

文章编号: 1674—8247(2024)06—0072—06

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2024.06.012

三维参数化技术在接触网产品设计中的应用

张旭峰¹ 朱珺娥¹ 吴进桐¹ 王彦哲²

(1. 中铁高铁电气装备股份有限公司, 陕西 宝鸡 721000;

2. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要: 本文以开挖下锚洞隧道棘轮下锚补偿装置为例, 通过分析产品结构、安装技术条件, 建立隧道断面尺寸、转向滑轮安装高度、导线高度、接触悬挂结构高度、下锚抬高与棘轮底座结构尺寸之间的几何关系, 利用三维软件参数化建模功能, 实现产品参数化驱动、变量批量赋值、批量生成实例模型及图纸、自动生成物料 BOM、自动实现数据集成传输, 从而直观评价产品结构与实际安装条件的匹配性, 避免因接口尺寸、规格误差导致的安装不匹配问题, 提高产品设计质量和设计效率。通过数据集成化探索, 基于三维参数模型的基础上实现三维实例模型设计、二维 CAD 图纸输出、产品 BOM 输出及与 PLM 系统智能集成。

关键词: 结构; 几何关系; 参数化驱动; 批量生成实例; 设计质量; 设计效率; 系统集成

中图分类号: U225

文献标志码: A

72

Application of 3D Parametric Technology in the Design of Catenary Products

ZHANG Xufeng¹ ZHU Jun'e¹ WU Jintong¹ WANG Yanzhe²

(1. China Railway High-speed Electrification Equipment Co., Ltd., Baoji 721000, China;

2. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: Taking the ratchet under-anchor compensation device for tunnel excavation as an example, this paper analyzed the product structure and installation technical conditions. By establishing geometric relationships of ratchet base structural dimensions with tunnel cross-section dimensions, turning pulley installation height, conductor height, contact suspension structure height, and under-anchor elevation, this paper used the parametric modeling capabilities of 3D software to achieve parametric driving of products, batch assignment of variables, batch generation of instance models and drawings, automatic generation of BOM (Bill of Materials), and automatic data integration and transmission. This approach enables intuitive evaluation of the compatibility between product structure and actual installation conditions, thereby avoiding installation mismatches caused by interface size and specification errors and improving product design quality and efficiency. Through exploration of data integration, this paper realized 3D instance model design, 2D CAD drawing output, product BOM output, and intelligent integration with the PLM system based on the 3D parametric model.

Key words: structure; geometric relationships; parametric driving; batch generation examples; design quality; design efficiency; system integration

收稿日期: 2023-06-14

作者简介: 张旭峰(1972-), 男, 高级工程师。

引文格式: 张旭峰, 朱珺娥, 吴进桐, 等. 三维参数化技术在接触网产品设计中的应用[J]. 高速铁路技术, 2024, 15(6): 72-77.

ZHANG Xufeng, ZHU Jun'e, WU Jintong, et al. Application of 3D Parametric Technology in the Design of Catenary Products[J]. High Speed Railway Technology, 2024, 15(6): 72-77.

电气化铁路接触网产品现场安装条件复杂多变,因支柱规格、隧道断面尺寸、限界、曲线半径、外轨超高、接触网导线高度、结构高度、非工作支抬高量、环境温度等条件的不同,适用的接触网产品也将发生变化。几乎每条线路、每类产品都需定制化生产,生产工期紧,技术参数需要反复沟通确认,稍有失误就会导致产品无法安装,造成产品批量损失。近些年,科技工作者在电气化铁路参数化设计方面做出了若干探索,为接触网零部件设计提供了思路^[1-2]。

1 常规设计存在的问题

以独立开挖下锚洞内的隧道棘轮底座安装为例^[3],工作流程为:技术人员根据物料需求计划和站前隧道断面设计图,现场测量并复核隧道断面尺寸,确认转向滑轮、接触线棘轮补偿装置及承力索棘轮下锚补偿装置安装高度。根据确认的参数绘制隧道断面图,再在相应安装高度处1:1绘制出转向滑轮、棘轮下锚底座的轮廓图形。根据轮廓图形测绘每个零件的角度、长度、孔心距尺寸,并转化为生产图纸。然而,由于在二维平面图中不易核查各个零件之间是否存在干涉,承力索(在接触线后端落锚)与接触线棘轮底座是否干涉,电气绝缘间隙是否满足设计要求等,产品技术方案可能存在一定缺陷,而且设计效率低,对技术人员经验积累、细致程度、沟通能力等要求较高。

