

# BIM在建筑全生命周期中的应用

## BIM Application in Full Lifecycle of Building

撰文 过俊 陈宇 赵斌 CCDI中建国际设计

**摘要** 美国buildingSMART联盟曾经对BIM应用的现状做了比较详尽的归纳。本文通过BIM在世博会国家电网企业馆的应用实践，很好地诠释了该联盟对BIM应用价值的定义，同时也为BIM在建筑全生命周期中的应用提供了一个很好的案例。

**关键词** 建筑全生命周期 BIM应用价值 美国buildingSMART联盟 世博会国家电网企业馆

### 0 引言

数字技术进入建筑行业已经接近半个世纪。在这一领域，随着个人电脑的普及和互联网技术的应用，数字技术已展示了其特有的潜力。作为一项新兴的数字技术，BIM成为了近年来建筑行业经常讨论的新名词。这个新名词诞生后即得到了建筑行业的青睐，并引发了整个行业的革命。

BIM作为一种先进的工具和工作方式，符合建筑行业的发展趋势。BIM不仅改变了建筑设计的手段和方法，而且通过在建筑全生命周期中的应用，为建筑行业提供了一个革命性的平台，并将彻底改变建筑行业的协作方式。BIM到底有哪些价值？它在建筑的全生命周期中有哪些应用？美国bSa（buildingSMART alliance）对BIM在建筑全生命周期中的应用现状做了比较详尽的归纳。



这些BIM应用按照建设项目从规划、设计、施工到运营的发展阶段按时间组织，有些应用跨越一个到多个阶段，有些应用则局限在某一个阶段内。大量的项目实践表明，BIM大大促进了建筑工程全生命周期的信息共享，建筑企业之间多年存在的信息隔阂被逐渐打破。这大大提高了业主对整个建筑工程项目全生命周期的管理能力，提高了所有利益相关者的工作效率。

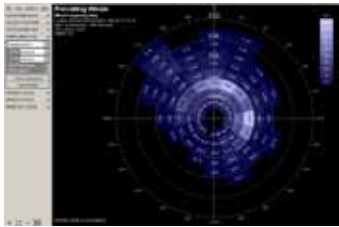
世博会国家电网馆是CCDI近年来在建筑全生命周期中应用BIM比较成功的一个案例，这个项目很好地诠释了bSa总结的大部分BIM应用价值，因此也获得了2010年“创新杯”建筑信息模型（BIM）设计大赛的“最佳BIM建筑设计”一等奖和“最佳BIM工程设计”一等奖。下面将结合这个项目案例，介绍BIM在建筑全生命周期中的价值。

世博会国家电网馆占地4 000m<sup>2</sup>，地上总建筑面积6 000m<sup>2</sup>，建筑高度20m。项目作为世博之心的国家电网馆，同时也是一个大型的变电站，为整个世博浦西园区输送电力。按照面积规模看，国家电网馆或许算不上这届世博会里最引人注目的建筑，但却是为数不多将BIM结合到工程全生命周期的建筑。

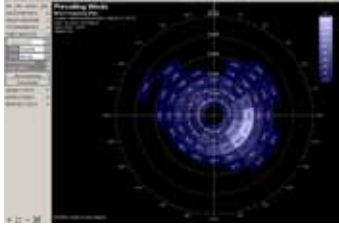
### 1 规划阶段

在项目规划阶段，一个重要的挑战就是帮助业主把握好产品和市场之间的关系。BIM能够帮助业主在项目策划阶段做出市场收益最大化的工作，特别是帮助业主实现高租售价格建筑面积的最大化，例如朝向好、景观好、客户容易到达的商业空间面积最大等。此外BIM还能帮助业主了解建筑的造型以及真实环境下的视线可见性等关键信息，而且利用BIM对不同的设计方案进行整个建筑物的能源消耗模拟计算，在保证建筑物功能和性能的同时，帮助业主从建筑物的全生命周期来考虑建造成本和能耗成本。

