



工业过程与设备丛书

SHEBEI

JIANXIU YU WEIHU

设备检修与维护

廖传华 朱廷风 柴本银 主编

中国石化出版社

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

工业过程与设备丛书

设备检修与维护

廖传华 朱延凤 柴本银 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在介绍故障诊断原理的基础上,分别详细介绍了泵、压缩机、风机、燃气轮机、汽轮机、转化炉、换热设备、反应设备、过滤器等现代工业过程中常用机器与设备的检修与维护,并对设备检修与维护过程中常用零部件的修复技术、仪表测量与控制技术和现代检测技术作了简要的介绍。

本书系统科学,通俗易懂,是一本具有实用价值的教材及技术参考书,适用于石油、化工、生物、制药、食品、医药、机械等专业的大专院校教师、研究生及高年级本科生,同时对工程技术人员、研究人员也会有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

设备检修与维护/廖传华主编. —北京:中国石化出版社,2008
(工业过程与设备丛书)
ISBN 978-7-80229-579-7

I. 设… II. 廖… III. 工业生产设备-维修 IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 059197 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

北京密云红光制版公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 21.25 印张 394 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定价:48.00 元

序

过程工业(Process industry, 也称流程工业)是以流程性物料为处理对象, 经过一系列的化学过程, 通过改变物质的状态、结构和性质, 生产出工业产品的工业过程的总称。过程工业的涵盖面很广, 包括化学工业、石油炼制、石油化工、天然气加工、污水处理、能源工业、冶金工业、建材水泥、核能工业、生物技术工业以及医药工业等, 其产品的种类已逾上万, 它包含了每个国家的大部分重工业, 是一个国家发展生产和改善人民生活的基础。

过程工业的最大特点是原料在生产过程中经过了许多化学变化和物理变化, 因此这类生产过程又称为工业化学过程。工业化学产品的多样性导致了化学加工过程的广泛性、多样性和复杂性。虽然不同过程工业所生产产品的工艺过程各不相同, 但都具有其共性: 一般来说, 一个工业化学产品的生产或加工过程大都可以划分为原料预处理、化学反应和产品后加工三个基本环节。

原料的预处理是化学反应前的准备工作。当使用气体(或液体)原料时, 预处理包括原料气的制备、净化和配制, 要求制得的原料具有一定的组成、浓度和纯度, 尽量少含杂质(特别是有害杂质)。当使用矿物原料时, 预处理包括选矿、配矿、粉碎、筛分, 有时还需用干燥或煅烧。原料矿粉应具备一定的组成(或品位)及一定的细度, 以利于化学反应。

化学反应是工业化学过程的中心环节。为使反应进行得迅速、完全, 需要维持一定的温度、压力和流量等操作条件, 多数情况还要使用催化剂, 因此在化学反应过程中还要创造良好的传热、传质和流体流动条件, 以保证化学反应的顺利进行。

产品的后加工主要是指对产品的分离和提纯以及对未完全反应物的回收利用。最常见的分离方法有冷冻冷凝、精馏分离和结晶分离等。未完成反应物的回收利用常常采取循环作业。此外, 固体产品的造粒成型、干燥和包装也是产品后加工不可缺少的内容。

由此可以看出,按照工艺流程的要求,所有过程工业的生产过程均是“三传一反”不同形式的组合,都涉及到物料的输送、传热(加热或冷却)、热源的组织(燃烧)、反应、分离(或精制)等过程,因此,无论是从事学术研究还是生产过程与设备的操作管理等工作,都必须对相关的过程有一个全面的认识。另一方面,由于科学技术日新月异的发展,新技术、新设备、新流程的不断引进,设备逐步向大型化、单系列、自动化、智能化发展,客观上要求对相关设备的工作原理及运行过程中可能出现的故障有一个全面的了解,并能及时提出相应的防范与解决措施,避免造成经济损失甚至人员伤亡。与此同时,现代过程工业的不断发展与进步,对提高人类生活质量起着十分巨大的作用,但由于人们对生产过程机理及设备运行规律的认识不够深入,因此也带来了许多人类难以解决的问题,如工业生产带来的污染,即使投入大量的人力、物力也常常难以得到很好的解决。

