

RECOGNIZING CATASTROPHIC INCIDENT WARNING SIGNS
IN THE PROCESS INDUSTRIES

工业过程中 灾难性事故的预警信号

美国化学工程师协会化工过程安全中心 / 著
(CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY OF THE
AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS)

王艳芳 张晓华 陈春燕 鲁旭 / 译



化学工业出版社



RECOGNIZING CATASTROPHIC INCIDENT WARNING SIGNS
IN THE PROCESS INDUSTRIES

工业过程中 灾难性事故的预警信号

美国化学工程师协会化工过程安全中心 著
(CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY OF THE
AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS)

王艳芳 张晓华 陈春燕 鲁旭 译



化学工业出版社

· 北京 ·

《工业过程中灾难性事故的预警信号》给出了事故预警信号的特点、识别和对事故征兆的应对措施,并对一系列值得关注的预警信号进行了分类。旨在事故发生前帮助企业员工避免事故和伤害的发生。事故预警信号包括生产过程偏差或者故障、仪表的报警、历史操作数据和其他不正常的操作,还包括设备腐蚀情况、异常气味、程序不正确和一些其他方面。本书图文并茂,可使读者全面了解企业中的各种危险征兆,并给出处理方法及措施,将事故消灭在萌芽中,以实现“安全第一,预防为主”的安全理念。

《工业过程中灾难性事故的预警信号》既可用于过程安全管理(PSM)人员评估反应过程和PSM系统,也可用于企业安全管理、技术人员阅读,还作为企业一线工人培训用书,同时可供高等院校相关专业师生参考阅读。

Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs In The Process Industries >/by< CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY of the AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS

ISBN978-0-470-76774-0>

Copyright ©2012 by JOHN WILEY & SONS, INC. All rights reserved. This translation published under license.

Authorized translation from the English language edition published by JOHN WILEY & SONS, INC.

本书中文简体字版由 JOHN WILEY & SONS, INC 授权化学工业出版社独家出版发行。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分,违者必究。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2017-5910

图书在版编目(CIP)数据

工业过程中灾难性事故的预警信号/美国化学工程师协会化工过程安全中心著;王艳芳等译. —北京:化学工业出版社,2018.2

书名原文:Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Process Industries

ISBN 978-7-122-31014-9

I. ①工… II. ①美…②王… III. ①化工生产-事故预防 IV. ①TQ086.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第281675号

责任编辑:高震 杜进祥
责任校对:宋夏

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京京华铭诚工贸有限公司

装订:北京瑞隆泰达装订有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张12 字数222千字 2018年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:78.00元

版权所有 违者必究

译者的话

回顾灾难性事件，对于预防化工安全事故有极其重要的参考价值。经过研究发现，灾难性事件发生之前都无一例外出现过预警信号。然而，令我们遗憾的是，有的预警信号尚未被识别，有的预警信号虽然被识别到了，但是由于管理系统的缺陷而被忽略，或是没有积极地应对，最终导致不可挽回的后果。因此，如何识别预警信号、降低灾难性事件的风险已经成为国内外化工行业各级从业人员、化工安全研究人员以及监管部门的一个严峻挑战。本书的译者希望通过引进和翻译这本由美国化学工程师协会化工过程安全中心（CCPS）编著的《工业过程中灾难性事故的预警信号》，使国内同行能提高对自身涉及的预警信号的警觉与应对能力，降低灾难性事件发生的风险，使我们的工作人员和可能受影响的每个人都能安全并免受伤害。此书的益处不仅限于我们对过程安全管理系统的自我审视，它还包含许多“过程安全的灾难性事件”的重要经验教训，能帮助开拓我们的视野，迎接当今的挑战，促进我国石油、化工等行业的安全发展。

本书的翻译，得到了许多单位老师和同仁的帮助。此书的出版还得到了华东理工大学化工学院的李涛教授的鼎力支持。沙特基础工业公司的王艳芳负责第九、十和十一章的翻译工作以及第二、五章的初次校对工作。中石化青岛安全工程研究院的张晓华负责第一章的翻译工作以及第三、六章的初次校对工作。沙特基础工业公司的陈春燕负责第五、七和八章的翻译工作以及第九，十一章和前言、序言等初次校对工作和所有内容的复审校对。原沙特基础工业公司的鲁旭负责前言、序、第六章的翻译工作以及第一、四和十二章的初次校对工作。第二、三章的部分由沙特基础工业公司的黄颖华翻译。第四章由中石化青岛安全工程研究院的李焕翻译。第七、十二章由中石化青岛安全工程研究院的李千登翻译。沙特基础工业公司的程进负责本书多个章节的复审校对。华东理工大学资源与环境工程学院的张安琪对全文的编辑花费了很多时间和精力。

