



# 酿酒业环境、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。

酿酒厂 EHS 指南涵盖了啤酒的生产过程，包括从原料储存到瓶装、灌装或桶装酒的分装。附录 A 提供了对该部门的行业介绍。本指南不涉及麦芽的生产或非酒精饮料和软饮料的生产。本文由以下几个部分组成：

- 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

<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。



## 1 具体行业的影响与管理

本章概述木制产品切割和生产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 环境指南

与酿酒业的操作相关的环境问题主要包括以下几个方面：

- 能源消耗；
- 水耗；
- 废水；
- 固体废物和副产品；
- 大气污染物排放。

#### 能源消耗

酿造过程需要消耗较多电能和热能。热能用以在锅炉中生成蒸汽，而蒸汽在麦汁煮沸和酿酒间的水加热过程中用量很大。工艺制冷系统通常是最大的单一的电能消耗设备，但酿酒间、灌酒间和废水处理车间也会消耗不少电能。酿酒厂具体的能量消耗受公用系统和工艺设计影响很大，但定位变化可能由产品配方和包装形式的不同、酿酒水的温度以及环境温度的变化导致。

酿酒厂具体的能量消耗取决于其规模、技术的复杂性和上述因素<sup>1</sup>，其范围可能在 100~200 兆焦/100 公升 (MJ/100 L)。许多酿酒厂的有效节能可通过采取《通用 EHS 指南》中的能量管理通用指南以及下述的特别针对酿酒厂的技术实现：

- 安装电表和水表，以测量并控制整个工厂的消耗；
- 在全厂范围内应用热水平衡系统，以检查从生产工艺或公用系统到工艺或锅炉给水过程中热量回收的可能性；
- 回收麦汁冷却的热量，用以预加热捣碎下批麦芽所需的水。在麦汁冷却过程中应将冷却水流量控制在麦汁流量的约 1.1 倍，这非常重要，需要时可使用制冷机降温。麦汁冷却器的温度应在排出麦汁和输入冷却水的温度之间 (3~5K)；
- 使用热回收系统冷凝麦汁贮罐所产生的蒸汽。回收的能量可作为热水被用于多种用途，例如被用于灌装间锅炉给水，或用以预加热工艺用水；
- 采用高浓度酿造技术，啤酒在生产过程中的酒精浓度高于销售时的浓度，在包装前才稀释至最终产品的浓度水平；
- 控制并优化麦汁煮沸中的蒸发过程，此过程有 6%~10% 的麦汁被人为蒸发掉<sup>2</sup>。配方要求的变更可能造成额外的能量消耗和不稳定的产品质量。可通过如下方法降低麦汁

<sup>1</sup> 欧洲酿酒协会 (2002)。

<sup>2</sup> 同上。



煮沸中的能量消耗：

- 控制注入麦汁的浓度，以将过滤后麦汁和最终的麦汁之间的浓度差维持在尽可能低的水平；
- 在煮沸过程中对浓度加以控制，尤其应避免过沸，相关的可用措施例如控制批量大小和加热过程中的蒸汽用量；
- 通过增加加热器与麦汁的表面接触，提高不必要的气味物质的蒸发效率。
- 确保蒸汽、热水与冷却管，储罐、阀门与凸缘、酿造锅或酿造锅部件，以及隧道式巴氏消毒机与洗瓶机的有效隔离；
- 制定瞬间消毒机的高再生比耗（>93%），例如那些在包装和脱汽水生产中使用的消毒机；借助该方法还能降低冷却的要求；
- 限制热水的使用，尤其是热水的溢出（参见下面关于热水消耗的章节）；
- 优化隧道式巴氏消毒机的加热过程，并仔细考虑杀菌单元的控制；
- 使用热电联产（CHP）公用系统；
- 优化冷却系统操作的措施有：
- 使用酿酒水和脱汽水对温水（水温约在 20°C 以上）进行“高温”预冷；
- 最大限度地提高制冷系统的蒸发温度。然而，制冷系统的蒸发温度经常被设计得更低，-6°C~-8°C 之间已经足够。将蒸发温度提高 1 K 可增强压缩机的冷却能力，并使制冷系统的电能消耗降低 3~4 个百分点；
- 设计并运行制冷系统的冷凝部分，以获得最低冷凝温度。将冷凝温度降低 1K 可使制冷系统的电能消耗降低 2%。
- 确保压缩空气系统内的压力处于尽可能低的水平。如压力从 8bar 降至 7bar，电能消耗可降低约 7%；
- 优化大型电机运行的措施有：
- 考察安装变速驱动器的可能性，尤其是对于载冷剂和水泵；
- 在麦汁煮沸锅中应用麦汁的热虹吸循环，以减少对泵循环的依赖。

