可靠性及余度技术

姚一平 等编著
李沛琼

航空工业出版社

可靠性及余度技术

姚一平
李沛琼
等编著

航空工业出版社
1991

内 容 提 要

本书是可靠性与余度技术方面的教材及参考书。重点讨论系统可靠性设计分析、可靠性试验与评估理论和方法以及余度技术的实现和应用。

全书共十一章。主要内容有：可靠性设计概论；典型不可修系统可靠性；网络系统可靠性分析法；故障树分析法（FTA）及故障模式影响分析法（FMEA）以及故障模式影响与危害性分析法（FMECA）；马尔可夫型可修系统及状态过渡法；软件可靠性及软件的验证和确认；系统可靠性试验；现场数据处理与系统可靠性评估；余度技术、容错技术及其应用；余度管理；余度舵机。书中还介绍了有关算法、例题与实例。

本书可作为高等院校本科生及研究生教材，也可供有关专业科技及工程人员特别是从事机械电子、控制类专业人员参考。

可靠性及余度技术

姚一平　李沛琼　等编著

航空工业出版社出版发行

（北京市和平里小关东里14号）

—邮政编码：100029—

全国各地新华书店经售

航空工业出版社印刷厂印刷

1991年7月第1版　　1991年7月第1次印刷

开本：787×1092毫米　1/16　　印张：17.875

印数：1—2500　　字数：444.6千字

ISBN 7-80046-362-1/TB·011

定价：7.40元

前　言

随着航空航天技术的迅猛发展，飞机及其系统愈趋复杂，其安全可靠性亦更趋重要。目前，不论是军用飞机和民用飞机，还是航天飞机，其安全可靠性指标与性能指标都同等重要，均为评价系统设计方案优劣的标准。

可靠性与余度技术在航空航天领域显得特别重要的另一原因是：目前的飞机设计及飞行控制系统正处在大变革的时期，随着飞机高速、高空及高机动性的发展需要，静不稳定（亚音速时）随控布局飞机将逐渐取代传统的静稳定飞机。如F-16就是一架亚音速时静不稳定飞机。这样，飞机控制系统也必须有大的变革，即采用主动控制技术的飞机设计原理，在飞机设计初始阶段即考虑自动控制对总体布局的影响。而主动控制技术的实现必须采用电传飞行控制系统来取代传统的机械飞行操纵系统。由于单通道的电传飞行控制系统可靠性很低，就目前技术水平而言，故障率为$\lambda = 1 \cdot 10^{-3}$/小时，远远满足不了安全性指标$\lambda \leqslant 1 \cdot 10^{-7}$/小时的要求。因此，必须采用余度和容错技术等得力手段，来提高系统可靠性。如目前一些新飞机采用具有三或四余度的电传飞行控制系统后，故障率可降到$\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$/小时—$4 \cdot 10^{-9}$/小时，满足了指标要求。所以说，余度和容错技术是实现主动控制技术和随控布局的前提。

目前，新发展的民用飞机飞行控制系统，包括飞行管理系统，电传飞行控制系统、自动驾驶仪及发动机控制系统等，均采用了余度和容错技术。如第一架采用全电传飞行控制系统的民用旅客机A320，又如Boeing757/767飞机的三余度自动驾驶仪、飞行管理系统及发动机控制系统等，均体现了系统可靠性与余度、容错技术的重要性。

本教材正是为了适应目前军、民用飞机大变革的需要而编写的，它取材较广泛，力求先进，同时又保留了基础理论的系统性和完整性，并注重与实际应用相结合。特别是作者将近十年参加航空部“主动控制技术余度技术与可靠性应用研究”课题的部分科研成果纳入教材，如网络分析法应用到余度系统的建模与算法、状态转移链法、加速寿命试验、小子样评估方法、软件可靠性预测、余度管理、余度舵机建模及数字均衡等。

本书共分两大部分：可靠性基础理论和余度技术。前者着重介绍可靠性设计、试验和评估的数学模型及分析法，并初步介绍了软件可靠工程的基本概念和软件验证与确认过程；后者主要介绍余度技术、容错技术的基本概念、应用和实现方法。

本书所需基础知识为：高等数学、概率论与数理统计、布尔代数、计算机及自动控制原理等。

本教材共十一章，第一至六、第九和第十一章由北京航空航天大学自动控制系姚一平编写；第七、八章由北京航空航天大学自动控制系李沛琼编写；第十章由航空航天部北京航空仪表厂刘国星及航空航天部六一八所李利春合编。

