

醋酸乙烯酯安全操作指南
2025 年 11 月

VINYL ACETATE
COUNCIL
(醋酸乙烯酯理事会)

目录

前言	iv
鸣谢	v
指南概述	1
1. 醋酸乙烯酯单体的特征	4
1.1. 危害性质	4
1.1.1. 可燃性	4
1.1.2. 反应性	4
1.1.3. 健康影响	5
1.1.4. 环境影响	6
1.2. 危害通识	6
1.2.1. 概论	6
1.2.2. 危险分类	7
1.2.3. 安全数据表	9
2. 工作场所安全、个人防护装备、急救	9
2.1. 工业卫生	9
2.1.1. 职业接触限值	9
2.2. 个人防护装备	10
2.2.1. 防护装备的提供与使用	10
2.2.2. 呼吸防护	11
2.2.3. 手与皮肤防护	12
2.2.4. 足部防护	13
2.2.5. 眼睛防护	13
2.2.6. 头部防护	14
2.3. 急救处理	14
3. 醋酸乙烯酯单体的储存、运输及操作	15
3.1. 储存考虑因素	15
3.1.1. 散装/罐装储存	15
3.1.2. 维持与估定散装储存的抑制剂浓度	16
3.1.3. 容器与圆桶储存	17
3.1.4. 驳船、铁路罐车与公路罐车储存	17
3.2. 运输分类与法规	17
3.3. 驳船、铁路罐车与公路罐车散装运输的装卸	18
3.4. 运输容器在路途中受损	20
3.5. 卸载到储罐中	20
3.5.1. 储罐排气操作	21
3.5.2. 软管	21
3.5.3. 取样	21
3.6. 储罐与设备清洁和修理	21
3.6.1. 人员准备	21
3.6.2. 储罐与设备的准备	22
3.7. 设备维护*	22
3.8. 蒸气与废物处置的管制	23
3.8.1. 空气污染管制	23
3.8.2. 向通航水域的排放	23
3.8.3. 废物处置	23
4. 醋酸乙烯酯单体操作的危害分析与应急计划	24
4.1. 应急计划	24
4.2. 风险管理/工艺安全法规	24
4.3. 应急响应计划：急性吸入指导值	25
5. 管理紧急事件	26
5.1. 火灾与爆炸	26

5.1.1. 预防火灾	26
5.1.2. 灭火	27
5.2. 无控聚合	28
5.3. 泄漏管理	28
5.4. 环境释放报告	29
参考资料	31
附录 I: 散装储存设计	34
1. 建筑物设计	34
2. 储罐构造与位置	34
3. 储罐设备	35
3.1. 温度测量装置	35
3.2. 紧急排气口—泄压装置	36
3.3. 减少空气排放	36
3.4. 储罐顶部空间考虑因素	36
3.5. 阻火器	36
3.6. 溢出保护	37
3.7. 液位测量与控制	37
3.8. 泵机	37
3.9. 管道	37
3.10. 阀门	38
3.11. 垫圈	38
3.12. 过滤器	38
3.13. 防止储罐管道泄漏	38
3.14. 储罐示意图	39
附录 II: 联系方式: 应急响应、运输及其他监管机构	40
附录 III: 指南中使用的首字母缩略词和缩写词	41
附录 IV: 醋酸乙烯酯单体的一般性质	44
附录 V: 2020 版《应急响应指南》中的 129 号指南和 130 号指南	45
附录 VI: EXAMPLE LIQUID CHROMATOGRAPHIC METHODS FOR HYDROQUINONE IN VINYL ACETATE MONOMER	47

前言

醋酸乙烯酯单体（VAM）是一种用于制造聚醋酸乙烯酯或醋酸乙烯酯共聚物的基础化学品。这些聚合物是许多工业产品与消费产品及其他聚合物的基本原料。在适当的操作条件下，VAM 能被安全地储存、运输和进行其他管理。然而倘若管理不当，VAM 能够导致严重的火灾、爆炸和（或）健康危害。

醋酸乙烯酯理事会（Vinyl Acetate Council，简称 VAC）制作了本《安全操作指南》，以促使 VAM 被安全并负责地操作与使用。本指南主要供北美读者参考，但也包括了与其他一些地区相关的分类、接触限值及运输法规的信息 [见附录 II]。此本更新后指南中包括的信息系基于 VAC 会员目前推荐的程序，并且反映了 VAM 安全操作、储存及运输的最佳实践。本指南取代《醋酸乙烯酯：安全操作指南》的之前全部版本。

本指南的目的是在给操作、运输、加工或可能接触到 VAM 的操作人员提供培训、安全数据表（SDS）、产品标签时作为补充资料来使用。读者还包括负责执行安全管理的安全、工程和健康专业人士。除了本指南，还有许多需要遵循的国家、地区及当地法规。在操作 VAM 前应参考所有此类文件。

本文件的任何或全部内容没有任何明示或默示的担保或保证，并且 VAC 或其会员不承担任何法律责任。本指南并不意图用作法律规定或补救的陈述。尽管 VAC 相信本指南中包含的信息现行有效且准确，请总是参考供应商的安全数据表；产品标签及其他安全操作说明，取得最新的建议。操作 VAM 的所有人都有责任尊重专属权利和遵守全部现行法律。请咨询法律顾问和（或）有关的政府部门，确保遵守当地、地区、国家及国际法律和条例。

Vinyl Acetate Council, Inc.
1250 Connecticut Avenue, NW,
Suite 700
Washington, DC 20036
www.vinylacetate.org
info@vinylacetate.org

鸣谢

本《醋酸乙烯酯安全操作指南》系由醋酸乙烯酯理事会制作；该理事会是由北美醋酸乙烯酯单体制造商、加工商及用户组成的非营利协会。下面列出了醋酸乙烯酯理事会目前的会员公司。如需关于本指南内容的任何附加信息或澄清，请洽您所用产品的制造公司。请向您的供应商索取本指南的额外副本，或访问 www.vinylacetate.org 索取本指南的电子版。



Celanese Corporation

运输紧急联络电话：800-424-9300

产品信息：800-835-5235

www.celanese.com



The Dow Chemical Company

北美：800-447-4369

欧洲：+800-3694-6367

亚太地区（除中国外）：+800-7776-7776

中国：+800-600-0015

全球其他地区：989-832-1560

www.dow.com



Kuraray America, Inc.

+1-800-423-9762

info@kurarayamerica.com

紧急联络电话 - CHEMTREC:

美国境内：+1-800-424-9300

美国境外：+1-703-527-3887

<http://www.kuraray.us.com/>



LyondellBasell Acetyls, LLC

联系：713-309-7299

24 小时紧急联络电话：800-245-4532

www.lyondellbasell.com

指南概述

使用本指南

在使用或操作醋酸乙烯酯单体 (VAM) 之前, 请阅读供应商提供的安全数据表 (SDS) 及任何其他资料。本指南旨在与制造商的信息结合使用。

第 1 节 醋酸乙烯酯单体的特征

本指南的第 1 节包含对 VAM 性质的概述, 包括其危害:

- 高度易燃;
- 蒸气可能引发闪火;
- 倘若发生交叉污染, 倘若聚合抑制剂耗尽, 或者倘若与热、辐射、氧化物质或强酸或碱接触, 可能自发聚合; 可能导致发热、VAM 的快速蒸发、以及可能的容器破裂或爆炸;
- 可能引起皮肤、眼睛及呼吸系统刺激;
- 吸入有害; 以及,
- 可能的致癌危害。

第 2 节 工作场所安全、个人防护装备、急救

第 2 节涵盖与工作场所培训和安全相关的事项, 包括 VAM 的适用个人防护装备 (PPE) 和急救措施。

VAM 的 PPE 要求将因可能的接触情况与作业活动不同而异。对 PPE 的正确使用需要有足够的培训。任何遭到 VAM 污染的衣服应及时除去, 由合格的内部或名誉良好的外部工业清洗服务单位加以净化, 或者予以适当处置。受到污染的皮制品, 例如皮鞋、皮衣、皮带或表带, 应得到适当弃置, 因为皮革无法完全净化。

急救

倘若吸入, 转移到新鲜空气中。如果呼吸困难, 请输氧。如果呼吸停止, 进行人工呼吸, 视需要给予输氧。立即与急救人员或医生联系。可能出现呼吸道刺激、支气管炎、肺炎或延迟的肺水肿。

倘若与皮肤接触, 立即除去受污染的衣服和鞋袜。用水和肥皂 (如果有) 清洗受影响区域至少 15 分钟。如果在彻底清洗后刺激与疼痛持续不退, 打电话与急救人员或医生联系。

倘若与眼睛接触, 除去隐形眼镜 (如果有戴)。立即用大量的室温水冲洗眼睛至少 15 分钟。立即与急救人员或医生联系。

倘若摄取，慢慢喝下一杯（125-250 mL [4 至 8 oz]）水或牛奶。请勿催吐，以免吸入肺脏。立即与急救人员或医生联系。

倘若发生热灼伤，立即用凉水尽可能长时间地冷却受影响的皮肤。请勿除去粘连在皮肤上的衣服。保持伤员温暖与平静。立即与急救人员或医生联系。

第 3 节 醋酸乙烯酯单体的储存、运输及操作

第 3 节涵盖散装 VAM 的安全储存、运输及操作，包括储罐条件（例如温度和抑制剂水平监测），以及正确的装卸作业。

VAM 与其他化学物质的交叉污染，尤其是氧化物质或强酸或碱类，可能导致自发聚合和起火。VAM 应远离热源、火花及火焰储存。与热、阳光、紫外光或 X 光的长时间或强烈接触也可能导致自发聚合。

第 4 节 醋酸乙烯酯单体操作的危害分析与应急计划

第 4 节涵盖危害分析与应急计划的考虑因素，包括工艺安全管理（PSM）和风险管理计划（RMP）。

第 5 节 管理紧急事件

第 5 节提供关于管理紧急事件的信息，包括泄漏、灭火、对无控聚合的反应、以及释放报告。

倘若发生泄漏，消除引燃源。除经过适当培训且穿着正确装备的应急人员外，未受保护的人员需从有关区域撤离。在该区域得到清洁前提供充分的通风。

如果起火，使用 CO₂ 或干粉扑灭小火（例如，可用手提灭火器扑灭的火情）。使用抗溶水成膜泡沫扑灭大火。喷水或水雾对于完全扑灭 VAM 火灾可能无效，但能够冷却火场内的建筑和容器。请勿使用高速水流，因为 VAM 会漂浮在水上，水流可能扩大火灾范围。如果有与烟雾、蒸气或燃烧产物接触的可能性，穿全套个人防护装备和使用配有全面罩的自给式呼吸器（SCBA），面罩应以加压供气或采用另一种正压方式。

参考资料

附录

附录 I: 提供设计 VAM 操作与储存设施和作业中使用的信息。

附录 II: 包含紧急联络信息。

附录 III: 包含缩略语和首字母缩写词的清单。

附录 IV: 包含 VAM 的一般性质表。

附录 V: 出自美国运输部 (US DOT)、加拿大运输部 (Transport Canada) 及墨西哥交通与通信部制作之 2020 版《应急响应指南》(ERG) 的 VAM 建议指南 (129 号指南)。读者应在 ERG 网站上查看有无较新版本。

附录 VI: 醋酸乙烯酯单体中氢醌含量的若干液相色谱分析方法示例。当 VAM 超过其储存期限或怀疑存在可溶性聚合物时, 建议使用液相色谱 (LC) 方法进行分析。

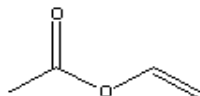
1. 醋酸乙烯酯单体的特征

醋酸乙烯酯单体（VAM）是一种可部分溶于水的易燃、反应性无色液体。少量时具有某种水果甜香，但浓度较高时则气味可能变得激烈和刺激。它通常用标记清晰的散装容器运输和储存。

VAM 属于化学基础材料，用于生产多种（共）聚合物，这些（共）聚合物用于制造领域广泛的消费品和工业品。VAM 没有直接消费用途。

化学名：	醋酸乙烯酯
常用名：	醋酸乙烯酯
异名：	乙烯基乙酸酯； 乙酸乙烯酯； 醋酸乙烯酯单体（VAM）； 醋酸乙烯； 1-乙酰氧基乙烯； 乙酸乙烯酯
CAS 名称：	乙烯基乙酸酯
CAS 注册编号：	108-05-4
化学式：	$\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$

化学结构：



1.1. 危害性质

1.1.1. 可燃性

VAM 的闪点低于 37°C (100°F)，因此属于“易燃”液体。当在室温下与空气混合时，VAM 能够形成易燃蒸气。其蒸气重于空气，并且可能长距离流动至引燃源，例如火焰或电火花，然后发生回火（见第 1.2.2 节关于可燃性分类的信息）。

1.1.2. 反应性

VAM 属于活性分子。若不加以抑制，或者倘若未遵守适当的操作与储存注意事项，VAM 能够不可控制地聚合。VAM 在运输时通常加有聚合抑制剂，一般为氢醌（HQ）。经过适当抑制后，VAM 在推荐的储存条件下是稳定的。与热、阳光、紫外光或 X 光的长时间或强烈接触可能导致聚合。与胺、强酸、碱、硅石、矾土、氧化剂（例如过氧化物、氢过氧化物、过氧化氢）或聚合反应引发剂接触也可能引发自聚反应。此聚合过程中产生的热量和压力能够让排气不足的容器破裂，导致液体泄漏、蒸气生成甚至酿成火灾。

关于 VAM 储存条件与抑制剂浓度的信息请参阅第 3 节。

VAM 在水中会水解。此反应的性质通常并不激烈，因此不属于危险反应。尽管由于 VAM 会发生聚合并能与其他化学物质反应而被美国消防协会（NFPA）归入不稳定性第二类（NFPA 菱形的黄色部分 — 见第 1.2.2 节），然而此分类及其相关的警告并不适用于 VAM 与水混合的情况。

1.1.3. 健康影响

如同所有化学物质一样，由接触 VAM 而产生的健康影响在很大程度上取决于接触浓度和持续时间。VAM 对上呼吸道、皮肤及眼睛有刺激性，因此应避免与蒸气和液体接触。气味感知阈值据报导约为 0.5 ppm。VAM 与眼睛接触会引起刺激、红肿。据报告，在 21 ppm 的 VAM 蒸气浓度下会对眼睛有无法忍受的刺激性，但在大约 5-10 ppm 浓度时并不会发生此种状况。VAM 不被认为是皮肤致敏物质。

基于实验动物研究，就所有接触途径而言，VAM 被认为是低急性毒性物质：大鼠的口服 LD50 约为 2920 mg/kg；大鼠的吸入 4 小时 LC50 约为 4000 ppm (14 mg/L)；兔子的经皮 LD50 >2000 mg/kg。动物的高浓度 VAM 吸入接触导致死于肺水肿。当低于致命接触浓度时，对 VAM 的单次或重复接触可能造成上呼吸道组织刺激或受损。在重复剂量研究中，在不超过小鼠 50 ppm 和大鼠 200 ppm 的接触浓度下未观察到有害作用。

