


现代设备工程与管理系列培训教材之三  
中国设备管理协会 组织编写

XIANDAI SHEBEI  
WEIXIU JISHU

# 现代设备 维修技术

主 编 马世宁 副主编 刘谦 范世东 王卫平



 中国计划出版社

现代设备工程与管理系列培训教材之三  
中国设备管理协会 组织编写

# 现代设备维修技术

主 编 马世宁  
副主编 刘 谦 范世东 王卫平  
主 审 蓝文谨

中国计划出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

现代设备维修技术 / 马世宁主编, 刘谦、范世东、  
王卫平副主编. —北京: 中国计划出版社, 2006. 6

(现代设备工程与管理系列培训教材)

ISBN 7-80177-673-9

I. 现... II. 中... III. 机械维修—技术培训—教  
材 IV. TH17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 046691 号

现代设备工程与管理系列培训教材之三

**现代设备维修技术**

主 编 马世宁

副主编 刘 谦 范世东 王卫平

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906381 63906433)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

---

787×1092 毫米 1/16 15.5 印张 390 千字

2006 年 6 月第一版 2006 年 6 月第一次印刷

印数 1—5000 册

☆

ISBN 7-80177-673-9/TB·006

定价: 36.00 元

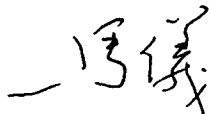
# 序

为进一步推动我国设备管理现代化进程，满足设备管理培训及其对系统教材的需求，为企业提供一套理论与实践相结合，但又侧重于实际操作的系统教材，并为注册设备维修工程师资格认证工作夯实基础，我们组织全国设备管理的有关专家、学者和有丰富实践经验的设备工作者及企事业单位领导共同编写的《现代设备工程与管理系列培训教材》正式出版了。这是中国设备管理协会出版的第一套全面、系统的培训教材，相信它的出版会对推动整个设备管理工作，特别是设备管理的教学、研究、培训与实践工作起到十分重要的促进作用。

设备管理与企业生产正常运行、环境保护、产品质量、节能降耗密切相关，是企业生产的重要物质基础和技术保障。随着社会主义市场经济的飞速发展，设备管理工作的地位和作用愈显重要。因此，党和国家领导人历来十分重视设备管理工作，李先念、江泽民、李鹏、薄一波、邹家华、张劲夫、倪志福、胡厥文、胡子昂等都在不同时期为设备管理题词，为做好设备管理工作指明了方向。在新世纪新时期，做好设备管理工作对于实践“三个代表”的要求和落实科学发展观更具有十分重要的现实意义。

《现代设备工程与管理系列培训教材》将发挥重要的作用：一是为企业培训工作提供一个规范“课本”。企业的设备管理工作迫切需要一套理论与实践相结合，又侧重现场操作的系统教材。二是规范培训市场。目前设备管理培训市场竞争激烈，设备管理书籍名目繁多，良莠不齐，缺乏系统、规范的培训教材。这套教材出版后，将对设备工程培训内容起到很好的规范作用。三是注册设备维修工程师职业资格认证工作，也需要一套与之配套的培训教材，作为考核标准的参考依据。

中国设备管理协会会长



2006年3月17日

# 前 言

在人类社会发展中，维修是伴随着生产工具的使用而出现的。维修是为保证设备运行的可靠性，提高设备使用效能，延长设备寿命，降低设备全寿命周期费用的有效手段。随着设备结构的日趋复杂，其多样化、现代化、自动化和综合化的程度不断提高，维修已不仅是设备在使用过程中必不可少的环节，而且越来越被人们认识到必须延伸到设备全寿命周期的各个阶段。面对融合了现代科学技术的机、电、液、光一体化的机械设备，只有进一步更新维修观念，研究维修理论，将包容多门学科和技术的跨学科、跨领域的现代科学技术和理论，合理地综合应用，形成在环境和条件各异的现场行之有效的维修理论和技术，优质、高效、低成本、安全地完成维修任务，才能应对现代维修领域面临的严重挑战。我国是一个设备大国，有几千亿的设备资产，这些设备在运行中的磨损、腐蚀、疲劳、老化、断裂等是不可避免的。采用先进维修技术修复设备损伤，恢复设备性能，延长设备寿命，从而达到节能、节材、节资、环保的目的，其关键在于发展先进的维修技术。

维修技术是为保持和恢复设备良好技术状态，对设备及其零部件所采取的一系列维护、检测、监控、诊断、修复、强化、抢修和抢救等技术的统称。它以现代维修理论为指导，以信息技术、仿真技术、制造技术和材料技术等为支撑，能够最大限度地发挥设备效能。维修技术贯穿于设备的论证、研制、生产、使用、维修及退役报废的全寿命过程，具有综合性、前沿性和实用性的特点，已成为设备建设所需的共性关键基础技术，也是建设节约型社会的支撑技术。

维修技术已从一门技艺发展成为一门内涵十分丰富的综合性工程技术。本书共分11章，较系统地介绍了现代设备维修技术的基本理论、技术方法和应用实例等，对维修技术的发展趋势和再制造工程的发展也进行了较为详细地介绍，使本书既有理论又有实践，内容丰富，并且紧跟时代的发展。