感谢中科院应用数学所研究员曹晋华、系统所研究员戴树森及航空航天科学技术研究院高级工程师金淑惠等的精心审校和指正。

目　录

第一章　可靠性设计概论

本文介绍可靠性设计的基本概念及特征量、可靠性指标、常见的统计分布及可靠性分配。有关可靠性设计的重要部分——可靠性预计将在第二、三、四及五章中分述。

1.1　可靠性的基本概念及特征量

可靠性的定义为：产品在规定的使用条件下，在规定的时间内，完成规定的功能的能力。可靠性的基本特征量分述如下：

1.1.1　可靠度函数 R(t)

可靠度函数 R(t) 的定义为：产品在规定的使用条件下，在规定的时间内，完成规定的功能的概率。或定义为：产品工作到某一时刻之前不发生故障的概率，记作R(t) 。它是规定时间t 的函数，又称可靠度函数。可由下式表示

$$R(t)=\begin{cases}P\{T>t\} & (t\geqslant 0)\\ 1 & (t<0)\end{cases} \tag{1.1}$$

(1.1)式中T是产品的寿命，它是一个随机变量，指产品从开始工作直到发生故障的时间。t为规定的时间。(1.1)式的含义是在t时间的可靠度，也就是产品的寿命T比规定时间t长的概率。当随机变量T的概率分布规律已知时，按（1.1）式即可计算出预先给定的t值下的可靠度R(t)数值。

1.1.2　累积寿命分布函数 F(t)

累积寿命分布函数又称累积故障概率或不可靠度F(t)，简称“故障分布”或“寿命分布”。它与可靠度函数R(t)有如下关系：

$$F(t)=\begin{cases}1-R(t) & (t\geqslant 0)\\ 0 & (t<0)\end{cases} \tag{1.2}$$

这个函数表示产品的寿命T 比规定时间t短的概率，也就是产品在t时间以前发生故障的概率，即

$$F(t)=\begin{cases}P\{0<T\leqslant t\} & (t\geqslant 0)\\ 0 & (t<0)\end{cases} \tag{1.3}$$

可靠性的各个特征量都与寿命分布有关，且都由寿命分布导出。

如果F(t)是可微的，则

$$f(t)=\frac{dF(t)}{dt}\quad (t\geqslant 0) \tag{1.4}$$

称f(t)为“寿命分布密度函数”、“概率密度函数”或“故障密度函数”，亦有

$$F(t)=\begin{cases}\int_0^t f(t)\,dt & (t\geqslant 0)\\ 0 & (t<0)\end{cases} \tag{1.5}$$

或

$$R(t)=1-F(t)=\int_t^{\infty} f(t)dt \qquad (t\geqslant 0) \tag{1.6}$$

1.1.3 故障率函数λ(t)

这里只对连续型及离散型的随机变量定义故障率函数。当产品寿命为随机变量T，其分布函数为F(t)，密度函数为f(t)，定义

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{\bar{F}(t)}=\frac{f(t)}{R(t)} \tag{1.7}$$

为随机变量T的故障率函数，简称故障率。其中$\bar{F}(t)=1-F(t)$。

λ(t)的概率解释为：若产品工作到时刻t仍然正常，则它在（t，t+Δt）中故障的概率为

$$P\{T\leqslant t+\Delta t/T>t\}=\frac{F(t+\Delta t)-F(t)}{1-F(t)}$$

即

$$\frac{f(t)\Delta t}{\bar{F}(t)}=\lambda(t)\Delta t \tag{1.8}$$

因此，当Δt很小时，λ(t)Δt表示该产品在t以前正常工作的条件下，在（t，t+Δt）中故障的概率。

在工程应用中，将故障率定义为：产品工作到某一时刻，单位时间内发生故障的比例。公式（1.7）和（1.8）的表示，有利于对故障率的理解。

λ(t)的另一个概率解释：让N个同批同型产品同时独立地工作，记n(t)为产品在（0，t）时间内的故障个数，显然它是一个非负整数随机变量。先令N→∞，再令Δt→0，则有

$$\frac{n(t+\Delta t)-n(t)}{N-n(t)}\cdot\frac{1}{\Delta t}\to\lambda(t) \tag{1.9}$$

