



高等职业教育港口物流设备与自动控制专业规划教材

(第二版)

港口机械检修技术

GANGKOU JIXIE JIANXIU JISHU

交通职业教育教学指导委员会 组织编写

● 马乔林 主编 ● 张江南 (南通港口集团) 主审



人民交通出版社
China Communications Press

高等职业教育港口物流设备与自动控制专业规划教材

内燃机构造与原理 (第二版)
港口机械检修技术 (第二版)
港口装卸工艺
计算机绘图基础教程
港口起重机械 (第二版)
港口输送机械与集装箱机械 (第二版)
港口电气设备
港口机械液压与液力传动
港口设备管理
港口装卸搬运机械
港口专业英语
港口特种车辆操作实训指导书
岸边集装箱操作实训指导书
高职高专院校港口物流设备与自动控制专业教学指导方案

■ 责任编辑 / 任雪莲 ■ 美术编辑 / 孙立宁

ISBN 978-7-114-08486-7



9 787114 084867 >

网上购书 / www.jtbook.com.cn

定 价: 39.00 元

高等职业教育港口物流设备与自动控制专业规划教材

Gangkou Jixie Jianxiu Jishu

港口机械检修技术

(第二版)

交通职业教育教学指导委员会 组织编写

马乔林 主 编
张江南(南通港口集团) 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书的主要内容包括:港口机械检修的基础知识;发动机曲柄连杆机构的检修;发动机各系统主要零件的检修;发动机的总装、磨合和试验;发动机常见故障的分析和异响诊断;装卸搬运车辆底盘传动装置的检修;转向、制动装置的检修;叉车工作装置的故障分析与检修;装卸搬运车辆液压系统的故障分析;港口起重机的检修;带式输送机的检修等。

本书为高等职业教育港口物流设备与自动控制专业(简称港口机械专业)规划教材,也可供港口职工技术培训及有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

港口机械检修技术/马乔林主编.—2版.—北京:
人民交通出版社,2010.6
ISBN 978-7-114-08486-7

I. ①港… II. ①马… III. ①港口机械—检修 IV.
①U653

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第107358号

书 名: 高等职业教育港口物流设备与自动控制专业规划教材
港口机械检修技术(第二版)

著 者: 马乔林

责任编辑: 任雪莲

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18.75

字 数: 461千

版 次: 2004年10月 第1版

2010年7月 第2版

印 次: 2010年7月 第2版 第1次印刷 总第6次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08486-7

印 数: 0001~3000册

定 价: 39.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通职业教育教学指导委员会
交通工程机械专业指导委员会

主 任：汪诚强

副主任：张海英 邹嘉勇

委 员：（按姓氏笔画排序）

仇桂玲 王经文 任 威 吕 宏 孙珍娣 杨永先

苏 曙 张心宇 张爱山 周惠棠 欧志峰 郑见粹

柴 野 常 红 黄俊平

秘 书：马乔林

再版前言

本教材原名为《港口机械修理》，是交通职业教育教学指导委员会交通工程机械专业指导委员会组织编写的“十五”规划教材(试用)，自2004年出版以来，一直作为港口物流设备与自动控制专业的规划教材被各高职院校选用，受到了使用者的欢迎，先后多次印刷。根据交通工程机械专业指导委员会“十一五”教材编写出版规划，该教材应在2010年修订再版。随着科技的进步和港口机电设备的更新换代，港口机械的维修模式也在不断变化，各种先进的检测手段在港口机械修理和故障诊断中得到应用，为使教材名称更贴近教材内容和港口机械维修工作的实际，根据读者的建议，交通工程机械专业指导委员会决定本教材在再版时更名为《港口机械检修技术》，同时对教材的部分内容进行了增删和更新。

参加本书修订工作的有南通航运职业技术学院马乔林、姚文俊、孙旭、李谷音，其中，马乔林编写第一至十章及第十七至十九章，姚文俊编写第十一至十六章，孙旭编写第六章的第三节和第四节，李谷音编写第二十至二十一章，马乔林担任主编，南通港口集团张江南担任主审。

