

基于 ScanTo3D 插件的水轮机叶片建模研究

撰文 / 河北工程大学水电学院 范江峰 李丙尧

在进行有限元分析的过程中，我们主要关注的是对建立的模型进行分析所得到的结果，本文旨在找到一种快速的建模方法。通过对水轮机叶片木模图数据进行处理，并利用 SolidWorks 中 ScanTo3D 插件，找到一种较为方便的三维叶片实体生成方法。实践结果证明，利用这种方法，生成叶片的速度得到了一定的提高。

一、引言

随着计算机水力机械设计的发展，对已有产品或模型进行有限元分析，已经是改进和优化产品的必由之路。通过分析，设计研究人员可以对模型进行修改从而优化水力机械的设计，提高水力机械的运行效率并改善机组的运行状态。在各种不同类型的水轮机当中，混流式水轮机相对复杂，其叶片拥有一种复杂的空间曲面结构，对叶片进行建模往往要耗费很长的时间。目前建立水轮机叶片模型主要有三种方式：通过叶片设计数据的流线坐标建模，通过测绘点建模，以及通过水轮机叶片的木模图建模。目前广泛采用的是通过水轮机叶片的木模图建模，但这种方式也存在一定缺点，例如导入图形步骤繁琐等。

本文通过实践，利用木模图数据和 ScanTo3D 插件，找到一种可以方便地导入木模图数据生成叶片的正反两侧曲面，进而形成叶片实体的方法。

二、对于传统建模方式的思考

对于通过流线坐标建模方式来说，获得叶片的流线坐标需要对叶片进行轴面流线的划分，从而读取出一系列空间流线点，通过样条曲线连接这些点生成空间曲面。这些过程

比较繁琐，需要一定的高等流体力学以及水力机械分析和计算知识，并且读点不精确就会导致叶片流面产生各种缺陷。对于测绘点建模方式来说，测绘点的获取需要借助一些辅助设备，比如激光扫描仪、三坐标测量机和光学测量仪等，进行叶片的三维扫描从而获得大量的空间点。在 SolidWorks 中应用 ScanTo3D 插件导入空间点云文件利用曲面工具即可生成叶片模型。这种方法虽然简单，但水力机械体积过大，扫描点太多会造成内存被大量占用使得计算机运行缓慢，建模时间过长。而且，在水轮机运行过程中起吊一次转轮会造成巨大的经济损失。所以一般都是扫描小比例模型，如果转轮实体不易获得且没有小比例模型，这种方法也就失去了意义。出于对实用性的考虑，目前主要是通过木模图建模。

水轮机叶片的木模图是主流的水轮机叶片二维设计保存方式，木模图通常包括叶片的等高截面线的平面视图和轴面视图，在一张木模图上往往有十几个等高截面图，分别表示不同高程的叶片截面形状。普遍的做法是将这些截面图在不同的 CAD 文件中，在 SolidWorks 中建立对应的基准面，然后将截面图依次导入进 SolidWorks 的不同基准面上。通过放样来生成曲面。最后通过对放样引导线的修改，曲面缝合，以及叶片形状裁剪等操作来实现叶片的实体建模。这个

问题有很多人讨论过，这里不在赘述。

在利用木模图建立模型的同时，也暴露出一些缺点。水轮机木模图导入 SolidWorks 中需要进行分层导入，首先将一张 CAD 图样上的各截面图分别复制到不同 CAD 文件中，再在 SolidWorks 软件中建立对应个数的参考基准面，导入各 CAD 文件中的截面图并设置其相应的空间位置。大量的对图形文件的处理增加了工作步骤，严重影响了水轮机建模的效率，占用了有限元分析和改型过程中的大量时间。

