

面向 BIM 模型二次开发数据提取与应用技术

钟 辉¹, 李 驰¹, 孙 红², 张 珂²

(1. 沈阳建筑大学信息与控制工程学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 沈阳建筑大学机械工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘 要 目的 在 BIM 技术中面向数据提取与应用研究相对较少现状下, 提出一套完整高效率的 BIM 数据提取与应用技术方案, 解决建筑行业中各专业之间在施工过程中数据使用效率低的问题. 方法 通过对 BIM 模型数据需求的分析, 利用 Revit API 外部功能扩展方式, 研究 Revit 对象的访问、过滤、编辑与创建, 形成了基于构件的数据提取方案; 结合 SQL Server, 对 BIM 模型构件图元实现基于关系数据库的数据储存, 并创建形成构件拓扑关系; 利用 OpenGL 三维图形库, 采用完全面向对象设计方法, 进行三维模型重建的研究. 结果 笔者所提方案实现了 BIM 模型的数据提取至数据库, 进行数据库的关联查询, 模型重建, 构件查找. 结论 数据提取与应用技术具有可行性, 在建筑工程领域具有一定的应用价值; 能够解决模型与信息相互独立、模型抽象、信息断层等问题, 实现模型与信息的完美结合.

关键词 BIM; 数据提取; 拓扑关系; OpenGL; API

中图分类号 TU71; TP391

文献标志码 A

Research on Secondary Development Data Extraction and Application Technology for BIM Model

ZHONG Hui¹, LI Chi¹, SUN Hong², ZHANG Ke²

(1. School of Information and Control Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168; 2. School of Mechanical Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168)

Abstract: In order to solve the problem of low data usage efficiency in the construction process among various professions in the construction industry, the current situation of data extraction and application research in BIM technology is almost none, and a complete and efficient BIM data extraction and application technology is proposed. By analyzing the data requirements of BIM model and using the external extension function of Revit API, the access, filtering, editing and creation of Revit objects are studied, and a component-based data extraction scheme is formed. Combining with SQL Server to implement data storage based on relational database for BIM model component primitives and create component topology relationships. Using OpenGL three-dimensional graphics library and using full object-oriented design method to study the reconstruction of three-dimension-

收稿日期: 2018-05-22

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2017YFC0704003)

作者简介: 钟辉(1964—), 男, 教授, 主要从事计算机图形图像处理方面研究.

al model; interface-based unified management to achieve the three-dimensional model component search. The data of BIM model is extracted to the database, the relational query of the database is carried out, the model is reconstructed, and the component is searched. Data extraction and application technology are feasible, cleverly solving the problems of independence of model and information, model abstraction, and information faults, and realize the perfect combination of model and information. It has a certain application value in the field of construction engineering.

Key words: BIM; data extraction; topological relations; OpenGL; API

建筑信息模型 (Building Information Modeling, BIM) 结合了所有的模型信息、功能需求和构件属性, 将一个建筑项目整个生命周期内的所有数据信息整合到一个单独的 BIM 模型中^[1]. 以 IFCs 信息格式作为图档信息交换标准的 BIM 模型越来越受建筑产业的重视, 其优点在于能将图形与非图形信息整合于文件模型中, 减少不必要的信息格式与纸本文件转换, 提高了信息处理的效率. 然而至今为止, BIM 数据的研究成果仍着重在规划设计时间的应用以及 BIM 信息交换标准的建立上, 对于 BIM 在项目计划与施工管理的应用上, 则仍尚未有具体的发展. 因此美国则进一步发布了国家 BIM 标准, 其目的在于规定项目施工过程中的各项程序、信息需求及作业成果, 以作为建立 BIM 信息模型的参考依据. BIM 可以看作数位化的建筑 3D 模型, 在这个模型中, 建筑构件所包含的数据信息, 除几何尺寸外, 还包含建筑或工程的数据.

BIM 技术作为一种可以提升工程项目质量, 增强工程项目全生命周期管理效果的新兴技术, 运用了信息技术手段与土木工程知识, 达到了三维可视化的图纸增强效果, 减少工程施工障碍的目的. 在工程施工领域中, 由于计算机仿真、建模与优化、虚拟现实、BIM 理念等先进技术广泛而深刻的结合, 数据信息提取实现了可视化管理, 提高了数据信息提取的使用效率, 特别是在施工过程中展现了高效率 and 方便性^[2].

