



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13.5” GUIHUA JIAOCAI

城市轨道交通车辆 检修工艺与设备

卢宁 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

城市轨道交通车辆 检修工艺与设备

主 编 卢 宁

副主编 周兴祥 章 斌 吴铁辉

北 京

冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

本书共有6章,主要阐述了城市轨道交通车辆检修工艺基本理论、检修基地工艺设计原则和方法、城轨车辆零部件的损伤形式和处理方法。

本书既可以作为高等院校城市轨道交通专业的专业课教材,亦可以供从事城市轨道交通车辆检修相关工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆检修工艺与设备/卢宁主编. —北京:
冶金工业出版社, 2016. 2

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7191-0

I. ①城… II. ①卢… III. ①城市铁路—铁路车辆—
车辆检修—生产工艺—高等学校—教材 ②城市铁路—
铁路车辆—车辆检修—生产设备—高等学校—教材

IV. ①U279.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第028226号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 陈慰萍 美术编辑 吕欣童 版式设计 彭子赫

责任校对 郑 娟 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7191-0

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2016年2月第1版,2016年2月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 7.75印张; 184千字; 115页

20.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

随着城市化进程的进一步加快，城市规模不断扩大，作为城市综合实力的一项重要指标——城市轨道交通正处于飞速发展时期。城市轨道交通系统的快速发展，为国民经济的发展发挥了重要作用，同时也对车辆的安全运营提出了更高的要求，因此车辆检修基地的建设和车辆维修保养技术的先进性和完善性也越来越重要。

本书以北京、上海、天津等大城市的地铁为依托，结合同行的先进技术经验，阐述了城市轨道交通车辆检修工艺基本理论、检修制度、维修方法、车辆零部件失效形式和处理方法；结合城市轨道交通车辆检修基地的实际，运用大量图示和照片，介绍了城市轨道交通车辆的日常检修、定期维修和架修的内容；另外，对城市轨道交通检修基地部分常用检修设备也进行了简单介绍；最后，以实际案例的形式对检修基地的设计原则、设计流程进行了详细的讲解。

本书第1、6章由北京建筑大学卢宁编写，第3章由天津轨道交通集团有限公司吴铁辉编写，第2章由卢宁和吴铁辉共同编写，第4、5章由天津轨道交通集团有限公司周兴祥编写，第7章由中铁工程设计院有限公司章斌编写。全书由卢宁主编。

鉴于编写人员技术水平及实践经验的局限性，不妥之处，恳请广大读者和同行斧正。

编 者

2015年12月

目 录

1 车辆检修的基本知识	1
1.1 检修工艺	1
1.2 城市轨道交通车辆的检修制度	2
1.2.1 维修方式	2
1.2.2 城市轨道交通车辆检修制度	5
1.2.3 我国城市轨道交通的车辆检修制度	5
2 城市轨道交通车辆的损伤与失效	7
2.1 机械零部件的损伤与失效	7
2.1.1 机械零部件的损伤	7
2.1.2 机械零部件的失效	11
2.2 电气零部件的损伤与失效	13
2.2.1 电气零部件失效	13
2.2.2 电气零部件常见故障	14
3 城市轨道交通车辆日常维护与维修	19
3.1 日常维修的工艺流程及内容	19
3.1.1 日检工艺流程	19
3.1.2 日检检修内容	19
3.2 月修检修工艺及内容	26
3.2.1 月修的准备工作	26
3.2.2 月修工艺流程	26
3.2.3 月修内容	27
4 城市轨道交通车辆定期维修与其他维修	35
4.1 定期维修	35
4.1.1 走行部分的定修	36
4.1.2 制动系统的定修	36
4.1.3 车门系统的定修	37
4.1.4 电气系统的定修	37
4.1.5 空调系统的定修	38
4.1.6 其他设备的定修	38

