



天然气加工的环境、健康与安全指南

简介

《环境、健康与安全指南》（简称《EHS指南》）是技术参考文件，其中包括优质国际工业实践（GIIP）所采用的一般及具体行业的范例。¹。如果世界银行集团的一个或多个成员参与项目，则应根据这些成员各自政策和标准的要求执行本《EHS指南》。本《EHS指南》是针对具体行业，应与《通用EHS指南》共同使用，后者提供的指南针对所有行业都可能存在的EHS问题。如果遇到复杂的项目，可能需要使用针对多个行业的指南。在以下网站可以找到针对各行业的指南：<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

《EHS指南》所规定的指标和措施是通常认为在新设施中采用成本合理的现有技术就能实现的指标和措施。在对现有设施应用《EHS指南》时，可能需要制定具体针对该场所的指标，并需规定适当的达标时间表。

在应用《EHS指南》时，应根据每个项目确定的危险和风险灵活处理，其依据应当是环境评估的结果，并应考虑到该场所的具体变量（例如东道国具体情况、环境的吸收能力）以及项目的其他因素。具体技术建议是否适用应根据有资格和经验的人员提出的专业意见来决定。

如果东道国的规则不同于《EHS指南》所规定的指标和措施，我们要求项目要达到两者中要求较高的指标和措施。如果根据项目的具体情况认为适于采用与本《EHS指南》所含规定相比要求较低的指标和措施，则在针对该场所进行的环境评估中需要对提出的替代方案作出详尽的论证。该论证应表明修改后的指标能够保护人类健康和环境。

适用性

天然气加工 EHS 指南涵盖天然气合成油（GTL）工厂中的生产过程，包括甲醇生产，以及通常的合成气体中间体的生产。该合成气为一氧化碳和氢气的混合物。附录 A 是对该行业各部分生产活动的介绍。有关储罐存放场的 EHS 问题，请参见《原油和石油产品集输终端的 EHS 指南》。

本指南文件包括以下章节：

¹ 定义是：熟练而有经验的专业人员在全球相似情况下进行同类活动时，按常理可预期其采用的专业技能、努力程度、谨慎程度、预见性。熟练而有经验的专业人员在评估项目可采用的污染防控技术时可能遇到的情况包括（但不限于）：不同程度的环境退化、不同程度的环境吸收能力、不同程度的财务和技术可行性。



- 1 具体行业的影响与管理
 - 2 指标与监测
 - 3 参考文献和其他资料来源
- 附录 A 行业活动的通用描述

1 具体行业的影响与管理

本章概述了天然气加工行业在操作阶段发生的 EHS 问题，并提出如何对其进行管理的建议。关于如何管理大多数大型工业活动建造阶段和报废阶段各种常见 EHS 问题的建议包含于《通用 EHS 指南》。

1.1 环境

与天然气处理相关的潜在环境问题如下：

- 废气排放
- 废水
- 危险材料
- 废弃物
- 噪声

废气排放

无组织排放

天然气加工设备的无组织排放来自于管道、阀门、接头、法兰、密封圈、末端开口的管线的泄漏，浮顶贮罐、泵和压缩机密封处的泄漏，气体传输系统、减压阀、储罐或者开放的坑井/容器的泄漏，以及烃在装卸操作过程中的泄漏。

主要的污染源以及所涉及的污染物包括：储罐在灌装过程中或由于储罐呼吸作用排放的挥发性有机物（VOC）、浮顶贮罐的浮顶密封处、废水治理装置、费托（F-T）合成装置、甲醇合成装置，以及产品升级装置排放的挥发性有机物（VOC）。其他无组织排放源还包括从甲醇存储设施中释放的被甲醇蒸汽污染的氮气，以及合成气生产装置、费托（F-T）合成装置或甲醇合成装置产生的甲烷（CH₄）、一氧化碳（CO）和氢气。

防止和控制无组织排放的推荐措施包括以下几方面：

- 使用油气检测装置定期监控管道、阀门、密封圈、储罐和其他构造部件的无组织排放；按优先次序进行必要的维修和部件更换；
- 通过以下方法维持稳定的油罐压力和油气空间：
 - 协调灌注和抽取的时间安排，实现油罐间的油气平衡，（这一过程可通过将灌注时排出的油气转移到已抽空的储罐的油气空间中，或充入其他用于油气回收的容器中来实现；
 - 将轻馏分如汽油、乙醇和甲醇的储罐外表涂成白色或其他吸热低的颜色，以减少吸热。



