

# 运筹学教学案例集

中国运筹学会教育与普及部编

中国运筹学会编辑出版部

022  
1030-6

# 运筹学教学案例集

中国运筹学会教育与普及部编



\*30702919\*

中国运筹学会编辑出版部

1992.8

702919

## 内 容 简 介

《运筹学教学案例集》本着教育要联系生产实际，培养学生运用运筹学的理论知识解决实际问题的能力，的宗旨编写的。绝大部分案例是作者参与的实际课题，经过反复加工整理，使之适合教学上的需要。

本案例集内容包括线性规划、0-1规划、目标规划、非线性规划、动态规划、排序问题、网络分析、决策分析、对策论、可靠性、库存论、层次分析、数据包络分析和军事运筹学等方面的优化技术。各案例包括问题来源或背景、解决问题的思路和模型的建立、算法简介和结果分析四部分，每个案例可在1~2节课内讲完。

本书可作为管理工程、经济管理、系统工程、应用数学、运筹学等专业的本科生、研究生教学用书或教学参考书。也可供工程技术人员、管理干部及有关人员的参考。

### 运 筹 学 教 学 案 例 集

中国运筹学会教育与普及部编

中国运筹学会编辑出版社出版

中国运筹学会教育与普及部发行

(北京市中关村南四街甲1号)

——邮政编码: 100080——

南京农业大学第二印刷厂印刷

1992年8月第1版

1992年8月第1次印刷

开本: 787×1092毫米1/16

印张: 10

印数: 1~2000册

字数: 245千字

ORSC 1-9208-01

定价: 4.80元

# 目 录

|                                   |            |        |
|-----------------------------------|------------|--------|
| 一个乡级农林牧生产结构优化模型及其应用 .....         | 张天赐        | ( 1 )  |
| 内蒙古察右前旗农牧业优化结构模型 .....            | 孟繁敏 武海峰    | ( 6 )  |
| 西红柿罐头加工规划 .....                   | 韩大卫        | ( 14 ) |
| 一个市场需求——库存规划模型 .....              | 王盘根        | ( 23 ) |
| 线性规划在配棉中的应用 .....                 | 陈根尧        | ( 26 ) |
| 线性规划方法在炼钢合金调加优化中的应用 .....         | 黄文敬 谷源盛    | ( 30 ) |
| 区域性能源系统优化 .....                   | 曾 鸣 宋月桂    | ( 36 ) |
| 资源的最优利用与经济评价 .....                | 曾宝昌 马京生    | ( 42 ) |
| 砟水坝、砂石料场优选课题 .....                | 谭泽光        | ( 48 ) |
| 上海钢管厂车间生产调度模型 .....               | 戈 元        | ( 55 ) |
| 北京地区大气环境与能源综合规划的目标规划模型 .....      | 曾 鸣 宋月桂    | ( 58 ) |
| 钻井技术的优化 .....                     | 施光燕        | ( 67 ) |
| 钢筋混凝土构件标准化的优化教学案例 .....           | 候 昶        | ( 72 ) |
| 电力网检修时间表 .....                    | 林诒勋        | ( 74 ) |
| 桥梁设计中的加载问题 .....                  | 林诒勋        | ( 76 ) |
| 动态规划在水电站水库优化调度中的应用 .....          | 姜启源        | ( 78 ) |
| 汽轮机叶片排序问题 .....                   | 林诒勋        | ( 80 ) |
| 铁路专用线调车问题 .....                   | 林诒勋        | ( 88 ) |
| 网络方法在造气车间大修中的应用 .....             | 郭耀鹏        | ( 90 ) |
| 最优投资方案的选择——运筹学在投资决策上的应用案例 .....   | 候 昶        | ( 94 ) |
| 食品添加剂问题 .....                     | 詹原瑞        | (100)  |
| 国华制衣公司的最优决策 .....                 | 詹原瑞        | (110)  |
| 马尔柯夫分析在财务分析中应用——估算最终收不回欠账比例 ..... | 吴育华        | (114)  |
| 驻藏部队供应运输调运方案分析 .....              | 韩锡桐 龚永福    | (117)  |
| 重庆市作息时间优化方案的对策论模型 .....           | 邓先礼 谢序林    | (120)  |
| 超对策问题 .....                       | 赵国纲        | (126)  |
| 电冰箱蒸发器的可靠性寿命估计 .....              | 肖德辉        | (130)  |
| 钢管合理库存水平的确定 .....                 | 候定丕        | (134)  |
| 原材料合理比例研究 .....                   | 李金林        | (138)  |
| 数据包络分析应用案例——在人才评价中的应用 .....       | 李丽 吴万铎 杨利生 | (144)  |
| 模糊综合评价法在选择作战方案中的应用 .....          | 梁桂贤        | (150)  |

# 一个乡级农林牧生产结构 优化模型及其应用

张 天 赐

(山 东 大 学)

## § 1 引 言

1984年山东大学几位教师与山东省招远县农业区划办、招远县大吴家乡合作,对该乡农业生产做了详细调查研究和系统分析,建了种植业、林果业、畜牧业,农林牧综合生产的线性规划模型。利用这些模型制订了符合本乡资源条件的五个优化生产结构的方案:种植业按平年景和春旱秋平年景的近期方案各一个;林果业、畜牧业规划到90年的中期方案各一个;农林牧综合生产到90年的方案一个。种植业春旱秋平方案于84年秋种时已付诸实施。次年由山东省农业区划办组织,邀请全国系统工程学会理事长许国志教授主持,国内七名专家组成的鉴定委员会认为这一研究“达到省内先进水平”,“已取得较好的经济效益”,“对农业科学管理的落实很有意义”,“建议坚持下去,不断地总结经验”。这些优化方案经过85~87三年的实施,取得了较好的社会、经济效益。

