

# 中国水稻气象情报服务系统的研究

太华杰 姚克敏 汤昌本 詹习武\*

## 提 要

中国水稻气象情报服务系统是一个全国水稻物候和产量动态监测系统。它以我国现行水稻气象监测网数据为信息源,通过系统内有机联系的三类功能模块和若干数据文件,实现对气象旬报的改错、补报和换算;自动建立中近期配套的预测模式,完成包括显示、打印、填图等形式的服务。本文简要介绍了本系统的功能、软件结构和模式组建等研究成果。

## 引 言

实现农业气象服务的自动化、定量化和正规化,向国家农业生产指挥部门提供实时、客观、准确的农业气象情报,是我国农业科学管理的迫切需要,也是我国农业气象情报服务的迫切任务之一。我国农业气象监测网点初具规模,大量的农业气象监测信息可以提供农作物物候产量的实时情报和预测信息<sup>[1]</sup>。近年来微机在农业气象业务上的应用研究<sup>[2][3][4]</sup>,促成本系统的研制。这一系统初步实现了我国水稻物候和产量情报服务的自动化和系统化。本文简要介绍系统的功能、软件结构、模式组建等主要研究成果。

### 一、系统功能

中国水稻气象情报服务系统(以下简称“系统”),是一个全国水稻物候、产量动态监测服务系统。系统采用现代统计分析技术,利用农气表-1中大量农业气象监测资料,建成水稻物候、产量预测模式库,并把全国实时气象旬报电报,通过电传机及微

机通讯接口,转换成微机气象旬报数据库,再从中提取水稻有关数据,初步加工成水稻生物学和水稻气象学两大数据库。然后微机自动检索、寻址、处理、计算,并以多种形式输出水稻主产区物候、产量实况情报和预测信息。运行本系统,具有简便、省时、全面或任意选择答询等特点。它的主要功能如下:

1. 系统的每一过程均有简洁的中文提示,便于操作。

2. 系统既可以在半自动方式下,按用户的选择输出所需信息;也可以在全自动方式下,集中计算,快速提供用户所需全部信息、节省用户候机时间。

3. 系统能按用户要求提供任一地区或任一省的水稻物候、产量的实况情报和预测信息。包括各物候日期实况及分蘖、孕穗、抽穗和成熟期的预测,以及每亩产量、有效穗数、空秕率、穗粒数的预测。

4. 系统能按用户选择,以屏幕显示、打印、填图等多种形式输出单项或多项所需情报。

\* 课题组成员还有夏海峰、刘文泽、顾仲贤等。本文由汤昌本综合。

5. 系统能提供各地水稻各物候阶段的气候要素值资料报表。

6. 系统可输出物候和产量气候模式,供用户分析水稻物候、产量与气象条件的关系。

一组应用软件,含有用GWBASIC写成的41个模块文件,6个辅助文件以及若干数据文件。系统采用结构化设计方法。41个模块文件受控于四级菜单,分成五个层次。第一层由系统主控文件提供系统运行方式选择。第二层提供系统服务内容主菜单。第三层到第五层的模块文件,可向用户提供所需实况情报和预测信息。系统各模块文件间的逻辑关系见图1。

