

高等教育安全工程系列“十一五”规划教材

化 工 安 全

主 编 蒋军成
参 编 喻健良 潘旭海



机械工业出版社

化工生产过程由于涉及危险化学品数量多、生产工艺要求苛刻,以及生产装置的大型化、连续化和自动化,一旦发生事故,后果将极其严重。因此,安全问题在化工生产过程中占据着非常重要的位置。

本书在编写过程中,从火灾爆炸的基础理论、危险化学品安全、化工系统危险源辨识及评价、典型工艺过程安全技术、压力容器安全设计、危险化学品的泄漏扩散及化工企业现代安全管理7个方面进行了阐述。

本书旨在为高等院校安全工程、化学工程专业本科生提供系统性较强的教材,同时也可作为从事化学工业、石油化学工业的生产、储运、科研、设计、安全、监察等专业人员和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工安全/蒋军成主编. —北京:机械工业出版社,
2008.8

(高等教育安全工程系列“十一五”规划教材)
ISBN 978-7-111-24513-1

I. 化… II. 蒋… III. 化学工业—安全技术—高等
学校—教材 IV. TQ086

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 095996 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:冷彬 版式设计:霍永明 责任校对:王欣

封面设计:张静 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008年8月第1版第1次印刷

169mm×239mm·25.25印张·476千字

标准书号:ISBN 978-7-111-24513-1

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379720

封面无防伪标均为盗版

安全工程专业教材 编 审 委 员 会

主任委员：冯长根

副主任委员：王新泉 吴超 蒋军成

秘 书 长：季顺利

委 员：（排名不分先后）

冯长根 王新泉 吴超 蒋军成 季顺利 沈斐敏

钮英建 霍然 孙熙 金龙哲 王述洋 刘英学

王保国 张俭让 司 鹤 王凯全 董文庚 景国勋

柴建设 周长春 冷 彬

序

“安全工程”本科专业是在1958年建立的“工业安全技术”、“工业卫生技术”和1983年建立的“矿山通风与安全”本科专业基础上发展起来的。1984年，国家教委将“安全工程”专业作为试办专业列入普通高等学校本科专业目录之中。1998年7月6日，教育部发文颁布《普通高等学校本科专业目录》，“安全工程”本科专业(代号:081002)属于工学门类的“环境与安全类”(代号:0810)学科下的两个专业之一。据“安全工程专业教学指导委员会”1997年的调查结果显示，自1958~1996年底，全国各高校累计培养安全工程专业本科生8130人。近年，安全工程本科专业得到快速发展，到2005年底，在教育部备案的设有安全工程本科专业的高校已达75所，2005年全国安全工程专业本科招生人数近3900名。

按照《普通高等学校本科专业目录》(1998)的要求，原来已设有与“安全工程专业”相近但专业名称有所差异的高校，现也大都更名为“安全工程”专业。专业名称统一后的“安全工程”专业，专业覆盖面大大拓宽。同时，随着经济社会发展对安全工程专业人才要求的更新，安全工程专业的内涵也发生很大变化，相应的专业培养目标、培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化，学生毕业后的执业身份是注册安全工程师。但是，安全工程专业的教材建设与专业的发展出现尚不适应的新情况，无法满足和适应高等教育培养人才的需要。为此，组织编写、出版一套新的安全工程专业系列教材已成为众多院校的翘首之盼。

机械工业出版社是有着50多年历史的国家级优秀出版社，在高等学校安全工程学科教学指导委员会的指导和帮助下，根据当前安全工程专业教育的发展现状，本着“大安全”的教育思想，进行了大量的调查研究工作，聘请了安全科学与工程领域一批学术造诣深、实践经验丰富的教授、专家，组织成立了“安全工程专业教材编审委员会”(以下简称“编审委”)，决定组织编写“高等教育安全工程系列‘十一五’规划教材”。并先后于2004.8(衡阳)、2005.8(葫芦岛)、2005.12(北京)、2006.4(福州)组织召开了一系列安全工程专业本科教材建设研讨会，就安全工程专

业本科教育的课程体系、课程教学内容、教材建设等问题反复进行了研讨,在总结以往教学改革、教材编写经验的基础上,以推动安全工程专业教学改革和教材建设为宗旨,进行顶层设计,制订总体规划、出版进度和编写原则,计划分期分批出版近30余门课程的教材,以尽快满足全国众多院校的教学需要,以后再根据专业方向的需要逐步增补。

