

张雪芬, 薛红喜, 孙涵, 等. 自动农业气象观测系统功能与设计. 应用气象学报, 2012, 23(1): 105-112.

## 自动农业气象观测系统功能与设计

张雪芬<sup>1)\*</sup> 薛红喜<sup>1)</sup> 孙涵<sup>2)</sup> 曹治国<sup>3)</sup> 李翠娜<sup>1)</sup> 金红伟<sup>4)</sup> 余正泓<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>(中国气象局气象探测中心, 北京 100081) <sup>2)</sup>(广西壮族自治区气象减灾研究所, 南宁 530022)

<sup>3)</sup>(华中科技大学, 武汉 430074) <sup>4)</sup>(江苏省无线电科学研究所, 无锡 214073)

### 摘 要

根据现代农业气象业务需求, 提出了可视化、实时性、远程控制的自动农业气象观测系统技术思路、设计原则, 并设计了系统的硬件和软件架构及自动化观测的实现方法。该系统具有作物生长、农田气象要素观测及环境监控功能, 可实现作物发育期、株高、盖度等的自动观测, 还可实现农田主要农业气象灾害实时监测。该文利用三维空间模拟技术初步确定了 CCD(charge-coupled device)传感器的技术指标; 提出利用图像判别技术, 结合作物生长特征及农业气象指标, 实现作物发育期自动判别; 利用摄影测量学技术, 采用动态跟踪法实现作物株高自动化观测; 提出了作物盖度的计算方法和通过研究作物盖度与密度、叶面积指数的关系, 解决作物种植密度和叶面积指数自动观测的技术思路。该系统模仿人工观测原理, 将图像处理和摄影测量学等技术引入农业气象自动观测中, 基本上可以满足农业气象观测的主要任务的实时性、可视化和自动化需求。

**关键词:** 农业气象; 自动观测; 图像处理; 摄影测量学

### 引 言

我国是农业大国, 气象部门历来重视农业气象工作。围绕气象为农服务需求, 我国已逐步建立起国家-省-地(市)-县四级农业气象业务体系, 并在长期的农业防灾减灾、农事生产管理等服务中发挥着重要作用。

随着农业科学技术的飞速发展, 我国农业已进入了一个以高产、优质、高效、生态、安全为发展方向的新阶段, 农业对气象服务提出了更高的要求, 迫切需要农业气象为现代农业的发展提供时效更快、内容更多、水平更高、针对性更强的服务产品。因此, 获取高精度、高密度、多要素、连续稳定的农业气象观测信息势在必行。然而, 当前的农业气象观测技术、手段、时效、内容以及观测站点密度等远不能满足现代农业气象业务和服务发展的需求, 主要表现在以下几个方面: 农业气象观测站点代表性不足, 由于远距离大田观测存在交通条件等困难, 农业气象

观测站点基本在城市附近, 观测地段的选择受到很大的空间限制, 直接影响着农业气象观测样区的代表性; 农业气象观测自动化程度低, 目前农业气象观测仍以人工和手工方式为主, 如人工取土测墒, 劳动强度大, 费时费力, 基层台站工作困难; 农业气象观测精度有限, 可比性不强, 由于观测人员的专业素质、熟练程度、观测习惯和责任心等不同, 造成观测精度差别较大, 如作物发育期、密度、苗情长势等观测在取样、判断、量化等环节不可避免地受到观测人员主观因素的影响; 观测时效性不能满足业务需求, 现有土壤水分每旬只有 1~2 次观测, 发育期观测由于需要人工观测, 不能实时连续动态进行, 有时还错过观测的最佳时间, 病虫害及各类气象灾害的田间实况资料不能实时获得等; 农田小气候观测未能真正用于业务服务和科研中, 农田小气候资料与气象站的观测资料有一定的差异, 可反映农田内的真实气象环境及灾害发生情况, 由于各种原因, 多年来未制定统一的观测标准, 也未投入到农业气象业务服务中。因此, 当前以目测或简单器测、手工记录和报

2011-06-22 收到, 2011-10-12 收到再改稿。

资助项目: 公益性行业(气象)科研专项“农业气象观测自动化系统研发”(GYHY200906046)

