

# 基于 Autodesk Maya 的虚拟织物 悬垂性影响因数分析

杜宇轩, 张 辉\*

(北京服装学院, 北京 100029)

**摘要:**在 Autodesk Maya 环境下找出对虚拟织物悬垂性有显著影响的 6 个动力学参数, 对不同参数设置的多组虚拟织物进行了悬垂性测试, 并通过相关性和线性回归分析, 求解出了虚拟织物悬垂性与动力学参数之间的回归方程, 以及主要动力学参数对悬垂系数的影响。

**关键词:**Autodesk Maya; 虚拟织物; 悬垂性; 动力学参数; 回归分析

**中图分类号:**TS101.92

**文献标识码:**B

**文章编号:**1673-0356(2016)10-0011-04

在三维建模和动画软件 Autodesk Maya 中, 对角色服装的模拟是利用 nCloth 模块实现的。在该模块中通过调节虚拟服装面料的动力学参数(Dynamic Properties), 尽可能真实地模拟出各类面料的服装外观效果。在现实世界中织物面料的悬垂性是决定服装外观效果的重要因素之一。

面料的悬垂性是指面料因自重而下垂形成自然曲面的性能, 面料的悬垂性越好服装的垂感就会越好, 如丝绸、人造棉等; 面料的悬垂性越差服装的垂感就会越差, 如麻布、帆布等。为方便设计师工作, nCloth 模块提供了几种面料的预设参数, 但通过试验发现仍与实际面料有一定差异。且对于没有提供预设参数的面料, 设计师只能凭感觉进行调节。本文为了方便设计师理解和使用 nCloth 模块的动力学特性参数, 从而在 Maya 环境下更加真实地模拟服装的外观效果, 探究了在 Autodesk Maya 2014 环境下, 虚拟服装面料的悬垂性表征指标与面料主要动力学参数之间的关系。

## 1 试验部分

### 1.1 动力学参数的确定

在 Autodesk Maya 2014 中的 nCloth 模块是专门用于创建虚拟面料及服装的, 通过 nCloth 模块的“动力学参数”设置窗口可以调节虚拟织物的力学特性, 改变面料或服装的运动形态<sup>[1]</sup>。动力学参数共包括 17 个常用的可调参数, 见表 1。需要注意的是这些参数没有单位, 且取值范围也不尽相同, 虽然部分虚拟参数的

名字与真实面料的力学性能名称相近, 但并非严格的对应关系, 无法直接应用于真实面料的测量数据。

表 1 动力学参数及其取值范围

动力学参数	系统默认值	取值范围
拉伸阻力(Stretch Resistance)	20	0~200
压缩阻力(Compression Resistance)	10	0~200
弯曲阻力(Bend Resistance)	0.1	0~200
弯曲角度衰减(Bend Angle Dropoff)	0	0~1
斜切阻力(Shear Resistance)	0	0~200
恢复角度(Restitution Angle)	360	0~720
恢复张力(Restitution Tension)	1 000	0~1 000
刚性(Rigidity)	0	0~10
变形阻力(Deform Resistance)	0	0~10
静止长度比例(Rest Length Scale)	1	0~2
弯曲角度比例(Bend Angle Scale)	1	-2~2
质量(Mass)	1	0.001~10
升力(Lift Force)	0.05	0~2
阻力(Resistance)	0.05	0~2
切向阻力(Tangential Resistance)	0	0~1
阻尼(Damp)	0	0~10
拉伸阻尼(Stretch Damp)	0.1	0~10

Autodesk Maya 2014 系统预设了几种织物的动力学参数, 包括真丝、纯棉、雪纺等。初步研究发现在虚拟织物的预设参数中, 有 10 个动力学参数的设定值是恒定的, 因此需要研究的动力学参数只有 7 个即拉伸阻力、压缩阻力、弯曲阻力、弯曲角度衰减、质量、切向阻力和阻尼。参考虚拟织物的预设参数可知, 拉伸阻力、压缩阻力、弯曲阻力、质量这 4 个最基本的动力学参数, 对虚拟织物悬垂性有明显影响; 而弯曲角度衰减、切向阻尼、阻尼这 3 个参数, 需要通过预试验来确定其对虚拟织物的悬垂性是否有明显影响。在预试验中采用张辉博士研发的虚拟织物悬垂性测量软件 DrapingTestor, 来测量虚拟织物的悬垂系数和波纹数这两个重要的描述性指标, 测试结果见表 2~表 4。

