

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.11.013

花生联合收获机智能测产系统研究*

赵丽清^{1,2} 李瑞川³ 龚丽农² 高连兴¹ 郭森² 殷元元²

(1. 沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110161; 2. 青岛农业大学机电工程学院, 青岛 266109;

3. 山东五征集团有限公司, 日照 262306)

摘要: 为解决花生收获过程中产量监测问题, 结合 4HBLZ-2 型自走式花生联合收获机设计了一种智能测产系统。硬件部分包括北斗导航车载接收系统、单片微处理器及重量传感器、德国麦希欧接触式在线水分传感器, 通过 CAN 总线接口与上位机连接。将定量称重与网格细分技术相结合应用于收获机测产领域, 相较于冲量式测产系统, 极大地降低了收获机振动引起的产量累积误差。软件采用跨平台应用程序 Qt 完成了各传感器数据的实时接收、存储, 以及对任意划定地块产量数据的查询, 并且能够实现查询产量数据的平面及 3D 立体渐变色显示。在 5 种不同工况下对该测产系统进行试验, 测试花生收获机工作状态下测产系统的稳定性。在发动机大油门、开动夹持输送装置工况下, 产量相对误差绝对值小于 2%, 在田间试验情况下产量相对误差绝对值小于 5%。

关键词: 花生 收获 测产系统 产量图

中图分类号: S225.7⁺3; S126 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2015)11-0082-06

Study on Intelligent Yield Monitoring System of Peanut Combine Harvester

Zhao Liqing^{1,2} Li Ruichuan³ Gong Linong² Gao Lianxing¹ Guo Sen² Yin Yuanyuan²

(1. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China

3. Shandong Wuzheng (Group) Co., Ltd., Rizhao 262306, China)

Abstract: In order to solve the problem of yield monitoring during peanut harvesting, aiming at 4HBLZ-2 type self-propelled peanut combine harvester, an intelligent yield monitoring system was designed. Hardware part included Beidou satellite positioning system, the single chip microprocessor, weight sensor and German ACO contact on-line moisture sensor; it was connected to the host computer through CAN bus interface. Weighing controller adopted 24-bit A/D converter with high precision and digital filter algorithm to ensure the accuracy of weighing data working under vibration environment in the field. Quantitative weighing and mesh subdivision technique were applied to harvester yield monitoring field in this system for the first time, compared with impact-based yield monitoring system, it could reduce more accumulative error caused by peanut harvester vibration working in the field. Software part adopted cross-platform application Qt to achieve the data real-time reception and storage of different sensors, then Beidou data and yield data were processed, and it adopted the way of accumulating different harvesting block yields to establish the mathematical model. The software could query yield data in arbitrary setting blocks, and also realize plane displaying and 3D stereoscopic gradient color displaying. In order to test the stability of yield monitoring system of peanut harvester under working state, yield monitoring system performed vibration test under five different conditions. The absolute relative error of yield was below 2% in condition No. 4 in laboratory and below 5% in field.

Key words: Peanut Harvesting Yield monitor system Yield map

收稿日期: 2015-06-05 修回日期: 2015-09-06

* 国家自然科学基金资助项目(51575367)、公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201203028.8)、高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20122103110009)、山东省自主创新专项资助项目(2013CXC90205)和山东省自然科学基金资助项目(ZR2011FM034)

作者简介: 赵丽清, 博士生, 青岛农业大学副教授, 主要从事农业智能装备及测试技术研究, E-mail: zhlq017214@163.com

通讯作者: 高连兴, 教授, 博士生导师, 主要从事花生收获机装备技术研究, E-mail: lianxing_gao@126.com

引言

准确获得作物产量,精准收获是精细农业中的关键环节。John Deere 公司研制的“Green Star”系统、CASE IH 公司研制的“AFS”系统、AGCO 公司研制的“Field Star”系统,Ag Leader 公司“Precision Farming”系统^[1-4],在欧美得到了广泛应用,我国部分科研院所也有引进。

