

炼油厂和石油化工厂 生产事故预防

В.Л.巴尔德, А.В.库津 著

中国石化出版社

TE 687
003



06486E

炼油厂和石油化工厂 生产事故预防

B.П.巴尔德, A.B.库津 著

熊吉纳 陈文造 马俊修 译

火其耕 校



200427216

中国石化出版社

(京)新登字048号

内 容 简 介

本书叙述了炼油和石油化工各种生产设备操作和维修时特有的事故和伤害,分析了事故原因,提出了预防事故的建议,并阐述了重新投入使用项目在设计阶段和施工安装中的问题。

本书供炼油和石油化工企业,科研单位和设计单位的工程技术人员阅读,对高等学校和中等技术学校的教师亦有帮助。

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

В. Л. Бард, А. В. Кузин

Издательство «Химия», 1984

炼油厂和石油化工厂生产事故预防

В. Л. 巴尔德, А. В. 库津 著

熊吉纳 陈文浩 马俊修 译

火其耕 校

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码: 100029)

人民大学印刷厂印刷排版

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 8%印张 180千字印1—3000

1992年8月北京第1版 1992年8月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-235-1/TE·043 定价: 4.45元

译 者 的 话

炼油厂和石油化工厂有大量高温高压的设备和管线，介质又多为易燃易爆物质。随着我国国民经济的迅速发展，炼油和石油化工装置规模日益扩大，加工深度不断加深，新型装置大量建成，安全生产成为工厂发展中不容忽视的大问题。

本书是一本论述安全生产的专著。作者结合前苏联及欧美、日本等国炼油和石油化工过程中发生的事故实例，从设计、施工、操作、维修等方面对新建装置、老装置改造中易发生事故的薄弱环节，促发事故的原因进行了剖析，并提出了相应的预防措施和建议。本书内容涉及面广，对工艺装置、油品储运、调合、装卸、洗罐以及自控、静电防护、火炬等方面的安全问题均有所论述。对于我国炼油和石油化工生产中事故的预防 and 安全教育都有一定的参考价值。

在翻译本书过程中，在保持原文结构和风格基础上，对一些与我国国情不尽相同的冗长的论述（如强化工会职能方面）及前后重复的部分进行了一些删节和归并，以使内容更集中，条理更清晰。

由于我们水平有限，译文难免有错误，恳请读者提出宝贵意见。

原 序

近年来,在炼油和石油化工部门的技术改造、炼油工艺的改进和建立安全无事故的劳动条件方面进行了大量的工作。

在苏联第十个五年计划期间,化工和石油化工部门为了实施改善劳动条件综合计划的各项措施和卫生保健措施,就花费了10亿多卢布。其费用的一半用于生产企业的重建和技术改造。在这些工业部门的企业中采用了大量的新工艺过程,完成了一系列劳动保护的重大科学研究。在工作场所,防止气体和粉尘污染以及改善照明方面,也采取了大量的措施。所有这些使得有可能极大地改善劳动条件,提高生产企业的的生产性,降低工伤事故和生产事故。提高炼油工业生产企业的技术水平,既可通过提高石油一次加工的单位加工能力,也可通过进一步扩大二次加工过程的途径来达到。但这却使事故危险性增长,因为在较小的生产场地,储存的和待加工的易着火爆炸原料或有毒原料的数量将大幅度增长。因此,在工艺生产过程中,甚至稍许偏离规定的工艺参数,就有可能导致事故的发生。例如,曾经出现过工厂整个被事故摧毁的情况。工艺装置出事故,停工检修,会带来巨大的损失,例如,加拿大的小炼油厂停工一天的费用约为5万美元,而石油加工联合企业的费用则高这25万美元。

据记载,1971年日本化学工业中发生了173次事故,死亡204人。美国国家防火协会的数据,美国烃类原料加工企

业中共发生3600次火灾，造成8900万美元损失。美国油罐区和输油站记录了1400次火灾，物质损失达5870万美元。

任何一个炼油和石油化工生产体，其安全基础是认真研究过的，且经过实践验证的工艺过程。

设计单位应该利用先进的科学技术成就，规定出保证生产体具有防火防爆能力的措施。但是，在掌握新工艺和大型机组的过程中，会出现一些在相应规程规范中尚未作出规定的劳动保护问题。此外，在设计方案中往往会有违反或偏离现行安全技术规范和卫生保健规范要求的地方。在施工安装过程中，还可能进一步违反和偏离要求，这样，问题将更加严重。统计资料表明，因工艺研究人员和设计单位差错造成的事故约占12%。

