



# 氮肥生产环境、健康与安全指南

## 前言

《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。<sup>1</sup>。如果有世界银行集团的一个或多个成员国参与项目，则应根据这些成员各自政策和标准的要求执行《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

氮肥生产环境、健康与安全（EHS）指南包括了氨基氮肥和混合型氮肥生产装置的相关信息，其中氨基氮肥包括氨（NH<sub>3</sub>）、尿素、硝酸（HNO<sub>3</sub>）、硝酸铵、硝酸铵钙（CAN）、硫酸铵，混合型氮肥则包括尿素-硫酸铵（UAS）和硝酸铵脒（UAN）液体肥料（氮（N）含量为28%、30%或32%）。

本文件包含下列章节：

### 1 具体行业的影响与管理

<sup>1</sup> 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。



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

本章概述氮肥制造在操作阶段最严重的 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 影响的建议包含于《通用 EHS 指南》。

### 1.1 环境

与氮肥生产相关的潜在环境问题如下：

- 大气排放物
- 废水
- 危险物质
- 废弃物
- 噪声

#### 大气排放物

氮肥生产装置的废气排放物主要包括：温室气体（GHGs 以二氧化碳和氮氧化物为代表）、其他气态无机化合物，以及颗粒排放物，其中造粒工艺产生的气体动力学直径小于 10 微米的颗粒物（PM10）尤为重要。

《通用 EHS 指南》提供了装机容量不高于 50 兆瓦的小规模燃烧源的排放物控制指南等，包括废气排放物的指南。

#### 氨生产过程的工艺排放物

氨生产装置的工艺排放物主要包括天然气、氢气（H<sub>2</sub>）、二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、氨气（NH<sub>3</sub>）和一氧化碳（CO）。是否存在硫化氢（H<sub>2</sub>S）气体排放则取决于所使用的燃料。贮罐、阀门、法兰和管道也可能发生氨的无组织排放，尤其是在运输和转移过程中，发生这种现象的可能性更高。工艺失常或事故导致的非常规排放物中可能含有天然气、一氧化碳（CO）、氢气（H<sub>2</sub>）、二氧化碳（CO<sub>2</sub>）、挥发性有机物（VOCs）、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）和氨气。

排放物防控措施如下所述：

- 采用合成氨气体吹扫技术回收氨和氢气，之后将初级转化炉残余物焚烧；
- 提高初级转化炉高温区废气停留时间；
- 收集容器或存储设备安全阀或压力控制装置的氨排放物，并送到火炬或者湿式洗涤器处理；
- 安装泄漏检测仪器来监测氨生产工艺和存储过程的无组织排放；
- 执行维护计划，尤其是对阀杆和安全阀的密封处的填料函进行维护，以减少和避免密封



不严的情况。

从氨生产设备排放的二氧化碳形成高浓度的二氧化碳排放物。将氨和尿素生产设备整合在一起是比较理想的工艺，因为如果生产的氨用来转化为尿素的话，借此几乎可以把氨生产工艺产生的二氧化碳完全消耗掉。此外，氮肥生产是一能量密集型工艺过程，尤其需要消耗大量化石燃料所产生的能量，因此这一工艺会产生大量的温室气体。除了能源效率及节能方面的论述，温室气体的管理措施，可参见《通用 EHS 指南》。

#### 尿素生产工艺排放物

尿素生产设备的工艺排放物主要由氨气和灰尘组成，罐体、阀门、法兰和管道也可能产生氨气的无组织排放。造粒塔和制粒机是尿素灰尘的主要排放源。最终的产品要制成颗粒状，这一过程需要大量的冷却气体，冷却气体随后被排入大气。

废气排放防控措施推荐如下：

- 以粗粒化（granular）产品取代小球状或粉状产品（prilled product），以减少灰尘排放；
- 以自然通风冷却的造粒塔取代强制通风冷却造粒塔；
- 洗涤后的废气经冷凝处理后再排入大气，并对回收得到的尿素溶液进行再处理；<sup>1</sup>
- 使用集尘过滤器来防止转运点、筛分器械和装袋机等产生的高含尘量气体的排放，并与尿素粉尘溶解系统配套使用，从而可以把尿素回用于生产工艺；
- 对超过规定规格的固态尿素产品采用热熔处理，从而把尿素回用于生产工艺；
- 在干燥的台面上收集溢出的固态尿素，并注意避免其表面沾湿；
- 将氨/尿素泵的安全阀/密封处及罐的通风口连接到火炬上。

#### 硝酸生产过程的工艺排放物

硝酸生产设备产生的工艺排放物主要包括一氧化氮、二氧化氮及酸吸收塔尾气中的氮氧化物、一氧化二氮、酸贮罐填料释放的痕量硝酸雾和氨气。

氮氧化物排放防控建议如下：

- 确保为氧化装置和吸引装置提供充足的空气；
- 确保高压条件，尤其是确保硝酸吸收柱的高压环境；
- 防止冷却-冷凝器和吸收器处于高温状态；
- 制定维护计划来防止设备带病运行，如导致低压、泄漏和装置生产效率降低的带病压缩机或泵；
- 提高工艺中现有吸收塔的效率或者通过增设吸收塔来减少氮氧化物的释放；<sup>2</sup>
- 应用催化还原工艺处理吸收塔尾气；<sup>3</sup>
- 使用活性分子筛把一氧化氮催化氧化为二氧化氮，并且选择性地吸收二氧化氮，即通过

