

水利科技进步投入产出作用机理及贡献率测算

——来自江苏省的实证分析

袁汝华¹,孔德财^{1,2},吴凤平¹,陈 辉³,朱 敏³

(1. 河海大学商学院,江苏南京 210098; 2. 中国建设银行江苏省分行,江苏南京 210002;
3. 江苏省水利厅,江苏南京 210029)

摘 要:分析了水利科技进步促进水利经济效益增长的作用机理,并应用 C-D 生产函数法计算了近 10 年来江苏省水利系统各投入要素对水利经济效益增长的贡献份额。研究结论显示,资金投入的贡献份额呈现一定程度的下降趋势,劳动力投入的贡献份额表现出先递增后趋于平稳的特征,技术进步的贡献份额呈现稳步增长的趋势,且对水利经济效益增长的贡献份额明显高于资本或劳动力的贡献份额。在此基础上应用二次移动平均法对江苏省未来 10 年的水利科技进步贡献率进行了预测。结果显示,在国民经济增长率和物质资本投资率都保持持续稳定的前提下,江苏省水利科技进步贡献率有望在 2015 年达到 60%。

关键词:水利;科技进步;作用机理;贡献份额

中图分类号:F204 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-4970(2013)04-0050-04

水利科技创新是发挥国民经济基础产业功能的国家创新体系建设的有机组成部分。改革开放 30 年来,我国水利技术创新步伐不断加快,依靠科技进步推动水利生产发展,促进水利经济效益增长取得了明显的成效,但同时也存在一些薄弱环节,表现为水利事业对社会经济可持续发展的支撑能力受到不同程度的制约。有关研究成果^[1]显示,截至 2007 年,全国平均水利科技进步贡献率达到 42.72%,一方面表明科技进步在我国水利事业发展中发挥了积极有效的促进作用;但另一方面也表明,与经济发达国家(科技贡献率达 70% 以上)相比,我国水利科技整体发展水平还有一定差距。当前和今后一个时期是水利基本实现现代化的关键时期,中央明确提出到 2020 年,全国水利行业的科技进步贡献率要达到 60% 的发展目标。在此背景下,本文通过研究水利科技进步的投入产出作用机理,试图更加全面深刻地剖析水利科技进步在社会经济发展中的贡献作用,并以江苏省为实证分析对象测算水利科技进步贡献率,对于全面衡量现阶段江苏水利科技进步水平,加快推进江苏水利现代化建设,并通过发挥典型与示范效应丰富全国水利科技发展决策参考信息具

有重要意义。

一、水利科技进步投入产出作用机理

从微观运行机制来看,科技进步既是生产要素的重新组合,又是类似无形资产的生产性投入^[2]。水利科技进步和其他行业科技进步一样,首先源于科技资源在基础研究、应用研究、开发研究等阶段的投入,产生相应的科技成果并相互渗透形成水利技术创新,同时通过技术引进和技术转移体系形成技术群,共同推动水利科技进步在生产实践中发挥效益,其效果表现为:采用新的理论知识和技术方法使较少的投入获得相同的产出,或使相同的投入获得更大的产出。从宏观运行机制来看,科技进步作为经济增长的一个内生变量,是经济增长十分重要的源泉。而水利科技的发展更加重视宏观问题的探索,在更大的空间和时间尺度上研究水的迁移、演变规律,特别是水与生态及社会经济之间的相互关系。

因此,综合分析科技进步促进水利经济效益增长的作用机理,主要是通过水利科技的持续投入,探索形成以水资源开发、利用、保护和管理为核心的新理论、新模型、新方法以及开发新技术、新材料、新工

收稿日期:2013-03-12
基金项目:江苏省水利厅科技项目(2012021);水利部公益性行业科研专项经费项目(201301055);国家自然科学基金项目(41271537)
作者简介:袁汝华(1962—),男,江苏兴化人,教授,从事技术经济及管理研究。

艺等技术创新成果,通过科技成果转化迅速形成社会生产力,并通过机制创新、组织管理创新等因素渗透到利用和控制水的社会经济活动中,成为促进水利建设和经济社会发展的动力和引擎。因此,水利科技进步是一个发挥国民经济基础产业功能的有机整体,其在水社会经济系统中的投入产出作用机理如图1所示。

