

江雪彬,胡开利,吴雪芹,等. 叶片结构与烟丝结构的相关关系[J]. 江苏农业科学,2018,46(1):129-132.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.01.035

# 叶片结构与烟丝结构的相关关系

江雪彬<sup>1,2</sup>, 胡开利<sup>3</sup>, 吴雪芹<sup>3</sup>, 朱建新<sup>3</sup>, 韩明<sup>3</sup>, 杨永杰<sup>2</sup>, 李 晓<sup>2</sup>, 姚二民<sup>2</sup>

(1. 湖北中烟武汉卷烟厂, 湖北武汉 430051; 2. 郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 河南郑州 450000;

3. 河南中烟工业有限责任公司安阳卷烟厂, 河南安阳 455006)

**摘要:**为研究叶片结构对烟丝结构的影响规律,对叶片结构各指标与烟丝结构各指标进行相关性分析,建立叶片结构与烟丝结构关系模型。结果表明:(1)大片率的增加有助于提高整丝率,降低碎丝率,但同时也会导致长丝率增加,中丝率降低。中片率和小片率的增加,均会导致切后碎丝率增加,中丝率与中片率呈显著正相关关系。(2)建立叶片结构各指标与烟丝结构各指标之间的关系模型,对于长丝率指标: $y_1 = 0.172x_1 - 0.146x_2 - 0.300x_3 - 0.256x_4 + 61.063$ ;对于短丝率指标: $y_3 = -0.115x_1 + 0.098x_2 + 0.112x_3 + 0.095x_4 + 13.700$ ;对于碎丝率指标: $y_4 = -0.010x_1 + 0.009x_2 + 0.010x_3 + 0.009x_4 + 1.460$ ;对于整丝率指标: $y_5 = 0.135x_1 - 0.115x_2 - 0.131x_3 - 0.112x_4 + 84.893$ 。由上述模型计算出的烟丝结构各指标与实测值吻合程度较好(长丝率  $R^2 = 0.923$ ,短丝率  $R^2 = 0.973$ ,碎丝率  $R^2 = 0.958$ ,整丝率  $R^2 = 0.967$ ),表明这些模型能够较好地预测不同结构叶片切后烟丝的尺寸分布。

**关键词:**叶片结构;烟丝结构;相关性分析;关系模型

**中图分类号:** S572.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)01-0129-04

叶片片型和结构决定烟丝结构,烟丝结构是影响卷烟质量的重要因素之一<sup>[1-2]</sup>。打叶复烤过程中,控制合理的叶片片型、结构是保障卷烟质量稳定性的前提,明确叶片结构与叶

丝结构的关系是打叶复烤后片烟结构优化的关键<sup>[3]</sup>。近年来,国内外学者对叶片结构与叶丝结构的关系开展了大量研究。罗登山等通过综述叶片结构对卷烟质量影响的研究进展指出,影响叶片结构的主要因素为烟叶原料的物理特性、加工工艺和加工设备等,同时不同尺寸叶片的比例变化会对烟丝结构产生影响,并随之影响卷烟的卷制质量<sup>[3]</sup>。刘志平等对叶片大小与叶丝尺寸关系进行探讨发现,>12.7 mm 的叶片对 >3.2 mm 的叶丝有显著影响,≤12.7 mm 的叶片对 ≤1.4 mm 的叶丝有显著影响<sup>[4]</sup>。Jakob Stephen 利用响应面

收稿日期:2016-08-02

基金项目:河南中烟科技创新重大专项(编号:ZW2014034)。

作者简介:江雪彬(1992—),女,河南洛阳人,硕士研究生,研究方向为烟草加工工艺。E-mail:908680318@qq.com。

通信作者:姚二民,教授,主要从事烟草科学教学和研究。E-mail:46440195@qq.com。

加,肿瘤细胞的抑制率与样品浓度之间呈剂量-效应依赖关系,IC<sub>50</sub>为268.675 mg/L。本研究采用CCK-8法进行细胞增殖检验,避免使用准确度不高、易出现假阳性和步骤繁琐等缺点的MTT法,同时,万文婷等报道CCK-8法检验细胞增殖效果较MTT法更佳<sup>[13]</sup>。因此,排除了部分假阳性的干扰,使研究结果更加准确可靠。木蹄层孔菌的挥发性成分主要为酯类和醛类等,有较好的抗肿瘤活性和一定的抑菌活性,可为陕西佛坪木蹄层孔菌资源的开发与综合利用提供一定的理论指导,而关于本研究挥发油中的抑菌有效成分、最低拮抗浓度及抑菌机制还有待进一步探究。