本书主编马世宁，主审蓝文谨，副主编刘谦、范世东、王卫平，编写人员来自装甲兵工程学院、武汉理工大学和武汉钢铁（集团）公司。其中装甲兵工程学院编写第2、3、4、5、6、7、8章和第1章部分内容、第10章电气设备清洗部分、第11章第1、4节和汽车发动机典型零件再制造工艺部分；武汉理工大学编写第1章和第11章3、4节；武汉钢铁（集团）公司编写第9、10章和部分热喷涂应用实例。参加编写的人员有装甲兵工程学院马世宁、刘谦、邱骥，武汉理工大学范世东、姚玉南、钟骏杰，武汉钢铁（集团）公司王卫平、刘文生、王黎光、郭伟、段立人。全书最后由马世宁、刘谦审校。在本书编写过程中，得到了乔玉林、李长青、李新、胡军志、孙晓峰、董世运、许一等同志的支持与帮助，并提供了宝贵资料。本分册在编写过程中得到了中国设备管理协会培训办的大力支持，特别是赵宝琴女士和王松先生为本书的编写与出版做了大量的工作，在此一并表示谢意。

由于设备维修技术涉及范围广，内容不断更新，加之时间仓促，书中错误难免，诚恳希望广大读者批评指正。

马世宁

2006年3月

# 目 录

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| <b>第一章 设备维修概论</b> .....      | (1)   |
| 第一节 维修的基本概念 .....            | (1)   |
| 第二节 维修的方式和类型 .....           | (4)   |
| 第三节 维修技术 .....               | (6)   |
| <b>第二章 设备维修与表面工程技术</b> ..... | (17)  |
| 第一节 表面工程与节能节材 .....          | (17)  |
| 第二节 设备维修与表面工程技术 .....        | (20)  |
| <b>第三章 热喷涂技术</b> .....       | (26)  |
| 第一节 热喷涂工艺理论 .....            | (26)  |
| 第二节 热喷涂技术在设备维修中的应用 .....     | (33)  |
| 第三节 高速电弧喷涂技术 .....           | (39)  |
| <b>第四章 纳米电刷镀技术</b> .....     | (53)  |
| 第一节 电刷镀技术 .....              | (53)  |
| 第二节 纳米电刷镀技术 .....            | (60)  |
| 第三节 电刷镀技术在设备维修中的应用 .....     | (71)  |
| <b>第五章 表面减摩与自修复技术</b> .....  | (79)  |
| 第一节 减摩与自修复技术的理论基础 .....      | (79)  |
| 第二节 纳米减摩与自修复技术 .....         | (85)  |
| 第三节 固体润滑膜减摩技术 .....          | (90)  |
| 第四节 氮碳共渗与低温硫化复合处理技术 .....    | (97)  |
| <b>第六章 表面预处理与设备维修</b> .....  | (105) |
| 第一节 概述 .....                 | (105) |
| 第二节 表面预处理工艺 .....            | (106) |
| 第三节 表面预处理的新进展 .....          | (112) |
| <b>第七章 应急抢修技术</b> .....      | (114) |
| 第一节 快速粘接技术 .....             | (114) |
| 第二节 无电焊接技术 .....             | (124) |

|             |                               |              |
|-------------|-------------------------------|--------------|
| 第三节         | 快速堵漏技术 .....                  | (127)        |
| 第四节         | 划伤快速修复技术 .....                | (133)        |
| <b>第八章</b>  | <b>其他表面技术及在设备维修中的应用 .....</b> | <b>(139)</b> |
| 第一节         | 熔结技术 .....                    | (139)        |
| 第二节         | 激光表面处理技术 .....                | (147)        |
| 第三节         | 喷丸表面强化 .....                  | (153)        |
| 第四节         | 复合表面技术 .....                  | (156)        |
| <b>第九章</b>  | <b>机械设备拆卸与装配 .....</b>        | <b>(164)</b> |
| 第一节         | 设备拆卸 .....                    | (164)        |
| 第二节         | 设备清洗 .....                    | (167)        |
| 第三节         | 零件的检验 .....                   | (172)        |
| 第四节         | 机械设备的装配 .....                 | (178)        |
| <b>第十章</b>  | <b>电气设备维修 .....</b>           | <b>(185)</b> |
| 第一节         | 电气设备的维修 .....                 | (185)        |
| 第二节         | 电气设备快速清洗技术 .....              | (197)        |
| <b>第十一章</b> | <b>再制造工程 .....</b>            | <b>(206)</b> |
| 第一节         | 再制造工程概论 .....                 | (206)        |
| 第二节         | 再制造工程与设备维修 .....              | (211)        |
| 第三节         | 汽车发动机再制造 .....                | (214)        |
| 第四节         | 机床数控化再制造 .....                | (226)        |
| <b>参考文献</b> | .....                         | <b>(235)</b> |

# 第一章 设备维修概论

## 第一节 维修的基本概念

### 一、维修概述

在人类社会中，维修是伴随着生产工具的使用而出现的。随着生产力的发展和社会的进步以及机械设备的迅速增加和普遍使用，维修也就逐步成为一种社会生产劳动和社会生产力的重要组成部分。

