

GIS+BIM 技术在城中村 Gustav 法火灾风险预警管理中的应用研究

丁振瀚¹ 刘迅¹ 李晓波¹ 沈乐²

(1. 苏州科技大学 土木工程学院, 苏州 215000;
2. 苏州科技大学 商学院, 苏州 215000)

【摘要】 城中村传统的基于古斯塔夫危险度法 (Gustav 法) 的火灾风险预警评估无法快速集成必要的信息且难以满足范围的直观呈现, 而 GIS 技术并不能很好应用在城中村这一类复杂建筑。针对这一不足, 本研究从风险预警管理方法的角度, 分析了 GIS+BIM 技术在城中村 Gustav 法火灾风险预警管理的可行性, 并通过案例验证。案例研究发现建筑物群的两个泄压口, 对城中村火灾风险预警管理起到了积极作用。与传统方法相比, GIS+BIM 技术运用于城中村 Gustav 法火灾风险预警管理中具有更加科学可靠、降低成本等突出优势。

【关键词】 消防管理; BIM 技术; 城中村; 古斯塔夫; 风险预警

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-7461(2023)-0065-05

【DOI】 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2023.03.11

引言

城中村存在消防安全隐患、市政支持不足、城市景观不佳、责任主体缺失等问题, 是进行城市更新的重点更新区域。城中村消防安全管理水平的提升是我国城市更新的重点之一, 应纳入城市规划, 严格按照规划发展。城中村火灾风险预警是我国城市更新规划中亟需解决的问题。

关于城中村火灾风险预警问题, 学者们主要集中在采用不同的方法进行评估。赵伟^[1] 针对城中村中不同使用功能的房间, 应用 Gustav 法进行火灾风险分析并提出防火方案建议。吴大放等^[2] 结合 AHP 和 GIS 技术, 构建了一个评价模型, 评价和分类城中村的防火能力。曹邦卿等^[3] 利用模糊层次分析法, 对影响因素进行了研究, 得到了各指标及其权重值, 建立了评价模型。谷建军^[4] 针对消防隐患的特征和成因进行研判, 提出评估方法和评估体系, 然后在实地评估中发现主要问题的基础上, 提出了针对出租屋火灾隐患的对策, 继而提高出租屋的消防安全水平。火灾风险预警通常会采用到 GIS 和大数据挖掘等方法。在根据 Gustav 法分

析所得结果未能直观地给出建筑物本身的破坏 GR, 以及对建筑物内部人员和财产损失 IR 的危险范围^[1]。采用 GIS 及大数据挖掘等方法来做火灾风险预警的研究, 虽然能够做到直观表现, 但应用对象适用于如同通道等有规范设计的大型设施火灾风险预警管理。相较之下, BIM 技术可以更好地解决城中村一类小而复杂的火灾风险预警问题。通过 BIM 与火灾相关的研究综述中得知, 国内集中火灾模拟、安全疏散及建筑消防方面的研究^[5], 而国际集中在应急救援方面^[6]。BIM 技术结合虚拟现实技术, 可使消防疏散路径更加直观, 救援指挥更加便捷^[7]。因此, 有必要利用 BIM 技术的优点, 应用于城中村火灾风险预警管理研究中。

在前人研究的基础上, 本文研究基于 BIM 技术, 获取并集成城中村火灾风险评估所需的相关信息和基础数据, 通过构建建筑信息模型, 根据风险征兆可测评原理, 采用 Gustav 火灾危险度法分析后, 将分析所得结果的 GR 和 IR 危险范围直观地呈现。最后, 为了证明所提出的方法的有效性, 对深圳的一个城中村进行了案例研究。

【基金项目】 2021 年江苏省研究生培养创新工程研究生科研与实践创新计划项目 (编号: SJCX21_1417); 2022 年江苏省研究生培养创新工程研究生科研与实践创新计划项目 (编号: SJCX22_1568); 江苏省教育厅高校哲学社会科学基金项目 (编号: 2020SJA1394); 江苏省住建厅项目 (编号: 2017ZD074)

【第一作者】 丁振瀚 (1999-), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向: BIM 技术、绿色建筑, 知识图谱。

【通信作者】 刘迅 (1979-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向: 工程管理、项目管理。

