

城市建筑物震害三维模拟在GIS中的应用¹

谷国梁¹⁾ 姜立新²⁾

1) 中国地震局地震预测研究所, 北京 100036

2) 中国地震台网中心, 北京 100045

摘要 将地理信息系统(GIS)技术用于震害预测在国内外都有较为广泛和成熟的研究。大多数的研究都是基于二维GIS技术的应用,以图表的形式显示震害预测结果,不能够直观地显示建筑物空间特征。本文以砖混结构建筑为例,总结了不同震害等级的震害特征,将提取的震害特征和建筑物纹理合成,利用Google SketchUp三维建模和ArcGIS Engine开发实现震害三维显示。本文给出了利用三维模拟技术在震害预测研究中的一种方法和思路,旨在为震后应急救援、虚拟救援训练和地震科普教学等方面提供帮助。

关键词: Google SketchUp 三维GIS 震害预测 地震场景模拟

引言

我国是地震灾害最为严重的国家之一,其地震活动具有频度高、强度大、震源浅、分布广的特点(李智等,2010)。地震的突发性和破坏性(尤其是特大地震)对人民的生命和财产造成巨大的损失,尤其在财产和人口高度集中的城市地区更是严重。因此,在地震还不能准确预报的今天,地震灾害损失分析作为防震减灾的重要环节就更具有现实意义。GIS因具有数学模型应用功能和空间分析功能已经被广泛应用在地震灾害损失分析的工作中,目前大部分的研究是基于二维GIS方法处理数据,震害的分析结果以二维图表的形式显示,在表达建筑物的震前和震后信息方面存在不足,尤其是在空间特征的表达方面。本研究运用到三维建模、遥感技术、地理信息系统、震害预测方法等方面的技术,对震后灾害场景进行模拟,能有效地利用更多的信息把震后的灾害场景快速、直观和准确的表达出来。

ArcGIS9.2系列软件加强了在三维可视化方面的功能,其中ArcGIS Engin提供的SceneControl控件支持3D符号和MultiPatch(.mdb)格式的三维模型显示,为本研究提供了技术支持。国内外多年来的灾后救援经验表明,如果救援人员事先对救援现场环境、建筑结构类型和破坏形态等灾害信息有所了解,将对地震紧急救援工作效能的发挥以及救援方案的制定起到十分关键的作用(胡长理,2009)。日本和美国在这一方面的研究工作处于国际领先地位,日本的东京都防灾中心是为政府提供救灾支持的综合性减灾机构,建立起了体系完整

1 基金项目 2012地震行业科研专项任务(201208018)

[收稿日期] 2012-02-29

[作者简介] 谷国梁,男,生于1986年。中国地震局地震预测研究所2009级在读硕士。研究方向地震应急。E-mail:

guguoliang1986@163.com

通讯作者 姜立新,男,生于1966年。研究员。主要从事地震灾害和地震应急技术研究。E-mail: jlx@seis.ac.cn

的灾害信息管理与指挥技术系统，其主要职能是：灾害数据库收集与建设、完善减灾技术系统和应急救援体系、分析处理灾情、制定救灾方案和对策等（姜立新等，2003）。日本的“中央防灾会议”曾通过三维图形描绘出东京圈发生 7 级地震后的受灾情况，包括 20 万人死亡和 600 万人无家可归，同时还详细标明了可能发生的海啸最先淹没的地区和最容易发生火灾的地区，这些地震灾情信息为日本政府和机构制定地震灾害疏散和救援工作方案提供了有力的依据（龙海云，2009）。美国的联邦紧急事务管理局（FEMA）负责对自然灾害和涉及国家利益的紧急事务进行应急处理，其中在自然灾害应急方面主要是 SAIC 紧急预报灾害管理系统，它主要处理灾情信息、应急方案、救灾决策以及各部门协调等方面的工作。美国的 EQE 公司开发了一套主要用于地震损失快速评估的减灾系统 EPEDAT，该系统对美国加州南部的 6 个县进行了详细的震害分析，如经济损失、人员伤亡等（关宇，2005）。本文研究的主要目标是对建筑物三维震害进行预测模拟，旨在为震害预测工作提供一种结果表达方法，同时在地震应急救援、科普教学以及模拟救援训练当中能够得到应用。

1 城市建筑物震害分析三维模拟的设计

本研究的设计主要适用于地震应急救援、虚拟救援训练和地震科普教学等方面，考虑到地震应急工作时效性和流动性的特点，根据应用领域的条件以求达到以下目标：第一，能够尽量利用可快速获得且准确的数据进行研究，例如遥感图像数据、GIS 数据等基础数据，这些数据在获取和处理技术方面发展的较为成熟，可为研究应用提供有力支持；第二，对计算机的硬件要求不高，使用普通计算机就能够实现震前和震后的场景显示。建筑物三维震害模拟分析的技术路线如图 1 所示，可分为 4 个部分：①利用基础数据在 Google SketchUp 中进行三维建模；②根据震害预测方法和地震基本参数计算建筑物的破坏等级；③提取震害特征利用贴图方法将建筑物的震害直观表示并建立三维模型；④三维场景的浏览、查询功能。