本书的出版得到了上海市研究生教育项目资助。此书的稿酬将捐赠到华东理工大学教育发展基金会用于补助困难大学生。本书的翻译占用了诸位许多本应该陪伴

家人的时间，在此谨向上述所有参与此书翻译工作的译者、校对者和支持者致谢，感谢你们志愿为石油化工过程安全发展的一份努力。

由于译者水平有限，书中内容虽经反复推敲，但恐仍有不足之处，敬请读者批评指正。

王艳芳

2017年5月

序言

2010年墨西哥湾马康多（Macondo）油井漏油事件是这本书的经典案例。在此次事故发生之前，已经有了许多预警信号，一些预警信号很微弱，但是一些预警信号完全可以清楚地被察觉。令人震惊的是在井喷前的几个小时内，油井明确发出了尚未完全密封的预警信号，这些预警信号也被忽视了。因为对于已经将此现象常态化的人们，要么基于完成工作而忽视这一预警信号，要么就根本没有给予关注。在事发地几小时前，出现了一些其他的异常现象，这些异常现象的意义在当时并不清晰，但现在回想起来，可能是哪里出错了。因没有充分考虑到这一预警信号的影响，使得预警信号被忽视了。

预警信号有时可以当做安全指标的基础。例如，油井不稳定性这一事件（通常称为反冲）是一个危险预警，而此类事件的数量可能作为安全指标的基础。然而，在墨西哥湾，油井良好的完整性不被当做是安全指标，因此也未制定这一安全指标。在保障重大危险源方面的安全取决于这些指标的制定，并将这些指标纳入管理系统。

本书对一系列值得关注的预警信号进行了分类。对于寻求开发关键绩效指标（KPI）的人员来说，这是一个非常有用的资源，因为它能有效地管理重大事故隐患。本书还讨论了些预警信号常常被忽视的原因，以及如何行动以确保我们给予这些预警信号适当的关注。因此，它是危险行业安全文献的重要补充。

安德鲁·霍普金斯（Andrew Hopkins）

澳大利亚国立大学社会学名誉教授

2011年3月

前言

四十多年来，美国化学工程师协会（AIChE）一直积极致力于化工及同类工业的过程安全和损失控制的研究。通过与工艺设计人员、施工人员、操作人员、安全专业人员以及学术界人士强强联合，AIChE在增强交流的同时，也不断地提高了工业安全标准。AIChE的出版刊物和学术研讨会已经成为致力于过程安全与环境保护专业人士的重要信息资源。

在墨西哥的墨西哥城以及印度的博帕尔发生化工灾难性事故后，AIChE于1985年成立了化工过程安全中心（CCPS）。CCPS被授权制定并推广应用于预防灾难性化工事故的技术信息。该中心获得超过135个化学工业（CPI）赞助商支持，他们为该中心的技术委员会提供必要的资金和专业指导。CCPS工作的主要成果是为实施过程安全和风险管理体系各个组成部分的人员提供一系列指南性和概念性书籍。本书是该系列图书之一。

CCPS技术委员会撰写这些概念性和指南性一系列图书，来帮助企业应对挑战。本书包含了持续改进过程安全管理系统的方法，以及建立必要的安全文化的方法。本书配套的网络文件包含了一些资料和辅助信息。

过程安全旨在保护员工和公众生命，应获得公司的关注、投资、审查的程度应等同于公司的财物控制。

卡罗琳·梅里特（Carolyn Merritt，1947—2008）

美国化学安全与危害调查委员会前主席

衷心希望本书所提供的内容能使整个行业有更加良好的安全记录。然而，无论是美国化学工程师协会的工程师或其顾问、CCPS技术指导委员会和小组委员会的成员或他们的雇主，雇主的高级职员和董事，还是AEI（AntiEntropics, Inc.）及其雇员，都不保证或明示或暗示本书内容的正确性或准确性。在（1）美国化学工程师协会或其研究所顾问，CCPS技术指导委员会和小组委员会的成员，他们的雇主、雇主的高级职员和董事，以及AEI公司及其雇员，与（2）本书的用户之中，用户承担任何法律责任或任何由于其使用或滥用的后果。

