

# 基于扩展型 IO 表和信息熵的江苏省 产业用水和排污结构演变分析

李晓惠<sup>1</sup>, 张玲玲<sup>1</sup>, 王宗志<sup>2</sup>

(1. 河海大学 公共管理学院 水管理研究所, 南京 210098;  
2. 南京水利科学研究所 水文水资源与水利工程科学国家实验室, 南京 210029)

**摘要:** 用水结构、排污结构与产业结构之间存在相互影响的关系, 因此掌握当前产业用水和排污结构的演变特征对产业结构优化具有重要意义。通过编制江苏省 1997 年- 2007 年间考虑用水和排污的可比价 IO 表, 并运用信息熵原理从用水量、排污量、用水特性(包括用水效率和效益)和排污特性(包括排污效率和效益) 4 个方面分析研究区国民经济各部门用水和排污结构的变化特征。结果表明, 1997 年- 2007 年江苏省用水量结构趋于有序发展, 均衡度减弱; 排污量结构趋于无序发展, 均衡度增强; 用水特性结构趋于有序, 系统整体的均衡度在减弱; 排污特性结构变化较为复杂: 排污效率和排污效益结构大致呈相反发展态势。

**关键词:** 用水结构; 排污结构; 产业结构; 演变规律; 扩展型可比价 IO 表; 信息熵

**中图分类号:** TV 213. 4; F205      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-1683(2013)04-0145-04

## Industrial Water Use and Pollution Discharge Structure Evolution of Jiangsu Province Based on Extended IO Table and Information Entropy

LI Xiaohui<sup>1</sup>, ZHANG Lingling<sup>1</sup>, WANG Zongzhi<sup>2</sup>

(1. Water Management Institute, School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Key Laboratory of Hydrology

Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** Water use structure, water pollution discharge structure, and industrial structure interact with each other, therefore knowledge of the evolution characteristics of current industrial water use and pollution discharge structure plays an important role in optimizing the industrial structure. In this paper, the comparable price input-output tables considering water use and pollution discharge were developed to analyze the evolution characteristics of water use and pollution discharge structure of Jiangsu Province from 1997 to 2007 from four aspects: water use, water pollution, water use characteristics (water use efficiency and profit), and water pollution characteristics (pollution discharge efficiency and profit) with the application of information entropy theory. The results showed that (1) the water use structure tends to develop orderly and its equilibrium degree has weakened; (2) the development of water pollution discharge structure is out of order and its equilibrium degree has increased; (3) the water use characteristics structure tends to develop orderly, and its equilibrium degree has weakened; and (4) the water pollution efficiency structure is in opposite development compared with the water efficiency structure.

**Key words:** water use structure; water pollution discharge structure; industrial structure; extended comparable price IO table; information entropy

随着江苏省社会经济的持续高速发展, 国民经济各部门对水资源的需求量不断增加, 用水需求与实际供水量之间的

矛盾突显。据中国统计年鉴, 2011 年江苏省水资源总量 492.4 亿 m<sup>3</sup>, 仅占全国水资源总量的 2.12%。全省人均水

收稿日期: 2013-04-04      修回日期: 2013-07-10      网络出版时间: 2013-07-28

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130728.1310.017.html>

基金项目: 国家自然科学基金(51109055; 51279223); 江苏省社会科学基金重点项目(11GLA001); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201301003; 201201022; 201001074)

作者简介: 李晓惠(1989), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 主要从事水利经济与资源环境管理方面研究。E-mail: mandy.li.1989@163.com

通讯作者: 张玲玲(1979), 女, 山东潍坊人, 副教授, 主要从事水利经济与资源环境管理方面的研究。E-mail: llzhang007@163.com

资源量 624.6 m<sup>3</sup>/人,而全国人均水资源量为 1 730.4 m<sup>3</sup>/人,可见江苏省水资源量极度匮乏。同时,随着环境的不断恶化,江苏省水质受到严重污染,区域可供水量进一步减少,加剧了江苏省水资源供需矛盾。2003 年—2011 年全省废水排放总量急剧增加,从 2003 年的 42.1 亿 m<sup>3</sup> 增加至 2011 年的 59.28 亿 m<sup>3</sup>,2011 年全省废水排放量占全国废水排放量的 8.99%。在此形势下,迫切需要根据近 10 年来国民经济各行业用水和排污相关数据,分析用水和排污结构的演变规律,为江苏省在确保水资源水环境与经济协调发展的基础上进行产业结构调整提供支撑。

