



筑养路机械修理 与再生技术

ZHUYANGLU JIXIE XIULI YU ZAISHENG JISHU

陶伟 主编 李欣 副主编
唐玉庆 主审



筑养路机械修理 与再生技术

ZHUYANGLU JIXIE XIULI YU ZAISHENG JISHU

陶伟 主编 李欣 副主编
唐玉庆 主审

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇江

图书在版编目(CIP)数据

筑养路机械修理与再生技术 / 陶伟主编. —镇江 :
江苏大学出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-81130-711-5

I. ①筑… II. ①陶… III. ①筑路机械—维修②养路
机械—维修 IV. ①U415.5②U418.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 070434 号

筑养路机械修理与再生技术

主 编/陶 伟

责任编辑/张小琴

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/<http://press.ujs.edu.cn>

排 版/镇江新民洲印刷有限公司

印 刷/句容市排印厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/787 mm×1 092 mm 1/16

印 张/10.25

字 数/259 千字

版 次/2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-711-5

定 价/22.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

本书是江苏省交通技师学院建设“国家中等职业教育改革发展示范学校”项目的规划教材。在国家中等职业教育改革发展示范学校的建设过程中,本校联合高等职业院校、工程机械生产企业、公路工程施工与养护企业专家,进行了广泛的调研,建立了基于国家标准和企业需求的课程体系,在此基础上进行了系列教材的开发工作。

本书的编写有以下几个特点:

(1) 以国家标准为核心

本教材以国家职业标准为依据,使教材涵盖了筑养路机械操作、维修等职业或工种的相关要求,便于双证书制度在人才培养过程中的落实。

(2) 以行业和企业的需求为导向

从用人单位的岗位要求入手,分析现代筑养路机械行业对专业技术工人的能力结构要求,明确教学目标,确定教学内容,强化教材的针对性和实用性。

(3) 以便于自学为目标

本教材努力实现教材向学材的转变,在编写过程中,充分考虑了技工学校学生的基础和学习特点,同时考虑到筑养路机械操作人员的文化基础普遍不高的事实,全书尽力摒弃冗长的理论叙述和复杂的计算公式,力求做到以图代文、通俗易懂、简明扼要,从而实现便于读者自学的目的。

(4) 以岗位技能要求为重点

根据对筑养路机械操作与维修专业学生就业岗位的调研结果以及大量用人单位提出“会操作、会维护”的技能要求,针对筑养路机械操作与维修工作的特点,通过典型案例的分析,重点解决关系到筑养路机械故障诊断与检测的问题,以提高学生在这方面的技能。

参加本书编写工作的有:江苏省交通技师学院陶伟(编写第一、六章),江苏华通动力重工有限公司王翠军(编写第二章),江苏省交通技师学院李欣(编写第三、四章),江苏省交通技师学院郭炎(编写第五章)。全书由陶伟担任主编,江苏华通动力重工有限公司唐玉庆担任主审。

本套教材在编写过程中得到了江苏大学、江苏华通动力重工有限公司、江苏省交通工程集团有限公司、江苏柳工机械有限公司、江苏省镇江市路桥工程总公司等单位专家和一线技术人员的大力支持和帮助,在此表示感谢!

由于编者的业务水平和教学经验有限,编审人员工作繁忙、时间仓促,书中难免有不妥之处,恳切希望使用本书的教师和读者提出宝贵意见。

编 者

2014.3.18

目 录

第一章 筑养路机械维修理论	001
第一节 机械设备的老化及起因	001
第二节 故障理论和故障规律	006
第三节 机械的维修性	012
第二章 机械零件的失效及分析	018
第一节 基本概念	018
第二节 零件的磨损失效	019
第三节 零件的断裂失效	028
第四节 零件的腐蚀失效	032
第五节 零件的畸变失效	036
第三章 机械零件的清洗	040
第一节 除锈	040
第二节 油污的清洗	044
第三节 水垢的清除	045
第四节 积碳的清理	047
第五节 旧涂装层的清理	049
第六节 机械零件的常见清洗方法	051
第四章 机械零件的检验	057
第一节 机械零件检验参数的基本知识	057
第二节 零件检验的主要内容及一般方法	061
第三节 筑养路机械典型机构或零件的检验	064
第五章 机械零件的修复技术	073
第一节 机械加工修复	073
第二节 零件的焊修	082
第三节 金属热喷涂修复	086