国内测产系统取得了一定的研究进展,孙宇瑞等设计的谷物流量测量装置经过滤波处理后,在外部机械振动的情况下试验测量误差在 $\pm 8\%$ 内^[5]。张凤传等通过信号放大器和积分电路的设计减少了振动对冲量式传感器的影响,测量误差在 $\pm 6\%$ 内^[6]。周俊等设计的测产系统以平行梁冲量式传感器为核心部件可以适应不同谷物品种和不同联合收获机型,在正常农田下可靠工作,测量误差在 $\pm 10\%$ 内^[7]。陈树人等设计的双板差分冲量式谷物流量传感器有较强的抗干扰能力,在田间测产试验中测量误差在 $\pm 3.8\%$ 内^[8-10]。此外,张小超等研制的螺旋输送称重装置检测粮食流量,在台架模拟试验中测量误差在 $\pm 2\%$ 内^[11-12]。

国内研制的测产系统因为成本及实用性差等问题,并未得到实际应用。本文结合 4HBLZ-2 型自走式花生联合收获机设计智能测产系统,实时称量从收获料斗进入称量包装袋的花生质量,并且每 25 kg(可调)打包一次,并将信号发送到上位机,上位机编制的测产软件将 25 kg 这一数据在收获的地块上进行网格化细分,查询的产量将是所有网格的累计值。

1 测产系统构成

花生收获机测产系统结构如图 1 所示,其系统包括:北斗导航车载接收系统(BDS),型号为北京易斯路电子有限公司生产的 YZ6;仿形轮上安装的角度传感器,型号为北京安格创电子科技有限公司生产的 RE-25;行走马达转速传感器,型号为博世力士乐生产的霍尔效应转速传感器 HDD2;控制按钮面板,型号为徐州赫思曼电子技术有限公司生产的 EOP-100。花生联合收获机在田间工作时,智能测产系统由 BDS 记录每一个测量点的坐标值,采集产地位置信息。花生收割宽度为收获机挖掘装置固定宽度。在仿形轮安装的角度传感器记录挖掘铲入土、出土时角度的时间点,从而计算出收获时间。

测产系统的核心部件为花生质量测量模块和花生水分测量模块。质量测量模块主要由 Suncells 公司生产的 UDJ-250 kg 平行梁式称量传感器和 JT-

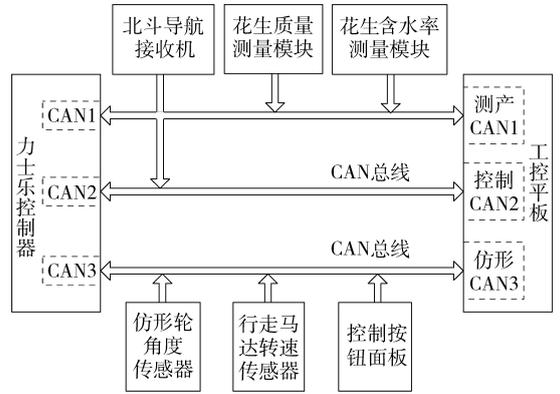


图 1 测产系统结构图

Fig. 1 Structure diagram of yield monitoring system

06BZ 称量控制器组成。称量传感器是弹性元件在力的作用下产生弹性形变,测量电路把传感器内部电阻应变片阻值变化转换为电信号的变化。采用四线制接法通过信号屏蔽电缆把称量传感器与称量控制器相连接。称量控制器采用 24 位高精度 A/D 转换器和数字滤波算法确保在田间振动环境下称量数据的准确性,并通过 CAN 通信接口发送实时收割花生的质量信息和定量打包信息。水分测量模块为德国 ACO 公司生产的 DCMM-1010 型数字式在线水分仪,安装在给料斗壁,根据高频介电常数的变化量测量花生含水率。通过水分仪的中央处理和过程分析系统的数字化测量、计算,测量结果通过标准信号输出。花生产量数据经过存储,处理后用开发的上位机软件生成花生产量图^[13]。

2 软件设计

2.1 软件构成

本软件是用跨平台图形用户应用程序开发框架 Qt 在 Windows 7 操作系统上设计的,软件构成如图 2 所示。Qt 具有跨平台特性,支持多种操作系统并且拥有 OpenGL 三维显示驱动^[14-15]。软件能够实时采集产量信息,记录花生联合收获机的运行轨迹从而生成小区花生产量分布图。

