

# workflow 技术及应用

中山大学软件学院

余 阳 教授



yuy@mail.sysu.edu.cn

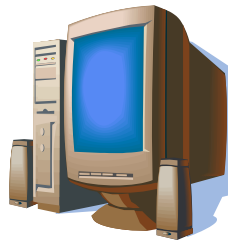
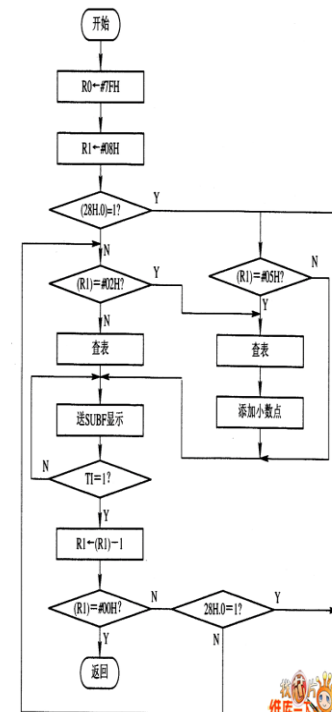
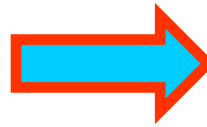
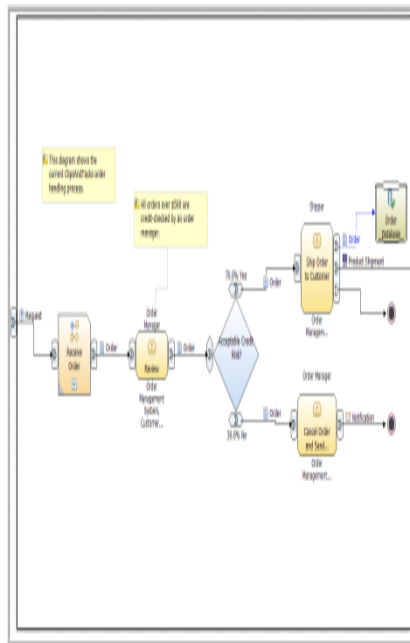
个人主页: <http://ss.sysu.edu.cn/~yy/>

# 主要内容

1. workflow概述
2. workflow基础理论
3. workflow管理系统WFMS
4. 产品应用
5. 前沿研究
6. 参考资料

# 1. workflow概述—— workflow的概念

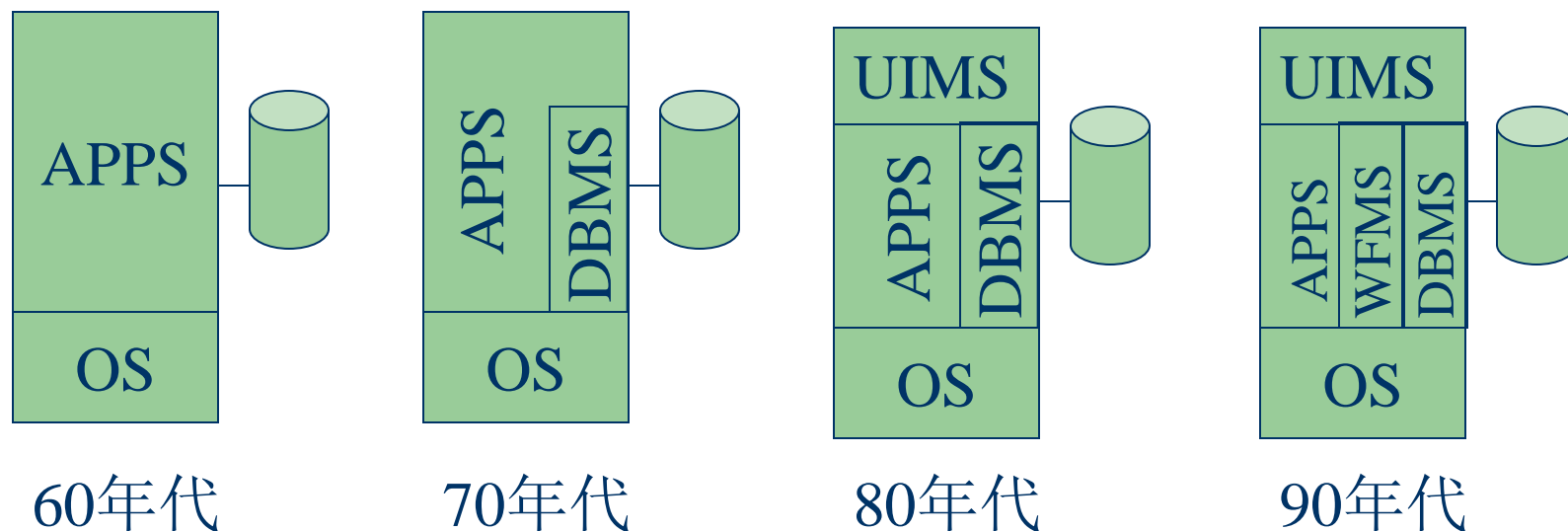
- workflow (Workflow) 定义： workflow是指整个或部分业务过程在计算机支持下的全自动或半自动化。WfMC
- 业务流程 vs. 程序流程



# 1. workflow概述—— workflow的概念

- workflow关注的主体是过程。它将信息处理中的过程抽出来，研究其结构、性质及实现等。
- 解决的主要问题是：使在多个参与者之间按照某种预定义的规则传递文档、信息或任务的过程自动进行，从而实现某个预期的业务目标，或者是促使此目标的实现。
- 在适当的时间将适当的信息传递给适当的人用适当的工具进行处理。

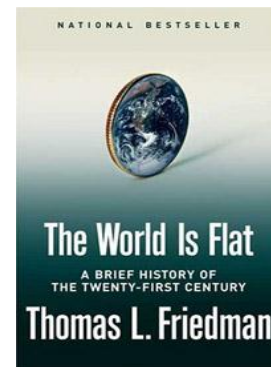
# 1. workflow概述——产生与发展



- 起源：70 年代末的办公自动化和任务批处理
- 第一次使用 workflow 术语可追溯到80 年代初
- 应用：90年代
  - 1993 年8月，国际 workflow 管理联盟(Workflow Management Coalition ,WfMC) 成立。
  - 1994年11月，发布 workflow 系统参考模型(Workflow reference model)

# 1. workflow概述——应用的动因

- 经济全球化背景下，组织全球化、动态虚拟组织、跨组织供应链带来的协作问题。《世界是平的》：在铲平世界的十大动力中， workflow 技术继Windows 、互联网之后位列第三；
- 新的管理哲学激发了组织机构对业务流程的兴趣, 如业务流程再造(BPR) 和持续过程改进(CPI);
- 组织机构内部的业务过程数量比以前大大增加, 如今的组织机构比以前提供更多的产品和服务。并且为了适应激烈的竞争, 组织机构需要经常改变业务流程, 产品和服务的生命周期也比以前大大缩短了; (多、变)
- 业务流程变得更加复杂; (复杂)
- 突发事件处理对信息系统的挑战;
- .....



# 1. workflows概述——核心价值

## 社会视角：

- 经济全球化背景下，组织全球化、动态虚拟组织、跨组织供应链带来的协作问题的解决之道
- The Earth is Global, The World is Flat

## 企业视角：

- 应用系统快速构建——应用级开发平台
- 应用系统快速集成——企业应用集成平台
- 互联网资源组装工具——网络级编程语言及运行平台
- 过程资产的管理和利用——过程资产管理平台
- BPR、CPI顺利实施——新兴管理哲学支撑平台

## 用户视角：

- 提高系统柔性——用户级“编程”
- 任务自动推送——智能化任务调度

## 2. 基本理论——组成

- 一个 workflow 包括一组活动以及它们之间的顺序关系, 过程及活动的启动和终止条件, 以及对每个活动的描述。
- 活动(Activity): 是一个工作的逻辑单元, 不可再分的过程 (原子过程)。
  - 粒度问题。
  - 简单理解: 一个人、代理或机器 (资源) 用一个工具处理一些信息
- 过程的结构: 顺序、选择、并行、循环。大部分过程都可以用这四种基本结构来建模。



## 2. 基本理论——相关概念

- 过程
- 过程实例
- 活动
- 活动实例
- 资源
  - 角色
  - 组织
- 路由

## 2. 基本理论——基本元模型

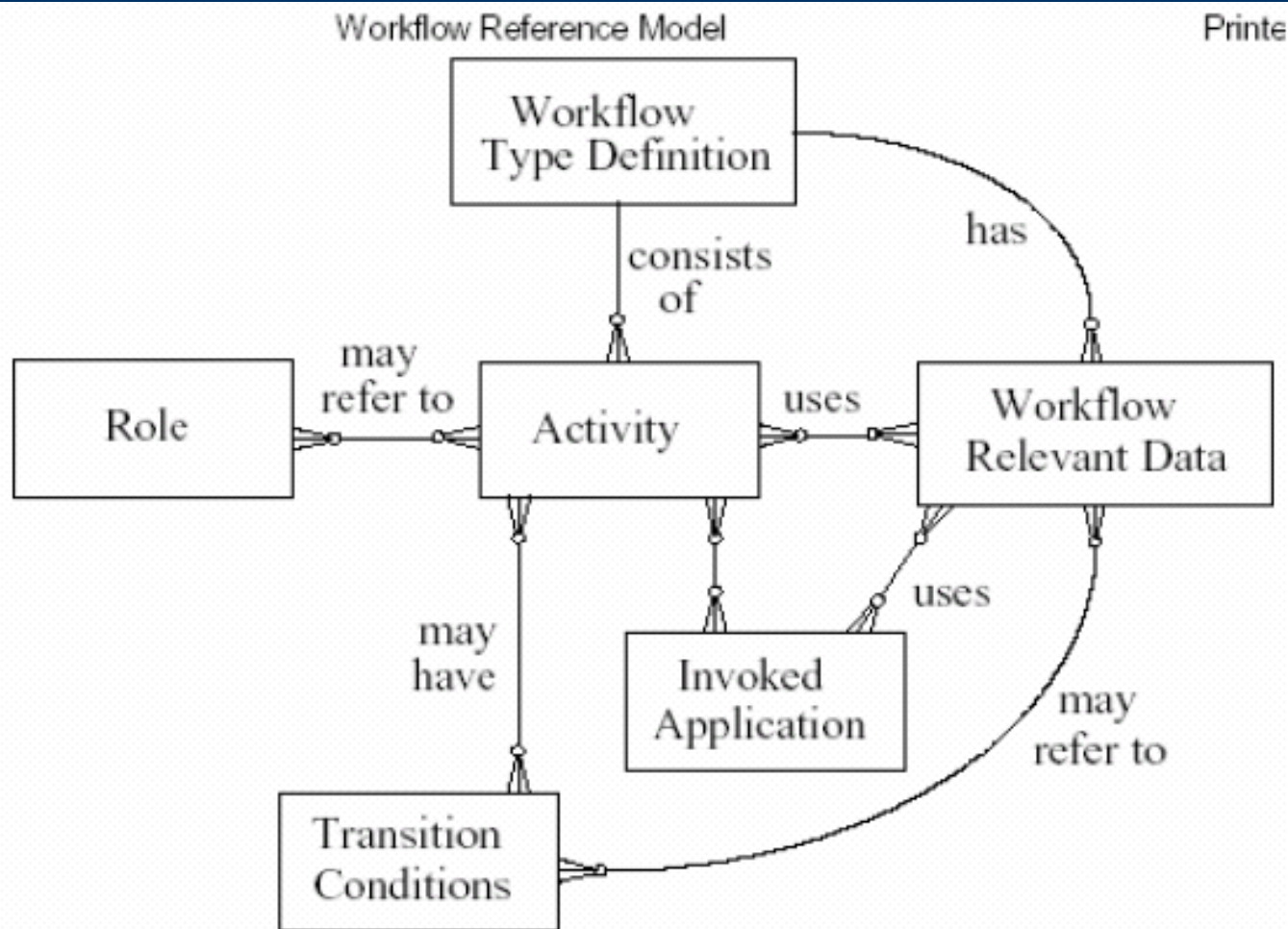
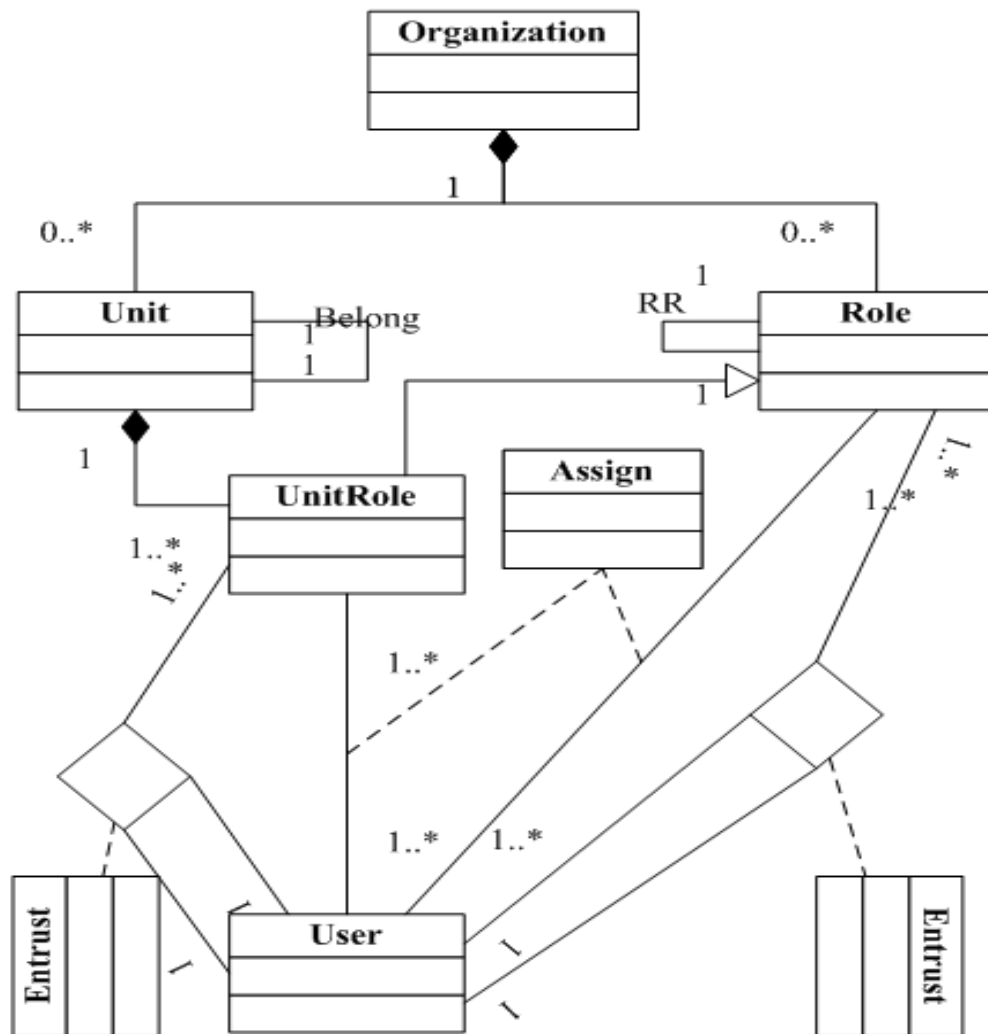


