

# 基于图像识别的砌体结构裂缝分割定位模型管理平台研究

王钱舵

河北科技大学建筑工程学院 河北 石家庄 050018

**摘要：**随着城市化建设和城市更新的推进，对老旧砌体房屋的改造需求增加。传统裂缝检测效率低，信息化程度不足。本文开发了基于Revit二次开发的BIM轻量化插件，优化模型在Web端的加载；通过自定义数据集和改进的U-Net网络实现裂缝分割，并集成模型可视化和裂缝检测等功能的平台。结果表明，该平台提高了裂缝识别与定位的效率和准确性，为智能化建筑改造提供了新方法。

**关键词：**砌体结构；模型轻量化；图像识别；裂缝分割；Web管理平台

自20世纪50年代以来，中国逐步推出砌体材料及结构的设计与施工规范，使砌体结构成为主流建筑形式。到20世纪末，约90%的建筑使用砌体作为墙体。近年来，随着“三旧”改造和城市更新的推进，既有砌体结构的保护性使用和改造成为重要议题。然而，老旧砌体结构常出现裂缝，影响其外观和稳定性。目前，裂缝检测主要依赖传统人工方法，存在主观性强、效率低等问题。

为此，本文提出基于信息技术的砌体结构裂缝分割定位管理平台，结合Web管理平台、BIM模型轻量化、图像识别等技术，以提升砌体结构改造的数字化和智能化水平，为城市和农村建设的可持续发展提供技术支持

## 1 砌体结构 BIM 轻量化及 Web 渲染方案

### 1.1 开发工具及界面设计

本文基于Revit 2020完成功能模块开发工作。在轻量化系统开发中，采用WPF作为界面开发框架

### 1.2 基于JSON的砌体结构BIM轻量化方案

本文提出基于WebGL的砌体结构BIM模型轻量化方案，旨在解决浏览器性能、网络带宽和交互需求等方面的问题，以优化Web端的模型呈现和性能。

(1) 利用Revit二次开发技术，在VS软件中进行数模分离的轻量化处理，将三维几何数据和属性数据分离导出，此过程称为表面模型提取，涉及分析Revit后台的BIM模型数据结构，拆分并获取构件数据<sup>[1]</sup>。

(2) 对获取的三维几何数据执行参数化、三角化和相似性算法的轻量化处理，并将处理后的数据重构成JSON格式。考虑到砌体结构房屋结构简单且体量较小，以及Web端渲染的目的，选择使用文件服务器存储模型数据，将三维几何数据和属性数据分别保存为文件，而不是以单个构件的方式存储<sup>[2]</sup>。

(3) 在Web端，通过Three.js的GLTFLoader模型加载器，从文件服务器选择并导入相应文件，提取模型信息

以实现实时渲染。

### 1.3 BIM模型结构数据提取

BIM模型结构数据提取过程涉及将构件数据分为几何数据和属性数据两部分，并映射到glTF格式中。尽管砌体结构房屋结构简单，但Revit软件导出的.rvt格式文件包含了大量信息，对网页环境而言过于复杂。为了在Web端展示三维模型，需将.rvt格式转换为Web端可识别的.gltf、.glb或.obj格式。鉴于glTF格式在文件大小和数据结构上的优势，为确保在Web端加载和渲染模型时获得最佳性能，将模型导出成GLTF纯文本JSON格式文件<sup>[3]</sup>。

转换过程涉及使用自定义导出器CustomExporter和Revit API，将模型信息规范化处理为GLTF纯文本JSON格式，并在Revit的3D视图下导出。导出的JSON格式结构信息详细说明了如何将BIM模型的结构数据有效转换和提取，在Web端进行高效展示。

### 1.4 BIM模型轻量化处理技术

BIM模型轻量化处理技术的核心在于减少模型大小，提升Web端渲染和浏览效率，同时维持模型质量<sup>[4]</sup>。针对老破小建筑的砌体结构模型，轻量化策略主要包括：