2 参数化设计可行性分析

目前主流三维绘图软件中,SOLIDWORKS 软件具备参数化设计功能,只要建立产品自身架构与外部安装条件的几何约束关系,当安装条件发生变化,只需给约定的驱动变量赋值,即可实现产品结构的全局联动变化,从而保证产品结构与安装边界条件的匹配^[4]。本文介绍了一种基于 SOLIDWORKS 软件自上而下参数化建模过程以及通过框架模型进行结构约束设计的方法。接触网钢结构产品多采用多种规格的标准型钢组焊而成,SOLIDWORKS 特征库中包含了常用的各类型钢的模型,因此可直接在特征库里调取需要的角钢或槽钢等型材,为建模节省时间。

骨架草图建模的优点:基于全局结构设计,全局架构可以根据需要分为多个层级,能够方便地实现先全局架构设计,后局部结构的设计思路;全局与局部之间建立双向约束机制,无论哪个部分发生变化,均可实现同步实时更新;可以优化定义参数,减少驱动变量,方便设计变更;参数化驱动、变更的输入输出更为快捷、高效,不易出错。

结合 SOLIDWORKS 以上功能,从装配体(全局架

构)开始设计,根据钢结构产品特征搭建装配体骨架模型,然后使用全局变量(驱动变量)和数学函数公式定义几何关系,并生成零件和装配体中2个或更多尺寸之间的数学关系,完善三维模型,最后进行测试,输入变量值,测试驱动效果,并检查零件是否干涉。反复调试,直至无误从而实现产品参数化设计。参数化模型流程如图1所示。



图1 参数化建模流程图

3 参数化设计过程要点说明

先在设计表格中定义变量,并以结构示意简图说明变量的用途,建立设计表格与骨架模型的关联关系;其次,建立装配体骨架模型,将骨架模型各个部分尺寸与安装边界条件给出的测量数据用几何关系或特征条件建立约束关系;第三步在骨架模型上设计零组件各个部分截面形状,并定义好零件之间的连接关系,完成装配体的设计,通过软件自带全局干涉检查功能核查零组件之间的关联关系(是否存在干涉),并确认与现场安装条件的匹配性;第四步批量导出装配体及零组件三维模型及二维工程图,完成从装配体到零件的设计;第五步,三维装配体模型生成物料BOM,并与PLM系统建立物料编号、BOM明细、查重识别、物料属性等关联关系,为物料信息的传递做好准备。参数化设计要点如图2所示。



图2 参数化设计要点图

以开挖隧道棘轮底座为例对参数化建模进行说明,隧内棘轮底座结构变化主要由底座安装高度、隧道断面尺寸及转向滑轮安装高度等参数确定。实际生产明确底座上下框架长度、棘轮本体固定底座与上下框架之间的夹角^[5]。棘轮下锚装置示意如图3所示。

由图3可知,棘轮底座右侧部分(即连接棘轮装置的固定底座)尺寸固定不变,主要变化尺寸为棘轮底座左侧部分上下连接角钢的长度及上下连接角钢与固定底座之间的夹角。定滑轮轮中心距隧道侧面圆弧中心的垂直距离表达为:

$$Hd = B2 \times \tan\left(\sin^{-1} \frac{H1 - H - H4}{R1}\right) \quad (1)$$

式中: Hd ——定滑轮轮中心距隧道侧面圆弧中心的垂

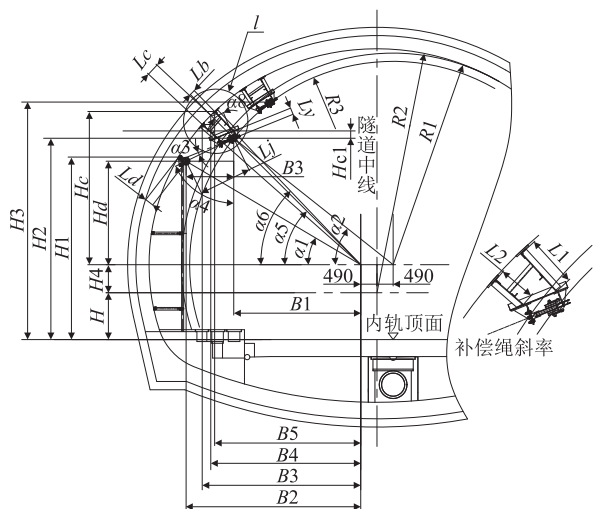


图3 隧内棘轮下锚装置示意图(mm)

直距离(mm);

B2——定滑轮轮中心距左侧圆弧 R1 中心的水平距离(mm);

H——隧道内轨顶面距隧道顶面圆弧中心的距离(mm);

H1——定滑轮底座中心孔距内轨顶面的垂直距离(mm);

H4——隧道顶面圆弧中心距隧道侧面圆弧中心的垂直距离(mm);

R1——隧道侧面圆弧半径(mm)。

接触线棘轮出绳点距离定滑轮轮心距离表达为:

$$Lj = \sqrt{(B3)^2 - (H2 - H - H4 - Hd)^2} \quad (2)$$

式中:Lj——接触线棘轮出绳点距离定滑轮轮心的距离(mm);

B3——定滑轮轮中心距承力索棘轮出绳点的水平距离(mm);

H2——接触线棘轮出绳点距内轨顶面的垂直距离(mm)。

辅助三角形夹角计算公式为:

$$\alpha 8 = 90^\circ - \left\{ (90^\circ - \alpha_{\text{棘}}) + \tan^{-1} \frac{H2 - H - H4}{B1} \right\} \quad (3)$$

式中: $\alpha 8$ ——辅助三角形夹角($^\circ$);

B1——接触线棘轮出绳点距左侧圆弧 R1 中心的水平距离(mm)。

辅助三角形边的计算公式为:

$$Hc1 = \frac{Ly}{\cos \left\{ 90^\circ - \left(\tan^{-1} \frac{H2 - H - H4}{B1} \right) - \alpha 8 \right\}} \quad (4)$$

式中:Hc1——辅助三角形的一条边(mm);

Ly——棘轮底座中定量参数(mm)。

$$Ly = B5 \times \tan \left(\cos^{-1} \frac{B5}{R1} \right) \quad (5)$$

式中:B5——辅助三角形的一条边(mm)。

$$L1 = \sqrt{(B5 - B1)^2 - [Hc - (H2 - H - H4 + Hc1)]^2} \quad (6)$$

B1、B2、B3、B4、B5 由已知参数 H1、H、H4、R1、R3 等参数利用三角函数关系推算得出。

L2 同 L1 计算方法相同,不再赘述。

3.1 定义产品主参数变量

目前电气化铁路隧道断面主要分为3种:单线/双线矿山法隧道断面、单线/双线盾构法隧道断面和矩形隧道断面。隧道断面尺寸和棘轮下锚补偿装置各子件的安装高度直接影响棘轮下锚底座的几何尺寸和其安装角度。根据实际运算需求,在三维软件设计表格中建立变量表,并以示意图的形式说明变量的意义,将 H、H1、H2、H3、H4、R1、R2、R3、R4、B1、B2、B3 等设为全局变量(自变量,通过赋值得到)。以全局变量为驱动参数,通过模型中的几何约束关系实现运算和驱动控制,输出棘轮下锚底座中各子部件尺寸参数。而结构中的固定尺寸在几何模型中定义,并锁定其代数值,这样可以防止在模型更新中常量发生错误变化,变量加常量即可计算出每个零件的实际加工尺寸。

