

国家社会科学重点基金
(16AJY009)

中国水资源绿色效率研究

辽宁师范大学海洋城市与环境学院

主讲人：孙才志

2017年7月27日，哈尔滨



特别声明



本课件为2017中国水资源高效利用与节水技术论坛专家发言材料，仅供参会人员内部交流使用，禁止外传及作为他用！

本届论坛支持单位：中国水利学会

本届论坛主办单位：河海大学、中国水利经济研究会、黑龙江省水利科学研究院

更多信息可关注微信公众号：swltzx

论坛会务组

电话：010-6320 3233

网址：www.sinowbs.com

地址：北京市西城区白广路北口水利部综合楼732



辽宁师范大学

LiaoNing Normal University

CONTENS

- 1 研究背景与研究意义
- 2 概念、内涵及研究进展
- 3 水资源绿色效率的测度
- 4 水资源绿色效率空间关联特征
- 5 水资源绿色效率与“四化”响应研究
- 6 对策与建议

一、研究背景与研究意义



- ▶ 2015年3月24日中共中央政治局会议首次提出“绿色化”概念，明确提出“协同推进新型工业化、城镇化、信息化、农业现代化和绿色化”，从而将“绿色化”上升为国家战略。
- ▶ 2015年10月29日中国共产党十八届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十三个五年规划的建议》，进一步将“绿色发展”作为关系我国发展全局的一个重要理念。在该发展理念部分，中共中央提出要“全面节约和高效利用资源”，这表明我国在资源环境约束趋紧、生态系统退化、人口资源环境之间的矛盾日益突出等问题已经成为经济社会可持续发展重大瓶颈制约的时代背景下，我们党对经济社会发展规律认识的深化，从而为本课题研究提供了时代背景。
- ▶ 此外，未来五年是我国全面建成小康社会的关键时期，而全面建成小康社会的首要任务是反贫困。我国贫困地区多是水资源禀赋条件差、水资源利用效率低下的地区。目前中共中央已经向全党、全国各族人民发出了全面打赢脱贫攻坚战的伟大号召。水资源绿色效率研究将为有效缓解水贫困，进而为实现反贫困目标提供决策依据。



我国在水资源开发利用中存在着如下三个明显的问题：

首先，**水资源短缺与利用效率低下共存**。水资源产出率仅有世界平均水平的62%，而人均水资源占有量却仅为世界平均水平的25%；

其次，**水环境恶化与水生态失衡共存**。2014年全国废污水排放量已达到 $771 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，约有76.9%的湖泊富营养化，湿地丧失和退化的速度仍没有得到有效遏制，这进一步恶化了水资源短缺状况；

最后，**制度建设能力无法满足水资源可持续利用的需求**。我国目前的水危机实质上是治理危机，该问题的核心是水资源利用效率及其相关制度建设，因此本课题研究也是当前政府和学术界共同高度关注的问题。



- **现实意义：**我国目前正处于全面建成小康社会的关键时期，而缓解资源约束是实现全面建成小康社会目标的重要保证，本课题对于践行绿色发展观、全面节约和高效利用水资源、实现水资源总量和强度双控目标具有重要的现实意义。
- **理论意义：**本课题将在梳理水资源利用效率内涵的基础上，将内生增长、资源配置、资源环境约束与人文发展有机地融合起来，重新诠释了水资源效率的内涵；构建了水资源绿色效率测度模型，丰富了水资源效率测度理论和方法。在考虑空间效应视角下，探究水资源绿色效率的驱动机理，研究水资源绿色效率提升机制，研究成果具有一定的理论意义。
- **实践意义：**目前尚未发现水资源绿色效率的研究成果，因此本课题期望可以起到抛砖引玉的作用，吸引更多的学者加入到该领域的研究中来，研究成果具有一定的推广价值与实践意义。

二、概念与内涵



概 念

水资源效率是水资源等相关生产要素投入和带来的产出的比率。水资源作为一种自然资源，必须和其他生产要素相结合才能带来真正的产出，故其效率就是水资源等相关生产要素投入和带来的产出的比例。绿色发展的本质是降低资源消耗，减少环境污染，加强生态治理和环境保护，实现经济、社会、生态环境全面协调可持续发展。结合绿色发展理念，水资源绿色效率是指水资源等生产要素投入和带来的经济、社会和生态环境的产出的比率。水资源绿色效率侧重于水资源服务或者水资源的社会效益，在此基础上实现经济-社会-生态环境的三赢。



内

涵

水资源绿色效率内涵主要包括以下三方面：

(1) 经济内涵：即在一定时期内，一定的生产力水平下，以最小的经济投入实现最大的经济产出或者用相同或者更少的水资源获得更多经济产出；

(2) 社会内涵：即以人为本，对水资源的利用，是以不断地满足人类发展对物质和精神消费的需求为目的实现共享、公平分配，提高社会福利水平，增强人类福祉和幸福感，实现社会的包容性发展，这也是人类社会发展的内涵；

(3) 生态环境内涵：即要求水资源的利用要建立在保护与改善自然环境、维护生态平衡的基础上，逐步降低实际生产过程中非期望产出带来的污染物对生态环境的破坏程度。



研究进展

在研究方法上，国内外所采用的研究方法基本一致，大致可以归结为四类：

一是对单因素进行评价的比值分析法，如万元GDP用水量等，该方法应用起来比较简单，并且易于进行对比分析，但缺点是不利于发现阻碍整体资源潜力充分发挥的限制因素；

二是指标体系法，此方法可以综合反映社会、经济、自然各子系统的发展水平和协调程度，适用于分析较为复杂的对象，但该方法存在指标选取的任意性和指标权重确定的主观性等缺陷；