维修是保证机械设备的可使用性和可靠性，提高机械设备的使用寿命，维持生产，提高机械设备使用效能的有效途径。机械设备是现代企业生产的主要工具，是创造物质财富的重要手段。随着机械设备结构的日趋复杂，多样化、现代化、自动化和综合化的程度不断提高，维修已成为机械设备在使用过程中必不可少的环节。据不完全统计，在现代企业中，机械设备故障及停产损失约占其生产成本的 30% ~ 40%，有些行业的维修费用竟占生产成本的第二位。面对融合了现代科学技术的机、电、液、光一体化的机械设备，只有进一步更新维修观念，研究维修理论，将包容多门学科和技术的跨学科、跨领域的现代科学技术和理论，合理地综合应用，形成在环境和条件各异的现场行之有效的维修理论和技术，优质、高效、低成本、安全地完成维修任务，才能应对现代维修领域面临的严重挑战。

维修是实现人与自然和谐相处，合理利用资源和能源，保证社会可持续发展的有力保障。随着人们环保意识的不断增强和先进制造技术的不断发展，使得机械设备的维修过程逐渐向机械设备再制造方向发展。早在 1984 年，美国《技术评论》提出了重新制造的概念，日本也提出了“再生工厂技术的概念”，1990 年在德国召开的欧洲国家维修团体联盟第十次会议的主题是“维修—为了未来的投资”，2000 年在瑞典歌德堡市举行的欧洲国家维修团体联盟第十五次会议的主题是“先进维修”，这些会议反映了对维修的新认识。在制造技术中统筹考虑整个设备寿命周期内的维修策略，同时将维修过程渗透到设备的制造过程中，维修与制造将趋于统一，图 1-1 所描述的就是将这种统一直观化的基于维修、再制造的设备全寿命周期图。对于设备实施再制造，能维持设备的原有功能，保证机械设备的可靠性和可用性，所得的效益可达二十倍左右。再制造的发展将设备的寿命周期进行了提升，对设备的寿命周期管理过程进行了创新，是实现社会可持续发展的重要技术途径。

### 二、维修的概念

维修是伴随着生产工具的使用而出现的。随着生产工具的发展，机械设备大规模地使用，人们对维修的认识也在不断地深化。众所周知，设备在其使用（或闲置）过程中，会逐渐发生磨损，其将直接影响到设备的精度、性能和生产效率。设备的磨损包括有形磨损和无形磨损；引起有形磨损的主要原因是生产过程的使用，其可进一步分为机械磨损和自然磨



损。有形磨损的技术后果是机器设备的使用价值降低，这种磨损严重到一定程度，甚至完全可以使机器设备丧失使用价值。而无形磨损则是指由于非使用和非自然力作用所引起的机器设备价值上的一种损失。亦称经济磨损或精神磨损；它不同于有形磨损，其在实物形态上是看不出来的。

设备维修是补偿有形磨损的重要手段，是为了保持或恢复设备完成规定功能的能力而采取的技术管理措施，是使产品保持或恢复到规定状态所进行的全部活动，其通常具有随机性、原位性、应急性等特点。维修包含维护和修理两个方面的含意。

维护是对机械设备进行清扫、检查、清洗、润滑、紧固、调整和清洁等一系列工作的总称，又称保养。维护是按事前规定的计划或相应的技术条件规定进行的。它的目的是及时发现和处理其在运行中出现的异常现象，防止机械设备性能退化和降低故障概率，是保证机械设备正常运行、延长其物质寿命的重要手段。

修理是指机械设备出现故障或技术状况劣化到某一临界状态时，为恢复其规定的技术性能和完好的工作状态而进行的一切技术活动。由于修理往往要以机械设备的检查结果作为依据，而在工作中又与检查相结合，因此修理又称检修。它是恢复机械设备性能，保证正常运行，延长其物质寿命的主要手段。

