引文格式：王亮,李乃强. 基于施工图的室内外三维空间关系构建方法[J]. 地理空间信息, 2023, 21(7): 16-18. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.07.004

基于施工图的室内外三维空间关系构建方法

王　亮[1]，李乃强[2]
（1. 泰州市自然资源信息中心，江苏 泰州 225300；2. 江苏省测绘工程院，江苏 南京 210013）

摘　要：建筑物高精度快速三维建模是三维城市建设的迫切需求。通过分析施工图室内外三维地理信息要素内容及其相互空间关系，利用CAD、GIS等技术提取施工图中建筑物室内外要素空间关系描述信息并进行语义结构表达，建立三维地理场景要素之间的空间关系，构建建筑物室内外一体化三维地理场景，提高室内外三维建模效率，为建筑物室内外三维可视化、量算、空间分析等提供技术支撑。

关键词：施工图；室内外一体化；三维空间关系；三维地理场景；GIS
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）07-0016-03

Construction Method of Indoor and Outdoor 3D Spatial Relationship Based on Construction Drawing

WANG Liang[1], LI Naiqiang[2]
(1. Taizhou Natural Resources Information Center, Taizhou 225300, China;
2. Jiangsu Provincial Surveying and Mapping Engineering Institute, Nanjing 210013, China)

Abstract: High-precision and fast 3D modeling of buildings is an urgent need for 3D urban construction. By analyzing the content of indoor and outdoor 3D geographical information elements and their spatial relationship in construction drawings, we used CAD, GIS and other technologies to extract the spatial relationship description information of indoor and outdoor elements in construction drawings and expressed the semantic structure, established the spatial relationship between 3D geographical scene elements, constructed the indoor and outdoor integration 3D geographical scene of buildings, and improved the efficiency of indoor and outdoor 3D modeling, which could provide technical support for indoor and outdoor 3D visualization, measurement and spatial analysis of buildings.

Key words: construction drawing, indoor and outdoor integration, 3D spatial relationship, 3D geographical scene, GIS

施工图是工程施工的主要依据之一，是投标报价的基础，工程结算以及编制工程施工计划、物资采购计划、资金分配计划、劳动力组织计划等的依据。自然资源、市政、电力等部门工作均与施工图存在紧密联系。施工图是多规合一、市政管理、电力施工等工作的重要资料[1]。随着数字城市、智慧城市的提出，三维城市建设热潮在全球范围内展开，建筑物是城市最主要的构成要素，建筑物三维建模是三维城市建设的重点。随着BIM、倾斜摄影等技术的发展，通过施工图提取三维地理要素开展三维建模已成为研究热点，如杨亚男[2]利用房产地理空间数据描述了建筑物三维模型语义、几何和拓扑特征信息；应申[3]等以房产管理中的空间实体（产权客体）为研究对象，着重分析了三维房产管理中实体对象之间的关系与应用特点，进而建立了基于语义的多细节层次三维房产管理模型；并对三维空间关系进行了研究[4]。随着BIM施工图的出现，如何快速构建建筑物室内外一体化三维场景的空间关系是当前需解决的难点[5]。本文从施工图的空间关系提取、结构化表达以及三维场景构建应用等方面出发，提出了建筑物室内外一体化三维空间关系构建方法。

1　施工图类别与分析

1.1　建筑施工图类别

建筑施工图是根据正投影原理和相关专业知识绘制的工程图样，主要表达房屋的内外形状、平面布置、楼层层高、建筑构造、装饰做法等，简称“建施”。建筑相关文档包括建筑类项目批文、立项文件和项目意见书，建筑施工图包括建筑总平面图、平面图、立面图、剖面图、管线施工图和日照分析图[6]，建筑相关表格包括申请登记图、建筑信息表和日照分析表。

收稿日期：2022-03-21；修回日期：2022-06-29。
项目来源：江苏省自然资源厅指导性科研型资助项目（2020050）；江苏省测绘工程院测绘地理信息科研资助项目（SCYKY202009）。
第一作者简介：王亮（1983—），硕士，高级工程师，主要从事自然资源和规划信息化工作，E-mail：27810915@qq.com。

