



ER₂₀₀₇
ENGINEERING RISK

第三届石化装置工程风险分析技术应用研讨会论文集

工程风险分析技术应用进展

合肥通用机械研究院国家压力容器与管道安全工程技术研究中心
中国石化股份有限公司工程风险分析技术研究中心

合肥工业大学出版社

工程风险分析技术应用进展

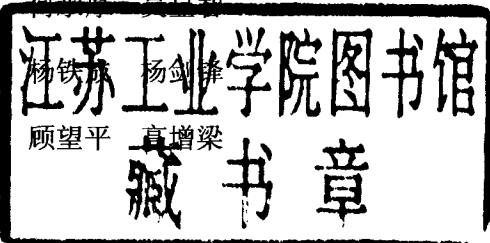
——第三届石化装置工程风险分析技术应用研讨会论文集

ER2007 (ENGINEERING RISK 2007)

主 编 合肥通用机械研究院国家压力容器与管道安全工程技术研究中心
中国石化股份有限公司工程风险分析技术研究中心

编委会成员：(按姓氏笔画排序)

王 冰 王建军 艾志斌 关卫和 曲 豫 吕运容 刘农基 朱晓东
陈 钢 陈学东 陈颖锋 寿比南 沈士明 李信伟 何承厚 吴景智
吴俊良 罗 弘 周 敏 苗均柯 麦郁穗 杨 景 杨铁林 杨剑锋
贾国栋 郝相敏 赵立凡 赵建平 徐 刚 高金吉 顾望平 高增梁
唐东辉 黄汪平 韩建宇 董绍平 戴玉林 谢铁军



合肥工业大学出版社

合肥通用机械研究院国家压力容器与管道安全工程技术研究中心、中国机械工程学会压力容器学会和全国锅炉压力容器标准化技术委员会联合组织的“第三届石化装置工程风险分析技术应用研讨会”2007年12月在杭州召开。本书为此次会议的论文集，书中收集了介绍近年来国内有关技术机构、高校和企业工程风险分析技术(包括基于风险的检验-RBI、以可靠性为中心的维护-RCM、安全连锁仪表系统风险评估-SIL等)理论与工程应用研究成果的技术论文。对推进工程风险分析技术在我国推广应用具有积极意义。

本书可供工程风险分析及相关技术领域技术人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程风险分析技术应用进展 / 合肥通用机械研究院国家压力容器与管道安全工程技术研究中心, 中国石化股份有限公司工程风险分析技术研究中心等主编. —合肥: 合肥工业大学出版社, 2007.12

ISBN 978-7-81093-704-7

I.工… II.合… III.石油化工—化工设备—风险分析—学术会议—文集 IV.TE96-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第188540号

合肥工业大学出版社(合肥市屯溪路193号 邮政编码:230009)

电话:总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198

网址:www.hfutpress.com.cn

全国新华书店发行

印刷:合肥锐达印务有限责任公司印刷

开本:889mm×1194mm 1/16

印张:20

字数:570千字

印次:2007年12月第1版 2007年12月第1次印刷

责任编辑:孟宪余

封面设计:艾志斌

版式设计:王晓莉

责任校对:邓立文

书号:ISBN 978-7-81093-704-7

定价:80.00元

序


合肥通用机械研究院国家压力容器与管道安全工程技术研究中心、中国机械工程学会压力容器学会和全国锅炉压力容器标准化技术委员会联合组织的第三届工程风险分析与应用技术交流会,2007年12月在杭州举行,为来自全国各地的数百位承压设备工程风险评价与控制技术工作者提供了一个宝贵的沟通、技术与交流研讨的机会。

国家质检总局特种设备安全监察局一直以来对工程风险分析技术在我国石化装置试点应用情况给予充分的关注,在总结初步应用成果的基础上于2006年发布了在石化企业开展RBI试点的通知,肯定了RBI的作用与意义,并对推广应用提出了明确意见。合肥通用机械研究院、中国特种设备检测研究院等科研机构、高校及企业在引进、吸收、消化的基础上进行了再创新,取得了多项重大理论及工程应用研究成果,并在此基础上建立了适合我国实际情况的风险评估方法,为该技术在我国相关工业领域的推广应用打下了坚实的基础。

重视和促进工程风险分析技术的推广应用,不仅对保障我国特种设备长周期安全运行、提高我国特种设备安全管理水平具有十分重要的意义,同时也可为我国特种设备安全监察的法规、规范的制修订提供科学的依据。

《工程风险分析技术应用进展(第三届石化装置工程风险分析技术应用研讨会论文集)》一书,集中介绍了国内有关科研机构、高校和企业近年来在工程风险分析技术领域所取得理论及工程应用研究成果。对推进工程风险分析技术在我国的应用具有积极意义。

国家质量监督检验检疫总局特种设备安全监察局

局长: 

2007年12月6日

目 录

RBI 技术与应用

应用 RBI 技术提高我国石化装置承压设备安全保障技术水平·····	艾志斌等 (1)
工程风险分析技术在我国石化工业中的实践与思考·····	沈士明 (11)
中国特检院 RBI 技术应用概述·····	林树青等 (20)
以风险与寿命为基准的承压设备设计与制造·····	陈学东等 (32)
炼油厂典型装置主要腐蚀机理分布·····	陈学东等 (38)
RBI 技术应用于炼油装置检验周期调整的实例分析·····	曲 豫等 (64)
基于风险的检测(RBI)中以剩余寿命为基准的失效概率评价方法·····	陈学东等 (72)
高压加氢裂化装置风险分析与最佳检验周期研究·····	赵建平等 (79)
基于风险的检验在我国石化设备中的应用研究·····	王印培等 (84)
乙烯装置风险评估(RBI)及在线检验结果验证及分析·····	王 辉等 (90)
RBI 和 HSE 在设备管理维护方面的异同·····	林筱华 (96)
在役稳定塔的定量风险评价·····	周杨飞等 (105)
多失效模式相关的可靠性分析研究进展·····	王 恒等 (110)
RBI 技术在炼油装置检修的应用·····	刘 雁等 (115)
定量 RBI 技术在聚丙烯装置上的应用研究·····	杜晨阳等 (121)
采用汽油加氢和芳烃抽提工艺制苯的装置风险评析·····	史 进等 (127)
RBI 工作在国内的应用与问题思考·····	胡久韶等 (132)
风险评价技术在提升醚化反应器操作压力中的应用·····	王应植 (136)
模糊逻辑与人工神经网络技术在城市埋地燃气管道第三方破坏中的应用 ·····	赵建平等 (142)
含缺陷 PTA 冷凝器的定量风险分析·····	赵建平 (147)
国内尿素装置风险评估的尝试·····	姜海一等 (153)
储运类压力管线风险水平的综合分析·····	谢国山等 (158)
常压塔定量风险分析·····	李卫卫等 (163)
定期检验中的 RBI 技术应用·····	李 洪 (168)

