

基于几何编码的钢筋分组技术

杨新军¹, 曾令华¹, 朱世洪¹, 赵近标²

(1. 长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010; 2. 上海贝尔股份有限公司, 上海 201206)

摘要:针对水工建筑物三维可视化 CAD 系统中钢筋自动分组的问题, 引入图形匹配链码编码的思想, 提出对钢筋的属性信息进行字符串编码, 对钢筋的几何和拓扑信息进行几何编码。工程应用结果表明, 基于几何编码的钢筋分组技术解决了信息表中钢筋自动分组的难题, 钢筋分组结果与传统手工绘图的结果基本一致。

关键词:水工 CAD; 钢筋分组; 图形匹配; 几何编码

中图分类号:TV332.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)04-0061-04

The grouping technologies of reinforcements based on geometric code//YANG Xinjun¹, ZENG Linghua¹, ZHU Shihong¹, ZHAO Jinbiao² (1. Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co. Ltd., Wuhan 430010, China; 2. Alcatel-Lucent Co., Ltd., Shanghai 201206, China)

Abstract: To resolve the problem of the automatic grouping of reinforcements in the hydraulic 3D visual CAD system, the method of shape matching and freeman coding was introduced. The string code was used to describe the attribute information of reinforcements, and the geometric code was used to describe the topology and geometric information of reinforcements. The results show that the automatic grouping technologies of reinforcements based on the geometric code can successfully solve the problem of grouping reinforcements in the information table. The reinforcements grouping results are consistent with traditional drawing by hand.

Key words: hydraulic CAD; reinforcements grouping; shape matching; geometric code

水利工程进入施工阶段后, 施工图设计要占用设计人员大量的时间和精力。信息表是施工图的重要组成部分, 也是施工预算和钢筋备料的主要依据, 它对钢筋进行分析、组织和统计, 最终以表格的形式详尽表达设计意图。在传统的手工制图中, 信息表的生成依赖于设计人员对数十组乃至上百组钢筋形状进行统计、归类, 寻找对应关系, 再编排表格, 工作相当繁琐。

水工建筑物三维可视化 CAD 系统可以在水工三维模型上布设钢筋。设计人员在布筋结构面上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, 从而显著提高了设计工作效率。该系统不仅生成建筑物剖面图, 也能自动构造信息表。但是如何对数据和表格进行管理, 实现钢筋合理归并和分组, 是信息表生成的先决条件, 也是整个系统开发的一大难点。

1 信息表特性

施工中为了便于钢筋备料, 需要对钢筋进行统

计管理, 在施工图中是以信息表的形式对钢筋进行管理的。钢筋分组的基本要求是: 型号、直径、段数相同以及形状相似的钢筋可以归并。信息表具有以下一些特点:

a. 完备性。信息表分表头和表格两部分, 表头描述项目分类, 如钢筋编号、形式、直径、长度、根数、总长等; 表格列数据与表头项目对应, 反映对应编号钢筋的设计数据。

