

水工结构全自动布筋设计方法

杨新军¹, 朱文婷²

(1. 长江勘测规划设计研究院, 湖北 武汉 430010; 2. 河海大学土木与交通学院, 江苏 南京 210098)

摘要:为解决水工建筑物三维可视化布筋操作中需逐个拾取面导致操作效率低甚至遗漏面的问题,提出全自动布筋设计方法。采用该方法,各结构面上的钢筋段可自动生成,相邻面上各段钢筋可按规范要求自动连接或作“剪刀筋”处理,并自动分组,实现了钢筋的三维可视化自动布置。工程应用表明,采用该方法简化了人机交互操作,设计效率得到大幅度提高。

关键词:水工结构;全自动布筋;钢筋连接

中图分类号:TV314 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2012)02-0070-03

Design methods of layout of reinforcement automatically in hydraulic structure//YANG Xin-jun¹, ZHU Wen-ting²
(1. Changjiang Institute of Convey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China; 2. School of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: An approach of reinforcement layout automatically is proposed to resolve the problem that picking up faces alternative in three-dimensional layout of reinforcement in hydraulic which leads to inefficiency, or even missing. The steel bars on the surfaces of structure can be created, and the bars on the neighbor faces can be connected or be “forciform” automatically. Finally, the bars can be grouped by themselves and then the visual layout of reinforcement can be realized. The application of the software improved by the approach show that the operation between the engineers and the laptops simplifies, and the efficiency significantly increases.

Key words: hydraulic structure; layout of reinforcement automatically; connection of steel bars

CAD 技术的发展已突破一贯的二维交互设计模式,要求实现全过程三维可视化设计,包括利用三维模型生成工程图。鉴于三维设计在钢结构、管道等结构的成功应用^[1-2],采用三维技术实现水工结构设计成为现实要求。长江勘测规划设计研究院主持研制的水工建筑物三维可视化 CAD 系统,针对水工结构复杂多变的特点,在已建模的水工建筑物上布设立体钢筋,可针对任意体型的水工建筑物进行结构设计,已应用于其承担的众多开工项目中^[3]。设计人员通过拾取布筋结构面,指定布筋方向和范围,系统可创建出钢筋立体模型,并自动生成二维施工图及信息表,显著提高了设计工作效率。但是该系统存在以下不足:用户需要逐个拾取面,比较繁琐,特别是在结构复杂、结构面很多时人工交互工作量非常大,甚至容易漏面或重复布筋。鉴于此,本文对此进行改进,提出全自动布筋方法。采用该方法,设计人员只需指定某方向的配筋参数(钢筋直径、间距等),无需逐一选面,该方向钢筋可全部自动生成。

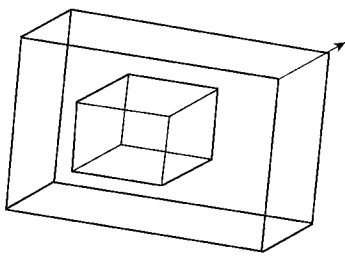
在实际工程中的应用表明,改进后的系统不仅效率高,操作也更加简单。

1 设计方案

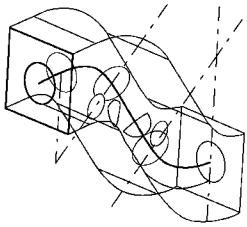
1.1 钢筋建模原理

三维钢筋的构造应自动化程度高,用户操作简单快捷,否则难以提高效率,影响其实用性和生命力。当前流行的三维造型系统中,最常见的基本造型方法是拉伸、扫掠、放样、曲面等。图 1 显示了几种常见实体建模方法:拉伸——先在 1 个拉伸草图平面上绘制闭合的拉伸轮廓线,然后拉伸草图轮廓线沿垂直于草图平面的方向拉伸形成 1 个拉伸实体;扫掠——先在互不平行的 2 个草图平面上分别绘出扫掠轮廓线(闭合)和扫掠路径线,然后扫掠轮廓线沿扫掠路径线扫掠生成扫掠实体;放样——先在 n 个草图平面上作 n 个闭合的放样轮廓,然后平滑放样形成 1 个实体,使各个放样轮廓线位于该实体表面。

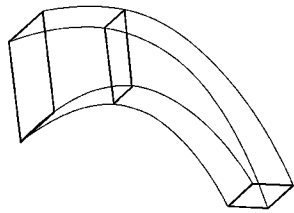
钢筋在混凝土中是一系列的线,因此钢筋建模



(a) 拉伸实体



(b) 扫掠实体



(c) 放样实体

图1 几种常见实体建模方法

主要是如何构造出这些线的立体信息^[4]。对于水工建筑这样的大体积混凝土结构而言,控制性的受拉区通常位于混凝土结构外表面,因此钢筋主要位于结构面上,且按某一方向分布排列。因此,在构造钢筋时可以基于这种相似性,提取结构面沿钢筋排列方向的离散信息,为生成钢筋线提供支持。在操作上,通过一系列垂直于钢筋排列方向的切面(平面)截切结构外表面,得到一系列的截交线(这些截交线的形状与钢筋的形状是相似的),再对这些截交线进行适当修正,就可以得到所需的钢筋线,如图2所示。