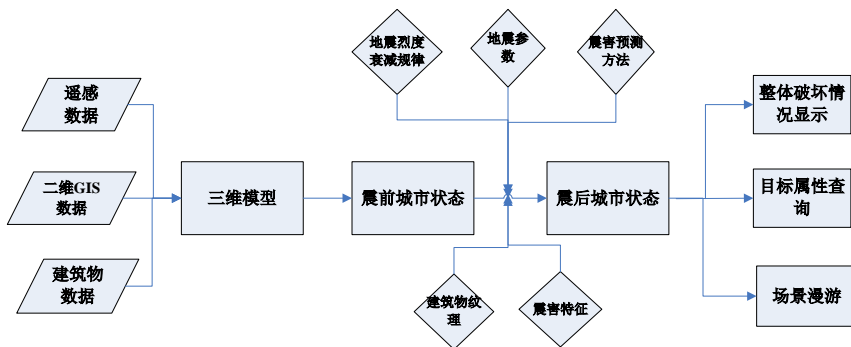


图 1 研究流程设计图

Fig.1 Flowchart of the design and procedure of the study

2 震害三维模拟模型的建立

2.1 三维模型建立流程

ArcGIS 不具有三维建模工具，是利用 ArcObjects 的两个接口 IConstrucMutiPatch 和 IGeneraMultiPatchCreator 来完成三维建模，在纹理显示、参数设置方面较为复杂。我们希望

通过利用三维软件来进行建模，操作过程更为简单。目前已经有许多三维建模软件应用到实际的工作中，例如：3D Studio Max (卢国梁, 2010)，Google SketchUp 等。本研究选择 Google SketchUp 进行三维模型建立，之所以选择 Google SketchUp 的原因是：①Google SketchUp 制作出的模型数据量较小；②Google 公司与 ESRI 公司合作已经开发出一套用于 GIS 数据和三维模型之间数据转换的插件，Google SketchUp 将建好的模型导出为 ArcGIS 所支持的 MultiPatch (.mdb) 格式数据，同时可添加需要的属性字段，方便以后的数据分析，如图 2 所示；③Google SketchUp 已经在建筑等领域得到应用，许多 Google SketchUp 的组件和模型在网络上共享，在工作中利用共享模型和组件可减少建模时间(文里梁, 2009)。我们在建模的工作中采用了贴图技术，来弥补 Google SketchUp 对裂缝渲染方面的不足，达到了逼真显示的效果。采用 Google SketchUp 三维建模减少了模型建立和数据类型转换的工作量和时间。

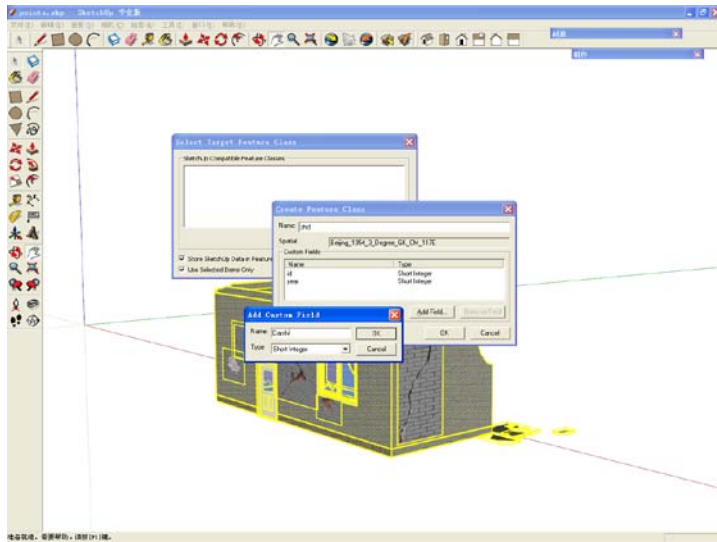


图 2 数据转换示意图

Fig.2 Data transformation

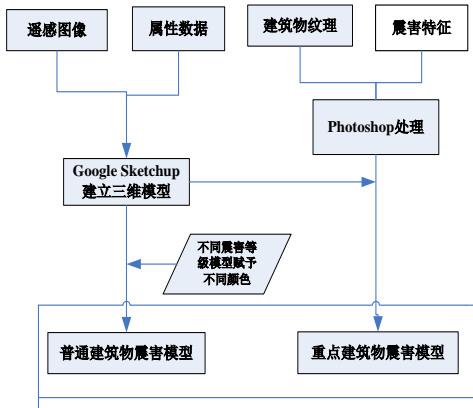


图 3 震害三维可视化模型制作流程图

Fig.3 Flowchart of making 3-D model

对建筑物建模时我们考虑到城市中建筑物数量巨大，将每个建筑物逐一建立模型需要耗费大量时间和人力。因此采用的方法是将建筑物分为两类：普通建筑物和重点建筑物(李建成等, 2009)，分别进行建模(模型的制作流程见图 3)。

