

水工建筑物的 AutoCAD 三维实体建模

章新苏¹, 葛年平²

(1. 江苏省水利科学研究所材料结构室, 江苏 扬州 225000; 2. 江苏省水利建设工程有限公司, 江苏 扬州 225000)

摘要: 研究基于 AutoCAD 进行水工建筑物地形、混凝土结构和钢筋网三维实体建模的基本方法和存在的不足, 提出创建包含特殊曲面的实体模型的方法, 以及将图形按指定曲线的走向进行平移和旋转的方法。以一泵站时形进水流道为例, 介绍三维实体建模过程和钢筋网的三维绘制方法。

关键词: 水工建筑物; AutoCAD; 三维实体建模

中图分类号: TV222.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-764X(2007)S2-0094-03

当前信息技术在工程建设领域的推广主要体现在 CAD、概预算单价分析和资料管理等方面, 其中以 CAD 技术应用最为广泛^[1]。CAD 建立了二维绘图的标准, 同时也是三维图形、数值计算和数据库技术的大集成, 并具有编程系统供二次开发扩充其功能, 使得 CAD 更像一个系统平台, 能适应多种应用。虽然 AutoCAD 推出三维绘图功能已有很长时间, 这期间新的版本新的功能不断推出, 但在实体建模方面变化不大。结合工程实际, 运用 AutoCAD 进行三维实体建模有两方面的问题必须解决: ①能否建立一套方法体系, 依据 AutoCAD 本身提供的各种命令和工具将工程中的各种构件在 AutoCAD 中都以实体模型绘制出; ②能够利用 AutoCAD 提供的二次开发工具来提高绘制的效率。

1 AutoCAD 的三维实体建模基础

AutoCAD 只能以线框、网格和实体 3 种类型三维建模。线框方式简单地表示直线和曲线在三维坐标系的走向和布置。网格方式进一步用多边形网格表示曲面。实体模型是一个具有一定容积的形体的完整数据结构表示, 它比线框和网格都容易绘制和编辑。在 AutoCAD 中有 3 种创建实体的方法: 根据基本实体形(长方体、圆锥体、圆柱体、球体、圆环体和楔体)创建实体, 沿路径拉伸二维对象, 或者绕轴旋转二维对象。以上述方式创建实体之后, 可以组合这些实体来创建更复杂的实体。对实体执行布尔操作可以合并这些实体, 获得它们的差集或交集(重叠)部分。AutoCAD 也提供将实体剖切为两部分的

命令或者获得实体二维截面的命令, 通过圆角、倒角操作, 复制实体的边或面以及修改边的颜色, 进而对实体进一步修改。

2 渐进生长法绘制水工建筑物三维实体模型

由于 AutoCAD 三维模型是精确的数据模型, 而且具有输入点的相对坐标、点的捕捉、变换用户坐标系等功能, 因此其用户界面非常友好。渐进生长法绘制水工建筑物三维实体模型的思想就是对上述功能的综合运用, 即先输入一些点的三维坐标, 画出一些辅助线供捕捉点用, 然后将当前用户坐标系(UCS)移到指定位置并使 z 轴指向需要的方向。因为 AutoCAD 中二维作图要在 XOY 面进行, 三维建模时必须不断设置用户坐标系(UCS)。在当前用户坐标系(UCS)下画好二维图供生成拉伸和旋转实体或直接创建其他 AutoCAD 三维实体, 然后对实体进行复制、阵列、镜像、平移、旋转、剖切、布尔运算等操作得到所需要的实体形状。一个实体完成后其所包含的面和点可用来捕捉及建立新的当前用户坐标系(UCS), XOY 面上的边可复制用于新实体的绘制, 从而加快作图的速度。这可以形象地看作新实体在旧实体基础上生长了出来。

类似于实际的工程施工, 实体建模也可与实际的施工安排一致以先低后高、先主要后次要的顺序进行, 同时兼顾建模的特点在平面布置上从中间向四周扩展。首先也要进行坐标点的放样, 以 AutoCAD 世界坐标系作为当前坐标系, 在 z 坐标为 0 的平面上画两条正交的辅助直线段对应施工坐标系

的 x 轴和 y 轴,两线段的交点对应施工坐标系的原点,如此建立 AutoCAD 世界坐标系与施工坐标系的对应关系。

采用这个方法能满足桩基、底板、墩柱、排架、板梁、翼墙等有比较规则表面的混凝土结构的建模。图 1 和图 2 是用渐进生长法绘制的治太工程湖西引排九曲河水利枢纽套闸闸首和靠船墩的三维模型。



