

BIM 正向设计在主题乐园结构设计中的应用

汪宵缘

同济大学建筑设计研究院（集团）有限公司，上海，200092；

摘要：BIM 正向设计技术已广泛应用于各类建筑的结构设计过程中，本文介绍了主题乐园结构 BIM 三维正向设计应用流程，针对主题乐园结构的特点与难点，阐述 BIM 三维正向设计相比于传统二维设计的优势。

关键词：主题乐园结构设计；BIM；三维正向设计

DOI：10.69979/3029-2727.24.05.032

1 引言

1.1 BIM 技术的发展趋势及其应用情况

建筑信息建模 (Building Information Modeling, 简称 BIM) 是一种数字化技术，通过创建和使用三维模型，连接建筑项目全生命期中的各个阶段，为设计团队、施工人员以及业主提供协同工作的平台。BIM 技术广已泛应用于建筑设计、工程管理、施工过程乃至后期运营维护等多个环节。截至 2023 全球范围内已有超过 75% 的大型建筑项目采用 BIM 技术进行管理和实施。这一比例预计在未来五年内进一步提升至 90%，反映出该技术在全球建筑业中的普及程度日益增加。

1.2 主题乐园的发展趋势与需求

《2024 中国主题公园竞争力评价报告》中提到，截至 2024 年 10 月，中国现有 385 座主题公园，其中特大型和大型公园各 87 座。数据显示，有 59% 的主题公园已经实现盈利，行业整体展现出强劲的增长态势。这些主题公园在 2023 年共接待游客 1.3 亿人次，营业收入高达 303.89 亿元，游客接待量和营业收入都同比大幅增长，显示出主题公园国内的需求快速增长，市场前景非常广阔。

1.3 BIM 技术在主题乐园结构设计中的应用

主题乐园的设计和建造过程因其高度的复杂性和多样性，使得结构专业面临诸多挑战。BIM 技术的应用为结构设计师应对这些挑战提供了强有力的支持。通过 BIM 平台，结构工程师可以创建三维模型并出图；支持结构专业与其他不同专业之间进行信息共享与协同工作。本文将详细阐述三维正向设计在主题乐园结构设计中的应用流程和效果，总结三维正向设计的优势与不足。

2 主题乐园结构三维正向设计流程

主题乐园的三维正向设计流程与传统的二维设计在整体步骤上并没有太大差异，依然遵循着从方案提资、设计建模计算、反馈调整、各专业协作、绘制施工图纸到审图以及施工深化审核的过程。然而，在这一系列环节中，两者存在着显著的区别。接下来，本文将详细介绍主题乐园采用 BIM (Building Information Modeling) 技术进行三维正向设计的全过程，并对比分析其相较于传统二维设计方法的优势与不同点。

2.1 方案提资

在传统的二维设计项目中，通常以 CAD 为主要提资内容，SU (SketchUp) 作为辅助提资内容。然而，在主题乐园的设计过程中，这种传统的提资方式往往难以满足项目的需求。主题乐园三维正向设计在方案设计阶段，除了采用传统的提资内容外，还会构建基于 Revit 和 Rhino 软件的表皮模型，并且对于某些游艺设备的占位模型，则可能会使用 SolidWorks 等其他建模软件来完成。

2.2 搭建计算模型

在主题乐园中，对于体型方正且体系较为简单的主体建筑结构，其建模计算一般仍旧通过建筑提供的 cad 提资，使用盈建科、PKPK 等较为成熟的计算软件建模计算。然而，针对那些具有复杂立面造型、室内外假山和屋盖结构的项目，传统的 CAD 提资很难满足结构建模的需求。在这种情况下，结构设计师需要根据建筑的 Rhino 或 Revit 表皮模型，结合包装设计的退界要求，首先搭建起立面造型、假山等结构部分的 Revit 模型。随后，通过导出这些结构构件的分析模型，并进行必要的处理后，再将其导入到 3D3S、SAP2000 等空间结构计算软件

