

品质模型及地域分异系统构建

张丽娟 著

$$IFQIM = \frac{LEN-10}{\sqrt{MIC}} \times STII$$

$$AMTRI_{STII} = 2.6384 \times \frac{AMT}{RII} + 0.0261$$

哈尔滨地图出版社

品质模型及地域分异系统构建

PINZHI MOXING JI DIYU FENYI XITONG GOUJIAN

张丽娟 著

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目(CIP)数据

品质模型及地域分异系统构建/张丽娟著. —哈尔滨:
哈尔滨地图出版社, 2006. 6
ISBN 7-80717-360-2

I. 品... II. 张... III. ①地质模型—高等学校—
教材②区域地质—区域差异—高等学校—教材 IV.
①P628②P56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 058468 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址:哈尔滨市南岗区测绘路2号 邮编:150086)

哈尔滨久利印刷有限公司印刷

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16 印张:10.75 字数:220 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

印数:1 ~ 500 定价:25.00 元

前 言

棉花是我国最重要的经济作物,棉花质量是提高原棉市场竞争力的关键,目前我国棉区分布广阔,气候类型多样,品种和品质类型亦多,因受气候资源限制,劣质花占总产量的15%~20%。同时,作为我国最主要的纺织原料,棉纤维占纺织工业约60%~80%的成本,原棉质量的好坏直接决定纱线的质量,影响纺织行业的经济效益。棉纺织工业的发展对原棉质量有多层次的需求,而目前生产的大宗原棉基本为适宜纺中支纱的细绒棉,纤维品质类型单一,纤维强度普遍偏低。另外,在整个棉花产业中,生产部门关心纤维品质,纺织部门重视成纱品质,两部门对原棉质量的衡量标准不统一。因此,若能将棉纤维品质与成纱质量综合考虑,建立一个机理性较强、应用广泛,既能表示棉纤维品质,实现对棉纤维品质形成的动态预测,促进棉花生长模型在支持棉纤维品质管理调控、不同地域棉纤维品质潜力估算以及种植制度调整等领域的应用,又能解决农业部门与纺织部门对原棉质量衡量标准不统一的问题,将具有重要的现实意义。

本书以构建基于棉纤维发育生理生态过程的棉花品质形成模型和基于农业与纺织部门可以共同使用的棉纤维综合品质指数模型为基础,以建立棉纤维综合品质模拟模型为实例,为从事数字农业和信息农业以及相似专业的研究人员在建模思路和方法上提供参考。

本书的第一章至第八章、第十一章由张丽娟著,第九章和第十章由张冬有著,由于著者学术水平有限,本书错误和疏漏之处在所难免,恳请读者不吝指正。

本书在写作过程中,得到周治国教授悉心指导,每个章节都凝集了周教授大量的心血,周教授治学的严肃态度,做学问的严谨风格,忘我的工作热情,渊博的专业知识,勇于探索不断进取的精神,真诚待人的品质,都给我留下了心灵的震撼,并将对我以后的工作和人生产生深远的影响。在本书完成之际,谨向周老师表示深深的谢意和崇高的敬意。在本书的写作过程中,得到了中国纤维检验局吕善模总工程师、国家图书馆谢桂苹工程师的热情指导和帮助,谨向你们表达深切的谢意。同时,得到了棉花学报刘金生编辑、纺织学报胡京平编辑、中国农业科学王莉编辑、自然灾害学报李玉亭主编的悉心指导和帮助,在此向你们表示真诚的感激。在本书完成过程中,得到哈尔滨师范大学人事处蒋晶洁处长,地理系臧淑英主任、杨革书记以及多位同事的支持和关心。在此一并表示深切的谢意。

编 者

2006年6月30日于哈尔滨

棉纤维综合品质模型构建及地域分异 评价系统的研究

内 容 摘 要

本研究在综合国内外相关研究成果的基础上,以不同品质原棉纺纱试验、2001 ~ 2002 年长江流域棉花品种比较试验、1994 ~ 1996 年不同区域棉花分期播种试验等为基础,利用 SPSS11.5、SYSTAT10.0 等分析软件,构建了棉纤维综合品质指数模型、主要棉纤维品质性状气象生态模型、棉纤维综合品质模型等,研制基于模型和 GIS 的棉纤维综合品质地域分异评价系统,并进行应用。

