

# 基于三维的水工钢闸门智能化设计研究

翟维

新疆众汇新源检测技术服务有限公司

DOI:10.12238/hwr.v7i1.4671

**[摘要]** 在全球工业4.0的浪潮下,国家大力倡导和推进各领域智能化技术的发展。水利工程建设中,金属结构设计行业也正面临由传统CAD制图向三维设计转型,三维设计所见所得,设计质量和效率明显高于传统方法。而智能化则代表了三维设计领域中更先进的技术水平,效率可量变的提高。本文简要总结了目前三维设计存在的问题,介绍了基于Autodesk Inventor三维设计软件的水工钢闸门智能化设计方法和思路。

**[关键词]** 三维设计; 水工钢闸门; 智能化

**中图分类号:** TV663 **文献标识码:** A

Research on Intelligent Design of Hydraulic Steel Gate Based on Three-dimensional

Wei Zhai

Xinjiang Zhonghui Xinyuan Testing Technology Service Co., Ltd

**[Abstract]** Under the wave of global industry 4.0, the state vigorously advocates and promotes the development of intelligent technology in various fields. In the construction of water conservancy projects, the metal structure design industry is also facing the transformation from traditional CAD drawing to three-dimensional design. What you see and what you get in 3D design and the design quality and efficiency of 3D design are significantly higher than traditional methods. Intelligence represents a more advanced technical level in the field of 3D design, and the efficiency can be improved quantifiably. This paper briefly summarizes the existing problems in 3D design, and introduces the intelligent design methods and ideas of hydraulic steel gates based on Autodesk Inventor 3D design software.

**[Key words]** three-dimensional design (3D design); hydraulic steel gates; intelligent

## 引言

在水利工程设计中,金属结构设计与其它设计行业一样,在经历过图板手工制图原始阶段后,正随着计算机技术的迅猛发展,由二维平面计算机绘图向三维设计转型。在二维平面设计时代,CAD的应用仅仅是把手工绘制图形搬到计算机屏幕上,使得绘制,修改等工作更简洁,从根本上改变了图板画图的方式。也有行业内的高水平水利工程技术人员立足水工金属结构行业的特点,试图编写一些程序化的辅助设计软件,但由于水工金属结构产品结构较为复杂,线条过多,编程难度过大,而适应性不强,未能成为主流设计手段。

## 1 三维设计现状

在水利工程建设过程中,三维设计阶段之初,通过建模,然后投影工程图的设计过程,与传统手段相比,更加直观,模型修改后,工程图随之改变,设计人员将设计意图直接体现在建模过程,不必费力劳心于一点一线的具体细节。而且模型可以应用于后续的三维展示,有限元分析等环节,是设计手段上很大的进

步。与传统CAD图相比,三维工程图表达图面信息完全达到传统CAD图水平,而且可以利用轴侧视图,三维半剖面,局部剖面,爆炸视图等先进手段,在表达装配等相互关系方面,有天然的优势,使图面更简易懂,表达设计意图更充分。在水利工程量计算,重心计算等方面,一些尺寸较为复杂的零件,如挡圈等,传统CAD图中,无法算得其精确单重,而在三维工程图中,这些都是自动生成。

在我们进行三维设计过程中,在建模上花费的时间过长和繁琐,特别是在大门口,高水头的复杂钢闸门设计上,由于零部件过多(如螺栓及节点板等,需要一一装配),其三维设计周期甚至多于传统二维制图。针对建模周期长,工作量大,不易重复利用的不足,多数设计单位通过多年的三维软件的研究,采用通过参数驱动模型的方法提高效率,也就是我们通常所说的参数化模型。如本人参与设计的某工程导流洞11×13.5-120m封堵闸门,门叶分五节,节间采用高强螺栓连接,五节门叶分别建模,门叶部分共使用零部件16600余个,历时数月完成建模,生成门叶部分工程图共约10张,可见建模的效率还是比较低。

对于目前参数化模型存在的问题,我们深有体会,总结为以下几点:

(1) 参数数量多,容错率极低。以一个较为典型的参数化模型的参数表为例:一个表孔弧形水利闸门的门叶和支臂参数数量约为80个,支较参数约为55个,逐个填写参数值(非常精确的尺寸)非常困难,通常模型采用链式装配,将零件逐个装入,任意一个参数填错,导致零件尺寸不正确,则会引起装配关系的链式崩溃,由于三维软件存在固有缺陷,找出错误这个过程往往是很困难;当使用由上而下的基于坐标系约束设计理念后,能减少链式崩溃的可能性,但也给建模引入了新的困难:所有零件除了固有几何尺寸,还需要增加位置信息。

(2) 术语不统一,造成参数名称难理解,难使用。图纸作为工程师的语言,很容易把复杂结构的特征表述出来,而要求把一个复杂结构的特征用文字描述,原本就是困难的。而且同一个构件术语不统一,设计人员对同一设计产品的理解差别,导致了建模过程中参数、名称、定义和顺序上的巨大差异,如果没有参数编写人员的讲解,即使是专业技术人员,也很难顺利填写。

