

# 基于 BIM 的 IPD 协同工作模型与信息利用框架

马智亮, 张东东, 马健坤

(清华大学 土木水利学院, 北京 100084)

**摘要:** 为更好地支持集成项目交付(IPD)项目的实施, 研制基于建筑信息模型(BIM)的 IPD 协同工作平台。作为基础, 本文广泛收集了国外公开的 IPD 项目案例, 基于这些案例归纳 IPD 项目实施过程中体现的具体特征, 并在此基础上建立 IPD 协同工作模型。基于该模型, 通过分析 IPD 项目实施过程中与信息利用相关的角色、活动、信息等要素, 建立基于 BIM 的 IPD 项目信息利用框架, 为研制基于 BIM 的 IPD 协同工作平台奠定基础。

**关键词:** 集成项目交付(IPD); 协同工作; 建筑信息模型(BIM); 信息利用

**中图分类号:** TU311.41

**文献标志码:** A

## BIM-based Collaborative Work Model and Information Utilization Framework for IPD Projects

MA Zhiliang, ZHANG Dongdong, MA Jiankun

(School of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** To support integrated project delivery (IPD) projects, this research aims at developing a collaborative work platform. Based on a literature review of IPD cases, specific characteristics of IPD projects are summarized and a collaborative work model is established to reflect the implementation process of IPD projects. With the model, the information utilization mechanism for IPD projects is analyzed and a building information modeling (BIM)-based framework for information utilization serving IPD projects is established, which lays a sound foundation for the development of BIM-based collaborative work platform supporting IPD projects.

**Key words:** integrated project delivery (IPD); collaborative work; building information modeling (BIM); information utilization

集成项目交付(IPD)是一种新兴的项目交付模式。美国建筑师协会(AIA)的标准化文件将 IPD 定义为: 将人员、系统、商业结构和实践集成在一个过程之中, 以合作的方式充分利用每个项目参与方的知识和远见, 达到优化项目执行结果, 提升项目对于业主的价值, 在制造和建造等项目实施各个阶段中减小浪费和提高效率的目的<sup>[1]</sup>。

相比于传统项目交付模式, 在 IPD 模式中, 各参与方在 IPD 合同的约束与激励下, 以项目整体利益最大化为目标, 充分交流、密切协作。在执行效果上, IPD 模式可提升项目价值, 大大减少各类风险(如专业间冲突、返工、变更等)出现的可能性, 有力地保证项目目标的实现。根据 2010 年美国学者进行的一项研究, 在其调查的 IPD 项目中, 70.3% 的项目实现了成本节约, 59.4% 的项目成功缩短了工期<sup>[2]</sup>。尤其对大型、复杂项目, IPD 模式的优势较为明显。

IPD 模式在执行过程中表现出区别于传统项目交付模式的基本特征已经被一些研究者和组织所总结。AIA 概括了 IPD 项目的基本特征包括: 参与方之间相互尊重与信任、分担风险与分享收益、以合作的方式创新、以合作的方式制定决策、尽早确定并发展共同的项目目标、强化项目的计划、公开财务、坦诚地进行沟通交流、使用强大有力的技术工具、建立适宜的组织机构和领导关系、项目参与方尽早参与、多参与方共同签订合同、放弃部分法律权力<sup>[1]</sup>。荷兰的 Volker 等<sup>[3]</sup>、美国的 Leicht 等<sup>[4]</sup> 和 Motiar 等<sup>[5]</sup>、中国香港的 Dey<sup>[6]</sup>、中国的徐韞玺等<sup>[7]</sup> 学者也在自己的研究中确认 IPD 项目应该完全具有或者部分具有上述特征。上述基本特征是理论上 IPD 项目都应该具备的, 但都比较抽象、概念化, 难以把握。因此, 有必要通过对实际案例的分析, 归纳 IPD 项目实施过程的具体特征。

IPD 的“集成”特性要求将各参与方的资源进行集成,而“信息”与“知识经验”是其中最需要进行集成的重要资源.对于建筑工程项目,建筑信息模型(BIM)是实现“信息”集成的有力手段,而协同工作是实现“知识经验”集成的重要途径.因此,基于 BIM 的协同工作平台对于 IPD 项目的顺利实施具有十分重要的意义.到目前为止,有关基于 BIM 的协同工作平台的研究较多. Faraj 等<sup>[8]</sup>建立了一个基于工业基础类(IFC)的模型服务器 WISPER 以支持 BIM 数据交换. Rosenman 等<sup>[9]</sup>研制了一个虚拟协同环境,通过将各专业间的 BIM 元素进行连接,实现各专业 BIM 信息的集成. Chen 等<sup>[10]</sup>研制了基于 IFC 的 BIM 数据服务器,以支持建筑师与结构工程师基于万维网进行协同设计.目前,部分商用协同工作平台,如 Buzzsaw<sup>[11]</sup>, A-site<sup>[12]</sup>, 4Projects<sup>[13]</sup>, Onuma<sup>[14]</sup>等开始支持 BIM,但这些平台对 BIM 的支持水平较低,仅限于 BIM 文件的管理与模型的可视化.在 IPD 项目中,协同工作流程、控制机制、评价机制尤为重要,而上述协同工作平台尚不能较好地支持这些需求.