第四节 零件的黏结修复法	092
第五节 零件的其他修复技术	099
第六节 工程机械的再制造技术	103
第六章 机械设备的检修	113
第一节 工艺过程和修理方法	113
第二节 ZL50 型装载机的修理组织流程	115
第三节 ZL50 型装载机零部件的检修	117
第四节 机械设备的装配工艺	143
第五节 机械设备的磨合与试验	153
参考文献	158



第一章 筑养路机械维修理论

随着我国高等公路建设的迅速发展,筑养路机械设备已成为公路施工企业的重要生产要素,如何充分发挥筑养路机械设备的最大效益,提高工作效率,加强对筑养路机械设备的维修与管理十分重要。对筑养路机械进行合理的维修,不仅能恢复机械设备的性能,延长其使用寿命,而且能有效地减轻因机械设备故障对工程施工造成的影响,降低机械设备投资,提高工程质量,缩短工期。筑养路机械设备维修是机械设备有形损耗的一次全面性补偿,对筑路机械设备进行正确合理的维修和保养,是提高筑养路机械设备完好率、使用率和利用率的前提。

第一节 机械设备的老化及起因

机械设备无论设计和制造得多么完美,都会随着长期的使用、保管或闲置过程产生工作能力下降、精度降低、价值贬低、可靠性降低等现象,这种现象称为老化(或劣化)。

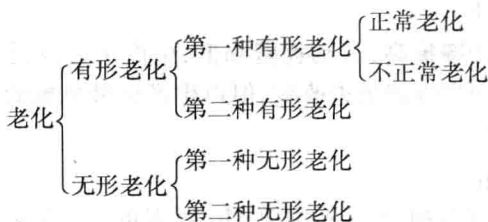
机械维修的主要内容及理论基础包括:

- ① 研究老化的规律;
- ② 研究对机械设备造成有害作用的根源及相应对策。

一、老化的分类

机械设备老化可分为有形老化和无形老化 2 种形式,如表 1-1 所示。

表 1-1 老化的分类



1. 有形老化

机械设备及零部件在使用、保管或闲置过程中,因摩擦磨损、变形、冲击振动、疲劳、断裂、腐蚀等使机械实体形态变化、精度降低、性能变坏等现象,称为有形老化。

(1) 第一种有形老化

机械设备在运行中造成的实体损坏称为第一种有形老化。



第一种有形老化一般表现为:

- ① 零部件的原始尺寸甚至形状发生改变;
- ② 零部件之间的公差配合性质发生变化,精度降低;
- ③ 零件破坏。

对第一种有形老化根据其性质及是否可以预防,可再分为正常老化和不正常老化。

正常老化指的是在正常使用条件下发生的不可避免的老化,如机械摩擦、磨损是不可避免的老化,在正常使用条件下,磨损是缓慢的,属于正常老化。对于正常老化则应设法减缓其产生和发展的过程速率。

不正常老化指的是在一般情况下可以避免的一类老化,若因其他原因造成的快速磨损或灾难性磨损,则是不正常磨损,它会造成不正常老化。对于不正常老化应采取各种措施消除其根源和发生的条件。

第一种有形老化与使用时间和强度有关。

(2) 第二种有形老化

由于自然力的作用,机械设备在保管或闲置过程中会发生变形、金属锈蚀、材料老化变质等现象。

不断改进设计,选用耐用材料,提高零部件加工精度,增强结构可靠性,正确使用,及时维护,合理保管,采用先进的修理技术等都会减缓有形老化的发展进程。

第二种有形老化与闲置时间或保管状态有关,时间久了会自然丧失精度和工作能力。

技术进步常与提高速度、压力、载荷和温度相联系,这些会加剧机械的有形老化,当机械老化到一定程度时,其使用价值降低,使用费用提高。要消除有形老化,可通过修理来恢复,且修理费应小于新机械的价值。当有形老化达到机械丧失工作能力,且通过修理也不能恢复其功能时,则需用更新的机械来代替原有的机械。

2. 无形老化

机械设备在使用或闲置过程中,由于非自然力和非使用所引起机械设备价值的损失,在实物形态上看不出来的老化现象称为无形老化或经济老化。无形老化分两种形式:第一种无形老化和第二种无形老化。

(1) 第一种无形老化

由于科技进步使生产率提高,劳动耗费降低,生产工艺改进,增大生产规模等原因,机械设备的技术结构和经济性能虽未改变,但再生产该种机械的价格降低而使其贬值的现象,叫作第一种无形老化。

