

设备管理新技术应用丛书

基于风险的检验

(RBI) 实施手册

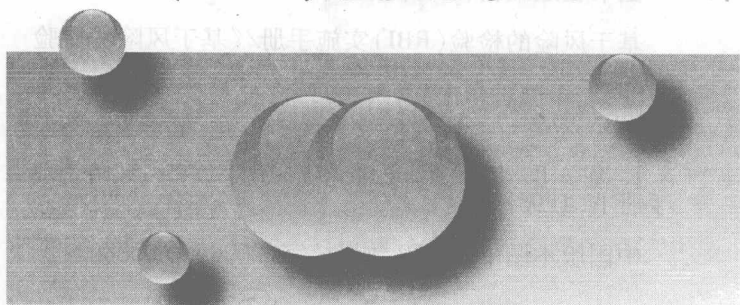
本书编写组 编著

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

基于风险的检验 (RBI) 实施手册



本书编写组 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书全面介绍 RBI(Risk - Based Inspection——基于风险的检验)技术在石化企业中的应用过程与实施步骤。在 RBI 技术的工程应用、分析方法、物流数据收集、设备及管道数据的收集与建立、腐蚀计算、风险计算和检验策略的制定等方面总结了近年来 RBI 技术的实施经验,提出了具体可行的操作方法;指出应用 RBI 技术有效提高石化企业的设备管理水平的方法,分析了 RBI 与 HSE 的关系。

本书可供石油化工设备管理人员学习,也可供大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于风险的检验(RBI)实施手册/《基于风险的检验(RBI)实施手册》编写组 编著.

—北京:中国石化出版社,2008

ISBN 978 - 7 - 80229 - 506 - 3

I. 基… II. 基… III. 石油化工 - 化工设备 - 风险管理 - 手册 IV. TE96 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 020893 号

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

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京科信印刷厂印刷

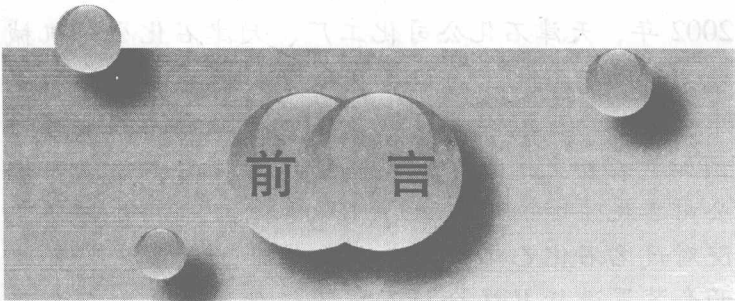
全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 32 开本 5.875 印张 126 千字

2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷

定价:15.00 元



前 言

RBI 技术是基于风险的检验 (Risk - Based Inspection), 它是近三十年来国际上新兴的一门学科, 其基本思路是采用系统论的原理和方法, 对系统中固有的或潜在的危险及其程度进行定量分析和评估, 找出薄弱环节, 优化检验的效率和频率, 降低停机、日常检验及维修的费用, 维持原有的安全裕度, 提出安全技术建议及对策。

传统的检验未将经济性和安全性以及可能存在的失效风险有机结合起来, 检验的频率和程度及受检设备的风险不相称, 而装置运行的经济性要求延长停机检验的间隔周期。因此, 随着诊断技术的发展和设备多年的运行经验, 一种新型的风险检验技术(RBI)被引进石化行业, 经过实践被证明为一种高效的风险分析方法, 用于提高设备运行的可靠性并降低检验成本。

在国内, RBI 技术的引进是近几年的事情。

2002 年,天津石化公司化工厂、天津石化公司机械研究所和中石化上海设备失效分析与预防研究中心合作,应用挪威 DNV 公司的 RBI 技术在大芳烃预加氢装置上进行了试点。2003 年 4 月,茂名石化公司委托法国国际检验局(BV)和合肥通用机械研究院对茂名石化乙烯裂解装置和炼油加氢裂化装置这两套装置进行 RBI 分析和风险评估。青岛安全工程研究院运用英国 TISCHUK 公司的 RBI 技术在齐鲁石化炼油厂加氢裂化装置进行试点。目前,除上述三个单位外,国内还有多家石化企业正在引进 RBI 技术进行试点,这些工作的开展将为我国石化行业全面推行 RBI 技术积累经验。