普通建筑物的建模方法是：首先获取目标地区的遥感影像，对影像进行去噪音和校正处理，然后再进行矢量化操作，得到建筑物的二维矢量底图，利用高度属性数据在 Z 方向上进行拉伸形成墙体，快速得到盒子形三维模型表示震

前建筑物，如图 4 所示。高度数据可以通过遥感影像判读或者利用层高（一般按 3m 计算）和建筑的层数属性计算得到（狄彩云等，2007）。此外，通过 Google SketchUp 可以将模型导出为 MultiPatch (.mdb) 格式在 ArcGIS 中显示，并能添加需要的属性字段，保存成文件以便下次调用，震后建筑物模型是通过震前模型赋予不同的颜色来表示。

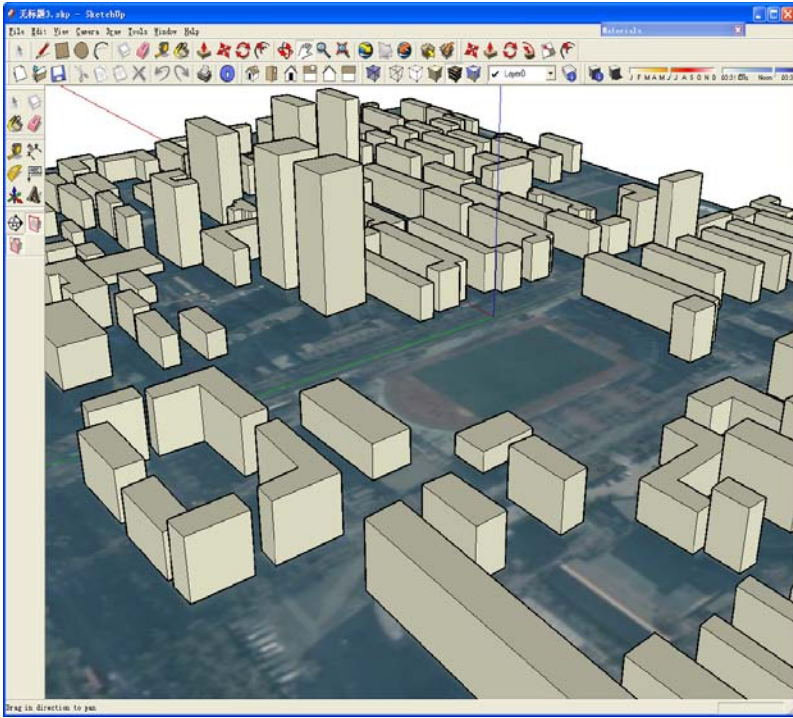


图 4 普通建筑物三维建模

Fig4 The model of common buildings

重点建筑物的建模方法是：ArcGIS 提供了 MultiPatch (.mdb) 数据格式，用来表示三维实体的表面。震前模型是在得到底图后可以导入 Google SketchUp 中进行仔细的建模，构建出建筑物门、窗等组件，将搜集到的建筑物纹理添加到建筑物的表面，如图 5 所示；震后模型是将提取的震害特征以贴图的方式贴在模型表面表示。

上述分类建模方法的优点是在不影响三维模型显示和空间分析的情况下快速的将场景展示出来，普通建筑物建模节省了大量的时间，重点建筑物的建模满足了建筑物空间特征生动实时显示的要求。

2.2 地震烈度影响场应用

目前已经有许多学者对中国区域内地震烈度影响场进行了研究，得出很多结果，本文采用汪素云等（2000）的研究结果，将中国研究区域以东经 105°为界，分为东西 2 个子区域分别进行统计研究。研究采用长、短轴联合衰减模型得到的结果，根据衰减公式编程生成烈度圈的矢量文件，并与研究区域的经纬度叠加，判断出研究区域的受影响烈度。

建筑物在地震中的破坏程度分为 5 个等级：“基本完好，轻微破坏，中等破坏，严重破坏和毁坏”。震害指数是将这些破坏程度量化的指标，可根据研究区域建筑物所受的烈度，计