(1) 利用数据结构移除重复顶点，降低模型冗余，提高渲染效率。

(2) 生成多分辨率纹理副本，并通过线性采样及REPEAT纹理坐标重复方式，增强纹理性能。

(3) 采用谷歌Draco算法压缩3D模型，减少空间占用和网络传输量，适用于带宽受限或需快速加载3D模型的环境。

## 2 构件项目参数分析

### 2.1 构件项目参数提取

为了实现砌体结构裂缝定位，通过Revit 2020使用共享参数为模型的墙和板构件添加自定义项目参数，如构件类型、楼层、房间编号和朝向。这些共享参数被保存

在文本文件中，并放置于网络共享区域，以便在多个项目和图元间重复使用，避免了为每个图元单独创建参数的繁琐。

## 2.2 构件命名规则

在砌体裂缝分割定位管理平台的设计中，通过Revit软件确保每个构件都分配了唯一的项目参数，如类型、楼层、房间编号和朝向等，以实现裂缝对墙的准确定位。

在Revit轻量化插件开发中，使用C#语言并通过LookupParameter方法可以获取构件的项目参数，包括构件类型、所在楼层、房间编号和朝向。插件将构件类型简化为“Wall”（墙）或“Floor”（板）。模型节点的命名遵循“levelName-Wall-roomNumber-directionName”的格式，以确保每个构件的标识不仅唯一而且包含丰富的信息<sup>[5]</sup>。

## 3 系统设计与实现

本研究以老破小砌体结构房屋的裂缝控制为目标，与专业检测人员合作，明确了砌体结构裂缝分割定位系统的研究方向，并进行了系统设计和实现。

### 3.1 系统总体设计

系统分为数据层、服务层和应用层。数据层负责管理三维模型数据、裂缝图片数据和裂缝定位数据；服务层作为中间层，根据用户请求调用数据层数据，并将处理结果反馈给应用层；应用层则负责实现高级业务逻辑，主要包括数据的呈现和展示<sup>[6]</sup>。

### 3.2 Web端测试图片命名

为将砌体裂缝分割训练模型集成到Web端，在现场拍摄裂缝照片前，首先根据本文提出的三维模型构件命名规则编辑二维码信息，并打印成可粘贴样式。通过Python程序自动扫描存放在指定路径的裂缝数据集图片中的二维码，并将扫描到的字符设置为图片名称。随后，在Photoshop中将图像切割成256×256像素的子图片，并编写程序自动筛选裂缝图片。目前，由于裂缝图像的准确量化尚未实现，测试数据集中不包含带二维码的图像<sup>[7]</sup>。

在拍摄裂缝照片时，遵循拍摄准则以减少后期筛选时间。对于同一构件的多张裂缝图片，命名时在名称后附加序号以避免影响裂缝的准确定位。严格的命名规则确保了图片的准确性和可追溯性，为裂缝定位平台提供了坚实的数据基础。

将裂缝分割模型载入Web端与轻量化三维模型进行交互之前，需要打包训练模型，从训练模型到部署至Web端，整个流程需要多个步骤，包括环境配置、依赖安装、模型打包等<sup>[8]</sup>。

### 3.3 裂缝定位算法实现

裂缝定位通过匹配算法将裂缝图像与对应的构件进行关联。此过程是在前端根据模型信息来实现，涉及到循环、条件判断和对象属性的访问。在Web端系统根据裂缝图像的名称检索对应的构件名称，如匹配成功，系统将计算裂缝的包围框，并获取其中心以及尺寸长度，提取构件的顶点坐标和法向量信息，从而实现精确的裂缝定位。

### 3.4 规范比对裂缝成因

在建筑工程领域，裂缝成因分析对于确保结构安全和延长建筑物使用寿命至关重要。为了提高裂缝成因分析的准确性和效率，可采用匹配算法将规范图像与成因和解决方案进行关联。规范比对裂缝成因的核心是建立一个包含成因和解决方案的对象数组，并通过算法将规范图像的唯一标识符与该数组中的相应对象进行匹配。允许专业人员实时对照规范图像，准确判断裂缝成因，并采取相应的解决措施<sup>[9]</sup>。

## 4 工程应用

### 4.1 裂缝分割

本文基于前端Vue框架及后端Express框架实现了裂缝分割结果Web端可视化页面开发。前端将上传的图像数据发送到后端的API端点，接收图像数据、执行图像分割，并返回分割结果。利用HTML和CSS创建用户界面，包括原图像、分割后图像以及图像名称。

