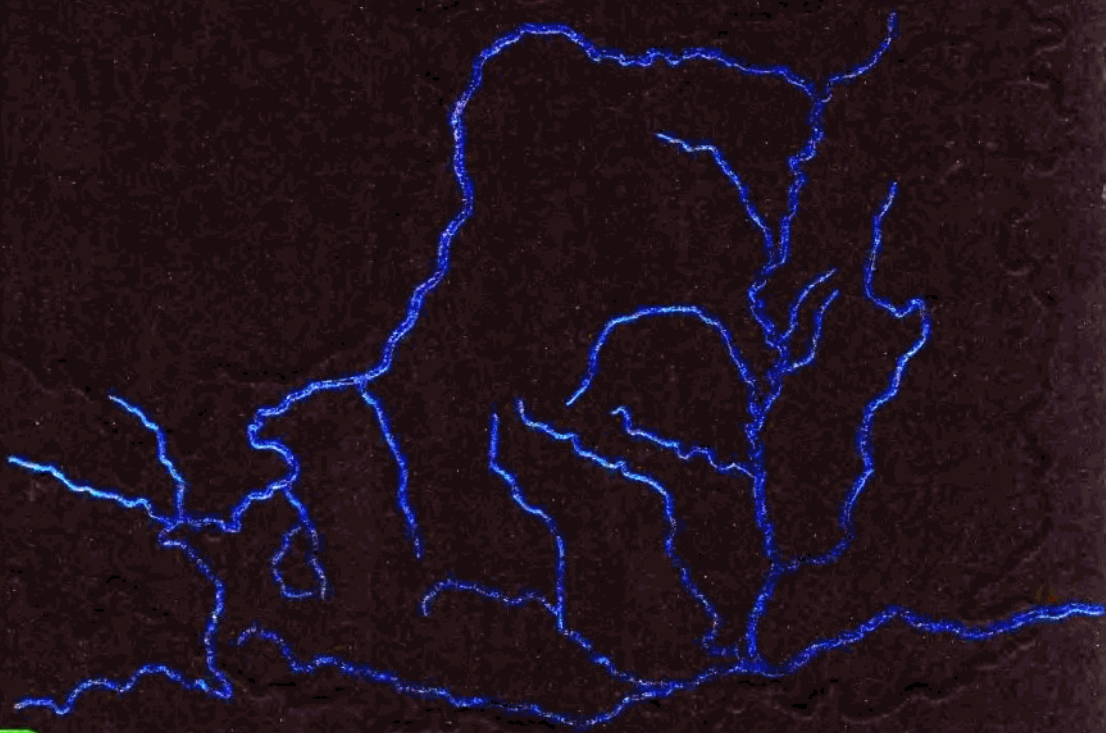


黄土高原土地资源研究的 理论与实践

宋桂琴 编著



中国水利水电出版社

前言

人们熟悉威廉·裴第的名言：“土地为财富之母”。我国《周易·传》中云：“坤，地也，故称乎母”，又“至哉坤元，万物资生”。我国民间谚语有“地种三年亲如母”。古今中外，从理论与实践上都确认了土地的母性地位。

70年代初，我们立项研究土地资源。其背景：①国际趋势。自本世纪下半叶以来，世界社会经济的快速发展，伴随着人口的急剧增长，带来了土地资源供与求之间的尖锐矛盾。因为只有一个地球，土地资源是有限的，而人口及其需求都在与日俱增。人类面临着生产与生活空间的越来越狭窄，环境质量也呈每况愈下的严峻形势。②黄土高原的现状。曾经生态环境良好的黄土高原，如今许多地方却呈现贫困落后的面貌，其根源之一一是土壤严重侵蚀，黄土高原的地形被蚕食得支离破碎，且这一过程仍在继续，同时人口压力也逐年加大。侵蚀与人口压力致使国际面临的若干重大问题，在我国黄土高原显得更加突出。

多年来，为了研究这片土地，我们的足迹踏遍了高原，在实践中深深认识到：加速侵蚀是过度垦殖和过度放牧的结果，而这种过度又是人口压力造成的；反过来，加速侵蚀导致地力衰减，驱动人们更加广种多牧，以维持生计，形成所谓的恶性循环。扭转这种恶性循环，涉及的方面很多，我们认为主要得着力于两方面：一是诉诸科学技术；二是诉诸人文环境的改善。在科技方面，主要应探索合理的土地利用结构和科学的土地利用配置模式。为此，我们以自身的参与、经历和积累，并旁及博引，借鉴中外有关的研究进展，著编了此书。书中围绕着土地合理利用这个中心，探讨了有关方方面面的问题，为未来黄土高原的经济发展、社会进步、科教文化振兴尽菲薄之力。

近两年，由于国际谷物生产状况不佳，加之人口迅速增长，土地资源成了中外有关专家学者谈论的焦点，纷纷扬扬的有关报导也出现在刊头报端。诸如《21世纪地球能养活人类吗》（杨国钧，经济世界1995[12]）、《21世纪中国粮食能否自给》（金振蓉，光明日报，1995.7.24）、《我国农业生产的问题潜力与对策》（中国科学报，1995.6）等，甚至有位外国专家提出了“谁来养活中国人”的问题。关于黄土高原未来的人口与粮食能否平衡，在本书中也有探讨。我们愿以此书为引子，期望引起国内外更多的同行，更广泛、深入地研究探讨有关的问题。

编撰本书的主要执笔人：宋桂琴（第一、九、十一章，并四、五、七章的部分内容），高学田（第二章），常庆瑞（第三章），马俊杰（第四章），全志杰等（第五章部分及第七章），李锐（第六章），文雅（第八章），杨勤科（第十一章）。撰写部分内容的有巨仁、董建辉、刘万青、王丽芝、张友顺、李领涛等。全书审稿定稿主要由宋桂琴完成。

本书撰写过程，从审稿、改写到定稿始终得到了水土保持及土地资源研究专家巨仁先生的悉心指导和热情帮助，在此表示衷心的感谢。

土地科学是一门边缘学科，涉及地理、生物、经济、社会等多种领域，特别是将土地纳入生态经济社会大系统进行研究和讨论，对我们来说还是尝试，加之作者的水平有限，书中不足或错误在所难免。恳请有关专家、学者和广大读者指正。