种植业方案经受了大旱、大涝和台风的影响,在三年平均年投入比84年减少20.87万元的条件下,年均净产值却比84年增多185.47万元。用与同样生产条件的三个乡镇对比法和分解各种增产因素和效益的方法分析,仅由优化结构带来的效益每年为64.72万元。

农林牧综合方案实施三年,年均净产值比84年增513.43万元。经分析,其中由调整结构增加的效益为368.69万元。也就是这一研究使该乡每个农民平均每年增收195元。

这一工作使全乡干部群众对农业生产的科学管理尝到了甜头,对系统工程的作用有了亲身感受,避免了许多盲目性,使生产布局和结构趋向合理,为全乡农业生产的长久、持续、健康发展打下了物质的和精神的基础。使一个原在全县处于落后地位的乡变成了农业生产的先进乡。对全县起了示范推动作用。

## § 2 建 模

经调查分析,该乡农业生产结构布局因受“以粮为纲”、单一经营、指令性计划的影响较大,比例失调,结构不合理,布局不因地制宜,资源得不到科学利用,导致经济效益低。主要表现在:

- 1、资源利用不充分。例如,全乡有10701亩土地和2400亩地堰可发展林果业,但尚未科学利用。尚有1676.54万斤饲草未利用。
- 2、结构效益差,布局不合理。种植业上,多年习惯于“粮食进洼,花生上塄”,造成

重茬面积大, 收益低, 生态效益差; 重视夏玉米, 轻视夏谷、高粱、地瓜等抗旱耐瘠薄作物; 林果业栽培上, 过份讲究统一标准, 统一树种, 或者有什么苗就栽什么树, 不考虑土质条件因地制宜。长期让一些效益差的“小老树”占着地, 效益好的果林发展受阻; 畜牧业上吃料的多, 吃草的少。甚至还有饲养畜禽不讲效益的习惯。

另外还有管理粗放、技术水平低等问题。为了改变这种状况, 求得农业生产结构和布局的合理化, 用线性规划模型寻求优化结构方案是可行的好方法。为此, 分别建立了上述五种模型进行了优化计算。利用计算结果, 定性、定量、定位结合辅助决策。下面仅介绍农林牧综合模型的主要结构及有关参数的确定。种植业、林果业、畜牧业模型的基本思想与综合模型相似, 只是规模较小。

农林牧综合模型的数学形式为:

求  $x_j, j=1, 2, \dots, 97$

满足  $\sum_{i=1}^{97} a_{ij} x_j \leq \text{或} \geq \text{或} = b_i, i=1, 2, \dots, 65$

$x_j \geq 0, j=1, 2, \dots, 97$

使  $R = \sum_{j=1}^{97} c_j x_j$  达到最大。

其中  $x_1-x_{77}$  是该乡适宜的各种农作物组合方式和树种在各级土地上的应种植亩数。  $x_{78}-x_{97}$  是本地适宜和习惯饲养的畜禽按种类应养的头(只)数。按《全国第二次土壤普查暂行技术规程》所定的土地生产力标准, 该乡有三、四、五、六级地, 其中三四五级又分为水浇地和旱田, 六级全部为旱田。按种植周期年该乡适宜的农作物组合方式共有 12 种 (例如“春玉米”、“小麦收割后种夏玉米间作大豆”等)。在七种土地上布局应有 84 个决策变量。因为有的组合方式在有的土地上明显地效益很差或根本不宜种, 建模时去掉了农作物种植的 42 个决策变量。同理, 林果树种也仅考虑了适宜种植的土地类型, 畜禽种类也作了适当归并, 使得决策变量个数缩减到 97 个。

$c_j$  为每亩(头)年纯收益值。

65 个约束条件包括: (1) 7 种土地总面积约束; (2) 42 个关于各种产品的产量上下限的约束 (包括粮食分品种的、总产的、果品分品种的、木材、饲料、饲草、畜力、积肥量等); (3) 10 个比例关系约束 (如花生粮田面积比例是为了倒茬需要。粮食花生总产与饲料需求比例, 积肥量与需肥量关系, 畜禽公母比例, 肉鸡与种蛋鸡比例等); (4) 6 个关于特殊树种栽种面积的约束。这些约束条件的选择, 主要考虑了①满足社会需要 (征购、口粮、自用、外销等); ②生产需要 (种籽、饲料、工副业、民用木材、肥料等); ③生态平衡 (合理倒茬、畜禽繁殖等); ④各业本身的规律及各业间的供求制约关系; (5) 土地资源限制。

模型中参数  $c_j, b_i, a_{ij}$  的确定是件复杂细致的工作。一方面是各种实物量的确定要分门别类地按各种不同情况统计计算。另一方面对各种实物的价格计算涉及到牌价、议价、市场价、推算价等。对于各种粮油林果畜禽的单位产出和投入需求的计算, 都是经过详细的多方面的调查、试验, 反复核实而得到的。数据来源主要有六个: (1) 农业资源调查和

