

# 土地生产潜力和土地承载能力研究进展

聂庆华

中国科学院  
(西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
水利部

## 提 要

该文系统地阐述了土地承载能力研究的起源及其发展过程,并把这个过程分为土地生产潜力和承载能力研究两个阶段,分析了各阶段的特点和存在问题。对进一步完善土地承载能力和土地生产潜力研究均具有重要意义。

关键词: 土地生产潜力 土地承载能力

## The Advance of Approach on the Potential Productivity and Population Carrying Capacity of Land Resources

Nie Qinghua

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and Ministry of Water Resources, Yangling Shaanxi 712100)

## Abstract

In this paper, the origin and course of the research on the population carrying capacity is elaborated systematically. The research course is divided into two stages, namely, the potential productivity and population carrying capacity of land resources, and then the characteristics and existed problems are discussed in each stage. The conclusion of the article is very important for us to make further research perfectly on the potential productivity and population carrying capacity of land resources.

**Key words** the potential productivity of land resources the population carrying capacity of land resources  
review and prospect

土地承载能力是在一定生产条件下,土地资源的生产能力及在一定生活水平下所能供养人口的数量。对承载力研究的进展,陈百明<sup>[1]</sup>等曾作过总结。大多数学者认为这项研究仅是近一二十年的事。事实上,几个世纪以来,承载能力这一概念就使许多科学家、经济学家和人口学家入迷<sup>[2]</sup>。1812年,T. R. Malthus 提出粮食产量按线性增加,人口数量按几何级数增长,高速度的人口增长是粮食生产远远不能满足的,从而不可避免的导致饥饿的假说以后,人们一直对承载能力进行争论。各学科、学派都把自己专业的推理方法运用到这个难以靠单一专业分析所能解决的问题上。因此对承载能力的精确定义至今尚没有统一认识。

以承载能力研究应侧重于资源有限性对人口制约,从资源限制角度来讨论问题,是当今承载能力研究的一个共同认识。由于土地资源是人类进行食物生产的基础,对人类生存是最基本的自然资源,这种资源承载能力从狭义上可理解为土地承载能力(或土地容量)。它是广义承载能力研究的基础。以此为出发点,土地承载能力研究进程可分两个阶段,即土地生产潜力估算阶段和土地承载

能力研究阶段。其中前者的结论是后者研究的基础。

## 一、土地生产潜力估算

这一阶段以 J. V. Liebig 提出最小因子定律为先导,以联合国粮农组织(FAO)的农业生态区域研究为分段标志。人们从直接测定土地生产力,对影响土地生产力的某一环节或过程作了比较深入的研究,并最终统一到土地系统研究中。在认识土地系统内部的综合效应,相互作用机制及变化的基础上,探讨了土地生产潜力的高低。其核心是解决土地系统的初始生产力问题。为了避免把土地生产潜力研究范围扩大到所有土地生产上,不必要的增加问题复杂性,在此定义土地生产潜力为土地生产食物的潜在能力。

1840 年, Liebig 在研究干物质生产和营养物质供养关系时,提出“植物生长取决于处在最小状况的食物量(指养分)”的主张,后人称之为 Liebig 最小因子定律。许多学者(如 Talyer)把它发展到适合于营养物以外的其它因子上(如温度等)。实际上,生物对生态因子的忍耐有一个最大量和最小量。1913 年, V. E. Shelford 把最小量与最大量限制作用的概念合并为耐性定律。并且强调了生态因子间的相互促进、颀颀和补充。例如,当土壤中氮素亏缺时,草对于旱的抵抗力下降<sup>(3)</sup>,而类似沼泽的生境中,却能促进植物旱生结构的发育<sup>(4)</sup>。E. A. Mitcherlich 进一步提出了收获量定律。他假定一切条件均是理想时,作物将会达到某种最高产量(A),但是只要有任何一种主要因素缺乏时,产量便相应减少。并且所缺乏因素的单位增量(dx)与其引起作物产量增量(dy)之比,是与从最高产量中的减产量成比例的。这种关系可表示为:

