

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2021.06.014

基于 Dynamo 的民用建筑防火参数化设计方法 ——以疏散宽度设计为例

陈永乐

(福建工程学院 建筑与城乡规划学院,福建 福州 350118)

摘要: 为了研究参数化防火设计方法和技术,从“分”与“合”的角度探讨了防火规范编制与实际设计流程的矛盾,确定了按照正向设计逻辑将离散的规范条文组织为完整、标准化的设计算法和设计工具的研究思路。对防火规范和其他专项建筑规范中相关条文和设计参数进行系统性梳理,将设计流程总结为建筑定性、疏散宽度计算和疏散宽度校核与设计 3 个部分,进而建立整体设计逻辑模型。基于计算性设计思维的技术和方法,总结了从设计规范的自然语言向算法的程序语言转化的一般方法,提出了符合实际设计流程和习惯的参数化设计算法,从理论 and 应用两个方面对参数化设计工具和方法在民用建筑防火设计中的应用进行了初步探索。

关键词: 建筑防火设计;疏散宽度;建筑信息模型;Dynamo;参数化设计

中图分类号: TU-05

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2021)06-0588-07

Research on parametric design method of civil building fire prevention based on Dynamo: a case study of evacuation width design

CHEN Yongle

(School of Architecture and Planning, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: To explore parametric fire prevention design methods and technologies, the contradiction between the preparation of fire prevention code and the actual design process was discussed from the perspective of “separation” and “combination”, and the research idea was proposed of organizing discrete code provisions into a complete and standardized design algorithm and tool according to the forward design logic. The design process was summarized into three parts, i.e., building characterization, evacuation width calculation and evacuation width verification and design, by systematically sorting out the relevant provisions and design parameters of fire prevention codes and other special architectural design codes, so as to establish the overall design logic model. Based on the techniques and method of computational design, the general method of transforming the natural language of design specification into the program language of algorithm was summarized, and the parametric design algorithm was put forward according to the actual design process and habits under the guidance of applicability and convenience. It makes a preliminary exploration from both theory and application into the application of parametric design tools and methods in civil building fire prevention design.

Keywords: fire prevention design of buildings; evacuation width; BIM; Dynamo; parametric design

建筑防火设计(以下简称防火设计)是建筑设计尤其是深化设计阶段的重要内容,涉及大量建筑信息的提取、解析、处理和生产。然而,当前防火设

计的工作模式仍以人工为主,处理信息的效率和质量都相对低下^[1]。随着以 Dynamo 为代表的基于建筑信息模型(building information modeling, BIM)的

收稿日期: 2021-08-22

基金项目: 福建省教育厅 2018 年青年教师教育科研项目(JT180336)

作者简介: 陈永乐(1980—),男,福建福州人,讲师,硕士,研究方向:建筑设计及其理论、BIM。

可视化编程插件的日趋完善,通过以算法驱动的参数化方法进行防火设计成为可能。其通过算法在设计条件和设计结果间建立动态关联^[2]的工作原理非常适合防火设计的内容和特点,不仅能高效、稳定地完成大量简单的重复性工作,还能在设计决策提供实时、同步的数据支撑,有效提高建筑防火设计的效率和质量。

当前 Dynamo 的参数化应用研究主要集中在复杂构件的参数化建模和优化^[3-6]、建筑信息的批量处理^[7-8]、构件或空间的干涉判断^[9]等方面,在防火设计方面仅有少量针对个别规范条文的参数化建模研究^[10],未见系统性的理论架构和技术方法的梳理和总结。因此,本课题选取建筑防火设计中较有代表性的民用建筑疏散宽度设计为切入点,通过其参数化建模流程和方法分析,总结建筑防火参数化设计的一般规律和技术要点。

1 防火设计特点与研究思路

与建筑设计的其他内容相比,防火设计的设计目标和规则相对清晰,以《建筑设计防火规划》(BG50016-2018,以下简称防火规范)^[11]为其主要设计依据,辅以各专项建筑规范中的防火设计条文。由于涉及的设计问题种类众多,对设计措施的要求差异较大,规范基本遵循类型学原则进行编制,即根据不同建筑属性(功能、高度、耐火等级等)、不同设计阶段(总平面布局、防火分区和层数、平面布置、建筑构造和设备设施设计等)和不同类型的设计内容(防火分区、疏散距离、疏散宽度、各关联专业专项设计等)对具体设计要求分门别类地作出说明。