区划资料；(2) 有关部门的统计资料；(3) 国家机关统一标准数据；(4) 典型调查数据；(5) 有关技术档案资料数据；(6) 科技人员的多年经验。价格的计算，分产出和投入两部分。产出部分的价格是这样确定的：粮食作物主产品的征购任务部分的 30% 以牌价计算，其余的按议价计算；花生总产除种籽和自食果外，余者全为征购任务数，其中的 40% 按牌价计算，其余的连同种籽、自食果均按议价计算；木材按市场价；干鲜果物畜禽产品均按 1983 年和 1984 年议价平均值计算；各种副产品按内销和市场价相结合确定的。投入部分如化肥、柴油、农药等按牌价、议价各一定比例计算；有机肥料、浇水费、机械费、畜力费等采用调查推算价格。确定模型参数是建模过程中最费时费力的环节，务必严格认真地做，才能保证模型真正有用。上述模型建模时，共查阅了十几种科技资料，派出大量人员实地座谈调查统计，共收集数据 7.4 万个，整理运用了 1.81 万个，保证了模型的准确实用。

显然，模型的意义为：在满足国家、本乡需要和生产、生态规律的条件下，最大限度地合理利用本乡的土地及其他资源，使总的农林牧生产效益最大。

### § 3 方案的制订和实施

利用模型的最优解制订了全乡按生产周期年安排的农业生产优化结构方案。(模型是用单纯形方法在山东大学的计算机上计算的)。由于工作细致严谨，结果得到的种植业方案、畜牧业方案、林果业方案与农林牧综合方案基本一致。这说明了所建的模型较好地反映了该乡农业生产的规律和各种因素间的制约关系。以计算数据为基础再结合各年自然条件、生产技术条件、市场条件的变化，每年的各业生产计划就容易制订了。参考模型最优解取值，种植业可以按茬口逐类土地布局，林果业和畜牧业可分年度计划逐步达到最优方案值。其中畜牧业方案因 1984 年市场价格变化较大，85 年又作了修订。该乡基年(1984 年)农林牧总效益为 962.7 万元。逐步调整实现最优方案后，总效益可达 1575.24 万元。比基年增 612.55 万元，增 63.6%。到 1987 年 11 月 9 日通过省区划办组织的实施鉴定时，三年平均农林牧净产值为 1498.39 万元，比基年增收 513.43 万元。

建模、求解、计划只是认识该乡农业生产规律的一步。检验这种认识是否符合实际，变这种认识为改造世界、创造财富的实践是更重要的一步。该乡为实施方案，做了系统的工作。下列四方面起了关键作用：

**3.1 建立方案实施领导小组，实行岗位责任制，变“软”科研成果为行政性“硬”任务。**

乡党委、政府和县区划办共同组成了实施领导小组，吸收乡农技站、林果站、水利站、畜牧兽医站负责人参加。将方案各项任务以岗位责任制形式落实到乡直单位和个人。该项工作中的表现和成绩作为考核和评比的主要依据。又把方案任务分解到各村，定量、定位落到实处。种植业按村、土地类型、作物种类逐户落实到地块；林果业按分年度实施计划，在保证粮油耕地稳定的情况下，对荒残林、荒岗顶、沟汊、地堰、四旁地和退耕还林地逐村实地规划；畜牧业任务也按年分别落实到村到户。各村的任务由党支书、村委主任、会计负责，纳入岗位责任制的考核内容，视完成好坏作为乡党委给村干部评定补贴工资的依据之一。这就把由模型得到的“软”成果变成了各部门、村、户、人的可操作可检查

的“硬”任务。有了组织保证。

### 3.2 全面统计监测,及时反馈信息,灵活运用方案。

模型及其解只能作为决策和管理的辅助工具,决不能生搬硬套。一切管理措施只不过是实现目标的手段,应围绕目标因时因地因条件而宜。领导者为及时掌握信息,灵活地及时修正实施方案,在全乡选了四个有代表性的村,从中又选四十户,请户主对方案实施过程中的数据按统一格式进行监测记录,视监测记录质量每年发给报酬费。典型记录与全乡的全面统计结合,使领导小组能够及时掌握反映情况变化的信息。每年在不改变优化方案主攻方面的前提下,依据反馈的信息修订方案,以适应实施年的现状,避免僵化,减少风险。例如,85年种植业虽增产粮食274.64万斤,但仍感不能满足畜牧业需要,而花生地膜复盖能大幅度增产。于是,修订86年方案时增种粮食1154亩,花生总面积虽减少,但地膜花生未减。虽然86年春秋大旱,全年种植业只比85年减收3%。87年又根据粮食单产增长快的情况,在确保粮食总产稳定增长的前提下,退耕还林1500亩,3000亩麦田间作套种花生。林果和畜牧业中也根据市场变化做到了适时调整,都收到了较好效益。

### 3.3 宣传教育作基础,政策作保证。

一个好的计划要由群众施行见效,需要做大量宣传教育工作。该乡为此做了如下工作:(1)举办乡材干部系统工程培训班。使他们明了农业系统工程就是科学管理农业,系统工程方法制订的规划方案就是定量、定性、定位地合理利用有限资源,取得整体最佳效益,防止片面性、盲目性,使全乡农业生产得到持续、稳定、健康发展;(2)运用广播,使优化结构方案家喻户晓;(3)实行党员干部带头,一级带一级;(4)典型示范,使群众见到实际好处。例如扶持奶山羊、鸭、肉食鸡等专业示范户,改变农民的养殖习惯,效果良好。