1. 棉纤维综合品质指数模型

利用不同品质原棉纺纱试验结果,采用主成分分析等方法,对棉纤维品质指标进行分析,结果表明:单纱强力是表示成纱质量的主要指标;原棉品质是决定纱线强力的主要因素,在不同的纺纱工艺下,不同原棉的成纱强力分布趋势不受纺纱工艺影响,即如果棉纤维综合品质高,则在任何工艺条件下,其成纱强力高;棉纤维长度、比强度、整齐度和麦克隆值是表示棉纤维综合品质的关键指标。基于上述研究结果,建立了棉纤维综合品质指数模型(IFQI): $IFQI = (LEN - 10) / \sqrt{Mic} \times Str$ 。此模型机理性强、自变量少、模型形式简单直观,而且与成纱强力、纺纱均匀指数呈极显著正相关,并建立了 SCI 与 IFQI 之间的关系模型: $SCI = 0.3684 \times IFQI + 35.588$ 。IFQI 模型可作为农业部棉纤维检验部门和纺织工业棉纤维检验部门能共同参考的指数,不仅能解决两部门棉纤维重复检验问题,而且能大大减少棉纤维检验的工作量。

2. 棉纤维主要品质性状气象生态模型

(1) 棉纤维长度气象生态模型。利用多个试验结果,从品种、果枝节位、开花期对棉纤维长度的影响差异等多方面论证了棉纤维长度与品种特性、气象生态因子的关系,认为棉纤维长度主要决定于品种特性,但也受气象生态因子的影响。提出了体现品种遗传特性的果节位棉纤维长度模型,同时认为日最低温度、相对湿度为影响棉纤维长度的关键因子,并证明了日最低温度与棉纤维长度的关系趋势和夜均温与棉纤维长度的关系趋势基本一致。提出了日最低温度和夜均温对棉纤维长度的修正模型,经过模型检验,并考虑到夜均温取值困难等因素,选择用日最低温度代替夜均温作为模型的修订因子。棉纤维长度气象生态模型为:

$$LEN_i = LEN_s \times LEN_l \times LEN_{MIN},$$

$$LENI = 0.049 \times \sin(0.767 \times PMSN_i - 1.424) + 1.010,$$

$$LENI_{MIN} = -0.002 \times TAMIN^2 + 0.0225 \times TAMIN + 0.5942。$$

此模型既强调了品种特性对棉纤维长度的决定作用,又体现了气象生态因子对棉纤维长度的影响作用。

(2) 棉纤维比强度气象生态模型。棉纤维比强度主要决定于品种遗传特性,但对环境变化最敏感。研究表明:铃期日均温、日降水、日最高温度、相对湿度是影响的关键气象生态因子,进而提出了棉纤维比强度的单因素气象生态模型和多因素气象生态模型,利用试验资料分析比较,确定最高温度和相对湿度交互作用模型为最佳的棉纤维比强度气象生态模型。模型形式为:

$$STH = STH_s \times AMTRH_{STH}, AMTRH_{STH} = 2.6384 \times \frac{AMT}{RH} + 0.0261。$$

(3) 棉纤维麦克隆值气象生态模型。采取与棉纤维比强度气象生态模型建立相似的研究方法,构建了棉纤维麦克隆值气象生态模型。模型为:

$$MIC = MIC_s \times DAT_{MIC} \times ARF_{MIC}, DAT_{MIC} = 0.0341 DAT^2 - 1.5756 DAT + 19.125, ARF_{MIC} = 0.8396 \exp(0.0272 \times ARF)。$$