炼油和石油化工企业的操作要求操作人员具有特别认真和细心的态度，因为这里存在着易燃易爆危险性，有腐蚀性介质和高温高压，在许多工艺装置上同时并存着明火和大量的石油产品。

即使工艺装置的设计保证了高度安全性，也不等于装置的安全操作完全得以保障。装置的安全操作在很大程度上取决于操作人员的训练程度、组织纪律性和操作准确性。

新的质量水平、现代化的复杂工艺的应用和较复杂机器、机械和设备的采用，对操作人员及其知识水平和生产技能提出了更高的要求。在工艺装置的操作规程中叙述了操作人员的行为纲要，其中除了详细描述全部生产阶段和机械设备布置以外，还列出了工艺操作条件标准、开车操作规程、正常停车和事故停车操作规程、工艺过程安全条例，以及设备维护安全条例等，同时也给出了不破坏工艺过程稳定性的

工艺参数误差。

操作人员还应该做到：及时且熟练地对设备、阀门、管线、检测仪表等的状态实行技术监控；润滑并保持机器和工艺设备清洁；检查密封件的磨损和密封性能以及转动部件护罩的设置情况；监视紧急设施、信号和联锁装置、灭火工具的工作性能等，还应及时进行设备、管线和仪表的清洗、维修和更换。

在研究了事故调查材料后，从苏联国家矿山技术检查局的数据看，66.5%的爆炸、火灾和起火是由于误操作造成的，其中20%的事故是违反工艺操作规程的结果。

尽管炼油厂和石油化工厂自动化和机械化程度很高，但不能低估人在生产中的作用。只有熟知劳动保护及其最重要组成部分——安全技术要求，才能保障顺利高效的工作，才能可靠地防止工人在工作地点粗心大意和避免陷入意外的危险境地。

大量事故和不幸事件是在为设备检修做准备时和未做检修准备就进行设备和管线检修时发生的，也可能是检修后试运行时违反安全条例造成的。

到目前为止，外部供电系统不完善是一些有起火爆炸危险的炼油厂发生严重事故的隐患。企业的稳定和安全操作在很大程度上取决于可靠而连续的电力、蒸汽和水的供应。但是，突然停电和蒸汽、水干管压力突然降低的事时有发生。由于这些原因，或由于某些防护手段和过程控制手段不完善，以及突然紧急停车和接着开车时操作人员操作失误，就会发生事故。许多企业的电力设备缺乏明确的“计划预防检修”系统，也是导致多次事故停车的原因。电器设备停车原

因的分析表明，很大一部分停车（约40%）是由于电工的疏忽造成的。

在许多情况下，缺少检测仪表或检测仪表不完善和不可靠，以及对工艺过程自控手段的工作质量和对联锁、信号系统的工作性能缺乏主管单位有效的监督，也是造成事故的原因。还可遇到一些情况，由于缺少可靠的安全联锁系统，在温度、压力和液位变化达到危险极限时，不能对事故状态发出警报，从而导致有爆炸危险的混合物在封闭的设备和管线中发生爆炸。

检测仪表用的压缩空气，并不是在所有企业中都经过相应的净化处理，这样，空气纯度达不到要求，因而使仪表、自动联锁系统和其它防护手段失效。

液化气的运输、储存和装卸，是液化气生产和使用中最繁重的工艺作业。液态烃的蒸汽比空气重，如果一部分烃类蒸汽逸散在周围环境中，它们便集聚在各种位置低下的低洼处（地沟、井坑和低地），在空气中达到一定的百分含量后，就会形成有爆炸危险的混合物，遇到明火或甚至很小的火星就会引燃爆炸。尤其危险的是在压缩机房、泵房等密闭房间中形成高浓度的爆炸危险物。液化气储运系统的操作经验表明，不熟悉甚至稍许违反它的安全条件，都会导致严重后果，成为众多事故、不幸事件和损失的原因。