使用本书的各高职院校的老师和南通港口集团的技术人员对本书的修订工作提出了宝贵的修改意见，在此一并表示感谢。

编者
2010年4月

前 言

交通职业教育教学指导委员会交通工程机械专业指导委员会自1992年成立以来,对本专业指导委员会两个专业(港口机械、筑路机械)的教材编写工作一直十分重视,把教材建设工作作为专业指导委员会工作的重中之重,在“八五”、“九五”和“十五”期间,先后组织人员编写了20多种专业急需教材,供港口机械和筑路机械两个专业使用,解决了各学校专业教材短缺的困难。

随着港口和公路事业的不断发展,港口机械和公路施工机械更新换代速度的加快,各种新工艺、新技术、新设备的不断出现,对本专业的人才培养提出了更高的要求。另外,根据目前职业教育的发展形势,多数重点中专学校已改制为高等职业技术学院,中专学校一般同时招收中专和高职学生,本专业教材使用对象的主体已经发生了变化。为适应这一形势,交通工程机械专业指导委员会于2006年8月在烟台召开了四届二次会议,制订了“十一五”教材编写出版规划,并确定了教材的编写原则:

(1)拓宽教材的使用范围。本套教材主要面向高职学生,并兼顾中专学生,也可用于相关专业的职业资格培训和各类在职培训,亦可供有关技术人员参考。

(2)坚持教材内容以培养学生职业能力和岗位需求为主的编写理念。教材内容难易适度,理论知识以“够用”为度,注重理论联系实际,着重培养学生的实际操作能力。

(3)在教材内容的取舍和主次的选择方面,照顾广度,控制深度,力求针对专业,服务于行业,对与本专业密切相关的内容予以足够的重视。

(4)教材编写立足于国内港口机械和筑路机械使用的实际情况,结合典型机型,系统介绍了工程机械设备的基本结构和工作原理,同时,有选择地介绍了一些国外的新技术、新设备,以拓宽学生的视野,为学生进一步深造打下基础。

《港口机械检修技术》是高职高专院校港口物流设备与自动控制专业的规划教材之一,内容包括:港口机械检修的基础知识、港口内燃机的检修、港口流动机械底盘的检修、港口起重机的检修、起重机金属结构的检修、港口输送机械的检修等。

本书由南通航运职业技术学院马乔林主编,南通航运职业技术学院姚文俊、孙旭、李谷音参编,南通港口集团公司张江南主审。其中,马乔林编写了第一至十章及第十七至十九章,姚文俊编写了第十一至十六章,孙旭编写第六章第三节和第四节,李谷音编写了第二十至二十一章,全书由马乔林统稿。

本套教材在编写过程中,得到了交通系统各校领导和教师的大力支持,在此表示感谢!由于我们编写高职教材尚缺少经验,书中不妥和疏漏之处在所难免,敬请读者指正。

交通职业教育教学指导委员会
交通工程机械专业指导委员会

2010年3月

目 录

第一篇 港口机械检修的基础知识

第一章 零件的失效形式	3
第一节 零件的磨损	3
第二节 零件的断裂	9
第三节 零件的腐蚀	12
第四节 零件的变形	13
复习思考题	15
第二章 零件的清洗、检验与分类	16
第一节 零件的清洗	16
第二节 零件的检验与分类	18
复习思考题	25
第三章 零件的修复工艺	26
第一节 机械加工修复法	26
第二节 零件的焊修	30
第三节 零件的电镀修复	35
第四节 零件的电刷镀修复	38
第五节 零件的金属喷涂和喷焊修复	43
第六节 零件的黏结修复	46
复习思考题	51

第二篇 发动机检修

第四章 汽缸体、汽缸盖和曲柄连杆机构的检修	55
第一节 汽缸体和汽缸盖的检修	55
第二节 汽缸的检修	58
第三节 活塞连杆组的检修	66
第四节 曲轴飞轮组的检修	74
第五节 曲轴主轴承和连杆轴承的修配	78
复习思考题	80
第五章 配气机构的检修	82
第一节 气门组零件的检修	82
第二节 气门传动组零件的检修	87
第三节 配气机构的装配与调整	89

复习思考题	91
第六章 燃料供给系的检修	92
第一节 喷油器的检修	92
第二节 喷油泵的检修	94
第三节 电控汽油机燃料供给系的检修	100
第四节 电控柴油机燃料供给系的检修	107
复习思考题	116
第七章 点火系的检修	117
第一节 火花塞的检修	117
第二节 点火线圈的检修	118
第三节 分电器的检修	119
第四节 点火正时的检查调整	120
复习思考题	121
第八章 润滑、冷却系的检修	122
第一节 润滑系的检修	122
第二节 冷却系的检修	125
复习思考题	127
第九章 发动机的总装、磨合与试验	128
第一节 发动机的总装	128
第二节 发动机的磨合	132
第三节 发动机的试验	134
第四节 发动机的验收	135
复习思考题	136
第十章 发动机常见故障分析及异响诊断	137
第一节 发动机常见故障及检查分析	137
第二节 发动机异响诊断	143
复习思考题	147