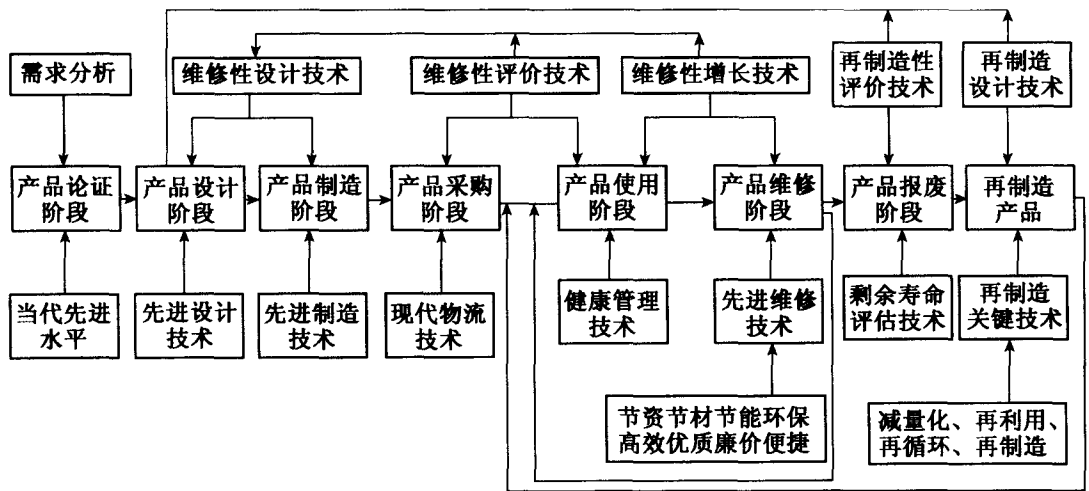


图 1-1 基于维修、再制造的设备全寿命周期图

### 三、维修的相关概念

#### 1. 故障的基本概念

任何产品（无论整机还是零部件），凡不能完成其规定功能、或其性能指标恶化至规定标准外的一切现象，均称作故障。对不可修复产品则称失效。

机械产品中，很多是可修复产品，当构成它的任何一个零部件损坏而不能工作时，最终均可通过更换一个新零部件或通过修复而使其工作，故对这类产品而言，这都是故障。但对某一零件或总成而言，它可能是不可修复的。在故障中如零件损坏、磨损超限、焊缝开裂、

油漆剥落、螺栓松动、标牌脱落等均属不能完成规定功能之故障；起动困难、功率下降、油耗上升、提升缓慢等超过规定值的现象，均属性能指标恶化之故障；齿轮断齿、传动胶带断裂、灯泡损坏等均是不可修复的故障，它们则称失效。

而具体到机械故障来讲则是指结构、机器或机械零件在尺寸、形状或材料性质方面的改变，这些变化会使结构、机器或机械零件不能达到原有设计所要求的功能或者改变其原有的各种参数。

机械设备在使用过程中之所以发生故障是因为受到各种会影响其工作能力的能量的作用，它们是机械能、热能、化学能、核能、电磁能、生物因素。这些能量或因素在机械零件中会引起一种使产品参数降低的过程，这些过程一般都与复杂的物理化学现象紧密相连，并使零件发生变形、磨损、断裂、腐蚀等，结果引起输出参数变化，最后导致故障发生。

## 2. 故障的分类

故障分类的方法很多，主要决定于故障分类的目的与用途，以及产品结构的复杂程度。通过分类不仅可以揭示和分析故障的实质，也有利于在开展现代设备维修管理过程中选择适当的诊断方法和维修技术。常见的故障分类方法有以下几种。

### (1) 按故障发生的速度及演变过程（有无发展期）分类。

1) 突发性故障。由外界随机因素或材料内部潜在缺陷引起的突发性故障，故障的概率往往与工作时间无关，事先没有明显的征兆，往往来不及监测预报。

2) 渐进性故障。机械设备中某些零件长期使用，某些零件的技术指标逐渐超过标准极限范围而引起的故障。这类故障占全部故障的绝大多数，可以通过监测而获得预报。

### (2) 按故障发生的时期分类。

1) 早期故障。机械设备的早期故障是指在机械设备使用初期（或磨合期）所发生的故障。

2) 使用期故障。机械设备的使用期故障是指在机械设备正常使用期所发生的故障。

3) 老化期故障。机械设备的老化期故障是指在机械设备使用磨损期所发生的故障。

### (3) 按故障发生的基本原因分类。

1) 本质故障（非相关故障）。由于零、部件本身固有的缺陷而引起的故障，称为本质故障。如：由于结构强度、材质、加工和装配工艺等原因所引起的过度变形、断裂、过度磨损、粘结、腐蚀、老化、紧固件松动或失效、“三漏”及性能恶化等。本质故障是反映产品可靠性高低的基本故障，是计算可靠性指标的主要依据。

2) 从属故障（相关故障，二次故障）。由于机械设备的其他零件的故障导致产生的派生故障，或外界偶然事故引起的故障称为从属故障。例如：变速箱内某紧固件损坏，导致齿轮损坏或引起一系列其他零件损坏，则该紧固件损坏是本质故障，由此引起的其他零件损坏均属从属故障。

3) 误用故障（亦称人为故障）。用户不按产品使用说明书规定进行操作和使用而引起的故障，称为误用故障。这类故障往往被忽视，而实际上还是占有一定的比例。例如：轮机员未按规定要求给船舶主机加油、加水导致主机抱缸、烧瓦；用户擅自改变某一结构或调整状态，致使有关零部件损坏等。

### (4) 按故障的严重性及后果分类。

1) 致命故障。是指危及或导致人身伤亡，引起主要总成报废或造成重大经济损失的故

障。例如：飞轮破裂、机架或机体断离、车轮脱落等。

2) 严重故障。是指严重影响产品正常使用，或者规定的重要指标恶化至规定范围以外必须停机修理、修理费用较高、在较短的有效时间内无法排除的故障，即需要更换外部重要零部件或拆开机体更换内部零部件的故障。例如：发动机烧瓦、抱缸、曲轴断裂、箱体裂纹、齿轮损坏、轴承损坏等。

3) 一般故障。明显影响产品正常使用、修理费用中等、在较短的有效时间内可以排除的故障，即需要更换或修理产品外部零件的故障。例如：传动胶带断裂、灯泡损坏等。

4) 轻度故障。轻度影响产品正常使用，暂时不会导致工作中断、修理费用低廉的故障，即在日常保养中能用随机工具轻易排除的故障。例如：非警示标牌脱落、轻微渗漏、外部一般紧固件松动、非重要塑料件出现裂纹等。