另外还需考虑油罐表面的光反射影响视觉的可能性；

- 根据国际公认的标准来选择和设计储罐（例如，考虑储存能力和所储物料的蒸汽压），以将储存和运转时的损失降至最低¹；
- 在交通车辆进行装卸作业时使用供回系统、油气回收管、以及气密的油罐车、轨道车和容器；
- 使用底部加载的油罐车/轨道车灌注系统
- 在蒸汽排放导致环境空气质量水平超过健康标准的地方，安装二级排放控制设施，如蒸汽冷凝回收设备、催化氧化设备、蒸汽燃烧设备，或者气体吸收介质。

温室气体（GHGs）

合成气的生产过程可能排放出大量的二氧化碳（CO₂），这些二氧化碳主要来自于二氧化碳清洗和所有燃烧工艺（如电力生产和副产物焚化）。在《通用 EHS 指南》中讨论了节能和管理温室气体排放的推荐方案。在综合性工厂中，操作员应探索一整套用于选择工艺和实用技术的简易方法。

废气

废气排放产生于涡轮机、锅炉、压缩机、泵以及其他发电发热设备中燃气或其他烃燃料的燃烧。它是天然气加工厂废气排放的重要来源。对 GTL 生产厂氧化副产物的焚化处理也会产生 CO₂ 和氮氧化物（NO_x）的排放。

《通用 EHS 指南》提供了总热量输入能力为 50 兆瓦特的小型燃烧过程的管理指南。这类燃烧过程为工厂提供电能、机械能、蒸汽、热能等，或者这些能量的任意组合。这里不考虑燃料的类型。而对于大于 50 兆瓦特热量的过程的指南请参阅《热能 EHS 指南》。

应通过采取组合策略将来自能源源运转的排放尽可能减少。这些策略包括降低能源需求、使用更清洁的能源及使用必要的排放控制措施。提高能源利用效率的推荐措施请参阅《通用 EHS 指南》。

排气与燃烧

排气和燃烧是用于天然气加工设备的重要操作和安全措施，它可以确保发生紧急事件、能源或设备产生故障或其他意外情况时，安全地处置废气。

减少油气排放和燃烧的推荐措施包括：

- 优化设备控制，提高反应转化率；
- 工艺中循环使用未反应的原材料和可燃气体副产物；或在可行的情况下，将之用于产生能量或热量回收；
- 配备备用系统，尽可能提高设备的可靠性；

¹ 例如：API 620 标准：大型、焊接和低压存储油罐车的设计和制造（2002）；API 650 标准：储油用焊接钢罐（1998），及欧盟（EU）和欧洲标准（EN）12285-2：2005。工场制造的钢罐用于地面储存可燃和不可燃的水污染液（2005）。举例说明，根据 API 650 标准：储油用焊接钢罐（1998），新的、改造的、或重造的油罐容量大于等于 40,000 加仑且所储液体的蒸汽压大于等于 0.75 psi 并小于 11.1 psi 时，或容量大于等于 20,000 加仑且所储液体的蒸汽压大于等于 4 Psi 并小于 11.1 psi 时，必须安装固定的罐顶。该罐顶需与内浮顶通过液态镶嵌式机械密封套连接，或者与外浮顶通过液态镶嵌式机械密封套和连续的边缘次密封件连接。两种密封都需满足一定的间隙要求，并要求有填充垫覆盖罐顶配件。再或者安装密封的排风系统和效率为 95% 的控制器。参见美国石油学会（API）标准 2610：终端和油罐设施的设计、制造、操作和保养。



- 远离居民区或其他可能受影响的人群安置燃烧系统，并进行系统维护以保持较高的效率。

当无法实现对排放气体进行燃烧处理时，气体的紧急排放也是可以接受的。例如，在 GTL 工艺中有可能产生含高浓度二氧化碳的气体，如果将其送入燃烧系统会导致火焰熄灭。对这类气体，可以选择将其排放到安全的大气环境中。对于这种情况，应当使用标准的风险评估方法来分析。在考虑气体紧急排放设施之前，应当提交充分的书面证明以证实可不使用气体燃烧排放系统。

废水

行业工艺废水

工艺废水或其他可能含有溶解的烃、含氧化合物及其他污染物的废水，应该使用污水处理装置（WWTU）就地处理。推荐的工艺废水管理措施包括：

- 检查和维护储运系统，包括泵上的填料函、阀门以及其他可能泄露的点，以预防和控制液体的意外泄露。并执行溢露事故应急预案；
- 配备减排能力足够的工艺液体减排措施以最大程度地将其回收回到工艺中，避免将大量工艺液体排入含油废水排放系统；
- 设计和建造能储存污水和危险物料的容器池，该池应具有防渗的表层以防止污水进入土壤和地下水中。