b. 归纳性。信息表内每种编号的钢筋不止对应一根或一组钢筋, 而是若干组相同钢筋的统计数据。

c. 准确性。包括数值的准确性和数据显示位置的准确性。

d. 数据和图形结合。信息表不但表达钢筋的数据, 还在“形状”栏中示意画出钢筋的形状, 以及长度、角度、弧度、半径等参数。

e. 正则与非正则性数据并存。正则性数据是指钢筋无变化或为等差变化的同组钢筋, 它们可放在表格各项目对应的位置; 非正则性数据表示呈无

作者简介: 杨新军(1972—), 男, 湖北应城人, 高级工程师, 主要从事水工设计工作。E-mail: yangxinjun@cjwsjy.com.cn

规律变化或有特殊表达方式要求的钢筋,需要特殊处理。

f. 近似和夸张处理。在“形状”栏中示意画出钢筋形状,允许在不改变拓扑结构的前提下,可以对所绘制的钢筋形状做一些合理的夸张处理。

2 图形匹配及编码方法

2.1 图形匹配

通过上述分析可知,在创建信息表时需要钢筋正确分组,本文将图形匹配的思想引入钢筋分组中。钢筋以直线、圆弧或样条线来表示,划分成若干不同类型的模式基元,每个基元赋予特定的字符,则钢筋可以用一个字符串来表示,通过比较字符串对钢筋进行匹配并分组。因此先定义钢筋字符串,然后通过字符串匹配,就可以搜索出相同的钢筋,并将它们归并。

图形匹配源于对两个相同或相似图形的判断,并要求对于平移、旋转等几何变换具有不变性^[1]。比较常见的匹配技术包括矩阵法^[2]、曲率函数法^[3]、角度函数法^[4]和串匹配法^[5]等。

2.2 常见编码方法

比较常见的用以描述图形形状的主要编码是链式编码,即给出了一个初始点和一系列表示相邻点间走向的连续值序列(链码),就可以定义一条基于链码表示的曲线,简称链码曲线。常用的 Freeman 链码^[6]是一种直线链码,它利用一系列具有特定长度和方向的相连的直线段来表示轮廓。为保证它的旋转不变性,后来 Li 等^[7]采用一个变换操作进行了改进。由于直线链码所选的格子大小固定,而且其角度表达一般只有 4 个或 8 个方向,故无法对长度不定、角度从 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 随意变化的钢筋进行编码。

Bribiesca^[8]提出了顶点链编码方法(vertex chain code, VCC),该方法的基本思想是:从图像边界上任意一个像素点开始,按一定方向沿着图像边界走一圈,依次将边界上像素的顶点所对应的编码记录下来,所形成的序列就是该图像的顶点链编码。其核心思想是选取一些代表性的控制点来代表曲线,比如拐角点、突起点、高曲率点等。VCC 具有旋转和平移不变性,有条件地具有起点不变性和镜像不变性。但这种方法中圆就没有关键点,不适合用来对钢筋编码。

赵宇等^[9]提出夹角编码,其基本思想是:首先将曲线用一串有方向的等长度的线段来表述,根据相邻线段之间的夹角差形成一串角度序列,即用夹角链码来描述这条曲线。根据面积法则来确定线段数目,并且待处理的曲线被分割成相等数目的线段。

这种方法具有平移、拉伸和旋转不变性,但是它只能用直线段去拟合曲线,此外它只选择角度,未考虑曲线的长度,这对角度全等的曲线可以匹配,但不能在钢筋适合用圆弧拟合的时候用圆弧去拟合匹配。

针对上述各方法的不足,本文运用一种基于几何信息的编码方法来解决钢筋分组问题。钢筋信息包括属性信息和几何信息两部分,属性信息包括钢筋的直径、类型、段数、长度等;几何信息包括钢筋线的拓扑和几何数据。对于在信息表中要归并的钢筋来说,它们的属性信息和几何信息都应相同。

2.3 钢筋属性信息的字符串编码

钢筋的属性信息编码为字符串,即以字符串描述钢筋的属性信息。对钢筋闭合情况,用 C 表示闭环, O 表示开环。用一个两位数表示钢筋直径,用另一个两位数表示钢筋的类型,用一个 3 位数表示钢筋段数。对每一段钢筋来说,用直线(L)、圆弧(A)或样条(B)表示某段钢筋的线性。

对于开环,分别从两个端点开始对钢筋进行编码,其中较大的编码取为这根钢筋的字符串编码。对于闭环,如果组成闭环的不全是圆弧,则从环的每个端点开始分别进行编码,然后进行比较,取最大值的字符串编码。如果闭环全是圆弧,从最大直径圆弧的两个端点开始编码。