加氢裂化反应系统的腐蚀状况与风险分析	林筱华 (174)
应力腐蚀开裂的发展过程及统计分析方法	汪微微等 (184)
乙二醇蒸发器失效可能性分析	王 恒等 (190)
原油储罐液相泄漏后果研究	陆银耳等 (195)
基于风险的检验(RBI)技术在丁辛醇装置的应用	蒋金玉等 (201)
风险评估在常减压装置中应用的分析比较	程四祥等 (207)
区域风险图自动生成系统的开发	杨林娟等 (210)
基于风险的检测(RBI)技术在 PTA 装置的应用	陆秀群等 (216)
基于风险的检验(RBI)技术在合成氨装置中应用的分析比较	周 杨等 (223)
存在原始裂纹的压力容器可靠性指数分析	陈 炜等 (227)
石化装置中应力腐蚀开裂及其敏感性分析—基于 RBI 技术	陈 炜等 (232)
液化石油气球罐区的风险评价	李育娟等 (237)
风险评估在延迟焦化装置的应用	周 斌等 (244)
基于风险的检验(RBI)在国内合成氨装置中的应用	姜海一等 (247)
RBI 软件中温度的选取	林筱华 (252)
浅谈 RBI 技术在大庆炼化公司生产实际中的应用	杨 春等 (263)
大庆炼化公司装置生产实际中对 RBI 技术的应用	王 刚等 (267)
石化装置在用安全阀风险评估技术研究	刘 扬等 (273)
RBI 在 CI 联合中的应用分析	乔光谱等 (278)

RCM 技术与应用

石化装置 RCM 分析中的设备层次要求	黄汪平等 (282)
---------------------------	------------

SIL 技术与应用

基于风险的资产管理方法—SIL 在石化工业中的应用	高增梁等 (286)
SIS 定量计算中共因失效组划分的一种方法	亢海洲等 (290)
SIL 定量风险评估技术在加氢裂化装置上的应用	朱建新等 (294)
风险评估失效可能性分析的多层次灰色评价方法研究	朱建伟等 (299)
安全联锁系统(SIS)常用评估方法探讨	方向荣等 (307)

应用 RBI 技术提高我国石化装置承压设备安全保障技术水平

艾志斌¹ 杨铁成¹ 陈学东¹ 邢继顺² 阚强生² 袁小军²

(1. 合肥通用机械研究院国家压力容器与管道安全工程技术研究中心, 安徽 合肥, 230031;

2. 法国国际检验局 (BV))

摘要: RBI、RCM 和 SIL 构成了基于风险的资产完整性管理 (RBM) 技术, 在国外发达国家石化行业正在不断推广应用并得到广泛的认可。本文在总结了作者单位近几年在中石化、中石油的 27 家大型石化企业 64 套炼油及化工装置开展 RBI 工作所取得的成果, 并就进一步促进 RBI、RCM 及 SIL 技术在我国石化装置的应用问题进行讨论。

关键词: 基于风险的检测 (RBI)、以可靠性为中心的维护 (RCM)、安全联锁系统安全评价 (SIL)、石化装置

Application of RBI Technology to Improve Safeguard Technology of Pressure-Bearing Equipment for Domestic Petrochemical Plant

AI Zhi-bin YANG Tie-cheng CHEN Xue-dong

(Hefei General Machinery Research Institute National Technical Research Center on Safety Engineering of Pressure Vessels and Pipelines, Hefei, 230031, Anhui)

Abstract: RBI, RCM and SIL constitute the risk-based assets integrity management (RBM) technology, which is now continuously disseminated and applied in petrochemical industry of foreign developed countries and gains extensive recognition. In this paper the achievements obtained from RBI works conducted by the authors in recent years on 64 sets of oil refining and chemical plants of 27 large-scale petrochemical enterprises in SINOPEC and PetroChina system are summarized and the problems about further promoting the application of RBI, RCM and SIL technology in domestic petrochemical plant are discussed.

Keywords: Risk-based inspection (RBI); reliability-centered maintenance (RCM); safety instrumented level (SIL); petrochemical plant

1 引言

基于风险的检测(RBI)、以可靠性为中心的维护(RCM)和 SIL 构成了基于风险的资产完整性管理(RBM)技术, 它含盖了石化装置中几乎所有的动/静设备、管线以及电气、仪表和安全保护系统。在国外发达国家石化行业正在不断推广应用并得到广泛的认可

随着全球工业化对能源需求程度的不断提高, 石油化工行业在国民经济中所占地位具有越来越重要战略意义。目前石油化工生产装置正逐渐向大型化、复杂化发展, 原油品质总体上呈下降趋势。石油化工装置能否实现长周期稳定生产就是决定企业竞争力重要影响因素之一。为此, 近二十年来基于风险的资产完整性管理技术(RBM)被认为是先进的资产管理技术在发达国家在石化装置上得到广泛应用。通过对装置进行 RBM, 可以减低装置的非计划停车次数, 避免对社会稳定产生重要影响的重大灾难性事故的发生, 实现装置安全平稳运行。

本文在总结 2006 年底前已完成的各类石化套装置定量 RBI 实践以及以往已进行过的有关如何更好地促进 RBI 在我国石化装置的应用若干问题讨论的基础上[4][5]，进一步就有关 RBI、RCM 及 SIL 技术应用的一些问题展开讨论。

2 RBI 应用总结

2.1 风险分布情况

截至到 2006 年底，检验站已在中石化、中石油 27 家石化企业的 64 套装置上开展了 RBI 工作、同时在 3 家城市燃气储配企业的 3 套系统开展了 RBI 尝试，目前已开展 RBI 工作的装置类型已涵盖全部炼油装置和重点化肥及化工装置，其中炼油包括：常减压、延迟焦化、催化裂化、加氢裂化、加氢精制、连续重整、制氢、硫磺回收等，化工装置包括：乙烯裂解、环氧氯丙烷、MTBE、聚丙烯、聚乙烯、PXL 联合、二甲苯等，化肥装置为合成氨。涉及各类压力容器九千多台、管道四万多条。通过量的不断积累初步掌握了我国典型炼油装置的风险分布及设备和管道损伤特点。几种典型石化装置同类装置风险对比情况见图 1~图 4。

