

专栏

# 思想午餐期刊 第3季

## CONCEPTION LUNCH

— 第3刊 —



# Contents 目录

- ① ————— 01  
“培根课堂”第2讲——MBD Model Based Definition  
特邀嘉宾 \ 刘子扬
- ② ————— 07  
数字赋能从“规划”开始  
特邀嘉宾 \ 张 敏  
特邀嘉宾 \ 王中岳
- ③ ————— 12  
同济设计 BIM 技术在雄安新区新建项目中的应用  
特邀嘉宾 \ 吉久茂
- ④ ————— 18  
标准解读——深圳市《建筑工程信息模型设计示例》  
特邀嘉宾 \ 刘亚鑫
- ⑤ ————— 26  
“培根课堂”第3讲：BETTER1.0  
——数字化赋能建筑业低碳绿色发展战略研究  
特邀嘉宾 \ 王海山

⑥ ————— 34

**BIM 数据管理的思考与探索**

特邀嘉宾 \ 周向东

⑦ ————— 39

**欧洲汽车行业的减碳探索与对中国的启迪**

特邀嘉宾 \ 洪 浩

⑧ ————— 43

**2022bSI 大奖赛基础设施设计类大奖项目分享  
——openBIM 在广湛高铁设计和交付中的应用**

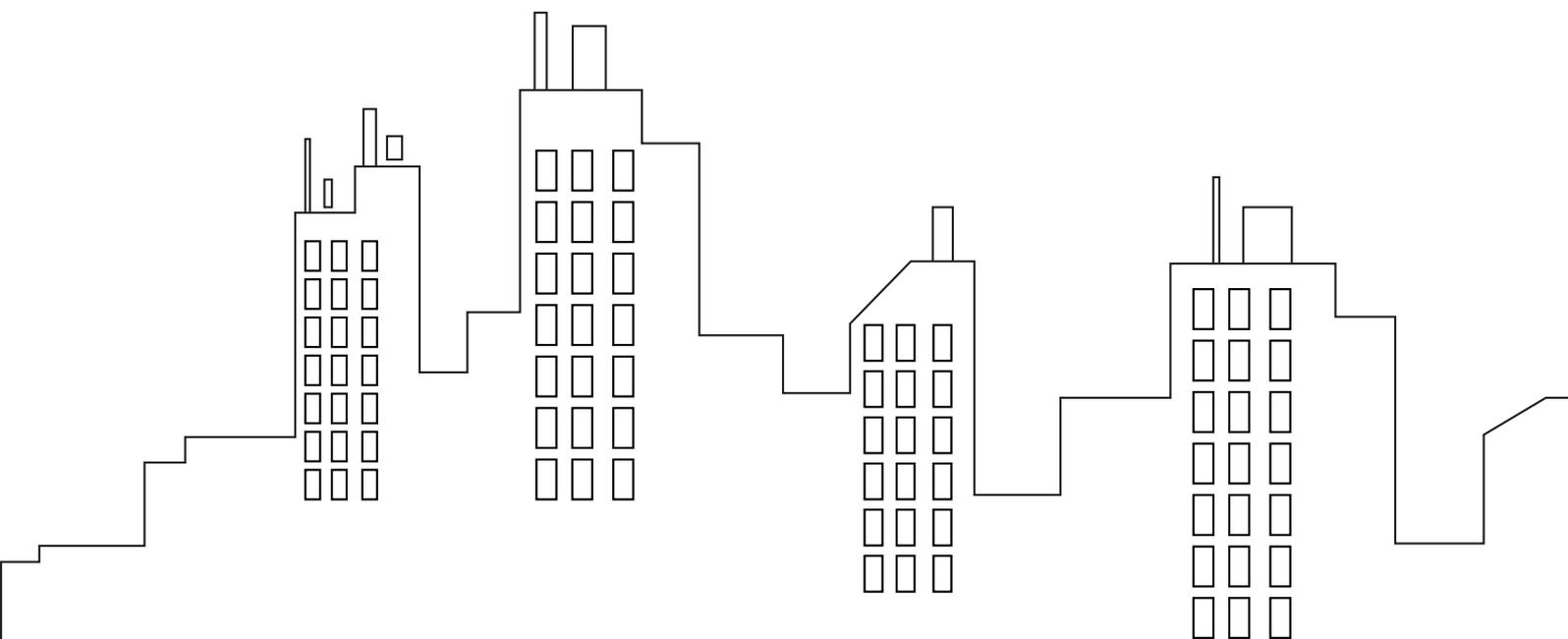
特邀嘉宾 \ 杨绪坤

特邀嘉宾 \ 王自超

⑨ ————— 50

**“培根课堂” 第 4 讲：ISO 16792 标准解读**

常驻嘉宾 \ 魏 来



# “培根课堂” 第 2 讲： MBD-Model Based Definition



**刘子扬** / 特邀嘉宾

中国建筑标准设计研究院有限公司 BIM 研究助理；

英国考文垂大学建筑学硕士；

从事 BIM 相关的研究和咨询工作，包括 openBIM 标准在大型机场项目中的应用、IDM 流程实践、BIM 应用点管理、数字资产管理和工程建设档案管理等。

## 1. MBD 的起源

MBD 其实是基于 CAD（计算机辅助设计 Computer-Aided Design）发展起来的，因此，想要了解 MBD，首先要了解 CAD 的发展历史。

20 世纪计算机的出现，人们开始尝试使用计算机代替手绘，将 2D 图纸进行电子化，这种行为被称为计算机辅助设计，也就是大家耳熟能详的 CAD。1965 年，IBM 开始将 CAD 概念引入航空制造业，称为 CADAM，这是飞机制造业第一次开始使用 CAD，主要通过 CAD 完成部件排布和绘制部件几何形状等工作。自 1967 年起，人们开始尝试针对产品设计进行开发，并成功发布了产品设计绘图系统（Product Design Graphics System, PDGS）。1972 年起，人们逐渐发现二维图纸带来的信息量十分有限，于是开始尝试开发三维模型搭建系统，随后进入了漫长的研发阶段。尽管 20 世纪 80 年代中期以来，已经可以使用 3D 模型，并且 3D 建模的工具的性能得到了许多提升，但是超过 80% 的人依旧使用 CAD，主要用于绘制 2D 图纸。

到了 20 世纪 90 年代，国际知名飞机制造商波音公司为了缩短飞机生产周期，引入了产品数字化定义，并编制了一系列用于制造过程的实用指南，这也是 MBD 概念的雏形。自 1984 年起，国际标

准化组织 ISO 一直致力于制定用于计算机的产品生命周期系统和产品数据电子交换的综合标准。1994 年，ISO 发布 ISO 10303 STEP (Standard for the Exchange of Product Data, STEP) 产品数据交换标准，旨在处理更广泛的产品相关数据，包括产品整个的生命周期。1995 年 Solid Edge 公司发布了产品生命周期管理（简称 PLM）软件，自此 MBD 技术具备了发展条件。

1997 年美国机械工程师协会（ASME）与波音公司合作，开始研究 MBD 方法论。在航空航天和汽车行业的推动下，2003 年 ASME 制定了“ASME Y14.41-2003 数字产品定义的数据实践 Digital Product Definition Data Practices”，该标准主要供美国国防部（DoD）的工程团队使用，全面定义其产品制造的要求和最佳实践。以促使 3D CAD 数据用于满足制造和检查等的需求，并逐步淘汰二维图纸。2006 年该标准被 ISO 采纳，转化为了 ISO 16792。

2009 年 ASME 发布了 ASME Y14.5-2009 尺寸和公差 Dimensioning and Tolerancing。随后，美国国防部基于 ASME 标准发布了美国国防部标准 MIL-STD-31000，国防部标准实践：技术数据包（TDP） TECHNICAL DATA PACKAGES（TDP）。

该标准的目的在于为项目提供清晰的、完整的、准确的且权威的技术描述，并规定了符合 TDP 预期用途的形式和格式。TDP 包含的元素是由级别和类型描述决定的，并且规定了可能相关的元数据和补充技术数据。2010 年起，MBD 技术基于 ASME 的 2 个标准正式进入大众视野，奠定了制造业应用 MBD 技术来定义零件或组件的制造意图的基础。

## 2.MBD 概念在中国

那么 MBD 概念在中国的发展情况是什么样的呢？

其实从 20 世纪 50 年代开始，我国已经开始提倡采用工业化的建造方式。但是直到 1979 年，“工业化建造”才开始逐渐走入大众的视野。在此期间全球的工程师都是在使用二维平面图纸来表达产品，因此二维平面图纸逐渐演变为第一代通用标准工程语言。

但是由于受到二维平面图纸表现力的限制，设计师和工程师花了大量的精力用于定义和识别所需要的信息。这不仅容易造成歧义和偏差，而且在绝大多数状况下，只有产品制造时才能发现由于设计或图纸识别等错误，所导致的问题严重拖延了制造进度，并增加了制造成本。尤其是对于像飞机这样高度复杂的产品，不得不花费大量资金制造物理样机进行设计和装配协调。

因此在美国和 ISO 标准发布之后，我国立刻发布了一系列与 MBD 相关联的系列标准，包括 2010 年的 GB/T 26099《机械产品三维建模通用规则》系列标准、GB/T 26100《机械产品数字样机通用要求》和 GB/T 26101《机械产品虚拟装配通用技术要求》，以及 GB/T 24734 的 11 本《技术产品文件数字化产品定义数据通则》等系列标准。

然而，由于在国内缺乏足够的全生命周期数据保障手段和对应的软硬件条件，这些标准并没有获得大面积的推广应用。

## 3.MBD 的定义

由于缺少基于 3D CAD 模型的数据交换格式，在供应商和客户的协作环境中，仅能通过 2D 图纸满足共享数据的需求，大部分公司更愿意使用 2D 平面图纸来表达供应链上下游所需的设计数据，也不愿意转向使用 3D 模型。

随着对应软硬件的快速发展，MBD 技术在近 10 年间得到了快速发展。这一点从 ISO 标准的发展情况也可以看出来，后文会有详细的介绍。2010 年之后，MBD 成为了制造业不可或缺的重点发展技术之一。

MBD 技术本身服务于产品的 3D 模型，提供的是与 3D 模型相关的数据的集合，简称 MBD 数据集。MBD 数据集主要包括五类信息，分别是制造技术说明、设计意图、标准尺寸和公差、物料清单以及工程团队配置等信息。这与 BIM 模型要求包含的信息有异曲同工之处。

在 MBD 文献中出现最多的描述如下：

将 3D 产品模型用于交付下游组织，以执行其产品交付周期内的零件所需的所有详细信息，形成 MBD 数据集。

MBD 是数字产品定义 (DPD) 的一种格式，规定 3D CAD 模型的几何形状和产品的所有设计要求（包括符号和零件清单）的电子数据元素。

MBD 数据集包含精确的实体、相关 3D 几何形状以及产品尺寸和公差 (GD&T) 注释。

随着软硬件发展历程和 MBD 技术的发展和应用，各国的标准化组织开始推动制定与 MBD 相关的最佳实践，并形成系列标准。

各国为了保证 MBD 概念的实施，都发布了与 MBD 技术相关的标准，并且几乎全球所有的标准都是基于美国发布的行业标准 ASME Y14.41 标准发展起来的。该标准提供了第一个使用几何尺寸和公差注释的 3D 模型的综合标准。该标准的目的是通过查看 3D 模型携带的信息，用于飞机零件制造。标准没有改变构建公差和尺寸标注的方法，仅规定了在 3D 模型中的显示、方向和查询提供了等规则。随后汽车制造业的相关软件开始采纳该本标准，并开始提供的 3D CAD 注释工具，大大的促进了 MBD 技术的发展。

这里需要解释一个概念，很多人会认为几何尺寸和公差 (GD&T) 注释与在 CAD 文献中频繁出现的 3D 注释是一个意思，但实际上 3D 注释在 CAD 文献中主要代表的是 PMI（即 product manufacture Information，产品制造信息）数据。因此这些与 CAD 相关的 3D 注释的主要目的是表示产品的物理和功能要求，而不是专门用于制造目的，主要插入 3D 绘图中。而几何尺寸和公差 (GD&T)

数据可以直接插入 3D CAD 模型中，专门用于制造目的。

欧盟发现了 MBD 技术的先进性，迅速采纳该行标，并将其转化为 ISO 16792 技术产品文档——数字产品定义数据实践。目前本标准已经更新过 3 个版本了，最新的已于 2021 年发布。ISO 16792 规定了对数字产品定义数据的准备、修订和呈现等方面的要求。该标准目前主要适用于 3D 模型，和带有几何尺寸和公差注释的二维的 3D 模型（如右图所示）。并明确提出与 CAD 系统结合使用的最佳实践，以帮助改进 CAD 系统，改进其在帮助工程学科建模和注释时的解决方案。并作为 CAX 软件开发人员的工作指南。（注：此处的 CAX 是计算机辅助设计 CAD、计算机辅助工程 CAE、计算机辅助制造（CAM）等软件的代称）

#### 4.MBD 关联定义

MBD 技术在制造业获得了广泛的应用，越来越多的软件开发了关于 MBD 的插件。大多数软件开始支持 MBD 自动化，即几何尺寸和公差（GD&T）注释自动化、MBD 数据集自动导出等。

这也促使一些新的概念衍生出来，首先就是 model-based design 基于模型的设计（简称也是 MBD），和 model-based enterprise 基于模型的企业（简称 MBE）。

##### MBD 关联定义——基于模型的设计（MBD）

首先介绍基于模型的设计。基于模型的设计的主要工作流程如图 1 的 V 型模式，并且逐步演变成了一种软件开发的一种方式。这就是为什么基于模型的设计是“一种嵌入式设计软件中与设计的复杂控制、信号处理和通信系统相关的问题精确的和可视化的解决方式”。

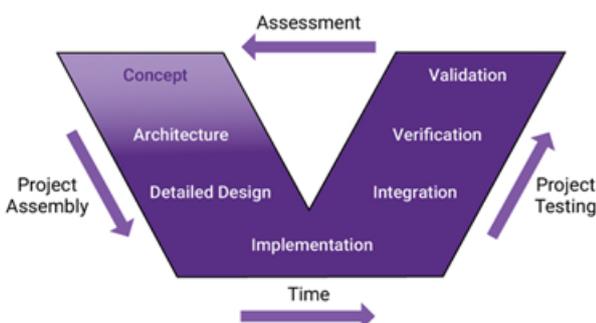


图 1 V 型基于模型设计（MBD）工作流程

因此也衍生出了很多关联词 MBD，其中讨论

最多的就是基于模型的设计（MBD）。制造业基本上都是根据 V 型模式完成对模型核查、确认流程。这是符合制造业特性的，基本每一个零件设计出来之后都需要进行物理测试，确认其性能与设计意图的差距，从而对基于模型设计的模型进行调整。这样基于模型的设计概念，对模型进行分解流程的实施，和项目测试程序，共同形成了一套模型迭代工作流程。

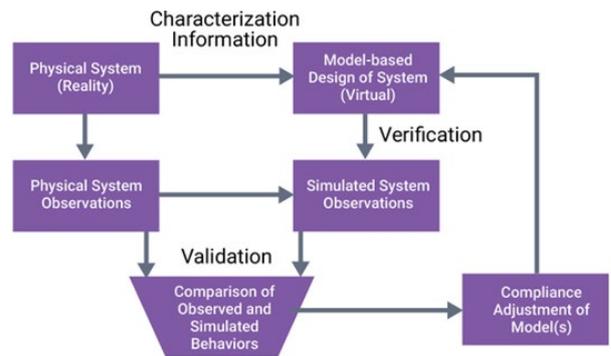


图 2 基于模型设计的模型迭代的检验确认流程

对核查结果与仿真结果进行评估观察项目是否达到合规质量。这里的模型验证是确认虚拟原型是否满足指定的精度范围。

基于模型设计在汽车制造业的应用非常广泛。首先，基于模型设计会将产品看作一个系统，对每一个零件进行评估，确认其是否能在系统中工作。对未通过评估的零件，调整其技术参数，进入基于模型设计程序，利用流程模拟、样式模拟等手段，通过硅晶自动编译程序，完成制造所需的模具、组装、问题测试、包装、检测，然后形成原型机。

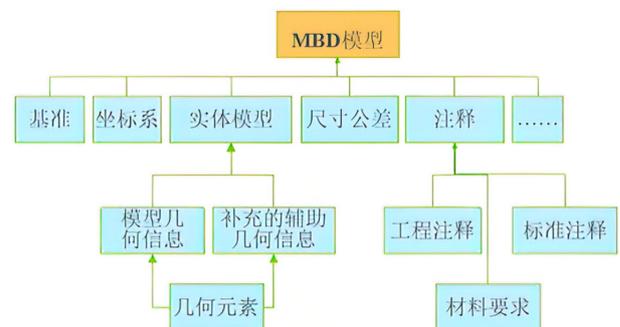


图 3 MBD（基于模型设计）模型

而基于模型设计的模型与基于模型定义的模型区别主要是因为包含的信息量不同。根据前面的介绍，基于模型定义的模型包含的信息包括几何尺寸和公差（GD&T）、部件级材料、装配级材料清单、

工程配置、设计意图等。

基于模型设计更多的是针对零件级信息，包含的信息层级是不相同的。但是这两个 MBD 模型使用的注释方法是相同的。

### MBD 关联定义——基于模型的企业 (MBE)

随着国内外的制造业的数字化技术发展迅速，三维数字化设计技术得到了广泛的应用，基于模型设计和基于模型定义技术已经成为制造业信息化的发展趋势。为了提高 MBD 数据集在产品全生命周期内利用率，越来越多的供应商开始着手研究、验证和应用 MBE 方法。MBE 全称为 Model Based Enterprise, 译作基于模型的企业。



图 4 MBE 与 MBD 概念解析

MBE 基于 MBD 技术在整个企业和供应链范围内建立一个集成和协同化的环境，各业务环节充分利用已有的 MBD 数据集，作为单一数据源开展工作，从而有效地缩短整个产品的研制周期，改善生产现场工作环境，提高产品质量和生产效率。因此 MBE 是 MBD 数据源的应用环境，这有点像类似 BIM 领域的 CDE 的概念。

## 5. 制造业应用 MBD

飞机制造业是最早，也是目前最成熟的应用 MBD 技术领域。尤其是近 10 余年间，随着飞机制造技术的发展，波音、洛玛、空客等公司为代表飞机制造企业，在 MBD 应用领域取得了巨大的成功。

其中波音 787 的新型客机研制过程中，全面采用了 MBD 技术。利用软件达索公司 CATIA 等主流 CAD 系统中将产品制造信息 (Product Manufacturing Information, PMI) 与三维设计信息共同定义在三维模型中，摒弃了二维图样，直接使用三维标注模型作为制造依据。实现了飞机研制最重要的五个环节产品设计 (含工艺设计)、工装设计、零件加工、部件装配、零部件检测检验的高度集成。利用 MBD 技术建立了三维数字化设计建造一体化的集成应用体系，开创了飞机数字化设计制造的崭新模式。

其中起到决定性作用的环节是工艺设计的环节。工艺部门依据设计部门按预发放的三维设计数字模型，进行工艺分析，并向设计部门反馈工艺审查意见。工艺部门将依据设计部门正式发放的产品设计结构和三维设计数字模型，建立产品工艺结构，制定装配工艺协调方案，划分工艺分离面，进行全机装配工艺仿真，最终形成经过装配仿真验证的产品制造结构的顶层结构，发放到下游的，进行工装设计、专业制造和检验检测等部门。

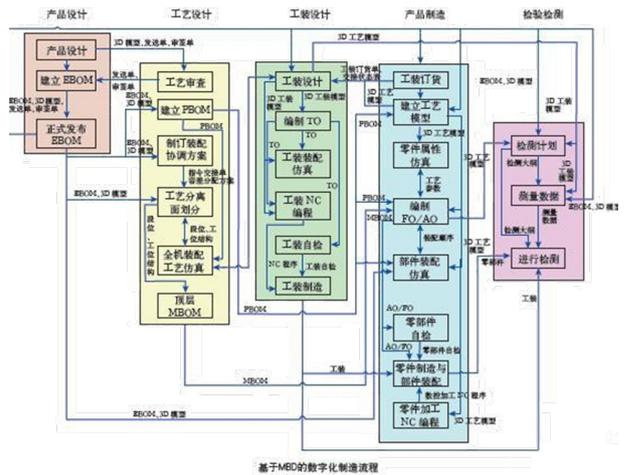


图 5 基于 MBD 的数字化制造流程

MBD 技术的出现为制造业带来非常大的改变，首当其冲的是，MBD 技术淘汰了制造业已经使用数百年的二维图纸。并带来以下五个方面的好处：

MBD 数据集包含计算机可读的产品和制造信息，帮助实现自动化制造

早前传统的 CAM (计算机辅助制造) 软件虽然能读取 CAD 模型，自动生成数控 (NC) 代码，但是对像尺寸公差和表面光洁度等信息还是只能通过 2D 图纸定义和传递信息，导致了制造工程师必须在图纸和 CAM 程序之间来回查看。并且由于 CAM 软件无法直接读取图纸，很多数据都需要手动提取和重新输入这些需求，造成流程缓慢，数据重复、人工解释和重新输入造成错误等问题。MBD 技术的出现，使得 CAM 软件可以定义并自动读取产品和制造信息。除此之外，还提升了软件与加工后的软件检查工作的准确率。

MBD 技术提高了沟通效率

由于二维图纸与我们所处的三维世界存在一定的信息差异，不同的人对二维图纸的解读存在着偏差。二维图纸转化为三维时，很容易产生歧义，此

时需要与设计师确认，或者多角度图纸进行判断。

随着 MBD 技术的发展，越来越多的制造商发现相同的零件，如果基于模型交付大约五周就可以交付，而基于图纸交付大约八个月才能交付，甚者可能更久。其主要原因在于，基于图纸交付，需要更多的时间在沟通中，在产生歧义的图纸获得解答之前无法开工，因此基于图纸的交付需要承担大量的停工风险。而像飞机这样需要上百万个零件机械，很多零件的修改都是具有关联性的，简单的调整可能导致相关模型和系统 1700 项更改。

MBD 技术不仅通过几何尺寸和公差 (GD&T) 注释方式减少了二维到三维转换过程中的歧义。还可以通过 highlight (高光) 的方式提示信息接收方重点关注。

MBD 技术提高了产品质量

基于模型的制造自动化，可以大大提高制造质量。如图 6 所示，受二维图纸版面限制，图纸中缺少注释孔深度，导致整个零件的报废，而基于模型的注释就可以尽可能避免这样的问题。

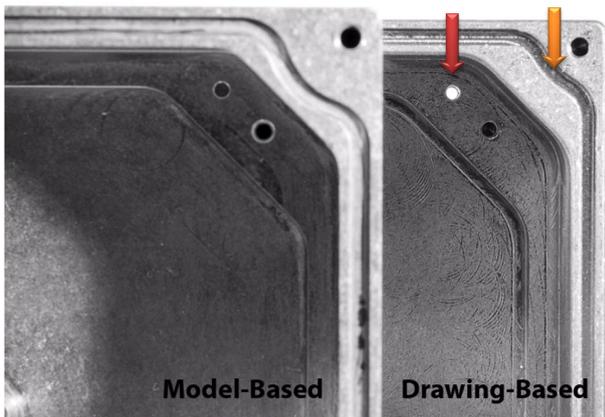


图 6 基于模型与基于图纸对比

MBD 技术提升制造优势

由于 MBD 技术的成熟，以美国、日本为代表

的越来越多的国家地区开始制定与 MBD 相关的标准。越来越多的制造商之间的数据交换的障碍减少，提升了该企业在行业的竞争力。

MBD 提升新兴技术的力量

随着德国工业 5.0、美国的工业物联网和中国制造 2025 等概念的提出，3D 打印、大数据分析、物联网传感器、人工智能等新兴技术不断涌现。MBD 技术可以增强这些技术力量，比如 3D 打印，由于 MBD 数据集都是机械可读的，MBD 可以让 3D 打印机实现自动生产。

## 6.MBD 对建筑业的影响

正如前面的介绍，受西方工业革命的影响，我国提倡建筑工业化已经有相当长的一段时间了，通过现代化制造、运输、安装和科学管理的生产方式，代替传统建筑业中分散的、低水平的、低效率的手工业生产方式。

随着装配式建筑技术的诞生，建筑业逐步开始实行工厂预制、现场机械装配，并随着工业 4.0 概念的流行，我国发布了一系列与新型建筑工业化相关政策。新型建筑工业化是以构件预制化生产、装配式施工为生产方式，以设计标准化、构件部品化、施工机械化为特征，整合设计、生产、施工等整个产业链，实现建筑产品节能、环保、全生命周期值最大化的可持续发展的新型建筑生产方法。其实这也是 BIM 作为推动新型建筑工业化的核心技术被行业热议和重视的主要原因之一。与 MBD 发展历程有惊人相似的地方在于，目前国内 BIM 技术所需的对应的软硬件、数据标准体系等均处于发展阶段，无法实现像 MBD 一样保证供应链上下游在一种统一的环境中完成数据交换，并且缺少统一的适用于中国工程实际的数据标准。

BIM 是我们工程建设行业常谈的术语，MBD 显然是一个制造业的术语。MBD 和 BIM 是什么关系？个人看来，MBD 约等于 BIM。更精准来描述的话，MBD 属于数字孪生体系，能够在计算机体系中依托三维技术将设计思维/定义思维体现出来。设计是什么？设计的本质就是定义的过程，设计跟这个阶段跟谁做都没有关系。这也是行业对 BIM 的理解一直存在偏差的原因所在。现在很多做 BIM，都是硬生生在各个阶段上进行割裂，设计院做的事就叫设计 BIM，到了施工阶段就叫施工 BIM，如果这样理解 BIM 一定会出错。

MBD 给 BIM 带来的启示在于如何对定义进行表达，而定义实际上就是对整个建筑描述过程的全部。传统作业模式以二维为主，出现 BIM 以后变成了二维为主，三维为辅。辅助到什么程度？可能政策上有要求，或者甲方有要求，但是目前行业产业链上仍然没有一个较好的共同要求。因此，想要实现 MBD 所面临的一部分问题在于，无论在国内还是国外，MBD 要求以三维为主，二维为辅。要

解决这个问题，我们需要一套新的标准，有关三维如何进行表达，如何通过基于模型的表述方式把定义表达出来等等。对 MBD 感兴趣的朋友可以阅读 ISO 16792 这本国际标准：Technical product documentation-Digital product definition data practices，可翻译为：技术产品文件——数字产品定义数据实践，非常值得一读。

