



张育益 韩佑文 编著

汽车起重机·装载机 故障诊断与排除

机械工业出版社



汽车起重机、装载机故障 诊断与排除

张育益 韩佑文 编著



机械工业出版社

本书主要针对汽车起重搬运、装载机及叉车在使用中由于人为、环境及使用年限的影响,在汽车起重搬运机械的发动机、底盘(包括离合器、变速器、液力变矩器、传动装置、驱动桥、转向系、制动系)、电气设备、液压系统、机械工作装置等方面可能出现的各种故障,进行了较为全面细致的故障分析,进而为广大读者提供了切实可行的排除故障方法及故障防范措施。

本书内容结合实际,是作者长期从事教学及技术服务工作的总结,对广大读者在实际工作中遇到的问题会有很实际的帮助和指导作用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车起重机、装载机故障诊断与排除/张育益,韩佑文编著. —北京:机械工业出版社,1998. 10

ISBN 7-111-06127-6

I. 汽… II. ①张… ②韩… III. ①汽车起重机-故障诊断②汽车起重机-车辆修理③轮胎式装载机-故障诊断④轮胎式装载机-车辆修理 IV. TH2

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第01045号

出版人 马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑 沈红 版式设计:霍永明 责任校对:林去菲
封面设计 姚毅 责任印制:王国光

北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998年8月第1版第1次印刷

787mm×1092mm/16·16印张·390千字

0001—3500册

定价:22.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

汽车起重机、装载机和叉车（以下简称起重、搬运机械）作为一种起重、铲土、搬运车辆已渗入到人类社会生产、生活的各个领域，在工农业生产、物资的流通及国计民生等方面带来了深刻的变化。随着社会主义建设事业的迅猛发展，汽车起重、搬运机械的保有量大幅度增加，从事操作和修理的人员也越来越多。该类机械在使用过程中经常会出现各种各样的故障，使机械处于停驶而无法继续正常作业，能否迅速排除故障，直接关系到交通、作业安全，影响生产效率和经济效益。为了便于操作手和修理人员能及时准确地排除故障，保证机械正常行驶和作业，我们编著了此书，旨在为起重搬运机械的故障诊断技术做出一点微薄的贡献。

本书是在作者多年来从事汽车起重、搬运机械故障诊断教学、科研和技术服务的基础上，同时又广泛收集国内外资料编写而成。全书共分 6 章，第 1 章介绍汽车起重、搬运机械故障基本理论，其目的是研究机械故障的定义、分类、模式、特征和发生规律，并以此为依据分析故障产生的原因、选择故障诊断的方法，为快速、准确排除故障打下一定的基础、第 2~6 章，运用故障树的形式勾画出汽车起重搬运机械发动机故障、底盘故障、电气设备故障、液压系统故障、工作装置故障的诊断程序，将故障现象及主要故障原因归纳、整理成表格形式，并给出了各种故障的排除方法。

本书在编写过程中，参考了有关资料和论著，未能全部一一注明，深表歉意。

本书第 1~4、6 章由张育益编写，第 5 章由韩佑文编写，全书由张育益统稿。

由于我们理论水平和实际经验所限，书中错误和不足之处在所难免，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

1997.9

目 录

第1章 汽车起重、搬运机械

故障基本理论 1

- 1 汽车起重、搬运机械的故障 1
 - 1.1 故障定义 1
 - 1.2 故障的分类 1
 - 1.3 故障等级的划分 2
 - 1.4 故障模式 3
- 2 汽车起重、搬运机械故障特征及其发生规律 4
 - 2.1 寿命特性曲线 4
 - 2.2 零件的故障率曲线 5
 - 2.3 全寿命周期特性曲线 6
- 3 汽车起重、搬运机械故障的原因 7
 - 3.1 人为因素 7
 - 3.2 环境因素 9
 - 3.3 时间因素 10
- 4 汽车起重、搬运机械故障的诊断方法 11
 - 4.1 直观经验诊断法 11
 - 4.2 现代仪器设备诊断法 15

第2章 汽车起重、搬运机械发

动机故障 18

- 1 汽油发动机点火系故障 18
 - 1.1 点火系故障的判断方法 19
 - 1.2 点火系的故障 20
- 2 汽油发动机燃料系故障 29
 - 2.1 发动机难以发动 29
 - 2.2 发动机工作异常 32
- 3 汽油发动机点火系、燃料系统合故障 39
 - 3.1 发动机不能发动 39
 - 3.2 发动机工作异常 40
- 4 柴油发动机燃料供给系故障 45
 - 4.1 柴油机燃料供给系故障的判断方法 45

4.2 柴油机燃料供给系常见故障 48

- 5 发动机润滑系故障 63
 - 5.1 机油压力过低 63
 - 5.2 机油压力过高 64
 - 5.3 机油消耗量过多 66
 - 5.4 机油过早变质 66
 - 5.5 离心式机油过滤器故障 67
- 6 发动机冷却系故障 67
 - 6.1 冷却水量足而发动机过热 68
 - 6.2 冷却水量不足引起发动机过热 69
 - 6.3 发动机在运行中或作业时突然过热 69
- 7 发动机运转声响异常 70
 - 7.1 发动机异响的判断方法 70
 - 7.2 发动机异响的检查程序 71
 - 7.3 曲轴连杆机构异响 72
 - 7.4 配气机构异响 78
 - 7.5 其他异响 81

第3章 汽车起重、搬运机械底

盘故障 83

- 1 离合器故障 83
 - 1.1 离合器打滑 83
 - 1.2 离合器分离不彻底 84
 - 1.3 离合器接合不平顺 85
 - 1.4 离合器异响 86
- 2 机械变速器故障 88
 - 2.1 变速器跳档 88
 - 2.2 变速器换档困难 89
 - 2.3 变速器乱档 90
 - 2.4 变速器异响 91
 - 2.5 变速器漏油 93
- 3 液力变矩器故障 93
 - 3.1 变矩器油温过高 93
 - 3.2 变矩器供油压力低 94

