火龙果•整理
uml.org.cn

# 软件可靠性度量

# 目的

1. 了解软件可靠性度量的基本概念
2. 了解软件可靠性模型的组成、分类和作用
3. 了解软件可靠性模型的研究方法
4. 了解软件可靠性模型的局限性
5. 熟悉几种常用的软件可靠性模型

# 目的

6. 掌握对模型的可靠性参数的推导方法
7. 了解软件可靠性预计存在的主要问题
8. 了解如何评价软件可靠性模型
9. 了解如何分析软件可靠性模型的预计质量
10. 了解如何改进预计质量

# 教材

- 推荐参考书：
  - 《软件可靠性、安全性与质量保证》，黄锡滋，电子工业出版社，2002年
  - 《软件可靠性模型及应用》，徐仁佐等，清华大学出版社，1994年
  - 《软件可靠性——度量、预计和应用》，J.D.穆莎等，机械工业出版社，1992年
  - 《软件可靠性工程基础》，蔡开元，清华大学出版社，1995年

火龙果•整理
uml.org.cn

# 提纲

一　软件可靠性度量概述

二　软件可靠性模型的概念

三　软件可靠性预计模型

四　软件可靠性度量方法的改进

五　软件可靠性度量的应用

火龙果•整理
uml.org.cn

# 一.软件可靠性度量概述

1. 什么是软件可靠性度量
2. 软件可靠性度量的研究状况
3. 软件可靠性度量的作用
4. 软件可靠性度量的分类
5. 软件可靠性度量的选取准则
6. 技术度量
7. 管理度量

# 1.什么是软件可靠性度量

- 软件是否可靠？
- 在多大程度上可靠？
- 是否已达到所需的可靠程度？
- 能否达到所需的可靠程度？

- 对上述所有问题的回答均需用软件可靠性度量来表示。
- 一个产品如果无法度量，便无法控制。

# 1.什么是软件可靠性度量

- 度量(metric)

  已定义的测量方法和测量标尺。

- 测量

  测量(measurement)：使用某种度量对一个实体的某属性赋予某种标尺中的一个值(该值可以是数值，也可以是等级)。

  测量(measure)：

  （动词）：进行测量(measurement)。

  （名词）：通过进行测量赋予实体的某个属性的数值或等级。

- 软件可靠性度量（software reliability metric）

  用于测量软件可靠性的度量。

火龙果•整理
uml.org.cn

# 2.软件可靠性度量的研究状况

国外篇

- 1982年，IEEE组织专家召开若干次研讨会，致力于软件可靠性度量工作。
- 1990年，Everett专文讨论软件可靠性度量问题。Software Reliability Measurement，IEEE J. Selected Areas in Communication，Vol.8，No.2，1990，pp247－252。

可惜他讨论的是软件可靠性度量在软件生存期各个阶段可能的作用及应用可靠性度量所应作的一些工作，并不讨论应当采用哪些软件可靠性度量。

火龙果•整理
uml.org.cn

# 2.软件可靠性度量的研究状况

国外篇

- 总之，近30 年来国外关于软件可靠性度量的研究取得的重大成果集中表现在ISO/IEC 9126、IEEE Std 982.1-1988 和ANSI/AIAA R-013-1992 等3 个标准的制定及其发展上。
- 1985年国际标准化组织启动了ISO/IEC 9126的开发，1991年发布了该标准，现正在修订中，修订的标准将原ISO/IEC 9126改为两个系列标准，其中一个系列专门阐述模型，分为4个部分，仍以ISO/IEC 9126为其标准号，另一个系列专门阐述模型的应用与软件质量评价过程。
- IEEE Std 982.1-1988"IEEE [illegible]标准测量 [illegible]

但还有许多问题尚待进一步研究

[illegible]重要的工

火龙果•整理
uml.org.cn

# 2.软件可靠性度量的研究状况

国内篇

- 国内，蔡开元曾初步探讨了软件可靠性度量体系，并提出了一系列适用于软件生存期各阶段的可靠性度量。蔡开元，关于软件可靠性度量体系，1991年。
- “九五”期间北京航空航天大学可靠性工程研究所承担了一项国防科技预研工作，研究了软件可靠性参数及其选取方法，软件可靠性参数包括一般的软件可靠性参数和结合武器装备特点的软件可靠性参数。专门针对软件可靠性度量提出了值得参考的意见。

火龙果•整理
uml.org.cn

# 2.软件可靠性度量的研究状况

国内篇

- 国家和一些部门先后制定了一些软件质量评价和度量标准，其中均直接涉及软件可靠性度量，如：
- 1993 年制定并发布了航天工业软件质量测量标准QJ2544《航天用计算机软件质量度量准则》
- 1995 年发布军用软件测试与评估通用要求GJB 2434《军用软件测试与评估通用要求》
- 1996 年发布软件产品质量特性及其使用指南GB/T 16260-1996 idt ISO/IEC 9126《信息技术软件产品评价质量特性及其使用指南》，目前，国家正在组织按照国际最新发展修订GB

总的看来，我国关于软件可靠性的评价和度量的研究尚未产生新的突破性成果。

# 3.软件可靠性度量的作用

- 需要软件可靠性度量的根本原因在于需要保证和提高软件可靠性。其作用体现在如下方面：

1. 在开发费用、开发进度、可靠性及其它系统参数之间作权衡；
2. 进行可靠性管理；
3. 监督测试过程并预测测试完成期限；
4. 进行可靠性验证；
5. 从可靠性角度评估各种软件工程技术；
6. 比较不同软件的可靠性水平；
7. 理解软件可靠性行为（借助于软件可靠性模型）。

火龙果•整理
uml.org.cn

# 4.软件可靠性度量分类

- 将软件可靠性度量分为两类：技术度量和管理度量。
- 技术度量：是指那些可以从技术角度给出软件可靠性定量指标的度量，如可靠度、失效强度、平均失效时间等。
- 管理度量：最大特点是只有两个取值：是或否。用于说明在软件开发各阶段是否进行某种可靠性活动，如是否进行可靠性分配、是否明确定义时间基准，是否进行软件FMEA等。主要面向管理人员，以便管理人员能有效管理软件开发过程中的各种可靠性活动，是管理人员关心的主要软件可靠性度量。

# 4.软件可靠性度量分类

- 技术度量进一步区分为：
- 控制度量：是指那些在当前开发阶段既可以给出目标值，又可以给出实际值、估计值或预测值的技术度量，可以用于有效控制、修改或调整当前开发阶段的各种实践活动。
- 准控制度量：是指那些在当前开发阶段只能给出目标值，而不能获得其实际值、估计值或预测值的技术度量，这些度量的实际值、估计值或预测值只能在后续开发阶段中获得。
- 辅助度量：是指那些不给定目标值的技术度量，这些度量旨在收集软件开发过程中有关信息，供其它软件计划参考，而不直接为现软件计划服务。

