

完全消耗口径的 中国水资源核算问题研究

王勇 著

The Research on China's Water Resource Accounting Based on
Complete Consumption Aperture



中国社会科学出版社

完全消耗口径的 中国水资源核算问题研究

王勇 著

The Research on China's Water Resource Accounting Based on
Complete Consumption Aperture



中国社会科学出版社

图书在版编目（CIP）数据

完全消耗口径的中国水资源核算问题研究/王勇著. —北京：
中国社会科学出版社，2016. 6
ISBN 978 - 7 - 5161 - 7512 - 5

I. ①完… II. ①王… III. ①水资源—资源核算—研究—中
国 IV. ①TV211

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 018010 号

出 版 人 赵剑英
责任编辑 侯苗苗
特约编辑 明 秀
责任校对 张爱妮
责任印制 王 超

出 版 中国社会科学出版社
社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号
邮 编 100720
网 址 <http://www.csspw.cn>
发 行 部 010 - 84083685
门 市 部 010 - 84029450
经 销 新华书店及其他书店

印刷装订 北京君升印刷有限公司
版 次 2016 年 6 月第 1 版
印 次 2016 年 6 月第 1 次印刷

开 本 710 × 1000 1/16
印 张 17
插 页 2
字 数 253 千字
定 价 65.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书，如有质量问题请与本社营销中心联系调换
电话：010 - 84083683
版权所有 侵权必究

前 言

中国是一个水资源短缺、水旱灾害频发的国家，我国的基本国情和水情表现为人多水少、水资源时空分布不均，水资源已经成为制约中国经济社会发展的重大问题。为了缓解我国的用水紧张状况，中国政府颁布和实施了众多水资源管理制度和法规，以确保水资源的科学开发利用和节约保护。

目前，考察生产和消费活动对水资源的使用主要基于直接消耗口径，即生产和消费过程中对水资源的直接使用量或消耗量。本书提出完全消耗口径水资源的理念，将水资源测度由直接消耗口径扩展到完全消耗口径。完全消耗口径水资源考察和测度最终消费产品在整个生产过程中所有环节的用水总量，为缓解水资源短缺、科学制定水资源管理政策提供了新的思路和启示，也是对直接消耗用水的有力补充。

本书基于投入产出分析技术，从完全消耗口径的角度看，以水足迹和虚拟水贸易为重点，对中国及各省（自治区、直辖市）水资源进行全面分析。本书的理论意义体现在两个方面，首先，完善水资源核算标准和完全消耗口径水资源投入产出表，为进行完全消耗口径水资源分析打下了基础；其次，建立系统的完全消耗口径水资源投入产出分析框架，为投入产出分析在其他领域的应用提供借鉴。本书的实践意义体现在，基于完全消耗口径对中国各地区水足迹和虚拟水贸易现状的全景展现和深度分析，为地区水资源管理提供前瞻性的信息和数理技术支持。

全书包括九章，各章的主要内容如下：

第一章，引论。对本书的研究背景与研究意义、研究思路与方法、本书所做的主要工作、创新与特色之处、本书的不足之处及未来

进一步研究的方向进行了阐述。

第二章，完全消耗口径水资源理念及方法。首先对完全消耗口径水资源理念的提出与意义进行阐述，介绍了完全消耗口径水资源理念的两个概念，即虚拟水和水足迹，并对两者间的联系和区别进行了介绍；其次，介绍了本书使用的主要方法，即投入产出分析法。

第三章，完全消耗口径水资源问题研究现状。本章对基于投入产出分析的虚拟水及水足迹研究现状进行了总结和回顾，并对当前研究进行述评及对未来研究进行展望。

第四章，完全消耗口径水资源之水足迹分析。在基于投入产出分析的水足迹测算方法进行详细介绍的基础上，分别对中国行业用水、行业水足迹、区域水足迹等内容进行分析。

第五章，完全消耗口径水资源之虚拟水贸易测算与分析。本章由五个部分组成：第一部分对基于投入产出的虚拟水贸易测算方法进行介绍，第二部分对中国虚拟水贸易的行业差异和行业变动进行分析，第三部分对各省（自治区、直辖市）的虚拟水贸易进行对比分析和动态变化分析，第四部分对各省（自治区、直辖市）虚拟水贸易对水资源总量和用水总量的影响进行分析，第五部分为本章小结。