第三篇 底盘检修

第十一章 离合器的检修	151
第一节 离合器主要零件的检修	151
第二节 离合器的装配与调整	152
第三节 离合器常见故障分析	155
复习思考题	157
第十二章 变速器的检修	158
第一节 普通机械传动变速器主要零件的检修	158
第二节 普通机械传动变速器的装配与试验	160
第三节 普通机械传动变速器的常见故障分析	161

第四节	动力换挡变速器主要零件的检修	163
第五节	动力换挡变速器的装配与维护	165
第六节	动力换挡变速器的常见故障分析	167
	复习思考题	169
第十三章	万向传动装置的检修	170
第一节	万向传动装置主要零件的检修	170
第二节	万向传动装置总成的装配	171
第三节	万向传动装置常见故障分析	172
	复习思考题	174
第十四章	驱动桥的检修	175
第一节	驱动桥主要零件的检修	175
第二节	驱动桥的装配、调整与试验	177
第三节	驱动桥的常见故障分析	181
	复习思考题	183
第十五章	转向桥和转向机构的检修	184
第一节	转向桥和转向机构主要零件的检修	184
第二节	转向机构的装配与调整	186
第三节	转向桥、转向机构的常见故障分析	189
	复习思考题	195
第十六章	制动装置的检修	196
第一节	车轮制动器的检修	196
第二节	气压制动机构的检修	199
第三节	液压制动机构的检修	201
第四节	制动器制动效能试验	203
第五节	制动机构常见故障分析	205
	复习思考题	210
第十七章	叉车工作装置的拆装工艺与故障分析	212
第一节	叉车工作装置的拆装工艺	212
第二节	叉车工作装置常见故障分析	213
	复习思考题	216
第十八章	装卸搬运车辆液压系统的故障诊断	217
第一节	液压系统的故障率与故障预兆	217
第二节	液压系统的故障检测	219
	复习思考题	223
第十九章	车辆的总装、检验与试车	224
第一节	总装	224
第二节	行驶检验	224
	复习思考题	225

第四篇 起重输送机械的检修

第二十章 起重机的检修	229
第一节 起重机主要零部件的检验与修理.....	229
第二节 起升机构检修.....	246
第三节 变幅机构修理.....	250
第四节 回转机构检修.....	254
第五节 运行机构检修.....	259
第六节 金属结构检修.....	267
复习思考题.....	272
第二十一章 带式输送机检修	274
第一节 带式输送机主要零部件的检验和修理.....	274
第二节 输送带跑偏及防偏.....	277
第三节 输送带损伤原因及维修.....	281
第四节 带式输送机试运转调试.....	283
第五节 气垫带式输送机的检修.....	284
复习思考题.....	287
参考文献	288

第一篇 港口机械检修的 基础知识

第一章 零件的失效形式

• 学习目标

知识目标

1. 能准确描述机械零件的摩擦与润滑机理;
2. 能准确描述零件磨损的分类及零件的磨损特性;
3. 能对零件的断裂、腐蚀和变形的原因和预防措施进行分析。

能力目标

1. 能识别不同的磨损形式所产生的不同的后果;
2. 能对零件的疲劳断裂的断口进行宏观分析并提出改进措施;
3. 能对易腐蚀和变形的零件提出防腐及防变形的技术措施。

第一节 零件的磨损

在港口机械的使用过程中,尽管我们按照各种机械的技术要求和规范进行正确的管理、使用和保养,港口机械零件的正常配合状态仍然不可避免地会遭到破坏。产生这种现象的主要原因,是各配合零件在相对运动中总会有摩擦,使接触面产生磨损,从而改变了零件的形状、尺寸和表面组织,最后使零件丧失了工作能力。