\* E-mail: sophyxf@163.com

表寄送、纸质存档等为主的农业气象观测业务与现代气象业务体系建设要求相差甚远,亟需提高其自动化观测能力。

与国外相比,我国的农业气象观测业务具有一定特色,如观测业务较为规范,观测站网布局较为合理,观测内容和观测项目较为丰富,在国家粮食安全保障中发挥着重要作用。但我国农业气象观测手段和观测方法发展缓慢,技术较为落后;荷兰、以色列、美国、德国等国家在农业气象观测领域虽没有十分完整的观测项目和观测布局,但其农田小气候等观测技术和观测设备比我国先进,已基本实现自动化观测。因此开展农业气象自动化观测研究,发展我国的农业气象自动化观测业务十分必要。本文围绕自动化农业气象观测技术方法,重点介绍了自动农业气象观测系统的总体设计原则、技术思路及实现途径。

### 1 总体设计

本系统总体设计遵从以下原则:①突出重点,解决急需。本系统主要围绕农业气象业务需求,重点解决急需和人工观测难度较大的观测项目和观测作物,再逐步解决其他观测<sup>[1]</sup>。为此系统主要解决主要粮食作物小麦、玉米、水稻和主要经济作物棉花的

发育期、土壤水分、农田小气候、主要农业气象灾害等观测项目。②成熟性原则。即传感器选型尽可能选用成熟、先进的技术。③可靠性原则。优先考虑系统稳定性,确保系统性能可靠。④模块化组态设计原则。在已确定的观测传感器基础上,具有扩充观测传感器的功能。⑤通用性原则。不同型号的传感器或设备需具有可代替性,选择通用接插件,便于系统的快速检查、维护与升级。

根据以上设计原则,设计的自动农业气象观测系统主要分为硬件系统和软件系统两部分<sup>[2-8]</sup>。硬件系统主要包括作物生长 CCD(charge-coupled device)自动采集传感器、农田小气候观测传感器、土壤水分自动观测传感器、数据采集器、通讯传输系统、电源系统(市电和太阳能)、环境监控系统及防雷系统等;软件系统主要包括资料自动采集和控制软件、信息处理与应用软件,其中信息处理与应用系统软件主要面向基层观测人员,包括作物发育期自动识别、作物株高、密度(盖度)、作物长势等自动观测处理及应用。

为测试设备在不同气候区的适应性并研究自动化观测方法和自动识别算法,在不同生态区选择小麦、玉米、棉花、水稻 4 种作物,进行 3 年自动和人工对比观测,总体设计思路见图 1。