## 水耗

对优质水的大量消耗是酿造业的一大特点。啤酒 90% 以上的成分是水，而一个高效率的酿酒厂每酿造 1 升啤酒需要消耗 4~7 升的水<sup>1</sup>。除产品生产所使用的水，酿酒厂在加热和冷却，清洗包装罐、生产设备和加工区域及运输工具，以及水净化等过程中均要消耗水。麦汁煮沸过程会导致水分的蒸发损失，此外水分也会随酒糟损失。酿酒需要大量优质水。

《通用 EHS 指南》还包括减少水耗，特别是在自然水资源量有限的区域减少水耗的相关建议。啤酒生产的具体节水建议包括：

- 将麦汁冷却的用水量控制在糖化所需水平，其通常约为麦汁量的 1.1 倍；
- 允许回收水储罐的存储级别浮动，以最大限度的利用储存能力。维持满罐可能导致溢

<sup>1</sup> 欧共体（EC）（2006）。



出和浪费；

- 洗瓶机的节水措施有：
  - 用新型节能节水洗瓶机替代老式洗瓶机。新型设备耗水量大幅减少（旧式洗瓶机每清洗 1 hL（百升）酒瓶体积，需 3~4 hL 的耗水量，而新设备仅为 0.5 hL）<sup>1</sup>；
  - 安装自动阀门，以在生产线停机时自动切断给水；
  - 按照用水监管程序的要求适时更换破损的和过大的清洗喷嘴，使用高效的、低水耗的清洗喷嘴；
  - 控制清洗用水的流量，这是由于给水系统内的压力波动经常导致该流量高于设定值或发生变化；
  - 仅在最后两个清洗喷嘴处使用新鲜水。前面的清洗喷嘴应循环使用逆流清洗器中的清洗用水；
  - 洗筐机应使用从洗瓶机回收的清洗用水。
- 优化在线清洗（CIP）设备和工艺，以避免对水资源和清洗剂的不必要浪费（例如回收上次清洗所用的水用于下一 CIP 循环的第一次冲洗）；
- 评估在巴氏消毒工艺中使用封闭水循环系统的可行性，在该系统中水通过一个冷却塔回流并返回隧道式巴氏消毒机。这项措施能够减少隧道式巴氏消毒机的新鲜水消耗量，弥补由于蒸发和潜在排放造成的损失。需要对回流水进行处理，以防止滋生藻类和微生物，必须对回收水可能造成的产品污染风险予以严格管理。循环系统能够减少 80% 的隧道式巴氏消毒机耗水量；
- 在包装工艺中安装一个连接有真空泵的回流罐，不断向其供水以替代随空气一起排掉的水。回流罐在真空泵运行条件下能使整个工艺节水 50%<sup>2</sup>；
- 回收加工阶段的水，并在冷却和冲洗等可能的阶段予以再利用。

## 废水

### 工业废水—减排技术

酿酒厂废水中的污染物主要是工艺过程中产生的有机物。啤酒生产工艺中也会产生一些应被再利用而非排放的液体，例如稀麦芽汁和残留啤酒。残留啤酒主要来源包括处理罐、硅藻土过滤器、管线、包装区所排出的啤酒、回收啤酒以及包装区的破碎酒瓶<sup>3</sup>。

可采用下述预防管理办法降低酿酒厂废水的有机负荷：

- 用带有加热套和低速搅拌器的储罐收集稀麦芽汁以在下次酿酒过程中使用。此法可降低废水的有机负荷量，并节约原料和水。稀麦芽汁的回收对于高浓酿酒工艺尤其重要<sup>4</sup>；
- 进行程序改进以降低残留啤酒量，例如清空储罐、保持良好的清洁及采用有效的控制

<sup>1</sup> 欧洲酿酒协会（2002）。

<sup>2</sup> 同上。

<sup>3</sup> 总的啤酒损失量通常为总产量的 1%~5%。（欧洲酿酒协会 2002）。

<sup>4</sup> 稀麦芽汁的 COD 值大约是 10 000 mg/kg。稀麦芽汁体积为麦汁体积的 2%~6%，其中 1%~1.5% 的稀麦芽汁是提取物。因此收集稀



系统<sup>1</sup>；

- 避免发酵罐的过量灌装，否则会造成部分发酵的麦芽汁和酵母的流失；
- 确保洗瓶机中苛性碱的沉淀；
- 收集上次清洗所用的水，并在首次在位清洗（CIP）循环中予以再利用。

### 工艺废水处理

本节介绍的工艺废水处理技术包括均流和负载平衡、pH 值修正、使用澄清剂沉降悬浮固体及生物处理；有时需采用旨在除磷脱氮和氯化消毒的生物营养物去除技术；此外还包括残留物的脱水和处理，以及在某些情况下可行的对品质可接受的废水处理残渣的堆肥或土地利用技术。此外还有一些工程控制技术可用以控制并中和异味。世界各地的酿酒厂正推广采用厌氧生物处理及通风处理技术；这一技术具有很多优点，可大幅降低残渣量、节约电能，并可产生锅炉或发电所需的沼气。

