

节水型社会的产业结构研究

倪红珍^{1,2} 王浩² 汪党献² 张庆华¹

- (1. 山东农业大学水利土木工程学院, 山东泰安 271018;
2. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100044)

摘要 建立节水型的产业布局 and 结构已成为当前及未来我国解决水资源危机最重要的根本途径。本文利用国民经济统计资料,对2000年国民经济产业部门用水与污水排放效应进行分析,进行国民经济用水的环境经济综合核算,全面剖析国民经济产业部门的用水全成本,建立全面反映国民经济用水效应的投入产出表。①从数量上,分析国民经济产业部门取用水量对水资源耗减的贡献,计算部门创造单位增加值所造成的水资源耗减成本;②从水质方面,分析国民经济产业部门污水排放对水资源降级或水环境退化的效应,计算部门创造单位增加值所造成的水资源降级(或退化)成本;③综合评价国民经济各产业部门创造单位增加值生产活动对水资源的影响和贡献,对产业部门用水性质进行判别;④根据分析结果,提出应结合水资源区域特征,建设节水型社会的产业结构和产业布局的调整建议和对策,运用虚拟水战略实现水资源的合理配置。

关键词 产业;节水;水资源耗减;水资源降级;核算

建设节水型社会,需要多渠道、多途径的节水措施与方式的支持和支撑。2005年6月3日,中国水利杂志专家委员会会议暨节水型社会建设高层论坛在北京举办,会上专家提出节水型社会建设要落实三个体系的建设:开展用水制度改革,建立与用水权指标控制相适应的水资源管理体系;通过调整经济结构和产业结构,建立与区域水资源承载能力相适应的经济结构体系;建设水资源配置和节水工程,建立与水资源优化配置相适应的水利工程体系。很显然,建立节水型产业结构是建设节水型社会的重要途径。

节水型产业的识别应从部门用水对水资源数量和质量的影响两方面指标加以评判,即反映出部门用水对水资源耗竭的贡献与部门废污水排放对水资源降级的影响。本文通过我国2000年产业部门的用水效果和排污效应分析,从水资源的数量和质量两方面进行经济部门用水对水资源影响的实物核算和货币核算,以此为基础,以事实数据反映经济部门的用水效应,为节水型产业结构的建设提供参考价值和依据。

1 产业部门的用水与废污水排放分析

由2000年我国水资源公报^[1]可知,当年的水资源量为27700.81亿 m^3 ,经济社会的总供水量5530.73亿 m^3 ,以此推算自然生态环境的实际可用水量为22191.22亿 m^3 。根据1999年我国水资源公报^[2],我国1999年水资源总量为28195.7亿 m^3 ,可以推算出2000年经济

社会用水总量超出当年水资源补给量，造成水资源数量耗减 494.89 亿 m³（见表 1）。

表 1 水资源使用效应情况

地表水价值 (亿元)	地下水价值 (亿元)	价值合计 (亿元)	总量 (亿 m ³)	总供水量 (亿 m ³)	生态用水量 (亿 m ³)
39122.73	10520.70	49643.43	27700.81	5530.73	22191.22
单方水价值 (元/m ³)	水资源的耗减量 (亿 m ³)	耗减损失 (亿元)	单位用水耗减成本 (元/m ³)	污染降级损失 (亿元)	单位用水降级成本 (元/m ³)
2.24	494.89	1475.28	0.27	2103.74	0.38

2000 年，我国农业、工业与生活用水总量分别为 3783.54 亿 m³、1139.13 亿 m³ 和 574.92 亿 m³。由 1999 年经济社会各部门的用水系数^[3]以及参照我国行业用水定额，推得 2000 年我国 17 个产业部门的用水量（见表 2）。

由 2000 年中国环境年鉴^[4]，可知全国 2000 年工业废水（不包括火电直流冷却水）和城镇生活污水排放总量 620 亿 t，其中工业废水占 66%，生活污水占 34%。同时根据环境年鉴中各工业行业工业废水排放及处理情况表^[4]，以及参照 1999 年我国各行业用水部门的废污水排放系数（水利部重大科技项目《水利与国民经济协调发展研究》成果，2004 年），计算得到 2000 年 17 个产业用水部门的废污水排放量（见表 2）。

