

21世纪BIM教育系列丛书



技术在土木工程的设计和应用教程

李赢 齐宝欣 哈娜 武一◎编

清华大学出版社
北 京

版权所有,侵权必究。举报:010-62782989, beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn。

图书在版编目(CIP)数据

BIM 技术在土木工程的设计和应用教程/李赢等编. —北京:清华大学出版社,2022.4
(21 世纪 BIM 教育系列丛书)
ISBN 978-7-302-56711-0

I. ①B… II. ①李… III. ①土木工程—建筑设计—计算机辅助设计—应用软件—教材
IV. ①TU201.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 201716 号

责任编辑:秦娜 赵从棉

封面设计:陈国熙

责任校对:赵丽敏

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-83470000 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印装者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:11.75

字 数:285 千字

版 次:2022 年 4 月第 1 版

印 次:2022 年 4 月第 1 次印刷

定 价:39.80 元

产品编号:088743-01

前 言

本书阐述了建筑信息模型(building information modeling, BIM)的定义、特征和优势,总结了 BIM 的内涵,分析了 BIM 的发展历程及研究现状,明确了 BIM 的发展方向和研究热点,简要介绍了我国 BIM 的应用状况,详细介绍了 BIM 技术的基本建模方法及其在土木建筑工程、道路桥梁与渡河工程中的应用。

本书紧跟时代步伐、贴近项目实践,将理论技术与实际工程深度结合,更加侧重 BIM 在实际工程中的应用,内容贴合教学大纲和职业认证考试大纲,帮助读者由浅入深、从理论到实践具体地学习建模知识。尤其算例内容以基本建模技术为基础,深化组合为具体的项目实例模型,对于读者就业后的具体工作和职业资格认证考试具有直接的帮助。

本书共 7 章,其中,第 1~4 章由防灾科技学院李赢、沈阳建筑大学齐宝欣共同编写;第 5~7 章由哈娜编写。沈阳建筑大学武一为本书的校对和图形绘制做了大量工作。全书由李赢负责统稿。

此外,沈阳大学副校长王晓初教授审阅了书稿,并提出了许多意见和建议,在此深表感谢。

本书在编写过程中,参阅了相关书籍和技术文献,在此,向有关专家和作者致以诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2022 年 2 月

目 录

第 1 章 BIM 技术在土木工程领域的发展与未来	1
1.1 引言	1
1.2 BIM 技术的概念和特点	2
1.2.1 BIM 技术的概念	2
1.2.2 BIM 技术的优越性	2
1.2.3 BIM 技术现阶段发展的缺陷	3
1.3 BIM 技术在土木工程领域的应用	4
1.3.1 BIM 技术在建筑设计中的具体应用	4
1.3.2 BIM 技术在结构设计中的具体应用	7
1.3.3 BIM 技术在桥梁设计中的具体应用	8
1.4 BIM 技术在土木工程领域的应用前景	10
1.5 本章小结	11
第 2 章 Revit 的建模方法和流程	12
2.1 Revit 系列软件简介	12
2.2 界面介绍	13
2.2.1 应用程序菜单	13
2.2.2 新建样板	13
2.2.3 界面布局介绍	15
2.2.4 项目信息的修改	16
2.2.5 项目中图元素类型的查看	17
2.3 Revit 基本图元的绘制	18
2.3.1 项目参照平面的绘制	18
2.3.2 标高的绘制	18
2.3.3 轴网的绘制	18
2.3.4 轴线的编辑	19
2.3.5 轴网在立面上的影响范围	19
2.3.6 轴网和标高的锁定	21

2.3.7	立面图的含义和表示范围	21
2.3.8	墙体的绘制	22
2.3.9	柱网的绘制	22
2.3.10	门窗的绘制	23
2.3.11	幕墙的绘制及幕墙嵌板的插入	23
2.3.12	楼梯的绘制	25
2.3.13	绘制楼板	26
2.3.14	坡道的绘制	26
2.3.15	扶手的创建	28
2.3.16	屋顶的创建	29
2.3.17	洞口的创建	30
2.4	视图的添加和深化	30
2.4.1	视图的添加与设置	30
2.4.2	透视图的添加与设置	30
2.4.3	剖面图的添加与设置	31
2.4.4	详图索引的添加与设置	31
2.5	注释方法和符号添加	32
2.5.1	墙的注释的设置及添加	32
2.5.2	尺寸标注的修改	32
2.5.3	箭头标注的添加和编辑	33
2.5.4	标高符号的添加	34
2.5.5	文字注释的添加	34
2.5.6	线型和填充图案的添加	36
2.6	图框的添加和排版	36
2.6.1	图框的添加	36
2.6.2	图框排版	37
2.6.3	图纸或视图的导出	37
2.7	本章小结	38
第3章	BIM 技术在建筑设计领域的应用	39
3.1	方案设计阶段	40
3.1.1	场地分析	41
3.1.2	建筑策划	41
3.1.3	方案论证	43
3.2	技术设计阶段	44
3.2.1	可视化设计	44
3.2.2	协同设计	45
3.2.3	性能化分析	46
3.3	施工图绘制阶段	47

3.3.1	施工进度模拟	48
3.3.2	施工组织模拟	48
3.4	本章小结.....	49
第 4 章	BIM 技术在钢结构设计中的应用	50
4.1	引言.....	50
4.2	钢结构梁 BIM 模型	50
4.2.1	梁的创建	50
4.2.2	梁系统的创建	51
4.2.3	梁的属性编辑	52
4.3	钢结构柱 BIM 模型	53
4.4	钢结构楼板 BIM 模型	54
4.5	钢结构 BIM 模型及应用	54
4.5.1	典型钢结构 BIM 模型.....	54
4.5.2	应用 BIM 技术的项目收益.....	57
4.5.3	典型的 BIM 建模算例及应用.....	57
4.6	本章小结.....	62
第 5 章	BIM 技术在桥梁设计中的应用	63
5.1	引言.....	63
5.1.1	BIM 基础知识	63
5.1.2	Revit 软件的操作界面	65
5.1.3	Revit 的基本术语	69
5.2	桥梁基础 BIM 模型	76
5.2.1	杯形基础族	76
5.2.2	桩基础族	79
5.3	桥梁墩台 BIM 模型	86
5.3.1	重力式混凝土桥台	87
5.3.2	肋板式桥台	88
5.3.3	重力式桥墩	91
5.3.4	柱式桥墩	95
5.3.5	异形桥墩	99
5.4	桥梁主梁 BIM 模型.....	101
5.4.1	空心板梁.....	101
5.4.2	T 形梁.....	103
5.4.3	箱形梁.....	103
5.5	典型案例	110
5.5.1	斜拉桥 BIM 模型	110
5.5.2	拱桥 BIM 模型	113

5.6	图纸输出	115
5.6.1	创建图纸与设置信息	115
5.6.2	图纸导出与打印	120
5.7	本章小结	127
第 6 章	BIM 技术在桥梁工程施工阶段的应用	128
6.1	引言	128
6.2	桥梁施工过程动态模拟	130
6.2.1	对象动画创建	130
6.2.2	脚本动画创建	133
6.2.3	施工进度动画模拟创建	134
6.3	碰撞检查	138
6.3.1	施工机具的碰撞检查	139
6.3.2	移动路径检查	142
6.4	工程量统计	146
6.5	施工进度管理	150
6.6	本章小结	153
第 7 章	BIM 技术在桥梁运营管理阶段的应用	154
7.1	引言	154
7.2	BIM 管理的应用	156
7.2.1	模型管理	156
7.2.2	人员管理	162
7.2.3	数据管理	165
7.3	制定维修整改实施方案	167
7.4	风险因素分析	172
7.4.1	各阶段风险分析概述	172
7.4.2	BIM 技术在桥梁风险分析中的优势	173
7.4.3	风险分析过程	173
7.5	本章小结	177
参考文献		178

BIM技术在土木工程领域的发展与未来

1.1 引言

建筑信息模型(building information modeling, BIM)技术目前已经在全球范围内得到业界的广泛认可,帮助实现建筑信息的集成,从建筑的设计、施工、运行直至建筑全生命周期,各种信息始终整合于一个三维模型信息数据库中。设计团队、施工单位、设施运营部门和业主等各方人员可以基于 BIM 进行协同工作,有效提高工作效率、节约资源、降低成本,以实现可持续发展。

BIM 技术的核心是通过建立虚拟的建筑工程三维模型,利用数字化技术,为这个模型提供完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库。该信息库不仅包含描述建筑物构件的几何信息、专业属性的状态信息,还包含非构件对象(如空间、运动行为)的状态信息。借助这个包含建筑工程信息的三维模型,大大提高了建筑工程的信息集成化程度,从而为建筑工程项目的相关利益方提供了一个工程信息交换和共享的平台。

随着全球建筑工程设计行业信息化技术的发展,BIM 技术在发达国家逐步得到普及与发展。在中国,建筑信息模型被列为建设部国家“十一五”计划的重点科研课题。

近几年,BIM 技术获得了国内建筑领域及业界的广泛关注和支持,整个行业对掌握 BIM 技术人才的需求越来越大。如何将高校教育体系与行业需求相结合,培养并为社会提供掌握 BIM 技术并能学以致用的人才,成为建筑和土木工程领域教学所面临的挑战。

BIM 不仅是强大的设计平台,更是创新应用一体化设计与协同工作方式的结合,将对传统设计管理流程和设计院工程师的结构性关系产生变革性的影响。高专业水平技术人员将从繁重的制图工作中解脱出来而专注于专业技术本身,而较低人力成本、较高软件操作水平的制图员、建模师、初级设计助理将担当起大量的制图建模工作,这为社会

提供了一个庞大的就业机会。同时为大专院校的毕业生就业展现了新的前景。

1.2 BIM 技术的概念和特点

1.2.1 BIM 技术的概念

BIM 技术是指基于最先进的三维数字设计和工程软件构建“可视化”的数字建筑模型。该数字建筑模型为设计师、建筑师、水电暖通工程师、开发商以及用户等各环节人员提供“模拟和分析”的科学协作平台,帮助他们利用三维数字模型对项目进行设计、建造和运营管理。对于设计师、建筑师和工程师而言,应用 BIM 技术是实现设计工具从二维到三维的转变。BIM 技术最终的目的是使工程项目在设计、施工和用户使用等各个阶段都能够有效地实现节能、降低成本、减少污染和提高效率。

Autodesk 公司对 BIM 技术的定义是建筑信息模型,指建筑物在设计和建造过程中,创建和使用的“可计算数字信息”。而这些数字信息能够被程序系统自动管理,使得经过这些数字信息所计算出来的各种文件,自动地具有彼此吻合、一致的特性。国际标准化组织设施信息委员会(Facilities Information Council)关于 BIM 的定义为:在开放的工业标准下对设施的物理和功能特性及其相关的项目生命周期信息的可计算或可运算的形式表现,从而为决策提供支持,以便更好地实现项目的价值。

借助 BIM 技术,设计人员可在整个过程中使用协调一致的信息设计出新项目,可以更准确地查看并模拟项目在现实世界中的外观、性能和成本,还可以创建出更准确的施工图纸。

由于建筑信息模型需要支持建筑工程全生命周期的集成管理环境,因此建筑信息模型的结构是一个包含数据模型和行为模型的复合结构。其中,数据模型包括几何图形和数据,行为模型包括管理相关行为,二者通过关联数据相结合,可以模拟真实项目的行为,例如模拟建筑结构的应力状况、围护结构的传热状况。当然,模型的模拟与信息的质量是密切相关的。

1.2.2 BIM 技术的优越性

在美国、欧洲、日本和新加坡等发达国家和地区,BIM 技术广泛应用于设计阶段、施工阶段、建成后的维护和管理阶段。在国内 BIM 技术也有初步的应用,例如:奥运村空间规划和物资管理信息系统、南水北调工程和香港地铁项目等。BIM 不仅应用于设计阶段,还可应用于建设工程项目的全寿命周期中(用 BIM 进行设计属于数字化设计,BIM 的数据库是动态变化的,在应用过程中会不断更新、丰富和充实),为项目参与各方提供了协同工作的平台。我国第一部 BIM 标准为《建筑工程信息模型应用统一标准》(GB/T 51212—2016),该标准于 2018 年 1 月 1 日开始实施,基于国内外 BIM 标准,BIM 技术的特点可归纳为以下几个方面。

1. 模型信息的完备性

BIM 技术不仅对工程对象进行 3D 几何信息和拓扑关系的描述,还包括完整的工程信息描述,如对象名称、结构类型、建筑材料、工程性能等设计信息;施工工序、进度、成本、质量以及人力、机械、材料资源等施工信息;工程安全性能、材料耐久性能等维护信息;对象之间的工程逻辑关系等。

2. 模型信息的关联性

信息模型中的对象是可识别且相互关联的,系统能够对模型的信息进行统计和分析,并生成相应的图形和文档。如果模型中的某个对象发生变化,与之关联的所有对象都会随之更新,以保持模型的完整性。

3. 模型信息的一致性

在建筑生命周期的不同阶段模型信息是一致的,同一信息无需重复输入,而且信息模型能够自动演化,模型对象在不同阶段可以简单地进行修改和扩展,而无需重新创建,避免了信息不一致的错误。

4. 解决建筑领域信息化的瓶颈问题

BIM 技术能够建立单一工程数据源,推动现代 CAD 技术的应用,进而促进建筑生命周期管理,实现建筑生命周期各阶段的工程性能、质量、安全、进度和成本的集成化管理,对建设项目生命周期总成本、能源消耗、环境影响等进行分析、预测和控制。

5. 用于工程设计

BIM 技术能够实现三维设计和不同专业设计之间的信息共享,同时能够实现虚拟设计和智能设计,进而实现设计碰撞检测、能耗分析和成本预测等。

6. 用于施工及管理

BIM 技术能够实现动态、集成和可视化的 4D 施工管理功能,并将建筑物及施工现场 3D 模型与施工进度相链接,以及与施工资源和场地布置信息集成为一体,建立 4D 施工信息模型。实现建设项目施工阶段工程进度、人力、材料、设备、成本和场地布置的动态集成管理及施工过程的可视化模拟。

BIM 技术能够实现项目各参与方协同工作和信息共享。基于网络实现文档、图档和视档的提交、审核、审批及利用。项目各参与方通过网络协同工作,进行工程洽商、协调,实现施工质量、安全、成本以及进度的管理和监控。

1.2.3 BIM 技术现阶段发展的缺陷

国内相关企业虽然大力推动 BIM 技术的研究、应用和推广,但仍有一些问题需要解决。

1. BIM 是一个综合项目管理平台

BIM 不是一个单一的软件,而是一个集成各专业、各平台和各软件功能的高层次平台。

负责各专业、各平台的人员在同一个平台上操作,实现数据信息的流转和交换,各专业、各部门之间的协同作业成为该系统运转的核心。同时,也需要一定时间来制定并完善相关的标准和规范,开发相关的软件,培养相关专业人才。

2. BIM 的多重应用

对建筑企业而言,BIM 技术不仅应用于项目投标和项目管理,其更大的作用是在企业管理中的应用。将企业的所有项目和资源都集中在一个平台,可提高企业的资源调配能力,大幅减少企业管理的层级,且各项审批、审核都可以变得直观、透明、简单,从而提高企业的生产效率。要真正实现这个目标,最难解决的问题不是技术和培训,而是要使目前企业的各级管理人员切实转变观念,能够真正主动去接受和学习 BIM 技术并愿意主动投放资源,将 BIM 技术应用到项目管理和企业管理中去。

3. 软件工具尚未完善,硬件要求过高

BIM 工具专业设计功能中的绘图元素与当地使用对象未必相符、本地化不足,目前版本更新频繁、软件价格过高、人员学习无法同步以及 BIM 技术服务商的技术支持能力参差不齐等。

4. 使用 BIM 的动力与压力不够

市场需求仍未明确,业界仍持观望态度,且尚未发展出标准作业流程,操作界面单一化,设计端仍使用 CAD,建模压力需由施工端承担。

5. 企业转变发展需负担高成本与风险

软硬件更新费用过高,培训师资不足,新技术尚未成熟,与现有设计成果进行转化、衔接困难,存在变革无用的风险等,且将改变传统分工模式以及公司内部运作方式。

1.3 BIM 技术在土木工程领域的应用

1.3.1 BIM 技术在建筑设计中的具体应用

BIM 技术在建筑设计中得到了广泛的应用,例如黔江展览馆、上海世博会中国馆、上海世博文化中心、上海案例馆、上海世博会芬兰馆等,如图 1-1~图 1-5 所示。

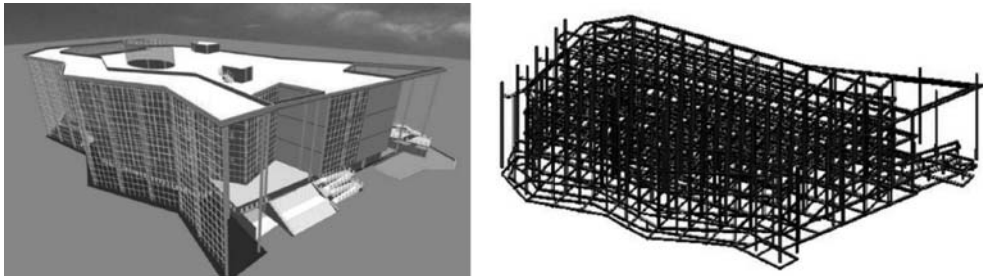


图 1-1 黔江展览馆



图 1-2 上海世博会中国馆

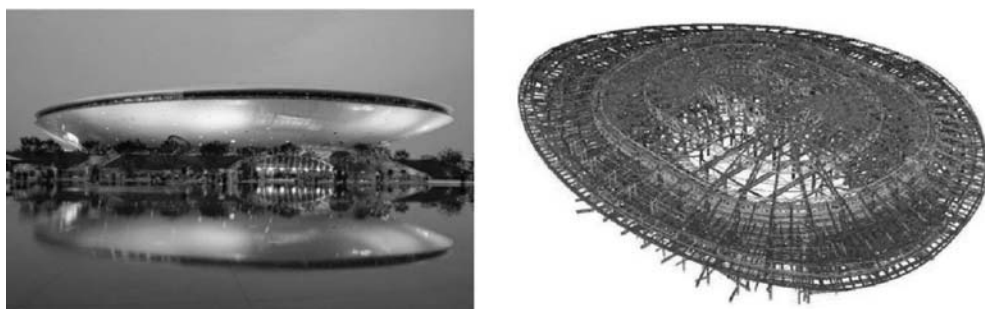


图 1-3 上海世博文化中心



图 1-4 上海案例馆

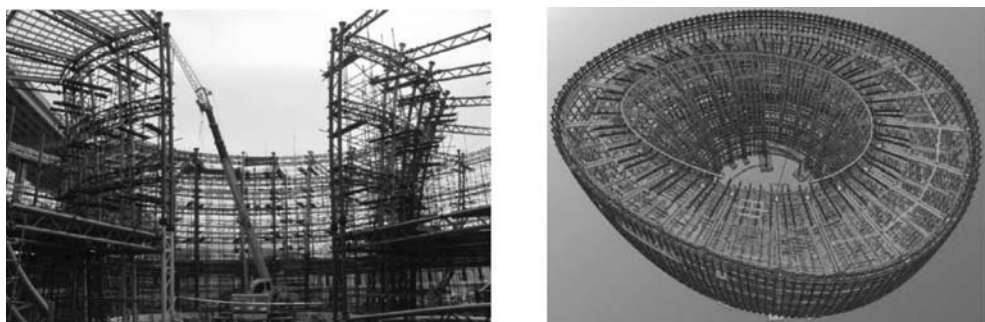


图 1-5 上海世博会芬兰馆

BIM 技术在建筑设计方面的应用主要集中在以下几点。

1. 方案辅助设计

在方案辅助设计方面,BIM 技术能够较好地提高建筑设计的效率,通过信息化图纸的管理和整理技术有效地把建筑设计图纸快速传至客户处,方便设计师直观地从模型中较快地获取有关建筑的多角度视图,便于其对图中模型进行修改和优化设计;运用 BIM 技术,还可在系统中实现建筑模型自动生成图纸、文档,进而实现建筑设计自动生成立体化的模型。设计师根据自动生成的建筑设计模型提出有利的修改意见,或者进行数据的更改,有助于提高建筑设计和施工的效率。