如果港口机械的零件磨损过快,将使机械的检修次数增加,大修周期缩短,维修费用增加。因此,减少零件磨损对于提高港口机械的工作可靠性和延长使用寿命具有特别重要的意义。我们应该了解零件磨损的一般规律,以便在使用过程中,采取合理的技术措施,防止零件出现早期磨损;在修理过程中,应正确地选用材料,确定合理的修理工艺,以保证零件的使用寿命。

一、零件的摩擦与润滑

1. 摩擦的产生及危害

任何零件的表面,无论采用何种加工手段,总是凹凸不平的,其放大的情况如图 1-1 所示。

当两个零件在自重和外载荷作用下压紧并在外力作用下发生相对运动时,其凹凸不平的部分必然要发生机械咬合和碰撞,出现摩擦阻力而阻碍运动,使接触表面产生摩擦。

如果不采取任何技术措施,零件在摩擦过程中将迅速磨损和发热,严重时甚至会咬死或烧熔,这是因为:

(1) 两摩擦表面实际上是凸点接触,接触点上的负荷大约是平均负荷的 1 000 倍,接触点的金属在高负荷下发生变形,使机械咬合部位的凸点由于碰撞而

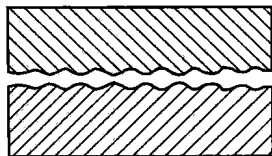


图 1-1 零件表面的放大情况

脱落。

(2)脱落的金属微粒夹在两摩擦面之间,起到磨料作用,从而使磨损加剧。

(3)摩擦产生的机械能转变为热能,使凸点的温度升高,机械强度降低,导致磨损加剧。当温度上升到超过金属的熔点时,金属熔化使两机件咬死和摩擦面烧毁。

2. 摩擦的分类

(1)干摩擦。摩擦表面之间没有任何润滑剂而直接接触时所产生的摩擦称为干摩擦。干摩擦的摩擦系数最大,对机械零件产生的磨损也最大,港口机械零件运转中应尽量避免发生干摩擦。

(2)液体摩擦。液体摩擦是指两个摩擦表面完全被润滑剂隔开的摩擦。它避免了金属表面的直接接触,当两表面发生相对滑移时,摩擦只发生在液体润滑剂的分子之间,因而液体摩擦的摩擦系数很小,摩擦功的损耗和零件的磨损都很小。

图 1-2 所示为轴与轴颈之间液体润滑油膜的形成过程。图 1-2a)所示为轴静止时,轴颈在自重作用下与轴承在最下方接触,在两侧形成楔形间隙,润滑油充满在此间隙中。当轴开始旋转时,由于润滑油具有黏性,附着在轴颈表面,因而被轴颈带着一起转动,从上部较宽的进油空间携带到狭窄空间,如图 1-2b)所示。此层润滑油在楔形空间互相挤压,由于润滑油的可压缩性极小,挤压的结果使楔形油膜压力骤增,从而产生了使轴颈向上抬起的力。楔形油膜的压力随轴颈转速的升高而增加,当轴颈转速升高到一定值时,液体油膜的压力使轴微微向上抬起,与轴承分开,在轴颈与轴承之间便形成了完整的液体油膜,这时,轴与轴承即形成液体摩擦,如图 1-2c)所示。在油膜厚度最小处,油膜压力最大。

(3)边界摩擦。边界摩擦是指两摩擦表面被一层极薄的润滑油膜隔开的摩擦,这层油膜的厚度通常小于 $1\mu\text{m}$ 。边界膜主要是由吸附在零件工作表面上润滑介质的物理吸附膜构成的,其形成机理是:当界面存在吸附膜时,吸附在金属表面的极性分子形成定向排列的分子栅,当分子吸附膜达到饱和状态时,紧密排列的分子所具有的内聚力使吸附膜具有了一定的承载能力,当摩擦表面相对滑动时,理论上只是在吸附油膜外层分子间滑动,零件表面被牢固的吸附油膜分子所隔开。图 1-3 所示为分子吸附膜的作用模型。