4.1.7 动态测试	38
4.2 均衡维修	40
4.2.1 均衡维修的组织机构	41
4.2.2 均衡维修的质量控制	42
4.2.3 均衡维修的优点	42
4.2.4 均衡维修规程	42
5 城市轨道交通车辆架修	52
5.1 车上电气设备检修	52
5.1.1 司机室电气检修	52
5.1.2 客室电气设备检修	53
5.2 车下电气设备检修	53
5.2.1 牵引系统的检修	53
5.2.2 辅助供电系统的检修	54
5.3 车间连线及车下走线的检修	56
5.4 车下制动系统检修	58
5.5 转向架检修	59
5.6 空调系统检修	61
5.7 动态调试	62
6 城市轨道交通车辆检修设备	63
6.1 概述	63
6.2 检修基地设备	65
6.2.1 不落轮镟床	65
6.2.2 列车自动清洗机	67
6.2.3 固定式架车机	68
6.2.4 移动式架车机	69
6.2.5 转向架静载试验台	71
6.2.6 轮对检测系统	72
6.2.7 钩缓拆装小车	74
7 城市轨道交通车辆检修基地	75
7.1 车辆基地综述	75
7.1.1 车辆基地的基本概念	75
7.1.2 车辆基地的重要性	75
7.1.3 车辆基地的组成与分类	76
7.2 车辆基地规划与设计	78
7.2.1 设计范围	78
7.2.2 设计流程	79

7.2.3 设计规模的确定	79
7.2.4 车辆基地的选址原则和总平面布置	81
7.2.5 车辆基地的技术要求	84
7.3 检修基地设计案例	91
7.3.1 相关基础资料	91
7.3.2 规模计算	92
7.3.3 主要工艺流程	95
7.3.4 总平面布局	96
7.3.5 车辆基地主要运用及检修设施工艺设计	97
参考文献	115

1

车辆检修的基本知识

1.1 检修工艺

所谓工艺,就是劳动者利用生产工具对各种原材料、半成品进行加工或处理,最后使之成为产品的方法,是人类在劳动中积累起来的并经过总结的操作技术经验。常见的工艺有锻压工艺、焊接工艺、机械加工工艺、切削工艺、热处理工艺、检验工艺、装配工艺等。工艺过程实际上是利用生产工具改变劳动对象的形状、尺寸、成分、性质、位置或表面状况,使之成为预期产品的一种方法或劳动过程。

检修工艺过程是指待检修的车辆进入检修厂(检修基地),检修工人应用多种工艺和设备,通过改变损伤零部件的尺寸、形状、装配位置和性质等,使零部件恢复原来的尺寸或使用性能的过程。车辆检修过程大致包括:

- (1) 对待检修车辆的外观检查、清洁和制定检修计划。
- (2) 整车分解,部件分解。
- (3) 零部件检查、清洗和修理。
- (4) 零部件组装,整车组装及油漆。

依次完成以上四项作业过程,即完成车辆修理的工艺过程。目前,根据车辆本身的特点、车辆零部件修理作业方式的多样性以及车辆修理条件和环境复杂程度,城市轨道交通车辆的检修工艺过程分为现车修理与互换修理两种类型。

(1) 现车修理。车辆的现车修理即不换件修理,是指将需要修理的零部件从待修车辆上拆卸下来,经过修理并消除缺陷后,重新装回原车上的修理方式。现车修理的优点是对零件的储备量要求不大,适用于修理工作量不大的车辆;其缺点是需要等待零部件修理完成后才能装配车辆,因此车辆的停修时间长。

(2) 互换修理。车辆的互换修理是指需要修理的零部件从待修车辆上拆卸下来,从备品库调用备件装配到待修车辆上,而待修零件经过修理并消除其缺陷后,存入储备库内为其他车辆使用。

相对于现车修理,互换修理能大幅度地缩短车辆的停修时间,因此能有效地提高劳动生产率和车辆的利用率。但是,对于国外进口车辆,如果大量储备零部件,则为检修基地带来极大的经济负担。

实践证明,车辆修理过程中,互换修理的零部件越多,越能提高车辆修理的生产效率。因此,实现进口车辆零部件的国产化,逐渐扩大车辆修理中互换零部件的范围,是实现车辆修理现代化的主要途径之一。

1.2 城市轨道交通车辆的检修制度

对于机械设备而言,检修的目的就是恢复其自身或零部件所规定的技术状态和工作能力。其具体方法包括诊断、拆卸、鉴定、更换、修复、装配、磨合、试验和涂装等。城市轨道交通车辆检修制度就是指在某一情况下对车辆进行维修及维修要达到的状态的一种技术规定。

1.2.1 维修方式

城市轨道交通的检修一般是按车辆的运营里程数或者运营时间,对列车进行不同等级的周期性维修。建立一个科学的维修模型、确立维修项目和维修标准,是城市轨道交通车辆安全、顺畅运营的重要基础,也是最大限度降低维修成本的一个重要点。

在维修理论里,维修思想和维修制度大致可分为三个体系:“事后维修”的维修思想及维修制度、“以预防为主”的维修思想及维修制度和“以可靠性为中心”的维修思想及维修制度。