为满足这种需要,南京工业大学和山东省科学院等合作,联合编写了这套实践性很强的《工业过程与设备丛书》(包括《反应过程与设备》、《输送过程与设备》、《传热过程与设备》、《燃烧过程与设备》、《分离过程与设备》及《设备检修与维护》)。这套丛书涵盖了工艺过程与设备两个平台,除详细的理论阐述外,还列举了大量的工业应用实例,力求使读者对目前过程工业中涉及的相关过程及所应用的设备有一个较为全面的了解,能进一步做好自己所从事的工作。对于从事相关过程的工程设计、生产操作和企业管理人员,以及大专院校的师生,都将是十分有益的。

南京工业大学校长
中国工程院院士



前 言

设备与机器是企业生产的重要物质基础，是创造经济效益的重要工具。设备发生故障，不仅会造成巨大的经济损失，而且也危及设备人身安全和污染环境，必须及时抢修。要使设备正常运转，也必须适时地进行维修。维修技术的提高已逐渐发展为企业科技进步的重要标志，不仅有利于保证企业的安全、稳定、长周期、满负荷生产，提高设备运转率，也有利于节约维修费用。

“工欲善其事，必先利其器”。随着科学技术的进步与过程工业的发展，过程装备技术也在日新月异地改进。为了适应过程工业发展的需要，促进现代过程工业中机器与设备的维修技术与水平发展，提高其管理水平与检修技术，南京工业大学和山东省科学院联合组织编写了这本《设备检修与维护》。

《设备检修与维护》的主要目的是针对过程工业生产系统中不同的生产过程及所使用的不同设备，讨论各种设备在运行过程中可能发生的故障及发生故障后的检修方法。本书除理论阐述外，还列举了许多工业应用实例，具有很强的实践性，力求使读者通过对本书的学习，能对目前过程工业中涉及的不同工艺过程与设备发生故障后的检修技术有一个概括性的了解。

本书由南京工业大学廖传华、朱廷风和山东省科学院柴本银主编。参加编写工作的有：南京工业大学周勇军、黄振仁，山东省科学院史勇春，南京凯盛水泥工程股份有限公司周玲，北京碳化公司金瑞山和吴永平。全书由廖传华统稿。

本书的编写得到了南京工业大学朱跃钊副校长、山东省科学院李

海舰书记和于承建副院长等领导的大力支持，在此深表感谢。在编写过程中参考了大量的相关资料，书中没有一一列出，在此谨对原文作者致以衷心的感谢。另外，周青云、张巍薇、方向、董宝军、徐吉富、褚旅云等同学做了大量的文字输入工作，深表感谢。中国石化出版社的白素萍为本书的顺利出版做了大量的工作，在此谨表衷心的感谢。

由于时间仓促，水平所限，错误之处难以避免，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 状态监测与故障诊断	(2)
1.2 设备检修方法中存在的问题	(3)
1.3 设备维修材料、配件中存在的问题	(5)
1.4 设备维修质量方面存在的问题	(6)
第2章 泵的检修与故障处理	(7)
2.1 常用泵零部件的检修技术	(7)
2.1.1 轴承轴瓦的检修	(7)
2.1.2 联轴器的检修	(8)
2.2 泵用密封的检修	(9)
2.2.1 填料密封材料的选用	(9)
2.2.2 机械密封的检修	(12)
2.2.3 泵用静密封的检修	(14)
2.3 离心泵的检修	(15)
2.4 容积泵的检修	(19)
2.5 泵的安装	(21)
2.6 试车	(23)
2.7 故障处理	(25)
第3章 往复式压缩机的检修与故障处理	(31)
3.1 机体	(31)
3.2 曲轴	(36)
3.3 连杆	(40)
3.4 十字头	(42)
3.5 轴承	(43)
3.6 气缸	(48)
3.7 活塞及活塞环	(53)
3.8 气阀	(59)