英文版致谢

美国化学工程师协会 (AIChE) 在此希望对化学过程安全中心 (CCPS) 以及本书创作人员, 包括为本书提供资金的赞助人员以及构想并支持本书的技术指导委员会成员表示感谢。在此特别感谢与 AntiEntropics 公司紧密合作的 CCPS 事故预警小组委员会, 他们的敬业精神、专业贡献和饱满的热情为 CCPS 系列书籍增添新的有益补充。CCPS 在此也希望表达对小组委员会成员所属公司对其参与项目的支持表示感谢。

事故预警信号小组委员会主席是 BP 公司的 Joyce Becker 和美国道达尔公司的 Ronald Rhodes。CCPS 的项目经理是 Brian Kelly。CCPS 事故预警信号小组委员会成员有:

- | | |
|--------------------|---|
| • Steve Arendt | <i>ABS Consulting</i> |
| • Todd Aukerman | <i>LANXESS Corporation</i> |
| • Larry Bowler | <i>SABIC Americas, Inc.</i> |
| • Michael Boyd | <i>Husky Energy</i> |
| • Owen Chappel | <i>BP</i> |
| • Robert Fischer | <i>Total Petrochemicals USA, Inc.</i> |
| • Kevin He | <i>Dow Corning Corporation</i> |
| • John Herber | <i>CCPS Emeritus</i> |
| • James Klein | <i>DuPont</i> |
| • David Lewis | <i>Occidental Chemical Corporation</i> |
| • Kevin MacDougall | <i>Husky Energy</i> |
| • Doug Morrison | <i>Nexen Inc.</i> |
| • John Murphy | <i>CCPS Emeritus</i> |
| • Charles Pacella | <i>Baker Engineering and Risk Consultants, Inc.</i> |
| • Fred Simmons | <i>Savannah River Nuclear Solutions, LLC</i> |
| • Jim Slaugh | <i>LyondellBasell Industries</i> |

AntiEntropics 公司的总裁 Robert Walter 是这本书的主要作者。AntiEntropics 公司的 Sandra A. Baker 负责编辑。AntiEntropics 公司的 Richard Footitt, Kerry Fritz 和 Cliff Van Goethem 负责内部团队校对。此外, AntiEntropics 也想感谢整个 CCPS 团队的贡献。

CCPS 还衷心感谢下列同行评审的成员所提出的意见：

- John Alderman *Aon Consulting*
- Martyn Fear *Husky Energy (Offshore Operations)*
- Andy Hart *Nova Chemical*
- Dennis Hendershot *CCPS Emeritus*
- Gregg Kiihne *BASF Corporation*
- R. Craig Matthiessen *US Environmental Protection Agency*
- Louisa A. Nara *CCPS*
- Robert Ormsby *CCPS Emeritus*
- Stephen Selk *US Department of Homeland Security*
- Kenneth Wengert *Kraft Foods Global, Inc.*
- David Worthington *Amerada Hess*
- David Wulf *ConocoPhillips*

他们的见解、意见和建议有助于确保观点的中立。虽然同行评审提出了许多建设性的意见和建议，但它们没有在本书发行之前被认可，也没有显示在最终的书稿中。

封面的照片^❶和图 2-8 在美联社的许可下转载。

❶ 编者注：本书中文版封面未使用原著封面图片。

目 录

第1章 概述	1
1.1 过程安全管理	2
1.1.1 识别过程安全管理体系中的不足	3
1.2 偏差正常化	4
1.3 应对策略	4
1.4 维护数据记录和健康的危机感	6
1.5 基于风险的过程安全	6
1.6 我们的目标读者	8
1.7 如何使用这本书	10
1.8 案例分析 发生在印度的有毒气体泄漏	10
第2章 事件机理	13
2.1 事故不只是简简单单地发生	13
2.2 事件模型	13
2.2.1 事故与灾难性事故的区别	14
2.2.2 瑞士奶酪事故模型	14
2.2.3 篝火事故类比模型	17
2.2.4 大坝类比模型	17
2.2.5 冰山类比模型	17
2.2.6 事件趋势和统计	19
2.2.7 根本原因分析	19
2.2.8 多根本原因理论	20
2.3 案例分析 中国苯工厂爆炸	20
第3章 领导力和文化	22
3.1 领导力如何影响文化?	22