编著者

1996.9

目 录

前 言

第一章 概论	(1)
第一节 土地资源的有关概念	(1)
第二节 土地资源的属性	(3)
第三节 土地资源的研究内容	(6)
第四节 土地资源研究中的新技术应用	(10)
第五节 土地资源研究展望	(12)
第二章 土地资源的环境背景	(16)
第一节 地质地貌	(16)
第二节 水资源	(20)
第三节 农业气候条件	(23)
第四节 土壤类型分布及特征	(26)
第五节 植被类型分布及特征	(30)
第六节 社会经济基础	(32)
第三章 土地分类	(35)
第一节 土地分类的实践意义与理论基础	(35)
第二节 土地的形成、分异与演化	(36)
第三节 土地分类的原则与分类系统	(39)
第四节 区域土地类型结构与属性特征	(44)
第四章 土地资源评价	(50)
第一节 土地资源评价的目的与内容	(50)
第二节 土地资源评价的种类与方法	(51)
第三节 黄土高原土地资源评价	(63)
第五章 土地利用调查	(67)
第一节 土地利用沿革	(67)
第二节 土地利用现状调查	(71)
第三节 耕地资源	(75)
第四节 森林资源	(77)
第五节 草地资源	(83)
第六章 土地退化与防治	(90)
第一节 土地退化概述	(90)
第二节 土地退化分类	(92)
第三节 土地退化评价	(95)
第四节 黄土高原主要土地退化类型	(97)
第五节 土地退化防治对策	(103)
第七章 土地生态系统	(106)
第一节 土地生态系统概述	(106)

第二节	土地生态系统的结构和功能	(110)
第三节	土地生态系统平衡与结构优化	(117)
第八章	土地生态设计	(123)
第一节	引言	(123)
第二节	长武县土地生态要素分析	(124)
第三节	长武县土地资源分类与评价	(127)
第四节	长武县土地生态设计	(130)
第九章	土地人口承载力	(146)
第一节	土地人口承载力的研究现状	(146)
第二节	黄土高原土地人口承载力现状	(149)
第三节	人口预测	(153)
第四节	土地人口承载力预测	(156)
第十章	土地合理利用分区	(163)
第一节	分区的意义与参数选定	(163)
第二节	分区方法与结果	(164)
第三节	各区概述	(170)
第十一章	土地资源信息系统	(185)
第一节	引言	(185)
第二节	土地资源信息系统的数据采集	(189)
第三节	土地资源信息系统数据管理与空间分析	(196)
第四节	土地资源信息系统的建立与应用	(199)

第一章 概 论

第一节 土地资源的有关概念

一、土地资源

土地是由地质、地貌、气候、土壤和植被等多种自然要素组成的自然综合体。其范围包括下至土壤母质及岩石风化壳——植物根系所到达处，上至植被冠层，其间的一垂直剖面。自人类始祖在土地上进行生产活动以来，它既是人类生存的空间，又是人类最基本的生产资料。人与土地不能须臾分离，是相依共存的关系。

土地资源由“土地”与“资源”两个单词组成。“资源”一词无论在汉语辞典或在马恩经典著作中，都指财富的天然来源。由此可见，当“土地”与“资源”合成一个术语时，土地是作为财富的天然来源。但事实上，在人类社会中，土地与人始终结成一体。因此，土地资源既含有自然因素，又含有社会经济因素，从这个意义上看，土地与土地资源不完全是同义语。

对土地资源的概念，存在着一些不同的理解。其一，把土地资源与土地质量评价等同起来，即“土地资源是土地数量和质量评价”的说法，从而在实际工作中将土地评价分类称作“土地资源分类”；其二，认为“土地资源是指在一定技术条件和一定时期内可为人类利用的土地”；其三，认为土地对人类来说，是最基础也是最重要的自然资源，所以称土地为土地资源。前两种说法，似乎过分强调了土地资源的经济因素，相对地对土地资源的自然因素不无忽略之嫌。第三种说法容易被接受。

按照我们前面阐述的土地资源的概念，土地资源研究应侧重自然科学范畴进行土地分类、土地利用、土地评价等内容研究。1982年中国土地学会在郑州会议上提出建立“土地资源学科”。主要内容包括土地分类、土地资源利用、土地资源评价等，实际上已阐明了土地资源及其分类、利用和评价之间的关系。因此，关于分类，不宜将“土地资源分类”这一总体概念冠之于土地资源评价这一特定领域。应该区分具体的分类内容，如土地类型分类、土地利用分类、土地资源评价分类等。其中土地类型分类是土地最基本的侧重自然属性的分类，可以简称为土地分类。我们认为，土地资源是泛指一切土地，如同说水资源、气候资源和生物资源一样，谁也不能划定哪些有用，哪些不能利用，从而不属于资源范畴。缺乏土壤的石林，人迹罕至的戈壁沙漠亦有某些生物栖息繁衍。千姿百态的溶岩、浩瀚莫测的大漠幻影和沙鸣，都是独特的景观，成为旅游胜地，亦是探险家的向往之地。更何况古老的沼泽地、沙地都可以逐渐地改造成良田，或在戈壁之下发现矿藏，无用之地立刻会变成宝地。随着科技进步，没有绝对无用之地。因此，在土地利用分类中划分的未利用地或称难利用地，都不能排除在资源之外。在《辞海》中关于自然资源的解释为：“一般指天然存在的自然物”^[1]。70年代联合国有关文献中指出：“从广义来说，自然资源包括全球范围

内的一切要素”。

二、土地资源分类

土地类型分类简称土地分类，是偏重于土地自然属性的分类，是土地资源研究的基础工作。

土地作为自然综合体，其组成要素以其复杂的质和量的匹配组合，使土地具备了任何单个要素无法比拟和取代的综合特性。有些因素是属于地带性的，在大尺度范围内产生影响，如所处纬度、海拔高度及距离海洋的远近，这些关系到大气候。有些是属于非地带性的，在局部起作用，如地面组成物质及中、小地貌等。找出地带性与非地带性的分异规律，将土地按其相似性进行不同级别的合并归类，并遵循一定的原则使之构成不同层次的系统，这就是土地分类，亦称土地类型划分^[2]。

土地分类系统是对一个区域土地特征和分布特征的科学、抽象的概括。国内外对土地分类系统命名尚不统一。在国内有各家的系统，有沿用前苏联的系统，有的采用澳大利亚的系统。名称虽然不同，但所指的客观实体基本相同。因此，对土地分类作为土地资源的基础，在研究和生产实践中的意义并无多大影响。

