

工程产品

CAD

信息集成

任务元

(18)

工程设计

基于任务元的工程产品 CAD 信息对象集成模型

CAD Info Object Integration in Engineering Product Based on Task Cell

67-70

储备¹ 武俊峰² 蔡青¹

TB21

TP391.72

(西北工业大学 CAD/CAM 研究中心 西安710072)¹

(西安市市政设计研究院 西安710068)²

Abstract It is necessary for product info to be communicated, exchanged and shared in engineering design (ED). So it is quite necessary to study collaborative product info. According to feature in ED, the paper presents CAD info object integration in engineering product, with an idea of "task cell", definition of drawing cell object and integration of collaborative links. The experiment in engineering validates the rationality and validity of the ideas.

Keywords Task cell, Drawing cell object, Integration of collaborative links, Product info model

工程设计是工程技术人员根据约束条件及有关规范,利用自身经验、专业知识及一系列分析、综合、评价得到满足特定要求的设计结果所进行的一种智能活动,它是一个十分复杂的过程,一般要经历方案设计、初步设计和施工图设计三个阶段,包括设计构思、结构计算、设计细化、施工图绘制、工程概预算等,这些活动需要各类产品信息的通讯、交换和共享,因此研究协同产品信息模型十分必要。本文针对工程设计的特点,提出并建立了工程产品 CAD 信息对象集成模型。最后

工程实例验证了该模型的合理性与有效性。

1 工程设计的特点

从工程的设计过程不难看出,工程设计并不是一个纯逻辑的推理过程,而是依靠设计经验与领域知识,综合运用抽象思维及形象思维的动态求解活动。工程设计有如下特点^[1,2]:

- 病态性,工程设计问题往往无法建立完整的数字模型,相关问题的初始、目标状态在开始时是一些非公

```

WMAssignActivityInstancesAttribute
//改变任意活动实例的属性
WMAbortProcessInstances
//异常终止任意的流程实例

3.2.8 调用应用函数 WAPI 管理函数提供关于
工具代理的服务:激活并控制与工作项关联的应用。
WMTAConnect&WMTADisconnect
//连接和断开工具代理
WMTAInvokeApplication
//让工具代理启动或调用应用程序
WMTARequestAppStatus
// workflow 引擎查询激活的应用程序的状态
WMTATerminateApp
//让工具代理终止激活的应用程序

```

4. 展望

以上介绍了《 workflow 管理应用编程接口规范》。自从1995年 workflow 管理联盟颁布版本1.0以来,作为一系列 workflow 管理规范的核心,该规范发展迅速,先后增加

了接口的对象绑定、数据统计等说明。为了进一步完善 workflow 管理标准, workflow 管理联盟还将在以后的版本中增加以下内容:

- 引入同步点处理 (Synchpoint processing) 增加可恢复性 (recoverability)。
- 增强安全机制。
- 增加共享数据的锁机制。
- 保证 workflow 数据的完整性。

参考文献

- 1 Workflow Management Coalition— Workflow Management Application Programming Interface (Interface 2&3) Specification [Document Number WFMC-TC-1009] July-98
- 2 Workflow Management Coalition— The Workflow Reference Model [Document Number TC00-1003] Jan-95
- 3 Workflow Management Coalition— Terminology & Glossary [Document Number WFMC-TC-1011] June-96

式化的、有二义性的、高度模糊化的、无完整的定义。

·创造性。没有一项工程是完全照抄已有工程的设计,设计者必须根据工程的具体特点和要求进行设计。

·继承性。工程设计基本不是从头开始设计,而是利用已有的设计结果和技术规范,在局部细节上和整体结构上作适当的改动,以满足新的设计要求。实践中标准图的应用就是一个例证。

·变异性。工程设计十分复杂,工程产品在设计及施工阶段依据实际情况与新出现的问题,经常要在原有基础上变更设计。

2 任务元模型

工程设计指的是建筑工程、土木工程、市政工程范围内的设计活动,是一个协同工作的过程。产品信息模型的好坏直接影响相关过程上、下游活动的协调与合作及信息的共享与交流。工程产品信息应具备以下几个协同特征:

·统一性。工程设计过程中各个功能小组相互交流和支 持,需要产品模型有一致性的描述,而且需要适应基于不同设计应用程序间的共享协同。这对产品数据表达与交换标准提出了较高的要求。

·完备性。工程设计涉及建筑、结构、水、暖、电、概预算等多个专业,要求产品模型尽可能包含相关设计周期内所有数据信息,便于跨专业协作。信息模型既要体现多知识源的表达,又要支持群体成员的工作方式,具有面向不同学科的完备信息及关联信息。

·动态性。设计过程中许多因素都表现出动态性,如任务的变动、数据的更改等,因此信息模型应该是一个动态的数据结构,使设计活动中各阶段的中间结果数据能适应动态的变更或后续的工作。