三是基于C-D生产函数的随机前沿生产函数（SFA），该方法的优势在于可以将残差项分解为无效率，但缺点是需要预先设定函数的形式；

四是数据包络分析法（DEA），该方法目前最常用，它省去了设定函数形式的麻烦，避免了函数设定偏误，除了繁琐的三阶段DEA模型外，大多未能剔除环境和随机误差的影响。



水资源效率测度研究现状尚存在如下不足：

①水资源效率的理论基础尚待夯实。

②水资源效率的内涵需要完善。目前水资源效率研究大多将GDP作为唯一产出指标，忽视了其环境、社会内涵，导致传统水资源效率的“绿色含金量”不高。

③DEA模型的指标需要修正。在投入指标方面，水资源投入没有体现社会经济系统对水资源的真实消耗量；在人力投入方面简单地使用劳动力数量；在产出指标方面，无法充分考虑水污染对生态环境造成的真实损失；同时产出指标也缺乏社会维度的指标。这些问题直接导致效率测度值的可靠性不足。

④现有效率评价违背了“最优生产方式”原理。水资源效率评价通常仅考虑了投入产出的数量关系，忽视了生产要素之间的互补与替代效应，从而导致效率测度值是有偏的，减弱了其政策指导意义。

三、水资源绿色效率的测度



SBM模型

传统的处理存在非期望产出下的效率评价方法不能很好地解决非期望产出情况下的效率评价问题，忽视了投入和产出的松弛性问题，因而其测度值有误差。考虑非期望产出的SBM模型剔除一般径向DEA模型中松弛性问题所造成的无效率因素，解决了非期望产出存在下的水资源绿色效率评价问题，使得不同时期下各决策单元都具有可比性。因此本次研究采用SBM模型，以期更加准确的测算水资源绿色效率。



投入指标

水足迹

劳动力

资本存量

产出指标

GDP

灰水足迹

社会发展指数

相关指标解释



(1) 水足迹: $WF=WF_{cs}+WF_{ip}+WF_{wp}+WF_{de}$ 。式中: WF 为总水足迹; WF_{cs} 为城乡居民消费的弄畜产品水足迹; WF_{ip} 为消费的工业产品水足迹; WF_{de} 为生活和生态水足迹。其中, 水足迹投入去掉了污染水足迹。

(2) 劳动力: 用三大产业从业人员衡量生产过程中实际投入的劳动量。

(3) 资本投入: 以1997年为基期的资本存量作为资本投入。本文运用永续盘存法计算资本存量, 计算过程参照单豪杰的算法, 采用10.96%的折旧率, 对于西藏缺失的固定资产投资价格指数数据, 把靠近西藏且与西藏经济发展水平相似的新疆和青海的固定资产投资价格指数的算术平均值作为替代指标。

(4) GDP: 以1990年为基期的国内生产总值作为期望产出。

(5) 灰水足迹: 灰水足迹是指为了稀释社会经济系统排放的污染物以达到相关水质标准的水资源需求量, 计算公式如下: $TGWF=GWF_{agr}+GWF_{ind}+GWF_{dom}$ 。式中: GWF_{agr} 为农业灰水足迹, GWF_{ind} 为工业灰水足迹, GWF_{dom} 为生活灰水足迹。本文取其会水足迹总量作为非期望产出。

(6) 社会发展指数 (Society Development Index, 简称SDI)：为了客观、全面、科学地反映地区经济社会发展和民生改善情况，在遵循社会发展规律的基础上，本文选取能够对社会发展情况进行评价和分析的指标体系（2000-2014年），本文把它作为衡量社会维度的标准，其指标体系如(表1)所示,本文把它作为期望产出，其计算公式如下：

$$G = \frac{1}{n} \sum X_{ij}$$

式中： X_{ij} 为某年区域系统评价指标原始数据的归一化值， n 为指标的数量， G 为某年的区域系统社会发展状态的指数值。 G 值越大，社会发展能力就越强，反之越弱。

上述指标采用极值法对其进行标准化处理，对于不同类型的指标，其归一化分别采用如下方法进行处理：

$$\text{效益型指标: } X'_{ij} = X_{ij} / \text{Max}(X_i) \times 100\%$$

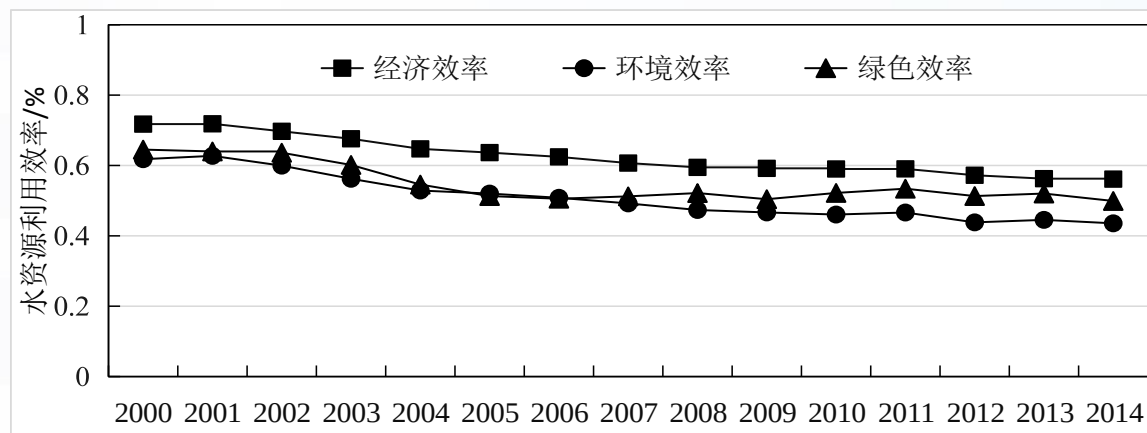
$$\text{成本型指标: } X'_{ij} = \text{Min}(X_i) / X_{ij} \times 100\%$$

