

三维参数化设计在港口水运行业中的应用

杨铎, 韩越

(安徽省交通勘察设计院有限公司, 安徽 合肥 230000)

摘要:近十年来,BIM技术在建筑、市政、交通等行业的应用不断深入,三维可视化设计取代二维设计的趋势愈加明显。但是,三维设计在水运、水利行业的应用并不均衡,且部分专业缺少专业的三维设计软件,存在设计效率低、应用难度大的问题。本文着重介绍如何利用三维参数化模板技术,辅助内河港口项目中水工金属结构专业设计人员实现快速三维设计与出图、并辅助有限元计算前处理。通过使用效果来看,三维参数化模板对类似结构的设计效率、设计精度的提高具有十分显著的效果。

关键词:BIM; 三维设计; 参数化模板; 半自动化设计

中图分类号: U652.7

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 10—0100—03

1 前言

BIM技术自2002年被正式提出,2004年引入国内逐渐应用,是继CAD技术应用后,建筑^[1]、桥梁^[2]、交通^[3-4]等行业的又一次重要技术革新,近几年来发展迅速。国家对BIM技术高度重视,住建部在《2011—2015年建筑业信息化发展纲要》中,将BIM技术列为重要推广应用技术。对应的,在机械制造行业领域,提及更多的则是PLM,即产品生命周期管理(Product Lifecycle Management)。无论是BIM还是PLM,它们的起点和信息依存基础都是相同的,即三维设计。

三维可视化设计形象、直观,具有直接取代传统二维设计方式的巨大潜力,专业人员可以应用三维设计软件进行碰撞检查,避免错、漏、碰等二维设计中容易出现的失误;直观的视觉信息与设计所要表达的信息100%重合,避免了设计信息在图纸与实物间转换造成的信息丢失,设计质量与准确性可以得到相应提升;并借助软件自带测量工具直接得到构件的体积甚至质量,进而实现快速、高精度工程量统计。

水运、水利行业BIM技术发展并不均衡,业内部分大型设计单位,已涉足三维设计多年,借助于机械、建筑等行业的成熟经验,经历了“二维设计—三维建模”、“三维展示”、最后到“三维正向设计”的不同阶段,探索和积累了在某些专业或项目中推广三维设计的成熟经验,但相对来说,大部分业内设计单位仅仅是刚开始应用BIM相关技术^[5-6]。总体来说,整个行业逐渐将解决问题的关注点集中在了参数化建模、标准化构件库以及各专业协同平台上来。参数化建模方式在机械制造行业应用已久,最常用的设计软件,包括SolidWorks、CATIA、UG等,都具有专业化、参数化等建模功能,

但在水运、水利等行业的应用相对滞后,且大部分专业缺少专业应用模块。现如今,众多三维设计软件已经将国内业务从机械制造扩展到建筑、交通行业,开发出众多可参数化的建筑设计模块。业内设计人员,借助于通用三维设计软件,也开始不断探索建立企业级参数模板库与标准构件库,通过通用设计软件自带功能或者二次开发插件,不断提高设计效率,并初步完成了某些专业或某类项目从二维设计到三维设计的过渡。

本文以内河港口项目中水工金属结构专业常见的钢引桥结构的三维参数化设计为例,借助达索3DE通用设计软件,简述三维设计、参数化控制、设计模板等技术在水工结构专业中的应用。

2 三维参数化模板

3DE通用设计软件具有参数控制、参数编辑、多专业平台协调等优势,本文以此为平台创建参数化模型,并借助其知识工程的强大功能生成可供使用的三维参数化模板。

众多三维CAD软件,生成模型的方式略有不同,最常用的“草图—凸台—零件—装配”方式,需要设计人员在面对复杂结构时,先创建大量的零件、再进行最后装配,工作量较大,工作效率偏低。虽然一些零件模型可保存在构件库中重复利用,但从其在水工金属结构专业的实际应用来看,设计效率的提升并不明显。借助软件自带的几何体尺寸参数,也可以帮助设计人员较快地修改零件尺寸,但零件数量较多时,效率提高依然不明显,参数化的优势并未体现。

