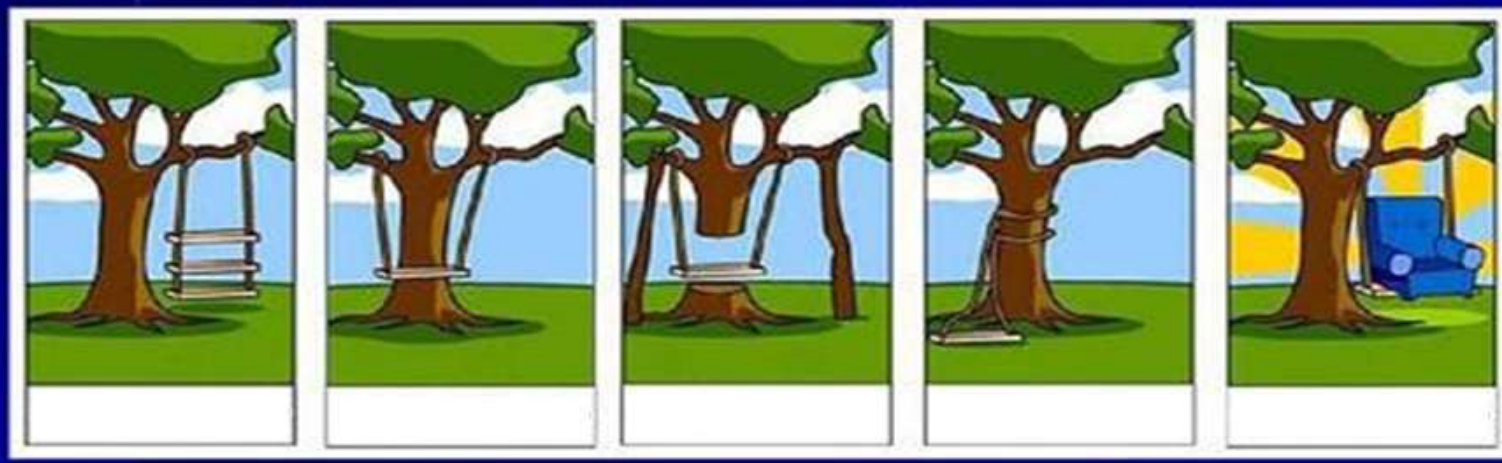


第2章 软件需求工程

- 2.1 软件需求的基本概念
- 2.2 需求工程的过程
- 2.3 需求获取技术
- 2.4 结构化需求分析与建模
- 2.5 需求评审

引言

一副关于软件项目需求的漫画



↑
用户描述的需
求是这样的

↑
项目经理的理
解是这样的

↑
软件分析师的
设计是这样的

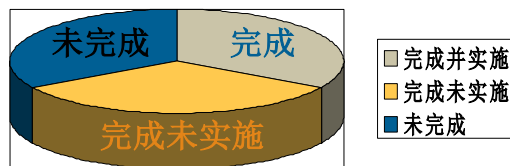
↑
程序员的实现
是这样的

↑
商业顾问的揭
密是这样的

软件需求的基本概念

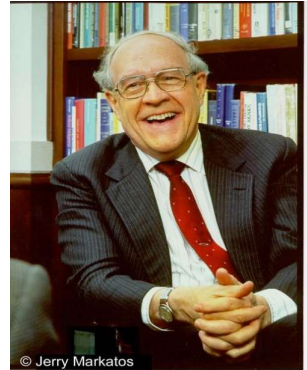
软件需求作为软件生命周期的第一个阶段，其重要性越来越突出，到20世纪80年代中期到90年代，逐步形成了软件工程的子领域——需求工程。

- 软件需求是软件工程中的关键过程，没有需求就没有软件。
- 美国对全国范围内超过8000个软件项目进行跟踪调查。



分析失败的原因发现，与需求过程相关的原因占了45%，而其中缺乏最终用户的参与以及不完整的需求又是两大首要原因，各占13%和12%。

Fred Brooks



The hardest single part of building a software system is deciding *WHAT* to build. No part of the work so cripples the resulting system if done wrong. No other part is more difficult to rectify later.

