

1.1 BIM 1.0 阶段

1.1.1 BIM 的诞生

BIM 是英文 building information model 或 building information modeling 的缩写,国内一般称之为建筑信息模型。

如今,BIM 一词在建筑领域已被人广泛接受,但是对于 BIM 的诞生过程,恐怕很多人并不了解。本节将简述一下 BIM 的发展历史,这对深入理解 BIM 的内涵是有帮助的。

BIM 的概念最早诞生于 Charles Eastman 1974 年的一篇文章中,但是当时只是提出了概念,并没有引起太多反响。Building model 第一次出现在 Ruffle 和 Aish 1986 年的论文中。

而 building information model 一词最早出现在 Van Nederveen 和 Tolman 1992 年的论文中^[1](感兴趣的读者可以自行下载阅读)。需要说明的是: Building Information Model 第一次出现的期刊就是 *Automation in Construction*,该期刊至今仍是 BIM 领域影响最大、最广的期刊。如果读者想了解前沿的 BIM 技术,推荐阅读此刊。

然而,BIM 并没有在 1992 年首次提出时就开始流行,而是大约 10 年后才开始兴起。20 世纪 90 年代到 21 世纪初期,建筑领域几乎都是以 CAD 为主流的时代,特别是 AutoCAD,几乎成为国内外建筑图纸的标准格式。这段时间计算机软硬件条件的日益成熟以及建筑领域信息需求的增长,为 BIM 兴起奠定了重要基础。于是,2002 年,CAD 行业龙头 Autodesk 公司(AutoCAD 的软件商)发布了 BIM 白皮书,其他公司也纷纷开始投入、关注并开发 BIM 软件。而在 2002 年,Autodesk 也收购了创立于 1996 年的 Revit,此举对日后的 BIM 软件市场影响巨大。至此 BIM 开始得到推广与应用。

不过,事物发展总是有其过程的,人们对新事物的接受也需要时间。尽管 Autodesk 等巨头从 2002 年就开始关注 BIM 了,然而 BIM 在全行

业的大爆发又等了差不多 10 年的时间。作者检索了 2001—2018 年间与 BIM 相关的国际高水平期刊 SCI 论文的发文情况,结果如图 1.1-1 所示。

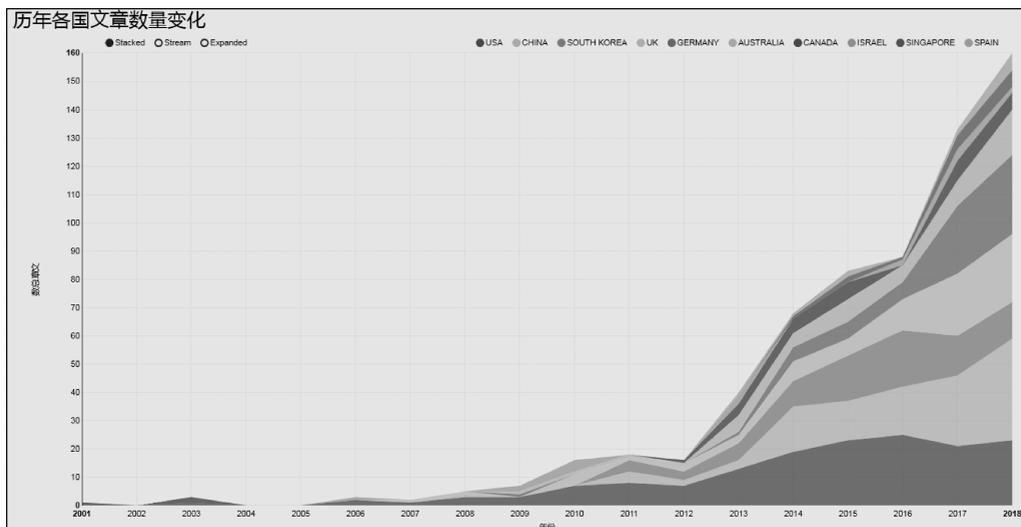


图 1.1-1 2001—2018 年各国 BIM 相关 SCI 论文发表情况

从图 1.1-1 中可以看出,2002—2008 年间 BIM 发展比较缓慢,而后到 2012 年有了明显提升。2012 年以后,BIM 高水平论文呈井喷状态,大幅上升。而且从图中可以看出,我国 BIM 相关高水平 SCI 论文贡献量(图中第二靠近横轴的条带)也很大,仅次于美国(图中最靠近横轴的条带)。