RBI 技术是理论和经验的结合,对应用 RBI 来保障设备安全、降低设备维护费用是企业关注的重点,但目前国内各石化企业在应用 RBI 技术中,基本都依赖于专业机构(院所)进行评估。RBI 技术评估结果的运用及如何与设备日常管理相结合,在设备管理中深化运用还有待提高。RBI 技术是一项既包含大量工艺及设备基础数据的收集及录入工作,又涉及专有方法及专有软件使用的技术,单依靠某一层次的人员是很难做好的,大量数据收集工作和评估结果更依赖于基层设备管理人员。为更好地推进 RBI 技术在设备管理中运用和提高石化装置设备管理水平,便于石化系统各级设备管理人员系统地

了解、掌握 RBI 技术基本原理、组织结构、数据采集、软件运用、风险分析、检验策略制订和评估结果在设备管理中运用,从而使 RBI 技术成为设备管理人员日常设备管理一种工具,真正做到使用 RBI 方法指导日常维护及装置检验,避免维护维修的盲目性,达到安全经济检修的目的。结合运用 RBI 技术过程的取得经验,依据 API 581 标准、法国国际检验局(Bureau Veritas)和法国道达尔菲纳-埃尔夫公司(Total Fina-Elf)按照 API 581 标准共同开发风险评估软件 RB. eye 软件编写本实施手册。

本书主要内容分为 5 章:

第 1 章 总述。介绍设备管理技术的进展情况;基于风险的检验 RBI 技术的理念,实施推进的要点;组织机构的运行;RBI 分析方法的种类和基本步骤。

第 2 章 物流数据收集。介绍装置评估区域的划分;流程图的制作;物流数据的分析计算。

第 3 章 设备及管道数据的收集与建立。介绍设备(部件)数据和管道数据的收集计算方法。

第 4 章 腐蚀计算。介绍工艺操作数据的收集;腐蚀破坏机理的计算;各类腐蚀破坏机理下的特殊数据的收集计算;腐蚀速率计算。

第 5 章 风险计算和检验策略的制定。介绍失效后果和失效频率的计算方法;历史检验的有效性;合理确定设备的检验策略;利用 RBI 方法提高设备

管理水平的手段；RBI 和 HSE 的关系；RBI 的数据维护。

本实施手册由茂名分公司设备风险管理小组编写。小组成员如下：

统稿人员：吕运容

编写人员：吕运容、刘雁、林筱华、陈楚滨、李洪、邓彪

本手册编制过程中得到中石化炼油事业部王建军处长和茂名分公司原副总工程师顾望平的热心指导，以及梁国华工程师和张瑜工程师的帮助，在此表示衷心感谢。由于时间仓促和水平限制，文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。

编者

目 录

1 总述	(1)
1.1 设备管理技术综述	(1)
1.2 用于炼化企业设备管理技术的选择	(3)
1.3 RBI 简介	(7)
1.4 RBI 技术的实施推进	(9)
1.5 机构的成立、运作、成员职能	(11)
1.5.1 机构的成立	(11)
1.5.2 机构的运作	(13)
1.5.3 成员职能	(13)
1.5.3.1 设备风险管理小组组长及副组长	(13)
1.5.3.2 设备风险管理小组专职组员	(13)
1.5.3.3 设备风险管理小组兼职组员	(14)
1.6 RBI 分析方法	(15)
1.6.1 RBI 实施步骤	(16)
1.6.2 RBI 分析方法	(17)
1.6.2.1 定性分析方法	(17)
1.6.2.2 定量分析方法	(18)
1.6.2.3 半定量分析方法简介	(26)

