从业主的角度看BIM
——BIM在上海中心的全过程运用研究

Clients Point of View on BIM: Research on Application of BIM on Shanghai Centre

撰文 葛清 上海中心大厦建设发展有限公司

项目地点 上海市浦东新区陆家嘴金融中心
高度 632m
项目总用地面积/总建筑面积 30 368m²/573 223m²
建设单位 上海中心大厦建设发展有限公司
方案及初步设计 Gensler
施工图设计 同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司
施工单位 上海建工集团
动工时间/预计竣工时间 2008年11月29日/2014年底

缘起

我个人接触BIM是在2007年，当时上海中心正处在方案设计阶段。除了超高、超大规模、系统超复杂外，大楼没有一个标准层，项目该怎么表达？参与单位接近40个，而业主团队整个技术管理人员不到10个人，采用什么方法才不会导致因为很多人为的错误而引起现场大量返工？作为这幢楼的技术主管，我内心非常忐忑不安。因此当有人跟我提到BIM理念的时候，我马上意识到它将会对我们有非常大的帮助。上海中心从2007年筹划使用BIM到现在已经过去4年的时间了，从我个人感觉来说，有非常多的体会，在这里跟大家交流一下。

“整死那些甲方”

图1是今年上半年在微博上转发率非常高的一张图，主题就是“整死那些甲方”，让我们这些做甲方的感到非常惶恐。从原理上讲，没有甲方就没有乙方，甲乙双方应该是唇齿相依才对，什么时候竟变成了死对头？图片虽有夸张成分，但目前双方关系的紧张程度的确已不可小觑。所以，我认为肯定是哪里出现了问

图1 “整死那些甲方”

题。设计单位不能光一味抱怨说“整死那些甲方”，或者甲方一味指责乙方不努力，没有达到甲方的要求。到底症结出在哪里？我想这些情况的发生不可避免是和业主变更反复，项目设计、施工周期短，设计考虑不周全，设计图纸质量差、错误多，施工工序考虑不周，加工、安装精度不够导致返工有关。一些科研院所和调查机构的调研分析表明，87.5%的项目都存在不同程度的延误。去年中国商业地产协会对包括业主、地产商、施工企业、设计企业做了一个全方位的调查，近八成的受访者认为因为设计图纸问题而引起项目的延误或者投资损失。其实我们业主也很难做，为什么呢？因为如果是设计的原因造成了施工返工等损失的话，我们只能扣除相应部分的设计费，也就是说一个设计问题可能造成了几百万、上千万元的损失，但我们却只能扣除几十万元的设计费，从这一点来讲甲乙双方所承担的风险是不对等的。更有的设计单位认为图纸出错是不可避免的事情。虽然大家都不愿意问题发生，但很多时候它就发生了。从大的方面讲，这跟整个工程建设领域的体制机制有关系，与发展太快而技术力量没有完全跟上也有关系。象我们这样一幢规模的建筑，很多参与设计的都是工作才几年的年轻工程师，无论从技术能力、工作经验、责任心态上讲，都是不匹配的。不少技术人员基本上是边学边干，这就不可避免地带来考虑问题深度不够、对重大复杂问题预判不足、众多专业之间协调不充分等一系列问题。从行业角度来看，这不是个案，很多项目都存在这些问题。

事实上，除了因为市场的原因造成项目定位发生重大改变，很多设计变更的产生是由于事先信息交流不充分造成的。大多数业主并不是专业人士，读图能力特别是理解施工图能力并不强，再加上主要决策者不可能花大量的时间来通读图纸，这就在信息的沟通上产生了巨大的时间差。要让业主把建筑、结构、机电的图纸完全烂熟于胸是一件不可能完成的任务，设计院各专业工种之间的配合也存在很多误差，因此随着实物工程的建造，很多图面上的问题都反映出来了，与业主想象往往存在天壤之别，从而造成边建边改的局面，浪费严重。于是就会出现大量设计变更，返工……，直至爆发甲乙双方大战。那么有没有比较好的方法，一开始就能让业主对项目的设计有一个全面的了解，把很多问题解决在施工之前呢？