实行一定的鼓励政策也是推动方案顺利实施的重要方法。他们采用了一些优惠政策和奖励办法:(1)种一亩地膜花生乡政府补贴十元钱或减十个义务工;(2)在规划的地点挖坑栽果树,集体出钱买树苗;(3)为养老母猪的户供应平价饲料;(4)一户一年出栏十头肥猪或发展五只奶山羊奖100元现金。

### 3.4 以实施优化方案为中心,带动各项工作,推进农村第二步改革。

以联产承包责任制为主要内容的农村第一步改革取得了辉煌成绩。调整农业生产结构提高农村经济总体效益成了农村第二步改革的重要任务之一。1984年胶东出现了“种粮不如种花生,种花生不如栽果树”的倾向。从以粮为纲的一个极端又走向了不顾粮油生产乱占粮田栽果树的另一个极端。同时,也出现了不顾当地资源条件,大力发展食科为主的畜禽的倾向。该乡领导以系统观点分析认识农村经济发展,没有被一时的风潮所左右,坚信模型提供的优化方案是实现整体长远最佳效益的决策,坚持按优化方案指导农业生产才是实现农村第二步改革的正确道路,围绕实施方案可以把各项工作带动起来,加速农村经济向商品化、专业化、现代化发展。为此,他们积极成立了为农业生产服务的组织,保证了良种、树苗、化肥、农药、柴油、机械等的供应和产品的运销加工。办好科技培训,请专家教授、技术人员传授各种生产技术一年达280多人次。组织外出参观学习一年140多人次。召集各种技术现场会200多人次。还大量印发了普及专项技术的“明白纸”等。抓好水利工程的维修和兴建,推行科学用水、节约用水,扩大灌溉面积4000多亩。

## § 4 体 会

该乡的上述工作使我们得到如下三点认识：优化模型作为一种辅助决策和管理的工具要得到应用实效，必需以领导者相信科学，感到需要为前提，以严格的一丝不苟的科学态度对待建模、求解时的每个数每个式子为基础。

调查、分析、建模、求解、制订规划、组织实施、不断修正方案等是一项完整的系统工程，是一番农村基层经济、行政、科技、教育等管理现代化的实践。每个环节都要认真对待，精心组织才能见实效。

农业系统工程不仅能带来可观的经济效益，而且对转变农民观念，推进改革开放，增强农民在党的领导下走共同富裕的社会主义道路的信念有明显的作用。

先后参加过这一工作的主要人员还有：龙和平、方祖耀、杜宏伟、段硕田、许学田、考学、冯建春、刘贤臣等。

## 参考文献

1. 龙和平、方祖耀、杜宏伟、段硕田、许学田、考学、冯建春、刘贤臣等：《农业系统工程在龙和平乡的应用》，《系统工程理论与实践》，1987(1)，1-5。

2. 龙和平、方祖耀、杜宏伟、段硕田、许学田、考学、冯建春、刘贤臣等：《农业系统工程在龙和平乡的应用》，《系统工程理论与实践》，1987(1)，1-5。

3. 龙和平、方祖耀、杜宏伟、段硕田、许学田、考学、冯建春、刘贤臣等：《农业系统工程在龙和平乡的应用》，《系统工程理论与实践》，1987(1)，1-5。

## 附录

附录一：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录二：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录三：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录四：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录五：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录六：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录七：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录八：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录九：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

附录十：龙和平乡农业系统工程应用效果统计表

# 内蒙古察右前旗农牧业优化结构模型

孟繁敏 武海峰

(内蒙古自治区管理干部学院)

## § 1 概 况

内蒙古乌兰察布盟察右前旗曾是水草丰美、林业资源较富饶的游牧地。五十年代初尚有八大牧场。由于几十年来重垦过牧,乱砍滥伐,使草场退化,沙化严重,自然生态系统遭到严重破坏,导致气候恶劣,土壤结构变坏,农牧业生产逆向发展。据调查,全旗水土流失面积达210万亩,占总面积的51.6%,大量有机质流失,生产能力下降,粮豆亩产徘徊在35-60公斤左右。由于草场超载过牧,使大量牲畜缺乏保护性饲养条件,一遇灾害经济损失严重。牲畜出栏率极低。群众形容当地情况:“山是和尚头,沟里没水流,三年两头旱,十年九不收”。1989年以前,察右前旗是内蒙古自治区的扶贫对象,现已脱贫致富。

## § 2 战略规划

通过全面分析察右前旗自然资源和社会经济状况,我们确认该旗农牧业发展的战略规划应该是:将以经验为基础的经验型农业转向以科学为基础的科学型农业;建立良性循环的生态农业系统,使农牧业的发展结构与保护和改善大自然的目标统一起来,使传统的农牧业自然经济向有计划的商品经济发展,促使经济效益、生态效益、社会效益协调统一地发展。

## § 3 战略分区

为了实现上述战略目标,本着大系统宏观控制的原则,在有利于调整农牧业生产结构,有利于发展多种经营的前提下,根据土壤的组合类型、地貌、地力、气候、水文等自然条件将该旗划分了三个套环型区域,简称三环区。

### 一环区——四周低山、台地、丘陵牧农区

该区海拔1500-1828米,地形复杂,土地瘠薄,沟谷相间,气候干燥,热量不足,生态条件恶化,水土流失严重,可耕面积1127102亩,占总耕地面积的60%,人均耕地7.4亩。草场1432915亩占全旗草场总面积的81%。鉴于这种情况,该区应该采取退耕还牧,粮草轮作的措施,从次等地开始三年种草三年种粮。这样不仅发展了畜牧业,增加了有机肥,而且由于草根固氮作用,保养了土壤,提高了地力。