图 1 套闸闸首模型



图 2 套闸靠船墩模型

3 包含特殊曲面的三维实体的绘制

AutoCAD 本身提供的实体建模工具面对纷繁复杂的现实世界,还是不断表现出其局限性,当实体需要包含特殊的曲面时甚至会无法胜任。这时只能用一些变通的办法,以平面(通常是三角形)逼近曲面,来达到类似的效果,虽然有些误差,但实体的一些特性如体积、质心接近原先的实体,能满足使用上的要求。以水工建筑物中常见的扭面为例,AutoCAD 2007 以前的版本在实体建模中就无法绘制,但网格曲面中却可以绘制,虽然网格从示意的角度表现在图形上理解其含义是可行的,但要让 AutoCAD 计算体积、质心等实体才有的特征就不行了。

以网格曲面为基础绘制实体模型可按以下方法进行:按对角线分割网格中小四边形的顶点成两个小三角形。用捕捉法查询到顶点的 x, y, z 坐标值,规定 z 为一设定值以及按原 x, y 坐标值在规定的 z 值的平面内重新绘制三角形。将新三角形创建为面域,拉伸该面域使其完全通过网格中的小三角形成为拉伸实体。捕捉网格中的小三角形得到一平面剖切该拉伸实体,删除不必要的那部分实体。反复操作直到网格中所有小三角形都成为实体上的面,合并所有这些实体得到最终单一的实体包含了这个被逼近的曲面。

图 3~8 给出了一个文献 [2] 所述的泵站肘形进水流道的实体建模过程。图 3 是原始的网格曲面,

图 4、图 5、图 6 是图 3 中顶板、侧墙、底板的拉伸剖切实体,图 7 是图 5、图 6 布尔并运算后的实体。图 7 与图 4 进行布尔差运算得到的实体会有一些畸缺的部分,与图 3 中加粗线实体布尔并运算和与图 4 中加粗线实体布尔差运算,在进出水口平面剖切并镜像后得到最终的实体(图 8)。消除畸缺部分应找准其所属的网格建造小实体,建造小实体的方法除上述在网格外平面绘三角形区域(region)拉伸剖切,还可以直接在网格上绘三角形区域(region)沿对象坐标系(OCS)的法向量方向进行拉伸。两种方法都应设置好拉伸高度和角度,防止形成新的畸缺部分。

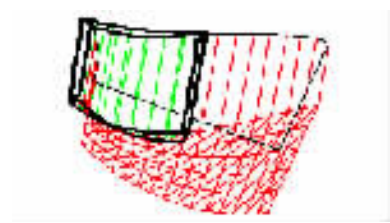


图 3 原始网格曲面

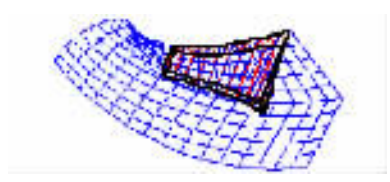


图 4 流道顶板



图 5 流道侧墙

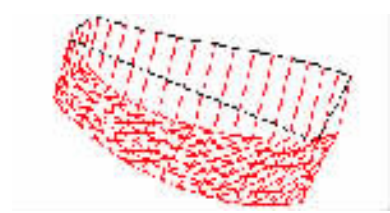


图 6 流道底板

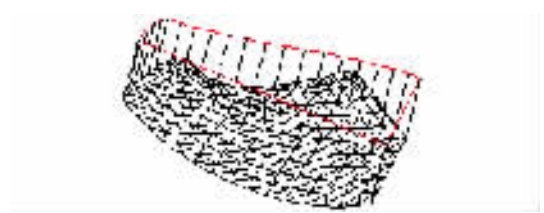


图 7 图 5、图 6 布尔并运算后的实体

这个方法理论上可以绘制任何形状的三维实体,为方便起见可以利用 AutoCAD 的开发工具编制成一个程序,使得在按要求捕捉了曲面网格的顶点和输入几个参数后自动执行。