3.2 建立包含主参数的骨架模型

将设计表格与新建装配体骨架模型进行关联,实现参数同步驱动关系。根据隧道断面尺寸、安装高度等边界条件,绘制隧道断面、转向滑轮、棘轮底座骨架线。定义骨架模型与全局变量之间的约束关系,在骨架模型参数表中定义几何关系式,在草图框架模型定义变量参数,参数表以记事本的形式保存在 SOLIDWORKS 软件外部。在变量表中为变量赋值,检查骨架模型驱动关系是否正确。变量表具备自检功能,当变量定义、几何关系式不符合规范要求,会自动提示错误信息。

3.3 借助骨架模型驱动下级零部件

在已设计好的框架模型上设计零件截面梁,系统会根据骨架线的长度自动控制截面梁的长度。SOLIDWORKS 软件系统自带型材库中包含了角钢、槽钢、管材、板材等多种形式的型材,可以满足接触网钢结构产品的设计要求。截面梁形状直接调用相应形状、相应规格的型材截面,自动关联骨架线与截面梁的匹配关系,实际设计时还可以根据需求对匹配关系进行相应修订,包括型材截面的摆放方向、偏移距离等^[6]。完成骨架模型建立后,可以根据系统自带接头类型,定义型材之间的接头类型,完成接头设计,避免型材之间的干涉。此外,在型材端头还可以根据实际

安装需要,设计连接接头的形式,SOLIDWORKS 软件自带多种连接接头,包括加强筋板、连接法兰、焊接接头等形式。

3.4 调整主参数实现设计改型

利用 SOLIDWORKS 参数化功能,建立基本模型后,当外部安装边界条件发生变化,例如隧道断面尺寸、棘轮底座安装高度、转向滑轮安装位置等发生变化,均可以通过方程式,快速实现设计变更,如图4所示。变更步骤为:输入新的变量值,打开产品装配体,在装配图中点击刷新按钮,装配体、各零组件会根据几何关系运算,并同步更新装配的形状及各零组件的尺寸,通过三维图也可以检查接触线棘轮底座、承力索棘轮底座之间的安装关系是否存在干涉^[7],变更可在1 min内快速完成,不需要从头进行1:1放样和计算,大大节省了设计和计算时间。三维模型可方便检查设计与实际安装条件之间的匹配关系,避免接口、安装条件匹配性等方面的错误。

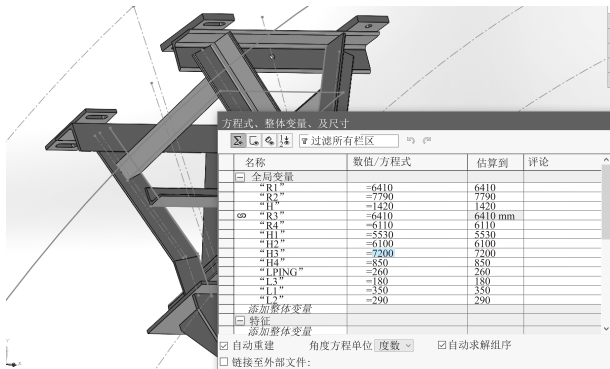


图4 通过方程式改变量值图

3.5 构建参数表实现批量更新

SOLIDWORKS 软件可以使用 EXCEL 来批量添加以及驱动配置:首先选择最上方的插入-表格-Excel 设计表,然后选择自动生成。在弹出的窗口中选择所有想要通过设计表驱动的尺寸,SOLIDWORKS 将自动生成工作设计表。设计表第1列为参数名称,后几列为所选变量赋值尺寸。在尺寸列中填入对应数据后,软件将根据设计表内容自动创建所有的配置,这样通过1个设计表文件可以生成多个设计变化,大量减少模型创建时间,极大地提高了工作效率。在完成模型设计,还可以利用 SOLIDWORKS Task Scheduler 插件,在预定义好的工程图模板中批量生成装配体和零组件的工程图。

4 设计自动化与数据集成化探索

以上参数化设计方法是在 SOLIDWORKS 中建立方程式实现参数逻辑,或通过内置系列化零件设计表

功能实现参数集中修改,有效达成参数化设计的目的。

以上方法仍需要人工操作,且对于操作者的要求较高。通过对该方法的改进,将修改参数、变更模型、更新图纸、物料查重及重新命名、生成 BOM、转换格式等各个独立的操作,采用自动化、智能化的方式,实现更快捷可靠的流程,并最终将数据与 PLM 系统(即产品生命周期管理系统)进行集成。

