

# 基于 BIM 技术的施工现场安全管理

齐宝库,张美琪

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

**摘要:**结合我国施工现场安全管理的情况和特点,提出一套现代化的施工现场安全管理方法——基于 BIM 的施工安全管控流程。通过工程实例,验证了安全管控流程可以有效地解决施工过程中工艺冲突和危险源安全管理的问题。旨在改善建设工程施工现场粗放式安全管理的现状,降低建筑业的安全事故率。

**关键词:**施工现场;BIM 技术;工程项目;安全管理

**中图分类号:**TU712      **文献标志码:**A

近年来,随着我国建筑经济的快速发展,建筑业已经成为拉动经济发展的重要产业。然而,由于劳动密集、多专业多工种交叉作业、不确定因素多等特点,使得建筑业成为危险性较大的行业之一。安全管理方式落后是当前建筑行业所面临的主要问题。李海涛<sup>[1]</sup>将 BIM 技术引入施工安全管理,建立了 BIM 施工安全管理模型,实现安全管理目标。翟越等<sup>[2]</sup>基于 BIM 虚拟施工技术构建了多维数字化安全管理体系,对施工中的重点环节进行了分析。张丽丽等<sup>[3]</sup>分析了国内外 BIM 技术研究现状,指出了 BIM 技术在施工管理和成本控制方面较之传统方法有明显优势。住房和城乡建设部于 2011 年公布的《2011—2015 年建筑业信息化发展纲要》中明确指出:到 2020 年年底,以国有资金投资为主的大中型新立项项目的 BIM 集成运用比率应增加到 90%。因而,笔者就如何使 BIM 技术在建筑施工安全管理方面发挥优势、实现安全交底、提前识别危险因素、完善安全管理流程、及时把控现场动态等问题进行深入探讨。

## 一、BIM 的含义及其特点

BIM( Building Information Modeling )即建筑信息模型,基本概念源于国外。BIM 涉及多方参与,侧重点不同,对 BIM 就有不同的理解。目前,被大多数参与方统一认可的是美国出台的 BIM 标准:BIM 是通过参数化模型对项目的信息在不同参与方之间进行传递和共享,实现工程建设管理的可视化、数字化和信息化的目标。

具体特点表现如下:

### 1. 可视化

通过 BIM 三维数字化仿真模型,将施工信息的全部内容与三维模型相结合,可以使施工人员在项目施工前对不同作业结点的施工内容有所掌握,能够了解自己的工作职能以及施工重点、难点,对一些关键施工工序提前做好施工预案,避免施工变更而造成的损失。同时,现场管理人员通过可视化的 BIM 综合管理系统来把控现场的安全管理环境,按照施工方案实现对现场的动态管控,达到管理过程的可预见性。

2. 动态性

RFID 无线射频技术可以对现场人员、机械进行实时定位、追踪,并将位置信息上传到 BIM 安全管理系统中。通过对施工现场情况进行仿真模拟,采集人、材、机、环境的信息,在系统中动态呈现出来,随着施工的进行,一旦出现信息变更,系统中的信息会随之更改调整,进而实现项目的安全目标。同时,在动态管理过程中,也可以查看工程的细部构造,如管网管道布设、脚手架布置、复杂节点钢筋等情况,从而识别系统中潜在的危险源,对危险源进行有效控制。

3. 协调性

基于 BIM 的管理系统就是通过提供一个集成化的信息共享平台,以便各参与方协调和改进存在的问题,避免信息在传递过程中丢失。协同化信息管理平台可以使信息在不同参与方之间进行传递,实现信息数据多方共享。现场施工人员可以随时利用移动终端将施工中存在的问题实时上传到平台上,其他参与方进行沟通协调给出解决方案,现场施工人员按照给出的指令进行现场变更。通过这样的方式,可以第一时间了解项目的变化情况,提高了工作效率。

4. 准确性

利用 BIM 技术可以为建筑工程项目提供准确的信息,同时,在传递过程中可以保证数据的完整性与有效性,确保施工现场安全管理和预警工作高质量地进行。因此,数据的及时性与准确性是安全管理系统正常工作的必要保障,再配合运用合理的安全预警机制对施工现场进行准确及时的监管,可以有效防止安全事故的产生。

二、基于 BIM 的施工安全管控流程

将 BIM 技术应用于施工现场安全管理,运用 BIM 三维建模、虚拟施工、碰撞检测等技术来指导施工,建立可视化管理平台,制定安全预警机制,从而提高施工现场安全管理的有效性。施工阶段可以建立施工现场布置的三维模型,再根据施工方案中的工期安排

