

上海市市级医院科教综合楼项目全过程 BIM 应用及价值分析

BIM APPLICATION IN THE WHOLE PROCESS AND VALUE ANALYSIS OF COMPLEX BUILDING PROJECT IN SHANGHAI MUNICIPAL HOSPITAL SCIENCE AND EDUCATION

文 / 张建忠
余雷 李永奎
By Zhang Jianzhong
Yu Lei Li Yongkui

摘要: 文章以上海市胸科医院新建科教综合楼为例, 介绍了BIM技术和项目管理充分结合进行项目前期、设计、施工准备、施工等全过程以及进度、投资和质量控制全方位BIM应用的具体做法; 阐述了BIM应用的组织、管理和信息化应用措施, 以及该项目所取得的实际效果。

关键词: 上海市市级医院; 科教综合楼; 医院建筑; 项目管理; 建筑信息模型

Abstract: The article takes the newly constructed science and education complex building of Shanghai Chest Hospital as an example, introduces the full integration of BIM technology and project management in the preliminary stage, design stage, construction preparation and construction, and the concrete practice method of BIM application in progress, investment and quality control; expounds the organization, management and informatization of BIM application, as well as the actual effect of the project.

Keywords: Shanghai municipal hospital; Science and education complex building; Hospital building; Project management; BIM

Doi:10.3969/j.issn.1671-9174.2018.03.007

医院建筑是一类特殊的复杂建筑, 运行标准要求高, 在建设过程中往往受到医院现有场地及运行要求限制, 建设管理挑战大, 急需采用新的技术和管理手段以提高项目及运行管理水平。而作为一种突破性创新技术, BIM 及相应技术应用已经成为各国建筑业发展的重要趋势, 也是我国建筑业发展的重要方向。另一方面, 国际研究报告表明, 医疗卫生建筑是 BIM 应用的重要领域。为此, 上海市首批 BIM 应用试点项目中, 医院建筑被遴选为重要的试点项目类型。

本文以上海市胸科医院新建科教综合楼为例, 介绍 BIM 在医院建筑中的应用新模式, 即 BIM 与项目管理深度融合, 通过建设单位驱动、BIM 咨询公司提供全过程服务的组织模式, 实现项目前期、设计、施工等项目全过程以及进度、质量、造价等项目全方位 BIM 应用, 借助组织、管理及信息技术手段, 全面提升 BIM 应用效果以及医院建设项目管理水平。

一、项目概况

上海市胸科医院新建科教综合楼项目位于上海市徐汇区内环以内, 北临淮海西路, 南邻番禺绿地, 东面为安顺路, 位于胸科医院东北角。

项目总投资 18596 万元, 建筑高度约 60m, 地上 13 层、地下 3 层, 总建筑面积 24208m², 其中地上面积 18868m², 地下建筑面积 5340m², 设置机动车位 169 个, 全部为智能机械式地下停车位, 计划建设周期为 26 个月。该项目的建成将为胸科医院提供科研教学、行政会议办公室、停车、设备用房等功能空间。

项目于 2015 年 12 月 30 日开始桩基工程施工, 于 2016 年 3 月 18 日开始主体工程施工, 2016 年 7 月 3 日开始土方开挖, 于 2017 年 1 月 18 日完成结构封顶, 并于 2017 年 10 月 31 日顺利通过竣工验收。

该项目在前期阶段考虑到了传统的二维项目管理模式在医院建设项目管理中的诸多弊端, 为提高建设单位的项目管理能力, 项目建设全生命周期内

采用了 BIM+PM（项目管理）管理模式，提升了项目管理单位基建精细化管理能力。同时该项目于 2015 年 12 月被列为上海市第一批 BIM 试点项目政府投资工程。