这种“分”的方法虽然提高了条文检索的效率,但防火设计更是一个“合”的过程,即通常需要围绕具体设计问题综合性地理解、组织和调配分散在不同章节和条目甚至是不同规范中的条文。尽管规范在附录中对条文的编制逻辑做了一定说明,但总体上并未对条文间潜在的整体性逻辑着墨过多,能否正确、合理地使用规范主要依靠设计师个人的工程经验和设计能力,具有不确定性。建筑防火参数化设计方法的目标,就是要借助计算机的计算能力和可视化编程工具与设计操作结合紧密的特长,按照正向设计逻辑将离散的规范条文组织为完整、标准化的设计算法和设计工具,变被动的校核调整为主动的设计优化,确保

设计效率和质量。

本研究首先对规范中所有相关条文进行系统性梳理,提炼通过总结设计内容和流程建立整体设计逻辑模型,然后基于计算性设计思维的技术和方法,应用 Dynamo 的程序节点(node)对设计逻辑进行参数化映射建模,将物理的建筑信息 and 设计操作转译为数理的算法参量和规则,形成完整线参数化设计算法。

2 疏散宽度参数化设计方法

2.1 设计逻辑研究

2.1.1 规范条文

规范中关于民用建筑疏散宽度的相关条文主要集中在第 5.5.18 至 5.5.21 条(公共建筑)和第 5.5.30 条(住宅建筑)两部分,并在第 5.5.9 条第 3 款、第 6.4.5 条第 1 款和第 6.4.6 条对共用(或借用)安全出口、室外疏散楼梯和丁戊类厂房的第二安全出口楼梯宽度做了部分补充性规定。总体而言,公共建筑和住宅建筑部分规定了民用建筑疏散宽度计算和设计核心内容,本课题将重点围绕这一部分展开研究。

2.1.2 设计流程

由上述规范可知,住宅建筑可直接使用规范给定的宽度指标进行设计或校核,公共建筑则需要经过较为复杂的计算过程确定设计指标,主要分为以下 3 个步骤:

步骤 1: 建筑定性

建筑定性的目标是根据建筑功能、层数、防火等级等参数,对需要进行疏散宽度设计的建筑进行建筑类型的初步定性。其中,功能是最主要的判定标准,除通用规定外,还需要对医疗、剧场、电影院、礼堂、体育馆、歌舞娱乐放映游艺场所、商店等人员密集的建筑和场所采用特定的设计标准。对剧场、电影院、礼堂、体育馆等场所,还需要根据总容纳人数进行等级的细分(第 5.5.20 条第 2、3 款)。

步骤 2: 疏散宽度计算

建筑类型初步确定后,需要借助其他参数进一步进行类型细分以确定各类建筑的计算标准,主要分为两个步骤展开:

首先,计算疏散人数。疏散人数是疏散宽度计算的基础参数,分有固定座位和无固定座位两种情况,前者按照实际座位数的 1.1 倍计算,后者则又可细分为一般场所和特定功能场所两中情

况:一般场所在防火规范中并未给出明确规定,需
要结合其他专项规范(如《办公建筑设计标准》
等)予以确定;特定功能场所则在防火规范的 5.5.