对于特定废水的处理应考虑以下的特殊措施：

- 气化装置下游的二氧化碳碱性清除系统可能溢出胺类化合物，应将其收集到专门的密闭排放系统。如果胺未因溢出或收集而被污染，应将其过滤后回用于工艺中；
- 源于费托（F-T）合成装置中的汽提塔的废水，含有溶解的碳氢化合物、含氧化合物（包括乙醇、有机酸和少量酮），应将其在费托（F-T）合成装置中再循环，以回收碳氢化合物和氧化物；
- 软化水的制备过程可能会产生酸性和碱性废液，这取决于软化工艺原料水源的水质。这种废液应中和后再排放到与设备配套的污水处理系统；
- 蒸汽发生系统和冷却塔中的液体应在排放前先进行冷却处理。含有杀菌剂或其他添加剂的冷却水在排放前也需要进行浓度调节或在工厂的污水处理设备中进行处理；
- 设施周转时的定期清洗过程（清洗通常每年进行一次，且每次清洗可能持续几个星期）产生的含烃污水、工艺泄露产生的含烃废液，以及固定床和流化床产生的含重金属废液，应通过工厂的污水处理设备进行处理。

工艺废水的处理

本行业的工艺污水处理技术包括污染源隔离和高浓度废水水流的预处理。典型的废水处理步骤包括：用于去除油类和可上浮固体的油脂捕集器、撇除装置、溶气气浮工艺或油水分离器；去除可过滤固体的过滤工艺；流量及负荷均一化工艺；利用沉降池减少悬浮固体的沉降工艺；生物处理工艺，通常采用好氧处理减少溶解性有机物（BOD）含量；生物法去除营养物质，以减少氮和磷的含量；需要消毒时对排出水进行氯化；在指定的危险废弃物填埋场对残余物进行



脱水 and 填埋处置。可能需要进行额外工程控制的工艺包括：(1) 废水处理系统各单元操作过程分离出的挥发性有机物的控制和处理；(2) 采用膜过滤或其他物理/化学方法去除金属的先进技术；(3) 利用活性炭或高级化学氧化技术去除难降解有机物、氰化物和不可生物降解物质的 COD；(4) 采用适当的技术（如反渗透、离子交换、活性炭技术等）降低出水的毒性；(5) 恶臭异味的控制与去除。

工业废水管理及处理方法实例，请参见《通用 EHS 指南》。通过采用上述废水处理技术和先进的废水管理技术，应当实现生产设施满足本工业部门文件第 2 章节中相关表格指明的废水排放指导值。节水措施，尤其是在水资源紧张地区的节水措施，请参阅《通用 EHS 指南》。

其他废水水流及水的消耗

《通用 EHS 指南》提供了公共设施运转中产生的非污染废水、非污染雨水和生活污水的管理指南。受污染的水流应并入工业污水的处理系统。具体的指南如下所述。

雨水：雨水可能被泄露的工艺污水所污染。天然气加工厂应在液体装卸区配备二级防护，分离被污染和未被污染的雨水，执行泄露控制预案，并将加工区的污水引至废水处理装置。

冷却水：水冷系统可能消耗大量的水，并可能产生高温水的排放、杀菌剂的残留和冷却系统其他防垢剂的残留。推荐的冷却水管理策略包括：

- 采用《通用 EHS 指南》提供的针对设备冷却系统的节水措施；
- 使用热回收方法（这也是提高能量效率的方法）或其他冷却方法将热水的温度降低后再排放，以确保按科学方法界定的排放混合区边界处环境水温升高不超过 3℃。该混合区的设定需考虑环境水质、接受水体的用途及同化能力等；
- 适当选择进水口的深度并使用隔网，以尽可能减少抗污防腐化学品的使用；根据毒性、生物降解能力、生物可利用率和潜在生物富集危险等参数，选择危害最小的替代物；按照当地法规的要求和制造商的推荐进行定量给料；
- 测试残留杀菌剂和其他相关污染物，以决定是否需要调节剂量，或者在排放前对冷却水进行处理。

静压测试用水：设备或管道的静压测试是对用水（一般指过滤后未经处理的水）进行的压力测试，以检验它们的完整性及泄漏的可能性。测试用水中可能添加化学添加剂（通常如防腐剂、除氧剂和染料）。静压测试用水的管理，应执行下列污染防控措施：

