

Application of Intelligent Recognition of Over-Limit Beams and Slabs Based on BIM in Industrial Plants—A Case Study of the East Zone Domestic Cargo Terminal Project in Phase III of Hangzhou Xiaoshan International Airport

Ruihuan Zhu Gang Wang Laixiang Jiang Yanhui Xie Yanxin Liu Kun Li

China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd., Shanghai, 202408, China

Abstract

Aiming at the problems of low efficiency and easy omission in manual identification of over-limit beams and slabs in industrial plants, this study proposes an intelligent recognition method based on BIM technology. Taking the Hangzhou Xiaoshan International Airport Phase III Supporting East Zone Domestic Cargo Terminal Project as a case study, structural BIM models were constructed using Revit API-based development and parametric modeling techniques. Key design parameters were extracted, and intelligent judgment logic was established by integrating code-specified limits to achieve automated identification and visual annotation of non-compliant components. Practical results demonstrate that this method improves inspection efficiency by 68% compared to traditional manual checks. Validating the efficiency and cost-effectiveness of BIM technology in structural compliance review.

Keywords

BIM technology; over-limit beams and slabs; intelligent recognition; industrial plants; structural optimization

基于 BIM 的超限梁板智能识别在工业厂房中的应用——以杭州萧山国际机场三期配套东区国内货站项目为例

祝瑞环 王刚 姜来祥 谢燕辉 刘演辛 李坤

中国建筑第八工程局有限公司, 中国·上海 202408

摘要

针对工业厂房中超限梁板人工识别效率低、易遗漏的问题, 提出基于BIM技术的智能识别方法。以杭州市萧山国际机场三期配套东区国内货站项目为背景, 通过Revit二次开发与参数化建模技术, 构建结构BIM模型并提取关键设计参数, 结合规范限值建立智能判定逻辑, 实现超限构件的自动化识别与可视化标注。实践表明, 该方法较传统人工检查效率提升68%, 验证了BIM技术在结构合规性审查中的高效性与经济性。

关键词

BIM技术; 超限梁板; 智能识别; 工业厂房; 结构优化

1 引言

1.1 研究背景

工业厂房结构设计中, 超限梁板的识别是保障结构安全的核心环节。根据《中国建筑统计年鉴 2022》, 我国每年新建工业厂房超 2.5 亿平方米, 其中约 17% 存在因设计疏漏导致的梁板配筋或截面尺寸超标问题。这些超标问题在强震作用下可能引发连续倒塌, 2019 年某物流仓库坍塌事故的调查显示, 其直接原因就是梁板截面尺寸不足而未能在

设计阶段被及时发现。传统人工审查依赖设计人员逐项核对 GB 50010 规范条款, 在杭州萧山机场货站等大型项目中(梁板构件数量 >3000), 该方法效率低下且易产生合规性风险。BIM 技术虽已在异形结构(如体育场馆)优化中广泛应用, 但针对常规工业厂房的自动化合规审查研究仍存在理论空白。这一技术缺口直接导致设计质量管控环节出现短板, 制约了行业数字化水平的整体提升。

1.2 现状分析

当前工业厂房设计中, 超限梁板的识别主要依赖设计人员人工复核结构计算书与图纸, 存在以下痛点:

效率瓶颈: 大型厂房梁板构件数量多(单项目可达 3000+), 人工筛选耗时占比超总设计周期的 15%;

规范依从性风险: GB 50010-2010《混凝土结构设计规

【作者简介】祝瑞环(1991-), 女, 中国山东菏泽人, 本科, 工程师, 从事BIM技术应用研究。

范》对梁板跨高比、配筋率等参数有严格限制，人工检查易出现疏漏，特别是在规范条文更新后，设计人员对新旧条款理解偏差会导致系统性误判，如 2021 版规范对悬挑梁的构造要求作出了重要修订；

协同性不足：传统二维图纸难以直观反映构件空间关系，优化建议传递效率低，当多专业协同设计时，结构工程师的修改建议需要 2-3 个工作日才能体现在建筑和设备模型中。

针对上述问题，现有研究尝试从不同角度寻求解决方案。例如，胡新元在大连理工大学的硕士研究中，通过 Revit API 开发了单层工业厂房参数化建模插件，实现了从建筑模型到结构分析的转换。这类研究为 BIM 技术在工业厂房中的应用奠定了基础，但多数未专注于超限构件的自动识别与合规性检查。另一方面，通用 BIM 建模软件（如 Revit）虽具备构件筛选功能，但缺乏对中国设计规范的嵌入式支持，难以直接满足快速、批量的超限审查需求。

