

WILEY

INCIDENTS THAT DEFINE PROCESS SAFETY

过程安全事故解析

John Atherton Frederic Gil

英国石油公司过程安全委员会 编著
美国化学工程师协会化工过程安全中心

赵东风 韩丰磊 刘义 译
孟亦飞 平平 酒江波

陈晶 校



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

WILEY

Incidents That Define Process Safety

过程安全事故解析

常州大学图书馆藏
John Atherton, Frederic Gil
英国石油公司过程安全委员会 编著
美国化学工程师协会化工过程安全中心

赵东风 韩丰磊 刘 义 译
孟亦飞 平 平 酒江波
陈 晶 校

 中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

著作权合同登记号 图字:15-2015-267 号

Title: Incidents That Define Process Safety by John Atherton, Frederic Gil, BP plc Process Safety Community of Practice, Center for Chemical Process Safety, ISBN: 978-0-470-12204-4

Copyright © 2008 by American Institute of Chemical Engineers.

All Rights Reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

本书中文版权为中国石油大学出版社所有。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

图书在版编目(CIP)数据

过程安全事故解析/(英)阿瑟顿等编著;赵东风等译. —东营:中国石油大学出版社,2015. 8

书名原文: Incidents that define process safety

ISBN 978-7-5636-4850-4

I. ①过… II. ①阿… ②赵… III. ①化工过程—安全事故—事故分析 IV. ① TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 197643 号

书 名: 过程安全事故解析

作 者: John Atherton Frederic Gil

英国石油公司过程安全委员会 美国化学工程师协会化工过程安全中心

译 者: 赵东风 韩丰磊 刘 义 孟亦飞 平 平 酒江波

责任编辑: 袁超红 岳为超(0532—86981532)

封面设计: 青岛友一广告传媒有限公司

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛炜瑞印务有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981531, 86983437)

开 本: 155 mm × 235 mm 印张: 17.5 字数: 299 千字

版 次: 2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 60.00 元

推 荐

真诚感谢中国石油大学（华东）赵东风教授及其领导的团队帮助翻译这部《过程安全事故解析》。此书介绍了很多典型的过程安全事故，我相信此书中文版的翻译出版将会有效地帮助中国的过程安全实践者从事故中吸取经验教训，从而大大提高他们的过程安全意识。

美国化学工程师协会
过程安全中心主任



2015年9月

译者序

FOREWORD

化工过程安全旨在预防和控制石油、化工等危险化学品行业的火灾、爆炸及泄漏等事故,它涵盖一个工程或系统生命周期的全过程,包括设计、管理、运行、储存和运输等环节。经过 20 多年的发展,化工过程安全在西方发达国家已经形成了较为完善的体系,在实际生产中起到了非常显著的作用。但是,我国在化工过程安全领域一直未能与国际全面接轨,发展过程比较缓慢。为了推动过程安全理念在国内的传播,2007 年 4 月在中国石油大学(华东)成立了美国化学工程师协会(AIChE)化工过程安全中心(CCPS)中国分部(CCPS-CS),其目的是搭建一个旨在推广化工过程安全理念的国际交流平台,利用美国化学工程师协会的各种资源,推动过程安全在我国石油、化工、制药及相关行业的普及与发展。

CCPS 中国分部的使命和 CCPS 总部的使命是一致的,即通过以下方式消除灾难性的过程安全事故:

- ▶ 推广最新的过程安全技术和管理经验
- ▶ 担任过程安全资料库的首要信息来源
- ▶ 推进大学本科工程教育中的过程安全学习
- ▶ 推广过程安全并实现其在工业领域的重要价值

CCPS 中国分部通过在国内举办化工过程安全培训和翻译面向大学生的 CCPS 化工安全教育课程(SACHe)等资料来实现其使命。截至目前,CCPS 中国分部已经举办了九届过程安全培训,数以千计的安全领域工程师及相关人员得到了培训,推动了过程安全在中国的发展。

为继续在中国深入推广 CCPS 的先进理念,CCPS 中国分部启动了“CCPS 图书翻译计划”。《过程安全事故解析》(Incidents That Define Process Safety)介绍了多起不同行业发生的安全事故,并进行了深刻分析,对于从事