该项目中 BIM 技术应用成果涵盖 42 个应用点，成果包括：BIM 应用报告 43 份、组织召开 BIM 专题并编写会议纪要 86 份、开展观摩交流会及学习交流 3 次、建立各阶段各种类模型 215 个、形成模拟视频 49 个、BIM 应用相关论文 3 篇、编写并出版了《BIM 在医院建筑全寿命期中的应用》以及《上海市级医院建筑信息模型应用指南》。

该项目运用 BIM 技术进行精细化管理，在工程安全、质量、进度和造价控制方面获得了良好的效果。

在安全控制方面，基于 BIM 技术对施工安全进行管理，建设期间无安全事故，获得施工阶段和装饰阶段“文明施工工地”称号。

在进度控制方面，基于 BIM-4D 技术进行进度控制，科学安排施工工序，节省施工时间，与原计划相比，提前 3 个月竣工验收。

在质量控制方面，基于 BIM 对工程的质量进行控制，项目目前已获得优质结构奖、绿色施工样板工地，正在申请上海建筑工程白玉兰奖。

在造价控制方面，通过应用 BIM 技术，进行碰撞冲突分析、漫游检查等，预先发现建筑结构问题共计 193 处、地下管线综合问题共计 9 类 99 处、地上管线综合问题共计 5 类 44 处。基于 BIM 进行工程量审核与造价跟踪管理，累计节省造价 1668.9 万元，其中通过 BIM 技术提前工期创造经济效益 662.7 万元，通过 BIM 技术优化设计及施工方案创造经济效益 100 万元，通过 BIM 技术优化设计图纸创造经济效益 201.6 万元，通过 BIM 造价核算优化经济效益 704.9 万元。

二、BIM 技术在项目管理中的作用

科教综合楼项目具备医院建筑基本特性，作为特殊的公共建筑，其功能复杂且社会影响性大，其全生命周期管理具有很大的挑战性，在建设过程中往往存在因各参建单位之间沟通协调困难、数据共享协同不畅而导致的延误、浪费、甚至错误等现象。对目前的项目管理技术进行分析，尚无根本性解决

办法。而将 BIM 引入到项目管理中，对提高建设单位的项目管理水平有积极的效果。

在科教综合楼项目全生命周期中应用 BIM 技术主要是为了解决传统项目管理中的生产协同和数据协同这两大难题。该项目从单纯的 BIM 技术应用深入到成本管理、进度管理和质量管理等工程管理的各个方面。

BIM 技术与项目管理信息的集成应用发挥了以下作用：BIM 是基于三维几何模型的应用技术，集成不同阶段、不同信息和不同专业的共享资源，为项目管理过程的数据集成提供了有效的手段；BIM 技术侧重于工程量测算、变更算量和方案模拟优化等工程管理过程业务点的应用，通过这些应用，为综合项目管理提供更加精准有效的分析数据，为工程管理的流程审批提供了依据；BIM 技术与项目管理的集成应用，有助于提高各单元间的数据协同，也有助于提高彼此的共享效率；BIM 技术与综合项目管理的集成信息化平台作为支撑，各参建方以 BIM 模型为中心，并且基于统一模型，完成业务数据与管理过程的高度协同。

BIM 技术能够实现工程项目全生命周期的信息交换，实现项目全过程的精细化管理，为产业链贯通提供技术保障和有效管理模式，促进建筑领域生产和管理方式的变革，保证工程质量的提高，推动建筑产业化和可持续发展。

以下将对 BIM 技术在科教综合楼项目中应用的具体实践案例进行分析说明，旨在总结 BIM 实践经验，深入挖掘 BIM 技术在工程建设过程中的巨大潜在价值，同时积极响应国家层面与上海地方相应部门出台的相关政策，进一步深入推进 BIM 技术应用。