万小飞等^[3]研究了各种建筑图元的参数, 根据其中的参数不同, 采用不同的方法对

图元进行数据提取, 从而实现建筑图元的抽取和三维重建; 邱天^[4]在万小飞完成的基础上完成了图元三维建模和建筑空间关系提取. 针对目前 BIM 模型数据使用不方便的问题, 笔者提出了一种 BIM 模型的二次开发数据提取与应用技术方案. 在 BIM 模型中实现了数据提取与储存的功能. 在使用的过程中, 结合了 SQL Server 数据库、OpenGL、Winform 等多种技术手段, 实现了数据的关联查找, 模型重建, 以及构件查找功能.

1 BIM 提取的技术

1.1 Revit API 功能扩展方式

Revit API 是应用程序接口, 为软件的二次开发提供了强大的支持. Revit API 通过使用两种方式扩展 Revit 功能, External Command 和 External Application. External Command 实现外部命令的功能, 需要新建类, 并从 IExternal Command 接口派生; 然后, 重载 IExternal Command. Execute() 方法; 最后, 需要添加编写的代码来实现功能需求^[5]. 使用外部工具进行加载, External Application 实现外部应用的功能. External Application 是通过 OnStartup() 和 OnShutdown() 方法的联合使用, 在命令进行时不需重新启动 Revit.exe, 只要重新加载就可以了, 这样才能实现功能扩展^[6-7].

1.2 Revit API 对象访问

Revit API 有两种方式根据标识对不同对象的进行辨别和访问^[8-9]. 第一种方式是系统族的实例. 只用类名来判断. 第二种方式是可载入族的实例. 通过类名无法分辨出来,

梁、柱子等实例都是 FamilyInstance 的实例. 需要与对象的类别(Category)一起来判断. 应该采用 BuiltInCategory 来创建 ElementCategory 对象,并且对对象进行访问.

1.3 Revit API 对象过滤

Revit 二次开发平台中所有的对象遍历都要使用 FilteredElementCollector 类,它的作用

是收集被过滤的对象,同时也对当前文档中的对象提供了过滤的功能,在过滤操作时可以联合多个过滤器一起使用^[10]. 过滤之后,满足条件的对象集合就被这个收集器获取. Revit 可以通过三种不同的方法实现 FilteredElementCollector 对当前项目文档过滤,过滤的方法、名称、特点及实例如表 1 所示.

表 1 FilteredElementCollector 对象的三种方法

Table 1 Three methods for FilteredElementCollector objects

方法	名称	特点	实例
一	当前文档收集器	对当前文档、指定视图中可见对象、指定对象集合等进行过滤	FilteredElementCollector(Document)
二	过滤器	联合类、类别过滤器的一种快捷过滤方法	OfClass(Type) OfCategory(BuiltInCategory)
三	过滤条件	逻辑组合任何过滤条件	WherePasses(ElementFilter)

2 主要设计方法

笔者首先分析了 Revit API 两种外部功能扩展方式,研究了 Revit 对象的访问、过滤、编辑与创建等方法,随后对数据提取方法进行了分析,最后形成了一套完整的数据提取方案. 实现了面向 Revit 二次开发的数据提取方法、数据存储方法以及实现图元间拓扑关系. 随后利用 OpenGL 实现了模型的重生以及利用 Winform 在模型中具体图元的查找. 总体技术路线如图 1 所示.

2.1 数据提取设计

2.1.1 数据提取的方案

为了方便构件数据的使用,针对 BIM 模型提出了一套完整的数据提取方案,并对建筑信息模型中的构件进行完整的提取. 数据提取的流程如图 2 所示.

