庭、工作和社区里，如以下定义所示：

风险沟通是人类以一种可行的方式应用科学的艺术 (USEPA [64])。

本章将着重介绍在**非危机**情形下如何运用风险（和危害）沟通。风险和危害沟通的基本原则是相同的，不管在任何情形下，不管是日常沟通还是高压力情形下。本章介绍在非危机情形下针对该行业的风险及危害进行有效沟通的工具和原则。

在本章节中，需要切记另外两个关键定义，即“危害”和“风险”。当我们考虑全球范围内使用甲醇时，请按如下所示考虑危害和风险：

- 与甲醇相关的**“危害”**是指其本身固有的特性导致不良影响。
- “**风险**”是指在使用和排放甲醇的各种应用场合（或使用甲醇时造成接触的情景）中产生这类影响的可能性。

本手册的重点在于甲醇的危害和用于防范这些危害的方法，借此将员工、社区和环境与甲醇的接触风险减至最低。

本章将重点介绍如何就上述第二个定义的情况应用风险（和危害）沟通于甲醇的分销和使用上：将科学转化为人们能应用的方式赋与人们。

您可能需要更进一步研究在危机情形下的风险沟通。甲醇协会已经发布了《危机沟通手册》(*Crisis Communication Guidebook*)，其中包括在危机情形下使用的风险沟通原则的更详细介绍，包括如何应对传媒。

11.2 风险沟通为什么如此重要？

如果风险和危害沟通有效且考虑周到，则可以在员工群体及社区中普遍建立起信心和信任。在发生危机时要防止出现不正确或可能有害的公众反应，这一点非常重要。

同时，请回想“产品管理”一章中的“责任关怀道德”和“责任分销”概念。它们的主要原则都是与相关各方分享信息，不管他们是员工、附近的社区、政治性利益团体还是子分销商或供应商。请在设计沟通的信息时遵守“责任关怀”和/或“责任分销”的原则，同时符合风险沟通的基本原则，两者并行不悖。

虽然本章并不重点介绍危机情形，但甲醇的风险和危害确实存在。当我们在应对人身健康和安全问题时，请务必意识到它们都是人们高度关注的问题。

11.3 风险沟通基础知识

依据上面的第一个风险沟通定义陈述，风险沟通的确如此是一种“科学”的沟通方法。有效的风险沟通需要经过计划和准备。要实现有效的风险沟通，请遵守以下四个基本步骤：

11. 确定沟通目标。

在非危机情形下，有关特定的甲醇业务、工作场所和新技术和其他情境的沟通目标数不胜数，例如与供应商分享新的程序、培训新员工学习生产流程、将工厂的新报警程序通知邻近的社区等等。您的目标是通知目标群体还是（或者是）劝导他们采取行动？请在设计沟通信息前写下沟通目标及任何期望的结果。

12. 了解目标群体。

例如，如果计划与邻近的社区或工厂内的一个工作小组分享信息，那么请社区代表或工作小组提供意见，而不是假设他们可能会关注什么内容。这适用于所有沟通，不管是日常情形（例如信息公告和培训课程等）还是高压力情形下都是如此。从目标群体获得意见，尤其是对健康和安全的关注点，将不仅对准备沟通信息的实体有启发意义，而且还有助于在目标群体中营造可信度，这在风险沟通中至关重要。

13. 开发沟通要素，即沟通信息和沟通媒介。

请不吝时间地设计出清晰简洁的沟通信息，并使用最适合的方式传达给接收沟通信息的目标群体。听起来很简单，但是规划沟通信息和了解目标群体的重要性无论怎样强调都不为过。请尽量从主要目标群体的代表处取得意见，以更好地了解其疑虑。选择一种可传达到多数人的沟通方式，并注意不要粗心地遗漏一些团体。例如，通过网络公告的方式向经济不发达社区宣传重要信息（如发出躲避警报时该怎么做）很可能就不是传达如此重要沟通信息的有效方式。请确保考虑到语言障碍并做相应计划，以便能够传达到大多数人。

14. 确保提供的信息正确和及时。

在危机情形下沟通时，这一点尤为重要，但是它也适用于所有的风险和危害沟通。确保传达沟通信息的人员能够胜任工作，这对于在目标群体中建立和维护可信度非常重要。

11.4 复杂的科技信息沟通

如果提供的信息具有相关性且易于理解，则科学信息对目标群体会更有用，也会取得更大的沟通成效。为了帮助目标群体理解问题，请设计有针对性的沟通信息。同时请务必使用清楚的非技术性语言描述风险和其他具体信息，指出风险的本质、形式、严重性或规模。

下面是一些用于清楚地沟通复杂科技信息的方法：

- 始终使用统一的名称和术语（例如，从每百万单位体积中的单位数改为使用每十亿单位体积中的单位数可能会引起警觉，因为人们会注意到数字变大了，但是却不会发现度量单位不同）。
 - 避免使用缩写词和行话，并事先提供精确的相关定义。决不要假设目标群体“明白您正在谈论的内容”。
 - 使用熟悉的参考标准来解释多少、多大或多少，并尝试在人们头脑中营造“每十亿单位体积中的单位数”或“每天的吨数”这样的度量单位的概念。
- 对于一般目标群体而言，与讲述每天产生 25 万吨或公吨的垃圾相比，数字类比会更有意义，比如“美国一天产生的垃圾量足以填掉 100 座 14 英尺（4.25 米）深的美式足球场”。但是，例子不应该毫无新义，或者迁就而为，或者过于戏剧性。抽出时间设计一些有意义的例子和计算。
- 承认不确定性。认识并承认不确定性完全是大多数风险沟通情形的事实，但是在危机情形下尤为如此。说“我不知道”这一反应是可以接受的，从而得以建立可信度。
- 如果目标群体要求 100% 的确定性，则他们很有可能是质疑基础数据和过程，而不是科学。设法找出这种要求确定性背后的真实疑虑，并加以解决。例如，“如果你不确定，那我们如何能知道我们是有保障的？”这样的表述着眼点并非在于数据，而是关于个人和家庭的安全。这才是要解决的问题。

11.5 了解公众对风险的感知

“风险”本身就是一个关键的障碍，其中包括如何对它进行衡量、描述和最终感知。有关各方对风险的感知会有所不同，并且人们不相信所有的风险都具有相同的类型、规模或重要性。

多种因素都可能影响公众对风险规模的感知，而不仅仅是数值数据（请参阅下面摘自美国卫生和公众服务部 (USDHHS) [61] 的表格）。了解这些因素将有助于确定风险程度（通过它来感知沟通信息），并有助于制定相应的沟通策略。

以下类型的风险	比下列风险更可接受
自愿冒的风险	认为是强加的风险
在个人控制下的风险	认为由他人控制的风险
能带来明确利益的风险	认为只会带来很少，甚至没有利益的风险
分布公平的风险	认为分布不公平的风险
自然风险	认为由人为造成的风险
由受信任的来源造成的风险	认为由不可信的来源造成的风险
熟悉的风险	认为是外来的风险
影响成人的风险	认为会影响儿童的风险

11.6 赢得信任并建立可信度

是否能建立起具有建设性的沟通，在很大程度上将取决于目标群体是否信任传达沟通信息的这个人。请考虑人们是怎样形成判断和感知的。

信任和可信度中的关键元素及其相对重要性如下所示：



(由 Center for Risk Communication (风险沟通中心) 提供, 已授权使用)

在您期望人们去关注您所了解的事之前, 您需要先让他们知道您由衷关注他们。这是一个不容低估的必要条件。

11.7 寻找机会传达您的信息

不要等到出现危机情形后才启动风险沟通。事实上, 当行业、公司和政府机构对它们所处理的问题以及公众感知风险的方式考虑得越全面和周到, 它们在面对任何危机情形时就能准备得越充分。可以采取下列(非概括)的措施主动抓紧沟通机会:

- 向本地报刊编辑发出信函。
- 联系本地报刊, 了解如何提交评论文章。
- 当地电台谈话节目在讨论相关话题时, 致电加入讨论。
- 联系当地电台谈话节目制片, 请求受邀参加他们的节目。
- 联系当地的市民团体, 请求发言的机会。
- 如果发表演讲, 请联系当地的新闻媒体并请他们报道您的发言。
- 联系当地的电视新闻制片, 探究让他们报道您的问题的方法。

12 术语表

12.1 术语、缩略语和首字母缩写词

-A-

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists（美国政府工业卫生工作者会议）。ACGIH 为工人在工作场所接触化学品的程度发布了建议使用的上限值（阈限值，TLV）。

AFFF: 成膜氟蛋白泡沫

AFFF: 水成膜泡沫。

AFNOR: 法国标准化协会。

API: 美国石油学会。

AR-AFFF: 抗溶性水成膜泡沫。

ASME: 美国机械工程师学会。

A 级保护: 对于危险工作条件所使用的保护，包括极易面临非常高浓度的化学洒溅、浸泡或接触化学蒸汽。它包括与环境完全隔绝的防护服装，其中配有呼吸装置，以便获得最高级别的呼吸保护。在面临通过皮肤吸收带来高蒸汽压力和毒性，或容易致癌的化学危害时必须使用这种保护。

-B-

BEI: Biological Exposure Indices（生物接触指标）。

BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion（沸腾液体膨胀蒸汽爆炸）的首字母缩写词。当含有高度易燃气体和液体（如甲醇）并具有一定压力的储罐直接接触火焰时，便会产生的一种危险情形。储罐外壳与明火接触会同时导致金属强度消失殆尽，以及液体上方蒸汽中的内部压力迅速增加。如果结构中内置的通风系统（减压阀）仅仅调整为正常的蒸汽膨胀，并未考虑“消防情况”，则无法释放压力将导致压力在罐体内迅速聚集。脆弱的外壳结构再加上内部高压，将瞬间损坏罐体，并导致灾难性的蒸汽泄漏和燃烧。在可能发生 BLEVE 事故的情形下，通常建议采用无人值守的消防水炮。除非对储罐进行冷却，否则在开始接触火焰后的 10 到 30 分钟内就会发生 BLEVE。要冷却储罐，每分钟至少需要 500 美加仑（大约 1900 升）的消防水施用量。由于爆炸所产生的力量，BLEVE 可能会将容器从爆炸地点“发射”出去。

BTU: 英制热量单位的常用缩略语，一种热量的度量单位。一 BTU 相当于水处于最大密度时的温度（39° F 或 4° C）下，将 1 磅水升高 1 华氏度所需的热量。一 BTU 包含 252 卡路里或 1,055 焦耳。

B 级保护: B 级会提供与 A 级保护要求相同级别的呼吸保护，但是允许穿戴者的某些部位的皮肤暴露在外，并允许穿戴非“气密”的隔离服。可用于化学浓度低于规定接触限制的接触情形，以及用于被皮肤吸收后不会产生毒性或致毒性的蒸汽或气体化学品。

爆燃（炸药爆燃）: 一种低速爆炸，会猛烈且持久地燃烧。蒸汽云爆炸通常表现为爆燃，没有爆炸声。严格意义上讲，大多数爆燃都不属于爆炸，而是起势迅速的大火。炸药爆燃会产生明显的冲击波，可能会对设备造成损坏，对人员造成伤害。如果强点燃条件充分，则大多数在弱点燃条件下爆燃的物质都会发生爆炸。在某些情况下，爆燃波也会自发地加速成爆炸。

爆炸（炸药爆炸）: 爆炸是由非常迅速的化学反应所引起的，它会以每秒 0.6 到 6.2 英里（1 到 10 km/s）的超音速在爆炸材料中传递。此时会形成高压，燃烧的产品会朝着与压力波相同的方向移动。爆炸通常是一种化学反应伴随而来的冲击波，这种化学反应使冲击波得以持续。正常条件下即可发生爆炸的炸药称为“烈性炸药”，即使在没有约束条件下，它也具有粉碎一切的能量。三硝基甲苯 (TNT) 就是一种会形成爆炸的烈性炸药。

爆炸: 体积和能量均以一种极端的方式快速膨胀/释放，通常伴有高温产生和气体释放。爆炸会产生冲击波。

爆炸速度: 炸药爆炸后，冲击波前端传递的速度。

比电导率: （参见导电性）。

比热: （参见比热容或热容）：物质热容与同温度的水热容之比。

比重: 给定体积物质的质量与等体积水的质量之比。

冰点温度: 物质在同一压力环境 (atm) 下同时存在液体和固体状态的温度。

-C-

CABA: Compressed Air Breathing Apparatus（压缩空气呼吸设备）。

CANUTEC: Canadian Transportation Emergency Center（加拿大运输应急中心）。位于渥太华的国家中心，由交通运输部运营。根据要求，CANUTEC 会传达有关特定化学品的相关急救信息。CANUTEC 有一个全天候服务的电话号码 (613-996-6666)。

CAS 号: 美国化学文摘登记号。由 Chemical Abstracts Service（化学文摘社）分配的一个号码，用于标识特定化学品。CAS 号提供了用于获取有关特定物质的信息的索引。

CCL-3: EPA（美国环境保护局）的污染物候选名单 3，于 2008 年 2 月发布。请参见 *Contaminant Candidate List*（污染物候选名单）。

CERCLA: Comprehensive Emergency Response and Liability Act（综合应急响应和责任法案）。

CFR: United States Code of Federal Regulations（美国联邦法规）的首字母缩写词。

CNG: Compressed Natural Gas（压缩天然气）。

CRI: Carbon Recycling International 的缩写。

产品管理: 一项以环保为中心的产品生产原则，在这一原则下，产品生命周期涉及的所有人都有责任去减少其对环境的影响。对于制造商而言，这包括必要的规划，在产品使用寿命结束后，支付用于产品回收或处理的费用。这可通过重新进行产品设计以减少有害物质的使用来实现更好的耐用性、可重复使用性以及可回收性；同时采用可回收材料进行产品生产。对于零售商和消费者而言，这意味着更积极主动去确保产品使用寿命结束后正确的处理或回收。

醇: 羟基与饱和碳原子形成共价键的任何一类有机化合物。

-D-

DIN: 德国标准化学会。

DMDC: 二烷酸二甲酯。

DME 二甲醚。

DMFC: 直接甲醇燃料电池。

DMT: 对苯二甲酸二甲酯。

DOT (USDOT): United States Department of Transportation (美国交通运输部) 的首字母缩写词，这是一个负责监管化学品和危险材料运输的机构。

DOT 包装: 受管制的危险材料出口时应采用符合 UN/DOT 规定的包装。

DOT 包装等级: 为降低危险材料运输相关的风险，可能需在运输、存储和使用过程中进行安全预防。包装等级用于确定危险物品运输过程中所需的防护性包装等级。等级 I 为高度危险，等级 II 为中度危险，等级 III 为轻度危险。