1.2　施工图内容分析

建筑总平面图包括比例、图例、新建建筑定位、朝向和风向、标高、原有建筑物、绿化地带、原有道路、风玫瑰、尺寸标注和名称标注，常用比例尺为1∶500、1∶1 000、1∶2 000、1∶5 000。建筑平面图包括重墙、柱的尺寸与定位轴线，房间布局及其名称，室内外不同地面标高，门窗图例与编号，图的名称和比例，该建筑物各部分长和宽尺寸，常用比例尺为1∶50、1∶100、1∶200。建筑立面图包括图名、比例，立面图两端的定位轴线及其编号，室外地面线和建筑物可见的外轮廓线，门窗的形状、位置及其开启方向，各种墙面、台阶、雨篷、阳台、雨水管、窗台等建筑构造和构配件的位置、形状、做法等，外墙各主要部位的标高和必要的局部尺寸，详图索引符号与其他文字说明等，常用比例尺为1∶50、1∶100、1∶200。建筑剖面图包括图名、比例，必要的定位轴线及其编号，各处墙体剖面轮廓，各楼层的楼板、屋面板、屋顶构造的轮廓图形，被剖切到的梁、板、平台、阳台、地面以及地下室图形，被剖切到的门窗图形，剖切处各种构配件的材质符等，常用比例尺为1∶500、1∶1 000、1∶2 000、1∶5 000。管线施工图包括比例、图例、管线设备、管线线路、尺寸标注和名称标注等，常用比例尺为1∶50、1∶100、1∶200。日照分析图包括比例、图例、新建建筑物、日照时间、尺寸标注、名称标注等，常用比例尺为1∶500、1∶1 000、1∶2 000、1∶5 000。

2　空间关系提取与结构化表达

2.1　空间关系提取

空间关系包括拓扑空间关系、方位空间关系和度量空间关系[3]。施工图中存在实体之间的空间关系，通过文字、图表、数据等形式表达，通过分析施工图描述文本和图件可提取空间关系[7]。本文以某地区建筑规划许可审批材料为数据源，提取空间关系。

1）从文本提取空间关系。建筑审批过程中，除施工图外，还包括建筑工程相关文本材料（项目批文、建筑基本信息表等），可从文本中提取建筑物空间关系（表1）。

表1　建筑文本提取空间关系表

空间几何对象	空间关系大类	空间关系小类	语义描述	来源	源要素层	目标要素层
点—点	方位		凯纳商务广场位于武进印刷厂以东	项目批文	武进印刷厂	凯纳商务广场
	度量	距离	凯纳商务广场距离		出入口	出入口
点—线	方位		凯纳商务广场位于规划道路以南	项目批文	规划道路	凯纳商务广场
点—面	拓扑	包含	凯纳商务广场位于常州城西最具发展潜力生活区中心	建筑基本信息表	生活区	凯纳商务广场
线—线	方位				缆线	道路
	度量	距离			道路红线	道路红线
线—面	方位				工业用地	河流
	度量	距离			管线	建筑物
面—面	拓扑	相离			工业用地	环境保护区、水源地和旅游区附近
组合	距离组合	距离			道路	后退红线
	方向组合	绝对方位	凯纳商务广场位于S02–01地块西北侧，规划道路以南、武进印刷厂以东	项目批文	地块、规划道路	凯纳商务广场
	拓扑+度量	相离、距离			道路红线	建筑物
	方位+拓扑	方位、包含			工业用地	城市、水系

2）从施工图纸提取空间关系，结果见表2。

2.2　结构化表达

1）空间关系对象划分。建筑物室内外三维场景分为室内和室外场景，其中室外场景包括建筑物、道路、地块、绿化乔木、停车场等，室外场景包括房间（墙、地板、门窗、走道、电梯井、楼梯井等）和设备设施（供水、供电、排水等）。

2）空间关系划分。建筑物室内外三维场景的空间关系包括室外场景空间关系、室内场景空间关系和室内与室外对象间的空间关系。其中，室外、室内场景空间关系均分为度量关系、拓扑关系（相离、相接、重叠、包含、相等）、方位关系、组合空间关系（拓扑+度量、方向+度量等）；室内与室外对象间的空间关系分为度量关系、拓扑关系（相离等）、方位关系和组合空间关系。

3）空间关系命名划分，包括空间对象点、线、面之间的重合、相交、不相交、包含、被包含、重叠等图形拓扑关系以及图形对象之间的上、下、左、右、东、南、西、北等方位关系。