由于当N→∞时，

$$\frac{n(t)}{N}\to F(t)$$

因此，当N→∞时，

$$\frac{n(t+\Delta t)-n(t)}{N-n(t)}\cdot\frac{1}{\Delta t}=\frac{\dfrac{n(t+\Delta t)}{N}-\dfrac{n(t)}{N}}{1-\dfrac{n(t)}{N}}\cdot\frac{1}{\Delta t}$$

$$\to\frac{F(t+\Delta t)-F(t)}{1-F(t)}\cdot\frac{1}{\Delta t}$$

当$\Delta t\to 0$，上式右端的极限即为故障率函数

$$\lambda(t)=\lim_{\Delta t\to 0}\left\{\frac{F(t+\Delta t)-F(t)}{1-F(t)}\cdot\frac{1}{\Delta t}\right\}$$

$$=\frac{1}{R(t)}\cdot\frac{dF(t)}{dt}=\frac{1}{R(t)}\cdot\left\{\frac{-dR(t)}{dt}\right\}$$

$$=\frac{-R'(t)}{R(t)} \tag{1.10}$$

下面推导一下可靠度函数与故障率函数的关系，由（1.10）式可得

$$\lambda(t)=-\frac{1}{R(t)}\left\{\frac{dR(t)}{dt}\right\}$$

$$\frac{dR(t)}{R(t)}=-\lambda(t)dt \tag{1.11}$$

对（1.11）式两侧积分

$$\int_0^t\frac{dR(t)}{R(t)}=-\int_0^t\lambda(t)dt$$

$$\ln R(t)-\ln R(0)=-\int_0^t\lambda(t)dt$$

但 $R(0)=1$，$\ln R(0)=0$

故

$$R(t)=\exp\left\{-\int_0^t\lambda(t)dt\right\} \tag{1.12}$$

（1.12）式是可靠度函数一般表达式。如果$\lambda(t)=\lambda$（常值故障率），则（1.12）式为

$$R(t)=e^{-\lambda t} \tag{1.13}$$

在可靠性分析中，尤其是电子设备，经常使用公式（1.13）。即可靠度函数为指数分布。

典型故障率函数曲线，就是著名的“浴盆曲线”。这曲线表现了故障率的三种型式（降低的、恒定的及升高的故障率曲线），如图1.1所示。

Ⅰ区是早期故障（下降的故障率）期，产品在使用初期具有较高的故障率，这是由于设计、工艺不良或元器件不合格等原因造成的，可经过“老炼”筛选再投入使用。对大多数设备，用48小时“老炼”一般就足以“剔除”大部分早期故障的产品。