“事后维修”的维修思想是一种比较原始的维修思想。这种维修思想是在设备发生故障以后才进行维修保养,属于非预防修也称为故障修。

“以预防为主”的维修思想要求设备及其零部件在即将磨损到限或损坏之前要及时更换、修理,将维修工作做在故障发生之前。在这种维修思想指导下,形成了以磨损理论为基础的预防维修的维修制度。预防维修制度以机械设备故障率曲线(浴盆曲线,见图 1-1)中耗损故障期始点来确定大修时机。由于把机件磨损或故障作为时间的函数,因此定时维修、拆卸分解就成为这种维修制度的主要方法。预防维修制度的具体实施可概括为“定期检查、按时保养、计划修理”。预防维修制度的关键是确定设备及其主要零部件的修理周期,合理划分维修等级和维修周期结构,制定维修规程与规范。

“以可靠性为中心”的维修思想及维修制度是在“以预防为主”的维修思想和预防维修的维修制度的基础上发展起来的。人们在实践中发现,并不是修理越勤、检修范围越大就越能减少故障,相反,频繁的拆装反而会出现更多的故障。

设备的可靠性是由设计制造所确定的,有效的维修只能保持其固有可靠性。对于复杂设备,大多只有早期故障期和偶然故障期,没有耗损故障期。也就是说,复杂设备的故障率曲线没有上升的趋势,即可靠性与时间无关,因此定期计划维修对许多故障是无效的。

“以可靠性为中心”的维修思想认为,一切维修活动归根结底都是为了保持和恢复设备的固有可靠性。因此在这种思想指导下所制定的维修制度,就是根据设备及其零部件的可靠性状况,以最少的维修资源消耗,运用逻辑决断分析方法来确定所需的维修方式、维修类型、维修间隔期和维修等级,制定出维修大纲,从而达到优化维修的目的。

维修方式是指设备维修时机的控制。也就是说,对维修时机的掌握是通过采用不同的维修方式来实现的。目前所采用的维修方式基本上可划分为定时维修、视情维修和事后维修三种。

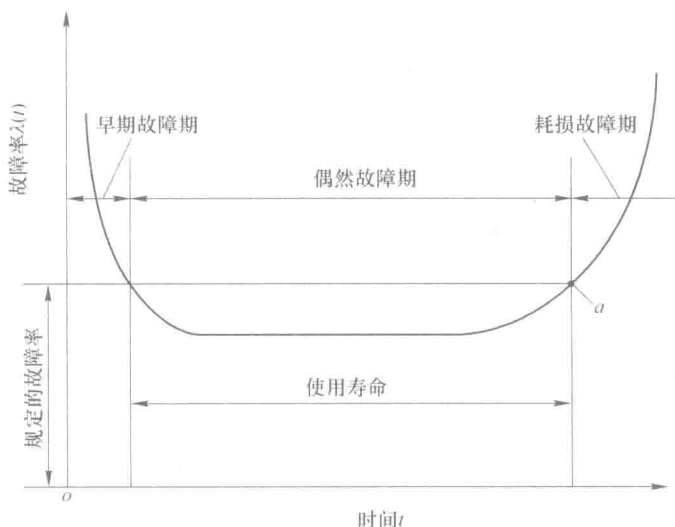


图 1-1 浴盆曲线

1.2.1.1 定期维修

定期维修又称时间性预防维修，是以产品使用时间为判断基准，只要产品使用时长到达预先规定的时间，无论产品的现有状态如何都需要按规程规定的内容进行相应的维修工作。对轨道车辆来说，定期维修是以使用时间或运行里程为检修期限。只要车辆运营到规定的时间或者运行的里程，就要进行规定的检修工作，因此定期维修是一种带强制性的预防维修方式。

对于定期维修而言，如果制定的检修周期太短、更换零部件太频繁，就会造成人力、物力的浪费；反之，如果更换不及时，部分零件会进入加速磨损期，影响车辆正常运行，甚至会造成严重的后果。因此，合理地确定检修周期是定期维修的关键。

1.2.1.2 视情维修

视情维修又称状态维修，是按照设备实际技术状况来确定维修时机的。它不规定设备的维修期限，不固定拆卸分解范围，而是在检查、检测、监控设备技术状态的基础上确定设备的最佳维修时机。这种维修方式是靠不断定量分析和监测设备的某些参数和状态数据来决定维修时机和项目。它适用于故障初期有明显劣化征兆，而且故障发展缓慢的设备，同时故障还直接危及安全或有重大经济损失（功能性故障），并有适当的检测手段，能制定出技术状态标准的情况。显然这种维修方式是一种按需维修的方式。它的优点是针对性强，可以充分发挥设备的工作寿命，提高维修的有效性，减少维修工作量和人为差错。但其缺点是费用高，需要适当的检测、诊断条件和较高的维修人员素质。因此这种维修方式适用于贵重的关键设备和危及安全的关键机件。