3.9	活塞杆及填料函	(60)
3.10	压缩机安装找正	(63)
3.11	故障处理	(66)
3.12	一般故障的排除	(69)
第4章 离心式压缩机的检修与故障处理		(71)
4.1	检修内容	(71)
4.1.1	压缩机	(71)
4.1.2	增速箱	(72)
4.2	主要零部件的检修及技术要求	(72)
4.2.1	结构特点概述	(72)
4.2.2	径向轴承	(73)
4.2.3	薄壁瓦	(75)
4.2.4	止推轴承	(77)
4.2.5	装复程序	(80)
4.2.6	检修注意事项	(80)
4.2.7	转子轴向位置的确定	(81)
4.2.8	转子组件	(82)
4.2.9	联轴器	(84)
4.2.10	气缸与隔板	(88)
4.2.11	轴封的检修	(89)
4.3	增速箱检修及技术要求	(93)
4.3.1	增速箱拆卸程序	(93)
4.3.2	增速箱检修技术要求	(93)
4.4	离心式压缩机故障及故障处理	(94)
第5章 风机的检修与故障处理		(99)
5.1	概述	(99)
5.1.1	风机的组成	(99)
5.1.2	型式分类	(100)
5.1.3	性能用途	(101)
5.2	离心式鼓风机的检修和检修技术	(102)
5.2.1	拆装程序	(102)
5.2.2	检修技术	(102)

5.3	离心式通风机的检修和检修技术	(105)
5.3.1	拆装程序	(105)
5.3.2	检修技术	(105)
5.4	凉水塔轴流式通风机的检修和检修技术	(107)
5.4.1	拆装程序	(107)
5.4.2	检修技术	(107)
5.5	罗茨鼓风机的检修和检修技术	(111)
5.5.1	检修内容	(111)
5.5.2	检修技术	(112)
第6章	燃气轮机的检修与故障处理	(114)
6.1	化工装置常用燃气轮机的大修	(117)
6.1.1	运行时间和检修内容	(117)
6.2	主要零部件的检修	(118)
6.2.1	压气机气缸	(118)
6.2.2	转子组件	(119)
6.2.3	压气机叶片	(120)
6.2.4	燃烧系统	(120)
6.2.5	透平	(121)
6.2.6	轴承	(122)
6.3	大修回装后各部间隙的测量和调整	(123)
6.3.1	高、低压透平转子间隙	(123)
6.3.2	转子定心尺寸	(125)
6.3.3	对中找正	(126)
6.4	机组脱扣试验	(126)
6.5	化工装置用燃气轮机的故障及故障处理	(127)
第7章	工业汽轮机的检修与检修技术	(129)
7.1	检修周期和检修内容	(129)
7.1.1	检修周期	(129)
7.1.2	检修内容	(129)
7.2	汽轮机的主要拆、装程序	(130)
7.3	汽轮机主要零部件的检修	(132)
7.3.1	转子组件	(132)

