

IPD 模式下基于 VisiLean 的施工生产计划与控制研究

徐 莎, 苏振民

(南京工业大学经济与管理学院, 江苏南京 211816)

摘要: 为完善 IPD 模式实践应用的操作系统, 引入集成精益建造与 BIM 技术的施工生产管理系统 VisiLean, 构建 IPD 模式下基于 VisiLean 的施工生产计划与控制体系的基本框架, 并对系统框架下的操作流程进行详细的阐述, 该体系可以有效提高施工生产计划的可靠性, 维护生产流的稳定性, 对于 IPD 模式下建造流程的持续改进具有一定的指导意义。

关键词: IPD; VisiLean; 计划控制; 精益建造

中图分类号: TU 712

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695 (2017) 21-0229-05

Research on Planning and Control of Construction Production Based on VisiLean in IPD Mode

Xu Sha, Su Zhenmin

(School of Economics & Management, Nanjing University of Technology, Nanjing 211816, China)

Abstract: In order to improve the operating system of IPD, this paper introduces a production management system of construction called VisiLean, which provides integration between lean construction and BIM. The basic framework of the system for production planning and control in IPD mode is built based on VisiLean, and then the corresponding operation flow is elaborated. The system can effectively improve the reliability of the production plan and maintain the stability of the production flow, which can guide the continuous improvement of the construction process in IPD mode.

Key words: IPD; VisiLean; planning and control; lean construction

综合项目交付 (integrated project delivery, IPD) 是一种先进的项目交付模式, 可以解决传统工程项目中一直存在的各参与方分隔、信息无法共享的难题, 最大化实现项目集成管理, 提升项目的整体价值^[1]。IPD 模式的应用要素主要包括 3 个方面, 即项目组织体系、合同环境和操作系统; 传统项目交付模式 DB 重视合同关系, Partnering 重视组织结构, 但是二者均没有改变原有的操作系统^[2], 而 IPD 模式在精益建造思想的基础上不断发展, 加强了对操作系统的关注。

精益建造与建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 的集成引起了学者的重视。Rafael Sacks 等^[3]人论证了精益建造与 BIM 具有耦合性, 可以共同促进项目在寿命周期内顺利实施。徐奇升等^[4]认为精益建造与 BIM 在很多方面都有着共同的理念, BIM 可以解决精益建造实施过程中价值流难量化、信息流难掌控的问题, 而精益建造也为 BIM 提供了一个在先进框架体系下应用的方式; 他们在另一篇文献中进一步阐述了两者的集成运用可以有

效促进 IPD 模式的应用^[5]。此外, 包剑剑等^[6]还认为相比单独运用精益建造或 BIM, 在 IPD 模式下基于 BIM 实施精益建造体系所带来的价值会更大, 故构建了基于 BIM 的精益建造实施模式“IPD 屋”。但是, 现有研究都只是从理论层面对 IPD 模式的操作系统进行改进, 对操作方案的研究尚不够具体和全面。Bhargav Dave 等^[7]人将精益工作流与 BIM 进行整合, 开发了 VisiLean 系统软件, 并通过案例验证了该系统的有效性以及精益建造与 BIM 集成对于生产管理的巨大作用, 因此本文将该系统应用于 IPD 模式中, 构建了 IPD 模式下基于 VisiLean 的施工生产计划与控制体系。由于 Bhargav Dave 等人对于流程稳定性与团队协作两者关系的研究不够深入, 故 VisiLean 系统不能有效地解决工程项目中信息分割的问题, 而 IPD 模式的应用便为 VisiLean 系统提供了团结一致的组织环境, 提升了 VisiLean 的应用效果。总的来说, VisiLean 可以为 IPD 模式提供较为完善的操作系统, 与此同时 IPD 模式也为 VisiLean 改善了运行环境, 两者的结合将有助于进