VAM 不会引起生殖或发育毒性；未观察到影响的浓度水平分别为饮水中 1000 ppm 和空气中 200 ppm。

终生接触刺激性浓度的 VAM 在实验动物中曾导致肿瘤。肿瘤位于跟 VAM 直接接触的组织（吸入为鼻子和上呼吸道，摄取为口腔、食道及胃）。相信存在某种基于阈值的肿瘤机制，其关键事件之一涉及到组织的羧酸酯酶把 VAM 转换成乙醛和醋酸。乙醛在环境中无所不在，并且在身体内作为食物代谢的副产物有低水平存在。倘若超出 VAM 的阈值接触浓度，乙醛可能超出背景水平地积累。乙醛也有致突变性，并且被认为是引起与 VAM 关联的基因毒性的媒介。然而，汇集的证据表明，当 VAM（和乙醛）的浓度水平低于实践浓度阈值（欧盟 2008a，加拿大 2009）时，应不会产生致癌性。职业接触限值（见第 2.1.1 节职业接触限值）均低于实验动物产生肿瘤的阈值浓度水平（EU 2008b）。因此，在高接触浓度下观察到的肿瘤不认为对通常使用条件下的人类有意义。

国际癌症研究机构（IARC）基于其对乙醛的分类，已把 VAM 列入第 2B 组致癌物质，即“怀疑对人类致癌”的物质。分类自 1995 年以来未重新评估。

1.1.4. 环境影响

倘若释放到环境中，VAM 会在所释放进入的环境相中分散。

倘若释放到大气中，VAM 倾向于留在大气内，于此经由光化学途径快速降解。VAM 的大气半衰期据计算为 0.6 日。VAM 在释放进入土壤或水中后可能会有一定挥发。

倘若释放到水中，VAM 主要在水中分散，并于此水解。VAM 的水解半衰期据估计在 pH 7 和 25°C (77°F) 的条件下约为 7 日。醋酸和乙醛为 VAM 的水解产物。一般说来，碱性条件会加快水解。VAM 应不会被沉积物或土壤大量吸收。

VAM 易于通过生物降解，并且在土壤和沉积物中发生生物和非生物水解。厌氧和需氧生物降解途径的产物为乙醛（暂态）和醋酸（最终）。使用一株细菌曾经获得 12 小时的需氧转化半衰期，而在某种无菌介质中 VAM 的非酶水解半衰期经测定为 60 小时。

VAM 急性水生毒性数值范围，对于淡水鱼、藻类和无脊椎动物，在 48-96 小时的接触期内约为 12-18 mg/L。对淡水鱼进行了慢性毒性评估，未观察到效应浓度（NOEC）约为 0.6 mg/L。

鉴于 VAM 易于生物降解及其低急性水生物毒性，VAM 不被认为具有显著的环境或生态毒理学风险（EU 2008a，加拿大 2009）。

VAM 的生物积累（即化学物质相对于其在稳态条件下的环境浓度于生物体内浓度的增加）不太可能。在欧洲联盟（EU）和加拿大，VAM 都未归入环境危害或环境中持久、生物蓄积性和毒性化学物质（PBT）（EU 2008a，加拿大 2009）。

1.2. 危害通识

1.2.1. 概论

为了让工人、紧急救援人员及公众知晓与化学品相关的潜在危害，世界各地都有危害通识规定。在美国，化学品需要遵从 职业安全与卫生管理局（OSHA）《危害通识标准》（《联邦法规汇编》（CFR）29 CFR 1910.1200）的标签规定；运输部（DOT）要求在运输过程中进行标记和张贴揭示牌（DOT, 49 CFR 172.400）。加拿大（《工作场所危险材料信息系统》（WHMIS））和欧洲联盟（《物质与混合物的分类、标记及包装（CLP）条例》，EC 1272/2008）也有相应规定。

《全球化学品统一分类和标签制度》（GHS）（目前为第 11 版，UN 2025）的制定，为世界各地的化学品分类与标记提供了共同的依据。GHS 已在美

国、加拿大及世界其他地方实施。在欧盟，GHS 经由 EC 1272/2008 条例（见上）实施。美国也已经由《危害通识标准》（OSHA，2012）实施 GHS。

请向供应商征询适当的标记信息。

1.2.2. 危险分类

危害通识程序规定，有关物质的危害必须分类并使用特定防范符号或安全术语。下面给出多个不同地区的一些 VAM 危险分类信息，完整的信息请查阅 SDS。

美国危险分类

VAM 由若干美国（州和联邦）涵盖有毒、化学及火灾危害的条例与计划加以规范。以下是一些常用的 VAM 危险分类。

GHS，第 11 版，UN 2025

分类	类别	风险标识	定义
易燃液体	2	H225	高度易燃液体和蒸汽
急性毒性	4	H332	吸入有害
特异性靶器官毒性，一次接触	3	H335	可能引起呼吸系统刺激
致癌物	2	H351	怀疑致癌

《应急计划和社区知情权法》（EPCRA）第 311 节和 312 节：

急性： 是
慢性： 是
起火： 是
反应性： 是
压力： 否

VAM 在下列法规中列名：

- EPCRA 第 313 节，《有毒物质排放目录》（TRI）
- 《清洁空气法》第 112(r) 节
- 《全面环境响应、补偿及责任法》（CERCLA）危险物质
- EPCRA 第 302 节极度危险物质（EHS）
- 加利福尼亚州 65 号提案：癌症

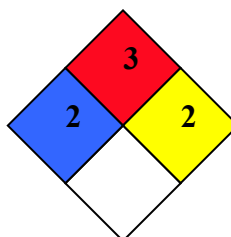
美国政府工业卫生学家协会（ACGIH）已把 VAM 定性为“A3”致癌物 — 已证实的动物致癌物，对人类的相关性未知。

美国 DOT 条例规定，VAM 的容器上须带有红底菱形标签，其上显示火焰符号并带有“Flammable Liquid”（易燃液体）字样和数字“3”，表示其危险类别为易燃液体（49 CFR 172.419(a)）。



美国消防协会（NFPA）的 VAM 危害、反应性、可燃性标签和分类如下所示：

易燃！



- 警告 易燃液体，闪点低于 100°F (37.78°C)
- 警告 吸入或吸收可能有害
- 警告 高温高压下有剧烈化学变化

关于 VAM 具体危害的信息请参阅第 1.1 节“危害性质”。

加拿大危险分类

WHMIS 下的 VAM 加拿大分类如下表所示。VAM 在物质中的披露水平为 0.1%。

表 1.1: VAM 在加拿大的分类（WHMIS）

分类	说明
B2	易燃液体
D1B	引起即时和严重毒性效应的有毒物质
D2A	引起其他毒性效应的剧毒物质
F	危险反应性物质

欧盟危险分类

在欧盟，VAM 根据 GHS CLP 分类法规（见第 1.2.1 节）分类如下：

表 1.2: GHS 欧洲 CLP 分类

分类	类别	风险标识	定义
易燃液体	2	H225	高度易燃液体和蒸汽
急性毒性	4	H332	吸入有害
特异性靶器官毒性，一次接触	3	H335	可能引起呼吸系统刺激
致癌物	2	H351	怀疑致癌

1.2.3. 安全数据表

安全数据表（SDS）提供了关于危害和操作危险化学品所需注意事项的详细信息。SDS 由供应商提供；请向供应商查询最新的 SDS。

2. 工作场所安全、个人防护装备、急救

所有使用 VAM 或在 VAM 附近工作的人员，都应充分了解其危害，并知晓适当的安全操作和应急响应程序。

建议每个操作 VAM 的工作场所，在将化学品运抵现场之前，都要有既定的应急响应计划。所有负责操作 VAM 的人员都应接受关于储存和操作要求的全面培训，包括所有适用的职业安全、健康和环境法规。培训应由在这些领域具有知识和经验的人员进行，并符合所有必要的当地、地区和/或国家法规。

从事 VAM 操作、储存或运输的工人应知晓电话号码或其他紧急联系方式，以便在发生 VAM 事件时获得立即援助。工人也应被授权召唤应急响应人员。工人和主管应知晓向当地、州和联邦或国家机构报告事故和意外释放的要求。（第 4 节概述了这些要求。）

2.1. 工业卫生

VAM 是一种眼睛、皮肤及呼吸道刺激物。应告诫工人避免皮肤和（或）眼睛与 VAM 接触，并且避免吸入其蒸气。

操作 VAM 的区域应提供紧急冲身洗眼设施。工人应接受培训，一旦皮肤任何部位接触 VAM，应立即用大量的水冲洗。所有受到污染的鞋袜和衣物应立即除去。

2.1.1. 职业接触限值

VAM 应在通风良好的区域或完全封闭的系统中操作。在有可能接触到超过设定接触限值的蒸气或液雾的情况下，应使用正确的呼吸防护装备。工人应熟悉呼吸防护装备的位置与操作，并且需要接受指令：在发生任何可能造成超过允许接触限值接触 VAM 的事故时立即报告。

国家职业安全与健康研究院（NIOSH）、美国政府工业卫生学家协会（ACGIH）、加拿大各省、欧盟 SCOEL 及其他监管机构都有 VAM 的建议接触限值。如需了解您所在地区适用的 VAM 职业接触限值，请查阅供应商的 SDS。

表 2.1: VAM 职业接触限值

组织/机构	限值
NIOSH	15 分钟上限为 4 ppm (15 mg/m ³)
ACGIH	8 小时阈限值 (TLV) 时间加权平均 (TWA) 为 10 ppm (35 mg/m ³)
	15 分钟短期接触限值 (STEL) 为 15 ppm (53 mg/m ³)
加拿大 (艾伯塔省、不列颠哥伦比亚省、安大略省)	8 小时时间加权平均 (TWA) 为 10 ppm (35 mg/m ³)
	15 分钟短期接触限值 (STEL) 为 15 ppm (53 mg/m ³)
墨西哥	8 小时时间加权平均 (TWA) 为 10 ppm (30 mg/m ³)
	15 分钟短期接触限值 (STEL) 为 20 ppm (60 mg/m ³)
欧盟 SCOEL	长期接触限值为 5 ppm (17.6 mg/m ³); 15 分钟短期接触限值 (STEL) 为 10 ppm (35.2 mg/m ³)
中国	8 小时时间加权平均 (TWA) 为 10 mg/m ³
	15 分钟短期接触限值 (STEL) 为 15 mg/m ³

2.2. 个人防护装备

2.2.1. 防护装备的提供与使用

应对每项工作活动进行危害分析，以确定使用 VAM 的人员应穿戴的具体个人防护装备 (PPE)。

PPE 不能替代安全工作条件，例如工程控制方法和遵守安全程序。然而，在某些情况下，PPE 是保护工人的唯一可行方法，尤其是在紧急情况下。PPE 的正确使用需要对工人进行充分的培训。在有可能接触 VAM 的情况下，下面各节中描述的 PPE 应随时可得。

对于蒸气接触浓度低于设定接触限值的例行操作，PPE 通常包括：

- 阻燃服装、防飞溅护目镜、安全帽及安全鞋；以及，
- 操作软管或圆桶时也建议戴手套。

对于有少量液体接触（来自飞溅、滴落或少量泄漏）且蒸气接触浓度低于设定接触限值的例行操作，PPE 通常包括：

- 如上所列装备，但应使用不渗透的手套、衣服、靴子及面罩；以及，
- 在工艺区穿着防化和防火材料制成的防护服。当同时需要两种保护时，防化服应穿在阻燃服外面。

对于潜在蒸气接触浓度可达 40 ppm 的例行操作，NIOSH 建议：

- 使用经批准的全面罩有机蒸气呼吸器或配有全面罩的任何供气式呼吸器、护目镜及防化手套。

对于具有显著或未知接触可能性的泄漏、紧急事件及活动，使用：

- 供气式呼吸器和全身防护服，包括全身式的防化与防火套服、不渗透手套与靴子、以及眼、头和呼吸道防护装备。

对于有可能与 VAM 蒸气发生不可控高浓度接触的大量泄漏，穿：

- 全套防护服，包括配有全面罩的自给式呼吸器（SCBA）（面罩应以加压或其他正压方式供气）和不渗透手套。

渗透测试表明，表 2.2 中所列的材料或许可以提供防止 VAM 渗透的保护。其他供应商的其他材料或产品，如果可向用户提供书面渗透测试结果，可能也适用于 VAM 防护。进一步信息见供应商的 SDS 或向供应商查询。

2.2.2. 呼吸防护

依照 OSHA 29 CFR 1910.134/ANSI Z88.2-2015 要求的呼吸防护装备应为 NIOSH 批准的类型。必须遵守使用任何个人防护装备的指导原则，包括医学评估与批准、工人适合性检验、呼吸防护装备的使用与保养培训。

对 VAM 的极高浓度接触可能发生于：紧急事件；设备清洁与修理；泄漏区域清污后；或装有 VAM 的管道或设备发生故障时。在这些情况下，工人需要获得经批准的配全面罩的自给式或供气式呼吸防护装备和全身防护服。

NIOSH 推荐的呼吸防护水平为：

- 潜在接触浓度未知或可能高达 4,000 ppm 的情况：使用可允许穿着者携带一供气瓶的自给式呼吸器（SCBA），或者适用的供气式呼吸器。SCBA 应具有以加压或其他正压方式供气的全面罩。供气式呼吸器如果具有以加压或其他正压方式供气的全面罩则也可采用。

逃生：使用配有全面罩的 SCBA 或任何经特别 批准用于逃生的呼吸器。

- 潜在接触浓度达到 100 ppm 的情形：使用全面罩供气式呼吸器，可为连续气流型或正压型，或使用带有机蒸气过滤罐的电动空气净化呼吸器。空气净化元件应有使用期限结束指示或指定更换时间表。
- 潜在接触浓度达到 40 ppm 的情形：使用带有机蒸气过滤罐的空气净化呼吸器（只限低浓度）或带全面罩和有机蒸气过滤罐的空气净化呼吸器。请注意，在 20 ppm 及更高的浓度下曾注意到眼睛刺激。空气净化元件应有使用期限结束指示或指定更换时间表。也可使用供气式呼吸器。

SCBA 允许相当大的机动性，并在接触浓度未知的场合提供最大限度的保护。此装置提供保护的时间长度取决于携带的空气量及其消耗速度。当需要机动性时，应只使用 SCBA。

供气式呼吸器使用来自多组压缩空气气瓶或其他可靠的呼吸空气源的呼吸空气。不是专门为提供呼吸用空气设计的常规空气压缩机或工厂供气系统，可能夹带可吸入污染物，不应用作呼吸空气源。