Ⅱ区是使用寿命期间，故障率基本上是恒定的。在此期间发生的故障一般都是偶然故障，这种故障纯粹是随机或偶然原因造成的。一般Ⅱ区比Ⅰ区、Ⅲ区时间长得多，在使用寿命

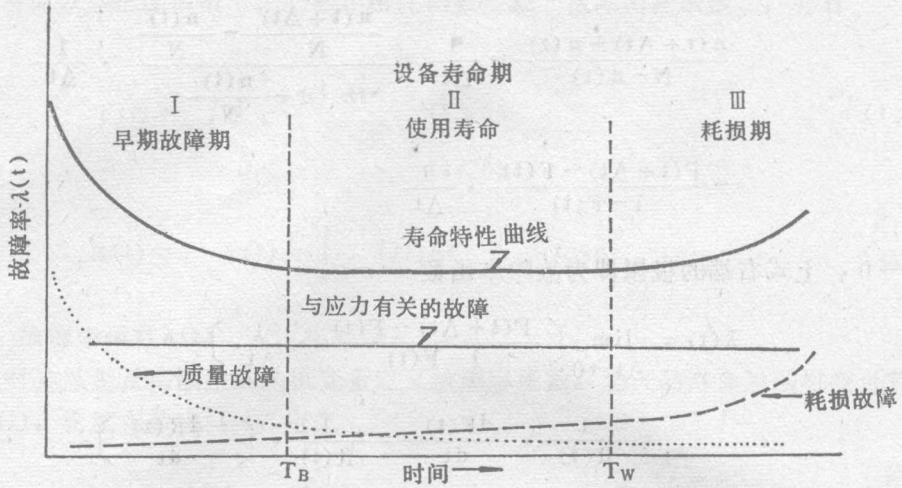

图 1.1 故障率函数曲线

期某一给定期间发生故障的可能性或概率可以通过对设备设计进行分析加以确定。如偶然故障概率太高，就必须修改设计或降低设备工作的环境应力。

由于Ⅱ区故障率是恒定的，所以故障前工作的时间为指数分布的型式是适用的，可作为大多数可靠性工程设计方法运用的依据。

Ⅲ区是耗损期，它的特征是故障率升高，这是由于老化或使用而造成的设备耗损的结果。通过精心设计及良好的维修工作可使设备的耗损故障推迟和使用寿命延长。防止出现耗损故障的唯一办法是在其发生故障之前更换或维修劣化的零部件。

从图1.1可看出，每一个区可以用不同的统计分布来表示。例如，早期故障可以用伽马或威布尔分布来表示，使用寿命期用指数分布来表示，而耗损期可以用伽马或正态分布来表示。

故障率的单位：由定义可知，故障率是一种衡量产品在单位时间内故障次数的数量指标。时间单位可采用1小时，1000小时或10^6小时，故障率的单位表示为1/小时，%/10^3小时或“非特”（即“FIT”——Failure Unit的缩写），即为

$$1\text{非特} = 10^{-9}/\text{小时}$$

如

$$10^{-5}/\text{小时} = 1\%/10^3\text{小时} = 10^4\text{非特}$$

1.1.4 平均寿命θ

平均寿命θ的定义为：产品寿命的算术平均值，由下式给出

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n} \tag{1.14}$$

式中 t_i = 母体中每个产品发生故障前的工作时间

n = 母体中总产品数

或定义为：如果随机变量寿命T遵从寿命分布F(t)及其分布密度函数f(t)，$(-\infty < t < \infty)$，那么，T的期望值E(T)，称为平均寿命，记作θ。

对不可修复产品来说，记作“MTTF”（Mean Time To Failure）。MTTF只是故障前

工作时间的期望值，称为“平均无故障时间”或“平均寿命”由下式表示：

$$MTTF = \int_0^\infty t\,f(t)\,dt = \int_0^\infty t\left(-\frac{dR(t)}{dt}\right)dt \qquad (1.15)$$

对上式进行分部积分，可得

$$MTTF = \int_0^\infty R(t)\,dt \qquad (1.16)$$

如已知可靠度函数R（t），(或能根据系统功能原理及数据建立模型)，MTTF可通过对R(t)的直接积分获得（如数学上是可处理的），可使MTTF的计算得到简化，或通过图估法获得。对于可修复的设备，MTTFF定义为首次故障前的平均工作时间。

对可修复的产品而言，记作“MTBF”（Mean Time Between Failures），称为“平均无故障间隔时间”。假设故障率为恒定值，并满足故障后可修理或可更换，则可靠度函数是

$$R(t) = e^{-\lambda t} = e^{-t/\theta} = e^{-t/MTBF} \qquad (1.17)$$

并且在这种情况下

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \qquad (1.18)$$

表1.1为以上基本概念的总结。

由表1.1可见，如已知故障前工作时间的密度函数f(t)，即可知R(t)，从而可求得任何时刻t的故障率函数λ(t)及平均寿命MTTF；反过来，如已知λ(t)，亦可求得R（t）及MTBF。

表1.1 可靠性基本概念

故障密度函数 （故障前工作时间）	$f(t)$
可靠度函数	$R(t)=\int_t^\infty f(u)\,du = e^{-\int_0^t \lambda(u)\,du}$
故障率函数	$\lambda(t)=f(t)/R(t)=\frac{-R'(t)}{R(t)}$
平均寿命 （不可修理）	$MTTF=\int_0^\infty R(t)\,dt$
平均无故障间隔时间 （恒定故障率λ，可修理）	$MTBF=\frac{1}{\lambda}$

1.2 系统可靠性指标

系统可靠性指标为对系统可靠性要求的定量规定。只有当产品有了可靠性指标，方能对它进行可靠性分配、预计和验证。

1.2.1 可靠性要求的规定方法

为了使可靠性要求有意义，必须对其进行定量规定。图1.2描述了可以用来规定可靠性要求的四种基本方法：

一、平均寿命或平均无故障间隔时间（MTTF或MTBF）（见图1.2①）

可靠性用平均寿命来表示，较适用于长寿命系统。在这种系统中，可靠性的分布形式不

太严格或计划的任务时间比规定的平均寿命短。虽然这种表示适用于规定寿命，但在早期寿命期中，它不能保证规定的可靠性水平。如指数分布的系统，平均寿命θ对应的可靠度R(θ)只有0.37；正态分布的平均寿命θ对应的可靠度R（θ）为0.5。

