

## 采棉机产量监测系统采集数据的误差分析

张漫<sup>1,2</sup> 张彦娥<sup>1,2</sup> 张文革<sup>1,2</sup> 张斌<sup>3</sup> 李红<sup>3</sup>

- (1. 中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083;
2. 现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室,北京 100083;
3. 新疆生产建设兵团农八师科学技术委员会,新疆 石河子 832000)

**摘要** 为了获取农田作物产量信息,建立产量分布图,在消化、吸收美国 AgLeader 公司棉花产量监测系统 PF3000 的基础上,进行了棉花测产收获试验。在收获过程中,对流量传感器、速度传感器等进行了标定,并对产量数据进行了处理。试验结果表明,现场标定可有效提高测产系统流量传感器和速度传感器的测量精度,但田间环境比较复杂,产量数据采集过程中仍会引入一些误差,需对产量数据进行误差处理。误差处理后得到的棉花产量分布图聚类性增强,较为符合实际情况。

**关键词** 棉花产量监测系统;流量传感器;误差;产量分布图

中图分类号 S 127

文章编号 1007-4333(2003)06-0018-05

文献标识码 A

## Error analysis of yield data from cotton picker yield monitor system

Zhang Man<sup>1,2</sup>, Zhang Yan'e<sup>1,2</sup>, Zhang Wen'ge<sup>1,2</sup>, Zhang Bin<sup>3</sup>, Li Hong<sup>3</sup>

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education,

Beijing 100083, China; 3. Committee of Science and Technology of Shihezi, Xinjiang Shihezi 832000, China)

**Abstract** In order to acquire cotton yield information and build yield map, cotton yield monitor system PF3000 of AgLeader Corporation was analyzed and studied, harvest experiments were carried out. During harvesting, cotton flow sensor and speed sensor were calibrated, yield data were processed. The result show: for cotton flow sensor and speed sensor, measurement errors can be reduced by calibration; as a cotton picker is working in a complex environment, errors can be inevitably introduced into the yield data; after processing of these errors, the quality of the generated yield map was better than before.

**Key words** cotton yield monitor system; flow sensor; error; yield map

作物产量是评估农业生产效率的一个重要因素<sup>[1]</sup>,而获取作物小区产量信息,建立小区产量空间分布图,则是实施“精细农作”的起点,也是实现作物生产过程中科学调控投入和制定管理决策措施的基础<sup>[2]</sup>;所以在实施任何田间定位管理措施之前,进行作物产量监测,生成高精度的产量分布图是十分重要的<sup>[3]</sup>。目前,国外不同类型的产量监测系统已经分别应用于小麦、玉米、大豆、棉花、茶叶和甜菜等的收获,获取其空间产量信息。在我国,2001年北京小汤山精准农业示范区引进了美国 CASE IH 公司的谷物产量监测系统,并进行了小麦、玉米和大

豆的收获试验;2002年我国第一次大规模棉花测产系统试验在新疆生产建设兵团农八师进行,本文中对此次试验数据中存在的一些误差进行了初步分析。

### 1 棉花产量监测系统的组成

本次试验使用的是美国 AgLeader 公司的 PF3000 棉花产量监测系统,其结构组成框图见图 1。其中,棉花流量传感器为光学传感器,共有 4 组,包括发射器和接收器 2 部分,分别安装在左右 2 个输棉管顶部,工作时根据棉花对信号的遮挡程度和

收稿日期:2002-11-04

作者简介:张漫,博士,主要从事精细农业支持技术研究

风扇转速来计算通过输棉管的棉花流量；地速传感器测量采棉机的行走距离；采头高度传感器控制是否记录产量数据；DGPS 接收机为产量数据提供位置信息。棉花流量除以采棉机在该时段内的棉花采摘面积（由采头宽度乘以采棉机的行走距离得到），就可计算出该点的棉花产量；将棉花产量数据与 DGPS 位置数据匹配起来，就可得到对应每一空间位置所收获的小区产量数据。将这些信号传递到智能终端和数据存储卡中，可在通用微机上利用专用数据处理软件对数据存储卡中的数据进行处理，生成小区产量分布图。