图 1-2 所示为适于视情维修的故障发生和发展的一般过程的 $P-F$ 曲线。图中 A 点为开始发生故障的点， P 为检测到故障的点（潜在故障点），如果 P 点未被检测到或未采取适当的措施，则状态将迅速恶化，到达功能故障点 F 。潜在故障点和功能故障点之间的时间称为 $P-F$ 间隔，它决定了视情维修工作的频率。视情维修的检测间隔过长会漏检故障，

造成漏检漏修；检测间隔过短会浪费检测资源。因此其工作频度必须小于 $P-F$ 间隔，一般选择检测间隔等于 $P-F$ 间隔的一半，具体时间间隔应根据检修实际情况最终确定，以便有足够的时间组织所需的人力、物力，采取措施避免故障发生，并不中断生产和干扰其他维修活动。

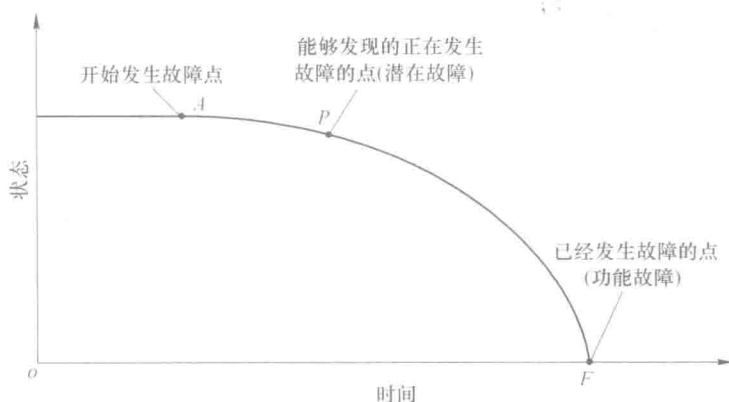


图 1-2 $P-F$ 曲线

在使用过程中，经常需要对设备定期进行检查和测试，以便确定其状态，判断其是否可以完成规定的功能。如果出现工作不正常的迹象，就要进一步找出发生故障的部位，确定维修范围，以便排除故障，恢复设备的良好状态。

1.2.1.3 事后维修

事后维修又称修复性维修或故障维修，是指设备发生故障后，使其恢复到规定状态所进行的维修活动。设备发生故障后的修理（修复性维修）按照是否修理及时可分为及时修理和延迟修理。延迟修理是指对于那些存在不影响安全和生产任务的故障部件继续使用，通过监控手段，延迟进行修理的时间，反之为及时修理。随着信息技术的发展和监控手段的提高，逐渐形成了状态监控维修，即从整体上对设备进行连续监控，确定设备的可靠性水平，以此来决定维修时机。状态监控维修不规定设备的维修时间，因此能最充分地利用设备的寿命，使维修工作量最少，是一种最经济的维修工作。此种维修也可称为监控可靠性水平的视情维修或故障后的视情维修。

维修方式的选择十分重要。维修方式的选择应该从故障后果，即设备发生故障后对安全性和经济性的影响来考虑。由上述三种维修方式的特点可以看出，定时维修和视情维修属于预防性维修，而事后维修（修复性维修）则是非预防性维修。定时维修是按时间标准进行维修；视情维修是按实际状态标准进行维修；而事后维修则不控制维修时间。三种维修方式各有特点，各有其适用范围。

目前车辆的维修仍然采用计划预防维修的大框架，整车或大部件定时或定运行里程进行不同等级的维修。在此大框架下，根据车辆的特点实施分层次的大修（轻大修、重大修和重造）、换件修和集中修，同时实施灵活的状态维修，车辆进修程后，不再大拆大卸，而是根据计算机信息系统提供的履历，通过必要的试验和检测诊断来决定部件是否拆卸、更换或修理。对一些重要零部件严格实行寿命管理。另外采用均衡维修，增加维修的