图 1 表示一根直径为 32 mm 的 II 级开环钢筋。根据前面定义的钢筋属性信息字符串编码规则可知:用字母 O 表示开环,用 32 表示直径,用 02 表示钢筋类型,用 005 表示钢筋段数,用 LLCLL 表示钢筋的线性,则字符串编码为 O3202005LLCLL。



图 1 开环钢筋

2.4 钢筋几何和拓扑信息的几何编码

钢筋的字符串编码相同,还不能保证钢筋就是相同的,还需要对钢筋的几何和拓扑信息进行判断,若相同或相似才能归并钢筋。本文采用几何编码对钢筋的几何和拓扑信息相似性进行判断。

几何编码方法的基本思想是将钢筋的段长以及相邻段之间的夹角以矩阵的方式表示。两矩阵相减,若得到的矩阵等于零,就可以认定两根钢筋相同;若相减后的结果小于某熵值,则认为这两根钢筋相似,也可以归并。

假设钢筋线 P 的端点集合为 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 相邻端点之间线段的长度集合为 $L = \{l_1, l_2, \dots,$

$l_{n-1}\}$, 相邻线段之间的夹角集合为 $\Phi = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{n-2}\}$, 该钢筋线的几何编码用矩阵 A 表示如下:

$$A = (l_1, \alpha_1, l_2, \alpha_2, \dots, \alpha_{n-2}, l_{n-1}) \quad (1)$$

钢筋线由若干圆弧和直线段组成。对于两相邻直线段, 夹角即为直线之间的夹角; 对于圆弧和直线段, 夹角是圆弧在交点处的切线与直线之间的夹角; 对于两相邻圆弧段, 夹角是两圆弧在交点切线的夹角。本文用向量法求相邻两线段之间的夹角, 如图 2 所示。

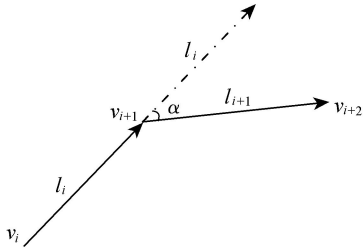


图2 夹角计算示意图

3 几何编码的性质

3.1 编码的唯一性

假如两条曲线分别由不同的几何编码矩阵 A_1 、 A_2 描述, 则它们就不相同, 即 $A_1 \neq A_2$, 可以用反证法证明这个结论。首先假设两条曲线是相同的, 即 $A_1 = A_2$ 。先对两个几何编码矩阵进行预处理, 将每个矩阵的首条线段沿着 x 轴的正方向放置, 则

$$(l_{1(1)}, \alpha_{1(1)}, l_{2(1)}, \alpha_{2(1)}, \dots, \alpha_{n-2(1)}, l_{n-1(1)}) = (l_{1(2)}, \alpha_{1(2)}, l_{2(2)}, \alpha_{2(2)}, \dots, \alpha_{n-2(2)}, l_{n-1(2)})$$

当 $i = 1, 2, \dots, n-1$ 时, 有 $l_{i(1)} = l_{i(2)}$ 和 $\alpha_{i(1)} = \alpha_{i(2)}$ 。分别计算两个矩阵中的线段与 x 轴之间的夹角, 得到两个角矩阵 $(b\theta_{i(1)})$ 和 $(b\theta_{i(2)})$, 且有如下公式:

$$b\theta_{1(1)} = b\theta_{1(2)} = 0 \quad (2)$$

$$\alpha_{i(k)} = b\theta_{i+1(k)} - b\theta_{i(k)} \quad (3)$$

因为 $\alpha_{i(1)} = \alpha_{i(2)}$, 故 $\alpha_{1(1)} = \alpha_{1(2)}$, 从而当 $i = 1, 2, \dots, n-1$ 时, 有 $b\theta_{i(1)} = b\theta_{i(2)}$ 。这意味着, 两个矩阵上的对应线段相对于其首条线段具有相同的位置; 又因为其线段长度相同, 故这两条曲线全等。通过反证法, 证明了曲线的几何编码具有唯一性。