(2) 第二种无形老化

由于不断出现结构更合理、技术性能更佳、效率更高、经济效益更好的新型机械设备,原机械显得技术陈旧、功能落后而产生的经济老化(原机械的价值相对降低),称作第二种无形老化。

无形老化是社会生产力发展的结果,老化愈快,说明科技进步愈快。因此对于无形老化,我们不能防止它,而应认真研究其规律,使机械购入后尽早、尽快投入使用,提高利用率,在经济寿命期间内创造更多的价值,取得较高的经济效益。



二、老化的起因

由于无形老化的产生主要是由科技进步引起的,在此不再进行更多的探究。

引起有形老化的原因较多,研究对机械造成有害作用的根源,查明降低机械工作能力的过程的物理实质,弄清机械本身对这些作用所产生的反应,有助于从设计、制造、使用 and 维修等方面采用有效可行的措施,降低有形老化速率,延长机械的使用寿命和经济寿命,从而最大限度地发挥机械的效能。

机械设备有形老化的起因,可从不同的角度来研究认识,这里从能量的角度考查。机械设备在制造后使用或闲置过程中,会受到各种能量的作用。这些能量可归纳为 3 类:

- ① 周围介质能量的作用;
- ② 机械内部机械能的作用;
- ③ 在制造中聚集在机械零件内部潜伏能量的作用。

1. 周围介质能量的作用

作用于机械上的周围介质能量有 4 种。

(1) 热能

周围介质温度的变化,来源于大环境温度的变化以及机械自身和周围其他机械的发热作用而造成的小环境温度变化。

热能对机械零件产生的作用和影响有:热胀冷缩;金属组织和性能的变化;有机材料制造的零件的软化、蠕变及老化;温度升高使润滑油黏度变化,氧化增强,易变质,润滑性能变差,加速机件的磨损等。

(2) 化学能

金属零件表面上的水分及其他浸蚀性气体或液体的作用,会使零件表面受腐蚀破坏。

例如水蒸气冷凝成水珠黏附于钢铁件表面时会引起电化学腐蚀,机械设备在闲置时若无保护措施也会产生这种破坏;柴油含硫量过大会造成气缸、活塞、活塞环等零件的腐蚀磨损;柴油发动机长期在低温状态下运行也会造成气缸、活塞环等零件的腐蚀。

酸性或碱性环境不仅腐蚀机械外表,而且使空气中的酸性或碱性物质吸入气缸,造成机件的腐蚀。经常在泥泞环境下工作的机械,其底盘及行走装置在腐蚀、氧化环境中也极易引起技术性能变差。

(3) 其他形式的能量

例如有害生物的浸蚀会破坏常用的绝缘材料甚至金属材料。

(4) 操作不当

操作和修理机械的人员因误操作或操作不合要求,极易损害机械的工作能力,严重者可造成机械工作能力完全丧失或者酿成事故。

例如,机械长时间、超负荷运行,易造成零件变形及磨损加剧;超速运行时,由于附加载荷过大造成零件的变形甚至断裂;冬季启动时,不加冷却水,发动机未达到正常温度就进入大负荷作业,操作粗野,冬季停机后立即放水等违反操作规程的使用方式,都会造成机械的技术性能迅速恶化;不按维修技术标准对机械进行维修,其维修质量肯定低劣。



2. 机械设备内部机械能的作用

在机械工作过程中,机械能不仅沿着各个机件传递,还与外部介质(被驱动的机械或工作的对象)发生作用,引起载荷对机械产生作用,且机械能还用以克服运动件的摩擦阻力。载荷和摩擦对机械作用的结果将使机械产生疲劳磨损、变形和内应力再分布等,这些不可逆的过程,会使机械随工作时间的增长而产生有形老化。

3. 在制造中聚集在机械零件材料内部的潜伏能量的作用

这种潜伏能量表现为铸件的内应力,机械加工或热处理时零件的内应力,以及机械装配时的内应力。这些内应力与零件工作载荷共同作用,可加速零件材料的损伤。

例如,当零件材料中残余内应力是拉伸内应力,而零件工作时受载荷引起的工作应力也是拉伸压力时,二者共同作用的结果将使零件材料承受的是更大的拉伸应力。此应力若超过材料的强度,零件将会被破坏。

除上述几项以外,结构设计、加工制造、油料品质、维护修理等方面的因素,也可引起有形老化速率的变化。

三、老化的数量指标

$$K = (1 - \alpha) K_0 = \{1 - [1 - (1 - \alpha_p)(1 - \alpha_1)]\} K_0$$

$$= \left(1 - \frac{R}{K_1}\right) \left(1 - \frac{K_0 - K_1}{K_0}\right) K_0 = K_1 - R$$

