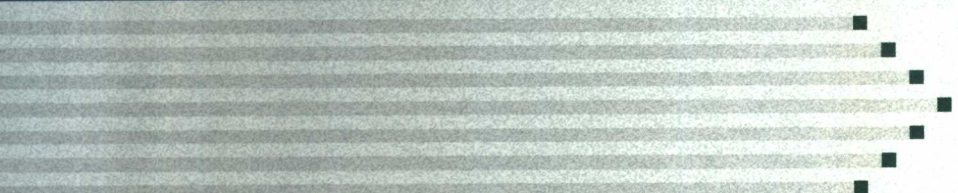


张克南 陈卫东 杨大雷 万年红 等 编著

THE SYSTEMATIC SCHEME
AND PRACTICE OF EQUIPMENT
CONDITION MANAGEMENT
IN MODERN FLOW ENTERPRISES

现代流程企业
设备状态管理
的系统策划与实践



上海科学技术出版社

现代流程企业设备状态管理的 系统策划与实践

张克南 陈卫东 杨大雷 万年红 等 编著

上海科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代流程企业设备状态管理的系统策划与实践/张克面等编著. —上海: 上海科学技术出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-5323-8996-4

I. 现... II. 张... III. 钢铁厂—工业企业管理: 设备管理—研究—上海市 IV. F426.31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 090548 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.25

字数: 280 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1—5 100

定价: 45.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

本书是作者在总结了宝钢二十多年设备状态管理实践的基础上,经过提炼和整理并参考了国内外有关资料编写而成的。不同于一般介绍设备诊断技术的书籍,本书的重点不在于诊断技术本身,而是侧重于状态管理这一与设备状态、设备管理和维修相关的企业活动。书中主要介绍状态管理在一个企业如何开展和实施,其中包括状态管理的系统策划和实施,以及状态管理中常用的设备诊断技术及在宝钢的应用实践。

因此,本书是一本企业人员写给企业人员的书,可供石油、化工、冶金、电力等企业的设备管理人员、设备管理决策者和工程技术人员使用,也可作为研究机构 and 高等院校从事设备诊断技术的专业人员的参考用书。

序

随着工业化进程日新月异的变革发展,人们围绕设备维修与管理进行思考、实践、革新的步伐从来没有停止过,特别是近二十年来,经济全球化使得企业间的竞争进一步加剧,而设备要素作为现代制造业的重要组成部分,同样也成为企业提升竞争力的突破口。如何保持最佳的设备功能、精度、可靠性和效率,怎样提高设备管理的水平与效果,已经成为国内外设备行家、企业管理者和学者们共同关注的课题。

作为中国制造业和流程工业最具代表性的企业,宝钢的设备管理经历了“引进—消化—创新—发展”的持续提高过程。20世纪80年代初一期工程建设与投产之际,同步引进和实施了以点检定修制为代表的预防维修管理体系,为了推动设备管理进步、确保投产和稳定运行作出了积极的贡献。为了持续提升设备管理水平,宝钢积极探索运用专业检测诊断方法,对重要的设备开展设备状态受控点实践,不断提升点检定修制的内涵,不断提高设备状态的掌控能力。随着设备状态把握能力的不断提高,宝钢结合自身特点和多年来设备状态管理所取得的实践经验,对以定期检修为基础、预防维修为主线的设备管理模式进行了系统性的变革,通过创新设备管理方法与制度,逐步发展成为以设备状态掌握为基础、设备预知状态维修为主线的设备管理模式,使设备管理水平提升到了新的高度。

《现代流程企业设备状态管理的系统策划与实践》一书,正是以作者对宝钢设备管理发展历程的切身经历为基础,通过深入挖掘当代流程工业普遍规律及其对设备运行与维修的新要求,悉心研究设备状态把握的基本原理、规律与相应逻辑,创新性地提出了设备状态管理的独到见解与理论思考,并就如何进行策划实施进行了系统性的提炼与阐述,为当代企业,特别是流程型企业开展设备状态管理提供了难得的借鉴和有益的参考。

希望本书的出版发行能进一步推动现代设备管理理论向纵深发展,为中国企业的现代化进程增添一抹亮丽的色彩!

