

农业机械电子 监控技术研究

东北林业大学出版社

NONGYE JIXIE DIANZI JIANKONG JISHU YANJIU

王 熙 著

农业机械电子监控技术研究

王 熙 著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农业机械电子监控技术研究/王熙著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社,
2005.8

ISBN 7-81076-835-2

I. 农… II. 王… III. 农业机械-电子控制-研究 IV. S22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 005134 号

责任编辑: 戴 千

封面设计: 彭 宇



NEFUP

农业机械电子监控技术研究

Nongye Jixie Dianzi Jiankong Jishu Yanjiu

王 熙 著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

哈尔滨市工大节能印刷厂印装

开本 850 × 1168 1/32 印张 5.5 字数 133 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-835-2

TP·68 定价: 15.00 元

前 言

本书是作者从事农机电器与电子设备教学及科研工作 20 年,对农业机械电子监控技术研究的汇集和总结。黑龙江八一农垦大学工程学院课题组于 1987~1997 年期间承担了农业部及黑龙江农垦总局相关科研课题,农业部课题“引进农机电子监控系统国产化研究”,课题编号:垦 04-01-06。黑龙江农垦总局课题“JD-1075 收获机割台自动仿形电路放大器性能分析及国产化设计研究”。黑龙江农垦总局课题“JBJ-9 型精播机电电子监视仪研制”等。本书作者王熙教授是该课题组的主要研究人员,研究的重点是针对 1985 年黑龙江垦区引进的美国约翰迪尔公司生产的 JD4450 拖拉机和 JD-1075 联合收获机电电子监控设备与技术的使用、消化及吸收。研究内容主要包括大型拖拉机单片计算机监视系统设计与研究、拖拉机空调电子保护系统设计与研究、车用发动机电电子电压调节器设计与研究、收获机轴转速监视系统研究、单片计算机转速表设计与研究、收获机割台高度仿形电控系统设计与研究、收获机粮食损失监视系统设计与研究、大豆精量播种机电电子监视系统设计与研究、农机电子设备保护电路及可靠性设计与研究等。

全书力求做到内容先进,理论联系实际,尽可能引入当前应用的先进技术。内容详细,文字简明,图文并茂,特别是在拖拉机、收获机和播种机电电子监控技术方面有独到见解,希望对从事此方面的研究人员和工程技术人员有参考价值。本书较适合从事农业机械及农机电子设备技术人员使用。

本书在写作与出版过程中得到了黑龙江八一农垦大学农业机

械化工程学科（黑龙江省重点学科）的资助，并得到了学科带头人汪春教授的鼓励和支持，也得到了课题组成员（王智敏教授、李伟凯教授、祁广云副教授、滕建峰副教授、张锡志教授、刘庆祥高级工程师）的合作，在此表示感谢。

书中难免存在的缺点和错误，恳请读者批评指正。

王 熙

2005 年 2 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 农业机械电子设备具有的特点	(1)
1.2 联合收获机上的电子设备	(3)
1.3 拖拉机上的电子设备	(6)
1.4 播种机电子监控设备	(11)
2 大型拖拉机单片计算机监视系统研究	(13)
2.1 监视系统研究必要性	(13)
2.2 监视系统的特点	(13)
2.3 监视系统主要功能	(15)
2.4 监视系统硬件电路设计	(19)
2.5 单片计算机监视系统程序设计	(29)
2.6 小 结	(46)
3 拖拉机空调电子保护系统设计研究	(48)
3.1 空调系统电子时间继电器与外部设备的连接	(48)
3.2 空调电子时间继电器工作原理和工作过程	(49)
3.3 空调电子时间继电器电路设计	(53)
3.4 空调电子时间继电器测试试验方法研究	(63)
4 车用发动机电子电压调节器研究及设计	(67)
4.1 大功率车用电压调节器的设计	(67)
4.2 电压调节器保护电路研究及设计	(71)
4.3 小 结	(76)