2 2000 年水资源的自然生态环境用水价值分析

根据 2004 年水利部重大科技项目《水利与国民经济协调发展研究》成果，对水资源的自然生态环境服务功能进行辨识，根据环境经济学价值评估理论与方法^[5]，对各项功能的服务价值进行分析计算，分别得到地表水和地下水支持的自然生态环境功能的价值为 39122.73 亿元和 10520.70 亿元，合计 49643.43 亿元。分摊到自然生态环境单方用水的价值为 2.24 元/m³（见表 1）。

3 水资源的耗减成本与降级成本核算

3.1 水资源的耗减成本

水资源的耗减损失是指由于经济社会挤占生态环境用水导致生态环境的缺水损失。2000 年水资源的耗减损失包括两部分，一是经济社会超自然补给用水挤占自然生态环境用水造成的自然生态环境缺水损失，二是因超采地下水导致已经形成的地面沉降损失。根据 2004 年水利部重大科技项目《水利与国民经济协调发展研究》成果，因超采地下水导致已经形成的地面沉降损失为 368.17 亿元。由单方水自然生态环境价值及水资源的耗减量，推算得 2000 年我国经济社会挤占自然生态环境用水导致水资源的耗减损失为 1107.11 亿元。

2000 年水资源的耗减损失总计为 1475.28 亿元，分摊到经济社会单方用水应承担的耗减成本为 0.27 元/m³。按各部门的用水量可推算各部门应承担的水资源耗减损失（见表 2）。

3.2 水资源的降级成本

水资源的降级损失是指由于水污染导致水资源质量下降，造成后续经济发展成本增加、产品价值降低、供水成本增加、健康受损以及生态环境破坏等损失。根据 2004 年水

单位:10⁸元

2000年投入产出基本流量表(中间使用部分)

