

基于 Revit 的二次开发在给排水管道优化中的研究

赵强, 李玉成, 苏红超, 张鹏

(安徽建筑大学 环境与能源工程学院, 安徽 合肥 230601)

摘要: 针对建筑给排水管道设计中存在管道碰撞和交叉的问题, 基于建筑信息模型 (BIM), 利用 Revit 开展给排水管道自动优化设计研究。首先对 Revit 软件的二次开发功能进行分析, 然后基于管道优化的避让原则设置精确的避让管道过滤条件, 并且重点研究管道自动避让的原理, 最后基于 Visual Studio 2015 软件和 Revit 2016 软件, 使用 C# 语言开发管道自动避让插件。以两个工程实例来测试插件的稳定性和实用性, 结果表明, 开发的插件能够精确地进行碰撞管道的自动化避让。管道自动避让插件极大地提高了设计人员的工作效率, 丰富了管道自动避让的方法。

关键词: Revit; 二次开发; 碰撞检测; 管道优化; 自动化

中图分类号: TU990.02

文献标识码: A

文章编号: 2095-8382 (2021) 01-072-07

Research on Revit-based Secondary Development in the Optimization of Water Supply and Drainage Pipelines

ZHAO Qiang, LI Yucheng, SU Hongchao, ZHANG Peng

(School of Environment and Energy Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: Revit was used to carry out research on the automatic optimization design of water supply and drainage pipelines based on the building information model to solve the problems of pipe collision and crossing in the design of building water supply and drainage pipelines. Firstly, the secondary development function of the Revit software was analyzed. And then, a precise avoidance pipeline filtering method was established based on the avoidance principle of pipeline optimization. The method and principle of automatic avoidance of pipelines were focused on research. Finally, the plug-in was developed by using C# as the programming language and based on Visual Studio 2015 and Revit 2016. Moreover, taking two specific instances to illustrate the stability and applicability of this method. The results show that the program can realize automatic avoidance of collision pipelines accurately, which satisfies the principle of pipeline avoidance. It significantly improves the work efficiency of the designers, enrich the methods of automatic avoidance of pipelines.

Key words: Revit; secondary development; collision detection; pipeline optimization; automation

Autodesk 公司的 Revit 软件因其强大的建模能力,而被广泛地应用于 BIM 建模等协同工作中。由于 Revit 软件是国外引进软件,随着工程项目愈发复杂,其本身的应用功能并不能满足所有设计人

员的工作需求。为此,Revit 软件为设计人员提供了软件的二次开发接口,以便设计人员根据实际工作需求进行功能插件开发^[1]。

给排水工程是建筑工程项目中的重要部分,运

收稿日期: 2020-12-20

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFC0803300); 安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目 (gxyqZD2020036); 安徽省住房城乡建设科学技术计划项目 (2020-SF10)。

作者简介: 赵强 (1981-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: BIM 与 GIS 技术集成, 市政工程、城市空间信息技术应用。

李玉成 (1995-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: BIM 技术应用及二次开发。

用 Revit 软件可以实现给排水工程三维可视化、施工模拟、材料设备统计等功能。李正农等人开发出了能够在 Revit 平台中智能创建满足实际工程需求的脚手架模型插件^[2],张慎等人基于 Revit 平台开发出了能够批量布置满足规范要求的消防喷头插件^[3];李桐开发出基于 Revit 软件的管道自动标注插件^[4]。

Revit 软件在建筑给排水中比较重要的应用是碰撞检测,施工前就发现管线碰撞问题并及时作出设计调整,提高了设计单位和施工单位的工作效率。然而面对碰撞检测后大量的管线优化调整工作,纯靠人工手动操作,工作量巨大,不利于设计人员的工作效率^[5]。为此市面上出现了橄榄山、管综易、AGI 模盒等能够实现管道优化自动避让的商业插件,这极大地减轻了设计人员的工作量^[6]。然而管综易等插件的管线避让条件方式还比较简单,多需要辅以人工逐个避让,对于同管径不同管道系统类型之间的管线避让,由于不同单位的设计标准不同,系统类型命名方式不尽相同,所以商业插件不能实现管线的精确避让。