# 思考

为什么除了技术度量外，还需要管理度量？

火龙果•整理
uml.org.cn

# 回答

- 因为我们对许多软件可靠性活动只有定性的认识，缺乏定量的概念。
- 譬如我们承认开发过程中进行SFMEA和SFTA等有助于保证软件可靠性，但这些分析多大程度上影响软件可靠性行为？该进行到哪个模块层次？无法以技术度量来回答这些问题。
- 因此一种恰当的度量是是否进行SFMEA，是否进行SFTA。这便是管理度量。

# 5.软件可靠性度量的选取准则

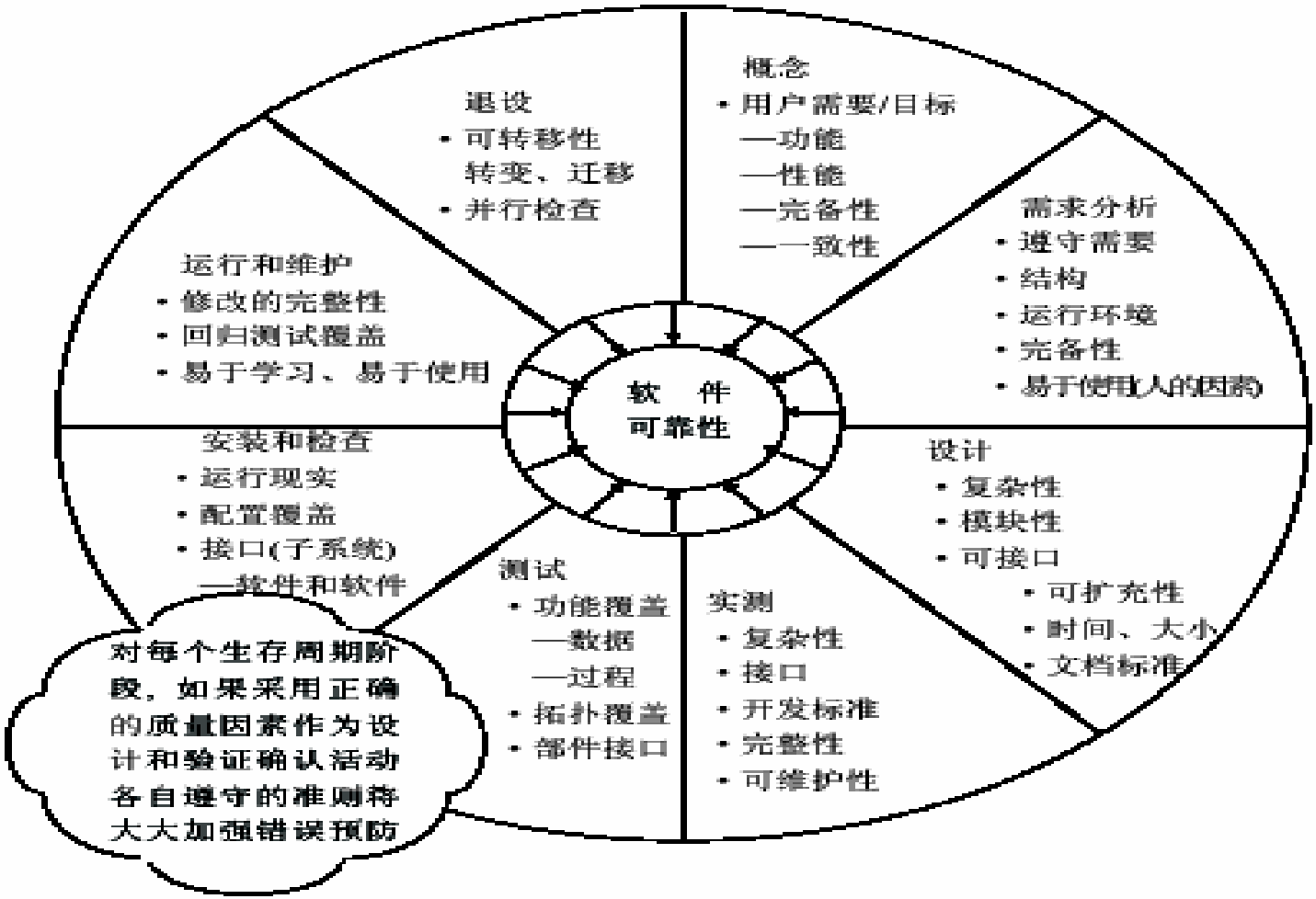



图 2-8 影响软件可靠性的质量因素

火龙果•整理
uml.org.cn

# 5.软件可靠性度量的选取准则

- 简单实用
- 以可靠性为中心
- 阶段性
- 完整性
- 反映软件可靠性研究水平

火龙果•整理
uml.org.cn

# 5.软件可靠性度量的选取准则

- 简单实用
  - 应选取那些在工程实践中简单实用的软件可靠性度量。可以从以下三个方面理解：
  - 度量便于理解，即便于用户、管理人员和开发人员理解；
  - 所需数据的收集方法现实可行；
  - 度量便于估计和确认。

# 5.软件可靠性度量的选取准则

- 以可靠性为中心
  - 在软件生存期内有许多因素可以影响软件可靠性行为，譬如设计方法、开发人员素质、管理水平、开发环境、测试策略、维护活动等。
  - 软件可靠性还与投入的开发费用、规定交付使用的期限有关。
  - 但工程选用的软件可靠性度量只应反映对软件可靠性行为有密切关系和重大影响的一些因素。

火龙果•整理
uml.org.cn

# 5.软件可靠性度量的选取准则

- 阶段性
  - 由于软件可靠性水平主要由软件开发过程决定，因此为了保证和提高软件可靠性，关键是在软件开发各阶段下功夫。
  - 据此，在软件可靠性工程实践中应选用面向软件开发各阶段的可靠性度量。

# 5.软件可靠性度量的选取准则

- 完整性
  - 即选取的软件可靠性度量应尽可能全面完整地反映软件开发全过程的可靠性活动和水平。
  - 因此度量应贯穿整个开发过程，且包括技术度量和管理度量。

# 5.软件可靠性度量的选取准则

- 反映软件可靠性研究水平
  - 譬如软件可靠性已经达到定量化阶段，模糊方法也可在软件可靠性度量中发挥作用，不应视而不见。
  - 也不应好高骛远，譬如软件容错是当前的一个研究热点，但远非达到实用阶段，更不用说定量化了。
  - 在现有条件下也不可能建立一个与硬件可靠性度量体系内容同样丰富、成熟的软件可靠性度量体系，因为二者在理论研究和工程实践方面存在巨大差距。

# 6.技术度量

- 软件开发阶段可分为需求分析阶段、概要设计阶段、详细设计阶段、实现阶段、测试阶段、安装与验收阶段。

# 6.技术度量

- 需求分析阶段
  - 该阶段的可靠性任务是确定可靠性目标，以用户和开发人员共同熟悉的软件可靠性度量加以反映。显然，这些度量主要面向用户。
- 控制度量：
  - 需求分析文档残留缺陷数：指需求分析文档中包含的缺陷数，这些缺陷数不包含需求分析本身的缺陷。目标值为0，实际值可通过本阶段的可靠性评审确认。
  - 需求分析残留缺陷数：指给定的软件需求未能正确满足用户要求的数目。目标值为0，实际值可通过本阶段的可靠性评审确认。