2010 年前后,随着 BIM 的流行,很多业内公司也加速了 BIM 布局。就拿 Autodesk 来说,2007—2012 年间,Autodesk 继续强化建模软件 Revit,并多方收购模型应用软件,包括 Robobat、Ecotect、Horizontal Glue 和 Qontext 等,此后发布了面向云端的产品 BIM360,并推出基于 Revit 的 Dynamo 可视化编程插件。目前,Autodesk 产品阵营占据了 BIM 领域较大份额。

英国 NBS 机构发布的 National BIM Report 2018^[2]显示,Autodesk 也占领了英国大部分市场,特别是 Revit,一枝独秀,成为 44% 的英国用户的首选。作者没有找到我国 BIM 市场份额的相关数据,但是从 Revit 软件的普及程度来看,应该和英国类似。

随着在 BIM 领域的崛起,Autodesk 的股价自然也是持续上涨。Autodesk 长长的 K 线图也体现了 BIM 的发展历史,如图 1.1-2 所示。

整体上来看,从 1992 年 BIM 概念第一次诞生,到 2002 年左右的行业兴起,再到 2012 年左右的行业普及,前前后后经历了差不多 20 年的时间。从 BIM 的发展史可以看出一个新概念或技术的漫长发展和被接受过程,也可以看到像 Autodesk 这样抓住历史机遇而高速发展的成功案例。

目前,BIM 技术方兴未艾,BIM 的故事还在继续。当前,如何把握 BIM 发展趋势? 应该学习哪些 BIM 技术? 如何学习 BIM 并从中受益? 针对这些问题,本书将在后续章节陆续进行陈述。



图 1.1-2 BIM 软件龙头 Autodesk 的股价情况

1.1.2 BIM 1.0 的主要特征

首先,什么是 BIM 1.0 呢? 美国建筑师协会(American Institute of Architects, AIA)的 Dennis Neeley 曾经这样定义过: BIM 1.0——Visualization & Drawings; BIM 2.0——Analysis; BIM 3.0——Simulation。即 BIM 1.0 是可视化和画图, BIM 2.0 是分析,而 BIM 3.0 是模拟。作者对 BIM 2.0 和 BIM 3.0 的定义另有解释(后文论述),但对于 BIM 1.0 的定义是完全认同的。

BIM 1.0 的主要特征就是可视化和画图,它的历史使命是替代 CAD,开启 BIM 时代。Dennis Neeley 在 2010 年的报告中认为 BIM 1.0 时代应该是 2004—2012 年,这个时间段 BIM 的用户接近或超过 CAD 的用户。对于国内情况,作者认为 BIM 1.0 的时代可能延后 3~5 年,其标志性的情景就是周边从业人员开始学习或应用 Revit、Tekla 等 BIM 建模工具。所以说,如果我们的周边已经出现了上述标志性情景,就可以认为 BIM 1.0 时代结束了(图 1.1-3)。

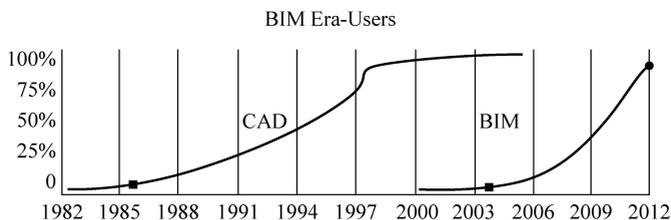


图 1.1-3 BIM 1.0 时代(2004—2012 年)

为了替代当时具有统治地位的 CAD, BIM 的初始策略的确是靠“颜值”。对于国内的情况而言, BIM 最初被人们所关注就是因为它的三维可视化真的很吸引人的眼球。