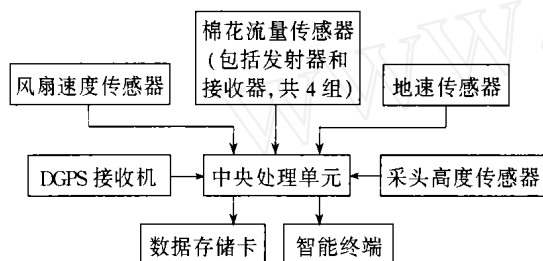


图 1 采棉机产量监测系统结构框图

Fig. 1 Flow chart of the structure of cotton picker yield monitor system

## 2 试验材料与方法

新疆石河子科委将引进的美国 AgLeader 公司

PF3000 棉花产量测量系统，安装在美国 CASE IH 公司 2555 采棉机上进行了棉花测产系统试验。试验于 2002-09-26 至 10-02 在新疆生产建设兵团农八师一四九团进行，共收获 8 块地，总面积 25.288 hm<sup>2</sup>，籽棉平均产量 1.407 t·hm<sup>-2</sup>。

收获前，按照 PF3000 测产系统的使用要求，对收获模式、数据单位、日期、时间、采棉机型号、采头行数、流量传感器安装位置、地速传感器类型、棉花品种、采头间距、存储介质、采样时间间隔、文件存储格式、延迟时间等进行了设定，并在收获过程中分别对籽棉质量、采棉机行走距离和收获面积进行了标定<sup>[4]</sup>。

## 3 试验数据分析与处理

### 3.1 标定试验数据分析

1) 质量标定试验。棉花质量标定试验在地块 F1 中进行。标定后，在地块 F3 至 F6 对测量值进行了检验，标定前后棉花质量的测量值与实际值见表 1。可以看出，标定后作物质量的平均相对误差减小了 3.01%。

灰尘对棉花流量传感器的遮挡是影响测量精度的主要因素之一<sup>[5]</sup>，为了保证测量精度，需要经常对传感器进行清理。除此之外，系统稳定可靠的运行也是保证测量精度的一个重要因素。

表 1 质量标定前后籽棉质量的实际值与测量值

Table 1 Compare measured value with actual value before and after seed cotton weight calibration

条 件	地 块	车 次	籽棉质量/ kg		相对误差/ %	平均相对误差/ %
			实际值	测量值		
标定前	F1	Load2	1 630	1 687	3.4	4.57
		Load3	1 680	1 777	5.7	
		Load4	1 640	1 717	4.6	
标定后	F3	Load 1 ~ 4	19 400	19 330	0.36	1.56
	F4		21 440	21 276	0.76	
	F5		10 480	10 010	4.48	
	F6		8 900	8 845	0.62	

2) 距离标定试验。采棉机轮子打滑或棉箱内棉花质量增加引起的轮胎变形，均会导致距离测量误差，所以需要进行距离标定来保证测量精度。距离标定在地块 F1 中进行，标定前后距离的实际值与测量值见表 2。可以看出，距离标定后，测量误差减小了 5%。

表 2 距离标定前后采棉机行走距离的实际值与测量值

Table 2 Comparison of the measured value with actual value before and after distance calibration

条件	实际值/ m	测量值/ m	误差/ %
标定前	98	103	5.1
标定后	99	100	0.1

3) 面积标定试验。虽然已设定了采头停止高度及采摘行数,并对采棉机的行走距离进行了标定,但采棉机进入地块放下采头或离开地块升起采头的过程中仍然有少许误差被系统记入,这种误差的大小通常与驾驶者的操作习惯有关。为消除这些误差,进行了面积标定。面积标定在地块 F1 中进行,并在地块 F8 中进行了检验。试验数据见表 3。可以看出,面积标定后,测量值达到了很高的精度。