本文拟研制专门针对 IPD 项目的、基于 BIM 的协同工作平台.为此,广泛收集国外的 IPD 项目案例进行分析,对 IPD 项目实施过程的具体特征进行归纳,形成反映各特征及相关要素有机联系的 IPD 协同工作模型,以便对 IPD 项目的协同工作过程进行全面的理解.在此基础上,通过对相关要素的分析,建立基于 BIM 的 IPD 项目信息利用框架,以便为基于 BIM 的 IPD 协同工作平台的研制奠定基础.

## 1 IPD 项目案例分析

作为基于 BIM 的 IPD 协同工作平台研制的开端,本文以案例调研的方式对 IPD 项目实施过程的具体特征进行归纳.

### 1.1 案例基本情况

为了使归纳结果准确可靠,需要尽可能多地收集 IPD 项目的案例.为此,本文通过查阅有关官方网址、检索相关文献等方式进行了广泛的文献收集,最终获得了 22 个较为完整的 IPD 项目案例.这些案例的基本情况如表 1 所示.

表 1 本文所使用的 IPD 项目案例基本情况

Tab.1 The information about IPD project cases in the paper

| 编号 | 项目名称  | 项目类型  | 项目预算/<br>万美元 | 项目规模/<br>km <sup>2</sup> | 项目实施<br>时间 | 来源                              |
|----|---|-------|--------------|--------------------------|------------|---------------------------------|
| 1  | Sutter Medical Center, Castro Valley                        | 新建    | 32 000       | 未说明                      | 2007—2011  | BIM 手册 <sup>[15]</sup>          |
| 2  | Cathedral Hill Hospital                                     | 新建    | 100 000      | 80.00                    | 2005—2010  | AIA IPD 案例 2011 <sup>[16]</sup> |
| 3  | Edith Green Wendell Wyatt Federal Building                  | 翻修    | 12 000       | 50.00                    | 2006—2010  | AIA IPD 案例 2011 <sup>[16]</sup> |
| 4  | Mercy Health Partners Facility                              | 翻修    | 1 900        | 8.40                     | 2009—2011  | AIA IPD 案例 2011 <sup>[16]</sup> |
| 5  | Lawrence & Schiller Interior Office                         | 翻修    | 50           | 0.65                     | 2010—2011  | AIA IPD 案例 2011 <sup>[16]</sup> |
| 6  | Spaw Glass Austin Regional Office                           | 翻修    | 280          | 1.40                     | 2010—2011  | AIA IPD 案例 2011 <sup>[16]</sup> |
| 7  | Autodesk Inc. AEC Solutions Division Head Quarters          | 翻修    | 1 300        | 5.10                     | 2008—2009  | AIA IPD 案例 2010 <sup>[16]</sup> |
| 8  | Sutter Health Fairfield Medical Office                      | 新建    | 2 000        | 6.50                     | 2005—2007  | AIA IPD 案例 2010 <sup>[16]</sup> |
| 9  | SSM Cardinal Glennon Children's Medical Center Surgery      | 新建    | 4 700        | 13.00                    | 2005—2007  | AIA IPD 案例 2010 <sup>[16]</sup> |
| 10 | SSM St. Clare Health Center                                 | 新建    | 15 000       | 40.00                    | 2005—2009  | AIA IPD 案例 2010 <sup>[16]</sup> |
| 11 | Encircle Health Center                                      | 新建    | 3 700        | 15.00                    | 2006—2009  | AIA IPD 案例 2010 <sup>[16]</sup> |
| 12 | Walter Cronkite School of Journalism and Mass Communication | 新建    | 7 100        | 21.00                    | 2006—2008  | AIA IPD 案例 2010 <sup>[16]</sup> |
| 13 | Eden Core   | 新建    | 1 300        | 未说明                      | 2003—2005  | 文献 <sup>[17]</sup>              |
| 14 | Children's Hospital, Bellevue, WA                           | 新建    | 未说明          | 未说明                      | 2009       | 文献 <sup>[18]</sup>              |
| 15 | Los Padriños Juvenile Hall                                  | 扩建    | 2 900        | 3.40                     | 未说明        | 文献 <sup>[19]</sup>              |
| 16 | Pomona Hospital   | 新建    | 未说明          | 5.10                     | 未说明        | 文献 <sup>[19]</sup>              |
| 17 | Autodesk One Market   | 翻修    | 1 000        | 3.70                     | 未说明        | 文献 <sup>[19]</sup>              |
| 18 | Brigham Young University                                    | 新建    | 1 500        | 未说明                      | 未说明        | 文献 <sup>[19]</sup>              |
| 19 | Grant Jonit Union High School                               | 新建    | 15 000       | 未说明                      | 未说明        | 文献 <sup>[19]</sup>              |
| 20 | West Los Angeles College                                    | 新建    | 未说明          | 3.50                     | 2004—2005  | 文献 <sup>[19]</sup>              |
| 21 | Sutter Medical Center Sacramento                            | 翻修、新建 | 72 400       | 未说明                      | 2003—2011  | 文献 <sup>[19]</sup>              |
| 22 | a dining center at a residence hall on a university campus  | 翻修    | 1 170        | 未说明                      | 2012—      | 文献 <sup>[20]</sup>              |