## 二、软件结构

### 1. 程序结构化设计

系统是在IBM PC机或兼容机上实现的

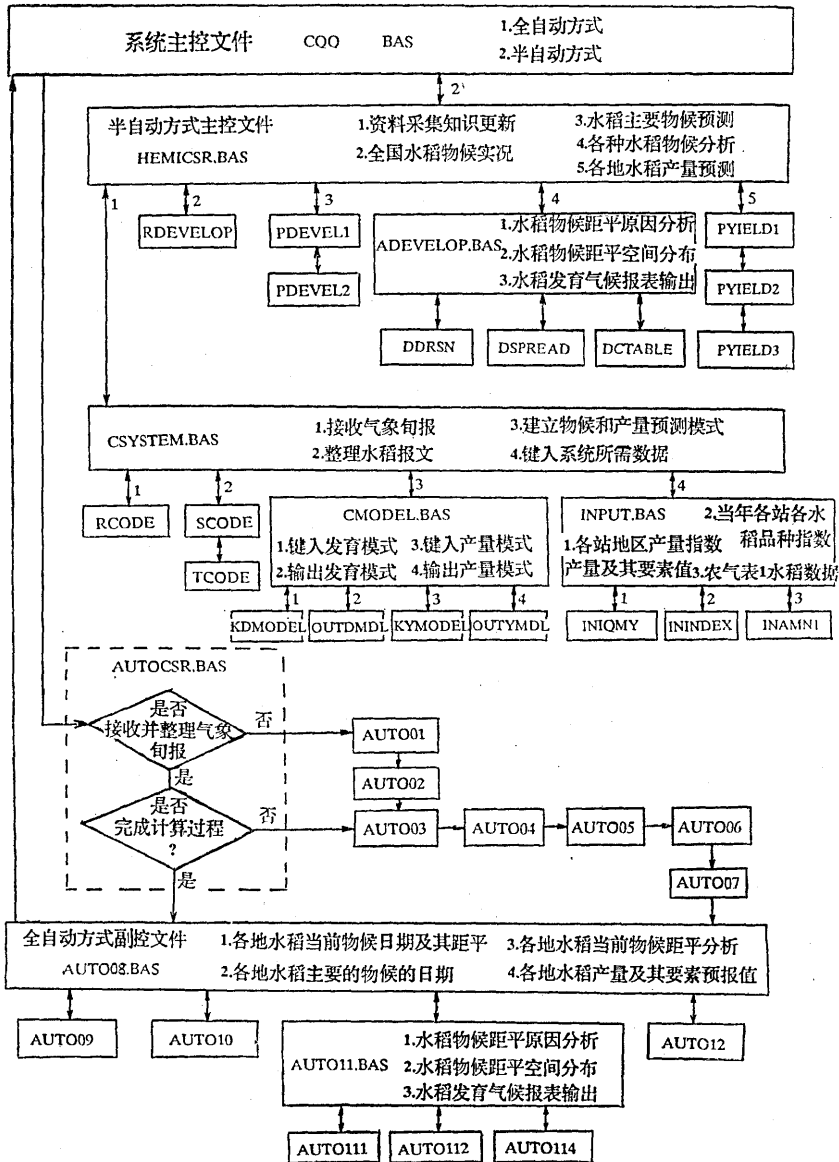


图1 系统模块文件逻辑关系图

## 2. 数据库

系统运行和服务，主要是通过三级数据库的建立和输出。系统通过电传机与微机的通讯接口电路输入气象旬报电报信息，由模块文件RCODE·BAS译成气象旬报资料数据，形成第一级数据库，即气象旬报数据库。由系统模块文件SCODE·BAS分别从气象旬报数据库中，提取有关的水稻生物学数据和气象学数据，并进行初加工和计算，形成R1·DAT和R2·DAT。R1和R2文件中既有实况数据，又有物候、产量及其要素的预测

数据，形成第二级数据库，即水稻生物学和气象学数据库。其信息可直接提供部分服务。系统利用模式库和第二级数据库，实施各地各类水稻物候、产量的预测计算，建成第三级数据库，即水稻当前实况与预测数据库，以STR系列和STY系列文件存放，便于系统屏幕显示、打印、绘图等子模块直接调用。第三级数据库的深加工产品是系统最主要的输出数据。