趙周礼

前 言

现代流程工业在国民经济中具有极其重要的地位。随着制造技术的发展,现代流程工业对生产设备的依赖程度也越来越强。以最低的成本保障设备的功能、精度与可靠性成为流程工业设备管理人员的共同追求。

我国已经成为全球的制造大国,但对于流程企业设备管理的深入研究尚少。本书作者在设备状态管理实践的基础上,对设备状态管理体系进行了较为深入的研究,提出了设备状态管理系统策划的方法体系,希望在设备管理研究领域起到抛砖引玉的作用。

本书是在宝钢工业检测公司的组织下编写的,作者均长期从事状态管理工作,有丰富的实际工作经验。在本书的编写过程中,着重强调管理与技术方法的可行性与可操作性,而舍弃了相关理论与数学方法的论证。本书是作者的经验与技术的结晶,是一本以流程工业为立足点,献给流程工业设备管理与设备技术人员的参考书,希望能为广大设备工作者提供借鉴与启发。

本书共分五章。第1章介绍了国内外设备管理的现状,应用较多的管理方法及其应用行业等。第2章介绍设备状态管理的基本内涵,包括设备状态管理的定义、功能与目标、设备状态管理的主要内容、主要支撑技术和设备状态管理的模式。第3章讨论了设备状态管理的系统策划,其中包括系统策划的依据和步骤。通过系统策划,明确工作对象和范围,分配各项资源投入,建立实施机制,构筑状态信息平台,使企业的设备状态管理流程明晰、职责到位,体现对生产运行、设备管理强大的支撑作用。第4章介绍了常用设备诊断技术的应用,包括振动诊断、油液诊断、绝缘诊断、红外热成像诊断、液压设备检测和应变电测技术,重点讲述各项技术在状态管理中的作用以及实施过程中的注意事项。第5章介绍了设备状态管理在宝钢的实践,包括离线诊断形式的受控点模式、在

线诊断系统、专项技术应用成果和正在研究探索的研究项目等。

本书由张克南、陈卫东、杨大雷、万年红主持编写,由杨大雷、万年红负责统稿。参与编写工作的还有朱献忠、张建新、刘晗、徐家倬、倪卫华、刘峰、刘仁德、杨益民、杨国、张莹、蔡正国、沈一平、洪蔚等。

宝钢股份公司副总经理赵周礼同志对本书的编写工作给予了热情支持,并为本书作序。张薇、郭弘敏、焦向明同志为书稿进行了大量的编排、绘图及文字整理工作,田作明同志为本书编写、研讨提供了良好的后勤支持,在此一并表示衷心感谢。

由于作者的水平有限且时间仓促,书中难免有不当和不尽之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2007 年 5 月

目 录

第 1 章 概述

1.1 现代流程工业的特点	1
1.1.1 经济性	2
1.1.2 适时性	2
1.1.3 全面性	2
1.2 设备管理与维修方式的发展	3
1.2.1 设备维修方式的演变	3
1.2.2 其他现代维修方式	4
1.2.3 维修方式的运用	6
1.3 状态管理是设备管理的基础	8
小结	9

第 2 章 设备状态管理的基本内涵

2.1 设备状态管理的定义、功能与目标	11
2.1.1 设备状态管理的定义	11
2.1.2 设备状态管理的功能	14
2.1.3 设备状态管理的目标	16
2.2 设备状态管理的主要内容	17
2.2.1 状态信息的获取	17
2.2.2 状态信息的处理	19
2.2.3 状态信息的利用	22

2.3 设备状态管理的重要支撑技术	23
2.3.1 设备诊断技术	23
2.3.2 其他支撑技术	24
2.4 设备状态管理的模式	26
2.4.1 简易模式	26
2.4.2 中级模式	26
2.4.3 高级模式	27
2.4.4 各种模式间的相互关系	28
2.5 设备状态管理的效益	29
2.5.1 状态管理的预期效果	29
2.5.2 状态管理的经济效益（案例）	32
小结	34