$$\frac{dy}{dx} = (A-y) \cdot c$$

式中:c 为常数,其值取决于所考虑因素的范围。然而,要模拟和预测这种最佳生长条件下作物生产力是很困难的。以上诸定律为后人进行土地生产潜力研究提供了理论基础。

直到今天,仍很难确定谁对第一性生产力提出了最初设想与证据<sup>(5)</sup>。1862 年, Liebig 第一次从数量上考虑到植物对大气影响,他假定地表完全被年生产力为 5 000kg/ha 的草被覆盖,则每年 CO<sub>2</sub> 消耗量为 2.3~2.4×10<sup>11</sup>t。这一假设标志着用地球化学手段处理生产力问题的开始。大规模产量估测却始于本世纪 60 年代,特别是国际生物学计划(IBP, 1963~1972 年)。它以研究生产量为中心,实际上是在世界范围内对第一性生物生产量的一次大规模测定与普查,使产量—因子相关模型的建立成为可能。

用统计方法分析实测数据,配以经验方程式或回归式,对基本原因却不作任何假设。Mitcherlich 的工作即是建立这种模型的最早尝试之一。这种根据植物生产量与环境因子相关原理,用数学模型来估算植物生产力的方法,简单且易推广。其中最著名的是 Lieth 等人<sup>(6)</sup>的工作,他们根据一组与气候参数相匹配的生产力实测资料,拟合并讨论了三类产量模型,即 Miami 模型、Montreal 模型(又称 Thornthwaite 纪念模型)和 Gessner—Lieth 模型。De wit, Stewart 也提出了产量与水分关系的试验模型,这类模型后来被 FAO 引入土地生产潜力估算中。在确定产量与可测因子关系上,有成就的工作者尚有 W. H. Terjung, M. Frissel 等,他们提出了在一定区域内有实用意义的关系模型。遗憾的是,因缺乏严密的生理生态理论依据,这类模型并不能精确地解释各地区生产力状况。

因此,建立在生理生态学研究基础上,有较好理论依据模型被公认为估算生产力的最基本方法,该方法又称机制法<sup>(6)</sup>。按照产量的形成机制,英国土壤学家 P. B. Tinker 在生产潜力研究中,将影响产量的因子分为三类,即作物因子、环境因子和管理因子。当这三类因子均处于最佳(或组合最

佳)时,作物产量即达到产量的最高上限值。然后逐项分析不利因子对产量上限的衰减,求出不同层次上作物生产潜力。

光合作用是产量形成的基础,作物生产力的大小最终取决于光能大小及光能利用率。当作物生长仅受光强、光照时间和光能利用率限制时,其生产力称光能生产潜力(或称光合潜力)。T. seaki<sup>(7)</sup>、D. 米勒尔<sup>(8)</sup>、A. A. 尼取波罗尼奇<sup>(9)</sup>、J. Bonner<sup>(10)</sup>、R. S. Loomis 和 W. A. Williams<sup>(11)</sup>及村田吉男<sup>(12)</sup>等都曾为此作了大量的工作。考虑到温度对产量的影响,B. π. 尼取波罗尼奇<sup>(13)</sup>、D. T. 得米季洛伊科和 R. F. Dale 等均作出了各自的温度效应模型,但至今尚无权威性结论。大田生产中,光热条件是目前技术难以改变的因素,故温光生产潜力可认为是大田作物产量上限。水分效应的讨论上,得米季洛伊科提出了有效降水量概念,并以此建立了水分效应模型。De wit、Hanks、Arkley、Bierhurizen 和 Slatyer<sup>(14)</sup>等也提出了各自的计算公式。这些模型大体上可分两类,一类是采用降水量与作物需水量比较,其结果是气候生产潜力;另一类则用实际蒸散量与作物需水量比较,它反映了水与产量关系的实际状况,以此求得生产潜力称水温光生产潜力。以道库恰也夫和维索斯基地带性思想为出发点,沙什柯<sup>(15)</sup>、西罗坚科<sup>(16)</sup>把水热因子作为一个统一因子,引入到生产潜力研究中。

土壤效应系数的确定则显得更为困难。一般的处理方法常混淆土壤肥力与作物养分的含义,以氮磷钾供需差异替代土壤肥力,如 E. A. Mitcherlich、Larcher 等人的模型,或者忽视土壤肥力是土壤——作物——大气系统的整体功能,以土壤或一组物理性质代表肥力综合指标,如得米季洛伊科把土壤容重作为反映土壤肥力的指标。Frissel 采用阳离子饱和度为肥力指标,分析土壤效应系数。结果,土壤与产量关系研究长期停滞在对土壤单个因素与产量关系的试验分析上,没有形成一个比较全面而又令人信服的模型。如英国洛桑试验站连作小麦 126 年(1852~1978 年)的产量与施肥试验。有人认为在评价土壤对产量的影响上,有两个很有前途的系数:一个是美国农业部土壤保持局的土壤潜力率;另一个是 FAO 土壤生产力指数。然而它们在我国不同农业生态区域应用上仍需改进。