MTBF可用来表示“基本可靠性”。基本可靠性反映产品对维修人力的要求。确定基本可靠性的特征量时，应统计产品的所有寿命单位和所有故障，而不局限于发生在任务期间的故障，也不局限于只危及任务成功的故障。

二、任务可靠度 $R(t_m)$ （见图1.2②）

可靠性可用在规定任务时间(t)内的正常工作概率来表示。当要求设备和系统在任务期间具有高可靠性时，用本定义是有效的。任务可靠度（Mission Reliability）反映了产品在规定的任务剖面时间内完成要求功能的能力。任务剖面指产品在完成规定任务这段时间内所经历的事件和环境的时序描述，其中包括任务成功或致命故障的判断准则。

三、成功概率P(S)（见图1.2③）。

可靠性用“系统成功的概率（与时间无关）”来表示，则适用于规定一次使用装置的可靠性。如：导弹的飞行可靠性、弹头的爆炸可靠性等。这种定义也适用于规定周期性使用的可靠性，如：发射可靠性。对飞机来说，一次执行任务的时间是确定的，如战斗机平均约1.6小时，运输机平均约6.7小时，往往亦可用成功概率作为可靠性指标要求。如 R = 0.9999，表示飞行一万次只允许有一次失败。

四、故障率λ（t）（见图1.2④）

可靠性用“规定的时间内的故障率λ（t）”表示，则适用于长寿命的元器件及装置的可靠性。因当产品的平均寿命太长，用它规定可靠性已没有任何意义；另外，也适用于故障率λ很小的产品，即在所考虑的时间间隔内，它们的可靠度接近于1。如飞机在执行任务期间的损失率。