为此,本文对 Revit 二次开发技术进行深入研究,结合管线碰撞优化的基本原则,设置精确的管线优化的过滤条件,以及自动避让的方法,开发出能够实现批量管线自动避让的 Revit 插件。管道自动优化插件极大地提高了设计人员的工作效率,同时也补充了一些商业插件管线优化的原则,丰富了管线自动优化的方法,为 Revit 二次开发技术在给排水工程中的应用提供了参考。并且插件可以自由修改相关程序参数,使得插件能够更加适应实际工程项目的需求。

1 Revit 二次开发功能介绍

Revit API 是一种已经编辑好的、能够直接联系外部程序的类库。一方面 Revit API 实现了 Revit 软件对已有功能的覆盖,进行建筑信息模型的创建,并更深入多层次地对整个模型进行设计分析和优化调整;另一方面,它也给设计人员提供了一个插件开发平台,设计人员可以根据实际工程项目需求来对 Revit 创建新的功能模块,使之能够满足用户更多功能上的需求,大大拓展了 Revit 功能,设计人员能够对建筑信息模型的视觉效果、建筑工程模

型的属性信息数据、构件相关的信息参数进行更为有效地利用,以及对建筑信息模型构件进行创建、修改、删除等应用操作;结合外部数据库、数据格式转换等第三方外部应用平台进行工程项目的分析应用^[7]。

管道自动避让 Revit 二次开发插件,基于功能强大的 Revit 软件,参考 RevitAPI 使用 C# 语言进行软件的二次开发,实现交互操作和插件程序控制的有机结合。充分利用 Revit API,参考 Revit SDK 文档,以编程的方式完成一些工作量较大、规律性较强的工作,比如管道自动避让工作。通过程序算法,能够大大简化这些重复性建模操作,快速、高效地实现设计功能需求,进而显著提升建模效率^[8]。

管道自动避让的功能插件首先添加了 RevitAPI 和 RevitAPIUI 两个程序集引用,然后通过外部应用程序继承接口外部命令 (IExternalCommand),并再次加载其中的程序运行主函数 Execute(),最后进行编译程序代码来实现插件的开发。通过外部命令方式开发的过程流程,如图 1 所示。

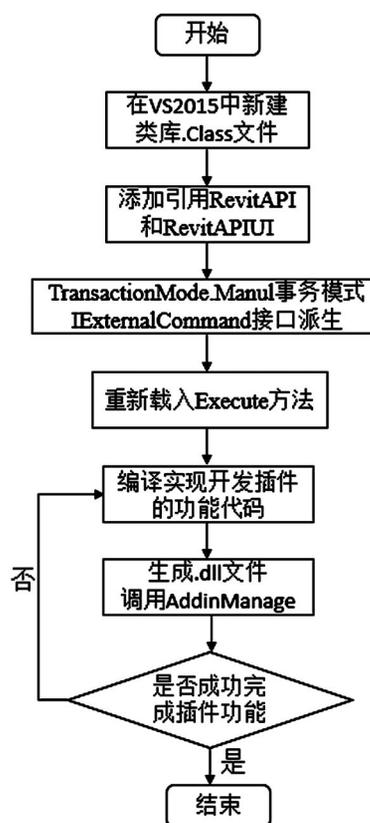


图 1 外部命令方式开发流程图

2 管道自动避让插件开发

基于 Microsoft Visual Studio 2015、Microsoft.NET Framework4.5、Autodesk Revit 2016 以及 Revit SDK 2016 的开发环境,使用 C# 语言进行插件程序的开发研究^[9]。

2.1 插件主体程序分析

管线避让插件程序的主要流程,如图 2 所示。首先对所有模型元素运用 Filtered Element Collector 函数进行过滤,获得所需要的管道或风管或电缆桥架^[10]。然后进行碰撞检测,通过使用 Element Intersects Element Filter (硬碰撞)函数或者 Element Intersects Solid Filter (软碰撞,需要设置范围参数)函数能够判断构件是否发生空间上的构件冲突碰撞,本插件采用函数 Element Intersects Element Filter 进行碰撞检测^[11]。紧接着程序获取碰撞构件的类别、系统类型和管径等参数,结合交互界面输入的系统类型参数定义系统类型常量,进行各种条件的判断过滤获得需要避让的管道。最后结合管道避让的方法,生成立管,避让横管和弯头连接件,从而完成管道的自动避让。对所有碰撞点进行遍历循环,从而实现碰撞管线一键批量自动避让。