和人、材、机各种资源的安排以及各工序间的搭接顺序进行合理的布置<sup>[4-6]</sup>。编制具体的施工组织设计和准确的施工进度安排。进行施工现场模拟,使各参与方了解施工方案与工序,同时可以提前发现施工中所存在的问题,并将有冲突的构件进行碰撞检测,最后,将施工中的隐患位置进行标记,进行危险区域划分,提前做好应急预案。系统工作流程如图 1 所示。

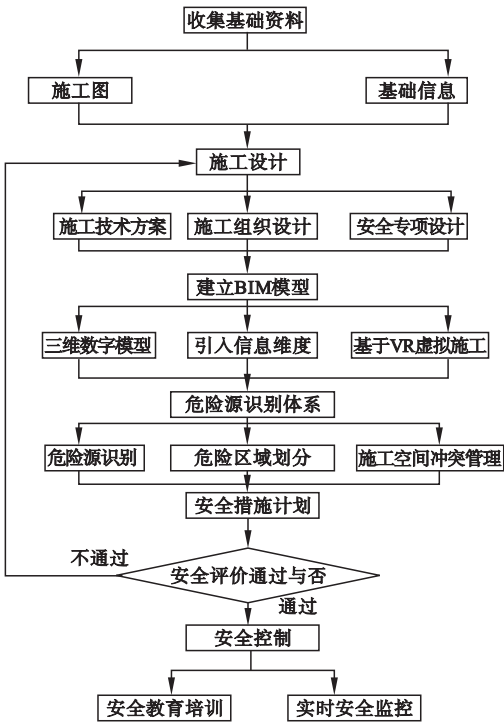


图 1 基于 BIM 的建筑施工安全管控流程

1. 危险源识别

将基于 BIM 的 3D 模型与施工进度相结合,对项目进行仿真模拟,可以有效改善施工现场环境复杂多变、工人行为难以控制的问题,有效识别施工现场中所存在的动态危险源。郭红领等<sup>[7]</sup>提出了基于 BIM 和 RFID 的安全预警体系模型,可实现人、机的定位,防止工人进入危险区域或人机碰撞等伤亡事故的发生。

2. 危险区域划分

按照施工组织计划进行施工仿真模拟,对系统中的危险有害因素进行提取,结合不安全施工现场危险区域分类与识别规则(见

表1),对危险区域的范围进行界定。在工程的各个阶段进行区域危险程度划分与管理。用红、橙、黄、绿4种颜色对区域危险水平从

高到低进行区分,以指导施工(见表2)。系统将识别出不安全环境因素,危险区域将在系统中被高亮显示出来。

表 1 施工现场危险区域分类与识别规则

事故类型	不安全因素	不安全区域
高处坠落	龙门架的安装、使用和拆卸	龙门架边缘 0.6 m
	洞口临边	无护栏的洞口临边 0.6 m
	脚手架模板搭设	架体平面投影区域
	塔吊安装拆卸与使用	以吊物落点为圆心、工人反应距离为半径的圆形区域
坍塌	施工电梯、吊篮、施工机械	缺乏最新安全检查记录的视为危险区域
	基坑支护	缺乏最新安全检查记录的视为危险区域
	脚手架搭设	缺乏最新安全检查记录的视为危险区域
	脚手架搭设与拆除	缺乏最新安全检查记录的视为危险区域
物体打击	塔吊安装拆卸与使用	平衡投影区域
	塔吊倾斜	检测塔吊速度,超速则视为不安全区域
	模板安拆	安拆区域
	龙门架吊篮落物	架体平面投影区域
触电	未设置漏电保护器装置	缺乏最新安全检查记录的视为危险区域
	脚手架钢管碰到高压线路	脚手架钢筋所在区域
	机械设备电源老化、破损	缺乏最新安全检查记录的视为危险区域

表 2 危险性评价标准

级别	颜色	禁止工序
一级	红	危险区域内人员、机械作业、停放,原材料堆卸
二级	黄	危险区域内人员作业、机械作业、停放
三级	橙	机械作业、停放
四级	绿	无

3. 施工空间冲突管理

施工作业面冲突是施工过程中常见的安全事故之一。例如,工人的活动半径与机器臂杆的旋转半径若在空间有碰撞,则极易发生安全事故。图2为实际项目中,施工前在广联达场地布置软件中根据施工现场平面图进行三维建模,然后添加进度计划进行模拟施工。在进行碰撞模拟分析时,发现两台塔吊在运行过程中可能发生碰撞,为了保证施工安全,按照模拟分析的结果给施工方提出了合理的建议。根据施工要求,两台塔吊应分时段在重叠区域活动。BIM技术既可以利用现有的三维模型进行静态检查设计,又可以按照进度计划进行动态的施工模拟,各专业设计人员可以随时查看结果,对冲突之处进行修改调整,如此反复,不断完善施工方案,直到符合要求为止。