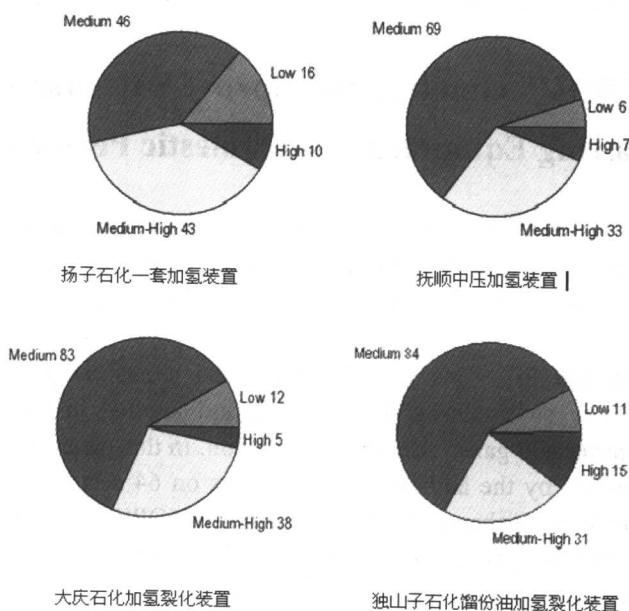


图 1 加氢裂化(包括加氢精制)风险对比

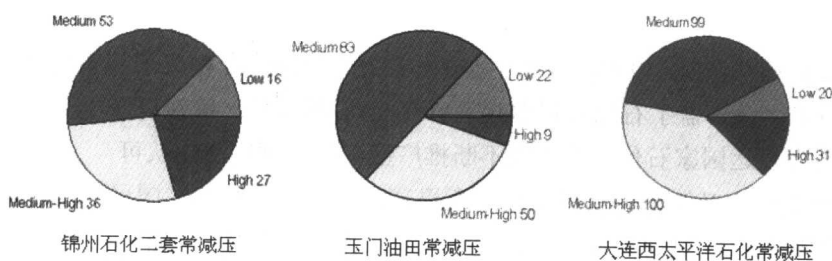


图 2 常减压风险对比

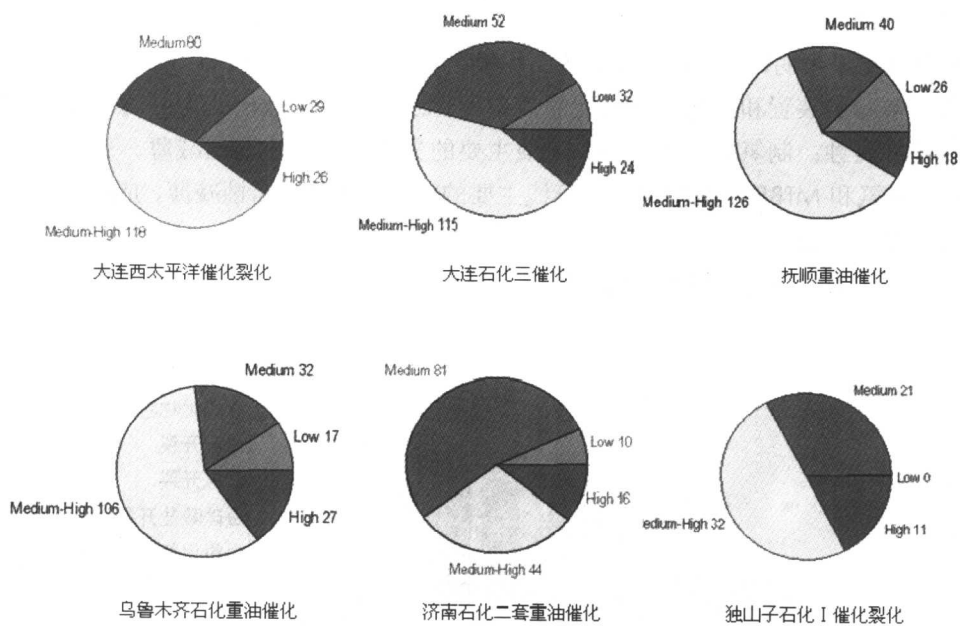


图 3 催化裂化风险对比

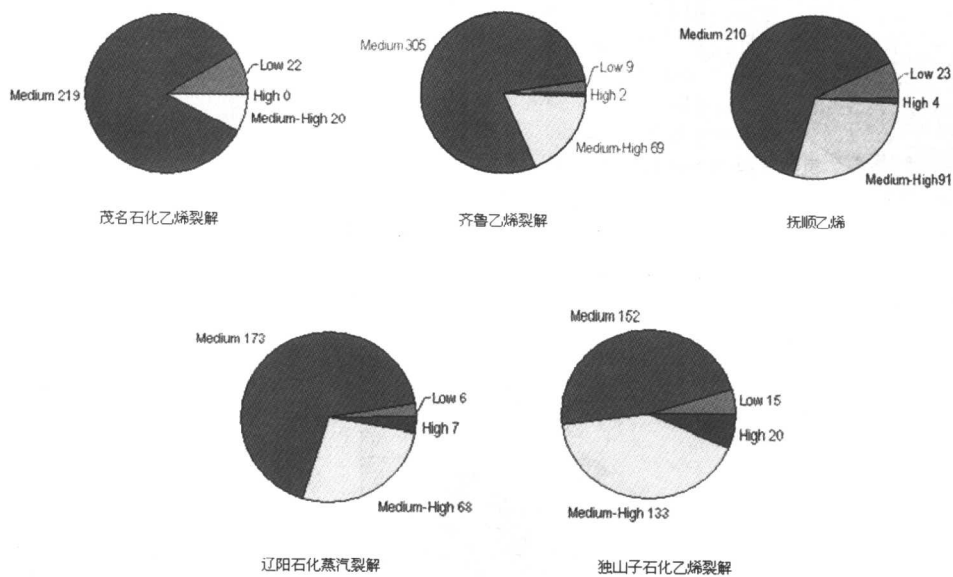


图 4 乙烯裂解风险对比

从以上同类装置风险对比情况可见，各类装置总体风险分别规律具有一定的相似性，相对而言，催化裂化和常减压装置总体风险水平较高，而乙烯裂解装置总体风险较低。同类装置之间存在的风险分布差异主要与装置运行年限、原料特性、设备与管道的设计选材、检验次数及有效性、运行管理等因素有关。