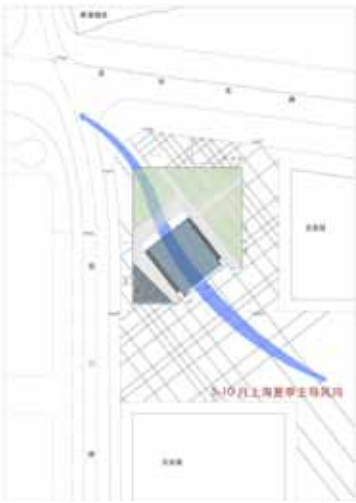
为了更好地做到节能减排并为观众带来更好的体验，国家电网馆在项目开始初期就重点考虑了遮阳和自然通风。通过BIM模型来模拟上海5~10月世博展出期间夏、秋季风环境风频，参考风频图表中得出的数据，设计团队为整个建筑留出了一条西北、东南的风通道，同时也作为人员通道和主入口，在避免阳光直射的同时为等候区的人员引来夏季的凉风，提高人员等候区域的舒适度。



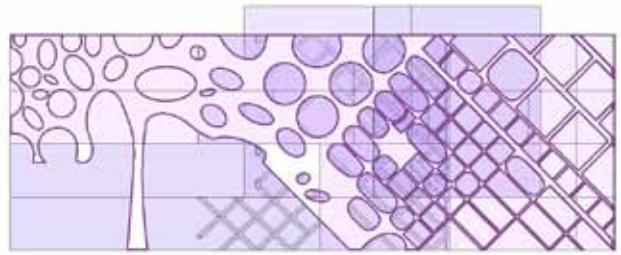
国家电网馆6.01~8.31夏季风频



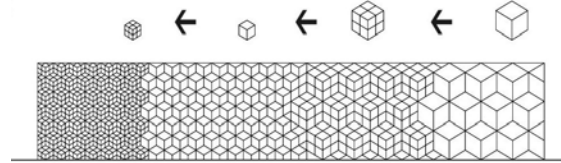
国家电网馆9.01~10.31秋季风频



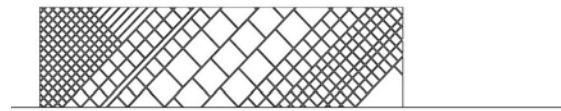
风通道



立面造型



第一轮方案



最终方案



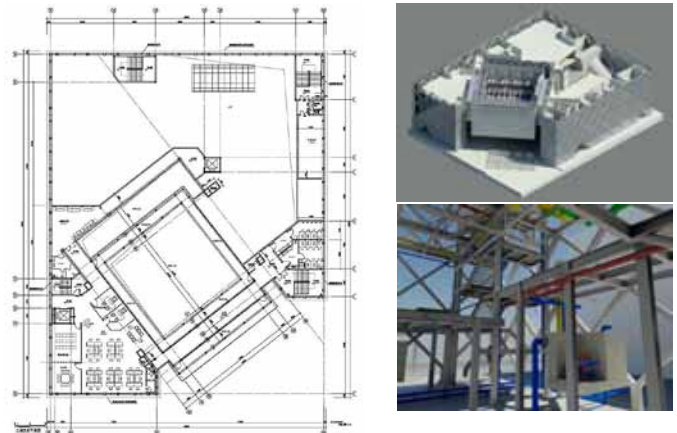
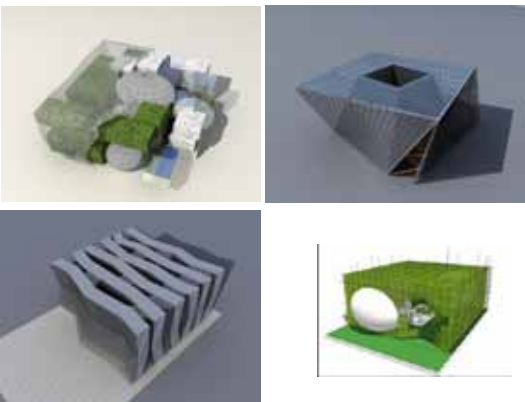
## 2 设计阶段

在项目设计阶段，BIM让建筑设计从二维走向了三维，这是建筑设计方法的一次重大转型。BIM使建筑师们不再受限于如何用传统的二维图纸来表达一个空间的三维复杂形态，从而极大地拓展了三维复杂形态的可实施性。