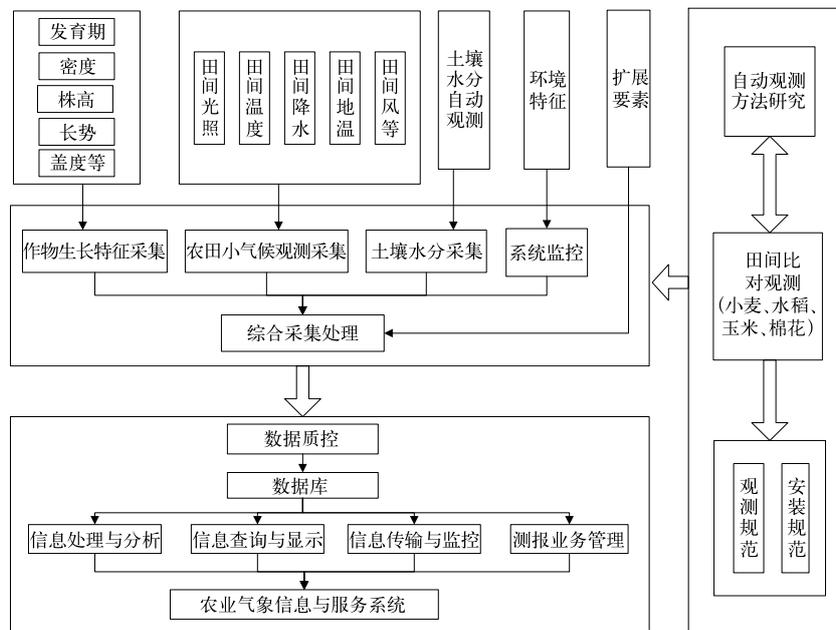


图 1 自动农业气象观测系统总体设计

Fig. 1 Technology of automatic observing system for agrometeorology

## 2 自动农业气象观测系统设计与实现

自动农业气象观测系统采用模块化设计,每一部分可以作为子系统单独使用,也可集成为一个综合系统。本设计采用集成方案,即将作物生长、田间小气候、土壤水分 3 个自动化观测子系统及电源、环境监控等辅助子系统,与资料采集、农业气象观测信息处理与应用系统软件集成,构成了自动农业气象观测系统。其中,作物生长自动化观测子系统主要包括作物发育期、密度(盖度)、作物株高和作物长势等自动观测;农田小气候观测包括为监测主要农业气象灾害而设计的不同高度层的温、湿、风、地温、光合有效辐射等观测;土壤水分自动化观测系统主要包括不同土层深度的土壤湿度观测。

### 2.1 作物生长自动化观测子系统设计

作物生长自动化观测包括作物生长信息自动采集与图像自动识别处理。利用 CCD 图像传感器技术实现作物发育期自动采集,自动采集器的技术指标,即 CCD 图像传感器安装高度、焦距及图像分辨率是决定作物生长自动判别准确率的关键。本设计通过三维模拟软件与外场试验分析,结合农业气象观测要求,试验确定 CCD 图像传感器的技术指标。作物发育期图像自动识别是利用田间试验获取的作物发育期图片资料,结合作物不同时期生长特性及在图像中的信息特点,采用图像处理技术,定量分析并判识作物发育期;采用摄影测量学结合图像处理技术实现作物株高的自动测量;采用数理统计方法

及图像处理技术实现作物密度(盖度)的自动观测。

#### 2.1.1 作物生长自动采集传感器技术指标设计与选型

作物生长自动采集传感器技术指标采用三维仿真模拟作物生长的真实场景确定。在模拟中假设土地尺寸为 20 m×20 m,设两级刻度标示单位,一级为 2 m 间隔,下一级为 0.2 m 间隔;方案中模拟真实作物生长高度的变化情况,在模拟场景中设计了相同类型植物的 6 种高度变化情况,分别为 2.5 m, 1 m, 0.5 m, 0.25 m, 0.1 m, 0.05 m, 基本涵盖了研究作物的高度变化范围。根据作物生长的高度,将模拟 CCD 传感器分别安装在 5 m, 4 m, 3 m 高度上,俯仰角为 65°,对获取图像的成像尺寸及 CCD 不同分辨率的成图效果进行分析,发现 CCD 的成像效果对发育期的自动识别精度有较大影响,成像尺寸太小,图像分辨率达不到自动识别的能力,图像获取失败,即安装高度不合适、相机焦距或图像分辨率不合适;图像分辨率太高,完全满足了自动识别的要求,但图像分辨率有冗余,给资料传输带来一定压力。试验结果表明:CCD 传感器的安装高度和图像分辨率的大小,对自动化识别效果和观测样本区的大小具有直接影响。

表 1 模拟结果显示:对于矮秆作物(高度在 1 m 左右),若获取的观测样区在 5 m<sup>2</sup> 左右,CCD 传感器的安装高度应不低于 3 m,焦距不低于 16 mm;对高秆作物(高度在 2.5 m 左右),若获取的观测样区在 5 m<sup>2</sup> 左右,CCD 传感器安装高度应不低于 5 m,CCD 焦距不高于 21 mm。

表 1 CCD 传感器不同架设高度及分辨率的可视范围模拟结果(单位:cm<sup>2</sup>)

CCD 高度/m	焦距/mm	作物高度/m					
		2.5	1	0.5	0.25	0.1	0.05
3	16	3392	54272	84535	102141	113590	117312
	19	2332	37488	58786	70956	78848	81380
	21	1880	30369	47561	57597	63987	65988
	24	1470	22908	36157	43510	48441	50184
4	16	30369	121794	165837	190163	205261	210672
	19	21120	84535	114639	131738	142416	145812
	21	17017	68593	92852	106982	115630	118314
	24	13000	51750	70664	80808	87156	90146
5	16	84535	216240	273798	304818	325520	331168
	19	58786	150025	189766	212100	224640	229862
	21	47561	121794	153510	171158	182052	186362
	24	36157	92241	116625	129560	137973	140904