7.3.2	汽缸及机座	(134)
7.3.3	蒸汽室、汽封、隔板或静叶持环	(136)
7.3.4	径向轴承	(137)
7.3.5	止推轴承	(137)
7.3.6	轴承座	(138)
7.4	汽轮机回装	(138)
7.5	汽轮机转速调节和保安系统的检修	(139)
7.5.1	PG-PL 调速器	(139)
7.5.2	压力变换器及启动装置	(139)
7.5.3	错油门和油动机	(139)
7.5.4	调节阀及传动机构	(140)
7.5.5	主汽阀	(140)
7.5.6	危急遮断器	(141)
7.5.7	危急保安器	(141)
7.6	转速调节和保安系统的整定与试验	(141)
第8章	转化炉设备的检修和检修技术	(143)
8.1	一段转化炉设备的检修	(143)
8.1.1	一段转化炉设备检修指南	(143)
8.1.2	一段转化炉的检修	(145)
8.2	二段转化炉的检修	(158)
8.2.1	二段转化炉设备检查指南	(158)
8.2.2	二段转化炉的检修	(159)
8.3	转化设备检修技术	(165)
8.3.1	凯洛格型转化设备的检修技术资料	(165)
8.3.2	UHDE 型转化设备检修技术资料	(171)
8.3.3	布朗型转化设备检修技术资料	(177)
第9章	换热设备的检修与故障处理	(181)
9.1	概述	(181)
9.2	常用换热设备的检修和检修技术	(181)
9.2.1	管壳式换热器的检修和检修技术	(181)
9.2.2	板式换热器的检修和检修技术	(188)
9.3	换热器的诊断方法	(189)

9.3.1	极值分析法诊断换热器	(189)
9.3.2	涡流探伤腐蚀诊断	(191)
9.3.3	管子-管板角焊缝的诊断	(192)
9.4	换热设备常发生的故障及故障处理	(193)
9.5	典型换热器损坏原因分析及修复	(194)
9.5.1	高压蒸汽过热器	(194)
9.5.2	一段炉空气预热器翅片盘管的烧坏与修复	(201)
9.6	废热锅炉的检修与检修技术	(204)
9.6.1	废热锅炉的检修内容	(205)
9.6.2	废热锅炉主要部件的检修	(205)
9.6.3	废热锅炉的维护	(207)
9.6.4	废热锅炉常见故障原因及对策	(208)
第10章	反应设备的检修与故障处理	(210)
10.1	氨合成塔的检修和检修技术	(210)
10.1.1	检修前的准备	(210)
10.1.2	触媒筐的检修与检修技术	(210)
10.1.3	触媒筐修复后质量和检验标准	(211)
10.1.4	换热器的检修和检修技术	(211)
10.1.5	承压壳体检修和检修技术	(212)
10.1.6	氨合成塔的日常检查与维护	(212)
10.1.7	氨合成塔的事故与分析	(212)
10.2	二氧化碳吸收塔的检修与检修技术	(214)
10.2.1	二氧化碳的脱除	(214)
10.2.2	(美)凯洛格型二氧化碳吸收塔的检修与检修技术	(214)
10.2.3	UHDE-ICI型二氧化碳吸收塔的检修与检修技术	(218)
10.2.4	二氧化碳吸收塔事故及分析	(221)
10.3	二氧化碳再生塔的检修与检修技术	(222)
10.3.1	二氧化碳的再生	(222)
10.3.2	凯洛格型再生塔的检修与检修技术	(223)
10.3.3	UHDE-ICI型二氧化碳再生塔的检修与检修技术	(225)
10.4	尿素合成塔的检修及检修技术	(228)
10.4.1	衬里检修	(228)
10.4.2	密封结构检修	(230)

10.4.3	内件检修	(231)
10.4.4	检漏管检修	(231)
10.4.5	安全附件的检修	(232)
10.4.6	检修焊接的质量标准	(232)
10.4.7	检修安全注意事项	(232)
10.5	汽提塔的检修及检修技术	(233)
10.5.1	密封结构检修	(233)
10.5.2	衬里检修	(234)
10.5.3	液体分布系统的检修	(236)
10.5.4	列管检修	(236)
10.5.5	管板检修	(237)
10.5.6	碳钢壳体检修	(238)
10.5.7	安全附件检修	(239)
10.5.8	检修质量标准	(239)
第11章	过滤机的检修与故障处理	(241)
11.1	概述	(241)
11.1.1	过滤原理	(241)
11.1.2	过滤机的特性和用途	(241)
11.1.3	过滤机的发展	(245)
11.2	过滤机的检修	(245)
11.2.1	转鼓真空过滤机的检修	(245)
11.2.2	圆盘真空过滤机的检修	(249)
11.2.3	板框压滤机的检修	(250)
11.3	过滤机的试车及故障处理	(252)
11.3.1	试车	(252)
11.3.2	故障处理	(254)
第12章	零部件修复技术	(256)
12.1	概述	(256)
12.2	热喷涂和喷焊	(257)
12.2.1	热喷涂和喷焊的定义	(257)
12.2.2	常用热喷涂和喷焊	(257)
12.2.3	氧-乙炔火焰喷涂和喷焊	(259)