二、水利科技进步贡献率测算模型

国外在测算科技进步贡献率的研究方面,最早起源于美国。1927年,美国数学家柯布和经济学家道格拉斯提出了描述产出量与投入量关系的理论与方法,即柯布—道格拉斯(Cobb-Douglas)生产函数^[3],奠定了测算科技进步贡献率的基础。1957年,美国经济学家索洛^[4]将技术进步纳入生产函数中,首次作为推动经济增长的因素固定在科技进步贡献率模型中。在充分吸收国外研究成果的基础上,国内在计算科技进步贡献率的实践中采用的模型有:Cobb-Douglas生产函数法(C-D生产函数法)、索洛余值法、CES生产函数法、增长因素分析法等^[5-7]。其中,鉴于C-D生产函数作为最有影响、使用最广泛的生产函数形式,其中的参数具有明确的经济含义,函数本身也易于数学处理,而且特别是使用C-D生产函数测算各种要素投入对产出增长的贡献率时具有其他生产函数无法替代的优越性。基于上述考虑,本文采用C-D生产函数作为测算水利科技进步贡献率的基本模型。

C-D生产函数的一般形式为:

$$Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^\beta (0 < \alpha < 1, \alpha > 0, \beta > 0) \quad (1)$$

则技术水平A的形式为:

$$A = Y / (K^\alpha \cdot L^\beta) \quad (2)$$

假设规模效益不变,即 $\alpha + \beta = 1$,则式(1)形式变

化为:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} (0 < \alpha < 1, \alpha > 0) \quad (3)$$

将式(3)两边同除以L并取自然对数可得:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \ln A + \alpha \ln\left(\frac{K}{L}\right) \quad (4)$$

显然,式(4)为一线性方程,参数lnA和 α 可利用SPSS软件进行回归估计。将式(4)两边进行全微分,并假设技术进步因素是随时间变化的,则:

$$\frac{dY}{Y} = \alpha \frac{dK}{K} + (1 - \alpha) \frac{dL}{L} + \frac{dA}{A} \quad (5)$$

其中dY/Y表示总产出增长率, $\alpha \cdot dK/K$ 可表示资本投入因素对总产出增长的贡献,($1 - \alpha$)·dL/L可表示劳动力因素对总产出增长的贡献,dA/A表示科技进步等综合因素对总产出增长的贡献。

三、江苏省水利科技进步贡献率的测算分析

1. 数据准备与处理

(1) 产出Y的计算

根据水利科技进步投入产出的作用机理(图1),本文计算的水利经济效益主要考虑防洪效益^[8]、排涝效益、灌溉效益、水力发电效益、供水效益5个方面,计算方法主要以水利部《水利建设项目经济评价规范》(SL 72—94)和《已成防洪工程经济效益分析计算及评价规范》(SL 209—98)为依据,综合运用抽样调查和数理统计分析进行计算。

水利生产主要产出效益计算方法:防洪效益=减淹面积×综合损失单价;除涝效益=作物减淹绝产面积×作物平均单产×作物单价;灌溉效益=实灌面积×灌区作物增产量×综合单价×水利灌溉分摊系数;发电效益=水力发电量×平均上网电价;供水效益=工业新增净产值×工业供水效益分摊系数。