本文介绍的三维参数化模板,着重关注如何较大化地提高水工金属结构的设计效率,帮助设计人员从容应

对设计工作以及设计变更。

三维参数化模板创建思路：在几何体自有尺寸参数的基础上，创建用户参数，通过创建和编辑参数之间的数值与逻辑关系公式，来实现结构总体尺寸（如桥体长度、宽度、高度等），杆件空间位置尺寸（如桥面横梁、纵梁间距）与数量，零件截面尺寸（如型钢截面形状、高度、壁厚）等的相互配合，进而实现对相关几何体空间尺寸与空间位置的控制，将可编辑的参数范围从零件级别扩大到整体模型级别。参数化模板作为后续项目类似结构设计的参照，通过对丰富的用户参数的快速编辑（如桥体长度、宽度、高度等），可以快速生成我们需要的新模型。在类似结构的设计中，实现了建模速度的明显提高，设计时间的明显缩短，设计效率的明显提升。

以平行弦式普通桁架钢引桥为例，其主要由不同截面的杆件组成，包括：主桁架、桥面梁系、纵向联结系、横向联结系、栏杆、节点板等。在此三维模型（图1）中，共设置了74个相关用户参数（表1），设置了368个参数之间的关系式，来控制整个模型，实现了从整体到局部，从空间间距到杆件数量，从杆件长度到截面尺寸的全参数“半自动化”控制。使用此三维模板进行钢引桥设计，大大缩短了三维建模时间。

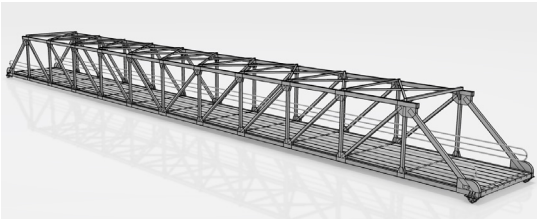


图1 三维参数化模型

3 高效出图

借助于三维参数化模板技术，可以实现相似结构的快速设计和建模，但现阶段与施工对接时，出版二维图纸依然不可避免，重复性的出图依然会浪费较多的时间和精力。通过设置模型与图纸间的关联关系，可实现投影轮廓自动更新、标注自动更新等功能，来实现高效出图。

3.1 轮廓、标注自动更新

创建三维参数化模板的同时，可创建配套图纸模板，并设置投影、剖切平面位置、标注位置等，每次利用三维模板完成新方案设计后，通过图纸更新即可得到完成度较高的备用施工图，经过简单调整即可完成施工图设计，避免了重复出图，进一步提高了设计效率。

表1 用户参数的分类及参数类型

编号	参数集合	参数名称	参数类型
1	整体尺寸参数	长度控制	字符串
2		桥面长度	长度
3		桥面高度	长度
4		桥面宽度	长度
5		滑块位置	长度
6		上弦杆延长	长度
7	杆件布置参数	横梁布置	字符串
8		横梁间距	长度
9		横梁数量	整数
10		纵梁布置	字符串
11		纵梁间距	长度
12		纵梁数量	整数
13	杆件截面尺寸参数	高-上弦杆	长度
14		宽-上弦杆	长度
15		壁厚-上弦杆	长度
16		高-主腹杆	长度
17		宽-主腹杆	长度
18		壁厚-主腹杆	长度
19		高-斜腹杆	长度
20		宽-斜腹杆	长度
21		壁厚-斜腹杆	长度
22		h -横梁	长度
23		b -横梁	长度
24		d -横梁	长度
25		t -横梁	长度
26		r -横梁	长度
26		r_r -横梁	长度
...			...
75	节点板	草图控制	自有参数

3.2 工程量自动统计

水工金属结构专业在施工图阶段，通常需要进行手动工程量统计，占用了较大的工作量与工作时间。可通过创建三维模板与图纸模板间的相关数据链接，即：材料表单元格与模型参数之间的数值关系，实现材料表内数据的自动更新，通过更新图纸即可实现工程量的自动统计，避免了手动统计效率低、准确性差的缺点。