3. 棉纤维综合品质模型

基于上述研究结果,建立棉纤维综合品质模型:

$$\left\{ \begin{array}{l} IFQI = \frac{LEN - 10}{\sqrt{MIC \times STH}} \\ LEN_i = LEN_s \times LENI \times LENI_{MIN} \\ LENI = 0.049 \times \sin(0.767 \times PMSN_i - 1.424) + 1.010 \\ LENI_{MIN} = -0.002 \times TAMIN^2 + 0.0225 \times TAMIN + 0.5942 \\ STH = STH_s \times AMTRH_{STH} \\ AMTRH_{STH} = 2.6384 \times \frac{AMT}{RH} + 0.0261 \\ MIC = MIC_s \times DAT_{MIC} \times ARF_{MIC} \\ DAT_{MIC} = 0.0341 DAT^2 - 1.5756 DAT + 19.125 \\ ARF_{MIC} = 0.8396 \times \exp(0.0272 \times ARF) \end{array} \right.$$

经应用,认为棉纤维综合品质模型形式简单,机理性强,具有与 *SCI* 相同的预测棉纤维品质和成纱品质的作用。

4. 基于模型和 GIS 的棉纤维综合品质地域分异评价系统

以 MapObjects2.1 为系统开发平台,采用数字化软件和数据库管理系统,利用 Visual Basic6.0 开发语言,基于棉纤维综合品质模型,研制了棉纤维综合品质地域分异评价系统。此系统可实现黄河流域棉区和长江流域棉区 224 个棉花主栽县(市)主栽棉

花品种棉纤维长度、比强度、麦克隆值和棉纤维综合品质的预测与地域分异评价。

综合以上研究结果,与已有的研究成果相比,本研究主要在以下几方面有所创新:

(1) 针对棉纤维检验的现状,在前人研究的基础上,构建了棉纤维综合品质指数模型,模型既可以用于农业部门评价棉纤维综合品质,也可以作为纺纱部门评价成纱品质的指标。

(2) 建立了与棉纤维综合品质指数模型中相关的棉纤维主要品质性状(纤维长度、比强度和麦克隆值)的气象生态模型。其中:

棉纤维长度气象生态模型由基于果枝果节位的模型和气象生态因子修订系数模型组成,模型既体现了品种遗传特性在棉纤维长度形成中的决定作用,又体现了气象因子的影响作用,而且在模型中首次提出用日最低温度代替夜均温的观点,提高了模型的实用性。

棉纤维比强度气象生态模型考虑到多个气象生态因子交互作用,对模型进行检验比较,确定最高温度和相对湿度交互作用模型为最佳的比强度气象生态模型,该模型并非简单的统计模型,具有较强的机理性。

棉纤维麦克隆值气象生态模型充分考虑了气象生态因子间的交互作用,确定日均值和日降水交互作用模型为最佳的麦克隆值气象生态模型。

(3) 首次建立了棉纤维综合品质模型,该模型可对棉纤维综合品质进行预测和地域分异评价。

关键词:棉纤维综合品质指数;棉纤维长度;棉纤维比强度;棉纤维麦克隆值;气象生态模型;棉纤维综合品质;地域分异。

目 录

第 1 章 文献综述与研究目的	1
1.1 棉纤维成纱品质质量模型的研究进展	1
1.1.1 成纱强力模型	1
1.1.1.1 基于棉纤维综合品质指数成纱强力模型	1
1.1.1.2 成纱强力统计模型	3
1.1.1.3 其它成纱强力模型	4
1.1.2 其它成纱品质质量模型	4
1.1.3 成纱品质质量模型的综合评述	5
1.2 棉纤维品质指标对成纱强力影响的研究进展	5
1.2.1 棉纤维品质指标对成纱强力影响	5
1.2.1.1 棉纤维长度	5
1.2.1.2 棉纤维细度	7
1.2.1.3 棉纤维强度	7
1.2.1.4 棉纤维成熟度	7
1.2.1.5 棉纤维麦克隆值	8
1.2.1.6 棉纤维整齐度	8
1.2.1.7 其它棉纤维品质指标	9
1.2.2 棉纤维品质指标对成纱强力的贡献率	9
1.2.3 棉纤维品质指标对成纱强力影响的综合评述	10
1.3 棉纤维品质气象生态模型的研究进展	11
1.3.1 气象生态因子对棉纤维品质影响的研究进展	11
1.3.1.1 对棉纤维长度的影响	11
1.3.1.2 对棉纤维比强度的影响	12
1.3.1.3 对棉纤维麦克隆值的影响	12
1.3.2 棉纤维品质气象生态模型研究进展	12
1.4 地理信息系统(GIS)在作物生产信息管理中的应用	13
1.5 研究目的和意义	14
第 2 章 棉纤维品质性状对成纱品质的影响	22
2.1 材料和方法	22
2.1.1 供试材料	22