(5) 按故障的后果对机械设备工作能力的影响分类。

1) 完全性故障。由于故障导致机械设备丧失主要功能，工作完全中断。

2) 局部性故障。由于故障导致机械设备丧失部分功能，但还能够继续使用。

根据不同的故障分类，可以分类统计机械的故障数量，从而了解机械故障的分布特征，有助于抓住关键，采取对策，并对机械设备的设计制造和维修使用提供有价值的信息。

## 第二节 维修的方式和类型

### 一、维修的方式

在维修过程中，其关键是确定什么时候进行维修（维修时机）和做什么样的维修工作（维修范围）以及由谁来实施维修。维修时机和维修范围的不同，产生了不同的维修方式（又称维修方针或维修策略）。目前，关于维修方式的划分种类较多，但究其根本不外乎下图所示内容。

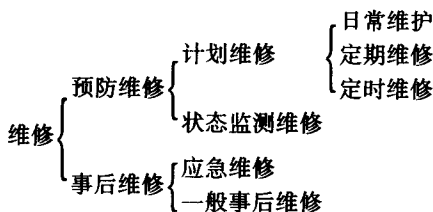


图 1-2 维修方式分类

#### 1. 预防维修

预防维修是指为了防止设备的功能、精度降低到规定的临界值或降低故障率，按事先制定的计划和技术要求所进行的修理活动。预防维修又可分为基于时间的计划维修和状态维修。

(1) 计划维修。计划维修是以设备运行时间为基础的预防维修方式，它具有周期性的特点，是根据设备的磨损规律，事先确定维修类别、维修间隔期、维修内容及维修产品的技术要求等。根据维修间隔期以及维修内容，可将基于时间的计划维修分为日常维修、定期维

修和定时维修。

1) 日常维护。日常维护是指对设备实施的类别最小、间隔期最短、维修内容比较简单以及技术要求不高的维护工作。日常维护工作虽然简单，但它是确保设备正常运行的关键。

2) 定期维修。定期维修就是基于日历台时的计划维修。定期维修是以日历使用时间周期为依据，按计划进行维修，其优点是能准确地安排设备的维修时间。

3) 定时维修。定时维修就是基于设备实际运行台时（可以为实际运行小时、运行里程等）的时间计划维修。定时维修是以设备的运行台时为依据，按照设备的规定的使用时时，按计划进行维修，其优点是维修的实施的更能贴合设备的运行实际情况。

无论是对于定期维修还是定时维修，只要使用到预先规定的时间，不论其技术状态如何，都要进行计划规定的维修工作，以防止引起突发性事故，它是一种带有强制性的预防维修。

定期和定时维修的依据是零部件的磨损规律，关键是准确地掌握零部件的维修时机，通常用于下列情况：①故障机制带有明显的时间相关性，故障特征随时间变化，主要故障模式是磨损且有一定规律；②在使用期限内，零部件出现预期的耗损故障，根据磨损规律，预测出即将发生故障的时间；③对一些重要的零部件很难检查和判断其技术状况时，定期维修则是有效的方式。

定期和定时维修的优点是容易掌握维修时间、计划、组织管理，有较好的预防故障的作用。但它的缺点是不能针对实际情况进行维修。维修过程中采用一律大拆大卸的方法，使拆卸次数增多，不利于充分发挥零部件的固有可靠性，甚至导致故障的增加。因此，对难以更换的部件，这种方式不理想，复杂的成套机械设备很少采用。

(2) 状态监测维修。基于状态监测基础上的维修简称为状态维修，又称视情维修或按需预防维修。它是根据机械设备实际情况来确定维修时机和内容。通常设备状况是由监测和诊断装置预报的，监测包括状态检查、状态校核、趋势监测等项目。按监测得到的状态实施维修是一种最有效的维修方式。

状态维修适用于：①属于耗损故障的零部件，且故障具有缓慢发展的特点，能估计出量变到质变的时间；②难以依靠人的感官和经验去发现故障，又不允许对机械设备任意解体检查；③故障直接危及安全，但故障有极限参数可监测；④除零部件本身有测试装置外，必须有适当的监控或诊断手段，能评价零部件的技术状态，指出是否正常，以便决定是否立即维修。状态维修的优点是可以充分发挥零部件的潜力，提高零部件预防维修的有效性，减少维修工作量及人为差错；而缺点则是需要投资监测设备和诊断装置，费用大，技术要求高。

## 2. 事后维修

事后维修又称故障维修或损坏维修。它不控制维修时间，而是当机械设备发生故障或损坏，造成停机之后才进行维修，以恢复原来的功能为目的。它必须充分准备人力及工具、备件等维修资源，以便有效地对付故障。事后维修丧失了许多工作时间，生产计划也被打乱，修理内容、时间长短及安排等问题都带有很大的随机性。从各方面考虑，它是一种落后的维修方式，是要求最低的对策。若不能采用其他对策时，可把它作为最后的手段来使用。

