

高等学校城市轨道交通系列教材

城市轨道交通卓越工程师教育培养计划系列教材

城市轨道交通车辆工程“卓越工程师”培养平台建设项目资助(11XK10)

城市轨道交通



车辆维修工艺与设备

- 主 编：廖爱华
- 副主编：黄立新 方 宇
- 主 审：王生华

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

013067018

U279.3-43
02

高等学校城市轨道交通系列教材

城市轨道交通卓越工程师

教育培养计划系列教材

城市轨道交通车辆工程“卓越工程师”

培养平台建设项目资助(11XK10)

城市轨道交通 车辆维修工艺与设备

主 编 廖爱华

副主编 黄立新 方 宇

主 审 王生华



U279.3-43
02

中国铁道出版社

2013年·北京



北航

C1674801

013087012

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆维修工艺与设备/廖爱华主编.

—北京:中国铁道出版社,2013.8

高等学校城市轨道交通系列教材

ISBN 978-7-113-16112-5

I. ①城… II. ①廖… III. ①城市铁路—铁路
车辆—车辆检修—高等学校—教材 IV. ①U279.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 031531 号

书 名: 高等学校城市轨道交通系列教材
城市轨道交通车辆维修工艺与设备
作 者: 廖爱华 黄立新 方 宇

策划编辑:殷小燕

责任编辑:殷小燕

电话:(010)51873147

封面设计:陈东山 崔丽芳

责任校对:张玉华

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:三河市华丰印刷厂

版 次:2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

开 本:787 mm×960 mm 1/16 印张:14.75 字数:266 千

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-16112-5

定 价:30.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

电 话:市电(010)51873170 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504 路电(021)73187

前 言

进入 21 世纪,我国把“发展城市轨道交通”列入国民经济第十五个五年计划发展纲要,国务院办公厅发出《关于加强城市轨道交通建设管理的通知》,把发展轨道交通作为解决大城市交通拥堵,改善城市工作、生活与投资环境,促进城市可持续发展的途径与手段,并以政府行为与重大战略的形式提出来,给轨道交通带来了新的发展机遇。为了缓解城市日益严重的交通问题,地铁、轻轨等城市轨道交通设施开始在我国的大中城市兴建及扩建,目前已有 40 多个城市在建和规划建设城市轨道交通。地铁、轻轨、城市快速铁路、电动车组等交通车辆的制造与大量运用,需要大批具有扎实的理论基础、较强的实践能力及技术应用技能型人才。为了满足社会、企业和学校大量的城市轨道交通专业人员的培养和培训,上海工程技术大学城市轨道交通学院组织编写“卓越计划”教材,《城市轨道交通车辆维修工艺及设备》就是其中之一。

本书作为“卓越工程师教育培养计划”教材之一,介绍了城市轨道交通车辆维修的基本工艺标准和主要设备,着重介绍了国内城市轨道交通车辆维修体制以及最新采用的检测技术和维修理念。主要目的是让学生了解车辆维修体系的最基本理论知识和工艺方法,并使学生掌握轨道车辆各种维修设备及相关维修管理知识。重点章节还有实例分析,针对城市轨道交通车辆维修工艺及其关键部件维修工艺过程进行了详细阐述,使学生通过教材的学习,能够运用教材提供的原理与方法在实际工程应用中得到实践,贯彻理论联系实际的原则。本书内容不仅适用于城市轨道交通车辆工程专业的“卓越计划”学生培养,也可以作为城市轨道交通车辆工程技术人员的参考指导书。

各章的主要编写人员为:第 1 至第 4 章由黄立新,第 6 章方宇,第 7 至第 11 章廖爱华。全书由廖爱华进行最后的统稿、修改和校对,由上海申通地铁集团轨道交通维护保障中心车辆公司总工程师王生华担任主审。

衷心感谢杨俭教授、郑树彬老师、师蔚老师、陈晓丽老师、李小波老师、尧辉明老师、文永蓬老师、石璇老师、上海申通集团有限公司王建兵、吴浩等工程师在本书的编写过程中给予的支持和帮助。感谢蔡鹏飞、厉严敏、陈仕豪等同学在本书图表制作方面的细心工作。也同样感谢上海工程技术大学城市轨道交通学院各位老师的支持和协助。另外,本书参考了一些国内外发表的文章、资料,编者在此对他们