图 1.1-4 所示为一张利用 Revit 画的设备机房层综合模型,展示了全三维的、精细化的、分类别的设备和建筑构件。

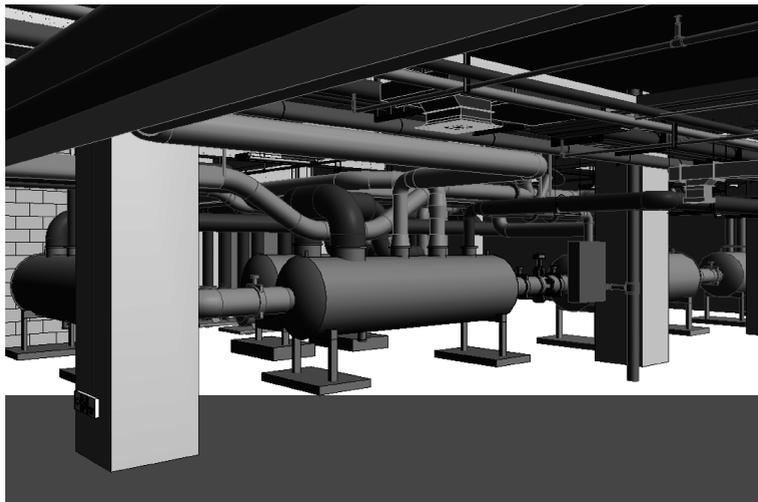
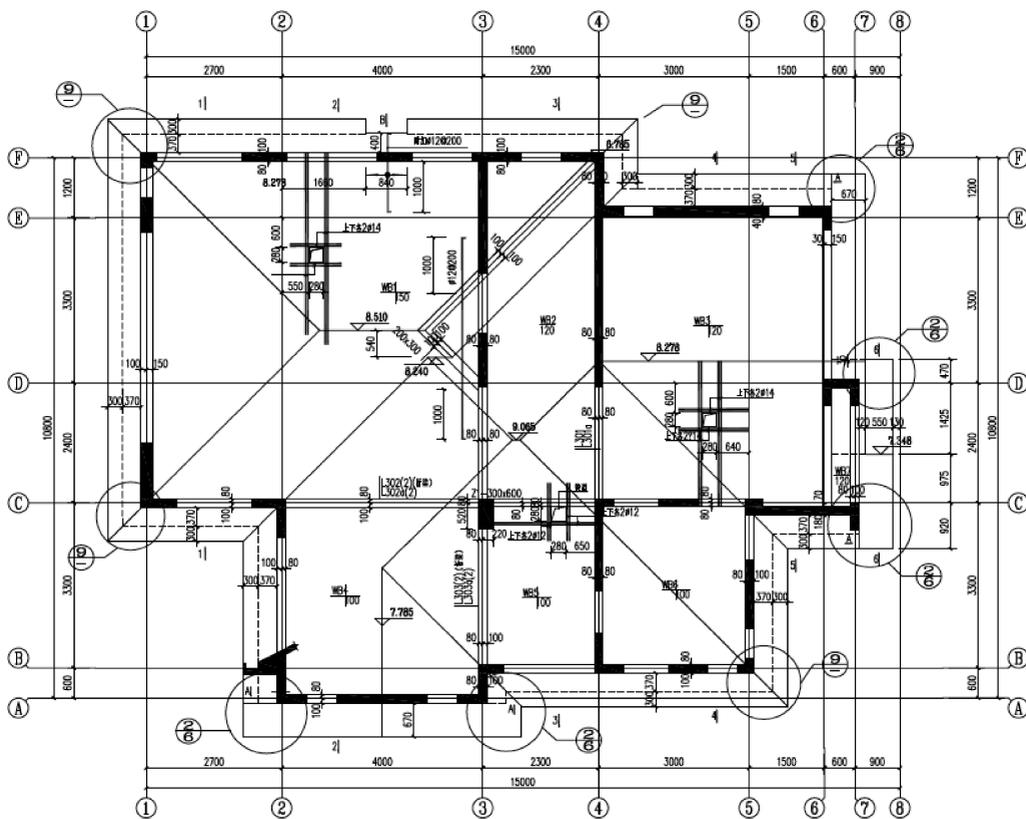


图 1.1-4 基于 BIM 的设备机房层综合模型

在现在已经习惯了三维表达的时代,这张图看起来不怎么稀奇。但是,当年建筑图纸都是采用图 1.1-5 所示的画风。那时图纸基本都是出自 AutoCAD,采用二维的、符号的平立剖等绘制方式。与 CAD 图纸相比,BIM 的三维表达不知道要好看多少倍!