更多的工业废水管理指南和处理方法实例收录于《通用 EHS 指南》。通过应用这些技术及有效的废水管理实践技术，酿酒厂应达到本工业部门文件第二部分相关表格所规定的废水排放指导值。

### 其他废水

关于工厂运营中所产生的无污染废水、无污染雨水和生活污水的管理指南收录于《通用 EHS 指南》。有污染废水应排入行业工艺废水处理系统。

### 固体废弃物与副产品

- 啤酒生产中会产生酒糟等多种残渣，这些残渣具有商业价值可作为副产品销售给农业部门。关于减少固体废弃物并提高副产品销售量的推荐管理措施包括：
  - 优化原料使用，以提高产量并减少固体和液体废物，包括：
  - 避免使用低质原料；
  - 优化谷物粉碎工艺；
  - 优化过滤工艺，包括对酒糟进行充分淋洗以最大限度地获得提取物；
  - 收集稀麦汁，以用于下次酿酒过程的糖化工艺；
  - 通过使用旋转炉优化澄清工艺，因为低效澄清会导致大量沉淀<sup>2</sup>产生；
  - 从热凝固物中回收麦汁；
  - 从剩余酵母中回收啤酒；
  - 对残留啤酒予以收集和再利用。预运行和去流阶段的啤酒质量较高，可被直接注入过滤器内的啤酒中。包装区的其他残留啤酒应回注入旋转炉。
- 如可行，应开发废水的商业价值，相应措施有：
  - 收集糖化工艺的酒糟，并作为动物饲料副产品销售；

麦汁能使废水负荷降低 20~60 COD/hL 麦汁（欧洲酿酒协会，2002）。

<sup>1</sup> 根据啤酒浓度和酒精含量的不同，啤酒的 COD 值约为 120 000 mg/kg。残留啤酒总量约为总产量的 1%~5%，有时则会稍高。排入下水道的残留啤酒量每减少 1%，废水负荷就会降低 120 g COD/hL 啤酒（欧洲酿酒协会，2002）。

<sup>2</sup> 一种主要由蛋白质组成的沉淀物（欧洲酿酒协会，2002）。



- 避免热凝固物排入下水道系统。热凝固物应回注入糖化锅或过滤桶及麦芽汁过滤器。残渣会被处理成一部分啤酒粕，并用作动物饲料<sup>1</sup>；
- 将酵母作为副产品从发酵工艺中回收并再利用。酵母可以从发酵罐和储罐、酵母贮存车间及过滤器收集。只有部分酵母会在下次酿酒过程中被再次使用。为避免废水的高化学需氧量（COD），对剩余酵母应最大限度地予以回收，并再次出售以用于商业用途。剩余酵母通常会作为饲料卖给养猪场；其他用途则包括酵母提取、酵母药片、化妆品和制药工业用途；<sup>2</sup>
- 回收退回的碎玻璃瓶，以生产新玻璃瓶；
- 处理回收酒瓶清洗时所产生的标签纸浆。如可行，应回收标签纸浆或制成肥料。如含有清洗工艺的高浓度腐蚀性液体或标签油墨中的重金属，应在垃圾填埋场对其进行处理；
- 将酿酒厂废水处理车间产生的泥浆用作农业肥料，或在合适的垃圾填埋场进行处理。

## 异味与粉尘排放

气味和粉尘是酿酒厂最主要的大气排放物。能源生产和锅炉运行中的燃烧源排放问题收录于《通用 EHS 指南》。

### 异味排放

麦汁煮沸工艺是酿酒厂的主要异味排放源。为减少麦汁煮沸所产生的异味排放，应采用热回收系统收集和冷凝蒸汽，回收的能量可被用于生产或公共设施系统。

### 粉尘排放

粉尘排放的主要来源是谷物、糖和硅藻土的使用和储藏。应使用旋风吸尘器和袋式过滤器对粉尘予以回收及再利用，其方法如下：

- 原料卸货及麦芽和辅料运输所产生的粉尘应运至麦芽浆罐或辅料罐，而工艺提取物则应回收；
- 麦芽和辅料所产生的粉尘可用作动物饲料。

## 1.2 职业健康与安全

酿酒厂建造及停用过程中存在的职业健康与安全问题，与大多数工业设备的这些问题类似，其管理方法在环境、健康与安全通用指南中有所论述。与酿酒业相关的职业健康与安全问题包括：

- 爆炸风险；
- 化学品接触危害；

<sup>1</sup> 残渣的 COD 值约为 150 000 毫克每千克（mg/kg）湿残渣。一个运行良好的旋转炉所产生的残渣量应为麦汁体积的 1%~3%（旋转炉运行不畅时则更高），其中固体含量为 15%~20%。通过回收残渣可使废水负荷降低 150~450 g COD/hL 啤酒（欧洲酿酒协会，2002）。

