

陈南 徐晓楠 编著

# 石化消防安全 监测技术



**Chemical Industry Press**



化学工业出版社  
安全科学与工程出版中心



石化消防安全监测技术

ISBN 7-5025-5320-7



9 787502 553203 >

ISBN 7-5025-5320-7/TQ·1952 定价：40.00元

销售分类建议：安全

# 石化消防安全监测技术

陈 南 徐晓楠 编著



化学工业出版社  
安全科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

石化消防安全监测技术/陈南, 徐晓楠编著. —北京:  
化学工业出版社, 2004.3

ISBN 7-5025-5320-7

I. 石… II. ①陈…②徐… III. 石油化学工业-  
消防-安全管理-监测-技术 IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 021463 号

---

石化消防安全监测技术

陈南 徐晓楠 编著

责任编辑: 顾南君

文字编辑: 孙凤英

责任校对: 蒋宇

封面设计: 吴飞

\*

化学工业出版社 出版发行  
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京兴顺印刷厂印刷

北京兴顺印刷厂装订

开本 850 毫米 × 1168 毫米 1/32 印张 17 $\frac{3}{4}$  字数 484 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5320-7/TQ · 1952

定价: 40.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 内 容 提 要

本书从石化生产过程安全、火灾及爆炸危险性检测分析和安全设备监控要求出发,详细介绍了石化工业与安全工程学、非电量测量及其安全防爆、生产工艺参数安全监测仪表、环境参数及火灾参数监测仪表、消防安全监测系统设计基础、消防安全监测系统配套措施等内容。重点阐述了消防安全参数监测机理、消防安全监测系统解决方案、消防安全分析评价方法和消防安全监控系统设计构成等工程实际问题。

本书供从事石化行业生产、管理、储运的工程技术人员、管理人员和技术工人阅读,也可供相关专业大专院校师生参考。

## 前 言

随着石化生产过程工艺技术的不断发展，与之相应的石油和化工企业消防安全监测问题日益突出，石化企业重大爆炸及火灾事故的发生也对消防部门提出了石化生产过程消防安全监测及消防设备联动控制问题。鉴于此，准确及时地监测石油化工生产过程中的工艺参数、环境参数和火灾参数，是实现石化生产过程消防安全、防止重大火灾、爆炸事故发生和提高石化生产效率的保障。

从消防安全管理和防火监督工作实际分析，目前从事石化生产过程安全监测及控制的工程技术人员，需要经常接触使用各类检测仪器仪表，考虑生产工艺过程中的消防安全问题；从事企业消防安全管理的专业技术人员，在消防安全检查、防火工程分析评价及石化消防安全措施的实施过程中，必须掌握基本的石化防火安全技术和使用各种安全检测仪表；传感器技术和仪器仪表应用技术的发展，对生产工艺人员和消防安全管理人员也提出了更高的要求。因此，从石化生产过程安全、火灾及爆炸危险性分析和设备安全监测要求出发，石化企业及消防监督机构中有关消防安全监督管理人员如果能够通过一本消防安全监测技术方面的专业书籍，了解当前石化生产过程中的消防安全监测技术现状，较好地掌握基本的消防安全检测原理、检测方法、相关仪器仪表和安全检测及分析评价方法，运用消防安全技术和方法分析评价石化企业中生产过程的消防安全状况，则有利于石化企业安全管理，并适应当前消防安全管理的需要。

本书主要依托石油化工企业生产过程中生产工艺参数的监测和分析，考虑消防安全监测所需要的生产环境参数和火灾爆炸危险参数的监控要求，重点阐述消防安全参数监测机理、消防安全监测系统解决方案、消防安全分析评价方法和消防安全监控系统设计构成

等工程实际问题。本书是在武警学院消防工程系原有的工业企业防火专业本科教材基础上，吸收了国家“九五”项目“油罐区安全监测及防护技术研究”和公安部项目“石油化工储罐区火灾监测与远程灭火联动控制系统研究”的有关内容并加以整理而成，同时，书中介绍并采纳了石油化工企业劳动卫生安全预评价和易燃易爆环境消防安全监督管理方面的内容。