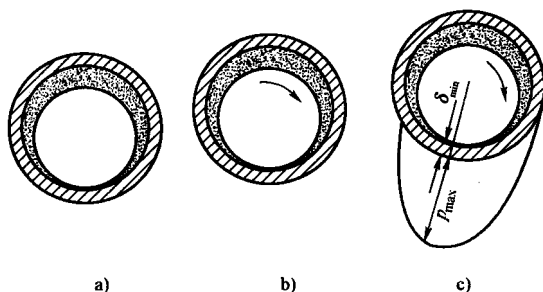


图 1-2 楔形油膜的形成

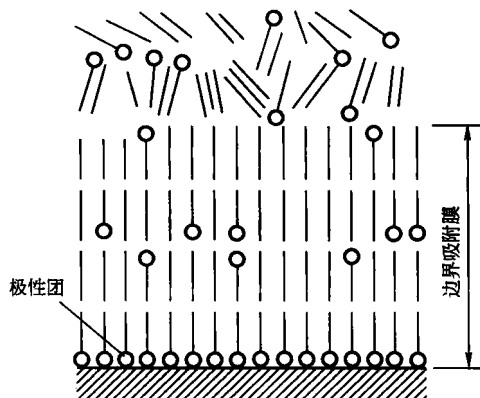


图 1-3 分子吸附膜的润滑作用模型

(4)混合摩擦。混合摩擦是指在摩擦表面同时存在着干摩擦、液体摩擦和边界摩擦的情况。

金属零件在工作中,其表面的摩擦状态并不是一成不变的,有时是一种摩擦状态,有时又变成另一种摩擦状态,有时几种摩擦状态混合存在。例如,发动机曲轴的轴颈与轴瓦,在正常

工作状态下,能够达到比较理想的液体润滑作用,即能够形成像图 1-2c)所示的具有一定厚度的完整的液体油膜,但在启动之初或在曲轴承受冲击载荷时,油膜难以形成或受到破坏,即会出现边界摩擦甚至干摩擦。又如,活塞与汽缸之间正常工作中可以形成边界摩擦,但当汽缸过热时,吸附膜被烧坏,就会出现干摩擦。

3. 减少摩擦的有效措施——润滑

(1) 润滑的目的。在摩擦表面形成均匀连续的润滑油膜,是减少摩擦的有效措施。润滑的主要目的是:减少机件的磨耗量,延长其使用寿命;减少摩擦功的损失,提高机械效率。此外,润滑还能起到以下作用:

- ①冷却散热。润滑油可以带走摩擦所产生的热量,使机件不致因过热而加剧磨损。
- ②冲洗清洁。润滑油可以带走摩擦中掉下来的金属微粒,减少或防止磨料磨损。
- ③密封防漏。在发动机中,缸壁与活塞环之间的润滑油膜,能增加活塞环的密封性,减少漏气损失。
- ④防止腐蚀。润滑油膜隔绝了空气及酸性物质与零件表面的直接接触,减少了机件受氧化、腐蚀的程度。
- ⑤消振减声。利用润滑油膜的缓冲作用,能使发动机的振动减弱、运转平稳。由于润滑油膜的隔离,使运动副的摩擦和冲击声减弱。

(2) 形成良好润滑的主要条件:

- ①合适的润滑油黏度。若润滑油黏度过小,润滑油则不易被轴颈携带,容易从轴承的轴向两边流出,难以建立如图 1-2c)所示的楔形油膜。但黏度太大时,润滑油又难以进入零件间隙,油膜也不易建立。
- ②较高的转速。转速高,则楔形油膜压力也高,容易形成均匀连续的油膜。发动机和其他运转机械启动和低速运转时,要比正常工作时的零件磨损大得多。
- ③轴承负荷不能太高。轴承负荷越高,形成楔形油膜所需的油压也高,油膜则难以建立;当承受冲击性负荷时,还可能将已经建立好的楔形油膜破坏。
- ④适当的零件间隙。零件间隙过小,则润滑油难以进入间隙内;间隙过大时,则润滑油容易漏泄。当轴颈表面出现过大的圆度和圆柱度误差时,同样不利于油楔的形成。另外,若在轴承油楔的最大压力区内不合理地开挖油槽,也会大大降低油楔压力,不利于油膜的建立。
- ⑤摩擦表面的粗糙度要小。对于精加工的摩擦表面,只需很薄的油膜即可隔开两摩擦面;若表面粗糙,则要很厚的油膜才能形成完全的液体润滑。