其中, K ——机械设备的残值;

K_0 ——机械原始价值;

K_1 ——考虑到第一、第二种无形老化时该机械再生产或再购入的价值;

α ——综合老化指标;

α_1 ——无形老化程度指标;

α_p ——以经济指标计算的老化程序指标;

R ——修复所有老化零件所需要的费用。

可见机械设备的残值等于再生产的价值减去维修费用。若 $K_1 > R$, 则 $K > 0$, 机械设备还有残值; 若 $K_1 = R$, 则 $K = 0$, 表明机械设备已无价值; 若 $K_1 < R$, 则 $K < 0$, 此时机械设备不再具有维修的意义。

四、老化的共同规律

1. 零件寿命的不平衡性和分散性

零件寿命有两个特点,即异名零件寿命的不平衡性和同名零件寿命的分散性。在机械设备中,每个零件的设计、结构和工作条件不相同,老化的速度相差很大,形成了异名零件寿命的不平衡性,即提高了一部分零件的寿命,而其他零件的寿命又相对缩短了。

异名零件寿命的不平衡是绝对的,平衡只是暂时和相对的。

同名零件由于材质差异,加工与装配的误差,使用与维修的差别,其寿命长短不同,分布呈正态曲线,形成同名零件寿命的分散性。这种分散性可设法减小,但不能消除,因此,它是绝对的。同名零件寿命的分散性又扩大了异名零件寿命的不平衡性。



结论:零件寿命的这两个特性完全适用于部件、总成和机械设备。

2. 机械设备寿命的地区性和递减性

机械设备的寿命受自然条件影响很大,如在恶劣工况下工作的工程机械,其行走部分及减速箱的磨损较大;在寒冷或炎热以及沙漠地区工作的机械设备,其腐蚀和磨料磨损较大。这进一步扩大了机械寿命的分散性。这种影响在相同地区具有相同的趋势,故称之为机械寿命的地区性。

由于材料的物理、力学性能发生变化需要一定的时间,所以零件的许多缺陷只有经过相当长时间的发展才逐渐显露出来。受各方面条件的限制和制约,机械经过维修,其技术性能经常达不到预定的要求,寿命将随维修次数的增加而呈递减的趋势,即所谓寿命递减性。

3. 机械设备性能和效率的递减性

在机械设备的有形老化中,有些可以通过维修予以恢复,有些因技术或经济上的原因,在目前条件下还无法彻底恢复。因此,经过维修的机械设备其性能和效率呈递减的趋势,即所谓性能和效率的递减性。

4. 材料性状的不可逆性

材料性状不可逆性是指当外界因素停止作用后,零件材料的状态发生了变化,不能恢复自身的原始状态。

例如,零件发生的磨损、腐蚀疲劳、内应力再分布以及扭曲畸变等是最有代表性的不可逆变化。这种不可逆性变化的规律称为老化规律,它揭示了机械设备零件材料内部发生不可逆变化过程的物理、化学本质。

五、老化过程的分类

为了便于研究和解决抗老化过程的工程问题,对老化过程进行分类是必要的。

根据老化过程涉及的是零件整体或仅是零件表面层,并按其外部特征(损伤类型)对老化过程进行分类,如表 1-2 所示。

表 1-2 老化过程的分类

项目	老化过程的外部特征 (损伤类型)	老化过程的不同类别
零件整体	破坏	韧性破坏、脆性破坏
	变形	塑性变形、蠕变、弯曲、扭曲
	材料性能变化	材料组织、化学成分、力学性能、塑性、污染程度(燃料油、润滑油)等变化
零件表面	磨损	磨损(擦伤)、表面层疲劳、挤压损伤、材料转移
	腐蚀	锈蚀、浸蚀、气蚀、烧蚀、裂纹腐蚀
	黏着	黏着(黏附、内聚、吸附、扩散)、积垢、黏结
	表面层性能的变化	粗糙度、硬度、应力状态、反射能力等变化



损伤是机械零件发生诸如磨损、变形、腐蚀、断裂、老化等现象的通称。

在上述分类中,零件整体可能发生破坏、变形和材料性能变化,其中破坏是最具危险和灾难性的老化过程,而零件的表面层由于直接受到温度、介质和机械等外部作用最易发生老化。

六、老化后的补偿

机械设备老化后,可以通过维修、更换、更新和改善性修理等方法进行补偿,如图 1-1 所示。机械的有形老化与无形老化造成的经济后果是有差别的。有形老化严重的机械在修理前常常不能正常工作,而无形老化严重的机械却不影响它的继续使用。