1.2.2 飞机及其系统的可靠性指标

一、可靠性指标

可靠性指标即可靠性定量要求的设计目标值。对于飞机及其系统可靠性指标，目前常用的有以下三种可靠性指标：

- 完成任务的可靠性指标
- 飞机安全性指标
- 基本可靠性指标

根据美军标 MIL-F-9490D “有人驾驶飞机飞行控制系统设计安装和试验的通用规范”规定：

· 完成任务的可靠性

由于飞行控制系统有关材料故障造成的每次飞行的任务故障概率，应不超过下面规定的适用极限。

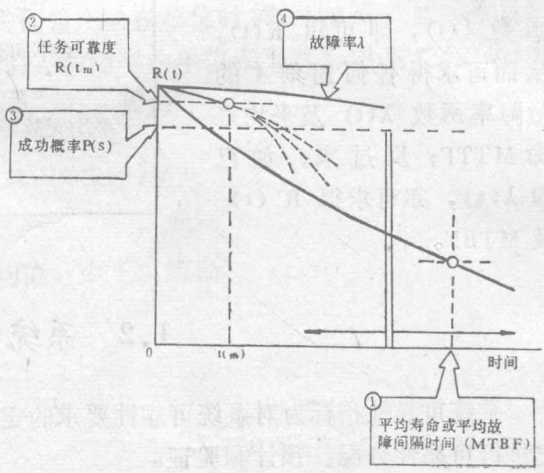

图 1.2 规定可靠性要求的基本方法

a. 如飞机总的完成任务可靠度R_M是由订购方规定的，则

$$Q_{M(fcs)} \leqslant (1 - R_M) A_{M(fcs)}$$

b. 如飞机总的完成任务可靠度没有规定，则

$$Q_{M(fcs)} \leqslant 1 \times 10^{-3}$$

式中 $Q_{M(fcs)}$ = 由于飞机控制系统有关材料故障引起的最大可接受的任务不可靠度

R_M = 所规定的飞机总的完成任务可靠度

$A_{M(fcs)}$ = 给飞行控制系统的完成任务分配因子（由承包商选定）

· 飞行安全性

飞行控制系统中规定“极罕见”（指事件出现的概率在理论上是可能的，但在飞机寿命期内实际上是不可能的）的并由于有关材料故障引起的每次飞行的飞机损失概率不应超过：

$$Q_{s(fcs)} \leqslant (1 - R_s) A_{s(fcs)}$$

式中 $Q_{s(fcs)}$ = 由于飞行控制系统有关材料故障引起的最大可接受的飞机损失概率

R_s = 订购方规定的飞机总的飞行安全性要求

$A_{s(fcs)}$ = 给飞行控制系统的飞行安全性分配因子（由承包商选定）

在适当的地方，应考虑到不另外造成飞机失事的那些能源或其它分系统的故障。

如订购方对飞机总的飞行安全性R_s没作规定，则可应用表1.2所规定的数据要求。

· 基本可靠性（MTBF）

70年代初期，国外新机设计中，将 MTBF（平均无故障间隔时间）作为飞机及其系统的可靠性指标之一。根据美军标 MIL-STD-785B201.2.3 规定：“除非另有规定，应该采用简单的串联模型计算基本可靠性。”

表 1.2 飞行控制系统飞行安全性量值要求

		由于飞行控制系统故障引起的飞机最大损失概率
订购方对飞机总的飞行安全性要求没作规定	MIL-F-8785 Ⅲ类飞机	$Q_{s(fcs)} \leqslant 5 \times 10^{-7}$
	所有旋翼机	$Q_{s(fcs)} \leqslant 25 \times 10^{-7}$
	MIL-F-8785 Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类飞机	$Q_{s(fcs)} \leqslant 100 \times 10^{-7}$

对于余度系统，基本可靠性的计算公式为

$$MTBF = 1 \Big/ \sum_{i=1}^{m} n_i \lambda_i \qquad (1.19)$$

式中 m ——组成系统的单元种数；

n_i ——第 i 种单元的余度数；

λ_i ——第 i 种单元的故障率。

由公式（1.19）可见，余度数n愈多，MTBF 基本可靠性愈低。因为基本可靠性反映了产品对维修的人力要求，且不局限于任务期间的故障。余度数增多，只能提高任务可靠度，即在任务执行期间保证有足够高的可靠度，达到任务可靠性指标要求。但余度数增多，部件增多，出故障的可能性增多，地面维修任务相应增加。因此平均无故障间隔时间减少，使基本可靠性降低。故设计时，应对任务可靠度与基本可靠性权衡考虑。

平均无故障间隔时间MTBF是按飞机或系统总工作时间计算的，即

飞机或系统总工作时间 = 飞行时间 + 地面发动或通电、检修时间等

平均无故障飞行时间MFHBF（Mean Flight Hours Between Failures）是按飞行时间来计算的，不包括地面发动、通电与检修等时间。

MFHBF包括在MTBF之内，一般飞机及其系统 MTBF/MFHBF = 1.03～1.5。电子设备的比值高一些，火控系统的较低。

F-16飞机　　MFHBF = 2.9小时

F-18飞机　　MFHBF = 3.7小时

二、可靠性指标制定的方法

系统可靠性指标的制定，一般有以下两种方法：

1. 按总的系统可靠性指标来确定分系统可靠性指标。

例如，飞机总的安全可靠性要求 $R_s = 0.9999$，即规定一万次飞行有9999次成功。根据总安全可靠性要求再对某分系统可靠性指标进行分配。

如采用典型的飞机控制系统安全因子 $A_{s(fcs)} = 0.10$，则由于飞行控制系统故障引起的飞机损失概率为

$$Q_{s(fcs)} = (1 - R_s)A_{s(fcs)} = (1 - 0.9999) \times 0.10$$
$$= 0.00001$$

即表示在十万次飞行中，由于飞行控制系统的故障造成的飞行失事次数不得超过一次。

由总的允许损失概率估计各系统允许的损失概率时，必须认识到各系统之间的相互依赖关系。如助力飞行控制系统就不能与液压源系统和电源系统分开。在使用专用动力系统的地方必须确定可靠性的交界面，而且这类故障应包含在飞行控制系统飞行安全性的计算中。

图1.3示出了飞机总的允许故障率λ_s的典型分配或预算图。

$$\lambda_s = \lambda_s[A_{s(as)} + A_{s(bs)} + A_{s(e)} + A_{s(lg)} + A_{s(fs)} + A_{s(ps)} + A_{s(fcs)} + A_{s(hs)} + \cdots] \qquad (1.20)$$