目前国内外学者主要集中于对用水结构的演变规律及其驱动力方面的分析<sup>[1-3]</sup>,排污结构的演变规律分析鲜有涉及,且大多对经济部门用水结构的研究只是基于“三产”的分析,并没有细化到具体各个行业部门。鉴于此,本文引进投入产出的方法,根据数据的可获取性,选择 2005 年为价格基准年,编制 6 个时间节点(1997 年、2000 年、2002 年、2005 年、2007 年)的 21 部门考虑用水与排污的可比价投入产出序列表,构建考虑用水排污特性的投入产出模型。同时,将信息熵引入水资源水环境系统,以投入产出表为数据基础,分析产业用水和排污结构的演化规律。信息熵作为随机变量无约束程度的一种变量,可以用来衡量客观事件或系统组成要素之间无规则的联系和转化的程度<sup>[3]</sup>,被广泛应用于用水结构<sup>[4]</sup>、土地运用结构<sup>[5]</sup>、产业结构<sup>[6]</sup>等结构分析中。本研究可为区域产业结构调整提供支撑,也可为江苏省落实最严格的水资源管理制度提供数据基础与实施依据。

## 1 数据处理与研究方法

### 1.1 考虑用水和排污的可比价投入产出表的编制

本研究的数据主要来源于 1998 年—2008 年的《江苏统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《江苏省水资源公报》。

目前江苏省公布的投入产出表均是建立在纯经济系统的基础之上的,未将经济活动所对应的行政区域内水资源水环境损耗及其影响考虑在内。而且,当前江苏省编制投入产出表都是基于当年价的价值型表,并不能反映真实产品部门实物量之间的转移和消耗。为了获取江苏省各经济部门用水量、排污量及其用水和排污特性的数据,本文编制了考虑用水和排污的扣除价格因素的可比价投入产出序列表。

首先,收集统计各经济部门的出厂价格指数,结合收集到的江苏省投入产出表,在对数据进行标准化处理转化后编制了以 2005 年为价格基准年的可比价序列表<sup>[7]</sup>。

然后,根据投入产出模型表式,将传统的价值型投入产出表和水资源在生产过程中的物质循环描述相结合,把用水量纳入价值型投入产出表中的“投入块”,增加 IV 象限,用以反映经济行业对水的占用情况。将废污水排放量作为生产活动的“负”产出纳入到投入产出表的“产出块”,增加 V 象限,用来描述经济行业污染物产生模块。

最后,构造价值—实物型混合扩展型投入产出表,从用水及用水“负”产出角度对整体系统进行投入产出分析<sup>[8]</sup>。

由于江苏省投入产出表各时间节点上的部门分类不一致,加上用水数据和排污数据收集的限制,给数据处理造成

一定困扰。为解决此问题,依据各部门的内在联系性和相关领域专家经验,参考《国民经济行业分类》,将江苏省国民经济行业部门归纳为 21 个部门:农业、煤炭采选业、石油天然气、其他采掘业、食品工业、纺织工业、森林工业、造纸工业、化学工业、建材工业、冶金工业、机械设备工业、电子仪器、电力工业、水的生产和供应业、其他制造业、建筑业、运输邮电业、住宿餐饮业、批发和零售业、其他服务业。其中,排污量分为工业废水排放量和生活污水排放量,故农业部门的排污量在此文中不予考虑。

### 1.2 用水和排污特性数据计算

根据上述可比价投入产出序列表,可以获取 1997 年—2007 年间 5 个时间节点各国内经济行业的用水量和排污量的数据,而用水和排污特性的数据则可以通过构建的投入产出模型间接计算求得。用水特性包括用水效率和用水效益,排污特性包括排污效率和排污效益,它们均可以通过根据各经济行业的万元产值、用水量和排污量三者之间构造出的各种系数指标来衡量。

经济行业用水效率采用取水系数来反映,包括直接取水系数、完全取水系数,计算方法如公式(1)和(2)。

$$Q_j^{w*} = W_j / X_j (j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$BQ_j^{w*} = Q_j^{w*} (I - A)^{-1} \quad (2)$$