21 条第 4、6、7 款给出了人员密度标准,结合建筑
面积可得出设计疏散人数。主要人员密度设计标
准汇总如表 1 所示。

表 1 人员密度设计标准
Tab.1 Design standards of personnel density

建筑类型		人员密度标准/(人·m ⁻²)	备注
有固定座位		实际座位数 1.1 倍	
无 固 定 座 位	歌舞娱乐 放映游艺场所	录像厅 其他	1.0 0.5
	展览厅		0.75
	商店	地下第 2 层	0.56
		地下第 1 层	0.6
		地上第 1、2 层	0.43–0.6
		地上第 3 层	0.39–0.54
		地上第 4 层及以上	0.30–0.42
	办公	9 m ² /人	建材商店、家具和灯饰展示建 筑按 30%确定。 JGJ/T67–2019 第 5.0.3 条

其次,计算疏散宽度。疏散人数乘以疏散宽
度计算标准即可获得疏散总宽度,也可分为有固
定座位和无固定座位两种情况。前者按照容纳人
数规模和疏散走道的地面形式确定计算标准,后

者则依据楼层数量(地上)和与地面出入口的相
对高差(地下)确定设计标准。各计算标准汇总
如表 2 所示。

表 2 疏散宽度设计标准
Tab.2 Design standards of evacuation width

建筑类型			疏散宽度/(m·百人 ⁻¹)		备注	
			门和走道			楼梯
			平坡地面	阶梯地面		
有 固 定 座 位	剧院、电影院、	≤2 500 座	0.65	0.75		
	礼堂	≤1 200 座	0.85	1.00		
		<3 000 座	参照剧院、电影院、礼堂标准		对应较大座位数范围计算的疏散总净宽度,不应小于对应相邻较小座位数范围按其最多座位数计算的疏散总净宽度	
	体育馆	3 000–5 000 座	0.43	0.50		
		5 001–10 000 座	0.37	0.43		
	10 001–20 000 座	0.32	0.37			
无固定座位			0.65/0.75/1.00		1–2 层	
		地上	0.75/1.00		3 层	
			1.00/1.25		≥4 层	
			0.75		与地面出入口高差≤10 m	
		地下	1.00		与地面出入口高差>10 m 及人员密集的厅、室	

步骤 3:疏散宽度校核与设计

得到疏散总宽度后,首先在水平方向上确定每个楼层或防火分区内各房间疏散门、疏散走道、疏散楼梯安全出口和梯段净宽度,其次在垂直方向上遵循地上部分下层总净宽度按该层以上最大总净宽度为准的原则(地下部分反之)核算楼梯梯段及首层安全出口净宽度是否满足要求。

2.1.3 设计逻辑模型

综上所述,疏散宽度的计算本身并不复杂,其难点在于如何对建筑类型进行精确判定进而选取适当的计算标准。这种判定贯穿整个设计流程的各个阶段,既涉及非几何属性(功能、防火等级等)也涉及几何属性(层数、面积、走道形式等),种类较多且判定方法差异较大,是参数化设计需

要解决的核心问题,如图 1 所示。

2.2 参数化算法研究

从计算性设计思维的角度分析,疏散宽度设计虽然涉及的建筑类型众多、过程复杂,但其设计操作的可参数化特征是相似的:首先,规范规定的计算标准是所有设计操作的基础性参数;其次,设计过程可以被分解、提炼为若干种具有典型特征的核心操作,通过这几种操作的反复调用和组合实现不同的设计目标,应合了参数化设计的模块化特征。因此,研究首先分设计数据库和核心算法模块两部分,总结各组成模块的数据结构和程序实现方法,再根据设计逻辑将各模块组织为完整的算法程序并通过项目实例验证其有效性和适用性。

