

基于直线三维模型剖切方法的研究与实践

刘立峰,李尔康,孙阳,庞琦

(中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司,陕西西安710065)

摘要:为了展示三维模型的内部细节,增强三维可视化浏览的直观性与准确性,需要对三维模型进行剖切处理。现有的剖切方法是基于平面实现对三维模型进行剖切,在大土木工程行业应用中,由于工程结构复杂,体型布置走向大多非正南正北,很难在三维模型中快速找到合适的平面作为剖切面。为此,提出了一种基于直线三维模型剖切方法,利用三维轻量化模型,在 React 框架下,采用 WebGL 技术在 HTML5 页面上开发了 Web 端系统,实现了基于轻量化模型的直线剖切方法,适用于大土木工程模型可视化仿真分析。实践证明,该方法高效、灵活度高、易于实现,能够精确地剖切三维模型,易于达到预期的剖切效果。

关键词:模型轻量化;WebGL;直线;剖切方法;HTML5

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2021)0155-04

Research and Practice of Cutting Method Based on Straight Line 3D Model

LIU Li-feng, LI Er-kang, SUN Yang, PANG Qi

(Powerchina Northwest Engineering Corporation Limited, Xi'an 710065, China)

Abstract: In order to show the internal details of 3D model and enhance the intuitiveness and accuracy of 3D visualization browsing, the 3D model needs to be sectioned. The existing sectioning method is based on the plane to realize the sectioning of 3D model. In the application of large civil engineering industry, due to the complex engineering structure, most of the body layout is not due to the south and north, it is difficult to quickly find in the 3D model to the appropriate plane as the cutting plane. Therefore, we propose a line based three-dimensional model cutting method, using the three-dimensional lightweight model, under the react framework, using WebGL technology to develop the Web system on HTML5 page, and realize the line cutting method based on lightweight model, which is suitable for large civil engineering model visual simulation analysis. The practice shows that the proposed method is efficient, flexible and easy to implement. It can accurately cut three-dimensional model and easily achieve the desired cutting effect.

Key words: model lightweight; WebGL; straight line; sectioning method; HTML5

0 引言

BIM 技术的应用每年都在发生变化,随着工程应用实践的不断深入和应用价值的不断显现,BIM 应用也从单纯的技术应用走向项目管理、企业管理、甚至应用到项目建设的全链条应用。在项目应用过程中,为了展示三维模型的内部细节,增强三维可视化浏览的直观性与准确性,需要对三维模型剖切处理,有利于观察模型内细部结构。当前,研究者已经提出了很多基于三维模型剖切的方法,比如:秦绪佳等^[1]提出了采用平面及多面体对重构模型剖切的立体剪裁算法;陈俊智等^[2]提出利用 OpenGL 中的附加裁剪面实现平面切割;周翠英等^[3]和郭圣文^[4]实现了对三维模型任意方向的平面切割,但不能任意方式切割;王成龙等^[5]和陈

学工^[6]等提出了基于三维模型任意角度剖切算法,实现了基于平面的任意角度剖切;代欣位等^[7]提出基于动态四叉树索引的三维地质模型组合剖切算法;曹丽等^[8]对四面体、六面体数据结构模型分别进行剖切算法设计和功能实现;崔兆东等^[9]提出一种基于地质横剖面轮廓线的归一化三维地质体模型重构方法,对基于隧道横断面的三维建模及隧道与地质模型合并过程中的模型切割、分层。以上研究者提出的方法大多基于多面体、平面的剖切方法,对于模型结构复杂、布置走向非正南正北等不能快速有效找到合适的多面体、平面对模型进行剖切,很难高效得到预期的模型剖切面。

目前,市场上主流 BIM 设计软件及应用平台都是

收稿日期:2021-02-24

作者简介:刘立峰(1979-),男,高级工程师,主要从事工程数字化应用工作。

通过平面 (XY、XZ、YZ)、六面体剖切盒等方式来对 BIM 三维模型进行剖切,基本上都是基于选定平面生成剖切面来对三维模型进行剖切,并且默认的平面与大地坐标系的 X、Y、Z 方向一致,大土木工程行业模型布置走向基本均为非正南正北布置(方向与大地坐标系 X、Y 方向一致),采用当前已有的基于平面的剖切方法,需要对剖切面进行反复调整,才能达到预期效果,满足工程实际应用需要。文中以三维模型中的构件外轮廓线为基础,提出了一种基于直线的三维模型剖切方法。该方法适用于任意布置走向的三维模型剖切,可高效、精准实现预期剖切效果,以某工程挡水建筑物为例详细介绍具体实现过程,以及与传统剖切方法进行对比分析,展示本方法的优越性。