国家电网馆方案初期经历了长达数月的方案比选、奇形怪状的方案构思、无数的草图手绘。前期的构思多是天马行空，设计师大量使用数字化参数设计软件来推敲和调整那些稍纵即逝的想法，并且通过建立BIM模型，来研讨这些形体的可行性。

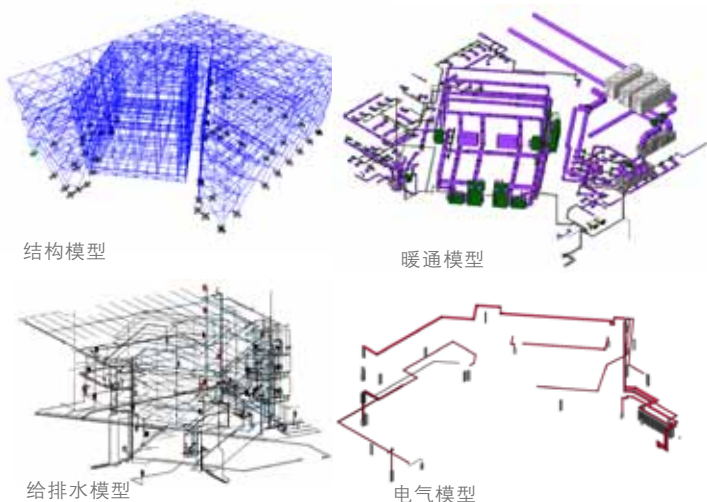
经过反复筛选，设计方案逐步明确。设计团队在BIM模型的帮助下，高效综合了造价、施工周期、企业形象等各方面的因素，最终采用了两个方盒子的体块咬合的方式来体现国家电网对“电立方”的定位。体量是简单了，但立面设计丝毫没有简化，越是简单的形体越需要建筑立面的精致。设计师结合输电网络电压由高到低的变化，在立面中考虑了大小分割的渐变，并通过BIM模型进行立面造型推敲，从而直观表达了立面分割大小变化的尺度和规律。

BIM的出现使设计修改更容易。只要对项目做出更改，由此产生的所有结果都会在整个项目中自动协调，各个视图中的平、立、剖面图自动修改。建筑信息模型提供的自动协调更改功能可以消除协调错误，提高工作整体质量，使得设计团队构建关键项目交付文件（例如可视化文档和管理机构审批文档）更加省时省力，不会出现平、立、剖面不一致的错误。



BIM使建筑、结构、给排水、空调、电气等各个专业基于同一个模型进行工作，从而使真正意义上的三维集成协同设计成为可能。在二维图纸时代，各个设备专业的管道综合是一个繁琐费时的的工作，做的不好甚至经常引起施工中的反复变更。而BIM将整个设计整合到一个共享的建筑信息模型中，结构与设备、设备与设备间的冲突会直观地显现出来，工程师们可在三维模型中随意查看，且能准确查看可能存在问题的地方，并及时调整自己的设计，从而极大地避免了施工中的浪费。

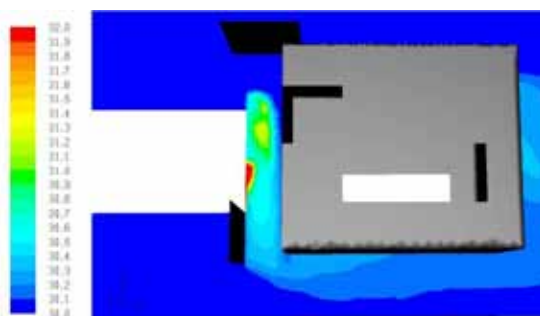
BIM的三维模型也把设计中经常碰到的错漏碰缺问题控制在最少的范围。由于是世博项目，所以各方关注度都很高，经常会在设计过程中甚至施工过程中接到新的指令，调整在所难免，BIM的模型将传统的二维图纸放到了三维模型里，使这些调整带来的变化能非常直观地体现出来，大大提高了工作效率。