在不同类型的炼油装置中，加氢(包括裂化和精制)和催化装置中高风险以上设备和管道相对较多，而制氢装置则总体风险较低。化工装置总体风险水平低于炼油装置，相对而言乙烯裂解装置总体风险高于烷基苯和 MTBE，而环氧氯丙烷装置由于工艺介质中存在氯气和盐酸等有毒和强腐蚀性物质，因此风险较高。

2.2 失效模式与损伤机理分析

RBI 分析结果表明, 乙烯裂解装置静设备和管线主要的失效模式为: 腐蚀减薄、外部腐蚀; 加氢装置、常减压装置和催化裂化装置静设备和管线主要的失效模式为: 腐蚀减薄、应力腐蚀开裂、外部腐蚀; 制氢装置静设备和管线主要的失效模式为: 腐蚀减薄、外部腐蚀及高温氢腐蚀; 合成氨和 MTBE 装置静设备和管线主要的失效模式为: 腐蚀减薄、应力腐蚀开裂、外部腐蚀及高温氢腐蚀。

典型装置中静设备与管道的损伤机理分布情况统计结果见图 5~图 11。

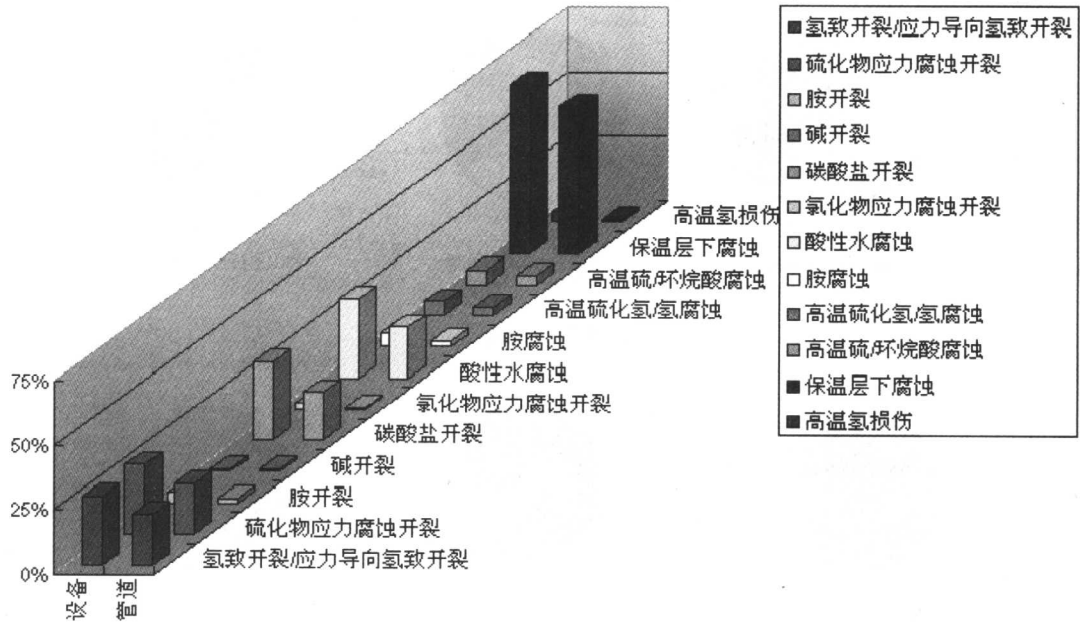


