

沼气 安全第一！

沼气技术
安全使用指南

沼气专有技术_2

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Fachverband
BIOGAS

German Biogas Association
www.biogas.org

目录

引言.....	4
前言.....	5
一般要求	6
1. 导言	6
2. 术语和定义	7
3. 沼气的性质	9
4. 危害	10
4.1. 环境危害	12
4.2. 健康危害	13
4.3. 有害物质	13
4.4. 生物制剂	13
4.5. 电气设备带来的危害	14
4.6. 机械危害	14
4.7. 气体危害	14
4.8. 爆炸与火灾危害	15
4.9. 来自周边环境的危险源	16
4.10. 不当行为引起的危害	16
5. 危害评估	17
5.1. 特定运行情况的危害评估	19
5.2. 启动/调试	19
5.3. 维护维修工作.....	19
5.4. 停机/停运	21
5.5. 防爆文件.....	21
5.6. 危险区域工作设备的要求	23
6. 消防概念	24
6.1. 结构性防火	24
6.2. 组织性防火	25
7. 防护措施	26
7.1. 组织防护措施	26
7.2. 个人防护措施	28
8. 文件备案	30
具体要求	31
1. 进料系统的要求	31
2. 物料处理系统的要求	33
3. 储存罐/预处理池的要求	34

4. 发酵罐的要求.....	35
5. 储气罐的要求	37
6. 储气系统中木质屋顶结构的要求	39
7. 沼气储存间的要求.....	40
8. 沼气厂物料输送部件的要求	41
9. 沼气厂沼气输送部件的要求.....	42
10. 冷凝井的要求	43
11. 正负压保护装置的要求.....	44
12. 气体净化的要求.....	45
12.1. 通过向发酵罐中气体空间供应空气进行内部脱硫	45
12.2. 通过添加铁化合物进行内部脱硫	45
12.3. 通过含铁材料或活性炭的外部设施进行脱硫	45
13. 气体分析要求	46
14. 接触沼气的配件和安全装置的要求	47
15. 火炬的要求.....	47
16. 过程控制系统/仪表与控制 (I&C) 系统的要求	48
17. 电气工程的要求.....	49
17.1. 等电位连接	49
17.2. 发生停电时的防护措施	50
18. 防雷要求.....	52
19. 物料输送和/或沼气输送设备房间要求	52
检查和测试	54
沼气提纯为生物天然气	55
工厂安全运行建议.....	58
1. 法律框架建议	59
2. 行业培训	59
附件	60
附件1: 危害评估	60
附件2: 分包商和员工的维护、安装和保养工作指导	61
组织.....	64
参考文献	66
鸣谢.....	67

引言



“沼气是分散式可再生能源战略的重要组成部分，但唯有以专业方式经营沼气厂，沼气才能获得市场的长期认可。与其他发电形式一样，研究沼气领域最新技术同样重要。这意味着该领域所涉及的每一位个体、制造商、分销商及运营商都必须遵守相关的法规和要求（尤其是与之相关的各类欧盟指令，例如欧盟机械指令2006/42/EC和ATEX指令2014/34/EU）。他们必须正确评估与职业健康安全 and 环境保护相关的所有危害，并在此基础上制定和实施必要的防护措施。这意味着，为了理解从制造商处获得的工厂的工艺设计，存在着一定的技术挑战，但同时也存在着编制证明文件的组织挑战。”

例如，在德国，德国沼气协会（**Fachverband Biogas e.V.**）不断深化与政府部门和专业机构的合作，以解决复杂问题并找到切实可行的解决方案。为此，他们制作了大量的工作辅助工具与情况说明书等资料。我们很高兴能在本出版物中向您介绍这些资料的主要内容。

毕竟，正如我所说：只有安全的工厂才能确保沼气获得市场的长期认可。”

– 约瑟夫·齐格勒 (**Josef Ziegler**)
德国沼气协会安全工作组发言人



在可再生能源和能源效率领域，德国国际合作机构目前正在50多个国家开展170多个项目，其中20多个项目侧重于沼气或沼气组分。因此，从开发政策的角度来看，众所周知，沼气具有许多优势，例如减少温室气体排放，提供可靠的绿色能源和创造就业机会。

与德国相比，我们大多数合作伙伴国家并未对沼气厂的安全生产提出具体要求。此外，显而易见的是，沼气厂可能发生的事故对沼气市场可持续发展是非常有害的。因此，为了确保沼气项目的可持续性、高效性及安全性，安全问题始终是我们工作的重中之重，对我们的合作伙伴至关重要。”

– 伯恩哈德·齐姆拉 (**Bernhard Zyma**)
能源与运输主管
德国国际合作机构

前言

为确保沼气厂的可持续、高效及可靠运行，安全性至关重要。

沼气属于极易燃的混合气体因含有毒有害物质，吸入后会危害人体健康。沼气厂所使用的工艺系统可能非常复杂。鉴于以上诸多危害，为了将沼气厂对人类与环境的影响降至最低，必须采取基本的防护措施。

本沼气厂《安全指南》在很大程度上参考了《德国农业、林业和园艺业社会保险（SVLFG）》中《技术信息4》的建议，全面阐述了沼气厂的安全问题，并指出了各种形式的实际帮助。因此，本《安全指南》是参与沼气厂规划、建设、运营、维护及测试的每个人的重要信息来源。此外，该出版物系与德国国际合作机构合作编制，旨在为政策制定者制定合理的国家框架与安全标准提供基础。

本指南重点关注大中型沼气厂。在本出版物中并未详细讨论小型沼气厂与家用沼气厂。除了提高对安全问题的认识外，本指南的目的还在于面向有关沼气厂，提出国际适用的安全要求建议。本指南重点关注职业健康与安全，换言之，即致力于保护操作人员、员工及其他个体（第三方）的保护。

本指南基本上可分为两大部分：（1）一般要求，涵盖重要议题，例如沼气厂的各类危险和危害，和（2）具体要求，例如适用于沼气厂零部件的要求。此外，本指南还提及与生物甲烷气生产相关的要求。在本指南最后一节中，德国沼气协会就沼气安全标准的制定提供了建议。

沼气具有诸多优点：分散性、气候友好性及可靠性，而且只要遵守某些规则，沼气就是一种安全的能源形式。德国沼气协会和德国国际合作机构希望能够借助本出版物的发行，有效地推广德国在该领域积累的广泛经验，藉此推动国际市场上相关各方对沼气厂安全生产问题的思考与重视。



一般要求

1. 引言

引言

于所涉及的高度复杂的工艺流程以及生产和储存高度易燃气体这一事实，沼气厂安全运行是非常重要的。但是，如果采取适当的保护措施，沼气厂内及周围环境的威胁可以被限制和减少到可控的程度，并且沼气厂能够以预期的方式运行。为了确保沼气厂的安全运营，我们必须牢记：沼气的安全生产应始于项目的规划阶段，并贯穿沼气厂所有的生产运营环节；这需要制造商、规划顾问及运营商之间密切合作。

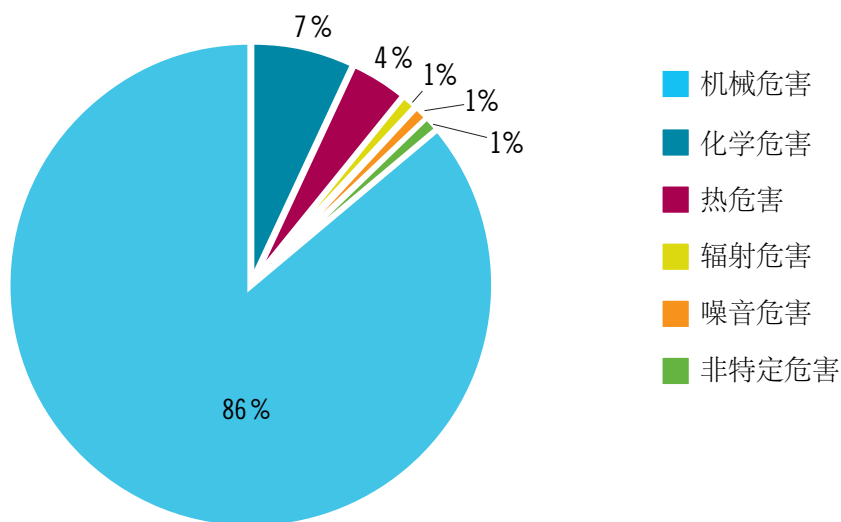
然而，即使技术、组织及个体层面的防护措施已到位，沼气厂仍可能偶尔会对人和自然造成威胁。德国农业、林业和园艺业社会保险组织是负责为德国农民提供工伤保险及其他服务的组织。在2012年，该组织分析了2009年至2012年期间沼气厂职工在劳动过程中发生的人身伤害事故。如图1所示，在此期间，沼气厂最常见的事故是机械性事故（撞击、跌落、割伤、压伤等）。

在被分析的各类事故中，近50%的事故系在维修活动过程中发生，不足1%的事故导致人员死亡。

在工艺过程中使用有毒、有害和/或致敏化的化学物质（用于沼气脱硫的加工助剂、生物制剂或化合物）也是德国沼气厂发生各类事故的原因之一。

下图显示了开展该项调查时德国的情况。得益于严苛的安全标准，德国发生导致人身伤害的事故（例如因爆炸或火灾引发的事故）相对较少。在其他国家，这些统计数据可能看起来迥然不同。因此，显而易见的是，遵守特定规定（法律、法规、标准）确实会对沼气厂的安全生产产生重大影响，并且可显著提高沼气厂的安全性。

图1：与人身伤害事故相关的危害类型（德国农业、林业和园艺业社会保险组织，2012年）。



2. 术语和定义

氨 (NH ₃)	含氮化合物（如蛋白质、尿素及尿酸）降解所产生的含氮气体。
厌氧处理	在没有空气（大气氧气）的情况下进行的生物工艺过程，其目的是降解有机物质并产生沼气。
沼气	厌氧消化过程的气态产物，主要包含甲烷和二氧化碳，但也可能包含氨、硫化氢、水蒸气及其他气态或可汽化成分，具体视底物的不同而异。
沼气厂	为生产、储存和使用沼气而设计的工厂，包括为工厂运行提供服务的所有设备和架构；此类工厂借助有机物的厌氧消化过程生产沼气。
沼气净化提纯为生物天然气	将甲烷和二氧化碳进行分离并减少其他不需要的气体组分（H ₂ S、NH ₃ 及其他微量气体）的方法。产物是甲烷含量很高的气体（类似于天然气），通常被称为生物天然气。
生物天然气	生物天然气是一种气态生物燃料，其主要成分是甲烷，符合国家天然气标准。
二氧化碳 (CO ₂)	一种无色、不易燃、略带酸气且其本身无毒的气体。二氧化碳与水是所有燃烧过程的最终产物；当空气中二氧化碳含量达到4-5 % 时可麻痹人的呼吸中枢，而含量达到 8 % 以上时会导致人窒息死亡。
冷凝	发酵罐中产生的沼气含有饱和水蒸气，必须先行脱水后方才能够用于热电联产机组（CHP）。冷凝过程可借助冷凝器中适当排布的地下管道完成，也可借助沼气的干燥过程来完成。
热电联产 (CHP) 机组	基于与发电机相连的发动机，将化学结合能转化为电能与热能的机组。将释放的能量同时转化为电能（或机械能）和可使用的热能（有用热量）。
脱硫	一种采用物理化学、生物或综合方法来降低沼气中硫化氢含量的过程。
沼肥	沼气发酵后残留的液体或固体物质，包含有机组分和无机组分。
沼肥储存罐 (液体化粪池)	在后续使用之前，用于储存液体粪肥、粪泥或沼肥的容器或反应池。
发酵罐 (反应池、消化罐)	在其中物料发生微生物降解并产生沼气的容器。
爆炸范围	可燃气体、气雾或蒸汽与空气或支持燃烧的另一种气体混合后，能着火或引燃爆炸的浓度范围。

一般要求

爆炸极限	爆炸极限分为爆炸下限和爆炸上限。爆炸下限 (LEL) 是指在空气中沼气遇火源能发生爆炸的最低浓度。爆炸上限 (UEL) 是指在空气中, 沼气遇火源能发生爆炸的最高浓度。
储气罐	用于暂时储存沼气的气密性罐或膜式储气容器。
气体净化	用于沼气净化的设施 (例如脱硫)。
危险区域/爆炸区域	由于当地条件和操作条件而可能出现危险爆炸性环境的区域。
硫化氢 (H ₂ S)	一种剧毒、无色且有臭鸡蛋气味的气体; 即使在低浓度下也可造成生命危险。
安装室	安装了用于气体净化、气体泵送、气体分析或气体利用等用途的设备 (包括相关仪表与控制设备) 的房间。
甲烷 (CH ₄)	一种无色、无味、无毒的气体; 其燃烧产物是二氧化碳和水。甲烷是最主要的温室气体之一, 是沼气、污水处理气、垃圾填埋气和天然气的主要成分。
标准立方米 Nm ³ 或 m _N ³	1标准立方米是指在压力1.01325巴、湿度为0% (干燥气体) 和温度0°C的条件下1立方米气体的体积。
氮氧化物	一氧化氮 (NO) 和二氧化氮 (NO ₂) 气体被统称为氮氧化物 (NO _x)。一氧化氮是一种有毒但无色无味的气体。二氧化氮是一种红棕色有毒气体, 有类似于氯气的刺激性气味。氮氧化物是在所有燃烧过程中由空气中氮和氧两种元素组成的化合物, 也是燃料中含氮化合物氧化的产物。
安全距离	储气罐周围的用于保护储气罐及其设备的区域。
固体进料系统	沼气厂的一部分, 用于将不可泵送的物料或混合物料直接装载到消化池中。
物料	用于厌氧消化或发酵过程的原料。
二氧化硫 (SO ₂)	一种无色、有刺激性气味的有毒气体, 对粘膜有刺激性。在大气中, 二氧化硫经过一系列转化过程, 会生成各种物质, 包括亚硫酸、硫酸、亚硫酸盐及硫酸盐。

3. 沼气的性质

沼气的主要成分包括甲烷（50%至75%体积分数v/v）、二氧化碳（20%至50%v/v）、硫化氢（0.01%至0.4%v/v）以及微量的氨、氢、氮和一氧化碳。此外，沼气还可能含有挥发性物质。使用粪污为原料的沼气的组分的分析结果表明：甲烷为60%v/v，二氧化碳为38%v/v，残留气体为2%v/v（请参阅表1）。

防范声明（P声明）是安全说明，描述一般注意事项、防范措施、响应（在事故发生后应采取的各项措施）、储存说明及处置说明。



如需了解详细信息，请登录全球化学品统一分类和标签制度（GHS）网站查找。

根据《全球化学品统一分类和标签制度》（GHS）（联合国，2015年），沼气被描述为极易燃气体（H220），应远离热源、热表面、火花、明火及其他着火源，例如吸烟（P210）；应将存放在密闭容器内（P233），并置于通风良好的地方（P403 + P235）。危险与防范声明（H声明和P声明或短语）是涉及化学物质使用的简要安全说明。危险声明（H声明）描述了物理危害、健康危害及环境危害。

1.3.1. 密度

沼气的密度可能各不相同，具体取决于其组成、含水量和温度。沼气的密度可能比空气重或轻，并且在重力的作用下不会发生分离。在制定防护措施（例如固定式气体报警系统的定位）时必须牢记沼气的这一属性。

表1：各类气体的性质（德国农业、林业和园艺业社会保险组织，2016年）

	沼气（60%的甲烷）	天然气	丙烷	甲烷	氢气
热值 (kWh/m³)	6	10	26	10	3
密度 (kg/m³)	1.2	0.7	2.01	0.72	0.09
相对空气密度	0.9	0.54	1.51	0.55	0.07
着火温度 (°C)	700	650	470	595	585
火焰在空气中的最大传播速度 (m/s)	0.25	0.39	0.42	0.47	0.43
爆炸范围 (% v/v)	6 – 22	4.4 – 15	1.7– 10.9	4.4 – 16.5	4 – 77
理论空气消耗量 (m³/m³)	5.7	9.5	23.9	9.5	2.4

一般要求

4. 危害

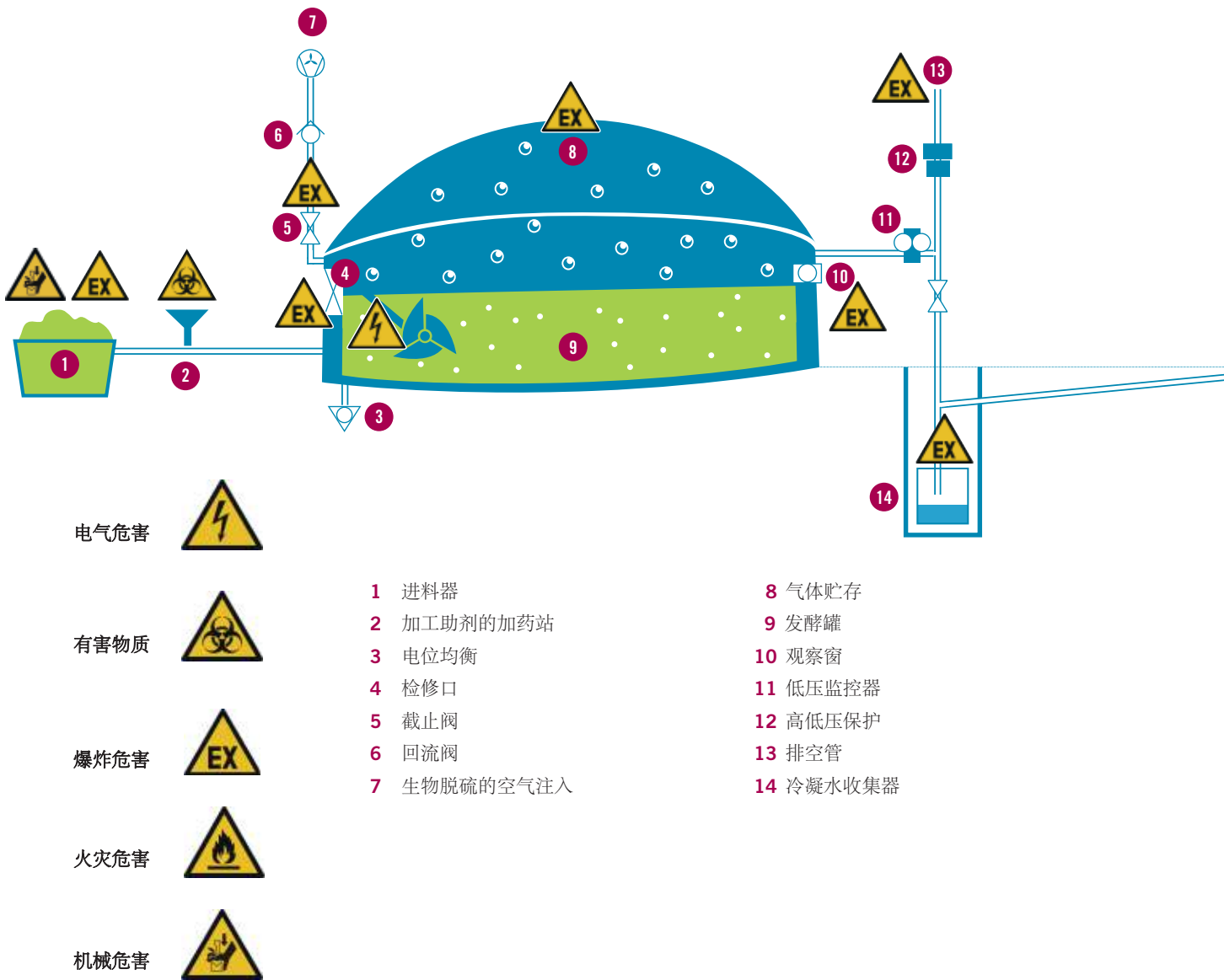
沼气厂的工艺过程高度复杂，其中会发生多种不同的危害。从本质来看，危害可分为健康危害和环境危害。