表 3 面积标定前后棉花采摘面积的实际值与测量值

Table 3 Comparison of the measured value with actual value before and after area calibration

条 件	地 块	实际值/ hm <sup>2</sup>	测量值/ hm <sup>2</sup>	误差/ %
标定前	F1	4.6	5.05	9.78
标定后	F8	3.6	3.63	0.81

### 3.2 棉花产量数据误差分析

田间收获过程中,除了标定工作以外,测产系统均在自动运行状态下进行产量数据采集,基本不能进行人工干预;另外,由于田间工作环境比较复杂,测产系统本身以及外界环境中多种复杂因素的影响,使产量数据仍不可避免地存在一些误差。作物产量空间分布图作为开展精细农业研究的起点,所提供的信息要尽可能准确,所以生成产量分布图之前的数据误差分析与处理就成为保证产量分布图精度的一个重要环节。

通过对产量数据的处理和分析,并结合对采棉机和测产系统田间作业过程的观察,笔者发现,产量数据中主要存在 3 种类型的误差,即采摘行数设置误差、填充时间误差和延迟时间误差。

1) 采摘行数设置误差。带有测产系统的采棉机工作时,在每个记录周期内系统计算并保存 1 组产量数据。产量数据值等于记录周期内棉花流量的累积值除以记录周期内所收割的小区面积,而小区面积则等于进入采头的棉花行数乘以行宽再乘以记录周期内采棉机的行走距离。目前,棉花流量的累积值与采棉机的行走距离可以由系统自动测量计算得到,精度比较容易得到保障,而进入采头的棉花行数只能根据操作者的观测来设置。大多数情况下,进入采棉机的棉花行数都与采头行数相等,操作者不需要对其进行调整;但有时地块形状不规则,进入采棉机的棉花行数是不断变化的,无法进行设定,此

时,系统就会记录一些带有误差的产量数据点。这些带有误差的数据点在产量分布图中常常呈条状分布,其产量值明显低于周围其他数据点的平均产量<sup>[5]</sup>。以地块 F3 为例,图 2 中矩形框内的 1 列产量数据明显低于相邻 2 列的数据,这种情况主要是由于采摘行数设置误差引起的。

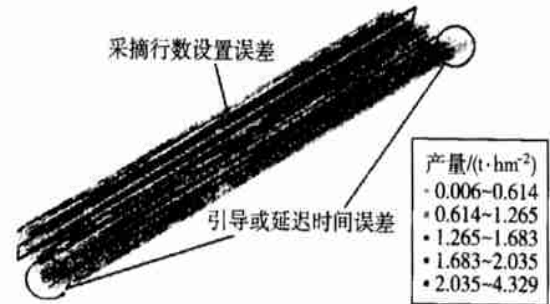


图 2 地块 F3 包含误差数据的棉花产量图

Fig. 2 Field F3 yield map containing error data

2) 引导时间误差。采棉机开始工作时,从操作者降低采头到开始采摘,从开始采摘到棉花经过流量传感器直至流量数据达到稳定状态,需要一段时间。这段时间内记录的流量数据是无效的。虽然通过 PF3000 智能终端用户可以设置引导时间,但因为这段时间的长短随着操作者的不同以及周围环境的不同而不断发生变化,所以系统仍会记录一些误差数据,使地头出现低产区(图 2)。

以地块 F7 为例,图 3(a), (b), (c) 和 (d) 分别示出采摘机连续 4 车(分别为 Load1, Load2, Load3 和 Load4)卸出棉箱内棉花重新开始采摘时,棉花流量数据逐渐增加直至稳定的过程。可以看出,约 60 s 后流量才能达到稳定,所以在开始采摘约 60 s 内系统所记录的数据都是无效的,属于引导时间误差数据。