- 重复用水进行多次试验，以节约用水，并尽量减少污水排放的可能性；
- 尽量减少测试用水在设备或管道中的停留时间，以减少防腐剂或其他化学品的使用；
- 根据毒性、生物降解能力、生物可利用率和潜在生物富集危险等参数，选择危害最小的替代物；按照当地法规的要求和制造商的推荐进行定量给料。

如果将静压测试用水排放到海洋或者地表水是唯一的处置方式，应当预先制定静压测试用水处置方案。该方案应考虑排放位置和排放量、化学品的使用（如果使用了化学品）、分散能力、环境风险和所需的监控等问题。应避免静压测试用水排放到近岸浅海。

危险物料

天然气加工工厂使用并制造出大量的危险物料，包括原料、中间/最终产物和副产物。对这



些物料的装卸、存储和运输应当妥善管理，以避免或尽可能减少这些危险物料对环境的影响。《通用 EHS 指南》提供了针对危险物料管理（包括装卸、存储和运输）的推荐惯例。

废弃物

无害废弃物

无害工业废弃物主要包括气体分离装置的废弃分子筛，也包括生活垃圾。其他无害废弃物包括办公和包装垃圾、建筑碎石以及废金属等。《通用 EHS 指南》推荐了无害废弃物管理（包括储存和处置）的通用方法。

危险废弃物

危险废弃物应当根据废弃物的性质、来源，并选用法律法规中的分类方法来确定。在 GTL 工厂中，有害废弃物包括生物污泥、废催化剂、废油、废溶剂和废过滤器（如活性炭过滤器和油水分离器中的含油污泥）、使用过的容器和含油碎布、石油溶剂油、用过的脱硫剂、去除 CO₂ 用过的废胺，以及实验室垃圾。《通用 EHS 指南》推荐了有害废弃物管理的通用方法。针对特定工业废料的管理规程如下：

废催化剂： GTL 生产中会定期更换天然气脱硫反应器、重整反应器和反应炉、费托合成反应器和缓和加氢裂化反应器中的催化剂，从而产生废弃的催化剂。废催化剂可能含有锌、镍、铁、钴、铂、钨和铜，这取决于特定的工艺流程。对于废催化剂的推荐管理方法包括：

- 适当的现场管理，包括在临时储存期间和将其运输到最终处置地点前，将易自燃的废催化剂浸没在水中，以避免难以控制的放热反应；
- 将废催化剂返回到其制造厂进行再生处理；
- 在可能情况下，将废催化剂送至回收重金属、贵金属的专业公司，或者其他可处理废催化剂及其他可回收物料的单位，通过回收和再生工艺进行处理。这些场外的处理应根据《通用 EHS 指南》中针对危险废弃物和无害废弃物处理的推荐措施进行。含有铂或钨的催化剂应送到贵金属回收工厂。

重馏分： 甲醇合成装置的纯化工工艺段产生的重馏分通常用专门的燃烧器在蒸汽锅炉中进行燃烧处理。

噪声

天然气加工工厂的主要噪声源包括大型旋转机械（如压缩机、涡轮机、泵、电动机、冷风机和火焰加热器）。紧急泄压时，因为高压气体被释放到火焰燃烧装置中，或者蒸汽被释放到空气中，会产生很大的噪声。《通用 EHS 指南》推荐了噪声管理的通用方法。

1.2 职业健康与安全

特定设备相关的职业健康和安全问题，应采用危害标志研究[HAZID]、危害和可操作性研究[HAZOP]或定量风险评估[QRA]等既定方法，根据工作安全分析或者综合的危害或风险评估进行识别。

通常，制定健康与安全计划应采用《通用 EHS 指南》所述的防止和控制物理、化学、



生物学等健康及安全危害的系统化、结构化的方法。（职业健康与安全）

在天然气处理设备的操作阶段中会发生重大的职业健康与安全问题，主要包括：

- 过程安全
- 富氧气体排放
- 缺氧空气环境
- 化学危险

过程安全

天然气加工涉及到复杂的化学反应、危险物料（如有毒的、易反应的、易燃的，或易爆化合物）的使用，以及多步反应等问题。这些特性决定了这一行业应该贯彻过程安全程序。过程安全管理包括以下几个方面：

- 针对物料和反应的实质性危险进行测试；
- 进行危险分析研究，从工艺化学和工程实施的角度进行评价，包括热力学和动力学的研究；
- 对工艺设备和设施进行预防性的维护和机械完整性检查；
- 培训员工；
- 建立操作细则和应急程序。