2. 在场地分析和建筑结构中的应用

在建筑工程施工中,一定要确定建筑结构设计的合理性。通常,在建筑工程施工中,建筑环境和相关的水文地质状况对于建筑结构存在一定的影响,特别是在一些施工较为复杂的地形中,场地以及空间规划非常重要,因此将 BIM 技术和地理信息相结合,对于建筑工程相应的施工场地能够实现模拟。在这种环境中实施建筑模型的建造,就能够对建筑施工场地进行全面的分析和了解,同时采用相关的模型来对规划实现可视化的分析,包括对室内视野实现分析和对其周边道路实现可视化等;同时,可在此基础上选取科学合理的建筑地点,使得建筑结构和所选的场地之间具有一定的适应性,以此保证建筑结构设计的科学合理。

3. 构建部分结构模型

BIM 模型中有建造信息、力学性能、成本、材料和几何等多种属性。目前的 IFC^① 模型能够满足大部分模型构件的属性。以下以墙体为例定义关联关系,在 IFC 模型中定义构件的多层材料。墙体主要由内墙面砖、结构层、隔热层和外墙面砖四部分组成:①要对材料属性进行定义;②利用材料层集合将实体、材料层集合实体和材料分层实体等进行材料模型的定义;③利用材料关联实体进行墙体材料与墙体的关联。

4. 构建整体结构模型

对于建筑工程项目的具体设计工作而言,相应的整体结构设计是比较核心的部分,其同样也直接关系到后续建筑物的构建和应用效果的可靠性。在这种建筑物整体结构的设计构建中,恰当运用 BIM 技术能够表现出较为理想的应用价值,其能够针对各个方面的基本需求进行综合考虑,进而也就能够保障整体结构的设计较为科学合理,避免出现任何一个方面的偏差问题。例如对于梁结构、柱结构以及楼梯等构件,都可以借助 BIM 技术进行合理设计,促使其能够在整个体系中形成理想的效果。此外,BIM 技术还可以在力学荷载计算方面表现出较为理想的效果,其能够较好地分析整体作用力是否合理可靠,进而能够维系系统的平衡性效果,最终确保相应建筑设计工作能够得到最佳呈现。当然,对于建筑工程项目的抗震性等基本指标,也可以通过 BIM 技术在建筑信息模型中进行充分思考和处理,确保其整体稳定性。

^① 建筑对象的工业基础类(industry foundation classes,IFC)数据模型标准是由国际协同联盟在 1995 年提出的标准。该标准是为了促成建筑业中不同专业,以及同一专业中的不同软件可以共享同一数据源,从而达到数据的共享及交互。

1.3.2 BIM技术在结构设计中的具体应用

近几年BIM技术在国内发展迅速,在结构设计中应用越来越多,特别是利用BIM技术辅助结构设计,实现从建模到施工图到数字化交付的全过程应用。

1. BIM在结构设计应用中的难点

1) 缺乏标准体系

BIM技术目前处于探索发展的阶段,国内还未出台相应的结构设计规范和标准。由于BIM技术中包含信息的传递,因此迫切需要解决BIM相关的规范、标准与软件的协调性问题。

2) 应用和交付问题

在设计的不同阶段,BIM技术设计的程度不同,设计标准也不一样,参与设计的各个部门的分工和工作内容也有所差异。

3) BIM技术的应用对设备要求较高

BIM技术正处于前期的推广应用阶段,目前的发展存在以下几方面的问题:应用的软件主要是国外制作的软件,模型复杂,因此对硬件设备要求较高;除此之外,各软件模块之间衔接不完善,数据共享、数据传递程度较低,导致BIM技术的数据传递需要进一步提高。

4) 使用成本过高

BIM技术对于人员技术和硬件设备要求较高,因此需要一定资金购买设备、培训人员,同时还需要不断对软件和硬件设备进行更新。

5) BIM技术存档问题

BIM技术对于存档的硬件配置要求较高,因此为满足存档要求,成本不断增加。

应用BIM技术进行结构设计的优势如下:在对结构进行初步设计的过程中,BIM技术信息的载体模型,它包含了结构设计过程中的全部信息,不仅能够展示结构的外表,而且还能有效地体现结构的细节,因此BIM技术在结构设计的过程中,可以最大限度地实现结构的可视化效果。在深化设计方面,传统的设计技术尚未能完全展示结构工程师的想法和结构整体,并不利于工程师一一核查。BIM技术采用碰撞检查,使得结构设计的检查核准过程有很大的优势。应用BIM技术的协作系统,相关的专业人员能够在同一个平台上同时进行有效的工作,实现了各部门之间的信息共享,设计人员可以对同一位置进行修改,并实现同步,使其他设计人员迅速得知修改的信息,减少信息传递的时间,提高了设计的工作效率。目前的结构设计一般采用二维图纸呈现结构,而BIM介入后,把结构做成一个完整的虚拟整体,从而使设计的结构更加完整、直观。

2. BIM在结构设计中的应用

BIM技术的引入,对于提高结构的设计质量帮助显著。对于结构设计人员来说,最重要的是有效保证结构设计的质量。但传统的设计流程具有很大的局限性,设计师没有时间和精力对结构设计的质量和细节一一审核,因此对结构设计没有完全把握,导致在施工过程中会遇到一些突发的问题,施工完成后也与预想的有些差别,从而导致结构不能充分地表达设计师的想法,施工结果也不能满足客户的要求。通过BIM技术的介入,可以提高结构的表达精度,每个构件都有相应的属性和参数,三维立体的图纸使结构的信息表达更加完整、

全面,对于提高设计质量效果明显。

1) 模型建立

BIM 技术可以将结构的三维实体模型用真实的构件表示出来,与传统的设计技术相比,突破了 CAD 技术只能绘制二维平面施工图的弊端。BIM 技术可以利用三维模型图直观地表示各构件与整体结构之间的关系。在进行实际的构件设计过程中,使用 BIM 技术可以实现结构模型的可视化,根据建筑结构的动态变化,对结构的构件进行合理有效的设计,从而制定高效合理的结构设计方案。在使用 BIM 技术进行结构设计时,可以迅速发现的问题,及时调整设计方案,从而提高设计质量。

2) 参数化设计

在 BIM 系统中,数据库整合了整个结构的所有信息,这些信息是共享的,参与设计的人员都可以随时调取相关资料。方案设计和初步设计是施工图设计的基础,奠定好基础是施工图设计成功的关键。BIM 的参数化设计正好可以实现这一目的。BIM 技术结合了参数化的三维实体模型设计结构单元,将点、线、面等平面元素替换为基础、梁、柱等构件,而且将大量使用的构件定义为族,族中包含几何信息、材料信息、逻辑信息等。

3) 设计过程优化

BIM 技术在传统的设计流程上做了优化。BIM 技术的结构设计流程为:在 BIM 数据库中导出建筑几何信息—结构设计师制定结构设计方案—对结构方案进行优化,初步确定结构选型和布置—建立初步分析模型—通过软件对设计结构进行分析和优化,完成截面设计—专业人员分析评估结构模型并输入 BIM 数据库,做碰撞检查等复核。如有问题继续重复上述步骤,没问题即可绘制施工图。

3. BIM 在结构设计中尚需完善之处

(1) 完整的项目样板设计都是基于项目样板开展的,应用 BIM 技术,形成良好的样板,有利于顺利开展设计过程,减少设计过程中的重复工作。尽快建立一套适合国情的项目样板,有利于 BIM 在设计中被更好地运用,同时也能满足国内不同客户对于设计的要求。

(2) 在进行钢筋混凝土施工图绘制过程中,传统设计采用平面方法表示,BIM 技术的应用使平面表示法的内容更加完整,因为 BIM 模型能够更加便捷地提取数据和关键信息,从而满足各种施工要求。

(3) BIM 中应用最广的两个软件是 Revit 和 PKPM,Revit 主要用于 BIM 模型的建立,PKPM 主要用于分析结构的受力和建筑设计,这两种软件不能无缝地配合使用,还要通过第三方软件进行有效转换,从而将数据转换为通用格式。

1.3.3 BIM 技术在桥梁设计中的具体应用

BIM 技术在桥梁工程设计中的应用具有传统设计技术无法比拟的巨大优势。首先,有助于提升设计质量。应用 BIM 技术,可以实现工程项目设计方案的可视化设计,便于在设计方案交流环节开展工程项目设计方案交流工作,便于优化与调整设计方案。其次,有助于开展可视化设计交底工作,且可以模拟施工。应用 BIM 技术,可以构建桥梁工程项目的三维 BIM 模型。借助该模型,可以直观地观察设计方案中的重点、难点,更加便捷地开展技术难度较高的施工模拟工作,进而确保顺利开展桥梁工程建设,且更好地降低施工成本。最

后,有助于为桥梁工程项目进行全生命周期管理提供必要依据。在桥梁工程设计环节,通过灵活应用 BIM 技术,为桥梁工程施工提供了更为可靠的依据。

BIM 技术的价值体现在工程建设全生命周期实现各方面信息交流,提高设计、施工和运维管理的效率与质量。其优势表现为:在协同设计平台上进行高效协同设计,在设计中积累库族,提高设计效率;BIM 模型导入分析软件计算,形成设计闭环,在设计平台上进行二次开发设计,在设计阶段绘制三维模型,在施工项目中应用基于 BIM 技术的管理系统,该系统也可应用于桥梁健康监测,日常巡检和维护,如图 1-6 所示。

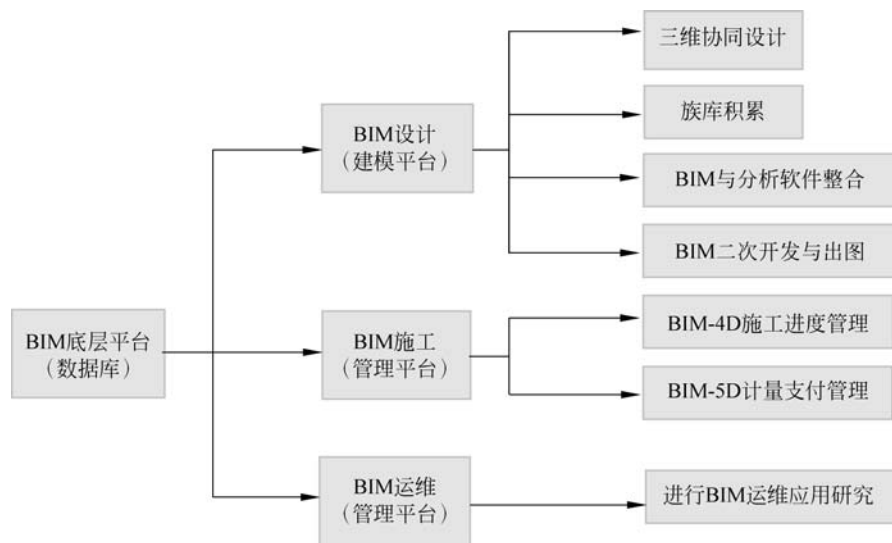


图 1-6 BIM 底层平台构成

通过 BIM 技术协同设计系统,将设计人员按专业分工,统一纳入系统进行协同设计,可以提高设计信息流转效率,如图 1-7 所示。协同设计系统管理整个设计流程,并可与企业其他信息管理系统集成,形成设计企业信息化的构架,如图 1-7 和图 1-8 所示。

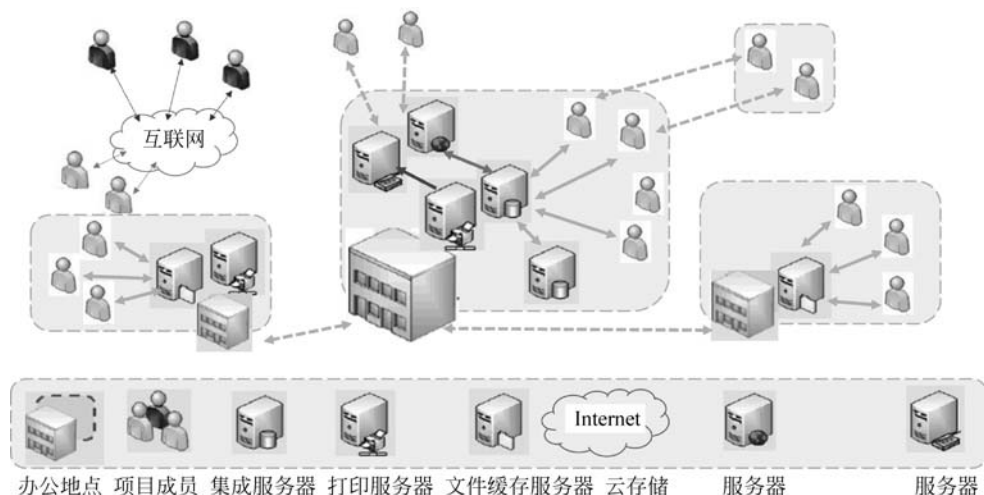


图 1-7 BIM 技术协同设计系统

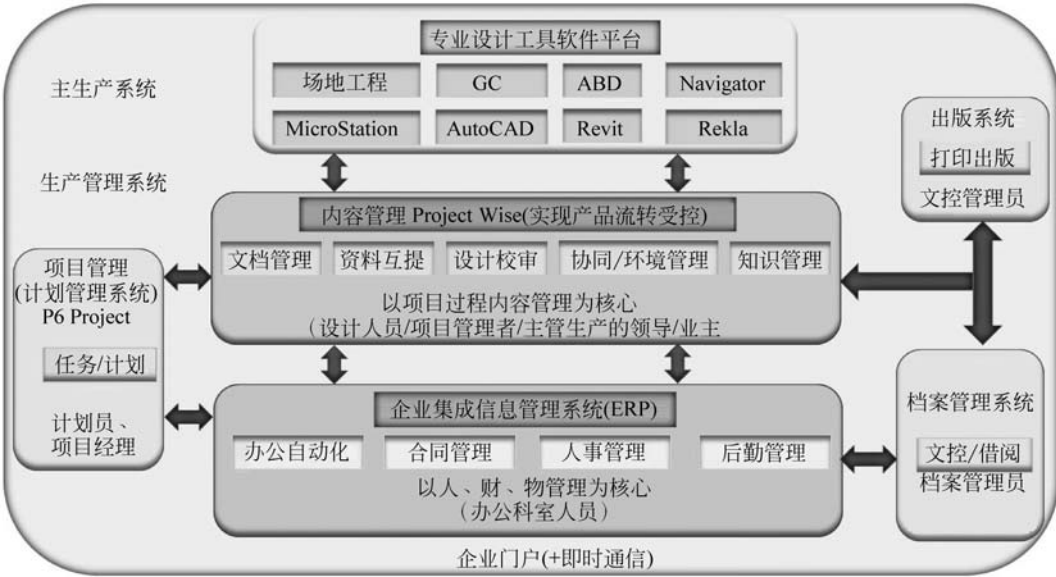


图 1-8 协同设计系统管理平台

BIM 技术在桥梁设计中实现的技术路线和工艺流程如图 1-9 所示。

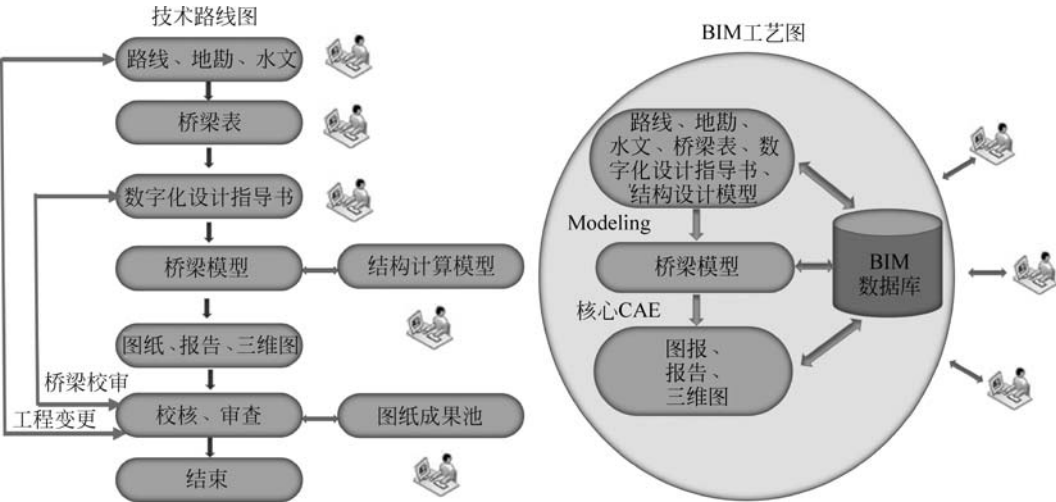


图 1-9 BIM 工艺图以及技术路线图

1.4 BIM 技术在土木工程领域的应用前景

BIM 技术作为实现建设工程项目生命周期管理的核心技术，正引发建筑行业一次史无前例的变革。BIM 技术利用数字模型将贯穿于建筑全生命周期的各种建筑信息组织成一个整体，对项目的设计、建造和运营进行管理，将改变建筑业的传统思维模式及作业方式，建立设计、建造和运营过程的新组织方式和行业规则，从根本上解决工程项目规划、设计、施工

和运营各阶段的信息丢失问题,实现工程信息在生命周期中的有效利用与管理,显著提高工程质量和作业效率,为建筑业带来巨大的效益。

1. BIM 在未来工程中的可预见性

BIM 模型带来的直观感受使越来越多的甲方在招标文件中明确指出需要乙方具备 Revit 等 BIM 软件设计能力。由于工程建设的需要也同样使得越来越多的设计单位、施工单位去涉及 BIM 技术领域。

2. BIM 在工程中的优越性

利用 BIM 技术,在工程开始之前设计师就在计算机上模拟整栋建筑,实现了设计师在办公室就可以直观、准确、全面地了解现场情况,提高工作效率,避免了使用 CAD 制图的工程师对现场情况不了解的问题,并在一定程度上减少了工程中组织协调的工作量。

3. BIM 在工程中的可信性

BIM 软件日趋成熟,Revit 能够胜任结构、建筑和机电等各个领域的制图工作。软件完善的同时也缩短了 Revit 的制图时间,虽然较传统 CAD 绘图时间仍然要长,但其极低的容错率足以弥补这一点。阻碍 BIM 发展的最主要原因就是大部分企业对于 BIM 还不够了解,但是已经有一些企业接受了 BIM,相信 BIM 时代即将到来。

1.5 本章小结

本章介绍了 BIM 技术的基本概念,以及 BIM 技术的发展过程,通过分析 BIM 技术的特点和优势,详细介绍了 BIM 技术在建筑设计、结构设计、桥梁设计领域的研究进展,最后提出了 BIM 技术的不足之处。

Revit 的建模方法和流程

2.1 Revit 系列软件简介

使用 BIM 技术,建筑师在施工前能够实现对竣工后建筑的预测,在日益复杂的商业环境中保持竞争优势。BIM 是以设计、施工到运营的协调、可靠的项目信息为基础而构建的集成流程。以 BIM 技术为平台,建筑公司可以在整个流程中使用一致的信息来设计、绘制和创新项目,还可以通过建筑外观的可视化来支持更好的沟通,模拟真实性能以便使得项目各方了解成本、工期和进展情况。

Autodesk Revit(以下简称 Revit)是 Autodesk 公司一套系列软件的名称。Revit 系列软件是为建筑信息模型(BIM)构建的,帮助建筑设计师设计、建造和维护质量更好、能效更高的建筑产品,是我国建筑行业 BIM 体系中使用最广泛的软件之一。在 2012(含)之前的版本,Revit Architecture、Revit MEP 和 Revit Structure 是针对三个专业推出的三个独立软件。2013 版本之后,Revit Architecture、Revit MEP 和 Revit Structure 软件的功能合并到一起,统称 Revit 20##,Revit 2018 开始界面见图 2-1。



图 2-1 Revit 商标

建筑行业竞争激烈,采用先进的技术能够充分发挥专业人员的技能和经验。Revit 软件能够满足使用者在项目设计流程的前期探究新颖的设计概念和外观,在整个施工文档中传达使用者的设计理念,不仅支持可持续设计、碰撞检测、施工规划和建造,同时消除了很多庞杂的任务,便于工程师、承包商和业主间沟通协作。