可持续设计和绿色节能环保是当今社会的主题。建筑信息模型可以集成各专业设计，能够进行复杂的设计评价和分析，在关键问题上支持可持续发展。此外，由于BIM提供了完整的设计信息，达到了必要的详细度和可信度，能在设计阶段的前期完成能源分析，使常规分析成为可能。建筑师可以直接在设计的前期对多种设计能源的效率进行比较，及时得到建筑能源效能的结果。

世博会期间正是上海最酷热的时候，整个园区7 000万加上国家电网馆自身数百万的人流量，如何满足各个区域每个人员的舒适度，同时最大限度地节能减碳是关键问题。BIM的出现帮助设计师最好地解决了这个问题。不同于以往的凭经验靠感觉设计，BIM提供了相当准确的计算模型及量化结果。在空调设计方面，考虑场馆内部人员密集，因此新风比例较高，设计师根据场馆内实际情况设计了针对企业馆的气流组织方式。按照常规做法，建筑需要设排风系统将室内的

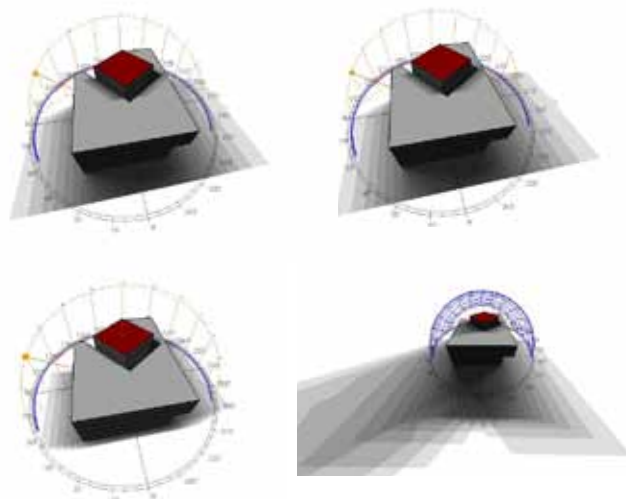
空气排出以保证新风进入，而本设计中考虑采用入口门厅敞开方式代替传统的排风系统，敞开门厅所流出的空气冷量与排风系统带走的空气冷量一致，不会造成多余的能量流失，还能将排风系统自身消耗掉的能量节省下来。起初业主方对此方式效果提出质疑，通过BIM模型的计算演示及最终的量化数据打消了业主的顾虑。这样一来不仅满足了新风排风功能上的需要，也满足了入口内凹门厅处人员舒适度的需要。



CFD模拟 3.2msWNW风纵截面气温度分布图

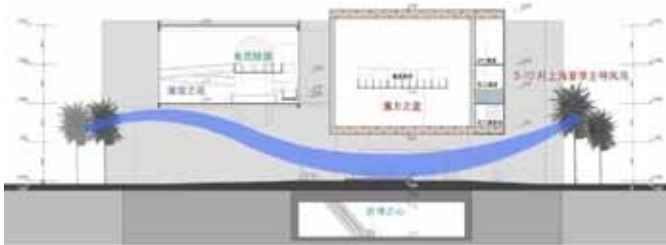
而另一个人员密集场所——场馆的室外排队等候区更是设计师重点考虑并用BIM反复计算的部位。通过BIM建模及计算，设计师最终采用了四重手段来保证。

(1) 建筑自遮阳 利用魔盒及建筑的架空，形成建筑下自有总面积达1 100m<sup>2</sup>的遮阳区。



(2) 顺应主导风向的人员通道 参观人员排队等候的通道方向顺应夏季主导风向，在避免阳光直射的同时为等候区的人员引来夏季的凉风，提高人员等候区域的舒适度。考虑到上海世博会周期在5~10月，因此通过将Revit模型导出GBXML格式导入到Ecotect软件内，并录入上海地区的气象数据，对上海进行6~10月夏、秋季环境风频模拟分析。从风频图表的数据中得出夏秋季节西北、东南方向的风频最高。这也为人员通道方向的选择提供了更加科学、客观的数据参考。