# 6.技术度量

- 需求分析阶段(续)
- 准控制度量：
  - 失效强度
  - 可靠度
  - MTTF
  - MTBF
  - 可用度
  - 残留非文档缺陷数
  - 残留文档缺陷数：我国航空工业部颁发的“软件开发规范”规定，在所有交付的文档中，缺陷总数不超过25K机器指令字＋1

# 6.技术度量

- 需求分析阶段(续)
- 辅助度量：
  - 需求缺陷指标：软件开发阶段可分为需求分析阶段、概要设计阶段、详细设计阶段、实现阶段、测试阶段、安装与验收阶段，分别编号为第1、2、3、4、5、6阶段。设：
  - $D_i$：第i阶段内所发现的缺陷总数；
  - $S_i$： $D_i$个缺陷中严重缺陷的总数；
  - $M_i$：$D_i$个缺陷中中等缺陷的总数；
  - $T_i$： $D_i$个缺陷中轻微缺陷的总数；
  - $W_1$：严重缺陷的加权因子（缺省值为10）

# 6.技术度量

- 辅助度量：(续)
  - W2：中等缺陷的加权因子（缺省值为3）
  - W3：轻微缺陷的加权因子（缺省值为1）
  - PSi：软件在第i阶段结束时的体积

则阶段指标PIi为：

$$PI_i = W_1 \frac{S_i}{D_i} + W_2 \frac{M_i}{D_i} + W_3 \frac{T_i}{D_i}$$

阶段缺陷指标DIi为：

$$DI_i = \frac{PI_1 + 2PI_2 + \cdots + iPI_i}{PS_i}$$

在需求阶段有：

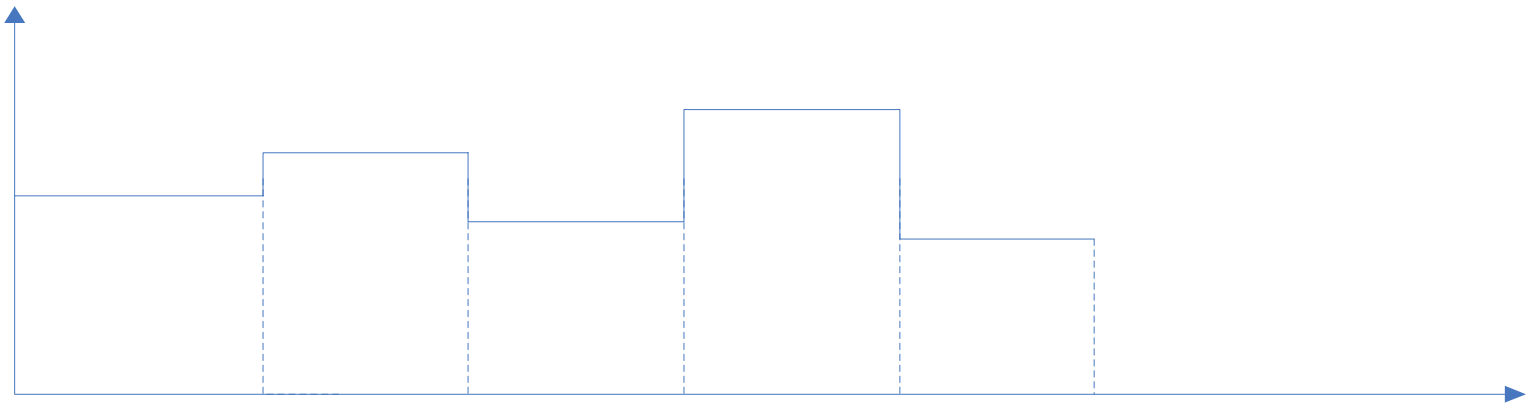
$$PI_1 = W_1 \frac{S_1}{D_1} + W_2 \frac{M_1}{D_1} + W_3 \frac{T_1}{D_1}$$

$$DI_1 = PI_1 / PS_1$$

该指标是越大越好吗？

# 6.技术度量

- 辅助度量：(续)
  - 需求错误分布：



  - 将所发现的需求错误按某种准则加以分类，给出示意图，即得到需求错误分布。据之，可以分析哪些错误易出现，哪些错误风险较大，哪些原因容易导致错误等，便于采取预防或纠正措施。

需
求

# 6.技术度量

- 概要设计阶段
  - 该阶段，开发人员可以利用和控制的是静态可靠性度量，而无法直接获取或控制动态可靠性度量。但静态可靠性度量在一定程度上反映未来的软件可靠性水平。本阶段的重要任务之一是软件可靠性分配，将整个软件的可靠性目标分解为各模块的可靠性目标。

（1）控制度量：

- 设计文档缺陷数
- 残留交连缺陷数
- 结构复杂性

# 6.技术度量

- 概要设计阶段（续）

（2）准控制度量：

- 总体复杂性
- 模块复杂性
- 模块失效强度
- 模块可靠度
- 模块MTTF
- 残留非文档模块缺陷数
- 后续阶段文档残留缺陷数

# 6.技术度量

- 概要设计阶段（续）

（3）辅助度量：

  - 交连缺陷指标
  - 交连错误分布
  - 模块重要度

# 6.技术度量

- 详细设计阶段
  - 该阶段，关心的是模块内部设计。相应地，关心的是模块的静态可靠性度量。

（1）控制度量：

- 设计文档缺陷数
- 残留模块缺陷数
- 模块复杂性

# 6.技术度量

- 详细设计阶段（续）

（2）准控制度量：

尚无合适的度量

# 6.技术度量

- 详细设计阶段（续）

（3）辅助度量：

- 模块缺陷指标
- 模块错误分布

# 6.技术度量

- 实现阶段
- 该阶段包括两个部分：编码活动和单元（模块）测试活动。编码活动可采取许多技术改善软件可靠性，但这些可纳入软件工程范畴。而单元测试过程中可靠性问题处于突出位置，因此主要关心的是在单元测试过程中可以获取和控制的可靠性度量。

（1）控制度量：

- 实现文档残留缺陷数
- 模块复杂性
- 模块失效强度
- 模块可靠度
- 模块MTTF
- 模块残留缺陷数

# 6.技术度量

- 实现阶段（续）

（2）准控制度量：

尚无合适的度量

# 6.技术度量

- 实现阶段（续）

（3）辅助度量：

- 模块缺陷密度
- 模块故障密度
- 模块缺陷指标
- 模块错误分布
- 模块累计失效剖面
- 发现下K个模块故障的平均时间

# 6.技术度量

- 测试阶段
- 该阶段的任务是在模块测试之后进行软件的综合测试，尽可能多地发现并剔除软件缺陷。这时关心的是整个软件的可靠性行为，观察软件可靠性的增长是否已达到需求分析阶段给定的目标值。