过去,建筑设计行业已经形成了成熟且固定的设计方式,人们并不十分愿意改变成基于 BIM 的设计流程。而且,大部分设计院都是靠量来赚钱,设计费单价不高,只有形成量了才能赚钱。换句话说,设计人员都在加班拼量,在赚辛苦钱,也无暇顾及 BIM 这个新事物。所以,BIM 在建筑设计领域推广效果并不理想。

然而,有心栽花花不开,无心插柳柳成荫,后来 BIM 在施工领域逐渐火了起来。国内施工单位都需要去竞标,竞标过程中使用的主要是书面材料,这方面 BIM 的“颜值”优势发挥了很大作用。曾经有那么几年,在建设工程招标过程中,不提 BIM 就说明太落伍了。施工单位开始招聘一些高校学生专门建立 BIM 模型,做基于 BIM 的施工模拟、量表统计等辅助施工的工作。由于施工企业的带动,BIM 模型逐渐被业主认识,BIM 在运维等建筑全生命周期中的应用价值也逐渐被发现。

后来政府也认识到以 BIM 为主的信息化技术在工程领域的价值,并开始倡导,慢慢地全行业达成共识,都开始推广和使用 BIM 了。截至目前,在建筑建模方面基本上是 CAD 和 BIM 并存的局面,对一些大型项目,设计院除了出常规 CAD 图纸外,往往也被要求建立对应的 BIM 模型。

应该说,BIM 1.0 时代实现了接近或超越 CAD 成为重要设计工具的使命。BIM 1.0 的主要特征就是可视化和画图(或建模),这个阶段典型的应用包括三维建模、施工过程模拟、碰撞检测、虚拟现实漫游等,主要实现软件包括 Revit、CATIA 等三维建模软件,也包括 Navisworks、Fuzor 等施工模拟、可视化等软件。

1.1.3 BIM 1.0 的局限

BIM 1.0 只实现了 modeling,却没有充分发挥 BIM 的核心信息(information)价值。

BIM 的价值并不在于模型,而在于模型承载的信息和信息应用。BIM 1.0 主要集中在建模方面,导致很多人认为 BIM 和 Revit 等建模软件类似,这就远远降低了 BIM 的价值。BIM 建模只是建立 BIM 模型的手段,而 BIM 应用非常丰富和广泛。因此,BIM 1.0 的一个局限性就是没有充分挖掘 BIM 的应用价值。

BIM 1.0 的另一个局限性就是操作技术成熟后的廉价性。BIM 1.0 阶段的主流技术就是建模,这种依靠软件建模的技术门槛很低,拼的其实就是精细程度和量,技术深度和创新度有限。这就导致了在 BIM 1.0 时代,一旦建模技术普及后,这种技术就变得特别廉价。在淘宝上一搜可以发现,6000 万个 BIM 构件库,售价只有 2.9 元人民币,一个构件建模费用都远低于 1 分钱,如图 1.1-6 所示。



图 1.1-6 BIM 1.0 时代的建模廉价性体现

因此,虽然 BIM 1.0 具有改朝换代的意义,但是其 BIM 内涵没有抓住信息应用的本质,其主流建模技术没有深耕空间,容易达到技术极限。由此可知,BIM 1.0 难以体现不同从业者的核心竞争力,必须向新阶段发展。

1.2 BIM 2.0 阶段

1.2.1 BIM 2.0 的兴起

作者很难给出 BIM 2.0 阶段的具体兴起时间,但可以肯定的是,当 BIM 建模技术已经在业内普及,当 BIM 可视化内容比比皆是时,BIM 1.0 阶段结束,BIM 2.0 阶段也就开始了。所谓 BIM 2.0 阶段,就是业内开始不满 BIM 的建模和可视化价值,开始深耕 BIM,挖掘 BIM 综合应用价值的阶段。

