

基于 BIM 的装饰工程自动化审图系统开发

孔国红

浙江省装饰有限公司，浙江杭州，310000；

摘要：随着建筑装饰行业数字化、智能化水平的不断提升，传统人工审图方式在装饰工程复杂性、专业协调性和信息可追溯性等方面局限性逐渐暴露，成为制约施工进度和质量管控的关键瓶颈。BIM (Building Information Modeling) 技术以其数据可视、语义完整、信息集成的优势，为装饰工程的自动化审图系统开发提供了坚实的技术基础。本文在分析装饰工程审图痛点的基础上，基于 BIM 技术构建涵盖构件信息识别、规范规则匹配、图形逻辑校验与系统智能反馈等功能模块的审图平台。通过引入规则引擎、空间逻辑检测与 AI 智能预判机制，系统能够高效、准确地完成图纸审核任务，显著提高审图效率和标准一致性，为数字化工程审查流程的建立提供技术支撑与路径参考。

关键词：建筑信息模型；装饰工程；自动化审图；规则引擎；图形校验；系统开发

DOI: 10.69979/3041-0673.25.10.047

引言

在现代建筑工程建设中，装饰阶段作为提升空间功能与视觉品质的关键环节，所涉及的施工图量大、构件种类繁杂、规范适用广泛，极大考验设计图纸的逻辑性、完整性与规范性。本文立足于 BIM 数据特性，结合 VR 装饰样板间的实时图形优化机制与用户行为识别逻辑，提出一套装饰工程审图的系统性技术框架，并围绕审查逻辑建模、交互界面设计与智能化反馈展开研究，旨在构建一个具备审查逻辑完整性、运行效率高、应用场景强适应性的自动化审图系统。

1 装饰工程审图痛点分析与系统目标定位

1.1 传统审图方式的局限与误差源分析

长久以来，装饰工程的施工图审查工作大体上是靠着人工目视的方式来完成的。其整个审查过程从本质来讲，就是一种凭借经验所做的判断，在这其中并没有一套系统化、结构化的检核体系。在项目规模相对小一些或者标准化程度比较高的情形下，这种人工目视审查的方式还能够勉强应对。然而，随着装配式装修以及定制化设计的潮流逐渐兴起，装饰图纸慢慢呈现出了构件数量众多、工艺节点繁杂、专业交叉频繁等特点，如此一来，传统的审图方式便遇到了极大的难题。从一个方面来讲，当审查人员要面对成百上千张二维图纸的时候，是非常容易因为视觉上的疲劳或者注意力不够集中而出现漏查、误判之类的差错的，特别是在天花吊顶、墙面基层、灯具排布、饰面衔接等这些细节节点之处，这类问题出现的频率格外高。从另一个方面来讲，不同的

设计单位对于同一规范条文的理解程度以及执行程度是不一样的，而且不同的审图人员在审查的标准方面也存在着主观上的偏差，这就致使‘同图不同审’的情况时有发生。

二维图纸在动态展现空间层次关系方面存在困难，纸质图或者 PDF 格式在切换视角、分析构件遮挡情况、比对节点逻辑这些操作上也颇为不便，这无疑使得审图的难度进一步加大了。更为糟糕的是，当下人工进行审图的时候，通常没办法完成对跨构件间逻辑关联性的校验工作，像净宽净高、视线遮挡、开间逻辑等这类涉及空间结构的错误常常很难被察觉出来，最终就会把这些问题带到施工现场，从而引发返工、误工以及设计索赔等情况，对项目的进度和质量形成严重的制约。所以，迫切需要引入一个有着逻辑判断能力、空间识别能力以及规范理解能力的数字化系统，用它来辅助或者替代人工去完成标准审查任务，在提升效率的同时，也能确保审图质量具有统一性和权威性。

1.2 装饰 BIM 模型特点与数据结构适应性

装饰工程和结构、机电系统是不一样的，其构件的种类那是相当多，形式也颇为复杂，并且很多构件属于非结构性的表达性或者感官性元素，传统的 BIM 模型常常没办法针对其开展足够细致的语义建模工作。在装饰 BIM 模型里，构件种类包含了吊顶系统、墙地面饰材、灯具以及开关布点、活动家具与设备、导视系统、造型隔断等好些个子系统，它们的三维几何形态、材料属性以及构造关系都呈现出并非统一的状态。与此同时，不