3.3 变矩器漏油	95	3 起动系故障	147
3.4 车速过低或行驶无力	95	3.1 起动系故障判断方法	147
3.5 变矩器异响	96	3.2 起动系故障	148
4 动力换挡变速器故障	96	3.3 起动机自动保护线路故障	151
4.1 变速器挂不上档	96	4 灯光、信号和仪表故障	154
4.2 变速时档位脱不开	97	4.1 灯系故障	154
4.3 动力换挡变速器已挂上档,但 叉车运行乏力	97	4.2 喇叭故障	161
4.4 变速器操作压力过低	98	4.3 仪表故障	164
4.5 变速器操作某个档,变速 压力低	99	5 全车线路故障	169
4.6 变速器自动脱档或“乱档”	99	5.1 全车线路技术状况的检查	169
4.7 变速器有异常响声	99	5.2 全车线路故障	170
5 万向传动装置和驱动桥故障	100	第5章 汽车起重、搬运机械液 压系统故障	172
5.1 万向传动装置故障	100	1 液压系统的故障检查	172
5.2 驱动桥故障	101	1.1 概述	172
5.3 传动系综合故障	105	1.2 故障检查步骤	172
6 转向系故障	107	2 利用检测仪表进行故障诊断	175
6.1 机械式转向系故障	107	2.1 在线连接检测液压系统故 障	176
6.2 动力式转向系故障	113	2.2 液压系统的 Tee 试验	177
6.3 全液压转向系故障	115	3 用经验逻辑法进行故障诊断	185
7 制动系故障	119	4 装载机液压系统故障	190
7.1 手制动器故障	119	4.1 简介	190
7.2 液压制动系故障	121	4.2 故障分析与排除	192
7.3 真空增压液压制动系故障	125	5 汽车起重机液压系统故障	196
7.4 气压制动系故障	127	5.1 简介	196
第4章 汽车起重、搬运机械电 气设备故障	133	5.2 故障分析与排除	198
1 蓄电池故障	133	6 叉车液压系统故障	201
1.1 蓄电池故障的判断方法	133	6.1 简介	201
1.2 蓄电池的故障	134	6.2 故障分析与排除	202
1.3 延长蓄电池使用寿命的措施	136	7 液压泵和液压马达的故障	205
1.4 蓄电池极性的判定	137	7.1 齿轮泵的故障分析与排除	206
2 交流发电机及调节器故障	137	7.2 柱塞泵的故障分析与排除	209
2.1 交流发电机及调节器故障的 判断方法	137	7.3 齿轮马达的故障分析与排除	211
2.2 交流发电机及调节器故障诊 断的注意事项	138	7.4 柱塞马达的故障分析与排除	211
2.3 交流发电机及调节器故障	138	8 液压缸的故障	216
2.4 晶体管调节器和充电指示灯 系故障	143	8.1 简介	216
		8.2 常见故障分析与排除	216
		8.3 拆装注意事项	216
		9 液压控制阀的故障分析与排除	218
		9.1 方向控制阀的故障分析与排除	218

9.2 压力控制阀的故障分析与排除	220	2.2 吊钩损坏	239
9.3 多路换向阀的故障分析与排除	224	2.3 滑轮异常磨损	240
10 液压和液力传动油的合理使用	226	2.4 卷筒损坏、轴剪断	240
10.1 液压油的分类	226	2.5 起重油门操纵不灵	241
10.2 液压油的选用	227	2.6 起重机液压泵挂档不灵	242
10.3 液压油的使用和更换	232	2.7 重物不能下降	243
10.4 液力传动油	234	2.8 液压式汽车起重机起重物在 空中停留时自动下降	243
第6章 汽车起重、搬运机械工作 装置故障	236	2.9 汽车起重机起重臂伸缩时振动	244
1 装载机工作装置故障	236	2.10 汽车起重机三节臂不能伸缩	244
1.1 铲斗斗齿(或切削刀刃)磨损, 使铲装工作困难	236	3 叉车工作装置故障	245
1.2 各构件(铲斗、动臂、摇臂、拉 杆等)弯曲、扭曲变形、裂纹、 焊缝开焊而影响正常工作	236	3.1 门架、叉架起升、下降不平稳	245
1.3 铰接件及安装孔磨损,造成 工作装置摇摆的故障	237	3.2 叉车运行中,工作装置振动大, 发生杂音	247
2 汽车起重机工作装置故障	237	3.3 叉架歪斜	248
2.1 钢丝绳断绳	237	3.4 门架、叉架等机件发生严重变 形、裂纹或损坏	249
		参考文献	250

第1章 汽车起重、搬运机械故障基本理论

1 汽车起重、搬运机械的故障

1.1 故障定义

汽车起重、搬运机械的种类很多,而每种车型又由许多机构和系统组成,在机械工作时,这些机构和系统都按照一定的规律工作,互相联系,密切配合,以保证机械处于良好的技术状态。

汽车起重、搬运机械出现故障或零件失效就是指机械或零件丧失了保持其原有功能的能力。从广义上讲,故障与失效两者含义相同,但从产品所具有的特性来说,两者在某种含义上又有所不同。其具体定义为:

(1) 失效 是指不可修复的产品“丧失了其规定功能”,不可修复产品往往是指一次性使用产品,如销子、垫片、电灯泡或电气元件等。对失效的机件一般作报废处理,不能再使用。从可靠性分析的角度多用“失效”这一名称。

(2) 故障 是指可修复的产品“丧失了其规定功能”,可修复产品是指零、部件经故障再经修理后能继续使用,就一般机械的整体而言,均属于可修复产品。而其中部分零件则是没有修复可能和没有修复价值。从故障分析角度均用“故障”这一名词。