BIM 2.0 阶段的兴起既有业内不断反思、追求更高技术水平和应用价值的内在动力,也有政府层面上的大力支持。2015 年,住建部印发的《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》中要求“到 2020 年末,建筑行业甲级勘察、设计单位以及特级、一级房屋建筑工程施工企业应掌握并实现 BIM 与企业管理系统和其他信息技术的一体化集成应用”。住建部的文件相当于对建筑行业提出了要求,并且强调了“一体化集成应用”,显然这里并不是 BIM 1.0 阶段的独立的可视化和建模,而是 BIM 2.0 阶段的综合应用。

2017 年 2 月底,国务院办公厅印发《关于促进建筑业持续健康发展的意见》,也就是国办发〔2017〕19 号文。19 号文中指出:“加强技术研发应用。加快先进建造设备、智能设备的研发、制造和推广应用,提升各类施工机具的性能和效率,提高机械化施工程度。限制和淘汰落后、危险工艺工法,保障生产施工安全。积极支持建筑业科研工作,大幅提高技术创新对产业发展的贡献率。加快推进建筑信息模型(BIM)技术在规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用,实现工程建设项目全生命期数据共享和信息化管理,为项目方案优化和科学决策提供依据,促进建筑业提质增效。”

国务院 2017 年 19 号文相当于对住建部《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》的肯定和深化,首次从国家层面明确了对 BIM 应用的支持,应该说它是 BIM 2.0 阶段兴起的重要标志。并且,国务院 2017 年 19 号文不仅明确提出了 BIM 的“集成应用”,而且提到了“规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程”及“全生命期”,也就是说,国家层面对 BIM 2.0 的要求不只是集成应用,而且要覆盖“全生命期”。

应该说,国务院和住建部的文件标志着 BIM 2.0 的兴起,也对 BIM 的发展提出了方向。

1.2.2 BIM 2.0 的主要特征

BIM 2.0 阶段是建立在 BIM 1.0 的 BIM 建模基础上的,以 BIM 综合应用为重点,覆盖建筑全生命期,与信息领域新技术紧密结合的阶段。其主要特征如下。

(1) 以 BIM 综合应用为重点。

在 BIM 2.0 阶段,深度挖掘 BIM 的应用价值,注重 BIM 与其他专业软件联合应用等方面的知识与技能以及应用 BIM 解决问题的能力。

北京第一高楼“中国尊”在建设过程中就较为充分地发挥了 BIM 的综合应用价值。中

国尊 BIM 模型的建立和更新是由业主、设计、施工三方全体参与,在设计施工运营全过程中应用 BIM 技术。BIM 在项目中的综合应用体现在基于 BIM 的深化设计、工厂化预制以及与三维激光扫描结合的现场巡查比对等多个方面。例如,中国尊采用三维激光扫描仪进行现场扫描,通过扫描模型与 BIM 模型比对,生成施工误差的色谱分析图,如图 1.2-1 所示。管理者可以根据偏差的范围以及大小采取不同的措施,从而消除误差。BIM 的综合应用全面提升了中国尊工程的信息化水平和管理水平,创造了更高的效益。

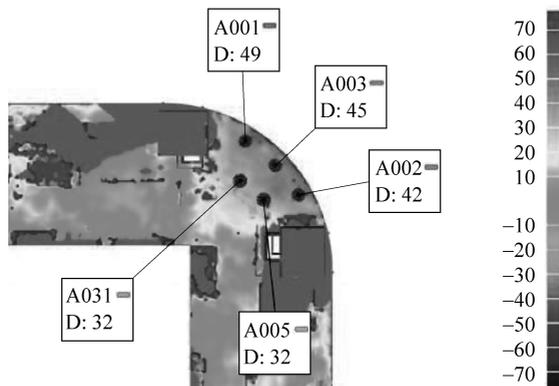


图 1.2-1 三维激光扫描与 BIM 模型比对的误差分析图

(2) 覆盖建筑全生命周期。

正如国务院 2017 年 19 号文中所述“推进建筑信息模型(BIM)技术在规划、勘察、设计、施工和运营维护全过程的集成应用”,BIM 2.0 阶段要覆盖建筑全生命周期,与各个阶段深度融合,如图 1.2-2 所示。