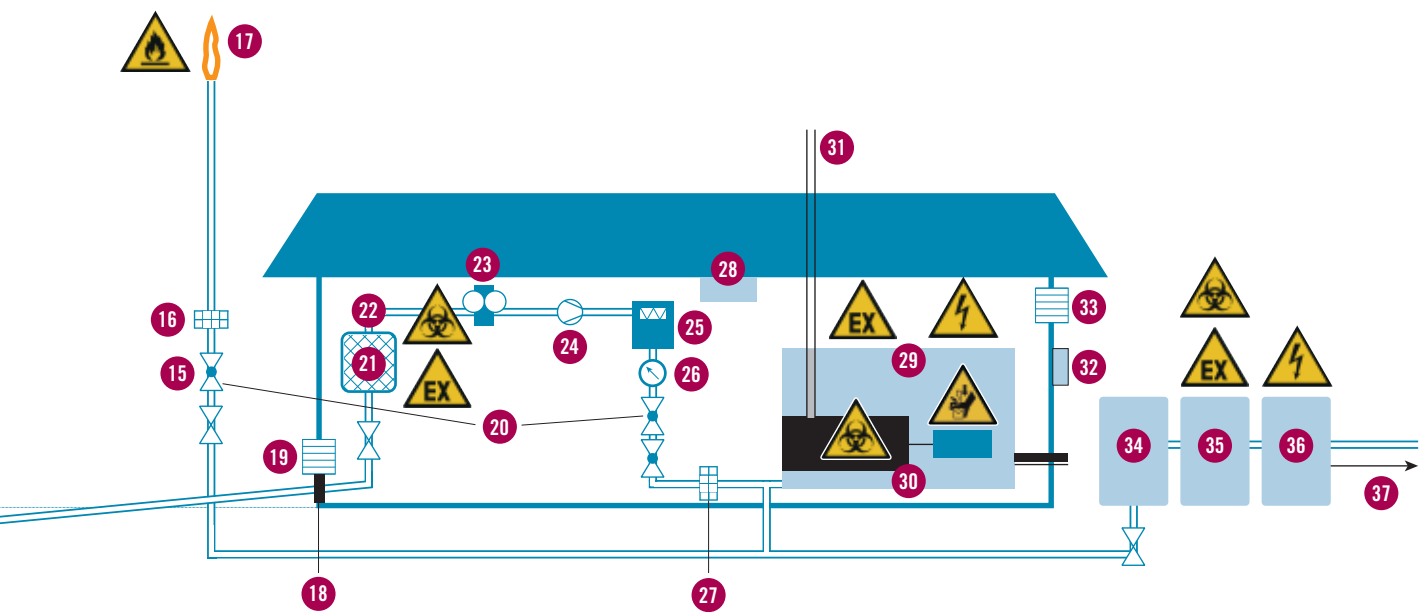
例如，沼气厂可能存在的危害包括火灾和爆炸、危险物质（例如加工助剂、电流和沼气本身的风险）。

不仅如此，还需注意沼气厂某些环节的机械危害。

图2显示了与沼气厂相应部件与组件相关的主要危害。此图重点关注健康危害。

图2：沼气厂中危害概述





- 15 截止阀
- 16 阻火器
- 17 气体火炬
- 18 沼气管道壁入口的防火措施
- 19 新风入口
- 20 自动切断装置
- 21/22 气体精滤器/活性炭过滤器
- 23 低压监控器

- 24 压缩机
- 25 气体流量计
- 26 压力计
- 27 阻火器
- 28 气体报警装置
- 29 CHP (热电联产机组)
- 30 油盘
- 31 热电联产机组排气管

- 32 应急开关
- 33 新风出口
- 34 提纯装置
- 35 调节装置
- 36 加气单元
- 37 生物天然气的利用

一般要求

4.1. 环境危害



从本质来看，仅当沼气逸散到大气中或者当工厂中的加工材料（例如消化底物、青贮流出液、油或燃料）进入附近水体中时，环境才会面临危险。这种事故可能是因结构性故障或操作错误所致。

沼气厂造成的环境危害可分为因向大气排放污染物而造成的大气污染和因向土壤与水体排放污染物而造成的土壤与水体污染。

沼气厂事故的影响



2015年6月，德国一家沼气厂发生事故，大约35万升发酵物料流入附近水域，导致水域六吨鱼类死亡。

图片：约瑟夫·巴特

气体排放

沼气技术的主要环境优势之一是避免了有机物料在存储过程中产生的不受控制的温室气体排放。此外，沼气替代化石燃料，沼肥替代合成矿物肥料，从而减少二氧化碳和甲烷的排放量。然而，沼气厂在厌氧消化过程中也会产生甲烷气（一种特别强效的温室气体）。为了确保沼气对气候变化的影响呈总体向好势头，必须将有害的甲烷排放量保持在最低水平。

针对沼气厂开展的分析表明，沼肥储存罐是甲烷排放的主要来源之一，尤其是储存罐没有气密性顶盖的情况下。热电联产机组也存在一些危险，但其危险程度相对较低。沼气厂的其他环节通常具有相对较好气密性，但是储气罐与发酵罐及预发酵罐之间的连接部分可能会发生气体泄露。

为了最大限度地减少甲烷气体的排放，我们的建议包括：

- ▶ 所有构筑物必须尽可能保持气密性。
- ▶ 应该安装自动火炬系统。这对CHP装置特别重要，因为发电机组大约有5%-10%时间需要停机维护。而在这段时间里，沼气的连续生产并不会间断，并且绝不能允许沼气未经燃烧就逸散到大气中。
- ▶ 应确保沼气厂的过压释放装置不会太过频繁地泄压，火炬系统应在过压释放装置泄压之前就先行启动。
- ▶ 沼渣沼液储存罐应配有气密盖。
- ▶ 应使用适当的测量仪进行检查甲烷的泄露，例如气体照相机或泡沫形成剂。
- ▶ 热电联产机组应针对沼气的燃烧特性做相应优化。热电联产机组的甲烷排放量可占甲烷总产量的1%至2%以上。

沼气厂的氨排放也应控制在最低限度。氨会造成土壤酸化，促进水体富营养化的形成，破坏植被，并对健康产生不利影响（浓度较高时，具有毒性；氨在地下水中可转化为会对代谢产生不利影响的亚硝酸盐）。减少氨气的措施与甲烷类似。这意味着应避免向大气中排放气体（尤其是从沼肥储存罐）。田间沼肥施用技术对氨气排放具有至关重要的影响。在可能情况下，应将沼肥迅速转施入到土壤中，并且如果环境温度很高，则根本不应该进行施用（即优选在凉爽的日子而不是在白天的中午）。

在沼气燃烧过程中会产生各种燃烧产物，例如氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳及颗粒物。这些燃烧产物的排放应在各个国家的法规中加以规定。

向土壤与水体中的排放

沼气厂处理和储存的液体量的范围从大约一百立方米到几千立方米不等，单个储存罐通常容量为数千立方米。

无论是在正常操作中还是在发生事故的情况下，储存罐中的物料均不得泄漏到环境中。环境影响最有可能来自有机负荷和营养物。例如，当储存罐泄漏时，大量含有有机污染物的液体会进入环境中。高有机负荷（高化学氧负荷）被微生物分解，从而消耗了氧气。氧气含量的急剧下降会导致鱼类种群的死亡。如果大量的物料进入环境，则水体富营养化的风险就会很大。

使用加工助剂（请参阅与有害物质相关的章节）还会带来环境危害的风险。例如，微量元素的混合物如果泄露入水体，对水生生物毒性极大，且会有长期持续影响。

4.2. 健康危害

鉴于上述的潜在危险源，不可能完全排除沼气厂对操作人员、员工及第三方的健康危害。这些健康危害可分为四类：有害物质、电气危害、机械危害以及爆炸与火灾危害。

4.3. 有害物质



有害物质是表现出某些有害特性的物质、物料或混合物。这些有害特性包括“危害健康”、“毒性”、“剧毒性”、“腐蚀性”、“致敏性”和“致癌性”。有害物质可以是固体，也可以是液体、气溶胶或气体的形式。

沼气厂极可能存在的有害物质包括沼气、加工助剂、油、活性炭、青贮流出液、粪泥、废弃物及生物制剂。

典型的危害包括：

- ▶ 在原料接收区的发酵气体/沼气可能导致人体窒息和/或中毒的风险。因为原料之间发生反应，导致原料接收区，尤其是物料混合过程中释放诸如硫化氢之类的剧毒气体。

- ▶ 与使用具有有害特性的添加剂和辅助材料相关的危害（例如，由各类微量元素组成的具有致癌性和生殖毒性的混合物）。

4.4. 生物制剂



根据国际劳工组织（赫斯特（Hurst）与科比（Kirby），2004）的定义，生物制剂是可能引发感染、过敏、毒性或对人体健康造成危害的任何微生物、细胞培养物或人体内寄生虫。在沼气厂中，这些生物制剂可以存在于原料、沼肥和沼气冷凝液中。

生物制剂的摄入途径与潜在危害的评估有关，摄入途径通常包括呼吸道、手口接触、皮肤/粘膜接触、割伤和刺伤等。

以下是在沼气生产过程中可能因生物制剂而引发危害的示例：

- ▶ 吸入含有霉菌、细菌或内毒素的粉尘或气溶胶，例如来自青贮饲料或已变湿的家禽干燥粪便的（德国农业、林业和园艺业社会保险组织，2016年）。
- ▶ 如果沼气厂作业涉及明显发霉的废弃物，则不可能排除因吸入霉菌毒素或其他微生物代谢产物而引发的急性毒性效应（《垃圾处理设备》（TRBA 214），2013年）。

除能源作物、粪泥及固体粪之外，在使用其他物料的工厂中可能还会产生其他危害：辅助物料中的生物制剂（例如病原体）；分拣过程中的人工接触。



图片：玛蒂娜·霍雷瑟

一般要求

在废弃物处理过程中也容易产生各种危险的制剂与原料。这些可能包括杂质（干扰物质）、动物尸体或来自医院、医生诊所或有罹患疾病或需要护理者的家庭（例如用过的注射器和套管）的废弃物。啮齿动物、鸟类或其他动物及其排泄物也可能引入生物制剂。

4.5. 电气设备带来的危害



沼气厂使用各类电气设备（控制设备、热电联产机组、泵、搅拌器及测量仪器等）。在某些情况下，由于电能的存在而导致电气危害，电气设备可能对健康产生不利影响。

- ▶ 人体电击或电弧闪光引起的电击或电弧危害。
示例：搅拌器上损坏的电源线
- ▶ 电场、感应电流或磁场引起的感应电流循环会在人体中产生刺激作用，从而产生电场或磁场危害。这些危害发生在最高不超过30 kHz的频率范围内（低频范围）。
示例：热电联产机组发电机发出的电辐射磁、电辐射及磁辐射（可对装有心脏起搏器的人构成威胁）。
- ▶ 静电释放引起的电击会产生静电危害。

4.6. 机械危害



机械危害通常并非沼气技术所特有的。但是，沼气厂最常见的事故类型是机械危害：跌落、撞击、挤压、割伤等。

该领域的事故黑点包括在筒仓或其他高空作业场所中开展作业、在旋转部件附近的作业（例如进料系统）或在移动中车辆附近的作业（有被撞倒的风险）。如果未采取足够的保护措施，则在维护和修理作业期间极有可能发生事故。

4.7. 气体危害

沼气是不同气体的混合物，其浓度可能会因所涉沼气厂的不同而异。下表列出了沼气的主要成分及其与健康风险相关的特性（请参阅表2）。

工作场所暴露极限（《工作场所限值》（TRGS 900），2016年）或职业暴露极限（OEL）是指在指定参考期间内工作场所空气中某种物质的时间加权平均浓度，且在此时间段内该浓度预计不会对员工的健康造成急性或慢性危害。通常情况下，设定该限值是基于以下假设：暴露时间是每工作日八小时，每周工作五天。

工作场所暴露极限的单位是mg/m³（ppm）。

表2：沼气气态组分的性质。资料来源：（《工作场所限值》，2016年）和（德国农业、林业和园艺业社会保险组织，2016年）

	性质	危险环境	工作场所暴露极限
CO ₂	无色无味的气体。比空气重。	8% v/v, 存在窒息危险。	5500 ppm
NH ₃	有刺激性气味的无色气体。比空气轻。	浓度大于30–40 ppm m时，会刺激粘膜、呼吸道和眼睛。 浓度大于1000 ppm时，会造成呼吸困难，且可导致意识丧失。	20 ppm
CH ₄	无色无味的气体。比空气轻。	4.4–16.5%	-
H ₂ S	剧毒，无色气体。比空气重。有臭鸡蛋气味。	浓度大于200 ppm时，人会逐渐失去嗅觉，不再能感知到气体。 浓度大于700 ppm时，吸入硫化氢气体会导致呼吸停止。	5 ppm



图片：乌韦·鲍林

4.8. 爆炸与火灾危害



爆炸是指易燃物质与氧气突然发生化学反应，并释放出大量的能量。随着能量的释放，气体的体积突然膨胀。例如，这可能是由易爆性气体环境所引起。

易燃物质可能以气体、蒸气、薄雾或粉尘的形式存在。仅在以下三个要素同时满足的情况下才会发生爆炸：

- ▶ 易燃物质（其分布与浓度都会导致爆炸）
- ▶ 氧气（来自空气）
- ▶ 点火源

沼气厂可能发生两种类型的爆炸：爆炸和爆燃，具体视情况的不同而异。

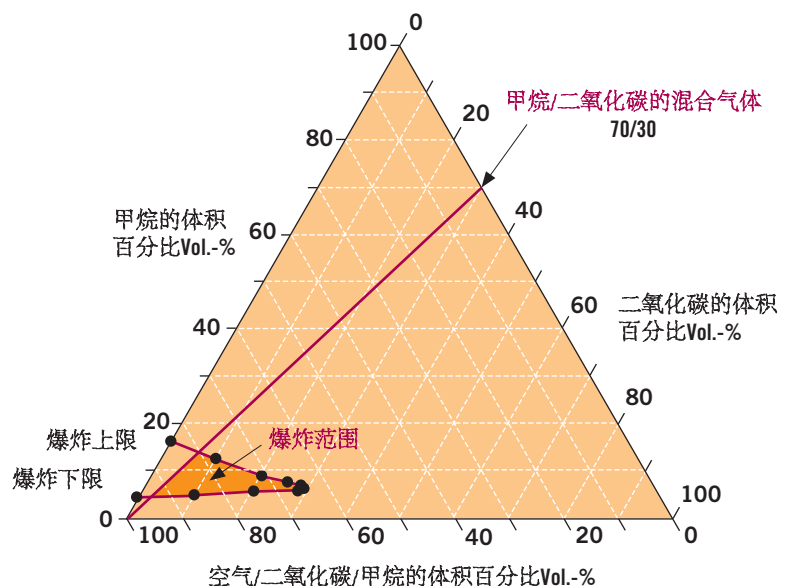
爆炸是在爆炸极限范围内发生的快速燃烧。爆炸所产生的压力低于爆燃时的压力，但是足以摧毁车窗玻璃。人身伤害通常仅限于瘀伤、烧伤和割伤

爆燃是爆炸的一种形式，其中反应波前传播速度低于相应介质中的声速，并且燃烧气体羽流在传播的相反方向流动。由此产生的压力足以损坏或完全摧毁建筑物。人们可遭受严重伤害，甚至可能致命。

如果大气中的沼气浓度在6至22% v/v之间，则当存在着火源（爆炸范围、易爆气体环境）时有爆炸的危险。纯甲烷气在空气中的爆炸范围在4.4至16.5% v/v之间。沼气的着火温度为700° C（甲烷的着火温度为595° C）。沼气的组成成分可能会因甲烷与二氧化碳的比例不同而异，因此，混合气体在空气中的爆炸范围也会随之发生变化。

因此，图3举例说明了甲烷/二氧化碳混合物（70%的甲烷 - 30%的二氧化碳）的爆炸极限及其变化趋势（爆炸上限和爆炸下限）。高于或低于爆炸范围的气体-空气混合物均不会发生燃烧。

图3：沼气的爆炸三角形



一般要求

破裂的储气罐示例



图片：Vgh Versichertungen

沼气厂有多种潜在的火源（请参阅表3）。

4.9. 来自周边环境的危险源

除上述的特定危害之外，也可能存在与天气相关的危险源或与环境有关的其他危险源，例如洪水、地震、暴风雨、冰和/或雪、停电、暴雨或霜冻。此外，还必须考虑与现场相关的危险源，例如邻近企业的影响或交通状况。

诸如此类的环境危险源可能会与其他特定危害相互作用。

4.10. 不当行为引起的危害

在沼气的运营过程中，还必须考虑到因不当行为而引发的潜在危害。这些包括，但不限于：

- ▶ 未经授权的人员所采取的行动
- ▶ 来自人员的危害（操作错误、电话随叫随到服务不工作、故意不执行故障排除措施及蓄意破坏等）

表3：沼气的潜在着火源（TRBS 2153，2009年）

着火源	示例
热表面	>500 °C（涡轮增压器）
明火	火、火焰、余烬
机械摩擦产生的火花	摩擦、打浆、研磨
电动工具产生的火花	开关操作、连接松动、均衡电流
放热反应	粉尘自燃
雷击	缺失避雷措施
静电放电	由电位均衡缺失引起

5. 危害评估

为了防止事故发生，必须系统性识别、评估并最小化沼气厂的危害。这是开展风险分析的目的。

该项分析采用风险矩阵（请参见表4）作为评估工具，以表格形式呈现不良事件发生的可能性（风险）及该事件产生的相应后果。事件发生概率或产生影响的可能性分为：罕见、不太可能、可能、很可能和几乎确定。

风险评估过程中对这些类别进行“合理估计”或统计验证。根据后果的严重程度，可分为如下类别：

- ▶ 轻微伤害或疾病，如瘀伤
- ▶ 中度重伤或疾病，如单纯性骨折
- ▶ 重害或疾病，如截瘫
- ▶ 可能造成人员死亡、事故灾难，如多人重伤

必须根据危害评估结果制定并执行适当的防护措施。在设备与材料的设计和选型，工作场所、运营生产流程及操作程序的设计，以及兼顾各流程的相互作用方式时，必须同时考虑危害评估的结果。

国家法规亦对此作出规定。一般而言，由运营商或运营商指定人员负责进行危害评估。工厂初次启动前、恢复生产后以及在进行与安全相关的任何变更后，危害评估必须进行更新。

为了帮助运营商更好地履行评估职责，根据德国的实践经验，有必要聘请符合资质的专家对危害评估以及防护措施的有效性进行核查（请参见图4）。在开展维修保养工作、排查问题、解决故障之前，也同样必须进行危害评估。

危害评估结果及定期更新内容必须妥善予以记录和保存，同时应该记录防护措施的执行情况。

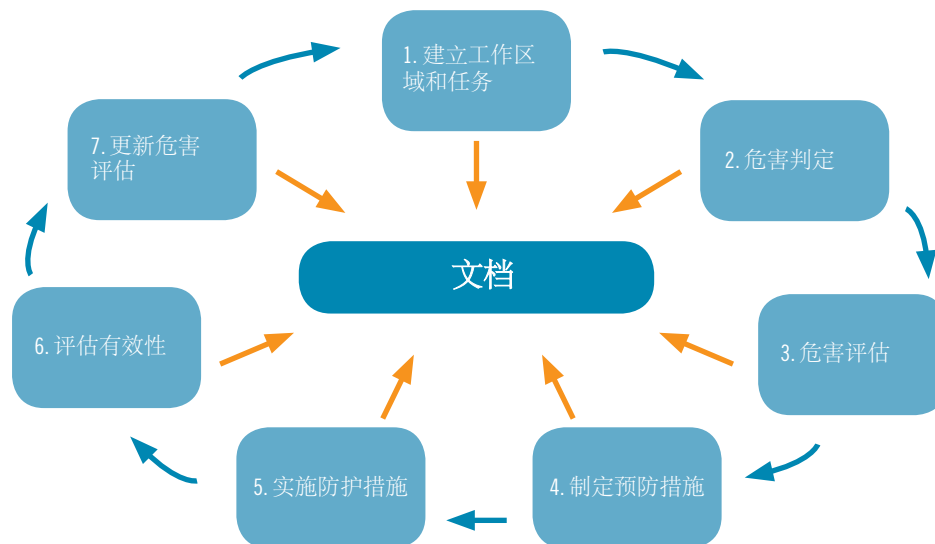


表4：风险分析

			潜在后果				
			轻微伤害或不适。无需就医或未产生明显的健康影响。	需要治疗的伤害或疾病。临时性损伤。	需入院治疗的伤害或疾病。	导致永久性损伤的伤害或疾病。	死亡
			极轻微	轻微	中等	严重	极严重
可能性	预计在正常情況下会经常发生	几乎肯定	中等	高	非常高	非常高	非常高
	预计会在某个时刻发生	很可能	中等	高	高	非常高	非常高
	可能会在某个时刻发生	可能	低	中等	高	高	非常高
	正常情况下不太可能发生	不太可能	低	低	中等	中等	高
	有可能，但几乎永远不会发生	罕见	低	低	低	低	中等

