专栏

思想午餐期刊 第3季

CONCEPTION LUNCH

第2刊

Contents 目录

一 01

从数字化设计到智能工厂数字化交付

特邀嘉宾 \ **刘　莹**

二 07

AEC 数字化运维 - 数字孪生工程解决方案

特邀嘉宾 \ **程　嘉**

三 12

建筑设计行业数字化转型的困惑与思考

特邀嘉宾 \ **范华冰**

四 18

数字化协同设计平台（CAD/BIM）建设

特邀嘉宾 \ **杨国华**

五 22

“双碳”目标下，中国企业如何发力

特邀嘉宾 \ **刘万添**

特邀嘉宾 \ **王　彬**

六 30

“培根课堂”——术语分享之“LOD”与“LOIN”

常驻嘉宾 \ **魏　来**

七 36

基于云原生的新一代协同设计平台
——华建生产系统（DPS）案例介绍

特邀嘉宾 \ **产　文**

八 40

公路工程 BIM 应用现状及衍生

特邀嘉宾 \ **陈　超**

九 44

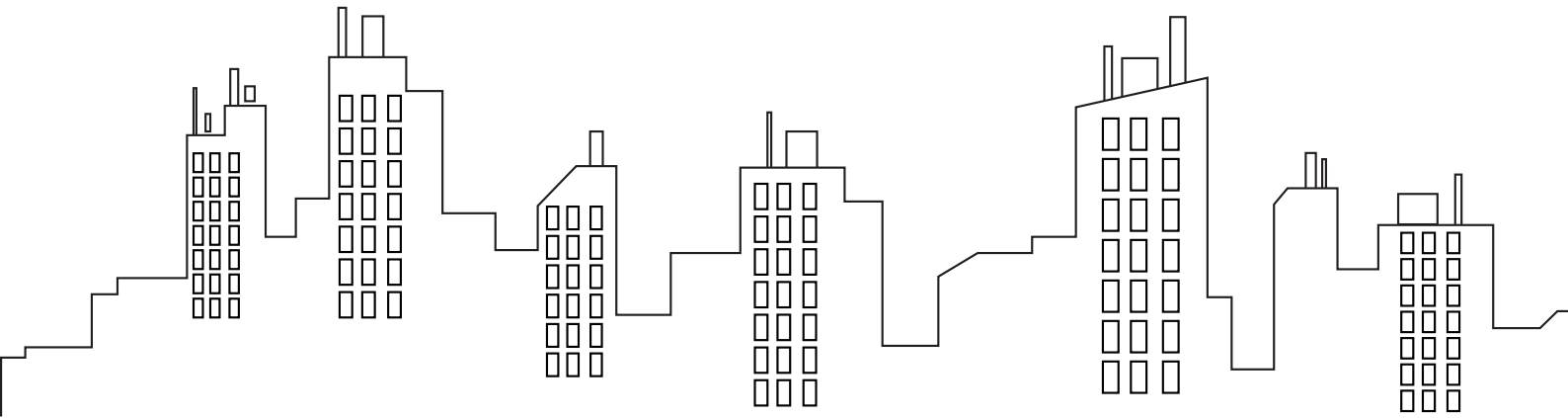
破局共生　数字赋能　现代化低压电气企业发展方向分享

特邀嘉宾 \ **孙茂宽**

十 53

圆桌对话：“双碳”之路，我们究竟走了多远？

特邀嘉宾 \ **王汝军**



从数字化设计到智能工厂数字化交付

刘　莹 / 特邀嘉宾

研究员级高级工程师，机械工业第六设计研究院有限公司绿色建筑信息模型化国家地方联合工程实验室副主任，国机工业互联网研究院有限公司副总经理。是中国勘察设计协会标准化工作委员会委员，中国土木工程学会工程数字化分会理事，河南省发改委信息化专家和住建厅BIM技术专家委员会委员。

先后从事工厂设计咨询、非标设备产线设计、信息化实施、软件研发管理工作。重点跟踪国内外虚拟工厂和数字孪生技术在工厂建设领域的应用研究，先后参与四项国家智能制造综合标准化专项，其中包括智能工厂建设导则以及智能工厂交付两个系列国家标准研究。长期致力于信息模型技术的应用研究和工程实践，是国家标准《制造工业工程设计信息模型应用标准》编制组副组长，主参编多项地方BIM标准，先后在二十多个工业与民用BIM技术应用项目中担任项目负责人、项目总技术负责人，所承担项目先后获中勘协创新杯BIM大赛一等奖1项，二等奖3项，中国图学协会龙图杯BIM大赛一等奖1项，二等奖、三等奖3项。

1. 企业简介

机械工业第六设计研究院有限公司（以下简称“中机六院”）创建于1951年，是拥有工程设计综合甲级资质的国家大型综合设计研究院，隶属世界500强企业、中央直接管理的国有重要骨干企业——中国机械工业集团有限公司。

1949年，伴随着新中国成立，我们最初的定位是做机床工具和无机非金属行业，经过多年的发展，慢慢走向大工业领域。目前，作为综合甲级资质企业，我们业务范围涵盖21个行业，涉及八个专项。作为一家老牌国企工业院，我们一直重视科技创新工作，因此建立了博士后的科研工作站，包括绿色建筑信息模型化国家地方联合工程实验室、

图1　中机六院发展历程

河南省绿色与智能工程技术诊断院士工作站等，推动科研工作的开展。

七十余年来，我们先后开展了绿色及智能工厂相关国家标准的编制工作，包括《制造工业工程设计信息模型应用标准》，这是国家首批编制的国家BIM应用标准。此后陆续编制了智能工程建设相关的标准，包括：《智能工厂建设导则 第1部分：物理工厂智能化系统建设要求》《智能工厂建设导则 第2部分：虚拟工厂建设要求》《智能工厂建设导则 第4部分：设计文件编制要求》等，这些都是伴随着我们信息模型技术应用的一些探索与实践。

我们最早开始做BIM可以追溯到2003年，引入了BIM平台做三维设计。到2009年，迎来了公司首个BIM全生命周期的里程碑项目。当时业主要求提供一个三维综合信息系统，于是我们引入了IT团队为工程设计项目提供最终需要交付的系统开发工作和数据模型的搭建工作。那数据从哪来呢？当时设计阶段的工具不够完善，于是我们由专门的团队做设计工具的二次开发。而设计和建设阶段又出现断层，为了获取准确数据，我们不得不在建设阶段做一些开发研究工作来搜集数据，探索的过程非常漫长，最后的交付结果我们也并不是非常满意，

但这开启了我们对于信息模型技术应用的新篇章。此后，我们开始去做各种基于信息模型技术的研究和应用，包括工艺仿真、建筑性能的仿真分析、信息系统的集成等，并借由一系列项目的实践机会在2012年申报了国标《制造工厂工程设计信息模型》的立项。2015年，在发改委的批准下我们建设了以绿色建筑信息模型为主题的国家地方实验室。十年磨一剑，2019年，团队独立出来成立了国机互联，延续之前的信息模型技术应用研究的部分工作，更多聚焦在数字化赋能工作。

图2　中机六院BIM应用历程

2. 问题与思考

我们用BIM承接了大大小小的项目，其中最常见的就是解决设计阶段的深化设计这块问题的专项。我们承接的全生命周期数字化应用项目大概有几百个，有了比较丰富的经验。然而，我们总感觉效果不够理想。下图中（图3）可以看到我们最初的工程全生命周期的解决方案，当时希望给业主提供一个好用的三维综合管理系统，然而最终的成果不尽人意。其中交付的模型只能用来做可视化、资料管理等，并没有解决业主实际的问题。系统没有包括业主希望看到的信息，比如设备的位置、具体参数、实际采购的厂商、供应商、启用时间、运行状态等等，因此业主没有购买的动力。尽管我们已经尽力在各个过程中搜集这些内容，并做了大量工作尽可能让操作便利化，但是从业主的反馈来看，总体体验感不佳，上手不容易。可视化不是应该很方便吗？然而对于业主来说，他并不想在模型里悠来悠去。而且，在最初的时候，模型比较大，客户端打开特别慢，使用效率低。

此外，尽管我们花了大量心力完成竣工模型的核验校对，但是数据模型质量仍然不高，存在很多变更，并且实际设备供应与当初设计不一致。究其

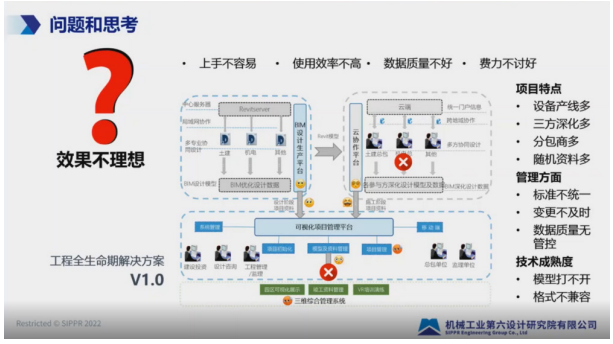


图3　BIM应用的问题与思考

原因，主要受工厂这类项目的特点影响——设备产线多，三方深化多，分包商多，随机资料多。在管理方面，存在标准不统一、变更不及时、数据质量欠缺等诸多问题，导致项目成果效果不佳。

总体来说，很少有一个项目能让我们顺利实现让各方都感到满意。那我们到底需不需要去做面向客户最终使用的数字化交付呢？我们仔细的反思回顾之后坚定了答案，这是一条正确的道路，我们最终是面向工厂客户的，我们要让他用得更好，这能够符合我们的价值方向。

下图中（图4）我们梳理了几条涉及工厂的生命期相关方的几条主线，我们发现工程的全生命期和工厂的全生命期并不是一个等同的概念。工厂的生命期是从新建工厂的规划开始的，但大部分的工厂可能已经开始运行了，在发现工厂生产能力不足之后再开始改造升级，然后从这个环节衔接到我们设计的线上。设计方案完成后，进入到EPC主线，到“采购与分包”与“安装调试”的环节又涉及到设备供应商主线，其中有大量商品化的设备需要采购，个别设备可能需要个性化定制，这也是当前智能制造一直在提的大规模个性化定制，允许客户按自己的需要去做一些适当的调整。

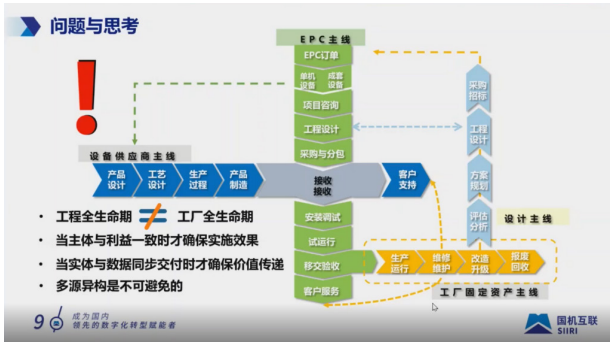


图4　工厂固定资产、设计、工程全生命周期、设备供应商主线

其中每一方都代表了自己的利益，当不同主体的利益跟整个全生命期的利益不一致的时候，每一方都会为自己那块利益去考虑。因此我们可能要把每一阶段每一个实施主体的利益做到最大化，才能确保实施效果。

另一个问题就是我们设计的交付。因为设计的交付本质上是一个创意内容的创作，实际交付的是一个数据的内容，只不过以前数据是靠人来解读的，不交付实体，所以数据跟实体的最终交付是脱节的。当面向最终应用的设计方案和数据版本不一致或不同步的时候，这个价值传递就是断裂的。因此在这个过程当中，如果我们想要从设计院的角度去考虑如何满足客户最终工厂价值取向，我们必须想办法把这些断点串起来。而这过程中，多源异构是不可避免的。

图 5　问题与思考

为了解决这些问题，我们的解决方案里定了几条原则。第一个核心内容就是要关注价值，这个价值包括本身的价值和价值的传递，如何传递到最终的客户那去。第二个原则是化繁为简。我们在初期做应用的时候，不断发现新的功能需求，增加了很多应用点。而在实际应用中，太多应用点反而让人找不着抓手的点。所以我们回归最初的原则，一定要简单，设计出最简单、能高频使用并且能解决问题的应用点。第三个原则是知识赋能，要有专业知识的赋能。第四个原则是精益改善。精易改善是一个持续的过程，不断地通过标准化、固化，再提升的一个的过程。如果项目做完直接搁置，那么将无法成为生产力。

剩下三个原则分别是统一标准、兼容并蓄与自主可控。在实践过程中，我们发现数字化交付的版本经过了好几次颠覆性的推翻。最初在 2010 年的时候我们做的版本是基于 Navisworks 做的，大家都知道 Navisworks 做空间的协调确认是一个很好的工具，但是用来数字化交付的话就比较困难。后来我们换了一个虚拟现实的游戏引擎，可以解决业主大量功能性需求。然而我们又受到了各种接口不具备、没有开放等限制。最后，我们终于下决心要做自主可控的引擎，随后立马启动了 BIM 和 CIM 的轻量化引擎的自主引擎开发工作，同时将工业物联网还有流程自动化的引擎整合进去。实际操作起来比我们想象中容易，至少是可以按照自己的想法去构建一些事情，而不拘泥于各种条件的限制。目前，我们新的实施方案主要基于全面云化，针对工业项目的特点，分为工程全过程管理和工厂全生命期管理两个维度，最终形成数字资产。这个数字资产包括过程中管理的数字资产，也包括客户工厂管理所需要的数字化固定资产。

同时我们形成了基于工业互联网平台的新解决方案。

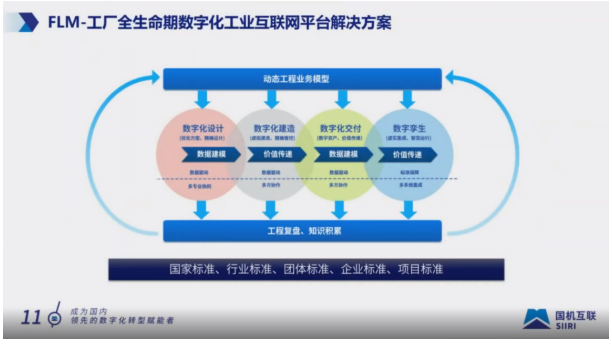


图 6　FLM- 工厂全生命期数字化工业互联网平台解决方案

这里一定有两种模型，一种是核心的业务模型，还有一种模型才是我们做 BIM 所提的建筑信息模型里的主体的工程信息描写。

我们在解决方案里分了几个层次。第一个层次是全过程的项目管控，重点在于推进流程自动化、过程透明化、基绩效可视化、业财一体化、沟通移动化、改善持续化。不管是对于设计企业，还是对于工厂业主来说，虽然各自出发点不一样，但是他们对项目本身很多的关注点是一致的。对于全过程的不同阶段，我们提供数字化设计、数字化建造、数字化交付三个不同类型的解决方案。

3. 数字化协同

每一个阶段的关注重点不一样，对设计阶段而言，我们比较强调的是设计协同的概念。传统的设

图 7　全过程项目管控

计主要是专业间的互相提资，资料传来传去。而协同设计考虑的是基于核心的数据集的并行设计、并行工作的原理。在制造工程工业设计信息模型应用标准里，我们明确提到了协作数据集和成品数据集这几个核心的数据集。

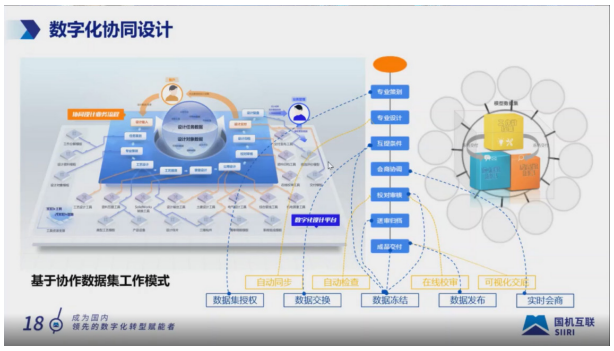


图 8　基于协作数据集工作模式

在项目协作的过程当中，不同于以前基于文件来工作，现在大家都是基于同一个数据库来工作。这个过程中其实产生了很多的改变。在数字化协同设计的过程当中，专业策划的过程实际上与数据集授权的过程是融合的。在专业设计的过程中，内容可以实现自动同步。传统意义上的互提条件在这种工作模式下变成了数据的交换和共享。但是在对外发布的时候，往往会产生团队间的、企业间的数据责任问题。因此这个地方都要做数据版本的冻结，并且要有一个正式的最终发布。同时还可以通过数据规则的自动检查等等。最后通过成品的数字化在线交付的时候，就可以直接在线做可视化交底了。

4. 数字化建造

传统的建造管理软件基本上都是基于 CS 架构，围绕工程建造阶段核心管理业务实现信息化管理。在 BIM 出来后，结合 BIM 的建造管理软件、结合 BIM 技术实现工程建造阶段核心管理业务的可视化管理，依赖于 BIM 专业软件。之后大家都开始走 BIM 轻量化的路线，由 CS 架构向 BS 架构转变，由此引出 BIM 轻量化技术的发展。我们在数字化建造过程中，主要基于 BIM 轻量化技术实现工程建造阶段核心管理业务的数字化可视化管理，同时提供增值服务。

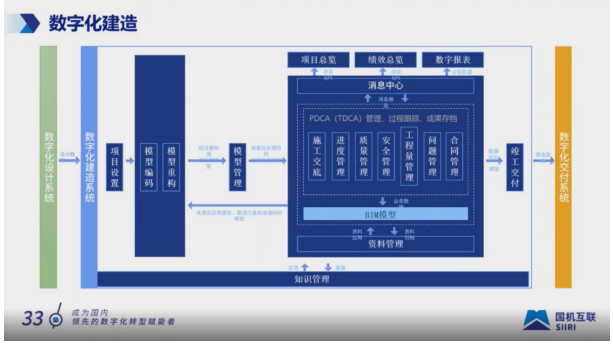


图 9　基于 BIM 轻量化的建造管理

5. 数字化交付

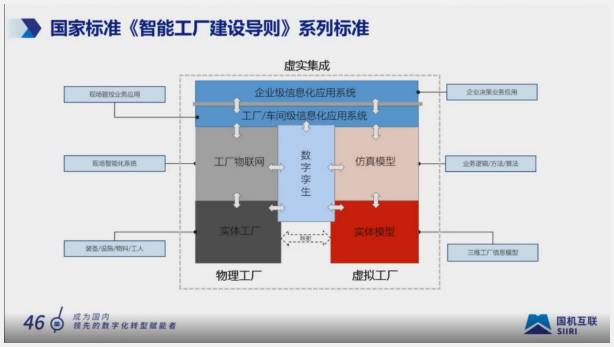
2015 年以前，我们的数字化交付主要以模型浏览培训为主，没有什么价值。从 2016 年到 2019 年，我们开始以设备管网资料查询、拓扑追溯、开挖测试为主，适当地把专业系统的逻辑做进去。不过在具体实施过程中，我们发现，在转化为轻量化模型的过程中，即使逻辑关系已经前置了，到后期可能也会丢失。因此我们后面重点考虑交付版本里的逻辑关系。在设计的前期提供工具建立逻辑模型，参设备考国际指导的原则，我们有空间的特征码、设备的分类码、位置码等，并提供设备唯一 ID，从设计图纸延续到建造阶段的设备采购，再到交付阶段的衔接应用，贯彻每一个阶段。

图 10　智慧园区数字化交付案例

今天刘总分享了中机六院在工业设计领域多年的沉淀与研究成果，从数字化设计到数字化建造再到数字化交付几个关键阶段进行了详尽的介绍，内容非常精彩。其中，刘总提到了从数字化设计到交付非常重要的价值点，就是我们到底给业主交付什么了内容，我们要如何解决数字化应用的价值问题。我们最终交付给工厂的其实是工厂的那套管理系统，据我所知，很多工厂用的是 SAP（System Applications and Products）系统。之前去质量奖评审的时候，我看到江苏徐州的几个卷烟厂用的都是德国全自动化的卷烟生产设备，从大包烟草到喷水软化到切烟丝到卷烟打包装箱全自动化生产，非常壮观。

从刚刚的分享也可以看到，中机六院已经开发出了自己的设备维护系统，请问与 SAP 系统之间的接口是如何考虑的？如何处理之间的衔接问题？

刘莹：这些问题看下面这张图更好解释。下图是我们正在做的《智能工厂建设导则》的系列标准。



这个标准主要是针对智能工厂，有关它是怎样组成的？它都有什么？然后应该建成什么样子的一个概念。我们认为分为物理工厂和虚拟工厂。物理工厂通常包括实体工厂、工业物联网加上实实在在运行中的信息化应用系统。虚拟工厂就是我们讲的实体模型、仿真模型等。信息化应用系统分为工厂 / 车间级和企业级应用系统，像 SAP 的话，它就是一个很典型的企业级应用系统，大多数工厂用的是偏 ERP 的应用为主。车间级的话就是 MAXIMO 系统。

为客户提供数字化交付服务时，我们的理想状态也是通过把仿真模型和实体模型打包起来，给客户交付一整套能和实体工厂联动的集成系统，成为其企业里信息基础设施的一个组成部分。要实现这个理想状态需要跟上上层的东西，需要提供数据接口来支持，数据要有标准的接口协议可以去调用。我们跟 SAP 对接的话，通常是跟供应资产管理的系统去对接。此外，在智能制造新模式的应用过程当中，智能工厂的建设一定要做虚实集成的标准的对接。

王海山：今天的分享中还谈到了工厂的实物交付和数据数字化的工厂交付信息不同步的问题。这也是目前上下游交付面临的现实问题。在您看来，如何让数字化建造在各个阶段的价值彰显？从工业建筑这个角度来说，还需要建立哪些检测标准、认证标准？还需要做哪些工作？下一步可以重点考虑哪些方面？

刘莹：我们目前在编的智能工厂交付的标准里就提到了检查这件事情，我们发现主要有几个衔接点，一个是交付这个地方衔接，一个是协同中上下游之间要衔接，还有标准互相之间要衔接。我们在反思工程服务的本质时，就在想是否能够把数据移交的确权过程跟合同的边界封闭起来，否则数据质量的问题很难专门去把控。

王海山：下一步如果我们稍微升维到哲学层面，我们工程建设的每一个环节，或者说社会交易的每一个环节，都有一个叫做交付标准，或者是质量的评估，然后才能形成价值。所以我想能够把工程建设的数字化的全过程所有的标准都建立起来，然后同时有第三方或者政府相关的监管的法定机构做认证或者评价，这样的话价值就凸显出来了。

万黎明 / 访谈嘉宾

从数字化设计到数字化建造再到数字化交付，工业领域的数字化发展着实走在了行业的前端。相比较而言，工业化的产品比建筑行业的产品要简单，从简单体系到一个复杂的大工程，就是一个不断叠加的过程，可以很快实现高技术模式。工业领域的数字化发展对建筑行业来讲是一个非常好的借鉴，对于建筑业本身从数字化设计到智能建造到最后的智能运维有非常大的启示意义。

今天谈到的主要是工厂的数字化交付，如果换到其他领域，比如像民用建筑，交付的对象可能就不一样了。民用建筑终端用户可能对于数字化交付没有那么关注，或者说用途就变得不一致了。我是想请教的问题是，从数字化交付的角度来看，工业建筑和民用建筑有哪些区别？目前工业化的这种交付其实是比较成熟的，能否套用到民用建筑领域？或者说有哪些方面可以去调整和优化？