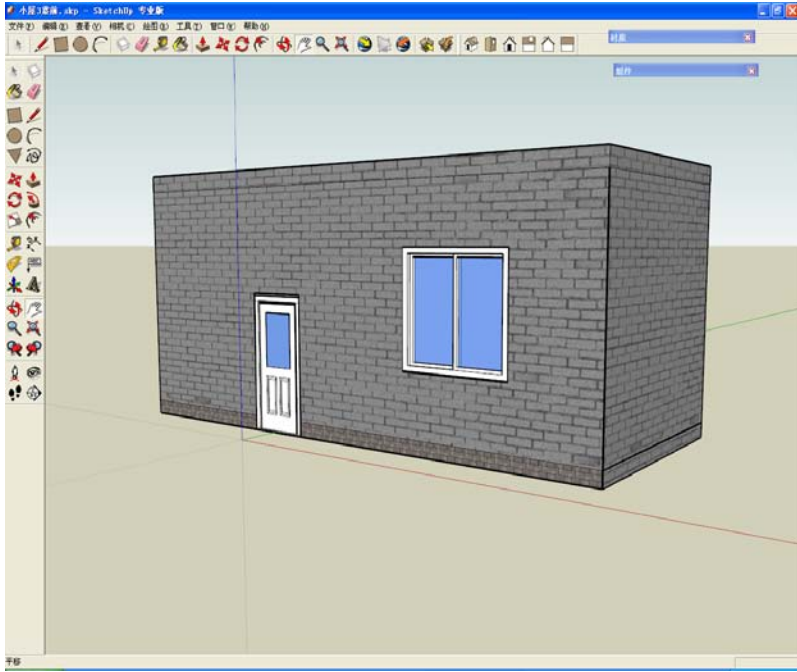


图 5 重点建筑物三维建模

Fig.5 The model of important buildings

算每个建筑物的破坏情况。建筑物震害预测方法选择孙柏涛等（2008）研究的单体建筑物震害预测方法，该方法是在群体震害预测方法的基础上，通过统计数据得出影响因子的影响系数，反推单体震害预测指数。它建立在大量统计数据的基础上，调查样本越多，计算得出的结论就越精确。目前，我国学者已经对天津、东营等一部分大中城市进行了地震灾害损失分析工作，积累了大量资料，也为该方法提供了有力的支持。在足够多样本数量的条件下建立数据库，包括城市的震害矩阵，各个震害影响因子矩阵等数据，在以后的地震灾害损失分析工作中依据目标建筑物符合的条件直接调用数据计算，可以减少时间并保证准确率。

2.3 三维建模中震害特征的表达

地震对建筑物的破坏作用主要有两种：一是强烈的地震动破坏；二是地震造成的地质破坏。在这里需要指出的是：①地震发生后建筑物的震害是千差万别的，不仅不同破坏等级的建筑物表现差异很大，即使在相同破坏等级的建筑物之间也有很多的差异。其原因是：一方面由于震害等级概念本身是一个范围，并不代表一个确定的值，所以相同破坏等级的建筑物之间也是有破坏轻重之分的；另一方面建筑物结构类型、建造年代、施工标准等属性和地震中的地面运动特征都与建筑物的震害轻重及表现有密切的关系，使震害特征的表现具有随机性。②本文对震害三维可视化研究的目的是不是将震害特征（裂缝、墙体脱落等）的多少、深浅量化表示，而是对不同震害特征的直观、生动表示，以能够区分不同等级震害为目的。

房屋的震害轻重是通过震害等级划分的，对不同等级的震害特征总结有利于我们准确的建立建筑物震害模型，达到不同等级震害区别显示的目的。前人对于很多历史地震已有震害特征的研究，由于在城镇中砖混结构的房屋数量多，这里以砖混结构为例总结出不同等级的震害特征。

沈军等（2005）对 2003 年新疆的昭苏地震进行了调查，砖混结构房屋震害特征主要有：Ⅷ度区内多数为毁坏或严重破坏。主要震害特征有：承重墙和窗间墙产生“X”形裂缝、外墙转角处被拉开、房屋上下部分发生相对位移、局部构件倒塌、墙体出现锯齿形裂缝、墙体外馼等。Ⅶ度区内基本为轻微损坏，个别为中等破坏。主要震害特征有：外墙转角处出现锯齿形裂缝、门窗角部出现“八”字形裂缝、女儿墙出现水平裂缝等。Ⅵ度区以轻微损坏和基本完好为主。主要震害特征有：门窗角部出现“八”字形裂缝、墙皮脱落和抹灰层掉落等。

施伟华等（2004）对 2003 年大姚地震中砖混结构震害特征的总结是：Ⅷ度区内部分墙体有严重的裂缝，并呈“X”形和水平裂缝；多数墙体有明显裂缝。Ⅶ度区内个别墙体有严重裂缝；少数墙体产生明显裂缝；多数墙体有轻微裂缝。Ⅵ度区内少数墙体有轻微裂缝；抹灰层脱落；个别门窗出现轻微裂缝。

石玉成等（2005）对 2003 年民乐-山丹地震的房屋震害特征进行了调查，其中对砖混结构房屋的震害总结是：主要的震害表现为承重墙产生裂缝、“八”字形裂缝和垂直裂缝；墙角处、纵横墙交界处裂开；外贴瓷砖开裂和脱落；阳台和墙身开裂。

根据以上学者对震害特征的总结，结合《建（构）筑物地震破坏等级划分（GB/T 24335-2009）》（中华人民共和国国家标准，2009）对房屋破坏等级的描述，本文对不同震害等级的特征进行了定性的描述，能够直观显示震害特征并容易区别不同等级震害。建筑物震害特征显示主要从建筑物外部墙体、门窗、破坏碎片等方面进行总结，依据震害指数与震害等级对应的关系，将震害分为 5 个等级（见表 1）。