## 参考文献:

- [1] 陆勇芹,周文明,王 琦,等. 木蹄层孔菌化学成分及不同提取物体外抗肿瘤活性研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(4):131-134.
- [2] 刘 量,郑维发,周守标. 木蹄层孔菌乙醇提取物体内抗肿瘤活性及其对荷瘤鼠免疫功能的影响[J]. 徐州医学院学报,2007,27(8):497-499.
- [3] 李旭阳,包海鹰. 木蹄层孔菌子实体提取物对H22荷瘤小鼠体内抗肿瘤活性的影响[J]. 菌物研究,2013,11(3):202-206.
- [4] 黄天姿,杜德尧,陈永强,等. 木蹄层孔菌子实体化学成分及对肿

- 瘤细胞的抑制作用的研究[J]. 菌物学报,2012,31(5):775-783.
- [5] 杜德尧,陈永强,陈先晖,等. 木蹄层孔菌石油醚组分的成分分析及抗肿瘤活性研究[J]. 药物分析杂志,2011(2):261-265.
- [6] 高慧灵,雷林生,余传林,等. 木蹄层孔菌多糖对小鼠免疫功能的影响[J]. 南方医科大学学报,2009,29(3):458-461.
- [7] 周桂保,高慧灵,丁佩娥,等. 木蹄层孔菌多糖对免疫抑制小鼠免疫功能及细胞因子产生的影响[J]. 广东药学院学报,2011,27(1):60-64.
- [8] 杨怀文. 迈入二十一世纪的中国生物防治[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2005:504-506.
- [9] 郭 华,侯冬岩,回瑞华,等. 环棱褐孔菌挥发性化学成分的分析[J]. 鞍山师范学院学报,2005,7(6):49-51.
- [10] 解修超,陈文强,邓百万,等. 三尖杉种仁挥发油的化学成分及生物活性研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2013(10):76-80.
- [11] 张会鲜,何琪杨. CCK-8法检测药物影响肿瘤细胞增殖的优化研究[J]. 药学研究,2016,35(2):63-66.
- [12] 陈文强,刘兆迪,程贤利,等. 三尖杉内生真菌次生代谢产物的活性成分分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2015(12):54-57.
- [13] 万文婷,李 宁,刘 静,等. CCK-8法与MTT法检测人前列腺癌PC3细胞活性的比较研究[J]. 时珍国医国药,2010,21(12):3046-3048.

设计法对叶片结构和烟丝结构的关系进行分析,结果表明,3 目(5.9 mm)以上的烟丝主要来源于 3/2 英寸(38.1 mm)或 3/4 英寸(19.05 mm)以上的叶片;6 目(3.3 mm)和 10 目(2.0 mm)以上的烟丝主要来源于 3/8 英寸(9.53 mm)以上的叶片;14 目(1.4 mm)以上的烟丝来源于 3/8 英寸筛上和筛下的叶片;20 目(0.85 mm)以上、28 目(0.59 mm)以上的烟丝主要来源于 3/8 英寸之下的叶片<sup>[5]</sup>。雷诺公司的研究结果表明,3 目(5.9 mm)以上的烟丝主要来自 3/2 英寸以上的叶片,6 目以上的叶丝主要来自 3/4 英寸以上的叶片。目前,关于此方面多为对叶片结构与烟丝结构关系的定性研究,由于研究者们所采用的叶片结构和烟丝结构的筛分方法及尺寸区间的划分不同,因此对叶片结构与烟丝结构的关系并没有较为一致的结论<sup>[6]</sup>。本试验采用简单相关分析、因子分析、回归分析等方法研究卷烟叶片结构各指标与烟丝结构各指标间的相关关系,建立数学模型,这些模型能够较好地预测不同结构叶片切后对应烟丝的尺寸分布,为制定在线叶片结构检测标准及在打叶复烤上优化叶片结构以获得良好的卷烟物理指标提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