本书共分六章，主要介绍石化企业消防安全监测技术概论、非电量测量及其安全防爆原理、生产工艺参数安全监测仪表、环境参数及火灾参数监测仪表、火灾及爆炸监测系统设计基础、消防安全监测系统配套措施及消防安全分析评价方法概述等内容。由于作者水平有限，对本书的错误和不妥之处，希望各位读者提出宝贵意见，以臻完善。

**编者**  
**2004年1月**

# 目 录

第一章 概论 .....	1
第一节 石化工业与安全工程学 .....	1
一、工业灾害事故分类 .....	2
二、安全工程学的目的 .....	4
第二节 危险性物质分类 .....	5
一、可燃性气体 .....	5
二、可燃液体 .....	7
三、易燃物质 .....	9
四、可燃粉尘 .....	10
五、爆炸性物质 .....	12
六、自燃性物质 .....	13
七、忌水性物质 .....	14
八、混合危险性物质 .....	15
第三节 可燃物质的危险特性 .....	16
一、可燃物质与空气混合物的爆炸极限 .....	17
二、闪点、燃点和自燃点 .....	23
三、最小点火能量与消焰距离 .....	27
四、反映物质危险性的各种物理性能 .....	32
第四节 点火源的种类 .....	33
一、电点火源 .....	33
二、高温点火源 .....	35
三、冲击点火源 .....	36
四、化学点火源 .....	38
第五节 火灾及爆炸灾害的类型 .....	39
一、火灾及爆炸的危害性 .....	39
二、火灾的分类 .....	40
三、爆炸灾害的分类 .....	41



第六节 安全监测技术现状及发展 .....	43
一、安全监测技术概况 .....	43
二、石化工艺参数的安全控制 .....	45
三、石化生产自动控制系统与安全监测 .....	48
四、安全监测仪表与监控装置 .....	50
第二章 非电量测量及其安全防爆 .....	56
第一节 非电量传感器及其构成 .....	56
一、火灾及爆炸灾害成因 .....	56
二、石化安全监测参数 .....	59
三、传感器及其构成原理 .....	61
四、传感器的调理电路 .....	67
五、信号调理时的抗干扰措施 .....	90
六、偏置与线性化 .....	96
第二节 测量仪表及测量过程 .....	98
一、非电量测量仪表的组成和分类 .....	98
二、测量过程及误差 .....	103
三、测量误差的计算方法 .....	106
四、测量仪表的基本技术性能 .....	108
第三节 测量仪表的安全防爆原理 .....	110
一、测量仪表及其安全特性 .....	110
二、危险火花的产生及抑制 .....	120
三、测量仪表的本质安全防爆 .....	126
四、本质安全防爆系统 .....	150
第四节 爆炸和火灾危险环境电气防爆系统 .....	159
一、电气防爆的基本原理 .....	159
二、爆炸和火灾危险环境区域划分 .....	166
三、爆炸性混合物的分类、分级和分组 .....	170
四、防爆电气设备的选择与应用 .....	172
第三章 生产工艺参数安全监测仪表 .....	185
第一节 温度测量及其仪表 .....	185
一、测温的基本概念 .....	185
二、工业温度传感器 .....	193
三、电动温度测量仪表 .....	223

四、温度检测技术 .....	249
第二节 压力测量及其仪表 .....	261
一、压力测量方法 .....	262
二、弹性式压力传感器 .....	263
三、电气式压力传感器 .....	265
四、电动压力（压差）变送器 .....	268
第三节 流量测量原理与流量计 .....	274
一、流量计量单位与流量测量方法 .....	274
二、节流式流量计 .....	276
三、容积式流量计 .....	280
四、涡轮流量计 .....	281
五、电磁流量计 .....	283
六、旋涡式流量计 .....	284
第四节 液位测量及其仪表 .....	286
一、浮力式和静压式液位计 .....	287
二、电容式液位计 .....	290
三、超声波液位计 .....	291
第四章 环境参数及火灾参数监测仪表 .....	293
第一节 可燃性气体和有害气体监测仪表 .....	293
一、可燃及有害气体的性质 .....	293
二、可燃性气体和有害气体的检测原理 .....	305
三、可燃性气体和有害气体检测仪表 .....	319
四、气体检测报警仪表的使用维护 .....	354
第二节 固体微粒及粉尘浓度测量仪表 .....	362
一、粉尘及其运动规律 .....	362
二、可燃粉尘的火灾危险性 .....	367
三、呼吸性粉尘的浓度标准 .....	370
四、粉尘浓度测量仪表 .....	372
第三节 泄漏量检测与异物侵入检测 .....	385
一、泄漏及泄漏量的检测 .....	385
二、异物侵入检测 .....	390
第四节 火灾参数监测与系统 .....	391
一、火灾探测与信号处理 .....	391