刘莹：两年前我曾听过清华大学一位工业设计的专家谈设计，他讲设计这件事情就是针对某个特定的问题和边界条件，给出人和自然相处的一种方式。方案的设计是人和世界交互的一种方式。因此，我在思考我们在做的建筑这件事情，实际上是在给最终的用户一个他和他的居住或者工作的环境空间的交互，那肯定也会有一个交互的界面。这个交互的界面是通过一系列的功能来呈现的，比如我们需要光，就需要有控制灯的开关。现在的智能家居就提供了新的打开的方式，通过数字化的模型作为基础来呈现。作为数字化交付，民用建筑实际上对最终终端用户交付的就是智能化的功能。按这个角度来看数字化功能，它可能就是一个可灵活配置、可自定义的一个平台。因此，不管是民用的建筑，还是工业的建筑，都需要是人可以和这个房子对话，这样去想的话可能就是共通的了。

AEC 数字化运维 - 数字孪生工程解决方案

微电子学与固体电子学专业，曾赴荷兰 Delft 理工大学计算机系访问，参与单电子器件仿真研究项目，后加入上海华虹集团，负责晶体管计算机仿真和相关工具开发，是 40nm 先进工艺建模的主要负责人员。目前任职于上海安世亚太，负责 AEC 领域相关的模型和仿真项目，以及相关数字化咨询服务。2022 年参与上海市 BIM 标准修编，在国内相关期刊上发表论文数篇。

程　嘉 / 特邀嘉宾

1. 企业简介

安世亚太是中国最大的研发信息化技术与服务公司，集团致力于数字化研发制造解决方案，以助推中国工业发展为己任，为制造业转型升级提供成功保障。

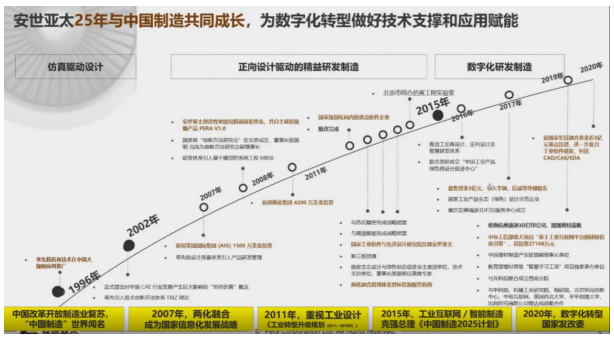


图 1　安世亚太数字化发展历程

2. 数字化运维和 BIM

数字化运维的挑战

建筑和工程项目的运维从本质上是管理，数字化运维，是指利用数字化手段开展运维管理服务。对于建筑物，特别是大楼，目前所提的 5A 智能大楼主要是指在办公自动化、楼宇自动化、消防、安保等方面引入了信息化系统。经过这些年的推广使用，存在明显不足：1）主要定位于物业管理，而非资产管理；2）主要以采集数据为目的，缺少分析预测能力；3）基于垂直分散应用，无数字化运营平台；4）运维模型通常较简单，信息精细度不足。

在这种传统运维模式下，管理方对于自己的资产缺乏全面、清晰的了解。这造成了显著的损失和浪费。近几年国内很多公司提出了优化的解决方案，尤其是针对空间、人员、能耗，甚至是工程结构、复杂设备控制的的人工智能解决方案。大家逐渐意识到，数字化运维的基础是数据，如果没有数据统计，无法对管理对象的状态有一个完整、全面且准确的了解。

BIM 如何实现对运维数据的支持

当前的运维系统，通常采用一些简化版的“运维模型”，这带来了一些问题，如：数据缺乏标准化，扩展困难，对象相互之间孤立缺乏关系描述，无法进行详细的计算。使用 BIM 模型可以满足以上数字化运维的需求。

现在常见的模型可能会专门建立专用运维的简化版模型，跟之前的设计施工并无关系，纯粹为了满足当下的要求，从长远来看会来带一些问题，比如业主可能不只一栋楼，数据标准化肯定带来一些数据处理上的要求。另外，模型的精细度是否满足要求也需要考虑。

从空间数据来看，BIM 模型可以做到详细的空间分类并且数据符合标准。从建筑结构来看，BIM 模型是绝对强项，有准确的项目结构数据可用于仿真验证。

从设备设施来看，BIM 模型可以准确分类且数

据符合规范要求。有时项目设备和设施分类缺乏标准或统一标准之间没有关联性，会导致出现重复建设和不必要的错误。从接口管线来看，BIM 模型可以反映具体的接口管线的信息，BIM 精细化模型可以显著提升管理能力。

数据类型	BIM模型	运维模型	说明
空间数据	详细的空间分类数据且数据符合标准	人工建模，甚至缺乏对应数据	空间资产是管理方的重要关注对象，目前这部分信息经常缺失
建筑结构	准确的项目结构数据，可用于仿真验证	一般不包含	对于高层建筑/基础设施重要
设备设施	准确分类的广泛设备设施，且数据符合标准	人工建模，设备和指标无标准，无关联性	缺乏标准导致重复建设和不必要的错误
接口管线	如准确建模，可以反映具体的设备接口	一般不包含	BIM精细化模型可以显著提升管理能力

图 2　BIM 模型与运维模型对比

BIM 技术对于运维的价值

当前的运维系统，基本上属于设备设施维护和监控管理，满足最基本的建筑运行要求。而真正的数字化运维，是基于评价指标的量化运维，而评价指标的基础，就是量化数据。

BIM 技术在很多方面为业主提供了机会，比如高效实时的空间数据的分配管理，然后通过数据标准统一完善设备设施数据管理。BIM 技术的可视化能力和信息集成能力方便计划与协作，从整体上降低运维管理的相应时间和维护成本。此外，还可以通过运营优化，比如温度、灯光调试，提升用户满意度。

Digital Twin 工程资产管理－相关标准

如下图（图 3），工程资产管理有一个基本框架，包括顶层设计的 ISO 55000 还有具体的 OpenBIM 标准等，等于有了一个基础的底层。

图 3　Digital Twin 工程资产管理－相关标准

3. 面向 FM 的数据集成交付

那么我们该如何将数据真正落实到运营系统上呢？我们紧接着要做的就是面向 FM 的数据集成交付。

国际上，经过多年实践，已经形成一套比较完整的从施工向运维阶段过渡的管理方法和数据标准。采用运维的标准数据，意味着设备、空间等信息将被纳入一个完整的体系中统一管理，为高质量的运维服务创造了条件。国际上常用的标准有 COBie 和 SPie。

COBie（Construction Operations Building information exchange）标准最初是由于美国军方的需求研发的，已经作为建筑项目数据交付的标准被美国和欧洲采纳。

SPie（Specifiers Properties information exchange）由 buildingSMART Alliance 自 2007 年开始建立。其目标是创建一组产品模板，使得产品制造商可以导出产品数据到一个开发标准，被建筑设计、施工、业主、FM 各方使用。

我国已经针对建筑信息分类参照国际标准给出国标，因此建筑的运维系统应当充分考虑到现行标准进行实施。通过施工模型的编码输入，可以按照统一的模板导出给运维系统使用。

建筑运维信息交换模板覆盖了设施、楼层、空间、区域、组件、系统等不同范围的定义。以下是通过医院的例子说明运维信息交换模板，注意红框内为分类编号。

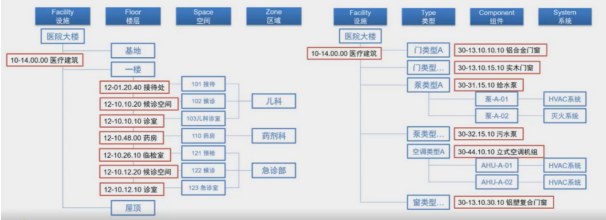


图 4　运维信息交换模板（以医院为例）

统一编码后，整个运维系统就有了井井有条的数据管理经验，基本上可以形成 Digital Twin 工程资产数据的雏形。业主可以从被动等待信息变成主动要求管理信息，并通过直观的 3D 可视化、智能化，实现信息充分联动。以及资产运维 IoT 化、AI 化等等。

4. 复杂运维的仿真技术

仿真 / 计算分析技术在运维领域的应用可以分为四大类。本次主要讨论的是性能分析的应用。

性能分析是最常见的应用，也是大家常理解的仿真应用，比如结构、能耗、消防、通风、光照等运维对象关键性能的仿真分析。

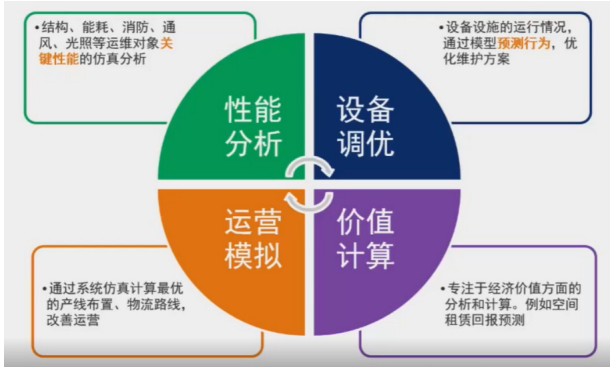


图 5　仿真和计算分析在数字化运维中的应用

建筑工程的抗震性能化分析

以抗震性能为例，抗震性能分析在设计上常用，有很多具体的分析方法。国家强制必须有两种仿真软件进行方案对比和结果对比。在运维方面，对于超高层建筑、桥梁的传感器部署的研究已经非常广泛。就仿真技术的应用来说，一般先建立一个相应的有限模型，基于有限模型，确认探测点的位置。有限元方法不仅可以用于进行设计阶段结构分析，维护阶段的传感器采集信息分析，还可以用于传感器排布的优化分析，确保得到最佳结果。

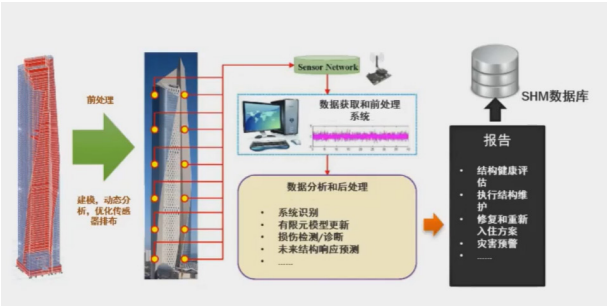


图 6　基于有限元方法优化整体检测方案

下图是与同济大学合作的减灾重点实验室项目，基于结构数据采集的传感器分析流程。

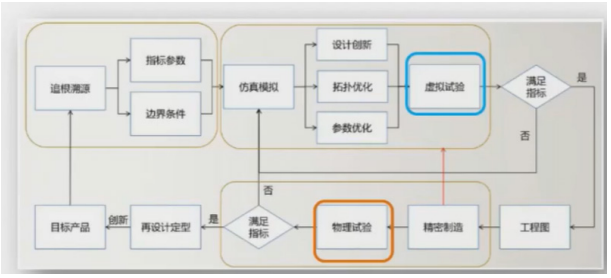


图 7　基于结构数据采集的传感器分析流程

广泛设计各种传感器，使用虚拟试验和物理试验对照的分析方法，全面评估用于监测的传感器性能，并不断优化设计。

数据中心能耗运维仿真

数据中心的要求非常特殊，对于省电要求很高。因此在数据中心的运维仿真比一般建筑的能耗仿真更复杂，不仅是简单的设备设施数据，还涉及到空间三维的方针。

总体解决方案包括三维部件仿真以及一级系统仿真，两者相互结合。三维仿真用于仿真机房内部的温度场以及三维部件的换热仿真。一维仿真包括设备设施的运转，比如冷冻水系统、热力水力平衡分析等。

图 8　总体解决方案

建筑工程的消防性能化分析

传统的消防设计较为笼统，建筑消防性能化分析强调了个体建筑特征及火灾发生及演变过程，更有针对性和可靠性。

对设定火灾场景下，建筑内的火灾、烟气发展和蔓延过程、人员安全疏散、建筑结构耐火性能等进行量化分析预测。常见的判定标准包括：构件和材料的温度、气体温度、火灾蔓延、烟气损害、毒性、能见度、热暴露水平、防火分隔物受损和结构的完整性等。

以图书馆火灾模拟为例，使用 CFX 的标量模型，模拟了烟气在室内空间的蔓延，并加入辐射模型，考虑室内温度变化的影响。对比不同方案，为消防设计提供参考。提供烟气蔓延的位置及时间，为人员疏散路线提供方案。

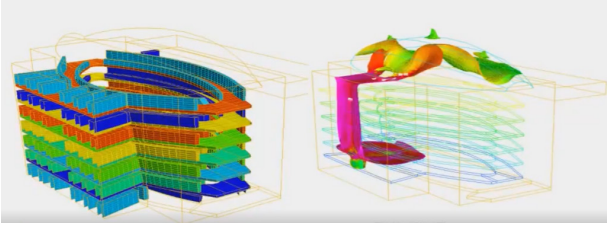


图 9　图书馆火灾模拟模型图

总结来说，仿真和分析技术是根据确定的物理定律和系统实际的运行过程进行计算，因此在对于

运行机制的理解方面，具有重要的价值。一般而言，仿真技术的重点在于三方面：诊断、预测和反馈。诊断是基于第一性原理建立模型，真正理解问题发生的原理。预测是能够基于模型预估性能表现，是数字孪生运维的核心部分。而反馈则是与实际运行采集的数据进行比较，不断调优模型，给出最佳解决方案。

5. 总结和展望

总结来看，BIM 技术在运维中有突出的优势。首先，BIM 技术提供了前所未有的完整信息，这些信息目前在运维阶段没有被很好利用。同时，随着业主对于资产价值的期望不断提升，量化指标和运营分析将逐渐凸显重要性，BIM 模型将提供量化指标分析的重要基础支持手段。此外，基于 BIM 技术，业主有望对于自己的资产运行情况，有着全面、清晰的把握、规划和控制，摆脱过去粗放式管理的模式。

在数字化运维中数据交换至关重要，数据交换对于数字化运维是关键课题，没有合适的数据交换技术，数字化运维无法真正普及。行业内的标准，如 IFC、COBie 等，已经给出了很好的手段，可以做到建筑资产的数字化信息提取，结合管理系统，初步实现数字化运维。更加高级的数据交换需求，如能耗数据交换，也在不断探索中。未来，如何利用这些数据，发挥其价值还依靠行业同仁逐步探索。

魏　来 / 访谈嘉宾

我们谈了这么多年的所谓的精细化管理、精细化建造，或者说今天谈的精细化运维。如何理解精细化这个词？个人认为就是管理的细度到底有多小。如果能在一个有层次有结构成体系的这样一个细度，能够拆解的足够精细的话，那自然而然能实现所谓的精细化管理。而这背后是对于整个业务的一个深入了解和分析或者说拆分。等到拆分到一定的细度之后，剩下的就是我们在某些点上的能否达到量化评估的效果。所以我觉得如果说分成几个层次的话，我觉得中部的承上启下的这个词就是量化。那么量化的基础是什么呢？就是数据。

无论是做设计施工还是运维，数据标准的核心就是数据交换。所谓的二维三维，都是数据的表达方式，并不存在说一定是哪一种更好。在进行交付的时候，并不是三维交付一定比二维交付先进。在很多的应用场景下，由于我们对于事物的观察习惯，有时二维更加简洁也更加方便。因此，我们不能形成二维一定比三维更落后的结论。那么真正先进的是什么呢？在于是否能进行充分的信息数据交换，或者说信息交换。而数据交换就依赖于我们对于交换双方对于数据的认知是不是相同的或者说对等的。

今天的分享中谈到了分类编码，很多朋友到今天为止仍然不知道分类编码到底有什么作用，为什么在 BIM 当中如此强调分类编码。这就是在于我们需要进行一个概念上的对等。我所说的一个东西和对方所说的一个东西是一个东西，要靠什么来进行传递呢？分类编码。那分类编码之后是什么呢？就是各种的属性信息。那么这些东西如何去承载呢？我觉得有很多种方式，那也就是说我们如果有量化往底层是数据的话，我们量化再往上就是若干种呈现方式或者分析方式。数据的交换过程当中的一个介质，或者说一个非常重要的呈现方式，就是数据模板。在这些交互物当中，我个人也是比较强调数据模板是能够让大家进行对齐对等，进行数据交换的一个基本的要素。

万黎明 / 访谈嘉宾

今天的分享受益匪浅。介绍内容并没有炫技，也没有展示多好的传感器或者多深的算法，分享内容非常务实。

在用 BIM 去辅助决策的时候，我们更多的依托的是一种数字孪生，能在电脑中复刻现实中的场景。无论这个场景是物理的实体，还是一些虚拟的业务过程，在电脑当中都可以去翻刻或者说复刻一套数字化的东西。然后在这个的数字化的领域当中，也就是说这个数字孪生的体系当中，可以去先行做出很多的测试，再去到现实社会、现实场景当中去直接进行执行。那么到底要仿真到什么程度？这仍然是一个数据的力度问题，这背后的成本也很大。另外一个很重要的就是算法，仿真的算法直接决定需要多少数据来进行运算，这个算法针对的是业务。讲来讲去，还是脱离不了业务。

从我的角度看这些问题，一方面叫技术可行性，一方面叫商业可行性，很多事当然可能技术上是可行的，比如甚至可以把家里连水龙头都装上传染器进行自动控制。但这个东西如果真的做到这么细度的话，就变成了一个商业不可行，最多只是一个空中楼阁摆个概念而已。那么我的这套运维系统也好，方案也好，业主的主流诉求是什么？对于最终的输出产品的 KPI 考核是什么？

程　嘉 / 访谈嘉宾

有些业主非常清楚自己想要什么，比如数据中心业主，明确了目标就是要省钱，并且有参考标准，比如谷歌、亚马逊的机房每年都有报告写明能够降到多少，所以这种情况下业主都是带着目标来的。就考核而言，当然他们不会直接考核结果，也要通过一些迭代的运营才能确保是否真正降低了他的目标。因此，他们提供的直接指标就是我们的考核指标。

而结构监测系统的业主可能不太清楚自己的需求，需要我们协助他了解系统可以帮助预测桥梁的异常震动等等，来帮他算清这笔帐。而这一点在欧洲做得非常好，在欧洲每年铁路桥梁运行的维护费用都算在成本里，然后与供应商沟通，针对不同诊断方案的成本进行对比。

评论区精彩留言　陈　刚 / 上海宝冶总经理

工业系统中的数据收集整理和挖掘，不同于建筑的建模数据，一个是静态的，在建筑全生命周期内，状态和数字，基本没有什么变化；而工业控制中的数字化，是动态的，基于对过程工艺生产线的数据的产生、筛选、反馈运用和后期的挖掘其价值；建筑里面设备管理运维相对内容少，简单；而工业控制的数字话却复杂的多！我们现在正在实践将 BIM 技术用于工业的建筑建模，但其控制类的系统是各设备厂家自身开发的软件体系。

传统的钢铁工艺是最基础的制造业，但也是比较复杂的。要把矿石变成各种形态的钢铁产品，涉及到风、水、油、气、电等各种介质；速度、温度、高度、厚度、宽度、力度（压力）、固态、液态、气态；是各种专业集合！至于说建筑本身在过往的设计里面，不是钢铁行业主要关注的对象，但随着绿色低碳超低排放等节能环保的要求和标准在提高，钢铁企业在关注工业线能生产产品的同时，也关注人在里面的舒适性、对设备的操控性、对工厂全局的把控性等。集中控制、减人创效、无人控制、黑灯工厂应运而生。而这些措施，都是建立在数据的收集、分析、整理、挖掘然后采用现在的可以实现的措施，来实现其特定的目标！

建筑设计行业数字化转型的困惑与思考

中南建筑设计院股份有限公司建筑综合设计院（BIM设计院）院长，正高职高级工程师，国家一级注册结构工程师，中国工程建设标准化协会城市与建筑信息模型专业委员会常务委员，湖北省土木建筑学会BIM专委会副主任委员、秘书长，长期从事建筑行业BIM技术应用及管理、BIM标准及技术研发等工作，发表学术论文十余篇，主/参编行业、团体数字化标准6部，获得中国勘察设计协会优秀建筑工程设计一等奖、优秀结构设计一等奖、“创新杯”全国BIM应用大赛特等奖等荣誉。

范华冰 / 特邀嘉宾

1. 公司简介

中南建筑设计股份有限公司（CSADI），始建于1952年，是中国最早成立的六大综合性建筑设计院之一，是“全国勘察设计行业百强企业”和“当代中国建筑设计百家名院”，“十四五”期间，公司立志转型成为城市建设领域的数字化高科技公司。

中南建筑设计股份有限公司（以下简称“中南院”）的数字化发展分成四个阶段：技术驱动、价值驱动、管理驱动和战略驱动。2013年，BIM设计中心正式成立，在此之前主要以BIM兴趣小组的形式进行技术上的探索，这个阶段可以总体认为是技术驱动。在BIM中心成立后，BIM技术开始在一些项目上得到应用。在这个阶段，我们不再局限于把BIM模型建出来，而是开始探索BIM技术的价值。

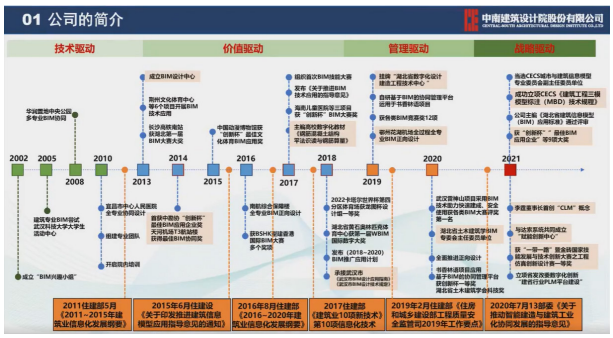


图1　中南院数字化的发展历程

经过2014年天河机场项目以及2017年高校数字化教材编制等工作的沉淀，从2018年下半年开始，我们开始探索管理驱动阶段，主要以鄂州花湖机场为代表，其中我们做了很多探索性的工作，此项目可以说是全生命周期数字化管理的典范。这期间，我们学习和累积了各种机场的经验，研究如何通过数字化的管理推动数字化的发展。

2020年以后，大家会明显感受到整个数字经济发展突发猛进，个人认为这是疫情驱动形成的，因此，这个阶段应该是全社会层面的战略驱动。中南院也非常重视企业数字化工作，下图（图2）以四个部门为例展示了企业数字化的整体规划。BIM设计院以对外的服务为主，主要关注BIM技术应用及工程实践。工程数字技术中心主要做工程数字仿真和技术研发，是个纯技术的部门，研发内容还包括PLM平台研发以及碳中和技术研究。信息部主要关注公司信息化平台及基础设施建设工作。技术质量部则是关注质量管理体系建设及维护。

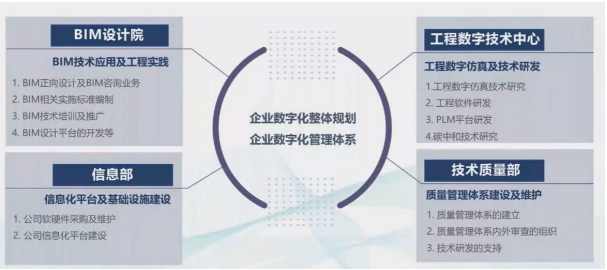


图2　中南院企业数字化整体规划（以四个部门为例）

2. 转型的困惑

最近我们参与了某个机场BIM咨询项目的投标，从下图的报名单位清单可以看到，19家单位

某大型机场BIM咨询服务招标报名单位	
序号	投标单位
1	北京互联立方技术服务有限公司
2	上海城建信息科技有限公司
3	四川开元能信工程管理有限公司
4	华建数创（上海）科技有限公司
5	广东省建筑设计研究院有限公司
6	中南建筑设计院股份有限公司
7	上海华建工程建设咨询有限公司
8	中国建筑科学研究院有限公司
9	厦门万宸建筑信息技术有限公司
10	秉慕（厦门）建筑科技有限公司
11	北京中昌工程咨询有限公司
12	厦门鹭云筑建筑咨询有限公司
13	成都众匠科技有限公司
14	天津天河云筑工科技有限公司
15	鲁班软件股份有限公司
16	上海因恒工程技术有限公司
17	上海建科工程咨询有限公司
18	上海宾孚数字科技集团有限公司
19	上海慧之建建设顾问有限公司