中，以完成最终的结构计算工作。

2.3 搭建 BIM 模型

对于直接在计算软件中建模计算的单体建筑结构，可以通过计算软件的数据接口或探索者等插件，将计算模型中的构件几何信息、支座信息和计算结果信息等信息导入 Revit 软件。然后，根据建筑需求对局部梁柱等构件进行微调定位。而对于先前已在 Revit 中建模的复杂造型结构，则可以通过插件更新构件信息。

2.4 各专业配合

在建筑、结构、机电、幕墙、室内以及游艺等各个专业完成 Revit 三维模型的搭建之后，可以利用这些模型进行跨专业的协作。这包括但不限于细部处理、专业间的碰撞检测、净高分析以及管线综合等工作。与传统基于二维图纸的设计方法相比，这种基于三维模型的合作方式更加直观和便捷，能够有效避免信息遗漏的问题；同时，它也比先完成二维设计再转换为 BIM 模型的做法更节省时间。通过在设计阶段就发现并解决问题，而不是等到出图后才发现错误，这种方法不仅提高了工作效率，还能显著减少返工的情况发生。

2.5 正向出图

主题乐园三维正向设计主要采用 Revit 直接出图，利用模型直接生成平、立、剖面视图，并对这些视图进行深化和标注以达到最终的出图目的。与传统的 CAD 出图相比，三维正向设计具有以下不同点：

通过三维模型切出的二维平、立、剖面视图之间以及与原三维模型之间存在联动关系。这意味着在任何视图中进行的修改都会导致其他相关视图自动更新；对于钢结构项目来说，使用三维模型生成二维图纸还可以通过视图样板来控制单线或双线显示方式，这比传统的二维 CAD 绘图大大提高了效率。

BIM 三维正向设计还能利用三维建模的优势，生成建筑结构的整体和局部轴测图，有助于更深入地理解整个结构体系及其特殊部位的构造细节。

BIM 三维正向设计的标注信息不是单纯的文字注释，而是通过对每个构件赋予几何参数、材料材质、结构抗震等级以及配筋等信息，再通过标签族读取，生成构件二维标注；

大多数结构构件的信息可以通过插件直接导入，对于配筋等一些重要的结构设计信息，则需由设计师根据

实际情况做出适当调整以确保其合规性和合理性；

三维正向出图没有图层管理的概念，取而代之的是视图样板、工作集和过滤器的设置；

对于节点详图的出图，可在 CAD 中绘制完成并导入 BIM 模型中，也可在 BIM 模型里进行细部建模，并导出二维详图。

2.6 深化审核

在应用 BIM 技术并采用三维正向设计的主题乐园项目中，深化设计通常也被要求使用三维正向方法进行出图。对于混凝土结构、砌体二次结构、幕墙、龙骨墙、机电设备管线以及游艺设备等部分，施工单位一般会使用 Revit 软件来进行深化和出图。而对于钢结构部分，则会使用如 Tekla 来完成建模和出图。当所有项目参与方完成了各自负责部分的模型构建后，将这些模型导入到轻量化的模型管理平台上。以整合单体建筑内所有专业的模型信息，以便更好地支持深化图纸的审核过程，并通过碰撞检测来验证设计图纸内容在实际施工中的可行性。有助于提前发现潜在的问题，从而减少错误、遗漏及返工的情况发生，确保项目能够更加顺利地推进。

3 主题乐园三维正向设计的应用点

主题乐园的结构设计不仅需要与传统的建筑、机电、景观等专业紧密合作，还需与 IP 创意设计、外立面创意设计、与游艺设备厂家的协作，同时考虑乐园运营的实际需求，并借助各专业乐园设计顾问的智慧。这一跨学科的合作模式要求设计团队具备高度的协同作战能力，以确保不同专业间的设计能够完美融。采用 BIM 技术进行主题乐园结构的三维正向设计，能够在 BIM 软件和平台上实现与各专业的高效协同，进一步提升设计效率与质量。