这些案例来源权威,在规模上涵盖大型、中型、小型工程,在工程类型上主要涵盖翻修、新建两种类型,在功能上涵盖办公楼、学校、医院、展馆等常见建筑,涵盖范围广,具有代表性。可见,在此基础上进行归纳得出的结果可靠、具有代表性。

## 1.2 IPD项目实施过程具体特征

基于IPD的定义,结合上述IPD项目的基本特

征,本文从IPD项目的目标、合同、团队关系、管理手段、技术手段五个方面出发,归纳IPD项目实施过程的具体特征,并针对上述IPD项目案例进行了统计,其结果如表2所示。以下给出目标、合同、团队关系、管理手段、技术手段五个方面的简要描述:

### 1.2.1 目标

在IPD项目实施之前,业主、设计方、总包、分包

表2 IPD项目案例特征统计表

Tab.2 The summary sheet of characteristics of the IPD project cases

| 指标   | 具体特征          | 案例编号 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 比例/%  |
|------|---------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
|      |               | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |       |
| 目标   | 各方共同制定目标      | √    | √ | √ | √ | √ |   | √ | √ |   | √  |    | √  | √  | √  |    | √  |    |    |    |    | √  |    | 54.5  |
| 合同   | 多方共同签订关系型合同   | √    | √ | √ | √ | √ |   | √ | √ | √ | √  | √  |    | √  | √  | √  |    | √  |    |    |    | √  | √  | 72.7  |
| 团队关系 | 风险共担、利益共享     | √    | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ |   | √  | √  |    | √  | √  |    | √  | √  |    |    |    | √  | √  | 72.7  |
|      | 密切协同、信息透明     | √    | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | 100.0 |
|      | 民主平等          | √    | √ | √ | √ | √ | √ |   |   | √ | √  | √  | √  |    |    | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | 81.8  |
| 管理手段 | 公开财务          | √    | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | 100.0 |
|      | 各参与方早期介入      | √    | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  |    | √  | √  |    | √  | 90.9  |
|      | 统一工作地点        | √    | √ | √ |   |   |   |   |   | √ | √  |    | √  |    |    |    | √  | √  |    |    | √  | √  |    | 45.5  |
|      | 强化会议制度        | √    | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √ | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | 100.0 |
|      | 未位计划系统        | √    | √ |   | √ |   | √ | √ | √ |   | √  |    |    | √  | √  |    |    |    |    |    | √  |    | √  | 50.0  |
|      | 目标价值设计        | √    | √ | √ | √ |   | √ |   |   |   |    |    |    |    | √  |    | √  |    |    |    | √  | √  | √  | 45.5  |
| 技术手段 | 基于BIM的设计软件    | √    | √ | √ | √ |   | √ | √ | √ |   |    | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  |    | √  | √  |    | 77.3  |
|      | 基于BIM的各专业数据交换 | √    | √ | √ | √ |   |   | √ | √ |   |    | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  | √  |    | √  | √  |    | 72.7  |
|      | 基于模型的计价软件     | √    |   | √ |   |   |   | √ |   |   |    |    | √  |    | √  |    |    |    |    |    |    |    |    | 22.7  |
|      | 网络交流平台        | √    | √ |   | √ |   |   |   |   | √ | √  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | √  |    | 27.3  |
|      | 数据中心          | √    | √ |   |   |   | √ | √ | √ |   |    | √  | √  |    |    |    |    |    | √  |    | √  |    |    | 40.9  |

注:√表示项目具备该特征。

等共同制定项目的造价、工期、质量等目标。与传统项目交付模式相比,目标制定者并非只有业主,施工方、设计方、关键分包等在目标制定过程中也发挥了重要作用,从而使其更符合各参与方的能力与利益。在案例中,54.5%的项目目标由多方共同制定。在这些项目中,各参与方对目标的执行也更加严格,项目的目标绝大多数能够完全实现。反之,在其余案例中,目标由业主单独制定,导致其中部分项目的目标执行过程出现问题。例如,案例15,18,19出现了设计变更增多的问题,案例17出现了参与方要求业主修改目标的情况,这些问题阻碍了IPD项目的实施。

### 1.2.2 合同

传统的项目合同架构鼓励各参与方关注自身利益而忽视项目整体利益,使整体效率降低,参与方之间分歧增多<sup>[21]</sup>。而在IPD项目实施过程中,核心参与方(业主、设计方、总包)共同签订多方关系型合同。其中,该合同由多方共同签订保证各参与方对项目的成本、工期等担负共同责任,成为风险共担、利

益共享的共同体。同时,该合同具有关系型合同的特点,与传统的事务性合同相比,更多地关注项目实施过程,而非只关注项目最终结果。该合同可对项目实施过程中各方的权利、义务进行详细规定,保证IPD项目的执行过程有据可依。