第3章 设备状态管理的系统策划

35

3.1 设备状态管理系统策划的依据	35
3.1.1 策划原则	36
3.1.2 按照设备属性的分类方法	39
3.2 设备状态管理系统策划的步骤	44
3.2.1 设备状态管理模式确定	44
3.2.2 设备状态管理模型的设计	47
3.2.3 人员培训及资质评定	62
3.2.4 设备状态管理的评价与提高	62
3.3 实施设备状态管理的组织体系	67
3.3.1 设备状态管理组织的主要任务	67
3.3.2 设备状态管理的组织方式	67
3.4 设备状态综合信息平台的构建	69
3.4.1 构建设备状态综合信息平台的要求和目标	70
3.4.2 设备状态综合信息平台的主要构成和功能	71
3.5 常见误区	74
3.5.1 检测结果都是好的，不用进行状态监测了	74
3.5.2 设备状态信息通过无线网络发给专家的手机 就能解决问题	75

3.5.3	使用了诊断仪器，就是实施了状态管理	75
3.5.4	维修费用已经很紧张了，不能再上状态管理项目了	75
3.5.5	只要配备了先进的技术手段，就能搞好状态管理	76
小结		77

第4章 常用设备诊断技术的应用

78

4.1	振动诊断技术	78
4.1.1	振动诊断基础知识	78
4.1.2	振动诊断的适用性	87
4.1.3	振动诊断在状态管理中的作用	88
4.1.4	振动诊断的实施过程	95
4.2	油液诊断技术	97
4.2.1	油液诊断基础知识	98
4.2.2	油液诊断的特点与应用范围	103
4.2.3	油液诊断在状态管理中的作用	104
4.2.4	油液诊断的实施过程及其注意事项	104
4.3	高压电气设备绝缘诊断技术	107
4.3.1	绝缘诊断的基础知识	107
4.3.2	影响设备绝缘的主要因素	107
4.3.3	绝缘诊断的基本方法	108
4.3.4	变压器绝缘的诊断方法	108
4.3.5	电动机绝缘的诊断方法	121
4.3.6	绝缘诊断在状态管理中的作用	126
4.4	红外热成像诊断技术	127
4.4.1	红外热成像诊断的基础知识	127
4.4.2	红外热成像技术的诊断方法	127
4.4.3	红外热成像技术在设备诊断中的应用	133
4.4.4	红外热成像诊断在状态管理中的作用	140
4.5	液压设备检测技术	141
4.5.1	液压设备的故障特点	141

4.5.2	液压设备检测诊断主要内容	142
4.5.3	液压设备检测在状态管理中的作用	149
4.5.4	液压设备检测的要点	150
4.6	应变电测技术	151
4.6.1	应变电测技术的特点	152
4.6.2	应变电测技术在状态管理中的作用	152
4.6.3	其他应用实例	157
4.6.4	应变电测的注意事项	159
小结		160

第5章 设备状态管理在宝钢的实践

[6]

5.1	设备状态管理在宝钢的发展概况	161
5.1.1	量化设备状态概念的提出	162
5.1.2	建立设备状态受控点管理模式	163
5.1.3	宝钢设备状态管理的发展方向	163
5.2	设备状态受控点管理模式的实践	164
5.2.1	提出的背景	164
5.2.2	技术应用体系的建立	166
5.3	在线监测诊断系统的应用	170
5.3.1	风机、水泵类设备在线系统的应用	171
5.3.2	主轧线设备的振动监测系统的应用	173
5.3.3	主作业线设备综合诊断系统的应用	175
5.4	检测诊断技术专项应用成果	177
5.4.1	风机性能测试技术	178
5.4.2	辊系空间位置关系检测	182
5.4.3	热工检测	186
5.4.4	设备状态数据采集系统的开发与应用	191
5.5	检测诊断技术的研究与探索	195
5.5.1	低速重载设备诊断技术研究与实践	195
5.5.2	基于电流分析法的异步电动机拖动设备诊断 方法研究	199
5.5.3	传动辊打滑的机理及控制研究	204