表 1 不同等级震害特征表示

Table 1 Characters of building damage in different classes

震害等级	震害特征表示
基本完好	承重构件完好，墙体基本完好，有个别的门窗玻璃破坏，个别墙体的抹灰层脱落，一般不用修复可正常使用。
轻微破坏	有部分门窗的玻璃破坏，门窗角部出现“八”字形裂缝，个别墙体出现轻微裂缝，部分墙体出现墙皮脱落等。
中等破坏	部分门窗的玻璃破坏，部分墙体出现墙皮脱落，墙体出现明显裂缝，有剪切裂缝出现，呈“X”形状，外墙转角处出现锯齿形裂缝、墙体有垂直裂缝出现，个别女儿墙出现破坏。
严重破坏	墙体出现严重裂缝、建筑下部多为“X”形裂缝，上部为水平裂缝、锯齿形裂缝，个别结构和墙体出现倒塌，建筑物周围出现少量碎片，建筑物整体发生一定角度的倾斜，部分女儿墙出现破坏。
倒塌	墙体破坏严重、部分倒塌、墙体出现较多的大裂缝、有纵向裂缝穿过多层楼层、墙体出现锯齿形裂缝、建筑周围有墙体破坏坠落的破坏碎片、建筑物整体出现一定角度的倾斜，女儿墙出现严重破坏，所剩无几。

注：个别指 5% 以下，部分指 30% 以下，多数指 50% 以上。

2.4 建筑物震害信息提取

对于普通建筑物是以盒子形模型来表示，以计算所得到的震害指数为依据，直接用不同颜色来表示不同等级的震害。对于重点建筑模型，表面有纹理的贴图，真实感更强，本文采用的震害表示方法是不同等级的震害特征纹理提取出来贴到建筑物的表面，将具有不同等级的震害特征直观和易于区分的表达出来。前期工作是收集历史震例的房屋震害图片，本研究已经搜集到汶川地震中多个地区的震害图片，然后按不同的建筑构件类型分门别类的储存，建立震害数据库，以供提取震害特征和贴图使用（杨泽等，2007）。

利用 PhotoShop 对图片的亮度、对比度以及图片的扭曲变形进行预处理。裂缝是破坏建筑物上最为常见的震害,尤其是在轻微破坏、中等破坏和严重破坏等级的建筑物上。这里以裂缝为例进行震害特征提取演示,震害图片上截取震害特征较为明显的部分(图6),然后利用快速提取工具将裂缝震害特征提取出来。将其粘贴到墙体材质图片上,将建筑物自身的纹理和震害特征信息结合起来(图7),可以看出含有震害特征的图片看起来非常真实,它呈现出的走向、凹凸感很自然明显。可见,提取震害特征贴图的方法能够制作出接近真实的裂缝震害特征图片,清晰的表达出震害的特点。应注意的是对于实景纹理图片,贴图范围内不能有植物、人等非建筑物体,纹理的命名遵守一定的规则(许捍卫等,2011),要求纹理尽量采用正射摄影,在导出贴图模型时,纹理和文件尽量保存在一个文件夹里,以免纹理丢失。



图6 裂缝特征选取

Fig.6 Crack characterization



图7 含有震害特征的墙体图片

Fig.7 A picture of wall with earthquake damage character

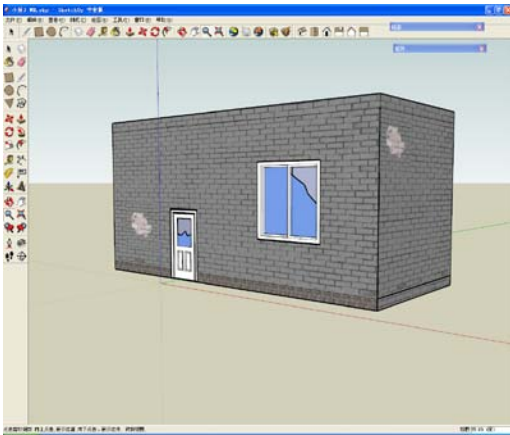
3 震害分析三维模拟模型的实现

3.1 建筑物震害的三维可视化

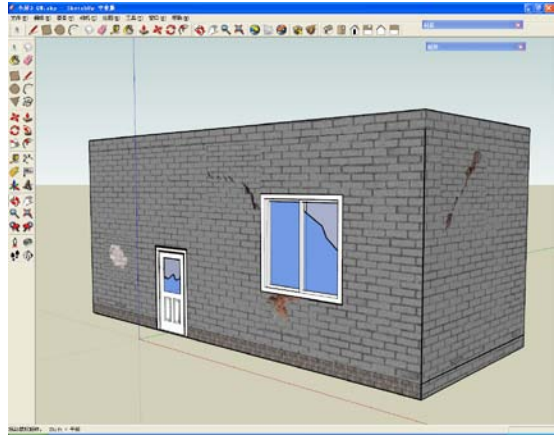
在给定的地震参数下,计算得到建筑物单体震害指数,将其作为属性字段加入到 GIS 图层属性中,根据震害指数判断建筑物的破坏程度。重点建筑物根据表 1 对震害的表示制作出不同震害等级的模型,震后的 5 个破坏等级的模型如图 8 所示,达到了不同等级的震害模型易于区别,并且能够逼真表达出震害特征的效果。