2.2 软件界面

2.2.1 主界面

图 3 所示测产软件主界面,使用纵向自动布局控件 QVBoxLayout,将界面分割为数据区域、数据设置区域和命令执行区域。在数据设置区域,主要对数据区域显示花生质量、花生含水率、经纬度坐标和接收时间等数据的范围进行设置。能够把查询数据通过软件导出保存到 Excel 表格中。点击 3D 查看能够生成产量分布图。

2.2.2 产量图绘制与查询

对地区产量进行绘图显示时,通过 OpenGL 中

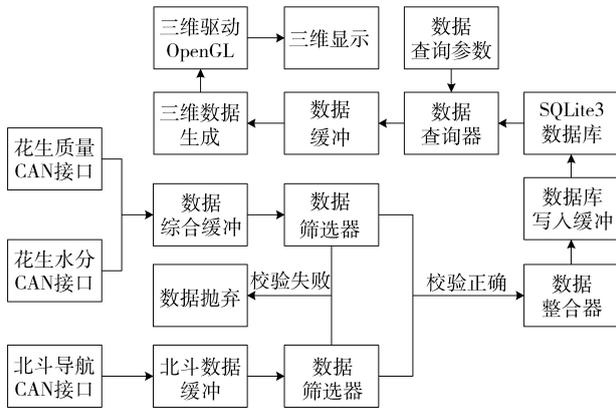


图2 软件构成图

Fig. 2 Structure diagram of software

日期	时间	经度	纬度	质量
2007-07-07	08:30	115.20	35.34	2007-07-07 08:30
2007-07-07	08:32	115.20	35.34	2007-07-07 08:32
2007-07-07	08:34	115.20	35.34	2007-07-07 08:34
2007-07-07	08:36	115.20	35.34	2007-07-07 08:36
2007-07-07	08:38	115.20	35.34	2007-07-07 08:38
2007-07-07	08:40	115.20	35.34	2007-07-07 08:40
2007-07-07	08:42	115.20	35.34	2007-07-07 08:42
2007-07-07	08:44	115.20	35.34	2007-07-07 08:44
2007-07-07	08:46	115.20	35.34	2007-07-07 08:46
2007-07-07	08:48	115.20	35.34	2007-07-07 08:48
2007-07-07	08:50	115.20	35.34	2007-07-07 08:50
2007-07-07	08:52	115.20	35.34	2007-07-07 08:52
2007-07-07	08:54	115.20	35.34	2007-07-07 08:54
2007-07-07	08:56	115.20	35.34	2007-07-07 08:56
2007-07-07	08:58	115.20	35.34	2007-07-07 08:58
2007-07-07	09:00	115.20	35.34	2007-07-07 09:00
2007-07-07	09:02	115.20	35.34	2007-07-07 09:02
2007-07-07	09:04	115.20	35.34	2007-07-07 09:04
2007-07-07	09:06	115.20	35.34	2007-07-07 09:06
2007-07-07	09:08	115.20	35.34	2007-07-07 09:08
2007-07-07	09:10	115.20	35.34	2007-07-07 09:10
2007-07-07	09:12	115.20	35.34	2007-07-07 09:12
2007-07-07	09:14	115.20	35.34	2007-07-07 09:14
2007-07-07	09:16	115.20	35.34	2007-07-07 09:16
2007-07-07	09:18	115.20	35.34	2007-07-07 09:18
2007-07-07	09:20	115.20	35.34	2007-07-07 09:20
2007-07-07	09:22	115.20	35.34	2007-07-07 09:22
2007-07-07	09:24	115.20	35.34	2007-07-07 09:24
2007-07-07	09:26	115.20	35.34	2007-07-07 09:26
2007-07-07	09:28	115.20	35.34	2007-07-07 09:28
2007-07-07	09:30	115.20	35.34	2007-07-07 09:30