最后谈谈 MBD 为什么和 MBE（Model Based Enterprise）结合得如此紧密？目前 BIM 的推广存在很大的阻力，关键在于整个产业链上下游并没有形成 MBE 的协同关系。落实到工程建设行业当下具体的情况来看，大家很头疼的情况：上游做了 BIM，而审查审批环节不接受 BIM 模型只接受图纸，导致无法实现基于模型的数据分享，无法实现协同。整个行业呈现出短板效应，且这个短板在行业中具有很强的制约作用，因此，下一步的关键在于，如何解决产业链级的 MBE 协同关系问题。总结来说，我们还有很长的路要走。



# 数字赋能从“规划”开始



**张敏** / 特邀嘉宾

上海尚林信息科技有限公司总经理；

城市市政工程行业资深专家，兼具城市管理经验与第三方咨询经验，多年来致力于研究通过 GIS、BIM、人工智能等数字化技术赋能城市规划与更新，因专业与城市结缘，用数字让城市更美好。



**王中岳** / 特邀嘉宾

URBANBYTE 首席行业专家；

具有超过 12 年城市基础设施行业从业背景，积累了丰富的交通数据模型、城市基础设施数字化经验，具有工程全过程咨询、设计与项目管理的专业知识和经验，先后参与中国、加拿大、英国等国际项目。王中岳是中国较早投身交通模型领域的专业人士之一，在城市基础设施数字化与建模领域发表多篇行业论文，在世界交通年会 TRB、新加坡 Smart Construction 等国际学术活动中发表演讲。

## 《BIM 技术与城市规划和城市治理的融合》—张敏

BIM 技术如何与城市规划和城市治理的融合是一个非常大的命题，今天主要依托“一幢一册历史保护平台信息化平台”项目作为切入点进行分享。

### 1. 项目背景

在优秀历史建筑和历史文化风貌区的管理上，上海正在实行最严格、最科学的保护制度，制定加强历史风貌保护、促进历史建筑活化利用的一系列政策。针对建筑风格多样、面广量大的痛点，上海启动“一幢一册”保护档案编制，夯实家底。截至 2020 年底，完成 3151 幢优秀历史建筑档案编制，占比超过 97%。

按照市委、市政府《关于全面推进上海城市数字化转型的意见》要求，以优秀历史建筑管理数字化转型试点先行，推动旧住房更新改造管理整体性转变、全方位赋能：开展数字化测绘。

此次承接的项目为徐汇区历史建筑的大型规划项目。在前期调研及资料收集过程中，我们发现徐汇区的历史建筑有各种小型信息化平台，急需整合。并且数据散落在区、镇、社区等不同层面，数据整理工作量大，需要整合搭建一张图。

### 2. 数据整合及呈现

在项目前期，我们纠结过究竟是用 BIM 还是

CIM 的表现方式。在数据调研过程中，发现大量零散的数据需要整理，包括历史人文的文本形式材料，房屋普查和具体保护内容等 PDF 格式材料，建筑立面的图片格式材料以及保护范围线和建筑控制地带的 CAD 格式文件等。综合考量，我们认为用三维 BIM 的表现形式更为合理，于是搭建了以三维为主的大平台。

以国际礼拜堂为例，对于文本格式的储存信息与 JPG/PDF 格式储存信息，由于数据不标准，因此我们采用了较为传统的处理方式，选中建筑后通过点击链接或下拉菜单即可查询建筑的相关信息。对于 CAD 格式文件，我们在平台上搭建了完整的一张图。从规划角度来说，划分了不同修复批次的片区，并且每一栋楼都带有独特的保护范围和建筑控制地带。此外，我们对于建筑外部和内部结构进行了还原，以便于今后的规划工作的开展。



图1 以国际礼拜堂为例的数据整合

### 3. 一幢一册平台基本功能

一幢一册平台整合了原来独立的工程管理系统，包括工程管理审批文件、整改通知、巡查记录、验收资料等功能，都可在此平台进行调取。此外，在历史建筑物中，对于建筑物的修缮和维护要求非常高，因此设置了部分监控点，在平台上可以远程调取。如下图，地图上高亮标出监控中的文保单位，左侧根据文保编号选择需要监控的文保单位。除了固定的监控点，工人配备远程链接的安全帽摄像头，可实时反馈工地情况，并保存工地情况记录。

此外，平台开放了系统管理的端口，与徐汇区现有的管理系统进行了对接。除了常规的筛选外，

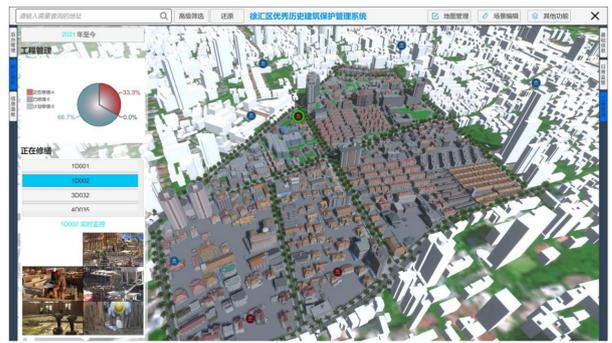


图2 工程监控

平台的高级筛选中，可通过多信息要素组合选择，进行分类统计与分析。

在日常巡检的管理功能中，除了人工巡查记录，古建筑还布置了传感器，平台对于温度、湿度、震动、裂缝、位移和虫害进行智能监控，超标报警。

### 4. 其他场景应用

除了日常运营管理，平台还包括其他功能应用场景。

首先是主要的规划设计功能。1) 场景编辑功能，可对三维模型进行新建、拆除和迁移，进行三维场景模拟。2) 图层管理，包括传统的太阳阴影以及规划地块性质分类等。3) 三维分析，针对三维模型进行测距和视域分析等。

平台结合城市级的地理信息技术（GIS），结合地图数据还原周边建筑环境，结合高程数据还原城市地理环境。

此外，对于历史保护历史风貌中，平台利用车载巡路的 AI 算法，对非机动车违规停放、暴露垃圾、装修管理、路面破损等进行巡检上报，由区大数据中心直接进行案件的派发。

总体来看，平台比较庞大也比较琐碎。在梳理过程中，BIM 和 CIM 如何结合是一个非常复杂的问题。我们从规划入手，首先通过相对简单的手段进行数据整合，再通过市政规划引领进行智慧城市的建设，并推动城市治理。此过程中，数据整合推动数据治理，又反哺到城市规划，形成了一个良好的闭环。

总结来说，BIM 技术的应用，是实现城市同步规划、同步建设，数字驱动的手段，为智慧城市建设和提升城市治理能力提供技术支撑。

# 《交通大数据如何为 CIM/BIM 注入活力》—王中岳

## 1. 城市的数字孪生即将从“形”的建设进入“流”的建设

引用吴志强院士的话来说，CIM 总体上是应当容纳流结构的，以流定形，形流相成，这是未来 CIM 发展的重点方向。CIM 可以在更多领域发挥作用。比如交通和电力，这些行业固有的数据结构是“流结构”，交通关注的是在路上跑的“交通流”，电力关注的是在电线里面跑的“电流”。关注“流结构”，就是要探索规划布局、道路走向、建筑形态因素。

城市交通就像城市树叶上的脉络。城市交通体系十分复杂，人的出行方式由主观因素决定，交通流也处于不断更新迭代之中，因此难以用精准的方式对城市交通进行诊断。而城市研究的城市如何服务于人，当人的需求在不断变化的时候，城市的规划和建设也跟随需求的变化而不断变化。

对于交通的把握可以应用到城市的各个场景：

1) 应用于城市与交通规划，包括区域交通规划、路网规划分析、停车规划、公路交通规划、十五分钟生活圈规划分析、低碳减排规划等；2) 应用于城市设计与建设，包括建设项目交通影响评价、道路及交通适应性分析、交通设施适用性分析、交通影响后评价、碳排放影响评价等；3) 应用于城市运营管理，包括交通年度评估、临时交通管控、应急管理交通调度、区域停车管理等。

## 2. 行业痛点

交通是城市规划、设计建设与应用管理等应用场景中的重要一环，交通数据为城市发展决策提供重要支撑。然而目前行业内的数据应用水平还有很大的提升空间，这也是交通规划行业数字化转型的痛点所在。

行业痛点：

(1) 数据应用水平需提高。交通数据来源渠道广，类型多，性质各异，造成数据治理难度大，数据应用难。

(2) 数据安全待增强。交通作为国家核心基础设施建设，受外交局势、国家安全、技术垄断、产能提升等多因素影响，需格外重视在信创与数据安全领

域的大力发展。

(3) 预测准度亟需提升。受数据质量差、模型精度低、算法落后的影响，难以实现高准确度的交通预测。

(4) 工作成本待降低。传统工作模式下，项目类型、分析指标、流程的各异性，造成项目周期长、投入人员多，成本居高不下。

(5) 数据理解能力亟需改善。对工作中产生的专业数据计算、对比、呈现等难以进行快速的图形化、人性化表达和应用。

## 3. 我们的探索

针对行业目前存在的数据应用水平的问题，我们花费了相当多的时间与投入，希望通过数据工具帮助更多的行业用户和从业人员，用数据的角度去重新审视城市基础设施行业，帮助城市实现真正的精细化管理，就像绣花针一样，让交通自如穿梭在整个城市的物理空间和数字空间里面。

主要探索：

(1) 国产替代流量分配与 OD 反推算法

传统的行业做法主要是依赖一些传统的经验的公式进行预测，这种方式对于城市的个性化需求和实施动态的需求来说，响应度比较低。



图3 国产替代流量分配与 OD 反推算法

有些国外软件对交通可以进行预测，但是因为模型落后预测也不太准确。另外从应用层面来讲，行业对于计算机的使用比较落后，很多从业人员对技术掌握比较弱，导致一些城市规划和交通规划，经常以人的主观意志为转移，而不是以客观事实为依据。我们希望通过创新方式，去创造一种属于自

己的国家知识产权，同时又能够基于大数据进行更精准预测的交通预测算法。

### (2) 基于网页端的轻量化模型交互

除了数据统计的算法之外，我们也在探索如何通过前端让一线用户快速理解与应用数据，从而为具体决策提供支撑。为此，我们以神经网络算法+交通大数据的方式打造了国产自主知识产权的交通承载力分析平台。平台上涵盖了完整的城市模型。平台用户在提取设置范围后，可以看到该区域的全部交通信息，比如交通的路网、小区的出入口、道路实时流量等。通过拖动与快速输入，平台可以快速计算新建地块的交通承载力。



图4 平台操作演示

### (3) 以业务为导向的中微观模型开放生态

平台搭建了后台、中台和前台，后台为整个城市交通的模型，中台展示的是区域级的面向对象服务的业务，前台则是针对不同业务场景，为区域规划、城市更新、开发地块交通咨询等服务。



图5 以业务为导向的中微观模型开放生态

### (4) 大数据+AI 算法赋能交通数据模型

目前平台已收录 470 项数据。面对大量数据问题，我们将城市与交通要素、指标进行梳理，并进行多元数据的全量拟合。我们通过自研的深度学习模型对数据进行关联性分析，并形成了对于未来出行预测的能力。

除了量化的数据，对于非量化的数据，我们做了定制化的交通行业知识图谱，比如政策、交通报告、规划报告里涉及的专家意见等，我们通过语义解析、关键词识别，建立一套智能推荐的知识图谱，为未来城市规划所使用。

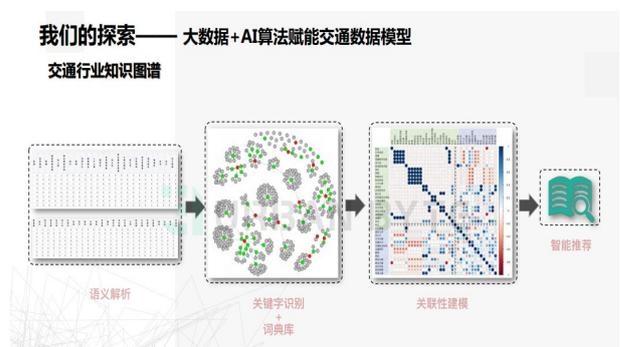


图6 交通行业知识图谱

### (5) 业务精益化+模型轻量化应用

我们基于业务精细化的流程，将模型轻量化应用到具体场景之中，比如交通影响评价与工程可行性分析。



图7 应用场景

## 魏 来 / 访谈嘉宾

关于 BIM 还是 CIM 的问题，个人认为两者的概念切分未必那么重要。今天的内容体现了一个很重要的观点——面向对象。这一词从计算机语言过渡而来。我们现在所提的面向对象，实际上就是如何将业务对象或者管理对象看作一个单元，然后面向这个单元进行数字化。数字化的手段非常多，比如三维建模，也可以用一些其他的文档、扫描等多种手段共同进行数字化的表达，这些在 BIM 中的应用也十分广泛。然而现在大家容易产生一个错觉，认为只有用某些特定的软件建模才叫 BIM。事实上，当我们回看 BIM 本身的定义，BIM 的重点在于对工程对象的数字化表达，为各种决策与分析提供支撑。

按照这个定义来看今天分享的案例，对于历史建筑，我们需要充分掌握用于管理的信息。这些信息可能需要三维的空间、三维的重现，那么我们可以通过建模的方式，或者用渲染及扫描的方式来

实现。其中还可能涉及到很多历史性的资料的收集，比如图纸、PDF 等各种文档。这些信息都可以和“对象”挂接在一起，形成一个打包的文件以数字化的角度充分形容此对象。当然，更高阶的形式是采用数据库的形式或者结构化的数据来体现。

今天关于交通大数据的分享对于我们行业很有启示性。目前，行业中很多项目都在关注于如何建模，目的性并不明确，很多情况下是为了建模而建模，带有一定盲目性，因此产生的数据不成系统，也很难集合起来做某种分析。在 BIM 的实践过程中，我们花费了太多时间和精力考虑如何将模型建得更细致更精美，但忽略了算法优化。算法代表的是行业未来的大趋势。如何让数据的采集与整理更具目的性？算法输入的条件有哪些？牵涉到的数据规模有哪些？算法本身的数据逻辑是什么？如何与业务结合？这些问题都需要我们深度挖掘。

## 王海山 / 访谈嘉宾

城市交通规划设计是一个从行到流到群的拓展。关于“群”的概念，我非常推荐大家阅读凯文凯利的《失控》一书。书中谈到“蜂群思维”，主要讲述了分布式系统的原理与前景展望。因为蜜蜂的群体结构，蜂巢之中每个个体都有分工，自发维系整个蜂巢。无论是动物界还是人类的生活与生产活动，群体活动行为以极强的同步性和整齐的秩序出现时，看似复杂其实很简单。随着人类对于数字化的研究越来越深入，算法的应用能够使数百万个个体间即使在智能化水平很低的情况下实现高度协同。

我们常说要“知行合一”，未来的城市要怎

么做，做到什么程度，也值得思考。ISO 37120 系列标准中规划了未来城市可持续发展的 10 个领域的 100 个指标，谈到了未来城市要做到什么程度。此外，我们以前谈过的“韧性城市”的概念也是如此，当灾害发生的时候，韧性城市能承受冲击，快速应对、恢复，保持城市功能正常运行，并通过适应来更好地应对未来的灾害风险。

目前，城市还在规划之中，城市化进程才进行到 60% 左右，还有很大的空间。未来，现有的哪些标准和规范需要修改？古建筑的修复工作如何实现标准化到个性化再到数字化发展？这些问题未来值得进一步探讨。

# 同济设计 BIM 技术在雄安新区 新建项目中的应用



吉久茂 / 特邀嘉宾

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司 BIM 技术事业部结构所副总监  
主要研究方向：BIM 数字报建，BIM 智能审查，BIM 战略咨询，BIM 三维设计，专业知识图谱数据库建设。

已服务项目：上海博物馆东馆新建工程、中国第二历史档案馆、漕河泾 赵巷园区、西安国际会展中心、环球影城、上饶野生动物园、上海金桥集团系列工程、雄安新区容西和容东相关组团项目等。

## 1. 项目概况

《河北雄安新区规划纲要》明确提出：坚持数字城市与现实城市同步规划、同步建设，适度超前布局智能基础设施，推动全域智能化应用服务实时可控，建立健全大数据资产管理体系，打造具有深度学习能力、全球领先的数字城市。

同济设计集团（TJAD）自雄安新区成立至今，积极参与新区规划设计工作，同时在数字设计方面积极响应新区相关文件精神，积极开展科研课题研究，助力新区数字城市建设。截止目前，同济设计

已参与完成了近 17 项 BIM 专项设计服务，总服务面积约 330 万平方米。

## 2. BIM 技术研究与应用 - 建筑

### （1）BIM 智能报规技术应用

雄安新区全面推行 BIM 的应用，要求在项目前期 BIM 技术介入项目报审。项目审批施行“一会三函”制度，“一会”：召开会议集体审议决策；“三函”：建设项目前期工作函、设计方案审查意见函、施工意见登记函。

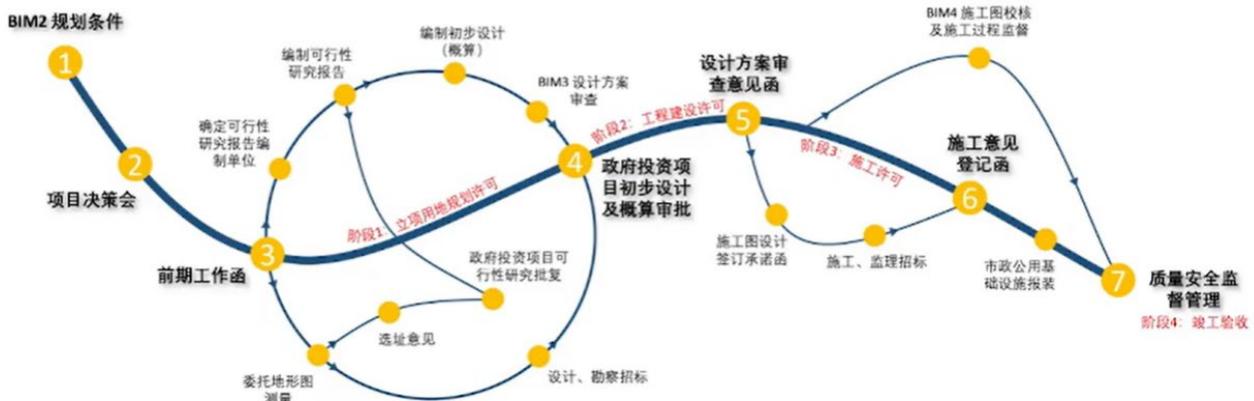


图 1 雄安新区数字报建流程图

目前基于 BIM 三维设计平台开发了雄安新区建筑指标智能预审工具，集成了雄安新区各项政府报审文件、建模标准、交付标准等，极大提升报审的精确度和报审效率。基于数字技术的智能预审工具研发主要实现以下几大功能：

- 将重复建模的动作交给计算机，比如批量创建标准构件；批量挂载参数；自动清除冗余信息等。
- 对主要的建筑经济指标一键校审，规避报审风险，提高报审通过率。
- 支持 BIM 报审校核单一键导出，方便多方协调与讨论。
- 动态监测建筑最高点高度。

### (2) 建筑面积智能管控

所有面积指标与 BIM 挂接，各功能建筑面积指标综合管控。



图 2 建筑面积 BIM 智能管控

### (3) 建筑高度、建筑退界自动校验

建筑高度实现动态检测。高度信息与 BIM 模型挂接，通过高度范围，展示地块的高度情况。对于建筑退界，基于总图退界线自动生成退界盒子，直观明了校核建筑单体退界情况。

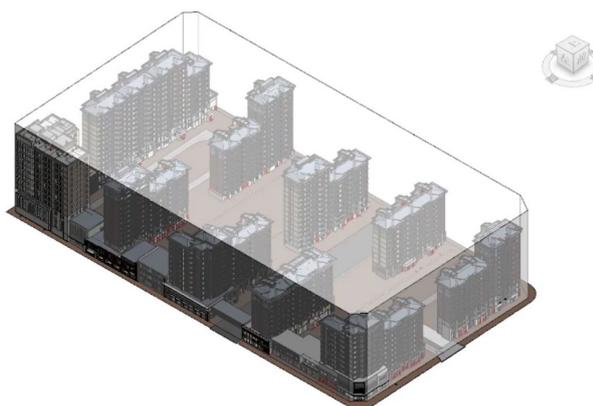


图 3 建筑面积 BIM 智能管控

### (4) BIM 智能疏散设计与核查

针对目前 BIM 消防疏散路径人工绘制的耗时问题，从提高设计效率出发，提出了一种基于深度 Q 学习 (DQN) 与 A\* 结合的混合算法，并以此开发了一种基于该算法的 BIM 疏散自动设计工具。

结合神经网络算法进行路线自学习，从而找出最佳疏散路径，辅助建筑师完成建筑消防疏散路线的设计与核查。

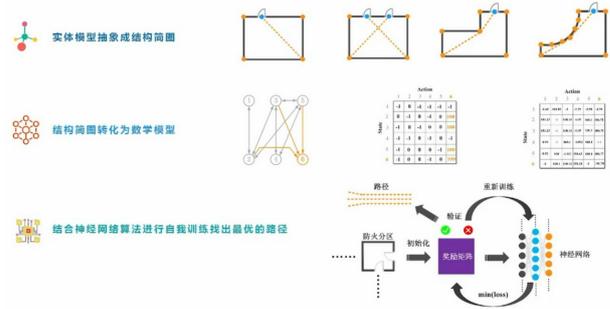


图 4 BIM 智能疏散设计与核查

### (5) 建筑单元 BIM 组合出图

前期方案阶段有了 BIM 报价模型，在出施工图时，可以适当将 BIM 模型做应用深化。通过不同户型组合，快速出图。

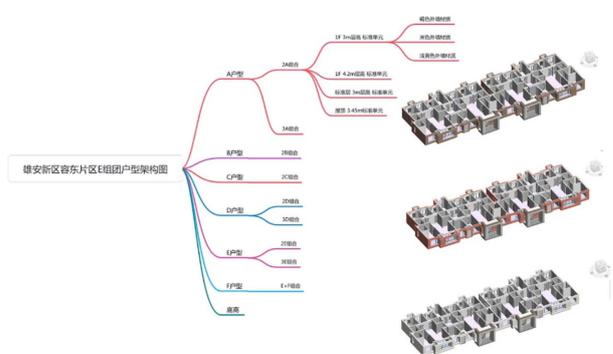


图 5 BIM 单元块组合出图

### (6) BIM 构件库建设

基于国家相关标准和项目特殊需求，同济设计 BIM 技术事业部自主研发了面向设计流程的构件库平台，确保建筑设计的规范化、便捷性、可量算、能出图的基本要求。族库使用便捷，设计师可在线浏览族的样式、属性等信息，同时为管理员提供族管理模块，支持对族的审核及族的发布。在雄安新区相关项目设计中，基于构件库平台，助力 BIM 设计团队高效的完成 BIM 报审模型创建。

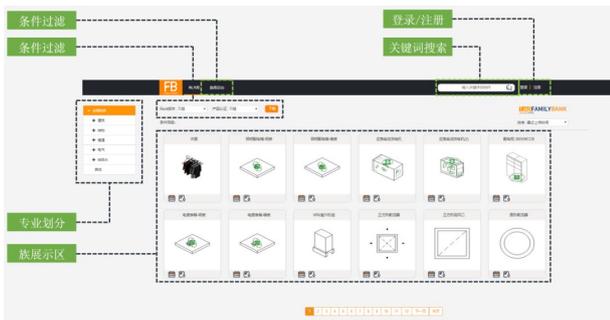


图 6 BIM 构件库

构建自有族库平台既节省了建设成本，又确保了族文件安全性与可控性。当前已累计上传族库构件千余个。

### 3. BIM 技术研究与应用 - 结构

#### (1) BIM 正向设计模板正向改造

为了满足出图要求，我们对模板浏览器进行了改造，以适应设计院的出图流程与习惯。

比如图纸和明细表，我们对于图纸的输出做了相关的约束与规定。BIM 的好处在于，BIM 不仅能出图，后期可以以 BIM 施工图模型为基础，做预算清单的研究。一键导出工程量清单表后，通过 Excel 的二次处理，就能得到相对合理的工程运算的清单。

团队还研发了各类构件标记，采用构建专用标记族，便于按类别标记。集中标记族通过定义，适应不同需求。

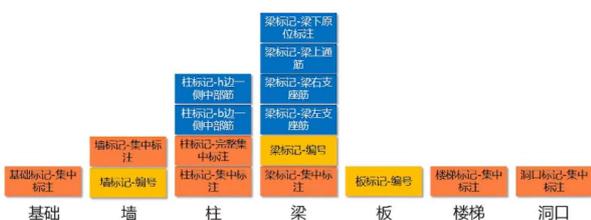


图 7 构件标记

#### (2) 正向设计族库建设

除了对于二维信息的索引，还有对于三维几何的梳理，也就是前文提到的族库。此族库互联互通，比如在族做完后，上调给总工统一审查通过后，族的权限下放，再供各位设计师使用，在流程上形成了闭环。

#### (3) 结构数模信息协同

BIM 可以实现数模信息协同管理。所有构件在数模系统中都是一处更新，其他地方关联更新。

#### (4) 结构构造自动审查

在结构构造的审查中，团队引入了知识图谱的概念。知识图谱原本就是人工智能技术的分支，其在工程行业的研究与应用，有助于梳理或者修复当下传统业务流程和组织方法，找出常规模式的痛点问题（比如经验不足、效率低下、重复校审等），加以完善和提升。



图 8 知识图谱概念阐述和主要功能

#### (5) BIM 三维参数化制图

BIM 正向参数化制图具备诸多优势，比如全面的协同设计，能保证计算模型与 BIM 模型的协同，且双向互导。此外，可实现多维度的信息输入和校核。正向设计不仅仅是三维，而是基于二维（平面、立面、剖面）和三维的多维度设计。二维和三维没有优劣之分，三维更直观的表现空间关系，二维更便于信息注释和尺寸标注。

当然 BIM 正向参数化制图也存在不足。单从结构来讲，制图效率低于传统的二维制图，比如混凝土结构在 Revit 用平法制图的效率远低于用 CAD 画图。此外，构件详图和节点详图难以实现联动。现阶段要实现联动则要更精细的建模，带来巨大的人力和时间成本，并且存在柱详图、边缘构件详图及混凝土节点的配筋详图无法与模型实现联动等不足。