社会维度的指标体系

目标层	一级指标	二级指标	指标类型
社会发展指数	人口控制 x_1	人口自然增长率	成本型
	城市化水平 x_2	非农业人口比例	效益型
	政府对科教的重视程度 x_3	科教事业费占财政支出比例	效益型
	高素质人口比例 x_4	大专以上文化程度占总人口比例	效益型
	医疗资源占有情况 x_5	每万人口医生数	效益型

1、时间序列特征

基于中国31个省市2000-2014年的面板数据，本文将水资源绿色效率与水资源经济效率、水资源环境效率进行对比（如图）。从计算结果可以看出，三种情形下的全国各地区水资源利用效率都有所下降；从整体来看，水资源经济效率最高，绿色效率次之，环境效率最差。这说明不考虑非期望产出的效率测度值是不符合实际的，而考虑社会发展指数的水资源效率测度能有效提高水资源的利用效率；从基尼系数和变异系数的角度来看，三种情形下的水资源效率呈现出不同的波动趋势，经济效率变化平稳（0.162,0.300），绿色效率次之（0.270,0.535），环境效率波动较大（0.287,0.569）。



2、空间分布特征

为了更直观的分析水资源效率的空间分布情况，本文选用研究时间段内的逐年算数平均值，运用自然断点法将水资源效率分为四类，低级、中低级、中高级、高级。分析结果如下：

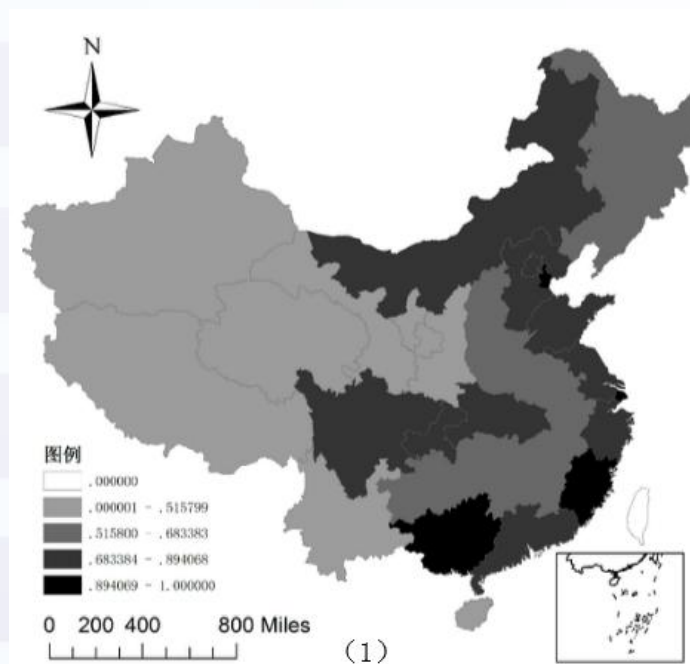
（1）水资源绿色效率位于高级的地区是北京、天津、上海、福建、广西、西藏、青海、宁夏。其中四个来自东部沿海地区，说明东部沿海地区水资源综合效率高于中西部地区。

（2）广西、青海、西藏、宁夏位于经济欠发达地区，但是水资源绿色效率高，这说明一个地区的水资源绿色效率水平的高低与经济发展水平的联系不强，水资源绿色效率有效只说明其投入产出实现了最优。由于DEA测算的效率值是投入与产出的相对效率，并不等同于水资源的利用率，这解释了上述经济欠发达地区的水资源利用效率有效的原因。

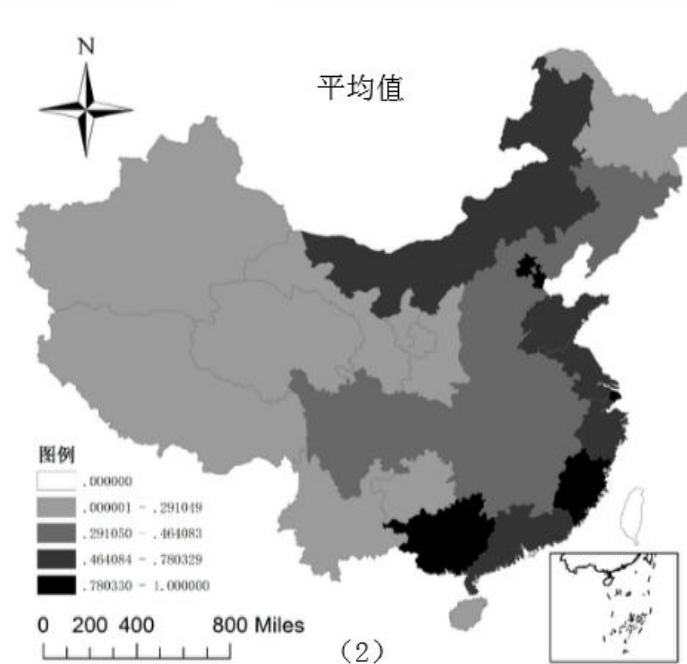
（3）此外，宁夏、青海、西藏、内蒙古等地区常年缺水，但是DEA有效，这说明这些地区重视水资源的高效利用，真正做到用好每一滴水。这与清华大学国情研究中心课题组的研究结论类似。

