

设备管理新技术应用丛书

石化装置风险管理 技术与应用

林筱华 王庆锋 刘文彬 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

设备管理新技术应用丛书

石化装置风险管理 技术与应用

林筱华 王庆锋 刘文彬 编著

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

石化装置风险管理技术与应用 / 林筱华, 王庆峰, 刘文彬编著. —北京: 中国石化出版社, 2010. 3
(设备管理新技术应用丛书)
ISBN 978-7-5114-0238-7

I. ①石… II. ①林… ②王… ③刘… III. ①石油化工-
化工设备-风险管理 IV. ①TE96

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 032057 号

未经本社书面授权, 本书任何部分不得被复制、抄袭, 或者以任何形式或任何方式传播。
版权所有, 侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 84271850

读者服务部电话: (010) 84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京科信印刷厂印刷

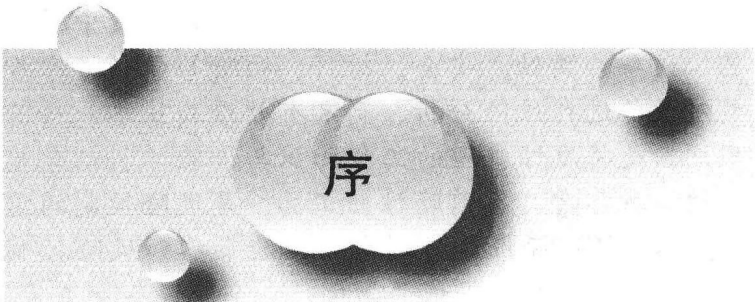
全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 32 开本 10.875 印张 230 千字

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

定价: 28.00 元



序

风险管理理论与技术是一门新学科，具有跨学科的特点，主要包括风险分析、风险评价、风险控制和功能监测等。“降低风险技术”已列入国际公认的 21 世纪闪光技术(Emerging Technologies, ET)之中，近年来得到迅猛的发展。基于风险的检验(Risk Based Inspection, 简称 RBI)是降低风险的技术之一，属于风险控制的重要内容。应用于石化等过程工业基于风险的检验技术是以追求特种设备系统安全性与经济性统一为理念，在对特种设备系统中固有的或潜在的危險进行科学分析的基础上，给出风险排序，找出薄弱环节，以提高特种设备本质安全化水平和减少运行费用为目标，建立一种优化检验方案的方法。该项技术在国外石油、化工等生产企业正在推广应用，它对于提高特种设备运转的安全性，规划监控风险，提高企业社会效益和经济效益，增强企业竞争力已经起到重大作用。

基于风险的检验属于系统工程，RBI 集中了工艺、设备、腐蚀、安全、材料、检验等学科专家智慧对设备进行风险分析、制定有效检验策略和检验规划，是将腐蚀机理的工程知识与检验学科结合起来的一种非常具有前瞻性的工具，是风险控制的重要内容。RBI 评价分析制定的检验策略和风险控制措施需要用制度来保证贯彻执行。企业设备、工艺、安全、腐蚀、材料等方面的专业管理技术人员在日常设备管理维护中贯彻 RBI 风险控制措施和检验策略是企业风险控制的重要内容。

中国石化股份有限公司茂名分公司（简称：茂名石化）是国内最早引进 RBI 技术的石化企业。自 2002 年 10 月茂名石化与合肥通用机械研究所、法国 BV 合作对炼油加氢裂化装置和乙烯裂解装置进行 RBI 风险评价开始，茂名石化建立了企业级的 RBI 风险管理评估机制、管理制度和专业队伍，在石化装置设备 RBI 风险评价方面进行了有益的探索并取得了可喜的成绩。作者为 RBI 评估专业技术人员，长期从事设备检验、设备腐蚀与防护、设备材料应用等方面的理论和应用研究。

本书以茂名石化 260 万吨/年柴油加氢精制装置为例详细介绍了 RBI 风险评价技术和方法、RBI 检验策略应用、设备腐蚀防护措施和设备腐蚀机理分析等方面的专业内容。本书的特点是大量采用工程

实例和数据来说明问题，具有很强的实用性和可操作性，可以作为石化企业设备管理人员 RBI 实用操作手册，对于 RBI 初学者来说也是一本难得的实用技术教材。难能可贵的是作为基层工程技术人员，作者对风险管理技术在石化企业中的实际应用和发展方向作了一些开拓性的研究工作，全书围绕如何将风险管理的理念融合到现有的设备管理工作中去，最大限度地发挥风险管理的作用；围绕如何实现管理理念的创新、人员素质的提高、风险管理的制度化和管理手段的进步等方面做了实践探索。作者认为企业在实践过程中自主开展 RBI 风险评估和风险控制对于有效降低和控制设备风险、实现装置长周期安全运行、提高企业经济和社会效益具有重大实践意义。