第六章，完全消耗口径水资源之结构分解分析。本章利用中国 2002 年、2005 年、2007 年和 2010 年不变价投入产出表以及 30 个省（自治区、直辖市）2002 年和 2007 年不变价投入产出表，基于结构分解分析对影响中国及 30 个省（自治区、直辖市）水足迹和虚拟水贸易的因素进行定量测算，包括用水强度效应、技术效应、最终需求效应等因素，探讨水足迹和虚拟水变动的内在机制。

第七章，完全消耗口径水资源之行业间虚拟水转移分析。本章基于投入产出分析的虚拟水转移矩阵测度方法计算中国 2002 年、2005 年、2007 年和 2010 年各年度经济系统内部的虚拟水转移情况，同时对不同省（自治区、直辖市）2007 年的虚拟水转移情况进行了分析。

第八章，完全消耗口径水资源之区域间虚拟水转移分析。本章基于水资源扩展型 MRIO 模型，利用 2002 年、2007 年中国八大区域投入产出表，对中国八大区域水足迹进行计算，然后对区域间虚拟水转

移及变动进行分析。

第九章，结论及政策建议。本章对前文的实证分析的结论进行全面总结，基于相关结论，提出了基于中国虚拟水和水足迹角度的水资源管理政策。

目 录

第一章 引 论	1
第一节 研究背景与研究意义	2
一 研究背景	2
二 研究意义	3
第二节 研究思路与方法	5
一 研究思路	5
二 研究方法	5
第三节 本书所做的主要工作、创新与特色之处	7
一 本书的主要工作	7
二 本书的主要创新与特色之处	8
第四节 本书的不足之处	9
第五节 未来进一步研究的方向	10
第二章 完全消耗口径水资源理念及方法	12
第一节 完全消耗口径水资源理念的提出与意义	12
一 完全消耗口径水资源理念的提出	12
二 完全消耗口径水资源理念的意义	14
第二节 几个相关概念	15
一 虚拟水概念	15
二 水足迹概念	17
三 水足迹与虚拟水的联系及区别	18
四 本书相关概念之间的逻辑关系	21
第三节 完全消耗口径水资源研究的方法选择	22

一	已有研究方法介绍	22
二	投入产出分析	24
三	投入产出分析对本书研究的适用性	25
四	投入产出分析研究完全消耗口径水资源的优势	29
第三章 完全消耗口径水资源问题研究现状		31
第一节	基于投入产出分析的水足迹研究现状	31
一	全球层面水足迹核算研究	31
二	国家层面水足迹核算研究	32
三	省（自治区、直辖市）及以下层面的水足迹 核算研究	33
第二节	基于投入产出分析的虚拟水研究现状	34
一	产品虚拟水量化研究	34
二	投入产出与虚拟水贸易测算	35
三	虚拟水贸易与水资源承载力	37
四	投入产出与区域间虚拟水流动	38
五	虚拟水贸易驱动机理	39
第三节	当前研究述评总结及未来研究展望	40
第四章 完全消耗口径水资源之水足迹分析		42
第一节	基于投入产出的水足迹测度方法	42
一	行业用水系数	42
二	中国投入产出表进口产品的影响及处理	44
三	水足迹及水足迹强度	48
第二节	行业用水分析	49
一	直接用水分析	49
二	完全用水分析	53
三	间接用水分析	55
第三节	中国行业水足迹分析	58
一	行业水足迹比较及动态变化	58
二	行业水足迹强度系数分析	60