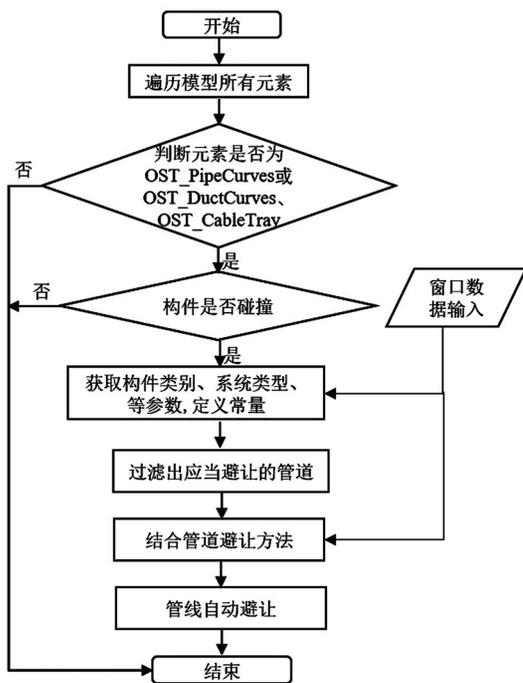


图 2 碰撞管道自动避让程序流程图

自动避让插件的关键代码如下所示:

```

Transform transform=Transform.CreateTranslation
(dir);
double length=Math.Tan (angle) *height;
XYZ res= transform.OfPoint (point);
XYZ result=new XYZ (res.X,res.Y,res.Z+
height);
return result;

```

2.2 管线避让原则

依据《建筑给排水设计标准》(GB 50015-2019)和工程实例的研究得出管线碰撞避让的基本原则如下:从操作性考虑,管径小的避让管径大的,支线管道避让主线管道,金属材质管避让非金属材料管,低压让高压,附件少的让附件多的,在空间上电最上风居中水最下;有压流让无压流管,因为无压流管是重力流管需要一定的坡度才能排水顺畅,一旦翻弯避让则水流难以顺利排出,所以本文插件需要规定翻弯避让管线都是有压流系统管道,且同系统管道不发生碰撞^[12]。从工艺和造价上考虑得出:能够弯曲管避让不能弯曲管,消防水避让冷冻水,给水管让热水管,热水管让冷冻水管,技术要求低的管道让技术要求高的管道,优先满足规范要求及检修空间,净空最大化,美观次之^[13]。

由于各设计单位的设计标准不尽相同,所以每个设计师对系统名称的命名不一定完全相同,为了适应系统类型名称的变化,管道自动避让插件提供交互界面以便设计人员按项目情况修改系统名称。由于无压流系统的管道不能进行管道翻弯避让,如果程序判断出发生碰撞的两个管道的系统类型有一个不属于有压流系统,则另一个管道自动作为避让管道,所以本插件主要是对有压流系统进行判断。根据对《建筑给排水设计标准》(GB 50015-2019)的研究发现有压流系统有:冷冻水系统、消防栓系统、生活热水系统、自动喷水灭火系统以及生活给水系统;无压流系统是:污水系统、废水系统、通气系统、雨水系统。

所以本插件规定各系统优先级别从高到低分别是:风电构件、无压流系统、冷冻水系统、生活热水系统、自动喷水灭火系统、消防栓系统、生活给水系统。管道自动避让插件工作界面,如图 3 所示。考虑到实际厂家生产管件的能力,本插件交互界面

仅定义了 4 种类型的角度选择,因为常见的弯头类型为 30 度弯、45 度弯、60 度弯以及 90 度弯。



图 3 管线自动避让插件工作界面图

2.3 避让管道过滤

通常,Revit 开发平台通过 Filtered Element Collector 类的使用来过滤元素,它具备对文档中的对象进行过滤的全部功能,而在实际的过滤操作过程中时还需要添加一个或多个判断过滤条件以过滤得到需要操作的构件,并且为了实现插件功能往往需要对构建的参数类别进行条件判断过滤,所以要在 Revit 中开发管道自动避让插件应根据管线避让优化原则设置条件过滤得到需要进行避让的管道 [14]。

如图 4 所示,获取到需要进行避让的管道的过滤条件如下:首先获取到碰撞两个构件的类别、管径、系统类型等参数信息,判断构件的类别(Category)是否均为管道(OST_PipeCurves),如果是则进行下一步的条件判断,如若不是则将类别为管道的构件进行向下避让操作;构件均为管道时判断管道的管径参数(Parameter type)是否相同,不同管径时遵循小管让大管的原则,小管应进行避让;当管径相同时,进一步判断碰撞管道的系统类型参数(PipingSystemType),判断名称(name)是否为有压流管道系统,若不是,则直接选择不做判断的管道作为避让管道;若是有压流系统则判断是否是冷冻水管系统,若存在冷冻水管系统则跳出后续判断循环,返回系统为非冷冻水管系统的管道,进行后续翻弯避让操作;若不存在冷冻水管,则判