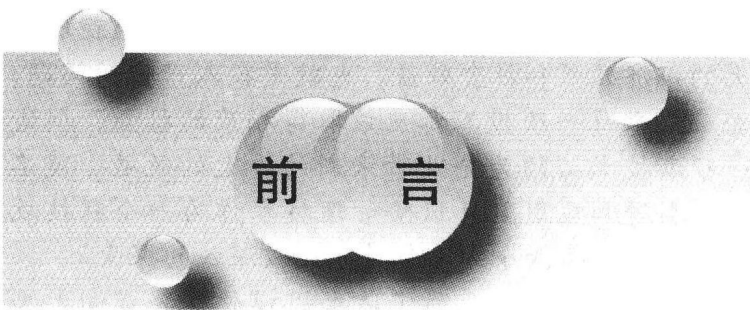
北京化工大学化工安全教育部工程中心针对石化企业设备专业管理特点开发出了设备维修与安全保障信息系统(MSI)，该系统基于风险控制的理念，实现了 RBI 动态评价分析和 RBI 检验策略和风险控制设备管理信息化和流程化。MSI 对于实现企业风险控制管理制度化、在日常设备检验中贯彻 RBI 检验策略、实现设备腐蚀与防护的动态实施监测与控制具有重要作用。

《石化装置风险管理技术与应用》一书是茂名石化和高等院校合作的成果，是研究应用 RBI 风险分

析技术与风险控制工程实践的总结，对国内石化企业开展和应用 RBI 技术具有重要的指导意义，对高等院校师生和研究人员也有重要参考价值。

中国工程院院士
北京化工大学教授

高金吉



前 言

RBI(Risk-Based Inspection, 基于风险的检验)技术的引进及在石化企业中的应用,已经有10年左右的时间了。中国石化股份有限公司茂名分公司(简称茂名石化)是国内最早引进和开展RBI风险评估的企业。2006年国家质量监督检验检疫总局198号文《关于开展基于风险的检验(RBI)技术试点应用工作的通知》的颁布,标志着基于风险的检验技术(RBI)在中国石化与中国石油正式试行。经过中国特种设备检测研究院和合肥通用机械研究院、北京化工大学的努力,目前中国石化与中国石油企业已经有150套装置开展了RBI风险评估工作,获得了不少的经验。

企业对于技术的要求一个是适用性问题,另一个是效益问题。对于企业来说,引进一项新技术首要的问题是是否能用、适用、可用,是否具有可操作性,能否与原有的体系融合在一起并使得原有体

系得以提升。企业的中心工作就是尽可能地获取最大的经济效益和社会效益，也就是投入产出的问题，企业要求每一项投入都应该取得相应的收益，引进一项新技术必须为企业带来新的更大的效益。茂名石化引进和应用 RBI 风险管理技术作为一个科技攻关项目在上述两个方面都作了比较深入的探索。

目前，石化企业为了追求规模效益装置向大型化和长周期运转发展、加工能力向深度发展；为了解决资源瓶颈问题，向加工高硫、高酸的劣质原油发展。很明显，传统的设备管理已经很难满足石化企业这一新的需求。在设备管理方面，国际上尤其是欧美工业发达国家，已从定性的经验管理逐步向以风险为基础的管理转变。设备管理的目的是最大化提高设备的可靠性、利用率和可用性，合理、有效地降低设备风险，确保设备风险总在可接受和可控制的范围内。风险管理的目的是将危险转化为安全。实施风险管理，企业首先应该将风险管理方法融合到企业原有的设备管理体系中，使设备管理技术人员自觉地接受并应用 RBI 风险管理的理念和方法，并保证管理制度和方法的持续性；其次，培养一支掌握 RBI 风险评估技术的设备管理人员队伍，自主开展 RBI 风险评估工作是设备风险管理的基石；再者，重点做好 RBI 风险评估结果的应用工作并在实践中不断改进基于风险的设备管理。

北京化工大学教育部安全中心根据中国石油、中国石化企业设备管理特点研究开发的 MSI 系统软件在 RBI 推广应用过程中证明，其对于企业实施风险管理、进行风险控制、提高专业人员素质和在日常设备管理中贯彻基于风险的设备管理理念并把风险管理制度化、流程化、信息化等方面具有鲜明特色。

