

软件体系结构

软件体系结构原理、方法和实践

清华大学出版社

作者:张友生 李雄

◇ 构件模型及实现

◎ 构件的定义

构件是指语义完整、语法正确和有可重用价值的单位软件，是软件重用过程中可以明确辨识的系统；结构上，它是语义描述、通讯接口和实现代码的复合体。

◇ 构件模型及实现

◎ 构件模型的三个主要流派

OMG (Object Management Group, 对象管理集团) 的 CORBA (Common Object Request Broker Architecture, 通用对象请求代理结构)

Sun的EJB (Enterprise Java Bean)

Microsoft的DCOM (Distributed Component Object Model, 分布式构件对象模型)。

◇ 背景资料

- ◎ 随着软件系统规模越来越大、越来越复杂，整个系统的结构和规格说明显得越来越重要。
- ◎ 对于大规模的复杂软件系统来说，对总体的系统结构设计和规格说明比起对计算的算法和数据结构的选择已经变得明显重要得多。
- ◎ 对软件体系结构的系统、深入的研究将会成为提高软件生产率和解决软件维护问题的新的最有希望的途径。

◇ 背景资料

◎ 事实上，软件总是有体系结构的，不存在没有体系结构的软件。

◎ 软件体系结构虽脱胎于软件工程，但其形成同时借鉴了计算机体系结构和网络体系结构中很多宝贵的思想和方法，最近几年软件体系结构研究已完全独立于软件工程的研究，成为计算机科学的一个最新的研究方向和独立学科分支。

◇ 软件体系结构的定义

◎ Dewayne Perry和Alexander Wolf

软件体系结构是具有一定形式的结构化元素，即构件的集合，包括处理构件、数据构件和连接构件。

处理构件负责对数据进行加工，数据构件是被加工的信息，连接构件把体系结构的不同部分组合连接起来。

这一定义注重区分处理构件、数据构件和连接构件，这一方法在其他的定义和方法中基本上得到保持。

◇ 软件体系结构的定义

◎ Mary Shaw和David Garlan

软件体系结构是软件设计过程中的一个层次，这一层次超越计算过程中的算法设计和数据结构设计。

体系结构问题包括总体组织和全局控制、通讯协议、同步、数据存取，给设计元素分配特定功能，设计元素的组织，规模和性能，在各设计方案间进行选择等。

软件体系结构处理算法与数据结构之上关于整体系统结构设计和描述方面的一些问题，如全局组织和全局控制结构、关于通讯、同步与数据存取的协议，设计构件功能定义，物理分布与合成，设计方案的选择、评估与实现等。

◇ 软件体系结构的定义

◎ Kruchten

软件体系结构有四个角度，它们从不同方面对系统进行描述：**概念**角度描述系统的主要构件及它们之间的关系；**模块**角度包含功能分解与层次结构；**运行**角度描述了一个系统的动态结构；**代码**角度描述了各种代码和库函数在开发环境中的组织。

◇ 软件体系结构的定义

◎ Hayes Roth

软件体系结构是一个抽象的**系统规范**，主要包括用其行为来描述的功能构件和构件之间的相互连接、接口和关系。

◇ 软件体系结构的定义

© David Garlan 和 Dewne Perry

软件体系结构是一个程序 / 系统各构件的结构、它们之间的相互关系以及进行设计的原则和随时间演化的指导方针。

◇ 软件体系结构的定义

◎ Barry Boehm

软件体系结构包括一个软件和系统构件，互联及约束的集合；一个系统需求说明的集合；一个基本原理用以说明这一构件，互联和约束能够满足系统需求。

◇ 软件体系结构的定义

◎ Bass, Clements 和 Kazman

软件体系结构包括一个或一组软件构件、软件构件的**外部的可见特性**及其相互关系。其中，“软件外部的可见特性”是指软件构件提供的服务、性能、特性、错误处理、共享资源使用等。

◇ 软件体系结构的定义

◎ 我们的定义

软件体系结构为软件系统提供了一个结构、行为和属性的高级抽象，由构成系统的元素的描述、这些元素的相互作用、指导元素集成的模式以及这些模式的约束组成。软件体系结构不仅指定了系统的**组织结构**和**拓扑结构**，并且显示了系统需求和构成系统的元素之间的对应关系，提供了一些设计决策的基本原理。