在 CCD 传感器高度和相机焦距确定后,再模拟 CCD 传感器不同分辨率下获取的图像像素大小,分析图像自动识别的效果。本文以玉米出苗期为例,模拟在 CCD 传感器高度为 3 m、焦距为 16 mm 时,获取的图像成像效果(表 2)。从模拟结果看,综合考虑图像识别技术能力,当每株玉米像素低于 80 个像素时,不能自动提取或分辨出玉米苗,即 CCD 传感器的分辨率不应低于  $3684 \times 2638$ ,按照以上方法确定 CCD 传感器技术指标,再通过田间试验进行验证和调整。

表 2 不同拍摄条件下植株成像尺寸  
Table 2 The crop pictures size under different taking photo conditions

CCD 传感器分辨率	成像像素
$3684 \times 2638$	80
$1824 \times 1368$	25
$912 \times 684$	6
$456 \times 342$	2

注:以玉米出苗期为例,CCD 传感器安装高度为 3 m、焦距为 16 mm。

2.1.2 作物发育期图像信息提取及定量化处理

通过自动获取的作物发育期图像,分析不同发育期图像的色度、形态特征,结合不同作物发育期农业气象特点及气象指标,实现作物发育期的自动识别<sup>[9-10]</sup>。

作物的发育期可分为营养生长和生殖生长两个阶段,营养生长阶段的出苗期在图像上作物从无到有,表现为绿色信息的突变外,其余时段在图像提取信息上呈渐进性变化特征,即两个相邻的发育期阶

段仅有量的变化,但无明显质的改变;在作物生殖生长阶段图像上出现了新结构,表现出明显突变性特征,在图像处理中可通过识别和检测作物的突变性或显著性特征来完成。作物发育期图像中渐进性无质变的生长阶段通过收集作物的几何特点、位置、顶点、色度等统计特征,结合作物的高度、叶像素面积、农业气象特点等信息进行综合判断来实现发育期的自动观测。作物发育期自动化观测处理思路见图 2。

自动采集图像受太阳光高度角和方位角影响较大,为克服背景不统一、光照不一致、植株间有交叉、农事活动有影响等困难,准确提取出需要的信息,需对图像中的每个像素进行颜色空间转换和提取颜色特征,继而应用聚类算法对图像进行不同区域分割,对绿色作物彩色图像进行不同颜色空间特性分析,并通过建立数学统计模型生成亮度、色度对照表用于辅助区域判决算法。

不同作物发育期有相应的判别指标,以玉米为例<sup>[1]</sup>进行描述。

出苗期:玉米出苗时会在图像上表现出叶像素面积突变,通过研究叶像素面积的突变值,可判别出玉米出苗期。

三叶期和七叶期:通过作物的叶像素面积和作物顶点数等多种图像特征识别。叶像素面积的提取可先对作物图像进行自适应分割,然后对每个连通区域进行标记,再对每个连通域的叶像素面积进行统计,七叶期的叶像素明显大于三叶期的叶像素。