2.2 界面介绍

2.2.1 应用程序菜单

单击【开始】界面的【文件】选项,可以打开【文件】菜单,见图 2-2。在【文件】菜单中分别单击【新建】【保存】【打印】和【退出 Revit】等可以执行相应的命令。



图 2-2 【文件】菜单

单击应用程序菜单右下角的【选项】按钮,可以打开【选项】对话框。在【用户界面】选项中,用户可根据工作需要自定义出现在功能区域的选项卡命令,并自定义快捷键,如图 2-3 所示。

2.2.2 新建样板

新建样板的方法是,单击界面中【建筑样板】选项,即可创建建筑样板,当然也可以创建其他样板,见图 2-4。

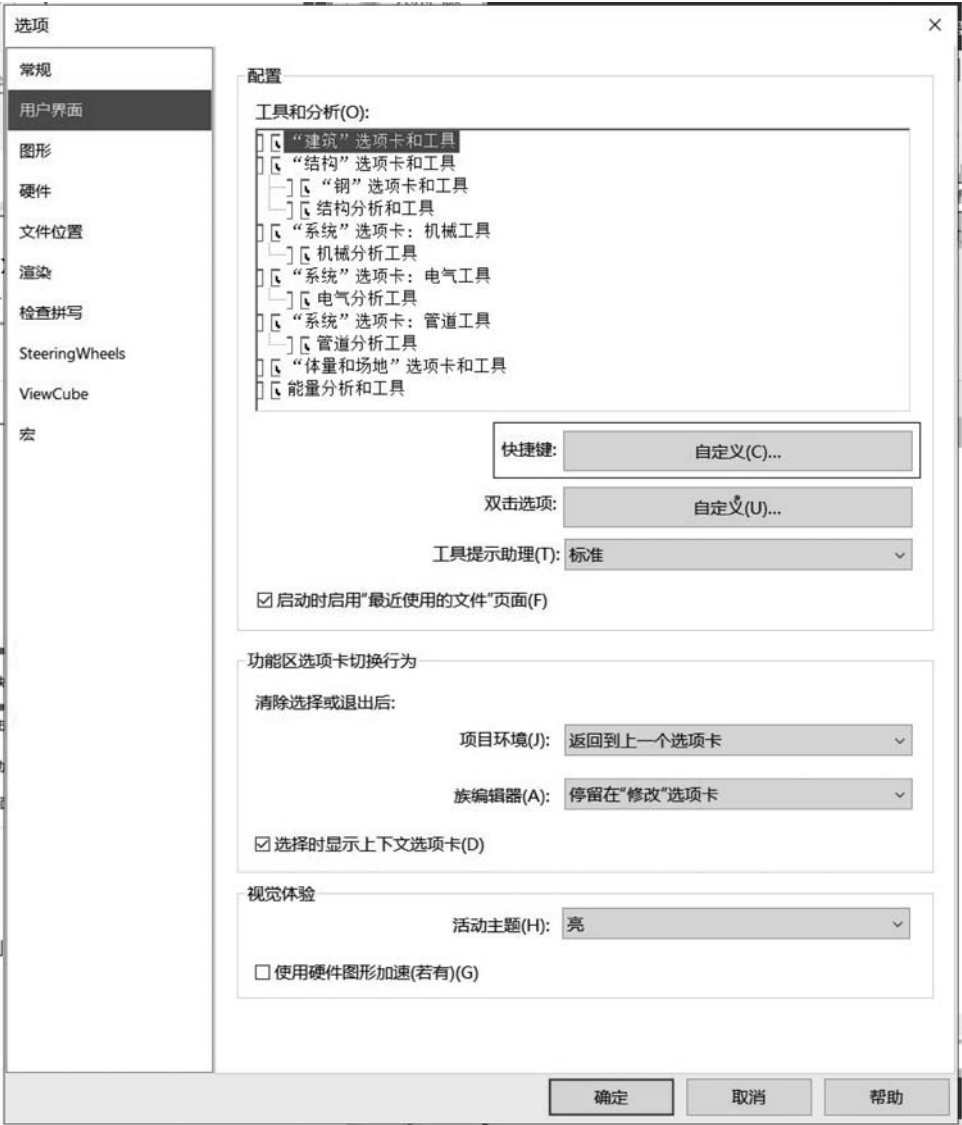


图 2-3 用户界面



图 2-4 新建样板界面

2.2.3 界面布局介绍

创建样板后进入绘图界面,界面各部分功能见图 2-5。



图 2-5 绘图界面

下面详细介绍【快速访问工具栏】【项目浏览器】等部分常用面板及其选项的功能。

1. 快速访问工具栏

快速访问工具栏的形式见图 2-6,其对应的功能如下。

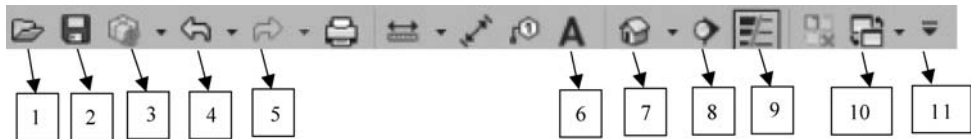


图 2-6 快速访问工具栏

- (1) 打开: 打开项目、族、注释、建筑构件或 IFC 文件。
- (2) 保存: 用于保存当前的项目、族、注释或样板文件。
- (3) 同步并修改设置: 用于将本地文件与中心服务器上的文件进行同步。
- (4) 撤销: 用于在默认情况下取消上次的操作,在任务执行期间显示执行的所有操作的列表。
- (5) 恢复: 恢复上次取消的操作,另外还可恢复在执行任务期间所有已撤销的操作。
- (6) 文字: 用于将注释添加到当前视图中。
- (7) 三维视图: 打开或创建视图,包括默认三维视图、相机视图和漫游视图。
- (8) 剖面: 创建剖面视图。

- (9) 细线：按照单一宽度在屏幕显示所有线，无论缩放级别如何。
- (10) 切换窗口：单击下拉箭头，然后单击待显示的视图。
- (11) 定义快速访问工具栏：自定义在快速访问工具栏上显示的项目。
- 可以根据需要自定义快速访问工具栏中的工具内容，重新排列顺序。

2. 项目浏览器

项目浏览器用于组织和管理当前项目包含的所有信息，如项目所有视图、明细表、图纸、族、组和链接的 Revit 模型等项目资源。Revit 按逻辑层次关系组织这些项目资源，方便用户管理。展开项目类别时，将显示下一层集的内容。图 2-7 为项目浏览器包含的项目内容，其中项目类别前显示【+】表示该类别中还包括其他子类别项目。在 Revit 中进行项目设计时，最常用的操作就是利用项目浏览器在各视图间进行切换，切换方法为双击各子类别项目。

另外，通过项目浏览器可执行搜索命令。在项目浏览器对话框任意栏目名称上右击，在弹出的快捷菜单中选择【搜索】选项执行搜索命令，可以使用该命令在项目浏览器中对视图、族及族类型名称进行查找和定位。

3. 【属性】面板

可以通过【属性】面板查看和修改属性参数。【属性】面板各部分功能见图 2-8。

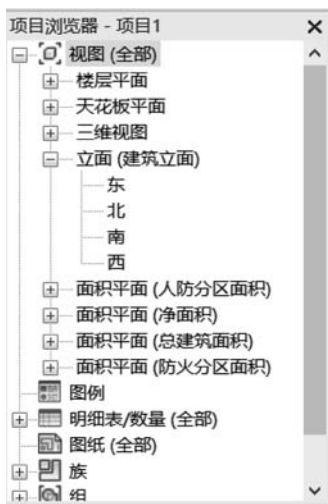


图 2-7 项目浏览器



图 2-8 【属性】面板

2.2.4 项目信息的修改

一个族的项目信息主要包括标识数据、能量分析和其他三个部分。其中，标识数据信息包括组织名称、组织描述、建筑名称和作者；能量分析信息包括能量设置；其他包括项目的发布日期、项目状态、客户姓名、项目地址和项目名称等信息。

当需要了解项目或者添加项目信息时，选择【管理】菜单中的【项目信息】，可以查看以上信息，还可以按照需求填写项目发布日期和项目编号等其他信息，见图 2-9。



图 2-9 项目信息

2.2.5 项目中图元素类型的查看

如需查看项目图元素类型,则输入下列代码:

```
namespace revit_text
{
    [TransactionAttribute(TransactionMode.Manual)]
    [RegenerationAttribute(RegenerationOption.Manual)]
    public class Class1 : IExternalCommand
    {
        public Result Execute ( ExternalCommandData commandData, ref string message, ElementSet
elements)

        {
            //UIDocument 表示用户在 Revit 中打开的项目对象
            //Document 表示根的 Revit 项目对象
            UIDocument uiDoc = commandData.Application.ActiveUIDocument;
            Document revitDoc = uiDoc.Document;
            //获取选中的元素列表
```

```

var elemList = uiDoc.Selection.GetElementIds().ToList();
Element selElem = uiDoc.Document.GetElement(elemList[0]);           //取第一个元素
//根据元素类型 id 获取元素,并把它转换成元素类型
ElementType type = revitDoc.GetElement(selElem.GetTypeId()) as ElementType;
string str = "元素族名称: " + type.FamilyName + "\n" + "元素类型: " + type.Name;
TaskDialog.Show("元素参数", str);
return Result.Succeeded;

```

执行代码后显示元素参数信息,如图 2-10 所示。



图 2-10 元素参数

2.3 Revit 基本图元的绘制

本节介绍 Revit 基本的作图方法及技巧,包括以下几个方面:项目基准参照的绘制、标高的绘制、轴网的绘制、轴线的编辑、轴网在立面上的影响范围、轴网和标高的锁定、立面图的含义和表示范围等。

2.3.1 项目参照平面的绘制

在绘图前,首先需要绘制项目参照平面,绘制方法包括以下四种,使用任意一种即可。

- (1) 使用【线】工具或【拾取线】工具来绘制参照平面,在功能区上,单击【参照平面】。
- (2) 选择【建筑】选项卡,在【工作平面】面板单击【参照平面】。
- (3) 选择【结构】选项卡,在【工作平面】面板单击【参照平面】。
- (4) 选择【系统】选项卡,在【工作平面】面板单击【参照平面】。

以上四种方法都可以创建参照平面。

2.3.2 标高的绘制

绘制标高时,标高的注释出现在标高线条的右方。在绘制过程中,Revit 显示提示线条长度,以便使得每一条标高线等长。根据设计楼层数据,完成标高绘制后,单击标高的名称或标高的数据,可以进行相应的修改,直接输入新的名称和相应的标高数据即可完成设置。以上过程即标高的建立。标高绘制成果见图 2-11,每一个标高名称与楼层层数相对应。完成标高的绘制后即可开始绘制轴网。

2.3.3 轴网的绘制

在【建筑】选项卡单击【轴网】,执行轴网绘制命令,见图 2-12。绘制轴线时,单击绘图区



图 2-11 标高绘制

域,并拖动鼠标,即可绘制一条轴线,注意轴线要垂直/水平,绘制方向从左向右,从下向上,以保证轴线的标注正确。重复以上操作,多条轴线组成轴网,绘制时注意轴线之间的距离设置。完成一个方向的轴网绘制后,可以对轴网的长度进行统一调整。方法是选中一条轴线,在轴网的数字标注位置显示一个小的空心圆圈,用光标选中空心圆圈并进行拖动,即可实现一个方向上所有轴线的长度变化,拖动到合适的位置取消光标即可完成调整。完成一个方向的轴网绘制后,需要进行另一个方向的绘制,依旧选择【轴网】命令,并在绘制第一条轴线之后,更改其名称,与另一方向的轴线加以区分。

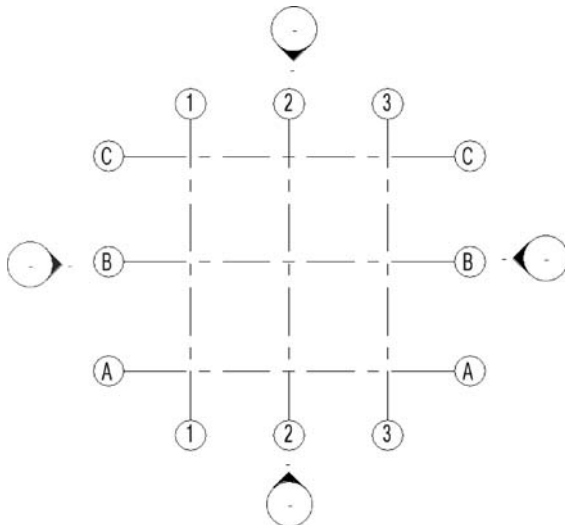


图 2-12 轴网绘制

2.3.4 轴线的编辑

轴线的编辑是对已有图形的轴线进行编辑。打开 Revit 软件,导入文件后,修改轴网样式。在视图浏览器中选择【楼层平面】中的【标高 1】,并单击待编辑的目标轴线,弹出【类型属性】对话框如图 2-13 所示,修改轴网相应参数,单击【确定】按钮。

2.3.5 轴网在立面上的影响范围

单击【修改|轴网】选项卡中的【影响范围】,显示【影响基准范围】窗口,在此窗口下可以修改当前轴网在立面的影响范围,见图 2-14。标高也存在影响范围,但应注意:南立面只能与北立面同步,西立面只能与东立面同步。



图 2-13 轴网编辑

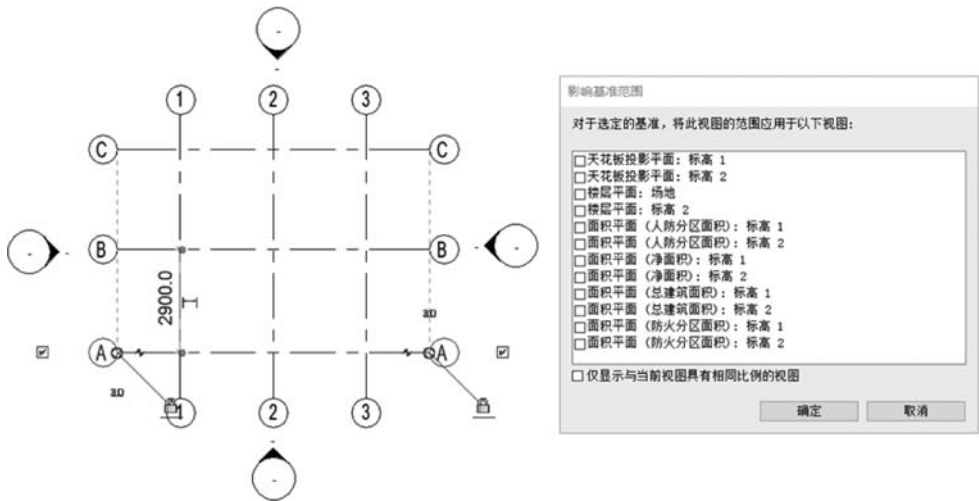


图 2-14 影响基准范围

2.3.6 轴网和标高的锁定

锁定轴网和标高功能可以在调整整体位置时保持轴网和标高位置不变,通过【锁头】是否锁定来实现或取消锁定功能。单击【锁头】即可锁定轴网,这时轴网位置随整体位置发生变化而调整;【锁头】解锁时,轴网位置不会随着整体位置变化而调整,见图 2-15。【锁头】对标高也具有相同的作用,单击【锁头】即可锁定标高,这时标高位置随整体位置变化而调整;【锁头】解锁时,标高位置不会随着整体位置变化而调整,见图 2-16。

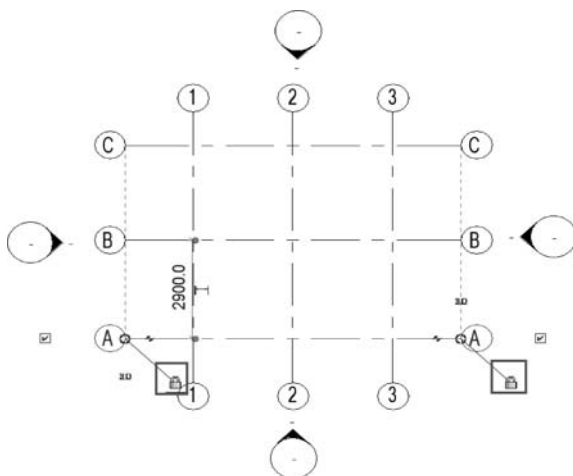


图 2-15 锁定轴网

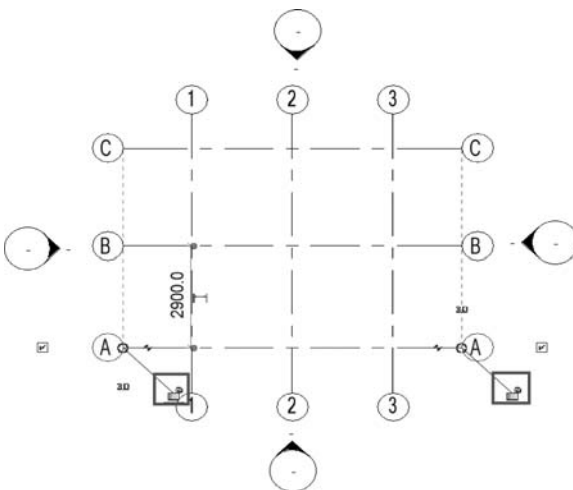


图 2-16 锁定标高

2.3.7 立面图的含义和表示范围

在【项目浏览器】窗口的【立面】显示了【东】【南】【西】【北】四个立面图,分别对应建筑的东、南、西、北四个立面,双击可进入相应的立面视图,见图 2-17。

2.3.8 墙体的绘制

首先,在【项目浏览器】窗口定位【楼层平面】选择待绘制墙体的位置。例如:在标高 1 绘制墙体,则单击【标高 1】,见图 2-18。

随后,在【建筑】选项卡单击【墙】,选中【墙:建筑】,见图 2-19。出现【属性】窗口,默认定位线是墙体中心线,见图 2-20,可在【属性】菜单修改默认值。

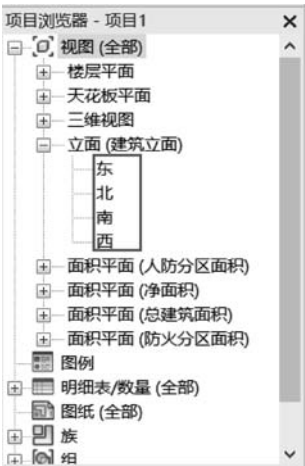


图 2-17 立面视图选项

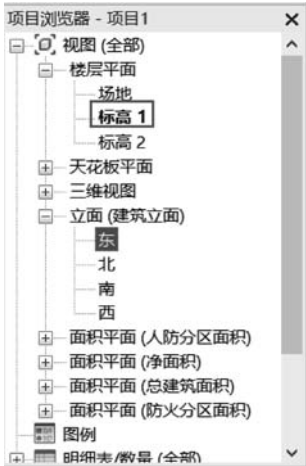


图 2-18 选择标高



图 2-19 选择墙

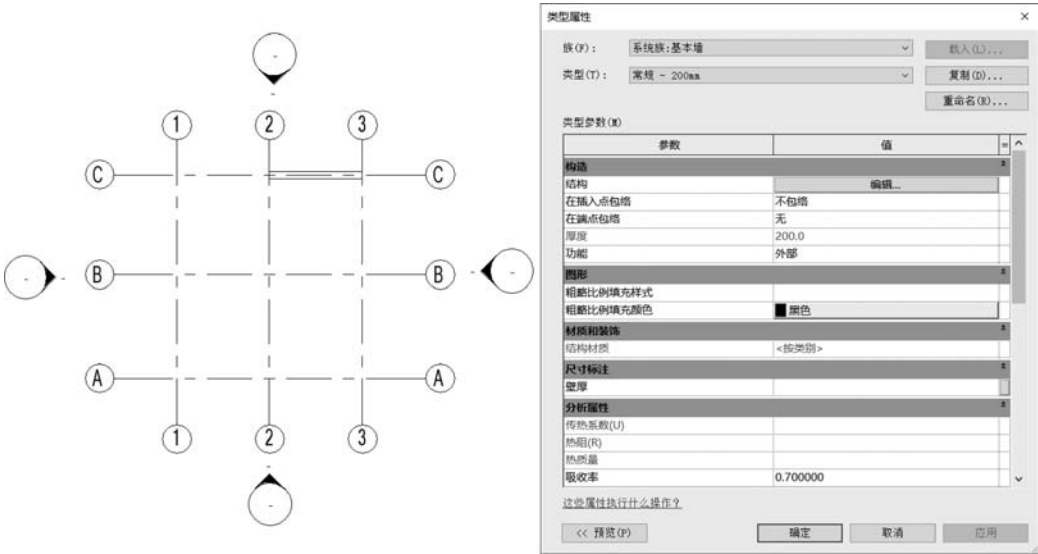


图 2-20 绘制轴网

2.3.9 柱网的绘制

柱网一般和轴网搭配绘制,一般在轴网的交点位置绘制柱。在【建筑】选项卡单击

【柱】选项,系统显示两种柱,分别是【结构柱】和【柱:建筑】,在建筑设计中,常用【柱:建筑】进行建模。其操作过程如下:单击【柱:建筑】执行建筑柱的绘制命令,在建筑柱绘制界面,左侧的【属性】窗口显示柱的具体属性,在【底部标高】和【顶部标高】输入数据设定柱的高度,完成后单击对应的位置放置柱,见图 2-21。在当前平面可视的柱,都会直接显示柱的线条。如果当前平面不可视的柱,通过修改【楼层平面】下的【视图范围】进行调整,即可显示柱。

