

3DGIS 技术辅助城市轨道交通基坑工程施工方案论证

程良勇^{1,2} 李南江² 王 海²

(1. 天津市勘察院, 300191, 天津;

2. 星际空间(天津)科技发展有限公司, 300384, 天津//第一作者, 高级工程师)

摘 要 传统基坑工程施工方案论证是在二维平面图纸上进行的, 论证会之前专家们需要做大量的前期工作, 大型的工程施工方案论证会耗时较多, 效率低下, 建成后工程资料存档和查阅困难。为了解决这些难题, 提出使用 3DGIS(三维地理信息系统)技术来辅助基坑工程施工方案论证的系列方法, 包括构建工程周边三维空间地理信息数据采集与建库技术方法、优化空间插值算法来构建三维地质环境技术方法、基坑变形监测与三维变形模拟技术方法等, 用来辅助基坑工程施工方案论证与决策。并结合天津市地铁 6 号线红旗南路站基坑工程施工方案进行试验, 成效突出。

关键词 城市轨道交通; 三维地理信息系统; 深基坑; 方案论证

中图分类号 TP391.98: TU94⁺1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.04.022

Scheme Demonstration of Urban Rail Transit Foundation Pit Project with 3DGIS Assistance

CHENG Liangyong, LI Nanjiang, WANG Hai

Abstract The traditional method of foundation pit demonstration is on the two-dimensional map, experts need to do a lot of preliminary works before the demonstration, this brings many problems like time-consuming, low efficiency and difficulties to archive and access after the completion of the project. In order to solve the problems, a series of methods by using 3D GIS technology to support foundation pit scheme argumentation are put forward, including the technology of data collection and database building for 3D spatial geo-information around the project, the technology of constructing 3D geological environment by optimizing the spatial interpolation algorithm, the technology of deformation monitoring and 3D deformation simulation for foundation pit, etc., so as to assist the scheme demonstration and decision-making for the foundation pit construction. Combined with the foundation pit project of Hongqi South Road Station on metro Line 6 in Tianjin City, the 3DGIS technology is verified to have outstanding performance.

Key words urban rail transit; 3DGIS (geo-information system); deep foundation pit; scheme demonstration

First-author's address Tianjin Municipal Survey Institute, 300191, Tianjin, China

随着我国国民经济的高速发展, 城市空间日趋紧张, 三维城市空间已开始作为一种重要的自然资源加以开发。城市轨道交通已经成为城市基础设施建设的重点, 受城市环境构造及车站使用要求的影响, 车站基础埋深不断增加, 因此产生了大量的车站深基坑工程。

在深基坑施工方案专家论证过程中, 为了方便准确确定基坑结构施工、开挖、降水、监测支护等设计方案的合理性, 对工程质量和工程安全提出了更高的要求。本文借助 3DGIS(三维地理信息系统)技术来提高基坑工程施工方案论证的科学水平和论证效率。

1 关键技术方法

1.1 周边现状土地上建筑采集与建模技术方法

用激光扫描仪对地上周边建筑进行外立面高精度扫描, 获取整个建筑的三维点云数据; 通过点云融合技术, 集成车载、机载激光点云数据^[1]; 使用高精细度的三维模型构建技术(精度达到厘米级), 建立竣工建筑方案的高精度三维数字档案模型数据库, 如图 1 所示。

1.2 地下管线自动构建技术方法

地下管线的分布, 一直以来是城市建设开发地下空间资源之前必须要调查清楚的一项重要工作, 由于工程施工带来地下管线损坏, 甚至发生事故的案例已数不胜数。因此, 构建清晰明了的地下三维管线数据库也是非常必要的。本文运用 3DGIS 软件技术, 对已有二维管线数据进行数据格式和完整性自检, 并根据二维数据的管点、管径、埋深、管线类别等参数, 构建管道、管径、设备等的三维模型。同时提供三维管线的编辑和分析等功能, 包括管线