同的设计单位所采用的族样式、命名规则、参数体系差异很大，这就使得模型数据在进入自动审图流程之前，没办法实现统一的解析与识别。

在此方面，系统首先得构建起一套契合装饰构件的语义分层规则体系，对构件展开标准化的再次分类操作以及参数的拓展工作。可以依据包裹属性把饰面构件划分成不同类别，像‘封闭型饰面’，常见的如瓷砖、护墙板这类；还有‘半开放饰面’，比如金属网格；以及‘通透构件’，像玻璃幕墙等。并且针对每一种类别的构件都要设定一些必不可少的属性字段，像材质编码、安装所处的高度、饰面收边采用的方式、是否能够进行更换、维护通道有哪些要求等等，这些都要涵盖在内。除此之外，为了给后续的空间逻辑判断以及构件间的协同校验提供有力支撑，系统还需要引入那种基于BIM构件空间位置关系的逻辑建模手段，通过构建起构件间的拓扑映射以及空间邻接关系，让系统拥有能够‘感知’构件上下文的本领，从而为规范推理以及智能审查营造出可靠的基础数据环境。

1.3 自动化审图系统的目标与功能划分

上述分析过后，在建设面向装饰工程的自动化审图系统时，得把“标准涵盖周全、逻辑判断精准、反馈形式直观、数据结构可拓展”当作目标。在功能方面，要达成从构件识别到规则比对，接着到反馈修正这样一体化的流程。系统一开始就得拥有高效的模型读取以及构件识别的本事，要能从像Revit、ArchiCAD、Bentley这类主流BIM建模平台当中精准地提取构件属性与空间关系，而且还要建立起契合装饰语义结构的数据网络；接下来要构建起基于规则引擎的审查逻辑，通过将规范数字化、把规则脚本化的途径，实现针对国家标准、行业规定、地方指引以及企业内部审核规范的全面比对与反馈。

系统得具备三维空间逻辑识别方面的能力，要能够自动去完成净空高度的判断工作，进行疏散距离的分析事宜，还有管线与饰面冲突的识别等这些复杂的几何以及空间逻辑推断活动，以此来填补人工审查所存在的盲区。再者，系统应当建立起可以交互的可视化审查界面，对构件高亮、定位跳转、修改批注等这类人机对话的方式予以支持，从而方便设计人员能够快速地理解错误的根源所在以及改进的方向。最后来讲，系统还需要具备规则维护的功能，能够开展模型版本对比的相关工作，并且要做好数据审查记录留痕方面的事宜，进而为装饰审图实现标准化、闭环化、透明化提供一种长效的机制

保障。

2 系统关键技术架构与模块开发策略

2.1 BIM构件解析引擎与语义扩展模型构建

若想达成装饰BIM模型自动化审查这一目标，首要的一点便是得拥有完整获取BIM数据以及对其展开深度解析的能力。对于该系统而言，需要构建起一套模型解析引擎，此引擎要能够支持像Autodesk Revit、Graphisoft ArchiCAD、Tekla Structures这类主流平台的数据接口接入操作。借助Open API、IFC解析器或者插件机制等方式，从中提取出模型里构件的几何形态、空间坐标、族类型，还有全部自定义参数属性等内容，并且要把这些内容按照标准规范转换成为中间数据格式，比如结构化JSON/XML文件这类形式。

在这样的一个基础之上，针对装饰工程里面那些常见的非标准构件，应当去建立起一套扩展语义分类体系。“活动家具”这类构件来举例，要进一步去识别它所具备的一些行为属性，像是“固定/移动状态”、“服务半径”、“遮挡半径”等等；而对于“异形吊顶”，则要对其标识出像“弧度起始坐标”、“最大下吊高度”以及“龙骨排布密度”等这样的一些结构参数。另外，凭借深度学习图形识别技术，比如CNN加上注意力机制（Attention）的那种图像分区算法，能够对构件构造图（就像节点详图、剖切图之类的）展开语义分区方面的操作，自动去标记出关键区域，并且和模型构件构建起一一对应的映射关系，如此一来，便可以补全模型当中遗漏掉的那些结构性信息，让构件语义的完整性以及可判断性都得到提升，进而为后续规则引擎进行判断的时候提供更为丰富的数据方面的支撑。

2.2 规则引擎与图形审查逻辑建模

系统核心功能要得以实现，得依靠那高度可配置并且逻辑表达十分清晰的规则引擎模块呢。通过像Drools、CLIPS、RuleX之类的工业级规则框架，来搭建起面向装饰工程的审查规则数据库。规则是以“条件—行为—反馈”这样的三元结构去呈现的，它能支持条件的嵌套，也能进行并列判断，还能有正则约束以及逻辑反推等操作。就好比有这样一条规则的表达：“要是构件类型是吊顶，并且房间用途为厨房，同时安装高度还小于2300mm的话，那么反馈的内容就是高度不足，建议调整到大于等于2400mm”。在空间逻辑判断这个层面上，系统把基于AABB/BSP/Octree结构的几何碰撞检测引擎给集成进来了，这样就可以针对模型里构件之间存在的遮