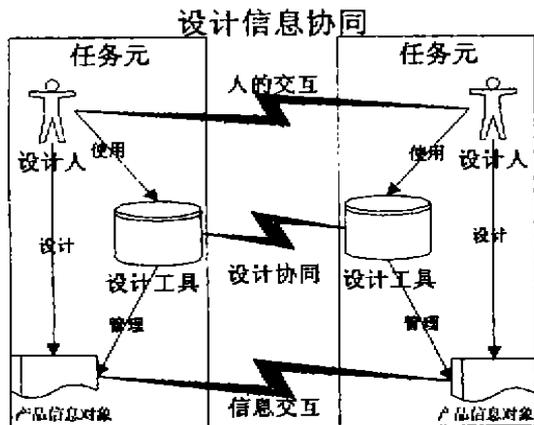


图1 任务元模型示意图

为此,我们提出“任务元”概念。在工程设计的协同

工作环境中,任务元由设计人、设计工具、产品信息对象组成,如图1。设计人在任务元中处于核心地位,起支配作用,在工程设计中设计人主要进行创新活动,如问题分析、概念抽象、决策、思路具体化、评估等。这些活动是设计的灵魂,促使设计人深研思路,激发创新。设计工具被设计人用来完成特定的设计任务。作为任务元的一部分,设计工具应该能与其它的设计工具进行协同工作。产品信息对象作为被设计的数字化产品,是工程产品设计信息的协作定义,依靠设计人与工具来操作。

3 工程产品信息对象集成

3.1 信息结构树表达

工程产品设计是产品分项—组件—细部分解设计与重组的过程。分项设计是产品中不同专业、不同项目的设计,如桥梁中的平面线形设计、结构计算等。组件设计是项目中不同构件的设计,如桥梁结构计算中梁体、桥墩设计等。细部设计是组件中不同局部的设计,如桥墩中的盖梁、牛腿设计等。分项—组件—细部具有层次性,相应的产品信息呈树状结构,见图2。

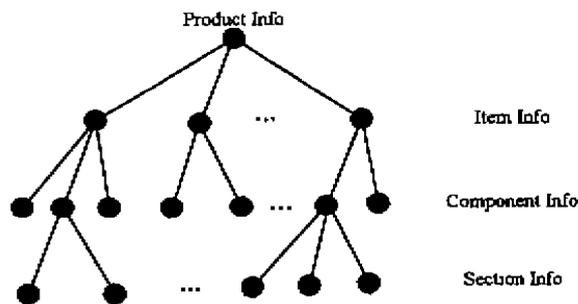


图2 产品信息结构树简图

为了能抽象地概括出产品信息对象的本质特征,并拥有良好的拓扑性,给出以下描述:

$\langle \text{Product Info} \rangle ::= \langle \text{Item Info} \rangle \langle \text{Component Info} \rangle \langle \text{Section Info} \rangle \langle \text{Link Info} \rangle$
 $\langle \text{Item Info} \rangle ::= \langle \text{Item Object} \rangle \langle \text{Link Info} \rangle$
 $\langle \text{Item Object} \rangle ::= \langle \text{Object State} \rangle \langle \text{Design Action} \rangle \langle \text{Component Info} \rangle$
 $\langle \text{Component Info} \rangle ::= \langle \text{Constraint} \rangle \langle \text{Content} \rangle \langle \text{Design Action} \rangle \langle \text{Link Info} \rangle$
 $\langle \text{Section Info} \rangle ::= \langle \text{Constraint} \rangle \langle \text{Content} \rangle \langle \text{Design Action} \rangle \langle \text{Link Info} \rangle$
 $\langle \text{Constraint} \rangle ::= \langle \text{Engineering Constraint} \rangle \langle \text{Relation Constraint} \rangle$
 $\langle \text{Content} \rangle ::= \langle \text{Shape} \rangle \langle \text{Function} \rangle \langle \text{Behavior} \rangle \langle \text{Structure} \rangle \langle \text{Semantic} \rangle$

$\langle \text{Design Action} \rangle ::= \langle \text{Conception} \rangle \langle \text{Calculation} \rangle \langle \text{Verification} \rangle \langle \text{Drawing} \rangle$

$\langle \text{Link Info} \rangle ::= \langle \text{Id} \rangle \langle \text{Level Info} \rangle \langle \text{Mapping} \rangle$