<sup>1</sup> 湿式洗涤器的灰尘去除效率可达 98%（见 IPPC BREF（2006））。排放的气体中氨分压低时，会导致氨洗涤/回收效率降低。酸化可以提高处理效率，所得氨溶液应回用于生产工艺。

<sup>2</sup> 可以通过增加吸收器塔板数目、提高吸收器操作压力、冷却吸收器中的弱酸液体等措施来提高吸收效率。

<sup>3</sup> 可将尾气加热至着火点温度，与燃气（如，天然气、氢气、石脑油、一氧化碳或者氨）混合，并使其通过催化床（如，五氧化钒、铂、沸石）（IPPC BREF（2006））。在降低氮氧化物含量方面，催化还原可比扩浓度吸收取得更好的效果。



加热使二氧化氮解吸并回送到吸收装置中；<sup>1</sup>

- 安装使用强碱氢氧化物或碳酸盐、氨水、尿素、高锰酸钾，或者碱性化学品（比如使用氢氧化钠、碳酸钠或其他强碱的碱式洗涤剂）溶液的湿式洗涤器，把一氧化氮和二氧化氮回收为硝酸或硝酸盐；<sup>2</sup>

一氧化二氮排放防控措施推荐以下：

- 安装选择性催化还原（SCR）装置，使其在 200℃左右且装有不同催化剂（铂、五氧化钒、沸石等）的环境中运行，或者使用非选择性催化还原（NSCR）装置。但是后种方法不很常见；
- 在燃烧器中加装分解室，增加气体在氧化反应器中的停留时间，从而减少一氧化二氮的产生；<sup>3</sup>
- 在氧化反应器的高温区（800℃和 950℃之间）使用选择性催化剂，去除N<sub>2</sub>O；<sup>4</sup>
- 在终端尾气加热器和尾气涡轮间安装一个具有一氧化二氮和氮氧化物综合减排功能的反应器。该反应器由 2 个催化剂层（铁沸石分子筛）组成，两层催化剂间以氨气作为填充介质。<sup>5</sup>

正常操作的装置，其尾气不会导致酸雾的排放。吸收器出口气流中可能含有少量酸雾，在其进入催化还原单元或者膨胀单元之前，应当使用分离器或者收集器将这部分酸雾去除。

### 硝酸铵和硝酸铵钙生产过程的工艺排放物

硝酸铵和硝酸铵钙生产工艺的排放物主要包括氨，以及中和器、蒸发器、造粒塔、制粒机、干燥器和冷却器等产生的灰尘。贮罐和其他工艺设备也会产生氨的无组织排放。

排放物防控措施推荐如下：

- 安装蒸汽液滴分离装置（例如，密制金属网、网孔去雾垫、波纹板分离器、纤维板分离器（如聚四氟乙烯（PTFE）纤维）；或者洗涤装置（例如，填料柱、文丘里洗涤器、淋降筛板），来减少中和器及蒸发器蒸汽中的氨或硝酸铵排放。<sup>6</sup>联合使用液滴分离装置和洗涤装置来去除硝酸铵颗粒排放物。游离态的铵使用硝酸中和；
- 采用气提或蒸汽气提技术处理和回用受污染的冷凝液（在必要时，向冷凝液中加入碱来释放离子铵），或者也可采用蒸馏和膜分离工艺（如反渗透）；<sup>7</sup>
- 造粒工艺中采用最低可行熔化温度，从而减少铵和硝酸铵（还有硝酸铵钙（CAN）生产中用到的碳酸钙）及颗粒物排放；
- 在湿式洗涤器中进行中和以去除造粒成形过程排放的铵。湿式洗涤器通常循环使用酸溶液，这种溶液通常回用于生产工艺中；

<sup>1</sup> 该方法可能要求采用特殊措施来控制分子筛床的污垢。

<sup>2</sup> 尽管是有效的，但这种控制方法可能需要较高的成本，并且通常情况下在经济上并不可行。所有成本评估都应该包括废弃洗涤液的处理成本。

<sup>3</sup> IPPC BREF（2006）

<sup>4</sup> 同上

<sup>5</sup> 同上

<sup>6</sup> 同上

<sup>7</sup> 同上



- 通过洗涤去除造粒成形过程中的硝酸铵烟气；
- 去除旋风分离器、袋式除尘器和湿式洗涤器气流中携带的硝酸铵小颗粒（小球）；
- 在可行的情况下，采用密闭制粒工艺取代现有的造粒技术；<sup>1</sup>
- 某些产品的处理操作会产生灰尘，需安装具有提取、捕获和过滤功能的系统，处理来自相应区域的通风气体，以此防止颗粒物的无组织排放。

## 废水

### 工业工艺废水

氮肥生产装置排放的工艺废水主要包括：预定的清洗操作和净化操作产生的酸洗水、湿式洗涤器排出液、事故性排放、产品贮罐泄漏的少量液体的和锅炉给水预处理过程产生的酸性、碱性排出液。

