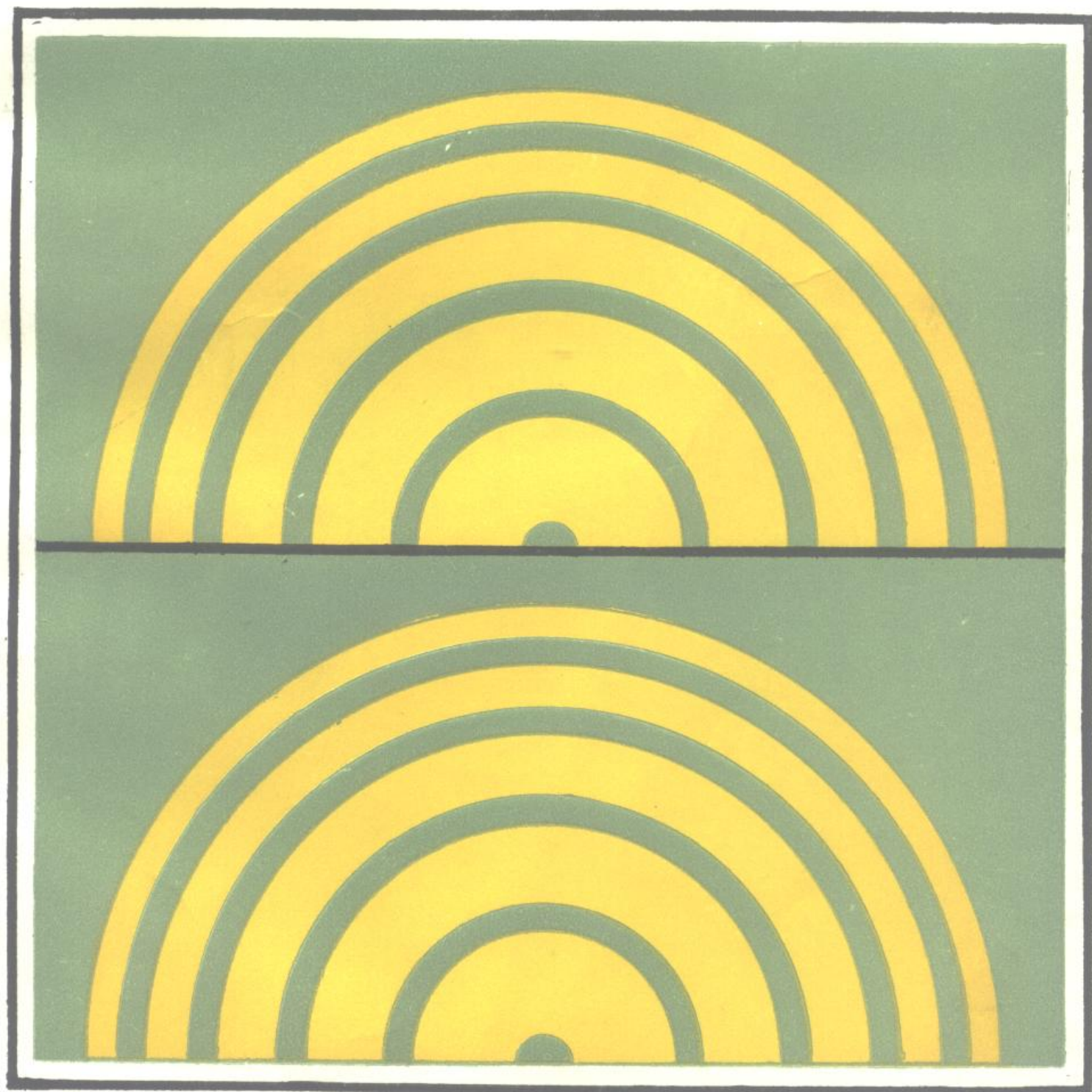


农村能源

吴相淦主编 鲁楠副主编



农村能源

吴相淦 主 编

鲁 楠 副主编

农业出版社

农村能源

吴相淦 主编

鲁楠 副主编

责任编辑 刘存

农业出版社出版 (北京朝阳区东直门内大街)

新华书店北京发行所发行 北京潮白印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 22印张 530千字

1988年6月第1版 1988年6月北京第1次印刷

印数 1—7,000册 定价 5.25元

ISBN 7-109-00354-X/S·25%

前 言

为了适应农村能源事业的发展,受农牧渔业部农村能源环境保护办公室的委托,在中国能源研究会农村能源专业委员会和中国农业工程学会农村能源专业委员会的支持下,由沈阳农业大学牵头,组织南京农业大学等单位共同编写了这本比较全面系统地介绍农村能源的书。