### 4.2 批量处理

通过for循环遍历选定文件夹内所有文件，读取文件内容并使用POST请求上传至服务器特定接口。上传完成后，前端通过GET请求从服务器获取批量识别结果，预期响应格式为JSON。在单个裂缝标记的基础上，创建包含所有裂缝的对象，设置新材料的颜色、透明度等属性后添加至场景中，实现批量标记效果。

### 4.3 规范比对

参照施工规范，可以准确分析裂缝产生的原因。该裂缝分割的最终目的是要实现裂缝量化，对裂缝的部位、数量、形态、宽度以及发展趋势等进行详细分析，得出裂缝成因，并制定相应的修补或加固方案。尽管当前平台尚未完全实现裂缝量化，但通过规范比对和专家经验，可以提供初步的解决方案，并为未来的裂缝量化工作奠定基础<sup>[10]</sup>。

### 4.4 保存数据

为有效地管理和分析批量处理的裂缝定位信息，将匹配到的裂缝构件位置信息存储在结构化的Excel表格中是一种简单且直观的方法。表格可以记录裂缝构件的名称、类型、所在楼层、房间编号、朝向等详细信息，便

于后续的审查和处理。在VS Code软件中,编写程序将含有裂缝的墙构件位置信息导出为Excel文件导出<sup>[11]</sup>。

## 5 结论

本文针对城市化进程中“老破小”砌体结构房屋的裂缝分割定位问题,提出了基于Web端的砌体结构裂缝分割定位管理平台。主要研究成果包括:

(1) 开发了Revit二次开发插件,实现了BIM模型的轻量化处理,包括去除重复顶点、应用Mipmap技术和Draco压缩算法,显著减少了模型文件大小,提高了Web端渲染速度。

(2) 采用改进的U-net模型,增强了模型对砌体裂缝的识别和分割能力,并将该模型成功集成至Web端平台<sup>[12]</sup>。

(3) 搭建了砌体结构裂缝分割定位管理平台,集成了裂缝分割模型和三维模型加载功能,实现了模型可视化、裂缝检测、位置标记等系统功能;裂缝检测依据CECS293-2011或其他标准,实现通过规范比对判断裂缝成因。

## 参考文献

[1]中华人民共和国建设部.砌体结构设计规范:GB 50003—2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2009.

[2]徐建,梁建国,杨春侠.砌体结构的现状与发展建议.土木工程学报,2022,55(05):1-6.

[3]袁喆.广东拟出台“三旧”改造指导意见 佛山东莞为试点.南方日报,2009-03-26.

[4]广东省国土资源厅.关于深入推进“三旧”改造工作的实施意见.(2018-04-04)[2024-06-03].[https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2018/11/content/post\\_3365859.html](https://www.gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2018/11/content/post_3365859.html)

gd.gov.cn/zwgk/gongbao/2018/11/content/post\_3365859.html

[5]国务院办公厅.关于全面推进城镇老旧小区改造工作的指导意见.(2020-07-20)[2024-06-03].[https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-07/20/content\\_5528320.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-07/20/content_5528320.htm)

[6]中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局.既有建筑维护与改造通用规范:GB 55022—2021 [S].北京:中国建筑工业出版社,2022.

[7]住房和城乡建设部办公厅.关于开展第一批城市更新试点工作的通知.(2021-11-04)[2024-06-03].[https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zhengce/zhengcefile/ib/202111/20211105\\_762839.html](https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zhengce/zhengcefile/ib/202111/20211105_762839.html)

[8]程可,戴成元,梁邦勋,等.基于工业基础类标准的建筑信息模型数据交互及应用[J].科学技术与工程,2024, 24(9):3797-3803.

[9]Pezoa F, Reutter J L, Suarez F, et al. Foundations of JSON schema[C]//Proceedings of the 25th international conference on World Wide Web. 2016: 263-273.

[10]Kodali P, Bhatnagar A, Ahuja N, et al. HashSet-A Dataset For Hashtag Segmentation[J]. arxiv preprint arxiv:2201.06741, 2022.

[11]Tanner C C, Migdal C J, Jones M T. The clipmap: a virtual mipmap[C]//Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. 1998: 151-158.

[12]Neighbors J M. The Draco approach to constructing software from reusable components[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 1984 (5): 564-574.