### 氨生产装置的废水

在正常运行期间，装置的排出液可能包括工艺冷凝液，或对于含有氨气或其他副产品废气进行洗涤后的污水。工艺冷凝液通常来源于变换反应器与二氧化碳吸收操作之间的冷凝过程和二氧化碳馏分过程。这些冷凝液中可能含有氨、甲醇和胺类（例如，甲胺、二甲胺和三甲胺）。在部分氧化的情况下，如果除烟清灰操作不当，可能会对水的排放造成影响。

污染防控措施推荐如下：

- 应对冷凝液进行蒸汽汽提，降低其氨含量，并经离子交换处理后作为锅炉补充水而再利用，或者送到废水处理装置与其他氨化废液合并处理。对于蒸汽分离器的排放物，可能需要采取进一步的氨排放物控制措施；
- 从吹扫气和闪蒸气中吸收得到的氨，应该在封闭系统中回收，以避免含氨水溶液的排放；
- 部分氧化工艺中气化过程产生的烟气应当回收，并回用于生产工艺中。

### 尿素生产装置废水

尿素生产装置产生了大量工艺废水，其中含有氨、二氧化碳和尿素（例如，生产能力为 1000 吨/天的装置每天产生将近 500 方的工艺废水）。其他废水源包括喷射器蒸汽、冲洗水和密封水。

污染防控措施推荐如下：

- 改进蒸发加热器/分离器的设计使尿素夹带量最少；
- 在工艺水处理装置中去除工艺水中的  $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$  和尿素，并且将这些气体回用于合成反应中，从而优化原材料的利用并减少污水排放；
- 为装置原料库存提供足够的储存空间以应对装置失常及停产等情况；
- 安装淹没式贮罐来收集排水中的设备冲洗水和其他污染水，并将其回用于生产工艺或输送到工艺水处理装置。

<sup>1</sup> 与造粒工艺（细粒，prilling）相比，粗粒成形（granulation）工艺是一个更为复杂的工艺，但废气处理量相对较低，所需的减排设备也不那么精密复杂。硝酸铵颗粒更为粗糙，可以采用干式旋风分离器或袋过滤器与湿式洗涤器联用的方式从废气中去除，不再需要使用更加复杂的烛形过滤器。



### 硝酸生产装置的废水

硝酸生产装置的废液包括以下几部分：

- 氮氧化物压缩机的周期性洗涤（每天一次）和设备启运后冷却-冷凝器的阶段性排污产生的亚硝酸铵或硝酸铵稀溶液；
- 蒸发器排污过程排放的含氨水溶液；
- 含溶解性盐类的汽包排污水；
- 硝酸溶液净化和采样带来的不定期排放。

污染防控措施推荐如下：

- 向氮氧化物压缩机内注入蒸汽以避免废液排放；
- 在启运阶段进行酸化处理，避免冷却-冷凝器排污；
- 采用蒸汽汽提法回收氨用于生产工艺，并控制蒸发器排污过程中含氨溶液的排放。

### 硝酸铵（AN）和硝酸铵钙（CAN）生产装置的废水

硝酸铵（AN）/硝酸铵钙（CAN）生产装置产生的剩余污水须经处理后排放，或在可行的情况下，经处理后回用于氮肥生产综合设备的其他装置中。其工艺废水主要包括来自反应器（中和器）的冷凝液（其中氨高达 1%，硝酸铵含量也高达 1%）和蒸发器蒸发残余液，以及设备清洗产生的含硝酸铵和硝酸的废水。工艺废水污染物包括硝酸铵和氨，未处理前，硝酸铵含量高达 5 000 mg/L，氨含量高达 2 500 mg/L（每生产一吨产品分别形成硝酸铵和硝酸污染物 6 千克和 3 千克）。<sup>1</sup>

硝酸铵（AN）/硝酸铵钙（CAN）生产装置的污染防控措施推荐如下：

- 于装置内部对硝酸铵和铵进行回收（如造粒装置废气清洗产生的洗涤器废液可回用于造粒装置的深度蒸发阶段）；
- 将硝酸铵（AN）/硝酸铵钙（CAN）生产装置与硝酸生产装置整合到一起；
- 冷凝前，用液滴分离技术和洗涤设备（详情参见本文档中“废气排放物”部分的论述）处理受氨或硝酸铵污染的蒸汽；
- 采用气提或蒸汽汽提（必要时加碱释放离子态氨）、离子交换、蒸馏或者膜分离技术处理工艺废水（冷凝液）。

### 工艺废水处理

该行业的工业废水处理技术包括：分离可滤固体的过滤技术、流量及负荷均一化（调节）技术、澄清池固体悬浮物沉降工艺、氨和氮的去除技术（采用物理化学方法或生化硝化-反硝化技术）、脱水工艺以及在指定废物填埋场进行的残渣填埋处置技术等。对于异味控制以及汽提操作中氨的收集，可能需要其他的工程控制措施。

工业废水管理，及处理方法的实例参见《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，应使设备满足该指南关于废水排放的规定，这些规定参见本工业部门文件第 2 章节中的相关表格。