2.1.2	试验设计与测试项目	22
2.1.3	分析方法	23
2.2	结果与分析	23
2.2.1	棉纤维品质对成纱品质指标的影响	23
2.2.1.1	纱线断裂强度	23
2.2.1.2	单纱强力	24
2.2.1.3	断裂伸长率	25
2.2.1.4	棉结	26
2.2.1.5	杂质	26
2.2.1.6	条干均匀度变异系数(CV%)	27
2.2.2	棉纤维品质影响成纱质量的显著性分析	28
2.3	结论与讨论	28
第3章	棉纤维综合品质指数模型的构建	31
3.1	材料与方法	32
3.1.1	试验设计与测试项目	32
3.1.2	分析方法	32
3.1.3	模型检验	32
3.2	结果与分析	33
3.2.1	影响原棉成纱品质质量的因子分析	33
3.2.1.1	成纱品质质量关键指标确定	
3.2.1.2	原棉品质与单纱强力的定性关系	
3.2.2	棉纤维综合品质关键指标确定	35
3.2.3	棉纤维综合品质指数模型构建	36
3.2.3.1	模型建立	
3.2.3.2	模型确定	38
3.2.4	IFQI 模型检验	40
3.2.5	IFQI 与成纱强力的关系模型	41
3.2.6	IFQI 与成纱综合品质的关系模型	42
3.3	结论与讨论	44
第4章	气象条件对棉纤维品质影响的敏感度分析	48
4.1	材料和方法	48
4.1.1	试验设计	48
4.1.2	分析方法	49
4.2	结果与分析	49

目 录

4.2.1 棉纤维品质性状的变异性	49
4.2.2 气象生态因子对棉纤维品质性状影响的敏感性分析	50
4.2.3 铃期气象生态因子对棉纤维品质性状的影响	50
4.2.3.1 铃期平均温度和降水量对棉纤维品质性状的影响	50
4.2.3.2 铃期其它气象生态因子对棉纤维品质性状的影响	51
4.2.4 相关气象因子的适宜值与临界值的确定	53
4.3 结论与讨论	54
第5章 棉纤维长度气象生态模型的研究	57
5.1 材料和方法	58
5.1.1 试验设计	58
5.1.2 分析方法	58
5.1.3 模型检验	58
5.2 结果与分析	58
5.2.1 棉纤维长度与品种遗传特性和气象因子之间的关系	58
5.2.1.1 棉纤维长度随品种、年份和试点间的差异性	58
5.2.1.2 棉纤维长度随棉铃果枝位的差异性	59
5.2.1.3 棉纤维长度随开花期的差异性	60
5.2.2 棉纤维长度与气象生态因子的关系	60
5.2.3 棉纤维长度气象生态模型的构建	
5.2.3.1 棉纤维长度随棉铃部位的变化	
5.2.3.2 不同果节位棉纤维长度模型的构建	63
5.2.3.3 棉纤维长度气象生态模型的构建	67
5.2.4 模型检验	70
5.3 结论与讨论	76
第6章 棉纤维比强度气象生态模型的研究	74
6.1 材料和方法	75
6.1.1 试验设计	75
6.1.2 分析方法	75
6.1.3 模型检验	75
6.2 结果与分析	75
6.2.1 影响棉纤维比强度的关键因子	75
6.2.1.1 棉纤维比强度与铃期气象生态因子的关系	75
6.2.1.2 棉纤维比强度与品种遗传特性的关系	76
6.2.2 棉纤维比强度的气象生态模型的构建	77