一般要求

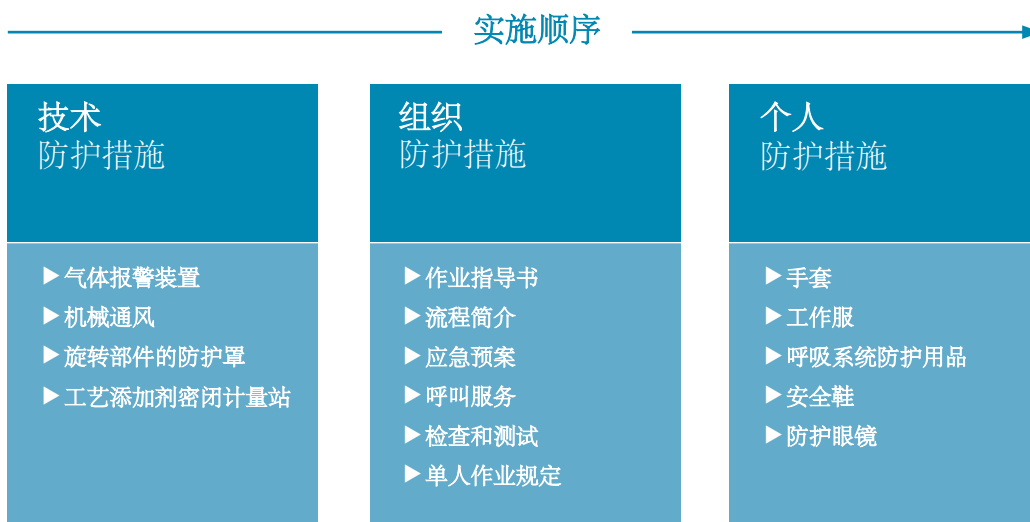
图4: 危害评估各阶段具体行动



一般而言，制定防护措施时应采用TOP原则（请参见图5）确定的层级机制。这意味着首先必须采取技术类措施，如封闭旋转部件或确保在封闭系统中进行操作。一旦用尽所有可能的技术保护措施，就必须采取组织措施，例如编写操作指南、举办培训和交流会等，确保以安全的方式操作使用设备与装置，但也要确保当任何人在危险区域内时不会进行操作。

某些情况下，即使采取技术类和组织类防护措施，但危害仍无法避免。在这种情况下，需要采取个人防护措施，以便在发生危险时保护人员。举例而言，当沼气在不可控的情况下释放时，请及时佩戴呼吸器（呼吸面罩）。

图5: 根据TOP原则制定的防护措施



5.1. 特定运行情况的危害评估

工厂的正常运行是工厂在其设计参数范围内运行的状态。将启动/停机、持续运行期间的维护工作视为正常运行是不合适的。沼气厂人身伤害事故统计数据表明，与维护工作及启动/关闭有关的故事率非常高。因此，有必要将这些运行情况单列考虑，并制定相应的操作指南。

在进行维护维修工作之前，必须明确制定必要的防护措施，同时将其纳入危害评估并进行文件备案。此外，备案文件还应包括书面形式的作业指导书，涉及易燃品危害时还应包括相应的工作许可证制度（参见附件2《分包商和员工的维护、安装和保养工作指导记录》）。



5.2. 启动/调试

明智的举措是在工厂开始调试之前，提前制定启动计划并在启动期间严格照此执行操作。

发酵罐首次投料前，包括相关管道在内的所有罐体上的工作必须全部完工，以防止发生潜在损伤或伤害。对工厂负荷的精确了解需要对原料材料进行适当的计量。这对于启动操作和持续过程控制都非常重要。此外，定期对原料进行化学分析，特别是对消化混合物进行化学分析，是快速启动的明智控制措施。然而，在培养消化微生物阶段，有机负荷率若上升过快，可能很快会出现负荷超载的情况，最终导致启动运行时间延长。未完全装满的发酵罐存在沼气泄漏风险。因此，进料过程中应密切关注物料液位，确保物料的进料设备完全浸入液相。

还应注意的是，在工厂启动期间，由于沼气中甲烷比例不断增加，会暂时性出现爆炸性气体混合物（空气中沼气体积组分占比6-22%）。

在沼气厂开展维护作业期间，除了爆炸防护文件明确指出的正常运行状态下的爆炸危险区域外（参见爆炸防护文件章节标题），维护维修工作期间（如更换搅拌器时打开膜式罐顶），还可能在其他危险爆炸性环境区域（以及根据沼气的硫化氢含量，存在健康危害的区域）。

适当的防护措施包括：

- ▶ 在可能发生火灾/爆炸或对健康有危害的区域设立标志或封锁警戒线。
- ▶ 关闭电气及其他非防爆系统。
- ▶ 清除厂区部分区域的沼气。
- ▶ 选用适当的防爆设备和工具。
- ▶ 间隙测量，即采用适当的技术手段测量特定区域有害物质的浓度或氧含量。这样做的目的是判定周围环境为对员工是安全的，或者采取进一步防护措施。
- ▶ 使用合适的个人防护装备。
- ▶ 确保足够的通风。
- ▶ 指定一名监督人员。

必须将计划工作的时间、地点和性质，以及由此可能产生的限制和危险，以及需要采取的预防措施和注意事项通知在维护维修工作附近从事活动的员工。

5.3. 维护维修工作

只有具备相关工作所需的专业知识和经验，并且可以预期能够可靠地完成其任务的人员才应该被允许维护和修理沼气厂。客户应根据危害评估结果明确制定沼气厂维护维修工作所需各项防护措施（参见危害评估章节与图6），并将相关措施落到实处（《工作场所限值》，2016年）。

一般要求

维护维修工作必须由具备必要能力、胜任该项任务的员工完成，相关工作人员由工厂运营商或业主指定委派，其必须经过职业教育或专业培训掌握了执行维护或维修命令的必备专业知识。

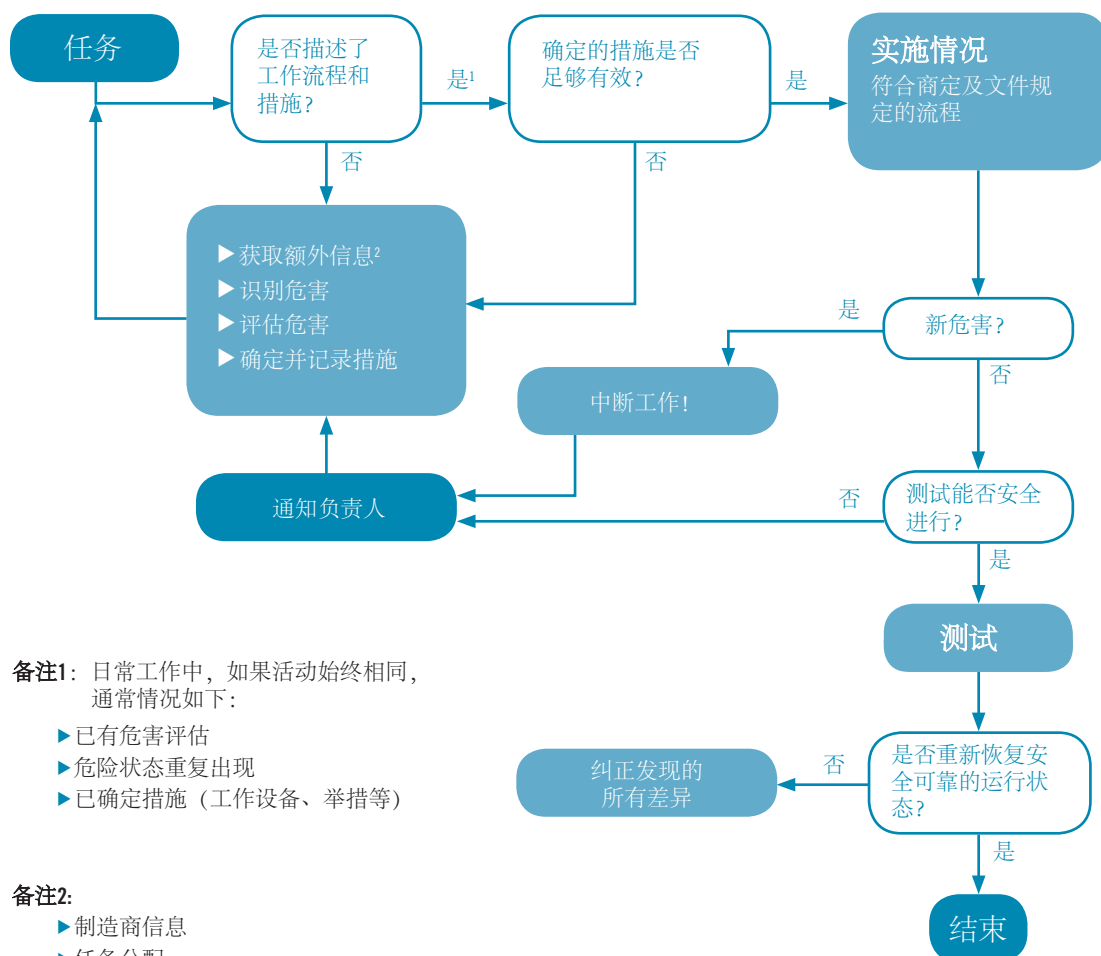
开展维护维修工作时，应合理考虑工作场所环境，适当使用工具与设备完成预期目标。

综上所述，在特殊运行状态下，运营商必须做到

- ▶ 明确实施必要防护措施的职责；

- ▶ 确保运行人员与维修人员之间的充分沟通；
- ▶ 保障维修保养工作区域的安全性；
- ▶ 根据危害评估结果，在必要情况下禁止任何人员未经许可擅自进入工作区域；
- ▶ 为维修保养人员提供安全通道；
- ▶ 避免移动式或升高作业设备或部件产生危害，或避免危险能源或材料危害；
- ▶ 确保设备处于断电状态。系剩余的机械能和电能（如电流泄漏）应通过安全的方式去除。经过处理的设备必须做好标记或贴上标签；

图6: 维护与测试流程示意图 (TRBS1112-1, 2010年)



备注1: 日常工作中，如果活动始终相同，通常情况如下：

- ▶ 已有危害评估
- ▶ 危险状态重复出现
- ▶ 已确定措施（工作设备、举措等）

备注2:

- ▶ 制造商信息
- ▶ 任务分配
- ▶ 故障描述

- ▶ 针对偏离正常状态的工况制定安全工作流程；
- ▶ 提供工作设备维护和修理有关的所有必要的警示牌和危害警告标志；
- ▶ 确保使用合适的设备和工具以及合适的个人防护设备；
- ▶ 若产生或形成危险的爆炸性环境，立即实施相关防护措施；
- ▶ 执行工程审批制度。

对工作设备进行保养或维修时，若正常运行期间采用的技术防护措施部分或全面停用，或必须在存在能源危险的情况下进行此类工作，则必须采取其他适当措施确保施工期间的员工安全。落实维护措施工作流程如图6所示。

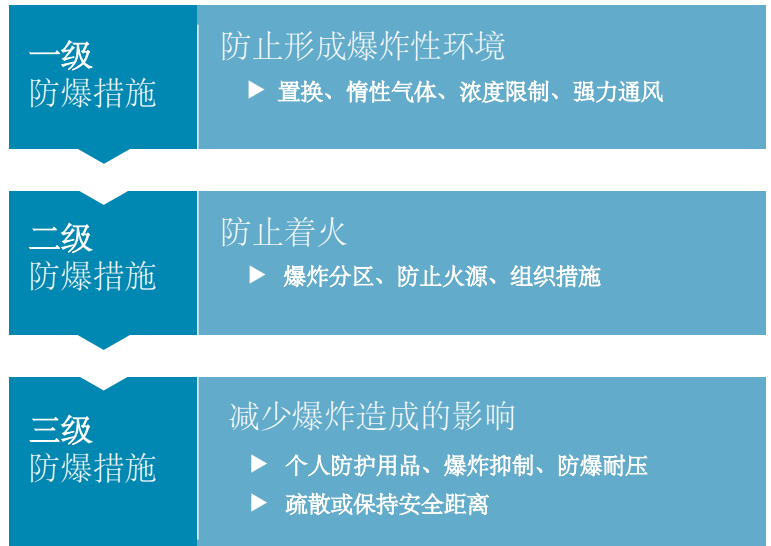
5.4. 停机/停运

关停沼气厂的操作属于特殊运行状态，需要采取特别的措施。防爆文件（参见爆炸防护文件章节）中分类的防爆区仅在有限程度上考虑了这种工作状态。

因此，这些特定危险需要单独考虑。

- ▶ 停止向发酵罐内加入原料，同时出料持续进行。排出的物料量不得超过产生的气体体积，否则会形成危险的爆炸性环境。
- ▶ 如果排出的物料体积超过产气量，则需要断开沼气收集系统同时与大气连通，例如排空正负压保护器的液体密封。随着空气的进入，可能会在发酵罐中形成危险的爆炸性环境。此时严禁出现点火源（参见爆炸与火灾危害章节）。
- ▶ 必须切断发酵罐与气体收集系统的连接，以防止气体回流。

图7：防爆措施实施顺序



- ▶ 出口喷嘴周围可能形成危险的爆炸性环境。严禁出现点火源（参见爆炸与火灾危害章节）。
- ▶ 工作人员进入发酵罐之前以及在发酵罐内作业期间，必须确保通风得当以及足够的空气供给，以防止出现窒息、中毒、火灾或爆炸危害。泵、搅拌器等工作设备必须经过安全固定，防止发生意外启动的情况。

5.5. 防爆文件

防爆文件是危害评估的一部分，涉及爆炸危害的识别和评估。该文件特别有必要确定危险爆炸性环境（或潜在的爆炸性环境——PEA）的预期位置，以及哪些潜在的点火源可能导致点火（参见爆炸与火灾危害章节）。总的原则是，首先实施一级结构性防爆措施，防止产生危险的爆炸性环境。如果无法避免产生危险的爆炸性环境，必须采取技术性防爆措施，避免出现点火源。最后才是三级或组织性防爆措施，旨在减少爆炸造成的潜在后果（请参见图7）。

一般要求

根据危险爆炸性环境发生的频率和持续时间，可将危险区域划分为不同等级（请参见图8）。

必须严格遵守国家有关防爆区域的分类指南。本文件第二部分列举了有关防爆分区及防护措施范例。

图8：防爆区域分类

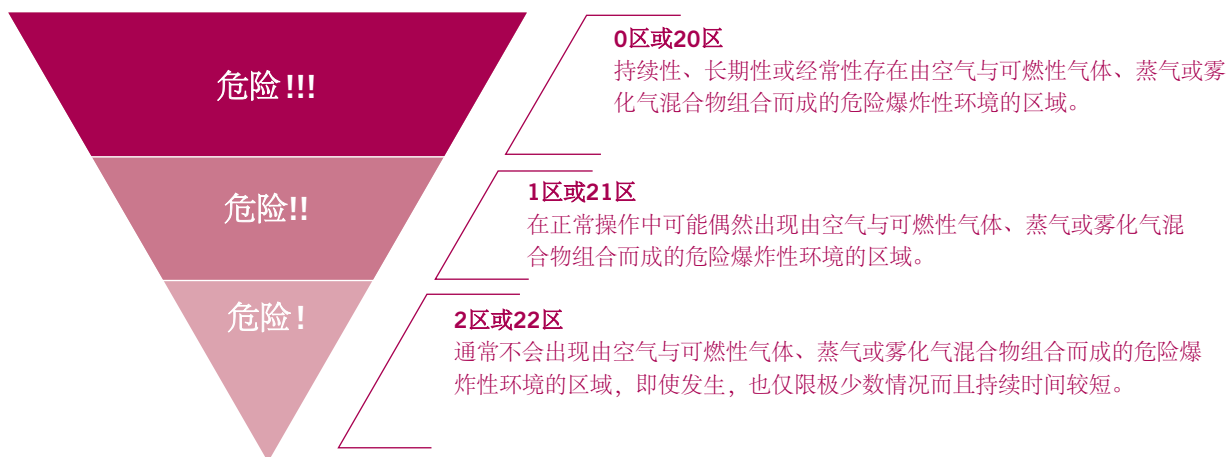
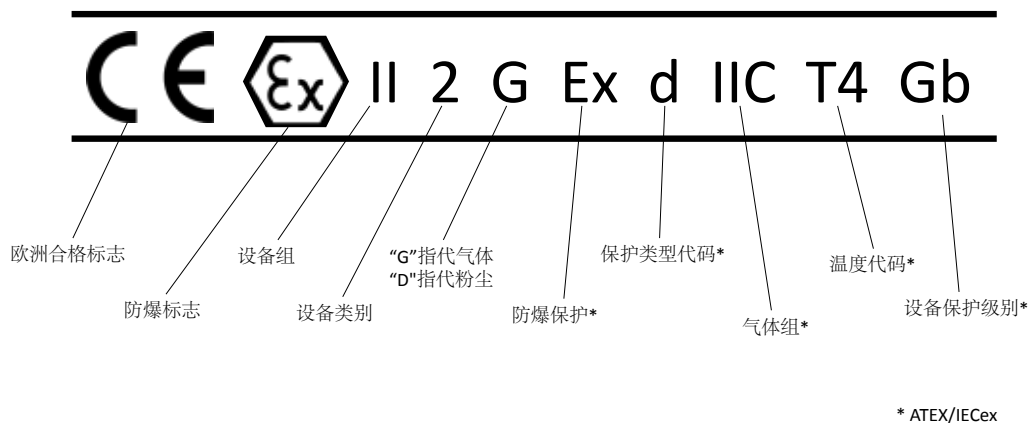


图9：ATEX标签说明



详细信息

请登陆欧盟法律法规官网查阅《ATEX准则》具体内容，网站提供英文、西班牙文、法文和葡萄牙文版本。

5.6. 危险区域工作设备的要求

在危险区域（潜在爆炸性环境，PEA）投入使用的工作设备必须经过核准，符合相应防爆区域的有关规定。欧盟指令2014/34/EU（ATEX，2014年）（ATEX产品指令，以下简称ATEX）已成为防爆区使用设备及防护系统的基础（请参见图9）。

根据该项指令，只有通过0区认证并具有相应标志的设备方能在0区使用。只能使用符合ATEX附件1中II类设备的设备和保护系统。

只有通过0区或1区认证并具有相应标志的设备方能在1区使用。只能使用符合ATEX附件1中II类1G或2G类的设备和保护系统。

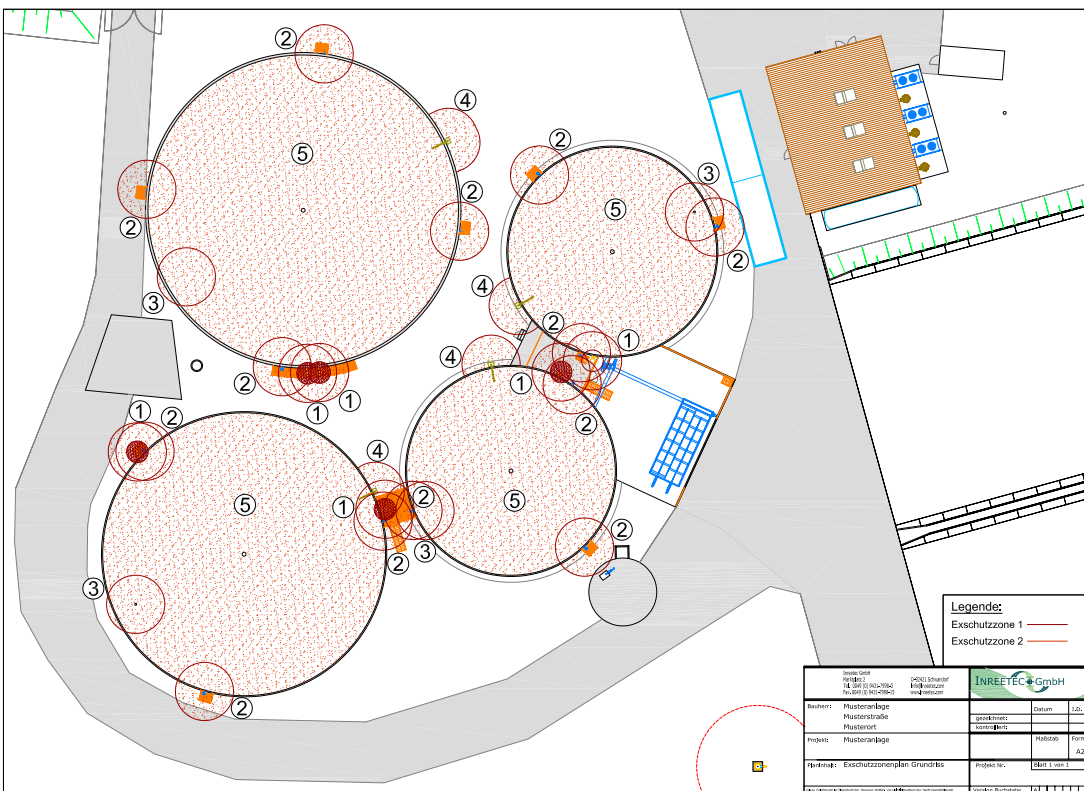
只有通过0区、1区或2区认证并具有相应标志的设备方能在2区使用。只能使用符合ATEX附件1设备II组1G、2G或3G类的设备和保护系统。