因此，管线和管件阀门的安全无事故运行具有重要的意义。炼油厂和石油化工厂的工艺流程中存在着大量管线和管件阀门。为了提高这些企业的安全性，对操作压力在0.001（真空度）~10MPa，操作温度在150~700℃范围内，运输液态和气态非腐蚀性介质和腐蚀性介质（包括有起火爆炸

危险的液体和液化气)的钢制工艺管线,制定了指导性的有关运行、检查、维修和报废的技术规定。即使这样,仍有大量的事故是由于管线运行中的缺陷造成的。

在执行改善劳动条件和劳动保护任务的过程中,苏联制定的劳动安全标准体系起着重要的作用。该体系的各项指标,同部门间的和部门的技术规定一起,构成了评价单个机组、工艺过程的安全水平,以及评价生产企业整体劳动安全状况的准绳。(前不久,劳动安全标准体系实际已经编制完成,目前阶段的主要任务是在所有工业部门,在生产和设计的各个阶段积极贯彻执行这一体系)。

生产过程的复杂性和对操作人员技术水平和组织纪律性要求的提高,决定了不论从国家监督机关,还是从企业技术服务部门和社会公众力量,都必须加强对现有规程规范执行情况的监督。

除了采用新型高效设备、实现主要工艺过程和辅助工艺过程的综合机械化和自动化,以及改进制成品的结构和采用新型原料和材料以外,必须更加重视预防工作。为了促进这一工作,可在炼油和石油化工厂采用统一的工作体系来建立安全的劳动条件和科学的劳保管理基础。

社会公众力量对于工人和职员的劳动保护起着巨大的作用。毫无疑问,企业的安全技术工程师、技术或矿业技术检查员、技术监督代表应该监视技术设备的完好状况和工人学习安全劳动方法的质量。但是,不论这些工作人员怎样尽心地履行自己的职责,只靠他们的力量是无法保证工人的劳动安全的。必须让劳动保护条例成为生产队组本身及其全体成员生活的章程,这时才能在集体中无条件地执行安全要求,

建立最广泛的相互间的社会监督。

为了彻底消除生产事故和工伤事故，必须让集体中的每个成员（从领导到工人）在自己负责的工段上无条件履行职责。在设备运行时、为高度危险性作业作准备时或作业过程中严格遵守工艺规程和安全条例，具有自身责任感。每个劳动者应该深刻地意识到，只要集体中有一个成员（不论是工人、工长、技术员或工程师）在工作中稍有疏忽，不守纪律和不能及时采取措施，都可能导致后果严重的事故。

作者在本书中力求根据国内外炼油企业和石油化工企业的操作经验，总结和分析事故（爆炸、火灾、起火）的原因，提出符合规程规范要求的保证安全劳动条件的建议，并指出炼油厂和石油化工厂预防生产事故和工伤事故的主要方向。

书中错误在所难免，作者将诚恳接受读者的所有批评意见和建议。

目 录

第一章 石油和石油产品加工中防火防爆总要求	1
第一节 火灾爆炸危险性指标.....	1
第二节 防火与防爆安全.....	6
第三节 生产体爆炸起火和火灾危险程度评价.....	11
第二章 工艺过程设计和设备设计安装中的错误及其预防措施	18
第一节 生产体设计施工中因疏忽和错误导致的后果.....	21
第二节 预审查.....	38
第三章 生产过程和设备的典型事故及安全保障	58
第一节 工艺过程进行中的事故.....	59
第二节 单个工艺装置操作时的安全要求.....	68
第三节 油品贮存与运输中的安全保证.....	90
第四节 静电放电引起事故的预防.....	152
第五节 检测仪表和自动保护手段.....	161
第六节 火炬系统.....	190
第四章 设备和管线检修时事故的预防	197
第一节 检修时发生事故的原因.....	197
第二节 设备及管线准备检修和组织检修时的安全要求.....	210
第三节 在塔、容器、阀井和地沟内进行操作.....	225
第四节 换热设备的检修.....	232

第五节 机泵设备的检修.....	233
第六节 油罐和气罐的检修.....	241
第七节 管线的检修.....	246
结束语.....	249
参考文献.....	251