BIM平台

BIM（建筑信息模型）的工作平台或许就是很好的解决办法。图2很形象地反映出BIM作为一个平台，把设计、建造、施工和运营之间联系起来，有几个案例采用BIM节省10%的建造费用。斯坦福大学在这方面有比较深的研究，通过32个采用BIM的项目总结说明使用BIM的优势（图3）。我们的挑战在哪里？上海中心项目参与者众多，光是设计咨询单位就达30余个；分支系统非常复杂，建筑分为8大功能综合体，有7种结构体系，基本上在常规建筑当中能见到的结构体系在这个项目里都有。机电系统有30多个，其中弱电系统还有31个。文件信息量很大，相互之间有效传递难度非常大。目前完成的施工图不到4 000张，而我们目前施工到38层已经发生1.5万张深化图，可能最终计划的深化图纸超过10万张。这么大量的设计图纸要设计院或者深化设计单位一点不出错是不现实的，但是我们不能因为有很多潜在的问题就影响到我们整个施工的顺利进行和工程的质量问题，毕竟这是一个投资120亿元的重大项目。因此我们想到了采用BIM工作平台来解决面临的问题。

我们采用BIM工作平台的目标很直接，就是三个目的：更好地提高设计质量，更好地进行施工管理，更好地进行运营管理。图4是一张BIM工作平台与设计、投资采购、建造、运营的关系图，BIM作为一个公共信息平台在整理、组织、传递信息。在设计阶段，更多的在于复杂体系的设计、机电管线综合、各专业碰撞检测方面；在投资采购方面，主要是材料统计、工程量计算，招投标管理；而机电安装在招标时，明确要求投标单位以后所有的机电设备管线部分要以BIM模型作为计算依据，这样才能在整个工程量计算的时候不出现