灵活性。将计划维修措施分解为许多小组成部分,即“最小工作包”,完成这些工作包只需花费较短的时间。不同的维修等级由不同的工作包组合,彼此相互衔接,从而增加了维修的灵活性。这样就能够充分利用库停时间完成各项修程,减少由于维修造成的停运,使车辆的利用率大大提高。

目前,我国城市轨道交通车辆制度基本上沿用了传统的检修经验,采用按运行里程和时间进行预防性的计划维修和发生故障后的故障维修,同时还采用日检、月修、定修、架修等几个修程。

一般来说高一级修程包含低一级修程的内容。在对各类磨损易耗件的到限标准制订上,必须要保留足够的使用余量。

1.2.2 城市轨道车辆检修制度

建立车辆的检修制度需要长期的经验积累和总结,每个国家甚至每个城市的车辆检修制度都需要根据自身的经验来确立,因此各检修制度之间存在着较大的差异,但是它们之间又存在一定的共同点,大致可以分为计划维修和状态维修两种基本类型。

(1) 计划维修。

计划维修是对城市轨道车辆按照一定规程进行的有计划的检修,而规程的制定依赖于车辆零部件的损伤速度和使用极限。计划维修详细规定了车辆检修的时间周期、检修范围、检修内容和检修标准。计划维修是一种预防性的检修,根据车辆零部件的损伤规律,在零部件尚未达到失效之前就加以修复或更换。

(2) 状态维修。

状态维修没有明确的修理作业范围和工作内容,也没有固定的检修计划,它是按照车辆的现状进行必要的检修。车辆什么零部件有故障就修理什么零部件。显然,这种检修模式的工作量比计划维修大大降低,但是修理的不均衡性较为严重,不能制定严格的、固定的检修计划。

1.2.3 我国城市轨道交通的车辆检修制度

目前,定期计划检修是我国城市轨道交通企业通常采用的车辆检修制度,是预防性的检修,分为定修、架修和大修等多级。为保证车辆的安全运行并消除各种先期故障,定期计划检修还包括日常维修。

(1) 日常维修。日常维修是每天都对车辆进行维修,其基本任务是保证车辆在运行中保持良好的技术状态。日常维修一般在停车场的检修库内进行,车辆投入运营前,必须进行出库检查,状态完好的车辆才允许上线运行。

列车的日常维修一般分为日检、周检(双周检)和月检(双月检)等。不同的车辆生产企业或不同的车型,检查维修周期不同。日常维修的目的是保证车辆的安全运行,不是对车辆的所有不良处进行彻底的维修。

(2) 定修。定修(定期维修)是每隔一段期限,对车辆进行一定范围的维修。定修周期相对较短,通常每年或按照一定里程对车辆进行一次小范围的检修工作。

(3) 架修。架修是比定修高级的修程,在车辆经过多次(一般5次)定修以后进行。架修的检修范围大,检修质量要求更高。城市轨道交通车辆的架修需要在车辆段(检修

基地)内进行。

(4) 大修。相对于架修而言,大修的检修要求更严格,大约每 10 年或每运行 100 万公里以上进行一次。大修作业需要车辆进入修理厂内进行,是对车辆进行的全面检查和彻底修理,同时为了提高车辆的质量,需要对车辆进行必要的现代化技术改造。

我国列车一般情况下的运用检修周期见表 1-1。

表 1-1 列车运用检修周期

修程	日检	月修	定修	架修	大修
检修周期	每日	$(1\sim 1.25)\times 10^4\text{ km}$	$(12.5\sim 15)\times 10^4\text{ km}$	$(50\sim 60)\times 10^4\text{ km}$	$(100\sim 120)\times 10^4\text{ km}$
停修时间	90min	1d	12d	18d	32d

我国不同城市的轨道交通车辆不尽相同,车辆的检修规程无统一的规定。在车辆供应商提供的检修要求基础上,结合国内外地铁的先进经验,各地铁公司根据车辆实际使用的情况,对修程进行逐步的完善和提高。表 1-2 列举了北京、上海、南京等地车辆的检修修程。

表 1-2 部分城市车辆检修修程

检修修程	北京地铁 2 号线	上海地铁	南京地铁 1 号线	深圳地铁 1 号线	成都地铁 1 号线	天津地铁 1 号线
日检	√	√	√	√	√	√
双周检	√		√		√	
月检				√		√
双月修	√			√		
三月检					√	
半年检						
定修(年修)	√ (两年修)			√	√	√
均衡修		√	√			

