

单层提花织物模拟算法

陆洪斌, 张森林

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要 介绍了包括组织设计、纱线设计、织物模拟 3 个模块整个提花织物模拟的流程。着重研究了通过对浮长线的处理来实现提花织物真实感的方法, 并提出了优化的算法来提高模拟的速度, 使得模拟效果图十分逼真且保证了一定的速度。

关键词 提花织物; 浮长线; 浮长矩阵; 模拟; 偏移矩阵

中图分类号: TP 391.7 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)03-0060-03

Figured fabric simulation algorithm

LU Hong-bin, ZHANG Sen-lin

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

Abstract The flow of figured fabric simulation was introduced. It mainly consisted of tissue design module, yarn design module, textile fabric simulation module. The realistic feeling of figured fabric was realized by researching the treatment method to float. And the optimized algorithm to improve the simulation speed was presented. It would be sure of a certain speed and a realistic feeling of simulation effectiveness.

Key words figured fabric; float; floating matrix; simulation; excursion matrix

近几年来, 纺织 CAD 技术在国内外发展迅猛。从工艺设计到产品设计, 发达国家已全部实现了计算机化。当前的织物 CAD 主流产品中一般都包含有织物模拟功能, 但良莠不齐, 有的能从纱线设计、织物模拟到织物 3D 场景模拟, 有的功能就弱一些, 只能生成织物的简单表面模拟。但由于这些系统都没有从组织结构上去分析织物, 把组织图仅仅当成是经纱和纬纱的交织点, 计算机模拟也往往采用的是色块填充的方式, 没有去分析这些不同的组织规律究竟会使织物产生何种效果, 因此, 模拟出来的织物立体感不强, 尤其在经纬纱颜色相同时, 仅能输出一个颜色方块作为模拟结果, 而且也没有考虑光照等外界条件对织物模拟的影响。所以, 有必要以一种全新的观点来对织物进行模拟。

本文着重阐述了提花织物模拟外观的模拟生成原理。从组织矩阵的提取到浮长矩阵的判定与处理, 然后着重考虑偏移矩阵和偏移余量矩阵, 从而得出了较好的模拟效果。

1 单层织物模拟流程图与实现思路

织物模拟的流程图如图 1 所示。

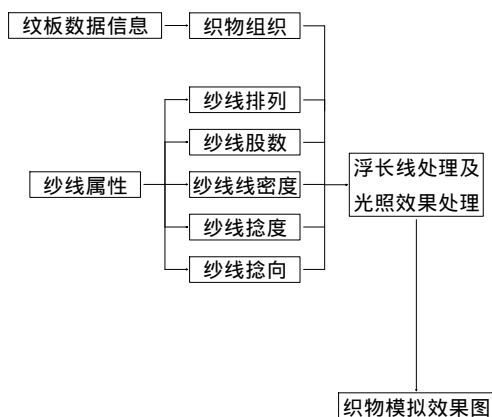


图 1 织物模拟流程图

在整个织物的模拟过程中, 要考虑多个因素。首先是纱线的各种参数, 包括纱线排列方式、纱线线密度、纱线捻度、纱线捻向等。纱线参数运用得好坏将直接影响到织物模拟效果。而织物表面光泽和浮长线的屈曲效果是影响织物外观的另外二个重要因素^[1]。缺乏光泽变化的织物表面效果图像平板、呆滞, 当经纬纱的颜色相同时, 模拟的织物效果根本看不到其中的组织结构。织物光泽基本上取决于纤维的光泽, 也就是纱线的逼真程度。光泽模拟应考虑

量和质两个方面。而织物中浮长线的屈曲情况对织物外观的影响最为显著,其主要表现为:浮长线对纱线空间位置的作用,形成表面的花纹图案,在一定条件下遮盖相邻的纱线以及浮长线对表面光泽的影响^[2]。所以抓住主要矛盾,通过对浮长线的分析,可以得到比较好的模拟效果图。