本书可作为学校农村能源课程和各类农村能源技术培训的教材,亦可供从事农村能源工作的干部和技术人员阅读参考。

参加本书编写的有:南京农业大学吴相淦、韦文虎、王效华、张维强,北京农业工程大学张大同,东北农学院陈荣耀,浙江农业大学吴金鹏、吴国桢、蒋成球,河南农业大学张百良、黄德仁、赵廷林,华中农业大学王能裕,中国农业工程研究设计院郝芳洲、初滨,沈阳农业大学鲁楠、梁子超、刘书智、万仁新、侯振彪、曹玉瑞、葛培德,农牧渔业部农村能源环境保护办公室邓可蕴、屠云璋等同志。由梁子超、刘书智同志对全部书稿进行最后编纂和整理。书中第八章“水能与小水电”由水利电力部李荧工程师作过校改,谨致以衷心的感谢。

由于编者水平和工作条件所限,本书中难免会有错误和不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者

一九八六年十月

目 录

前言

第一章 农村发展与农村能源	1
第一节 农业系统的特点	1
第二节 农业生产与能源的相互关系	4
一、农业生产工具与动力的共同发展过程	4
二、农业中能量转换率在国外的研究	5
三、农业中能量转换率在我国的研究	7
第三节 我国农村用能分析	11
一、我国农村用能的基本情况	11
二、我国农村用能分析	12
三、当前我国农村能源建设的方针政策	14
第四节 我国农村能源资源分布及其特点	15
一、特点	15
二、开发利用的现状与展望	16
第五节 世界农业能源概况	18
一、世界能源的储量及分布	18
二、世界能源消耗情况	19
三、世界各国农村新能源的开发、利用和研究概况	19
第二章 能源的基本知识	21
第一节 能源的基本概念	21
一、概念	21
二、能源的分类	21
第二节 工作流体的基本特性	22
一、工作流体的基本性质	22
二、液体的静压力	22
三、气体的性质	23
第三节 能量转换的基本规律	23
一、流体运动的连续性原理	24
二、流体运动中的机械能转换与守恒原理——柏努利方程	24
三、热力学第一定律	25
四、热力学第二定律	25
第四节 流体运动中的能量损失	26
一、两种形式的压力损失	26
二、流动的类型及其对能量损失的影响	27

第五节 热量的传递	27
一、概述	27
二、传热的基本规律	28
第六节 燃料与燃烧的基本知识	29
一、燃料的种类及组成成分	29
二、燃料组成成分的表示方法	30
三、燃料的发热量	31
四、燃烧三要素——空气、温度和时间	31
第三章 人力与畜力	33
第一节 人力	33
第二节 畜力	35
一、耕畜的速度与牵引力	36
二、耕畜的牵引力估计	36
三、畜力拖引有轮农具或拖车的特点	38
四、水牛的特性	38
五、役畜的能量效率与营养	39
六、耕畜的工作能力及其合理使用	40
七、畜力与机械动力的换算指标	42
第四章 太阳能	43
第一节 概述	43
一、太阳能是一种巨大的能源	43
二、太阳能的优缺点	43
三、太阳能的应用方式	43
四、我国太阳能资源及其分布	44
第二节 太阳能应用基础	45
一、地球与太阳的关系	45
二、地球的经纬度和时角	46
三、太阳的高度角、方位角和太阳位置坐标系	48
四、太阳高度角和方位角的计算	49
五、太阳辐射与太阳常数	51
六、到达地球表面的太阳辐射	53
七、地表太阳辐射的月平均日总量 $\bar{H}$	54
八、从太阳辐射日总量推算小时辐射量	55
九、倾斜面上的太阳辐射能	56
十、集热面的最佳倾斜角	58
第三节 太阳能热转换利用设备	58
一、太阳能热水器及其系统	58
二、太阳灶和其它聚光集热器	64
三、太阳能采暖	73
四、太阳能在农业上的应用	77
第四节 太阳能光电利用	86
一、太阳能电池的基本原理及其特性	87