5 收获机轴低转速监视仪研究	(77)
5.1 收获机轴转速监视仪的作用	(77)
5.2 国产收获机轴转速监视仪存在的问题	(77)
5.3 新型轴转速监视仪的设计研究	(80)
5.4 小 结	(85)
6 单片计算机转速表研究与设计	(86)
6.1 课题研究意义	(86)
6.2 数字式转速表外形	(86)
6.3 数字式转速表电路原理	(87)
6.4 数字式转速表传感器选用	(88)
6.5 数字式转速表显示器	(89)
6.6 数字式转速表电路设计	(91)
6.7 数字式转速表程序设计	(96)
6.8 小 结	(100)
7 收获机割台仿形电控系统设计研究	(101)
7.1 收获机割台仿形原理及组成	(101)
7.2 收获机割台高度无触点式传感器研究	(104)
7.3 信号放大器研究与设计	(112)
7.4 割台仿形自动控制电路设计	(118)
7.5 割台仿形自动控制电路工作过程	(119)
8 收获机粮食损失监视系统设计研究	(122)
8.1 粮食损失监视装置的作用及类型	(122)
8.2 粮食损失监视装置的组成	(123)
8.3 粮食损失监视装置的工作原理	(123)
8.4 国产粮食损失监视仪的主要特点	(127)
8.5 粮食损失监视仪的调整	(127)
8.6 粮食损失传感器撞击动力学分析	(128)
8.7 传感器放大滤波电路设计	(133)

8.8	粮食损失监视仪软件设计	(134)
8.9	粮食损失监视仪测试与试验	(136)
9	大豆精密播种机电电子监视系统研究与设计	(140)
9.1	精密播种机电电子监视系统简介	(140)
9.2	精密播种机电电子监视仪设计	(141)
9.3	电子监视仪的安装及使用	(147)
9.4	生产应用效果	(148)
9.5	小 结	(150)
10	农机电子设备保护电路及可靠性设计研究	(151)
10.1	电子设备自身保护电路设计研究	(151)
10.2	农业机械电子监控设备可靠性研究	(157)
	参考文献	(163)

1 绪 论

电子设备是拖拉机、收获机和播种机的重要组成部分，其性能的好坏直接影响拖拉机、联合收获机和播种机的可靠性、安全性、经济性及舒适性。为了保证联合收获机、拖拉机、播种机工作可靠，行驶安全，则依靠各种指示仪表，如电子监视装置、信号仪表装置和电子控制装置等电子设备的正常工作。

近年来，随着电子工业的发展，电子技术在拖拉机、收获机、播种机等农业机械上的应用越来越广泛，车用电子装置的新产品不断涌现（如硅整流发电机、晶体管调节器、集成电路调节器、电子点火装置、联合收获机轴转速监视仪及谷粒损失监视仪等），特别是大规模集成电路及单片计算机的应用，极大地推动了农业机械电器与电子设备的发展。

由于拖拉机、联合收获机和播种机等农业机械的工作环境恶劣，例如，作业时的颠簸，发动机的振动以及气温和湿度变化很大，加之使用不当，很容易使电器与电子设备损坏。为了提高拖拉机、联合收获机和播种机等农业机械的完好率，要求电器与电子设备有完善、合理的结构及良好的工作性能。

1.1 农业机械电子设备具有的特点

1.1.1 低电压

拖拉机、收获机电气系统的额定电压有 12 V 及 24 V 两种。

12 V 系统实际工作电压变化范围为 12 ~ 15 V。24 V 系统实际工作电压变化范围为 24 ~ 29 V。

1.1.2 直流电

拖拉机、联合收获机是由蓄电池提供电力的电起动机启动的，而向蓄电池充电必须用直流电，所以电气系统一般为直流系统。

1.1.3 并联接线

拖拉机、联合收获机及播种机上的电子设备，多数与电源并联连接。

1.1.4 单线制接线

拖拉机、联合收获机的电气线路，一般采用单线制，即电源和用电设备之间的连接只用一根导线。另外一根利用金属机体导电，称为搭铁。搭铁分为正极搭铁和负极搭铁，目前较多地采用负极搭铁。

1.1.5 电子设备内部应具有完善的保护电路

电子监控设备内部应具有电源极性接反保护电路、稳压保护电路、输出短路保护电路。电源极性接反保护电路的作用是防止由于疏忽将电源极性接反，而使电子监控设备烧坏。由于电气系统电压不稳定，为了防止电源电压过高将电子设备烧坏，避免由于电源电压波动，对电子设备正常工作产生影响，在电子设备内部应具有稳压保护电路。为了避免由于偶然因素使电子监控设备输出控制电路（如控制报警指示灯、蜂鸣器及液压电磁阀等）短路，而使电子监控设备内部的电子开关由于短路电流过大而烧坏，在电子监控设备内部应具有输出短路保护电路。