◇ 软件体系结构的意义

◎ 体系结构是风险承担者进行交流的手段

软件体系结构代表了系统的公共的高层次的抽象。这样，系统的大部分有关人员（即使不是全部）能把它作为建立一个互相理解的基础，形成统一认识，互相交流。

体系结构提供了一种共同语言来表达各种关注和协商，进而对大型复杂系统能进行理智的管理。这对项目最终的质量和使用有极大的影响。

◇ 软件体系结构的意义

◎ 体系结构是早期设计决策的体现

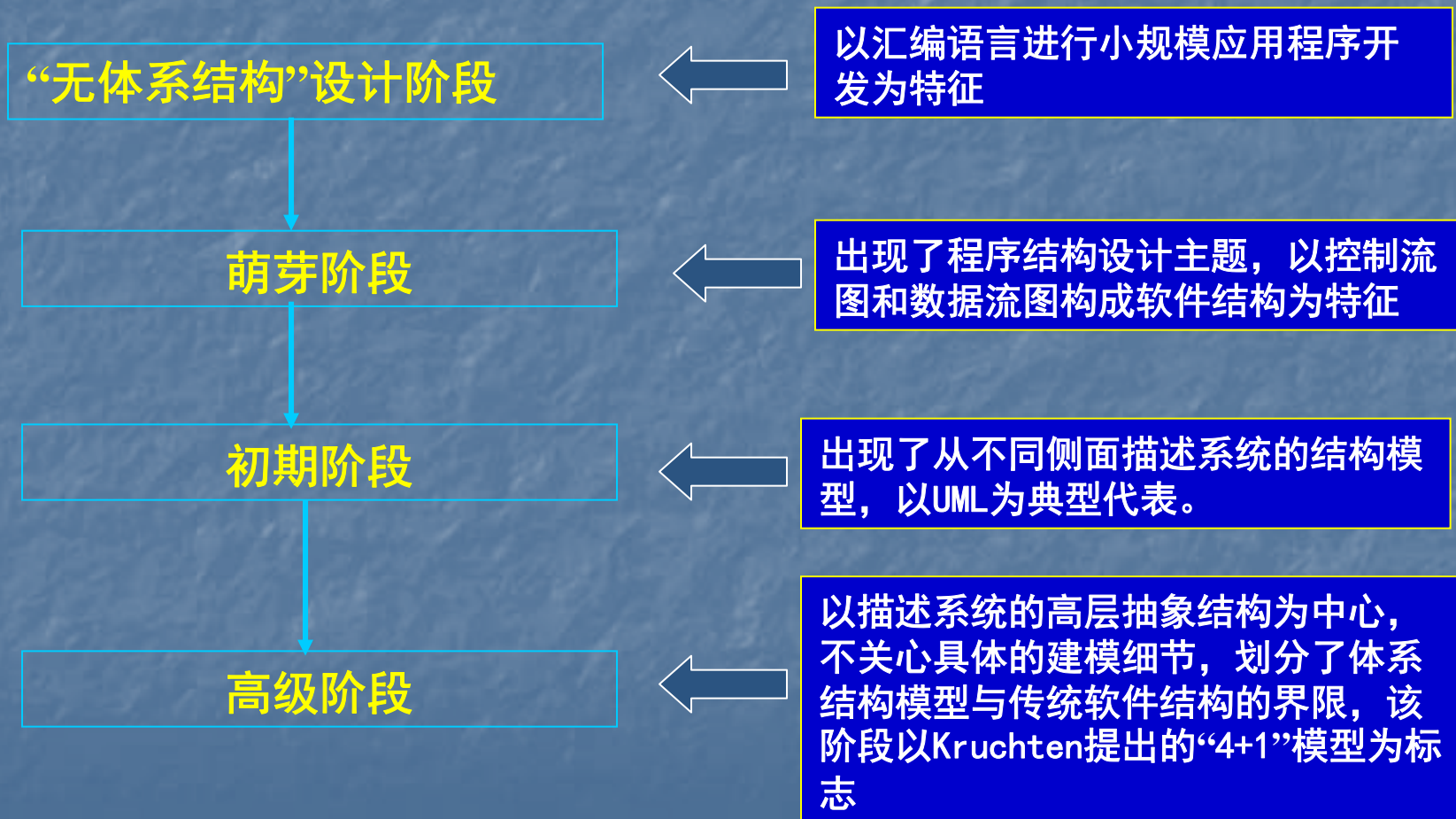
- (1) 软件体系结构明确了对系统实现的约束条件
- (2) 软件体系结构决定了开发和维护组织的组织结构
- (3) 软件体系结构制约着系统的质量属性
- (4) 通过研究软件体系结构可能预测软件的质量
- (5) 软件体系结构使推理和控制更改更简单
- (6) 软件体系结构有助于循序渐进的原型设计
- (7) 软件体系结构可以作为培训的基础