注:均衡修见 4.2 节。

2

城市轨道交通车辆的损伤与失效

运行于大中城市内的轨道交通车辆，是缓解日益增大的交通压力的重要措施，担负着巨大的交通运输任务。在复杂受力条件下，如车辆运行过程中受纵向和横向冲击、震动等的影响，各零部件不可避免地会发生磨损、变形、腐蚀、裂纹、断裂、击穿、烧损等损伤，从而在一定程度上降低车辆的运行性能和运行安全性，甚至完全失效。城市轨道交通列车在运用过程中，出现的零部件尺寸或运用性能不符合技术要求的现象，称为损伤。

城市轨道交通车辆零部件在车辆运用中经常会产生损伤，这些损伤大致可以分为机械零部件损伤和电子电器零部件损伤两大类。机械零部件损伤的主要形式是磨损、腐蚀、断裂、变形、紧固件或紧配合零件的松弛等；电子电器零部件损伤的主要形式是触点烧毁、元件击穿、短路、断路、耐压下降等。车辆的维修工作就是通过更换或修复损伤的零部件，恢复其技术状态，满足列车的运用性能要求。

2.1 机械零部件的损伤与失效

2.1.1 机械零部件的损伤

2.1.1.1 磨损

零件的磨损，是指在摩擦副中相互运动的工作表面之间，因摩擦而使接触面的尺寸、形状和表面质量发生变化的现象。通常，它可以区分为正常磨损与不正常磨损两个阶段。

摩擦是不可避免的自然现象，磨损是摩擦的必然结果。摩擦副工作时，其接触面必然会产生的一种损伤或消耗称为正常磨损，又称为自然磨损。此磨损量的大小取决于摩擦副的工作时间和工作条件：车辆走行时间越长或公里数越多，磨损就越大。

非正常磨损又称为剧烈磨损，是指当摩擦副产生的磨损超过一定限度，破坏了摩擦副的正常工作条件，引起配合性质的改变、润滑条件变坏，从而造成零部件的磨损速度急剧增长。如果加强对车辆的日常维修保养，保证摩擦副在正常工作条件下运作，非正常磨损是可以有效避免的。

磨损只能采取措施降低，不能完全避免。城市轨道交通车辆在运用中产生磨损的零部件很多，如车轮踏面及轮缘、轴承滚动体及内外圈、车门及驱动装置、车钩及缓冲器零件以及各种销与销孔等。这些零部件在车辆使用过程中，都会因为磨损的作用产生形状、尺寸的改变。当达到一定程度以后，零部件就不能再继续使用，必须进行修理或者更换。磨损的零部件是车辆日常维修的主要修理对象。

A 磨损的分类

接触表面相对运动时的摩擦现象产生了摩擦副零件表面的磨损。摩擦工况不同，零部件磨损速度也不相同。例如：随摩擦副接触面之间有无润滑剂以及接触面之间接触情况的

不同,摩擦副可能处于干摩擦、流体摩擦或半干摩擦三种工况。因此,随之而产生的磨损现象和磨损机理也有所不同。

通常,机械零件的磨损分为氧化磨损、黏附磨损、磨料磨损、疲劳磨损和微动磨损等几种类型。

(1) 氧化磨损。金属体长期放置于空气中,会被空气中的氧气氧化;车辆零部件暴露在空气中也会发生氧化现象。这些均称为氧化磨损。氧化磨损是一种不可避免的正常磨损。氧化磨损过程的实质是:摩擦副接触表层的金属氧化膜由于摩擦作用破坏掉,与此同时本体金属在空气作用下形成新的金属氧化膜,并且氧化膜的形成速度大于氧化膜的磨损速度,从而不断形成氧化磨损。

(2) 黏附磨损。黏附磨损又称为黏着磨损,通常发生在接触面之间压力较大、相对运动速度很低或较高的情况下。黏附磨损过程的实质是:微观上摩擦副摩擦表面之间是微凸体之间的接触,实际接触面积很小,由于摩擦副的压力,在表层金属的局部微凸之间产生较大的接触应力,所以即使在较小载荷时,接触应力也很大。表层金属在此应力下产生塑性变形而黏附,当接触表面发生相对运动时,接触面上强度较弱的金属被撕裂而脱离本体金属,转移到另一个金属表面。在载荷和相对运动作用下的持续作用下,两接触面间重复产生“黏着—剪断—再黏着”的循环过程。