分区信息必须详细记录于防爆区平面图（请参见图10）。必须定期检查更新，并在必要时加以修改。



图10：沼气厂防爆区域平面图示例
(红色=1区, 橙色=2区)

- ① 正负压保护器
- ② 潜水式搅拌器壁管
- ③ 膜式储气柜出风口
- ④ 膜式储气柜鼓风机
- ⑤ 膜式储气柜之间的空间



资料来源：因耐特克有限公司

一般要求

6. 消防概念

沼气厂存在不同程度的火灾负荷，与工厂设计理念、规模、原料、作业设备及所用材料密切相关。工厂在设计和规划时必须同时制定结构、技术与组织防火措施。特别在消防方面，必须遵循国家有关指导方针。

6.1. 结构性防火

以下结构防火措施已在实践中证明了其价值：

- ▶ **发酵罐：**如果发酵罐需要采用保温层，保温材料的防火性至少应到达或优于“可燃材料”等级。在正常操作期间释放气体的开口周围1m的区域内，必须至少选用低可燃材料。



有关建筑产品和建筑构件保温规定的更多信息，请参见DIN EN 13501-1标准。

- ▶ **热电联产机组安装间以及非厂区所有的安装CHP的建筑物：**安装室上下墙体、支承与天花板必须至少具有防火性能（如德国F90防火等级），并由不易燃建材料制成。墙体、天花板或支承不得使用易燃材料制作覆盖层或保温层。防火墙体所用门必须至少具有阻燃性和自动关闭性，此条不适用于通向室外的门。通风管和其他管道系统或电缆只有在管道、管件或电缆本身不能蔓延火势，或已采取预防措施防止火势蔓延的情况下，才可在墙体和天花板内铺设（例如，经施工监督单位批准使用的电缆密封件，或适用于预期用途的防火阀）。废气管线（烟囱）与相关贯穿件必须符合相应国家的具体要求。应确保与易燃材料保持足够间隙。穿透处的剩余空间必须用不易燃性、尺寸稳定性材料予以填充。如果所用材料的耐火等级与密封件相一致，即满足此项条件。

- ▶ **电气装置：**电气装置必须符合公认标准（适用于项目所在特定国家），并由授权电工定期检查。运营商应定期组织开展目视检查，查看是否存在啮齿动物损坏和烧焦的痕迹，以最大限度地降低火灾发生的风险。

- ▶ **安全距离：**保持安全距离的目的是在发生损坏时减少相互影响，防止火势蔓延，保护储气罐。为此，有必要在储气罐与相邻非沼气装置、设施、建筑物（高度低于7.5米）及运输路线之间在水平方向上保持至少6米安全距离。

- ▶ 若某栋建筑物高于7.5米，不属于厂区的气体储或建筑物，则安全距离a的计算公式为：

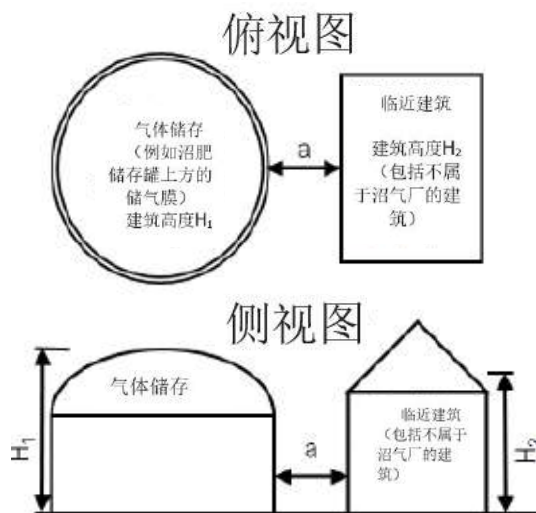
$$a = 0.4 \times H_1 + 3 \text{米。}$$

- ▶ 若有两栋高于7.5米的建筑物，不属于厂区的气体储或建筑物，则安全距离a的计算公式为：

$$a = 0.4 \times H_1 + 0.4 \times H_2。$$

在沼气厂内，储气罐与内燃机安装室之间必须保持至少6米的安全距离。在地面装置中，安全距离从储气罐边缘的垂直投影处开始测量（请参见图11）。

图11：储气罐与相邻建筑之间的安全距离



必须通过适当放置应急火炬，防止沼气厂内外因热辐射或对流引起的人员危险和火灾风险。该项工作必须同时考虑建筑物、厂区装置、运输路线及公共区域。

规划设计工作场所时（例如制定紧急逃生和救援计划），应尽可能全面考虑到所有必要的安全与健康保护标志。此外，任命急救人员同样非常重要。必须与消防队协商，根据火灾负荷提供灭火剂（灭火器、消防用水供应）。

▶ **防护墙：**当土层覆盖充分或采用尺寸得当的防护墙或防火隔热层（即防火墙）时，可适当缩短安全距离。防护墙上的门必须具备耐火性和自动关闭性。设计合理、无开口的建筑墙体亦可充当防护墙。防护墙的高度与宽度必须符合国家有关设计准则规定。

6.2. 组织性防火

若未采用附加防护措施，在安全距离范围内不应存放超过200公斤的易燃材料，而且该距离范围内不得有非沼气厂建筑、公路或小路。附加防护措施可能包括防火措施、消防措施和灭火措施（参见防护墙章节）。除此之外，如下条件适用：

- ▶ 工厂运行所必需的运输路线是允许的；
- ▶ 安全距离区域范围内不得停放车辆；
- ▶ 若未采取附加防护措施，不允许使用可能对储气罐造成危害的机械或进行相关作业（如焊接或切割）；
- ▶ 不得使用气体火炬；
- ▶ 禁止火种、明火和吸烟。

必须定期对员工和外部工作人员进行培训，说明在发生运营故障、事故和紧急情况时应采取的措施以及如何预防这些故障、事故和紧急情况。

实践证明，应该在工厂调试前以及运行期间定期与负责的消防队探讨并协调沼气的消防事宜是值得的。在发生火灾或其他形式的技术援助时，在消防队的战术部署之前，必须与当地消防队的领导人密切协调。建议组织一次现场演练，确保紧急部署时采取正确的应对措施。在部署时，消防队员应妥善使用个人防护用品，气体检测器（检测甲烷、二氧化碳、硫化氢等）必须随时准备使用，靠近现场时必须注意风向，必须保持安全距离，避免产生火花（如电器开关！），必须咨询现场操作人员。

小贴士
ISO 7010标准对最新版救援与消防安全标志作出规定。



图片：forolia_okray_ortakcioglu

一般要求

7. 防护措施

关于职业健康和安全，一般根据TOP原则制定防护措施（参见危害评估章节）。

沼气厂操作员必须采取技术防护措施确保工作设备的安全操作，以及工厂及其部件的安全操作。本手册第二部分介绍了特定工程组件的技术防护措施。

7.1. 组织防护措施

组织结构

运营商应该设计并记录沼气厂的组织结构，确保安全开展各项工作与任务，并随时进行监测。

至少应做出如下安排：

- ▶ 职责（如检查运行日志、进行指导/说明会并进行危害评估；雇主可将任务委派给员工）
- ▶ 代理安排
- ▶ 随叫随到服务：若工厂由多人轮班操作，则必须确保轮班时的交接，并且必须以书面形式记录任何特定事件（如作业日志）
- ▶ 必要时，授权有关人员下达指示

操作指南

在调试之前，以及如果发生任何变更，设备制造商必须进行详细介绍（介绍操作指南）。所涵盖内容的证据应以书面形式提供。此外，沼气厂操作人员应参加进一步的培训和持续的专业发展，并保留相关证书。如果外部人员在沼气厂工作，必须确定其专业适用性，并在必要时进行验证。应使用适当的简报形式，以确保外部人员了解操作危害。

指导与说明

沼气厂运营商应对工作设备的安全操作进行指导和说明，并根据危害评估结果再次组织相关活动。

指导与说明会内容示例：

- ▶ 职业安全与健康
- ▶ 签字按爆炸危害区域工作指南
- ▶ 公司内部工作指南
- ▶ 工作场所存在或可能产生的有害物质
 - ▷ 重点：卫生条例
 - ▷ 避免接触的钢护措施信息
 - ▷ 穿戴及使用个人防护用品与防护服信息

在开始工作/作业之前，员工必须接受基本指导，然后至少每年一次定期接受指导。相应指导活动应予以书面记录并保留。

危险性工作任务必须按照雇主或负责人的书面指示进行。开展高危作业或受其他作业影响可能产生潜在危险的工作任务时，必须执行作业许可制度。例如：罐体内与狭小空间作业、具有点火风险的工作（焊接、火焰切割、钻孔等）、屋面作业、危险区域作业。

当员工在危险区域作业时，必须进行适当监督。德国沼气协会提供工作许可证制度范例，该制度为维护、安装和维修工作的分包商和雇员提供了指导记录（请参见附件2）。

员工操作全新工作设备、改用新建/变更流程、接触全新有害物质或承担全新工作职责之前，必须接受指导。

应对以下内容进行记录：

- ▶ 说明会内容
- ▶ 外部人员说明会内容
- ▶ 说明会与指导会举办情况



单人作业规定

为危害评估的一部分，有必要检查哪些活动可以单独进行，并记录这些活动。

如果在危险评估过程中确定某项活动不能单独进行，则该活动应始终由至少两名员工进行。一般而言，员工不能单独开展以下各项工作：

1. 罐体内与狭小空间作业（在罐内或狭小空间作业时，若没有出入口可供工人离开，则必须安排一人站岗，确保安全作业）；
2. 在维护或修理工作过程中可能因当地条件，安装在这些区域的设备或其中包含的物质，制剂或杂质或引入其中而引起额外爆炸危险的区域内工作（TRBS 1112-1，2010年）。

在允许单独作业的情况下，必须确定适当的技术和组织保护措施，以便在需要时确保有效的急救。适当的防护措施包括以下示例：

- ▶ 专人全天候值守的摄像监控，
- ▶ 使用具有自动报警功能的个人紧急求救信号装置，
- ▶ 定期通过视觉接触或语音联络进行报告，
- ▶ 在可视范围内作业，
- ▶ 巡逻监督，
- ▶ 提供固定电话/移动电话，以便拨打紧急求助电话。

若此类防护措施本身可能产生或存在点火源，在危险区域使用这些措施前，前必须核查其适用性（TRGS 529，2016年）。

组织防护措施还包括定期维护工厂、系统及部件。为确保安全运行，必须制定维护计划，其中包括有待维护的工厂部件具体详情，并规定维护周期。维护工作还包括对各个部件进行功能性测试，并完成相关书面证明材料。

沼气池内采取防护措施的维护工作



图片：Polygon Vatro gMBH

一般要求

7.2. 个人防护措施



除技术类和组织类防护措施外，还必须针对工厂运行的特定方面制定个人防护措施。防护措施的选择取决于危害评估（请参见表5）。

表5: 危害及可能的防护措施

危害	示例	个人防护用品
有害物质（气体）	微生物 气溶胶 沼气（成分） 添加剂和辅助材料	如果预计有喷射或喷洒感染性物质或液体，而技术防护措施又无法提供充分的保护，应采取措施保护眼睛和面部。 危害评估中必须明确指出应使用呼吸防护措施的工作任务。 适当的呼吸防护必须至少满足以下要求： ▶符合DIN EN 143标准的P2级颗粒过滤器半面罩，或符合DIN EN 149标准的FFP2级颗粒过滤式半面罩。 ▶应优先选用带单呼阀的过滤式半口罩。 如沼气泄露，因为可能存在高浓度硫化氢与氧气置换，必须始终佩戴闭路自给式呼吸器。
有害物质（皮肤接触）	霉菌 细菌 病毒 内毒素 添加剂和辅助材料	加厚型、不透液性与低过敏性手套，袖口加长设计，防止带病原体的液体污染进入手套。手套必须耐受所用消毒剂。 如果预计有喷射或喷洒感染性材料或液体，而技术防护措施又无法提供充分的保护，应采取措施保护眼睛和面部。 如果预计衣服可能被浸湿，请使用防水围裙。 如果预计鞋可能被浸湿，请穿防水鞋。
电气危险	静电放电 有缺陷的电缆	根据DIN EN ISO 20345标准，应提供符合至少防护等级S2要求的安全鞋与符合防护等级S4要求的安全靴。
机械危险	跌倒、绊倒、挤压、切割	根据DIN EN ISO 20345标准，应提供至少符合防护等级S2要求的安全鞋与符合防护等级S4要求的安全靴，同时按需提供防水服。（TRGS 727，2016年）
火灾与爆炸危害	当人员走动、从椅子上起身、更换衣物、处理塑料制品、进行倾倒或充填操作时，或站在带电物体附近时，都可能产生或携带静电。携带静电的人接触门把手等导电物体，即可引起火花放电。	在归类为0区、1区或20区的危险区域，应穿戴对地电阻值小于108 Ω 的导电鞋。 在21区存在最小点火能量(MIE)≤10mJ的粉尘时，同样适用该项规定。 在0区或1区危险区域，不得更换或穿脱工作服或防护服。 在危险区域或存在爆炸性气体混合物的区域，例如开展维护工作或响应紧急召唤时，个人防护用品不得危险充电。（TRGS 727，2016年）

必须确保基本的卫生措施，包括休息前和工作后洗手、定期及按需清洁工作场所、清洗/更换工作服和个人防护用品。这些措施可在清洁与卫生计划中进行规定。员工必须避免在存在生物制剂污染风险的工作场所进食或饮水。经危害评估需要采取消毒措施的，必须使用经过测试的消毒剂。

- ▶ 不得穿着经微生物污染的工作服进入休息室或员工室。
- ▶ 含有生物制剂的废弃物应收集于特定容器中。
- ▶ 工作服及个人防护用品应与私人衣物分开存放。

- ▶ 被微生物污染的衣物不得在家中自行清洗。
- ▶ 如果啮齿动物、鸽子、昆虫或其他动物等有害生物进入工作区域，则必须定期进行有害生物控制。
- ▶ 在工厂运行允许的情况下，避免可能助长生物制剂繁殖的储存环境。
- ▶ 根据危害评估，保持工作区域充分通风。

图12简要介绍个人防护用品的各种要素。需要注意的是，并非所有元素都需要在每个实例中使用。举例而言，是否需要佩戴安全帽或防坠落系统需视情况而定。

图12：个人防护用品（PPE）



关于个人防护用品技术要求的更多信息，请参考以下标准：

DIN EN 143：呼吸防护装置——颗粒过滤器——要求、测试、标记

DIN EN 149：呼吸防护装置——过滤式半面罩，防止颗粒物进入

DIN EN ISO 20345：安全鞋

一般要求

8. 文件备案

必须按照国家有关规定对以下项目进行记录备案:

- ▶ 发布指示的责任/权利：联系人（内外部相关人员，如主管部门、机构）的联络电话清单
- ▶ 应急响应计划（事故、火灾、爆炸、物料泄露、停电、未经授权人员进入等情况下的程序操作说明）
- ▶ 危害评估/爆炸防护文件
- ▶ 员工操作指南
- ▶ 制造商提供的使用说明书
- ▶ 有害物质登记册
- ▶ 安全数据表
- ▶ 发布/简报表
- ▶ 维修保养工作计划（包括根据制造商说明书制定的维修保养时间表）
- ▶ 定期巡查与作业日志
- ▶ 常规测试记录（电气测试、工作设备测试）
- ▶ 初期与常规培训课程记录
- ▶ 现有设施设备平面图（消防平面图、管道及仪器仪表图、管道布局图等）。
- ▶ 流程管理矩阵
- ▶ 消防证书

小贴士

建议与专业公司签订维护保养合同，尤其适用于与安全有关并且需要定期校准的设备（如气体报警系统、气体分析仪、气体检测器、个人防护监视器、火灾探测器）。

一般而言，工厂运营商负责做好文件备案工作，即确保文件完整性、实时更新、质量合格并符合国家有关法律规定。个别情况下，应明确指出违反相关法律规定会导致哪些后果。

文件应随时可供查看；在沼气厂归档保存。文件备份应保存在其他地点。这在发生紧急情况或故障时尤为重要。在这种情况下，运行人员针对偏离正常运行的工况必须进行安排，确保工厂尽快恢复正常运行，或将中断影响降至最低程度。



沼

气厂是一个复杂的过程工程系统，需要各种泵、压缩机、搅拌器、螺旋输送机 and 管道来输送物料和产生的气体。必须能够确保所有这些工厂零部件在任何时候都能安全运行。此外，运营商必须提供所需数量的工作设备、装置和材料，这些设备、装置和材料必须均处于正常工作状态。因此，针对需要采取的防护措施，各个部件和设备必须满足众多要求。在稳定性、减振、可操作性、蓄意破坏和故意破坏方面，有一些适用于工厂所有部件的一般要求：

- ▶ **稳定性：**安装在室外地面上的沼气厂部件必须安装在牢固的地基上，并采取措施防止损坏。必须确保所安装的部件易于触及。必须保证足够的结构稳定性。
- ▶ **减振：**例如，沼气厂内的移动部件和受振动影响的部件（热电联产机组部件、鼓风机、泵、压缩机等）必须与补偿器及减振器解耦。

- ▶ **工厂关键部件在不同天气条件下的可操作性：**沼气厂与安全运行相关的零部件及设备必须经专门设计，确保在预期环境温度和预期天气条件下始终可操作。
- ▶ **蓄意破坏 / 故意破坏：**必须保护与系统及安全相关的配件和控制装置不受蓄意破坏和故意破坏。为此可以使用可锁定设备来确保这一点，或者可在沼气厂周围适当设置围栏。

下一节将说明工厂各个部件安全运行的具体要求。每个说明分为三个部分：



技术防护措施



组织防护措施



根据潜在爆炸危险进行分区

1. 进料系统的要求



技术防护措施

选择和设计进料系统时，必须注意所使用的材料是否受到特别的压力或暴露（例如酸、沙等）。强烈建议在特别敏感的区域使用不锈钢或涂层。根据当地气候条件，有结冰危险的工厂部件必须设计成具备防冻功能。机械传动装置必须安装防护罩。必要时，必须提供用于去除干扰物质的分离器。进行入料的开口，如固体喂料设备，必须加以防护以防人员坠入其中。防止坠入的措施包括：

- ▶ 有需防护罩的装载料斗高度 > 1.30 米
- ▶ 无需防护罩的装载料斗高度 ≥ 1.80 米

- ▶ 固定格栅的格间距 ≤ 20 厘米
- ▶ 垂直开口上装有自闭式挡板
- ▶ 内洗通道的垂直开口要遮盖

如果发酵罐是通过挤压螺旋进料，考虑到所有工作状态，必须将螺旋充分浸没在液位以下以防止气体可能泄漏。浸入深度至少达到设计保护压力的五倍以上。如果不能排除在进料系统外形成有害气体（甲烷、二氧化碳、硫化氢、氨、氢等），则有必要防止或减少其释放，例如通过在封闭系统中使用适当的进料设备，或者通过与工厂其他区域形成空间隔离。

注意尽量将进料区设计在下风向处，防止溢出气体进入操作区。如果进料系统安装在了建筑物内，则必须配备环境空气监测和通风设备。

具体要求

液态物料必须通过软管/管道输送，以免气体泄漏到建筑物内。通风系统的送风及接风箱必须采用密闭的管线并位于安全的区域。

组织防护措施

总的原则是，但凡有可能，必须防止在进料系统外形成危险气体，或者至少最大限度地减少危险气体的形成，例如通过防止某些化学反应发生（在不同时间投加）。应避免在密闭储罐外混合物料，因为化学反应（例如酸碱反应）会产生硫化氢、二氧化碳或氨等有害气体。如果由于原料在进入发酵罐之前被混合而预计会发生反应，则应在混合前用无害量的物质进行反应试验。