式中:  $Q_j^{w*}$  为直接取水系数矩阵;  $BQ_j^{w*}$  为完全取水系数矩阵;  $W_j$  为第  $j$  部门的用水量矩阵;  $X_j$  是第  $j$  部门总产出矩阵;  $(I - A)^{-1}$  为列昂惕夫逆矩阵。

经济行业用水效益以水的产出系数来反映,包括水的直接产出系数、水的完全产出系数,计算方法如公式(3)和(4)。

$$O_j^{w*} = X_j / W_j (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$BQ_j^{w*} = (I - A)^{-1} O_j^{w*} \quad (4)$$

式中:  $O_j^{w*}$  为水的直接产出系数矩阵;  $BQ_j^{w*}$  为水的完全产出系数矩阵。

经济行业排污效率分析与用水效率分析类似,采用排污系数来反映,包括直接排污系数、完全排污系数,计算方法如公式(5)和(6)。

$$Q_j^{p*} = P_j / X_j (j = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$BQ_j^{p*} = Q_j^{p*} (I - A)^{-1} \quad (6)$$

式中:  $Q_j^{p*}$  为直接排污系数矩阵;  $BQ_j^{p*}$  为完全排污系数矩阵;  $P_j$  为第  $j$  部门的排污量矩阵。

经济行业排污效益分析采用排污的产出系数来反映,包括排污的直接产出系数、完全产出系数,计算方法如公式(7)和(8)。

$$O_j^{p*} = X_j / P_j (j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

$$BO_j^{p*} = (I - A)^{-1} O_j^{p*} \quad (8)$$

式中:  $O_j^{p*}$  为排污的直接产出系数矩阵;  $BO_j^{p*}$  为排污的完全产出系数矩阵。

### 1.3 信息熵在用水和排污结构分析中的运用

产业用水量结构的信息熵可定义为:

$$H_w = - \sum_{i=1}^n \left( \frac{W_i}{\sum_{j=1}^n W_j} \right) \ln \left( \frac{W_i}{\sum_{j=1}^n W_j} \right) (j = 1, 2, \dots, 21) \quad (9)$$

式中:  $H_w$  为产业用水结构信息熵。

产业排污量结构的信息熵可定义为:

$$H_p = - \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \right) \ln \left( \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \right) \quad (i=1, 2, \dots, 20) \quad (10)$$

式中： $H_p$  为产业排污结构信息熵。

用水效率、用水效益、排污效率、排污效益结构的信息熵定义同理可得。

为使不同时间尺度内各对应的系统信息熵具有可比性，引入均衡度( $J$ )概念，其计算公式如式(11)。

$$J = H/H_m \quad (11)$$

式中： $H_m$  为该系统最大信息熵， $H_m = \ln N$ ，表示结构最无序； $J$  为均衡度，是实际信息熵  $H$  与最大信息熵  $H_m$  的比值，取值范围为 0~1， $J$  越大表示系统开发利用过程中单一系统类型的优势性越弱，系统结构越复杂，该系统的均衡性越强，系统越稳定，开发利用越具有合理性<sup>[6]</sup>。

## 2 结果分析

通过对 1997 年、2000 年、2002 年、2005 年和 2007 年 5 个时间节点的扩展型江苏省投入产出序列表中的数据进行整理，运用信息熵原理，计算出对应的信息熵和均衡度，据此分析江苏省产业用水和排污结构演变特征。

### 2.1 产业用水量 and 排污量结构演变

用水量结构和排污量结构在本文中分别指各个国民经济行业用水量和排污量的组成，计算结果见表 1。在 1997 年—2007 年各个时间节点中，以 2002 年为时间拐点，1997 年—2002 年产业用水量结构趋于有序，均衡度在减弱，排污量结构趋于无序，均衡度增强；2002 年—2007 年产业用水量结构趋于无序，均衡度在增强，排污量结构趋于有序，均衡度在减弱。从整体趋势来看，江苏省的用水量结构趋于有序发展，系统均衡性减弱；排污量结构整体趋于合理的趋势发展的同时近几年的合理性在降低。

表 1 产业用水量和排污量信息熵和均衡度计算结果

Table 1 Information entropy and equilibrium degree of industrial water use and pollution discharge quantities

| 年份     | 1997 | 2000 | 2002 | 2005 | 2007 |
|--------|------|------|------|------|------|
| 用水量信息熵 | 1.46 | 1.40 | 1.25 | 1.30 | 1.30 |
| 用水量均衡度 | 0.48 | 0.46 | 0.41 | 0.43 | 0.43 |
| 排污量信息熵 | 2.13 | 2.18 | 2.36 | 2.28 | 2.27 |
| 排污量均衡度 | 0.71 | 0.73 | 0.79 | 0.76 | 0.76 |