一步实现项目的价值最大化以及建筑工程的整体化。

1 VisiLean 系统结构及特征

1.1 VisiLean 系统结构

Bhargav Dave 及其研究团队^[8]利用 BIM 作为可视化平台开发了精益生产管理系统 VisiLean，旨在借助精益建造的重要工具——最后计划者体系^[9]（last planner system，LPS）来制定生产计划与控制 workflow，并实现过程和产品的同步可视化，从而提高施工生产过程的效率。

VisiLean 系统主要包括 3 个部分（红色 / 虚线箭头），如图 1 所示，即现场生产管理“Apps”、主要生产管理系统和其他外部系统，系统支持不同的终端用户应用程序，以支持各参与方在分布式环境中更好地协作。主要生产管理系统是 VisiLean 系统的核心，将 BIM 产品模型与计划和进度界面进行了集成，并且提供项目管理界面涵盖了与项目生产管理相关的全部信息，可以实现良好的约束管理，促进社会协作和知识管理。VisiLean 系统还具有 IOS 和 Android 应用程序，故施工现场人员可以借助电子设备通过现场生产管理“Apps”获取工作任务安排和设计信息，并及时反馈施工现场的过程信息，系统后台则会将上传的信息更新到主要生产管理系统中去，以便管理人员对施工现场生产进行更好地掌控。而外部系统中的各个组成部分通过 web service 与主要生产管理系统进行连接，丰富和完善了主要生产管理系统中的各项信息来源，使管理信息实时化、准确化，有助于进一步实现管理信息化。

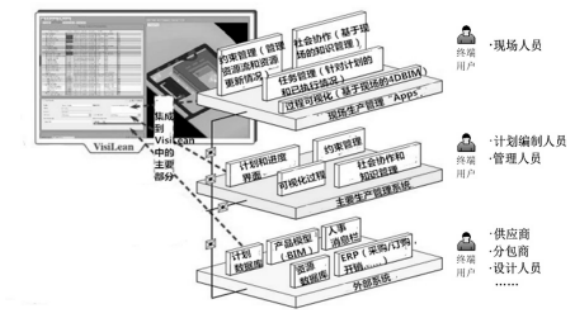


图 1 VisiLean 系统结构图^[10]

1.2 VisiLean 特征

（1）支持 LPS 计划 workflow。VisiLean 系统采用了“拉”式流程设计，为 LPS 中的阶段计划、前瞻计划和周计划阶段均提供了计划编制界面，且提供了特有的约束分析和功能，能高效地实现对资源的合理配置，使得项目团队成员能够根据实际的工作情况，并经过协同工作的协商和沟通做出决策，

使最后计划的可靠性大大提高。

（2）过程和产品的整合。VisiLean 系统涵盖了生产计划过程（LPS 工作流）和 BIM 模型，并且将计划中的任务与 BIM 模型中对应元素进行了一对一的映射。这样在计划和执行过程中，便可以从单个集成的界面中获取生产过程中最完整和最新的信息。

（3）生产中的可视化管理。VisiLean 系统以一种可视化方式直接为精益建造 workflow 提供了界面。它建立在可视化管理原则的基础之上，如 Kanban^[10]。计划任务的视觉呈现以及 BIM 窗口（均使用颜色分配）有助于提高项目进度中任意一个时点所对应生产的可视化。

2 IPD 模式下基于 VisiLean 的施工生产计划与控制系统的基本框架

IPD 是项目集成交付的简称，2007 年美国建筑师学会 AIA 将其定义为：使人员、系统、业务和实践整合到一个流程中，所有参与者充分利用智慧和实践经验，在项目全寿命周期优化、改善建造流程，通过减少浪费为项目增加价值，最大限度地提高项目整体效率与价值^[11]。IPD 模式下的施工生产计划与控制系统应当包含 4 个要素，即合同策略、组织策略、信息管理和计划控制方法^[12]，合同策略和组织策略可以将业务结构和人员进行集成，而信息管理与计划控制方法的有机融合又共同构成了完整的操作系统，从而进一步实现了与实践的集成。根据 VisiLean 系统在 IPD 组织和合同环境下可以实现的各项功能，构建了 IPD 模式下基于 VisiLean 的施工生产计划与控制系统的基本框架，如图 2 所示。