挡呀、干涉呀、挤压之类的关系展开实时的分析，像“空调风口遮挡灯带”“烟感设备安装在吊顶灯具阴影区”等这些常见的问题都能够实现自动去判定。

2.3 智能反馈机制与可视交互平台设计

为达成高效的图审反馈以及设计迭代之目标，系统于审查结果输出层得构建起一套兼具可视化特点且交互性颇为突出的用户界面（UI）。审查结果会凭借构件高亮、图块标注、属性弹窗以及三维视图跳转等多种方式予以直观呈现出来，如此一来，设计人员便能够迅速地识别出问题所在的位置以及错误所属的类型。错误信息划分成了“严重错误”、“警告项”、“建议项”这三个层级的分类，并且每一类分别都配有相应的优先级处理建议，用户可结合实际的情况去对其进行修正操作或者选择直接忽略掉。此外，系统还配备了智能建议推荐的相关机制，该机制是依据错误构件的特征与历史案例库来进行匹配的，进而能够为设计人员给出常规的修正方式以及参数方面的建议，就好比会有这样的提示：

“踢脚线未布置 → 推荐类型：仿石 PVC 踢脚线，推荐高度：80mm，是否自动布置？”设计师既可以接受这些建议然后一键去执行，也能够选择进入编辑调整的界面当中。在可追溯性这个层面上，系统对模型版本对比的功能是予以支持的，其能够将同一构件在不同版本之间的参数变化情况以及审查结果的变动情况展示出来，这便利于管理人员去把控设计过程的演化路径，从而形成一套完整的审图审签闭环管理体系。

3 系统应用实证与扩展能力探讨

3.1 项目试点应用效果分析

选取某大型住宅精装修项目当作试点项目，在此项目里，该系统于施工图阶段把装饰模型导入其中，并且去执行规则方面的审查工作，成功完成了多达 1034 条规则校验任务。在这个过程中，系统能够自动地识别出来，像吊顶构造高度不够、开关布置缺乏合理性、插座避让规范存在冲突等一系列的问题，这些问题累计起来总共达到了 187 处。对比传统人工进行审图的情况，其审图周期平均下来得花费 7 天时间，而该系统却能够在短短 3 小时之内就完成所有的审查任务，并且还生成了相应的报告，审图效率由此得到了十分显著的提升。除此之外，该系统在审查的时候一致性表现得很强，能够切实有效地避免因为人工出现疏漏而导致的变更返工这类情况，进而提升了项目管理的可靠程度以及设计阶

段的闭环质量水平。

3.2 系统稳定性与用户接受度反馈

经过对诸多项目展开测试运行，能够发现系统在模型解析能力这块、规则调用的速度方面以及错误定位准确率等不同层面均呈现出不错的表现。其平均错误识别率能达到 93% 以上的较高水平，并且未曾出现过严重的逻辑冲突状况，也没有发生运行崩溃的情况。从用户反馈的角度来讲，设计师觉得该系统让审查可视化程度以及修改的便捷性都得到了提升；项目管理人员则认为它给审图过程配备了标准化的工具，促使设计流程朝着透明化、规范化的方向发展。不过，也有一部分反馈指出，当前的规则引擎还没办法支持个性化标准输入，而且针对部分复杂构件还存在误识别的现象，所以还需要进一步对算法以及规则表达方式加以优化。

4 结语

建筑工程自动化审图作为建筑信息模型技术落地应用的重要方向，不仅提升了设计交付的效率与精度，更为行业建立规范、可控、可追溯的设计审查机制提供了技术支撑。本文基于 BIM 模型解析、规则引擎驱动与 AI 辅助识别机制，构建了一套适用于建筑工程的审图系统框架，并通过项目实验证其在实际工程中的可行性和成效。未来，随着 BIM 标准化水平提升与智能技术深入发展，该系统有望进一步拓展至施工图审签、竣工图核对、运维模型校审等全生命周期场景，成为推动建筑行业数字化协同管理的重要基石。

参考文献

- [1] 陈彬,王志英,甘莹,等.基于模糊运算的非结构化数据特征挖掘模型[J].电子设计工程.2021,29(21).DOI:10.14022/j.issn1674-6236.2021.21.029.
- [2] 叶娜,严昱欣,张翔,等.基于 BIM+Cesium 三维可视化校园系统的设计与实现[J].计算机测量与控制.2021,(1).DOI:10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2021.01.029.
- [3] 庄钰蓥,熊峰,吕洋,等.基于 GIS 的城市建筑群动力响应分析模型建模方法研究[J].世界地震工程.2021,(4).DOI:10.3969/j.issn.1007-6069.2021.04.015.
- [4] 喻凡坤,胡超芳,罗晓亮,等.无人系统故障知识图谱的构建方法及应用[J].计算机测量与控制.2020,(10).DOI:10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2020.10.014.