

# 吕梁山连片贫困区南部水资源实物量表特征

孙从建<sup>1</sup>, 贾焰文<sup>1</sup>, 李新功<sup>1</sup>, 张永清<sup>1</sup>, 孙九林<sup>1,2</sup>

(1. 山西师范大学地理科学学院, 临汾 041000; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 为实现区域水资源的优化配置及区域经济、社会和水资源的协调持续发展, 查明区域水资源实物量, 选取水资源生态极为脆弱的吕梁山连片贫困区的南部地区, 基于2008—2017年的水资源数据, 编制区域水资源实物量表, 分析水资源实物量的时空分布特征。结果表明: (1) 吕梁山南部贫困区水资源实物存量在研究期内呈明显增加趋势, 增长值(含重复计算量)高达 $6101 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 其中地表水实物存量期间增长最快, 地下水实物存量期间增长较慢; 第一产业用水增加明显, 这与区域高耗水的经果林大面积推广种植有关。(2) 居民生活用水增长明显, 人均生活用水量增加较快, 居民生活用水是当地水资源实物存量变化的主要影响因素。(3) 研究区各县水资源实物量空间分布差异大, 县域间水资源平均存量最大相差 $3971.4 \text{ m}^3$ ; 单位面积平均水资源存量及单位面积平均水资源实际使用量均为隰县最多, 吉县最少; 隰县人均生活用水量最多, 汾西县人均生活用水量最少。(4) 实际用水量与水资源总量相关程度高, 水资源的存量在一定程度上制约了水资源的实际使用量。研究结果对于区域水资源优化配置及吕梁山连片贫困区早日实现脱贫攻坚具有重要的科学指导意义。

**关键词:** 吕梁山连片贫困区; 水资源实物量核算; 水资源实物量表; 时空分布

水资源是区域自然资源的重要组成部分, 其对于区域经济社会的发展具有重要的意义<sup>[1,2]</sup>。作为区域水资源核算的主要内容, 水资源实物量核算是建立区域社会经济考核评价指标体系的重要环节<sup>[3,4]</sup>。水资源实物量表可以清楚地反映特定时期内区域水资源存量、使用量的变化特征, 是目前被广泛应用的区域水资源统计管理报表形式<sup>[5]</sup>。实现区域水资源的优化配置及区域经济、社会和水资源的协调持续发展, 需要查明区域水资源实物量并编制区域水资源实物量表。

20世纪70年代自然资源核算被经济学研究者提出。此后, 随着经济社会发展与自然资源供需矛盾的加剧, 自然资源核算的研究受到许多国家的高度重视<sup>[6,7]</sup>。联合国于1993年颁布的环境经济核算体系(SEEA)在世界范围内得到了广泛推广。作为当代社会经济研究的关注焦点, 自然资源资产表的编制是健全国家自然资源资产管理制度的重要环节<sup>[8]</sup>, 也是国家生态文明体制建设的重要措施<sup>[9,10]</sup>。水资源核算作为自然资源资产负债表研究的重要组成部分受到了众多学者的广泛关注。如孙萍萍<sup>[11]</sup>从编制原则、指标分类、方法介绍和平衡分析等多个方面论述了我国实物型水资源资产账户的特征; 王西琴等<sup>[12]</sup>从水资源管理角度研究了多层次权益主体的水资源资产负债表的编制与应用, 通过实证分析完善了水资源资产负债表的理论体系; 甘弘等<sup>[13]</sup>梳理了编制水资源资产负债表的统计基础及前期

收稿日期: 2019-06-12; 修订日期: 2019-08-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41901022, 41601317); 山西省哲学社会科学规划课题(2019B202)

作者简介: 孙从建(1986-), 男, 河北沧州人, 博士, 教授, 从事气候变化与水循环研究。

E-mail: suncongjian@sina.com

通讯作者: 李新功(1967-), 男, 北京人, 博士, 研究员, 主要从事水循环研究。E-mail: 418962304@qq.com

准备；秦长海等<sup>[3]</sup>基于会计学、统计学和经济学原理构建了水资源资产负债表的结构；宋晓谕等<sup>[14]</sup>从存量到流量、从实物到价值、从分类到综合提出了一套比较完整的水资源资产负债核算框架。此外，部分研究者以典型区域为研究对象编制了适应于当地的水资源资产负债表<sup>[15-17]</sup>。这些研究极大地提升了水资源资产负债表的编制水平，推动了区域经济社会的可持续发展。然而，现有的研究中涉及到连片贫困区水资源实物量核算的相对较少，针对于吕梁山连片贫困区的水资源资产状况研究更是少之又少。

吕梁山连片贫困区地处黄土高原腹地，是我国14个连片贫困区之一<sup>[18]</sup>，气候干旱、水资源匮乏加剧了区域水资源的供需矛盾。为了实现区域经济社会与资源环境的和谐、良性发展以及区域精准扶贫与脱贫攻坚，亟需开展区域水资源资产核算。因此，本文选取了水资源生态极为脆弱的吕梁山连片贫困区的南部地区，基于2008—2017年的水资源实物量数据，编制区域水资源实物量表，通过核算区域内各类型的水资源实物存量及变量，分析水资源实物量的时空分布特征，探讨区域水资源优化配置模式，以期实现区域水资源与经济社会的良性可持续发展。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 研究区概况