收稿日期: 2016-08-28; 修回日期: 2016-08-30

作者简介: 杜宇轩(1989-), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为结构设计。

\* 通信作者: 张 辉(1966-), 男, 教授, E-mail: gdcad@126.com。

表2 弯曲角度衰减和悬垂性测试值

弯曲角度衰减	悬垂系数/%	波纹数/个
0	29.36	7
0.5	18.29	10
1	11.22	17

表3 切向阻力和悬垂性测试值

切向阻力	悬垂系数/%	波纹数/个
0	28.49	7
0.5	28.53	7
1	28.50	8

表4 阻尼和悬垂性测试值

阻 尼	悬垂系数/%	波纹数/个
0	28.48	7
1	31.95	7
3	35.79	9
5	38.41	10
10	36.22	10

由表2~4可知,弯曲角度衰减和阻尼参数对虚拟织物的悬垂性影响较大,而切向阻力的取值变化对虚拟织物的悬垂性影响不大,可不作为本研究的主要参数。

根据 Maya 2014 中动力学参数的取值范围、系统预设面料取值情况及预试验分析,制定出6个主要动力学参数的试验取值,见表5。

表5 虚拟织物悬垂性试验的参数设置值

动力学参数	试验取值
拉伸阻力	30,40,50,60
压缩阻力	5,20,35,45
弯曲阻力	0.1,1.5,3
弯曲角度衰减	0,0.5,1
质量	0.1,1,2
阻 尼	0.1,3,5

### 1.2 虚拟织物悬垂性模拟试验

图1是在 Maya 2014 环境下创建的悬垂仪模型和模拟织物垂悬性测试实验。根据织物悬垂性测量国家标准,将虚拟织物圆布片直径设定为24 cm,夹持盘直径设定为12 cm;参照表5的参数取值进行织物悬垂性测试模拟实验,共计有1728组参数组合。

采用虚拟织物悬垂性测量软件 DrapingTestor 可求得虚拟织物的如下17个悬垂性描述指标值:悬垂系数、波纹数、投影面积、投影周长、形状因子、平均波峰夹角、波峰夹角不均匀率、平均波谷夹角、波谷夹角不均匀率、方位差、方位不对称度、平均峰高、峰高不均匀率、平均谷高、谷高不均匀率、平均峰宽、峰宽不均匀率。

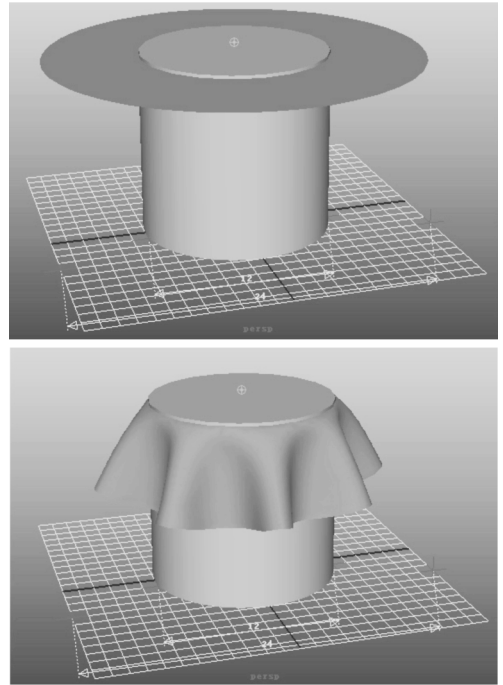


图1 在 Maya 2014 环境下的织物悬垂性模拟实验示意图

## 2 结果和分析

### 2.1 相关性分析

为确定主要动力学参数与17个悬垂性描述值之间的相关程度,利用统计分析软件 SPSS Statistics 17.0 对实验结果进行了相关性分析,如表6所示。相关系数是描述两者间线性关系强弱程度和方向的统计量,取值在1和-1之间,绝对值越大表明两者之间的相关性越高<sup>[2]</sup>。

表6 悬垂系数与动力学参数的相关性

动力学参数	Pearson 相关系数	显著性(双侧)
拉伸阻力	0.021	0.378
压缩阻力	0.072	0.003
弯曲阻力	0.389	0.000
弯曲角度衰减	-0.775	0.000
质量	-0.150	0.000
阻 尼	0.180	0.000