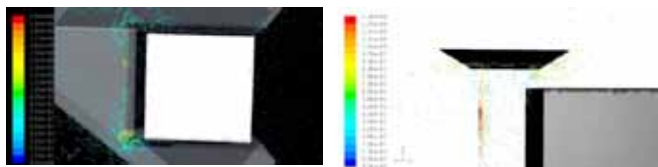
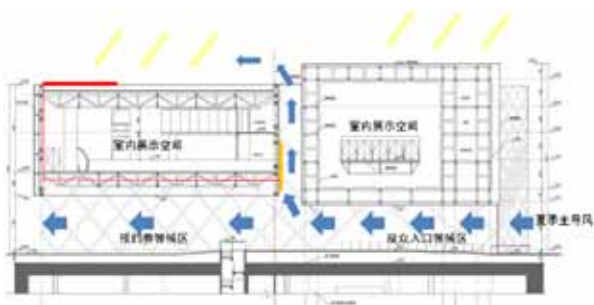
(3) 增强型通风系统 考虑到无风期等候区的通风问题，设计师们采用了在国外曾采用过的增强型通风系统，也



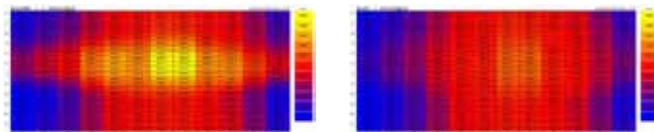
就是太阳能集热器加热天井内空气，利用热压形成自然的太阳烟囱拔风效果。通过将BIM模型导入到Fluent软件内进行CFD模拟，以分析无风和不同风速下半室外空间气流运动和温度分布情况，为半室外空间人员舒适度评价提供基础的参考依据。

(4) 细水雾降温系统 国家电网馆还采用了细水雾降温系统降温，使人员等候区空间的温度能够进一步下降。

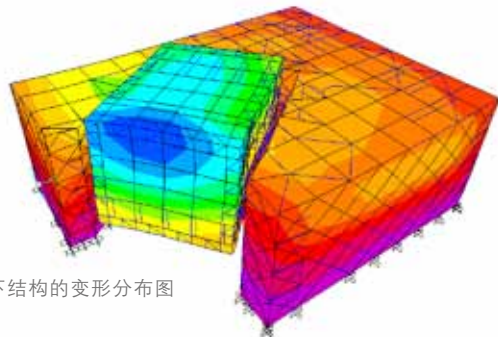
经过BIM计算比较，虽然综合这些方式65万元的初投资高出达到相同效果的常规空调方式7%，但年运行费用只有356元，远低于常规空调方式达到相同效果需要的用电189000度、共计运行费用15.1万元；从低碳减排角度考虑，本项目设备每年运行耗电所引起的CO<sub>2</sub>当量排放为0.413t，仅为常规空调方式CO<sub>2</sub>当量排放量178吨的0.2%，从而大大节约了能源、减少了碳排放。这种以数据说话，不再是传统的“大概”、“差不多”的方式，使业主对绿色节能环保有了更深的认知，达到了非常好的效果。



在国家电网馆设计过程里还利用Revit模型将GBXML格式传给Ecotect软件，进行日照分析、可视度分析、光环境分析及热环境分析等，通过客观的数据来辅助设计师进行方案调整与优化。在结构专业进行应力计算分析过程中，将Revit模型导出到结构分析软件SAP2000里进行应力分析，在多种振型下验算建筑结构的安全性。



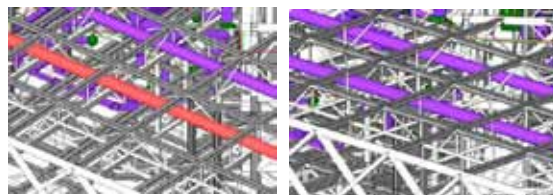
国家电力馆夏季热岛分析 国家电力馆夏季围护结构太阳辐射热分析



X向双向地震下结构的变形分布图

通过BIM模型将所有关联的工程信息有序地组织、存储起来，并对其进行各种分析计算，使工程信息成为一个有机的整体，进而为项目各利益相关者提供其所需要的各类报表，如门窗明细表、材料表、工程量清单、管线、弯头以及机械设备清单等，从而确保项目信息的准确性和实时性。