图 3　某大型机场 BIM 咨询服务招标报名名单

中只有 3 家是传统的设计院，大多都是 BIM 咨询公司和软件公司，最终中标的也不是设计院。就此，我开始思考，在这个强调数字化转型的时代，传统的建筑行业设计院该如何应对市场的变化、如何迎接市场的竞争。

的确，数字化的到来给各个行业带来了很多跨界融合创新的机会。但对于基层设计的基础工作，我们做得非常辛苦，对于很多创新层面的工作，我们也感到很疲惫。此处，我也提出了两个问题，想和各位行业同仁们一起思考：

思考 1：数字时代，建筑设计院想要成为什么样的企业？

下图中我找了三家企业官网的愿景目标，这三家都是在谋求 IPO（首次公开募股）的企业。大家可以注意到，他们的目标里都提到了科技，并且很明确地告诉潜在投资者——我要成为一个怎样的企业。

思考题：数字时代，建筑设计院想要成为什么样的企业？

北京市建筑设计院：世界一流的建筑设计科创公司

广东省建筑设计研究院：打造全国一流、具有国际竞争力的科技型工程设计公司

中南建筑设计院：城建领域的高科技公司

思考题：数字时代，建筑设计院的竞争对手有哪些？

1、传统行业设计院

2、施工企业

3、BIM咨询企业

4、IT企业

图 4　数字化时代建筑设计院的思考

思考 2：数字时代，建筑设计院的竞争对手有哪些？

数字时代，传统行业都在数字化转型，那传统建筑设计院面临的对手有哪些呢？主要有传统行业设计院、施工企业、BIM 咨询企业和 IT 企业。近几年涌现出了很多有实力的 BIM 咨询企业。在 IT 行业，阿里、华为、腾讯等等都在做数字城市、智慧建筑这方面的工作。那么面对这些竞争，我做了一个简单的建筑设计院 SWOT 分析。

图 5　建筑设计院 SWOT 分析

优势：

- 大院品牌优势

  大型设计院几十年的长期沉淀使其具备品牌优势。
- 设计＋ BIM 能力优势
- 重大项目实践机会
- BIM 深度应用能力优势

  大型设计院具备数字技术的深度应用能力，同时具有明显的人才优势。

劣势：

- 软件开发能力弱

- 施工工艺能力弱

目前行业正在研究如何通过技术手段或者数字化转型，让行业的数据在各个阶段进行流转。而设计院这个方面的问题就是施工的工艺能力非常弱，造成了设计数据流转到施工企业的时候，施工企业没法直接沿用。

- BIM 覆盖面不足

虽然现在很多企业都建立了 BIM 中心做 BIM 推广，但 BIM 的覆盖面依旧不够广。

- 人才素质架构不适应行业数字化现阶段发展需求

数字设计院的人才几乎都来自于工程。目前很多设计院也开始招募力学、计算机、数学等专业的人才，但很难较快地形成规模为数字化作为一个整体的支撑。

威胁：

- 来自软件企业、BIM 咨询企业的市场竞争压力巨大
- 业主 BIM 技术能力不断增强
- BIM 需求高、价格低廉的市场环境短期无法改变
- BIM 技术相关经费投入不足的现状仍将继续

机会：

- 行业数字化、BIM 渐入人心，BIM 设计和咨询项目明显增多
- 国家及地方政策导向逐步明晰
- 技术软件迭代升级加速，生产效率提高
- 元宇宙势头正劲

那么，我们要如何才能在竞争对手中脱颖而出呢？我们认为一定要将设计能力和 BIM 能力形成合力，以“BIM 正向设计”作为我们的核心竞争力。

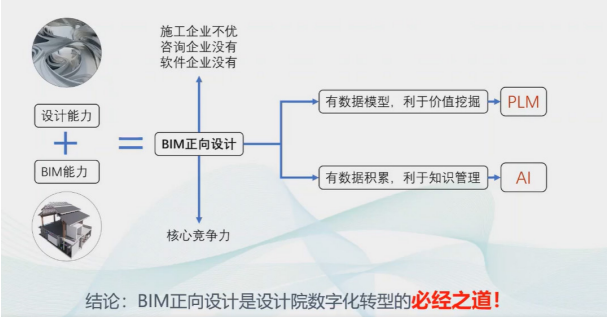


图 6　建筑设计院的核心竞争力——BIM 正向设计

BIM 正向设计之后，除了传统图纸，设计院还有了数据模型，有利于价值挖掘，可以做延伸应用。有了数据积累后，也更利于知识管理，这也是数字化转型很重要的一块内容。

下图（图 7）中，我将二维设计和三维设计从四个方面进行了比较。首先从设计周期来看，当前的市场规则是根据二维设计模式的能力极限确定的，而三维设计周期很长，必须精细化设计。从中间成果来看，二维设计可以随着图纸的深入形成各种过程版本，而三维设计在模型完成后图纸是个副产品，很难形成中间成果。从交付成果来看，二维设计的表达方式与成功交付要求高度契合，而三维设计完成后，需要耗费大量工作以二维成果来交付。最后从设计变更来看，二维设计可以迅速修改，并形成变更文件。而三维设计过程中，所有变更需要从设计模型修改开始，再导出图纸，一项简单的变更结果造成模型大量的修改。由此可见，BIM 正向设计推广遇到的问题并不仅仅是技术层面的。

	市场现状	二维	三维
设计周期	很短，不支持精细化设计	市场规则是根据二维设计模式的能力极限确定的	很长，必须精细化设计
中间成果	需要中间成果，例如内审版、招标版、图审版、施工版等；需要分批出图，例如基础图、土建图纸、机电图纸等	随着图纸的深入，可形成各种过程版本	设计模型完成后，图纸是副产品，但在设计完成前，很难形成中间成果，需要耗费大量的重复建模和图纸加工工作
交付成果	以设计蓝图作为成果交付标准，图纸审查、政府审批、现场施工均以二维图纸为准	设计的表达方式与成果交付要求高度契合	BIM设计模型不是法规认可的交付文件，采用三维模式设计，仍需要二维成果交付
设计变更	由甲方和施工方发起的变更不可控，而且很难就此收费	可以迅速修改，形成变更文件	为了保证图模一致，所有变更需要从设计模型修改开始，再导出图纸。一项简单的变更，也许会造成模型的大量修改。

BIM正向设计推广遇到的困难不仅仅是技术层面的

图 7　传统二维设计与三维设计对比

基于二维成果交付规则和市场规律，以出图为目的的 BIM 设计不是真正的 BIM 正向设计，当前的 BIM 正向设计更不是设计院数字化转型的终点。

而真正的 BIM 正向实施我们可以参考江南造船的经验，基于无图建造技术，江南造船实现了基于单一 3D 数字模型的全生命周期的无纸化交付。

下图（图 8）中，我将建筑行业与船舶行业进行了对比，这两者可能看起来是两个逻辑的东西，事实上，两者非常相似，而建筑业可以复刻船舶行业的成功经验。

		建筑行业	船舶行业
产品特点		定制化、不量产	定制化、不量产
组织模式	所有者	建设单位：例如万科	船东：例如远洋海运
	设计	建筑设计院：例如中南建筑设计院	船舶设计院：例如701研究所
	生产	施工企业：例如中建三局	造船厂：例如武昌造船厂
	监造	工程监理：例如华隆监理	船舶监理：例如中海国际船舶管理公司
	政府监管	审图办、质监站	船级社：中国CCS
专业设置		建筑	总体
		结构	船体
		机电	系统+电气+动力
		装饰	舾装
主要材料		钢材、混凝土	钢材

通过对比：船舶行业的成功经验很容易复制到建筑行业

图 8　建筑行业与传播行业对比图

3. 转型的思考

中南院的总体业务规划转型思路就是效仿高端制造业打造 PLM 平台，集成 3D CAD/CAE/CAM 等产品数据信息，形成单一集成数据源，以数字化产品为表现形式，打通工程设计、生产制造、施工安装、运营维护的全部数据。

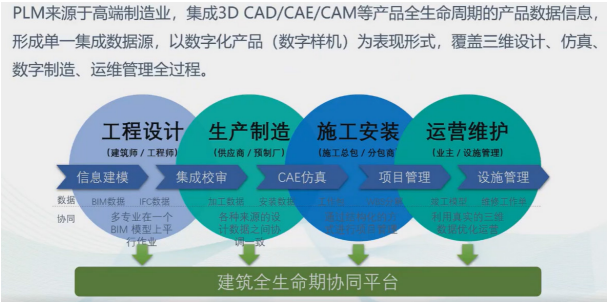


图 9　中南院 PLM 平台搭建思路

PLM 系统需要作为统一数据源，为用户建立跨专业、跨企业的协同工作环境，提供全流程的项目管理能力，实现一个模型干到底，一个模型管到底。搭建 PLM 平台需要三项关键技术：多物理场的仿真与验证、虚拟设计与建造技术和三维标注。

数值仿真

第一项关键技术数值仿真可以在虚拟世界实现，例如地震、风对城市建筑的影响。在雷神山项目中，我们专门对病房区的气流组织进行了研究，比如新风设备如何运行，进风口出风口位置优化等等。

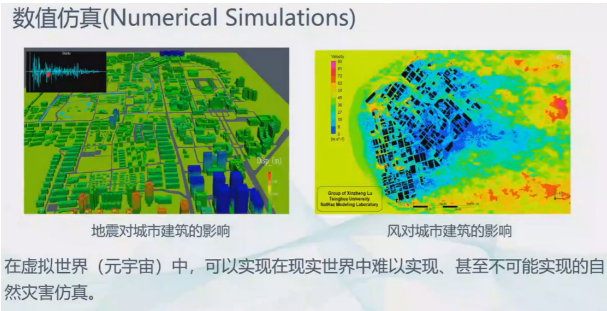


图 10　数值仿真

VDC（虚拟设计与建造）

在虚拟设计阶段及建造更类似于一种系统，包括在虚拟设计和施工过程的仿真，不是简单的动画，而是基于计算的仿真。（见图 11）

MBD（三维标注）

MBD 直译过来就是基于模型的定义，简单来说就是三维标注，它的标注范围比较广泛，除了几何信息外，还包括属性信息、工艺信息、管理信息等。（见图 12）

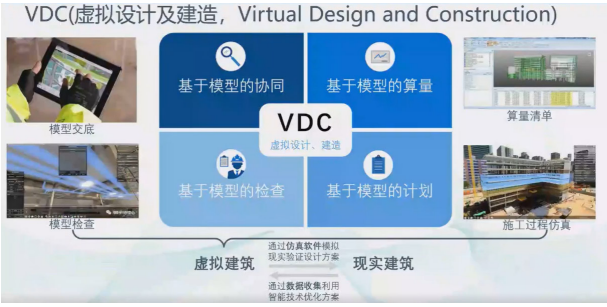


图 11　VDC（虚拟设计及建造）

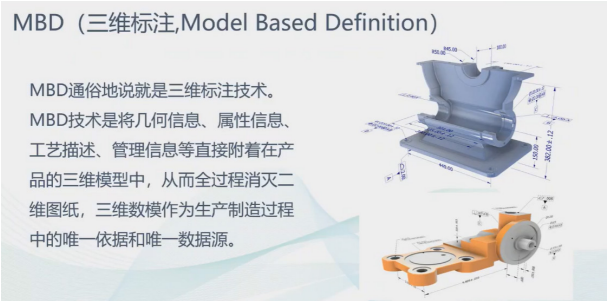


图 12　MBD- 三维标注

总结来说，建筑设计院只有打通了数字化设计和数字化建造的通道，让数据流转起来，才能走向真正的数字化转型。而数字化转型的具体思路，就是通过 PLM 平台的统一数据源，让所有参与方在建筑全阶段在同一个平台进行工作，上下游互相创造价值。

魏　来 / 访谈嘉宾

我们常说为什么设计企业不能像苹果公司一样呢？设计院跟苹果公司最大很大的差别在于什么呢？答案可能是，我们不拥有产品。设计院设计一栋楼，但不是这栋楼的拥有者，这个是我们跟苹果公司最大的差别。苹果公司拥有这个产品，自然就拥有这个产品的数据、渠道等等几乎所有的一切。反观设计院，我们拥有什么呢？拥有的是数据，因为数据由我们这产生。刚刚分享中也介绍到的 MBD，我们需要一整套的方法甚至标准来将整个体系建立起来。

如果还是以苹果公司作为一个类比，那么中南院，你们想成为什么样的企业？或者具体来说，BIM 设计院打算成为一个什么样的角色？

范华冰：除了产品不能量产，我们和苹果公司的另一个差别在于苹果产品是单个个体使用，而我们的同一个产品的全生命周期内有很多使用者，这也是 PLM 平台如何挖掘价值的问题。现在我们的 BIM 技术为什么无法推广，尤其是设计院创造了数字模型，无法产生价值。我们也在研究和思考，能否通过数据资源去产生商业价值？

那我们部门的使命是什么？我们团队至少要成为中南院最顶级的数字化技术团队。那我这个团队想要做的就是要去了解施工工艺，通过正向设计去控制下游设计，真正在 PLM 平台里面将数字化设计做到位。

魏来：我们希望借助数据去提升自身在市场中的议价能力，也就是说我掌握足够的数据，而现在我们在正向设计中又在回避这件事，因为目前的 BIM 需要花费 1.5 倍到 2 倍的时间和精力才能实现真正用数字化表达工程实物的 BIM。现在我们处在一个矛盾点，既避免使用过多的成本和精力去深入到 BIM 这个实质，又想转型成为一个依托数据来提高在市场中溢价能力的高科技型企业。我觉得这是个矛盾关键在于一方面在回避数据，一方面又希望自己有数据能力。

万黎明 / 访谈嘉宾

就我理解的数字化，包括其他行业数字化，至少从长期来看一定是降低成本，并提高效率的。投入产出比一定是比现有的更好，才具有生命力。

今天范总提到愿不愿意花 2 倍的投入而获得 1.2 倍的收益，这个趋势有没有可能被改变，或者说怎么才能使成本下降？

范华冰：个人看来，如果相较于现在这个二维设计的模式，不要期待哪一天我们采用三维的设计模式可以与之完全匹配。比如我造一辆汽车和造一辆摩托车，都能上路驾驶，但两者完全不一样。当交付产品的维度从二维变成了三维，两者付出的时间和精力势必不一样。

就这种商业模式以后如何转变的问题，我觉得是两方面，一方面是随着时间推移，大家逐渐发掘 BIM 的价值，愿意付出更多。比如我碰到认可 BIM 的价值业主，他会愿意付出明显高于 BIM 翻模的价格选择采用正向设计。此外，政府加大投入也会推动 BIM 价值的发掘。另一方面，个人看来还是修炼内功，这种内功就是让你的模型可用。现在的模型并没有产生价值，只有真正让模型产生价值，比如施工企业愿意花钱买你的模型，这其实也是一种商业模式。

万黎明：最近中南院的鄂州花湖机场项目获得了今年国内首家 ISO 19650 数字工程管理体系

认证，项目获得了最高级白金级的认证。想请您从用户角度来分享一下 19650 管理体系认证对于企业意味着什么，或者说对企业有哪些加成和助力。

范华冰：从初衷来说，主要是想通过从技术赋能向管理赋能转变。以前我们并没有将数字工程纳入企业的管理体系里，数字工程的流程和我们传统的二维设计的流程完全不一致。因此我在思考能否做一套体系去适应现在这个数字工程设计的需要，从而在管理上实现效率提升。

我觉得其中最大的意义就是通过梳理自己的角色定位，合理配置资源，优化流程、资产管理。这也是一个倒逼的过程，就像只有去参加考试，才会迫使自己学习。我们也思考着通过认证将自身数字工程管理体系建立起来，从而提高管理的效率。

评论区精彩留言

邓明胜 / 中建系统资深总工程师

数字化、数字化转型是大趋势，无论是设计院还是施工企业，都必须面临这个现实。关键是：转什么？向哪里转？弄清楚这一点，才知道何时转。在数字化进程中，BIM 作为一个很好的手段，甚至可以成为一个载体，如果只是停留在“要我做”层面，而不迈出“我要做”这一步，数字化转型只能是停留在口头上。

BIM 技术的投入与产出，如果是按照今天投入，只要认真应用，明天就一定能看到效果；但明天是否一定会有收益？还不好说：一则要重新定义收益的内涵；二则要认真定会收益的量价比。就像父母养小孩儿，在婴幼儿期间的投入，必定能看到小孩子一天天长大的效果，并且在期间虽然可能会非常辛苦，并且是肯定能从中分享到许多快乐；但若是指望小孩子们扛起家庭重担，那明显是不现实；十年后、二十年后，随着孩子们长大，扛起家庭重担，反哺父母，这种“高回报”必定是基于前期的投入才能实现！

数字化协同设计平台（CAD/BIM）建设

北京建研宏图咨询有限公司 创始人、工学博士，中国建筑学会专家库专家，资深会员，长期从事 BIM 平台及工程设计管理信息化相关工作，具有 20 年的勘察设计企业数字化协同设计平台及建设方云 BIM 平台经验，曾经主持或参与过近百余项二三维一体化协同设计及建设方 BIM 平台项目。在知名期刊发表科技论文 20 余篇，主持国家十一五、十二五“科技支撑计划项目”及工信部“电子产业发展基金”，并荣获华夏建设科学一等奖。

杨国华 / 特邀嘉宾

1. 设计院面临的现状

数字化协同设计的发展与设计院的现状密切相关。设计院当前所面临的压力也正是设计院数字化转型的巨大动力。

从外部环境来看，大型基建项目总量有限；地产逐渐转向存量市场；互联网与数字化浪潮此起彼伏；人力资源新生力量层级相对降低；友商已经开始数字化转型。

从内部环境来看，运营与协同设计效率不高；信息化架构相对老旧，相对其他行业较为落后；人力资源面临较大的更替；项目管理提升缺乏有效手段；服务业务类型亟需升级。

2. 设计企业面临的问题

设计标准落地困难

缺乏统一的设计及协同设计管理标准，即便有设计标准也没有有效落地手段。

缺乏统一图模存储中心

缺乏统一的支持无限版次的统一图模存储中心，容易造成版本混乱、文件覆盖 / 丢失。随着人员流动，设计文档易丢失，给企业带来巨大风险。

缺乏高效的多端协同体系

CAD、Revit 图纸内容与手机 APP、Web 不能有效关联，CAD 内容与 Revit 设计不能有效联动。

协同缺失

专业配合困难、混乱，无法有效远程同步，阻碍了设计团队高效合作。

进度、质量管理

设计进度缺乏有效的手段，设计节点缺乏规范性管理及成果归档。质量管理与生产过程脱节，缺乏有效落地的质量管理手段。线下审图，问题发现率低，数据分析困难，ISO 两层皮现象严重。

正向设计缺乏平台支撑

二维、三维协同平台欠缺，针对 BIM 正向设计与传统设计的协同，缺乏平台支撑。

外地院所缺乏管控手段

外地分支企业较多，具有一定的灵活性，水平参差不齐，项目协作困难。

项目管理缺乏落地

设计流程与设计内容缺乏关联造成项目管理缺乏落地，管理数据缺乏实际生产数据支撑，管理数据缺乏真实性。

缺乏知识传递

个人管理水平对于设计管理水平影响大，缺乏系统化的提高设计管理水平的方法，项目管理等知识传承困难，常见问题屡次出现。

出图打印与数字前面缺乏有效管控

缺乏有效的批量出图打印手段，设计师随意使用未经授权的数字前面，容易给公司带来法律风险。

数字化转型缺乏支撑

企业业务、管理、系统升级迫切，企业数字化转型具有很大的压力。

3. 设计协同

设计协同是一个设计团队为了共同实现或完成一个设计目标或项目而进行配合、沟通和协同；协同设计管理是并行工作下，提高工程设计进度和质量的关键；协同设计管理是一个知识共享和集成的过程，共谈设计某一目标的成员必须共享数据、信息和知识。狭义的协同是指专业配合协同。广义的协同是项目管理的执行，涵盖了除了财务数据外的所有设计过程管理。

协同设计对于设计院的价值主要体现在：1）构建数字化设计院；2）企业标准有效落地，统一设计语言；3）设计进度清晰直观，设计过程规范，设计质量有效保证，出图过程有效管控；4）构建统一数据存储中心，避免人员流失的同时造成图纸丢失；5）设计管理经验持续迭代，项目管理不受限于个人经验；6）项目数据持续沉淀，为企业管理大数据分析提供基础等等。

首先从目标来看，一般设计院数字化建设目标主要包括以下内容：

1) 建设一个跨地域、跨绘图平台（2D/3D）的设计平台系统；

2) 实现企业经营、运营、技术质量、人力资源等多位管控与数据分析体系；

3) 提高设计质量与设计管理水平，提高设计效率、提高专业配合水平；

4) 实现企业内，院外的一体化管控；

5) 建立支持多方参与的数字化交付体系；

6) 协助建设企业设计知识管理系统。

从业务流程来看，设计院的协同设计功能模块主要包括：标准，策划，二维 / 三维协同，进度管理，质量管理，流程管理，知识管理，数字化交付，增强工具，其他模块，数据看板。

标准管理

设计标准管理（图层、字体、线型、打印机、打印样式），系统内置企业标准，也可将本院的标准文件导入系统中，通过标准导入、标准更新、标准检查功能，对设计师的图纸统一标准化，保证图纸质量。通过同步标准文件，将企业的标准文件安装到本地路径下，防止出现缺失字体、没有打印机等现象。

主要标准内容：

1)BIM 标准：BIM 目录结构标准、BIM 项目标准架构、BIM 构件库建立标准、BIM 出图标准。

2)CAD 制图标准：图层、字体、比例、图线、打印样式、标注、图框、图幅。

3) 协同标准：内容协同标准、设计文件编码及命名规定、目录结构、标准检查、外部协作、过程协同（外部输入，输出，设计验证等）、协同运维、质量管理。

4) 软件贯入：将设计标准（BIM 与 CAD 设计标准）贯入设计软件中，确保设计师在设计过程中就自动执行设计标准，从而降低标准推广难度。

标准是协同设计的基本准则。没有标准，不可能实现高层级的协同。

系统策划

项目的策划内容包括文件目录架构策划、标准化目录策划、图框策划、权限策划、人员策划等，大部分策划内容通过系统模块自动完成。

协同文档

协同文档是整个协同设计的核心。过去的文档都是逐个上传，不仅存在版本问题，还存在内存问题。而设计协同系统支持全生命周期的文档版本管理，并且支持专业内、专业间、内外、本地与异地、二维与三维协同设计等。此外，系统也支持多格式在线浏览与批注。

二维 / 三维协同

为什么必须二三维一体化协同?