图3 测产软件主界面

Fig. 3 Main interface of yield monitoring software

二维求值器进行 Bezier 曲面的绘制。在坐标系中沿坐标轴进行细小分割,确定控制点,利用分割后的多边形逼近二次曲面。生成曲面利用 $glEnable(GL_AUTO_NORMAL)$ 启用曲面法向量计算,利用 $glEnable(GL_NORMALIZE)$ 启用法向量归一化,利用 $glMapGrid2f$ 定义参数空间的均匀网格,利用 $glEvalMesh2$ 绘制曲面。其流程如图 4 所示。

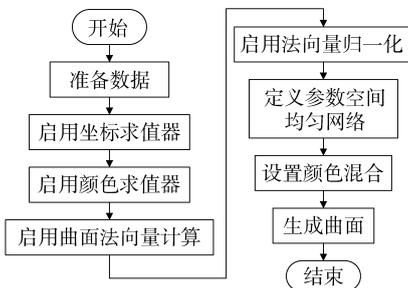


图4 产量图绘制流程图

Fig. 4 Flow chart of yield map drawing

图 5 所示产量图在 3D 查看模式下,调用 OpenGL 变换函数通过鼠标操作可以将产量图模型进行拖动、旋转、缩放等方式来查看。

2.3 软件数据处理

2.3.1 北斗数据处理

北斗卫星导航系统采用 CGCS2000 大地坐标系,原点位于地球质心。北斗接收机接收导航电文,经过处理后利用高斯-克吕格投影得到相应的高斯

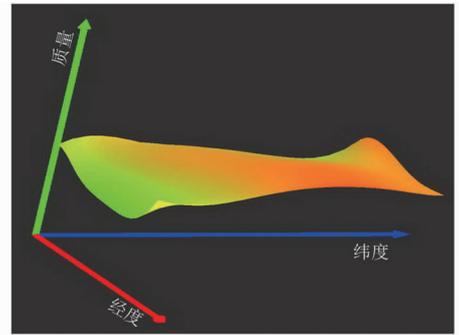


图5 测产软件产量图

Fig. 5 Yield map of yield monitoring software

平面坐标^[16-18]。OpenGL 使用右手笛卡尔坐标系,比较所有北斗坐标数据找到最小经度和纬度位置作为边界,收割起点为原点、X轴为经度、Y轴为纬度、Z轴为质量或含水率。

2.3.2 产量数据处理

花生收获机收割传送装置位于左侧,收割方法为围绕地块进行逆时针转圈式收割。图 6 中箭头所示方向为花生收获机在田间的行驶方向。图 6 中单个箭头所示区域为收获花生质量达到设定目标值的收获面积。通过定量打包信息,将花生地划分为不同的收获地块。收获花生质量达到 25 kg,夹松袋动作一次打包完成,向主控单元发出打包信息记录下此时的经纬度(需根据延迟时间推算实际位置)。主控单元结合花生收割宽度、收获时间、行驶速度和打包信息计算出两次打包指令之间花生的收获面积。由此可以计算出不同收获地块上的平均产量。

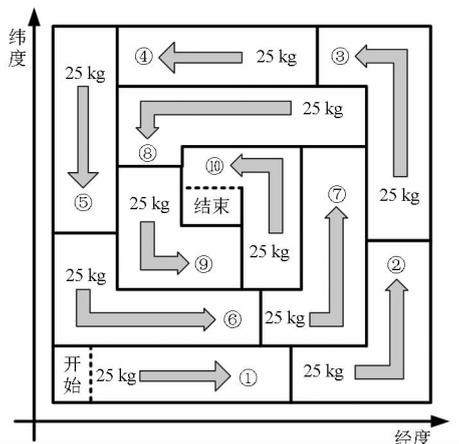


图6 产量数据处理

Fig. 6 Yield data processing

测产软件进行数据处理,因为北斗坐标信息与产量数据信息通过不同 CAN 接口向程序发送,程序采用两个线程,一个不断进行北斗信息采集,另一个收到产量数据信息后,与当前最新北斗信息合并为一套完整数据。完整数据通过 Qt 信号槽机制,利用 Qt 信号槽进行数据缓冲,投递到数据库存储线程进行数据库写入。通过几个线程协作,