断是否是热水管系统,若为热水管,则跳出后续判断返回另一非热水管系统进行避让操作;若不存在热水管,则判断管道系统是否是生活给水管系统,因为消防类管道重要性比较高,应优先考虑,所以选择生活给水管系统进行避让;由于消防栓系统附件比自动喷水灭火系统附件多,所以应选择消防栓系统进行自动避让。经过上述多重条件判断返回元素,即可得到需要进行避让的管道。

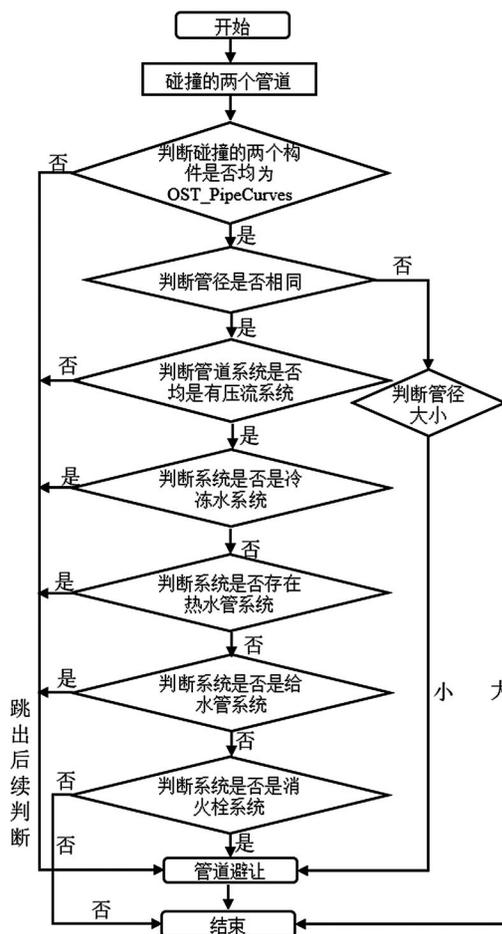


图 4 元素过滤流程

2.4 管道自动避让原理

为了分析管道自动避让原理,对管道避让后管道各点位置标记,如图 5 所示。图中 Height 表示交互界面的输入的避让高度,角度 α 表示交互界面输入的避让角度,A 点和 B 点为两个碰撞点偏移一定距离后的位置,A 点和 B 点表示应当避让立管(以下避让管道简称 L1,发生碰撞的另一构件简称 L2)的起点,E 点和 F 点表示 L1 的起始点,直线 CD 表示提升起来的避让横管(以下简称 L3)。

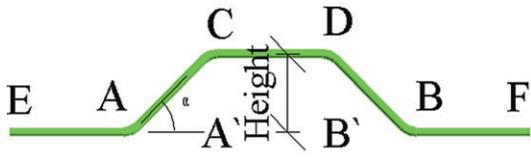
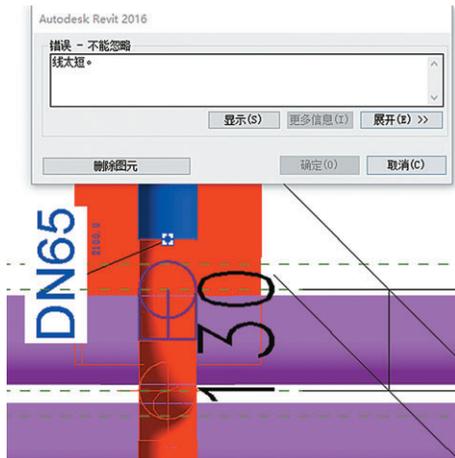
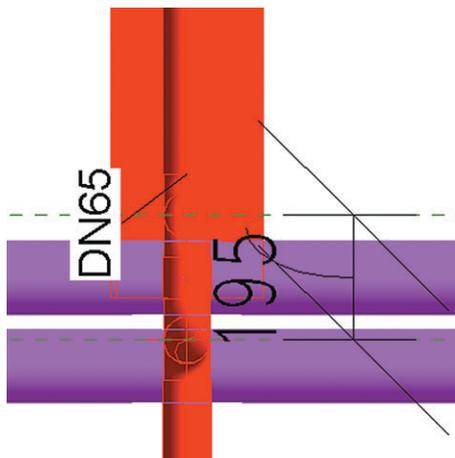