<sup>2</sup> 每生产百升啤酒就会产生 2~4 kg 剩余和失效酵母浆（固体含量为 10%~15%）。酵母悬浮液含有酵母和啤酒，COD 值很高（180 000~220 000 mg/L）。通常酵母会被全部或部分排入废水。如果所有酵母被收集而非排入下水道，啤酒厂的总 COD 负荷将会减少约 360~880 g COD/hL 啤酒（同上）。



- 物理性危害；
- 噪声接触与振动危害。

### 爆炸风险

酿酒厂中谷物储存、粉碎和运输所产生的有机物粉尘存在爆炸风险。除收录于《通用 EHS 指南》的指南外，采取下述管理措施亦可降低粉尘爆炸危害：

- 经常打扫以控制粉尘积聚，使用吸尘和循环系统去除工作区的粉尘；
- 预先采取电器接地和火花检测与控制措施，如需要则配备猝死系统；
- 在高危区使用防爆电机、电灯、开关和连接器材；
- 在工厂设计和建造中考虑防爆气道因素；
- 杜绝外部火源；
- 执行高温作业许可制度；
- 控制有烟产生的材料；
- 禁止使用手机。

### 化学品接触危害

#### 制冷剂泄露

酿酒厂经常使用大型制冷系统，这些设备通常使用有毒的、在空气中能形成易爆混合物的氨制冷剂。制冷系统的选址、设计、维护和运行都应采用专业制冷研究机构提供的安全指南和其他指南<sup>1</sup>。

#### 窒息危害

发酵和熟化工艺会产生二氧化碳，二氧化碳可回收，其与氮气被储存并应用于许多需要惰性气体的酿酒工艺。尤其在发酵和熟化间等受限或密闭空间，这些气体的意外泄露或通风不畅可能会导致其浓度积聚到一定程度后造成窒息风险。在风险评估的基础上应采取适当的安全措施，包括加强通风、《通用 EHS 指南》中关于受限空间安全生产的指南以及在高危区域使用个人气体检测器等。与其他化学品的接触危害通常包括加工区域、管线和阀门的清洗、消毒和维护所涉及的化学品处理。化学品接触危害管理的建议参见《通用 EHS 指南》。

### 物理性危害

物理性危害包括由于湿滑造成的滑倒危害，以及由于机械和工具使用、玻璃酒瓶处理及叉车等内部运输设备碰撞造成的危害。粉碎机、搅拌器、研磨机、挤泥机和运输机械都具有潜在危害，可能对手指、头发和衣物造成损伤。装瓶过程极易损伤眼部。《通用 EHS 指南》提供了普通车间条件下的指南，包括对工作和行走表面进行设计和维护以防止滑倒的建议、机器安全与预警以及适当个人防护用具（PPE）的使用。

<sup>1</sup> 例如英国制冷协会（[www.iior.org.uk](http://www.iior.org.uk)）出版了氨（和其他）制冷系统的安全设计指南和制冷剂的安全处理指南。也可通过美国采暖、制冷与空调工程师协会（ASHRAE）（[www.ahsrae.com](http://www.ahsrae.com)）或国际制冷协会（[www.iifir.org](http://www.iifir.org)）获得关于制冷的建议。



### 举起、搬运、重复工作及姿势伤害

可能会对工人造成伤害的啤酒生产作业，包括人工举起和搬运重物（例如酒瓶箱），包装和清洗等重复性工作，以及由于不良工作环境和工艺设计造成的不恰当工作姿势。减少这些工伤的推荐管理方法收录于《通用 EHS 指南》。

### 粉尘

粉尘吸入是一种职业病和安全危害，尤其是在干燥谷物、酵母和硅藻土的处理区域。应遵循《通用 EHS 指南》收录的减少风险的建议。

### 压缩气体系统

啤酒生产中会使用压缩气体，如二氧化碳（CO<sub>2</sub>）和氮气、制冷剂及压缩空气等。这些气体都可能会因压力过大、储罐破裂造成危害，也可能造成 CO<sub>2</sub>、氮气或制冷剂冻伤，以及由错误操作或储罐和管线破损所导致的人身伤害。关于压缩气体储罐和其他装置操作的推荐措施收录于《通用 EHS 指南》。

## 噪声接触和振动危害

酿酒厂工人可能会接触到原料和成品运输以及生产和公用设备运行所产生的噪声。关于噪声接触与振动危害管理的建议，包括关于个人防护用具使用的建议，收录于《通用 EHS 指南》。

## 1.3 社区健康和安

与酿酒厂相关的社区健康安全问题与其他工业设备问题相类似，在《通用 EHS 指南》中有所论述。

### 产品安全影响与管理

酿酒厂运营应遵循国际公认的食品安全标准，这些标准应符合危害分析和关键控制点（HACCP）<sup>1</sup>及食品法典委员会的原则和惯例<sup>2</sup>。