从表6可看出,悬垂系数与压缩阻力、弯曲阻力、弯曲角度衰减、质量、阻尼之间存在线性关系,相关系数为0的假设检验成立的概率小于0.01;但与拉伸阻力相关性不显著。同理分析得出了17个悬垂性描述值与主要动力学参数的相关性,见表7。在表7中打“√”的动力学参数与悬垂性描述值存在相关关系,即相关系数为0的假设检验成立的概率小于0.01。

### 2.2 线性回归分析

由于测得17个悬垂性描述指标之间也存在相关

关系,所以通过计算它们之间的相关系数矩阵,筛选出彼此独立的、与动力学参数相关性较高和具有代表性的3个悬垂性描述值为:悬垂系数、波纹数、峰宽不均匀率。

多元回归分析是根据多个自变量的最优组合建立

回归方程来预测因变量的一种分析方法。本文利用统计分析软件 SPSS Statistics 17.0 进行线性回归分析,将悬垂系数作为因变量,把与其相关的主要动力学参数作为自变量来建立线性回归模型。其回归分析结果如表 8 所示。

表 7 相关性分析结果

项 目	拉伸阻力	压缩阻力	弯曲阻力	弯曲角度衰减	质 量	阻 尼
悬垂系数		✓	✓	✓	✓	✓
波纹数		✓	✓	✓	✓	✓
投影面积		✓	✓	✓	✓	✓
投影周长		✓	✓	✓	✓	✓
形状因子			✓	✓	✓	✓
平均波峰夹角		✓	✓	✓	✓	✓
波峰夹角不均匀率		✓		✓	✓	✓
平均波谷夹角		✓	✓	✓	✓	✓
波谷夹角不均匀率		✓	✓	✓	✓	✓
方位差			✓	✓	✓	✓
方位不对称度			✓	✓		
平均峰高		✓		✓	✓	✓
峰高不均匀率		✓	✓	✓	✓	✓
平均谷高			✓	✓	✓	✓
谷高不均匀率		✓	✓	✓	✓	✓
平均峰宽			✓	✓		
峰宽不均匀率		✓	✓			✓

表 8 虚拟织物悬垂系数的回归分析结果

变 量	非标准化系数		标准回归系数	偏回归系数为 0 的 假设检验的 $t$ 值	偏回归系数为 0 的 假设检验的显著性水平值
	偏回归系数	标准误差			
常 量	44.977	0.065		69.209	0.000
压缩阻力	0.091	0.013	0.072	6.838	0.000
弯曲阻力	6.336	0.171	0.389	37.094	0.000
弯曲角度衰减	-36.650	0.495	-0.775	-73.972	0.000
质 量	-3.724	0.261	-0.150	-14.289	0.000
阻 尼	1.805	0.105	0.180	17.138	0.000

由表 8 可知,5 个动力学参数的偏回归系数为 0 的假设检验的显著性水平值均小于 0.001。以悬垂系数为因变量  $Y$ ,压缩阻力  $X_1$ 、弯曲阻力  $X_2$ 、弯曲角度衰减  $X_3$ 、质量  $X_4$ 、阻尼  $X_5$  为自变量,建立线性回归模型所得到的多元线性回归方程为:

$$Y_1 = 44.977 + 0.091X_1 + 6.336X_2 - 36.65X_3 - 3.724X_4 + 1.805X_5 \quad (1)$$

以波纹数为因变量  $Y$ ,压缩阻力  $X_1$ 、弯曲阻力  $X_2$ 、弯曲角度衰减  $X_3$ 、质量  $X_4$ 、阻尼  $X_5$  为自变量,计算得到的多元线性回归方程为:

$$Y = 9.216 - 0.063X_1 - 0.903X_2 + 6.378X_3 - 0.377X_4 + 0.162X_5 \quad (2)$$

以峰宽不均匀率为因变量  $Y$ ,压缩阻力  $X_1$ 、阻尼  $X_2$  为自变量,计算得到的多元线性回归方程为:

$$Y = 33.372 - 0.119X_1 + 1.982X_2 \quad (3)$$

### 2.3 主要动力学参数对悬垂系数的影响

为了更直观地展示主要动力学参数对悬垂系数的影响,对回归方程(1)进行细化分析,在该方程中起主要影响作用的两个动力学参数为弯曲阻力、弯曲角度衰减。给定其他动力学参数值,在一定范围内改变弯曲阻力、弯曲角度衰减的设定值,所得到的悬垂系数与弯曲阻力、弯曲角度衰减的关系曲线见图 2。