表示诚挚的谢意。

本书的出版得到城市轨道交通车辆工程“卓越工程师”培养平台建设项目(11XK10)和上海工程技术大学 2011 年城市轨道交通车辆工程专业建设项目(卓越计划)的资助。

由时间和水平有限,书中难免有纰漏和不妥之处,恳请各位同行、读者批评指正,盼赐教至 aiwa7816 @126. com,以期再版时修改。

编 者

2012 年 12 月

目 录

第1章 城市轨道交通车辆维修概论	1
1.1 故障基本概念	1
1.2 车辆零部件的磨损	7
1.3 车辆零部件的疲劳破坏	11
1.4 车辆维修的基本概念	14
复习思考题	18
第2章 城市轨道交通车辆可靠性	19
2.1 可靠性与可维修性	19
2.2 可靠性数据收集、处理与分析	24
2.3 故障模式、影响及危害度分析(FMECA)	28
2.4 故障树分析(FTA)	42
复习思考题	57
第3章 维修工艺管理	59
3.1 工艺及工艺管理	59
3.2 车辆维修的工艺规程	62
3.3 车辆维修修程优化	88
复习思考题	93
第4章 城市轨道交通车辆的维修制度	94
4.1 城市轨道交通车辆检修管理	94
4.2 城市轨道交通车辆的维修方式	97
4.3 城市轨道交通车辆的维修级别	105
复习思考题	111

第5章 城市轨道交通车辆维修基地基础设施及设备	112
5.1 城市轨道交通车辆维修基地基础设施及设备	112
5.2 城市轨道交通车辆维修使用设备	124
复习思考题	143
第6章 转向架维修	144
6.1 转向架整体	144
6.2 构架的维修	145
6.3 轮对轴箱装置的维修	146
6.4 弹簧悬挂装置的维修	150
6.5 中央牵引连接装置的维修	154
6.6 其他设备的维修	155
6.7 转向架的组装	156
6.8 转向架试验	156
复习思考题	158
第7章 车辆连接装置维修	159
7.1 车钩缓冲装置的维修	159
7.2 贯通道的维修	163
复习思考题	164
第8章 车体维修	166
8.1 车体的维修	166
8.2 架车	169
复习思考题	169
第9章 车门维修	170
9.1 客室车门的维修	170
9.2 司机室侧门的维修	178
复习思考题	178
第10章 电力牵引系统维修	180
10.1 受流设备的维修	180

10.2 牵引电动机的维修	184
10.3 牵引逆变箱的维修	186
10.4 其他牵引设备的维修	188
复习思考题	190
第 11 章 制动系统维修	191
11.1 供风系统的维修	191
11.2 制动控制系统的维修	194
11.3 基础制动装置的维修	198
11.4 系统测试	200
复习思考题	201
第 12 章 辅助系统维修	202
12.1 城市轨道交通车辆辅助供电系统的维修	202
12.2 空调通风装置的维修	205
12.3 乘客信息系统的维修	209
复习思考题	210
附 录	211
附表 1 故障模式	211
附表 2 均衡修规程—车顶电气	213
附表 3 日检规程—车顶电气	213
附表 4 架修规程—车顶电气	214
附表 5 维修模块	214
附表 6 均衡修明细表	216
附表 7 南京地铁车辆日常维修内容分解表	221
参考文献	228

第1章 城市轨道交通车辆维修概论

我国目前许多大中型城市都在加速建设城市轨道交通系统。城市轨道交通系统在城市发展和市民日常工作生活中正发挥着越来越重要的作用。在运输过程中车辆除了消耗电能量,还会由于车辆以及零件的设计、材料、工艺及装配等各种原因引起“失效”、“故障”。

当车辆的关键零部件失效时,就意味着车辆处于故障状态,将会对运营安全造成极大的危害。车辆维修的目的就是通过不断地修复和更换已经受到损伤的零部件,避免关键零部件失效,恢复其应有的原始技术状态,以保证城市轨道交通安全、正常地运营。

任何事物的产生、发展和消亡都有它自身的规律。城市轨道交通车辆每个零部件的设计、制造、运用、损伤以至失效也有它自身的规律。因此,车辆维修的目的不仅仅是把零部件的损伤修复,而且要研究和掌握损伤产生的原因、发展的规律以及预防失效的方法,从而采取必要的措施,减少失效的发生或减缓损伤的发展速度。为此,首先来讨论和研究车辆零部件的损伤类型和失效模式。