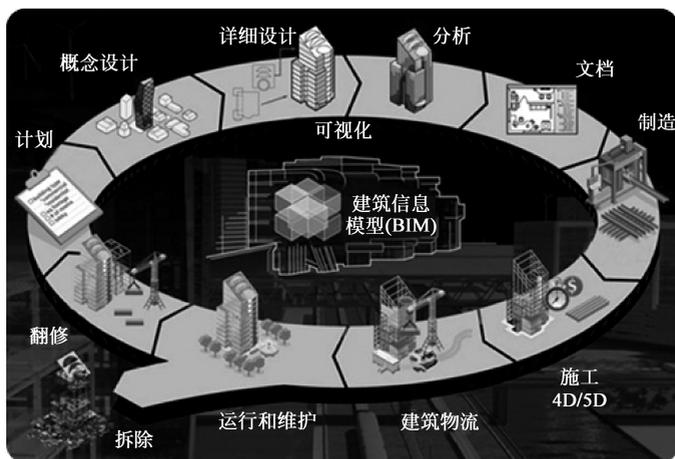


图 1.2-2 BIM 全生命周期应用概念图

值得一提的是,BIM 覆盖建筑全生命期的应用不仅仅是 BIM 与各个阶段工程问题的具体解决方案,如施工阶段的 5D 模拟,而且还要关注建筑全生命周期管理中的数据共享、协同工作等问题。在建筑全生命期中,参与方众多,产生的信息类型复杂、形式多样、数量庞大,

使得在管理的过程中信息沟通不畅,进而导致建筑全生命期中信息流失严重。因此,建筑全生命期管理(building lifecycle management, BLM)也是 BIM 的重要应用方面。

(3) 结合信息领域的前沿技术。

BIM 本身就是信息技术在建筑行业的延伸,而且是一种图形和数据库结合的基础性技术,因此 BIM 容易与其他信息领域新技术结合。目前, BIM 与人工智能、3D 打印、物联网(internet of things, IoT)等都有一定结合。

以 BIM 与 IoT 结合为例, Autodesk 2015 年就在网站上挂了一篇文章“*What happens when BIM meets the IoT?*”^[3], 里面列举了大量 BIM 与 IoT 的应用案例。其中一个非常典型的,就是,建筑人员加上室内定位装置后,可以应用建筑 BIM 模型记录人员三维移动轨迹,如图 1.2-3 所示。有了这些信息后,我们就可以清楚地知道建筑内的热点区域以及道路通行能力,从而为建筑室内改造提供重要的决策依据。

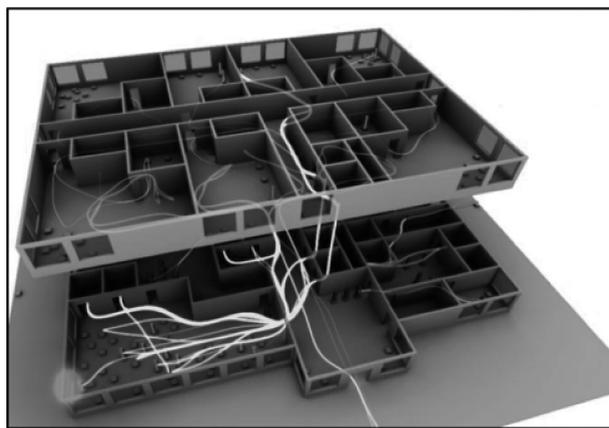


图 1.2-3 Autodesk 公司记录的建筑人员三维轨迹

目前, BIM 2.0 阶段还在继续。本书正是基于上述特征,向读者讲述 BIM 2.0 具体技术和建筑业从业者应具备的能力,希望读者仔细阅读,具备掌握 BIM 2.0 的核心技术能力。

1.2.3 BIM 2.0 的主流软件

在 BIM 2.0 阶段, BIM 软件领域已经分化出许多专业方向的软件,如建模、结构分析、机电设计、方案设计、碰撞检查、造价管理、运营维护和可视化等方向。全球各建筑软件开发商都推出了自己的 BIM 软件产品,并取得了不错的应用效果。本节介绍一些国内外知名的 BIM 软件。