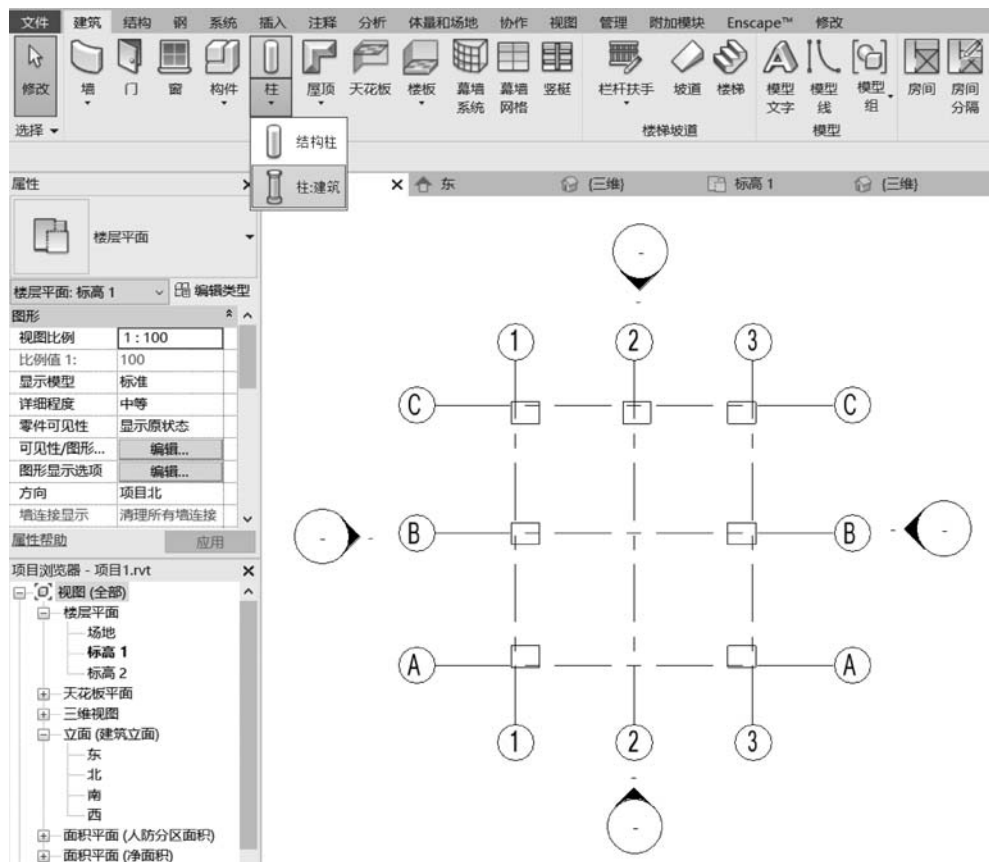


图 2-21 绘制柱网

2.3.10 门窗的绘制

在【建筑】选项卡单击【窗】,在【属性】窗口选择合适的窗类型;将光标移动到墙上,门窗显示可编辑状态,在合适位置单击即可放置门窗;在【属性】窗口单击【编辑类型】,进入【类型属性】编辑器,可以修改门窗的属性参数,见图 2-22。

2.3.11 幕墙的绘制及幕墙嵌板的插入

在多数应用中,幕墙常常定义为薄的、通常带铝框的墙,包含填充的玻璃、金属嵌板或薄石。在【建筑】选项卡选择【墙】,在【属性】窗口选择【幕墙】,见图 2-23。可以使用 Revit 默认的三种不同复杂程度的幕墙类型,也可以对其进行简化或增强。

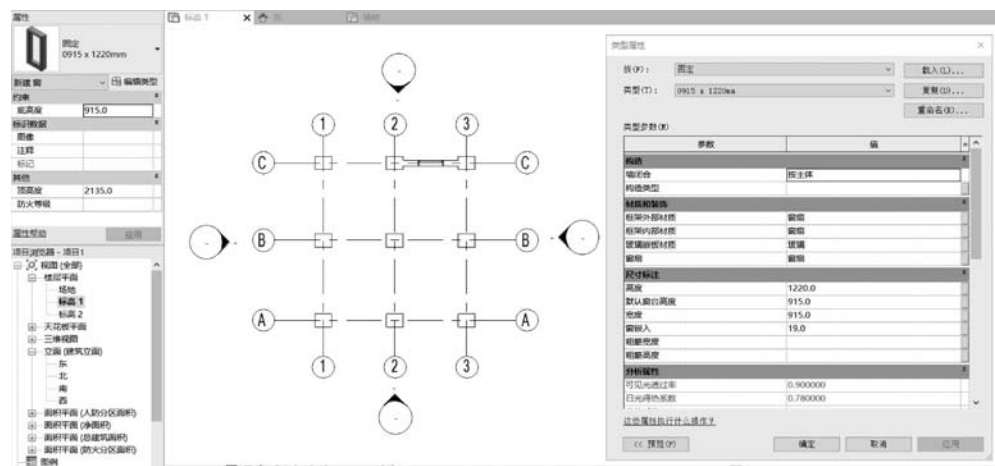


图 2-22 门窗的选择



图 2-23 幕墙的选择

2.3.12 楼梯的绘制

在【建筑】选项卡,【楼梯坡道】窗口选择【楼梯】工具,可根据需求绘制楼梯,见图 2-24。首先绘制参照平面并选择起点,随后在选择的方向定位楼梯的终点。先绘制第一段终点和第二段起点,随后绘制第二段终点,单击【完成编辑模式】完成楼梯的绘制,见图 2-25。在绘制过程中,Revit 实时显示已经绘制的踢面数量及剩余踢面数量。

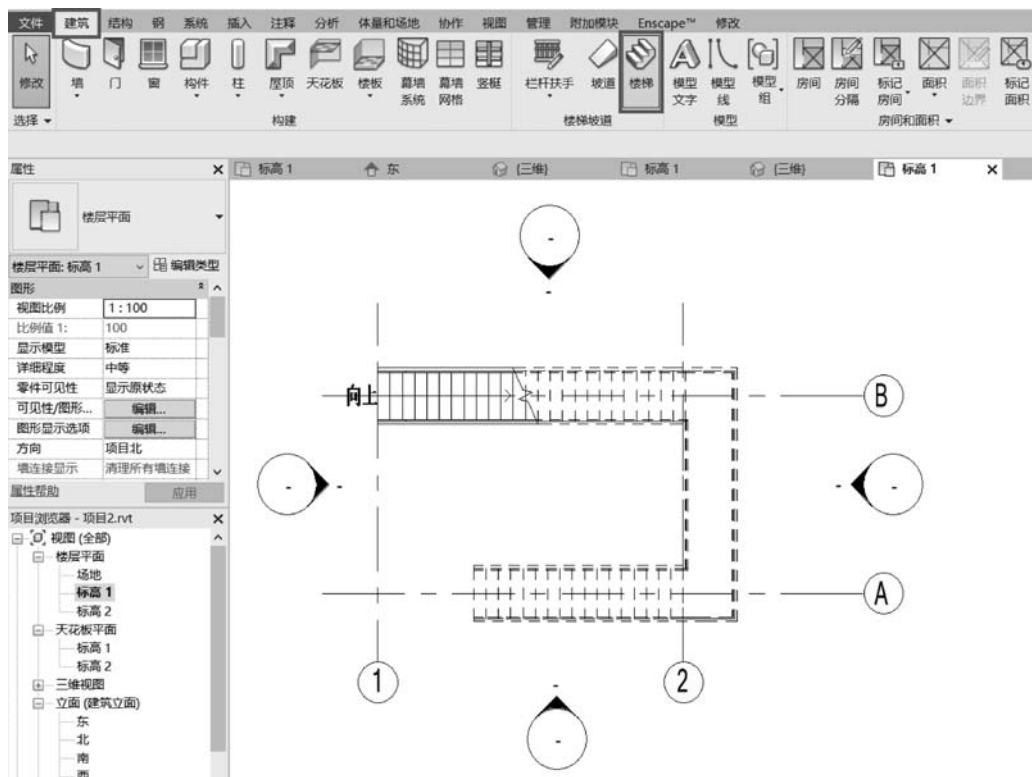


图 2-24 楼梯的选择

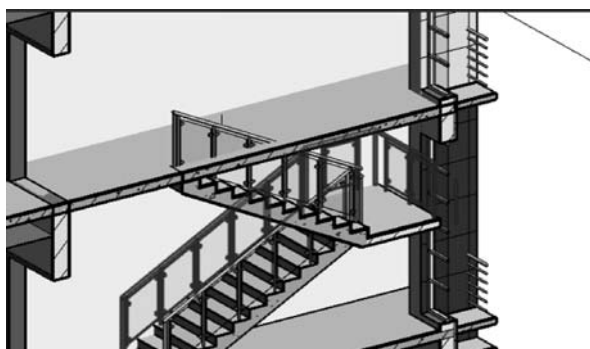


图 2-25 楼梯的样式

2.3.13 绘制楼板

选择【建筑】选项卡的【楼板】中的【楼板：建筑】即可开始绘制楼板，将光标放置在墙体位置，按 Tab 键，直至相连的墙体高亮显示。然后单击即可创建楼板，见图 2-26 与图 2-27。

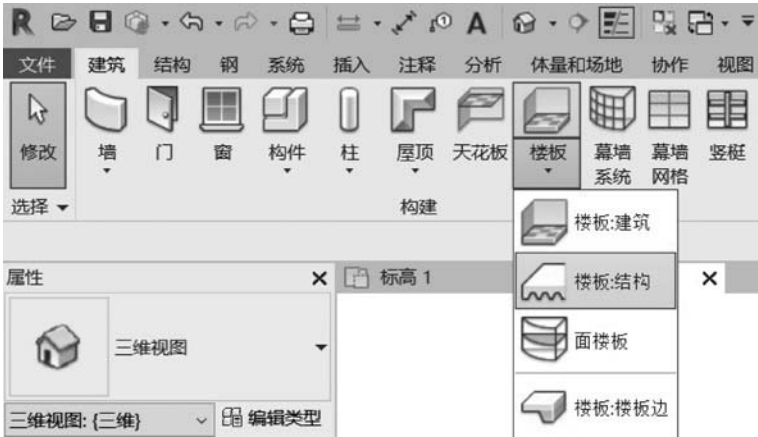


图 2-26 楼板的创建

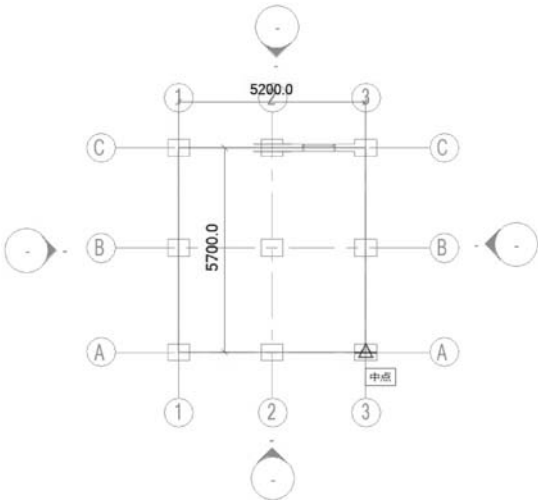
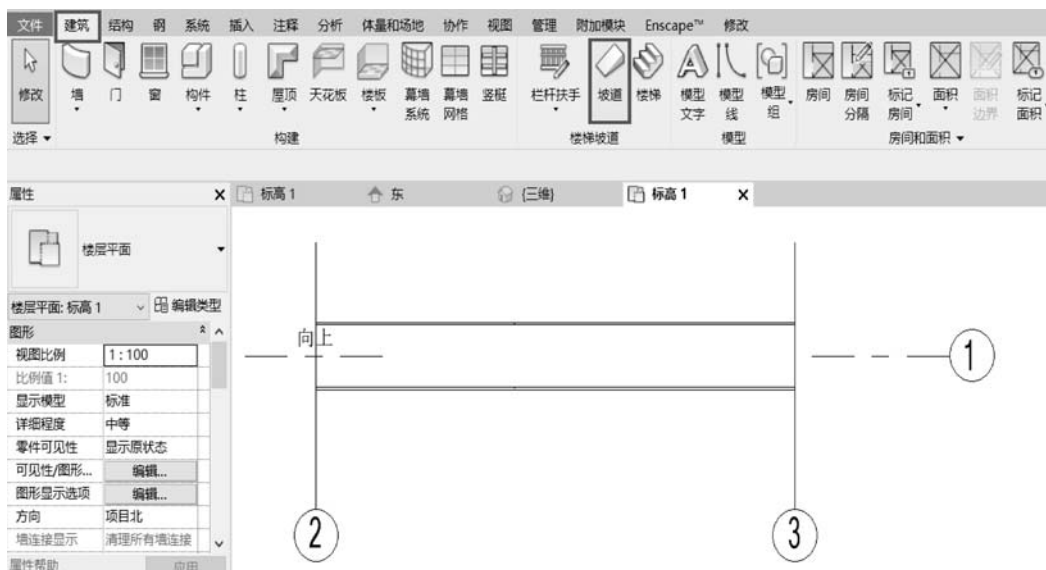


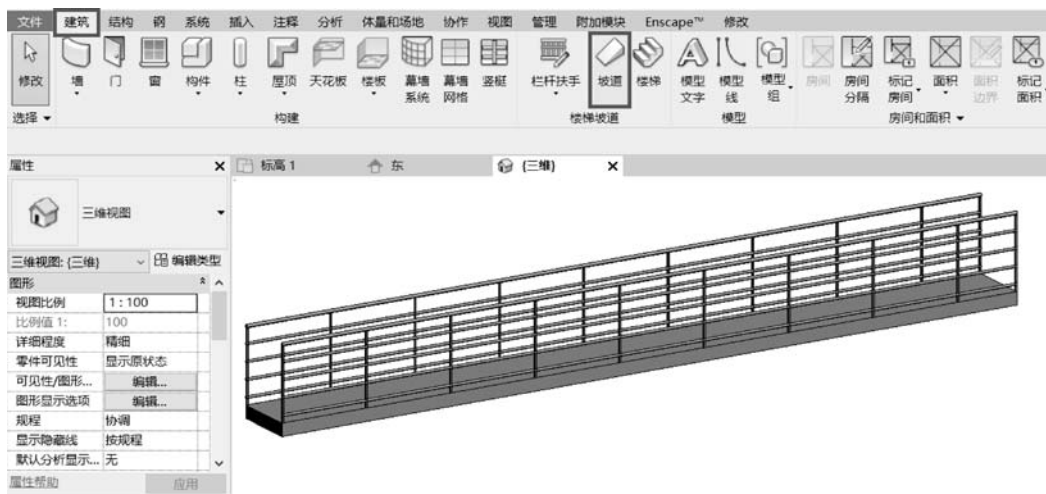
图 2-27 楼板的绘制

2.3.14 坡道的绘制

在【建筑】选项卡中选择【坡道】，见图 2-28。随后进入【修改 | 创建坡道草图】界面，在绘制界面选择不同的位置确定坡道的起点和终点，单击【完成编辑模式】完成坡道创建。如需修改已绘制的坡道，在【属性】窗口选择【编辑类型】出现【类型属性】窗口，可以修改目标坡道的相应参数，见图 2-29。



(a)



(b)

图 2-28 坡道图

(a) 平面图; (b) 三维图



图 2-29 编辑坡道

2.3.15 扶手的创建

在【建筑】选项卡单击【栏杆扶手】【绘制路径】调用命令,见图 2-30。如绘制楼梯扶手,则在楼梯边缘绘制相应线条即扶手,如绘制其他类型扶手(如阳台)则在目标位置绘制线条,单击【完成编辑模式】即完成扶手的创建。

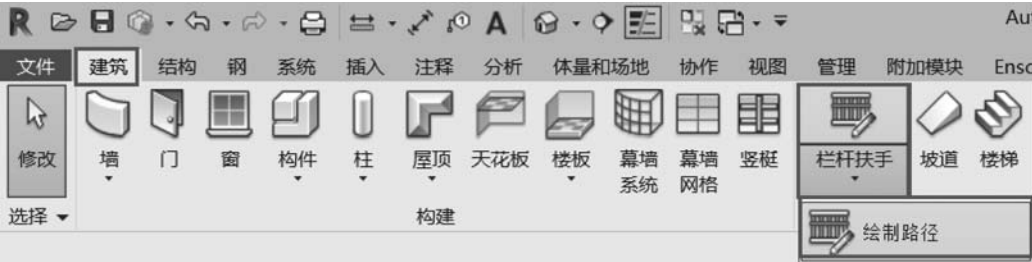


图 2-30 扶手的创立

2.3.16 屋顶的创建

在【建筑】选项卡单击【屋顶】，选择【迹线屋顶】可以绘制多种类型的屋顶，见图 2-31。首先设置屋顶坡度和偏移量，其中偏移量表示屋顶延伸出顶层墙体的距离。沿着预设屋顶平面投影的边缘进行绘制，在墙体外围显示的线条即屋顶，其周边的直角三角形符号表示屋顶含有坡度，见图 2-32。

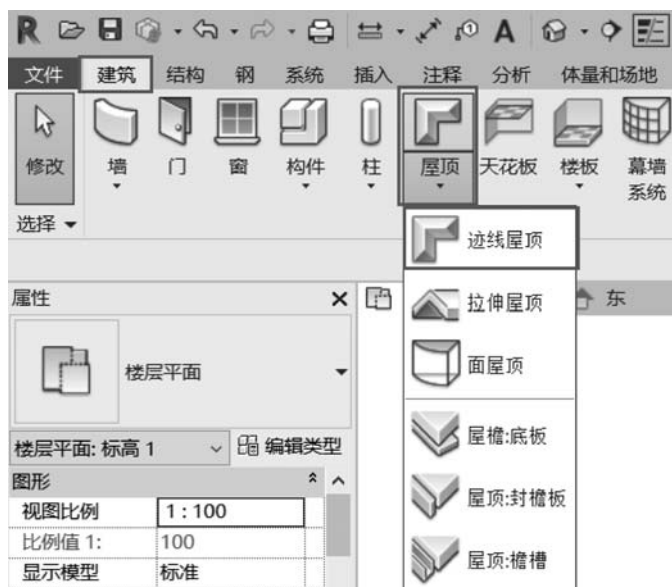


图 2-31 屋顶的创建

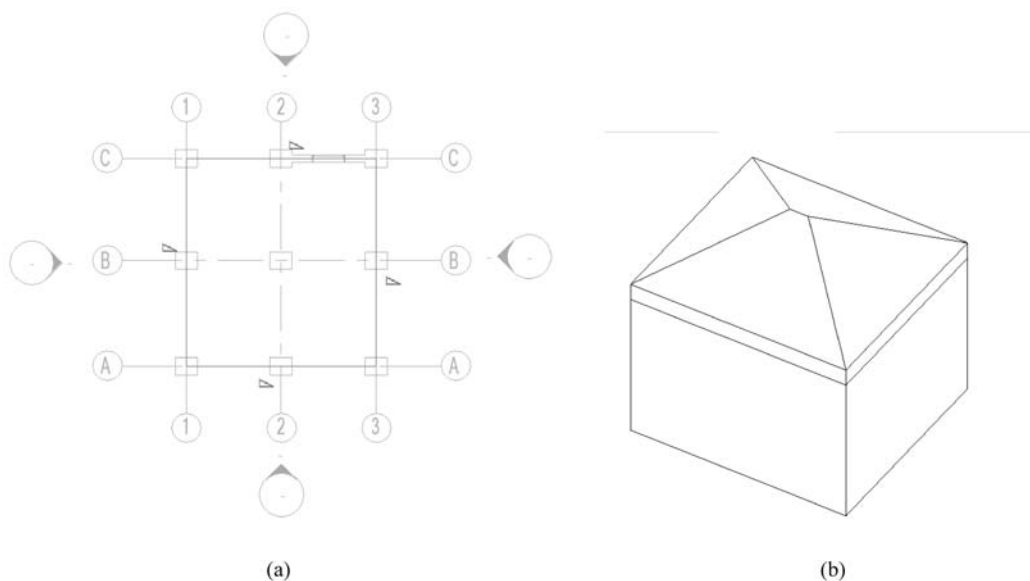


图 2-32 屋顶的绘制
(a) 平面图；(b) 三维图

2.3.17 洞口的创建

洞口包括竖井、面洞口、垂直洞口、老虎窗洞口和墙洞口，下面以墙体的矩形洞口为例介绍建模过程。首先绘制一面墙，然后选择【洞口】面板的【墙洞口】，见图 2-33，这时光标呈“十”字样式显示。将光标移到墙边缘并单击，在光标“十”字样式右侧多增一个“矩形样式”（绘制矩形洞口时），就可以制作洞口了，洞口的第一个定位点必须在墙体上，第二个定位点可在可不在。创建洞口后可以通过单击洞口调整洞口尺寸，也可以删除洞口。