车辆的故障与车辆零部件的失效密不可分,而失效是在损伤达到一定程度时产生的。车辆设备和零部件的故障分为自然故障和事故性故障两类。自然故障是指零部件的正常磨损或物理、化学变化造成零部件的变形、断裂和蚀损等,使车辆零部件失效所引起的故障。事故性故障是指因维护不当、操作不当或使用了质量不合格的零件和材料等,使车辆零部件失效而造成的故障,这种故障是人为的,可避免的责任事故。在分析和调查车辆零部件损伤和失效原因时,应加以区分。

1.1 故障基本概念

故障是指城市轨道交通车辆系统、设备、机械或其零部件原有功能的丧失。它是一个广义的丧失功能或功能障碍的状态。故障是可靠性与可维修性研究的对象,是维修科学研究的内容。

1.1.1 故障(失效)的定义

根据国标《可靠性基本名词术语及定义》(GB 3187—82)的定义:“失效是产品

丧失规定的功能。对可修复的产品通常也称故障。”产品可以是零件、运动副、部件、整个机器或系统。故障包括功能的完全丧失和性能下降到可接受限度之外的情况。

由故障的定义可以得知,产品丧失规定的功能称为故障,但问题是功能丧失到什么程度才算作故障。轨道交通车辆存在着各式各样丧失功能的情况,例如我国铁路检修部门大致将丧失功能的情况(一般称为故障)分为机破、临修和碎修故障。这些不同程度丧失规定功能的大小故障中,哪些能真正称得上是可靠性分析中的故障呢?我们先来看看国外的情况:

1. 国外轨道交通车辆故障的规定

(1) 美国

只要造成列车停车时间超过 5 min 以上,或为了继续牵引列车而需要甩车或换机牵引的均算作故障。

(2) 英国

车辆及其零部件损坏,凡造成列车晚点 5 min 以上的就算作一次故障。

(3) 德国

造成列车停止运行的就算作故障。也就是说,列车必须甩车或由一台辅助车辆牵拖,或在列车运行结束前必须由另一台替代车辆牵引。

(4) 法国

造成列车晚点时间超过以下者称之为故障:客运列车晚点 10 min,高速货物列车晚点 15 min,货物列车晚点 30 min。

(5) 日本

只要列车在运行途中贻误时间超过 10 min 者就算一次故障。

(6) 瑞典

造成列车无法运行。而且在 15 min 内不能恢复运行的就算作一次故障。

2. 我国轨道交通车辆故障规定

凡是由于车辆破损造成的事故就算作故障。也就是说,由于车辆破损而造成行车事故的,即调车冲突、脱轨、相撞、车辆分离,耽误本列客车 1 h 以上,耽误本列货车 2 h 以上,或由于车钩破损而造成列车分离的均为故障。

3. 轨道列车系统故障特点

(1) 轨道列车系统涉及的专业范围广泛。其装备除了具有复杂的机械部件以外,还可能具有动力系统、电气系统、电子控制系统、液压系统等,集机电于一体,因此给故障研究带来复杂性。

(2) 轨道列车系统故障模式种类繁多。由于轨道列车是由许多零部件组成的,不同的零部件有不同的故障模式,机械、电气、电子、液压等产品均有自己的故障模

式,因此轨道列车系统故障模式的分析比较复杂。

(3)轨道列车系统不同零件的故障概率分布形式不同,不像简单产品,其故障概率的分布相对简单,可靠性计算分析也比较简便。轨道列车系统零部件中的故障概率有的服从指数分布,有的服从对数正态分布,有的服从威布尔分布等,这是由于不同零部件的故障是由疲劳、腐蚀、磨损、电故障等不同原因所造成的,因而给系统的故障研究带来一定的难度。

(4)轨道列车系统工作在各种环境中,其工作条件相对复杂、严酷,可能受温度、压力、振动、冲击、潮湿的因素影响以外,还可能有诸如沙尘、高热、雨水、盐份及辐射等环境的影响,使产生的故障增多,故障模式复杂。

(5)轨道列车系统的可靠性试验周期长、抽样少、耗费大。有些产品体积大,要求试验场地大,很难在试验室或厂内进行,试验时又很难模拟环境条件,同时产品造价昂贵,无法大批抽样,因而给故障研究带来困难。