虽然故障的种类很多,但就故障本身的发生、发展过程、状态和故障后的影响有如下规律:

正常状态→故障迹象→异常状态→故障(失效)

1.2 故障的分类

从不同的角度来研究机械故障,其分类的方法也就不同。通常可按下述方法分类。

1.2.1 按故障发生的原因分类

1. 劣化故障 当机械投入使用后,随着时间的推移,在各种因素的影响下,零件将发生磨损、疲劳、腐蚀、蠕变以及金属材料组织改变等不可逆的变化过程。这些变化过程将使机械的功能随时间而逐渐降低,由此而引起的故障称劣化故障。

2. 固有的薄弱性故障 由于系统设计不合理或零件本身制造装配质量不佳所造成的故障,它发生在机械设备工作的前期和中期较多。

3. 错用性故障 由于管理制度不够健全,在违反使用规程和维护保养规程等情况下使用机械。如超载使用、超速使用以及违反操作程序使用等,由此而造成的故障称错用性故障,它可发生在设备工作任何时期。

1.2.2 按故障持续时间分类

1. 临时性故障 在很短时间内发生的丧失某些局部功能的故障。这种故障发生后不需要修复或更换零部件,只要对故障部位进行调整即可恢复其丧失的功能。

2. 持久性故障 造成产品功能的丧失一直持续到更换或修复故障零部件后,才能恢复产

品工作能力的故障。

1.2.3 按故障形成速度分类

1. 突发性故障 由于产品本身各种不利因素和偶然的外界因素共同作用的结果,当这种作用效应超出了产品所能承受的限度时,便会迅速发生故障。这类故障的特征是其发生的时间与产品的状态变化和已使用过的时间无关,是在无明显故障预兆的情况下突然发生的。这种故障不能靠早期试验和测试来预测其发生的时间,因而又称不可监测故障。

2. 渐发性故障 各种老化过程造成的故障。这类故障的特征是发生的时间与产品已工作过的时间有关。产品使用过的时间越长,发生故障的概率就越高。这类延时的故障提供了进行故障监测的可能性,所以又称可监测故障。

1.2.4 按故障危害性分类

1. 灾难性故障 机械的安全保护装置、传动系统的制动装置及其他关键零部件所发生的导致机械毁坏或人员伤亡等后果严重的故障。

2. 非灾难性故障 未造成机械毁坏或人员伤亡等非危险性故障。但这类故障仍可能造成机械性能降低、影响使用、中断生产或导致较大的经济损失等后果。

1.2.5 按故障性质分类

1. 功能故障 产品不能继续完成其预定功能的故障。如由于发生了故障,内燃机不能发动,油泵不能供油,减速器不能传递运动等。功能故障常常是因为产品的个别零件损坏或卡滞而造成的。

2. 参数故障 产品的规定参数超出允许的极限值而造成的故障。如起重、搬运机械传动效率降低;起重量达不到标准值等。参数故障并不妨碍产品的继续运转,但按照产品的技术文件的标准来衡量,产品是处于丧失工作能力或工作能力显著降低的故障状态。

1.2.6 按故障是否发生分类

1. 实际故障 产品已经发生的故障。

2. 潜在故障 产品自身存在的可能发生的故障。在生产过程中,严格执行起重、搬运机械的使用和维修规程,采取有效的故障诊断措施,将能防止潜在故障发展成实际故障。

1.3 故障等级的划分

对故障进行定性或定量分析时,必须事先划分故障的等级。只有这样才能判断各机件每个失效模式对系统的影响及其后果如何。因为在实际中,无论是造成停车或者不停车的故障,其程度都有一个很大范围,可以大至发动机撞缸,小到传动系微噪声等等。因此需要弄清机件故障后果对系统影响的情况。实际上,划分故障等级也就是运用故障后果对系统影响这一原则进行故障分类。

划分故障等级所考虑的因素是:

(1) 机件产生故障后,造成工作人员或公众的伤亡情况;

(2) 机件产生故障后,造成产品本身的损坏情况;

(3) 机件产生故障后,造成零部件总成不能完成其主要功能或不能执行任务的情况,即对完成规定功能影响的大小;

(4) 机件产生故障后,恢复其功能,即排除故障采取措施的费用、劳动量及停机时机的长短,也就是维修的难易和所用维修时间的长短。

(5) 机件产生故障后,造成总成失去的功能而导致经济上的损失,即导致系统的损失情

况。

综上所述，故障等级要综合考虑性能、费用、周期、安全性等诸方面的因素，即考虑机件故障后带来的对人身安全、任务完成、经济损失等方面的综合影响。

例如，根据 JB/T51059—94《蓄电池平衡重式叉车产品质量分等》中所列叉车按故障原因和影响叉车正常工作的严重性及故障的关联性，将叉车故障划分为 4 级，其故障的判断原则见表 1-1。

表 1-1 叉车故障分类原则表

故障类别	故障系数	划 分 原 则
致命故障	10	危及人身及货物安全或导致主要部件总成报废的故障
重大故障	5	导致零部件总成严重损坏影响叉车正常作业，一般无危及人身及货物的安全，或在 4h 之内不能排除的故障
一般故障	1	使叉车停机或性能下降，但一般不导致主要零部件总成严重损坏，用随车工具在 15min 内不能排除的故障
轻微故障	0.2	一般会使性能下降，不需要更换零件，对叉车正常作业略有影响，用随车工具能轻易（15min）排除的故障

1.4 故障模式

1. 故障模式 是指产品的“故障（失效）的表现形式”。是由外因和内因对汽车起重、搬运机械共同作用结果所显现出来的故障形态，通常即使故障的外因和内因不明，但故障模式是可以通过人的感官或测量仪器观测得到，如发动机怠速不稳、发动机过热、货叉上挂钩脱落，链条断裂等故障的表面形式，这是人们能观察到或测量出来的。