既可以很快的处理信息,又不会影响软件数据界面正常显示。

2.3.3 查询数据处理

测产软件不仅能显示收割后大田的花生产量图,而且可以将任意的局部查询地块花生产量进行 3D 产量图显示。如图 7 所示,查询地块包含多个经过定量打包信息划分的不同收获地块,有些包含的收获地块并不完整。通过把不同收获地块平均产量网格化细分后,然后进行边界判断,采用累加网格单元产量的方式计算查询地块的产量。

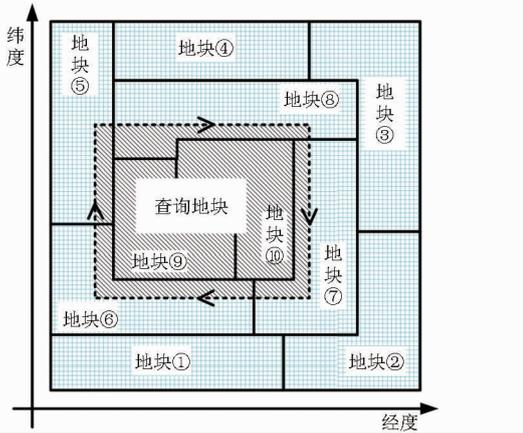


图 7 查询数据处理

Fig. 7 Query data processing

网格化细分,先将收获地块分割为规则矩形,根据分割后矩形大小设置网格的行数和列数,将收获地块细分为网格单元。网格单元细分精度为收获地块面积的万分之一。

进行查询地块边界判断时,设定查询地块边界为顺时针方向。如图 8 所示,边界可从网格四条边任意一点进入,连接边界进入点与网格中心,将边界穿过的网格等分为两份。以网格面积一半为阈值,若边界经过网格阴影处穿出,所占网格面积小于 1/2,即忽略此网格;若边界不经过网格阴影穿出,所占网格面积大于 1/2,即计为一完整网格。边界地

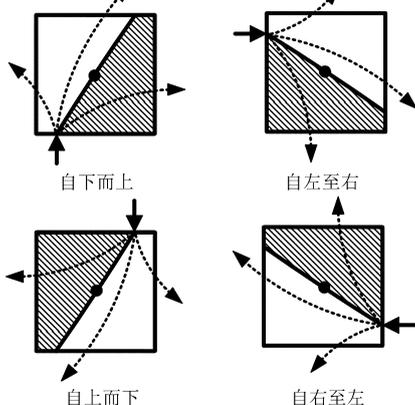


图 8 测产边界判断示意图

Fig. 8 Sketch map of yield border judgment

块 4 个直角所覆盖网格单元累加产量约为 10 g,对查询地块总产量影响较小,可忽略。

2.3.4 数学模型建立

查询地块产量采用累加不同地块网格单元产量的方式,用 Y_{out} 表示。

$$Y_{out} = \sum_{i=1}^n \varphi_i K_i (X_i + x_i) \quad (1)$$

其中 $\varphi_i = |1 - \delta_i|$ (2)

$$K_i = \frac{M_i}{C_i R_i} \quad (3)$$

式中 φ_i ——收获地块产量修正因子,补偿花生质量测量误差

X_i ——查询地块所占不同地块非边界网格单元数

x_i ——查询地块所占不同地块边界网格单元数

δ_i ——测量相对误差,通过规则地块进行大量试验测得

K_i ——不同地块分割后的网格单元产量

M_i ——花生质量测量模块每 25 kg 打包一次,上传的实际花生质量数据

C_i ——设置不同地块分割后网格单元的行数

R_i ——设置不同地块分割后网格单元的列数

综上,查询地块产量计算式为

$$Y_{out} = \sum_{i=1}^n \left[|1 - \delta_i| \frac{M_i}{C_i R_i} (X_i + x_i) \right] \quad (4)$$

3 试验

为研究振动对花生收获机称量系统的影响,在 5 种不同工况下进行振动试验:花生收获机静止时未打开夹持输送装置时发动机怠速(工况 1)、大油门(工况 2),开动夹持输送装置发动机怠速(工况 3)、大油门(工况 4),花生收获机在平整田间进行收割(工况 5)。