Fig 10 - Basic Process Definition Meta-model

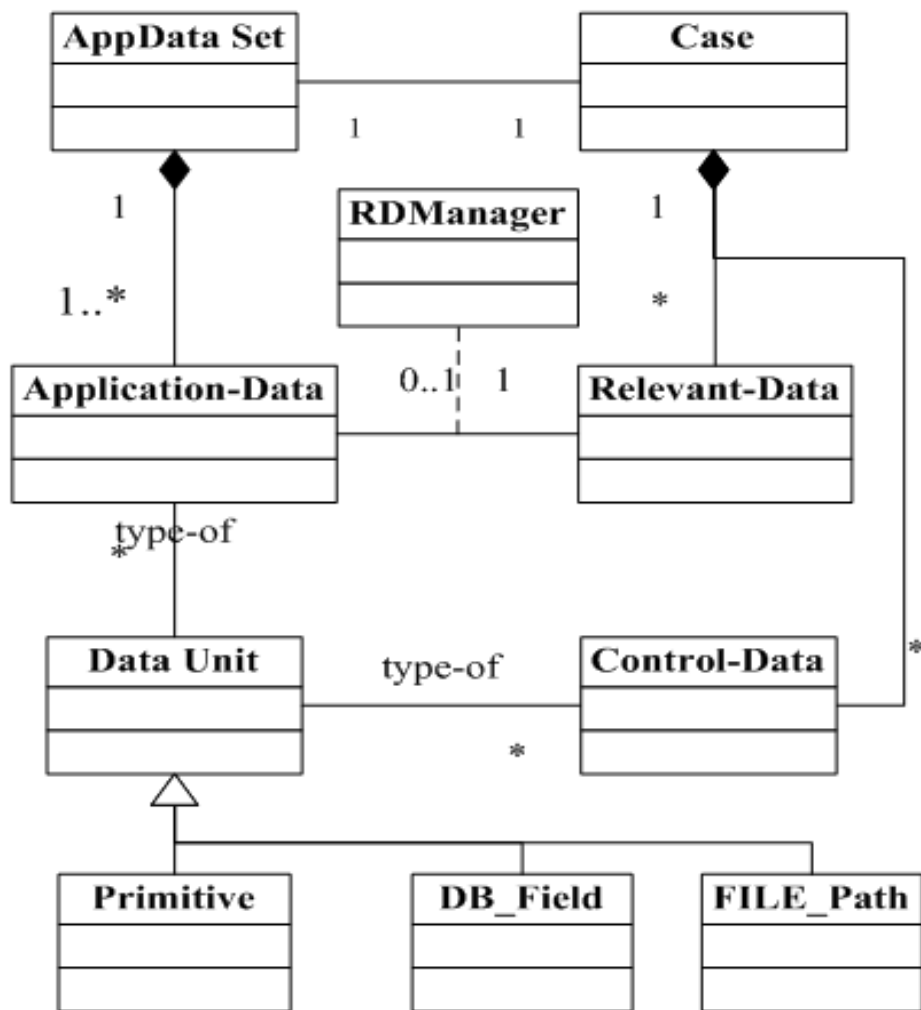
●元模型是用来定义语义模型的构造和规则的，通常称为定义表达模型的语言的模型。工作流的元模型是用于描述工作流内部的各个元素、元素之间关系及其属性的。

## 2. 基本理论——组织元模型



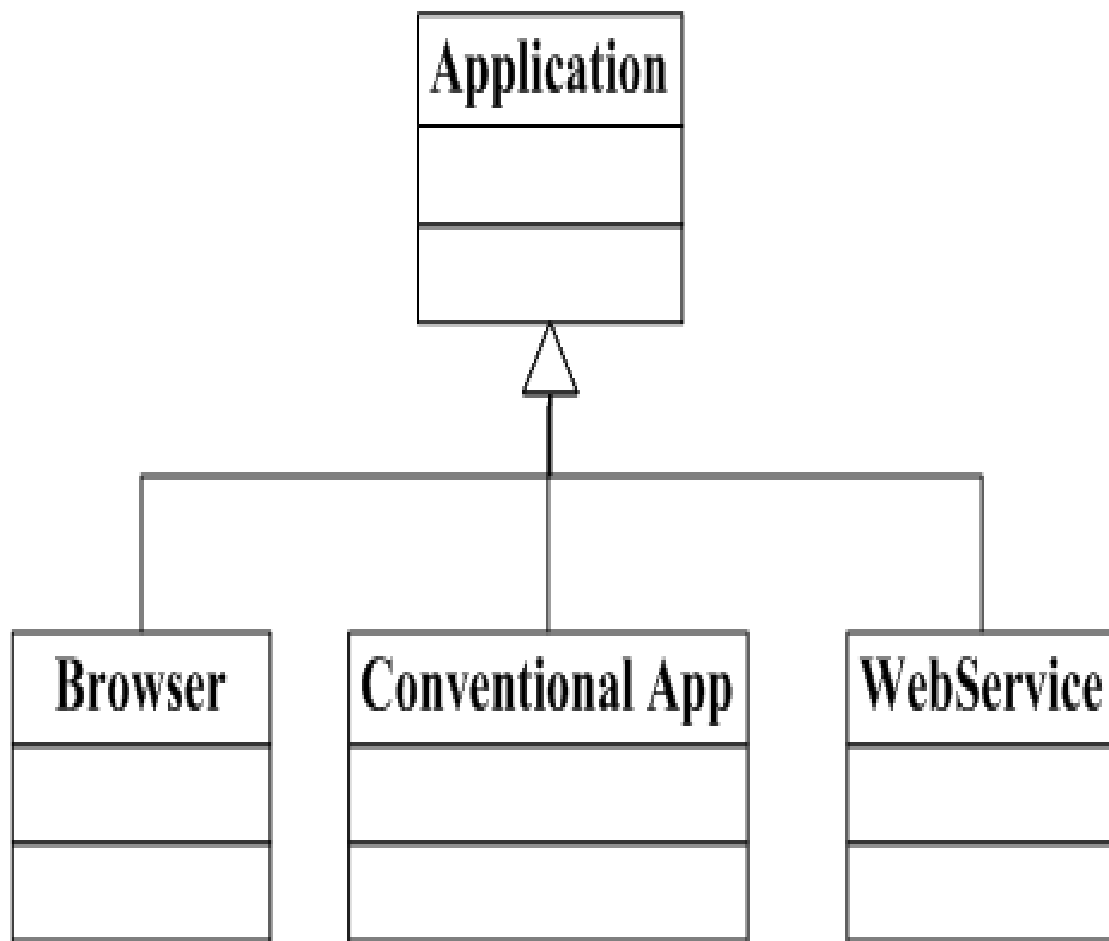
●组织元模型描述工作流与资源相关的概念及其关系。所谓资源就是活动的执行者。资源可以按照组织结构特征划分成不同的组织单元，也可以按照职能特征划分为不同的角色。

## 2. 基本理论——信息元模型



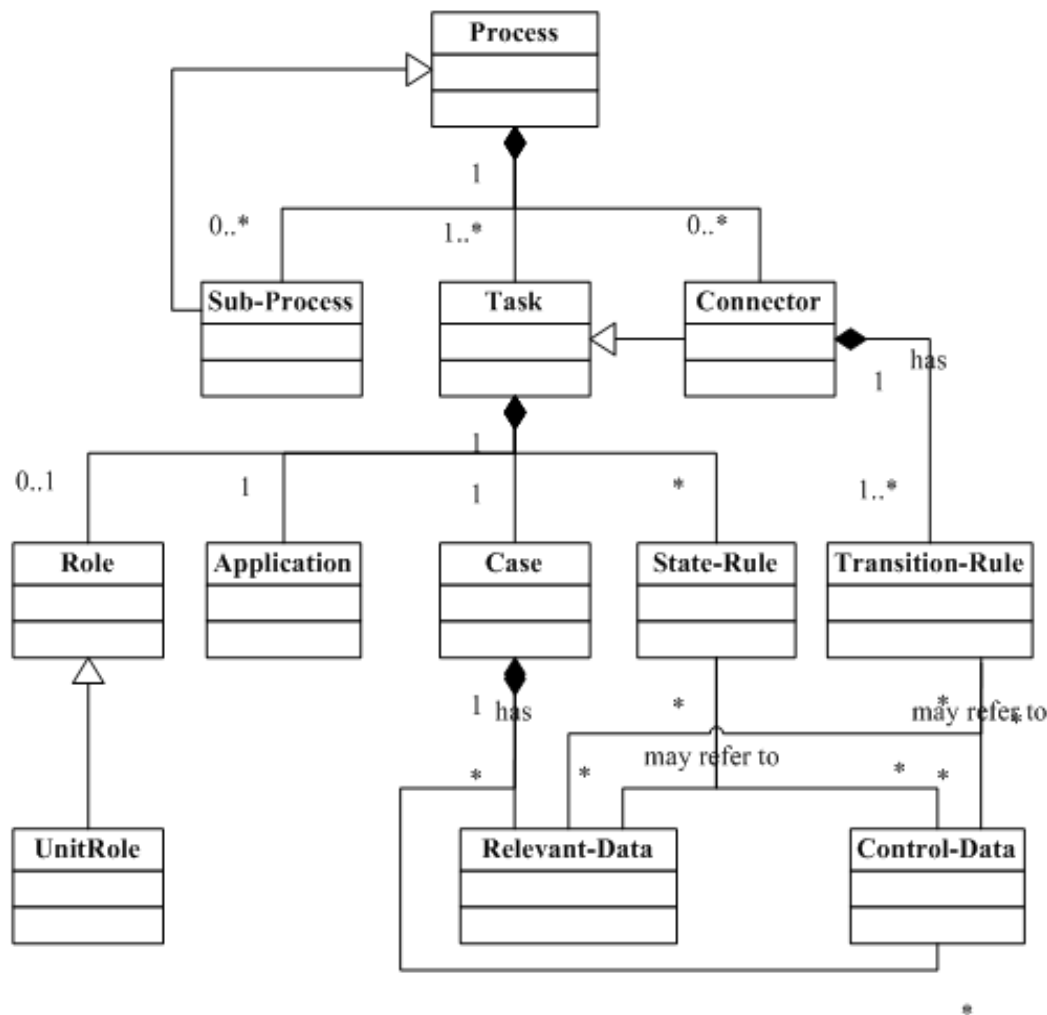
- workflow 涉及到的数据包括产品数据和控制数据。信息元模型描述了控制数据的有关概念及其关系。模型中的相关数据可以是简单的数据类型（**primitive**，参数、变量等），也可以是指向数据库字段的**DB\_Field**型数据和文件路径**FILE\_Path**型数据。