由图 2 可看出,弯曲阻力和弯曲角度衰减对虚拟织物悬垂系数的影响呈现出一定的规律性。即在相同弯曲阻力下,弯曲角度衰减越大,悬垂系数越小,悬垂

性能越好;当弯曲角度衰减取值在 0 和 0.5 之间时,随着弯曲阻力的增大,悬垂系数逐渐增大;当弯曲角度衰减取值接近 1 时,随着弯曲阻力的增大悬垂系数呈微弱减小趋势。

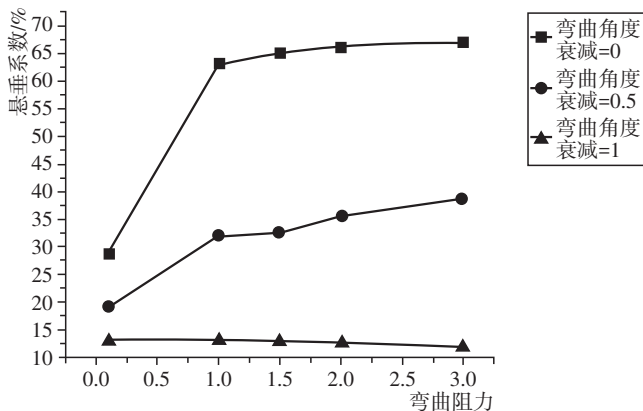


图2 弯曲阻力、弯曲角度衰减对悬垂系数的影响

## Analysis of the Influencing Factors of Virtual Textile Drape Property Based on Autodesk Maya

DU Yu-xuan, ZHANG Hui\*

(Beijing Institute of Fashion Technology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** In the system of Autodesk Maya, six dynamic parameters which had a significant impact on virtual textile drape property were found out. Several groups of virtual textiles with different dynamic parameters were measured the drape property. By the means of correlation analysis and linear regression analysis, the regression equation of virtual textile drape property and dynamic parameters was obtained, and the main dynamic parameters' influencing on the drape coefficient was analyzed.

**Key words:** Autodesk Maya; virtual textile; draping; dynamic parameters; regression analysis

## 废物再利用 废弃纺织品摇身一变成建筑材料

据西班牙马德里理工大学的一项调查表明,在欧盟,每年将产生约 580 万 t 的废弃纺织品,其中只有 1/4 进行了回收,剩下的 3/4 都被拉到了垃圾填埋场或进行焚烧处理。

为此,马德里理工大学的科学家进行了一个新的尝试,他们把这些废弃纺织品制作成了环保型的室内挂墙板。

这些废弃纺织品主要来自服装生产行业,由于这些原料来自于检验合格的产品,所以这些废弃物事先并不需要经过特殊处理,只需要将它们进行切割粉碎。科学家们从中提取出了制作墙板所需的纺织纤维。

## 3 结语

在 Autodesk Maya 2014 环境中,影响虚拟织物悬垂性的主要动力学参数为压缩阻力、弯曲阻力、弯曲角度衰减、质量、阻尼,其中弯曲角度衰减对虚拟织物的悬垂性影响最为显著。以此为基础后续研究将通过测量真实织物的悬垂性描述值,来探究真实织物在 Autodesk Maya 2014 中所对应的主要动力学参数间的关系,从而提升虚拟织物的悬垂仿真度,为在 Maya 中更加真实地模拟服装的外观效果提供帮助。

## 参考文献:

- [1] 完美动力工作室.MAYA 动力学教程[M].北京:海洋出版社,2012.
- [2] 吴骏.SPSS 统计分析从零开始学[M].北京:清华大学出版社,2014.

将纺织纤维提取出来后,再利用一种叫做天然水硬性石灰的黏合剂将这些纤维黏合到一起,从而制成一块挂墙板。天然水硬性石灰相比于其他化学黏合剂,有着不易燃、不含有毒气体等优点,更适合用来生产室内建筑材料。

制成的挂墙板材具有低密度的特点,本身重量也远低于市场上的普通挂墙板。在保温隔热和隔音方面,纺织纤维制成的挂墙板表现也比普通挂墙板要出色得多。该挂墙板的热导率是其他普通挂墙板的 1/2,同时,纺织纤维的引入提高了墙板的吸音能力,达到更好的隔音效果。

(来源:中国纺织报)