三、土地利用

土地利用是指人类为了生存与发展，对土地所采取的经营、管理、开发与治理等措施。土地利用涉及的内容很广。纵向的涉及土地利用的过去（历史的变迁）、现在（利用现状）与未来（规划与预测等）。横向的包括直接为实现土地利用的最佳效益（社会的、经济的和生态的）所采取的调控措施，如土地规划与区划、土地管理、土地利用调查与动态监测等。土地利用是土地资源研究的归宿，其任务是研究土地利用中自然与经济规律的结合，协调人地关系，实现土地资源的持续利用。

若将土地分类与土地利用加以比较，土地分类侧重体现土地自身的形成演化及其他自然属性，是反映客观的自然规律，有待于人们去认识；土地利用更偏重于自然与经济的结合，是人们按照客观的自然规律，将劳动与科学技术施于土地，使其服务于人类。从研究工作出发，如果能把土地分类视作基础性研究的话，那么土地利用就是应用研究。土地利用伴随人类而出现，其研究内容随着经济发展而深化，土地利用的合理性永远是相对的。

四、土地评价

土地评价是土地资源评价的简称。关于土地评价的定义，中外学者及有关研究组织都作过论述。如联合国粮农组织的《土地评价纲要》中定义为：“土地评价是对土壤、植被、气候及土地的其他方面的基本条件进行对比和说明的过程，以便根据评价的目的对有前途的土地利用选择方案进行鉴定和比较”。我国的有关专家也都作过论述。概括起来，土地评价概念中含有三个意思：① 服务于一定的使用目的。② 对构成土地的地形、气候、土壤等相对稳定的要素进行评判。③ 为某种利用作出可能性和限制性的结论。综观这些论述，对于从自然方面来评价土地是适宜的，但土地利用决策所涉及的不仅仅是自然条件，这一点也在有关著作中从不同的角度作了阐述。如朱德举、梁学庆等在土地“评价的种类”中第一条列的就是“土地自然适宜性评价与土地经济适宜性评价”^[3]。英国 S. G. 麦克雷等认为在制定适宜性和利用能力分类的时候，社会因素也具有重要意义，而且在决定土地价值和

最佳用途时，它们通常会变成主导因素^[4]。由此，可以将土地评价概括为：服务于一定的使用目的，对比较稳定的自然因子（气候、土壤、地形、植被等）和社会经济因子（土地经营水平、投入能力、位置、交通等）进行评判的过程。

五、土地利用规划

土地利用规划是根据当地的自然保护与经济发展的需要，以科学方法对各行各业用地进行定性、定量、定序、定位的合理配置的方案，目的是为了实现土地利用的最佳效益。

土地利用不只是解决直接关系到土地的问题。实际上，土地是农村的经济基础，土地利用与农村各项社会经济因素都息息相关，如规划时首先考虑解决吃饭问题，但随之而来的是人口的现状与增长问题，与土地利用相应的劳力问题，与种植业相关的畜力和有机肥来源问题，发展畜牧业的饲料问题，农产品的销售市场问题，农村供水和交通问题，水土保持与环境保护问题等等。因此可以说，土地利用规划在某种程度上是以土地利用为核心的农村社会经济发展规划。由于黄土高原存在着严重的土壤侵蚀危害，在土地利用规划中更需要将防治水土流失措施与土地利用配置统筹考虑。按传统概念理解，容易把土地利用规划与国土规划混淆，实际上按目前有关文献对“国土资源”的解释，这是两个完全不同的概念。国土资源被定义为：一个国家主权范围内的全部资源（含自然资源、经济资源和人力资源的总和），对这些资源进行规划就是“国土规划”，这显然与土地利用是有区别的。

第二节 土地资源的属性

第一节已述及，在有人类之前，土地是纯自然综合体，自有人类以后，土地资源就成为自然与人的统一体。无论在远古的狩猎和采集时代和以后的农业时代，乃至现代，土地资源都作为人类的基本生产资料和生存活动的空间，这就使土地具有自然与经济的双重属性。

一、土地的自然属性

（一）综合性

构成土地的诸多因素之间既有互补作用又有相互制约作用。土地自然生产潜力的高低，是自然因素共同作用的结果，其中任一因素的消长都可牵动整体潜力的变化，甚至引起大的改观。如地貌起伏可以影响降水的再分配，气候中的热量可直接影响土壤水分动态，而土壤水分的不足会影响养分的转化、吸收与输送等等，如此一环扣一环地构成一个有机整体，亦可称作土地系统。系统的整体特性是任一单个因素所无法代替的。土地的综合性集中地体现在生产绿色植物的潜力之中。人类为了生存与发展，应充分地利用土地的这一特性，使其潜力变为现实。

（二）数量的有限性

土地存在于地球陆地表层的特定空间，地球大小的稳定性决定了土地的数量是有限的。尽管火山喷发、滑坡及各种形式的土壤侵蚀等，对土地产生着破坏作用，但这都属于形态的改变，其面积一般是恒定的。不过，温室效应升高地球表层温度，引起海水水位升高，从而陆地面积将会缩小。另外，在土地利用过程中，由于人口增加、经济发展，各项

基础设施用地的增加,以及各种废弃物的堆积所造成的农村生产用地的减少等,这类土地利用形式的变更,虽然不会影响土地总面积的增减,但对土地的生态农业利用率,会显著降低。再从地球表层的构成来看,地球表面积约 5100 万 km^2 ,水域占 71%,陆地占 29%,而陆地可利用部分占 66%。中国的情况:山地占 33%,丘陵占 10%,高原占 26%,平原盆地占 31%^[5]。黄土高原重点水土流失区平地(川台塬)占 19%,坡地(丘陵)占 69.3%,土石山地占 5.0%,沙地占 4.4%,水域占 2.3%。无论是全球、各国或任一自然地理区域,地貌类型的格局业已形成一定组合的土地类型,因此,可种作物的耕地,可造林的山坡地,可放牧的草地等的面积也基本被限定。这将与人类各种用地需求的增长产生尖锐的矛盾。解决矛盾的办法只有珍惜和节约每寸土地,同时不遗余力地提高土地的生产力。