表 2

产 出	农 业	采 掘 业	食 品 制 造 业	皮 革 产 品 制 造 业	其 他 制 造 业	水 生 产 供 应 业	石 油 加 工 业	化 学 工 业	非 金 属 矿 物 产 品 制 造 业	金 属 产 品 制 造 业	机 械 设 备 制 造 业	建 筑 业	运 输 邮 电 业	商 业 饮 食 业	居 民 服 务 业	金 融 保 险 业	其 他 服 务 业
总收入合计	26448.27	8083.75	14650.81	17089.21	8925.79	8523.22	8321.14	21587.19	6275.13	15726.60	41629.77	22157.05	10570.80	16934.28	11042.74	5165.16	14421.90
中间投入合计	11152.23	3403.83	10039.94	12594.67	5929.37	5062.22	6249.40	16366.88	4419.54	12587.73	31649.41	16213.98	5124.57	9580.80	5981.95	1322.48	7526.89
农 业	4035.55	42.24	5986.27	1429.78	419.19	0.65	0.03	799.49	21.61	4.26	10.19	85.72	12.68	910.28	54.65	0.00	171.28
采 掘 业	43.92	323.17	51.89	38.78	99.63	1116.78	4497.70	574.45	403.25	1085.01	199.24	213.61	38.85	18.92	46.95	1.72	79.57
食 品 制 造 业	1510.83	2.05	1577.00	243.12	6.19	0.00	0.00	222.46	5.91	0.00	0.44	12.81	48.32	1436.90	211.70	0.63	76.32
皮 革 产 品 制 造 业	79.80	55.71	33.47	7294.69	624.99	19.20	11.53	801.32	107.17	62.17	249.54	69.57	55.51	222.57	205.81	8.56	144.62
其 他 制 造 业	81.89	65.18	397.48	146.21	1924.34	54.30	24.72	392.83	439.86	641.52	585.53	350.15	170.04	584.31	437.91	117.27	703.87
水 生 产 供 应 业	306.58	589.53	152.77	147.06	388.51	564.06	206.40	1939.63	490.02	1507.98	564.69	242.67	252.01	206.36	151.87	21.82	293.23
炼 焦 石 油	370.31	286.34	39.46	35.77	58.21	1157.31	640.48	745.68	275.38	878.44	360.61	1725.42	1154.29	366.44	355.77	14.36	161.77
化 学 工 业	2474.73	368.51	408.39	1482.16	755.10	53.06	124.83	8122.29	467.33	366.01	3729.50	621.62	142.66	335.80	332.53	9.55	1019.06
建 材 及 非 金 属	50.98	61.19	73.48	17.00	57.97	27.33	24.36	120.15	554.25	241.50	451.47	3505.31	24.75	87.14	148.85	4.15	102.63
金 属 产 品 制 造 业	72.37	257.41	94.79	46.47	344.99	35.29	29.35	215.62	364.86	5208.47	6052.98	3141.75	52.62	65.06	73.48	5.54	124.55
机 械 设 备 制 造 业	424.17	692.86	127.40	232.12	277.75	988.25	203.59	487.24	320.58	730.18	16124.56	2140.87	1718.21	1350.32	1100.88	172.36	903.35
建 筑 业	57.00	15.06	8.26	11.54	9.31	17.21	6.18	18.40	5.80	13.62	40.98	13.26	208.16	73.36	388.73	62.21	413.47
运 输 邮 电 业	368.97	220.72	198.28	261.03	202.59	265.59	163.56	529.77	339.69	685.45	807.29	1539.09	413.06	532.83	613.01	152.56	1244.29
商 业 饮 食 业	502.61	182.98	586.73	910.41	531.95	467.77	202.40	810.69	437.19	566.44	1426.06	1441.24	209.78	1461.80	425.29	84.71	698.00
公 用 及 居 民 服 务 业	140.57	70.69	196.50	140.58	104.61	86.93	43.49	282.38	67.01	178.89	504.06	659.29	384.58	1150.35	864.96	395.93	766.86
金 融 保 险 业	152.25	102.38	90.15	140.72	89.56	175.64	58.70	257.36	106.34	367.38	432.03	165.69	161.75	697.47	461.52	247.40	224.33
其 他 服 务 业	479.71	67.80	17.62	17.25	34.48	32.84	12.06	47.12	13.30	50.42	110.23	285.93	77.30	80.88	108.06	23.73	399.70
增 加 值 合 计	15296.04	4679.91	4610.87	4494.54	2996.42	3461.00	2071.74	5220.31	1855.59	3138.87	9980.36	5943.06	5446.23	7353.48	5060.78	3842.68	6895.00
固 定 资 产 折 旧	596.84	958.94	704.18	859.40	400.63	1059.50	380.09	997.96	365.92	661.21	1759.91	449.88	1992.08	544.16	1612.57	320.86	941.38
劳 动 者 报 酬	13443.12	1661.06	1815.07	2035.12	1174.23	840.54	599.15	2016.09	972.69	1373.93	4469.64	3905.32	2257.94	4016.59	2366.33	1550.69	5422.09
生 产 税 净 额	415.05	677.71	1161.69	857.09	338.00	760.97	627.44	1266.38	326.18	702.74	1623.89	547.14	338.15	1853.78	471.68	1241.38	203.16
营 业 盈 余	841.03	1382.21	929.94	742.93	1083.56	799.98	465.05	939.88	190.80	401.00	2126.92	1040.72	858.07	938.95	610.20	729.75	328.38
用 水 量 (10 ⁴ m ³)	3784.00	37.81	88.53	55.43	106.72	460.37	34.66	160.65	19.31	72.41	103.11	15.69	8.50	32.23	10.20	1.24	9.27
耗 电 成 本	1021.68	10.21	23.90	14.97	28.81	124.30	9.36	43.37	5.21	19.55	27.84	4.24	2.30	8.70	2.75	0.33	2.50
废 污 水 (10 ⁴ m ³)			27.65	35.51	29.96	40.32	10.48	94.22	9.17	57.31	19.83	5.82	3.19	12.73	3.41	0.14	1.31
降 级 成 本	841.50	83.97	107.83	91.00	232.74	122.46	31.83	286.13	27.84	174.06	60.23	9.66	5.29	21.13	5.66	0.23	2.17
成 本 合 计	1863.18	94.18	131.74	105.97	261.55	246.76	41.19	329.51	33.06	193.61	88.08	13.90	7.58	29.83	8.41	0.57	4.68