由安全学原理、安全系统工程、安全人机工程学、安全管理学等课程构成学科基础平台课程,已被安全科学与工程领域学者认可并达成共识。本套系列教材编写、出版的基本思路是,在学科基础平台上,构建支撑安全工程专业的工程学原理与由关键性的主体技术组成的专业技术平台课程体系,编写、出版系列教材来支撑这个体系。

本系列教材体系设计的原则是,重基本理论,重学科发展,理论联系实际,结合学生现状,体现人才培养要求。为保证教材的编写质量,本着“主编负责,主审把关”的原则,编审委组织专家分别对各门课程教材的编写大纲进行认真仔细的评审,教材初稿完成后又组织同行专家对书稿进行研讨,编者数易其稿,经反复推敲定稿后才最终进入出版流程。

作为一套全新的安全工程专业系列教材,其“新”主要体现在以下几点:

体系新。本套系列教材从“大安全”的专业要求出发,从整体上考虑各门课程的内容安排,构建支撑安全工程学科专业技术平台的课程体系,按照教学改革方向要求的学时,统一协调与整合,形成一个完整的、各门课程之间有机联系的系列教材体系。

内容新。本套系列教材的突出特点是内容体系上的创新。它既注重知识的系统性、完整性,又特别注意各门学科基础平台课之间的关联,更注意后续的各门专业技术课与先修的学科基础平台课的衔接,充分考虑了安全工程学科知识体系的连贯性和各门课程教材间知识点的衔接、交叉和融合问题,努力消除相互关联课程中内容重复的现象,突出安全工程学科的工程学原理与关键性的主体技术,有利于学生的知识和技能的发展,有利于教学改革。

知识新。本套系列教材的主编大多由长期从事安全工程专业本科教学的教授担任,他们一直处于教学和科研的第一线,学术造诣深厚,教学经验丰富。在编写教材时,他们十分重视理论联系实际,注重引入新理论、新知识、新技术、新方法、新材料、新装备、新法规等理论研究、工程技术实践成果和各校教学改革的阶段性成果,充实与更新了知识点,增加部分学科前沿方面的内容,充分体现了教材的先进性和前瞻性,以适应时代对安全工程高级专业技术

VI 化工安全

人才的培育要求。本套教材中凡涉及安全生产的法律法规、技术标准、行业规范，全部采用最新颁布的版本。

安全是人类最重要和最基本的需求，是人民生命与健康的基本保障。一切生活、生产活动都源于生命的存在。如果人们失去了生命，生存也就无从谈起，生活也就失去了意义。全世界平均每天发生约 68.5 万起事故，造成约 2200 人死亡的事实，使我们确认，安全不是别的什么，安全就是生命。安全生产是社会文明和进步的重要标志，是经济社会发展的综合反映，是落实以人为本的科学发展观的重要实践，是构建和谐社会的有力保障，是全面建设小康社会、统筹经济社会全面发展的重要内容，是实施可持续发展战略的组成部分，是各级政府履行市场监管和社会管理职能的基本任务，是企业生存、发展的基本要求。国内外实践证明，安全生产具有全局性、社会性、长期性、复杂性、科学性和规律性的特点，随着社会的不断进步，工业化进程的加快，安全生产工作的内涵发生了重大变化，它突破了时间和空间的限制，存在于人们日常生活和生产活动的全过程中，成为一个复杂多变的社会问题在安全领域的集中反映。安全问题不仅对生命个体非常重要，而且对社会稳定 and 经济发展产生重要影响。党的十六届五中全会首次提出“安全发展”的重要战略理念。安全发展是科学发展观理论体系的重要组成部分，安全发展与构建和谐社会有着密切的内在联系，以人为本，首先就是要以人的生命为本。“安全·生命·稳定·发展”是一个良性循环。安全科技工作者在促进、保证这一良性循环中起着重要作用。安全科技人才匮乏是我国安全生产形势严峻的重要原因之一。加快培养安全科技人才也是解开安全难题的钥匙之一。