### 4. BIM 技术研究与应用 - 机电

#### (1) BIM 重点区域净高问题排查

根据机电综合优化规则进行净高分析，分析结果直接赋予给房间。这样做的好处在于，当有一定项目类型积累后，比如 10 个办公项目的净高信息积累，可以形成同类型的净高库，方便后面设计各专业去调用与参考。

#### (2) BIM 设备管井校验和优化

在方案深化阶段进行机电各专业模型设计，通过模型直观反映管井及设备用房内管线、设备布局，根据管线及设备实际所需空间，优化管井尺寸及机

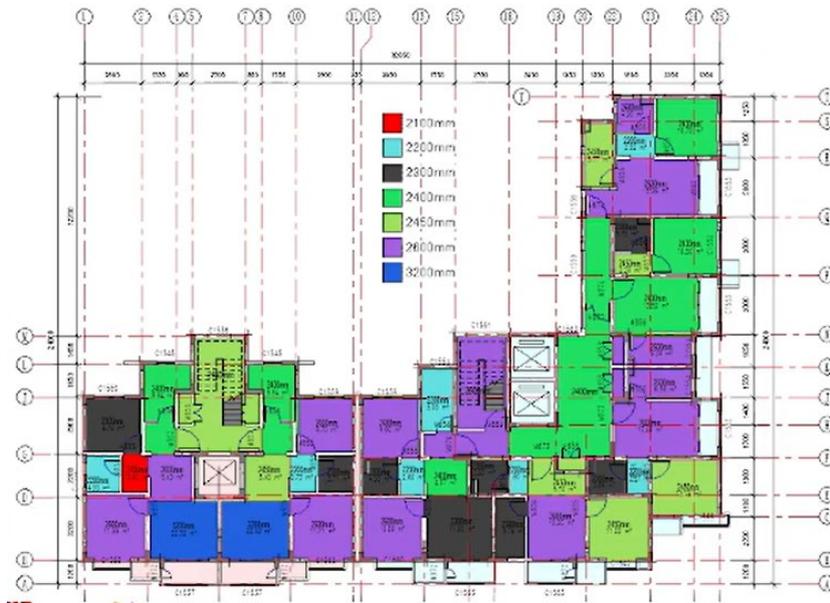


图9 基于 Revit 房间功能自动出具净高分析图

房大小。

### (3) BIM 预留套管深化应用

结构预留套管设计与优化综合考虑专业设计要求和空间净高要求，调整机电管线走向，确定是否需要穿梁，以达到净高要求。

### (4) BIM 设备用房优化设计

通过 BIM 对于生活水泵房等设备用房进行尺寸和面积的优化。

### (5) BIM 设备大型采暖管路设计与优化

采暖机房在地下室的西北角，管径最大有 500-

600mm 的采暖管需要从机房出来去往各个单体，施工图前期设计时，没有考虑管综情况，在后期各专业拍图时，与其他单专业管线交叉严重以及结构有降板，BIM 进行路由优化，较大直径管线尽量走在车位上方。

## 5. 总结

(1) 数字化技术迅速发展的背景下，数字赋能设计已经是一个趋势，尽管当前受硬件条件、技术条件、二维设计效率等方面制约，但这些不影响数字设计的深入探索。

(2) 数字赋能设计，底盘是结构化、图谱化的数据梳理和分析，让数据产生知识，让知识服务生产。

(3) 三维正向设计的普及还需要各方的努力和推动，需要设计生产者变革底层管理思路、旧的管理模式；需要新技术的探索、新工具的开放；也需要政府和业主的顶层支持和协调。

(4) BIM 是数字设计的载体，数据是未来智能设计实现的重要支撑。

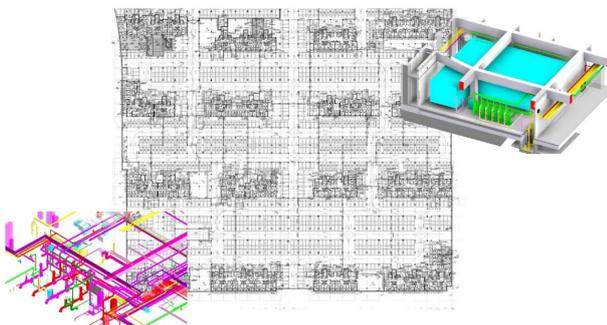


图 10 BIM 设备用房优化设计

个人看来，BIM 下一阶段真正要想实现一些高度的数据结构化的话，恐怕语义要提前作为一个基础性的资源要建立起来。因此我对于今天提到语义知识图谱相关的工作非常感兴趣。请问同济设计院做知识图谱的初衷是什么？

**吉久茂：**我们早期为集团做了大量的 BIM 的验证工作，累计了大量的项目资源，包括办公、商业和学校等等。我们在思考如何将资源加以利用与挖掘。后来在一篇论文里看到了知识图谱的概念，我们感觉如果将 IT 的概念和工程行业相结合，对于数据的梳理是一个较好的思路和手段。于是今年在集团的支持下，我们开始了一些相关的课题研究。

**魏来：**我们现在对于语义也很重视，特别是在标准层面上很重视。对于从事 BIM 的人员来说，这个概念可能相对陌生。什么叫语义？语义实际上就是语言所蕴含的意义。比如说我们现在说的人类语言，这是一种语言，还有一种是计算机的语言等等。简单来说，语义就是用语言去描述实际上的一些概念或者物体。

在这方面，工程建设标准化协会也立项了语义标准，想先通过画板块来逐步建立工程建设行业的语义。无是在住宅、公建还是铁路等领域，逐步建立知识图谱 / 语义图谱，并形成语义网络非常重要。

**魏来：**另一个行业比较关心的话题，做 BIM 设计如何协调投入与产出的经济关系？从长远来看，企业做数字化方向的转型，做 BIM 设计没问题。但从短期来看，数字化投入非常大，而从收入上来讲，不一定能匹配这样的付出。对于同济设计院来说，在投入短期不能看到明确的产出受益的时候，团队如何理解与应对这些问题？

**吉久茂：**同济设计集团其实做 BIM 设计已经有很长时间了，从早期的上海中心到迪士尼再到环球影城，有丰富的经验积累。基于前期大量积累以后，我们对一些工具做了大量的开发与研发工作。比如雄安新区的数字化报建，我们研发了小工具，

确实更方便并且提高效率。

如果真的按照传统的设计工具来做设计的话，10 年的人工成本非常惊人，一般的设计院难以承受。因此，我们目前主要通过一些自主研发的科技逆向去研究，来平衡当下的情况。从长远来看，我们还是想以 BIM 为出发点，从 BIM 往 CIM 的方向发展。主要从 BIM 正向设计看如何一步一步延伸与拓展。

**魏来：**

今天的分享中提到了标注这个概念，个人非常赞成。当几何已经建立起之后，通过各专业进行的标记产生了大量的属性，这些产生的属性是非常宝贵的数据财富。从 BIM 的角度来看，我们希望它能够在全生命周期当中进行流转，然而目前流转得并不是顺畅。

那么，现在我们做 BIM 是否充分考虑了下一阶段的应用？还是说我们做 BIM 只是为了提高设计上的质量，或者说为了应对来自甲方或者政府的要求。对于数据在生命周期流转，同济设计院是如何考虑的？

**吉久茂：**关于 BIM 在下一阶段如何沿用这一点亲身体会很深。在雄安新区这个项目里，从项目的前期立项到设计到施工到最后竣工，从 BIM0、BIM1、BIM2、BIM3、BIM4 到 BIM5，BIM 贯穿始终。雄安新区为 BIM 技术提供了一个很好的环境和土壤，从政府层面的政策，从规划到竣工到运维的开展，一直贯穿着全面推行 BIM 应用的理念。在这个项目中，我们设计院主要负责 BIM3 和 BIM4 的相关设计工作。我们也做到了从施工图模型到 BIM5 竣工模型的延续。这个环境也方便了我们与施工单位进行充分的沟通，方便了 BIM 模型的数据的流动与复用。

除了雄安新区项目，在同济设计院的其他的项目中，我们也在努力跟各个单位充分调研和沟通。比如，设计院的施工图 BIM 模型要做到什么程度才能满足下一阶段施工单位完成交付要求，这些也是我们设计院在不断努力研究的工作。

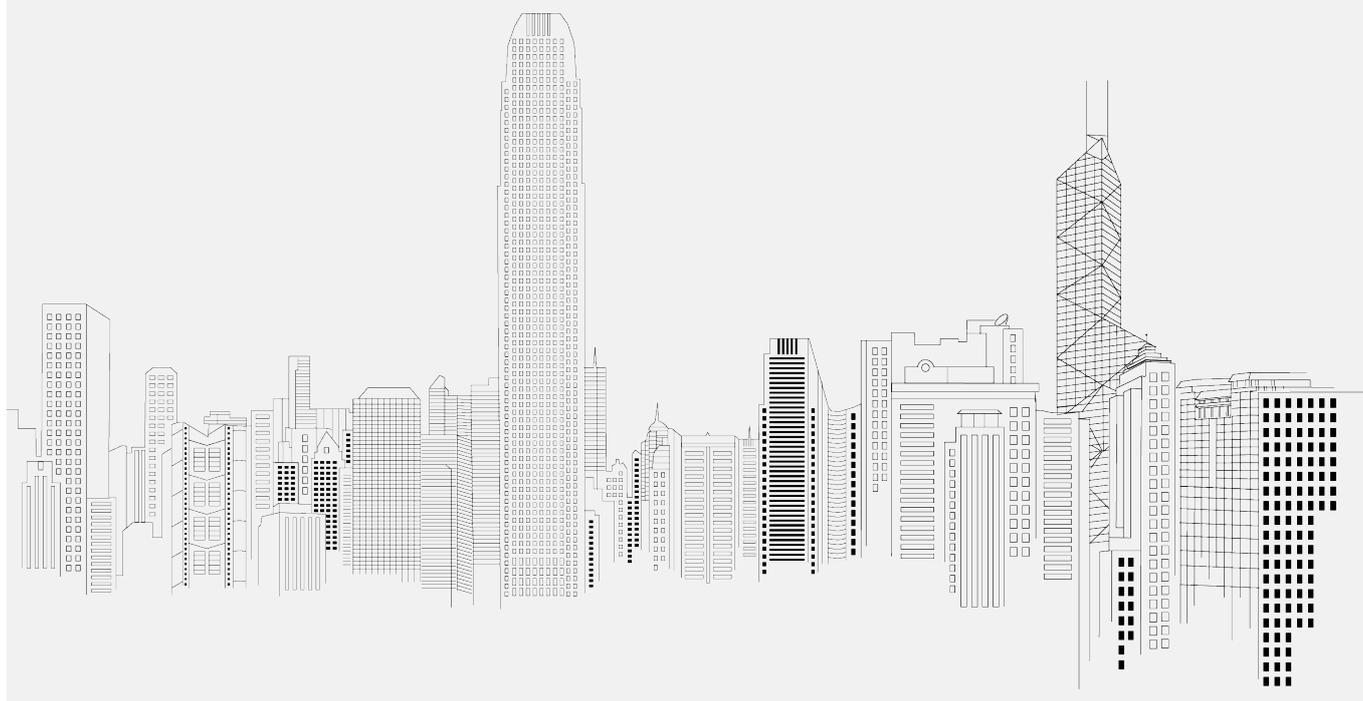
除了推广全面 BIM 的要求，雄安新区对于 CIM 的推广有无标准要求？

**吉久茂：**有的。雄安新区从规划阶段就给设计院提了很多要求，从 BIM0 到 BIM5，尤其是对于 BIM5 的竣工模型的要求，需要在运维进行演示。新区也为此打造了 CIM 大平台，包括今天提到的数字化报建都在这个 CIM 平台里完成。平台搭建了大数据的 CIM 架构，各个设计院的模型基于同一个架构标准进行交付、审查以及后续 CIM 城市数据的统一处理与应用。

**万黎明：**从 BIM 模型到将来建成的 CIM 模型，项目产生的数据在不同阶段不断更新和流转。雄安新区项目对于这些数据的权属问题有无明确划分？

**吉久茂：**在项目前期，我们签署了一系列协议说明了数据的权限问题。此项目中，除了运维平台的构建，我们还负责后期运维平台使用的培训与后台维护。对于后期的数据，我们在开发时就设置了权限要求，比如部分数据供甲方、物业方进行查阅与维护，我们只对平台架构上或流程上的问题进行维护。

**魏来：**数据的权属问题也是行业讨论很久的话题，目前在法律层面上还是一片空白。在合同的约定上，工程建设合同也没有明确数据到底属于谁，行业也暂时没有指导性的意见。数据质量无法评判，数据能否有效交付也是个问题。此外，对于数据本身的服务模式我们尚不清楚，整个行业对于软服务还未建立完整的机制，这方面还值得行业的深度探索。



# 标准解读

## ——深圳市《建筑工程信息模型设计示例》



刘亚鑫 / 特邀嘉宾

华阳国际设计集团城市科技公司常务副总经理，正高职高级工程师，注册公用设备工程师，一级注册消防工程，广东省BIM技术联盟副理事长，工业软件数字化联盟专委会委员，深圳市勘察设计行业十佳青年工程师，深圳市BIM专家，深圳建设工程评标专家。主导公司BIM正向设计体系建设，以及BIM设计软件和建筑产业互联网平台研发，致力于推进公司建筑设计数字化转型。参与BIM相关的政府课题及标准编制6项，获得BIM相关发明专利7项，所负责BIM项目获奖10余项。

### 1. 编制背景

#### 政策背景

2015年6月，住房城乡建设部印发《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》，提倡研究建立基于BIM的协同设计工作模式。

2016年8月，住房和城乡建设部印发《2016-2020年建筑业信息化发展纲要》，推广基于BIM的协同设计。

2022年5月，住房城乡建设部印发《“十四五”工程勘察设计行业发展规划》，加快推进BIM正向协同设计。

2021年12月，深圳市人民政府办公厅印发《关于加快推进建筑信息模型（BIM）技术应用的实施意见（试行）的通知》（深府办函[2021]103号）。其中一个关键节点，2023年1月1日期，深圳全市所有新建工程（投资额1000万元以上、建筑面积1000平方米以上）全面实施BIM技术应用，在办理规划许可、施工许可、竣工验收各审批报建环节提交BIM模型。

面对这些政策，设计院开始思考一个问题：是只提交模型再画图纸，还是模型和图纸一次性做完？如何选择后者，最后需要什么样的图纸？因此，我们需要一个标准作为支撑，引导大家进行交付。

#### 标准层面

目前，国家及地方标准体系已经基本完成。从国家层面来看，早在2018年《建筑信息模型设计交付标准》已发布，深圳市地方标准《建筑工程信息模型交付标准》也紧随其后。



图1 BIM国家及深圳地方标准

#### 编制思路

项目编制以真实项目为基础，按照深圳市《建筑工程信息模型设计交付标准》，形成全专业正向设计成果示例。并按照《建筑工程信息模型设计交付标准》进行专业划分，包含：总图、建筑、结构、装配式、钢结构、装配式、电气、智能化、给排水、暖通、燃气10个专业。

由于交付标准有4个阶段的交付深度，我们在做示例时，只选取了其中一个阶段作为示例：以施工图设计阶段作为示例，方案设计、初步设计、深化设计可在本图集基础上，根据深圳市《建筑工程信息模型设计交付标准》调整设计交付内容和模型



图2 编制历程

深度。其中，侧重对各专业：模型、模型单元属性信息表、工程图纸等 BIM 设计交付物的表达深度和表达形式做出示例，未对制图图层、颜色、字体、文件（夹）命名等提出具体要求，二维制图内容参考现行设计标准。

对于表达形式，由于一套施工图设计很多图纸，我们在示例中选择了典型楼层、典型区域、典型图纸作为工程图纸示例。受当前 BIM 软件水平限制，暂采用 CAD 设计和出图的图纸。此外，结合建筑信息模型特色，本图集增加了管线综合相关图纸示例。

#### 编制保障

本图集由深圳市建筑信息模型产业创新发展促进会及深圳市华阳国际工程设计股份有限公司主编，具备丰富的标准编制和项目验证经验。编制成员涵盖 BIM 应用领先的建设、设计、施工、运维及软件研发企业，满足建筑全产业链企业需求。

编委成员涵盖总图、建筑、结构、装配式、钢结构、电气、智能化、给排水、暖通、燃气各个专业，专业全覆盖。以教授级高工带头、高工、工程师团队配备齐全且合理。

从技术保障方面来看，本图集充分收集、分析及借鉴国际、国家、行业、地方等相关标准，吸取现有众标准之长，保证本标准高水平、高质量。

#### 编制历程

整个标准的编制从立项到发布经历了两年时间。从 2020 年 7 月 24 日立项，经过两个多月的调研访谈，确定了标准的大纲。2021 年 1 月 13 日召开标准启动会。在前期做了大量准备工作后，正式开始启动标准的编制工作。由于编制工作涉及多个专业，每个专业特性不同，需要在专业的表达上达成统一。因此，行业专家意见到 10 月 26 日才发布。中间过程经历了意见收集、修改和送审，最终在 2022 年 8 月 16 日正式发布。

## 2. 示例范围

本示例对于涉及的范围和内容进行了明确的要求，下图（图 3）左边目录列出了涉及的专业和附件内容。专业分类与深圳市设计交付标准一致，分为：总图、建筑、结构、装配式、钢结构、电气、智能化、给排水、通风空调、燃气，附件为管线综合相关要点介绍。

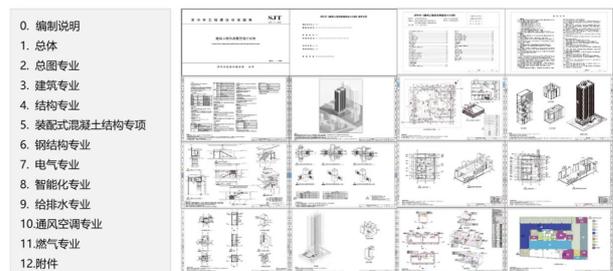


图3 示例范围

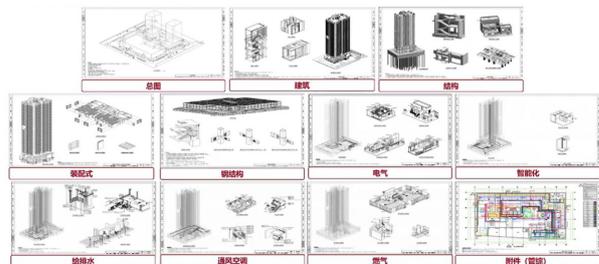


图4 示例专业

总体要点介绍包括建筑信息模型执行计划、总体模型。各专业要点介绍包括各专业模型、主要构件级模型单元属性信息表、图纸目录、设计说明、主要设备材料表、示例图纸等。



图5 示例内容

图集里不是完整的施工图，而是选取包含各专业典型的图纸，比如我们选取的部位：地下室、首层、标准层、屋顶层、户型大样、局部大样、设备机房、管井电井等一些典型的图纸。下图中（图6）可以看到，除了整体的模型展示外，到了具体的图纸表示上，每个图纸都有对应的三维成果的补充。

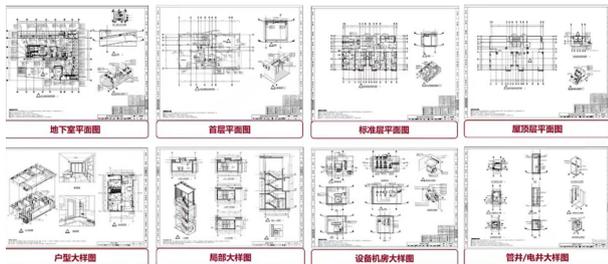


图6 选取部位

### 3. 要点介绍

#### 执行计划

执行计划从项目简述、建模依据、建模标准、设计交付物、软硬件配置、人力资源配置等8个章节展开，作为BIM应用需求的执行过程说明及指导原则，界定BIM设计范围、内容、深度、流程和管控要求。

#### 总体模型

建筑工程信息模型设计采用全专业BIM正向设计，各专业模型使用统一的轴网，标高及计量单位。各专业模型通过统一坐标、参照定位链接，整合为项目级总体模型。通常总体模型应包含单体地上的建筑、结构、装配式、机电专业模型，红线范围内总图场地模型。

各专业BIM模型建模精度及深度，应满足深圳市《建筑信息模型设计交付标准》SJG76-2020中，对施工图“模型”交付物的相关要求，同时应满足专业内及专业间的出图要求。

#### 专业模型

对于专业模型的创建也提出了一些要求，比如要求模型采用参数化三维构件创建，模型的构件尺寸及相对位置，与其在实体建筑中一致；砌体墙在结构墙柱处断开，避免与结构构件重叠等要求。

#### 属性信息表

属性信息表强调构件参数名称及相关要求满足《建筑信息模型设计交付标准》SJG76-2020。属性信息表内容基于BIM模型输出，对于项目实施阶段或条件暂不确定的参数可以为空。

#### 图纸目录

图纸目录利用模型中的明细表，统计图纸信息，输出图纸目录，确保图纸目录与图纸信息联动。

#### 设计说明

设计说明中经济指标及主要特征相关的信息利用模型信息表导出和填写，主要构件材料等信息利用模型明细表导出和填写，避免自行填写信息与模型不一致导致设计交付不符合要求。

#### 设备材料表

设备材料表样式按照设计规范要求，利用模型的明细表统计导出和填写。

#### 建筑平面图

平面图有水平剖切三维模型投影生成。图中的墙、门窗、楼电梯、停车位等构件在屏幕的投影，与三维模型联动。房间、门窗、构件标高、编号等标注与模型构件信息关联。

构件统计说明表格（如留洞表，集水坑说明表）通过统计模型的构件信息生成。表格中构件信息与模型关联。

当楼层局部高差较大，构件关系复杂，平面不易表达时，可采用局部三维模型进行辅助表达（如：局部夹层）。三维视图中突出主要表达构件，并标注构件标高等信息。也可增加楼层轴测三维图辅助表达楼层空间关系。

防火分区示意图采用面积平面功能，用面积边界线绘制防火分区的边界，并在围合生成的面积区域内定义正确的名称及属性。防火分区标注与面积区域的属性联动，分区边界线与其相邻构件联动。