事后维修通常用于下列情况：

- 1) 零部件发生故障,但不影响总成和系统的安全性;
- 2) 故障属于偶然性且规律不清楚的故障,或虽属耗损型故障,但用事后维修方式更为经济。

针对设备发生的随机性突发故障,为尽快恢复设备规定的技术状态,常常需要就地对设备进行应急修理。尤其在野外作业时,针对设备的故障,常常实施原位抢修。应急维修时不一定要恢复设备的全部性能,而只要能满足当时的需要即可。应急维修一般遵循以下原则:①原位修复的原则。在原地对设备进行快速维修(含快速换件或拆拼),或对损伤部位进行不解体的原件修复。②实用高效的原则。应急维修要做到实用高效,手到病除,这就要求使用的技术材料科技含量高,操作容易,时间短,见效快,工作可靠。③适度维修的原则。原位抢修受环境、条件的制约,不追求将设备恢复到出厂标准,而只要求能够完成当前任务为标准,不要求更多的剩余寿命。④便携快捷的原则。原位抢修要求技术、材料和设备尽量简单轻便,实现无电、无气等外界人工能源,个人能够携带和操作,或设备本身可自携带实现自保障。

## 二、维修的类型

维修有多种分类方法,根据不同的原则可有不同的分类。按维修内容、工作量大小及范围的深度和广度,维修可分为大修、项修、小修、和零修等几种不同维修类别。

### 1. 大修

大修是指全面或基本恢复机械设备的功能,一般由企业内的专业维修人员或在工业设施比较集中地区设置的维修中心进行。大修时,将对机械设备进行全部或大部解体,重点修复基础件、更换和维修丧失或即将丧失功能的零部件,调整后的精度基本上达到原出厂水平,并对外观重新整修。

### 2. 项修

项修是在对机械设备运行进行状态监测的基础上,专门针对即将发生故障的零部件或技术项目进行事前计划性的维修。项修是穿插在大小修之间,没有周期性的一种预防维修层次。

### 3. 小修

小修是指以更换或修复在维修间隔期内磨损严重或即将失效的零部件为目的,不涉及对基础件的维修,是排除故障的维修。

### 4. 零修

零修也称临修,是指对设备在使用阶段发生不是紧急故障后,所进行的临时的或者是零星的修理,这种维修类型是对其他维修类型的补充。

## 第三节 维修技术

### 一、维修技术定义和特点

维修技术是为保持和恢复设备良好技术状态,对设备及其零部件所采取的一系列维护、监控、诊断、修复、强化、抢修和抢救技术的统称。它以现代维修理论为指导,以信息技

术、仿真技术、制造技术和材料技术等为支撑,能够最大限度地发挥设备效能。

维修技术贯穿于设备的论证、研制、生产、使用、维修及退役报废的全寿命过程,具有综合性、前沿性和实用性的特点,已成为设备建设所需的共性关键基础技术,也是建设节约型社会的支撑技术。

从20世纪五、六十年代以来,维修本质及客观规律得到了深入而广泛的研究,维修实践得到了迅速发展。设备维修从被动变为主动,从使用阶段延拓至设备全寿命过程,从单一作业管理演变为系统管理,从分散的、定性的、经验的阶段进入到系统的、定量的、科学的阶段。相应的维修技术也已从一门技艺发展成为一门内涵十分丰富的综合性工程技术。未来维修技术发展将主要呈现出以下特点和趋势:

#### 1. 维修概念和理论不断创新

维修作为一个过程,常常被定义为能产生一定效果、有逻辑关系的一系列任务。随着维修实践的发展,对维修的认识已突破了传统的定义,其概念、内容不断扩展,设备维修思想及策略等不断进步。从“事后维修(BM)”发展了“预防维修(PM)”、“预测维修(PDM)”乃至“改善维修(CM)”和“风险维修”等,移植了“并行工程”等理论,深化了“以可靠性为中心的维修”理论。基于信息网络等技术的发展,发达国家还提出适用于满足分散程度和机动性越来越强的“精确保障”、“敏捷保障”等维修保障新理论。这些理论创新有效地导引了维修技术发展。

#### 2. 更依赖维修技术应用基础研究

要从根源上预防和解决故障,维修技术必须能够针对维修实践中提出的科学技术问题,特别是对有关设备的磨损、腐蚀、老化、疲劳、失效、不稳定载荷的反应等机理性问题,设备寿命预测等规律性问题进行理论探索与试验研究,以及运用基础科学的理论为解决维修不同领域中的普遍性问题提供理论和试验依据。维修技术的应用基础研究需要广泛结合力学、数学、材料科学、机械工程、电子技术等科学技术领域的基础研究或应用研究成果,以促进维修技术的发展。

#### 3. 信息技术的带动作用愈加突出

信息技术以其渗透性、功能的整合性、效能的倍增性,以及军民两用性,在维修作业、维修管理、维修训练、维修指挥等诸多方面都有着非常广泛的应用。已经衍生了全部资源可视化、虚拟维修、远程维修、交互式电子技术手册等技术,促进了传统监测与诊断技术进步,产生了基于虚拟仪器的监测与诊断等新仪器及系统,推动了维修决策支持系统的智能化发展,提高了从各种完全不相关的、分布极为分散的系统和数据库中检索信息的能力,加速了维修信息系统与作战指挥等系统的融合。