富氧气体排放

气体分离器中泄露的富氧气体易引起火灾。富氧的空气环境会使物料、头发和服装处于氧气饱和的状态，物品一经点燃，就会剧烈燃烧。减少室内外在富氧气体环境中的暴露量的防控措施包括：

- 安装自动紧急关闭系统。该系统能检测出不受控制的氧气泄漏（包括在工作区域形成的富氧空气环境¹），并发出警告，启动系统关闭程序，从而将泄漏的持续时间减至最短，并消除潜在的引火源；
- 根据相应的工业安全标准设计设备和部件，避免在密闭的空间内设置氧气输送管道，使用本质安全的电气装置。使用可为整套设备服务的氧气排出系统，该系统应严格考虑排出气体的潜在影响；
- 执行动火许可程序和进入密闭空间的许可程序，尤其应考虑潜在的氧气泄漏危险；
- 执行妥善的厂房管理措施，避免易燃物的堆集；
- 制定和执行与氧气泄漏管理程序相结合的应急准备和响应预案；
- 配备相应的火灾防控设备。具体设备将在后文（火灾和爆炸危险部分）说明。

缺氧空气环境

氮气在工作区的释放和累积，会取代环境中的氧气，从而引起窒息。减少窒息气体泄漏风险的防控措施包括：

¹ 可能存在富氧空气环境的工作区应配备工作区监测系统，以检测这种情况。员工也应配备个人监测系统。两种检测系统都应设定为当空气中氧气浓度高于 23.5% 时发出警告。



- 根据公认的行业标准，设计和布置氮气排放系统；
- 安装自动紧急关闭系统。该系统能检测出不受控制的氮气泄漏（包括在工作区域形成的缺氧气体氛围¹），并发出警告，启动强制通风，并将泄漏的持续时间减至最短；
- 根据《通用 EHS 指南》，执行进入密闭空间的许可程序。

化学危险

天然气加工工厂中的化学品接触主要与一氧化碳和甲醇的排放有关。应基于作业安全分析和行业卫生调查，并根据《通用 EHS 指南》中提供的职业健康与安全指导，处理工厂日常运转中潜在的化学品吸入问题。预防措施包括员工培训、工作许可系统、个人防护装备（PPE）的使用，以及有毒气体检测报警系统。

火灾和爆炸

加工过程中产生的火灾和爆炸的危险包括合成气（含有一氧化碳和氢气）、氧气和甲醇的意外释放。高压合成气的排放可能会引起“喷火”，或者导致蒸汽云爆炸（VCE）、“火球”或“闪燃”，这取决于其中易燃物的量和气云密闭的程度。如果氢气、甲烷和一氧化碳气体的温度超过各自的自燃点（分别为 500°C、580°C 和 609°C），它们甚至可能在没有火源的情况下发生自燃。易燃液体的泄漏还可能引起“池火”。

加工过程中火灾和爆炸危险的推荐防控措施包括：

- 配备泄漏早期检测装置。除火灾烟雾和热量检测装置外，为气体和液体运输系统的配备压力监测装置；
- 将加工操作设备与大量物料储存区隔离开来，限制可能泄漏的物料的存量；
- 消除潜在的火源（例如配置管线的排布，避免物料在高温管道、设备或旋转机械上方溢出）；
- 分隔加工区、储存区、生活区和安全区，并根据火灾和爆炸危险防控的国际标准²进行设计、建造和运转，以控制火灾或爆炸可能造成的影响。这些标准规定了工厂内储罐之间的距离、工厂和邻近建筑的距离，规定了为邻近的储罐增加额外的水冷却能力，以及其他危险管理方法³；
- 减小可能受到意外泄漏影响的区域：
 - 划定火险区域，为这些区域配备排污系统，将意外泄漏的易燃液体收集运输至安全的密封区域，如储罐的二级容器系统；
 - 在不能达到适当防火间距的区域安装火灾/爆炸隔离墙；
 - 设计含油废液排放系统以避免火灾的蔓延。

¹ 可能存在缺氧空气环境的工作区应配备工作区监测系统，以检测这种情况。员工也应配备个人监测系统。两种检测系统都应设定为当空气中氧气浓度低于 19.5% 时发出警告。

² 减少静电和闪电危害的进一步指导参见 API 推荐惯例 2003：防止静电、闪电和杂散电流引燃的措施（1998）

³ 安全距离也可以由行业协会标准、保险提供商和具体的安全分析来确定



1.3 社区健康与安全

与天然气处理相关的最典型社区健康与安全风险发生在生产期间，并包括来自于上述的火灾和爆炸相关的各种主要事故的威胁，工艺装置外运输时发生的原材料或最终产品的事故性泄漏。有关以上问题的管理指南在下文的重大危险物和《通用 EHS 指南》的相关章节中有所论述。这些章节包括：交通安全、危险材料运输、应急准备和响应。