1.1.6 电子设备插接件及导线应具有很高的可靠性

联合收获机、拖拉机及播种机等农业机械作业条件极端恶劣，因此要求电子监控设备、插接件及导线应具有很高的可靠性。

1.2 联合收获机上的电子设备

电子技术在谷物联合收获机上的应用主要体现在监视、控制、通信等方面，具体体现在发电机电子电压调节器、滚筒及各轴转速监视系统、大豆割台低割仿型电液控制系统、粮食收获损失监视系统、驾驶室空调电子控制系统、无线电通信设备及收放机、各工作部件单片计算机电子监视系统、发动机电子控制系统、用于精准农业的卫星定位系统、产量监视及记录设备等。先进技术的使用提高了联合收获机的作业质量和工作效率。黑龙江八一农垦大学工程学院在“八五”期间对引进的谷物联合收获机电电子监视系统进行了国产化的研究工作，取得了积极的进展，目前对国外的精准农业机械设备进行研究和消化吸收，为国产农业机械配备精准的农业电子设备奠定基础。

1.2.1 单片计算机数字式滚筒转速表

数字式滚筒转速表是用来监视滚筒的转速的。滚筒转速的高低对收获质量有很大的影响，转速过高容易使谷粒破碎，转速过低使谷粒脱不净。滚筒转速需要经常调整，因此需要准确的滚筒转速表。目前我们已经研制出新型高精度数字式单片计算机滚筒转速表，这种高精度数字式滚筒转速表以 89C2051 型单片计算机为核心，配有 WATCH DOG 监视电路，使用霍尔效应式转速传感器，带有背光的宽温型四位液晶显示器显示滚筒转速，误差为

±1 转,属高精度数字式滚筒转速表。

1.2.2 收获机轴低转速监视系统

收获机轴低转速监视系统用来监视联合收获机重要传动轴,如 JD-1075 收获机轴转速监视仪监视粮食推运器轴、杂余推运器轴、风扇轴、横向抖动器轴及茎秆切碎器轴的转速。监视轴转速的目的是要监视轴的负荷。现代谷物联合收获机都装有带空调的密闭驾驶室,驾驶员用耳朵很难听到收获机各部位的运转声响及负荷变化情况。特别是某些部位堵塞以后,驾驶员如不立即发现并及时排除,对联合收获机的作业效率将产生一定的影响。因此,在联合收获机上装有轴转速监视仪,当某些部位堵塞或负荷变大时,轴的转速要下降,当转速比正常转低 15%~30% 时,监视仪上的指示灯亮及讯响器发出声响,警告驾驶员,使驾驶员及时发现故障并及时排除。为了解决当前轴转速监视仪存在的问题,我们研制出新型以数字集成电路为核心的轴转速监视仪,并将此技术用于谷物联合收获机和玉米联合收获机上。

1.2.3 大豆割台低割仿型电液控制系统

为了减少收获大豆时的损失,现代联合收获机普遍采用了挠性割台进行大豆收获作业,并在挠性割台上安装了割台高度自动控制(自动仿型)系统。该系统能随着田间起伏自动控制联合收获机割台的高度,收割大豆茬很低,减少大豆收获损失(俗称猫耳朵),并降低驾驶员的劳动强度。

以 JD-1075 联合收获机为例,当联合收获机收获大豆时,割台机械部分将地面起伏变化情况,通过一套机械杆件传给割台高度传感器,传感器将地面起伏变化情况转变成电信号,再由信号放大器对电信号进行放大,驱动液压电磁阀,通过液压电磁阀接通液压油路,使割台上升或下降来保持割台高度,减少收获

损失。

1.2.4 粮食收获损失监视系统

联合收获机粮食损失监视装置分成两种类型，第一类以 JD-1075 联合收获机为典型，仅能测量谷粒的绝对损失（即单位时间内的谷粒损失）。这样测得的损失率必然受到收获机前进速度的影响，当收获机前进速度改变时，粮食损失监视仪表头的指示数值也发生变化，因此，它是一种简易的谷粒损失监视装置。

第二类是比较先进的监视仪表，能反映出单位面积的谷粒损失，除逐稿器传感器外，还需要在联合收获机的行走轮上安装一个行走速度传感器，当收获机割幅一定时，收获机行走速度可以表示面积，若将这两种信号同时输入到监视仪，通过监视仪内部的电子线路使两种信号相除，则可得到单位面积的谷粒损失（每公顷损失率）。