图2是系统主要数据流程图，描述了系统数据库之间的关系及主要模块文件在系统中的作用。

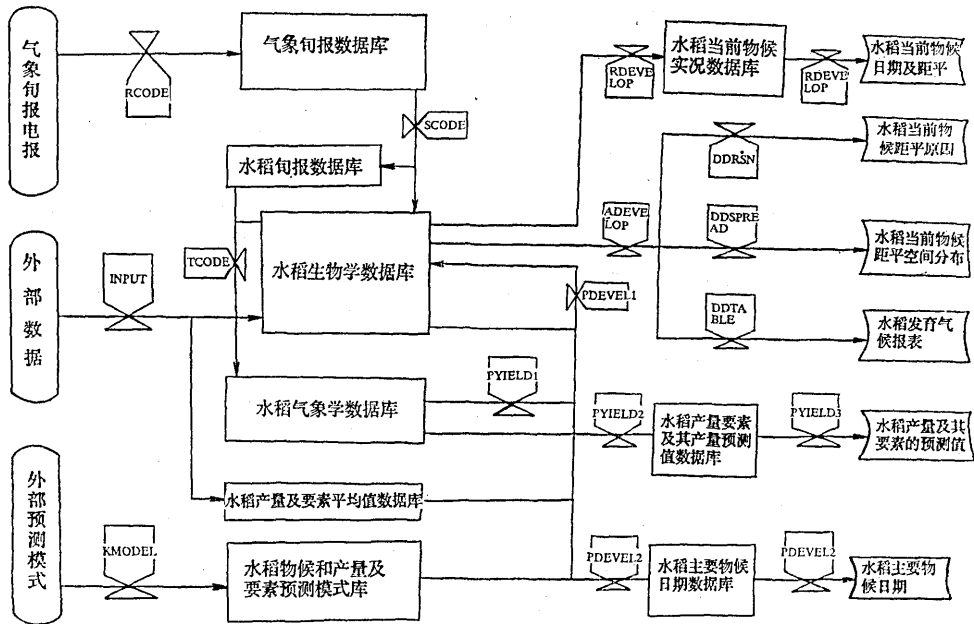


图2 系统数据流程图

## 3. 预测模式库

系统携带预测模式库，提供预测服务是本系统的特点之一。模式库由随机型数据文件组成。文件内每一记录表达一个完整的预测模式，以第一变量贮存模式因子数，以第二变量贮存模式的常数项，然后逐个贮存各

因子的回归系数，因子名称（包括生物、气象因子所处的物候时段）及因子的函数形式代码。

预测计算时，在模式库中逐一取出模式因子、回归系数、因子名及其函数形式，在第二级数据库中取出相应数据，然后进行代数运算，计算准确、迅速。

### 三、预测模式的研制

预测模式决定预测结果的准确程度，关系到系统的服务效果。因此，系统预测模式的研制是系统的关键之一。

#### 1. 模式研制概况

##### (1) 基本数据

我国水稻主产区地理范围大致为20—35°N、100—122°E。我们收集了上述地区内江苏、浙江、上海、江西、安徽、湖北、湖南、四川、福建、广东、广西、贵州、云南等13个省、市、自治区农业气象基本站1000多份水稻农气表-1，经初步整理，剔除有明显错情的报表，选出950份左右，作为基本数据。资料年代为1980—1985年。农气表-1中各物候普遍期除考虑到抽穗、开花期仅间隔0—2天，删除了开花物候期外，其余物候期（播种、出苗、三叶、移栽、返青、分蘖、孕穗、抽穗、乳熟、成熟）及其相应时期的气象要素值（平均温度、积温、日较差、雨量、雨日、日照时数、相对湿度等）以及站点高度、经纬度、作物生长发育状况（如密度）、作物产量及其结构要素（有效穗数、穗粒数、空秕率、千粒重）都按站点输入微机，经初步加工（如物候期转换为日序号）形成研制模式的备用数据文件。

##### (2) 分类、分片组建模式

鉴于种植制度、地区、品种属性的不同，水稻对气候的反应也不尽相同，因此在组建物候期预测模式时划分了6个类别；在组建产量模式时划分为10个片。具体划分是：

(1) 水稻物候期预测模式 分为常规早稻、常规中稻、常规晚稻、杂交早稻、杂交中稻、杂交晚稻6个类别。每个类别分别建立播种—分蘖天数、播种—孕穗天数、播种—抽穗天数、播种—成熟天数、分蘖—孕穗天数、分蘖—抽穗天数、分蘖—成熟天数、孕穗—抽穗天数、孕穗—成熟天数、抽

穗—成熟天数及成熟期气候模式等11个模式。

(2) 水稻产量预测模式 分为华南双季常规早稻、杂交早稻；华南双季常规晚稻、杂交晚稻；云贵高原单季水稻；长江流域双季常规早稻、常规晚稻、杂交晚稻；南方单季常规中稻、杂交中稻等10个片区。每个片区又分别建立分蘖时预报有效穗；孕穗时预测有效穗、穗粒数、产量；抽穗时预测空秕率、穗粒数、产量；乳熟时预测穗实粒数、产量，以及产量气候模式I、II共12个模式（气候模式II中引入了产量结构参数）。为照顾今后情报服务的实用性，在分类、分片时适当考虑行政区划。

(3) 因子筛选 气象条件对于水稻物候、产量有显著的影响，生育期积温及温度的高低影响着作物生育速度，产量形成关键期的光、温、水条件往往决定着产量的高低。故气象因子是组建模式的主要因子源。水稻物候及生长实况可以看作为前期栽培、土肥、气象等环境因子综合影响的结果，它往往与后期的物候、产量形成关系密切，这一类生物因子自然地成为模式的另一因子源。考虑到栽培水平、土肥条件的地域性差异，我们引进了地区生产力因子，又考虑到不同品种属性的生物学特征差异，又引进了品种因子。关于地区因子和品种因子的数量化问题，我们将另文介绍。因子采用两步筛选，即粗选和人机结合筛选。依据研究文献和经验对于作物生理、产量形成的了解，人工事先剔除不合理因子，然后采用逐步回归筛选，组建模式。