图 5 避让管道各点实况图

通过在 Revit 软件中手动进行管道优化实验发现:如图 6(a)所示,当 CD 等于 2 倍 L1 直径时,发生了线太短的错误,即 L3 太短无法连接弯头。如图 6(b)所示,当 CD 等于 3 倍 L1 直径时,能够实现正常的管道连接。这是因为实际操作中弯头直径与管道直径相同,避让横管上连接有两个弯头,则其长度必须大于其 2 倍的管径才能安装,所以从实际安装可操作性考虑,本插件将避让横管长度设置为 3 倍以上 L1 的直径。



(a) L3 长度为 2 倍 L1 管径时的管道避让



(b) L3 长度为 3 倍 L1 管径时的管道避让

图 6 L3 为不同长度时的管道避让比较

如图 7 所示,管道自动避让的原理如下:首先输入发生碰撞的两个构件 L1、L2,判断 L2 的类型(Category)是否为管道,若为管道则获取 L1 和 L2 管径参数 (get_Parameter) N1、N2,若不是管道则分别获取 L1 的管径 N1 和 L2 的宽度 N2;然后获取到碰撞中心点的 XYZ 值,结合 L1 方向 (direction) 函数和 N1、N2 利用式 1 和式 (2) 的关系得到 A' 点和 B' 点;结合输入的避让高度 Height 参数,在 A' 和 B' 的基础上进行坐标 Z 值的变化得到 C 和 D 点;基于 A' 点和 B' 点的 XYZ 值结合输入的角度 α 值和避让高度和 L1 的方向函数的值利用式 (3) 的关系得到 A 点和 B 点的 XYZ 值;分别在 A、B、E 和 A、B、F 的点集数组中获得距离端点最近的点 m1 和 m2;分别以 EA、AC、CD、DB、BF 创建管道,并且根据管道的位置关系创建连接管道的连接件弯头。

$$A' = O + L1.Direction * (N1 + 0.5N2) \quad (1)$$

$$B' = O + L1.Direction.Negate() * (N1 + 0.5N2) \quad (2)$$

$$AA' = A'C * \tan\alpha \quad (3)$$

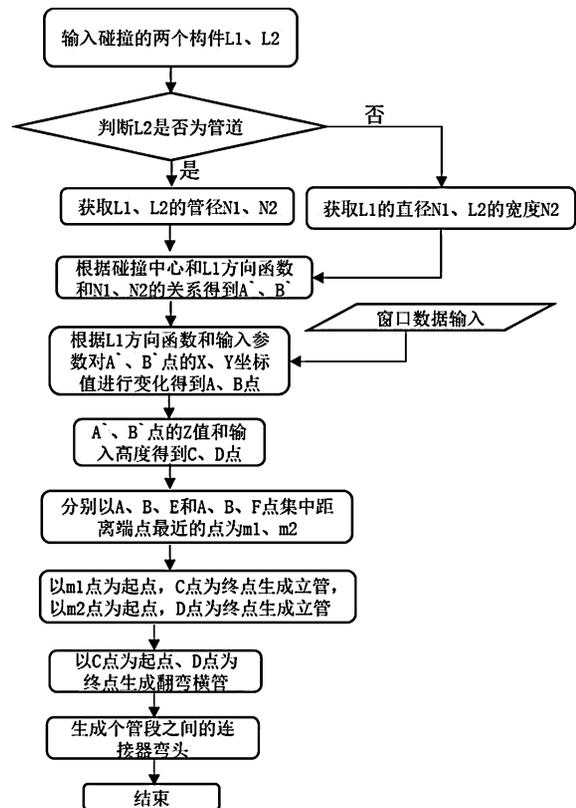


图 7 生成避让管道流程

2.5 插件主要函数和插件相关文件

为实现管道的自动优化功能,基于 Revit 软件,参考 RevitAPI.chm 帮助文档,应用和编写了一些函数,主要使用到的函数如表 1 所示。

表 1 插件主要函数

函数名称	功能说明
Execute ()	程序运行的主函数
ElementIntersectsElementFilter ()	碰撞构件过滤
FilteredElementCollector ()	元素过滤
Getnearxyz ()	获取最近的点
GetIntersction ()	获取避让管道
GetBentPoint ()	获取避让点