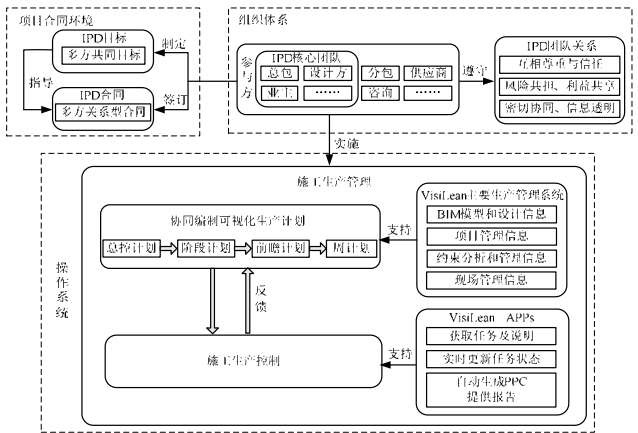


图 2 IPD 模式下基于 VisiLean 的施工生产计划与控制系统的基本框架

VisiLean 系统在精益建造和 BIM 技术的基础上实现和改善了 IPD 模式下的建造流程，该系统在施工生产计划和控制中的应用方法具体包括以下几个方面：

(1) 项目管理。施工生产管理是一个信息密集的过程,为了生产流的顺利进行需要大量的信息。VisiLean 中的项目管理部分涵盖了与项目生产管理相关的全部信息,主要包括人员、材料、机械设备、作业空间、前置工作和其他条件等详细信息,是后续各项工作的基础。而在 IPD 模式下,更能保障信息的全面、透明和实时化。

(2) 约束分析和计划。VisiLean 系统可以对每项任务进行分析并为之添加约束,利用资源可用性情况为计划的编制工作提供支持。此外,VisiLean 中还内置了独特的资源冲突检测功能,可以识别资源之间的冲突(即资源是否同时被分配给了多项任务),进而可以更高效地实现对资源的合理配置。

(3) 协同编制可视化生产计划。借助 VisiLean 系统,可以通过施工现场的投影屏幕或大型电视获取 BIM 模型和进度计划的同步可视化展示,让各工作团队就彼此之间的生产关系和各自的任务可完成情况进行讨论。同时在 IPD 组织环境的保障下,各方会切实从项目的整体利益出发,促进协同计划的开展,消除计划过程中所产生的协调浪费。

(4) 指导施工和反馈状态。利用 VisiLean APP,工人可以很容易地获取最新的任务信息、相关任务情况和与任务相关的所有说明。他们还可以

从现场更新任务状态,确保整个团队始终掌握准确、实时的生产状态,在执行和规划过程中消除任何的延迟(若没有移动设备,也可以通过在现场安置 Kanban 支持此项功能)。

(5) 提供报告。VisiLean 能一直出示最新的报告,自动化提供计划完成百分比 PPC,并让现场工作人员总结任务未完成原因通过 VisiLean APP 进行反馈;此外,还能将中止和延迟的任务展示出来。利用 VisiLean 系统的此项功能,便能发现施工过程中出现的问题,及时开展纠偏工作,保证计划的顺利进行,同时也可以很好地为以后的工作提供经验。

3 IPD 模式下基于 VisiLean 的施工生产计划与控制流程

VisiLean 系统为 IPD 模式下的施工生产计划与控制管理工作提供了结构与框架支持,而要将其切实应用到施工生产的计划编制和日常生产的控制管理中,则还需将其深化和展开为明确、详细的流程。基于 VisiLean 的施工生产计划与控制管理工作遵循 LPS 计划与控制体系(见表 1),共分为主控计划、阶段计划、前瞻计划、周计划和日常生产控制 5 个层面。

表 1 LPS 计划与控制体系^[13]

