

国家自然科学基金项目

农业气象 预测系统

卢志光 主编



气象出版社



农业气象预测系统

主 编 卢 志 光
副主编 张 学 琴

气象出版社

(京) 新登字046号

内 容 简 介

本书以系统论为理论指导,以农业气象预报的基本方法为依据,应用计算机技术,将农业气象服务中的情报服务、预报服务、农业气象指标确定等多项内容综合成为一个比较完整的“农业气象预测系统”。该“系统”可在“两高一优”现代农业生产中起到重要作用。书中不仅介绍了组建“系统”的思路、方法,“系统”的结构及运行,同时对基础农业气象预报方法亦作了必要的阐述,以利于读者方便地掌握。特别是在预报技巧方面,本书着重介绍了“协击”技术,为有效提高农业气象预报准确率提供了新方法。

本书面向应用气象专业的研究人员、大专院校的本科生及研究生、从事“两高一优”农业生产的农业工作者。

图书在版编目(CIP)数据

农业气象预测系统/卢志光编著.-北京:气象出版社,1995.4

ISBN 7-5029-1532-X

I.农… II.卢… III.农业气象预报-计算机系统 N.S165

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号,邮政编码:100081)

责任编辑:刘美琳 邹坚峰 终审:纪乃晋

封面设计:严瑜仲 责任技编:岳景增 责任校对:白凌燕

北京昌平环球科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:234千字

1995年4月第一版 1995年4月第一次印刷

印数:1—800 定价:8.90元

前 言

世界气象组织农业气象委员会(CAgM)早在1980年日内瓦会议上即指出:对农业生产的主要服务,可由各种农业气象预报来提供。多年来,农业气象预测、预报的确为各国的农业生产提供了多种形式的服务,取得了一定的效果。但由于传统的农业气象预报服务多是单项的、分散的,尚未形成“系统”。使得该方面的服务难以适应“两高一优”的现代化农业生产的需要。

钱学森先生曾指出:系统是由相互作用相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机体,而且这个系统又是它所从属的一个更大系统的组成部分。本书的编写宗旨即是将有关农业气象预测的多种知识有机结合成为农业气象预测系统,该“系统”是农作物生产大系统的重要组成部分。

本书从“农业气象预测系统”的总体设计到农业气象预测的新技术共分4章14节。基本概括了“农业气象预测系统”形成的思路和主要内容。为方便读者,书中附了一些必要的计算机源程序。第二章及第四章的部分内容为编译。

该书适于农业、农业气象等有关专业的研究人员、研究生、本科生等阅读。

本书在编写过程中,参阅了国内外大量有关资料,特别是得到了刘汉中教授、张宏铭教授、黄金龙教授等老师的具体指导和帮助,在此表示诚挚的谢意!气象出版社有关编审人员对本书提供了精心的审读,在此亦一并致谢。

由于笔者才疏学浅,书中错漏之处,恳请各位专家、读者不吝赐教。

目 录

前言

第一章 农业气象预测系统的总体设计·····	(1)
第一节 农业气象预测系统的意义·····	(1)
第二节 农业气象预测系统总体设计·····	(3)
第二章 农业气象预测系统中农业气象信息的采集及处理·····	(17)
第一节 常规农业气象信息获取方法·····	(17)
第二节 农业气象信息的自动化处理·····	(25)
第三章 农业气象预测系统中采用的农业气象预测基本方法·····	(34)
第一节 农业气象预测的基本原理和特点·····	(34)
第二节 农作物物候期预报·····	(35)
第三节 农作物适宜播种期预报·····	(55)
第四节 土壤水分预报·····	(57)
第五节 农业气象产量预报·····	(87)
第四章 农业气象预测系统中的新技术·····	(95)
第一节 农业遥感技术的应用·····	(95)
第二节 应用数学及计算机技术在农业气象预测系统中的应用·····	(114)
第三节 长期预报和“协击”技术·····	(141)
参考文献·····	(146)

第一章 农业气象预测系统的总体设计

第一节 农业气象预测系统的意义

一、农业气象预测需要形成“系统”

目前,我国各地均设有各级气象台、站及农业气象服务网点,它们随时可以提供不同形式的农业气象信息。甚至有些台、站按时发布针对农业生产的“农用天气预报”。有了这些丰富的“气象信息”,对于现代农业生产的要求是否够用了呢?答案是否定的。因为首先我们注意到,目前气象台、站所提供的气象信息,既不是针对某一个具体的农业生产问题而提出的,又没有结合有关的农业气象指标来分析未来的气象条件的变化。其次,有的气象信息即便针对了某农业问题,但缺乏为农业生产总体服务的系统性及连贯性。比如,常规农业气象预报中,可提供冬小麦适宜播种期预报。该预报主要根据冬小麦生理特点,使其有适宜的冬前积温,从而获得“壮苗”及合适的群体,以便顺利越冬,来年高考。如果这样的预报能准确,可以说,这已是当前高水平的预报了。但我们发现,这样的预报其目的很单纯——“小麦高产”。而现代农业生产要求“两高一优”,它不仅考虑到“小麦高产”,还要考虑到“小麦优质”,同时还要兼顾小麦上、下茬口的统筹合理安排、水肥的经济利用、生态效益、社会效益等多层次的目的。显然,仅以“高产”为目标的农业气象预报适应不了多层次的生产目标,而需要形成一个围绕多层次目标的“农业气象预测系统”,才能满足现代农业生产的要求。

