

# 审查建筑信息模型以减轻与建筑行业相关的健康和安全风险

何塞·哈伯特, 纪尧姆·西尔维斯特, 福斯托·戈斯温, 维莱娜·弗莱尔  
隶属机构: 土木工程学院, 4600, 奥地利

**摘要:** 随着全球建筑业的不断发展, 该行业开始将数字技术融入建筑项目的设计、规划、施工、维护甚至拆除的各个方面, 这一点至关重要。本综述探讨了该技术目前在帮助减轻现场风险方面的应用, 重点是主动设计而不是被动缓解, 旨在引导对该主题的进一步研究, 以帮助改善施工中的健康和安全的记录。与一系列建筑安全文献一起, 专门审查了与建筑信息模型与建筑集成相关的各种文献。整合这两股文献, 通过促进风险识别过程, 为资产分配危害和缓解措施, 提出了记录和呈现健康和安全的新的实用方法的建议。

**关键词:** 建筑信息建模; 健康与安全; 健康危害; 热图; 风险排名; 安全规划

## A review on building information modelling to mitigate the health and safety risks associated with the construction industry

Jose Habert, Guillaume Silvestre, Fausto Goswein, Verena Freire  
Affiliation: Institute of Civil Engineering, 4600, Austria

**Abstract:** As the construction industry continues to develop across the world, it is crucial that the industry begins to integrate digital technologies into all aspects of design, planning, construction, maintenance and even demolition of construction projects. This review explores the current use of this technology to help mitigate risks on site with a focus on proactive design rather than reactive mitigations, with the aim of directing further research on the topic to help improve the health and safety record in construction. A variety of literature was reviewed specifically relating to the integration of building information modelling into construction alongside an array of construction safety literature. Integrating these two strands of literature has allowed for the suggestion of new practical methods of recording and presenting health and safety information by facilitating a risk identification process that assigns assets with hazards and mitigations.

**Keywords:** Building information modelling, health and safety, health hazards, heat map, risk ranking, safety planning

### 引言:

与其他行业相比, 建筑业因其健康和安全的记录而享有盛誉, 几十年来, 建筑业一直是仅次于农业/林业的最危险行业。作为主要的就业来源, 建筑业至关重要该行业以管理伤害的方式进行监管, 以确保该行业以有效的方式运营。健康与安全执行局的统计数据显示, 仅在英国, 就有69,000名建筑工人报告了与工作有关的疾病或因在建筑行业工作而使疾病恶化。这导致损失了170万个工作日, 财务成本为9亿英镑, 相当于所有工伤成

本的7%。这些统计数据表明迫切需要改善英国建筑行业的健康和安全的记录。这种情况并非英国独有, 在过去的二十年中, 有26,000名美国建筑工人在工作中受重伤, 相当于每天约有5人死亡。

HSE发布的年度报告显示, 2014/2015年有36起工人死亡事故; 比5年平均水平低约20%。在过去5年的217人死亡中, 其中97人是由于从高处坠落造成的。同样, 在美国, 2016年私营企业的4,693名工人死亡中, 有21.1%是在建筑业, 其中39.7%是由于从高处坠落造成

的。欧洲企业调查就“新出现的风险”进行的一项调查记录了在欧洲雇佣超过5人的公司的员工所感知的风险。结果表明，超过50%的受访者感知到的9个风险中有8个是可以通过使用预先规划工具来缓解的因素。2014年，HSE向未在现场遵守正确H&S程序的员工发出1900份禁止通知。

在国际上比较建筑安全时，需要改进是一个普遍的趋势。香港是最发达的城市地区之一，为了减少事故而修改了建筑安全法规，但没有取得多大成功。2011年，香港发展局更新了有关建筑工人健康和安全的法规。该文件详细介绍了如何在其H&S记录中选择承包商，并且必须遵守所有政府法规才能获得合同。第3.1.3条详细说明了承包商必须制定的现场安全计划，该计划显示为确保安全工作条件而将采取的所有程序。发展局制作的文件可被视为英国CDM 2015法规的香港版。下表列出了来自不同国家的建筑死亡人数，突出了全面改进的必要性。