三、BIM 技术在科教综合楼项目中的具体应用

（一）可视管理，高效决策，提高管控能力

通过 BIM 技术在科教综合楼项目中的应用实践，总结出如下 3 点 BIM 技术应用于项目管理的核心价值：

1. 提高可视化管理能力

BIM 技术应用于施工阶段项目管理，可以为项目管理带来可视化管理手段，从而帮助建设单位管理团队快速做出决策。例如，可以通过 BIM 技术三

维模拟设计院平面表达并加以性能可视化分析,从而加快方案决策过程(图1);4D管理应用可以直观地反映整个建筑的施工进度和形象进度,帮助项目管理人员合理制订施工计划、优化施工资源。

2. 提供有效的分析手段

BIM是综合建筑信息模型,由不同层级的构件组成,并可基于部位、专业、分项、构件、时间等提供各种维度的分析,为项目管理提供有效的分析手段。例如,通过院内原有管线、设备的事先构建分析(如图2所示),可以预判施工可能存在的风险,从而使施工方案更加安全可靠、施工人员心中有数;利用BIM辅助动态成本管理,比如针对一定的楼层,从BIM获取收入、计划成本,从项目管理系统获取实际成本数据,然后进行三算对比分析。

3. 为项目管理提供数据支持

在施工阶段的项目管理中,BIM可以为各个业务实时提供基础数据。例如,可以方便快捷地为成本测算、材料管理及甲方报量、分包工程量审核等业务提供工程数据,从而大幅度提高工作效率,并提高决策水平。

(二) 施工模拟,优化工序,合理缩短工期

施工的进度控制和管理包含了进度计划的设置和控制。进度计划的设置是结合规定的时间来设置施工的进度,并尽可能地减少经济投入;而进度计划的控制主要是在施工期间,及时发现和解决影响进度的问题,并适当地修改计划,保证项目的顺利完成。

在施工的计划控制方面,项目中的重点、难点对计划的可行性有一定的影响,而BIM技术可以在

这方面发挥作用。BIM技术可以对建设方案进行分析,尤其是在项目的重点、难点方面能够进行科学的鉴定,从而为项目的优化调试提供可靠的数据支撑。另外,BIM技术可以对建设方案进行模拟演练,具体地展示出计划是否可行。因此,BIM技术可以提高调试的效率,有利于调整建设方案,促使方案的施工进度符合要求。以下通过科教综合楼项目的桩基工程与主体结构施工进行说明。