空气净化呼吸器便于使用且提供相当的机动性，但防护能力有限。它们只应在已知接触浓度较低的场合使用。

对于所有呼吸防护装备，请遵守制造商的使用建议。

2.2.3. 手与皮肤防护

避免皮肤与 VAM 接触很重要。使用适当且配合良好的 PPE 对于避免皮肤接触必不可少。衣服和手套材料应在使用前针对预期应用的适合性加以选择，并且应正确穿着以保持其有效性。许多常用衣服和手套材料不适合可能接触 VAM 的工作场所。下表中列出一些可能适用的材料。

表 2.2: 防护服材料的 VAM 渗透测试结果¹

材料	通常用途	结果 ²
Barricade®	套服	> 8 小时
Teflon®	套服	> 8 小时
Responder®	套服	> 4 小时
North Butyl B161 (16 密耳) (或等同物)	手套	5 小时
North Butyl B324R (32 密耳) (或等同物)	手套	> 8 小时
Ansell Edmont Laminate (2.5 密耳) (或等同物)	手套	6 小时
North Silver Shield®/4H® (2.7 密耳) (或等同物)	手套	> 8 小时

倘若与 VAM 一起使用的还有其他化学物质，材料选择应基于对**所有**存在的化学物质提供防护。这些建议没有考虑到防护服可能需要达到的物理要求（例如耐穿刺或耐热，柔软性）。突破时间较短的替代材料（例如氯丁橡胶），如果就预期的使用情境有充分的渗透测试数据，或许也可提供可接受的防护。

受到污染的衣物/服饰

一旦衣服遭到 VAM 污染，必须由熟悉 VAM 的工业清洗服务单位加以清洗，或者予以适当处置。受到污染的皮制品（例如靴子、皮带、手套）必须适当弃置，因为遭受污染的皮革无法彻底洗净。其他受到污染的物品（例如非皮表带、腰带）可能无法进行适当的去污；请咨询有处理 VAM 污染衣物经验的名誉良好专业清洗人士。

2.2.4. 足部防护

为了防止碾压受伤，大多数工业作业场合都建议使用符合规定（OSHA 29 CFR 1910.136/ASTM F2412-05 和 ASTM F2413-05）的带内置钢鞋头的安全鞋靴。如要提供额外的防化学品保护，在安全鞋外面应穿防化学材料制成的鞋具。

所有遭到 VAM 污染的鞋靴，除非对 VAM 具有化学耐受性，不应再次使用且应正确处置。耐化学安全足罩在重新使用前应彻底清洁。

2.2.5. 眼睛防护

作为起码的眼睛防护，必须戴安全眼镜（OSHA 29 CFR 1910.133/ANSI/ASSE Z87.1-2010），但其几乎没有防止面部受伤的能力。侧

¹ 测试进行系依照美国材料实验协会（ASTM）“在连续接触条件下防护服材料对液体或气体渗透之抵御的标准测试方法”，ASTM F 739-99a，ASTM 标准年度书第 11.03 卷。

² 结果系作为连续接触后突破抵御时间而给出。

罩和（或）防化学品飞溅护目镜提供某种附加的防护。当操作 VAM 时，首选全面的眼睛与面部防护，除防化学飞溅护目镜以外，还应包括带有前额保护的面罩（全长度，至少 20 厘米 [8 英寸]）。如果很可能与蒸气或液雾接触，可通过使用全面罩与适当的呼吸防护装备来保护眼睛。

鉴于 VAM 可能会刺激眼睛，VAM 用户应为带隐形眼镜的员工确定适当的程序。

2.2.6. 头部防护

建议用安全帽（OSHA 29 CFR 1910.135/ANSI/ISEA Z89.1-2014）提供坠落物体防护。为了对上方液体泄漏和化学品飞溅提供防护，可能需要附加防化学头罩。

2.3. 急救处理

若发生摄取或吸入 VAM 或皮肤/眼睛与 VAM 接触的紧急情况，应立即开始下列急救程序。发生接触的伤员应交由急救人员处理；后者需得知事故、接触及症状的全部细节。

吸入（呼吸）

- 将人员从污染区转移到新鲜空气处，并监测呼吸窘迫迹象。
- 如果呼吸困难，提供输氧。
- 如果呼吸停止，进行人工呼吸，视需要给予输氧。
- 如果出现呼吸窘迫或呼吸困难迹象，立即联系急救人员/医生。（可能出现呼吸道刺激、支气管炎、肺炎或延迟的肺水肿。）

皮肤接触

- 立即除去所有受污染的衣服（例如服装、手套、皮带、表带、鞋子）。
- 用水和肥皂（如果有）彻底清洗暴露的皮肤至少 15 分钟，否则 24-48 小时后可能会出现水泡。
- 如果在彻底清洗后刺激与疼痛持续不退，联系急救人员/医生。

眼睛接触

- 立即用大量的室温水冲洗暴露的眼睛至少 15 分钟。除去隐形眼镜（如果有戴）。
- 在冲洗过程中保持眼睑张开并远离眼球，以确保水接触到眼睛和眼睑的所有组织表面。
- 立即联系急救人员/医生。

摄取（吞服）

- 慢慢喝下一杯（125-250 mL [4 至 8 oz]）水或牛奶，小口喝。更大量的液体可能会引起呕吐。
- 请勿催吐，因为 VAM 可能被吸入呼吸道导致严重的呼吸系统症状。
- 立即联系急救人员/医生。

热灼伤

- 立即用凉水尽可能长时间地冷却受影响的皮肤。
- 请勿除去粘连在皮肤上的衣服。
- 保持伤员温暖与平静。
- 立即与急救人员或医生联系。

3. 醋酸乙烯酯单体的储存、运输及操作

如果了解其危害，醋酸乙烯酯单体（VAM）可以被安全地储存、运输和操作。正确储存、运输和操作 VAM 的两个指导原则是避免：

- 可能导致自发或无控聚合的情况，例如抑制剂耗尽、过热或交叉污染。
- 可能导致无控释放（泄漏、溢出、失控聚合）从而产生潜在火灾风险的情况。

如果在长时间储存期间抑制剂不存在或耗尽，VAM 可能会发生快速的自发聚合。如果发生交叉污染，自发聚合尤其可能发生。VAM 的稳定性是有限的，取决于存在的抑制剂浓度、储存容器的温度和其他条件。为避免聚合，确保不发生交叉污染，温度不升高，且抑制剂浓度不降至最低有效水平（3 ppm）以下。

3.1. 储存考虑因素

3.1.1. 散装/罐装储存

VAM 的散装储存系统在使用前应得到评估，以确保适用的必要系统（例如温度和液位监测器、添加抑制剂和混合罐内液体的系统）在需要时可用。

如果已实施防止自发或无控聚合的适当程序与控制措施，在环境温度下散装储存 VAM 是可行的做法。制造商发货的大多数 VAM 将包含抑制剂，通常为地区性运送 3-5 ppm 氢醌³（HQ），远距离（例如跨洋）运送可达 25 ppm HQ。VAM 储罐应装备温度测量装置，用来监测意外的 VAM 聚合。可能需要能够对储罐内货品进行取样及分析其聚合抑制剂浓度并添加更多的抑制剂。有关储罐设计和监控设备的信息见附录 I，图 1（在附录 I 中）是一典型 VAM 散装卸货与储存系统的示意图。

³ 氢醌是 VAM 使用的主要抑制剂。目前有其他已知的抑制剂，但由于对 VAM/VA 基聚合物颜色的影响，通常不会使用。

3.1.2. 维持与估定散装储存的抑制剂浓度

聚合抑制剂 HQ 的消耗速率取决于储存条件，其中温度、氧气浓度及是否存在反应性污染物当属关键因素。在正常储存与使用下，倘若初始 HQ 抑制剂浓度不少于 3 ppm，应不需要对 HQ 浓度进行例行取样。正常储存条件包括：

- HQ 浓度为 3 ppm 或更高。
- 推荐储存温度低于 30°C (86°F)。温度不应超过 100 °F (38 °C)。储罐加热仅源于环境温度变化。不建议用其他加热媒介对储罐进行加热。
- 罐内顶部空间建议使用干燥氮气覆盖。
 - 可使用干燥空气，但这将在罐内造成可燃气氛且氧气有助于形成属于聚合反应引发剂的有机过氧化物。
- 没有反应性污染物。
- 含有最低 3 ppm HQ 的 VAM 的储罐内容物周转期为 60 日或更短；最低 6 ppm HQ 为 90 日；最低 12 ppm HQ 为 120 日。
- 无锈的储存环境。

使用干燥气体覆盖相当重要，因为水分的存在会引发 VAM 水解反应生成醋酸和乙醛。氮气出于两个理由成为推荐覆盖气体。其一，它最大限度减少可燃性担忧。其二，氧气的存在有利于有机过氧化物的形成，而有机过氧化物属于聚合反应引发剂，这会导致氢醌的更快耗尽和聚合反应的更快发生。然而，当周转期不超过 60 日时，亦可使用干燥空气覆盖。

储罐的周转包括添加新鲜、经抑制的 VAM，并在储罐内充分混合，从而在整个罐内维持至少 3 ppm 的均匀 HQ 浓度。如要调整抑制剂含量，请加入预先溶解在 VAM 中的氢醌（HQ）。不建议将干的抑制剂直接倒入储罐或容器的蒸气空间。随着储罐/容器温度的升高，会产生大量的 VAM 蒸气，并且静电电荷有可能引燃潜在易燃的蒸气气氛。为了适当地均匀混合抑制剂，储罐/容器应循环足够长的时间以提供充分的混合并确保物料的完全周转。过度循环能够产生热量，从而导致储罐温度升高。可利用冷却器来去除泵送循环产生的热量。如果人员没有穿戴适当的 PPE，与 HQ 接触可能有害（更多指导请参阅 HQ 的 SDS）。

实验数据表明，在实验室条件下，用碳钢容器盛放的 VAM，若使用干燥空气覆盖且含有 3-5 ppm HQ，可在 38°C (100°F) 的温度下稳定存放至少 7-8 个月。使用氮气覆盖的稳定储存时间甚至更长（Levy 1993, Levy 和 Hinojosa 1992）。尽管有超过 6 个月无聚合反应的稳定性证据，建议在含有最低 3 ppm HQ 抑制剂时将 VAM 的周转期定为 60 日，以此作为将变化的转运时间和储存条件考虑在内的保守估计。

对散装储存中抑制剂浓度的分析

倘若偏离此正常储存与使用条件，则可能需要定期分析 HQ 浓度和监测罐内温度，确保不会发生聚合。除非有充分的历史数据来确定基于实际存储条件的 HQ 取样时间表，HQ 浓度应至少每 30 日测量一次。

新鲜 VAM 的常用 HQ 分析方法之一是由 ASTM-D2193 “醋酸乙烯酯中氢醌的标准测试方法”建立的滴定法（ASTM 2006）。然而，倘若怀疑 VAM 内有可溶性聚合物存在，则建议使用液相色谱（LC）方法对 HQ 进行分析。在这类情况下，于该 ASTM 方法包含的蒸发阶段可能形成一层固体聚合物膜，从而在样品的制备程序中可能阻挡 HQ 和防止其在水中的进一步溶解（参见附录 VI 中 LC HQ 分析的若干示例方法）。请向供应商征询关于抑制剂分析的更多信息。

关于再生/回收 VAM 的注意事项

对于再生的醋酸乙烯酯单体，例如从不完全聚合反应中回收的或从排气冷凝中回收的未反应 VAM，必须采用特别的转移与储存程序。再生的 VAM 不含防止聚合反应的足够水平的抑制剂，甚至可能含有痕量聚合反应引发剂（Gustin 2002, 2005）。再生或回收的 VAM 必须不被送回储罐，除非采取特别预防措施确保已添加足够的聚合反应抑制剂且不会发生储罐交叉污染。

目前有在回收的 VAM 的储罐中发生聚合反应事件的记载。在一种情况下，从聚醋酸乙烯酯厂的聚合作业中回收的 VAM，当在炎热的夏季存放了一段时间后，曾经造成剧烈的无控聚合反应，导致储罐的灾难性破损（Gustin 2002, 2005）。

3.1.3. 容器与圆桶储存

为了防止危险的聚合，圆桶和小型容器应储存于凉爽、通风良好处，并且避免阳光直射。只可使用经批准的容器（由 DOT、加拿大运输部或其他有关机构批准）。VAM 圆桶的储存应避免阳光直射。

用 14-17 ppm 氢醌抑制的密封良好的 VAM 圆桶可在不超过 30°C (86°F) 的温度下自包装日期起储存大约一年。用 3-5 ppm 氢醌抑制的密封良好的 VAM 圆桶可在不超过 30°C (86°F) 的温度下自包装日期起储存长达六个月。

3.1.4. 驳船、铁路罐车与公路罐车储存

储存在散装储运容器中的物料应遵循与第 3.1.2 节中散装/罐装储存相同的指导原则。如果条件偏离列出的储存条件，建议对 HQ 进行常规取样。

3.2. 运输分类与法规

VAM 通常经由公路、铁路及水路运输。在美国，VAM 的运输法规由 DOT 制定。基于联合国《关于危险货物运输的建议书》，DOT 制定了涵盖危害通讯、分类及

包装规定的《危险物质法规》（<http://phmsa.dot.gov/hazmat/regs>）。VAM 的运输规范在 DOT《危险物质一览表》（49 CFR 172.101）中列出。

表 3.1: 美国 DOT、加拿大 TDG 及欧盟的 VAM 运输规定

	美国 DOT	加拿大 TDG	EU
运输名称	醋酸乙烯酯，抑制的	醋酸乙烯酯，稳定的	醋酸乙烯酯，稳定的
危险类别	3 (易燃液体)	3	3
UN/NA 标识号	UN 1301	UN 1301	UN 1301
包装分组	II	II	II
须报告数量	5,000 磅 (2270 kg)	任何数量	
铁路罐车规范	111A100W		
汽车罐车规范	MC 307、312， DOT 407、412		
驳船规范	经 USCG 认证可 运输 VAM		
揭示牌	易燃	易燃液体	火焰
标签	易燃液体	易燃液体	高度易燃液体和蒸气

3.3. 驳船、铁路罐车与公路罐车散装运输的装卸

国家和地区就使用驳船、罐车（例如铁路车辆）和公路罐车运送如 VAM 一样的化学品制定了法规条例，更多信息见第 3.2 节。

建议使用带有顶部装卸接口的铁路罐车，以尽量减小整车物料泄漏与溢出的可能性。倘若铁路罐车没有用于顶部卸料的吸管或封液管⁴，则可通过罐车顶部的管口或开口或经由人孔（罐车上供人员进出槽罐的开口）插管。然而，应只使用对于该开口或人孔来说适当的配件，尽量缩小吸管或封液管的开口，从而最大限度减少 VAM 挥发进入大气的机会。