高等院校安全工程专业是培养现代安全科学技术人才的基地。我深信，本套系列教材的出版，将对我国安全工程本科教育的发展和高级安全工程专业人才的培养起到十分积极的推进作用，同时，也为安全生产领域众多实际工作者提高专业理论水平提供了学习资料。当然，由于这是第一套基于专业技术平台课程体系的教材，尽管我们的编审者、出版者夙兴夜寐，尽心竭力，但由于安全学科具有在理论上的综合性与应用上的广泛性相交叉的特性，开办安全工程专业的高等院校所依托的行业类型又涉及军工、航空、化工、石油、矿业、土木、交通、能源、环境、经济等诸多领域，安全科学与工程的应用也涉及到人类生产、生活和生存的各个方面，因此，本套系列教材依然会存在这样和那样的缺点、不足，难免挂一漏万，诚恳地希望得到有关专家、学者的关心与支持，希望选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议。谨祝

本系列教材在编者、出版者、授课教师和学生的共同努力下，通过教学实践，获得进一步的完善和提高。

“嘤其鸣矣，求其友声”，高等院校安全工程专业正面临着前所未有的发展机遇，在此我们祝愿各个高校的安全工程专业越办越好，办出特色，为我国安全生产战线输送更多的优秀人才。让我们共同努力，为我国安全工程教育事业的发展作出贡献。

中国科学技术协会书记处书记

中国职业安全健康协会副理事长

中国灾害防御协会副会长

亚洲安全工程学会主席

高等学校安全工程学科教学指导委员会副主任

安全工程专业教材编审委员会主任

北京理工大学教授、博士生导师

冯长根

2006年5月

前 言

化学工业生产过程涉及物质品种很多，且绝大部分是易燃、易爆、有毒、有腐蚀的化学危险品，同时生产条件又十分苛刻，大部分反应均在高温、高压、低温、低真空度下进行，这些使化工生产具有重大的潜在危险性。随着科学技术的发展和为了提高劳动生产率、降低单位产品的建设成本和生产成本，化工生产装置的大型化以及高度的自动化、连续化是目前化工生产装置发展的趋势。但是一旦发生事故，其后果是极其严重的。因此，安全问题在化工生产过程中占据着非常重要的位置。

本书在编写过程中，从燃烧与爆炸的基础理论、危险化学品安全、化工系统危险源辨识及评价、典型工艺过程安全技术、压力容器安全设计、危险化学品的泄漏扩散及化工企业现代安全管理7个方面进行了阐述，争取做到内容系统，既注重理论知识的传授，也注重实践经验的总结。

本书旨在为高等院校安全工程、化学工程专业本科生提供系统性较强的教学用书，同时也可作为从事化学工业、石油化学工业的生产、储运、科研、设计、安全、监察等专业人员和管理人员的参考资料。

本书第1、2、3、8章由南京工业大学蒋军成教授编写，第4、6章由大连理工大学喻健良副教授编写，第5、7章由南京工业大学潘旭海副教授编写。本书由蒋军成教授主编并统稿。

本书在编写过程中，安全工程专业教材编审委员会积极组织专家对本书的编写大纲和书稿进行审纲和审稿工作，与此同时得到了许多专家、同仁的关心与指点，在此向他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，恳请广大读者批评指正。

作 者

目 录

序	1
前言	2
第1章 绪论	1
1.1 化学工业的生产与安全	1
1.2 化工安全理论及技术的发展	6
思考题	12
第2章 燃烧与爆炸理论基础	13
2.1 燃烧及燃烧条件	13
2.2 燃烧过程	14
2.3 燃烧的形式	15
2.4 燃烧种类及特征参数	16
2.5 燃烧机理	22
2.6 燃烧速度及热值	24
2.7 引燃源及引燃能量	28
2.8 爆炸及其分类	29
2.9 爆炸极限及计算	33
2.10 粉尘爆炸	40
2.11 爆温、爆压与爆强	58
2.12 火灾与爆炸防治技术	65
思考题	80
习题	80
第3章 危险化学品安全基础	82
3.1 危险化学品的定义及分类	82
3.2 危险化学品的危险特性	84
3.3 危险化学品安全基础	91
思考题	101