本文选取吕梁山连片贫困区的南部（以下简称“吕梁山南部贫困区”或“南部贫困区”）作为典型研究区，其位于 $36^{\circ}10' \sim 36^{\circ}55'N$ 、 $110^{\circ}23' \sim 111^{\circ}41'E$ 之间，东倚太岳，西临黄河，总面积 $6244 \text{ km}^2$ ，主要包括山西省吉县、大宁县、隰县、永和县、汾西县等5个国家级贫困县（图1）。该区属于温带大陆性季风气候，四季分明，降水少且集中于夏季，多暴雨，年降水量 $450 \sim 550 \text{ mm}$ ，水资源匮乏、地表水十分短缺<sup>[19,20]</sup>。主要河流有昕水河、芝河、清水河等，均属黄河水系。境内河流受地形、气候的影响，泥沙含量高，季节性河流的比例大。该区属典型的黄土高原残塬沟壑区，地势崎岖、沟壑纵横，全区

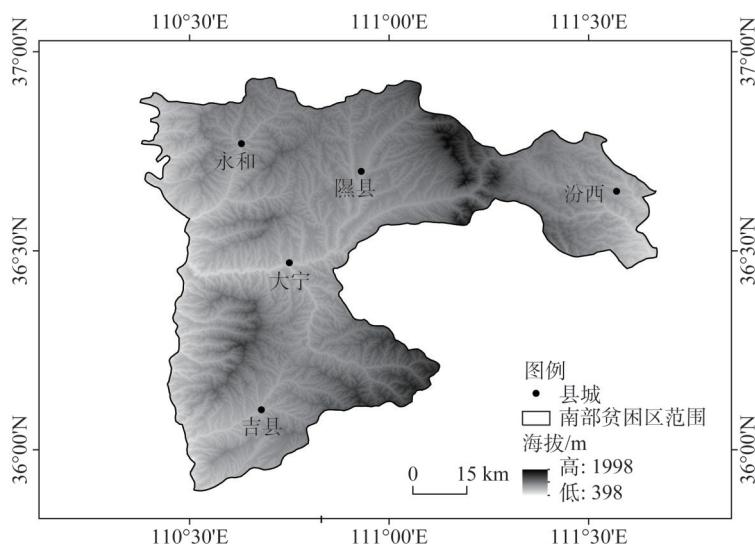


图1 吕梁山南部贫困区位置

Fig. 1 Location of the southern part of the Lyuliang Mountainous Poverty-stricken Area

5县均为黄土高原丘陵沟壑水土保持生态功能区,水土流失较为严重<sup>[21-23]</sup>。截至2017年底,该地区常住人口为500501人,区域经济相对落后,居民人均可支配收入仅有1.1万元,远低于全省平均水平。

## 1.2 数据来源

本文水资源存量、变动值、区域人口、区域生产总值等数据来自于《临汾市统计年鉴》(2008—2018年)和《山西省统计年鉴》(2008—2018年);研究区逐年降水数据下载自中国气象数据网;吕梁山南部贫困区的数字高程图下载自中国科学院资源环境数据中心。

## 1.3 编制方法

以吕梁山连片贫困区南部为研究区,在现有数据的基础上编制该区域水资源实物量表,借以分析研究区水资源实物量的时空分布特征。

### 1.3.1 核算要素

本文中,水资源实物量表分为水资源期初存量表、期间变动表以及期末存量表三部分(图2)。

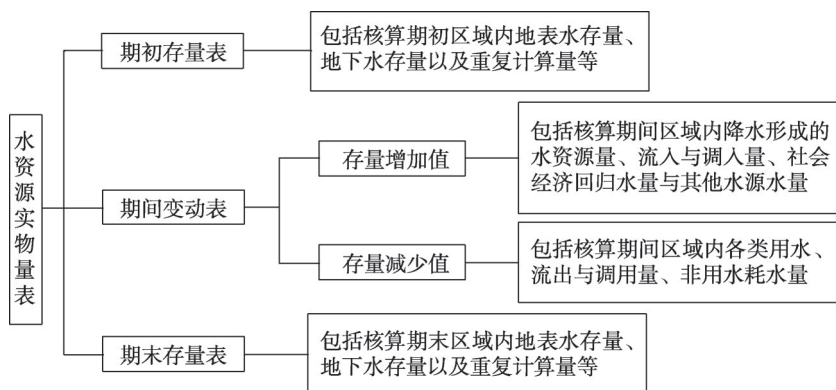


图2 水资源实物量表核算体系

Fig. 2 Accounting system for the regional water resources physical scale

其中,期初存量表主要核算研究时段初期时该区域地表水存量、地下水存量及重复计算量等。期间变动表包含两大模块:存量增加部分(主要包括核算期间区域内降水形成的水资源量、流入与调入量、社会经济回归水量与其他水源水量)及存量减少部分(包括核算期间区域内各类用水、流出与调用量、非用水耗水量)<sup>[3,24]</sup>。期末存量表由研究时段末期地表水存量、地下水存量及重复计算量组成,由于研究时段内部分数据缺失不全,根据前人研究经验<sup>[7,25]</sup>,在编制水资源实物量表时暂未考虑区域深层地下水、河流水库等因素。