3.1 模拟试验

在青岛农业大学工程实训中心按照不同工况对花生收获机的测产系统性能进行试验,检测称量装置稳定性。试验现场如图 9 所示。

工程实训中心搭建有模拟试验平台,在花生收获机的 L 型输送清选分离机构的空隙处加装称量装置,称量料斗代替原有集果器。模拟试验把预先准备好的试验花生连续倒入振动筛中,通过输送链的传送,升运到机构顶端,花生自动落入称量料斗。将打包好的花生用实验室电子台秤在静态下测量出打包花生的实际质量。工况 4 试验数据如表 1 所示。



图9 振动试验现场

Fig.9 In-situ of vibration test

表1 模拟试验数据

Tab.1 Simulation experiment data

试验序号	实际值/kg	设定值/kg	产量相对误差/%
1	24.572	25.000	-1.71
2	25.442	25.000	1.77
3	25.296	25.000	1.18
4	24.553	25.000	-1.79
5	25.491	25.000	1.96
6	24.727	25.000	-1.09
7	24.941	25.000	-0.24
8	25.408	25.000	1.63
9	24.608	25.000	-1.57
10	24.540	25.000	-1.84
11	25.453	25.000	1.81
12	25.419	25.000	1.68
13	24.890	25.000	-0.44
14	25.413	25.000	1.65
15	25.307	25.000	1.23

3.2 田间试验

在位于山东省日照市五征集团的试验田中进行了花生收获机智能测产系统的田间试验。在工况5情况下,开启全部收割传送装置大油门在田间进行收获作业。收获花生面积约为945 m²,打包花生29袋,经电子台秤称量共收获花生722.74 kg。试

验田数据如表2所示。

表2 田间试验数据

Tab.2 Field test data

试验序号	实际值/kg	产量相对误差/%	试验序号	实际值/kg	产量相对误差/%
1	26.12	4.48	16	26.12	4.47
2	24.19	-3.24	17	26.01	4.02
3	25.95	3.79	18	26.21	4.84
4	23.94	-4.22	19	24.07	-3.72
5	26.25	4.98	20	25.97	3.87
6	23.85	-4.61	21	25.98	3.90
7	25.98	3.91	22	26.21	4.84
8	26.01	4.06	23	25.28	1.13
9	25.69	2.78	24	26.04	4.15
10	25.72	2.90	25	26.13	4.51
11	26.19	4.75	26	24.25	-2.98
12	23.95	-4.18	27	25.55	2.22
13	24.20	-3.20	28	23.93	-4.27
14	26.15	4.61	29	12.33	—
15	24.47	-2.12			

在模拟试验平台进行测产系统的试验,产量相对误差绝对值小于2%,数据方差为0.14。在试验田进行田间试验产量相对误差绝对值小于5%,数据方差为0.83。

4 结论

(1)测产系统通过CAN总线通讯准确接收各传感器监测数据,测产软件进行数据接收、存储、显示和查询。

(2)通过3D模式查询可以生成产量分布图,通过Bezier曲面进行显示。相比直接产量数据和普通二维产量图,3D显示更加丰富直观。

(3)在振动试验中表明,测产系统具有良好的精确度,在模拟试验平台上产量相对误差绝对值小于2%,田间试验小于5%,较好地完成了设计目标。

参 考 文 献

- Robert P C. Precision agriculture: an information revolution in agriculture [C]//Agriculture Outlook Forum,1999: 1-5.
- Reyns P, Missotten B, Ramon H, et al. Review of combine sensors for precision farming[J]. Precision Agriculture, 2002, 3(2): 169-182.
- 介战,刘红俊,侯风云. 中国精准农业联合收割机研究现状与前景展望[J]. 农业工程学报,2005,21(2):179-182.
Jie Zhan, Liu Hongjun, Hou Fengyun. Research advances and prospects of combine on precision agriculture in China [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(2):179-182. (in Chinese)
- Selcuk Arslan, Thomas S Colvin. An evaluation of the response of yield monitors and combines to varying yields [J]. Precision Agriculture,2002,3(2): 107-122.
- 孙宇瑞,汪懋华,马道坤,等. 冲量法谷物流量测量系统的试验研究[J]. 农业机械学报,2001,32(4):48-50.
Sun Yurui, Wang Maohua, Ma Daokun, et al. Experimental research on grain-flow-measurement system using an impact sensor[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(4): 48-50. (in Chinese)
- 张凤传,张启峻,周晓云,等. 联合收割机产量传感器的信号处理[J]. 中国农机化,2004(4):44-47.
Zhang Fengchuan, Zhang Qijun, Zhou Xiaoyun, et al. Signal processing of the yield monitor for combine [J]. Journal of Chinese