<sup>1</sup> IPPC BREF（2006）



### 其他废水和水消耗

对于公用设施运作过程中产生的未污染废水、未污染雨水、生活污水的管理指南参见《通用 EHS 指南》。污染的废水应并入工业废水处理系统。节水措施，尤其是在水资源紧张地区的节水措施参见《通用 EHS 指南》。

### 危险物质

氮肥生产装置需要使用并且生产出大量的危险物质，包括原材料、中间产物及最终产品。应对这些物质的处置、存贮及运输等环节进行适当的管理，以避免或尽量减小这些物质对环境的潜在危害。危险物质管理（包括处置、存贮及运输各环节）的推荐措施参见《通用 EHS 指南》。

### 废弃物

在气体脱硫装置、氨生产装置和硝酸生产装置中，催化剂定期更换产生的废弃催化剂是这类生产设备产生的最常见的危险废弃物。1造粒成形灰尘控制系统中的含氮尘粒是最常见的无害废弃物。

废催化剂的管理策略推荐如下：

- 适当的原位管理，包括在临时的存储或运输中，将自燃性废弃催化剂浸没于水下，直到它们被运输到最终处理地前，以避免不可控放热反应的发生。
- 返给生产商进行再生或回收；
- 依据《通用 EHS 指南》中关于危险和非危险废弃物管理的建议，由专业公司进行异位管理，在可行的情况下，通过回收或循环再利用工艺对重金属或贵金属进行回收，或者交与其他可以对废催化剂或废催化剂不可回收物料进行管理的厂商进行异位管理。

灰尘和不合格产品回收的管理措施推荐如下：

- 回用于特定生产装置或相应的生产设备中的肥料混合装置；
- 供第三方用户（商人和农民）进行后续利用。<sup>2</sup>

在废物处理中应当采用一种与《通用 EHS 指南》中涉及的、与具有良好实用效果的 EHS 废弃物管理措施相一致的和非危险的废弃物储存和处理方式。

### 噪声

典型的噪声源包括压缩机、涡轮机、泵、电机、空气冷却器、转鼓、喷浆器、传送带、起重機、火力加热器等大型旋转电机，另外应急卸压过程也产生噪声。噪声控制及噪声最小化指南参见《通用EHS指南》。

<sup>1</sup> 每天 1 500 吨生产能力的氨车间可以产生大约 50 立方米/年的催化剂。

<sup>2</sup> 欧盟和其他国家的肥料规定包括了在副产物得到再利用的情况下对硝酸铵质量的要求。指南由 EFMA 提供给生产商、进口商、发行商和零售商人。（2003 和 2004）。



## 1.2 职业健康与安全

氮肥设备建造及停用过程中存在的职业健康与安全问题，与其他工业设备的这些问题类似，其管理方法在《通用 EHS 指南》中有所论述。

与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，制定健康与安全管理计划应采用《通用 EHS 指南》所述的关于防止和控制物理、化学、生物学及放射性等健康及安全危害的系统化、结构化的方法。

另外，发生在氮肥生产中的最重要的职业健康与安全问题包括：

- 工艺安全
- 化学危害
- 火灾及爆炸
- 氨储存

### 工艺安全

工艺安全项目应按照特定工业的性质，包括复杂化学反应、有害材料（如有毒的、活性的、易燃易爆的混合物）的使用和多级有机合成反应来进行。

工艺安全管理包括以下几点：

- 对材料及反应进行物理性质测试；
- 为检查工艺化学和工程实践而开展的有害物质分析研究，包括热力学研究和动力学研究；
- 工艺设备和公用设施的预防性维护和机械完整性检验；
- 职工培训；
- 操作规程和应急措施的研究。

### 化学危害

氮肥生产装置涉及的有毒化学品包括氨、硝酸蒸汽、气态甲醛和尿素或硝酸铵粉尘。有关特定健康影响的接触阈值参阅国际公开的相关接触指南（参见后述“监测”部分）。

化学品接触的风险预控措施推荐如下：

- 在任何可能的危险区域安装气体探测器；
- 对于硝酸溢流，应予以消除或采取预警措施将其控制和最小化。硝酸是高度腐蚀性的，应避免和任何皮肤接触；
- 为处理氨、硝酸和液态甲醛的区域保证足量的通风强度；
- 在所有产生尿素和硝酸铵粉尘的室内区域采用抽气措施和过滤技术。

### 火灾和爆炸

氮肥生产设备遇到的火灾和爆炸的起因通常包括以下几点：



- 由于氨生产装置的合成气事故性泄露造成的火灾和爆炸；
- 在惰性气体洗刷器中形成爆炸性气体混合物以及尿素生产设备中氨的释放；
- 硝酸生产装置中的空气/氨混合物爆炸及亚硝酸/硝酸盐爆炸；
- 硝酸铵是硝酸铵生产装置中存在的一种氧化剂，它可引发火灾和爆炸；
- 热源存在下，化肥产品或受到油或其他可燃物质污染的粉尘引发的火灾。