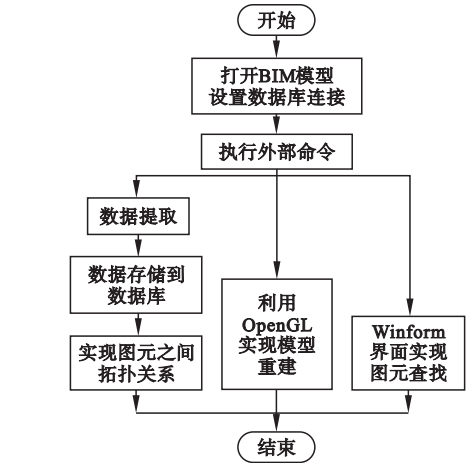


图 1 总体设计方案

Fig.1 General design plan

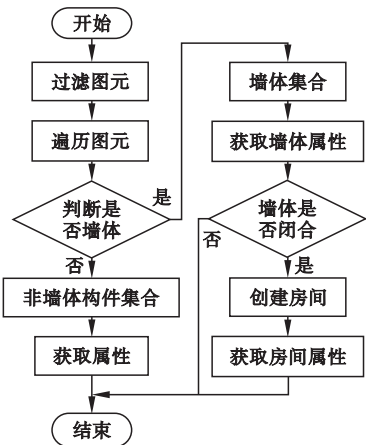


图 2 数据提取流程图

Fig.2 Data extraction flow chart

数据的提取思想主要是根据各个构件来进行提取,首先对模型中的所有构件进行过滤,将过滤出的图元放在收集器中,然后遍历收集器中的所有图元,判断是不是墙,如果是墙,得到墙的集合,继续判断墙集合能不能形成闭合的轮廓,如果是闭合的轮廓,那么在相

应的闭合轮廓内创建房间,最后将墙上实例的属性、墙的属性以及房间的属性提取出来,为下一步数据存储做好准备。

2.1.2 数据提取的创新点

BIM 模型的数据与构件间拓扑关系至关重要.这样提取的好处是通过在每个墙体的闭合轮廓内创建一个房间,将房间、墙体、门、窗、洞口等族实例紧紧联系在一起,从中提取到墙的数据,房间的数据以及墙上构件实例的数据,便于数据的关联查询和使用。

2.2 BIM 数据库的设计

2.2.1 BIM 数据库的构建

BIM 技术的核心在于建筑全生命周期过程中信息模型的转换与共享.目前的 BIM 软件自带的数据库存在着数据导出时丢失或者冗余的问题.为了解决此问题,结合 SQL server 构建一个基于 BIM 模型的数据库. BIM 数据库的开发可以任意添加数据,可以准确、完整的存储数据信息,并且无数据丢失、错误的输出.保证了 BIM 模型数据的完整性和可靠性.进一步在 BIM 数据库的基础上开发各种 BIM 应用软件从而真正实现建筑信息模型的数据转换与共享. BIM 数据库的开发,需要对建筑信息模型进行深入的研究,从模型中找出构件之间的关系^[11].

鉴于以上分析,本方案中 BIM 数据库的构件主要包含 3 张数据表,分别为①房间的数据表,保存了 BIM 模型中房间的属性以及构成房间的墙体 ID;②墙体的数据表,保存了 BIM 模型中墙体的属性以及墙上构件的 ID;③墙上构件的数据表,保存了墙上构件的属性。

为了使每条记录都可以被唯一识别,便于和其相关的语句相映射,需要定义 ID 来使数据库中每条记录可以被唯一识别,以便于在各个表之间建立主键和外键的关系^[12].表 2 所示为一个存储房间数据的数据表,以房间 ID 作为主键,其他的字段包括文件名、

名称、周长、面积、标高以及围成房间四面墙 ID 等,清晰地反映房间的属性^[11].

表 2 房间数据库表

Table 2 Room database table

字段	类型	必填字段
文件名	char(50)	是
ID(主键)	char(50)	是
名称	char(50)	是
周长	char(50)	是
面积	char(50)	是
标高	char(50)	是
WallID1	char(50)	是
WallID2	char(50)	是
WallID3	char(50)	是
WallID4	char(50)	是

2.2.2 构建的创新点

传统的 BIM 数据库,是以构件为单位建立的数据库.然而,每个建筑模型中有很多构件,且关系复杂,这样的构建方式会使数据库没有条理性.而本研究所采用的方法,仅使用 3 张数据表,使得数据结构简单,清晰,维护便捷,大大降低了数据存储的难度^[13-14].仅需要提供要操作的建筑信息模型,无需改动数据库本身,使用时可以实现数据库的关联查找.提高了数据的使用效率。

2.3 BIM 模型重建

2.3.1 OpenGL 概述

OpenGL 是一个三维的计算机图形和模型库,从本质上说,它是一种应用程序编程接口,而不是一种编程语言^[15].使用 OpenGL 可以创建出精致漂亮的 3D 模型。