1 城中村火灾危险度现状

城中村建筑材料耐火等级不高及其防火设计存在问题, 容易出现火势沿着建筑外表面向上蔓延且产生大量有毒气体。城中村楼栋间过道狭小, 建筑间无必要的防火间距, 楼栋间距中存在如同电瓶车以及杂物等可燃易燃物品, 且消防设施落后或缺失, 火势蔓延势不可挡^[8]。城中村楼栋间通向主干道的出口作为主要的逃生口, 许多出口已经被商店私自扩大空间所占据。疫情时代, 不合理的分区规划加剧了存在的火灾逃生风险。城中村房屋用途性质混乱。原本仓库一般位于楼栋一层, 现随着电商行业的兴起, 用于居住的房屋往往也用做商家的仓库使用, 火灾危险度情况更为复杂^[9]。城中村普遍存在的消防安全影响因子可对应以下两个古斯塔夫影响因子。

1.1 建筑火灾危险因子

建筑成本决定城中村建筑耐火等级, 决定能否抵御火灾侵袭。城中村建筑基本上都是砖混以及砖木结构, 建设成本低廉、施工周期短, 根本不考虑防火、防震及防沉降要求。此外, 城中村普遍存在着建筑户户相连、成片布置以及“握手楼”等现象。因此, 城中村的防火等级远远低于建筑防火风险的要求。

1.2 建筑物内火灾危险因子

租房用途混乱、租住人员复杂、居民变动频繁等因素导致的消防管理混乱, 火险隐患严重。受村里人的文化素质和暂住人口的影响, “三合一”现象在村里随处可见。居民防火意识淡薄, 擅自使用明火、私拉乱接电线、私自使用小锅炉和化学品储存罐等违法行为大量存在。

2 研究方法及原因

2.1 地理信息系统技术 (GIS)

本文借助 GIS 研究工具, 分析城中村建筑物实际占地等问题并将其可视化处理, 为进一步的研究、设计提供依据。GIS 是一个管理方便、空间分析能力强、支持城市空间精确设计的信息系统, 专门研究地理空间数据和地表空间信息中的地理现象和事物的运行^[10]。GIS 对城中村火灾危险度分析所需的建筑物占地面积、各点距离消防队直线距离等信息进行收集, 并进行集成管理。

2.2 古斯塔夫危险度法 (Gustav 法)

Gustav 法是一种采用模糊数学处理分析火灾危险源的半定量风险分析方法。Gustav 法定义火灾风险为与火灾危险源的不同特征相对应的多个因素。一方面,

建筑物本身的破坏 GR, 另一方面, 建筑物内部人员和财产损失 IR, GR 和 IR 共同决定建筑物的火灾危险程度。建筑物本身火灾危险度 GR 和建筑物内火灾危险度 IR 的计算具体见式 (1) 和式 (2)。

$$GR = \frac{(C \cdot Q_M + Q_i) L \cdot B}{R_i \cdot W} \quad (1)$$

式 (1) 中, C 为易燃性因子; Q_M 为可移动的火灾负荷因子, 表示建筑物室内可移动燃烧物对 GR 的影响, 可根据火灾平均密度决定; Q_i 为固定火灾负荷因子; L 为灭火速度因子, 表示灭火设施及人为灭火能力的因素, 可根据灭火能力等级决定; B 为火灾区域及位置因子, 表示建筑火灾面积对消防难易程度的影响, 可根据消防活动的难易程度来确定; R_i 为危险度减少因子, 表示火灾危险度下降因素; W 为建筑物耐火因子, 表示建筑物的耐火能力, 可根据耐火能力等级决定^[1]。

$$IR = H \cdot D \cdot F \quad (2)$$

式 (2) 中, H 为人员危险因子, 表示建建筑物内人员的自救能力, 受对疏散通道的熟悉程度、人员数量和出口数量的影响; D 是为财产危险因子, 表示建筑物内财产的价值、数量和损失情况, 可根据财产受危险程度决定; F 是烟气因子, 表示烟气的毒性、浓度及危害性程度, 可根据烟气的危险程度决定。建筑火灾危险因子和建筑物内火灾危险因子取值参考赵伟研究结果^[1], 部分如表 1 所示。

GR 和 IR 值的不同决定防火的具体措施不同。GR 越大, 越需要加强自动灭火设施需求, IR 越大, 越需要加强火灾早期报警系统的需求, 将二维分析图分为 A 区 (不需要保护)、B 区 (加强灭火设施)、C 区 (加强报警系统) 以及 D 区 (双重保护), 如图 1 所示。采用 Gustav 法分析火灾危险度的难点在于获取 GR 和 IR 中的影响因子。单个建筑物信息获取较为简单易行, 但对某一区域内众多建筑物进行分析则需要大量时间成本, 且其中有大量相同的工作。采用何种信息化的手段来解决成为尤为关键的问题, GIS+BIM 技术成为了一种解决办法。