在整个施工图设计过程中，BIM的优势在三维管线综合上体现得淋漓尽致。传统的二维CAD图纸都是在平面上考虑管线布置，虽然会对标高有所控制，但在这样一个狭小的空间里管线碰撞会非常严重。通过BIM技术，在虚拟的三维环境下由计算机自行完成管线与结构构件之间的碰撞检查，大大提高了设计师管线综合设计的技术解决能力。



管线调整前

管线调整后

国家电网馆最大可容纳1 200名参观者同时参观，加上工作人员接近1 400人，设计按世博会疏散要求布置了楼梯，但场馆运营方还是有所担心。因此设计师将BIM模型导入到IES中，通过数字仿真技术，根据展馆各层的容纳人数进行了人流疏散的模拟，得到了较为真实的疏散过程中可能出现的情况，并自动生成包含疏散过程的详细数据，辅助项目组分析，调整疏散路径，优化疏散方案，取得了各方的认可。

### 3 施工阶段

在施工阶段，施工单位可以将BIM模型和计划进度进行数据集成，以实现BIM基于时间维度的4D应用。通过BIM的

4D应用，除了可以按天、周、月看到项目的施工进度并根据现场情况进行实时调整，分析不同施工方案的优劣，从而得到最佳施工方案；也可以按秒、分、时对项目的重点或难点部分进行可建性模拟，进行诸如建筑机械的行进路线和操作空间、土建工程的施工顺序、设备管线的安装顺序、材料的运输堆放安排等施工安装方案的优化。

由于可以同步提供有关建筑质量、进度以及成本的信息，BIM可以方便地提供工程量清单、概预算、各阶段材料准备等施工过程中需要的信息，甚至可以帮助实现建筑构件的直接无纸化加工建造。通过建筑业和制造业的数据共享，BIM将大大推动和加快建筑业的工业化和自动化进程。

由于建设项目的投入不是一次性到位的，而是根据项目建设的计划和进度逐步到位的，因此，BIM结合施工计划和工程量造价，可以实现5D应用，实现建筑业的“零库存”施工，最大程度发挥业主的资金效益。

以BIM模型和3D施工图代替传统二维图纸指导现场施工，可以避免现场人员由于图纸误读引起施工出错。此外，通过激光扫描、GPS、移动通讯、RFID和互联网等技术与项目的BIM模型进行整合，指导、记录、跟踪、分析作业现场的各类活动，不仅能保证施工期间不产生重大失误，也为项目运营维护准备了准确、直观的BIM数据库。

国家电网馆项目施工周期紧，施工难度大，因此如何有效地调配现场施工资源及如何制定合适的施工进度成为关键。特别是钢结构部分，由于建筑的结构和立面表皮肌理充分结合，形成斜交叉的结构体系，大大增加了施工难度，因此在钢结构安装环节，设计师与钢结构施工方一起合作，通过BIM模型与施工组织进度计划相链接，利用Navisworks对钢结构的安装施工进行了4D施工模拟，从而对原有安装方案进行了优化和改善，大大提高了各方对施工进度的把控能力。

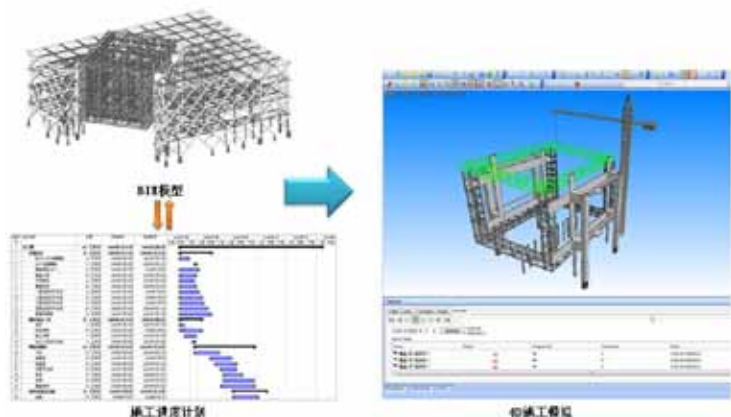
项目的钢结构有大量连接节点，设计师将Revit模型导入Xsteel内进行深化，分析每个节点的构造及连接方式，形成最佳方案，并通过三维模型指导现场安装施工。