火灾及爆炸风险预控措施推荐如下：

- 安装泄漏检测装置和其他设备（检测报警系统，比如硝酸生产装置中 pH 自动监测），以便尽早监测到泄漏情况；
- 对生产工艺区、存储区、公用设施区和安全区加以隔离，并确保安全距离；<sup>1</sup>
- 设备操作中大量积存物料的分离，以及可燃压缩气的分离和爆裂，都会释放一些物料，须对此加以控制；
- 除去潜在的火源；
- 按规程操作，以避免和控制危险气体混合物的产生，例如将尿素生产装置 CO<sub>2</sub> 进料中的氢气减至 10ppm 以下；
- 在硝酸生产装置中采用自动开/关阀门来控制氨与空气的比值；
- 避免大量硝酸的加压装载或卸载；
- 硝酸贮罐、容器和配件采用奥氏体不锈碳钢材料；
- 依据国际公认的指南和要求对硝酸铵（AN）/硝酸铵钙（CAN）的存储进行设计。<sup>2</sup> 这些要求通常考虑到了存储区域的结构和操作要求。应当安装足够的火灾监测系统和灭火系统；
- 除去或稀释放物，并且限制受损区域大小。

## 氨储存

采用以下措施尽量避免液态氨处理和存储中潜在的毒物释放危险：

氨贮罐应远离存在火灾或爆炸风险的其他设施；

大量液氨的存储采用冷冻存储技术，因为一旦管线或贮罐泄漏，这一技术可以使系统中氨的初始释放速率比加压存储系统中相应的氨的释放速率慢很多；

执行和维持特定的应急预案，以便在发生有毒物质氨的泄露时，为保护操作工人和当地居民的应急措施提供指导。

## 1.3 社区健康与安全

氮肥生产期间对社区健康与安全造成的最重大的危害涉及：

- 危险品（氨、硝酸、硝酸铵）的管理、储存和运输过程存在有毒和可燃气体事故性泄漏的潜在风险；

<sup>1</sup>安全距离可由特定场所的安全分析获得（例如，API，NFPA）。请参考 IFA/EFMA 手册，查阅关于硝酸铵基肥料安全存储指南中的设计和运行管理（1992）。

<sup>2</sup>见欧共体的化肥指令 EC76/116 和 EC80/876，和 COMAH 指令 96/82/EC。



- 废弃物的处置（不合格产品，污泥）。

装置的设计和运行应同时启动使社区风险最小化的防范措施及社区风险控制措施，具体包括以下内容：

- 鉴别合理的泄露设计方案；
- 评估潜在的泄露对周围地区的影响，包括地下水和土壤污染；
- 评估危险物质运输中的潜在风险，并选择最适当的运输线路使社区和第三方所承受的风险最小化；
- 为了进行装置选址，应综合考虑居民区、天气条件（如主风向）和水资源（如地下水易受污染程度）等因素。确保装置区，尤其是贮罐场地和居住区之间的安全距离；
- 识别避免社区风险或使之最小化的预防和缓解措施；
- 制定应急管理预案，并且制定过程应由当地管理部门和可能受影响的居民参与。

另外，在组建设备和设备退役阶段，管理公共危害和安全影响的指导工作与多数大型工业设施的情况相似，在《通用 EHS 指南》中已有讨论。

## 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 介绍了该行业污水排放和废气排放的指南。该行业的工艺排放和污水排放物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。

废气排放指南适用于处理工艺排放物。与输入能量等于或低于 50MWth 的蒸汽活动和发电活动相关的燃烧源排放指南在《通用 EHS 指南》中有所体现，而更大量的能源排放则在 EHS 热动力指南中进行介绍。《通用 EHS 指南》还包含基于总排放量的环境研究指南。

废液处理指南适用于将已处理的废液直接排放到用作常规用途的地表水中。特定场地的排放水平可以按照公共运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。在不经稀释的情况下，装置或设备运作的至少 95% 的时间应当计算为年度运作时间的一部分，并且达到规定的水平。在环境评估中应当证明按照当地特定的项目环境对这些水平所做调整的正确性。

表 1 氮肥制造装置的废气排放物水平

污染物	单位	指导值
氨生产装置 <sup>1</sup>		
NH <sub>3</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	50



NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	300
PM	mg/Nm <sup>3</sup>	50
硝酸生产装置		
NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	200
N <sub>2</sub> O	mg/Nm <sup>3</sup>	800
NH <sub>3</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	10
PM	mg/Nm <sup>3</sup>	50
尿素/硝酸铵脲生产装置		
尿素（小球或粉状/粗粒）	mg/Nm <sup>3</sup>	50
NH <sub>3</sub> （小球或粉状/粗粒）	mg/Nm <sup>3</sup>	50
PM	“	50
AN/CAN 生产装置		
PM	mg/Nm <sup>3</sup>	50
NH <sub>3</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	50

Notes : 1. 初级转化炉烟气中的 NO<sub>x</sub>。其他排放物来自生产工艺、造粒塔等。所有生产装置中的 NO<sub>x</sub> 按下述条件计量：273K (0℃)，压力 101.3kPa (一标准大气压)，含氧量为烟气干重的 3%。