优化目标:将整个设计流程实现自动化作业流程如图5所示。

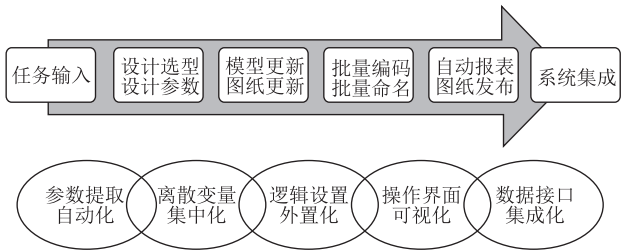


图5 优化流程图

实现思路:借助定制化工具,将具备逻辑规律、重复性劳动采用软件实现。

SolidKits 是基于 SolidWorks 软件平台的支持高度定制的自动化参数设计平台,对于设计流程的各个阶段均有对应功能。本次梳理好变量之间的逻辑、规范好模型创建的思路,并针对接触网产品的特殊需求,借助 SolidKits 软件进行二次开发,定制需要实现的模块,达到更加智能和自动化的效果。

4.1 数据提取自动化

通过 SolidKits 参数化工具,可以识别和提取 SOLIDWORKS 装配体的结构树,并遍历结构树中的节点对应的模型文件(如图6所示),进一步提取装配信



图6 自动提取建模参数图

息、尺寸信息、配置信息、压缩信息、属性信息等建模数据,最后将这些数据按照约定格式写入 Excel 文件,用于管理和维护设计数据、设计参数。通过进一步的定制开发,建立变量与 SOLIDWORKS 模型间的逻辑关系。

4.2 离散变量集中化

产品的所有建模参数,原本分散在不同模型、不同特征、不同草图、不同尺寸变量中,现在集中保存在 1 个表格页面,便于集中管理和维护。

4.3 逻辑设置外置化

产品设计逻辑,均通过零件尺寸、特征数值、结构状态、配合方式呈现出来,以上参数均可用参数表来表

示,并在独立的文档表格中进行维护,可充分利用表格的公式功能,实现更加复杂的逻辑控制,如图 7 所示。

利用 Excel 中的数学计算、数值处理、数值匹配、条件判断等功能,可以实现设计主参数与建模参数之间的各种逻辑关系。比如常用的操作如下(公式数值仅做示例说明使用):

计算: $= (B5 + C3)10 - 25$ 。

取整: $= \text{ROUND}(\text{AVERAGE}(M3/M4, M3/M5), 0)$ 。

组合: $= \text{"规格:"} \&F16\& - \text{"} \&F20$ 。

条件: $= \text{IF}(E16 > 100, 5, 3)$; 对照: $= \text{VLOOKUP}(G10, \text{对照表!B:C}, 2, 0)$ 。

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
idKits[总装配]参数化诊断																	主参数（手工添加和引用）							名称								
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7</										

图 7 产品参数逻辑表图

4.4 操作界面可视化

影响产品的参数非常多,但是决定产品的设计主参数数量并不多。主参数可以通过可视化界面来操作和修改,并将计算后的建模参数传递给 SOLIDWORKS 进行驱动,如图 8 所示。该可视化界面简洁,可以添加图片说明,表达的信息更加形象具体。



图 8 可视化操作界面图

4.5 数据接口集成化

产品设计过程和设计结果,需要在 PLM 中进行管控,并最终传输给 ERP 系统(企业资源计划管理系统)^[8-9]。整个过程形成明确的数据链,按规则进行传递。该目标可通过以下方式实现:

设计参数来自于 PLM:产品改型的要求和输入参数,可以通过 PLM 建立相应的项目,从项目资料中提取所需数据,按照预设模板生成参数文件,SolidKits 软件可以读取该参数文件,再通过参数化驱动实现产品更新。

参数化结果返回到 PLM:产品更新之后,生成新的模型、图纸按照常规方式再检入到 PLM。

PLM 物料 BOM 导入 ERP:产品模型中已更新了物料属性,PLM 将入库的模型属性进行提取,保存在数据库中,同时利用 PLM 与 ERP 的接口,将数据传输给 ERP,如图 9 所示。