### 2.2 产业用水效率和用水效益结构演变

用水效率和用水效益结构分别指各国民经济部门的万元产值取水量和单位立方水产值量的构成，计算结果见表 2 和图 1。根据信息熵原理，对直接取水系数、完全取水系数、直接产出系数、完全产出系数的演变特征进行分析如下。

直接取水系数的信息熵呈稳步下降趋势，由 1997 年的 1.80 降低到 2007 年的 1.47，表明江苏省的万元产值取水量结构趋于有序，各部门的万元产值用水量结构变化较稳定，同时均衡度减弱；完全取水系数的信息熵变化不大，整体呈先降后升，2005 年达信息熵最低值，可见江苏省各部门万元产值所引起的整个经济部门用水量变化的结构演变过程趋于先有序后无序的规律，对应的均衡度先减后升；直接产出系数的信息熵变化幅度较大，呈先降后升的趋势，2002 年为

信息熵最低值，表明各部门单位立方水产生的产值效益的结构趋势由有序到无序，各用水部门的用水效益之间的差异在 2002 年前越来越小，但在 2002 年之后，各部门之间的单位立方水所带来的产值差异在扩大，用水效益结构变化较大，均衡度呈先减后增的趋势；完全产出系数的信息熵整体呈先降后升的趋势，2002 年达信息熵的最低值，各部门单位立方水所带动的整个经济部门所产生的产值结构呈先有序后无序的趋势，均衡度呈先减后增的趋势。

表 2 产业用水特性的信息熵、均衡度计算结果

Table 2 Information entropy and equilibrium degree of industrial water use characteristics

| 年份        | 1997 | 2000 | 2002 | 2005 | 2007 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| 直接取水系数信息熵 | 1.80 | 1.77 | 1.61 | 1.54 | 1.47 |
| 直接取水系数均衡度 | 0.59 | 0.58 | 0.53 | 0.50 | 0.48 |
| 完全取水系数信息熵 | 2.79 | 2.78 | 2.74 | 2.63 | 2.69 |
| 完全取水系数均衡度 | 0.92 | 0.91 | 0.90 | 0.86 | 0.89 |
| 直接产出系数信息熵 | 2.70 | 2.54 | 1.78 | 2.06 | 2.71 |
| 直接产出系数均衡度 | 0.89 | 0.84 | 0.58 | 0.68 | 0.89 |
| 完全产出系数信息熵 | 2.86 | 2.80 | 2.65 | 2.75 | 2.85 |
| 完全产出系数均衡度 | 0.94 | 0.92 | 0.87 | 0.90 | 0.94 |

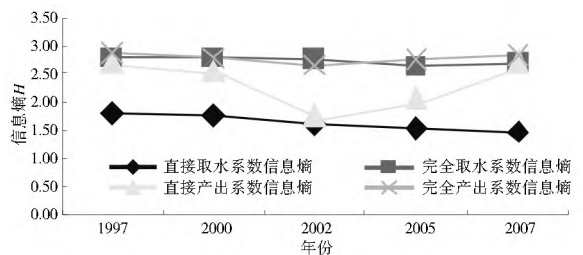


图 1 产业用水特性信息熵演变趋势

Fig. 1 Variation of information entropy of industrial water use Characteristics

### 2.3 产业排污效率和排污效益结构演变

排污效率和排污效益结构分别指各国民经济部门单位产值排污量和单位立方排污产值量的组成，计算结果见表 3 和图 2，对直接排污系数、完全排污系数、直接排污产出系数、完全排污产出系数的演变趋势分析如下。

直接排污系数的信息熵呈先升后降的趋势，在 2002 年达到最大值 2.70，1997 年—2002 年各部门的万元产值排污量的结构变化较大，系统越来越复杂，但 2002 年—2007 年其结构趋于稳定，均衡度先增后减。完全排污系数的信息熵整体呈下降趋势，表明各经济部门万元产值所引起的整个经济部门排污量的结构变化不大，均衡度减弱。直接排污产出系数的信息熵呈先升后降再升后降的趋势，整体呈上升趋势，表明从 1997 年—2007 年各部门排放单位立方水产生的产值效益的结构整体趋于无序，各排污部门的排污效益之间的差异在扩大，结构变复杂，均衡度增强。完全排污产出系数的信息熵呈先降后升的趋势，各部门排放单位立方废水量所带动的整个经济部门所产生的产值呈先有序后无序的结构发展，均衡度先减后增。