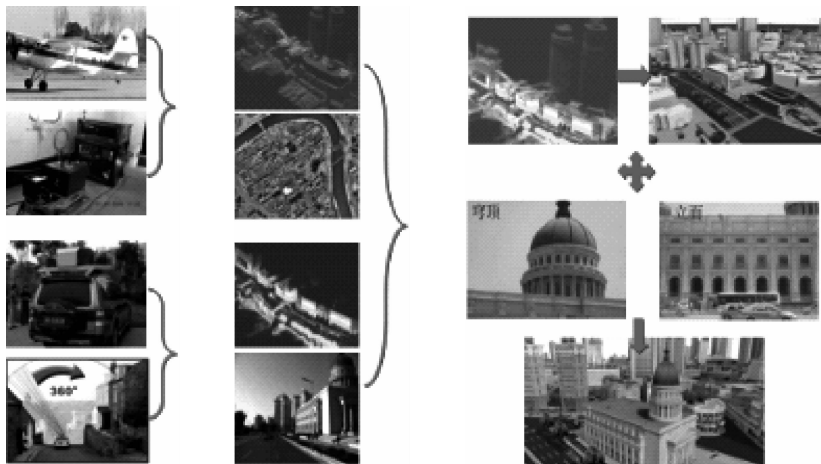


图1 基坑周边三维模型制作方法

和设备井的新增、删减、查询、净距分析、埋深分析、碰撞分析等,从而实现施工前对管线切改进行模拟和方案合理性分析。图2为地下管网自动构建和切改成果图。

参数估计,为三维地质土层准确模拟提供重要的方法。通过分析透水土层分布情况,得出地下水的分布情况,进而分析施工方案对地下水风险规避措施的有效性,如图3所示。



图2 地下管网自动构建及管线切改成果图

1.3 基坑部件构建技术方法

根据基坑的设计参数和平、立、剖图纸,运用BIM(建筑信息模型)模块构建基坑的各个零部件模型,设计部件构建顺序,动态模拟基坑施工顺序,包括地连墙施工顺序、开挖步骤、降水步骤、监测布点、主体结构施工等。

1.4 三维地质构建技术方法

城市地下水是深基坑工程施工的主要风险源,因此,施工前必须探索清楚基坑周边地下水的分布情况。地质规律造成土层参数在空间上具有相关性,因此,为了提高对地层参数估值的精度,克里金插值算法被广泛用于钻井间插值计算。本文结合加权回归多项式法和线性规划法的优点^[4],用目标规划法进行球状模型、指数模型、高斯模型等模型



图3 地下土层自动建模与地下水分布分析效果

2 辅助基坑施工方案论证

本文以天津地铁6号线红旗南路站工程施工方案为试验对象,构建周边环境的三维地理信息系统,分析风险源,生成风险规避措施,全方位辅助专家论证基坑工程施工方案的合理性。基于VRStar2.0的3DGIS平台开发的系统,使专家能够对基坑施工方案进行全方位无死角论证,方便准确确定基坑结构施工、开挖、降水、监测支护等设计方案的合理性,解决了大型工程方案论证会耗时较多、效率低下等问题,解决了建成后工程资料存档和查阅困难等问题。

2.1 立体查看基坑工程地上周边环境

运用激光雷达技术获取的激光点云数据,构建工程周边地上建筑的高精细三维模型,模型具备很高的数据精度。如图4所示,可以运用3DGIS软件技术,管理和调度海量空间数据,快速查询周边建筑、用地、地貌等地理信息,辅助基坑工程施工方案论证时专家决策。



a) 周边建筑属性信息



b) 周边建筑空间关系

图 4 运用 3DGIS 软件技术立体查看工程周边概况

2.2 基坑周边地下管线立体切改

大部分工程都占用城市道路下的空间,而城市道路下往往分布有大量的地下管线,有些管线属于易燃易爆类别,因此在施工前必须进行管线的探查,排除施工隐患。传统管线切改都是落在二维平面上进行^[3],而实际情况是,管线多半是立体交错,错综复杂,这就需要借用 3DGIS 技术手段。通过管线信息查询、管线净距离分析、覆土分析、断面分析等研究得出的切改方案更全面,更具有可行性,能够减少施工风险。

2.3 风险源及规避措施展示

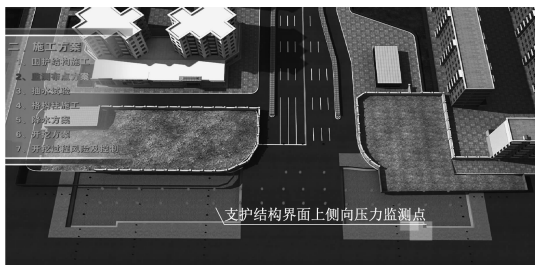
对深基坑开挖进行分析首先要分析其风险来源^[2]。不同地域有着不同的地质特征,有着复杂的周边环境。本案例与已运营的天津地铁 3 号线车站 T 型接驳换乘,施工的时候会对 3 号线的正常运营带来风险。此处地质条件非常复杂,地连墙深度不够会带来漏水的风险。3 号线车站施工时遗留下来的降水井,若没有进行有效封堵处理会带来漏水的风险。通过 3DGIS 手段展示基坑风险源,地下空间关系更为一目了然,规避措施更为形象易懂,有助于专家快速准确把握风险级别和评定风险把控措施。

2.4 点位监测与分析

在基坑工程施工过程中,需要对周边环境沉降及基坑自身的变形进行实时监测,防止意外的发生。3DGIS 软件可直接将这些变化显示在三维模型上,并提供剖切分析审查变形的程度^[5],或者直接分析查询点位的变化曲线^[6]。当点位偏移量超过预设的容限值后,直接在三维模型中高亮显示超限的点位,辅助分析风险及应对措施,如图 5 所示。