对作物光效的讨论,一是区分 C<sub>3</sub> 和 C<sub>4</sub> 作物的光合特性,长谷川史郎·奥田明男曾有系统论述。另一方面是群体光合作用研究,旨在探索特定生态环境下,不同作物获得高产的合理栽培技术。由于影响作物生长的机理仍模糊,机制法很难用一个模型和一套参数在不同地区应用,目前这种研究也很难再深入。后来人们考虑把数学相关法与机制法结合在一起,进行生产潜力估算,如 FAO 的农业生态区域研究。

FAO 农业生态区域研究是土地生产潜力研究中的一项世界性工作,G. M. Higgins 和 A. H. Kassam<sup>(17)(18)</sup>等对此作过总结。该研究的一个基本主题是,土地生产能力是有限的,这个极限决定于土壤、气候及经营管理水平。为了明确地考虑土地利用上的管理水平,他们规定了三种投入水平。在此基础上应用 1:500 万世界土壤图资料,进行土壤评价。同时,把农业生态区域中的气候资料叠合在土壤图上,构成一幅由不同土壤和气候单元组成的镶嵌图,每个单元都有其本身特定的气候、土壤状况。依此建立了气候、土壤数据库,计算力主要作物潜在生产力。

此后的土地生产潜力研究并没有突破性进展。多数工作仅是对以往模型的完善,或依据试验资料,建立不同区域的模型参数体系。如切卡沙尼卡<sup>(19)</sup>提出 CO<sub>2</sub> 浓度对产量的订正公式,樱谷哲夫<sup>(20)</sup>从生理角度论述了蒸散与作物生产力关系。W. H. Terjung 应用 FAO 潜力模型,讨论中国朝鲜水稻不同生育期生产潜力。J. Dumanski<sup>(21)</sup>则用此预测加拿大主要作物生产潜力。De wit 等进一步地改进了农业生态区域法中投入水平的划分,把投入水平与限制因子有机地结合为一体。

1938 年,国际地理学会在 Amsterdam 举行第 15 次大会,把农业生产列入议题。受其影响,任美镔<sup>(22)</sup>首先注意到我国生产力研究的重要性,并以农业生产潜力为基础估算土地承载力。全国大规

模产量测定于1957年完成,农业部测定了中国103个地区粮食产量。此后,汤佩松<sup>[23]</sup>、竺可桢<sup>[24]</sup>分别从作物生理和气候角度讨论了作物生产潜力。70年代,黄秉维<sup>[25]</sup>、龙斯玉<sup>[26]</sup>、<sup>[27]</sup>分别主持了生产潜力研究,至今他们的设计思想、研究方法,已为广大农学、地理学和气候学等工作所接受。1979年,陈明荣<sup>[28]</sup>利用长谷川史郎资料,首次在国内把温度效应数引入到生产潜力估算中。由于李继由、卢其尧、邓根云等人的进一步工作,我国光合潜力和温光生产潜力研究的思想体系基本完善。

80年代,我国土地生产潜力研究愈加广泛。于沪宁、龙斯玉、陈明荣<sup>[29]</sup>等考虑水分条件,计算了不同区域范围气候生产潜力,并以此为基础进行潜力区划。李克煌、高汉民<sup>[30]</sup>等讨论了气候生产潜力与耕作制度关系。梁荣欣<sup>[31]</sup>、孙玉亭等探讨了土壤效应系数。江爱良<sup>[32]</sup>等把灾害因子引入到土地生产潜力计算中。韩思明、郑剑非等<sup>[33]</sup>是我国较早引用FAO农业生态区域法的学者之一。高亮之<sup>[34]</sup>、韩湘玲、郑振源等则对土地生产潜力研究进行了评述和总结。总体上看,由于没有必要的田间实测及系列试验资料,我国土地生产潜力研究并没有引人入胜的成就。而且近期估算方法上也没有进展。