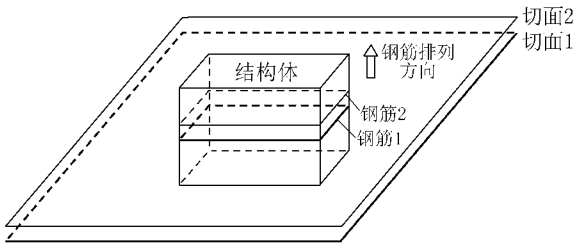


图2 切面截切结构表面得到钢筋线

1.2 相关术语定义

全自动布筋设计方法涉及以下术语:切面、环和钝点。将切面定义为沿钢筋布设方向建立足够大的平面。如图2所示,切面法线方向与钢筋排列方向相同。切面按实际钢筋间距依次与结构体表面进行求交运算,得到的交线集就是原始钢筋线。环是有序线段的集合。若环的首尾点重合,称作闭环。每个切面与结构体相交得到的交线集构成至少1个闭环。钝点是环上的1个端点,它相邻的2条线段在实体侧的夹角大于 180° 。1个环上至少有1个端点是钝点。如图3所示,A点是钝点,B,C,D点都不是钝点。

钝点可采用如下方法判断:将某点相邻的2条

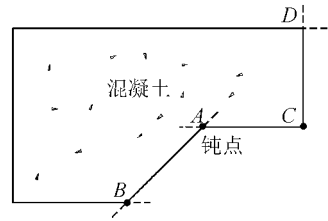


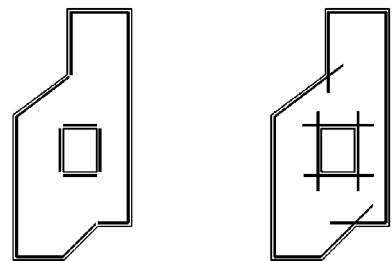
图3 钝点及判断方法

线段延长,若延长后的2个端点在混凝土结构内,则该点是钝点;反之,则不是钝点。因此,只要判断出向交点方向延长后的端点位置关系,就可以判断出该点是否为钝点。

1.3 钢筋线创建原理

位于钝点两侧相邻面上的2段钢筋(如图3的A点),为防止受拉后混凝土崩裂,它们不能连接成一根钢筋,之间必须断开,并作延长处理(锚固);不是钝点的地方则可以连接(如图3的B点)。这2种处理方式分别称为“剪刀筋”处理和连接处理。钢筋的首尾端点通常是钝点,故钢筋的首段搜索从环上的钝点开始。

图4(a)为切面与结构面求交后的钢筋线环(原始钢筋线),图4(b)为修改后完整的钢筋线。从图4可以发现,只要对前者进行适当处理,如对相邻原始钢筋线进行连接或“剪刀筋”处理,就可以获得满足设计要求的完整钢筋。因此,只要判断出交点是否为钝点,确定相邻钢筋段的关系,就可以构造出钢筋的完整形状。这意味着只要选好配筋方向和起始范围,计算机就可以创建出结构体各表面在此范围内某一方向的所有钢筋。此方法不用逐个选面,也不会漏掉面,可以大幅度提高操作效率。



(a) 原始钢筋线

(b) 修正后的完整钢筋线

图4 钢筋线及结构线

2 实现方法

改进后的钢筋创建算法包括:原始钢筋线生成、钢筋连接、钢筋分组和钢筋端头处理等。

2.1 原始钢筋线生成

钢筋线由切面与各结构表面布尔求交计算生成^[5]。因此需要确定好切面位置。通常情况下,配筋范围总距离扣除首尾保护层厚度后,除以钢筋间距

得到切面数目,取整后再除总距离,得到调整后的实际间距,根据此实际间距可以定出所有切面位置。但是,若起始范围内有一些孔洞,则其附近切面位置可能距离孔洞边缘不一定恰好是保护层厚度(很近或很远),这时需要调整切面位置。本文将配筋起始范围划分成几个区域,在各区域内根据孔洞位置,分别确定切面实际间距,这样切面位置与附近孔洞边缘的距离就是保护层厚度。