某牌号卷烟原料烟片、卷烟烟丝,由河南中烟工业有限责任公司提供。

JDX-A01 型叶片再切生产线(开封市金建烟草机械有限责任公司);TQ-2 型叶片振动分选筛(郑州烟草研究院);YQ-2 型烟丝振动分选筛(郑州烟草研究院);PL3001-S Mettler 电子天平(感量 0.1 g,瑞士 Mettler 公司);BINDER 恒温恒湿箱(香港路易企业有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 烟丝取样 取正常生产时,制丝线进料流量分别为 6 500、5 000、3 500 kg/h 时,经 JDX-A 型叶片再切生产线处理的叶片以及不经该设备处理的正常叶片,作为叶片试验样品,共 44 组,贴好标签待用;对生产线上的各组叶片样品进行切丝,分别取切后所对应的烟丝作为试验样品,共 44 组,贴好标签待用。取样均在机台运行稳定的状态下进行,在 JDX-A01 型截短机出口处取叶片样品,每组取样 3 次,每次随机取样 4 000 g,所取样品混合均匀后,采用四分法将其缩减至 1 000 g。烟丝样品取样点为烘丝后,具体取样方法参照叶片取样。若取样与检测时间间隔过长,则将样品放入恒温恒湿室贮存备用。

1.2.2 烟丝检测 将待测样品平衡 48 h 后,进行叶片结构及烟丝结构测试,检测方法均参照国标规定 GB/T 21137—2007《烟叶 片烟大小的测定》、YC/T 146—2001《烟叶 打叶复烤 工艺规范》等执行<sup>[7-8]</sup>。

叶片结构指标的检测利用叶片振动分选筛对烟片样品进行筛分,检测烟片的大片率(>25.40 mm 叶片率)、中片率(>12.70~25.40 mm 叶片率)、小片率(>6.35~12.70 mm 叶片率)、碎片率(2.36~6.35 mm 叶片率)。烟丝结构指标的检测利用烟丝振动分选筛对烟丝样品进行筛分,检测长丝(>3.35 mm)、中丝(>2.50~3.35 mm)、短丝(1.00~2.50 mm)以及碎丝(<1.00 mm)在烟丝中所占的比例。

2 结果与分析

2.1 叶片结构与烟丝结构的简单相关性分析

对各组试验样品的叶片结构及制丝后对应的烟丝结构各指标进行测试,用 SPSS 软件对各项指标的检测结果进行简单相关性分析<sup>[9]</sup>,得到叶片结构各指标与制丝后对应烟丝结构各指标间的相关系数矩阵(表 1)。

表 1 叶片结构与烟丝结构的简单相关性

烟丝结构	相关系数			
	大片率	中片率	小片率	碎片率
长丝率	0.659 **	-0.691 **	-0.595 **	-0.474 **
中丝率	-0.239	0.325 *	0.174	0.145
短丝率	-0.845 **	0.816 **	0.804 **	0.645 **
碎丝率	-0.362 *	0.470 **	0.257	0.201
整丝率	0.841 **	-0.811 **	-0.799 **	-0.631 **

注:“\*”表示显著相关,“\*\*”表示极显著相关。

分析结果(表 1)表明,叶片结构各指标与烟丝结构各指标呈现出不同相关性(正负相关)。长丝率与叶片结构各指标间均存在极显著的相关关系,具体表现为长丝率与大片率呈现极显著的正相关关系,与中片率、小片率、碎片率呈极显著负相关关系。中丝率仅与中片率呈显著的正相关关系,与其他各项叶片结构指标间的相关性均不显著,因此若要提高中丝率,必须相应提高中片率。短丝率与叶片结构各指标间均存在极显著的相关关系,具体表现为短丝率与大片率呈极显著负相关关系,与中片率、小片率、碎片率呈极显著正相关关系。整丝率与大片率呈极显著正相关关系,与中片率、小片率、碎片率呈极显著负相关关系,因此要提高整丝率,应尽量增加大片率。碎丝率与大片率呈现显著负相关关系,即制丝后碎丝率随着原料烟片大片率的增加而降低,碎丝率与中片率呈极显著正相关关系。