◇ 软件体系结构的意义

◎ 软件体系结构是可传递和可重用的模型

软件体系结构级的重用意味着体系结构的决策能在具有相似需求的多个系统中发生影响，这比代码级的重用要有更大的好处。

◇ 软件体系结构的发展史



◇ 软件体系结构的发展史

Perry和Wolf认为

未来的年代是研究软件体系结构的时代

◇ 软件体系结构的应用现状

- ◎ 软件体系结构描述语言
- ◎ 体系结构描述构造与表示
- ◎ 体系结构分析、设计与验证
- ◎ 体系结构发现、演化与重用
- ◎ 基于体系结构的软件开发方法
- ◎ 特定领域的体系结构框架
- ◎ 软件体系结构支持工具
- ◎ 软件产品线体系结构
- ◎ 建立评价软件体系结构的方法

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 软件体系结构描述语言

ADL提供了具体的语法与刻画体系结构的概念框架。ADL使得系统开发者能够很好地描述他们设计的体系结构，以便与他人交流，能够用提供的工具对许多实例进行分析。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构描述构造与表示（1）

按照一定的描述方法，用体系结构描述语言对体系结构进行说明的结果则称为体系结构的表示，而将描述体系结构的过程称为体系结构构造

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构描述构造与表示（2）

- （1）Kruchten提出的“4+1”模型。
- （2）Booch从UML的角度给出了一种由设计视图、过程视图、实现视图和部署视图，再加上一个用例视图构成的体系结构描述模型。
- （3）IEEE于1995年成立了体系结构工作组，起草了体系结构描述框架标准IEEE P1471。
- （4）Rational从资产重用的角度提出了体系结构描述的规格说明框架。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构分析、设计与验证（1）

体系结构分析的内容可分为**结构分析**、**功能分析**和**非功能分析**。

非功能分析：定量分析方法、推断分析方法。

Kazman等人提出了一种非功能分析的体系结构分析方法SAAM，并运用场景技术，提出了基于场景的体系结构分析方法，而Barbacci等人提出了多质量属性情况下的体系结构质量模型、分析与权衡方法ATAM。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构分析、设计与验证（2）

生成一个满足软件需求的体系结构的过程即为体系结构设计。体系结构设计过程的本质在于：将系统分解成相应的组成成分（如构件、连接件），并将这些成分重新组装成一个系统。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构分析、设计与验证（3）

体系结构设计有两大类方法：过程驱动方法和问题列表驱动方法。

基于过程驱动的体系结构设计方法适用范围广，易于裁减，具备动态特点，通用性与实践性强。

问题列表驱动法的基本思想是枚举设计空间，并考虑设计维的相关性，以此来选择体系结构的风格。该方法适用于特定领域，是静态的，并可以实现量化体系结构设计空间。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构分析、设计与验证（4）

体系结构设计研究的重点内容之一就是体系结构风格或模式，体系结构模式在本质上反映了一些特定的元素、按照特定的方式组成一个特定的结构，该结构应有利于上下文环境下的特定问题的解决。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构分析、设计与验证（5）

体系结构模式分为两个大类：固定术语和参考模型。

已知的固定术语类的体系结构模型包括管道过滤器、客户/服务器、面向对象、黑板、分层、对等模式、状态转换、一些派生的固定术语类的体系结构模式，包括Gen Voca，C2和REST等；而参考模型则相对较多，常常与特定领域相关。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构分析、设计与验证（6）

体系结构测试着重于仿真系统模型，解决体系结构层的主要问题。由于测试的抽象层次不同，体系结构测试策略可以分为单元/子系统/集成/验收测试等阶段的测试策略。

在体系结构集成测试阶段，Debra等人提出了一组针对体系结构的测试覆盖标准，Paola Inveradi提出了一种基于CHAM的体系结构语义验证技术。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构发现、演化与重用（1）

体系结构发现解决如何从已经存在的系统中提取软件的体系结构，属于逆向工程范畴。

Waters等人提出了一种迭代式体系结构发现过程，即由不同的人员对系统进行描述，然后对这些描述进行分类并融合，发现并解除冲突，将体系结构新属性加入到已有的体系结构模型中，并重复该过程直至体系结构描述充分。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构发现、演化与重用（2）

由于系统需求、技术、环境、分布等因素的变化而最终导致软件体系结构的变动，称之为软件体系结构演化。

软件系统在运行时刻的体系结构变化称为体系结构的动态性，而将体系结构的静态修改称为体系结构扩展。体系结构扩展与体系结构动态性都是体系结构适应性和演化性的研究范畴。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 体系结构发现、演化与重用 (3)