为什么要研究故障模式，因为一般研究汽车起重、搬运机械的故障时，往往从汽车起重、搬运机械故障的现象入手，进而通过现象找出故障的原因，同时，故障模式也是其他故障分析方法的基础。因此，有必要弄清汽车起重、搬运机械零部件及总成的故障模式。

故障描述要尽可能地从零、部件的故障模式来描述整机的故障。只有在难以用零部件的故障模式描述或无法确认是某一零件发生故障时，则可用总成、子系统故障模式来描述，如叉车变速器异响、转向沉重、汽车起重机吊臂自动回缩、变幅油缸推力不够等。

整机性能方面的故障，以整机故障模式描述，如动力性能下降，耗油量过高，噪声过大等。

2. 汽车起重、搬运机械及其零部件故障模式举例 汽车起重、搬运机械及其零部件的故障模式大致可分为断裂性、损伤性、退化性、松脱性、失调性、堵漏性、整机及子系统故障等类型，它们主要包括：

- 1) 断裂性类型——断裂、碎裂、开裂、裂纹、烧结、击穿、弯曲、变形、点蚀；
- 2) 损伤性类型——粘合、烧损、拉伤、损伤；
- 3) 退化性类型——老化、变质、剥落、腐蚀、早期磨损；
- 4) 松脱性类型——松动、脱落、脱焊；
- 5) 失调性类型——间隙不当、流量不当、压力不当、行程不当、响度不当、照度不当、操纵失灵；
- 6) 堵漏性类型——堵塞、不畅、漏油、漏水、漏气、漏电、泄油、渗油；

7) 整机及子系统——性能不稳、功能不正常、功能失效、起动困难、供油不足、怠速不稳、总成异响、刹车跑偏、起升困难、货叉自行下降、门架自行前倾、起重量达不到额定值。

2 汽车起重、搬运机械故障特征及其发生规律

尽管汽车起重、搬运机械种类繁多,工作条件多变,发生故障的原因也各不相同,但是,在汽车起重、搬运机械整个寿命周期中,故障的发生还是存在着一定的规律,而这种规律符合客观事物发展的概率法则。

2.1 寿命特征曲线

图 1-1 是概念性地表示机械产品的故障率与时间相对应的寿命特性曲线。由于此曲线形状似浴盆形,故常称为“浴盆曲线”。该曲线明显地分为三段:即早期故障期、偶发故障期和耗损故障期。

2.1.1 早期故障期

汽车起重、搬运机械从投入使用到时刻 t_1 为止,这个阶段的特点是:开始时故障率很高,但随着运转时间的增加,故障率很快又减小下来,进入了故障率恒定阶段。

早期故障率高的原因很多,诸如设计上的疏忽、制造和安装上的缺陷、操作和使用上的差错等。图 1-2 给出了上述因素对早期故障影响。经过运转跑合查明故障原因,并立即予以排除,故障率便逐渐趋于稳定。所以这个阶段常称试运转期或跑合期。使用单位认真分析早期故障原因,并把分析资料反馈给设计和制造单位,可以改进产品在设计 and 制造上的薄弱环节,这对新产品开发尤为重要。

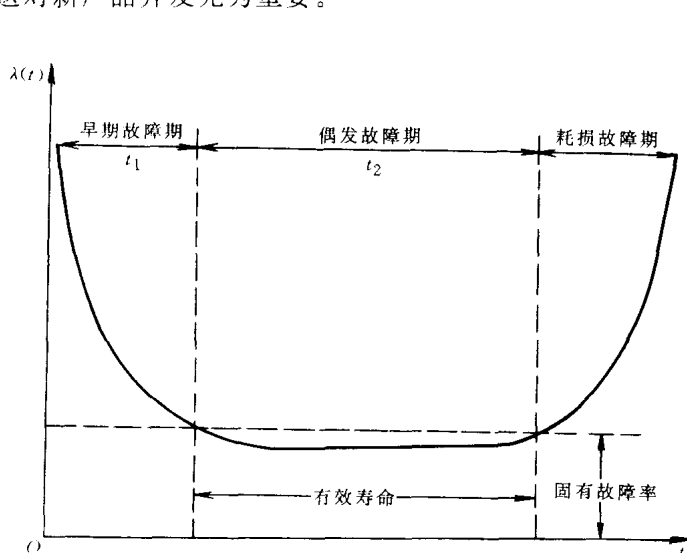


图 1-1 汽车起重、搬运机械寿命特性曲线

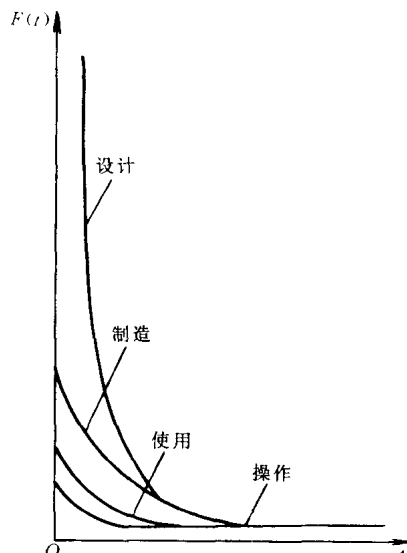


图 1-2 早期故障的影响因素

早期故障不仅发生在新起重、搬运机械投放使用的初期,而且当起重、搬运机械的零部件经过维修或更换,重新投入使用时,也会出现早期故障期。

2.1.2 偶发故障期

汽车起重、搬运机械从时刻 t_1 运转到时刻 t_2 这一阶段的故障率最低,而且故障率恒定。一般情况下这一阶段是不应该发生故障的,属产品的最佳工作时期。然而,可能由于使用不当,