### 二环区——倾斜平原粮经作物区

该区地势较平坦,土层较厚,热量条件较好,雨量虽少,但地下水资源较丰富,据估

算全旗水浇地面积最终能达到 38 万亩。耕地面积 545589 亩，占全旗耕地面积的 16.4%，人均占有耕地 6.3 亩。该地区适宜发展粮食和经济作物。

### 三环区——黄旗海周围洼地多种经营区

该区地势低洼，盐碱度高，黄旗海是中心（也是该旗的中心）。水面积 13.1 万亩，由于生态遭到破坏，水域自七十年代初以每年 0.5 米的速度减退；由于污染严重，鱼已于 1973 年绝迹。可耕盐碱地 18795 亩，仅适于种植甜菜。草场面积 45995 亩，占全旗草场面积的 2.6%。适宜发展畜牧业及以芦苇、茎柳等为原料的编织业等。该区以多种经营为主。

## § 4 建立数学模型

建立数模的目的是为了实现战略规划中的各项指标，调整产业结构。

为了使数学模型能够真实反映察右前旗大农业全貌，建模时就必须把农业、牧业、水资源、林业和它们之间的相依关系都考虑进去。

建模过程分以下四步：

### 4.1 土壤分类

由于察右前旗地形复杂，气候差异大，所以，耕地种类按地力划分比较合适。

一环区的耕地基本上是旱地，划分为高、中、次三个等级，从次等地开始逐年退耕，实行三年种草三年种粮的轮作制。因考虑到群众的承受力，建模时采用了逐年退耕的方式，三年后将一环区的次等地全部种上经济价值高的优质草。从第四年开始，第一年种草的次地还耕，而中等地力开始逐年退耕。高等地力不必退耕。

二环区耕地划分为水浇地和旱地，其中旱地又分为高、中、次三个等级，仅对次等地实行粮草轮作。

三环区仅有 18795 亩盐碱地适合种植甜菜。

### 4.2 收集数据

本模型涉及的一千多个数据，为防止虚报瞒产，不以统计报表数据为准，完全是通过访问调查，按实际情况而取得。又请有关专家和当地有实践经验的干部、群众多次审核确定。数据分以下几类：

①作物在各类土壤中的亩产量及亩产值（包括秸秆产值）；②各类牲畜的年饲料量、产肥量、出栏率、皮、毛、肉、奶的产量及价格。各类活畜的实价等；③天然草场产草量（本模型将湿草一律折成干草计算）；④地下水资源的年开采量，各类作物每亩年用水量，现有水浇地面积等；⑤人口，食用粮、工业用粮、调拨粮等；⑥各类耕地的播种面积；各类作物的计划播种面积。

计划播种面积可通过两种方法求得：①建立数学模型上机运行计算；②求历年来各类作物在各类耕地上的播种面积的平均值。

### 4.3 确定决策变量

用  $x_j$  ( $j=1, 2, \dots, 84$ ) 表示各种作物在各类耕地上的播种面积；用  $x_j$  ( $j=85, \dots, 105$ ) 表示各类牲畜在各环区的承载数量，如表 1、表 2 所示。

表1 作物决策变量

| 作物类<br>耕地类    |     | 小麦                | 薯类       | 谷子       | 苣麦    | 黍黍    | 豆类    | 荞麦    | 油料    | 甜菜       | 青玉米      | 瓜类       | 蔬菜       | 耕地面积<br>(亩) |
|---------------|-----|-------------------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| 一<br>环<br>区   | 高等地 | $x_1$             | $x_8$    | $x_{15}$ | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | $x_{57}$ | $x_{64}$ | $x_{71}$ | $x_{78}$ | $B_1$       |
|               | 中等地 | $x_2$             | $x_9$    | $x_{16}$ | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | $x_{58}$ | $x_{65}$ | $x_{72}$ | $x_{79}$ | $B_2$       |
|               | 次等地 | $x_3$             | $x_{10}$ | $x_{17}$ | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | $x_{59}$ | $x_{66}$ | $x_{73}$ | $x_{80}$ | $B_3$       |
| 二<br>环<br>区   | 水浇地 | $x_4$             | $x_{11}$ | $x_{18}$ | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | $x_{60}$ | $x_{67}$ | $x_{74}$ | $x_{81}$ | $B_4$       |
|               | 高等地 | $x_5$             | $x_{12}$ | $x_{19}$ | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | $x_{61}$ | $x_{68}$ | $x_{75}$ | $x_{82}$ | $B_5$       |
|               | 中等地 | $x_6$             | $x_{13}$ | $x_{20}$ | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | $x_{62}$ | $x_{69}$ | $x_{76}$ | $x_{83}$ | $B_6$       |
|               | 次等地 | $x_7$             | $x_{14}$ | $x_{21}$ | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | $x_{63}$ | $x_{70}$ | $x_{77}$ | $x_{84}$ | $B_7$       |
| 计划播种面积<br>(亩) |     | $A_1$             | $A_2$    | $A_3$    | $A_4$ | $A_5$ | $A_6$ | $A_7$ | $A_8$ | $A_9$    | $A_{10}$ | $A_{11}$ | $A_{12}$ |             |
| 备 注           |     | 三环区 18795 亩盐碱地种甜菜 |          |          |       |       |       |       |       |          |          |          |          |             |