二、硅太阳能电池的结构	86
三、太阳能电池的使用特点	90
四、太阳能电池的用途、问题与展望	90
第五节 太阳能的热贮存	91
一、水的热贮存	91
二、堆积床贮热	93
三、潜热贮热	94
四、化学反应贮热	95
第五章 生物质能(一)	96
第一节 光合作用与生物质能	96
一、光合作用	96
二、生物质的种类和资源	98
三、生物质能的开发和利用	98
四、高光效植物	100
五、生物质能的转换技术	101
第二节 秸秆、薪柴与固体燃料的气化	102
一、秸秆	102
二、薪柴	104
三、固体燃料的气化	107
第三节 甲醇和乙醇(酒精)	111
一、甲醇	111
二、酒精燃料的发展概况	112
三、酒精发酵	113
四、酒精蒸馏的原理及设备	117
五、酒精燃料的应用	123
第四节 植物油	124
一、植物油的组成及化学结构	124
二、植物油的燃料特性	125
三、在柴油机上燃用植物油	127
四、植物油的酯化	128
五、石油植物	129
第六章 生物质能(二)——沼气	130
第一节 概述	130
一、沼气的生态分布	130
二、沼气发酵的研究和应用	130
三、沼气的化学组成和理化性质	132
第二节 沼气发酵的基本原理和微生物	134
一、沼气发酵的基本原理	134
二、沼气发酵的微生物	136
第三节 沼气发酵的工艺条件	136
一、沼气发酵的工艺类型	136
二、沼气发酵的工艺条件	137

三、农村沼气池自然温度发酵的工艺过程.....	145
第四节 沼气发酵装置.....	146
一、沼气池设计的原则和主要问题.....	146
二、沼气池的构造和工作原理.....	150
三、沼气池工程施工要点.....	157
四、沼气的输气系统.....	158
第五节 沼气的利用.....	160
一、沼气的燃烧.....	160
二、家用大气式沼气燃烧器.....	161
三、沼气灯.....	162
四、沼气在内燃机上的应用.....	162
第六节 沼气肥的利用.....	164
第七节 沼气与卫生.....	164
一、沼气发酵除害灭病的效果.....	164
二、存在问题和解决办法.....	165
第八节 安全问题.....	165
第七章 风能	167
第一节 风的成因与我国的风能资源.....	167
一、风与风能.....	167
二、我国的风能资源.....	168
第二节 风力机的组成、基本构造和分类.....	169
一、风力机的组成、基本构造及其功能.....	169
二、风力机的分类.....	171
第三节 风力机的工作原理.....	172
一、风轮转动的基本工作原理.....	172
二、风力机的功率与效率.....	174
三、风力机的动力特性.....	175
第四节 风力机的迎风调向与调速装置.....	176
一、风力机的迎风调向装置.....	177
二、风力机的调速装置.....	178
第五节 风力机的使用.....	180
一、风力机在农村中的应用.....	180
二、风力机的使用.....	180
三、风力机介绍.....	182
第八章 水能与小水电	189
第一节 水力发电的基本知识.....	190
一、水力发电的基本原理.....	190
二、水力发电的两大要素.....	190
三、水电站的功率.....	191
第二节 水电站的分类及基本开发方式.....	192
一、水电站的分类.....	192

二、水电站的开发方式.....	192
第三节 水电站进水设施的选择.....	194
一、导水槽(进水槽).....	194
二、压力前池.....	194
三、压力水管.....	195
第四节 水轮发电机组设备.....	196
一、水轮机.....	196
二、水轮发电机组的选择.....	202
三、水轮机的调速设备.....	204
第五节 小水电与我国的农村电气化.....	204
一、中国式的农村电气化.....	205
二、小水电将成为农村电气化的重要支柱.....	205
三、水电站建设与总体规划.....	206
第九章 地热能	207
第一节 地热的基本知识.....	207
一、地热异常与地热能.....	207
二、我国的地热能资源.....	209
第二节 地热能的利用.....	209
一、概述.....	209
二、地热能发电.....	210
三、地下热水的农业应用.....	211
第十章 小煤矿	214
第一节 基本情况.....	214
一、我国煤炭资源.....	214
二、煤田的地质勘探.....	214
第二节 煤矿地质.....	215
一、煤矿地形.....	215
二、煤层与地质构造.....	215
第三节 矿井储量、年产量和服务年限.....	217
一、矿井储量.....	217
二、矿井年产量.....	217
第四节 井田开拓概念.....	218
一、直立巷道.....	218
二、水平巷道.....	218
三、倾斜巷道.....	218
四、斜井开拓.....	219
五、矿井的生产系统.....	219
第五节 乡镇小煤矿.....	220
一、发展小煤矿的意义及作用.....	220
二、小煤矿存在的问题.....	221
三、加强对小煤矿的管理与领导问题.....	222