### 1.3.2 编制表式

水资源实物量变动量是指区域研究期初、期末的水资源存量变化,其包含存量增加值和存量减少值两部分<sup>[24,25]</sup>。研究区水资源实物量变动如表1所示。

区域水资源实物量对比表,用以比较不同时期水资源实物量的区域差异,采用以下方式,如表2所示。

### 1.3.3 具体核算方法

水资源存量:包括地表水量及地下水量,期初(末)存量为研究时期初(末)的水

表1 水资源实物量变动表  
Table 1 Table for the variation on water resources physical quantity

类型	期初	期间	期末
水资源存量	期初存量	期间存量变动值	期末存量
地表水	期初地表水存量	期间地表水变动值	期末地表水存量
地下水	期初地下水存量	期间地下水变动值	期末地下水存量
重复计算量	期初重复计算量	期间重复计算量变动值	期末重复计算量
存量增加值		期间存量增加值	
降水		期间降水总量	
流入与调出水量		期间流入流出水总量	
社会经济回归水量		期间社会经济回归水量	
其他水源水量		期间其他水源水量	
存量减少值		期间存量减少值	
第一产业用水		期间一产用水量	
第二产业用水		期间二产用水量	
第三产业用水		期间三产用水量	
居民生活用水		期间居民用水量	
生态		期间生态用水量	
流出与调用水量		期间流出调出水总量	
非用水耗水量		期间非用水耗水量	

注：若未特殊说明，一个核算期间的水资源实物量期间变动表以核算期为单位，不是以单位年为单位。

资源存量，可根据下式计算得到：

$$W=W_s+W_g-W_r$$
 (1)

式中： $W$  为水资源存量 ( $10^4\text{ m}^3$ )； $W_s$  为地表水量 ( $10^4\text{ m}^3$ )； $W_g$  为地下水量 ( $10^4\text{ m}^3$ )； $W_r$  为重复计算量 ( $10^4\text{ m}^3$ )。

存量增加值：考虑到部分数据的缺测或缺失，主要考虑降水带来的水资源存量增加，其他增加量在此忽略不计。

存量减少值：即耗水量，包括各产业用水、居民用水以及生态用水，存量减少值可根据下式计算得到：

$$W_d=W_p+W_s+W_t+W_i+W_e$$
 (2)

式中： $W_d$  为存量减少值 ( $10^4\text{ m}^3$ )； $W_p$  为第一产业用水量 ( $10^4\text{ m}^3$ )，包括农田灌溉用水及林牧渔业用水量； $W_s$  为第二产业用水量 ( $10^4\text{ m}^3$ )，包括工业及建筑业用水量； $W_t$  为第三产业用水量 ( $10^4\text{ m}^3$ )，2011 年以前 (含 2011 年) 未单独统计； $W_i$  为居民生活用水量 ( $10^4\text{ m}^3$ )，包括农村居民用水及城镇居民用水； $W_e$  为生态用水量，2010 年以前 (含 2010 年) 未单独统计。

存量变化值表示在一个研究时段内核算期末与核算期初水资源存量变化值。

1.3.4 水资源负载指数

水资源负载指数用以表达某区域水资源与人口、经济发展之间的关系，反映水资源利用程度，判断今后水资源开发难易程度。其计算公式<sup>[2,26]</sup>如下：

$$C=k\sqrt{P\times G}/W$$
 (3)

表2 水资源实物量区域对比表

Table 2 Comparison table for water resources physical quantity

类型	区域1	区域2	区域3	...	区域 <i>n</i>
期初存量					
地表水					
地下水					
重复计算量					
存量增加值					
降水					
流入与调出水量					
社会经济回归水量					
其他水源水量					
存量减少值					
第一产业用水					
第二产业用水					
第三产业用水					
居民生活用水					
生态					
流出与调用水量					
非用水耗水量					
期末存量					
地表水					
地下水					
重复计算量					
存量变化值					

$$k = \begin{cases} 1 & R \leq 200 \\ 1.0 - 0.1(R - 200)/200 & 200 < R \leq 400 \\ 0.9 - 0.2(R - 400)/400 & 400 < R \leq 800 \\ 0.7 - 0.2(R - 800)/800 & 800 < R \leq 1600 \\ 0.5 & R > 1600 \end{cases} \quad (4)$$

式中：*C*为水资源负载指数；*P*为人口数量（万人）；*G*为区域生产总值（亿美元）；*W*为水资源总量（亿m<sup>3</sup>）；*k*是与降水有关的系数；*R*为降水量（mm）。

水资源负载指数分级评价标准<sup>[2,26]</sup>见表3。

表3 水资源负载指数分级评价

Table 3 Evaluation classification for water resources load index

级别	C值	水资源利用程度及开发潜力	水资源进一步开发评价
I	>10	很高，潜力很小	艰难，有条件时需要外流域调水
II	5~10	高，潜力小	开发条件很困难
III	2~5	中等，潜力较大	开发条件中等
IV	1~2	较低，潜力大	开发条件较容易
V	0~1	低，潜力很大	兴建中小工程，开发容易