1.7 RB. eye 分析软件概括介绍	(26)
1.7.1 关于 API 标准	(26)
1.7.2 关于 API 581 - 2000	(28)
1.7.3 软件概况	(29)
1.7.3.1 RB. eye 风险评估基本原理	(29)
1.7.3.2 RB. eye 软件的特点	(31)
1.7.3.3 RB. eye 软件的不足	(31)
1.7.3.4 RB. eye 软件对服务器/终端软、硬件 要求	(31)
2 物流数据收集	(33)
2.1 装置划分区域	(33)
2.1.1 区域划分原则	(33)
2.1.2 各类装置分区举例	(34)
2.1.3 填写区域划分信息表格	(35)
2.2 制作 PFD(工艺流程图)	(35)
2.2.1 绘图基本要求	(35)
2.2.2 标注物流	(36)
2.3 物流数据收集计算	(39)
3 设备及管道数据的收集与建立	(47)
3.1 设备数据的收集与建立	(47)
3.1.1 设备数据收集	(47)
3.1.2 子设备(部件)数据收集	(50)
3.1.3 安全阀数据	(59)
3.1.4 设备数据应用举例	(65)
3.2 管道数据收集	(67)
3.2.1 建立管道数据	(67)

3.2.2	安全阀数据	(70)
3.2.3	管道数据应用举例	(71)
4	腐蚀计算	(72)
4.1	新建或选择物流和腐蚀流	(72)
4.1.1	新建物流	(73)
4.1.2	选择物流	(75)
4.2	选择工艺操作数据	(75)
4.3	破坏机理计算	(76)
4.4	添加/删除隐藏破坏机理	(77)
4.5	人工选择腐蚀速率	(79)
4.6	各种破坏机理模型的数据录入	(81)
4.6.1	应力腐蚀开裂[SCC(Stress Corrosion Cracking)]	(81)
4.6.1.1	氢氟酸环境下的氢致应力开裂 (HSC - HF)	(82)
4.6.1.2	硫化物应力开裂(Sulfide Stress Cracking)	(83)
4.6.1.3	胺腐蚀开裂(Amine Cracking)	(84)
4.6.1.4	碳酸盐腐蚀开裂(Carbonate Cracking)	(85)
4.6.1.5	氯化物应力腐蚀开裂[Chloride Stress Corrosion Cracking (CISCC)]	(87)
4.6.1.6	碱腐蚀开裂(Caustic Cracking)	(88)
4.6.1.7	氢氟酸环境下的氢致开裂/应力导向氢 致开裂(HIC/SOHIC - HF)	(90)
4.6.1.8	硫化氢环境下的氢致开裂/应力导向氢	

致开裂 (HIC/SOHIC - H_2S)	(91)
4.6.2 脆裂 (Embrittlement)	(93)
4.6.3 外腐蚀 (External Corrosion)	(95)
4.6.4 减薄 (Thinning)	(97)
4.6.4.1 高温硫化物/环烷酸腐蚀 (High Temperature Sulfidic/Naphtenic Acid Corrosion)	(97)
4.6.4.2 胺腐蚀 (Amine Corrosion)	(98)
4.6.4.3 酸性水腐蚀 (Sour Water Corrosion)	(100)
4.6.4.4 盐酸腐蚀 [Hydrochloric Acid (HCl) Corrosion]	(100)
4.6.4.5 氢氟酸腐蚀 [Hydrofluoric Acid (HF) Corrosion]	(103)
4.6.4.6 高温氧化 (High Temperature Oxidation)	(104)
4.6.4.7 硫酸腐蚀 [Sulfuric Acid (H_2SO_4) Corrosion]	(104)
4.6.4.8 高温硫化氢/氢腐蚀 (High Temperature H_2S/H_2 Corrosion)	(106)
4.6.4.9 CO_2 腐蚀 (CO_2 Corrosion)	(108)
4.6.4.10 流体流速的计算	(109)
4.6.4.11 压力容器壁温的确定	(115)
4.6.5 机械破坏 (Mechanical Damage) — 蠕变 (Creep)	(117)
4.6.6 炉管的破坏 (Furnace Tube Destroy)	(118)