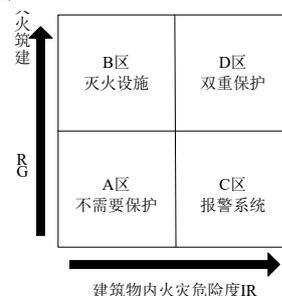


图 1 古斯塔夫火灾风险度分析图

表 1 因子取值表 (部分)

项目	范围	取值
易燃性因子 1	主要可燃物为黄油、润滑油、切削油、食用油、醋酸纤维素等	1.0
易燃性因子 2	主要可燃物为柴油、碳、活性炭、甲酸、沥青、原棉、樟脑等	1.2
固定火灾负荷因子	可燃物量为混凝土 0~20/kg/m ²	0
火灾区域及位置因子 1	层数为 4~8 层, 高度为 10~25m	1.6
火灾区域及位置因子 2	层数大于 8, 高度大于 25m	1.8
灭火延迟因子	职业消防队、职工消防队 1~6km	1.1
建筑物耐火能力	无防护的钢筋混凝土墙	1.5
火灾减少因子 1	可燃物多、面积大、堆放松散、易着火, 对火灾蔓延有利	1.0
火灾减少因子 2	可燃物较多、堆放松散、着火性一般	1.3
人员危险因子	疏散状况对人员的生命没有危险	1
财产因子 1	建筑物内的财产不易损坏或价值不大	1
财产因子 2	建筑物内的财产价值较大	2
烟气因子 1	20% 可燃物总量在燃烧时放出浓烟及有毒气体, 建筑物内通风条件不好	1.5
烟气因子 2	50% 可燃物总量在燃烧时放出浓烟及有毒气体或可燃物总量的 20% 在燃烧时放出严重污染性浓烟	2.0

2.3 建筑信息模型 (BIM)

BIM 是一种创建建筑数字模型的方法和工具, 数字模型用于信息化管理以便优化设计等。BIM 可以根据所建模型, 计算出结构、建筑和装饰的体量及其材料属性以及城中村区块内各建筑物的楼层数和火灾区域。结合燃烧热值表, 大量、快速、精确地确定因子取值。

BIM 技术在城中村火灾风险预警中的应用, 将通过建筑信息标识码快速读取以 Excel 表格形式呈现, 再通过 BIM 软件对所建立的建筑模型录入建筑信息, 添加除标识码可获得之外的信息, 如建立职业消防队模型, 取直线距离等对应取值。然后, 导出添加标识码外信息后的建筑模型明细表, 通过程序编程批量处理待用 Gustav 法公式计算的数据。最后, 基于 BIM 的可视化功能, 将评价结果以色彩方案直观呈现, 以真实性和体验感为重点改善交流环境, 方便阅读和理解项目, 达到提高项目的整体质量的目的。

2.4 BIM 技术结合 Gustav 法在城中村火灾风险预警管理方法的构建

为实现城市更新中的城中村火灾风险预警管理, 本文提出了一个方法框架。该框架按照“信息收集、数据处理、结果分析”的流程进行设计, 根据风险征兆可测评原理, 采用 GIS、BIM、程序编程等工具以及案例分析研究方法, 对基于 BIM 技术的城中村火灾风险预警中的应用展开。首先通过 LSV 4 定位所要研究的目标, 通过构建天地图带建筑出底图, 再对底图进行规范化处理; 然后实地调查将含有建筑物信息及其内部信息的标识码收集整理, 通过 Revit2016 构建模型, 将收集到的信息通过 Python 程序进行批量处理之后录入其中, 继续在 Revit 中做进一步的处理; 再将可进行 Gustav 法分析的完整建筑信息导出并进行火灾风险预