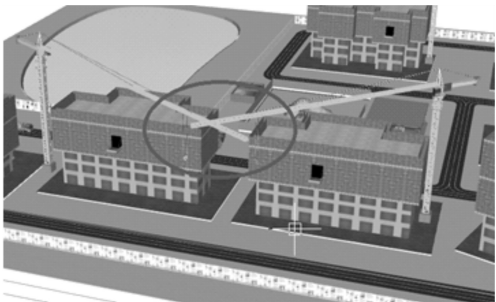


图 2 塔吊冲突碰撞

4. 安全计划制定

基于BIM的建筑施工安全管控流程运用系统自动检查功能和施工仿真模拟技术,进行安全风险识别、危险区域划分并且预计风险产生的时间、评估危险等级和制定安全措施,根据施工现场安全情况的反馈及时更新安全计划。这样就规避了施工中随时出现的危险源可能造成的风险。

5. 安全评价

通过利用一些常用的数学评价方法如灰色关联法、模糊数学分析法等,以及传统的安全评价方法如事故树、故障树、预先危险性分析法等,对动态施工模拟中识别的危险有害因素进行定量与定性分析,最终判断评价结果是否可行。若无法达到安全评价中所规定

的安全度,整个系统将重新返回至设计阶段,根据要求重新调整 BIM 模型,如此反复,直到符合安全要求为止。若满足安全评价要求,则针对系统中出现的安全隐患,给出相应的安全控制措施。

6. 安全监控

以 BIM 技术集成的虚拟模型为基础,建立相应的安全监控系统,主要包括安全环境监控和人员监控两大功能板块。安全环境监控主要是对整个监测范围内的施工环境中所有的潜在危险源进行管理,对复杂的动态施工环境进行全方位把控。例如,系统中一些临边洞口未安装必要的安全防护措施会自动被标记,并将信息反馈给管理人员,提醒相关负责人做好“四口十临边”的防护措施。人员监控主要是指对施工过程中的人员进行定位,当人员进入被标记过的潜在危险区域内或者与潜在危险区域距离小于规定的安全距离时,系统会自动报警,在场的安全管理人员也会收到系统发来的通知,进而加强对施工现场人员的监管工作<sup>[8-12]</sup>。

三、工程案例分析

1. 工程概况

该工程主要是由公寓建筑构成。工程特点:建筑平面形式为凹字形,长为 43.8 m,宽为 24.6 m。阳台等局部凸出结构较多,转角部位的电梯井、风井较多,因此需预留孔洞,而且对于这些部位的外脚手架搭设及防护措施十分重要,应注意施工细节。该工程为地下 1 层、地上 18 层的框架剪力墙结构,按照层数分为 3 个悬挑段:悬挑段 1(2~7 层),悬挑段 2(8~13 层),悬挑段 3(14 层~屋顶),每段悬挑段高度为 17.4 m。

2. 应用流程

根据基本建筑信息,利用 Revit 建立脚手架 3D 模型(见图 3)。再将模型导入到 Navisworks 中,对动态危险源信息进行处理。模型包括几何信息、进度计划信息等。需对同一类构件的 ID 进行归类处理,整理成集,以便于信息管理。基于 Revit 建立好的三维

模型在 Navisworks 中添加施工进度计划进行碰撞检查。把碰撞检查结果链接到脚手架模型中,结合现场的实际情况进行危险源排查,识别出需要整改的安全隐患,生成脚手架安全隐患排查清单(见表 3)。根据隐患出现的位置和级别进行危险区域划分。该项目依次划分为高处坠落区、机械碰撞区、落物区、触电区、坍塌区以及重点岗位这 6 个危险区域。在进行施工模拟阶段,在软件环境下对构件之间有无穿插、施工过道间距离是否满足要求等问题进行碰撞检查。将检查结果进行汇总,自动生成报告传到系统平台中,相关负责人根据相应检测报告,提交修改意见。

