

# Identification, Evaluation and Countermeasures of Hazard Sources of Cyanide Utilization Unit in an Enterprise

Qili Xian<sup>1</sup> Xiaoyan Long<sup>2</sup>

1.Chengdu Kaitian Electronics Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610091, China

2.Sichuan Zhongwang Safety and Environmental Technology Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610014, China

## Abstract

Based on the idea of intrinsic safety, the paper applies safety evaluation methods such as fault trees, according to the *Regulations on the Safety Management of Hazardous Chemicals*, *Design Hygiene Standards for Industrial Enterprises*, *Identification of Major Hazards* and other specifications, the identification and evaluation of hazards in the use of cyanide were carried out, the identification and evaluation of major hazards were carried out, the weak links were identified, and countermeasures were proposed.

## Keywords

cyanide; hazard source; fault trees; identification; evaluation; countermeasure

# 某企业氰化物使用单元危险源辨识、评价及对策

鲜麒麟<sup>1</sup> 龙小燕<sup>2</sup>

1. 成都凯天电子股份有限公司, 中国·四川成都 610091

2. 四川众望安全环保技术咨询有限公司, 中国·四川成都 610014

## 摘要

论文以本质安全的思想, 应用事故树等安全评价方法, 按照《危险化学品安全管理条例》《工业企业设计卫生标准》《重大危险源辨识》等规范要求, 对氰化物的使用环节进行了危险源的识别和评价, 开展了重大危险源辨识和评价, 找出了其中的薄弱环节, 并提出了应对措施。

## 关键词

氰化物; 危险源; 事故树; 辨识; 评价; 对策

## 1 问题提出

随着人们物质文化生活水平的不断提高, 事故善后处理成本的急剧增加, 员工、企业和社会均迫切需要改善生产安全现状。企业也连续出现了多次危险化学品使用轻微伤安全事故, 为企业敲响了一次又一次警钟。

危险化学品管理向来是企业安全管理的一个重点, 氰化物的安全管理更是重中之重。从该企业和其他单位的历史经验教训看, 氰化物在生产作业现场的安全管理是其中的薄弱环节。

由于该企业即将乔迁新区, 但现生产区仍将继续使用一段时间。为防止这段过渡期间出现管理不善或麻痹思想带来的隐患, 摸清企业氰化物安全管理现状, 实施针对性安排势

在必行。论文结合企业实际情况, 运用安全评价的方法, 对氰化物的使用过程进行安全风险分析及对策探索, 以期提高企业氰化物安全管理水平。

## 2 危险有害因素辨识及分析

### 2.1 氰化物清单

表 1 氰化物清单

剧毒化学品名称	一次性年购买最大用量 (kg)
氰化钾	50
氰化钠	100

### 2.2 危险性分析

根据国家八个部、局公告 2003 年第 2 号《剧毒化学品目录》(2002 年版) 及氰化钠、氰化钾的 MSDS<sup>[1]</sup>, 列出物

料毒害资料表, 如表 2 所示。

表 2 物料毒害资料表

名称	种类	物态	急性毒性	最高容许浓度 (mg/m3)(MAC)
氰化钠	剧毒品	固体	大鼠经口 LD50: 6.44mg/Kg; 小鼠静脉 LD50: 5mg/Kg; 豚鼠皮下 LD50: 4.5mg/Kg。	0.3 (HCN) [皮]
氰化钾	剧毒品	固体	大鼠经口 LD50 : 5mg/Kg	0.3 (HCN) [皮]