12.3	粘接	(264)
12.3.1	粘接剂的分类	(264)
12.3.2	粘接剂的选用	(265)
12.3.3	粘接工艺	(268)
12.3.4	粘接接头的设计	(268)
12.3.5	粘接技术应用实例	(269)
12.4	涂镀	(270)
12.4.1	涂镀的原理和特点	(270)
12.4.2	涂镀的设备与工具	(271)
12.4.3	涂镀用溶液	(271)
12.4.4	涂镀工艺	(273)
12.4.5	涂镀操作	(274)
12.4.6	涂镀操作安全注意事项	(275)
12.4.7	涂镀应用实例	(276)
第13章	仪表测量与控制技术	(277)
13.1	化工仪表及自动化概述	(277)
13.1.1	自动检测系统及传感器	(277)
13.1.2	自动调节系统	(278)
13.1.3	顺序控制	(279)
13.1.4	自动信号和联锁保护系统	(279)
13.1.5	自动执行机构	(279)
13.2	化工机器与设备的监控方案及特性	(280)
13.2.1	化工泵的监控	(280)
13.2.2	工业蒸汽轮机的控制	(282)
13.2.3	工业重型燃气轮机的控制	(283)
13.2.4	离心式压缩机的控制方案	(284)
13.2.5	换热设备的控制方案	(286)
13.2.6	转化炉的监控	(287)
13.2.7	塔和容器设备的控制	(288)
13.3	主要仪表装置的特点与检修	(289)
13.3.1	化工测量仪表	(289)
13.3.2	控制仪表	(298)
13.3.3	调节阀	(303)

第 14 章 现代检测新技术	(307)
14.1 虚拟仪器	(307)
14.1.1 虚拟仪器的概念	(307)
14.1.2 虚拟仪器的组成特点	(310)
14.1.3 虚拟仪器的体系结构	(312)
14.2 网络化仪器和网络化传感器	(314)
14.2.1 网络化仪器的概念	(314)
14.2.2 基于现场总线技术的网络化测控系统	(315)
14.2.3 面向 Internet 的网络测控系统	(316)
14.2.4 网络化传感器	(317)
14.3 软测量技术	(318)
14.3.1 软测量技术的概念	(318)
14.3.2 软测量技术的实现方法	(318)
14.3.3 软测量技术应用举例	(321)
14.4 多传感器数据融合	(321)
14.4.1 多传感器数据融合的概念	(321)
14.4.2 基本原理、过程及关键技术	(322)
14.4.3 结构及功能模型	(323)
参考文献	(326)

第1章 绪 论

设备与机器是现代过程工业企业的主要生产手段，也是生产力的重要要素之一。随着科学技术的发展，机器与设备的维修技术从操作技术中分离出来，初步形成了一门独立的维修科学。但对机器与设备的修理都是事后维护与检修，即在生产过程中遇到机器的损坏，生产停止，进行检修。长年累月进行着生产—停机—检修—生产的反复过程，严重影响生产力的提高和生产要素的发展，导致企业效益低下，不能适应连续化生产的需要。

现代过程工业的发展，促使了设备管理和维修必须适应和满足过程的需要，因此计划维修和预知维修应运而生。在实践中，人们认识到这种维修和检修方式能够节约时间、节约费用、提高效益，各个行业也相继建立起各自的设备管理和检修体系，适应了生产发展的需要，从而把检修技术推向了进一步的发展。