（4）中高和中低级别的地区数量较少，中高级别的有四个，其中两个位于中西部，两个位于东部。中低级别的有六个，四个位于中西部地区，两个位于东部地区；低级别的地区数量较多，多数位于中西部地区，这说明其总体的水资源利用水平有待于加强。

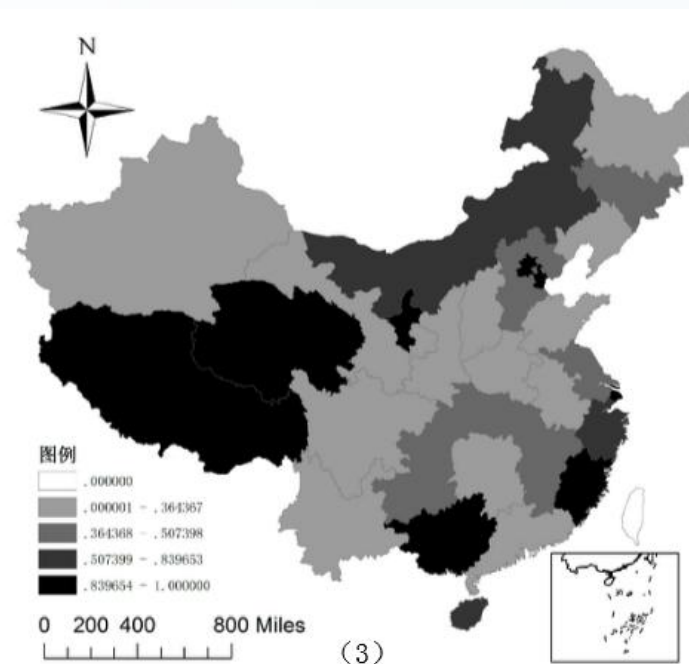
（5）水资源环境效率位于高级和中高级的有11个，其中8个地区分布在东部沿海地区，水资源经济效率高级和中高级的有15个，其中10个地区分布在东部沿海地区，这些地区经济实力雄厚，经济发展速度较快，科技发展水平高，政策支持度较高，社会综合发展能力较强，说明其效率的高低与经济发展水平密切相关。



水资源经济效率



水资源环境效率



水资源绿色效率

四、水资源绿色效率空间关联特征

方

法

全局Moran' s I 指数

在研究全局空间自相关的系数中，本文选取全局Moran' s I 指数做进一步研究，全局Moran' s I 指数可以辨别研究范围内观测值的聚集或分散特征。

局部Moran' s I 指数

全局Moran' s I 指数只能判断观测值在整个研究范围的关联与差异程度，但不能判断研究范围内部的具体空间集聚特征及其显著性。局部Moran' s I 指数的提出解决了这一问题。每个区域单元的LISA是描述该区域单元范围显著地相似值与区域单元之间空间集聚程度的指标，所有区域单元LISA总和与全域的空间自相关指标成比例。