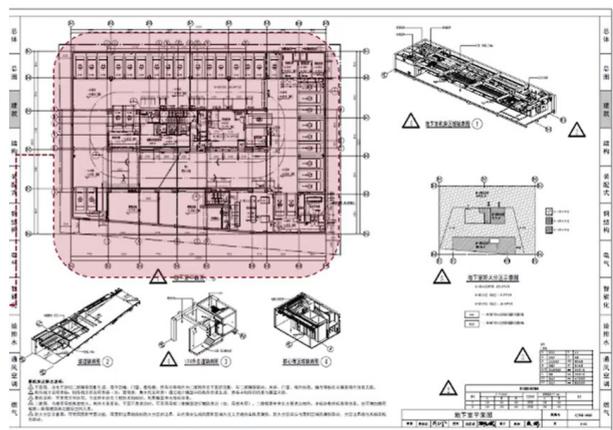


图7 建筑平面图

#### 建筑立面图

建筑外立面造型采用三维建模，三维建模创建完成后，立面图由三维模型在主要立面方向上投影

生成。立面图中的构件与三维模型联动。对于复杂外立面幕墙，也可采用局部三维轴测辅助表达。

外立面构件材质标注关联三维构件，由标注构件材质信息生成。

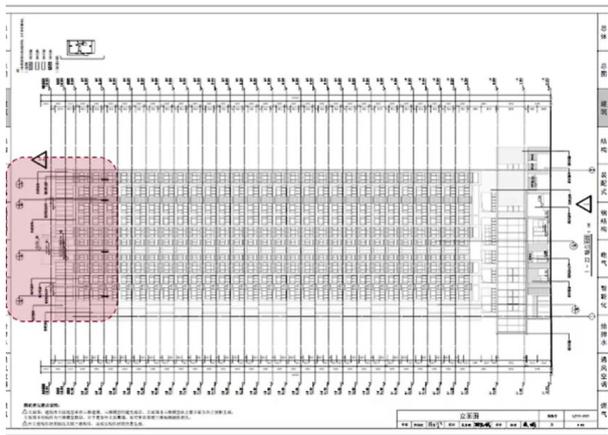


图8 建筑立面图

### 建筑剖面图

三维模型创建完成后，在需要表达剖面关系的位置，剖切三维模型生成剖面图。剖面图中的构件与三维模型联动。

剖面图中各房间名关联三维模型，由标注房间信息生成。构件的定位属性信息利用标高标注表达。

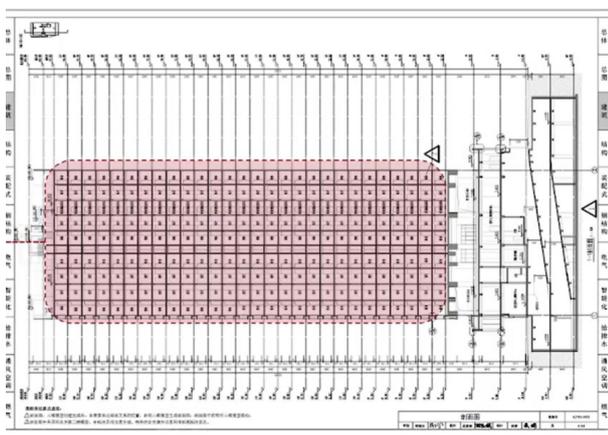


图9 建筑剖面图

### 建筑户型大样图

户型平面图：在对应楼层的平面视图，将户型进行索引放大生成大样图。图中的墙、门、窗构件与三维模型联动，卫浴洁具可采用三维构件，房间标注与模型中房间的信息关联。

户内透视图：对于重点希望表达的空间部位，直接由模型生成透视效果。

户型三维图：户型大样图根据项目设计深度可

放置户型三维图进行家具布置展示，辅助各空间关系表达。

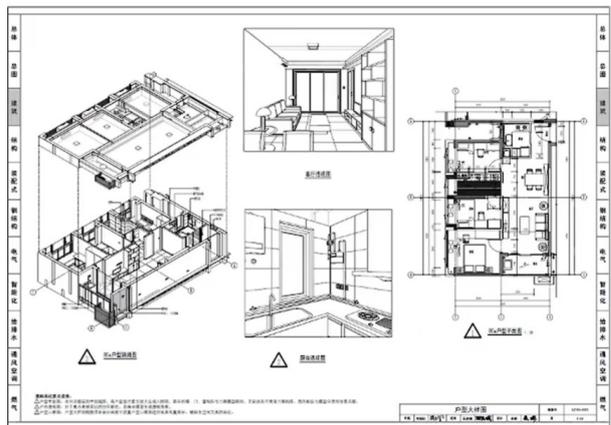


图10 建筑户型大样图

### 建筑楼梯大样图

楼梯剖面大样图：在对应楼梯的剖面生成大样图。图中的墙、门、窗构件与三维模型联动。楼梯使用楼梯族创建。房间标注与模型中房间信息关联。

楼梯二维轴测图：通过轴测图表达楼梯层高和空间关系，可以根据复杂情况标注休息平台或踏步的标高。

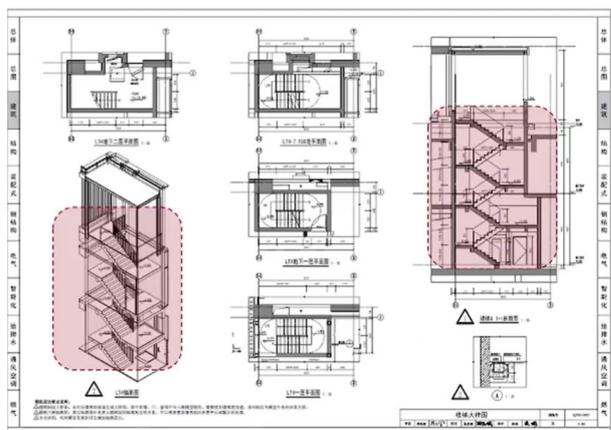


图11 建筑楼梯大样图

### 建筑砌体墙预留洞图

建筑留洞基于机电提资的留洞信息创建正确的洞口，仅表达在建筑（砌体构件）上的预留预埋洞口，原位标注编号及定位，可结合留洞明细表进一步表达洞口尺寸、高度等信息。

留洞明细表统计模型中的构件信息生成，表格中构件的信息与模型关联。

对于标准层等留洞数量少的情况，可以将留洞图合并到建筑平面图上一起表达。

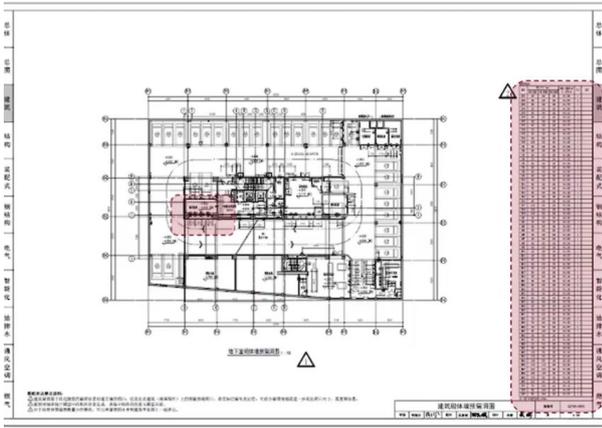


图 12 建筑砌体墙预留洞图

### 结构桩基平面布置图

桩基、承台等构件为三维构件，平面显示的构件尺寸与三维实体尺寸一致。

桩编号、桩参考长度、桩顶标高等信息与构件参数信息关联。

当底板局部高差复杂，平面不易表达时，可使用局部三维模型进行补充示意。三维视图中应突出主要构件，并标注必要信息。

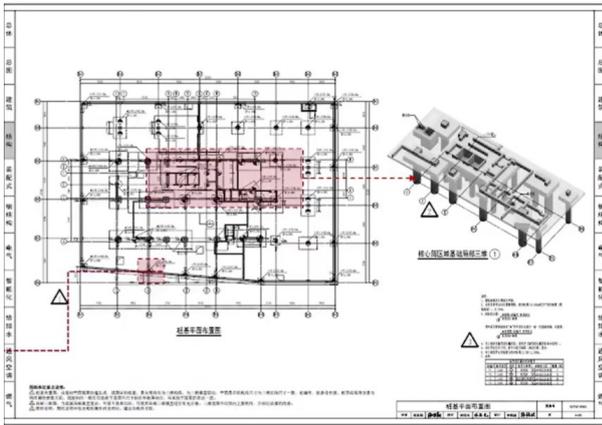


图 13 结构桩基平面布置图

### 结构墙柱平面定位图

视图中的墙、柱构件为三维构件，与三维模型联动。墙编号等构件的标注建议与构件属性参数关联。剪刀墙边缘构件区域可采用填充区域表示，也可创建三维模型表示。

结构层高表由 BIM 软件统计模型中的标高生成，表格中的信息与标高信息关联。

### 结构平面布置图

梁截面、标高等标注信息建议与构件属性参数关联、部位也可增加辅助三维进行表达。

建议采用 BIM 软件表格构件尺寸、编号、标

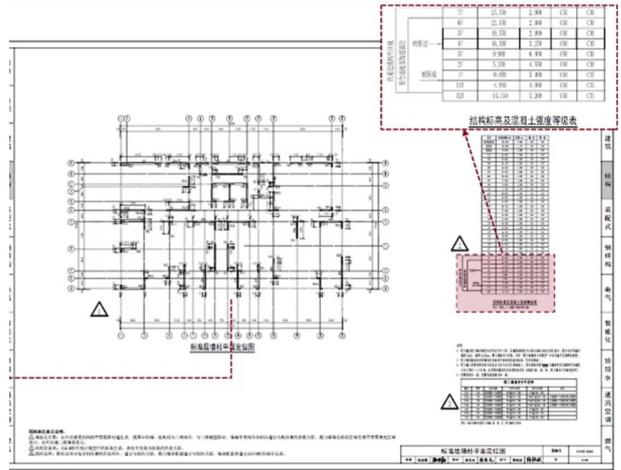


图 14 结构墙柱平面定位图

高统计构件生成表格，表格与三维模型联动。

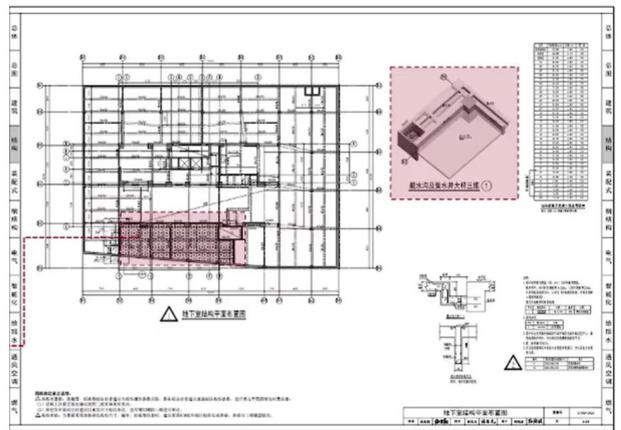


图 15 结构平面布置图

### 结构梁配筋图

梁配筋图表达采用平法表达，梁配筋平法标注信息建议与构件梁配筋参数关联。

所有梁跨均建议包含与图面一致的配筋信息。

当使用配筋外标注时，标注信息录入梁中，也可采用 BIM 软件统计构件信息生成表格表示。

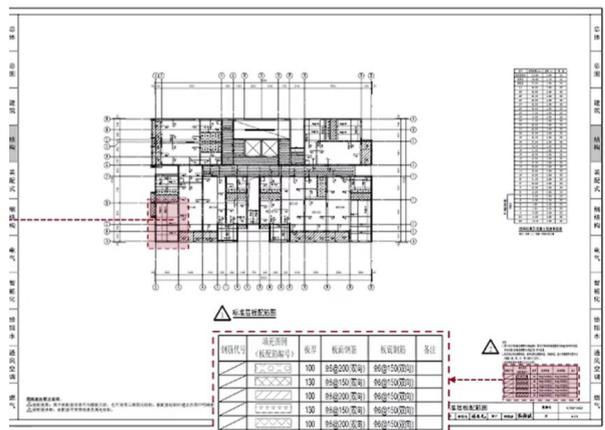


图 16 结构梁配筋图

### 结构楼梯大样图

楼梯平面图由对应的结构平面图局部放大生成。图中的墙柱、梯梁梯柱、板等构件为三维构件，与三维模型联动。梁截面、楼梯、梯梁配筋等构件建议与构件属性参数关联。

楼梯剖面图在对应的楼梯平面图中进行剖切生成。剖面图中构件相交处的线不影响图纸表达时可不处理。

楼梯平台 / 梯梁配筋表，可采用平面标注符号 + 配筋统计表的形式。配筋表建议采用 BIM 软件统计构件信息生成，与构件信息联动。

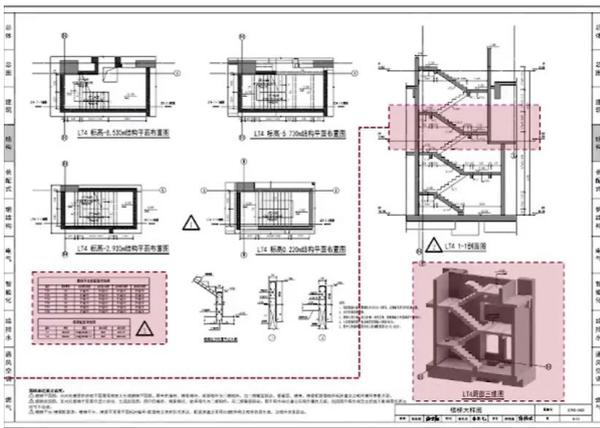


图 17 结构楼梯大样图

### 结构留洞图

穿板、穿梁、穿墙预留洞可表示在同一张图中，也可分开图纸表示。

洞口标注建议与构件属性参数关联。洞口构件中应包含洞口编号、标高、尺寸等详细信息，洞口信息建议由其他专业提资，与提资的各专业信息保持一致。

留洞表：除电气套管外，洞口建议采用平面标注 + 留洞表的形式表达。留洞表建议由 BIM 软件统计模型中洞口生成，表格中信息与洞口构件中信息关联。留洞表中建议表达洞口编号，相对建筑及结构专业标高，尺寸信息等。电气套管可采用平面标注的形式，标注中需包含洞口编号，尺寸大小，各排套管标高。

### 装配式预制构件连接节点详图

预制构件连接节点详图通过三维模型剖切视图生成，三维模型视图辅助表达。

表达连接关系的预制构件制造节点、钢筋、预埋件等可通过三维模型表达，或通过二维图例示意。

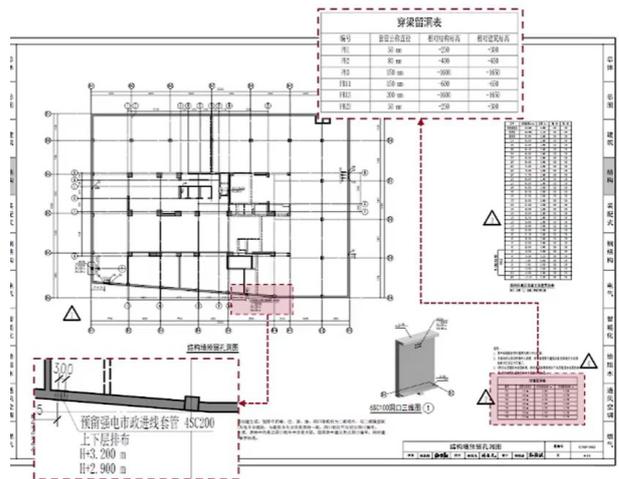


图 18 结构留洞图

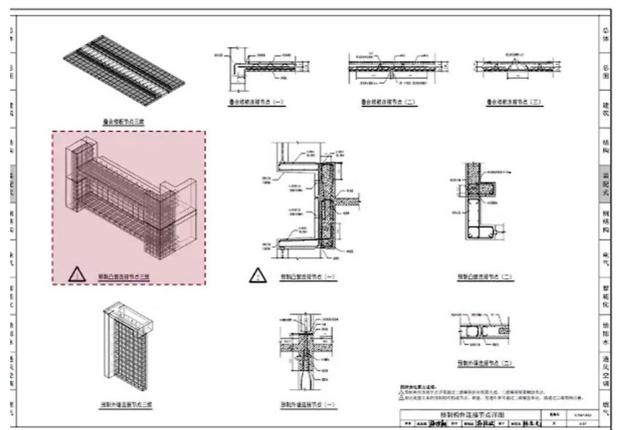


图 19 装配式预制构件连接节点详图

### 机电平面图

平面图：由水平剖切三维模型投影生成，标注与模型中构件的信息关联，构件的平面图例显示与二维制图标准保持一致。

底图：通过链接土建模型作为底图，方便专业间协同。

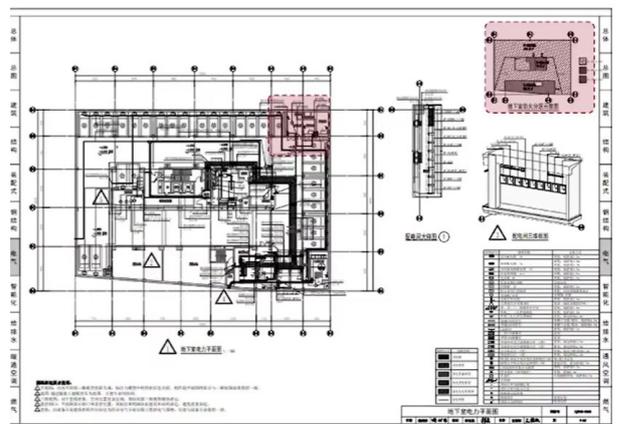


图 20 机电平面图

### 风机房大样图

大样图通过裁切平面图生成，剖面图通过剖切

模型生成。补充局部三维视图，辅助表达机房空间关系。

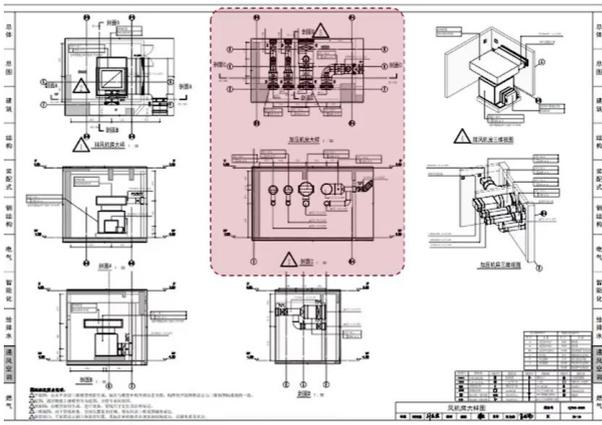


图 21 风机房大样图

分析区域的划分根据分析的需要进行拆分和细化。

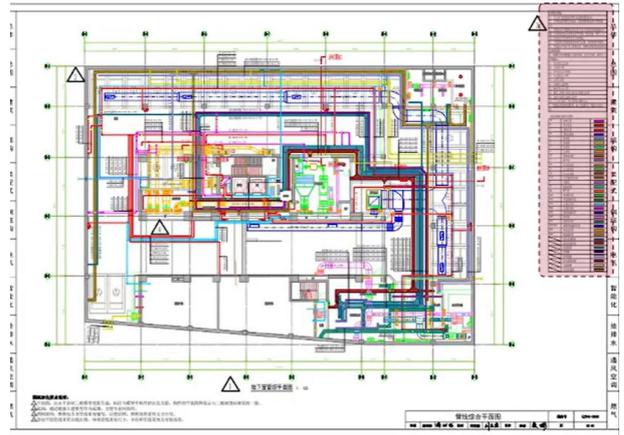


图 22 管线综合平面图

### 管线综合平面图

管综图添加管综说明和图例，图例包括各管线系统缩写，以便识图。

管综面管线采用双线出图，体现管线真实尺寸，并注明管线系统及安装高度。

### 净高分析图

通过不同的颜色填充，表达各个区域净高情况，分析图上标注净高值。净高分析图可不体现机电管线及设备点位。

色块图例体现当前视图中各区域净高值。净高



图 23 净高分析图



## 魏 来 / 访谈嘉宾

---

今天的讲解非常详尽，整个图集为我们设计人员带来了解决问题的思路，或者说指导原则。不过行业里可能存在一种说法，认为图集会给设计人员增加负担，这个问题您如何看待？

中建八局的邓明胜总曾说过，很多设计人员之所以对 BIM 有所抗拒，是因为他们的传统思想在于能否快速将设计表达出来，如何快速完成设计任务。而对于设计人员乃至设计单位而言，本职工作应该是如何让设计更加科学合理，如何让设计思维表达得更加充分与完善，而不是过多关注 BIM 是不是导致设计效率下降，会不会占据更多时间。对于这个问题，您有什么看法？

**刘亚鑫：**首先，其实图纸的问题是无法避免的。未来对于交付的要求只会愈发严格，如果依旧

采取图纸和模型两条线并行的方式无法满足交付的要求，因为做完图纸再花时间建模在时间上根本来不及。而如果必须模型和图纸同时做，就无法回避模型出图的问题。

第二，在很多交付要求中需要从模型中提取信息来帮助图纸表达，而不是为了做信息表，为了联动而联动。因此，对于模型的表达来说，三维的表达其实工作量的增加并不明显。除非是有些设计院的模型只是一个辅助作用，对模型的要求不高。在设计查漏补缺时，如果按照要求出图，这样工作量才会增加。

最后说到为什么出图集，也是在深圳市的交付标准发布之后，深圳市对于模型应用的要求越来越高，且已经具备了一定的技术条件，在这种基础上我们发布的图集。

## 万黎明 / 访谈嘉宾

---

请问在成果交付之后，由哪一方负责审核？以何种方式审核？您提到了一些通用性的工具，目前这些工具在市场上是一个怎样的应用情况？此外，个人理解目前部分审核流程可以采用自动化审核完成，请问现在发展到了怎样的程度？

**刘亚鑫：**目前工具还没有完全具备条件，依旧在研发当中。目前对于模型交付的审查工具由市里统一提供，设计院也可以安装来做预审，预审之后上传到市级勘察设计管理平台，进行第二次审查。

关于审查是自动还是人工？实际上行业也在有很多的企业在研发 AI 或者智能的审查工具。但就目前的条件来看，不管是对于模型的要求还是对于软件的要求，还达不到完全机审。目前在深圳的做法有两种，第一种就人机结合审，第二种是图模联审。审查平台上一定要体现图纸和模型。我们在行业里可能见过的 AI 审核，要么是 AI 审图，要么是 AI 审模，等于模型和图纸的审核其实是分开的。而深圳市特别强调图纸和模型一起审。因此目前的机审还无法满足审核要求，还在逐步研发当中。

# “培根课堂” 第 3 讲：BETTER1.0- 数字化赋能建筑业低碳绿色发展战略研究



王海山 / 特邀嘉宾

中建协认证中心首席专家、董事长；

高级工程师、博士；

北京五一劳动奖章、住建部科技进步奖获得者；

北京 2022 冬奥会和冬残奥会可持续性管理咨询专家；

WELL 城市顾问联合主席 (WELL City Advisory Co-Chairs)；

多年来致力于建筑业产业发展、企业管理、数字化技术研究，对绿色建筑、装配式建筑、BIM、项目管理、质量管理、安全管理等方面具有丰富的经验。主要参编了《职业健康安全管理体系 要求及实施指南》《建筑业企业 卓越质量管理体系 要求及实施指南》《建筑业企业社会责任评价标准》等多部国家和行业标准，主持联合国工业发展组织 (UNIDO) 中国建筑业企业社会责任项目等多项研究课题。担任数字工程认证联盟理事长兼秘书长、北大国发院数字中国联盟副理事长、中国工程建设标准化协会认证专业委员会副理事长、中欧建筑工业化论坛理事长等职务。

今天的分享内容将关注行业热门趋势——数字化赋能建筑业低碳绿色发展。主要从两个分享视角展开，首先，今天的培根课堂将对于碳相关的基础知识和一系列基本概念进行讲解与澄清。第二个分享视角主要关注建筑业本身的发展与改革。在头部房地产企业陆续出现违约与爆雷后，此种压力已经传导到了工程建筑设计、施工全产业链。产业的下一步怎么走？市场在哪里？诸多问题都值得我们深思。

对此，我们基于科学研究的基本方法研究了 BETTER1.0 路径，以数字化赋能建筑业低碳绿色发展。数字化不是最终的目的，而是一种手段，它的目的是推动行业以及建筑产能进行更好的改革和发展，并为下一步的转型进行赋能。

那么，建筑业转型的背景是什么？转型之路怎么走？国内与国际的同行转型之路取得过哪些成绩？又经历过哪些血泪史？今天也在此与大家分享与交流。内容主要分为三大部分：（一）宏观形势分析；（二）数字化赋能建筑业低碳健康转型发展；以及（三）建筑业低碳健康转型解决方案。

## 一、宏观形势分析

### （一）“双碳”压力

#### 1. 双碳概念

**碳达峰：**某一时刻，二氧化碳排放量达到历史最高值，之后逐步回落。

**碳中和：**通过植树造林、节能减排等形式，抵消自身产生的二氧化碳或温室气体排放量，实现正负抵消，达到相对“零排放”。

**碳排放交易体系 (ETS)：**是建立在温室气体减排量基础上将排放权作为商品流通的交易市场。

**碳边境调节机制提案 (CBAM)，俗称的碳关税法案：**于明年 1 月 1 日开始实施，2023 年至 2026 年是碳关税实施的过渡期。2027 年起，欧盟将正式全面开征碳关税。

**碳关税，**也称边境调节税 (BTAs)，碳关税是指主权国家或地区对高耗能产品进口征收的二氧化碳排放特别关税。

**清洁发展机制 (Clean Development Mechanism, CDM)** 是《京都议定书》中引入的灵活履约机制之一。

它允许缔约方与非缔约方联合开展二氧化碳等温室气体减排项目。这些项目产生的减排数额可以被缔约方作为履行他们所承诺的限排或减排量。

**联合履约** (joint implementation, JI) 是《京都议定书》中引入的灵活履约机制之一。是附件一国家之间在“监督委员会” (supervisory committee) 监督下, 进行减排量单位核证与转让或获得, 所使用的减排单位为“减排量单位”(ERU)。作为可交易的商品, ERUs 可以帮助附件一国家实现京都议定书下的减排承诺。

**排放贸易** (emissions trade, ET) 是《京都议定书》中引入的灵活履约的机制之一。发达国家将其超额完成的减排义务指标, 以贸易方式直接转让给另外一个未能完成减排义务的发达国家。

**欧盟排放配额** (European Union Allowance, EUA) 是欧盟排放交易体系中的配额单位。根据欧盟《温室气体排放权交易指令》的规定, 配额 (Allowance) 是指“在特定期限内排放一吨二氧化碳当量 (1tCO<sub>2</sub>) 的配额, 它只有在用来满足本指令的要求时才有效, 且应当依据本指令的规定进行转让”。

**核证减排量** (certified emission reductions, CER) 指一单位符合碳交易机制原则及要求, 且经联合国执行理事会 (EB) 签发的交易机制或 PoAs (活动规划类) 项目的减排量, 一单位 CER 等同于一吨的二氧化碳当量, 计算 CER 时采用全球变暖潜力系数 (GWP) 值, 把非二氧化碳气体的温室效应转化为等效效应的二氧化碳量。

**国家核证自愿减排量** (Chinese certified emission reduction, CCER) 指我国依据国家发展和改革委员会发布施行的《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》的规定, 经其备案并在国家注册登记系统中登记的温室气体自愿减排量, 简称 CCER。

**日本自愿减排交易体系** (Japan voluntary emission trading scheme, JVETS) 始于日本经团联的自愿行动计划。这一计划在 1997 年出现, 目的是到 2010 年将能源和工业源的 CO<sub>2</sub> 排放稳定到 1990 年水平。随后, 这一计划得到政府支持, 并被纳入京都目标实现计划 (KTAP)。

**日本碳减排认证体系** (Japan Verified Emission Reduction Scheme, JVER) 主要面向林业碳汇, 其运行原理是通过项目认证的方式进行碳减排信用的生产和交易。

**日本双边抵消信用体系** (Bilateral Offset Crediting Scheme, BOCM) 目的是帮助日本以最小的成本实现其 2020 年的减排目标, 并占领低碳技术、产品和服务的出口市场。在具体的规则上, 尽可能的延用 CDM 的机制规则。

对于“双碳”的研究, 个人非常推荐《气候经济与人类》一书, 该书从宏观视角分析全球气候变化的成因和影响。书中比尔盖茨指出, 全球每年向大气中排放的温室气体大约在 510 亿吨, 而且总体上来看一直呈上升趋势。再看到中国的碳排放情况, 2021 年中国碳排放总量高达 106.23 亿吨, 其中建筑业碳排放总量约 49.97 亿吨。

## 2. 中国双碳目标

2020 年 9 月 22 日, 国家主席习近平在第七十五届联合国大会上宣布, 中国力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和目标。

2021 年 10 月 24 日, 中共中央、国务院印发的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》发布。作为碳达峰碳中和“1+N”政策体系中的“1”, 意见为碳达峰碳中和这项重大工作进行系统谋划、总体部署。

2021 年 10 月, 《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》以及《2030 年前碳达峰行动方案》, 这两个重要文件的相继出台, 共同构建了中国碳达峰、碳中和“1+N”政策体系的顶层设计, 而重点领域和行业的配套政策也将围绕以上意见及方案陆续出台。

2022 年 8 月, 科技部、国家发展改革委、工业和信息化部等 9 部门印发《科技支撑碳达峰碳中和实施方案 (2022—2030 年)》(以下简称《实施方案》), 统筹提出支撑 2030 年前实现碳达峰目标的科技创新行动和保障举措, 并为 2060 年前实现碳中和目标做好技术研发储备。

## 3. 建筑存量资产

2015 年 10 月, 全球领先的自然及建筑资产设计和咨询公司凯迪思 (Arcadis) 于最新发布全球建筑资产财富指数 (Global Built Asset Wealth Index), 该指数显示, 按建筑环境价值计算, 中国已成为全球最富有的国家; 到 2025 年, 中国建筑资产将是美国的两倍。2020 年新增 31 亿平米。

## 4. 城市更新

除了建筑本身，城市的更新改造也是一个巨大的市场。很多企业已经把城市更新作为下一步的重要战略转型方向。

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》中明确提出实施城市更新行动。根据规划，十四五期间计划完成 2000 年底前建成的 21.9 万个城镇老旧小区改造，基本完成大城市老旧厂区改造，改造一批大型老旧街区，因地制宜改造一批城中村。