6.2.2.1 单因素气象生态模型	77
6.2.2.2 多因素气象生态因子交互作用气象生态模型	80
6.2.2.3 棉纤维比强度气象生态模型的确定	84
6.3 结论与讨论	85
第7章 棉纤维克隆值气象生态模型的研究	88
7.1 材料和方法	89
7.1.1 试验设计	89
7.1.2 分析方法	89
7.1.3 模型检验	89
7.2 结果与分析	89
7.2.1 影响棉纤维克隆值的关键气象生态因子	89
7.2.2 棉纤维克隆值气象生态模型的构建	90
7.2.2.1 模型形式	90
7.2.2.2 模型中气象因子订正系数模型的建立	91
7.2.2.3 棉纤维克隆值气象生态模型的构建	93
7.2.3 模型检验	93
7.3 结论与讨论	94
第8章 棉纤维综合品质模型的建立	97
8.1 材料和方法	98
8.1.1 试验设计	98
8.1.2 分析方法	99
8.1.3 模型检验	99
8.2 结果与分析	99
8.2.1 棉纤维综合品质指数模型构建	99
8.2.2 棉纤维长度气象生态模型的构建	100
8.2.3 棉纤维比强度气象生态模型的构建	101
8.2.4 棉纤维克隆值气象生态模型的构建	101
8.2.5 棉纤维综合品质气象生态模型的构建	102
8.2.6 棉纤维综合品质模型的应用	102
8.3 结论与讨论	103
第9章 基于GIS和模型的棉纤维综合品质地域分异评价系统的建立	108
9.1 系统结构	108
9.1.1 系统软、硬件环境	108
9.1.1.1 硬件环境	108

9.1.1.2 软件环境	108
9.1.2 系统功能设计	109
9.1.2.1 系统基本功能	109
9.1.2.2 气象数据管理	109
9.1.2.3 气象预测	109
9.1.2.4 模型运算	110
9.1.2.5 分级渲染	110
9.1.3 数据库设计	110
9.1.3.1 数据库总体设计	110
9.1.3.2 空间数据库	110
9.1.3.3 属性数据库	111
9.1.4 系统运行流程	113
9.2 系统实现	114
9.2.1 数据获取	114
9.2.1.1 空间数据获取	114
9.2.1.2 属性数据获取	114
9.2.2 系统界面构建	114
9.2.3 功能实现	116
9.2.3.1 查询功能	116
9.2.3.2 气象数据的管理	118
9.2.3.3 系统功能	119
9.2.4 系统参数设置	122
9.2.4.1 地名格式	122
9.2.4.2 地图背景颜色	122
9.3 结论与讨论	122
第10章 棉纤维综合品质地域分异评价系统(IFQIGIS)的应用——以山东省为例	125
10.1 材料和方法	125
10.2 结果与分析	125
10.2.1 系统操作过程	125
10.2.2 棉纤维综合品质的地域分异规律	134
10.2.2.1 棉纤维长度	134
10.2.2.2 棉纤维比强度	135
10.2.2.3 棉纤维麦克隆值	137

10.2.2.4 棉纤维综合品质	138
10.3 结论与讨论	140
第 11 章 讨论与结论	143
11.1 讨论	143
11.1.1 棉纤维品质性状对成纱品质的影响	143
11.1.2 棉纤维品质性状对成纱强力的影响	143
11.1.3 棉纤维综合品质指数模型的构建	144
11.1.4 气象条件对棉纤维品质影响的敏感度分析	144
11.1.5 棉纤维主要性状气象生态模型的研究	145
11.1.5.1 棉纤维长度气象生态模型	145
11.1.5.2 棉纤维比强度气象生态模型	145
11.1.5.3 棉纤维麦克隆值气象生态模型	145
11.1.6 棉纤维综合品质模型	146
11.1.7 基于 GIS 和模型棉纤维综合品质地域分异评价系统的研究	146
11.2 结论	147
11.3 今后的研究设想	149
附录 符号与参数说明	152