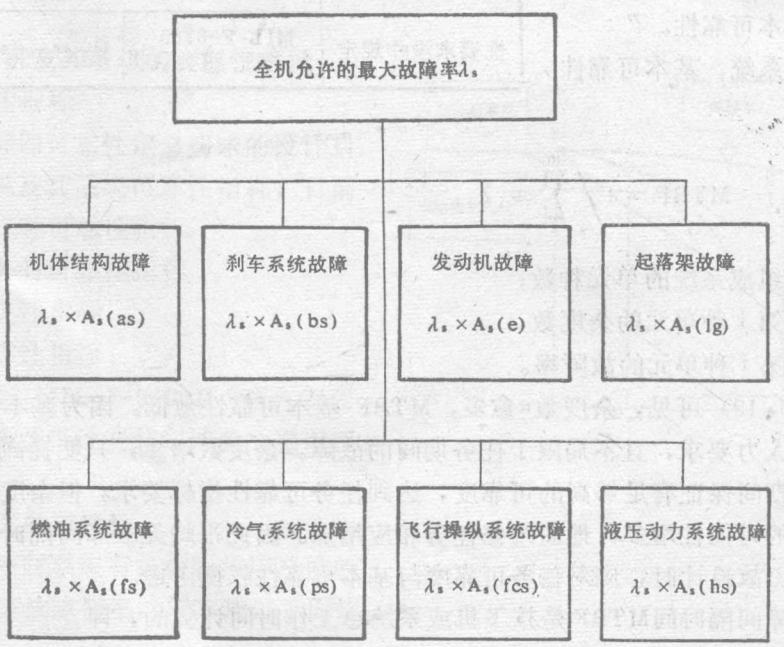

图 1.3　全机允许故障率典型分配图

式中A_s由承制方给定。

2 根据外场调查的数据来确定可靠性指标。

美国空军为了制定Ⅳ类及Ⅲ类飞机的飞行安全可靠性指标，调查了F-4、B-52、C-135和C-141飞机在1962～1973年10年期间所发生的事故和失事的数据。这些数据表明：

F-4飞机的损失率，由于

飞行控制系统故障引起的为　　0.546/100000次

液压系统故障引起的为　　0.351/100000次

两者合计为　　0.897/100000次

约为1.0/100000次，由此可见，美军标MIL-F-9490D把Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ类飞机由于飞行控制系统（包括液压系统）故障引起的飞机最大损失概率定为100×10^{-7}是与实际情况相符合的。

军用飞机电传飞行控制系统飞行安全可靠性指标为

英国　　1×10^{-7}/飞行小时

美国　Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ类飞机为　　62.5×10^{-7}/飞行小时

Ⅲ类飞机为　　0.745×10^{-7}/飞行小时

按MIL-F-8785定义，飞机分类规定为

Ⅰ类——小型、轻型飞机

Ⅱ类——中等重量、低或中等机动性飞机

Ⅲ类——大型、重型、低或中等机动性飞机

Ⅳ类——高机动性飞机

美国Ⅲ类飞机每次飞行平均约6.7小时，Ⅳ类飞机每次飞行平均约1.6小时，由此换算Ⅳ类飞机飞行控制系统飞行安全可靠性指标为100×10^{-7}/飞行次数是合适的。

1.2.3 军用装备系统可靠性与维修性参数体系

系统可靠性与维修性参数是指可靠性与维修性的一种度量。度量单位直接与战备完好性、任务成功性、维修人力费用或后勤保障费用有关。以上四个方面是可靠性与维修性活动的主要目标。表1.3示出这些参数的例子，

表 1.3 系统可靠性和维修性参数

目　标	参　数
作战效能	
·战备完好性或可用性	
——与战备完好性有关的可靠性参数	平均停机事件间隔时间（MTBDE）
——与战备完好性有关的维修性参数	平均系统恢复时间（MTTRS）
·任务成功性或可靠性	
——任务可靠性参数	致命故障间任务时间（MTBCF）
——任务维修性参数	恢复功能的任务时间（MTTRF）
减少用户费用	
·维修人员费用	
——与维修有关的可靠性参数	平均维修活动间隔时间（MTBMA）
——与维修有关的维修性参数	每次维修活动的直接工时（DMH/MA）
·后勤保障费用	
——与后勤有关的可靠性参数	平均拆卸时间（MTBR）
——与后勤有关的维修性参数	在维修各级，每次拆卸的全部零件费用