3.2 起始点明确性

对于封闭曲线, 将封闭曲线编码的最大值作为其几何编码, 该最大值对应的起点作为起始点。封闭曲线编码的最大值只有一个, 所以起点唯一确定。

对于开曲线的两个端点 A 、 B , 先以 A 点为起点求得曲线的一个几何编码, 若该编码与对应闭曲线的几何编码相同, 则以 A 点为起点, 否则以 B 点为起点。

因此不论钢筋线闭合与否, 起始点都将具有唯一确定性。

3.3 平移、旋转、镜像不变性

将图形进行平移、旋转或镜像变换, 虽然其整体位置发生了改变, 图形的方位也可能发生了变化, 但是各点的相对位置并未改变, 而曲线几何编码中的夹角大小以及每条线段的长度只与图形本身有关, 故几何编码具有不变性。

4 不同钢筋的几何编码方法

4.1 不封闭钢筋的几何编码

对于首尾不封闭钢筋线的几何编码, 需要首先确定钢筋的起点, 然后对钢筋线的长度和相邻线之间的夹角进行编码, 并将它们分别计入编码矩阵中。

a. 确定编码起点。选择钢筋线的两个端点 A 和 B , 分别计算从端点 A 开始的第 1 条线段的长度 l_A 和从端点 B 开始的第 1 条线段的长度 l_B , 如果 $l_A = l_B$, 则分别从端点 A 、 B 开始进行几何编码; 如果二者不相等, 则选择较长线段对应的端点开始进行几何编码。

b. 计算编码矩阵。将线段长度和相邻线段之间的夹角分别计入编码矩阵中, 该矩阵即为钢筋线的一个几何编码。

c. 确定几何编码的唯一值。如果得到的几何编码不止一个, 则几何编码的最大值即为该钢筋线的几何编码。以类似于比较字符串大小的方式比较两个矩阵的大小, 即从第一个数值开始比较, 如果其中一个数值比较大的话, 则可以认为这个矩阵比另一个大; 如果数值相等, 则比较下一个数值。如图 3 所示的不封闭钢筋, 采用几何编码的方式, 得到的几何编码为 $A = (130.00, 90, 445.00, 180, 436.50, 180, 445.00, 90, 130.00)$ 。

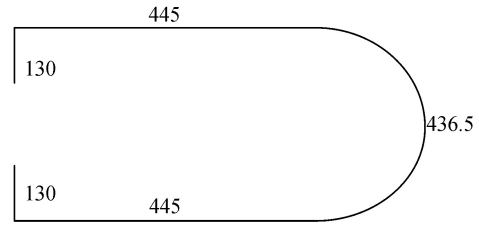


图3 不封闭钢筋

4.2 封闭钢筋的几何编码

因要搜索封闭钢筋的有效起点, 其几何编码方法同前面有些区别, 具体步骤如下:

a. 求钢筋线长度的最大值和最小值。将各段钢筋线的长度置入一个容器 `vector<double>` 中, 求出长度的最大值和最小值。

b. 确定起点。如果长度只有一个最大值, 则从

这个长度最大值对应的两个端点分别作为曲线的起点开始编码;如果不止一个最大值,则按最小值对应的两个端点分别开始编码。

c. 计算编码矩阵。计算出钢筋线的长度和相邻线段间的夹角,分别计入编码矩阵中,该矩阵即为封闭钢筋线的一个几何编码。

d. 确定几何编码的唯一值。同上述类似,几何编码的最大值即为该钢筋线的几何编码。如图 4 所示的封闭钢筋,求出的钢筋几何编码为 $A=(180.00, 180, 70.00, 180, 100.00, 180, 70.00, 180, 180.00, 180, 70.00, 180, 100.00, 180, 70.00)$ 。