第1章 文献综述与研究目的

摘要:本章概要介绍了棉纤维综合品质指数的概念、性质及研究进展,阐述了棉纤维品质性状与成纱强力的关系以及成纱质量的评价方法,概述了气象生态因子对棉纤维主要品质性状影响等方面的研究进展,以及地理信息系统在作物生产管理中的应用概况,最后提出了本研究的目的与意义。

关键词:棉纤维综合品质指数;成纱品质;气象生态因子;棉纤维品质性状;地理信息系统

棉花是重要的经济作物,其品质状况关系到农业和纺织业的持续稳定发展。棉纱品质质量很大程度上由棉纤维物理性能所决定(约占80%左右),原棉在构成棉纱成本中占有较大比例,在我国已超过70%^[1]。因此,针对原棉性能与成纱品质质量关系的研究备受重视,其研究目的是试图在通过合理选择原棉和合理配棉提高纺纱产品质量的同时,最大程度地利用品质较低的棉花,以达到既能保证产品质量又能降低成本的要求。如何用棉纤维品质指标评价和预测成纱品质质量,一直是国内外研究的热点问题。

1.1 棉纤维成纱品质质量模型的研究进展

国内外关于原棉性能与成纱品质质量关系研究始于20世纪30年代。20世纪60~70年代前采用知识模型描述二者关系^[2~7],之后许多数学者提出多元统计回归模型揭示原棉性能与成纱品质质量关系^[8~25],近年来有的学者提出基于神经网络和模糊数学等方法的模型^[26~34]。我国这方面的研究起步较晚,20世纪90年代初有相关报道,集中于试验验证和成纱品质质量评价等研究领域。

成纱品质质量模型按构建过程分为两类:第一类模型以成纱品质质量指标为依变量,以棉纤维品质性状为自变量;第二类模型以棉纤维综合品质指数为中间参数,使棉纤维品质性状和成纱品质质量相联系。此外,神经网络模型和模糊数学模型提供了新思路。另外,在成纱品质质量模型中,成纱强力模型研究得最多。

1.1.1 成纱强力模型

1.1.1.1 基于棉纤维综合品质指数的成纱强力模型

棉纤维综合品质指数(An Integrated Fiber - quality Index 即 IFQI)是将棉纤维长度、强度、细度和整齐度等棉纤维主要品质指标综合,用于表示棉纤维品质优劣的一个指数,是联系原棉品质和成纱品质质量的中间参数,与成纱强力成正比^[2~3]。棉纤维品质指数是个无量纲指数,与棉纤维长度、比强度、成熟度、整齐度成正比,与棉纤维重

量成反比,成纱强力与棉纤维品质指数成正比。

为便于研究,将此方面的研究成果综述如下:

Lord^[2]在1961年提出棉纤维品质指数和成纱强力模型:

$$FQI = \frac{LSMc}{m} \text{ 或 } FQI = \frac{IUSMc}{H} \text{ 或 } FQI = \frac{LS}{F_w(H)} \quad (1-1)$$

$$CS = (310 - C) \times \sqrt{FQI} \quad (1-2)$$

式中, FQI :棉纤维品质指数; L :50%跨距长度(mm); S :3.2 mm 隔距比强度(cN/tex); MC :成熟系数; m :棉纤维重量($\mu\text{g}/\text{inch}$); I :2.5%跨距长度(mm); U :长度整齐度(50%或2.5%跨距长度比); H :实际棉纤维细度(mtex); $FW(H)$:每厘米长度的棉纤维重量($\mu\text{g}/\text{cm}$); CS :成纱强力(gf); C :纱线支数(s)。

Subramanian、Bogdan^[3,4]在1974年提出了棉纤维综合品质指数和成纱强力模型,模型为:

$$\begin{cases} CS = k \left[\frac{P}{C} \{1 - 10^{-0.13(M-T)^2}\} \right] - F \\ P = R \frac{e^{0.02Q} - 1}{0.02(Q+1)} + \frac{D}{(Q+1)} \\ Q = \frac{E\sqrt{SS_0}}{\sqrt{HH_s}} \end{cases} \quad (1-3)$$

