

# 第二章 系统可靠性模型

## 内 容 提 要

### § 2-1 产品定义和可靠性框图的建立

- 一、产品定义和分级：
- 二、系统可靠性框图的建立
- 三、建立可靠性模型的程序
- 四、建立可靠性模型的示例



## § 2-1 产品定义和可靠性框图的建立

### 一、产品定义和分级：

**产**：是指作单独研和分别试验对象的任何元**品**、器件、设备或系统，可以表示产品的总体、样品等。

**产品分级**：生产出来的物品，包括零件、部件、组合件、单机、机组、装置、分系统、系统**八个等级**。

因为最终是**系统在工作**，因此人们认为系统可靠性是衡量设计优劣、质量高低的重要指标。

例如汽轮机生产的**减速机**，虽在电力系统中仅是一个组合件，但也可看做是一个由轴、齿轮、机座、机壳、螺栓、螺母、垫圈、零件、轴承等零部件组成的**系统**。

但是应该指出的，我们该章研究的并不是上面的狭义系统（产品等级中的一个固定等级），而是相应于单元概念的系统，如由许多电子元器件组成的电子整机也可以看成一个系统等。

可见,从事以上各种产品生产的单位都应懂得系统可靠性的基本知识。

研究系统可靠性首先应会建立可靠性框图。

## 二、系统可靠性框图的建立

### 1. 建立原则:

用简明扼要的直观方法表示出产品每次使用能成功完成任务时所有元件之间的相互依赖关系。

## 2. 可靠性框图的组成:

可靠性框图由方框和方框连线组成。每个方框只代表一个单元的可靠性值，且各单元可靠性相互独立。

方框连线没有可靠性值（绝对可靠，当1处理）。

## 三、建立可靠性模型的程序

### 1. 规定产品定义:

规定产品定义有以下五个步骤:

第一步 是确定产品目的，用途或任务;

第二步 是规定产品及其分系统的**性能参数及容许界限**，如表2-1所示；

表 2—1 性能参数及容许界限

(1) 性能参数	(2) 测量单位	(3) 规定的要求及容许界限	(4) 以性能超限为标准 的失效分类
1. 功率输出 $P_o$	kW	$P_o = 500 \pm 500 \times 20\%$	大偏差： $200 < P_o < 400$ 极大偏差： $P_o < 200$
2. 信道容量 $n$	信道数目	$n = 48 \pm 0$	大偏差： $24 < n < 48$ 极大偏差： $n < 24$
3. 电压增益 $A$	dB	$A = 40 \pm 3$	大偏差： $30 < A < 37$ 极大偏差： $A < 30$
4. 侦查范围 $H$	n mile	$H = 300 \begin{smallmatrix} 0 \\ -50 \end{smallmatrix}$	大偏差： $150 < H < 250$ 极大偏差： $H < 150$
5. 误差范围 $d_m$	m	$d_m = 0 \begin{smallmatrix} +10 \\ 0 \end{smallmatrix}$	大偏差： $10 < d_m < 20$ 极大偏差： $d_m > 20$

□

第三步 是确定产品的**结构界限和功能接口**；

第四步 是确定构成任务**失败的条件**；

第五步 是确定**寿命周期模型**。

2. 确定产品**可靠性框图**

3. 确定计算**产品可靠性的概率表达式**

（**可靠性数学模型**）

#### 四、建立可靠性模型的示例

例1. 设有一个工作室的照明线路如下（见图1）：

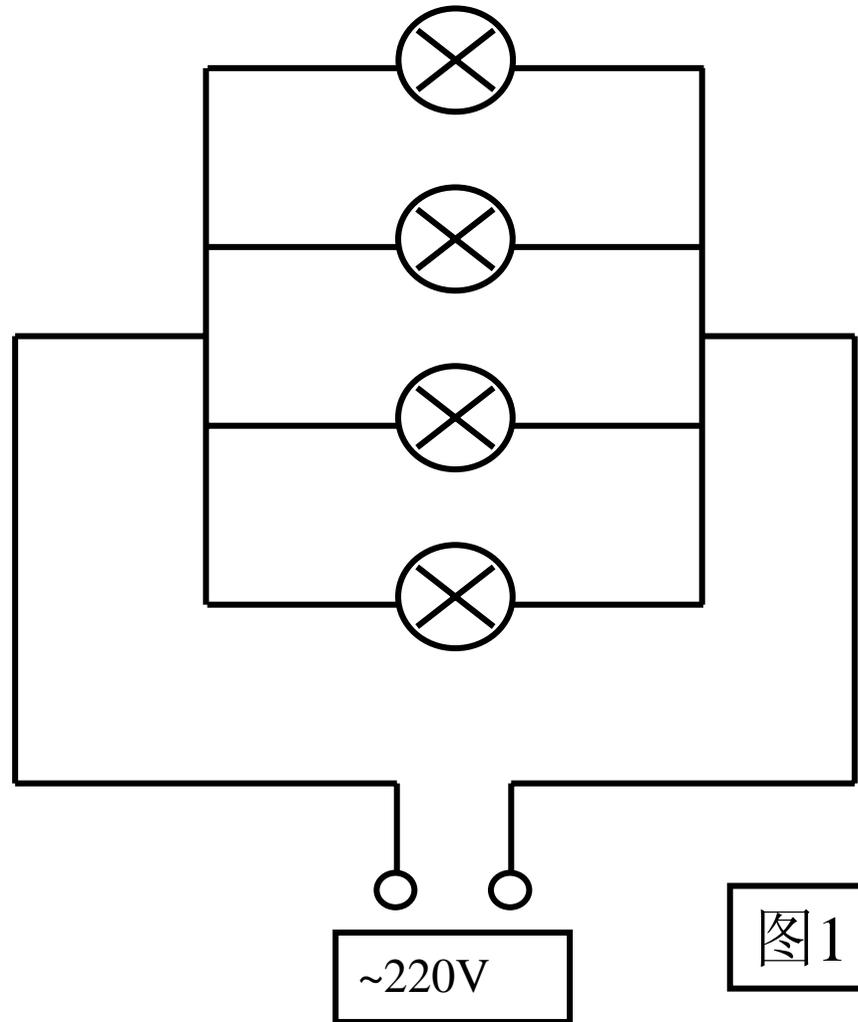


图1

由於工作需要对该线路有下列**两种要求**：

- (1) 四个灯必须**全**      (2) 四个灯**至少亮一个**。

**亮** 设四个电灯的可靠度分别为  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$

请**建立两种情况线路系统的可靠性模型**。

解：

(一) 四个灯必须**全亮**情况：

(1) **产品**：

用于工作室照亮的电工线路。灯泡为220V灯泡，电压保证百分之百正常供电，连接导线工作绝对可靠。

构成任务**失败的条件**:

1个至4个灯泡不亮(每天天黑不亮灯)。

(2) 确定产品**可靠性框图** (见图2)



图2

只要1个灯泡失效, 产品 (系统) 就失效;  
或灯泡必须全可靠产品才可靠。

(3) 确定计算产品可度度的**概率表达式**:

设产品的可靠事件为 $E$ ，电灯可靠的事件分别为1、2、3、4。

则有：

$$\begin{aligned} R &= P(E) = P(1 \cap 2 \cap 3 \cap 4) \\ &= P(1)P(2)P(3)P(4) \\ &= R_1 R_2 R_3 R_4 \end{aligned}$$

(二) 四个灯至少亮一个

(1) 产品：同前，仅失效条件为四灯全不亮。

(2) 可靠性框图（见图3）

只要一个灯泡可靠，系统就可靠。

(3) 线路可靠度的概率表达式：

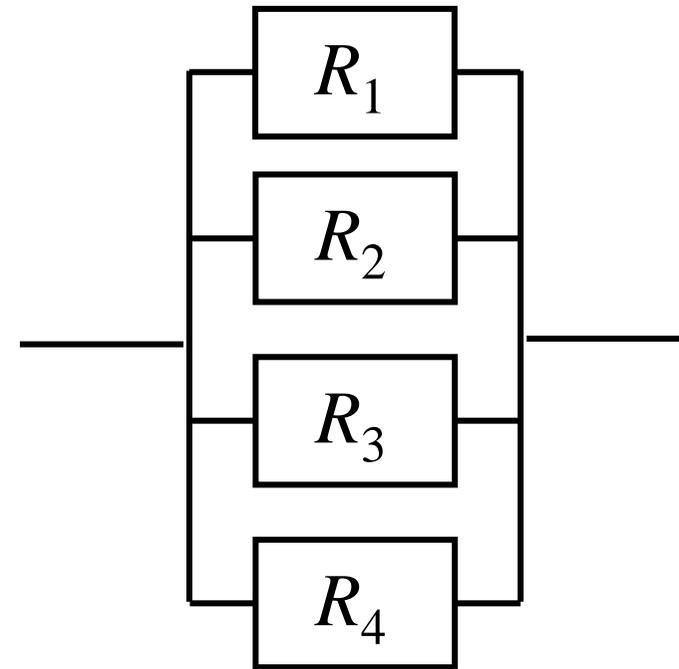


图3

$$\begin{aligned} R &= 1 - Q = 1 - q_1 q_2 q_3 q_4 \\ &= 1 - (1 - R_1) (1 - R_2) (1 - R_3) (1 - R_4) \end{aligned}$$

$Q$  为系统失效概率；灯泡的失效概率分别为： $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$ 、 $q_4$ 。

$$\begin{aligned} \text{即} \quad q_1 &= 1 - R_1 & q_2 &= 1 - R_2 \\ q_3 &= 1 - R_3 & q_4 &= 1 - R_4 \end{aligned}$$

由上例可见：**系统原理图与可靠性框图是不同的**。同一系统，要求功能不同，可靠性框图也不一样。

建立可靠性框图的**目的是建立系统的可靠性数学模型**，则需使用这方面数学。

在工程实践中，常用**功能原理图**和**可靠性框图**来描述系统及其单元之间的关系，但应注意它们之间**有联系，但也有区别**。

例如一个电容器C和一个电感线圈L组成的**振荡回路**。

LC振荡器的功能原理图（**并联**）如图2-1所示。

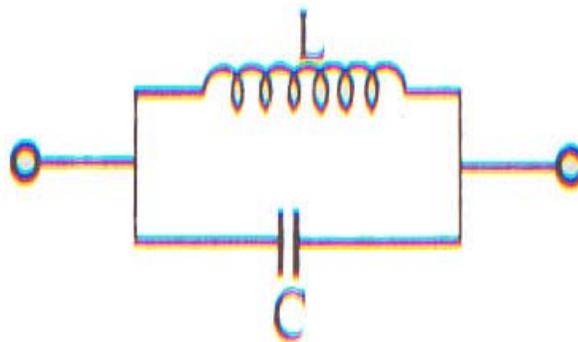


图 2—1 LC 振荡回路功能系统图

从可靠性关系来看，**L和C中有一个失效，LC振荡器就失效**。因此，可靠性框图为**串联系统**，如图2-2所示。



图 2—2 LC 振荡回路可靠性框图

又如，由一个泵1和两个抑制阀2、3**串联**组成一个流体系统。**抑制阀的作用**是：

泵不工作时且倒流压力超过顺流压力,也能**阻止水倒流**，其功能原理图（**串联**）如图2-3所示。



图 2—3 一个泵和两个阀串联的功能系统图

其流体系统的可靠性框图（混联）为图2-4所示。

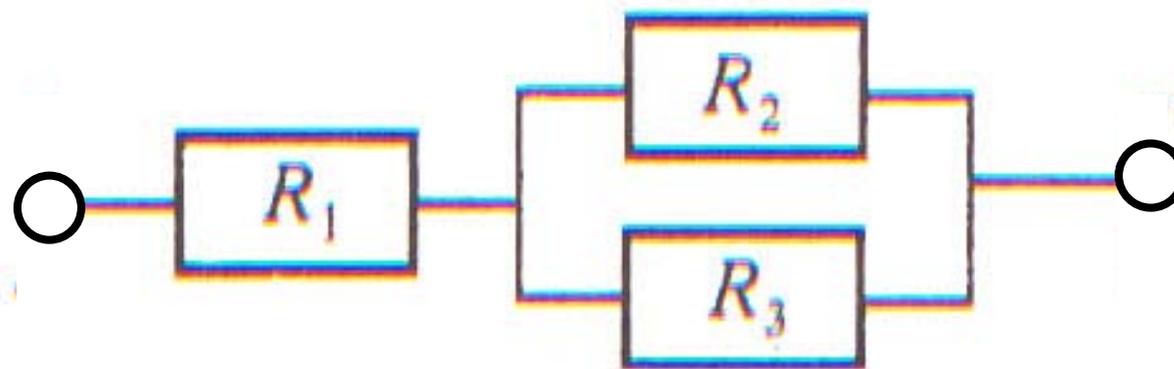


图 2—4 一个泵和两个阀串联  
的可靠性框图

再如，一个液压系统如图2-5所示。

- 1 — 电动机，
- 2 — 泵，
- 3 — 滤油器，
- 4 — 溢流阀，
- 5、6 — 单向阀，
- 7 — 蓄能器，
- 8 — 三位四通电磁换向阀，
- 9 — 工作油缸。

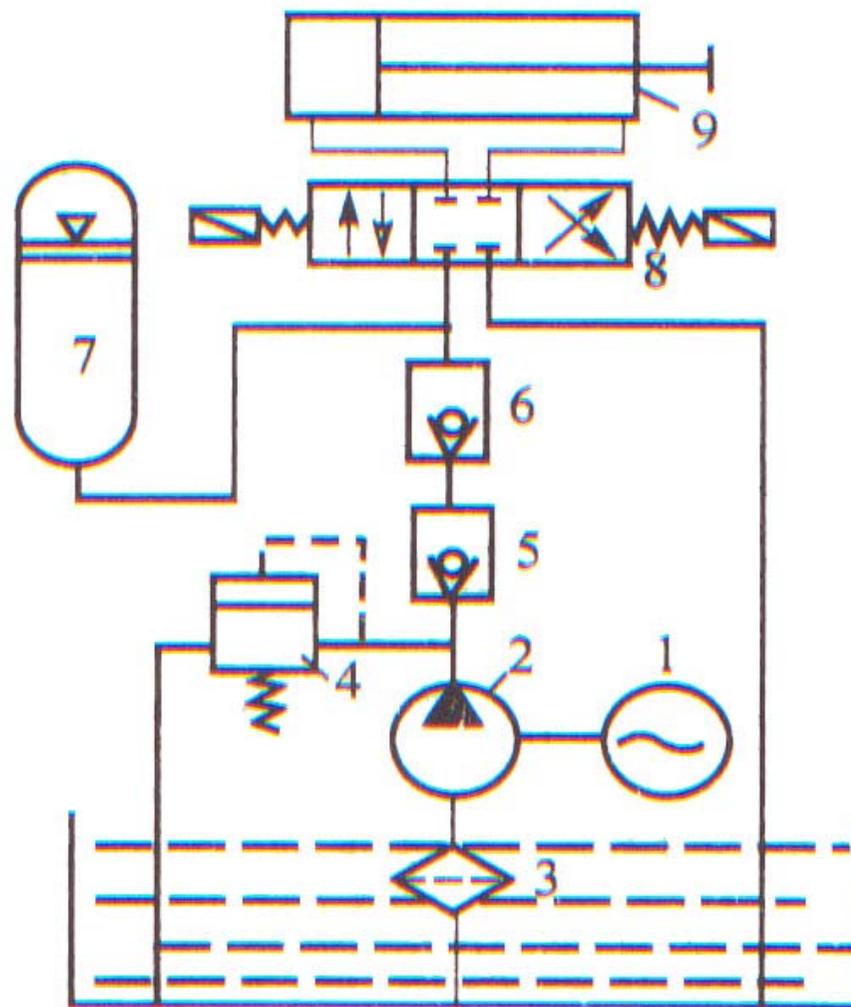


图 2—5 液压功能系统图

为保证液压系统的正常工作，其系统的可靠性框为图2-6所示。

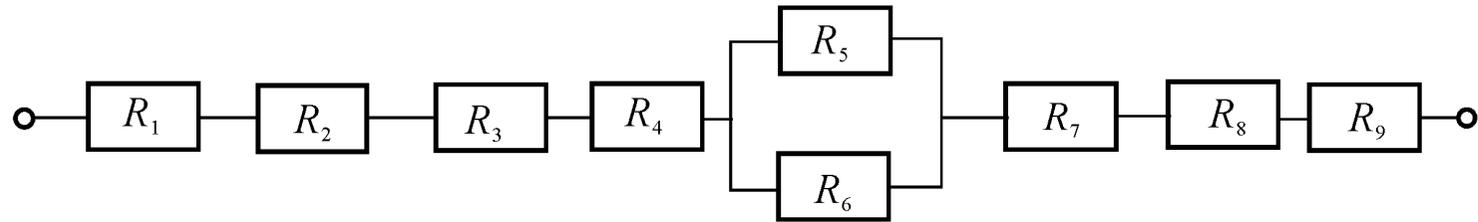


图2-6 液压系统可靠性框图



中国可靠性网

<http://www.kekaoxing.com>

感谢 [kingdoodoo](#) 分享