为了能够评估这种反应，沼气的运营商必须从原料生产商那里获得以下详细信息，并将其记录在操作日志中：



原料详细资料的文件记录

- ▶ 主要成分、化学成分、pH值和添加剂，如稳定剂、保鲜剂等
- ▶ 来源详情（例如，来自屠宰场、来自制药行业的肝素生产等）
- ▶ 运输和交付条件（例如运输时间、温度等）
- ▶ 潜在危险（例如，“添加酸时会释放硫化氢”）。如果不能排除有害气体，特别是硫化氢的形成，则有必要防止或减少其释放，例如通过封闭式进料、空间隔离或强制清除气体
- ▶ 其他备注

含硫量高的物料包括屠宰场废物、生物工艺产生的废弃生物质（菌丝体）、菜籽饼、动物饲料的残余物（例如大豆蛋白）、动物饲料的蛋氨酸（饲料添加剂）、



不同进料系统

图片：Mitsubishi

酵母生产的残余物、用作保鲜剂的硫酸钠、硫酸铁等助剂或餐饮垃圾。

进料器可能需要配备一个控制平台，以确保安全控制进料或冲洗软管。必须注意进料器附近的气体危险。如果不能排除进料区存在危险浓度的气体，则必须安装合适的气体警告设备，以确保对气体危害，特别是来自硫化氢的气体危害发出警告。

在进料器上的工作过程中，员工可能会通过接触物料、发酵产物、冷凝液或管道和气体输送设备部件中的杂质而接触到生物制剂。接触或可能接触到生物制剂的员工必须仅限于实际需要执行手头任务的员工。在进料系统危险区域进行作业前，应检查是否允许单独作业。尤其重要的是，要确保在维护工作期间防止进料系统自动启动。

在进料过程中，经常向原料中添加微量元素（如镍、硒）。一般来说，应将微量元素的使用限制在必要的最低限度。如果无法避免使用助剂和辅料，则必须选择零排放或低排放类型（例如颗粒或包衣产品而非粉状产品），并且必须记录在案。

必须采取适当措施，避免露天操作助剂和辅料。必须避免或至少通过技术和组织措施，将员工暴露在助剂和辅料中的水平降至最低限度。

使用助剂和辅料的以下类型工作最有可能产生危险：

1. 目视检查包装是否损坏、验收
2. 从运输车辆上卸货、在工厂内运输、储存
3. 从仓库中移走、准备使用、投入使用
4. 去除杂质
5. 执行维护工作，例如使用计量系统
6. 处置或退回包装



防爆区域分类

如果在发酵罐的液体表面下方安装用于进料的管状螺旋输送系统，则必须满足以下要求：

- ▶ 限制出料流速和每日检查物料液位，或
- ▶ 如果物料液位低于最小限值，则会自动触发警报并关闭出料，以便系统保持在液体液位以下的安全状态。

在液态进料系统的情况下（用液态原料稀释青贮，以使其可泵送），不能排除形成潜在危险爆炸性环境的可能性。在进料器附近需要采取额外的防爆措施（通风、监测甲烷浓度等）。

2. 物料处理系统的要求

根据工艺工程需要，可能使用以下物料处理方法：

- ▶ 机械系统
- ▶ 化学系统
- ▶ 生物技术系统



技术防护措施

如果使用旋转部件，必须通过设计技术措施（例如防护罩）确保防止人员进入、被拉入或坠入。



防爆区域分类

→ 参见贮水池 / 发酵罐预处理池防爆区域分类（参见第3节）



组织防护措施

无论在哪里使用机械系统，都必须考虑到移动或飞行部件以及坠入引起的危险，尤其是在维修工作期间更须注意这一点。使用化学系统时，例如助剂和辅材，必须注意制造商和分销商提供的相关安全数据表。使用对健康构成风险的物质（例如痕量元素）时，请确保将其储存在密闭系统中并进行计量，以最大限度地减少排放。



预处理池

具体要求

3. 储存罐/预处理池的要求



技术防护措施

室内物料储存罐/预处理池坑必须配备合适的（例如防爆）抽气装置，每小时至少换气五次，进行流量监测，并在发生故障时发出警报。



组织防护措施

在进料过程中，抽气设备必须自动开启。除进料过程外，接收罐中的开口必须保持关闭状态。



在调试之前，必须检查提取抽气装置是否正常运行，并且必须将结果记录在案。



防爆区域分类

▶ 储存罐/预处理池：

敞开或封闭式罐或池，用于物料的吸收、缓冲储存和进料，某些情况下涉及物料或消化液的混合或再循环，有或无加热。
除非制造商的说明书规定了不同分区分类，否则无需分区。

▶ 室外敞开式储存罐/预处理池：

泥浆池或罐，整个横截面敞开，有或无浮罩（无加热，无物料再循环，无沼肥再循环），不可能聚集气体。
除非制造商的说明书规定了不同分区分类，否则无需分区。

▶ 室外封闭式储存罐/预处理池：

配备技术密封罩的池或罐；通过定期检查，即使轻微泄漏也能在早期阶段被发现；对气体系统进行适当的气体置换，以可靠地防止超压和欠压；由于在物料液面以下装载，进料无泄漏。此类封

闭式容器还包括带有物料再循环、物料混合和加热的容器。

除非制造商的说明书规定了不同分区分类，否则无需分区。

▶ 封闭式储存罐/预处理池内部：

分区：与连接气体系统中要求最高的分区相同。

▶ 封闭式储存罐/预处理池附近：

除非制造商的说明书规定了不同分区分类，否则无需分区。

▶ 无物料再循环且无加热的室外有盖储存罐/预处理池：

非技术密封容器，未连接气体系统。有进料口。
除非制造商的说明书规定了不同分区分类，否则无需分区。

▶ 易降解物料的储存罐/预处理池：

易降解原料包括液态和糊状生物废弃物。通过监测提取提供适当流速（例如，至少五倍于预发酵罐容积的换气量）。

分区2：内部。

无分区：外部。

▶ 最大充填液位低于地面的储存罐/预处理池：

开口面积足够大，例如通过格栅盖；低温导致气体生产量很低。

分区2：内部

无分区：外部

▶ 开口面积不够大：

仅在装载和清空过程中进行换气。低温导致气体生产量很低。

分区1：内部

分区2：在开口周围的紧邻区域

具体要求

4. 发酵罐的要求



技术防护措施

对混凝土罐体进行结构分析时必须考虑预期产生的热应力，这取决于设计的保温和物料温度。

在泄漏可能出现在周围地面以上的工厂中，事实证明，有必要建造围墙。在适当的安全预防措施生效之前，该围墙要截留发生操作故障时可能释放的体积，并至少封堵最大池的体积。这不适用于固体消化原料的储存设施。围墙没必要全封闭；如果足以确保截留泄露的物料，也可采用部分挡土墙的形式。围墙内的基础可由粘性土或铺砌区组成，例如混凝土和沥青。

出入口的内径必须至少达到DN 800（根据 ISO 6708）标准或最小尺寸为600 x 800毫米。如果需要进入池中进行维修保养工作，必须能够提供足够的通风；进入检查室时也需要同样的安全措施。发酵罐的静态概念必须考虑这些开口。

每个储存气体、物料或消化产物的罐体（包括预消化罐/预处理池）必须能够单独且全方位地与系统的其余部分隔离。

在发酵罐和二级发酵罐中，液位监测系统必须确保充填液位不超过最高液位限制，例如，通过具有防冻保护的立管（溢流）将发酵物料输送到液体粪池，或者用适当的溢流防护装置限制罐体的最大充填液位。

必须特别注意液位波动较大的罐体（如二级发酵罐或密闭的终端储罐等）的运行操作，例如关于防爆方面的运行操作。



调试前发酵罐的内部

图片：SCHMACK



沼气厂事故

图片：JÜRGEN WINDMEIER



组织防护措施

必须定期检查罐体的可见部分是否有泄漏，以及视镜的密封性。详细信息参见检查和测试章节。

潜水搅拌器和潜水泵运行时必须始终处于潜水状态。必须有适当的操作指南来确保这一点。



防爆区域分类

发酵罐内部

罐内始终充满气体，并以正压运行。如果压力下降，大气中的氧气就有可能进入内部。通过以下方式防止氧气进入内部：

具体要求

- ▶ 确保气体生产，例如定期进料
- ▶ 确保外科密封和稳定
- ▶ 监控物料液位，如有必要，关闭从液相（气体隔离点）的抽放
- ▶ 即使在温度突然下降的情况下，也要确保以正压运行，
e.g. 例如通过
 - i. 对储气罐进行适当排气
 - ii. 对室内气体超压和气体抽放进行持续监测
 - iii. 储气罐的容积足够大
- ▶ 此外，在使用充气双层屋顶的地方：确保支撑气压低于储气罐内的压力，并确保内膜密封性和稳定性。

除非制造商说明书规定了不同分区分类，否则**无需分区**。

如果上述要求已经满足，但没有实施所有监测和保障正气压的措施，则适用以下条件：

- ▶ 识别潜在爆炸性环境的发生，采取措施确保此类环境很少发生，而且时间很短。
分区2：内部物料液面上方

偶尔发生的、可预见的中断或与工艺相关的操作状态可能会使空气进入发酵罐内部，导致浓度降至UEL以下。

- ▶ 偶尔也可能发生潜在的爆炸性环境。
分区1：内部物料液面上方

搅拌器、搅拌轴的管道和搅拌器的调节器，例如电缆机构。

潜水搅拌器和潜水泵应达到DIN EN 60529的IP 68防护等级。选择搅拌器时，应考虑与腐蚀、剪切力和热稳定性相关的材料要求。

- ▶ 管道，技术密封，结合定期检查和维修，或搅拌器插入都在液体/物料表面以下。
无需分区。
- ▶ 管道，技术密封，位于液体/物料表面上方。
分区2：贯穿件周围1米处。

溢流辅助装置

- ▶ 带螺旋输送机的溢流辅助装置。
分区：与下游气体空间相同。
- ▶ 对注入空气产生物理限制（容积限制和流速限制）的压力波动溢流辅助装置。
分区0：管道内和溢流口附近。
- ▶ 不对注入空气产生物理限制的压力波动溢流辅助装置。
分区0：管道和发酵罐中。

内部空间中的视镜周围环境

- ▶ 根据制造商的声明，天窗和观察窗必须安装在发酵罐的密封装置中，并且永久技术密封。
无分区。
- ▶ 视镜技术密封，根据制造商说明书进行例行泄漏检查。
无分区。
- ▶ 视镜技术密封，但无例行泄漏检查。
分区1：紧邻区域。
分区2：其余区域。

连接到气体系统的消化液储罐可通过以下方式防止空气进入气体系统：

- ▶ 即使在去除消化产物期间，也要确保以正压操作，例如通过不断监测内部气体超压和关闭液相的气体抽取管道和抽取点；
- ▶ 计划和监测消化产物的去除过程，特别是通过：
 - ▷ 确保气体供应；
 - ▷ 对三元乙丙橡胶（EPDM）膜进行目视检查，或者监测双层膜系统或刚性储气罐的充气水平，

- ▶ 对热电联产机组进行节流，
- ▶ 在最低充气水平停止外排发酵产物；
- ▶ 借助初次和定期检查确保技术密封性，例如使用气体照相机定位，并使用发泡剂或合适的气体检测器进行检查；
- ▶ 在浮顶的情况下附加措施；参见储气罐章节。在内部，与气体系统属于同一分区。

由于在这种情况下，不能保证在排出消化产物的过程中使用正压操作，因此适用以下区域：

分区1：消化液储罐内部和连接的气体系统内部。

5. 储气罐的要求

技术防护措施

储气罐必须能够根据需要具有气密性、耐压、耐介质、耐紫外线、耐高温、耐风化（暴风雪等）。尤其是在风和雪的荷载方面，制造商必须设计出针对特定场地的方案。

储气罐必须通过带正负压防护装置的气体输送系统连接。

储气罐及其设备必须防止机械损伤。为防止易受破坏地区被车辆损坏，储气罐及其设备必须使用（例如）防撞保护装、设置禁止穿越区域、障碍物或遵守安全距离的规定进行保护。满足这一要求的一种方法是在储气罐周围竖起安全围栏。如果围栏距离储气罐不到850毫米，必须确保围栏无法穿越。安全围栏必须采用不可越过的屏障形式，例如由至少1.50米高的铁丝网制成。

特别是塑料薄膜储气罐，选材时必须满足以下要求：

- ▶ 最小撕裂强度 $\frac{500\text{ N}}{5\text{ cm}}$ 或抗拉强度 $\frac{250\text{ N}}{5\text{ cm}}$
- ▶ 甲烷渗透率 $< \frac{1000\text{ m}^3}{(\text{m}^2 \times \text{d} \times \text{bar})}$
- ▶ 特定应用（中温、高温消化工艺）的热稳定性
- ▶ 储罐在试生产前必须进行泄露测试



照片：AD SOLUTIONS

哥斯达黎加的泻湖消化池

特别是在根据厌氧氧化塘系统运行的沼气厂中，庞大的发酵罐和储气系统表面面积对安全提出了额外要求。

- ▶ 无论是为了保护环境，还是出于安全考虑，储气罐与氧化塘发酵罐之间的连接都应实现技术密封。仅仅通过泥土覆盖来密封薄膜的做法尚且不够。基本的技术密封附件必须辅之以常规的组织防护措施（通过发泡、气体检测器和红外照相机检查发酵罐/储气罐泄漏）。
- ▶ 与氧化塘发酵罐相连的储气设施表面面积庞大，因此存在更高的潜在泄漏风险（边缘形成、摩擦、撕裂等）。因此，必须定期（至少每年一次）检查所有表面是否存在泄漏。红外照相机能够在这方面发挥作用：若使用红外照相机，就不必直接检查储气膜。

具体要求

▶由于表面面积庞大，暴露在风中和膜被撕裂会带来额外危险。因此，储气罐应加装额外保护装置，以防止这种情况发生。

▶鼓风机（没有横流通过空隙，因此偶尔会积聚扩散的沼气，并在气膜被掀起或鼓风机停止时突然释放）是可能造成爆炸环境的。由于压力波动而产生的呼吸可以防止特定时间内浓度积聚。

分区0: 间隙内。

分区1: 开口周围3米处。



组织防护措施

必须在试生产前、维修后及每隔适当时间检查储气罐的技术密封性。



为确保储气系统正常运行，需要进行完整的文件记录并定期开展检查和维护工作。

如果必须对单层或双层沼气储存膜进行维修保养，则不得在膜上踩踏。只有在提供步行稳定性的证明，并对在维修保养过程中要进行的活动进行危险评估的前提下，才允许进行任何这样的承载（一个人的体重）。在危险评估的框架内，必须特别关注坠落防护措施。

室外储气膜附件的外部环境

▶附件在技术上是密封的，结合适当的组织措施，并定期检查附件的技术密封性。卡箍链接很少松开。特别是，通过与额定压力相适应的密封、防止夹紧软管接头中的压力损失、设计抗降水和抗风荷载以及组织防护措施，确保长期技术密封性。最大压力等级 $p_{max}=5$ 毫巴（5百帕）（取决于附件系统）。必须实施耐沼气密封。最初和定期测试技术密封性，例如通过气体照相机定位，然后使用发泡剂或合适的气体检测器进行检查。

无分区: 外部。

▶如上，但附件并非很少释放。

分区2: 附件周围2米处



防爆区域分类

空气支撑系统

空气支撑系统包括空隙、进气口、出风口和鼓风机。

▶通过带有报警器的合适的气体报警系统监测空气支撑系统出风口处气体的突然泄漏，通过合适的气体检测器监测气体的逐渐泄漏。

分区2: 空气支撑系统内部，进风口和出风口周围3米处。

▶通过合适的气体检测器监测空气支撑系统出风口处气体的逐渐泄漏。

分区1: 空气支撑系统内部。

分区2: 进风口和出风口周围3米处。

单膜系统环境

▶技术密封性与适当的组织措施相结合。初次和定期监测，例如使用气体照相机定位，并使用发泡剂或合适的气体检测器进行检查。

无分区。

▶如上，但没有适当的组织措施，也没有定期检查。

分区2: 储气罐周围3米处，2米处向下45°

6. 储气系统中木质屋顶结构的要求

木质屋顶结构常被用作储气系统的下部结构。沼气储存系统的木质屋顶结构暴露在特定环境中，而木料在外观上难以辨认的损坏会减低横梁的承重能力，以至于梁可能在未经通知的情况下发生故障，因此，为确保所有负责检查/维护工作的人员安全，必须采用专门方法检查结构稳定性。



技术防护措施

无论何时使用木质屋顶结构，很重要的一点是确保结构分析计算考虑到特殊环境、含水饱和度和硫沉积因素。为了保证木结构的稳定性，必须在横梁之间安装钢筋。有必要选择经过精确切割的合适质量的木材。

木梁的支撑结构必须经专门设计，以防止横梁变形时滑出。



组织防护措施

为了确保木质屋顶结构的稳定性，在作业过程中必须定期进行目视检查，以发现任何异常情况。如果由于操作原因打开储罐，则必须在步行进入之前进行荷载测试。

木质屋顶结构定期检查

- ▶ 责任人（运营商、运营商指定的人员或专业公司）通过观察窗进行定期目视检查，以发现：
 - ▷ 明显变形、不规则、断裂或碎裂，为了排除后续调查步骤中的急性明显危险。
- ▶ 责任人（运营商、运营商指定的人员或专业公司）定期检查操作中的异常情况，以发现：
 - ▷ 搅拌器、螺旋输送机损坏或故障。
 - ▷ 泵、粗料筛或分离器中的木片。

此举目的是在早期阶段发现损坏并防止发生经济后果。

▶ 特别检查

由于操作原因，由责任人（运营商、运营商指定的人员或专业公司）在打开储罐的过程中进行检查：

- ▷ 在任何人踏上木质屋顶结构之前，必须进行荷载测试。
- ▷ 荷载测试必须在跨中（纵向横纵向横梁中心）至少有三个代表点的条件下进行，按以下公式计算荷载。如果整个区域受到影响，必须至少每隔三根横梁以及在特别显眼或下垂的横梁上对屋顶结构进行测试。测试荷载必须在跨中施加至少3分钟。可用起重机等设备进行此项工作。



图片: OKOBIT GMBH

消化池的木质屋顶结构

测试木梁承载能力所需荷载的计算方法如下：

▶ 横梁上有覆盖层：

装载木梁的面积：

$$A = e \times \frac{R}{2} \text{ (m}^2\text{)}$$

e = 横梁间距

R = 半径（单位：米）

荷载测试中的测试荷载（跨中集中荷载）：

$$P = A \times \frac{75}{2} \text{ (kg)}$$

最小测试荷载：每根横梁上一人或多人行走，每人 200 公斤的集中荷载。

▶ 横梁上无覆盖层：

在这种情况下，可以通过放置在支撑梁（12/12 厘米）上的带有水箱的托盘来产生荷载。

装载木梁的面积： $A = e \times \frac{R}{2} \text{ (m}^2\text{)}$

荷载测试中的测试荷载（跨中集中荷载）：

$$P = A \times \frac{75}{2} \text{ (kg)}$$

最小测试荷载：每根横梁上一人或多人行走，每人 200 公斤的集中荷载。

具体要求

7. 沼气储存间要求



技术防护措施

沼气储存间必须配备不可关闭的进风口和出风口，以实现交叉通风。在使用自然通风的情况下，进风口必须位于地面附近，而出风口必须位于靠近对面墙上的天花板。



储气设施

如果安装了技术通风系统，必须确保从天花板区域排出废气。废气必须直接排放到大气中。强制通风系统的尺寸必须确保将安装室内的最大可能气体体积稀释到 20% LEL 的最大气体浓度。

进风口和出风口必须具有以下最小横截面：

储气容积	横截面
最高100 m ³	700 cm ²
最高200 m ³	1000 cm ²
200 m ³ 以上	2000 cm ²

门必须向外打开，并且必须可闭锁。必须考虑消防概念一节中定义的安全距离。



组织防护措施

在危险区域作业之前，间隙测量必不可少。涉及使用明火的工作需要书面许可。



防爆区域分类

气囊位于地面上，由固定房屋保护，使其不受天气影响。即使在气囊装满的情况下，房间内部还有足够空间。

内部空间

▶ 气囊与房间之间的空间持续通风；流量监测和浓度监测；安装气体过压保护装置和气体低压开关。

分区2: 在房屋内部和通往其他房间所有开口的3米范围内，以及在通往露天的开口附近（气体过压保护装置除外）。在内部，与气体系统属于同一分区。

▶ 气囊与房间之间的空间自然通风；安装气体过压保护装置和气体低压开关。

分区1: 房屋内部

分区2: 在所有开口的3米范围内。在内部，与气体系统属于同一分区。

室外

室外分区与室内分区本质上相同。然而，室外天气的影响通常使得室外分区比室内类似情况分区要求更低，或者减少了该区域的范围。

8. 沼气厂物料输送部件的要求



技术防护措施

沼气厂的物料输送管道（包括配件、阀门、法兰、密封垫和输送设备）必须密封无泄漏，并能充分耐受预期使用年限内可能产生的机械、化学和热影响。这些部件必须纵向强制锁紧且防冻。