确定好配筋范围内的所有切面后,其与各结构面分别求交,生成若干交线,即为原始钢筋线。原始钢筋线还要根据需要进行修正,例如同一结构面上的钢筋被非孔洞断开且断开距离很小时,需要恢复连接,若钢筋长度由外表面控制,则要将线的端点坐标替换成它与外表面的交点坐标。

2.2 钢筋连接

前面生成的交线是一些孤立的线段,需要适当连接才能构成完整的钢筋线。有些相邻的钢筋线又需断开成2段(即所谓“剪刀筋”)。具体步骤如下:
①将原始钢筋线首尾依次连接,形成一系列封闭环;
②寻找环上一钝点,从这点开始逆时针搜索,依次寻找相邻边,直到找到边的另一个端点为钝点,其间找到的线连接成线串,形成一根完整的钢筋;
③从剩余钝点开始继续步骤②中的搜索,直至该环上所有边都已搜索完成;
④取下一个环开始继续搜索。

2.3 钢筋分组

为便于钢筋在图纸上的表达和统计,相同和相似的钢筋应并入同一组。采用以下2个条件判断:
①各段所属面相同;
②钢筋的起始面相同。具体步骤如下:
①新建钢筋组,将第一根钢筋加入该组。
②接下一根钢筋处理,若其各段所属结构面与前面已创建的某钢筋组相同,则此根钢筋加入该组,否则新建钢筋组并将该钢筋加入。持续操作直至所有钢筋都已处理完毕。
③对前面各组钢筋进行修正,若相邻钢筋实际距离大于钢筋间距,则新建钢筋组并将该组内后面的钢筋移入新钢筋组。

2.4 钢筋端头处理

钢筋端头处理有延长、弯折和不处理3种,可由用户选择。但有时根据情况要做些强制处理,如钢筋首尾端点若重合,表明为封闭钢筋(如箍筋),应在弯折处理后延长1个焊接长度,延长后钢筋端头若到了结构体外,则要另作弯折处理。

3 工程应用实例

改进后的程序已运用在长江勘测规划设计研究院承担的乌江银盘船闸、南水北调中线工程等项目的施工图设计中^[6]。设计时只需指定各方向的配筋

参数(直径、间距、保护层厚度等),无需选面,钢筋可全部自动生成,而且不会出现在某一面上重复配筋的情况,大幅度提高了设计效率,简化了人机交互操作程度。对少部分与设计意图有差异的钢筋,工程师可运用系统提供的功能进行可视化修改。图5是采用本文方法得出的南水北调严陵河退水闸自动布筋结果。

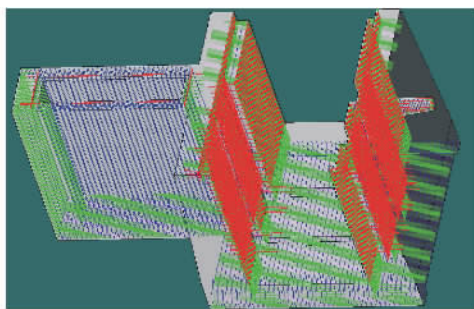


图5 南水北调严陵河退水闸自动布筋结果

4 结语

本文提出了全自动布筋设计方法,采用该方法用户只需定义某方向的布筋参数(钢筋直径、间距等)就可以实现自动布设钢筋。该方法的不足是一次操作中所有钢筋的排列方向必须相同。但在有些结构(如尾水管、蜗壳、牛腿)中,部分钢筋的排列方向是不断变化的。因此应用在这类结构中的部分钢筋和本文设计要求有差异,尚需利用系统提供的可视化编辑功能修改,或者用传统方法交互布筋。如何针对具体结构的体型和配筋特点,增加特殊部件的参数化配筋功能将是下一步工作即部件配筋研究的重点。

参考文献:

- [1] SACKS R, EASTMAN C M, LEE G. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete[J]. Automation in Construction, 2004, 13(1): 291-312.
- [2] SACKS R, BARAK R. Impact of three-dimensional parametric modeling of buildings on productivity in structural engineering practice[J]. Automation in Construction, 2008, 17(4): 439-449.
- [3] 曾令华, 杨新军. 亭子口大坝廊道自动化出图研究与实现[J]. 水利技术监督, 2010, 18(5): 34-36.
- [4] 钱玉森, 李战军, 钟毅芳, 等. 水工钢筋混凝土结构三维配筋CAD系统的方案及其实现[J]. 水利学报, 1999, 30(5): 26-29.
- [5] 杨新军, 李进超, 李江鹰. 结构配筋程序化设计在三峡永久船闸中的应用[J]. 人民长江, 1998, 29(11): 12-13.
- [6] 长江勘测规划设计研究院. 调水工程渠道及引水建筑物三维设计使用手册[M]. 武汉: 长江勘测规划设计研究院, 2011.

(收稿日期: 2011-07-26 编辑: 骆超)