表 2 氮肥生产装置的废水

污染物	单位	指导值
pH	S.U.	6-9
温升	□	<3
氨生产装置		
氨	mg/L	5
总氮	mg/L	15
总悬浮固体 (TSS)	mg/L	30
硝酸生产装置		
氨	mg/L	5
总氮	mg/L	15
总悬浮固体 (TSS)	mg/L	30
尿素生产装置		
尿素（小粒或粉/粗粒）	mg 尿素/l	1
氨（小粒或粉/粗粒）	mg/L	5
硝酸铵/硝酸铵钙 (AN/CAN) 生产装置		
AN	mg/L	100
氨	mg/L	5
总氮	mg/L	15
总悬浮固体 (TSS)	mg/L	30

### 资源利用、能源消耗、排放和废弃物生成

表 3 列举了这一行业能源的资源消耗/资源生成的范例，行业基准值仅用于比较，单个项目



应以不断改进为目标。

表 3 资源和能源的消耗及生成

产品	单位	行业基准值
氨	兆焦低热值每吨氨 GJ (LHV) /t	28.4-32.0 <sup>(1)</sup>
尿素	兆焦每吨尿素 GJ/t	0.4-0.45 <sup>(1)(2)</sup>
硝酸铵/硝酸铵钙 (AN/CAN))	kW·h/吨 硝酸铵 (AN)/硝酸铵钙 (CAN)	25-60/10-50 <sup>(1)(2)</sup>
	kg 蒸汽/吨 硝酸铵 (AN)/硝酸铵钙 (CAN)	0-50/150-200 <sup>(1)</sup>
硝酸 (生成能量)	GJ/吨 HNO <sub>3</sub> (100%)	2.4 – 1.6 <sup>(2)</sup> (BAT – 平均)

资料来源：1. 欧洲化肥生产协会 (EFMA) (2000)

2. 欧盟 IPPC 关于大产量无机化合物-氨、酸和化肥工业的最优技术 (2006)

## 环境监测

无论是在正常操作还是在异常条件下，该行业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 职业健康与安全指南

### 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接触风险指南进行评估，包括美国政府工业卫生学家会议 (ACGIH)<sup>1</sup>发布的阈值 (TLV®) 职业接触风险指南和生物接触限值 (BEI®)、美国职业安全健康研究所 (NIOSH)<sup>2</sup>发布的危险化学品的袖珍指南、美国职业安全健康局 (OSHA)<sup>3</sup>发布的允许接触极限 (PEL)、欧盟成员国<sup>4</sup>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项目工人（不管是直接雇佣或是间接雇佣的工人）的生产事故为

<sup>1</sup> 可登陆 <http://www.acgih.org/TLV/and> <http://www.acgih.org/store/>获取相关信息

<sup>2</sup> 可登陆 <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>获取相关信息

<sup>3</sup> 可登陆 [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992) 获取相关信息

<sup>4</sup> 可登陆 [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/)获取相关信息



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）<sup>1</sup>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。监测工作应当由获得认证的专业人员<sup>2</sup>进行设计和执行，并将其作为职业健康与安全监测制度的组成部分。管理者还应记录职业事故、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 参考文献与其他资料来源

- [1] Australian Government, Department of the Environment and Heritage. 2004. Emission Estimation Technique Manual for Inorganic Chemicals Manufacturing. Version 2.0. Canberra: .
- [2] European Commission. 2006. European Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Bureau. Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilizers. Final Draft. October 2006. Seville: EIPPCB.
- [3] European Fertilizer Manufacturers' Association (EFMA). 2004. Guidance for Safe Handling and Utilization of Non-Conforming Solid Fertilizers and Related Materials for Fertilizer Importers, Distributors and Merchants. Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.
- [4] EFMA. 2003. Guidance for Safe Handling and Utilization of Non-Conforming Fertilizers and Related Materials for Fertilizer Producers. Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.
- [5] EFMA. 2002. Recommendations for the Safe and Reliable Inspection of.
- [6] Atmospheric, Refrigerated Ammonia Storage Tanks. Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.
- [7] EFMA. 2000a. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry. Production of Ammonia. Booklet No. 1. Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.
- [8] EFMA. 2000b. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry. Production of Nitric Acid. Booklet No. 2. Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.
- [9] EFMA. 2000c. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry. Production of Urea and Urea Ammonium Nitrate. Booklet No. 5. Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.

<sup>1</sup> 可登陆 <http://www.bls.gov/iif/>和 <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>获取相关信息