2 结果分析

2.1 区域水资源实物量整体特征

表4为2008—2017年吕梁市南部贫困区水资源实物量变动表，由表可知，吕梁山南部贫困区水资源存量在研究期内呈明显增加趋势，水资源实物存量期间增长值（含重复计算量）高达 $6101\times10^4\text{ m}^3$ ；其中，地表水实物存量期间增长最快，为 $6522\times10^4\text{ m}^3$ ，涨幅为98.12%；地下水实物存量期间增长最慢，为 $2970\times10^4\text{ m}^3$ ，涨幅为42.69%。从整体来看，研究区水资源负载指数在研究时段内的平均值为16.06，属于I类级别，水资源利用程度高，继续开发相对较难。

对比各产业的水资源存量减少值，其中，第一产业用水量最多，为 $10435.97\times10^4\text{ m}^3$ ，占存量减少值的55.06%，这与该区域近年来大量推广高耗水的经果林种植有密切关系；居民生活用水量达 $7004.06\times10^4\text{ m}^3$ ，占存量减少值的36.95%，仅次于第一产业用水量；第三产业用水量相对较少，仅有 $241.04\text{ m}^3$ ；生态用水量最少，仅有 $190.23\text{ m}^3$ 。水资源存量减少特征表明，该地区用水量主要为农业生产耗水，此外居民生活用水也占有较大的比例，而工业及第三产业对区域水资源的消耗相对较少。

2.2 区域水资源实物量时间变化特征

2008—2017年，研究区水资源存量年际间波动较明显（图3），其最大值出现在2014年，为 $14791\times10^4\text{ m}^3$ ；最小值为2009年的 $6962\times10^4\text{ m}^3$ ；多年平均值为 $10686.3\times10^4\text{ m}^3$ 。其中，2010—2013年、2015—2016年为正增长，而2014—2015年为负增长（变化率为-62.02%）。

利用式（3）、式（4），本文计算了研究区整体及不同县在研究时段内的水资源负载指数。其中最大值为2015年的22.92，最小值为2013年的11.06，平均值为16.06。年均变化幅度达28.30%，年际间亦存在较为明显的波动（图3c）。当地该区为典型的温带大陆性气候，水资源存量主要来自大气降水，降水的年际波动对区域水资源负载指数年际变化具有显著的影响。

对比几种主要的水资源的用水途径发现（图3b），在2008—2017年，研究区居民生活用水量增长最快，十年间总增长率109.30%；第一产业用水量增长较快，十年总增长率达到71.78%，2014—2015年涨幅最大，增长量达 $865.86\times10^4\text{ m}^3$ 。第二、三产业及其他用水量变化不大，其中第二产业用水量呈微弱减少趋势。

2.3 区域水资源实物量空间变化特征

2008—2017年间，研究区的5个行政县水资源变化趋势大致相同，整体上呈增长趋势发展，但内部空间差异也较明显（图3a）。研究时段初，吉县的水资源实物总量最多，为 $1929\times10^4\text{ m}^3$ ，大宁县的水资源实物总量最少，为 $1140\times10^4\text{ m}^3$ ；至2010年，汾西县成

表4 2008—2017年吕梁山南部贫困区水资源实物量变动表

Table 4 Physical quantity scale of water resources in the southern part of the Lyuliang Mountainous Poverty-stricken Area during 2008-2017 (10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )			
类型	期初	期间	期末
水资源存量	7483	6101	13584
地表水	6647	6522	13169
地下水	6957	2970	9927
重复计算量	6121	3391	9512
存量增加值		3427210	
存量减少值		18954.86	
第一产业用水		10435.97	
第二产业用水		1008.19	
第三产业用水		241.04	
居民生活用水		7004.06	

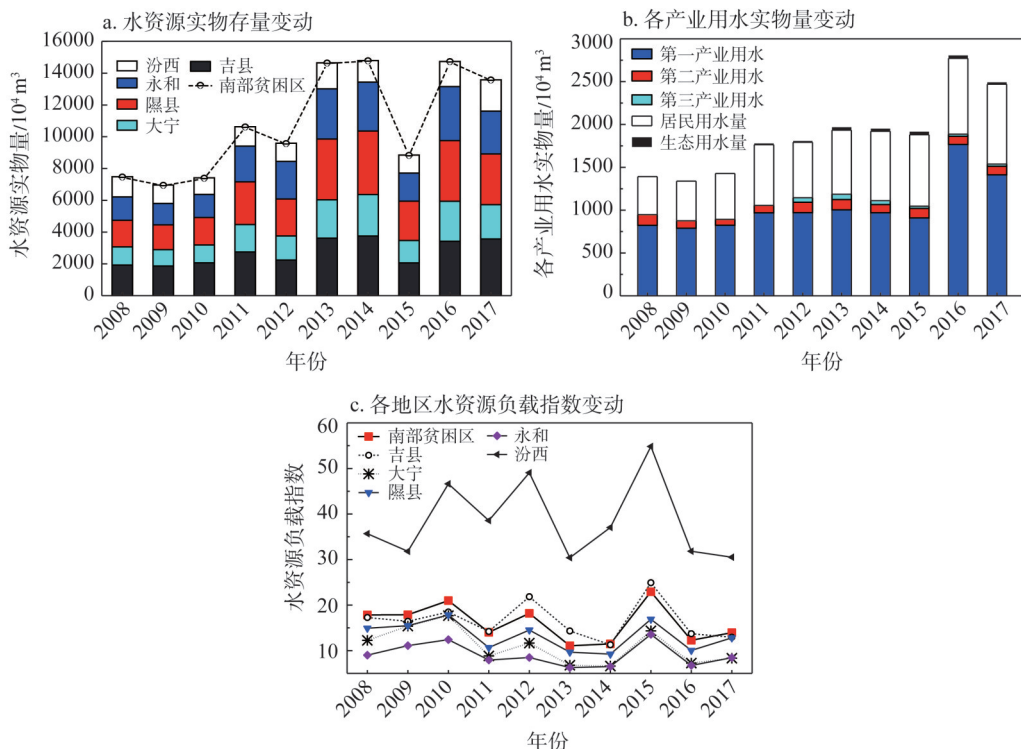


图3 吕梁山南部贫困区水资源实物量变动分析

Fig. 3 Analysis on the changes in the physical quantity of water resources in the southern part of the Lyuliang Mountainous Poverty-stricken Area