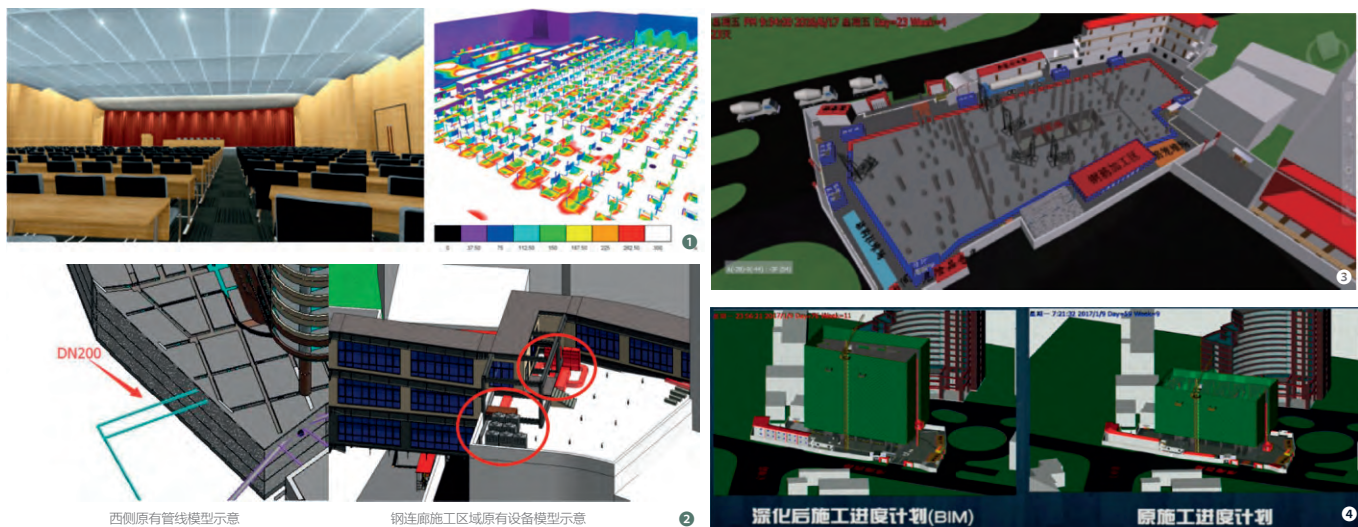
1. 桩基工程的BIM-4D施工模拟

在上海市胸科医院科教综合楼的总进度计划中,桩基施工时间为30天。但是,施工总承包单位通过CAD图纸排布以及现场技术人员根据经验所进行的施工分析,认为在狭长的施工现场仅能安排4台打桩机,施工159根62m长的钻孔灌注桩约需45天。

通过地下工程施工全过程BIM-4D模拟(图3),考虑钢筋笼的运输和起吊半径、混凝土搅拌车的行走路径、打桩机的移机等因素,合理优化场布,科学得出分区块打桩机数量、排布以及施工机械的行车路线,详细反映了地下施工全过程的情况。将这些模拟结果用于指导施工,使桩基工程工期从45天缩短到30天。

2. 主体结构施工模拟

通过主体结构施工全过程BIM-4D模拟(图4),充分提高场地空间利用率;通过各工序之间的碰撞检查,尽可能地避免因工序搭接失误而造成的返工,合理安排行车路线,大大提高施工效率;通过模拟分析增加了施工区泵车出入口,缩短了浇捣时间;利用模拟对出入口进行合理的时间安排,降低院区



内人员危险。通过 BIM-4D 模拟,主体结构工程工期从 114 天缩短到 84 天。

基于 BIM 技术的进度管理,需要在项目实施阶段,在更新进度信息的同时,持续跟踪项目进展、对比计划与实际进度、分析进度信息、发现偏差和问题,通过采取相应的控制措施解决已出现的问题,并预防潜在问题以维护目标计划。

基于 BIM 的进度管理体系从不同层次提供多种分析方法,实现了项目进度的全方位分析。该项目在整个施工过程中共计缩短工期 92 天,占合同工期的 15%。

(三) 图纸优化,质量把控,验收一次通过

BIM 技术在科教综合楼质量管理方面的应用贯穿设计阶段、施工准备阶段和施工阶段。

在方案设计阶段、BIM 建模前期,需要建筑专业和结构专业的设计人员大致确定工程结构的高度,对于使用空间净高要求严格的区域,需要机电专业参与协同设计。

在扩初设计阶段,需要机电专业通过 BIM 的碰撞检测,发现水暖电、消防、医用设备等管线间的

碰撞问题,提前深化设计、优化设计,避免施工过程中发生冲突。

在施工准备阶段,BIM 最重要的功能是“虚拟施工”,对设计方案进行检测分析,对施工方案进行模拟、分析与优化,从而发现施工中可能出现的问题,使得技术人员在施工前就采取预防措施,直到获得最佳的施工方案,从而保证施工方案和关键施工工艺的可行性和施工质量。进行虚拟施工的过程中不消耗施工人力、机械、材料等资源,大大降低了管理成本和返工成本。此外,还可以基于 BIM 的属性添加,建立建筑材料、建筑结构与构件的质量保证体系;基于 BIM 云平台的应用,将施工工艺的实施与现场质量跟踪管理进行关联,实施动态质量管理。

1. 整合各专业成果,提高设计质量

目前建筑设计专业分工已经很细致了,但是由于各个专业的设计人员受自身所学所限,对项目的理解基本都是从自身专业角度出发,导致相互之间配合度较低,理解有偏差,以至于图纸之间的相互冲突比比皆是。

