

文章编号:1673-2049(2007)03-0076-06

中小跨径桥梁电子通用图重用机制

任爱珠,戴 飞,彭卫兵,徐 峰

(清华大学 土木工程系,北京 100084)

摘要:分析了中小跨径桥梁设计领域桥梁设计单位图纸的重用需求,建立了基于桥梁设计领域和面向系统设计的通用图重用机制,在此基础上实现了中小跨径桥梁电子通用图管理系统,该系统利用DXF图纸的几何特征及结构化特征,设计了通用图纸信息的自动提取模型,完成了对通用图纸和用户图纸的管理集成。实践结果表明,该系统在帮助图纸收集、组织、存储、定位、获取方面具有显著效果。

关键词:桥梁电子通用图;重用机制;面向对象;系统设计

中图分类号:U442.6

文献标志码:A

Reuse Mechanism of Standard CAD Drawing for Short/Medium Span Bridge

REN Ai-zhu, DAI Fei, PENG Wei-bing, XU Feng

(Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: According to the field of design for short/medium span bridge, authors analyzed the drawing reuse need in bridge design, and established standard CAD drawing reuse mechanisms based on the field of bridge design and system-oriented design. On the basis, the bridge standard CAD drawing management system for short/medium span bridge was developed. By using the geometric characteristics and structure characteristics of DXF drawing of this system, the model of automatic collection for standard CAD drawing information was designed. The practice results show that this system has notable effect in helping standard CAD drawing collection, organization, storage, orientation and retrieval.

Key words: bridge standard CAD drawing; reuse mechanism; object-oriented; system design

0 引言

作为国家西部交通建设科技项目“西部地区中小跨径适用桥梁形式研究”的成果之一,中小跨径桥梁电子通用图是在中国西部地区各设计院已有图纸的基础上,归纳和提炼所形成的标准化图纸。相对于各设计单位桥梁图纸,它完全按照具体规定绘制完成,具有更强的可读性和可重用性。充分利用通用图

纸的特性,有利于避免设计投入的重复,提高了设计效率。

中小跨径桥梁电子通用图除了自身的几何信息之外,还包含了许多额外信息,如桥梁的结构造型、使用材料、工程概况等。对图纸进行理解、分析,提取有效描述信息,能够在设计过程中帮助桥梁工程师理解已存在图纸,快速定位所需图纸,通过对图纸内容的参考或修改完成设计以实现图纸的重用。

收稿日期:2007-03-05

基金项目:国家西部交通建设科技项目(2003 318 223 14)

作者简介:任爱珠(1946-),女,浙江绍兴人,教授,博士生导师,E-mail:raz-dci@mail. tsinghua. edu. cn。

目前,在工程设计重用方面已有大量研究。Demian 等通过对建筑产品模型相关性进行研究,发现了支持设计重用的有效信息^[1],并开发了 CoMem 软件系统,用于帮助设计,支持设计知识重用过程^[2]。Maher 建立的 CASECAD 系统基于新设计问题的形式描述,使设计者能够以此获取已有设计案例^[3]。ARCHIE 则是一个基于案例的分析工具,帮助建筑师进行概念设计^[4]。笔者针对中小跨径桥梁设计领域进行研究,建立了中小跨径桥梁电子通用图的重用机制,开发了可应用于实践的系统软件。

1 图纸重用需求分析

1.1 设计特点

设计通常分为变形设计、自适应设计和创新设计^[5]。据统计,约 80% 的设计为变形设计和自适应设计^[6],这意味着大多数设计过程是基于以前设计资源的重用。实践证明,对于中小跨径桥梁工程,其设计目标往往有很大的相似性,如跨径为 30 m 与跨径为 35 m 的小箱梁桥设计,工程师通常都会先对以往图纸进行查找,在已有类似图纸的基础上进行设计。

通过实践和调查研究发现,在桥梁设计过程中,工程师绘制工程电子图纸主要以对已有类似的图纸修改为主,如修改构造接近的已有图纸以形成新图纸,真正从零开始设计、从零开始绘制的图纸很少。如果采用不修改图纸的方式,工程师在绘图过程中一般也要对已有图纸进行参考,避免了重复分析,节约了设计时间。