#### 4. 多学科综合交叉发展趋势明显

维修技术是一门较为典型的综合性工程技术,其发展和创新越来越依赖于多学科的综合、渗透和交叉。不仅新兴的维修技术研究领域很多都跨越了传统的学科分类,而且许多传统的维修技术研究领域也都通过更深入的开发,更高层次的创造,突破了原有的传统技术界限。如故障诊断系统已经逐步发展成为一个复杂的综合体。在这个综合体中,包含了模式识别技术、形象思维技术、可视化技术、建模技术、并行推理技术和数据压缩等技术。这些技术的综合,有效地改善了故障诊断系统的推理能力、并发处理能力、信息综合能力和知识集成能力,推动故障诊断技术向着信息化、网络化、智能化和集成化的方向发展。

### 5. 向覆盖设备全系统、全寿命周期发展

适应设备全系统全寿命发展要求，通过发展设备可靠性、维修性指标论证，进行维修性设计、试验、验证、评价等技术，可以有效地将现代维修思想、维修保障要求以及设备改进需求等反馈并影响设备方案论证、性能要求、功能设计等设备的研制以及设备的改造过程。

### 6. 建设节约型社会对维修技术提出了新要求

我国是一个设备大国，有几千亿的设备资产，这些设备在运行中的磨损、腐蚀、疲劳、老化、断裂等是不可避免的。采用先进维修技术，应用少量的表面材料，修复设备损伤，恢复设备性能，延长设备寿命，大大节约了备件购置费、新品制造费、采矿冶炼费、物流运输费及污染治理费等，从而达到节能、节材、节资、环保的目的，其关键在于发展先进的维修技术。

## 二、维修技术分类

根据维修技术的发展历程，可将维修技术大致划分为传统维修技术和现代维修技术两大类，常用的两类修复技术如图 1-3 和图 1-4 所示。事实上，随着科学技术的发展，使维修技术的内涵和外延都发生了深刻的变化。传统维修技术不断吸收来自材料、能源、信息和管理等领域的最新成果，衍生出不少新的分支，很大程度上改变了维修的面貌，产生了显著的经济效益和社会效益。