四、低质煤的综合利用问题	222
第十一章 节能技术	224
第一节 节能基本原理	224
一、节能的基本概念和潜力分析	224
二、节能的基本原理	227
三、节约能源的主要原则和技术措施	232
第二节 农村生产中的节能技术	235
一、农机节油途径	235
二、农村节电基本途径	237
三、小型炉、窑的节煤措施	238
四、余热利用	240
五、储热和储冷	243
第三节 建筑物节能的基本知识	244
一、建筑能耗的情况和分析	244
二、建筑节能的技术措施	245
第十二章 省柴(煤)灶和炕	247
第一节 省柴灶	247
一、概述	247
二、炉灶燃料及其燃烧的特点	248
三、炉灶省柴的基本途径	249
四、省柴灶的结构	252
第二节 省煤炉灶	258
一、民用炉省煤的基本途径	258
二、省煤的基本措施简介	259
第三节 柴、煤炉灶的测试方法	263
一、民用柴炉灶热性能测试方法	263
二、民用煤炉及煤制品热性能测试方法	266
第四节 火炕	269
一、概述	269
二、省柴炕灶设计依据和要求	272
第五节 灶、炕实例介绍	276
一、四川蓬溪卫生省柴灶	276
二、吉林浑江新炕	276
第十三章 农村能源技术经济	279
第一节 能源技术经济研究的对象、目的、任务、内容和方法	279
第二节 能源技术经济的几项主要评价指标和综合评价方法	281
一、生产技术方案的投资指标	281
二、年生产费用指标	284
三、综合评价方法	286
第三节 能源技术经济比较原理	286
一、满足需要上的可比	286

二、消耗费用的可比	289
三、价格指标的可比	290
四、时间的可比	291
第四节 能源技术经济比较计算方法	291
一、附加投资偿还年限法	292
二、年计算费用法	293
三、额定偿还期内的总费用法	293
四、综合经济比较法	294
第五节 农村能源技术经济评价实例	294
一、沼气利用的技术经济评价	294
二、太阳能利用的技术经济评价	298
第六节 农村能源试点的技术经济评价	300
一、能源试验示范单项技术的评价	301
二、生活燃料自给率水平	301
三、农村能源资源合理流向、开发程度、利用水平及其结构的评价	301
四、能源流量平衡分析	302
五、能源经济效益分析	302
六、社会效益分析	302
第十四章 农村能源预测	303
第一节 预测的概念	303
一、预测及其作用	303
二、预测的分类	303
三、预测的一般过程	304
第二节 几种常用的预测方法	305
一、特尔斐法	305
二、回归分析法	307
三、移动平均法	311
四、指数平滑法	314
第三节 有关能源预测的其它方法和实例	316
一、人均能量法预测农村生活用能	316
二、部门分析法预测生产用能	318
第十五章 农村能源规划	321
第一节 农村能源规划概述	321
一、农村能源规划的意义、要求	321
二、规划单位的选定	321
三、统计、计量标准的确定	321
第二节 农村能源供需现状分析	322
一、常规能源的供应与消费	322
二、生物质能的供应与消费	322
第三节 农村能源资源调查	323
一、地方性常规能源	323

二、生物质能源.....	323
三、新能源.....	324
第四节 农村能源区划的编制.....	324
一、农村能源区划的任务、种类.....	324
二、农村能源资源的单项区划.....	325
三、农村能源的综合区划.....	325
第五节 农村能源需求预测.....	326
一、需求预测的意义和内容.....	326
二、需求预测方法的选择和相关指标的确定.....	326
三、预测结果的检验.....	328
第六节 农村能源平衡表的编制.....	328
一、能源平衡和平衡表.....	328
二、常规能源平衡表的编制.....	329
三、生物质能平衡表的编制.....	329
第十六章 能源与环境.....	331
第一节 引言.....	331
第二节 煤的开发利用与环境.....	332
一、煤的环境影响.....	332
二、煤矿开采对土地的影响.....	332
三、煤矿废水的影响.....	333
四、煤炭运输和贮存的环境影响.....	333
五、煤炭利用中的环境影响.....	333
第三节 石油和天然气对环境的影响.....	334
一、石油的陆上与海底采油.....	334
二、炼油过程中的环境影响.....	335
三、石油和天然气使用中的环境影响.....	336
第四节 能源对大气的污染.....	337
第五节 水资源的污染和保护.....	339