3.1 假山结构与主题包装结构设计

在主题乐园中，复杂造型的幕墙、假山结构以及主题包装结构因其形态多变和高效果要求而极具挑战性。结构设计不仅需要适应复杂的造型设计，还要确保结构的受力合理性。传统的二维设计方法在进行这类设计时面临诸多困难，包括结构找形难度大、出图过程复杂以及设计完成后的验证和拍图难度高等。

然而，当采用三维正向设计时，这些问题得到了有效的解决。设计师可以依据主题包装设计提供的三维模型进行结构找型和建模计算。计算完成后，将结果导入

并更新至结构 BIM 模型中，以便复核结构布置方案。最终，通过三维正向设计出图，利用三维模型切出控制位置的平面图、立面图和剖面图，并进行标注。这一流程大大简化了出图过程，降低了绘图难度，提高了设计效率和准确性。

3.2 结构与游艺设备碰撞检查

在主题乐园中，游艺设备分为室外和室内两大类。对于室外游艺设备，碰撞检查主要涉及设备轨道与主体结构或包装结构的碰撞，以及设备基础基坑与场地管线和主体结构基础的碰撞；而对于室内游艺设备，则需关注设备基坑、轨道及检修设备与结构构件之间的碰撞。

在传统的二维设计中，这些碰撞检查通常依赖于 CAD 平面图和关键剖面位置的碰撞验证。设计师需要手动绘制大量的典型剖面图以确保每一处的净高要求。然而，随着项目的推进，各专业的设计图纸可能会有所修改，这往往导致拍图平面和剖面的构件准确性无法保证，从而给碰撞检查带来困难。

相比之下，BIM 正向设计提供了更为高效和准确的解决方案。通过定期将游艺设备模型和结构模型轻量化导出，可以在 Naviswork 等软件中进行碰撞检查。对于有软碰撞需求的游艺设备，可以在三维模型中构建出安全空间的占位模型，再与结构构件进行碰撞检查。利用 BIM 的三维可视化技术特点，可以降低识图误差，直观地解决游艺设备与结构构件的碰撞冲突，暴露设计深度不足的地方，从而优化工程设计，减少施工阶段可能存在的错误和返工。

3.3 机电设备预留洞和碰撞检查

在主题乐园建筑设计中，机电设备管线的碰撞检查、管线综合以及净高分析是至关重要的环节。主题乐园建筑室内不仅包含游艺设备，还布置有大量的机电设备和管线，这些设备和管线既要满足日常建筑使用功能（如空调、通风和消防），又要服务于场景特效体验。如何在有限的空间内合理安装这些设备和管线，并避免与主体结构和次结构发生碰撞，成为了设计的重点和难点。

传统的二维管线综合方法通常要求设计师找出净高控制的关键位置，然后绘制剖面图进行管线排布和碰撞检查。这种方法工作量大，且难以从全局角度保证结果的有效性。而采用 BIM 正向设计，则可以在三维模型中直观地进行全面的管线协调，快速发现与结构的碰撞和净高不足的位置。通过这种方式，可以及时提出减小

结构构件尺寸或在结构构件上预留洞和套管的建议，以解决碰撞问题。

此外，结构设计师也能在三维模型中直观地验证留洞和套管的合规性。更为便捷的是，结构三维模型中的套管和留洞信息可以直接导出生成二维施工图，大大提高了设计效率和准确性。

3.4 深化图审核

在传统的二维设计流程中，深化设计单位通常需要根据二维图纸进行翻图或建模，以完成深化设计出图。然而，由于主题乐园结构的复杂性，深化单位往往难以直观地理解原始设计师的意图，这可能导致设计意图和信息的传递出现偏差。同时，当设计师收到深化图或模型进行审核时，对几何信息的审查也缺乏直观性。

相比之下，采用 BIM 技术并实施三维正向设计的主题乐园项目，在施工图阶段就已经构建了结构施工图模型，并且在深化阶段也会使用 BIM 技术来搭建施工深化模型。通过将设计模型和深化模型分别导入如 Naviswork 等轻量化模型管理软件，可以直观地检查深化模型的几何信息是否与设计模型一致，以及深化设计是否准确理解了结构设计的原始意图。这种方法提高了深化审核的效率，并将因信息误解而造成的损失降至最低。