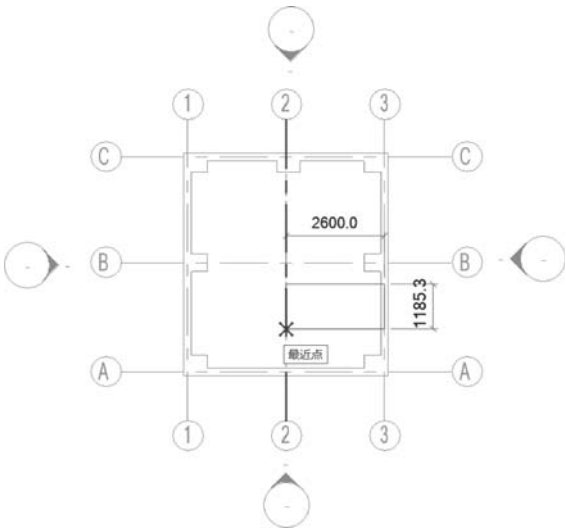


图 2-33 洞口的创建

2.4 视图的添加和深化

当传统的视图不能满足用户需求时，就需要添加一些额外的视图。Revit 软件为用户定制了多个视图模板，以满足不同类型工程师的使用需求。

2.4.1 视图的添加与设置

在项目设计过程中，往往需要添加不同的视图来应对不同的使用目的。例如添加楼层平面可以达到查看各个楼层分布的目的，添加结构平面可以达到查看平面结构构造的目的。

在【视图】选项卡的【平面视图】可以添加【楼层平面】【天花板投影平面】【结构平面】【平面区域】和【面积平面】5 种视图，见图 2-34，直接单击目标选项即可添加新视图。如需修改新添加的视图参数，可在待修改视图的【编辑类型】中编辑参数。

2.4.2 透视图的添加与设置

查看整体建筑视图时往往会因外层墙体遮挡视线，导致看不到建筑内部的构造，这时需要添加透视图来达到查看内部构造的目的。



图 2-34 视图的添加

单击【视图】选项卡中的【创建】面板列表中的【三维视图】下拉列表中的【相机】，见图 2-35。应确保在选项栏上选中【透视图】，否则创建的是正交三维视图。



图 2-35 透视图的添加

2.4.3 剖面图的添加与设置

剖面图又称剖切图，是通过对有关的图形按照一定剖切方向所展示的内部构造图例，设计人员通过剖面图的形式形象地表达设计思想和意图，使阅图者能够直观地了解工程的概况或局部的详细做法以及材料的使用。剖面图一般用于工程的施工图和机械零部件的设计中，补充和完善设计文件，是工程施工图和机械零部件设计中的详细设计，用于指导工程施工作业和机械加工。

在【视图】选项卡选择【剖面】，如图 2-36 所示。在模型的中间绘制一条直线后，会出现剖面符号标记，命名为【剖面 1】。随后在【项目浏览器】中找到【剖面 1】，单击打开，可以看到已经创建完成的剖面图。

2.4.4 详图索引的添加与设置

Revit 详图索引的作用是对目标构件进行局部放大以达到观察细节的目的。详图索引的添加方法是：在【视图】选项卡单击【详图索引】，见图 2-37。根据需要选择详图索引的类型：【矩形】/【草图】，操作完成后可在【项目浏览器】中显示新添加的详图索引。

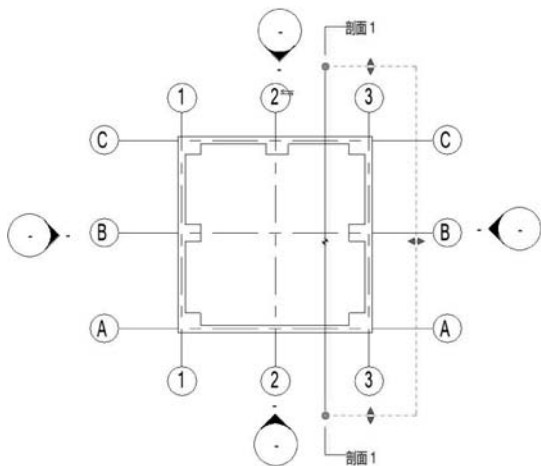


图 2-36 剖面图的添加

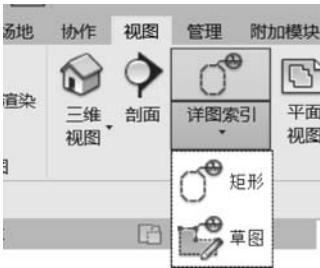


图 2-37 索引图的添加

2.5 注释方法和符号添加

建筑制图中很重要的一个细节就是尺寸标注。建筑形体的投影图,虽然已经清楚地表达形体的形状和各部分的相互关系,但还必须对各部分尺寸进行标注,才能明确形体的实际大小和各部分的相对位置。知名建筑大师说过:“建筑制图最重要的就是尺寸标注,因为任何研究和施工都是以你的尺寸数字为准的”。所以注释和符号的添加尤为重要。

2.5.1 墙的注释的设置及添加

以对墙体添加注释为例,单击【注释】-【对齐】,见图 2-38,单击【修改|放置尺寸标注】中的【拾取】窗口,将【单个参照点】改选成【整个墙】。单击【选项】,这时弹出【自动尺寸标注选项】对话框,见图 2-39,根据注释需求选择内容,单击【确定】按钮,完成注释设置。随后选择墙体范围完成注释的创建。



图 2-38 注释选项

2.5.2 尺寸标注的修改

当需要修改某一类型的尺寸标注时,可以将其选中,再单击【属性】窗口中的【编辑类型】显示【类型属性】面板,即可对已经标注的相关参数进行修改,修改完成后,单击【确定】按钮,将替换当前视图中所有相同类型的尺寸标注,如图 2-40 所示。

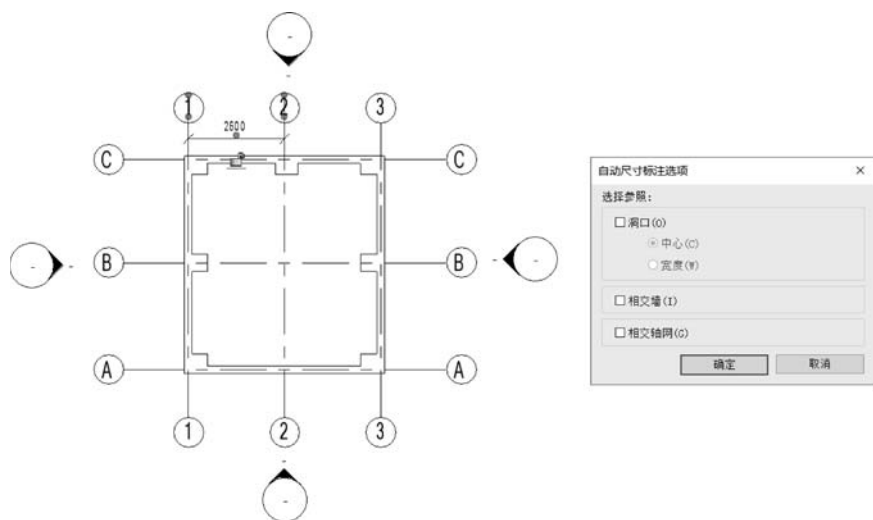


图 2-39 自动尺寸标注选项



图 2-40 标注样式

2.5.3 箭头标注的添加和编辑

尺寸标注类型属性中,有一名称为【记号】的属性,该属性控制线性标注的箭头样式,如图 2-41 所示,可以从【记号】下拉列表中选择需要的样式进行设置,但如果该下拉列表中没

有满足要求的样式,则需对已有样式进行修改,例如需要将“实心箭头 20 度”的尺寸记号标记。方法是:选中这一类型的标注,再单击【属性】窗口中的【编辑类型】显示【类型属性】面板,在【类型属性】窗口单击【记号】,在下拉菜单中选择【实心箭头】,如图 2-41 所示。



图 2-41 标注的编辑

2.5.4 标高符号的添加

上标头和下标头是标高的标注符号,上标头是指标高数字的位置在上部,下标头是指标高数字的位置在下部。一般情况下可以分别创建一个上标头、下标头和正负零,能够满足标高设置过程中标头样式的需求。如果需要更换标高符号,可以将新标头载入 Revit,在标高的【类型属性】窗口单击选择原来的标头,将符号替换为之前载入的标头,即完成标高符号的更换,见图 2-42。

2.5.5 文字注释的添加

如果需要添加文字注释对某一情况或位置进行说明,则在【注释】面板选中【文字】,在添加文字的位置单击,即可添加文字注释。修改文字注释则需要执行以下操作:选中待修改的文字注释,在【属性】窗口单击【编辑类型】,在【类型属性】窗口即可修改文字大小、文字偏移、读取规则等参数,见图 2-43。



图 2-42 标高符号的添加



图 2-43 文字注释的修改

2.5.6 线型和填充图案的添加

填充图案可以使待标记的建筑部位突出显示。单击【管理】选项卡【其他设置】下拉列表的【填充样式】，单击【填充样式】弹出【填充图案类型】窗口，可以选择【绘图】或【模型】，单击【确定】按钮，如图 2-44 所示。



图 2-44 填充样式的添加

2.6 图框的添加和排版

2.6.1 图框的添加

模型绘制完成后，在出图之前，需要添加图框。打开主界面，在【视图】选项卡【图纸】窗

口选择需要的图框。一般选中系统自带的 A3 公制标题栏族后,页面跳转至常规建模视口。在此视口下,可以选择默认的 A3 图纸的边框,这个边框可以看作图纸的边线,根据此边框创建标题栏以及图框。一般情况下,图纸内边框和标题栏外边线使用【中粗线】进行绘制,标题栏内边线可用【细线】进行绘制,这样绘制出来的边框重点突出、样式美观。如果修改图框,则单击当前图框在【修改|图框】选项卡下的【编辑族】进入族编辑,执行【线】命令绘制图框,在绘制过程中修改选项卡中的子类别【中粗线】/【宽线】/【细线】实现修改线宽。注意:为了保证线型正确,需在窗口最上方的快捷命令中开启【粗线】模式,因为在【细线】模式下,所有线型样式一致,无法区分线的粗细。绘制完成的图框见图 2-45。

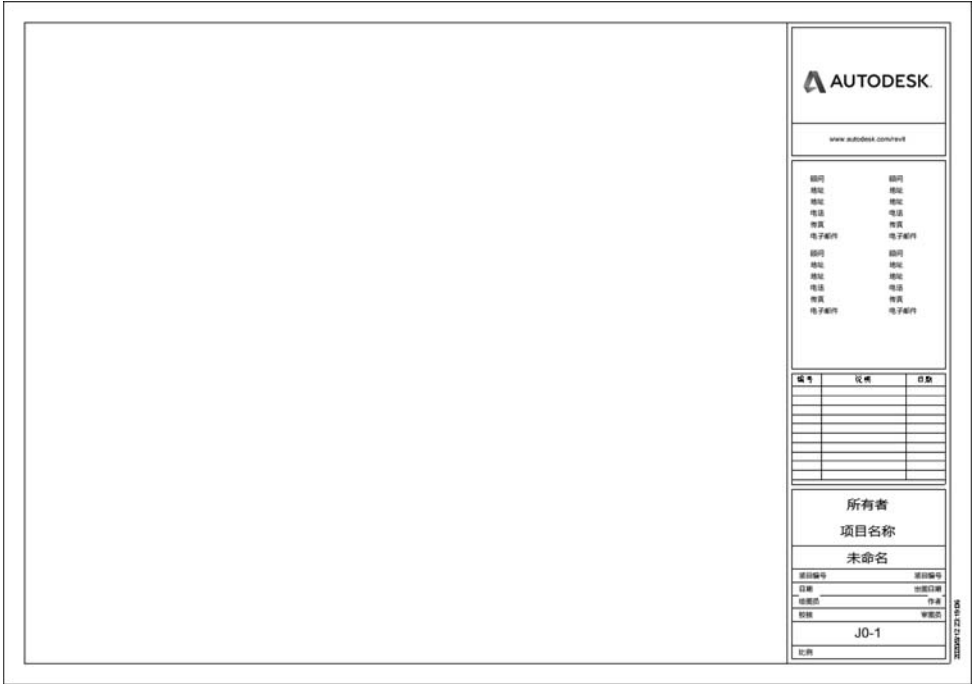


图 2-45 图框的添加

2.6.2 图框排版

打开 Revit 族窗口,在【视图】选项卡【图纸】窗口选择需要的图框,选择 A0~A3 任意一个图幅的族文件,打开一个标准的图框排版。

图框族包含多种族参数,例如【项目名称】【客户名称】【图纸编号】【图纸名称】等,Revit 利用这些族参数实现图纸的自动管理。可以根据不同要求通过族参数对图框排版,但一定不能删除族参数,否则图纸的自动管理将无法实现,除非确认不需要某些族参数。编辑完成族参数后保存,这样在创建图纸时就可以使用符合企业要求的图框了。

2.6.3 图纸或视图的导出

如果需要导出图纸,应先创建图框,单击【视图】选项卡的【图纸】工具,在【新建图纸】窗口选择【A1 公制】图框,单击【确定】按钮创建图框。随后,将待导出的模型拖至新建图框中

完成图纸创建。操作如下：在【项目浏览器】窗口选择【标高 1】平面，选中需要导出的视图，拖动至新建的图框中，修改图纸名称即可。最后，单击界面左上角【R】菜单，单击【导出】-【CAD 格式】选择目标格式，进入图纸导出界面，见图 2-46，设置导出的参数，单击【确定】按钮，即完成图纸的导出。

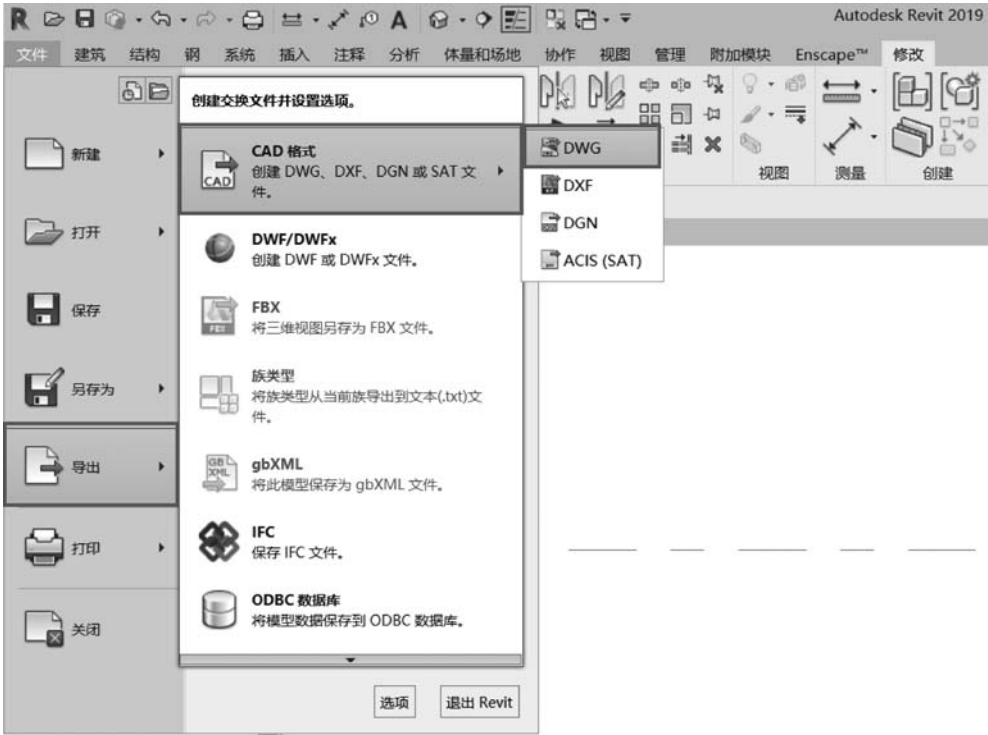


图 2-46 图纸的导入与导出

2.7 本章小结

本章列举了 Revit 的基本操作，介绍了 Revit 的基本构成，对 Revit 建模的流程进行了初步概括。BIM 技术的应用，将带来设计行业的一场变革，能够优化目前工程师的领域分工和 workflow，推动建筑设计进入三维设计的新时代。但 BIM 的推广应用不是一朝一夕的事，利用 BIM 技术能够优化设计过程的优势，使工程师切实体会到应用 BIM 的便捷之处，从而加速 BIM 的广泛应用。

BIM技术在建筑设计领域的应用

本章主要介绍 BIM 技术在方案设计阶段、技术设计阶段和施工阶段的应用。BIM 提供了统一的数字化模型表达方式,在设计过程中,通过规范构建 BIM 模型的标准,从而充分利用 BIM 模型所含信息进行协同工作,实现各专业和各设计阶段间信息的有效传递。BIM 技术可以在真正意义上支持多专业团队协同工作、共享信息的并行工作模式。

BIM 在设计阶段的应用是目前最为广泛的,同时也是技术应用的关键阶段。传统二维设计技术提供的是一种基于图纸的信息表达方式,该方式使用分散的图纸表达设计信息,所表达的设计信息之间缺少必要和有效的自动联系,各专业、各设计阶段的信息是孤立的,难以共享。这导致设计人员无法及时参照他人的中间设计成果,因而通常采用分时、有序的串行工作模式,通过定期、节点性的方式互提资料从而实现信息交换。与传统的方案设计工作不同,采用 BIM 技术,可以有效地提升方案设计的效率。设计师可以将更多的精力投入设计创意中,平立剖等二维视图可通过 BIM 模型自动生成,设计质量和效率均得到了显著提升。同时,面对复杂的建筑形体设计,采用 BIM 技术,可使建筑师更加自由、充分地表达其设计意图,通过三维模型的可视化,能够更理想地表达建筑师的意愿及方案本身的特性,这也提升了与政府、业主等相关方的沟通效率,使设计师的创意表达方式更多样。对于那些在设计阶段应用传统二维设计技术时出现的图纸繁多、错误频繁、变更复杂和沟通困难等问题,应用 BIM 技术可以最大限度地避免,体现出其显著的价值优势,见图 3-1。以下根据典型的建筑设计过程:方案设计阶段、技术设计阶段和施工图绘制阶段介绍 BIM 技术在建筑设计领域的应用。