目前比较常用的IPD项目交付模式的标准合同范本包括AIA C195<sup>[22]</sup>, AIA C191<sup>[23]</sup>和ConsensusDocs300<sup>[24]</sup>等。在案例中,72.7%的项目使用了上述合同范本。27.3%的项目限于当地法律、各参与方习惯、工期限制等因素,采用了传统的合同。在此类项目中,项目的执行过程、利益分配机制由管理团队来规定。此方式不具备法律上的强制性,适于具有长期合作关系的IPD项目团队。

### 1.2.3 团队关系

IPD以“集成”这一核心理念为指导,集成不同参与方的人员、信息、知识等资源为项目整体利益服务,从而促使项目实现最优结果。要实现这一集成,首先需将参与方个体利益与项目整体利益绑定,驱

动各参与方为项目整体利益服务。在案例中,72.7%的项目通过合同约定、管理规定等方式,建立收益池(profit pool)、意外开支基金(contingency fund)等分配制度。

在此利益分配方式驱动下,各参与方“密切协同、信息透明”,共同服务于项目整体利益,这是IPD项目得以顺利实施的根本前提。在案例中,几乎所有的项目描述都对这一原则进行了强调,且该原则在项目实施的每一个环节均有体现。

针对IPD项目的新特点,传统的自上而下的领导方式已不适用于其管理模式。在案例中,81.8%的项目吸收各参与方代表组成的管理委员会,各参与方平等地参与决策。该委员会在进行项目管理、重大决策、纠纷处理时,有效地吸收各方知识,平衡各方利益,使做出的决策更加优化,各方间的利益冲突得到有效化解。同时,该方式大大提高了各参与方为项目整体利益服务的积极性。

#### 1.2.4 管理手段

与传统的项目交付模式相比,IPD项目各参与方需进行更密切的协同工作、更频繁的信息交流与更严格的进度、造价、质量控制。为实现这些目标,在案例中,一些先进的管理手段被运用,以提高IPD项目的管理水平,主要包括以下三个方面:

##### (1)公开财务

IPD项目合同使得各参与方成为风险共担、利益共享的共同体,这客观上要求各参与方做到财务公开。同时,只有公开财务,避免隐藏支出,才能减少工程造价超出项目造价目标的风险。在案例中,所有IPD项目的各参与方均将自身的财务状况进行了公开。

##### (2)各参与方协同工作

IPD项目中,自项目开始起,每一项决策、设计工作均由各参与方共同协作完成。各参与方的交流频率、深度较传统模式大大提高,提高交流效率对IPD项目的实施至关重要。在案例中,各参与方的协同工作通过以下三种方式实现:①各参与方早期介入。IPD项目要求项目关键参与方(业主、设计方、总包、关键分包等)尽早地参与到项目中。在项目实施的全过程中,各参与方将自身的知识与经验运用到工程项目的各项工作中,减少错误发生的几率,提高项目效率。在案例中,90.9%的项目采用了这一管理手段。与传统项目交付模式相比,这些项目的变更、返工等情况的数量大大减少。②统一工作地点。在案例中,45.5%的项目各参与方在同一办公地点进

行工作,交流以面对面的方式进行。为提高交流效率,部分项目还建立了专门的交流场所<sup>[15]</sup>,该场所提供多媒体设备、专业软件、黑板等条件,各参与方利用这些条件进行高效交流。③强化会议制度。与传统项目交付模式不同,对于IPD项目,会议不仅是决策、协调的场所,也是各类日常工作进行的主要场所。在所调研的所有IPD项目中,会议的频率更高(至少每天一次),参加会议的参与方更全。各参与方在各类会议上进行设计、计划、协调、决策等工作,可以做到发现问题后及时协调、及时解决。

##### (3)应用精益建造管理方法

IPD项目中,多专业之间密切的协同工作使项目的精细化管理成为可能。在案例中,大多数项目团队在不同程度上应用了精益建造管理方法,以提高工作效率。其中,末位计划系统(last planner system, LPS)<sup>[25]</sup>与目标价值设计(target value design, TVD)<sup>[26]</sup>得到了较广泛的应用,其应用比例分别为50.0%与45.5%。

#### 1.2.5 技术手段

在理论上,IPD作为一个工程管理概念,如果脱离各类信息技术手段,单纯通过前述合同约束、组织原则、管理手段等也可实现,但实施难度大,效果不理想。特别是,IPD项目的信息、知识等资源的集成都需要各类信息技术的支撑,信息技术在IPD项目中扮演着极为重要的角色。因此,本文将IPD项目中涉及的信息技术手段也作为IPD项目的特征进行了统计。在所调研的案例中,所有IPD项目均在不同程度上使用了各类信息技术,主要包括以下五个方面:

##### (1)基于BIM的设计软件

与传统的二维图纸相比,BIM模型可更直观、详细地展示建筑信息,使多参与方可方便地讨论某专业设计结果,实现IPD项目各参与方间的密切协同。在案例中,77.3%的项目采用了基于BIM的设计软件。

##### (2)BIM的各专业数据交换

在IPD项目实施过程中,为配合各专业人员间的密切交流与协同,各专业软件间需进行频繁的信息交换及整合。为此,应使用支持开放数据格式(如IFC格式)的专业软件,以保证信息流动的畅通。在案例中,72.7%的项目在不同程度上实现了这一点。

##### (3)基于模型的计价软件

目标价值设计要求造价计算具有很高的效率与准确性,以便及时为设计提供准确的工程造价计算

结果作为参考.因此,使用自动或半自动的基于模型的计价软件进行工程造价计算是非常必要的.在案例中,22.7%的项目应用了基于模型的计价软件.