### 2.3 使用过程中的危险有害因素辨识及事故树分析

#### 2.3.1 危险有害因素辨识

按照 GB6441-1986《企业职工伤亡事故分类》，氰化钠、氰化钾在使用过程中，存在的危险有害因素是中毒。

#### 2.3.2 事故树绘制

经过收集、整理有关事故资料，结合相关安全规程、操作规程和众多事故案例的基础上得出以下的事故树事件：氰化物中毒事故为事故树的顶上事件：T<sub>0</sub> 中间事件是：M 人体接触到氰化物、M<sub>1</sub> 经口食入、M<sub>2</sub> 经皮接触、M<sub>3</sub> 经呼吸道吸入、M<sub>4</sub> 氰化物管理不当、M<sub>5</sub> 作业人员误服、M<sub>6</sub> 作业人员接触、M<sub>7</sub> 存在氰化物气体、M<sub>8</sub> 作业人员吸入。基本事件是：X<sub>1</sub>：管理人员违反管理制度；X<sub>2</sub>：搬运、装卸没有执行操作规程；X<sub>3</sub>：作业人员违反操作规程或作业人员操作失误；X<sub>4</sub>：搬运、装卸过程中进食和吸烟；X<sub>5</sub>：操作过程中不慎溅入氰化物；X<sub>6</sub>：氰化物用于恶意投毒；X<sub>7</sub>：缺少通风设备；X<sub>8</sub>：通风设施故障；X<sub>9</sub>：氰化物受潮或水浸；X<sub>10</sub>：遇潮分解；X<sub>11</sub>：作业人员没有佩戴劳动防护用品；条件事件 a：达到中毒浓度<sup>[2]</sup>。