（1）控制度量：

- 测试文档残留缺陷数
- 总体复杂性
- 失效强度
- MTBF
- 可靠度
- MTTF
- 残留缺陷数

# 6.技术度量

- 测试阶段（续）

（2）准控制度量：

尚无合适的度量

# 6.技术度量

- 测试阶段（续）

（3）辅助度量：

- 缺陷密度
- 故障密度
- 缺陷指标
- 错误分布
- 累计失效剖面
- 到下K个失效的平均时间

# 6.技术度量

- 安装与验收阶段
- 该阶段的任务是用户选取各种测试用例或不同的运行条件，运行整个软件，以检验软件是否达到规定的性能或满足用户需求。这里关心的是检验软件是否达到需求的可靠性水平。与测试阶段的区别在于，在验收阶段中软件暂不作修改或不剔除缺陷，因而软件可靠性水平不变，采用的软件可靠性模型为确认模型，而测试阶段采用的是可靠性增长模型。

（1）控制度量：

- 验收文档残留缺陷数
- 残留文档缺陷总数
- 失效强度
- MTBF
- 可靠度
- MTTF
- 残留缺陷数
- 可用度

# 6.技术度量

- 安装与验收阶段（续）

（2）准控制度量：

尚无合适的度量

# 6.技术度量

- 安装与验收阶段（续）

（3）辅助度量：

- 缺陷密度
- 故障密度
- 缺陷指标
- 错误分布
- 累计失效剖面

# 7.管理度量

- 管理度量主要面向管理人员，为软件可靠性管理服务。管理度量用于反映是否进行某项软件可靠性活动，因此，通常只取两个值：是或否。
- 需求分析阶段

（1）错误定义：这一度量反映是否严格、明确、全面、正确地定义了软件错误，包括其分类及等级。

（2）缺陷定义：这一度量反映是否严格、明确、全面、正确地定义了软件缺陷，包括其分类及等级，软件缺陷包括程序缺陷、数据缺陷及文档缺陷。

# 7.管理度量

- 需求分析阶段（续）

（3）污点定义：这一度量反映是否明确说明程序污点与程序缺陷同义。污点这一术语专用于程序。

（4）故障定义：这一度量反映是否严格、明确、全面、正确地定义了软件故障，包括其分类及等级。

（5）失效定义：这一度量反映是否严格、明确、全面、正确地定义了软件失效，包括其分类及等级。

（6）运行剖面定义：这一度量反映是否严格、明确、全面、正确地定义了软件运行剖面。同一软件在不同的运行剖面下运行，其可靠性行为可能大不相同。

# 7.管理度量

- 需求分析阶段（续）

（7）时间基准定义：这一度量反映是否严格、明确、全面、正确地定义了软件时间基准。时间基准可以是日历时间、时钟时间和CPU时间等。

（8）可靠性需求分析：这一度量反映是否进行专门、系统的软件可靠性需求分析，给出明确的可靠性目标。

（9）可靠性验收准则：这一度量反映是否明确给定在安装验收阶段判定软件是否达到可靠性目标的准则，以免届时出现软件开发部门与用户之间的可能争执。

（10）可靠性评审：这一度量反映是否进行可靠性评审。可靠性评审旨在检查有关的可靠性定义、目标和准则是否合理。

# 7.管理度量

- 需求分析阶段（续）

（11）可靠性问题处理计划：这一度量反映是否在需求分析阶段给定处理有关可靠性问题的措施，这样遇到软件可靠性问题时，可有相应的对策。

（12）可靠性数据收集计划：这一度量反映是否拟定收集有关可靠性数据的执行计划。

（13）可靠性文档：这一度量反映是否编写需求分析阶段的可靠性文档。软件可靠性文档是软件文档的一部分。

火龙果•整理
uml.org.cn

# 7.管理度量

- 概要设计阶段

（1） 模块错误定义
（2） 模块缺陷定义
（3） 模块故障定义
（4） 模块失效定义
（5） 模块运行剖面
（6） 可靠性分配
（7） 模块可靠性验收准则
（8） FMEA