根据欧美国家有关调查统计显示,工程设计人员每天约有 35% 的工作时间花费在查阅图纸及相关资料上^[7]。通常情况下,要提高图纸的检索质量,降低图纸检索时间,需要在设计过程中对图纸有效相关信息进行提取、组织,这势必造成了工程师的额外工作;同时,设计院作为生产单位,强调的是设计效率和出图速度,使得设计过程中对图纸的整理和信息的提取很难实现,这就形成了设计过程中额外设计行为与低效目标图纸定位之间的矛盾^[8-12]。

1.2 流程分析

如图 1 所示,桥梁设计图纸流程描述了对图纸的获取、参考、引用、建立、校对、校核、审查、审定、征集入库一系列操作,其中,各行为节点之间属于松散耦合结构,行为节点之间没有严格的约束关系,仅以时间序列关系约束为主。

按照图纸处理的行为意图不同,可以把图纸流

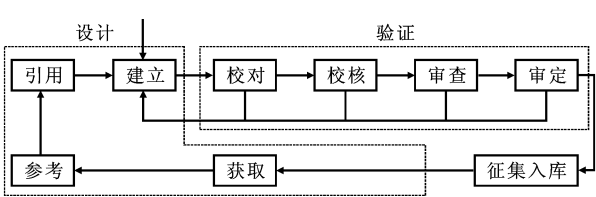


图 1 图纸流程
Fig. 1 Drawing Flow

程分为 3 个主要环节:设计、验证、征集入库。

设计环节主要负责产生图纸。该环节中,工程师通过原创设计建立图纸,或者在已有图纸集合中获取工程类似图纸,通过对所获图纸的参考,引用其相关内容,建立新的图纸。在本文中,引用分为间接引用和直接引用,间接引用是指从参考图纸中提取有用信息,对信息加工处理后应用于新图纸中;直接引用则是以参考图纸为蓝本,通过直接修改完成新图纸。设计环节的图纸往往与能够真正投入使用还有距离,但图纸的内容已基本完成。在验证环节,通过校对、校核、审查、审定层层把关,对设计环节输出的图纸进行评价,以保证图纸表现形式的准确性和结构的正确性。征集入库环节使图纸能够得到集中保存和管理,收集内容不仅为图纸文件,还包括对图纸及其内容的描述和说明,此外,入库有利于图纸的持久,方便图纸的获取。

1.3 重用需求

第 1.2 节中的图纸流程可以归纳为:工程师通过初步设计和技术设计,已基本确定桥梁结构和钢筋面积,这时抽取并建立查阅匹配条件,在保存完工图纸的图库中按照某种遍历方式与已有图纸进行比较,通过比较定位可参照、引用或建立新图纸。

由此可以看出,工程师在进行图纸设计时借鉴已有图纸是一条重要的设计途径,然而,定位目标图纸是一件费时费事的事情。这需要对图纸入库前做充分理解,分析提取其相关数据,并对这些数据和图纸进行合理组织和存储,从而寻找一种有效的查阅方式,使得能够从图纸库中快速、准确地获得目标图纸。总之,要实现图纸的有效参考和借鉴,就会涉及图纸流程中的 2 个关键环节:征集入库和获取。

2 通用图纸对象分析

2.1 通用图纸特征

通用图纸即中小跨径桥梁电子通用图,它完全依照《通用图库制图规则》(以下简称《制图规则》)绘制完成。《制图规则》旨在统一制图方法,加强通用图纸的通用性,保证图纸质量,提高图纸规范程度,

便于通用图纸的应用。它规定了通用图纸的文件格式和版本、图纸内容所遵循的绘制要求,以及图纸编号的编码规则。通过对《制图规则》和通用图纸进行分析,得出以下特征:

(1)文件特征。图纸利用同一工具绘制,文件采用统一的格式和版本。在《制图规则》中,图纸绘制采用 AutoCAD 平台,以 R14 版本的 DXF 文件格式存储图纸。其中,DXF 格式的文件以结构化文本形式存在,方便编程读取,具有良好的交互性。

(2)格式特征。图纸内容格式包括图幅、图框、尺寸单位、字体、图层、颜色、线宽、尺寸标注及图签,其中图幅和图框使图纸的位置和尺寸一致;尺寸单位、字体、图层、颜色、线宽、尺寸标注统一了图纸的布局和层次,减小了图纸读取和理解过程中的误差;规定图签格式,则使图纸相关属性的表现形式、内容、顺序和位置得以固定。

