

## 化学事故预防和预案措施

### 重大事故将对环境产生严重影响

本刊旨在通过学习来自欧洲重大事故报告系统（European Major Accident Reporting System, eMARS）和其他资料来源所提供的事故范例，为化工业运营者和政府监管人员提供不同视角。今后，CAPP范例学习简报将每半年一期，每期关注一个特别主题。

## 事故一 通用化学品生产

### 事故过程

一个包装和储存池用水处理化学品的车间毁于火灾，造成水体污染并产生大量烟雾。火灾起源于被毁车间后的生产区域。封闭式螺旋输送机将一吨散装的二氯异氰尿酸钠从地面输送到货架的料斗，二氯异氰尿酸钠在重力作用下从料斗落入塑料小容器进行包装，以用于销售。螺旋输送机的驱动电机位于料斗上方。封闭式螺旋输送机已运行了约一个小时，因其有物位自动控制开关，料斗装满时能自动关闭，所以操作员离开休息时机器继续运行。目击者说烟从螺旋输送机的螺旋管冒出，接着出现高达 20 米的火球。由于火势发展迅速，中型散装容器（IBC）在布置应急围堤前破裂，pH 值为 1 的化学品发生泄漏，进入附近河流。发生事故的车间被完全摧毁，但没有造成人员伤亡。

### 事故原因

火灾可能发生于输送机的聚丙烯管内，可能是由于意外机械过热（原因不明）导致二氯异氰尿酸钠达到热分解温度。二氯异氰尿酸钠是一种氧化剂，一旦达到分解温度，就会自反应并放热。聚丙烯管被加热到变形、熔化，塑料和氧化剂混合并燃烧。事故发生后还不能确定火灾快速蔓延的方式以及火球产生的原因。

### 重要发现

- \* 防止污染物流入附近河流的缓解措施不足。
- \* 储存盐酸和其他化学品的中型散装容器位于紧邻厂房的空地上，火灾发生后被烧毁，并发生物料泄漏，这可能是水中污染物的来源之一。

### 环境影响

- \* 根据常见事故分类体系，环境署将河水污染程度归为 1 类（事故具有重大环境影响）。
- \* 长达 6 公里的河里超过 2500 条鱼死亡。
- \* 预计该河恢复到事故前的状态将需要 4 到 7 年。

### 经验教训

- \* 操作人员应意识到排水系统的布局以及废水如何进入河流。
- \* 为减轻事故后果，建议将仓库内的化学品隔离保存，减小防火分区的大小。
- \* 防火措施并不总能有效防止次级（如环境）后果。

对二氯异氰尿酸钠的分类没有给出其反应特性和可能危险情形的准确描述。因其具有氧化性，在危险化学品分类系统中没有被归于 4.1 自反应类。如果被归于 4.1 自反应类，运输过程中每包重量就不能超过 50 公斤，也就不能如事故中用集装袋包装成 1 吨的“大包”。

## 重大事故将对环境带来严重影响

### 事故二 石油化工事故

#### 事故过程

一艘油轮在炼油厂码头装油，一根输油管道发生泄漏，泄漏的燃油达 478 吨，其中 180 吨流入附近的河流。驳船上有人发现了水面浮油并发出警报。泄漏五小时后，巡视员确定了泄漏点，并在泄漏点上游 500 米处进行了隔离。泄漏发生后，作为预防措施，一些海滩限制进入并禁止在河湾钓鱼。超过 750 人参与了清理 90 公里被污染的河岸的工作，耗时 3 个半月（处理前，共有 6170 吨废物被回收和现场储存）。

#### 泄露原因

缺陷管道直径 12 英寸（大约 300mm），管道外包裹着隔热层。双层管架上有 20 根管道，它是其中一根。对缺陷管道的检查发现，隔热层下腐蚀点附近有一条长约为 16 厘米，宽为 1 厘米的纵向裂缝。造成管道腐蚀的水来自输油管道正上方的一根穿孔的水管，水渗透进隔热层，腐蚀钢管，最终导致管道穿孔破裂。

#### 重要发现

• 炼油厂采用的管道检验和维护方案是根据管道结构和潜在脆弱性设计建立不同的检查和维护频率。尽管在事故发生前的几个月里，这些管道有过大量报警信号，并且由于管道接近河岸，影响某个管道的事故会产生潜在重大后果，但在这个方案里，发生泄漏的管道的维护工作的重要性被低估。