4.6 任务执行智能化

一旦确定了产品改型所需的主参数,产品改型设

```
' 获取配置属性
dmCfg = dmCfgMgr. GetConfigurationByName(vCfgName)
dmCfg.GetAllCustomPropertyNamesAndValues(cfgNames1, cfgTypes1,
    cfgValues1, cfgLinkedTos1)
' 获取自定义属性
dmCfg.GetAllCustomPropertyNamesAndValues(cfgNames2, cfgTypes2,
    cfgValues2, cfgLinkedTos2)
If Not g_PackGo Then
    ' 层级
    If g_BOM_Col_Level Then ...
    ' 序号, 将数组尾号
    If g_BOM_Col_No Then g_AllList_t(g_BOM_SYSCol+g_BOM_Col_No,
        col_nw)=col_now+1
    ' 数量
    g_AllList_t(g_BOM_SYSCol+g_BOM_Col_No,col_nw)=g_AllList_t
        (3,col_now)
    ' 总重=数量*生量
    If g_BOM_Col_GrossWeight>0 And g_BOM_Col_Weight>0 Then ...
    ' 配置
    If g_BOM_Col_Col_Config Then ...
    ' 路径
    If g_BOM_Col_Path Then ...
    ' 所在装配, 父图号(本循环都是顶级总成, 父号均为#)
    If g_BOM_Col_ParentCode Then ...
    ' 获取对应图纸属性
    If g_drwPrp Then ...
    ' 文件名
    If g_BOM_Col_FileName Then ...
End If
' 递归获取结构树及属性
Call GetReferencesInfo(dmCfg, g_AllList_t(5,col_now),sDocFileName,
    g_AllList_t(g_BOM_SYSCol+g_BOM_Col_Code,
        col_now)g_AllList_t(2,col_now)
dmDoc.CloseDoc()
```

图9 物料BOM提取部分代码图

计的全部流程(包括更新3D模型、更新2D图纸、转换PDF图纸、重命名发布、生成BOM、通过接口与其他数据系统集成)都可以定义确定的规则,如命名规则、保存路径、BOM模板、接口参数等。利用这些设置好的规则,整个产品改型的流程,在技术上可实现全自动操作。通过读入参数文件,自动完成整个设计改型流程中的各项任务,真正实现设计自动化的目标。

程序预设了自动执行某一操作和任务调用参数,只需要在Excel中进行定义,即可实现批量任务。提取数据写入模型属性、将工艺数据输出到文件、自动生成BOM表、指定发布路径等方法如表1所示。

表1 任务执行参数示例表

任务名称	任务参数	任务接口
反写属性	{SH = 属性列表 1,2,13,7 [ALL]}	SetProperty
输出数据	{SH = 工艺数据 1,1,30,18 工艺 数据.xlsx}	OutputData
结构BOM	{TM = BOM输出 结构BOM 结构 BOM ASM=0}	BOMExport
汇总BOM	{TM = BOM输出 汇总BOM 汇总 明细 ASM=0}	BOMExport
项目发布	C:\xxx项目资料\yyy产品\	ProjectPath

5 应用三维参数化技术前后的效果对比

应用前,完成单项任务需120 min,准确率仅为

70%。这一过程中存在需要逐一进行放样、校对和审核,个人理解偏差导致规格多样且准确率低等缺点。此外,还需逐一绘制图纸、搭建BOM,这些步骤使得整体效率极低。而应用后,情况发生了显著改善。一旦建模完成,工作效率得到大幅提升,工作质量随之提高,且实现了从PLM到ERP的一键完成全设计流程,极大地增强了可操作性。这一转变将单项任务作业时间缩短至5 min,准确率达到100%。

6 结束语

本文将接触网产品三维模型进行优化改造,梳理逻辑,实现了参数化设计。通过程序实现自动化作业和数据集成,使得接触网钢结构产品出图效率大幅提升,也便于接口尺寸确认、干涉检查等环节的校核,提升产品设计质量,规避接口、规格型号匹配错误问题,减少人工计算错误工作量,规避各类常规性错误发生的概率,准确率高,为生产节约了大量时间,满足了供货期紧的需求,实现了产品数据准确、有效地管理和维护。该三维参数化设计方法已在龙龙铁路、防东铁路、廊坊机场线等线路应用,效果良好。

参考文献:

[1] 李博. 基于 Matlab 求解无配线曲线车站线路参数及设计方法研究[J]. 高速铁路技术, 2023, 14(1): 63-67.