为了使行业降低与施工相关的风险，需要一种改进的风险识别方法。传统上，安全规划包括通过风险评估、现场调查和安全规划研讨会来识别所有潜在危险。Choe和Leite将安全规划的主要特征总结为：安全政策、风险管理、安全实施和安全检查。这种传统方法通常耗时、劳动强度大，并且依赖于参与安全规划的人员的专业知识。为了缓解这些低效率，该行业已开始采用建筑信息模型（BIM）以协助开发安全程序。BIM——也称为面向对象的建模技术，用于建筑设计；然而，随着时间的推移，它在结构和服务工程中变得流行起来。它可以概括为一种管理从资产设计到整个生命周期的基本项目信息的方法。本质上，它是一个描述性术语，用于描述用于驱动建筑环境的设计、建造和运营的技术先进、协作和以信息为中心的过程。BIM这个术语在建筑行业已经无处不在，并且被大多数将其视为建筑未来的公司所采用。通常被视为一种软件，它更准确地描述为一种工具，该工具允许通过技术和标准化流程生产模型，并由人们在现实中实施。BIM的一个关键属性是它能够多将多学科信息集成到一个统一的模型中，从而为在整个项目中有效地采取风险识别和缓解措施提供了机会，并得到了许多学科贡献。由此产生的计算机生成的模拟成为结构的数据丰富、面向对象、智能和参数化的数字表示，可以在资产生命周期的任何时候由专业人员网络进行修改。因此，将BIM描述为一项活动而不是一个对象更为准确。Bazjanac将这项活动定义为一种通过虚拟展示让所有合

作者更全面地了解项目几何、空间关系、材料库存、成本估算和项目范围的方法。

在过去的几十年中，已经创建了一个与BIM有关的广泛文献库，以确保行业与正在取得的进展保持同步。尽管在学术领域取得了进展，但将这些知识转化为BIM和H&S集成的物理表现主要涉及施工前阶段，并且在施工阶段的范围受到限制。BIM与H&S的整体整合还很少，还有很大的发展空间；造成这种情况的主要原因是，安全规划通常作为项目执行的单独活动进行，涉及不同的利益相关者。为了克服这个问题，需要对当前方法进行系统审查，以帮助确定必须开发的领域，以加强建筑行业的整合。对现有文献的全面回顾将有助于重新审视促进跨学科联系的学术挑战。在对现有文献进行广泛审查时，这将有助于确定额外研究将有利于BIM和H&S未来整合的领域。

### 一、当前BIM和H&S的集成

与任何行业一样，通过采用可用的最新技术来不断推进建筑业至关重要。在芬兰进行的研究指出BIM技术如何从仅用于工程和建筑师学科转移到建筑公司和施工管理领域。建筑公司投入BIM技术的财政投资数量代表了采用BIM技术所带来的感知收益。根据使用BIM进行安全规划的Mott Mac Donald的说法，当使用BIM设计现场布局时，与施工相关的许多风险都会大大降低。除了场地规划之外，还可以创建模拟来复制预防技术，这些技术可能会减少诸如从高处坠落等事件。这种技术的一个例子是一个可调节的屏障，旨在防止从高处坠落，BIM中指定的独特方面是它能够在多个位置使用而无需额外的支持。通过在BIM中设计这样的对象，可以确保在现场的任何地方都可以安全可靠地使用它。还有其他一些情况下，BIM已被用于使H&S受益。目前在德国有一个程序来记录房屋火灾，然后将生成的数据整合到一个数据库中，该数据库用于帮助了解火灾在住宅建筑中蔓延的方式。这些信息随后被用于帮助设计师使房屋更安全，并告知房产的居民逃生的最佳方式。该模型也可以传递给紧急服务部门，他们可以计划最安全的灭火方式。可以发展相同的技术以协助进行现场感应，并提供当前现场任何危险的实时模型。然而，在英国，集成BIM和H&S的概念仍在实现中。随着专注于合作理念的新法规的引入，例如PAS 1192；2013年，有一个框架可以帮助公司整合BIM和H&S。虽然协作更多是指管理和协调角色，但2013版PAS 1192已指定一名首席设计师在项目的设计阶段协调H&S，这取代了CDM协调员，因此

不再分配该角色委托给第三方顾问并由可以轻松融入项目团队的专业人士承担。在项目的早期阶段整合安全的想法不仅仅是拥有一名首席设计师，目前重点是在设计阶段开发安全整合。