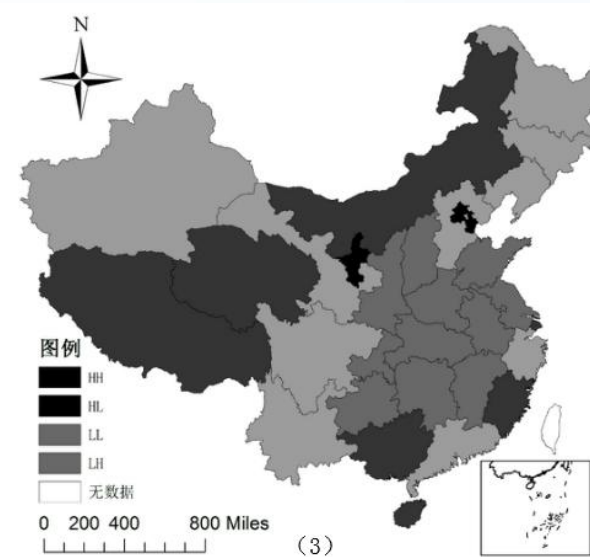
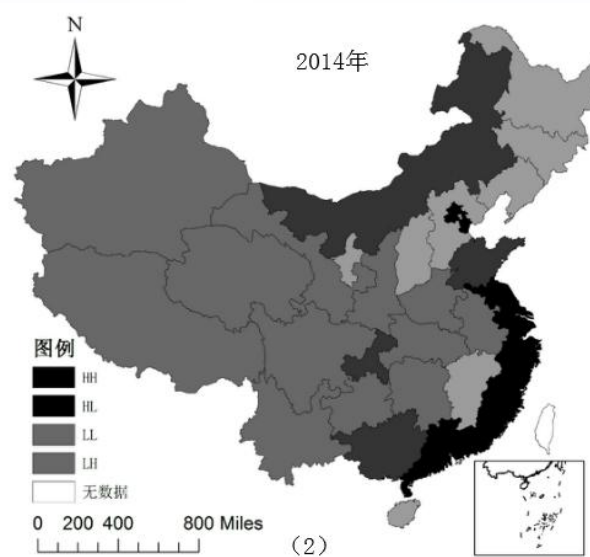
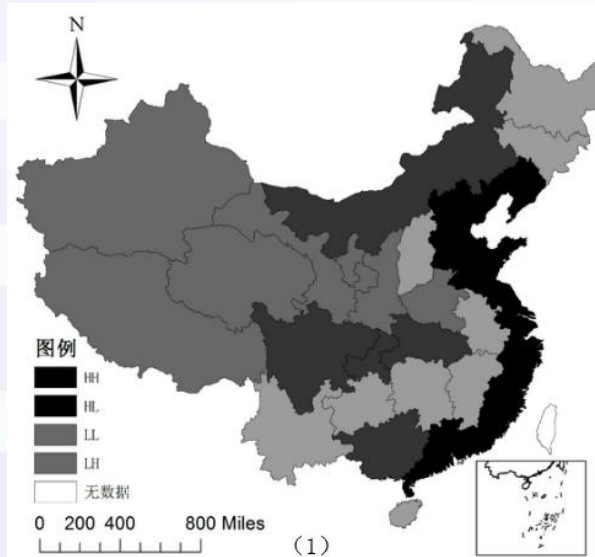
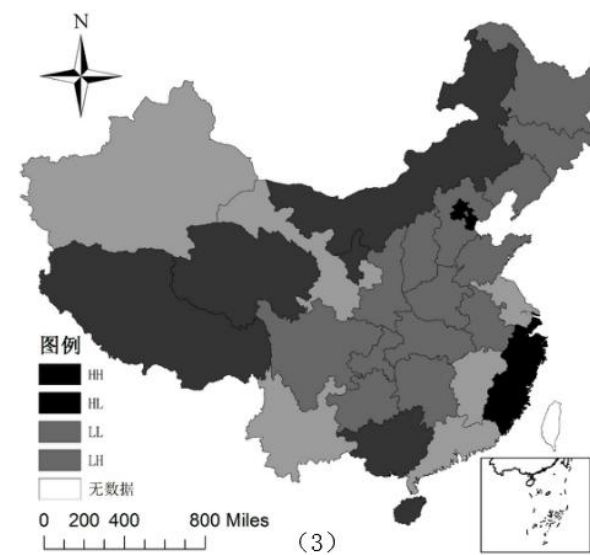
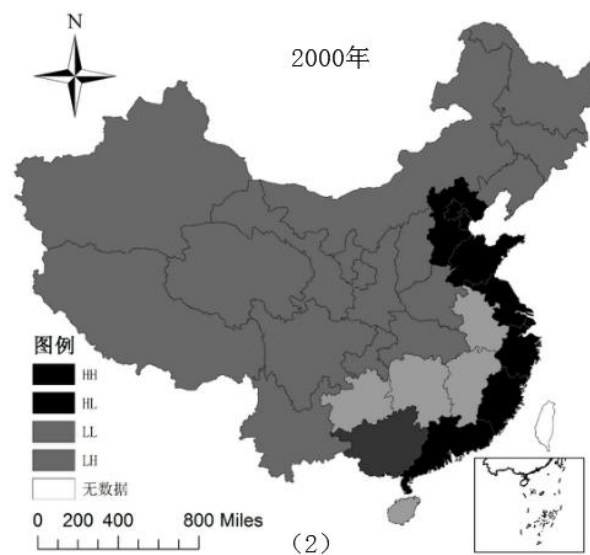
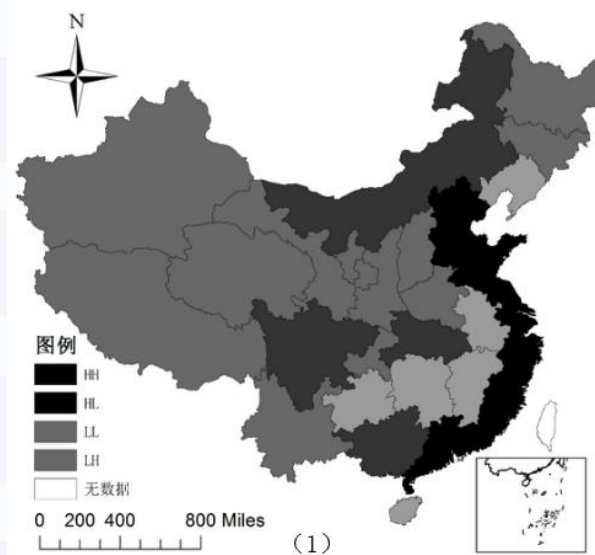
水资源绿色效率
Moran's I 指数



	水资源绿色效率	
年份	Moran's I	P 值
2000	0.033	0.294
2001	0.014	0.351
2002	0.059	0.226
2003	0.051	0.248
2004	0.069	0.203
2005	0.012	0.357
2006	0.017	0.343
2007	0.032	0.298
2008	0.016	0.344
2009	0.002	0.389
2010	-0.007	0.416
2011	-0.071	0.381
2012	-0.064	0.402
2013	-0.064	0.402
2014	-0.069	0.387

综合来看，上海、天津、福建等地在各个时期水资源利用效率都有效，而云南、陕西、甘肃、新疆等地都较低，表明水资源利用效率可能存在一定的空间关联性，因此可应用ESDA方法探索中国水资源利用效率的空间分布模式。

左表给出2000-2014年中国各省市水资源绿色效率的全局Moran's I 指数及其检验P值。经空间自相关检验，中国31个省市的水资源绿色效率在2000-2014年全球Moran's I指数均不为零，因此拒绝零假设，说明水资源绿色效率并非是空间无关的，而是呈现出不明显空间关联。动态分析可知，15年间全局Moran's I指数虽然出现波动，但整体呈下降趋势，表明中国省际水资源绿色效率逐渐向分散转变，全局空间相关性减弱。