火龙果•整理
uml.org.cn

# 7.管理度量

- 概要设计阶段（续）

（9）FTA

（10）可靠性评审

（11）可靠性问题处理计划

（12）可靠性数据收集

（13）可靠性文档

# 7.管理度量

- 详细设计阶段

（1） 可靠性评审

（2） 可靠性问题处理计划

（3） 可靠性数据收集

（4） 可靠性文档

# 7.管理度量

- 实现阶段

（1） 可靠性评审

（2） 可靠性问题处理计划

（3） 可靠性数据收集

（4） 可靠性文档

# 7.管理度量

- 测试阶段
  - （1） 可靠性评审
  - （2） 可靠性问题处理计划
  - （3） 可靠性数据收集
  - （4） 可靠性文档

# 7.管理度量

- 安装与验收阶段

（1） 可靠性评审

（2） 可靠性数据收集

（3） 可靠性文档

火龙果•整理
uml.org.cn

# 二.软件可靠性模型的概念

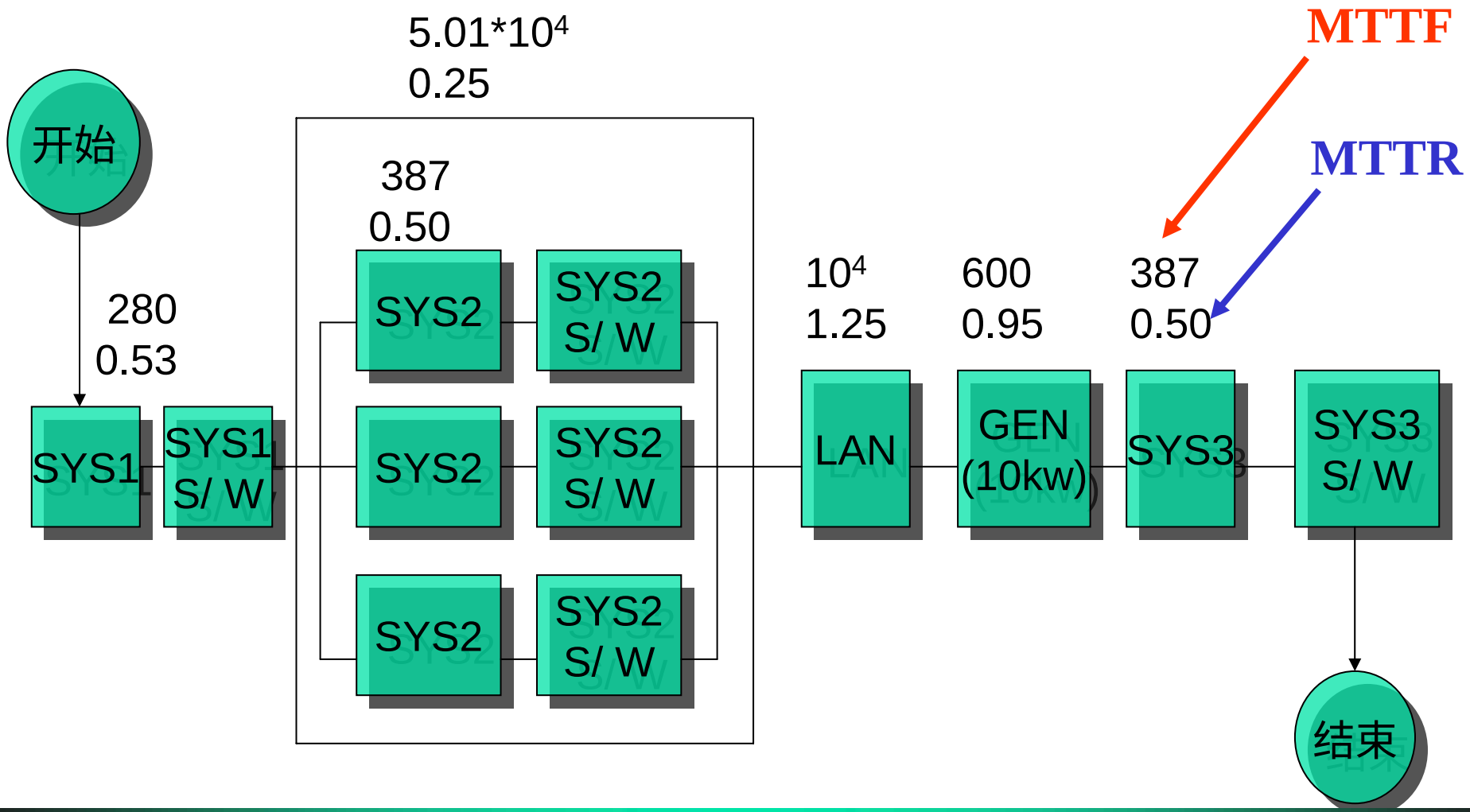
1. 软件可靠性模型的类型
2. 软件可靠性模型的作用
3. 软件开发中可靠性模型的应用案例
4. 软件可靠性预计模型的类型
5. 软件可靠性预计模型的正确使用

# 1.软件可靠性模型的类型

- 软件可靠性工程使用的模型有两大类型：可靠性结构模型和可靠性预计模型。

火龙果•整理
uml.org.cn

# 可靠性结构模型

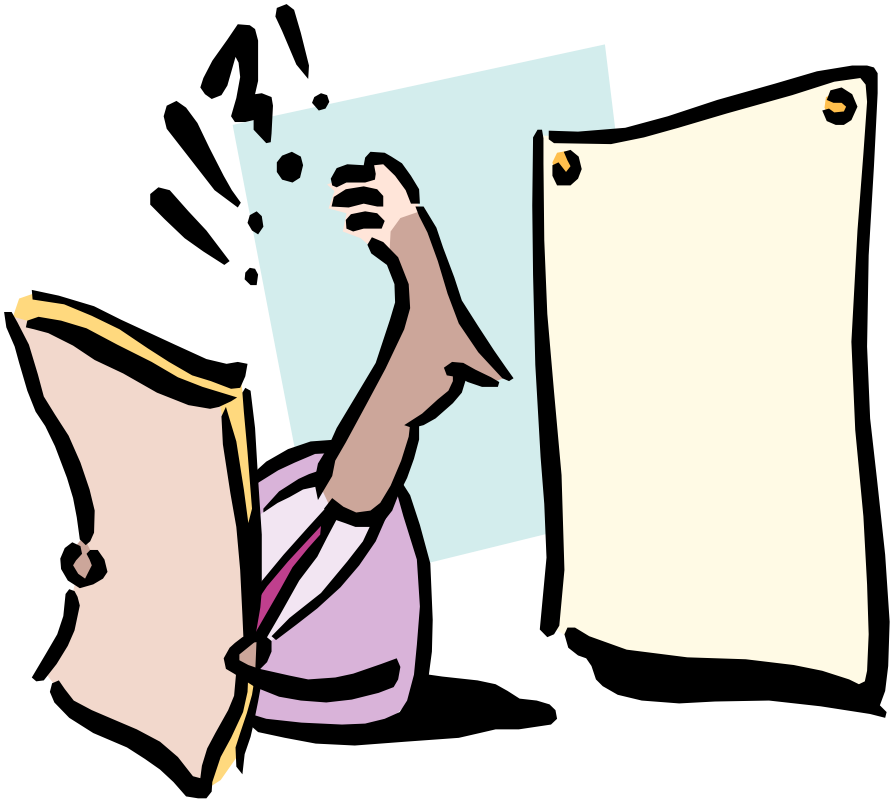



是指用于反映系统结构逻辑关系的数学方程。

# 可靠性预计模型

- 本质上是一些描述软件失效与软件错误的关系，描述软件失效与运行剖面的关系的数学方程。

# 思考



- 评估和预计是否有区别？
- 如果有，区别是什么？

# 回答

- 评估和预计是两个有区别又有联系的概念。
- 评估是指对软件现有的可靠性水平作出评价。
- 预计是指对软件未来的可靠性特征进行预测。

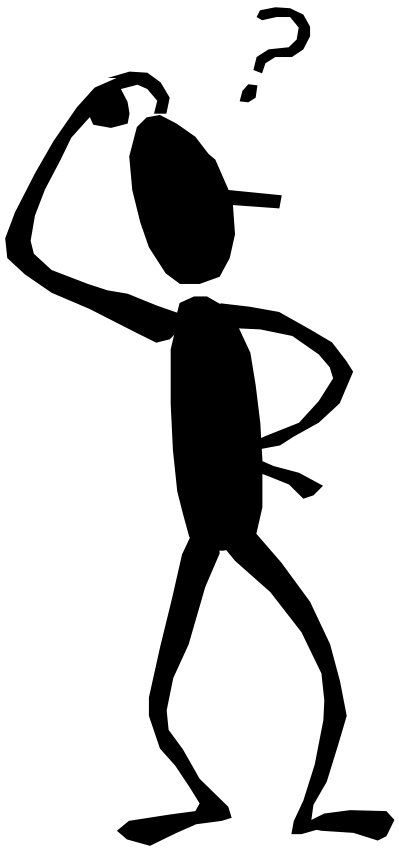
# 思考

- 预测未来的前提是什么？
- 如何能够得到较准确的预测结果？

# 回答

- 预测未来的前提是认识现状，所以二者难以截然分开。
- 必须指出，在使用数学模型进行预计时，蕴含的假定是，事物发展规律在未来的一段时间内保持不变。
- 对于短期预测这个假设是合理的。但是，随着预测期的延长，其近似性减弱。
- 用可靠性模型进行预计时，为了得到较准确的结果，如果发现软件的失效规律有明显改变，应该对参数加以修正或重新收集失效数据，重新确定模型参数。