(3) 参数化模型利用率低。在日常的工作中,在设计部门往往不愿意使用别人建立的参数化模型,也不愿意将自己做的参数化模型给别人使用。不是因为技术保密,而是因为改别人的参数化模型,所花费的时间,比自己做一个新的参数化模型更长;将自己的模型给别人用,则要花很大的精力去“售后服务”,逐个解释每一参数的意义,指导使用人员填写。这就造成类似门型的参数化模型,几乎人手一个,而且人人不同。浪费了大量的参数化建模时间和人力资源,导致参数化模型利用率也很低。

(4) 参数化模型通用性差,适应能力低。通过参数化驱动模型,可以按照输入的数据改变尺寸,但不能实现有和无的变化,例如,单吊点和双吊点的闸门,即使结构尺寸、止水和支承型式完全相同,必须建立2个不同的参数化模型。水工金属结构产品参数比较多,口尺寸,设计水头,布置型式,支承型式,封水型式,工作性质等多方面的因素,决定了门叶结构的多种变化。需要建立一个庞大的参数化模型库,才能够满足日常使用。

(5) 交互性差,不能进行辅助设计。参数化只是提高了更改模型的效率,参数表只是单向的数据输入媒介,对于输入的数据是否正确,是否合理,只有从更新后的模型才能看出是否合理,如果出了错,问题的出处不能明确提示。水工金属结构设计从来都不是一次性完成全部设计,而是在进行结构布置、计算和制图之间多次反复优化过程,直至完成设计。要求设计人员一次性将全部参数输入,实质上是在平面CAD中将闸门基本布置完成,再将数据量取后,填入三维软件生成模型,这既浪费了时间、精力,也将三维设计变成了三维而三维。

综合上述几点,我们不难看出,参数化始终是水工金属结构三维设计推进过程中的一个过渡阶段。

## 2 三维智能化设计的理念

在水利水电工程建设中,大孔口,高水头(超过100m以上)运行条件复杂,金属结构产品数量相对较少,更多的是常规、难度

不大,但为了完成孔口尺寸和设计水头不同组合的产品设计,进行的重复性工作量大,占用了很多人力资源和时间成本。这些产品都具有以下的共同点:即计算理论成熟,一套产品通常是5-15天时间完成产品设计,在这个过程中,技术含量高的也就是整体和结构布置。

基于上述现状,笔者从2015年底开始,着手水工金属结构三维智能化设计研究。利用Inventor三维软件平台,进行二次开发,闸门按工作性质、支承型式、止水方式等进行总结归纳分类,按照基础条件“孔口”“水头”进行大数据分析,并根据规范规范要求设置条件,优化结构布置并进行结构计算,这些数据传递给三维模型,通过代码控制自动生成计算书和产品图纸。在我们开发的软件中,归纳了海量的已有设计成果,编写人员又将自身多年设计工作经验融入程序当中,设置有多项数据复核控制模块,符合规范的数据允许通过,不符合的,则停留在人机交互界面,以文字、图形、声音等方式与设计人员互动,直至到符合规范的数据生成。从根本上控制了设计产品的质量,极大的减轻了设计、校核、审查人员的劳动强度,杜绝了模型崩溃的可能性。由于设置了数据核查模块,所以,只要对孔口、水头的基本含义稍了解,就可以利用本软件,完成符合设计规范要求的水工金属结构产品设计。

智能化三维设计的优点包括以下:

(1) 人机交互性好。智能化三维设计抛开了枯燥无味的参数表,全图形化的交互界面,使用典型的Windows窗口界面,通过对话框进行数据输入输出,可以插入图形和图像,不存在理解参数意义的问题。

(2) 适应性强。一个智能化的三维模型将多种水工金属结构产品包含在内,通过人机交互,适应于特定需要的模型。比如,平面钢闸门具有单、双吊点,设置的位置又分为与纵梁对齐和与边梁对齐,从一种情况变为另一种情况时,仅仅调整一个选项,模型的相应变化就完成了。

(3) 设计、计算和制图整合为一体。目前,二维平面还是三维参数化设计,都只能完成图纸的表达。而做为设计工作的核心:计算,只能通过其它平台完成。通过反复交互,在初步计算后进行制图或建模,再反馈到计算部分进行复核。对于参数驱动模型,往往是从海量的数据中进行个别的试修改,根据结果,再进行复算,由于目前计算机处理能力限制,一个数据的修改就需要花费大量的时间等待模型更新。采用智能化的三维模型,其计算与建模完美结合,大量的数据传输与转换均在内部完成,既避免了人工跨平台手动输入可能产生的失误,及时将计算结果反馈给设计人员。人机交互后,模型尺寸一次性传入模型,完成零部件更新,没有往返修改和试算的中间过程。

(4) 产品设计质量高。在二维平面设计和三维参数化设计过程中,产品设计的质量,对规程规范的掌握程度,取决于设计者的技术水平,软件平台仅仅是表达设计的工具。采用智能化三维设计后,由于融入海量的设计成果,设置有多项数据复核控制模块,全程受到后台程序实时监控,出现异常时,强行弹出的“注