(三) 区域差异性

按水平地带性和垂直地带性,出现气候冷暖、干湿的差异。按地貌格局:大尺度的山地、丘陵、平原、洼地,小尺度的起伏正负地形,及其所处的部位,使区域性土地资源的光、热、水、土形成复杂的组合,从而形成多样性的不同层次的土地单元。其中的某些差异是人力难以或不可能改变的。自然的差异及人们适应自然条件的习俗,导致各地的耕作制度、经营方式的种种不同,形成各具特色的区域产业结构。

二、土地的经济属性

土地在经济学领域与劳动和资本并列被称为生产三要素,而且是最基本的生产要素,这是它所具有的一系列经济特性所形成的。

(一) 土地在经济领域的双重地位

首先,土地是万物的载体,或者说万物在土地上如毛附皮。物质资源(自然的与社会经济的),如动植物资源、水资源、矿产资源、人口资源及一切经济设施都载于地上或埋藏于地下。一些自然能,如太阳光能、热能、潮汐能、风能等,也直接或间接地经由土地对生物,包括对人类起作用。其次,土地以其自然潜力及现实的肥力(含人的作用)滋生万物。目前已被生物学家发现的约 30 万种绿色植物及菌类和 130 万种动物,几乎都是依土地而生,连水生动植物也不例外。根据板块学说,太平洋是在太平洋板块上的水体。因此,即使是海洋水域只不过是淹没了的陆圈。早在 17 世纪英国经济学家威廉·裴第(William Petty)言:“劳动是财富之父,土地是财富之母”,从经济理论上肯定了土地的母性地位,其言真挚。

(二) 土地具有肥力

土地具有生长绿色植物及菌类的功能,一般称此功能为肥力。然而,它与土壤肥力的关系如何?关于土壤肥力的概念,前苏联土壤学家瓦·罗·威廉斯说:“土壤肥力就是在植物生活的全部时间内,土壤能够同时地、不断地供给植物生长所需要的水分和养分的能力”。我国土壤学家马溶之先生定义为:“土壤肥力,是土壤在某种程度上满足植物生长时期对生活因素需要的能力”。前者指出土壤肥力为植物生长提供水分和养分的能力,后者说明了土壤肥力只能在“某种程度”上满足植物生长所需的元素。很显然,植物生育过程所需要的养分、水分、光能、热能和空气不能全部取之于土壤,光能、热能和空气只能来源于太空和太气,甚至水分也全部(旱农)或部分地来自大气降水。土壤中的营养元素和来自太空

及大气的多种形式的物质、能量综合成为土地肥力。对此，景贵和先生作了精辟的概括：“土地肥力是土地系统在植物生活过程中，满足并调节植物对大气中的光能、热量、湿度、空气，以及植物对土壤中的水分、养分、热量和空气需求的能力。土地肥力实际是土壤肥力与气候肥力的有机结合。土地肥力是土地区别于其他自然体的基本特性”^[6]。

（三）土地的可更新性

有关专家对种类繁杂的自然资源进行了分类，在再生资源与非再生资源这个层次中，土地属于再生资源。再生资源又称可更新资源^[7]，这类资源的基本特点是可以反复使用而不枯竭。土地资源的可更新性表现在以下四个方面：

（1）当一种利用方式不当或已经过时，或导致环境恶化，或发现新的矿藏时，经过分析论证可以改变其用途，使提高经济效益或改善环境质量。如各种采矿场或者居民区遗址的复垦，使被毁坏了的地面重新恢复原来面貌；或需要开采新的矿藏，必须改变原来的土地利用方式。

（2）当土地受沙漠化、盐渍化、沼泽化等危害，使之丧失生产绿色植物的能力时，可以通过一系列的工程措施和生物措施改造恢复生产力。

（3）当土地坡度增大成为经营的障碍并造成水土流失时，可以修成水平梯田或坡式梯田，改变坡度和坡长。

（4）当农地被长期粗放经营而丧失肥力时，可通过增施肥料，轮作等措施提高地力。

（四）地力衰退—低水平平衡和报酬递减

人类种植农作物是为了获取农产品，在原始农业阶段，人们只利用土地而不投入，只靠土地的固有肥力（即潜力或能力）生产农产品。这种自然肥力形成过程缓慢。因此，在同一块地的收获量随着连续收获次数的增加，因自然肥力入不敷出，收获量也愈来愈少，这种情况可称之为地力衰退。不仅古代，在今天的一些贫困地区仍然沿袭着。到了传统农业阶段，人们开始向土地投入生物能，但投量有限，土地肥力的消耗与补偿近似平衡，产量也维持在较稳定状态，这是低水平的平衡稳定状态。随着工业的发展，对土地增加了工业辅助能的投入，推进农业逐步进入现代化阶段。如果在某种人工辅助能的投入量增加，而其他因素不变的条件下，受诸因素（包括各营养元素）匹配不当的影响，使所投入能量不能全部转化成有效肥力，而出现了某种投入的报酬递减现象。对土地投入的报酬过程可简化为：报酬递增—报酬稳定—报酬递减。有人便简称它为报酬递减律。实际上报酬递减只是上述三个阶段的其中之一。经济学家今天所称的土地报酬运动理论，本来是起源于报酬递减的。19世纪初，英国学者韦斯特（Edward West）的论述：“将等量的工作不断地投于农业，则对每一单位工作的报酬实际上是递减”^[8]。经过百余年代经济学家的实验总结，土地的这一特性才得到完善。对这一理论须全面的理解，否则会产生负作用。比如黄土高原，从目前整体上看，土地报酬应处在递增阶段。因为除一些自然条件好的经济发展快的少数地区外，其余广大地区对土地的投入水平很低，买不起化肥的农民不在少数，加之广种薄收的习惯，劳力和有机肥等的投入都有限。全区2/3的中低产田主要是增加投入问题，基本还未达到每增加一个单位的投入量而所得报酬递减的程度^[9]。

(五) 土地效益回报的缓慢性和滞后性

生长于土地上的绿色植物,一般来说,受气候周期和植物生理特性的限制。如大田上农作物从幼苗到产品的生育过程,是人力难以改变的,如遇灾害,这一年的损失必须到下一年或更长时间才能弥补。而且一旦因利用不当,引起土地退化,诸如表土流失、沙化、盐渍化,或乱伐森林、草地的过度放牧等导致土地丧失生产能力,都是难以恢复的,即使能,付出的花费也很大。因此,利用土地的同时必须加倍保护,兼顾经济效益与生态效益。