## 2 指标与监测

### 2.1 环境

#### 废气排放和污水排放指南

表 1 介绍了该行业的污水排放指南。该行业的废气排放和污水排放指导值是各国的相关标准在公认的法規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可知，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。这些废气和废液在工厂

<sup>1</sup> ISO (2005)。

<sup>2</sup> FAO 和 WHO (1962—2005)。



设备或生产机器至少 95% 的年运行时间内，须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按照当地特定的项目环境进行调整。

废水处理指南适用于已处理废水直接排放到常规用途的地表水的情况。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；如果废水直接排放到地表水中，排放水平可依据 EHS 通用指南中规定的受水区的用途分类设定。

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，请参见火电行业 EHS 指南。

表 1 酿酒厂的污水排放标准

污染物	单位	指导值
pH	pH	6~9
BOD <sub>5</sub>	mg/L	25
COD	mg/L	125
总含氮量	mg/L	10
总含磷量	mg/L	2
油脂	mg/L	10
总悬浮物	mg/L	50
升温幅度 <sup>(a)</sup>	°C	<3
大肠杆菌总含量 <sup>(b)</sup>	最可能的数量/100 mL	400
活性成分/抗生素	依具体情况而定	

注：<sup>a</sup> 检测需在以科学方法设立的、综合考虑环境水质、受体用水、潜在受体及同化能力的区域周围进行；

<sup>b</sup> 表示最可能值。

## 资源利用

表 2 和表 3 为高效酿酒厂提供废物和副产品产出以及能源和水资源消耗的指标范例。行业基准值仅供对比，个体项目应当致力于这些领域的不断提高。

表 2 副产品和废物产生

每单位产品的产出	单位	基准
副产品 <sup>a</sup>		
酒糟	kg/100 L 啤酒	16~19
酵母&残渣		1.7~2.9
硅藻土		0.4~0.7
废液		
废水	100 L/100 L 啤酒	3~6
啤酒损失	%	1~5

注：<sup>a</sup> 大型德国酿酒厂（生产能力超过 1 亿升啤酒）的投入和产出，EC（2006）。

表 3 能源消耗

每单位产品的产出	单位	基准
能量 <sup>a</sup>		
热量	MJ/h	85~120



电力	kW·h/h	7.5~11.5
总能量	MJ/hL	100~160
水 <sup>a</sup>		
耗水量	hL/hL 啤酒	4~7

注：<sup>a</sup> 大型德国酿酒厂（生产能力超过1亿升啤酒）的投入和产出，EC（2006）。

## 环境监测

该行业的环境监测项目的执行应当面向在正常操作和异常条件下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。监测得出的数据应经定期分析和检查，并与操作标准相对比，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>发布的容许接触限值（PELs）、欧盟成员国发布的指示性职业接触限值<sup>4</sup>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）的生产事故为零，尤其是会导致误工、不同等级残疾甚至死亡的事故。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>5</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

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<sup>6</sup>制定并执行。厂方还应维护一份有关职业事故、疾病和危险事件及事故的记录。《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

<sup>1</sup> 可登录：<http://www.acgih.org/TLV/> 和 <http://www.acgih.org/store/> 获取相关信息。

<sup>2</sup> 可登录 <http://www.cdc.gov/niosh/npg/> 查询相关信息。

<sup>3</sup> 可登录 [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) 查询相关信息。

<sup>4</sup> 可登录 [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。

<sup>5</sup> 可登录 <http://www.bls.gov/iif/> 和 <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm/> 获取相关信息。