(2) 资本投入K的确定

由于资本投入的经济效益产出在时间上存在时

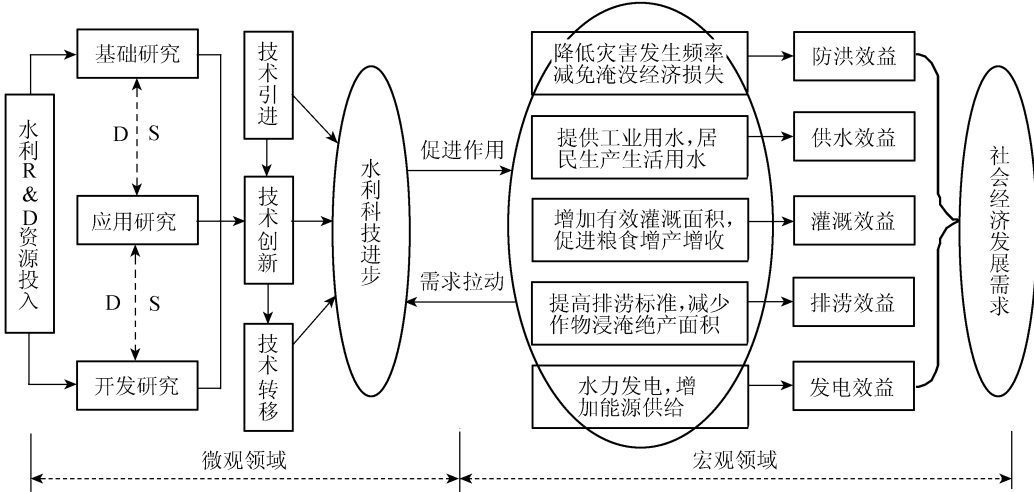


图1 水利科技进步的投入产出作用机理

滞,因此采用资本存量而非当年投资流量作为测度变量。资本存量的计算采用 Goldsmith 提出的永续存盘法^[9],基本公式为:

$$K_t = I_t/P_t + (1 - \delta)K_{t-1}$$
 (6)

其中 K_t 为第 t 年的资本存量, I_t 为第 t 年的水利固定资产投资额, P_t 为固定资产投资价格指数, δ 为固定资产折旧率。

(3)劳动力投入 L 的确定

水利经济系统涉及一切利用和控制水的活动,除了从事土石方劳动作为水利劳动投入的重要组成部分,其他如水电、水利管理部门与经营部门人员的劳动付出等都应归属劳动投入。

$$L = (\text{上年年末数} + \text{本年年末数})/2$$
 (7)

依据上述方法和历年江苏水利系统相关统计资料计算 1990—2010 年江苏水利经济效益,并依据《江苏统计年鉴》(1991—2011)的水利资金和劳动力投入,汇总得到江苏水利系统各要素投入产出情况,如表 1 所示(其中效益 Y 和资金 K 已换算成 1990 年不变价格水平)。

2. 江苏省 2000—2010 年水利科技进步贡献率的计算

根据表 2 中 1990 ~ 2010 年的产出合计、资金、劳动力三项数据建立 Cobb-Douglas 生产函数模型,利用 SPSS 软件对模型参数进行估计,并进行回归的显著性检验,得到模型相关参数估计结果为: $\ln A = 3.515, \alpha = 0.373, R = 0.873, R^2 = 0.762, F = 60.677, t_1 = 26.745, t_2 = 7.790$, 可知方程回归整体显著性较强,由此可得回归模型:

$$\ln(Y/L) = 3.515 + 0.373 * \ln(K/L)$$
 (8)

即:
$$Y = 33.6169K^{0.373}L^{0.627}$$
 (9)

根据回归结果,资本产出弹性 $\alpha = 0.373$,表示在其他条件不变的情况下,资金增加 1% 时,水利经济效益产出增加 0.373%;按照规模报酬不变的假设,则劳动力产出弹性为 0.627%,表示在其他条件不变的情况下,劳动力投入增加 1% 时,水利经济效

益产出增加 0.627%。建立 C-D 生产函数回归模型后,据式(5)即可求出各投入要素对产出增长率的贡献份额,计算结果如表 2 所示,各要素贡献率历年变化趋势如图 2 所示。

表 2 C-D 生产函数计算的各要素投入对水利效益增长的贡献率

年份	资本	劳动力	科技进步
1991—2000	36.82	9.40	53.78
1992—2001	37.37	10.13	52.50
1993—2002	37.86	12.38	49.76
1994—2003	35.99	14.80	49.21
1995—2004	34.17	17.48	48.35
1996—2005	31.99	18.57	49.44
1997—2006	30.79	17.71	51.50
1998—2007	29.81	18.09	52.10
1999—2008	28.43	17.14	54.44
2000—2009	28.49	16.55	54.96
2001—2010	28.28	16.36	55.36