举个例子:仍以冬小麦播期预报为例。如果我们针对“冬小麦-夏玉米”一年双熟作物生产过程制作冬小麦适宜播期预报,则首先应通过该地区小麦及夏玉米的生产潜力计算,结合该地区人力、物力、财力、社会要求、生态要求等因素,确定上、下茬分别应取得的产量;然后根据上茬收获期预测(并估出收获、整地、秋播准备等农耗日)、播种条件预测、所选品种生物学特性、越冬条件预测、为达要求产量所需群体结构状况等内容,综合决策得到应具备的农业气象指标,最后针对该指标,采用系统预测的方法而做出适宜播种期预报。显而易见,这样的复杂过程,没有完整的“农业气象预测系统”是难以完成的。

二、“农业气象预测系统”在“农作物生产管理计算机系统”中占有重要位置。

我国人口众多,人均占有的自然资源相对贫乏。因此,传统的农业经营方式已不再适应现代化的农业生产的要求。需要产生一种能够充分合理利用农业资源,兼顾到生产效益、社会效益、经济效益、生态效益等统筹全局的生产管理系统——“农作物生产管理计算机系统”。

“农业气象预测系统”即是这个农作物生产大系统中的—个子系统,它在大系统中占有重要的位置。我们以农作物生产系统中的“小麦生产管理计算机决策系统”为例,看看“农业气象预测系统”在其中的位置。

“小麦生产管理计算机决策系统”主要分为“生产目标决策”、“播前决策”和“调控决策”三个大部分。“生产目标决策”主要是在充分考虑到环境因素及社会生产因素的基础上,得出最佳经济效益和生态效益的品种、产量和施肥量等目标量;“播前决策”任务是根据可能出现的天气条件,为达到预定生产目标,决策出播期、播量和品种、底肥等内容。