第三节 土地资源的研究内容

土地作为自然资源,又是人类生产活动的基本要素,使其有了经济属性。因此,土地资源研究很自然地形成两个分支:①土地资源的成因形态性质、结构及演变规律研究,称土地资源学。②土地资源的经济特性及与人类发生的经济关系,即土地经济学。二者不能截然分开,尤其是搞自然科学的,除了从地质、地貌、气候、土壤等方面综合研究土地的生态学特性外,最后必然得落脚于土地利用。土地利用与经济学的关系,从土地经济学的定义中,可以一目了然:“它是一种社会科学,应用经济学的原理以探求人们如何利用土地才能功效最大”^[10]。人们一提到土地利用必涉及经济,只是涉及地深浅程度不同而已。如土地利用中通称的“因地制宜”原则,除了依据土地自然适宜性之外,同时也是从经济效益出发的,要求农作物种植要与生态环境和经营环境相适应,才能提高产品的效益,使土地资源得到高效利用。又如农业区划、规划乃至生产用地的布局,也需要依据经济地理学中的“区位论”理论。

土地资源研究内容与经济发展和社会进步相适应。国际上土地资源研究伴随着经济发展可分为两个阶段:①以防止土地退化,使土地能持续利用为目标的,着重探讨其开发利用与对不利因素的控制阶段。②以土地分类、质量评价与区划、规划为主要内容的研究阶段,这也是目前较成熟的领域。然而,与其他有关的课题一样,其研究也不会毕其功于一役的。随着土地利用社会价值的拓展,许多国家乃至全世界面临人口、资源、环境与社会发展的诸多矛盾,土地利用的现代管理和商业化的内容已成为热点。

黄土高原地广、人口增长快、经济发展滞后,已引起了国家的重视。80年代前期开始正式立项进行考察研究。研究内容主要从自然属性入手,协调人地关系,寻求高效利用的途径。今后需要加强对土地资源经济属性的研究,以适应经济发展需要。

一、土地分类研究

黄土高原土地类型分异,同样受地带性与非地带性因素的制约,因此,分类也需遵循一般土地分类原则。即发生学原则,主导因素原则,服务于生产实践的原则等。所不同的是生产实践有区域性的内容,黄土高原要解决的阻碍生产发展的实际问题,莫过于土壤侵蚀。只有积极地解决土壤侵蚀问题,才能加快发展生产。这在土地分类中就要考虑影响土壤侵蚀发生与发展规律的因素。另外,从农业生产的角度出发,要求兼顾地理学与生物学原理,这就是晚近有人倡导的以景观生态学原理作为土地类型划分的学科依据。事实上,农民在长期生产实践中,已摸索出各种土地类型的适宜经营方式与生产力水平。科学研究也

得出了一些与农民实践共识的结果,如阴坡与阳坡对植物的选择性,陡坡与缓坡投入产出比的差异,20°和25°作为不同地区农耕地的坡度临界值等,都已成为黄土高原水土流失区土地分类的坚实依据。

土地类型分类系统要客观地反映区域自然地理的规律性,一个好的分类系统应给人以土地形态结构与质量的总体概念。制定分类系统首先要确定分类级序,目前国内外基本都采用3—4级序分制。如果是中小比例尺调查,在一级类型前面可以再加上较大尺度的一级,有的称“零级”,刘胤汉先生称“辅助单位”^[11]。实际上是区划性单位,之所以有这样的称谓,主要是为了区别于类型单位。

关于类型名称,目前并不统一:景观、限区、相(苏联)、地方、地段、立地(秦权人),土地纲、土地类(中国1:100万土地类型图),土地系统、土地类、土地型(中国科学院水保所)等等。前已述及,名称不同,所指实体的差异不大,我们认为这是非本质问题,没有讨论的必要。对于自然类型名称,如黄土高原的塬、梁、峁、川、塌等,本是当地历史上形成的习惯叫法,后经科学工作者多年研究,认可了这种体系的合理性,加以沿袭采用,并赋予了科学含义,已得到科学界和社会的普遍承认。其内含不仅仅囿于形态特征,一个“峁”字蕴含了它的成因、形态、水分、养分状况和利用方向等综合特征。但问题是塬、梁、峁等同时也是小地貌名,对这个问题我们是这样理解的:地貌作为划分土地类型的主导因素,成为土地分类系统的骨架,无论哪一级土地类型,最直观最能决定其特征的就是地貌,其次才是土壤和植被。对于大尺度的高级分类,首先区分地貌,然后考虑土壤、植被,从而划分出土地类型个体。对于小尺度的分类,如几平方公里到几十平方公里的小流域,土壤植被一般很少变化。因此,土地类型单元前冠以中、小地貌名,是顺理成章的。

二、土地评价研究

由于黄土高原幅员广阔,土地类型复杂多样,因此,土地质量与数量均构成土地评价的较丰富的内容,而以质量评价为核心。本书讨论土地评价的对象是农林牧大农业用地。根据若干土地评价因子来评价土地的适宜性范围和生产潜力,适宜性与生产潜力高低的限制性密不可分,或者说,适宜性与限制性是同一属性的正反两个方面。土地评价以土地分类为基础,将土地类型作为评价的基本单元。

土地评价可以分为自然属性与经济属性评价两种,从农业土地利用的目的出发,多从土地的自然属性方面评价,其分类主要有两个体系。

(一) 土地适宜性评价

土地适宜性评价无须多深奥的理论,它只是针对特定的土地利用方式所受到的不利因素的限制,而评价土地对农、林、牧业的适宜方向和等级,其分类系统在表1-1中列举两例。

两个分类系统实质是一样的。从表的分类系统可以看出:①适宜性评价能评价到作物,因此可以适用于各种比例尺。②对小比例主要适用于耕地评价。因为在一个特定的范围(尤其是黄土高原)土地资源的林牧用地的配置,在很大程度上取决于社会经济因素,而不只是适宜性问题。另外,林牧业经营管理粗放,过细的评价往往流于形式。