4.6.7 机械疲劳(仅管道)(Mechanical Fatigue)	(119)
4.6.8 衬里(Lining)	(120)
4.7 腐蚀速率的计算	(121)
5 风险计算和检验策略的制定	(123)
5.1 风险计算	(123)
5.1.1 风险计算方法	(123)
5.1.1.1 失效后果	(123)
5.1.1.2 失效频率	(123)
5.1.2 操作步骤	(124)
5.1.2.1 进入检验策略界面	(124)
5.1.2.2 检验周期	(126)
5.1.2.3 历史检验数值和检验有效性 (Inspection Number And Effectiveness During History)	(127)
5.2 检验策略的制定	(129)
5.2.1 预防性维修策略	(129)
5.2.1.1 确定高风险设备	(129)
5.2.1.2 合理确定设备检验周期	(129)
5.2.1.3 检验方法及检验策略的合理选择	(131)
5.2.2 RBI 在设备维护管理中的应用	(140)
5.2.2.1 应用 RBI 确定检修计划及检修项目	(140)
5.2.2.2 应用 RBI 确定腐蚀监测重点, 制定 或调整腐蚀监测方案	(150)
5.2.3 RBI 与 HSE	(150)
5.2.3.1 HSE 定义	(150)

5.2.3.2	HSE 的危害识别和风险评价方法	(151)
5.2.3.3	RBI 与 HSE 家族的一部分	(158)
5.3	RBI 的数据维护	(159)
5.3.1	首次评定后评估结果根据下次检验 进一步修正	(160)
5.3.2	评估结果的备份	(161)
5.3.3	监测及检验数据的及时录入	(162)
	参考文献	(163)
附表 1	物流数据采集表	(164)
附表 2	设备数据采集表	(168)
附表 3	管道数据采集表	(172)

1 总 述

1.1 设备管理技术综述

设备的一生经历各个不同的阶段,包括规划、设计、制造(订购)、安装、试车、使用、维修、改造和报废等阶段,形成了设备的寿命周期。其中规划、设计、制造、安装和试车,称为设备寿命的前半生;设备的使用、维修、改造及报废称为设备寿命的后半生。设备的后半生在整个的设备寿命周期中占据大部分时间,是设备的使用时期和设备投资的目的所在。在设备的使用阶段中,设备管理的主要工作是维持设备“安全、稳定、长周期”运行。

设备维修技术是随着机器设备的发展而发展的,在不同的历史时期,有不同的维修技术出现,现代设备管理技术、维修技术和诊断技术的开发应用是从 20 世纪 70 年代开始的。主要目的是:减少和降低事故次数和等级,提高设备的可靠性和安全性;延长装置或设备的操作周期或寿命;减少操作和维修成本;提高工厂的经济效益和竞争能力。表 1-1 显示了设备维修管理的进展情况。按对设备故障处理的被动与主动,或者说是发生故障后处理还是故障前进行预防处理进行分类,设备维修技术可分为两大类:事后维修(BM)和预防性维修体系。其中预防性维修体系包括定期维修(TBM)、状态维修或视情况维修(CBM)、以风险管理为基础的维护维修方法[包括以可靠性为中心的维修(RCM)、基

于风险检验(RBI)、保护设施系统(PIS)、工艺风险分析(PHA)等], 列成关系图如图1-1所示。

表1-1 设备维修管理的进展

年 限	维修期望值	维 修 技 术
1940~1950	故障时就修换	BM: 故障时就修换
1960~1980	更高的设施可用度、 更长的设备寿命、更低的成本	TBM: 定期大修管理, 用体积大、速度慢的计算机制定工作计划和控制系统
1990~2000	更高的设施可用度、 可靠性、安全性、产品质量; 更长的设备寿命、 低成本和无环境危害	CBM: 状态监测技术、可靠性和可维修性设计、故障模式和危害分析技术、风险检验; 采用体积小、速度快的计算机结合技能的多重化及合作、专家系统