拔节期:玉米在拔节期时日生长量(株高)会发生明显跃变,日增长量和作物盖度超过前期平均值

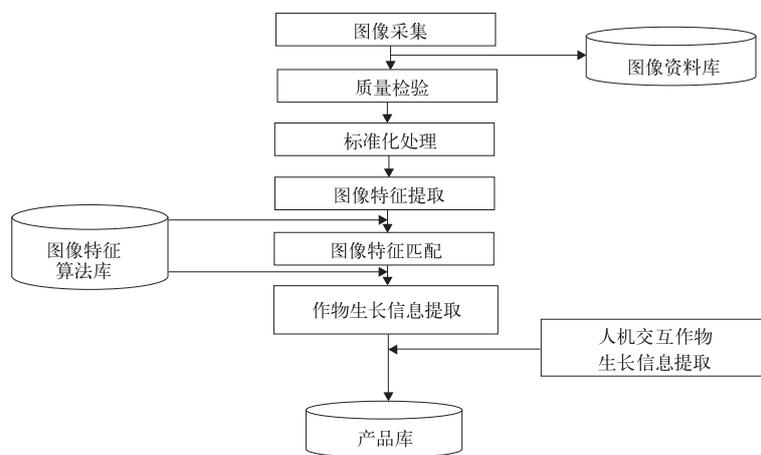


图 2 作物发育期自动化观测处理技术

Fig. 2 Measurements of automatic observations for the crop developmental phases

多倍。通过研究玉米拔节前后逐日株高变化,结合人工对比试验确定跃变阈值,实现玉米拔节期的自动判别。

抽雄、开花、吐丝期:在图像上表现出明显的新结构特征,利用新结构颜色、纹理与玉米绿叶的图像差别,提取结构特征,从而自动判别玉米发育期。

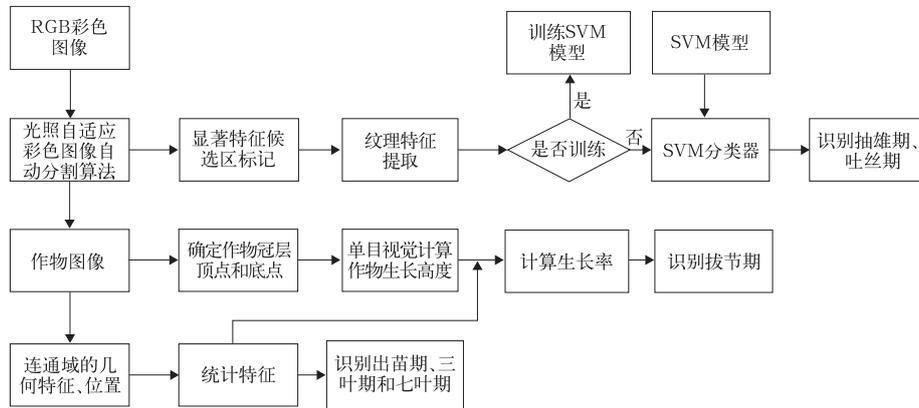


图 3 作物发育期图像自动识别

Fig. 3 Technology of automatic distinguishing for the crop developmental phase

### 2.1.3 作物株高自动观测设计

利用摄影测量技术,对观测的作物采用动态跟踪法,完成作物株高的自动测量。

### 2.1.4 作物盖度的自动观测方法

作物盖度与作物的长势、作物密度、作物叶面积指数密切相关,可反映作物生长情况,是了解作物生长的重要参数之一,其值可应用到农业气象模式中,开展作物生长模拟。通过自动观测装置获取相同拍摄高度、拍摄角度、相机焦距、像素统一规格作物生长图片资料,分析计算图像中作物信息面积与图像总面积之比即可获得作物盖度。通过试验分析作物盖度与作物密度、叶面积指数之间的关系,探讨它们之间存在的数理关系,以此间接实现作物密度、叶面积指数的自动观测,替代现有繁琐的人工观测。

## 2.2 农田小气候观测要素及观测设计

农田小气候主要观测农田内和作物上方气象条件,可以为农作物生长气候评价、农业气象灾害监测和评价提供数据<sup>[11-14]</sup>。本系统主要根据农作物的生长特性、农业气象业务和服务需求,设计了农田不同高度层的温度、湿度、降水量、风速及光合有效辐射等气象要素。

系统设计考虑了矮秆作物和高秆作物,传感器主要安装在作物的底部、中部和顶部,反映不同层气象要素的分布特点。据研究表明作物底部高度约 5 cm 处(作物拔节高度),最易受到晚霜冻影响;矮秆作物中部约 60 cm 处(果实灌浆部位),高秆作物

约在 1.5 m,此高度农田气象条件影响着作物灌浆情况;作物顶部气象条件分布,影响作物光合作用、农田蒸发及干旱的发生发展情况,矮秆作物顶部高度一般为 1.5 m,高秆作物顶部高度为 3 m。因此,本设计中矮秆作物传感器安装高度设在 5 cm(底部)、0.6 m(作物结实部位)和 1.5 m(顶部)等 3 层高度;高秆、矮秆轮作地段的传感器可安装 4 层。