截至到 2021 年底，我国城镇化率已经达到了 64.72%，2020 年，美国城镇化率为 82.7% 左右。在国内，上海、北京、深圳等代表性城市也开始了城市更新计划。

上海：2022 年 6 月 2 日，上海市城市更新基金正式成立，基金总规模达 800 亿元。

北京：北京中心城区 1.24 亿平方米更新体量，商业占 10% ≈ 北京甲级办公楼市场存量。建设银行董事长田国立在 7 月 12 日召开的首届北京城市更新论坛致辞中表示，“十四五”期间，建行集团将多渠道整合资源，为北京城市更新和租赁住房建设提供不低于 1 万亿配套融资支持。

深圳：2022 年 7 月 29 日，深圳市规划和自然资源局、深圳市发展和改革委员会发布关于印发《深圳市城市更新和土地整备“十四五”规划》。“十四五”期间，深圳全市城市更新和土地整备实施规模不少于 95 平方公里，规划期内完成城市更新和土地整备固定资产投资总额不少于 1 万亿元（含各类城市更新以及土地整备项目）。

## 5. 绿色金融贷款

谈到绿色金融的概念，先得了解赤道原则。赤道原则是由全球主要金融机构参照国际金融公司（IFC）的可持续发展政策与指南建立的一套自愿性金融行业基准，旨在判断、评估和管理项目融资中的环境与社会风险。“赤道原则”的核心是将环境和社会风险因素纳入商业银行项目融资管理的全流程之中。

当前，我国福建兴业银行是首家参与赤道原则的银行。兴业银行的赤道原则实践之路亦缘起于 2003 年，当时以引进境外战略投资者为契机，充分借鉴战略投资者之一的国际金融公司（IFC）先进的管理理念和实践经验，在践行可持续金融领域进行了多项重要尝试。

## 6. 低碳建筑

《2020 年中国建筑能耗研究报告》显示：2018 年全国建筑全过程碳排放总量为 49.3 亿 tCO<sub>2</sub>，占全国碳排放量比重为 51.3%，其中建材生产阶段、建筑施工阶段、建筑运行阶段碳排放量占全国碳排放的比重分别为 28.3%、1%、21.9%。

自 2022 年 4 月 1 日起，新版《建筑节能与可再生能源利用通用规范》（GB 55015-2021）正式实施，建筑进行碳计算成为强制要求。新建、扩建和改建建筑以及既有建筑节能改造均应进行建筑节能设计，并提供建筑碳排放分析报告。这意味着建筑碳计算将成为必选项。

2022 年 6 月 30 日，住建部、国家发展改革委下发《关于印发城乡建设领域碳达峰实施方案的通知》，明确了到 2025 年新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率力争达到 50%，并在既有公共建筑屋顶加装太阳能光伏系统。个人认为其中蕴含了巨大商机。

## 7. 低碳战略和行业共识

低碳战略在法规要求、投资趋势、行业战略、市场 / 供应链需求四大方面已经形成了行业共识。

**法规要求：**① 2,225 家排放单位纳入全国碳市场管控范围；② 全国及区域碳配额管控稳步启动；③ 试点市场中有部分建筑被纳入控排企业；④ GB 55015 提出更严格的建筑监管标准。

**投资趋势：**① ESG 成为投资决策及考核标准；② 4,607 家机构加入 UN-PRI（负责任投资原则）；③ 深交所、上交所提出 ESG 报告披露要求；④ 国内 ESG 标准即将出台。

**行业战略：**① 住建部、国家发改委等陆续发布节能建筑相关政策，推动建筑节能发展；② 主流地产集团都已经和正在积极制定零碳战略，先后发布了自己企业的双碳行动方案或节能减碳规划。

**市场 / 供应链需求：**① 低碳 / 零碳产品服务成为消费新风尚；② 71% 消费者倾向性选择可持续产品及服务；③ 租户商户更多关注 LEED / WELL 认证 / 绿色建筑。

### （二）传统建筑业不可持续

#### 1. 房地产暴雷企业

全国超 400 家房企集团暴雷（破产、裁员、拆分、重组、亏损、资金链断裂等）。

2021 年，房地产开发投资 14.76 万亿元，比

上年增长了 4.4%，其中住宅投资增长了 6.4%，比总投资高 2 个百分点。2022 年，截止到目前累计破产房地产企业超 400 家，相当于每天约 1.5 家房地产企业申请破产。

### 2. 建筑业投资增速下滑

2022 年 1—6 月份，全国房地产开发投资 68314 亿元，同比下降 5.4%；其中，住宅投资 51804 亿元，下降 4.5%。商品房销售面积 68923 万平方米，同比下降 22.2%；其中，住宅销售面积下降 26.6%。商品房销售额 66072 亿元，下降 28.9%；其中，住宅销售额下降 31.8%。

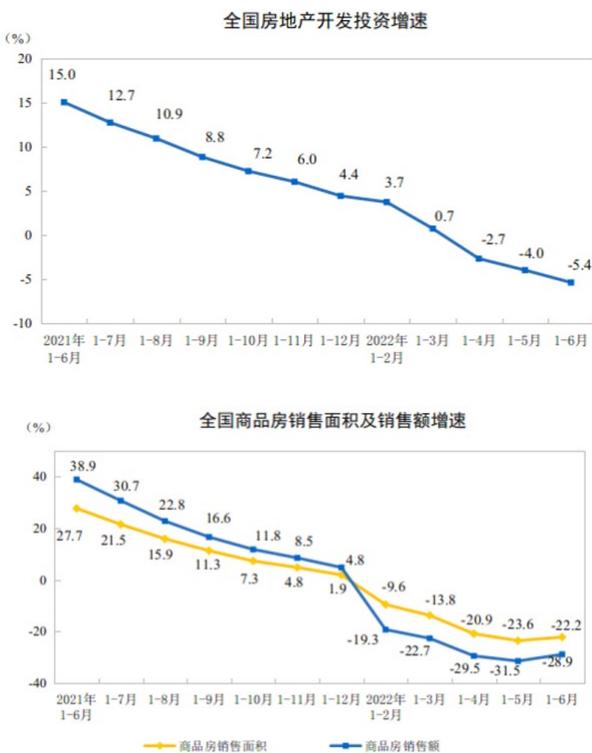


图 1 全国房地产开发投资增速 & 全国商品房销售面积及销售额增速

### 3. 产业集聚，劳动力减少

2022 年上半年八大建筑央企新签合同市场占有率为全建筑业的 48.7%，相比去年提高了 5.6 个百分点，强者恒强趋势显著。

而从建筑业市场的人才供给不容乐观，供需剪刀差越拉越大，人才供不应求的状况会逐渐加剧。

#### (三) 国际知名建筑企业战略转型

##### 1.ENR 企业战略转型

通过对《2021ENR 国际承包商 250 强》国际企业发展战略的梳理，所有企业均把绿色、低碳等可持续发展理念作为企业文化或发展战略。

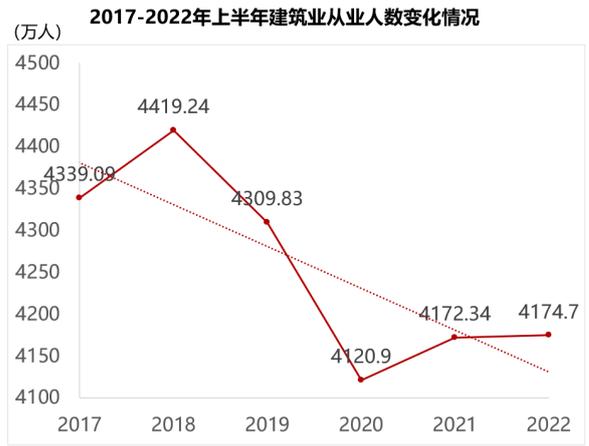


图 2 2017-2022 年上半年建筑业从业人数变化情况



八大央企	中国建筑	中国中铁	中国电建	中国中冶
	中国铁建	中国交建	中国能建	中国化学

图 3 2015 年到 2022 年上半年除八大央企外，企业新签合同额占总新签合同额情况

排名	企业名称	企业文化及战略中对可持续发展理念体现 (节选)
6	法国万喜	将社会责任作为可持续发展的动力机制
10	法国布依格	把可持续作为发展的战略驱动力，致力于成为创新的可持续解决方案的提供者。
11	德国蒂森克虏伯	将可持续发展列为重要的发展战略，将可持续发展作为竞争和价值的驱动力，同时发起并促成了 DGNB (德国可持续建筑委员会) 的成立。
13	奥地利斯特博格	践行企业责任，实现业务的可持续
14	印度拉森特博格	可持续发展是其长期战略的内容之一
15	日本大林组	致力于应对社会挑战，实现可持续发展社会，提高企业价值，追求地球、社会、人民以及大环境的可持续发展。
16	瑞典斯堪森建筑集团	推广使用可再生能源和绿色建筑技术，并实现零能耗建筑，努力创建低碳、安全、高质量生活的未来社会。
18	法国阿达日	目标是创建未来可持续城市，发展低碳建筑，低碳战略，将发展低碳建筑视作发展机遇。
19	日本鹿岛	使命：以履行社会责任为企业使命。
20	韩国首尔现代工程建设	尊重和保护环境的企业理念。
21	西班牙法里奥	愿景：通过可持续基础设施和城市的开发和运营来塑造未来。

图 4 2021ENR 国际承包商 250 强企业战略 (部分)

##### 2. 法国万喜案例

法国万喜集团 (Vinci Group) 创办于十九世纪末期，总部设于巴黎，是一家迄今拥有近 130 年历史的世界顶级建筑及工程服务企业。

从万喜集团 2019 年业务情况来看，特许经营的业务 (运维) 占总营业收入的 17.80%，净利润占 69.20%。再对比中国建筑的数据，2021 年中建集团房建业务占总营业收入的 60.4%，净利润占 43.9%。这种业务结构的差异，也说明我们向数字化和低碳绿色方向转型是一个必然趋势。

2019年万喜业务情况			2021年万喜业务情况	
业务名称	营业收入	净利润	业务名称	营业收入
特许经营	17.80%	69.20%	特许经营	14.17%
能源	28.60%	12.50%	能源	30.57%
路桥	21.20%	6.40%	不动产	3.2%
建筑	31.10%	5.40%	建筑	53.24%

图5 万喜集团 2019 年与 2021 年业务情况

2021年中国建筑业务占比情况		
业务名称	营业收入	净利润
房建	60.4%	43.9%
基建+投资	21.6%	20.9%
地产+投资	17.4%	34.1%
设计	0.6%	1.1%

图6 2021 年中国建筑业务占比情况

### 3. 碳中和建筑企业 - 阿驰奥纳

阿驰奥纳集团 (ACCIONA) 成立于 1997 年，总部位于西班牙马德里，是西班牙第一家致力于可持续发展的公司，是世界上最主要的风能公司之一，是全球著名的国际承包商之一，是全球首批实现碳中和的公司之一。其业务涵盖了从设计、建造到运营、维护的全产业链，致力于研究并开发可持续基础设施解决方案，尤其在可再生能源领域投入很大精力。



图7 阿驰奥纳发展历程

从阿驰奥纳的案例我们吸取到发展经验：

1. 强大的领导力和长远的目光。领导者战略性合并重组，组成具有多元化业务的集团。同时将公司定位为未来可再生能源和水处理领域的先驱者。
2. 及时调整策略适应环境变化。在激烈的竞争建筑施工市场中，向基础设施服务（收费公路和机

场处理)、绿色能源(风力发电)和移动通信(airtel)转型。

3. 通过并购来强化实力。回顾阿驰奥纳的发展历程，就是在不断的并购和重组中实现多元化发展和快速的转型。

4. 注重创新投资。在 2009-2013 年创新战略计划中，创新研究发展投资达到 4 亿欧元。2019 年，对风能技术的投资就达 5.09 亿欧元。

### 4. 碳中和建筑

哥本哈根零碳建筑“绿色灯塔”项目是迄今为止丹麦第一个按照碳中和理念设计的公共建筑，位于哥本哈根市哥本哈根大学校园内。

“绿色灯塔”结合采用被动及主动式设计手段，实现了建筑 CO2 零排放：自然采光系统；隔热保温设计；可再生能源使用；能源智能控制系统的应用。

## 二、数字化赋能建筑业低碳健康转型发展

### (一) 建筑资产使 GDP 变绿

建筑业低碳健康转型发展不能只从技术角度来看，而是以多维视角切入。从资本的视角集合经济学概念来看行业转型和产业变革也许更加清晰。

建筑资产包括实物资产、金融资产、碳资产和数据资产。实物资产是指经济生活中所创造的用于生产物品和提供服务的资产，实物资产是指经济生活中所创造的用于生产物品和提供服务的资产。金融资产是实物资产的对称，指单位或个人所拥有的以价值形态存在的资产，比如库存现金、应收账款、债权投资、股权投资、基金投资等。碳资产是指在强制碳排放权交易机制或者自愿碳排放权交易机制下，产生的可直接或间接影响组织温室气体排放的配额排放权、减排信用额及相关活动。数据资产是指由个人或企业拥有或者控制的，能够为企业带来未来经济利益的，以物理或电子的方式记录的数据资源。而我们的目标就是让建筑资产升值。

### (二) 数字化低碳健康发展战略

#### 1. 转型战略

核心逻辑：以数字化引擎为核心推动力，沿着低碳、健康的战略发展方向，助力建筑资产价值腾飞。

#### 2. 转型思路

(1) NQI 赋能全生产要素，打造行业低碳标杆利用“标准、计量、合格评定”国家质量基础

设施 NQI 的手段，助力华润置地地产、商业板块的低碳高品质升级，实现重点项目 WELL 认证、碳中和认证、低碳健康 ESG 评价等，全面提升企业社会形象，提高品牌价值。

(2) 数字化赋能全应用场景，构建数字生态圈

通过数字化手段，构建 BIM 数字孪生体，基于物联网、大数据技术，管理各类建筑运维数据，实现“数据驱动决策”的智慧化物业管理，构建数字化生态圈，提升地产、商业、物业板块的科技含量和服务品质，实现智慧运维向智慧运营的升级。

(3) 借力政府监管部门平台，实现企业标准升格

通过与“住房和城乡建设部科技与产业化发展中心”和“国家市场监督管理总局认证认可技术研究中心”的深度合作，实现企业标准向行业标准、国家标准的重大升格，全面提升华润置地的行业地位和市场话语权。

### 3. 转型优势

传统施工企业转型

(1) 智慧工地，实现施工到运维数据无缝传递；

(2) 绿色建筑和低碳节能改造对于管理团队无额外负担；

(3) 施工管理平台数据可直接转换为物业管理平台，节约后期的平台开发费用；

(4) BIM 模型提供精准的建筑、结构、暖通、强弱电及其他隐蔽工程信息，为能耗管理及能源优化打下坚实的基础；

(5) 取得 WELL 认证，切实提升项目的资产评估；

(6) ESG 碳排放交易收益。

### 4. 数据资产

传统建筑企业中项目数据离散，项目与项目间的数据不连贯，难以获取，数据之间缺乏联动的机制，呈离散分布。数据难以汇聚在一起组成企业的大数据资产，数据分析与优化也难以进行。

数字化转型后，数据之间的联动变得紧密，对既有项目进行数据分析，能对新建项目产生参考指导作用。

大量数据的聚合就可以形成行业数据标准，奠定企业的行业地位。

早一步的对企业数据进行掌控除了能提升自己，也能形成企业的数据壁垒，提升企业的竞争力。

### 5. 持续现金收益

改建项目 BIM 施工管理平台转物业管理平台

开展物业相关服务，每年收取物业费、广告费、停车费等等相关费用。在未来的年份，持续创造正向的现金流收益。

#### 合同能源管理

通过合同约定，对完成项目进行节能改造和能源管理，赚取合同约定部分的电费并完成碳信用的积累，为企业在将来的碳排放交易上节约大量资金。

#### 碳积分

未来随着碳交易市场的完善、国家 3060 计划的接近，碳价和碳积分在中国的地位必然呈现逐年上升的趋势。通过绿色建筑和建筑节能改造，为企业赚取大量碳信用。为企业带来可观的收益。

#### 参考案例——特斯拉

从 2012 年到 2021 年的 10 年间，特斯拉的累计碳积分销售收入高达 53.4 亿美元，截至 2022 年上半年碳积分销售收入达 344 亿美元，其中 2020 年特斯拉碳积分销售收入 15.8 亿美元，创下特斯拉过去 10 年碳积分销售收入的最高纪录。

美国并不是全国实行碳排放积分政策，有 11 个州要求汽车制造商在 2025 年之前，需要销售一定比例的零排放汽车并建立碳交易所。如果达不到足够数量，那么就得出去购买碳排放积分来弥补差额，从而避免巨额罚款，于是特斯拉就成为了“卖碳翁”。

(三) 组织变革，成立绿色设计建造运维公司

政策趋严，未来数字设计与数字建造运维需求市场巨大。

住房和城乡建设部发布国家标准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》的公告，批准《建筑节能与可再生能源利用通用规范》为国家标准，编号为 GB 55015-2021，自 2022 年 4 月 1 日起实施。本规范为强制性工程建设规范，全部条文必须严格执行。

2022 年国家机关事务管理局等四部委下文开展公共机构绿色低碳引领行动。

## 三、建筑业低碳健康转型解决方案

(一) 建筑市场变革

建筑业低碳健康转型解决方案分别针对新建建筑与存量建筑。新建建筑从设计规划阶段开始完成绿色设计。对于存量建筑，则是通过碳核查和低碳

节能改造实现绿色运维。

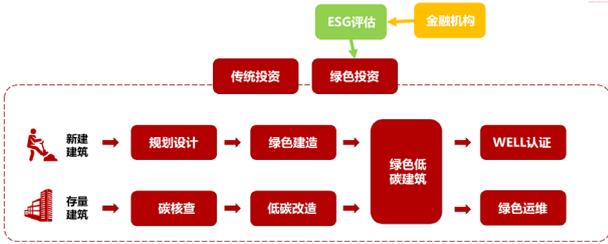


图8 全周期应用流程

## (二) “双碳”业务研究

为客户提供核算方法学支持服务、碳排放盘查/核查服务、碳足迹评价服务、碳中和证明服务、碳达峰与碳中和路径规划服务、双碳技术培训服务、建筑工程及建筑运营碳排放分析服务，以及企业碳排放管理体系认证服务等。

## (三) 低碳健康品牌打造

低碳健康转型需要标准做支撑，WELL 建筑标准 (WELL™) 是建筑、室内空间和社区的先进的评估体系，旨在实施、验证和衡量那些支持和促进人体健康的干预性措施。WELL 的开发整合了关于环境健康、行为因素、健康效应、以及影响人类健康的人口风险因素的科学与医学研究与文献，同时结合了设计、运营和管理方面的领先实践。

## WELL 体系概述



图9 WELL 体系概述

## (四) 数字化运营解决方案

2020年，在国家市场监管总局的牵头下，中建协认证中心申请了国家科技部的重点专项课题——建筑性能预测和模型检测平台，现已完成第一阶段科技部的验收，后续将打造国家重点实验室。

### 1. 模型检测

平台为各建筑信息模型各交付阶段提供第三方交付检测，为图纸审查单位提供图纸审查平台服务。

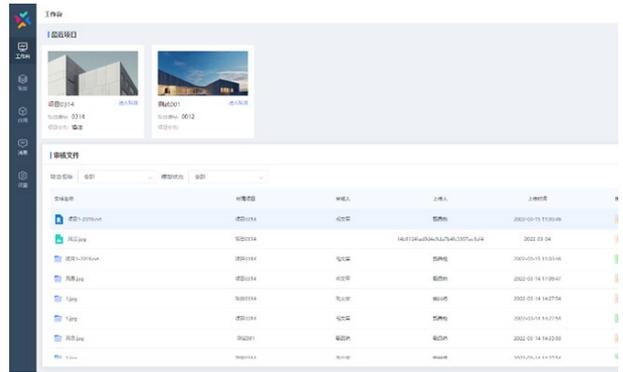


图10 建筑信息模型检测平台

### 2. 性能预测——建筑环境性能预测平台与数据库

基于BIM模型，结合大数据及人工智能算法，对建筑室内的颗粒物、挥发物、光照、微气候、能耗及碳排放6个指标进行模拟、预测和分析，并通过2D、3D形式对分析结果进行展示。



图11 建筑环境性能预测平台及数据库

### 3. 在线监测——建筑环境与碳排放监测系统

平台提供建筑环境性能和碳排放计量与监测、基于大数据的建筑碳排放管理、为节能诊断和改造提供依据、碳排放信息披露等功能服务，为建筑运维管理与决策提供支持。



图12 碳排放监测平台

### 4. 数字化运维 智慧运维

与普通建筑相比，智慧建筑能减少 50% 的能源使用，节省高达 9% 的成本，资产价值将因此增长 7.5%；共享的网络硬件设施可节省 8-12% 的安装成本；升级能源系统将获得 20-30% 的投资回报，并使建筑资产获得相当于投资额三倍的增值。智能运维能减少 15% 的楼控系统维护成本，降低 40-60% 的人力成本，提高租户租金，可实现大数据的可视化、引导运营方做出更快的决策，并改善业务成效。

### 智能运营

按照以人为本的设计理念，构建基于 BIM 技术的数字孪生体，融合现有自动控制、智能运维、物联网、大数据技术等技术，构建全场景数字化生态圈，实现由传统智慧运维向未来智慧运营的升级。

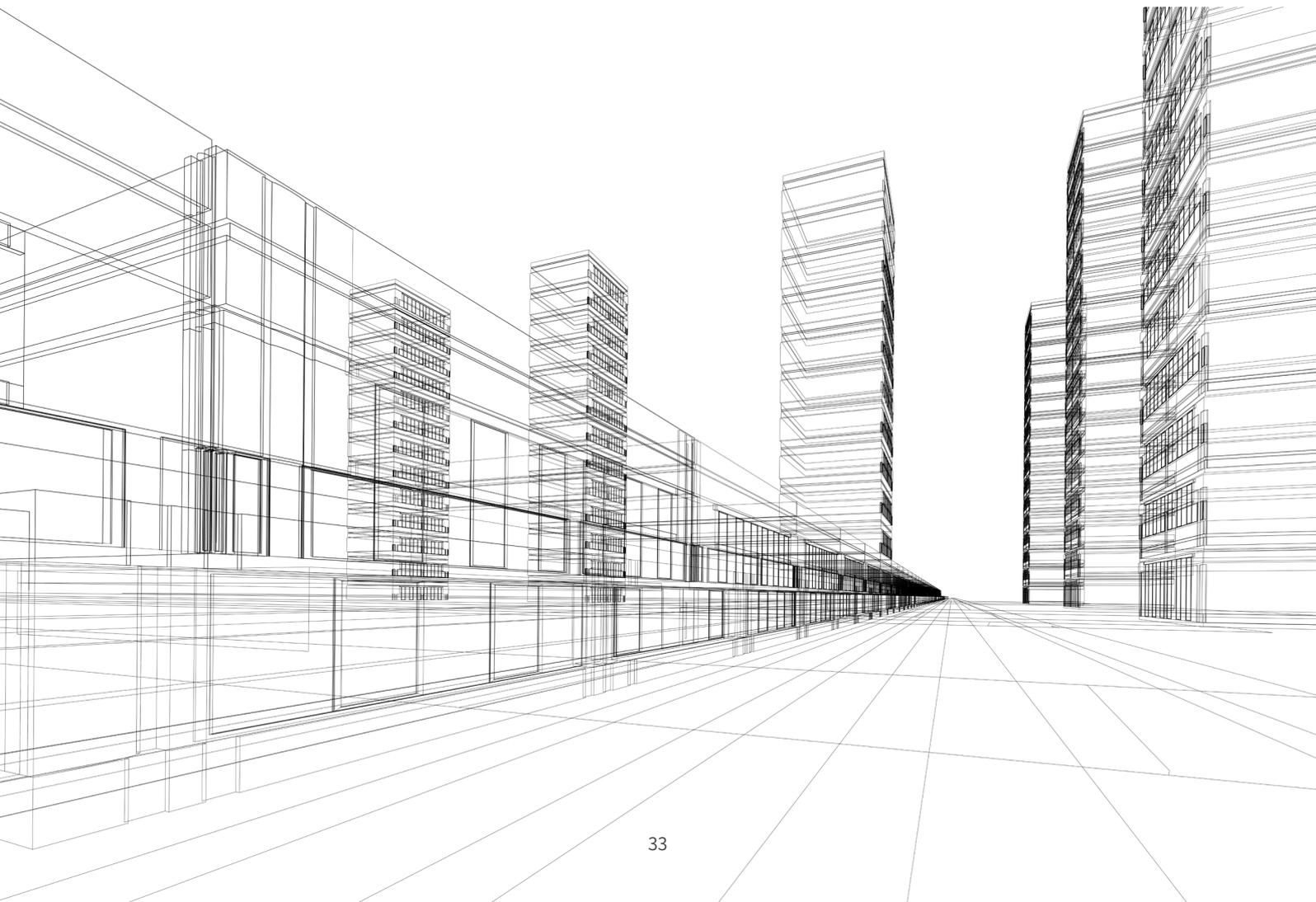
“数字孪生”BIM 可视化监管平台中，项目大场景综合态势呈现，降低管理人员要求及维护成本；管线路由精细化查询，提高故障排查效率；设备信

息可视化查询，降低人员操作难度；建筑结构直观拆解，提高建筑维护、改造结构查询效率。



图 13 “数字孪生”BIM 可视化监管平台

最后，我以两句话总结今天的内容：“合格评定——标准化助力建筑业生产要素数字化生态构建、“换道超车——数字化赋能建筑业低碳健康发展战略转型”。疫情已然 3 年，我相信在不久的将来，内部与外部环境逐渐向好，我们将同侪协力围绕数字化推动行业的转型与创新。



# BIM 数据管理的思考与探索



周向东 / 特邀嘉宾

复旦大学计算机科学技术学院教授，博士生导师。复旦大学大数据研究院能源与电力大数据研究所副所长。上海市土木工程学会计算机专委会副主任委员，中国图学学会土木工程分会专委。长期担任计算机领域多个重要国际学术会议程序委员。主要从事数据管理，大数据与人工智能等领域的理论与应用技术研究。在海量数据管理与机器学习，计算机视觉，BIM/数字孪生，能源电力数据管理等领域取得较好的研究进展。已发表各类学术论文 80 余篇，先后承担多项国家重点研发课题、国家自然科学基金等国家、省部级科研项目，与大型企事业单位开展科研合作。获得教育部自然科学二等奖、上海市科技进步二等奖、国家电网科技奖、华为优秀技术成果奖等。参加上海市 BIM 应用标准的起草和修编等工作。

