

Trevor Kletz 著 王力 等译



石油化工企业

事故案例剖析

WHAT WENT WRONG?

Case Histories of
Process Plant
Disasters

大多数事故非常简单，要防止这些事故的发生，不需要深奥的理论或进行深入的研究——只需了解以前发生的事故，而本书讲述了这些事故。

这部事故案例剖析了错在哪里，为什么会出错以及如何避免发生类似的灾难。



中国石化出版社

石油化工企业 事故案例剖析

Trevor Kletz 著

王 力 等译

李振杰 主审

内 容 提 要

本书作者长期从事石油化工企业的生产过程管理和劳动保护工作,有较深的理论造诣和丰富的管理经验。全书共分二十二章。书中收集了世界各国石油化工企业工业生产过程中发生的典型事故案例,分析了事故发生的原因,提出了防止事故发生的注意事项和具体措施,对石油化工企业安全生产有一定的指导意义。

本书图文并茂,深入浅出,表格资料齐全,内容丰富,不仅可供石油化工企业从事安全生产管理的工程技术人员和设计工程师使用,同时也可作为石油化工企业生产装置操作人员培训的教材。

著作权合同登记 图字:01-2003-1643号

WHAT WENT WRONG? ——Case Histories of Process Plant Disasters(fourth edition) By Trevor Kletz

Original edition copyright (1999) by Butterworth-Heinemann, All rights reserved.

中文版权(2003)为中国石化出版社所有。版权所有,不得翻印。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工企业事故案例剖析/Kletz, T. 著;王力等译.
—北京:中国石化出版社,2004
ISBN 7-80164-510-3

I. 石… II. ①克… ②王… III. 石油化学工业-
工业企业-事故分析 IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 007342 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京大地印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 19.25 印张 344 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷

定价:45.00 元

如果遵从本书的忠告，
你就得到了最佳之回报。
如果掌握本书的精髓，
你就领悟了生命之宝贵。



译者的话

事故和灾难经常出现于世界各大新闻媒体和书刊,这些事故造成巨大的生命和财产损失。为保障安全,人们投入了大量的人力物力,但事故还是屡屡发生。事故发生的真正原因是什么呢?本书的作者长期从事石油化工企业的生产过程管理和保护工作,有较深的理论造诣和丰富的管理经验。书中收集了世界各国石油化工企业生产过程中发生的典型事故案例,并对事故的原因和后果进行了深入细致的分析研究,得出的结论是大多事故是可以避免的,同时对避免类似的灾难提出了指导性的意见。本书的一大特点是科学地提出了危险性的分析方法,对动改和新建项目实施的各个阶段进行控制,将事故隐患消除在萌芽之中。从他人的错误中学习,本书介绍许多应汲取的重大教训,令人深省,其指导意义远不止于石油化学工业……。

本书共分二十二章,并附有三个附录,内容十分丰富,分别对石油化工生产厂常见事故进行了分类论述,在第四版增加了20%全新的内容,用十五幅图片和照片帮助读者更好地认识危险。参考资料详实是本书的又一特点。

本书通俗易懂,可作为项目危险性分析和工艺设计的校验表,可供工艺设计、安全/预防损失和操作(生产)工程师学习参考。也可作为石

油化工企业生产装置操作人员的培训教材。本书是石油化工系统安全生产监察、监督管理人员必备的备忘录和警示参考书。

全书由王力、王力健、郭其新翻译；李振杰、李荫中审校。在翻译过程中温洪软、李强等同志给予了很大的支持，并提出了许多意见和建议，在此一并表示感谢。

前 言

在生产部门工作多年后，1968年我被任命为皇家化学工业有机化学部，也就是后来石化部的安全顾问。我的任职是在20世纪60年代发生了多起火灾事故后，所以，我的重点工作是研究过程灾难，而不是机械事故。

我的工作之一是调查事故设计方面的原因和操作员工的工作细节，以及应该汲取的教训。本书包含我从一些公司收集的事故报告。虽然大多数报告以前已发表过，但它们刊登在不同的出版物中，而这些出版物的影响力不大。

本书的目的是要说明过去什么出了错，将来防止事故的发生又是多么简单。不幸的是，加工工业史表明，事故在间隔几年之后又会重复出现。随着时间的流逝，人们忘记了事故的教训，本书将帮助人们对事故保持鲜活的记忆。

在此诚恳地提出建议，但不做担保。读者在实际工作中应用这些建议会取得满意的效果。客观地讲，你也许感到我提出的一些建议在贵公司不适用。事情相当清楚，如果贵公司可能发生事故，而你又不希望采纳我的建议，那么务需采取其它措施，不管怎样不能忽视事故。

现引用 John Bunyan 写于300年前的忠告：

即便是在要抛弃的废渣中，

只要你精心寻找，也会得到黄金，

黄金总是裹藏在矿石中的。

要想得到果核，就不能扔掉整个苹果，
即便是你在不假思索要扔掉一切的时候。

.....