三维设计仍不能完全脱离开二维设计，二维设计仍长期存在，项目内二三维一体化协同普遍。三维正向设计作用逐渐提升，高质量 BIM 模式是 BIM 全生命周期应用的必要条件。三维设计缺乏设计提效、标准化管控、业务数据落地的平台支撑。

目前设计协同平台可以提供最多种类的内嵌客户端支持。设计师无需脱离设计环境即可实现协同设计，同时支持与设计软件的深入集成与轻量化。

进度与流程管理

通过进度管理模块可以集成管控设计项目内外节点，支持按照各业务类型导入内嵌进度模板，并可以在管控任务中关联业务流程。同时，通过核心管控节点业务流程的监控与跟踪实现对项目进度的有效管理等。

流程上采用与企业微信类似的流程 / 表单设置，流程与协同设计集成，确保流程有效落地，同时支持远程审批及待办定制等。

质量管理

多来源质量数据的标准化，多种软件同时共享质量管理中心，多来源数据的处理流程标准化，并支持 ISO 质量管理流程的定制等。多端审图打通，各端基于中心数据库实现数据互通，可以实现设计软件、Web 端、APP 联合数据打通。

数字化交付

数字化交付包含图框的管控，图框可由企业自主定制。在交付过程中项目名称、专业、比例、项目编号等信息自动提取，无需设计人员手动添加。图框支持模型空间与布局空间插图框，并支持自定义图幅尺寸以及出图比例、方向等。

此外，系统支持批量打印。通过对图框智能识别，获取图框基本信息，对图纸进行打印，自动生成符合要求的图纸尺寸以及比例。

知识管理

系统自带知识管理模块，可以将管理文档、企业图库与协同设计平台融合，在平台中直接快捷调用。

其他－增强工具

除上述功能外，系统还带有图形比对、标准检查、超级绑定、参照图层管理、参照更新提醒及导入标准模板等增强工具。

魏　来 / 访谈嘉宾

在 BIM 的发展过程当中，大家非常关心以及每天都在实践的一个内容就是我们常说的协同平台。BIM 的一个很重要特点在于 BIM 要求多方基于同一整套数据进行协同。这个协同和以往的模式不一样，以往的模式更多需要的是图纸，各方基于图或者电子文件等进行协同。到了 BIM 时代，BIM 更加强调基于三维、基于数据化的协同。虽然我们距离 CDE 还有一段距离，但是在此发展过程当中，行业内对于协同平台一直保持高度的重视。协同平台本身是否能够跟业务紧密的连接以及 BIM 的数据使用能否充分发挥收集和调用能力等等，这都是我们需要关注的话题。

今天的分享详细地介绍了协同设计的目标以及功能模块的分析和匹配化。作为一名标准编制者，我很感动看到一开始就提到了标准对于协同的意义，目前大多数的标准仍然停留在纸面上，并没有真正融入生产流程。因此，要做的第一步就是将标准和平台高度结合起来。将标准中规定的规则拆解到平台的流程和要求的每一个节点上。平台是一个赋能的作用，只有在标准化的部署环境下，最终的成果才是符合标准的。

这里有两个小问题，请问目前平台上 BIM 和 CAD 协同是分为两个平台还是一个平台两个引擎？另外，平台是否也支持国产的 BIM 软件？

杨国华：平台上二维和三维是融合的，引擎同时支持二维和三维。对于本身已有 CAD 协同系统的企业，有两种解决方案。第一种，直接将原平台的 CAD 协同部分与新平台的三维部分融合，直接放弃新平台的二维协同功能。但目前 BIM 的设计离不开 CAD，此平台所提供三维协同事实上也包括了部分二维协同。因此，更多的情况是，企业原先的 CAD 协同平台逐渐不再使用，直接使用这个二维三维融合的平台。

目前平台对于国产 BIM 软件是支持的，从技术层面上来说，没有问题，核心取决于软件 API 接口的开放程度。

万黎明 / 访谈嘉宾

协同设计的平台将整个设计工作过程以及管理诉求通过数字化的方式表达了出来。从另一个角度来看，未来有无可能实现产品本身或者工作内容本身的数字化？比如设计标准以及质量标准等等。

另一个问题，今天分享中提到了协同平台上产生了各种工作过程中的数据，包括设计数据、审核数据等。那么，这些数据有无可能被后续利用起来，比如通过 AI 的学习最终自动识别图中的问题？

杨国华：目前平台既包含了管理的数字化，也包含了一部分产品本身的业务的数字化。设计和质量等内容今天因为时间关系没有展开。总体来说，平台毕竟只是一个系统，起到的是对于相关业务落地的支持与辅助作用，最终的关键还是在于设计师或者相关的管理者。

另外，目前平台有专门的审图要点库，在审图的时候只用在上面一圈，再勾选一下审图要点，平台就能自动根据这个问题进行关联，并积累相关数据形成一个非常复杂大型数据库。

“双碳”目标下，中国企业如何发力

首创生态环保集团北京市北节能源设计研究所有限公司总工程师。高级工程师、注册咨询工程师。在碳减排及节能领域具有二十余年咨询工作经验，主持完成10余项国家公益性行业科研、世界银行环境基金研究课题，负责完成国家、省市、地方30余项节能减碳规划课题，主持参编20余项节能减碳标准，实施完成有10多个省市城市清单编制、温室气体统计核算管理办法研究、低碳城市建设实施方案编制、城市碳达峰行动路径研究等低碳发展课题，完成100多个企业能源审计、清洁生产审核、节能诊断、节能评估、碳核查/碳盘查等企业级别节能低碳项目。

刘万添 / 特邀嘉宾

亿欧公司联合创始人。北京科技大学工学博士，北京理工大学博士后。曾从事工业互联网、制造业数字化转型、数字化营销方面的研究工作，尤其在钢铁产业智能制造、动态调度、精益控制等方面有较为丰富的实战经验，拥有6年B2C独立电子商务平台的创业经验，在互联网+技术、产业+智能技术解决方案等方面有较为深刻的理解。曾承担多项科研项目，荣获国家科技成果奖励、省部级科技进步奖，撰写多部学术著作，发表多篇学术论文，获得多项国家发明专利。

王　彬 / 特邀嘉宾

《建筑行业企业双碳工作要点浅析》- 刘万添

1 引言

2020年9月22日，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣布：中国二氧化碳排放将力争于2030年前达到峰值，2060年前实现碳中和。实现碳达峰、碳中和是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，是我国应对气候变化、生态文明建设的新布局和新要求，是推动实现高质量发展的内在要求。

为落实党中央确定的新目标、新任务，企业作为碳达峰碳中和工作的主体，积极发布“碳”计划、践行“碳”责任，是企业应有之义。《中共中央国务院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》和《2030年前碳达峰行动方案》等文件中，明确提出，重点用能单位要梳理核算自身碳排放情况，深入研究碳减排路径，“一企一策”制定专项工作方案，推进节能降碳。

2 建筑行业企业碳排放现状

根据相关研究数据显示，中国建筑业规模居世界第一，2019年城镇总建筑存量约705亿平方米，全国建筑全过程碳排放总量为49.97亿吨二氧化碳，占全国碳排放的比重为50.6%，其中，建筑运行阶段碳排放21.3亿吨二氧化碳，占全国碳排放的比重

为 21.6%，新建建筑年产生碳排放约占总排放量的 29%，从碳减排潜力分析，已有相关研究也指出，建筑业的减排潜力在建筑业、工业和交通运输业三大行业中占据首位，是工业部门的 1.5 倍，可为碳排放提前达峰贡献 50% 的指标，因此，关注建筑行业节能降碳对实现中国碳中和目标意义重大。

而从建筑全寿命周期碳排放构成分析，建材生产阶段的碳排放占比 55% 左右，建筑施工阶段的碳排放占比 2% 左右，建筑运行阶段碳排放占比 43%。

3 企业双碳工作面临的问题

碳达峰碳中和工作是新时期下的新任务，目前，企业双碳工作正处于启动阶段，因此，企业层面对双碳工作的理解和认识存在较大的不足，企业双碳工作仍面临诸多的问题和挑战。

3.1 企业对双碳工作的知识掌握不足

在国家提出双碳战略目标之前，企业层面在应对气候变化、碳减排方面的工作主要局限于节能相关内容，对温室气体排放、碳达峰、碳中和等的认知并不系统和全面。为加快企业双碳工作的推进，需要加强对企业的应对气候变化和碳减排相关知识的宣传与培训，增强专业学习，统一双碳工作思想，提升专业化管理能力。

3.2 企业碳排放家底掌握不全面

企业碳中和的目标是推动企业层面的温室气体排放实现“净零排放”，该目标的实现具有明确的量化要求，但由于我国在碳排放数据统计核算规范和标准方面仍处于梳理规范阶段，多数企业尚未建立起清晰的企业碳排放统计规则，对自身的碳排放数据掌握并不全面，包括统计范围、统计核算规则、最终企业碳排放数据等，由此将致企业在开展双碳工作中缺失方向和考核评价依据，需企业从基本的数据盘查开始，开展企业碳排放源和排放数据摸底工作。

3.3 企业碳中和顶层设计缺失

在国家“双碳目标”提出之后，国家陆续出台了《中共中央国务院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》和《2030 年前碳达峰行动方案》等政策文件，提出建立“1+N”的碳排放管理体系，要求企业层面制定专项工作方案，通过“一企一策”指引企业推进节能降碳。

3.4 碳排放管理基础能力建设有待完善

企业碳排放管理基础能力建设是企业开展碳排放工作的重点，是推动企业双碳工作开展的重要保障。但目前，企业在碳排放管理基础能力上，存在较大的不足，包括企业多数尚未建立稳定的碳排放管理组织架构，无完善的碳排放管理体系，缺失企业碳排放管理考核评价机制等。为此，需要企业在双碳目标要求下，逐步建立起企业的碳排放管理体系，做好企业顶层设计工作，做好相关企业的碳排放管理制度和标准制定工作。

4 企业双碳工作实施路径

4.1 碳中和工作方向

建筑行业企业实现碳中和，重点工作方向在于五点：

一是降低原材料的碳排放。即通过优化设计、更新建造工艺、使用新材料等，从而减少原材料的消耗，降低建筑材料的碳排放，如采用装配式建造工艺、新型混凝土外加剂配方、生物质建材等，以减少钢铁、铝材、水泥等材料的使用量。

二是降低建筑运营碳排放。通过建筑绿色设计、采用高能效设备、提升建筑电气化、建设新能源利用系统、实施建筑智能化管理等，系统性提高建筑的能源利用效率、提升非化石能源利用比例，实现建筑绿色、低碳化。

三是降低建筑施工阶段碳排放。主要通过使用高能效施工机械、采用新能源、加强施工工序管理等方式，降低施工阶段的能源使用，从而减少碳排放。

四是积极增加负排放。即通过提升企业厂区绿化、建筑垂直绿化和室内绿化等，提高企业的碳汇能力，同时，针对钢铁、水泥等重点碳排放生产企业，通过碳捕集和封存技术的开发应用，提升企业的负碳能力，减少企业生产过程的碳排放。

五是积极开展绿电交易和碳交易。对于企业无法通过自身减排技术应用降低的碳排放，企业可通过购买绿电、购买碳指标等方式，推动企业实现“净零排放”，达到碳中和目标要求。

4.2 碳中和工作行动路径及工作要点

按照碳中和工作目标要求，结合当前企业双碳工作中面临的困难和挑战，企业可根据自己生产排放特点，结合外部资源及相关政策，通过以下九个方面深入研究，提出最符合自身特点的实施方案。

（1）制定行动方案，确定工作目标

按照现状盘查、发展预测、潜力分析、目标制定、路径研究、制定实施计划及保障措施的工作步骤，开展企业碳达峰碳中和行动方案的研制工作，在该工作阶段，需要企业层面：一是要加强对碳达峰、碳中和工作的学习，提升对碳达峰、碳中和工作认识；二是要加强碳排放家底摸底调研 / 碳盘查，梳理确定企业碳排放重点对象；三是要做好企业长远发展规划论证，按照企业发展规划，系统开展企业碳达峰、碳中和行动方案编制工作，制定科学、系统、符合实际的行动方案；四是要求企业各部门、各车间积极参与企业前期规划、行动方案的研制工作，提供详实资料、谋划重点碳减排或碳中和项目、参与研讨、明确工作任务，提升碳中和的贡献能力；五是要在行动方案确定后，需要企业各部门、各车间，加强对行动方案的宣贯、学习，统一行动要求，落实各项工作任务分解。

（2）完善基础管理能力，提升管理水平

企业应将碳达峰碳中和工作目标纳入企业单位日常管理中，通过完善企业碳排放管理工作机构组织、推进工作机制及制度建设、建设系列相关企业标准、完善碳排放基础统计管理制度等工作，培育企业的碳排放管理能力，提升管理水平。在该阶段，企业单位重点做好：1）建立企业碳中和工作统一领导组织。建立工作领导小组，确定主管部门，统筹企业统一管理要求，强化综合协调机制，形成职能科学、结构优化、管理有效的碳中和管理组织；2）推进企业管理制度和机制建设。完善企业碳排放管理体系建设，逐步建立企业内部碳排放管理体系，建立企业管理工作标准、考评标准等，推进工作的标准化、规范化、高效化，如制定《企业碳排放管理体系》《碳排放统计规则》《企业低碳运营管理规范》《企业碳排放对标管理规范》等；3）建立必要的企业监管体系。在企业建立强有力的企业内部对标管理、考核管理机制，促进全员共同关注碳减排工作。

（3）落实产业绿色转型，发展低碳产业

碳中和表面是环境问题，实际还是经济社会发展问题，当前世界格局下，碳中和将可能成为未来引领经济发展的新引擎，因此，碳中和下的产业转型升级是势在必行的要求。企业在落实产业布局上，要有长远的科学发展观，做好传统产业的转型升级引导、把控，即要赶上世界潮流，甚至在某些潮流有能力引领世界潮流，同时，各项工作要有序推进，不可一刀切、一蹴而就。在该工作中，企业应重点做好：1）现有产业绿色、低碳发展的适应性分析，企业可从产品能耗、产品碳排放足迹、行业技术发展方向等方面加强对比分析，从而明确企业在碳排放上所处现状与面临形势；2）开展现有产业的绿色、低碳化建设发展，包括从生产工艺、原材料、生产装备、能源使用技术等方面开展企业现有产业的低碳转型建设发展路径研究，按照碳达峰、碳中和长远需求，做好企业现有产业绿色发展规划，提升企业未来的竞争力；3）加强企业产品能耗、水耗、污染物排放管理，逐步退出高耗能产品、产业；4）确定企业绿色、新兴产业转型发展需求，按照企业可持续发展的需求，做好新兴产业投资建设；5）强化新建项目碳排放评估，严格投建项目全生命周期的绿色低碳评价，减少项目因未来不符合双碳工作发展趋势要求，项目提前停产而形成较大的搁浅成本。

（4）优化能源消费结构，降低能源碳强度

能源活动引起的碳排放是多数企业的碳排放重点来源，实现碳中和，需要企业强化降低能源碳排放的措施，从减少能源消耗和降碳能源碳强度二个方面来降低企业能源活动碳排放。

在减少能源消耗上，企业应全面落实“能源消费总量和强度双控”制度，坚持节约能源基本国策，持续开展能效提升技术改造、新设备应用，从管理、工艺、用电、用热、制冷、空压及其他动力系统、建筑围护结构等方面开展能效提升改造，全面提升企业能源利用效率，如建设企业智慧能源管控平台、变频调速、采用磁悬浮风机新型装备等。

在能源碳排放强度降低上，推动清洁可再生能源大力发展、化石能源减量化是必要路径，全面电气化是关键，“电气化 + 零碳电力”将成为碳中和

主要抓手。根据行业内分析，建筑部门的电气化率已经超过 40%，是终端电气化率最高的部门，到 2060 年终端电能消费比例将提升到 70% 以上，非化石能源消费比重达 80% 以上，清洁能源发电量比重将超 90%。在建筑领域的电气化率的提升措施上，重点是通过高效的电热泵、电锅炉等技术，利用电能替代煤炭、石油、天然气消费。同时，在建筑领域，大力推广“光储直柔”建筑，扩大建筑领域新能源建设规模，提升对零碳能源（核电、水电、风电、光电和生物质能等）的消纳能力。

（5）提高资源利用效率，降低物料消耗

我国建筑材料生产阶段的碳排放为 27 亿吨二氧化碳，占全国碳排放的 28% 左右，因此，针对建筑行业企业，提高资源利用效率，降低物料消耗对碳减排具有显著意义。建筑行业企业在提高资源利用效率、降低物料消耗上，重点应做好：1）全面实施绿色采购，建立绿色采购评价指标体系，按照绿色采购评价体系评价建立绿色产品供应商目录清单，如将材料供应距离、产品的能耗强度、产品的碳排放强度等指标作为评价绿色供应商的评分指标；2）加大节材生产技术的开发应用，从设计阶段做好方案优化措施，在施工阶段做好绿色施工管理等，如设计阶段采用高强钢筋高性能混凝土、预应力混凝土结构和预制装配式结构等大幅度降低工程材料用量；3）加大企业资源循环利用水平，制定企业资源循环利用管理机制，如边角料的回收与再利用等；4）实施垃圾就地减量化措施，包括垃圾分类处理、垃圾资源化处理等。

（6）挖掘负碳提升能力，增加碳汇碳捕集

负碳技术的应用是全社会碳中和工作所不可或缺的部分，在企业碳中和的实施过程中，企业可通过加大厂区建筑旁、道路旁、沟旁、渠旁的“四旁绿化”，以及建筑屋顶、露台、天台、阳台的“建筑垂直绿化”，提升企业的碳汇能力，抵消企业部分的碳排放量，建设绿色生态企业。同时，针对钢铁、水泥等重点碳排放生产企业，还可以通过碳捕集和封存技术的开发应用，降低企业生产过程的碳排放，创建绿色工厂。

（7）积极参与碳市场建设，拓展碳中和途径

从 2013 年开始，我国陆续完成 1 个国家和 8 个地方的碳交易市场建设，企业无法通过自身减排技术应用降低的碳排放，可通过从碳交易市场购买碳指标进行抵消，从而实现企业碳中和创建工作。在参与碳交易市场过程中，企业应加强对碳交易市场的接触和了解，特别是已经纳入碳交易市场履约范围的重点排放企业，应做好企业碳排放权交易履约基础能力建设，包括边界识别、排放源识别、配额及实际排放量管控等，将企业的碳资产作为企业的一项重要资产，落实专人进行有效管理。

（8）推进试点示范创建，探索中和路径

开展企业层面的低碳技术、低碳管理模式等示范建设，通过示范建设，探索碳中和发展路径，厘清减排阶段性特征，识别减排障碍因子，凝练总结碳中和经验与模式，加快碳中和先进技术和管理模式的引领，提升企业竞争力。如，开展绿色工厂示范创建、零碳建筑示范创建、碳中和示范企业创建、建筑用能先进低碳和能效技术示范、绿色低碳建材研发与应用示范等。

（9）强化碳中和宣传培训，引导全员参与

企业碳中和工作需要全体员工的共同参与，企业可通过广泛开展碳减排技术社会化交流及企业内部碳减排宣传，建立奖惩机制，鼓励全员为企业碳减排献计献策，提升全员参与度；加强企业内碳减排技能培训，提升企业碳减排管理队伍专业能力；推动全体企业员工低碳生活养成，鼓励绿色出行、光盘行动、垃圾分类、植树造林、视频会议等低碳行动。

5 结论

综上分析，企业应系统性推进双碳工作，尽快开展相关工作，一是要摸清企业的碳排放现状，尽快开展企业的碳盘查、产品碳足迹、企业碳减排潜力分析等工作；二是要尽快制定企业清晰的碳达峰碳中和工作行动方案，明确企业产业低碳发展战略、碳达峰及碳中和工作目标、工作措施，形成科学适用的“一企一策”顶层设计文件，指引企业系统性开展双碳工作；三是要积极完善健全企业碳排放管理组织建设、制度建设、企业标准建设；四是要积极探索低碳生产技术，创新低碳生产模式；五是要积极开展低碳示范建设，推进企业适应生态建设。企业降碳路径方案并非一成不变，企业应持续研究应用节能降碳新技术、新方法，实时更新完善降碳路线图，保持技术完整性、先进性，推动企业尽早实现碳中和目标。

《中国科技企业如何助力碳中和》- 王彬

中国建筑业全生命周期碳排放占比过半，减碳需求急迫

中国建筑领域碳排放的总量庞大，2018 年，建筑行业全生命周期碳排放占全国碳排放总量的 51%。从整体趋势来看：2005 年到 2018 年以来建筑全过程碳排放量总体呈上升趋势，因此关注建筑行业节能减排对实现中国碳中和目标意义重大。从各组成部分来看，建筑全生命周期通常由四个部分组成：建材生产运输、建筑施工、建筑运行和建筑拆除处置。其中，建材生产和建筑运行阶段所占比例较大，分别为 28%、22%，施工阶段占 1%。从各能耗流向来看，大部分由煤、油、天然气、可再生能源组成，其中 80% 都是化石能源，产生大量的碳排放。

节能、绿色、碳中和建筑理念相互依存，相关政策助推建筑低碳转型

节能建筑强调的是在保证使用功能和室内环境质量的前提下，降低使用过程中的能源消耗，核心目标是降低建筑能耗。节能建筑从 1986 年开始的理论探索阶段发展至今的全面开展阶段，初步建立了相应的法律法规体制。

绿色建筑关注节能、节地、节水与环境保护，注重以人为本，强调建筑的可持续发展。自 2006 年颁布《绿色建筑评价标准》起，建立了中国绿色建筑发展政策思路。在此战略目标下，中国建筑新建建筑面积也取得初步成绩。

碳中和建筑的核心指标是降低全生命周期碳排放。在绿色建筑的基础上，进一步纳入建材在化学反应中所产生的碳排放量。同时积极推广清洁能源，实现能源替代。2020 年，中国做出“碳达峰和碳中和”承诺后，发改委也宣布正在抓紧编制建材、建筑领域碳达峰实施方案。

节能、绿色、碳中和建筑理念在设计、建造、运行等环节中相互依存，相互促进共同完成减碳目标。

相较于民用住宅，商业建筑成为建筑行业减排切入点

商业建筑节能减碳在整体建筑行业达成碳达峰、碳中和的过程中起到重要作用。比较而言，商业建筑市场规模增速高于住宅，在人均面积和竣工价值方面都有更大的发展空间；同时商业建筑单位面积较大，单位面积能耗远高于民用住宅且近年持续增长，节能空间更大；在管控方面，由于商业建筑普遍应用集成化管理系统，存在规模效应。

根据中国建筑节能协会能耗统计专委会的数据显示，商业建筑碳排放强度远远高于全国及民用住宅强度水平，约是全国强度水平的 2.09 倍。以 2018 年的数据为例，商业建筑在建筑面积远低于城镇居建和农村居建的情况下，产生的总能耗和碳排放几乎和城镇居建相同，且高于农村居建。

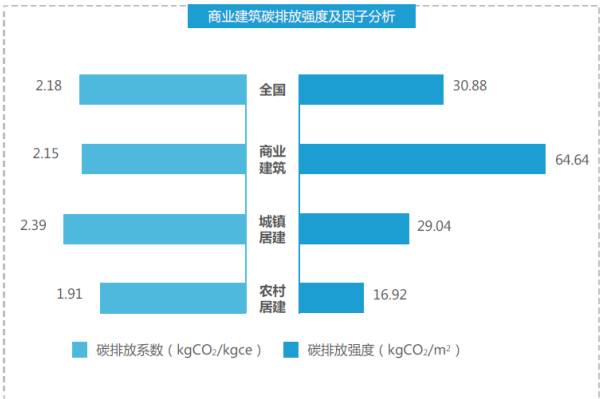


图 1　商业建筑碳排放强度及因子分析
（来源：中国建筑节能协会）

民用住宅与商业住宅差异化比较

	商业建筑	民用住宅
人均面积（m2/cap, 2018年）	与发达国家仍有较大差距	接近德，英，法等发达国家
2017-2020竣工价值年复合增长率	3%，高于民用住宅	1%，基本平稳
单位面积能耗	强度持续增长	北方城镇供暖能耗下降，除 供暖外能耗增长
耗能成分分析	空调，照明，电梯，动力等	炊事，热水，家电，采暖

图 2　民用住宅与商业住宅差异化比较
（来源：中国建筑节能协会）

商业建筑能耗和碳排放集中在运行阶段，以空调、照明、电梯系统为主，减排潜力大

整体来看，由于各类商业建筑中终端用能需求

的增长，从 2005 年以来商业建筑能耗持续增长，整体呈上升趋势。商业建筑产生的大量能耗和碳排放集中在运行阶段，主要用于维持建筑环境和内部活动的终端设备用能，以 2018 年为例，商业建筑运行单位面积能耗强度最高，碳排放强度也最高，达到 49.7kgCO2/m2。除此之外，商业建筑运行阶段由于空调系统的大量使用，也会导致氢氟碳化物等非 CO2 温室气体的排放。