## 二、土地承载能力研究

作为土地生产潜力研究的延续,土地承载能力是一个更加综合的课题。它以土地生产潜力为基础,探讨人与作物——土壤——大气系统之间的动态关系,旨在协调人与环境关系。随着科技进步,土地承载能力研究历经了从静态到动态,从一般线性研究到系统动态研究的发展过程。现代意义上土地承载能力研究实质上就是资源开发与区域发展战略研究,它为制定有关政策提供科学依据。

土地承载能力估算大体上有三种方法,它们反映了不同时期土地承载能力研究特点,代表了这一研究的进程。

60年代以前,土地生产(潜)力研究处于实测与因子相关模型估算阶段。虽然已经提出了土地承载能力概念,但是人们仅是采用现实生产力与维持每个人口所需食物量之比来确定土地承载能力。如任美镔先生早年在四川省的土地承载能力估算。随着土地生产潜力研究的深入,近年来,也有不少用土地生产潜力替代实际农田产量,计算土地承载能力。

70年代,以R. Mjllington和R. Gifford<sup>[36]</sup>在澳大利亚的工作为代表,开始了承载能力的动态研究。他们采有多目标决策分析法,从各种资源(土地、水、气候、能源等)对人口数量的限制,讨论了澳大利亚土地资源承载力。我国学者梅成瑞利用线性规划方法,苏人琼利用灰色预测模型分析了宁夏土地承载能力。这种研究基本上仅局限于土地生产力与承载人口关系讨论,很少涉及其它因子对承载能力的影响。其中最具有影响的工作,仍是FAO在发展中国家开展的土地承载能力研究。

80年代初,继“农业生态区域”研究完成之后,FAO得到联合国人口活动基金资助,与国际应用系统分析研究所合作,开展了土地承载能力的研究。他们在选择了能够产生最大热量—蛋白质数量的土地利用方式后,进行土地生产潜力估算。以各生态区域生产潜力之和,得出研究地区(或国家)土地生产潜力。再除以每日每人最低热量—蛋白质需求量,以获得各研究地区土地承载能力。然而,FAO的结论仍过于乐观。该研究假定所有可耕地都用于种植主要粮食作物,或为牲畜提供草场。且产品由社会各阶层平均分享,以获得基本热量需要。事实上,还需要为林业、园艺、经济作物以及其它用途留下一部分土地。扣除这些用地面积,它必将大大地降低潜在产量,加上产品分配不均,每个人实际食物消耗量可能更低些。该项研究中一个最不现实的假设,是忽视贸易的影响。批评家们认为“任何逐个国家(地区)的承载能力研究都有缺陷,因为土地和气候不一定成为承载人口数量的制约因子。通过货币媒介,所有资源(含非物质性知识、服务等)从理论上说均可换回粮食。”所以,FAO的结论是初步性的。我国学者许牧等曾用FAO的工作方法讨论省级单位的土地承载能

力。

几乎是与FAO工作的同时,在联合国教科文组织(UNESCO)关注下,由爱丁堡大学 Malcolm Sleeser 教授指导,苏格兰皮特洛赫里资源利用研究所提出了一种资源计算方法,即提高承载能力备择方案的 ECCO 模型<sup>[37]</sup>。这种方法被联合国开发计划署认可,在肯尼亚、毛里求斯和英国等国家得以应用。ECCO 法是考虑人口——资源——环境——发展之间相互关系的综合方法。它以能量为折算标准,建立系统动力学模型(SD),模拟不同发展策略下,人口与资源承载能力之间的弹性关系,确定以长远利益为目标的各种备择方案的可能结果。以此为出发点,承载能力的根本目标就在于找到一整套政策,使地区保持稳定发展。运用系统动力学进行土地承载能力研究,是我国一种较流行的方法,齐文虎、李久明等<sup>[35]</sup>均做过这方面的工作。

我国大规模的土地承载能力研究始于1986年。它以资源——资源生态——资源经济学理论为基础,应用资源系统综合平衡方法,在三个层次(各类资源之间平衡、农业结构与资源结构的匹配、单产预测与总产估算)上,研究人与资源关系。阐明不同地区资源组合特点及其生产能力,寻求土地优化利用的途径和措施。并且估算了三个时间尺度上的土地承载能力。