绘制出氰化物中毒的事故树如图 1 所示：

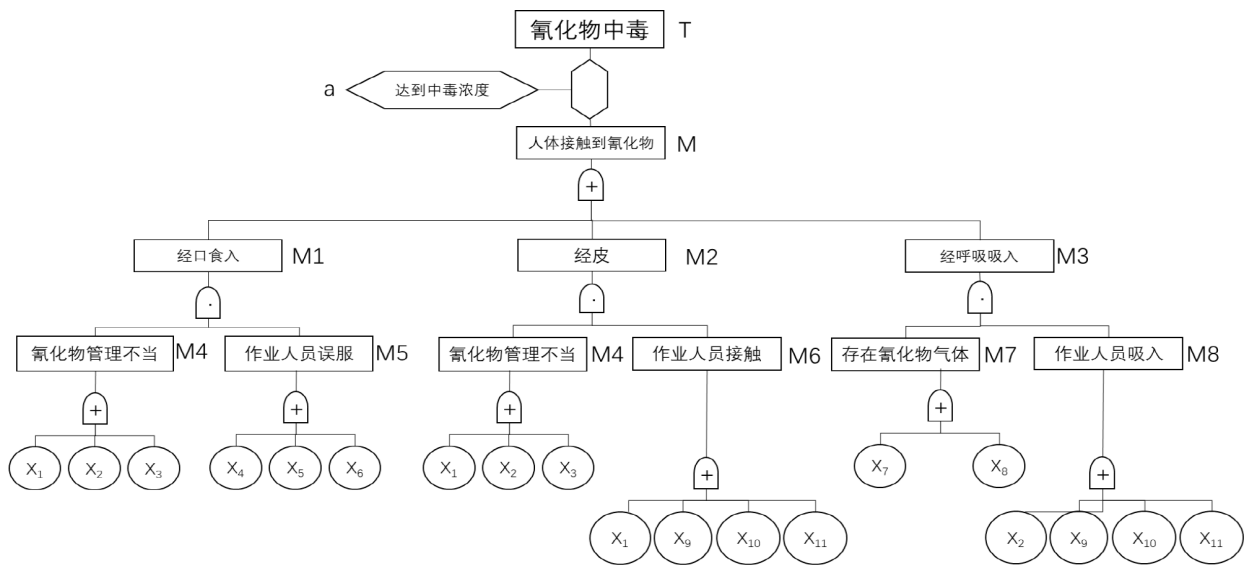


图 1 氰化物中毒的事故树示意图

#### 2.3.3 最小割集计算

根据事故树列出事故树的结构函数式为：

$$\begin{aligned}
 T &= aM \\
 &= a(M_1 + M_2 + M_3) = a[(M_4 \times M_5) + (M_4 \times M_6) + (M_7 \times M_8)] \\
 &= a\{[(X_1 + X_2 + X_3)(X_4 + X_5 + X_6)] + [(X_1 + X_2 + X_3)(X_1 + X_9 + X_{10} + X_{11})] + [(X_7 + X_8)(X_2 + X_9 + X_{10} + X_{11})]\} \\
 &= a[(X_1 X_4 + X_1 X_5 + X_1 X_6 + X_2 X_4 + X_2 X_5 + X_2 X_6 + X_3 X_4 + X_3 X_5 + X_3 X_6) + (X_1 X_1 + X_1 X_9 + X_1 X_{10} + X_1 X_{11} + X_2 X_1 + X_2 X_9 + X_2 X_{10} + X_2 X_{11} + X_3 X_1 + X_3 X_9 + X_3 X_{10} + X_3 X_{11}) + (X_7 X_2 + X_7 X_9 + X_7 X_{10} + X_7 X_{11} + X_8 X_2 + X_8 X_9 + X_8 X_{10} + X_8 X_{11})]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= aX_1 + aX_2 X_4 + aX_2 X_5 + aX_2 X_6 + aX_3 X_4 + aX_3 X_5 + aX_3 X_6 + aX_2 X_9 \\
 &+ aX_2 X_{10} + aX_2 X_{11} + aX_3 X_9 + aX_3 X_{10} + aX_3 X_{11} \\
 &+ aX_2 X_7 + aX_7 X_9 + aX_7 X_{10} + aX_7 X_{11} + aX_2 X_8 + aX_8 X_9 + aX_8 X_{10} + aX_8 X_{11}
 \end{aligned}$$

得出最小割集：

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \{a, X_1\}; K_2 = \{a, X_2, X_4\}; K_3 = \{a, X_2, X_5\}; K_4 = \{a, X_2, X_6\}; K_5 = \{a, X_3, X_4\}; K_6 = \{a, X_3, X_5\}; K_7 = \{a, X_3, X_6\}; K_8 = \{a, X_2, X_9\}; K_9 = \{a, X_2, X_{10}\}; K_{10} = \{a, X_2, X_{11}\}; K_{11} = \{a, X_3, X_9\}; K_{12} = \{a, X_3, X_{10}\}; K_{13} = \{a, X_3, X_{11}\}; K_{14} = \{a,
 \end{aligned}$$

$X_2, X_7$ ;  $K_{15} = \{a, X_7, X_9\}$ ;  $K_{16} = \{a, X_7, X_{10}\}$ ;  $K_{17} = \{a, X_7, X_{11}\}$ ;  $K_{18} = \{a, X_2, X_8\}$ ;  $K_{19} = \{a, X_8, X_9\}$ ;  $K_{20} = \{a, X_8, X_{10}\}$ ;  $K_{21} = \{a, X_8, X_{11}\}$