1. 国外软件

Revit 是 Autodesk 公司专门针对建筑行业推出的以 BIM 为重点的建筑设计软件。在基于 BIM 技术的基础上, Revit 软件可以方便地实现“三维协同设计”,即在三维状态中,可与建筑、结构、水暖电等几个专业形成完整的 BIM 模型。在 Revit 中,所有的图纸、平面视图、三维视图和明细表都是建立在同一个建筑信息模型的数据库中, Revit 可以收集到建筑信息模型中的所有数据,并在项目的其他表现形式中协调信息,以便于实现模型的信息共

享。而且建筑图纸文档的生成和修改维护简单方便,因为 Revit 的绘图方式是基于 BIM 技术的三维模型,模型和图纸之间有着紧密的关联性,所以一方修改,另一方会自动修改,因此节省了大量的人力和时间。

MicroStation 由 Bentley 软件公司研发,专为公用事业系统、公路和铁路、桥梁、建筑等基础设施的设计、施工和运营而开发,是一个可交互操作的、强大的 CAD 平台,提供了集二维绘图、三维建模和工程可视化于一体的完整的解决方案。它可通过三维模型和二维设计实现实境交互,确保生成值与实际相符合。它具有数据和分析功能,可对设计进行性能模拟,包括渲染效果和动画,并能整合来自各种 CAD 软件和工程格式的几何线形和数据,确保用户与整个项目团队实现无缝化工作。此外,它还具有强大的二次开发功能,Bentley 公司后期开发的 OpenPlant、AECOSim Building Designer 等专业软件均在 MicroStation 平台基础上研发而成^[4]。

CATIA(computer aided tri-dimensional interface application)是 Dassault 公司开发的一款三维可视化设计软件。相比于传统的 CAD 软件,CATIA 软件智能化程度高,知识管理和表达能力都比较强,其所有模型的绘制通常都需要通过可视化的特征树,以及各种可视工具进行参数化设置,以约束模型的几何尺寸和空间位置^[5],可使设计人员在可视化的环境下,高效地完成三维建模工作并取代物理模型进行各种数据分析。最重要的是它可以实现不同专业之间的关联设计和协同设计,因此在各类建筑物设计中得到广泛应用。目前 CATIA 软件在工程中的应用主要在三维地质建模、建筑物设计、测量工程、工程施工和管理等几个领域,主要用于工程预可研阶段和初步设计阶段^[6]。

Tekla Structure 软件是 Tekla 公司出品的一款多模块集成化的钢结构深化设计软件。该软件功能包括 3D 实体结构建模、结构分析、3D 钢结构细部设计、3D 钢筋混凝土设计、专案管理、自动 Shop Drawing、BOM(bill of material)表自动产生等,能够满足钢结构建筑从结构设计——深化设计——施工管理等一系列要求。在材料或结构十分复杂的情况下,它可以实现准确细致、极易施工的三维模型建模和管理,对深化加工图纸、加工数据及计算机数控加工衔接度高。然而,该软件搭建模型均基于 BIM 常见对象(如梁、板、螺栓对象),但对曲面不规则对象适用性差,需要其他软件在三维空间中创建点、线导入后作为建模参考,才能创建 BIM 对象^[7]。同时,它支持多用户平台,在大型项目设计时,可以利用软件的多用户平台进行协同建模,从而可以缩短设计周期,提高设计效率。

ArchiCAD 是现在建筑市场主流的 BIM 软件之一。它是一个非常贴近建筑师工作特点的三维设计软件,所有包含信息参数的建筑构件都以建筑师所熟知的方式出现在软件中,建筑师可以根据自己在二维设计中积累的经验 and 习惯快速地建立三维建筑模型,其自带的玻璃幕墙与桁架设计工具对于项目的快速建模也有很大帮助。丰富的构件数据库可以满足项目需要,并且建筑师可以很轻松地自建一些特殊的构件及材料以备项目专用。平立剖及三维视图的高度统一和灵活切换,特别是软件所提供的快速灵活的剖面生成功能,使得建筑师可以随时对设计的每一个细节做到心中有数^[8]。