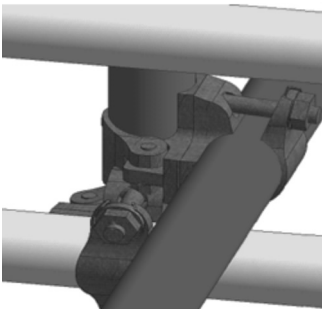


图 3 三维模型图

表 3 悬挑式脚手架安全隐患排查清单

项目	危险源信息
悬挑钢梁	钢梁截面高度未按设计确定,截面形式不符合设计规范;钢梁固定段长度小于悬挑段长度;钢梁外端未设置钢丝绳或钢拉杆与上一层建筑结构拉结;钢梁与建筑结构锚固处结构强度、锚固措施不符合设计规范;钢梁间距未按悬挑架体立杆纵距设置
架体	立杆底部与悬挑钢梁连接处未采取可靠固定措施;承插式立杆未采取螺栓或销钉锚固;纵横向扫地杆的设置不符合规范要求;未在架体外侧设置连续式剪刀撑,未按规定设置横向斜杆;架体未按规定与建筑结构拉结
脚手板	脚手板规格、材质不符合要求;脚手板未铺满或铺设不严、不牢、不稳
荷载	脚手架施工荷载超过设计要求;施工荷载堆放不均匀

3. 效果评价

悬挑式脚手架在设计当中最关键的就是对悬挑结构的确定,必须满足强度、刚度以及稳定性这 3 方面的要求。在案例中引入部分



BIM技术,通过可视化模型可以直观了解建筑形式,以便确定脚手架的悬挑形式。在施工方案设计中,通过进行施工动态模拟,便于施工人员在脚手架的搭设与拆卸环节中进行危险有害因素排查。

## 四、结 语

工程项目施工现场安全管理是建设工程项目各参与方重点关注的内容,如何应用工程信息化手段解决施工现场安全管理问题是学者一直在探讨的热点问题。应用BIM技术建立安全信息模型,通过4D施工仿真模拟、空间碰撞检测、危险源识别、危险区域划分、安全预警等应用可以检验施工方案、设计缺陷和进度计划等,有效地控制施工现场中的不安全因素。因而,将BIM技术应用到施工中可以实现更及时、高效的安全管理。

## 参考文献:

- [1] 李海涛. 基于BIM的建筑工程施工安全管理研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2014.
- [2] 翟越, 李楠, 艾晓琴, 等. BIM技术在建筑施工安全管理中的应用研究[J]. 施工技术, 2015, 44(12): 81-83.
- [3] 张丽丽, 李静. BIM技术条件下施工阶段的工程项目管理[J]. 施工技术, 2015(增刊2): 691-693.
- [4] 张建平, 李丁, 林佳瑞, 等. BIM在工程施工中的应用[J]. 中国建设信息化, 2012, 41(20): 18-21.
- [5] 胡振中, 张建平, 张旭磊. 基于4D施工安全信息模型的建筑施工支撑体系安全分析方法[J]. 工程力学, 2010, 27(12): 192-200.
- [6] 武雷, 邵明民, 夏聘. BIM技术在脚手架安全管理中的应用研究[J]. 施工技术, 2016, 45(18): 15-17.
- [7] 郭红领, 于言滔, 刘文平, 等. BIM和RFID在施工安全管理中的集成应用研究[J]. 工程管理学报, 2014, 28(4): 88-91.
- [8] 江帆. 基于BIM和RFID技术的建设项目安全管理研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
- [9] 李飞, 李伟, 刘昭, 等. 基于BIM的施工现场安全管理[J]. 土木建筑工程信息技术, 2015, 7(5): 74-77.
- [10] 吴跃星. 基于BIM与Eworks技术的建筑工程事故预防系统研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2015.
- [11] 李博, 马云东, 王林峰. 基于BIM技术的隧道基坑施工安全信息化管理及应用[J]. 大连交通大学学报, 2017, 38(3): 84-87.
- [12] 刘文平. 基于BIM与定位技术的施工事故预警机制研究[D]. 北京: 清华大学, 2015.

# Safety Management of Construction Site Based on BIM

QI Baoku, ZHANG Meiqi

(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** Based on the situation and characteristics of construction site safety management in China, this paper puts forward a set of modern construction site safety management method: construction safety control process based on BIM. Through an engineering example, it is proved that the safety management and control process can effectively solve the problem of process conflict and dangerous source safety management in the process of construction, in order to improve the current situation of extensive safety management in construction site and reduce the safety accident rate of construction industry.

**Key words:** construction site; BIM technology; engineering project; safety management