为研究区水资源实物总量最少的地区；2012—2016年，隰县超过吉县成为南部贫困区中水资源实物总量最多的地区；到研究时段末，吉县又反超隰县成为水资源实物量最多的地区，汾西县仍为水资源实物量最少的地区。总体上，吉县、隰县水资源实物量相对丰富，大宁县、汾西县水资源实物总量相对较少。对比几个县级单位的水资源负载指数发现（图3c），在研究时段内，永和县水资源负载指数最小，平均值仅有9.05。吉县、大宁、隰县、永和4县水资源负载指数保持在6.5~25之间，但汾西县水资源负载指数平均值达到了38.64，约为其他4县平均值的3.11倍。在水资源负载指数相对稳定的4县中，2012年水资源负载指数空间差异最大，差值达13.35；2017年水资源负载指数空间差异最小，差值为4.61。

表5可知，2008—2017年，大宁县、隰县、永和县第一产业用水量在存量减少值中占有较大比例，吉县、汾西县居民生活用水量在存量减少值中占有较大比例。其中隰县的第一产业用水量和生态用水量最多，占比高达39.43%、59.93%；汾西县的第二产业用水量在南部贫困区最多，占比高达38.58%；吉县的第三产业用水量和居民生活用水量最多，分别占比30.78%、29.06%。南部贫困区各类用水量在不同年份的空间差异不同：第一产业用水量的空间差异在2009年最小，差值仅有 $671.00 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；2012年最大，差值达 $1608.11 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；第二产业用水量的空间差异在2010年最小，差值仅有 $61.00 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；2008年最大，差值达 $117.00 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；第三产业用水量的空间差异在2016年最小，差值仅有 $24.70 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；2013年最大，差值达 $60.00 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；居民生活用水量的空间差异在2008年

表5 2008—2017年研究区各县水资源实物量对比表

Table 5 Comparison of physical quantity of water resources in five counties of the study area during 2008-2017 (10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>)

类型	吉县	大宁县	隰县	永和县	汾西县
期初存量	1929	1140	1672	1470	1272
地表水	1844	1129	1620	1433	621
地下水	1794	1056	1637	1340	1130
重复计算量	1709	1045	1585	1303	479
存量增加值	938700	546140	780500	661670	500200
存量减少值	3811.99	2668.6	5888.87	2968.04	3617.36
第一产业用水	1405.54	1703.1	4114.88	1981.44	1231.01
第二产业用水	266.85	88.89	154.96	108.5	388.99
第三产业用水	74.2	47.88	69.4	29.7	19.86
居民生活用水	2035	795.43	1409.43	835.2	1929
生态	3.4	33.43	114	24.9	14.5
期末存量	3566	2160	3191	2688	1979
地表水	3486	2120	3074	2668	1821
地下水	2536	1749	2743	1507	1392
重复计算量	2456	1709	2626	1487	1234
存量变化值	1637	1020	1519	1218	707

最小，差值仅有398.00×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>；2017年最大，差值达812.40×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>；生态用水量的空间差异在2011年最小，差值仅有15.00×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>；2013年最大，差值达35.00×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。

在研究时段内，研究区水资源实物分布在单位面积平均水资源存量、单位面积平均水资源实际使用量及人均生活用水量中的空间差异较为明显。图4为研究区各县单位面积平均水资源存量、使用量及人均生活用水量图，如图可知，5个县中，隰县单位面积平均水资源存量最多，达1.93×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>；吉县单位面积平均水资源存量最少，为1.53×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>；隰县单位面积平均水资源实际使用量最多，达0.42×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>；吉县单位面积平均水资源实际使用量最少，为0.21×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>；隰县人均生活用水量最多，达56 m<sup>3</sup>/人，汾西县人均生活用水量最少，仅有24.68 m<sup>3</sup>/人。

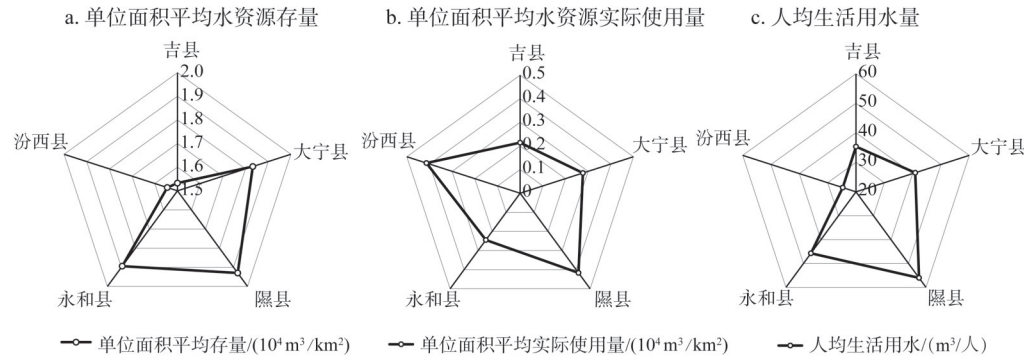


图4 吕梁山南部贫困区水资源实物分布空间差异分析

Fig. 4 Analysis of spatial difference of physical distribution of water resources in the southern part of the Lyuliang Mountainous Poverty-stricken Area