从图中可以看出，三种情况下中国31个省市的水资源效率空间关联特征变化较大：

水资源绿色效率：2000年的高低集聚（H-L）、低高集聚（L-H）和低低集聚（L-L）的省市较多，高高集聚（H-H）的省市较少。2014年的低低集聚（L-L）、低高集聚（L-H）和高低集聚（H-L）的省市较多，高高集聚（H-H）的省市较少，通过对比可知高低集聚（H-L）和低高集聚（L-H）的省市数量增加，低低集聚（L-L）和高高集聚（H-H）的省市数量减少，这说明中国水资源绿色效率存在一定的局部空间集聚现象，这种现象存在减弱的趋势。

水资源环境效率：2000年的高高集聚（H-H）和低低集聚（L-L）的省市较多，低高集聚（L-H）和高低集聚（H-L）的省市较少；2014年的水资源利用效率高高集聚（H-H）、低高集聚（L-H）和低低集聚（L-L）的省市较多，高低集聚（H-L）的省市较少，这说明其水资源利用效率空间集聚现象增强。

水资源经济效率：2000年高高集聚（H-H）和低低集聚（L-L）较多，低高集聚（L-H）和高低集聚（H-L）的省市较少；2014年的水资源利用效率高高集聚（H-H）、低高集聚（L-H）的省市较多，高低集聚（H-L）、低低集聚（L-L）的省市较少，这说明其效率空间集聚现象逐渐增强，空间关联特征明显增强。

五、水资源绿色效率与“四化”响应研究

方

法

本文采用中国30个省份2000-2014年的面板数据，以人口规模、环境治理能力等体现“绿色发展”理念的因素作为控制变量的同时，将“四化”——工业化、城镇化、信息化、农业现代化作为核心解释变量，利用最小二乘法（OLS）模型分别探究了这些因素对水资源经济效率、水资源环境效率、水资源绿色效率的影响，并利用广义矩估计（GMM）模型对我国东中西部的水资源绿色效率驱动因素进行具体分析讨论。

广义矩估计（GMM）方法可以通过恰当的使用工具变量解决内生性问题。工具变量可根据现实条件与模型设定等因素自由可控选取，直至达到理想效果，尽可能减小实际观测结果与理论推测结果之间的差距，在一定程度上克服了一般估计模型因忽略内生性问题而产生的较大偏差；此外，广义矩估计方法不需要知道随机误差项准确的分布信息，允许其存在异方差和序列相关，因而可以比其他估计方法得到更加有效的参数估计量。



被解释变量

应用模型	投入指标	产出指标	定义
<u>SBM-Malmquist</u> 生产率指数	水足迹 劳动力 资本存量	90 基期 GDP	水资源经济效率
<u>SBM-Malmquist</u> 生产率指数	水足迹 劳动力 资本存量	90 基期 GDP 灰水足迹	水资源环境效率
<u>SBM-Malmquist</u> 生产率指数	水足迹 劳动力 资本存量	90 基期 GDP 社会发展指数 (SDI) 灰水足迹	水资源绿色效率

指标选取

解释变量

① 四化指标体系

② 其他控制变量

人口规模、环境治理能力、水资源禀赋这些体现绿色发展理念的因素作为控制变量，分别由人口总数、污染治理投资占生产总值的比重、人均水资源占有量表示

一级指标	二级指标	计算方法	权重
工业化水平	工业产出比重	第二产业增加值/地区生产总值 (%)	0.023
	工业就业比重	第二产业就业人数/就业总人数 (%)	1.032
	工业劳动生产率	工业增加值/第二产业就业人数 (元/人)	0.004
	科技投入比重	R&D 经费支出占地区生产总值的比重 (%)	0.006
	工业固体废物综合利用率		0.015
信息化水平	移动电话普及率	移动电话/总人口数 (户/万人)	0.011
	固定电话普及率	固定电话/总人口数 (户/万人)	0.009
	邮电业务指数	邮电业务总/总人口数 (元/人)	0.500
	互联网普及率	宽带互联网接入数/总人数 (户/万人)	0.016
	年末邮电局总数		0.939
城镇化水平	人口城镇化率	城镇人口/总人口 (%)	0.936
	就业城镇化率	城镇就业人数/就业总人数 (%)	0.334
	城镇居民恩格尔系数	城镇居民食品支出/消费支出 (%)	0.162
	每万人拥有公共交通工具	公共交通运营车标台数/(城区人口+城区暂住人口) (标台)	0.145
	建成区绿化覆盖率	绿化覆盖率/城区面积 (%)	0.195
农业现代化水平	农业劳均经济产出	农林牧渔业总产值/第一产业从业人数 (元/人)	0.067
	农村居民恩格尔系数	农村居民食品支出/消费支出 (%)	0.000 2
	农业机械化水平	农业机械总动力/耕地面积 (千瓦/公顷)	0.190 0
	有效灌溉率	实际灌溉面积/灌溉总面积 (%)	1.073 4
	城乡居民收入比	城镇居民家庭人均可支配收入/农村居民家庭人均 纯收入 (%)	0.001 3



下表给出了以水资源绿色效率为被解释变量的计量结果。其中模型（1）是不加入任何控制变量，仅考虑“四化”4个核心解释变量与水资源绿色效率之间关系的回归结果。从中可以看出，工业化、城镇化的估计系数显著为正，农业现代化的估计系数显著为负，信息化的估计系数未通过显著性检验。模型（2）-（4）是在模型（1）的基础上逐步加入控制变量的估计模型，模型（4）的完整模型估计结果显示，信息化的估计系数均为正，且通过了1%水平显著性检验，这说明信息化与水资源绿色效率呈正相关关系，表明信息化对水资源绿色效率有正向作用；农业现代化、人口规模的估计系数均显著为负，说明这些因素与水资源绿色效率呈负相关关系；工业化、城镇化、环境治理能力、水资源禀赋估计系数不显著，表明这些因素与水资源绿色效率无明显线性关系。从估计系数的结果看，各变量对水资源绿色效率的影响一致，因此估计结果具有较好的稳健性。