3.2 图形信息共享标准

工程产品信息的共享与交换主要以图形文件形式为信息载体。在微机和工作站上用于数据交换的图形文件标准主要有: AutoCAD 系统的 Dxx、美国标准 IGES 及国际标准 STEP。STEP 是 ISO 组织于 1984 年制定并颁布的, 在 1993 年出台的建筑行业数据交换标准应用协议被确定为 AP225。该应用协议是用显示三维形状表达在建筑、工程、施工应用系统和相关系统之间交换建筑物单元的形状、特性和空间结构信息。但由于 AutoCAD 在世界范围内的应用极为广泛, 已经深入到各行各业之中, 特别是目前国内工程行业基于微机的 CAD 系统以 AutoCAD 及其二次开发软件为主流, 所以它的数据文件格式已经成为一种事实上的工业与工程标准。

AutoCAD 在 14.0 以后版本中融入了具有第二代面向对象技术的 ObjectARX。ObjectARX 可直接利用 AutoCAD 核心数据结构和代码, 扩展相应的类及其功能。它的图形对象互操作机制使得工程产品易于智能化设计, 而且在 VC++ 下支持 MFC 编程, 对复杂图形对象的创建、编辑更加直观方便。同时, 为了保证工程产品设计信息满足分布协同环境下的图形文件共享与交换的要求, Autodesk 公司及其合作伙伴 Arnona Internet Software 公司合作提供了在 Web 上进行协作设计的免费软件: CADViewer Light 和 Volo View Express, 开发者们可以使用它们在 Web 上协作完成 CAD 项目。

3.3 面向对象的图元模型

产品设计信息的计算机表示、分析和综合中, 核心的问题是要提供既适合计算机处理、且有效满足设计要求, 又便于信息传递和数据交换的数学方法。数字化的工程产品需要协同完备的数据信息以表述、支持内在的几何与约束联系及相关信息的层次表达。

长期以来, 工程产品信息一直用工程图纸来表达, 即依靠平面、立面、剖面图形及文字说明来描述产品信息模型。这样的信息模式既分散、冗余又不完备, 且容易出错。利用计算机以面向对象技术进行工程产品信息建模是协同设计的要求。封装和继承是面向对象技术的两大重要特征, 由此封装产生的工程产品 CAD 信息对象具有很好的图形关联性和专业关联性。图形关联性是指相关图形信息统一为一个图形实体对象, 将内在的属性关联映射到图形数据中、专业关联性是指图形对象中各协同专业属性的归一与封装。鉴于工程产品信息层次较多、内容复杂, 将整个产品统一为一

个对象模型十分困难, 因此只在一些相关属性联系基础上对不同层次的产品信息建立图元对象模型。

定义: 图元对象是图形中工程产品的不同细部层次构造集合, 它可描述为一个五元组: $\text{Object} = \langle \text{IN}, \text{PG}, \text{VSG}, \text{TG}, \text{ST} \rangle$, 其中 IN 是对象的分类标识集合, PG 是对象的平面图属性集合, VSG 是对象的立面图属性集合, TG 是对象的剖面图属性集合, ST 是对象的状态属性(如结构、材料等)信息集合。

建立图元对象后, 二维图形映射为对象三维模型的三视图。当修改对象的平面图形信息时, 其立面、剖面相应信息会自动变更, 这样既符合设计人的传统习惯, 又提高了 CAD 的自动化与协同程度。

3.4 信息的协同链接集成

信息的协同链接集成是指图元信息对象间及其与相关信息以超链的方式连接在一起, 是信息层次间内在结构的关联集成。当一个图元对象内部属性有所改动时, 必然会影响到其它相关的图元或信息变更。通过协同链接集成, 设计人可以方便地知道那些图元或信息需要调整, 大大降低了数据的非一致性可能。

此外, 一个产品进行 CAD 设计时, 除了传统的工作外, 还需要包括^[3]: 有关文件的字处理与制表、设计表现的可视化、设计行为的评估分析、渲染与动画技术、异构分布信息的数据库管理、多媒体技术与 CSCW 技术支持等。相对而言, 信息协同链接集成考虑更多的是信息间的连续性与继承性及各专业的协作。协同链接集成后的信息集成模型可以表述如下:

$\langle \text{Product Info} \rangle ::= \langle \text{Form} \rangle \langle \text{Behavior} \rangle \langle \text{Function} \rangle$

$\langle \text{Form} \rangle ::= \langle \text{Graphic Form} \rangle \langle \text{Symbolic Form} \rangle$

$\langle \text{Graphic Form} \rangle ::= \langle \text{Spatial Info} \rangle \langle \text{Geometric Info} \rangle \langle \text{Topological Info} \rangle$

$\langle \text{Symbolic Form} \rangle ::= \langle \text{Hierarchy of Object Class} \rangle$

$\langle \text{Behavior} \rangle ::= \langle \text{Graphic Behavior} \rangle \langle \text{Symbolic Behavior} \rangle$

$\langle \text{Graphic Behavior} \rangle ::= \langle \text{Diagram Rep} \rangle \langle \text{Annotation Rep} \rangle$