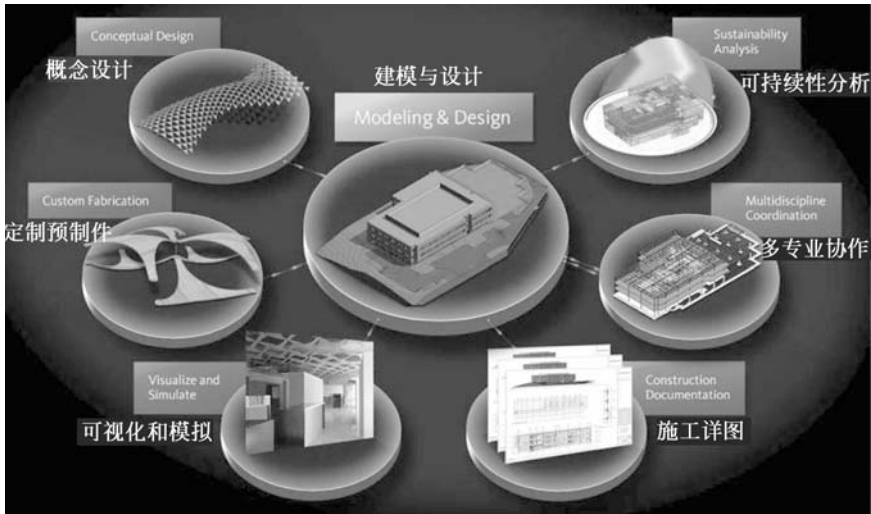


图 3-1 BIM 技术的优势(来源：Autodesk 公司 BIM 应⽤及案例概览)

3.1 方案设计阶段

BIM 模型将建筑内全部构件、系统赋予相互关联的参数信息,并直观地以三维可视化的形式进⾏设计、修改和分析,形成可用于方案设计、建造施工和运营管理等建筑的全生命周期所参考的文件,见图 3-2。其中,方案设计阶段的工作主要是依据设计要求,建立建筑

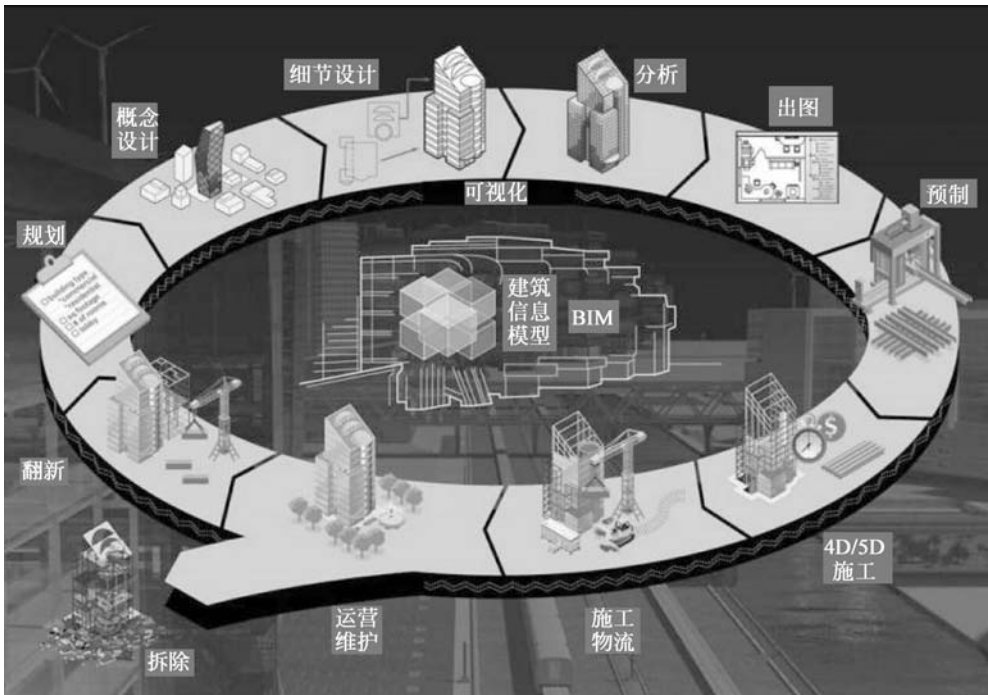


图 3-2 BIM 应⽤贯穿建筑全生命周期(来源：Autodesk 公司 BIM 应⽤及案例概览)

与设计环境的基本关系,提出空间建构设想、创意表达形式及结构方式、机电方案的初步解决方法等,目的是为建筑设计后续阶段的工作提供依据及指导性文件。方案设计阶段的主要内容包括场地分析、建筑策划和方案论证,以下按设计的先后顺序分别阐述其主要内容。

3.1.1 场地分析

不只是在预制混凝土(precast concrete,PC)建筑中,对几乎所有的建筑,空间特性主要表现在场地分析、建筑造型、建筑景观和交通流线几个方面。其中,场地分析是进行规划设计的首要步骤。通过 BIM 技术可以对建筑项目现有基地和周边的地形地貌、植被以及气候条件等因素进行分析,以便设计人员对项目的整体地形有一个直观的了解,从而为后续方案设计中确定建筑的空间方位、建筑与周边地形景观的联系等奠定良好的基础。尤其是在周边环境复杂的情况下,详细的场地分析是进行规划设计的首要条件,利用 BIM 技术结合地理信息系统可以快速实现对现有空间分析以及场地分析可视化,如坡度和坡向分析等,见图 3-3 和图 3-4。

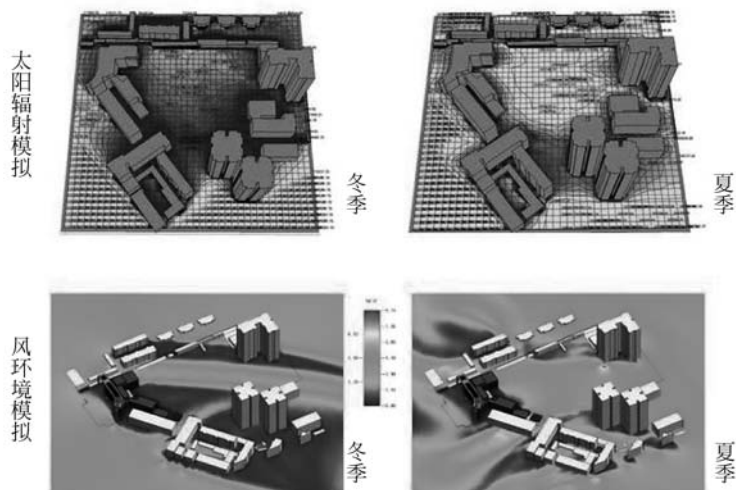


图 3-3 利用 BIM 模型进行场地环境模拟

来源: 卢婉玫. BIM 技术及其在建筑设计中的应用研究[D]. 天津: 天津大学, 2014

3.1.2 建筑策划

BIM 策划书由项目 BIM 经理制定,策划书中给出了项目整体的设计操作规范和相关标准,但是在结构专业这一设计部分并未给出详细的结构设计流程。按照某设计研究院制定的《BIM 标准 2.0》执行原则,每个项目设计前,须由 BIM 经理制定一份《项目 BIM 策划书》,策划书的内容需包含项目 BIM 设计相关标准、软件平台、项目相关方、项目交付成果、项目特性、共享坐标、数据拆分、审核/确认、数据交换和项目会审日期等内容。

以下根据某总装车间 BIM 设计策划书为例进行简要介绍。

(1) 本 BIM 项目设计参考标准为该院《BIM 设计标准 2.0》、《BIM 管道汇总流程及标准》以及《2015 BIM 设计操作要点》。

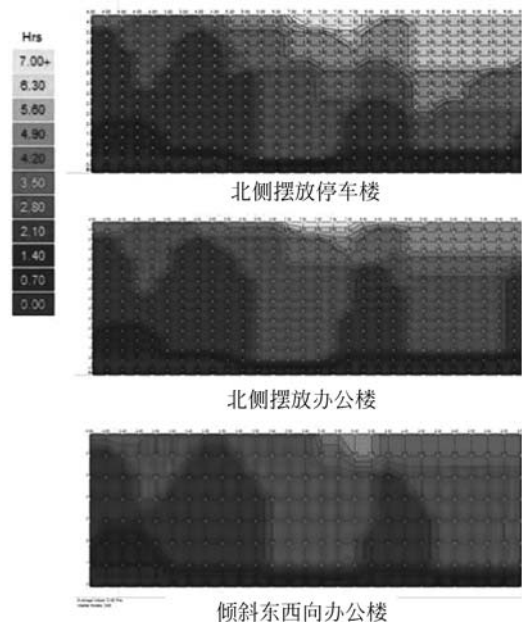


图 3-4 利用 BIM 模型进行日照分析

(2) 该项目所使用的软件及协作平台：各专业(包括结构专业 BIM 结构建模)所使用的设计软件,均通过公司信息系统“BIM 云平台”进入公司“BIM 门户”使用 Autodesk Revit 建模。

(3) 项目需交付的 BIM 成果为：建筑、给排水、暖通及动力专业和管道汇总设计直接采用 Revit 建模设计并直接导出施工图；结构专业设计部分,主体结构及基础平面布置图、管道支架平面布置图由 Revit 所建模型生成,其余图纸可在 Autodesk CAD 中绘制完成后导入 Revit；桥架及主设备平面布置图在 Revit 内生成；Revit 除模型文件存档外,需转化为 DWG 和 DWF 或 PDF 格式存档。

(4) 项目各专业间协同方式：由于项目体量不大,决定采用工作集协同共享设计方式,即中心文件方式。各专业(包括结构专业)均须将中心文件复制到本地后,创建模型“本地”副本,创建工作集,将工作集按标准添加后缀后,在各自工作集中进行建模工作；软件设置定时同步更新至中心文件。中心文件创建即项目信息设计由建筑专业负责,项目代码为 SDGJ,子项代码为 PW(冲焊)、PA(涂装)、AF(总装),中心文件名称为 GJ_S01_XX(冲焊)、GJ_S02_XX(涂装)、GJ_S03_XX(总装)。

(5) 工作集命名标准(结构专业工作集命名代码为 S)：

① 文档目录及名称。

中心文件位置 V: \BIMPROJECT\S2015-N009 SDGJ\子项代码\01-WIP\BIM_Models\子项图号 CENTRAL.rvt

本地文件位置 W: \BIM\子项图号 LOCAL_用户名.rvt

② 文件命名及设计输入等放置位置规定如下。

WIP: 进行中工作

[强条执行]

V: \BIMProject \S2015 - N009 SDGJ\子项代码\01 - WIP\..	[进行中的工作]
\BIM_ models	[模型文件]
\CAD_ Data	[CAD 文件, 包括接收的资料图]
\Export	[过程输出文件, 包括未确认提出的资料图]
\Families	[本工程新建族]
\WIP_ TSA	[临时共享文件]
Shared: 共享文件	
V: \BIMProject \S2015 - N009 SDGJ\子项代码\02 - Shared\..	[本专业校审后的数据, 含确认后资料和汇总用模型]
\BIM_ models	[模型文件]
\CAD\DWG	[DWG 格式电子文件]
\CAD\DWF	[DWF 格式电子文件]
\Coord_ models	[根据需要的汇总模型]
Publ ished: 打印出版	
V: \BIMPROJECT\S2015 - N009 SDGJ\子项代码\03 - Published.\..	[打印出版]
\DWF	[打印文件]
\DWG	[可能有标注或线型等图面缺陷, 允许]
\Ot her	[截图、动画等非 SDGJD 文件]
Archived: 存档文件	
V: \BIMPROJECT \S2015 - N009 SDGJ\子项代码\04 - Archived.\..	[存档文件]
\BIM_ Models	[模型文件]
\DWF	[DWF 格式电子文件]
\DWG	[DWG 格式电子文件]
\Other	[其他]

3.1.3 方案论证

进入结构初步设计阶段后,结构专业和建筑专业以及其他专业首先互相提交方案模型,然后根据其他各专业的方案模型并结合项目实际地勘报告情况和荷载信息,实现建筑方案论证。应用 BIM 设计的不同方案见图 3-5。

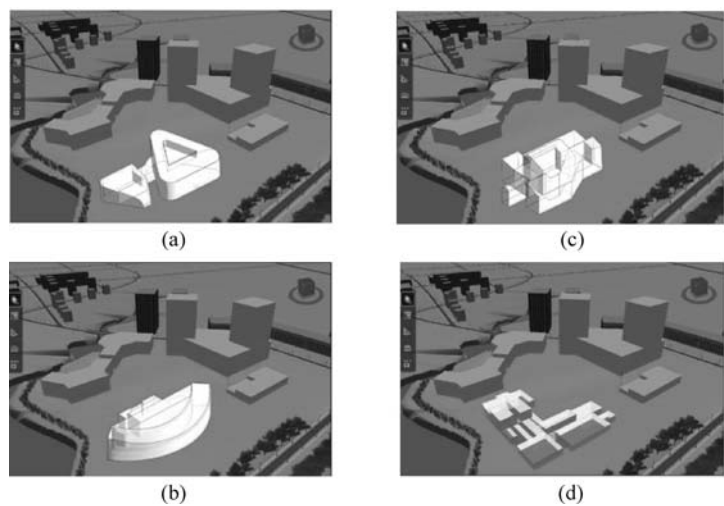


图 3-5 BIM 设计的不同类型的柱

(a) 方案一：三角柱型；(b) 方案二：半圆柱型；(c) 方案三：Z 型；(d) 方案四：L 型

3.2 技术设计阶段

在技术设计阶段,各设计人员根据之前的方案设计内容,深化细致地进行建筑建模,其主要内容包括可视化设计、协同设计和性能化分析。

3.2.1 可视化设计

BIM 模型的可视化可谓 BIM 技术中最为显著的一个特点。由于之前的传统二维设计方式的局限性,在面对现阶段一些大型建筑或异形建筑的复杂结构时,根本无法将建筑结构构件在空间的位置以及具体形式准确地表达出来。然而 BIM 技术的三维建模能力则可以很好地解决这个问题,可以完全将建筑结构构件的空间位置形式准确而真实地展现在设计人员面前,并且还能从东南西北上下左右各个角度对构件进行观察,分析建筑构件的功能布局以及构件之间的空间联系,考察建筑构件尺寸及空间布置的合理性,优化结构设计方案,提高设计质量。在建筑的规划设计阶段需要进行三维可视度分析,也就是对建筑外部的布局规划以及建筑室内空间的视野分析,所以进行三维可视度分析一般从室外规划的宏观角度和室内视野的微观角度两方面进行。利用 BIM 技术可以快速完成对建筑三维可视度的分析。应用 BIM 技术对建筑的可视化表达见图 3-6。

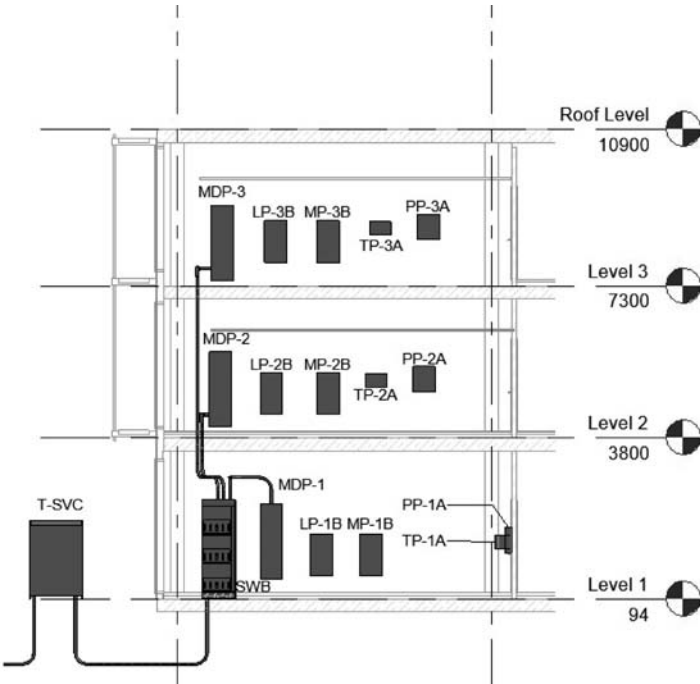


图 3-6 更加清晰和生动的图纸表达

不仅如此,基于 BIM 平台可视化特点,也有助于其他专业的工程师提高工作效率。例如,结构工程师可以直接在建筑师拟定的建筑模型中提取结构分析所用的数据,加以修改后进行计算;结构工程师也可以直接在建筑模型轮廓内部布置结构构件,迅速建立结构初步

模型,经过计算比较,确立最终的结构施工图模型;结构工程师还可以将修改后的最终结构模型提交建筑师,建筑师针对经过碰撞检测后的模型,在建筑三维模型中进一步优化建筑模型和施工图。水、暖、电等设备专业可以在链接的建筑三维模型中布置相关专业的管线和设备等。

3.2.2 协同设计

一个完整的建筑设计过程,包含了各个专业各个部门的共同努力和分工协作,每个专业也由数位设计人员组成。以往的设计过程中,由于团队设计成员数量多,设计任务繁重,设计过程交错,导致现有的建筑设计流程很难保证建筑专业团队内部各设计人员之间,还有整个建筑专业与其他专业之间,及时准确地进行信息共享和信息互换,造成各专业构件间的错漏碰缺等设计错误。各种建筑设计软件所产生的电子文件,随意储存在不同设计人员的计算机中,使得设计人员要进行设计沟通和文件传输时,还要费时间去查找所需要的文件或数据,最终导致数据传递慢、更新不及时等问题,降低了数据的利用率。这些问题都会给设计工作带来或多或少的困扰。但是基于BIM的协同化设计为这些问题提供了很好的解决办法。

与传统二维设计不同,应用BIM技术进行协同设计的工作模式将基于统一的BIM模型数据源,保持数据良好的关联性和一致性,完成高度的信息数据共享,实现对信息的充分利用。因此,此工作模式对于BIM模型数据的存储与管理的要求比传统方式的要求更高,单纯依靠单一人工管理无法达到效果。此时,设计单位搭建基于BIM的协同平台成为BIM技术应用的重要条件。BIM协同平台可以在BIM项目实施中有效控制和管理各种数据,并通过BIM设计中各专业、各相关参与方的协同工作,实现相关数据存储的完整性和传递的准确性。同时,BIM协同平台还可以为工程项目的业主、设计、施工、顾问和供应商提供协同工作环境,保证相关方数据和信息的准确、统一。BIM协同平台可以采用信息化平台方式或共享文件夹的方式实现,为各专业提供一个统一的工作环境,在协同平台内置各种设计标准与流程,提高各专业的配合效率,并有利于提高设计质量。BIM协同平台包含的主要内容包

- (1) BIM协同平台内置相关的设计标准和业务流程;
- (2) BIM设计过程中的用户管理;
- (3) BIM设计内容共享授权管理;
- (4) BIM实施中的工作流程管理,如专业配合、质量控制、进度控制、成果发布等;
- (5) BIM项目的多参与方数据共享管理;
- (6) BIM交付数据或模型的生成与交付管理;
- (7) BIM项目的归档与再利用管理等。

在协同平台,各专业设计人员分别在网络终端进行设计建模。由于终端计算机的运算性能局限了数据模型的承载力,在初期的中心文件创立方面可以采取分专业的模式,划分建筑专业、结构专业和设备专业三个中心文件,通过三个中心文件的相互“复制监视”的方式实现各专业实时协同。复制监视是BIM软件提供的一种功能,可以及时地发现被复制监视的文件的各种改动变化,达到数据传递的关联性、及时性和一致性,实现信息共享。

综上,BIM技术提供了统一的数字化模型表达方式,在设计过程中,通过规范构建BIM

模型的标准,从而充分利用 BIM 模型所含信息进行协同工作,实现各专业、各设计阶段之间信息的有效传递。BIM 技术可以在真正意义上支持多专业团队协作工作,共享信息的并行工作模式,见图 3-7。