第一章 石油和石油产品加工中 防火防爆总要求

在炼油工业和石油化学工业中，由于加工的原料和生产的产品具有易燃易爆性质，而且大多过程为高温、高压，使危险性更为严重，因此预防火灾和爆炸事故是最重要的一项任务。随着工艺过程的强化和设备加工能力的提高，这个问题的紧迫性显得越来越突出。

第一节 火灾爆炸危险性指标

石油产品和有机化学产品（以下统称为物质）按其火灾爆炸危险性可分为：气体（在50℃以下，绝对压力等于或高于300kPa的蒸汽，或其临界温度低于50℃的物质）；液体（熔点不超过50℃的物质）；固体（熔点高于50℃的物质）；粉尘（颗粒大小在850μm以下的散落固体物质）。在全苏国家标准ГОСТ12·1·017-80中规定了下述的火灾爆炸危险性指标。

可燃性 可燃性是决定物质自燃能力的性质，它与物质-氧化介质体系的状态参数（温度、压力、体积）有关，也与物质的聚集状态（粉碎度）和氧化介质有关。物质按其可燃性分为三类：不燃物（在常规组分的空气中不能燃烧的物质，但不燃物可能是爆炸危险物）；难燃物（在着火源作用下能燃烧，但离开着火源后不能自燃的物质）；可燃物（在常规组分的空气中能自燃的物质）。可燃物又分为易燃物

(低能量着火源短时间作用即能将其引燃的物质)；中等可燃物(低能量着火源长期作用才能将其引燃的物质)；难燃物(只有在强大着火源作用下才能被引燃的物质)。

闪点不超过61℃(闭杯)或66℃(开杯)的可燃物属于易燃物。表1列出了按闪点分类的易燃物。人们正是利用可燃度的分类，按照火灾爆炸的危险程度，并根据苏联卫生标准与规定СНП11-90-81和电气设备安装规程的要求，来确定生产类型。

表 1 易燃液体的分类

易 燃 液 体	闪 点, °C			
	闭 杯		开 杯	
特别危险液体		- 18		- 13
危险液体	23	- 18	27	- 13
高温下危险液体	23	61	27	66

潜燃性 潜燃性是一个热动力学数值，表示以下两种能量之差：该物质在所研究氧化介质中(在给定参数下)维持充分独立燃烧所需要的能量，以及最可燃的物质或混合物在此介质中燃烧时实际放出的能量。人们利用潜燃性指标定量评价物质的可燃程度。在具体介质中可燃物质的潜燃性为负值，不燃物质的潜燃性为正值，所可燃性最大的物质或混合物的潜燃性则等于零。

除催化剂与阻燃剂以外，物质的气态混合物的潜燃性等于该混合物中每个物质的潜燃性相乘，再除以它们在混合物中所占的摩尔比率。在计算最小缓燃浓度和最低引燃浓度时，也将用到潜燃性指标。

闪点 闪点是可燃物质在专门试验条件下的最低温度。

在这一温度下物质表面形成蒸汽或气体，它们能在空气中被着火源点燃，但其生成速度尚不足以维持稳定的燃烧。闪点用来对液体进行分类和质量评定，也可以用于按火灾爆炸危险程度对生产体、建筑物和装置进行分类。

燃点 如果可燃物质生成可燃蒸汽的速度足以使蒸汽被火源点燃后产生稳定的燃烧，这时的温度称为燃点。人们利用燃点确定物质的可燃程度，以及评价设备与工艺过程的火灾危险性。

自燃点 自燃点是物质的放热反应速度急骤增加最终出现火焰燃烧时的最低温度。在评价物质的火灾爆炸危险性时，应该利用物质的标准自燃点和最低自燃点。气体或液体蒸汽的标准自燃点和最低自燃点分别按全苏国家标准 ГОСТ 13920-68 和 ГОСТ 12.1.017-80 来测定。

最低（最高）引燃浓度 即指可燃物在可燃物-氧化介质混合物中的最低（最高）含量，在这一含量下火焰可以沿混合物扩展到离开火源的任何地方。最低引燃浓度用于按火灾爆炸危险程度对生产体进行归类。