黏着磨损的速度较高,摩擦表面温度显著上升,严重时可达金属的熔融程度,形成高温熔融磨损。

(3) 磨料磨损。磨料磨损是指摩擦副面的某一方表面有硬质的凸起物,或者摩擦副一方的材料硬度比另一方的硬度大得多时,在摩擦过程中引起表面的划伤和脱落。其实质是摩擦面间的较大粒状物在一定的压力下,在摩擦面上进行的切削运动而形成的磨损。在各类磨损中,磨料磨损是十分常见且危害性最严重的一种磨损,其磨损速率和磨损强度都很大。

(4) 疲劳磨损。对于零件而言,疲劳状态一般在受到较大的交变载荷的情况下出现。对于摩擦副而言,当接触表面发生相互滚动、滑动,表层材料微观体积受到循环接触应力的作用而出现疲劳裂纹,裂纹逐渐扩展,直至金属的剥离脱落。这个过程就是摩擦副接触面疲劳磨损。

(5) 微动磨损。微动磨损是指两个接触表面由于受较低振幅振荡运动而产生的磨损。微动磨损产生于相对静止的接合零件上,因而往往易被忽视。微动磨损的本质是:接触表面在外界变动载荷作用下,产生振幅很小(小于1mm)的相对运动,致使黏结点剪切而脱落,形成的磨屑与氧气反应后生成三氧化二铁。轮座裂纹处出现的红褐色粉末,即为微动腐蚀磨损的一例。

摩擦副运动过程中产生的磨损,不是某一种因素作用的结果,而是一个复杂的物理-化学现象,往往是几种磨损因素同时作用的结果。

B 磨损的过程

金属的磨损速度以单位时间内磨损的金属重量或厚度来表示。影响磨损速度的因素是多方面的,往往不是某一个因素,而是多种因素共同作用的结果。任何金属材料的磨损都有一定的发展规律,磨损量与工作时间的典型曲线如图2-1所示。

由图2-1可知,磨损过程可分为三个阶段:

曲线中Ⅰ段为磨合阶段,发生在摩擦副工作的初期。新的摩擦副接触表面之间的粗糙度较大,单位接触应力大,磨损较大。但是随着磨损的进行,摩擦副配合表面逐渐达到该摩擦条件下适宜的粗糙度,磨损速度逐渐减小。磨合阶段是设备运行投入运行初期的必备阶段,这个过程越短越好。

曲线中Ⅱ段为正常磨损阶段。经过磨合阶段以后,摩擦面间的工作条件趋于正常,磨损速度减小并且稳定。正常磨损阶段是设备正常运行的过程,应尽量延长这个阶段。

曲线中Ⅲ段为剧烈磨损阶段。零部件达到运行寿命后,摩擦副中的摩擦条件发生较大的变化,如间隙过大,冲击变大,润滑条件破坏,温度急剧升高等,造成磨损速度急剧增大,摩擦副不能正常工作,进而零部件失效,设备无法正常运行。这时就必须更换或修理失效零部件。

C 磨损的影响因素

要把磨损速度降低到最低限度,就必须了解影响磨损速度的各种因素。影响磨损速度的因素多种多样,但其中总会有一种因素起到主导作用。摩擦副之间的主导因素决定磨损规律。影响磨损速度的主要因素,大致可归纳为下述三方面。

(1) 摩擦副工作条件的影响。工作条件主要指摩擦副的摩擦类型(滑动、滚动或转动)、载荷性质与大小以及摩擦面相对运动的速度等因素。滚动摩擦的磨损速度远比滑动摩擦的小,同一种磨损形式亦因载荷性质和相对速度的差异而不同,动载荷和较大的相对速度其磨损速度亦较大。

(2) 摩擦副表面特性的影响。磨损的各种现象都从摩擦表面开始,因此摩擦表面层金属的组织 and 硬度以及零件表面的加工质量,对磨损速度均有直接影响。摩擦副表面层金属的组织 and 硬度是影响磨损速度的主要因素之一。金属的金相组织不同,硬度也不同。例如:碳钢中马氏体的含量越高,耐磨性越高;碳钢的硬度越大,耐磨性越强。

(3) 摩擦副界面间润滑介质的影响。摩擦副的摩擦形式,随界面之间润滑情况的不同而不同。润滑油的质量与载荷及工况,决定了摩擦界面之间油膜的厚度与油膜的耐久性,从而使摩擦副处于液体、半液体或干摩擦的条件下工作。良好的润滑条件,均能降低零件的磨损速度。

上述三方面影响磨损速度的因素:第一个因素是决定磨损类型和磨损速度的基本因素;第二个因素是从工艺上提高零件耐磨性应考虑的因素,也是车辆修理时提高零件耐磨性的手段之一;第三个因素是决定摩擦特性的因素,也直接影响到磨损速度的大小。