表 1-1

土地适宜性分类系统

中国 1:100 万土地资源图				英国 (D 登特 A. 扬 1980)*			
适宜纲	适宜亚纲	适宜类	适宜级	纲级亚级单元			
S (土地宜各种利用)	SA	SAr	SAr I	S (适宜)	S ₁	S _{2m}	S _{2e} - 1
	宜农亚纲	宜雨耕农业	一级雨耕农业	→ S ₂ →	S _{2e} →	S _{2e} - 2	
		SAi	SAr II	S ₃	S _{2me}	⋮	
	SF	宜灌溉农业	二级雨耕农业	⋮	⋮		
	宜林亚纲	限制因素为	土壤肥力	环节: Sc (有条件适宜)			
SAP		N (不适宜)		N ₁ →	N _{1m}		
S (土地有条件适宜纲)	SP	宜水稻			N _{1e}		
	宜牧亚纲	SFs		N ₂	⋮		
		宜用材林					
N (不宜纲)		SFa					
		宜经济林					
		SPg 宜放牧					

* 倪绍祥译,《土壤调查与土地评价》。

(二) 土地生产潜力分级

土地生产潜力分级也称土地综合生产潜力分级。土地潜力分级实质上是土地的适宜性(或经营稳定性)分级。土地的适宜性,是指某种土地作某种经营时能否持久(稳定)的程度。如能持久,则为对此种经营适宜,否则为不适宜。适宜的反面是限制性,是指某种土地对某种经营方式受某种不利因素的影响程度。例如,若将一块天然牧草生长良好的陡坡地垦为农田,由于水土流失,耕种几年以后,肥力将逐渐衰退,产量越来越低,最后只得撂荒。此例说明,这种梁崩坡地对天然牧草经营是适宜的,对农作物是不适宜的,限制因素是土壤侵蚀。本例还说明,土地适宜性和土地生产能力或肥力是不同的概念。后者是相对短暂的,且受前者所制约的属性。就是说,如果不按土地的适宜性利用土地,任何肥沃的土地都不能持久^[12]。其评价方法是选定一组较稳定的,在评价区域内非均匀分布的,并对第一性生产力有限制作用的生态因子,分析计算诸因子对每个土地单元生产力的限制程度,最后综合评出土地潜在的生产能力。这一方法来源于美国农业部的“土地潜力分级系统”,该系统按生产潜力将土地分为 8 级。从该系统各等级土地的涵义看,它的适用范围:①很适合于水土流失区的土地评价。②主要适用于农业区,为满足种植业需求的评价,一级地首先为种植业所选。因为系统本身是特定的,限制因子也是经科学选择的。只要评价对象有翔实的调查数据就可以应用数学方法和计算机,作出令人满意的评价结果。限制因子数量少且限制强度小,乃至两者全无的,则土地生产潜力愈高,反之则愈低。根据限制因子原理^[13],只要有一个限制因子具显著作用时,乃至超过某些作物的耐性限度的话,这种类型的土地质量等级就要下降,甚至对第一性生产者全无价值。

三、土地利用研究

土地利用研究的中心问题,是探索合理的、调整目前不合理的农林牧业用地结构,提高土地的第一性生产力,发挥土地生态系统的总体最优功能,以解决人与土地、生产与环

境的不协调关系。在贫困地区，如黄土高原，其问题更为突出。研究的具体内容归纳如下：

（一）土地利用优化模型研究

土地利用模式就是通称的土地利用结构。土地利用结构一般可分作三个层次：①农林牧业用地结构。②各业内部结构，如农业（种植业）中粮食与经济作物、精饲料等的配置比例，林业中的用材林、经济林、防护林的比例，牧业中的天然放牧地与人工草地比例。③上述各项内部的品种结构，如粮食中的小麦、玉米等的比例。从宏观的土地利用角度研究，一般只涉及第一二两个层次。土地利用结构是否科学合理，是衡量土地利用的主要标志，因为结构不仅反映自然资源利用的程度，也反映满足社会经济需求的程度，是土地合理利用的关键。黄土高原、尤其是丘陵区，土地利用的过去乃至现在，是这一结论最好的例证。所谓优化模式是指能实现生态、经济、社会效益俱佳的土地利用结构。其方法是应用现代科学技术，对土地物产和人的需求循环系统的模拟分析，探讨模型建立方法与运转机制，以寻求比较理想的土地利用模式。

按现代系统工程的理论与方法，目前土地利用优化模型设计大体有两种方法。

（1）模拟法。这是应用有关的数学模型，如线性规划、系统动力学等，模拟预测并建造符合多目标、动态的设计方案。对人一地一物系统的模拟通过计算机实现。此方法的数学模型应用很广，并逐渐普及，我们提出的人一地一物关系分析法^[14]，即为一例。但涉及的参数浩繁，需要由生产实践及科学试验的积累中确定，否则，计算结果是难以置信的。有人形象地说：“给计算机吃垃圾，它吐出的也是废物”。此话刻薄，但警戒的意义不能忽视。

（2）脚本法。这是一种描述的方法，但不同于一般的，特别是泛泛而谈的描述方法。它是以现实为基础，由实践经验确定少数几个将会引起目标显著变化的变量因子，将它们比拟为戏剧中的主人公。接着，对选定的因子进行一系列可能性的改变与组合（比拟对主人公命运的不同安排），以预测未来结果的优劣。这种描述需要具体、明确、有层次、结果了然。脚本法是现代运筹学的方法之一，适合于涉及情况比较复杂、数学模拟有困难的情况下采用。

以上两种方法结合应用，可能效果更好些。

（二）提高土地生产力研究

土地生产力即指单位面积土地上绿色植物的生产量。这项研究无论是对全国还是对黄土高原都是至关重要的，一方面因为目前土地生产力的确很低，需要提高。另一方面我们的人口，至少在今后二三十年内仍呈上升趋势。为了满足人口增加、经济发展对农产品需求的增长，只能走提高土地生产力这条路。目前，我国粮食单产表面看是比较高的，超过许多国家，而实质上，在人口密度超过 100 人/km² 的大国中，除印度外，我国的单产基本是最低的（1986~1988 年为 3945kg/hm²）。黄土高原重点水土流失区，近年粮食单产基本在 1500~2700kg/hm² 之间徘徊，不要说与区域光温水生产潜力相差甚远，就连本地已有的高产记录也有 2 倍以上的差距。可见土地生产力低，还有潜力存在的事实。关键问题是如何去挖掘土地的生产潜力。