DOT 编号: 所有经营商用运输车辆的公司，要在进行危险材料的州际商务和/或州内运输期间运送乘客或货物，都必须经 Federal Motor Carrier Safety Administration (美国交通部联邦汽车运输安全管理局, FMCSA) 核准，且必须拥有一个 DOT 编号。编辑事件报告和事故历史时，DOT 编号将做为公司的唯一标识。

DOT 危险性类别和分区: DOT 为危险材料（如炸药、压缩气体、易燃和可燃液体、易燃固体、氧化剂、有机过氧化物、有毒材料、感染性物质、放射性物质、腐蚀性物质以及其他各种有害材料）指定的危险性类别。

DOT 指南编号: (另请参见 UN 和 UA 编号) 由美国交通运输部分配的四位危爆品代码。通常，DOT 指南编号与 UN 编号一致。如无 DOT 指南编号或 UN 编号，则会指派一个 NA 编号。

大气压力: 位于平均海平面处大气压力的度量单位，等于 14.7 psi。

导电性: (另请参阅比电导率)：对材料允许电荷移动的程度的度量。其值为电流强度与电场强度的比值。SI 导出的测量单位是西门子/米 (S/m)。西门子单位等同于之前的欧姆反比单位 "mho"。中等导电液体的导电性（也称“电导率”），如甲醇，通常以微西门子/厘米 ($\mu S/cm$) 为单位进行表示。诸如汽油和柴油等液体电介质的导电性，通常以微微西门子/厘米 (pS/cm) 为单位进行表示。一单位西门子等于 1×10^{12} 单位微微西门子。一个单位微西门子等于 1×10^6 单位微微西门子。

地线 (电气): 常用电流回路或与地面直接相连。

点火: 燃烧点火来源。

吨: 在美国和加拿大，相当于 2000 磅的一个重量（质量）单位。

-E-

EH&S: 环境健康与安全。

EPA (USEPA): United States Environmental Protection Agency (美国环境保护局)，这是一个监管环境危害的联邦机构。

EPCRA: 应急计划和社区知情权法案。

ER: 应急响应。

ERC: 应急响应协调员。

ERP: 应急响应计划。

EU: 欧盟。

EZ: 隔离区；也称作“热区”。

-F-

发生炉煤气（空气煤气）：一氧化碳 (CO) 和氮 (N₂) 的混合物，让空气通过非常热的碳制成。通常，会将一些蒸汽加入空气中，因此混合物中会包含氢 (H₂)。发生炉煤气在某些工业流程中被用作燃料。

防护服：也可称为防护装备或保护装备，是消防员制服：包括吊带裤、靴子、手套、帽子或头盔以及外套。防护装备组件根据机构和地理位置各有不同。

废物源流：由内部或工业区域流至最终处理的完整废物流。

沸点或沸点温度 (B.P.)：材料由液相转变为气相的温度。沸点通常以温度（摄氏度、华氏度、开氏温标或兰金刻度）的形式表示。

费希尔-特罗普希法（水煤气工艺）：一种利用一氧化碳和氢来提炼烃燃料的工业方法。氢和一氧化碳按 2:1 的比例混合（使用水煤气，结合添加的氢），在 392° F (200° C) 时利用镍或钴催化剂进行催化。产生的烃混合物可以分离为供柴油机使用的高沸点馏分以及低沸点馏分汽油馏分。此工艺也用于从煤中提炼 SNG（合成天然气）。

分解：指（通过热、化学反应、电解、腐烂或其他方法）将材料或物质分成多个部分或元素，或更为简单的化合物。

分配系数：在平衡状态下混合两种不可混溶的溶剂时，一种化合物在两个阶段中的浓度比。分配系数是化合物在这两种溶剂之间的微分溶出率的一种度量方法。

风险：处于危险之下的情形（例如，当薄弱环节暴露于危害之下）。

风险沟通：在风险分析过程中对涉及危险和风险、风险相关因素和风险认知在风险评估师、风险经理、行业、学术团体和其他各方之间进行信息和意见互动，包括风险评估发现的说明和风险管理决策的依据。

风险评估：对具体情形下和公认危害的风险进行定量和定性评估。

腐蚀物，形容词：一种对人体组织或容器造成不可恢复损伤的物质的气体、液体或固体；根据 United States Department of Transportation (美国交通运输部, DOT) 的定义，指在接触部位会对人体皮肤组织造成明显损坏或不可恢复改变的液体或固体。

-G-

g/cm³: 克/立方厘米。以每立方厘米体积中的单位重量克表示的公制浓度度量单位（重量/体积）。

g/m³: 克/立方米。以每立方米体积中的单位重量克表示的公制浓度度量单位（重量/体积）。

gal: 加仑。常用美国和英国（英制）体积单位缩写。一美制加仑等于 231 立方英寸 (3.8 升)。一英制加仑等同于标准温度和压力下 10.0 磅水的体积（为 277.4 立方英寸或 4.56 升）。

GWBB-8 h: Grenswaarde beroepsmatige blootstelling (比利时 1998)。在工作场所 8 小时的接触浓度度量。

GWK-15 分钟: Grenswaarde beroepsmatige blootstelling (比利时 1998)。持续 15 分钟时间的工作场所接触浓度度量。

公吨: 相当于 1000 千克的公制重量 (质量) 单位 (2204.62 磅)。

功能团: 在某指定化合物类别的所有成员中都能找到的有机化合物的结构分子碎片, 以及在某化学类别的化学反应中主要涉及到的有机化合物的结构分子碎片。

管理: 参见产品管理。

-H-

HAZOP (HAZOPS, HAZOP 分析): HAzaRd and OPerability Study (危险和可操作性研究) 的首字母缩写词。这是一个安全程序, 用于评估各种工程和管理措施, 以便明确意外泄漏危险材料的情形。

HAZWOPER: Hazardous Waste Operations and Emergency Response (有害物料操作和应急响应) 的首字母缩略语。涉及根据 OSHA 标准 1910.120 “有害物料操作和应急响应”在美国进行的 5 种有害废弃物处理。标准中包含的安全要求, 雇主必须切实履行以便进行相关操作。

护堤: 容纳回收区的围场, 也可在化学品或其他有害物质溅漏时用于容纳这些物质。

护墙: 使用一堆土, 专门用作屏障或提供隔离。

化学计量混合物: 空气和燃料的混合物, 其中的化学成分与化学计量空气燃料比相同。

化学计量火焰速度: 化学计量空气燃料比条件下的火舌速度。

化学计量空气燃料比: 空气 (摩尔或质量单位) 与采用相同单位的燃料之比, 同时空气中含有充分氧气可实现燃料中氢和碳的 100% 完全燃烧。氧气-燃料比: 氧气/燃料 = $(1 + x/4)$ 其中 $x = \text{H/C}$ 燃料

化学品族: 一组包含常见通用名称的单一元素或化合物 (例如汽油、石脑油、煤油和柴油等, 以及“烃”族的混合物)。

化学原料: 化学品, 用作生产其他更为复杂的化学物质的初始原料。

挥发性: 物质分子脱离液相进入气相的倾向。液体的挥发性越高, 其蒸汽压力也越高。

昏迷: 一种深度无意识状态, 在这种状态下, 不能将患者叫醒。

活性: 在某些条件下释放能量的固体、液体或气体物质。

火焰温度: 火焰的温度。火焰温度大致说明燃烧反应的速度。燃烧时火焰温度较高的液体相对于火焰温度较低的液体具有更快的反应速度。

-I-

IARC: International Agency for Research on Cancer (国际癌症研究机构)。这是一个根据致癌可能性对化学品进行分类的科学团体。

IA 类: National Fire Protection Agency (美国国家消防局, NFPA) 对闪点温度低于 73° F (22.78° C), 沸点温度低于 100° F (37.78° C) 的易燃液体的分类。戊烷就是一种 IA 类易燃液体。

IB 类: National Fire Protection Agency (美国国家消防局, NFPA) 对闪点温度低于 73° F (22.78° C), 沸点温度高于或等于 100° F (37.78° C) 的易燃液体的分类。甲醇、苯、丙烷汽油和丙酮都属于 IB 类易燃液体。

IC: 事故指挥。

ICC: International Code Council (国际规范委员会)。

IC 类: National Fire Protection Agency (NFPA) 对闪点温度高于或等于 73° F (22.78° C) 并低于 100° F (37.78° C) 的易燃液体的分类。松节油和乙酸丁酯都属于 IC 类易燃液体。

IDLH: 立即威胁生命和健康。与毒性度量有关, 即一个人能够在 30 分钟内逃离, 且不会在逃离中造成任何伤害症状, 也不会产生任何不可恢复的不良健康影响的最大浓度。NIOSH/OSHA Pocket Guide to Chemical Hazards (NIOSH/OSHA 化学危害袖珍指南)、United States Department of Health and Human Services (美国卫生与社会服务部) /United States Department of Labor (美国劳工部) 已发布了针对许多种物质的 IDLH 水平。

IEC: International Electrotechnical Commission (国际电工委员会)。

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers (美国电气及电子工程师学会)。

IIIA 类: National Fire Protection Agency (美国国家消防局, NFPA) 对闪点温度等于或高于 140° F (60° C) 并低于 200° F (93.33° C) 的可燃液体的分类。杂酚油和苯酚都属于 IIIA 类可燃液体。

IIIB 类: National Fire Protection Agency (美国国家消防局, NFPA) 对闪点温度等于或高于 200° F (93.33° C) 的可燃液体的分类。乙二醇就是一种 IIIB 类可燃液体。

II 类: National Fire Protection Agency (美国国家消防局, NFPA) 对闪点温度等于或高于 100° F (37.78° C) 但低于 140° F (60° C) 的可燃液体的分类。煤油就是一种 II 类可燃液体。

IMPCA: International Methanol Producers and Consumers Association (国家甲醇生产者和消费者协会)。

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (联合国政府间气候变化专门委员会), 一个政府间的科学社团, 由 World Meteorological Organization (世界气象组织, WMO) 和 United Nations Environment Programme (联合国环境规划局, UNEP) 联合设立。它负责对相关的科学、技术及社会经济信息进行评估, 以便了解人类引起的气候变化所带来的风险。

IRIS: 综合风险信息系统。

ISA: International Society of Automation 国际自动化学会 (前身为 Instrument Society of America 美国仪器学会)。

ISO: International Organization for Standardization (国际标准化组织)。

-J-

急性效应: 一种因暴露于热、超压力或有毒材料环境下而产生的, 带有严重症状的不良影响, 发作迅速, 并且会快速恶化。

剂量: 能引起不良健康反应的有毒物质的量。

甲基醇（木醇）：甲醇 (CH_3OH) 是一种无色有毒液体，基本上没有气味并且几乎没有味道。从化学上来说，它是最简单的醇，是通过将甲基族的氢原子替换为羟原子衍生而来。在室温和室内压力条件下，甲醇为液体，并能以任何比例与水和汽油相混溶。甲醇是一种极性溶剂，在地表环境中极易散播，并且在稀释和降解处理后能迅速转为无毒状态。甲醇具备这样的溶解性，因此很难将其从饮用地下水中除去。

碱金属：位于元素周期表中 1A 族的元素。

焦耳：符号为 J ；能量的 SI 度量单位。

绝热火焰温度：（另请参见最高燃烧温度）假设火焰热能丝毫未散失到周围环境中时可能的最高火焰温度。这是一个计算值，此时假定燃烧释放的所有热能都直接用于提升火焰温度。由于燃烧产生的一部分热能会通过对流和辐射热传播散布到周围的环境之中，所以实际的火焰温度将远远低于按绝热火焰温度计算所得的值。

-K-

K: Kelvin (开氏温标)。相对于热力学绝对零度的温度。

kg(s): 千克。一个用于测量物质重量 (质量) 的常用公制度量单位的缩略语：
 $1000 \text{ g} = 1 \text{ kg}$ 。

kJ: 千焦耳能量的常用 SI 单位缩略语。

kPa: 千帕斯卡压力的常见 SI 度量单位缩略语。

卡路里 (cal): 将 1 克水的温度增加 1 摄氏度 (14.5° C 到 15.5° C) 所需的热量。

可持续性：秉持改善人类生活初衷拟定的实践和流程，同时不应超出生态系统的承载能力范围。一个通用定义用于表述“**在满足目前需求的同时，不损害子孙后代满足其需求的能力。**”在更为熟悉的商业方面贯彻可持续性的一个关键概念是经济、环境和（社会）公平可持续性的“3 E”或“三重底线”概念。

可燃范围：在爆炸极限的上限和下限之间的数字区间，上限和下限是根据实验确定的某种物质在空气中的体积浓度进行测量，高于上限和低于下限的情况下均不会发生燃烧。

可燃物，形容词：一种会燃烧的物质，可以是固体、液体或气体；对液体的可燃性用闪点来描述；通常指闪点高于或等于 100° F (37.78° C) 的液体。

可燃液体：National Fire Protection Agency (NFPA) 对闪点温度达到或高于 100° F (37.78° C) 的液体的分类。可燃液体又可根据闪点温度细分为上述三类。

可溶解性：在指定温度下，能够溶解到给定量的溶剂中以便产生稳定溶液的最大材料数量。

空气-燃料比： $A/F = (100/21)(O/F)$

-L-

LEL: 爆炸下限也称为可燃性下限。易燃材料在 1 个大气压力空气中的体积浓度，低于该浓度时，燃料和空气的混合物会因为浓度太低或被驱散而无法点燃，即使存在明火，且能量处于标准量或相对较高（如出现火花）的情况下仍然如此。

LPG: Liquefied Petroleum Gas 液化石油气。

雷德蒸汽压力 (RVP): 一种常用的汽油和其他液体燃料蒸汽压力量单位，根据测试方法 ASTM D-323 当液体在 100 华氏度时测得的压力数值。

立方厘米：体积的公制度量单位，等于一毫升 (ml)。

流程安全：在化工工艺过程中，避免由于化学、能量或其他潜在危险物料的意外释放对工厂和环境造成严重影响。流程安全涉及泄漏、溅洒、设备故障、压力过高、温度过高、腐蚀、金属疲劳度和其他类似条件下的预防措施。流程安全计划关注设施工程设计、设备维护、有效报警、有效控制点、操作步骤及培训。可将流程安全视为技术、管理和运营规范有机结合的产物或结果。

流火（液体流火）：一种燃烧的液体，从释放和燃烧点向外流动。如果允许其进入下水道、排水沟、人行巷道或地基结构（例如地下电气间或管路间）尤其危险，因为这些都是燃烧材料可能在疏散通道上淤积或阻塞疏散通道的地方。