式中, k :纤维转曲度对单纱断裂长度的校正系数, $k = \frac{160}{(1+BM)^2}$; P :纺纱强力参数; M :捻度; T :无效的捻度参数; F :断裂参数; R, D :常数,由纺纱条件决定; Q :棉纤维综合品质指数; E :1/32in 有效长度(2.5%跨距长度); S_0 :零隔距比强度(gf/tex); HS :标准棉纤维细度(mtex);其它符号同上。

从式(1-3)可以看出,成纱强力与棉纤维品质指数成正比,即如原棉A的棉纤维品质指数大于原棉B,那么原棉A在任何指数和任何纺纱条件下,都具有比原棉B高的纺纱强力。

Iyenger^[5]在1974年基于有效纤维长度($L-10$)的概念,提出3个棉纤维品质指数和成纱强力模型:

$$X = \frac{L-10}{\sqrt{F}} \quad (1-4)$$

$$X = \frac{L-10}{\sqrt{F}} \times S \quad (1-5)$$

$$X = \frac{L-10}{\sqrt{F}} \times S \times U \quad (1-6)$$

$$Y = KX + C \quad (1-7)$$

式中, X : 棉纤维品质指数; L : 棉纤维平均长度 (mm); F : 每单位长度棉纤维重量 ($\mu\text{g}/\text{inch}$); Y : 成纱强力 (gf); C : 常数; 其它符号同上。

式(1-7)说明, 棉纤维品质指数与成纱强力成正比。其它学者如 Pillay^[6]、Sehly 和 Browns^[6]也提出过类似棉纤维综合品质指数模型。

1.1.1.2 成纱强力统计模型

20 世纪 60 ~ 70 年代后, 美国农业部所属棉花实验室采用数字式照影仪、气流仪、卜氏强度仪、斯特洛强度仪、棉花测色仪、锡莱杂质分析机等测试手段, 逐年对新棉进行性能测定, 并进行纺纱工艺试验, 开始采用多元线性回归模型指导用户进行配棉。20 世纪 80 年代后, 随着 HVI 的问世, 提供了快速测试棉纤维性能的有利条件, 使棉纤维性能与成纱品质质量关系的研究更为广泛, 国内外提出了多个多元统计回归模型 [8 ~ 25]。模型之间的区别在于所选用的棉纤维物理指标不同, 回归系数不同。例如 Yehia^[17]提出的成纱强力模型为:

$$SBF = -6\,657.75 - 88.53FF + 283.26FL + 63.06LU + 27.14FS - 28.07FE + 37.50Rd + 44.41b - 2.98TR \quad (1-8)$$

美国农业部^[1]提出的成纱强力模型为:

$$SBF = 27.03FL + 4.19LU + 3.61FS - 6.86MI + 0.71Rd + 0.09b - 0.58TR - 379.33 \quad (1-9)$$

式中, SBF : 成纱强力 (gf); FF : 棉纤维细度 (g/mm); FL : 棉纤维上半部平均长度或 2.5% 跨距长度 (inch); LU : 整齐度 (%); FS : 1/8" 隔距强度 (gf/tex); FE : 棉纤维伸长率 (%); Rd : 棉纤维反射率 (%); MI : 麦克隆值; TR : 棉纤维杂质。

两个模型的复相关系数分别为 0.9771 和 0.890 0, 说明成纱强力 97.71%, 89.00% 能用模型中所涉及到的棉纤维品质指标所表达。

国内储才元、凌导宏^[22]先后提出 3 个棉纤维物理性能与成纱强力的多元统计回归模型。

最初提出的模型:

$$Y = -3\,656.65 + 112.20FL + 46.46LU + 35.01FS - 53.80FE - 85.56FF + 2.02Rd + 45.62b \quad (1-10)$$

考虑到纤维伸长率对成纱品质指标影响很小, 重新建立模型:

$$Y = -3\,024.97 + 110.10FL + 43.66LU + 32.42FS - 121.51FF + 1Rd + 50b \quad (1-11)$$