用于 VAM 运输的汽车罐车有两种常见类型：中心装卸型和后部装卸型；两者均利用封闭系统装载（由于可能产生蒸气，开放装载不适合 VAM）。汽车罐车应装备两个阀门且带有清洗盖，其中一个应该用于蒸气回收和/或氮气吹扫。

铁路罐车和公路罐车应配有泄压阀和真空破坏器。对于有多个舱室的船只/驳船，每个舱室都应有足够数量的减压装置。这些减压装置会在发生过压时保护液罐/船只/驳船的完整性。

公路罐车或铁路罐车或船只/驳船不应在有严重雷暴时装卸。

⁴ 封液管或吸管是一根从铁路车辆顶部的多阀箱盖板向下延伸至距车辆底部约 3 英寸处的管子。它允许装载而不会造成飞溅或湍流，飞溅或湍流可能导致静电电荷的积累。

用于装载或转移 VAM 的散装容器（卡车、铁路车辆、罐式集装箱、船只或驳船）应彻底清洁和去污，以避免不良污染和可能的聚合反应。必须根据先前装载/储存的化学品的潜在风险，逐案制定并严格审查清洁和去污程序。经验表明，由于容器内先前化学品的清洁不足，可能会发生交叉污染。例如，曾在一个先前运输过苯的容器中的 VAM 里检测到高含量的苯，尽管该容器据推测已被清洁。如果散装容器先前装载/储存的是 VAM，则可能无需清洁和去污。必须采取特别预防措施来确保没有可能的聚合物存在。如果装载在 VAM 残留液（底料）之上，应对 VAM 残留液进行取样，以确保存在足够的抑制剂，并根据需要进行调整，然后再将物料装载在其上。

每个装料点都应配有累加计量器，用于计算意图加载的加仑数。当达到意图加载的加仑数时，计量器应自动关闭加载阀。此外还应提供备用液位探头，以检测储罐中的高液位，并在计量器失灵时自动关闭阀门。

所有 VAM 散装容器的顶部空间都应使用干燥氮气覆盖，以进行传送或为泵提供吸力。对于运输时间较长（超过一周）的 VAM 散装容器（卡车、铁路车辆、罐式集装箱、船只或驳船），氧气浓度应保持在 8% 以下（包括 VAM 专用容器卸载空置后），以减缓抑制剂的消耗速率。吹扫至 8% 以下也减少了可燃性担忧。

在到达交货地点时，应检查罐车或汽车罐车有无泄漏和破损。倘若发现任何问题，即使液罐能够安全卸载，也应通知供货者、罐车车主及公路或铁路运输公司。始终确保受损的罐车或汽车罐车在离开前处于安全状态。

当罐车或汽车罐车到达时：

完成安全检查和准备装卸

- 建议采用专用设备，否则需要特别小心，避免交叉污染。
- 确定装卸作业只由经过适当培训且穿着正确装备的人员完成。
- 视需要，核对运输文件与揭示牌、标签及封条，以确定货品辨识无误。
- 检查并确认车辆停放在指定的隔离区内，传输软管具有匹配的配件和足够的长度。
- 检查车轮，上紧车闸，关闭发动机。
- 检查确认在装卸过程中司机离开罐车。
- 如果有必要使用脱轨器（放在铁轨上防止擅自移动铁路车皮的阻挡装置），确认脱轨器已在罐车铁轨上就位。
- 视情况设置警告标志。
- 倘若软管需要穿越车辆通道，设置保护路障。
- 确定传送设备中没有任何可能污染 VAM 的物质，尤其是氧化剂、酸类或碱类。

检查和准备好必要的安全设备

- 了解应急程序。

- 在开启任何盖子前，检查紧急水源、洗眼和冲洗淋浴设备的可用性和正常工作状态。注意罐车和汽车罐车内的压力。穿着适合任务的个人防护装备。
- 应急设备应便于取用且经检查证实处于正常工作状态。
- 使用电气跨接和接地防止静电积累。
- 使用接地的泵机或经过适当调制的加压干燥氮气（而不是空气）传送 VAM。
- 如果有法规要求，准备好蒸气控制系统。
- 如果储罐在装卸过程中与大气相通，建议使用阻火器。

预备程序

- 在开启罐车人孔盖、出口阀阀帽或塞堵前，应通过放气阀释放车内压力。
- 在取下管口帽前，确信阀门处于关闭状态。有时阀门可能已经泄漏，在阀门与阀帽之间建立压力。即便是在给罐车放气之后，取下阀帽时仍需始终谨慎。
- 确认接收储罐有足够的空间储存卡车或罐车的全部内容物。
- 如果要进行样品吹扫，应使用与取样管线电跨接的金属容器（而非塑料或其他不导电容器）。
- 开始传送前，检查以确定必要的样品已经采集，以及罐车或卡车至储罐管线的阀门已经适当对准。

进行传送

- VAM 传送应由穿着适当 PPE 的经培训人员持续看守与监管。
- 通过设计合理的管道传送并进入接收容器，防止静电电荷的产生与积累。请参阅附录 I 散装储存设计。
- 请勿在有雷暴时传送 VAM。

可向供应商咨询针对具体情况的建议。此外，美国铁路协会（AAR）在其 34 号小册子（AAR 2008）中也提供了关于非承压罐车装卸方法的信息。

3.4. 运输容器在路途中受损

倘若装有或运输 VAM 的散装货物在路途中受损，而无法继续安全前往目的地，则应遵循以下程序：

- 联系当地警察与消防部门、发货方、供应方及地区运输应急中心（例如 化学品运输应急中心 (CHEMTREC) — 见附录 II 的联系信息）。
- 从紧邻区域疏散公众。
- 评定受损的容器是否能够移动到安全地点，以便把物料转移到其他容器内。
- 应制定有关程序，以确定是否释放了须报告的数量，以及该损失是否需要向有关当局报告。

3.5. 卸载到储罐中

3.5.1. 储罐排气操作

当装载或卸载散装货物时，储罐排气可经由专用蒸气回流管路送回至运输容器，或者可送至蒸气收集/减排系统，如火炬、热氧化器或焚烧装置。在这两种情况下，排气管线都应正确安装火焰和/或爆燃消除装置，并且在某些情况下，可能已添加惰性气体使排出的气体不具可燃性。更多详情见附录 I - 图 1。

3.5.2. 软管

卸载 VAM 的首选做法是采用专用设备。使用前，应检查软管的清洁度和完整性。倘若软管用于多种服务，则在每次使用后应彻底清洁，以避免交叉污染。

当从软管中排放 VAM 时必须谨慎行事，尽量减少员工接触及向环境中排放挥发性有机化合物。

为了帮助防止静电电荷的积累，应使用专用的具有导电连续性的化学传送软管。软管材料必须与 VAM 服务相容（参见第 1 节关于 VAM 反应性和不相容材料）。

注意：这些软管不应被依赖作为主要的电气连接；必须使用单独的跨接和接地电缆。

目前有干式软管快速接头，其内部机制使得接头断开时只有少数几滴的泄漏。倘若在输送过程中接头断开，这些接头也能防止过度泄漏。

3.5.3. 取样

首选做法为使用例如 Dopak™ 的‘闭路’取样装置。倘若不能进行闭路取样，而需使用直接收集方法（例如经由吹扫管线），则应使用可确保采集到洁净、有代表性样品的程序。在样品采集过程中应使用适当的 PPE，以避免吸入、皮肤和眼睛接触及/或衣服污染。

3.6. 储罐与设备清洁和修理

以下为在进入 VAM 储罐和设备进行检查和修理前，准备和清洁这些储罐与设备的一般指导原则和建议。这些指导原则不应取代针对具体工作与情况的详细书面程序。

3.6.1. 人员准备

储罐与设备的清洁应由熟悉全部危害以及安全完成工作所需必要保护措施的进行。有关人员应重温和理解全部注意事项，包括在指南其他相关章节以及公司指导原则和响应计划中详细叙述的教育、防护装备和健康及火灾危害等内容。

应编写涵盖所有相关任务的逐步程序，并用于培训参与该工作的全部人员。此程序应包括针对潜在危害的具体指示，并描述应对这些危害的安全程序与防护装备。

3.6.2. 储罐与设备的准备

需要清洁的储罐、设备及关联的管线应首先接地，然后排空全部液体。倘若是大型储罐，必须确定储罐排气和补给系统工作良好，以防止储罐过压或坍塌。

绝大部分液体应传送到另一容器中（如有必要加以回收或再加工），从而尽量减少剩余液量（即残留液）。残留液应排入适当容器内，以便适当的再次使用或处置。倘若是大型储罐，向液罐内加入约 6 英寸的水，也许可以帮助回收液罐低洼处剩余的所有 VAM。所有废液应得到正确处置。

注意：即使是稀释的 VAM 水溶液上方的蒸气空间也可能是易燃的。

要清洁的容器和管道应通过关闭适当的阀门与其他所有系统隔离。用热（最好为 49-66°C [120-150°F]）去矿物质水冲洗设备 3 到 4 次。原水中的污染物（如氯）会沉积在腐蚀的缝隙中，充当聚合引发剂。洗涤后的脏水应收集在污水坑或其他适用容器中，以便正确处置，同时考虑潜在的环境影响。蒸汽可用于去除最后的微量 VAM。在没有 VAM 的前提下，可用强力水性清洁剂或苛性溶液来帮助松动和清除聚合物残留。应检查储罐的构造材料与清洁液的相容性，以保护储罐的机械完整性。所有废物都应得到正确处置。

注意：当液态 VAM 存在时或对于铝制设备，请勿使用苛性或碱性清洁剂溶液。

进出储罐或设备的管线应该断开并接地以备进入。注意：尽管设备已经用水冲洗，在打开法兰时仍应穿着适当的防护装备。设备随后应使用新鲜空气吹扫，并且在允许人员进入之前，应通过批准的方法测试空气中的 VAM 蒸气和氧气含量。储罐进入受 OSHA 《密闭空间进入》标准（29 CFR 1910.146）和《危险能量管制的上锁挂签规则》（29 CFR 1910.147）管辖。

3.7. 设备维护*

例行维护是确保设备按照设计与建造的意图发挥作用的关键所在。应根据设施使用的设备以及适用的当地、地区和国家法规，实施维护时间表和计划。

除监管检查外，建议制定预防性维护时间表，检查储罐内部可能形成的聚合物，以便清洁和去除。频率需要根据先前的检查结果和储罐设计来确定。对于浮顶罐，

建议每月进行非挥发性残留物（NVR）测试，以监测可能的聚合物形成。对于固定顶罐，建议根据聚合事故的历史频率进行 NVR 测试。

对于“浮筒式储罐”，建议每年进行检查，此频率可以基于至少每月的非挥发性残留物（NVR）测试结果适当延长。

对于“盘式”浮顶的检查间隔，如果进行至少每月的 NVR 测试，可以合理设定为 5 年以上。

对于没有“冷指”（cold fingers）的固定式储罐，检查间隔可以根据聚合物检查的历史记录合理设定为 5 年以上。建议根据聚合事故的历史频率进行 NVR 测试。

3.8. 蒸气与废物处置的管制

VAM 具有挥发性，可产生有气味的蒸气。因此，重点应放在通过精心设计和良好的操作程序防止泄漏与溢出。由于 VAM 的低气味阈值（约 0.5 ppm），泄漏和溢出可能引发工人和下风向邻居的投诉。

倘若发生泄漏，唯有经过适当培训且穿着正确装备的响应人员才能留在现场完成清除。泄漏的 VAM 应得到收集和正确处置（泄漏响应指导见第 5.3 节）。

3.8.1. 空气污染管制

VAM 的大气排放受当地、地区及/或国家法规的管制。

3.8.2. 向通航水域的排放

向任何水体排放污染物受当地、地区及/或国家法规的管制。

3.8.3. 废物处置

包含 VAM 的废物必须在经授权的设施处理或弃置。作为液体，此材料不能直接弃置于危险废物填埋场。VAM 废物的推荐管理实践是焚烧或燃烧以回收热能。

工厂典型的含 VAM 水性废液流可在厂区的废水处理系统中处理。厂区废水处理系统的工程设计应足以处理 VAM 工艺废液流的容量和浓度。

尽管对浓缩废液的充分稀释能够减少气味问题和火灾危害，然而向市政废水处理系统直接排放稀释废液是不适当的。应考虑处理方法及其对污水污泥的影响。

4. 醋酸乙烯酯单体操作的危害分析与应急计划

应审查处理和使用 VAM 的每个步骤是否存在可能的危害。审查应包括设备的适用性和使用设备的正确程序。审查小组应包括直接参与所有相关活动的人员，以及技术和安全专家。安全审查必须符合政府法规的要求，并可能包括以下评估：

- *工艺设计与控制*
- *操作安全设备，如通风、泄压装置、接地装置等*
- *防止交叉污染源，因为这可能导致自发聚合*

4.1. 应急计划

处理大量 VAM 的设施很可能需要制定应急计划，以便对下列情况作出响应：火灾、环境释放、场外事故、自然灾害、医疗紧急事件、公用设施中断等。应急计划的关键要素包括：

- 每个设施应维持一份书面应急计划，概述对事故的响应程序。
- 界定内部和外部资源的责任，并提供适当的培训。
- 定期测试应急程序，视需要进行审查和修改，以保持有效的响应。
- 应急计划定期传达给员工/承包商和当地社区的负责官员。
- 应急响应设备由合格人员操作，并在设施内或当地可获得。

4.2. 风险管理/工艺安全法规

取决于您设施的地点，可能会有法规决定您的应急计划中需要包含哪些具体要素。应考虑的可能法规示例包括：

- 美国：EPA《清洁空气法》第 112(r) 节 — 风险管理计划；40 CFR 68.130
- 美国：OSHA《高危化学品（HHC）工艺安全管理》；29 CFR 1910.119(n)
- 美国：OSHA《紧急行动计划》；29 CFR 1910.38
- 美国：OSHA《危险废物作业与应急响应》；29 CFR 1910.120
- 欧洲：SEVESO II 2003/105/EC, 12/2003 & 96/82/EC, 1/1997
- 墨西哥：NOMO-28

其中一些法规包括触发监管要求的 VAM 具体“临界量”。就美国 EPA CAA 112(r) RMP 而言，VAM 的阈值数量为 15,000 磅。就美国 OSHA《工艺安全管理》条例而言，VAM 的阈值数量为 10,000 磅。关于 CAA 112(r) 条例和其他旨在预防和响应紧急事件的 EPA 计划的更多信息，可在 <http://www.epa.gov/emergencies/index.htm> 上找到。关于 OSHA 工艺安全管理标准的更多信息可在 <http://www.osha.gov/SLTC/processsafetymanagement/index.html> 上找到。