软件需求的基本概念

什么是软件需求？

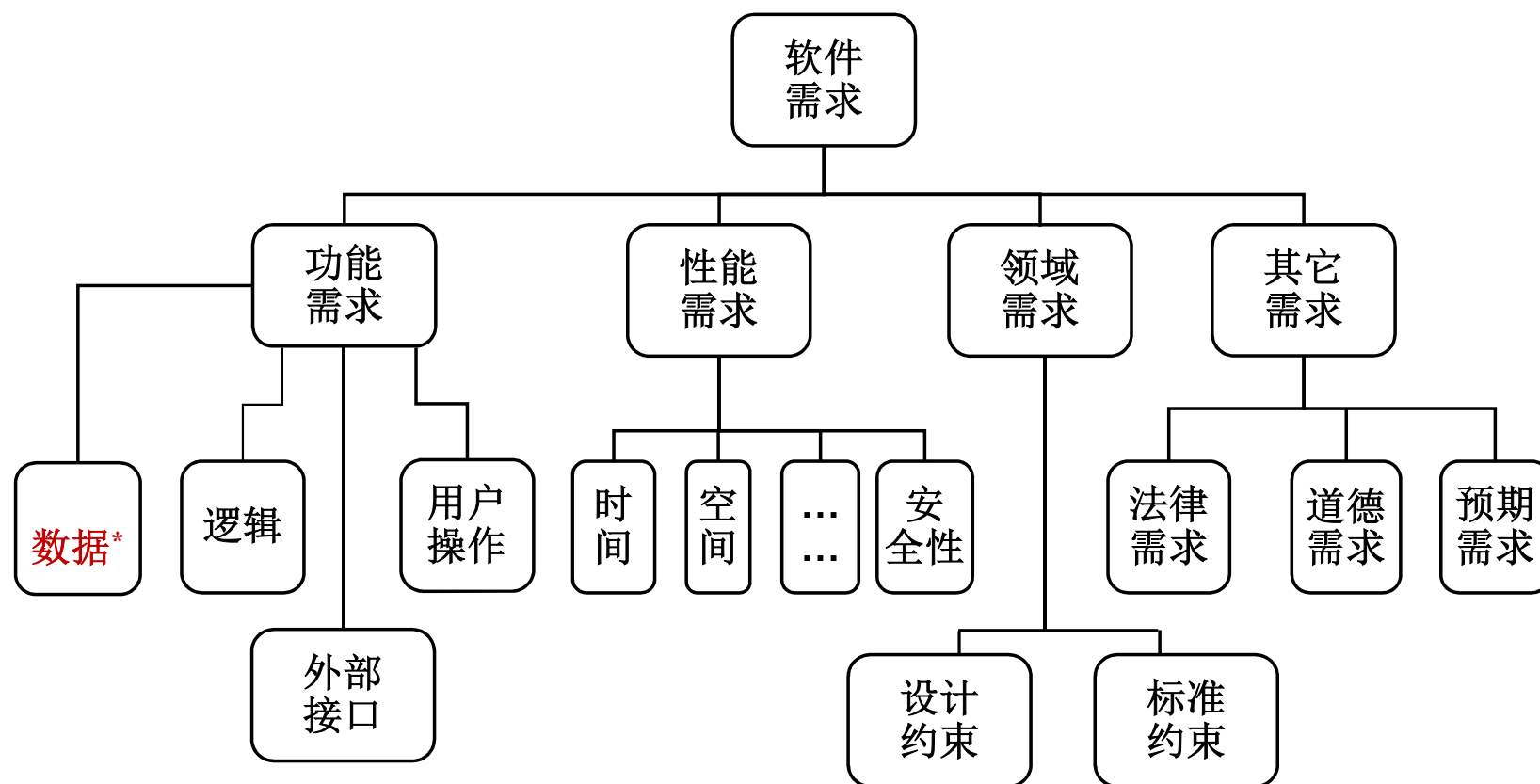


【例】教务部拟开发教务系统的初步描述：

开发一个教学管理系统，便于教师上网登成绩、查学生，便于管理人员发各类通知，便于学生注册、登记、查成绩等。

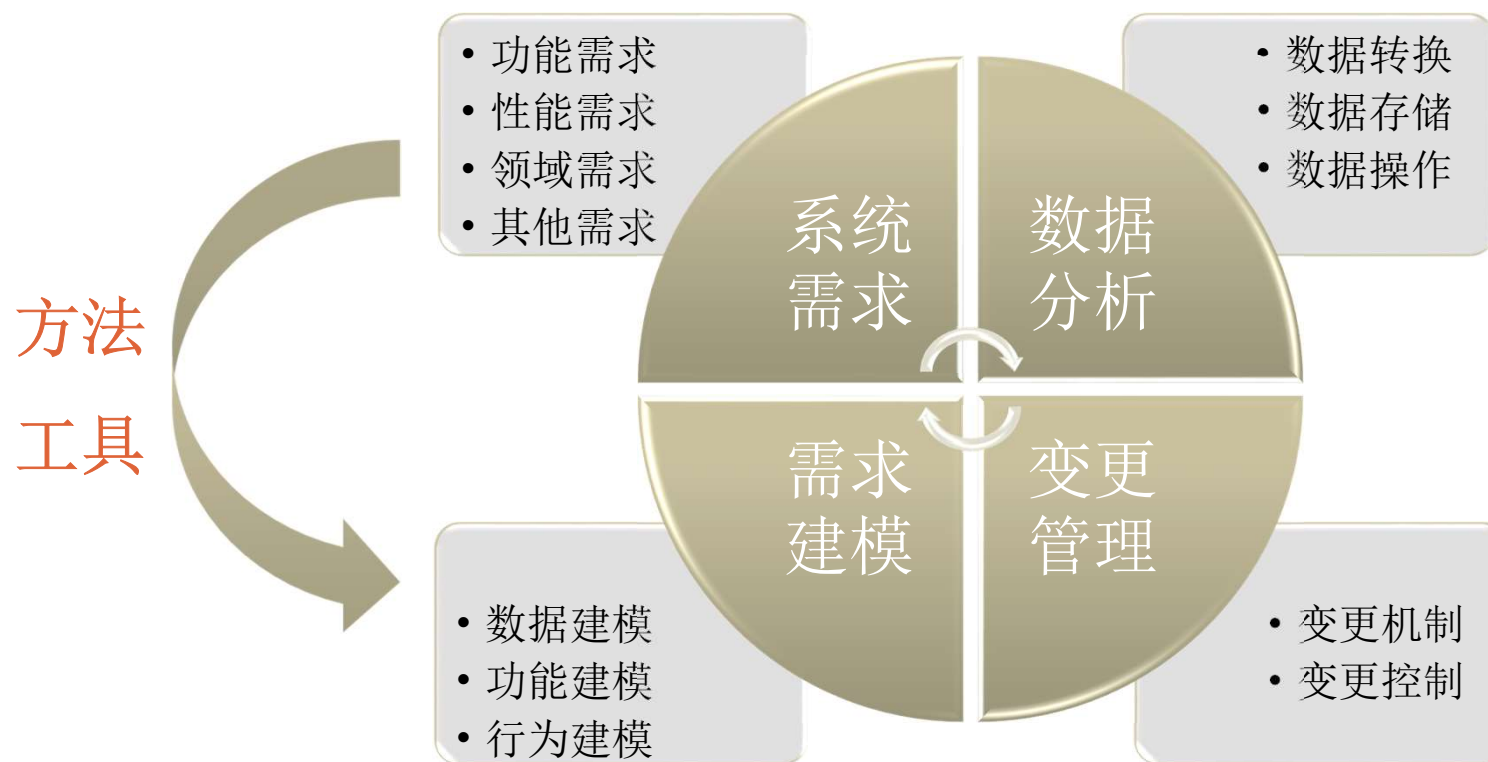
软件需求的基本概念

软件需求：准确回答“系统必须做什么”的问题



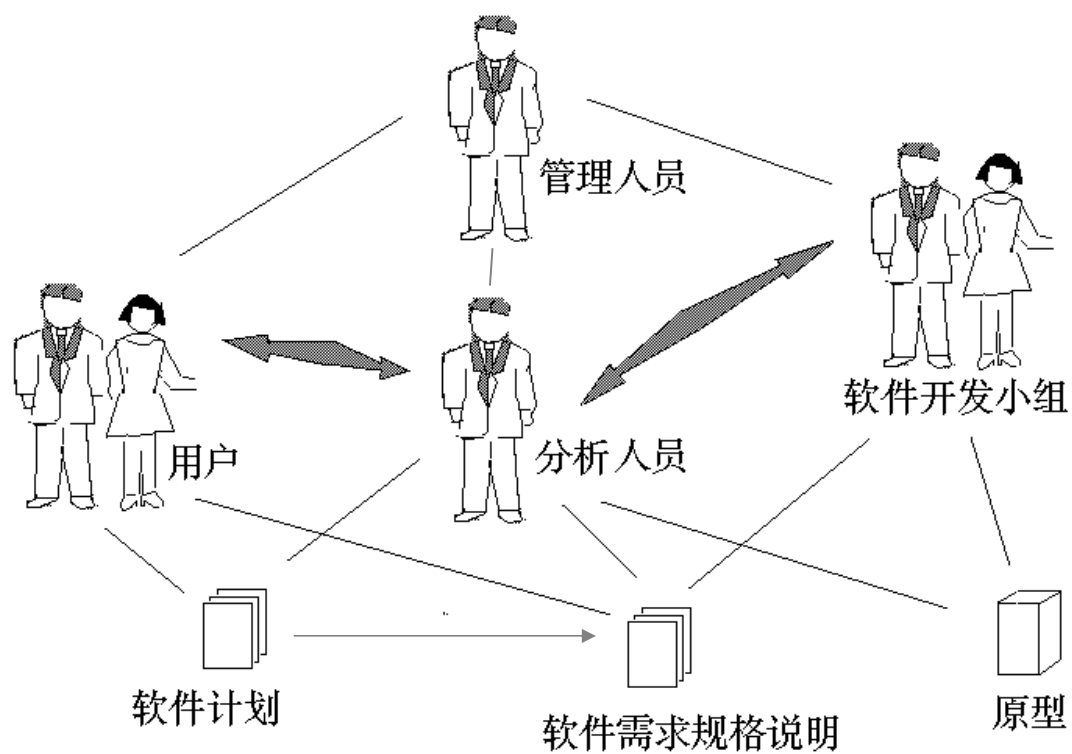
软件需求的基本概念

需求分析的任务



需求工程的过程

完整的软件需求中的参与人员



软件需求的基本概念

软件需求——初步分析

【例】学校招办拟开发迎新网，具体的描述：

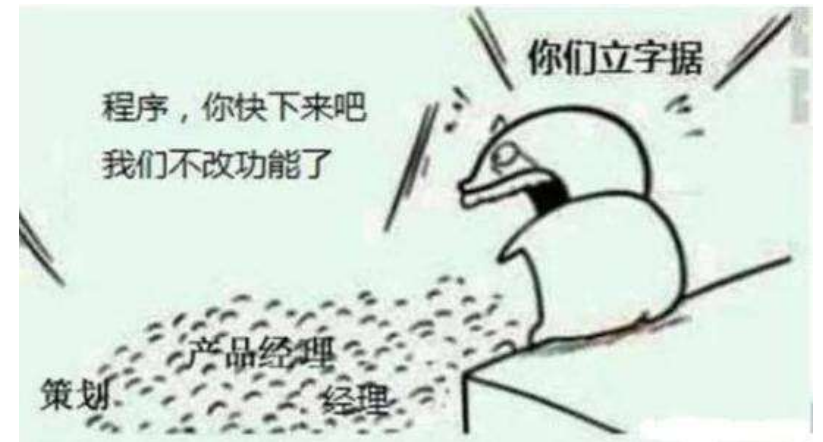
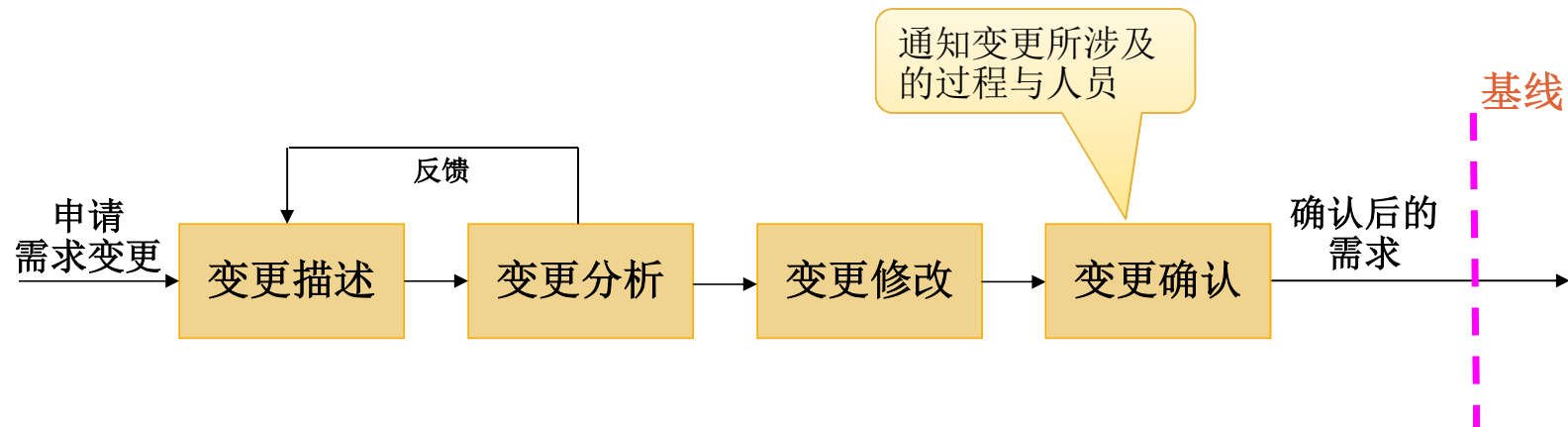
- ① 新生在该迎新网上完成入校报到，填写个人的基本信息。
- ② 新开发的迎新网站必须要与现存的校园网对接，便于数据交换。
- ③ 迎新网站根据教务部拟定的规则，自动生成学生学号。
- ④ 迎新网站确保学生信息不公开、不泄露。
- ⑤ 预期应新网将整合、统一管理学校在全国各地分校、研究院等的新生报到事宜及新生信息采集。
- ⑥ 系统提供开放的**API**并支持**C++**与**Java**访问应新网的系统服务。



需求工程的过程

需求工程对需求变更的管理

需求变更管理过程



需求工程的过程

如何减少需求变更的影响

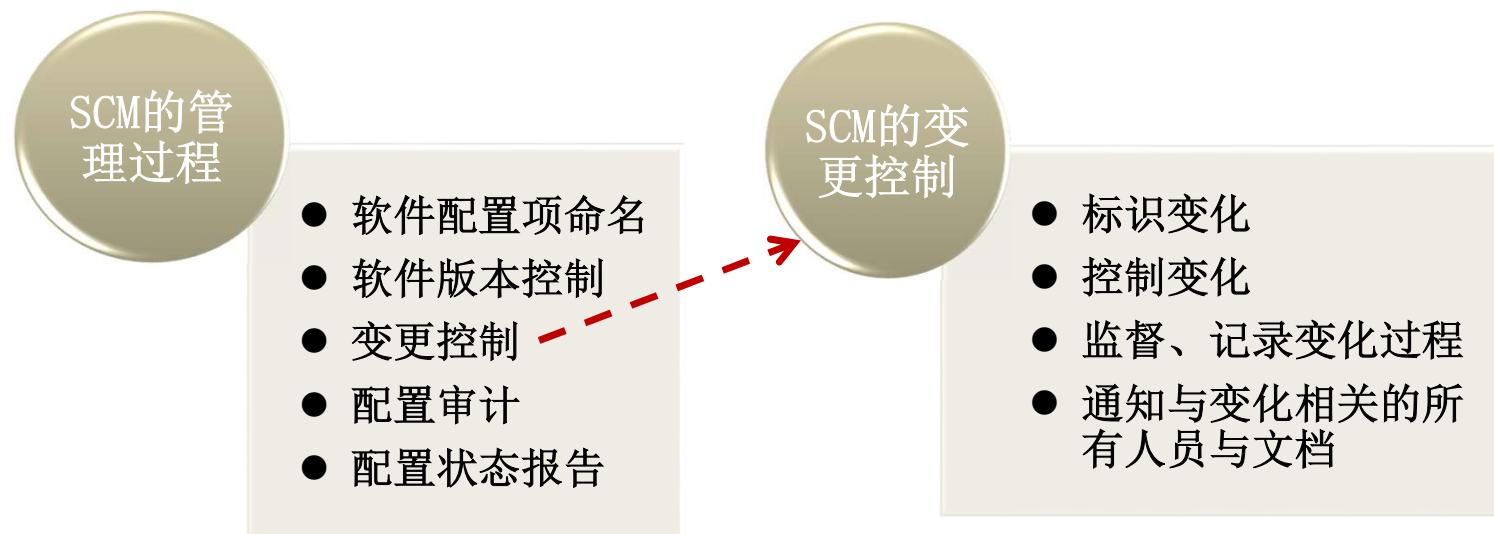
- 在软件工程过程中，用户需求变更是不可避免的。
- 在需求变更前没有进行仔细分析，或没有进行变更控制，更加剧需求变更所带来的混乱。

软件配置管理（**Software Configuration Management, SCM**）是对软件修改进行标识、组织和控制的技术。**SCM**的目的是通过定义管理软件变化的一组活动来有效控制变化和修改，缩小更改的涉及面、减少修改带来的副作用。



需求工程的过程

如何减少需求变更的影响



因此，尽可能地分析清楚，哪些是稳定需求，哪些是易变需求，以便在后续过程中，将软件的核心构筑在稳定需求之上。

需求工程的过程

如何减少需求变更的影响

【例】迎新网可选的参考软件配置项（纳入质量管理、过程管理、易变的需求）

- ① 新生在该迎新网上完成入校报到，填写个人的基本信息。 ➡ 与数据有关的结构
- ② 新开发的迎新网站必须要与现存的校园网对接，便于数据交换。 ➡ 与数据格式相关的标准
- ③ 迎新网站根据教务部拟定的规则，自动生成学生学号。
- ④ 迎新网站确保学生信息不公开、不泄露。 ➡ 与访问权限相关的规则
- ⑤ 预期应新网将整合、统一管理学校在全国各地分校、研究院等的新生报到事宜及新生信息采集。
- ⑥ 系统提供开放的API并支持C++与Java访问应新网的系统服务。 ➡ 与接口定义相关的范式

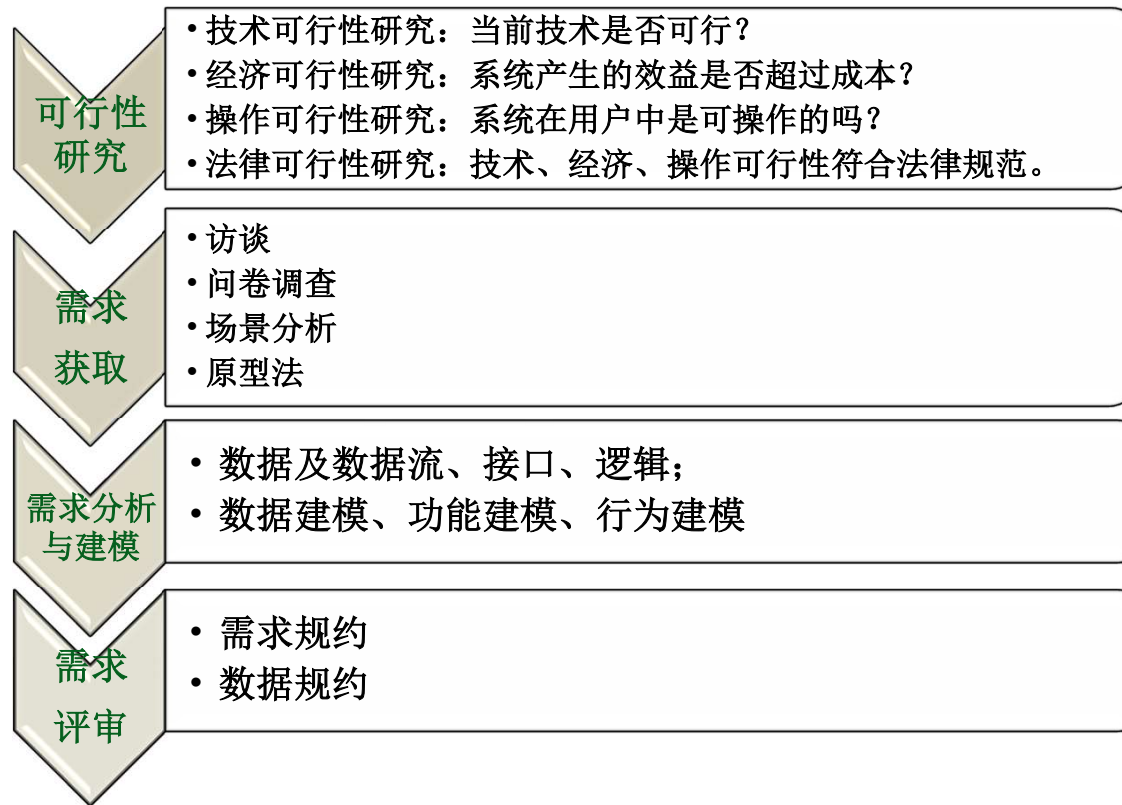
需求工程的过程

需求变更申请表
(样例)

| | | | | | |
|----------|--|-----|------|------|--|
| 项目名称 | | | | 项目经理 | |
| 变更申请人 | | | | 申请时间 | |
| 变更类型 | <input type="checkbox"/> 新增需求 <input type="checkbox"/> 需求变更 <input type="checkbox"/> 内部改进 <input type="checkbox"/> 产品缺陷 <input type="checkbox"/> 系统环境变更 <input type="checkbox"/> 其他 | | | | |
| 变更描述 | 变更前的需求描述 | | | | |
| | 变更后的需求描述 | | | | |
| 变更影响的配置项 | 序号 | 配置项 | 影响描述 | 当前版本 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 变更评审方式 | <input type="checkbox"/> 项目组裁决 <input type="checkbox"/> 召开评审会议 <input type="checkbox"/> 会签评审 | | | | |
| 评审负责人 | | | 评审成员 | | |
| 评审意见 | 需求变更所带来的影响、涉及范围 | | | | |
| | 需求变更方案 | | | | |
| | 变更对进度的影响 (天) | | | | |
| | 变更对成本的影响 | | | | |

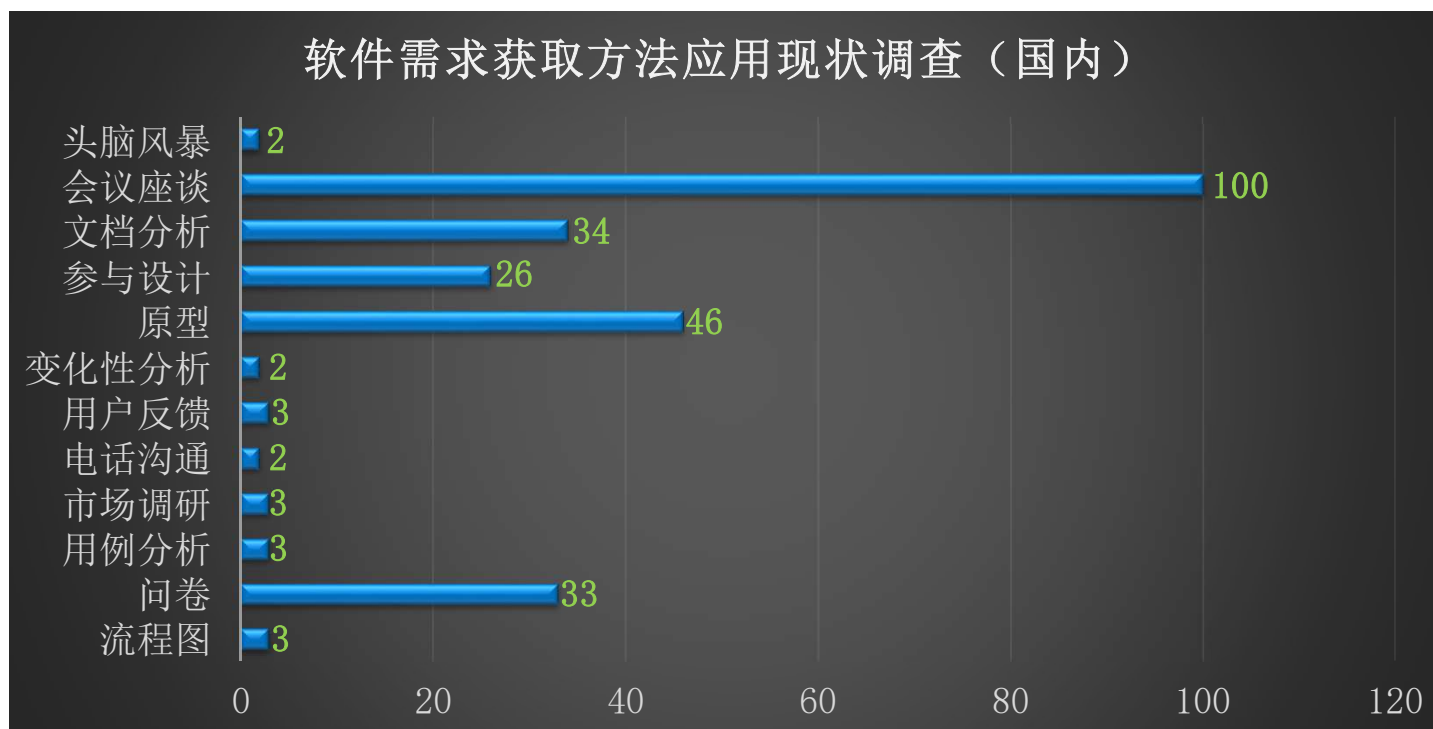
需求工程的过程

需求工程过程中的活动



需求获取技术

需求获取是需求分析的前提，没有完整、正确的获取用户需求，就不能保证软件产品质量。因此，软件人员与用户交流需要好的方法，以便能达成共识。



需求获取技术

在实践活动中常用方法

- 个别会谈和小组会议
- 问卷调查
- 面向用例的场景分析
- 快速原型法



需求获取技术

■方法一：个别会谈，小组会议

实例：儿童自然语言对话系统



1. 了解系统需求：计算机和儿童的自由对话、进行图灵测试和判断孩子的智力年龄；
2. 市场调查：目前仅有测试儿童IQ的系统；
3. 访问用户和用户领域专家：教师、儿童、北师大心理学的专家。

需求获取技术

■ 方法二：问卷调查

“盘古系统”儿童对话调查表



| 编号 | 提出问题（不知道要问什么问题） |
|-------|-----------------------|
| 1 | 孩子们对什么感兴趣？ |
| 2 | 和孩子们怎么交流？ |
| 3 | 您每日都怎么上课？ |
| 4 | 怎么抓住孩子们的注意力？ |
| 5 | 孩子的父母、家庭环境对孩子的兴趣有影响吗？ |
| 6 | 您总结出孩子说话的特点是什么？ |
| | |

需求获取技术

■ 设计：问卷调查——教学管理系统调查表



| 编号 | 提出问题（发现问题背后的问题） |
|-------|---|
| 1 | 对计算机学院的本科教学，为什么要使用计算机来进行管理？ |
| 2 | 目前院里采用计算机管理工作情况如何？哪些功能、性能需要改进、新增？ |
| 3 | 我们能否用一两天的时间，与本科管理者在一起，观察或实践来了解老师的工作流程？（采用情景分析，提炼出新需求、性能和约束） |
| 4 | 哪些手工操作是目前系统无法解决的？（采用排除法。可以在3中得到较圆满的理解和回答） |
| 5 | 找出确实需要改进的、可以由手工业务转向计算机系统流程的工作？（这之后进一步对功能定义、划分等继续深入分析） |
| | |

需求获取技术

■ 方法二：问卷调查——问卷设计需要有规范性和有效性



引出功能性需求的问题

功能

- 系统将做什么？
- 有多种操作模式吗？
- 需要执行数据转换吗？
- 有对外部的接口吗？

数据

- 数据从哪儿收集？
- 输入输出数据格式？
- 数据是否需要长期保存？

引出约束的问题

用户

- 谁使用系统？
- 有几类用户？
- 每类用户如何使用系统？

接口（内部与外部）

- 输入是来自一个还是多个其它系统？
- 输出是来自一个还是多个其它系统？
- 输入、输出格式（接口）是什么？

过程

- 资源、材料
- 本地、远程
- 领域标准有哪些？
- 系统规模如何？
- 对采用技术、编程语言、构建有无要求？

引出的质量需求的问题

- 性能
- 可靠性
- 安全性
- 可用性
- 可维护性
- 交付时间及成本

需求获取技术

■ 方法三：场景分析

考察现场，观察、提炼用户工作流程：

- 现场：学校、幼儿园
- 观察：上课、对话
- 用户工作流程：儿童说话过程及其特点

实例：儿童自然语言对话系统

总结了儿童说话过程及其特点：

- ☯ 自主语言少，被动语言多；
- ☯ 不能把自己的观点和别人的观点分开；
- ☯ “问题语言”；
- ☯ 对于事物的认识主要依赖于自己凭经验而得到的理解。

需求获取技术

课堂练习：需求获取（需求描述）

某大学图书馆管理系统，该系统除了一般的图书馆管理功能外，还能够为学生和教工从其他图书馆提供借阅图书、查询文献、资料下载等服务。



系统应该具备以下一般图书馆功能：

1. 基本业务功能；
2. 数据库管理功能；
3. 信息查询功能。

结构化需求分析与建模

对收集到的需求进行提炼、分析和认真审查，确保所有参加人员取得一致共识，并找出错误、遗漏和不足，建立完整的分析模型。

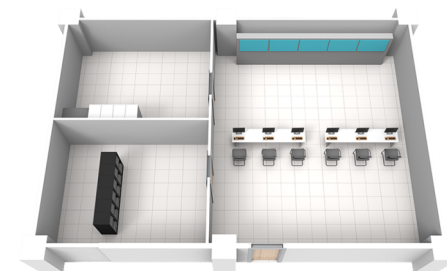
需求分析和建模包含三个层次的工作。

- 1、需求分析：以访谈、问答等形式，用自然语言描述用户的需求；
- 2、需求建模：选择适当模型一致地描述需求；
- 3、需求规格说明(文档)：有效记录建模的过程和内容。

结构化需求分析与建模

结构化的需求分析与建模

结构化分析和建模的主要目的是为了减少分析时的错误，通过自顶向下建立系统逻辑模型，降低系统设计时的复杂性，提高系统的可维护性。



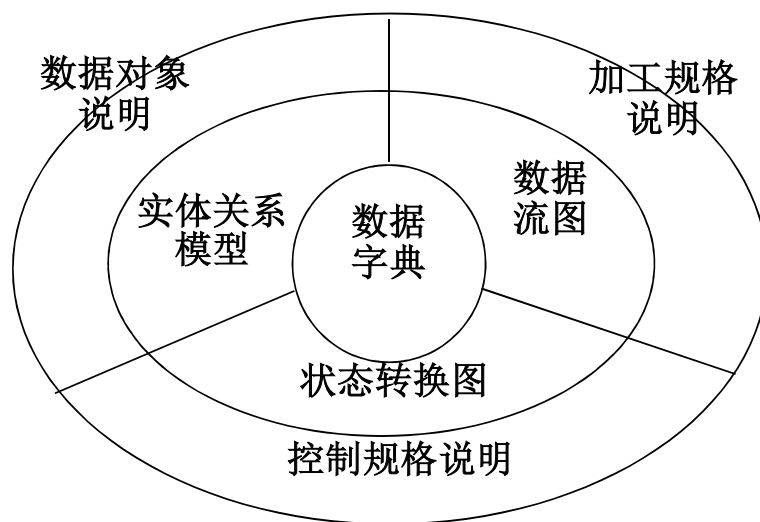
结构化需求建模过程包括：

- 基于ER模型的数据建模
- 基于DFD图的功能建模
- 基于STD图的行为建模

结构化需求分析与建模

1. 面向数据的数据建模

结构化分析的核心是数据。数据包括在分析、设计和实现中涉及的概念、术语、属性等所有内容，并把这些内容定义在数据字典中。围绕数据字典，完成功能模型、数据模型和行为模型的结构化建模过程。



结构化需求分析与建模

1. 面向数据的数据建模

数据建模需要回答以下几个问题：

- 系统中有哪些数据对象？
- 数据对象具有哪些属性？
- 数据对象间有什么关系？
- 数据对象分别处于系统的哪些功能或流程中？
- 在面向对象建模中，从数据对象里能抽象出更高层次的对象吗？或者数据对象能组合吗？
- 在面向对象建模中，从数据对象里能细化出更具体的数据吗？或者数据对象能分解吗？

静态信息

动态关联

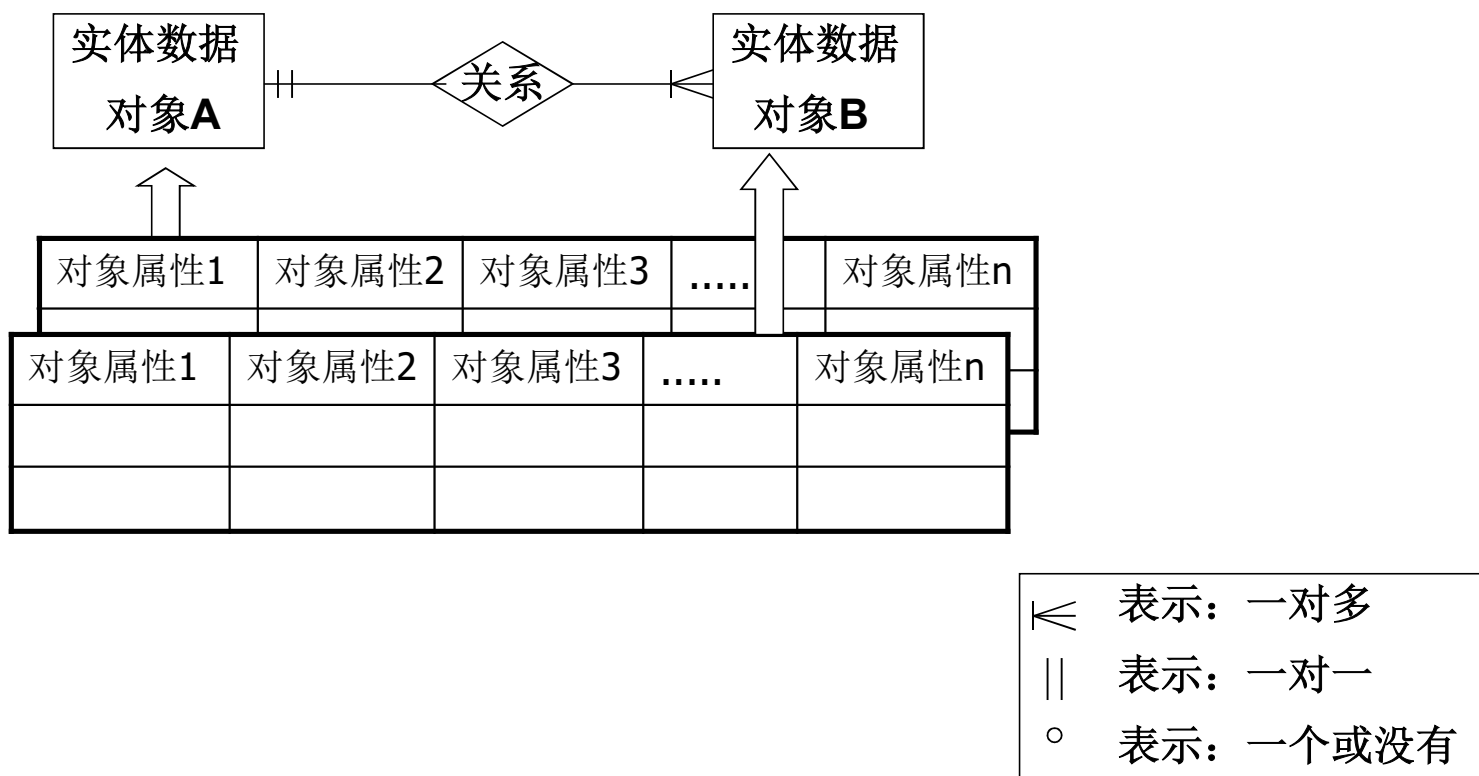
数据操作

复杂数据



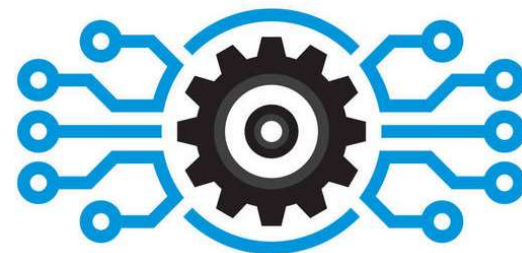
结构化需求分析与建模

1. 面向数据的数据建模——实体-关系图（ER图）



结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模——常用分析技术



为了降低软件的复杂度，便于对问题的分析和理解，常采用以下技术：

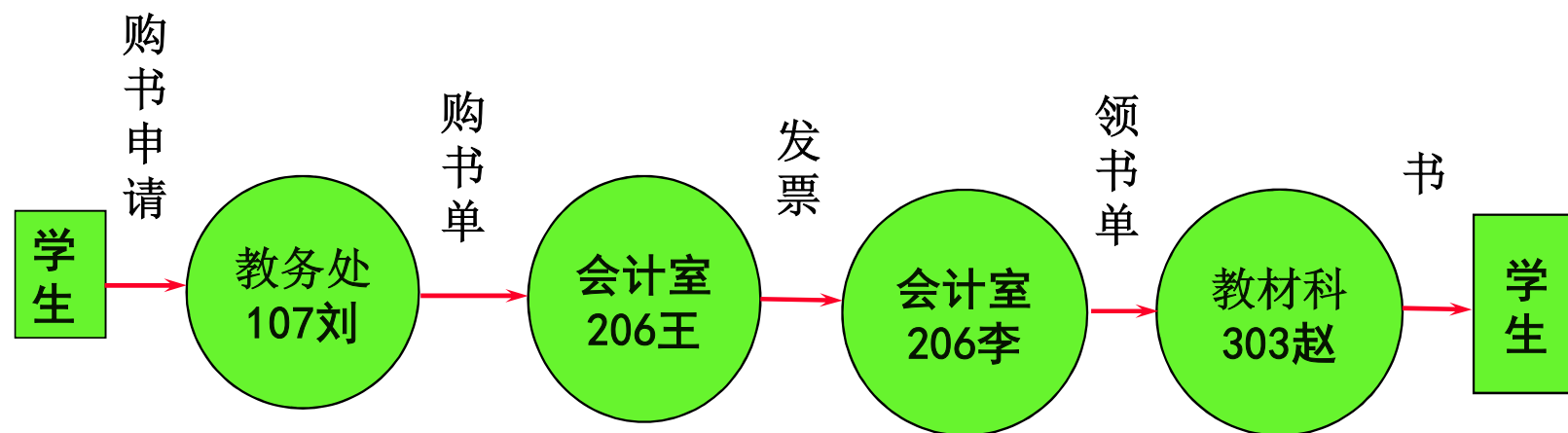
- 1. 分解** 将大问题分解为小问题，通常是自顶而下，不断细化的过程。
- 2. 抽象** 忽略问题的细节，抓住问题的本质特性，在不同的抽象层次上进行分析，提出解决问题的方案。
- 3. 多视点** 注意从各类开发人员和不同用户的角度考虑问题，才能获得 对系统的全面完整的需求。

结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模

学生购买教材的物理模型

(1) 通过对用户实际操作的现场调查，得到用户所在应用领域实际的操作流程（物理模型）。

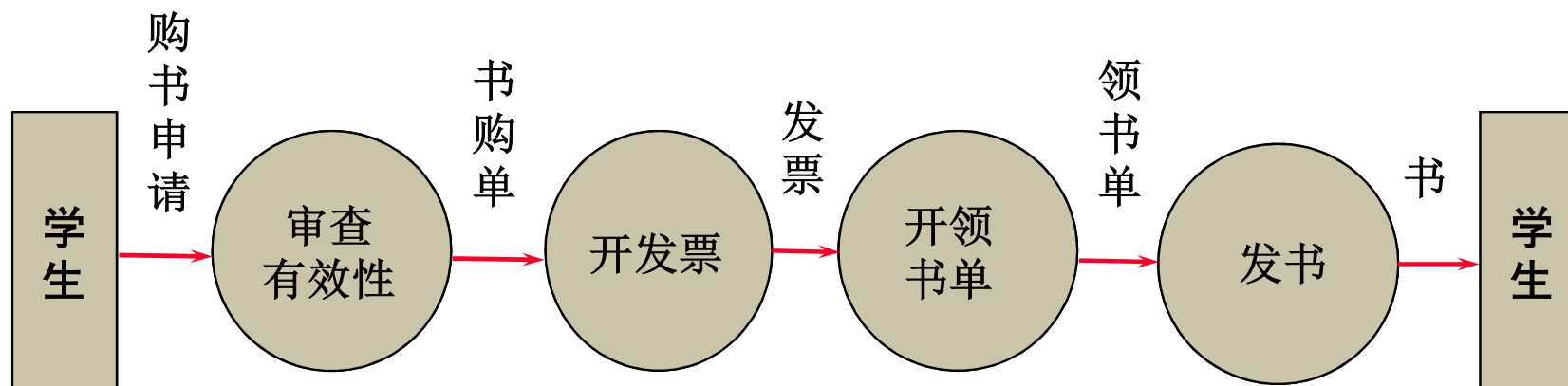


结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模

学生购买教材的抽象模型

(2) 去掉具体模型中的非本质因素，**抽象**出当前系统的逻辑模型。

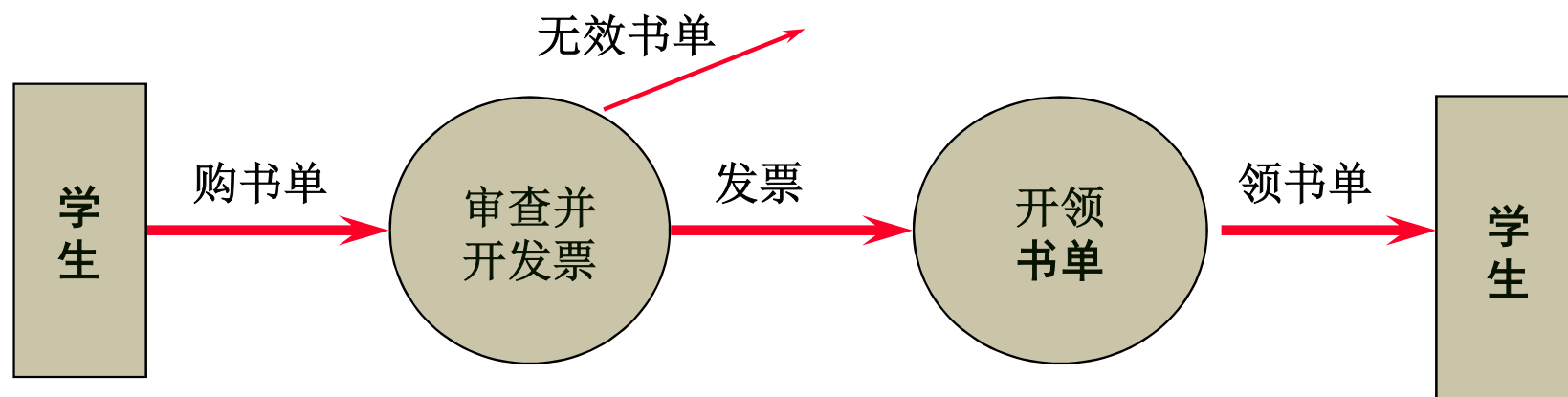


结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模

学生购买教材的抽象模型

(3) 分析当前系统与目标系统的差别，建立目标系统的逻辑模型。



(4) 对目标系统进行完善和补充，写出完整需求说明。

(5) 对需求说明进行复审，直到确认文档齐全，并且符合用户的全部需求为止。

结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模 —— 课堂练习



同学们以自己去校医院看病的过程为例，画出该过程的物理模型，并抽象出对应的逻辑模型。

结构化需求分析与建模

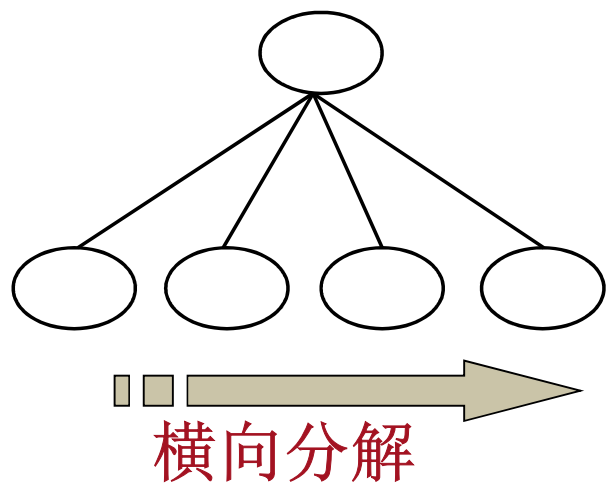
2. 面向数据流的功能建模

适用性：大多数的软件系统

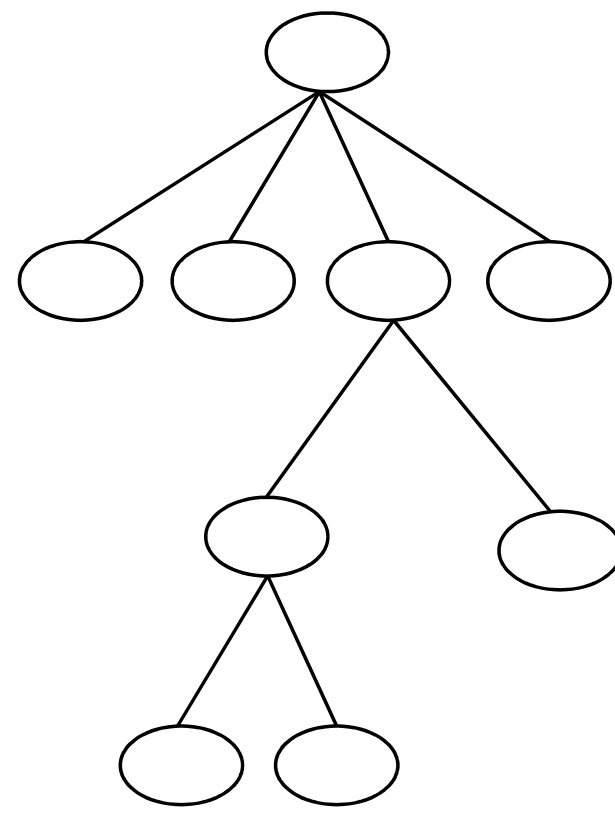
核心方法：按照软件内部数据传递、处理、变换关系，用自顶向下、逐步求精的方法找到满足功能要求的全部可实现软件。

结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模 —— 分解方式



纵向分解

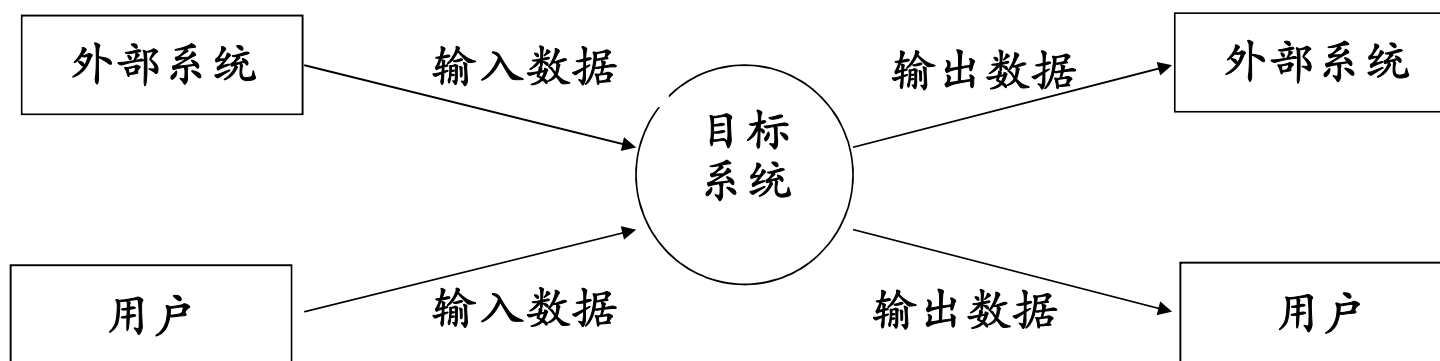


关键问题 / 技术

结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模——数据流图（DFD）

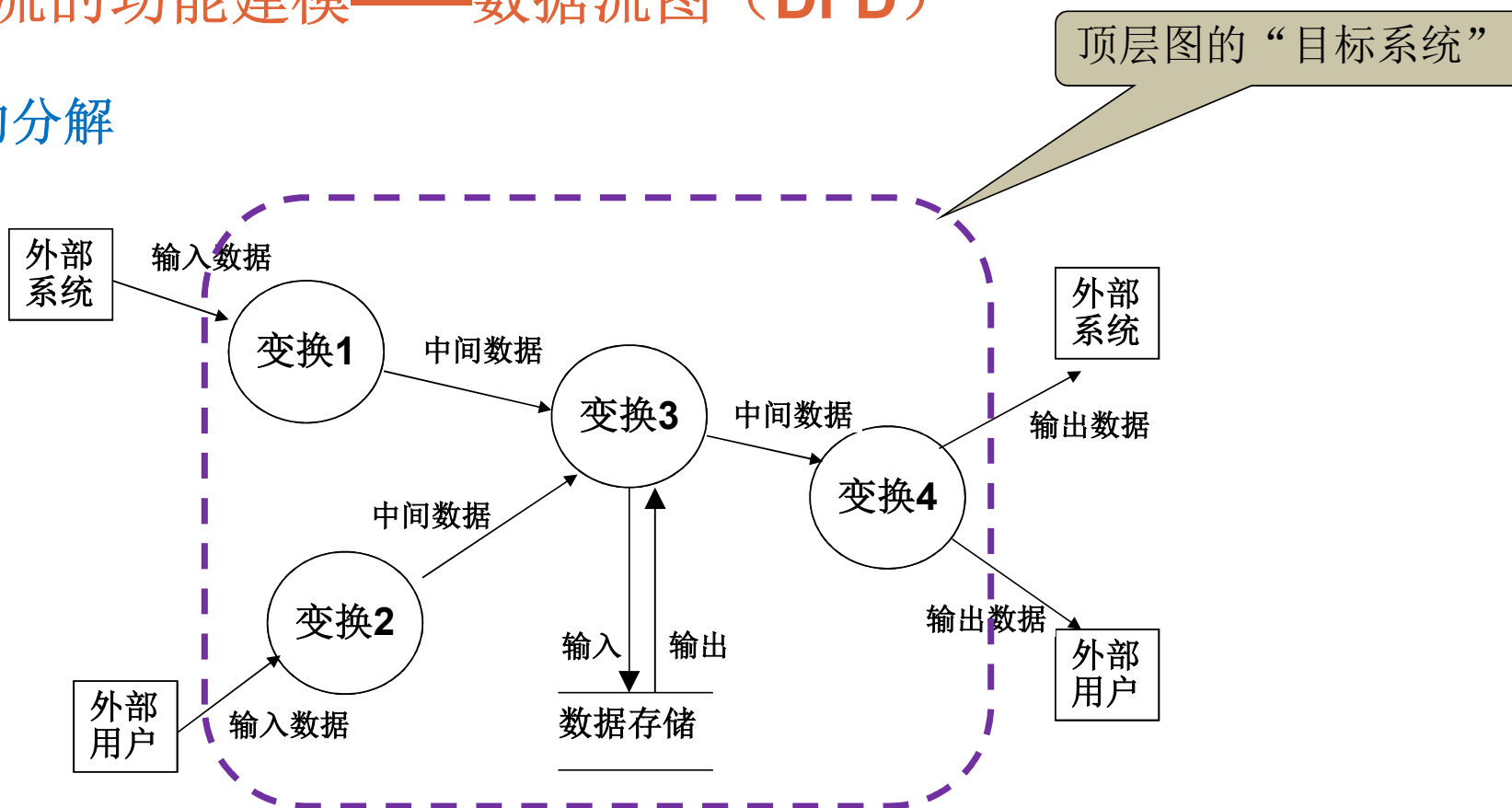
数据流图（**Data Flowing Diagram, DFD**）是结构化建模中最流行的功能建模工具。**DFD**描述从数据输入、数据转换到数据输出的全过程。能对**DFD**图分层，分层的**DFD**更进一步刻画对系统功能的分解。



结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模——数据流图（DFD）

数据流图的分解



结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模 —— DFD图的分解过程

DFD图可以用来表示任何抽象级别的系统功能，随着系统功能和信息的逐渐增加，DFD图通过分解来逐层细化用户需求。

分解步骤如下：

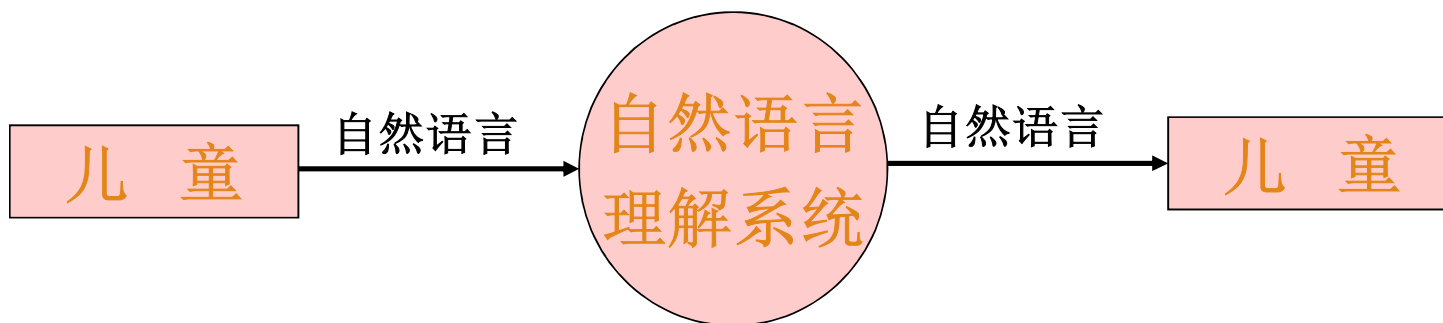
- 确定系统的外部信息源、数据源或与外部系统的接口。
- 画出顶层（0层）DFD图。
- 第一次精化：划分系统的子系统。
- 逐层求精：对各子系统进一步精化。

结构化需求分析与建模

例：儿童自然语言对话系统（**DFD**顶层图）

三个重要属性：

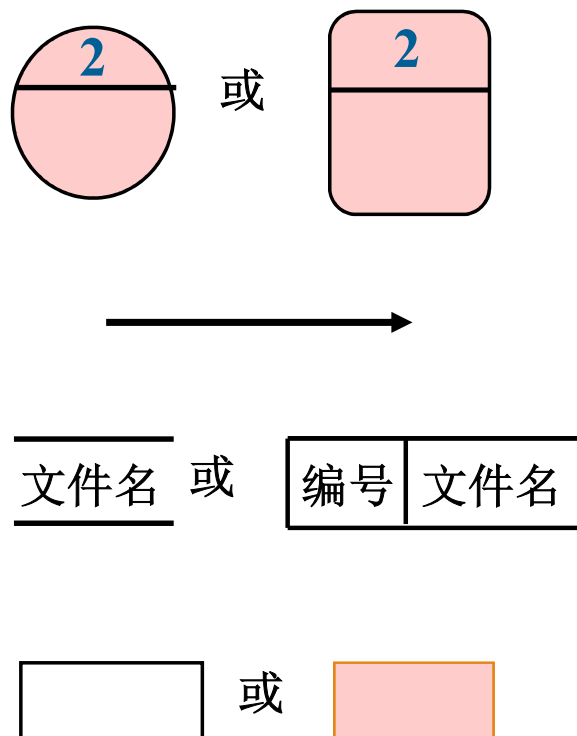
- ➡ 流向（从加工出发或流向加工）
- ➡ 数据组成
- ➡ 数据流名字



顶层图的作用：关注输入/输出数据，一般的数据文件不出现在顶层DFD中。

结构化需求分析与建模

数据流图的四个基本组成部分



数据加工(转换)： 输入数据经加工变换产生输出数据。

数据流： 沿箭头方向传送数据的通道。

数据存储： 存储文件/数据库 (数据源)。

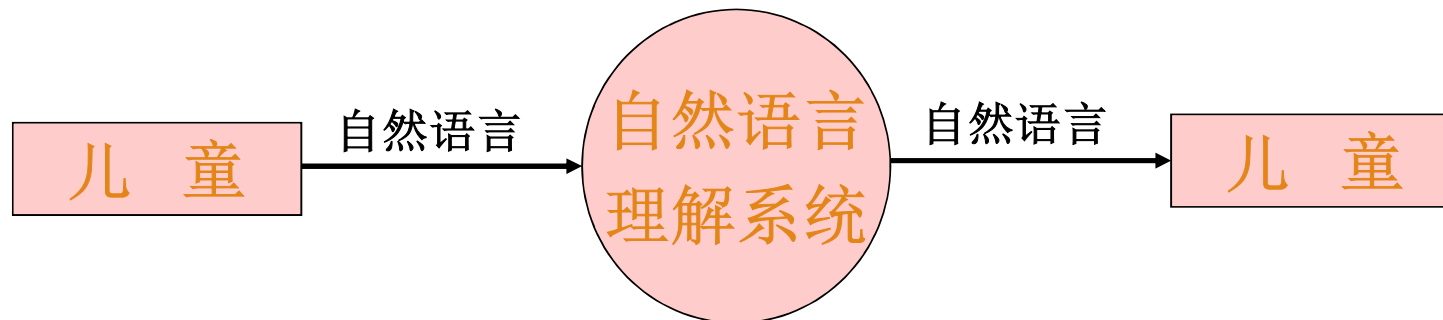
外部实体（源）： 表示系统和环境的接口, 属系统之外的实体。

结构化需求分析与建模

例：儿童自然语言对话系统（**DFD**顶层图）

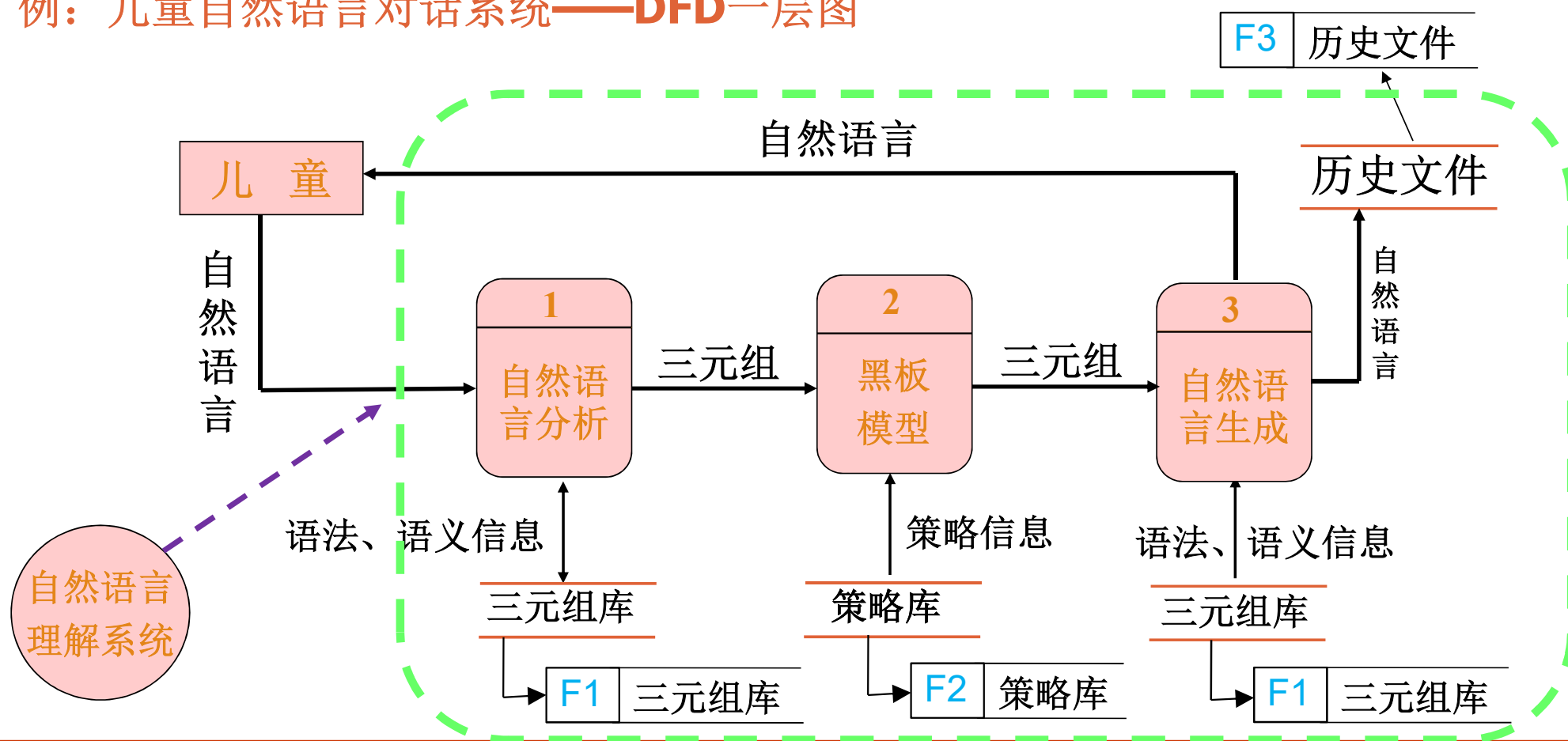
三个重要属性：

- ➡ 流向（从加工出发或流向加工）
- ➡ 数据组成
- ➡ 数据流名字



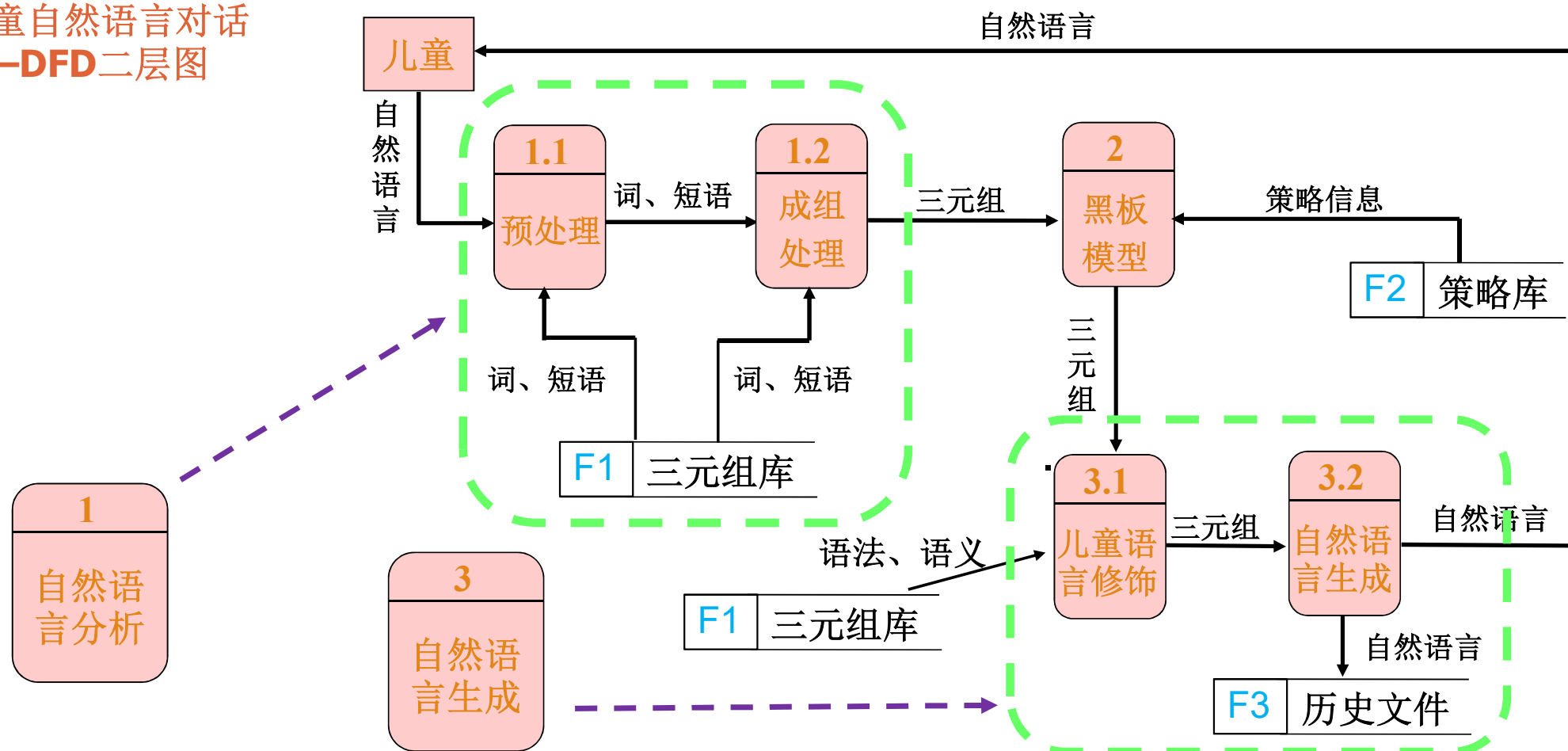
结构化需求分析与建模

例：儿童自然语言对话系统——DFD一层图



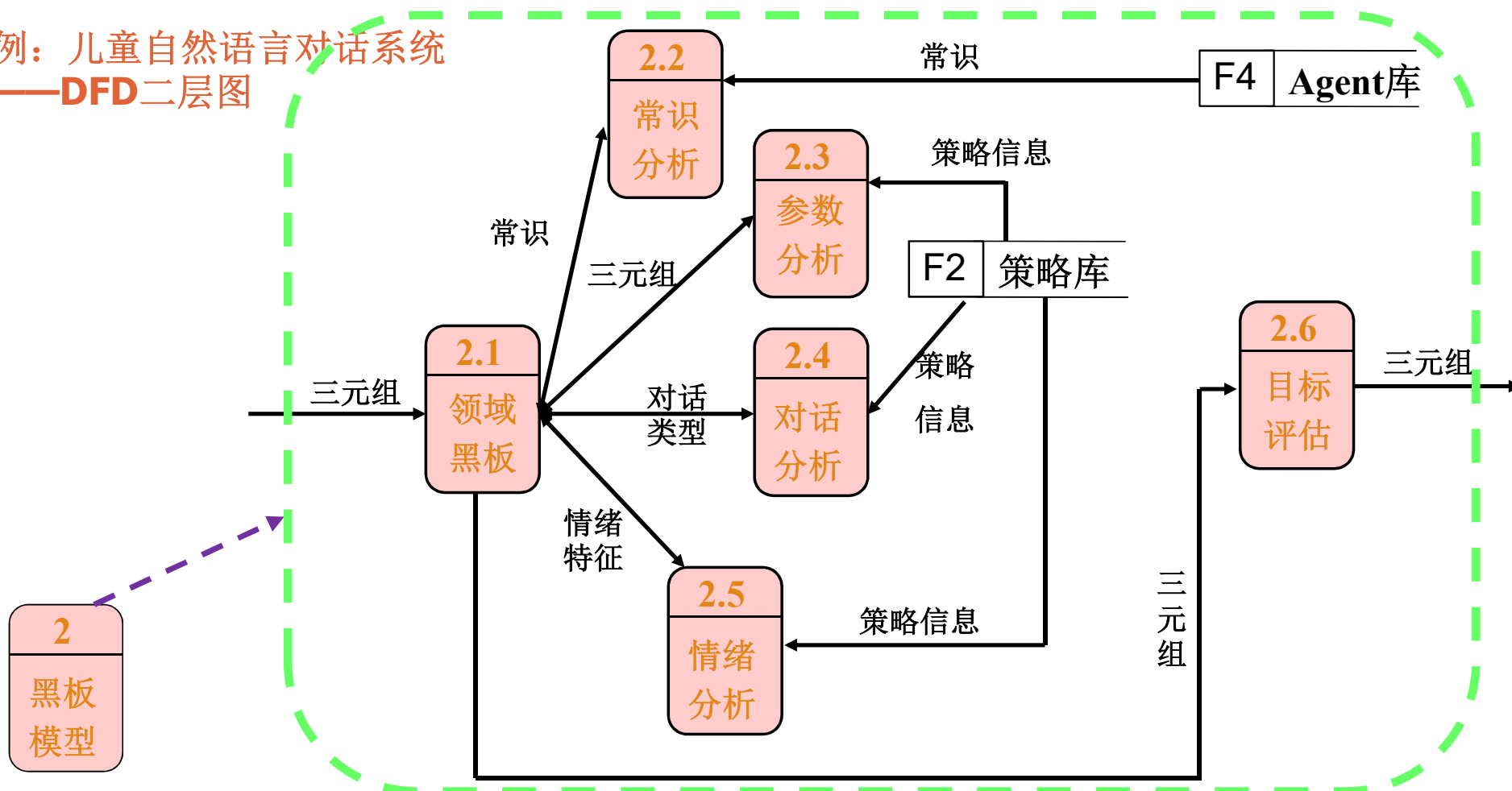
结构化需求分析与建模

例：儿童自然语言对话系统——DFD二层图



结构化需求分析与建模

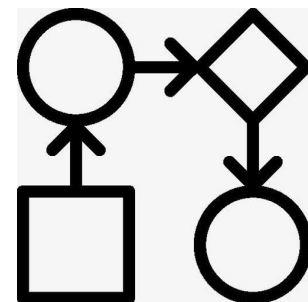
例：儿童自然语言对话系统
——DFD二层图



结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模——DFD图中各元素命名

对DFD图中各部分元素的命名切忌用空洞的名词，这样不仅会给系统设计带来歧义，而且难以确定数据的结构和组织方式。



命名时应遵循以下原则：

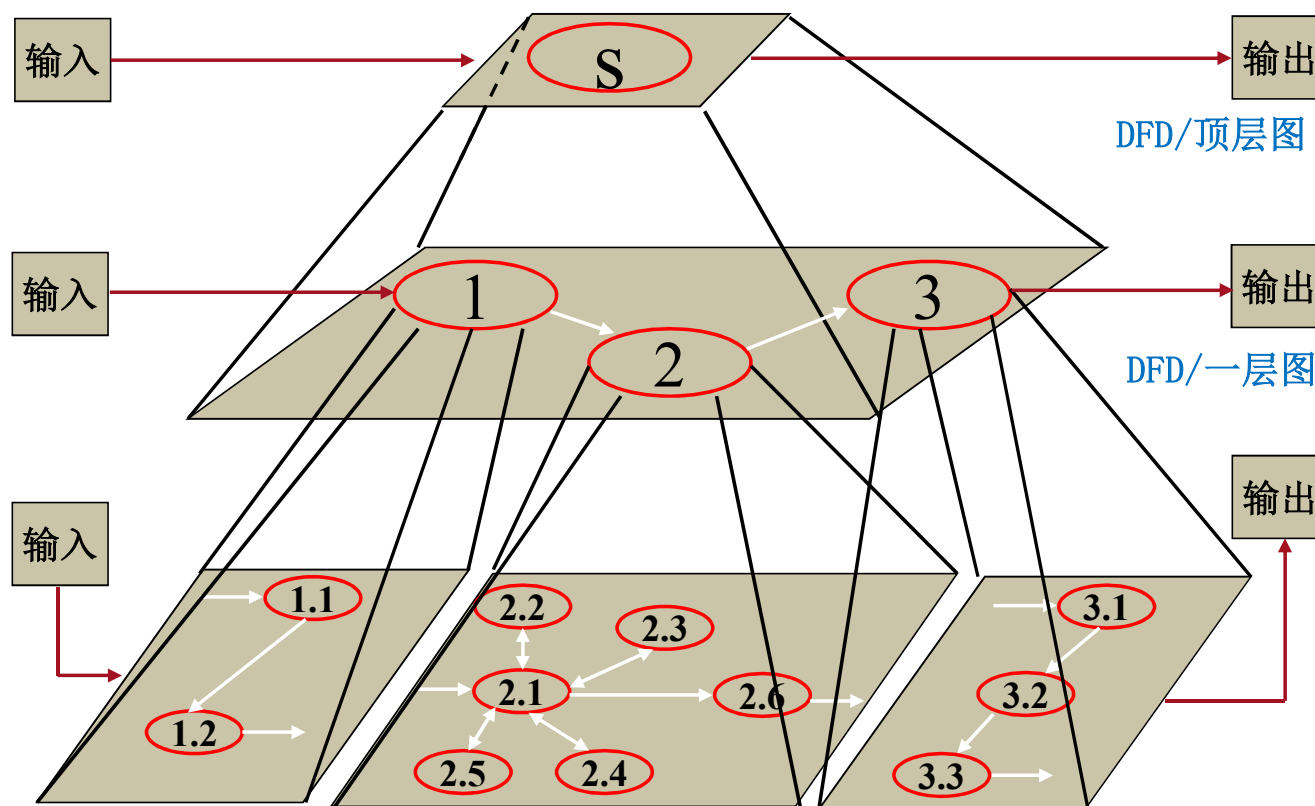
- 用名词或名词短语，避免使用空洞、无意义的词汇；
- 尽量使用需求描述中的已有词和领域术语；
- 命名出现困难时，考虑是否是数据流划分是否正确，并重获需求；
- 顶层DFD图中的加工名就是软件项目的名字。

结构化需求分析与建模

2. 面向数据流的功能建模——DFD图分层注意事项

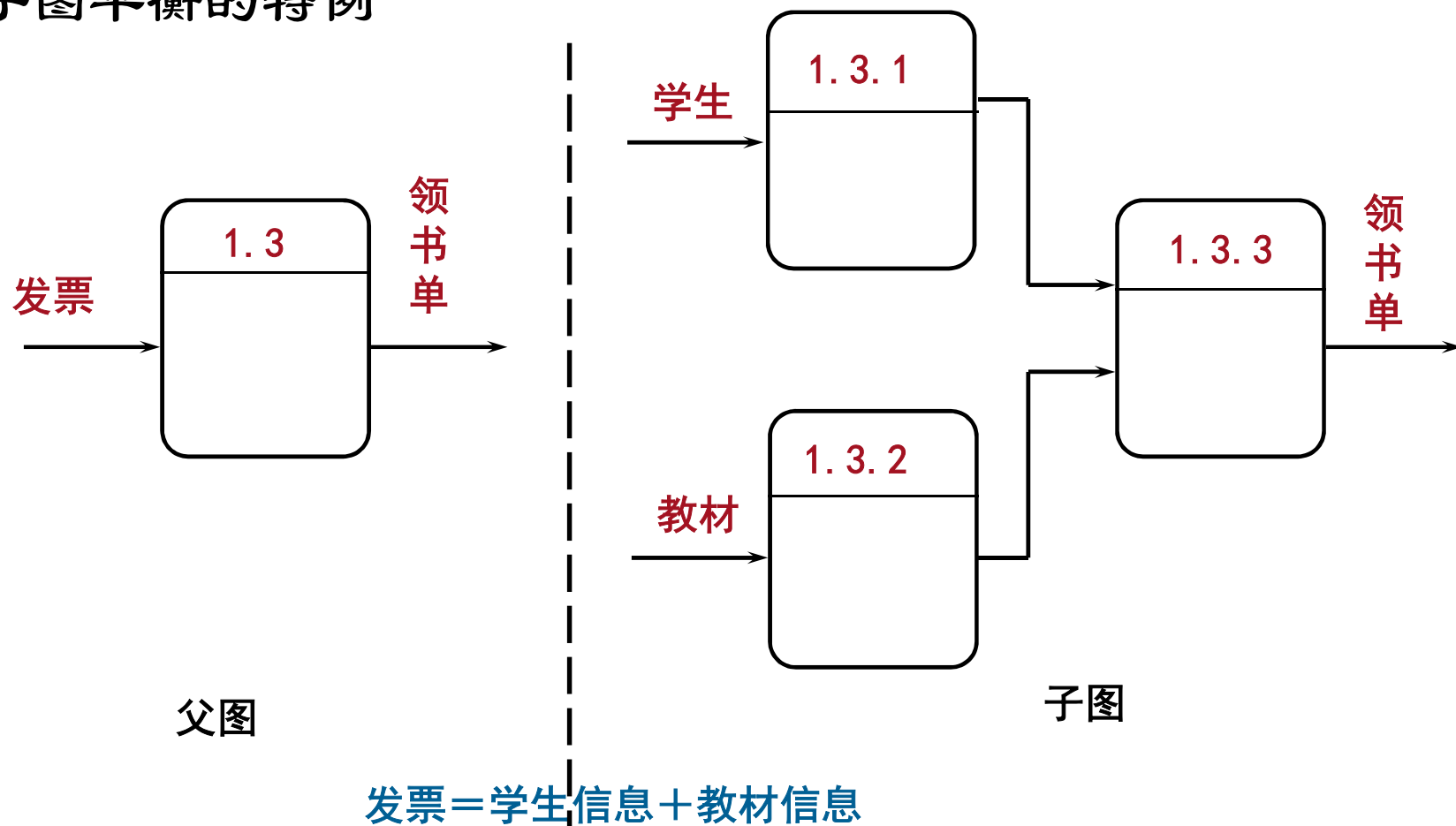
在逐层细化DFD图时，还需注意以下几点：

- 父图和子图的平衡关系
- DFD图的编号
- 平衡规则



结构化需求分析与建模

父图与子图平衡的特例



结构化需求分析与建模

课堂练习：机票销售系统的需求分析——功能建模



初步的需求描述

在一个简化的机票销售系统中，售票员根据旅客提供的航班号，首先查询机票并负责录入、修改旅客的基本信息（姓名、身份证号、航班号、票价、到达港）到票务文件中，并打印机票给旅客；保险公司人员负责录入或修改保险信息（保险金额、起始日期、终止日期）到保单文件，打印保单给旅客；销售部经理根据航班信息可随时查询每一航班的售票信息（航班号，售票数量、营业额）；同时还能计算日营业额。

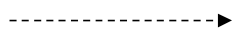
结构化需求分析与建模

数据流图的扩展——实时系统的数据流图

Ward和**Mellor**对实时系统的数据流图进行相应的扩展，引入了控制流及连续的数据流等符号。

该扩展可适应实时系统提出的要求：

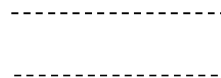
- 在时间连续的基础上接受或产生数据流；
- 贯穿系统的控制信息和相关的控制信息；
- 多任务的情况下可能会遇到同一个加工的多个实例；
- 系统状态以及导致系统状态迁移的机制。



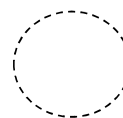
控制项
或事件



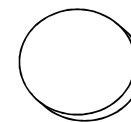
连续数据流



控制存储



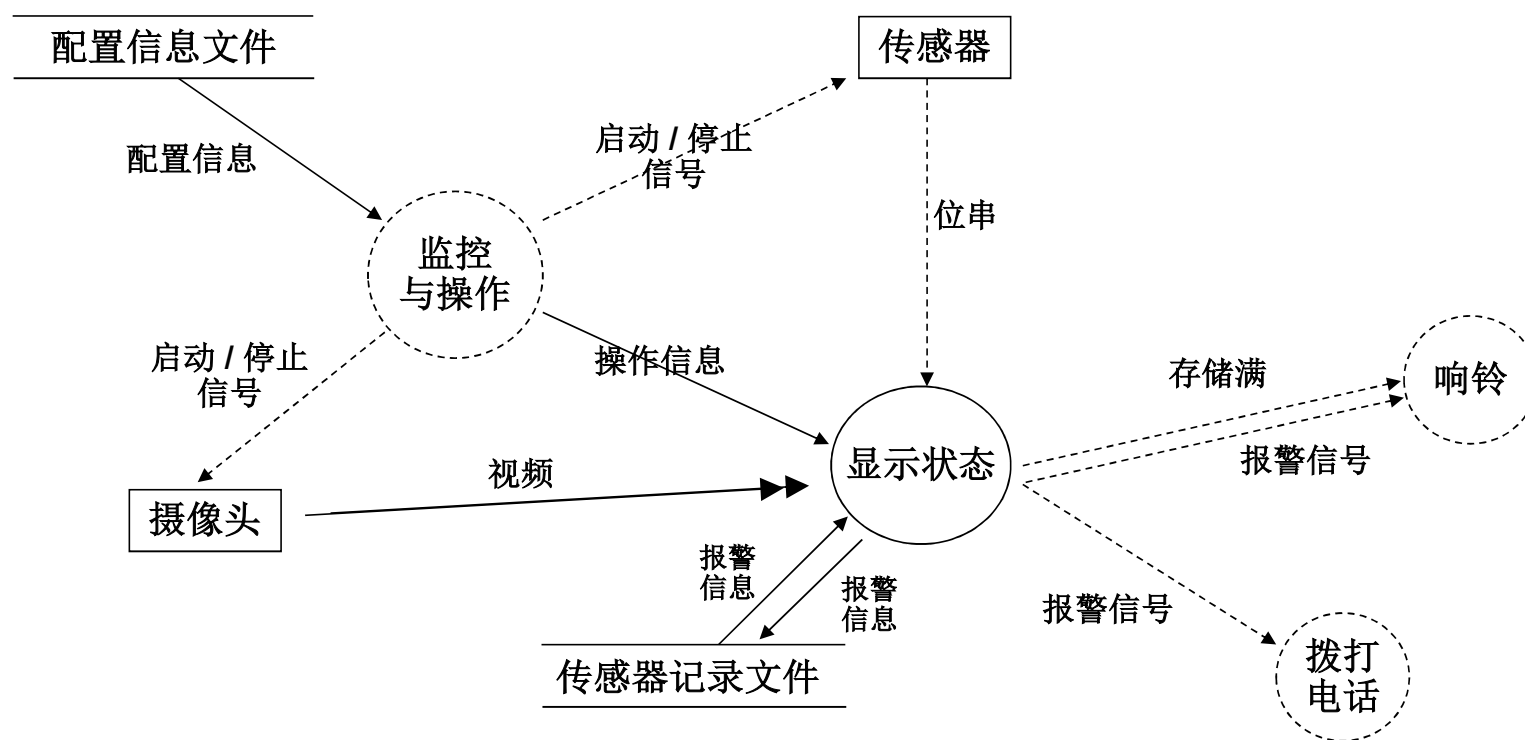
控制加工



一个加工
的多个实例

结构化需求分析与建模

实时系统的数据流图——教室监控子系统



结构化需求分析与建模

3. 面向状态转换的行为建模

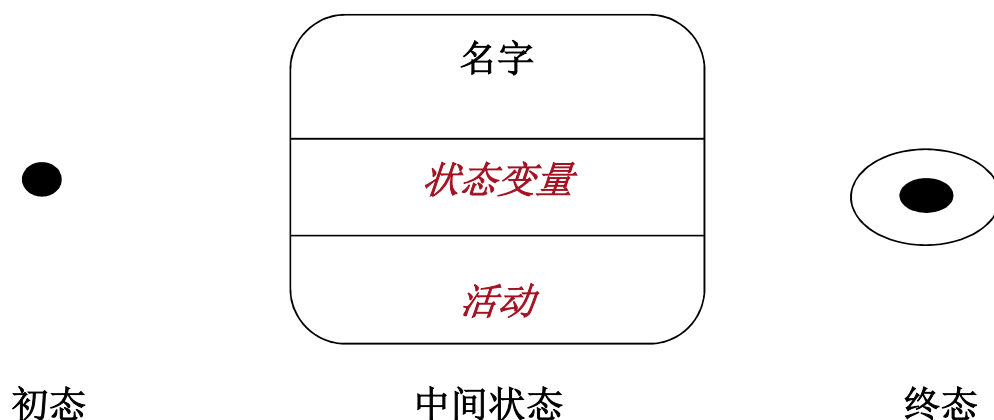
状态转换图（**Status Transition Diagram, STD**）通过描述系统状态及引起状态转换的事件来表示系统行为。**STD**图同时也反映了事件执行的行为。**STD**图主要由状态、转换和事件等的图形符号构成。

结构化需求分析与建模

3. 面向状态转换的行为建模

状态是可观察到的行为，是同一数据对象在系统的不同运行时刻所具有的行为属性值，是事件触发后一系列动作的结果。

事件是指在某一时刻发生的事情，是触发状态转换的条件或一系列动作。在中间状态的符号中，活动即是事件。

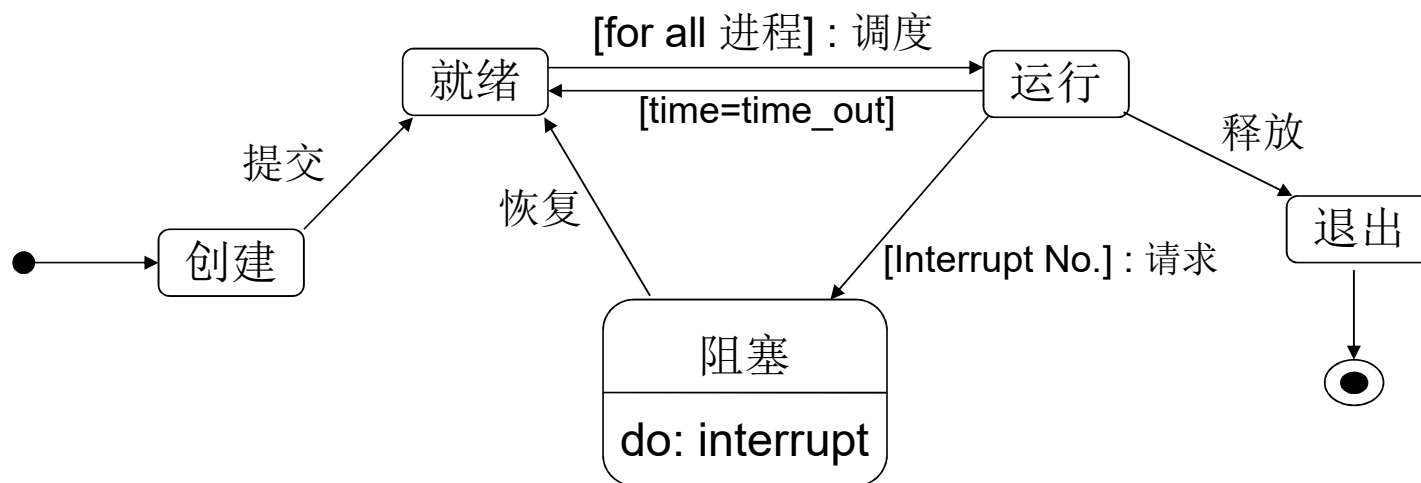


结构化需求分析与建模

3. 面向状态转换的行为建模

- 状态转换：由一个状态转换到另一个状态的关联，它表明状态变换是有序变换过程。状态转换是由事件或条件触发。如果状态间转换没有事件触发，则前一状态结束信息就是转换到下一状态的触发条件。

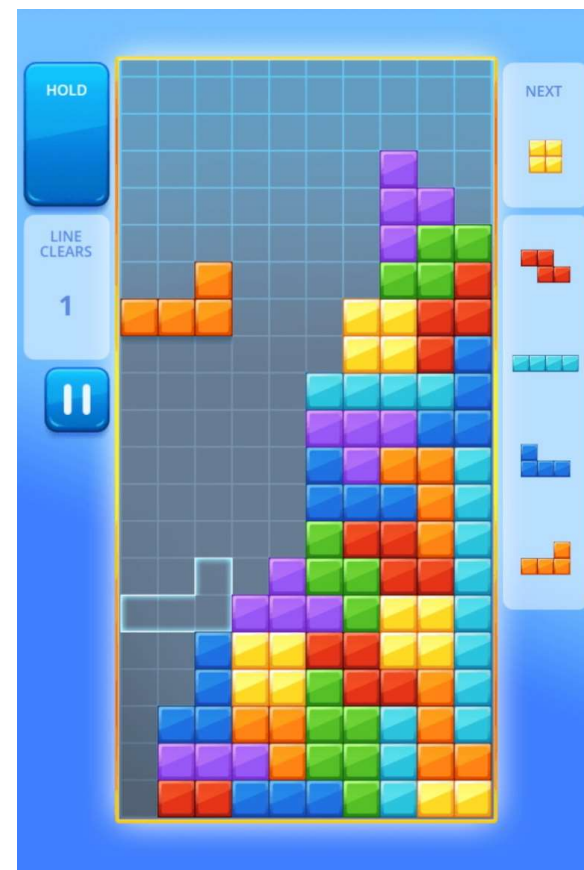
进程三状态转换图



结构化需求分析与建模

课堂练习：俄罗斯方块状态转换图

针对俄罗斯方块一个回合过程，给出其对应的状态转换图。
一个回合是指某个方块图形从出现到落到底部的一次过程。



结构化需求分析与建模

4. 数据字典DD (Data Dictionary)

数据字典以结构化方式定义了数据建模、功能建模和行为建模过程中涉及到的所有数据信息、控制信息。它是当前系统的软件词典，提供用户和软件人员的概念解释，也提供在系统开发过程中各种有关数据和控制的描述信息，使得系统所有的相关人员对信息有共同的、一致的理解。



- 词条描述
- 定义式

结构化需求分析与建模

4. 数据字典DD（Data Dictionary）——词条描述

数据字典提供人们查阅对不了解的条目的解释，也提供了在软件分析和设计的过程中给人提供关于数据的描述信息。

词条描述详细说明了数据和控制信息在系统内的传播途径。它分为数据流词条、数据元素词条、加工词条和存储文件词条等内容的定义。

结构化需求分析与建模

4. 数据字典DD（Data Dictionary）—— 数据流词条描述

1) 数据流词条描述

数据流名：词、短语

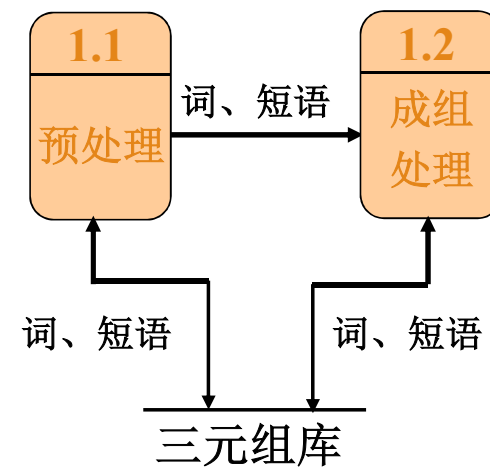
说明：该信息是去掉自然语言中语气词、标点符号后的分词

数据流来源：来自“自然语言的预处理”部分

数据流去向：该数据传递给“三元组成组处理”处理部分

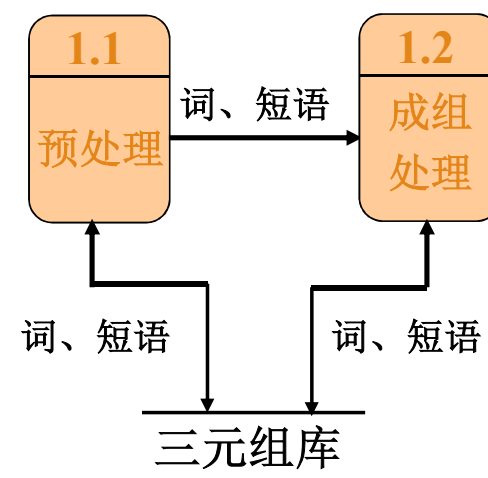
数据流组成：[单字|词组]+分隔符

每个数据量流通量：



结构化需求分析与建模

4. 数据字典DD (Data Dictionary) —— 数据流词条描述



2) 数据元素词条描述

数据元素名: 词

类型: 文字 (**char*** 类型)

长度: 任意长度

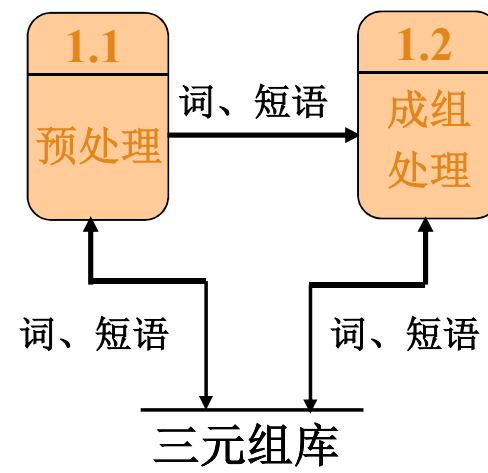
取值范围: 1{名词|代词|动词|副词|形容词|数量词|介词|连词|助词|语气词|标点}n

相关的数据元素: 小词性

相关数据元素的数据结构: 字符型 (不能为空)

结构化需求分析与建模

4. 数据字典DD（Data Dictionary）—— 数据流词条描述



3) 加工词条描述

加工名：成组处理

加工编号：1.2

简要描述：把“预处理”部分得到的单个词、短语按照三元组语法，组织成为该自然语言句所对应的三元组。

输入数据流：词、短语

输出数据流：三元组

加工逻辑：按照TripleTransfer数据库中的三元组模型，把输入的词、短语按照不同的词性和类型，转换到相应Triple中的位置。

结构化需求分析与建模

4. 数据字典DD（Data Dictionary）—— 文件词条描述

4) 存储文件词条描述

存储文件名：Agent库

简述：存放在自然语言处理中所需要的常识数据。

输入数据流：Agent名称

输出数据流：可以得到Agent的父节点、Agent子节点、Agent能力、Agent信念、Agent策略、Agent OntoNet（推理表）

存储文件组成：Agent名称、Father、Son、Capability、Believe、Strategy、OntoNet

存储方式：顺序存储

主码：Agent名称

存储频率：低

结构化需求分析与建模

4. 数据字典DD（Data Dictionary）——定义式（BF范式）

| 符号 | 含 义 | 解 释 |
|-------------------|--------|---|
| = | 被定义为 | |
| + | 与 | 例如， $x = a + b$ ，表示x由a和b组成。 |
| [..., ...] | 或 | 例如， $x = [a, b]$ ， $x = [a b]$ ，表示x由a或由b组成。 |
| [... ...] | 或 | |
| { ... } | 重复 | 例如， $x = \{a\}$ ，表示x由任意个a组成。 |
| $\{ \dots \}_n^m$ | 重复 | 例如， $x = 3\{a\}8$ ，表示x中出现a的次数为：3~8次 |
| (...) | 可选 | 例如， $x = (a)$ ，表示a可在x中出现，也可不出现。 |
| “...” | 基本数据元素 | 例如， $x = "a"$ ，表示x为取值为 a |
| .. | 连结符 | 例如， $x = 1..9$ ，表示x可取1~9之中的任一值。 |

结构化需求分析与建模

取款DFD中，存储文件“存折”的DD定义（层次描述）

存折 = 户名 + 所号 + 帐户 + 开户日 + (印密) + 1{存取行}50

户名 = 2 {字母} 24

所号 = 001 .. 999

帐号 = 00000001 .. 99999999

开户日 = 年 + 月 + 日

印密 = 000000 | 000001 .. 999999

存取行 = 日期 + (摘要) + 支出 + 存入 + 余额

日期 = 年 + 月 + 日

年 = 00 .. 99

月 = 01 .. 12

日 = 01 .. 31

摘要 = 1 {字母} 4

支出 = 金额

存入 = 金额

余额 = 金额

金额 = 0000000.01 .. 9999999.99

需求评审

在需求工程完成之前，必须编写软件需求规格说明和数据规格说明，形成初步的用户手册，并按照评审标准对软件需求过程和规格说明进行评审，目的是发现并消除其中存在的遗漏、错误和不足，使得规格说明符合标注及规范的要求。通过了评审的软件需求规格说明和数据规格说明将成为基线配置项，并纳入需求管理过程。



- 软件需求规格说明和软件数据需求说明等文档
- 软件需求评审标准

需求评审

需求撰写

- 尽快开始写需求；
- 确定需要进行分类和细化的需求；
- 产生一个初始版本来进行反馈；
- 咨询用户要比咨询专家更有用；
- 撰写需求时需要遵循：
 - 使用简单、直接的叙述；
 - 撰写可测试的需求；
 - 使用标准定义或与用户达成共识的术语；
 - 一次只写一项需求。



需求评审

需求验证的内容

1. **有效性检查**——功能需求是否符合用户所提出的需求。

描述：学积分通过表1进行计算

2. **一致性检查**——系统功能描述、约束是否一致。

描述：图书馆的图书延期归还，需要缴纳滞纳金。疫情期间允许延期



需求评审

需求验证的内容

3. **完备性检查**——是否已包含用户重要的需求、约束，是否已发现所有的领域性质。

描述：教务处授权后可更改考试成绩

4. **可检验性检查**——针对需求，是否能设计出验证方法，并确定检验的标准。

描述：迎新网主要功能之一，是新生在开学前，在网上报到。



需求评审

需求管理——需求管理贯穿需求分析的全过程。