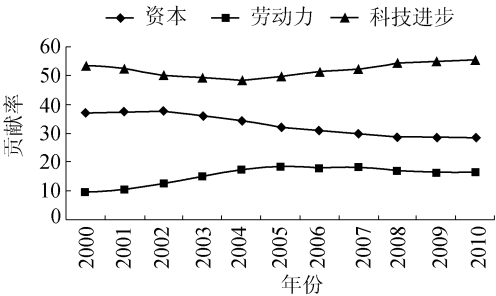


图 2 C-D 生产函数计算的各要素投入对水利经济效益增长的贡献率

从图 2 各要素贡献份额变化趋势可以看出,资金投入的贡献份额呈现一定程度的下降趋势,劳动力投入的贡献份额表现出先递增后趋于平稳的特征,技术进步的贡献份额呈现稳步增长的趋势,且对水利经济效益增长的贡献份额明显比资本及劳动力的贡献份额要高。

3. 江苏省 2011—2020 年水利科技进步贡献率的预测

利用统计数据分析工具,对未来 10 年江苏水利

表 1 江苏省 1990—2010 年水利系统投入与产出效益 单位:亿元(1990 年价);万人

年份	水利效益(Y)	资本存量(K)	劳动力(L)	年份	水利效益(Y)	资本存量(K)	劳动力(L)
1990	374.96	9.240	5.39	2001	361.91	94.144	3.80
1991	334.38	9.320	5.41	2002	373.82	108.177	3.51
1992	299.33	9.179	5.49	2003	339.39	113.141	3.20
1993	250.08	9.318	5.52	2004	332.24	110.520	2.98
1994	238.35	11.122	5.51	2005	346.21	111.100	2.77
1995	175.68	13.357	5.58	2006	379.42	114.768	2.77
1996	186.04	16.753	5.73	2007	389.53	113.162	2.83
1997	225.45	25.016	5.68	2008	488.74	117.014	2.84
1998	283.84	39.791	5.35	2009	597.27	137.670	2.90
1999	343.98	59.450	4.65	2010	687.73	151.191	2.99
2000	370.95	78.612	3.99				

科技贡献率进行预测。通过对图 2 进行添加趋势线操作,经多次模拟,发现利用二次移动平均预测法^[10]对全省水利科技进步贡献率的拟合效果较好,预测结果与整体规划目标较为吻合。二次移动平均预测法的原理是对一次平均预测法再次进行移动平均,可以消除一次移动平均带来的滞后偏差对预测的影响。在两次移动平均的基础上建立预测模型,对预测对象进行预测。设 N 为步长,对其预测的步骤为:

首先,对时间序列 $\{x_t\}$ 计算第 t 期的一次移动平均值 $M_t^{(1)}$,其计算公式为:

$$M_t^{(1)} = \frac{x_t + x_{t-1} + x_{t-2} + \cdots + x_{t-(N-1)}}{N} \tag{10}$$

其次,在 $M_t^{(1)}$ 基础上计算第 t 期的二次移动平均值 $M_t^{(2)}$,其计算公式为:

$$M_t^{(2)} = \frac{M_t^{(1)} + M_{t-1}^{(1)} + M_{t-2}^{(1)} + \cdots + M_{t-(N-1)}^{(1)}}{N} \tag{11}$$

再次,利用 $M_t^{(1)}$ 和 $M_t^{(2)}$ 估计线性趋势模型的截距和斜率:

$$a_t = 2M_t^{(1)} - M_t^{(2)} \tag{12}$$

$$b_t = \frac{1}{N-1}(M_t^{(1)} - M_t^{(2)}) \tag{13}$$

最后,建立线性预测模型为:

$$\hat{x}_{t+\tau} = a_t + b_t\tau \tag{14}$$

其中, τ 表示预测超前期数; $\hat{x}_{t+\tau}$ 表示第 $t+\tau$ 期的预测值。

依据上述步骤,结合表 2 的数据,本文选取步长 $N=3$ 来进行一次移动平均,在此基础上进行二次移动平均,然后计算线性趋势模型的斜率和截距,继而得到水利经济效益产出、资金投入以及劳动力投入的预测模型分别为:

$$\hat{Y}_{t+\tau} = 681.72 + 45.24\tau \tag{15}$$

$$\hat{K}_{t+\tau} = 146.29 + 5.50\tau \tag{16}$$

$$\hat{L}_{t+\tau} = 2.96 + 0.03\tau \tag{17}$$

其中, $t=2010,\tau=1,2,\cdots,10$ 。假设国民经济增长率和物质资本投资率都保持持续稳定,根据式(15)一式(17)分别对 2011–2020 年水利经济效益产出、资金投入以及劳动力投入进行预测,并进一步依据预测结果建立 C-D 生产函数模型,得:

$$\ln(Y/L) = 3.341 + 0.507 \times \ln(K/L) \tag{18}$$

$$t \text{ 值} = (21.552) \quad (10.535)$$

$$R^2 = 0.793, F = 110.985$$

根据式(18)计算 2011—2020 年江苏省水利科技进步贡献率的预测值,结果如表 3 所示。

表 3 江苏省 2011–2020 年水利科技进步贡献率预测 %

年份	E_A	年份	E_A
2011	56.73	2016	61.45
2012	57.42	2017	62.38
2013	58.76	2018	63.21
2014	59.43	2019	63.77
2015	60.37	2020	65.11

根据表 3 的预测结果,在国民经济增长率和物质资本投资率都保持持续稳定的前提下,江苏省水利科技进步贡献率将在 2015 年达到 60%,但是需要说明的是,准确预测未来若干年水利科技进步对水利经济效益影响的大小是一项困难的任务,随着政府经济与科技政策、水利科技投入态势以及自然环境等因素的变化,都可能引起水利科技贡献率的变化。本文预测结果只是在保持经济增长和资本投入稳定的情况下,利用历史数据建立的预测模型预测的,目的是作为未来 10 年江苏省水利科技进步贡献率水平的基准,为未来宏观方向的分析 and 把握设定一个反映趋势的动态目标值,从而为政府部门动态监测水利科技贡献率变化情况和及时地调整方针政策提供参考。

四、主要研究结论

根据本文对水利科技进步对水利经济效益产出的作用机理的分析和贡献份额的测算(表 2)以及预测结果(表 3),江苏省 2000 年以来水利系统各要素投入对水利经济效益增长的贡献率呈现出不同的变化趋势:其一,资金投入的贡献份额在较小范围内变化并呈现一定程度的下降趋势,从 2000 年的 36.82% 下降至 2010 年的 28.28%,说明较以往水利效益增长主要依靠固定资产投资拉动的粗放式投入方式得到较大程度的改善;其二,劳动力投入的贡献份额表现出先递增后趋于平稳的特征,从 2000 年的 9.40% 增加至 2010 年的 16.36%,说明自 2000 年以来江苏省水利行业劳动力素质的提高和从业人员结构的改善有力地促进了人力资本存量的增长,对江苏省水利经济效益的增长起到了明显的促进效应;其三,技术进步的贡献份额变化趋势表现比较稳定并逐步增长,到 2010 年,江苏省的水利科技贡献率已达到 55.36%,说明近 10 年来江苏省加快水利技术创新步伐,不断提高水利科技自主创新能力,依靠科技进步推动水利生产发展,促进水利经济效益增长取得了明显的成效;其四,在国民经济增长率和物质资本投资率都保持持续稳定的前提下,预测结果显示江苏省水利科技进步贡献率将在 2015 年达到 60%。

(下转第 68 页)

2005,19(2): 149-180.

[19] RAECHHELLE M. Mechanisms for financing international and national public goods[J]. The World Economy,2005, 28(8):1095-1117.

[20] 张莹,杜建国. 环保融资的现状分析及TOT 模式探讨[J]. 现代管理科学,2006(8):101-102.

[21] 吴焕林. 城市污水处理行业TOT 模式的探讨[J]. 法制与社会,2008(28):343-344.

[22] 张旺. 关于水利投融资机制的探索和创新[J]. 中国水利,2010(14):18-21.

[23] 何寿奎. 城市基础设施PPP 建设模式挑战与对策[J]. 生产力研究,2007(8):65-67.

[24] GENTRY. Evolving public private partnership: general themes and examples from the urban water sector[M]. Paris: Globalization and the Environment, 1998: 99-125.