综上所述，江苏省用水量结构趋于有序发展，目前农业和火电行业依旧是主导用水行业，所占整个用水比例仍不断

表 3 产业排污特性的信息熵、均衡度计算结果

Table 3 Information entropy and equilibrium degree of industrial water pollution discharge characteristics

| 年份        | 1997 | 2000 | 2002 | 2005 | 2007 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| 直接排污系数信息熵 | 2.36 | 2.50 | 2.70 | 2.13 | 2.13 |
| 直接排污系数均衡度 | 0.79 | 0.84 | 0.90 | 0.71 | 0.71 |
| 完全排污系数信息熵 | 2.90 | 2.90 | 2.91 | 2.74 | 2.76 |
| 完全排污系数均衡度 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.91 | 0.92 |
| 直接产出系数信息熵 | 2.03 | 2.31 | 1.38 | 2.31 | 2.26 |
| 直接产出系数均衡度 | 0.68 | 0.77 | 0.46 | 0.77 | 0.76 |
| 完全产出系数信息熵 | 2.68 | 2.68 | 2.39 | 2.55 | 2.67 |
| 完全产出系数均衡度 | 0.89 | 0.90 | 0.80 | 0.85 | 0.89 |

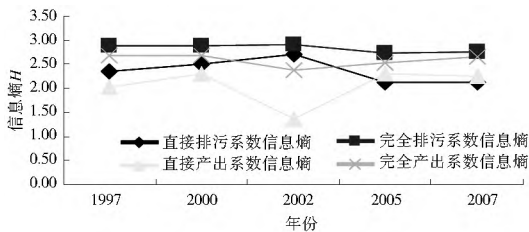


图 2 产业排污特性信息熵演变趋势

Fig. 2 Variation of information entropy of industrial water pollution discharge characteristics

增加;排污量结构趋于无序发展,结构更为复杂同时均衡度增强,表明造纸工业、纺织工业、住宿餐饮业等高污染行业的废污水排放导致的水污染问题日益加重。用水特性结构的 4 个系数指标的信息熵整体大致呈下降趋势,表明各个部门的万元产值用水量(包括直接用水量和间接用水量)结构和单位立方水所带来的产值效益(包括直接产值效益和间接产值效益)结构趋于有序,某些经济部门用水效率、用水效益的优势度在增强,例如一些低用水行业(机械设备工业、电子仪器、批发零售业等)和高效用水行业(石油天然气、电子仪器、食品行业等)相对于其他行业的优势度逐渐显现,而系统整体的均衡度在减弱。排污特性结构中的排污效率信息熵大体呈先升后降的趋势,整体呈下降趋势,表明各个部门万元产值所排放的废污水量(包括直接排污量和间接排污量)结构趋于有序,系统整体优势度有所减弱,但一些低排污行业(森林工业、机械设备工业、其他制造业等)相对于其他行业的优势度日益显著;排污效益中单位立方排污量的直接产值效益信息熵整体呈上升趋势,表明直接产值效益结构趋于无序,系统整体均衡度增强,其他制造业、机械设备工业、建材工业为代表的高效排污行业相对于其他行业其优势度在减弱;完全产出系数(单位立方排放量直接产值效益和间接产值效益之和)信息熵呈先降后升的趋势,经济行业排放单位立方废污水量所带动的整个经济部门产生的产值呈先有序后无序的结构演化过程。

### 3 结语

本文以江苏省为例,在传统投入产出表的基础上将其扩展为扣除价格因素影响、考虑用水和排污的可比价投入产出表,构造一个实物-价值混合型的扩展形投入产出表,并论述了用水特性和排污特性的计算方法,为研究经济、水资源、

水环境三者之间的定量关系及其对应的产业用水结构、排污结构的演变提供了基础。同时,运用信息熵原理,计算用水和排污量、用水特性及排污特性的信息熵及其均衡度值,分析了 1997 年—2007 年间江苏省产业用水量和排污量结构的演变规律以及水资源-水环境-经济“三者互动”的用水效率效益、排污效率效益结构的整体演变情况。