二、火灾探测器的分类与性能要求 .....	396
三、火灾自动报警系统 .....	403
<b>第五章 消防安全监测系统设计基础 .....</b>	<b>419</b>
<b>第一节 生产过程控制系统基本构成 .....</b>	<b>419</b>
一、过程控制系统的组成及分类 .....	419
二、过程控制用调节器 .....	424
三、执行器的分类与构成 .....	433
四、气动执行器的选择 .....	443
五、气动执行器的辅助装置 .....	449
<b>第二节 消防安全监测系统及其设计原则 .....</b>	<b>454</b>
一、消防安全监测系统及其组成 .....	455
二、消防安全监测系统设计原则 .....	459
三、消防安全监测系统设计评价 .....	462
<b>第三节 消防安全监测系统解决方案 .....</b>	<b>468</b>
一、解决方案的基本组成 .....	468
二、消防安全监测系统集成体系 .....	469
三、石化储罐区火灾监测系统解决方案 .....	471
<b>第四节 石化生产过程综合性火灾监测设备 .....</b>	<b>479</b>
一、SL-M300 消防安全网络化监控系统 .....	480
二、SL-C300 远程网络客户服务中心系统 .....	483
三、SL-S200 工业消防水喷雾灭火系统 .....	484
四、SL-D500 工业专用多级报警线型感温探测器 .....	486
五、工业消防安全监控系统实例 .....	488
<b>第六章 消防安全监测系统的配套措施 .....</b>	<b>491</b>
<b>第一节 火灾爆炸事故预防的基本措施 .....</b>	<b>491</b>
一、火灾爆炸事故的主要原因 .....	491
二、石油化工生产防火防爆安全措施 .....	493
<b>第二节 灭火剂及灭火器选择 .....</b>	<b>502</b>
一、灭火的基本方法 .....	502
二、常用灭火剂 .....	504
三、灭火器的分类 .....	508
四、灭火器的选择 .....	511
<b>第三节 安全仪表及控制系统设计 .....</b>	<b>513</b>

一、安全连锁系统分析方法及程序 .....	513
二、安全仪表系统设计原则 .....	516
三、安全仪表系统设计方法 .....	520
第四节 石化生产危险性分析与安全评价方法 .....	531
一、石油化工安全分析的意义 .....	531
二、石化工艺过程危险性分析方法 .....	534
三、安全评价方法简介 .....	538
<b>参考文献</b> .....	<b>556</b>

# 第一章 概 论

检（监）测是人类认识世界的重要技术手段。人们可以通过各种检（监）测方式和检（监）测技术来获得信息，以助于了解周围环境，进而实现对环境参数的控制。现代检（监）测技术随着科学技术的发展已经成为一门独立的学科。在石油、化工、冶金、煤炭等生产部门，为了确保安全生产，改善劳动条件，提高劳动生产率，使生产管理平日趋向科学化、现代化发展，要求对生产过程，特别是处于分散生产状态中的石化生产环境参数进行实时、准确地检测，并对这些环境参数实施有效地控制，因而逐步发展和形成了以检测技术为核心的安全监测技术。

石化消防安全监测，主要是监测石化生产过程中反应温度、容器压力、助剂流量、物料物位等工艺参数，以及石化生产环境中的可燃性气体成分与含量、有毒有害气体浓度、可燃性粉尘浓度、可燃液体流量流向等环境参数，以便于根据危险性物质的火灾及爆炸机理，提出有效的消防安全措施，构成相应的消防安全监测装置或系统，控制或抑制火灾及爆炸的发生，保证安全生产。由此可见，消防安全措施的采取需以火灾及爆炸灾害事故分析理论和检测技术为基础，通过研究各种物质的火灾危险性和各类传感器及测量仪表的机理与性能，构成消防安全监测系统。本章将首先对物质的危险性和火灾爆炸类型进行分析，并介绍消防安全监测技术的发展与应用情况。