序号	名称	层面	内容	时间	参与者
1	主控计划	项目	①整个项目计划 ②里程碑事件	长期	业主 施工单位
2	阶段计划	阶段	①确定关键工作 ②编制进度计划 ③编制生产能力计划	一季度	业主 施工单位 监理单位
3	前瞻计划	工作	①确定工作顺序和工作包大小 ②约束分析(人工、材料、机械)	3~12 周	施工单位 监理单位
4	周计划	周	①确定该阶段内的工作量、工作顺序和持续时间 ②约束分析(位置,其他情况)	1 周	施工单位 供应商
5	日常生产控制	每天	①反馈任务完成情况 ②检查任务完成情况	每天	业主 施工单位 设计单位 监理单位 供应商

3.1 主控计划阶段的运行步骤

主控计划阶段是整个施工生产计划与控制流程的开始,该阶段的重点是确定整个工程的项目和里程碑事件。首先计划编制人员从 BIM 模型中查询工程设计信息,采用传统的计划编制方法编制初步的主控计划,再将其导入 BIM 模型中进行模拟验证,发现并解决问题,形成最终的主控计划方案。而利用 VisiLean 系统可以很容易地从另一个系统,如 MS Project 将现有计划导入 VisiLean 中。导入的计划将保存所有任务依赖和位置信息,而进度追踪不仅能更新周计划或前瞻计划,同时也可以更新主控计划,

准确呈现项目的进展情况,从而可以对项目进行全局性的掌控。本阶段运行步骤如图 3 所示。

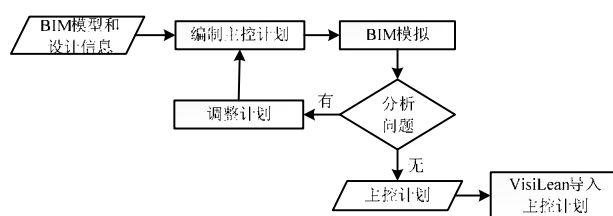


图 3 主控计划阶段的运行步骤

3.2 阶段计划阶段的运行步骤

阶段计划的目的是让整个项目团队进行集中决策，对未来一段时间内的整体项目顺序达成一致意见。施工单位可以借助 VisiLean 系统将项目的整体结构定义为任意级别的活动，利用 WBS 分解按照项目→分部分项工程→任务→工作的顺序（在定义活动的过程中，依次为各级别的活动添加属性，即名称、

详细信息、开始时间、计划完成时间、优先级情况、责任人等），以可交付结算为导向，最终输出可视化的工作任务计划（与 BIM 对应元素建立关系），并建立工作之间的紧前紧后关系，同时为各项工作添加“资源约束”，利用不同的颜色对工作的约束解除情况进行可视化展示。整个阶段的运行步骤如图 4 所示。

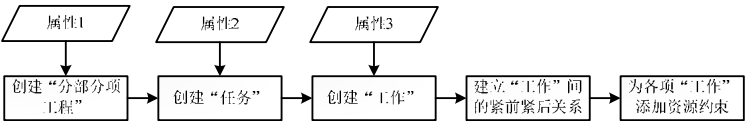


图 4 阶段计划阶段的运行步骤

3.3 前瞻计划阶段的运行步骤

前瞻计划的目的是针对“准备就绪”的任务建立工作包（WBS 分解最低层次的项目可交付成果）。VisiLean 的前瞻计划阶段可以将工作任务从阶段计划中以日期为条件“拉”出来，以形成前瞻计划中的工作。该计划阶段是一个高度协同的过程，所有相关参与方都需要参加前瞻会议，借助 VisiLean 系统通过施工现场的投影屏幕获取 BIM 模型和进度计划的同步可视化展示，对现有工作任务进行分析，明确所有主要约束，并为约束的解除分配责任人/组织，以确保约束能被及时解除。同时记录前瞻计划窗口中移除的任务，这些任务将被移回阶段计划中进行重新调度。前瞻计划阶段的运行步骤如图 5 所示。