## 二、用于安全的BIM：现有工作和研究差距

仍然需要开发基础设施以支持BIM和H&S的集成。通过开发计划、工具和工作方法，以及投资于有关集成优势的培训和教育，可以充分发挥H&S在BIM中的潜力。正在进行的大部分研究缺乏对所开发技术的实际应用，并且缺乏对实际建筑项目的验证。为了了解BIM和H&S在真实工作环境中的有效性，最近进行了多项研究以获取反馈。迄今为止，一些研究工作包括：Zhou等人通过在BIM环境中结合使用各种现有技术，如虚拟现实（VR）、地理信息系统（GIS）和传感器技术，开展研究以建立施工安全和数字设计实践之间的联系。苏兰基维等人。在VTT技术研究中心承担了一个项目，开发基于BIM的减灾软件，该软件使用算法来响应BIM模型中检测到的冲突。使用此功能的一个示例是安装安全屏障以防止在原始模型中未包含安全协议时从高处坠落。

## 三、数字建筑技术-IFC MVD

建筑行业有许多可用的技术可以与BIM合作以提高现场安全性。行业基础类（IFC）是指用于共享与建筑信息模型有关的施工信息的开放和中立的数据格式。IFC是一种开放标准，用于表示建筑信息模型中的信息，可用于在许多不同的软件系统之间公开交换和共享此信息。IFC规范由BuildingSMART拥有，这是一个非营利组织，旨在开发和维护IFC，作为其支持建筑、工程和施工（AEC）/设施管理（FM）行业公司使命的一部分。IFC是开源的，不归单个供应商或团体所有，由为其进步做出贡献并允许其在线免费使用的个人开发。

## 四、模型视图定义（MVD）

模型视图定义（MVD）一词是指IFC方案的一个法律子集，它为IFC概念（如属性、空间关系和材料数量）提供实施规范；因此，它代表了实现IFC接口以满足Exchange规范的软件要求。buildingSMART开发的第一个MVD是协调视图，它目前仍然是待实施方案中最受欢迎的子集。该子集允许分配空间结构和建筑服务元素，这些元素是协调各个专业之间的设计信息所需的。模型视图定义（MVD）以称为MVDXML的格式编码，该格式定义特定数据类型的特定属性的允许值。例如，MVD可能要求墙壁提供防火等级、根据OmniClass的分类以及结构分析所需的信息，例如材料的弹性模量。在协调视图中，

有一个采用简化发布格式的版本，称为表面几何。此子集适用于查看目的，以使用设计协调、设计过程中的冲突预防和冲突检测。这个版本的MVD最接近准确地描绘资产的真实形状及其连接和功能。协调视图的扩展版本是基本FM移交视图，它为设施管理团队确定了设计应用程序的具体要求。基本FM移交视图和协调视图之间的主要区别在于，它侧重于提供有关资产维护的信息以及将家具和设备组件分配给空间的能力。还有其他可用的MVD不是由buildingSMART international集中开发的，但是它们通常需要额外的程序来提供额外的IFC数据。

## 五、COBie

COBie是一种信息交换规范，可帮助组织与设施管理人员所需的生命周期和信息交付有关的信息。COBie可以在AEM/FM行业使用的各种软件中查看；还可以选择以电子表格格式查看数据，从而可以在任何规模的项目中使用。它允许设计人员记录有关设施的空间和物理方面的信息。这意味着空间可以分为区域和物理组件，可以在类别中进行说明。COBie中包含的信息通常可从其他文档中获得，例如工程量清单和规范或BIM模型本身。COBie背后的关键概念之一是提供一个平台，在该平台上，所有需要的信息都可以集中到一个单一的格式中并公开共享。

## 六、SMC

Solibri Model Checker（SMC）是一款先进的类别检测软件，能够检查缺陷检测、BIM和可访问性合规性、模型比较和完整信息。Solibri被归类为BIM质量保证产品，它还可以检查功能并从BIM模型中提取信息。这样做的目的是揭示设计的潜在问题，并确保设计符合要求的标准。通过在任何施工发生之前对模型执行此类步骤，有助于管理关键绩效指标（KPI），例如时间、成本和质量。

## 七、BIM服务器

在像建筑这样分散的行业中，很难期望单个软件能够胜任地完成所需的一切。因此，BIMserver为个人创建了一个创建BIM工具的平台；该平台为程序员提供了创建应用程序的基础，该应用程序可以快速有效地满足特定需求。BIMserver提供“核心服务器功能，如修订、授权、比较、查询、模型检查、合并等”，允许开发人员创建一个基于IFC的BIM工具，这将使业内许多人受益。

## 八、BIM启用规则检查

BIM应用程序中正在开发的一项关键技术是基于规则的检查系统的概念，该系统不会修改建筑物，而是根

据一组建筑标准对其进行评估。由Eastman等人介绍，BIM中基于规则的检查用于检查模型是否符合《美国残疾人法案》规定的防火规范。Eastman等人继续描述系统如何允许用户定义和应用规则，这些规则允许根据标准评估模型的各个方面，结果以通过或失败的形式发布。张等人。开发了一个规则检查框架来帮助降低从高处坠落的风险，并将其组织成以下步骤：（1）将要求的标准翻译成机器可读的文本格式，并与楼板和脚手架等建筑对象相关联。（2）由将属性链接到IFC和MVD的元数据定义的属性然后通过自动安全检查软件进行处理。（3）规则执行然后定义哪个对象满足设置的标准以及哪个对象需要修改。（4）然后将生成的数据放入BIM模型中显示的可视格式，或者可以以表格格式处理，并针对每个问题提供建议的解决方案。（5）结果必须由安全工程师查看，他们可以选择最合适解决方案来缓解问题。

#### 结论和进一步研究

根据本文中记载的BIM在建筑H&S中的潜在用途，拟议的研究将研究使用BIM作为平台来阐明建筑、运营和维护健康危害的方法，并使用预防装置机制的原则进行控制。BIM的优势尚未在建筑的各个方面得到充分体现，随着进步的速度，该行业将在十年内变得面目全非。研究表明，虽然好处看得见，但仍然不愿意全心全意地采用BIM。需要改变的是业内人士的心态，并消除对BIM的误解。原则设计师和安全工程师必须使用该工具来展示其优势，这反过来将有助于改变对BIM作为技术噱头的看法。一种在现场记录和呈现安全信息的新方法是将其作为初始阶段设计的一部分。这包括将安全风险登记册直接链接到BIM模型。这可以通过将属性分配给具有风险的模型资产来完成，从而允许在模型中突出显示具有相关风险的资产。通过将数据存储在数据库的数据库中，模型中的风险将随着数据库的更新而更新；从而减少手动更新的需要。通过突出楼板或窗户等资产级别的安全隐患，设计师、承包商和用户可以从宏观和微观层面查看风险。这一概念的进一步发展将旨在包括一个合适的健康评级系统，该系统可用于向所有操作人员提供有关现场人员所涉及的潜在风险的指示。该系统

类似于风险矩阵，其中高排名表示高风险敞口，反之亦然。建议实现项目目标和目标所需的所有预计健康和安安全相关数据都驻留在资产信息管理系统（AIMS）中，建筑物CAD仅存储相关资产ID并链接到AIMS。

#### 参考文献：

- [1]Landscape Institute. BIM for Landscape. UK: Routledge; 2016.
- [2]Li. H, Huang T, Kong C, Guo H, Baldwin A, Chan N, Wong JKW. Integrating design and construction through virtual prototyping. *Autom. Constr.* 2008;17: 915 - 922.
- [3]Azhar S, Brown J, Sattineni A. A case study of building performance analyses using building information modelling. 2010 June 25-27.
- [4]Schlueter A, Thesseling F. Building information model-based energy/exergy performance assessment in early design stages. *Autom. Constr.* 2008;18: 153 - 163.
- [5]Azhar S, Hein M, Sketo B. Building Information modelling (BIM): Benefits, Risks and Challenges. McWhorter School of Building Science. 2008: 6-12.
- [6]Bazjanac V. Virtual Building Environments (VBE) - Applying Information modelling to Buildings [Internet] 2006.
- [7]Chi HL, Kang SC, Wang X. Research trends and opportunities of augmented reality; Applications in architecture, engineering, and construction, *Autom. Constr.* 2013;33: 116 - 122.
- [8]Howard R, Björk BC. Building information modelling — experts' views on Standardisation and industry deployment, *Adv. Eng. Inform.* 2008;22: 271 - 280.
- [9]Volk R, Stengel J, Schultmann F. Building information modeling (BIM) for existing buildings— literature review and future needs. *Autom. Constr.* 2014; 38: 109 - 127.
- [10]Ganah AA, John GA. Building Information Modeling and Health and Safety for Onsite Construction. *Safety and Health at Work.* 2015; 6 (1):39 - 45.
- [11]Zhou W, Whyte J, Sacks R. Construction Safety and Digital Design: A Review, *Autom. Constr.* 2012; 22: 102-111.