操作失误或其他意外的原因而引起某些故障;也可能由于设计的安全系数较小而出现故障,如当某个零件的程度为下限时,正好遇到实际使用载荷的上限,这样就有可能出现超负荷而损坏的故障。这样情况的出现往往带有很大的偶然性。所以,在偶发故障阶段应特别重视合理使用,加强维护保养,避免操作上的失误,以达到尽可能地延长汽车起重、搬运机械的有效寿命期。

对于大多数可修复的产品来说,还可以采用维修来延长产品的有效寿命期。图 1-3 表示维修对寿命特性曲线的影响。

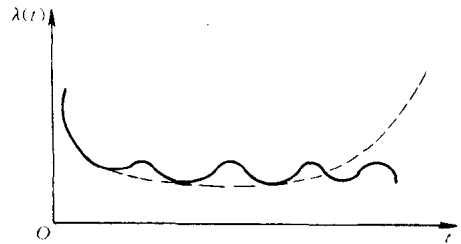


图 1-3 维修对寿命特性曲线的影响

2.1.3 耗损故障期

当汽车起重、搬运机械使用到 t_2 时刻以后故障率再度上升。这是由于零件的正常磨损、化学腐蚀、物理性质的变化以及材料的疲劳等老化过程所引起的。图 1-4 是耗损故障的影响因素。

对于任何一种汽车起重、搬运机械,如采用各种诊断技术,掌握零部件耗损期的开始时间,在零部件达到其寿命的稍前一点时间就采用维修或更换措施,便可以把即将上升的故障率降下来。如图 1-3 中实线部分。因此,采用故障诊断技术对于降低耗损故障期的故障率是非常有效的。采取这种预防性的措施不但可以避免耗损故障的发生,而且还可以延长产品的实际寿命。

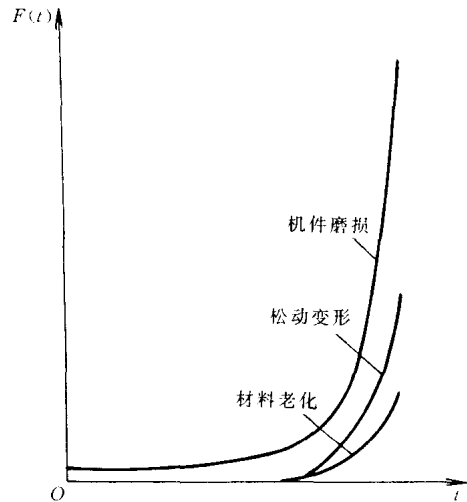


图 1-4 耗损故障的影响因素

2.2 零件的故障率曲线

一般汽车起重、搬运机械零件的故障规律,按其故障率函数曲线形式多数属于图 1-5 中所示三种基本类型中的一种。

2.2.1 故障率递减型 (DFR)

如图 1-5a 所示,故障率 $\lambda(t)$ 随时间单调降低。零件在开始使用时故障率高,其后逐渐降低,愈到后来就愈不容易发生故障。这种故障率类型可以用来描述零件的早期故障过程。其故障原因完全是由于设计、制造、装配等因素造成的。一般受静荷作用或有少量摩擦磨损零件的故障,基本上是属于这种类型。

2.2.2 故障率恒定型 (CFR)

如图 1-5b 所示,故障率 $\lambda(t) = \lambda = \text{常数}$, 概率密度函数 $f(t)$ 和可靠度 $R(t)$ 都是指数形式,是可靠度函数的最基本形式。这种类型故障的发生是偶然的,即没有一种特定的故障机理在起主导作用,而大多数是由于使用不当,操作上的疏忽或维护不良等偶然原因所引起的。

2.2.3 故障率递增型 (IFR)

如图 1-5c 所示,故障率 $\lambda(t)$ 随着时间的延续而增高。当零件经过一段稳定的运行后达到耗损老化阶段,故障集中发生,故障率便急骤增加。大多数受载荷作用及易磨损零件的故

障是属于这一类型，其故障概率密度函数 $f(x)$ 近似成正态分布。

2.3 全寿命周期特性曲线

上述的浴盆曲线表达了汽车起重、搬运机械整个寿命周期性。但对于实行修理制度的设备来说，用浴盆曲线来表示汽车起重、搬运机械的一个大修周期更为确切。图 1-6 为用几个浴盆曲线来表达汽车起重、搬运机械的全寿命特性。当一台新汽车起重、搬运机械在该图左面的第一浴盆曲线中，到了磨损故障期Ⅲ，故障率随时间的变化急趋上升，以致超过维修规定的容许故障率 λ^* 值，表明此时汽车起重、搬运机械应该大修，大修以后又可重复一次浴盆曲线所示的特性。第二个及其后的浴盆曲线，其各阶段的特性数值都会有不同的变化。