4.3. 应急响应计划：急性吸入指导值

在应急计划中，急性吸入指导值用于确定可能受紧急释放影响的人群的有害健康影响水平。美国工业卫生协会的《应急响应计划指导值》⁵（ERPG）和美国 EPA《急性接触指导水平》（AEGLs）列于表 4.1 中。如果意外或非计划释放导致社区暴露于这些水平，可能需要采取就地避难、撤离或其他行动。

表 4.1: VAM 的 ERPG 值和 AEGL 值

AEGL/ ERPG	数值
ERPG-1	5 ppm (1 小时) 轻微、暂时性有害健康影响的阈值
AEGL-1	6.7 ppm (长达 8 小时) 刺激阈值
ERPG-2	75 ppm (1 小时) 不可逆健康影响和逃生受损的阈值
AEGL-2	36 ppm (1 小时)
ERPG-3	500 ppm (1 小时) 致命性阈值
AEGL-3	180 ppm (1 小时)

⁵ 应急响应计划指导值是基于健康的阈值，用于协助健康与安全专业人员制定保护工人和公众免受特定化学物质有害影响的应急响应策略。它们代表了几乎所有人都可以在长达一小时内接触而不会经历或发展出所示影响的浓度。

5. 管理紧急事件

应急管理的一个重要组成部分是事故预防。通过充分的设施设计、安全储存和操作实践、人员培训和灾难预案，许多紧急情况的后果可以最小化或完全避免。

如果在 VAM 发生大量释放，应根据设施风险管理计划（RMP）或其他应急响应计划立即撤离该区域。只有经过培训且配备适当安全设备的人员才能进入该区域。当必须在含有 VAM 的环境中工作且接触水平可能超过允许限值时，应穿戴全套个人防护装备（第 2.2 节）。

作为应急响应计划的一部分，鼓励与当地/市政消防部门进行定期沟通和/或灾难培训课程，以预防火灾、泄漏或紧急情况。

以下部分描述了在涉及 VAM 的紧急情况（包括火灾、泄漏或急救要求）中使用的材料和程序。其中许多信息来自 2020 年《应急响应指南》（ERG 2020），该指南可从美国 DOT 处获取：<https://www.phmsa.dot.gov/training/hazmat/erg/emergency-response-guidebook-erg>，或从加拿大运输部处获取：<http://www.tc.gc.ca/eng/canutec/guide-menu-227.htm>。指南 129 专门针对 VAM（见附录 V）。

5.1. 火灾与爆炸

5.1.1. 预防火灾

由于 VAM 蒸气重于空气，它们可能聚集并沿地面流动一定距离至引燃源并回火。因此，应采取一切预防措施，防止接触火焰、火花或其他引燃源。以下是预防 VAM 火灾的一些总体指导原则（更详细的操作信息见第 3 节）：

- 将 VAM 储存、操作及加工设备设在室外或不可燃或耐火的建筑物内。
- 不要让可燃烧材料，例如灌木丛或野草，在储罐或圆桶周围积聚。
- 为用于储存、操作及加工的容器提供充足的紧急状况排气能力。（如别处所述，泄压装置的尺寸必须根据工程计算确定。）
- 提供适当的电气设备和充足的静电放电接地。
- 当在储罐中灌注、循环或搅拌 VAM 时，注意不要剧烈扰动液体表面（造成静电电荷）。
- 定期检查设备与储存设施有无腐蚀和泄漏，尤其是排气口和阻火器。
- 立即修复设备的任何泄漏。

- 在工作区提供充分的局部排气和全面通风，并在任何蒸气可能积聚的区域用可燃气体指示器进行定期测试。
- 提供适当设施来处理任何意外泄漏。
- 提供充足的灭火设备，包括在储存与工作区的自动喷淋装置。

5.1.2. 灭火

倘若发生涉及 VAM 的火灾，应使用下列灭火材料和程序：

灭火材料

- 使用二氧化碳或干粉灭火器扑灭小⁶火。
- 使用干粉或抗溶型泡沫扑灭大火。当这些灭火材料不在现场时，可用喷水来扑救，尤其要保持火场中的容器和建筑结构冷却并减少蒸发。然而，喷水对于完全扑灭火灾可能并非完全有效，因为 VAM 会漂浮在水上。
- 应避免使用高速水流，以防止燃烧中单体的扩散或灭火用水的积聚。由于 VAM 比水轻且不会与水有显著混合，它将漂浮在水上，由此扩大火势。

程序

- 消防人员应佩戴 SCBA 并穿全套个人防护装备（PPE）以防护烟雾、烟气或有害分解产物（关于 PPE 的更多信息见第 2 节）。
- 用喷水冷却火场中的建筑结构和容器。
- 在无火情处用喷水驱散蒸气云和冲洗泄漏物。
- 消防员必须远离受影响的容器，因为可能发生爆炸。
- 暴露于火中的任何 VAM 圆桶或容器应用喷水保持冷却，以防止无控聚合，这反过来会导致自燃和爆炸。
- 如果受影响的 VAM 储存容器不再排气，依然可能有危险存在。除非排气口明显没有阻塞，否则必须考虑其他迹象，例如压力、温度及不再发出正常的排气声，以避免未被发现的压力积累及可能的容器破裂。
- 为即将到达的市政应急响应人员准备好适当的 SDS，以及现场事故总指挥（IC）的指示。
- 倘若发生大规模火灾，使用无人软管架或消防炮；如果不可能，从现场撤离，让火自行燃烧（ERG 2016）。

撤离

- 如果储罐、铁路罐车或汽车罐车卷入火灾，美国 DOT（ERG 2016）建议将所有方向的 800 米（1/2 英里）区域隔离。

⁶“小火”是能够用一个手提灭火器扑灭的火灾。

5.2. 无控聚合

如第 3 节中所述，VAM 通常用氢醌抑制，并且在推荐的存储条件下是稳定的（见第 1.1.2 节关于聚合危害）。

VAM 的聚合具有高放热性，热量的快速释放可能导致压力的快速增加，进而造成无控释放和/或容器破裂。停止无控聚合的唯一可靠方法是添加并正确混合抑制剂。喷洒在储罐外部的冷却水可以去除热量，从而延缓但不会停止无控聚合。随着转化率增加，罐内物质粘度的增加可能阻碍抑制剂的有效添加与分布，并可能限制热传递。此外，响应计划中必须考虑到接近正在发生无控聚合的 VAM 容器或储罐的危险。

异常高且不断增加的储罐温度趋势（例如：30 分钟内升高 2.5°C 或高于环境温度 9°C），表明 VAM 聚合可能正在发生。在这种情况下，应立即向罐内添加额外的聚合抑制剂。添加的具体抑制剂数量将取决于您的具体情况。当聚合速率低且温度逐渐升高时，应添加足够的 HQ，使罐内浓度提高 5 ppm，以补充已消耗的 HQ。可使用冷却器或消防炮来快速冷却罐内物质并减缓反应。对于更快速或持续不断的聚合和温度升高，可能有必要在一开始添加更多的抑制剂，直至罐内温度趋于稳定，表明聚合已经停止。当快速聚合已经开始发生时，可以使用碳自由基清除抑制剂，如 PBQ、PTZ 或 Tempo。在储罐温度恢复正常条件之前，建议更频繁地监测储罐温度和抑制剂浓度，因为在较高温度下抑制剂耗尽可能导致聚合再次发生。将抑制剂与储罐全部内容物混合的能力至关重要，必须在储罐及其辅助设备的设计阶段予以考虑。添加抑制剂的系统应设计为能防止人员接触抑制剂和 VAM 蒸气。建议通过闭环系统（如浸入管或底部阀门）添加抑制剂，以防止易燃性风险。

5.3. 泄漏管理

唯有经过专业培训且配备全套个人防护装备的人员才能参与 VAM 泄漏的响应和清除。清除 VAM 泄漏时应遵循下列程序：

初始响应

- 拨打设施、供应商、SDS、运输文件或其他来源提供的应急响应电话号码。
- 作为第一时间预防措施，隔离泄漏或溢出区域至少所有方向 50 米（150 英尺）（ERG 2016）。较大的泄漏很可能需要隔离更大的区域和/或潜在的下风向撤离。
- 从受影响区域疏散无防护和非专业人员。
- 阻止非应急响应人员接近。
- 保持在上风方向。
- 让人员远离可能积聚 VAM 的低洼地带。
- 立即关闭或移除所有可能的引燃源。

- 在装卸过程中确保容器和传输管线已接地。
- 根据风险管理计划中对意外灾难性释放的后果分析，实施初始下风向撤离。2016 年《应急响应指南》建议下风向撤离区域至少 300 米（1,000 英尺），倘若起火，此建议扩展至所有方向 800 米（2,600 英尺；½ 英里）（见第 5.1.2 节关于灭火/撤离）。
- 在该区域得到清洁前提供充分的通风。
- 防止 VAM 接触过氧化物、氢过氧化物、过氧化氢、偶氮化合物及其他聚合引发剂，以及强酸、碱类或氧化剂。

小泄漏的围控和管理

- 把泄漏的容器放在通风良好且有泄漏围堵能力的区域。
- 用不可燃吸收材料（例如硅藻土、吸收垫）覆盖液体 VAM 并让其吸收泄漏物。
- 对于小泄漏，建议使用市售的泄漏清除套件。套件的选择应适合处理的 VAM 数量、容器大小和现场条件。
- 倘若在小泄漏得到彻底清洁后气味问题依然存在，可使用石灰或其他碱性材料来给该区域除味。

大泄漏的围控和管理

- 如果能够安全进行，找到并纠正泄漏源。
- 如果可能，在围堰区域内围堵泄漏物。
- 用抗溶型泡沫覆盖液体以减少蒸发和/或引燃机会。喷水可用于减少蒸气。
- 防止材料进入下水道（爆炸危险）和地表水。如果意外泄漏进入地表水或市政下水道系统，通知适当的污染控制和供水机构。
- 在可能泄漏到水中的地方，应手头备有浮栅，用于将漂浮的单体拉入较小的区域以便撤去。
- 依照适用法律和法规确定释放是否须报告并通知有关当局。

处置

- 如果初始 VAM 浓度低于微生物的毒性水平，通过生物氧化处置泄漏物，否则通过受控焚烧处置。
- 按照适用的当地、地区和/或国家废物法规，正确处置受污染的泥土或吸收材料。
- 请勿把泄漏物或渗漏物冲洗到下水道系统。防止径流进入雨水管道和通往自然水道的沟渠。

5.4. 环境释放报告

根据 1980 年美国联邦《全面环境响应、补偿及责任法》（CERCLA）和 EPCRA，超过“须报告数量”（RQ）的列名物质向环境的无授权释放必须报告。超过须报告数量的运输泄漏也需要报告。在美国，VAM 的 RQ 设定为 5,000 磅。因此，任何超

过 5,000 磅的单次无授权释放都必须立即向有关当局报告。现场 VAM 存量超过 1,000 磅的设施都需要遵守此报告规定。报告应提交给国家响应中心（联系信息见附录 II）、相应的州应急响应委员会（SERC）和当地应急计划委员会（LEPC）。（附录 II 确定了有关这些报告要求的更多信息来源。）

一些州或地区当局制定了自己的环境报告计划，可能比国家要求更严格。因此，处理 VAM 的设施应熟悉所有监管要求。

在加拿大，根据加拿大《危险货物运输》（TDG）法规，像 VAM 这样的第 3 类、II 组物质的 RQ 为任何数量。倘若发生达到或超过该数量的意外释放，必须向下列方面进行“立即报告”：

- 适当的省级当局
- 拥有危险货物的人员的雇主
- 危险货物的发货人
- 就公路车辆而言，公路车辆的所有者、承租人或包租人
- 就铁路车辆而言，运输部的加拿大运输紧急中心（CANUTEC）；联系信息见附录 II
- 就船只而言，CANUTEC、船只交通管制中心或加拿大海岸警备队无线电台
- 就飞机而言，飞机场或空运货物设施、CANUTEC 及最近的运输部地区民航办事处，并且倘若该飞机场属于航空港则还有机场运营商
- 对于圆筒遭受灾难性故障引起的意外释放，CANUTEC

在释放的初始通报后，美国和加拿大可能都有后续报告的要求。美国的一些州和地方政府也有附加规定。

参考资料

美国政府工业卫生学家协会 (ACGIH), (2007), *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance* (工业通风: 操作与维护建议实践手册)。可在此网站购买: <http://www.acgih.org/>

美国工业卫生协会 (AIHA), (1992), *Emergency Response Planning Guidelines (ERPG), Vinyl Acetate* (应急计划指导值, 醋酸乙烯酯)。AIHA 出版社, 美国弗吉尼亚州费尔法克斯市。

美国化学工程师学会 (AIChE): <http://www.aiche.org/> AIChE 化学流程安全中心:
<http://www.aiche.org/ccps/> AIChE 紧急释压系统设计研究院:
<http://www.aiche.org/TechnicalSocieties/DIERS/index.aspx>
AIChE 物理性质设计研究院 (DIPPR®): www.aiche.org/DIPPR/

美国国家标准学会 (ANSI), (2015), *Z88.2: Practices for Respiratory Protection* (呼吸防护实践)。

美国国家标准学会 (ANSI)/美国安全工程师学会 (ASSE), (2010), *Z87.1-2010: Occupational and Educational Personal Eye and Face Protection Devices* (职业与教育用个人眼脸防护装置)。

美国国家标准学会(ANSI)/国际安全设备协会 (ISEA), (2009), *Z89.1-2009: American National Standard for Industrial Head Protection* (工业头部防护美国国家标准)。

美国石油学会 (API), (2002年2月), *API 620: Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks* (大型焊接低压储罐的设计与建筑), 第十版。

美国石油学会 (API), (2001), *API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage* (储油焊接钢罐), 1998年11月第十版, 2000年1月补遗1, 2001年11月补遗2。

美国铁路协会 (AAR), (2008), 34号小册子: *Recommended Methods for the Safe Loading and Unloading of Non-Pressure (General Service) and Pressure Tank Cars* (无压(一般用途)与加压罐车安全装卸的推荐方法)。 http://nar.aar.com/nar/pdfs/ref-material/pamphlet_34_from_boe_tariff.pdf

美国材料与试验协会标准 (ASTM) 国际, (2005), *F 2412-05 Test Methods for Foot Protection* (足部防护装备测试方法)。

美国材料与试验协会标准 (ASTM) 国际, (2005), *F 2413-05 Specification for Performance Requirements for Protective Footwear* (防护鞋靴性能要求规范)。

加拿大, (2009), *Screening Assessment for the Challenge: Acetic Acid Ethenyl Ester (Vinyl Acetate Monomer)* (挑战的筛选评定: 醋酸乙烯酯单体)。加拿大环境部, 加拿大卫生部。

加拿大(加拿大运输部), Transportation of Dangerous Goods Regulations (危险货物运输条例): <http://www.tc.gc.ca/eng/tdg/clear-tofc-211.htm>