关于提高土地生产力研究，可以归结到形成土地生产力的两个方面，即土地和作物。黄土高原解放后几十年已经采取了许多措施，使土地生产力提高了 2~4 倍左右，其主要措施

包括修梯田、打坝、改土培肥等针对土地的工程与生物措施，也包括品种改良及地膜覆盖等新技术推广。这些措施继续发挥着增产的作用，但同时必须再有替代的新技术出现，才能使生产力有跳跃式的提高。比如，保水保土措施的新突破，新型肥料和施肥方法，提高抗性（抗锄草剂、抗旱、抗寒等）和产量的新作物品种，新型地膜的问世。

除上述单项措施外，各项措施的综合配置，对土地生产力的提高和持续也至关重要。如根据条件土地类型特点相关地配置农林牧各业，使之在水分、养分利用以及防病虫害和其他灾害方面起到互补作用。

四、土地人口容量研究

中国人口众多，由于地理条件不同，人口分布的疏密程度也很悬殊，一般认为山区的人口密度较小，似乎尚感乐观。这种看法至少是误解。按地理气候潜力所能承载的人口来看，黄土高原的人口容量已成严峻的问题，在目前经济发展缓慢、群众生活清贫、人口密度超过百人的情况下，人口仍以每年 14‰~19‰ 的速度增长，现实不仅不容乐观，这样下去怎么办的问题已摆在眼前，应积极研究。

人口容量直接涉及土地生产潜力（指地理区域的光、温、水潜力）和人口自然增长率两个方面。该区农用地生产潜力到底有多大，已有许多学者作过探讨。潜力是自然条件形成的客观固有的，人所能为的是如何实现之；而人口问题，虽然也有自然规律（婚姻、生育与死亡）作用，但在很大程度上可以靠社会法规加以控制。这两个问题不能有效地解决，人口容量的压力将愈演愈烈。不仅中国，全世界也面临着同样的问题（见表 1-2）。

表 1-2 世界人口增长概况

主要国家	年增长率 * (%)	占总人口 ** (%)	主要国家	年增长率 * (%)	占总人口 ** (%)
世 界	17.3	1.00	中 国	13.9	21.5
非 洲	30.0	12.2	印 度	20.8	16.1
北美、中美	12.8	8.1	日 本	4.4	2.3
南 美	20.7	5.6	加 拿 大	8.8	0.5
亚 洲	18.5	58.7	美 国	8.2	4.7
欧 洲	2.3	9.4	法 国	3.6	1.1
大洋洲	14.4	0.5	英 国	1.1	1.1
			前苏联	7.8	5.4

注 表中数据引自：《世界资源 1990—1991》。

* 1985~1990 年平均。

** 1990 年。

第四节 土地资源研究中的新技术应用

50 年代初，测绘部门为编制 1/5 万地形图的需要，在全国进行航摄，覆盖了黄土高原。60 年代初，中国科学院水土保持研究所（简称水保所）已将航片用于大比例尺土地调查与规划制图（延安碾庄）。“文革”期间中断后，自 70 年代初，这项工作更大规模的开展起来，

这是黄土高原遥感应用的早期情况。同时国际上航天技术迅猛发展,以迅速察明和监测全球自然资源为目的的陆地卫星相继升空运行,这就在国际范围将遥感技术应用推进到一个新阶段,我国有关的科技界,在改革开放的有利环境下,也毫不迟疑地跻身其中。在黄土高原,80年代初,我们应用卫星影像进行土地分区和土地资源调查(宁夏南部固原县)。此后,全国和黄土高原都陆续地开展了大面积的资源遥感调查。正如任美镔先生所说,在地理科学中:“新技术应用最重要的有两项,其中之一是遥感的应用和地理信息系统的建立”(1990)。近年,新技术应用于土地资源研究主要在以下几方面。

一、土地资源调查与制图

黄土高原全面地土地资源调查,自50年以后至80年代初20余年处于停顿状态。因此,资料陈旧,数据失效,家底不清。由于80年代初遥感技术的应用,在10年之内这种局面才得到改观。首先是有了多种功能的资料,航空的、航天的、雷达的、全色、红外、彩红外、真彩色、假彩色、各种比例尺的、多时相的等等,能满足多种自然资源调查的需要。其次,遥感图象解译和转绘技术得到同步发展,将过去大量的野外工作可转入室内。只要有了分类系统和解译标志,可以直接在影像图(精纠正的影像)上编制土地类型、土地利用及其他有关图件,大大提高了制图精度和速度。今后,可以不再采用传统的单纯路线调查方法,而是多种方法的同步结合。如:实地调查、航空遥感、航天遥感技术的相互配合,目视解译与计算机自动分类的相互结合等等。

不过计算机图象自动分类,无论国内外,仍处于试验研究阶段。尤其在黄土高原这种地形复杂地区,采用一般监督分类与非监督分类效果都不理想。如何解决“同谱异物”与“同物异谱”的问题,研究者在实践中都作了有益的探索。王长耀在安塞县遥感试验中,通过对原始通道进行比值和K-L变换等处理,然后对产生的含有丰富特定信息的新通道进行分层分类,有效地提高了分类精度^[15]。谈正采用多光谱特征提取,多光谱模糊聚类分析,多维线性综合相似度监督分类等一系列应用程序进行运算,分类结果较满意^[15];李锐与澳方合作研究,初步建立一套适合地形复杂地区遥感机助分类的程序与方法(1986,1989)。国际上许多国家在这方面的应用研究早于我们,也有可借鉴的新方法。如,英国的 Treitz P. M. 将不同种类、不同频率的植被实地地块分类资料,用于遥感资料的监督分类,精确评价显示,不同植物群落的分类精度之间差距明显^[16]。

关于土地资源制图技术,近年来有长足的进步,在资源调查、利用与管理方面发挥了巨大作用:① 土地资源专题系列图。所谓专题系列图是由一组不同专题序列、不同时序和不同比例尺所组成,这些图从土地这个自然综合体的各个不同侧面反映土地资源的特征,它们之间有必然的联系,自成一体。这种制图方法,一是避免了以往各自成图对制图客体所造成的认识上的矛盾,二是丰富了地图的表现形式。国外的“动态地图”([英] Berlyant A. M. 1993)实际上是我们所称的系列图,所不同的是他们的动态图可以在同一幅图中显示时空变化,而且动态图的广泛应用已经建立在地理信息系统(GIS)基础之上,在GIS中实现测量统计、推理和转换。② 计算机辅助制图技术,国际上进入80年代已普遍推广应用,不仅能绘制各种专题图,还能进行图件的辅助设计。我国近几年应用领域也逐年扩展,有逐步代手工绘图的趋势。这项技术的应用,可以说是近几十年绘图技术的重大革新。