机械老化形式不同,补偿的方式也不同,补偿分为局部补偿和完全补偿。机械有形老化的局部补偿是修理,无形老化的局部补偿是现代化改装。有形老化与无形老化的完全补偿是机械设备的更新。

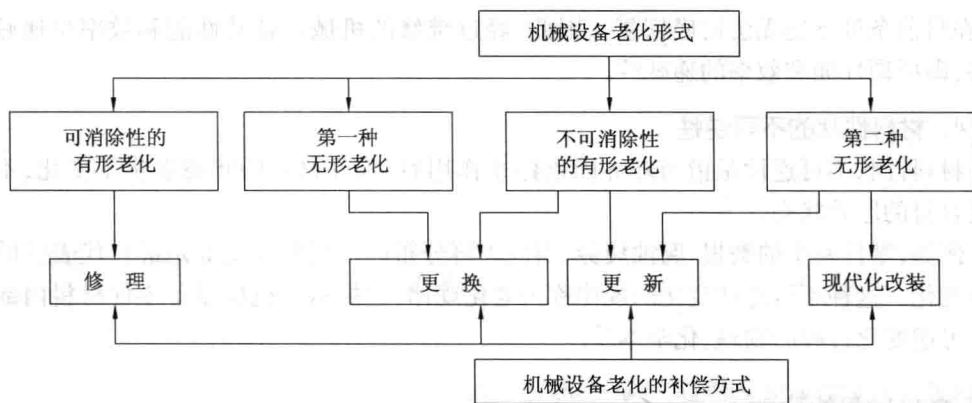


图 1-1 老化后的补偿

第二节 故障理论和故障规律

机械设备及机械零件在有形老化的影响下,往往会出现明显的机械故障。在机械设备维修中,研究故障的目的是要查明故障模式,寻找故障机理,探求减少故障发生的方法,提高机械设备的可靠性程度和有效利用率。

一、机械故障的定义

机械故障,是指机械系统(零件、组件、部件或整台机械设备乃至一系列的机械设备组合)因偏离其设计状态而丧失部分或全部功能的现象。

一般将故障定义为:机械设备(系统)或零部件丧失了规定功能的状态,通常把机械丧失规定的功能称为功能故障,简称故障。

在生产实践中为概括所有可能发生的事件,给故障下了一个广泛的定义,即“故障是



不合格的状态”。

对于故障,应明确规定的对象、规定的时间、规定的条件、规定的功能和一定的故障程度。例如,一定的故障程度应从定量的角度来估计功能丧失的严重性。通常见到的发动机发动不起来,汽车刹车失灵,机械传动系统运转不平稳,发动机的功率降低,机械的工作能力下降,燃料和润滑油的消耗量异常增加等都是机械故障的表现形式,当其超出了规定的指标时,即发生了故障。