虽然商业建筑包含商场购物中心、酒店餐厅以及商务办公楼等多种应用场景，但消耗的能源总体以电能为主，主要运用在暖通空调、照明系统、电梯设备方面，能耗组成间存在些许差异，由于对炊事和生活热水等需求量较低，天然气消耗量不高，便于集中管控。

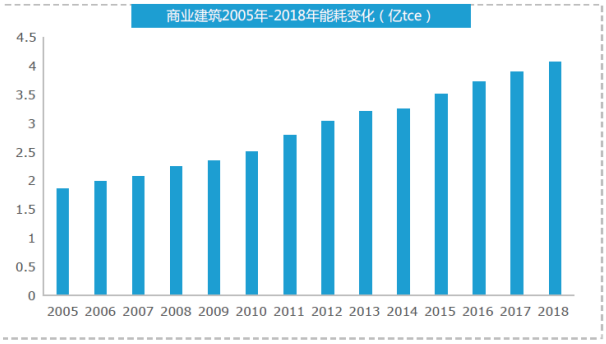


图 3　商业建筑 2005 年 -2018 年能耗变化
（来源：清华大学建筑节能研究中心）

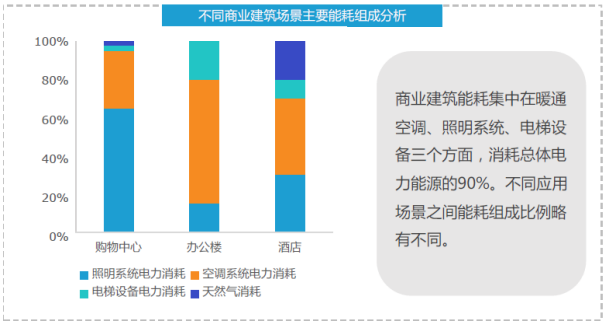


图 4　不同商业建筑场景主要耗能组成分析
（来源：清华大学建筑节能研究中心）

低碳商业建筑是未来发展主要趋势，运行过程中实现近零能耗是关键。在《民用建筑节能设计标准》的发布实施下，中国商业建筑节能以 1980-1981 建筑能耗为标准，发展至基本达到多标准实现节能 50%-75%。未来商业楼宇通过运用 AI ＋物联网新型智慧楼宇管理平台，将进一步全面实现超低能耗建筑或近零能耗建筑，实现节能 90% 以上的目标。

低碳技术赋能商业建筑全生命周期

基于商业建筑全生命周期，低碳技术在以下五大阶段进行赋能：

在设计阶段，合理利用 BIM 技术通过流程化、数字化和参数化的方式实现协同设计，减少各施工单位间的协作成本；同时通过软件和插件应用实现碳排放监测和能耗实时管理。

在建造准备阶段，运用高性能结构体系，积极应用低碳和固碳技术，例如高性能混凝土、保温材料、光伏幕墙等。

在施工阶段，实施绿色施工。政策大力推动装配式及被动房，通过预制装配式构件，或增强建筑气密性，最大化节约材料、人力和资源，缩短工期。

在运营管理阶段，通过技术驱动，人工智能、物联网、5G 等技术赋能传统楼宇自控系统，进一步提升楼宇系统智能化。实时管控商业楼宇碳排放数据，对能耗及碳排放进行监测。

在拆除回收阶段，分拣回收废弃建材，生产再生骨料，实现二次利用。

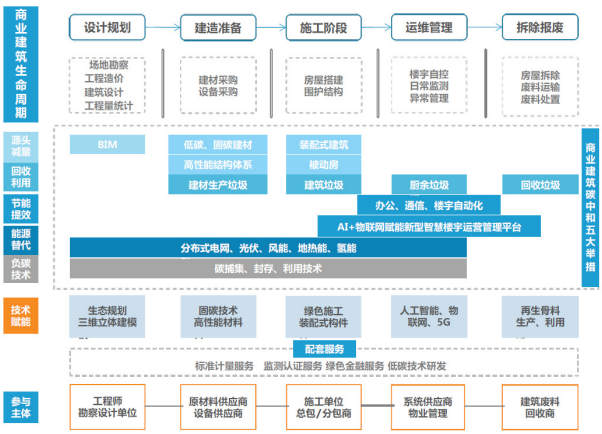


图 5　低碳技术赋能商业建筑全生命周期

实现商业建筑碳中和要从源头开始，设计规划和建材选择是着力点

实现商业建筑碳中和要从建筑设计阶段开始融合低碳理念，从楼体设计、建材选择、低碳技术运用三方面落实低碳节能理念。同时 BIM 技术的运用可以将建筑设计流程化、数字化、参数化，在节省成本投入的同时加强碳排放量和能耗的监测管理，提高节能效率。设计规划阶段，应充分考虑对建筑结构方案进行低碳优化。不同建筑结构设计导致所需建材品类及建材数量不同，既而影响建筑全生命周期碳排放。虽然木结构是实现商业建筑碳中和的

最佳结构，但由于国内政策限制、木材成本较高、“三高”（高层、高密度、高容积率）楼宇众多，国内应用范围极小。因此，混凝土结构、钢结构的减碳仍是当下关注重点。

装配式和被动式建筑是未来低碳建筑主要发展趋势。装配式建筑通过生产预制构件，并进行组装，有效缩短工期，节约人力、材料等资源，显著降低建筑碳排放。被动式超低能耗建筑通过对自然元素的最大化合理运用，降低能源消耗，减少设备运行阶段碳排放。

以可再生清洁能源替代传统化石能源系统，减少商业建筑电力消耗产生的碳排放

中国作为处于上升期的发展中经济体，对能源的需求还在不断增加，能源结构以煤为主，碳排放总量和强度“双高”。2019 年中国煤炭消费比重达到 58.0%，碳排放总量占全球比重 29.0%，其中建筑全过程能耗占全国能源消费总量比重 46.5%，碳排放比重占 51.3%。

大力发展以可再生清洁能源为根源，“发、供、用、储”的优化集成技术为基础的新型智能分布式及微电网。加速光电、风电、核电和氢能等新能源上网并网，代替传统煤炭、石油和火电等高碳排放能源，降低电网基础负荷、合理分配能源、智能管理用电，从源头上减少二氧化碳排放。

在商业建筑中以光能应用最为广泛，中国的光伏产业经过数年发展，在规模、发电成本和发电效率上都处于领先地位；风能及地热能的应用也助力实现节能减碳，但由于受到的限制因素较多，还未能达到光伏的装机规模；氢能作为“未来能源”，在减排空间上的潜力也十分巨大。

“双碳”目标下，建筑智能化转型升级契合商业建筑能源节约需求

商业建筑存在巨大节能提效空间。商业建筑节能提效是指在商业建筑全生命周期中，采用物联网等技术手段升级商业建筑管理模式，使商业建筑运行更加节约电力、热力等能源。如商业建筑中的酒店、商业综合体和办公楼等均可通过更加智能化的控制实现节能减排，即使未运用被动式建筑或 BIPV 建设的房屋，也可以通过升级运营的方式实现建筑节能。提效则是应用云计算、人工智能监测运维过程，提高商业建筑运维单位能效。运维在整个商业建筑生命周期内持续时间最长，占到 80-90% 以上，存在巨大节能提效空间。

在“新基建”的大背景下，人工智能、物联网和 5G 等先进技术与基础设施深度融合，大力推进我国商业建筑的智能化转型升级。建筑智能化利用计算机、信息通信等方面的最新技术，帮助商业建筑内的电力、空调、照明、电梯、防灾和防盗等设备协同合作，节省能源以及提升效率，提供楼宇自动化、通信自动化、办公自动化、安全保卫自动化和消防自动化的建筑环境。

中国建筑节能服务行业蓬勃发展，为商业建筑智能化转型奠定基石

中国商业建筑节能服务 2025 年市场空间有望达到 2500 亿元规模。根据中国节能协会发布的《“十三五”节能服务产业发展报告》，截至 2020 年中国节能服务业总产值 5916 亿元，亿欧智库推算其中商业建筑领域项目数量占比约 23%，约为 1361 亿元。在碳中和顶层设计下，节能服务业有望持续发展，预计产业产值在 2025 年达到 2500 亿元规模，对应 CAGR 约为 11%。中国商业建筑节能服务行业蓬勃发展，配套设施逐步完善，为商业建筑智能化节能化转型奠定基础。

建筑设备管理系统提升商业建筑运营能效，为商业建筑减碳核心

BMS 全称建筑设备管理系统（Building Management System），是对建筑设备监控系统和公共安全系统等实施综合管理的系统。主要分为 CAS 通信自动化（Communication Automation System），OAS 办公自动化（Office Automation System）和 BAS 楼宇自动化（Building Automation System）。

BMS 可以全面有效提升商业建筑运营能效。以某办公建筑为例，中央风机装机量 130 台，每日机器巡检和开关、人工手动运维等会造成大量管理成本和运转成本。通过 BMS，管理者在机器启停管理、温度湿度调整管理和应急管理等方面可以实时监控、控制，避免无效能耗。此外，管理者通过长期的运维数据收集测算建立的模型，可应用于新建建筑中。

人工智能 + 物联网新型智慧楼宇运营管理平台是未来发展趋势

人工智能、物联网和 5G 等技术的应用，为智能商业建筑的节能运行和碳中和提供了一种新的技术路径。通过物联网传感器和终端设备可以实时采集建筑物内的温湿度、人员分布、热源分布和能耗分布，可以准确分析建筑空间内的负荷需求，及时发现运维管理的弱项和盲区，通过空间模型的数据分析，实现能耗的精细化管理。

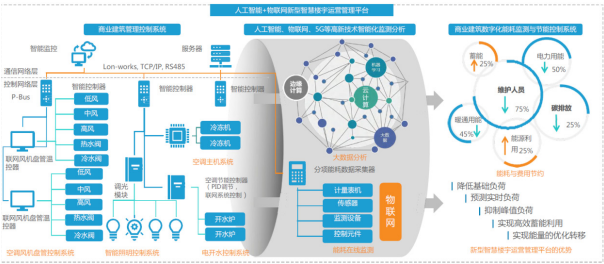


图 6　人工智能 + 物联网
新型智慧楼宇运营管理平台

魏　来 / 访谈嘉宾

今天的分享从全景图的角度为我们介绍了碳中和，以及碳减排的重要意义和路径，这也是当下很多企业正在探索的话题。企业实施碳减排或者碳中和的路径是一个制度重新建设的过程，是一个漫长的过程。在此过程当中，企业需要提高自身对于碳责任方面的认识。另一方面，双碳对于一个企业来说，也可能是一个商业机会。在商业机会的探索过程中，其实我们更应该了解其中的基本路径和科学逻辑。

万黎明 / 访谈嘉宾

建筑领域碳排放的总量庞大，建筑业的降碳之路需要从行业产业链的每一个环节上发力。从建筑行业全生命周期碳排放来看，建材生产和建筑运行阶段所占比例较大，是重点发力点所在。从具体实现路径来看，建立标准是实现双碳目标的重中之重。目前，各个行业都在发布碳中和评价方法以及碳计量标准等等，对于建筑业来说，还停留在前期摸索阶段，建立起双碳体系迫在眉睫，双碳之路任重而道远。

此外，双碳的市场风口也是一个时代机遇。据多个机构初步测算，中国实现双碳战略所需投资大约在 150 万亿到 300 万亿人民币，这意味着未来中国每年在双碳领域平均投资 3.75 万亿到 7.5 万亿元人民币，相当于全国全年投资的百分之十左右。因此，双碳市场商机巨大，企业可以抓住双碳机遇，加速实现低碳化与数字化双转型。

“培根课堂”
——术语分享之“LOD”与“LOIN”

魏　来 / 常驻嘉宾

- 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。

“LOD”（模型精细度）这个词背后对应了一些词汇，包括 Level of Detail、Level of Development、Level of Definition。

LOD: Level of Detail
Level of Development
Level of Definition

LOIN: Level of Information Need

Level of Detail

Level of Detail 这个词出现的背景在上个世纪的六七十年代，来自于计算机视觉领域，计算机学者发现如果要对一大群物体进行渲染的时候，它会非常吃计算机的算力，尤其是渲染方面的算力。那么这就要求我们要对所看到的东西进行分析，比如说物体的清晰程度、远近程度、遮挡程度等等。因此即使是同一个物体，在计算机系统当中的不同场景下，它所需要的细节是不一样的，这就是 Level of Detail。这个词后来被 GIS 所采纳。大家看地图的时候，会发现当你逐步放大时，所看到的细节会越来越多。相反缩小的时候，很多的细节都被忽略掉了。

Level of Development、Level of Definition

Level of Development 跟信息的详细程度有关系，它会含有上面 detail 的内容，同时会含有一些属性信息这类的东西，所以叫 development，也可见它跟设计阶段等都是相关的。不过由于美国对 Level of Development 包括 LOD 100、LOD 200、LOD300、LOD400 进行了版权声明，因此在欧洲（英国、德国等）大家没有采用 Level of Development 这个词，转而采用了 Level of Definition。

Level of Information Need (LOIN)

后来随着 ISO 19650 的出现，就出现了 Level of Information Need—— 信息需求级别。ISO 19650 的基本思想就是“你到底要什么样的 BIM”，换句话说“你为什么要用 BIM”。首先在需求层面上，就应该把你需要多么详细的 BIM 信息说清楚，这就是 Level of Information Need。

我们为什么需要 LOX

（一）减少计算机的算力需求

这里有一个小问题，在于我们所关注的细节的差异。比如，球体在计算机里靠三角面片来渲染，一个球体可以有一万个面组成或者有五万个面组

成，其对应的渲染速度就不一样。而渲染出来的结果主要靠人眼来分辨，人眼可能分辨不出来十分显著的差异。从用处上来讲，那一万个面可能就足够了。因此，这也是我们所说的要尽量减少计算机设备的需求。

（二）对于特定场景（如设计阶段、施工管理等）适配必要的信息

对于特定场景，需要适配必要的信息。在工程建设行业就有这样一个问题，那就是在一个场景下，比如设计阶段或者施工管理过程当中，我们管理的颗粒度决定了到底需要哪些信息。

（三）交易双方对计算设备的算力需求

所谓交易双方就是指信息的提供方和信息的需求方。交易双方对模型所包含的内容要能够达成一定的共识，这个共识靠 LOD 来体现。比如说我需要一个大致的什么样的模型，如果总是靠一种很尽量详细化的描述，会显得很啰嗦。但如果说我要一个 LOD 300 的模型，对方大概就能清楚了。因此 LOD 对于我们口头上或者说人和人之间达成一定的共识的话是有帮助的。

美国 LOD

这个词是美国优先提出来的，我们首先从美国来看。BIM Forum 是一个组织，这个组织现在也承担着 buildingSMART 美国分部的工作。BIM Forum 制定了 Level of Development （LOD） Specification, 关于 BIM 发展水平的规则，2021 年 12 月份发布的算是比较新的版本。

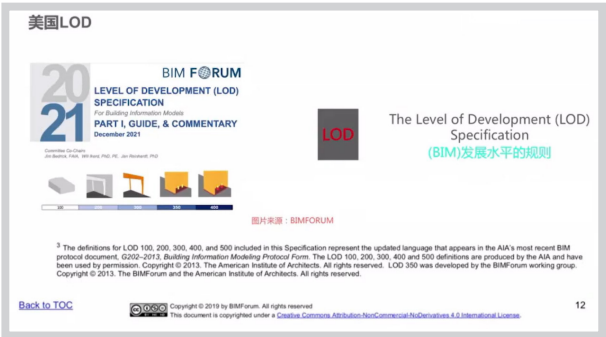


图 2　BIM Forum 及 BIM 发展水平规则

符号化表达是 LOD 100 的重点，因此 LOD 100 基本上都是一种非常简化式的表达。它有很多信息，比如每平方米的造价，这个信息就可以关联在相关的物体上，而并没有表达这个相关物。比如说楼板面积，它是按楼板建筑面积或者使用面积。没有楼板，但是面积可以同时存在，也就是说，未必有这个实物对象，也可以把信息挂载上去。

到了 LOD 200 就会有一些比较近似的几何信息，比如尺寸、形状，位置方向等等，这些都可以做一些大致的描述。LOD 200 重在一个空间的占位（placeholder），所以说它是有空间规划的功能，在 LOD 200 的空间也是三维的。所有的非几何信息都是附加的，在这上面找到一个有关联的对象（model element），将信息附加上去。

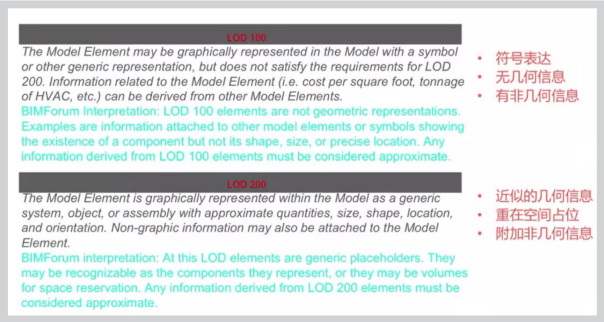


图 3　LOD 100 与 LOD 200

LOD 300 这个大家可能用的是比较多的，这些几何信息可以直接去测量，它相对来讲是可以呈现出物体本身的一些特征的形态。LOD 350 只是增加了界面，我们平常说的施工图模型基本上就达到了 LOD 350 这个层次。

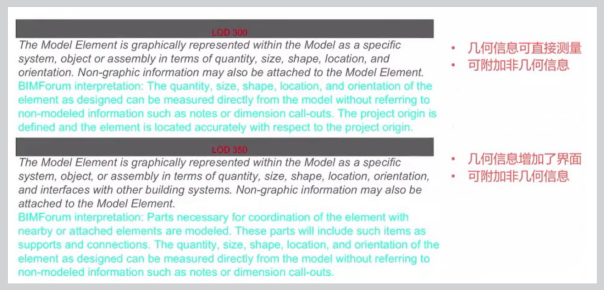


图 4　LOD 300 与 LOD 350

到 LOD 400 基本上等于我们所说的深化设计。LOD 400 的深度可以支持预制、装配、安装，当然它的非几何信息仍然是找到相关物体附加上去就可以了。如果说到了 LOD 400 的话，这个模型基本上可以延续到工程的竣工了。所以说从建设阶段来讲，到 LOD 400 就可以完全截止。

在 BIM Forum 的 Specification 里， 在 LOD 500 这写了一个 not used， 它并没有用到 LOD 500。此处给出解释，就是跟现场保持一致。并不是 LOD 500 一定比 LOD 400 更高级，没有作为一

个特定的指标。因此如果 LOD 400 已经足以反映现场的实际情况，那就不需要用 LOD 500。

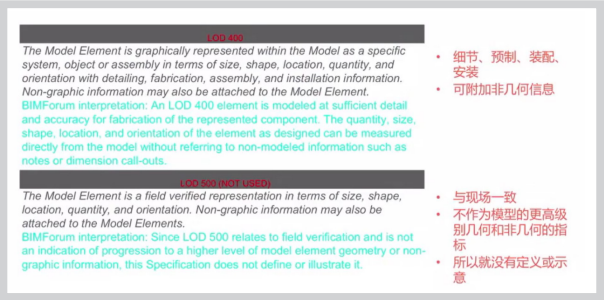


图 5　LOD 400 与 LOD 500（未使用）

此处以灯具为例来详解美国 LOD。比如说这个灯具的价格，在 LOD 100 的时候，灯具的价格就可以核算到楼板的面积里，主要通过数学计算的方式，把灯具的价格或者造价核算出来。这里也多说一句，并不是所有的国际标准说的一定是对的，大家一定要掌握独立思考的能力。

图 6　以灯具为例的美国 LOD 详解

到了 LOD 200，主要提供一些近似的尺寸 / 形状 / 位置。那么到 LOD 300，会增加很多比较确定的因素，比如包括 2 英尺宽 4 英尺长的槽灯，它的尺寸已经非常清晰了，然后到了 LOD 350 就是有确定的定型产品了。

在刚才提到的 BIM Forum 的 Specification 里大家会看到大量的表格。

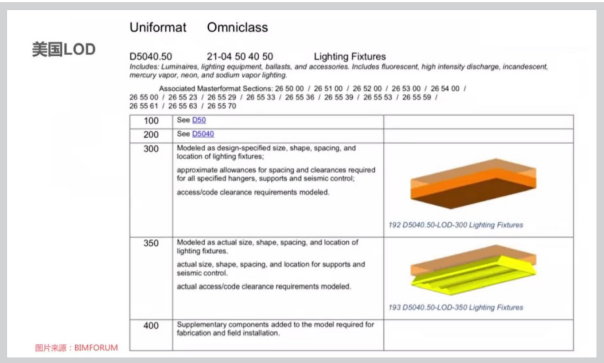


图 7　以灯具为例的美国 LOD 详解

OmniClass 综合了多个现有建筑分类标准，与我们的 GB/T51269 类似，非常通用。美国还有一个通用的 Uniformat 分类。

此处，将物体的语义作了呈现或者说是表达，但并没有给出它的属性。我们经常说属性最好的表达方式 / 呈现方式是数据模板，而在现在 LOD 体系当中，大家会发现 LOD 的重大缺陷就是它对属性的数量或者说需求语言不详。比如说一个灯在 LOD 300 有多少个参数，是 48 个还是 95 个，没有办法说明白，LOD 一直处于一种模糊状态。

究其原因，除了跟一定的需求表述有关系，另外一个原因在于，国外没有类似我们住建部编制的官方深度文件，国外的相关文件主要由行业自发的组织发布。比如说画不画这个灯，我国都有相关文件深度规定，而国外更多是一种市场型引导的模式。

英国 LOD

严格地说，英国 LOD 有概念，没有标准的进一步阐述。LOD 在英国有时也叫 LOG（Level of Geometric Detail 几何表达精度），大家看文献的时候可以根据上下文来分辨。主要需要掌握的是，LOD/LOG 是对于几何内容的描述，LOI 是对于属性内容的描述，有几何与非几何的区别。

图 8　英国对于 LOD 与 LOI 的定义

在 GB/T 51301 里，我们认为 LOD 首先体现了内容的有和无，包括项目、功能系统、构件和零件四大类。

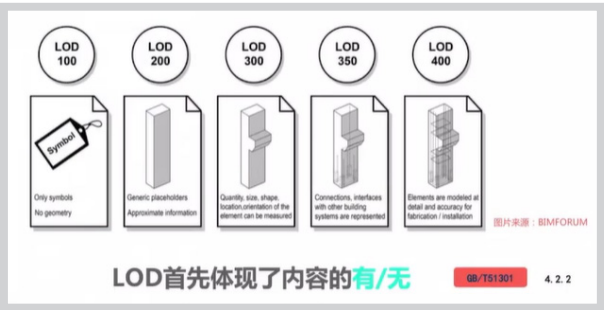


图 9　交付标准的 LOD

由于美国有 LOD 的版权声明，因此我们在 GB/T 51301 用 LOD1.0 和 LOD2.0 代替。最后一列是不同等级所包含的最小模型单元，比如一把椅子出现螺丝钉，那 LOD4.0 代表的就是螺丝钉这个零件级模型单元，而这把椅子就是一个完整的构件。

LOD首先体现了内容的有/无

GB/T51301 4.2.2

4.2.2 建筑信息模型包含的最小模型单元应由模型精细度等级衡量，模型精细度基本等级划分应符合表 4.2.2 的规定。根据工程项目的应用需求，可在基本等级之间扩充模型精细度等级。