<sup>6</sup> 有合格资质的专家包括执证的工业卫生学家、注册职业卫生学家、执证安全专家或有同等资质的人员。



息。

### 3 参考文献和其他资料来源

- [1] Curtin University of Technology, Centre of Excellence in Cleaner Production (CECP). Swan Brewery: Water and Energy Efficiency. Western Australia Case Studies. Perth: CECP, 2002. <http://cleanerproduction.curtin.edu.au/cecp/cecpcasestudyhome.htm>.
- [2] Dansk Standard. DS/OHSAS 18001: 2004. Occupational health and safety management systems – Specification. 1 udgave. 2004–11-08. Copenhagen: Dansk Standard, 2004.
- [3] European Commission. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Food, Drink and Milk Industries. Seville: EIPPCB, 2006. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- [4] Health and Safety Commission (HSC). Food Manufacture – Beer, Spirit and Soft Drink Manufacture. Injury Rate Comparison. London: National Statistics, 2005a. <http://www.hse.gov.uk/food/drink.htm>.
- [5] HSC. Health and Safety Statistics 2004/05. London: National Statistics, 2005b. <http://www.hse.gov.uk/statistics/overall/hssh0405.pdf>.
- [6] HSC. Rates of reported fatal injury to workers, non fatal injuries to employees and LFS rates of reportable injury to workers in manufacturing. London: National Statistics, 2005c. <http://www.hse.gov.uk/statistics/industry/manufacturing-ld1.htm#notes>.
- [7] HSC. Statistics of fatal injuries 2004/05. Fatal injuries to workers in manufacturing. London: National Statistics, 2005d. [www.hse.gov.uk/statistics/overall/fatI0405.pdf](http://www.hse.gov.uk/statistics/overall/fatI0405.pdf).
- [8] Indian Environmental Protection Agency (EPA). Central Pollution Control Board (CPCB). Notification May 5, 1992. 27.0 Fermentation Industry: Wastewater Discharge Standards (Distilleries, Maltries & Breweries). Delhi: Indian EPA, <http://www.epcb.nic.in/standard27.htm>.
- [9] Irish Environmental Protection Agency (EPA). Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs (BATNEEC) Guidance Note for Malting, Brewing & Distilling. Co. Wexford: Irish EPA, 1996. <http://www.epa.ie/TechnicalGuidanceandAdvice/GuidanceDocuments/>.
- [10] International Organization for Standardization (ISO). ISO 22000: 2005: Food Safety Management Systems-Requirements for any organization in the food chain. Geneva: ISO, 2005. <http://www.iso.org>.
- [11] ISO. ISO 14001: 2004: Environmental Management Systems-Requirements with guidance for use. Geneva: ISO. 2004a. <http://www.iso.org>.
- [12] ISO. ISO 9001: 2000: Quality Management System. Geneva: ISO, 2004b. <http://www.iso.org>.
- [13] Thailand Ministry of Natural Resources, Science and Environment. Pollution Control Department (PCD). Water Quality Standards: Industrial Effluent Standards. Bangkok: PCD, 1996. [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/en\\_reg\\_std\\_water04.html#s1](http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_std_water04.html#s1).
- [14] The Brewers of Europe. Guidance Note for Establishing BAT in the Brewing Industry. October 2002. Brussels: Brewers of Europe, 2002. <http://www.brewersofeurope.org/asp/publications/publications.asp>.



- [15] United Nations Environment Programme (UNEP). Division of Technology, Industry and Economics (DTIE). Cleaner Production in Breweries: A Workbook for Trainers. First Edition. Paris: UNEP, 1996. [http://www.uneptie.org/pc/cp/library/catalogue/cp\\_training.htm](http://www.uneptie.org/pc/cp/library/catalogue/cp_training.htm).
- [16] United States Bureau of Labor Statistics (BLS). Census of Fatal Occupational Injuries Charts, 1992–2004. Number and rate of fatal occupational injuries by private industry sector, 2004. (Table page 10). Washington DC: BLS, 2004a. <http://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0003.pdf>.
- [17] US BLS. Industry Injury and Illness Data – 2004. Supplemental News Release Tables. Table SNR05: Incident rate and number of nonfatal occupational injuries by industry, 2004. Washington D.C.: BLS. 2004b. <http://www.bls.gov/iif/oshwc/osh/os/ostb1479.pdf>.

## 附录 A：行业活动的通用描述

啤酒是通过发酵从各种谷物中提取的糖分而制得的低度酒精饮料。由于所用原料、浓度、口感和成品包装不同而存在大量不同类型的啤酒。每个酿酒厂通常都有自己的特殊产品和配方。

酿酒厂生产方式因厂家、啤酒类型、设备和所在国法规的不同而不同。传统的啤酒由麦芽制成。但随着现代大型酿酒厂日益增加玉米和大米的使用，谷物使用多元化已成为一种趋势。从谷物中提取的糖分溶解于水中，加上啤酒花煮沸；冷却后，混合物在酵母催化下发酵从而产生酒精；发酵所得生啤再经熟化，随后包装。对某些啤酒需进行过滤和巴氏消毒。

### 原料处理和储藏

啤酒生产的原料一般包括谷物（大麦、大米或玉米）、啤酒花、水和酵母。麦芽制造过程将谷物所含淀粉转化成可发酵的糖分，随后的糖化过程则将这些糖分从麦芽中提取出来。啤酒花提取物有防腐作用并使糖溶液具有独特的苦味。而酵母在发酵过程中将糖分转化成酒精。啤酒生产还需要加热和冷却工艺、清洗剂及包装材料。

### 麦汁生产

将运来的谷物称重、搬运、清洗并贮存到料仓内直至其适于麦汁生产。谷物的清洗和粉碎是为糖化做准备。糖化、过滤和麦汁煮沸均属啤酒制造工艺的酿造阶段。

#### 粉碎

谷物被粉碎以制成面粉和谷壳的混合物，即谷粉。麦芽的粉碎细度介于最佳萃取产量、所选技术和麦汁可过滤性三要素之间。谷物处理区设计应便于控制过量粉尘，并最大限度减少火花等火源以避免发生爆炸。