4）空间关系表达。空间关系分为建筑物与室外

表2 建筑施工图提取空间关系表

空间几何对象	空间关系大类	空间关系小类	描述示例	来源
点—点	方位	绝对方位	会所位于11栋建造物的东北方向	总平面图
		相对方位	卫生间w2、w1相对于房间中点对称	平面图
	度量	距离	洗脸池与马桶相距0.909 m	平面图
	拓扑	相离	餐厅桌相离	平面图
点—线	度量	距离	01号树距星港大道80 m	总平面图
	拓扑	点在线上	空调在墙上	平面图
点—面	拓扑	包含	洗脸池在卫生间	平面图
线—线	度量	距离	楼梯护栏高出楼梯0.3 m	平面图
	拓扑	相交	楼梯和墙相交	平面图
线—面	度量	距离	阳台口距墙3 m	平面图
	拓扑	相交	主卧与墙相交	平面图
	拓扑	相离	卫生间与主卧被墙相隔	平面图
面—面	度量	距离	10号、8号建筑物相距42.5 m	平面图
	方向+度量	绝对方向、距离	窗距上层2 m、下层1 m	立面图
	拓扑+度量+方向	相离、距离	窗位于阳台前面，阳台包含窗，距阳台底部0.65 m、顶部1.7 m	剖面图

其他场景要素的空间关系、室外其他场景要素间的空间关系、建筑物层与层的空间关系、室内对象的空间关系4大类，各大类再细分小类进行组织空间关系[8]。结构化表达公式为：

$$M(G,C,H)$$

式中，M 为空间关系类型；G、C 为空间关系对象；H 为空间关系命名名称。

3 三维地理场景空间关系构建

3.1 三维地理场景构建

首先提取建筑物施工图室内外三维地理要素；再按照要素提取、部件建模、单间建模、层构建、建筑物搭建、室内外三维模型整合等步骤[9]构建墙体、窗户、门等部件模型，组合单间模型；然后构建层、幢；最后形成内外一体化场景模型（图1）。

3.2 三维空间关系构建

通过提取三维地理场景要素空间关系，在三维场景构建过程中建立空间关系，具体步骤为：①空间关系匹配，依据门、窗、附属设施、管线设施等对象与层开间面的包含关系确定空间约束的范围，根据对象类型确定是与开间建立空间约束关系还是与构成开间的墙中心线建立空间约束关系；②空间约束关系建立，进行几何坐标转换；③对象属性信息完善；④空间关系结构化表达。利用建立的空间关系，将三维场景的地理要素进行组装，实现三维场景的快速构建，建立建筑物室内外三维一体化场景。

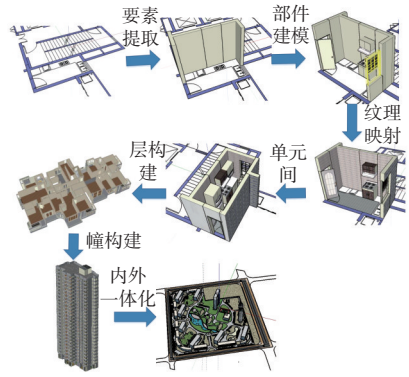


图1 室内外一体化三维地理场景构建流程图

4 结 语

通过分析施工图包含的室内外三维地理信息要素内容及其空间关系，本文提出了提取室内外要素空间关系并进行结构化表达的方法，通过建立空间关系辅助建筑物室内外一体化三维建模，提高建模效率，能满足建筑实体与产权空间一体化的房地不动产三维建模、新型基础测绘实景三维和建筑三维模型建设的需求，实现不动产三维可视化管理，形成满足实际管理需求的三维不动产登记管理模式，推动不动产管理的三维立体化升级，也可为后续室内外三维场景可视化表达、空间分析等操作提供技术支撑。

参考文献

[1] 杨亚男. 建筑施工图设计中BIM技术的应用[J]. 工程建设与设计,2021(22):116-117

[2] 杨亚男. 基于施工衔接的建筑施工图设计问题调整方法探讨[J]. 工程建设与设计,2021(20):203-205

[3] 应申,孙寒蕊,李程鹏,等. 建筑三维产权体空间关系剖析[J]. 地理信息世界,2021,28(6):38-43

[4] 黄瑶,张彩霞,杨璐璐,等. 城市建筑三维自动分体系统的设计与实现[J]. 地理空间信息,2017,15(7):31-33

[5] 徐艳,尹璐璐,李典,等. 数字校园室内外一体化三维模型制作[J]. 地理空间信息,2021,19(9):103-105

[6] 胡平昌,孙小权,孙毅中,等. 基于规划报建数据的室内外一体化三维地理场景构建[J]. 现代测绘,2015,38(4):12-15

[7] 邸国辉,周国成,卞磊,等. 基于Dp-Modeler平台的空地一体化三维实景建模[J]. 地理空间信息,2020,18(11):48-50

[8] 熊汉江,戴雪峰. 一种城市三维场景数据的室内外一体化组织方法:CN103824327A [P]. 2014-05-28

[9] 周勤,叶城康,丁志敏. SketchUp建模技术在三维校园中的应用[J]. 山西建筑,2010,36(19):361-362