以水资源绿色效率为被解释变量的总样本估计结果

解释变量	1	2	3	4
IND	0.689 8* (1.83)	0.321 7 (1.04)	0.343 7 (1.11)	0.379 0 (1.18)
INF	0.002 3 (1.36)	0.013 3*** (8.60)	0.013 6*** (8.66)	0.013 7*** (8.66)
URB	0.143 5* (1.80)	0.050 9 (0.78)	0.040 5 (0.61)	0.036 0 (0.54)
AGR	-0.429 5*** (-2.88)	-0.368 7*** (-3.02)	-0.385 5*** (-3.14)	-0.375 7*** (-3.01)
LNPOP		-0.229 4*** (-14.83)	-0.225 4*** (-14.18)	-0.225 7*** (-14.17)
ENV			0.020 5 (1.12)	0.022 8 (1.20)
LNWAT				0.004 5 (0.46)
<u>hausman</u>	15.68 (0.003 5)	43.87 (0.000 0)	43.15 (0.000 0)	43.26 (0.000 0)
模型	FE	FE	FE	FE
常数项	0.259 5*** (5.09)	2.072 0*** (16.05)	2.016 6*** (14.59)	1.979 2*** (12.29)
R2	0.041 8	0.359 2	0.361 0	0.361 3
F	4.86 (0.000 8)	49.79 (0.000 0)	41.72 (0.000 0)	35.73 (0.000 0)
观测值	450	450	450	450



通过以上三种回归结果可以看出，信息化与三种水资源效率皆呈正相关关系，人口规模与三种水资源效率皆呈负相关关系。但当水资源经济效率加入生态环境内涵，即将灰水足迹作为非期望产出得到水资源环境效率后，一些解释变量的驱动效应发生了变化。其中工业化由无明显效应转变为显著正向驱动效应，农业化的负向驱动效应转变为无明显驱动效应，环境控制能力、水资源禀赋由无明显驱动效应转变为显著负向驱动效应。在水资源环境效率中加入社会内涵，即将社会维度作为期望产出得到水资源绿色效率后，某些解释变量的驱动效应再次变化。其中农业化由无明显驱动效应转化为显著负向驱动效应，工业化的显著正向驱动效应变为无明显驱动效应，环境控制能力、水资源禀赋的负向驱动效应变为无明显驱动效应。上述关于工业化、农业化的转变体现出工业化、农业化的发展虽然一定程度上缓解了水污染问题，但往往忽略了以人为本的社会发展；关于环境治理能力的驱动效应转变表明污染治理经费占GDP比重虽不断上升，关于水污染治理的效果仍不理想，但同时其他一些环境问题的改善有效促进了人类社会的可持续发展；关于水资源禀赋的驱动效应转变可能是因为可用水资源量增加会降低人们对水污染治理以及水资源合理利用的关注程度，但同时水资源丰裕也在一定程度上促进了人类社会的发展。

分地区样本估计



下表报告了分地区估计结果。其中模型（1）、（2）、（3）分别表示东中西部以水资源绿色效率为被解释变量的回归模型。从估计结果可以看出，各解释变量的估计系数根据区域不同会出现显著性不同、正负不一等情况，这初步说明“四化”对水资源绿色效率的影响因地区不同而出现分异。从模型（1）的回归结果来看，信息化、水资源禀赋的估计系数均显著为正，人口规模的估计系数显著为负，初步说明对于较为发达的东部地区，信息化有利于促进水资源绿色效率的提升，水资源禀赋正向影响水资源绿色效率，而人口规模与水资源绿色效率呈负相关关系；由模型（2）的回归结果可知，农业现代化、环境治理能力的估计系数显著为正，人口规模、水资源禀赋的估计系数显著为负，初步表明对于次发达的中部地区，农业现代化、环境治理能力与水资源绿色效率呈正相关关系，人口规模、水资源禀赋与水资源绿色效率呈负相关关系；从模型（3）的回归结果来看，信息化的估计系数显著为正，工业化、城镇化、人口规模的估计系数显著为负，初步说明对于欠发达的西部地区，信息化对水资源绿色效率有正向驱动作用，而工业化、城镇化、人口规模负向影响水资源绿色效率。

以水资源绿色效率为被解释变量的分地区样本估计结果

解释变量	1 东	2 中	3 西
IND	0.434 5 (0.89)	-0.066 2 (-0.34)	-1.963 0*** (-3.55)
INF	0.012 3*** (5.55)	0.000 1 (0.13)	0.043 0*** (11.74)
URB	0.177 7 (1.64)	-0.042 9 (-1.35)	-0.191 2* (-1.91)
AGR	-0.189 0 (-0.77)	0.424 3*** (4.26)	-0.193 6 (-0.79)
LNPOP	-0.310 8*** (-12.77)	-0.204 2*** (-9.64)	-0.241 8*** (-9.63)
ENV	0.029 1 (0.66)	0.034 5*** (3.21)	0.025 3 (1.03)
LNWAT	0.057 2*** (3.35)	-0.034 0*** (-4.82)	-0.015 7 (-0.91)
<u>hausman</u>	68.03 (0.000 0)	82.56 (0.000 0)	44.62 (0.000 0)
模型	FE	FE	FE
常数项	2.191 0*** (8.41)	2.077 8*** (10.39)	2.378 2*** (9.99)
R2	0.586 9	0.654 8	0.505 7
F	31.86 (0.000 0)	30.35 (0.000 0)	22.94 (0.000 0)
观测值	165	120	165