Emergency Response Guidebook (ERG) (应急响应指南), (2024)

EU (欧洲联盟), Regulation on Classification, Labeling and Packaging of Substances and Mixtures (物质与混合物分类、标记及包装法规), EC 第 1272/2008 号。

EU (欧洲联盟), (2008a.) Risk Assessment Report (RAR) of Vinyl Acetate (醋酸乙烯酯风险评定报告), 2008 年 5 月。

EU (欧洲联盟), (2008b), 欧盟委员会欧盟健康与消费者保护总署, 健康与环境风险科学委员会 (SCHER), Risk Assessment Report on Vinyl acetate: Human Health Part (醋酸乙烯酯风险评定: 人类健康部分), 2008 年 11 月。

美国电气和电子工程师协会 (IEEE) 81: IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System (测量接地系统之地球电阻系数、接地阻抗及地球表面电势的 IEEE 指南), 1983 年版。

美国电气和电子工程师协会 (IEEE) 142: IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (工业与商业动力系统接地的 IEEE 建议实践), (颜色书系列 — 绿皮书), 2007 年版。

国际癌症研究机构 (IARC), (1995), IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (人类致癌风险评估专刊), 第 63 卷第 443 页, 世界卫生组织, 法国里昂。 <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol63/vinyl-acetate.html>

美国消防协会 (NFPA) 30: Flammable and Combustible Liquids Code (易燃与可燃液体规范), 2008 年版。

美国消防协会 (NFPA) 68: Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting (爆燃通风爆炸防护标准), 2007 年版。

美国消防协会 (NFPA) 70: National Electrical Code® (国家电气规程), 2008 年版。

美国消防协会 (NFPA) 70b: Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance (电气设备维护的建议实践), 2006 年版。

美国消防协会 (NFPA) 77: Recommended Practice on Static Electricity (静电建议实践), 2007 年版。

美国消防协会 (NFPA) 101: Life Safety Code® (生命安全规范), 2009 年版。

(美国) 国家职业安全与卫生研究所 (NIOSH), (2007 年 9 月), **Pocket Guide to Chemical Hazards** (化学性危害袖珍指南), 美国健康与人类服务部出版物第 2005-149 号。 <https://www.cdc.gov/niosh/npg/>

(联合国) 经济合作与发展组织 (OECD), 第 301 号测试, **Guideline for the Testing of Chemicals: Ready Biodegradability** (化学品测试指导原则: 现有生物降解能力)。

(美国) 职业安全与健康管理局 (OSHA) 2012 版 **Hazard Communication Standard** (危害通识标准): 29 CFR 1910.1200。 <https://www.osha.gov/dsg/hazcom/>

联合国 (UN), (2025), **Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)** (全球化学品统一分类和标签制度), 第六修订版。
https://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_welcome_e.html

联合国 (UN) 《关于危险货物运输的建议书》

《工作场所危险材料信息系统》(WHMIS) (加拿大)。 <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/occup-travail/whmis-simdut/index-eng.php>

附录 I: 散装储存设计

1. 建筑物设计

内装醋酸乙烯酯单体 (VAM) 的设备与容器应利用良好的设计实践和耐火材料与其他设施隔离。大型设备和储罐建议使用标准防火墙隔离, 较小的设备可用金属框架上的石膏隔断与其他可燃材料隔离。

储存和使用 VAM 的每个房间或建筑物都应准备至少两个出口。此房间或建筑物的任何区域距离最近出口都不应超过 75 英尺。取决于建筑物内的人数, 应提供更多的出口 (见 NFPA 101)。所有出口门应按照人流方向向外开启且应装备太平门 (例如紧急出口推杆门)。防火门应使用经批准的类型。倘若在楼上进行危险品作业, 应提供带有自闭防火门的耐火楼梯井。

使用大量 VAM 的作业最好在室外结构中或有自动喷淋系统保护的单层建筑物内进行。在 VAM 的易燃蒸气能够聚集的地方, 可以采用泄爆口设计来减轻对建筑物、管道、混合机、搅拌机、烘干机及类似设备的破坏性损伤。泄爆窗、屋顶与墙板、天窗、采光窗、隔膜等, 都可用于尽量减轻爆炸对建筑物的损伤。

由于泄爆口所需表面积取决于许多因素, 例如爆炸强度、蒸气温度、建筑结构类型、泄爆口封板的类型等, 所需的泄爆能力应由富有经验的工程师确定。可考虑采用爆炸抑制系统 (见 NFPA 68)。

静电是操作易燃材料时的一个突出问题。因此, 运输与存储容器、反应器及输送管线都应电接地和跨接。NFPA 77: 《有关静电的建议做法》提供了正确接地程序的指示。VAM 操作区域中的电气装置与接线应该适合 I 类 D 组危险场所 (如《国家电气规程》第 500 条和第 501 条所定义)。在设立储存与操作设施和程序时, 应遵守当地法令和承保商与保险公司的任何规定。应该考虑分离地板下水口与卫生下水或工艺下水系统的需要, 以及在化学品储存建筑和其他建筑与加工设备之间留出足够的距离。

用于处理或存放 VAM 的建筑物应该通风良好, 以防蒸气积聚和人员接触。通风方法包括局部排气和全面稀释程序。请参考涉及处理有毒和/或易燃气体建筑物内空气置换率的地区标准与法规。当蒸气来自点源时, 例如液体传送点、泵房及反应器区, 局部排气最为有效。当蒸气由某个区域的许多点发出时, 可使用全面稀释通风。由于 VAM 的气味阈值很低, 通风排出的空气可能需要进行除味处理。

2. 储罐构造与位置

类型:	适用于易燃液体
材料:	无锈钢、固化酚醛衬里钢、不锈钢或铝
设计:	美国石油学会 (API 620 和 650)
配件:	温度、压力及液位传感器的管口、人孔盖、浸入管、排气管线、压力与真空释放装置、紧急释放装置、压力液位计、高液位警报和/或联锁装置、溢出、灌注及排放设备

其他常见衬里材料，例如铜、铜合金（例如黄铜和海军黄铜）、锌及镀锌钢，不应与 VAM 接触，因为此接触可能对最终用途有害。

新建成的碳钢储罐应作喷砂处理以及真空清洁为投入使用做好准备。倘若清洁后的储罐不会立即注入单体，它应被封闭并使用干燥空气或惰性气体覆盖，以减缓生锈。

VAM 通常存放于地上立式储罐（API 620 或 650 设计）。当地法规可能要求额外的设计方面（例如内部浮顶）。选定的设计应允许在有新交货或添加额外抑制剂时对罐内货品进行混合，以实现抑制剂的均匀分布。储罐应置于混凝土底座上，位于具有足够容量容纳至少整个储罐内容物的混凝土围堰内。内装与 VAM 不相容材料的储罐不得放在同一个围堰内。通过储罐底板的集液槽和贯穿罐底的放净管道可提供彻底的储液排净能力。

对于 VAM 浮顶罐设计，建议使用“盘”式设计而不是“浮筒”式，因为“盘”式比“浮筒”式对聚合物积聚有更强的抵抗力。

通常用于 VAM 储存的储罐可涂有热或光反射涂层（例如白色或反射漆），以尽量减少热量吸收并减少可能的空气排放。

储罐必须接地以防止静电积累，静电放电能够引燃易燃的 VAM 蒸气。接地系统的设计、测试及维护超出了本文件的范围。请参阅有关法规和设计标准（例如 NFPA 70、70B 及 77，IEEE 第 81 号和第 142 号标准）。

当在储罐中灌注、循环或搅拌 VAM 时，注意不要剧烈扰动液体表面，这会导致液体内部静电电荷的产生和积累。即使液罐的蒸气空间已用氮气惰性化也不例外。如果 VAM 通过浸入管注入储罐，浸入管必须电气接地以防止静电电荷的积聚。

与 VAM 储罐连接的设备（如紧急排气口和仪表）的设计应能防止 VAM 的积聚和聚合。VAM 蒸气能够在诸如紧急排气口、真空破坏器、仪器管道、管口和管道等设备中冷凝。

注意：值得注意的是，冷凝液将不含任何聚合抑制剂，并可能开始聚合。

聚合将会发生且能够影响安全与关键操作装置的性能。因此，连接到储罐的设备应设计为能把所有冷凝液排入到储罐中。就仪表管道而言，可用小流量氮气吹扫把 VAM 蒸气阻挡在管道之外。VAM 储罐及其辅助设备（例如管道、泵机及阀门）的设计与操作应能防止液体 VAM 可能长时间停留的停滞区域，这可能导致聚合。

3. 储罐设备

3.1. 温度测量装置

温度的异常升高可能表明 VAM 聚合。因此，连续的温度监测以及观察储罐温度趋势的能力，是尽早发现聚合的宝贵工具。罐底附近应放置一个温

度感测元件，以保证该元件始终在液体中。在大型散装储罐中，还应在罐内不同的高度安装额外的感测元件，因为局部聚合能够在混合不良的储罐内发生。此外，也应安装警告聚合的高温警报装置。它应在温度超过所储液体正常最高温度大约 5°C 时启动，然而此数值可以基于历史经验和按照环境与工艺条件需要加以修改。关于在罐内温度超过警报水平时添加抑制剂的信息请参阅第 5.2 节。

3.2. 紧急排气口—泄压装置

存放 VAM 的储罐应装备一个或多个紧急排气口，其尺寸应按照当地、地区和/或国家法规（例如 NFPA 30 或 ATEX 95）确定。值得注意的是，即使符合工程标准，倘若发生无控或失控聚合，此类装置依然可能不足以提供充分的压力释放能力。失控聚合可通过维持适当浓度的聚合抑制剂和防止与高温和反应性污染物接触而避免。也需要真空释放以防止在从储罐中抽取液体期间，如果储罐压力控制系统失灵，储罐发生坍塌或破裂。建议将储罐设计为全真空。随着环境空气通过真空破坏器被吸入罐内，水分和其他污染物可能会进入罐内并导致不良后果。

关于紧急泄压装置设计的进一步指导，请联系诸如 AIChE 紧急释压系统设计研究院（DIERS）或 AIChE 化学工艺安全中心（CCPS）等组织。

3.3. 减少空气排放

点源的 VAM 排放能够用回收单体的蒸气回收系统或诸如火炬或焚化器等排放控制装置来减少。这些（或其他）减排系统应只在征询了适当的技术与法规专家的意见后安装。

3.4. 储罐顶部空间考虑因素

建议罐内顶部空间使用干燥氮气覆盖。

可使用干燥空气，但这将在罐内造成可燃气氛，并且氧气有助于形成属于聚合反应引发剂的有机过氧化物。

倘若在液罐顶部空间使用空气而不是氮气，空气应当是干燥的。可使用干燥剂（通常为分子筛或氯化钙）。干燥剂应视需要更新以保持顶部空间的干燥。硅石和矾土由于与 VAM 不相容而不建议采用。

3.5. 阻火器

阻火器应安装在用于存放易燃液体的储罐的排气管线上，这通常也是法规的要求。它们不用于直接向大气排放的紧急排气口。阻火器应定期检查，以防被醋酸乙烯酯聚合物沉积物阻塞。初始检查频率应为每 6-12 个月至少一次，其后可根据经验和性能历史加以修改。当采用闭路卸载时，蒸气回流管线上也应安装一个额外的阻火器。

3.6. 溢出保护

应使用高液位联锁装置或其他系统等安全防护措施来防止储罐溢料。倘若在从送货车传送单体时超出储罐的容量，多余的单体应流经适当设计的溢出保护系统，例如溢出排放口、密封罐/回路（与储罐连接的收集装置），进入到适当的接收器内。

3.7. 液位测量与控制

差压变送器是测量液位的首选方法。通往储罐蒸气空间的变送器引压管应使用干燥氮气吹扫，以防 VAM 蒸气在引压管中凝结，导致液位测量错误。使用差压变送器也允许在远程地点（例如控制室）连续读取液位。

当对储罐的过度灌注将造成不安全（例如溢出）或不期望（例如储罐损坏）的后果时，应该使用单独的高液位开关或差压变送器触发对入罐液流的截断。用于高液位截流的测量装置不应是控制储罐液位的同一个装置，以免单一仪器故障造成控制与截流功能同时失效。高液位传感器的设置应基于罐容量、灌注速率，以及自动截流失灵时人工干预所需的时间（例如在储罐最高液位的 90% 处截流）。高液位警报（例如 85% 液位）能够提供接近截流液位的警告。尽管警报液位可能与这些数值不同，用户有责任确定储罐最高安全液位以及与安全运行条件一致的警报设定值。

3.8. 泵机

双机械密封通常用作 VAM 工艺泵的密封机制。双机械密封，特别是隔离流体密封罐，在密封失效时提供了对 VAM 的围堵。无密封（例如磁力驱动）或屏蔽泵也是可接受的。如果罐车或汽车罐车要从顶部卸载，建议采用自吸式离心泵。请咨询您的泵供应商，使材料与 VAM 相容。

应注意防止任何用于 VAM 的泵机憋泵运行（即在出液管线阻塞的情况下

注意：如果使用无密封或屏蔽泵，如果流量停止，产生的热量可能导致泵内聚合。

运转泵机）。泵出液管道及任何相关部件必须能够承受最大憋泵压力，或者提供适当的过压保护（例如排放到安全位置的泄压阀）。为了防止热量积聚，不应允许泵机经由泄压阀或其他再循环管线长时间循环。泵机的憋泵运行或没有适当冷却的持续循环将导致 VAM 随时间推移而聚合。憋泵运行可能导致密封泄漏、泵机故障、围堵失效及可能的火灾。当泵机憋泵运行可能造成安全和材料质量问题时，应考虑采用自动泵截流系统。

3.9. 管道

钢管应清除所有附着在内壁上的油脂和氧化皮。所有管道都应漆成白色或以其他方式避免阳光直射的热量。所有管道都应倾斜以便排净，不滞留随后可能聚合的 VAM。将被闲置的管道及相关系统应排空和清除，因为残留