在施工图设计过程中，钢结构节点和混凝土节点的细部构造通常通过二维详图来表达。然而，这种表达方式往往会导致忽视节点构造与其他专业之间的潜在碰撞，例如钢结构节点板、螺栓锚栓、混凝土加腋、钢筋构造等。在 BIM 技术的辅助下，这些具体的节点构造可以在深化模型中得到详细体现。在施工深化设计过程中，会对单体建筑的所有专业模型进行整合，并进行碰撞检查，以确保结构细部节点构造不会对后续的幕墙安装、机电设备安装和游艺设备的正常使用造成影响。

4 结论与展望

4.1 BIM 三维正向设计在主题乐园结构设计中的应用优势

BIM 三维正向设计在主题乐园结构设计中的应用优势如下：（1）提升协同效率：通过三维模型和平台进行跨学科合作，实现高度协同的团队合作。（2）优化复杂结构设计：利用三维模型进行结构找型和建模计算，简化出图过程，降低绘图难度；（3）增强碰撞检查能

力：直观发现游艺设备、机电设备管线与结构构件的碰撞冲突，提高设计的有效性；（4）提高出图效率和准确性：使用 Revit 直接出图，减少错误和返工；（5）深化审核便捷性：利用轻量化模型管理软件帮助检查深化模型与设计模型的一致性，提升审核效率。

4.2 BIM 三维正向设计在主题乐园结构设计中的应用难点：

人力投入大，设计周期延长：结构专业需要增加约 1.5 倍至 2 倍的人力成本，并延长设计周期。建议加强结构设计师的 BIM 技能培训和优化设计流程以提高效率。

（2）需要建立统一标准：为了提升 BIM 技术的应用效率和效果，未来需要进一步完善 BIM 技术的标准和规范。这包括制定更加统一的数据格式和标准、推动 BIM 技术的互操作性等。通过建立统一的标准，可以更好地促进不同参与方之间的协作和数据共享。

（3）需要解决软件兼容性问题：在实际应用中，不同参与方使用的 BIM 软件可能存在兼容性问题，导致数据交换不畅。为了解决这个问题，我们需要依靠技术进步和行业合作来推动 BIM 软件的兼容性改进。同时，也需要加强各方之间的沟通和协调，确保数据的准确传递和有效利用。

4.3 未来 BIM 技术在主题乐园结构设计中的发展趋势和展望。

随着建筑行业整体发展趋于平稳，未来的设计趋势

必定将走向更加精细化，BIM 三维技术能够全面拟合各个专业模型信息，满足未来主题乐园结构设计各个阶段的需求。BIM 技术是未来建筑行业发展的趋势，它将推动建筑行业的全面数字化和信息化，提高设计和施工的效率和质量。随着设计相关人员的逐渐成熟、软件本身的不断更新以及国家政策不断的支撑与完善，BIM 技术的应用将更加广泛。尽管目前 BIM 技术尚未全面普及，但预计未来 BIM 三维技术将全面应用于建筑结构设计，乃至建筑工程全寿命周期。随着技术的不断发展和成熟，BIM 技术将更加高效和便捷，为建筑行业带来革命性的变化。BIM 技术将推动建筑行业的转型，从传统的设计和施工方式向数字化、信息化的现代方法转变。

参考文献

- [1] 丁振宇. BIM 正向设计在中小型建筑中的应用探索与实践 [J]. 工程建设与设计, 2023(10): 82-84.
- [2] 孟媛. 国际品牌主题乐园建筑的 BIM 正向设计 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2021, 000(010): P. 39-41.
- [3] 荆祎然. 乐园项目 BIM 正向设计管理要点探索 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2023.
- [4] 高一鹏. "基于主题乐园项目的 BIM 正向设计技术研究." 建筑技术开发 45.14(2018): 2.
- [5] 彭路续. 某乐园项目结构专业三维正向设计应用 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(9).