(3)编号特征。图纸编号采用特定编码规则进行命名,这使得理解图纸的方便性得到了加强。编号规则的编排如 $SCL_{xx}W_{xx}A_{xx}-xxx$,以划线为分隔编码将通用图纸分成 2 个部分,前部分代表该套图纸的编号,后部分则代表该图在该套图纸中的编号,而编号序列上的字母又分别表示特定信息,如 S 表示图纸属于上部结构部分,C 表示上部结构形式为钢-混组合梁, L_{xx} 表示标准跨径,单位:m; W_{xx} 表示桥梁宽度,单位:m; A_{xx} 表示桥梁斜角大小,单位:(°)。

从通用图纸特征可以看出,通用图纸的表示方法和表现形式更具规律性,这是一般设计单位绘制的图纸所无法具备的,同时,通用图纸的这些特征为实现通用图纸信息的识别和自动提取提供了可能。

2.2 通用图纸分类

一般情况下,根据表现内容不同,实际的桥梁工程设计图纸可以划分为总图、桥位设计图、桩位设计图、造型设计图、结构设计图;而通用图纸是对实际工程图纸的总结和抽取,并从中剔除了与实际场地位置有关的内容,因此,通用图纸不包括桥位设计图、桩位设计图。

按照桥梁组成进行分类,通用图纸可分为上部结构相关图纸、下部结构相关图纸及附属结构相关图纸。上部结构相关图纸表现了桥梁的上部结构形式、上部结构构造、全长、跨径、桥宽、斜度、施工方式等信息;下部结构相关图纸反映了桥梁基础、桥台、桥墩的结构形式和布置;附属结构相关图纸的内容则集中表现在桥梁支座、伸缩缝、防撞护栏、桥面铺

装等附属设施的设计。

按照桥梁结构类型进行分类,通用图纸又可以分为简支连续 T 型梁桥、简支连续空心板梁桥、简支连续小箱梁桥、钢混组合梁桥、拱桥、现浇连续梁桥、装配式 T 型梁桥、装配式空心板梁桥、装配式小箱梁桥。由此可以看出,简支连续和装配式体现的是施工方式,而 T 型梁、空心板梁、小箱梁、钢混组合梁等体现的是桥梁的结构形式。

通过通用图纸的分类,可以有效地对图纸进行组织,使其存储形式结构化。更重要的是,可以根据这些分类抽取图纸的相关属性,从而逐步形成图纸定位的一条有效途径。

2.3 面向重用的有效信息

图纸特征和图纸分类的分析给工程师提供了大量的图纸相关信息,然而要使这些信息重用,还需要进一步对这些信息进行归纳和总结,以发现工程师查阅图纸过程中感兴趣的信息,如图 2 所示。

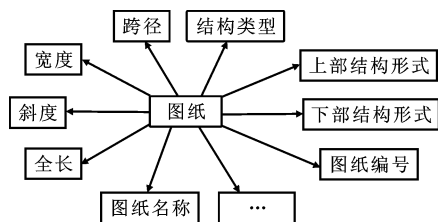


图 2 图纸信息

Fig. 2 Information of Drawing

事实上,除图 2 中所列举的信息之外,肯定还存在其他工程师感兴趣的图纸信息,并从这些信息中发现有利于进行图纸定位的相似性,该相似性可以对面向重用的图纸信息加以区别。

需要指出的是,在通用图纸中,一套图纸对应一种结构类型桥梁,它包含了桥梁的上部结构、下部结构和附属结构设计,可归结为一个项目设计,而图 2 中的结构类型、上部结构形式、下部结构形式、跨径、宽度等信息都是对图纸所属项目的描述,整套图纸中每张图纸的该类信息都相同,所以可以把该类信息归类为项目属性;另外,对于单张图纸,对其定位时需要完成图纸名称、图纸编号等信息,可以把这类信息总结为图纸属性,因此,通用图纸有效信息可分为项目属性和图纸属性。

3 通用图纸重用机制的建立

3.1 基于桥梁设计领域的重用机制

在桥梁设计领域,通用图纸以电子数据形式存放在数据源中,不论采用什么管理形式,工程师要想

从大量的图纸集合中找到所需图纸,实现图纸重用,就需要有相应的机制来保证,对此,笔者首先基于桥梁设计领域,建立了通用图纸重用机制,如图 3 所示。

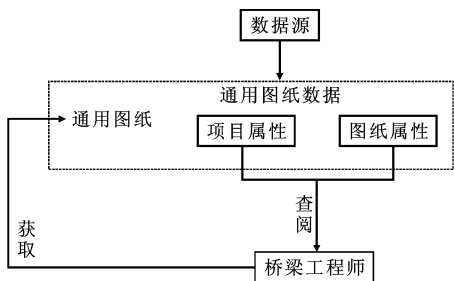


图 3 基于设计领域的通用图纸重用机制
Fig. 3 Reuse Mechanism for Standard Drawing
Based on Field of Design