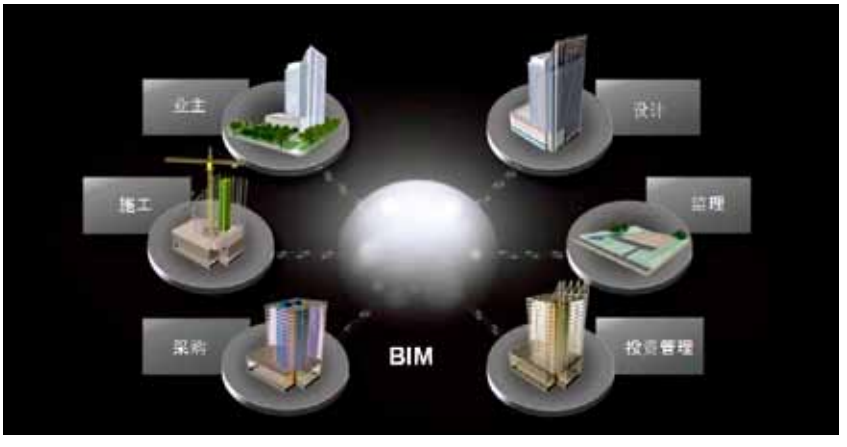

图2 BIM平台

图3 斯坦福大学BIM研究

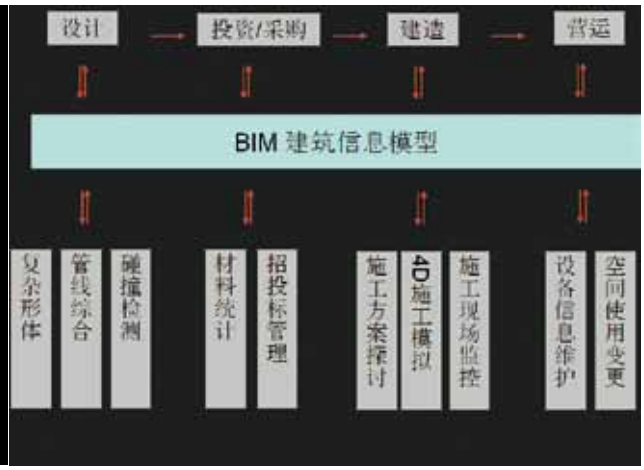

图4 BIM工作平台与设计、投资采购、建造、运营的关系

非常多的人为偏差；建造方面有施工方案的探讨、4D施工模拟、施工现场监控；运营阶段主要是设备信息管理、维护保养管理、空间使用变更等。我们现在做的比较多的是设计和建造这块，运营维护我们做的是基础工作，就是在做机电深化设计时，结合信息模型的建立和设备招标采购情况，已经把主要的设备信息输入进去了，为今后的物业管理体系做好信息准备。

BIM团队架构

上海中心BIM组织架构已经有8家团队，整个参与BIM工作人员有50多人。应该说我们这个模式还是蛮创新的，但当初我们为怎么开展BIM工作也着实费了一番心思。常规的做法是请一个面向业主的专业BIM团队，要有效地对业主负责；另外一个模式是组建一个BIM团队，把各家的BIM拿过来进行交流。我们相当于是后一种做法，这在当时是很冒险的，因为我们决定用BIM的时候，总包商、承包商、设备供应商等很多人连BIM是什么都不知道。但是我相信只要业主提出了这个要求，而他又想来投这个标，那他就一定会知道。我们这样做的好处就是每个分项、每个总包和分包、每个设备厂商、深化设计都要和BIM团队之间全方位沟通，如果自己是错的，就不要拿出来，必须把问题解决了再提交到总包平台上，由业主和总包一起进行评价，确保没有问题。如果BIM模型这块没有过关是不能上现场的，我们要保证现场出现的错误越少越好，只有这样才能避免大量的返工。

我们现在的BIM团队是50多人，随着项目推进最后可能会超过100人，而我们业主是不可能组建一个100人的团队的，而让任何一家咨询公司组建一个100人的团队为我们服务也是不现实的，所以我们在招标过程当中，强制要求投标参与方必须掌握BIM，至于你是组建自己的团队还是购买服务，这方面我们不做过多参与。

BIM规范和流程标准

整个BIM的技术框架分成设计、施工、运营等几大块，不同的版块有不同的软硬件需求，因此必须有一套管理方法，使各方都能达到预设目标。为此我们作为业主方编制了基于BIM工作平台的规范与流程，包括四大方面：现行工作流程的分析、BIM系统的管理与流程、BIM应用策略和BIM的基础标准。这是我们跟合作单位和科研院所在实践当中不断优化和深化的过程中积累的成果。当然我们也借鉴了一些国外的案例，其中管理流程分为BIM的工作团队组成、工作流程、业主流程和文档管理流程等。

我们把BIM工作平台的要求写入相应的招标文件（图5），主要包括模型的文件要求、模型的构建方法、文件的标准、项目的模板等，还有软硬件的配置、团队的建设等，要求各投标单位根据BIM工作要求组建相应的专业团队，根据事先制定的管理办法和流程完成各自承担的BIM工作，这种做法是一个比较新的探索。主要承担单位有施工总包、机电总包、钢结构分包、幕墙分包、电梯、擦窗机等，我们通过招标的方法逐步落实。总包起到总体协调和组织的作用，对不同分项工程提供的模型进行相互之间的检查，以确保模型的准确性和模型与各自深化设计之间的一致性，从而在正式实施前把问题减到最少。不同专业之间的模型碰撞检测需要有合理的标准，以满足深化设计和现场施工的准确需求，而这些标准的设定是一个逐步磨合的过程，而不是人为制定一个容差标准，这样有时反而不利于工作推进。