管道的安装方式必须确保其位置不会被无意中改变。它们不得用作其他管道或载荷的载体，也不得附着到其他管道上。可拆卸接头和配件必须作为固定点安装。管道（包括配件、阀门、法兰、密封垫和输送设备）必须始终使用合适的材料；必须由制造商根据相关技术规则验证并记录其适用性和正确制造过程。

必须根据流经每根管道的物料的化学性质（如适用，应考虑投入物料可能的变化）、工作温度和工作压力选择管道的材料。根据应用领域的不同，可以考虑金属（钢、不锈钢）和/或热塑性（PVC-U [非地下排水管]、PE、PP）材料。根据材料和安装位置的不同，必须对管道加以防护，以防止外部腐蚀或紫外线辐射（如适用）。管道系统必须经过规划、设计和安装，以便不仅可在试运行前进行检查和测试，还可定期进行检查和测试（考虑试验压力；为试验准备所有必要的切断装置）。

必须按照有关技术规程计算和设计物料输送管道。在物料输送管道、所有管道部件和支撑结构的计算和设计中，必须考虑作用在管道上的所有应力和影响（例如动荷载、连接管上的荷载、振动应力、压力波动、风/雪）。在可能的情况下，地面上的物料输送管道必须布设在交通区和整理区之外；否则必须用防撞保护装置保护其免受机械损坏。

管道的铺设和安装必须符合公认的专业工艺标准。连接作业必须始终由具有相应材料资质的专业人员进行。预制件用于连接（到管道和竖井/导管）。

管道与建筑物的连接必须确保下沉不会对接头密封性产生不利影响。穿壁套管必须使用与墙壁紧密结合的管道输送系统，并将其固定以防止被推出。必须遵守管道和穿壁套管系统制造商提供的安装说明。必要时，必须将管道固定以防止被提起。如果无法排除超过最大工作压力的可能性，则必须采取措施防止管道系统内压力过大。管道必须能够通过闸阀直接在储罐处关闭，以防止连接到储罐液位以下的管道发生故障时储罐意外排料。

小贴士：PVC-U型管

PVC不耐紫外线，冲击强度低。无论何时使用，正确储存和处理必不可少，这意味着这意味着特别要遵守有关安装和处理说明（例如制造商说明书）。必须提供证据，证明安装人员具备必要的专业知识。铜对沼气不耐受；经验表明，黄铜和青铜合适（不允许使用商用PVC地下

排水管，因为其结构刚度最高只有500百帕（0.5 bar）。管道（包括所有相关设备和柔性接头）的结构刚度至少为1,000百帕（1巴）。一般情况下使用钢管。如果塑料管在所有情况下都铺设在地面以下，则可在封闭空间外使用；塑料管也可在地面上用作连接覆盖塑料薄膜的储罐的管道及用作连接发酵罐的管道。必须防止塑料管受到机械和热损坏，如有必要，还必须防止紫外线辐射。

具体要求



组织防护措施

必须绘制管道布置图（包括阀门、配件、连接管和支架的位置和类型），显示沼气厂管道系统的材料和尺寸、管路和管道工程的集成情况。

闸阀，特别是进料设备上的闸阀和其他切断装置（检查孔，但也包括泵）必须确保安全，以防止未经授权开启。

操作员必须通过定期目视检查所有可见管道是否有泄漏，并且必须将检查记录在案。

9. 沼气厂沼气输送部件的要求



气体管道（和标签）

如发酵罐、冷凝水竖井或其他构筑物时，必须遵守管道和穿壁套管制造商提供的安装说明。

在通往供暖锅炉、气体火炬和热电联产机组等耗能设备的气体管道中，必须安装阻火器，安装位置尽可能靠近终端使用设备。

承插式接头本身没有纵向强制锁紧，必须根据所产生的压力确保其不受推力。管道接头必须纵向强制锁紧。

必须通过使用适当衬套和适当接头防止沉降造成的机械损坏（例如穿墙套管）。若气体是湿的，很重要的一点是确保管道不受霜冻的影响。冷凝水排放管道必须设计具有防冻功能，并且任何时候都能运行。沼气储存间内连接到储气罐的管道被认为是储气罐的一部分。

必须在每个发动机机组上游的输气管道中安装两个切断阀。发动机停止时，阀门必须自动关闭。必须定期检查间隙是否有泄漏。如果即使在发动机停止时，发动机供给管路的上游压力恒定

(>5mbar)，则需要自动间隙监控。



技术防护措施

沼气的沼气输送部件必须防止化学物质、天气以及（在易受影响的区域）机械影响和损坏（例如车辆行驶区域的防撞保护装置）。

输气管道必须符合国家要求，并有适当的制造、沼气适宜性和密封性证明，例如通过制造商认证。选择管道材料和计算跨度时，必须考虑结构分析（风、雪荷载等）产生的要求。管道穿过建筑物时（例如气体管道和物料管道）以及水利工程设施，



组织防护措施

管道必须贴上标签，标明所输送的介质和流向。在这方面应遵循相关的国家指南（如有）。

铺设在地下的输气管道的位置必须用输气管道警示带标明。CHP装置和增压空气冷却系统部件的柔性气体输送连接件的适用性必须经过CHP装置制造商的认证。

非固定设施（如移动式气体火炬）的气体管路中的连接点必须安装隔离阀。从气流方向看，切断阀必须安装在非固定设施的上游。必须能够进行安全操作。



防爆区域分类

输气管道

- ▶ 输送沼气的管道（技术密封）；定期检查工厂部件是否有泄漏。
与连接的工厂部件**相同分区**。
- ▶ 输送沼气的管道（技术密封）；定期检查工厂部件是否有泄漏，但连接的工厂部件可能会发生潜在爆炸性环境。通过自动隔离连接的气体系统，防止潜在爆炸性环境渗透到管道中。
与连接的工厂部件**相同分区**。

10. 冷凝井的要求



技术防护措施

必须能够方便、安全地检查和维护冷凝井，而不必爬进竖井或坑内。除非冷凝井的竖井具有强制通风功能，否则不允许使用永久性攀爬铁杆。此外，只有在间隙检测之后才允许进入这些竖井。

冷凝井的设计和防护措施必须确保在所有运行状态下都能防止气体泄漏。冷凝水排放管必须设计具有防冻功能，并且任何时候都能运行。

加压密封系统的设计必须确保触发系统时密封液不会逸出，而是自动回流。液封的充填水平至少相当于安全装置最大响应压力之上15百帕（150毫米水柱或15毫巴）的压力，并使用测量仪器进行监测。



组织防护措施

必须考虑适用于单独作业的要求（参见防护措施章节）。



防爆区域分类

内部空间

- ▶ 使用封闭式排水系统防止气体逸出，例如带互锁双截止阀的锁；具有自然通风的空间。
无需**分区**。
- ▶ 如果存在排水旋塞或水封打开，则必须预料到由于水封被刺穿或变干，或由于操作错误而形成危险的爆炸性环境。排放到密闭空间；具有技术通风的空间。
分区2：整个空间
- ▶ 如果存在排水旋塞或水封打开，则必须预料到由于水封被刺穿或变干，或由于操作错误而形成危险的爆炸性环境。排放到密闭空间；具有自然通风的空间。
分区1：整个空间
分区2：封闭空间中开口周围1米处

室外

- ▶ 室外排水旋塞，或安装在室外的冷凝水分离器管道。
分区1：出口喷嘴周围1米处
分区2：出口喷嘴周围另外2米处

具体要求

11. 正负压保护装置的要求



图片：MT ENERGIE

发酵罐上的正负压保护装置

必须通过提供爆破防护装置、泄压装置或足够储存空间防止由泡沫引起的故障/损坏。

必须通过可验证的计算和功能说明来证明正负压保护装置的适宜性。如果设计为浸没式，则不得让储液罐倒空、变干或冻结。用作防护装置的液封必须经专门设计，以使密封液在过压或负压情况下自动回流。对于机械和液压系统，还必须确保正负压保护装置的自动关闭。

发生超压时，必要时释放的任何气体必须安全地向上或向侧面排放。正负压保护装置的排放管必须通向地面或工作高度以上至少3米且储气罐顶板或边缘以上至少1米，或者通向距离建筑物和公共道路至少5米。



技术防护措施

每个气密罐必须至少配备一个保护装置，以防止压力高于或低于设定极限。必要时释放的任何气体必须安全排放。必须在气体系统中使用单独低压监控装置或采取等效措施，以确保在触发低压保护装置之前安全地关闭耗气设施或去除底物/消化产物，并发出警报信号。如果气体系统（储气罐、管道等）中存在超压，通常情况下，可用替代用气设施（例如气体火炬）防止沼气无控制地释放（参见气体火炬的章节要求）。正负压保护装置的供给管路中不得有切断供应的方法。正负压保护装置必须防冻。

必须能够轻松安全地检查和维护正负压保护装置（楼梯代替梯子）。

发酵罐或储罐内部的物料起泡是操作故障，可能会对正负压保护装置的功能产生不利影响。必须通过技术和组织措施防止这种情况发生。



组织防护措施

必须根据维护计划检查正负压保护装置（参见检查和测试章节）。



防爆区域分类

必须根据潜在爆炸性环境的发生频率和持续时间，在排放管的开口周围指定一个防爆区域。

总体要求：

- ▶正负压保护装置的出口至少在控制平台（检查高度）上方3米处，并且在储气罐上边缘上方至少1米处，排气量最高250立方米/小时；不受阻碍地安全向上或向侧面流出。定期（每天）检查正负压保护装置，以确保其正常工作。无需分区。

▶在正负压保护装置响应之前，通过自动充气水平监测来限制正负压保护装置的响应并限制排放，用以实现具有剩余容量储备或可变负荷消耗的运行（例如，带动力储备的热电联产机组），并由额外且持续可用的耗气设施进行燃烧。

分区2: 排放口周围3米处

▶在正负压保护装置响应之前，通过自动充气水平监测来限制正负压保护装置的响应并限制排放，用以实现具有剩余容量储备或可变负荷消耗的运行（例如，带动力储备的热电联产机组），并由额外且持续可用的耗气设施进行燃烧，但并非所有这些措施都能付诸实施：

分区1: 1米

分区2: 过压保护装置排放口周围另外2米处

12. 气体净化的要求

沼气在使用前通常要进行净化。除精过滤器之外，这几乎总是涉及脱硫系统的使用。

12.1. 通过向发酵罐中气体空间供应空气进行内部脱硫



技术防护措施

如果脱硫是通过向发酵罐中气体空间供应空气来执行，则添加的空气必须在空间上分布和成比例，以便即使流量控制系统发生故障，泵送的总体积流量也不可能显著超过同一时间段内所产生沼气的6%。

在通往气体空间的供应管道中需要一个防回流阀（止回阀），并尽可能靠近气体空间。在止回阀与气体空间之间，除切断装置之外不得有其他配件。如果有气体泄漏到室内空间的危险，当计量泵停止时，必须将止回阀与计量泵之间的空间减压至室外安全区域。



组织防护措施

通过测量氧气的体积流量和气体产量的合理性检查，定期检查氧气含量，或使用气体分析仪定期测量氧含量。



防爆区域分类

供应给发酵罐内部的空气。通过发酵罐罐壁的管道套管永久技术密封。进气采用空间分布输入，防止回流；最大空气体积小于额定沼气体积的6%通过技术手段，例如最大压缩机容量，确保对空气体积流量的限制。

分区0: 仅在进气口附近和气体系统的相邻分区内。

12.2. 通过添加铁化合物进行内部脱硫

如果通过向发酵罐中添加铁化合物（例如氯化亚铁）进行脱硫，则必须按照数据安全说明书执行制造商的说明。由于铁化合物通常具有腐蚀性，因此与它们接触的材料应耐腐蚀。

12.3. 通过含铁材料或活性炭的外部设施进行脱硫

含铁材料或活性炭通常用于沼气的外部脱硫。这些材料能够吸附硫化物。当这些过滤介质被更换和再生时，存在自发加热的风险。



技术防护措施

为了能够在持续运行时始终评估活性炭或其他材料的功能，强烈建议安装合适的监测系统（例如气体分析仪）。

具体要求



组织防护措施

如果无法避免使用含铁材料或活性炭，则必须选择零排放或低排放类型（例如颗粒或包衣产品而非粉状产品）。



防爆区域分类

外部脱硫装置的周围环境（发酵罐外部）

室外

- ▶ 脱硫系统技术密封。除非制造商的说明书规定了不同分区分类，否则无需分区。

内部空间

- ▶ 脱硫系统技术密封。
分区2：整个空间

13. 气体分析要求

在实践中使用各种气体分析系统，分为移动式和固定式，手动式和自动式。定期检测以下气体成分：甲烷、二氧化碳、硫化氢和氧气。



组织防护措施

建议根据制造商说明定期维护和校准气体分析系统。



技术防护措施

已经检测分析过的气体必须排放到室外或返回到气体系统中。或者必须安装强制通风系统，其最低换气率必须确保对可能的最大气体体积进行充分稀释，否则必须将沼气分析设施设置到热电联产机组安装室。



防爆区域分类

- ▶ 气体分析后，气体从分析仪排放到室外。
分区2：排放口附近。
- ▶ 技术密封的气体分析仪，同时结合适当的组织措施，结合定期泄漏检查和房间内充足通风。除非制造商的说明书规定了不同分区分类，否则无需分区。

14. 接触沼气的配件和安全装置的要求

沼气厂有各种暴露于气体的配件和安全装置，包括：

- ▶ 正负压保护装置
- ▶ 阻火器
- ▶ 闸阀
- ▶ 取样口
- ▶ 截止阀
- ▶ 污物分离器
- ▶ 等

技术防护措施

暴露在气体中的配件、安全装置和设备必须按照国家指南进行防冻安装，并且必须检查是否有泄漏。它们还必须具有足够的耐介性、耐腐蚀性和耐压性。

组织防护措施

阀门和配件必须能够由操作员采取安全姿态轻松操作。用于抽气的配件必须防止未经授权和无意打开，例如通过锁定手柄。

作业指导书/操作指南必须说明，安全装置应在运行中断后及正常运行时根据制造商说明定期检查。

15. 火炬的要求

为了防止破坏气候的甲烷释放，各种国家指南要求沼气工厂设置备选耗气设施（热利用）。火炬系统通常用于此目的。火炬有不同类型，基本上可分为三类：开放式火炬、封闭式火炬（ $>850^{\circ}\text{C}$ ）和高温封闭式火炬（ $>1,000^{\circ}\text{C}$ ）。

技术防护措施

拟用作备用耗气设施的火炬系统必须持续准备运行，并能够接受最大沼气产量。气体火炬系统通常由储气罐的充填水平驱动，通过压力或外部信号进行控制。必须通过认可的控制技术确保点火间隔的长度。每个气体火炬系统都必须有一个安全阀（慢开/快关，常闭），以可靠防止空气不受控制地流入沼气厂的气体系统。快速关闭功能在不到一秒钟的时间内执行。气体火炬系统必须满足对暴露于气体中工厂部件的一般要求（根据防爆要求，特别是技术密封、耐腐蚀和防冻，包括冷凝水排放管）。

气体火炬必须配备阻火器（DIN EN ISO 16852）。应尽可能将其安装在靠近最终使用设备的位置。

必须考虑所用材料的耐热性，为此必须提供制造商的通知或型式检验证书。对于每个火炬系统，制造商和运营商必须商定用于火炬的必要最小供气压力（流动压力）。供气压力不足会导致火焰熄灭，尤其是在大风或



具体要求



Gas flare

处于其他特殊运行状态（储气罐充填水平大幅波动）的情况下。在自动气体火炬系统中，建议最小接入压力应确保为10百帕（0.01巴）。如果无法在气体火炬系统的上游获得足够的供气压力，则必须提供适当的设备进行纠正这种情况（例如气压增压鼓风机、稳压阀）。

对于室外的紧急情况和维护作业，必须至少能够在靠近消耗设备安装位置的地方手动关闭火炬系统的气体供应。打开和关闭的位置必须可识别或加贴标签。

必须能够充分可靠地运行气体火炬系统，例如独立于电网供电（离网，例如通过电池、应急电源或运

营商采取的其他组织措施），从而安全地避免释放未燃烧的沼气。气体火炬系统的安装和位置必须确保不会有人受到气体、火焰或热部件的危害。气体火炬系统的架设方式确保当风向偏离主导方向时，火焰吹离储气罐、减压装置、建筑物和公共道路。

气体火炬的废气必须在屋顶高度以上自由排放，或者通过排气管排放，该排气管必须与建筑物和公共道路至少相距5米，并且排放管末端必须在离地面至少3米处。



组织防护措施

应定期检查燃气火炬的技术密封性及其安全和监控设备是否正常运行。应遵循制造商关于调试、操作和维护的说明。



防爆区域分类

▶如果火焰未燃烧，可以通过自动启动点火装置和火焰监测（自动点火器）相结合的自动关闭装置防止气体泄漏到周围区域。在火炬上游的气体管路中安装合适的阻火器。

无需分区。

16. 过程控制系统/仪表与控制（I&C）系统的要求



技术防护措施

具有安全功能的控制系统必须设计为自动防故障，除非此类系统由冗余系统备份，例如防止过压的机械过压保护装置或防止溢满的溢出保护装置。

在辅助动力（沼气厂的电力、液压或气动供应）发生故障、安全停机或启动紧急停止开关的情况下，工厂或工厂的相关部件必须切换到安全状态。可以

通过控制工程措施、液压措施或机械措施实现安全状态。

示例：

- ▶关闭热电联产装置安装室外的自动进气阀
- ▶关闭相关气体压缩机
- ▶断开暴露于气体中的安装室（热电联产单元、气体净化等）内的所有非防爆部件

- ▶ 关闭闸阀，以使物料不会流回进料系统（例如预消化池、畜禽舍）
- ▶ 外部进料设施必须能够在系统故障的情况下被关闭，以防止过量进料
- ▶ 充填液位的下降绝对不能导致气体不受控制地逸出，例如从进料系统中逸出

设计控制系统安全相关部件期间，必须使用机器电气设备的最新适用标准和控制系统安全相关部件的等效标准。必须按照国家指南进行危害和风险分析。



组织防护措施

必须根据危害评估建立、确定和记录对具有安全功能的仪表与控制（I&C）设备的安全功能要求。

17. 电气工程的要求

17.1. 等电位连接

相关国家法规适用于所有电气装置和开关设备。

为了防止产生电位差，必须将所有导电设备部件相互连接，并与保护导体和电位均衡器连接。

小贴士

始终建议安排合格电工在调试前和定期检查电气装置。详细信息参见检查和测试章节。

- ▶ 必须避免在电气设备中或电气设备上堆积危险的导电粉尘，例如通过增强设备的防尘性能。
- ▶ 必须采取适当措施，以防止点火源通过电缆和导线进入危险区域。应在危险区域不间断地铺设电缆和导线。否则，必须在具有适合该分区的保护类型的外壳中进行连接，或者必须通过适当的接线盒将其固定。
- ▶ 如果静电放电能够成为有效的点火源，则必须避免释放静电。
- ▶ 高电荷产生过程会产生极高的电荷水平，以至可能发生自燃诱发放电。应避免在危险区域使用绝缘材料制成的物体或设备。如果不能使用由导电或耗散材料制成的物体或设备，则必须采取措施以防止危险充电。



技术防护措施

必须采取以下防护措施，以防止出现电位差：

- ▶ 电缆入口和密封套必须适合各自的点火保护类型。另外，电气装置的设计和电气设备的组装和安装，必须确保易于检查、测试和维护。
- ▶ 电缆和导线必须与管道分开铺设，电伴热系统除外。电气设备的设计必须将电磁场的影响限制在安全水平。

小贴士

可能的措施包括：导电或耗散涂层，织物中的导电丝，表面积限制或可靠的有效组织措施。

具体要求



组织防护措施

工厂运营商必须确保只有经过专业培训且掌握专业知识和经验，能够识别产生的电气危险并采取必要的职业健康和安全措施的人员才能进入电气装置危险区域，并且只有在上述人员的陪同下才允许其他人员进入危险区域。

工厂运营商还必须确保所使用的所有电气装置和设备都适合其所在的工作场所的工作条件和环境条件产生的压力和负荷下使用。

17.2. 发生停电时的防护措施

作为危险评估的一部分，重要的是为每家沼气厂单独制定一份尽可能全面的潜在危险清单，并根据每种具体情况确定必要的防护措施。接下来重点介绍公共电网发生故障时产生的危险和应当采取的必要对策。