# 2.软件可靠性模型的作用



- 软件可靠性定量分析技术的作用何在呢？

# 2.软件可靠性模型的作用

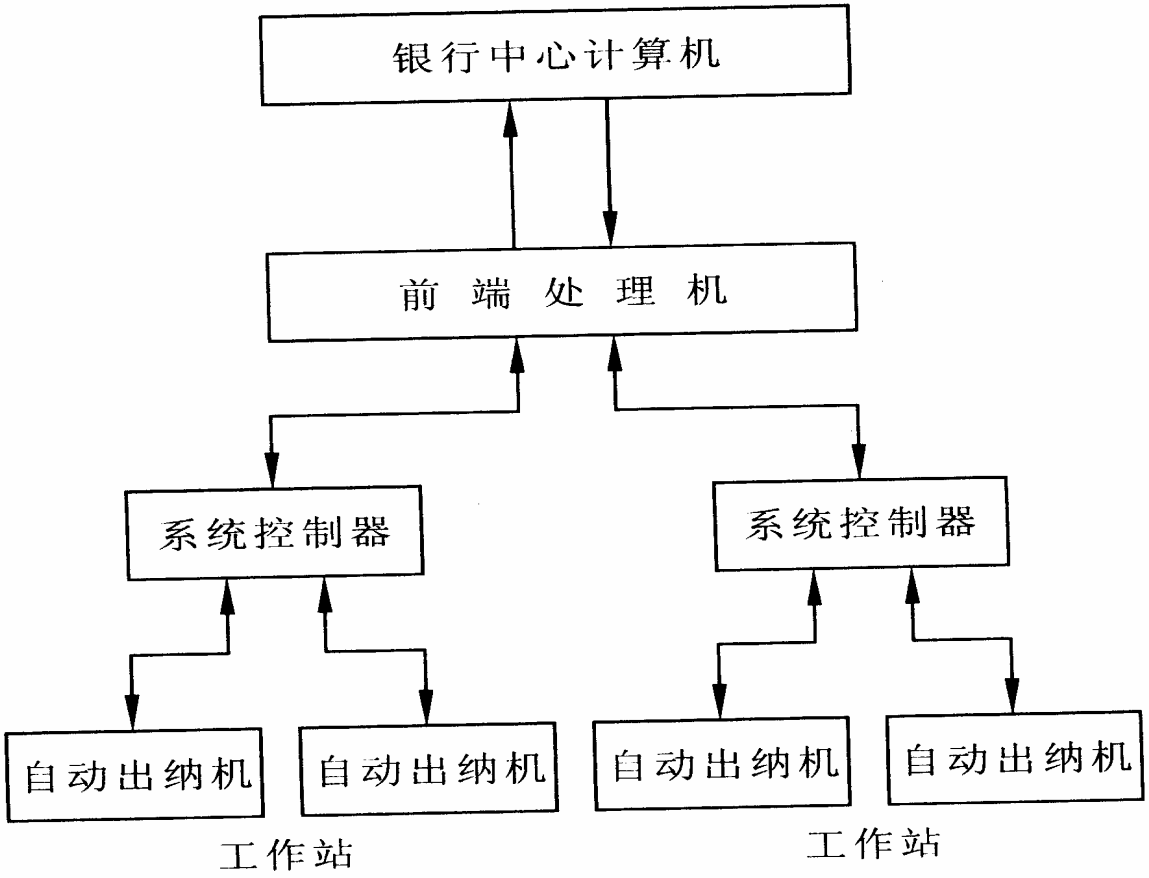
- 软件可靠性模型是软件可靠性定量分析技术的基础。
- 以软件可靠性模型为支撑的软件可靠性定量分析技术，在软件开发过程中具有重要的作用。

# 2.软件可靠性模型的作用

- 借助软件可靠性定量分析技术，可以对各种软件开发技术的优劣做出定量的评估；
- 软件可靠性定量分析技术的应用，使项目管理人员能够在软件的测试阶段，进行可靠性增长分析，及时评估软件的开发水平；
- 借助软件可靠性定量分析技术，可以监控软件的运行性能，控制软件的设计变更，控制软件的功能扩充；
- 采用软件可靠性定量分析技术，项目主管和设计师可对软件质量实施定量的监控，找出影响产品质量的因素。