(4) 中、近期配套预测模式和气候模式 众所周知，一方面预测模式越接近实况出现日期，预报准确性越好，另一方面预测时效越短，服务实际收益越少。因此，组建模式要兼顾精度和时效两方面的要求。通过对农业气象情报服务实际业务的调查，我们组建的预测模式是不同预测对象，不同预

测时间的中、近期配套模式，用以对作物物候和产量及其结构要素作动态追踪预测。气候模式目的在于反映气象条件对作物影响的最佳配合，可提供给农业气象条件评述、分析使用。

### 2. 物候模式

物候进程既受外界环境因素的影响，又受品种类型的内在因素的制约。积温是影响作物生育速度的主导因子。温度水平对于生育期积温的稳定性有重要影响。播期、纬度、高度的差异，最终导致作物生育期温度水平的差异，因而，它们与物候进程有密切关系。作物品种属性不同，物候日期亦可相距甚远，故在组建模式中，必须慎重对待品种因素。其他气象因子如日照等也列入考虑因子之内。每个水稻类型包括水稻主要物候期——

分蘖、孕穗、抽穗、成熟等10个预测模式和一个气候模式。6个水稻类型全部物候模式共66个。表1是常规早稻类型物候模式的因子、时效、效果检验等模式组建情况表。由表1可以看出，模式入选因子主要是品种因子、播期、纬度、高度、积温、平均温度等，正如前面所述的，它们的生理意义是相当清楚的。

物候模式的F检验均通过0.01信度，大多数物候模式，解释了原方差的59%—90%。孕穗时预测抽穗期和成熟期，剩余标准差分别为1.7天和3.4天，抽穗时预测成熟期，剩余标准差为3.0天。应该说，对于全国范围的农业气象情报服务，模式具有相当的精度，这样的预测时效和精度可以在业务工作中试用。

表1 常规早稻物候模式（部份） n = 354

预测对象	预测时间	模 式	R	F	剩余标准差 SY	原方差 S	SY/S
成	播种	$Y=119.52-0.5523W+0.2217L+0.001291H-6.9173V$	0.93	558.6	5.2	14.1	0.37
	分蘖	$Y=117.955-0.4093W+0.1282L+0.001146H-6.3601V$ $+0.5763D-0.001668A$	0.95	482.8	4.6	14.1	0.33
	孕穗	$Y=70.6008-0.1094W+3.2376E^{-4}H-2.6519V+0.9898D$ $-0.003119A+6.2666E^{-4}S$	0.97	920.7	3.4	14.1	0.24
熟	抽穗	$Y=52.3615-0.05196W+2.6667E^{-4}H-2.3043V+1.0343D$ $-0.001158A+4.8724E^{-4}S$	0.98	1214.0	3.0	14.1	0.21
	成熟	$Y=126.9327-0.03373W+1.4901E^{-4}H-0.532V+0.003922A$ $+3.5162E^{-4}S-0.4934T$	0.995	5740.0	1.4	14.1	0.01

注：W——播种期日序， L——播种地纬度， H——播种地高度， V——品种熟性指数，  
A——积温， T——平均温度， D——物候间隔天数， S——累计日照时数

### 3. 产量及其结构要素模式

农气表-1中，农业气象监测信息不仅覆盖面广，样本量大，而且有大量的作物生育状况因子的补充，便于组建区域性模式。全部产量模式总计120个。表2是长江流域双季常规晚稻产量及其结构要素模式情况。

一般来说，有效穗数与基本苗的多少有密切关系，品种的分蘖力、成穗力对有效穗也有一定影响。穗数还与播期、纬度有关，体现了温度因子对穗数的影响。由组建成的空秕率预测模式可以看出，空秕率与品种因子密切相关。作物群体过大，亩总粒数过

多，空秕率也易增大。此外，孕穗—抽穗两日过多，颖花退化多，空秕率也增大。穗实粒数与穗总粒数成正比。亩密度过高，穗型减小。基本苗、成穗力也影响亩穗数，间接与穗实粒数有关。由模式还可以看到，穗实粒数受到幼穗分化期，灌浆结实期的气象条件如温度、雨日的影响，这是从颖花分化、退化及实粒形成等几个方面对穗实粒数的影响。