三、ScanTo3D 插件简介

ScanTo3D 插件是达索公司开发的 SolidWorks 软件中加入的一项功能，该插件 2007 年加入到 SolidWorks 软件，用户可以方便地从任何扫描器打开扫描数据（网格或点云文件）或从数学软件中打开曲线数据，准备数据，然后将之转换成曲面或实体模型。ScanTo3D 大幅度减少了从非数码数据建造复杂 3D 模型所需的时间。ScanTo3D 插件可以读取的数据类型主要有网格文件和点云文件。由于点云文件数据量太大常导致系统运行缓慢。所以目前应用比较广泛的是网格文件。但从另一个方面来讲，如果数据量合适，点云文件也是可以通过 ScanTo3D 插件来导入的。

ScanTo3D 插件最早应用于反求工程中，即利用已存在的物品通过扫描等技术手段获得该物品的表面网格数据或点云数据，从而通过三维设计软件来得到其三维的数据模型。其优点是获取的是数据文件，便于计算机的处理和分析。由于在测量过程中不可避免的会引入一些误差，所以在 SolidWorks 软件中还提供了两种消除噪点的方法，一种是通过图形界面观察与实体差异较大的点，通过删除或修改其空间位置来优化点的分布。一种是在网格文件中消除面积小于设定值的网格从而优化网格分布。

四、CAD 图样坐标数据的获得与处理

在以往的建模过程中，大家往往直接将 CAD 中的截面图导入三维造型软件中。笔者在实践的过程中发现，这些工作非常烦琐并且重复率高，但直接对图形进行处理又有一定的难度。笔者结合实践，在已有的 CAD 格式的水轮机叶片木模图中，通过一些 CAD 辅助软件，比如“批量拾取坐标到 excel”（图 1），“批量获取 CAD 点坐标”等软件，在 CAD 文件中，按截面顺序在对应的等高截面图中按顺序拾

取能反映该高程叶片截面特征的 15 ~ 25 个坐标点来进行数据采集，以便于用计算机处理。注意采集坐标点时中间不可产生顺序交叉的点，要按照一定顺序在二维曲线上依次取点，否则会生成交叉曲线导致曲线生成失败。

在水轮机木模图中，叶片截面是以二维图的形式存在的，如图 2 所示，设其右下角的位置坐标为 (X, Y) ，截面曲线特征点坐标为 (x, y) 。每个截面图的 (X, Y) 位置是相对固定的，在三维模型上，这些点应该在一条直线上。在获取和导入曲线坐标点的过程中依靠其坐标值来定位各不同截面曲线的空间位置。

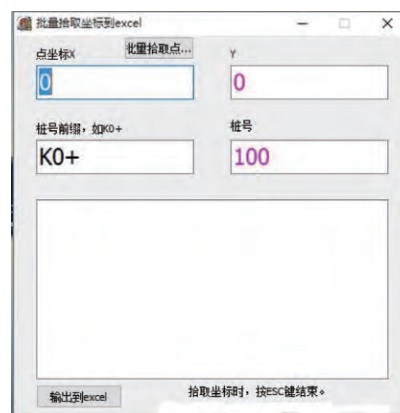


图 1 批量拾取坐标到 excel 软件截图

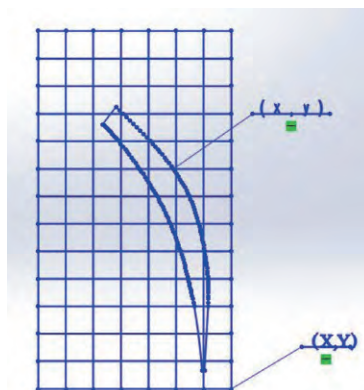


图 2 单个截面图坐标系

得到一个截面的坐标点后，通过每个截面图坐标原点的坐标值，如图 2 所示在木模图给出的单个截面图坐标系中建立公式：

$$x' = x - X \quad (1)$$

$$y' = y - Y \quad (2)$$

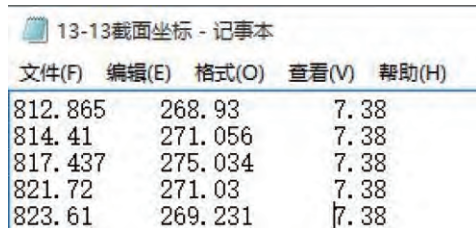
在 Excel 图表中可以很方便地通过公式（1）和（2）计

算出该截面各点二维坐标 (x,y) 对应的三维空间坐标 (x',y',z') 。在第三列输入对应截面的 Z 坐标（截面高程），一个截面的数据便可完成，同理可获得所有截面图的坐标值 (x',y',z') 。最后将这些坐标数据复制到一个txt文件（图3）中，各截面数据间用空行分割，否则在导入SolidWorks软件后会生成一条连续的螺旋线，显然这是不能用于放样曲面和建立模型的。