二、土地利用动态监测

从今日世界状况看,经济发展与人口增长的双重因素对生态环境往往产生空前的破坏性作用。人们经常看到,原是一片绿色的地面,短短几年中,就可以搞得“遍体鳞伤”。尤其是各项基本建设、采矿占地,对农耕地影响更大,我国政府提出的“一要吃饭,二要建设”的方针,就是针对这种情况提出的。有的地方在陡坡垦殖,实际是因为平地被占,生计所迫,只得上山。有些农业用地由于长期投入不足、经营不善、超载运转,引起耕地、草场、林地退化,也需要警钟长鸣。因此,建立土地利用的监测系统,到了非做不可的地步。对水土流失及其治理的监测也很重要。80年代以来,在黄土高原开展了大量的监测试验研究工作。如中国科学院水保所,对黄土高原综合治理11个试区的航空遥感监测试验。中国科学院水保所和遥感所,北师大和山西省遥感所,采用航天航空遥感低空系留气球、地面定位观测等多种手段,进行综合治理效益监测试验,均取得了可喜的成果。另外,中科院综考会,地理所等单位,“七五”期间在粮食估产^[17]和重大自然灾害监测评价研究方面,也取得了很大进展。

三、地理信息系统的应用

地理信息系统作为一种高科技手段,在国际上应用日益广泛。它可以用在大尺度范围(全国、大区域)的自然资源调查及管理、土地利用及土地退化的监测与管理,国民经济各部门的宏观管理与调控。我国信息系统应用研究始于70年代末。目前武汉测绘科技大学已开发出世界三大GIS软件之一的“全数字化自动测图系统”。国家测绘总局完成了“国务院综合国情地理信息系统”,采集了全国的人口、自然资源、经济等信息,经过处理,建成供高层分析决策用的实用性强的地理信息系统。80年代中期至今,地理信息系统逐渐被广泛用于资源管理与决策系统。仅在黄土高原,既有为整个区域资源管理服务的高层次系统,也有直接为基层服务的县级和小流域的系统。如:“七五”期间,中国科学院地理所、中国科技大学等单位在陕西安塞县进行了县级地理信息系统建立技术与应用研究(何建邦等,1989)^[15];中国科学院水保所的“黄土高原小流域综合治理信息系统”等^[18]。均在地理信息系统建立与应用方面有所前进。在功能方面,除了可以完成资源清查、动态监测、模型设计、前景预测外,有的还开发了“土地评价专家系统”、“土地利用辅助决策系统”等实用模型。

在土地评价与土地规划设计中聚类分析、运筹学、系统动力学等理论与技术的应用,使量化研究及解决复杂系统问题的能力大大地提高了,使土地资源研究得以深化。运筹学中的线性规划理论与方法,自50年代就开始在我国的某些领域使用,至今仍不失为一个先进手段,应用日益广泛。在国外也仍有市场,西班牙卡斯特利翁市通过新的土地利用规划减少农村失业,最大限度地发展劳动密集型的土地利用。具体作法是用IDRISI程序进行GIS分析,用QSB程序解决线性问题^[19]。

第五节 土地资源研究展望

当前在土地资源研究中,有不少问题有待解决,或有待深化,新的实用技术开发有待

加强。

一、土地资源分类有待规范化

在众多的农业自然资源调查研究与应用部门的工作中,经常需要进行土地分类,制定土地类型分类系统,因没有统一规范所依,结果出现了同类异名,如土圪地又称壕地、圪地,与异类同名,如沟缘线以上的坡地也称沟坡地的混乱现象。无论对科研或生产,或决策部门,都带来不便。因此,迫切需要制定一个统一的黄土高原乃至全国的土地分类系统。同样,土地资源评价也需要规范化。目前存在的问题,在同一类型区所选的评价因子不同,或同一因子的分级指标不同,以至出现同一块土地被评价的结果不同。规范化的工作并不难,例如近年来全国开展的土地利用现状详查,事先由国务院土地管理局主持制订统一的土地利用现状分类系统及工作规范,各省在允许的范围内,对系统作一些续分删补,并制定出工作规范,问题就解决了。

二、土地利用研究要与经济发展相适应

土地利用形式是人与自然共同作用的结果,假定土地的自然属性是相对稳定的,那么人类的经济选择就在不断地调整之中。即土地利用的合理性是相对的,调整布局也不是一劳永逸的。

黄土高原土地利用的结构与配置,因为存在问题而需要进行用地结构调整,有关部门也曾多次提出过方案,由于实施困难,实际的改观并不明显。原因在于,目前的土地利用方式,在相当程度上受农村现有体制与经济因素支配。比如 20° 左右的坡地不适宜种粮食,但因现有耕地生产力低,人口众多,迫于生计,也被垦种,以增加粮食产量。又如,有的县财政紧张,就硬性推行粮田改种烤烟。当看到市场果品价格好,就趋之若鹜,不管粮食生产,而将基本粮田的塬地和河谷川地也改成果园。我们觉得“民以食为天”的古话并非杞人忧天,而是历史教训的总结,值得警惕。

黄土高原的土地利用结构,既要保证日益增长的粮食需求,又要提高农产品的商品率、以增加资金来源,还要保护生态环境。三者关系如何处理,就是土地利用研究亟待解决的问题。

三、建立多层次的以土地利用为核心的遥感监测系统

经济的迅速发展,要求准确及时地提供土地资源的多种信息,科学技术的发展也为此提供了可能。土地资源的基础数据和动态信息都是管理与决策所急需的。为此,必须建立一整套科学化的信息采集系统,能及时进行资料的补充与更新,尤其是土地利用的动态与重大自然灾害的预报。研究表明,对于本区如此大的范围,如此复杂的地形,只有将多种遥感手段综合运用,多层次的遥感资料综合分析,才能实现预期目标。我们设想现在在本区建立三级土地资源监测系统:

第一级,用 AVHRR 卫星资料对整个黄土高原作宏观监测,这种宏观的监测是为了与全国和全球的资源环境监测接轨。主要监测内容:生态系统的植被、土壤、气候等因子的变化、土地退化、自然灾害及社会经济系统的居住区、工矿企业、交通设施等的变化,从而获取适时的丰富的供资源利用决策的第一手资料。每年至少在合适的季节采集一次数据,并及时处理。