图5 招标BIM技术要求

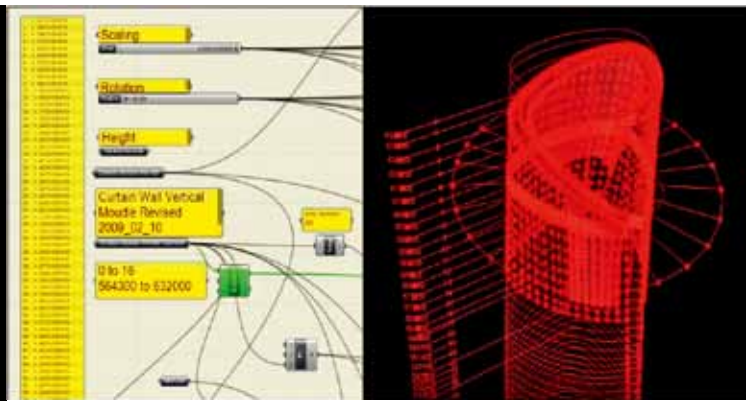

图6 参数化设计

BIM在各阶段的运用

BIM在设计阶段的运用主要是参数化设计、可持续设计、可视化设计、多专业协同。整个上海中心是一个有一定变形规律的建筑，每一层的缩放倍率是99.998904%，基于这个特点采用了参数化的设计（图6）。特别是在外幕墙设计的时候，参数化模型非常重要。整个外幕墙非常复杂，从今年1月开始攻关，虽然采用了大量的信息化技术，到现在还有一些节点没有最终落成。可以想像如果没有BIM这个工作平台的支持，我们的研究时间可能还要大大加长。外幕墙的支撑体系是个柔性结构，上下的变形值理论计算最大要430mm，一万多块玻璃幕墙板块几何尺寸都不一样。如果考虑到结构的加工误差、玻璃幕墙板块的加工误差、施工误差等因素，如果不进行严密的控制，同时通过精确测量，把测量数据和模型结合起来，然后再生成加工安装图，幕墙是根本不可能完成的任务。

上海中心在可持续设计方面有两个目标：一个是绿色LEED银奖，一个是国家绿色三星级的认证。我们在绿色和可持续方面做了大量的工作，从定性分析到定量分析，比如光污染的问题，它的影响范围，对每幢楼和每个窗户的影响；还有建筑室外风环境模拟（图7），保证大楼下面风速不能超过设计值；再如地下建筑物自然光采光模拟等等。我们还通过BIM模型分析，同时结合高雷诺数风洞试验，拟合建筑外形，大大减少了建筑的风荷载，这方面节约的造价大概就有3.5亿元（图8）。

另外可视化设计方面也非常重要，现在很多人谈到BIM的作用主要是指这个方面，事实上这对于整个工作平台来讲，是一个很小的部分。

在施工方面，我们没有太多案例可循，但BIM确实对整个工程建设起到了很好的指导作用。比如我们在现场设置了4台塔吊，距离非常近，地面还有300t的履带吊辅助工作，不可避免相互之间会产生一些干扰。我们通过BIM对塔吊空间位置及运行状态进行模拟，检查相互间的干扰情况，并验证应对措施的可行性，最终得出了一些塔吊的运行规定，比如单台塔吊在运作过程当中需要360°旋转，而其垂直运行角度应该控制在44~85°之间。台风季节的时候，塔吊钢丝绳下垂长度不能超过5m，以防止吊绳和牵引绳之间发生缠绕。这些都是运用BIM精心分析模拟的结果，如果只是按经验是很难做到这一点的。另外，我们把BIM模型与工程进度表相结合，通过4D施工模拟，发现了很多工序上的排列错误，于是及时地进行了调整，避免了可能出现的返工。另外，我们还借助BIM工作平台实现了复杂钢结构的虚拟预拼装，实践证明，达到了预期的效果，节约了大量的工期、场地。