采用选择“最优”回归方程的方法, 提出模型:

$$Y = -3\,024.97 + 110.10FL + 43.66LU + 32.42FS - 121.51FF \quad (1-12)$$

式中, Y : 成纱强力 (gf); FF : 麦克隆值; b : 黄度; 其它符号同上。

1.1.1.3 其它成纱强力模型

近年来,国内外研究者使用神经网络方法和灰色分析方法建立了基于棉纤维物理性状的成纱强力预测模型,如 Luo^[26]、Rangaswamy^[27]、Sette^[28]和 Langenhove^[29]等。另外, Pynckels^[30]还建立了成纱强力预测专家系统,仅用6种纱线参数,加上一个纠错因素训练,该系统显示出良好的强力与均匀度预测效果。贾立锋^[33]通过灰色关联度分析认为与成纱强力最密切的棉纤维指标是棉纤维强度,其次是棉纤维长度和棉纤维断裂伸长等。陈国平^[34]认为棉纤维品质指标与成纱强力的关联度大小次序为:断裂长度>强力>成熟系数>主体长度>细度,断裂长度是影响纱线质量的最主要因素。储才元^[22]还提出成纱强力累加值灰色预测模型:

$$Y = [2.527 - 128.62FL - 16.73LU - 23.12FS - 39.39FE + 103.11FF + 27.53Rd + 38.70b] e^{-2.1707(R-1)} + 128.65FL + 16.73LU + 23.12FS + 39.39FE - 103.11FF - 27.53R - 38.70b \quad (1-13)$$

式中, $R = 1, 2, 3, \dots, 19$; 其它符号同上。

1.1.2 其它成纱品质质量模型

美国 USTER 公司在 20 世纪 90 年代初提出了评价成纱品质质量指标——纺纱均匀指数 (Spinning Consistance Index 简称 SCI), 又译“纺纱稳定性指数”。SCI 为无量纲的相对值, 是反映纤维连续可纺性的指标, 可以用来估计成纱强力和可纺潜力。SCI 越大, 成纱强力和连续可纺性越好。SCI 模型为^[35]:

$$SCI = -414.67 + 2.9Str - 9.32Mic + 49.17Len + 4.74Unf + 0.65Rd + 0.36b \quad (1-14)$$

如果没有颜色模块, 模型可修正为:

$$SCI = -322.98 + 2.98Str - 9.02Mic + 43.53Len + 4.29Unf \quad (1-15)$$

式中, SCI: 纺纱均匀指数; Str: 断裂比强度 (cN/tex); Mic: 麦克隆值; Len: 棉纤维长度 (mm); Unf: 棉纤维整齐度 (%); 其它符号意义同上。

国内徐伯俊^[36]、吕立斌^[37]、吴敏^[38]等也先后提出了利用模糊评判方法提出成纱强力评判模型, 其中如徐伯俊^[36]提出的原棉综合指数模型为:

$$T = C_i \times (A_{I \times n} \times B_{n \times m}) \times D_m$$

$$= \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_I \end{bmatrix} \times \left(\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \cdots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \cdots a_{2n} \\ \vdots & \vdots \cdots \vdots \\ a_{I1} & a_{I2} \cdots a_{In} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \cdots b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} \cdots b_{2n} \\ \vdots & \vdots \cdots \vdots \\ b_{I1} & b_{I2} \cdots b_{In} \end{bmatrix} \right) \times \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_m \end{bmatrix} \quad (1-16)$$

式中, $C_{1 \times 1}$: 成纱质量权重系数矩阵; $A_{I \times n}$: 各项物理指标权重系数矩阵; $B_{n \times m}$: 原棉各项物理性能隶属度矩阵; $D_{1 \times m}$: 等级权重系数矩阵; C_i : 成纱质量权重系数, $i = 1, \dots, I$; a_{ij} : 棉纤维物理指标权重, $i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, n$; b_{ij} : 棉纤维物理指标隶属度, $i =$