通用图纸重用体现为应用先进的信息技术提供更多的有效手段对通用图纸进行获取,重用机制则描述了这些手段具体步骤的序列。对于特定领域,建立机制需先对该领域中相关的对象和行为进行标志,进而确定行为的步骤序列以形成机制。在桥梁设计领域中,通用图纸重用过程涉及对象有工程师、符合一定制图标准的电子化图纸文件,以及与图纸描述有关的项目属性和图纸属性数据;行为则表现为查阅属性信息和获取图纸文件。

由图 3 可知,从数据源中获取的通用图纸数据包括通用图纸电子文件以及用以描述图纸的项目属性和图纸属性。通用图纸由各参加研究单位提供,汇总后统一保存在相关数据源(如关系数据库)中。通用图纸重用机制可表现为工程师首先从数据源中取出项目属性和图纸属性进行属性值匹配,之后再 用匹配值所对应的索引从数据源中获取通用图纸。在这个过程中,查阅结果可能是项目的一张或多张图纸,也可能是项目的整套图纸,并且工程师可以在查阅结果中进行再次选择以获取最终目标图纸。

3.2 面向重用的系统对象

面向对象方法比较自然地模拟了人类认识客观世界的思维方式,使描述问题的空间空间和计算机解决问题的解空间在结构上尽可能一致,因此,笔者采用面向对象分析方法^[13]建立系统对象。面向对象分析,即定义在系统中工作的所有类型的对象,并显示这些对象如何通过相互作用来完成任 务^[14]。

在第 3.1 节中,由面向对象分析的古典法可以发现该机制涉及的对象有通用图纸、项目属性、图纸属性,而一套图纸的集合又可以对应一个项目对象。对于以上对象,项目对象可以和零到多张图纸对象相对应,一个项目对象和一个项目属性对象相关联,

一个图纸对象和一个图纸属性对象相关联。由面向对象分析的行为分析法可以发现工程师查阅图纸的方式有 2 种,即浏览和检索,对此可以建立浏览管理器对象和检索管理器对象。根据检索对象分为对应于项目对象的项目属性和对应于图纸对象的图纸属性,可以对检索管理器对象进一步派生,形成项目检索管理器对象和图纸检索管理器对象。最后,针对获取行为,可以建立图纸获取管理器对象,负责帮助检索管理器和浏览管理器访问图纸对象,从而获得图纸文件。为此,笔者根据基于概念的通用图纸重用机制建立了面向重用的系统对象,所有对象及其对象之间的关系如图 4 所示。其中,对象的表示方法采用了统一建模语言^[15-16]。

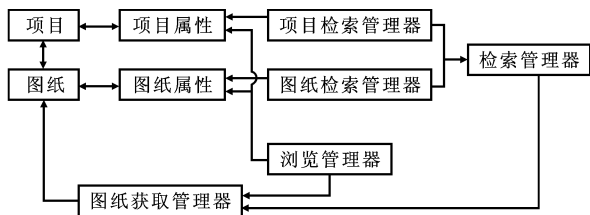


图 4 面向重用的系统对象
Fig. 4 Reuse-oriented System Objects

3.3 面向系统设计的重用机制

在面向对象设计原理中,重用机制可表现为对象间相互作用的模式,确定系统重用机制,有助于系统功能的分析和设计。建立面向通用图纸重用的系统对象间相互作用的模式,有利于驱动系统图纸重用相关功能模块的设计与实现,完成向现实系统的进一步转化。

在系统对象基础上建立的通用图纸重用机制如图 5 所示。该机制对 3 种情况下系统对象如何协同工作进行了描述。步骤 1~7 为通过浏览方式获取图纸;步骤 8~16 为按照项目检索方式获取图纸;步骤 17~25 为按照检索图纸方式获取图纸,各具体步骤反映了用户使用系统获取通用图纸时系统对象执行的行为、行为的序列及对象的相互作用关系。