本书是在总结茂名石化推广应用 RBI 风险管理技术经验的基础上编写而成的。

本书主要内容分为 12 章：

第一章 综述。介绍在石化企业中推广应用 RBI 风险管理技术的必要性；根据石化企业的现状，开展以 RBI 技术为基础的设备风险管理，应用风险管理技术有效地降低和控制风险，实现本质安全。

第二章 风险评价。介绍如何引入 RBI 理念，成立 RBI 专项小组，自主开展 RBI 风险评估工作的步骤与方法；以加氢裂化装置和 3[#]常减压蒸馏装置为例来说明风险评估结果的验证，并引用了中国特种设备检测研究院在燕化公司的验证结果，说明实际设备状况与 RBI 预测结果基本吻合；以加氢裂化装置的两次风险评价为例，说明 RBI 风险评估必须根据装置新的状况加以改进，使得风险评估的结果尽量与装置的实际状况相吻合。

第三章 开展风险检验 延长检验周期。介绍如

何在现有检验体制下，根据 2006 年国家质量监督检验检疫总局 198 号文《关于开展基于风险的检验 (RBI) 技术试点应用工作的通知》精神开展风险检验的做法，在检验程序、检验策略、设备评级与检验周期等方面进行了较深入的探讨。

第四章 压力容器延期检验的确定。介绍根据《容规》138 条规定，应用风险检验技术，用具体案例说明对到期不能检验的设备开展延期检验评估的具体步骤和方法。

第五章 装置设防值的确定。介绍茂名石化应用 RBI 风险评估技术，评估现有装置接炼劣质原油的能力的方法与步骤。

第六章 降低装置大修设备开盖率。介绍应用 RBI 技术，优化装置检验、检修计划，降低开盖率，达到既提高设备可靠性，延长运行周期，又缩短大修时间与大修项目，节省费用的目的；应用具体实例来说明降低开盖率做法与步骤；分析降低开盖率所带来的经济效益。

第七章 提升 HSE 管理水平。分析了 HSE 与 RBI 的异同，指出 HSE 涵盖的范围比较广，包括企业安全生产的各个方面，是在操作层面上进行风险管理；而 RBI 仅仅是对压力容器和压力管道进行风险评估，是在设备层面上进行风险管理。但是，HSE 和 RBI 的指导思想都是风险管理的理念，而且，

RBI 是 HSE 家族的一部分，RBI 风险评估的结果可以也应该成为 HSE 在设备风险管理方面的基础。

第八章 指导装置选材及材质升级。通过实例说明应用 RBI 技术评估设备更新，指导装置选材的步骤与方法；对于新设计的装置，提出应用 RBI 技术评估设备选材的合理性的构想。

第九章 分析事故原因 预防事故发生。通过实例说明应用 RBI 技术分析事故原因，进行腐蚀机理分析的步骤与做法。

第十章 提高腐蚀管理水平。根据 RBI 技术的特点，提出将 RBI 风险评估与设备腐蚀管理结合在一起的方案。

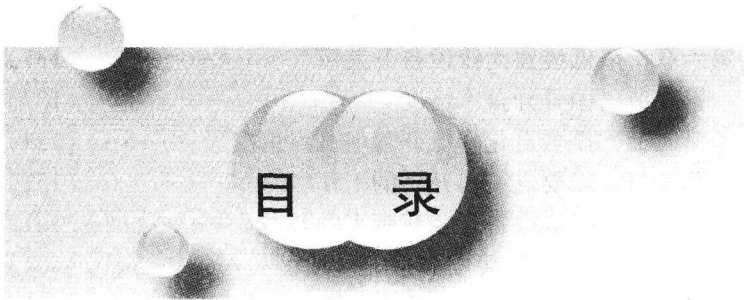
第十一章 提高车间设备管理水平。提出 RBI 技术要真正发挥作用，就必须与现有的设备管理制度结合，渗透到车间的日常设备管理工作中去；应用实例说明如何应用 RBI 技术主动地控制和降低设备风险；分析 RBI 技术的应用在哪些方面可以提高车间设备管理水平；提出了风险管理技术应用的四个层次。

第十二章 设备维修与安全信息化管理平台。(MSI)。MSI 系统平台集成档案管理、RBI 动态评价、绩效管理、腐蚀监测/检测等专业管理模块并与 ERP、DCS/MES 系统实现无缝对接，在管理上实现了 PDCA 循环和设备风险管理的制度化、流程化、