图8 最终的实体

如果用地形坐标绘制成网格曲面,则可以得到包含这个地形的实体,用来计算基坑开挖的体积或回填的体积,这是本方法可以拓展的另外一个应用。

4 钢筋网的三维绘制

钢筋混凝土结构主要有梁、板、柱、墙、桩、泵站的进出水流道等几类,而钢筋的种类则有受力钢筋(主筋)、箍筋、架立钢筋、分布钢筋等。在 AutoCAD 中绘制钢筋的三维图时与平面图一样仍以线条表示,单个钢筋不是实体,但在工程中关心的是钢筋布置后形成的立体的钢筋网,必须有一些方法把它高效地绘制出来,并与实体相对应,便于观察和校核。同时因为绘制实体对绘制钢筋网有帮助,因此不妨把立体的钢筋网看作一种特殊的实体。

如前所述,在三维空间中绘制立体线条至所求形状比绘制实体要困难。最直接的方法是将钢筋在三维空间中直接单根绘制,通过输入当前用户坐标系(UCS)下点的坐标,用捕捉参考点、实体和辅助线上的点提高速度。另一种方法是通过编辑已绘实体图形,复制取得实体上的边来做到。两种方法都能绘制基本的线条,应结合使用以取得最好的效果。同形状同外形尺寸的钢筋可用 AutoCAD 的复制以及三维操作命令成批处理,使整个绘制效率进一步提高。其他一些对绘图很有帮助的方法有:用 spline 命令将一系列点拟合成样条曲线代表复杂的曲线,采用带基点复制命令精确地将复制的对象插入到指定位置,三维操作命令中的三维旋转功能可使对象绕一轴线在三维空间旋转移动和分布。

针对截面变化的构件实体编辑法具有特有的优势,由于钢筋一般位于平面内,用剖切面剖切实体,然后复制实体的边可得到位于剖切面内的钢筋。变截面梁、柱的箍筋和曲面上的分布钢筋、主筋可用剖切实体法方便地得到,而实体编辑命令中的偏移面和抽壳功能又可帮助得到钢筋网所在的面。为了方便地在空间分布平面图形或剖切面,使之沿某一曲线上的坐标点进行移动以及与该坐标点处曲线的切矢量相关联进行旋转是经常涉及的,可是 AutoCAD 中没有这样的功能,笔者经过深入研究利用 AutoCAD 的二次开发工具也实现了这一点,能自动计算曲线上指定位置坐标点和切矢量的 x, y, z 坐

标值并作相应的移动及旋转。实现这一方法的途径如下:利用 ObjectARX 库函数,选用 AcDbCurve 类中的 getEndParam(double& unnamed), getDistAtParam(double param, double& dist), getPointAtDist(double unnamed, AcGePoint3d& unnamed)函数可得到曲线终点的参数值、终点处的距离即曲线的长度值、某一长度值处的点的坐标值。某点处的切矢量采用数值法求得近似值,使用 getPointAtDist(double unnamed, AcGePoint3d& unnamed)函数得到 $p_0(d - \Delta t)$, $p_0(d)$, $p_0(d + \Delta t)$, 分别为起点、中点、终点 3 个点的坐标值,此处 d 为曲线上要求切矢量处点的距离值, Δt 为微小的距离偏量。用这 3 点构造一个三点式二次曲线 $f(t) = (2t^2 - 3t + 1)p_0 + (-4t^2 + 4t)p_{0.5} + (2t^2 - t)p_1$, $t \in (0, 1)$, 显然由于 t 较小,可用这个三点式曲线的切矢量 $f'(t)$ 作为要求解的切矢量,得到曲线上某点的坐标值和切矢量后就能对图形进行相应的平移和旋转变换了。

对于类似肘形进水流道那样的需要用网格曲面进行造型的复杂曲面,可捕捉网格曲面的节点用 spline 命令拟合成样条曲线。若钢筋网的节点位置与网格曲面的节点不一致,可先拟合辅助线,将其分割后再次拟合得到所需要的曲线。

5 结 语

在 AutoCAD 中进行水工建筑物的三维实体建模是具体可行的,依靠二次开发工具能建立一套方法将工程中的各种建筑构件在 AutoCAD 中都以实体模型绘制出。在经过适当的训练后三维实体绘图的效率甚至不逊于平面绘图。

参考文献:

- [1] 周惠群. AutoCAD 2002 简明三维绘图教程[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2003.
- [2] 王业明, 魏海. 泵站进水流道三维造型系统的研究[J]. 扬州大学学报, 2000, 3(1): 58-61.

(收稿日期: 2007-01-08 编辑: 熊水斌)