若通过SolidWorks软件中的“插入—曲线—通过XYZ点的曲线”导入只能一层一层地导入。即使用空行分割各截面坐标数据同样会生成一条连续的螺旋线。所以我们在这里只能使用ScanTo3D插件来导入坐标数据。

五、数据导入与处理

准备好坐标点文件以后，在SolidWorks软件中“SolidWorks插件”工具栏中打开ScanTo3D插件功能。按“工具—ScanTo3D插件—曲线向导”顺序打开曲线向导对话框（图4）。在“网格/点云/文件(M)”对话框中选择准备好的txt文件，导入到SolidWorks软件中。如果之前没有错误便会生成一系列的曲线，如图5所示。



文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)
812.865	268.93	7.38		
814.41	271.056	7.38		
817.437	275.034	7.38		
821.72	271.03	7.38		
823.61	269.231	7.38		

图3 txt中数据格式

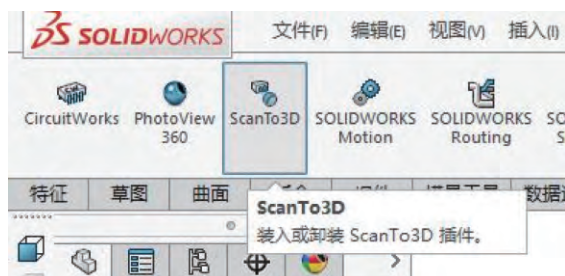


图4 ScanTo3D 插件开启位置

由于选取点的过程中，选取特征点数量不足会导致生成曲线后，曲线局部产生不光滑或不协调的缺陷。因此，生成曲线后应观察曲线有无与实体差距较大的点。如果有，可以通过微调其 X 、 Y 坐标值来修正其空间位置，注意不要改变其 Z 坐标值。修改完成后通过放样曲面命令连接各截面曲

线，之后通过缝合曲面等步骤即可生成叶片实体，如图6所示就是通过对曲线直接放样得到的叶片实体。

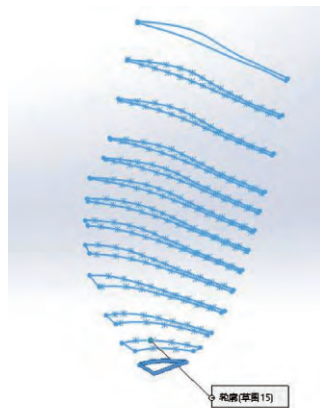


图5 插入的各截面曲线

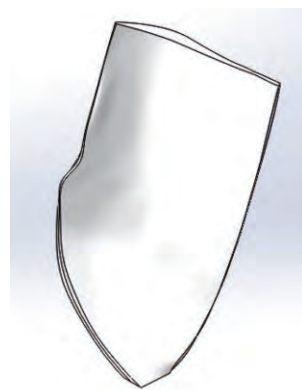


图6 生成的叶片实体

六、结语

本文通过利用SolidWorks软件中提供的ScanTo3D插件和木模图数据，找到了一种新的水轮机叶片建模方法。相比以前的方法在三维软件中生成模型的速度有了较大提高。但在实践中，这种方法还是存在一些不足。比如读取和修改CAD图样中点坐标的工作依然繁琐。但优点在于其得到点后进行的都是数值计算，我们可以通过改进读点程序将这些工作整合到一个综合的软件中，从而降低工作中数值计算工作的强度，快速得到需要的坐标文件，进一步加快建模速度，把宝贵的时间放在有限元分析部分，提高工作效率。IM