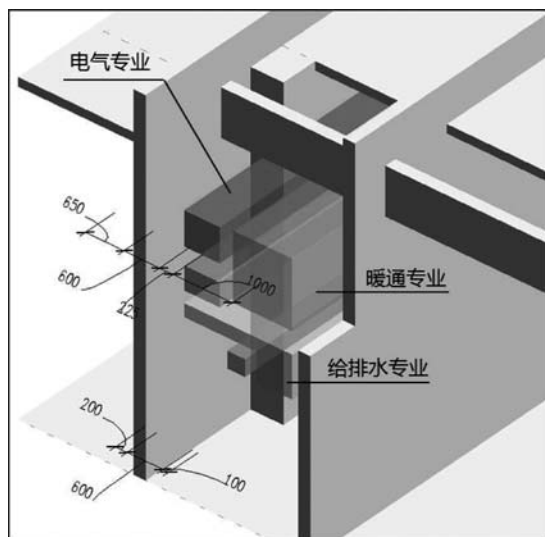


图 3-7 优化各专业的协同工作

3.2.3 性能化分析

建筑性能化分析是 BIM 区别于传统 2D 模式的一大特点。随着国内建筑对于性能方面要求不断提高,BIM 应用点也逐渐增多。BIM 性能化分析包括以下几个方面。

1) 建筑物动态热模拟

建筑物动态热模拟主要是运用 BIM 软件强大的分析能力,模拟建筑物与外部环境之间的能量传递,例如热能、风能等,即基于 BIM 软件建筑设计,建立一个关于建筑物自身的 3D 可视化信息模型,对建筑物自身数据和外部数据进行收集和分析。例如,模拟太阳对构件项目的整体辐射,计算建筑结构的导热对项目全年暖通空调设备的能耗,以此为依据制定设计方案与设备选择方案等。此项功能对于建筑节能非常重要。

2) 日光与阴影模拟

通过建立模型,将项目整体与日光及光影的投射效果进行模拟演示。通过收集天空辐射的部分数据进行分析计算,以此确定某时间段自然光对建筑的影响。也可以通过模拟确定建筑物接收到的室外光的时间,用来观察建筑项目中房屋朝向等问题。

3) CFD 分析模拟

CFD 即流体动力学,被广泛应用在航空、航天项目。近年来,由于建筑项目的要求日益增高,该分析技术也被引入建筑业中。其主要内容是,配合相关的 BIM 软件建立模型,对流动与传热进行有效的分析与模拟,可以收集空调空间的气流计算、暖通设备的优化以及风力与浮力双重作用的自然通风、排烟通风程度等数据信息,大大提高设计品质,改善业主居住环境。

4) 火灾与疏散分析

如今,具有应对火灾或突发事件的能力是对建筑物的新要求。过去面对火灾或者突发

事件,在处理及疏散方面往往存在指挥不当或无从下手等问题。现在可以将火灾或突发事件导入 BIM 模型中一并进行提前预演,制定出一套切实可行的方案,实现及时疏散,降低人员和财产损失,提高逃生概率。

5) 建筑声环境分析

建筑项目在施工期间难免会对周边的环境造成影响,最严重的就是交通及噪声污染。通过 BIM 模型配合 GIS 系统,模拟建筑周边的交通状况、居民小区排布和居民居住情况等,通过 BIM 模型的分析,合理安排车辆进出现场,确定施工时间,错开早晚高峰及人群,最大限度地降低噪声对周边的影响,实现绿色施工、低碳施工。

除了以上可视化设计、协同设计和性能化分析的优势,应用 BIM 技术创建的建筑信息模型,包含了必要的几何参数等属性信息,这些信息可以用于各类分析软件中,为方案设计阶段的比选和优化提供了数据基础和量化依据,见图 3-9。

3.3 施工图绘制阶段

进入施工图设计阶段后,需要结合前述两个阶段一起确定建筑形体,依据建筑结构施工图设计,其最终效果的体现即构建合理的 BIM 模型施工图。这种 BIM 模型是着眼于具体的应用进行分析,了解后续施工对于该模型提出的需求,并以此为目标进行分析,建立模型,实现最大限度提升其应用价值效果。Revit 是一款基于 BIM 的参数化建筑设计软件,是有效创建项目的三维虚拟 BIM 建筑模型的工具。

使用 Revit 进行施工图绘制时,在 Revit 中并没有严格意义上的先后设计流程,一切按照设计的具体情况和建筑师的设计习惯为准。图 3-8 所示为施工图绘制阶段绘制的建筑形体。

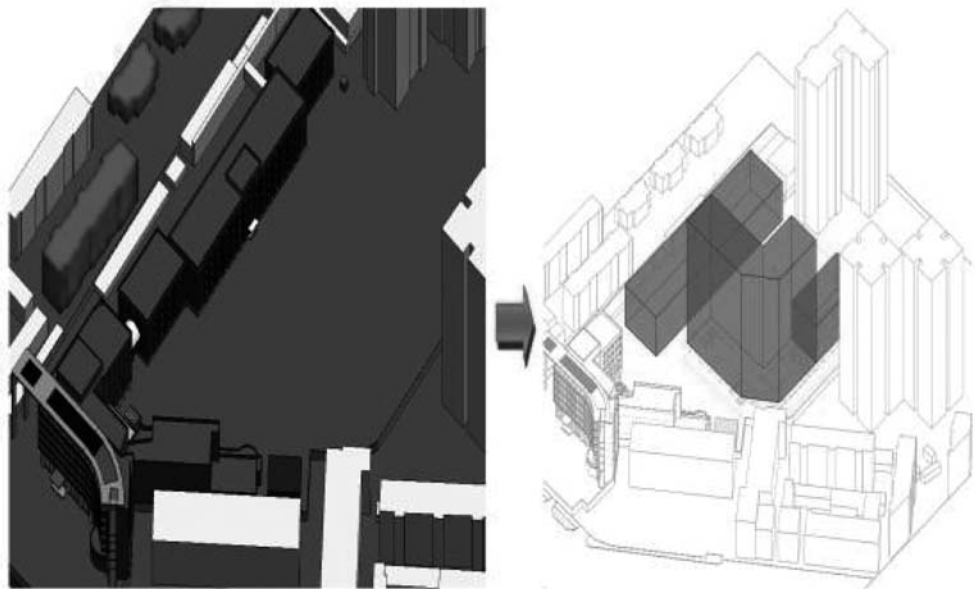


图 3-8 综合考虑确定建筑形体

3.3.1 施工进度模拟

施工进度是项目管理者 and 参与方有效开展各项工作的基础和依据。能否实现项目前期规划的进度目标对于项目的成败至关重要,项目进度的拖延会产生巨大的附加成本。如果进度控制不利,不但业主无法在可控的时间内收回投资,施工单位也存在巨大的被索赔风险。

传统的施工进度控制主要是依靠施工图纸所提供的工程量清单和根据经验形成的施工必要工作时间形成的。由于对某些部位的工程量清单在施工组织设计的过程中无法准确预估,再加上工程变更较多,使得施工作业量无法准确获得,导致施工进度难以准确预估,工程项目管理者被动地一再修改工期。另外,靠传统经验或者定额决定的施工必要劳动时间也是不可靠的因素。实际上,一个行业的施工必要劳动时间是随着社会的发展时刻变化的。靠经验取得的定额数据不能及时反映这种变化,项目管理者常常在施工明显拖延的情况下才匆匆采取措施,临时找来施工队加入施工,虽然在一定程度上弥补了工期,但又给工程项目增加了很多规划外的附加成本。

BIM 模型的引入降低了对项目进度控制的难度。进度规划的基础除了里程碑事件的进度要求外还有总工期的要求,工程量清单则是进度规划和控制的最重要依据。这项工作传统项目管理中主要依靠手工完成,繁琐且不够准确。BIM 模型的工程量清单是计算机通过对建筑物构件的精确计算得到的建筑物所需要的人财物等,不仅方便快捷,准确无误,而且执行工程变更比较容易,再结合相关专业的国家、企业定额规范可以准确地编制出施工进度的规划,还可以在各参与方充分交流的基础上建立设计阶段的 BIM 模型,通过将施工进度信息与模型对象相关联,形成具有时间维度的 4D 模型,通过 4D 模型可以实现对工程进度进度的可视化管理,同时也减轻了项目管理者对施工进度掌控和物料采购部门采购计划的难度。不仅是 4D 模型,BIM 模型也可以与 RFID(radio frequency identification)技术结合。RFID 技术,又称无线射频识别技术,可通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据,该技术主要应用于项目物流管理和进度管理中。BIM 模型与 RFID 技术结合后,可以提前布置施工场地,确保施工工作的有序开展。其优势体现在: BIM 的信息共享机制可以降低信息传递过程中的有效信息衰减,提高施工质量,加强施工过程中的进度管理;通过移动设备,如平板电脑、手机等结合 RFID 技术、云端技术,施工指导人员可以远程指导关键施工,帮助现场人员对构件的定位、吊装,也可以实时地查询吊装构件的各类参数属性、施工完成质量指示等信息,之后将竣工数据上传至项目数据库,便可以实现施工进度的记录和追溯查询。

3.3.2 施工组织模拟

在职能组织结构中,管理层以职能划分来设计职位和部门,每个职能部门根据自己的管理职能向下属发布指令。每个具体的工作单位在工作中可能会涉及多种职能,所以具体的工作单位可能会接到不同部门发布的管理指令。如果多部门下达的指令不统一,很容易造成管理运行的混乱。应用 BIM 技术在施工组织中统一协调工序安排、资源组织、平面布置和进度计划等工作事宜。例如,在施工组织模拟 BIM 应用中,可基于施工图、施工组织设计文档等创建施工组织模型,并将工序安排、资源组织和平面布置等信息与模型关联,输出施

工进度、资源配置等计划,根据模拟成果对各项工作事宜进行协调、优化,并将相关信息更新到模型中,主要流程如图 3-9 所示。

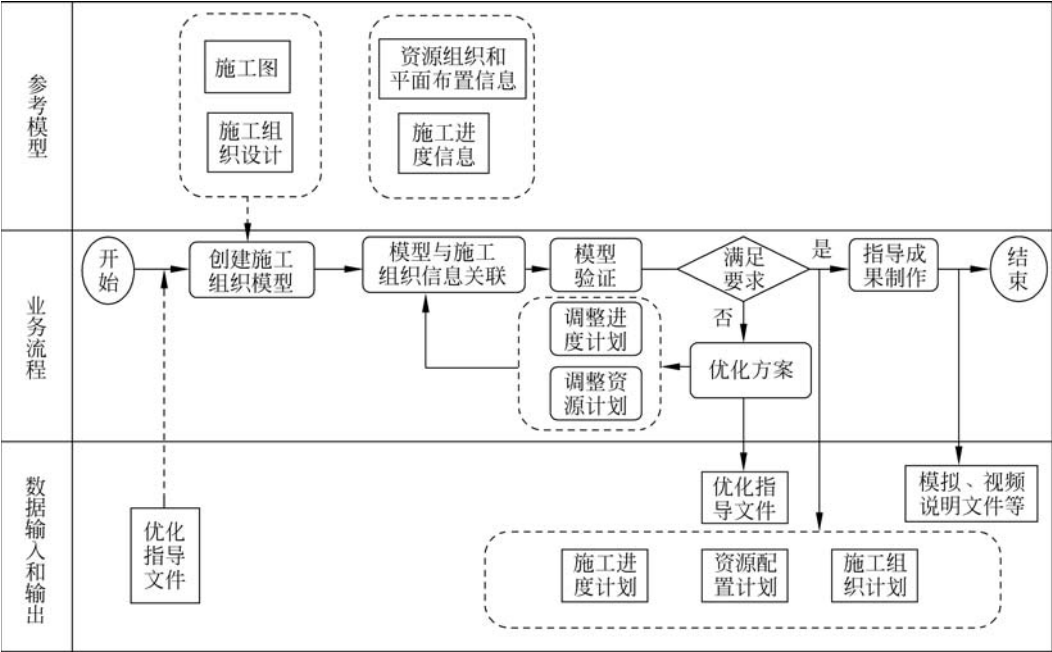


图 3-9 施工组织设计流程图

3.4 本章小结

在本章内容中,首先介绍了 BIM 技术在建筑设计领域应用的三个阶段,即方案设计阶段、技术设计阶段和施工图绘制阶段。其次,总结分析了现阶段 BIM 技术在设计阶段应用最为广泛,同时也是 BIM 技术应用的关键阶段。最后,结合 BIM 技术的主要特点,提出了基于 BIM 的建筑设计流程。

从综合评价的角度来讲,BIM 技术的应用对传统建筑结构设计的改变,都是对建筑设计质量有所提高的表现,以及 BIM 技术在未来将能带来的无限价值,都符合建筑设计企业的质量管理目标。但同时对于 BIM 技术的应用,也代表着利用 BIM 模型搭建质量管理平台,对建立企业设计质量管理体系带来的新考验。

BIM技术在钢结构设计中的应用

4.1 引言

建筑行业的参与单位众多,且各单位之间的工作搭接既频繁又密切,导致信息传递失真,建筑业信息化是解决这一问题的有效方法。BIM 能够最大限度整合建筑项目信息的数据库,为业主、设计方、施工方和材料供货商等众多项目参与方及时清晰地提供所需的信息,提高项目的完成效率,提升工程人员对项目的控制能力。另外,BIM 在复杂形体的模型创建与构件加工中的优势为建筑行业模型精准化和多样化带来了更大的契机。

钢结构是常见的结构形式,其工程规模越来越大、结构日益复杂,项目管理工作也面临越来越多的困难,需要建筑行业信息化的帮助。BIM 将是提高效率、解决以上问题的重要手段,其优势表现在:提高钢结构构件制造的产业化程度,使项目管理更有效率;降低钢结构深化设计费用达 30%以上,减少出图工作量;直观地表达建筑的外观,便于招投标以及制造计划的编制;准确地计算工程总量,使工程量计算值和实际值相差在 1%以内。

本章利用 BIM 技术解决钢结构在项目工程管理中的难点,即制造工艺和深化设计复杂、信息传递不及时和现场管理混乱等。钢结构企业应配备 BIM 团队进行建模、结构分析、深化设计、工程量计算、加工制造和成本控制等工作。一些国外钢结构项目利用 BIM 技术获得了良好的效益,是推动 BIM 技术在国内钢结构工程中广泛应用的动力。本章首先介绍使用 Revit 创建钢结构模型的方法,随后以 4 个典型的钢结构工程为实例,分析了 BIM 技术在钢结构工程项目管理中发挥的重要作用,最后以实际钢结构工程为算例介绍了钢结构 BIM 建模的全过程。

4.2 钢结构梁 BIM 模型

4.2.1 梁的创建

梁的创建内容包括单根梁的创建、梁的结构用途、梁的三维显示和

多段连接的梁的绘制。

1. 单根梁的创建

单击【结构】选项卡的【梁】工具命令,显示【工作平面】窗口,进入绘制界面,在绘图区单击梁的起点和终点完成梁的创建。可以在【类型选择器】的下拉列表中选择需要的梁类型。

2. 梁的结构用途

从【结构用途】下拉菜单中选择梁的结构用途或令其处于自动状态,在结构框架明细表中显示结构用途参数,可以计算大梁、托梁、檩条和水平支撑的数量。

3. 梁的三维显示

选中【三维捕捉】,通过捕捉任意视图中的其他结构图元,可以创建新梁,即可以在当前工作平面之外绘制梁和支撑。例如,启用【三维捕捉】后,无论高程如何,屋顶梁的位置都将捕捉到柱的顶部。

4. 多段连接的梁的绘制

绘制多段连接的梁主要包括两种方法:选中选项栏中的【链】,单击起点和终点绘制梁。在绘制梁过程中,光标会捕捉其他结构构件;也可使用【轴网】命令,拾取轴网线或框选、交叉框选轴网线,单击【完成】按钮,系统自动在柱、结构墙和梁之间放置梁,如图 4-1 与图 4-2 所示。



图 4-1 梁的放置

4.2.2 梁系统的创建

如需建立多根梁,则应先对多根梁进行排列,使其形成一个完整的系统。创建梁系统及其他相关操作过程如下:进入梁系统界面、创建梁系统、创建梁内洞口和偏移设置。

1. 进入梁系统界面

在【结构】选项卡的【梁系统】可创建多个平行的等距梁,可以针对这些梁进行参数化调整,实现梁的修改。首先,单击【结构】选项卡的【梁系统】,进入定义梁系统边界草图模式。

2. 创建梁系统

在【绘制】子选项卡执行【边界线】/【拾取线】/【拾取支座】命令,拾取结构梁或结构墙,并锁定其位置,形成一个封闭的轮廓作为结构梁系统的边界。也可以用【线】工具绘制或拾取线条作为结构梁系统的边界。

3. 创建梁内洞口

使用【线】工具在边界内绘制封闭洞口轮廓,实现在梁系统中剪切一个洞口。



图 4-2 梁的属性

4. 偏移设置

单击【梁系统属性】打开属性对话框，可以设置此系统中梁在立面的偏移值。

4.2.3 梁的属性编辑

选择【修改结构框架】-【图元】窗口下的【图元属性】，通过修改实例和参数实现梁的类型与参数修改。如果梁的一端位于结构墙上，则【梁起始梁洞】和【梁结束梁洞】参数将显示在【图元属性】对话框中。

梁及其结构属性还具有以下特性：可以使用【属性】修改默认的【结构用途】设置。可以将梁附着到结构图元（包括结构墙）上，但是不会附着到非承重墙。

结构用途参数显示在结构框架明细表中，可以计算出大梁、托梁、檩条和水平支撑的数量。可使用【对象样式】窗口修改结构用途的默认样式。常用的工字形梁样式如图 4-3 所示。

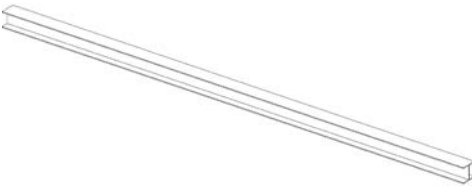


图 4-3 梁的样式

4.3 钢结构柱 BIM 模型

近年来,工业厂房多数采用轻型钢结构形式,其梁柱元素相对简单规整,基本以工字形为主。创建方法是分别建立柱和梁模型,然后将柱和梁相连接。5.2 节内容介绍梁的创建方法。本节介绍柱的创建方法。

1. 结构柱的创建

(1) 在【结构】选项卡的【柱】窗口选择【结构柱】命令,在轴网交点位置创建结构柱,即完成结构的创建。

(2) 在【类型选择器】中选择适合的柱类型,如果需要自定义尺寸,则单击【图元属性】,打开【组织属性】对话框,编辑柱属性,单击【编辑/新建复制】命令可以通过修改长、宽尺寸参数创建新的柱的尺寸规格。

2. 结构柱的编辑

柱的【实例】属性可以实现以下功能:调整柱基准、顶标高、底部偏移是否随轴网移动、此柱是否设为房间边界和柱的材质。单击【编辑类型】,在【类型属性】窗口可以实现柱的长度、宽度等参数的设置和修改,见图 4-4。



图 4-4 柱的编辑

4.4 钢结构楼板 BIM 模型

厂房的板包括两种：地面和顶板，均用【板】工具构建，其中的台阶等水平建筑元素也可用此命令赋予相应材质后建立。板的重要用途是地板建模或分割层并生成相应的图表信息。通过拾取【墙】或使用绘制工具定义楼板的边界来创建楼板。通常，在平面视图中绘制楼板，当三维视图的工作平面设置为平面视图的工作平面时，也可以使用该三维视图绘制楼板。楼板可以沿绘制时所处的标高向下偏移，采用这种方法可以创建坡度楼板、添加楼板边缘或创建多层楼板。墙体和板建立的顺序因工程的需要而定。楼板及其相关构件的建模方法如下：

(1) 绘制楼板：单击【结构】选项卡中的【楼板】-【楼板：结构】，见图 4-5。

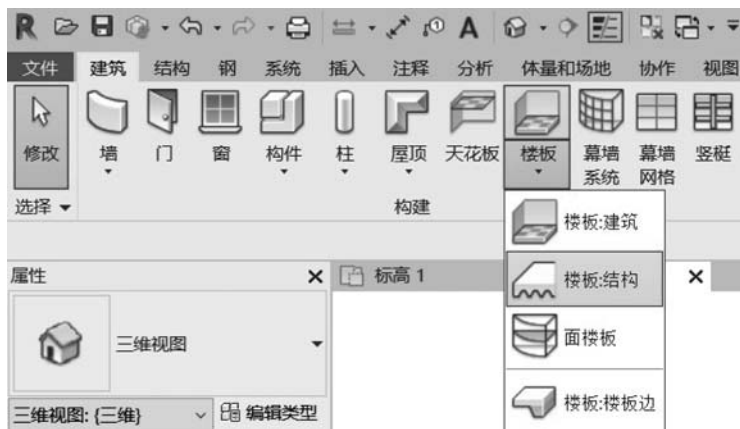


图 4-5 楼板的创建

(2) 创建楼层边界：默认情况下，墙处于活动状态，如要使其处于非活动状态并单击【修改】-【楼层边界】窗口，在绘图区域中选择对应楼层边界的墙。绘制楼层边界需单击【修改|创建楼层边界】，然后选择绘制工具，楼层边界必须为闭合环轮廓。