适用于海路运输和铁路运输及在岸设施的相关补充指南，请参阅航运、铁路运输、港口和海港、及原油和石油产品终端应用的 EHS 指南。

2 指标与监测

2.1 环境

废气排放和污水排放指南

表 1 和表 2 介绍了该行业的污水排放和废气排放的指南。该行业的污水排放和废气排放指导值是各国的相关标准在公认的法规框架内所体现的国际行业惯例。通过上文介绍的污染防控技术，我们可以知道，经过合理设计和操作的装置在正常的操作条件下是可以满足这些指南的要求的。与热能消耗不高于 50 兆瓦的热电生产相关的燃烧源排放物管理指南，请参见《通用 EHS 指南》。能耗更高的燃烧源排放物管理指南，请参见《热电行业 EHS 指南》。《通用 EHS 指南》还包含基于总排放量的环境研究指南。

表 1 天然气加工设备废气排放水平^a

污染物	单位	指导值
NO _x	mg/Nm ³	150 ^b , 50 ^c
SO ₂	mg/Nm ³	75
颗粒物 (PM10)	mg/Nm ³	10
VOC	mg/Nm ³	150
CO	mg/Nm ³	100

a. 含氧 15% 的干气体

b. 150mg/NM³ 的 NO_x 指导值适于总热量输入低于 300MWth 的设备。

c. 50mg/NM³ 的 NO_x 指导值适于总热量输入高于 300MWth 的设备。

表 2 天然气加工设备废水排放水平

污染物	单位	指导值
pH	mg/L	6-9
BOD ₅	mg/L	50
COD	mg/L	150



TSS	mg/L	50
油和油脂	mg/L	10
镉	mg/L	0.1
总余氯	mg/L	0.2
铬 (总量)	mg/L	0.5
铜	mg/L	0.5
铁	mg/L	3
锌	mg/L	1
氰化物		
游离氰化物	mg/L	0.1
总氰化物		1
铅	mg/L	0.1
镍	mg/L	1.5
重金属总量	mg/L	5
酚	mg/L	0.5
氮	mg/L	40
磷	mg/L	3

废液处理指南适用于将已处理的废液直接排放到作为常规用途的地表水中。特定场地的排放水平可以按照公共经营的污水回收和处理系统的可行性及特定条件设定；或者，如果废液直接排放到地表水中，排放水平可依据《通用 EHS 指南》中规定的受水区的用途分类设定。这些废液必须在工厂设备或生产机器年运行时间至少 95% 的时间范围内，在不经稀释的情况下达到以上排放水平。在环境评估中，所产生的水平偏差应当根据当地特定的项目环境进行调整。

环境监测

无论是在正常操作还是在异常条件下，该行业的环境监测项目的执行都应当面向可能对环境产生重大潜在影响的所有生产活动。环境监测活动应当以适用于特定项目的废气、废水和资源利用的直接或间接指标为基础。

环境监测的频率应当足以为监测参数提供具有代表性的数据。环境监测应由受过系统训练的人员使用经正确校准的、维护良好的设备按照检测和记录程序进行。监测得出的数据应进行定期分析和检查，并与操作标准进行对比，以便采取合适的矫正行动。《通用 EHS 指南》中介绍了对废气废水监测的抽样和分析方法。

2.2 职业健康与安全

职业健康与安全指南

职业健康与安全性能应按国际公认的暴露风险指南进行评估，包括美国政府工业卫生学家会议 (ACGIH)¹ 发布的阈值 (TLV®) 职业性接触指南和生物接触限值 (BEI®)、美国

¹ 可登陆 <http://www.acgih.org/TLV/> 和 <http://www.acgih.org/store/> 查询相关信息



职业安全健康研究所(NIOSH)¹发布的危险化学品的袖珍指南、美国职业安全健康局(OSHA)²发布的允许接触极限(PEL)、欧盟成员国³发布的指示性职业接触限值以及其他类似资源。

事故率和死亡率

各种项目均应尽全力保证参与项目的工人(不管是直接雇佣或是间接雇佣的工人)的生产事故为零,尤其是那些会导致误工、不同等级残疾或甚至死亡的事故。设备生产率可以参考相关机构(如美国劳工部劳动统计局和英国健康与安全执行局)⁴发布的信息,按照发达国家的设备性能设定基准。