5.5.4 冷轧薄板振动纹机理研究 208

5.5.5 设备状态劣化趋势的定量分析技术 219

5.5.6 多参数综合诊断 221

小结 224

附录一 变压器设备点检标准(摘选) 225

附录二 部分振动专业技术标准 227

参考文献 229

第 1 章

概 述

通过流程工业的特点分析流程工业对设备管理的要求,说明设备管理与设备维修必须与设备及生产流程相适应,流程企业的设备管理有比一般企业更加艰巨的任务。随着维修方式的进步和发展,它与设备状态的关系日益紧密。围绕设备状态的一系列企业活动在本书称作状态管理,它与现代维修方式相互促进和依存,并成为设备管理的一项重要内容。

1.1 现代流程工业的特点

流程工业是国民经济发展中极为重要的基础支柱产业,据中国统计年鉴 2001 年按行业分类统计,流程工业分别占工业总产值和工业增加值的 60.47%和 65.59%。流程工业企业的特点是以处理连续物料流、能量流为主,产品多以大批量的形式生产,生产设备投资高,流程和产能相对固定。流程工业是一个非常巨大的产业,在我国国民经济中占有重要经济地位的石化、电力、冶金、建材、造纸、制药、汽车制造等行业均属流程工业,是制造业的重要组成部分。流程工业的生产过程包括信息、物料、能源,还伴随着复杂的物理化学反应以及突变性和不确定性等因素,是一个十分复杂的大系统。流程工业生产属于大批量连续生产,因而强调生产过程的整体性。流程工业更关注设备的有效利用,不能轻易停工,设备和操作之间的耦合度极高,往往某个参数的调整就会影响到其他参数及以后各个工序的产品质量,因此流程工业控制的精确程度大大高于离散型制造业。

现代流程工业具有高度自动化、连续化、规模化、精密化、装备先

进、结构复杂的特点,生产环节环环相套,其运行过程中充分蕴含了产品的优质、高产和劳动生产率的高效,包括信息流、物流、能量流、资金流的高速运转。这些特点除带来生产过程中的高精度、高效率、高效益外,也可能带来一系列后果,即设备故障损失巨大,一旦发生故障,可能造成整条生产链的停运,经济损失将十分严重。除导致生产和设备损失外,发生故障甚至还会危及环境和公众健康,造成恶劣的社会影响。相对离散型制造业而言,流程工业对设备安全稳定运行的要求更高,因为只要制造流程中一个环节出现问题,就会造成远非一般行业一般设备可比的经济损失。因此,流程企业对设备的可靠性和设备管理要提出更高的要求,主要表现在以下几个方面。

1.1.1 经济性

流程企业的现代化设备价格昂贵,尤其是大型自动化成套设备,无论是设备的投资还是设备的维修都需耗用大量资金,这就迫切要求提高设备的使用效率,并最大限度地延长设备的使用寿命,获得设备投入的最大经济效益;也要求备件数量尽可能少,希望通过尽可能少的维修投入保持设备长期稳定运行,寻求维修和管理成本的经济合理性。

1.1.2 适时性

在设备管理方面必须体现流程工业追求的劳动生产率的高效和设备的高回报率,表现在设备管理和维修方面,一是对设备维修的有效性和准确性的要求,把检修时间压缩到最短,且投入维修的人力、物力最少;二是设备维修的适时性,避免欠维修导致的事故延误生产并增加设备的维修费用,并避免过维修造成备件、维修费用的浪费以及不必要的解体带来设备可靠性的降低。

1.1.3 全面性

现代流程工业设备的复杂程度高,从设计、制造、安装调试、使用维护直至报废,各环节相互影响、相互制约,因而要求进行系统的管理,即运用科学的管理方法,对设备寿命周期的全过程,从技术、经济、安全性等方面进行综合研究和管理,以提高设备综合效率和追求全寿命周期费用的经济性为目标,从而提高企业的经济效益。

由上述分析可见,流程企业的设备管理有比一般企业更加艰巨的任

务,且直接关系到企业的竞争力。另一方面,设备作为高科技的集中体现,使企业操作人员的数量不断减少,维护、维修人员的比例不断增加,企业先进的设备与落后的维护、维修能力的矛盾困扰着众多企业,成为企业前进的障碍。因此,近几十年内作为设备管理重要环节的设备维修也发生了根本性的变革。