<sup>2</sup> 有资格的专业人员可包括持有证书的工业卫生专家、注册职业卫生专家、持有证书的安全专家或与此类专家具有同等资格的人。



- [10] EFMA. 2000d. Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry. Production of Ammonium Nitrate and Calcium Ammonium Nitrate. Booklet No. 6. Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.
- [11] EFMA. 1998. Guidelines for Transporting Nitric Acid in Tanks. Brussels: EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.
- [12] International Fertilizers Industry Association (IFA) /EFMA. 1992. Handbook for the Safe Storage of Ammonium Nitrate Based Fertilizers. Paris and Zurich: IFA/EFMA. Available at <http://www.efma.org/publications>.
- [13] German Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining the Federal Immission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control –TA Luft). Bonn: BMU. Available at [http://www.bmu.de/english/air\\_pollution\\_control/ta\\_luft/doc/36958.php](http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php).
- [14] 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/water\\_management/downloads/doc/3381.php](http://www.bmu.de/english/water_management/downloads/doc/3381.php).
- [15] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Special Report. Carbon Dioxide Capture and Storage, March 2006. Geneva: IPCC. Available at <http://www.ipcc.ch/pub/online.htm>.
- [16] Kirk-Othmer, R.E. 2006. Encyclopedia of Chemical Technology. 5th Edition. New York, NY: John Wiley and Sons Ltd.
- [17] United Kingdom (UK) Environment Agency. 1999a. IPC Guidance Note Series 2 (S2) Chemical Industry Sector. S2 4.03 : Inorganic Acids and Halogens. Bristol: Environment Agency. Available at <http://www.environment-agency.gov.uk/>.
- [18] UK Environment Agency. 1999b. IPC Guidance Note Series 2 (S2) Chemical Industry Sector. S2 4.04: Inorganic Chemicals. Bristol: Environment Agency. Available at <http://www.environment-agency.gov.uk/>.
- [19] UK Environmental Agency. 2004. Sector Guidance Note IPPC S4.03. Guidance for the Inorganic Chemicals Sector. Bristol: Environment Agency. Available at <http://www.environment-agency.gov.uk/>.
- [20] United States (US) Environment Protection Agency (EPA). 40 CFR Part 60, Standards of Performance for New and Existing Stationary Sources: Subpart G—Standards of Performance for Nitric Acid Plants. Washington, DC: EPA. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.
- [21] US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart B—Ammonia Subcategory. Washington, DC: EPA. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.
- [22] US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart C—Urea Subcategory. Washington, DC: EPA. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.
- [23] US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart D—Ammonium Nitrate Subcategory. Washington, DC: EPA. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.
- [24] US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart E—Nitric Acid Subcategory. Washington, DC: EPA Available at



<http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.

[25] US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart F— Ammonium Sulfate Subcategory. Washington, DC: EPA. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.

[26] US EPA. 40 CFR Part 418. Subpart G— Mixed and Blend Fertilizer Production Subcategory. Washington, DC: EPA. Available at <http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html>.

## 附录 A：工业活动的通用描述

氨基氮肥生产活动包括氨 (NH<sub>3</sub>)、尿素、硝酸 (HNO<sub>3</sub>)、硝酸铵 (AN)、硝酸铵钙 (CAN)、硫酸铵，以及混合氮肥，如在熔融尿素中添加含硫化物（如硫酸铵或硫酸铝）制得的尿素混合物（如尿素-硫酸铵、硫酸铝脲），以及含硝酸铵脲 (UAN) 的液态肥料（28%，30%或 32% 的含 N 量）的生产过程。

### 氨

天然气蒸汽或空气重整是最简单和最有效的氨合成气生产方法，并且在工业中广泛应用。

生产氨的过程是氢气和氮气的放热反应。该反应在高压金属氧化物催化剂环境下进行。所用催化剂可以含有钴、钼、镍、氧化铁/氧化铬、氧化铜/氧化锌、铁等。液态氨产品可储存在温度为-33 摄氏度的大型常压储罐中或存在常温的压力为 20 个大气压的大型球罐中。原料氮来自于大气，它既可是原态的压缩空气也可是来自空气液化装置的纯氮气。氢气也有多种来源，如天然气、原油、石脑油、或焦炉及炼油气的工艺废气等。

用天然气生产氨包括以下工艺流程：去除原料中微量的硫、初级和次级重整、一氧化碳变换、去除二氧化碳、甲烷化、压缩、氨合成、氨产品冷却等。碳以浓缩二氧化碳的形式去除，可将浓缩二氧化碳用于尿素生产或其他工业用途，以减少其排放到大气中的量。

氨产品的另一种生产形式是对重质燃料油或真空残留物进行部分氧化。另外两种非常规过程包括：

- 在次级转化炉中通入过量的工艺空气，并以低温技术去除多余的氮；
- 热交换自热重整<sup>1</sup>

生产装置产出的液态氨要么直接用于下游装置，要么转运至储罐。液态氨可通过槽车、铁路罐车或船只发运给用户。氨通常用以下三种方法中的一种进行储存：

- 在容量通常为 10 000 至 30 000 吨（最高可达 50 000 吨）的大型储罐中充分冷藏储存。储罐可以是带隔离装置的单层壁单密封罐，双层立式壁的双层密封罐，或是带双层壁的全密封储物罐；
- 在最高容量为 1 700 吨的球罐或圆柱罐中加压储存
- 半冷冻式储罐

<sup>1</sup> 该工艺流程是最新技术，它还在研发过程中，由于主要转换器中对燃料要求降低而且耗能小，因此它较为环保。



## 尿素

尿素合成涉及了氨和二氧化碳在高压下进行化合生成氨基甲酸铵的过程，生成的氨基甲酸铵通过加热脱水生成尿素和水。第一步反应速度快且放热，并且在工业中的反应条件接近于完全反应。第二步反应较慢而且吸热，反应不完全。转化率（按  $\text{CO}_2$  转化率计算）通常在 50%~80% 之间，且随着反应温度和  $\text{NH}_3/\text{CO}_2$  比率的增加而增大。