2 单层织物组织矩阵的获取

单层织物组织图反映的是织物的表层经纬纱线的交织方式,为了能让计算机识别,要建立一个能反映织物表面信息的数学模型。通过单层织物组织图可以提取出织物的组织矩阵。该矩阵的行数代表组织图的纬纱数,列数代表了组织图的经纱数,每个元素代表了组织图上相应的组织点。经组织点用1表示,纬组织点用0表示。这样就可以直接从组织图中得到组织矩阵,也可以由纹板图生成组织矩阵。正确分析组织并获得组织矩阵为织物模拟奠定了基础。

3 浮长矩阵的判定和处理

处理浮长线效应应有两个关键:1)如何判定浮长线的长度和起点或终点;2)如何处理浮长线所突出表现的亮度由中间向两边递减的现象。

在绘制浮长线时,首先必须计算出浮长线的长度。织物的浮长线是指一个系统的纱线连续地浮在另一个系统纱线上的长度,织物的组织矩阵是一个由0、1构成的矩阵,为了便于绘制,可以将织物的组织矩阵进行化简。对于经浮长,把每一列连续的1的个数累加到最上面,并且将以前的1置为0,这样就得到了经浮长矩阵;对于纬浮长,首先把组织矩阵的值置反,即0变1,1变0。然后把每一行连续的1的个数累加到最左边的纬组织点上,再把那些连续的1置为0,形成新的经、纬浮长矩阵,对于组织矩阵A:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

其经浮长矩阵B和纬浮长矩阵C分别为:

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 0 & 1 & 3 \\ 2 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

织物组织矩阵处理成浮长矩阵可以大大地提高计算机程序运行的效率,如果直接从织物组织矩阵着手绘制,则使程序不容易编制,程序的执行效率低下。

对浮长线的处理很简单,就是要表达浮长线中间亮两边暗的光照效果。对选定的浮长线,找到浮长线的中点,向两边进行保持色彩(hue)、饱和度(saturation)、亮度值(lightness)递减的替代,直至浮长线终点。其中值得注意的是,纬纱的浮长线是中间向左右两边亮度递减,而经纱浮长线是中间向上下两边亮度递减。

4 偏移矩阵的判定与运用

浮长线对织物组织外观的另一重要作用就是使得经纬组织点之间可能会产生挤压,直接导致的结果就是经纬组织点产生偏移,也就是说经纬组织点可能会离开组织图中该组织点位置一定的距离。组织点的偏离对织物的外观表现产生了较大的影响。经纬组织点偏离是如何产生的?对经组织点而言,如果该经组织点左右两边的组织点为不同形态的组织点,那么从物理的角度上看,该织点必定受力不平衡,导致的结果就是向左或是向右偏移。

对组织矩阵进行进一步的考察以计算得出经偏移矩阵、纬偏移矩阵,算法的基本思路是:对经组织点而言,如果在组织矩阵中其左边和右边均为1或0,则近似认为其受力是均衡的,不产生位置上的偏移;若其左边和右边的组织点属性不同,则必然会因为受力不均衡而产生位置上的偏移,需对经偏移数组赋+1或-1值。此处所赋的±1值仅仅代表经组织点的偏移方向,+1代表右偏,-1代表左偏。具体的偏移量由该经组织点所对应的经纱直径决定。类似的,对纬组织点而言,需判断其上方和下方的组织点情况来对纬偏移数组赋值。+1代表下偏,-1代表上偏。对于如上的组织矩阵A的经偏移矩阵D和纬偏移矩阵E为:

$$D = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \end{pmatrix} \quad E = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

找到偏移的组织点,就可以模拟组织点偏移的效果。但是由于仅处理了偏移的该组织点而未对造成该组织点偏移的组织点扩展,在织物模拟图中势必会出现断线的现象,在偏移组织点原起始位置和偏移后的起始位置之间会产生孔隙。采用在生成经

(纬)线位图画经(纬)组织点时为了填补偏移余量又循环生成了纬(经)线位图的方法。

5 经纬密度的模拟

织物的质地有松紧之分,经纱与经纱之间,纬纱与纬纱之间都存在着一定的间隔,模拟这种现象并不是简单地把经纬浮长延长间隔值就可以了。当然对于经纬组织点交替的情况,延长经纬浮长线足以。但织物存在经组织点与左右经组织点相邻,纬组织点与上下纬组织点相邻的情况,它们之间应该补上纬纱或经纱。