X 化工安全

第4章 化工系统危险源辨识及评价	102
4.1 危险源辨识	102
4.2 化工系统的安全评价	108
思考题	160
第5章 典型工艺过程安全技术	161
5.1 电解	161
5.2 聚合	165
5.3 催化	169
5.4 裂化	172
5.5 硝化	175
5.6 氯化	178
思考题	179
第6章 压力容器安全设计	180
6.1 概述	180
6.2 压力容器分类与设计的要求	184
6.3 内压力容器应力分析	187
6.4 内压薄壁容器的设计计算	197
6.5 外压力容器设计	218
6.6 压力容器零部件设计	235
6.7 压力容器的破坏	254
6.8 压力容器的制造	261
6.9 压力容器的安全装置	267
思考题	273
习题	273
第7章 泄漏源及扩散模式	275
7.1 常见的泄漏源	275
7.2 液体经小孔泄漏的源模式	277
7.3 储罐中液体经小孔泄漏的源模式	278
7.4 液体经管道泄漏的源模式	281
7.5 蒸气经小孔泄漏的源模式	288
7.6 气体经管道泄漏的源模式	292
7.7 闪蒸液体的泄漏源模式	303

7.8 易挥发液体蒸发的源模式	307
7.9 扩散模式及影响因素	309
7.10 湍流扩散微分方程与扩散模型	312
7.11 Pasquill-Gifford 模型	318
思考题	327
习题	327
第 8 章 化工企业现代安全管理	329
8.1 危险源管理与事故应急救援	329
8.2 特种设备的安全管理	340
8.3 生产过程安全管理	365
8.4 职业安全健康管理体系	384
思考题	388
参考文献	390

绪 论

1.1 化学工业的生产与安全

1.1.1 化学工业生产的特点

化学工业是运用化学方法从事产品生产的工业。它是一个多行业、多品种、历史悠久、在国民经济中占重要地位的工业部门。化学工业作为国民经济的支柱产业，与农业、轻工、纺织、食品、材料、建筑及国防等部门有着密切的联系，其产品已经并将继续渗透到国民经济的各个领域。中国的化学工业经过几十年的发展，目前已形成相当的规模，如硫酸、合成氨、化学肥料、农药、烧碱、纯碱等主要化工产品的产量均在世界上名列前茅。

1. 生产涉及的危险品多

化工生产使用的原料、半成品和成品种类繁多，且绝大部分是易燃、易爆、有毒、有腐蚀的化学危险品。这给生产中对这些原材料、燃料、中间产品和成品的贮存和运输都提出了特殊的要求。

2. 化工生产要求的工艺条件苛刻

有些化学反应在高温、高压下进行，有的要在低温、高真空度下进行。例如，由轻柴油裂解制乙烯而生产聚乙烯的生产过程中，轻柴油在裂解炉中的裂解温度为 800°C ，裂解气要在深冷(-96°C)条件下进行分离，纯度为99.99%的乙烯气体要在294MPa压力下聚合，才能制成聚乙烯树脂。

3. 生产规模大型化

近几十年来，国际上化工生产采用大型生产装置是一个明显的趋势。以化肥为例，20世纪50年代合成氨的最大规模为6万t/年，60年代初为12万t/年，60年代末达到30万t/年，70年代发展到50万t/年，如今已发展到100万t/年以上。乙烯装置的生产能力也从20世纪50年代的10万t/年，发展到70年代的60万t/年，到目前已经达到并突破100万t/年，最高达到108万

2 化工安全

1/年。

采用大型装置可以明显降低单位产品的建设投资和生产成本，有利于提高劳动生产率。因此，世界各国都在积极发展大型化工生产装置。当然，也不是说化工装置越大越好，这里涉及技术经济的综合效益问题。

4. 生产方式日趋先进

现代化工企业的生产方式已经从过去的手工操作、间断生产转变为高度自动化、连续化生产；生产设备由敞开式变为密闭式；生产装置由室内走向露天；生产操作由分散控制变为集中控制，同时也由人工手动操作发展到计算机控制。

1.1.2 化学工业生产的危险因素

美国保险协会(AIA)对化学工业的317起火灾、爆炸事故进行调查，分析了主要和次要原因，把化学工业危险因素归纳为以下九个类型。

1. 工厂选址

主要因素包括：①易遭受地震、洪水、暴风雨等自然灾害；②水源不充足；③缺少公共消防设施的支援；④有高湿度、温度变化显著等气候问题；⑤受邻近危险性大的工业装置影响；⑥邻近公路、铁路、机场等运输设施；⑦在紧急状态下难以把人和车辆疏散至安全地。