#### 糖化

粉碎后，将谷粉同热水混合，形成麦芽浆以用于糖化工艺。糖化的目的是通过萃取从麦芽粉和辅料中获得大量可发酵提取物。这个提取物就是“麦芽汁”。只有少量的提取物可通过溶解直接获得，而其他大量提取物的获得则需借助酶分解，以将其中的复杂难溶物质转化成简单可溶物质。应小心控制温度、pH 值和糖化时间等物理参数，从而达到最佳提取效果。



### 麦芽浆过滤

麦汁被从麦芽浆的固体分离出来，麦汁分离后的固体即“啤酒糟”。此过程被称作过滤，在大约 75°C~78°C 的温度下在滤桶或糖化醪滤器中进行<sup>1</sup>。过滤后，啤酒糟被装入料仓，随后一般卖给农民作为牛饲料使用。来自滤桶的啤酒糟干物质含量为 19%~22%，而来自糖化醪滤器的啤酒糟干物质含量为 35%~40%。滤桶内留下的麦汁萃取物浓度较低，被称作“稀麦汁”。

### 麦汁煮沸

去除啤酒糟后，麦汁被转移到麦汁煮沸锅中。麦汁在其中被加热至沸腾，加入啤酒花。继续煮沸麦汁 1~1.5 小时，蒸发速度控制<sup>2</sup>在每小时模型容积的 5%~8%。蒸发总量一般为 6%~10%。麦汁的加热和煮沸工艺能耗较高。

### 麦汁澄清和冷却

煮沸后，需对麦汁进行澄清，在该工艺中麦汁通常需通过旋转沉淀槽，以将澄清的麦汁与固体残渣分离。经过澄清的麦汁需在一个水冷的热交换器（麦汁冷却器）内被降温到“俯仰温度”（即经过冷却的麦汁进入发酵间的温度）。麦汁冷却过程中冷却水的体积约为麦汁体积的 1.1 倍。收集麦汁冷却器所排出的热水（75°C~85°C）以作为下次酿酒过程用水。澄清过程会产生有机物（残渣）排放。

### 高浓度酿造技术

高浓度酿造技术常被用来生产提取物浓度高的麦汁，这类麦汁经完全发酵会得到酒精浓度高于出厂浓度的啤酒。随后通过脱气酿酒水稀释使啤酒浓度降至出厂浓度。由于稀释水无需在糖化和麦汁煮沸过程中加热，该技术可节约能源。较之其他技术，该技术能使酿酒间和发酵罐生产更多的成品啤酒。

## 发酵和熟化

麦汁冷却至适于酵母菌发酵的温度后向其中导入氧气。随后麦汁被注入发酵容器（FVs），加入酵母开始发酵。发酵过程中，酵母将麦汁中的糖分转化成酒精和二氧化碳。发酵过程会放出热量，需根据常因产品性质和生产区域而异的工艺要求严格控制温度。发酵持续时间取决于产品配方。发酵过程产生的二氧化碳可收集用于多种啤酒生产工艺。

迅速给发酵容器降温以终止发酵，同时将酵母收集并抽入储罐。发酵过程所产生的酵母量要多于下次生产通常所需的量。所收集酵母的一部分通常被用作动物饲料。

发酵后，啤酒被抽入储罐，在一定的温度条件下放置几周以进行熟化。

## 酿酒处理

### 过滤

熟化工艺后，对大多数啤酒进行过滤以去除残留酵母，从而得到“澄清啤酒”，其具有特定的澄清度和更长的保质期。过滤可使用框式过滤器、烛形过滤器或网状过滤器，过滤媒介是硅藻土（含硅藻的土壤）。使用过的硅藻土可用于农业、再加工或用作建筑材料。过滤后的啤

<sup>1</sup> 欧洲酿酒协会（2002）。

<sup>2</sup> Ibid 同上。



酒贮存在“澄清啤酒罐”中，以用于灌装间包装。

#### 碳酸化

在啤酒被注入澄清啤酒罐前可能需对其进行碳酸化。为增加泡沫效果可能会使用少量氮气。

#### 稀释

在灌装前需用脱气酿酒用水将通过高浓度酿造技术生产的高度啤酒稀释到出厂产品浓度。

#### 在位清洗

保持所有生产设备和管线的清洁和无菌对于啤酒生产至关重要。清洗通过在位清洗（CIP）系统完成，清洗剂在设备间循环或喷洒于储罐的表面。苛性钠或酸是常用的清洗剂。酿造设备的清洗和消毒会消耗大量的能量、水、清洗剂和消毒剂。在位清洗系统的设计差别很大；简单系统只备有一份清洗溶液，其通过清洗系统注入及排出；而全自动清洗系统将水和清洗剂分别存入不同的储罐，这使得一部分水和清洗剂能被再利用。