综上所述,烟丝结构各指标与叶片结构具有不同程度的相关性,即叶片结构直接影响切后的烟丝结构。大片率的增加有助于提高整丝率,降低碎丝率,但同时也会导致长丝率增加,中丝率降低。中片率和小片率的增加均会导致切后碎丝率增加。中丝率与中片率呈显著的正相关关系。

2.2 叶片结构与烟丝结构关系模型的建立

用 SPSS 软件对检测所得的叶片结构各指标进行简单相关性分析得到叶片结构各指标间的相关系数矩阵,结果见表 2。

表 2 叶片结构各指标间的简单相关性

叶片结构	相关系数			
	大片率	中片率	小片率	碎片率
大片率	1	-0.859 **	-0.940 **	-0.735 **
中片率	-0.859 **	1	0.711 **	0.439 **
小片率	-0.940 **	0.711 **	1	0.777 **
碎片率	-0.735 **	0.439 **	0.777 **	1

由表 2 可以看出,叶片结构各指标间均具有较强的相关性。若直接用其表征烟丝结构,存在共线性问题,无法消除各变量之间的相关性影响。为解决上述问题,应对叶片结构各指标进行因子分析提取主成分,构建一个能够客观反映叶片结构的综合指标,以期为叶片结构对烟丝结构影响的研究及

主成分分析法主成分的合理分组提供依据。

根据叶片结构各指标间的相关系数矩阵,采用主成分分析法,运用 SPSS 软件对叶片结构各指标进行因子分析,提取主成分,提取因子的方差贡献率见表 3。由于第 1 个主成分

的累积贡献率已达到 81.295%,故提出 1 个因子变量,作为综合因子变量,表 4 为经方差极大法旋转的因子载荷矩阵,因子主要表征叶片结构,除与大片率指标呈负相关外,与其他各指标均为正相关关系。

表 3 提取因子的方差贡献率

成分	原始特征值			平方加载的提取和		
	总体	方差贡献率(%)	累积贡献率(%)	总体	方差贡献率(%)	累积贡献率(%)
1	3.252	81.295	81.295	3.252	81.295	81.295
2	0.578	14.449	95.743			
3	0.146	3.658	99.401			
4	0.024	0.599	100.000			

表 4 因子载荷矩阵

叶片结构	成分 1 载荷系数
大片率	-0.985
中片率	0.837
小片率	0.957
碎片率	0.815

由于表 3、表 4 得出的因子载荷矩阵的载荷系数并不能直接用于表征综合因子变量,需要将所得因子载荷系数进行数据变换。将叶片结构各指标的方差贡献率归一化[各指标因子载荷系数除以提取因子的方差贡献率中主成分特征值(3.252)的平方根]得到转换后各指标的权重系数依次为:

-0.546、0.464、0.531、0.452,进而得到表征叶片结构综合因子  $x$  的表达式:

$$x = -0.546x_1 + 0.464x_2 + 0.531x_3 + 0.452x_4。$$

式中: $x_1$  表示大片率; $x_2$  表示中片率; $x_3$  表示小片率; $x_4$  表示碎片率。

将综合因子变量  $x$  设为自变量,将各项烟丝结构指标设为因变量  $y(y_1、y_2、y_3、y_4、y_5$  分别表示长丝率、中丝率、短丝率、碎丝率、整丝率),用 SPSS 软件进行多元回归分析。根据逐步回归原理,采用 SPSS 统计软件对叶片结构指标  $x$  与各项烟丝指标  $y_1、y_2、y_3、y_4、y_5$  依次进行逐步回归分析,得到多元回归方程及显著性检验结果见表 5、表 6。

表 5 综合因子变量与烟丝结构各指标间的多元回归分析结果

烟丝结构	常数项			综合因子变量			$R^2$
	回归系数	标准化回归系数	$P$ 值	回归系数	标准化回归系数	$P$ 值	
长丝率	61.063	—	0	-0.314	-0.675	0	0.456
中丝率	23.830	—	0	0.067	0.247	0.106	0.061
短丝率	13.700	—	0	0.211	0.864	0	0.746
碎丝率	1.460	—	0	0.019	0.367	0.014	0.135
整丝率	84.893	—	0	-0.247	-0.859	0	0.738