我将会告诉你发生的一切。

你也许不会相信在自己的工厂内会发生事故，因为工厂内的许多安全系统在起作用。我在此叙述出现事故的工厂都有这样的安全系统，但这些系统并不是永远起作用。因为有许多管理方面的原因，问题出现了：没有使人们相信使用这些系统的重要性，没有发现以前的违章行为(通过审计、抽查或注意观察的方法)，或为了避免冲突或为了加快工作进度对问题视而不见。当人们对一块遗漏的盲板视而不见时，人们就向事故迈进了一步。

本书所描述的事故在许多不同类型的工厂里都会发生，因而具有深远的意义。有些事故是在维修和调试设备时发生的，有些与广泛使用的设备有关，如储罐和软管。有些与所有的工厂和过程的基本要素——人有关。有些需通过技术进步来解决，如对灾害和可操作性的研究。有些与保护设备有关，如紧急切断阀。

人们会注意到大多数事故非常简单，要防止这些事故，不需要深奥的知识和深入的研究，人们只需要了解以前发生了什么，而这些在本书中都有叙述。

只有少数事故会因关键的元件失灵而发生，而大多数事故源自不重要元件的缺陷。一只仪表也许失灵或不可信，或程序不对，或没执行正常的操作程序。因为一件小事，全盘皆失。

许多事故可在不同的情况下讨论，因而可相互参考。

如果引用的事故在贵公司发生过，你可能会注意到其中的一两个细节有所不同。有时人们很难说清楚事故发生的根源。有时事故被简化，但不影响基本事实。有时——也是最可能的——事故在贵公司根本没有发生过。但另一个工厂却有类似的故事。

许多事故实际上不会导致死亡、重伤、重大损失——属于轻微损失。但是它们可能已经造成了更加严重的后果。我们可以从这些轻微损失以及严重的损失中汲取教训。本书所述的大多数损失发生在所谓的极危险的装置或储存设施中——即存有大量可燃、易爆或毒性化学物品的装置或储存设备。汲取的教训可实际应用到这些装置中。但是大多数事故可能发生在处理量较小的或危险性不大的装置中，其后果虽然小些，但后果十分严重。在一个极危险的装置中开启一台没有隔离的泵可能会引发(或已经引发)一场大火或一次大爆炸。而在另一个装置中可能只引发一场小火灾或释放出一些腐蚀性的化学物质——但这足以导致现场工作人员的伤亡事故。即使这些释放的物质无害，也浪费了原料。因而，学到的教训可应用到整个石油化工工业。

在本书的第二版中，作者增加了事故案例，扩充了有关博帕尔(Bhopal)和墨西哥市的内容，增加了鲜为人知但十分普遍的危害和关于计算机控制装置的事故。

在本书的第三版中，作者增加了有关换热器、加热炉、基础安全设计、失控反应以及其它一些内容。自从第一版发行以来，虽然作者阅读了许多事故报告，但大多数只是加大说服力，而增加的内容告诉读者一些新的事故。

本书分析了引发事故的直接技术原因，论述了为防止事故的再次发生在设计和程序上所做的变化。分析事故发生的其他原因——管理体制不严，如没能从过去的事故中汲取教训，审计不严和对事故的调查不彻底，以及如何组织以避免事故的发生等内容见作者的其他著作，如《从灾难中汲取教训》(化学工程师学院/海湾出版公司，1993年)、《从事故中汲取教训》(第二版)。

书中引用的大多数事故都源自没有遵循完善的工程实践。有些违反法律，有些事故如果发生在今天，将是严重违法事件。在美国，它们违反《关于危险能量控制(LOCK OUT/TAG OUT) OSHA1910.147 (1990)法》和自1992年执行的《过程安全管理法》(PSM)

(OSHA1910.119), 法案适用于所列的超过极限量化学物质。PSM 法要求公司遵循完善的工程实践、法典、工业通用标准、公司内部的标准。按 OSHA(美国联邦政府安全与卫生委员会)规定, 如果不遵守上述要求, 就是违规。

在英国, 按《劳动安全和卫生法》(1974)及有关规定, “所有者”应提供一个安全的工作场所, 健全工作、指导、培训、监督机制。欧共体要求主要危险场所的所有者制定一套安全事例, 用以说明怎样处理和控制在危险情况。尽管执行的情况各异, 许多国家都有类似规定。随着 OSHA1910.119 和类似规定的执行, 人们对过程安全管理系统及相关出版物的重视程度在增加, 但是我们不能忘记它们的局限性。有些管理者认为, 一套完善的系统可足以保证安全。可是一套系统所能做的只是利用人们的知识的经验。如果知识和经验不足, 这套系统工程就显得很空洞。不成系统的知识和经验不能发挥其潜力。没有知识和经验, 系统也无从谈起。我们不反对淡化一些事情, 但是我们应确信, 不能忘记过去的教训。本书的目的即在于此。

如何使用这本书?