图 5 乙烯裂解装置损伤机理分布^{[6], [12], [20], [27]}

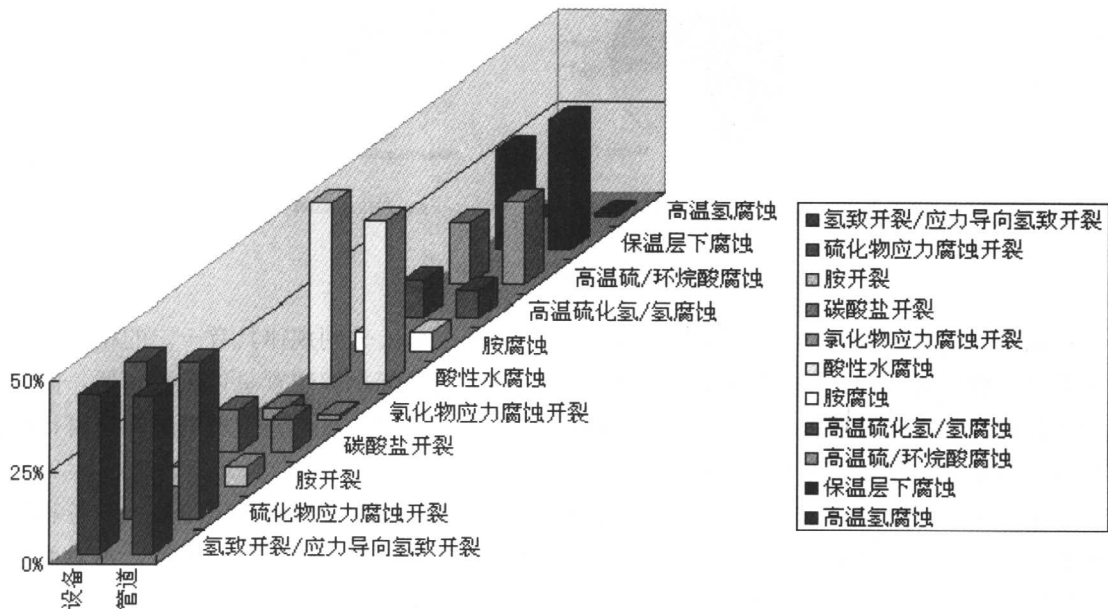


图 6 加氢装置损伤机理分布^{[7], [8], [14], [15], [16], [22], [29]}

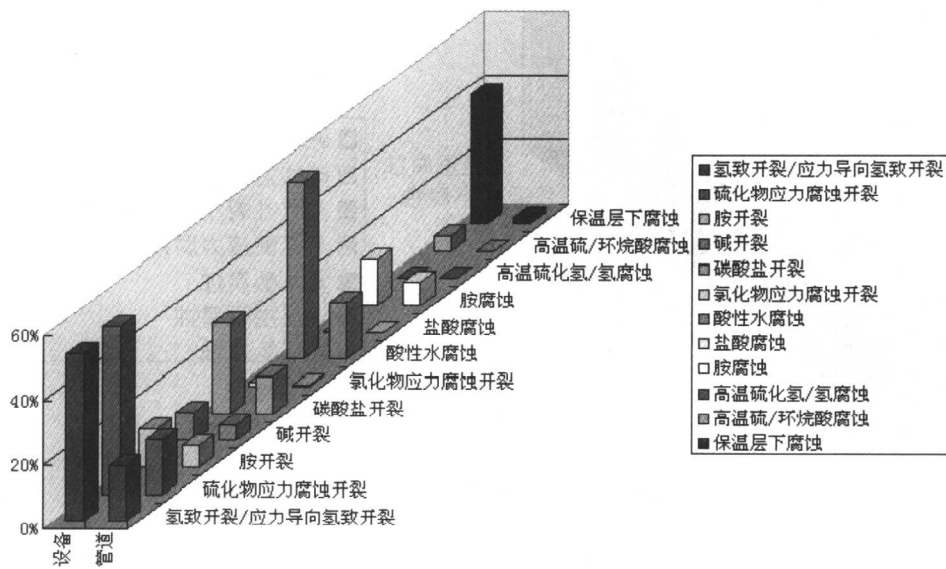


图7 催化装置损伤机理分布^{[10], [13], [17], [21], [24], [26]}

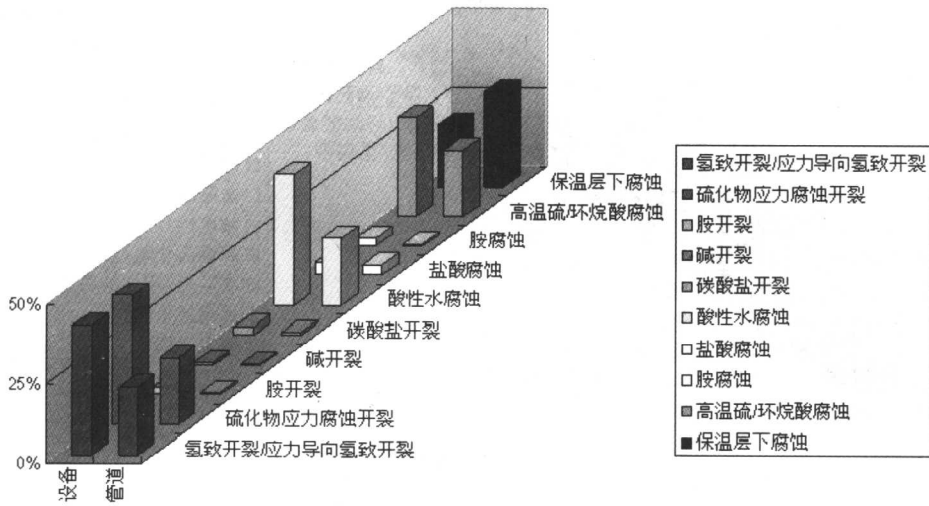


图8 常减压装置损伤机理分布^[9]

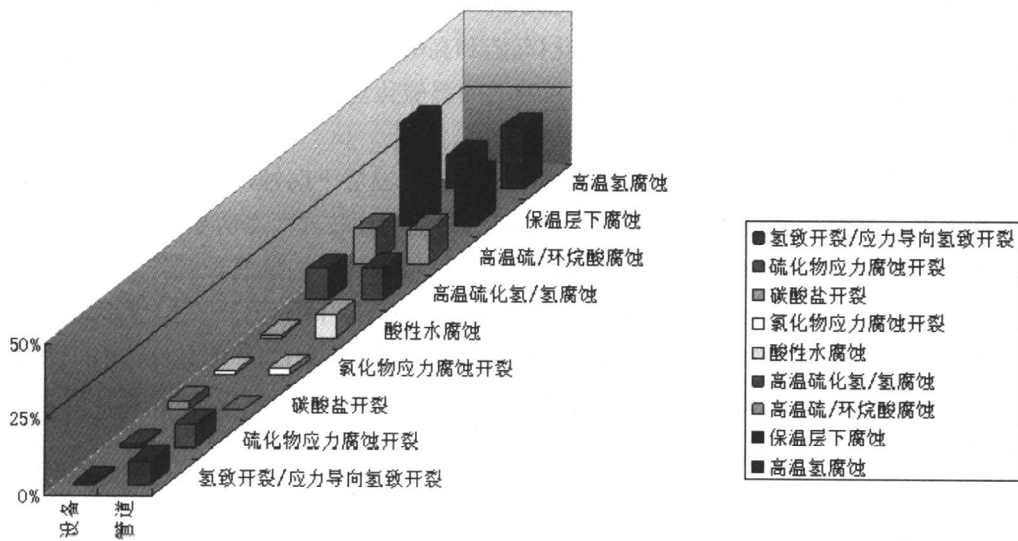


图9 制氢装置损伤机理分布^[11]

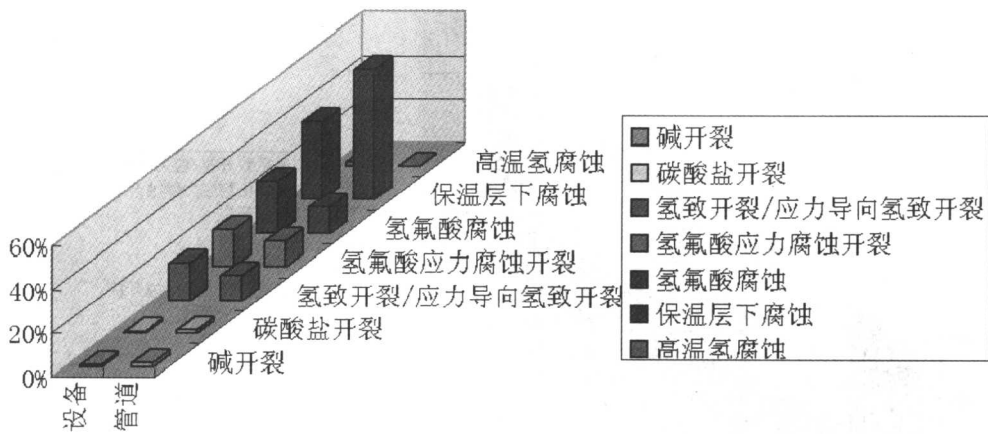


图 10 烷基苯装置损伤机理分布^[23]

