

# 机械的可靠度分析

温倩, 赵利明, 朱豫聪

(河南纺织高等专科学校 河南 郑州 450007)

**摘要:** 通过对机械失效的分析, 讨论了机械失效对可靠度的影响, 提出了机械工作可靠度在设计时的计算方法和在设计时应采取的措施。

**关键词:** 机械; 可靠度; 失效; 维修

**中图分类号:** TH123.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-8385(2003)02-0024-02

## 1 机械失效和可靠度

### 1.1 机械失效

机械丧失了正常的工作能力, 我们就认为它已失效。

在某一时刻  $t$ , 机械的失效概率为:

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (1)$$

$F(t)$  —— 失效的概率密度函数, 即单位时间内发生失效的百分数。

### 1.2 机械的可靠度

机械零件在一定的使用条件下能正常完成其功能的能力即为可靠度。记作  $R(t)$ 。

可靠度与失效概率的关系为:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (2)$$

由(1)、(2)两式可得:

$$R(t) = \int_t^\infty f(t) dt \quad (3)$$

### 1.3 机械的失效率

失效率是失效概率密度函数与可靠度的比值:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (4)$$

$$\text{对(4)式积分可得: } R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (5)$$

机械失效过程可分为早期失效、随机失效和损耗失效三个阶段, 失效率在不同阶段呈现不同规律。

#### 1.3.1 早期失效阶段

早期失效是由于设计、制造和装配误差在机械使用初期造成的失效, 它取决于产品质量。这种失效

经过工作调试和失效排除, 失效率会降低, 即  $\lambda(t)$  随工作时间延长而减小。

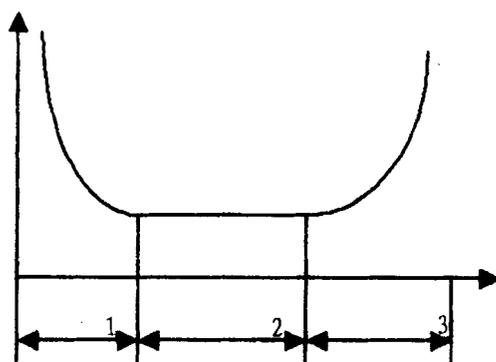
#### 1.1.2 随机失效阶段

随机失效是指任何时刻都可能发生的失效, 它取决于操作水平。在工作时发生的机会是相等的, 且不随着时间而变化, 即  $\lambda(t)$  是常数。

#### 1.1.3 损耗失效阶段

由机械或零件疲劳、磨损、老化等因素使其达到寿命极限引起的失效成为损耗失效, 它取决于维修保养, 一般发生在有效寿命的最后阶段。损耗失效的失效率  $\lambda(t)$  随着时间的延长而逐步增大。

机械在整个寿命期的失效率曲线如图 1 所示。



1. 早期失效阶段; 2 随机失效阶段; 3 损耗失效阶段

图 1 失效率曲线

## 2 机械的可靠度计算

组成一个机械有很多零件, 每一个零件的可靠

\* 收稿日期: 2002- 12- 24

作者简介: 温倩(1963- ), 女, 浙江海盐人, 讲师, 主要研究纺织机械设计。

度都会影响整个机械的可靠度。在可靠度研究中,分为串联和并联两种类型。

### 2.1 串联

在串联机械中任何一个零件的失效都会导致整台机械失效,并且任何一个零件的失效都与其他零件的失效有关<sup>[1]</sup>。

设一台机械共有  $n$  个零件,各个零件的可靠度分别为  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , 则整台机械的可靠度为:

$$R(t) = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n = \prod_{i=1}^n R_i^{[2]} \quad (6)$$

机械在经过一段工作后,每个零件的可靠度均小于 1。由上式可知,组成机械的零件越多,其可靠度就越低。

因此,在设计中应尽可能的减少零件的数量,特别是一些易损件。

### 2.2 并联

在并联机械中,任何一个零件可靠则整个机械可靠,并且任何一个零件的失效都与其他零件的失效无关。

设一台机械共有  $n$  个零件,每个零件的失效概率分别为  $F_1, F_2, \dots, F_n$ , 则  $F(t) = F_1 \cdot F_2 \cdot \dots \cdot F_n$ , 即

$$1 - R(t) = (1 - R_1)(1 - R_2)(1 - R_n) = \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) \quad (7)$$

因此,在某些机械中可通过并联途径来提高可靠度

## 3 可靠度设计

机械的可靠度设计是以随机方法研究,设计机械零件和机械系统<sup>[3]</sup>。

机械可靠度受客观条件限制,不可能无限提高,同时,过分追求高可靠度在经济上也不合理。因而在机械设计、制造时,允许有一定的不可靠度存在,但要有有一定的维修手段作为可靠度不足的补充。

维修设计的主要目的是提高维修效率,降低维修费用。

### 3.1 维修设计

(1) 易接近性和操作上的便利性: 主要要考虑维修人员的工作姿态、工作活动范围以及零件的识别。

(2) 零件的可换性: 对于易损零件,采用换件修理,可提高维修效率,缩短维修时间。因此在设计时必须考虑零件的可拆卸性及互换性,实现零件的通用化和标准化,制定备件储备指标。

(3) 可调整性: 零件在使用中主要由磨损而发生的配合间隙超限时,一般应采用调整的方法来恢复标准间隙。

(4) 便利性: 减少维修的复杂性及设置监测及报警系统,结构应尽可能简化<sup>[4]</sup>,减少维修的项目和维修次数,做到及时发现并在最短的时间内排除。

### 3.2 提高可靠性的冗余系统法

可采用并联冗余系统,以保证一个机件失效后,尚有其他并联的机件可继续维持工作;也可采用后备冗余系统,即当一个零件失效后,另一个零件即可补充上去。

### 3.3 安全考虑

对于因失效而可能导致严重后果(如人身伤亡)的机械失效,要有比一般情况低得多的失效概率。

总之,任何机械,不管它的设计和制造水平如何高,使用和维护如何得当,它总会随着工作时间的延长而降低工作能力。因而进行可靠度的分析对机械设计有着重要的意义。

## 参考文献

- [1] 郭章林等 串联可修复系统平均修复时间的计算[J] 机械设计与制造, 1999, (3)
- [2] 张玉秋等 机械系统可靠度计算方法—阶段连续界限理论[J] 机械设计与制造, 2001, (2)
- [3] 魏尊亮等 机械可靠性设计种种设计变量的统计分析方法[J] 机械设计与制造, 1999, (6)
- [4] 李荐名 现代制造业的成本技术[J] 机械制造, 2001, (4)

[责任编辑: 朱保林]

## Analysis of Mechanical Reliability

WEN Qian, ZHAO Liming, ZHU Yu-cong

(Henan Textile College, Zhengzhou 450007, China)

**Abstract:** This paper analyses the reason of mechanical invalidation, which has a great influence on mechanical reliability. It also presents some calculation methods of mechanical reliability and some corresponding measures during mechanical design.

**Key words:** machinery reliability; invalidation; maintenance