#### (4)网络交流平台

在IPD项目中,各专业人员需进行频繁的讨论与交流.对于小型IPD项目,面对面交流、例会等方式可以满足交流需求.但对于大型IPD项目,由于参与人员众多且位置分散,为满足交流需求,网络交流平台必不可少.利用该平台,用户可进行视频会议、BIM模型同步浏览、文件传递等操作,实现高效交流.在案例中,27.3%的项目应用了网络交流平台,但其应用深度有限,仅限于进行视频会议,作为面对面交流的补充手段.

#### (5)数据中心

数据中心能对各专业提交的数据及各类文件进

行集中管理,并具有权限管理、版本管理等基本功能.在此基础上,数据中心能对多专业的BIM模型进行整合与管理,实现多专业信息集成.在案例中,40.9%的项目建立了数据中心,但大多数只具备文件管理功能,尚不具备模型管理功能.

## 2 IPD协同工作模型

从第1节的描述中可以看到,IPD项目实施过程的具体特征并非孤立存在的,其间存在相互支持、制约的关系.为此,通过建立具体特征间的关系,将以上离散的特征系统化为IPD协同工作模型,如图1所示.其中,填充图案对应于所调研案例实施过程的各具体特征实现比例的大小,这使目前已实施的IPD协同工作情形与现状得到了进一步明确.

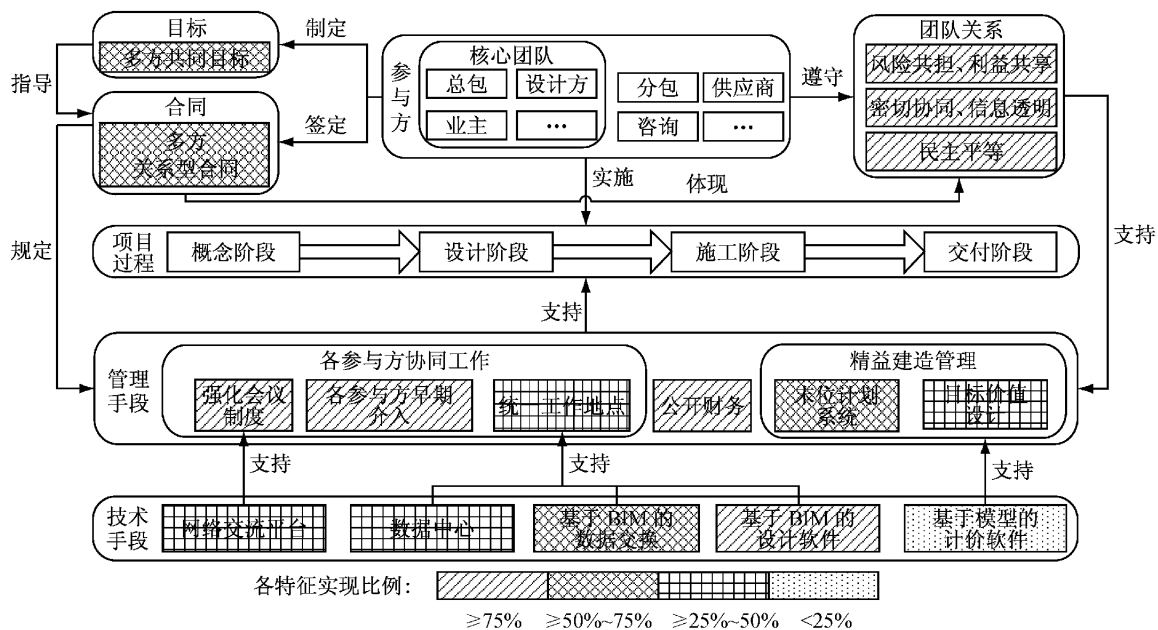


图1 IPD协同工作模型

Fig.1 Collaborative work model for IPD projects

根据该模型,IPD项目核心团队共同制定整个项目的目标.在该目标指导下,核心团队协商制定IPD项目合同. IPD项目合同作为整个项目的指导性文件,明确项目目标,规定各参与方权利与义务,同时对项目的团队关系、项目过程等方面进行详细规定. IPD项目团队关系的培养与维持是IPD项目实施成败的关键.基于该团队关系,多种先进管理手段得到应用,用以提升项目实施效果.技术上,网络交流平台、数据中心等信息技术的使用有力地支持了各类管理手段的实现.与已有研究总结的IPD项

目基本特征相比,该模型从实施的角度对基本特征进行了细化与系统化,使该模型对了解IPD项目的实施过程更具参考意义.