## 第一节 石化工业与安全工程学

所谓安全工程学，主要是研究有关生产中发生的各种灾害事故的原因、经过和预防措施等系统知识。它是安全系统工程的重要组成部分，与石化、冶金、煤炭工业等有着密切的联系，是建立在灾害事

故分析基础上的一门系统的科学知识。学习有关安全工程学的基本知识是消防专业必不可少的内容，它体现在消防安全工程学、消防系统工程学、压力容器安全技术、石化消防安全检测技术等诸多技术领域之中。本书就是围绕石化消防安全检测的要求来介绍有关的检测及监测方法、检测器件、装置和监测系统，以求获得一个完整的概念。据此，按照石化消防安全监测技术的具体要求，首先以石化工业与安全工程学的关系入手，进而分析火灾及爆炸灾害事故的发生机理，从中寻找出消防安全监测参数并进行有效地控制。

石化工业与安全工程学的关系，可从石化工业灾害事故的分类和安全工程学的目的来进行研究。

### 一、工业灾害事故分类

一般来说，灾害可以分为自然灾害和人为灾害。所谓自然灾害，如地震、海啸、暴风、洪水等，仅凭现在的技术还不可能预先防止它的发生，目前只能做到尽早预测，采取防灾措施，使受灾范围缩小或减小到最低限度，除此之外，别无他法。可是，人为灾害的发生，其原因在于人，从原则上讲是可以预先防止的。所以，安全工程学从广义上讲，就是研究和解决那些发生人为灾害的原因及过程，以及为防止这种灾害发生所必需的科学技术理论。

#### (一) 人为灾害分类

人为灾害有多种，按照发生场所的不同进行划分，可以分为如下几种。

(1) 工厂灾害 它是在工厂、生产现场、研究所等场所中发生的灾害；像火灾、爆炸、各种工业破坏、工业中毒、工伤、职业病、企业公害等，都属于工厂灾害。

(2) 矿山灾害 它是在矿山内发生的，如塌方、煤气喷出、坑内着火、煤气和煤粉的爆炸、煤的自然燃，以及坑内其他灾害等。

(3) 交通灾害 马路上车辆或行人的碰撞、颠覆，轨道上火车相撞、脱轨，飞机坠落，运输危险品时发生事故等，都属于交通灾害。

(4) 海上遇难 它是指船舶着火、爆炸、相撞、沉没、触礁等事故。

(5) 城市火灾 它是指城市住宅、商店、公共建筑物、高层建筑等火灾及其在灭火操作时所受到的破坏等损害。

此外，还有城市公害（如环境污染、噪声等）、家庭灾害（如中毒、窒息、溺水、坠落）等。虽然人为灾害是多种多样的，但可以将它大体归为两大类：一类是主要与工业生产有联系的灾害，另一类是主要与日常生活有联系的灾害。其中，与石化工业和矿山工业有关的灾害，是在工业生产活动中所发生的人为灾害的重要方面，也是本章阐述的重点。

## (二) 工业灾害事故分类

包括石化工业在内，一般工厂中发生的灾害及事故可以细分成下列五种类型。

(1) 火灾与爆炸引起的灾害 这是由易燃液体、可燃气体、爆炸性物质以及其他危险品所引起的火灾及爆炸事故，它除了对工厂建筑物、生产设备、原材料、产品、仓库、货船等造成巨大损失外，对生产人员和工作人员的伤亡率也是非常高的。石化工业与其他机械、冶金、金属等行业相比较，火灾和爆炸灾害特别多。

(2) 破坏引起的灾害 这类灾害如锅炉、高压设备的破裂，链条的断裂，构筑物的倒塌，沙石隧道的崩落等，它们与结构、材料、机械设备的可靠性等都有很大的关系。这类灾害事故如同火灾与爆炸引起的灾害事故一样，对人员伤亡率也是很高的。

(3) 工业中毒及职业病 生产人员由于吸入有害气体、蒸气、烟雾、粉尘等或因接触了剧毒物质引起的中毒属工业中毒。它直接危害着人身健康，常常造成难以治愈的病症，如皮肤炎、硅沉着病、职业病等。这类灾害或事故在工业中经常见到。