由于资料有限,需要不断扩充,缺乏基于投入产出表获取数据的更长时间区间内的长期演变分析,长时间序列的用水和排污结构演变分析有待进一步研究,以便更全面地剖析江苏省产业用水和排污结构的动态演化规律。此外,根据近年来的用水和排污结构演变趋势来预测其未来发展趋势,并据此采用相关技术手段进行用水和排污结构调控策略研究,也具有一定的研究价值。

### 参考文献(References):

- [1] 王小军,张建云,何瑞敏,等.区域用水结构演变规律与调控对策研究[J].中国人口·资源与环境,2011,21(2):61-65. (WANG Xiaojun, ZHANG Jianyun, HE Ruimin, et al. Study on the Evolution Law of Water Utilization Structure and Regulating Approach in Yulin City[J]. China Population Resources and Environment, 2011, 21(2): 61-65. (in Chinese))
- [2] 马黎华,康绍忠,粟晓玲.西北干旱内陆区石羊河流域用水结构演变及其驱动力分析[J].干旱地区农业研究,2008,26(1):125-130. (MA Lihua, KANG Shaohong, SU Xiaoling. Study on Evolution and Its Driving Forces of Water Utilization Structure of Shiyang River Basin in Northwest Arid Areas[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2008, 26(1): 125-130. (in Chinese))
- [3] 赵菲菲,刘东,于苗,等.建三江分局用水结构演变及其驱动机制研究[J].水土保持研究,2012,19(2):244-247. (ZHAO Feifei, LIU Dong, YU Miao, et al. Study on Evolution and Its Driving Mechanism of Water Utilization Structure in Jiansanjiang Branch Bureau[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2012, 19(2): 244-247. (in Chinese))
- [4] 刘燕,胡安焱,邓亚芝.基于信息熵的用水系统结构演化研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(6):141-144. (LIU Yan, HU Anyan, DENG Yazhi. Study on the Evolution of Water Resource Structure Based on Information Entropy[J]. Journal of Northwest Sci Tech University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition), 2006, 34(6): 141-144. (in Chinese))
- [5] 郭荣中,杨敏华.基于信息熵的长株潭区域土地利用结构分析[J].农业现代化研究,2013,34(1):72-76. (GUO Rongzhong, YANG Minhua. Studies on Land Use Structures of City Group Based on Information Entropy[J]. Research of Agricultural Modernization, 2013, 34(1): 72-76. (in Chinese))
- [6] 简洁,涂建军,张戈,等.京、津、沪、渝产业结构动态对比分析[J].西南师范大学学报(自然科学版),2012,37(12):120-125. (JIAN Jie, TU Jianjun, ZHANG Ge, et al. A Dynamic Comparison on Industrial Structure of Beijing, Tianjin, Shanghai, and Chongqing[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2012, 37(12): 120-125. (in Chinese))

(下转第 177 页)

业带来的不利影响以及欧美发达国家的农业环境政策的影响,农业环境污染问题在日本逐渐得到重视。2005年颁布了新的《食物、农业、农村基本计划》和《农业环境规范》,提出了全面实施环境保全型农业的政策<sup>[6]</sup>。因此,日本在农田水利规划设计中,不仅与项目相关的农业生产基础设施的调查是其必须内容之一,对灌溉水源的水质、生产用废水及生活用排水的处理与利用等农业生产环境和农村生活环境的综合整治也相当重视,其内容具体到灌溉水源的水质监测、生产用废水及生活用废水对农田、农作物、地下水、农村景观等农村环境的影响程度及处理方式、环保设备的选型与维护、排水方案的选定与排水系统的维护、废水处理后的检测方式及对终端的影响等。

为保护生态环境,日本的农田水利规划会从生态保护方面对灌排渠道的设计进行详尽的方案比选,例如迎水坡坡面及渠底材料对水深、水温、流速、水流边界条件、营养盐的迁移的影响是否会导致泥沙淤积、水体自净能力下降、洄游生物迁徙途径破坏,区域内的物种食物链是否会受到影响,对由动物、植物和微生物组成的生命系统的影响程度等;人工直接种植岸边林木及植被对深水处光合作用的影响程度,是否会改变植物、微生物、鱼类、鸟类、两栖动物和无脊椎动物等物种的密度、比例等,甚至于渠道的宽度、坡度对动物和昆虫栖息的影响也在考虑之列。如为便于小动物不慎落入沟内后,可顺着斜坡爬上来,在道路旁坡下用于排水的侧沟边,每隔一段距离都专为小动物砌一斜坡,侧沟的宽度、深度、斜坡的坡度在满足排水的同时,还要根据当地小型动物的栖息及捕食习惯、行为能力等综合考虑。