注 按当年生产者价格计算。

利部重大科技项目《水利与国民经济协调发展研究》成果,由水污染导致的水质类别与各类用水户的损失率构建水质—经济影响函数,分部门进行水污染损失的计算。通过分析,得2000年我国由于水污染导致的地表水水质下降引起的水资源降级损失为1746.00亿元,地下水污染损失为357.74亿元,合计水资源降级损失为2103.74亿元。若按用水户单方水应承担的补偿水资源降级损失的价格分析,分摊为单方水的水资源降级成本为0.38元/m³。根据环境专家分析估计,每年因农业面污染造成水资源的质量下降占水污染总损失的约40%,估计2000年农业废污水排放造成的水污染损失为841.50亿元。根据2000年中国环境年鉴中各工业行业工业废水排放及处理情况表^[4],得到各部门单方废污水的处理成本,由成本比例衡量部门废污水排放造成的危害比重,对2000年水资源降级损失进行分摊,得到各部门废污水排放对水资源降级损失的贡献份额。同理,计算第三产业各部门废污水排放对水资源降级损失的贡献份额,成果见表2。

4 17部门投入产出及水资源使用效应

根据2000年17产业部门的投入产出表(2002年中国统计年鉴)^[6]和水资源使用和废污水排放效应分析,构建2000年我国17产业部门基于水资源核算的投入产出情况表(见表2)。以此为依据,根据投入产出分析技术,计算各产业部门的增加值用水系数与增加值废污水排放系数,以及产业部门创造单位增加值引起水资源耗减损失系数与水资源降级损失系数,并进行排序(见表3)。产业部门分类见《国民经济行业分类与代码(国家统计局设管司,GBT4754—94)》。

4.1 用水系数

由投入产出分析理论,计算各产业部门生产的单位增加值用水系数,包括直接用水系数 q_j 和完全用水系数 w_j 。

直接用水系数:

$$q_j = Q_j / N_j \quad (1)$$

完全用水系数:

$$\hat{w} = \hat{q}(I - A)^{-1} \quad (2)$$

式中: Q_j 为 j 产业部门的总用水量; N_j 为 j 产业部门的增加值; \hat{w} 为完全消耗系数矩阵; A 为直接消耗系数矩阵。

4.2 污水排放系数

运用投入产出分析模型,考察产业污水排放的效果。

污水直接排放系数:

$$p_j = P_j / N_j \quad (3)$$

完全排放系数 e_j :

$$\hat{e} = \hat{p}(I - A)^{-1} \quad (4)$$

式中: P_j 为 j 产业部门的污水排放总量; \hat{e} 为污水完全排放系数矩阵; \hat{p} 为污水直接排放系数矩阵。

4.3 损失系数

运用投入产出分析模型,可以考察产业生产与水相关的活动造成的水资源耗减损失、

表 3 17 产业部门用水系数与废水排放系数及造成水资源损失系数排序表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
产业部门	农业	其他制造业	水生产供应业	化学工业制造业	食品制造业	食品制造业	皮革产品制造业	采掘业	石油加工业	非金属制品业	机械制造业	商业饮食业	建筑业	居民服务业	运输邮电业	其他服务业	金融保险业
直接损失系数 (元/万元)	1218.08	872.89	712.98	631.20	616.81	285.71	235.77	201.25	198.81	178.14	88.25	40.57	23.38	16.62	13.92	6.79	1.47
产业部门	农业	其他制造业	化学工业制造业	金属制造业	食品制造业	水生产供应业	皮革产品制造业	机械制造业	非金属制品业	建筑业	石油加工业	采掘业	商业饮食业	其他服务业	居民服务业	运输邮电业	金融保险业
完全损失系数 (元/万元)	1806.04	1762.66	1622.77	1539.94	1338.80	1160.01	1108.38	915.47	896.78	717.41	700.01	610.68	578.65	483.25	463.31	407.60	162.13
产业部门	农业	其他制造业	食品制造业	皮革产品制造业	金属制造业	化学工业制造业	机械制造业	采掘业	非金属制品业	居民服务业	石油加工业	商业饮食业	水生产供应业	金融保险业	运输邮电业	建筑业	其他服务业
完全用水系数 (m ³ /万元)	3279.68	1879.34	1756.20	1239.56	1146.13	1080.20	958.17	741.65	734.51	666.97	587.18	577.85	474.28	438.38	419.77	363.14	138.58
产业部门	农业	其他制造业	食品制造业	皮革产品制造业	金属制造业	化学工业制造业	机械制造业	采掘业	非金属制品业	居民服务业	石油加工业	商业饮食业	水生产供应业	金融保险业	运输邮电业	建筑业	其他服务业
完全耗损系数 (元/万元)	885.51	507.42	474.17	334.68	309.45	291.65	258.70	200.25	198.32	180.08	158.54	156.02	128.05	118.36	113.34	98.05	37.42
产业部门	农业	金属制造业	机械制造业	皮革产品制造业	采掘业	化学工业制造业	食品制造业	非金属制品业	商业饮食业	石油加工业	其他制造业	水生产供应业	居民服务业	金融保险业	运输邮电业	建筑业	其他服务业
完全排放系数 (m ³ /万元)	456.66	416.27	403.37	228.64	228.04	222.09	221.78	182.66	174.26	168.50	154.32	113.66	112.65	110.54	100.58	39.52	
产业部门	金属制造业	皮革产品制造业	机械制造业	农业	其他制造业	化学工业制造业	采掘业	非金属制品业	食品制造业	商业饮食业	石油加工业	水生产供应业	居民服务业	金融保险业	运输邮电业	建筑业	其他服务业
完全降损系数 (元/万元)	1453.20	1288.08	1281.23	920.53	831.37	816.73	715.22	698.46	685.84	561.39	541.47	482.62	398.57	364.89	349.97	309.55	124.71