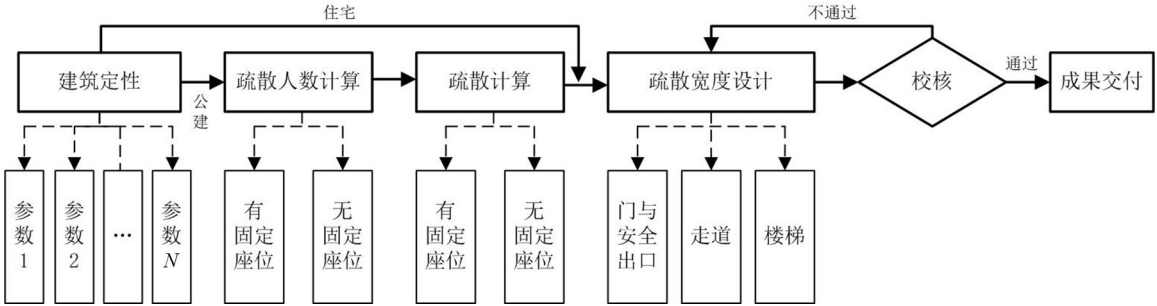


图 1 疏散宽度设计逻辑模型

Fig.1 Logic model of evacuation width design

2.2.1 设计数据库

建立设计数据库的目标首先是为设计提供完整、协调的基础数据,其次是要实现建筑类型判定和计算标准提取的实时联动。疏散宽度设计的核心数据主要包括建筑类型、人员密度和疏散宽度计算标准 3 个部分,但由于三者的数据类型不同,要实现上述目标需要建立一套统一的编码系统串联三者的逻辑关系。

建筑类型是决定其它两个设计标准数据组织架构的基础,因此建筑类型的列表结构是整体数据库建构的关键。通过综合表 1 与表 2 的分类标准,建筑类型可分为剧院(电影院、礼堂)、体育馆、游艺场所、展览、商店和办公 6 大类和若干子类。考虑到实际项目中同类功能房间命名方式的多样性,可以利用 Dynamo 树状数据结构的特点,先按大类建立一级列表,再根据项目的实际情况在此架构下创建次级列表,这样既确保了参数检索的稳定性,又为数据库的扩展提供了灵活性和

可能性。其余两个设计标准数据也依此结构创建,即可通过对列表指针(index)的检索实现不同建筑类型设计标准参数的自动提取,如图 2 所示。

2.2.2 核心算法模块

核心算法模块主要包括输入、逻辑判定、计算和输出 4 种类型,由于计算模块应用的程序节点较为简单(math 分类下的数学运算节点(operators)),以下将重点阐述其余 3 种模块的参数化实现方法。

输入模块是为判定、计算等操作进行数据准备的环节,是整体流程中使用最频繁的算法模块,可分为基础信息(直接从模型图元提取)和进阶信息(基于基础信息通过数理或几何运算获取)两大类。由于“房间”图元(Room)是 Revit 中建筑功能的主要载体,基础信息主要包含房间及其关联构件(门、梯段等)的相关参数,其提取方法是通过 Revit 大类的 Selection 子类节点和 Element 子类下的图元查询类节点的组合完成操作。后者

根据数据类型又可分为几何类(建筑高度、楼层面积、与地面出入口的高差)、数量类(建筑层数、座位数)和排序类(所在楼层)3 种类型,涉及 Revit 与 Dynamo 之间图元的提取与转换、几何运