### 2.3 土壤水分自动化观测子系统设计

土壤水分传感器主要选择目前已投入农业气象观测业务使用的频域反射法(FDR)技术原理的传感器,要求标定后体积含水量观测误差在 $\pm 2.5\%$ 以内,根据现有人工土壤水分观测业务要求,本设计中传感器设置层次间隔为 10 cm,一般为 8 层,分别在土壤表层(10 cm)、耕作层(20 cm 和 30 cm)、中层(40 cm, 50 cm 和 60 cm)及深层(80 cm 和 100 cm)安装<sup>[15-18]</sup>,根据研究需要也可增加不同土层传感器的数量。

### 2.4 自动农业气象观测系统综合集成技术

自动农业气象观测系统具有开放性,每一部分可独立运行,多种观测传感器可集成为一个系统。设计开发基于 CAN/CANopen 技术,制订农业气象领域的 CANopen 应用协议,采用 CAN 总线技术和积木化组态,集成作物生长特征监测、农田小气候、土壤水分和环境监控于一体,实现观测要素分采集器的灵活增减(图 4)。

综合处理子系统是自动观测站的核心,实现数

据采集、质量控制、统计计算、存储和通信功能,并通过 RS-232/RJ-45 通信口和 TCP/IP 协议,远程将数据和图片发送给数据中心站。基于 ARM 硬件平台和嵌入式 LINUX 开发,该系统充分发挥了 ARM 的 RISC 计算能力和 LINUX 的网络应用能力,实现了实时大容量数据存储和传输功能。

#### 2.4.1 电源子系统设计

电源子系统由市电接入、智能电源转换器、太阳能蓄电池板、免维护后备蓄电池构成。智能电源转换器可将 220 V 交流电转换成各种现场设备所需的电压等级,并对蓄电池进行充电。仪器工作优先采

用市电供电,其次为太阳能电池板,最后为蓄电池供电。

#### 2.4.2 环境监控子系统设计

环境监控子系统主要功能是监测、记录各子系统的运行、农田环境等情况,包括传感器状态、采集器状态、内部通信状态,记录供电情况、负载情况、蓄电池电量情况、太阳能电池板光照发电情况等重要信息。环境监控子系统能实时将各类监控信息发送至综合处理子系统,必要时可实时将现场监控数据直接通过无线传输模块发送到中心站,确保异常事件及时处理。

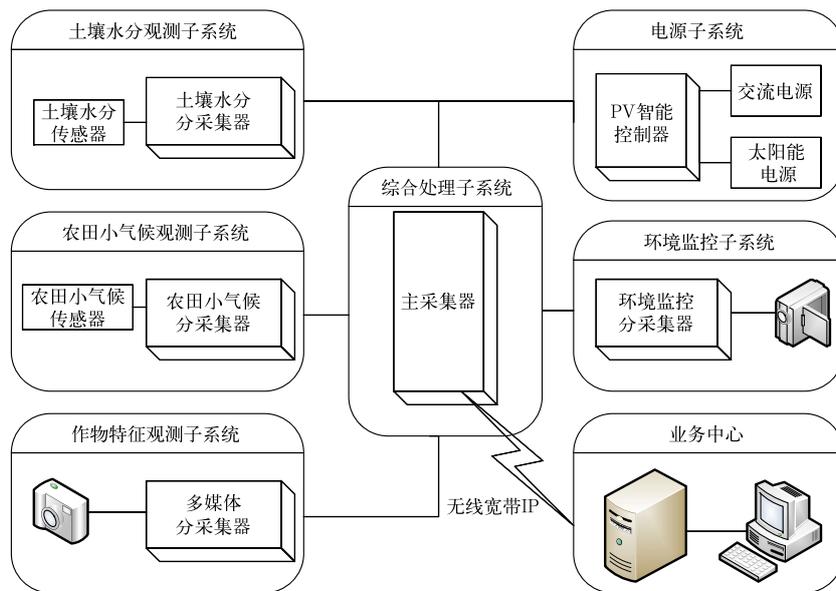


图 4 自动农业气象观测系统结构

Fig. 4 The structural drawing of automatic agrometeorological observing system

#### 2.5 自动化农业气象观测信息处理与应用系统设计

以农作物生长、土壤水分及农田小气候等实时资料为基础,制定、设计各类观测数据的存储格式与结构,创建以 SQL/Oracle 为支撑平台的综合数据库管理系统;应用 VS. Net 框架开发技术和 GIS 组件开发技术,开发自动农业气象观测信息处理与应用系统软件,主要包括农业气象观测要素和田间图像的显示、主要农业气象灾害统计、输出和查询、资料上传和相关报表制作及设备监控等功能<sup>[19]</sup>。