## 2. 基本理论——应用程序元模型



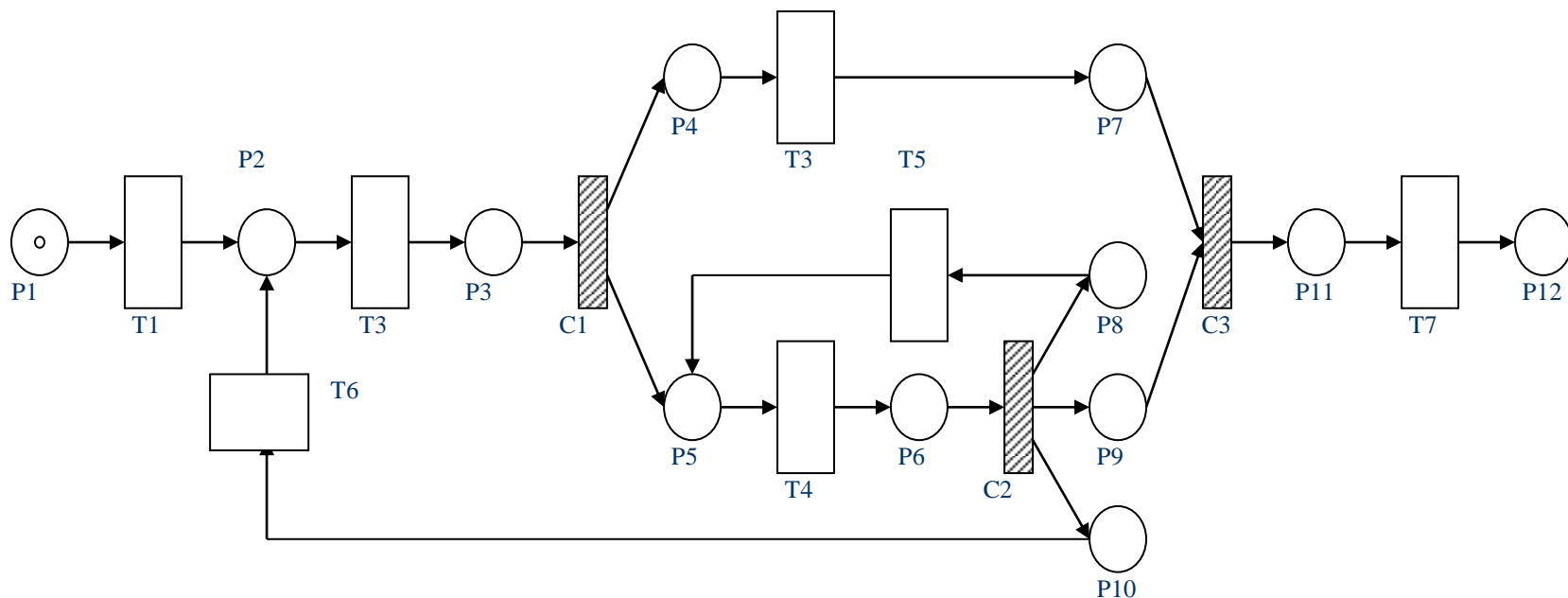
- 应用程序元模型描述了工作流中被调用程序（**Invoked Application**）的相关概念及其关系。一个被调用程序可以是一个常用的表单处理程序、传统的应用程序，也可以是一个**Web Service**的调用连接**URL**。

## 2. 基本理论——过程定义元模型



●过程定义元模型定义了相关概念以描述在过程中要执行哪些活动以及活动执行的顺序。为了支持结构化的过程定义，该模型引入了子过程的概念。把汇聚(join)、分支(split)结构和相关约束(AND, OR, XOR)提取出来，抽象为连接符(Connector)。

## 2. 基本理论——过程模型



Petri网模型示例——工厂报建审批流程流程图

- 代表性的 workflow 模型分类：基于有向图的模型、基于对话的工作流模型、**Petri网模型**、基于**ECA**规则的工作流模型。
- Petri网**在过程建模中得到广泛应用。

## 2. 基本理论——基本路由

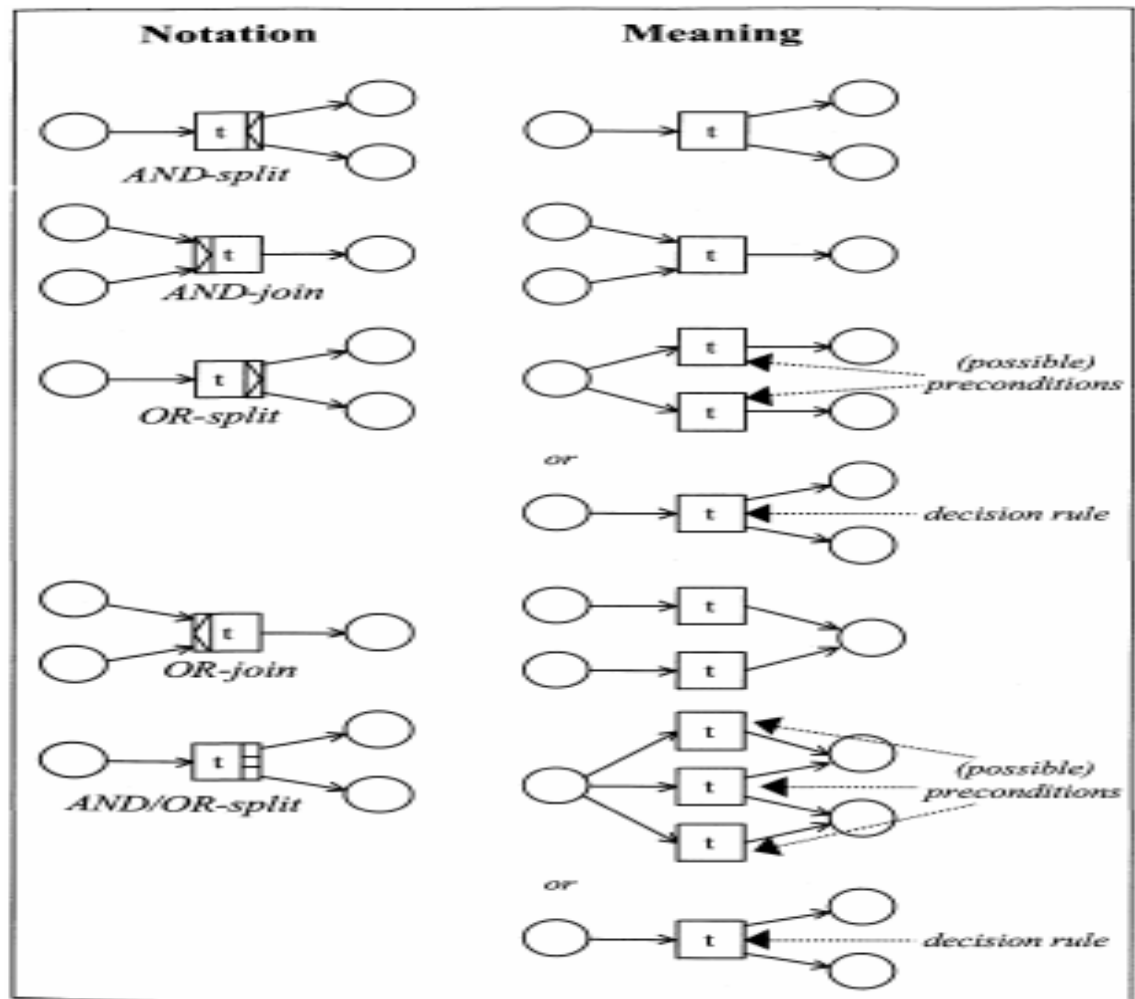
- 5种充分吗？

Figure 2.21

Notation method for common constructions

Modeling Workflows

59





## 2. 基本理论——基本结构

- 7种基本结构充分吗？
- “能力足够强大”
- Aalst在他的研究网站上已发布了43种“工作流模式”
- 工作流领域存在“结构化定理”吗？！

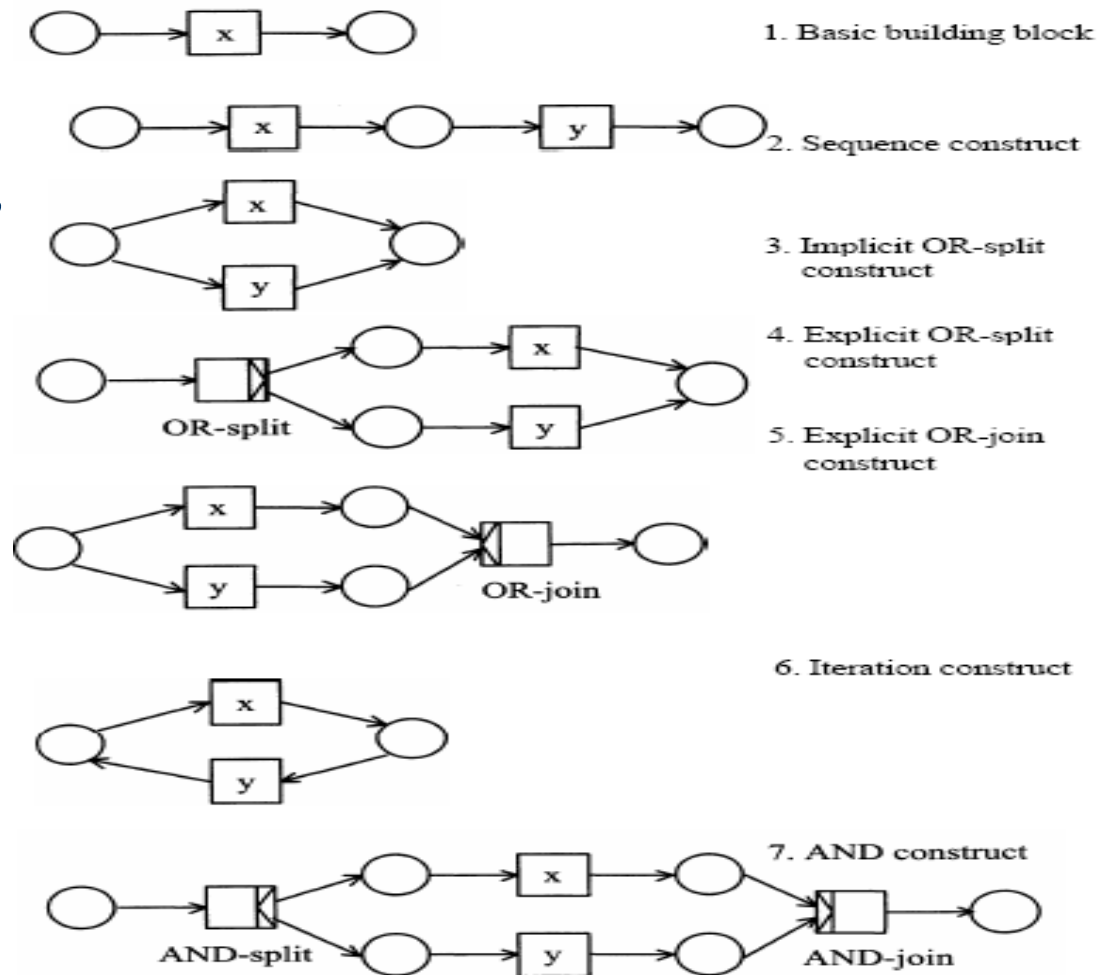


Figure 4.11  
Sound and safe nets

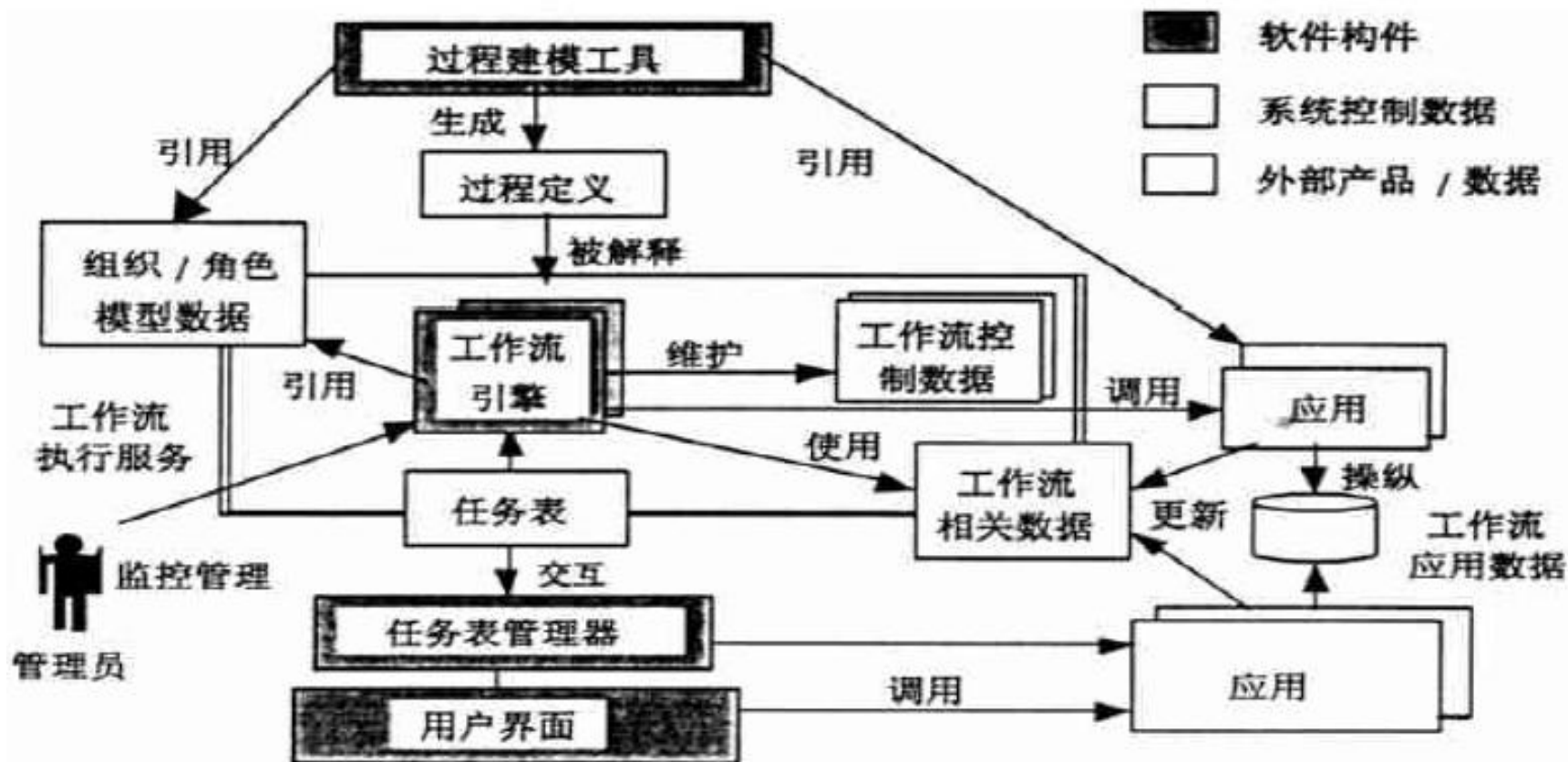
## 2. 基本理论——结构性质

- 可达性
- 有界性
- 活性
- 合理性
- 安全性
- 自由选择
- 良构
- S可覆盖
- 组合特性
- .....