-M-

M.P.：熔点。一个固体材料熔点温度常用缩略语。

M85：由 85% 甲醇和 15% 汽油组成的混合燃料。

MAC： Maximale aanvaarde concentratie（荷兰 2002）。最大职业接触浓度限制。

MAC-TGG 8 h (MAC-TGG 8 小时)： Maximale aanvaarde concentratie。针对八小时接触情形的最大职业接触浓度限制。

MAK： Maximal Arbeitsplatzkonzentrationen（德国 2001）。工作场所中的最大化学物质浓度：职业接触浓度限制。

mg/m³：以每立方米体积中的单位重量毫克表示的公制浓度度量单位（重量/体积）。

MI： Methanol Institute（甲醇协会）。

mm Hg： Millimeters of mercury 毫米汞柱。压力度量单位。

MSDS： 材料安全数据表。

MSHA： Mine Safety and Health Agency（煤矿安全与健康局）（请参见 OSHA）。

MTBE： 甲基叔丁基醚。

慢性效应：一种对人体或动物身体的不良影响，其症状表现为长时间缓慢发展。

密度：物质的一种特性，用于衡量其紧实度；其值为每单位体积的物质的质量。

灭火材料：一种能阻止火势蔓延并抑制维持火势的化学反应的物质。甲醇的理想灭火材料包括抗溶泡沫、干粉、二氧化碳（来自自动触发设备）或至少 3 到 4 倍于甲醇体积的水。

摩尔：是摩尔（mole）的常用缩略语，表示特定元素、化学品、化合物或物质的分子重量。

-N-

NACE： National Association of Corrosion Engineers（美国国际腐蚀工程师协会）

NAERG：《North American Emergency Response Guidebook》（北美应急响应指南），是由 Transport Canada（加拿大交通部）、United States Department of Transportation（美国交通运输部）和 Secretariat of Communications and Transportation of Mexico（墨西哥交通运输部秘书处）联合制定的一本平装出版物。可以从 Transport Canada 的网站 <http://www.tc.gc.ca/eng/canutec/guide-ergo-221.htm> 免费下载电子版本。借助 ER 指南，第一响应者能够快速确定交通事故中所涉及的材料存在的特殊或一般危险。这些信息可以帮助第一响应者在事故发生的初始响应阶段，保护自己和公众不受化学品泄漏的危害。

NEC: National Electrical Code of the United States (美国国家电气规程 (*NFPA 70*)) 的首字母缩写词。

NFPA #30: National Fire Protection Association (国家防火协会) 的一个规程，即易燃和可燃液体规程。

NFPA #30A: National Fire Protection Association (国家防火协会) 的一个规程，即电动机燃料配送设备及其修理厂规程。

NFPA: National Fire Protection Association (国家防火协会) 的首字母缩写词。该协会根据物质发生火灾和爆炸的危害对物质进行分类。

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (美国国家职业安全与卫生研究所)。这个美国政府机构负责测试设备、评估和批准呼吸器，并对工作场所的危害进行研究。NIOSH 还就工作场所接触标准向 OSHA 提出建议。

NPDWR: National Primary Drinking Water Regulations (国家一次饮用水规定)。也被称为基本标准。这些具有法律强制性的标准适用于美国公共供水系统。主基准通过限制饮用水中的污染物含量来保护公众的健康。

NSDWR: National Secondary Drinking Water Regulation (国家二次饮用水规定)。

NTP: National Toxicology Program (国家毒理学计划处)。这是美国一个对化学品进行测试并调查癌症证据的实体机构。

-O-

OECD: Organization for Economic Cooperation and Development (经济合作发展组织)。

OES: 职业接触标准 (英国 2001)。

OHAS: Occupational Health and Safety Advisory Services (职业安全与卫生监管)。

OSHA: Occupational Safety and Health Administration (职业安全与卫生监管署)，这是一个美国联邦机构，负责在非矿冶的工业工作场所（例如化学生产厂、炼油、油田、商用液态空气厂等）内采纳并强制执行健康和安全标准。矿冶中的健康与安全标准则由 MSHA (Mine Safety and Health Agency, 煤矿安全与健康局) 负责。

OVA: 有机蒸汽分析仪。

-P-

PEL: 某种化学品在工作场所中的允许接触限值。在美国，PEL 由 OSHA 强制执行。

PHA: 流程危害分析。

PLC: 可编程逻辑控制器。

PPE: 个人防护设备。这是员工穿戴，用于防止物理和化学危害的防护设备。可以包括头部、眼部和听力保护设备、手套、安全鞋以及其他针对特定危险状况的专用设备。

ppm: 每百万单位体积中的单位数。测量某种物质在空气或溶液中浓度的体积单位。

psi (也称作 psig) : 磅/平方英寸。一种压强度量单位；每平方英寸表面面积上的受力磅值，或者测量仪器上每平方英寸的磅值。

psia: 磅/平方英寸的绝对值。一种压强度量单位，每平方英寸表面面积上施加的受力 (磅)，包括平均海平面上的 14.7 psi 大气压力； $\text{psia} = \text{psi} + 14.7$ 。

PSM: 流程安全管理。

PSP: 产品管理实践。

PSV: 流程安全阀。

皮肤毒性: 由于皮肤接触某种物质而导致的不良影响；通过皮肤吸收某种化学物质，而导致该化学物质进入体内，并由此所产生的毒性。

气体: 物质没有明确形状的相，其体积仅以存放气体的容器大小进行定义。

汽化化学计量混合物燃料: 达到一定化学计量浓度时可进行燃烧反应的汽化燃料的体积百分比。

汽化潜热: 材料转化为气体所需的能量。

-R-

R&D: 研发。

RCRA: 资源保护和回收法案，这是一项美国联邦法律，用于监管危险废弃物的产生到最终处置，也称为“摇篮到坟墓”。

燃点: 发生自燃所需的最低温度。

燃料电池: 一种电化学电池将燃料（例如甲醇）化学能转化为电能。通过燃料供应和氧化剂进行反应产生电能。反应物流入电池，反应产物流出，同时电解液仍保留在其中。只要必需的反应物和氧化物的供应持续不断，燃料电池便可持续工作。

燃烧: 一种化学反应，可释放出热量，通常伴随有发光现象。在日常使用中，通常表示某种物质正在着火。燃烧和着火基本上属于相同的概念。

燃烧焓（另请参阅**燃烧热**）：燃烧反应释放的热能。

燃烧极限: 与在空气中点燃液体、气体和蒸汽相关。也称作爆炸极限。燃烧上限和燃烧下限，分别用来定义由于混合物浓度太高（含量充足）或太低（含量不足）而不会发生燃烧的浓度。（请参见**可燃范围、LEL 和 UEL**。）

燃烧热量（另请参阅“**燃烧焓**”）：当一个化合物燃烧生成二氧化碳和水蒸汽的同时向周围环境所散发的热量。

热导率: 材料导热性能。高热导率液体较低热导率液体有着更好的导热性能。

热加工: 任何可能成为易燃材料的火源，或可能导致工作场所发生火灾（无论是否存在易燃材料）的工序。常规热加工工序包括焊接、锡焊、切割和铜焊。当存在易燃材料时，诸如研磨和钻孔等工序都可称之为热加工工序。¹

热容（另请参阅**比热或比热容量**）：1克物质温度升高1摄氏度或者1磅物质温度升高1华氏度所需的热量。

热值: 当燃料和氧化剂100%高效转换为二氧化碳和水蒸汽时所释放的理论热量数值。两个数值是给定的热值一个较高的热值(HHV)和一个较低的热值(LHV)。HHV用于表示所有热量（反应热量、副产气体可感热量以及水蒸汽冷凝热量）被回收并用于生产的情形。HHV与燃烧热力学热量（焓）在本质上一致。当部分气体可感热量和水蒸汽冷凝热量未被回收用于生产时采用LHV。加工行业通常采用低热值。

溶剂: 一种可溶解其他物质的液体。工业应用中，通常用于表示一种可溶解汽油基产品的化学产品。

-S-

SCBA: 自给式正压空气呼吸器。这是一个装有压力需求调节阀的供气罐，作为 A 级保护和 B 级保护的一部分用于高危环境。

SCC: 应力腐蚀开裂。

SDWR: 二次饮用水规定有关饮用水美容效果（例如牙齿或皮肤变色）或审美效果（例如味觉、气息或颜色）的非强制性美国联邦指导方针。

SIDS: 筛选信息数据集。

SNG: 合成天然气。

STCC 编号（标准运输货物代码）：唯一的 7 位数轨道运输货物代码。STCC 编号必须在提单上予以显示。

STEL: 短期接触限值。与有毒浮质的吸入接触相关。

闪点/闪点温度: 液体（或固体）在大气中或接近大气压力的条件下发出充足蒸汽量，在液体表面附近或测试仪器中与空气最先形成可燃混合物的最低温度。United States Department of Transportation（美国交通运输部）将闪点温度定义为“物质发出的易燃蒸汽在与火花或火焰接触后能够燃烧所需的最低温度”。但对于易燃气体或固体，该术语通常不具任何意义，或者说并不重要。

上限: 暴露于任何工作场所的空气传播物质不得超过的浓度值。

生物柴油: 一种基于植物油或动物脂肪的柴油燃料，由长链烷脂基构成。通常，生物柴油是通过脂质（例如：植物油、动物脂肪）与醇类（例如甲醇）之间的化学反应获得。

生物积累: 某种物质从食物中摄入后在人体组织内的浓度增加。当有机体吸收有毒物质的速率大于这种物质代谢的速率时便会发生这种情况。

生物可降解: 可以通过生物（如细菌和真菌）作用来分解或降解为其成分的有机物质。

事故: 已经发生的危险情形

事故: 意料之外且非有意设计的不幸事件，通常会导致财产损失或人身伤害。

手提容器: 在运输和存储相对较小数量的散装化学液体时，广泛用于存储的一种便携式容器。所谓的 JumboBin Tote 是一种由 304 不锈钢制成的密封金属罐。该手提容器在顶部的四个角上装有吊耳，在底部的四个角上装有短支脚。

受限空间: 劳动安全术语，指具备所含条件及访问限制的区域。

-T-

TDG: 危险品运输。相当于美国 49 号联邦法规 (CFR) 的加拿大法规。

TLV: 阈限值。化学物质的空气浓度，表示在此阈值所代表的条件下，人们认为几乎所有员工在日复一日的工作生涯中均可反复接触，不会产生不良的健康影响。在美国，TLV 的值由 American Conference of Governmental Industrial Hygienists（美国政府工业卫生工作者会议，ACGIH）设定。TLV 通常以每百万单位体积中的单位数 (ppm) 或毫克每立方米 (mg/m^3) 表示。TLV 每年在 *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents*（化学物质和物理制剂的阈限值）中发布一次。

TLV-STEL: 阈限值 - 短期接触限值。15 分钟接触时间加权平均值，在工作日内，即便 8 小时 TWA 在 TLV-TWA 范围之内，任何时候都不可超过此值。人们认为员工短期连续接触这个浓

度时不会出现下列情况：(1) 过敏，(2) 慢性或不可恢复的组织损伤，(3) 与剂量率相关的毒性作用，或 (4) 一定程度的昏迷，足以增加意外伤害、自救意识减弱或极大降低工作效率的可能性。

TLV-TWA： 阈限值-时间加权平均值。针对传统的一天八小时，一周 40 小时工作制的 TWA 浓度，人们认为几乎所有员工在日复一日的工作生涯中均可反复接触该浓度，不会产生不良的健康影响。

TPA： 对苯二酸

TRI： 排放毒性化学品目录。这是一个对公众开放的 EPA (美国环境保护局) 数据库，其中包含有关有毒化学品排放和废弃物管理活动的信息，美国的某些行业以及联邦机构每年都会报告这些相关数据。

TWA： 时间加权平均值。

体积热膨胀系数： 温度每变化 1 度液体体积的变化程度。

-U-

UA 编号： 北美编号与联合国编号一致。如果某一材料未获得联合国编号，可指派一个北美编号；通常为 4 位数字，开头数字为 8 或 9。

UEL： 爆炸上限（另请参阅燃烧上限、易燃范围、*LEL*）。蒸汽可在空气中燃烧的最大摩尔或体积浓度，超过该限值便不会发生燃烧。超过该爆炸上限的燃料浓度被认为是含量太高。

UFC： Uniform Fire Code of the United States (美国统一消防规范, NFPA 1) 的首字母缩写词。

UFL： 燃烧上限（另请参阅爆炸上限）。蒸汽可在空气中燃烧的最大摩尔或体积浓度，超过该限值便不会发生燃烧。超过该爆炸上限的燃料浓度被认为是含量太高。

UN 号码 或 UN ID： 四位数的数字，用于标识诸如炸药、易燃液体和有毒物质等有害物质及物品，以便于进行国际运输。

UNEP： United Nations Environment Programme (联合国环境规划局)。

USDHHS： U.S. Department of Health and Human Services (美国卫生和公众服务部)。

-V-

VLE 15 分钟： Valeurs limites d' Exposition a court terme。 (法国 1999)。针对短期接触 15 分钟时间的限制值。

VME-8 小时： Valeurs limites de Moyenne d' Exposition。针对平均 8 小时工作场所接触的限制值。

VOC： 挥发性有机化合物。

vol% 或 v/v%： 体积百分比。一种基于相对体积而非相对重量（质量）的浓度度量单位。

-W-

WMO： World Meteorological Organization (世界气象组织)。

烷烃： 一个碳原子与四个其他原子结合形成的任何一类碳氢化合物。烷烃被认为是“饱和烃”。

危险: 危险表示对生命、健康、财产或环境存在一定危险的情境。多数危险都是隐性或潜在的，仅存在一个损害的理论风险；但是，当危险变得明确时，可能导致紧急情况的发生。危险和薄弱环节共同导致了风险的产生。

危险化学品标签系统代码: 也称为应急行动代码 (EAC)，散装运输或存储危险化学品时应显示的指定代码。它用于帮助应急服务人员在发生任何事故时能够快速采取行动。该代码由一个数字后跟一个或两个字母所组成。数字表示要在处理事故时使用的物品类型（例如，水流、微细喷雾、泡沫、干燥剂）。第一个字母表示所需的防护服类型，以及不管在抑制还是稀释物质方面发生剧烈反应的可能性信息。第二个字母是 E（如果存在），表示必须从事事故现场附近疏散人群。在英国，该代码通常显示为铭牌的一部分，其中还包括该物质的国际 UN 编号、可获得专家建议的电话号码、公司名称，以及表示该材料引起的危险和危害的符号（例如对于有毒物质为骷髅和交叉的骨头）。

污染物候选名单 (CCL): EPA (美国环境保护局) 通过研究决定的首要污染物的主要来源，目的是确定是否需要为其制定相应法规。该名单上的污染物均已被获悉或预计会出现在公共供水系统中；但是，当前全国还没有主要的饮用水法规来管制这些污染物。是否能列于 CCL 当中，取决于污染物出现在公共供水系统中的可能性，以及引起公众健康问题的可能性。