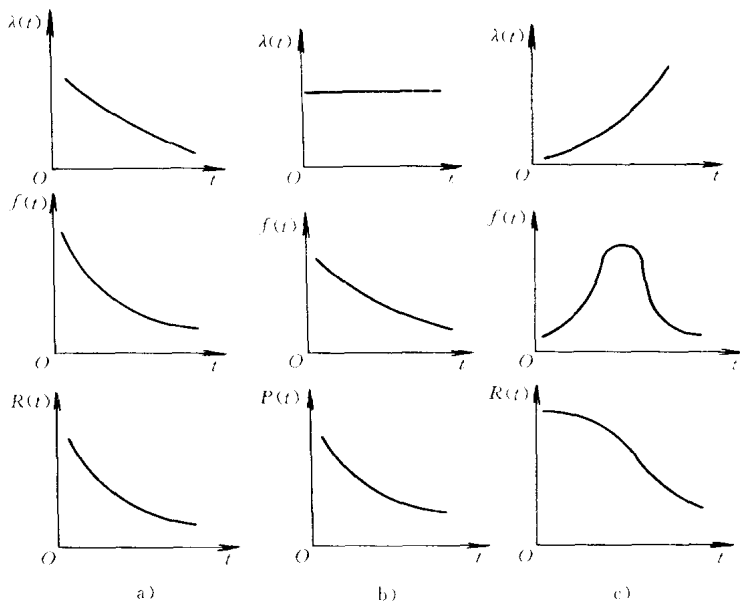


图 1-5 三种基本的故障类型

实践证明，历次大修后的汽车起重、搬运机械质量和可靠性都难以恢复到汽车起重、搬运机械出厂水平，其主要原因有：

- (1) 大修并没有改变汽车起重、搬运机械的原有设计结构，也未提高其固有可靠度；
- (2) 大修并没有把磨损零件全部更新，往往只更换了严重磨损的零件；有时也因缺乏备件而未能及时更换，所以，未更换的那些磨损件就会很快进入磨损期而引起损坏；
- (3) 就某些汽车起重、搬运机械来看，使用厂或修理厂的大修技术远不如制造厂的制造技术，往往缺乏专用修理设备，故造成大修后汽车起重、搬运机械的质量和可靠性较出厂水平有逐次下降的情况。

基于上述各种原因，图 1-6 所示的大修后浴盆曲线的各种参数一般会有以下变化：

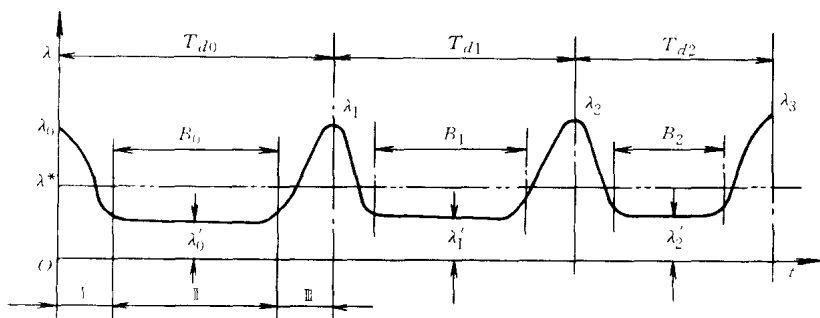


图 1-6 汽车起重、搬运机械全寿命周期特性曲线

- (1) 最高故障率 λ 可能逐次增大，即：

$$\lambda_0 < \lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_n$$

(2) 最低故障率也逐次增大, 即:

$$\lambda'_0 < \lambda'_1 < \lambda'_2 < \dots < \lambda'_n \approx \lambda^*$$

当最低故障率 λ'_n 接近或达到容许故障率 λ^* 时, 表明该起重、搬运机械已无法正常使用或修理, 应予报废;

(3) 偶发故障期逐次缩短, 即:

$$B_0 > B_1 > B_2 > \dots > B_n$$

(4) 大修周期 T_d 逐次缩短, 即:

$$T_{d0} > T_{d1} > T_{d2} > \dots > T_{dn}$$

可见, 参数 λ 、 λ' 、 B 和 T_d 都随时间和大修次数发生变化, 当这些参数达到规定的临界值时, 汽车起重、搬运机械即失去其使用和修理价值, 再继续使用或修理都是不经济的。

上述方法也可以用来分析全寿命周期特性曲线中第 II 阶段所发生的各种变化。浴盆曲线的第 II 阶段是起重、搬运机械的有效阶段, 这个阶段的可靠度是服从指数分布的, 即 $R(t) = e^{-\lambda t}$ 。当 $t=0$ 时, $R=1$, 以后随使用时间的增加, R 值逐渐下降后并趋于零 (如图 1-7 所示)。当可靠度曲线下降到规定的最低可靠度值 R^* 时, 说明汽车起重、搬运机械故障率上升, 必须进行修理。

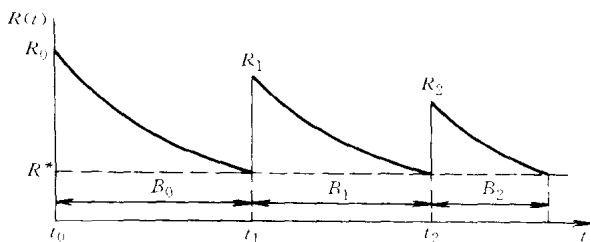


图 1-7 偶发故障期可靠度分析

大修后恢复了汽车起重、搬运机械基本功能, 可靠度回升到 R_1 值, 但一般情况下, $R_1 < R_0$ 。又如图 1-7 所示, 第二次大修周期间隔为 $t_2 - t_1$ 存在的一般规律是: $(t_2 - t_1) < (t_1 - t_0)$, 即大修周期间隔逐渐缩短到 n 次以后, R_n 值将接近 R^* 值, 表明汽车起重、搬运机械故障频发, 不宜再继续修理与使用。

3 汽车起重、搬运机械故障的原因

汽车起重、搬运机械故障的成因, 不仅与人为因素、时间因素有关, 而且与环境因素有关。在正常使用条件下, 一定制造水平的汽车起重、搬运机械, 有它自身的故障规律, 但当条件改变时, 汽车起重、搬运机械的故障规律也随之发生改变, 由于汽车起重、搬运机械种类繁多, 工作条件复杂, 故障形式多种多样, 引起汽车起重、搬运机械故障的原因可归纳为 3 个方面。

3.1 人为因素

汽车起重、搬运机械在设计、制造、使用和维修过程中, 始终都包含着人为因素的作用在内, 特别是早期故障的发生大部分都可以归因于人为因素。

3.1.1 设计不良

即使设计者认为是完美的汽车起重、搬运机械, 实际上总是存在着薄弱环节。这些薄弱环节一般是属于设计中考虑不周, 条件限制或设计差错造成的。

1. 考虑不周 在进行汽车起重、搬运机械设计时, 常常会遇到许多未知的因素, 如未被

广泛研究过的新环境,性能未被全部掌握的新材料,对机件的载荷性质、强度判断、故障形式等都可能包含着不同程度的未知因素等。而在新汽车起重、搬运机械开发过程中往往是根据现有资料和熟悉的工程原则来确定其设计方法。在这种情况下,汽车起重、搬运机械存在着潜在的故障因素是必然的。