技术防护措施

为了保证沼气厂的应急供电，首要要求是容错安装（例如，如果泄漏到周围的墙内，不会受到洪水或物料的影响）。

此外，必须检查沼气厂的电气安装，以确保搅拌器和其他重要部件的“快速动作”激活。在这方面，亦应考虑雷暴导致的电力故障，例如：如果重要部件，如可编程逻辑控制器（PLC）、变频器24伏供电系统或紧急停机继电器不能快速启动，则必须采取进一步的预防措施。

理想情况下，可以使用简单装置使搅拌器或其他重要部件与工厂控制系统并行启动，而无需PLC和变频器（例如，仅使用插塞式连接器和电机保护即可运行）。

在连接多个部件（如气体处理系统）、相对较大的沼气厂中，气体火炬系统不一定由沼气厂控制和供应。在这种情况下，应当研究在完全断电的情况下，如何通过“简单”方法将气体火炬系统投入运行。

为了保证可靠的电力供应，确定维持重要工艺流程所需的电力亦至关重要。这方面的措施包括：

- ▶ 确定发生电力故障时需要继续运行的所有工艺流程
- ▶ 规定所确定的流程需要持续运行的时间长度，以防止出现任何危险
- ▶ 确定不间断电源（UPS）需要满足的电力需求：
 - ▷ 信息技术
 - ▷ 报警系统
 - ▷ 电信
 - ▷ 安全照明等
- ▶ 确定维护运营关键流程所需的总电力：
 - ▷ 信息技术（以上所有）
 - ▷ 系统控制
 - ▷ 搅拌器
 - ▷ 耗气设备（如适用，包括压缩机）
 - ▷ 照明

选择正确的应急电源策略也很重要。表6列出各种选项。

表6：各种应急电源策略的优缺点

	优点	缺点
带自备燃料库的固定式应急发电机组	<ul style="list-style-type: none">▶ 可用性 自动启动的可能性▶ 调试过程中出错的可能性较小	<ul style="list-style-type: none">▶ 需要定期维护
自备燃料的移动式应急发电机组	<ul style="list-style-type: none">▶ 也可短期 (!) 用于其他用途	<ul style="list-style-type: none">▶ 一般小于固定式机组▶ 需要基本电气知识 (需要大量手动切换程序)▶ 与固定式应急发电机组相比, 在紧急情况下进行设置所涉的工作量更大 (获取机组并将电缆连接至沼气工厂)
牵引车驱动的移动式应急发电机组 (动力输出轴连接)	<ul style="list-style-type: none">▶ 高可用性▶ 更低成本	<ul style="list-style-type: none">▶ 需要更多基本电学知识 (旋转磁场? 最大可用输出? 等电位连接? 电力系统稳定性等), 且需要大量人工切换程序▶ 与移动式应急发电机组相比, 在紧急情况下进行设置所涉的工作量更大 (获取机组、电缆和牵引车)▶ 牵引车必须与机组匹配 (正确动力输出轴、正确转速、足够输出)



组织防护措施

为了保障应急电源, 必须考虑一些额外的组织措施。

制定电力故障应急预案, 包括:

- ▶ 组织结构图 (组织结构)
- ▶ 确定责任和义务, 包括电话号码, 特别是对随叫随到服务的安排及其任务和权力
- ▶ 任务说明
- ▶ 警报级别和决策渠道 (组织程序)
- ▶ 确定哪些工作场所可以使用, 哪些工作场所面临风险 (例如正负压安全装置)。

此外, 必须定期向员工提供指导和简报, 提供书面证明, 并针对具体危险情况进行演习。在这些方面取得的经验应纳入应急策略。

必须定期更新检查和维护计划。另一项重要工作是定期检查应急发电机组和不间断电源 (UPS) 的设计是否符合当前的容量和质量要求。此外, 还需要对燃料进行定期检查/功能测试。

由于天气条件和老化, 柴油的燃料质量尤其容易降低。

同样重要的是编制一套操作指南, 对操作和维护 (包括应急电源和演习的操作计划) 进行全面说明。在应急操作期间, 有必要检查是否所有预期负载都在通电 (使用提前编制的清单; 包括电话连接)。为此, 应指定一名人员负责应急电源系统的操作和维护 (如适用, 则指定一名操作安全员)。

应指定并固定存放位置。必须能够不受阻碍地使用移动式应急发电机组。机组投入使用时, 必须有经过培训的电工到场进行隔离运行的初步试验或应急电力演习。

具体要求

应急发电机组须正确接地，以防止剩余电流动作断路器跳闸。开关柜的标签必须易于理解。

如果应急发电机组可能用于多种业务/业务类型：

- ▶ 确保应急运行时，每个连接的用电设施至少能够从预先定义的应急电源中获取最低电量；
- ▶ 制定技术规定，以确保紧急运行时，每个连接的用电设施只能从预先设定的应急电源中获取最大电量。

18. 防雷要求

沼气厂的防雷工作必须按照国家法规和区域性雷击风险进行管理。外部防雷和内部防雷有本质上的区别。内部防雷防止装置内部的电涌损坏。外部防雷通过避雷针将直接击中受保护装置的雷击转移走。

经验表明，通常不需要外部防雷装置（拦截装置、避雷器、接地系统等）。



技术防护措施

沼气厂至少应该采取内部防雷措施。因此，电气设备和电子控制、数据处理和电信设施需要避雷器（内部防雷）和一致的等电位连接。迄今为止的



组织防护措施

在对沼气厂的建设和运行进行危害评估时，应考虑防雷问题。



有关防雷的更多信息，请参见
DIN EN 62305标准。

19. 物料输送和/或沼气输送设备房间要求

物料输送和/或沼气输送设备房间包括CHP机组安装室、泵房等。

CHP机组安装室的要求



技术防护措施

总体要求

一般来说，维护和控制站以及阀门、搅拌、泵送和冲洗设备的控制装置应始终位于地面以上。如果无法做到，则必须提供足够的技术通风，每小时至少换气五次。

如果无法确保CHP机组安装室中的所有气体输送设备部件在技术上都是永久性密封的，则必须避免点火源，如果可行，还必须指定防爆区域。可以通过采取其他措施来限制或避免安装室内的防爆区域，例如带气流监测装置的强制通风系统或带通风装置的气体报警设备。

根据气体的性质，考虑到通风系统在各种可能的运行状态下的影响，应将气体报警设备的检测元件安装在可能释放的气体源上方或附近。

评估装置必须安装在被监控房间的外面。

强制通风系统的尺寸设计必须确保将安装室内最大可能气体容积稀释到最大气体浓度为20% LEL。

在室内空气中的警报阈值为20% LEL (0.9%的v/v甲烷) 时, 响应应为视觉和听觉警告、100% 功率的进气或排气。

例如, 室内空气中的40% LEL (1.8%的v/v甲烷) 时, 响应应为视觉和听觉警告、100%功率的进气或抽气以及自动切断安装室外的供气。

气体警报设备在超过第二个警报阈值 (后继续工作, 即不关闭)。

如果安装了技术通风系统, 必须确保从天花板区域排出废气。废气必须直接排放到大气中。

CHP机组必须安装在其地基上, 并且安装时应确保其振动载荷低于连续运行允许的振动水平。



更多关于安装室的信息, 请参阅 DIN ISO 10816-6。

地漏必须配有集油器。或者, 必须在发动机下方放置一个收集箱, 以收集全部机油。

必须可以通过安装室外的照明开关随时关闭CHP机组。开关必须带有“紧急停止开关-CHP机组”清晰字样的耐用标签, 并且必须易于操作。同样的要求也适用于电动切断阀。

必须在每个发动机机组上游的输气管道中安装两个切断阀。发动机停止时, 阀门必须自动关闭。必须定期检查间隙是否有泄漏。如果即使在发动机停止时, 发动机供气管路的上游压力也保持在5毫巴 (5百帕) 以上, 则需要自动间隙监控。

门必须向外打开, 并且必须可以上锁。

小贴士

CHP机组安装室的进风/出风口的最小自由横截面“A”通过以下公式得出:

$$A = 10P + 175A = \text{自由横截面 (平方厘米)}$$
$$P = \text{发电机的最大宣称电力输出 (千瓦电)}$$

示例:

$$22 \text{ 千瓦电} = 395 \text{ 平方厘米 以及 } 30 \text{ 千瓦电} = 475 \text{ 平方厘米}$$

组织防护措施

气体报警装置必须按照制造商的说明进行维护。气体报警系统必须定期进行测试, 至少每年一次。对于气体报警器触发报警或气体报警器出现故障的情况, 必须制定操作说明。

CHP机组安装室的其他要求:

CHP机组安装室的尺寸必须确保CHP机组能够正确安装、运行和维护。通常是这种情况下CHP机组可从三个侧面接近。门必须朝逃生方向打开。如果CHP机组在集装箱内运行, 则日后更换应该可以毫无困难地进行。CHP机组安装室应能可靠地实现CHP机组制造商规定的气流参数。



防爆区分类

技术上密封的气体输送部件还要结合适当的组织措施, 并定期检查是否有泄漏。安装室潜在爆炸性环境的监测: 例如达到20%的LEL时触发警报, 风扇输出功率最大 (每小时至少换气5次), 达到40%的LEL自动关闭供气。

无需分区

检查和测试

为

使工厂持续安全运行，必须对整个工厂、工厂部件和文件资料进行初始和各种定期反复检查和测试。

检查和测试可以分为以下几个独立部分：

- ▶ 结构安全
- ▶ 防爆
- ▶ 加压系统
- ▶ 电气装置
- ▶ 水资源保护
- ▶ 污染控制
- ▶ 功能安全
- ▶ 消防
- ▶ 商业

检查和测试必须由经过专门培训的专家或有资格进行检查和测试的人员进行。除了必要的培训和专门知识（包括沼气领域的专业经验）外，检查人员还必须配备必要的测试和检查设备。应提供符合这些要求的证明。

在充分考虑了相关国家要求的情况下，建议对沼工厂进行以下类型的检查和测试：

1. 文件检查：检查以确保文件完整、正确和最新版本。
2. 外观检查和功能测试：检查以确保技术和组织安全预防措施完整、正确且正常工作。

贴士

鉴于存在大量不同的定期反复检查和测试，因此有必要制定一份检查和测试计划，以显示所有必要的检查和测试以及每种情况下需要的检查员/测试工程师的联系方式。

德国沼气协会认为，对沼工厂进行以下现场检查 and 测试是最低要求（请参见表7）。

表7：德国沼气协会建议的最低限度检查和测试

测试对象	测试频率
灭火器	两年一次
安全设备（例如气体报警设备、通风系统和惰化设备）	至少一年一次
仪器、保护系统和安全系统	三年一次
防爆测试（常规）	调试前进行，然后至少每六年定期进行一次
检查是否遵守水法规	调试前进行，然后每5年一次，在水源保护区每2.5年一次
安全相关测试	调试前进行，然后每3年或每5年一次（视批准情况而定）
开关柜的电气测试/电子检查	四年一次
压力容器	每2年进行一次外部检查

检查和测试结果应记录在测试报告中，报告必须至少包含以下信息：

1. 设备信息
2. 检查或测试的日期
3. 检查或测试的类型
4. 检查或测试的依据
5. 检查或测试的范围
6. 采取的防护措施的有效性和功能
7. 测试结果和下次定期反复测试的日期
8. 在整个工厂使用期间，记录和测试证书必须保存在受监测工厂的现场。此外，建议将副本保留在其他地方。

沼气提纯为生物天然气

在 CHP机组中使用之前，工厂中产生的原始沼气要经过基本净化（请参见图13）。这通常包括脱水（干燥）、减少硫化氢和去除悬浮固体。但是，如果打算将沼气作为天然气的替代品，用作燃料或在增压缸中以压缩形式使用，则需要进一步提纯天然气，这主要包括分离甲烷和二氧化碳，以及进一步减少不良气体成分（硫化氢、氨和其他微量气体）。沼气提纯需要额外的技术设施，其安全性方面将在下文进行说明。

由于原始沼气混杂了各种需要和不需要的成分，因此需要进行基本净化和精细净化。原始沼气的基本净化通常在沼气产生设备（发酵罐）进行，而精细净化或提纯则在沼气提纯厂进行。为了使提纯后的沼气（生物天然气）符合天然气管网的质量标准和/或天然气消费者（天然气汽车、燃气燃烧器、CHP机组等）的要求，需要根据国家规定进行进一步处理（例如调整甲烷含量和热值等）。该处理在沼气调整装置中进行。在将提纯后的生物天然气注入指定的天然气管网之前，需要进一步的措施：压力调整、压力保护、气体计量以及必要时加臭。

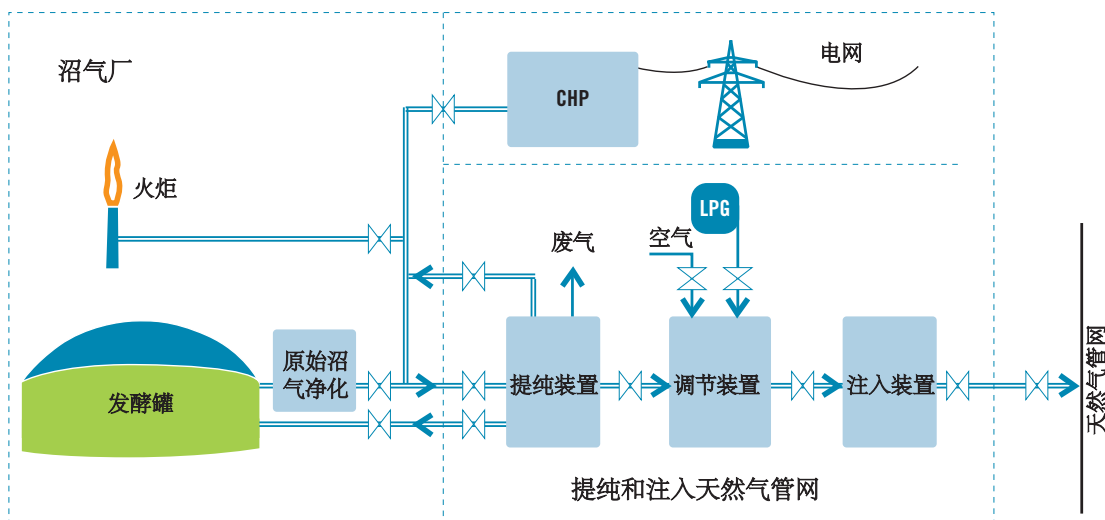
根据不同的国家要求（法律、条例和各项法规），沼气提纯厂的不同部件可能有不同的操作人员，并且可能受到不同专长领域的利益相关方的影响，如



沼气提纯装置

沼气厂经营者、天然气供应商/天然气管网经营者和/或主管部门。应根据这些主管领域来定义工厂各个部分的职责，并以书面形式列出。

图13：生物天然气提纯和入网的工序流程图



沼气提纯为生物天然气

负责的操作人员和分配人员所持有的相关资质也必须符合国家要求。这同样适用于参与工厂规划、建设、运行和维护的专业公司。为使技术知识与最新的研究成果和技术要求保持同步，应定期进行培训。出于组织上的考虑，建议为工厂制定一份整体组织结构计划。

此外，还应制定组织程序计划（故障记录：检查、原因等）以及操作文件资料（简报、检查、测试、事故、工作说明等）。



需要记录的内容：

- ▶ 举行说明会和指导会
- ▶ 检查和测试
- ▶ 事件
- ▶ 作业指导书



技术防护措施

由于净化后的天然气/生物天然气几乎是无味的，因此天然气/生物甲烷气的加臭（添加有臭气味的物质作为警告）是一项重要的安全措施。为确保能迅速察觉室内燃气装置的管道或部件渗漏，出于安全原因，会在天然气/生物甲烷中添加特定的规定警告气味。因此，加臭气体的气味一定不能是人们在日常生活中，例如厨房或家庭环境中熟悉的味道。

提纯后的生物甲烷必须根据要注入的天然气管网的加臭要求进行调整。这通常涉及使用高挥发性、典型气味的有机硫化物，如闻起来像臭鸡蛋的四氢噻吩（THT）和硫醇混合物。

在规划、建设和维护生物甲烷厂和外部区域的管道工程以及选材方面，必须遵守国家规定。所有这些工作都必须由经过专门训练的人员完成。

应根据工厂的实际要求（气体质量、气体的腐蚀性成分、内部压力、气候、地理位置）选择工厂组件。

根据特定场所的规定，安装管道时必须考虑潜在的变形、偏离和线性膨胀。如果预计会形成冷凝水（主要适用于沼气管道），管道应按照一定坡度铺设，并在安装的低点安装冷凝水分离器。

尤其重要的是，燃气管道的建筑物入口要耐腐蚀且无应变。输送气体的管道必须始终具有防腐、防着火和等电位连接，并且必须通过颜色或标签清楚地标识。

如果燃气管道可能遭受机械损伤（例如车辆或其他交通工具），则必须加装防撞保护装置对其进行保护。如果将燃气管道铺设在属于第三方或公共财产的土地上，则必须考虑获得穿越土地（例如道路和铁路线）以及铺设管道的许可/特许权。

安装之前，必须检查燃气管道，以确保其完好无损。必须遵守管道覆盖、管道布线和管道沟槽填充（例如在倾斜的位置）的相关国家准则。

燃气管道必须在初次安装后和任何重大变动后进行压力测试，并适当考虑相关规定（测试程序、测试持续时间、测试介质、测试压力、允许进行测试的人员等）。如果工作压力在使用过程中发生变化，则必须遵守与此相关的任何规定。



管道文件资料：

- ▶ 燃气管道设计细节（压力、公称直径...）
- ▶ 结构分析记录
- ▶ 执行公司的资格证书
- ▶ 现有设施和设备清单的最新施工图和平面图
- ▶ 管道手册（焊接工作文件、质量要求验证）
- ▶ 测试报告/验收证书

沼气提纯为生物甲烷

在燃气装置上进行工作时，必须将其安全地减压到露天环境中，并且必须进行惰化。为消除危险的防爆区域，在对燃气设备进行作业前应进行间隙测量。在进行维修/保养工作后，在恢复运行之前，应对相关装置进行泄漏测试和功能测试。必要的测试必须由合格的专业人员执行，并且必须记录在案。如有必要，在恢复运行之前，必须去除气体系统中的氧气，并且用工艺气体冲洗系统。恢复运行必须与工厂上游和下游部分的负责人员达成一致并进行协调。

仅允许经过批准的专业公司/熟练工人在管道和气体输送系统上进行焊接作业。国家法规（德国 DVGW GW 350和G472）对设备、装置、过程测试、焊接工作的性能和焊接测试作了详细说明。不允许在安装室对气体输送设备进行焊接作业（出于合理理由的情况例外）。

对承压设备部件进行作业时，必须遵守相关的国家法规。



组织防护措施

如果预计会产生冷凝水，必须定期维护和清理管道和冷凝水排放系统。必须每年检查地面以上的管道是否有泄漏。必要时，应为补偿器和其他专用组件规划更短的维护周期（危害评估）。每两年应对铺设在地面上的管道（包括管道保护）进行一次检查，以确保其状况良好且没有外部腐蚀。如有必要，应修复塑料管的紫外线防护。

生物甲烷工厂及其组件必须按照制造商的说明（方法、周期）进行维护和保养。从本质上讲，有三种维护方式，区别如下：

- ▶ 计划检修（固定周期）
- ▶ 状态检修（评估工厂状态之后）
- ▶ 故障检修（出现故障时启动）

在进行任何维修工作之前，必须进行个别的危险评估，并采取指定的防护措施。这必须与所有工厂操作人员（沼气生产、清洗、调节和注入）达成一致。



所有被指派在装置上执行维护工作的人员必须是合格的、获得批准的且可靠的，并且必须接受过专门的指导。这既适用于工厂自己的员工，也适用于外部公司和工人。例如，德国法规要求某些活动，即功能测试、维护、维修和恢复运行必须始终由两个人进行，其中至少一人必须具备必要的专业知识，而另一人必须至少接受过相关指导。

应做好系统化的维修保养准备工作。这意味着必须配备必要的防护设备（例如呼吸防护、报警装置、灭火器等）。还建议制定一份工作方案和概述计划，其中所有相关活动和设备组件都清晰可见。必要时，在进行维护或保养工作之前，应将系统中的自动运行切换为手动操作。

必须指定一个人来负责安全操作和工厂的安全，并被授予必要的权力。为了避免发生危险，必须在工厂本身或通过外部服务提供商安排呼叫服务，确保持续的后备应急服务（7*24小时服务）待命。例如，在德国，为了能够及时响应故障，随叫随到服务必须在30分钟内到达工。