# 3.软件开发中可靠性模型的应用案例

- 某银行需要建立一个数据网络系统，系统示意图如下。



火龙果•整理
uml.org.cn

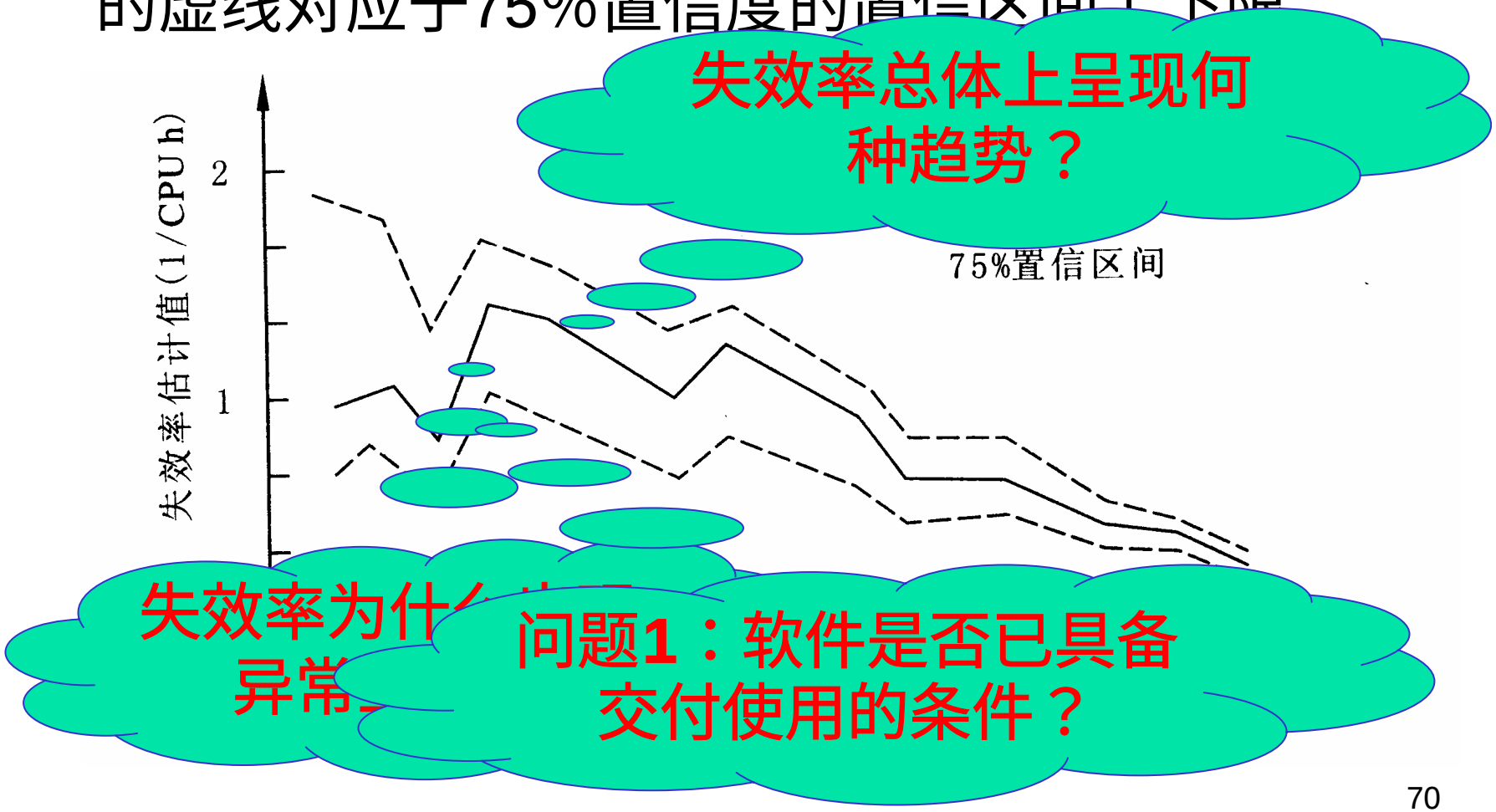
失效样本：180
执行时间：450.57h
日历时间：180天

| 置信下界 | | | | | 点估计值 | 置信上界 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 置信度 | 95% | 90% | 75% | 50% | | 50% | 75% | 90% | 95% |
| 总失效数 | 190 | 191 | 193 | 196 | 199 | 204 | 208 | 213 | 217 |
| 失效率（1/1000cpuh） | | | | | | | | | |
| 初始失效率 | 850.1 | 878.6 | 924.1 | 968.8 | 1033 | 1099 | 1147 | 1197 | 1230 |
| 现在失效率 | 66.9 | 71.5 | 79.1 | 87.2 | 99.8 | 114.0 | 125.0 | 137.4 | 145.8 |
| 为实现预期的失效率指标的附加要求 | | | | | | | | | |
| 失效次数 | 10 | 11 | 13 | 15 | 19 | 24 | 28 | 33 | 37 |
| 执行时间 | 899.6 | 939.5 | 1007 | 1008 | 1197 | 1336 | 1450 | 1586 | 1684 |
| 日历时间 | 36.0 | 37.9 | 41.4 | 45.3 | 51.8 | 59.8 | 66.7 | 75.2 | 81.5 |

火龙果•整理
uml.org.cn

# 3.软件开发中可靠性模型的应用案例

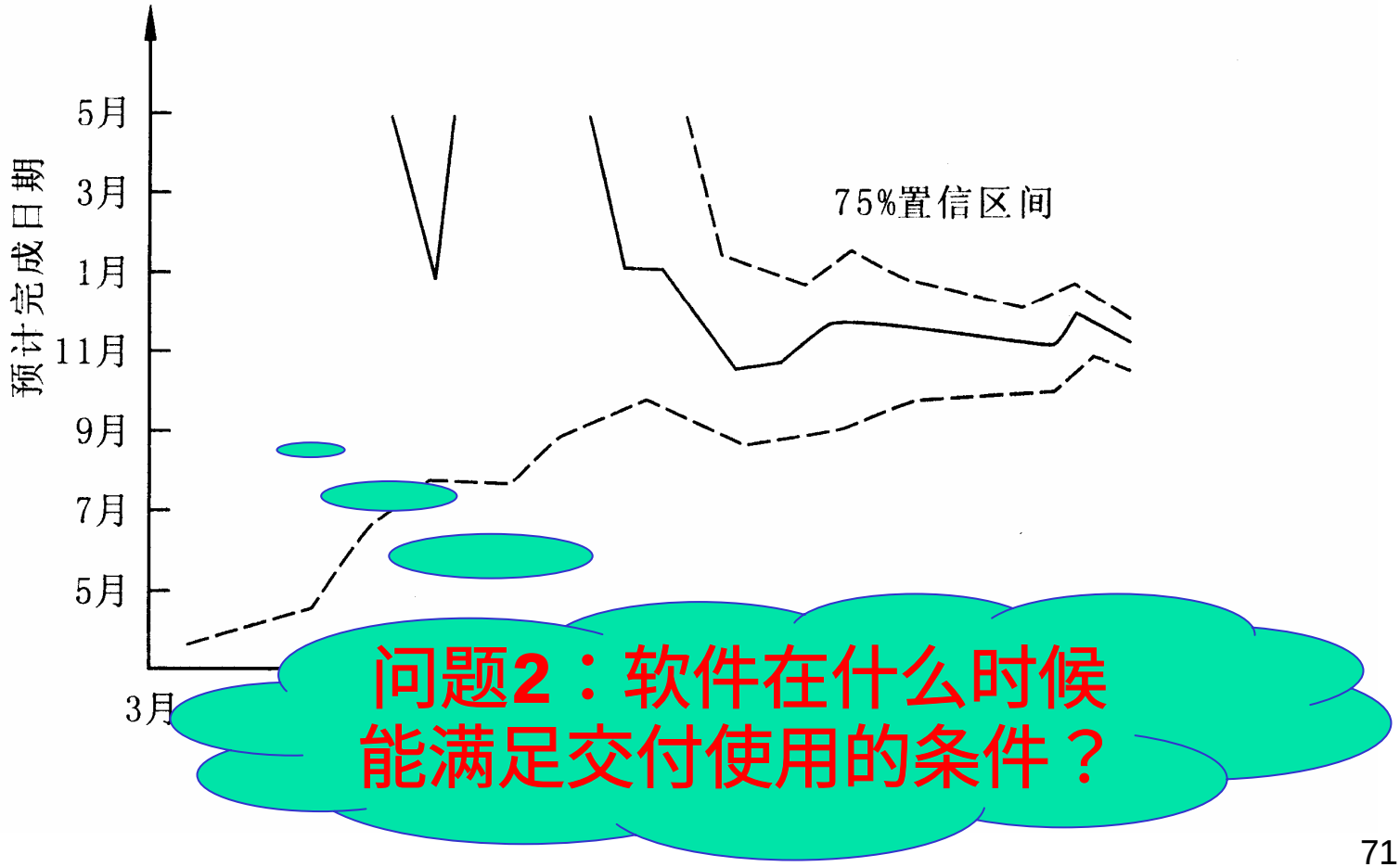
- 系统失效率随时间变化的曲线，曲线上下两侧的虚线对应于75%置信度的置信区间上下限