LI Bo. Study on Solving Line Parameters and Design Methods of Stations without Siding[J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(1): 63-67.

[2] 谢先当, 张权, 付洋. 铁路路基 BIM 设计系统研究[J]. 高速铁路技术, 2024, 15(2): 71-75, 96.

XIE Xiandang, ZHANG Quan, FU Yang. Study on BIM Design System for Railway Subgrade [J]. High Speed Railway Technology, 2024, 15(2): 71-75, 96.

[3] 蒋先国. 电气化铁道接触网零部件设计与制造[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.

JIANG Xianguo. Design and Manufacture of Overhead Contact System Parts for Electrified Railway[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2009.

[4] 孙志礼. 机械产品参数化设计技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.

SUN Zhili. Parametric Design Technology of Mechanical Products [M]. Beijing: Defense Industry Press, 2014.

[5] 罗蓉, 王彩凤, 严海军. SOLIDWORKS 参数化建模教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2021.

LUO Rong, WANG Caifeng, YAN Haijun. SOLIDWORKS Parametric Modeling Course [M]. Beijing: China Machine Press, 2021.

[6] DS SOLIDWORKS 公司, 陈超祥, 胡其登. SOLIDWORKS 钣金件与焊接教程(2019 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.

(下转第 97 页)

- 229.
- LIU Yonghui, LI Mingyu, LYU Cong, et al. Study on Law and Distribution Characteristics of Ground Settlement used by Construction of shallow-overburden Rectangular Pipe Jacking [J]. Architecture Technology, 2020, 51(2): 226–229.
- [4] 孙宇赫. 顶管施工岩土环境效应监测与控制技术研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2016.
- SUN Yuhe. Study on Monitoring and Control Technology of Geotechnical Environmental Effect in Pipe Jacking Construction[D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2016.
- [5] 屈克军. 考虑流固耦合效应的浅埋矩形顶管隧道开挖稳定性分析[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(5): 2055–2062.
- QU Kejun. Face Stability Analysis of Shallow Rectangular Pipe Jacking Tunnel Considering Fluid-solid Coupling Effect [J]. Science Technology and Engineering, 2022, 22(5): 2055–2062.
- [6] 王素伟. 特大管径长距离机械顶管施工技术应用研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2016.
- WANG Suwei. Study on Application of Construction Technology of Long-distance Mechanical Pipe Jacking with Extra-large Diameter [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2016.
- [7] 陈楠. 复杂环境中大直径钢顶管的受力特性研究[D]. 上海交通大学, 2012.
- CHEN Nan. Research on Force Characteristics of Large Diameter Steel Roof Pipe in Complex Environment [D]. Shanghai Jiaotong University, 2012.
- [8] 王明胜, 刘大刚. 顶管隧道工程触变泥浆性能试验及减阻技术研究[J]. 现代隧道技术, 2016, 53(6): 182–189.
- WANG Mingsheng, LIU Dagang. Test of Thixotropic Slurry Properties and Study of Resistance-reducing Technology for Pipe Jacking Tunnel Construction [J]. Modern Tunnelling Technology, 2016, 53(6): 182–189.
- [9] 刘招伟, 杨朝帅. 矩形顶管隧道施工中触变泥浆套形成规律及减阻效果试验[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2016, 35(4): 568–576.
- LIU ZhaoWei, YANG ZhaoShuai. Forming Law of Thixotropic Mud Holster and Test of Reducing Resistance Effect in Rectangular Pipe Jacking Tunnel Construction [J]. Journal of Henan Polytechnic University (Natural Science), 2016, 35(4): 568–576.