警管理分析; 最后将分析结果导入 Revit, 用空间颜色方案呈现分析结果。BIM 技术结合 Gustav 法在城中村火灾风险预警管理方法的构建如图 2 所示。

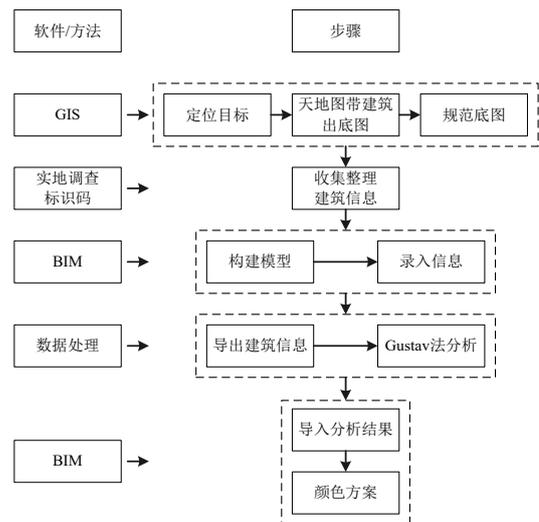


图 2 BIM 技术结合 Gustav 法在城中村火灾风险预警管理方法的构建

3 案例应用

3.1 案例项目概况

本案例城中村位于深圳市内边缘地区, 依附于街道主干道位置, 该占地呈现不规则形状, 实际面积难以精确测量。案例取该城中村的东北一角区域, 占地面积为 9 338m², 由 80 栋建筑物组成, 包括酒店、公寓、居民楼及微型消防站。

3.2 GIS 技术获得城中村建筑规划图

建筑信息的收集与整理首先需要模型进行构建, 建筑模型的构建则需要对建筑信息的收集, 而建筑信息需要提前明确目标及目标的总体的规划设计底图, GIS 技术能够做到建筑底图的提取。LSV 4 在地图上定

位待研究的城中村区块影像，如图 3 所示，通过影像底图（天地图带建筑）下载后分离建筑和地图，再对地图进行处理后，提取建筑底图，最后调整转角与直线，如图 4 所示。将获得的底图按比例导入 CAD 软件进行绘制，出城中村建筑规划图。



图 3 城中村天地图



图 4 带建筑底图

3.3 基础信息收集与处理

Revit 链接功能链接上述 CAD 图纸，建立建筑模型，如图 5 所示。通过实地调研，将建筑物基本信息（占地尺寸和面积、楼层数、结构和材料类型等）以及建筑物内火灾荷载组成因素（移动可燃物主要组成材料及重量等）借助标识码进行快速收集，将收集到的建筑信息录入模型中，如图 6 所示，再根据预设的消防队地点，测得直线距离，所得数据导出报告明细表文档转入 Excel 文件。

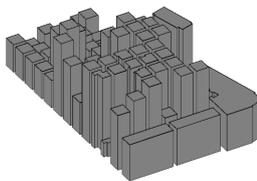


图 5 模型构建

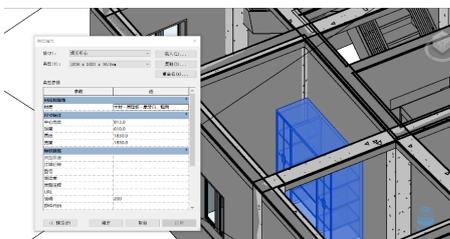


图 6 建筑信息录入

3.4 分析结果

获取 BIM 信息数据，借助编程软件 Python 批量处理数据，将数据通过古斯塔夫公式计算得出建筑火灾危险度 GR 和建筑物内火灾危险度 IR 值，该区块 80 个样本数据如图 7。根据 GR、IR 取值划分预警等级是一个相对值，结合业内专家的意见，认为 GR、IR 值均以数值 2 为分界值，分以 A 区（不需要保护）、B 区（灭火设施）、C 区（报警系统）以及 D 区（双重保护），并对应附上绿色、橙色、黄色、红色的颜色方案，导入计算所得结果，在 Revit 房间功能中加以直观显示，如图 8 所示。