通过 BIM 整合各专业成果并得到的统一模型(图 5),可直观反映图纸错误以及待优化部位,然后根据商讨结果进行修改,从而保证设计的统一协调性。

科教综合楼项目中通过 BIM 整合模型发现建筑结构有效碰撞 193 处、地下管线综合问题 9 类共计 99 处、地上管线综合问题 5 类 44 处。基于各类问题,BIM 咨询单位及时建议设计院对相关部位的图纸进行修改,消除误差,优化施工图的准确度,从而保障设计质量,降低施工过程中的返工,控制工程造价。

2. 虚拟建造保证施工质量

在科教综合楼项目施工过程中,基于 BIM 技术进行虚拟施工,“先试后建”,达到了良好的效果。

在开始施工前,对施工方案进行模拟、分析与优化,从而发现施工中可能出现的问题。虚拟施工是施工领域的新方法,它将 BIM 技术用于模拟建造一个建筑工程项目,不仅考虑时间维,还考虑其他维数,如材料、机械、人力、空间、安全等,可以扩展到“N 维”。

例如,科教综合楼项目钢连廊吊装施工过程中,对整个连廊进行了高精度模型构建,然后构建 BIM 施工作业模型(图 6),用于指导构件加工和安装



工作,对构件安装位置进行精确定位、可视化交底,避免安装失误。

3. 基于 BIM 现场监控的质量管理

对工程质量的控制与管理,除了保证 BIM 深化设计的质量要求、BIM 施工模拟的施工工艺选定,还必须基于 BIM 进行技术交底,将优化的设计文件和施工组织文件落实到生产一线,并基于 BIM 云平台,实行施工质量动态跟踪监控(如图 7 所示)。现场质量管理人员可以通过移动终端将现场采集的现场照片、录音、视频等质量管理信息上传至云端,准确定位问题的严重性和优先性,将所有施工现场的进度和质量问题及时暴露。对现场原材料进场和试验报告的管理的相关信息也能及时集成到 BIM 云平台上。

这就构建起了施工全过程质量管理跟踪反馈机制,确保管理者掌控工程质量的真实情况,减少因信息缺失和跟踪不及时造成的管理疏漏。

科教综合楼项目基于 BIM 技术的质量管理是一个质量保证体系,通过以验收为核心流程的规范管理和质量文档来实现。其质量管理包含了对设计质量、施工质量和设备安装质量等全方位的控制和管理。统一的 BIM 模型起到桥梁的作用,解决了图纸之间的矛盾、图纸和施工脱节的问题,同时也保障了竣工验收一次通过的基础条件。

(四) 辅助投资,精确算量,投资不超概算

基于 BIM 技术的工程算量在科教综合楼项目上

的充分应用,基本实现了工程算量全覆盖、全透明,结合投资监理单位提供的综合单价得出实际工程造价,提高了建设周期的投资控制能力,做到招标阶段清单精准化,施工过程造价变更透明化,竣工结算高效化。

1. C01 标段桩基工程 BIM 竣工模型造价结算分析

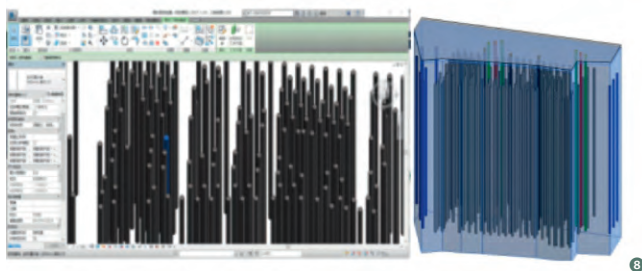
通过构建桩基竣工模型,对该工程 167 根实际竣工的工程桩的桩号、桩长、桩标高及桩位偏差等主要信息进行了竣工核验与工程信息录入,以便后期查阅(图 8 所示)。同时运用算量软件对桩基工程进行了 BIM 模型算量,将获得的算量结果与投资监理提供的该标段桩基工程预算工程量进行了对比,旨在提高工程算量精度,并结合该工程综合单价得出 BIM 工程造价,为桩基工程竣工结算提供参考与支撑(目前误差在 3% 以内)。