(3) 绘制洞口：在【建筑】选项卡选择【楼板】-【楼板：结构】，使用矩形工具，绘制楼板轮廓，如果楼板有洞口，可以先绘制洞口再绘制楼板，也可以绘制楼板后，使用【编辑轮廓】命令来绘制洞口。

4.5 钢结构 BIM 模型及应用

4.5.1 典型钢结构 BIM 模型

本节以 4 个不同类型的案例，分析 BIM 技术在钢结构实际工程中的具体应用，四个项目分别是广东省某门式刚架工业厂房、香港坚尼地城游泳池、美国富兰克林大厦以及广州海心沙看台。

1. 广东省某门式刚架工业厂房

广东省某门式刚架工业厂房为轻工业厂房,门式刚架是钢结构厂房经常使用的结构形式之一。该厂房的主刚架由边柱、刚架梁、中柱等构件组成,一般采用焊接工字形截面,檩条、支撑等构件,屋面、外墙采用压型钢板屋面板。厂房的刚架等主要构件在工厂预制后,运输到现场后通过高强度螺栓节点相连。厂房长 104m,宽 30m,高 12m,钢结构公司使用 Revit 软件,根据该厂房的设计文件进行建模、深化设计以及制造(图 4-6)。

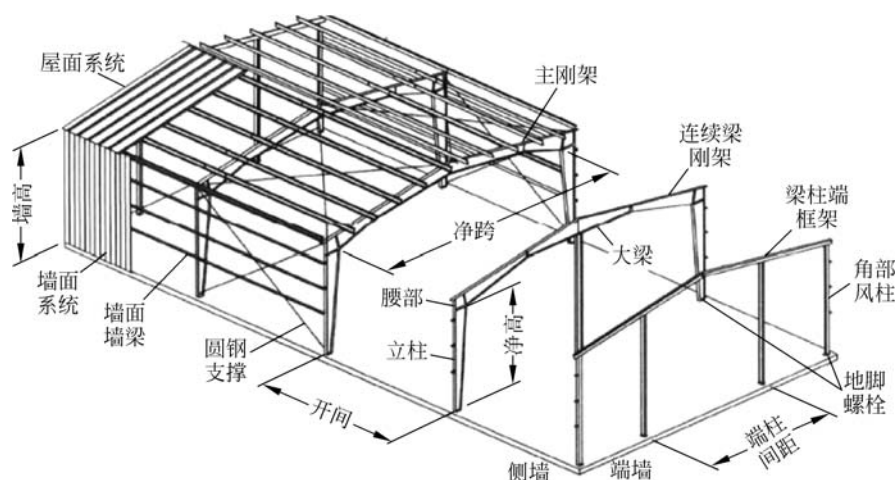


图 4-6 轻型厂房框架

2. 香港坚尼地城游泳池

香港坚尼地城游泳池(图 4-7)是由 Revit 事务所设计的位于香港岛西侧的坚尼地城的一个公共游泳池,其功能齐全、建筑设计独特,既丰富了当地的社区活动也为坚尼地城带来了个性。该游泳池最高约 50m,宽约 80m,Revit 建筑设计模型由业主提供,钢结构企业负责深化设计、制造以及运输至现场。



图 4-7 香港坚尼地城游泳池

3. 美国富兰克林大厦

美国富兰克林大厦(图 4-8)是位于波士顿市区的一个重建项目,地上结构为高层框架—支撑钢结构。该项目需要保留一面原大厦的外墙,现场的施工场地有限。钢结构企业根据业主提供的设计图纸建立模型,并负责深化设计、制造。



图 4-8 美国富兰克林大厦

4. 广州海心沙看台

广州海心沙看台(图 4-9)位于广州市海心沙岛上,是用于广州亚运会开幕式的钢结构。该项目属于临时建筑,但其按照永久建筑标准设计,共有 25 000 个座位。由于该项目的施工工期紧张,需要在 8 个月内完工,其钢结构的深化设计和制造工作由不同的钢结构企业合作完成。



图 4-9 广州海心沙看台

以上 4 个案例都具有一定的代表性,4 个案例的类型分别是规则的工业厂房项目、外形复杂的项目、用钢量庞大的高层建筑项目以及工期紧张的大型公共项目。规则的工业厂房经常被使用,除了厂房,多层的钢结构住宅楼、教学楼等建筑物也具有产业化的特征,可以借助 BIM 技术缩短项目工期,提高项目管理的质量;建筑师在一些公共项目中利用复杂抽象的建筑形体表达建筑的理念,提升建筑物的影响力,同时也增加了建造的难度,BIM 的建模能力和可视化能力可以运用于该类项目中;钢结构形式的高层建筑物工期短,可以减少业主的融资压力,利用 BIM 技术可以更好管理庞大的钢结构工程量;工期紧张的大型公共项目通常需要不同的钢结构企业合作完成,BIM 技术可以协助工程师解决协同工作中出现的冲突问题。

4.5.2 应用 BIM 技术的项目收益

对以上列举的 4 个钢结构案例,下面分别从主要技术内容和获得效益两个方面分析项目使用 BIM 技术后获得的收益,详细内容见表 4-1。

表 4-1 BIM 的收益

项 目 名 称	主要技术内容	获 得 效 益
广东省某门式钢架工业厂房	钢结构企业负责模型建立、深化设计、出图、加工制造以及安装,利用 BIM 软件进行工程量的统计、进度计划的安排等	增强门式刚架工业厂房产业化程度;自动钢结构加工图纸出图;将深化设计价格从 200 元降低到 15 元;准确的工程量计算,误差在 1%以内;使工期缩短至 50 天到 2 个月
香港坚尼地城游泳池	设计师创建的 Tekla 几何模型直接递交给钢结构承包商,钢结构分包商完善节点,并出图及加工	运用了 BIM 软件对特殊截面的建模能力;运用了 BIM 模型进行投标报价以及编制构件制造的计划
美国富兰克林大厦	业主提供建筑以及结构设计图纸。钢结构分包商负责 Tekla 模型的建立、深化、出图以及制造等工作	将深化设计价格从 200 元/吨降低到 85 元/吨;使用 BIM 模型,满足客户需求;BIM 配合 RFID 技术,加强了对项目进度的监控,克服现场构件放置的难题
广州海心沙看台	不同的钢结构分包商共同协作,利用 Tekla 建立钢结构模型,并进行深化,自动生成加工图纸	实现了不同钢结构企业的协作,使项目顺利完成

从表 4-1 可以看出,BIM 技术提高了钢结构项目信息集成管理的程度,提高了门式刚架工业厂房的产业化程度,项目进展更流畅;使项目管理人员能有效地控制项目的成本和工期,保证项目按期完成;其空间建模和可视化的特点,可以实现 CAD 软件难以完成的特殊曲面的处理,使得有特殊曲面的建筑物项目中的工作能顺利完成;降低了深化设计的成本,减少了出图的工作量;帮助项目中不同制造商协同工作,还可以与 RFID 技术结合,更好地管理施工现场的构件信息。以上 4 个项目的实践可以证明 BIM 技术在钢结构工程中应用的显著优势。

4.5.3 典型的 BIM 建模算例及应用

本节以单层厂房开发建设的工程设计为实际案例,基于 Revit 2011 软件平台,开展建筑方案设计、初步设计、施工图设计、分析出图等建筑设计全过程工作,总结出基于 BIM 技术

的建筑设计工作流程以及应用特点,为 BIM 技术在建筑工程的应用提供工程实践依据。设置方案模型所需的建模技术包括设定层数、建立柱网、绘制墙体、生成楼板、生成梁柱、绘制幕墙、建立门窗和楼梯及栏杆元素参数化、平面区域功能分布等内容。

1. 工程算例背景

以单层厂房为例,将第 2 章和第 4 章涉及的局部建模技术组合成一个完整的建模流程,实现从理论技术到实践应用的过渡。

2. 绘制标高

在工程列表中选择新建一个【楼层】,或者直接框选图形界面的整个平面,确定框选范围后软件会自动弹出对话框,可以设置平面的楼层名称、层高等模型数据,按照剖面图设置楼层后还需单独设置总平面图、门窗信息及大样图等信息,但为了防止因图纸层数增加,导致有效信息层被覆盖,可预留 1~2 层作为信息层。Revit 中如果多层平面参数相同,可以复制其中一个平面参数粘贴到其他平面。实例中由于是单层厂房,所以设置为 1 层。

绘制标高时,在标高线条的右侧显示标高的注释。在绘制过程中,Revit 会显示提示线条,使得每条标高线等长。根据设计楼层的标高信息,绘制标高后,单击标高的名称和数据,可以进行相应的修改,直接输入新的标高名称和数据即可实现修改,以上过程即标高的建立。由于是单层厂房,所以设置上下两个标高,中间部分为一层,见图 4-10。完成标高后即可绘制轴网。

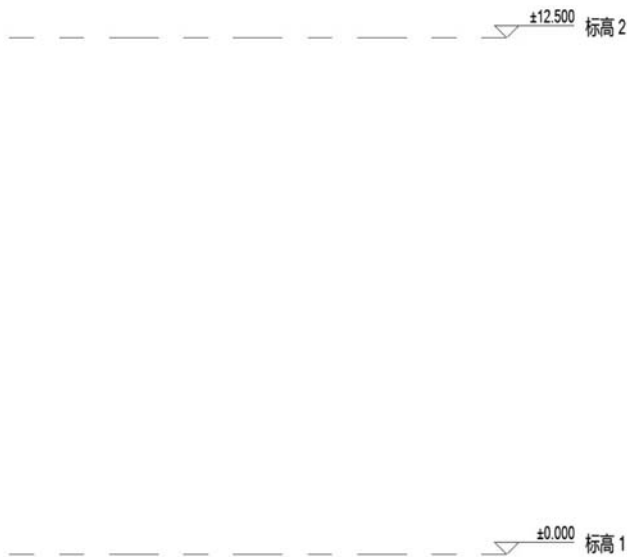


图 4-10 标高层数

3. 绘制轴网

在【建筑】选项卡选择【轴网】,执行轴网绘制命令。绘制轴线时,单击空白区域,并进行拖动,即可绘制一条轴线,注意绘制的轴线要垂直/水平,绘制时从左向右,从下向上绘制,以保证轴线标注的正确性。绘制一个方向的所有轴线后,可以对轴线的长度进行统一的调整:

单击任意一条轴线,在数值标注位置会出现一个小的空心圆圈,用光标选中空心圆圈并进行拖动,即可调整一个方向所有轴线的长度,拖动到目标位置取消光标即可。完成一个方向的轴线绘制后,进行另一个方向的轴线绘制:选择【轴网】命令,注意在绘制第一条轴线后,需要更改其名称,以便与之前方向的轴线加以区别,轴网绘制见图4-11。

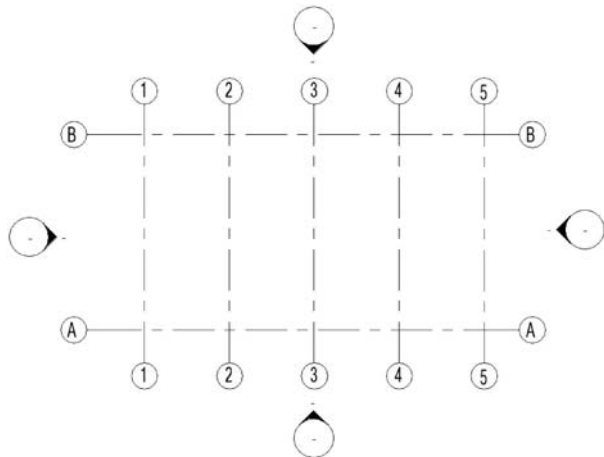


图 4-11 轴网绘制

4. 建立柱网

相对规整的柱网可使用柱网系统自动建立,复杂的柱网手工绘制,这种绘制技术的可控性和操作性相对灵活。本算例中,单层厂房的柱网采用了柱网系统进行布置。

柱网一般和轴网搭配绘制,在轴网的交点位置,一般就是柱的位置。在【建筑】选项卡单击【柱】选项,选择【柱:建筑】,执行柱的绘制命令。执行建筑柱绘制命令时,在【属性】窗口定义柱的属性,可以单击【柱】设置柱的尺寸。在【底部标高】和【顶部标高】输入数据设定柱的高度,完成后单击对应的位置放置柱。在平面内可以看到的柱,都会直接显示柱的线条,如果设置错误,或者柱在当前平面看不到,就不会出现柱的线条,见图4-12。

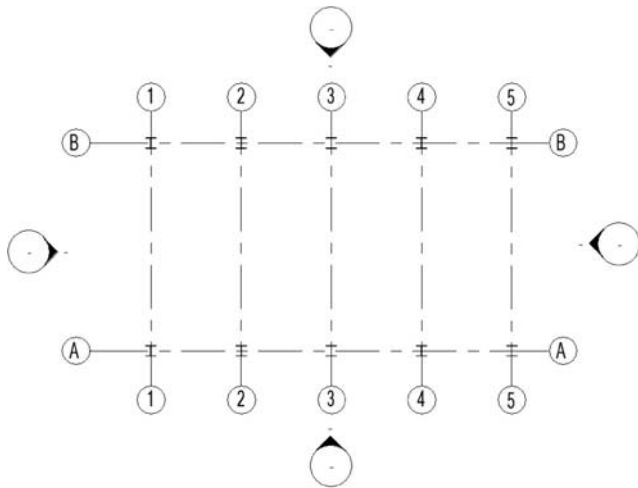


图 4-12 柱网创建

5. 绘制墙体

墙体与整个建筑模型相关联,并非简单的二维图形。当修改墙体参数时,只需重新输入新的参数,相关联的二维图形会随新参数而自动修改,不需要在二维平面和剖面中重新绘制。在【墙】对话框内,设置相应参数即可对平面图中线型、构造以及在三维模式下的型体和材质进行编辑。在本算例中,厂房为 1 层,所以要在【标高 1】视图绘制墙体(图 4-13)。

单击【建筑】选项卡【墙】-【墙: 建筑】,见图 4-14。

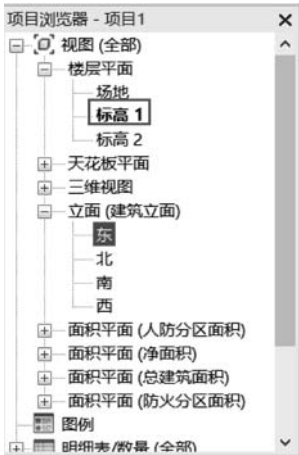


图 4-13 【标高 1】选项卡



图 4-14 建筑墙的选择

默认墙厚是 200mm,即可开始绘制,见图 4-15。

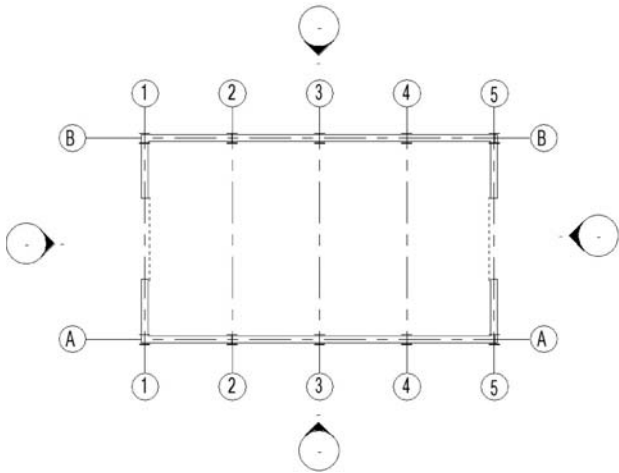


图 4-15 墙的绘制

6. 楼板设置

厂房的板包括两种:地面和顶板,均是用【板】工具构建的。【板】是基础的水平建筑模

块,其作用是地板建模或分割层并生成相应的图表信息。墙体和板建立的顺序,因工程需要而定。

在【建筑】选项卡中选择【楼板】-【楼板:建筑】命令即可开始绘制楼板,将光标放置在墙体上方不动,按 Tab 键,直至相连的墙体高亮显示。然后单击【编辑完成模式】即可创建楼板,楼板创建见图 4-16。

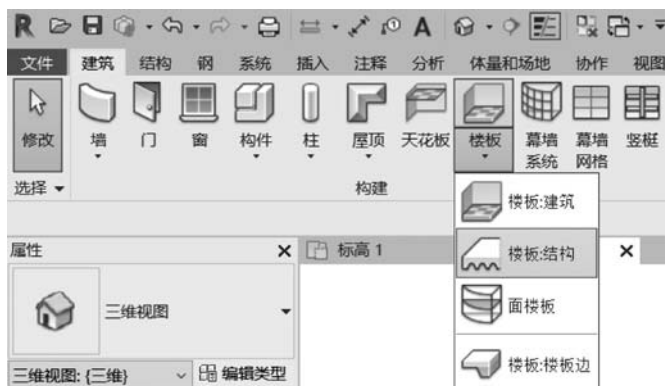


图 4-16 楼板的创建

7. 生成梁柱

单层厂房梁柱元素相对比较简单规整,基本以矩形为主。单击【结构】选项卡【梁】工具命令,显示【工作平面】窗口,进入绘制界面,在绘图区单击梁的起点和终点完成梁的创建。可以在【类型】选择器的下拉列表中选择需要的梁类型,见图 4-17。



图 4-17 梁的放置

完成上述建模步骤后,方案设计阶段的 BIM 模型主体部分已基本完成。接下来需要进一步添加或修改更完整的 BIM 模型的参数,这是 Revit 建模过程的重要阶段,其他部件,如门窗、楼梯、楼梯栏板、异型构件都在这个阶段补充至 BIM 模型的参数中,包含参数信息的对象元素以部件的形式组成 BIM 模型,于是具有信息集成化的特点。使用 Revit 的创建工具,就可以把需要参数化的元素,如灯、门、窗、楼梯、异型构件等分别设置相应的参数并归类标记。值得一提的是,在建模之前的方案阶段执行空间功能区域划分时,可以为不同的区域类别、功能空间赋予不同的背景颜色和名称,按照不同的分类方法(如建筑功能)区分不同的房间。这种方法也为计算面积、体积和统计成本提供便利。

至此,基本完成了建筑方案阶段的 BIM 模型的主要内容,可以看到,建模全过程就是模拟真实的建筑构件,这种方法在设计构思和现实模拟的过程中更能激发建筑师的灵感,使其依据真实效果做出合理的判断,而无需在二维和三维模型的转换、修改、矫正中浪费精力,建筑创作成果更贴近真实效果,可以说“所见即所得”,从而将建筑师设计模式从简单的二维模式变为真实、直观、智能的设计环境。

4.6 本章小结

钢结构作为一种广泛应用的结构形式,具有效率高、强度大、对环境破坏小等特点,是建筑行业的热门结构之一。钢结构制造工艺复杂,对信息管理的要求较高。除了理论的探索,本章也提供了实例的分析,详述了 4 个不同类型的项目(规则的工业厂房项目、形体复杂的项目、用钢量庞大的高层建筑项目以及工期紧张的大型公共项目)利用 BIM 所获得的效益。

本章主要内容总结如下:

(1) BIM 技术符合工程项目管理的理论,既能串联项目的生命周期也可以提高项目各方的信息交流效率,其三维展示能力为项目带来更多可能性,可以使建筑行业提高自身工作效率。

(2) BIM 技术在钢结构工程中的应用以钢结构专业分包商为驱动,钢结构企业应配备 BIM 团队并使用 Revit 进行建模、结构分析、深化设计、工程量计算、加工制造和成本控制等工作。

(3) 多个国外钢结构建筑设计与施工运用 BIM 技术,并获得了良好的经济和技术效益,是推动我国 BIM 技术在钢结构工程中应用的动力。

(4) 通过 4 个有代表性的实例,可以看出 BIM 技术对降低钢结构工程项目的深化设计费用、缩短工期、准确预算工程量等方面有实质性的效果,而且在提高对项目的管控能力、改善安装现场环境、减少项目信息的流失和错误方面有巨大的潜在效益。