2.1.1.2 变形

车辆零部件的变形分为弹性变形和塑性变形两大类。两者的区别在于去除变形外力以后变形是否能够恢复:变形能够恢复的为弹性变形,否则为塑性变形。机械零件或构件在

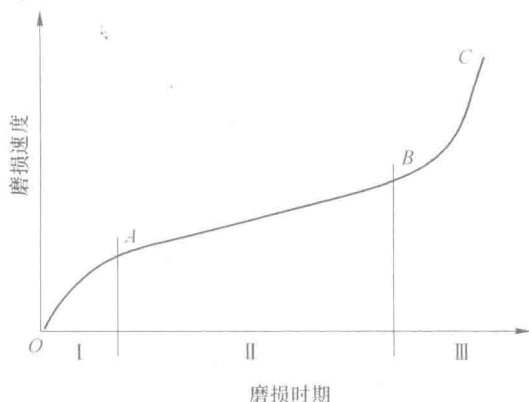


图 2-1 磨损曲线

外力的作用下,产生形状或尺寸变化的现象都是变形的范畴,例如,传动轴的弯曲变形、转向架的挠曲或扭曲、弹簧的变形等。

A 弹性变形

当作用在金属零件上的应力小于材料的屈服强度时,金属零件产生的变形称为弹性变形。当外力去除后,零件的弹性变形将会消失,零件恢复原状。为了保证正常工作,机械零部件的弹性变形必须在许可范围之内,超量的弹性变形会引起工作状况的恶化:例如引起齿轮啮合状况恶化,影响齿轮和支承它的滚动轴承的工作寿命;构架的超量弹性变形,会引起疲劳裂纹。

B 塑性变形

塑性变形又称为永久变形,是指机械零件在外加载荷去除后不能够完全恢复的变形。塑性变形主要有翘曲变形、体积变形和时效变形三种形式。

(1) 翘曲变形。翘曲变形常见于细长轴类、薄板状零件以及薄壁的环形和套类零件。金属零件受到某种应力的作用,其实际应力值超过了金属在该状态下的拉伸屈服强度或压缩屈服强度后,就会产生呈翘曲、椭圆或歪扭的塑性变形。

(2) 体积变形。金相组织转变引起比容变化,导致金属零件体积胀缩的现象称为体积变形。例如,钢件淬火相变时,奥氏体转变为马氏体或下贝氏体时比容增大,体积膨胀;淬火相变后残留奥氏体的比容减小,体积收缩。

(3) 时效变形。时效变形常见于经过热处理后的金属件。热处理后金属内应力处于不稳定状态,这种不稳定状态经过较长时间的放置或使用,会逐渐发生转变并趋于稳定。此过程中金属件会发生一定的变形,称为时效变形。

塑性变形导致的车辆机械故障较为常见,例如:导致车门无法开启或关闭的车门框架和门叶的变形;相对运动部件之间的冲击,引起的键连接、挡块和销钉等配合的一方或双方的接触表面挤压变形,从而导致机械零件失效。

2.1.1.3 裂损

当作用在车辆零部件上的载荷在零件内部产生超过材料强度极限,或者在交变载荷作用下,交变应力超过零件材料的疲劳极限时,容易产生零件裂纹和折损现象。机械零件的裂损一般可分为脆性裂损和疲劳裂损。

(1) 脆性裂损。材料受单次渐增静载荷或者冲击载荷而产生的裂损称为脆性裂损。脆性裂损是一种极危险的断裂形式,通常在没有征兆情况下发生。这种损伤产生的原因可能是设计中错误,或者是制造过程中产生的缺陷引起,也可能是零部件不正常使用造成的。但本质上都是零件所受载荷引起的应力超出了零件材质的应力极限。

(2) 疲劳裂损。疲劳裂损分为两种情况:一种是在长期的交变载荷作用下,在零部件(如车辆走行部的车轴、齿轮、弹簧等)内部产生交变应力,导致的损伤形式;另外一种零部件如车辆上的连接件、受压容器、弹簧等受长期的载荷(非交变载荷)作用,即使载荷作用不大也会在长期作用以后产生裂纹、变形和断裂。

2.1.1.4 蚀损

金属零部件的蚀损是指金属材料与周围介质产生化学反应或电化学反应而逐渐被破坏的现象。车辆日夜暴露在大气中,经常受到盐雾、酸雨的侵蚀,因此车辆零部件特别是金