## 2. 基本理论——性能分析与能力规划

- 马尔科夫链
- 排队论
- 仿真
- .....

### 3.WFMS——定义及结构

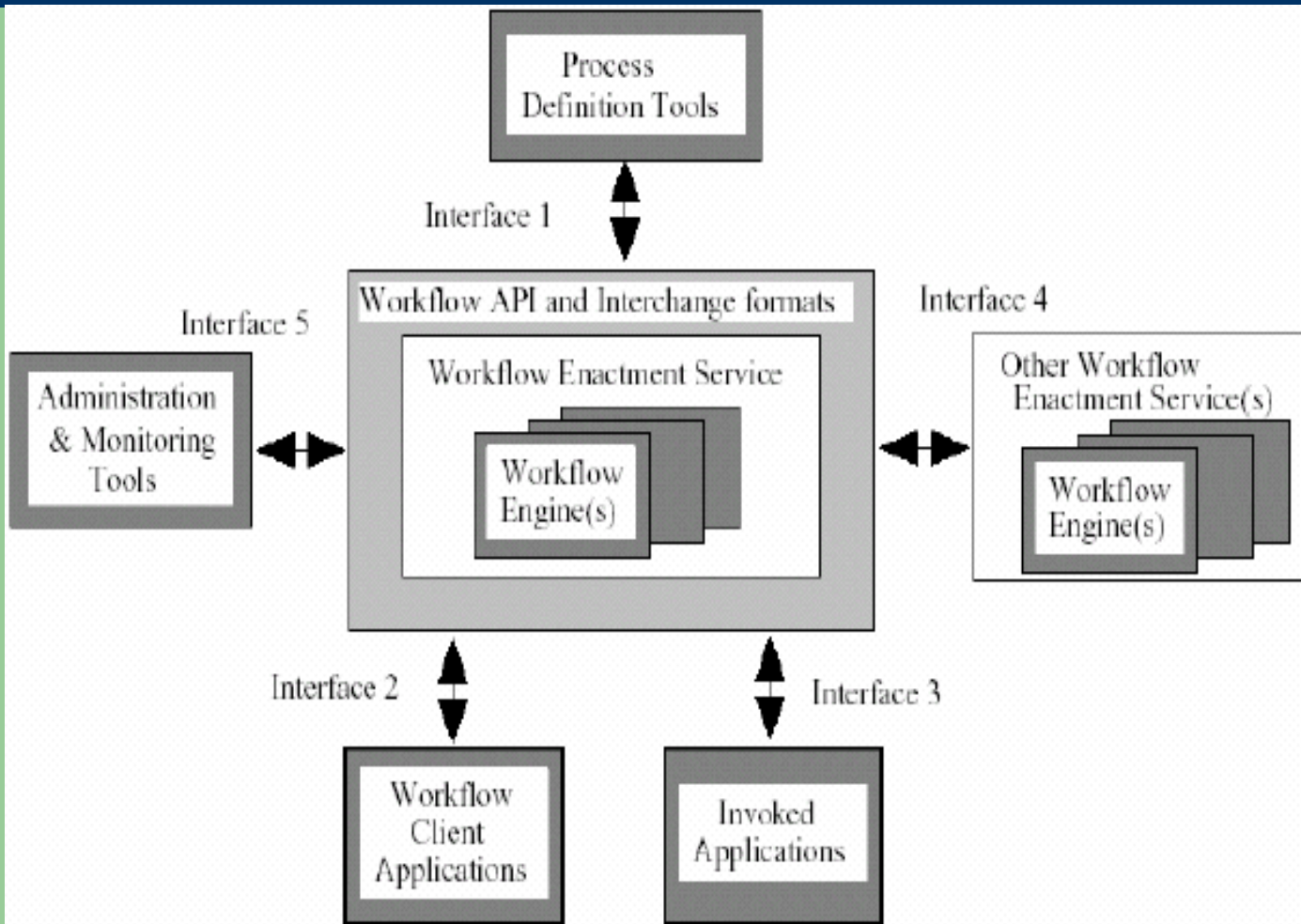


- workflow 管理系统（WFMS）：是一个完全定义、管理和执行 workflow 的系统, 它通过计算机表示的 workflow 逻辑来驱动软件有序地运行。

### 3.WFMS——WFMS的功能

- workflow管理系统的工作一般分为三个阶段：
  - 模型建立阶段：通过利用 workflow建模工具,完成企业经营过程模型的建立,将企业的实际经营过程转化为计算机可处理的 workflow模型。
  - 模型实例化阶段：给每个过程设定运行所需的参数,并为每个活动分配所需要的资源。
  - 模型执行阶段：完成经营过程的执行,主要是完成人机交互和应用的执行。

### 3.WFMS——参考模型



Workflow Reference Model - Components & Interfaces

● workflow参考模型来源于对普通工作流程结构的分析，明确了结构中的接口。这些接口可以使不同产品在不同的结构层次上协同工作。

# 3.WFMS—— workflow引擎

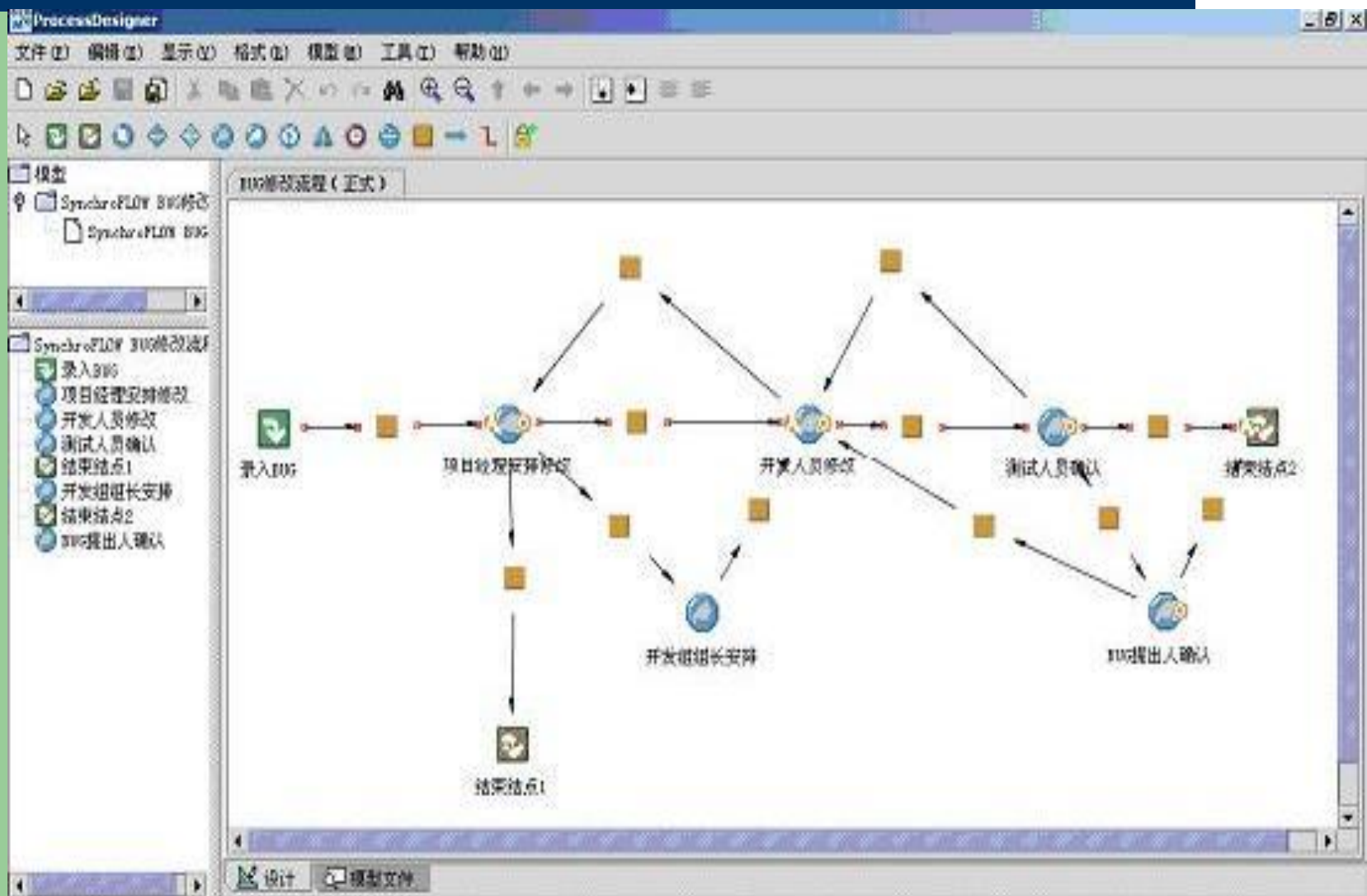
- workflow引擎Workflow Engine: 为 workflow实例提供运行时期的执行环境的软件服务器或引擎。
- 功能:
  - 解释过程定义
  - 控制过程实例—创建、激活、挂起、终止等
  - 为过程的活动导航, 可能要包含顺序或者平行的操作、最后时间期限、对 workflow相关数据进行解释
  - 参与者签名和退出
  - 确定任务项目, 实现用户意图; 提供接口, 支持用户交互
  - 维护 workflow控制数据和 workflow相关数据, 在应用程序间或者用户间传递 workflow相关数据
  - 提供调用外部程序的接口, 连接所有 workflow相关数据
  - 提供控制、管理和审查功能

# 3.WFMS——组件接口

- **interface 1:** 过程定义导入/导出接口。这个接口的特点是：转换格式和API调用，从而支持过程定义信息间的互相转换。这个接口也支持已完成的过程定义或过程定义的一部分之间的互相转换。早期标准WPDL，后来发展为XPDL。
- **interface 2:** 客户端应用程序接口，通过这个接口工作流机可以与任务表处理器交互，代表用户资源来组织任务。然后由任务表处理器负责，从任务表中选择、推进任务项。由任务表处理器或者终端用户来控制应用工具的活动。
- **interface 3:** 应用程序调用接口，允许工作流机直接激活一个应用工具，来执行一个活动。典型的是调用以后台服务为主的应用程序，没有用户接口；当执行活动要用到的工具，需要与终端用户交互，通常是使用客户端应用程序接口来调用那个工具，这样可以为用户安排任务时间表提供更多的灵活性。
- **interface 4:** 工作流机协作接口，目标：定义相关标准，以使不同开发商的工作流系统产品相互间能够进行无缝地任务项传递。WfMC定义了4个协同工作模型，包含多种协同工作能力级别。
- **interface 5:** 管理和监视接口，提供的功能：用户管理、角色管理、审查管理、资源控制、过程管理、过程状态等。



### 3.WFMS——可视化建模工具



### 3.WFMS——WFMS的优点与作用

- workflow管理的最大优点：是将应用逻辑与过程逻辑分离,在不修改具体功能的情况下,通过修改过程模型改变系统功能,完成对生产经营部分过程或全过程的集成管理,可有效地把人、信息和应用工具合理地组织在一起,发挥系统的最大效能。
- 任务推送
- 强大的应用级**开发**平台
- 灵活的企业应用**集成**平台
- 网络编程语言
- 用户级编程

### 3.WFMS——产品分类

- 以电子邮件为核心的WFMS

数据交换通常采用电子邮件服务器实现，如:Microsoft Exchange Server, IBM Lotus Notes等。根据电子邮件通信的特点这类工作流系统不适合用于实现生产型工作流或者具有大量处理过程的环境。