算、排序与输出等多种参数化解析和运算方法的综合运用。以下以计算固定座位数为例简述其典型的实现方法,如图 3 所示。

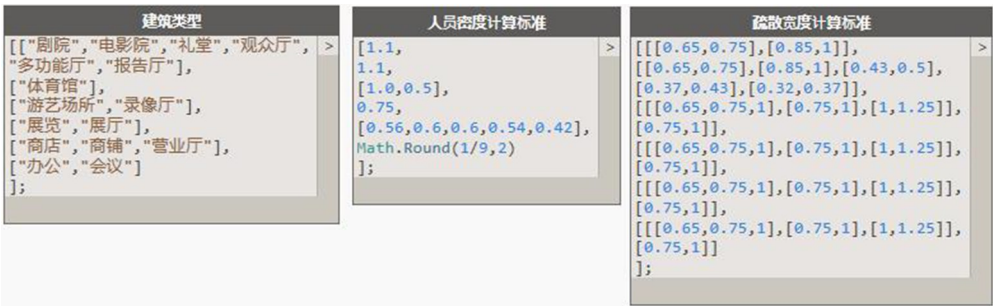


图 2 设计数据库
Fig.2 Design database

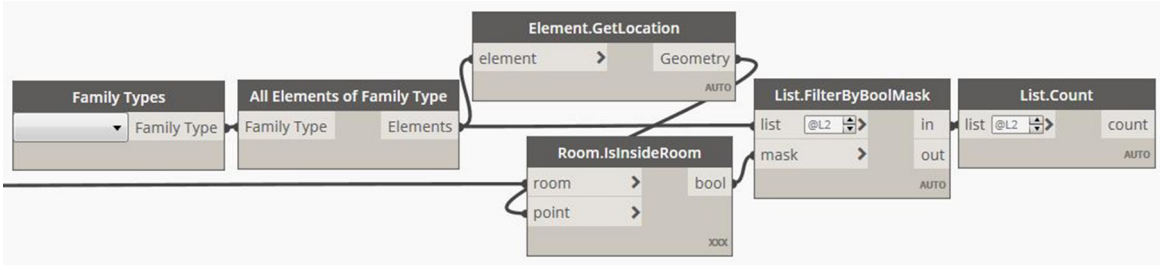


图 3 计算座位数算法模块
Fig.3 Algorithm module of calculating the number of seats

(1)图元提取与转换。首先分别使用 Categories、Family Types、All Elements of Category(Family Type)从 Revit 模型中提取所有有固定座位的房间及其座椅,房间需使用后续的判定模块筛选出有固定座位的相关房间,座椅则需使用 Element.GetLocation 节点提取其插入点(Point)。

(2)几何运算。将房间和插入点接入 Room.IsInsideRoom 节点的输入端,判定座椅与房间的对应关系(连缀方式设置为叉积),再使用 List.FilterByBoolMask 根据判定的布尔值每个房间内的所有座椅。

(3)结果输出。将座椅列表接入 List.Count 节点输出座位数列表。该列表与房间列表数据结构相同,可接入后续节点进行对应房间的宽度计算和校核。

逻辑判定模块是在计算操作前基于输入模块提供的参数对建筑类型进行细分并从设计数据库中提取相关计算标准值,可分为建筑大类和子类判定两种类型。大类判定模块是在初始类型信息

输入后,使用 Math 分类下的“=”节点将其与建筑类型数据库中的数据进行匹配,再配合 List.AllIndicesOf 和 List.GetItemAtIndex 从所有房间中提取布尔值为真的房间和该建筑类型的设计标准值列表。子类判定模块是在此基础上,使用相似的判定流程,结合房间面积、所在楼层、座位数、与地面出入口高差等输入参数对建筑类型进行进一步细分并从大类的标准值列表中提取准确的标准参数用于后续的计算操作。

输出模块是在计算完成后,将宽度计算和校核结果以数据表格和模型标识两种形式输出,为后续的模式调整提供决策依据。数据表格是使用 List.Combine 节点将所有参与计算的疏散门 ID 号、疏散宽度计算值、最小宽度限值以及核算结果的逻辑判断值等参数进行整合后,接入 Data.ExportExcel 节点输出为 Excel 供设计使用。模型标识则是在此基础上,将核算结果通过不同颜色的色块直接在模型中进行标记,提高修改时的检索速度,其具体流程如下:首先使用 Element.Faces

将所有房间图元转换为面图元,再将核算结果接入 if 节点的 test 端,true 端和 false 端分别接入用于表达符合和不符合两种判定结果的颜色材质,最后将所有数据接入 DirectShape.ByGeometry 节点在模型中创建相应材质的常规模型体块进行标