第一章 农村发展与农村能源

第一节 农业系统的特点

太阳能必须依靠植物的叶绿体才能使二氧化碳和水等无机物在光合作用中完成能量和物质的转换。可见农业所依靠的植物,也是可再生的生物质能与不可再生的矿物能的最原始基础。因此农业与能源的关系是一个农业生物—能源系统;与自然的关系是一个农业—生态系统;而与社会的关系又是一个农业—社会经济系统。总之,农业系统的特点是一个能源—生态—经济系统。更具体地说:农业是由农业生物(作物、森林、牧业、渔业、菌藻微生物等),能源(太阳能的转换与利用,矿物能的添加等),环境(气候、土壤、水域、农林牧场等),农业技术(排灌、建筑、机械化和电气化,产品加工等)及社会经济效益等方面在人类历史长河中形成的一个综合系统。

整个农业生产模型如图 1—1 所示,至于农业—能源—生态—经济系统的相互关系则可参看图 1—2。

在农业系统中的主要矛盾是:①农业生物及其产品与太阳能转换和利用,及矿物能源添加之间的矛盾;②农业生物与农业环境之间的矛盾,必须用各种农业技术措施进行调节。但在调节过程中,又将产生;③农业与经济效益的矛盾。

农业生产过程中,对原生植物和动物常不同程度地加以控制以求其产品最大可能地为人类所用,而且经济实惠。表 1—1 为农业中改变生物过程的例证。而在控制过程中,就必须有能量的添加与转换,技术措施与经济效益的研究和发展。

表 1—1 农业中改变生物过程的例证

自然的生物过程	控制的非生物过程
1. 植物天然受粉、品种退化	1. 培育自交和杂交品种、利用杂交优势
2. 靠降水为生物所用,旱涝难防	2. 机电排灌,适时适量供应
3. 利用固氮细菌,植物根吸养分	3. 根或根外施氮、磷、钾、微量元素
4. 自然环境刺激过程	4. 控制光、热、气、水、肥,配制成激素
5. 植物自然生长繁殖成群落	5. 控制发展有用器官,人为重建生态平衡
6. 动物自由放养	6. 牧草运回畜舍饲养
7. 雄性动物自然交配	7. 人工择优授精
8. 动物自寻食物	8. 综合人工饲料,按需自动供给
9. 粪便四散排泄	9. 限制,并收集处理作有机肥
10. 病虫害及自然灾害自生自灭	10. 制成灭虫、病菌剂,撒布防治
11. 动物疫病的自然免疫	11. 制配并注射免疫剂
12. 母禽等孵蛋	12. 电气孵化器孵卵