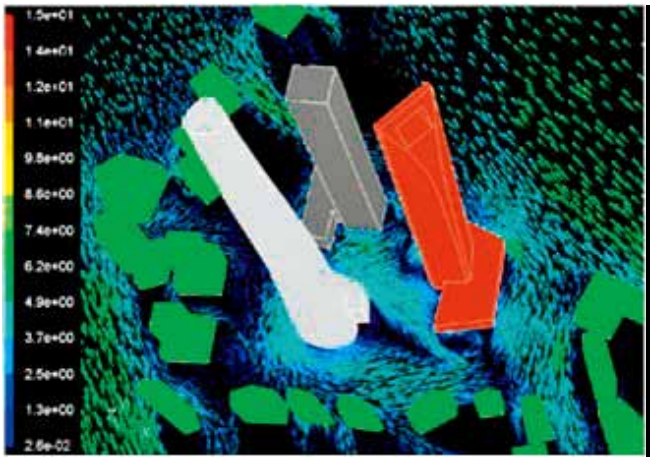

图7 室外风环境模拟

图8 可持续设计

图9 机电

图10 建设中的上海中心

在深化设计阶段，需要很多专业协调，我们把各个分包的模型在总包的平台上进行整合，反映出各承包商在实施之前的一些碰撞问题。定期地发布碰撞报告，使各分项工程两两之间进行相互比较，提前发现问题，并且通过深化设计把问题解决在施工阶段。我们也在测算，如果这些图纸上的失误发生在现场，需要延误多少工期和花费多少人工、材料，通过数据统计来反映BIM工作平台给我们带来的巨大价值。正式施工三年来，现场一直比较顺利。

机电大型设备的安装方案我们也通过BIM模型（图9）进行论证，确保实际过程当中不会发现预判不到的问题。在后期采购和投资控制方面也进行了一些研究工作，包括工程量的统计、设备和材料采购的数量及型号统计等。在物业方面，我们设立了一个研究课题，探讨基于信息化模型，怎么跟以后的物业管理模式和物业管理软件方面进行对接等等。目前全球没有多少案例可以供我们参考，这方面需要靠我们自己，包括合作单位和一些其他专业公司进行有效的合作创新，也希望我们能够在这方面做些有意义的探索。

BIM的成果和展望

围绕BIM的运用，我们设立了两个课题：《上海中心大厦绿色超高层建筑关键技术研究》及《住建部信息化示范项目》，我们希望为BIM的运用起到一个示范和推广作用。业主、承包商、软件商、高校都联动起来，在实践的基础上形成自己的成果，比如BIM的使用标准、产品技术的组合、人才培养等。目前我们BIM团队有50多个人，其中很多人在参与到上海中心建设之前是根本不知道BIM这个理念的。现在通过这个项目以后，他们都成了这方面的人才。另外由于招标时对施工总包、机电总包、幕墙、电梯分包等全部提出了BIM的工作要求，现在通过具体实践，很多单位已经在其他项目上运用BIM这个工作方法了，并且取得了不错的效果。像机电总包，已经把BIM信息化技术运用作为企业的核心竞争力，在市场竞争中发挥了重要的作用。机电总包提出把BIM技术延伸到设备和产品的加工制作，争取实现70%的工厂化制作，从而大大提高了现场的施工进度和精度。应该说上海中心业主推广BIM的使用，不仅在本项目的建设上发挥了巨大的作用，也推动了项目参与各方的技术进步，在产生经济效益的同时，社会效益也逐步显现。如果在工程建设行业，BIM的理念和工作方法得到普遍的应用，这将是一个革命性的进步，将大大提高行业的生产效率和生产效益，转变经济发展方式。

我希望甲乙双方能够以一种科学的方法和平等的态度来提高我们的工作质量，共同提高项目建设水平。随着行业正越来越达成共识——BIM将带来工作方法和工作流程的变革，BIM的普及我想只是时间问题。在这个过程中，业主的推动是一个不可忽视的力量。认真地工作、有效率地工作、开心地工作，这是我们甲乙双方共同的心愿，或许BIM能够实现我们的心愿。AT

作者简介

葛清，上海中心大厦建设发展有限公司总工程师，国家一级注册建筑师，国家注册城市规划师。曾任上海核工程研究设计院建筑设计部主任、上海城投新江湾城工程建设指挥部总工程师、上海城投置地（集团）有限公司总工程师。1993年毕业于同济大学建筑城规学院建筑学专业，现在中欧国际工商学院读EMBA。