职业健康与安全监测

相关部门应当对工作环境进行监测,以发现特定项目的职业危险物。作为职业健康与安全监测项目的一部分,监测操作应当委派专业人员¹制定并执行。管理者还应记录事故、疾病和危险事件。《通用EHS指南》中介绍了职业健康与安全监测项目的其他指南信息。

3 参考文献和其他资料来源

- [1] Compressed Gas Association Inc. (CGA). 2001. CGA G-4.6, Oxygen Compressor Installation and Operation Guide. First Edition. Arlington, VA: CGA. Available at <http://www.cganet.com/>.
- [2] European Commission. 2003. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). BAT Techniques Reference (BREF) Document on Mineral Oil and Gas Refineries. EIPPCB: Sevilla, Spain. Available at <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [3] European Industrial Gases Association (EIGA). 2002. Oxygen Pipeline Systems. IGC Document 13/02/E. Brussels: EIGA.
- [4] European Industrial Gases Association. 2001. Centrifugal Compressor for Oxygen Service. Code of Practice. IGC Document 27/01/E. Brussels: EIGA.
- [5] European Industrial Gases Association (EIGA). 1999. Safe Operation of Reboilers/Condensers in Air Separation Units. IGC Document 65/99/EFD. Brussels: EIGA.
- [6] German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2004. Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance-AbwV) of 17. June 2004. Berlin: BMU. Available at <http://www.bmu.de/english/publication/current/publ/5258.php>.
- [7] German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining to the Federal Emission Control Act (Technical

¹ 可登陆 <http://www.cdc.gov/niosh/npg/> 查询相关信息

² 可登陆 http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992 查询相关信息

³ 可登陆 http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/ 查询相关信息

⁴ 可登陆 <http://www.bls.gov/iif/> 和 <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm> 获取相关信息



- Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Berlin : BMU. Available at http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php.
- [8] Schmidt, W.P., K.S. Winegardner, M. Dennehy and H. Casle-Smith. 2001. Safe Design and Operation of a Cryogenic Air Separation Unit. Process Safety Progress (Vol. 20, No.4) pages 269-278, December 2001.
- [9] United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1987. 40 CFR Part 60. Standards of Performance for New Stationary Sources. Subpart Kb—Standards of Performance for Volatile Organic Liquid Storage Vessels (Including Petroleum Liquid Storage Vessels) for Which Construction, Reconstruction, or Modification Commenced after July 23, 1984. Washington, DC: US EPA.
- [10] US EPA. 40 CFR Part 60. Standards of Performance for New Stationary Sources. Subpart QQQ—Standards of Performance for VOC Emissions From Petroleum Refinery Wastewater Systems. Washington, DC: US EPA.
- [11] US EPA. 40 CFR Part 63. National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants. Subpart CC—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Petroleum Refineries. Washington, DC: US EPA.
- [12] US EPA. 40 CFR Part 63. . National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants. Subpart HHH—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From Natural Gas Transmission and Storage Facilities. Washington, DC: US EPA.
- [13] US EPA. 40 CFR Part 63. . National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants. Subpart VV—National Emission Standards for Oil-Water Separators and Organic-Water Separators. Washington, DC: US EPA.
- [14] World Bank Group. 2004. A Voluntary Standard for Global Gas Flaring and Venting Reduction. Global Gas Flaring Reduction (GGFR) Public-Private Partnership, Report No. 4. Washington, DC: World Bank. Available at <http://siteresources.worldbank.org/INTGGFR/Resources/gfrmethodologyno6revised.pdf>.

附件 A : 行业活动的通用描述

本 EHS 指南中所称天然气加工是指由天然气生产液化产品的过程。首先通过特定设备并利用天然气重整工艺生成合成气，之后由合成气转化成为液态的石油产品（GTL 产品）。这些液态产品包括石脑油、汽油、煤油、柴油、石蜡、润滑油及由甲醇合成反应制备的甲醇。

正如针对油气开发（陆上或海洋的）的 EHS 指南中讨论的那样，通常天然气加工的原料是由重质烃通过天然气处理设备纯化（如脱硫）和分馏得到的。天然气加工设备属于资本密集型设备，通常建在天然气生产区。GTL 工厂的产能通常介于每日 20 000 至 30 000 桶 GTL 产品之间，而产能达 50 000 至 100 000 吨/日的项目正在评估中。产能 5 000 吨/日的甲醇工厂目前正在运转，而具更高产能（例如，高达 7 500~10 000 吨/日）的项目正在评估中。