1.2.5 基于 GPS 的收获机产量监视仪

用于“精准农业”的联合收割机上安装有基于 GPS（全球卫星定位系统）的收获机产量监视仪。在驾驶室的顶部安装一个半球形 GPS 接收天线，可接收卫星定位信号并将此信号传给 GPS 接收机，GPS 接收机将收获机所处的经度和纬度通过 RS232 串行接口传给驾驶室内部的产量监视仪（内部有单片计算机），以确定每一时刻联合收割机的作业位置。联合收割机上装有一套电子传感器（包括谷物流量传感器、谷物水分传感器、升运器转速传感器、收获机行驶速度传感器等），每隔 3 s 把收获的农作物的重量、湿度等数据输送给产量监视仪内部的单片计算机，并在液晶显示器上显示出来。

联合收割机作业过程中，可以通过插入产量监视仪中的数据卡精确地记录每一单位面积（可以精确到 10 m^2 ）土地的农作物

产量及有关数据。根据这些数据，计算机可以绘制出整块土地不同位置的彩色图形，形象地展示地块中不同位置的产量高低。对于产量高低差异较大的地块，可以通过对土壤养分分布、地势的高低、杂草的多少及土质情况等因素的分析，找出产量高低差异的原因。

然后把有关数据输入其他农业机械（如变量播种变量施肥机、变量喷雾机、变量喷灌机）电子控制器内部单片计算机里，就可有针对性地施肥、喷药、灌水，全面提高整片土地的产出水平，降低化肥和农药的施用量，保护生态环境，实现农业生产的可持续发展。这项技术水平很高，设备很复杂，但极易操作。目前黑龙江省友谊农场五分场二队有一台美国凯斯公司生产的CASE 2366 IH收获机上安装有基于GPS的收获机产量监视仪，北京小汤山“精准农业试验基地”也有一台同样型号的收获机；黑龙江省850农场有一台美国约翰·迪尔公司生产的CTS II的收获机也安装有基于GPS的产量监视仪。

1.3 拖拉机上的电子设备

电子技术在拖拉机上的应用主要体现在监视、控制、通信等方面，具体体现在发动机及底盘电子监视系统、发电机电子电压调节器、驾驶室空调电子保护装置、发动机电子控制系统、变速器电液控制系统、拖拉机电液控制悬挂系统、无线电通信设备及收放机、用于精准农业的卫星定位及导航系统、拖拉机电控自动驾驶系统等。先进技术的使用提高了拖拉机的作业质量和工作效率。

1.3.1 大型拖拉机单片计算机监视系统

随着电子技术的发展，现代化的大型拖拉机越来越多地装备

有先进的电子监视控制设备，特别是单片计算机已经应用于引进的大型拖拉机上，单片计算机智能监视系统是拖拉机电子监视设备发展的必然趋势。例如 JD-4450 拖拉机安装有“监视者 II 型单片计算机监视系统”，监视系统仪表有电压表、冷却液温度表、燃油表及发动机机油压力表。报警指示灯有变速器油压指示灯、发动机机油压力指示灯、发动机冷却液温度指示灯、离合器温度指示灯、液压油温度指示灯、空气滤清器堵塞指示灯及变速器油滤清器堵塞指示灯，另外还有一个红色的紧急故障指示灯（简称停车灯），一个黄色的一般故障维修指示灯（简称维修灯）。不但能监视发动机的工作情况，而且还能监视拖拉机的传动系统，特别适用安装有液压全负载换挡变速箱的大型轮式拖拉机。

1.3.2 拖拉机空调电子保护装置

JD-4450 拖拉机安装有空调系统电子保护装置，空调电子保护装置（又称电子时间继电器）主要控制空调压缩机的工作状况，并以指示灯的方式显示给驾驶员，以显示空调系统正常工作与否，使空调系统能安全可靠地工作。

空调电子时间继电器有正常工作显示和控制，空调制冷系统压力过低控制和显示，空调制冷系统压力过高控制和显示，以及电源电压过低和过高控制和显示，电源极性接反保护，指示灯输出短路保护等功能，并且内部安装有电源稳压电路。