“调控决策”则是在接受监测信息输入的同时，侦察是否偏离目标，并及时调控有关措施，使系统运行正常，直到完成目标。过程示意图如下：

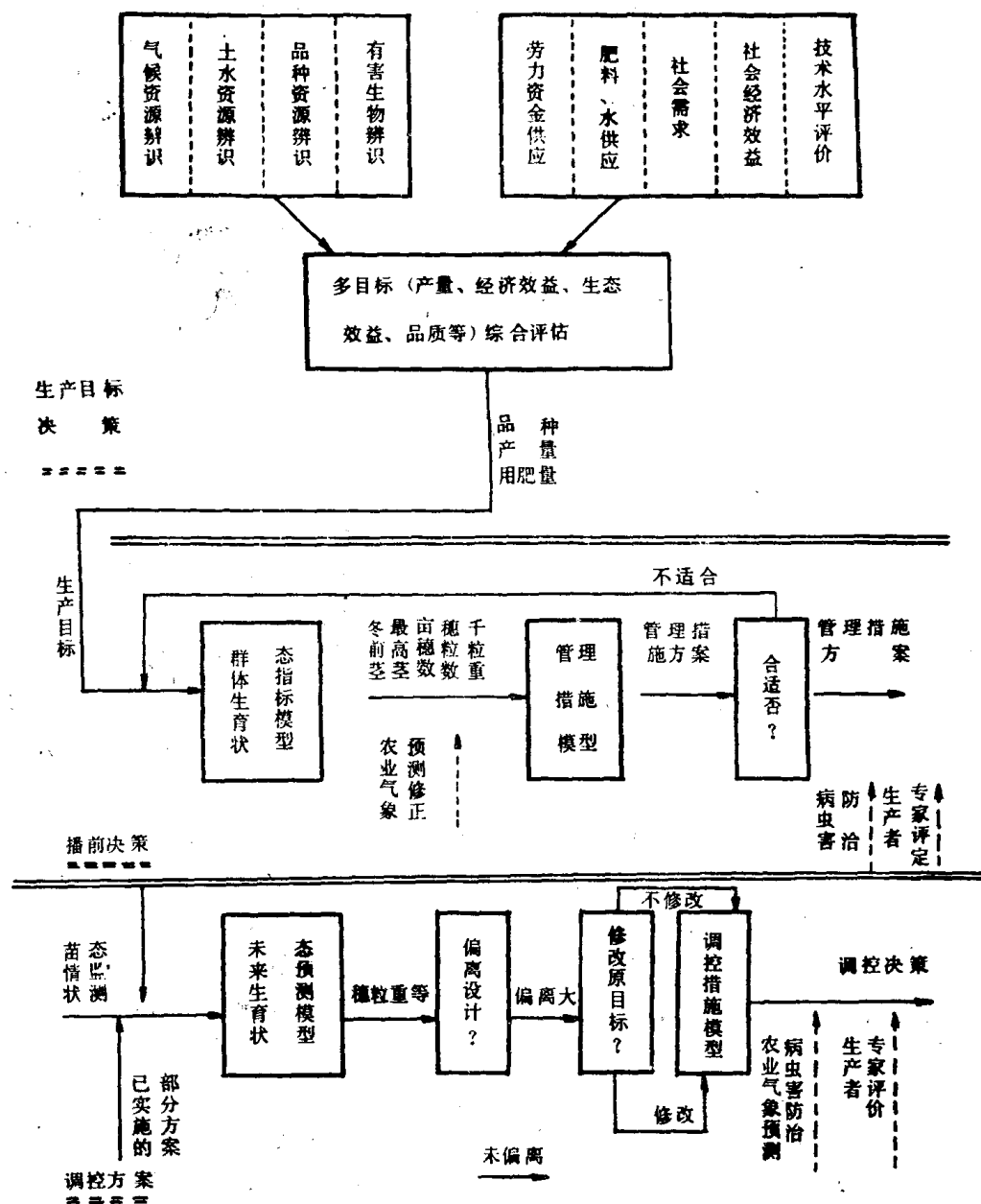


图1-1 “系统”决策过程示意图（详细说明见各功能块）

从图1-1中看到，首先在“生产目标决策”中第一项和第二项内容，即：“气候资源辨识”和“土水资源辨识”即是“农业气象预测系统”的任务。没有它们，整个系统将无法启动；在“播前决策”中，关键问题是要首先输入“农业气象预报”内容，随着穗粒结构监测信息的输入，又要不断补充新的预报内容，这些都是“农业气象预测系统”来完成的。在“调控决策”中，土壤水分预测、病虫害的农业气象预报及遥感产量预测都是全系统运行的依据，它们都是“农业气象预测系统”的内容。由此可见，“农业气象预测系统”是农作物生产管理系统中首要的子系统。

第二节 农业气象预测系统总体设计

“农业气象预测系统”虽然是作物生产系统中的一个子系统，但其本身仍具有独立的结构和运行体系。它在独立运行中，通过多处输入、输出接口与主系统连接。图1-2即为“农业气象预测系统”的总体设计结构图。它具有四个数据库和六个功能块，其中Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ三个功能块是直接和主系统衔接的，主要功能块也是本文研究的重点内容（模块）。系统运行程序如图中箭头所示。

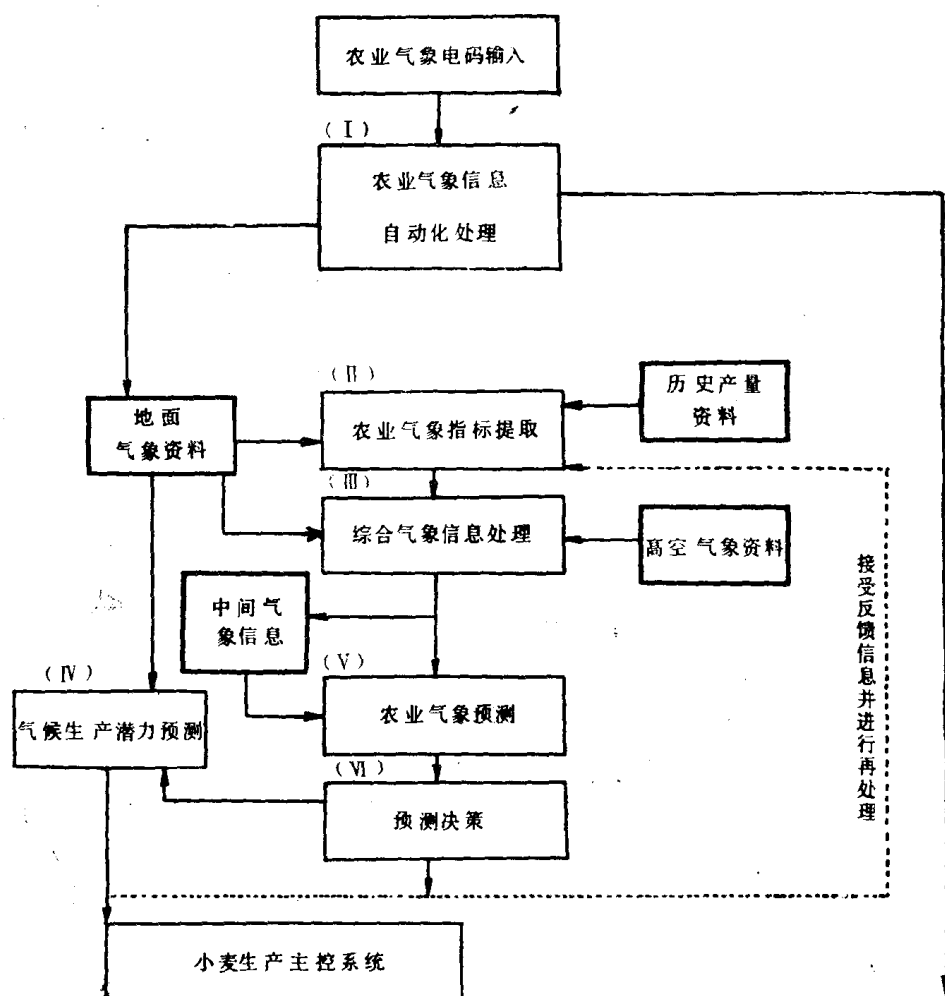


图1-2 “农业气象子系统”总体设计示意图

下面对“系统”中主要功能模块作一简单介绍：

一、气候生产潜力预测模块

本模块主要有预测不同地区、不同气候条件下，采用不同供水和施肥条件下小麦所能达到的最高产量和经济产量。

它的基本原理是以下面参数方程为出发点：

小麦气候产量 = φ (气象条件、水、土壤肥力)