对于缺乏单体数据的灾区和城市中的普通建筑物,采用的方法是对该区域具有空间参考的遥感图像进行矢量化,得到建筑物的底图,然后利用 VS2005 (C#) 和 ArcGIS Engine 开发,调用 ILayerExtensions 中的 Extension 方法对图层按高度属性值在 Z 方向上拉伸,形成三维的盒子模型表示震前建筑物,震害模型是通过调用 IUniqueValueRenderer 接口对图层中的要素进行渲染实现,以不同的颜色的盒子模型表示不同破坏程度的建筑物,如图 9 所示。该方法将场景的建立和渲染分为 2 个步骤进行,其优点在于:一是对于特定的地震,震害结果固定,

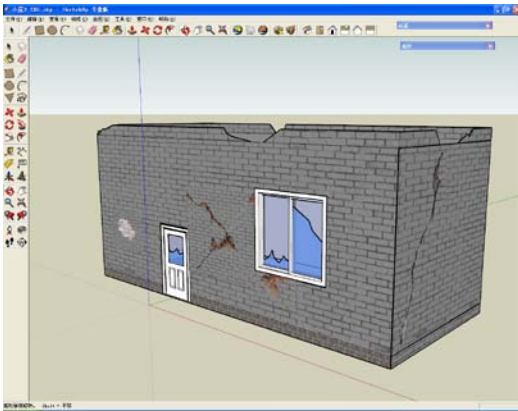
只需要计算一次，提高了执行效率；二是震前、震后的场景分别显示易于对比（丰彪，2010）。普通建筑物的数量巨大，模型越复杂、数量越多要达到实时显示的效果就越困难，采用颜色表示方法可以减少显示难度和计算机的负担，更容易达到实时显示的效果。



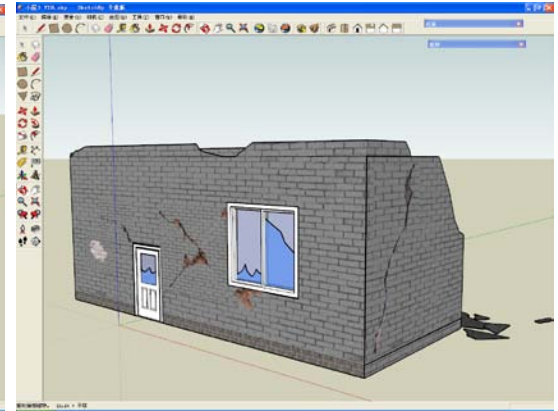
a 重点建筑物基本完好震害模型



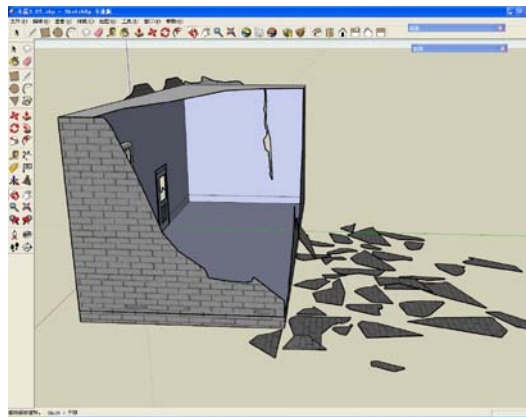
b 重点建筑物轻微破坏震害模型



c 重点建筑物中等破坏震害模型



d 重点建筑物严重破坏震害模型



e 重点建筑物倒塌震害模型

图 8 重点建筑物的震害模型

Fig 8 Earthquake damage model of important buildings

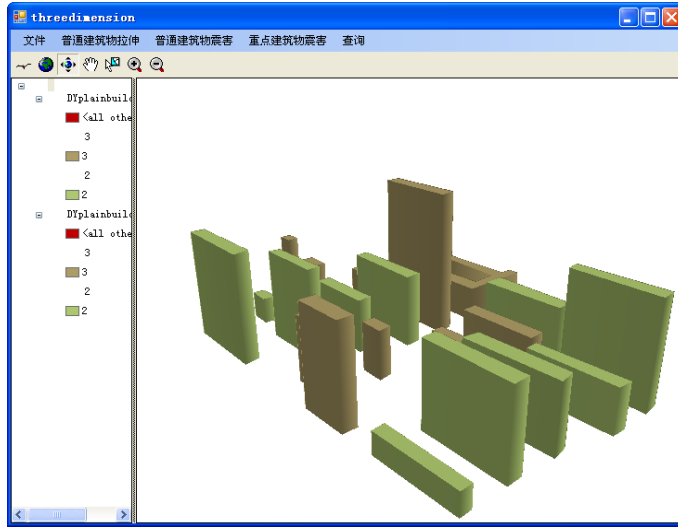


图9 普通建筑物的震害模型

Fig.9 Earthquake damage model of common buildings

3.2 建筑物震害三维可视化在 GIS 中的实现

建筑物的三维震害模型可视化在 GIS 的环境中实现, 该实现是通过 VS2005 (C#) 和 ArcGIS Engine 开发完成的。对于普通建筑物, 点击“文件”中“加载矢量文件”按钮加载建筑物矢量底图, 点击“普通建筑物拉伸”按钮, 根据各个要素的高度属性值进行拉伸, 形成三维的盒子状模型。然后利用孙柏涛等 (2008) 提出的单体建筑物震害预测方法, 根据建筑物建造年代、高度等属性计算单体震害指数, 并添加到矢量文件的 DamLv 字段中。点击“普通建筑物震害”按钮, 根据 DamLv 中的属性值对不同模型赋予颜色显示 (图 10)。对于重点