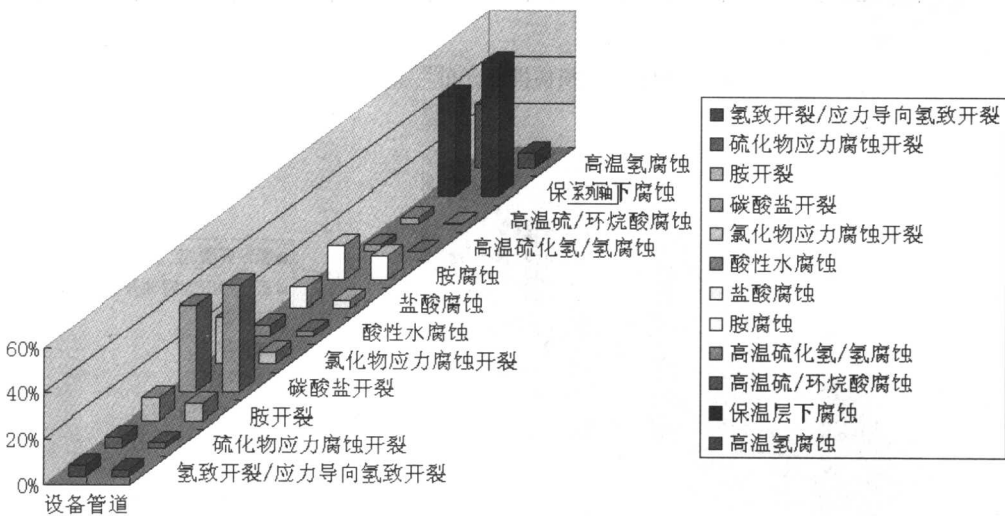


图 11 合成氨装置损伤机理分布^[25]

从图 9~15 所示损伤机理分布统计结果可见，炼油装置中除制氢以外，分布最广的损伤机理主要为湿硫化氢环境下的 SSCC 与 HIC/SOHIC、酸性水腐蚀等。导致这一现象出现的主要原油是各炼制企业的原油品质的普遍劣化(高硫和高酸值)。因此在现有条件下，对各炼油装置而言，采取防腐措施来防止设备和管道的湿硫化氢腐蚀失效是涉及到装置能否实现长周期运行的关键之一。

乙烯裂解装置中静设备和管道的主要损伤机理为保温层下腐蚀，其它形式的腐蚀损伤发生的概率较低，其运行过程中发生的腐蚀损伤相对典型炼油装置而言明显轻微。

合成氨装置中存在的主要损失模式为腐蚀应力腐蚀开裂、内壁腐蚀减薄、外部腐蚀以及高温氢损伤等。主要损伤机理为：湿硫化氢应力腐蚀(SSCC、HIC/SOHIC)、奥氏体不锈钢设备和管线的氯离子应力腐蚀开裂(包括保温层下腐蚀引起的 SCC)、碳酸盐应力腐蚀开裂、氨应力腐蚀开裂、保温层下腐蚀以及高温氢腐蚀等。其中应特别引起重视的是氨合成工段部分设备和管道高温氢腐蚀问题。

2.3 检验策略制定

RBI 检验策略是在定量 RBI 分析的基础上制定的，我们根据定量 RBI 结果针对 RBI 评估范围内的每一台静设备及每条管线制定了 RBI 检验策略。检验策略的主要内容包括检验部位，检测方法、检验比例(或数量)、检验周期等。同时对部分重点设备制定了较详细的检验方案。制

定出的 RBI 检验策略可用于指导设备或管道定期检验方案的编制。

在制定 RBI 检验策略时, 检验有效性和检测方法主要依据是 API581 中第 9 节中的有关规定进行选择。在 RBI 检验(特别是在线检验)策略中如何采用新的检测技术(包括遥场涡流、射线实时成像、超声导波、衍射波时差法超声检测技术(TOFD)以及如何定义它们的检验有效性还需要通过试验与实践来总结。

2.4 可延长检验周期设备的确定

RBI 评估结果显示, 任何石化装置中均存在一部分静设备理论上具备适当延长检验周期的条件。为了筛选出这些设备, 我们制定了以下统一的原则:

(1) 至少进行过一次定期检验、未发现任何明显运行损伤迹象和无超标制造缺陷, 安全状况等级为 1 或 2 级;

(2) 风险等级为“低”或“中”;

(3) 计算结果显示到延长期结束时其风险水平仍维持原来低或中风险水平。

在各类装置中乙烯裂解装置中可延长检验周期的设备数量相当较多, 约占设备总数的 30~40%。而常减压、加氢和催化裂化等典型炼油装置中只有 10%左右的设备具备适当延长检验周期的条件。

3 问题讨论

作者曾在文献[4]、[5]中就可接受的风险、RBI 与我国法规及技术规范的关系、检验周期的确定、在线检验问题、适应我国国情问题、软件的引进与改进等问题进行了探讨, 并提出了我国石化装置 RBI 可接受风险的“等风险级别”原则, 上述问题本文不再赘述, 在此仅就以下三方面的问题进行简要讨论:

3.1 关于全寿命过程风险分析

国外工业发达国家的承压设备有较明确的设计寿命概念, 设备运行到设计寿命就停止使用, 因此一般不存在超期服役问题, 也很少开展关于超期服役状态下设备安全问题的研究, RBI 分析中关于失效概率的计算也不考虑设备超期服役状态的影响。而我国在承压设备设计阶段由于对设备使用过程中可能存在的损伤模式与机理以及寿命控制参量不了解, 因此承压设备没有设计寿命概念, 导致承压设备超期服役的现象相当普遍。另一方面, 设备和管道中含有超标原材料及制造缺陷也是影响我国承压设备安全值得关注的问题。如何结合寿命预测技术对超期服役和含超标缺陷状态下的风险分析方法进行改进, 以使评估结果更接近我国承压设备的全寿命过程的实际安全状态还需要开展相关的研究工作。

我们认为应将 RBI 技术的应用扩展到设备设计、制造的早期阶段, 事先评估承压设备在使用中全寿命过程风险, 早期预测设计寿命, 避免超期服役现象发生, 保证设备的长期安全使用。

3.2 关于 RBI 与 RCM 及 SIL 的结合

RBI 与 RCM 及 SIL 统称为基于风险的资产完整性管理技术(RBM), RBI 解决的是静设备和管道的风险排序与检验策略, RCM 用于转动设备的维修策略的制定, SIL 则重点研究仪表安全联锁系统的可靠性与风险的关系。对于石化装置, 要实现长周期安全、稳定和满负荷运行必须保证动静设备的运行安全与可靠性, 同时还应有可靠的安全仪表联锁系统来确保由于意外的设备和管道失效, 或人为操作失误等因素导致的事故及时得到有效控制, 使事故后果减低到最小。因此从企业角度来讲, 只有在全面应用 RBI、RCM 及 SIL 等技术的基础上建立基于风险的资产完整性管理体系, 才能更有效地提升设备管理水平, 节省检维修费用, 降低生产