2.4 区域水资源实物量变化主要控制因素

通过SPSS软件，对研究区整体及各县水资源实物量变化的影响因素进行主成分分析(表6)。结果发现，影响该地区水资源实物存量的最主要因素为居民生活用水，其次为第一产业用水。对比各县发现，期初大宁县水资源实物量主要受控于自然因素降水外，其他各县水资源实物量变化都主要由人为因素决定，其中，影响吉县、隰县和永和县水资源实物存量的主要因素为居民生活用水，影响汾西县水资源实物存量的最主要因素为第一产业用水。近年来，研究区不断完善贫困地区基础设施建设，随着技术条件的发展，自来水的供给范围不断扩大，贫困地区的“用水难”得到了一定程度的解决。但农村水资源的过度浪费也随之而来。大量的水资源从“松动”的水龙头流失，造成了极大的资源浪费。

表6 水资源实物量主成分分析表  
Table 6 Principal component analysis of water resources

区域	成分	累计贡献率/%	第一产业用水	第二产业用水	第三产业用水	居民生活用水	降水
研究区	1	52.185	0.906	-0.091	-0.837	0.911	0.500
	2	75.316	0.034	0.818	-0.283	0.131	-0.624
吉县	1	45.367	0.409	0.739	-0.794	0.866	0.418
	2	74.431	0.792	-0.264	0.128	-0.400	0.762
大宁	1	61.227	0.872	-0.841	0.013	0.882	0.903
	2	87.926	0.437	0.220	0.978	-0.355	0.116
隰县	1	52.069	0.730	-0.467	-0.795	0.801	0.760
	2	71.424	0.332	0.818	-0.305	0.138	-0.280
永和	1	48.528	0.912	0.444	-0.531	0.917	0.523
	2	73.428	0.085	0.800	0.242	0.085	-0.730
汾西	1	48.453	0.844	0.363	-0.670	0.658	0.835
	2	79.090	-0.442	0.857	0.087	0.670	-0.383

3 结论与讨论

3.1 结论

本文以吕梁山连片贫困区南部为例，尝试编制2008—2017年间研究区整体及县域的水资源实物量表，在编制基础上梳理水资源实物量时空分布特征，并探讨水资源变化的主导因素。主要结论如下：

(1) 研究区水资源实物存量在研究期内呈明显增加趋势，地表水实物存量期间增长最快，地下水实物存量期间增长最慢；区域总用水量整体增加了78.16%；研究区水资源负载指数在研究时段内的平均值为16.06，属于Ⅰ类级别，水资源利用程度高，继续开发相对较难。

(2) 在各类型用水中，第一产业用水量最多，其次为居民生活用水，第三产业用水和生态用水相对较少。这与区域高耗水的经果林大面积推广种植有关。居民生活用水量的变化是当地水资源实物量变化的主要控制因素。

(3) 研究区水资源存量及用水量存在显著的空间差异性，县域间水资源平均存量最

大相差 3971.4 m<sup>3</sup>。各县中, 单位面积平均水资源存量及单位面积平均水资源实际使用量均为隰县最多, 吉县最少; 隰县人均生活用水量最多, 汾西县人均生活用水量最少。

### 3.2 讨论

吕梁山连片贫困区南部属于半干旱半湿润型气候过渡区, 水资源利用的脆弱性和敏感性远高于其他地区。该地区为黄土高原残塬沟壑区, 不同的地形差异不仅造成了降水的空间差异明显, 也是当地河湖分布、蓄水能力差异明显的主要原因。在该地区水资源实物量表中, 实际用水量与水资源总量相关程度高, 这说明当地水资源的存量在一定程度上制约了水资源的实际使用量。水资源的时空分布不均会严重影响当地农业的可持续发展, 影响精准扶贫工作进展。受当地水资源分布的不均衡与开发空间的局限, 在现有资源总量的基础上, 一方面要继续完善水资源基础设施建设, 针对实际用水依赖水资源存量的情况, 兴建水利工程, 通过大坝、水库以及跨区域调水工程优化水利设施的布局, 实现人工调节下的水资源科学配置。另一方面也要加强水资源的保护, 发展节水农业及第三产业, 优化产业结构与生产技术, 提高水资源利用效率。对于水资源使用中可能存在的浪费现象, 要加强节水宣传, 采用阶梯水价、再生水利用等措施进行调控。