表 4.2.2 模型精细度基本等级划分

等级	英文名	代号	包含的最小模型单元
1.0 级模型精细度	Level of Model Definition 1.0	LOD1.0	项目级模型单元
2.0 级模型精细度	Level of Model Definition 2.0	LOD2.0	功能级模型单元
3.0 级模型精细度	Level of Model Definition 3.0	LOD3.0	构件级模型单元
4.0 级模型精细度	Level of Model Definition 4.0	LOD4.0	零件级模型单元

图 10　GB/T 51301 里对于模型精细度等级的划分

在交付标准中，LOD 与模型单元的呈现体系相联系，图 12 就是以“排水系统”为例的模型精细度和模型单元，这边不再赘述。

图 11　交付标准的 LOD（模型精细度和模型单元）

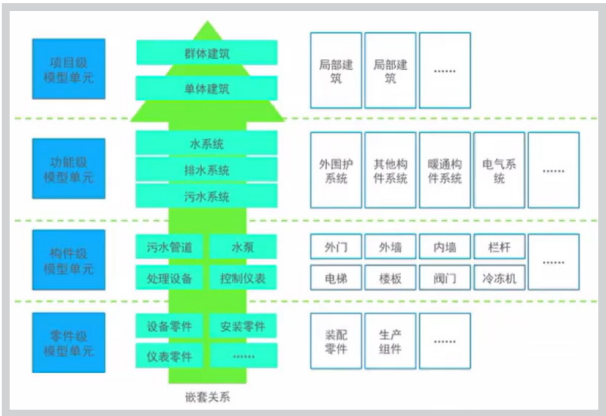


图 12　以“排水系统”为例的模型精细度和模型单元

几何表达精度与信息深度是分开的，Gx 相当于英国体系里的 LOD 或者 LOD，Nx 相当于英国体系里的 LOI，Gx 与 Nx 两者加到一起就是 LOD。

从下图（图 14）的坐标轴来看，当然 Gx 与

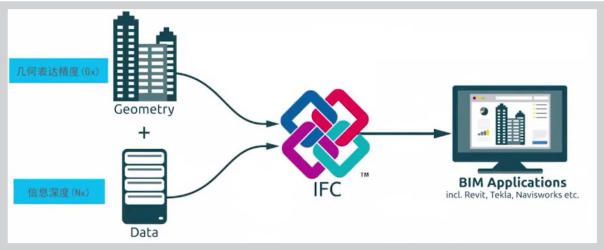


图 13　交付标准的几何表达精度 Gx/ 信息深度 Nx

Nx 双高的时候，模型最精确，细节最丰富。个人认为，当我们的计算机足够强大，算力足够，并且时间、精力和费用条件都满足的情况下，模型当然建得越精细越好。然而，当下我们还无法满足这样的条件。此外，模型精细度主要由我们的需求决定，比如灯泡，我们并不需要把灯泡内部的灯丝等细节都建出来。而对于某些关键节点，比如钢筋的节点，当然越细越好。最关键的就是要保持“适用”原则。

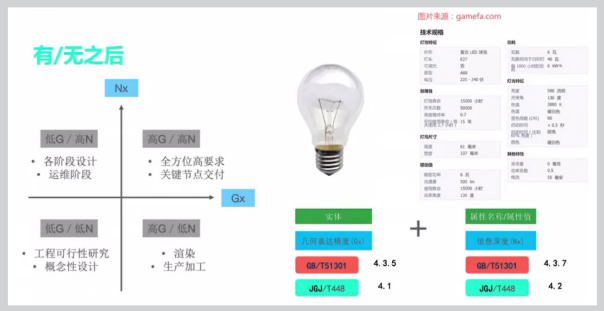


图 14　以“灯泡”为例的几何表达精度 Gx/ 信息深度 Nx

Level of Information Need（信息需求级别）

在 ISO 19650 体系中 Level of Information Need 是定义信息广度和颗粒度的框架，并提到 LOIN 的目的之一就是避免冗余信息的交付。

ISO 19650

Level of Information Need （信息需求级别）

术语定义：

framework which defines the extent and granularity of information
定义信息广度和颗粒度的框架

Note 1 to entry: One purpose of defining the level of information need is to prevent delivery of too much information.
定义LOIN的目的之一就是避免冗余信息的交付。

图 15　ISO 19650 中 Level of Information Need 的术语定义

信息容器 -Information Container

信息容器与 CDE 的概念在思想午餐第二季第 27 期专门讲过，此处主要提一下信息容器的要点提到内容明确，具有相应的 Level of Information Need（LOIN）。每个信息容器都有自己对应的 LOIN。

信息容器是一个很宽泛的概念，包含模型，也

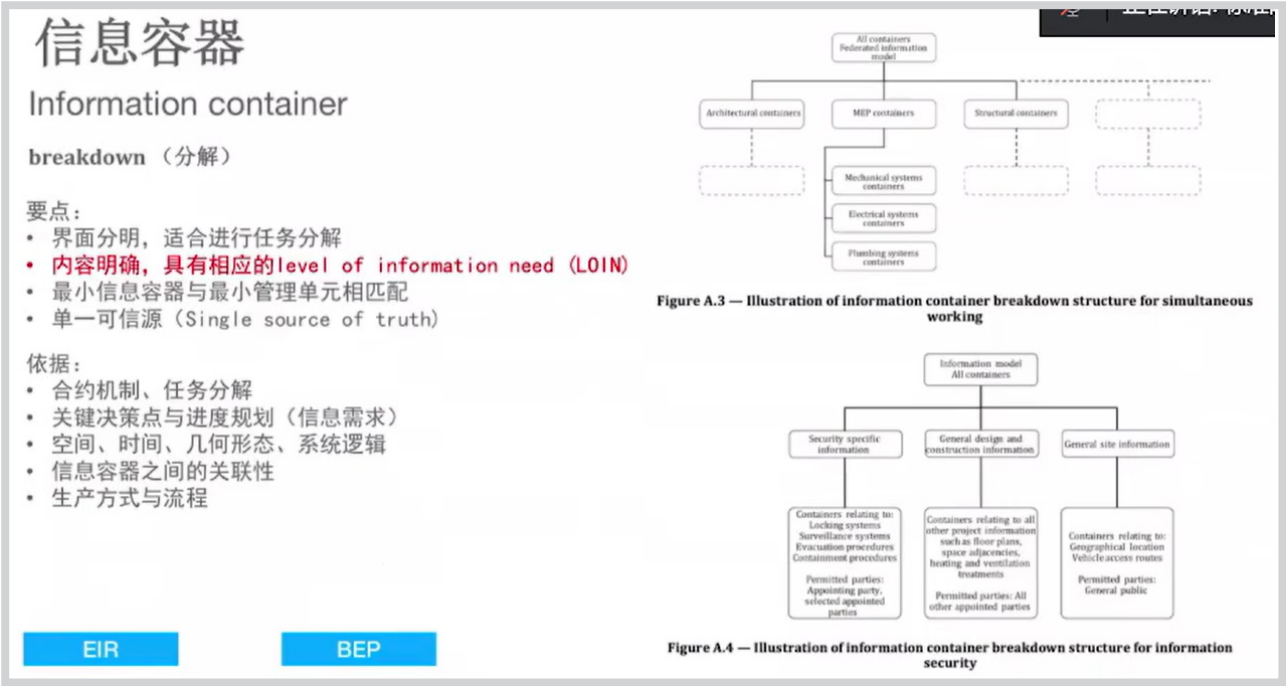


图 16　信息容器

包含各种文档。我们用 CDE 来组织这些信息容器。以集装箱来举例，每个信息容器作为一个集装箱，里面包含了不同的 LOD 与 LOIN。

EN 17412 是欧盟标准，也叫欧洲标准，目前正在转化成 ISO 7817。在这边标准里的 LOIN 主要包括三个要素：1）geometrical information 几何信息; 2) alphanumerical information 文字性信息; 3）documentation 文档集合。

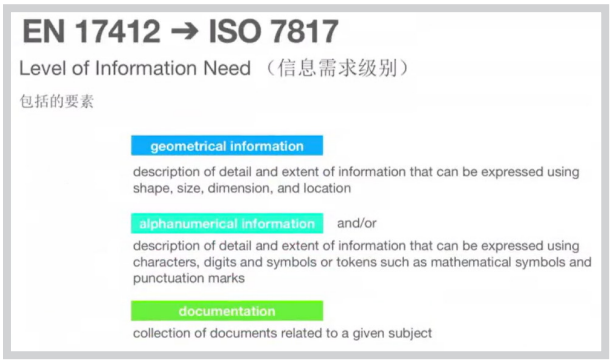


图 17　EN 17412 标准中 LOIN 的要素

EN 17412 标准中，制定 LOIN 需要考虑的因素包括：

- 信息交付的目标
- 信息交付关键节点
- 信息需求方和提供方
- 结构化分解的工程对象

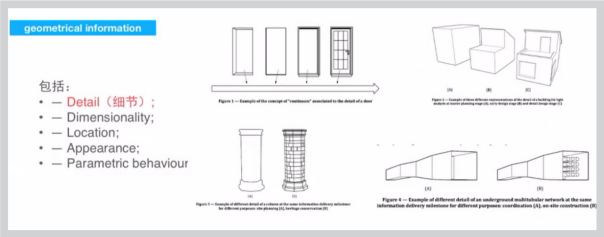


图 18　EN 17412 标准中约束几何信息的五大要素

在几何信息中，约束几何信息五个要素：

- 细节 -Detail

所谓细节，从图 18 可以看到，窗户从一个洞口到窗的把手的出现，以及通风管道里各种子管道、电缆等等都是细节。

- 维度 -Dimensionality

维度指的是比如一张床需要化成平面的二维还是立体的三维，或是以一个点来代替这张床的零维。

- 位置 / 方位 -Location

方位包括位置（position）与朝向（orientation）。Location 分为绝对位置（absolute location）与相对位置（relative location），比如有参考线或参考的位置就是绝对位置。比如墙上有一个窗户，墙与窗户的关系就是相对位置。

- 外观 -Appearance

如图 19，虽然 4 个门的细节一样，但纹理和颜色都有不同，这也叫外观上的不同。

图 19　不同外观的门

- 参数化方式 -Parametric behaviour

参数化方式也就是几何建模的方式，以图 19 为例，一个立方体 A 可以从八个点去描述，当拉伸任何一个点立方体就会产生如 BCD 等不同的变形。

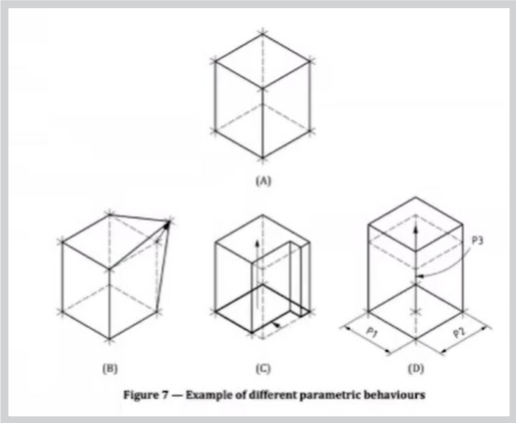


图 20　以“立方体”为例的不同参数化方式

文字性信息包括：identification（身份）和 information content (信息内容)，此处也不再展开阐述，值得注意的是，信息内容一定是和需求相关的，一事一议。

图 21　文学性信息与文档集合

Documentation（文档集合）认为 LOIN 有很多的信息无法通过模型体现，而是需要各式各样的文档。这些文档可能是报告、指南、手册、照片、手绘图有效法律文档等等。由此可以看出，最终的交付物可以粗略分为模型和各种文档。在 BIM 当中这两者不能完全分开，比如图纸应该属于文档的一种，但同时图纸由视图组成，而视图属于模型的一个呈现。因此，模型和文档两种交付物不能完全分开，而是由模型当中的某一特定对象所挂载的文档来进一步说明此对象所需要的信息或者所描述的信息。

总结来说，今天是对于各国 LOD 与 LOIN 的一个介绍性的内容，大家在制定企业标准或者项目标准时可以参考相关文件做进一步研究。

基于云原生的新一代协同设计平台
——华建生产系统（DPS）案例介绍

2009 年本科毕业于复旦大学信息安全专业，2014 年获得复旦大学计算机软件与理论博士学位。在计算语言学 & 自然语言处理、信息与知识管理等领域国际顶级学术会议 ACL、CIKM 上发表相关高水平科研论文。2014 年加入华为，担任消费者业务云架构与安全高级工程师。2016 年任竹间智能人工智能机器人知识图谱部门负责人。2017 年开始从事 BIM 数据管理、数字孪生城市、云协同设计平台等相关的研究和产品开发。2018 年开始带领研发和技术团队，负责华建集团信息化升级改造项目新华建生产系统（DPS）并顺利交付和实施。

产　文 / 特邀嘉宾

作为数字经济时代的核心生产力，云计算和大数据技术正在处于一个不断上升和发展成熟的阶段，越来越多的云原生应用正在各行各业不断涌现。然而，面向大型工程设计企业生产和数字化、智能化管理，以及为中小设计院数字化转型升级提供的协同设计与生产管理云原生平台却鲜有所闻，亟需相应的整体化解决方案。华东建筑集团股份有限公司作为国内工程设计咨询行业的龙头企业，认真贯彻习近平总书记“勇当改革开放排头兵、敢为创新发展先行者”的要求，为实现“中国设计、国际一流”的能力和水平，始终站在行业信息化建设的前列，积极拥抱新技术变革，自主设计研发了基于云原生和数据驱动的新一代协同设计与生产管理平台——华建生产系统 DPS。

华建 DPS 平台为集团设计生产业务提供了一个互联互通的生产工作环境，设计师在平台上开展设计协同与交付，管理人员高效地开展生产管理工作，涵盖立项、设计策划、协同设计、二三维协同、校审及审批、过程表单管理、基于 ISO 的请印、出图全业务流程，为设计全过程赋能。平台采用 CS/BS 混合架构，提供客户端、Web 端、pad 端、移动端等多终端便捷网络接入，打造全过程多角色、互联互通的工作环境，实现产业链上下游协同。支持基于广域网 + 企业云的全国化异地分布式协同设计，涵盖企业设计生产全要素、全流程管理，基于数据驱动进行生产管理和协同设计数据管理与服务。

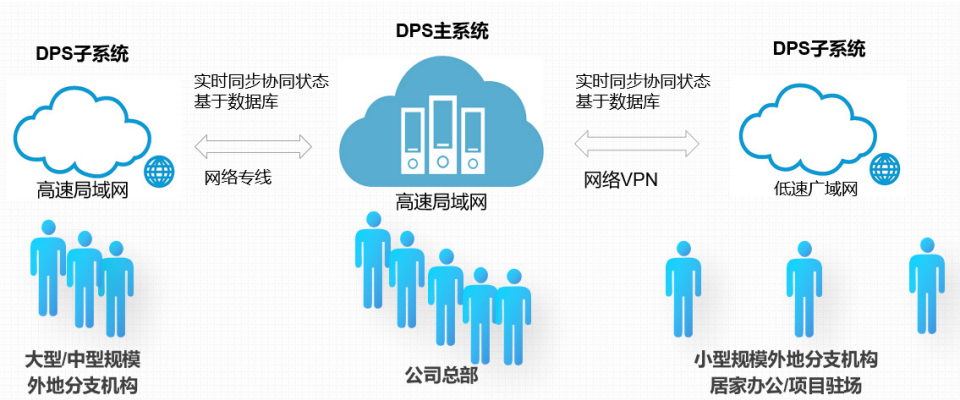


图 1　基于混合云的全国化异地部署架构

云原生

DPS 系统在设计之初就充分地考虑了企业的发展，行业的发展和信息技术的发展现状，采用云原生 + 微服务技术框架开发全新一代协同设计和管理平台。作为面向“云”而设计的原生应用，DPS 平台可以充分发挥云计算的弹性和分布式优势，实现快速部署、按需伸缩、不停机交付等功能，提高系统的大规模应用稳定性、可扩展性。系统底层架构可随云计算技术发展而不断改进和优化。DPS 以高效的 DevOps 敏捷迭代开发方法快速迭代，建立高效快速的反馈系统，不断提高产品质量和客户满意度。

在上海疫情管控期间，DPS 完美发挥了云原生平台的技术优势，平滑支撑了华建集团数万名设计师隔离在家协同办公的需求和压力，尤其是在时间紧任务重的 200 多个方舱医院的项目过程中，实现高效的协同设计过程和图纸的顺利交付出图，为全面抗击疫情，打赢大上海保卫战，做出了国有企业的担当和贡献。

数据驱动

DPS 始终坚持以数据驱动设计，突出数据管理的核心作用，充分发挥成熟的关系数据库 +NoSQL 数据库、NewSQL 数据库技术，设计生产数据库，数据库资源池，通过 web 服务和数据库中间件，实现数据共享和整合，提供标准化和跨平台跨语言的 REST API 接口，兼顾遗留系统数据交换，为未来企业大数据应用奠定数据基础。DPS 平台顺应软件国产化的发展趋势，不立足于某一款软件，支持各类适用应用软件特别是国产软件的集成和使用，具有软件在端侧、数据在云上、计算与存储分离、内容调配 CDN 优化等特点，是通用的设计全过程管理平台。

全过程管理

华建生产系统 DPS 是华建集团企业信息系统的核心系统。协同设计是指在一个完整的组织机构共同来完成一个项目，项目的信息和文档从一开始创建起，就放置到数据共享平台上，被项目组的所有成员查看和利用。协同是共享信息、分析信息、完善信息的过程，包括设计各专业之间的协同、设计和施工等项目上下游企业之间的协同，还包括二维设计与三维设计之间的配合，甚至包括建筑全生命周期内的信息传递。

全过程数字化管理可以实现工程设计领域的全过程数字化成果交付和应用，DPS 基于业务全过程无缝的对项目全过程的数据实行全面有效的持续收集工作。无论是设计文件、图纸、文本、过程表单 (包括项目建议书、设计报告、审批文件、合同、协议书等)，还是协同过程中的操作行为、社交讨论文本，都会以最有效的方式进行数据的提取和高效索引。尽可能最大程度将非结构化的图元、文本和图像进行结构化和半结构化解析转换，最大化知识抽取和利用的效率。

大数据与人工智能

随着持续的系统使用推广，涉及房屋建筑、地勘地质、市政设施、建筑建材、室内装饰等领域的海量的设计数据与知识在 DPS 上不断积累沉淀。这些信息中约 85% 是半 / 非结构化数据。面对庞大复杂的非结构化数据，如何处理好信息的存储、管理和分析至关重要。DPS 通过大数据与人工智能技术，通过对海量设计数据进行数据挖掘和知识再利用，提高设计效率与质量，赋能设计业务。主要包括：

1. 智能语义检索。通过自然语言理解和深度学习技术对文件名、文件内容，特别是一些概述部分的内容进行检索、提取，自动语义标签来快速检索比较适合的历史设计文档，可以深入到具体段落级别。甚至对 dwg 等设计文件，图片等非结构化数据也能实现对象级的内容深度检索，对目前存储的四千万的项目历史数据可以支持秒级的精准查询。

2. 基于 AI/ 机器学习的“自生长”设计图元库。对经过分类的图形利用图像识别技术能够不断地把图像中关键、大量复用的部分提取出来做成图源，形成动态的“自生长”设计图元库，确保图库持续更新，这种通过事实基础形成的参考图库会更加高效，更具备实用性和生命力。

3.CAD 识别及智能化布局研究。在设计图元库的基础上面，基于对这些图源在图纸上的分布位置、布局上的研究，尝试做一些自动设计方面的研究。

4. 小样本图像分类模型。设计完成了小样本图像分类模型，测试分类精度超过 85%。采用 10-20 张手工标注的图像即可以训练出较为理想的图像分

类模型，大幅度降低手工标注的工作强度。设计交互式分类工具，自动对华建大数据系统中的图像进行分类，对 200 万图像文件进行标注。

适用范围

DPS 已经通过在华建集团的实践来不断提高产品化的程度，可以快速便捷地在中小企业进行实施和落地。支持各类工程设计企业（人数从数十万人到几十人的大中小型企业或团队）的数字化转型，开展线上分包、云端协作和数字化管理，通过云计算和大数据提升设计项目运行的效率，提升设计质量。第一，DPS 采用的云原生框架，适合在不同规模的企业灵活伸缩部署，满足不同规模企业在线协同、异地协同、居家办公的需求；第二，系统采用的云原生开发前后端技术栈，支持对企业的诸如人员架构、专业、流程、过程表单和协同标准等进行快速适配，快速落地；第三，部署完成后，提供支持动态调整，不宕机更新和自动故障重启等云原生的自动化运维工具和服务，保障生产业务的不间断稳定运行。

魏　来 / 访谈嘉宾

华建集团在协同平台方面的实践工作非常扎实，我很欣慰的是今天的分享全程没有提到 BIM。现在行业内一直在强调用 BIM 协助协同，我们可以反问自己一个问题，在没有 BIM 的情况下，我们的协同工作做得好不好？在很多基础工作都没有做好的情况下，盲目追求 BIM 的协同，恐怕只能是一个空中楼阁。而华建集团所做的平台是面向业务场景和一线设计师的应用去开发的，因此这套系统非常贴近日常的工作流程，包括图纸的分级管理、签章电子目录的生成以及后续的存档和知识库的形成等等，都是实际业务中每天都会遇到的问题。

问题一：未来，协同还是会向 BIM 发展，请问华建集团协同平台的后续开发会有哪些考虑？

产文：对于 BIM，其实我们已经有一个专门的 BIM 技术管理平台。这个平台已经实现了 Revit 、Tekla 等三维设计软件的协同，以及基于图纸集进行协同和批量出图等功能。目前 BIM 的研究和发展已经进行到了具体的标准格式，也就是 FC 标准格式上的研究。华建的 DPS 生产平台生产数据库管理其实就是基于 FC 标准的数据交换和数据管理，有一个强力的数据库进行支撑。这个 FC 的数据库，我们将来也打算对外发布。

另外关于 BIM 如何真正进行高效的存储和查询，BIM 数据的展现，以及 BIM 的轻量化展现等内容，我们从 2005 年的时候就已经开始这些方面的研究，在这个过程中跟 DPS 的开发同步进行了一些产品的研发和相关的研究。

问题二：最近做民航的资料管理规程，我深切感受到整个资料管理是一套非常科学的体系。从文件的形成、收集、整理到最后的归档和整个档案的移交，整个过程中很容易做得不规范，比如说文件命名的不规范或者文件保存、上传等版本不规范等问题。就文档管理问题，请问华建是如何处理的呢？

产文：目前华建的 DPS 系统对相关项目过程中的文档有非常严格的规范。事实上，在原来的线下文档转变成在线表单的过程中，元信息管理就已

经十分规范了，因此不会出现命名不规范等问题。我们针对线下上传的一些文档还有图纸都有相应的过程管理，表单里都有相应的元数据作支撑，包括一些数据的标签等，在上传的时候也会有自动的规范化引导等等。

对于您提到的，假如现在已经有了一些文档，在没有这个系统的情况下要如何管理。个人看来，这些数据其实大部分都是非结构化的数据，我们可以建立一些关联，也就是文档级的结构化，做到非常强的搜索和分析的功能。简单来说，就是非结构化数据里的知识提取。针对 BIM 里的设计图纸等文件，也可以借助大数据还有 AI 的自动识别，这些方面我们也还在研究当中。

万黎明 / 访谈嘉宾

整个华建集团有很多分支，个人看来协同的推广是一个复杂且有挑战性的过程。

问题一：华建的协同系统在推广和落地的过程中遇到了哪些困难，又是如何解决的？

产文：系统最新上线的时候，确实面临了很大的推广压力。我们采取的策略是先给一些新人团队做大量试点项目进行推广。同时，一些特批的线下项目必须在平台上完成，此过程也促使他们使用平台其他的功能，发现此平台的价值。总体来说推广比较顺利。当然，传统 Windows 上基于局域网的协同的确在速度上具有优势和便利性。为了实现更平滑的过度，我们在平台上设置了类似 Windows 的导航器，同时提供了一些协同辅助，自动拆图、出图及相关的打印等等，此外，过程文件和流程流转的签章都可以在线上自动进行。