6 整体毛绒处理和偏移余量矩阵

在贴浮长线到织物模拟图中时,对于纱线而言,由于纱线的直径是一个常数,如果毛绒系数变化的话,虽然纱线是显示了这种效果,但在织物模拟图中,与相邻纱线的毛绒交织情况还是无法表现,而且毛绒纱线有明显的边界感。

所以有必要以一种全新的观点去实现这种思想,处理方法是这样的:如果经纱和纬纱全部是光滑的,那么此时就不需要进行处理,如果经纱和纬纱中存在有毛绒的纱线时,在毛绒线的边缘部分进行模糊化,以周围 8 个点中的任意点来随机取代当前点。

上面处理偏移时模拟速度很慢的原因就是在生成经(纬)线位图画经(纬)组织点时为了填补偏移余量又循环生成了纬(经)线位图,大量占据内存。提出优化算法,考虑在画经组织点时利用现有的经线位图画纬线偏移余量(理论分析可知纬线偏移余量应用经线填补),在画纬组织点时利用现有的纬线位图画经线偏移余量(经线偏移余量应用纬线填补)。这样就可以避免循环生成大量位图,提高模拟速度。

这样本来利用经(纬)偏移矩阵来判定纬(经)偏移余量的算法将行不通。另一种方法通过组织矩阵直接生成经纬偏移余量矩阵,目的是直接通过经纬偏移余量矩阵中该组织点的值,决定该组织点的左右延长的情况。经纬偏移余量矩阵应该在画组织点之前生成。纬偏移余量矩阵的生成方法为:先生成组织矩阵,在组织矩阵中分析纬组织点(即 0),观察与其左邻的组织点,如果是 1,则再分析左邻组织点左边的组织点(暂命名左左邻组织点),如果是 1,则该纬组织点需要向左延长一个经偏移余量。如果左

左邻组织点是 0,则不需。如果左邻组织点是 0,则无需判定左左邻组织点的值。同理判定该纬组织点右边的 2 个组织点。然后如果该纬组织点左延长则在纬偏移余量矩阵中记为 -1,如果右延长则记为 +1,如果两边延长则记为 2,不延长记为 0。对于经偏移余量的判定也是一样,只是需要观察与其相邻的上下组织点的情况。

当然,如果是边缘的组织点只要考虑某一边相邻的组织点就可以了,因为它们不存在另一边相邻或相隔一个组织点的组织点。对于如上的组织矩阵 A 的纬偏移余量矩阵 F 为:

$$F = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

7 总结与展望

本文介绍的单层织物模拟系统模拟出来的效果图真实度高,而且织物模拟速度也理想。当然,在织物的模拟中,还存在着很多的问题。比如,织物表面光泽的处理,织物光泽基本上取决于纤维的光泽,也就是纱线的逼真程度。但是这个包括了纤维的线密度以及织物密度等很多方面的因素,考虑各个方面的因素必然会使得模拟的效率降低。所以为了模拟的实时性,必然要牺牲一定的模拟效果。因此如何通过合理的算法使其既能保证实时性,又能提高织物的真实性是研究的重点所在。

织物模拟 CAD 技术将使纺织品设计朝着优化、多元化、一体化的方向发展,使其与最终产品的一致性更加自然协调,设计的表现手法更为先进、有效。随着信息技术的进一步发展,织物模拟 CAD 设计模式在信息化的基础上,必然朝着数字化、集成化、网络化、智能化的方向发展^[3]。

参考文献:

- [1] Weil J. The synthesis of cloth object[J]. ACM SIGGRAPH, 1986, 20(4): 49 - 54.
- [2] 顾尔丹,马凌洲,许瑞清,等. 提花织物外观的计算机模拟生成[J]. 系统仿真学报, 2001, 13(3): 401 - 403.
- [3] 张森林,姜位洪. 纺织 CAD 技术的应用及其发展方向[J]. 纺织学报, 2004, 25(3): 126 - 129.