二、故障的分类

对故障进行分类的目的是为了明确故障的物理概念,估计故障的影响深度,以便分门别类地找出解决机械故障的对策。

机械设备的故障可从不同的角度进行分类,图 1-2 中按其性质、原因、影响程度、故障发生时间等进行了分类。

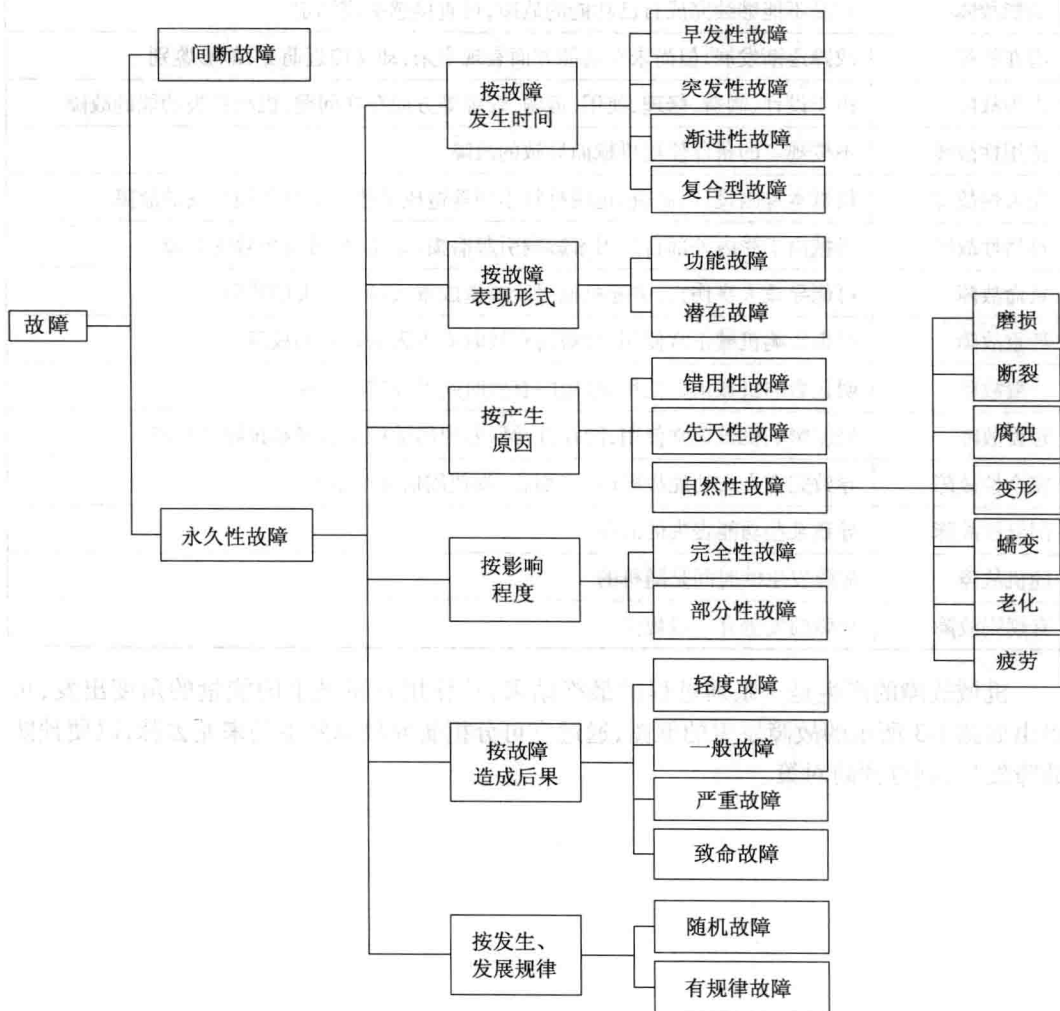


图 1-2 故障的分类



在实际工作中采用何种故障分类,主要取决于所要解决问题的不同角度。从明确故障的责任出发,应当按故障产生的原因进行分类。从运行管理和维修角度考虑,故障发生的时间更为重要。表 1-3 对不同的故障类别分别做了很好的说明。

表 1-3 故障的定义

故障类别	故障定义
间断性故障	短期内丧失某些功能,稍加修理调试就能恢复,不需要更换零件
永久性故障	某些零件已损坏,需要更换或修理才能恢复
早发性故障	产品由于设计、制造、装配、调试缺陷而引起的故障
突发性故障	通过事前测试或监控不能预测到的故障,其特点是具有偶然性和突发性
渐进性故障	通过事前测试或监控可以预测到的故障
复合型故障	包括早发性、突发性、渐进性故障的特征,故障发生的时间不定
功能故障	产品不能继续完成自己功能的故障,可直接感受或测定
潜在故障	故障逐渐发展,但尚未在功能方面表现出来,却又接近萌芽,能够鉴别
人为故障	由于设计、制造、修理、使用、运输、管理等方面存在问题,机械丧失功能的故障
错用性故障	不按规定的条件使用机械而导致的故障
先天性故障	机械本身因设计、制造、选用材料不当等造成某些薄弱环节而引发的故障
自然性故障	机械由于受内外部自然因素影响引起磨损、老化、疲劳等导致的故障
致命故障	可能导致人身伤亡,引起机械报废或造成重大经济损失的故障
严重故障	严重影响机械正常使用,较短的有效时间内无法排除的故障
一般故障	明显影响机械正常使用,较短的有效时间可以排除的故障
轻度故障	轻度影响机械正常使用,能在日常保养中用随机工具轻易排除的故障
完全性故障	导致完全丧失功能故障(广义而言,视使用情况而定)
部分性故障	导致某些功能丧失的故障
随机故障	故障发生的时间是随机的
有规则故障	故障的发生有一定规律