污染物消减区 (CRZ): 隔离区周围的场地控制区。CRZ 包括仅允许响应人员和设备进入的进入限制点，另外还有一个净化带，用于清洁离开热区的人员和设备。

-X-

稀释: 通过添加溶剂（如水）让物质降低浓度的过程。

消防水炮: 一种通常无人值守的固定消防喷嘴，可以将它对准某个目标，将水流喷洒到预先确定的区域，并且无需有人照管。

-Y-

摇篮到坟墓: 对产品或化学品整个生命周期（从制造到最终弃置）中对环境产生的影响的评估。

液体可燃性等级: NFPA 和 ICC 采用的一套分类系统，根据沸点和闪点温度对液体进行分组。甲醇、乙醇和汽油为 IB 类型易燃液体。同归对比，柴油为可燃液体。

易混溶: 一种极易溶解于另一种液体的液体；当两种液体完全混合后可达到 100% 易混溶。

易燃材料: 当暴露于点火源下时，任何能够轻易点燃并快速燃烧的固体、液体、蒸汽或气体材料。根据这个范围广泛的定义，易燃材料包括诸如甲醇的溶剂、诸如面粉的粉尘、诸如铝的某些细分散粉末，以及氢和甲烷这样的气体。

易燃物: 一种可以轻易点燃并快速燃烧的固体、液体或气体物质，这一概念是与不会如此轻易点燃或快速燃烧的可燃物质相对而言的。

易燃下限 (另请参阅易爆下限)：当低于该空气中的气体或蒸汽浓度时，即便暴露在点火源条件下不会导致点燃。如果燃料/空气混合物浓度过低，将没有足够的燃料支持持续性燃烧。

易燃液体: 一般而言，液体在液态下实际上并不会燃烧。液体会释放出蒸汽，从而与空气形成易燃混合物，并在存在点火源的情况下燃烧。

饮用水报告: 非监管性文档，对污染物的当前可用致癌和非致癌数据进行分析，并研究其对感官的影响（味觉和嗅觉）。

有毒/毒性: 物质对生物有机体的损害程度。毒性可是对整个生物有机体的影响，以及对生物有机体分支结构的影响。毒理学核心概念是其影响取决于剂量的多少。

有毒物质: 一种被生物机体摄入或吸收后可能导致死亡或伤害的物质，甚至于小剂量摄入便可造成快速死亡。

有机物: 含碳化合物、或碳氢化合物及其衍生物（非简单的二元化合物和盐），主要或最终来源于生物。

诱变剂: 一种可在人体或动物身上诱发突变的物质。突变是指身体细胞中的遗传物质发生改变。突变可能会导致人类患上先天性缺陷和癌症，并可能流产。

-Z-

责任分担: 倡导将责任分担原则拓展至化学、化学产品和化学服务各个方面。

责任关怀: 倡导各公司共同协作，持续改善其健康、安全和环境绩效，并与其有关人士讨论产品和流程相关事宜。

粘性: 流动阻力特性。

蒸汽: 物质的气体形式，这种物质在普通的温度和压力下通常是液体或固体。

蒸汽压力: 蒸汽施加的压力，在给定温度下与液体达到平衡状态。一种对液体或固体释放蒸汽，并在该液体或固体表面与空气混合的难易程度的度量标准。蒸汽压力越高，表明汽化物质在空气中的浓度就越高，因此呼吸有毒空气时，人体将蒸汽吸入肺部的可能性也越高。

支持区: 现场控制区最外围的区域。支持区是分段响应设备区域以及指挥站和通讯中心的所在。

质量燃烧速率: 材料在特定条件下燃烧单位时间内损失的质量。

致癌物质: 一种可能会导致癌症的物质；能够导致在哺乳动物身上出现癌症的物质或药剂。

致畸剂: 一种可通过伤害胎儿来导致先天性缺陷的物质。

自燃点/自燃温度: 不依靠加热源或加热元件而开始或引起自燃所需的最低温度。随着易燃液体的温度升高到燃点以上，便会达到没有点火源而引起自燃的最低温度。这个温度称为**自燃点或自燃温度**。

最高燃烧温度（另请参阅**绝热火焰温度**）：假设在环境中没有热量传导损失时的理论最大燃烧温度。

最小点燃能量 (MIE): 在燃料浓度在易燃上限和下限之间，能够点燃燃料空气混合物所需的最小点火源能量。四种热能来源包括：(1) 化学、(2) 电气、(3) 机械和 (4) 核能。

13 参考文献

13.1 参考文献列表

1. Alliance Technical Services, Inc. 2007. *Use of Methanol as a Transportation Fuel*. Prepared for Methanol Institute. November.
2. ALTENER Energy Framework Programme. 2003. *Technical and Commercial Feasibility Study of Black Liquor Gasification with Methanol/DME Production as Motor Fuels for Automotive Uses - BLGM*. Ekbom, Tomas, et al. European Commission. Contract No. 4.1030/Z/01-087/2001.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001. *Methanol - Documentation for the Threshold Limit Value*.
4. American National Standards Institute/Underwriters Laboratories (ANSI/UL) - 1203 *Explosion-proof and Dust-Ignition-proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations*.
5. American National Standards Institute/Underwriters Laboratories (ANSI/UL) - 913 *Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and II Division 1, Hazardous Locations*.
6. American Petroleum Institute (API). 1986. *Storage and Handling of Gasoline-Methanol/Cosolvent Blends at Distribution Terminals & Service Stations*. API Recommended Practice 1627. First Edition. August.
7. American Society for Testing Materials (ASTM). 2007. D 5797-07. *Standard Specification for Fuel Methanol (M70 - M85) for Auto Spark Ignition Engines*. September.
8. Armour, M.A. *Hazardous Laboratory Chemicals: Disposal Guide*, CRC Press, © 1991, ISBN 0-8493-0265-X.
9. ASTM International. 2004. ASTM E 681-04. *Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases)*. American National Standards Institute (ANSI).
10. Becker, C.E., *Methanol Poisoning*. The Journal of Emergency Medicine. Volume 1: pp. 51-58.
11. California Energy Commission. 1996. *Methanol Fueling System Installation and Maintenance Manual*. Transportation Technology and Fuels Office. March.
12. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment, 2003. *Methanol. Technical Support Document: Toxicology Clandestine Drug Labs/Methamphetamine*. Volume 1. Number 10.
13. Canadian Association of Chemical Distributors. 2004. *Code of Practice for Responsible Distribution®*. December.

14. Canadian Chemical Producer's Association (CCPA). 2003. *Product Stewardship Guide to the Purchasing, Marketing, Sales, Use & Phases of the Product Lifecycle*. December.
15. Covello, V. 2002. *Risk and Crisis Communication*. Center for Risk Communication. Powerpoint Presentation.
16. Dean, John A., editor. 1992. *Lange's Handbook of Chemistry*, 10th ed. McGraw-Hill.
17. Det Norske Veritas (USA) Inc. 2002. *Risk Assessment Comparing the Transportation and Use of Gasoline for Combustion Engine Vehicles and Methanol for Fuel Cell Vehicles*. Prepared for the Fuel Cell Methanol Specifications Working Group. December 2.
18. DeWitt & Company, Inc. 2002. *Methanol Market Distribution in the United States*. Prepared for the Methanol Institute. September.
19. *Emergency Response Guidebook*. 2008. Canadian Transport Emergency Centre (CANUTEC), Transport Canada, United States Department of Transportation (DOT), Secretariat of Communications and Transport of Mexico (SCT). United States Government Printing Office: ISBN 978-0-16-079456-8.
20. Glassman, I., 1987. *Combustion*, 2nd Edition.
21. Goodwin, Robert D., 1987. *Methanol Thermodynamic Properties from 176 to 673 K at Pressures to 700 bar*. Journal of Physical and Chemical Reference Data, Vol. 16, Issue 4, October, pp. 799-892.
22. *Handbook of Chemistry and Physics*, 44th Edition, CRC Press.
23. Health Effects Institute (HEI). 1999. *Reproductive and Offspring Developmental Effects Following Maternal Inhalation Exposure of Methanol in Nonhuman Primates*. Research Report Number 89. October.
24. ICF Consulting. 2000. *Risk Management Framework for Hazardous Materials Transportation*. Submitted to U.S. Department of Transportation. Research and Special Programs Administration. November.
25. International Electrotechnical Commission (IEC) 60050-426. 2008. *Equipment for Explosive Atmospheres*.
26. International Electrotechnical Commission (IEC) 60079-4.1975. *Method of Test for Ignition Temperature*. 60079-4A: Addendum.
27. International Electrotechnical Commission (IEC) 801-2. 1991. *Electromagnetic Compatibility for Industrial Process Measurement and Control Equipment*.
28. International Fire Code (IFC). 2006. *Flammable and Combustible Liquids*. Chapter 34. International Code Council.
29. International Methanol Producers and Consumers Association (IMPCA). 2008. *IMPCA Methanol Reference Specifications*. January Update.
30. Jacobson, D., McMartin, K. 1986. *Methanol and Ethylene Glycol Poisonings: Mechanisms of toxicity, clinical course, diagnosis and treatment*. Medical Toxicology I: 309-334.
31. Jim Jordan & Assoc., LLP. 2004. *U.S. Methanol Overview – 2003 Demand and Production*. Prepared for the Methanol Institute. June 2.
32. Kavet, R., Nauss, K. 1990. *The Toxicity of Inhaled Methanol Vapors*. Toxicology. 21 (1): 21-50.

33. Kuchta, Joseph M. *Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical, Mining, and Fuel-Related Industries - A Manual*. U.S. Department of the Interior Bureau of Mines Bulletin 680.
34. Malcolm-Pirnie, Inc. 1999. *Evaluation of the Fate and Transport of Methanol in the Environment*. Prepared for the American Methanol Institute. January.
35. Marchetti, C. 1980. *On Energy Systems in Historical Perspective*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, Prepared for the 1980 Bernard Gregory Lecture, CERN, Geneva, Switzerland, November 13.
36. Methanex Corporation. 2003. Corporate Manual. *Container Filling Best Practice*. Document #CR3RC250.
37. Methanex Corporation. 2005. *Methanol Material Safety Data Sheet (MSDS)*. www.methanex.com/products/documents/MSDS_USenglish.pdf
38. Methanex Corporation. 2006. *Technical Information and Safe Handling Guide for Methanol*. Version 3.0. September.
39. Methanol Fuel Cell Alliance. 2002. Joint Position Document. September.
40. Motorola Corporation, *Cell Phone Usage At Gasoline Stations*, 1999. Doc. No. SF27489.000 BOTO 1299 CMO3. by Exponent Failure Analysis Associates, 149 Commonwealth Drive, Menlo Park, CA 94025, December.
41. National Advisory Committee (NAC) for Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) for Hazardous Substances. 2004. *Final Meeting-32 Highlights*. U.S. Department of Labor. Washington, D.C. April 19-21.
42. National Electrical Code (NEC). 2008. NFPA 70. *Chapter 5, Special Occupancies. Hazardous Locations, Classes I, II, and III Divisions 1 and 2*. National Fire Protection Association.
43. National Fire Protection Association (NFPA), 2008. *U. S. Vehicle Fire Trends and Patterns*. Ahrens, Marty, July.
44. National Fire Protection Association (NFPA). 1994. No. 325, *Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids*.
45. National Fire Protection Association (NFPA). 2008. NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*.
46. National Fire Protection Association (NFPA). 2008. NFPA 30A, *Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages*.
47. National Toxicology Program – Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction (NTP-CERHR, 2003). *NTP-CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Methanol*. NIH Publication No. 04-4478. September.
48. New Jersey Dept. of Health and Senior Services. 2002. *Hazardous Substances Fact Sheet – Methyl Alcohol*. Revision. April.
49. Olah, G.A., Goeppert, A., Prakash, G.K.S. 2006. *Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy*: Wiley-VCH Publishers.
50. Organization for Economic Cooperation and Development's (OECD). 2003. *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness, and Response..*
51. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th Edition, 1984. McGraw-Hill Book Company, San Francisco.

52. SAE Cooperative Research Program. 1991. *A Discussion of M85 (85% Methanol) Fuel Specifications and Their Significance*. September.
53. SAE International. 1990. *Summary of the Fire Safety Impacts of Methanol as a Transportation Fuel*. May.
54. SIDS-OECD. 2004. *SIDS Initial Assessment Report -- Methanol*. Draft. Prepared by BASF AG. Reviewed by USEPA. October.
55. Stegink, L.D., et. al. 1981. *Blood Methanol Concentrations in Normal Adult Subjects Administered Abuse Doses of Aspartame*. Journal of Toxicology and Environmental Health. 7: 281-290.
56. 3M™ Respirator Selection Guide. 2008.
57. U.S. Department of Defense. (DOD). Standard Practice DOD-HDBK-263, *Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies, and Equipment (excluding Electrically Initiated Explosive Devices)*.
58. U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). Chemistry WebBook. <http://webbook.nist.gov/chemistry/>.
59. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Hazardous Waste Operations and Emergency Response (HAZWOPER)*. Code of Federal Regulations (CFR) Title 29 section 1910.120.
60. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Process safety management of highly hazardous materials*. Code of Federal Regulations (CFR) Title 29 Section 1910.119.
61. U.S. Department of Health and Human Services (USDHHS). 2002. *Communicating in a Crisis: Risk Communication Guidelines for Public Officials*. Washington, D.C.
62. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1994. *Chemical Summary for Methanol*, prepared by Office of Pollution Prevention and Toxics. EPA 749-F-94-013a, August.
63. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1994. *Methanol Fuels and Fire Safety*. Fact Sheet OMS-8. Office of Mobile Sources. August.
64. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2003. *Considerations in Risk Communication: A Digest of Risk Communication as a Risk Management Tool*. Technology Transfer and Support Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development. March.
65. Underwriters Laboratories (UL), 1604 - *Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations*.
66. Uniform Fire Code, 1997. Article 52, *Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations*.
67. Vermillion, B.; Nguyen, P.; Tsan, E.; Herz, R. (Project Advisor). 2001. *Feasibility Study of Methanol As Transportation Fuel*. March 18.
<http://chemelab.ucsd.edu/methanol01/Feasibility.htm>
68. XCellsis, Inc. 2002. *Methanol Fuel Quality Specification Study for Proton Exchange Membrane Fuel Cells*. Final Report. Prepared for AQMD. February.
69. Cameron, I. Methanex CIBC World Markets. 2010. *Whistler Institutional Investor Conference*. January 21.
(<http://www.methanex.com/investor/documents/CIBCJan21WhistlerConference-FINAL.pdf>)
70. 5th Methanol Markets & Technology Conference. 2010. Muscat, Oman. February 23.