化工安全行业的人员有很好的借鉴作用。为此,CCPS 中国分部将本书作为“CCPS 图书翻译计划”的第二部。本书的翻译和出版弥补了国内在相关领域书籍的不足。

本译著的面世首先要感谢原著作者、美国化学工程师协会化工过程安全中心和中国石油大学出版社!感谢他们为翻译和出版本书提供的大量无私帮助和技术支持。另外,也感谢在翻译过程中提供帮助的研究生安聪、杜萌萌、周欢、漆敏、陈爽、焦家魁、刘宇威、才向磊、许荣芝、于大凯、刘广哲、王俊丰、杨苹、张倩倩、武杰、白云开、胡苏、董梅、李艳妮、亓文广、陈晓玮、袁长高、李宇静。陈晶女士校对了全书,并提出了宝贵意见和建议,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,加之译者水平有限,书中翻译难免有不当之处,敬请读者谅解,并提出宝贵的改进意见。

译者

美国化学工程师协会化工过程安全中心-中国分部

2015年9月

前言

PREFACE

站在得克萨斯州异构化装置旁的拖车边，我百感交集。就在这里我的 15 名同事失去了他们的生命，上百人受伤，这可能是我职业生涯最困难的时刻。2 年后的今天，我深深地感觉到有必要在我们的行业里提升过程安全意识，确保我们所有人都能知道过去发生的事故并吸取教训。

本书内容是基于英国石油公司（BP 公司）发布的一些宣传册编写而成的。这些小册子最初是为了向广大员工宣传事故教训，以作为保障安全操作的重要组成部分。这种需求随着工业竞争力、工艺复杂性和人们对周围环境质量要求的提高而有增无减，因为这不仅关系到企业自身的员工和承包商，更关系到周边社区的健康和安全。

本书介绍的许多事故在媒体上引起了普遍关注，有的已经拍成了电影和电视并出版发行。虽然有些事故并不是本行业发生的事故，但是能够从中吸取的经验教训是相通的，可以扩展我们的视野，应对今天的挑战。本书第 1 版由英国石油公司于 2005 年 1 月出版；第 2 版由化工过程安全中心（CCPS）以图书的形式出版。书中介绍了包括 2005 年 3 月 23 日发生的英国石油公司得克萨斯州炼油厂灾难性事故在内的 40 多起事故的经验教训，这些事故重新定义了过程安全。

完整性管理是英国石油公司安全与操作理论的基石，它能够保护员工和受操作影响的人群免受伤害。因此，我建议各位仔细阅读本书。本书的用处不仅限于我们团体的单个小组，从事故中得到的教训也可以应用到商业、技术和人员管理中。只有正视这些挑战并且要求他人也这么做，我们才能真正地为健康和 safety 做出我们应有的贡献。

请牢记，我们有义务与他人分享我们的经历，因为这是交流经验教训的最有效方式，能够有效地避免事故的发生。

执行副总裁，得克萨斯州异构化装置爆炸安全与操作可靠性调查组组长
John Mogford

致 谢

ACKNOWLEDGMENTS

美国化学工程师协会和化工过程安全中心 (CCPS) 向以下单位和个人表示诚挚的谢意: 英国石油公司; 英国石油公司炼油厂过程安全与火灾工程顾问 **Frederic Gil**; 英国石油公司炼油厂过程安全原高级技术顾问 **John Atherton**; 以及过程安全事故解析 (IDPS) 分委会的会员和会员单位。感谢他们在本书的准备过程中付出的大量努力和技术支持。

IDPS 分委会会员:

Albert Ness	罗门哈斯公司, 委员会主席
James Slaugh	巴塞尔聚烯烃公司
Michael Broadribb	英国石油公司
Paul Butler	巴克曼实验室国际部
Dave Jones	雪佛龙公司
Habib Amin	康特拉科斯塔卫生服务
Jim Klein	杜邦公司
Steven Smolen	首诺公司
Jack McCavit	化工过程安全中心名誉员工
Sergio Castro	赛维提斯有限公司
Dan Isaacson	路博润公司
Michael Korst	利安德化学公司

化工过程安全中心员工顾问:

Bob G. Perry 化工过程安全中心

英国石油公司炼油厂过程安全委员会, 以及:

John Atherton	英国石油公司 (已退休)
Federic Gil	英国石油公司
Mike Broadribb	英国石油公司

目 录

CONTENTS

推 荐	I
译 者 序	III
前 言	V
致 谢	VII

第 1 章 简 介	1
-----------------	---

第 2 章 盲目操作	4
------------------	---

特内里费岛洛司罗迪欧机场泛航 AM1736/ 荷航 4805

重大相撞事故	5
法国巴黎戴高乐机场麦道 83/ 肖特 330 相撞事故	9
美国宾夕法尼亚州三里岛核反应堆堆芯融化事故	14

第 3 章 设 计	20
-----------------	----

印度博帕尔异氰酸甲酯泄漏事故	22
美国佛罗里达州挑战者号爆炸事故	27
K 级潜艇——“一战”中的英国蒸汽动力潜艇	33
环球航空公司 800 航班波音 747-131 坠毁事故	39