意”及“警告”对话框,从根本上避免了人为失误而造成“超规范”等现象的出现。

(5)效率大幅提升。智能化的三维模型可通过编写代码方式,将大量的重复性的、密集型的工作交给智能化模型后台完成,可控制各零部件的材质、体积和质量等特性,通过读取或写入各属性的值,可快速变换板件的材料,完人避免人工手动逐个更改的繁琐过程;还可提取各零部件的外形尺寸信息,将其填入工程图中的明细表,大大缩短了产品的设计周期。

### 3 智能化的实现方法

以Autodesk Inventor三维软件为例,有以下4种方法来实现智能化。

(1)利用软件集成的Ilogic环境。Inventor软件集成了一个用于实现智能化的Ilogic环境。该环境以Basic语言为基础进行了很大程度的简化,提供有限的函数支持,和窗体控件,仅供设计人员使用。特点是简单,功能上基本可以满足一般工程计算的需要,受窗体控件的限制,由其制作的人机交互界面较为单调。使用该方法,可完成简单的智能化模型。如右图所示,无需编写任何代码,仅仅是利用软件内集成的少量控件,即可脱离枯燥的参数表填写,变为有图有文字的交互输入界面。将设计体验提高一大步。

(2)利用软件内嵌的VBA环境。目前主流的Windows软件,如office系列,AutoCAD系列,都支持内嵌VBA的二次开发。优点是使用统一化的编程语言,可根据不同软件特点,供有能力的开发满足自身需要的功能。使用该方法完成的功能开发,与软件本身紧密结合;VBA环境提供的控件和函数调用都比较丰富,且可直接与软件底层的数据进行交互,具有十分强大的开发能力。

(3)利用外挂的动态链接库模块。Inventor软件的Ilogic环境由于较为简单,为实现复杂的控制功能,可以通过调用外部动态链接库文件的方法来扩展。这就给了二次开发人员一个较为方便和自由的环境,而不局限于简化的Basic环境。利用外部的IDE环境,如Microsoft Visual Studio提供的十分丰富的控件,代码调试环境,可以便捷的编写出高质量的功能模块,功能模块的界面与常用的Windows窗口化软件完全一致,具有很强的通用性和使用性。且功能模块只要设定好数据交换接口,可以在不同场合重复利用,比如“工字型”断面的几何特性计算模块不仅可用于平面钢闸门的主梁,边梁的计算,也可用于弧形闸门支臂,框架计算。这样在进行智能化模型的开发过程中就大在节省了重复编写代码的时间。

(4)利用软件的API接口。主流的软件出于自身发展的需要,均在一定程度上开放软件的API,供第三方的软件开发人员调用,

以进一步丰富软件的功能。API的实质是开放软件底层的数据交换接口,使得外部可用经认可的方式(如代码或引用)对软件的功能进行调用。举个简单的例子:在CAD中画一条线,既可以用鼠标点击画线按钮,在屏幕上点取起点终点的方式,也可以用过line命令和手工输入起点终点坐标来实现。而后者就是API的基本理念:使用一条带起点端点坐标参数的命令,由外部调用CAD软件API,即可以CAD软件中完成相应的动作,该动作不仅包括绘图,修改等常规功能,还可以打开相应文件,保存。通过调用API,可以实现几乎所有软件提供的功能,是最为强大的二次开发方式。缺点是需要开发人员具备非常丰富的软件开发背景,一般设计人员很难达到。

由上叙可知,使用DLL动态链接库的智能化方法可以实现较高的智能化程度,而对开发人员的要求并不那么高,是设计人员有可能实现的。API接口则需要十分丰富的软件工程背景相关知识,专业性要求非常强。

### 4 结束语

正是因为三维智能化产品设计强大的功能,笔者已将金属结构三维智能化设计列为今后开展工作的重点之一,逐步完成金属结构设备产品设计智能化模型库,智能化模型库中不区分露顶或潜孔,滑动或滚轮闸门,止水型式或主梁数量。期间,进行水闸和闸井的智能化设计尝试,最终打通水工结构——闸门及埋件——启闭机设备的数据交换壁垒,实现深层次的BIM智能化设计。在设计智能化的基础上,结合国外现已成熟的数字虚拟样机,三维扫描技术,AR(虚拟现实增强)技术,可以在三维软件平台基础上,研究智能产品制造(智能工艺拟定,脉动式智能生产线规划)、智能在线监测的可能性,充分发挥水工金属结构设计在水利水电工程建设中的先导作用,将工业4.0的概念应用于水工金属结构产品质量的全流程控制,进一步推动行业焕发青春。

### [参考文献]

- [1]费媛媛,仲梁维.基于Inventor iLogic的模型快速设计方法[J].软件导刊,2017,16(05):11-13.
- [2]张丽珍,朱正清,刘淑霞.SolidWorks软件在渔业机械设计中的应用[J].渔业现代化,2001,(6):32-35.
- [3]宋秋红,唐歆,郑艳平,等.资料浮标数字化设计及在渔业中的应用[C].//2010国际农业工程大会数字化设计与仿真技术分会场论文集,2010.

### 作者简介:

翟维(1983—),男,汉族,河南长葛人,大学本科,工程师,研究方向:水工金属结构设计及检测。