3.1.1	沟通	22
3.1.2	操作纪律	23
3.1.3	过程安全文化	23
3.1.4	过程安全与职业安全	24
3.2	与领导力和文化有关的预警信号	25
3.2.1	在安全操作范围之外运行是可接受的	25
3.2.2	工作职位和职责定义不明、令人费解,或者不明确	26
3.2.3	外部报怨投诉	27
3.2.4	员工疲劳的信号	27
3.2.5	混淆职业安全与过程安全的现象普遍存在	28
3.2.6	频繁的组织变更	28
3.2.7	生产目标与安全目标相冲突	29
3.2.8	过程安全预算被削减	29
3.2.9	管理层与工人沟通不畅	29
3.2.10	过程安全措施延期	30
3.2.11	管理层对过程安全的顾虑反应迟缓	30
3.2.12	有观点认为管理层就是充耳不闻	31
3.2.13	缺乏对现场管理人员的信任	31
3.2.14	员工意见调查显示出负面的反馈	31
3.2.15	领导层的行为暗示着公众声誉比过程安全更为重要	32
3.2.16	工作重点发生冲突	32
3.2.17	每个人都太忙了	33
3.2.18	频繁改变工作重点	33
3.2.19	员工与管理层就工作条件发生争执	34
3.2.20	与“追求结果”的行为相比,领导者显然更看重 “忙于作业”的行为	34
3.2.21	管理人员行为不当	34
3.2.22	主管和领导者没有为在管理岗位任职做好正式准备	34
3.2.23	指令传递规则定义不清	35
3.2.24	员工不知道有标准或不遵守标准	35
3.2.25	组织内存在偏袒	36
3.2.26	高缺勤率	36
3.2.27	存在人员流动问题	36
3.2.28	不同班组的操作实践和方案各不相同	37
3.2.29	频繁的所有权变更	37
3.3	案例分析—美国“挑战者”号航天飞机爆炸	38

第4章 培训与胜任能力

40

4.1 什么是有效培训, 如何衡量能力?	40
4.1.1 培训的三种基本层次	41
4.1.2 能力评估	41
4.2 有关培训与能力的预警信号	42
4.2.1 缺乏对可能发生的灾难性事件及其特点的相关培训	42
4.2.2 对工艺操作的风险及相关材料培训力度不够	43
4.2.3 缺乏正规有效的培训计划	43
4.2.4 工厂化学工艺的培训力度不够	44
4.2.5 缺少对过程安全体系的正规培训	45
4.2.6 缺少说明每个员工能力水平的能力记录	46
4.2.7 缺少对具体工艺设备操作或维护的正规培训	46
4.2.8 经常出现明显的运行错误	46
4.2.9 当工艺波动或异常时出现混乱	47
4.2.10 工人们对于工厂设备或程序不熟悉	47
4.2.11 频繁的工艺异常	48
4.2.12 培训计划被取消或延期	49
4.2.13 以“勾选”的心态执行程序	49
4.2.14 长期员工没有参加近期的培训	49
4.2.15 培训记录没有进行更新或不完整	50
4.2.16 默许较低的培训出勤率	50
4.2.17 培训材料不当或培训者能力不足	51
4.2.18 没有恰当使用或过度依赖基于计算机进行的在线培训	51
4.3 案例分析 澳大利亚天然气加工厂的蒸汽云爆炸事故	52

第5章 过程安全信息

54

5.1 危害识别和风险管理的关键信息	54
5.2 与过程安全信息相关的预警信号	55
5.2.1 P&ID 不能反映当前现场情况	56
5.2.2 不完整的安全系统文档	57
5.2.3 不完善的化学品危害文档	57
5.2.4 除 P&ID 以外的过程安全信息文档精度和准确度差	58
5.2.5 不是最新的 MSDS 和设备数据表	58
5.2.6 不容易得到过程安全信息	59

5.2.7	不完整的电气/危险场所划分图	59
5.2.8	不标准的设备标识或挂牌	60
5.2.9	不一致的图纸格式和规范	61
5.2.10	过程安全信息文档控制问题	61
5.2.11	没有建立正式的过程安全信息的负责人	62
5.2.12	没有工艺报警管理系统	62
5.3	案例分析 英国间歇精馏釜火灾和爆炸	63