机械故障的产生是一系列过程的最终结果,从作用在机械上的能量的角度出发,可得出如图 1-3 所示的故障发生的框图,通过它可分析研究故障发生的来龙去脉,以便预防故障发生,制订预防对策。

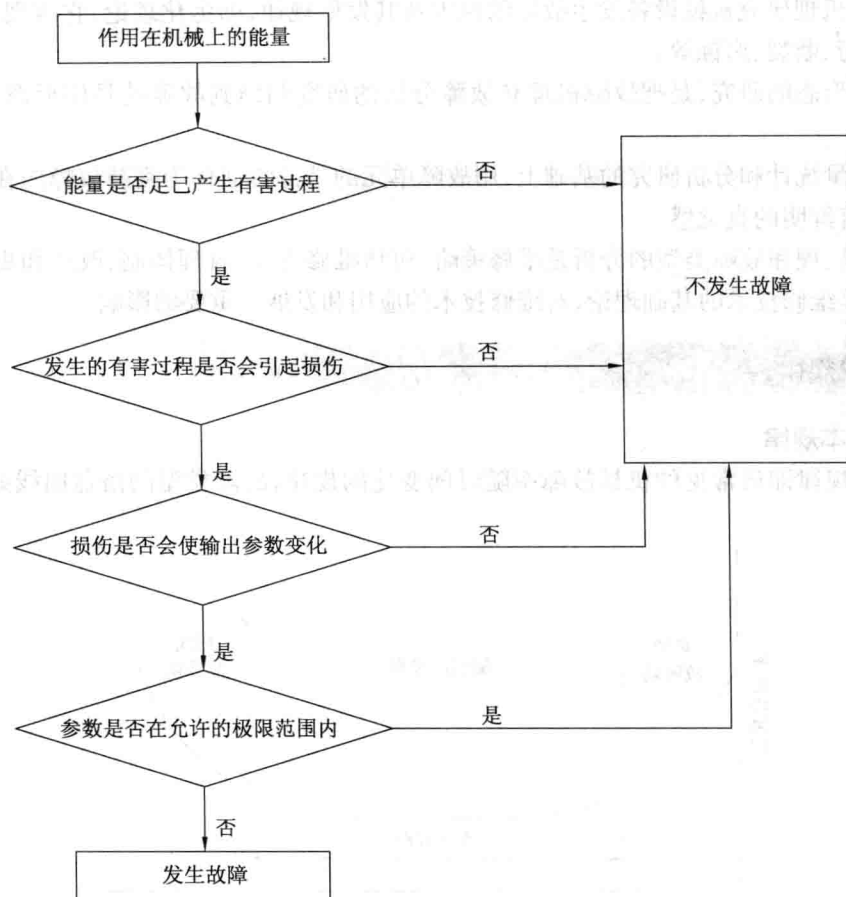


图 1-3 机械故障产生

三、故障理论

故障理论揭示了机械设备在使用过程中的运动规律,它包括故障统计分析(故障宏观理论)和故障物理分析(故障微观理论)。

1. 故障统计分析

从宏观现象上定性和定量地描述分析机械设备运动过程的模型、特点和规律性,可以对机械设备的故障做出规律性的大致描述,提供信息,反映主要故障问题,但不能揭示事物的根本性质。

故障统计分析包括故障的分类、故障分布和特征量、故障的逻辑决断等。

2. 故障物理分析

故障物理分析以机械设备在各种不同使用条件发生的各种故障为研究对象,用先进的测试技术和理论方法,从微观和亚微观的角度分析研究故障从发生、发展到形成的过程,故障的机理、形态、规律及影响因素。