由计算得到 21 个最小割集。每一个最小割集代表一个事件可能发生的模式。

### 2.3.4 结构重要度分析

假定各基本事件的发生概率都相等，各基本事件重要度计算公式为：

$$I_i = 1/K \sum I_j(i)$$

其中，K 为最小割集数，j=1、2、3……K。

则其结构重要度分别为：

$$I_a = (1/21) \times [(1/2) + 20 \times 1/3] = 0.34;$$

$$I_1 = (1/21) \times (1/2) = 0.02;$$

$$I_2 = (1/21) \times 8 \times (1/3) = 0.12;$$

$$I_3 = (1/21) \times 6 \times (1/3) = 0.095;$$

$$I_4 = (1/21) \times 2 \times (1/3) = 0.03;$$

$$I_5 = (1/21) \times 2 \times (1/3) = 0.03;$$

$$I_6 = (1/21) \times 2 \times (1/3) = 0.03;$$

$$I_7 = (1/21) \times 4 \times (1/3) = 0.06;$$

$$I_8 = (1/21) \times 4 \times (1/3) = 0.06;$$

$$I_9 = (1/21) \times 4 \times (1/3) = 0.06;$$

$$I_{10} = (1/21) \times 4 \times (1/3) = 0.06;$$

$$I_{11} = (1/21) \times 4 \times (1/3) = 0.06;$$

得到结构重要度顺序为： $I_a > I_2 > I_3 > I_7 = I_8 = I_9 = I_{10} = I_{11} > I_4 = I_5 = I_6 > I_1$

## 2.4 重大危险源辨识

重大危险源是指长期地或者临时地生产、搬运、使用或储存危险物品，且危险物品的数量等于或超过临界量的单元（包括场所和设备设施）。根据 GB18218-2018《重大危险源辨识》，表 3 “毒性物质危险性属于 6.1 项目且急性毒性为类别 1 的物质”临界量为 50t，企业使用的氰化钾、氰化钠量远小于临界量。依据  $\sum q_i/Q_i = q_1/Q_1 + q_2/Q_2 + \dots + q_n/Q_n \geq 1$  即未构成重大危险源<sup>[3]</sup>。计算结果如表 3 所示：

表 3 毒性物质计算结果

危化品名称	临界量 $Q_2$	生产用量 $q_2$	$q/Q_1$
氰化钾	50T	50Kg	0.0010
氰化钠	50T	100Kg	0.0002
共计 ( $\sum q/Q$ )			0.0012

由此可见，生产场使用的氰化钾、氰化钠未构成重大危险源。

## 3 综合安全性评价

根据国务院第 645 号令《危险化学品安全管理条例》、GBZ1-2010《工业企业设计卫生标准》、GB18265-2000《危险化学品经营企业开业条件和技术要求》等相关规范，采用检查表法对公司使用状况进行检查，结果如表 4 所示。

根据上表，可以得出结论：剧毒化学品的使用条件符合安全生产要求，但有以下两项需要完善。

- (1) 剧毒化学品的作业场所设有机械通风装置，但效果不佳。
- (2) 剧毒化学品电镀槽设有带锁的盖子，但已损坏。

## 4 安全对策措施

根据危险源辨识和综合安全评价结果，企业氰化物的作业场未构成重大危险源，但氰化物属于剧毒物品，因此还应从以下几个方面采取措施加强安全，确保氰化物使用过程的安全。

### 4.1 需要继续保持的对策或措施

#### 4.1.1 正常运行的防护及管理措施

- (1) 加强有关氰化物的基本知识、潜在危险和应急处理措施等内容的培训，使员工掌握正确的安全使用、防护、应急处理方法。
- (2) 作业场所与生活场所分开，作业场所不得住人。
- (3) 有害作业与无害作业分开，高毒作业场所与其他作业场所隔离。
- (4) 为从事使用有毒物品作业的劳动者提供符合国家职业卫生标准的防护用品，并确保劳动者正确使用。
- (5) 保持作业场所通风良好，使作业区内有毒物料浓度控制在允许范围内。
- (6) 作业现场禁止吸烟、进食和饮水。工作毕，沐浴更衣；单独存放被毒物污染的衣服，洗后备用；保持良好的卫生习惯。
- (7) 应当对氰化物的储存量和用途如实记录，并采取必要的保安措施，防止氰化物被盗、丢失或者误售、误用；发现剧毒化学品被盗、丢失或者误售、误用时，必须立即向当地公安部门报告。
- (8) 氰化物必须在专用仓库或保险柜内单独存放，“五