71. ICIS News. 2010., January 4. (www.icis.com)
72. MMSA Global Methanol Supply and Demand Balance. 2005-2010. (www.methanol.org).
73. Mogens, H.; van Loosdrecht, M. C. *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling and Design*, IWA Publishing, 2008.
74. Horan, N.J.; Lowe, P.; Stentiford, E. I. 1994. *Nutrient Removal from Wastewaters*, CRC Press.
75. Spellman, F.R. 2009. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*, CRC Press.
76. FCTec. *Fuel Cell Basics: Direct Methanol Fuel Cells (DMFC)*. (http://www.fctec.com/fctec_types_dmfc.asp)
77. Crawley, G. 2007. *Fuel Cell Today*, “Direct Methanol Fuel Cells (DMFC).” August.
78. Dpreview.com. 2004. *Toshiba’s Methanol Fuel Cell*. June 24. (<http://www.dpreview.com/news/0406/04062401toshibafuel.asp>)
79. PC World Magazine. 2009. *Toshiba Launches Methanol Fuel Cell Charger*. Oct 22. (http://www.pcworld.com/article/174113/toshiba_launches_methanol_fuel_cell_charger.html)
80. Methanol Fuel Cell Alliance. 2002. *Joint Position Document*. Sep 15. (http://www.methanol.org/Energy/Resources/Fuel-Cells/MFCA-overall-document-from-09_06.aspx)
81. GE Position Paper. 2001. *Feasibility of Methanol as Gas Turbine Fuel*. February 13, 2001. (<http://www.methanol.org/Energy/Resources/Fuel-Cells/GE-White-Paper.aspx>)
82. De Corso, S. M.; Clark, A. S. Editors. 1983. American Society of Testing and Materials, *Stationary Gas Turbine Alternative Fuels: STP 809*.
83. Popular Science. 1975. *Alcohol Power: Can it Help you Meet the Soaring Cost of Gasoline?* April.
84. Kontogeorgis, G. M., Folas, G. K. 2009. *Thermodynamic Models for Industrial Applications*, pp 306-316. John Wiley and Sons.
85. Barden, A. J.; Powers, M. D.; Karklis, P. 1996. The Pipeline Pigging Conference, *Evaluation of Pipeline-drying Techniques*, Jakarta, Indonesia. May 27-30. (Organized by the Pipe Line & Gas Industry and Pipes and Pipelines International with the support of the Australian Pipeline Industry Association)
86. Methanol Institute. 2010. *Methanol Institute’s Comments on the Draft Toxicological Review of Methanol (IRIS)*. March 15. (<http://www.methanol.org/Health-And-Safety/Resources.aspx>)
87. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2009. *Draft IRIS Toxicological Review of Methanol*. December.
88. Pimentel, D.; Patzek, T.W. 2005. *Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower*. Natural Resources Research, Vol. 14, No. 1, March.
89. Lonza, L.; Hass, H.; Maas, H.; Reid, A.; Rose, K. D. 2011. *EU renewable energy targets in 2020: Analysis of scenarios for transport*. JEC Biofuels Programme. JRC Scientific and Technical Reports. EUR24770 EN – 2011.
90. Carbon Recycling International. 2011. *The CO₂ to Liquid Fuels Company*. Methanol Facts, July. (<http://www.methanol.org/Environment/Renewable-Methanol.aspx>)

91. BioMCN and Bio-Methanol. 2011. Methanol Facts, July.
(<http://www.methanol.org/Environment/Renewable-Methanol.aspx>).
92. CHEMREC. 2011. CHEMREC Gasification Technology Turns Pulp and Paper Mills into Biorefineries. August. (www.chemrec.se).
93. Manwaring, R. et al., *Chem. Ind.*, 1973, p. 172.

A 流程安全信息

A.1 流程技术

下列信息和文档项目应作为与流程技术有关的流程安全信息进行收集并加以审阅。

流程描述	操作参数限制
供给材料	压力、温度、流动速率
化学	安全操作的最大和最小限制
化学动力学（如果相关）	分别处于最大和最小限制时的最大时间
中间产物	专业维护要求
反应物/催化剂	
公用设施要求（蒸汽、天然气、商用气体、专门的热传介质等）	
特殊环境（非常高的压力、非常高的温度、冷冻温度等）	
潜在的失控反应	
工艺流程图	
主要设备项目（名称和项目编号）	
热量与材料平衡	
典型操作参数	
特种合金	
公用设施要求	
管道规格	
压力容器规格	

A.2 设备

下列信息和文档项目应作为与系统设备有关的流程安全信息进行收集并加以审阅。

工艺装置描述	铅封/链锁阀列表
工艺装置的名称	阀编号
装置操作的方块图	阀描述
供给材料、中间体、成品及中间产物的存储量	安全保护的场景
流程化学	正常位置
回收与处理不合格材料的策略	用于变换位置的环境
管路仪表示意图 (P&IDs)	受到保护的场景
管道规格	打开或关闭的后果
按项目编号排列的设备列表（包括仪器）	特殊操作条件或法规限制
设备名称	管道检测数据
设备标签号	压力容器检测数据
设备铭牌额定值（体积、重量、处理速率）	危险分类区的布置图
设备操作条件	电气单线图
安全操作的最大/最小限制	可编程逻辑控制器 (PLC) 逻辑
制造商	PSV 检测/测试/重建记录
开始使用日期	区域电气分类
预期寿命	变电站的位置
控制参数安全操作限制	电气开关装置的位置
设备的设计/制造规范	公用设施要求
维护、测试和检测记录	操作程序
维护步骤	安全系统（消防水、检测器等）

B 甲醇/甲基醇的特性

B.1 物理特性

CH_3OH

- 颜色 无色
- 不透明度 澄清
- 气味 稍微带有芳香的刺鼻气味，如同乙基醇一样
- 嗅觉阈值 嗅觉阈值在空气中极不确定，范围可跨越几个数量级；从 10 ppm 到 20000 ppm。[12]
报告为 100 ppm 到 1500 ppm [3]
141 ppm [56]
160 ppm – 接受的嗅觉阈值范围很广。单独依赖嗅觉来判断是否存在危险接触时，请务必小心。[48]
- 换算系数 $1 \text{ ppm} = 1.33 \text{ mg/m}^3; 1 \text{ mg/m}^3 = 0.76 \text{ ppm}$

B.1.1 固体

$\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{固态})}$

$T < -98^\circ \text{ C} (-144^\circ \text{ F}); P = 1 \text{ atm} (14.7 \text{ psia})$

B.1.2 液体

$\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{液体})}$

$-98^\circ \text{ C} (-144^\circ \text{ F}) < T < 65^\circ \text{ C} (149^\circ \text{ F}); P = 1 \text{ atm} (14.7 \text{ psia})$

- 液体相对于水的比重
(水 = 1.0) : 在 $25/4^\circ \text{ C}$ 时为 0.7866
在 $20/4^\circ \text{ C}$ 时为 0.7915
 $0.7960 @ 15/4^\circ \text{ C}$
 $0.8 @ 20^\circ \text{ C} (68^\circ \text{ F})$
在 60° F 时为 6.63 磅/美加仑
- 密度

- 粘性 [37], [16]

在 -25° C (-13° F) 时为 1.258 mPa s
 在 0° C (32° F) 时为 0.793 mPa s
 在 0° C (32° F) 时为 0.808 mPa s
 在 10° C (50° F) 时为 0.690 mPa s
 在 20° C (68° F) 时为 0.593 mPa s
 在 25° C (77° F) 时为 0.544 mPa s
 在 40° C (104° F) 时为 0.449 mPa s
 在 60° C (140° F) 时为 0.349 mPa s

注意: 1 mPa s = 1 cP (厘泊)

- 体积热膨胀系数
- 导热性
- 饱和浓度 (空气中的蒸汽)
- 在 PTotal=(14.7 psia) 时的蒸汽压力
- 在 PTotal=(760 mm Hg) 时的蒸汽压力
- 在 PTotal=(14.7 psia) 时的蒸汽压力
- 雷德蒸汽压力
- 挥发性
- 蒸发率 (乙酸丁酯 = 1)
- 蒸发率 (乙醚 = 1)
- 表面张力
- 导电性
- 液体的蒸汽压力:

在 20° C 时为 0.00149/° C
 在 40° C 时为 0.00159/° C
 在 0° C (32° F) 时为 207 mW/m K
 在 25° C (77° F) 时为 200 mW/m K
 166 g/m³
 在 20° C (68° F) 时为 12.3 kPa (96 mm Hg)
 1.86 psia
 在 25° C (77° F) 时为 126 mm Hg
 在 38° C (100° F) 时为 4.63 psi
 在 15.6° C (60° F) 时为 32 kPa (4.6 psi)
 100 vol%
 99.9 wt%
 4.6
 5.2
 22.5 dyn/cm
 4.4 × 10⁷ pS/m

压力 (mmHg)	温度 (° C (° F))	压力 (mmHg)	温度 (° C (° F))
1	-44.0 (-47)	1520	84.0 (183)
10	-16.2 (3)	3800	112.5 (234)
40	5.0 (41)	7600	138.0 (280)
100	21.2 (70)	15200	167.8 (334)
400	49.9 (122)	30400	203.5 (398)
760	64.7 (148)	45600	224.0 (435)

B.1.3 蒸汽

$\text{CH}_3\text{OH}_{(\text{蒸气})}$	$65^{\circ}\text{ C} (149^{\circ}\text{ F}) < T; P = 1 \text{ atm} (14.7 \text{ psia})$
• 饱和空气水蒸汽相对浓度 (空气 = 1)	1.01 @ 20° C (68° F) 1.02 @ 30° C (86° F)
• 相对于空气的蒸汽密度 (空气 = 1.0)	1.1
• 粘性	在 25° C (77° F) 时为 $9.68 \mu\text{Pa s}$ 在 127° C (261° F) 时为 $13.2 \mu\text{Pa s}$
• 导热性	在 100° C (212° F) 时为 14.07 mW/m K 在 127° C (261° F) 时为 26.2 mW/m K
• 临界温度	240° C (464° F) 512.5° K
• 临界压力	$1,142 \text{ psia}$ (8.084 MPa) 78.5 atm
• 临界体积	$0.117 \text{ m}^3/\text{kg-mol}$
• 临界密度	0.2715 g/cm^3
• 临界压缩因子	0.224
• 离心因子	0.556
• 亨利定律常数	$4.55 \times 10^{-6} \text{ atm-m}^3/\text{g-mol}$
• 空气饱和浓度	166 g/m^3
• 空气浓度换算: 在 25° C (77° F), 1 atm, 14.7 psia, 760 mm Hg 时为: $1 \text{ mg/ml} = 764 \text{ ppm}$ 在 25° C (77° F), 1 atm, 14.7 psia, 760 mm Hg 时为: $1 \text{ ppm} = 1.31 \text{ mg/m}^3$	

B.2 化学特性

• 化学名称	甲醇
• 化学品族	脂肪醇
• 化学分子式	CH_3OH
• 分子量	32.04 克/摩尔
• 按重量计算的元素成分	
○ 氧	50.0 wt%
○ 碳	37.5 wt%
○ 氢	12.5 wt%
• CH_3 (液态) 在水中的溶解性:	100%; 能以各种比例进行混溶
• 溶剂:	乙醇、乙醚、苯、丙酮、酒精、氯仿
• pH	7.2
• 生物耗氧量:	5 天内为 0.6 到 1.12 lbs/lb

B.2.1 反应性

• 易燃性	接触火焰时可能会爆炸
• 稳定性	稳定的材料
• 危险聚合	不会发生

B.2.2 分解

大量的热量和/或不完全的燃烧会产生二氧化碳、一氧化碳、甲醛以及可能未燃烧的甲醇。

B.2.3 不相容性

- 甲醇和水以 40:60 和 30:70 浓度混合所得的溶液，可以通过静电放电点燃。[93]。
- 在 1.81 bar (26.25 psia) 和 120° C (248° F) 条件下，空气、甲醇空气混合物在添加或不添加氧和水的情况下，均有可能发生爆炸。[8]
- 与氯仿 + 甲醇钠和二乙基锌会发生爆炸反应。
- 与包含烷基铝盐、二乙基锌、乙酰溴、三聚氰氯的强还原剂稀释溶液一起，会发生强烈的不可控制的反应。
- 与氢化铍不相容。与氢化铍不相容。与醚型氢化物的反应非常剧烈，甚至在 -196° C (-321° F) 的低温下也是如此。[8]。
- 与碱金属（钠、钾、镁）的反应强劲，并且通常会经历一段长时间的诱导期。与粉末状 MG 或 Al 混合会发生剧烈的爆炸。与 K 反应可能会引起爆炸。
- 甲醇与强氧化剂（次氯酸钙、钡、高氯酸盐、过氧化物、高锰酸盐、氯酸盐）、强酸（硝酸、盐酸、硫磺）和卤素气体（溴、氯、氟和碘）会发生剧烈的反应。
- 与氧化材料反应强劲，并存在危险性。
- 如果存在少量的甲醇，则二氯甲烷可能会变得易燃。
- 在 24° C (75° F) 以上，与液态磷 (III) 氧化物会发生剧烈反应。
- 液态甲醇和固态叔丁醇钾的反应会在 2 分钟后燃烧。

B.3 对金属、合金、垫圈和塑料的腐蚀性

腐蚀性会直接引起材料选择相关问题，而材料选择又会随之影响其应用。什么类型的设备会受到影响：泵、管道、容器、热交换器蒸馏塔、贮料塔、转化炉、汽提塔等？什么是正常情况、不正常情况以及应急处理情况？什么是最大、最小和典型控制参数：流量、温度、压力、成分、杂质等？

是批量处理还是连续处理？什么是预期的检测和测试安排、预期的维护计划以及目标使用寿命？具体到某个选择，预期采用的故障模式和机制是什么？

选择材料时，应考虑到所有这些事项。从技术上讲，这一过程很复杂，从组织上讲，这一过程又很困难。为了使用甲醇而选择材料时会考虑一大堆的条件和环境因素，这意味着最适当的材料是根据特殊的特定应用细节选择的。

虽然与材料选择有关的问题都是基础性的，并且很可能就是最常问到的问题，但却没有任何标准或通用的答案。鉴于这一点，我们提供了下列指导，以作为通用指南。考虑这些问题的人有责任找出针对其具体情况的最佳答案。

- 无水的纯甲醇对铅和铝合金具有少许的腐蚀性，对镁和铂的腐蚀性要更强一些。这并不是说铝合金不适合使用于甲醇，而是要警告用户有必要进行定期检查和无损检测。要实现持续使用，积极的材料鉴定、检查和无损检测是必不可少的。这一点适用于所有化工服务中的任何压力边界材料，包括甲醇。对铝合金的侵蚀速率通常比较慢，是一种凹坑形式的腐蚀，但如果预测并进行监控，也有加快的危险，以致威胁结构组件的完整性。