1.1.2 故障(失效)的分类

轨道交通车辆故障复杂多样,研究时从不同角度将其分类,可以清晰地显示出故障的原因、性质和对车辆运营的影响,有助于维修人员分析、认识故障和排除故障,也便于进行故障统计,为改进车辆机械的设计、制造和良好的维修提供重要的信息资料。

1. 按故障对轨道交通运营的影响分类

(1)车辆不停运的局部故障 因局部故障导致轨道交通设备的功能部分丧失,不需停运修理,可在运营中进行故障处理。

(2)轨道列车短时间停运的重大故障 由于严重的故障使列车设备的功能丧失,必须停运,争取短时间内通过工作人员自修或采用更换备件等措施排除故障。

2. 按故障发生和演变过程的特点分类

(1)渐进性故障 列车设备长时间运转,配合件的损耗(如磨损、腐蚀、疲劳和材料老化等)累积使其性能逐渐变坏而发生的故障。这类故障通过连续的状态监测可有效地防止故障发生。轮对的磨损等均属此类故障。

(2)突发性故障 因外界随机因素或材料内部的潜在缺陷引起的故障,且无故障先兆,难以预测。例如主机自动停车等。

(3)波及性故障或称二次故障 是由于车辆的某种故障引发的更大的故障,无法预测和防止。例如轮对磨损引起轮心从轨头上滑脱,使车轮脱轨,造成严重事故。

(4)断续性故障 设备在某一时间呈故障状态,而在另一时间功能又自行恢复

的故障,即故障反复发生。

3. 按故障的原因分类

(1)结构性故障 车辆设备因结构设计上的缺陷、计算上的错误或选材不当等导致的故障。

(2)工艺性故障 由于制造、安装质量不佳或质量检验不严等引发的故障。例如,轴系校中安装质量不良引起的轴系振动、轴承发热或过度磨损等。

(3)磨损性故障 在正常工作条件下长期运转产生的故障。由于长期运转,列车零件磨损使其性能参数逐渐达到极限值,列车性能变坏而发生故障。

(4)管理性故障 由于维护保养不良或违章操作等造成的故障。例如滑油长期不化验、不更换,变质滑油引起轴瓦合金熔化的故障。

4. 按故障的性质分类

(1)人为故障 由于操作人员管理不良或行为过失引起的故障。这是不容忽视的故障,目前在轨道列车已占 80% 以上,成为故障的主要原因。

(2)自然故障 由于列车工作环境变坏,使用条件恶劣,结构和材料缺陷,制造和安装不良等造成的故障。

除此之外,还可按车辆机械在使用过程中故障发生的时间分为早期故障、使用期故障(随机故障)、晚期故障(老化期故障)。

1.1.3 故障(失效)的规律

车辆机械及其零部件自投入使用到损坏不能运转的全部使用过程中,不同时期的故障几率不同。实践和实验表明,故障率与时间呈“浴盆曲线”关系,称故障率规律曲线,如图 1.1 所示。

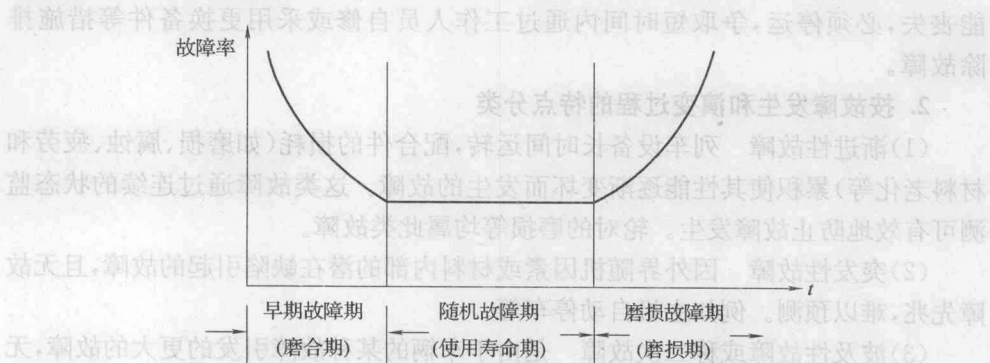


图 1.1 故障率规律曲线(浴盆曲线)