(4) 劳动中伤亡事故 它是指从高处坠落、被重物压伤、触电、挫伤、烧伤等人身伤亡事故。这类事故在生产劳动中往往对人身安全构成很大的危害。

(5) 企业公害 由于生产活动而引起的大气污染、水质污浊、噪声、震动、地基下沉、恶臭气味等，对人们的健康或与生活有密切关系的财产、动植物及其生育环境等造成灾害时，就成为企业公

害。企业公害往往波及工厂周围的区域，对居民生活或渔业等其他生产造成严重灾害。

必须指出，在现实生产活动及生活当中，工业灾害及事故的发生，其原因往往相互重复和交叉，甚至有连锁关系，因而在考虑防灾措施时，决不能将每一个原因分开来考虑，安全工程学则正是把它们综合起来进行分析的一门学科。

## 二、安全工程学的目的

前已指明，安全工程学研究的是人为灾害的发生原因及过程，并提出相应的预防措施。一般来讲，为了防止人为灾害的发生，需要同时采取技术、教育、管理三项措施。换言之，所有的人为灾害都是因为缺乏这三项措施而造成的。所谓技术措施，是指对设施、操作等方面，从安全角度来考虑计划、设计、检查和保养的具体实施；所谓教育措施，是指通过家庭教育、学校教育和社会教育等不同的途径，传授与训练安全方面应有的态度和有关知识、操作方法等；所谓管理措施，是通过国家机关、企业等组织机构，制定有关规范和安全标准等，以求共同遵守。石化消防安全监测技术就属于防止石化火灾爆炸事故的技术措施之一，为石化环境参数的控制提供信息和手段。

安全工程学的目的，在于寻求有关技术、教育、管理这三项措施的系统的科学技术理论。它有如下几个主要目标。

- (1) 防止生产设备的破坏和原材料及产品的损失；
- (2) 保护生产人员的生命和健康；
- (3) 保护各区域团体的健康和安全。

因此，安全工程学的研究对象，是有关人为灾害的一些问题，主要包括以下五个领域。

- (1) 防止爆炸和火灾；
- (2) 防止建筑物的破坏；
- (3) 防止生产事故和其他人身事故；
- (4) 防止工业中毒和职业病；
- (5) 防止环境污染。



这五个领域的各种事故互为因果，密切相关。因此，安全工程学的-一个特点，就是必须将这五个领域综合加以研究，在人为灾害发生之前，找出防患于未然的方法。

总之，安全工程学不仅与化学或化学工程有关，而且与机械工程学、电气工程学、电工学、物理学、电子工程学等都有着密切的关系。但是，从防止事故和灾害这个观点来看，必须把与此相关的所有专门知识系统地归纳为新的综合学科。充分认识这一点是十分重要的。

在安全工程学所研究的对象中，与石化工业有密切关系的主要安全问题是火灾及爆炸灾害。因此，在石化生产过程中，为了达到安全的目的，必须从物质危险性、点火源种类及化学工业火灾及爆炸类型等诸方面进行分析，从中寻找引起灾害事故的原因与参数，并对这些因素加以探测、监测和控制。

## 第二节 危险性物质分类

一般来说，凡是能够引起火灾和爆炸危险的物质均称做危险性物质。对于危险性物质，其能够直接引起火灾、爆炸危险的性质叫做危险特性。危险性物质的品种繁多，数量很大，根据它们的化学性质和主要危险特性，可归纳为八类：可燃性气体，可燃液体，易燃物质，可燃粉尘，爆炸性物质，自燃性物质，忌水性物质和混合危险性物质。现将这些危险性物质的特点分述如下。

### 一、可燃性气体

凡是在常温常压下以气态存在，经撞击、摩擦、热源或火花等点火源的作用能发生燃烧爆炸的气态物质统称为可燃性气体。在这一类危险性物质中有可燃气体（如氢气、天然气、乙烯、乙炔、合成氨原料气、城市煤气等）、可燃液化气（如液化石油气、液氨、液化环氧乙烷等）以及可燃液体的蒸气（如乙醚、苯、酒精等的蒸气）等。

可燃性气体按化学组成可分为有机气体和无机气体。无机可燃性气体有单质和化合物，在化合物分子中大都含有氢、氧、氮、氯