- Agricultural Mechanization, 2004(4):44-47. (in Chinese)
- 7 周俊,苗玉彬,张凤传,等.平行梁冲量式谷物质量流量传感器田间实验[J].农业机械学报,2006,37(6):102-105.
Zhou Jun,Miao Yubin,Zhang Fengchuan,et al. Field testing of parallel beam impact-based yield monitor[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(6):102-105. (in Chinese)
 - 8 陈树人,张文革,李相平,等.冲量式谷物流量传感器性能实验研究[J].农业机械学报,2005,36(2):82-84.
Chen Shuren,Zhang Wenge,Li Xiangping,et al. Experiment research of grain mass flow sensor based on impact[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(2):82-84. (in Chinese)
 - 9 陈树人,胡鹏,胡均万,等.谷物产量分布图生成系统的开发研究[J].农业工程学报,2008,24(8):182-184.
Chen Shuren, Hu Peng,Hu Junwan,et al. Research and development of one grain yield map generating system[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8):182-184. (in Chinese)
 - 10 陈树人,杨洪博,李耀明,等.双板差分冲量式谷物流量传感器性能试验[J].农业机械学报,2010,41(8):171-174.
Chen Shuren, Yang Hongbo, Li Yaoming, et al. Experiment of dual-plates differential impact-based grain flow sensor [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(8): 171-174. (in Chinese)
 - 11 张小超,胡小安,张银桥,等.联合收获机粮食产量分布信息获取技术[J].农业机械学报,2009,42(增刊1):173-176.
Zhang Xiaochao,Hu Xiaohan,Zhang Yinqiao, et al. Yield distribution information measurement for grain combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 42(Supp.1): 173-176. (in Chinese)
 - 12 李伟,张小超,胡小安,等.联合收获机称量式测产系统软件设计[J].农业机械学报,2011,42(增刊1):94-98.
Li Wei,Zhang Xiaochao,Hu Xiaohan,et al. Design of intelligent yield monitoring software for combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(Supp.1):94-98. (in Chinese)
 - 13 Loghavi M, Ehsani R, Reeder R. Development of a portable grain mass flow sensor test rig [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 61(2): 160-168.
 - 14 Usery E L, Pocknee S, Boydell B. Precision farming data management using geographic information systems[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1995, 61(11): 1383-1391.
 - 15 罗俊松,邓飞,卢涵宇,等.基于Qt的三维可视化技术研究[J].计算机测量与控制,2013,21(3):797-799.
Luo Junsong, Deng Fei, Lu Hanyu, et al. Research of 3D visualization technology based on Qt[J]. Computer Measurement & Control, 2013, 21(3):797-799. (in Chinese)
 - 16 陈俊勇.中国现代大地基准——中国大地坐标系2000(CGCS 2000)及其框架[J].测绘学报,2008,37(3):269-271.
Chen Junyong. Chinese modern geodetic datum—Chinese geodetic coordinate system 2000 (CGCS 2000) and its frame[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2008,37(3):269-271. (in Chinese)
 - 17 周巍.北斗卫星导航系统精密定位理论方法研究与实现[D].郑州:解放军信息工程大学,2013.
Zhou Wei. Research and realization on theories and methods of precise positioning base on BeiDou Navigation Satellite System [D]. Zhengzhou: The PLA Information Engineering University, 2013. (in Chinese)
 - 18 杨元喜.北斗卫星导航系统的进展、贡献与挑战[J].测绘学报,2010,39(1):1-6.
Yang Yuanxi. Progress, contribution and challenges of Compass/Beidou satellite navigation system [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica,2010, 39(1):1-6. (in Chinese)