### 包装工艺

啤酒被从澄清啤酒罐中抽出，稀释到销售浓度后，在包装区装瓶、装罐或装桶。在这些工艺中，避免啤酒同氧气的接触和二氧化碳流失至关重要。包装线所用包装材料和自动化水平可能不尽相同，其通常会产生显著噪声。

#### 洗瓶和控制

退回的瓶子会接受电子分类。非本厂出产的瓶子会被送回其各自的生产商，或被粉碎和卖掉以循环利用。分类后，瓶子被送入洗瓶机以去除内外部杂质。洗瓶工艺通常包括浸润和清洗、高温杀菌以及冲洗。洗瓶机会消耗大量的能量、水和苛性钠。其会排出大量废水，废水中可能含有高浓度有机负荷。清洗后会检查瓶子有无破损和残留灰尘。

#### 装瓶

通过传送带将瓶子从洗瓶机运至填充机。根据啤酒中溶解的二氧化碳量装瓶。防止氧气接触啤酒是装瓶机的一个重要功能。装瓶完成立即密封瓶口（通常是冠形瓶口），并检查填充量。随后将密封好的瓶子运至隧道式巴氏消毒机。

#### 装罐

装罐和装瓶的原理相同。由于酒罐的质量较轻，通常需小心运输，以确保稳定的间隔。另外需特别留意酒罐的薄壁厚度和由此导致的低稳定性。装填线会消耗大量电能，并会产生啤酒损耗，影响废水的有机负荷。

#### 巴氏消毒

啤酒通常要经过巴氏消毒以杀死任何残存的活酵母菌或其他微生物，从而延长保质期。巴氏消毒时可供选择的两个方法是：

隧道式巴氏消毒，啤酒在瓶内或罐内被消毒（例如将啤酒和容器作为一个紧密的组合单元予以消毒）；

瞬间巴氏消毒，即装桶前在一个热交换器内对啤酒进行消毒。

#### 标签

隧道式巴氏消毒后，瓶子被运至标签室。淀粉或蛋白基胶水被用作标签黏合剂，以确保被



回收的瓶子在清洗时其标签易于清除。标签黏贴作业线会消耗大量电能，并产生显著噪声。

### 包装

瓶装和罐装啤酒被装入板条箱、纸板箱或其他形式的运输包装中，并通过货盘运输。桶装则通过托盘运输。

### 公用设施

啤酒生产需要大量的能量以用于加热和制冷，同时还需消耗大量的水。所以该部门公用设施的安装至关重要。啤酒生产所需热量通常通过蒸汽锅炉供应。工艺冷却则通常借助中心氨基制冷系统实现，制冷系统将氨水或一种辅助液体（例如冷却水、盐水或乙二醇）循环至需制冷的区域。压缩空气则主要应用于器械、传动器、储罐加压以及某些情况下的酒糟运输。

#### 水处理车间

酿酒厂通常从水井或河湖水面汲水，并使用若干种不同品质的水，例如用于糖化的酿酒水、用于稀释的脱气酿造水、用于公用设施和隧道巴氏消毒剂的软化水以及冲洗水等。因此酿酒厂通常配有几个复杂的水处理车间。

#### CO<sub>2</sub>回收车间

发酵产生的二氧化碳在使用前可收集、净化和贮存。二氧化碳是碳酸化工艺所必需的原料，同时还可根据工艺需要被用作惰性气体。

#### 氮气生成

酿酒厂也可能使用氮气替代二氧化碳作为惰性气体。氮气可就地从空气中通过热分离或膜分离技术获得，也可借助外部渠道大量供应。

#### 供电

虽然有些酿酒厂使用热电联产（CHP）车间提供电力和热能/蒸汽，但是大部分酿酒厂是从国家电力部门购买电力。

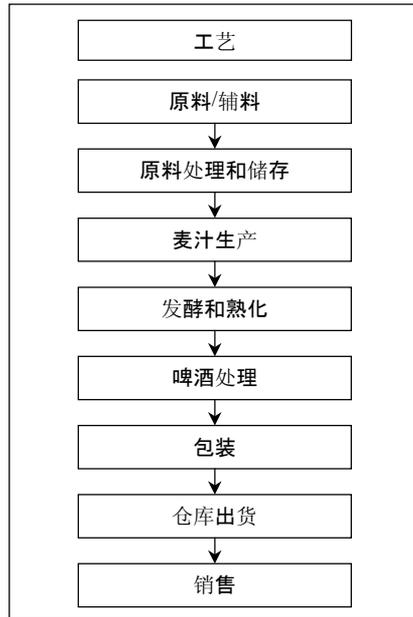


图 A1 啤酒生产的供应链流程