• 事故最重要的原因之一就是缺乏从储罐到控制室的反馈系统，反馈系统用来显示装载过程中储罐的液位。控制室在泄漏发生后的几个小

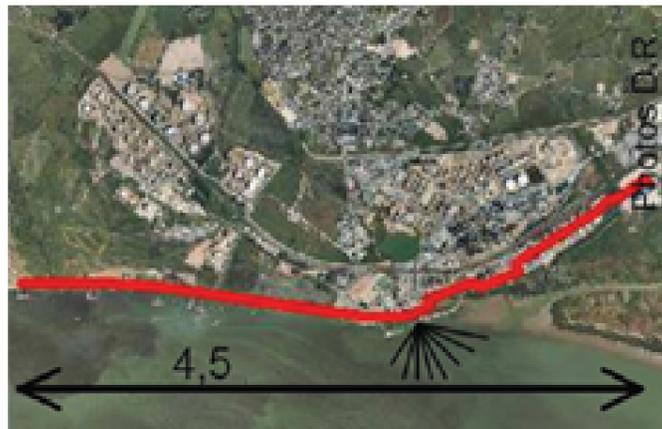
时内，并不知道燃油没有到达储罐。

#### 环境影响

• 由于潮汐和水流的影响，180 吨燃油分布在河湾的南北河岸。  
• 由于污染物污染了整个区域，大量鸟类死亡。  
• 事故后的几天内，有重达几吨的动物死亡。

#### 经验教训

• 对泄漏管道的最后一次检查是在 4 年前，对管道的检查和监控应该更加频繁。  
• 缺乏对水和周围环境的可视化监控以及定时取样，这些手段能在事故前及时检测到燃油发生泄漏。  
• 没有设置安全障碍来阻挡或者减缓燃油流入河流。  
• 操作人员应确保被运输物质的确被输送至储罐（例如液位控制系统）。



事故所涉及的区域（来源：ARIA No. 34351 和 Gendarmerie Nationale）

## 重大事故将对环境带来严重影响

### 事故三

#### 杀虫剂、除草剂、杀真菌剂的生产 and 储存

#### 事故过程

一处储存有大约 1350 吨农药和化学品的仓库发生了事故。午夜刚过，一名工人发现仓库起火并通知了消防部门。400 余名消防队员参与灭火并保护邻近仓库。起火后仅仅几分钟，4500 平米的仓库就有三分之一面积过火，最终仓库被大火完全烧毁。

火灾产生的有害烟羽覆盖了巴塞尔 (Basel) 市区。灭火过程中使用了 10000-15000 立方米的水，这些水被严重污染，并且大部分流入莱茵河 (Rhine)，因此大约 30 吨剧毒农药进入莱茵河。污染莱茵河的主要是有机磷农药，如乙拌磷、甲基乙拌磷、烯虫磷等，此外还有含汞的杀真菌剂。

#### 事故原因

调查人员重现事故场景，认为事故极大可能是由于普鲁士蓝染料的塑料薄膜热缩包装导致的，可能火势扩大前火苗已经烧了几个小时但没有被发现。火灾蔓延的速度表明泡沫灭火系统已经失效，并且使用了大量的水（每小时 400 升）。除了要扑灭火灾，消防队还要对邻近一个存放金属钠的仓库进行降温，同时确保金属钠不接触水。

#### 重要发现

• 莱茵河污染国际警报在凌晨 3 点发布，然而沟通过程中比较混乱，直到 23:40 才有书面报告到达斯特拉斯堡 (Strasbourg)。  
• 巴塞尔和斯特拉斯堡间的莱茵河左岸的取水口没有及时关闭。  
• 当时关于危险物质灾难性泄漏预防的地方立法比较薄弱（重大事故防护条例 . MAO: [http://www.admin.ch/ch/e/rs/c814\\_012.html](http://www.admin.ch/ch/e/rs/c814_012.html)）。

#### 环境影响

• 莱茵河被严重污染，至下游 250 公里间的河水被染红。标记染料罗丹明 B (Rhodamin B) 的红色使得污染情况清晰可见。  
• 污染物在 10 天内通过莱茵河进入北海 (North Sea)。  
• 估计因此死亡的鱼的数量达 50 万，并且一些鱼类彻底灭绝了。  
• 沿着莱茵河到荷兰 (Netherlands) 所有的供水厂停止抽取河水生产饮用水长达 18 天。  
• 缺乏合理的消防用水回收系统，以及地表水排水系统使得消防用水迅速流入莱茵河，从而导致河水污染。

#### 经验教训

• 仓库中储存的化学品应该被充分隔离，防火分区不宜划分过大。  
• 仓库靠近自然水域时应该考虑发生次级（如环境相关）后果的可能性。  
• 需要对消防用水进行管理，确定消防用水回收容量，要考虑污染物的性质（酸性、毒性、可燃性等）。  
• 报警系统需及时有效，确保提供准确信息给下游地区，以便他们采取适当措施。