识,如图 4 所示。

2.2.3 整体架构

基于以上分析,构建疏散宽度参数化设计的整体架构如图 5 所示。

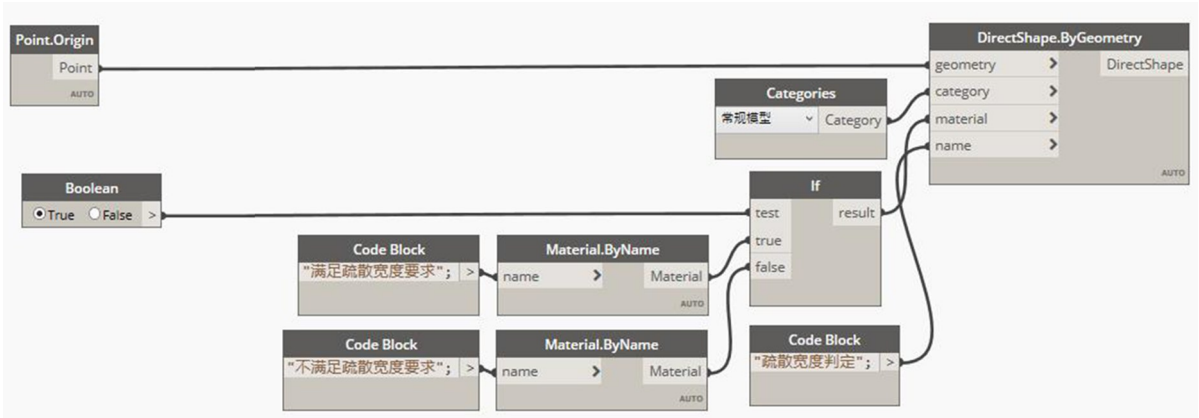


图 4 校核结果标记节点

Fig.4 Tag nodes for checking results

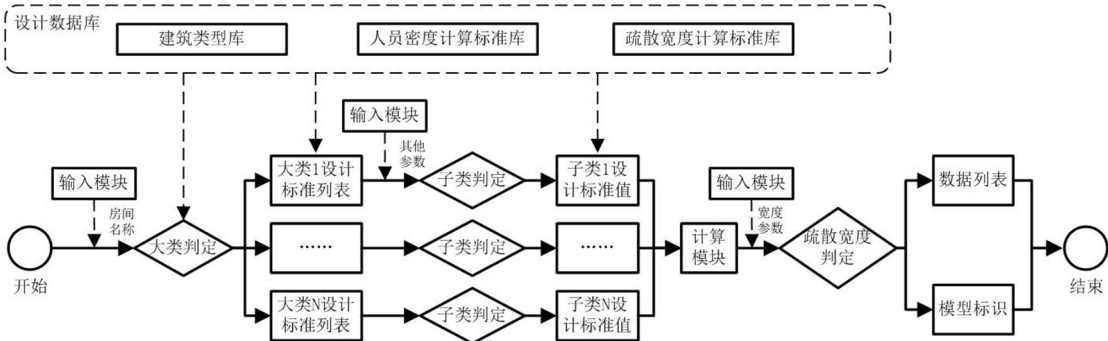


图 5 疏散宽度参数化设计算法整体架构

Fig.5 Overall structure of parametric design algorithm for evacuation width

首先,使用输入模块提取所有房间的房间名称(考虑到程序响应速度建议分层提取),配合判定模块筛选出所有需要进行疏散宽度计算的房间,再根据分解出的各类建筑类型提取各自的设计标准值,最后接入计算模块依次完成疏散人数和疏散宽度的计算,获得最小宽度设计限值。

接着,使用输入模块提取各房间(包括走廊和楼梯)、疏散门及其宽度、走廊宽度、楼梯梯段宽度等参数,首先对各房间的单个疏散门宽度和总宽度进行判定,再使用求和(sum)节点将所有房间疏散宽度汇总后依次对走廊、楼梯门和梯段宽度进行校核,获得相关逻辑判断布尔

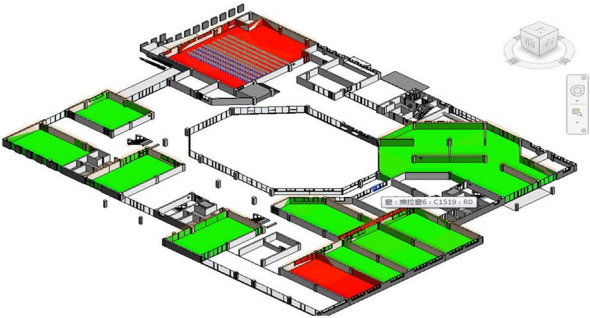
值(Boolean)。

然后,使用数据表格输出模块对上述各类型的计算、校核结果和已提取的相关参数进行汇总输出为 Excel 表格,再将相关参数接入标识模块进行模型标记。

研究选取某综合办公楼的一层对算法进行可行性测试。该楼层包含办公、报告厅、展示等多种功能空间,测试前人为设置了房间总疏散宽度不符合、总疏散宽度符合但单个疏散门宽度不符合、走廊宽度不符合等 3 种违反规范要求的情况。通过测试,算法在设计结果输出和错误提示等方面均符合预期设想(图 6)。