管道自动避让功能插件的 .addin 文件如下所示:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RevitAddIns>
<AddIn Type="Command">
<Assembly>pipeoptimization.dll</Assembly>
<ClientId>321f927d-c7cc-4cdf-8900-b99495c2579d</ClientId>
<FullClassName>pipeoptimization.pipeadjust</FullClassName>
<Text>pipeadjust</Text>
<Description>" "</Description>
<VisibilityMode>AlwaysVisible</VisibilityMode>
<VendorId>ADSK</VendorId>
<VendorDescription>Autodesk, www.autodesk.com</VendorDescription>
</AddIn>
</RevitAddIns>
```

3 实验与分析

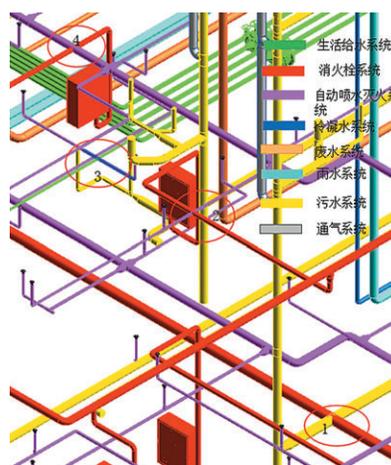
某综合大厦建筑项目,总计有 31 层,地面两层为商场超市,由于项目过大,本文以两层商场超市的给排水工程 Revit 模型为研究对象,基于 Revit 软件机械样板文件构建建筑给排水模型,该建筑的给排水系统有:生活给水系统、消火栓系统、自动喷水灭火系统、冷凝水系统、消火栓系统、废水系统、雨水系统、污水系统、通气系统。

对该建筑构建的 Revit 模型运用 Navisworks 软件进行碰撞检测,碰撞冲突如图 8(a) 中标记了 1、2、3、4 所示:分别发现了污水系统的管道与消火栓系统的管道的碰撞、消火栓系统管道(管

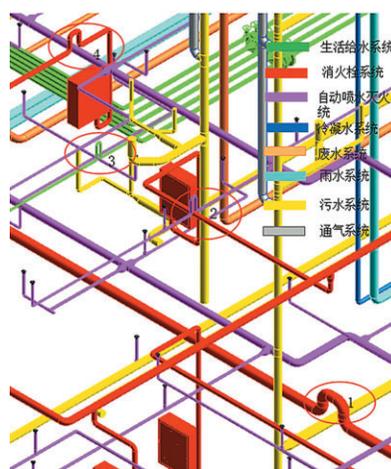
径为 DN65)和自动喷水灭火系统的管道(管径为 DN32)的碰撞、自动喷水灭火系统的管道(管径为 DN25)与生活给水系统的管道(管径为 DN25)的碰撞、消火栓系统管道(管径为 DN65)和自动喷水系统管道(管径为 DN100)的碰撞。

基于 Revit 软件,使用管道自动避让插件,输入避让高度 300,避让角度 90 度等参数。实验的最终结果如图 8(b) 中标记 1、2、3、4 所示:消火栓系统管道避让污水系统管道、自动喷水灭火系统管道避让消火栓系统管道、生活给水系统管道避让自动喷水灭火系统管道、消火栓系统管道避让自动喷水灭火系统管道。

插件自动完成的管道避让结果确实符合管线避让优化原则:小管让大管,有压流管让无压流管,生活给水让消防用水。



(a) 给排水管道碰撞时的 Revit 三维模型

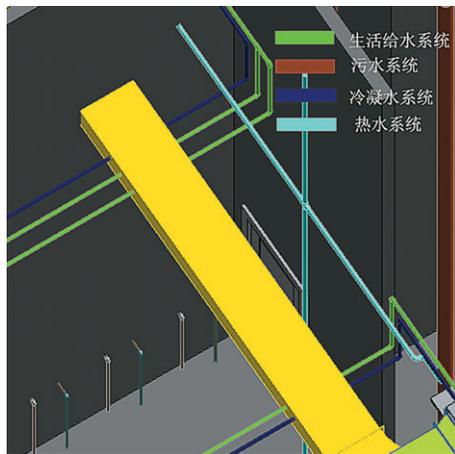


(b) 自动避让优化后的给排水三维模型

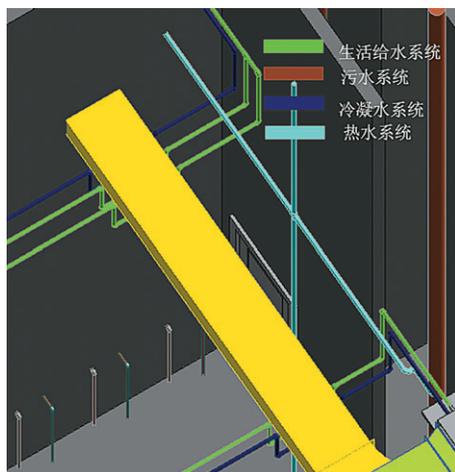
图 8 综合大厦的建筑给排水 Revit 三维模型

作者通过将该管道自动避让插件应用于卫生间风管碰撞项目中,如图 9(a)所示,发生了两根冷凝水系统管道以及三根生活给水系统的管道均与风管发生碰撞。