2. 条件限制 种种条件的限制也会给汽车起重、搬运机械带来不可靠的因素,如现有的材料或标准件并不具有设计者所期望的性能,但因供货或成本的限制不能采用更理想的材料或标准件,有时,复杂的零部件由于性能和重量的限制,不能采用故障率较低的冗余设计;此外,由于加工条件的限制,不能采用设计所要求的合理加工工艺。显然,如此种种的条件限制造成汽车起重、搬运机械故障率较高也是自然的。

3. 设计差错 在设计时,因缺乏材料性能数据的可靠资料,而造成对材料强度性能及其内在缺陷考虑不周,或因传统的设计方法不够合理,引起经典的设计理论与实际情况之间的偏差过大,因经验不足在设计零部件的几何形状和尺寸时出现断面突变、厚薄不均,尖锐拐角等薄弱环节,总之,这些汽车起重、搬运机械设计中造成“先天不足”的主要方面都是汽车起重、搬运机械的故障隐患。

3.1.2 质量偏差

汽车起重、搬运机械在制造过程中的过失误差和明显缺陷,在检验时一般会暴露出来,可以在制造范围内予以消除。但是,由于加工设备、仪器精度以及技术水平等条件的限制,在任何一个工艺过程都可能产生缺陷,或存在一些漏检的缺陷,这些漏检的缺陷在所谓合格的机件中“隐藏”下来,很可能就是零部件使用是故障发生的根源。

1. 加工偏差 在零部件加工过程中,表面加工质量低于设计要求时,往往会因零件表面粗糙的凸出点互相接触,使实际接触面积小于计算值而造成接触处的压力和温度都过高,形成零部件磨合期的高速磨损。腐蚀介质极容易从表面不平的凹陷处渗透,加速零部件的腐蚀破坏速度,此外,由于粗糙表面不平度的存在还会破坏油膜的连续性,使零件润滑条件变坏。当加工后的实际形状、位置与理想形状、位置偏差过大,会造成零部件载荷分布不均匀,极易引起零部件的局部严重磨损故障,甚至发生断裂事故。

2. 装配缺陷 即使用完全合格的零部件也会产生装配上的缺陷,当因装配不良造成压紧度不足或经过短时运转即丧失原有的压紧度均会引起泄漏、冲击载荷或加剧磨损,以致严重影响汽车起重、搬运机械使用性能,若压紧度过紧会由于间隙过小而不能形成润滑油膜,摩擦表面直接接触而损伤机件表面或者产生高温而造成机件咬死,甚至发生烧蚀、烧熔现象。

3. 累积误差 在汽车起重、搬运机械零部件装配过程中,由积累所造成的尺寸链误差过大、装配时机件受损伤、夹入毛刺、砂尘等污染物以及机件错误连接等都会破坏原有的装配间隙。在汽车起重、搬运机械早期故障中出现的卡死、泄漏、振动、异常响声、异常温升及工作性能达不到设计指标等现象,一般都是由装配质量低劣,装配过程中累积误差所造成的。

3.1.3 使用不当

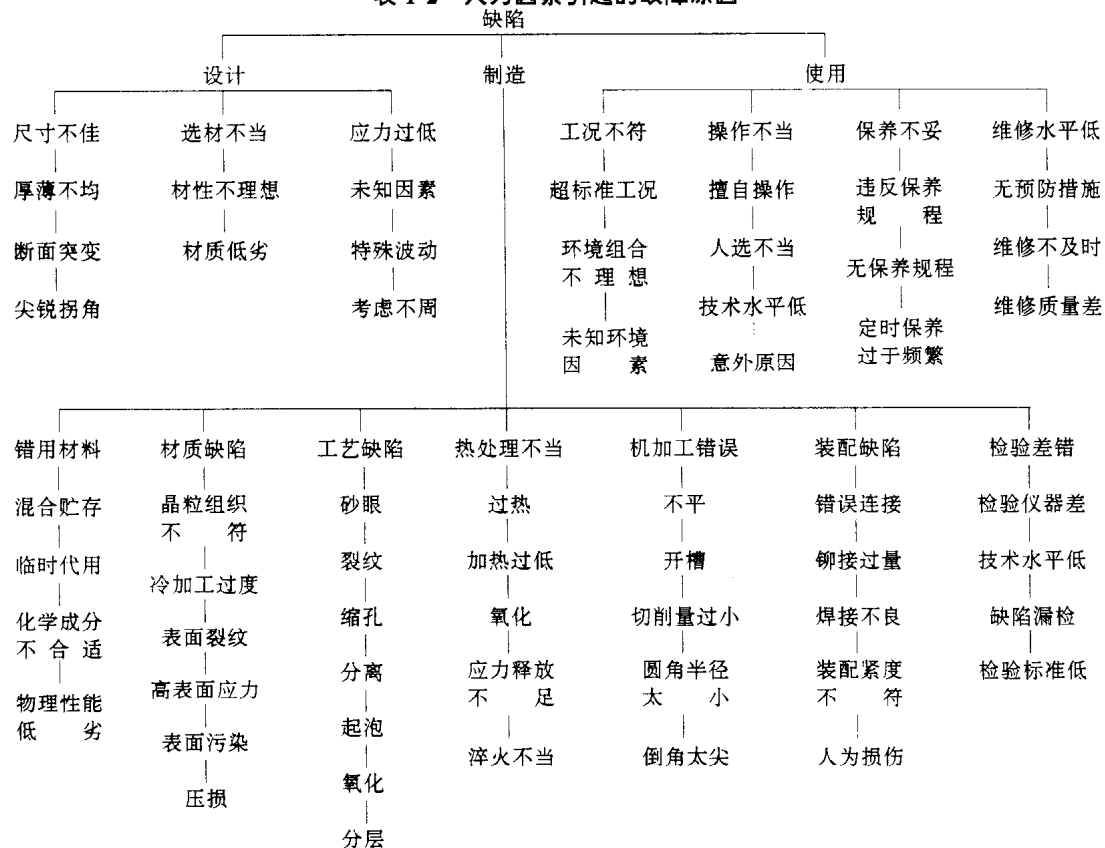
一台质量合格的汽车起重、搬运机械,在其整个生存周期内合理的运输和保管技术条件、使用条件和使用方法、维护保养和修理制度以及操作人员技术水平等,对实际故障率将产生很大影响。