### 参考文献(References):

- [1] 鲍超, 邹建军. 基于人水关系的京津冀城市群水资源安全格局评价. 生态学报, 2018, 38(12): 4180-4191. [BAO C, ZOU J J. Evaluation of water resource security patterns in the Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration based on human-water relationships. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(12): 4180-4191.]
- [2] 杨艳昭, 封志明, 孙通, 等. “一带一路”沿线国家水资源禀赋及开发利用分析. 自然资源学报, 2019, 34(6): 1146-1156. [YANG Y Z, FENG Z M, SUN T, et al. Water resources endowment and exploitation and utilization of countries along the Belt and Road. Journal of Natural Resources, 2019, 34(6): 1146-1156.]
- [3] 秦长海, 甘泓, 汪林, 等. 实物型水资源资产负债表表式结构设计. 自然资源学报, 2017, 32(11): 1819-1831. [QIN C H, GAN H, WANG L, et al. Designing the statement form of physical balance sheet of water resources. Journal of Natural Resources, 2017, 32(11): 1819-1831.]
- [4] 汪劲松, 石薇. 我国水资源资产负债表编制探讨: 基于澳大利亚水资源核算启示. 统计与决策, 2019, (14): 5-9. [WANG J S, SHI W. Discussion on the establishment of China's water resources balance sheet: Based on the enlightenment of Australian water resources accounting. Statistics & Decision, 2019, (14): 5-9.]
- [5] 孙玥璠, 徐灿宇. 生态系统服务: 自然资源资产核算从实物量到价值量的桥梁. 财务与会计, 2016, (12): 74-76. [SUN Y F, XU C Y. Ecosystem services: Natural resources assets accounting from converting to a quantity of bridge. Finance & Accounting, 2016, (12): 74-76.]
- [6] 陈玥, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 自然资源核算进展及其对自然资源资产负债表编制的启示. 资源科学, 2015, 37(9): 1716-1724. [CHEN Y, YANG Y Z, YAN H M, et al. Natural resources accounting and the natural resources balance sheet. Resources Science, 2015, 37(9): 1716-1724.]
- [7] 孔含笑, 沈镭, 钟帅, 等. 关于自然资源核算的研究进展与争议问题. 自然资源学报, 2016, 31(3): 363-376. [KONG H X, SHEN L, ZHONG S, et al. Research progress and controversial issues of natural resources accounting. Journal of Natural Resources, 2016, 31(3): 363-376.]
- [8] 封志明, 杨艳昭, 李鹏. 从自然资源核算到自然资源资产负债表编制. 中国科学院院刊, 2014, 29(04): 449-456. [FENG Z M, YANG Y Z, LI P. From natural resources accounting to balance-sheet of natural resources asset compilation. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2014, 29(4): 449-456.]
- [9] 中国共产党第十八届中央委员会第三次全体会议公报. 北京: 人民出版社, 2013: 1-25. [Communique of the Third Plenary Session of the 18th CPC Central Committee. Beijing: People's Publishing House, 2013: 1-25.]
- [10] 中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定. 人民日报, 2013-11-16(001). [Decision of the CPC central committee on several major issues of comprehensively deepening reform. People's Daily, 2013-11-16(001).]
- [11] 孙萍萍. 实物型水资源资产核算研究. 邯郸: 河北工程大学, 2017. [SUN P P. Research on physical water resource as-