三	基于最终消费的行业水足迹分解	62
第四节	中国区域水足迹差异分析	65
一	不同区域水足迹比较	65
二	不同区域水足迹行业构成分析	69
三	不同区域水足迹最终需求构成分析	72
第五节	本章小结	75
第五章	完全消耗口径水资源之虚拟水贸易测算与分析	76
第一节	基于投入产出的虚拟水贸易测算方法	77
第二节	中国虚拟水贸易的行业分析	78
一	中国对外贸易虚拟水总量及变动	78
二	虚拟水贸易的行业差异	79
三	虚拟水贸易的行业变动分析	82
四	行业虚拟水贸易与行业水足迹的比较分析	84
第三节	中国虚拟水贸易区域差异分析	85
一	虚拟水贸易区域对比分析	85
二	虚拟水贸易区域动态变化分析	89
三	区域虚拟水贸易与区域水足迹的比较	92
第四节	虚拟水贸易对水资源的影响	95
一	基于中国整体的分析	95
二	基于省（自治区、直辖市）的比较分析	97
三	基于不同地区的比较分析	99
四	基于不同流域的比较分析	104
第五节	本章小结	108
第六章	完全消耗口径水资源之结构分解分析	109
第一节	结构分解分析介绍	110
一	结构分解分析的基本原理	110
二	水资源结构分解分析模型	114
第二节	水足迹变动的结构分解分析	118
一	基于全国的分析	118

二	基于省（自治区、直辖市）的分析	127
第三节	虚拟水净出口变动的结构分解分析	136
一	基于全国的分析	136
二	基于省（自治区、直辖市）的分析	145
第四节	本章小结	155
一	水足迹变动的结构分解	155
二	虚拟水净出口变动的结构分解	157
第七章	完全消耗口径水资源之行业间虚拟水转移分析	159
第一节	经济系统内部虚拟水转移的测度方法	159
一	虚拟水净转移量	159
二	虚拟水转移去向——虚拟水转移矩阵	161
第二节	基于中国的实证分析	161
一	行业虚拟水净转移量分析	161
二	行业间虚拟水转移去向分析	164
第三节	经济系统内部虚拟水转移的区域比较分析	173
一	行业虚拟水净转移量的区域比较分析	174
二	行业间虚拟水转移去向的区域比较分析	178
第四节	本章小结	190
第八章	完全消耗口径水资源之区域间虚拟水转移分析	192
第一节	中国虚拟水区域间转移测度的数据与方法	192
一	2002 年、2007 年中国八大区域投入产出表	192
二	中国水资源扩展型 MRIO 模型	196
第二节	区域水足迹比较	201
一	区域水足迹大小比较	203
二	区域的水足迹构成比较	205
三	中国区域间贸易隐含虚拟水转移	208
第三节	本章小结	217

第九章 结论及政策建议	219
第一节 本书主要结论	219
一 行业与区域水足迹主要结论	219
二 虚拟水贸易主要结论	219
三 水足迹及虚拟水结构分解分析主要结论	220
四 虚拟水经济系统转移分析主要结论	221
五 虚拟水区域间转移分析主要结论	221
第二节 政策建议	222
一 加强对农业的用水管理	222
二 改进工业生产技术水平, 降低工业间接用水量	222
三 引导最终需求结构的改变	222
四 对不同地区降低水足迹政策采取不同措施	223
五 改善我国当前的对外贸易结构, 降低虚拟水 出口	223
六 西北地区应制定虚拟水战略, 减少虚拟水 转移输出	223
附 录	224
(一) 投入产出表的行业调整	224
(二) 不变价投入产出表的编制	229
(三) 水核算数据说明	233
参考文献	236
后 记	248

