

生态灌区的建设与评价研究

付作光, 张思思

武汉中能华源设计咨询有限公司, 湖北 武汉 430070

摘 要：生态灌区是兼顾生态资源保护与农业发展需求的新型灌区形态，具有现代性、协调性与可持续性的特征。生态灌区建设应以生态资源优先、节水优先、科技创新及现代化管理为基础原则；以保护和改善生态系统、优化供水调水模式、建立农产可持续化为根本任务。为保证综合评价结果客观准确，生态灌区应构建完善的评价指标系统与等级标准，并采用先进的评价方法。生态灌区评价是一套完整的数理过程，应先对指标系统中的各个元素，按照与被评价对象的关联程度与重要性分层分级，后综合考虑并量化各个层级的影响。

关 键 词：生态灌区；生态资源保护；可持续化；评价指标系统

Research on the Construction and Evaluation of Ecological Irrigation District

Fu Zuoguang, Zhang Sisi

Wuhan ZhongNengHuaYuan Design Consulting Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430070

Abstract： Ecological irrigation district is a new type of irrigation district that balances protection of ecological resource and agricultural development demand and has the features of modernity, harmonicity and sustainability. The ecological irrigation district should be constructed based upon ecological resource limitation, water conservation, scientific innovation as well as modern management; whereas protecting and improving ecological system, optimizing patterns of water supply and diversion, and establishing sustainability of agricultural production are all the fundamental tasks of it. In order to guarantee the objectivity and accuracy of the integrated results, a thorough evaluation index system and its grade standard are necessarily built with the progressive evaluation method. The evaluation of ecological irrigation district is exactly a whole mathematical process that the elements in the index system should be separately layered according to their relevance and importance to the object first, then the impact of each layer should be comprehensively considered and quantified.

Keywords： ecological irrigation district; protection of ecological resource; agricultural development; sustainability; evaluation index system

引言

生态灌区对提升我国农作物产能、加快农业经济现代化进程具有重要意义。本文进一步明确生态灌区的定义与基本特征；梳理生态灌区建设的原则与基本任务；分析生态灌区的评价指标系统及等级标准，罗列常用的评价方法，为合理化建设提供参考依据。

一、生态灌区的定义与特征

（一）生态灌区的定义

生态灌区是紧密贴合国家发展要求的一种兼备合理化、高效化、经济化的新型灌区形态^[1]，通过建立先进的生态经济构架，采用先进的水利与农灌技术，协调统一生态资源保护与农业发展需求，构建出比传统灌区具备更高农产能力且保障人、自然、社会经济三者结合的可持续发展的现代化灌区^[2]。

（二）生态灌区的基本特征

生态灌区是传统灌区的继承和发展，它既维护自然生态系统所蕴含的自然资源的阈限，有具备当代灌区较高的农业生产力，

达到生态保护与农业经济发展需求平衡、互补与协调统一的要求，实现生态与经济共赢的目标。生态灌区是现代化灌区协调发展的必然产物。

（1）生态灌区现代性特征是指以先进的科学理论为基础建设、发展与管理灌区，调和统一生态保护与经济发展需求，既实现对生态环境的保护，又能提高水资源利用效率，提高农产经济，达到可持续发展的条件与能力。总而言之，生态灌区现代化是社会与经济体系现代化在灌区单元的综合表现，具有以人为本、科技创新、节水高效、环境友好及安全可靠的特点。

（2）生态灌区协调性特征是指同时遵循自然规律与经济发展规律，洞察并调和生态灌区中经济发展与生态保护之间的矛盾，促

作者简介：

付作光（1985.11-），男，湖北武汉，汉族，工学博士研究生，工程师，研究方向：水利水电工程。

张思思（1995.04-），女，湖北应城，汉族，工学硕士研究生，工程师，研究方向：生态水利工程。

进人、自然与社会的融洽，获得生态、自然保护与社会、经济发展的平衡与统一的能力。协调性是生态灌区可持续发展的重要保证。

(3) 生态灌区的发展性是指与时俱进，实时调整灌区发展的方向，优化灌区建设与管理的方式方法，使之与当下国情、国民需求紧密相连。

二、生态灌区建设的原则与基本任务

(一) 生态灌区的建设原则

生态灌区担负着生态保护、水资源调配与农产经济发展的多重任务，生态灌区建设与管理的核心即同时遵守自然生态系统规律和社会经济系统规律，加强生态环境治理保护与生态文明建设，调和并改善人与自然，生态与社会的复杂关系。生态灌区建设的基本原则可归纳如下：

(1) 生态资源有限观原则。我国具有生态资源分布不均、水旱灾害两极分化的基本特征，水资源调配与生态治理是长期国策。生态灌区建设要从基本国情出发，充分利用灌区内现有的自然资源并建立先进的运营管理模式，优化资源的整合、分配与调用方式，力求丰富生态资源的利用方式，提高利用效率。

(2) 节水优先原则^[3]。以水资源有限观为基础，加强水资源论证工作，严格论证水资源开发与利用的合理性与可行性，坚持供水总量控制、准确使用，保持水资源量的供需平衡；灌区内重要的供、排水工程应进行节水评价工作，保证供水、用水设施的合理性与先进性，将节水理念贯穿至整个灌区建设和民生发展的全过程之中，使得生态灌区的空间结构与农产布局按照水资源节约与高效利用的要求进行建设。

(3) 科技创新原则^[4]。生态灌区有别于传统的灌区，核心理念既强调对现有生态资源的保护与可持续利用，又保证具备传统灌区农产高效的基本能力。需要在传统灌区建设方式的基础上，融入更为先进的科学理论与技术，开创出一套符合生态灌区建设的新模式、新方法。这种方法具备融合、统一灌区生态特征、资源保护要求与农业产量提高的经济需求，促进灌区智慧化、多样化的可持续发展。

(4) 现代化管理原则^[5]。数字灌区是生态灌区建设的有效手段，通过对地理地貌、自然资源、生态环境、人文景观、国民经济等各方面的海量数据进行自动获取与存储、动态监测与管理并快捷准确的传输，构建覆盖全流域或全灌区的一体化数字集成平台，用于资源的管理与调配。

(二) 生态灌区建设的基本任务

生态灌区建设的重要体现，既要将生态保护与生态可持续利用、发展摆在首位，重视灌区内生态资源的分布特征，制定因地制宜、因地制宜的生态保护措施，改善生态资源利用与补给的循环过程，是指良性发展、可持续性发展；又要继承传统灌区的基本农产功能，即基于区域现有水资源总量与分布情况，科学建设、运营和管理区域内水利与农灌工程，以求合理利用与合理调配水资源量，满足农产的必要用水，保障农业经济的高效稳定。生态灌区建设的基本任务为^[6]：

(1) 保护和改善生态系统，维护生态发展的多样性与持续性。生态灌区的重要任务之一是保护现有生态资源，解决生态环

境中的关键问题，改善生态循环机制，使生态资源的利用与再造获得良好的平衡与互补。如补偿生态用水量、修建生态林、建造人工湖泊与湿地、优化动植物栖息环境等均均为行之有效的措施。

(2) 优化供水调水模式。生态灌区的重要任务之一是保障生态与农业经济发展过程中的供水、调水方式的合理性与持续性，并维护、管理与经营生态水保护、补偿与经济发展需水的动态平衡，保障灌区供应农业、牧业、渔业等生产过程中持续、稳定的供水条件。论证灌区内供水需水平衡条件、引用生态水量、保障灌区内水盐平衡与水土资源平衡、新建提水供水工程、优化供水排水渠道等都是切实可行的措施。

(3) 建立农产可持续化^[7]。生态灌区的重要任务之一是持续为农业经济服务，继承并发展传统灌区高产高效的特点。生态灌区以协调并统一生态保护与农业经济发展为核心，获取优良的生态资源与生产要求的供应补给方式，建立农业生产过程的可持续化。加大水资源与水质条件评价力度，建立准确、全面的水生态资源分区，为不同类型的水体调用方式提供参考；加强土壤改良关键技术的创新与利用，提高土壤培植效率，增加单位产能等方法均需努力实践。

(4) 发展生态旅游行业。生态灌区内自然资源丰富，特色鲜明。生态灌区的重要任务之一是以水生态为依托，将山丘、湖泊、绿地、温泉等各类自然景点进行布局联络，建造自然景观^[8]。

三、生态灌区的评价指标系统

生态灌区是一个包涵生态资源、人与自然关系、社会与经济发展要求的多重规律的复杂的综合系统，生态灌区评价应率先考虑规律之间矛盾程度与协调互补的能力；而后是基本功能的完整性，即生态资源保护与农业经济发展的兼顾性。生态灌区评价过程是一种多目标组合、分层分级与优化的综合性过程，是一个复杂的数理过程。生态经济学理论是生态灌区评价的理论基础，强调同时掌握生态系统规律与经济发展规律并重视资源生产率，力求自然系统保护与社会经济发展的协调统一。生态经济学能为生态灌区现代化建设这一长期、艰巨的任务提供丰富的理论视角和研究工具。生态灌区评价包括指标系统的构建、等级标准的确立、综合评价的数值过程三部分，评价结论应综合反映灌区的生态条件、经济生产、管理模式等诸多方面的发展水平。

(一) 生态灌区评价指标系统的构建

生态灌区是一套复杂的体系，单一的观测指标不足以准确评价全部性能。生态灌区评价是全面性、综合性的工作，需要一套完整的指标系统，融合并协调多种不同类型的指标，使它们各司其职，相互补充。评价指标系统具有复杂性、多样性及典型性的特点，受到区域环境状况、灌区现有资源条件及建设发展方向的综合影响。根据生态灌区的定义与内涵，参考国内建设经验，本文建议生态灌区的评价指标系统^[9]至少涵盖以下四个方面，即灌区生态资源条件、灌区水利与农灌工程、灌区经济发展能力（潜力）与灌区现代化管理程度。

(1) 生态资源条件是指灌区内现有的生态资源与水文水利条件，可包含降雨量、水域覆盖面积、动植物物种、土壤水资源量、土地利用效率、地表水水质、地下水水质、土地侵蚀率等指标。

(2) 水利与农灌工程是灌区功能实施与发展的基础，常见的

工程类型有防洪工程、排涝工程、灌溉节水工程、提水引水工程等,如防洪标准达标率、灌溉保证率、有效灌溉面积率、计量设施使用比例、灌溉水重复利用率、渠系建筑损毁率、渠道设计流量达标率等指标或可使用。

(3) 社会经济发展能力(潜力)是指灌区农业经济发展的效率与能力(潜力),是生态灌区内涵的重要体现,既包含农业产值增长率,又体现资源利用节约率。农灌新技术应用率、农业总产值提高量、亩均粮食产量提高率,或是亩均用水量下降率、节水效益实现率、灌溉时间缩短率、生态节水意识加强率等指标均具有典型性。

(4) 现代化管理程度是生态灌区可持续发展的基础,是生态灌区建设目的的重要保障,可用专业管理人员出勤率、管理经费落实率、工程养护维修经费落实率、管理水平先进性、管理业务落实率、管理纪要更新率等指标判别。

进入评价系统的各个指标具有独立的物理含义,量纲和量级往往不同,需标准化处理后使用。常用的数学处理方法有归一化方法、功效系数法、标准差方法等。指标系统的优化是指按照对被评价对象的影响程度,将现有指标进行排序与筛选,突出重要的、典型的指标,同时简化次要的、影响小的指标,力求以针对性强的指标全面地反馈生态灌区状况。本文建议一种简单易用的方法,即均方差法执行优化过程,设生态灌区中 n 个被评价对象 $s_i(i=1\sim n)$ 可被 m 个指标 $x_j(j=1\sim m)$ 的观测值 x_{ij} 表征,构建 x_j 的均方差(数组) $\{r_j\}$,即

$$r_j = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, (j=1,2,3,\dots,m)$$

r_j 越小即表示 x_j 对被评价对象 s_i 影响越小,可设定阈值 r^* ,若 $r_j \leq r^*$ 成立则 x_j 的影响程度可忽略不计。

(二) 生态灌区评价指标系统的等级标准

为保障生态灌区评价结果的真实与客观,评价指标系统应配备相应的等级标准,等级标准的确定应遵从下述五个原则:

- (1) 能够保障灌区的生态服务功能不被侵害。
- (2) 能够反馈灌区的建设水平,并有利于后续发展。
- (3) 能够维护灌区生态资源、环境资源的保护与经济生产力发展的平衡。
- (4) 能够采用数学模型分析统计与量化计算。
- (5) 能够预测可持续性的发展成果,应高于现状条件,具备先进性。

生态灌区评价指标系统的等级标准可来源于国家、行业和地方规定的标准,如农田灌溉相关标准、水土流失防治标准、水资源管理标准、土地开发利用标准等;可来源于国家、地方制定的发展计划或是经科学研究确定的标准。

四、生态灌区的评价方法

生态灌区的评价过程是一套完整的数值分析过程,即采用先进的数学理论,实用的数值分析方法对评价系统中的各个指标,按照与被评价对象的关联与重要性(权重)进行分层分级,后综合考虑并量化各个层级对整体的影响。

近年来,诸多学者提出了很多行之有效的数值方法,如熵权法、主成分分析法、灰色关联法、层次分析法^[10]等方法,其中以层次分析法运用最广泛,效果也较好。层次分析法(AHP)于20世纪70年代提出,是一种多目标决策分析方法,用于判定指标体系中各个元素的权重,并计算权重系数,提供评价指标分层分级的数值依据。层次分析法的优点为实用性强,即能够处理多种较为复杂的多数据问题,并且没有太多的数学条件限制,易于执行。此方法已广泛地应用于地理信息化、生态系统、水资源、农业灌溉等领域。利用层次分析法进行生态灌区评价的思路即为确定被评价对象与评价指标系统(标准),分析指标系统的数学特征并按照权重进行分层分级(形成结构树),从而建立起多层综合评价结构。评价完成后,按照综合得分的高低排序,可将评价结果分为六级,即生态型($\geq I$)灌区、生态优化型(I-II)灌区、生态改良型(II-III)灌区、生态一般型(III-IV)灌区、生态退化型(IV-V)灌区与生态恶化型($\leq V$)灌区,综合体现灌区建设水平的区分。

上述数值方法均是单一的评价方法,各有侧重,且对于不同的被评价对象或采用不同的指标系统,评价结果会有所不同。为提高评价方法的客观性,有学者亦提出动态组合评价方法,其核心理念即是融合各种单一方法的评价成果,平衡各个成果之间的偏差,实现各个成果的动态组合,使综合评价成果更为客观合理。此种方法目前仍在丰富完善过程中。

五、结语

综上所述,生态灌区是维护自然规律,重视资源保护与合理化利用,兼顾农业生产高效性,达到生态与经济协调统一的现代性、协调性与发展性的新型灌区形态。生态灌区建设应遵从生态资源有限观、节水优先、科学创新及现代化管理的基本原则;应以保护和改善生态系统、优化供水调水机制、建立农产可持续化模式为根本任务。生态灌区评价指标系统与等级标准是评估灌区建设水平,调整灌区发展方向,优化灌区运营管理策略的重要保障,需要先进的理论基础与数学方法作为支撑。

参考文献

- [1] 万通. 现代化生态灌区建设的实践与思考[J]. 水利技术监督, 2023(8): 64-67.
- [2] 赵龙基, 孙岩. 现代生态灌区建设的思考[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021(1): 2.
- [3] 尹琦. 浅析节水型生态灌区的建设[J]. 农业科技与信息, 2021(10): 2.
- [4] 邓铭江, 陶汪海, 王全九, 等. 西北现代生态灌区建设理论与技术保障体系构建[J]. 农业机械学报, 2022, 53(8): 1-13.
- [5] 徐小飞, 张新和, 黄永奇. 广东省生态灌区建设思路探讨[J]. 广东水利水电, 2023(2): 89-92.
- [6] 任博. 绿色发展理念下生态灌区建设途径与思路研究[J]. 河南水利与南水北调, 2023, 52(2): 8-9.
- [7] 安军. 农田生态灌区建设和技术保障研究[J]. 农业开发与装备, 2023(6): 89-91.
- [8] 柳小恒, 李修磊, 陈崇德. 漳河水库节水型生态灌区建设与发展对策研究[J]. 农村经济与科技, 2022, 33(4): 55-57.
- [9] 徐新华, 董洁, 彭致功, 等. 贺兰生态灌区健康指标筛选及评价[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2020, 56(6): 1069-1073.
- [10] 朱洁, 刘学军, 蒋佳莉. 基于FAHP法的宁夏现代化生态灌区健康评价体系研究与实证[J]. 节水灌溉, 2023(11): 121-129.