1. 通读这本书, 问问自己这些事故是否在自己的工厂中发生过, 如果发生过, 写写你如何避免事故。

2. 把本书当作安全方面的必备书, 有空时浏览一下, 或在员工会议、安全委员会、公告栏、厂内检查上作为谈论的主题。

3. 当调查事故的原因、职责发生变化时、或在设计时遇到新问题, 并对新出现的事情感兴趣时, 也可查阅本书。但是, 本书不能用于全面地评价过程安全和避免损失。

4. 用事故案例教育新员工、经理、领班、操作员, 使他们认识到若不遵守规定的操作程序和可行的操作方法, 将会出现什么问题。

5. 如果你是一位教师, 使用这些案例告诉学生事故为什么会发生, 并演示科学原理。

无论用在工厂培训，还是用在教学中，本书都可以用作讲义或讨论材料。通过讨论使学员达成共识——应该采取什么措施防止类似事故的再次发生。

6. 如果某人放任所述事故的发生，你可以拿起这本书，翻到某一页让他看，也许会防止事故进一步扩大。

本书引用的资料是以损失惨重，许多人失去了生命，数十亿美元的设备被毁坏为代价的。而你却可以用一本书的费用得到这些资料。如果你使用本书的资料，在你的工厂内防止了类似事故的发生，那么你就做成了一笔最成功的交易。

答 谢

对出事故公司的员工深表谢意，是他们允许我描述他们的失误，感谢过去和现在的许多同事，尤其是 F. P. Lees，他提出了许多建议和忠告，我还要对英国科学工程研究院和 Leverhulme 托拉斯的财政支持表示感谢。

Trevor Kletz

单位和术语

单位

本书一直使用大多数人们非常熟悉的单位。虽然作者主张使用 SI 单位制，但许多人仍然使用英制——他们更熟悉 1in. 即 25mm 的管子。因而，短的长度用英寸，长的长度单位米。

$$1\text{in} = 25.4\text{mm}$$

$$1\text{m} = 3.28\text{ft 或 } 1.09\text{ 码}$$

体积采用应用很广的单位——立方米(m^3)，而不用不太明确的加仑。

$$1\text{m}^3 = 264\text{U. S 加仑}$$

$$= 220\text{ 英国加仑}$$

$$= 35.3\text{ 立方英尺}$$

高为 30 英尺，直径为 40 英尺的罐，其容积为 1068m^3 (280000US 加仑)；高为 15 英尺，直径为 20 英尺的罐的容积为 133m^3 (35250 US 加仑)。

质量用千克(kg)或吨表示。

$$1\text{kg} = 2.20\text{ 磅}$$

$$1000\text{kg} = 1\text{ 公吨} = 1.10\text{ 短(U. S)吨} = 0.98\text{ 长(英国)吨}$$

温度用 $^{\circ}\text{C}$ 表示。

压力用磅力/平方英寸(psi)表示。

$$\begin{aligned}
 1 \text{ bar} &= 14.50 \text{ psi} \\
 &= 1 \text{ 大气压 (atm)} \\
 &= 1 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 100 \text{ 千帕斯卡 (kPa)}
 \end{aligned}$$

当压力值非常低时，用英寸玻璃管水位计表示压力。

$$\begin{aligned}
 1 \text{ in. 高玻璃管水位计单位} &= 0.036 \text{ psi} \\
 &= 2.5 \times 10^{-3} \text{ bar} \\
 &= 0.2 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

术 语

在不同的国家用不同的词表示相同的工作或设备部件。美国和英国之间的主要区别见下表。可是在同一个国家里，不同的公司表示方法也存在差异。

管 理 术 语

工作岗位	美 国	英 国
工艺操作员	operator	process worker
负责其他人的操作员	lead operator	chargehand or assistant foreman or junior
操作员正常情况下达到的 最高职位	foreman	foreman or supervisor
通常负责单个装置专业 管理工作的最高职位	supervisor	plant manager
专业管理的次等职位	superintendent	section manager
负责现场多套装置的高级 管理人员	plant manager	works manager
工厂员工	craftsman or mechanic	fitter, electrician, etc.