1 模型轻量化转换

当前 BIM 相关工程应用主流技术基本都是基于 Web 端实现,因此,进入 Web 端系统的模型数据必须是经过模型轻量化转换工具处理后的轻量化三维设计模型数据信息,需要开发模型轻量化转换工具,将三维设计软件设计成果数据转换为统一的轻量化数据格式,并且可以将模型的几何型体数据、非几何数据信息、模型组织结构等信息一并转换到轻量化模型中。笔者已开发了支持当前主流的三维设计软件平台模型轻量化转换工具 1 套,支持达索的 CATIA、欧特克的 Revit 系列、奔特利的 MicroStation,AVEVA 的 PDMS、西门子的 UG 等多种数据格式模型轻量化转换,模型轻量化转换工具见图 1。

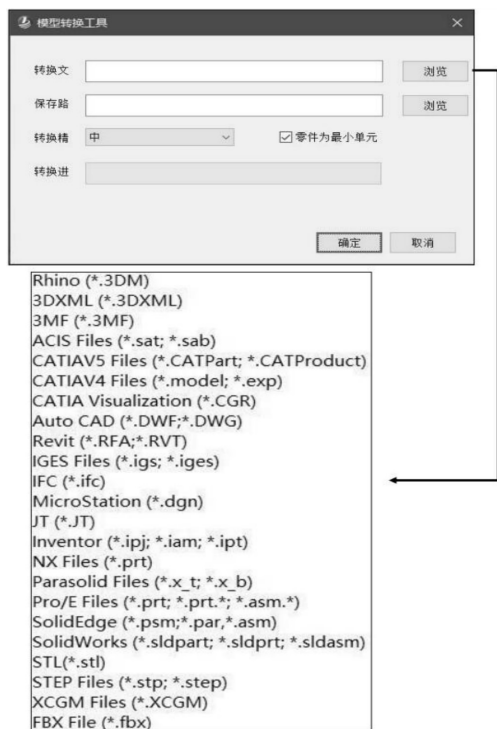


图 1 模型轻量化转换工具

利用模型轻量化工具将三维设计模型转换为轻量化数据格式,上传到 Web 端系统,在 Web 端系统中可浏览查看模型组织结构以及模型属性信息,在模型结构树上选择或者在模型构件上选择,均能浏览该模型构件的属性信息以及与该模型构件关联的文档信息,并且支持文档在线打开浏览,有助于进一步了解该部位模型相关的数据信息。利用开发的模型轻量化转换工具将某工程挡水建筑物三维设计模型转换轻量化格式,并上传 Web 端系统,见图 2。

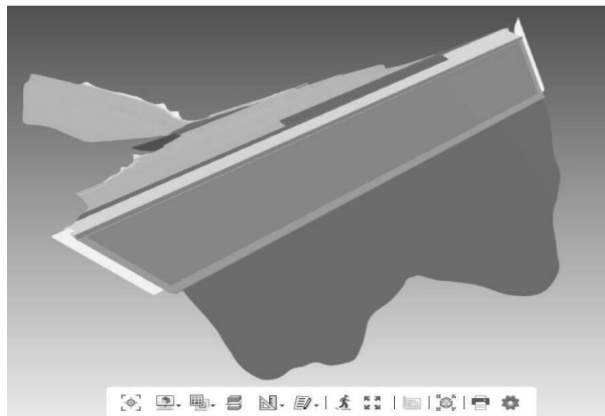


图 2 某工程挡水建筑物轻量化模型

2 剖切方法设计

笔者在 React 框架下,采用 WebGL 技术在 HTML5 页面上开发了基于轻量化模型的直线剖切方法,建成了 Web 端系统平台。

剖切方法设计的逻辑链条较长,且环环相扣,其逻辑关系见图 3,剖切方法执行以下主要步骤:

- (1) 三维设计模型轻量化转换,将利用三维设计软件制作的三维设计模型,利用文中开发的模型轻量化转换工具对三维设计模型进行轻量化转换,可以将不同三维设计软件制作的三维设计成果转换为统一的数据格式,实现多数据格式设计成果的集成融合应用。
- (2) 将转换后的三维轻量化模型上传到文中开发的 Web 端系统平台。
- (3) 在 Web 端系统平台中打开三维轻量化模型,在模型上移动鼠标,Web 端系统根据预设算法,自动计算鼠标与模型中轮廓直线之间的距离,即鼠标距模型中直线中心点之间的距离。
- (4) 设定阈值,Web 系统设置的阈值为显示器分辨率 $\times 0.02 \times 0.5$ 像素,系统自动捕捉选定鼠标与模型中直线之间的距离小于阈值的任意一条直线,来生成法平面对轻量化模型进行剖切。
- (5) 根据选定直线的法向量和选定直线的中心点创建法平面,Web 系统选定的任一条直线后,将沿选定直线重新绘制一条与选定直线相同的直线,以绘制

的直线创建直线的法平面。

(6) Web 系统根据法平面对轻量化模型进行剖切,剖切后系统自动隐藏法平面,得到轻量化模型的内部结构剖切面,实现对三维模型的剖切。

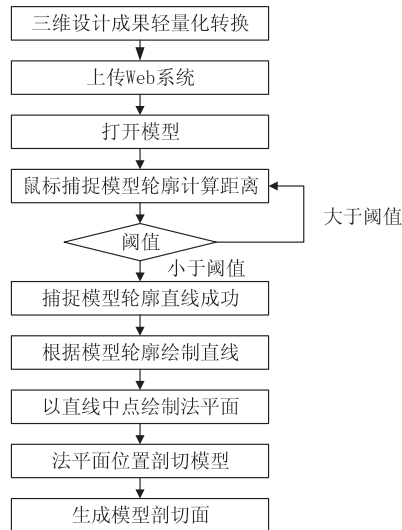


图3 剖切方法流程

3 剖切方法效果对比与分析

以某工程挡水建筑物为例对传统与文中提出的剖切方法效果进行对比分析,挡水建筑物轴线布置方向为南偏西 22.02° ,工程应用中经常会用到沿挡水建筑物轴线生成的剖切面,进一步分析挡水建筑物内部结构。目前,市场上主流 BIM 设计软件及应用平台的剖切效果见图 4,为了获取与挡水建筑物轴线垂直的剖切面,采用传统的剖切方法,如图 4 所示。传统的剖切方法是基于平面生成剖切面,在水电工程建筑物造型复杂情况下,很难找到与挡水建筑物轴线相垂直的平面来生成剖切面,并且传统 BIM 设计软件及应用平台所生成的剖切面、剖切盒自动与大地坐标系的正南正北方向相平行或相垂直。因此,需要反复调整剖切面的角度来实现预期剖切效果,并且也不一定精准实现与挡水建筑物轴线相垂直的剖切面来剖切挡水建筑物。运用文中提出的基于直线的三维模型剖切方法(见图 5),在挡水建筑物三维模型中很容易找到与挡水建筑物轴线相平行的轮廓线来生成与之垂直的法平面对三维模型进行剖切,可以一次性高效精准地生成与挡水建筑物轴线相垂直的平面对挡水建筑物进行剖切,在大土木工程行业,类似于水电工程挡水建筑物布置非正南正北(采用大地坐标系)的建筑比比皆是。采用文中提出的基于直线法平面的三维模型剖切方法,有效解决了现有三维模型剖切技术中存在的对于模型布置非正南正北的模型剖切需要反复调整的问题,同时适用于任意模型布置走向的剖切应用,提高模型剖切效率和准确率,同时提升 BIM 技术应用工作的