在计算工艺设备和管线内的气体或蒸汽安全防爆浓度时，以及在计算有潜在着火源的工作区域空气中气体或油气的防爆允许浓度极限时，必须应用最低和最高引燃浓度指标。最低和最高引燃浓度的经验值和计算值均可采用。

最低（最高）引燃温度 指物质在具体氧化介质中形成饱和蒸汽时的温度，如果这时饱和蒸汽的浓度等于最低引燃浓度，则称为最低引燃温度；如饱和蒸汽浓度等于最高引燃浓度，这时的温度称为最高引燃温度。液体蒸汽的最高、最低引燃温度可用于计算工艺设备防火防爆的温度操作参数，

评价因可燃液体喷溅造成的事故状态，以及用于计算最高、最低引燃浓度。

自热点 物质发生实际可识别放热过程时的最低温度。自热点用来选择物质的加热安全条件。不超过自热点90%的温度，被认为是物质长时间加热的安全温度。

阴燃点 指物质的氧化放热反应速度急剧增加，最终发生阴燃时的温度。阴燃点用来鉴定火灾原因和制定措施，以保障工艺过程的防火安全。

热自燃温度条件 指环境温度、物质、物质达到自燃前的时间这三者在专门试验条件下所显示的关系。在知道可引起物质自燃的最低环境温度后，便可选择易自燃物质安全存放和安全加工的条件。

最小着火能 使最易燃的“气体-空气”混合物（或“蒸汽-空气”、“粉尘-空气”混合物）被引燃所需要的最小电荷能量。最小着火能指标被用来为可燃物的加工提供防火、防爆安全条件，且为工艺过程提供防静电火花的安全条件。

含氧指数 含氧指数是在专门试验条件下，在氧-氮混合物中聚合物材料可能发生烛光式燃烧时氧的最低含量。在研制低燃烧性复合聚合物材料时，及审查塑料的燃烧程度时，应该利用含氧指数。

与水、空气中氧或其他物质相互作用（接触）时的爆炸着火能力 在按火灾爆炸危险程度对生产体分类时，选择工艺过程的安全实现条件和物质共同储存的安全存放条件时，均要使用物质相互接触的危险性方面的数据。

燃烧速度 燃烧速度是指单位时间内单位面积上烧去的可燃物的量，常用来计算确定储罐内火灾的持续时间、放热

强度和火灾的温度条件。

生烟系数 生烟系数是单位重量物质在燃烧时生成的烟量，用以说明物质燃烧时的生烟能力。物质按生烟能力分为三类：小生烟能力物质（生烟系数 ≤ 50 ）；中等生烟能力物质（生烟系数 > 50 ，但 ≤ 500 ）和高生烟能力物质（生烟系数 > 500 ）。

火焰扩散指数 用它说明火焰沿物质表面扩散的能力。聚合材料、油漆涂层和织物可分为火焰不扩散的（火焰扩散指数的算术平均值 ≤ 1 ）、火焰扩散慢的（火焰扩散指数的算术平均值 > 1 ，但 ≤ 20 ）和火焰扩散快的（火焰扩散指数的算术平均值 > 20 ）三类。

燃烧产物毒性指标 聚合材料的燃烧产物毒性指标，是指其燃烧产物使试验动物50%致死时聚合材料与单位体积的密闭空间之比。此指标用于评价各种物质燃烧产物的毒性。

氧气最低爆炸危险含量 氧在可燃混合物中的浓度。低于此浓度时，不论可燃物在混合物中的含量多少，都不可能造成混合物被引燃并燃烧。此指标在计算工艺设备的防火防爆操作条件时，选择“氮呼吸”系统的操作条件和选择风动输送的安全操作条件时，以及在研制防爆系统和防爆装备、灭火系统和灭火装备时要用到。

惰性稀释剂缓燃浓度 这是在混有空气的混合物中，相应于氧气最低爆炸危险含量的惰性缓燃剂的浓度。此指标常用来计算气体和粉尘-气体混合物的安全组成。惰性稀释剂的缓燃浓度 ϕ ，可用下式计算求出（单位：%）。

$$\phi_0 = 100 - \frac{477.4}{100 - \phi_{H_2O}} \phi_{O_2}$$