美国新泽西州莱克赫斯特兴登堡号飞艇灾难·····45

第4章 外部原因 50

墨西哥市 PEMEX 石油公司液化石油气站爆炸事故·····50

土耳其伊兹米特市 Tüpraş 公司炼油厂地震事故·····55

第5章 检查与维护 59

爱尔兰班特里湾惠迪岛火灾及爆炸事故·····60

比斯开湾埃里卡号油轮沉没事故·····66

TS236 航班在北大西洋上空燃油耗尽事故·····71

英国纽卡斯尔泰恩河畔皇家海军舰艇格拉斯哥号船上
火灾事故·····76

美国得克萨斯州马拉松炼油厂氢氟酸泄漏事故·····85

米尔福德港德士古公司炼油厂火灾爆炸事故·····88

法国道达尔公司 La Mède 炼油厂催化裂化装置爆炸事故·····94

第6章 知识与培训 103

法国费赞埃尔夫炼油厂沸腾液体扩展蒸气云爆炸事故·····104

危险肥料硝酸铵·····110

法国科瑞尔斯煤矿大规模粉尘爆炸事故·····115

第7章 危害辨识的不足 122

北大西洋泰坦尼克号沉船事故·····123

巴西龙卡多油田巴西国家石油公司 P-36 半潜式
生产平台事故·····130

澳大利亚埃索公司朗福德天然气加工厂爆炸事故·····136

英国石油公司格兰奇茅斯加氢裂化反应器爆炸事故·····142

活性化学品·····148

第 8 章 变更管理 155

- 苏联切尔诺贝利事故 156
- 英国弗利克斯伯勒耐普罗工厂(隶属于荷兰 DSM 公司)
爆炸事故 162

第 9 章 未从未遂事故中吸取教训 167

- 哥伦比亚号航天飞机在美国得克萨斯州上空解体坠毁事故 168
- “HERALD OF FREE ENTERPRISE”号渡船翻沉事故 175
- 法国航空公司协和式超音速喷射客机在法国巴黎坠毁事故 181

第 10 章 操作实践 186

- 法国博伟英国 R101 飞艇坠毁事故 187
- 美国加利福尼亚州 Tosco 公司埃文炼油厂加氢裂化装置
流出管破裂事故 194
- 美国得克萨斯州英国石油公司所属炼油厂异构化装置
爆炸事故 200

第 11 章 作业许可证制度 211

- 美国特拉华州莫蒂瓦有限责任公司储罐爆炸事故 212
- 美国得克萨斯州帕萨迪纳市菲利普斯化工公司爆炸事故 216
- 英国北海帕玻尔·阿尔法平台爆炸事故 220
- 法国里昂壳牌公司爱德华·埃里奥港油库爆炸事故 225
- 英国苏格兰英国石油公司格兰奇茅斯火炬管线火灾事故 228

第 12 章 应急响应 234

- 意大利塞韦索毒气云泄漏事故 235
- 瑞士巴塞尔山德士公司仓库火灾事故 239

委内瑞拉塔科马电站沸溢事故·····	244
--------------------	-----

第 13 章 人为因素 249

美国阿拉斯加州埃克森·瓦尔迪兹号油轮漏油事故·····	249
-----------------------------	-----

埃及沙姆沙伊赫闪光航空公司波音 737 坠毁事故·····	254
-------------------------------	-----

术语表·····	258
----------	-----

本书中参考的标准与法规·····	261
------------------	-----

索引·····	263
---------	-----

第1章

简介

本书的目的不是为了代替调查报告。本书所介绍的每起事故的调查报告没有上千也有数百页,专家们还写了许多专业书籍(参见每起事故后的参考文献)。但是,用更简单、更人性化的方式对以往重要事故的主要教训进行广泛宣传仍然十分必要。因为大多数年轻的毕业生,甚至一些经验丰富的技术人员,通常都没有听说过英国弗利克斯伯勒泄漏爆炸事故和阿尔法钻井平台大爆炸事故。即使他们听说过,也很少有人了解足够的信息并吸取教训,从而指导他们当前的工作活动。

本书唯一的目的是作为提升人们安全意识的工具,并且为进一步更详细的分析提供可能需要的、有用的参考资料。这些参考资料都来源于专业出版物上用于教育目的的文章。由于信息的缺乏、不精确以及对多达数百页的事故调查报告内容的提炼,书中可能会出现一些错误。因此,本书仅限于在一般性建议的基础上促进读者安全意识的提高。