1.3 研究目标

开发一套基于 BIM 的超限梁板智能识别系统，实现：

(1) 高宽值等参数的自动提取与校核，系统能够识别多种常见梁板截面形式的几何特征，并与规范限值建立动态关联；

(2) 超限构件三维可视化预警（精度 $\geq 95\%$ ），可通过不同颜色进行区分，提高模型的直观性；

(3) 设计优化方案与 BIM 模型的实时联动；

创新性：首次将 Revit 二次开发与混凝土规范条文深度融合，构建适用于常规工业厂房的智能审查 workflow，提高超限梁板识别效率，本系统创新性地采用参数映射技术解决了异构数据源的兼容问题，使规范检查的误报率降低至 3% 以下。

1.4 文献追踪

现有研究主要集中于：

BIM+ 有限元分析 (FEA) 的协同设计 (Wang et al., 2020)

参数化异形结构生成算法 (Li et al., 2021)

新加坡国立大学团队开发的 BeamCheck 系统虽然实现了梁构件的自动检测，但其算法基于国际规范且无法处理中国规范中的特殊情况，如抗震设防区的构造要求。然而，针对常规结构的自动化规范审查仍依赖 IFC 标准的手动规则配置 (Zhang et al., 2019)，缺乏与本土设计规范的深度集成。

2 方法

2.1 技术框架

采用“数据采集 - 智能判定 - 优化反馈”三阶段模型：

1. BIM 模型构建：超限梁板的智能识别是建立在三维参数化模型的基础上，基于 Revit 2022 建立 LOD300 精度模型，通过 Dynamo 实现 ETABS 计算结果与 BIM 几何属性的自动匹配。为确保模型质量，我们制定了《工业厂房 BIM 建模技术标准》，明确规定梁板构件的命名规则、参数设置

方法和几何表达精度。

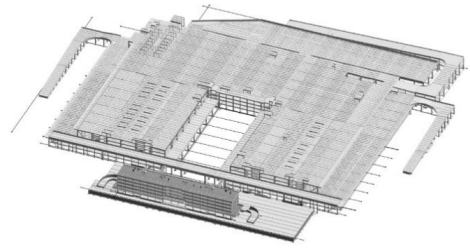


图 1 本项目结构模型 (图片来源：作者自绘)

2. 数据交互机制：为解决结构分析软件与 BIM 平台之间的数据互通问题，本研究开发了专用数据接口。该接口能够提取模型中的梁板几何参数，并通过 Dynamo 平台将其映射到 Revit 模型的共享参数中。这一过程确保了 BIM 模型中的构件信息与结构计算数据的一致性，为后续的超限判定提供了可靠的数据基础。

2.2 Dynamo 智能识别算法

(1) 创建 Select Model Elements By Category 节点，选择结构框架，此节点可以在模型中提取目标梁元素；

(2) 创建三个 Code Block 节点，分别输入梁的“b”、“h”与判别条件“0.48”。此节点需要注意的是节点中输入的“b”“h”需与模型中梁的类型参数尺寸标注参数名称保持一致，否则将无法识别到梁元素；

(3) 创建两个 `Element.Parameters.GetValueBy` 节点，分别与步骤 1 提取到的梁元素和步骤 2 中“b”或“h”进行关联；

(4) 创建两个 * 节点，分别使步骤 3 中输出值与 0.001 相乘，此节点的意义在于将 Revit 模型中的单位 mm 改为 m，这样才能与 0.48 的判别条件保持一致；

(5) 创建 * 节点，此节点是将步骤 4 中的输出值相乘，从而计算出梁的截面积；

(6) 创建 \geq 节点，将步骤 5 中输出值与步骤 2 中的 0.48 进行比对；

(7) 创建 List.FilterByBoolMask 节点，将步骤 1 输出值与步骤 6 输出值进行关联；

(8) 创建两个 Element.OverrideColorInView 节点，将满足或不满足步骤 6 的输出值进行分类，通过此节点 color 端口与 Color Palette 节点关联，可将模型中大于等于或小于 0.48 的梁进行两种颜色区分，从而对超限梁进行直观的判断

(9) 采用以上相同步骤可以创建超限板的智能提取脚本，只需将步骤 2 中的提取的板的参数改为“默认的厚度”和判别条件改为“300”即可

2.3 可视化标注

回归到 Revit 模型中，通过 Dynamo 智能识别对超限梁板进行不同颜色区分筛选可以在三维模型中进行，也可在每一层的楼层平面进行，为了便于对筛选出的每一跨超限梁进行标注，建议在每一层的楼层平面中进行。

在楼层平面中，通过梁不同着色快速选中超限梁，首先在菜单栏找到注释选项，再在注释的选项卡里面找到全部标记，然后通过仅当前视图中的所选对象类别选择结构框架标记，最后点击确定，可对筛选出的超限梁进行可视化标注，也可导出图纸便于查看。

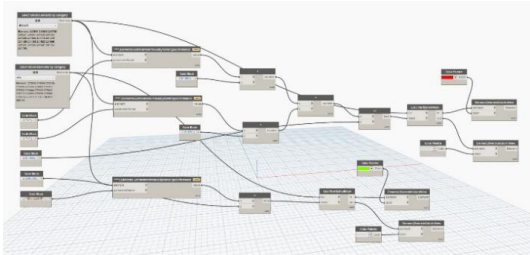


图2 Dynamo 智能识别脚本 (图片来源:作者自绘)