= φ_1 (辐射、温度、条件) * φ_2 (气象效应指数) * φ_3 (降雨、补水) * φ_4 (土壤肥力)

小麦潜力则以FAO的G. Wite公式:

$$Y_{mp} = CL * CN * CH * G * [F(0.8 + 0.01Y_m) * Y_o + (1 - F) * (0.5 + 0.025Y_m) * Y_c]$$

当($Y_m > 20$ 时)

$$Y_{mp} = CL * CN * CH * G * [F(0.5 + 0.025Y_m) * Y_o + (1 - F) * (0.05Y_m) * Y_c]$$

(当 $Y_m \leq 20$ 时)

为主要参考式计算的。

式中: φ_1 : (平均光、温、热) 代表气候的平均生产力, 这是我们估计其他形式生产潜力的基本公式。

φ_2 : 代表不同年型的气象效应指数函数。

φ_3 : (降水、补水) 代表水造成影响产量指数。当供水为“0”时, 则 φ_3 (降雨) 仅为自然降雨的产量指数。

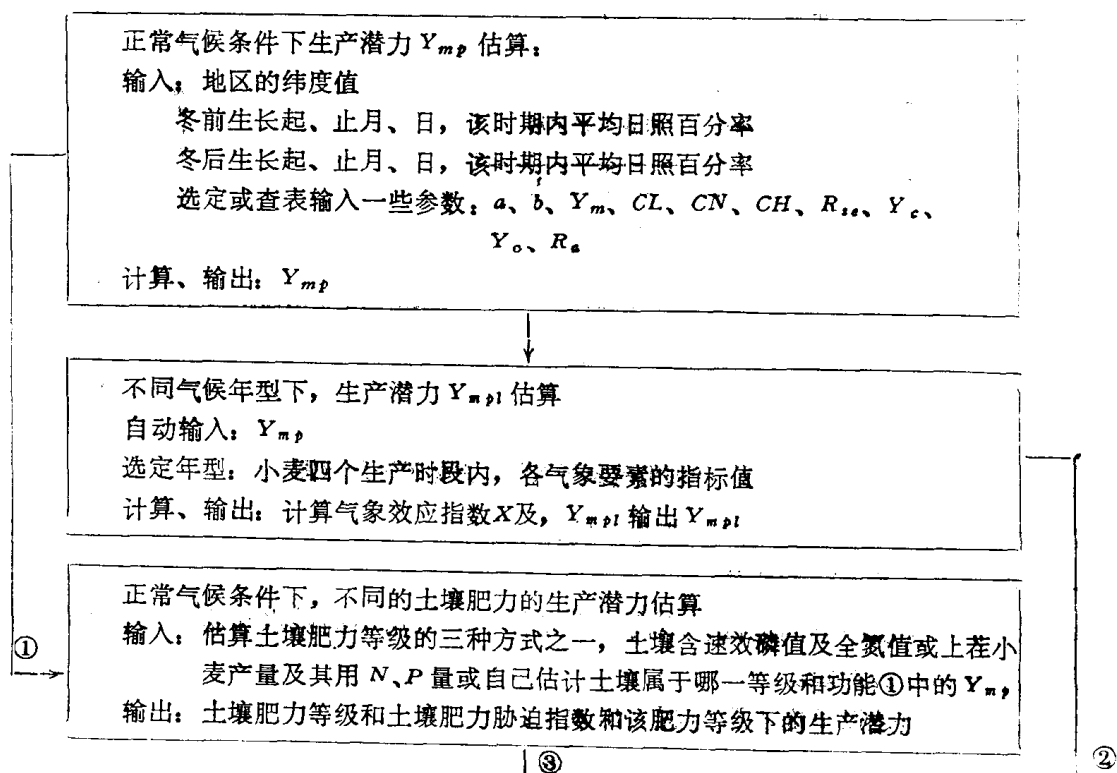
φ_4 (土壤肥力) 代表土壤供给养分不同而产生对产量的影响, 称为土壤肥力产量指数。

因此, 当 $\varphi_3 = \varphi_4 = 1$ 时估算出的产量潜力, 表示正常气候条件下, 不同土壤肥力的生产潜力。

当 $\varphi_3 = 1$ 时, 估算出的产量潜力, 表示不同年型、不同肥力的生产潜力。

当 φ_2 、 φ_3 、 $\varphi_4 \neq 1$ 时, 估算出的生产潜力, 表示不同年型、不同肥力、不同供水方式的生产潜力。

该模块结构和运行框图如下:



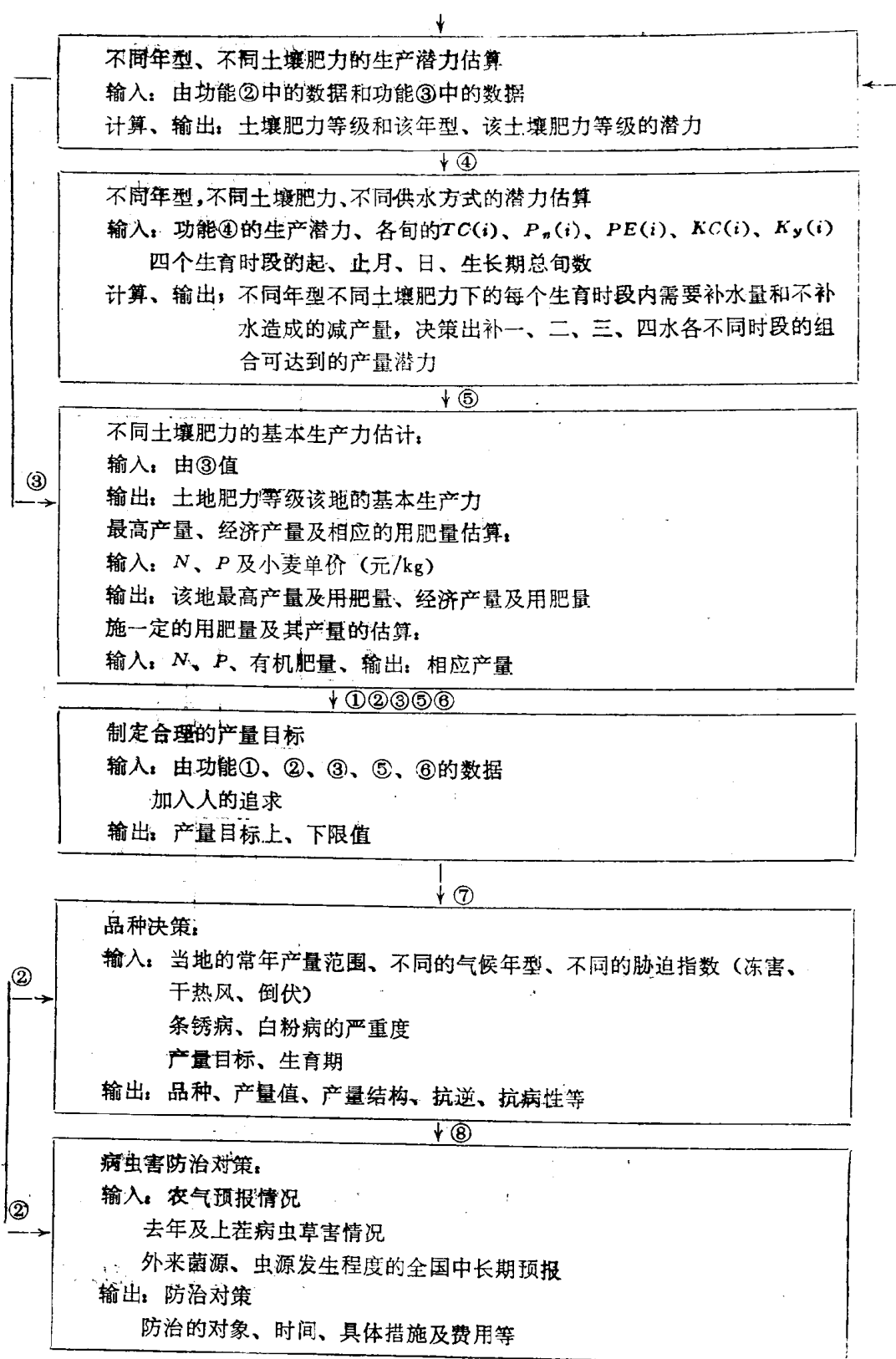


图1-3 模块运行

注释： a, b ——与大气透明度有关的系数； Y_m ——作物总干物质率； CI ——叶面积系数订正值； CN ——净干物质生产量订正； CH ——对收获部分干物质订正； $R_{s, \max}$ ——最大入射有效短波辐射； R_s ——晴空条件

下太阳辐射; Y_c ——晴天时, 总干物质生产率; Y_o ——阴天时, 总干物质生产率; Y_{mp} ——生产潜力;
 X ——气象效应指数, 包括冬前积温, 越冬冻害、穗分化前后日照及温度、抽穗至成熟期干热风及倒伏情况;
 $TC(i)$, $P_n(i)$, $PE(i)$, $KC(i)$, $K_y(i)$ 分别为各旬的平均温度、降雨量、需水系数、产量反应系数。

具体运行状况略。

二、农业气象指标提取模块

在作物生产系统中, 农业气象指标主要包括光、热、水、灾害等指标以及与之有关的延伸指标。它们把农作物不同阶段的生长发育状况与气象要素有机的联系起来。在小麦生产系统中, 农业气象指标的位置与相应系统模块的关系如图1-4所示。