甲醇-水溶液对某些有色合金可能具有腐蚀性，具体取决于应用和环境因素。此警告适用于由铜合金、镀锌钢、钛、铝合金组件以及某些塑料和合成物制成的设备。铜（包括铜合金）、锌（包括镀锌钢）和铝的涂层会出现各种类型的腐蚀老化，腐蚀速率不尽相同，具体取决于应用场合所处的环境。通常，对结构组件（如储罐上的铝合金浮顶）的腐蚀性侵

蚀会比较缓慢：但是应该做定期目视查看和无损检测，以便确认“适合持续使用”。对于与甲醇直接接触的热交换器管、泵组件、阀芯和传感元件的材料，同样如此。

- 如果系统中没有湿气，则通常将低碳钢选为构造材料。如果系统中可能会不时出现湿气和痕量无机盐，则应该考虑将碳素钢升级为 316 L 不锈钢，甚至升级为含钛或钼的 316 L 稳定不锈钢材质。如果存在湿气和无机盐，则会在受焊接热影响的部分出现腐蚀的问题。从而导致焊接完整性问题。
- 最佳做法是，使用稳定的低碳三百系列钼不锈钢。尽管价格比较昂贵，但是这种材料可防止整体腐蚀、凹坑腐蚀、应力腐蚀开裂、氢致开裂和产品污染。低碳钢被广泛用于管道。管道连接处是由焊接法兰及与甲醇相容的垫片制成的。在使用甲醇时，螺纹连接并不适合。在持久使用的管道工程结构中，不应使用有色金属材料。建议使用阴极保护系统来保护地下储藏设施、埋地管线和地下管道，并定期进行检查。
- 许多树脂、尼龙和橡胶（例如氯丁橡胶、丁腈橡胶）以及乙烯丙烯 (EPDM) 都比较适合，但是其中某些更多地出现在流动应用中，而不用于其他场合。生产商不建议在动态应用场景使用丁腈橡胶：即使用流动甲醇。丁腈橡胶十分适合流体的静态应用，但是它不是使用甲醇的优良材料。
- 在使用甲醇时，将特氟隆等氟化材料用作设备组件时，结果令人满意。例如，特氟隆可以提供良好的形稳定性，并且抗侵蚀和降解。
- 橡胶软管中应包含内部丝网，以便增加强度并供电气连接使用。对软管的使用应限制在临时应用场景，例如装卸场合。软管的材料必须能够适用于使用甲醇的场合。所有的软管均应清楚地进行标示，说明仅供甲醇应用场景使用。必须对软管端部加盖，或以其他方式进行保护，以防在存储期间造成污染。应定期将软管更换成新软管，不要一直用到出现故障。
- 首次使用时，必须先用水清洗软管和管道，然后用甲醇清洗，以确保在投入使用之前去除污染物。
- Methanex 可兼容下述列表中甲醇燃料卡车使用的垫圈和 O 型圈材料。

垫圈和 O 型圈与甲醇的相容性 ⁷		
垫圈/O 型圈材料	评级 ⁸ (卡车使用中与甲醇的 相容性)	推荐 ^{9, 10}
天然橡胶	良好	无推荐
EPDM (乙烯丙烯)	良好	是的，推荐
氯丁橡胶	良好	是的，推荐
硅树脂	良好	是的，推荐
Kalrez 全氟化橡胶	良好	是的，推荐
特氟龙	良好	无推荐
氟硅橡胶	良好	无推荐
腈基丁钠橡胶	一般	不推荐
丁腈橡胶	一般	不推荐
聚氨酯	部分时候表现合格	无推荐
丁基橡胶	较差	无推荐
丁二烯	无可用数据	无推荐
碳氟化合物	无可用数据	无推荐
VITON 氟橡胶 (多数类型)	未评估	不推荐

能够在钛合金中造成应力腐蚀开裂 (SCC) 的专业化环境极少，而甲醇就是这种环境之一。SCC 故障已出现在干甲醇、甲醇/酸和甲醇/卤化物的混合物中。水是一种有效的抑制剂，能维护钛在许多环境中的钝态（如果出现在重量百分比浓度下）。下表中提供了一般指导。

⁷ 参考信息:efunda- 工程基础; efunda.com; O-型圈相容性指南

⁸ 针对腈基丁钠橡胶和丁腈橡胶注意事项：材料可适合用于静态应用，例如避免甲醇接触的防护手套，但一般不建议将此类材料应用于流动甲醇的动态应用，例如泵和固定件上的安装垫圈。

⁹ VITON F 氟橡胶注意事项：大多数 VITON 氟橡胶类型由于接触甲醇后会出现膨胀，因此不推荐用于甲醇操作。但是 VITON F 氟橡胶在接触甲醇后仅有细微变化。制造商推荐 VITON F 氟橡胶用于甲醇操作。

¹⁰ 参考信息：Daemar Inc. (daemar.com); 化学相容性图表

钛合金等级	wt % 水 间歇性接触 ^a	wt % 水 持续性接触 ^b
1,2,7,11,16,17	1.5	2.0
9, 12	2.0	2.0
28	2.5	3.0
5, 23	3.0	3.0
19, 29, 6-2-4-6	5.0	10.0

^a 间歇性接触 = 短期非持续性接触
^b 持续性接触 = 长期持续性接触

B.4 结构和特性

- 折射率, nD 在 20° C (68° F) 时为 1.328
- 介电常数, ϵ_r 在 20° C (68° F) 时为 32.66
- 键角 全部为 109.5°
- 磁化率 $5.3 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{g}$
- 表面张力 在 20° C (68° F) 时为 22.5 dyn/cm
- 粘性 在 0° C (32° F) 时为 0.808 mPa·s
- 在 10° C (50° F) 时为 0.690 mPa·s
- 在 20° C (68° F) 时为 0.593 mPa·s
- 在 40° C (104° F) 时为 0.449 mPa·s
- 在 60° C (140° F) 时为 0.349 mPa·s

B.5 燃烧和点燃特性

- 在压力 = 1 atm (14.7 psia) 时的闪点温度 12° C (54° F) 闭杯 TCC 方法
- 在压力 = 1 atm (14.7 psia) 时的自燃温度 15.6° C (60.1° F) 开杯 TOC 方法
- 在空气（环境温度和压力）中的爆炸极限 385° C (725° F)¹¹
- 爆炸范围 6-36 vol%^{12, 13},
- 火焰 30 vol%
- 不发光的蓝色火焰
- 在白天，肉眼看不到
- 易燃的甲醇-水混合物： 浓度低至 21 vol% (25 wt%) 的甲醇
- 化学计量的空气/燃料重量比 6.45

¹¹ Methanex Corporation 和 Terra Industries 等公司指示自燃温度为 464°C (867°F)。

¹² 6 vol% 的爆炸下限 (LEL) 和甲醇的闪点 (12°C, 54°F) 密切相关。在闪点温度下的平衡蒸汽压力是 46 mm Hg。

¹³ 36 vol% 的爆炸上限 (UEL) 对应于 41°C (106°F) 的温度以及 274 mm Hg 的蒸汽压力。爆炸范围会延伸到相对较大的温度范围，以及超过大气压力三分之一的蒸汽压力。在 6 到 36 vol% 的爆炸范围内，甲醇会在空气中产生可爆炸的蒸汽混合物。在蒸汽浓度介于 6 和 36 vol % 之间时，必须采取预防措施确保甲醇蒸汽不会接触到可能的点火源。

- 化学计量的
空气/蒸汽 混合物中的 CH₃OH (蒸汽) 12.3 vol%

B.5.1 灭火介质

- 二氧化碳
- 干粉
- 抗溶泡沫 - AR-AFFF 配以 6% 的水
- 水雾或雾水¹⁴

B.6 热力学特性¹⁵

- 汽化潜热 (L→G) 37.43 kJ/mol (在 25° C, 298.15 K, (77° F) 时为 279.0 cal/g)
35.21 kJ/mol (在 64.6° C, 337.3 K, (48° F) 时为 262.5 cal/g)
- 标准蒸汽生成焓 ($\Delta_f H^\circ_{gas}$) -205.±10. kJ/mol
- 标准蒸汽燃烧焓 ($\Delta_c H^\circ_{gas}$) -763.68 ±0.20 kJ/mol
- 标准液体生成焓 ($\Delta_f H^\circ_{liquid}$) -238.4 kJ/mol
- 标准液体燃烧焓 ($\Delta_c H^\circ_{liquid}$) -725.7 ±0.1 kJ/mol
- 标准液相熵 (S°_{liquid}) 127.19 J/mol K
- 标准固相熵 ($S^\circ_{osolid, 1 bar}$) 1.117 J/mol K
- 恒压下的气体热容量 (C_p_{gas}) 在 298.15 K 时为 44.06 J/mol K
- 恒压下的液体热容量 (C_p_{liquid}) 在 298.15 K 时为 79.5 J/mol K
- 恒压下的固体热容量 (C_p_{solid}) 在 120 K 时为 68.39 J/mol K
在 20.5 K 时为 5.40 J/mol K
在 173 K 时为 105.00 J/mol K
- 熔化焓 ($\Delta_{fus}H$) 在 176 K 时为 2.196 kJ/mol
- 熔化熵 ($\Delta_{fus}S$) 在 176 K 时为 12.5 kJ/mol
- 相变焓 ($\Delta H_{trs Xtline \rightarrow L}$) 在 175.4 K 时为 3.159 kJ/mol
- 比热 2.51 kJ/kg K; 0.6 Btu/lb-oF
- 热容比, $\gamma = C_p/C_v$ 在 77° C (171° F) 时为 1.203
- 高热值 (HHV) 22.7 MJ/kg, 9800 Btu/lb,
726 kJ/mole
- 低热值 (LHV) 在 25° C 时为 19.937 MJ/kg

¹⁴ 因为甲醇易与水混合, 所以使用水会扩大火势, 除非稀释比至少达到 3/1。水-甲醇溶液遇到包含 76 vol% 的水的合物时易燃。

¹⁵ Methanex Corporation 公司网站: www.methanex.com/methanol/techsafetydata.htm; Lange's Handbook of Chemistry (兰氏化学手册), 第 10 版; CRC Handbook of Chemistry and Physics (CRC 化学与物理手册), 第 44 版; CRC Handbook of Chemistry and Physics (CRC 化学与物理手册), 第 68 版; Perry's Chemical Engineers' Handbook (佩里化学工程师手册), 第 6 版; James A. Plambeck, University Chemistry: Molar Thermodynamic Properties of Pure Substances (大学化学: 纯物质热力学性质数据表), © 1995; Robert D. Goodwin, "176 至 673 K 压力 700 bar 时的甲醇热力学特性," Journal of Physical and Chemical Reference Data (物理与化学参考数据杂志), 1987 年 10 月第 16 卷第 4 版, 第 799-892 页。799-892.

C 甲醇的监管、健康和安全信息

C.1 美国条例与规范

下表列出了影响甲醇的生产、存储、包装、分销或使用的主要美国联邦 OSHA（职业安全与卫生监管署）、EPA（美国环境保护局）和 DOT（美国交通运输部）条例。这份清单并未包含所有的相关条例和规范。针对特定设施的相关及适用的州条例和规范以及当地的条例和规范也应得到遵守。

条例/规范	相关条款或部分
职业安全与卫生，联邦法规 - 29 CFR	第 1904 条 - 记录保管
	第 1910.20 款 - 使用接触和医疗记录
	第 1910.38 款 - 雇员应急计划和消防计划
	第 1910.119 款 - 高危化学品的流程安全管理
	第 1910.120 款 - 危险废弃物处理和应急响应
	第 1910.132 到 139 款 - 个人防护设备
	第 1910.146 款 - 进入封闭空间
	第 1910.147 款 - 危险能量控制（封锁/标记/封锁）
	第 1910.151 款 - 急救/医疗服务
	第 1910.331 到 335 款 - 电气安全
	第 1910.1000 款 - 大气污染（接触限值）
	第 1910.1200 款 - 危害沟通
环境条例 -- 40 CFR	第 61 条 - 国家危险性空气污染物排放标准
	第 68 条 - 清洁空气法案/意外泄漏
	第 141 条 - 安全饮用水
	第 260 到 269 条 - 危险废弃物管理系统

条例/规范	相关条款或部分
	第 302 和 355 条 - 有害物质泄漏, 应急计划与通知
	第 370 和 372 条 - 危险化学品报告: 社区知情权
	第 373 条 - SARA Title III 报告
	R 节, 第 700 到 799 条 - 有毒物质控制法案
运输条例 - 49 CFR	第 106 条 - 规章制定程序
	第 107 条 - 危险材料计划程序
	第 171 条 - 信息、条例和定义总则
	第 172 条 - 危险材料表、特殊条款、危险材料沟通、应急响应信息及培训要求
	第 173 条 - 发货方, 一般运输和包装要求
	第 174 条 - 铁路运输
	第 176 条 - 水运
	第 177 条 - 公路运输
	第 178 条 - 包装规格
	第 179 条 - 罐车规格
	第 180 条 - 包装的持续性认证和维护
	第 190 条 - 管道安全计划程序
	第 191 条 - 天然气及其他气体的管道传输: 年报、事件报告及安全相关情况报告
	第 192 条 - 天然气及其他气体的管道传输: 最低联邦安全标准
	第 195 条 - 危险液体的管道运输
通航与通航水域条例, 33 CFR	A 节, 第 1 到 26 条 - 授权、规章制定程序与执行条例总则
	第 126 条 - 处理水边设施内或附近的爆炸物或其他危险货物
	第 130 条 - 对水污染所应承担的经济责任
	第 153 条 - 控制石油和有害物质的污染; 消除泄漏现象
	第 154 条 - 转移散装石油或危险材料的设备
	第 155 条 - 适用于水运的石油或危险材料污染预防条例

条例/规范	相关条款或部分
	第 156 条 - 石油和危险材料转移操作
	P 节, 第 160 到 167 条 - 港口与航道安全
船运条例 - 46 CFR (水路运输)	第 2 条 - 船舶检查
	第 10 到 12 条 - 针对海事人员的许可和认证
	第 15 条 - 对工作人员的要求
	D 节, 第 30 到 40 条 - 液货船
	第 151 条 - 驳船运输散装液体危险材料

C.2 国际条例、标准和准则

下表列出了影响甲醇的生产、存储、包装、分销或使用的国际条例、标准和准则。这份清单并未包含所有的相关国际条例、标准和准则；不过，值得关注的是，对于危害识别、风险评估以及将风险管理至可忍受级别是工人安全的基本前提这一点上，各方看法逐渐趋于一致。如果您所在的组织尚未应用风险管理的各项方针，那么您或许需要在不久的将来着手制定计划。