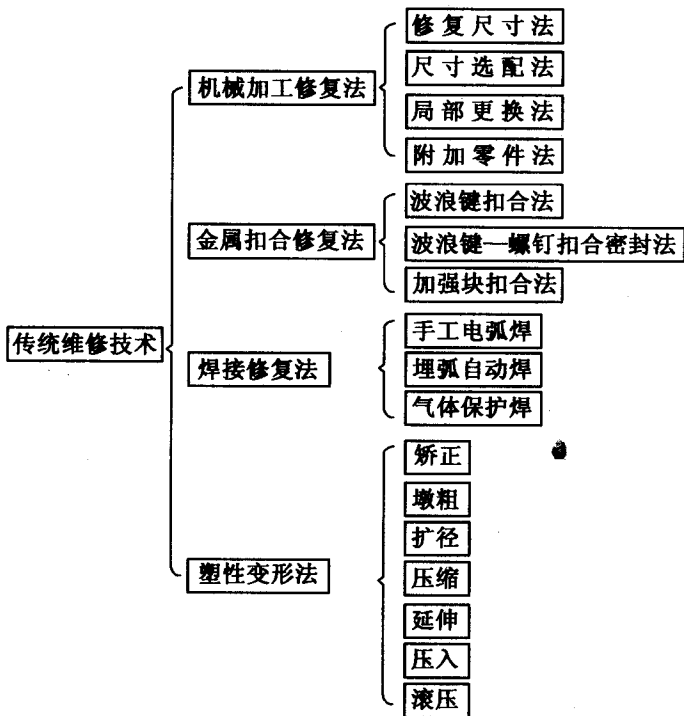


图 1-3 传统维修技术分类

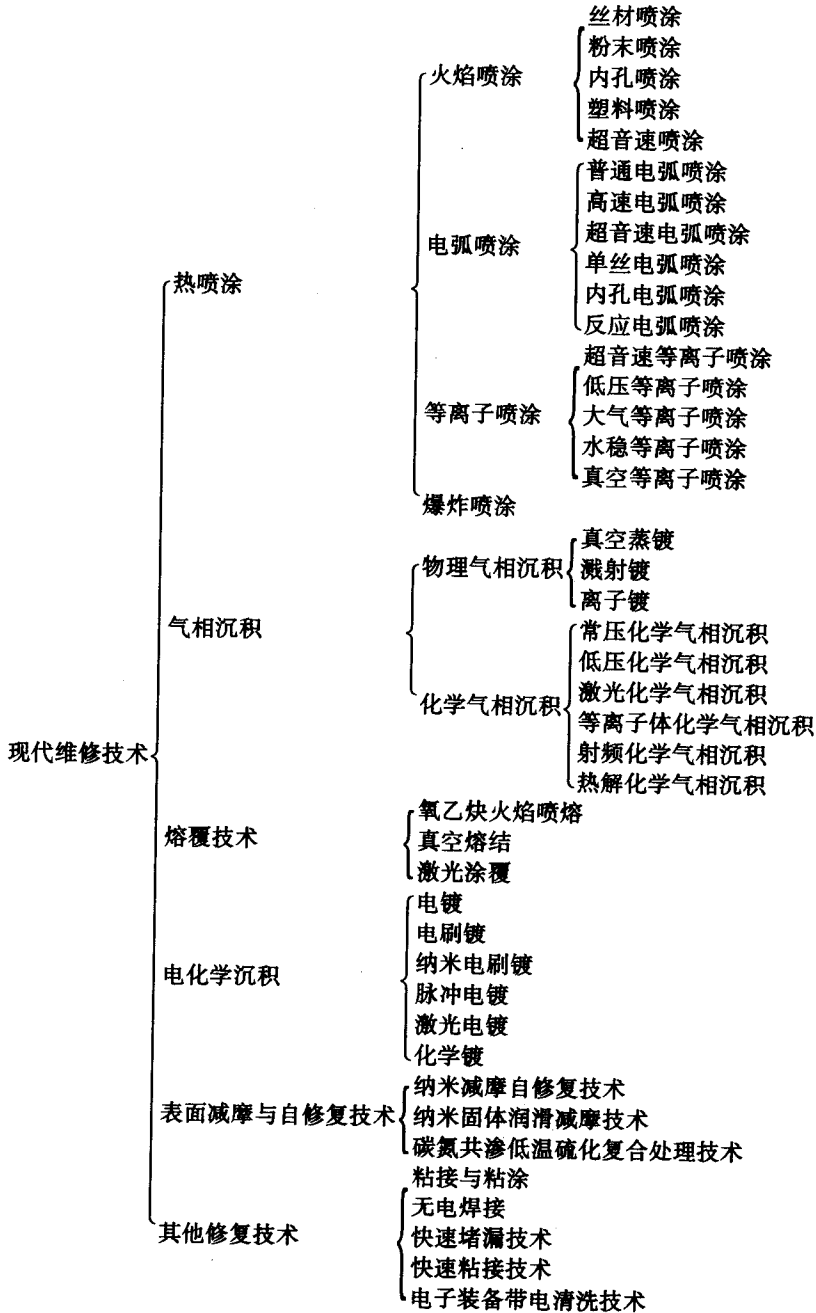


图 1-4 现代维修技术分类

### 三、维修技术方法及选择

在生产实践中，会遇到各种各样的零部件故障现象，如何正确的选择适用、经济、可靠的维修技术，是确保维修工作得以顺利完成的基础，为此相关工程技术人员必须了解和掌握各种维修技术的原理、特点和应用范围，表 1-1 列出了常用维修技术的基本信息。



表 1-1 常用维修技术

| 维修技术           | 基本原理  | 特点   | 应用范围   |
|----------------|---|--|--|
| 修复尺寸法          | <p>该方法是将零件的损伤工作面进行机械加工，消除损伤缺陷，使零件的原始尺寸改变为另一尺寸——修理尺寸。当修理孔时，修理尺寸大于原始尺寸；而当修理轴时，则修理尺寸小于原始尺寸。采用修理尺寸法时要求与被修理零件相配合的零件，亦必须具有相应的修理尺寸，使得它们之间的配合性质符合规定</p> | <p>必须考虑修理后零件的机械强度是否满足工作要求。必要时应进行强度校核，重要零件须参照有关规范校核，如确定的修理尺寸已使零件的强度不合要求，则须考虑使用其它方法修复</p>  | <p>广泛应用于结构复杂和贵重零件的修理上。例如：曲轴轴径加工至修理尺寸，配以新轴瓦，其孔径与轴瓦之间的间隙符合规定要求</p> |
| 尺寸选配法          | <p>将磨损的零件先进行加工，使其具有正确的几何形状，然后根据配合要求进行选配</p>   | 同上   | <p>这种方法可以用来修复喷油泵的柱塞副和喷油器的针阀副零件等</p>                              |
| 局部更换法          | <p>从零件上去除损伤部分，制造这一部分的新品，使其与零件的余留部分结合在一起。更换时要求进行必要的加工，达到使用的技术要求</p>  | 同上   | 多用于基体件、结构件的局部损伤更换  |
| 附加零件法<br>(镶套法) | <p>将零件磨损的工作表面加工至安装附加衬套的尺寸，然后将附加零件——衬套压入，最后再对衬套进行必要的机械加工，使其恢复原有尺寸，或加工成修理尺寸</p>   | <p>同上。<br/>衬套材料通常与被修复零件的材料相同，为的是受热后两者膨胀一致，不产生附加应力或松脱。衬套的厚度不宜过薄，否则刚度过低，压入有困难。衬套与被修复零件的配合必须有一定的过盈，以使两者紧密贴合，满足传递力和传热的要求</p>   | 适用于磨损的轴承孔或轴颈的修复  |
| 金属扣合修复法        | <p>该方法是利用高强度合金材料和 10、15、20 钢制成特殊的连接件，将机件的损坏处以机械方法连接起来，达到修复的目的</p>   | <p>(1) 修复工艺简单，成本低。所需设备和工具极为简单，而且修复工作一般不受场地限制，可就地施工。不需拆卸机件进车间，因而可以节省大量费用和时间。(2) 不破坏原有精度。修复是在常温下进行的，不会引起机件变形。(3) 修复质量可靠。用这种方法修复的机件有足够的强度和良好的密封性能。<br/>扣合方法有三种：波浪键扣合法、波浪键—螺钉扣合密封法和加强块扣合法。</p> | <p>修复气缸盖、机座、螺旋桨等的裂纹。尤其是铸铁零件不易用焊补方法修复，此法更为合适</p>                  |