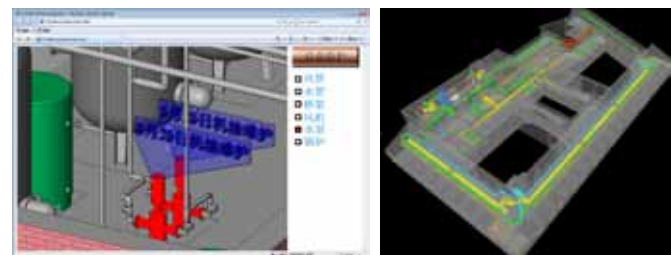
#### 4 运营阶段

在建筑生命周期的运营管理阶段，BIM可同步提供有关建筑使用情况或性能、入住人员与容量、建筑已用时间以及建筑财务方面的信息。BIM可提供数字更新记录，并改善搬迁规划与管理。它还促进了标准建筑模型对商业场地条件（例如零售业场地，这些场地需要在许多不同地点建造相似的建筑）的适应。有关建筑的物理信息（例如完工情况、承租人或部门分配、家具和设备库存）和关于可出租面积、租赁收入或部门成本分配的重要财务数据都更加易于管理和使用。稳定访问这些类型的信息可以提高建筑运营过程中的收益与成本管理水。

2010年5月1日上海世博会正式拉开帷幕，国家电网馆也进入正式运营阶段，经过了难忘的730天，BIM顺利完成了从设计到施工的使命。但这并不意味着BIM全部使命的结束，CCDI的BIM团队正与业主方密切沟通配合，继续通过BIM模型并结合传统的设施管理系统，为场馆的日常运营提供直观的可视化服务。



4D施工模拟



考虑到国家电网馆对于世博浦西园区的输配电功能及重要意义，通过BIM模型，运营方可以在不触及建筑及其设备的情况下，“更换和调整”整栋建筑中所使用的系统、设备及其参数，来模拟出性能更好或更差的状态，以便确定和修改系统的操作，提高整个建筑物的性能，同时也为运营方在进行场馆运营维护过程中提供必要的参考数据。

## 5 结语

世博会国家电网馆项目向我们揭示了，应用建筑信息模型带来的益处已经超越了设计阶段，惠及施工以及将来的建

筑物的运作、维护和设施管理。我们相信BIM在项目规划、设计、建造和运营过程的协同应用将成为未来建筑工程行业的趋势。

BIM建筑信息模型的发展不仅仅是现有技术的进步和更新换代，它也将间接表现在生产组织模式和管理方式的转型，并更长远地影响人们思维模式的转变。BIM这场信息革命，将不受个人好恶和思维习惯的束缚而向前推进，它对于工程建设从设计、建造、加工、施工、销售、物业管理等各个环节，对于整个建筑行业，都必将产生深远的影响。

### 相关链接：BIM在CCDI的成长道路

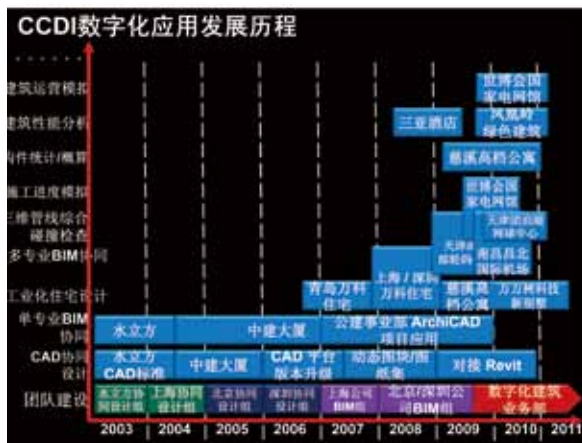
CCDI是从2003年“水立方”项目开始逐渐意识到BIM对建筑工程行业的重要意义。但当时国内的行业环境以及BIM软件本身的成熟度还不能支持立即实现这个目标。通过吸取国外同行业的相关管理经验，CCDI先建立了基于二维CAD平台的协同设计管理体系，并为此专门组建了一个CAD管理团队，通过推广协同设计让大家看到了工具层面的提升给设计项目带来的价值。