图中横坐标表示时间 t , 纵坐标表示故障率 $\lambda(t)$ 。故障率 $\lambda(t)$ 是反映系统、设备、机械或零部件在给定工作时间内由完好状态转向故障状态的概率。故障率规律曲线按故障发生的时间分为 3 个阶段。

1. 早期故障期

或称磨合期, 是轨道列车投入使用的初期。特点是故障率较高, 但随使用时间的延长而迅速下降。主要是由于设计、制造的缺陷及操作不熟练、不准确和使用条件不适等造成的。通过调试、磨合、修理和更换有缺陷的零件等使故障率很快降低, 运转趋向稳定。

2. 随机故障期

又称偶然故障期, 是指早期故障期之后磨损故障期之前的一段时间。特点是:

(1) 运转稳定, 故障率低, 近于恒定, 与使用时间关系不大。

(2) 出现的故障为偶然因素引起的随机故障, 主要是设计、制造中的潜在缺陷、操作差错、维护不良和环境因素等引起的故障。不能通过调试消除, 也不能用定期更换零部件来预防, 所以随机故障是难以预料的。

(3) 随机故障期较长, 是轨道交通机械的主要使用期, 也是进行可靠性评估的时期。

3. 磨损故障期

又称晚期故障期, 在车辆机械寿命的后期出现。特点是故障率随时间的延长而迅速升高, 是由于磨损、腐蚀、疲劳和老化造成的。如果在磨损故障期开始前进行修理或更换备件, 则可延长随机故障期, 推迟磨损故障期。

统计分析表明, 并非所有的机械、设备等产品的故障率规律都是呈浴盆曲线关系, 有些产品呈如图 1.2 所示的 6 种故障率曲线。

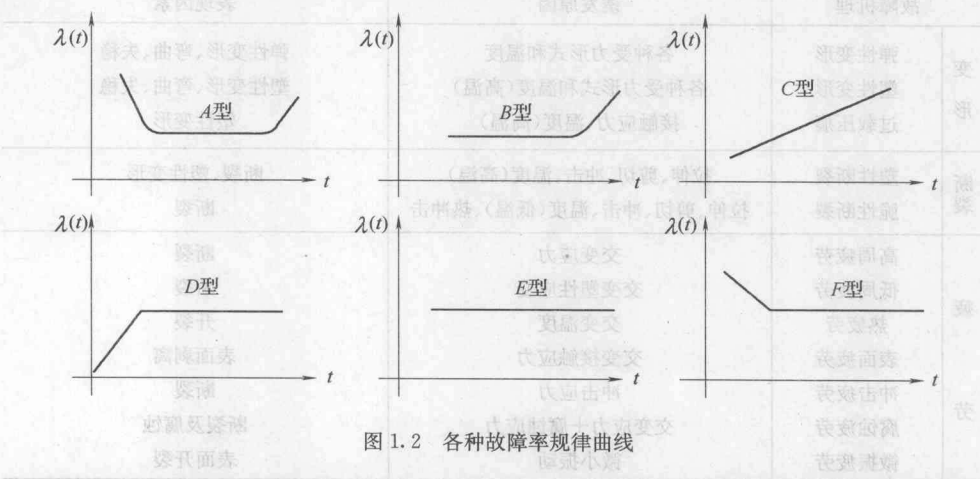


图 1.2 各种故障率规律曲线

曲线 A、B 有明显的磨损故障期,通常显示机械设备发生磨损、疲劳和材料老化等故障,可采用定时维修方式延长使用寿命期。轮对、轴承、列车车体等大量单体部件具有此种故障律。

曲线 C 无明显的磨损故障期,故障率随时间延长缓慢增加。转向架等机械设备具有此种故障率规律,可依设备的技术状态确定检修时间。

曲线 D、E、F 显示产品在整个寿命期中故障率为常数,无需进行定时维修。复杂的电子设备等具有这类故障率规律。

综上所述,对于复杂的轨道车辆系统,故障率曲线不再是单一的浴盆曲线,而是六种故障率曲线型式,在正确设计、制造(没有惯性故障),及时维修(更换零部件)的情况下,其可靠性可以不随运行时间的延长而下降。

1.1.4 故障(失效)机理

根据国家标准 GB 3187 的规定,故障机理就是“引起故障的物理、化学等内在原因”。因此为了提高产品的可靠性,只了解故障模式是不够的,还必须研究故障机理,找出产生故障的内在原因,这样才能更好地采取措施,减少故障。