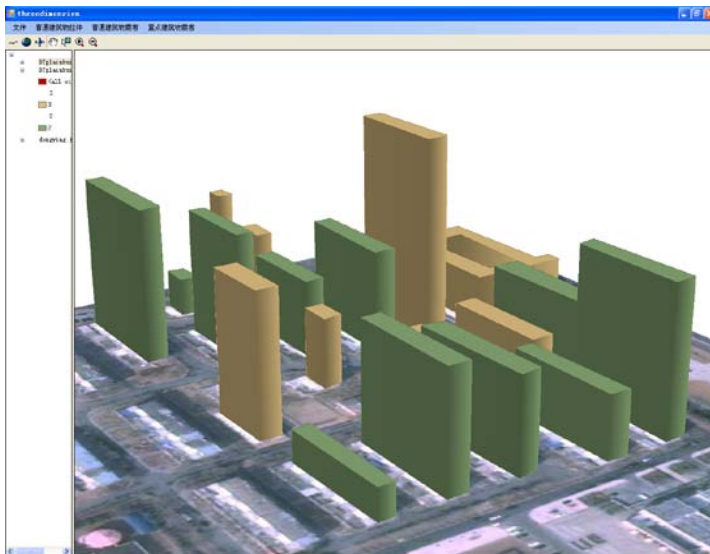


图10 普通建筑物可视化显示

Fig.10 The 3D visualization of common buildings

建筑物，将制作好的模型转换成 ArcGIS 环境支持的 MultiPath 格式，储存为 Geodatabase 数据模型，点击“文件”中“加载 Geodatabase”按钮，加载重点建筑物的震前模型，点击“重点建筑物震害”按钮，根据 DamLv 字段中的值加载相对应等级的震害模型替换重点建筑的震前模型（图 11）。

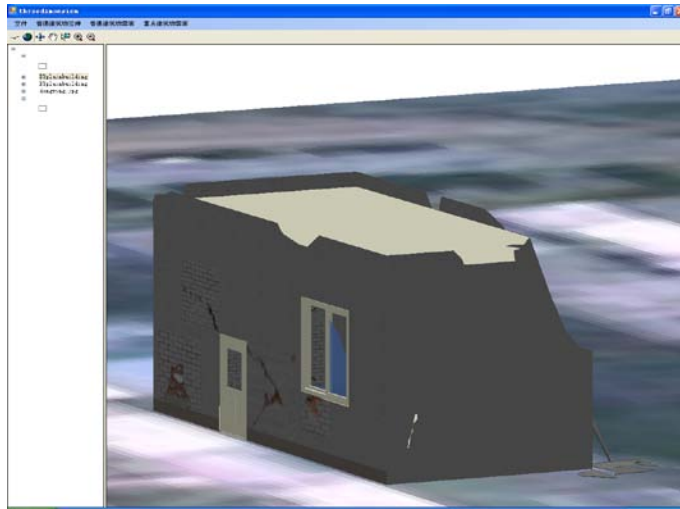


图 11 重点建筑物可视化显示

Fig.11 The 3D visualization of important building

震后的场景建立完成，可以直观的显示研究区域的受灾情况，并且可以实现以下功能：

(1) 整体破坏情况分析。在俯瞰整个受灾区域建筑物的破坏及其分布情况，快速判读出破坏较为严重的建筑。

(2) 属性查询。对目标建筑物的属性进行查询，得到该建筑物的建造年代、楼层数量、破坏程度等属性信息。

(3) 漫游功能。在震后场景中漫游，可清晰地观察目标建筑物的破坏状态。

4 总结

本文利用 Google SketchUp 建模和 ArcGIS 三维显示模块完成了对震害三维显示的工作，对利用震害特征表示不同等级的震害做出了初步研究，并通过震害图片中震害特征信息的提取，完成了不同震害等级的可视化模型制作。同时，在工作中也发现了以下一些问题：

(1) 震害模型对建筑物顶部震害的表现。由于搜集到的照片多为建筑物的侧面照片，屋顶的震害图片很少，仅表达出女儿墙的震害特征，不能够充分表达出不同破坏等级建筑物在屋顶破坏的表现，同时考虑到建筑物顶部和墙体的震害表现对本文而言意义相似，单独表示的意义不大。本研究对破坏模型顶部的震害表现不足。