品种因子在产量诸模式中均显示其重要影响。反映出品种对产量的作用，说明良种在生产上的重要性。晚稻孕穗—成熟的气象条件对产量起重要作用，产量与孕穗—乳熟

的雨日呈反相关，与抽穗—成熟的日照、乳熟—成熟的温度呈正相关，说明在晚稻产量形成期，温度高（没有秋低温的危害），日照足，雨水少，能获得高产。

产量及其结构要素预测模式，F 检验均通过0.01信度。有效穗数模式，解释了原方差的46—61%，剩余标准差缩减到2—3万穗。穗实粒数模式，解释了原方差的27—54%，剩余标准差仅为7粒左右。产量模式的剩余标准差为原方差的60%左右，即每亩80—90斤。这些表明模式具有一定的精度，作为全国宏观地了解生产动态，可以提供服务试用。

表 2 长江流域双季常规晚稻产量模式（部份） n = 95

预测对象	预测时间	模 式	R	F	兼余 标准差 SY	原方差 S	SY/S
有效穗数	分蘖	$Y=263396.5-11.7011A-767.2847W+0.1969Q_2+0.4486Q_1+23112.38CL$	0.85	46.3	32819	60590	0.53
空秕率	抽穗	$Y=26.0854+0.0022S-0.4289RD-3.7351P_1+6.1992E^{-8}N \times Q_3$	0.57	10.6	9.5	11.3	0.84
穗实粒数	抽穗	$Y=2.6181+0.3496RD+2.9526P_1+0.0688N_0-5.1014E^{-8}N_0 \times Q_3$	0.88	80.2	7.1	14.9	0.48
	孕穗	$Y=290.5523-2.3754RD+0.0129A+73.6995P_1+17.7402P_2$	0.79	36.2	90.5	143.1	0.63
	抽穗	$Y=262.1410-1.7562RD+0.0108A-0.0261R+85.2362P_1+2.7845E^{-7}N_0 \times Q_3$	0.79	29.8	89.9	143.1	0.63
	乳熟	$Y=322.9945-0.0289R-5.2646RD-7.5119TD+79.5642P_1+7.7409E^{-7}N_0 \times Q_4$	0.83	38.7	82.6	143.1	0.58
	成熟 I	$Y=22.3864-9.6612RD+0.05145+1.0250T+62.0347P_1+13.9602P_2+7.8181E^{-7}N_0 \times Q_4$	0.85	37.1	78.7	143.1	0.55
	成熟 II	$Y=190.9909+0.0135A-8.7066RD+0.0140A+56.33664P_1+6.5354E^{-7}N_0 \times Q_4-0.3377K+3.9668E^{-7}N_0 \times Q_2$	0.87	39.9	74.7	143.1	0.52

注：A——积温， W——播种期日序， CL——成穗率指数， Q<sub>1</sub>——返青期密度， Q<sub>2</sub>——分蘖期密度， Q<sub>3</sub>——孕穗期密度， Q<sub>4</sub>——有效穗数， N<sub>0</sub>——穗总粒数， P<sub>1</sub>——产量品种指数， P<sub>2</sub>——地区生产力指数， TD——平均日较差， R——雨量， RD——雨日， S——日照， K——空秕率

#### 四、讨论

1. 农业气象服务主要是为现代农业科学管理提供农业气象情报和预报服务,因此,农业气象服务系统的研究是农业气象学研究的重要方向。本系统的工作是这一方向的初步工作,有待进一步完善。

2. 尽管本系统目前组建的模式还比较粗糙,尚须进一步改进,但开发利用目前农业表-1和农业气象旬报中所拥有的农业气象监测信息,为农业提供实况情报和预测信息服务,具有实用意义。

3. 为更好地完善农业气象服务的系统

性,应适当地投入人力和经费,在以上方向上作进一步努力,建立全国性农业气象数据库;建立全国范围的各作物气象条件评价系统;研究全国主要农业气象灾害的监测和预测系统等。

#### 参 考 文 献

- (1)姚克敏等,农业气象监测信息的区域性服务,气象, Vol. 13, No. 7, 1987.
- (2)汤兴根等,农业气象区域情报服务系统,气象, Vol. 13, No.3 1987.
- (3)王贇宝等,农业气象资料的微机管理系统,中国农业科学,1984 (16) .
- (4)宛公展,农作物产量气象预测系统软件设计,气象, Vol. 13, No.6, 1987.

### A study on meteorological information service system for rice in China

Tai Huajie Yao Kemin Tang Changben Zhan Xiwu

#### Abstract

The meteorological information service system for rice in China, taking the meteorological station network as its information resources, is a system for monitoring and forecasting of rice growth and yield all over the country. This system can be used to correct the mistakes, remedy the data loss and convert the calculations in the decadelly meteorological data issues, to establish automatically the middle- and long-range forecast equations, and to provide the service including data displaying, printing and plotting etc.