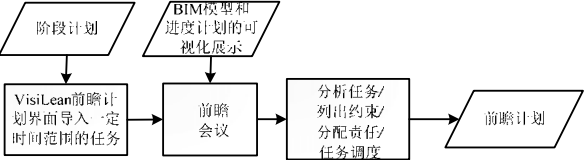


图 5 前瞻计划阶段的运行步骤

3.4 周计划阶段的运行步骤

周计划阶段的目的是选择下一周将要执行的任务。已解除约束的任务会从前瞻计划中的“释放到周计划”按钮引入。在周计划会议中，VisiLean 协调器会检查每个分包商的任务，以确保参与各方对顺序满意，并做出相应的承诺，而 BIM 窗口可以直观地显示每个任务的状态，有助于实现计划任务顺序的可视化。此外，项目经理或组织决策将设定任务的优先级情况，最终确定下一周的任务计划。

3.5 日常生产控制的运行步骤

日常生产控制本质上就是生产计划的实施和现场信息的反馈工作。这部分内容主要以看板情境（与 VisiLean 类似的系统 KanBIM 也具有此项功能，但缺少对 LPS 中阶段计划和前瞻计划的有力支持）对日常生产控制流程进行介绍，即使工人层面无法接触到智能设备，用于与图像识别引擎结合的固定摄像机，也可以被用来跟踪生产状况和更新 VisiLean，具体运行步骤如图 6 所示。最后根据任务的完成情况，VisiLean 会自动化提供计划完成百分比 PPC，对周计划进行反馈。

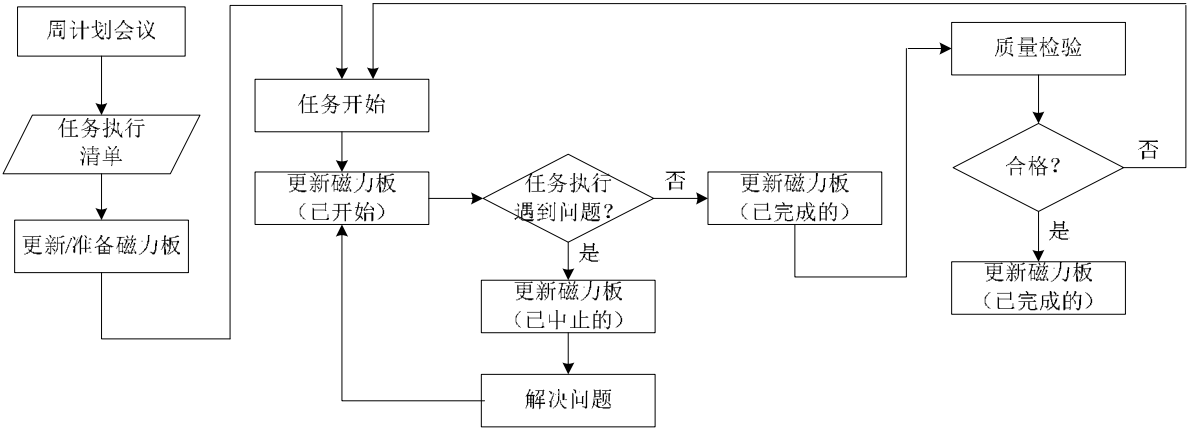


图 6 日常生产控制的运行步骤

4 基于 VisiLean 的施工生产计划与控制体系优势分析

提高了施工生产计划的可靠性。VisiLean 系统从 4 个方面提高了施工生产计划的可靠性。第一, 采用了 LPS 计划与控制管理工具, 通过“拉”式流程设计和多级交互式计划与控制方法, 确保所计划任务在实施之前, 必要的前提条件都已具备, 从而可以完全按照计划有序地执行。第二, 涵盖了高效集成的项目管理信息, IPD 模式下的参与各方都可通过 VisiLean 的项目管理功能实现对项目资源流和信息流的及时更新和管理, 而工作流的实现在很大程度上取决于资源流和信息流, 同时资源流和信息流的改进也会依赖于工作流的完成。第三, 可视化提高了计划编制的协同程度, 借助 VisiLean 所提供的可视化的计划呈现和 BIM 模型, 加强了彼此之间的沟通与理解, 可以有效促进协同计划的开展。第四, 具备持续动态适应性, 随着情况的不断变化可以及时地对各级计划进行动态的联动调整, 稳固对项目生产计划的全局性掌控。