成本, 确保装置的长周期安全运行。

3.3 关于 RB. eye®软件的改进问题

RB. eye 是法国 BV 在 API 581 基础上开发的专业定量 RBI 分析, 2003 年引入我国并用于进行石化装置的反 RBI 分析, 其良好的用户界面和较丰富的数据库得到了用户的认可。我们在应用该软件的过程中, 发现了一些不足和局限, 为此根据我国石化装置的特点提出了一些改进建议并得到采纳。自 2003 年 5 月至 2006 年 4 月该软件已进行了 3 次改版及升级, 在物流组份、材料类别与性能、损伤机理等方面进行了补充和丰富, 使软件适用性更广, 功能更强大。

4 几点认识

4.1 尽快制定我国自己的 RBI 技术标准

RBI 近年来在我国试点应用情况表明, RBI 技术在石油化工、煤化工、城市燃气等领域具有良好的推广应用前景, 但目前 RBI 工作仍是依据 API580 和 API581 标准进行, 我们在进行基础理论和试点工程研究过程中也发现了 API 标准中的一些技术缺陷和对我国石化装置的不适用性(如: 失效概率计算方法、失效模式与失效机理数据库问题、可接受风险准则等, 文献 [3]~[5]中已有详细论述, 在此不再做详细介绍), 另外, 在 RBI 工作过程中, RBI 工作是否依据我国自己的标准和规范进行也是业主最常提出的问题之一。因此检验站认为, 没有自己的标准有可能成为 RBI 技术全面推广应用的技术瓶颈, 建议国家质检总局对 RBI 技术标准的编制问题给予足够重视, 尽快组织开展此项工作, 在引进国际先进的 RBI 标准的基础上建立我国自己的 RBI 技术标准体系。

检验站近年所开展的 RBI 基础理论和工程应用研究在装置类型方面目前已基本覆盖全部典型炼油装置和部分重点化工装置意见城市燃气系统, 同时积累了相对比较丰富的技术经验和基础数据库, 可为标准的编制提供良较好的技术支撑, 且已在这方面已作了一些前期技术准备。

另据了解, 目前中石油正在组织将 API580 和 API581 转化成石油行业标准。

4.2 在总结试点工作成果的基础上, 尽早在法规层面给 RBI 于适当的合法地位和技术接口

RBI 是主要针对承压设备的先进设备风险管理技术和理念, 涉及压力容器和管道等特种设备使用管理问题, 因此 RBI 的推广应用的前景如何还有一个非常重要的影响因素就是 RBI 评估结论(特别是检验策略)是否能够满足现行法规要求。RBI 技术的主要推广应用对象中石化、中石油等大型企业承压设备安全管理较为规范和严格, 依法管理意识较强, 这一方面有利于减少设备安全事故, 但另一方面也在一定程度上约束了企业对先进技术的接受和采用。检验站认为, 通过对国家质检总局部署的 RBI 试点工作(特别是检验验证情况)进行全面总结, 在取得成功的基础上, 应适时对相关法规、规程(如容规、容检规、管检规等)的有关条款进行修改, 给予 RBI 适当的合法地位和成果应用的技术接口。这将有非常有利于 RBI 技术应用在我国健康有序推进, 提高我国特种设备安全监管技术水平。

根据我们对用户的调查和与用户交流, 在法规修改时以下用户重点关注的问题我们认为应加以适当考虑:

1) 允许以 RBI 检测策略作为制定压力容器和管道定期检验实施方案(包括检验部位选择、检测方法选择、检测比例确定等)的主要参考依据;

2) 对由于特殊原因不能按期进行检验的压力容器允许通过 RBI 评估来确定是否可延长检验周期;

3) 允许用在线检验方法进行设备和管道风险管理;

4) 经过 RBI 风险评估的装置中的压力容器与管道的检验周期可考虑风险水平及发展趋势进行确定。

4.3 重视原油品质劣化给 RBI 评估工作产生的影响

近年来,原油品质劣化已成为世界各国石化企业不可避免的趋势,原油品质的劣化主要体现在 S 含量、总酸值、盐含量、重金属含量等不断提高或上升。受影响最大的加工装置为蒸馏(常减压)、延迟焦化、催化裂化、加氢裂化等。所带来的问题主要有低温腐蚀和高温腐蚀加剧,特别是对不同 S 和酸值搭配原油腐蚀特性目前尚未完全掌握,API581 和相关软件数据库中的腐蚀数据不能完全反应设备和管道的腐蚀状况,现有数据库迫切需要尽快通过开展相关试验研究工作和加强在线腐蚀监测来掌握新的腐蚀规律和数据,对 RBI 数据库进行必要的完善和补充,提高 RBI 评估的准确性。目前检验站正在受中石化委托开展高硫高酸有加工装置腐蚀评价和在线监测方面的工作,这将有利于我们尽快积累相关腐蚀数据,了解不同特性劣质原油的对各类装置的腐蚀规律,丰富 RBI 数据库。

4.4 充分重视验证和持续改进工作

RBI 工作是一项长期性的工作,需要不断地持续改进。要重视 RBI 评估的结果验证和再评估工作,通过验证和再评估可以纠正首次评估时某些资料错误、缺失造成的分析偏差,提高评估准确性。

4.5 关于在石化装置设计阶段开展 RBI 工作

目前国内所开展的 RBI 工作都是针对在用石化装置进行的,本质上还是属于“事后控制”行为。特别是对那些 RBI 评估中所发现由于设计上存在的先天性不足(包括装置布局设计不合理、选材不当、安全防护措施不足等)所导致的高风险设备和管道带来的安全隐患往往不能得到及时的治理,装置风险难以得到及时有效控制。如过能在装置设计阶段就进行 RBI 评估,根据装置的设计工艺操作条件事先分析运行中可能出现的风险状况,则可以及时发现设计中的错误和不当之处,并采取措施进行事先设计改进,从而有效降低装置运行中的总体风险水平。

4.6 关于 RBI 与 RCM 及 SIL 的结合

RBI 与 RCM 及 SIL 统称为基于风险的资产完整性管理技术(RBM),RBI 解决的是静设备和管道的风险排序与检验策略,RCM 用于转动设备的维修策略的制定,SIL 则重点研究仪表安全联锁系统的可靠性与风险的关系。对于石化装置,要实现长周期安全、稳定和满负荷运行必须保证动静设备的运行安全与可靠性,同时还应有可靠的安全仪表联锁系统来确保由于意外的设备和管道失效,或人为操作失误等因素导致的事故及时得到有效控制,使事故后果减低到最小。因此从企业角度来讲,只有在全面应用 RBI、RCM 及 SIL 等技术的基础上建立基于风险的资产完整性管理体系,才能更有效地提升设备管理水平,节省检维修费用,降低生产成本,确保装置的长周期安全运行。