3) 延迟时间误差。采棉机停止采摘至棉花产量读数减小到 0 所需的时间称为延迟时间,这段时间可分为两部分:一是滞后时间,即从采头升起后棉花流量仍保持稳定的时间;二是清空时间,即棉花产量值急剧下降直到读数为 0 的时间。滞后时间内所记录的产量数据是有效的,因为正常情况下棉花从采头到达产量传感器仍需一段时间。滞后时间的长短除受棉花品种和机器类型等固定因素的影响外,还受棉花产量、风扇速度及车速等变化因素的影响。在清空时间内,采棉机内仍有棉花陆续到达产量传感器,这部分数据不能代表田间棉花的产量,所以是

无效的。在棉花产量值开始急剧下降的时刻,滞后时间结束,测产系统应停止记录。虽然用户可以设置滞后时间,但因为滞后时间受上述因素的影响而

不断变化,所以系统还是记录了这类误差数据(图 2)。

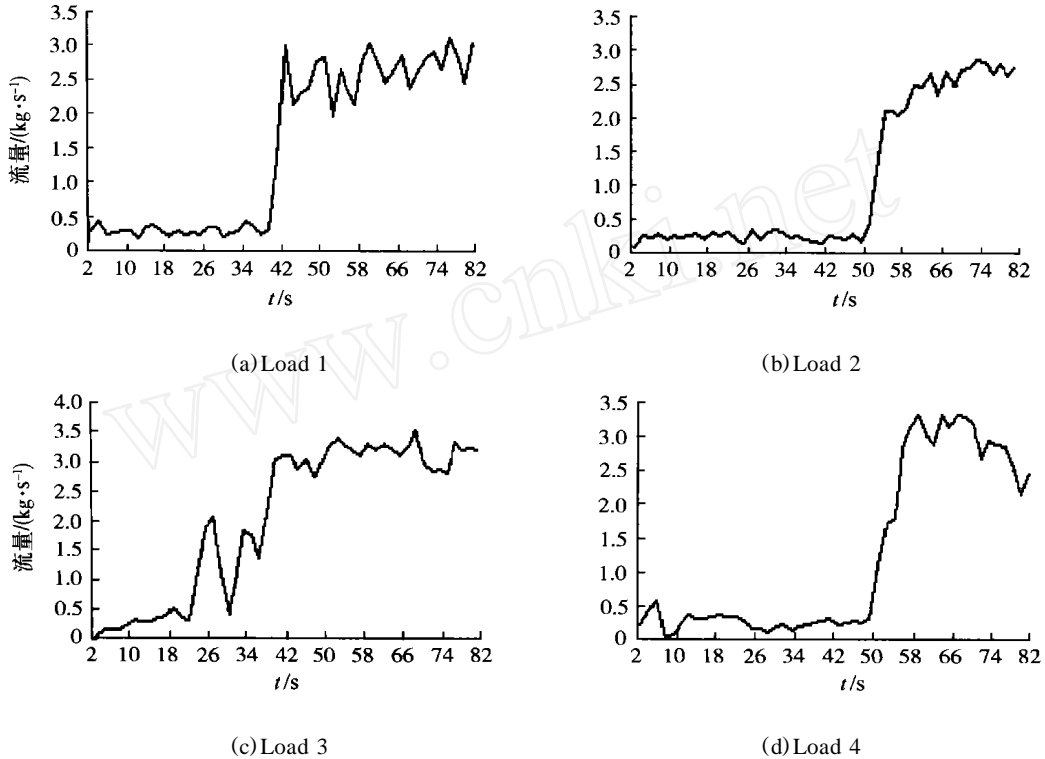


图 3 棉花流量变化曲线

Fig. 3 Flow change curve of cotton

从以上的分析可知,即使产量监测系统能达到很高的测量精度,系统还是会记录一些误差数据点,所以需要进行后续数据处理。

### 4 误差数据对产量空间分布图的影响

采摘行数设置误差主要产生在不满幅收获时,具有这类误差的产量数据列与相邻数据列距离较近,可通过这一特征将其识别并剔除;填充时间与延迟时间误差数据产生在开始采摘后与停止采摘前,可以依据统计分析结果将这部分数据剔除。