	A	B	C	D
1	门编号	门宽	最小宽度	是否符合
2	597208	1200	1400	否
3	531782	1500	1400	是
4	531784	1500	1400	是
5	659123	1500	1400	是
6	531780	1500	63.9	是
7	531781	1500	74.97	是
8	531778	1500	78.93	是
9	531779	1500	78.76	是
10	531777	1500	83.77	是
11	531776	1500	62.24	是
12	531785	1500	83.77	是
13	531786	1500	84.24	是
14	531773	200	77.57	否

(a) 数据列表



(b) 模型标识

图 6 算法输出结果

Fig.6 Output results of algorithm

3 结语

本课题基于计算性设计思维的技术和方法,总结了疏散宽度设计中从设计规范的自然语言向算法的程序语言转化的一般方法,并以适用性和便捷性为导向提出了符合实际设计流程和习惯的参数化设计算法,从理论和应用两个方面对参数化设计工具和方法在民用建筑防火设计中的应用进行了初步探索,但仍有三大难点有待进一步研究:

1) 本研究主要针对深化设计阶段的疏散宽度设计,对 BIM 模型建模的规范度和精细度有一定要求,需至少具备柱、梁、板、墙、门、房间、楼梯等图元构件且建模规范。如何在不同基础模型精度条件下,实现大规模、复杂空间关系的识别、判

定和推理,是提升该算法在全设计流程中适用性的必然要求。

2) 由于设计决策各种影响因素的复杂性,该算法成果的输出采用了“计算数据自动输出和标识+手动模型修改”的模式。要实现在算法内基于计算结果的自动修改,需要在设计决策影响因素的构成、约束规则及评价体系的构建等方面展开更深入的研究。

3) 本研究对规范条文自然语言的解译、提炼及其向程序语言的转化主要依靠人工完成,具有较强的主观性。在面对涉及更加大量和复杂规则的设计操作时,如何建立一套规范、简明、可操作的语义规则,大规模、自动化地实现规范条文的提取和转译是确保算法准确性和运算效率的基础。

参考文献:

[1] 余君,陈涛,王静,等.局部自动化的消防设计审查方法应用研究[J].消防科学与技术,2017,36(4):559-561,564.

[2] 《数字化建筑设计概论》编写组.数字化建筑设计概论[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2012.

[3] WEN K C, LIAO S H. Applying BIM to parametric automation modeling—a case study of Dou Gong[C].//DEStech Transactions on Computer Science and Engineering, 2017(icitia). DOI: 10.12783/dtcse/icitia2017/13251.

[4] 陆海燕,杨静,鲁丽华.基于 BIM 技术的剪力墙边缘构件参数化设计研究[J].土木建筑工程信息技术,2015,7(6):48-54.

[5] 王钟箐,胡强,路峻.基于 Dynamo 可视化编程的攒尖亭参数化设计[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2021,53(2):247-253.

[6] 吴樊,闫智,孔祥平. Dynamo for Revit 在基坑围护结构建模中的应用[J].土木建筑工程信息技术,2020,12(2):62-67.

[7] 李洁,王亮,张瑞强.基于 Revit 与 Dynamo 交互模式的电缆算量方法研究[J].建筑经济,2020,41(S2):93-96.

[8] 李杰,王德辉,邹然,等.基于 Dynamo 的项目样板自动布置:以南昌汉代海昏侯国遗址博物馆为例[J].工程建设与设计,2020(4):246-248.

[9] 罗嘉祥,宋姗,田宏钧. Autodesk Revit 炼金术: Dynamo 基础实战教程[M].上海:同济大学出版社,2017.

[10] 刘学贤,张笑彦. Dynamo 在建筑设计合规性审查中的应用研究[J].城市建筑,2020,17(19):160-163.

[11] 中华人民共和国建设部国家质量监督检验检疫总局.建筑设计防火规范:GB 50016-2018[S].北京:中国计划出版社,2018.