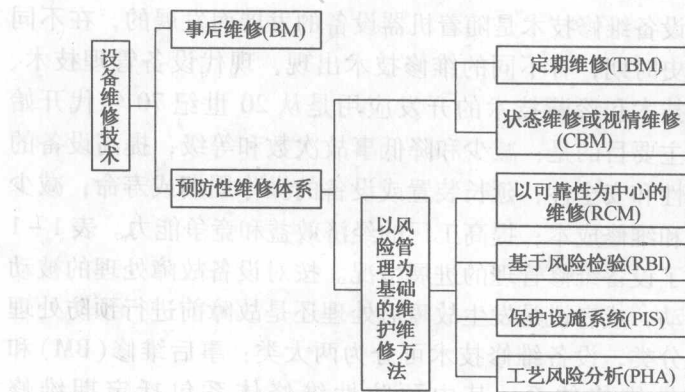


图1-1 设备维修技术关系图

1.2 用于炼化企业设备管理技术的选择

中国的设备管理基本上是在前苏联计划预修制的基础上发展起来的,是一种综合设备管理体系,强调基础工作及全员、全过程、全方位的设备管理,有着许多优良传统,如要求做好三基工作:基层建设、基础工作、基本功训练;要求抓好生产过程中设备管理五个环节:正确使用、精心维护、科学检修、技术攻关、更新改造;以及基本建设和技术改造中四个环节:设计选型、制造安装、试车投料、考核验收;要求全员参与设备管理:从企业经理(厂长)到基层一线职工,人人关心设备,人人参加设备管理,调动各个部门,根据其所处的不同位置,从不同角度、不同方面关心支持设备管理。自改革开放以来,我国在设备管理和维修方面接触、了解和吸收了很多国外的经验、信息和理论。20世纪70年代末我们首先了解了设备综合工程学(Terotechnology),西方的预防维修系统(Preventive Maintenance System),以及日本的TPM。80年代初,对设备综合工程学、技术经济分析、预防维修体系以及TPM等进行了相当广泛的宣传,对设备管理和维修有了很大的推动。但国内至今没有形成自己的一套完整的设备管理和维修系统,定性的、经验式的管理仍占据着主要地位。这种维修管理已不适应当前要求装置长周期运行、降低成本、增加企业竞争力的需要。要达到既降低修理费用,又能保证装置长周期运行的目的,最关键的是要知道将来哪些设备会发生故障,在什么时候发生故障,故障后果严重程度如何,并在装置检修时能把影响装置长周期运行

的故障加以消除。引入以风险为基础的设备维护维修管理方法可以解决上述问题。

我们传统的综合设备管理已有几十年历史,有许多好的做法,也是广大设备管理工作者的熟识的方法,在引入以风险为基础的设备维护维修管理方法时,不能简单地以新的方法代替原来的综合设备管理,应该是在综合设备管理的基础上,应用以风险为基础的设备维护维修管理方法。

以可靠性为中心的维修(RCM)和基于风险检验(RBI)都是基于风险的管理方法,用于评价和管理工厂压力机械设备的风险。以可靠性为中心的维修(RCM)适用于工厂所有的设备,但注重于转动设备;基于风险检验(RBI)注重工厂的静设备,而且以设备管线的材料腐蚀失效为重点。因此两种方法组合使用,对工厂设备进行风险管理,效果会更好。图1-2给出了用RCM和RBI制定维修策略的关系。

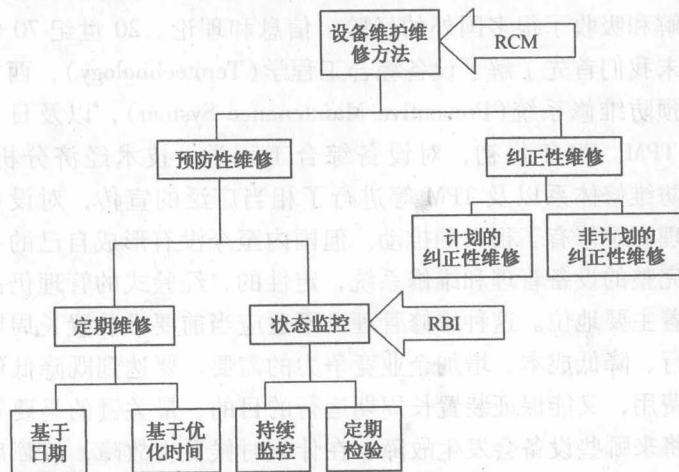


图 1-2 RCM 和 RBI 制定维修策略