图 目 录

图 1-1	本书的技术路线	6
图 2-1	两个贸易国家的水足迹与虚拟水关系示意图	21
图 2-2	本书的几个重要概念关系示意图	22
图 4-1	水资源投入产出表基本结构图	43
图 4-2	中国 29 个行业 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年 直接用水系数变化	52
图 4-3	中国 29 个行业 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年 完全用水系数变化	56
图 4-4	中国 29 个行业直接用水系数和间接用水系数比例	56
图 4-5	中国 29 个行业 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年 间接用水系数变化	57
图 4-6	中国 29 个行业 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年 水足迹	59
图 4-7	中国 29 个行业 2002 年、2007 年和 2010 年水足迹强度 系数	61
图 4-8	中国 2002 年、2007 年、2010 年最终消费水足迹	63
图 4-9	中国 29 个行业最终需求水足迹构成比例	64
图 4-10	中国 30 个省（自治区、直辖市）2002 年和 2007 年 地区水足迹平均值	67
图 4-11	中国 30 个省（自治区、直辖市）2002 年和 2007 年 地区人均水足迹平均值	69
图 4-12	广东、山西、甘肃 2002 年、2007 年水足迹行业 构成	70
图 4-13	中国 30 个省（自治区、直辖市）水足迹最终需求	

构成 (2002 年与 2007 年平均值)	72
图 5-1 中国 2002 年、2005 年、2007 年和 2010 年虚拟水 贸易	79
图 5-2 中国主要虚拟水进口行业	81
图 5-3 中国主要虚拟水出口行业	82
图 5-4 中国 29 个行业 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年 虚拟水净出口	83
图 5-5 中国 29 个行业虚拟水净出口和水足迹强度系数	85
图 5-6 中国 30 个省 (自治区、直辖市) 虚拟水净出口 示意图	86
图 5-7 中国 30 个省 (自治区、直辖市) 人均虚拟水净 出口示意图	87
图 5-8 中国 30 个省 (自治区、直辖市) 水足迹与虚拟水 净出口比较	93
图 5-9 中国 30 个省 (自治区、直辖市) 人均水足迹和人 均虚拟水净出口比较	94
图 5-10 中国 30 个省 (自治区、直辖市) 虚拟水净出口 占水资源总量的比重	98
图 5-11 中国 30 个省 (自治区、直辖市) 虚拟水净出口 占用水总量的比重	98
图 5-12 中国十大水资源区域 2007 年虚拟水净出口占水资 源总量比重	106
图 5-13 中国十大水资源区域 2007 年虚拟水净出口占用水 总量比重	107
图 6-1 基于两极分解法的两因素结构分解分析示意图	112
图 6-2 中国 2002—2010 年三阶段水足迹变动的结构分解	119
图 6-3 中国 29 个行业 2002—2010 年水足迹变动的用水 强度效应	121
图 6-4 中国 29 个行业 2002—2010 年水足迹变动的技术 变动效应	122
图 6-5 中国 29 个行业 2002—2010 年水足迹变动的人口	

规模效应	123
图 6-6 中国 29 个行业 2002—2010 年水足迹变动的人均 消费水平效应	124
图 6-7 中国 29 个行业 2002—2010 年水足迹变动的最终 需求结构效应	125
图 6-8 中国 29 个行业水足迹变动的生产系统影响效应与 最终需求系统影响效应	126
图 6-9 中国 30 个省（自治区、直辖市）水足迹变动的 用水强度效应	129
图 6-10 中国 30 个省（自治区、直辖市）水足迹变动的 技术变动效应	130
图 6-11 中国 30 个省（自治区、直辖市）水足迹变动的 人口规模效应	131
图 6-12 中国 30 个省（自治区、直辖市）水足迹变动的 人均最终需求效应	132
图 6-13 中国 30 个省（自治区、直辖市）水足迹变动的 最终需求结构效应	133
图 6-14 30 个省（自治区、直辖市）2002—2007 年水足迹 变动的生产系统影响效应与最终需求系统影响效应 ...	134
图 6-15 中国 2002—2010 年三阶段虚拟水净出口变动的 结构分解	136
图 6-16 中国 29 个行业 2002—2010 年虚拟水净出口变动的 用水强度效应	138
图 6-17 中国 29 个行业 2002—2010 年虚拟水净出口变动的 技术变动效应	139
图 6-18 中国 29 个行业 2002—2010 年虚拟水净出口规模 效应	140
图 6-19 中国 29 个行业 2002—2010 年虚拟水净出口变动的 结构效应	141
图 6-20 中国虚拟水净出口变动的生产系统影响效应与 净出口系统影响效应对比	144