进一步观察该模型,可以发现该模型中管理范畴内(目标、合同、团队关系、管理手段)的具体特征实现比例较高,而技术手段相关的具体特征实现比例较低.原因一方面在于部分技术成熟度较低;另一方面在于缺乏针对IPD协同工作集成的信息技术解决方案,导致各IPD项目在实施过程中需对各零散的技术工具进行组合应用,缺乏系统性.因此,研制

基于 BIM 的 IPD 协同工作平台非常必要。

### 3 信息利用框架

上述 IPD 协同工作模型规定了 IPD 项目中多参与方、多专业人员之间协同工作的框架,其中包含了信息利用部分,体现在技术手段模块中。在此基础上,

本文通过对基于 BIM 的 IPD 协作工作平台的用户及相关活动、活动控制机制、信息类型与存在形式等方面的分析,建立了基于 BIM 的 IPD 项目信息利用框架,用于规定 IPD 项目中各参与方、各专业人员之间通过该平台对信息的共享和利用,为研制该平台打下基础。基于 BIM 的 IPD 项目信息利用框架的内容如图 2 所示。

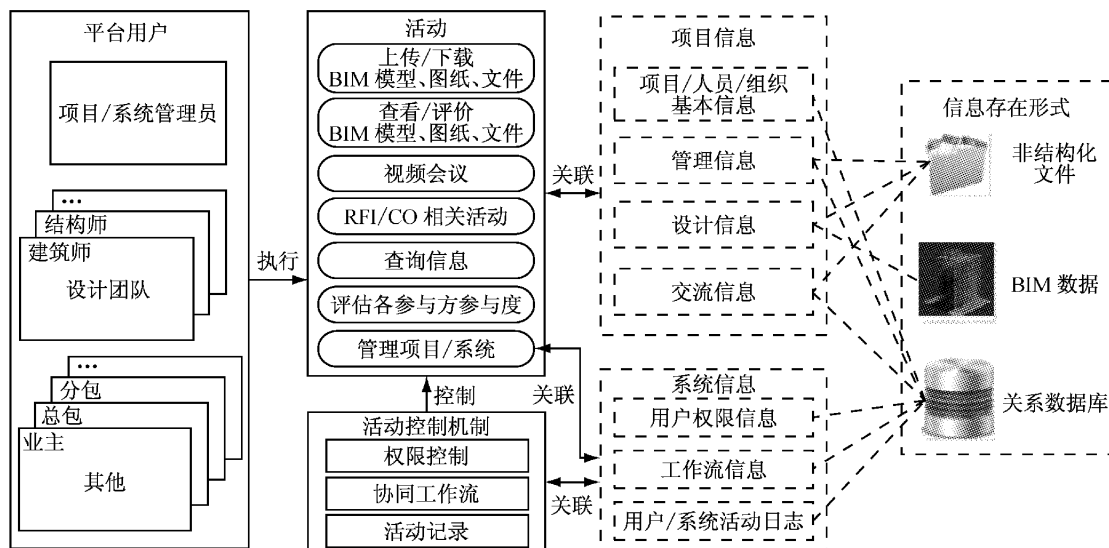


图 2 基于 BIM 的 IPD 项目信息利用框架

Fig. 2 BIM-based framework for information utilization for IPD projects

#### 3.1 平台用户及相关活动

IPD 项目要求关键参与方(业主、设计方、总包、关键分包等)尽早地参与到项目中。在 IPD 项目中,各参与方的协作活动贯穿于项目各个阶段,特别是在前期的规划与设计阶段,这种协作活动尤为频繁。根据各参与方参与活动的不同,可将该平台用户划分为以下三类:

##### (1) 管理员用户

管理员用户分为系统管理员用户与项目管理员用户。系统管理员用户负责对系统设置、用户权限、工作流等系统信息进行维护,对系统整体运行进行管理;项目管理员用户负责对项目、人员、组织信息等基本管理信息进行管理,对各参与方间的交流进行引导与协调,评估各参与方的参与度以确定利益分配比。

##### (2) 设计团队用户

设计团队用户包含建筑、结构、设备等各专业的的设计人员。该类用户可上传、修改本专业 BIM 模型、图纸、分析报告等设计信息,对具有权限的设计信息进行下载、在线查看、批注等操作,发送/回复信息请求(request for information, RFI)和变更(change order, CO),同时各专业设计人员可基于 BIM 模型

进行在线讨论,对权限内的信息进行搜索与查询等。

##### (3) 其他用户

其他用户包括业主、总包、分包、供应商等参与方的人员,主要工作是理解设计意图,同时对设计提供参考意见。该类用户进行的活动包括:对具有权限设计信息进行下载、在线查看、批注等操作,发送/回复 RFI 和 CO,同时与各专业设计人员基于 BIM 模型进行讨论,对权限内的信息进行搜索与查询等。“其他用户”与“设计团队用户”在活动上的不同主要体现在:“其他用户”没有上传、修改设计信息的权利。