2007年，随着BIM软件逐步成熟，CCDI在原有CAD团队的基础上又进一步组建了BIM团队。通过两年多的努力，CCDI积累了很多基于BIM的项目实施经验，也培养出一批BIM技术的拥护者。

为了更进一步推广BIM技术在项目中的应用，从2009年开始，CCDI的技术管理部门将是否应用BIM作为技术线对项目技术考核的可选目标之一。这一技术管理措施的导向，再加上BIM团队的自身能力提高，使得2009年，应用BIM的项目无论从数量上还是质量上都达到了一个前所未有的高度。在当年中国建筑学会和欧特克公司共同主办的“BIM建筑设计大赛”中，CCDI不仅囊括了BIM最佳建筑设计一等奖、二等奖，而且还摘取了最有分量的“BIM最佳应用企业奖”。

在此基础上，2009年底开始，CCDI将包括BIM在内的数字化设计力量整合起来，成立了“建筑数字化业务部”，并将这些资源从职能部门转到生产部门，开始承接内部和外部的的设计项目。同时总部技术部加大了对于公司内重点项目采用BIM的技术要求，从2010年开始由技术部牵头为各事业部制定有关BIM等数字化技术的项目成本预算。这些努力使BIM的推广进入了体系化、组织化的状态，并将BIM真正纳入到公司技术发展的重要战略之一。

2010年CCDI蝉联了“创新杯”——建筑信息模型（BIM）设计大赛的“最佳BIM应用企业奖”。截止2010年8月，CCDI应用BIM的项目累计达到700万m<sup>2</sup>，并且以每年3倍以上的速度在递增。



“BIM在CCDI的应用绝不会放弃或者暂停，公司在BIM发展的问题上有着无比的耐心和决心。短期成本和设计师遇到的困难是推进BIM发展的必然投入，这些投入是公司有意识的行为。不仅是BIM，包括公司其他的技术创新、人才培养，CCDI已在逐渐建立一套运行机制将这些投入变成一种常态，为建筑师的创新创造环境。这也是和公司一直期望实现有组织创新的目标相一致的。”

——CCDI总经理、“水立方”中方总设计师 赵小钧



过俊

#### 作者简介

过俊，CCDI副总监，现任建筑数字化业务部经理，中国工程图学学会土木工程分会委员，世界华人建筑师协会数码建筑学术委员会委员。曾作为协同设计经理，参加了2008年北京奥运会国家游泳中心（水立方）的设计过程。之后在CCDI创建了信息部，并致力于将先进的数字化技术融入传统的工程建设行业。2005年开始，在CCDI建立了专业的BIM服务团队，推动CCDI成功实施了几十个BIM实践案例。2009年在CCDI组建“建筑数字化业务部”，将BIM的服务对象从公司内部的设计团队拓展到公司外的业主和施工企业。在2009年及2010年的BIM建筑设计大赛中，带领CCDI的BIM团队多次荣获“BIM最佳建筑设计一等奖”，并连续两年为CCDI夺得“BIM最佳企业应用奖”。

陈宇，CCDI上海区域主任建筑师，世博会国家电网馆主创设计师。有丰富的与各专业团队进行大型综合类建筑项目的协调和设计经验，善于将先进的数字化技术应用在建筑设计项目中，在世博会国家电网项目中，通过推动BIM在项目中的深度应用，很好地将BIM的价值带给业主及施工企业。

赵斌，CCDI上海区域建筑数字化业务部BIM主管。韩国建设管理学会会员，韩国成均馆大学建设管理硕士。在韩期间主要从事RFID技术在施工现场的应用以及基于BIM模型的分析研究，回国后致力于BIM技术在建筑设计、施工领域的应用和推广。2007年加入CCDI BIM团队，成为技术核心，有丰富的BIM项目实施经验。