图 6-21	中国 30 个省 (自治区、直辖市) 虚拟水净出口变动的用水强度效应	148
图 6-22	中国 30 个省 (自治区、直辖市) 虚拟水净出口变动的技术变动效应	149
图 6-23	中国 30 个省 (自治区、直辖市) 虚拟水净出口变动的规模效应	150
图 6-24	中国 30 个省 (自治区、直辖市) 虚拟水净出口变动的结构效应	152
图 6-25	30 个省 (自治区、直辖市) 虚拟水出口变动的生产系统影响效应与净出口系统影响效应对比	153
图 7-1	中国各行业虚拟水净转移量平均值 (2002—2010 年)	163
图 7-2	农业虚拟水转移去向 (2002—2010 年)	167
图 7-3	能源开采虚拟水转移去向 (2002—2010 年)	168
图 7-4	轻工业虚拟水转移去向 (2002—2010 年)	169
图 7-5	重工业虚拟水转移去向 (2002—2010 年)	170
图 7-6	水、电、燃气的生产供应业虚拟水转移去向 (2002—2010 年)	171
图 7-7	建筑业虚拟水转移去向 (2002—2010 年)	172
图 7-8	服务业虚拟水转移去向 (2002—2010 年)	173
图 7-9	广东、山西、甘肃 2007 年各行业虚拟水净转移量	176
图 7-10	广东、山西、甘肃 2007 年各行业虚拟水净转移量比较	177
图 7-11	广东、甘肃、山西 2007 年农业虚拟水转移去向	180
图 7-12	广东、山西、甘肃 2007 年能源开采虚拟水转移去向	182
图 7-13	广东、甘肃、山西 2007 年轻工业虚拟水转移去向	184
图 7-14	广东、甘肃、山西 2007 年重工业虚拟水转移去向	185
图 7-15	广东、甘肃、山西 2007 年水、电、燃气的生产供应业虚拟水转移去向	186
图 7-16	广东、甘肃、山西 2007 年建筑业虚拟水转移去向	188

· 图 目 录 ·

图 7-17	广东、甘肃、山西 2007 年服务业虚拟水转移去向····	189
图 8-1	2002 年、2007 年中国八大区域水足迹比重	204
图 8-2	2002 年、2007 年中国八大区域水足迹	205
图 8-3	2002 年中国八大区域水足迹构成····	206
图 8-4	2007 年中国八大区域水足迹构成····	206
图 8-5	2002 年中国区域间主要的虚拟水转移流向	210
图 8-6	2007 年中国区域间主要的虚拟水转移流向	211
图 8-7	2007 年中国八大区域虚拟水流出占本地水资源 比重示意图	215
图 8-8	2007 年中国八大区域虚拟水流入占本地完全消耗 水资源比重示意图	216

表 目 录

表 2-1	虚拟水与水足迹的联系及区别	20
表 2-2	价值型投入产出表的一般形式	26
表 2-3	简化的价值型投入产出表	28
表 4-1	两种方式计算的中国虚拟水净出口	47
表 4-2	中国 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年直接 用水系数	50
表 4-3	中国 29 个行业 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年 完全用水系数	53
表 4-4	中国 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年各 行业水足迹	60
表 4-5	2002 年和 2007 年中国 30 个省（自治区、直辖市） 水足迹、地区人均水足迹	66
表 5-1	中国 2002 年、2005 年、2007 年和 2010 年虚拟 水贸易平均值	79
表 5-2	中国 30 个省（自治区、直辖市）2002 年、2007 年 虚拟水净出口和人均虚拟水净出口	89
表 5-3	中国虚拟水贸易及其占水资源总量和用水总量的 比重	96
表 5-4	中国东中西地区虚拟水净出口及其占水资源总量、 用水总量比重	100
表 5-5	中国南北地区虚拟水净出口及其占水资源总量、 用水总量比重	101
表 5-6	2007 年中国七大地地区虚拟水净出口及其占水资源总量、 用水总量比重	102