### 事故四 燃料库

#### 事故过程

2010 年 2 月 23 日清晨，一处燃料库因为蓄意破坏发生了一起特大的矿物油泄漏事故。大约 2600 吨的碳氢化合物、柴油以及重油从工厂装卸区的管道中泄漏出来。泄漏后，泄漏物从排污主管排到邻近城市的污水处理厂，处理后排入了临近的兰布罗河 (Lambro)，造成了兰布罗河以及下游波河 (Po) 的严重污染。

#### 事故原因

装卸区的输油臂上发生了烃类泄漏，装卸区主要装卸柴油和重质燃料油，输油臂与油库的附加罐直接相连。通过工厂内的污水处理系统收集起来的泄漏物被转移到平流式油水分离器中来分离出油相。分离器内的部分物料来自于燃料库的旁路缓解障碍系统。随后，从分离池流出的物质通过主阀，流入厂外下水道。主阀作为一种补救措施，一直保持开启状态，让废水从液压缓冲器中排出。厂外下水道与主要的城市污水收集单元相连。通过此途径，烃类物质被送到临近城市的污水处理厂中，处理后最终被排入附近的河中。

#### 重要发现

• 通过打开每个储罐底部进料阀（这个阀门通常是关闭的）并启动电泵（通常是关闭状态），烃类物质很可能从输油臂泄漏出来。事故调查人员判断泄漏事故是蓄意造成的。警方认为，蓄意破坏者很熟悉炼油厂的工作，因此才能打开油罐的主阀门使烃类泄漏。  
• 兰布罗河流速很快，并且由于一个月来的阴雨天气，河流水位已满，所以清理工作特别严峻。由于水流太急，很难设置围栏拦截泄漏的矿物油，而泄漏的矿物油在一天之内已经遍布油库和波河之间的 50 公里流域。民防部门在波河颁布了一个为期五天的警报，并从皮亚琴察起禁止疏浚河流。同时，建议船夫们需要特别小心，因为浮油高度易燃，极易点燃。

## 重大事故将对环境带来严重影响

• 一年前，工厂经营者收到根据 Seveso 第六条关于即将永久停止工厂生产活动并回收的公告，工厂发布了此消息。随后根据 Seveso 第十八条进行的检查证实化学品数量并没有达到需监管的程度。然而，事故表明厂区可能存储了数量多得多的化学品。事实上，三个储罐发生了柴油泄漏，其中一个储罐容量是 2500 立方米，其中一个储罐是满的，此外还有一个稍小一些的储罐。事故发生后，对经营者展开了犯罪调查是否在其其它违规行为中违反了 Seveso 指令。

### 环境影响

• 附近的水域受到了矿物油泄漏的影响。波河是意大利最大的河流，成千上万的农民从波河引水灌溉作物。波河三角洲湿地还是一个野生动物保护区，是超过 1000 余种植物和 300 种不同鸟类的栖息地，其中一些在濒危物种名录上。据报道，矿物油泄漏导致数十种鸟类和动物死亡，这条欧洲最长河流之一的波河的一些支流也因此宣布进入戒备状态。

• 大量的烃类混合物（油和燃料）泄漏入水域，它们对水质的影响不同。首先被污染的兰布罗河的影响非常严重，其后被污染的波河影响相对较小。由于污染物不断地被带入大海，所以污染程度也在逐渐降低。

• 大约 1250 吨的矿物油被污水处理厂回收，300 吨在仓库现场被回收了，总量约 1550 吨的泄漏物在污水处理厂及其上游回收处理。剩余的 1050 吨泄漏物中进入了污水处理厂下游的河中，应急小组设置了围栏，约 550 吨得到了拦截回收。

• 约 500 吨的泄漏物分布在污水处理厂和海之间的河流中，所影响的河流超过 300 公里。

### 经验教训

• 应装备完善的技术系统（如储罐自动液面控制系统或自动锁定系统）用于装卸区及其泵设备或者设备上的自动感应装置系统（远程控制），比如用于传送烃类的泵设备。

• 在装置关闭的情况下，除了安保人员在正常工作时间的执勤外，还应当引进反侵入报警系统，以防止恶意破坏或盗窃行为，也能够紧急情况下立即启动应急措施。

• 应采用识别和缓解环境后果相关风险的操作规程，比如罐内存在烃类物质时应当立即关闭储罐下游的阀门。

• 手动关闭系统的维护规程也应落实，尤其要考虑关闭池分离器下游阀门的难度。

• 这也提醒 Seveso 监管当局即使装置逐步退役的情况下也应该继续保持对危险工业活动的监管，因为一旦监管停止，工厂经营者对安全的关注程度就会降低。



### 联系方式

关于本期工厂事故经验总结简报的详细信息，请联系：

zsuzsanna.gyenes@jrc.ec.europa.eu  
or emars@jrc.ec.europa.eu  
Security Technology Assessment Unit  
European Commission  
Joint Research Centre  
Institute for the Protection and Security of the Citizen  
Via E. Fermi, 2749  
21027 Ispra (VA) Italy  
<http://mahb.jrc.ec.europa.eu/>