1.3.3 拖拉机多普勒车速雷达

当轮式拖拉机在田间作业时，人们比较关心如何使拖拉机的牵引效率最高，而牵引效率同拖拉机驱动轮的滑转率有密切关系。滑转率的测试需要测知车身相对地面的速度和车轮轮缘线速度，而测知车轮轮缘线速度是很容易的（通常大型轮式拖拉机上的车速表实际上显示的是车轮轮缘线速度），测定准确的车身相

对于地面的速度却比较困难，因为轮式拖拉机在作业时，驱动轮与松软的地面之间有一定的滑转。

国外先进的大型轮式拖拉机采用了多普勒（DOPPLER）车速雷达监视仪测定拖拉机车身速度。将多普勒雷达传感器所测的车身速度信号和车轮速度传感器测得的车轮速度信号同时送入多普勒车速雷达监视仪中，经过电子电路及单片计算机处理后，在多普勒车速雷达监视仪的数字显示器上显示拖拉机相对于地面的车速及滑转率等。

美国约翰·迪尔（JOHN DEER）公司的 JD-4450 型拖拉机和 JD-7800 拖拉机装有多普勒车速雷达监视仪（我国引进的 JD-4450 型拖拉机和 JD7800 型拖拉机没有安装此设备）。

纽荷兰（NEWHOLLAND）公司生产的 G240 型轮式拖拉机（240 马力）和 M160 型拖拉机（160 马力）装有多普勒车速雷达监视仪，黑龙江垦区 1999 年引进的纽荷兰公司生产的 363 台 M160 型拖拉机，该拖拉机上也安装有多普勒车速雷达传感器和配套的电子监视仪。

1.3.4 拖拉机故障机载计算机诊断技术

在我国引进的大型轮式拖拉机中，约翰·迪尔（JOHN DEER）公司的 JD-7800 型拖拉机、纽荷兰（NEW HOLLAND）公司的 G240 型拖拉机和 M160 型拖拉机具有机载计算机故障诊断和故障码显示功能。这些高性能的轮式拖拉机的结构比较复杂，特别是负载换挡变速箱和液压悬挂系统采用电气-液压联合控制方式，属于机-电-液一体化，结构更加复杂。

大型先进的轮式拖拉机出现故障后，由于结构比较复杂，靠人工很难找到故障部位。因此利用原拖拉机机电液一体化已安装的大量传感器，作为故障信号的输入，向机载计算机提供故障信号，经过计算机的分析处理判断，诊断出故障的部位，以故障代

码的形式在半导体存储器中贮存，并在液晶显示屏上显示出来，通过查阅使用手册可得知拖拉机的故障部位。

1.3.5 拖拉机 GPS 自动跟踪驾驶系统

黑龙江省大西江农场 2003 年引进美国约翰迪尔公司一套精准农业机械设备，其中 9520T 型橡胶履带式拖拉机安装了基于 DGPS 定位的自动对行驾驶系统，牵引 1820 型气力输送式变量施肥播种机进行播种作业。自动跟踪驾驶系统取代了传统的播种机划印器，可在夜间进行播种作业，延长机组工作时间，提高了机组生产效率。由于采用自动跟踪驾驶，减轻驾驶员疲劳，可以提高作业速度，避免重播和漏播，提高作业质量。

黑龙江省大西江农场引进的美国约翰·迪尔公司“绿色之星”精准农业系统采用“星火”DGPS 接收机，该 DGPS 接收机采用双频差分 SF2 卫星差分纠偏系统，平均定位精度误差为 ± 4 英寸 (± 10 cm)。

液晶显示控制器用于拖拉机自动跟踪驾驶，需要配备自动驾驶驱动卡 (KeyCard)，液晶显示控制器为迪尔公司“绿色之星”精准农业系统通用标准部件，也可以安装到其他机车，用于其他作业方式。

1.3.6 新型电控自动区段换挡

JD-7820 型拖拉机选用新型自动区段换挡，采用电脑控制系统实现在区段内自动将牵引力与速度相匹配，即在区域换挡范围内自动调节速度。自动换挡系统会自动感应牵引力及发动机转速的变化，并及时自动地调节速度，无需根据经验或发动机声音变化来变换挡位。该系统在每个区域内自动对 4 个挡位进行选择，自动变速系统将实时自动检测负载和发动机转速，然后将电子信号传给控制装置，从而实现自动换挡。除了自动换挡功能