2.3.2 OpenGL 的工作流程

OpenGL 的工作流程如图 3 所示.其中,几何物体含有多个顶点和它描述的元素,如点、线和多边形组成,OpenGL 中的所有集合物体最终都是用顶点来描述,定点的数据除了包含顶点坐标之外,还包括许多属性数据,而数据沿着箭头方向进行传输,评价器将计算每一个顶点,随后光栅化为片元,执行完片

元操作之后将光栅化后的数据直接送入到帧缓存器中^[16-17]。

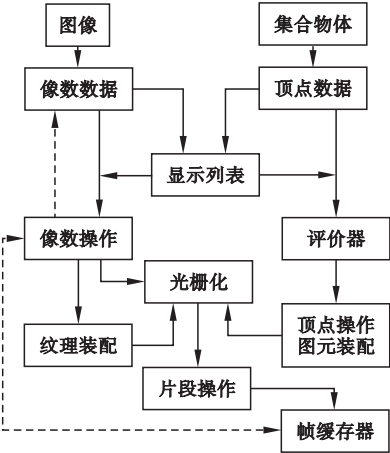


图 3 OpenGL 工作流程图

Fig. 3 Flow chart of OpenGL

2.3.3 OpenGL 重建模型

模型重建的流程如图 4 所示. 先过滤出所有墙体实例,在获取每个墙体的轮廓坐标,根据数据提取出构件的点坐标,将其相应的缩小一定的倍数,在利用 OpenGL 库提供的函数实现了模型的重建. 与原模型形成了对比,方便查找一些构件之间的关系.

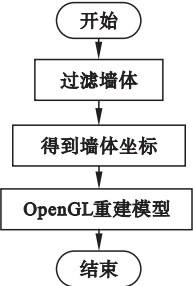


图 4 重建模型流程图

Fig. 4 Reconstruction model flow chart

2.4 构件查找设计

2.4.1 界面应用程序设计

应用程序开发中最常见的情形之一是在窗体中显示模型与数据,Windows 窗体对 Revit 后台数据的处理提供全面支持,可以访问模型中的数据,并在窗体上显示和操作数据^[18]。

笔者利用 Winform 界面实现模型重建与构件查找的设计,总体思路如图 5 所示. 首

先创建 Winform 窗体来实现人机交互,在 Winform 界面中添加一些自定义控件并且改变其属性,然后过滤出视图中所有的标高,接着根据标高过滤出所对应的构件 ID,最终实现图元在模型中被点亮的过程.

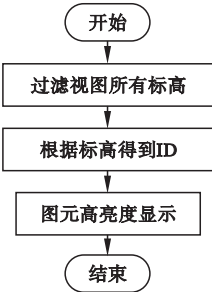


图 5 构件查找流程图

Fig. 5 Component lookup flow chart

2.4.2 设计的特点

通过 Winform 的设计,实现了人机交互的过程,界面优美,方便维护,可以在线更新,使用起来更方便. 当想要查找某一构件在模型的位置的时候,需要知道该构件的标高,根据标高选择相应的 ID,就可以实现图元点亮. 这样,即方便了构件的查找,又方便了使用^[19]。

3 实验结果

3.1 数据的分析

3.1.1 数据提取与存储

将提取出的数据直接存储到 SQL Server 中,可以实现数据库关联查找的功能. 在数据库中建立了三个表,其中一个表的提取结果如图 6 所示,该图表示存储了房间的一些数据以及房间的轮廓,如本模型的 rvt 文件,房间的 ID、名称、周长、面积、标高以及多面为成房间的墙体 ID,都清晰的展现在数据表中,为后续查询工作打下良好的基础. 通过某一个房间还可以找到围成房间的轮廓,也就是墙体的 ID. 这样可以得到房间的属性以及围成房间的多面墙,进而形成了墙体之间的拓扑关系. 多个墙体构件对应于一个房间,房间与墙的数据实现关联查找,墙上实例的数据可以通过墙来查找. 利用建立房间将其他构件连接在一起便于

查询和使用. 可以实现数据的快速查询与应用.