- [10] 胡新朋. 大断面矩形混凝土顶管隧道管节接头结构研究[J]. 铁道建筑, 2017, 57(8): 65–68.
- HU Xinpeng. Study on Segment Joint Structure of Concrete Pipe Jacking Tunnel with Large Rectangular Section [J]. Railway Engineering, 2017, 57(8): 65–68.
- [11] ZHANG W X, De Corte W, Liu X, et al. Optimization Study on Longitudinal Joints in Quasi-rectangular Shield Tunnels[J]. Applied Sciences-Basel, 2021, 11(2): 11020573.
- [12] 申昊冲, 王欣杰, 李翀, 等. 超大断面类矩形钢顶管纵向接头优化及受弯性能分析[J]. 铁道建筑, 2022, 62(5): 123–127.
- SHEN HaoChong, WANG Xinjie, LI Chong, et al. Optimization and Bending Performance Analysis of Longitudinal Joint of Large Section Rectangular Steel Pipe-jacking [J]. Railway Engineering, 2022, 62(5): 123–127.
- [13] XUE, ZHOU, Shunhua, et al. Evaluation and Experimental Study on the Sealant Behaviour of Double Gaskets for Shield Tunnel Lining [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2018, 75(5): 81–89.
- [14] 王湛. 水下盾构隧道弹性密封垫防水失效数值模拟研究[J]. 隧道建设, 2015, 35(11): 1164–1168.
- WANG Zhan. Numerical Study on Waterproof Failure Mechanism of Elastic Sealing Gasket of Underwater Shield-bored Tunnel[J]. Tunnel Construction, 2015, 35(11): 1164–1168.
- [15] 周仲贺, 王俊澎. 大断面矩形顶管隧道管节角部新型连接施工技术[J]. 隧道建设(中英文), 2018, 38(12): 2032–2039.
- ZHOU Zhonghe, WANG Junpeng. Progressive Construction Technology for Corner Connection of Large Cross-section Rectangular Pipe Jacking Segment [J]. Tunnel Construction, 2018, 38(12): 2032–2039.
- [16] 刘顺水. 软弱地层下穿高铁超大矩形顶管盾构隧道施工稳定性研究[J]. 高速铁路技术, 2023, 14(2): 6–12.
- LIU Shunshui. A Study on Stability of Super-large Rectangular Pipe-jacking Shield Tunnel for High-speed Railway Underpassing Soft Ground[J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(2): 6–12.
- [17] 刘朝钦. 软弱地层超大矩形顶管盾构隧道开挖面稳定性研究[J]. 高速铁路技术, 2022, 13(6): 36–40.
- LIU Chaoqin. Study on Stability of Excavation Face of Super-large Rectangular Pipe-jacking Shield Tunnel in Soft Ground [J]. High Speed Railway Technology, 2022, 13(6): 36–40.

(上接第77页)

- DS SOLIDWORKS Corporation, CHEN Chaoxiang, HU Qideng. SOLIDWORKS Sheet Metal and Welding Tutorial: 2019 Edition [M]. Beijing: China Machine Press, 2019.
- [7] DS SOLIDWORKS 公司, 戴瑞华, 杭州新迪数字工程系统有限公司. SOLIDWORKS 零件与装配体教程(2022版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2022.
- DS SOLIDWORKS Corporation, DAI Ruihua, Hangzhou Xindi Digital Engineering Systems Co., Ltd. SOLIDWORKS Parts and Assemblies Tutorial: 2022 Edition [M]. Beijing: China Machine Press, 2022.
- [8] DS SOLIDWORKS 公司. SOLIDWORKS 二次开发与 API 教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2020.
- DS SOLIDWORKS Corporation. SOLIDWORKS Secondary Development and API Tutorial [M]. Beijing: China Machine Press, 2020.
- [9] 方宜, 卓建成, 杜梦飞. 数字孪生在轨道交通智能建造业中的应用发展[J]. 高速铁路技术, 2024, 15(1): 68–73, 78.
- FANG Yi, ZHUO Jiancheng, DU Mengfei. Application and Development of Digital Twin in Intelligent Construction of Rail Transit [J]. High Speed Railway Technology, 2024, 15(1): 68–73, 78.