在美国和英国，术语 supervisor 和 plant manager 的意义不同，应当引起人们的注意。

在本书中使用术语 foreman，因为在两个国家里，人们都能理解这个术语。Manager 用来表示任何专业化有资质负责一套或多套装置的人。在美国的许多公司中，它包括 supervisors 或 superintendents。

在两个国家中，同样的工厂设备有不同的名称，常见的区别如下：

化学工程术语

美 国	英 国	译 文
Accumulator	reflux drum	回流罐
Agitator	mixer or stirrer	搅拌器
Air masks	breathing apparatus (BA)	呼吸器
Blind	slip-plate	滑板
Carrier	refrigeration plant	制冷厂
Cascading effects	knock-on (or domino effects)	链串效应
Check valve	nonreturn valve	截止阀
Clogged (of filter)	blinded	加盲板
Consensus standard	code of practice	贯用标准
Conservation vent	pressure/vacuum valve	严密阀
Dike, berm	bund	防火堤
Discharge valve	delivery valve	泄压阀
Division (in electrical area classification)	zone	区域划分
Downspout	downcomer	水落管
Expansion joint	bellows	膨胀节
Explosion proof	flameproof	防爆
Faucet	tap	插口
Fiberglass-reinforced plastic (FRP)	glass-reinforced plastic (GRP)	玻璃纤维增强型塑料
Figure - 8 plate	spectacle plate	“8”字型盲板
Flame arrestor	flame trap	阻火器
Flashlight	torch	火炬
Fractionation	distillation	分馏
Gasoline	petrol	汽油

续表

美 国	英 国	译 文
Gauging (of tanks)	dipping	检尺
Generator	dynamo or alternator	发电机
Ground	earth	接地
Horizontal cylindrical tank	bullet	卧式圆筒罐
Hydro (Canada)	electricity	电
Install	fit	安装
Insulation	lagging	隔离
Interlock *	trip *	联锁
Inventory	stock	存货
Lift-truck	forklift truck	叉车
Loading rack	gantry	台架
Manway	manhole	人孔
Mill water	cooling water	冷却水
Nozzle	branch	管口
OSHA (occupational safety and health administration)	health and safety executive	安全与卫生委员会
Pedestal, pier	plinth	底座
Pipe diameter (internal)	pipe bore	管径(内)
Pipe rack	pipebridge	管架
Plugged	choked	加管塞
Rent	hire	出租
Rupture disc or frangible	bursting disc	防爆膜
Scrutinize	vet	细察
Seized (of a valve)	stuck shut	阀门被卡住
Shutdown	permanent shutdown	停工

续表

美 国	英 国	译 文
Sieve tray	perforated plate	筛板
Siphon tube	dip tube	虹吸管
Spade	slip-plate	滑动板
Sparger or sparge pump	spray nozzle	喷淋嘴
Spigot	tap	龙头
Spool piece	bobbin piece	绕线筒
Stack	chimney	烟囱
Stator	armature	定子
Tank car	rail tanker or road rail tank wagon	槽车
Tank truck	road tanker or road tank wagon	油罐卡车
Torch	cutting or welding torch	焊或割具
Tower	column	塔
Tow motor	forklift truck	叉车
Tray	plate	塔盘
Turnaround	shutdown	停工检修
Utility hole	manhole	人孔
Valve cheater	wheel dog	锁阀装置
Water seal	lute	水封
Wrench adjustable spanner	spanner	可调力距扳手
c-wrench	adjustable spanner	C 型扳手
written note	chit	书面通知
\$ M	thousand dollars	千美元
\$ MM	\$M or million dollars	百万美元
STP	60 °F , 1 atmosphere	标准状态
32 °F , 1 atmosphere	STP	标准状态
NTP	32 °F , 1 atmosphere	标准状态

在英国, 联锁(interlock)是指一套装置, 这套装置用来防止某人在一个阀门处在打开(或关闭)状态时, 打开另一只阀门。断开装置(Trip)是指一套自动装置, 当温度、压力、流量等达到一定的预设值时, 自动关闭(或打开)阀门。

灭 火 术 语

美 国	英 国	译 文
Dry chemical	dry powder	干粉
Dry powder	dry powder for metal fires	干粉
Egress	escape	出口
Evolutions	drills	培训
Excelsior(for fire test)	wood wool	刨花
Fire classification:		火(灾)分类
Class A: solids	Class A: solids	A类火(灾): 固态
Class B: liquids and gases	Class B: liquids	B类火(灾): 液态(或气态)
Class C: electrical	Class C: gases	C类火(灾): 电气
Class D: metals	Class D: metals	D类火(灾): 金属
Fire stream	jet	喷射
Nozzle	branchpipe	管嘴
Open butt	hose without branchpipe	没有支管的软管
Rate density	application rate	比密度
Siamese connection	collecting breeching	二重联接
Sprinklers:		喷淋器
Branch pipe	range pipe	支管
Cross main	distribution pipe	分配管
Feed main	main distribution pipe	主分配管
Standpipe	dry riser	管体式水塔
Tip	nozzle	喷嘴
Wye connection	dividing breeching	Y型连接