体系结构重用属于设计重用，比代码重用更抽象。由于软件体系结构是系统的高层抽象，反映了系统的主要组成元素及其交互关系，因而较算法更稳定，更适合于重用。

体系结构模式就是体系结构重用研究的一个成果，而体系结构参考模型则是特定域软件体系结构的重用的成熟的象征。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 基于体系结构的软件开发方法（1）

在引入了体系结构的软件开发之后，应用系统的构造过程变为“问题定义—>软件需求—>软件体系结构—>软件设计—>软件实现”，可以认为软件体系结构架起了软件需求与软件设计之间的一座桥梁。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 基于体系结构的软件开发方法（2）

软件开发模型是跨越整个软件生存周期的系统开发、运行、维护所实施的全部工作和任务的结构框架，给出了软件开发活动各阶段之间的关系。

目前，常见的软件开发模型大致可分为三种类型：

- （1）以软件需求完全确定为前提的瀑布模型。
- （2）在软件开发初始阶段只能提供基本需求时采用的渐进式开发模型，如螺旋模型等。
- （3）以形式化开发方法为基础的变换模型。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 基于体系结构的软件开发方法（3）

所有开发方法都是要解决需求与实现之间的差距。但是，这三种类型的软件开发模型都存在这样或那样的缺陷，不能很好地支持基于软件体系结构的开发过程。

在基于构件和基于体系结构的软件开发逐渐成为主流情况下，已经出现了**基于构件的软件工程**。

但是，对体系结构的描述、表示、设计和分析以及验证等内容的研究还相对不足，随着需求复杂化及其演化，切实可行的体系结构设计规则与方法将更为重要。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 特定领域的体系结构框架

特定领域的体系结构是将体系结构理论应用到具体领域的过程，常见的DSSA有：CASE体系结构、CAD软件的参考模型、信息系统的参考体系结构、网络体系结构DSSA、机场信息系统的体系结构和信息处理DSSA等。国内学者提出的DSSA有：北京邮电大学周莹新博士提出的电信软件的体系结构，北京航空航天大学金茂忠教授等人提出的测试环境的体系结构等。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 软件体系结构支持工具

几乎每种体系结构都有相应的支持工具，如 Unicon，Aesop等体系结构支持环境，C2的支持环境 ArchStudio，支持主动连接件的Tracer工具等。

支持体系结构分析的工具，如支持静态分析的工具、支持类型检查的工具、支持体系结构层次依赖分析的工具、支持体系结构动态特性仿真工具、体系结构性能仿真工具等。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 软件产品线体系结构（1）

产品线代表着一组具有公共的系统需求集的软件系统，它们都是根据基本的用户需求对标准的产品线构架进行定制，将可重用构件与系统独有的部分集成而得到的。

软件产品线是一个十分适合专业的软件开发组织的软件开发方法，能有效地提高软件生产率和质量、缩短开发时间、降低总开发成本。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 软件产品线体系结构（2）

软件体系结构有利于形成完整的软件产品线。

体系结构在软件产品线的开发中具有至关重要的作用，在这种开发生产中，基于同一个软件体系结构，可以创建具有不同功能的多个系统。

◇ 软件体系结构的应用现状

◎ 建立评价软件体系结构的方法

目前，常用的三个软件体系结构评估方法是：

- (1) 体系结构权衡分析方法（ATAM方法）
- (2) 软件体系结构分析方法（SAAM方法）
- (3) 中间设计的积极评审（ARID方法）

◇ 软件体系结构的应用现状

目前，软件体系结构尚处在迅速发展之中，越来越多的研究人员正在把注意力投向软件体系结构的研究。关于软件体系结构的研究工作主要在国外展开的，国内到目前为止对于软件体系结构的研究尚处在起步阶段。软件体系结构在国内未引起人们广泛注意的原因主要有两点：

（1）软件体系结构从表面上看起来是一个老话题，似乎没有新东西。

（2）与国外相比，国内对大型和超大型复杂软件系统开发的经历相对较少，对软件危机的灾难性体会没有国外深刻，因而对软件体系结构研究的重要性和必要性的认识还不很充分。

- 1、根据自己的经验，谈谈对软件危机的看法。
- 2、就项目管理方面而言，软件重用项目与非重用项目有哪些不同之处。
- 3、实际参与/组织一个软件重用项目的开发，然后总结你是如何组织该项目的开发的。
- 4、为什么要研究软件体系结构？
- 5、根据软件体系结构的定义，你认为软件体系结构的模型应该由哪些部分组成？
- 6、在软件体系结构的研究和应用中，你认为还有哪些不足之处？