第6章 程序

65

6.1	安全和一致的操作	65
6.2	与程序有关的预警信号	66
6.2.1	没有包含所需设备的程序	67
6.2.2	没有包含操作安全限值的程序	67
6.2.3	操作工表现出对如何使用程序的陌生	68
6.2.4	大量的事件导致出现自动联锁停车	69
6.2.5	没有系统衡量程序是否执行	70
6.2.6	工厂的出入控制程序未一致地实施或强制执行	71
6.2.7	不充分的交接班沟通	72
6.2.8	低质量的交接班日志	72
6.2.9	容忍不遵守公司程序的行为	73
6.2.10	工作许可证的长期慢性问题	74
6.2.11	程序不充分或者质量差	75
6.2.12	没有体系来决定哪些活动需要书面程序	76
6.2.13	在程序编写和修改方面没有管理程序和设计指南	77
6.3	案例分析 乌克兰境内核电站熔化和爆炸	78

第7章 资产完整性

80

7.1	系统化的实施	80
7.2	涉及资产完整性的预警信号	81
7.2.1	已知防护措施受损, 操作继续	82
7.2.2	设备检验过期	83
7.2.3	安全阀校验过期	83
7.2.4	没有正式的维护程序	84
7.2.5	存在运行到失效的理念	84
7.2.6	推迟维护计划直到下一个预算周期	85

7.2.7	减少预防性维修活动来节省开支	85
7.2.8	已损坏或有缺陷的设备未被标记并且仍在使用中	85
7.2.9	多次且重复出现的机械故障	86
7.2.10	设备腐蚀和磨损明显	86
7.2.11	泄漏频发	87
7.2.12	已安装的设备和硬件不符合工程实际需要	87
7.2.13	允许设备和硬件的不当使用	88
7.2.14	用消防水冷却工艺设备	88
7.2.15	警报和仪表管理存在的问题没有被彻底解决	89
7.2.16	旁路警报和安全系统	89
7.2.17	工艺在安全仪表系统停用的情况下运行,并且未进行风险评估和变更管理	90
7.2.18	关键的安全系统不能正常工作或没有经过测试	90
7.2.19	滋扰报警和联锁停车	90
7.2.20	在确立设备危险程度方面缺少实践	91
7.2.21	在运行的设备上作业	91
7.2.22	临时的或不合标准的维修普遍存在	92
7.2.23	预防性维护不连贯	92
7.2.24	设备维护记录不是最新的	93
7.2.25	维护计划系统长期存在问题	93
7.2.26	在设备缺陷管理方面没有正式的程序	93
7.2.27	维护工作没有彻底关闭	94
7.3	案例分析 美国炼油厂火灾	94

第8章 风险分析和变更管理

96

8.1	风险管理	96
8.1.1	危害识别和风险分析	96
8.1.2	危害和风险定义	96
8.1.3	变更管理	98
8.1.4	你在风险管理中的作用	99
8.2	风险分析和管理变更相关预警信号	99
8.2.1	过程危害分析实践不佳	100
8.2.2	应急备用系统未投用	100
8.2.3	过程危害分析行动项跟踪不到位	101
8.2.4	变更管理系统只用于重大变更	101
8.2.5	未关闭的变更管理积压	102

8.2.6	过度延迟变更管理行动项的关闭	102
8.2.7	组织变更不经过变更管理	102
8.2.8	运行计划经常改变或中断	103
8.2.9	进行风险评估用于支持已经做出的决定	103
8.2.10	一种我们从来都是这样做的意识	104
8.2.11	管理层不愿意考虑变更	104
8.2.12	变更管理项的审查和批准缺乏结构和严谨性	104
8.2.13	未能识别出操作偏离和发起变更管理	105
8.2.14	原始的设施设计用于当前的改造	105
8.2.15	临时变更转为永久性未经过变更管理	105
8.2.16	存在操作蠕变	106
8.2.17	不做过程危害分析再验证或再验证不完善	106
8.2.18	旁路仪表没有足够的变更管理	106
8.2.19	公司缺少或没有对可接受风险分级指导方法	107
8.2.20	风险登记准备不完善, 不存在或不适用	107
8.2.21	工厂设施没有风险状况的基准	108
8.2.22	安保方案没有始终如一地实施	108
8.3	案例分析 环己烷爆炸 (英国)	109