表2 畜种决策变量

|        | 肉役牛               | 奶牛                | 骡                 | 马                 | 驴                 | 山羊        | 绵羊        |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 一环区    | $x_{85}$          | $x_{88}$          | $x_{91}$          | $x_{94}$          | $x_{97}$          | $x_{100}$ | $x_{103}$ |
| 二环区    | $x_{86}$          | $x_{89}$          | $x_{92}$          | $x_{95}$          | $x_{98}$          | $x_{101}$ | $x_{104}$ |
| 三环区    | $x_{87}$          | $x_{90}$          | $x_{93}$          | $x_{96}$          | $x_{99}$          | $x_{102}$ | $x_{105}$ |
| 数量上、下限 | $\underline{C}_1$ | $\underline{C}_2$ | $\underline{C}_3$ | $\underline{C}_4$ | $\underline{C}_5$ | —         | —         |

## 4.4 建立数学模型

目标函数——以追求农牧业一次性创造总产值最大为目标, 其形为

$$\max s = \sum_{i=1}^{105} c_i x_i$$

其中  $c_i$  表示单位亩产值或单位畜产值。

约束条件34个, 分以下10组:

a) 耕地资源约束

$$\sum_{n=0}^{11} x_{i+7n} \leq B_i \quad (i = 1, 2, \dots, 7)$$

比如  $i = 4$  时  $x_4 + x_{11} + x_{18} + \dots + x_{81} \leq B_4$

( $B_4 = 11.5, 13.5, 20, 27$  万亩)

其意义是：各种作物在水浇地上的播种面积之和不能超过各期（年度）水浇地的总面积。

b) 计划播种面积约束

$$\sum_{i=1+7k}^{7(k+1)} x_i \leq A_j \quad (j=1,2,\dots,12; k=0,1,2,\dots,11)$$

比如当  $j=1, k=0$  时（注： $j$  与  $k$  一一对应，比如当  $j=5$  时， $k=4$ ）。

$$\sum_{i=1+7k}^{7(k+1)} x_i = \sum_{i=1}^7 x_i = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \leq A_1$$

其意义是小麦在各类土地上播种面积总和不能超过计划播种面积。

c) 牲畜数量上、下限的约束

$$\sum_{i=85+3k}^{87+3k} x_i \geq C_j \quad (\text{下限}) \quad (j=1,3,4,5; k=0,2,3,4) \quad (1)$$

$$\text{或} \quad \sum_{i=88}^{90} x_i \leq \bar{C}_2 \quad (\text{上限}) \quad (2)$$

(1) 的意义是役畜的饲养数不能低于计划数  $C_j$ ；

(2) 的意义是奶牛的饲养头数不能超过计划头数  $\bar{C}_2$ 。

为什么对役畜牛、马、骡、驴要规定下限  $C_j$  呢？（ $j=1, 3, 4, 5$ ）。因为从价值上看，役畜远远低于羊和奶牛，若不用下限约束，计算机运行的结果必定都是零，即不能饲养牛、马、骡、驴。可是这些役畜在当前农村机械化程度还很低的情况下，又是农民的主要劳力，没有不行。所以，必须把农民对役畜的最低需求量作为下限进行控制。

奶牛产值最大，为什么还要规定上限呢？因为根据当地的情况牛奶加工、运输都成问题，而且奶牛需要的饲料量大，占人工、占土地，根据察右前旗的具体情况，奶牛不能大量饲养，所以，必须用上限来控制。

羊产值高，成本低，最易饲养。所以不要人为地硬加限制，只要用饲草、饲料进行约束，使之不超载即可。

d) 饲草约束

一环区饲草约束

$$b_{85}x_{85} + b_{88}x_{88} + b_{91}x_{91} + b_{94}x_{94} + b_{97}x_{97} + b_{100}x_{100} + b_{103}x_{103} \leq \sum_{i=1}^{70} a_i x_i 60\% + D_1$$

其中  $a_i$  ——单位作物秸秆数（ $i=1, 2, \dots, 70$ ）；

$D_1$  ——天然干草总产量

其意义是一环区各类牲畜年饲草总量不能超过该区天然干草总量  $D_1$  与农作物秸秆的 60% 之和。

二环区、三环区饲草约束在此略。

e) 饲料约束

$$\sum_{j=85}^{105} k_j x_j \leq D_4$$

其中  $k_j$ ——单位牲畜年饲料量 ( $j=85, 86, \dots, 105$ ) ;

$D_4$ ——各年度最高饲料量.

f) 水浇地小麦的硬约束

$$x_4 \leq D_5$$

其中  $D_5$  是水浇小麦的计划面积, 上限约束.

g) 甜菜的产量要满足各有关糖厂的需求

$$\sum_{j=57}^{63} a_j x_j + D_6 \leq D_7$$

其中  $a_j$ ——甜菜在第  $j$  类土地上的亩产量 ( $j=57, 58, \dots, 63$ ) ;

$D_6$ ——三环区 18795 亩盐碱地甜菜的产量;

$D_7$ ——各糖厂对甜菜的总需求量.

h) 土豆要满足食用及加工需求, 但不能过量生产, 因为不宜保存, 其约束为

$$D_8 \leq \sum_{j=8}^{14} a_j x_j \leq D_9$$

其中  $a_j$ ——各类耕地的土豆亩产量 ( $j=8, 9, \dots, 14$ ) ;

$D_8$ 、 $D_9$ ——分别表示土豆的最小与最大需求量.

i) 地下水资源约束

$$\sum_{n=0}^{11} a_{4+7n} x_{4+7n} \leq D_{10}$$

其中  $a_j$ ——水浇地单位作物需水量 ( $j=4, 11, 18, \dots, 74, 81$ ) ;

$D_{10}$ ——灌溉水总量.

j) 决策变量  $x_j \geq 0$  ( $j=1, 2, \dots, 105$ ).