权威机构	主题
欧盟 (EU)/欧盟委员会 (EC)	控制涉及有害物质的重大事故危害 (指令 96/82/EC)
经济合作发展组织 (OECD)	OECD 化学品事故的预防、准备和应对指导原则
EU / EC	个人防护设备指令 (指令 89/686/EEC)
EU / EC	劳动健康与安全 (指令 89/391/EEC)
EU / EC	指示性职业接触限值指令 (指令 2006/15/EC) 与工作场所化学药剂指令 (指令 98/24/EC)
EU / EC	有害物质指令 (指令 67/548/EEC)
EU / EC	污染物排放与转移登记指令 (EC/166/2006); 综合污染预防和控制 (IPPC 指令: 96/61/EC); 环境空气质量管理 (96/62/EC)
EU / EC	水框架指令 (指令 2000/60/EC); 饮用水质量 (98/83/EC)
EU / EC	废弃物指令 (2006/12/EC); 对有害废弃物的受控管理 (91/689/EEC)
EU / EC	化学品注册、评估、许可和限制 (REACH) (EC/2006/1907)
联合国 (UN)	关于运输危险货物的建议

权威机构	主题
国际航空运输协会 (IATA)	危险货物条例
国际海事组织 (IMO)	国际海运危险货物 (IMDG) 规则
ICAO (联合国机构)	国际民航组织规程与标准
UN	有关危险货物的国际公路运输欧盟协议 (ADR)
UN	有关危险货物的国际铁路运输条例 (RID)
EU / EC	公路运输危险货物 (指令 94/55/EC)
EU / EC	铁路运输危险货物 (指令 96/49/EC)
EU / EC	意外海运污染 (2850/2000/EC); 海运安全性: 预防船舶污染 (2002/84/EC); 地下水污染防治法 (2006/118/EC)
国际标准化组织 (ISO)	ISO 9001: 2000 - 质量管理系统
国际电工委员会 (IEC)	操作安全 - 加工工业部分 IEC 61511-1 的安全仪表系统 <ul style="list-style-type: none"> • 第 1 条: 框架、定义、系统、硬件及软件要求 • 第 2 条: IEC 61511-1 的应用准则 • 第 3 条: 确定安全完善性级别的准则
ANSI/AIHA 职业健康与安全管理系统: Z10-2005	设置基准条款, 并在其中要求现有流程能够识别并采取措施预防或控制危害并降低与新流程或设计阶段的操作有关的风险。
澳大利亚安全与补偿理事会, 澳大利亚政府, 2006	工作安全设计的指导原则
美国国家职业安全与卫生研究所 (NIOSH), 2006	宣布了一项通过设计来进行预防的提案。
美国国家标准协会 (ANSI/PMMI) B155.1-2006	包装机械及有关包装转换机械的安全要求
消防工程师学会 (SFPE), 2006	<ul style="list-style-type: none"> • 消防设计中风险评估的应用工程指南 • 消防风险评估介绍
加拿大标准协会颁发的职业健康与安全管理系统	CSA Z1000-2006
日本产业安全卫生法 2006 年 04 月修订版	法案规定雇主应尽责执行风险评估, 其中未包含处罚说明。
国际标准化组织 (ISO 14121-1)	设备安全 - 风险评估准则, 2007 年
美国国家消防协会 (NFPA) 2007 年	作为指导性文件将风险概念整合入 NFPA 规范和标准

权威机构	主题
英国标准协会 BS-OHSAS 18001, 2007 年	指南规定：“组织机构应建立、执行和保持一套长期危险识别、风险评估和明确必要控制措施的操作步骤。”术语 可容许风险 被替换为 可接受风险。
中国国家安全生产监督管理总局, 2008 年	发布暂行风险评估规定。
英国卫生与安全管理局, 2008 年	发布风险评估 5 大操作步骤：“法律不期望能完全杜绝风险，但您应在可操作范畴内尽可能保证为人员提供防护措施。”
应急照明行业委员会	ICEL 1008: Emergency Lighting Risk Assessment 应急照明风险评估
工作安全保障研究协会（加拿大 - 魁北克）, 2009 年	设备安全：机械危险防范
美国安全工程师协会 (ASSE), 2009 年技术报告 Z790.001	通过环境设计防范：设计和修订设计过程中的职业风险问题指南
新加坡标准 SS506, 2009 年	职业安全与卫生管理系统，第 1 部分：要求
ANSI/ITAA GEIA-STD-0010, 2009 年	系统安全计划开发和执行用最佳实践标准
ISO/IEC 31010, 2009 年	风险评估方法
EN ISO 12100-2010 年	设备安全：设计风险评估和减轻风险的一般性原则明确要求应执行风险评估
ANSI B11.0, 2010 年	设备安全：一般性安全要求和风险评估

C.3 危险材料与健康和安全信息

危险材料信息		健康和安全信息	
欧洲目前市场流通的化学品目录 (EINECS) 编号 (EU)	200-659-6	接触限值	
UN 编号	UN 1230	TLV-TWA	262 mg/m ³ (200 ppm)
危险货物分类		TLV-STEL	328 mg/m ³ (250 ppm)
○ 主要分类	3	OES-LTEL	266 mg/m ³ (200 ppm)
○ 辅助分类	6.1	OES-STEL	333 mg/m ³ (250 ppm)
○ 包装等级	PG II	MAK	270 mg/m ³ (200 ppm)
ADR 分类 (公路运输)		MAC-TGG 8 h	260 mg/m ³
○ 类	3	VME-8 h	260 mg/m ³ (200 ppm)
○ 包装	II	VLE-15	1,300 mg/m ³ (1000 ppm)
○ 危险标志罐	3+6.1	GWBB-8 小时	266 mg/m ³ (200 ppm)
○ 危险标志包装	3+6.1	GWK-15 分钟	333 mg/m ³ 250 ppm
RID 分类 (铁路运输)		EC	260 mg/m ³ (200 ppm)
○ 类	3	NFPA 分类	1B 易燃液体
○ 包装	II	NFPA 危害等级	
○ 危险标志罐	3+6.1	○ 健康	1
○ 危险标志包装	3+6.1	○ 易燃性	3
ADNR 分类 (内陆水路运输)		○ 反应性	0
○ 类	3		
○ 包装	II		
○ 危险标志罐	3+6.1		
○ 危险标志包装	3+6.1		
IMDG 分类 (海运)			
○ 类	3		
○ 次要危险性	6.1		
○ 包装	II		
○ MFAG	19		
ICAO 分类 (航空运输)			
类	3		
次要危险性	6.1		
包装	II		

D 甲醇相关事故数据库（1998 年 - 2011 年）

D.1 甲醇事故，根据产业、地区和事故原因进行分类

{由联盟国际顾问公司负责为甲醇协会拟制（2011 年 12 月 08 日）}

产业	地区	日期	事故灾难类型	事故原因	活动	财产损失/受伤/死亡
生物柴油	纽约州斯塔顿岛	6/3/2005	火灾	热加工	维护	爆炸，1 人死亡
生物柴油	加拿大贝克斯菲尔德	2/17/2006	火灾	电气	维护	9600 平方英尺建筑面积被焚烧
生物柴油	哥伦比亚帕克	5/7/2006	火灾	工序	操作	厂房失火，无人员受伤
生物柴油	奥兰多坎比	6/23/2006	火灾	溅漏	操作	大型火灾

产业	地区	日期	事故灾难类型	事故原因	活动	财产损失/受伤/死亡
生物柴油	爱达荷州新普利茅斯	7/7/2006	爆炸、火灾	热加工	维护	大型火灾，1人死亡
生物柴油	德克萨斯州代顿	7/14/2007	火灾	不详	操作	火灾
生物柴油	乔治亚州奥古斯塔	8/21/2007	爆炸	热加工	维护	爆炸，1人死亡
生物柴油	北卡罗来纳州勒努尔	8/25/2007	火灾	不详	操作	大型火灾，无人员受伤
生物柴油	马里兰州安妮公主城	5/18/2008	爆炸	热加工	维护	爆炸，1人死亡
生物柴油	田纳西州迪凯特	8/15/2008	火灾	不详	不详	闲置工厂被损毁
生物柴油	北达科他州约克	8/27/2008	火灾	不详	不详	加工建筑和设备被毁
生物柴油	阿拉巴马州加兹登	9/15/2008	爆炸	工序	维护	储罐顶部被炸飞
生物柴油	艾奥瓦州克林顿	9/30/2008	火灾	工序	操作	小型火灾，1名消防员被蒸汽灼伤
生物柴油	德克萨斯州休斯顿	2/9/2009	火灾	工序	维护	火灾
生物柴油	明尼苏达州布鲁斯特	5/24/2009	爆炸、火灾	不详	不详	多个储罐着火
生物柴油	俄亥俄州托莱多	6/15/2009	内部爆炸、火灾	工序	维护	一条生产线损毁
生物柴油	伊利诺伊州芝加哥	7/19/2009	爆炸	工序	操作	2名工人被烧伤
生物柴油	佛罗里达州圣克劳德	9/24/2009	爆炸、火灾	不详	不详	一栋建筑和多个储罐被损毁
生物柴油	乔治亚州萨凡纳	10/15/2009	爆炸	工序	操作	1人受伤

产业	地区	日期	事故灾难类型	事故原因	活动	财产损失/受伤/死亡
生物柴油	华盛顿州霍奎厄姆	12/2/2009	爆炸	工序	操作	储罐开裂
生物柴油	犹他州西班牙福克	7/25/2010	火灾	工序	维护	小型火灾
生物柴油	澳大利亚墨尔本	10/6/2010	爆炸	热加工	维护	1名人员严重烧伤，储罐爆炸
生物柴油	田纳西州萨米特维尔	7/30/2011	火灾	电气	操作	生物燃料工厂被损毁，1名人员轻度烧伤
商业	华盛顿州西雅图	7/21/2010	爆炸	意外	意外	1人死亡，1人住院
居家	密苏里州贝尔维尔	4/13/2006	火灾	意外	意外	1名少年重度烧伤
居家	澳大利亚布里斯本	6/19/2007	爆炸、火灾	意外	意外	2名少年重度烧伤
居家	纽约州锡拉丘茨	9/19/2007	火灾	意外	意外	2名少年重度烧伤
居家	俄亥俄州特洛伊	2/14/2011	火灾	不详	不详	厂房失火，无人员受伤
工业	澳大利亚悉尼	7/12/1998	爆炸、火灾	不详	不详	财产损失
工业	马赛诸塞州绍斯布里奇	12/14/1998	火灾	不详	不详	1名工人受伤
工业	怀俄明州格林里弗	1/29/2003	火灾	不详	不详	1人烧伤
工业	纽约州水牛城	10/13/2004	溅漏	不详	操作	6名雇员住院
工业	澳大利亚悉尼	5/2/2005	火灾	不详	不详	大范围受损，无人员受伤
工业	俄罗斯安加尔斯克	10/24/2005	爆炸、火灾	工序	操作	工厂受损，1人死亡

产业	地区	日期	事故灾难类型	事故原因	活动	财产损失/受伤/死亡
工业	中国宋马坪镇	11/10/2005	爆炸	不详	不详	2人死亡
工业	马来西亚吉隆坡	2/28/2006	爆炸、火灾	不详	维护	3人死亡, 1人住院
工业	俄亥俄州克利夫兰	4/20/2006	爆炸	热加工	维护	5人住院
工业	加拿大魁北克	8/30/2006	爆炸	不详	不详	化工厂部分损毁
工业	马来西亚吉隆坡	8/27/2007	爆炸	不详	不详	2名工人被烧伤
工业	俄亥俄州迪非恩斯	1/4/2008	爆炸	电气	维护	4人受伤, 工厂被关闭
工业	印度坎德拉	2/8/2008	火灾	不详	不详	险些造成特大火灾
工业	加拿大北县	10/3/2008	火灾	不详	操作	不详
工业	路易斯安那州拉法叶	6/15/2009	爆炸、火灾	热加工	维护	1人烧伤, 造成生产平台 500 美金损失
工业	北卡罗莱纳州朗维龙	1/24/2010	爆炸、火灾	不详	不详	工厂受损, 无人员受伤
工业	马来西亚吉隆坡	2/22/2010	爆炸	不详	不详	工厂受损, 无人员受伤
工业	西弗吉尼亚州贝勒	9/21/2010	溅漏	溅漏	维护	16万多磅甲醇泄漏至卡诺瓦河
工业	宾夕法尼亚州伊利	10/14/2010	火灾	不详	操作	不详
工业	科罗拉多州斯特灵科	2/3/2011	火灾	热加工	维护	1.5吨卡车失火, 无人员受伤
工业	路易斯安娜州新伊比利亚	6/14/2011	爆炸、火灾	不详	不详	工厂损毁, 无人员受伤

产业	地区	日期	事故灾难类型	事故原因	活动	财产损失/受伤/死亡
工业	法国伯奈	7/5/2011	爆炸	不详	不详	无人员受伤
工业	德克萨斯州皮尔兰	7/18/2011	火灾	不详	不详	化学工厂储罐，无人员受伤
管道	新墨西哥贾尔	12/7/2000	火灾	工序	维护	不详
管道	阿拉斯加，普拉德霍湾	2/7/2005	溅漏	工序	维护	1092 加仑甲醇-水溶液泄漏
管道	阿拉斯加死马镇	10/15/2007	溅漏	工序	操作	1932 加仑甲醇（630 gll 纯甲醇）；水、油
管道	阿拉斯加利斯伯恩	7/16/2011	溅漏	工序	维护	4200 加仑甲醇 - 油泄漏至苔原地区
学校	俄亥俄州阿克伦	1/25/2006	火灾	意外	意外	6 名学生、1 名教师重度烧伤
学校	田纳西州亨茨维尔	10/8/2007	爆炸、火灾	意外	意外	1 名教师 2 名学生住院
学校	俄亥俄州哈德逊	1/18/2008	火灾	意外	意外	2 名学生重度烧伤
运输	威斯康辛州基尔	1/17/2000	溅漏	碰撞	操作	无人员受伤
运输	俄亥俄州托莱多	3/15/2001	溅漏	溅漏	操作	不详
运输	瑞典赫加奈斯	10/12/2011	船舶搁浅	碰撞	操作	船体受损，但未发生溅漏
运输	意大利韦尔切利	8/22/2002	火灾	碰撞	操作	财产损失
运输	加拿大安大略	2/13/2003	溅漏	碰撞	操作	不详
运输	意大利里窝那	3/22/2003	爆炸、火灾	碰撞	操作	9 人受伤