关于事故分类的说明

事故分类的依据是作者对导致事故主要原因的主观判断。然而,一起事故通常由很多原因共同作用所致,很多作者可能会将其划归到其他类别(比如阿尔法钻井平台大爆炸事故在本书中被划归为“作业许可证制度”类别,但同样也可以划归到“危害辨别不足”或“设计”等类别中)。因此,读者在领悟自身安全管理系统及培训程序中的特定要素时,应根据实际需要自行决定如何使用这些信息。

给读者的重要提示

本书根据以下原则设计:

▶任何章节都可供独立阅读(例如对变更管理感兴趣的读者可以只读这一章,不需要读前面的章节);

▶ 对各事故的介绍可以独立阅读,所以对石化行业事故感兴趣的读者可以只选择相关章节进行阅读。(虽然如此,本书每个非石化行业事故的简短总结部分也增补了原因类似的石化行业事故。)

根据经济损失和声誉损失的不同水平,下表对重大事故产生的后果进行了分类(本书介绍了表中黑体标识的事故;斜体标识的事故大多为人们广泛熟知,常常作为插图使用)。

健康与安全: 现场工人	健康与安全: 公众	环境影响	等效经济损失	声 誉
急性或慢性死亡 > 200 人 科瑞尔斯, 阿 斯贝斯托斯	急性或慢性死亡 > 50 人 墨西哥城, 博 帕尔, 德国奥堡, 2005 年得克萨斯 州, 1932—1968 年 水俣病	敏感沿海水域 > 100 000 bbl 石油; 其他沿海水域 > 1 000 000 bbl 石油 埃克森·瓦尔迪兹号 长时间的区域/全球污染 切尔诺贝利, 1932—1968 年水俣病	> 100 亿美元 切尔诺贝利	全球激愤, 品牌全球范围受损或影响国际立法 阿尔法, 2005 年得克萨斯州, 弗利克斯伯勒, 塞韦索
急性或慢性死亡 > 50 人 阿尔法, 布莱, “Betelgeuse”号	急性或慢性死亡 > 10 人 图卢兹	敏感沿海水域 > 10 000 bbl 石油; 其他沿海水域 > 100 000 bbl 石油 阿马科·卡蒂兹号, 埃里卡号 区域性短期损害 山德士仓库火灾 大面积自然保护区或住宅受到长期污染 塞韦索	10 ~ 100 亿美元 2005 年得克萨斯州, 阿尔法, 埃克森·瓦尔迪兹号, 斯基克达	国际媒体报道; 区域性激愤, 如北美、欧洲; 品牌区域性受损; 可能导致区域级法规变化 三里岛, 邦斯菲尔德
急性或慢性死亡 > 10 人 弗里克斯伯勒; 法国费赞, 2005 年得克萨斯州, P-36 巴西国家石油公司; 斯基克达	急性或慢性死亡 > 1 人 多人永久性伤害或不可逆的健康影响	> 10 000 bbl 石油, 敏感区域 > 1 000 bbl 石油, > 100 t 列为名录的材料 1984 年“Alvenus”号油轮溢油事故, 1995 年海王子事故, 莫蒂瓦 广泛区域长期损害	1 ~ 10 亿美元 帕萨迪纳, 图卢兹, La Mède, 诺科, 弗里克斯伯勒, P-36 巴西国家石油公司, 土耳其地震(仅炼油厂), 格兰奇茅斯, 朗福德	区域媒体报道或者严重的国家激愤, 涉业务或工厂的营业执照被取消或受到威胁; 可能导致国家级法规变化 La Mède, 朗福德, 科瑞尔斯, 西部制药, CTA 音响公司

续表

健康与安全： 现场工人	健康与安全： 公众	环境影响	等效经济损失	声誉
急性或慢性死亡 > 1人 多人永久性伤害或不可逆的健康影响 La Mède , CTA 音响公司, 朗福德, 皇家海军舰艇格拉斯哥号	单人永久性伤害或不可逆健康影响; 多人非永久性损伤或短期健康影响 HF 马拉松公司	不包含释放的可报告数量, 例如 > 100 bbl 石油, 在敏感区域更少或者 > 10 t 列为名录的材料 广泛的短期污染, 有限区域长期污染	100 万 ~ 10 亿美元 米尔福德港 , 亨伯河 FCCU , Tosco 氢化裂解器, “ Betelgeuse ” 号, 墨西哥	国家媒体关注或严重的地方性激愤; 监管机构起诉