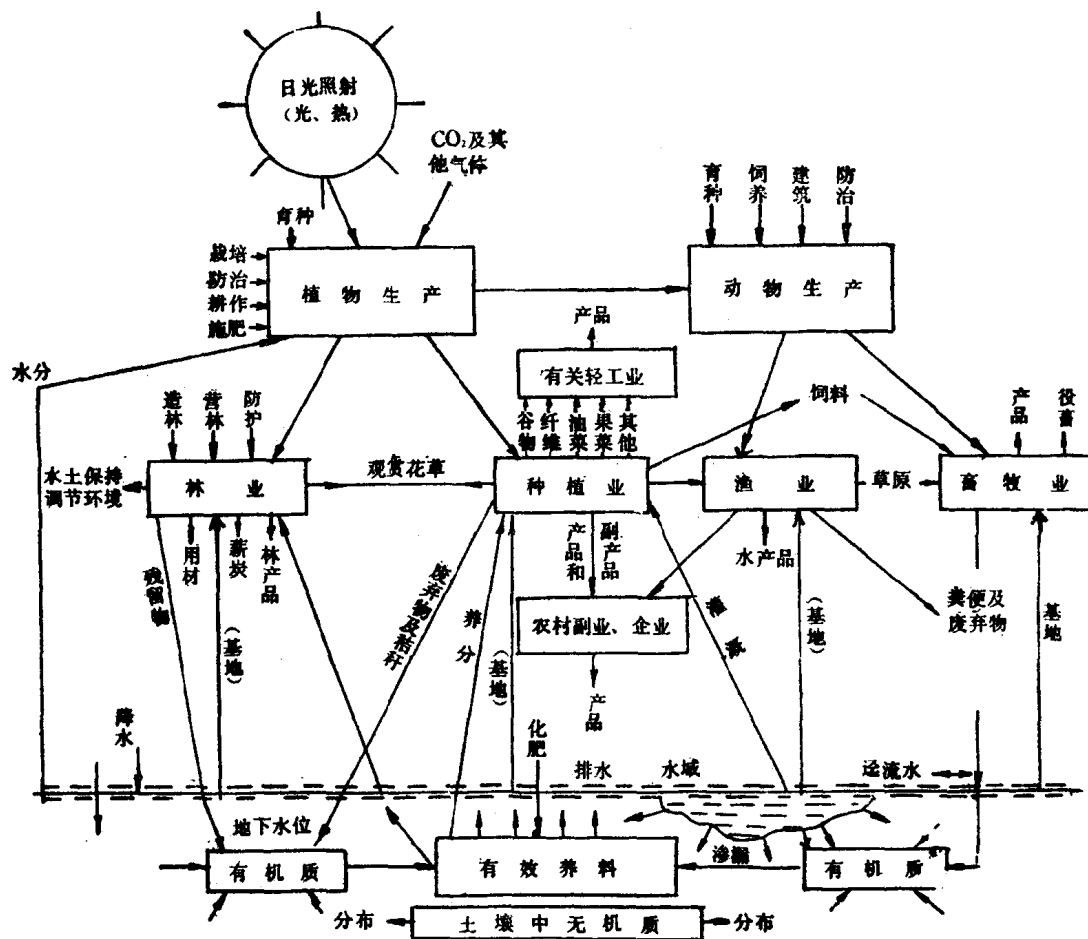


图 1-1 农业生产模型

有史以来，利用上述一些农业技术后，人为控制的非生物过程，使人类所需产品大增；土地与劳动生产率也随之提高。但应看到，农业生物科学尚在发展中，且有一定局限性，无论生物措施或工程措施，都因对整个农业系统还认识不足，存在着各种各样的片面性。同时，社会经济的发展，还不能尽如人愿地去变革转移。因此，人为地控制生物和环境，常常顾此失彼，此成他败。自然规律和社会规律都还不能十分掌握，建立理想的农业能源—生态—经济系统，尚待努力。现代化农业生产的最终特点，在于力争能量转换经济效益、社会效益与生态效益的统一，以求得优化的效果，也就是所谓三E (Energy, Economics, Ecology) 系统。

农业生产活动既需投入一定能量，从人、畜力耕作到消耗石油的机械化高能农业，使现代化农业的总能量消耗额达到了很可观的程度。据发达国家统计约有三分之一的能量是真正耗于增加农业的动、植物产品；而三分之二是用于节约人力。对于能源紧张而人力充足的国家，例如我国人口众多，许多非生物过程如除草、中耕、施肥等，是否要采用大型高效的动力机械，以谋求高效、高产，尚值得从系统观点与经济观点深入研究，衡量得失，作出抉择。