火龙果•整理
uml.org.cn

# 3.软件开发中可靠性模型的应用案例

- 在项目开发过程中对项目完成日期的估计。



# 3.软件开发中可靠性模型的应用案例

- 在这个案例中，利用软件可靠性定量分析技术所提供的信息，解决了什么问题？

# 3.软件开发中可靠性模型的应用案例

- 在这个案例中，利用软件可靠性定量分析技术所提供的信息，解决了三个问题：

- 软件是否已具备交付使用的条件。
- 软件在什么时候能满足交付使用的要求。
- 是否继续开发新版本的决定。

# 4.软件可靠性预计模型的类型

- 研究开始于20世纪70年代初期。
- 大体分为三种类型：面向时间的模型、面向输入数据的模型、面向错误数的模型
- 面向时间的模型：以时间作为基准，研究软件的可靠性特征随时间变化的规律。这类模型按其对数据的需求，可分为两个子类：
- 失效时间间隔模型（TBF模型）：模型所使用的数据使失效时间间隔，分析方法建立在以失效时间间隔服从特定的概率分布的基础上。
- 失效计数模型（FC模型）：模型所使用的数据是一定的时间间隔中的失效数，分析方法大多建立在Poisson过程理论的基础上。

# 4.软件可靠性预计模型的类型

- 面向时间的模型
- 优点：模型建立的基础及模型得出的结果，完全符合软件可靠性定义的要求，且与硬件可靠性的概念兼容，可以满足硬、软件系统综合分析的要求。因此备受青睐，是最重要、品种最多的模型。
- 缺点：假设的条件很高，很难完全满足，影响了模型的准确性和人们对其的信心。
- 前景：经过20多年的研究、发展，情况有了很大改善，加上模型的数量多，选择余地大，因此应用前景广阔。

# 4.软件可靠性预计模型的类型

- 面向输入数据的模型：目的是建立软件的可靠性与输入数据的联系，用程序运行中的失效次数与成功次数的比例作为软件可靠性的度量。
- 优点：概念清晰易懂，易于应用。
- 缺点：模型与时间度量没有直接的关系，在实现硬－软件系统综合时有一定困难，必须经过附加的数学处理，才能用时间尺度表示可靠度。

# 4.软件可靠性预计模型的类型

- 面向错误数的模型：目的是直接用程序中现存的错误数的多少来反映程序的可靠性。
- 优点：模型的结果直观。
- 缺点：不能反映可靠度与时间的关系。

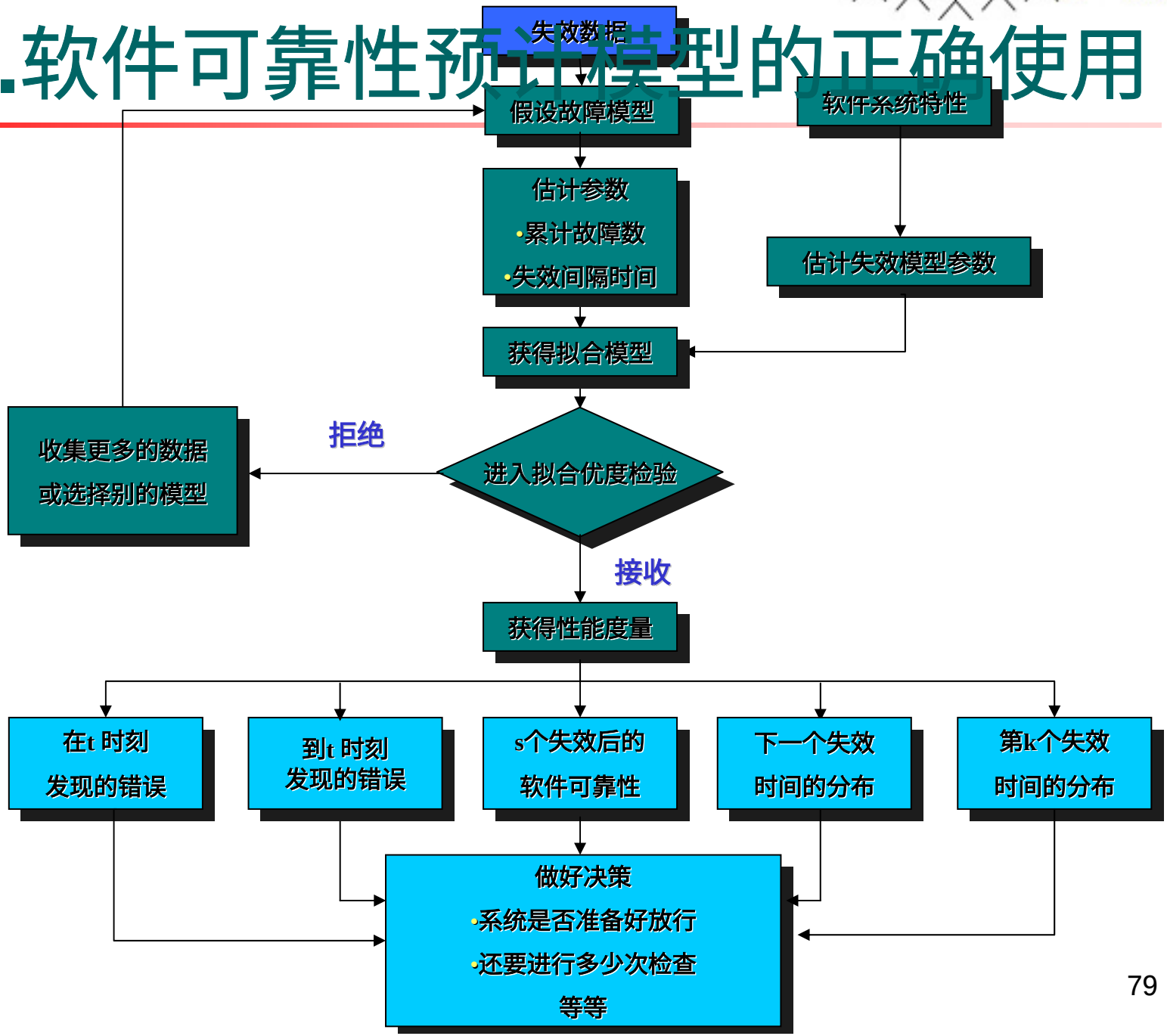
# 5.软件可靠性预计模型的正确使用

- 前提：模型能够正确地反映真正的客观规律。
- 正确使用软件可靠性预计模型，必需正确使用软件可靠性预计模型，必需根据合同、系统说明和用户要求，对系统失效做出明确的定义，区分失效的危害度等级。
- 使用软件可靠性模型进行评估和预计，必需对模型中的未知参数做出估计。测试数据是模型参数估计的基础，所以数据采集工作的质量对模型应用，具有关键性的影响。
- 采集了足够的数据之后，在使用可靠性模型进行分析时，还应遵循正确的规程，才能得到有统计意义和实用价值的结果。

火龙果•整理
uml.org.cn

# 5.软件可靠性预计模型的正确使用

模型使用的规范和程序



# 总结

1. 什么是软件可靠性度量？
2. 软件可靠性度量的分类是什么？
3. 各阶段的技术度量有哪些？
4. 各阶段的管理度量有哪些？
5. 软件可靠性模型的类型有哪些？
6. 软件可靠性模型的作用是什么？
7. 软件开发中可靠性模型的应用案例给了我们什么启示？
8. 软件可靠性预计模型的类型有哪些？

火龙果•整理
uml.org.cn