1.2 设备管理与维修方式的发展

生产设备是企业重要的生产要素,是衡量企业规模和现代化水平的一个基本标志,也是社会生产力的重要因素和创造财富的重要工具。长期以来设备管理领域一直在积极探索最佳的管理模式,即如何以最小的设备维护成本创造出最大的产能效益。为使设备得到最大的资产回报率,必须不断探索先进性和适用性相结合的设备管理模式。

随着设备现代化程度的提高和设备的日趋复杂,各个历史时期对设备管理有不同的要求,但设备维修方式始终是设备管理的主题。现代设备管理模式及相关先进管理技术、方法的应用,无不围绕设备维修方式来开展,因此设备管理的关键要素是设备维修方式,设备管理的历史也很大程度上体现在维修方式的演变上。

1.2.1 设备维修方式的演变

1.2.1.1 事后维修(Breakdown Maintenance)

事后维修是20世纪50年代前主要的维修模式,特点是设备坏了再修,不坏不修,目的是恢复和保持设备正常的运行状态。对于非流程的单体设备,事后维修可以最大限度地延长设备的使用时间,可能是最经济的维修策略。但这种方式缺乏维修前在资材、技术方案、人力资源等方面的准备,因此修理时间较长,往往影响物流组织、打乱生产计划、影响产品交货周期。也可能由于较小的设备问题引起重大的损害,在一些重要场合,也可能造成严重的危害,如安全事故、环境污染等。

1.2.1.2 预防维修(Preventive Maintenance)

预防维修又可分为前苏联的计划维修、美国预防维修制和日本全员生产维修制。这几种维修制的特点是以设备可靠性为中心,将因设备故障影响生产的时间降至最低。前苏联的计划维修方式带有一定的强制性,确保设备的使用状态;美国的预防维修制和日本的全员生产维修制

有利于全员参与设备管理,可提高设备操作人员和维修人员的责任心,这两种维修方式在工业企业中被广泛应用。其缺点一是确定检查的时间间隔很困难,二是维修的实际措施有一定的盲目性。我国的计划维修管理起源于前苏联,其思想是:在严格的设备设计制造规范和完全计划形式的生产体制条件下,为预防设备的故障和事故损失,企业对设备采取强制性计划维修。计划维修在现代通过对维修结果及设备故障的统计分析,逐步改进,成为目前设备维修体系的主流。

1.2.1.3 状态维修(Condition Based Maintenance,简称 CBM)

状态维修方式以设备当前的工作状况为依据,通过状态监测手段,诊断设备健康状况,从而确定设备是否需要检修,确定最佳检修时机。状态检修的目标是:以一定的技术和管理手段达到对设备状态的良好把握,从而使设备的维修达到最佳效果。这种维修没有固定的周期,维修技术人员根据监测数据的变化趋势做出判断,管理部门再确定设备的维修计划。这种维修体制是随着故障诊断技术的进步发展起来的。如果检查手段落后,设备的劣化不能及时准确地诊断,就无法进行状态维修。

CBM也是有计划的,但对特定的设备而言没有固定的维修间隔,只是这种计划是建立在状态基础上的计划。它强调的是对状态的掌握,事先搜集信息,计划适时适度修理,因此它的计划性更符合实际。

1.2.2 其他现代维修方式

1.2.2.1 以可靠性为中心的维修(Reliability Centered Maintenance,简称 RCM)

对于复杂的机电一体化设备,有相当一部分故障是随机性的,而定期维修不能排除随机故障,因此,20世纪60年代初人们开始对传统的维修方法产生了怀疑,初步产生了以可靠性为中心的维修方法。以可靠性为中心的维修方法也是对传统的以预防为主的维修方法的继承和发展,人们对维修的认识由原来的工作—磨损—故障—危及安全演变为采取积极有效的措施,控制机械设备可靠性下降的因素,以保持或恢复机械设备的固有可靠性。从系统工程的观点来看,维修对象的研制、设计、制造、使用都是与维修有关的环节,各个环节都围绕着可靠性这个中心进行工作,因此维修对象的可靠性在循环往复中得到不断的改进和提高。通过对机械设备各环节可靠性诸因素的分析,科学地确