注: 1 bbl = 0.159 m³。

盲目操作

本章主要分析因设备操作者不清楚自身所处状况而导致的事故。基于这些事故产生的原因,实际上本章也可概述为“沟通不畅/信息处理欠妥的影响”。本章介绍的事故中,有2起来自于航空工业,1起来自于核工业。综合来看,它们体现了如下事故原因:

- ▶ 信息不完全(泛航 AM1736/荷航 4805);
- ▶ 信息传递不明确(麦道 83/肖特 330);
- ▶ 被庞杂的信息淹没(三里岛)。

上述事故似乎与石化行业的关注点没什么关系,但是我们要考虑到石化行业与核工业和航空工业一样,运行控制中心(如同空中交通管制员)是相对独立的,它们与生产装置仅仅通过无线电或电话联系,而且对装置的视觉观察也只是通过虚拟计算机的数据来显示。

信息的清晰和准确对于我们了解所处的状况至关重要。当意外情况发生时,人们很自然地倾向于依据自己的经验进行相应操作,而忽视出现的反向证据。思想倾向一旦建立就不容易改变,但其还会受到压力的影响。在泛航 AM1736/荷航 4805 的事故中,荷航的机长太急于起飞,因为其机组所剩的飞行时间十分有限,以致他们怀疑能否完成返航,而在始飞地取消航班将会导致航线和乘客的严重混乱。

在三里岛核事故中,操作人员接收到的是仪表的错误信号,让他们认为反应堆芯已经被水覆盖了,但实际上并非如此。

麦道 83/肖特 330 事故发生的一个重要原因是认定肖特 330 会在麦道 83 后面滑行起飞。空中交通管制员本应根据他眼前看到的信息知道两架飞机在不同的位置,不能以这种方式起飞,但是他没有意识到这些。这与阿尔法钻井平台大爆炸事故有明显的相似之处。

从表面上看,没有任何人能为阻止这些事故做任何事情。然而,仔细分析可知下面3个比较重要的方面应该能够阻止或限制这些事件的后果:

▶学习自己经验以外的知识。有大量的信息可供管理人员、工程师和操作人员学习,以便在危机时刻为他们提供帮助,但是掌握如此庞杂的信息始终是一个挑战。

▶练习体验重大事故场景。这种方式有可能让练习者在事故发生前体验到导致事故的主要因素,由此制定一系列规则,并且/或者购置相应的装备以缓解事故影响。

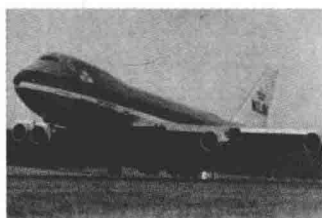
▶当发生某种状况导致现有基于风险识别和风险评估建立的相关准则失效后,在重新制定准则时,应确保有实用有效的变更管理程序可以使用。

面对不可预见的情况时,人们总是倾向于快速行动。然而,经验告诉我们这是一个错误的判断,而误判的后果要远大于短期获益。

2005年3月23日发生在得克萨斯州的异构化装置事故也是盲目操作的结果。虽然有足够的证据表明异构化分馏塔是在没有底部排液的情况下持续充装物料,但是当意识到这种情况时已经太迟了。

人们有时候由于缺乏正确意识而采取盲目行动,这是因为缺乏培训和经验不足,或者受外部因素(如压力)的影响。当出现小的异常时,彻底回顾及查看所有的迹象,或者寻求同事帮助,是一个良好的实践。

1977年3月27日,特内里费岛洛司罗迪欧机场泛航 AM1736/荷航 4805 重大相撞事故



1977年3月27日,17:00刚过,特内里费岛洛司罗迪欧机场,一架荷航波音747飞机开始准备起飞。在起飞成功前,它却与一架在相同跑道上反方向滑行的泛航波音747相撞。相撞后,大火摧毁了两架飞机,并造成583人死亡。

当天12:30,加那利群岛拉斯帕尔马斯国际机场的主航站楼发生炸弹爆炸事故,导致机场关闭,入站该机场的航班被迫转降到特内里费岛洛司罗迪欧机场。特内里费岛洛司罗迪欧机场没有拉斯帕尔马斯机场那么大的容量,导致洛司罗迪欧机场非常拥挤。其中,包括两架波音747飞机(泛航AM1736和荷航4805)转降到洛司罗迪欧机场。泛航在荷航之后抵达,并且停在距离荷航很近的12号跑道末端附近。泛航的