随着科学技术日新月异的发展，新技术、新设备、新流程的不断引进，设备逐步向大型化、系列化、自动化、智能化发展。一旦设备出现故障，就会导致生产中中断，造成巨大的经济损失，甚至危及人身安全，产生严重的社会问题。技术密集型的工厂的出现，促使设备管理和维修技术的快速发展，专业的检修逐渐从综合的检修技术中分离出来，各大型工厂和有关高等学校也培养了一大批设备管理和化工机器与设备维修的高级人才，逐渐形成了工艺生产和维修的独立体系。越来越多的技术人员和专家从事化工维修和维修理论的研究。过程工业中的维修已迅速发展成为过程工业生产过程中必不可少的新兴领域——预防维修、预知维修、故障诊断、冗余控制、在线检修等。

化肥、化工、炼油等过程工业有自己的行业特点，即工厂属易燃易爆，生产的全过程均是在高温、高压、深冷、真空条件下进行的。相对其他行业，工艺条件更苛刻和恶劣，机器与设备的泄漏会导致工厂危险事故的发生，日常维修的管理特别是动态的管理尤为重要。另一特点是腐蚀性较大，如选材不当，设备很快在腐蚀介质中损坏，而不能迅速恢复生产，并严重影响工人的安全。所以设备维修必须满足：1) 生产设备的安全稳定满负荷运行；2) 生产设备的高运转率；3) 延长设备寿命，可靠性较高；4) 不断改进，应用新技术。鉴于此，过程工业中机械与设备的维修应是实践经验的不断总结，从基础理论分析着手，提高维修工程的技术深度，保证各专业的设备延长使用寿命。

1.1 状态监测与故障诊断

设备状态监测通常是指经常测定设备的某个较为单一的特征参数(例如振动、温度等),来检查其状态是否正常。特征参数小于允许值为正常,否则为异常,超过允许值的大小代表故障严重程度,当它达到某一设定值(极限值)时就应停机检修。若对设备进行定期或连续监测便可获得设备故障发展的趋势性规律,对剩余的寿命作出估计,借此便可进行预测预报。一般讲,设备状态监测所用的仪器比较简单,易于掌握,对人员素质要求不高,只要恰当地加以组织,一般都能取得效果,适合由车间一级来组织实施。状态监测又称为简易诊断。

设备故障诊断技术则不仅要检查设备是否正常,还要对设备故障的原因、部位以至严重程度进行深入分析、做出判断,故它又称为精密诊断。

设备状态监测与故障诊断既有联系又有区别。有时为了方便,统称为“设备诊断技术”。所谓“设备诊断技术”主要就是在设备运行中或基本不拆卸全部设备的情况下,掌握设备运行状态,判断产生故障的部位和原因,并预测寿命的技术,因此它是防止事故和计划外停机的有效措施。

设备诊断技术在设备维修管理中的作用有以下几点:

- 1) 监测设备运行状态,发现设备隐患和预防事故的发生,并建立维护标准,实现预知维修。
- 2) 确定修理和更换零件的间隔期和含量。
- 3) 根据设备零件寿命的预测分析,决定备件订货周期和订货量。
- 4) 根据对设备的诊断确定改善维修的方法。
- 5) 从对设备故障点及劣化程度的分析,以及设备所受应力、强度等性能的定量分析,可以反馈指导设备的设计、制造和建议安装等工作,为科技发展提供依据。

为充分发挥设备诊断技术的优势,更好地为过程设备的检修服务,必须从以下几个方面开展工作:

(1) 经济方面

要考虑投入能力和合理限度,采用设备诊断技术,尤其是精密诊断。由于仪器设备价格一般比较贵,是要付出一定投资的,因此,它不是对任何设备都是必需的。开始可考虑在特别重要的设备,连续性很强,停产损失很大的设备,或在安全上至关重要的设备上采用。根据国外一些工业部门调查各家用户的经验可知:对于一般用途的监测系统,初次投资应为设备资产值的1%左右,对监测有