现代农业的主要能源，仍和古老的农业一样，靠的是太阳，通过植物的光合作用来生成食物，例如作物中的糖、淀粉和蛋白质等。然而人类在改造自然的斗争中学会了用改变植物环

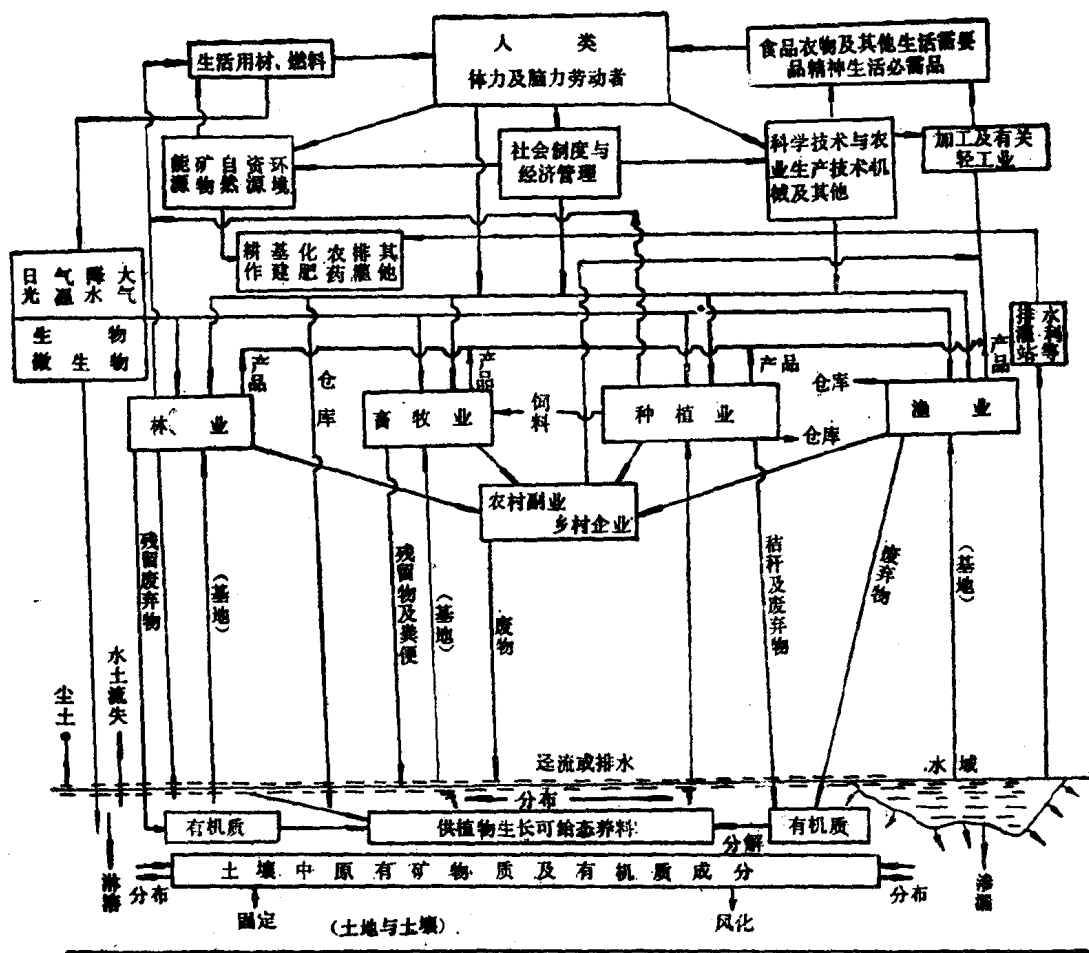


图1-2 农业—能源—生态—经济系统的相互关系

境的方法来提高能量转换，增加农作物的产量。科学技术的发展是逐渐地使用矿物燃料来代替人畜力，因而现代农业可以认为是由太阳能和燃料能两者结合使用的结果。人们又发现动物有能力去消化人类不能食用的粗纤维植物，因而饲养禽畜来生产肉、奶、蛋，以转化为人类的高档食品。从上可知，农业的特点，即在于能直接和间接地利用取之不尽的太阳能，以生产人类所需的食物与原料。但是，当前的农业技术手段还不能充分利用太阳能。表 1—2 为作物通过光合作用利用太阳能的情况。

表 1—2 地球接受的太阳照射

最大日值	焦耳/公顷·日
可供作物用的总照射能	1674×10^8
光合作用活动的总照射 (50%)	837×10^8
被作物覆盖总利用值	652×10^8

第二节 农业生产与能源的相互关系

农业是一种直接或间接利用土地进行农、林、牧、副、渔业生产的产业。这里所指的陆地应包括气候、土壤、水源和一切生物资源。种植业和林业是直接利用土壤、气候、水分及生物资源来生产作物与林木，而家畜、家禽、蚕桑、水产、副业则间接地利用土地资源进行生产。人类从茹毛饮血、凿木生火到刀耕火种的文明生活，首先是烧用林木为生产和生活的能源。如果不放火烧荒，揉木为耒，就不会有农业；不烧炭以炼铜铁，也将没有工业。可见能源的发展是伴随着农业、工业和科学技术逐步开发而进展的，而农业生产自古到今又是与不同的能源密切结合，相辅相成的。

一、农业生产工具与动力的共同发展过程

在我国古代，人们选用分叉的树枝为“耒”或在曲木杆前夹一石板为“耒”，以利于破土，用人力进行耕作。到了铜和铁器时代，“耒耜”演变成为一种前面像桃子形的金属板，手柄部是木制的。从考古和出土文物证明，当时的金属货币即耒耜前端铁器的缩影，并且是由开叉口形逐渐演变成平口或圆口，以利入土。大约到了战国时代，原来用于作战的牛和马，逐渐地引用到农业生产上，促使耒耜的形体随能源的增大而演变成所谓“犁官”或“犁冠”，也就是我国畜力犁的雏形。

唐代陆龟蒙撰的“耒耜经”中绘图描述了我国土犁随畜力代替人力以后，各部件与总体结构的演变情况。为了适应不同的耕作条件的需要，犁铧和犁壁部分强调有水、旱之分。种植的农具也由人力的“瓢种”或“点葫芦”演变成牛或马、驴拖的耩子，来播种谷物。农业运输也由人推独轮车，改进为双轱辘车，并出现了利用风力的帆船和利用水力的筒车、水磨和水碓等。可见随着畜力、风力、水力等能源的利用，农业生产亦随之得到发展。