2. 工厂布局

主要因素包括：①工艺设备和贮存设备过于密集；②有显著危险性和无危险性的工艺装置间的安全距离不够；③昂贵设备过于集中；④对不能替换的装置无有效防护；⑤锅炉、加热器等火源与可燃物工艺装置之间距离太小；⑥有地形障碍。

3. 结构

主要因素包括：①支撑物、门、墙等不是防火结构；②电气设备无防护措施；③防爆通风换气能力不足；④控制和管理的指示装置无防护措施；⑤装置基础薄弱。

4. 对加工物质的危险性认识不足

主要因素包括：①在装置中原料混合，在催化剂作用下自然分解；②对处理的气体、粉尘等在其工艺条件下的爆炸范围不明确；③没有充分查明因误操作、控制不良而使工艺过程处于不正常状态时的物料和产品的详细情况。

5. 化工工艺

主要因素包括：①没有足够的有关化学反应的动力学数据；②对有危险的副反应认识不足；③没有根据热力学研究确定爆炸能量；④对工艺异常情况检测不够。

6. 物料输送

主要因素包括：①各种单元操作时对物料流动不能进行良好控制；②产品的标示不完全；③风送装置内的粉尘爆炸；④废气、废水和废渣的处理；⑤装置内的装卸设施。

7. 误操作

主要因素包括：①忽略关于运转和维修的操作教育；②没有充分发挥管理人员的监督作用；③开车、停车计划不适当；④缺乏紧急停车的操作训练；⑤没有建立操作人员和安全人员之间的协作体制。

8. 设备缺陷

主要因素包括：①因选材不当而引起装置腐蚀、损坏；②设备不完善，如缺少可靠的控制仪表等；③材料的疲劳；④对金属材料没有进行充分的无损探伤检查或没有经过专家验收；⑤结构上有缺陷，如不能停车而无法定期检查或进行预防维修；⑥设备在超过设计极限的工艺条件下运行；⑦对运转中存在的问题或不完善的防灾措施没有及时改进；⑧没有连续记录温度、压力、开停车情况及中间罐和受压罐内的压力变动。

9. 防灾计划不充分

主要因素包括：①没有得到管理部门的大力支持；②责任分工不明确；③装置运行异常或故障仅由安全部门负责；④没有预防事故的计划，或即使有也很差；⑤遇有紧急情况未采取得力措施；⑥没有实行由管理部门和生产部门共同进行的定期安全检查；⑦没有对生产负责人和技术人员进行安全生产的继续教育和必要的防灾培训。

瑞士再保险公司统计了化学工业和石油工业的102起事故案例，分析了上述九类危险因素所起的作用，表1-1为统计结果。

表1-1 化学工业和石油工业的危险因素在事故发生中所占比例

类别	危险因素	危险因素的比例(%)	
		化学工业	石油工业
1	工厂选址问题	3.5	7.0
2	工厂布局问题	2.0	12.0
3	结构问题	3.0	14.0
4	对加工物质的危险性认识不足	20.2	2.0
5	化工工艺问题	10.6	3.0
6	物料输送问题	4.4	4.0
7	误操作问题	17.2	10.0
8	设备缺陷问题	31.1	46.0
9	防灾计划不充分	8.0	2.0

由表 1-1 可知,设备缺陷问题是第一位的危险,若能消除此项危险因素,则化学工业和石油工业的安全就会获得有效改善。在化学工业中,“4”和“5”两类危险因素占较大比例。这是由以化学反应为主的化学工业的特征所决定的。在石油工业中,“2”和“3”两类危险因素占较大比例。石油工业的特点是需要处理大量的可燃物质,由于火灾、爆炸的能量很大,所以装置的安全间距和建筑物的防火层不适当时就会形成较大的危险。另外,误操作问题在两种工业危险中占较大比例。操作人员的疏忽常常是两种工业事故的共同原因,而在化学工业中所占比例更大一些。在以化学反应为主体的装置中,误操作常常是事故的重要原因。