文件名	ID	名称	周长	面积	标高	val1ID1	val1ID2	val1ID3	val1ID4
1 建筑模型.rvt	346816	房间 20	67.5953018372705	285.456904251143	标高 1	329770	343117	330021	345410
2 建筑模型.rvt	346818	房间 21	61.6797900282467	236.052555438444	标高 1	329784	345727	329905	330021
3 建筑模型.rvt	346820	房间 22	52.49343832021	159.198235063136	标高 1	329787	346040	329970	345612
4 建筑模型.rvt	346822	房间 23	57.7427821522311	208.281668563334	标高 1	329785	346197	342987	329905
5 建筑模型.rvt	346824	房间 24	83.6482839632547	251.875503751009	标高 1	342987	346225	345283	345410
6 建筑模型.rvt	346826	房间 25	48.5584304481941	140.469020080061	标高 1	329786	346310	345812	345283

图 6 数据储存示例图

Fig. 6 Sample data storage diagram

3.1.2 数据库的应用查询

数据库的关联查询是存储数据的最主要应用. 通过房间数据表可以找到墙的 ID, 然后在墙的数据表中找到与之对应的 ID, 这样房间的数据以及墙的数据都展示在一个数据表中. 通过构件间的拓扑关系, 实现了数据库的关联查找功能.

3.2 数据的应用

3.2.1 模型重建

OpenGL 提供了完善的图形变换功能和真实感图形动画功能, 利用 OpenGL 三维图形库, 将 BIM 模型中的图元进行三维实体真实感的重现^[20]. 如图 7 所示, 利用 OpenGL 库提供的函数实现了模型的重建. 重建模型与原模型形成了一一对应的关系, 可以得到房间以及墙体的位置关系. 构件间的拓扑关系也会呈现出来. 模型可以随着 X 轴、Y 轴或者 Z 轴从 -180°到 +180°的旋转, 也可以用面或者线的模式浏览重建模型, 点击复位按钮, 模型就会回到与 BIM 模型中对应的原

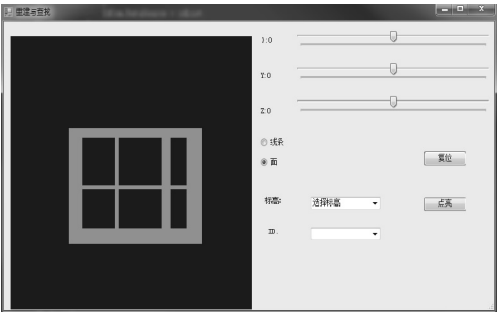


图 7 构件重建示例图

Fig. 7 The sample diagram for rebuilding component

始位置. 这样即实现了模型重建, 又方便了使用人员从不同的角度使用不同的模式来浏览重建模型.

3.2.2 构件查找

在重建模型的基础上, 可以实现构件查找. 根据标高的提示, 先选择要查看构件的标高, 标高选择完毕之后, 点击 ID 选项就会列出所有的当前标高下所有构件的 ID. 点击点亮按钮之后相应的图元就会被点亮. 墙体构件查找示例如图 8 所示. 根据标高和 ID 找到了一个墙实例, 这个墙实例就被点亮, 实现了重建模型的空间查找.

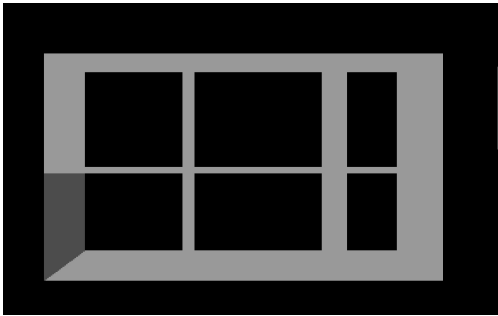


图 8 墙体构件查找示例图

Fig. 8 Example diagram for searching wall component

4 结 论

面向 BIM 模型数据提取技术进行数据的提取、存储、模型的重建以及构件的查找是可行的, 可大大提高施工工作效率. 研究结果表明: 关系数据库的查找功能是可行的, 且图元的三维查找功能也是可行的. 随着 BIM 提取与存储技术的发展, 可以解决模型与信息相互独立、模型抽象、信息断层等问题, 实现模型与信息的完美结合. 通过进一步的提取与应用功能完善, 本应用方案及相关技术在建筑施工领域具有广泛的应用前景.