- 以文档为核心的WFMS

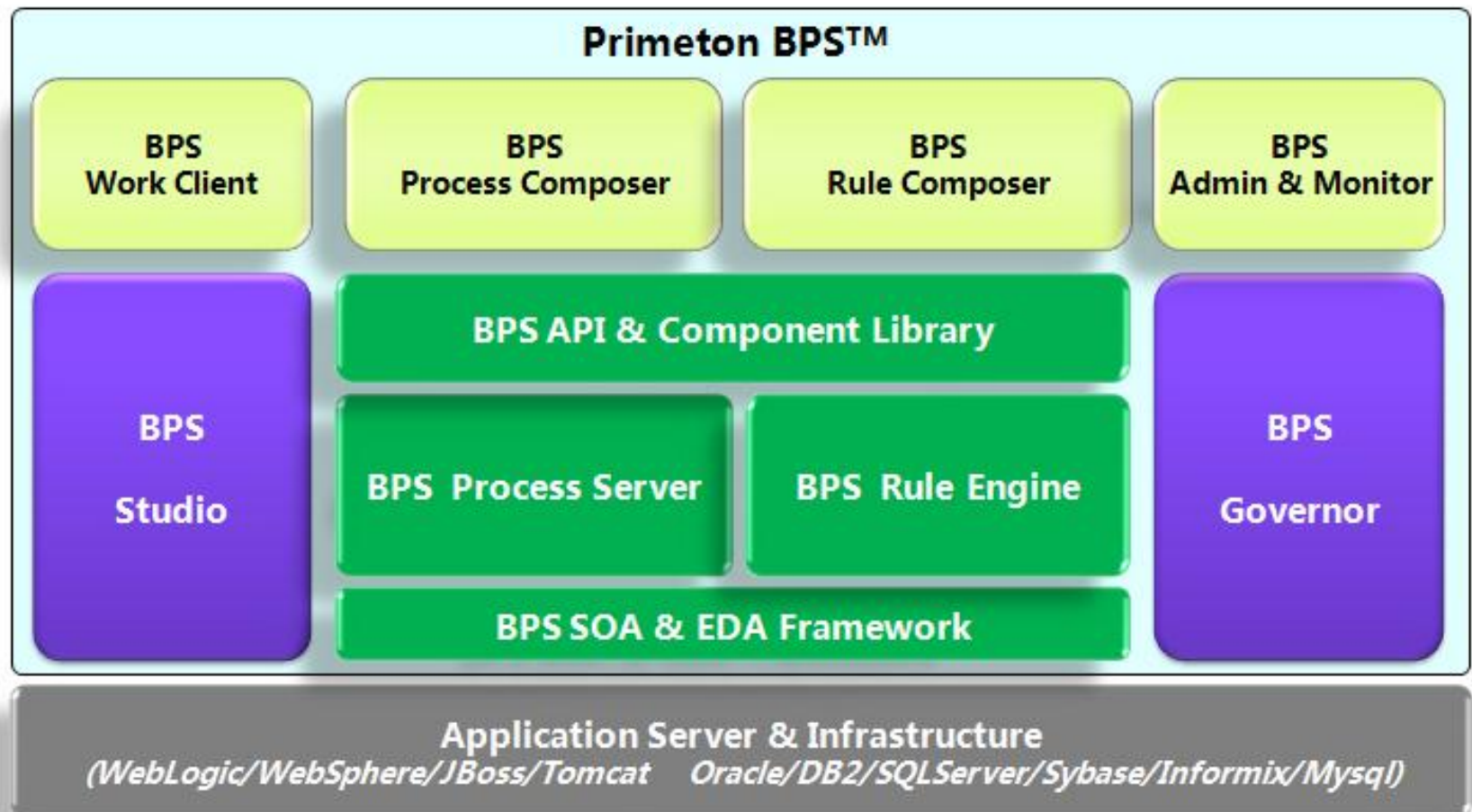
基于文档传递和分发。这类WFMS通常以一个文档管理系统为核心，它和外部应用程序之间的交互能力有限。较适于管理型工作流。

- 以过程为核心的WFMS

这类系统通常要实现它们自己的通信机制，构筑在数据库管理系统之上，并提供了范围广泛的各种接口与各种新老应用系统交互。目前研究应用的主流。

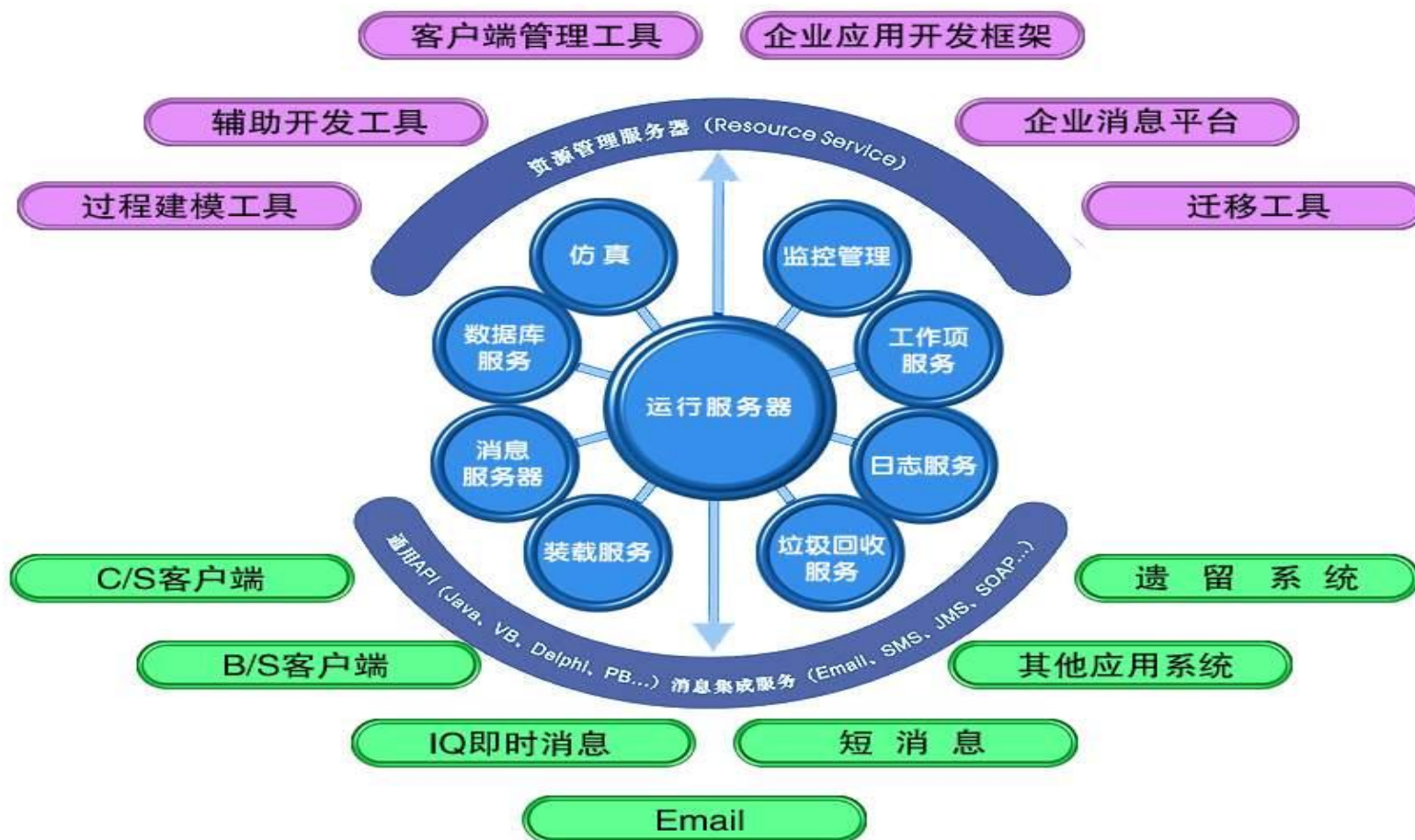
### 3. WFMS——国内典型产品1

- 上海普元Primenton BPS, BPS Express



### 3. WFMS——国内典型产品2

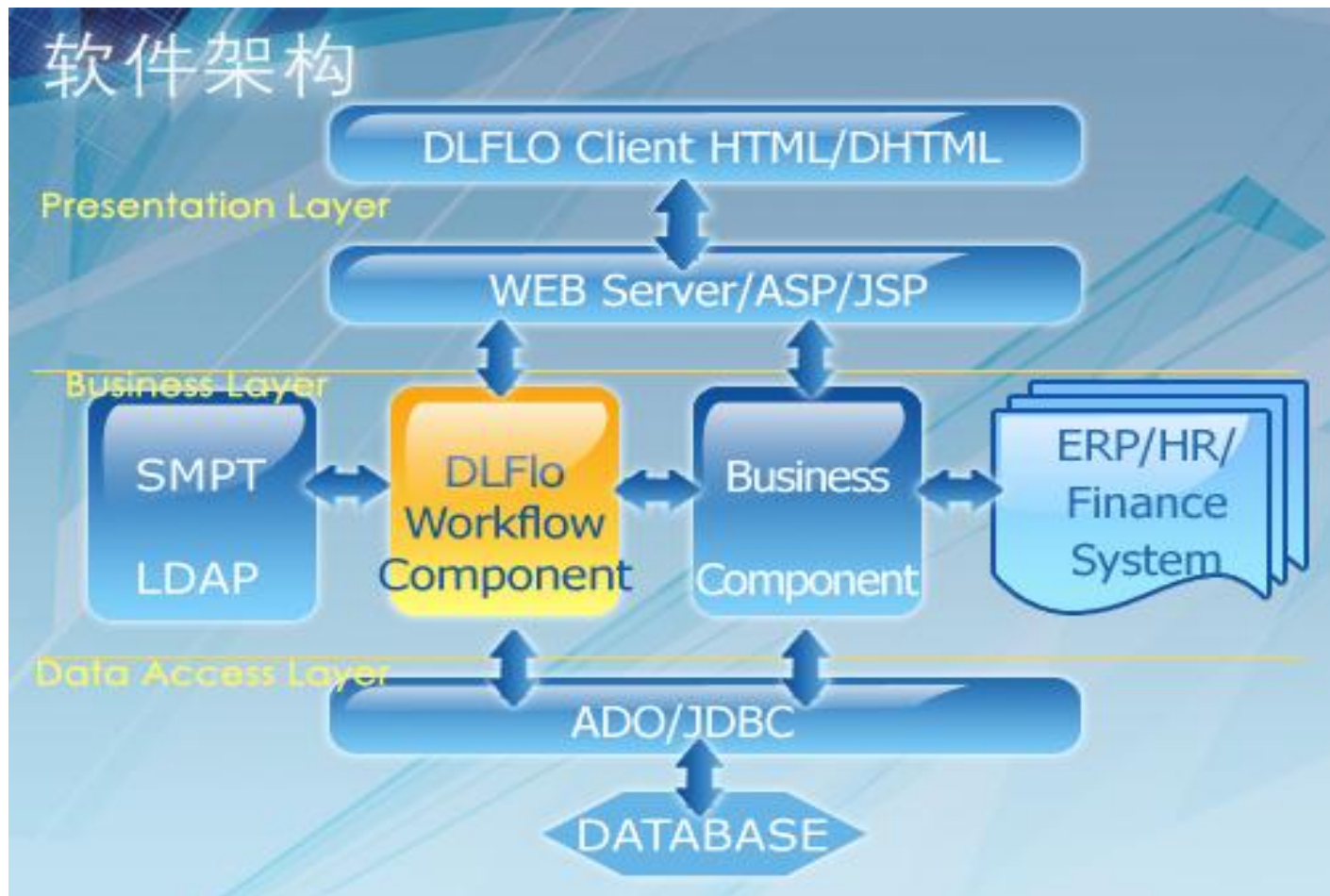
- 西安协同SynchroFLOW。





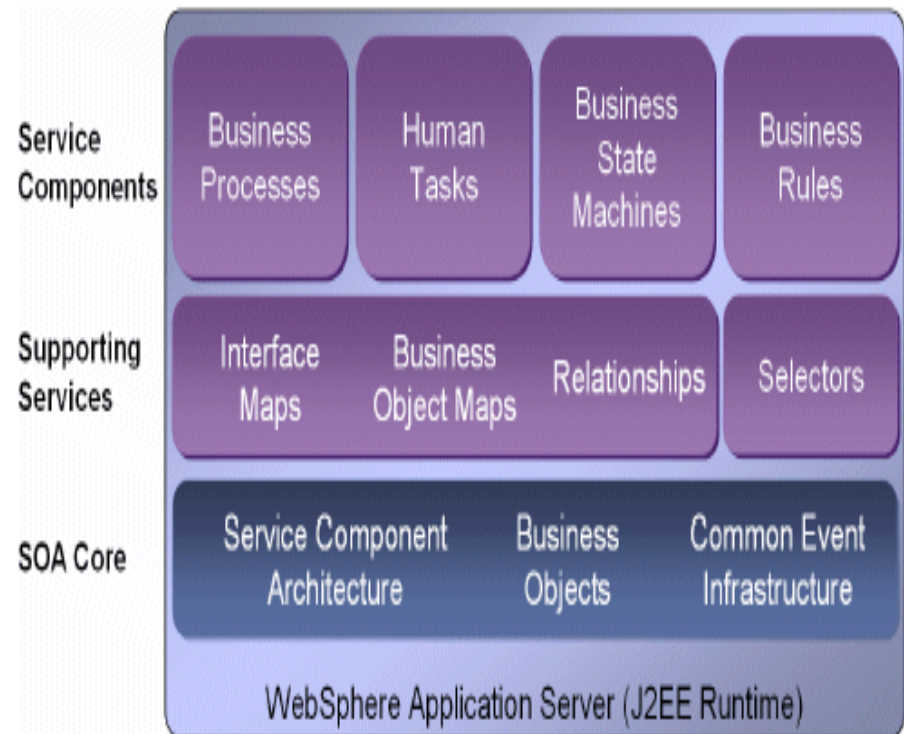
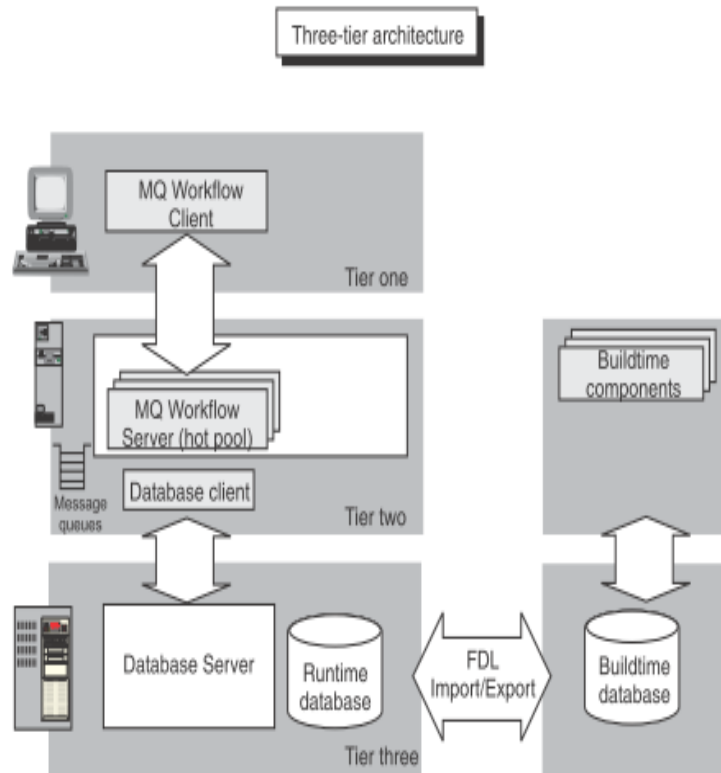
### 3. WFMS——国内典型产品3

- 上海东兰DLFlo、Liveflow



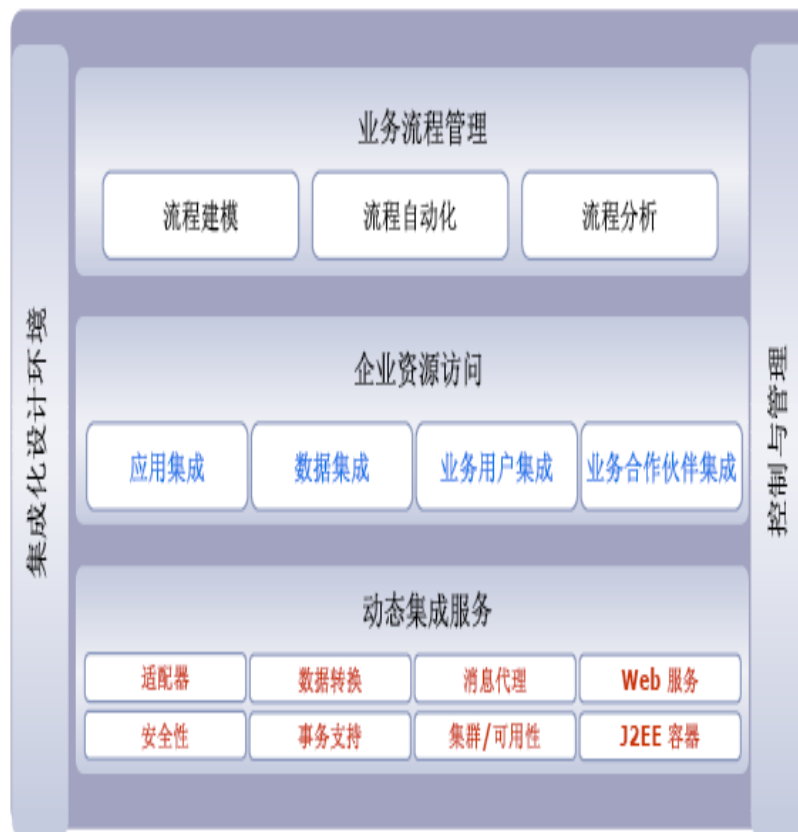
### 3. WFMS——国外典型产品1

- IBM: WebSphere MQ Workflow、WebSphere Process Server



### 3. WFMS——国外典型产品3

- BEA: BEA WebLogic Integration、BEA AquaLogic BPM Suite





### 3. WFMS——国外典型产品2

- Oracle: Oracle workflow、Oracle BPEL Process Manager



### 3. WFMS——国外典型产品4

- Microsoft: SharePoint, Biztalk, Windows Workflow Foundation

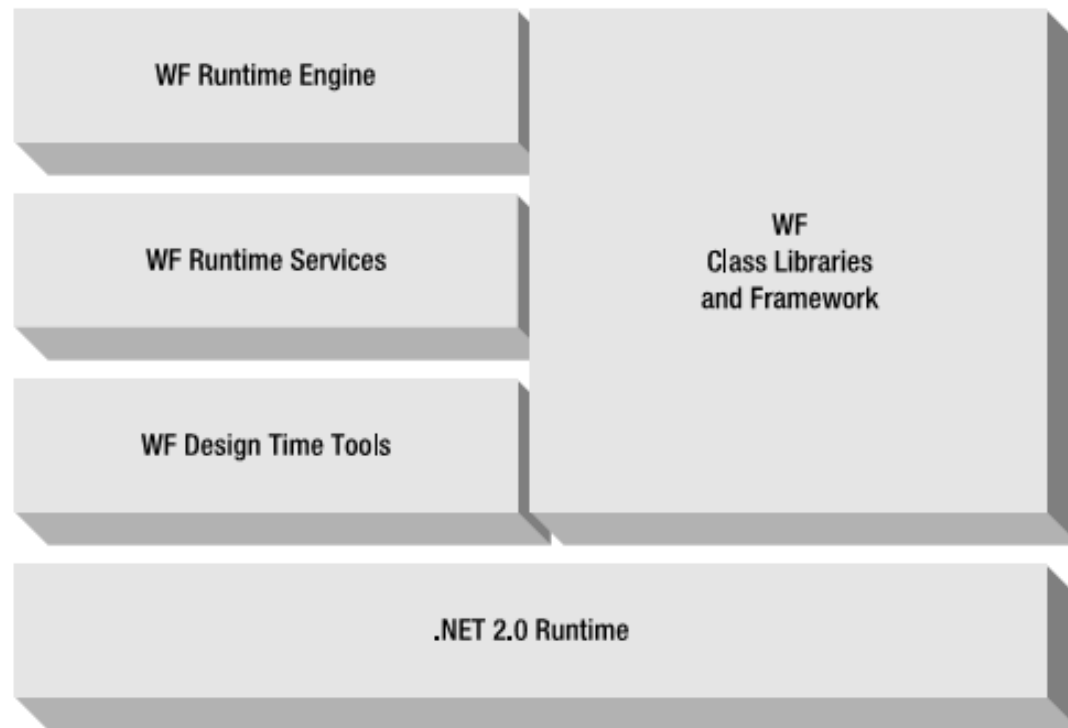


Figure 2-3. *WF component categories*

### 3. WFMS——开源系统

- **OSWorkflow** - OSWorkflow最独到之处是绝对的灵活。
- **Enhydra Shark** - Shark完全基于WfMC和OMG标准，使用XPDL作为 workflow 定义语言。流程和活动的存储使用Enhydra DODS。
- **ActiveBPEL** - 2004年7月发布，健壮的运行环境,它能执行用户按BPWL4WS规范编写的业务流程。ActiveBPEL引擎由Active Endpoints公司开发和维护,该公司同时在它的多个商业产品中使用了该技术。
- **jBpm** – 基于J2EE的轻量级 workflow 管理系统。2004年10月加入JBoss。jBpm将 workflow 应用开发的便利性和杰出的企业应用集成（EAI）能力结合了起来，含BPEL扩展。jBPM最大的特色就是它的商务逻辑定义采用了自己定义的jPdl，将一个商务流程看作是一个UML状态图。jBPM的另一个特色是它使用Hibernate来管理它的数据库。
- **YAWL** – 由Aalst主持的团队开发，严格基于Petri网模型，支持较多的 workflow 模式，近年开始支持Web服务组合。学术界常用。

### 3. WFMS——发展趋势

- 问题

- 传统WFMS较好解决了组织内部的业务流程协作，但对业务系统的集成能力有限：难以跨平台、跨组织
- SOA是当前业务应用集成的主导技术，但不支持人工任务

- 需求

- 同时支持应用内部流程和应用间的集成
- 同时支持企业内部流程和企业间的应用集成

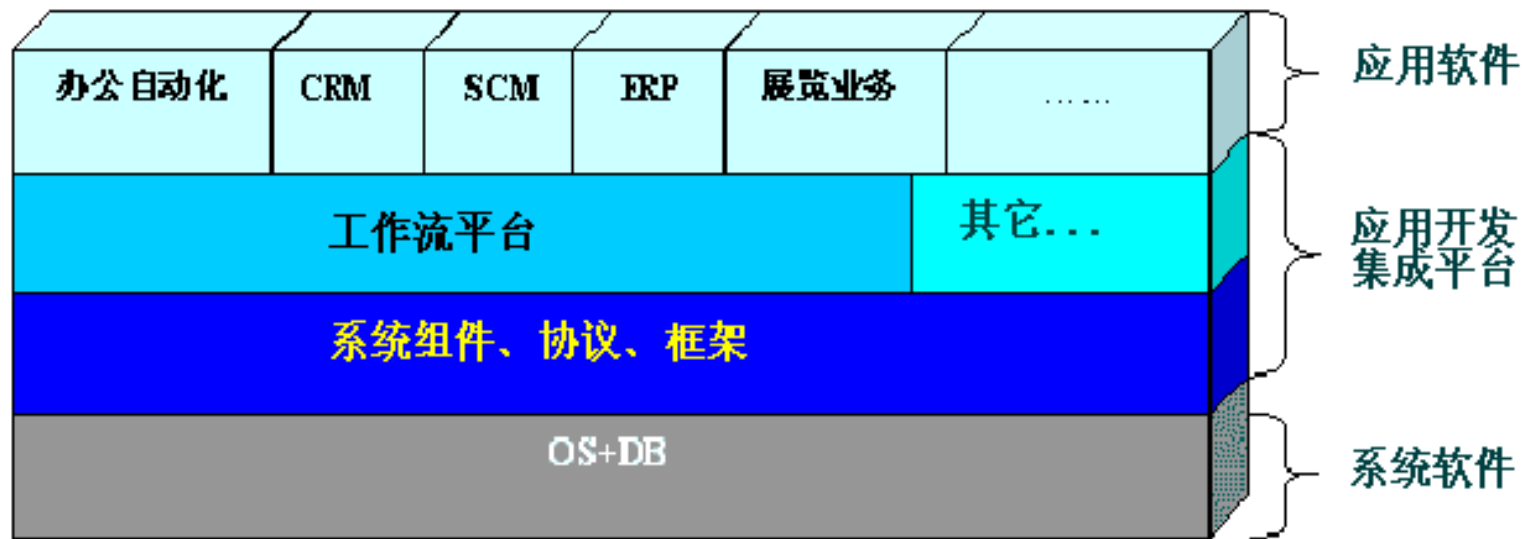
- 趋势：服务 workflow——传统 workflow 技术与SOA融合

- 以BPEL引擎为主，扩展人工任务。BPEL4People草案2007年8月发布，距离WfMC尚有距离。
- 以传统 workflow 引擎为主，扩展支持Web Service。XPDL2.1于2008年2月提交WfMC

### 3.WFMS——CSCW、群件、服务组合、 workflow

- **计算机支持的协同工作CSCW:** 主要研究群体工作的本质和特征以及促进群体工作的技术。研究的问题主要包括：协作模型、协作机制和控制机制及策略、群体协作感知技术、协作通信机制、协同多用户人机接口、系统体系结构、支撑环境及工具等。可以看出它是以“人”为本的研究，致力于把计算机网络环境建设成虚拟的社会环境。
- **群件Groupware:** 是CSCW的一种工具，它定义了由一组（群）人使用的应用程序。这些用户通过网络互相操作，作为一个整体而提高组的生产率。如：Lotus Notes, Microsoft Exchange, 它们并不支持工作流过程本身，只是让人们通过发送消息和共享信息以达到协同工作的目的。
- **服务组合Service composition:** 起源于EAI，以BPEL技术为代表，不支持人工任务。
- **工作流Workflow:** 注重的是完成一项工作的“过程”。作为一项支持异地异步协同的技术，支持CSCW环境中人与人之间的协作。但工作流还支持人与软件、硬件的协作。

## 4. 产品应用——体系结构



- workflow系统：中间件平台
- 组件化、平台化是应用开发的新趋势，产业化成熟的标志。

## 4. 产品应用——应用模式

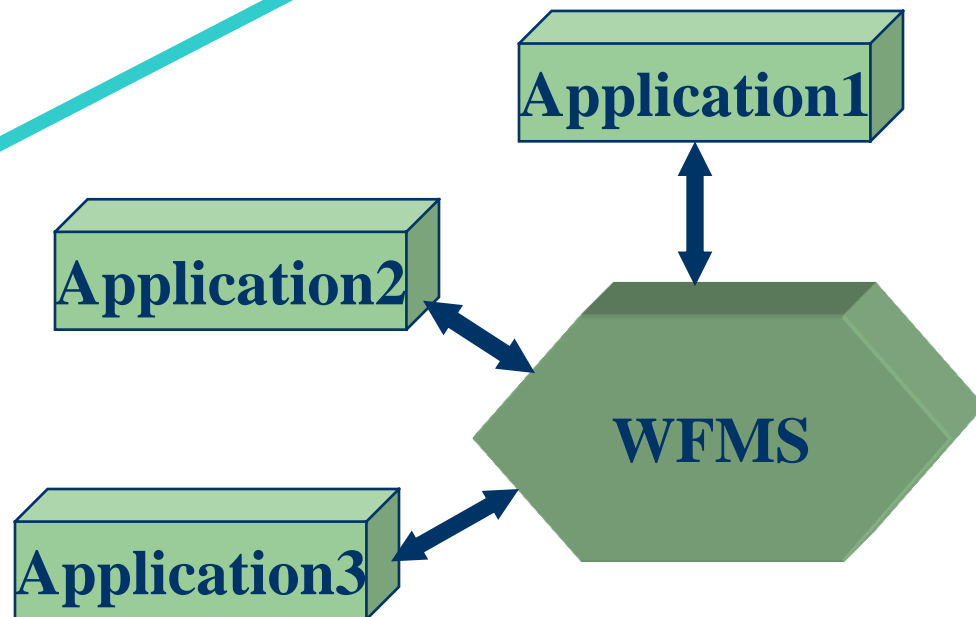
模式一：  
Independence



模式二：  
Build-in



模式三：  
Harmony





# 4. 产品应用—软件体系结构与开发方法论的演进



60年代干打垒  
面向语句



70年代混合结构  
面向功能模块



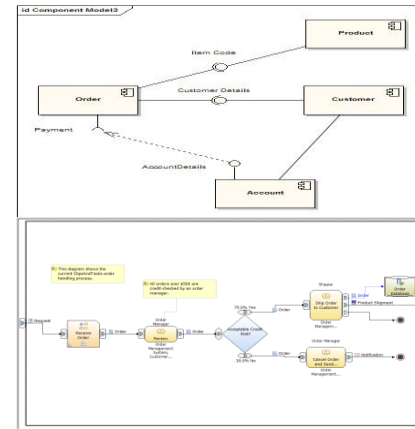
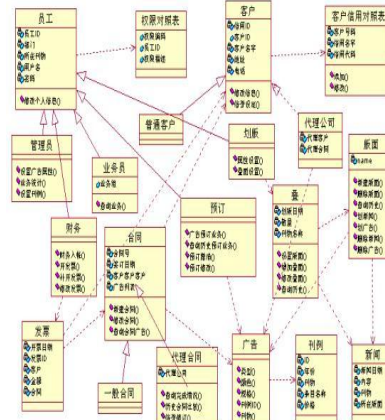
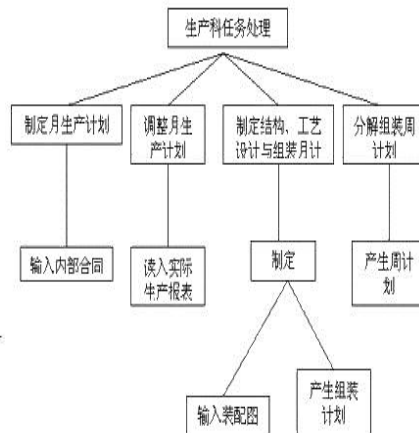
80年代框架结构  
面向对象



90年代钢结构  
面向组件、业务

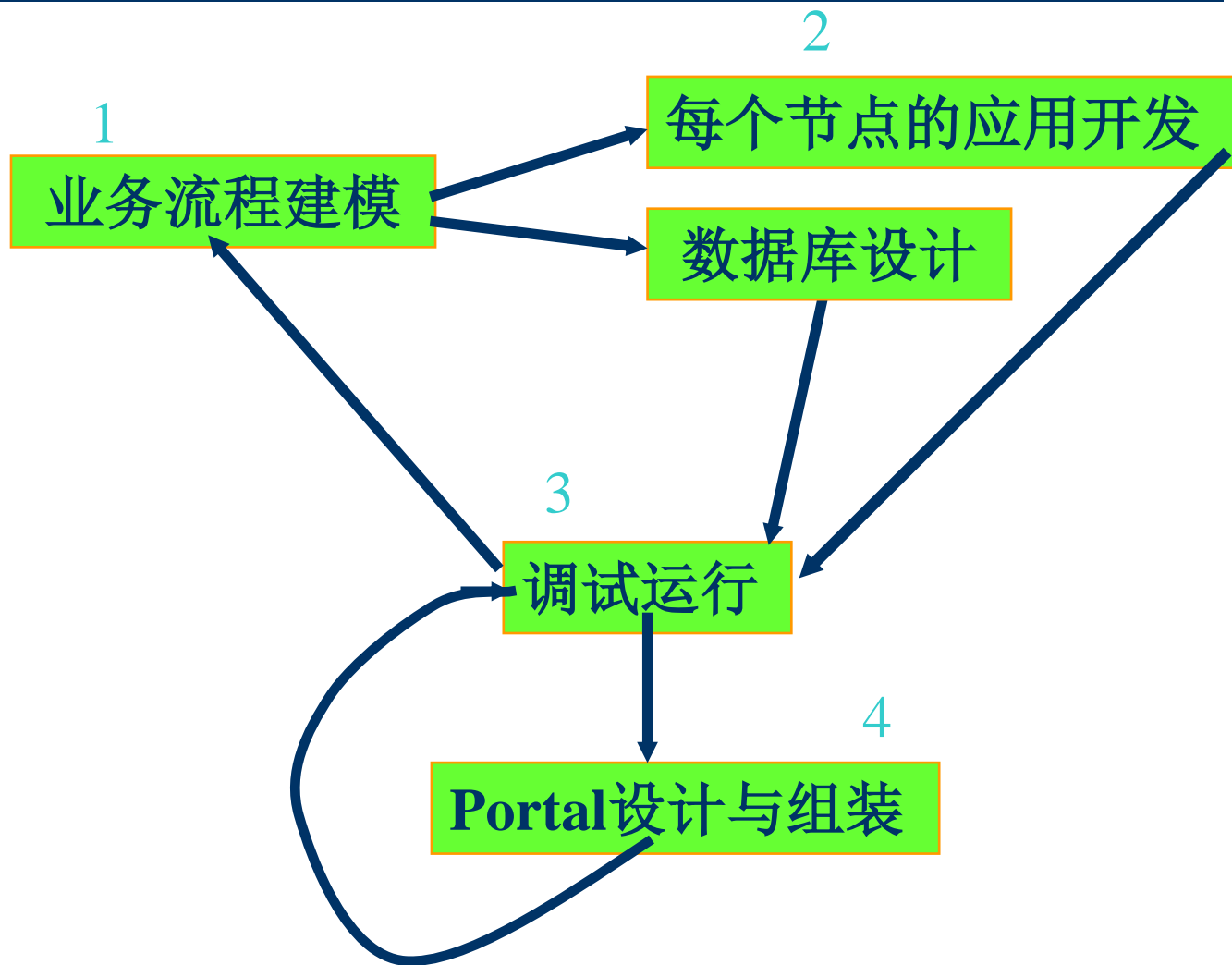
```

ORAL, 3BH
CALLDISP
NOVAL, BL
ANDAL, BFH
ORAL, 3BH
CALLDISP
DECCX
JCXZDOME
NOVAL, '
CALLDISP
JMPNEXT
DOME, NOVAH, 4CH;终止当前进程,返回调用进程
INT21H
DISP, NOVAH, 14;写字符到当前光标位置,光标前进一格
INT10H
RET
CSEGENDS
ENDSTART
    
```

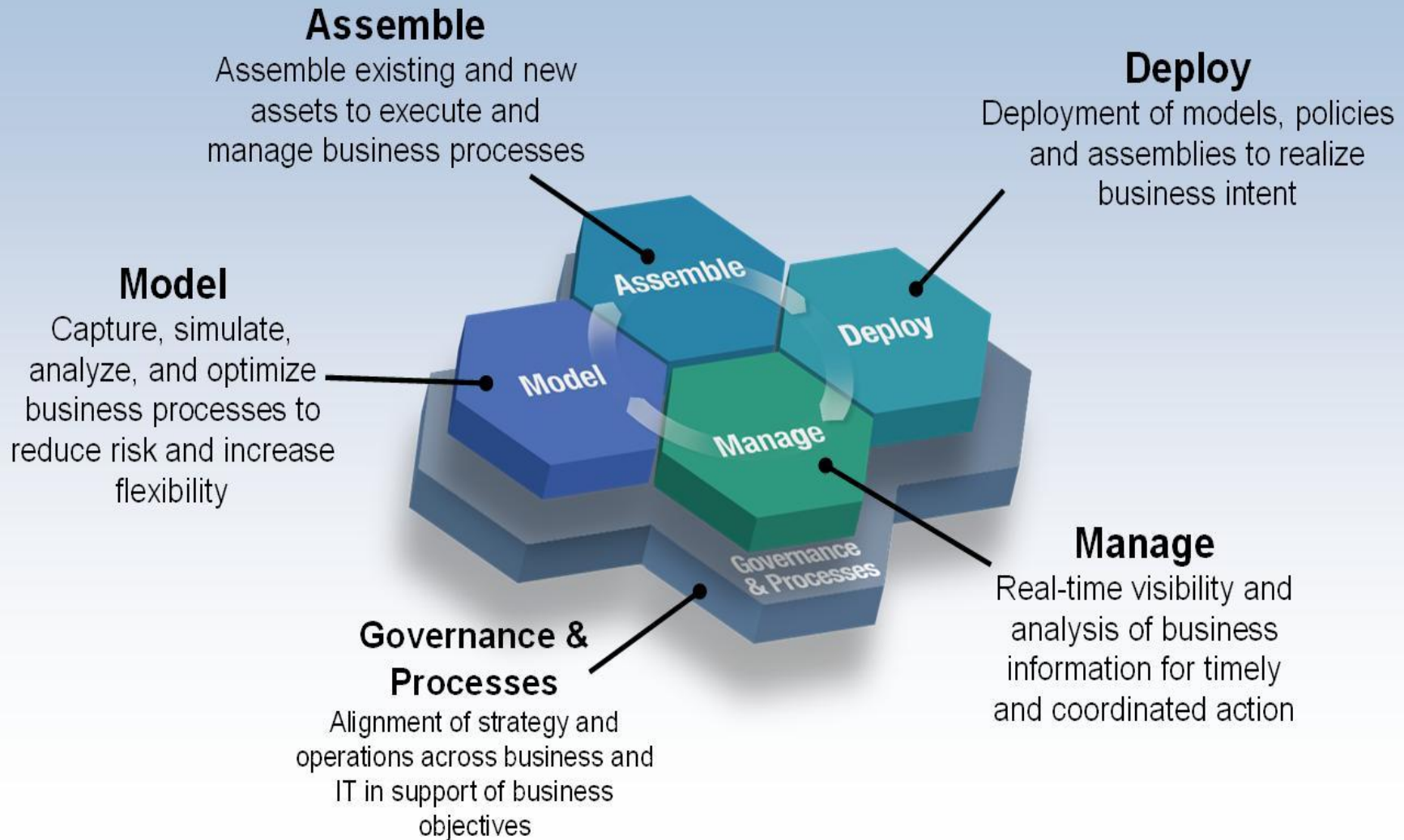




## 4. 产品应用——开发模式



## 4. 产品应用——IBM的开发模型

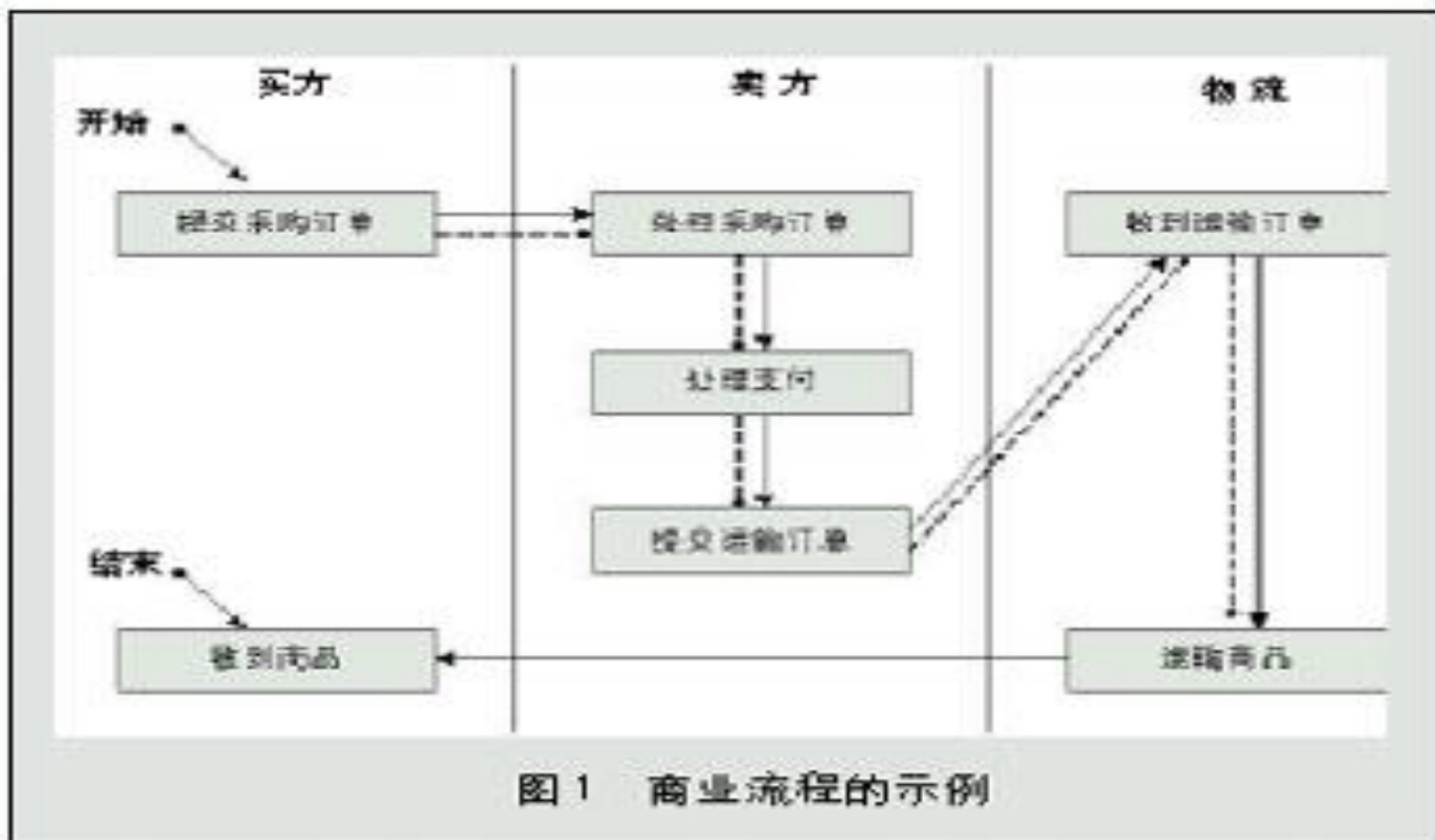


## 4. 产品应用——典型应用1

- 办公自动化（Office Automation）：系统发展已经经历了从个体工作自动化、工作流程自动化到以知识管理和信息服务为核心的三代发展，从简单的电子邮件、群件，到构建Web应用等各种方式中获取、存储、提炼和利用知识等，目前越来越多的企业将办公自动化系统作为企业知识管理和信息集成的综合门户。
- 我省著名的OA厂商：
  - 京华网络
  - 金山软件
  - 红帆电脑