4.7 关于我国石化装置安全监控措施对 RBI 后果评估的影响因素的考虑

目前石化装置事故监控水平不断提高,安全仪表连续装置、远程事故报警,工业电视监控等先进安全监控措施不断完善,事故预防能力明显提高。这些措施的应用都将在降低事故后果方面起到一定的作用,但由于这些安全装置都没有进行过可靠性评估,因此在 RBI 评估时无法科学确定有关安全装置对降低失效后果的有效性,建议对有关安全监控装置进行定期检定或可靠性评估(包括进行安全仪表连锁系统风险评估(SIL)等)。

4.8 建立适合我国国情的新材料、新结构设备失效模式与机理及失效概率数据库

近年来,新材料(如渗铝钢)、新结构(如螺旋板换热器、缠绕管换热器等)、新防腐工艺在石化装置上越来越多的应用,API581 以及国外软件数据库中缺少有关数据,为了满足 RBI 评估的要求,迫切需要建立相关的失效概率、失效模式与腐蚀机理以及腐蚀速率数据库。

参考文献

- 1 American Petroleum Institute: "Risk-based Inspection Base Resource Document" API 581, First Edition, 2000.5
- 2 American Petroleum Institute: "Risk based Inspection", API 580, First Edition, 2002.5
- 3 陈学东等, 基于风险的检测(RBI)中以剩余寿命为基准的失效概率评价方法, 压力容器, 2006, 23(5): 1~5
- 4 陈学东、王冰等, 基于风险的检测(RBI)在中国石化企业的实践及若干问题讨论, 压力容器, 2004.21(8): 39~45
- 5 陈学东、王冰等, 基于风险的检测(RBI)在中国石化装置中的应用, 第六届全国压力容器学术会议论文集, : 37~47, 2005.11
- 6 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 茂名石化乙烯公司乙烯裂解装置风险评估报告, 2003.12
- 7 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 茂名石化加氢裂化装置风险评估报告, 2003.12
- 8 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 大连 WEPEC 重油加氢装置风险评估报告, 2004.12
- 9 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 大连 WEPEC 常减压装置风险评估报告, 2004.12
- 10 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 大连 WEPEC 催化裂化装置风险评估报告, 2004.12
- 11 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 大连 WEPEC 制氢装置风险评估报告, 2004.12
- 12 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 中原石化乙烯装置风险评估报告, 2004.12
- 13 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 福建炼化重油催化装置气体脱硫及脱硫醇系统风险评估报告, 2004.12
- 14 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 中石化天津分公司加氢裂化装置风险评估报告, 2004.12
- 15 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 中石化广州分公司加氢精制装置(2B)风险评估报告, 2004.12
- 16 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 大连石化加氢装置风险评估报告, 2005.12
- 17 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 大连石化第三催化装置风险评估报告, 2005.12
- 18 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 大连石化含硫系统风险评估报告, 2005.12
- 19 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 大连石化 MTBE 装置风险评估报告, 2005.12
- 20 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 抚顺石化乙烯裂解氢装置风险评估报告, 2005.12
- 21 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 抚顺石化重油催化装置风险评估报告, 2005.12
- 22 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 抚顺石化中压加氢装置风险评估报告, 2005.12
- 23 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 抚顺石化烷基苯装置风险评估报告, 2005.12
- 24 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 乌鲁木齐石化重油催化装置风险评估报告, 2005.12
- 25 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 乌鲁木齐石化第二合成氨装置风险评估报告, 2005.12
- 26 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 兰州石化第三套催化裂化装置风险评估报告, 2005.12
- 27 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 齐鲁石化乙烯裂解装置风险评估报告, 2005.12
- 28 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 巴陵石化环氧氯丙烷装置风险评估报告, 2005.12
- 29 合肥通用机械研究所压力容器检验站、BV, 扬子石化一套加氢装置风险评估报告, 2005.12

工程风险分析技术在我国石化工业中的实践与思考

沈士明

(南京工业大学机械与动力工程学院, 南京, 210009;
中国石化股份有限公司工程风险分析技术研究中心, 南京, 210009)

摘要: 本文对什么是工程风险分析技术和为什么要开展工程风险分析进行了简要的阐述。并回顾了我国石化工业中工程风险分析技术的应用实践, 着重讨论了一些工程风险分析方法及其它们的应用, 如国外相关标准与方法的应用, W. Kent. Muhlbauer 方法, 模糊综合评价方法的实践以及粗糙集理论与可拓工程方法的探讨等。对工程风险分析技术在我国石化工业中进一步应用的一些问题提出了初步的思考。其目的是进一步推广工程风险分析技术、提高我国的工程风险分析技术水平, 更好地为石化工业的安全生产服务。

关键词: 工程风险分析技术; 石化工业; 实践与思考

Practice and Thinking about Engineering Risk Analysis Technology In Petrochemical Industry

SHEN Shi-ming

(Nanjing University of Technology, Nanjing, 210009;
Research Center of Engineering Risk Analysis Technology, SINPEC, 210009)

Abstract: In this paper both Concepts, what is and how does carry out the engineering risk analysis technology, were briefly introduced, The practices of engineering risk analysis technology on petrochemical industry were reviewed. The methods and its applications of engineering risk analysis were particularly discussed, for example relative standard and code at abroad, W. Kent. Muhlbauer method, fuzzy comprehensive evaluation, rough set theory and extension engineering method etc.. Some thinking was proposed for further application of engineering risk analysis technology. The purpose of this paper is further spreading engineering risk analysis technology, providing the level of engineering risk analysis, and serving for safe production of petrochemical industry.

Keywords: Engineering risk analysis technology Risk analysis Practice and thinking

1 工程风险分析技术

工程风险分析技术是当今安全科学技术中发展最为迅速的技术之一, 也是“风险工程与管理”学科的重要组成部分。它是将工程中潜在的危险转化为安全的技术, 它将因危险因素给工程领域带来的一种挑战变为提高工程安全性的一种机遇^[1]。它的最终目的是降低危险给生产造成危害的可能性, 减少危险一旦发生给人与物造成的损失, 使工程的技术与经济实现统一, 并达到尽可能的成功与完美, 给人民与社会造福。