以上是对参与 IPD 项目信息利用活动的用户进行的整体划分。在具体的实施过程中,需在此基础上结合各参与方的职能与权限对该划分进行细化。例如,规定某设计团队用户可上传、修改特定子项目的设计信息,规定某其他用户只能查看某特定范围的信息。这些内容由下面介绍的权限控制来进行规定。

#### 3.2 活动控制机制

为使 IPD 项目中多参与方、多专业人员之间的协同工作能够高效、有序、安全地进行,需要在该平台中提供以下控制机制:协同工作流程、权限控制、活动记录。

### 3.2.1 协同工作流

工作流由一系列相互关联的有序步骤构成,这些步骤间没有间隙与延迟,一个步骤的开始紧接上一步骤的结束.工作流按功能可分为四类:管理工作流(administrative workflow)、临时工作流(ad hoc workflow)、协同工作流(collaborative workflow)与生产工作流(production workflow)<sup>[27]</sup>.其中,协同工作流是专门针对协同工作而建立的一种工作流.在该工作流中,一个操作步骤可能需要多个人协作才能完成,并且还有可能返回到某个以前的操作步.因此,对于该类工作流,预先定义协作过程是不可能的,只定义一些具有里程碑意义的关键点作为操作步可有效地控制协作过程<sup>[28]</sup>.

以上特性使协同工作流尤其适合控制IPD项目中各参与方的协作过程.对于IPD项目,在该平台中可通过预设将某任务的完成过程划分为多个阶段.在各阶段内,各参与方相互协作,此协作过程是反复进行的,不受工作流的具体控制,但该阶段整体活动过程是受该阶段目标约束的.当该阶段目标实现时,协同工作流启动下阶段的工作任务.协同工作流在保证协作过程灵活性的基础上,防止其过于发散而导致项目执行过程的混乱.

### 3.2.2 权限控制

IPD项目参与方众多,不仅包括业主、设计、总包等核心参与方,还包括分包、供应商等一般参与方,甚至包括潜在用户、政府等临时参与方.涉及到信息安全与知识产权问题,权限控制对于IPD项目尤为重要.按类型划分,权限控制可分为两方面:①信息权限控制.各参与方只可接触自身权限范围内

的信息,如某分包商只能查询其分包工程范围内的设计信息,而不能接触与其工作无关的信息.②活动权限控制.各参与方只能进行自身权限范围内的活动,如某潜在用户只能参与各方共同举行的在线讨论,在讨论会上提出自己的建议,而不能进行其他活动.

### 3.2.3 活动记录

由于IPD项目参与方众多,因此需对各参与方的活动进行完整准确的记录,以明确各方责任,协助解决可能出现的纠纷.此外,对于IPD项目,对各参与方活动进行准确记录,可协助业主对各参与方在团队协作中的贡献进行评估,并为实施相应的激励措施提供依据.

## 3.3 信息类型与存在形式

IPD项目实施过程中,其信息来自多个参与方,信息的类型及存在形式多样.按信息的用途划分,IPD项目信息可分为六个类型,如表3所示.

表3中信息存在形式多样,主要包括以下三类:

(1)BIM数据. BIM数据需要专门的支持BIM数据大纲的模型服务器对其进行管理,该服务器可利用现有产品,如Open BIMserver、EDM model server等,也可基于关系、面向对象等类型数据库进行开发.

(2)关系型数据库. 关系型数据库技术是一个比较成熟的,在各类信息系统中应用比较广泛的数据库技术.在IPD项目中,大量结构化的非BIM信息存在于关系型数据库中.

(3)非结构化文件. IPD项目进行过程中产生的大量文档、图档、视档等非结构化信息以文件的形式存在.

表3 IPD项目信息类型

Tab.3 Types of information in IPD projects

| 信息类型      | 描述                      | 内容   |
|-----------|-------------------------|--|
| 项目基本信息    | 项目的基本信息                 | 项目信息、项目划分信息、子项目信息等                             |
| 人员与组织基本信息 | 人员与组织的基本信息              | 人员基本信息、组织基本信息、组织架构信息等                          |
| 设计信息      | 各专业进行设计活动时生成的各类设计与分析结果  | BIM模型、图纸、各类分析文件(如结构分析、能耗分析、造价分析)等              |
| 管理信息      | 进行IPD项目管理活动时产生的信息       | 通知、各参与方参与度评估信息、财务信息等                           |
| 交流信息      | 协同工作形成的交流记录及多参与方达成共识的文件 | 电子邮件、在线讨论记录、RFI/CO记录、在线会议视频、会签文件、基于BIM模型的注释信息等 |
| 系统信息      | 系统运行相关的各类信息             | 权限信息、工作流信息、用户活动日志、系统日志等                        |

## 4 总结

IPD协同工作模式较传统工作模式具有较大优势,其对“集成”信息与知识经验的需求在技术上要

求BIM技术与协同工作平台的支持,但目前尚无专门的基于BIM的IPD协同工作平台.本文结合已有的对IPD项目基本特征的描述,通过分析国外22个具有代表性的、完整的IPD项目案例,归纳出IPD项目实施过程的具体特征,并建立了IPD协同工作模