[25] ARMSTRONG M, SAPPINGTON D E M. Regulation and investment[J]. Journal of the European Economic Association,2006(3):791-825.

[26] REYNAUD, THOMAS. Firm's profitability and regulation in water and network industries: an empirical analysis[J]. Utilities Policy,2013(24):48-58.

[27] LISE W, BAKER K. Economic regulation of the water supply industry in the U. K.: a game theoretic consideration of the implications for responding to drought risk[J]. International Journal on Water,2005(3):18-37.

[28] ALESINA A, ARDAGNA S, NICOLETTI G, et al. Regulation and investment[J]. Journal of the European Economic Association, 2005(3):791-825.

[29] 范飞龙. 多级政府框架下水利投资主体构建探讨[J]. 上海财经大学学报:哲学社会科学版, 2005,7(6): 34-40.

[30] 唐少景. 完善投融资机制,促进水利建设:以遂昌县金融支持水利建设为例[J]. 浙江金融,2011(5):71-75.

[31] 潘菁,贺燕萍. 外资水务对我国城市水务产业安全的影响研究[J]. 中国城市经济,2011(20):9-11.

[32] 唐忠,李众敏. 改革后农田水利建设投入主体缺失的经济学分析[J]. 农业经济问题,2005,26(2):34-43.

[33] 王宏新,柴铎,刘学敏. 土耳其GAP 项目对中国西南地区水资源开发的启示[J]. 经济地理,2010(11):1767-1772.

[34] 兰峰. 基于Fama-French 三因素改进模型的再生水行业期望收益率研究[J]. 统计与决策,2010(3):53-55.

[35] 李洁. 关于深化水利投融资体制改革的思考[J]. 生态经济,2013(5):160-162.

[36] STEM, MIRRLEES-BLACK. A framework for valuing water in England and Wales [J]. Utilities Policy, 2012(23): 13-30.

[37] DAVIS, SULLIVAN, MARLOW, MARNEY. A selection framework for infrastructure condition monitoring technologies in water and wastewater networks[J]. Expert Systems with Applications,2013(40): 1947-1958.

[38] 苏明中. 长江流域水利投资效益研究[D]. 武汉:华中科技大学,2005:1-105.

[39] MCCLAIN. Balancing Water Resources Development and Environmental Sustainability in Africa: A Review of Recent Research Findings and Applications[J]. AMBIO, 2012(6):549-565.

[40] 王俊豪. 英国政府规制体制改革研究[M]. 上海:上海三联书店,1998.

[41] 丁惠英,丁民. 国外城市水务管理经验分析[J]. 中国水利,2003(15):47-49.

.....

(上接第53页)

参考文献:

[1] 袁汝华,孔德财. 我国改革开放30 年水利科技贡献率的测度[J]. 中国科技论坛,2009(7):20-24.

[2] 李晓伟,刘则渊. 科技进步的经济学分析[J]. 软科学, 2004, 18(3):1-11.

[3] CHARLES W C, PAUL H D. A theory of production[J]. American Economic Review, 1928, 18(1):139-165.

[4] SOLOW R M. Technical change and the aggregate production function[J]. The Review of Economics and Statistics,1957,39(3):312-320.

[5] 姚凤桐,刘淑芬. 科技进步作用测算的展望[J]. 科学管理研究,2011,29(1):50-52.

[6] 徐春杰,李强. 科技投入产出绩效评价的内生增长模型研究[J]. 中国软科学,2006(8):65-72.

[7] 孔德财,袁汝华. 应用索洛模型对水利科技贡献率的研究[J]. 科技与经济,2010(6):59-62.

[8] 张辉,许新宜,张磊,等. 2000—2010 年我国洪涝灾害损失综合评估及其成因分析[J]. 水利经济,2011(5):5-9.

[9] 朱帆,余成群,董冠鹏. 西藏自治区科技进步贡献率的测算与预测:1990-2015[J]. 中国科技论坛,2011(4): 91-96.

[10] 杨少华,郑伟. 科技进步贡献率测算方法的改进[J]. 统计与决策,2011(8):22-24.