以我们研制的小麦生产系统为例, 农业气象指标所处位置及与相应系统模块的关系可由图1-1大体看出。

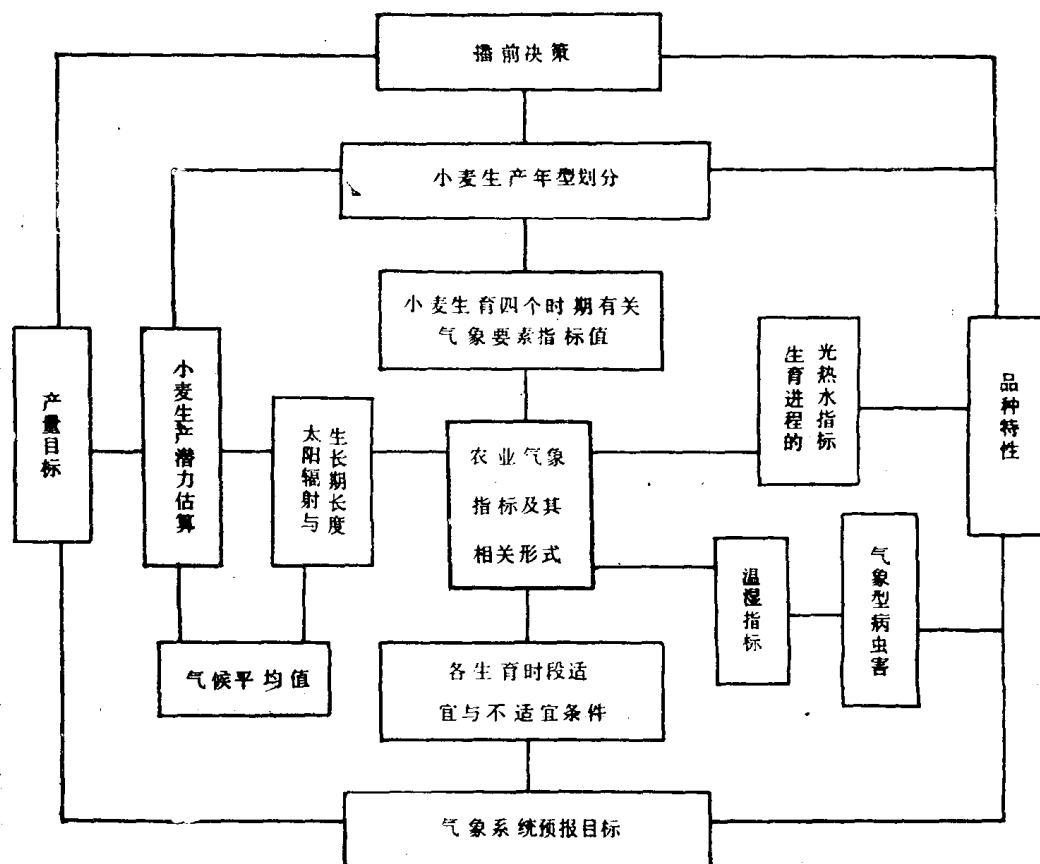


图1-4 小麦系统中农业气象指标位置与相关联结

农业气象指标的建立过程, 首先要充分考虑其生物学意义。如在建立热量指标时, 首先考虑到作物完成生育周期的积温指标及生育过程中各阶段适宜与不适宜的“平均温度”及“临界温度。”

水分指标的确定比较复杂, 它需配合一个动态的土壤水分模拟过程才能较好地解决, 这一过程所占篇幅很大, 不在这里详述了。

在上述考虑条件下, 建立了有关热量的指标如下:

- (1) 冬前积温 550°C ;
- (2) 越冬其面积温 $> -290^{\circ}\text{C}$;
- (3) 3—4月平均气温在平均值上、下 1°C 范围为正常;

(4) 5月11日至6月10日期间, 大于33℃的日最高温度不多于三天。

有关水分的指标如下表所列:

冬小麦供水下限指标与补水日期表

灌水名称	底 墒 水						冻 水					
土层深度 (cm)	0—20		30—50		60—100		0—20		30—50		60—100	
含水量单位*	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
含水量指标	<10	<50	<12	<60	<14	<65	<13	<60	<16	<75	<17	<75
应灌水日期	9月10日—20日						11月20日—30日					

灌水名称	返 青 起 身 水						拔 节 孕 穗 水					
土层深度 (cm)	0—20		30—50		60—100		0—20		30—50		60—100	
含水量单位	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
含水量指标	<15	<70	<17	<75	<17	<75	<14	<65	<16	<70	<17	<70
应灌水日期	3月15日—4月5日						4月10日—20日					

灌水名称	抽 穗 扬 花 水						灌 浆 水					
土层深度 (cm)	0—20		30—50		60—100		0—20		30—50		60—100	
含水量单位	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
含水量指标	<13	<60	<15	<70	<16	<70	<10	<50	<13	<60	<15	<65
应灌水日期	4月25日—5月15日						5月25日—6月1日					

*注: I: 以干土重%表示; II: 以占田间持水量%表示

其他指标的建立与上面方法类似, 不再列举。当上述各指标的生物学意义确定后, 即将大量有关试验数据输入计算机, 通过相关分析程序运算后, 选择出适宜的农业气象指标。

三、农业气象预测模块

该模块具有资料收集、整理、入库的功能, 纳入系统中的资料可交叉使用, 并可选择、提取新信息。

该模块结构示意图如图1-5:

该模块运行方式采用菜单选择式, 如图1-6。

通过图1-6运行, 可根据要求得到所需要的预测目标结论。

下面举一个预测及决策的应用实例:

开机运行后, 首先我们见到《农业气象子系统》的封面如下:

作物生产管理计算机辅助决策系统
农业气象子系统
北京农业大学

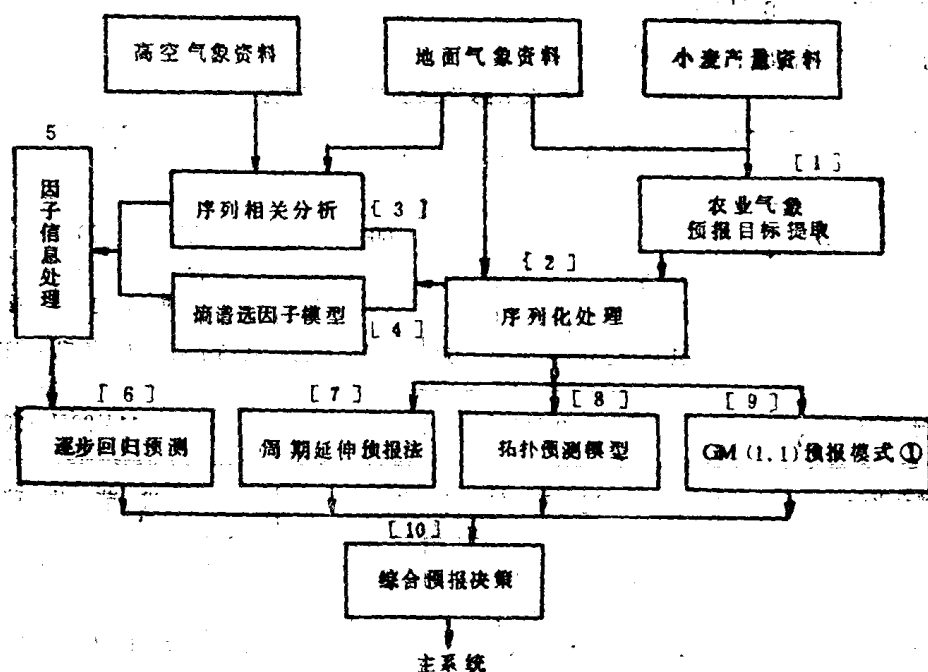


图1-5 农业气象预测模块示意图

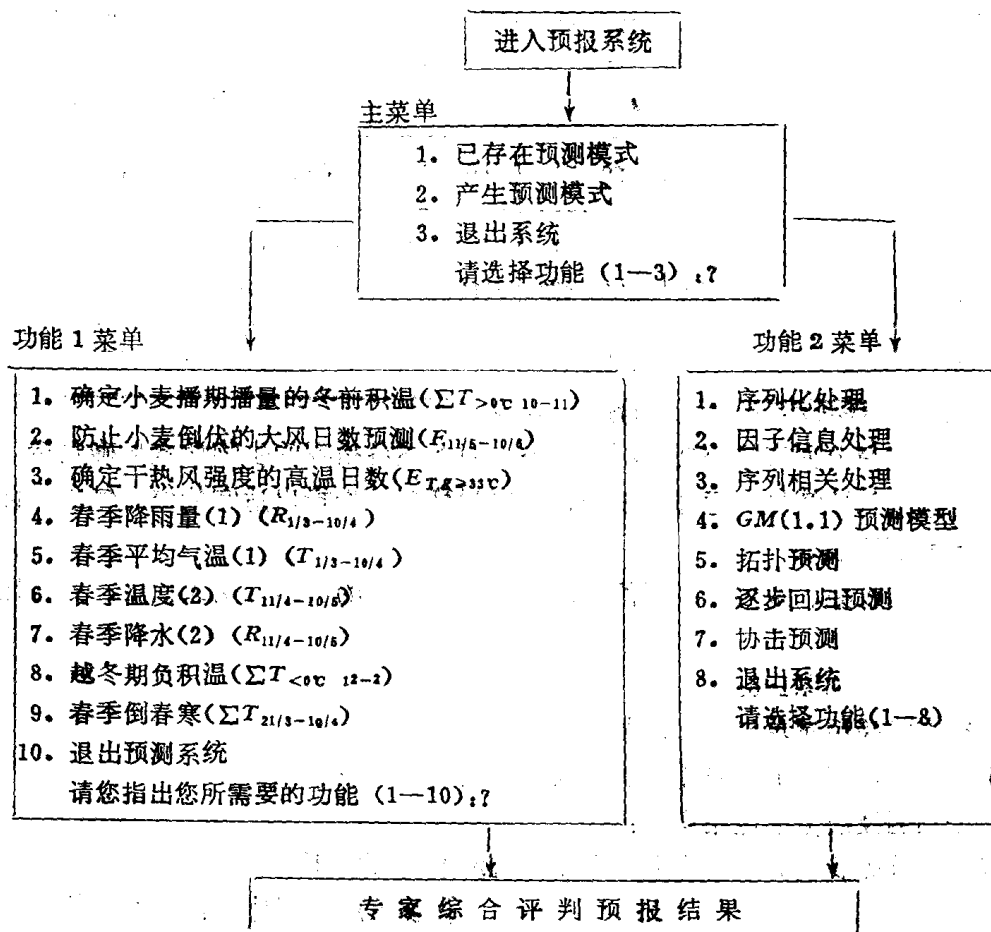


图1-6 农业气象预测模块运行示意图

紧接着则呈现主菜单:

农业气象子系统主菜单
数据管理编码识别 1
农业气象指标提取 2
指标预测预报处理 3
气候生产潜力预测 4
退出气象子系统 5

当我们选择“2”时,则出现“农业气象预报系统”的子菜单:

农业气象预报系统
1. 序列相关处理
2. 主成分分析
3. 谐波分析方法
4. GM预报模式
5. 拓扑预测方法
6. 逐步回归方法
7. 退出预报系统

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

我们以选择该子菜单的“1”和“5”及“6”为例,继续运行。

首先择“1”,出现下面图面:

农业气象预报
1. 序列相关
2. 主成分
3. 谐波分析
4. GM预报
5. 拓扑预测
6. 逐步回归
7. 退出预报

序列相关处理

请输入高空资料文件名: b:/i/gknext2

在文件用于数据输入,输入格式:

$X_1, 11, 12, \dots, 1n, \dots, X_2, 21, 22, \dots, 2n, \dots$

其中 X_i : 年代,按递增顺序, ij : 第 i 年的第 j 个数据

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

数据输完后,则开始相关分析计算:(如下图)

农业气象预报

1. 序列相关
2. 主成分
3. 谐波分析
4. GM预报
5. 拓扑预测
6. 逐步回归
7. 退出预报

序列相关处理

请输入高空资料文件名:

在文件用于……

$X_1, 11, \dots$ 其中 X_i

正在分析高空资料:

起始年: 1955

终止年: 1967

共有13年的资料,

每年288个数据

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

由于高空资料已贮在数据库中, 故仅输入其文件名即可按要求输出目标量与高空资料的相关系数数据如下:

农业气象预报

1. 序列相关
2. 主成分
3. 谐波分析
4. GM预报
5. 拓扑预测
6. 逐步回归
7. 退出预报

序列相关处理

请输入数据输出文件名:

程序将从1955至1989作相关分析

还有地面数据需要作相关分析吗 (Y/N) ?

其中 i : 第 i 年相关高空数据, y_i : 第 i 年的地面数据

15:47:30

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

这时, 如果还需分析地面数据, 则可按要求重复上述过程, 如果不再进行其他分析, 可选择“6”, 进入“逐步回归”程序:

农业气象预报

1. 序列相关
2. 主成分
3. 谐波分析
4. GM预报
5. 拓扑预测
6. 逐步回归
7. 退出预报

序列相关处理

数据提取的相关系数标准: ?

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

该相关处理, 仅需给出筛选的相关系数临界值, 则可继续按下面要求输入数据。

农业气象预报

1. 序列相关
2. 主成分
3. 谐波分析
4. GM预报
5. 拓扑预测
6. 逐步回归
7. 退出预报

逐步回归方法

请输入数据文件名: b:ydlt

在文件可以“序列相关处理”得到, 或按如下格式准备:

$M, N, X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1m}, Y_1, X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}, Y_2, \dots, \dots$

其中M: 为样本数 N: 因子数: X_{ij} : 第i样本:

第i因子X数据, Y_i 第i样本的Y数据

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

该程序将上面利用相关分析得到的因子数据, 与目标量进行逐步回归计算。

逐步回归的“F”值, 由使用者根据需要适应。

农业气象预报

1. 序列相关
2. 主成分
3. 谐波分析
4. GM预报
5. 拓扑预测
6. 逐步回归
7. 退出预报

逐步回归方法

请输入逐步回归S值标准: ? 3

F5是判断逐步回归是否完成的标准, 其值在 0 到 2 之间, 如果 $F5 = 0$ 只作简单回归, $F5$ 越大, 回归系数个数越少。

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

当给定一次“F”值时, 则开始计算, 并输出回归方程结果, 据使用者的需要, 调整 “F” 值, 以选择因子数, 直到得出满意的回归模型为止。

农业气象预报

1. 序列相关
2. 主成分
3. 谐波分析
4. GM预报
5. 拓扑预测
6. 逐步回归
7. 退出预报

逐步回归方法

请输入逐步回归F5值标准: ? 3

正进行回归分析...

如果 $F5 = 0$, 只作简单回归, $F5$ 越大, 回归系数个数越少。

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

经上述运行后得到的模式, 即可直接用于预报。

为了进一步判断预报目标的自身变化规律, 并按其规律延伸预报, 可选择 “5” 如下:

农业气象预报

1. 序列相关
2. 主成分
3. 谐波分析
4. GM 预报
5. 拓扑预测
6. 逐步回归
7. 退出预报

拓扑预测方法

请输入原始数据文件名:

b: /bj09/yd1

在文件用于数据输入, 您必须事先准备好。

数据格式: $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3, \dots, X_n, Y_n$

其中 X_1 到 X_n 必须按递增顺序。

F2: 列目录 F3: 打印设定 F4: DOS

按画面要求输入数据后, 程序可画出 “拓扑图” 如下: