

# 能值方法在农业系统应用中的思考分析

王妍

东北农业大学 黑龙江 哈尔滨 150030

**摘要:** 能值方法由美国生态学者奥登姆于 80 年代提出,并在最近几年得到了越来越多的运用。在现有文献中对能值评估中一些关键环节的处理往往存在分歧,导致评估结果的不确定性增大、可比较性下降,制约了能值评估方法在农业领域的进一步应用与发展。本文对能值方法在农业系统应用中的思考进行分析,总结当前应用的常见问题,并且提出针对性解决措施,确保能值评估应用效果全面提升。

**关键词:** 能值方法; 农业系统; 应用思考

## Thinking and analysis on the application of emergy method in agricultural system

Yan Wang

Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China

**Abstract:** Emergy method was proposed by American ecologist Oden in the 1980s, and has been used more and more in recent years. In the existing literature, there are often differences in the treatment of some key links in emergy evaluation, which leads to the increase of uncertainty and the decrease of comparability of evaluation results, which restricts the further application and development of emergy evaluation methods in the agricultural field. This paper analyzes the thinking on the application of emergy method in agricultural system, summarizes the common problems in the current application, and puts forward specific measures to ensure the overall improvement of the application effect of emergy evaluation.

**Keywords:** emergy method; Agricultural system; Applied thinking

美国生态学者 T. Odum 在 20 世纪 80 年代以系统生态学和热力学原理为基础,提出了能值理论和能值评估的新思路。Odum 将能值(emergy)定义为“在产品或劳务形成过程中直接或间接投入应用的一种有效能(available energy)总量”。这一理论基于太阳辐射的能值评估新方法,将能值转化率(UEV)引入到能值评估系统中有效解决传统能源评估方法难以对各种能源进行简单对比与计量的难题,实现了“生态”与“经济”的有机结合。能值方法尤其适用于对既有自然影响又有人为影响的生态-经济系统进行分析。

### 一、能值方法在农业系统应用中的问题

1. 由于全球能值标准的升级而引起的能值转换比率的选择上的困惑

在能值评估过程中全球能值标准是进行能值评估的依据。在能值评估中能值转换速率的改变是能值评估的第一个不确定性源。在 1996 年, Odum 提出太阳辐射、潮汐能和深部地热三种能源,它们的总和是  $9.44 \times 10^{24} \text{ seJ} \cdot \text{a}^{-1}$ 。在 2000 年, Odum 将能值基准更新为  $1.58 \times 10^{25} \text{ seJ} \cdot \text{a}^{-1}$ 。同年,美国环保署的 Campbell 博士在第一次国际能值年度大会上,提出了一个稍有不同的计算方法,计算出了  $9.26 \times 10^{24} \text{ seJ} \cdot \text{a}^{-1}$  的全球能值基准<sup>[1]</sup>。在 2010 年, Brown 教授利用该方法,再次将该地区的能量基准修正到  $1.52 \times 10^{25} \text{ seJ} \cdot \text{a}^{-1}$ 。为了应对目前存在的多种能值基准共存的情况, Brown 博士等人在 2014 年第八届国际能值双年会结束后,通过三种不同的方式,以宇宙中的天体引力为起点,对能值

基准进行了重新计算,三种不同的方法得到了一致的结论,即  $1.20 \times 10^{25} \text{ seJ} \cdot \text{a}^{-1}$  左右。

自能值评估产生以来,全球能值标准一直在不断地进行着变化,缺乏研究依据的一致性,使得能值评估的可比性下降,也给后续能值研究带来很大难度。这个问题无论在农业还是在能值的研究中都普遍存在,其根本原因是地球物理学、大气科学等学科不断发展,新计算参数、新方法不断涌现,对国际能源价值的规范进行升级。因此,在未来相当一段时期,因为不同的能源价值的不同,造成能源价值的转化速度相差很大。

### 2. 评估系统的边界不统一

农业生产具有很强的地区性,这就导致在某一特定的农业生产工艺中,所使用的各种资源投入的项目以及其计量的方式,并非都适用于相同的农业工艺,而这些工艺又有着不同的地区环境特点。实际上,在任何一种评估方法中确定系统的边界都是评估之前的首要前提。也就是说,在制度运行中研究人员可以根据制度的不同,选择不同的输入和输出<sup>[2]</sup>。目前,大多数的研究在处理原始数据时出现的误差,主要是因为对系统边界的不明确。为解决同类案例研究依据不统一等问题,亟待对其进行系统规范。

### 3. 对环境资源在农业生产活动中所占比重测算不合理

在我国,环境资源的输入是一种非常明显的区域特征,对环境资源的输入所占的能量贡献率必须用相关的公式来计算。Odum 对多种环境资源贡献的计算公式进行了详尽的整理和总结,但是,在进行农业生态系统评估时,有关研究往往会对土壤和降水对农业产量的贡献产生错误的认识。在传统的能值评估方法中农田生

态环境对农田生态环境的影响一般都是以农田生态环境中的水土流失为指标，在一些农田生态环境下，由于农田生态环境条件恶劣，耕地生态环境下耕地生态环境的变化，农田生态系统的生态环境效应并不显著。

#### 4.对农业生态系统进行投资的划分存在分歧

在能值评估中由于已有的各种能值评估指标都是以不同类别的能值流量之比来反映，不同类型的能值评估对其评估结果有着很大的影响。在能耗价值评估的初期，一般将输入系统的能源按其来源分为局部可再生、局部不可再生和经济系统反馈三种类型。在能值指数的计算中将经济系统的反馈能量和局部的不可再生的环境资源视为“不可更新能源”<sup>[3]</sup>。就自然生态系统来说，外源性的经济系统的反馈能量基本上是不存在的；在农业生态系统中外部的非再生能源，如化肥、农药和燃料等，却又是一个非再生能源。通过对不同类型的投资资源进行分类，在某种程度上是有其合理性的。目前我国能值评估中的资源类别划分不明确，其根本原因在于各种类别划分标准之间的混乱。在对环境资源进行评估时，对能源价值评估的分级标准进行规范化，将会对能源价值评估指标的可靠性产生重要影响，也是目前能源价值评估领域亟待解决的重要问题。

## 二、能值方法在农业系统应用中的对策

### 1.五条原则规范能值评价中的UEV选择

第一，按照国际能值协会的倡议，能值评估应以 2016 年度最新公布的能值标准 ( $1.20 \times 10^{25} \text{ sej} \cdot \text{a}^{-1}$ ) 为依据，以确保能值评估的准确性。

第二，针对太阳光、风力和雨水化学能，我们提出利用 Odum 课题组在这一领域已经有较好的前期工作，并以 Odum 课题组给出的紫外辐射参量为基础，并以其为基础进行了大量的相关研究，同时，各区域的紫外辐射参量差异很小，几乎是相同的。

第三，在确定化肥和农药等经济系统中应遵循“最接近”“最新”和“最具权威性”的原则。换言之，若有 UEV 参数，是针对科研系统所投下的特殊的资源，那么这个参数就被选择；如果没有，就采用本地的参数，没有本地的参数，就采用国内有关研究参数，最终，再选取国外的有关参数，从而保证了评估结果可以对对象系统的现实状况进行选择。

第四，如果所使用的 UEV 参量来自参考资料，那么使用的 UEV 参量应当以参考资料中所使用的 UEV 为标准，按照当前的标准转换成 UEV 参量。举例来说，如果某一资源的 UEV 以  $1.58 \times 10^{25} \text{ sej} \cdot \text{a}^{-1}$  为标准，其 UEV 为  $3.80 \times 10^5 \text{ sej} \cdot \text{J}^{-1}$ ，那么，其在  $1.20 \times 10^{25} \text{ sej} \cdot \text{a}^{-1}$  标准下的 UEV 应转换成  $2.88 \times 10^5 \text{ sej} \cdot \text{J}^{-1}$ 。在一个项目中当所有 UEV 的参数都具有相同的能量参考时，能量的计算和指数的计算结果就会变得有意义。

第五，若以评估某一特定系统之理论潜能为目的，则可选择最少之 UEV，以供选择<sup>[4]</sup>。一个项目的目的就是为了评估一种特

定的生产方式或者技术的可持续发展程度，以及其对资源的最大使用效率。因为在某种意义上，这一最低 UEV 意味着在当前的情况下，这种产品的制造工艺可以获得的效率。

### 2.“四维时空尺度”下界定系统边界

“二维”区域，是许多研究的首要分类尺度，例如，在全国生态经济评估中以国土面积为单位，在农业生态评估中以耕地面积为单位，在工业生产过程中以工厂用地为单位，以这个空间为单位，其范围一般比较容易确定。在系统评估中，“高度”和“深度”这两个垂直的“第三维”维度往往被忽视。“四维时空尺度”是每一种系统的又一个重要的影响因素，它限定了被考察的系统或进程的时间尺度，例如：农业生产中的 1 年、作物种植的 1 季或生产 1 件产品的全生命周期等。在“线性”的传统的农业生产模式中“时间边界”的定义往往是正确的。对于一个涉及回收的商品或原料的制度，其时间界限往往会被模糊化，这就要求我们对其进行更细致的评判与检讨。要对农业生态系统进行科学的评估，就必须对其“四维边界”进行合理的定义，才能使评估结果更具科学性。

### 3.构建公式合理体现土壤、农业用水在农业系统能值分析中的能量贡献

以耕地投入产出平衡的基本逻辑为依据，对有机物质被还田后，土壤有机质在耕地土壤库中的变化进行了详尽的分析，并以此为依据，给出了由土壤有机质分解所提供的作物生长所需要的能量输入的计算公式。在此基础上，建立基于营养物质均衡的能值计算模型，实现对作物生长能值的准确评估，是未来能值计算方法亟待解决的关键问题。在农田用水方面，在没有野外实测资料的情况下，可采用微尺度实验的方法来估算农田用水。在小型大田实验中将能值评估法用于评估小规模大田实验时，推荐使用耕地水分均衡式（式 1）来计算：

$$ET_a + D = W_s + W_p + P + I$$

公式中： $ET_a$  表示作物的实际蒸腾量，也就是作物的耗水量； $W_s$ 、 $W_p$  是在一定时期内的初始、末期的土壤含水量。因为在真实的农业生产过程中灌溉用水 ( $I$ ) 可能来自不同的来源，比如雨水、河水、地下水等，在能够得到有关数据的情况下，不同来源的农业用水在蒸腾量中所占的比例应该被分离出来，这样才能够与不同水源的能值转换率相对应，进行能值核算，提升评估结果的精确度。

### 4.设定4组标准规范农业生态系统投入资源的分类

根据在农业生态系统能值研究中常用的指标（例如净能值产出率、环境负载率、能值投资率、能值自给率、能值可持续性指数等）的含义，确定了在进行农业生态系统能值评价时系统投入资源 4 组相对相应的分类标准：

第一，本地资源与外部资源：将本地资源和外部资源按其“位置”进行划分，

第二, 当某一种输入资源在系统范围内产生时, 就应当被划分为局部资源; 相反, 它应当被划分为一种外来的资源。这种划分在很大程度上与能值评估指数中的净能值产出比 (EYR) 有关。

第二, 可再生的和非再生的资源: 一种从一个系统中输入的资源能否再生的方法, 是从它的“性质”来判定的。可再生的资源, 是可以利用生物的再生方法或其他天然的再生方法, 使得它的再生率高于它的使用与消费率的有机的环境资源。相反, 它应当被划分为一个不可更新的资源。研究人员不能以一种资源来自系统内部或外部的的方式来判定它的可更新性, 而是要以其自身的特性来划分。这种划分在很大程度上与能值评估指数中的环境负荷比率 (ELR) 有关。

第三, “环境资源”与“经济制度资源”: “环境资源”与“经济制度资源”是指在自然环境与人为条件下形成的一种社会、一种经济制度的物质。关于“生态”与“地域”的概念, 常常混淆在一起。比如, 来自农田外的水源, 用于农田灌溉, 虽然不是当地的水源, 却一定是一种环境水源。这种划分是以系统的“来源”为依据的, 其实质是对系统的能价值的投资结构进行分析。

第四, 免费资源与购买性资源: 根据“经济价值”的大小, 来判定系统所投资的资源是否自由<sup>[6]</sup>。这一类别经常会被学者们误认为是“环境资源”和“经济资源”, 后者一般都是自由获取, 后者则往往要向生产者支付费用才能获取。在农业生态系统中有些普通的经济系统, 并不一定要采购。例如, 动物粪尿等有机肥来源于养殖业, 属于一种经济系统的资源, 但在通常情况下, 它们都属于一种免费的资源, 这是由于农民可以免费从其他养殖场获得, 这种划分关系到在一个能价值的输入结构中对采购资源的依赖程度。

## 结束语:

能值评估是一种新兴的、被广泛使用的、被认为是一种有效的、有价值的评估方法。一方面, 由于在环境资源核算、区域(行业)发展状况评价和系统生态效率评价等方面, 能值评价有着明显的特征。而另一方面, 由于这种方式具有“易操作性”“可复制性”等特点, 使得这种方式在某种程度上具有很高的实用性。本文针对我国农业生态系统的特征, 对一些与之相关的理论问题作了初步的整理与说明, 并对其具体内容作了一些规范。期望能够促进能值评估的规范化, 提高能值评估的适用性; 也期望能够抛砖引玉, 推动世界农业系统的标准化。

## 参考文献:

- [1] 杨世成, 吴永常, 陈学渊, 韩晓静, 鱼坤. 土地利用变动视角下农业生态系统能值发展探析——以陕西大荔为例[J]. 广东农业科学, 2022, 49(06): 155-168
- [2] 吴泽宁, 黄硕俏, 狄丹阳, 王慧亮. 黄河流域农业系统水资源价值及其空间分布研究[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(12): 93-100.
- [3] 刘红光, 董晓翠. 长江经济带农业投入产出的能值结构、效率及其驱动因素研究[J]. 中国农学通报, 2022, 38(14): 130-138.
- [4] 曾巧云, 曾行吉, 廖雪萍, 周凤珏, 黄京华. 基于能值分析的桂林市农业生态经济系统可持续发展研究[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(04): 187-192+201.
- [5] 王小龙, 刘星星, 隋鹏, 陈源泉. 能值方法在农业系统应用中的常见问题及其纠正思路探讨[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(04): 503-512.