日本生态型护岸技术的发展已有半个多世纪的历史。20世纪90年代初,日本又提出了“亲水”观念<sup>[7]</sup>,在农田水利规划中,具体体现在将农业生产基础设施、农村生活环境、农村生态环境、农村景观融为一体,综合考虑,最大程度的体现人与自然的和谐。

### 3 结语

日本农田水利规划不只是考虑农田水利本身,还考虑了规划区域未来的开发设想及相关项目和农业经营栽培状况,并细化到家禽饲养头数及饲养农户数的动向、农作业机械的普及状况和交通运输的使用状况、主要作物的生产费用及农户的收入、土地所有及耕地分散情况、劳动力和农户数及就

业状态的动向,尤其是在概查和精查两个阶段都非常重视农户的意向,对区域及道路、灌溉及排水、农业经营管理、生态与环境的精查则是日本农田水利规划中协调农田与农村环境的主要内容,对我国的农田水利规划和新农村建设有一定的借鉴及参考价值。

### 参考文献(References):

- [1] 潘树茂,宋德全.日本农田水利基本建设管理模式[J].水利天地,1993,(4).(PAN Shu mao, SONG De quan. Japan's Irrigation and Water Conservancy Capital Construction Management Model[J]. Water World, 1993, (4). (in Chinese))
- [2] 潘传柏,神原撤,黄发新.农田建设规划设计指南[R].荆州:中日合作项目日本专家组,湖北省涝渍地开发工程技术研究中心,2002.(PAN Chu an bo, SHEN Yuan che, HU AN G Fa xin. Manual of Farmland Construction Planning and Design[R]. Jingzhou: Sino-Japanese Cooperation Project Japanese Expert Group, Hubei Waterlogging Land Development Engineering Technology Research Center, 2002. (in Chinese))
- [3] 日本土地改良工程规划设计农田(水田)平整设计规范[S].东京:农业土木学会,2000:76-201,249-259.(Farmland Leveling Design Specifications of Land Improvement Project Planning and Design[S]. Tokyo: Institute of Agricultural Civil Engineering, 2000: 76-201, 249-259. (in Japanese))
- [4] 日本土地改良工程规划设计暗管排水设计规范[S].东京:农业土木学会,2000:16-39.(Concealed Pipe Design Specifications of Planning and Design of Land Reclamation Project[S]. Tokyo: Institute of Agricultural Civil Engineering, 2000: 16-39. (in Japanese))
- [5] 张敦强.日本农村水利情况介绍[J].中国农村水利水电,1997(7).ZHANG Dun qiang. Introduction of Japanese Rural Water Conservancy[J]. China Rural Water and Hydropower, 1997, (7). (in Chinese)
- [6] 周玉新,唐罗忠.日本农业环保政策及对我国的启示[J].环境保护,2009,(21).ZHOU Yu xin, TAN Luo zhong. Japanese Agricultural Protection Policy and Its Enlightenment to China[J]. Environmental Protection, 2009, (21). (in Chinese)
- [7] 黄奕龙.日本河流生态护岸技术及其对深圳的启示[J].中国农村水利水电,2009,(10).(HU AN G Yi long. Ecological Embankment in Japan and Its Application in Shenzhen[J]. China Rural Water and Hydropower, 2009, (10). (in Chinese))

(上接第148页)

[7] 刘起运,彭志龙.中国1992-2005年可比价投入产出序列表及分析[M].北京:中国统计出版社,2010.(LIU Qi yun, PENG Zhi long. Comparable Price Input-output Tables of China from 1992 to 2005 and Their Analysis[M]. Beijing: China statistics Press, 2010. (in Chinese))

[8] 陈锡康,陈敏洁.水资源投入产出模型及水价的计算问题[J].农业系统科学与综合研究,1987,(2):F17.(CHEN Xi kang, CHEN Min jie. Water Resources Input-output Model and Calculation of Water Price[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 1987, (2): F 17. (in Chinese))