2.5 重点施工环节质量安全管控信息管理

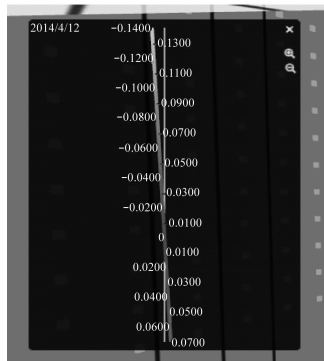
根据《天津市城市轨道交通工程重点建设环节质量安全管理实施细则》,建设基坑工程信息管理模块,通过数据库存储工程资料,方便资料的检索查询和管理维护。



a) 监测点位布置方案(俯视)



b) 监测点位布置方案(透视)



c) 地下连续墙水平位移曲线图

图 5 点位移监测与分析

3 结语

本文运用 3DGIS 技术,构建城市三维地理信息基础平台,在该平台的基础上立体研究地铁车站基坑施工方案,研究基坑周边风险源及保护措施等。软件提供动态监测基坑位移和沉降、查询施工旁站资料、查询勘察数据资料等功能,解决了本行业方案论证时不直观、效率低下、档案管理困难等问题,

(下转第 101 页)

(1) 为不同的作业选择合适的资源以保证作业的顺利执行,并且提高资源的利用率,即要以最小的资源量来保证完成作业,并且尽可能地减少作业完成所需时间的花销(或最大化吞吐量)。

(2) 确定合适的负载,使综合调度系统在多作业环境下,保证各作业在满足各项服务质量(如CPU利用率,可用性,可靠性,安全性等)要求,减小各作业的执行时间,并保证系统的总花销最小。

线网中各条线路间均存在差异(如线路长度差异、车站数量差异、线路客流量差异、行车时间间隔差异、底层设备安置数量差异、运营时间差异等),即使同一条线路,在不同时段也会存在客流大小及行车密度的差异。这些差异最直接的表现是产生的数据量大小实时变化。数据流量的大小能从一定程度上反映对物理资源的需求。因此,可通过监控各线路、各系统之间的数据流量,动态地对各虚拟机的资源进行资源调度,以提高资源的利用率。

3 结语

综合调度系统基于云平台,采用了分层数据处理架构,在满足实时性需求的同时,还能从大量历史数据中挖掘有用的价值。综合调度系统采用云计算技术,对资源进行集中管理,虚拟化资源调度,能有效提高资源利用率。其采用分布式存储技术,将数据分片在资源池内打散,在硬盘发生故障后,可在全资源池范围内自动并行重建,能保障数据可靠性。当物理节点发生故障时,物理机可自动迁移并重新启动,大大缩短恢复时间、减少人工干预。控制中心采用集中式的运营维护,减少了车站的工作量及资源投入。此外,综合调度系统还对线路及业务具有很强的拓展性。

(上接第93页)

为提高工程建设科学管理水平提供了有效的技术手段。

参考文献

- [1] 邓世军,朱卓娃,江宇,等.基于激光点云数据的三维建模技术研究[J].科技资讯,2015,10(32):1672.
- [2] 陈华菊,师旭超.深基坑工程的风险分析[J].铜业工程,2008,1(1):71.
- [3] 任一兵,李振中.地下公用设施管线切改案例分析[C]//中国

云技术作为一种新兴技术,已经在许多领域成功应用,但由于城市轨道交通行业的特殊性,目前云技术在城市轨道交通领域尚未发展成熟,仍面临诸多问题。例如:①云技术需满足轨道交通安全运行等级的要求;②带宽需满足 CCTV 数据流的要求;③对于一些目前尚未建设轨道交通的三四线城市,可以直接实践云构架的技术模式;但是,对于既有的线路,如何在不影响运行的情况下对既有线路进行升级及迁移,将面临巨大挑战;④许多传统工作站都配备3个显示器终端,但是目前主流的云桌面不支持3个显示器终端,等等。不过随着信息化水平的不断发展,云技术与轨道交通监控领域的融合必将成为一种主流,云计算的众多优势必将在城市轨道交通领域得到发挥。

参考文献

- [1] 中国国家标准化管理委员会.城市轨道交通运营管理规范:GB/T 30012—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.
- [2] 张辉.云计算技术城市轨道交通运营指挥管理系统中的应用[J].城市轨道交通研究,2016(10):5.
- [3] 梁奕.基于分布式流计算的路网指挥中心系统数据处理技术[J].城市轨道交通研究,2016(3):41.
- [4] 殷家琪.基于虚拟机的快速故障恢复技术的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.
- [5] 陈波.云计算环境下负载均衡技术的研究[D].无锡:江南大学,2014.
- [6] 何霖,姚世峰.城市轨道交通云建设探讨[J].都市快轨交通,2016,29(2):37.
- [7] 王宏博.云计算在城市轨道交通综合监控系统的应用研究[J].工程技术(文摘版),2016(6):280.
- [8] 孟蒙.基于云计算的负载均衡技术的研究[D].南京:南京邮电大学,2014.

(收稿日期:2017-12-05)

城市规划学会.多元与包容——2012中国城市规划年会论文集.昆明:云南科技出版社,2012:187.

- [4] 李南江,刘少华.空间数据插值算法设计[J].科技信息,2009,16(1):70.
- [5] 李淑,张顶立,房倩,等.北京地铁车站深基坑地表变形特性研究[J].岩石力学与工程学报,2012,31(1):189.
- [6] LUO H B, GONG P S. A BIM-based Code Compliance Checking Process of Deep Foundation Construction Plans[J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 2015, 79(3):549.

(收稿日期:2018-05-30)