问题二：目前云协同速度如何？比如云端上传了一个文件，接收方要多久才能看到更新？

产文：文件是实时更新的，当然云平台最终还是取决于网速。

公路工程 BIM 应用现状及衍生

天宝公司工程施工解决方案技术负责人，目前主要负责中国区数字化施工及设计软件业务。在天宝公司工作的 8 年间，参与了多个数字化施工项目，例如北京大兴国际机场飞行区数字化施工项目、柬埔寨金港高速数字化施工项目等。在公路设计行业，与全国 20 多家甲级公路设计院有着密切的交流，致力于改变传统的工作方式，熟悉公路行业 BIM 发展的现状。

陈　超 / 特邀嘉宾

1. 公路 BIM 发展历程

与建筑行业相比，公路行业的 BIM 发展起步较晚。2016 年 2 月交通部印发了《交通运输重大技术方向和技术政策》的通知。2019 年 4 月江苏省发布国内首个公路行业 BIM 省地方标准。直到 2021 年，交通部才陆续发布了 BIM 模型应用标准。

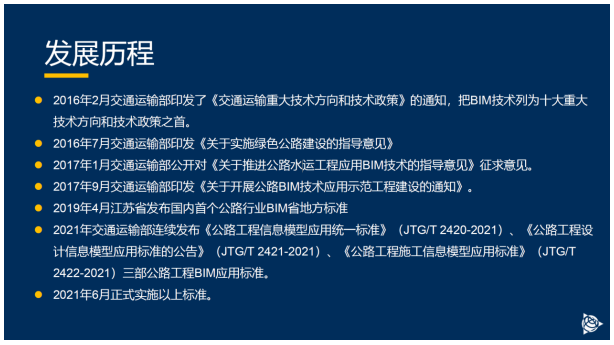


图 1　公路 BIM 发展历程

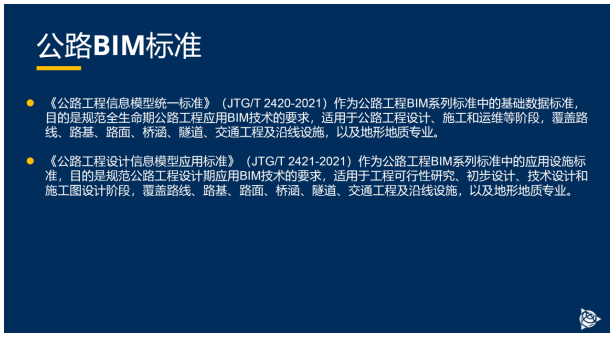


图 2　公路 BIM 标准

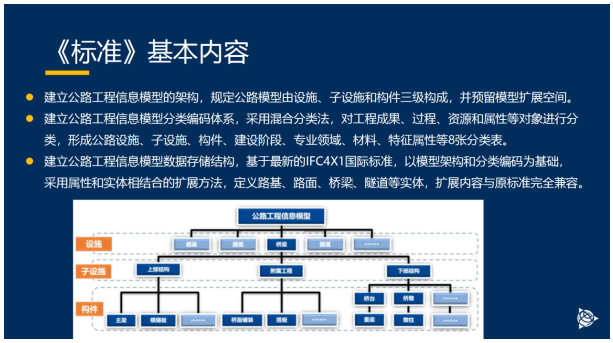


图 3　《标准》基本内容

公路行业的标准制定与建筑行业相比，整整晚了一个五年计划。但有利的是，在整个标准的制定过程当中，公路行业参考了建筑行业的经验。

2.BIM 在公路行业的应用

方案比选

在公路项目，可以根据设计意图快速建模，利用空间三维模型动态表达设计意图，软件导出的模型构件材料表估算造价成本，最终实现多个设计方案对比。

对于线性工程来说，地质因素非常复杂，用地审批越来越严格，因此前期的方案比选非常多样化。此外，从政治与经济角度来看，公路的设计如何带动沿途地区的经济也是重要考虑因素。因此在路线方案比选阶段，设计工程师的总体考虑内容非常多。

以往路线设计的手段可能就是通过在上面先平纵横拉一个平面，然后跟业主还有地方进行多轮的讨论，来最终确定路线最佳走廊带。现在有了 BIM 技术之后，再加上 GIS，可以在软件里面进行参数化的设置，由软件自动地去根据设置内容来计算出合理且可行的走廊带。

深化设计

初步确定了路线方案后，下一步就是深化研究，通过精细、严格控制建模过程，核算工程数量和造价，并利用建模软件在施工之前对模型做碰撞检查，提前发现钢筋、管廊、施工工序中的碰撞问题，提前发现施工风险，减少变更成本，对于缩短工期和提升设计质量具有突出价值。

进度计划和工序模拟

完成深度模型计算与设置之后，需要对模型数据进行衍生及后续的利用。在进度计划和工序模拟当中，通过 BIM 能够在时间、空间两个维度同步模拟施工进度情况，实现重点工程、工点的施工方案预演，分析评判施工工序、手段的科学合理性。

天宝在 2014 年收购了 Tilos，从下图（图 4）可以看到 Tilos 的生产规划方法，其中横轴是里程单位，纵轴是时间单位，在图上进行工期的编排与规划。对于计划员来说，可以一目了然地看出工期的编排。

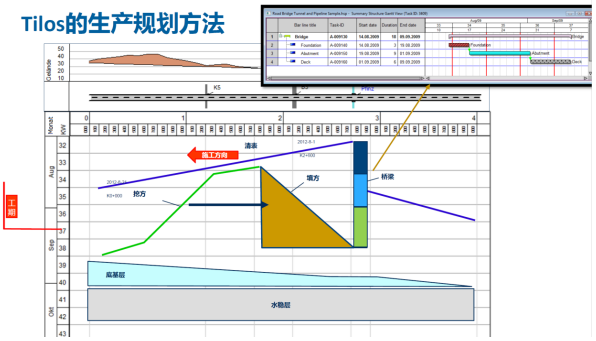


图 4　Tilos 的生产规划方法

Tilos 并不仅限于表面工序的设置，其中的每一个工序的内容都带有工程属性。我们在前期有了很好的模型基础，通过模型可以到每个位置看到工程量多少、路面材料等内容，这些数据可以挂接到施工进度上。如果施工工序的模型有了变化，施工工程量也将有一个对应的变化。这样不仅可以通过模型驱动数据，也解决了施工中各种变化赶不上计划的情况。目前应用最好的在是石油管道行业，国内的铁路行业也在逐渐推广此项应用。

图 5　Tilos- 基于数据模型的规划

数字化工地

有了模型基础和现场的施工进度，目前我们在用的技术手段就是将模型带到施工工地上，利用三维模型指导现场人员、机械设备施工。

传统的测量更多的是通过纸质材料来现场放样和测量，再进行数据对比。现在通过工地定位系统，我们可以直接将三维模型导入，通过模型进行检测。

图 6　工地测量定位

就地基处理解决方案而言，我们在桩机钻机设备上进行设备安装，可以指导现场机械设备进行作业，同时记录工作的过程与结构，比如夯基的次数和能量。

图 7　地基处理解决方案

同理，目前的手段也可以自动控制推土机的铲刀，来达到整体的施工质量。下图（图 8）可以看出，左边是传统工艺推平的结果，右边是通过机械控制

完成的效果。

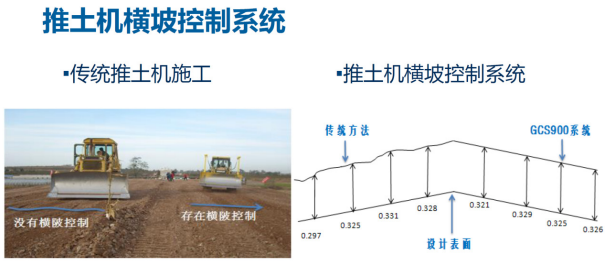


图 8　推土机横坡控制系统

在公路项目里，会遇到很多横坡和纵坡的变化，以及在弯道的坡度变化。传统施工需要测量人员配合，机手会无法独立进行刷坡和挖槽施工，需要角度尺，放样坡顶线等工作进行辅助，不仅效率低、成本高，且有安全隐患。而通过控制系统，机手可以独立完全按照设计施工，减少了现场放样工作，也减少了现场的安全隐患。在最新的 Earthworks 系统中，可以自动控制铲斗的深度和倾斜调整到正确的角度。

图 9　Trimble Earthworks：挖掘机自动控制

国内目前用的最多的还是我们的摊铺控制系统。作为施工质量的最后一道关，传统的摊铺主要通过挂线进行高度控制，而 3D 摊铺可以通过将设计模型导入控制系统来控制高度。如遇到边坡 / 横坡的变化，也可以通过模型驱动现场机械进行调整。

图 10　摊铺控制系统

3. 条件与阻碍

有利条件

政策导向及行业标准出台，给公路 BIM 发展提供了土壤。同时，制造业数字化的成功转型，建筑与铁路 BIM 发展日渐成熟，给公路 BIM 提供了丰富的经验肥料。各种设计施工 BIM 平台初具雏形。科技的不断发展，给行业发展提供了基本的生产工具。此外，随着教育的快速发展，从业人员素质不断提高，都为公路 BIM 的发展提供了有利条件。

困难与阻碍

然而，公路 BIM 行业起步较晚，衍生工具的研发和开发相对滞后。施工方案、技术交底的编制也一直是以施工图纸、技术规范和施工现场实际情况为依据。并且现有劳动力和生产设备物美价廉，新技术难以立竿见影的转换成实际生产效益。同时，目前设计、管理、施工的一线人员，使用新技术的意愿普遍较低。因此公路 BIM 的发展任重而道远。

个人看来，公路的结构相对建筑结构较简单，那么公路工程使用 BIM 的主要优势有哪些?

魏来：对于这种大尺度的项目，尤其是线性工程 , 我们希望都做到 BIM 和 GIS 的结合。国际上也在研究如何让 BIM 与 GIS 融合或者通过映射的方法将两者进行勾连。现在从 ISO 的层面上，包括 buildingSMART 也正在制定一系列的标准。但现在的基本形态就是 BIM 与 GIS 分离，还没有完全融合在一起。

此外，这种大尺度的线性工程使用 BIM 的时候，三维仿真模拟非常重要。比如模拟打通隧道或者架桥梁等，都需要有一定的仿真来考虑选线的合理性。而以往传统的二维作业方式或者非数字化作业方式当中，很难判断地形地势等复杂情况。

就公路本身而言，它的主体结构就是上部结构和下部结构，并且相似度较高，因此使用 BIM 相对简单。如果工程项目标准化程度比较高的话，可以形成一个构建库，快速建模。思想午餐第二季第九期和第十期我们邀请了上海城建集团的李慧总介绍了绍兴快速路项目，就是采用了这种构件库的模式。

机械的调配，人员调配也很简单。对所有的梁以及桩等进行编号。何时生产，运到现场的路线如何，通过什么设备进行吊装，都可以用 BIM 技术进行仿真。此外，最大的应用点在于项目建成之后这套资产可以直接移交给养护管理。

另外一个重要的应用点在于，这种线性项目要防止主体结构出现裂缝。现在可以通过激光扫描技术，比如说裂缝宽度大于多少，甚至包括一些路面的破损，都可以通过 BIM 文件进行比对判断，然后很精准地派人定点维修。

在公路的养护过程当中，BIM 效益非常明显。丹麦和瑞典之间有一个跨海大桥特大型项目，既有跨海大桥部分，也有深入到海底隧道的部分，这个项目就用了数字化技术进行巡检。当然，目前国内这方面也应用得非常好，这也是 BIM 的价值能够充分体现的地方。

万黎明：今天的分享中提到了选线方案中要考虑政治与经济因素，那么如何定义最优路线？此外，个人看来在线路选择的最终决策可能还是得由人来决策，那么这个系统需要辅助到什么程度?

陈超：像旷达系统的智能选线非常好理解，就是自动选线，其实减轻了设计人员的计算量。在路线总体的前期规划设计中，我们需要进行多方的论证以及地质的考察。比如，我们在前期了解了地方政府给出的不同建议，结合地质情况，有了 AB 两条线路，软件能帮我们做得就是在设置了不同条件后，快速计算工程量、工程规模和粗略的造价。工程师的工作就是根据这些量化的指标，综合评判，选择最优路线。

破局共生　数字赋能
现代化低压电气企业发展方向分享

现任德力西电气芜湖基地运营总经理，负责德力西电气芜湖基地整体运营工作。拥有超过 20 年成功的公司运营及生产管理经验，并在低压电器行业深耕十余年，精通精益生产与供应链管理等运营工作。在工作中擅于引领创新，致力于以数字化、自动化等现代化生产方式，打造高效可持续的智能化生产模式，并积极培养人才。

毕业于香港理工大学，物流专业硕士研究生学历。

孙茂宽 / 特邀嘉宾

1. 公司简介

德力西（芜湖）有限公司成立于 2011 年，为德力西电气全资子公司。德力西芜湖基地是德力西电气最大的一个单体工厂，坐落于长江边。整个园区占地面积 500 亩。

图 1　德力西芜湖基地

主要服务的客户包括房地产行业、电力行业、工业控制行业。主营产品包含小型断路器、小型漏电保护断路器、塑壳断路器、塑壳漏电断路器、框架断路器开关、自动化开关电容器。除提供产品外，也会按照客户的需求提供定制化的解决方案。致力于为客户提供安全、可靠、高效的工业自动化的用电环境。

2. 生产系统

德力西生产系统 DPS 是指导生产的一个重要

图 2　德力西电气业务覆盖领域

体系。DPS 参考施耐德的 SPS 作为蓝本，SPS 是施耐德的生产系统，指导施耐德供应链在精益生产和智能制造方面不断的改进和创新。DPS 是在 SPS 的基础上，根据德力西的业务要求以及自身的管理，包括生产管理、物流供应链管理、质量管理、人员管理的一些特点，量身定制的一个生产管理系统。

图 3　德力西电气生产系统（DPS）

目前我们的自动化率可以达到 80% 多，尤其是在关键的终端产品线上，自动化率达到 97%，并且车间采用自主研发的 AGV 机器人进行产品和原物料的运输。

图 4　德利西电气生产自动化的覆盖

3. 智慧园区

德力西电气作为低压电气行业、制造行业的领军企业，一直在自动化、数字化、网络化和智能化道路上不断探索。2020 年，面对突如其来的疫情，中国制造业像是面对了一项突击的测试，在先后经历了劳动力不足、原材料短缺、复工复产比较缓慢等困境之后，我们也开始重新审视整个企业的数字化转型之路。

智能制造是推动企业转型和加快企业高素质发展的一个重要抓手，同时智能工厂又是成为制造业转型的一个枢纽，因此智能工厂的核心地位和关键性在转型中非常重要。不久前，德力西电气将智能制造树立行业标杆作为企业下一阶段的核心战略之一。并将数字化转型提升为企业核心竞争力的关键，力求在工业 4.0 全球推进的浪潮中，实现企业自身业务重组和转型。

今年正好是芜湖基地建立投产的第十个年头。在这期间，我们持续通过数字化转型赋能制造基地，积极探索全新的制造模式、运营模式和决策模式。

下面介绍一下芜湖基地对于数字化的战略布局。数字化转型建立在数字化转换、数字化升级的基础上，进一步触及到企业的核心业务，以建立一种商业模式作为目标的高层次的转型。我们一直在组织、业务和技术三个维度上不断的积极推动、相互促进。这种转型的模式主要通过应用人工智能分析、边缘计算、云计算等技术构建工业互联网平台，使数据资产化，让数据可见可用，并源源不断地产生数据，更好的支撑和服务于业务。同时，结合企业自身的特点，量身打造属于自己数字化体系，从而发掘更多的技术合作伙伴，建立属于自己的技术生态圈。

大家可以思考一下，数字化转型的关键是什么？其实数字化转型不仅仅是应用一个新的应用技术就可以达成的转型，更多的是人的认知，思维方式和经营模式的转型，因此这涉及到整个企业的战略、组织、运营、人才等一系列的转型和变革。企业数字化转型需要良好的外部环境和内部环境，数字化转型其实更多的是人的思维模式的转型。

图 5　德力西电气数字化转型战略布局

那么，我们是怎么看数字化转型的关键路径呢？回首芜湖运营基地发展的十年，我们始终坚持以客户需求为导向，以德力西的精益生产作为指导，不断地夯实业务基础来提升人才的技术能力，同时营造持续改善的良好氛围。

在电气制造行业不断加剧的行业竞争市场压力下，我们依靠人才技术的实力和对产品的深刻理解，大力发展自动化，通过自主创新的定制化、自动化设备来促进企业由劳动密集型向技术密集型的升级。我们谈到的自动化主要的是指机器设备在无人或者少人参与的情况下，能按照人的要求通过自动检测信息处理、分析判断、操纵控制，最终实现预期目标。机器不仅仅是代替了员工进行作业，提高产量，同时还可以替代人做出判断，比如设备可以判断质量是否达标，操作流程是否规范，最终的产出会比人工更稳定、更高效、更可靠，从而进一步推进整个产业的升级。

那么如何规划数字化路线呢？首先要看我们的流程是否已经成为一个最优的流程。最优流程首先就是要满足客户的需求，不断的提高客户满意度，这才是一个符合我们业务规范的流程。

数字化其实就是将许多复杂可变的信息转变为可以度量的数字或者数据，再把这些数字和数据组建成数字化的模型，把它转变成为一系列的二进制代码，导入计算机内部，然后通过统一的信息处理

技术引发的系统性变革，前提就是万物皆可度量。所以我们管理的人、物、事都可以用数字进行描述。数字描述可以通过数字进行建模，数字呈现。数字呈现只是第一步给人一种视觉化的感受，更多的是要通过数字呈现触发流程的改造，触发最终的人工智能，由数字化、智能化来代替人的思维。

在践行数字化转型的道路上，我们仍旧没有忘记以创造价值、消除浪费作为核心的精益理念，以效率回报根本，所以业务的实际痛点是为芜湖基地量身打造数字化转型路线。我们相信数字化是传统精益的现代化的升级，借助数字化技术的应用，可以将精益生产的理念进一步延伸。数字化技术可以大幅度提高生产运营的透明度和效率，借助不断生产产生的数据，可以更及时的发现生产过程中的浪费，同时采取有效的手段进行纠正，并且通过数字化系统的稳定性与确保精益理念制造出来的各项流程得以高效实施，这就是我们对于数字化的一些赋能。

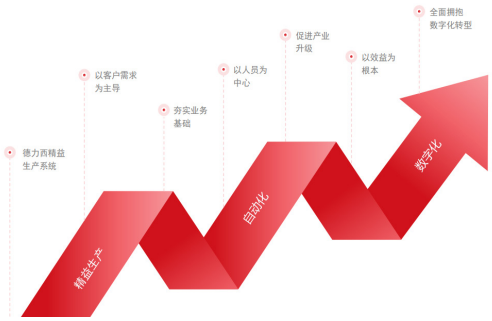


图 6　德力西电气数字化转型关键路径

在项目的实施过程中，我们鼓励用敏捷的方式进行快速迭代，持续交付。我们不会将一个项目一直做到最完整、最完美，再交给客户去使用。而是将现在的数字化思维赋能给团队，在项目过程中，持续不断地改善，保证业务更容易接受、更容易适应的曲线式的软着陆，以确保数字化带来的变革和价值，得以固化和保留。

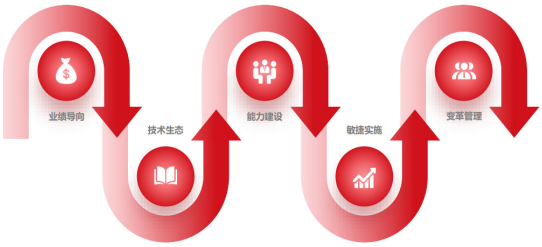


图 7　德力西电气数字化转型落地抓手

下面来看我们的自动化生产线。自从自动化推广以来，芜湖基地不断地尝试从简单到复杂，从概念到实践，并将成功的经验在基地同类产品线上快速复制和推广。到目前为止，芜湖基地的自动化生产率已经达到了 70%，关键产线更是达到了 97% 以上。自动化设备在持续稳定的按照节拍不断生产，同时增强了客户对我们在质量方面的信心。自动化设计的过程并不是简单的通过机器人、电机等执行机构去模仿人员的操作，更主要的是在整个设计过程中，秉持着精益的理念，通过消除、合并、分解、重组等方式，更大限度的避免浪费的生产。另一方面，利用自动化设备改造的契机，又一次进行产线的平衡与优化，从而进一步达到降本增效、提高质量的作用。

图 8　德力西电气自动化设备

对于制造执行管理系统，也就是我们常说的 MES 系统，系统通过互联网技术和现场成千上万的传感器、PLC 伺服电机等终端设备实现互联互通，并且支撑高并发量的数据采集和指令下达，可谓整个工厂制造现场的中枢神经系统。MES 系统不仅能够实现实时获取现场各类传感器的读数，还可以根据产品的型号区别进行分别部署用于生产加工。只要打通了和 MES 系统的接口，任意的智能设备的用力系统都可以接到现场进行信息的互换，比如视觉质量检测系统、工装治具的管理系统等，都可以依据 MES 的平台根据订单生产的进度提前准备与部署。同时 MES 系统还可以通过其强大而高效的数据采集能力，为各个级别不同的管理者提供可视化的 KPI 看板。不同层级的管理者可以在第一时间内实时的了解自己辖区内的生产运营状况，及时发现浪费，并采取措施及时纠正，避免损失的进一步扩大。

MES 系统实际在流程制造行业的应用度非常高，如化工制药行业。由于离散制造行业工艺相对比较复杂，订单属于少批量多批次，MES 系统在制

造行业很少有标准化的用例。德力西芜湖根据自己的业务特点，开发了很多不同的应用模块，比如下图（如图 9）就是我们 MES 系统的界面，界面可以实时显示生产的最新状况，可以通过左下角的绿色的柱子看到生产线的效率。右边可以看到订单的进展状况，有利于现场实时的可视化管理，同时对于后期的订单追溯流程的优化提供了非常扎实的数据基础。

图 9　德力西电气制造执行管理系统

另一个系统叫 Andon。 Andon 这个概念最初是从丰田产生的，最开始是一个拉绳系统。对于德力西芜湖，我们遵循着精益生产的理念，采用了跟数字化结合，用腕表作为产品和产线异常时报警系统的接收终端，现场的一切异常都会触发 Andon 报警系统，并将信息依据异常类别的责任部门推送给相应指定的安全质量、物流维修人员，我们也要求相应的工程师在一分钟之内必须要赶到现场进行处置。此外 Andon 系统还会结合问题处理的时间，是否已经恢复产线等信息进行综合判断。当问题未能及时妥当解决的时候，系统会自动按照预先设置的逻辑逐级上报给相应主管，便于管理者调配更多的资源。

等一切恢复以后，问题的处理人员会将 Andon 异常事件的全部信息和处理方式，按照 5W2Y 的原则，详细记录在档案里。再发生同样的问题时，系统会根据故障代码、失效现象等信息给当前来负责处理异常的人，智能推送一些解决方案或者可以参考的信息，帮助处理问题的人尽快找到问题的解决方案，也就是人工智能学习的过程。

同时对于生产型企业更重要或者更复杂的一点就是排程，大家看到的画面（如图 11）是我们现在使用的自动排程系统，它是一个和各大数据库实时

图 10　德力西电气 Andon 系统

交互、多方协同、持续优化的车间排产计划系统。一方面它和企业管理系统（ERP）进行实时对接，持续获取来自客户端和销售端不同渠道的订单需求信息，并且可以结合交期、库存物料等信息，自动触发物料采购和生产计划系统。另一方面它通过不同产品的物料清单、报网结构，根据我们自身产线特点约束一些限制，比如换型时间、不同产品对产线的要求等等，进行最优化的排程。排程结果通过 MES 系统下达到车间的各个产线作为车间指令，并且还可以实现实时获取 MES 反馈的现场生产的进度、生产的车间资源等等，综合考量，不断调整车间生产的次序，保证我们的订单能够准时交付给客户。