(2) 对于建筑物的“酥裂”和变形的表现。建筑物在严重破坏和倒塌的状态下，会出现墙体“酥裂”变形以及构件错位现象。本文用到的是贴图方法，是通过提取已有破坏建筑物的实例图片中震害特征来实现震后模型的建立。由于贴图法在这方面的局限性，故本文研究的模型还无法很好地表达出“酥裂”的效果。

(3) 对于建筑物上透过墙体裂缝的表现。严重破坏和倒塌等级建筑物会出现穿透墙体的大裂缝, 受贴图方法本身的限制, 仅对一般的裂缝有较为真实的表现, 未能充分表达出裂缝穿透墙体的效果。

本文利用基础公共数据和 Google SketchUp 进行三维建模, 并结合 GIS 技术、地震灾害损失分析方法对三维建筑物震害进行模拟。重点研究了利用贴图的方法对不同等级震害模型的建立, 对不同等级震害的表示方法做出了初步研究。本研究采用半自动场景生成方法, 能够快速、生动的显示地震前后场景, 符合地震应急中时效性和流动性特点的要求, 虽然在研究过程中发现了一些问题, 但是总体而言达到了对不同等级震害模拟的目的。本研究给出了利用三维模拟技术在地震灾害损失分析研究中的一种方法和思路, 旨在为地震应急救援、虚拟救援训练和地震科普教学等方面提供帮助。

参考文献

- 狄彩云, 叶泽田等, 2007. 城市空间三维数据信息获取技术. 地理空间信息, **5** (5): 53—56.
- 丰彪, 文里梁等, 2010. 基于三维 GIS 技术的地震灾情场景模拟系统. 世界地震工程, **20** (1): 114—120.
- 关宇, 2005. 基于 GIS 的城市建筑物防震减灾及辅助分析系统. 北京工业大学硕士论文.
- 胡长理, 2009. 砌体结构三维模型及三维灾害场景实现技术的初步研究. 中国地震局工程力学研究所硕士论文.
- 姜立新, 聂高众等, 2003. 我国地震应急指挥技术体系初探. 自然灾害学报, **12** (2): 1—6.
- 李建成, 郭建文等, 2009. 基于 ArcEngine 的三维 GIS 的设计与实现. 遥感技术与应用, **24** (3): 395—398.
- 李智, 王晓青, 2010. 地震震害微观与宏观方法快速盲估综述. 地震, **30** (2): 134—142.
- 龙海云, 2009. 日本的防震减灾与震后救援概述. 国际地震动态, (5): 21—30.
- 卢国梁, 2010. 基于 3DSMAX 和 ArcGIS Engine 技术建立三维校园. 长安大学硕士论文.
- 石玉成, 马尔曼等, 2005. 2003 年民乐-山丹 6.1、5.8 级地震房屋震害分析. 西北地震学报, **27** (3): 260—266.
- 孙柏涛, 孙得璋, 2008. 建筑物单体震害预测新方法. 北京工业大学学报, **34** (7): 701—707.
- 沈军, 唐丽华等, 2005. 2003 年 12 月 1 日新疆昭苏 6.1 级地震烈度与房屋震害. 内陆地震, **19** (3): 17—24.
- 施伟华, 周光华等, 2004. 2003 年大姚 6.2 级地震房屋震害特征及分析. 地震研究, **27** (4): 374—378.
- 文里梁, 2009. 基于三维 GIS 技术的地震灾情场景模拟系统. 中国地震局工程力学研究所硕士论文.
- 汪素云, 俞言祥等, 2000. 中国分区地震动衰减关系的确定. 中国地震, **16** (2): 99—106.
- 许捍卫, 房晓亮等, 2011. 基于 SketchUp 的城市三维建模技术. 测绘科学, **36** (1): 213—214, 189.
- 杨泽, 李志强, 2007. 基于 ArcGIS 和 3DS Max 的砖平房震害三维可视化方法研究. 地震地质, **29** (3): 680—686.
- 中华人民共和国国家标准, 2009. 建(构)筑物地震破坏等级划分 (GB/T 24335-2009). 北京: 中国标准出版社.

Three Dimensional Building Damage Simulation Based on GIS

Gu Guoliang¹⁾ and Jiang Linxin²⁾

1) Institute of Earthquake Science, CEA, Beijing 100036, China

2) China Earthquake Network Center, CENC, Beijing 100045, China

Abstract The GIS technology has been applied in building damage analysis around the world. However, most previous studies focused on application of 2-D GIS technology, and the results from traditional earthquake damage prediction are displayed in 2-D figures and charts, which is incapable of demonstrating 3-D spatial character of buildings. Taking brick-concrete building as an example, we study the characters of building damage, and combine the information of building textures and earthquake damage effectively. Then, we apply Google SketchUp technique to create the models of buildings and display the model with seismic damage texture in software development environment of ArcGIS Engine. In this paper we propose a solid idea for 3-D simulation of earthquake damage, which is helpful in earthquake damage prediction, virtual emergency rescue practice and earthquake knowledge education.

Key words: Google SketchUp; 3-D GIS; Earthquake damage prediction; Earthquake damage simulation