### 三、展 望

从上述发展过程所知,土地生产潜力和土地承载力研究是一项十分复杂的综合性工作。它不仅要求人们深入地研究土壤——作物——大气系统的内部机制,量化各生态因子与作物产量关系;而且还要求考虑人类与环境关系,尤其是人类活动对农业生态系统的影响,预测地区政策及其可能结果。它的研究需要多学科合作,也需要进行不同生产条件下的田间试验,以建立一整套适合于研究区特点和具体作物要求的参数体系。

然而,与此相关的各个学科的发展水平,尚不能清晰或全面地量化人与环境及土壤——作物——大气系统内部的相互作用。作物各生态因素及其组合的多变性和不可重复性,试验资料往往不具备概率意义,限制了统计方法在系统解析中的作用。因而土地承载能力研究实际上已陷入了困境。

研究的深入,需解决以下主要问题:1. 从植物生理学角度,仍需要进一步地讨论光合作用。尤其是大田条件下,具体作物及其不同发育阶段光量子效率的确定;2. 从生态角度,不同环境下,各主要作物高产种植模式尚在研究中,它影响作物群体光能利用率的确定。此外,尽管有不同作物品种在不同发育阶段的温度和水分需求资料,然而不同地形部位温度状况,作物实际耗水量的确定,均没有很好的方法。更不存在“理想土壤”的明确标准。事实上,谁也不能确定土壤有机质含量为多少时,作物会产生最高产量<sup>[38]</sup>。而且灾变因素研究本身正处于描述阶段。不确定生态因素的难以量化,使土地生产潜力计算很难精确;3. 在人类活动中,没有判别成功发展的准则,也缺乏判别决策是否合理的标准,所以土地承载能力研究必须回避最优化。实际上,农林牧之间,粮食作物与经济作物,同一类作物不同品种之间,在用地面积上并没有一个“最优”的比例,使它能代表一个地区的长远利益;4. 人们生活达到一定水平后,生产目标往往是追求经济效益最佳,它要求投入产生最大经济效益,因而使投入与生产潜力关系更加复杂;5. 方法上,系统动力学虽然综合的考虑各因素的相互作用,但因素选择及各因素之间关系的确定仍不具备客观性。而且应用中,往往忽视系统内部的延迟效应。

尽管如此,土地生产潜力与土地承载能力的研究仍有十分广阔的前景,它主要表现在与相关学科的结合与发展 and 区域规划、开发上:1. 它从理论上阐明了限制作物产量的因素及其限制程度,指明了农业投入方向,对采用具体农业生产措施有指导意义;2. 一般认为,土地评价是土地生产潜力

研究的基础。事实上,土地生产潜力是土地评价的新方法。它既是土地研究的最终归宿,又是深入土地研究的必由之路。土地生产潜力的计算过程,是以作物生产力为目的,综合考虑土地各构成因素的质量及其叠加效应,其结果是具体土地利用形式下,土地质量的综合反映。J. Dumanski 等<sup>[39]</sup>即以土地生产潜力作为加拿大土地评价标准。3. 传统地理学偏重于现象描述,计量地理学则把空洞的数学方法搬进了地理学,缺乏地理理论基础。土地生产潜力估算过程是以光、温、水、土、突变性地理因子与作物(植物)关系为主线,量化了因子之间的相互关系。而土地承载能力研究对象是人地关系,它对重建地理学理论,进行地理系统的定量研究均有意义。4. 土地承载能力的动态研究,其实质是地区发展战略研究。对承载能力评价的作用,就在于预先探求可择发展政策的结果,然后依实际上可能、经济上可行、政治上可接受的方案,制定出指导地区开发与发展的政策和措施。

(本文承蒙作者的导师、西北大学地理系教授李治武先生和陈明荣先生悉心指导,谨此致谢!)