运输和装卸不当会使机件变形、表面损伤、甚至引起机件破裂,存放不当可能引起具有

光洁表面的机件氧化生锈、非金属零件的变形和老化,汽车起重、搬运机械在操作空间过小、布置不合理、照明条件差、温度异常、振动和噪声严重等容易发生技术性差错的条件上使用,其实际故障率必然明显上升,使用中不严格遵守维修保养规程或对汽车起重、搬运机械缺乏及时地检查和日常保养会加速机件的损伤和故障的形成,甚至会扩大故障后果的危害性。此外,对操作人员选择和训练不当、操作人员责任心不强、生理或心理状况异常或者没有掌握操作技术而擅自进行操作常会造成汽车起重、搬运机械严重损伤或事故性故障。显而易见,在上述各项人为因素中,使用不当是对故障率影响最大的一项人为因素。

由汽车起重、搬运机械设计、制造和使用过程中的缺陷而引起的故障原因十分复杂。现将设计、制造和使用过程中可能产生的主要缺陷列于表 1-2。

表 1-2 人为因素引起的故障原因



3.2 环境因素

凡外界施加于汽车起重、搬运机械的各种条件、客观环境等均称为环境因素。因而环境因素可包括力、能、温度、湿度、振动、污染物等外界因素,这些环境因素将以各种能量的形式对汽车起重、搬运机械产生作用,并使机件发生磨损、变形、裂纹以及腐蚀等各种形式的损伤,最终导致故障的发生。

3.2.1 机械能

机械能不但沿着各个机件传递,而且还和外部介质发生相互作用,以静载荷和动载荷的形式对汽车起重、搬运机械产生作用。机件中力的大小决定于工作过程的特征,运动件的惯性和运动副的摩擦状况。机件在工作中需要消耗机械能。而同时机械能又会以内应力的形式

保存在机件内部。因此,由于内应力再分布而发生机件变形和热处理过的机件体积自动发生变化等也属机械能的作用。通常,机械应力使汽车起重、搬运机械的强度降低、磨损加剧、腐蚀加速、裂纹扩展、变形加大以及导致汽车起重、搬运机械的破坏。

3.2.2 热能

由于周围介质温度发生变化以及汽车起重、搬运机械在运转过程中的发热作用,会产生一定的热能。热能是材料产生物理变化和化学变化的重要外界因素,几乎所有的材料其物理性质都随热能的变化而发生巨大变化。同时几乎所有的化学变化的反应速度都受到热能的明显影响。可想而知,热能对汽车起重、搬运机械的破坏作用也是很大的。如热胀冷缩将引起机件间配合关系的改变、密封失败以及内应力等问题,温度不均将导致局部应力集中,加速裂纹扩展,高低温还将改变金属的性能,产生热脆或冷脆。此外,在交变热应力作用下还会产生热疲劳。

3.2.3 化学能

化学能也会对机件产生影响,如含有水分和浸蚀成分的空气使机件产生腐蚀破坏,燃油、润滑油和液压油在汽车起重、搬运机械使用过程中由于外界侵入、自身理化变化或零部件作用而逐渐污染,使汽车起重、搬运机械的故障率大大提高,统计资料表明,汽油机故障的50%,柴油机故障的30%~95%发生在供油系,而叉车发动机供油系故障的半数是由于燃油污染引起的。汽车起重机液压系统故障的70%以上与液压油有关,而在这70%里面又有90%是液压油污染造成的。

表1-3列举了主要环境因素对汽车起重、搬运机械的影响和由此而产生的典型故障。

表 1-3 环境影响

环境因素	主要影响	典型故障
机械能	产生振动、冲击、压力、加速度、机械应力等	机械强度降低、功能受影响、磨损加剧、过量变形、疲劳破坏、机件断裂
热能	产生热老化、氧化、软化、熔化、粘性变化、固化、脆化、热胀冷缩及热应力等	电气性能变化、润滑性能降低、机械应力增加、磨损加剧、机械强度降低、腐蚀加速、热疲劳破坏、密封性能破坏
化学能	产生受潮、干燥、脆化、电蚀、化学反应及污染等	功能受影响、电气性能下降、力学性能降低、保护层损坏、表面变质、化学反应加剧、机件断裂

3.3 时间因素

常见的磨损、变形、裂纹、断裂、腐蚀、老化、污染等故障机理都与时间有密切关系,尽管零部件中存在着故障隐患及形成故障的其他原因,但是,如果没有时间的延续故障不一定会发生。如果故障的形成表现为缓慢进行的过程称这类故障为时间依存性故障。时间依存性故障的发生可用图1-8表示,其主要特征是在给定的时间段 $t_1 \sim t_2$ 内,发生故障的概率与汽车起重、搬运机械已工作过的时间有关,

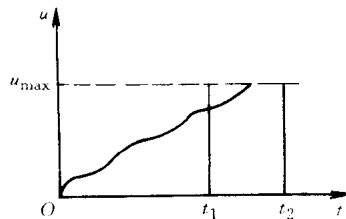


图 1-8 时间依存性故障的发生

汽车起重、搬运机械使用过的时间越长,故障发生的概率就越高。这是由于时间因素对这类故障的形成有两方面的影响。