型,有助于对 IPD 项目的协同工作过程的全面理解。在此基础上,通过分析,建立了基于 BIM 的 IPD 项目信息利用框架,为基于 BIM 的 IPD 协同工作平台的研制打下基础。

## 参考文献:

- [1] AIA. Integrated project delivery: a guide [EB/OL]. [2013-10-20]http://info.aia.org/siteobjects/files/ipd\_guide\_2007.pdf, 2013.
- [2] Kent C D, Becerik-Genber B. Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2010, 136(8): 815.
- [3] Volker L, Klein R. Architect participation in integrated project delivery: the future mainspring of architectural design firms [J]. Design Management and Technology, 2010, 5(3): 40.
- [4] Leicht R M, Lewis A, Riley D R, et al. Assessing traits for success in individual and team performance in an engineering course [C]//Proceedings from the ASCE Construction Research Congress. Seattle:[s.n.], 2009: 1358-1367.
- [5] Motiar M R, Kumaraswamy M M. Assembling integrated project teams for joint risk management [J]. Construction Management and Economics, 2005, 5(23): 365.
- [6] Dey K P. Integrated project evaluation and selection using multiple-attribute decision-making technique [J]. Production Economics, 2006, 103(4): 90.
- [7] 徐韞玺, 王要武, 姚兵. 基于 BIM 的建设项目 IPD 协同管理研究 [J]. 土木工程学报, 2011, 44(12): 138.  
Xu Y X, Wang Y W, Yao B. Study on the construction project IPD collaborative management based on building information model[J]. China Civil Engineering Journal, 2011, 44(12): 138.
- [8] Faraj I, Alshawhi M, Aouad G, et al. An industry foundation classes Web-based collaborative construction computer environment: WISPER [J]. Automation in Construction, 2000, 10(1): 79.
- [9] Rosenman M A, Smith G, Maher M L, et al. Multidisciplinary collaborative design in virtual environments [J]. Automation in Construction, 2007, 16(1): 37.
- [10] Chen P H, Cui L, Wan C, et al. Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers [J]. Automation in Construction, 2005, 14(1): 115.
- [11] Autodesk. Buzzsaw [EB/OL]. [2013-10-20] https://projectpoint.buzzsaw.com, 2013.
- [12] A-site. Adoddle [EB/OL]. [2013-10-20]http://www.asite.com, 2013.
- [13] 4Projects. 4Projects system [EB/OL]. [2013-10-20]http://www.4projects.com, 2013.
- [14] Onuma. Onuma system [EB/OL]. [2013-10-20]http://www.onuma.com/, 2013.
- [15] Eastman C, Teicholz P, Sacks R, et al. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors [M]. Hoboken: John Wiley & Sons Inc, 2011.
- [16] AIA. IPD case studies [EB/OL]. [2013-10-20]http://www.aia.org/about/initiatives/AIAB087494, 2013.
- [17] Ku K. The Core of Eden: A case study on model-based collaboration for integrated project delivery[C]//Proceedings from the ASCE Construction Research Congress. Seattle: [s.n.], 2009: 969-978.
- [18] Kim Y W, Dossick S C. What makes the delivery of a project integrated? a case study of Children's Hospital, Bellevue, WA [C]//Lean Construction Journal. Arlington: Lean Construction Institute, 2011: 53-66.
- [19] Ghassemi R, Becerik-Gerber B. Transitioning to integrated project delivery: potential barriers and lessons learned [C]//Lean Construction Journal, Arlington: Lean Construction Institute, 2011: 32-52.
- [20] Nofera W, Korkmaz S, Miller V. Innovative features of integrated project delivery shaping project team communication [C]//The 2011 Engineering Project Organizations Conference. Estes Park:[s.n.], 2011: 1-15.
- [21] Martin D W, Songer A D. Contracts versus covenants in integrated project delivery systems [J]. Construction Information Quarterly, 2004, 6(2): 51.
- [22] AIA. AIA document C195: standard form single purpose entity agreement for integrated project delivery [EB/OL]. [2013-10-20]www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab081496.pdf, 2013.
- [23] AIA. AIA document C191: standard form multi-party agreement for integrated project delivery [EB/OL]. [2013-10-20] http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab081495.pdf, 2013.
- [24] ConsensusDocs. ConsensusDocs 300 [EB/OL]. [2013-10-20] https://consensusdocs.org/, 2013.
- [25] 李明, 韩同银. 浅析最后计划者体系在施工生产管理中的应用 [J]. 建筑经济, 2008(12): 104.  
Li M, Han T Y. Application of last planner system in the construction management [J]. Construction Economy, 2008 (12): 104.
- [26] 徐奇升, 苏振民. 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.  
Xu Q S, Su Z M. Integration of lean technology and BIM for IPD[J]. Construction Economy, 2012(5): 90.
- [27] 范玉顺, 罗海滨. 工作流管理技术基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.  
Fan Y S, Luo H B. Fundamentals of workflow management technology[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001.
- [28] Huang L, Wang T, Wu G. Classifications of current WFMSs and their relationships to CSCW [J]. Computer Engineering, 2001, 27(4): 54.