在管线内的任何 VAM 都可能聚合。由于可能产生易燃蒸气与静电电荷，应使用氮气吹扫管道使其清洁。

3.10. 阀门

类型：聚四氟乙烯（PTFE）衬里的旋塞阀、截止阀、闸阀、球阀

材料：碳钢、球墨铸铁或不锈钢

带 PTFE 密封的球阀建议用于开关服务。

3.11. 垫圈

请咨询您的垫圈供应商以确定材料与设计的相容性。

注意：外部火灾的热量影响可能会损害垫圈的完整性，鉴于 VAM 的易燃性，在选择垫圈时应考虑这一点。

3.12. 过滤器

铁锈或其他颗粒物能够用筒式过滤器从 VAM 中令人满意地去除。

类型：在线筒式过滤器

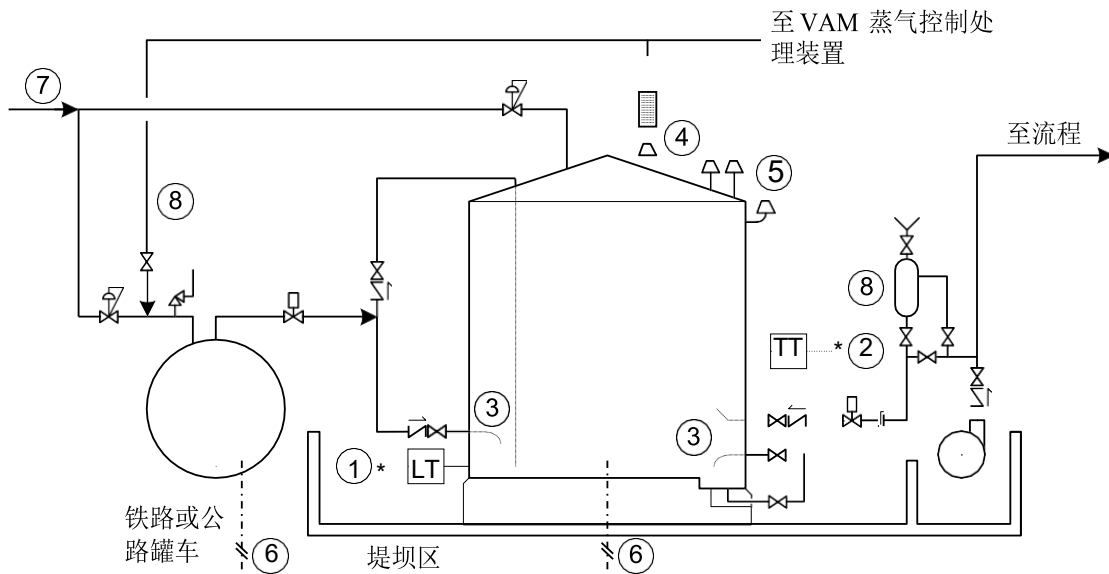
材料：白色棉纤维或聚丙烯缠绕在不锈钢芯子或网眼上

3.13. 防止储罐管道泄漏

VAM 储罐的设计者与运营者应考虑因连接到储罐的管道故障而导致大量液体释放的可能性。入口管线上的止回阀和出口管线上的远程截流阀可用于最大限度减小通过故障管道排空储罐的风险。某些地区可能要求安装熔断阀，以便在储罐附近发生火灾时停止单体从储罐流出。用于防止从 VAM 储罐释放的阀门应位于靠近储罐的位置，以最大限度减少阀门与储罐之间未受保护管道的数量。其他考虑因素包括管道的正确设计、安装及检查，以及采用安全工作实践来防止损坏管道。

3.14. 储罐示意图

图 1 – 典型 VAM 卸载与储存设施



- (1) 液位变送器在控制室提供液位指示。高液位警报和液体输入自动截流装置防止储罐满溢。低液位警报和内部混合管口的液流自动截流装置防止因在液面之上喷洒而生成静电电荷。液位控制和安全截流可能需要分开的变送器。
- (2) 储罐底部的温度变送器在控制室提供温度指示和高温报警。大型储罐可能需要在罐的不同高度设置多个测量点。
- (3) 采用内部插入管与混液型管口喷嘴的典型进料可选方案。
- (4) 压力控制装置和消爆器置于放气阀中，通向蒸气控制设备。
- (5) 紧急排气口、带阻火器的真空进气口、溢流口。
- (6) 接地系统。
- (7) 干燥氮气（首选）或干燥空气供应，在储罐顶部空间维持正压。
- (8) 从储罐到运输容器的气相回流管线。
- (9) 抑制剂添加罐。

附录 II：联系方式：应急响应、运输及其他监管机构

北美

- CHEMTREC:800-424-9300 或 <http://www.chemtrec.com/Chemtrec/>

加拿大

- CANUTEC:613-996-6666

美国

- 国家响应中心 (National Response Center):800-424-8802 或 <http://www.nrc.uscg.mil/nrchp.html>
- 州应急响应委员会 (SERC): 在以下网址获取各州联系方式: http://www.epa.gov/emergencies/content/epcra/serc_contacts.htm
- 当地应急计划委员会 (LEPC): 在以下网址获取联系方式: <http://yosemite.epa.gov/oswer/LEPCDb.nsf/HomePage?Openform>
- 联邦紧急事务管理法 (FEMA) 州办事处和应急管理机构: 在以下网址获取联系信息: <http://home.fema.gov/about/contact/index.shtm>
- 国家应急管理协会 (NEMA): <http://www.nemaweb.org/home.aspx>

欧洲联盟

- ICE – 欧洲应急响应网络
<http://www.cefic.org/Templates/shwStory.asp?NID=492&HID=379>

附录 III：指南中使用的首字母缩略词和缩写词

AAR	Association of American Railroads, 美国铁路协会
ACGIH 工业卫生学家协会	American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 美国政府工业卫生学家协会
AEGL	Acute Exposure Guideline Level, 急性接触指导水平
AIChE	American Institute of Chemical Engineers, 美国化学工程师学会
AIHA	American Industrial Hygiene Association, 美国工业卫生协会
ANSI	American National Standards Institute, 美国国家标准学会
API	American Petroleum Institute, 美国石油学会
ASTM	American Society for Testing and Materials, 美国材料实验协会
ATEX	ATmosphere EXplosive, 大气易爆; ATEX 95 是《关于意图于潜在易爆气氛中使用之设备与防护系统的欧盟指令》; ATEX 137 是《关于改善可能面临易爆气氛风险工人之安全与健康防护最低要求的欧盟指令》
CAA	Clean Air Act, 清洁空气法
CANUTEC	Canadian Transport Emergency Centre of the Department of Transport, 加拿大运输部运输紧急中心
CCPS	Center for Chemical Process Safety, 化学工艺安全中心
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, 全面环境响应、补偿及责任法 (也常称为“超级基金”)
CFR	Code of Federal Regulations, 联邦法规汇编
CHEMTREC	Chemical Transportation Emergency Center, 化学品运输应急中心
DIERS 院	Design Institute for Emergency Relief Systems, 紧急释压系统设计研究院
DIPPR	Design Institute for Physical Properties®, 物理性质设计研究院
DOT	Department of Transportation, 运输部
EHS	Extremely Hazardous Substances, 极度危险物质

EPA	Environmental Protection Agency, 环境保护署
EPCRA 社区知情权法（也常 第三章”）	Emergency Planning and Community Right-to-Know Act, 应急计划和 称为“超级基金修正案和重新授权法案 (SARA)
ERG	Emergency Response Guidebook, 应急响应指南
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines, 应急响应计划指导值
EU	European Union, 欧洲联盟
FEMA	Federal Emergency Management Act, 联邦紧急事务管理法
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, 全球化学品统一分类和标签制度
HHC	Highly Hazardous Chemicals, 高危化学品
HQ	Hydroquinone, 氢醌
IARC	International Agency for Research on Cancer, 国际癌症研究机构
IC	Incident Commander, 事故总指挥
IEEE 师学会	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 电气与电子工程
LC50	Median Lethal Concentration, 半数致死浓度
LD50	Median Lethal Dose, 半数致死剂量
LEPC	Local Emergency Planning Committee, 当地应急计划委员会
SDS	Safety Data Sheet, 安全数据表
NA	North America, 北美
NEMA	National Emergency Management Association, 国家应急管理协会
NFPA	National Fire Protection Association, 国家消防协会
NIOSH 全与健康研究院	The National Institute for Occupational Safety and Health, 国家职业安
OECD 发展组织	Organisation for Economic Co-Operation and Development, 经济合作与

OEL	Occupational Exposure Limit, 职业接触限值
OSHA	Occupational Safety & Health Administration, 职业安全与健康管理局
PPE	Personal Protective Equipment, 个人防护装备
PPM	Parts Per Million, 百万分率
PSM	Process Safety Management, 工艺安全管理
PTFE	Polytetrafluoroethylene, 聚四氟乙烯
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act, 资源保护及恢复法
RMP	Risk Management Plan, 风险管理计划
RQ	Reportable Quantity, 须报告数量
SCBA	Self-Contained Breathing Apparatus, 自给式呼吸器
SCOEL 科学委员会	Scientific Committee on Occupational Exposure Limits, 职业接触限值
SERC	State Emergency Response Commission, 州应急响应委员会
STEL	Short Term Exposure Limit, 短期接触限值
STOT	Specific Target Organ Toxicity, 特异性靶器官毒性
TDG	Transportation of Dangerous Goods, 危险货物运输
TLV	Threshold Limit Value, 阈限值
TRI	Toxics Release Inventory, 有毒物质排放目录
TWA	Time-Weighted Average, 时间加权平均
UN	United Nations, 联合国
VAC	Vinyl Acetate Council, 醋酸乙烯酯理事会
VAM	Vinyl Acetate Monomer, 醋酸乙烯酯单体
WHMIS 危险材料信息系统 (加拿大)	Workplace Hazardous Material Information System (Canada), 工作场所

附录 IV：醋酸乙烯酯单体的一般性质

性质	数值
分子量	86.09
临界温度	246°C (474.8°F)
临界压力	574.0 psia (39.0 atm)
正常沸点	@ 760 mm Hg = 72.7°C (162.9°F)
标准生成热	液体 @ 25°C = -83.5 Kcal/mole
燃烧热	@ 25°C = -495 Kcal/mole
折射率	(n _D ²⁰) 1.3953
闪点	泰格闭杯 = -8°C (18°F); 泰格开杯 = -4°C (25°F)
自燃温度	385-426.9°C (725-800°F)
物理状态	液体
相对蒸发速率 (醋酸正丁酯 = 1)	8.9
蒸气压 @ 60°C	487.4 mm Hg
蒸气压 @ 40°C	222.1 mm Hg
蒸气压 @ 20°C	89.1 mm Hg
安托万方程	Log P = A - [B/(T+C)] Log = 以 10 为底 T = °C P = mm Hg 范围 = 10 至 83°C
方程系数	A = 7.51868 B = 1452.058 C = 240.588

性质	数值
颜色	澄清无色
比重 (20/20°C)	0.934
蒸气密度 (空气 = 1.00)	2.97
粘度 @ 20°C	0.43 cps
熔点	-92.8°C (-135°F)
汽化热 (1 atm)	87.6 cal/g
聚合热	21.3 Kcal/mole
比热 @ 20°C (液)	0.46 cal/g °C
气味	少量时不难闻, 有甜味
气味阈值	约 0.25-0.5 ppm
反应性	与自身及多种其他化学物质发生反应。正确储存和抑制时稳定。
水溶性:	
VA 溶于水 @ 20°C	2.3% (重量比)
水溶于 VA @ 20°C	1% (重量比)
光敏感性	光促进聚合
导电率 @ 23°C	2.6 x 10 ⁴ pS/m (1 S = 1 mho)
表面张力 (20°C)	23.6 dynes/cm
体膨胀系数	在 20°C 时为 0.00137 / °C
爆炸上限	13.4 vol% (空气中)
爆炸下限	2.6 vol% (空气中)

附录 IV 中的数据主要摘自 AICHE 物理性质设计研究院 (DIPPR®) (www.aiche.org/DIPPR/) 以及欧盟 VAM 风险评估报告 (EU 2008a) 和欧盟物质评估报告 (ECHA 2020)。

GUIDE 129 **FLAMMABLE LIQUIDS (WATER-MISCIBLE/NOXIOUS)**

POTENTIAL HAZARDS

FIRE OR EXPLOSION

- **HIGHLY FLAMMABLE: Will be easily ignited by heat, sparks or flames.**
- Vapors may form explosive mixtures with air.
- Vapors may travel to source of ignition and flash back.
- Most vapors are heavier than air. They will spread along the ground and collect in low or confined areas (sewers, basements, tanks, etc.).
- Vapor explosion hazard indoors, outdoors or in sewers.
- Those substances designated with a **(P)** may polymerize explosively when heated or involved in a fire.
- Runoff to sewer may create fire or explosion hazard.
- Containers may explode when heated.
- Many liquids will float on water.

HEALTH

- May cause toxic effects if inhaled or absorbed through skin.
- Inhalation or contact with material may irritate or burn skin and eyes.
- Fire will produce irritating, corrosive and/or toxic gases.
- Vapors may cause dizziness or asphyxiation, especially when in closed or confined areas.
- Runoff from fire control or dilution water may cause environmental contamination.

PUBLIC SAFETY

- **CALL 911. Then call emergency response telephone number on shipping paper.** If shipping paper not available or no answer, refer to appropriate telephone number listed on the inside back cover.
- Keep unauthorized personnel away.
- Stay upwind, uphill and/or upstream.
- Ventilate closed spaces before entering, but only if properly trained and equipped.

PROTECTIVE CLOTHING

- Wear positive pressure self-contained breathing apparatus (SCBA).
- Structural firefighters' protective clothing provides thermal protection **but only limited chemical protection.**

EVACUATION

Immediate precautionary measure

- Isolate spill or leak area for at least 50 meters (150 feet) in all directions.

Large Spill

- Consider initial downwind evacuation for at least 300 meters (1000 feet).

Fire

- If tank, rail tank car or highway tank is involved in a fire, ISOLATE for 800 meters (1/2 mile) in all directions; also, consider initial evacuation for 800 meters (1/2 mile) in all directions.

EMERGENCY RESPONSE

FIRE

CAUTION: The majority of these products have a very low flash point. Use of water spray when fighting fire may be inefficient.

Small Fire

- Dry chemical, CO₂, water spray or alcohol-resistant foam.
- **Do not use dry chemical extinguishers to control fires involving nitromethane (UN1261) or nitroethane (UN2842).**

Large Fire

- Water spray, fog or alcohol-resistant foam.
- Avoid aiming straight or solid streams directly onto the product.
- If it can be done safely, move undamaged containers away from the area around the fire.

Fire Involving Tanks, Rail Tank Cars or Highway Tanks

- Fight fire from maximum distance or use unmanned master stream devices or monitor nozzles.
- Cool containers with flooding quantities of water until well after fire is out.
- Withdraw immediately in case of rising sound from venting safety devices or discoloration of tank.
- ALWAYS stay away from tanks in direct contact with flames.
- For massive fire, use unmanned master stream devices or monitor nozzles; if this is impossible, withdraw from area and let fire burn.

SPILL OR LEAK

- ELIMINATE all ignition sources (no smoking, flares, sparks or flames) from immediate area.
- All equipment used when handling the product must be grounded.
- Do not touch or walk through spilled material.
- Stop leak if you can do it without risk.
- Prevent entry into waterways, sewers, basements or confined areas.
- A vapor-suppressing foam may be used to reduce vapors.
- Absorb or cover with dry earth, sand or other non-combustible material and transfer to containers.
- Use clean, non-sparking tools to collect absorbed material.