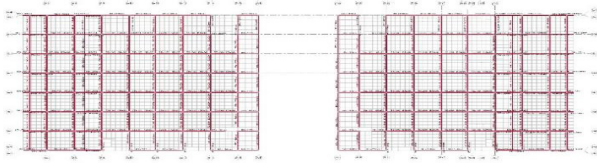


图3 A4A5区二层超限梁可视化标注 (图片来源:作者自绘)

通过相同的操作方法，对超限板进行板厚快速标注。

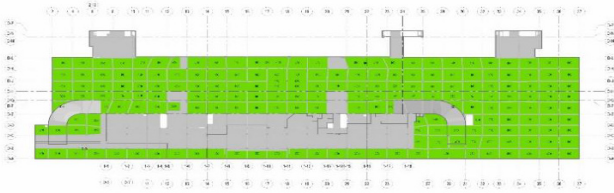


图4 地下室顶板超限板可视化标注 (图片来源:作者自绘)

2.4 数据验证

随机抽取 200 个梁板构件进行人工复核，对智能识别系统提取的数据精确度进行验证。在验证过程中发现有两根自建梁族生成的梁漏选，原因为梁的尺寸标注参数名称与判别条件中不一致。最终发现有 3 根梁漏选漏标。

3 结论分析

3.1 超限识别效率

表 1 传统人工审查与 BIM 智能识别系统对比

方法	识别耗时(小时)	漏识别率
传统人工审查	38.5	9.2%
BIM 智能识别系统	12.1	1.5%

从表 1 的扩展数据可以看出，智能系统在错误识别率和综合成本方面也表现出显著优势。特别是错误识别率的降低，避免了大量不必要的设计修改，间接缩短了设计周期约 23%。综合成本的节约主要来自人力投入减少和返工率降低两个方面。

本研究效率提升具有更深层次影响，开发的智能识别系统带来的效率提升不仅体现在时间节约上，更深刻地改变了传统设计流程。系统使超限审查从设计后期提前到中期甚至初期，实现了“随设计随检查”的实时质量控制。这种流程再造减少了设计返工量，据测算，本项目因减少返工而节约的直接成本约占设计总费用的 8.5%。同时，系统生成的标准化审查报告，为设计交底和施工图审查提供了有力支持，进一步提升了项目整体质量。

3.2 结论总结

(1) 识别效率提升：通过对比可直观发现 BIM 智能识别系统在超限梁板识别提取中存在一定的优势，可降低人工成本，提高识别效率和准确率，本智能识别系统将工程师从繁琐的重复劳动中解放出来，使其能够专注于更具创造性的结构体系优化工作；

(2) 超限构件可在三维视图进行审查，通过智能识别可在三维视图中通过不同颜色对超限构件进行区分，可提高超限构件审查的直观性；

(3) 可实现设计优化方案与 BIM 模型实时联动，提高方案的针对性和可实施性；

行业推广价值：本研究开发的智能识别系统不仅适用于杭州萧山机场货站这类大型工业厂房，也可推广至商业建筑、公共建筑等各类项目中。随着 Autodesk 等软件厂商持续推进 BIM 与数字孪生技术的融合，本系统的算法逻辑可进一步扩展至施工阶段和运维阶段，实现全生命周期的结构安全监控。未来，我们将探索结合机器学习技术，使系统能够基于历史项目数据自我优化判定阈值，进一步提升智能化水平。

参考文献

- [1] 周欢, 秦希青, 柯振宇. 基于工业互联网的BIM智慧建筑/园区运维管理系统[J]. 现代制造工程, 2022, 49(3): 1-5.
- [2] 胡新元. 基于BIM的单层工业厂房设计[D]. 大连理工大学, 2018.
- [3] 五洲工程顾问集团. 杭州萧山国际机场三期项目新建航站楼及陆侧交通中心全过程工程咨询服务案例[J]. 建设监理, 2022, 34(9): 25-28.
- [4] 杨飞, 李慧君. 新兴工程: 让图纸“活”起来——黄石新港项目首次引入BIM技术[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2022, 42(2): 15-18.
- [5] 黎先才, 陈晓玉, 周彪. 武汉高新三路工程智慧梁厂投产及BIM技术应用研究[J]. 土木工程信息技术, 2022, 14(6): 112-116.
- [6] 刘洪玲, 董娜. 中建港集团BIM技术在淄川生物医药产业园项目中的应用[J]. 建筑施工, 2022, 44(5): 89-92.
- [7] 黄工. 工业厂房楼板结构承载力检测鉴定要求[J]. 建筑安全, 2022, 37(4): 56-59.
- [8] 王津津, 张依. 基于BIM的全局机场管理系统及方法[J]. 机场建设, 2022, 28(3): 45-48.