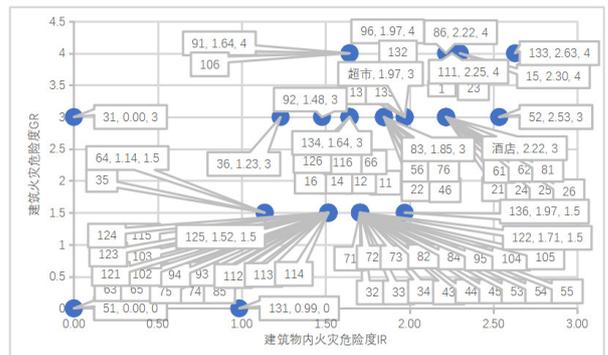


图 7 区块各样本 GR 和 IR 值

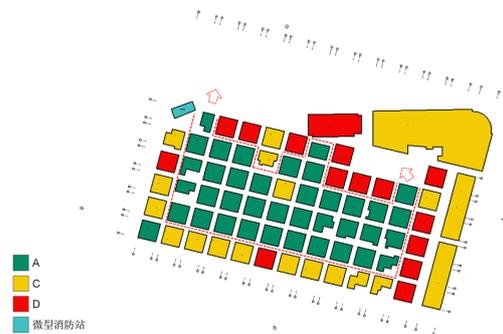


图 8 古斯塔夫火灾危险度分析图

从上图中可以发现，该城中村东北角区域符合 A 区的建筑物有 38 个，主要用途为居住用公寓以及水果店。符合 C 区的建筑物有 23 个，主要用途为仓库、餐饮店、浴足店、便利店、大型超市及诊所及药店。符合 D 区的建筑物有 15 个，主要用途为酒店、网吧、手机维修店以及便利店。剩余的为 1 个微型消防站和 3 个停车场空地，不参与分析。由此可以得知，第一，需要加强报警系统和需要加强灭火设施以及报警系统的双重保护的建筑物主要集中在区块靠近主干道的边缘，这些建筑物的用途一般都为用于商业用途，需要特别注意消防预警管理；第二，不需要加强保护的建筑物主要集中在区块的中间部位，位于该部位的建筑物多为居住用途，消防预警危险压力较小；第三，本

案例该区域无单独需要加强灭火设施即属于 B 区的建筑；第四，建筑物群在微型消防站以及停车场空地处形成该区块整体火灾危险度的独特的两个泄压口。

4 结论

与传统方法相比，利用 GIS+BIM 技术运用于城中村 Gustav 法火灾风险预警管理中有以下两点较为突出的优势。第一，科学可靠性。对于建筑物本身，如体量等信息，BIM 技术可以通过模型构建，一键导出具体数值；第二，节约资源，减低成本。GIS 技术对地理信息数据的快速获取和 BIM 技术对建筑物本身基础数据的获取，可运用于需大量、复杂的城市地块火灾风险度定性定量评估中。

本文从另一个崭新的角度对城中村消防安全管理进行研究，结果发现将 BIM 技术结合 Gustav 火灾危险度法应用到城中村火灾风险预警中，具有明显的优势。通过分析案例的结果得知，经过政府大力地城市更新，城中村消防安全管理有了一定成效。

参考文献

[1] 赵伟. 应用古斯塔夫法评估城中村火灾风险 [J]. 消防科

学与技术, 2012, 31(03): 306-309.

[2] 吴大放, 刘艳艳, 陈剑波, 等. 城中村火灾防灾能力评价及等级划分——以广州大学城南亭村为例 [J]. 地理与地理信息科学, 2015, 31(04): 107-110+115.

[3] 曹邦卿, 方正. 城中村消防安全等级模糊综合评价模型构建 [J]. 科技通报, 2015, 31(11): 271-276.

[4] 谷建军. 出租屋消防隐患评估及整治对策探讨 [J]. 消防科学与技术, 2019, 38(12): 1782-1785.

[5] 王炳华. 基于 BIM+AHP 的地铁火灾疏散与救援联动机制 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(06): 20-25.

[6] 郑铭. BIM 技术在多灾害领域中的应用研究综述 [J]. 图学学报, 2018, 39(05): 829-834.

[7] 高雪, 王佳, 衣俊艳. 基于 BIM 技术的建筑内疏散路径引导研究 [J]. 建筑科学, 2016, 32(02): 143-146.

[8] 谭棠. 深圳先行示范区消防安全管理实践与探索 [J]. 消防科学与技术, 2020, 39(07): 1015-1017+1025.

[9] 牛子颖. 电商大佬入局租赁地产为哪般? [J]. 城市开发, 2017, No.522(22): 22-23.

[10] 许镇, 吴莹莹, 郝新田, 等. CIM 研究综述 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(03): 1-7.

An Application of GIS+BIM Technology in Urban Village Using Gustav Purts Fire Assessment of Fire Risk Warning Management

Ding Zhenhan¹, Liu Xun¹, Li Xiaobo¹, Shen Le²

(1. School of Civil Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215000, China;

2. School of Business, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215000, China)

Abstract: The application of traditional Gustav Purts fire assessment in urban village does not integrate the necessary information quickly and fails to represent the scope of visualization, and Geographic Information Systems (GIS) is also not well suited for complex buildings, e.g., urban village. To remedy these deficiencies above, this paper analyzes the feasibility of GIS+BIM technology for fire risk early warning management in urban village and verifies it by case studies from the perspective of risk early warning management method. The case study finds two pressure relief of the building complex, which played a positive role in the fire risk early warning management in the urban village. Compared with the traditional method, GIS+BIM technology is more scientific and reliable, which achieves cost reduction when applied to the Gustav Purts fire assessment in urban villages.

Key Words: Fire Management; BIM; Urban Village; Gustav; Risk Early Warning