农业气象观测要素综合数据库系统是以 SQL Server(省级)/Oracle(国家级)为数据库支撑平台,设计农业气象观测要素数据库各类要素表结构;建立主要农业气象灾害指标库,为提取灾害信息提供基础;接收、存储自动农业气象观测系统上传的数据

和图像;研发 SQL Server/Oracle9i 数据库通用数据访问接口,开发具有用户管理、数据检索、查询、统计分析和输出等功能的农业气象观测要素综合数据库管理系统。

农业气象信息处理与应用系统主要是处理和显示作物发育期、长势等实时图像资料及农田小气候、自动土壤水分等观测资料,统计和显示主要农业灾害信息,查询和统计历史上某要素或多种组合要素的对比情况,具有设备监控功能,发现设备故障,及时报警功能,还具有数据补传、编发报等功能。

#### 3 小结

本文根据农业气象业务服务需求设计自动农业

气象观测要素,依据业务服务重点和观测要求设计仪器技术指标和布设架构,注重农作物生长要素和田间气象要素的自动观测,发挥自动观测无损、快速、实时、客观等优点,系统实现实时监测作物生长全过程。与常规观测方法相比,设计的自动化观测设备获得的信息更多,观测频次更高,使原来定性化观测的项目定量化,观测更具有客观性,还可以大大降低野外工作量和劳动强度,相对减少人力投入,可减少人为主观观测误差。

在系统设计中,引入图像处理 and 摄影测量技术开展作物生长自动观测,作物生长量与气象量相结合实现作物生长参数的自动采集和识别,应用农田小气候和自动土壤水分观测资料,实现实时监测农田内主要农业气象灾害发生情况,可形成丰富、时效高的自动化观测产品,对分析作物生长情况、定量评价气象对作物的影响、开展作物产量估产及抗灾防灾,保障粮食安全具有重要意义。

该系统是根据现有农业气象观测内容、农业气象业务服务急需设计的,初步设计了主要针对国家粮食作物和主要经济作物的自动化观测,不能涵盖所规定的农业气象观测项目,应通过实现这些作物和项目的自动化观测,再逐步研究其他作物和观测项目的自动化观测技术和方法。该系统设计的 CCD 传感器技术指标,需根据田间实际情况和图像处理技术的发展以及农业气象观测的要求,逐步完善和调整。另外,该系统设计的自动化观测算法需在田间试验中不断验证和完善。同时,作物发育期自动化识别不能完全套用人工观测要求,需根据技术发展和业务需求,对现有人工观测要求进行改进,以适应自动化观测的特点。