注:“—”表示此项无数据。

表 6 综合因子变量与烟丝结构各指标间的显著性检验结果

变异来源	离差平方和	自由度	均方差	$F$ 值	$P$ 值
长丝率	回归	244.785	1	244.785	35.146
	离回归	292.524	42	6.965	0.000
	总变异	537.310	43		
中丝率	回归	11.134	1	11.134	2.724
	离回归	171.693	42	4.088	0.106
	总变异	182.827	43		
短丝率	回归	111.012	1	111.012	123.557
	离回归	37.736	42	0.898	0.000
	总变异	148.747	43		
碎丝率	回归	0.909	1	0.909	6.534
	离回归	5.844	42	0.139	0.014
	总变异	6.753	43		
整丝率	回归	151.508	1	151.508	118.137
	离回归	53.864	42	1.282	0.000
	总变异	205.372	43		

回归分析结果(表 5、表 6)表明,叶片结构与长丝率、短丝率、整丝率均存在极显著的相关关系,与碎丝率呈显著相关关系,而中丝率指标与综合因子变量间的相关关系不显著,故

模型构建失败,这可能是由于中丝率指标受多种因素影响,因此不适合用该叶片结构构建的模型来预测。按照  $R^2$  排序,各项烟丝结构指标与叶片结构之间的关系密切程度由强到弱的顺序依次为短丝率、整丝率、长丝率、碎丝率、中丝率,即烟片的叶片结构对切丝后烟丝的短丝率、整丝率的影响较大<sup>[10]</sup>。

根据烟丝结构各指标与综合因子变量  $x$  的拟合所得方程,将构建的综合因子变量  $x = -0.546x_1 + 0.464x_2 + 0.531x_3 + 0.452x_4$  代入方程,得到烟丝结构各指标与叶片结构各指标间的关系模型如下:

$$y_1 = 0.172x_1 - 0.146x_2 - 0.300x_3 - 0.256x_4 + 61.063;$$

$$y_3 = -0.115x_1 + 0.098x_2 + 0.112x_3 + 0.095x_4 + 13.700;$$

$$y_4 = -0.010x_1 + 0.009x_2 + 0.010x_3 + 0.009x_4 + 1.460;$$

$$y_5 = 0.135x_1 - 0.115x_2 - 0.131x_3 - 0.112x_4 + 84.893。$$

2.3 模型验证

将检测所得的各项叶片结构数据带入所建模型可得到对应烟丝结构的各项数据,将计算值与实测值进行比较,结果见图 1 至图 4。可以看出,用模型所求出的烟丝结构各指标计算值与实测值吻合程度较好, $R^2$  分别为长丝率 0.923,短丝率 0.973,碎丝率 0.958,整丝率 0.967,表明利用所建立的模型