如果您的机构无法接收此简报 MAHBulletin，请联系 emars@jrc.ec.europa.eu。请附上您的姓名和邮箱地址。



## 事故五 通用化学品生产

### 事故过程

2002 年八月和九月初伏尔塔瓦河 (Vltava River) 发生了洪灾，洪灾淹没了 Spolana 化工厂。由于厂区被淹没，两套装置进水，应急贮水池也被淹没，而液氯储罐位于应急贮水池中。结果，氯泄漏到空气和水中。

### 事故原因

液氯储罐被洪水抬升，导致管道破裂，一个储罐的接管断裂。液氯储罐区的储罐内储存量各不相同，一些储罐内只有卸料后的残余氯气，另一些储罐储存有设计容量的 20%，其中一个储罐几乎储满。洪灾达到百年一遇的水平，水深超过 1.3 米。由于水的浮力，空而轻的储罐被抬升，离开了储罐原位置。水浮力太大，破坏了储罐上的过道，并使过道抬升。装满液氯的储罐上的隔断阀卡住过道，由于过道不断升高，隔断阀被完全撕破，大量液氯泄漏。

### 重要发现

- 自然灾害种类和发生时间未能准确预测。
- 洪水从意想不到的方向而来。由于伏尔塔瓦河的洪灾，易北河 (Elbe River) 和伏尔塔瓦河交汇处的回水淹没了整个厂区。
- 由于氯气快速溶于水，稀释速度很快，几乎没有氯气吸入暴露影响。

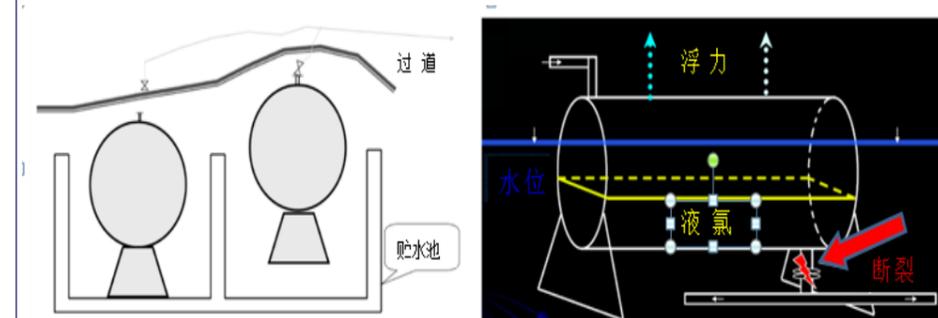
### 环境影响

- 共有 80 吨的氯气泄漏到河水中。
- 事故发生后，对易北河的水体和沉积物样本以及附近农场家禽进行化验分析证明二噁英和多氯联苯 (PCB) 的浓度增高。

### 经验教训

- 如果发生洪灾，水域附近的装置区更易发生淹没事故。这类装置需对意料外的严重水灾做好防范准备，并对控制这类事件风险的预案持续进行更新。（另见：2011 年日本海啸事故的经验教训，<http://www.livescience.com/27776-tohoku-two-years-later-geology.html>）。
- 储罐 / 容器没有固定在地面，因此能被洪水抬升。装有危险物料的储罐 / 容器应在地面固定。
- 各容器的过道联接在一起，一旦其中某个容器被抬升，相邻容器也会被抬升。为避免此类连锁反应，过道应分隔开。
- 应急监测探测器位置很低，极易被洪水覆盖，致使在此次事故中完全无效。在厂区潜在洪灾风险分析基础上，应在合理的高度安装探测器。

【EMARS 事故 #45 和 #46】



### 装置示意图

(信息来源: iChemeE Loss Prevention Bulletin Issue 180, 2002 年八月刊  
[http://www.umweltbundesamt.de/nachhaltige-produktion-anlagensicherheit/anlagen/dokumente/wrrl/vortragene\\_des\\_2.\\_workshops\\_in\\_luebeck/danielka\\_luebeck\\_2008.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/nachhaltige-produktion-anlagensicherheit/anlagen/dokumente/wrrl/vortragene_des_2._workshops_in_luebeck/danielka_luebeck_2008.pdf))