Large Spill

- Dike far ahead of liquid spill for later disposal.
- Water spray may reduce vapor, but may not prevent ignition in closed spaces.

FIRST AID

Refer to the "General First Aid" section.

Specific First Aid:

- Wash skin with soap and water.
- In case of burns, immediately cool affected skin for as long as possible with cold water. Do not remove clothing if adhering to skin.



In Canada, an Emergency Response Assistance Plan (ERAP) may be required for this product. Please consult the shipping paper and/or the "ERAP" section.

附录 VI: EXAMPLE LIQUID CHROMATOGRAPHIC METHODS FOR HYDROQUINONE IN VINYL ACETATE MONOMER

Liquid Chromatic Method for HQ in VAM: Example 1

SCOPE:

This method describes procedure for determining the concentration of Hydroquinone (HQ) in vinyl acetate monomer (VAM) by liquid chromatography.

SAFETY

All of the reagents used in this method are hazardous. Consult the Safety Data Sheet for the reagents listed for hazard information.

APPARATUS

1. v
2. HPLC column: Phenomenex Synergi Polar-RP, 250 mm x 4.6 mm, catalog # 00G-4336-E0

REAGENTS

1. Mobile Phase A: 0.1 % v/v Phosphoric acid in nanopure water (1 ml H₃PO₄ in 1L nanopure water).
2. Mobile Phase B: HPLC grade Acetonitrile.
3. Hydroquinone (HQ)
4. Vinyl Acetate Monomer, purity 99%+
5. Ortho-phosphoric acid, purity 85%
6. Acetonitrile, HPLC grade
7. Water, purified by Barnstead Nanopure water purification system or equivalent.

INSTRUMENT CONDITIONS

HP 1100 Quaternary Pump

Control

Flow: 1.000 ml/min
Stoptime: 20.00 min
Posttime: 3.00 min

Solvents

Solvent A : 80.0 % (H₂O, 0.1% H₃PO₄)
Solvent B: 20.0 % (Acetonitrile)

PressureLimits

Minimum Pressure : 20 bar
Maximum Pressure: 400 bar

Timetable

Time	Solv.B (%)	Flow
0.00	20.0	1.000
3.00	20.0	1.000
15.00	95.0	1.000
20.00	20.0	1.000

HP 1100 Variable Wavelength Detector

Signal

Wavelength: 294 nm
Peakwidth: > 0.1 min

Time

Stoptime: As pump
Posttime: Off

Autobalance

Prerun balancing: Yes
Postrun balancing: No

HP 1100 Autosampler

Injection Mode : Standard
Injector volume: 7.0 μ l

RetTime (min)	Name
---------------	------

4.932	HQ
-------	----

CALIBRATION AND STANDARDIZATION

As the HQ component in the standard is not very stable, the calibration must be carried out immediately after the standard is made from a freshly prepared stock standard.

Prepare 100 ppm of HQ in Vinyl Acetate Monomer.

1. Accurately weigh 0.05g of HQ into a 1000 ml standard flask.
2. Add accurately Vinyl Acetate Monomer to have the final weight at 500 g.
3. Cap and shake the content of the standard flask to ensure proper mixing of HQ.

Prepare 3 ppm of HQ in Vinyl Acetate Monomer.

1. Weigh 3 g of 100 ppm standard into a glass bottle. (Record the weight)
2. Add 97 g of vinyl acetate monomer. (record the total weight).

Prepare 8 ppm of HQ in Vinyl Acetate Monomer.

1. Weigh 8 g of 100 ppm standard into a glass bottle. (Record the weight)
2. Add 92 g of vinyl acetate monomer. (record the total weight).

Determine HQ concentrations in the vinyl acetate monomer blank by Standard Addition.

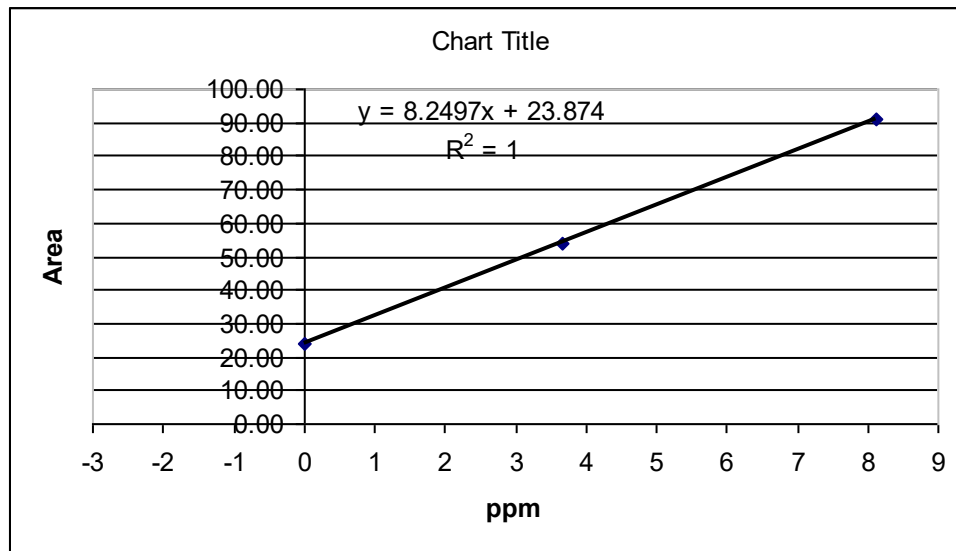
1. Analyze vinyl acetate monomer blank, 3 ppm standard, and 8 ppm standard.
2. Plot peak area vs. 0, 3, 8 ppm.
3. Use the equation obtained from the plot to calculate the HQ concentration in the vinyl acetate monomer blank.
4. Calculate the final concentration of HQ in the standards by adding the concentration in the blank to the spiked HQ concentration.

	Blank	Standard 1	Standard 2
	HQ	HQ	HQ
Spiked Conc.	0	3.670	8.132
Peak Area	23.87	54.15	90.96
Final Conc.	2.894	6.564	11.026

HQ (x) concentration in the vinyl acetate monomer blank is calculated from the equation:

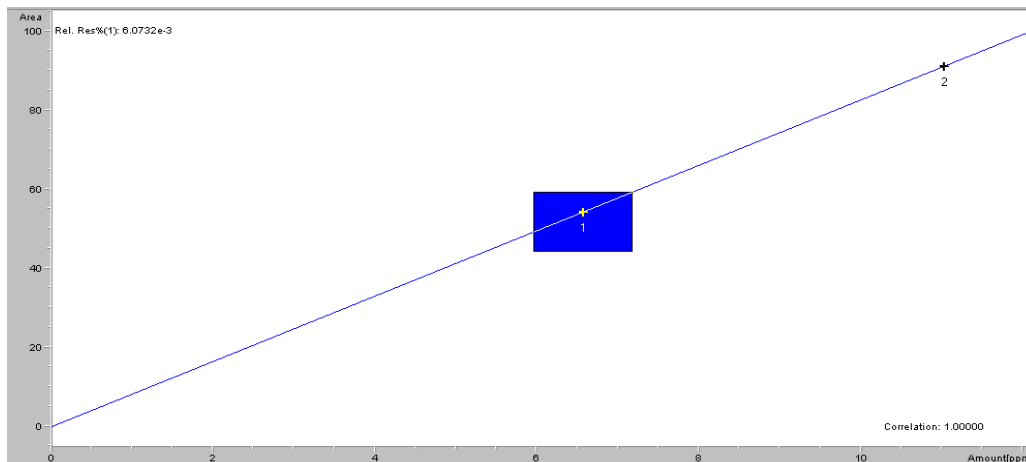
$$y = 8.2497x + 23.874$$

$$x = -23.874 / 8.2497 = -2.894 \text{ ppm}$$

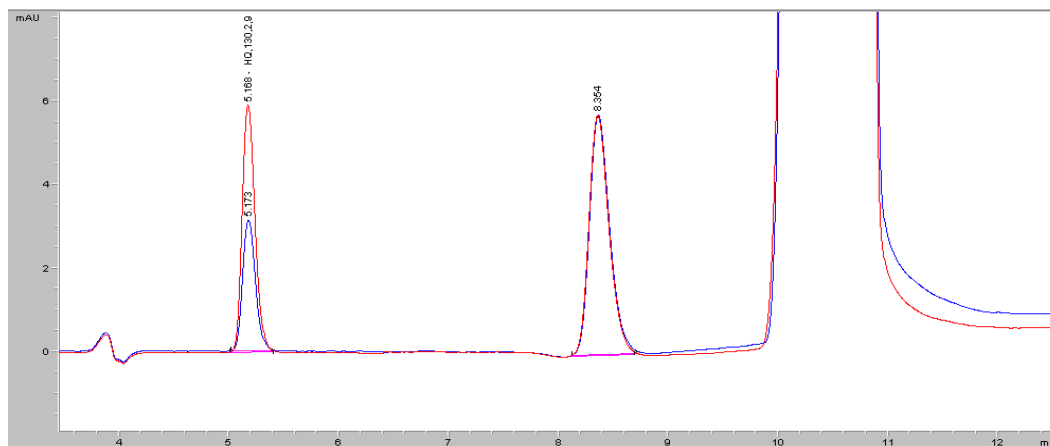


Establish Calibration Curve.

Plot the peak area against the final concentration in above standards to obtain the external calibration curve.



TYPICAL CHROMATOGRAMS OF HQ. Red trace is HQ spiked.



SAMPLE ANALYSIS

1. Place the sample on the respective autosampler tray position.
2. When the sample run is over, the computer prints out the data sheet with result.

REPORTING

Report the HQ in part per million, ppm.

Liquid Chromatographic Method for HQ in VAM: Example 2

HYDROQUINONE (HQ)

- a) Analyze a portion of the sample using the following reverse phase high pressure liquid chromatographic procedure.
- b) Instrument parameters
- | | |
|--|--|
| Instrument | Hewlett Packard Model 1090 High Pressure Liquid Chromatograph, or equivalent. |
| Column | Merck LiChrospher Reverse Phase High Pressure Liquid Chromatographic Column, LiChrospher 100 RP 18. 12.5cm x 4.0 mm with 5 μ m spherical particles. Available from VWR Scientific. |
| Eluent (A) | Phosphoric acid (0.01%) in water. |
| Eluent (B) | Acetonitrile. |
| Gradient Program | 90% A:10% B for 4 minutes; programmed to 50% A:50% B at 12 minutes; programmed to 100% B at 19 minutes. Hold at 100% B for 6 minutes. |
| Total Run Time | 25 minutes. |
| Instrument Equilibration Time (between analyses) | 5 minutes. |
| Column Temperature | 40°C. |
| Detectors | Ultraviolet/Visible detector operated at 285 nm. |
| Sample size | 20 μ L. |
| Spurge gas | Helium. |

NOTE: The refined vinyl acetate monomer should not be filtered due to the possibility of contamination from the filter.

- c) Procedure: Analyze a portion of the sample according to the parameters described in paragraph 6b.
- d) Prior to running a sequence of VAM samples, or if the instrument has not been used for greater than 2 hours, perform an injector wash sequence.
- e) If the UV lamp has been turned off for any length of time, turn on and allow about 15 minutes for warm-up and equilibrium.
- f) Calibration: Hydroquinone standards are prepared by weighing about 0.2500 g of HQ into approximately 26 g of refined vinyl acetate. This gives a solution containing about 0.9 weight percent inhibitor. Sequential dilution of this material with ethyl acetate are made to obtain a series of standards containing about 0.45, 0.10, 0.015, 0.01, 0.001 and 0.0005 weight percent of inhibitor.
- g) Analyze the standards according to the parameters shown in paragraph 6b.
- h) On graph paper plot the known weight percent inhibitor (y-axis) versus peak area count. The calibration factor for HQ is the slope of its given calibration curve (y/x or weight percent/peak area count).
- i) Calculation: Calculate the concentration of inhibitor in the sample using the equation below:

Weight percent inhibitor, $i = \text{Slope } i \times \text{peak area count } i \times 100$

Where

Slope i = slope of the calibration curve for HQ, generated in paragraph 6h.

peak area count i = Peak area of HQ taken from chromatogram of the sample.

Alternate Method

- j) Ceric sulfate, standard 0.002 N solution, Reagent number 29M12.2: Dissolve 1.096 g of ceric ammonium nitrate $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}_3(\text{NO}_3)_6$, in 28.0 mL of concentrated sulfuric acid. With stirring, slowly pour the ceric solution into 200 mL of distilled water contained in a 600-mL beaker. When the solution is complete, transfer to a 1-liter flask and dilute to the mark with distilled water.
- k) Diphenylamine indicator, Reagent number B7C3.2: Dissolve 0.1 g of diphenylamine in 100 mL of concentrated sulfuric acid. Store in a brown bottle.
- l) Hydroquinone standard: Weigh 0.2000 g of hydroquinone to the nearest 0.1 mg. Dissolve and dilute with distilled water to exactly 1000 mL in a volumetric flask. This is an unstable solution. The HQ slowly oxidizes to benzoquinone which is inert to the reagent, hence the solution must be discarded after one week of normal use.
- m) Reagent standardization: Pipet 10-mL portions of the hydroquinone solution into each of two 100-mL flasks. Add 3 drops of the diphenylamine indicator and titrate with the ceric sulfate reagent to a light-blue end point, using a 25-mL buret. The titrations should be approximately 20 mL and should agree within 0.5 mL. Average the two values and use in the calculations.
- n) Procedure: Pipet 50 mL of the sample into a 250-mL flask.
- o) Evaporate the sample at room temperature by passing a stream of nitrogen gas or clean air into the flask. Bench-line air should pass through a fiberglass filter before entering the sample flask. Maintain the flow of air just short of a level causing splattering of the sample. That part of the delivery tube in the flask must be metal, glass, or an inert plastic such as polyethylene or Teflon.
- p) After complete evaporation, which requires 45 to 60 minutes, remove the gas stream and dissolve the hydroquinone in 25 mL of distilled water.
- q) Add 3 drops of diphenylamine indicator, using the same dropper as in the reagent standardization, and titrate with the ceric sulfate solution to a light-blue end point, permanent for 15 seconds. At the 4-ppm level, this requires approximately 2 mL titration.
- r) Calculation:

$$[(V \times F)/(S)] \times 1000 = \text{ppm HQ in sample}$$

V = mL $\text{Ce}(\text{HSO}_4)_4$ reagent required for the sample titration, from paragraph 6r.

F = factor = (mg HQ in 10-mL aliquot, paragraph 6m) \div (average mL $\text{Ce}(\text{HSO}_4)_4$ reagent, paragraph 6n).

S = grams of sample used = 50 x specific gravity

- s) Reference: ASTM Method D 2193.

VINYL ACETATE COUNCIL

1250 Connecticut Avenue, NW
Suite 700
Washington, DC 20036
USA
www.vinylacetate.org