水资源降级损失、水资源总损失的直接与完全系数。

直接损失系数：

$$L_{djk} = l_{djk} / N_j \quad (5)$$

完全损失系数 L_{cjk} ：

$$\hat{L}_c = \hat{L}_d (I - A)^{-1} \quad (6)$$

式中： l_{djk} 为第 j 产业部门第 k 类损失量； L_{djk} 为第 j 产业损失的直接系数矩阵； \hat{L}_c 为第 j 产业第 k 类损失的完全系数矩阵。

由表 3 分析可以看出，产业用水系数与其造成的水资源耗减成本效应排序相同，而产业废污水排放系数与其造成的降级系数排序有很大的差异，这主要因为各产业部门排放废污水中污染物的不同，从而造成的危害或处理费用不同。因此，考察一个产业部门是否为节水型产业应从用水和水污染两方面分析对水资源的实质影响。

通过分析发现：农业、其他制造业、化学工业、金属制造业与食品制造业是生产单位增加值所造成的水资源损失危害较大依次排列的前五位产业，建筑业、居民服务业、运输邮电业、其他服务业与金融保险业是生产单位增加值所造成的水资源损失危害相对较轻依次排列的后五位产业。

5 结论

由 2000 年国民经济 17 个产业部门用水和废污水排放对水资源造成的危害损失进行环境经济综合核算，从根源上充分体现产业生产活动对水资源数量和质量损害，以量化货币形式更直观地显示节水型产业的判别指标。

由计算结果，可以得到建筑业、居民服务业、运输邮电业、其他服务业与金融保险业是建设节水型产业结构的首选产业，而农业、其他制造业、化学工业、金属制造业与食品制造业属非节水型产业，应压缩或加以调整，并应进一步加强和提高节水效率的产业部门。

由于我国水资源时空分布不均，建立节水型产业结构应从我国整体情况全盘综合考虑，尽量结合各地水资源情况与各类资源情况合理调整产业结构，在缺水地区尽量压缩和减少农业、其他制造业、化学工业、金属制造业与食品制造业非节水型产业生产，适当增加建筑业、居民服务业、运输邮电业、其他服务业与金融保险业节水型产业的比例。在丰水地区，则相反。通过产品贸易实现虚拟水战略，间接达到水资源合理调配的目的。

参考文献

- 1 水利部. 2000 年中国水资源公报 (J). 北京: 中国水利水电出版社, 2001
- 2 水利部. 1999 年中国水资源公报 (J). 北京: 中国水利水电出版社, 2000
- 3 许健, 陈锡康, 杨翠红. 完全用水系数及增加值用水系数的计算方法 (J). 水利水电科技进展, 2003 (2)
- 4 国家环保总局. 2000 年中国环境年鉴 (M). 北京: 环境科学出版社, 2001
- 5 马中. 环境与资源经济学概论 (M). 北京: 高等教育出版社, 2000
- 6 国家统计局. 2002 年中国统计年鉴 (M). 北京: 统计出版社, 2003