结

论

(1) 工业化、城镇化、信息化、农业现代化并未全部与水资源利用效率呈明显的正相关关系，这说明我国在“四化”建设的过程中，提高水资源利用效率的相关建设并未得到足够重视。

(2) “四化”对水资源三种效率体现出不同的驱动效应，通过对其分析发现，工业化、农业化的发展虽然一定程度上缓解了水污染问题，但往往忽略了以人为本的社会发展；

(3) 三种控制变量对水资源三种效率亦体现出不同的驱动效应，这些转变表明污染治理经费虽逐年上升，关于水污染治理的效果仍不理想，但其他环境问题得到改善，有利于人类社会的可持续发展；可用水资源量增加会降低人们对水污染治理以及水资源合理利用的关注程度，但同时水资源丰裕也在一定程度上促进了人类社会的发展；



(4) 从分地区回归结果看，“四化”中信息化对东、西部水资源绿色效率的提高起到积极作用，农业现代化积极驱动中部地区水资源绿色效率，且对于西部地区工业化与水资源绿色效率呈显著的负相关关系。

(5) 人口规模与东中西部的水资源绿色效率皆呈负相关关系，说明人口持续增加会抑制我国水资源绿色效率的提升。

(6) 环境治理能力积极影响中部及西部的水资源绿色效率，但对东部的水资源绿色效率无明显驱动效应，这说明相对于中西部地区，东部的环境问题更为突出且治理情况不容乐观，其中水资源问题并未受到足够关注。

(7) 水资源禀赋与东部地区水资源绿色效率呈正相关关系，与中部地区水资源绿色效率呈负相关关系，与西部地区水资源绿色效率无明显相关关系，这说明水资源丰裕程度在不同地区会产生不同的驱动效应，且全国大部分地区不能根据自身水资源禀赋合理利用水资源。

六、对策与建议

(1) 继续坚持“四化”建设，并将其作为国家中长期发展战略，尤其要着重提高科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少的新型工业化水平，以实现社会绿色发展，并且要重点关注西部地区新型工业化建设。

(2) 在推进城镇化的过程中，做好城镇节水专项规划，加快相关节水设施改造与建设，完善城市节水各项管理制度和措施，并积极引导阶梯式水价政策的实行与海绵城市的构建，深入推进城镇节水工作。

(3) 目前我国农田有效灌溉系数与很多发达国家差距较大，农业用水浪费现象严重，因此在建设农业现代化的过程中应建立农业节水体制与机构，合理利用水价与水费政策，推广应用节水措施与技术等。

(4) 应坚持用可持续发展观协调人口增长与水资源问题之间的关系，使人口保持合理增长速度。

(5) 在环境治理上不能顾此失彼，尤其对于环境问题突出的东部地区，应在努力改善其他环境问题的同时，加强关于水资源问题的治理。

(6) 水资源的非稀缺性带来了资源被大量浪费的可能性，尤其对于中西部地区，应提高水资源管理水平、完善水资源监管制度和加快开发水资源循环利用的途径，使这些地区能够结合自身的水资源禀赋条件对水资源进行合理利用。



七.关于水资源绿色效率的几点思考

- 1. 我国水资源约束趋紧态势将愈显常态化，国家提出对水资源消耗实行总量和强度双控管理目标，其中强度控制目标是总量控制目标的前提与基础，要真正实现水资源消耗与经济增长的相对脱钩甚至绝对脱钩，就必须切实提高我国水资源利用效率，且其提升速度不能低于经济发展速度。
- 2. 绿色发展是永续发展的必要条件与人类对美好生活追求的重要体现，意味着人与自然的和谐相处和社会的公正发展，其内涵除了追求经济增长指标外，更要注重社会进步、文明兴盛的指标，特别是人文指标与环境指标，因此水资源绿色效率应该包含经济、环境与社会三个维度方面的内涵。
- 3. 绿色发展已经成为时代发展的主题，中央明确提出“协同推进新型工业化、城镇化、信息化、农业现代化和绿色化”，因此水资源绿色效率研究应该与新型工业化、城镇化、信息化、农业现代化的相关研究耦合起来，将其作为水资源绿色效率的驱动因素，探究它们之间的协调耦合机理。
- 4. 水资源绿色效率的提升依赖于相关的制度建设与政策创新，科学的机制设计是保证这些制度与政策高效发挥功能的关键。在机制设计过程中，既要注重政府的规制机制与公众的参与机制建设，更要建立健全水资源绿色效率提升的市场导向机制，真正发挥市场在资源配置中的决定性作用。
- 5. 我国水资源绿色效率保障体系建设应该渐进地、因地制宜地推进，在经济落后、基础设施不足地区应该坚持“工程建设与制度建设并举”方针；而在经济发达、基础设施完善地区应该将建设重点放在制度建设方面，切实解决水资源绿色效率提升过程中大范围的“制度缺位”问题。
- 6. 水资源绿色效率测度模型应该在“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念指导下，将内生增长、资源配置、资源环境约束与人文发展等进行统筹考虑，真正体现“绿色效率”的内涵，从而使效率测度结果更具有政策意义，研究成果能够更好地与国家重大战略需求结合起来。

THANKS