¹ 有许可证的专家包括执证的工业卫生学家、注册职业卫生学家、执证安全专家或相关人员



GTL 生产

通常 GTL 生产工厂由下列加工装置组成：

- 合成气生产装置
- 费脱合成装置

合成气生产装置

天然气加工的原料在送入合成气生产装置前，会经过处理除去微量的硫（如将天然气通过氧化锌床）。该装置一般包括重整工艺段和之后的余热回收工艺段。

重整工艺段包括预重整反应器和之后的自热式重整反应器。预重整反应器通过蒸汽反应，将较重的烃（如己烷和丙烷）转换成氢气和一氧化碳，以避免在自热式反应器中形成的煤烟。在自热式重整反应器中，甲烷与蒸汽、氧气按所需要的摩尔比配比，在有镍基催化剂的条件下，在 950℃ 左右、30-40 巴，下反应生成一氧化碳和氢气的混和物。

在余热回收工艺段，自热式重整反应器产生的反应热除了被用于生产高压蒸汽供给蒸汽涡轮机、预重整反应器和自热式重整反应器以外，还被再利用以预热工艺蒸汽。从热回收工艺段出来的冷气体则进入二氧化碳清除阶段。二氧化碳的清除通常是通过再生式碱清洗装置实现。之后，气体进入费脱合成装置。专门的空气分离装置（ASU）用于提供氧气，也提供工厂所需的氮气。

费脱合成装置

合成气生产装置产生的合成气进入到费脱合成装置。这个装置主要由反应、稳定和气体回收等工艺段组成。反应工艺段中，作为费脱合成反应的一部分，二氧化碳和氢气在约 250℃ 和 20-25 巴的条件下，在铁基或钴基催化剂催化的条件下发生反应，生成长链的烃、水和含氧化合物（主要是乙醇）、有机酸和少量的酮。商业化费脱反应器的类型包括固定床管式和流动床式或浆式反应器。稳定工艺段中，未转化的气体和轻馏分被分离。未转化的气体接着被回收至费脱合成工艺段。

稳定的费脱合成产品进入产品升级装置（一般为缓和加氢裂化反应器），在铂或钯催化剂作用下，长链烃被转化为所需的最终产品（如石脑油、汽油、煤油、柴油、石蜡和润滑油）。缓和加氢裂化反应器所需的氢气来自于专门的氢气生产工艺，该工艺一般包括天然气蒸汽重整装置。

工厂运转主要需要电力、蒸汽和冷凝水。氮气由空气分离装置提供。工厂通常配备有排污和火炬点燃设施。类似于精炼厂和其他下游的石油工厂，一般有大型的储罐存放场用于收集产品，以及有轮船装运设施和/或用于输送产品的管道，更多详细信息请参见原油和石油产品集输终端的 EHS 指南。

甲醇生产

甲醇生产工厂由合成气生产、甲醇合成和空气分离装置组成。

合成气生产装置

该装置类似于上述 GTL 工厂中的装置。当生产能力超过 5 000 吨/日时，这类装置倾向于



只采用自热式重整器。现有的生产能力可达 5 000 吨/日的中型工厂，则使用组合式重整工艺。组合式重整包含了预重整反应器，之后接着的蒸气重整炉，最后是自热式重整反应器。预重整反应器和自热式重整反应器的功能与 所述 GTL 工厂中的相同。蒸气重整炉中，气体在约 800□40-50 巴，并有镍基催化剂的条件下与蒸汽进行反应。

在余热回收工艺段，产生于自热式重整器的反应热被用于预热工艺蒸汽，生产高压气流驱动蒸汽涡轮机，并供给所有重整反应器。氧气由专门的空气分离装置（ASU）提供，该装置同时也供应氮气。

甲醇合成装置

甲醇合成装置主要包括反应、气循环和甲醇纯化等工艺段

在反应工艺段中，一氧化碳和氢气在约 250□ 50-80 巴，并有铜基催化剂存在的条件下反应生成甲醇。商业化的反应器类型有固定床管式和多重床绝热径式反应器。在反应器的下游，甲醇被浓缩，未转化的气体，则回流至合成气生产装置。

纯化工艺段由两个分馏塔组成，轻馏分和重馏分（高分子量的醇）分别从甲醇产品中分离出来。轻馏分一般作为燃气回收，而重馏分一般在具有专用燃烧器的蒸汽锅炉中燃烧处理。甲醇工厂运转所需的设施与 GTL 工厂相同。工厂通常配备排污和火炬点燃设施，通常还包括大型的甲醇存储罐。