对于通用图纸浏览过程,需要先获取项目,通过该项目再获取项目所包含的图纸,由于项目对应多个图纸,这就形成了项目与图纸访问的层次结构。项目检索过程中,需要通过项目属性与检索条件匹配找到目标项目;同理,图纸检索过程中,也需要通过图纸属性与检索条件匹配找到目标图纸,不同的只是检索变量的类型有所区别。通过检索到的目标图纸可以获取图纸所属项目,查看项目属性,需要指出的是这时又能够由项目获取项目所包含的所有图

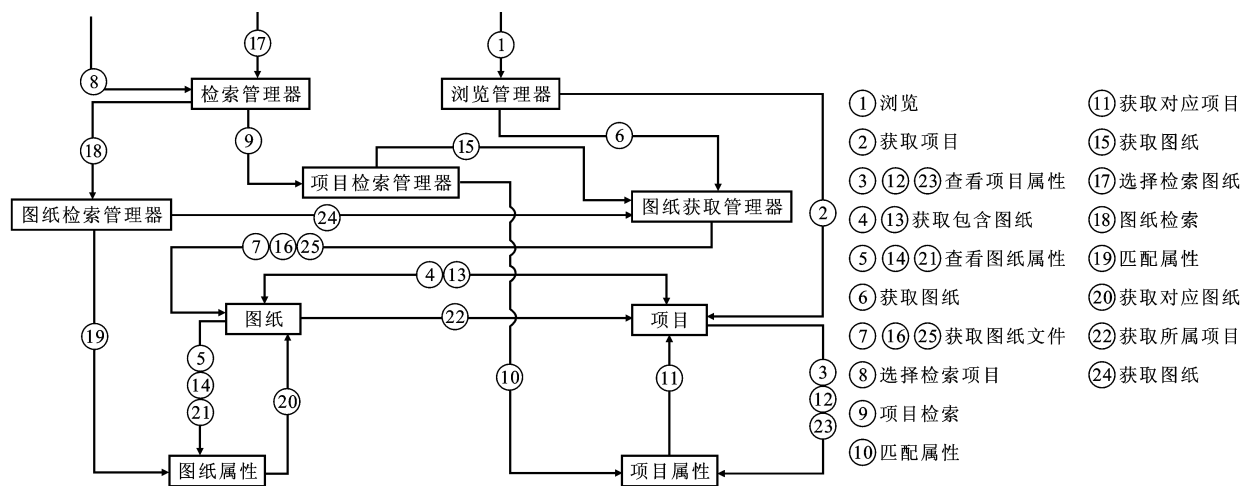


图 5 面向系统设计的通用图纸重用机制

Fig. 5 System-design-oriented Reuse Mechanism for Standard Drawing

纸,虽然该步骤在图 3 中并未标出。总之,不管哪种情形,其最终目标都是获取图纸,并为能够获取与查阅条件匹配的图纸提供了 3 条有效途径。

4 通用图管理系统的实现

中小跨径桥梁电子通用图管理系统是根据上述机制研究开发出的一个具体应用系统,该系统基于 Web 环境实现了对图纸的收集、组织、存储、定位和获取。图 6 为利用通用图管理系统访问和获取图纸

时的实现效果。图 6(a)中采用了结构树的组织方式浏览图库,并通过图库目录下的项目查看并获取图纸;图 6(b)中提供了通过对图纸的项目属性进行组合查询的方式以获取图纸所属项目,进而获取该项目的图纸;图 6(c)中则通过对图纸的描述属性进行匹配以直接查找相关图纸。

通过数据层集成,该系统在完成对通用图纸管理的同时,也实现了对设计单位自身图纸的管理。此外,基于 DXF 图纸的几何特征及结构化特征,笔



图 6 用于获取图纸的系统界面

Fig. 6 System Interface for Drawing Acquisition

者实现了对通用图纸信息的自动提取。

5 结 语

笔者充分考虑了桥梁工程师的实际工程需求,

分析了桥梁图纸设计的流程和特点,研究了中小跨径桥梁电子通用图对象,通过建立通用图重用机制,提出了获取图纸的 3 条有效途径,并在此基础上实现了中小跨径桥梁电子通用图管理系统。其中的图

纸收集、组织、存储、定位和获取功能已经实现,并已在中国相关单位进行试用。通用图的重用功能将在图纸信息自动提取的工作基础上,通过另外开发的专用软件来实现。

参考文献:

References:

- [1] DEMIAN P, FRUCHTER R. Measuring Relevance in Support of Design Reuse from Archives of Building Product Models[J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2005, 19(2): 119-136.
- [2] FRUCHTER R, DEMIAN P. Corporate Memory in Action[C]//SONGER A D, MILES J C. International Workshop on Information Technology in Civil Engineering. Reston: American Society of Civil Engineers, 2002: 90-102.
- [3] MAHER M L. CASECAD and CADSYN: Implementing Case Retrieval and Case Adaptation[C]//MAHER M L, PU P. Issues and Applications of Case-based Reasoning in Design. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1997: 161-185.
- [4] DOMESHEK E, KOLODNER J. Finding the Points of Large Cases[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 1993, 7(2): 87-96.
- [5] PAHL G, BEITZ W. Engineering Design—a Systematic Approach[M]. 2nd ed. London: Springer-verlag, 1996.
- [6] JENSEN T. A Taxonomy for Design Reuse System; Proposing a System for Formalized On-line Knowledge Capturing[C]//SIVALOGANATHAN S, SHAHIN T M M. Engineering Design Conference—Design Reuse. Edmunds: Professional Engineering Pub, 1998: 483-491.
- [7] 黄天祥, 麦耀球, 江见鲸, 等. 建筑工程项目的信息化管理[J]. 仪器仪表学报, 2002, 23(3): 980-986.
HUANG Tian-xiang, MAI Yao-qiu, JIANG Jian-jing, et al. Construction Industry to Embrace Information Technology[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2002, 23(3): 980-986.
- [8] 何雄君, 范立础, 李丽平, 等. 大型桥梁施工预测控制系统研究[J]. 中国公路学报, 2006, 19(1): 53-57.
HE Xiong-jun, FAN Li-chu, LI Li-ping, et al. Study of Prediction Control System for Construction of Bridges with Long Spans[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(1): 53-57.
- [9] 梁 鹏, 肖汝诚, 徐 岳. 超大跨度斜拉桥施工过程随机模拟分析[J]. 中国公路学报, 2006, 19(4): 52-58.
LIANG Peng, XIAO Ru-cheng, XU Yue. Random Simulation Analysis of Construction Process for Super-long-span Cable-stayed Bridges[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(4): 52-58.
- [10] 张启伟, 周 艳. 桥梁健康监测技术的适用性[J]. 中国公路学报, 2006, 19(6): 54-58.
ZHANG Qi-wei, ZHOU Yan. Applicability of Bridge Health Monitoring Technology[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(6): 54-58.
- [11] 胡 亮, 李 黎, 彭元诚, 等. 大跨桥梁抖振时域分析的程序化方法[J]. 中国公路学报, 2006, 19(6): 59-64.
HU Liang, LI Li, PENG Yuan-cheng, et al. Computerized Approach for Buffeting Time-domain Analysis of Long-span Bridge[J]. China Journal of Highway and Transport, 2006, 19(6): 59-64.
- [12] 肖林萍, 赵玉光, 李永树. 单拱大跨隧道信息化施工监控量测技术研究[J]. 中国公路学报, 2005, 18(4): 62-66.
XIAO Lin-ping, ZHAO Yu-guang, LI Yong-shu. Research on Field Monitor Measuring Techniques in Informational Construction of Single Arch Long-span Tunnel[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(4): 62-66.
- [13] NORMAN R J. 面向对象系统分析与设计[M]. 周之英, 译. 北京: 清华大学出版社, 2000.
NORMAN R J. Object-oriented System Analysis and Design[M]. Translated by ZHOU Zhi-ying. Beijing: Tsinghua University Press, 2000.
- [14] SATZINGER J W, JACKSON R B, BURD S D. 系统分析与设计[M]. 朱群雄, 李 芳, 汪晓男, 译. 北京: 电子工业出版社, 2003.
SATZINGER J W, JACKSON R B, BURD S D. System Analysis and Design[M]. Translated by ZHU Qun-xiong, LI Fang, WANG Xiao-nan. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.
- [15] BOOCH G, RUMBAUGH J, JACOBSON I. The Unified Modeling Language User Guide[M]. Reading: Addison-Wesley, 1998.
- [16] RUMBAUGH J, JACOBSON I, BOOCH G. The Unified Modeling Language Reference Manual[M]. Reading: Addison-Wesley, 1998.