故障机理不但随产品的种类、型号不同而不同,而且还因产品的使用环境而异,因此可以说,产品的故障机理与设计制造、安装、材料及应力、使用条件、维护水平等密切相关。影响故障机理的因素有:载荷、材质、环境、几何形状和表面状况等因素。轨道列车及其零部件常见的故障机理如表 1.1 所示。

表 1.1 故障机理

故障机理		诱发原因	表现因素
变 形	弹性变形	各种受力形式和温度	弹性变形、弯曲、失稳
	塑性变形	各种受力形式和温度(高温)	塑性变形、弯曲、失稳
	过载压痕	接触应力、温度(高温)	塑性变形
断 裂	塑性断裂	拉伸、剪切、冲击、温度(高温)	断裂、塑性变形
	脆性断裂	拉伸、剪切、冲击、温度(低温)、热冲击	断裂
疲 劳	高周疲劳	交变应力	断裂
	低周疲劳	交变塑性应变	断裂
	热疲劳	交变温度	开裂
	表面疲劳	交变接触应力	表面剥离
	冲击疲劳	冲击应力	断裂
	腐蚀疲劳	交变应力+腐蚀应力	断裂及腐蚀
	微振疲劳	微小振动	表面开裂

续上表

故障机理		诱发原因	表现因素
疲 劳	纯化学腐蚀	腐蚀介质	化学变化
	电池腐蚀	电解质	化学变化
	缝隙腐蚀	电解质	化学变化
	点腐蚀	腐蚀介质	化学变化
	晶界腐蚀	腐蚀介质	化学变化
	浸出腐蚀	腐蚀介质	成分有变化
	冲蚀腐蚀	冲刷力、腐蚀介质	化学变化、表面剥离
	微振腐蚀	微小振动+腐蚀介质	表面开裂及腐蚀
	氢损伤	氢介质	断裂
	生物腐蚀	霉菌	化学变化
磨 损	应力腐蚀	拉应力+腐蚀介质	断裂及化学变化
	黏着磨损	表面相对运动	表面损伤
	磨料磨损	硬质点研磨	表面损伤
	腐蚀磨损	相对运动、硬质点、腐蚀介质	表面损伤、化学变化
	疲劳磨损	交变接触压应力	表面剥离
	变形磨损	过高的冲击载荷	表面塑性变形、裂纹、掉粒
	气蚀	瞬时冲击	表面剥离、物理变化
	微振磨损	微小振动	表面损伤
	冲击磨损	反复冲击	表面金属掉块
	咬合	匹配表面相对运动	咬合、咬死
蠕 变	热松弛	应力、高温、长时间	变形、断裂
	应力断裂	应力、高温、长时间	断裂
	蠕变弯曲失稳	应力、高温、长时间、杆形件	塑性失稳
	蠕变疲劳	应力、高温、长时间、交变应力	变形、断裂

1.2 车辆零部件的磨损

机器运转过程中,相对运动的摩擦表面的物质逐渐损耗,使零件尺寸、形状和位置精度以及表面质量发生变化的现象称为磨损。

零件磨损后将会改变配合件的性质,影响机器的性能和使用寿命。据统计,大约 80% 的机器零件失效是磨损造成的。车辆零部件中,磨损同样是一种重要的故障模式。

摩擦使运动副工作表面产生磨损,但它不是产生磨损的唯一原因。对机械零件的磨损系统进行分析可以看出,磨损是系统中包括摩擦在内的各种因素共同作

用的结果。在摩擦条件下,应力相互作用将会导致表面疲劳磨损和磨料磨损,而材料相互作用将会导致腐蚀磨损和黏着磨损。

1.2.1 黏着磨损

是摩擦副相对运动时,偶然因素使在法向载荷作用下摩擦表面上某些微小接触处的金属直接接触形成黏着点(冷焊点),在随后的运动中黏着点又被剪断,摩擦表面的金属发生转移,不断地黏着、剪断和金属转移构成黏着磨损。

1. 黏着磨损的种类

根据黏着磨损中黏着点被剪切的部位和表面被破坏的程度不同,黏着磨损分为5种:

(1)轻微磨损:剪切发生在黏着结合面上,摩擦表面有极轻微的金属转移。黏着点的结合强度低于摩擦副的两种基体金属的强度。

(2)涂抹:剪切发生在距黏着面不远的较软金属表面浅层处,金属脱落并涂抹粘附在较硬金属表面上。黏着点处的强度大于较软金属基体。

(3)擦伤:剪切发生在较软金属的近表层处,在较软金属表面上产生沿运动方向的细小拉痕(拉毛)或较重拉痕(划痕),这是转移到硬金属表面金属黏着物对较软金属表面的犁削作用。黏着点的强度高于两种基体金属。

(4)撕裂或称黏焊:是比擦伤更重的黏着磨损。剪切发生在运动副之一或双方的表面深处,黏着点的强度高于两基体,肉眼可见金属表面的撕裂、粗糙和明显的塑性变形。

(5)咬死:运动副工作表面黏着面积较大,黏着强度很高,致使运动副不能相对运动而咬死。如柴油机活塞与气缸套咬死,称咬缸。

2. 影响黏着磨损的因素

影响黏着磨损的因素主要有两个:一是运动副本身的材质与特性,二是运动副的工作条件,如载荷、运动速度、工作温度、润滑条件等。以下着重分析运动副材质的影响:

(1)运动副金属的互溶性 固态下金属互溶性好的运动副,黏着倾向大,容易产生黏着磨损。实践证明,相同材料相互摩擦产生的黏着磨损较异种材料大得多。所以,在元素周期表中相距较远的元素互溶性小,不容易发生黏着。

(2)金属的晶体结构 晶体结构对黏着磨损有重要的影响,具有密排六方晶格的金属黏着倾向小,而具有体心和面心立方晶格的金属黏着倾向大。

此外,单晶体黏着倾向大于多晶体;单相合金的黏着倾向大于多相合金;固溶体的黏着倾向大于化合物;塑性材料黏着倾向大于脆性材料。

1.2.2 磨粒磨损

运动副相对运动时,硬的粗糙表面或硬的颗粒对软的摩擦表面的微切削、刮擦作用和造成表面材料的损耗称为磨粒磨损,是在润滑条件下的一种磨损。

(1) 磨粒磨损机理

由于运动副两表面硬度不同,若两表面有金属直接接触时,硬表面上的微凸体嵌入软表面使之发生塑性变形,并在相对运动时对软表面进行微切削和犁划。当两表面间存在磨粒,在相对运动时磨粒对表面进行微切削和挤压,使表面产生塑性变形,不断地作用致使表面疲劳破坏。此外磨粒还在软表面上犁出沟槽,形成拉痕,拉痕两侧金属变形并在其他磨粒作用下脱落而成磨屑。

摩擦表面间的磨粒可能来自润滑油中的机械杂质、空气中的灰尘和沙粒,也可能是摩擦表面脱落的磨损产物或腐蚀产物。特殊工作环境中的物质,如矿石粉、面粉、泥沙等也是磨粒。

(2) 影响磨粒磨损的因素

实际的磨粒磨损受到多种因素的综合作用,主要是运动副材料硬度和组织、磨粒的硬度、磨粒的尺寸和形状。运动副材料硬度越高,耐磨性越好。磨粒的硬度是决定磨粒磨损的关键因素,一般磨粒硬度较材料硬度高很多,即使比材料硬度低也会在摩擦表面相对运动中使表面产生磨损。另外,磨粒的尺寸和形状也会使磨损增加。

1.2.3 腐蚀磨损

运动副相对运动时,由于摩擦表面金属与周围介质发生化学、电化学和机械作用而使摩擦表面金属损失的现象称为腐蚀磨损。

腐蚀磨损是腐蚀和磨损相互促进共同作用的结果。摩擦表面金属与周围介质发生化学、电化学作用,产生腐蚀产物,摩擦过程中腐蚀产物的脱落形成磨粒,构成二次磨粒磨损,新表面又会继续与介质作用而被腐蚀。不断地腐蚀、磨损致使运动副工作表面受到破坏。

腐蚀磨损受到环境、温度、介质、润滑条件、滑动速度和载荷的影响。根据介质的性质、介质与表面的作用及运动副材料性能等的不同,主要有以下几种腐蚀磨损形式:

(1) 氧化磨损

在摩擦过程中,摩擦表面与空气或润滑油中的氧或氧化性介质发生化学反应形成氧化膜,摩擦过程中使之脱落,随之又会生成一层新的氧化膜。氧化膜不断地生成与脱落使运动副零件金属损失的现象称氧化磨损。