信息化。

本书在编写过程中得到中国工程院院士、北京化工大学教授高金吉的热心指导，高院士对全书进行了审核、修改并撰写序言，在此表示衷心感谢。

由于时间仓促和水平限制，书中错漏之处一定不少，希望广大工程技术人员和设备技术专家多提宝贵意见，以期进一步修改完善。



目 录

第一章 综述	(1)
第二章 风险评价	(9)
第一节 引入 RBI 理念	(9)
第二节 掌握 RBI 分析方法	(10)
第三节 确定评估程序与标准	(14)
第四节 风险评估结果的验证	(15)
第五节 加氢裂化装置的再次风险评价	(63)
第三章 开展风险检验 延长检验周期	(73)
第一节 检验程序	(73)
第二节 检验策略	(75)
第三节 设备评级与检验周期	(89)
第四章 压力容器延期检验的确定	(94)
第一节 延期检验的依据	(94)
第二节 延期检验的实施步骤	(95)
第三节 实施案例	(96)
第五章 装置设防值的确定	(112)
第一节 确定装置设防值的研究	(113)

第二节	茂名石化确定装置设防值的实践	(125)
第六章	降低装置大修设备开盖率	(137)
第一节	国外开盖率情况	(137)
第二节	茂名石化降低开盖率试点情况	(139)
第三节	需要进一步开展的工作	(151)
第四节	降低设备开盖率带来的效益	(161)
第七章	提升 HSE 管理水平	(164)
第一节	HSE 在危害识别及风险评价程序上的 特点	(164)
第二节	RBI 风险评估程序的特点	(171)
第三节	HSE 与 RBI 之间的关系分析	(176)
第八章	指导装置选材及材质升级	(179)
第一节	评估设备更新 指导装置材质升级	(179)
第二节	审查设计 指导装置选材	(183)
第九章	分析事故原因 预防事故发生	(186)
第一节	加氢装置事故原因分析及其预防措施 ...	(186)
第二节	借助 RBI 软件 进行腐蚀机理分析	(202)
第十章	提高腐蚀管理水平	(214)
第一节	腐蚀调查	(214)
第二节	腐蚀监检测	(231)
第三节	腐蚀控制	(235)
第四节	发展腐蚀监测技术推进 RBI 技术应用 ...	(240)
第十一章	提高车间设备管理水平	(242)
第一节	主动地控制和降低设备风险	(242)
第二节	设备管理资料得以数字化、系统化	(245)
第三节	提高设备管理人员的素质	(246)

第四节	风险管理技术的应用层次	(247)
第十二章	设备维修与安全信息化管理平台 (MSI)	(252)
第一节	MSI 系统组成	(253)
第二节	MSI 系统与 ERP 系统集成业务流程	(257)
附录		(261)
附录 A	260 × 10 ⁴ t/a 柴油加氢精制装置风险评估 (RBI) 报告——设备部分	(261)
附录 B	柴油加氢精制装置设备风险调整及检验 策略汇总表	(300)
参考文献		(329)

第一章 综 述

RBI(Risk-Based Inspection 基于风险的检验)技术的引进及在石化企业中的应用,已经有近10年的时间了。茂名石化的RBI风险评估工作在国内率先于2001年年初开始,于2002年10月对炼油加氢裂化装置和乙烯裂解装置开展RBI工作,当时项目合作伙伴为合肥通用机械研究所及法国BV,2004年2月项目完成验收。这项工作后来获得中国石化总部和国家主管部门的重视,2006年国家质量监督检验检疫总局198号文《关于开展基于风险的检验(RBI)技术试点应用工作的通知》的颁布,标志着基于风险的检验技术(RBI)在中国石化与中国石油正式试行。在中国特种设备检测研究院和合肥通用机械研究院的努力下,在中国石化与中国石油的企业中已经有150套装置开展了RBI风险评估工作,取得了不少经验。使得我们认识到国外先进技术与国内企业实际情况相结合,是国外先进技术得以推广应用的关键环节。

一、控制风险 实现本质安全

高温、高压、易燃、易爆、易中毒是石油化工企业的生产特点,因此,一旦发生事故后果将十分严重。不仅会造成设备损坏、人员伤亡,甚至会造成严重的社会影响和环境灾难,还可能引起国际纠纷,这些问题在2005年11月的吉化双苯厂的爆炸事故中都展现出来了。因此,如何做到本质安