2. 铝合金门窗 BIM 工程量计算分析

基于设计院提供的建筑图纸,在 REVIT 软件下建立建筑模型,运用算量软件对建筑模型的门窗进行了 BIM 模型算量,将获得的算量结果与投资监理提供的铝合金门窗清单的工程量进行了对比。

3. 施工准备阶段主体建筑结构 BIM 工程量计算分析

基于设计院提供的审图图纸,在 REVIT 软件下建立建筑结构施工图初步模型,运用斯维尔算量软件对建筑结构进行 BIM 模型算量,将获得的算量结果与投资监理提供的《补充协议附件 PDF 文件》



⑦ 施工质量 BIM 云平台动态跟踪监控
⑧ 桩基竣工结算 BIM 模型及造价分析

中的工程量进行了对比。

(五) 信息平台，专题例会，提升管理质量

工程项目管理中存在的施工人员操作流程不规范、材料使用不规范、环境评估不足等问题均会影响施工质量。将 BIM 技术应用于工程项目管理，可以以构件为单位对施工需要的建筑构件、设备进行的管理。同时，BIM 提供了技术管理平台，各专业参与者可以通过 BIM 技术建立标准化施工工艺流程，避免施工人员的不规范操作。此外，在 BIM 技术的帮助下，项目参与者可以进行施工环境评估，包括对施工现场的环境、周边环境等进行模拟，从而实现事前控制、事中控制。BIM 技术在质量管理的事后控制中，可以针对已发生的质量问题快速分析原

因，并采取补救措施，形成资料集，为其他项目的质量控制提供参考。

1. 基于 BIM 的项目管理平台的应用

结合目前已有的《工程项目管理制度》，针对工程建设项目“投资、进度、质量、安全”等重要方面的管理，探索了基于 BIM 的 PM 管理模式。通过软件平台开发，实现 BIM 模型数据和 PM 管理数据的整合，形成相互之间的网状数据关联，使所有数据信息能够在系统内部顺畅地流动，功能与功能之间、系统与系统之间实现无缝融合，尤其微现场管理功能，方便平台的各级使用人员参与项目管理，实现通过移动端可以方便快捷地获取和处理项目管理任务。

表 1 铝合金门算量对比表

项目编码	项目名称	单位	数量 (原招 标清单)	投资监理算 量 (A)	BIM 算 量 (B)	工程量差值 (C=B-A)	误差率 (%) (C/A)	技术要求 疑问	分析备注
020404006001	单扇玻璃门 (包含材料、安 装费、地弹簧、拉手、地锁 及所有五金配件等)	m ²	4.2	4.2	0	-4.2	-100.00		新图无单扇 门，投资监理 暂保留
020404006002	双扇玻璃门 (包含材料、安 装费、地弹簧、拉手、地锁 及所有五金配件等)	m ²	37.62	38.25	38.25	0	0.00	若有电动移 门，应分别 列项，技术 要求请设计 落实	
020402001001	单扇铝合金平开门 (包含材 料、安装费、门锁及所有五 金配件等)	m ²	4.2	10.5	10.5	0	0.00		
020402001002	双扇铝合金平开门 (包含材 料、安装费、门锁及所有五 金配件等)	m ²	18.69	8.82	8.82	0	0.00		
合计		m ²	64.71	61.77	57.57	-4.2	-6.80		