## § 5 计算结果分析

### 5.1 农作物的优化结构布局

产值选用 1987 年现行价计算, 单产量及单产值采用核实的最低数据上机运行, 计算机显示出了三期 (1989—1990 年; 1991—1992 年; 1993—1995 年) 最优方案, 即使目标函数实现最大产值的方案.

但是, 仅仅考虑农牧业总产值的优化模型给出的解不尽合理, 需要结合实际情况在结构布局上给与调整后, 才具实用价值. 为节省篇幅, 下面只针对第一期的情况加以分析, 结果见表 3、表 4.

表3 计算机显示的第一期农作物最优布局方案 单位: 万亩、万公斤

|                  |     | 小<br>麦 | 薯<br>类 | 谷<br>子 | 苡<br>麦 | 糜<br>黍 | 豆<br>类 | 芥<br>麦 | 油<br>料               | 甜<br>菜 | 青玉<br>米 | 瓜<br>类 | 蔬<br>菜 | 可播<br>面积 | 退耕<br>面积 |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|---------|--------|--------|----------|----------|
| 一<br>环<br>区      | 高等  |        | 9.2    | 18     |        |        |        |        | 9.47                 | 0.9    |         |        |        | 37.57    |          |
|                  | 中等  |        |        |        | 25     | 5      | 4      |        | 3.57                 |        |         |        |        | 37.57    |          |
|                  | 次等  | 9.34   |        |        |        |        |        | 6      | 9.71                 |        |         |        |        | 25.05    | 12.52    |
| 二<br>环<br>区      | 水浇地 | 7      |        |        |        |        |        |        |                      | 4.1    |         | 0.4    |        | 11.5     |          |
|                  | 高等  |        | 13.8   |        |        |        |        |        |                      |        | 1       |        | 0.7    | 15.5     |          |
|                  | 中等  |        |        |        |        | 10     |        |        |                      |        |         |        |        | 10       |          |
|                  | 次等  | 6.66   |        |        |        |        |        |        |                      |        |         |        |        | 6.66     | 3.34     |
| 计划播种<br>面积(万亩)   |     | 23     | 23     | 18     | 25     | 15     | 4      | 6      | 22.75                | 5      | 1       | 0.4    | 0.7    |          |          |
| 产量<br>(万公斤)      |     | 1720   | 6900   | 1800   | 1000   | 1050   | 160    | 150    | 774.8                | 7050   | 2000    | 1000   | 1050   |          |          |
| 粮豆总产量: 12330 万公斤 |     |        |        |        |        |        |        |        | 经济作物总产量: 11874.8 万公斤 |        |         |        |        |          |          |

表4 调整后第一期农作物优化布局方案 单位: 万亩、万公斤

|                  |     | 小<br>麦 | 薯<br>类 | 谷<br>子 | 苡<br>麦 | 糜<br>黍 | 豆<br>类 | 芥<br>麦 | 油<br>料             | 甜<br>菜 | 青玉<br>米 | 瓜<br>类 | 蔬<br>菜 | 可播<br>面积 | 退耕<br>面积 |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------|---------|--------|--------|----------|----------|
| 一<br>环<br>区      | 高等  | 8.14   | 15.33  | 10.3   |        |        |        |        |                    | 2.9    | 0.5     | 0.2    | 0.2    | 37.57    |          |
|                  | 中等  | 2.33   |        |        | 5.47   | 13     | 1.7    | 2.5    | 11.57              |        |         |        |        | 37.57    |          |
|                  | 次等  |        |        |        | 13     |        | 1      | 1      | 11.05              |        |         |        |        | 25.05    | 12.52    |
| 二<br>环<br>区      | 水浇地 | 7.5    | 0.2    | 0.2    |        |        | 0.3    |        |                    | 2.1    | 0.5     | 0.2    | 0.5    | 11.5     |          |
|                  | 高等  | 0.53   | 7.47   | 7.5    |        |        |        |        |                    |        |         |        |        | 15.5     |          |
|                  | 中等  | 4.5    |        |        |        | 2      | 1      | 2.5    |                    |        |         |        |        | 10       |          |
|                  | 次等  |        |        |        | 6.53   |        |        |        | 0.13               |        |         |        |        | 6.66     | 3.34     |
| 计划播种<br>面积(万亩)   |     | 23     | 23     | 18     | 25     | 15     | 4      | 6      | 22.75              | 5      | 1       | 0.4    | 0.7    |          |          |
| 产量<br>(万公斤)      |     | 2380.1 | 6940   | 1830   | 485    | 1050   | 190    | 225    | 572                | 6050   | 2500    | 1000   | 1550   |          |          |
| 粮豆总产量: 13100 万公斤 |     |        |        |        |        |        |        |        | 经济作物总产量: 11672 万公斤 |        |         |        |        |          |          |