图 11　德力西电气排程系统

我们现在看到的（如图 12）就是结合排程系统的车间生产计划系统，以及 MES 所掌握的实时生产的进度和物料消耗的状况，系统将触发 AGV（自动货运小车）给生产的精确的站位补料。按照 JIT（Just In Time）的原则，把正确的物料在最合适的时间补给到适当的工位上，同时还可以把生产完的完成品，拉回到仓库进行收发，同时对于工序间的半成品，可以用同样的方式，变成下一道工序的原材料进行补充，通过自动的无人小火车穿梭于生产车间。可能看上去很简单，但是这种穿梭的逻辑路线完全是根据 MES 的计算逻辑和动态数据进行不断更新的，

只有这种不断通过数字化的方式掌握瞬息万变的生产现场，才能更好的把物料补充到生产线上，并且把原材料第一时间拉走，也就是说我们完全实现了 JIT 的生产模式。

图 12　德力西电气 AGV 站位补料

质量控制系统（如图 13），对于生产工厂来讲非常关键，任何生产环节都需要质量管控。对于德力西来讲，我们数字化技术的应用，对于质量控制的手段也有一个全面的升级。首先质量控制系统覆盖了工厂质量控制的各个层级，从供商端到制造端再到客户端，依照质量控制的各类体系相互协作，MES 会根据订单生产状况触发质量人员的首件检验、过程检验或最终的完成品检验，以及各类工单。只有在各种质检工作完成以后，产品才能通过 MES 系统和 WM 系统的协作完成成品售库。同时 MES 本身也会结合设备加工过程的控制和检验结果，进行加工水平的趋势预测，根据规律动态的补偿、微调加工参数，以确保产品的生产处于一个最优和最佳的状态。

图 13　德力西电气质量控制系统

同时，我们为了避免人工填写手工点检单的浪费和不规范，在移动终端部署了一种自主研发的智能点检的应用程序（如图 14）。员工可以通过扫码的方式在手机上获取设备的差异定制的点检清单，然后根据具体的点检项目要求进行填写。既省去了人员走动去拿取、存放点检表的多余动作，又将该项工程彻底的实现了无纸化。

移动终端在接到 MES 系统的控制，系统会按照工艺、设备、质量的设计频次提醒现场人员进行点检，同时还会自动提供点检作业指导书。如果点检中发现了不合格的项目，在录入提交的同时，系统也会自动触发这个设备，Andon 报警系统第一时间安排维修，避免设备带病工作或者在质量不稳定的情况下进行工作，从而保证了我们产品产出质量。

图 14　德力西电气移动端智能点检系统

下图是处于安全考虑研发的面容识别系统（如图 15）。人员可以通过刷脸完成入园以及通过各类的门禁控制，我们也可以通过这个系统的差异化配置控制各个园区、各个时段的人员出入的授权。随着系统间的数据集成和融合，我们将面容识别系统作为最主要的身份认证工具，员工可以通过面容识别系统进行消费，进行工作时间的管理，甚至可以进行人员作业技能和工作效率的管理。通过这种生物特征信息的应用，既优化了成本，又提高了可靠性，降低了管理的难度。

图 15　德力西电气面容识别系统

4. 绿色园区

前面分享的更多的是在智慧园区方面所做的尝

试和探索，下面汇报一下德力西电气芜湖基地在绿色园区方面所做的尝试。在绿色发展方面，我们的愿景是“以人为本，促碳中和，建立绿色生态园”。“以人为本”的意思是希望我们的员工、客户、包供商以安全健康为基础。“促碳中和”就是高效的利用能源，持续减少碳排放。“绿色生态圈”需要引进更多的绿色能源，比如太阳能、水电、风电，并且推广覆盖到我们的供应商，共创一个绿色的生态环境。

大家可能知道竺可桢曲线，它不只是影响到我们所谓的生物的生存，粮食的收成，也影响到我们每个人的生活。德力西参加了 ESG，这是一个非财务业绩的社会组织，我们更关注的是社会环境和公司治理，把社会责任认为是公司自己的责任，所以我们一直致力于可持续发展。德力西作为低压电气行业的领军企业，不仅要自己承担相应的社会责任，还要利用德力西能源管理系统帮助客户搭建能源管理平台，实现实时的在线监控，异常预警，有效的实现节约用能。同时我们会定期为供应商做节能改善方案，做一些成功的节能案例分享，比如控压机压力控制系统、风机变频系统以及恒压控制等。对于供应商来讲，他不需要投入太多，也可以享受节能带来的利益。这也是我们要做整个端到端绿色供应链的企图。

德力西关于可持续发展做出了承诺。第一，在 2025 年前，绿色能源的利用率要达到 90%，通过购买绿电和太阳能自发电的方式进一步扩大绿色能源的使用率。第二，在 2025 年，通过降低能耗的方式，预计把每千元产值的能耗费用下降 30%，同时做到工厂端到端全面的碳中和，比如我们已经在做的通过余热回收、空压机群控、中央空调智能控制、变频调节等方式来降低能耗。第三，除了我们自己要做绿色工厂制造以外，还推广到 5 家供应商，实现光伏的全覆盖。第四，在 2025 年，要全面实现碳中和，排放全面下降，80% 的一次或二次包装不再使用塑料，这对于我们来讲也是社会责任的关键。

对于绿色工厂，我们有自己的路线图，在 2025 年，我们希望在运营层面，也就是工厂端可以实现碳中和。在 2030 年，实现运营层面的零碳，不购买碳信用，只购买绿碳，不再使用天然气、汽油，同时还要帮助我们的客户减少碳排放 40%。

图 16　德力西电气为可持续发展做出的承诺及行动

在 2040 年，实现端到端碳中和。在 2050 年，能够实现零碳供应链。

图 17　德力西电气绿色工厂建设目标

从工厂的俯视图，可以看出，基本上无论是建筑还是车棚全部都覆盖了太阳能，截止到 2022 年，我们的装机容量已经到了 6.4 兆瓦，发电量达到了 700 万度，占我们整体能耗的 26%，减碳量达到 4900 吨。而且在今年的 5 月份，德力西电气（芜湖）有限公司已经被正式认证为碳中和工厂。

图 18　德力西电气工厂全覆盖太阳能

可持续发展不是说我们做几个项目就能够解决的，更多的是一种文化，是要进入到每个人的一种思维模式，能够认同可持续发展的绿色制造。所以在 2022 年，我们举办了很多次绿色环保培训，有 2 万多人次参加，同时 8 千多人参与我们的活动，

比如走进社区、可持续发展月、世界地球日、能源紧缺体验日。在能源紧缺体验日活动中，我们把空调温度提高，饮用水限量，照明调暗，使大家切身体会真正到能源浩劫时的感受，开展此项活动节能达到 300 吨以上。

图 19　德力西电气绿色环保行动

除了对员工的教育和培训外，我们更多的是采用新的技术来实现节能减排。比如空压机的余热回收，将空压机日常供气过程中产生的热量接入水系统，对水进行加热，然后再传输到空调的水系统进行制热，就不再需要像原来一样通过天然气进行加热，这个过程不但减少了碳排放，也减少了能源费用。同时我们还通过能源监测实现压力监测，对每台自动化设备加装传感器，将传感器同 MES 系统连接，对供给压力进行实时的监控，一旦低于压力就会发生报警，如果高于压力，我们会反过来调整供气系统。一方面我们可以有效的防止不良品的产生，另一方面也可以保持相对平稳的积压供应。

关于能源方面，我们做出六个长期承诺：为全球气候积极变化而行动、高效的利用资源、遵守我们的诚信原则、创造平等的机会、利用所有世代的力量、赋能当地的社区，特别指出赋能当地的社区是我们和当地的供应商、客户一起共建可持续发展的生存环境。除了我们这一代人做好，更希望下一代同样有环保节能、绿色发展的意识。我们的目标就是让所有人充分利用能源和资源，实现同步可持续发展，控制全球变暖温度在 1.5 摄氏度以内，保障人类共同的家园。

以上就是德力西电气芜湖基地在智能制造和绿色制造等方面的探索。在数字化可持续发展的道路上，我们也是刚刚起步，进行了一些初步的探索，还有很多方面可以进一步的提升，可以不断的尝试。在智能制造和绿色制造的道路上，道阻且长，未行可知，所以也希望大家能给我们更多的意见，给我们一些指正。

图 20　德力西电气能源发展承诺

魏　来 / 访谈嘉宾

在制造领域一直有一个口号，就是中国制造 2025，这也是国家的一个发展战略。从今天的分享可以看到，德力西电气也在秉持着中国制造 2025 的这些理念，围绕数字化与低碳两条主线不断发展，这也是整个工程建设行业目前面对的两大主题。

在整个制造业，数字化的管理流程非常严谨、规矩。反观工程建设行业，我们自身如何去提升数字化水平，更多的还是要在整个生产流程上下功夫。所以我一直强调，工程建设行业做数字化，首先应该把信息化水平提高。再看到“低碳化”，从工程建设行业碳中和来看，生产端的减碳减排非常重要。将来在设计和施工领域，特别是设计领域，需要积极讨论如何如采纳更多的低碳化产

品。低碳化产品如果能够应用在建筑设计、建筑运维上，必将会在很大程度上降低整个建筑行业的碳排放。

此外我们产业链之间要相互协同。怎么实现呢？个人认为行业需要有两方面的做法：一方面是从行业主管部门来讲，能够引导产业链上的节点去共同的讨论、思考，包括建立协同的环境；另一方面在整个市场中，部分领先设计企业、施工企业、制造企业相互对接起来，逐渐实现基于数字化的碳中和路径。

万黎明 / 访谈嘉宾

在建立一个共生环境的生态圈，倡导低碳节能、数字化的过程中，就目前阶段，尤其是您从事的这个领域阶段来讲，具有最大影响力的环节在什么地方？在推广或者引导过程当中遇到的困难有哪些？由谁来牵头做这件事，对建立整个生态圈的效率是最高的？

孙茂宽: 从个人体会来讲，一方面是在跟客户、供应商合作的过程中，如果单纯的跟客户讲社会责任，讲低碳，实际得到的响应并不是特别理想。但是像今天提到的一个客户，我们帮他建立了能源监控系统，他从这个系统中清楚地知道哪个能源可以控制，可以节能，并且得到经济上的收益。包括供应商也是，我们一起做变频、热水回收、热气回收，他们可以实实在在的看到既能实现社会效益，又能对企业运营的经济效益有一定的帮助，因此，客户非常愿意与我们进行合作的。另一方面，在整个社会对于绿色可持续发展的理论不断加深的情况下，尤其是新一代的年轻人成长起来，他们对社会责任和绿色环保的理念非常看重。很多供应商具有社会责任的担当，愿意承担企业责任，而不是只关注经济回报。总的来讲，我们谈到可持续发展、绿色环保，它本身不只是社会责任，对企业的发展、收益也是有帮助的。随着这种理念的深入，我们的供应商也好，客户也好，很多人都是很有这种社会担当的。

万黎明 / 访谈嘉宾

现在电器类产品的数字化程度或技术，大概发展到了什么阶段？如果未来想要达到数字化运维的理想状态，需要付出多少成本？同时这个成本大概会比传统的成本高多少？会不会有下降的趋势？

孙茂宽：如果站在德力西电气的角度上，我们开发了一些针对当下互联网、5G 网络应用的产品，这些产品基本都是前瞻性的开发，包括我们一年前研发的 5G 智能断路器，目前已经正式上市了。在真正上市之后，市场上的需求其实是滞后于我们的产品的。随着铁塔公司、5G 基站的改造或基站的建设的带动作用，我们今年的销量也非常好。

对于您刚才讲的成本问题，其实是两方面，一方面是在一个产品刚投入的时候，因为销量不大，市场对产品不太认可的时候，大家会觉得这个成本有点高，但是随着大家的认可之后，产品会成为必需品。换个概念来讲，现在用的智能手机，无论是 iPhone 还是华为，远远超过我们以前用的诺基亚。虽然价格高很多，但是应用也很多，现在基本没人会再去买老年机了，已经把智能手机变成了生活的一部分。另一方面像可以并网的、带传输的这种产品，其实更多的随着应用的普遍化，它就是一个常规产品，也就不存在什么成本差异了。

魏　来 / 访谈嘉宾

在低碳化改造的过程当中，电气的改造是占比很大的一部分。在碳计算，包括碳计量手段上，我们希望能够有一些更加先进的计量设施设备可以协助我们进行改造。碳跟数字化类似，分成两大块：一是新建建筑，我们希望按照低碳化、绿色化、节能化的思路，把建筑能够设计得更加符合将来的低碳要求，二是对既有建筑的处理，目前来讲没有特别好的方法或者方案来处理这些事情。

从我们设计企业、施工企业来说，提出一个好的解决方案，我觉得没有太大的希望。因为这些解决方案一定会落实到产品自身的指标和能力上。怎么样去部署，怎么样去检测，肯定是需要给既有建筑安装各种体检仪器，所以未来还是要持续的关注和学习像德力西这样的企业。

圆桌对话：
“双碳”之路，我们究竟走了多远？

中国航空国际建设投资有限公司 / 南方中心 / 市场总监，全国饭店业碳排放机制工作组副组长。

景观建筑学硕士，航空及绿色建筑领域十余年从业经历，参与多个节能改造项目及能源托管项目，致力于建筑全生命周期能耗平台、碳计量管理系统研发、CORSIA 航空碳抵消应对体系。

王汝军 / 特邀嘉宾

王汝军：

首先从宏观层面上来看全国碳市场目前的情况。从 2013 年起，北京、天津、上海、重庆、湖北、广东及深圳 7 个地方试点碳市场陆续开始上线交易。2017 年《全国碳排放权交易市场建设方案（电力行业）》印发后，中国碳排放交易体系正式启动。碳排放八大行业即碳市场覆盖范围明确于“十四五”期间逐步纳入的八个高耗能行业，包括发电、石化、化工、建材、钢铁、有色金属、造纸和国内民用航空。从八大行业来看，电力和钢铁发展得比较靠前。去年 7 月，全国碳排放权交易市场启动上线交易。发电行业成为首个纳入全国碳市场的行业。接下来，每个省市试点市场，比如北京、上海、广东、深圳、湖北等这几个试点市场各自根据产业结构的不同分别纳入。目前看来，北京、上海、深圳的产业结构相对更偏第三产业，所以对建筑行业的纳入比较多一点。

再来看“碳资产”。碳资产（Carbon Asset）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。每一个试点有各自的配额发放，碳的价格也都不一样。目前全国碳市场只有电力行业可以有统一基准，其他的都是以试点的价格为基准。

魏来：

碳交易里的交易物是什么？交易背后的需求是什么？

王汝军：

其实双碳政策的底层逻辑是促进整个的行业的转型，以及通过一些经济手段包括碳交易等助推产业的绿色转型。那么碳交易的是什么？可能有人觉得碳看不见摸不着，到底怎么交易呢？其实在行业看来，我们已经能够做到很准确的量化和确权了。目前在发电和钢铁行业来说，交易的是配额。比如一个企业去年的配额是 1 万吨。可能根据今年政策，今年的基准线变成了 9000 吨，那么中间有 1000 吨，需要企业降下来。对于某些企业而言，1000 吨可以通过低成本的节能改造轻松降下来。然后对于某些企业而言，通过成本计算，降 500 吨带来的经济效益更大，企业可能就需要去市场上买剩下 500 吨的配额。

魏来：

也就是说碳中和是一个领域概念，一些碳排放大户可以通过一些经济手段达到中和的目的。个人看来，这要求有一套精细的计价系统和计算系统。计价系统即某个物品的价值如何。计算就是指一幢

建筑、一家企业或者是一座城市也好，如何去计算碳排放的数值。这些碳计算在一个给定范围内，一定需要形成共识。

王汝军：

关于建筑行业的碳计量，其实现在很多建筑全方位的双碳规划，以及一些城市维度上的碳监测，包括双碳的评价标准，以及现在很多零碳、双碳产业园，都在搭建能碳双控系统。差别就在于整个颗粒度能够做到多细，是用建筑行业比较熟悉的 BIM 系统进行精细化的管控，还是仅仅通过一些传感器，像温度计一样做碳计算器的数值类比，其实这也是丰俭由人。

万黎明：

这让我想到以前粮票的概念，给企业定下一个标准，2000 吨或 5000 吨。那么这个标准由谁来定？制定的依据又是什么？直白来说，碳抵消直接增加了企业的生成成本，对于企业发展有很大的阻力。行业和企业发展的阶段不同，一个正常的企业可能在发展过程中碳排放量越来越高，有些企业可能无法承担碳配额带来的成本。而对于某些产能过剩的行业或者企业，高配额甚至卖出去还能增加收入。那么，这个分配机制到底是怎么操作的？

王汝军：

我国碳排放配额总量与分配方案由生态环境部确定，根据国家温室气体排放控制要求，综合考虑经济增长、产业结构调整、能源结构优化等因素，确定碳排放总量，再将碳排放配额分配给各个企业。

各地的经济发展情况不同，激励机制也不同，直接影响碳的价格。有些地方政策通过返点激励的形式，鼓励企业实现碳中和，因此大家冲进碳市场购买碳配额，碳价格也因此上升。近日，深圳市生态环境局印发《深圳市碳普惠管理办法》的通知，鼓励政府机关、企事业单位、社会组织和个人自愿购买核证减排量实施碳中和，因此近期深圳碳市场价格飙升。总体来说，市场调节和行政手段都有。

此外，国务院国资委近期公布的《提高央企控股上市公司质量工作方案》要求央企在 2023 年前披露 ESG 专项报告。ESG 涵盖内容非常广，在环境（E）方面，企业本身在环保的投入，比如温室气体排放的控制、节能减排的措施、绿色采购以及员工的环保意识等等。在社会（S）层面，企业产业扶贫、乡村振兴以及公益慈善。在治理（G）方面，企业对于自身的股权结构、薪酬体系、信息批量以及道德准则等都会进行考量。

万黎明：

是否可以理解为不同区域（地域）不同领域，有不同的碳“配额”（或者说限额），对应地就有不同的价格；原则上不能流通，如果流通，应该有相应的换算（机制）？比如，电力和航空之间，是否可以互通互用？

王汝军：

等全国碳市场统一以后，碳价也是统一的，当然可以购买。然而其中涉及到碳计量，是以实测值还是以实测值来计算，两者不一样。

魏来：

还有一种观点称建筑行业作为耗能大户不可能实现碳中和。如果从交易的观点来看，对于建筑行业的碳中和道路是一个怎样的指向？是否要向航空业这样的优秀生来购买配额？此外，建筑材料生产企业到底属于建筑业还是制造业？个人看来，这也是一个有争议的问题。

王汝军：

建筑业的外延非常大，“建筑的碳排放到底占了多大的数额？”这个问题取决于对建筑业边界的拟定。同理，“建筑行业不可能达到碳中和”这句话也需要加一个边界。如果看农村建筑，其容积率非常低，可能只需要在屋顶装光伏就能自身实现碳中和了。而城市建筑中，很多工业建筑耗电量巨大，很难通过自身达到碳中和。

从建筑本身来说，很多技术可以帮助建筑实现零碳或者近零碳。其中，能碳双控平台非常重要，平台数据能帮助建筑形成碳排放核算计量体系，最终形成一个碳账户的数据。而对于建筑能耗监测的颗粒度的精细度主要取决对建筑本身的要求。

建材作为一个产品端，建材行业碳市场的发展也在不断摸索中。目前，生态环境部委托中国建筑材料联合会开展建材行业纳入全国碳市场相关工作，提交可行性报告并做下一步管控。国际上，苹果和沃尔玛公司对于供应商产品的碳足迹要求非常严格。而对于建筑行业来说，建筑的全生命周期必然涉及到建材以及设计端、施工端、运维端等等，因此需要考虑全生命周期的碳足迹。

万黎明：

这让我联想到快餐店的菜单上在汉堡包旁边标注的卡路里。一个汉堡可能由面包、肉、蔬菜等等组成，将各个因子的能量组合到一起可以算出一个汉堡总的热量。就建筑而言，在设计阶段，如果设计师对于建材以及建材施工工艺等的碳排放信息足够了解的话，在建筑的后续运维期间，应该能实现低能耗运维。但目前的问题就在于这些数据无法获取，且无法考察。

魏来：

今天谈了很多关于碳交易的内容，但还没有标准。标准是用来保护交易的。未来可能有很多碳账户，碳账户里自然有碳资产，而碳资产的价值和价格需要用标准来进行评估。

就工程建设行业而言，住房和城乡建设部 4 月 1 日开始实施的《建筑节能与可再生能源利用通用规范》，还有住建部发布的碳计算的一些专项标准，目前这些标准可能还没有得到行业的广泛重视。

再从计算方法来看，目前计算边界还没有明确。比如从什么时候开始计算一栋楼的碳排放，如果从产品的全生命周期来衡量的话，恐怕从产品的原材料就要开始计算。当然，我们可以参考苹果公司的做法，考察产品生产过程的碳足迹是否符合企业或者建筑本身的要求。但想要做到这一点的话，接下来的问题就是，如何考察对方提供的数据，比如一个建筑建材多大程度上属于低碳产品？这可能涉及到环境产品声明的标识。总体来说，这个过程相对复杂，不知道航空领域的做法如何？

王汝军：

航空行业碳排放的大头来自于航油，这可能需要油企来检测排碳量。这点和建材行业很类似，最大的区别在于航油属于高碳门类，其减碳难度非常高。建材的生产过程可以选择火电或者绿电，需要建材行业对自身的产品做评定，形成标准的评级。在建筑过程中，选择碳中和的建材或者近零碳的建材，对应的数据将进入建筑的全生命周期中，形成建筑本身的碳足迹。在施工环节、运维环节的节能降碳又进入下一个环境。总体而言，确实是一个非常繁琐的工程。因此需要行业去形成体系，再纳入全国碳市场。

魏来：

对于工程建设行业来说，“双碳”之路才刚刚起步，主要原因在于“数字化”之路也刚起步。整个双碳的大篇章里，双碳之路能走多远，一定取决于数字化程度或者说信息化程度有多高。

万黎明：

碳市场的推广不仅需要政策引导，还需要经济效益的推动。从经济视角来看，双碳大趋势中将涌现大量机遇，企业可以抓住机会积极参与。从建筑业本身来看，还需要以数字化的发展来撬动双碳的发展，总而言之，未来的路还很远，需要我们一步一步探索。

王汝军：

整个碳市场的发展需要政策的调度、资源的汇集以及技术的支撑，需要顶层设计和经济市场看不见的手的推动相结合，是一个整体的效益。从建筑本身来看，建筑业的碳计量系统的数字化发展确实迫在眉睫。

评论区精彩留言

邓明胜 / 中建系统资深总工程师

建筑行业，尤其是施工领域，在建筑材料、设备（工具）选择方面，如果自主选择权比较大，则可能在降碳和抑碳方面有一定的选择权，通过选择来实现不产生碳或少产生碳。

我们力图（试图）通过工艺流程和施工方法的改进，来实现减碳、降碳和控碳目的，但目前尚未摸索出有效方法。

建筑保温隔热性能好坏，设计师可以通过建材的保温（绝热）系数去计算；对应地，要知道建筑材料组合后形成的碳量（贡献）多少，就需要建筑材料和设备等，都要给出其各种条件下的碳贡献参数。施工企业在选择具体的材料构成时，也需要这些参数。但目前还没有这些参数，也因此，从社会角度还需要加大这方面的工作力度。

访谈嘉宾

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。