参考文献

[1] 赵源煜. 中国建筑业 BIM 发展的阻碍因素及对策方案研究[D]. 北京: 清华大学, 2011.
(ZHAO Yuanyu. A research on barriers of BIM in building industry of China and strategic

- approach to adoption and application[D]. Beijing: Tsinghua University, 2011.)
- [2] 丁雪松. 共享数据服务统计信息的提取与可视化研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2012.
(DING Xuesong. The shared data service statistical information extraction and visualization [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2012.)
- [3] 万小飞. 基于施工图的建筑物三维建模数据抽取方法研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2013.
(WAN Xiaofei. Data extraction from the construction drawing for 3D building modeling [D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2013.)
- [4] 邱天. 基于CAAD建筑施工图数据的建筑空间与关系三维建模方法研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2014.
(QIU Tian. 3D building space and relation modeling methods based on CAAD construction drawing data [D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2014.)
- [5] 杜昱霏. BIM的绿色建筑工程信息集成机理研究[J]. 北方建筑, 2017, 2(4): 69-72.
(DU Yufei. Research on information integration mechanism of green building engineering based on BIM[J]. Northern architecture, 2017, 2(4): 69-72.)
- [6] SHIM C S, YUN N R, SONG H H. Application of 3D bridge information modeling to design and construction of bridges[J]. Procedia engineering, 2011, 4: 95-99
- [7] 钱海, 马小军, 来侃. 基于 Revit 二次开发的电气设备族平台的搭建[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015, 7(4): 60-64.
(QIAN Hai, MA Xiaojun, LAI Kan. Building platform of electrical equipment family based on BIM[J]. Journal of information technology in civil engineering and architecture, 2015, 7(4): 60-64.)
- [8] SHIN H M, LEE H M, OH S J. Analysis and design of reinforced concrete bridge column based on BIM[J]. Procedia engineering, 2011, 14: 2160-2163.
- [9] ZHANG J P, HU Z Z. BIM-and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction; 1. principles and methodologies [J]. Automation in construction, 2011(20): 155-166.
- [10] DOMÍNGUEZ B, GARCÍA A, FEITO F. Semi-automatic detection of floor topology from CAD architectural drawings[J]. Computer-aided design, 2012, 44(5): 367-378.
- [11] 李犁, 邓雪原. 基于 IFC 标准 BIM 数据库的构建与应用[J]. 四川建筑科学研究, 2013, 3(39): 296-301.
(LI Li, DENG Xueyuan. Construction and application of the BIM database based on IFC standard[J]. Sichuan building science, 2013, 3(39): 296-301.)
- [12] 符聪. 基于 BIM 平台的 Revit 工具集的设计实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2014.
(FU Cong. Design and implementation of the Revit toolkit based on BIM platform [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2014.)
- [13] HORNA S, MENEVEAUX D, DAMIAND G, et al. Consistency constraints and 3D building reconstruction [J]. Computer-aided design, 2009, 41(1): 13-27.
- [14] 彭云云. 利用 CAD 数据的视景仿真三维建模及其模型简化技术的研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2009.
(PENG Yunyun. Research on the effective modeling of virtual reality and model simplification based on CAD data [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2009.)
- [15] NOUR M. A dynamic open access construction product data platform[J]. Automation in construction. 2010(19): 407-418.
- [16] 杜义君, 苏鸿根. 基于 Visual Basic 的 OpenGL 三维图形开发环境的构建及其应用[J]. 塔里木大学学报, 2009, 21(1): 35-39.
(DU Yijun, SU Honggen. Construction and application for 3D graphic environment based on Visual Basic and OpenGL [J]. Journal of Tarim university, 2009, 21(1): 35-39.)
- [17] 辛光泽, 侯宏录, 李飞, 等. 基于 Camera Link 接口的高速视频图像采集系统[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(3): 85-88.
(XIN Guangze, HOU Honglu, LI Fei, et al. Image collection system based on camera link interface [J]. Foreign electronic measurement technology, 2014, 33(3): 85-88.)
- [18] 徐国宝. B/S 模式和 C/S 模式信息协同管理系统的研究与应用[D]. 广州: 广东工业大学, 2014.
(XU Guobao. Research and practice of collaborative information management system of B/S and C/S structures [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2014.)
- [19] CONNOLLY D, LUND H, MATHIESEN B V, et al. A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems [J]. Applied energy, 2010, 87(4): 1059-1108.
- [20] 缪平, 朱晓辉, 丁浩, 等. WinForm 界面统一管理方法研究[J]. 软件导刊, 2017, 9(16): 1-3.
(MIAO Ping, ZHU Xiaohui, DING Hao, et al. Research on unified management method of WinForm interface [J]. Software guide, 2017, 9(16): 1-3.)
- (责任编辑: 刘春光 英文审校: 范丽婷)