2. 国内软件

在如今的 BIM 2.0 阶段,BIM 理念早已被我国建筑行业知晓,国内先进的建筑设计机构和地产公司纷纷成立 BIM 技术小组,如清华大学建筑设计研究院、中国建筑设计研究院、

中国建筑科学研究院、中建国际建设有限公司、上海现代设计集团等。同时，北京、上海、广州等地的专业 BIM 咨询公司在建筑项目生命周期的各个阶段（包括策划、设计、招投标、施工、运营维护和改造升级等）都开始了 BIM 技术的应用^[9]。BIM 在工程中的广泛应用为国内 BIM 软件发展带来了空前的机遇。

中国建筑科学研究院依托于国内结构设计分析主流软件 PKPM 平台，推出了面向装配式建筑的 PKPM-BIM（集成在 PKPM-PC 中）。为了适应装配式的设计要求，PKPM-PC 包含了两部分内容：第一部分为结构分析部分，在 PKPM 传统结构软件中，实现了装配式结构整体分析及相关内力调整、连接设计等部分内容；第二部分，在 BIM 平台下实现了装配式建筑的精细化设计，包括预制构件库的建立、三维拆分与预拼装、碰撞检查、预制率统计、构件加工详图、材料统计、BIM 数据接力到生产加工设备等。PKPM-PC 为广大设计单位设计装配式建筑提供了简便的设计工具，可以使其提高设计效率，减少设计错误，推动住宅产业化的进程。

广联达也围绕工程建设生命期，立足 BIM、物联网、移动互联网、大数据和云计算等技术，推出了 BIM 产品，如 MagiCAD 可应用于通风空调、采暖和制冷、给排水和消防、电气等专业的深化设计，并支持 AutoCAD 和 Revit 双平台进行建模；BIM 5D 为工程项目提供可视化、可量化的协同管理平台，可实现工程量快速测量，加强对后期资金的成本控制，此外，还可以利用 BIM 技术对技术标中的关键施工方案、施工进度计划可视化动态模拟，直观呈现项目整体部署及配套资源的投入状态，充分展现施工组织设计的可行性。

鸿业科技通过 BIM 深化应用研究，在工程建设全过程推广应用 BIM 技术，并以工程大数据为基础，利用先进的智能图形技术，结合互联网、物联网、云计算等新兴信息技术，于 2016 年推出新一代 3D GIS+BIM 的鸿城平台，可实现市政 BIM 协同设计系统、综合管廊运营管理系统、海绵城市综合管控系统等，为智慧城市建设提供支持。后推出的鸿业蜘蛛侠——机电安装 BIM 软件可完成风系统、水系统、电气系统的建模，实现快速建模、机电深化、支吊架、安装算量等功能。

3. BIM 软件的“卡脖子”问题

“中兴”事件后，整个科技界都在反思“卡脖子”问题，BIM 领域也是一样。

BIM 行业中，BIM 软件无疑是最为核心的技术，那么我们细数一下目前我国自主知识产权的软件有多少。作者综合网络信息，并进行完善，总结了 13 类 BIM 软件的情况，如图 1.2-4 所示。

暂且不谈我国 BIM 软件的市场占有率如何，单从缺项上来看，我国自主知识产权 BIM 软件在不少细分领域几乎都处于空白。特别是在 BIM 核心建模软件方面，我国市场几乎都被 Autodesk/ArchiCAD、Bentley、CATIA（简称 ABC）等国际软件占领，这就导致了 BIM 衍生产品和服务也不得不依靠国外的软件，也就是说不得不依赖国外软件构建的生态系统。

在 BIM 生态系统中，最具代表性的就是 Autodesk。它凭借 Revit 衍生出一系列 BIM 产品，如模型应用软件 Navisworks、结构分析软件 Robot、云协同管理软件 A360 等。BIM 软件领域真可谓“得建模者得天下”。

我国确实缺乏 BIM 核心建模等自主知识产权软件，而且由于长期高度依赖国外技术，短期也很难发展出自主知识产权的 BIM 核心建模软件。不过，我们也有庞大的市场作为支