1.1.3 化学工业安全生产的技术措施

安全技术措施是为消除生产过程中各种不安全、不卫生因素,防止伤害和职业性危害,改善劳动条件和保证安全生产而在工艺、设备、控制等各方面采取一些技术上的措施。安全技术措施是提高设备装置本质安全性的重要手段。“本质安全”一词源于防爆电气设备,这种电气设备没有任何附加的安全装置,完全利用本身构造的设计,限制电路在低电压和低电流下工作,防止产生高热和火花而引起火灾或引燃爆炸性混合物。设备和装置的本质安全性是指对机械设备和装置安装自保系统,即使人操作失误,其本身的安全防护系统能自动调节和处理,以保护设备和人身安全。安全技术措施必须在设备、装置和工程设计时就要予以考虑,并在制造或建设时给予解决和落实,使设备和装置投产后能安全、稳定地运转。

不同的生产过程存在的危险因素不完全相同,需要的安全技术措施也有差异,必须根据各种生产的工艺过程、操作条件、使用的物质(含原料、半成品、产品)、设备以及其他有关设施,在充分辨识潜在危险和不安全部位的基础上选择适用的安全技术措施。

安全技术措施包括预防事故发生和减少事故损失两个方面,这些措施归纳起来主要有以下几类。

1. 减少潜在危险因素

在新工艺、新产品的开发时,尽量避免使用具有危险性的物质、工艺和设备,即尽可能用不燃和难燃的物质代替可燃物质,用无毒和低毒物质代替有毒物质。这样,火灾、爆炸、中毒事故将因失去基础而不会发生。这种减少潜在危险因素的方法是预防事故的最根本措施。

2. 降低潜在危险因素的数值

潜在危险因素往往达到一定的程度或强度才能施害。通过一些方法降低它的数值,使之处在安全范围以内就能防止事故发生。如作业环境中存在有毒气

体,可安装通风设施,降低有毒气体的浓度,使之达到容许值以下,就不会影响人身安全和健康。

3. 连锁

当设备或装置出现危险情况时,以某种方法强制一些元件相互作用,以保证安全操作。例如,当检测仪表显示出工艺参数达到危险值时,与之相连的控制元件就会自动关闭或调节系统,使之处于正常状态或安全停车。目前,由于化工、石油化工生产工艺越来越复杂,连锁的应用也越来越多,这是一种很重要的安全防护装置,可有效地防止人的误操作。

4. 隔离操作或远距离操作

由事故致因理论得知,伤亡事故的发生必须是人与施害物相互接触,如果将两者隔离开来或保持一定距离,就会避免人身事故的发生或减弱对人体的危害。例如,对放射性、辐射和噪声等所采取的提高自动化生产程度,设置隔离屏障,防止人员接触危险有害因素都属于这方面的措施。

5. 设置薄弱环节

在设备或装置上安装薄弱元件,当危险因素达到危险值之前这个地方预先破坏,将能量释放,防止重大破坏事故发生。例如,在压力容器上安装安全阀或爆破膜,在电气设备上安装保险丝等。

6. 坚固或加强

有时为了提高设备的安全程度,可增加安全系数,加大安全裕度,提高结构的强度,防止因结构破坏而导致事故发生。

7. 封闭

封闭就是将危险物质和危险能量局限在一定范围之内,防止能量逆流,可有效地预防事故发生或减少事故损失。例如,使用易燃、易爆、有毒、有害物质时,把它们封闭在容器、管道里面,不与空气、火源和人体接触,就不会发生火灾、爆炸和中毒事故。将容易发生爆炸的设备用防爆墙围起来,一旦爆炸,破坏能量不至于波及到周围的人和设备。

8. 警告牌和信号装置

警告可以提醒人们注意,及时发现危险因素或危险部位,以便及时采取措施,防止事故发生。警告牌是利用人们的视觉引起注意;警告信号则是利用听觉引起注意。目前应用比较多的可燃气体、有毒气体检测报警仪,既有光也有声的报警,可以从视觉和听觉两个方面提醒人们注意。

此外,还有生产装置的合理布局、建筑物和设备间保持一定的安全距离等其他方面的安全技术措施。随着科学技术的发展,还会开发出新的更加先进的安全防护技术措施。