对产量数据中的误差进行处理后,可通过插值得到产量空间分布图。目前,常用的插值方法主要包括距离反比加权法(Inverse Distance to a Power)、克里格法(Kriging)、最小曲率法(Minimum Curvature)、最小邻域法(Nearest Neighbor)、多项式回归法(Polynomial Regression)等。采棉机工作时,产量数据的记录时间间隔可设为 1, 2 或 3 s,如果采棉机的速度为 5 km · h<sup>-1</sup>,采头宽度 3.8 m,则每 5.32 ~ 15.87 m<sup>2</sup> 就得到一组产量数据。数据量大,信息丰

富,使得各种插值方法得到的产量空间分布图差别不大。本文中使用的距离反比加权方法进行插值。

以地块 F7 的棉花产量数据为例,采用距离反比加权法对误差处理前后的数据进行插值,栅格大小和搜索半径均为 20 m,得到的棉花产量空间分布图见图 4。可以看出,误差处理后,不同产量区域边

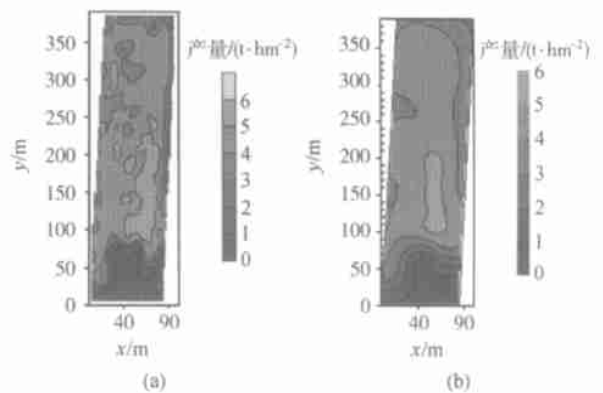


图 4 地块 F7 误差处理前(a)和处理后(b)的产量分布图

Fig. 4 Field F7 yield map before and after error data processing

界曲线比较平滑,聚类性增强,比较符合田间实际情况。地块南部出现低产区域,主要是由于机器采摘之前已经进行了人工采摘,其他区域产量变化的原因还需要通过对土壤特性的研究来进一步分析。根据棉花产量空间分布图,结合田间观测的实际情况,就可以分析引起产量差异的因素,为以后的变量施肥、变量播种和变量灌溉提供重要依据。

## 5 结束语

通过现场标定可有效减小流量传感器和速度传感器的测量误差;产量数据中存在的误差,主要包括引导时间误差、延迟时间误差和采摘行数设置误差;对产量数据进行误差处理后,可生成较真实的产量空间分布图。产量空间分布图反映了农田作物产量的变化趋势,是农田潜力利用差异性的综合体现。可根据这种差异性信息,改善作物与土壤管理决策,最终达到保护环境,减小投入,增加产出的目的。

## 参 考 文 献

- [1] Panneton B, Brouillard M, Piekurowski T. Integration of yield data from several years into a single map [R]. Montpellier, France: Proceeding of the 3rd European Conference on Precision Agriculture, 2001
- [2] 汪懋华. “精细农作”技术发展与农业装备技术创新系列讲座,第六讲:“精细农作”的主要支持技术(四),田间信息采集与处理技术[J]. 农业机械化, 1999, (7): 22 ~ 24
- [3] Missotten B, Strubble G, Baerdemaeker J. Accuracy of grain and straw yield mapping[R]. Minnesota: Proceeding of the 3rd international conference on precision agriculture, 1996
- [4] A gleader. PF3000 Cotton Yield Monitor Operators Manual[EB/CD]. [http: www.com](http://www.com), 2002-10-01
- [5] Sui R, Alex T J. Mississippi cotton yield monitor: testing temperature and stray-light effects[R]. California: 2001 ASAE Annual International Meeting, 2001