便捷性。

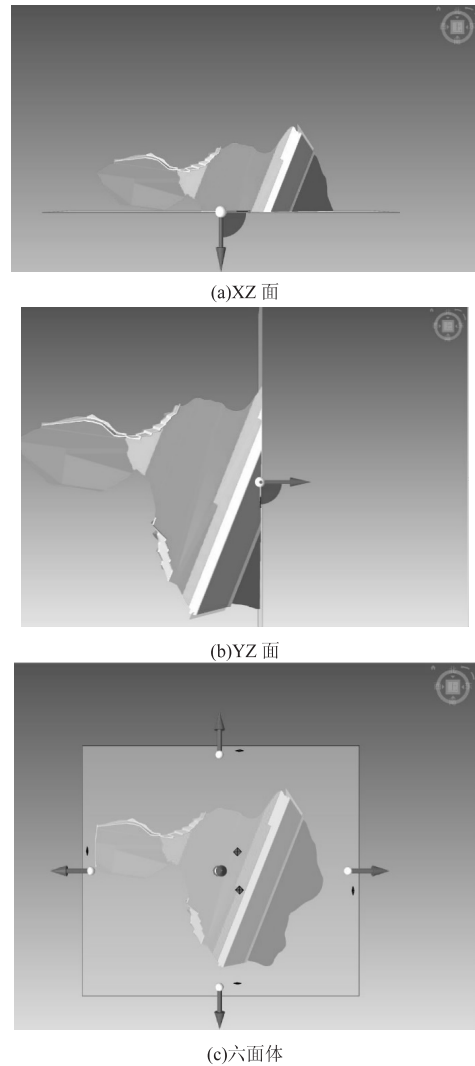
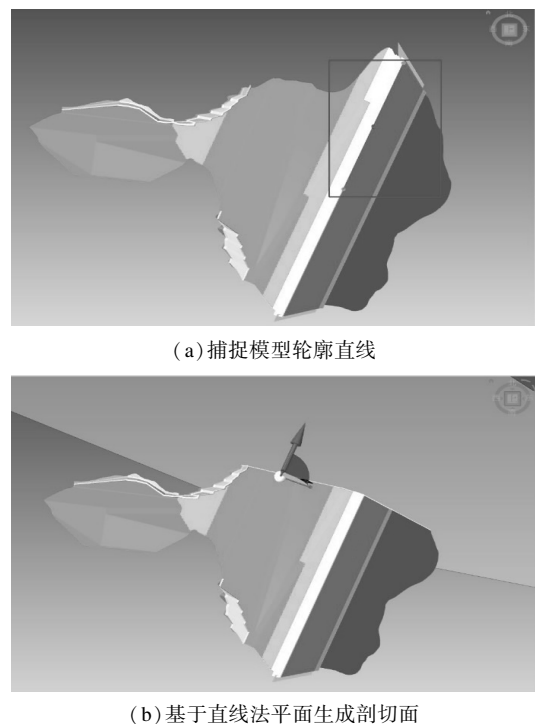
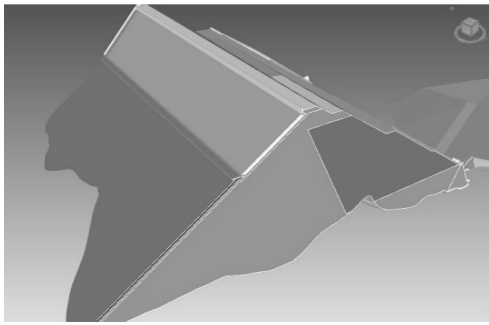
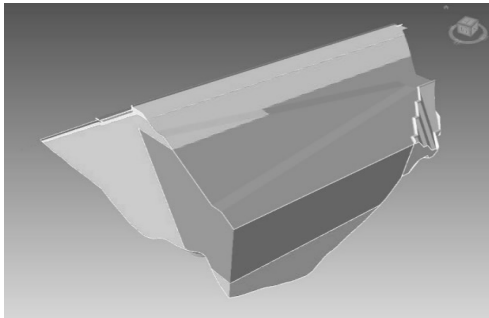


图4 剖切效果





(c) 基于直线法平面的剖切效果



(d) 基于直线法平面的组合剖切效果

图 5 剖切效果

4 结束语

针对三维轻量化模型,提出了一种基于直线的三维模型剖切方法。该方法与现存的方法相比创新点为:不仅实现了基于三维模型任意直线法平面的剖切,同时实现了对三维模型进行多个剖切面的联合剖切,适用于任意布置走向的三维模型剖切,增强了工程实

际应用的实用性和灵活性;该方法不仅具有方法简单、高效、精准、适用性强,而且可以精准地描述了模型的剖切面,通过工程项目实践验证了该方法的有效性、便捷性。

参考文献:

- [1] 秦绪佳,欧宗瑛,侯建华. 医学图像三维重建模型的剖切与立体窗裁剪[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2002,14(3):275-279.
- [2] 陈俊智,侯克鹏. 利用 OpenGL 对岩体三维模型进行剖切面方法研究[J]. 云南冶金,2005,34(1):12-15.
- [3] 周翠英,董立国,刘祚秋. OpenGL 三维地层切割剖面的实现技术[J]. 土木工程学报,2006,39(2):61-65.
- [4] 郭圣文. 利用链表对三维物体实现多平面剪切[J]. 计算机应用,2006,26(6):54-55.
- [5] 王成龙,周东明,崔维久. BIM 云平台中三维模型的任意剖切[J]. 科学技术与工程,2019(30):274-280.
- [6] 陈学工,曾俊钢,李小勇. 基于三维表面模型的任意切割算法[J]. 计算机应用研究,2008,25(9):2850-2852.
- [7] 代欣位,郭甲腾,刘善军,等. 基于动态四叉树索引的三维地质模型组合剖切算法[J]. 地理与地理信息科学,2020(4):8-13.
- [8] 曹丽,于雪润,陈国旭,等. 面向体元结构的三维地质模型剖切算法研究[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2019,42(3):332-336.
- [9] 崔兆东,冷彪,朱永标,等. 基于地质横剖面的隧道工程三维地质建模方法研究[J]. 隧道建设,2020,40(3):397-402.
- [10] 秦绪佳,欧宗瑛,侯建华. 医学图像三维重建模型的剖切与立体窗裁剪[J]. IEEE Transactions on Cybernetics, 2017,47(10):3293-3305.
- [11] CHEN Z, QI Z, WANG B, et al. Learning with label proportions based on nonparallel support vector machines [J]. Knowledge-Based Systems, 2017, 119:126-141.
- [12] ARDEHALY E M, CULOTTA A. Co-training for demographic classification using deep learning from label proportions [C]//International conference on data mining workshops. New Orleans, LA, USA: IEEE, 2017: 1017-1024.
- [13] LIU J, WANG B, QI Z, et al. Learning from label proportions with generative adversarial networks [C]//Neural information processing systems. Canada: NIPS Foundation, 2019: 7167-7177.
- [14] DULACARNOLD G, ZEGHIDOUR N, CUTURI M, et al. Deep multi-class learning from label proportions [J]. arXiv: 1905.12909, 2019.
- [15] XU L, SKOULARIDOU M, INFANTE A C, et al. Modeling tabular data using conditional GAN [J]. arXiv: 1907.00503, 2019.
- [16] GOODFELLOW I, POUGETABADIE J, MIRZA M, et al. Generative adversarial nets [C]//Neural information processing systems. Canada: NIPS Foundation, 2014: 2672-2680.
- [17] 涂艳,叶茂,曾凡玉. 生成对抗网络及其应用研究综述 [J]. 小型微型计算机系统, 2020, 41(6): 1133-1139.
- [18] 陈亚瑞,蒋硕然,杨巨成,等. 混合变分自编码 [J]. 计算机研究与发展, 2020, 57(1): 136-144.
- [19] MAKHZANI J, SHLENS N, GOODFELLOW J I, et al. Adversarial autoencoders [J]. arXiv: 1511.05644, 2015.
- [20] 陈亮,吴攀,刘韵婷,等. 生成对抗网络 GAN 的发展与最新应用 [J]. 电子测量与仪器学报, 2020, 34(6): 70-78.
- [21] 吴天雨,许英朝,晁鹏飞. 基于生成对抗网络的数据增强研究 [J]. 光学与光电技术, 2020, 18(4): 47-52.
- [22] HERNANDEZGONZALEZ J, INZA I, CRISOLORTIZ L, et al. Fitting the data from embryo implantation prediction: learning from label proportions [J]. Statistical Methods in Medical Research, 2018, 27(4): 1056-1066.
- [23] AABERGE R, ATKINSON A B, MODALSLI J. Estimating long-run income inequality from mixed tabular data: empirical evidence from Norway [J]. Journal of Public Economics, 2020, 187: 1875-2017.

(上接第 154 页)