4 辅助有限元前处理

有限元仿真的前处理过程，特别是网格尺寸、网格数量，对计算结果准确性的影响较大。对于以杆件、板壳为主的金属结构来说，如果使用实体单元进行网格划分，最终单元数量会超过千万级甚至亿级，有限元软件计算时间过长，计算错误几率增加。使用三维 CAD 软件完成金属结构设计后，多数情况下无法直接利用实体模型进行有限元仿真，还需要设计人员在有限元软件中重新创建以线、面为基本元素的简化模型来进行仿真计

算,在有限元前处理中重复建模浪费了较多的时间和精力。

为了解决这个问题,我们提出了线-面-体“三合一”设计模板的思路。在创建钢引桥三维参数化模板时,同时创建了线框模型(图2)作为结构骨架,以此为定位基准创建面模型(图3),最后使用“厚曲面”命令将面生成体模型,供设计人员进行出图。3种不同基本元素组成的三维模型,共用一套参数体系,修改某一参数后,可实现同时调整和更新。

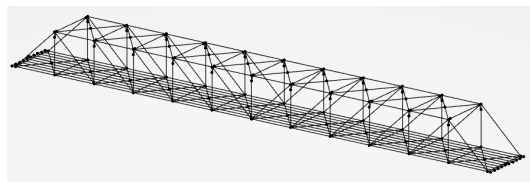


图2 线框模型

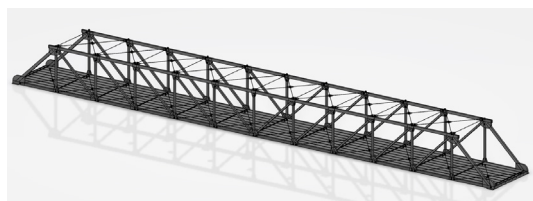


图3 面结构模型

将线框模型导出、导入有限元软件,使用一维梁单元划分网格,可求解杆件内力,验算变形与挠度、长细比等,辅助设计人员进行初步设计和优化;面结构模型导出、导入有限元软件,使用二维面单元划分网格,用于局部结构强度、稳定性验算,比如节点板局部验算,杆件端部焊接区域验算等。

5 总结

本文中介绍的三维参数化模板技术,通过参数化控制,实现了“半自动化”三维建模、二维出图、辅助有限元仿真等目的,明显地提高了专业设计效率与设计精度。设计人员借助通用三维设计软件,不断扩大参数化、标准化在设计流程中的应用范围,进一步简化设计中的次要工作(如二维作图、工程量统计、有限元前处理等),减少人工手动操作,将广大设计人员从绘图工作中解放出来,把大部分时间和主要精力放在结构设计、仿真计算与结构优化上来。经过长时间积累,可逐步形成具有专业特点,符合从业人员使用习惯的参数化模板库、标准化构件库,实现金属结构专业从二维设计到三维正向设计的逐步过渡,此项技术同样可以推广到其它缺少专业软件的相关专业,进而扩大到整个内河港口项目设计。

对专业设计水平与总体行业发展的提高,必将具有重要意义和巨大的经济效益。

随着BIM技术的深入发展与推广,三维正向设计必然会取代二维CAD设计,参数化、标准化在三维正向设计上的应用,可以大幅度提高三维正向设计的效率与精度,为其在港口水运、水利行业的推广与应用增加助力。

参考文献:

- [1] 史诗. BIM技术在超高层装配式建筑体系中的应用(J). 工程技术研究, 2021(6):64-65.
- [2] 刘思富,王书培,等. BIM技术在城市高架桥梁工程中的应用(J). 工程技术研究, 2021(6):94-95.
- [3] 王炜正,邹艳春,陈青红. 水运工程信息模型体系研究及应用(J). 水运工程, 2021(04):141-146.
- [4] 钱丽,刘松,孙子宇,等. BIM技术在水运基础设施的应用及发展战略(J). 水运工程, 2017(10):80-85.
- [5] 罗微. 基于Bentley平台的水工结构三维设计出图技术应用(J). 水利规划与设计, 2021(02):111-115.
- [6] 朱艳,高加云,李小军,等. 板梁式高桩码头三维设计优化关键技术(J). 中国水运, 2021,21(06):94-97.