在尿素的生产过程中使用了两种商品化汽提系统：一种以  $\text{CO}_2$  为气提气，另一种以  $\text{NH}_3$  作为汽提气体。在工艺合成/循环利用步骤中产生的尿素溶液随后冷凝为尿素熔浆，再转化为固态的颗粒状产品。

在造粒技术中，浓缩的（99.7%）尿素熔浆被输送到造粒塔顶端的桶状淋降式喷头处。在逆流强制通风或自然拔风形成的上升气流作用下，液滴在自由下落穿过塔体的过程中凝固并冷却。产品从塔底被送到传送带上。在将产品送入储存库之前，可能需要将其冷却至常温并筛选。造粒技术生产的产品平均粒径在 1.6~2.0 mm 之间。尿素熔浆调节技术及添加融浆“晶种”等操作可用于防止存储/处理期间的颗粒成品结块并提高其机械强度。

粗粒化技术中，进料采用浓缩程度稍低的（95%~99.7%）的尿素融浆。较低的给料浓度使得二级蒸发过程可以取消，而且可以简化工艺浓缩过程。这个过程包括将熔浆喷雾到造粒机内循环利用的晶种颗粒或小球上。通过给造粒机通风可以使得沉积在晶种上的熔浆凝固。采用较低浓度进料的工艺过程冷却气体用量较少，因为尿素结晶化过程中多余水分的蒸发可以带走部分热量。通常来说，从造粒机输出的产品在转运存储之前需要冷却和筛选。喷雾前可采用尿素熔浆调节技术增强颗粒成品的可存储/处理性。也可引入甲醛水溶液，使成品中包含作为调节剂的甲醛，成品中甲醛浓度介于 0.05-0.5%。

## 硝酸

硝酸生产流程包括以下步骤：蒸发液氨、将液氨蒸气与空气混合并将混合物在铂/铑催化剂上燃烧、冷却由此生成的一氧化氮（NO）并用剩余的氧将其氧化为二氧化氮（ $\text{NO}_2$ ）、在吸收塔内用水吸收二氧化氮并使其反应生成硝酸。高产量装置一般有双压设计（如中压燃烧和高压吸收），而小型装置的燃烧和吸收过程可能是在相同压力下进行。尽管吸收塔内的高压能够减少氮氧化物（ $\text{NO}_x$ ）的排放，但仍然有必要使用催化转化技术来满足废气排放的限制标准。

## 硝酸铵（AN）和硝酸铵钙（CAN）

虽然硝酸铵（AN）可以作为炸药使用，但它也是一种应用广泛的氮肥。硝酸铵采用气态氨和硝酸水溶液反应的办法生产。生产工艺包括三个单元操作：中和、蒸发和固化（成球和成粒）。中和器可采用自由沸腾容器，循环系统或者管式反应器。中和反应产生的硝酸铵溶液有多种利用方式，如在下游生产装置中使用、直接出售、或通过造粒成形技术加工为固态硝酸铵。生产硝酸铵钙（CAN）时，在液滴形成之前，将硝酸铵与固体填料，主要是碳酸钙（石灰石或者白云石）混合。

蒸发器除去了硝酸铵（AN）溶液中几乎所有的水份，使之达到成品生产工艺对水含量的



要求。成品生产工艺不同，对进料硝酸铵溶液中的含水量的要求也不同，（采用造粒工艺（小球或粉状）一般要求水含量在 1% 以下；对粒状产品，某些工艺对进料含水量的要求可放宽到 8%）。随后，硝酸铵给料在造粒装置中处理。

在采用转盘和转鼓、喷浆器、搅拌机和流化床等设备的粗粒成形工艺中，用经过热浓缩的硝酸铵喷雾。颗粒不再需要进一步干燥。颗粒过筛，过大颗粒经压碎处理后与过细颗粒一起被返回到造粒机中去。

该技术也可用来生产含有硫酸铵或硫酸钙的颗粒产品。最终的固态肥料以散装或各种规格的包装出厂。

## 硫酸铵

过去，硫酸铵（ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ）基本都是通过氨和硫酸的直接反应及其他工业工艺生产，如碳酸铵（ $\text{NH}_4\text{CO}_3$ ）和硫酸钙（ $\text{Ca}_2\text{SO}_4$ ）之间的反应。现在，大部分的硫酸铵是以己内酰胺、丙烯腈、脱  $\text{SO}_2$ 、焦炭生产过程的副产品得到的。

在合成反应中，硫酸铵晶体是由无水氨和硫酸在反应器中化合后，再将硫酸铵液体循环通过水蒸发器的方式制得的。这些晶体通过离心机从液体中分离出来，再输送到流化床或转鼓干燥器上，并且在包装或散装之前进行筛选。

在丙烯腈和己内酰胺的生产中，过量的氨与硫酸反应，或过量的硫酸与氨反应，生产可作为肥料出售的硫酸铵溶液。该工艺中，结晶是唯一可再利用的硫酸铵制取方法。硫酸铵回收工序还包含了去除有机物和催化剂细颗粒的设备。