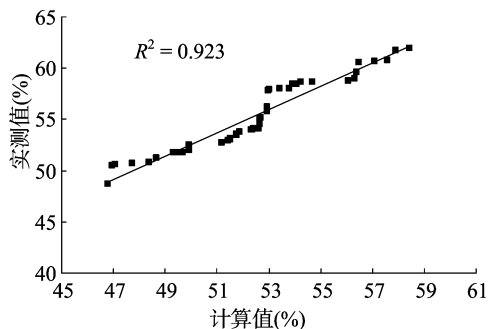


图1 制丝后长丝率计算值与实测值比较

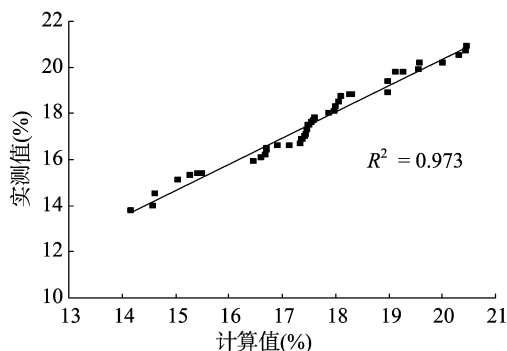


图2 制丝后短丝率计算值与实测值比较

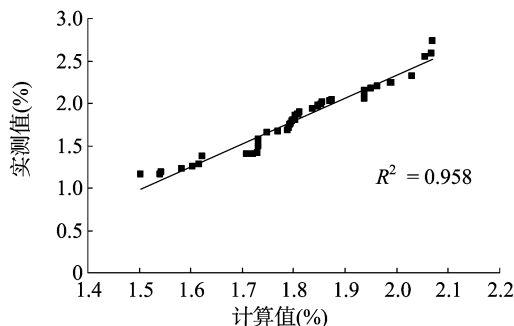


图3 制丝后碎丝率计算值与实测值比较

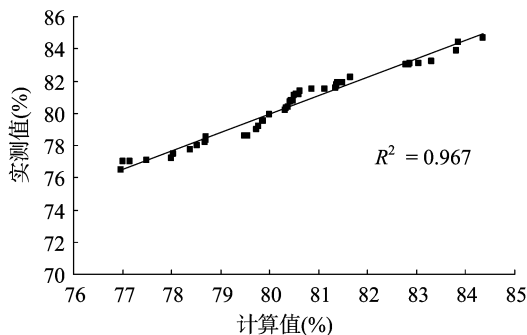


图4 制丝后整丝率计算值与实测值比较

能够较好地预测不同结构叶片切后烟丝的尺寸分布。

上述模型建立了叶片结构与烟丝结构的定量关系,对进一步研究烟丝的合理性生产和利用具有至关重要的作用。利用叶片结构与烟丝结构的关系模型来预测制丝后对应烟丝的

尺寸分布可为在线叶片结构检测标准的制定提供依据。监测叶片结构的波动情况对保证成丝到卷包过程中烟丝结构所涉及物理指标的合格具有重要意义,可根据一定尺寸范围的烟丝含量选择增减相应大小叶片比例,为打叶复烤优化叶片结构提供依据<sup>[12-14]</sup>。

### 3 结论与讨论

烟丝结构的各指标与叶片结构具有不同程度的相关性,叶片结构直接影响切后的烟丝结构。大片率的增加有助于提高整丝率、降低碎丝率,但同时也会导致长丝率增加、中丝率降低。中片率和小片率的增加,均会导致切后碎丝率增加,中丝率与中片率呈显著的正相关关系。

建立叶片结构各指标与烟丝结构各指标之间的关系模型,且用所建立模型求出的烟丝结构各指标计算值与实测值吻合程度较好,其  $R^2$  分别为长丝率 0.923,短丝率 0.973,碎丝率 0.958,整丝率 0.967,能够较好地预测不同结构叶片切后叶丝的尺寸分布。

### 参考文献:

- [1] 于建军. 卷烟工艺学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [2] 陈良元. 生产工艺技术[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2002.
- [3] 罗登山,曾 静,刘 栋,等. 叶片结构对卷烟质量影响的研究进展[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2010,25(2):13-17.
- [4] 刘志平,姜焕元,林 平. 叶片大小与叶丝尺寸关系的探讨[J]. 烟草科技,2002,17(2):15-17.
- [5] Jakob Stephen W. Flue-cured strip/cut filler particle size correlation [EB/OL]. (2002-02-01)[2016-02-05]. <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/tsj33a00>.
- [6] 余 娜,夏艺丰,朱文魁,等. 叶片结构与叶丝结构关系模型研究[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2013,28(3):24-28.
- [7] 国家烟草专卖局. 烟叶 片烟大小的测定:GB/T 21137—2007[S]. 2007.
- [8] 国家烟草专卖局. 烟叶 打叶复烤 工艺规范:YC/T 146—2001[S]. 2001.
- [9] 姚光明,李 晓,尹献忠,等. 烟丝整丝率变化率对卷烟卷接质量的影响[J]. 烟草科技,2004,19(11):3-6.
- [10] 刘德强,贾 洋,王乐军,等. 烟丝结构对烟支卷制质量的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(32):18589-18590.
- [11] 何结望,魏 嵬,谢 豪,等. 原烟配方分组打叶对片烟质量的影响[J]. 烟草科技,2007,22(9):10-12.
- [12] Funke P, Drewes H, Roether F. On-line optical measuring system for determining tobacco particle size[EB/OL]. (2002-02-01)[2016-02-05]. <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/fue81f00>.
- [13] Reynolds R J. Status of the strip particle size specification project [EB/OL]. (2002-02-01)[2016-02-05]. <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/gpj34d00>.
- [14] White M. Translation of uncut to cut particle size [EB/OL]. (2002-02-01)[2016-02-05]. <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/cac14d00>.