产业	地区	日期	事故灾难类型	事故原因	活动	财产损失/受伤/死亡
运输	明尼苏达红翼市	4/5/2003	溅漏	碰撞	操作	脱轨并有轻度溅漏
运输	巴西乌贝拉巴	6/13/2003	火灾、溅漏		操作	财产损失
运输	中国江山市	7/13/2003	爆炸、火灾		操作	财产损失
运输	加拿大埃德蒙顿	10/8/2005	溅漏	碰撞	操作	不详
运输	德国施韦特	10/22/2005	脱轨	碰撞	操作	无溅漏或损坏
运输	中国沈阳	1/27/2006	火灾	热加工	维护	不详
运输	密歇根州巴特勒	7/30/2006	爆炸	工序	操作	1人死亡
运输	中国江山市	8/15/2006	爆炸、火灾	不详	不详	驳船受损
运输	非洲德文	10/9/2006	碰撞	碰撞	操作	5人死亡
运输	南非约翰内斯堡	10/10/2006	碰撞、火灾	碰撞	操作	5人被烧死，1人烧伤
运输	纽约州奥尔巴尼	1/5/2007	碰撞、火灾	碰撞	操作	50户家庭被撤离
运输	中国武汉	9/2/2007	火灾	不详	不详	不详
运输	密歇根州布鲁姆菲尔德希尔斯	12/27/2007	溅漏	碰撞	操作	轻度溅漏

产业	地区	日期	事故灾难类型	事故原因	活动	财产损失/受伤/死亡
运输	康涅狄克州斯坦福	11/12/2009	火灾	碰撞	维护	储罐失火燃烧了 6800 gal 甲醇，无人员受伤
运输	康涅狄克州斯坦福	6/13/2011	翻转	碰撞	操作	无泄漏或损坏
运输	中国，北京 - 新疆	7/4/2011	火灾	碰撞	操作	2 辆卡车失火 - 2 人死亡（驾驶员）
废水处理	佛罗里达州代托纳维奇	1/11/2006	爆炸	热加工	维护	2 人死亡，1 人严重烧伤

D.2 事故说明和参考信息或来源

产业	地区	日期	事故说明	参考信息或来源
生物柴油	纽约州斯塔顿岛	6/2/2001	各种环境下挤压丙三醇储罐	http://www.rebelwolf.com/essn/ESSN-Jul2005.pdf
生物柴油	加拿大贝克斯菲尔德	2/16/2002	手提甲醇容器被电、火点燃	http://biodieselmagazine.com/articles/830/fire-destroys-american-biofuels-facility-in-bakersfield-calif.
生物柴油	哥伦比亚帕克	5/6/2002	家用生物柴油制造装置在储罐上残留加热元件	http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5545a3.htm
生物柴油	奥兰多坎比	6/22/2002	溅漏被点燃，并熔化塑料甲醇储罐。	生物柴油安全白皮书
生物柴油	爱达荷州新普利茅斯	7/6/2002	焊接火花爆炸	http://www.fox12idaho.com/Global/story.asp?S=5162251&nav=menu439_2

产业	地区	日期	事故说明	参考信息或来源
生物柴油	德克萨斯州代顿	7/13/2003	甲醇溅漏、点燃	生物柴油安全白皮书
生物柴油	乔治亚州奥古斯塔	8/20/2003	在储罐顶部进行焊接	生物柴油安全白皮书
生物柴油	北卡罗来纳州勒努尔	8/24/2003	关闭后储罐损毁	生物柴油安全白皮书
生物柴油	马里兰州安妮公主城	5/17/2004	焊接	生物柴油安全白皮书
生物柴油	田纳西州迪凯特	8/14/2004	不详	生物柴油安全白皮书
生物柴油	北达科他州约克	8/26/2004	不详	生物柴油安全白皮书
生物柴油	阿拉巴马州加兹登	9/14/2004	生物柴油设备加热元件故障	生物柴油安全白皮书
生物柴油	艾奥瓦州克林顿	9/29/2004	生物柴油主回收导柱发生小型火灾	生物柴油安全白皮书
生物柴油	德克萨斯州休斯顿	2/8/2005	循环泵机械密封故障	生物柴油安全白皮书
生物柴油	明尼苏达州布鲁斯特	5/23/2005	不详	生物柴油安全白皮书
生物柴油	俄亥俄州托莱多	6/14/2005	真空控制安全阀故障，导致生物柴油被点燃	生物柴油安全白皮书
生物柴油	伊利诺伊州芝加哥	7/18/2005	丙三醇与硫酸混合 - Columbus Food Co. 哥伦比亚食品公司	http://www.chitowndailynews.org/Chicago_news/OSHA_launches_investigation_at_plant_that_exploded,30103

产业	地区	日期	事故说明	参考信息或来源
生物柴油	佛罗里达州圣克劳德	9/23/2005	不详，可能由于闪电引起	生物柴油安全白皮书
生物柴油	乔治亚州萨凡纳	10/14/2005	用于存储生物柴油的反应器	生物柴油安全白皮书
生物柴油	华盛顿州霍奎厄姆	12/1/2005	丙三醇储罐过压	生物柴油安全白皮书
生物柴油	犹他州西班牙福克	7/24/2006	甲醇转运线故障	生物柴油安全白皮书
生物柴油	澳大利亚墨尔本	10/5/2006	在储罐顶部进行焊接	http://www.heraldsun.com.au/news/victoria/man-critical-after-factory-explosion/story-e6frf7kx-1225934873475
生物柴油	田纳西州萨米特维尔	7/29/2007	电机火花溅射至甲醇储罐	http://www.wkrn.com/story/15181803/bio-diesel-plant-destroyed-in-fire?clienttype=printable
商业	华盛顿州西雅图	7/20/2006	在运输甲醇储罐过程中蓄意点燃	http://www.komonews.com/news/local/98960929.html
居家	密苏里州贝尔维尔	4/12/2002	玩具用甲醇燃料导致火灾	http://www.evesun.com/printedition/pdfs/2007-09-19.pdf
居家	澳大利亚布里斯本	6/18/2003	玩耍甲醇导致火灾；爆炸	Eos 环保
居家	纽约州锡拉丘茨	9/18/2003	甲醇混合物失火，追溯至燃料	Eos 环保
居家	俄亥俄州特洛伊	2/13/2007	不详 - 车库 150 gll 赛车用甲醇	http://www.whiotv.com/news/26854632/detail.html
工业	澳大利亚悉尼	7/11/1994	涉及化学品包括乙醇，甲醇和环保溶剂 - 不详	List">http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit>List

产业	地区	日期	事故说明	参考信息或来源
工业	马赛诸塞州绍斯布里奇	12/13/1994	光纤制造工厂甲醇火灾 - 不详	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工业	怀俄明州格林里弗	1/28/1999	不详 - 井场闪火	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工业	纽约州水牛城	10/12/2000	医用产品制造公司发生乙腈和甲醇混合物溅漏	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工业	澳大利亚悉尼	5/1/2001	不详 - 甲醇煤气炉	http://ctif-hazmat.gasilci.org/modules/news/article.php?storyid=36
工业	俄罗斯安加尔斯克	10/23/2001	安卡斯克石化公司 - 流程颠倒	http://www.icis.com/Articles/2005/10/24/1015565/russias-angarsk-methanol-plant-hit-by-explosion.html
工业	中国宋马坪镇	11/9/2001	不详	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
工业	马来西亚吉隆坡	2/27/2002	维护过程中甲醇储罐爆炸	Eos 环保
工业	俄亥俄州克利夫兰	4/19/2002	步行道热加工火花飞溅至甲醇储罐导致爆炸	Eos 环保
工业	加拿大魁北克	8/29/2002	火花飞溅导致爆炸、火灾 - 不详	Eos 环保
工业	马来西亚吉隆坡	8/26/2003	不详 - 马来西亚国油甲醇厂	http://www.koreanpress.net/news/view.asp?msection=1&section=2&idx=598
工业	俄亥俄州迪非恩斯	1/3/2004	车库开门装置造成仓库内甲醇蒸汽被点燃	Eos 环保

产业	地区	日期	事故说明	参考信息或来源
工业	印度坎德拉	2/7/2004	不详 - 甲醇储罐失火 - 使用海水灭火	Eos 环保
工业	加拿大北县	10/2/2004	医用诊断设备设施的锅炉中少量甲醇失火 - 不详	List">http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit>List
工业	路易斯安那州拉法叶	6/14/2005	海上平台储罐焊接 - 海洋能源公司	http://blog.chron.com/newswatchenergy/2010/09/mariner-involved-in-13-gulf-accidents-since-06-seven-with-violations/
工业	北卡罗莱纳州朗维龙	1/23/2006	Tailored Chemicals 公司 - 原因不详 - 甲醇和乙醇储存	http://firenews.net/index.php/news/news_article/20100126_news_four_alarm_fire_at_local_catawba_plant/
工业	马来西亚吉隆坡	2/21/2006	不详 - 马来西亚国油甲醇厂	http://uk.reuters.com/article/2010/02/22/petronas-fire-idUKSGE61L0E520100222
工业	西弗吉尼亚州贝勒	9/20/2006	设备泄漏	http://www.newsandsentinel.com/page/content.detail/id/118720/W-Va--DEP-investigates-methanol-spill-in-river-.html?isap=1&nav=5071
工业	宾夕法尼亚州伊利	10/13/2006	铸造厂甲醇气体被点燃并通过竖井冒出火焰	List">http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit>List
工业	科罗拉多州斯特灵科	2/2/2007	使用焊枪从水-甲醇储罐上卸下螺栓	http://www.journal-advocate.com/sterling-local_news/ci_17283330
工业	路易斯安娜州新伊比利亚	6/13/2007	多元科技工厂甲醇、二甲苯、甲苯 - 不详	http://www.nola.com/business/index.ssf/2011/06/firefighting_cr_ews_enter_new_i.html
工业	法国伯奈	7/4/2007	罗意莎包装公司甲醇溶剂储罐，原因不详	http://www.saunalahti.fi/ility/PI1127.htm
工业	德克萨斯州皮尔兰	7/17/2007	不详 - 甲醇-矿物油储罐	http://www.yourhoustonnews.com/pearland/news/article_c2b4f932-615c-5066-92d5-56efd0921d0b.html

产业	地区	日期	事故说明	参考信息或来源
管道	新墨西哥贾尔	12/6/1996	NG 管道破裂失火，点燃了一家汽油精炼厂的 2 个甲醇和乙二醇储罐。	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
管道	阿拉斯加，普拉德霍湾	2/6/2001	DS 11 喷射线腐蚀，缺乏隔离保护	http://www.dec.state.ak.us/spar/perp/response/sum_fy05/050217301_index.htm
管道	阿拉斯加死马镇	10/14/2003	DS-16 输送管道 D 被击穿	http://www.dec.state.ak.us/spar/perp/response/sum_fy08/071015301_index.htm
管道	阿拉斯加利斯伯恩	7/15/2007	维护过程中阀压力测试 BP 管道故障	http://www.msnbc.msn.com/id/43795063/ns/us_news-environment/t/methanol-spill-reported-bp-alaska-oil-field/
学校	俄亥俄州阿克伦	1/24/2002	甲醇蒸汽点燃	http://www.ohio.com/news/students-burned-in-lab-fire-settle-1.87719
学校	田纳西州亨茨维尔	10/7/2003	甲醇验证导致烧杯爆炸、失火	Eos 环保
学校	俄亥俄州哈德逊	1/17/2004	中学化学实验；失火	Eos 环保
运输	威斯康辛州基尔	1/16/1996	铁路储罐卡车脱轨翻转发生泄漏	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	俄亥俄州托莱多	3/14/1997	少量甲醇从储罐车泄漏至轨道	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	瑞典赫加奈斯	10/11/1997	3000 吨甲醇运输船舶在迷雾中搁浅	http://info.tse.fi/dagob/documents/Dangerous%20Goods%20Related%20Incidents%20and%20Accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20Region%20PDF%20final.pdf
运输	意大利韦尔切利	8/21/1998	甲醇运输货车脱轨、损坏并燃烧	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

产业	地区	日期	事故说明	参考信息或来源
运输	加拿大安大略	2/12/1999	甲醇煤气和苯乙烯货车脱轨泄漏	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	意大利里窝那	3/21/1999	船舶拖曳过程中撞击码头	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	明尼苏达红翼市	4/4/1999	甲醇运输火车脱轨	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	巴西乌贝拉巴	6/12/1999	火车脱轨落入一条河流并点燃大火。甲醇泄漏至河流	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	中国江山市	7/12/1999	运煤卡车与甲醇运输火车发生碰撞	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	加拿大埃德蒙顿	10/7/2001	储罐卡车掉头过程中与一个储罐发生碰撞，导致甲醇泄漏	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	德国施韦特	10/21/2001	三辆甲醇轨道货车脱轨	http://info.tse.fi/dagob/documents/Dangerous%20Goods%20Related%20Incidents%20and%20Accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20Region%20PDF%20final.pdf
运输	中国沈阳	1/26/2002	甲醇卡车司机在库房加热冻结的阀门时造成失火	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	密歇根州巴特勒	7/29/2002	工人倾倒甲醇接触火花，导致爆炸	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

产业	地区	日期	事故说明	参考信息或来源
运输	中国江山市	8/14/2002	不详 - 2 艘甲醇运输驳船失火	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	非洲德文	10/8/2002	汽车与甲醇卡车发生碰撞	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	南非约翰内斯堡	10/9/2002	甲醇储罐车与汽车发生碰撞造成失火	Eos 环保
运输	纽约州奥尔巴尼	1/4/2003	CSX 甲醇轨道货车失火	Eos 环保
运输	中国武汉	9/1/2003	不详 - 码头大火蔓延至 4 艘运送甲醇的船舶	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	密歇根州布鲁姆菲尔德希尔斯	12/26/2003	一个甲醇船舶倾覆，导致少量溅漏。	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
运输	康涅狄克州斯坦福	11/11/2005	储罐卡车因轮胎故障失火	http://www.local830.org/index.cfm?zone=/unionactive/view_article.cfm&HomeID=144049&page=200920Incident20Archive
运输	康涅狄克州斯坦福	6/12/2007	装有 8000 gal 甲醇的储罐卡车翻车	http://www.wtnh.com/dpp/news/fairfield_cty/tanker-carrying-methanol-closes-i-95-northbound-in-stamford
运输	中国, 北京 - 新疆	7/3/2007	卡车与装有 30 吨甲醇的卡车发生碰撞	http://www.globaltimes.cn/NEWS/tabid/99/articleType/ArticleView/articleId/664422/2-truckers-killed-in-fiery-crash.aspx
废水处理	佛罗里达州代托纳比奇	1/10/2002	热加工点燃甲醇蒸汽	Eos 环保