第9章 审核

113

9.1	有效的审核, 支持卓越的运营	113
9.1.1	审核团队资质	113
9.1.2	内部审核和外部审核	114
9.1.3	审核程序	114
9.1.4	公布审核结果	115
9.2	与审核相关的预警信号	115
9.2.1	在随后的审核中出现重复性的问题	115
9.2.2	审核经常缺乏现场的确认	116
9.2.3	以前审核发现的问题仍然存在	116
9.2.4	审核没有与管理层讨论	117
9.2.5	检查或审核结果发现重大的问题	117
9.2.6	收到违法的罚款或传票	118
9.2.7	经常性的外部负面投诉	118
9.2.8	审核只聚焦好的消息	118
9.2.9	审核报告没有与所有受影响的人员沟通	119
9.2.10	公司的过程安全管理指导文件与工厂的	

资源和文化不匹配	119
9.3 案例分析 化学品仓库火灾 (英国)	120

第10章 从经验中学习

121

10.1 持续改进的方法	121
10.1.1 事故调查	121
10.1.2 考核和指标	121
10.1.3 外部事故	122
10.1.4 管理评审和持续改进	122
10.2 从经验中学习的预警信号	122
10.2.1 未能从以前的事故中学习	123
10.2.2 经常发生泄漏或溢出	123
10.2.3 工艺过程频繁波动或产品不合格	124
10.2.4 承包商的较高事故率	125
10.2.5 仪表异常的读数没有被记录或调查	125
10.2.6 普遍和频繁的设备故障	126
10.2.7 事故趋势报告只反映了受伤事件或重大事故	126
10.2.8 未报告小事故	126
10.2.9 未报告未遂事件和不合规情况	127
10.2.10 停于表面的事故调查导致不正确的调查结果	127
10.2.11 事故报告对于影响轻描淡写	128
10.2.12 环保绩效不能符合法规或公司目标的要求	128
10.2.13 事故的趋势和模式很明显, 但是没有 被很好地跟踪或分析	129
10.2.14 安全系统经常被激活	129
10.3 案例分析 美国的哥伦比亚号航天飞机事故	130

第11章 物理的预警信号

132

11.1 每一天都至关重要, 日常事务关系着安全	132
11.2 物理的预警信号	132
11.2.1 工人或社区抱怨有异常气味	133
11.2.2 设备或支撑结构有物理损坏	133
11.2.3 设备的振动超出可接受的程度	134
11.2.4 明显的泄漏或溢出	134
11.2.5 在建筑物内的平面上有粉尘堆积	135

11.2.6	劳保用品使用不正确, 或不一致	136
11.2.7	安全设备缺失, 或有缺陷	136
11.2.8	厂内的车辆行驶未加控制	136
11.2.9	存在开放的, 并且未加控制的点火源	137
11.2.10	项目用的拖车靠近工艺装置	137
11.2.11	下水道和排淋堵塞	137
11.2.12	管理层和工人可以接受很差的现场内务清洁	138
11.2.13	永久的和临时的工作平台没有保护或监管	138
11.2.14	打开的电器柜或电线护管	138
11.2.15	在工艺建筑的内墙和天花板上出现冷凝水	138
11.2.16	螺丝松动, 设备的一些部件没有固定好	139
11.3	案例分析 美国树脂工厂的粉尘爆炸	139

第12章 行动号召

141

12.1	对每个预警信号现在所能采取的行动	142
12.1.1	员工定期参与预警信号分析	142
12.1.2	使用预警信号作为后续程安全审核的一部分	142
12.2	考虑严格执行和跟进的简单计划	143
12.2.1	开展初始的预警信号调查	143
12.2.2	在你的管理系统中建立预警信号分析	143
12.2.3	使用新的系统并跟踪相关涉及的作业活动	144
12.2.4	在下次的合规性评审中评估有效性	144
12.2.5	对预警信号复发保持警惕	145
12.3	付诸思考	145
12.3.1	高层经理	146
12.3.2	经理	146
12.3.3	主管	146
12.3.4	使用事故预警信号对班组长进行培训	147
12.3.5	所有员工	147
12.4	摘要	148
12.5	案例分析 发生在北海的石油钻井平台爆炸和火灾事故	148
附录 A	事故预警信号的自我评价工具	151
附录 B	灾难性事故的预警信号列表	155
附录 C	参考文献和适用法规	160
附录 D	简称和缩写	167
附录 E	术语	168