## 一、建筑信息模型数据管理的思考

### BIM 概念

BIM 在工程建设、智慧城市、数字孪生城市等领域获得了大力的推广和快速发展。从信息技术角度看，BIM(Building Information Modeling) 是关于建筑全生命周期中的模型表示，交换与共享的技术。

### BIM 的核心

BIM 的核心是数字化模型。目前，全社会面临数字化转型的要求，行业正在谋求数据驱动发展，如何管理 BIM 模型数据是工程建设领域值得思考与探索的问题。

### 数据交换、数据管理与 BIM

BIM 的初衷是实现数据交换与互操作。BIM 发展速度极快，已深入人心，但实际上 BIM 依旧面临的一些问题，也存在一些困惑，主要在于缺乏系统化、规范化的数据交换。基于文件的数据交换常见问题包括数据的冗余与一致性问题、数据的存储与访问（查询）效率问题、数据的控制与安全等。

数据的冗余问题主要在于，在 BIM 链条里，不同的相关方之间的数据交换，数据复制会产生多个副本的数据。这实际上是数据管理非常需要避免的问题，数据交换出去后，数据的控制就会比较弱，修改可能比较随意，这样导致数据与副本之间产生不一致，因而在后续的管理中产生错误。另外，整

个 BIM 全生命周期的链条非常长，各相关方实际上都是一种分布式的配置，所以在一个分布式的系统上进行数据更新，成本是比较高的。此外，基于文件的数据的访问查询，其效率比较低，更谈不上精准。

显然，数据的交换处在一个比较低的层次。而数据库管理系统（DMBS）是解决类似问题的有效手段。

### 通用数据库管理系统

数据库管理系统（DBMS）（简称数据库）是与操作系统齐名的重要基础软件。任何一个大型的软件系统都有一个核心数据库系统。随着大数据、人工智能的迅猛发展，数据驱动（data-driven）的离不开数据库管理系统。

数据库（DBMS）与操作系统（OS）都属于“卡脖子”技术，国家在 863、核高基等重大科研计划中都安排有国产数据库系统的研发。与国外主流产品匹敌的国产数据库系统全面突破已为时不远。

### 专用数据库管理系统

大型专业软件，如 CAD 设计工具软件，大型仿真软件，大型 GIS 系统，工业软件或应用系统中存在大量基于通用数据库研发的“专用数据库管理系统”如甲骨文（Oracle）的 Oracle Spatial 空间数据库（GIS 地理信息数据库系统）是各类 GIS 应用系统的标准配置。大量工业软件厂商基于微软

的 SQLserver 关系数据库系统开发了各类专用数据库。如 Intergraph SmartPlant 3D (sp3d) 的化工、管道及工厂设计软件、达索的 3D Experience 的产品数据库系统 (PDM) 等。

BIM 涉及建筑全生命周期的数据共享。不论是从支持大型工业软件, 还是大型工程建设, 智慧城市, 数字孪生城市都需要专用 BIM 数据库系统的支持。

### BIM 理念与数据管理

前文我们谈到的数据交换的问题事实上都属于数据管理的初级阶段。真正的 BIM 理念需要完整的数据管理提供技术支撑。有了这样的技术之后, 行业需要完成一定的转变。BIM 思想观念上需要从“数据交换”转变到“数据管理”。工作模式上从提交“图纸或模型”转变到提供“BIM 数据库表单”(应用程序的数据库访问接口)。当然这些是一个设想。因为真正高效的数据管理或者数据管理支撑的应用, 一定是程序之间的这种访问, 而不是由人大量参与进行人机的交互。这样以 BIM 数据库为核心, 构建一个完整的 BIM 业务链条, 实际上也比较符合 IFC 或者其他 BIM 标准的。但是比较遗憾的是, BIM 专用数据库的迟迟没有出现, 这是目前的一个现状。

### BIM 数据管理的分野

在这里也明确一点, BIM 数据管理需要有一个明确的边界。我们在讨论 BIM 或者讨论一种新观念的时候, 经常从它的优势、长处等角度来讨论, 这样容易造成其无所不能的假象, 实际上这样对一个事物的发展不一定是有利的。因此, 我们在讨论一个技术落地的时候, 需要明确它的功能边界。

数据库系统的应用一般有两种常见的模式(图 1), 一种是跟应用服务器分离部署的应用模式, 另一种是与应用服务器合并部署的模式。无论哪种模式, 数据库系统都是独立存在的。专业的 BIM 数据库管理系统, 要跟各种设计工具有明确的边界划分。CAD 工具软件内部运行自己的 pdm 可能是更合适的选择, 各类专业工具软件, 仿真软件等等都不可能 BIM 工具完全代替, 并且 BIM 数据管理需要一个清晰的功能分界面。

### BIM 数据标准

从 BIM 的初衷和定位看, BIM 在技术层面上是一个信息载体、桥梁或平台。因此为了协调, 交流和共享, 需要一个统一的数据标准。



图 1 数据库系统常见的两种模式

IFC 标准是 IAI (现 buildingSMART) 于 1997 年发布的建筑产品数据交换标准, 其目标是提供一个不依赖于任何具体系统的, 适合于描述贯穿全生命期的建筑产品数据的中性标准, 目标是有效地支持建筑业各种软件系统之间的数据交换和建设全生命期的数据管理。

2002 年 IFC 正式被接收为国际标准 (ISO/PAS 16739)。IFC 已成为最为通用的 BIM 数据交换标准。

### 国际/国内 BIM 数据管理的历史与发展

在数据管理层面, 学术界早期就开始了相关探索。国际上 2002 年开始出现相关研究, 国内复旦大学课题组于 2005 年开始研发。关系型数据库的成熟和普及, 使其成为了最早的 IFC 数据管理探索的基础。

另外这里特别提一下相对来讲最完整的开源系统, IFC 的模型服务器——Open BIM Server, 是目前功能最完整、影响最大的 IFC 数据管理的探索和实践

事实上, 开源项目到现在还是非常活跃的, 比较著名的例子是 NoSQL (Not Only SQL) 的登场, 直接影响到 IFC 的数据管理的发展。近年来基于 Hbase, Graph DB, RDF Store 的相关研究工作越来越多, (对象) 关系数据库 IFCdb 的研究历时最长, 实践价值与意义最大, 国内外都有这方面长期的研究与探索。

### BIM 数据管理面临的挑战

前面提到有了标准, 也有很多通用的数据库, 还有一种新型的数据库 BIM 数据管理, 为什么至今没有看到在行业内大规模使用的 BIM 数据管理的产品? 实际上 BIM 数据管理实际上还是非常困难, 它不是简单的一个问题。

首先, IFC 标准非常复杂。IFC 是一种典型的

复杂结构数据、普通 RDBMS 仅适合处理简单结构数据。IFC 数据管理需要解决数据模式适配的问题。

其次，IFC model sever 模型服务器不能满足需求，仍基于文件交换，缺乏对标准查询语言，接口的支持，无法满足大型的多系统集成应用需求。

此外，NoSQL 数据库本质上是应对一些特定问题应运而生，无法支持通用的或较为完整的企业业务链，并且缺乏通用查询的支持和接口。

BIM 数据管理面临的其他问题也值得我们重视。首先，数据驱动和数据管理在行业中还未得到应有的重视。在学术界，包括我本人，仅以理论研究为主，大多停留在论文或原型原理验证层面。此外，BIM 数据底层技术的研究与开发较为小众。没有合适的商用数据库产品可直接用于 IFC 数据的管理。数据标准的制定和推广相对滞后，约束力不足，头部厂商支持意愿不强。同时，BIM 的各种 IT 应用众多特性各异，对数据管理带来挑战。

### **BIM 专用数据库系统是一种综合性平台**

BIM 贯穿建筑全生命周期，特别是当前智慧城市、数字孪生城市新的需求，BIM 数据库管理系统应提供一种平台性的数据管理与数据服务的支持。比如对于管理海量数据问题，海量对象语义属性数据、海量对象几何形态数据、海量对象多尺度空间表达数据等，应对不同的 BIM，特别是从 BIM 延伸到智慧城市，应该完成城市的需求。另外，为了更好的集成，或者是与现有的应用系统进行关联，还是应该以 SQL 为主要标准接口支持各类应用。

### **选择基础数据库：SQL / NoSQL / NewSQL**

在研发 BIM 专项数据库时，要选择一个基础数据库。基础数据库可以分成三类：SQL / NoSQL / NewSQL

实际上，数据库 / 数据管理技术出现非常早，从上个世纪 80 年代就有关系数据库。关系数据库一旦产生，在商业上非常成功，比如 Oracle、Google 等等。但同时也带来一个非常有意思的现象，由于这些大型 IT 技术企业过于成功，技术创新的难度变得非常高，于是在 2000 年之前一段时间内技术的研发相对比较沉寂。

数据管理技术的研发在沉寂多年后，随着大数据的兴起迅速恢复了活力。从 2000 年起 NoSQL 数据库技术蓬勃发展，出现了大量新的开源数据库产品，分布式数据库技术日趋成熟，简单的键 - 值

数据库，Hbase，图数据库等等。

近 10 年 SQL 又再次崛起，NewSQL 为了解决 NoSQL 的缺点，在继承分布式数据库能力的同时，重新巩固了对 SQL 的支持，强化 ACID 事务能力，发展并行能力，围绕 SQL 强化大数据处理能力。

面对 BIM 的应用需求，我们不一定只采用一种方案，而是需要综合性与创新性结合的新型数据管理系统。

### **BIM 专用数据库的功能及发展模式**

BIM 专用数据库的设计，需要支持一个标准。从复旦研究来看，我们认为 IFC 标准也是当时唯一看到可以落地的标准。

支持 Industry Foundation Classes (IFC) 数据标准、面向云服务的 BIM 数据管理系统，系统功能：

IFC 标准的语义结构化查询 SQL，支持 ODBC，JDBC 编程接口；

IFC 模型的导入、导出加工处理函数库；

IFC 多尺度几何模型的加工处理与管理几何对象的查询、计算及 BIM 功能函数库；

IFC 及 MVD 子模型，支持简单交换，支持视图定义（数据模板）高效的可视化引擎；

PB 级线性扩展系统框架，大数据、数据仓库及数据分析系统集成。

## **二、复旦大学课题组相关研究和探索**

第二部分主要介绍我们课题组相关的研究与探索。我们的目标是构建一个基于云架构的 BIM 数据管理平台，主要做了四个方面的研究：1) IFCDB 的设计与开发；2) GeoDB 的原型 -BIMVE；3) IFC 数据解析转换，加工处理算法研发；4) 基于云的分布式海量存储、Ism 数据库引擎。

### **1. 复旦大学 IFCDB 的研发**

首先是我们耗时较长的 IFCDB 的研发。从 2005 年到 2007 年，我们基于 java vrmf 开发了第一个基于 FC 的数据库系统。现在回头来看，过去的设计还是比较简陋。当时我们对 FC 数据非常感兴趣，从一开始接触我们就意识到它不仅仅是一个功能设计问题，而是与社会治理、城市管理密切相关。

在 2014 年到 2016 年间，我们开始关注 open BIM server 系统，它的理念架构非常优秀，因此我们对它的源码进行了全方位的解析。当时正值大数据在国内兴起，提出了海量数据管理的需求，因此

我们对 BIMserver 的源码进行分析，实现了基于 Hadoop (hbase) 的分布式 BIMserver 系统。

从这两年的分析研发过程中，我们对 BIMserver 有了更进一步的认识，也意识到它难以真正满足 BIM 数据管理的需求，因此下一步我们研发了新一代的 IFCDB，主要基于于 sql、newsql 和大数据技术。我们希望打造一个 BIM 数据管理的云平台，来支撑数字完成城市海量数据管理，功能示例包括 IFC 数据库 SQL 查询与报表系统集成，以及 IFCDB 的 SQL 接口与模型可视化引擎的组合等。

## 2. BIM 多尺度可视化引擎

第二个是关于 BIM 多尺度的可视化的引擎，可集成 3DGIS。我们采用动态瓦片的技术，实际上打通了 3DGIS 与 BIM 的可视化这部分的数据标准，实现海量数据的动态加载。

## 3. IFC 解析转换工具

第三个是我们开放的 IFC 解析工具。我们实现

了基于 java 对 IFC 语义属性及几何对象进行了一个全流程的解析。IFC2x3,IFC4 (部分) 可方便支持 IFC 扩展不同领域的自定义。

## 4. 基于云的对象存储研究

上一代的云技术或者大数据的技术，比如 Hadoop HDFS，它的存储成本比较高。现在，我们基于这种对象储存眼界，解决了海量小对象（小文件）的高效存储与访问（可替换 Hbase），可节省云存储成本，减少运维开销。

## 三、结束语

总结来说，BIM 的落地和发展需要数据管理作为支撑。虽然数据管理一词并不新鲜，但我们希望行业对于数据管理给予重视。此外，行业建立 BIM 专用数据库的研发非常必要且极为紧迫。数据管理技术既很成熟也在不断发展，需要驾驭为 BIM 所用。总体而言，BIM 的应用天地广阔，新型智慧城市、数字孪生应用前途光明。

## 魏 来 / 访谈嘉宾

首先我们一起明确一下 BIM 数据库在行业当中的角色到底是什么？回答一个问题：我们为什么需要 BIM 数据库？我先粗浅谈谈个人的理解。以前我们经常会谈到一个词叫 CDE，通用数据环境（common data environment），这是在国外比较通行的 BIM 领域的概念。CDE 的核心就是搭建一个系统，项目的各个参与方可以在这个系统里，基于各自的权限去获取、使用和分享各自需要的数据，并输出相应的成果。通俗的理解就是将 BIM 概念里共享信息的理念，通过一个实际的系统来落地。

CDE 能够为项目全部的参与方提供数据服务的一种数据源。当然提供数据源需要具备几个基本条件，第一个是数据管理，第二个是流程管理，第三个是项目组织管理。今天重点谈的第一个就是数据管理。所谓数据管理，简单来说，一切与工程相关的数据（比如工程对象、施工工艺的模拟分析等）

都需要到 CDE 当中去提取。所以我理解刚才周教授所讲的 BIM 数据库，它是 CDE 的一个核心部分，一定是一个带有极强的数据组织能力的数据集，包括数据的载体和自身的管理能力，也包括数据内容，如何去进行组织，如何能够进行结构化处理等。

在 BIM 项目当中，其主要的问题就在于我们需要多方进行数据共享，因此需要一个云服务的环境来向各方进行数据服务。这也就是今天咱们讲的数据管理和 BIM 数据库。

**周向东：**可以这么解释，您的观点实际上是十分前卫的。

CDE 我也了解过，在国外，尤其是现在一些头部的数据管理的厂商，比如 Bentley 都在推 CDE。关于 BIM 这部分我都看了，尤其在模型这部分，它实际上主要还是涉及到源数据的问题。模型

的来源是什么？模型里面的一些源数据信息。比如我们讲一个最简单的，一个档案管理，我们管理的是文件。档案管理的数据库管到内容了吗？并没有管到，它就是档案文件，包括它的一些属性，现在 CDE 实际上只是到了这个层面。而您的观点前卫在哪？您提到要把 BIM 数据库放进去，实际上就是真正的 BIM 数据库，这又回到了 BIM 的初衷。BIM 到底是什么？BIM 实际上就是个模型，只是这个模型具备非常强的能力，让你从各个侧面，各个视角都能获取到想要的那部分信息。

实际上 BIM 这种专用数据库，我们现在的体会感觉它肯定离不开 SQL 这种关系的这种支持的。尤其是比如承担像 CDE 或者其他的这种大型应用集成的支撑，大家都肯定都是有一个标准要这样做。反过来讲，源数据管理对于关系数据部来讲，这不是个多难的问题。无非就是在设计的 BIM 专用数据库的核心模式外，再增加源数据管理的数据模式进来，这个是无缝集成的。所以我们觉得可以参考 GIS 数据库，因为它的定位跟 BIM 十分接近。但又比 GIS 数据库更困难，因为 BIM 链条比 GIS 业务链条可能要更复杂。因此，BIM 数据库其实很难处理，需要有一些新的开发，新的手段才能解决，这也是目前比较棘手的地方。

**魏来：**我再问一个比较实际的操作性问题，与很多企业也相关。可以分解成两个问题，第一个问题，是不是每个企业都需要去建设这样的一个 BIM

数据库，才能完成企业自身的数字化的转型？

第二个小问题，一旦我们有了现在大家所设想的，各个企业都有一个各自的数据库的时候，每个项目又要求大家都能够在共享环境下去工作，这些数据库是否需要一些 API 去进行一些勾连或者数据共享的通道。将来数据库需要如何部署？

**周向东：**第一个问题实际上也是行业比较头疼的问题。从企业化部署上面看，我们觉得理论上讲企业自己都可以部署，但它需要有不同的版本，或者是一个我们称之为弹性的能力。就像我们数据库产品也不是那么简单的，比如像数据库会产生很多版本，有的版本里面就可以支撑，比如多 CPU 并行，价格昂贵。有的版本就是功能非常简单，甚至是免费的，直接拿去用，需要服务再付费。所以我觉得这个是需要一个弹性的东西，不能讲得那么绝对。

第二个关于是不是 API 应用。实际上 SQL 就能支撑的应用之间接口间的交流，且十分简单。真正直接用数据库的 client 端去访问数据库的情况并不多，或者个别的临时的用一用，或者是企业内的数据库管理员用一下。应用之间都是 API 的接口。所以如果各个单位之间都自己部署了这样的一个数据库，恰恰是因为他们都支持 SQL 查询。如果都遵循比如 FC 的或者其他的 BIM 标准这样的数据库，我们之间的障碍就会小很多，可以轻易地共享数据模型。实际上为什么 BIM 数据库十分重要，就在于它具备强大的数据交换的能力，能实现真正的数据交换。

## 万黎明 / 访谈嘉宾

最近有个很火的词叫数据资产，如果从资产的角度来看数据管理的话，数据的权属问题是如何考虑的？另外，对于数据资产的转移，比如像区块链技术，是否可以确认数据资产的权属问题？

**周向东：**数据资产是大家都比较感兴趣的话题。

比如 BIM 模型，毫无疑问也是数据资产，但是资产里边涉及到权属的转移这些问题，个人暂时持悲观态度，我认为无解的。区块链本身的维护问题就存疑，并且区块链需要定期升级，升级过程中数据迁移甚至可能会带来另外的问题。因此，个人认为区块链并不能解决这些问题。

# 欧洲汽车行业的减碳探索 与对中国的启迪



洪 浩 / 特邀嘉宾

2013-2017年 被评选为大众汽车集团中国 60 项目全球最优秀经理人之一；

前大众汽车集团中国区产品发展服务部部长，负责集团旗下在中国的所有品牌的售后零部件质量，维修与保养标准管理工作。协调管理一汽大众与上汽大众售后服务部。（品牌包括大众，奥迪，斯柯达，保时捷，宾利等）；

直接参与整改近百家供应商的质量管理体系提升，智能制造转型制定指导供应商持续改进措施，帮助其通过审核；

负责制定售后市场维修方案与实施，负责的零部件采购额度达数千亿元；2007-2010年在德国 BOSCH 负责发电机零件的生产质量控制；2017 年获得德国卡尔斯鲁厄理工学院工业 4.0 专家证书。

我们为什么要减碳？最直接的原因，一是减少人类对石油能源的依赖，而汽车行业是最依赖石油能源的。第二，要减少温室气体的排放，从而减弱温室效应。就汽车行业来说，如果减碳只是一个口号性的概念，呼吁大家保护地球，企业作为一个盈利组织并不会为了这种慈善性的事业买单。企业最关注的两个问题就是“税”和“费”。

欧盟主要通过税制度进行调节。调节方式之一，向生产传统发动机的企业征税。第二，根据发动机的排放量按阶梯式增加税费，比如 1.0 排量的税，每年一个税档，2022 年的税是一年 500 欧元，到 2030 年的时候，1.0 排放一年的成本可能是 2500 欧元，拥有燃油车的成本会逐渐提升。此外，税和费也混加在汽油的成本上，使用汽油或者柴油，成本还会再提升。因此，从汽车的生产制造商角度，当这些成本逐渐增加的时候，会有一个经济性的考量。而从消费者的角度出发，当新科技产品产生了明显的优势的时候，消费者自然会淘汰传统的燃油型汽车。

既然谈到经济，这成本运算过程怎么去实现？刚才谈到了，发动机的税制是根据排量去排放，同

样的车，排量越小，税档越低。因此，最直接的方法就是将汽车轻量化，也就是车越轻，排量小，但也还一样有劲。最好的方式，比如用 1.2T 涡轮增压的发动机代替之前 1.6 自然吸气的排量的发动机，发动机提供的马力和速度跟原来几乎没有太大的区别。但是发动机的排量一下降低了一个档，对应的税也同样降低一个档。

第二，从传统跑道转变成新能源跑道。新能源车就是用电池、全新的平台以及全新的技术方案。平台化最大的好处有 2 个，一个是降低研发成本，另外一个就是缩短开发周期。就大众集团来说，曾经投过的平台，比如应用广泛的横置平台 MQB，中高端的纵置平台 MLB，宾利保时捷专用平台 MSB，还有大众集团 2020 年发布的纯电平台 MEB。2022 年，保时捷正式公布全新纯电动车研发平台 PPE(Premium Platform Electric) 平台。到 2030 年，包括大众、斯柯达、保时捷，奥迪在内的 12 个品牌将全部转变成 SSP 纯电动平台，取代现有 MEB、PPE 电动平台，实现两大纯电平台的统一，最终通过平台的统一实现成本的降低及技术的通用。届时，差不多 90% 以上的产能全部转变为新能源车。



图1 平台变迁

具体的措施有哪些？以奥迪 A8 的为例，新一代奥迪 A8 在白色车身后排座椅骨架的位置，还有前排驾驶舱隔离的位置（图 2），应用了复合碳纤维类型的材料。作为厂商，应用如此昂贵的材料如何实现经济性？最直接做法就是减重节税。比如传统的 A8 应用 3.0 发动机，假如降到 2.0 发动机，车身重量需要降低多少？同样用 300 马力，之前需要用 3.0 发动机才能实现加速，现在假如发动机变成 2.0，车身整体的重量需要降低多少？厂商会算出非常精确的重量值，把税和整个费加上整个生命周期，计算车身每一克减重将会为企业提供多少的经济性。

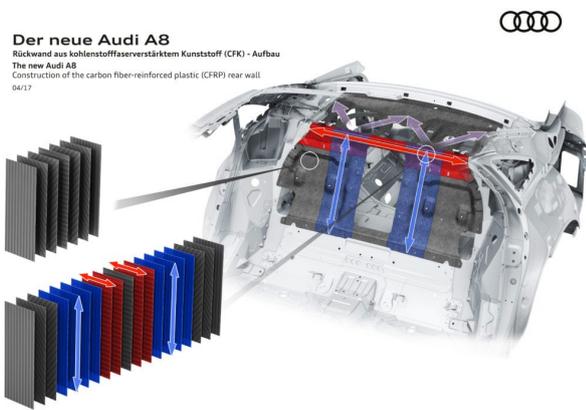


图2 奥迪新一代 A8

以弹簧件的采购为例，A、B 两家供应商：A 供应商提供传统弹簧件，单价 500 元，B 供应商提供新型的玻璃纤维混合性材料的弹簧件，比传统弹簧件重量轻 5 公斤，单价 1000 块钱。虽然 B 型材料单价更高，但由于采用了新型材料减重，可以享受轻量化材料减排政策的补贴，其经济性能直接体现。加上技术部门对于轻型材料的极力推荐，采购部门在价格差异不明显的环境下，自然会优先考虑 B 供应商。



图3 车用弹簧件

总体来说，欧洲主要由三个支柱支撑，第一是政策与法律，第二是标准，第三是应用。这三个支柱形成了龙卷风式的模式，从下而上螺旋形向上发展。由企业参照标准去做出产品，实现一些应用数据，其应用的结果再指导国家的政策方针的制定，国家的政策方针基于标准进一步优化提升。也就是说，既要有应用的数据，由市场的真实数据支持标准，验证法律和和政策正确性，同时法律和标准也在螺旋型改变，去适应市场给予的反馈，重新制定新的标准、新的法律法规，来引导市场的正确方向。目前在国内还没有这种标准，是否能借鉴？个人认为还需要一个关键的探索过程。

## 万黎明 / 访谈嘉宾

从今天的分享可以看到，欧盟的减碳政策是在经济或者经济利益算法引导下的，背后需要技术的支撑。听上去简单的一个数字，背后可能是全产业链的精确计算。这一点欧洲车企的实践的确走在全球前列，非常值得借鉴。

目前新能源汽车也是一个大趋势，不过新能源车真的能减碳吗？个人理解，加上之前看过的一些资料，新能源车的制造比传统车更加耗碳，甚至要高出百分之三四十的碳排放量的才能造出一辆新能源车，尤其是现在比较流行的锂电池，除了能耗高，可能还会有后续污染问题。此外，它运行当中的用电看似没有碳排放，但电本身是二次能源。虽然欧洲大规模使用绿色电力，在国内还是以煤电为主，这样看来，新能源车真的能减碳吗？

**洪浩：**首先，我认为新能源车用电是可以用其他可再生能源代替的，比如海洋能源、风能、原子能等。现在小型核电站的安全性比原来提升很多倍，并且规模小、投资额度小。新能源车并不是在制造过程中能减少多少碳，而是在整个生命周期消耗的燃油能减少很多碳，这也是产品进步的一点。

此外，从目前来看，新能源车就是电池型车，产品的成熟度并没有达到燃油车成熟度的级别。在欧洲标准里有一个 Maturity Index-MI 指数，当产品的成熟度达到一定标准时，所实现的经济性就会有一个明确的衡量。为什么我们认为新能源车对于减碳的贡献并不明显，个人看来，因为新能源车的成熟度还不够，电池的制造工艺也不够成熟。

## 王海山 / 访谈嘉宾

从汽车行业发展经验来看，其实汽车行业代表了工业革命的集大成者。其他行业包括建筑行业在内，都在不断借鉴汽车行业的经验，很多新的管理方法也是最先在汽车行业提出，并带动了人类社会对制造业的整体发展。在减碳的实践上，汽车行业依旧是非常值得借鉴的。

如果以企业为研究对象，从企业战略层面来看，如何平衡传统的业务和新赛道的研发。特斯拉是一个特例，没有传统业务的压力，直接新设立一个部门，那传统的企业该如何从战略上平衡呢？

**洪浩：**其实从大众集团的做法来看，新能源

的推广经过了精确的测算。比如大众它认为到 2025 年，新能源要占集团产能的 25%，这其中一定有一个明确的折损点，算的还是一个经济账。再看中国的汽车，因为市场不同，标准不同，市场的接受程度和成熟度不同。如何计算折损点？没有人能做准确的判断。作为一个普通的企业，其实最简单的还是看售后市场的成熟度，比如看新能源车的 4S 店的发展，来判断产业是否已经形成一个气候。随产品的成熟、服务的成熟和市场的成熟，以及消费者使用习惯的变化，在外部大环境逐渐具备条件后，再做适应性的调整。

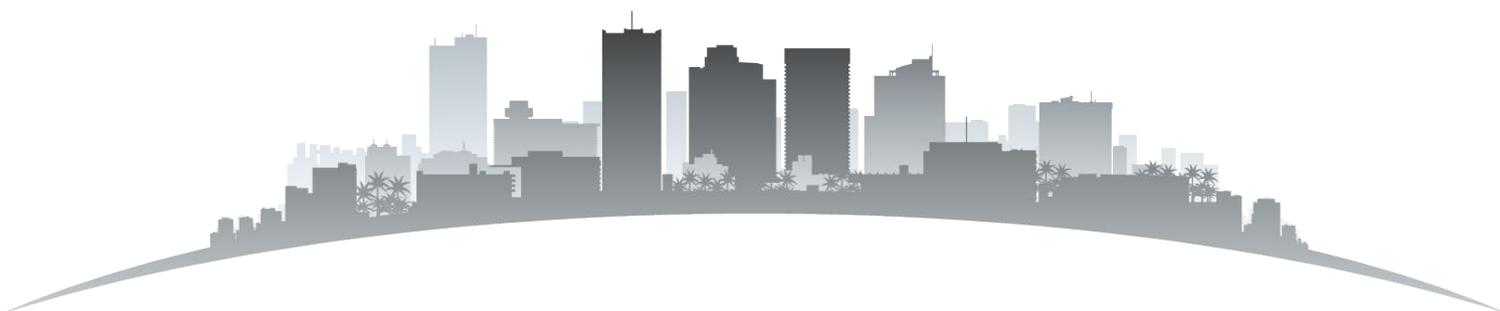
听完洪博士对于欧洲汽车行业减碳的做法，我也一直在反思建筑行业为什么做不到这点。建筑行业到底谁能够做大众汽车角色？当然从建筑行业来讲，我们不能生搬硬套制造业的产业链的模式。

现在建筑行业也在博弈当中，到底谁能主导产业链？比如设计单位，可能提出要设计引领，又比如总承包企业认为自己是上下游的最直接的衔接者，应该由总承包引导，总之还是需要经历一个很长时间的博弈的过程。

而博弈的背后其实是一个经济活动，而经济活

动会精确到一个非常量化的指标。我们谈标准，现在的标准无法真正的去反映出当前市场上的这些需求和经济活动的博弈。建筑行业在绿色层面上，标准还没有达到细度，没有达到层次。当然现在行业绿色标准也不少，但是相对比整个制造业的，这些标准的深入程度和产业链上下的勾连程度，还是远远不成体系。

总结来说，从标准体系上来讲，我们还需要去做很多的努力，整个建筑行业离高质量发展还是有很长的路要走。



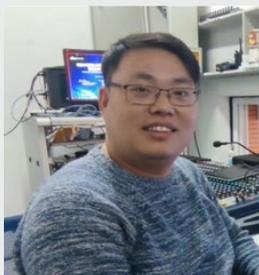
# 2022bSI 大奖赛基础设施设计类大奖项目分享

## ——openBIM 在广湛高铁设计和交付中的应用



杨绪坤 / 特邀嘉宾

中国铁路设计集团有限公司正高级工程师，“轨道交通勘察设计国家地方联合工程实验室”数字化实验室主任，兼铁路 BIM 联盟副秘书长。中国铁路 BIM 标准体系框架、《铁路工程信息模型分类与编码标准》、《铁路工程信息模型数据存储标准》、《铁路工程信息模型统一标准》主要起草人。长期从事铁路站场与枢纽设计和三维协同设计、数字化仿真模拟、BIM 技术研究工作。曾获铁道学会铁道科技奖一等奖 1 项，天津市科学技术进步奖三等奖 1 项，詹天佑铁道科学技术奖青年奖，国际 BIM 联盟（buildingSMART）大奖赛特别奖。



王自超 / 特邀嘉宾

工程师，硕士研究生，毕业于西南交通大学，就职于中国铁路设计集团有限公司工程实验室，从事数字化及 BIM 研发工作，主持京沈客专星火动车运用所、盐通铁路南通动车运用所、广湛高铁等项目 BIM 设计和应用，担任项目总体，负责项目的 BIM 策划和具体实施；参与编制《铁路工程信息模型表达标准》等 6 部铁路 BIM 标准；参与的京雄高铁、牡佳高铁 BIM 设计项目获 buildingSMART 2018、2019 年度 openBIM 大奖赛特别奖，主持的广湛高铁 BIM 设计及应用项目获 buildingSMART 2022 年度 openBIM 大奖赛基础设施设计组大奖。

### 王自超

#### 1. 工程概况

广湛高铁是连接广州和湛江市的一条全长 400 千米的高速铁路，设计速度 350 公里 / 每小时，包括 9 座车站，112 座桥梁，29 座隧道。整个工程的桥隧比为 78%，投资金额 771 亿。该项目的定位是粤港澳大湾区的一个关键性大型交通基础设施。整个项目先期开工段在 2020 年 6 月 30 号开工，整个项目的建设工期为 60 个月。项目由广东广湛铁路有限责任公司投资建设，中国铁路设计集团有限公司广湛铁路 EPC 总承包，施工单位为中铁广州工程集团有限公司，中铁十四局集团有限公司和中

国中铁二局集团有限公司。

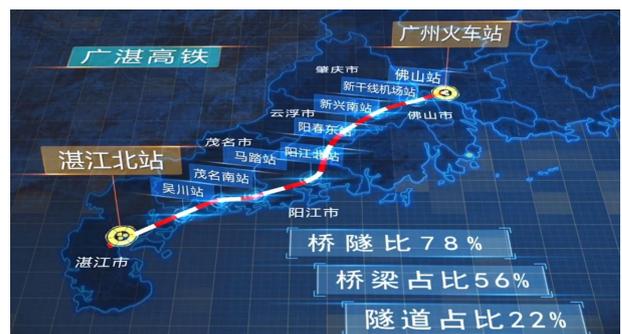


图 1 广湛高铁工程概况

## 2. 项目目标

本项目是中国铁设集团力推的 BIM 项目，在项目启动前就规划了三步走的目标。近期目标是通过设计、施工全过程应用 BIM，切实提高本项目的建设效率、质量、安全。中期目标是实现“全线、全专业、全阶段”的工程设计、优化、施工、管理、运营“一模到底”数字化应用。远期目标是突破 BIM 在铁路工程设计、施工阶段一体化应用的技术和管理难题，培育铁路领域 BIM 应用的生态。

## 3. 项目亮点

基于 ISO 19650 和 openBIM 系列标准，整体策划项目数字化实施方案，标准应用贯穿设计、检查和交付全过程，实现全数字化设计信息的流程。

第一，在项目规划阶段采用 ISO 19650 流程，收集业主、总包、施工等主要参与方数字化应用需求，搭建了设计和施工两级 CDE 平台，满足设计阶段专业协作性要求，同时保证 BIM 数据向施工阶段和管建平台传递的兼容性。

第二，基于 IFC 标准和 MVD 理论，开发 IFC 模型数据核查工具，对 IFC 类型、属性、嵌套关系进行可视化解析，创新实现了对 IFC4 和 IFC2x3 版本模型数据进行自动化语义补全和修正的解决方案。

第三，基于 BCF 标准，开发设计问题捕捉和管理软件，实现多方、多软件平台的 BIM 模型协同检查。

## 4. ISO 19650 标准应用

广湛高铁项目采用 ISO 19650 信息管理流程开展数字化应用实践。

### BIM 信息需求

在项目规划阶段，业主签订的合同里就已经对 BIM 项目进行了文字上的约定。业主要求建立 BIM 及信息化系统，并配备 BIM 及信息化系统管理的专业人员。这是一个广义性的要求，具体条文里还有一些细节上的约束。

### 执行计划

根据业主对整个项目的数字化的信息需求，我们在 2019 年和 2020 年就制定了一个宏观的实施工计划。目前，项目处于 2022 年和 2023 年之间，也就是整个工程设计和施工阶段的数字化应用阶段。

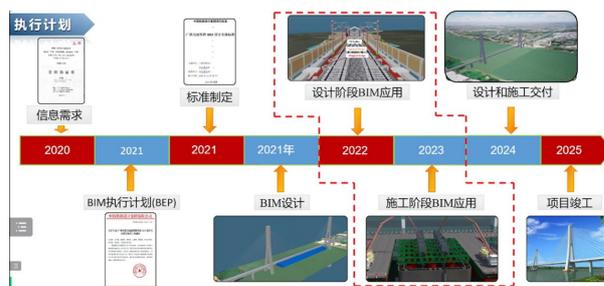


图 2 项目执行计划

### 责任矩阵

责任矩阵是 ISO 19650 标准里一个概念，明确本项目中项目各参与方承担的责任。

内容	参与方	被委托方					
		广湛广铁集团 有限公司 (业主)	中国铁路设计集团 有限公司 (总包)	中国铁路设计集团 有限公司 (设计)	中铁十四局集团 有限公司 (施工)	中铁广州工程集团 有限公司 (施工)	中铁二局集团 有限公司 (施工)
GZZQ-1 标段设计	R/A	A	C	I	I	I	
GZZQ-3 标段设计	R/A	A	C	I	I	I	
GZZQ-10 标段设计	R/A	A	C	I	I	I	
GZZQ-1 标段施工	R/A	A	I	C	C	C	
GZZQ-3 标段施工	R/A	A	I	C	C	C	
GZZQ-10 标段施工	R/A	A	I	C	C	C	

R—Responsible (负责) A—Accountable (批准) C—Consulted (执行) I—Informed (通知)

图 3 责任矩阵

### 工作流程与 BIM 执行计划

在责任矩阵的宏观概念的基础上，项目结合委托方和主要委托方的信息需求，建立公共数据环境，作为信息和数据中转中心，所有参与方围绕业主需求开展工作。业主委托总包方负责数字化工作具体落实。

总包方围绕业主的需求，制定数字化应用总体规划，统筹协调设计、施工和竣工交付阶段所有参与方的协同工作。

设计方在总包方委托下，完成工程数字化设计，开展设计检查、系统集成检查、技术交底、虚拟现实、设计变更等数字化应用，最终交付设计与竣工资产。

施工方在总包方委托下，承接设计方模型，完成施工深化设计，开展钢结构优化、隧道盾构管片排版、施工交底、施工组织排布等数字化应用，最终交付施工竣工资产。

运营单位是工程最终使用单位，负责接收和检查业主单位提供的竣工资产，搭建资产运维管理平台，开展资产运营维护。

在具体实施之前，我们制定了更具体的计划，用甘特图的形式对项目进行了各标段的划分，对建模时间、交付物标准、合规性检查进行了明确。最后以生产任务的形式安排各参与方开展工作。

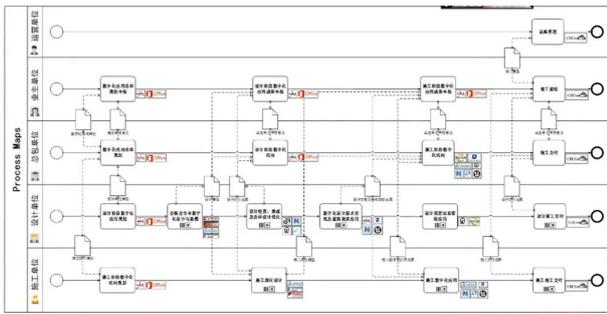


图 4 工作流程

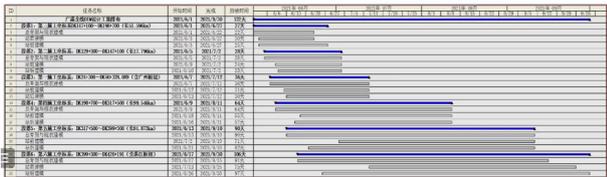


图 5 BIM 实施计划甘特图

在各专业具体工作开展之前，我们制定了更为微观的项目执行计划，比如要求各专业建立相应的 BIM 执行计划书，包括各专业设计内容、设计深度、设计与应用目标，具体的应用点等。



图 6 各专业 BIM 执行计划书

## 5.OpenBIM 应用

### BIM 软件体系

项目整个软件体系围绕 CDE 平台展开，其中设计和应用的 CDE 主要依托达索 Enovia，辅助 CDE 平台主要通过 AutoCAD 和 RDS 进行线位设计，Catia、和 Revit 进行 BIM 模型创建，IFC Rail Reviewer 进行 IFC 数据审核，rTwin 和 UE 进行 BIM 数据集成和优化，达索 Delmia 和天宝 Tekla 进行施工应用，3DPDF 和 Composer 进行技术交底，大数据的集成用超图 supermap。

我们采用 Enovia 部署 IFC Rail SPEC BIM 标准，CAD 二次开发的 RDS 软件进行线位设计，再通过 IFC Alignment 1.1 标准文件传到 3D 平台。有了线位以后，后续的地形、路基、桥梁、隧道、轨道等专业就可以开展具体的工作。3D 平台的特点在于，可以基于各专业统一的结构树开展本专业的的设计。

Revit 已经做得非常成熟了，通信、信号、电力等专业还是以 Revit 为主。最后，整个工程信息模型以 IFC 4.1 以及 IFC2x3 的格式来导出和交付。

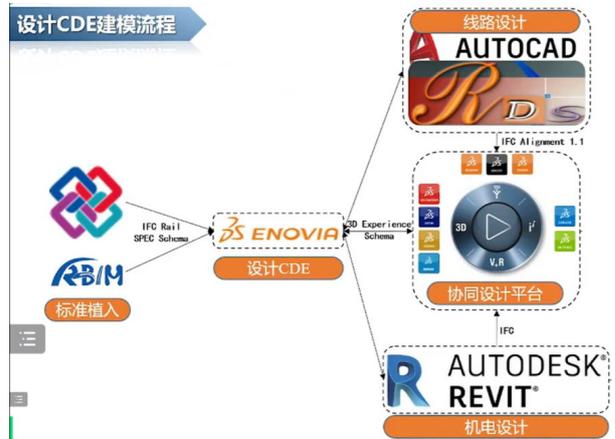


图 7 设计 CDE 建模流程

### IFC 标准扩展及部署

我们首先在 buildingSMART 标准的基础上对铁路的空间进行扩展，然后再对 IFC 的类和属性集进行扩展，制定元数据规则。我们开发了针对达索的定制性工具，将铁路的标准转为 3D 平台的一个元数据导入 3D Enovia 平台。目前我们部署了 413 个 IFC 的类和 802 个属性集。各专业在部署好的平台上创建模型，在模型上进行 IFC 标准属性集的挂载。

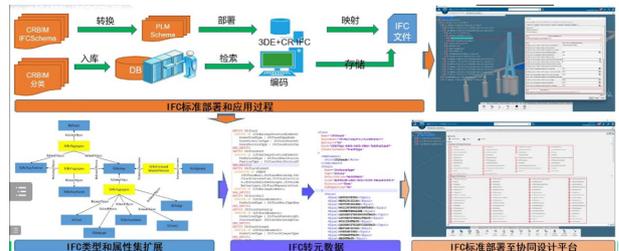


图 8 IFC 标准扩展及部署

### 基于 IDM 标准的设计流程

平台创建后，我们要开展具体的协调设计。首先基于 IDM 理论表达不同铁路专业领域的协同过程，明确上下序、不同专业之间的信息交换情况，从而实现基于 IDM 的铁路工程协同。

基于协同设计流程的 LOD1-L0D3 等级 BIM 模型创建

由于广湛高铁项目中各专业介入非常早，在前期阶段就可以建立 LOD1-L0D2 等级 BIM 模型（图 9）辅助业主和各参与方进行方案的选择。进一步，我们基于 IDM 标准创建更为具体的施工 BIM 模型（图 10）。

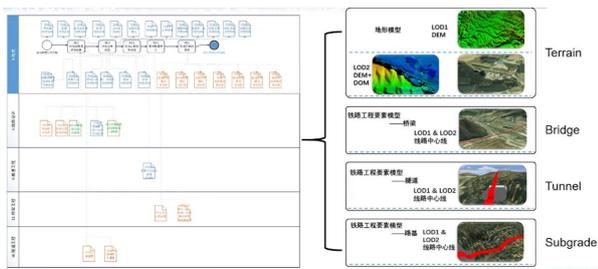


图9 LOD1-L0D2 BIM模型

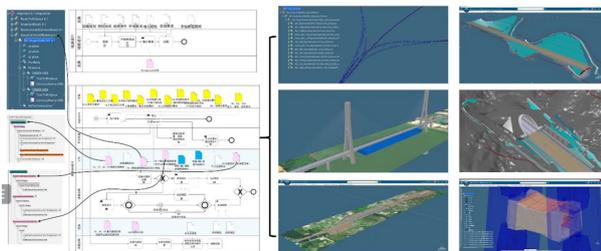


图10 LOD3 BIM模型

施工单位基于设计模型的LOD4等级BIM施工深化设计

此项目是EPC项目，总包单位要求BIM数据采用一模到底的形式，因此，设计完以后直接将原厂格式的模型无偿交给施工单位，包括软硬件我们也提供施工单位免费使用，并给与培训指导。施工单位在复杂节点上开展施工深化设计，包括复杂桥梁节点的钢筋结构、综合管线等（图11）。

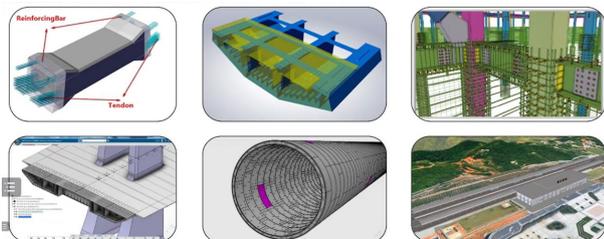


图11 LOD4等级BIM施工深化设计

基于BCF理论的协同设计检查

本项目基于BCF标准研发了一款设计问题的捕捉和管理软件，通过权限的管理设计，不同专业的设计审核人员可以记录，比如查看权限模型记录，模型记录完传到设计数据库，设计人员登录账号即可看到审核人员提出的问题并修改。



图12 路基挡墙设计优化

## 6. 主要成果——BIM模型交付

BIM模型标准合规性检查

所有BIM模型数据最终以IFC标准格式进行导出后，我们要对数据进行标准合规性检查。此过程采用了自研的IFC Rail Reviewer软件，自动实现IFC数据类型、属性嵌套关系的合规检查。

设计阶段BIM模型交付（业主、施工单位）

数据核查无误后，将提交给其他参与方，包括业主还有施工单位。

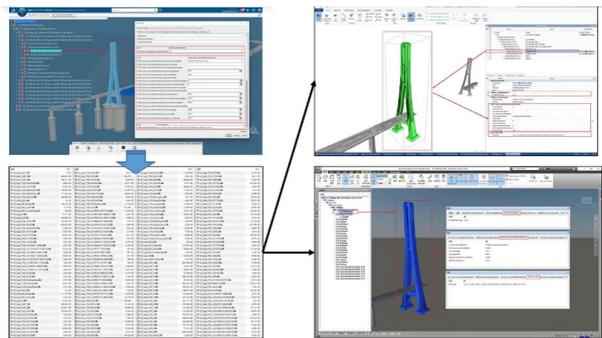


图13 设计阶段BIM模型交付

BIM模型在设计和施工阶段的具体应用

施工单元接收到设计阶段的BIM模型后，结合UE、Delmia、Tekla和Composer等软件进行应用。第一，在广湛高铁佛山特大桥开发了一套虚拟现实系统，对特殊结构的复杂桥梁进行展示。该系统还能对工点进行定位、解剖、进度管理等。第二，利用达索的Delmia工具进行施工模拟。模拟过程不仅是动画，在设定好建造过程的每个工序后，可以检测不同工序间是否有碰撞干扰。第三，开展钢筋、钢结构的设计。最后，基于达索的Composer软件制作铁路工程三维设计说明书，实现模型的轻量化处理和展示。除了展示功能，还能对模型进行测量和属性查看。另外一个特点是便携，对于硬件的要求很小。

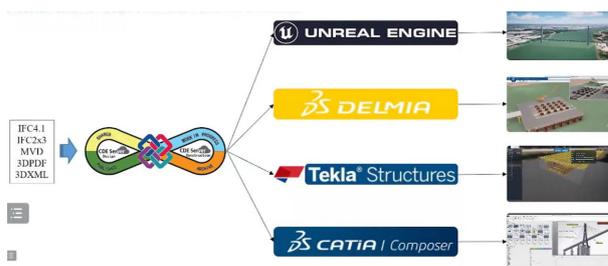


图14 BIM模型在设计和施工阶段的具体应用

## 7. 主要成果——openBIM 用例

### 场内范围综合管线碰撞检查及优化

第一个用例是我们在场内范围开展的综合管线碰撞检查及优化。最开始我们在基于 BCF 开发的设计问题捕捉管理平台上发现了问题，之后反馈给设计科人员。下图（图 15）就是设计人员修改前后的模型对比情况。

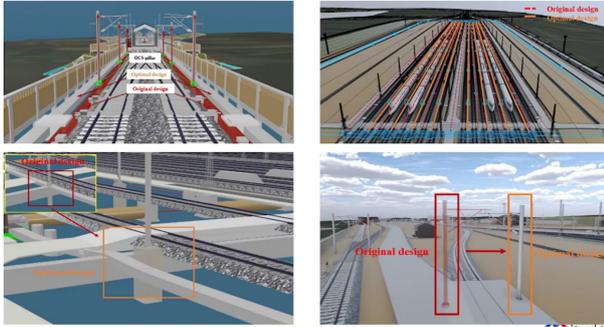


图 15 场内范围综合管线碰撞检查及优化

### 基于 LandXML MVD 标准的站场路基自动化施工（研究性）

第二个用例是基于 LandXML MVD 标准研发的 BIM 数据转 LandXML 工具，主要在路基智能化施工应用场景中做尝试。我们在工地进行一个简单的实践，效果是比较理想的。不过伴随着新的问题出现，需要对机械设备施工场地进行数字化的改造和升级，一定程度上会增加施工单位成本。毕竟是一个新的数字化应用场景，所以在前期研究过程中会产生一些投入。

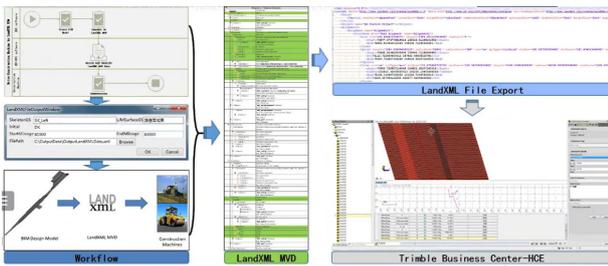


图 16 基于 LandXML MVD 标准的站场路基自动化施工

### 基于虚拟现实技术的工程可视化

第三个用例是基于虚拟现实技术的工程可视化，实现大场景铁路工程的高质量可视化展示。

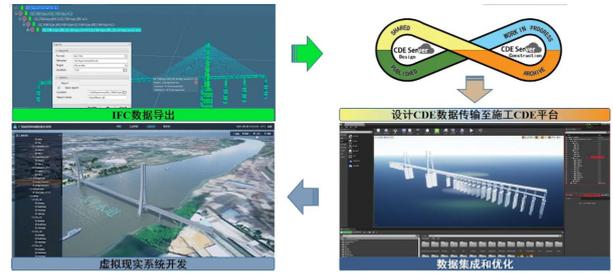


图 17 基于虚拟现实技术的工程可视化

### 基于 BIM+GIS 的隧道三维数据管理平台

最后一个用例是广湛高铁海底隧道上基于 BIM + GIS 搭建的三维数据管理平台。整个平台以 IFC 标准数据为数据传递媒介。平台最大的特点是可以动态集成隧道盾构管片的排版情况，并将排版情况在平台上进行实时展示，实现隧道施工进度的可视化。此外，此平台继承了预留埋件和监控传感器，将整个海底隧道的健康数据进行集中展示，从而实现二维三维结合的隧道施工状态的监控可视化。

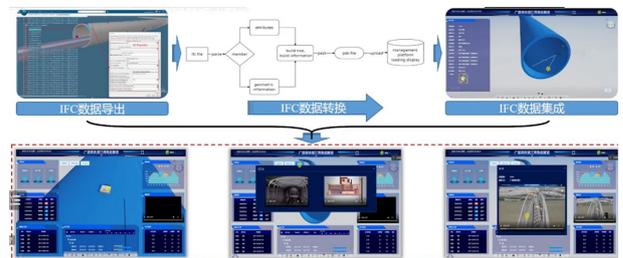


图 18 基于 BIM+GIS 的隧道三维数据管理平台

**杨绪坤：**中国铁设集团拥有丰富的总包项目经验，为广湛高铁 BIM 的实施提供了良好的条件，可以实现从设计、施工和监管多阶段推行设计理念。除了设计团队、总包建设管理团队、多个施工方，我们还有 BIM 技术的支持团队以及建管平台的团队。在实施过程中，我们制定了非常详尽的 BIM 计划，除了总体方案，各专业也制定了 BIM 执行方案，这也是保证 BIM 能成功应用的前提条件。

广湛高铁项目能在此次大赛中获得专家的认可，另一个重要原因在于广湛高铁在整个实施过程都十分契合 buildingSMART 所推行的 openBIM 设计理念，包括基于 IFC 标准部署的协同设计平台，使用 IFC 文件进行设计施工，不同软件间的信息交换使用 CDE 公共数据环境来支撑。在设计阶段更多强调专业间的协同，运用了 IDM、MVD 的理念。还有我们使用的 BCF、LandXML，虽然这些不是 buildingSMART 的标准，但都是开放的标准，与 buildingSMART 的 openBIM 设计也十分契合。

当然，项目具体实施的过程中也存在不尽人意的地方，我们整个 BIM 技术的发展还没有达到所谓的设计生产模式的程度。我们在设计阶段，传统的设计还是和 BIM 设计并行的，BIM 设计的成果更多起到的是一个设计优化和系统集成优化的作用。在施工时，作为总包方，我们又做了一个详细的策划。总体而言，我们当前 BIM 设计和施工深化的效率还不太高，后续还需要不断努力。

**魏来：**广湛高铁是一个按照国际标准非常规范化推进的项目，获得这个奖可谓是实至名归。今天的分享中也看到，项目前期准备工作非常充分，这恰恰也是当下 BIM 实施过程中最薄弱的环节。目前很多情况下，大家都在盲目的做 BIM，并没有考虑 BIM 给项目带来的真正收益。而真正的思考在于我们应当面向组织本身的特点。所谓组织特点就是业主的需求，设计方的需求，施工方的需求，是项目组织架构的特点。另外一点，我们要针对项目本身的工程特点来考虑，不能从一开始的思考就将 BIM 和工程业务本身分离。

长久以来，我们一直将 ISO 19650 作为重点为大家推介，原因就在于 ISO 19650 指导整个项目 BIM 应该如何准备：甲方做什么？乙方做什么？执行计划如何建立？如何按照执行计划进行生产？生产后又如何按照计划进行质量的验收？

今天项目给我们带来另一个启示，就是 IFC、MVD、IDM 的开发工作等，在数据的标准化层面做了很多准备。我们也期待整个行业能以中国铁设集团这些大型企业作为引领，在这些方面持续推进。

关于设计模型的传递问题，请问广湛高铁项目在设计向施工进行模型 / 数据传递时遇到了哪些挑战或问题，又是如何解决的？

**杨绪坤：**大家都在关注从设计到施工的传递，个人感觉更实际的实施是从一个应用点到另一个应用点的传递。施工阶段的应该过于宽泛，包括施工的深化设计，为后续设计的建设管理、施工工艺仿真等。实际上说，最终的目的是最主要的。在设计向施工传递的过程，我们不能太多关注于两个阶段，而是关注真正的应用目的。

广湛高铁在策划的时候就确定了设计向施工深化设计传递时在一个系统里完成，也就是基于达索的 Enovia 平台来做。我们设计的模型无偿传递给施工方，施工方再根据我们排布的计划应用点进行归集，再确定深化设计模型完成的程度。

还有一些建设管理平台，我们平台的传递过程中也遇到过挑战。挑战不在于非几何模型和几何模型是否能传递，而是在于模型力度的差异。对于质量、安全、进度、工期的管理，我们所考虑的模型力度和建设管理方考虑的力度是存在差异的。设计阶段无法将建管阶段所需的所有信息都附加完整，并且相关的工具也不完善，这也是目前信息传递的挑战所在。

**王自超：**从设计阶段向施工阶段传递过程中存在一个主体问题。主体本身没有问题，由设计院负责。铁路建设行业不同的施工方对于 BIM 技术的掌握程度差异非常大。如果施工单位本身技术积攒

比较深厚，它对模型的顺承和施工深化有一定技术积累的话，工作可以顺利展开。而当有些单位的技术积攒不是那么深厚的时候，中国铁设提供的解决方案就是免费将 BIM 模型和硬件平台提供给施工

方。此外，我们为施工方提供免费的培训，帮助他们顺承模型并掌握软硬件的应用。这也是我们在实际操作过程中遇到的挑战。

## 万黎明 / 访谈嘉宾

在整个项目全过程 BIM 技术的应用中，每个阶段带来的收益和成本，或者说在整个经济链条上的分配是怎样的现状？另外，如果想要优化，让各个参与方都积极参与进来，从经济角度或者管理角度会有哪些调整？

**杨绪坤：**刚刚也提到这个项目是一个总包项目，集团非常重视，希望在总包项目上将 BIM 推广和应用得更加理想。我们也经过了详细的策划。在管理架构上，有总包团队，集团有 BIM 技术团队作为支

撑。不过整个管理架构还不是特别成熟，也无法固定下来。

现场工作可能更多强调的是工期进度、成本还有安全。目前 BIM 在这方面给大家带来的价值并不是特别突出。关于分配，目前没有太多考虑这方面的内容，本项目主要的初衷还是在铁路行业推动 BIM 的应用价值。关于成本收益，个人感觉目前 BIM 技术还面临着在软件工具等方面的大力度投入，也的确还是一个投入成本大收益少的情况。



# “培根课堂” 第 4 讲： ISO 16792 标准解读

魏来：

## 1. ISO 16792 的由来

BIM 的起源与上个世纪 70 年代产生的三维传递的变革有关。在上个世纪 70 年代，波音 777 首次实现了无图纸的信息传递。

制造业与工程建设行业不同，制造业的零配件形状多变，且曲面较多，二维的表达能力十分有限。因此产生了以三维建模的方式表达设计的方法。也由此引发系列问题，三维应该如何表达？三维表达必然属于电子化 / 数据化，这些数据应该如何组织、管理，最后形成对产品的有效描述？这些问题逐渐被产业所认识，大家意识到需要一个标准规定如何对三维模型进行标记，由此产生了一系列关于 MBD 的标准，也就是 ISO 16792 标准的技术由来。

## 2. ISO 16792 适用范围与重要概念

ISO 16792 英文名称为 Technical product documentation-Digital product definition data practices，中文参考翻译：产品技术文件 - 数字化产品定义数据实践。本标准由 ISO/TC10 技术委员会负责制定与管理。

### （一）适用范围：

本标准规定了数字产品定义数据的准备、修订和表达的要求。支持两种应用方法：1) 3D 模型；2) 3D 模型 + 2D 图纸。本标准适用于 CAD 方式的建模与注释。主要面向设计模型和注释模型。

### （二）术语解释：

TPD-Technical Product Documentation 产品技术文件：表达全部或部分设计定义或产品规格的方法。

GPS-Geometrical product specifications 几何产品规格在 ISO 中没有术语定义，关于 GPS 的相关标准为 ISO 1101，该标准定义了工作集规格的符号语言及其解释规则。

### （三）重要概念：

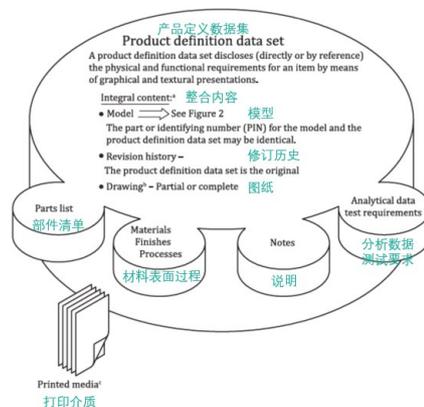
#### 1. product definition data set 产品定义数据集

Collection of one or more computer files that discloses (directly or by reference), by means of graphic or textual presentations, or combinations of both, the physical and functional requirements of a product.

定义：以图形或文字表述或二者结合的方式说明（直接或引用）产品的物理和功能要求的一个或多个计算机文件合集。

产品定义就是产品的物理和功能要求。产品定义数据集将产品本身定义所产生的数据以图形或文字或二者结合的方式进行描述。所产生的一个或多个计算机文件的打包就是 data set（数据集）。

ISO 16792 提供了一张图说明产品数据集包含的内容（图 1）。图中分为两大部分，大圆中的为整合内容，包括模型、修订历史与图纸。外围文件包括：部件清单、材料表面过程、说明和分析数据测试要求。这 4 种文件属于外部文件，可引用，不一定需要整合。



- a Related data (as applicable) required for complete definition may be integral to or referenced in the product definition data set. Data not integral to the product definition data set may be revised independently.
- b A drawing is not required for model only data sets.
- c Related data may be manually or computer generated.

Figure 1 — Content of a product definition data set

图 1 产品定义数据集内容

a 相关数据可整合或引用到产品定义数据集。  
非整合的数据可以独立修改。

b 仅模型数据集无需图纸。

c 相关数据可由人工或计算机生成。

2. design model 设计模型、annotated model 注释模型与 drawing 图纸文件

如图（图 2），注释（如尺寸、坐标、符号等）、设计模型和属性三者共同组成了一个注释模型。其中，设计模型由模型几何形状（Model geometry）与补充几何形状（Supplemental geometry）组成。

模型几何形状和补充几何形状都属于几何元素（Geometric elements）。模型几何形状很好理解，就是模型本身的问题。补充几何形状可以理解为，比如模型的辅助线、辅助面等，都属于补充内容。换而言之，模型几何形状与设计的产品直接相关，而补充几何形状是在协助模型形状或协助注释补充的内容。

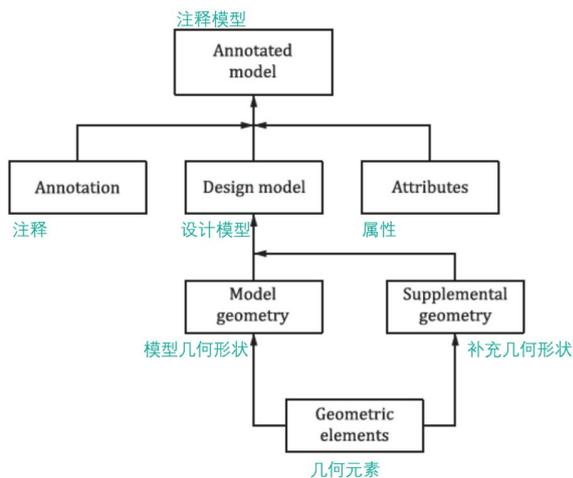


Figure 2 — Content of a model

图 2 模型内容

### 3. Classification code 分类

本标准中将几种模式进行了分类。分类的目标在于，我们长期处于双规制，在既有模型又有图纸的情况下，通过分类对打包数据进行标记。交接人无需打开数据集即可快速辨别数据集内容。

一共有五个分类。第一分类（Classification code 1）为图纸和可选数据集，指图纸作为独立交付，足以表达关于产品全部的定义信息。第二分类（Classification code 2）为设计模型数据集和包含规格的图纸，指图纸包含全部信息，并希望有简单的模型辅助图纸阅读。第三分类（Classification

### 分类

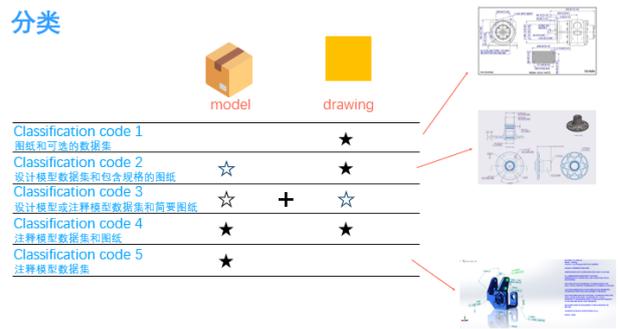


图 3 Classification code 分类

code 3) 为设计模型或注释模型数据集和简要图纸，指模型和图纸必须一起才能表达全部的设计数据。第四分类（Classification code 4）为注释模型数据集和图纸，指模型和图纸可以独立交付，模型和图纸各自可以完整表达完整的产品信息。到了第五分类（Classification code 5）为注释模型数据集，只有模型，不需要图纸。

### 4. 数据集标识符和控制（第 4 章）

大家可以设想一下，我们收到一个快递，在没有拆开包装的时候，就能通过快递上的标签快速识别的信息，这个标签就是数据集的标识符。

数据集标识符通用要求：

a) 数据集标识符应是唯一的，并由数字、字母或特殊字符任意组合组成。数据集标识符的任何字符之间都不允许有空格。

b) 数据集标识符的长度由计算机系统和操作系统确定。当 PIN 码用作数据集标识符时，长度应符合 ISO 7200 和 IEC 82045-2 对编号长度的限制。

c) 可识别的前缀或后缀可以作为标识符的一部分包含在内，以关联文件和相关数据集。

d) 附件 B 中给出的分类代码可用于识别数据集的内容，也可用于定义层次结构关系。

这里涉及两本标准，ISO 7200 和 IEC 82045-2。

ISO 7200: 2004 规定了技术产品文档标题栏和标题中使用的数据字段。其目的是通过定义字段名称、字段内容和长度（字符数）来促进文档交换并确保兼容性。它涵盖了手动和基于计算机的设计工作，适用于所有类型产品的各种文档 - 在产品生命周期的所有阶段和所有工程领域。它包含与文档管理相关的数据字段，但不包含特定技术领域或产品要求的字段。它支持文档的交叉使用和重用。

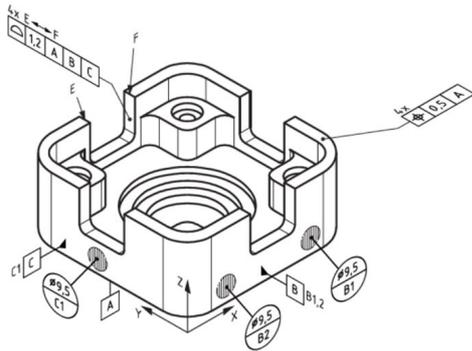
IEC 82045 的这一部分为文档管理提供了一套



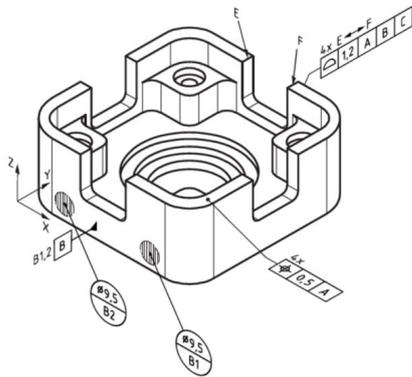
点击三维模型后显示的属性面板上所提供的数值。

为确保注释可读（例如，文本可以在模型旋转后颠倒或向后），应使用下列技术之一：

- a) 确保在模型旋转后更新阅读方向（图 7）；
- b) 在应用于模型的每个注释平面中包括确定正确读取方向的方法；
- c) 使用保存的视图时，确保模型在预期的视图方向上定向，例如通过在视图中包括确定正确阅读方向的方法；
- d) 当注释的方向是规定的一部分时，无论查看方向如何，都应保持与几何图形的关系。



a) Initial attitude of model geometry and annotation



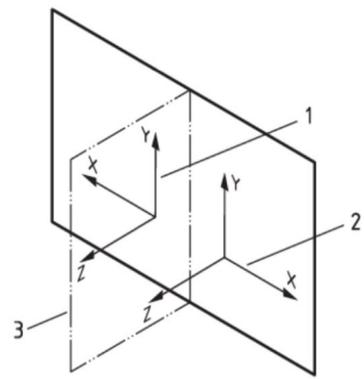
b) Rotated about the Z axis

图 7 模型沿 Z 轴旋转前后对比

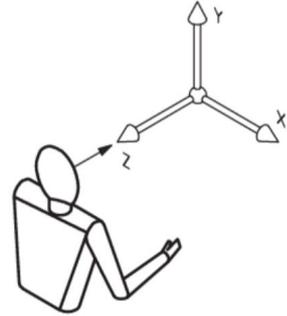
利用设计模型上的注释平面，注释方法如下：

- a) 注释平面应平行于绝对坐标系的正交坐标表面或 3D 模型的用户定义坐标系。此外，可以根据需要在任意方向上设置注释平面。
- b) 可以通过尺寸线、投影线和引出线来维护注释与被注释的设计模型之间的关系。
- c) 注释的颜色应与设计模型、注释平面和背景的颜色清晰区分。
- d) 能够根据需要显示和隐藏注释。

下图（图 8）表示了坐标系的方向，一般优先采用右手坐标系。



a) Mirror-image relationship



b) Recognizing the right-hand coordinate system

图 8 识别右手坐标系

在制造业有一些细微的内容，需要利用补充几何方式，或者简化的方式表达。比如制造业中的螺纹孔、圆角等。在三维建模中，细微的螺纹可以简化表达（如图 9）。

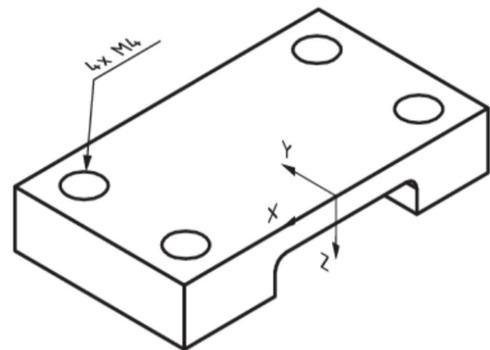


图 9 未完全建模的螺纹孔

对于细微的信息，不一定单纯以几何的形式表达，也可以用文字表达。比如下图（图 10），铁皮太薄了，在建模时可能直接忽略厚度。

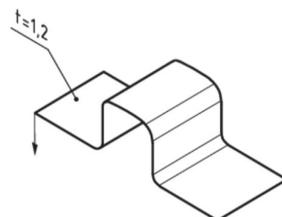


图 10 非模型的薄型部件的厚度显示

还有一些关于零部件的识别方法。在 ISO 16792 中，要求采用分类编码的方式进行标记。分类编码在国际标准当中有一个比较重要的标准叫 Part reference。Part 就是零部件，reference 就是参考或者引用的意思。Part reference 直观来说就是下图中（图 11）这一串数字和字母组合，表示某种特定的工程对象含义。在几何上，可以标注 123，在文字说明中进一步阐释 123 的具体信息。

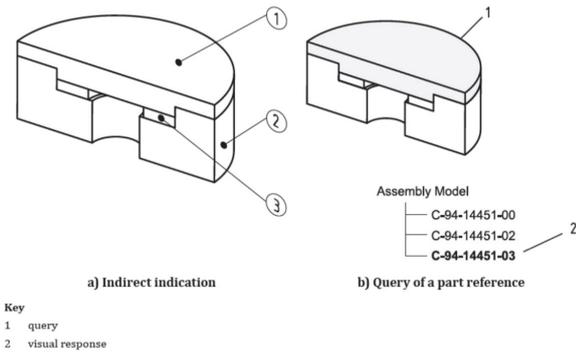


图 11 零件参考号显示

对于分类编码，在欧洲有一本普遍使用的标准——ISO 81346 标准，该标准对于整个分类编码体系进行了规定，其中就包含了工程建设行业这张图（图 12）。大家可以看到一个屋面体系。由于这是一个结构化的分类编码形式，因此必然是一个系统到零部件垂直拆分的过程。对于整个屋面系统，有一套编码。

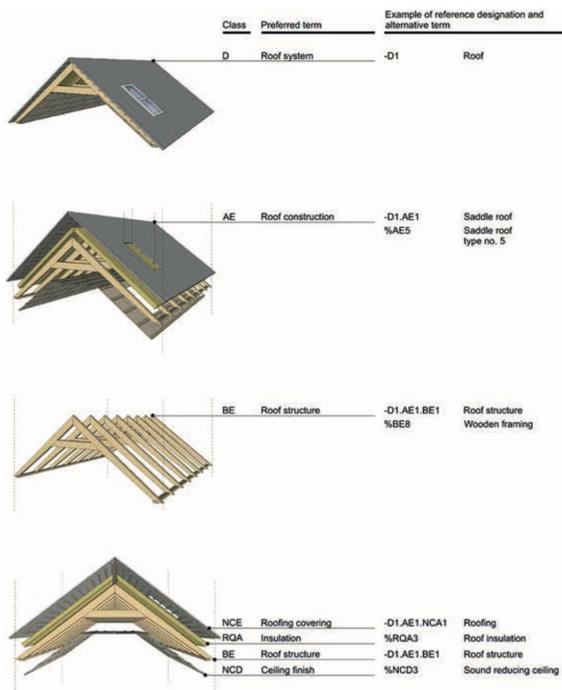


图 12 屋面系统

还有一种视觉的呈现是关于灰度和透明度，用不同颜色的灰度来表示，这个也是比较常见的做法。

下图（图 13）表达的是可移动构件。图中的把手可以 60 度左右移动，总共提供了 4 种表达方法。

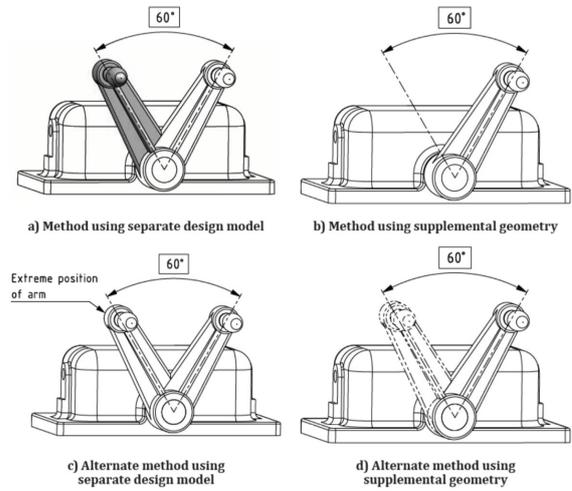


图 13 活动部件的安装

我们无法将所有注释放在同一张图里，会进行拆分，这样在某些程度上可以解决一些问题，也可以表达一些符号。如下图（图 14），这些标注符号在制图领域经常使用。箭头表达的是边缘，指向一个边。将来修编 BIM 的制图标准，我们可以一起思考这一套标注体系或者符号体系是怎样的。

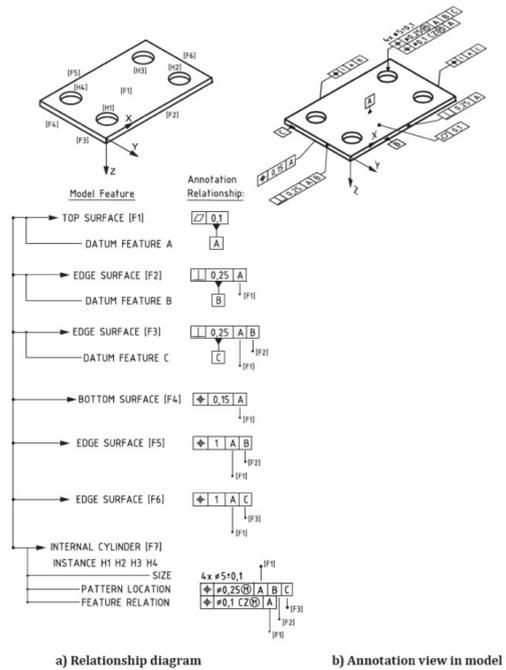


图 14 文字符号标注示例

## 6. 几种模式

### (一) 仅模型模式

当模型中存在完整的产品定义时，以下内容适用：

数据集中应包含或引用包括注释、零件清单、标记要求、尺寸和公差在内的项目。

ISO 5457（图幅和图纸布局）和 ISO 7200 中定义的绘图格式的数据元素不是必需的，但以下数据元素除外，这些数据元素应包含在数据集中：

- a) 数据集的合法所有者；
- b) 数据集标题；
- c) 数据集编号；
- d) 审批指标和审批日期；
- e) 合同编号（如有需要）；
- f) 发起人的姓名和日期。

使用模型或组件模型时，第一或第三角度投影符号（请参见 ISO 5456-2）不是必需的。

## （二）模型和图纸模式

产品的完整定义应包含模型和图纸，其中可能包含正交视图、轴测视图或其组合。注释可以应用于模型、绘图或其组合。应注意确保有完整的产品定义。

在模型和图纸中创建或显示的产品定义数据不得冲突（对于分类代码 3 或 4）。

在图纸上创建和显示的产品定义数据不得与模型中的产品定义数据冲突（对于分类代码 2）。

图纸应包含图纸边框和标题栏信息。

图纸应引用模型及与产品相关的数据，包括修订历史。

图纸上显示的注释应在不使用查询的情况下进行解释，但为了提取 TED 值而进行的模型值查询除外，TED：theoretically exact dimensions 理论上精确的尺寸。

当图纸上未包含完整的产品定义时，应在图纸

上注明。

当模型中未包含完整的产品定义时，应在模型中注明。

应通过标识图纸与模型之间关系的方法建立模型与图纸的关联性。可以通过 CAD 系统中的关联性或通过提供信息来实现。

## 7. 总结

总结来说，ISO 16792 这本标准给我们提供的是一个面向产品定义，也就是设计数据组织的方法论，尤其是表达数据的组织方法。将三维（模型）表达提升为与二维（图纸）并列甚至主导地位。对于 BIM 来说一定要花大力气在全行业重点推广。

ISO 16792 这本标准综合表达手段的灵活使用。从今天的分享中可以看到，该标准并没有要求只用三维交付，而是可以采用多种二维和三维结合的方式。此外，本标准高度依赖计算机处理能力，也就是软件。对此，我们国产软件也应该优先将三维标注的能力发展出来，才能更有利于 BIM 行业的推进。

与制造业相比，工程建设对象更为宏观，规模巨大、种类繁多，组合灵活，精度较低。但是其中基本的逻辑是相通的。我们需要按照一种体系化的表达，这也是国家 BIM 交付标准和行业制图标准中所提倡的。因此，行业可以化大为小，化整为零，借鉴 ISO 16792 的技术方法，使工程表达符合 BIM 的发展需要。

最后，ISO 16792 对于发展 BIM 的三维表达非常有指导意义，也希望各位行业同仁一起进一步理解制造业的表达方式，来反思 BIM 如何从表达上为我们扫除发展的障碍。



## 魏 来

- 中国建筑标准设计研究院副总建筑师 /BIM 总监；
- 数字工程认证联盟常务副理事长；
- ISO/TC59/SC13、TC10/SC8 国际注册专家；
- buildingSMART 中国分部秘书长；
- 中国房地产业协会数字科技地产分会 副会长；
- 中国建筑学会数字建造学术委员会专家；
- 中国图学学会专家；
- 中国国家标准《建筑工程设计信息模型交付标准》  
和行业标准《建筑工程设计信息模型制图标准》主编。



## 万黎明

- 中建协认证中心有限公司副总经理；
- Fordham University 管理学博士；
- 北京大学中国经济研究中心 金融学硕士；
- 十余年金融系统工作经验，先后任职中国工商银行北京市分行、  
工商银行总行网络金融部、渠道管理部等部门，获评中国工商银行  
总行级业务培训师；
- 集团企业现金管理专家，主要负责研发的某行业集团现金管理系统  
获评中国工商银行产品创新一等奖。