欧洲各国在18世纪以前也是以人、畜力为农业能源，农具并不比我国先进，由于我国农业精耕细作，使产量增高，能自给自足。而欧洲各国凭借着烧木材的蒸汽机带来了工业革命，逐渐靠侵略各洲殖民地的农产品以自肥。到了19世纪，煤逐步被开发代替木材为燃料，以驱动农用蒸汽机，并发展为可移动的蒸汽拖拉机。它可用作抽水、农产品加工和带动复式脱粒机，也可用绳索牵引多铧犁耕作。此时，木犁已改成铁犁，而这种蒸汽拖拉机即为20世纪初的汽油、煤油拖拉机奠定了基础。

美国建国只有二百多年的历史，开始时工农业的生产方式都由欧洲传入。因其地处温带，资源丰富，并且多为未开垦的处女地，人口稀少，当贯穿东西的全美铁路完成后，农村每户即可向国家领取近千亩成块土地从事农业，牧场面积则可更大。能源主要靠森林资源、畜力、水力与风力。据1850年统计，美国的能源结构中薪柴等占64%，役畜占22%，煤仅占7%，风力和水力合占7%。显然美国当时还是以烧柴及用畜力为能源的农业国。尽管19世纪中叶谷物收割、铧式犁、中耕机、播种机、脱粒机等都已先后发明，并且是田间牵引和固定回转驱动并重。但当时美国，对小麦联合收割机曾使用过四匹马一排共六排二十四匹马来牵引。直到蒸汽机和内燃机的引进才由拖拉机逐步取代役畜，至1950年左右役畜才基本退出农村动力的舞台。

假如半机械化与机械化的主要区别在于能源的改变，则可以认为美国1920年以前是以人、畜力为主的机具，转变成多畜和少量蒸汽机为能源的半机械化时代；1930年以后是内燃机为

主要动力的机械化时代；1950年以来则为全盘和大型机械化时代，并已进入电子自动控制、监视的新时代。在欧洲法、德等国，也有农业机械化和农业动力化(马达化)的提法，即相当于我国半机械化与机械化的划分。

二、农业中能量转换率在国外的研究

由于普遍地采用优良品种和施用化肥、农药，以及农机装备和栽培技术的不断改进，现代农业劳动生产率提高极快。例如，美国由本世纪初一个农民所生产的粮食能养活十几个

表1—3 美国1945—1970年玉米生产每公顷能量输入

项 目	年 份	1945	1950	1954	1959	1964	1970
①劳力 (小时)		57	44	42	35	27	22
(千焦)		129,881	100,261	95,668	79,754	61,525	50,133
②农 机 (千焦)		1,861,451	2,585,349	2,989,375	3,619,488	4,343,386	4,343,386
③汽 油 (升)		140	159	178	187	197	206
(千焦)		5,609,475	6,370,760	7,132,046	7,492,655	7,893,332	8,253,911
④ 肥 料	氮 (千克)	8	17	30	46	65	125
	(千焦)	589,501	1,252,690	2,210,630	3,389,633	4,789,699	9,210,960
	磷 (千克)	8	11	13	18	20	35
	(千焦)	106,847	146,914	173,626	240,406	267,118	467,456
	钾 (千克)	6	11	20	34	46	67
	(千焦)	55,266	101,321	184,219	313,173	423,704	617,134
⑤良种 (千克)		11	13	16	19	21	21
(千焦)		324,058	383,176	471,601	560,026	618,977	618,977
⑥灌溉 (千焦)		434,339	537,585	620,484	713,556	827,814	785,945
⑦杀虫剂	(千克)		0.11	0.34	0.78	1.12	1.12
	(千焦)	0	11,145	34,449	79,030	113,479	113,479
⑧除草剂	(千克)		0.06	0.11	0.28	0.43	1.12
	(千焦)	0	6,079	11,145	28,370	43,568	113,479
⑨干燥 (千焦)		41,365	144,780	310,242	682,532	1,034,140	1,240,968
⑩用电 (千焦)		332,432	558,435	1,034,140	1,447,795	2,099,303	3,205,833
⑪运输 (千焦)		206,828	310,242	465,363	620,484	723,898	723,898
①—⑪ 共计 A (千焦)		9,690,106	12,508,907	15,846,071	19,266,904	23,198,075	29,368,778
⑫玉米产量	(千克)	2,132	2,383	2,572	3,383	4,265	5,080
	B (千焦)	29,536,367	35,119,548	37,904,943	49,916,034	62,855,591	74,866,683
能量转换率 $\left(\frac{B}{A}\right)$		3.04	2.81	2.39	2.59	2.71	2.52

注1: 引自Pimentel D. et al., Science 1973.

注2:

①农业劳动力每天营养值13021千焦，每周91147千焦，以40小时劳动工时分配，每工时约为2279千焦。