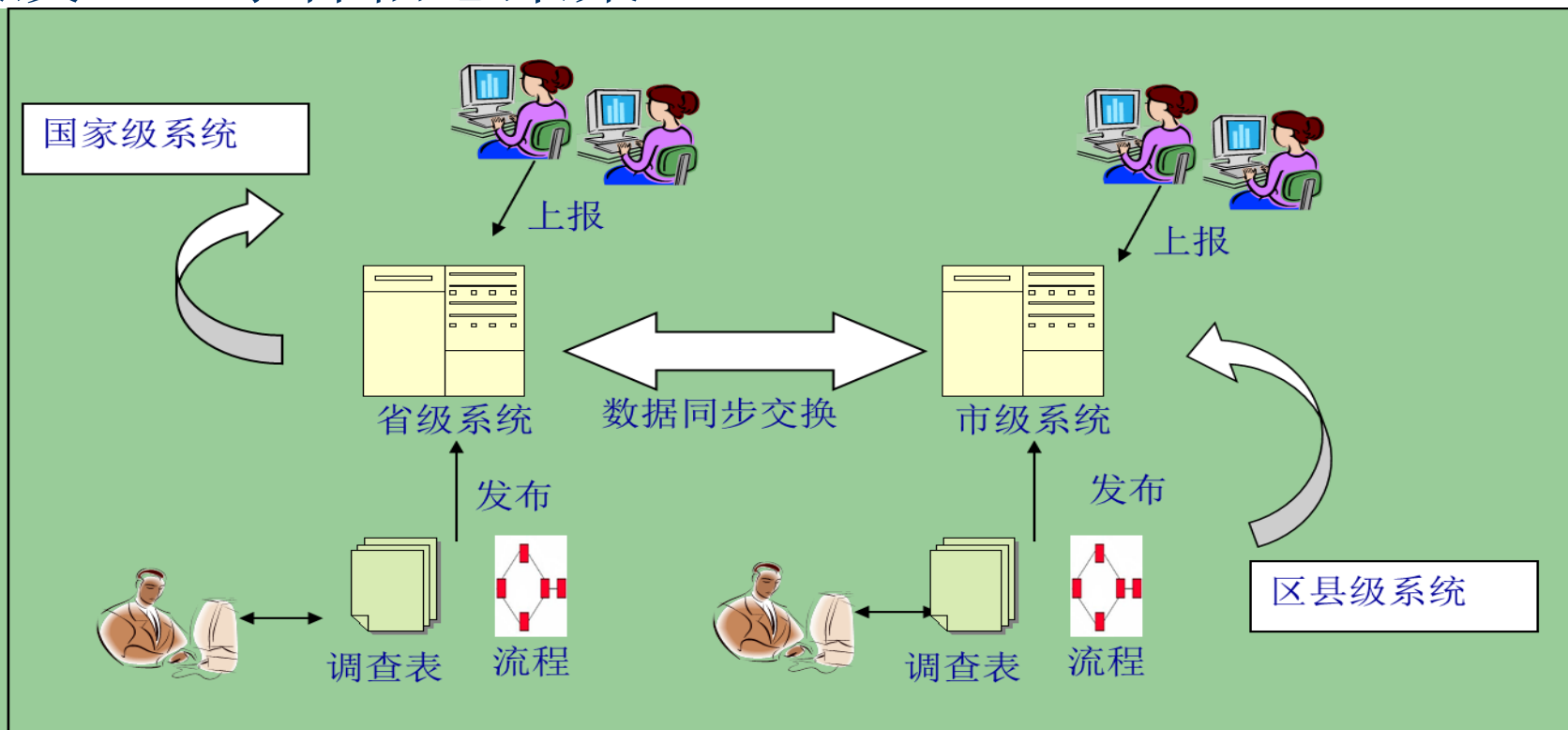
## 4. 产品应用——典型应用2

### 电子商务模型



## 4. 产品应用——典型应用3

### 突发卫生事件信息采集



- 四大业务流程:
1. 定义&部署
  2. 调查启动
  3. 流程监控
  4. 数据采集

## 5.前沿研究——柔性(适应性) workflow 系统

- 现有 workflow 产品基于一个假定：流程是可以预先定义的。现实：有些活动是不可预知的；很难做到预先定义所有的执行路径；用户需要经常优化流程...
- 变更分类：过程、资源、控制、任务、系统等。
- 柔性：
  - 选择柔性：可预知；
  - 适应柔性：型调整，实例调整
- 难点：
  - 异常处理和恢复
  - workflow 的事务特性
- 我们的研究：国家、省自然科学基金

## 5.前沿研究——分布式 workflows

- 社会需求：经济全球化，企业小型化、全球化，跨地域、世界范围内的合作、协作越来越多
- 技术基础：互联网、分布式软硬件技术、网格计算、服务计算等取得飞速发展
- 主要研究方向
  - 服务 workflows
  - 网格 workflows
  - P2P workflows
  - 云 workflows
- 主要问题：体系结构、人工协作、虚拟组织、引擎集群、动态服务选择、Qos...
- 我们的研究：粤港重点领域攻关、省市攻关项目

## 5.前沿研究——时态 workflows

### Temporal Workflow

- 政府部门的工作效率和服务质量日益成为公众的关注焦点，各级政府对内部各项工作设定时限，各项政策信息也具有很强的时效性要求；电子商务流程各环节的时限要求，多个商务流程的时序关联；ISO认证企业的员工作为某种角色的有效性...
- 时态工作流：将时间作为一个维度引入工作流系统，全面、系统地研究所有元素及其关系的时态特性及其规律。
- 目前国内外对工作流时间约束的研究主要集中在过程模型和基于过程模型的效率分析上，在时态工作流中，参与活动的人、活动处理的信息、人之间的组织关系、信息之间的关联关系、人与信息间的关系等都具有时态特性。
- 难点：需要基础理论的突破
- 我们的研究：国家、省自然科学基金

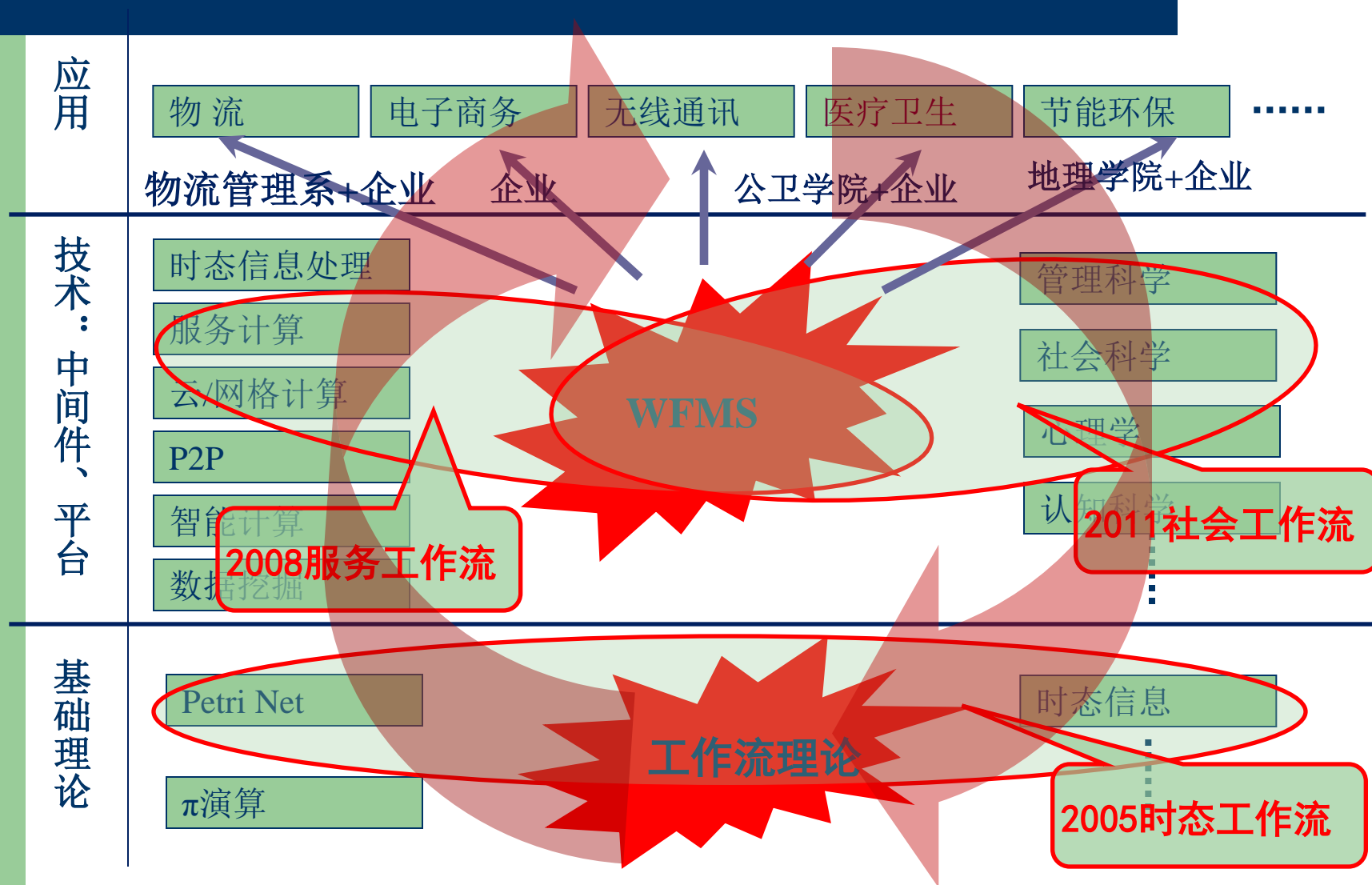


## 5. 前沿研究——科学 workflows

### Scientific Workflow

- 社会需求：大型、复杂科学活动中，对参与者协作、数据和知识的传递及处理等过程的支持。科学过程往往难以事先预见细节步骤，往往具有不确定性、动态性、数据计算密集等特点。
- 研究基础：认知科学、知识表达与推理、状态机、Agent、分布式 workflow 技术.....
- 主要研究方向：基础理论、系统结构、大数据处理.....
- 我们的研究：前期跟踪、探索。

# 5.前沿研究——我们的探索



## 5.前沿研究——项目支持

### ● 理论研究：

- |                       |          |      |
|-----------------------|----------|------|
| 1. 支持人工协作的服务工作流关键技术研究 | 国家自然科学基金 | 主持人  |
| 2. 时态工作流过程模型及其柔性研究    | 国家自然科学基金 | 主持人  |
| 3. 基于社会计算的虚拟组织构建机制研究  | 省自然科学基金  | 主持人  |
| 4. 服务工作流关键技术研究        | 省自然科学基金  | 主持人  |
| 5. 时态工作流模型研究          | 省自然科学基金  | 主持人  |
| 6. 时态知识数据模型及软件构建研究    | 国家自然科学基金 | 核心成员 |

### ● 应用研究：

- |                       |              |     |
|-----------------------|--------------|-----|
| 1. 大型公共建筑能源监控和运维管理系统  | 广东省重大科技专项    | 主持人 |
| 2. 广州空港物流服务公共信息平台     | 省现代信息服务业专项   | 主持人 |
| 3. 物流综合信息服务平台         | 粤港关键领域重点突破项目 | 主持人 |
| 4. 专业市场电子商务关键性技术研究与应用 | 广州市科技攻关计划    | 主持人 |
| 5. 服务工作流中间件平台         | 珠海市科技攻关计划    | 主持人 |
| 6. 服务工作流在突发事件处理中的应用研究 | 广东省科技计划      | 主持人 |
| 7. 分布式突发卫生事件信息调查系统    | 广州市科技攻关计划    | 主持人 |
| 8. 免疫信息采集与分析决策系统      | 省科技计划重点引导    | 主持人 |
| 9. 分布式敏捷LIMS系统        | 广州市科技攻关计划    | 主持人 |

## 6. 参考资料

- 《 workflow 管理技术基础》，范玉顺，清华大学出版社，2001
- 《 workflow 管理——模型、方法和系统》，Wil van der Aalst，清华大学出版社，2004
- 《 workflow 系统设计与关键实现》，吴朝晖 邓水光，浙江大学出版社，2006.4
- 《过程感知的信息系统》，Wil van der Aalst，清华大学出版社，2009
- [www.wfmc.org](http://www.wfmc.org)
- <http://www.e-workflow.org/>
- <http://www.gridworkflow.org/>
- <http://www.wwfcn.net/>
- <http://www.flowbbs.cn/>

## 7. 交流讨论

有问题吗？

## 8. 课后思考题

- 技术概念“过程”可以是应用领域中哪些概念的抽象？这种抽象的意义何在？