- set accounting. Handan: Hebei University of Engineering, 2017.]
- [12] 王西琴, 刘维哲, 孙爱昕. 基于多层次权益主体的水资源资产负债表研究: 以M市为例. 西北大学学报: 自然科学版, 2019, 49(2): 204-210. [WANG X Q, LIU W Z, SUN A X. A study on the balance sheet of water resources based on multi-level equity subjects: A case study of M city. Journal of Northwest University: Natural Science Edition, 2019, 49(2): 204-210.]
- [13] 甘泓, 汪林, 秦长海, 等. 对水资源资产负债表的初步认识. 中国水利, 2014, (14): 1-7. [GAN H, WANG L, QIN C H, et al. Preliminary understanding of the balance sheet of water resources. China Water Resources, 2014, (14): 1-7.]
- [14] 宋晓谕, 陈玥, 闫慧敏, 等. 水资源资产负债表表式结构初探. 资源科学, 2018, 40(5): 899-907. [SONG X Y, CHEN Y, YAN H M, et al. Initial research into an accounting framework for a water resource balance sheet. Resources Science, 2018, 40(5): 899-907.]
- [15] 牟秦杰, 陈玉成, 魏世强, 等. 重庆市不同功能区水资源资产负债表的比较研究. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2017, 42(2): 26-33. [MU Q J, CHEN Y C, WEI S Q, et al. Comparative study on the balance sheets of water resources in different functional areas of Chongqing. Journal of Southwest Normal University: Natural Science Edition, 2017, 42(2): 26-33.]
- [16] 杨艳昭, 陈玥, 宋晓谕, 等. 湖州市水资源资产负债表编制实践. 资源科学, 2018, 40(5): 908-918. [YANG Y Z, CHEN Y, SONG X Y, et al. Compilation of a water resource balance sheet for Huzhou city. Resources Science, 2018, 40(5): 908-918.]
- [17] 陈龙, 叶有华, 张焱, 等. 深圳市宝安区水资源资产负债表编制研究. 人民长江, 2018, 49(16): 41-46. [CHEN L, YE Y H, ZHANG Y, et al. Research on preparation of water resources balance sheet in Baoan district of Shenzhen. Yangtze River, 2018, 49(16): 41-46.]
- [18] 中国农村扶贫开发纲要(2011—2020年). 北京: 人民出版社, 2011: 1-25. [China's Rural Poverty Alleviation and Development Program (2011-2020). Beijing: People's Publishing House, 2011: 1-25.]
- [19] 孙从建, 张文强, 李新功, 等. 基于遥感影像的黄土高原沟壑区生态效应评价. 农业工程学报, 2019, 35(12): 165-172. [SUN C J, ZHANG W Q, LI X G, et al. Evaluation of ecological effect of gully region of loess plateau based on remote sensing image. Transactions of the CSAE, 2019, 35(12): 165-172.]
- [20] 徐满厚, 杨晓艳, 张潇月, 等. 山西吕梁连片特困区生态环境质量评价及其经济贫困的时空分布特征. 江苏农业科学, 2018, 46(6): 304-309. [XU M H, YANG X Y, ZHANG X Y, et al. Evaluation of ecological environment quality and spatial-temporal distribution characteristics of economic poverty in contiguous poor areas of Lyuliang, Shanxi. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(6): 304-309.]
- [21] 李静怡, 王艳慧. 吕梁地区生态环境质量与经济贫困的空间耦合特征. 应用生态学报, 2014, 25(6): 1715-1724. [LI J Y, WANG Y H. Spatial coupling characteristics of ecological environment quality and economic poverty in Lyuliang. Journal of Applied Ecology, 2014, 25(6): 1715-1724.]
- [22] 孙从建, 侯慧新, 陈伟, 等. 典型黄土塬区不同植物措施水土保持效应分析. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1405-1416. [SUN C J, HOU H X, CHEN W, et al. Analysis of soil and water conservation effects of different plant measures in typical Loess Tableland. Journal of Natural Resources, 2019, 34(7): 1405-1416.]
- [23] 陈怡平, 张义. 黄土高原丘陵沟壑区乡村可持续振兴模式. 中国科学院院刊, 2019, 34(6): 708-716. [CHEN Y P, ZHANG Y. Sustainable model of rural vitalization in hilly and gully region on Loess Plateau. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(6): 708-716.]
- [24] 焦志倩, 王红瑞, 许新宜, 等. 自然资源资产负债表编制设计及应用 I: 设计. 自然资源学报, 2018, 33(10): 1706-1714. [JIAO Z Q, WANG H R, XU X Y, et al. Design and application of natural resources balance sheet I: Design. Journal of Natural Resources, 2018, 33(10): 1706-1714.]
- [25] 焦志倩, 王红瑞, 许新宜, 等. 自然资源资产负债表编制设计及应用 II: 应用. 自然资源学报, 2018, 33(10): 1715-1724. [JIAO Z Q, WANG H R, XU X Y, et al. Design and application of natural resources balance sheet II: Application. Journal of Natural Resources, 2018, 33(10): 1715-1724.]
- [26] 封志明, 刘登伟. 京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力. 自然资源学报, 2006, 21(5): 689-699. [FENG Z M, LIU D W. A study on water resources carrying capacity in Beijing-Tianjin-Hebei Area. Journal of Natural Resources, 2006, 21(5): 689-699.]

## Characteristics of water resources in the southern part of the Lyuliang Mountainous Poverty-stricken Area

SUN Cong-jian<sup>1</sup>, JIA Yan-wen<sup>1</sup>, LI Xin-gong<sup>1</sup>, ZHANG Yong-qing<sup>1</sup>, SUN Jiu-lin<sup>1,2</sup>

(1. School of Geographical Sciences, Shanxi Normal University, Linfen 041000, Shanxi, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** In order to realize the optimal allocation of regional water resources and the coordinated and sustainable development of regional economy, society and water resources, and to ascertain the physical quantity of regional water resources, this paper chose the southern part of the Lyuliang Mountainous Contiguous Poverty-stricken Area, where the water resources ecology is extremely fragile, as a case study. Based on the actual water resources data from 2008 to 2017, we compiled the regional water resources physical quantity and analyzed the spatial and temporal distribution characteristics of water resources. The results show that: (1) The physical quantity of water resources in the study area showed a significant increasing trend during the study period, with the growth value (including their duplicate) as high as  $6101 \times 10^4 \text{ m}^3$ . During the study period, the physical stock of surface water increased fast, while the physical stock of groundwater increased slowly. The water consumption in the primary industry increased significantly, which was caused by large-scale promotion of high-water-consumption fruit trees in the region; (2) Residents' water consumption increased significantly, and the per capita water consumption increased rapidly. Residents' water consumption is the main factor affecting the physical stock of local water resources. (3) A larger difference in spatial distribution of water resources can be observed in the study area. The average stock of water resources between counties differs by a maximum of  $3971.4 \text{ m}^3$ ; the average water resources per unit area and the actual use of water resources per unit area are the highest in Xixian county, but the lowest in Jixian county. The per capita living water consumption is the highest in Xixian county, while the per capita living water consumption is the least in Fenxi county. (4) There is a high correlation between actual water consumption and total water resources, and the stock of water resources restricts the actual use of water resources to a certain extent. The results of this study have important scientific guiding significance for the optimal allocation of regional water resources and the realization of poverty alleviation in contiguous poverty-stricken areas of the Lyuliang Mountains.

**Keywords:** Lyuliang Mountainous Poverty-stricken Area; physical quantity accounting of water resources; physical scale of water resources; spatial and temporal distribution