表 4 采用检查表法的检查内容

检查内容	检查依据	检查记录	结论
1、产生粉尘、毒物的生产过程和设备，应尽量考虑机械化和自动化，加强密闭，避免直接操作，并结合生产工艺采取通风措施。	GBZ1 — 2010 第 5.1.1 条	密闭作业，设有带净化装置的抽风系统，但有故障。	须完善
2、产生毒物等物质的工作场所，应有冲洗地面、墙壁的设施。产生剧毒物质的工作场所，其墙壁、顶棚和地面等内部结构和表面，应采用不吸收、不吸附毒物的材料，必要时加设保护层，以便清洗。车间地面应平整防滑，易于清扫。经常有积液的地面应不透水，并设排水系统，其废水应纳入工业废水处理系统。	GBZ1 — 2010 第 5.1.4 条	车间地面平整防滑、易于清扫。清洗废水直接进入专门的含氰系统处理站	合格
3、在有毒性危害的作业环境中，应设计必要的淋洗器、洗眼器等卫生防护设施，其服务半径小于 15 米。并根据作业特点和防护要求，配置事故柜、急救箱和个人防护用品。	HG 20571-1995 第 4.1.4 条	设置有洗清设施、急救药品和个人防护用品	合格
4、根据工业企业生产特点、实际需要和使用方便的原则设置辅助用室，包括工作场所办公室、生产卫生室（浴室、更衣室、盥洗室、洗衣房），生活室（休息室、食堂、厕所）。	GBZ1-2010 第 6.1.1 条	有辅助用室	合格
5、防毒技术措施应遵循以下原则： 1) 改革工艺，以无毒、低毒的物料或工艺代替有毒、高毒的物料或工艺； 2) 生产设备的密闭化、管道化和机械化； 3) 通风排毒和净化回收； 4) 隔离操作和仪表控制。	HG 20532-1993 第 5.3.8 条	生产设备采用密闭化，并设有带净化装置的抽风系统。但渡槽盖锁损坏、抽风系统时有故障	需完善
6、装卸人员应具有操作毒品的一般知识，操作时轻拿轻放，不得碰撞、倒置，防止包装破损，商品外溢。	GB17916-1999 7.1	符合要求	合格
7、作业人员要佩戴手套和相应的防毒口罩或面具，穿防护服。	GB17916-1999 7.2	符合要求	合格
8、作业中不得饮食，不得用手擦嘴、脸、眼睛。每次作业完毕，必须及时用肥皂（或专用洗涤剂）洗净面部、手部，用清水漱口，防护用具应及时清洗，集中存放。	GB17916-1999 7.3	符合要求	合格
9、使用危险化学品的单位，其使用条件（包括工艺）应当符合法律、行政法规的规定和国家标准、行业标准的要求，并根据所使用的危险化学品的种类、危险特性以及使用量和使用方式，建立、健全使用危险化学品的安全管理规章制度和安全操作规程，保证危险化学品的安全使用。	国务院令 645 号 第二十八条	有健全的安全管理制度	合格
10、生产、储存危险化学品的单位，应当根据其生产、储存的危险化学品的种类和危险特性，在作业场所设置相应的监测、监控、通风、防晒、调温、防火、灭火、防爆、泄压、防毒、中和、防潮、防雷、防静电、防腐、防泄漏以及防护围堤或者隔离操作等安全设施、设备，并按照国家标准、行业标准或者国家有关规定对安全设施、设备进行经常性维护、保养，保证安全设施、设备的正常使用。生产、储存危险化学品的单位，应当在其作业场所和安全设施、设备上设置明显的安全警示标志。	国务院令 645 号 第二十条	储存场所符合要求	合格
11、生产、储存危险化学品的单位，应当在其作业场所设置通信、报警装置，并保证处于适用状态。	国务院令 645 号 第二十一条	储存场所符合要求	合格
12、储存危险化学品的单位应当建立危险化学品出入库核查、登记制度。	国务院令 645 号 第二十五条	有完整出入账记录	合格
13、对剧毒物品的管理应执行“五双”制度，即：双人验收、双人保管、双人发货、双把锁、双本账	GB18265-2000	实行“五双”管理制度	合格