二、磨损的产生

摩擦和磨损是载荷作用下相互接触的两个物体做相对运动时,在接触表面上所发生的同一现象的两个方面,或者说,磨损是伴随着摩擦而产生的。

摩擦表面在发生相对运动的过程中,金属表面的相互接触,主要产生两种作用:一是机械性的相互嵌入作用,二是分子间的相互吸引和黏附作用。嵌入就是由于金属表面存在微观不平,在相互接触中,其凸起和凹进的部分将相互嵌入和咬合,在相对运动中,凸起的部分金属发生变形而导致机械剥落;分子间的吸引和黏附作用,是指摩擦件在相对运动中,表层金属相互接近,分子间的相互吸引力将使接触处产生黏附现象,当相对运动继续时,金属表面那些发生黏附的地方将被撕裂,产生机械性破坏。

此外,由于摩擦介质的化学腐蚀作用,金属的表面氧化将形成金属脆性氧化物,这些氧化

物在摩擦过程中脱落,也是产生磨损的原因之一。

三、磨损的分类

1. 黏着磨损

在零件的摩擦表面,由于黏着作用,使一个零件表面的金属转移到另一个零件表面所产生的磨损称为黏着磨损。零件表面的负荷越大,表面温度越高,黏着磨损也越严重。

如前所述,金属表面经过机械加工后,总会留下宏观及微观的凹凸不平(图 1-1)。当零件在外载荷作用下相互摩擦时,实际的表面接触面积很小,接触应力很大,往往使接触点上的金属产生弹性或塑性变形,在继续的相对移动中,接触点上将产生大量的热量,使表面发生相变、转化以至熔化焊合,导致一个零件表面的金属被部分地转移到另一个零件表面,形成金属瘤,金属瘤又在随后的摩擦中被撕裂而脱落,从而形成了黏着磨损。

港口机械零件所发生的黏着磨损,多数是由于配合间隙过小,运动零件表面加工纹理尚未磨合好,就过早地增大负荷,导致零件的工作温度过高而形成的。

2. 磨料磨损

摩擦表面在相对滑动时,若在摩擦表面之间存在着磨料,摩擦表面便会在磨料的作用下产生显微变形或切割,形成磨料磨损。

磨料磨损仅与摩擦表面是否存在磨料物质有关。它可以存在于任何滑动速度和单位压力作用的摩擦面上。摩擦表面的磨料可能是从外界落入的(如空气中的尘埃、润滑油中的杂质等),也可能是磨损过程中的产物(如摩擦表面掉下的金属颗粒)。还有些磨料是早已存在于摩擦表面上的,如铸铁、镀铬、金属喷镀的零件表面都可能存在有磨料磨粒。磨料磨损的速度取决于摩擦表面的性质、磨料的性质、摩擦表面的滑动速度和单位压力。

对港口机械进行正确的管理维护可以减少零件的磨料磨损。如空气中的尘土和砂粒在随新鲜空气进入发动机后,可以导致发动机汽缸的磨料磨损,因而在发动机上要配备有良好滤清效果的空气滤清器;燃油和润滑油中的杂质会导致汽缸和轴承的磨料磨损,因而对燃油、润滑油也要进行有效的过滤。管理维护中要保证空气滤清器及燃油、润滑油滤清器处于良好的工作状态,从而减少零件的磨料磨损。

3. 表面疲劳磨损

表面疲劳磨损是指在纯滚动或同时带有滑动的滚动摩擦条件下,发生在表层的疲劳破坏现象。出现疲劳磨损的零件,其材料一般硬度较大且磨合性能较差,在较大的循环交变载荷作用下,由于接触面很小,接触应力大,因此当应力超过材料的屈服极限时,在零件表面将产生瞬间显微塑性变形。由于材料硬度较高,这种瞬间显微变形会向四周扩散,形成网状裂纹。摩擦表面的润滑油在工作压力作用下向裂纹深处扩张、延伸,连续不断的载荷又会将其压成鳞片状而脱落,使零件表面出现麻点或凹坑,故又称为麻点磨损。这种磨损容易发生在滚动轴承的滚珠与弹道、齿轮的齿面等零件表面。

疲劳磨损可分为两大类:非扩展性和扩展性。

(1)非扩展性疲劳磨损。在某些新的摩擦表面上,因单位接触应力很大,容易产生小麻点,经磨合后,接触面积扩大,单位接触应力降低,小麻点就停止扩展。对于塑性较好的材料,因加工硬化作用,使小麻点不能继续扩展。

(2)扩展性疲劳磨损。当材料塑性较大或润滑不当时,在接触表面作用有较大的压应力和切向力,使表面产生小裂纹并扩展而使金属脱落,形成小麻点或扩展成凹坑,从而使零件迅