维护了生产流的稳定性。VisiLean 系统从 4 个方面维护了生产流的稳定性。第一, 工人可以获取及时详细的工作指导, 根据 VisiLeanApp 或看板, 工人可以很容易地获取最新任务信息及详细说明, 帮助工人对于施工工序的理解以及对施工重难点的把握, 有助于提高施工效率, 减少返工和质量、安全问题。第二, 工人可以从现场更新任务状态, 确保整个团队始终掌握最新的生产状态, 实现对生产流的实时监控。第三, VisiLean 系统能一直出示最新的 PPC 报告, 可以及时发现问题并进行纠偏, 保证计划的顺利进行。第四, 责任的有效追溯, VisiLean 系统对于每项任务的完成及每项约束的解除都分配了明确的责任人, 而依据 VisiLean 中详细的建造过程信息, 便可以评价各单位生产计划执行情况、追究计划执行失败责任, 从而促进各责任人更高效地完成任务。

5 结语

IPD 是项目交付模式的一种发展趋势, 目前已成为全球建筑业发展的主流方向。为了提高 IPD 模式的实践应用程度, 本文引入了集成精益建造与

BIM 技术的施工生产管理系统 VisiLean, 以改善 IPD 模式下的操作系统, 满足 IPD 模式下进度管理的需求; 与此同时, IPD 模式也优化了 VisiLean 的运行环境, 提升了 VisiLean 的应用效果。在 IPD 模式下运用 VisiLean 系统将有助于解决建筑业生产效率低下、过程稳定性差、资源浪费严重等问题, 促进建筑行业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 吕鹏. 建设工程项目 IPD 模式风险分担管理研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2014
- [2] HOWELL G, LICHTIG W. Special report[EB/OL]. (2010-09-21) [2016-12-20]. <http://www.leanconstruction.org/>
- [3] SACKS R, KOSKELA L, DAVE B A, et al. Interaction of lean and building information modeling in construction [J]. Construction Engineering Management, 2010, 134 (9): 968-981
- [4] 徐奇升, 苏振民, 王先华. 基于 BIM 的精益建造关键技术集成实现与优势分析 [J]. 科技管理研究, 2012 (7): 104-108
- [5] 徐奇升, 苏振民, 金少军. IPD 模式下精益建造关键技术与 BIM 的集成应用 [J]. 建筑经济, 2012 (5): 90-93
- [6] 包剑剑, 苏振民, 王先华. IPD 模式下基于 BIM 的精益建造实施研究 [J]. 科技管理研究, 2013 (3): 219-223
- [7] DAVE B, BODDY S, KOSKELA L. Challenges and opportunities in implementing lean and BIM on an infrastructure project [J]. Proceedings IGLC-21, 2013 (23): 741-750
- [8] DAVE B A. Developing a construction management system based on lean construction and building information modelling [D]. Salford: University of Salford, 2013
- [9] BALLARD G. The last planner [C]. Monterey: Northern California Construction Institute, 1994
- [10] DAVE B, KUBLER S, KOSKELA L. Opportunities for enhanced lean construction management using internet of things standards [J]. Automation in Construction, 2016 (61): 86-97
- [11] TEZEL B A. Visual management: an exploration of the concept and its implementation in construction [D]. Salford: University of Salford, 2011
- [12] The American Institute of Architects, AIA California Council. Integrated project delivery: a guide [M]. California: TAI O Architects, 2007
- [13] 张校伟. 基于综合项交付的进度管理优化设计研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2012
- [14] 郭玉莹, 苏振民. IPD 模式下基于 Kan BIM 的项目信息协同管理研究 [J]. 施工技术, 2016 (18): 58-62

作者简介: 徐莎 (1992—), 女, 江苏泰州人, 硕士研究生, 主要研究方向为工程项目管理; 苏振民 (1958—), 男, 海南儋州人, 教授, 主要研究方向为工程项目管理、精益建造、工程评价与决策。