$\langle \text{Symbolic Behavior} \rangle ::= \langle \text{Reasoning Mechanism} \rangle \langle \text{Domain Principle} \rangle$

$\langle \text{Parameter Description} \rangle$

$\langle \text{Function} \rangle ::= \langle \text{Graphic Function} \rangle \langle \text{Symbolic Function} \rangle$

$\langle \text{Graphic Function} \rangle ::= \langle \text{Diagram Rep} \rangle \langle \text{Annotation Rep} \rangle$

$\langle \text{Symbolic Function} \rangle ::= \langle \text{Reasoning Mechanism} \rangle \langle \text{Domain Principle} \rangle$

$\langle \text{Parameter Description} \rangle$

4 实现与实例

用 AutoCAD 中 ObjectARX 的派生类功能创建的图形对象能够实现对象间的互动操作,即在图元的平面、立面、剖面及状态属性间实现关联修改。互动操作的实现是通过建立对象依赖机制来实现的,在 AutoCAD 系统中,当一个事件发生时某些对象(称为通知者)自动转播事件到其它对象。接收事件的对象称为响应器,一个响应器必须在它可以从通知者接收前被明确地添加到一个通知者的响应器列表中,响应器的类定义包括各种通知函数。事件发生时,通知者自动调用在它的响应器列表中每个响应器的相应的通知函数。然后实现相应的操作,而信息的协同链接集成则可直接调用菜单中的超链命令实现,不仅能将产品说明信息链接到图形中表示的相关对象上,还可以链接扩展数据,如 Web 文档、数据库表、电子表格、URL 等。

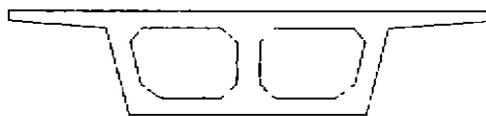


图3 主梁横断面示意简图

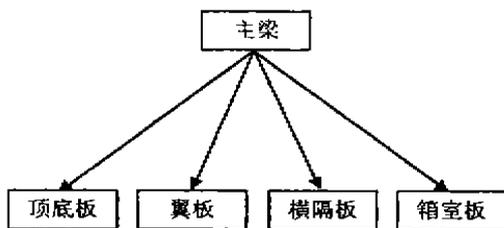


图4 主梁分解设计示意简图

以桥梁设计中一个单箱双室箱梁构造为例说明信息对象集成方法。图3是该箱梁构造的主梁横断面示意简图,图4是它的分解设计示意简图,在设计中,当顶底板、翼板、横隔板、箱室中有一个发生设计更改,就会造成其它各项设计的变更,比如各种几何信息的改变,因此主梁被定义成一个图元对象。图5是主梁的链接示意图,这里的盖梁、伸缩缝、铺装是图元对象,说明文本不

是图元对象,主梁图元对象通过超链方式与它们相连,当主梁几何信息改变后,相关对象是因为结构计算的需要必须变更有关数据,包括几何信息与结构信息,由此可见,图元对象内的属性改变主要是几何信息关联的必然,而超链上各图元对象的设计更改主要是结构信息关联的结果及其它信息(如说明)的需要,这也是定义图元对象和进行超链的原则。

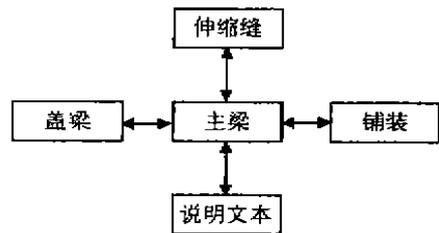


图5 主梁的链接示意图

我们在 AutoCAD2000中通过 ObjectARX 开发定义了桥梁设计一些基本的图元对象,包括分项级、组件级、细部级各个层次。用超链命令进行了各相关图元对象及信息的协同链接集成。初步实现了桥梁 CAD 信息对象集成模型。这种方式打破了以往桥梁设计按上部、下部分离设计的传统模式,更客观地反映了产品设计信息的内在联系与协同。

结论 在工程产品设计中引入任务元概念,符合其病态性、创造性的特点,而图元对象定义及协同链接集成技术的建立,有效地保证了工程设计的继承性与变异性。产品信息对象集成模型对提高工程 CAD 设计的协同共享及工作效率有明显作用。

参考文献

1. Liu Xiao-Ping, et al. The research of methodology based on template in engineering CAD. Journal of computer aided design and computer graphics, 1999, 11(7): 296~299
2. Krishnamurthy K, et al. A Data Management Model for Collaborative Design in a CAD Environment. Engineering with Computers, 1997, 13: 65~86
3. Milad S, et al. Shared understanding in computer-supported collaborative design. Computer-Aided Design, 1996, 28(3): 183~192

中国计算机学会已接纳
《计算机科学》从2001年
成为中国计算机学会会刊