表 2 结构梁板算量对比表

项目名称	计量单位	投资监理算量 (A)	BIM 算量 (B)	差值 (B-A)	误差率 (%)
地下室底板	m ³	2269.13	2171.64	-97.49	-4.30
地下室底板后浇带	m ³	26.65	26.48	-0.17	-0.64
地下室有梁板 C35 (抗渗等级 P8)	m ³	295.69	275.47	-20.22	-6.84
地下室有梁板 C35	m ³	897.20	848.94	-48.26	-5.38
地下室顶板后浇带	m ³	11.05	10.02	-1.03	-9.32
有梁板 C30	m ³	4122.69	4111.36	-11.33	-0.27
矩形梁 C35	m ³	19.09	18.96	-0.13	-0.68
矩形梁 C30	m ³	46.78	34.52	-12.26	-26.21
矩形梁 C30 (观光电梯)	m ³	18.89	19.73	0.84	4.45
弧形、拱形梁 C35	m ³	0.46	0.45	-0.01	-2.17
弧形、拱形梁 C30	m ³	14.64	14.86	0.22	1.50
合计	m ³	7722.27	7532.43	-189.84	-2.46



基于BIM的PM信息平台主要包含PC端、平板电脑端、安卓/IOS客户端三个部分,如图9所示。

2.BIM专项例会制度

上海市胸科医院科教综合楼项目实行每周一次BIM专项例会制度,该例会置于传统例会之前,主要基于BIM讨论研究项目上遇到的问题,并提出有效的解决方案。

四、BIM技术的推广

为更好地总结BIM技术实践经验、推广BIM技术,上海市卫生基建管理中心、上海市胸科医院、BIM咨询单位科瑞真诚和同济大学复杂工程管理研究院总结了该项目的BIM应用模式与实践案例,并于2017年9月1日出版了《BIM在医院建筑全生命周期中的应用》,并被列入同济大学出版社“复杂工程书系”的“医院建设项目管理丛书”。该书将为卫生基建项目管理领域应用BIM技术提供知识积累、技术储备和经验借鉴。

同时,为提高上海市市级医院BIM技术应用管理能力,保证BIM在建筑全生命周期的有效应用,规范市级医院BIM技术应用环境,上海市胸科医院、同济大学及项目管理单位科瑞真诚公司配合上海市卫生基建管理中心启动了《上海市市级医院BIM应用管理指南》的编写任务,并于2017年11月1日出版发行及下发执行。

五、结束语

通过近三年的应用实践,科教综合楼项目充分发挥了BIM技术在医院项目中的可视化、虚拟化、协同管理、成本和进度控制等优势,提升了工程决策、规划、设计、施工和运营的管理水平,减少了返工浪费,科学地缩短了工期,提高了工程质量和投资

效益。创新的BIM技术应用模式及阶段性成果得到了相关政府部门以及医院同行的广泛认可。

BIM既是一种工具,也是一种管理模式,在建设项目中采用BIM技术的根本目的是为了能够更好地管理项目。BIM技术也只有项目管理中“生根”,才有生存发展的空间,否则,浪费了大量的人力物力,却没有得到相应的回报,这也是国内大多数BIM工程失败的主要原因。

因此,BIM不是一场“秀”,BIM技术必须和项目管理紧密结合在一起,BIM应当成为建筑领域工程师手中的工具,并逐渐代替传统工具,实实在在地为项目管理发挥作用。

BIM技术在上海市胸科医院科教综合楼项目管理中的集成应用,带来的不仅仅是更先进、更高效的软件技术,更多的是工作方式、工作流程、管理模式的一种变革。

(编辑 吕志新)

参考文献

- [1] 张晓菲,刘翀,邹为.建设项目BIM应用的成熟度模型研究[J].建筑设计管理,2016(1):68-73.
- [2] 上海市城乡建设和管理委员会.上海市建筑信息模型技术应用指南(2015版)[J].上海建材,2015(5):5-12.
- [3] 张建忠,乐云.医院建设项目管理[M].上海:同济大学出版社,2015.
- [4] 余雷,张建忠,蒋凤昌,李永奎.BIM在医院建筑全生命周期中的应用[M].上海:同济大学出版社,2017.

张建忠

上海市卫生基建管理中心 上海 200086

余雷

上海市胸科医院 上海 200030

李永奎

同济大学 上海 200092