### 参 考 文 献

- [1] 中国气象局. 农业气象观测规范. 北京:气象出版社,1993.
- [2] 张霭琛. 现代气象观测. 北京:北京大学出版社,2000:193-226.
- [3] 胡萌琦,黎家宜,唐新,等. 基于虚拟仪器技术的农业气象自动观测系统研究. 气象研究与应用,2010,32(2):57-59.
- [4] 刘志平,孙涵,胡萌琦. 农业气象自动化观测原理样机的研制. 安徽农业科学,2010,38(17):9287-9289.
- [5] 黎家宜,胡萌琦,林宗桂. 农业气象自动观测站的建设及管理. 气象研究与应用,2008,29(4):35-37.
- [6] 林墨,林宗桂,胡萌琦. 一种可变采样率数据采集方法与应用. 气象研究与应用,2008,29(4):77-79.
- [7] 赵爱国,聂彦将,侯旭宏,等. 适用于寒旱区十要素无人自动气象站的研制. 高原气象,2003,22(6):646-649.
- [8] 李雁,梁海河,孟昭林,等. 自动气象站运行效能统计. 应用气象学报,2009,20(4):505-509.
- [9] 张枝军. 图像处理技术. 北京:北京大学出版社,2006.
- [10] Gray W J, Richard J. LabVIEW 图形编程. 武嘉澍,陆劲昆,译. 北京:北京大学出版社,2002:3-6.
- [11] 中国气象局. 生态气象观测规范. 北京:气象出版社,2005.
- [12] 钟阳和,石生锦,黄彬香. 农业小气候. 北京:气象出版社,2009.
- [13] 袁光明,吴宁强,郭新,等. 农业气象观测数据自动化处理系统. 陕西气象,2002(4):20-22.
- [14] 中国气象局. 地面气象观测规范. 北京:气象出版社,2008.
- [15] 王小雷,任学军,胡敬芳,等. 附加电阻高频电容法土壤水分传感器的研究. 河南农业大学学报,2008,42(6):689-692.
- [16] 冷林茂,吴志刚,牛素军,等. GStar-I 型电容式土壤水分监测仪设计与应用. 气象与环境科学,2008,31(3):82-85.
- [17] 王晓云,郭文利,奚文. 利用“3S”技术进行北京地区土壤水分监测应用技术研究. 应用气象学报,2002,13(4):422-429.
- [18] 陈金华,杨再强,杨太明,等. 安徽省土壤水分监测预测系统. 应用气象学报,2011,22(2):249-256.
- [19] 刘旭林,赵文芳,刘国宏. 基于 WebGIS 的气象信息显示和查询系统. 应用气象学报,2008,19(1):116-122.

## Function and Designing of Automatic Observing System for Agro-meteorology

Zhang Xuefen<sup>1)</sup> Xue Hongxi<sup>1)</sup> Sun Han<sup>2)</sup> Cao Zhiguo<sup>3)</sup>

Li Cuina<sup>1)</sup> Jin Hongwei<sup>4)</sup> Yu Zhenghong<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> (Meteorological Observation Center of CMA, Beijing 100081)

<sup>2)</sup> (Guangxi Institute of Meteorological Disaster Mitigation, Nanning 530022)

<sup>3)</sup> (Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

<sup>4)</sup> (Institute of Radio-technology of Jiangsu Province, Wuxi 214073)

### Abstract

Based on the proposed technique thought and designing principles, the hardware component parts and software function is designed for automatic observing system of agro-meteorology (named AOSA), which is visual and real time and can be controlled remotely according to the requirement of modern agro-meteorological operation. The AOSA is made of the automatic observing system of crop growing and meteorological observing as well as environment monitoring in the field. It includes temperature and humidity sensors for different heights, and solar radiation, photosynthetically active radiation, infrared temperature, rain, wind sensors above crop, and soil humidity and soil temperature sensors for different depths in soil. It can realize automatic observation of crop growing phases, crop height, crop cover, and main agro-meteorological disasters by means of crop meteorological observing and soil moisture data. There are many observing elements in agro-meteorology observation task, but the urgently needed elements and crop types in operational observation are solved in AOSA.

The automatic observing techniques are introduced systematically. The technological specification of crop growing sensor is the foundation of AOSA research and development, which (resolutions of CCD sensors and installing height) have influences on accuracy of the crop automatic distinguishing. The results show that CCD sensor height and focus for short stalked plant is not below 3 m and 16 mm respectively and CCD sensor height and focus for tall stalked plant is not below 5 m and 21 mm respectively to observe an area of 5 m<sup>2</sup> properly. The automatic distinguishing technique of crop development phases is realized by means of picture differentiating technique, considering crop growing and meteorological index. Crop observation is complicated, so different development phases have different algorithms of automatic observing. Observing method of crop height is developed by photography and dynamic tracking technique. The method of plant cover calculating is given out per hour, and automatic observing of crop density and leaf area will be solved through researching out the relationship between them. The AOSA will preliminarily realize visual, real time and automatic observing of main agro-meteorology observation through image processing and photogrammetry techniques.

**Key words:** agro-meteorology; automatic observing; image processing; photogrammetry