双”管理（双人验收、双人保管、双人发货、双把锁、双本账）制度。

#### 4.1.2 事故应急措施

(1) 皮肤接触剧毒物品时：立即脱去被污染的衣着，用大量流动清水或 5% 硫代硫酸钠溶液彻底冲洗至少 20min，然后及时就医。

(2) 眼睛接触剧毒物品时：立即提起眼睑，用大量流

动清水或生理盐水彻底冲洗至少 15min，然后及时就医。

(3) 吸入氰化物时：迅速脱离现场至空气新鲜处。保持呼吸道通畅。如呼吸困难，给输氧。如呼吸心跳停止，立即进行人工呼吸，（勿用口对口）和胸外心脏按压术。给吸入亚硝酸异戊酯，然后及时就医。

(4) 食入氰化物时：饮足量温水，催吐。用 1: 5000 高锰酸钾或 5% 硫代硫酸钠溶液洗胃，然后及时就医。

(5) 物料大量泄漏时: 应立即隔离污染区, 严格限制出入。应急处理人员必须佩戴呼吸器, 穿防毒服, 不要直接接触泄漏物, 并用塑料布、帆布覆盖, 减少飞散。然后收集、回收或运至废物处理场所处置。

(6) 发生火灾时应尽量抢救氰化物时(本危险化学品不易燃), 防止包装破损, 引起环境污染。消防人员必须穿戴全身专用防护服, 佩戴氧气呼吸器, 在安全距离以外或有防护措施处操作。灭火剂为干粉灭火器及砂土, 禁止用二氧化碳和酸碱灭火剂灭火。

#### 4.2 需要采取的关键对策或措施

(1) 氰化物生产作业现场抽风设施是防止职业中毒的重要设施, 目前处于不正常运行状态, 必然给企业的安全生产带来极大隐患, 必须立即整改。应当对其进行经常性的维护、检修, 定期检测其性能和效果, 确保其处于良好运行状态。

(2) 氰化物电镀槽设有带锁的盖子, 但已损坏。这既是一个生产安全隐患, 也是一个社会安全隐患, 应该立即整改。

(3) 在现场检查时发现, 氰化物作业人员对使用的危险品知识知之甚少, 企业需要进一步加强职业危害告知, 理顺氰化物 MSDS 的收集和发放渠道, 确保现场工作人员熟知和掌握氰化物 MSDS 的相关内容。

(4) 氰化物使用量虽未构成重大危险源, 也应安装视频监控和红外报警监控系统, 24 小时监控现场, 防止盗失。

(5) 根据《中华人民共和国安全生产法》《国务院关于全面加强应急管理工作的意见》等相关规定, 企业应按

GB/T29639-2013《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》的要求, 编制和完善氰化物事故应急救援预案, 定期组织相关人员进行救援预案的演练, 并作记录。

#### 5 预期效果

通过上述安全对策措施, 预期可以达到以下效果:

(1) 可以杜绝员工工伤事故的发生, 保证员工身心健康与安全。

(2) 可以减少事故隐患, 杜绝生产安全和社会安全事故, 促进公司科研生产稳步发展, 同时可以减少事故引起的损失, 使公司的安全风险降到最低。

(3) 前述不符合项若不及时整改或完善, 按《中华人民共和国安全生产法》第九十九条规定, 未采取措施消除事故隐患的, 可责令停产停业整顿, 并处十万元以上五十万元以下的罚款。若整改后, 氰化物在使用环节上将完全符合国家相关法律、法规和标准要求, 可以很好地控制安全风险, 实现企业安全稳定运行。

#### 参考文献

- [1] 严正龙. 成品油运输的风险分析及管控措施[J]. 石化技术, 2018(03):175.
- [2] 王倩. 浅析成品油物流运输安全规范管理的措施[J]. 中国化工贸易, 2015(13):108.
- [3] 车江涛. 成品油公路运输安全管理浅析[J]. 汽车实用技术, 2018(22):283-285.