在 Revit 软件中使用管道自动避让插件进行管道优化,最终结果如图 9(b)所示,所有与风管碰撞的冷凝水系统管道以及生活给水系统的管道均向下进行避让,该结果证明了管道自动避让插件遵循了管线避让优化原则:空间上电最上风居中水最下。进一步说明本文所开发出的管道自动避让插件具有一定的稳定性和适用性,具有良好的工程实用价值。



(a) 卫生间管道碰撞检查时的三维模型



(b) 卫生间管道碰撞自动优化后的三维模型

图 9 Revit 中某卫生间局部三维模型

4 结论

本文基于 Revit 软件使用 C# 语言进行了插件

程序开发,重点研究在 BIM 技术背景下的给排水管道自动避让的插件程序设计,通过实际项目测试,插件能够正确地实现管道的自动避让。开发插件充分考虑了管道优化避让时的多种条件,提高了插件进行自动化避让的准确性。各设计单位由于规范标准不尽相同,导致系统类型名称更加复杂,而本文提出的插件,为设计人员提供修改系统类型名称的交互界面,进一步提高了插件的工程适用性,丰富了管道自动优化的方法。

参考文献:

- [1] 黄可达. 基于 Revit API 的水工混凝土结构钢筋信息管理平台开发研究 [D]. 广州:华南理工大学,2019.
- [2] 李正农,朱爱民,吴红华,等. 基于 Revit 的二次开发在脚手架设计中的应用研究 [J]. 湖南大学学报(自然科学版),2018,45(9):65-73.
- [3] 张慎,杨浩. 基于 RevitAPI 建筑消防喷头辅助建模软件开发 [J]. 土木建筑工程信息技术,2015,7(6):43-47.
- [4] 李桐. Revit MEP 管道自动标注及优化布置算法的研究 [D]. 西安:西安建筑科技大学,2016.
- [5] 刘忠生. BIM 技术在乌海 A8 商业楼给排水设计中的应用 [J]. 给水排水,2015,51(2):72-76.
- [6] 陈蕾. Revit 族库本土化实践研究 [J]. 武汉大学学报(工学版),2017,50(S1):65-67.
- [7] 宋楠楠. 基于 Revit 的 BIM 构件标准化关键技术研究 [D]. 西安:西安建筑科技大学,2015.
- [8] Autodesk Revit 二次开发基础教程 [M]. 同济大学出版社,欧特克(中国)软件研发有限公司,2015.
- [9] 张维锦,陈五琴. 基于 Revit 的桩基承台自动设计算法 [J]. 图学学报,2019,40(4):771-777.
- [10] 祝少纯,耿伟卫,付建涛,等. 基于 Revit 隧道格栅钢架参数化建模方法研究 [J]. 地下空间与工程学报,2020,16(S1):285-290.
- [11] 于鑫,蒋绮琛,洪懿昆,等. 基于 Revit 二次开发实现三维装饰算量 [J]. 土木建筑工程信息技术,2020,12(5):41-45.
- [12] 中华人民共和国标准. 建筑给水排水设计标准 (GB 50015-2019) [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2019.
- [13] 马捷. 基于 BIM 的地铁综合管线设计优化方法研究 [D]. 广州:华南理工大学,2015.
- [14] 王存. 基于 Revit 二次开发的拱桥 BIM 参数化建模 [D]. 武汉:华中科技大学,2017.