仪表与控制（I&C）系统必须由合格的专业人员每年至少检查一次，并且在每次维护操作之后都要进行检查，确保它们处于正常状态。为此，工厂的经营者必须制定一份测试计划。

所有测试、测量报告等必须以书面或电子形式记录，并根据需要保存（至少两个维护周期）。工厂的结构变化必须记录在案。其他测试必须根据沼气厂的一般测试要求（电气安全、防爆等）进行。

工厂安全运行建议

由

于沼气涉及的法律领域非常不同（农业、废物管理、能源工业、工作健康与安全等），而且是一项相对较新的技术，因此许多国家并没有专门针对沼

气特定的权限或法律、法令或法规。在国际标准化领域尤其如此。目前正在初步努力制定一套国际协调的沼气法规和标准（ISO TC 255“沼气领域的标准化”）。



插图：ISTOCK_FRANK RAMSPOTT

建立并被认可的行业协会在商定、制定、引入和实施特定安全标准方面发挥着至关重要的作用。因此，可以将沼气行业利益相关方团体的利益和需求集中起来，以达到最佳效果，并被最大程度地接受。例如，德国沼气协会自成立以来，其安全工作小组一直就安全问题开展辩论，并提出相应的建议。该工作小组由来自沼气行业各个安全相关领域的名誉专家组成。工作小组还协助德国沼气协会及其成员解决各种问题和困难。

在国际范围内，处理事故后果的方式差异很大。在一些国家，无论多么轻微的事故都会登记在案，认真处理，并追查原因，以尽可能避免将来发生类似事故。如今，在这些国家，沼气厂大多是安全运行的。

但在其他国家，情况并非如此。很多时候，原则往往是“生命是廉价的”。负责人并不会每次都被追究责任。这些安全文化上的差异是工厂安全运行的一个关键因素。各国应尽可能严格地制定和实施沼气安全运行法规。

法律框架中一个非常重要的要素是责任问题，它旨在保证沼气的安全运行。在许多国家，当发生事故时，都会对造成事故的原因和责任人进行非常彻底的调查。如果事故严重，警方、专家鉴定师、消防队、雇主责任保险协会或其他机构通常都会参与调查。谁应该对损失承担经济责任的问题也与保险公司有关。如果无视规章制度，责任人可能会受到严厉处罚（罚款甚至监禁）。

不幸的是，在许多国家，责任问题没有得到界定，或者规章制度的适用并不是一致的。因此，一项非常重要的建议是，每个有工业沼气厂运行的国家都必须确定发生事故时应该由谁承担责任。这些规定必须严格执行。

通常情况下，沼气厂的经营者负有高度责任。他对工厂的安全运行负责，通常要负个人责任。如果发生施工不力、审批不当或者违反其他规章制度的情况，则其他公司或机构也可能承担责任。

1. 法律框架建议

- ▶ 为避免与安全相关的问题和主管领域方面出现重叠，理想情况下，沼气厂的安全问题应只由一个部委及其相关主管部门和机构处理。
- ▶ 在德国，与沼气厂的建设和运营相关的建筑、废弃物管理、环境、及职业和工业健康与安全的法律的所有方面，都要作为沼气厂许可程序的一部分进行审查。但是，在许多国家，没有法律文书规定类似的全面检查和监管批准。
- ▶ 如果新的沼气市场结构建立了全面甚至特定的沼气工厂许可程序，那么在许可过程中涵盖安全相关和功能方面（例如专家规划、工厂设计、组件选择等）将尤为重要。如果政府官方无法进行检查，也可由技术专家进行审查。
- ▶ 为了最大限度地减少或防止沼气厂的许可和监管程序不同或不协调带来的问题，在全国范围内以相同的方式处理沼气厂的问题非常重要。因此，建议制定适用于全国（法律、条例或技术法规）的统一监管框架。监管框架应确定符合国际要求的沼气厂技术水平。它应将所有相关要求包含在一套中央规章制度中，便于查阅和理解，并且应定期进行更新。
- ▶ 为确保沼气厂的安全运行，建议考虑实施沼气厂专家评估制度，以审查沼气厂的许可证，并能够在投产时或定期监督沼气厂的规划、建设和运营。应收集和分析从评估中获得的经验。研究可以为监管框架中需要进行任何调整提供依据。
- ▶ 应记录损坏或事故案例的经验，然后根据统一标准进行评估。这些结果还可以为寻找问题的解决方案和优化机会提供有用的信息。沼气行业的最新研究成果和见解应很容易通过定期出版物、技术信息表和会议获取。
- ▶ 为确保沼气厂的安全运行，必须遵守本出版物中提到的欧洲标准和准则，例如DIN EN 60529（外壳防护等级（IP code））。
- ▶ 规划者、经营者、政府机构和国家沼气协会之间积极开展建设性合作（通过工作小组、意见书、分享经验等），这对于促进沼气厂的安全运行至关重要。

2. 行业培训

- ▶ 沼气厂的操作人员应在开始工作前完成认可的操作人员培训和安全培训。培训内容应根据工厂的特定参数（规模、物料等）和国家法规进行选择。
- ▶ 应定期更新操作人员先前获得的沼气领域专业知识。
- ▶ 参与规划、建造、运行和维护的专业公司应能够利用明确且可验证的专家知识，这些知识也应定期更新。
- ▶ 危险零件或部件的工作应由合格专业公司进行，必要时由专业公司监督。

附件

附件1: 危害评估

沼气厂基本情况						
经营者:			分配的工作[日期]:			
			员工人数:			
日期:						
参与危害评估的人员:						
签名:						
1. 一般部分						
1.1 一般危害-组织						
活动领域	危害	防护措施	已执行			实施人/时间
			是	否	不要求	
责任	任务、职责、权限不明确或安排不当。	经营者对所有任务、职责、权限负责。偏差已记录在案。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		经营者负责指导外部公司。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
选择员工	雇用不合格人员(危害健康、财产损失)。	就业前进行职业能力鉴定。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		定义并考虑公司资质标准(例如教育程度)。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		检查是否有必要的驾驶执照。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		新员工接受入职培训。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
未经适当教育和培训的情况下工作	危害自己、其他员工或其他人。	只有经过适当培训的员工才能执行相关任务。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		员工参加相关进修措施。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		只雇用受过培训的合适人员。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
安全须知	没有认识到危险或未考虑采取防护措施。	员工在开始工作前接受潜在危险和防护措施的相关指导。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
工作时间	不遵守工作时间、放松时间和休息时间的规定。	必须遵守核心工作时间的规定。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		必须遵守休息的规定。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
急救说明	事故或突发疾病后缺乏急救措施。	有急救物资。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		知晓紧急电话号码。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		有受过培训的急救人员。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

附件2: 分包商和员工的维护、安装和保养工作指导

工作地点/场所 (例如工厂)	沼气厂	
作业顺序 (例如搅拌器维修) 客户/雇主负责人	
工作时间	日期开始日预期结束日	
	<input type="checkbox"/> 每天开工前需要就现状进行讨论	
作业类型/作业顺序	<input type="checkbox"/> 电极焊接 <input type="checkbox"/> (保护气体) <input type="checkbox"/> (电焊条) <input type="checkbox"/> 氧乙炔焊接/硬钎焊..... <input type="checkbox"/> (火焰) 切割 <input type="checkbox"/> 研磨/切断磨削 <input type="checkbox"/> 其他:	
执行人	<input type="checkbox"/> 外部公司: 外部公司的现场负责经理: <input type="checkbox"/> 沼气厂自己的员工:	<input type="checkbox"/>
	承包商具备所需的专业知识	<input type="checkbox"/>
一般信息	如果其他雇主的员工面临高度危险, 则相关雇主必须以书面形式任命一名协调员, 就防护措施达成协议: 协调员	<input type="checkbox"/>
	根据危害评估进行维护工作。	<input type="checkbox"/>
	承包商已将其工作对客户和其他雇主的雇员所造成的危害告知客户和其他雇主。	<input type="checkbox"/>
	个人防护用品: 选择并在必要时强制使用(安全鞋、耳朵保护装置、坠落防护、阻燃服、耐化学防护服、防护手套、护目镜、呼吸面罩等)。	<input type="checkbox"/>
	遵守提示标志、强制标志和禁止标志。	<input type="checkbox"/>
	注意: 在接收设备区域, 由于加入了添加剂和辅助材料(例如微量元素), 可能会产生有毒、剧毒、致癌、诱变或再生性有毒沉淀物。 这种情况下, 必须遵循安全资料表上的规定, 尤其是有关个人防护用品的规定, 并且必须指定受过指导的合适人员来执行这项任务。	<input type="checkbox"/>
	机械是否安全? 会不会意外启动? 是否贴上标签?	<input type="checkbox"/>
	注意: 钢制和钢筋混凝土储罐内通常无法与手机网络连接。	<input type="checkbox"/>
	交通和逃生路线保持畅通。	<input type="checkbox"/>
	灭火器、急救箱和配电箱未堵塞。	<input type="checkbox"/>

附件

入职	讨论工作程序、可能的危险、安全预防措施和环保设备的正确使用。分发应急预案。	<input type="checkbox"/>
	所有委托的工作始终在监督下进行。 禁止进行无人监督的单独作业。	<input type="checkbox"/>
	注意具有潜在爆炸环境的区域。	<input type="checkbox"/>
	注意可能存在的隐患（例如剩余能量、隐蔽的电缆/管道、高架作业设备、加压管道等）。	<input type="checkbox"/>
	不得绕过或操纵机器或建筑物上的安全设备（例如安全型接触开关桥接、防火门楔入等）。	<input type="checkbox"/>
	如果发现任何（职业安全）缺陷，应立即向作业现场经理报告。	<input type="checkbox"/>
	简要介绍所有存在的有害物质（例如根据安全数据表）。	<input type="checkbox"/>
	▶ 添加剂和辅助材料（微量元素等）。	<input type="checkbox"/>
	▶ 易燃液体。	<input type="checkbox"/>
	▶ 易燃材料（固体、灰尘、绝缘材料）。	<input type="checkbox"/>
	▶ 气体/蒸汽爆炸的危险。	<input type="checkbox"/>
	▶ 氧气置换气体二氧化碳造成窒息的危险。	<input type="checkbox"/>
	▶ 硫化氢和氨等有毒气体的毒性危害。	<input type="checkbox"/>
	▶ 其他有害物质	<input type="checkbox"/>
	工作区域应设置障碍物和警告提示，确保任何人不会受到伤害。	<input type="checkbox"/>
	遵守操作指南，例如轮式装载机、机械和设备。	<input type="checkbox"/>
	禁止饮酒和其他致醉物。	<input type="checkbox"/>
	所有标记区域均禁止吸烟。	<input type="checkbox"/>
	对电动工具，梯子等的安全使用进行了说明，请注意在使用前需要进行目视检测。	<input type="checkbox"/>
	阐述了环境风险事件的应急措施。	<input type="checkbox"/>
其他：	<input type="checkbox"/>	
强制性工作设备和职业安全设备	<input type="checkbox"/> 梯子、攀登用具 <input type="checkbox"/> 坠落防护 <input type="checkbox"/> 头盔 <input type="checkbox"/> 护耳用具 <input type="checkbox"/> 护目用具 <input type="checkbox"/> 特殊灯具（IP 防护等级，ATEX?） <input type="checkbox"/> 特殊通信手段（IP 防护等级，ATEX?） <input type="checkbox"/> 工具和焊接气瓶专用提升机	<input type="checkbox"/>
	提供配备救援/恢复设备的救援站。	<input type="checkbox"/>
	提供急救设备。	<input type="checkbox"/>
	洗眼瓶、伤口消毒剂、烧伤急救箱。	<input type="checkbox"/>

防止工作中产生火花危险的特殊措施	具备以下资格证书 (例如燃气管道焊接焊工证书) :	<input type="checkbox"/>
	易燃物品和材料, 包括灰尘堆积物的清除半径范围..... 米 (也在隔壁房间=防蒸汽? 空管道、电缆管道、门、通风管道?)	<input type="checkbox"/>
	清除脆弱区域的沼气?	<input type="checkbox"/>
	覆盖工作场所附近和下方的危险易燃物。	<input type="checkbox"/>
	安全密封燃气系统中连接的相邻危险区域和储罐的开口、管道和通道。	<input type="checkbox"/>
	清除可能易燃的覆层和绝缘材料。	<input type="checkbox"/>
	建立等电位连接(防静电装置)和加湿。	<input type="checkbox"/>
	警示: 要特别注意由焊珠和角向磨光机火花引起的小型二次火灾。	<input type="checkbox"/>
	通过氮气或二氧化碳惰化管道来消除储罐和管道的爆炸风险?	<input type="checkbox"/>
	防护通风、主动通风明显低 LEL 风扇输出:立方米/小时 通风空间体积:立方米 排气管(螺旋通风软管) 米长 (从新鲜空气进气点到防爆区/出气点的距离)	<input type="checkbox"/>
	排气/抽气(仅使用防爆/ATEX 鼓风机, 例如从消防队借来)	<input type="checkbox"/>
	专家使用气体检测器(例如多通道气体监测器)测量间隙: 电池已充电、已检查并准备运行等? 有足够的距离测量工作区域中的大气, 例如 甲烷 < 0.5%, 氧气 > 20%, 二氧化碳 CO ₂ < 0.5%, 硫化氢 < 10 ppm, 氨 < 5 ppm	<input type="checkbox"/>
	配备灭火设备的消防值班。	<input type="checkbox"/>
扑灭早期火灾的第一反应设备	<input type="checkbox"/> 灭火器(注意: 如果可能, 请准备几种不同的灭火剂!) <input type="checkbox"/> 水 <input type="checkbox"/> 泡沫 <input type="checkbox"/> 二氧化碳 <input type="checkbox"/> ABC 干粉 OBC 干粉 <input type="checkbox"/> 带喷嘴的水软管(已连接)?	
许可	应实施列出的安全措施。 必须遵守有关工业安全和健康、危险材料和事故预防的相关规定(在德国: BetrSichV, GefStoffV, TRGS 529 和 DGUV)。尤其是 DGUV 法规 113-001(前身为 BGR 117-1)适用于在低于地面的水箱、发酵罐、矿井、竖井和狭窄空间内的检查和工作。	
日期	沼气厂负责的雇主/经营者的签字	施工人员签字



**Fachverband
BIOGAS**

German Biogas Association
www.biogas.org

德国沼气协会

Angerbrunnenstraße 12
85356 Freising, 德国
电话: +49 8161 9846-60
传真: +49 8161 9846-70
电邮: info@biogas.org
网址: www.biogas.org

德国沼气协会的成员包括沼气厂的经营商、制造商和规划者、科研领域代表以及所有对该行业感兴趣的人士。德国沼气协会成立于1992年，目前拥有4800多名会员，现已发展成为全球沼气领域最具影响力的独立组织。协会与各类国际组织密切合作，并分享经验丰富的沼气专家的知识。这得益于数十年来在德国经营的约9000家沼气厂的经验积累。

协会拥有丰富的专业知识，涵盖沼气、沼气厂和沼气厂经营的几乎所有方面，并参与所有德国官方机构和各个国际机构就沼气厂的标准或法规开展的讨论和定义。一个范例是它协助国际标准化组织（ISO）的一个工作小组制定沼气系统的术语、定义和分类。

自协会成立以来，沼气厂的安全问题一直是协会的主要目标，并且协会通过以下活动解决这些问题：

- ▶ 评估科学结论、实践经验和真实事件
- ▶ 组织安全工作小组及相关分组
- ▶ 起草沼气厂规划、建设和经营的质量标准（例如沼气厂安全规程）
- ▶ 通过会议和培训课程促进知识共享
- ▶ 通过自己的专业期刊、技术文章和演示文稿传播知识

近年来，对沼气厂经营者的培训变得越来越重要。有鉴于此，德国天然气和水技术科学协会（DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.）、德国水、废水和废物协会（DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.）和德国沼气协会于2013年10月建立了沼气培训网络。

沼气培训网络的主要目的是为整个德国的沼气厂经营者和参与沼气厂经营的个人提供标准化的熟练培训以及持续的专业发展。沼气培训网成立之初有五家培训机构。截至2016年7月，共有16家培训机构提供沼气厂安全经营资质方面的培训。迄今为止，已有3500多人通过沼气培训网络接受培训。

成立时间：1992年 · 员工人数：43



**Deutsche Gesellschaft
für Internationale Zusammenarbeit
(GIZ) GmbH**

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65726 Eschborn, 德国
电话: +49 6196 79-0
传真: +49 6196 79-11 15
电邮: info@giz.de
网址: www.giz.de

德国国际合作机构 (GIZ) 是可持续发展国际合作领域的全球性服务提供者, 在经济发展与就业、能源与环境、和平与安全等多个领域拥有50多年经验。

作为一家公益性联邦企业, 德国国际合作机构为德国联邦经济合作与发展部 (BMZ) 等政府机构以及130多个国家的公共和私营部门客户提供支持, 助力实现国际合作目标。本着这一目标, 德国国际合作机构与合作伙伴共同制定卓效解决方案, 为民众提供更好的前景, 并持续改善他们的生活条件。

在可再生能源领域, 德国国际合作机构目前正在50多个国家开展超过170个项目, 其中20多个项目侧重于沼气或沼气成分。这些项目的活动包括支持沼气的法律框架条件、分析沼气生产中使用的各种基质、能力开发、与私营部门的合作以及支持沼气试点项目。

成立时间: 2011年 · 员工人数: 16400

本出版物得到以下德国国际合作机构项目的联合支持:

- ▶ 推动农业的粮食可持续能源
- ▶ 墨西哥城市垃圾的能源利用 (Enres)
- ▶ 中美洲的可再生能源和能效 (4e)
- ▶ 在巴西推广气候友好型沼气技术 (Probiogas)
- ▶ 南非-德国能源计划 (SAGEN)
- ▶ 支持摩洛哥太阳能计划 (DKTI 1)
- ▶ 在印度尼西亚推广成本最低的可再生能源 (LCORE-INDO)

ATEX. (2014). The European Parliament. DIRECTIVE 2014/34/EU on harmonisation of the laws of the Member States relating to equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres (recast).

BDC, D. G. (2015). Conceito de segurança para plantas de biogás. Berlin/Belo Horizonte.

Comité Européen de Normalisation (CEN). (2016). DIN EN ISO 7010. Von <http://www.iso7010.de/iso-7010/> abgerufen

DIN EN 60529: 2014-09. (kein Datum). Degrees of Protection Provided by Enclosures.

Hurst, P., & Kirby, P. (2004). Health, Safety and Environment: A Series of Trade Union Educational Manuals for Agricultural Workers. Geneva: International Labour Organisation.

Rohstoffe, F. N. (2013). Leitfaden Biogas: Von der Gewinnung zur Nutzung. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR).

SVLFG (2012). Aktuelle Entwicklungen bei der Anlagensicherheit von Biogasanlagen aus Sicht der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft. Berlin.

SVLFG. (2016). Technische Information 4. Kassel: Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau .

TRBA 214. (2013). Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe. Abfallbehandlungsanlagen.

TRBS 1112-1. (2010). Instandhaltung. Technische Regeln für Betriebsicherheit.

TRBS 2153. (2009). Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) TRBS 2153. Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen.

TRGS 529. (2016). Technische Regeln für Gefahrstoffe. Tätigkeiten bei der Herstellung von Biogas.

TRGS 727. (2016). Technische Regeln für Gefahrstoffe. Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung.

TRGS 900. (2016). Technische Regeln für Gefahrstoffe. Arbeitsplatzgrenzwerte.

United, N. (2015). Global Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals. New York and Geneva. Von http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev06/English/ST-SG-AC10-30-Rev6e.pdf abgerufen

出版机构 Fachverband Biogas e. V.
Dr. Claudius da Costa Gomez (V.i.S.d.P.),
Angerbrunnenstraße 12 · 85356 Freising · 德国
电话: +49 (0) 81 61- 98 46 60
传真: +49 (0) 81 61- 98 46 70
info@biogas.org, www.biogas.org

编辑机构 Fachverband Biogas e.V.

作者 Giannina Bontempo, Manuel Maciejczyk 和 Lucas Wagner
Clemens Findeisen, Mareike Fischer 和 Frank Hofmann

排版 bigbenreklamebureau
www.bb-rb.de

封面照片 Fotolia_mihalec
Fachverband Biogas e.V.

印刷 Druckmedienzentrum Gotha

印数 2000 份

状态 2016年11月

ISSN 2510-487X

www.biogas-safety.org



www.biogas-safety.com

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Fachverband
BIOGAS

German Biogas Association
www.biogas.org