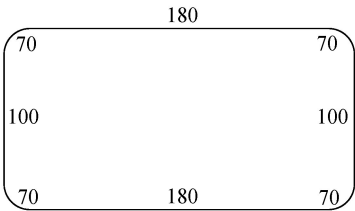


图 4 封闭钢筋

5 工程应用

基于几何编码的钢筋分组技术已运用在众多实际工程的水工建筑物三维可视化 CAD 系统中。应用结果表明,钢筋分组结果与传统手工绘图的结果基本一致。采用本文钢筋分组技术生成的钢筋信息表如图 5 所示。

钢筋表

编号	直径(mm)	形状(mm)	单段长(cm)	根数	总长(m)	备注
①	25	 1614	1883	136	2560.88	
②	25	 1714	2183	40	873.20	
③	25	 598	678	136	922.08	
④	25	 3489	4670	59	2755.30	

图 5 钢筋信息表示意图

6 结 语

信息表是研制水工建筑物三维可视化 CAD 系统的难点,钢筋分组又是创建信息表的前提。本文将图形匹配链码编码的思想引入钢筋分组研究中,提出对钢筋的属性信息进行字符串编码,对钢筋的几何信息进行几何编码,解决了信息表中钢筋自动分组问题。

参考文献:

[1] 马建,孙治国,滕弘飞,等. 图形匹配问题[J]. 计算机科学,2001,28(4): 61-64. (MA Jian, SUN Zhiguo, TEN Hongfei, et al. The problem of shape matching [J]. Computer Science,2001,28(4): 61-64. (in Chinese))

[2] LEU J G. Computing a shape mementos from its boundary [J]. Pattern Recognition,1991,24(10):945-957.

[3] TUING L H, KING I. A two-stage framework for polygon retrieval [J]. Multimedia Tools and Applications,2000,11(2): 235-255.

[4] PENG H. Trademark shape recognition using closed contours [J]. Pattern Recognition Letters, 1997, 18: 791-803.

[5] CORTELAZZO G. Trademark shapes description by string-matching techniques [J]. Pattern Recognition, 1994, 27(8):1005-1018.

[6] FREEMAN H. On the encoding of arbitrary geometric configurations [J]. IEEE Transaction on Electronic Computers,1961,10(2):260-268.

[7] LI H,MITRA S K. A contour-based approach to multisensor image registration [J]. IEEE Transaction on Image Processing,1995,4(3):320-334.

[8] BRIBIESCA E. A chain code for representing 3D curves [J]. Pattern Recognition,1999,33(15): 755-765.

[9] 赵宇,陈雁秋. 曲线描述的一种方法:夹角链码[J]. 软件学报,2004,15(2):300-307. (ZHAO Yu, CHEN Yanqiu. A method of curve discription: the freeman coding of included angle[J]. Journal of Software,2004,15(2):300-307. (in Chinese))

(收稿日期:2012-08-25 编辑:周红梅)

· 简 讯 ·

第 12 次全国水利水电地基与基础工程
学术交流会将于 2013 年 8 月召开

由中国水利学会地基与基础工程专业委员会主办,中国水电基础局有限公司、黑龙江省水利水电勘测设计研究院承办的第 12 次全国水利水电地基与基础工程学术交流会将于 2013 年 8 月召开,会议将总结、交流、推广水利水电建设中地基处理和基础工程的新经验、新技术。会议的主要议题有:①地基与基础工程的科学研究;②地基与基础工程的勘测;③各种地基处理与基础工程的设计;④各种地基处理与基础工程的施工技术;⑤地基与基础工程的新材料的研发与应用;⑥地基与基础工程新设备的研发与应用;⑦地基与基础工程的监测与检测技术;⑧地基与基础工程的质量与安全管理。本次技术交流会将公开出版论文集。

联系地址:天津市武清区雍阳西道 86 号

邮编:301700

联系人:李玲

联系电话:022-29362165

(本刊编辑部供稿)