故障物理分析包括故障机理和故障形态两个方面。



故障机理研究机械设备发生故障的原因及其发展规律,即劣化理论,它表现为磨损、变形、疲劳、断裂、腐蚀等。

故障形态的研究,是把故障机理和故障分析的研究归结到故障的具体形态、类型和模式上。

在大量统计和分析研究的基础上,用故障单元的外部特征作为判断故障内在联系的依据,具有鲜明的直觉感。

故障机理和故障类型的分析是维修策略,包括维修方式、管理体制、改造和更新的决策依据,是维修技术的基础理论,对维修技术的应用和发展有重要的影响。

四、故障规律

1. 基本规律

基本规律即最常见的机械故障率随时间变化的规律,故障类型的浴盆曲线如图 1-4 所示。

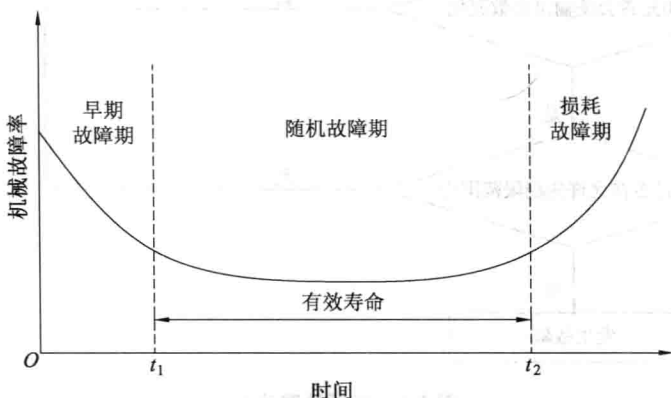


图 1-4 故障类型的浴盆曲线图

机械设备在工作的初期由于设计、制造的不完善,工艺缺陷和装配调整缺陷而故障率较高,且故障率随时间的增长而迅速下降呈渐减型。机械经过早期故障阶段后,由于机械使用环境的偶然变化、操作时的人为差错、管理不善造成的“潜在缺陷”、维护不良、零部件缺陷等均可造成随机分布的偶发故障。因此,随机故障期内的故障率低而稳定,近似为常数。

随机故障期是机械最佳工作时期,机械的使用寿命基本上由此阶段决定。在机械使用后期,由于其中的主要零部件的各种磨损、疲劳、老化、蚀损等的累积达到一定程度,机械的故障率便随运转时间的增长不断增大,且上升越来越快,呈渐增型,机械进入耗损故障阶段。

当然,并不是所有机械设备都具有以上 3 个故障期,不少机械只有其中 1 个或 2 个故障期,如有些没有早期故障期,有些则达不到耗损故障期。

2. 故障模式

故障必定表现为一定的物质状况及特征,它们反映出物理的、化学的异常现象,这些物质状况及特征称为故障模式。常见的故障模式如表 1-4 所示。



表 1-4 故障模式

名称	模式	故障
轴承		弯曲、咬合、堵塞、开裂、压痕、卡住、润滑作用下降、凹痕、刻痕、擦伤、黏附、振动、磨损等
齿轮		咬合、破碎、移位、卡住、噪声、折断、磨损等
密封装置		破碎、开裂、老化、变形、损坏、漏泄、破裂、磨损等
液压系统	液压缸	爬行、外泄漏、内泄漏、声响与噪声、冲击、推力不足、运动不稳、速度下降等
	油泵	无压力、压力流量均提不高、噪声大、发热严重、旋转不灵活、振动、冲击等
	电磁换向阀	滑阀不能移动、电磁铁线圈烧坏、电磁铁线圈漏电、不换向等
机械系统		① 系统不能启动或在运行中停止运动 ② 系统失速或空转 ③ 系统失去负载能力或负载乏力 ④ 系统控制失灵 ⑤ 系统泄漏严重 ⑥ 系统振动剧烈、噪声异常 ⑦ 某些零部件断裂、烧损、过量变形 ⑧ 其他

常见的故障模式可归纳如下：

① 机械零部件材料性能方面的故障,包括疲劳、断裂、裂纹、蠕变、变形、材质劣化等;
 ② 化学、物理状况异常方面的故障,包括腐蚀、油质劣化、绝缘绝热劣化,导电导热劣化、熔融、蒸发等;

③ 机械运动状态方面的故障,包括振动、渗漏、堵塞、异常噪声等;

④ 多种原因的综合表现,如磨损等。

此外,还有配合件的间隙增大或过盈丧失,固定和紧固装置松动与失效等故障模式。

3. 故障的影响因素

机械在设计、制造、使用及维修中,影响零部件参数值变化速率的因素有以下几个方面。

(1) 设计

设计中应对机械未来的工作条件有准确的估计,对可能出现的变异有充分考虑。设计方案不完善、设计图样和技术文件的审查不严格是产生故障的重要原因。

(2) 材料选择

在设计、制造和维修中,都要根据零件工作的性质和特点正确选用材料。材料选用不当或材料不符合规定,或选用了不适当的代用品是产生磨损、腐蚀、变形、疲劳、破老化等现象的主要原因。

(3) 制造质量

制造工艺的每道工序都存在误差,其工艺条件和材质的离散性必然使零件在铸、锻、焊、热处理和切削加工过程中积累了应力集中、局部和微观的金相组织缺陷、微观裂纹等,这些缺陷是造成机械寿命不长的重要原因。