计算机显示的结果虽然使总产值达最大值, 但没顾及作物布局是否合理。比如, 表3

中小麦计划播种面积为 23 万亩，其中 17 万亩播种在次等地力上，次等地的亩产经核实才 20 公斤，致使小麦总产量仅仅 1720 万公斤，满足不了全旗对小麦的需求。调整后，见表 4，小麦总产量达到 2380.1 万公斤，实现了自给。又如表 3 中，将 18 万亩谷子都集中在一环区高等地力上，也是不合理的。必须分摊给二环区一部分，供二环区农民食用。另外，需将 0.2 万亩谷子种在水浇地上，这是为了换茬，提高地力，再如表 3 中的 25 万亩莜麦都种在一环区中等地力上，也是不允许的。莜麦虽然售价高，能使目标函数值（农业总产值）迅速上升，但必须种在次地上。这是因为其它的粮食作物如小麦、薯类、谷子等在次等地力上几乎没有什么收成，唯独莜麦抗旱、抗寒能力强，种在次地上还能有些收成。总之，当计算机给出最优布局之后，必须结合当地的具体情况进行调整，使布局趋向合理化。

再来比较一下表 3、表 4 两个方案的产量和产值。

| 表 5  |       |         |         |         |         |          | 单位 万公斤、万元 |
|------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|
|      | 粮 豆   |         | 经 作     |         | 粮 经     |          | 合理性       |
|      | 产量    | 产值      | 产量      | 产值      | 总产量     | 总产值      |           |
| 优化方案 | 12330 | 7242.39 | 11874.8 | 5683.12 | 24204.8 | 12226.92 | 不合理       |
| 调整方案 | 13100 | 6567.98 | 11672   | 3063.47 | 24772   | 9631.45  | 合 理       |

注：①两个方案的粮经作物总产值均未包含三环区的 698.59 万元；

②两个方案的粮豆总产量均已超过该旗自给自足的标准一亿公斤。优化方案的粮豆产量 13100 万公斤比该旗 1987 年的粮豆产量 7500 万公斤几乎翻了一番。

③产值均按 1987 年的现行价计算。

④退耕还牧 15.86 万亩，如果种沙打旺草，按亩产 200 公斤计算，可产草 3172 万公斤，可养羊 34800 只。产草的经济收入也未计算在内。

## 5.2 畜种的优化配比结构

通过上机运行，计算机显示出各期畜种的优化配比结构、草场的合理载畜量及 1991—1998 年的预测值。由于篇幅所限，在这里仅将第一期的第一套畜种与载畜量的优化结构及各期的预测值列表如下，见表 6、表 7、表 8。

| 表 6 第一期各环区产草量与载畜量 |      |        |              |       | 单位 万公斤、羊单位   |     |
|-------------------|------|--------|--------------|-------|--------------|-----|
|                   | 退耕草  | 天然草    | 秸 秆<br>(60%) | 合 计   | 载畜量<br>(羊单位) | 比 例 |
| 一环区               | 2504 | 15839  | 9350         | 27693 | 303500       | 30  |
| 二环区               | 668  | 3167.9 | 8019         | 11854 | 129922       | 13  |
| 三环区               | 0    | 791.97 | 3724         | 4535  | 49702        | 5   |
| 合 计               | 3172 | 19798  | 21112        | 44082 | 483124       |     |

表 7 第一期畜种优化配比结构

|     | 肉役牛   | 奶牛   | 骡    | 马    | 驴    | 大畜合计  | 山羊    | 绵羊     | 小畜合计   |
|-----|-------|------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|
| 一环区 | 23423 | 3125 | 2625 | 5625 | 1250 | 39048 | 7237  | 99474  | 106711 |
| 二环区 | 10150 | 1354 | 2437 | 2437 | 541  | 16919 | 3136  | 43105  | 46176  |
| 三环区 | 2904  | 521  | 938  | 938  | 209  | 6515  | 1207  | 16577  | 17759  |
| 合 计 | 37477 | 500  | 9000 | 9000 | 2000 | 62477 | 11580 | 159159 | 170739 |

注：1988年初，察右前旗实有牲畜 518450 羊单位，经过退耕还牧及优化结构，到 1989—1990 年还超载  $518450 - 483124 = 35326$  羊单位，到第二期（1991—1992 年）才实现草畜平衡，由此看出，调整畜种结构对察右前旗促进恢复生态平衡极为重要。

表 8 预测值

|               | 农牧业总产值(万元) | 农业总产值(万元) | %    | 牧业总产值(万元) | %    | 粮豆总产量(万公斤) | 人均年收入(元) | 人均粮(公斤) |
|---------------|------------|-----------|------|-----------|------|------------|----------|---------|
| 一期<br>89—90 年 | 13799.59   | 10330.04  | 74   | 3469.55   | 26   | 13100      | 551      | 441     |
| 二期<br>91—92 年 | 16839.17   | 10566.8   | 62.7 | 6272.27   | 37.3 | 12478.4    | 672      | 500     |
| 三期<br>93—95 年 | 24812.25   | 16198.28  | 65   | 8613.97   | 35   | 19446.8    | 991      | 660     |
| 四期<br>96—98 年 | 295511.85  | 18238.73  | 61   | 11273.12  | 39   | 22086.37   | 1178     | 720     |

注：计算机显示的第一期农牧业总产值是 14526.1 万元，经调整以后，其值为 13799.59 万元。

以上结果，我们是在落后贫穷的局面下，以最低的数据优化出来的结果。如果察右前旗进一步推广新技术、新品种，发展水浇地，提高机械化程度，提高单产，按我们的数学模型进行优化，必能实现更高的总产值。