含了量的概念，可靠率总是个百分数。

为了进一步明确可靠率的含义，我们可以认为：一台计算机、或计算机的一个部件，在指定的时间间隔 t 内，无故障运行的概率，就是它在这段时间内的可靠率 R。这样看来，可靠率是时间 t 的函数。

$$R = f(t) \tag{1}$$

$f(t)$ 的具体形式不难推导出来：首先，时间 t 愈长，$f(t)$ 必然愈小，这是显而易见的。其次，在时间 t 极小而趋于零时，$f(t)$ 愈高而以 1，即百分之百为极限：$f(o) = 1$。第三，不论时间多么长，$f(t)$ 总没有理由成为负数。从这三点可以看出代表(1)的曲线，应经过(0,1)点，同时是单调的下降曲线，而且全部位于第一象限，如图 1。第四，让我们研究一下，时间由 t 增到 $t+\Delta t$ 时，$f(t+\Delta t)$ 与 $f(t)$ 的关系。因为 $f(t+\Delta t)$ 是在 $0<t\leqslant t+\Delta t$ 这段时间内无故障运行的概率。在这一段时间内，无故障运行，就既要在 $(0、t)$ 时间内无故障运行，又要在 $(t+\Delta t)$ 时间内无故障运行，这是概率论的要求。因此，

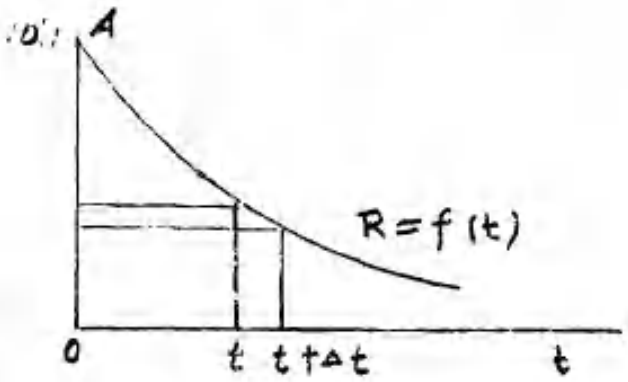

图 1 可靠率曲线的概貌

$$f(t+\Delta t) = f(t) \cdot f(\Delta t)$$

从而

$$f(t+\Delta t) - f(t) = f(t) \cdot f(\Delta t) - f(t)$$

$$f(t+\Delta t) - t(t) = f(t)[f(\Delta t) - 1]$$

$$\frac{f(t+\Delta t) - f(t)}{\Delta t} = f(t) \cdot \frac{[f(\Delta t) - 1]}{\Delta t}$$

当我们考虑愈来愈小的 Δt 时，左端的极限为 $f'(t)$，"′" 代表 $\frac{d}{dt}$，即时变率。右端的极限应为 $f(t) \cdot f'(0)$；所以

$$f'(t) = f(t) f'(0) \tag{2}$$

这里 $f'(0)$ 是个与 t 无关的数，即对 t 来说是个常数。从 (2) 得

$$\frac{f'(t)}{f(t)} = f'(0)$$

积分后 $\quad l_n f(t) = t f'(0) + C$

但我们已知 $\quad t = 0$ 时，$\quad t(t) = 1$，所以

$$C = 0$$

$$l_n f(t) = t f'(0)$$

$$f(t) = e^{t f'(0)}$$

宽裕（指令、复执、程序卷回）以及软件上的宽裕如故障诊断等。

在上节所举的例子中，应用容错技术，对短的任务时间可以提高设备的可靠率或者可靠率要求极高时，可以延长任务时间；但对平均无故障运行时间反而不利。是不是一切容错技术的应用都导致同样的结果呢，当然不是的。

采用宽裕技术，并不是多多益善，采用多少才是恰当，要看对机器性能的具体要求而定，从这个角度看，计算机系统大体上可以区别为两类：高度可靠的计算机系统与高信息通量的计算机系统即通用机类型的系统。

1）高度可靠的计算机系统，这类系统的主要性能指标就是非常长的无故障运行时间，但并不要求有多大的信息通量，即单位时间内计算能力不一定要求有多么大，这一类机器还可以分为两种：无人维修的计算机系统与有人工维修的系统。

1.1）无人维修的系统，这种计算机系统，用之于无人环境，比方说用在星际航行的宇宙飞船中，为了保证长期的，无人维修的，无故障运行，在系统中设置贮备次系统或贮备部件，而贮备又分为协同操作的贮备，休止待命的贮备与协同、待命二者混合的贮备。

1.11）协同操作贮备，前面所举的例子，三机协同操作，在文献中称为三模宽裕（*TMR*），〔1〕，这是协同操作系统的最简形式，它仅能排除每个次系统的瞬间故障而不能应付永久性故障，为了进一步提高可靠率，延长无故障运行时间，新的发展是采用更多的贮备成为 n 模宽裕其工作原理是 n 中取 $n-1$。在 n 份次系统中，如果有一份的输出与其他 $n-1$ 份的输出不一致，就将它排除，以剩下的 $n-1$ 份的输出作为系统的输出。如果不一致只是瞬间的，在被排除的次系统恢复正常后还可以让它归队。如果是永久性的不一致，就永久将它排除在系统之外。随着时间的推移，系统中次系统的份数逐渐下降：

$$n \to n-1 \to n-2 \to \cdots 3$$

最后退化为三模宽裕系统。〔2〕

1.12）待命贮备，在从事研究宽裕技术的专门家队伍中，有一部分人认为处于休止状态的部件，即接通信息线而不接通电源的部件，其寿命应较长于工作中的部件。以这种假设为依据，在系统中设置 N 份相同的次系统，仅仅让一份工作，其他份则处于待命接力的状态。这样一计算，整个系统的寿命要比 N 份协同操作的系统要长得多，〔3〕。但这里存在着一些不好解决的问题：一个次系统的无故障运行时间的离散率很大，不能采取定期切换的方式，一个次系统由休止状态突然转入工作状态叫作冷起动，一般认为冷起动的成功率是比较低的，必须给它一段操练时间，称为起动前的“教育”时间，应及时开始进行教育，才能使接力运行不致于脱节，而且是经济的，即不是过早地淘汰原来在工作中的次系统？在这方面还未看到什么经验的介绍。

1.13）混合贮备，以三模宽裕为核心，再配上 $n-3$ 份待命贮备这叫作混合贮备，在这方面文献中材料比较多，就中以 AVizennis 为主，介绍了比较繁复的数学模型，其主导思想是当作为核心的三模宽裕的三份次系统中，遇到有一份失灵时，就让待命中的 $n-3$ 份之一去接替它。当然，这里仍旧存在着一个教育新兵实现切换接替的成功率问题。

〔6〕 A damage-and fault-tolerant Jnput/output network, T—C 75, May.
〔7〕 Faut diagnosis of digital systems—H. Y. Chang, E. Mauning & G. Metze, Wiley Interscience, 1970.
〔8〕 Algonthm for detection of faults in logic circuits T—C 71. Nov.
〔9〕 Analyzing errors with the Boolear