### 参 考 文 献

- [1]陈百明. 国外土地资源承载能力研究评述. 自然资源译丛, 1987年, 第2期
- [2]世界资源研究所(美). 世界资源(1986年). 北京, 中国环境出版社, 1989年
- [3]E. P. Odum. 生态学基础. 北京, 人民教育出版社, 1981年
- [4]O. L. Lange 等. 水分与植物生活——问题与研究现状. 北京: 科学出版社, 1985年
- [5]H. Lieth 等. 生物圈的第一性生产力. 北京: 科学出版社, 1985年
- [6]韩湘玲等. 气候——土地——农业生产力的研究. 纪念自然资源综合考察委员会成立30周年文集, 1986年
- [7]佐伯敏郎. 植物群落中的叶量、光照分布及总光合量的相互关系. 作物产量形成与高产理论(译文集), 上海: 上海科技出版社, 1966年
- [8]户刘义次. 作物的光合作用与物质生产. 北京: 科学出版社, 1979年
- [9]尼取波罗尼奇. 论提高作物群体光合生产率的途径. 作物产量形成与高产理论(译文集), 上海: 上海科技出版社, 1966年
- [10]J. Bonner. The Upper Limit of Crop Yield, *Sci.* vol. 37, No.3, 1966年
- [11]R. S. Loomis, *et al*, Maximum Crop Productivity: An Estimate, *Crop Sci.* vol. 3, No. 5, 1963年
- [12]村田吉男. 光合作用与水稻最高产量上限《农业技术》, 1966年, 第1期
- [13]得米季洛伊科. 根据水文气象因子计算作物产量的模式. 作物气象生态译丛, 北京: 农业出版社, 1984年
- [14]赵立新等. 作物生产和水分利用的关系. 《干旱地区农业研究》, 1990年, 第2期
- [15]沙什柯. 生物气候潜力及其利用. 《自然资源译丛》, 1989年, 第1期
- [16]罗坚科. 农业生态系统的水—热状况和产量的数学模拟. 北京: 气象出版社, 1985年
- [17]G. M. Higgins, *et al*, Regional Assessments of Land Potential: A Followup to the FAO/UNESCO soil Map of the World, *Nature and Resources*, vol. 17, No. 4, 1981年
- [18]G. M. Higgins, *et al*, Land, Food and Population in the Developing World, *Nature and Resources*, vol. 20, No. 3, 1984年
- [19]切卡沙尼卡. 大气中CO<sub>2</sub>浓度倍增时植被生产力的变化. 《气象科技》, 1987年, 第3期.
- [20]櫻谷哲夫. 旱地蒸散与生产力. 《国外农学—农业气象》, 1988年, 第4期
- [21]J. Dumanski, *et al*, Techniques of Crop yield Assessment for Agricultural Land and Evaluation, *Soil Use and Mangement*, vol. 5, No. 1, 1989年
- [22]任美铎. 四川省农作物生产力的地理分布. 《地理学报》, 1950年
- [23]汤佩松. 从植物的光能利用率看提高单位面积产量. 人民日报, 1964年11月12日
- [24]竺可桢. 论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系. 《地理译报》, 1964年, 第1期
- [25]黄秉维. 自然条件与作物生产——光合潜力. 农业现代化概念(光能与气候资源利用), 中国农林科学院情报所, 1978年

- [26]龙斯玉. 我国的生理辐射分布及其光能生产潜力.《气象科技资料》,1976年,第4期
- [27]龙斯玉. 气候生产力的研究之——气候生产力模式.《农业气象》,1980年,第3期
- [28]陈明荣. 秦岭地区气候生产潜力.《西北大学学报》(自然科学版),1979年,第1期
- [29]陈明荣等. 中国气候生产力区划的探讨.《自然资源》1984年,第3期
- [30]高汉民等. 北京郊区光温生产潜力与适宜种植制度关系问题的初步探讨.《农业气象》,1983年,第3期
- [31]梁荣欣等. 环境因子对旱地农作物产量影响程度的系统分析.《干旱地区农业研究》,1988年,第3期
- [32]江爱良. 论我国气候与农业生产潜力之关系.竺可桢逝世十周年纪念会论文集.北京:科学出版社,1984年.
- [33]郑剑非等. 北京市冬小麦气候生产潜力及干旱期间最佳灌水方案.《农业气象》,1982年,第4期
- [34]高亮. 1981年. 国际作物生产力研究动态和展望.《世界农业》,1981年,第11期
- [35]李久明. 系统动态学方法在土地资源承载力研究中的应用尝试—以黄淮海平原为例.《自然资源》,1988年第4期
- [36]R. Millington, et al, 1973, Energy and How we Live, Australian UNESCO Seminar, Committee for man and Biosphere.
- [37]J. King. 资源承载力研究的 ECCO 方法.《自然资源译丛》,1988年,第3期
- [38]D. Wynne, et al, 1978, soil, water and Crop Production, Avi. Pub. Comp. INC.
- [39]D. A. 戴维森. 加拿大土地评价的进展.《地理译报》,1988年,第1期