

## 近 10 年青海省水资源利用时空格局分布

朱海玲, 马金安, 李存霞, 郑国强 (青海省工程咨询中心, 青海西宁 810001)

**摘要** 以青海省省级行政区为研究对象, 综合重心分析模型、相对变化率、水资源利用效率等分析方法, 从研究水资源时序移动轨迹、利用结构变化及水资源利用效率时空变化等三方面, 探析 2007—2016 年青海省水资源利用时空格局特征。结果表明, 受降雨、温度等因素影响, 青海省水资源总量重心偏离几何重心, 各年的重心移动轨迹具有不稳定性; 水资源用量重心与 GDP 重心总体偏离几何重心的方向一致, 年际移动轨迹呈“一”字形; 全省用水总量空间变化幅度相对较小, 人均用水量空间变化幅度较大; 不同类型用水空间变化呈差异化, 除生活用水变化幅度最小, 其他类型用水空间变化幅度较大, 各州市用水结构仍处于调整阶段; 各州市的水资源利用效率时序变化呈多样化, 分为增长型、下降型、变化幅度不明显型 3 种类型, 全省过半的区域仍处于水资源利用效率较低效型及以下水平。

**关键词** 水资源; 重心转移; 水资源利用效率; 相对变化率; 青海省

**中图分类号** S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)26-0080-05

## Spatial and Temporal Pattern Distribution of Water Resources Utilization in Qinghai Province in the Past 10 years

ZHU Hai-ling, MA Jin-an, LI Cun-xia et al (Qinghai Engineering Consulting Center, Xining, Qinghai 810001)

**Abstract** Taking Qinghai provincial-level administrative district as the research object, comprehensive gravity analysis model, relative change rate, water use efficiency and other analytical methods, the spatial-temporal pattern of water resources utilization in Qinghai Province from 2007 to 2016 were analyzed from the study of water resources time series trajectory, utilization structure change and water use efficiency time and space changes, etc.. The result showed that: due to rainfall, temperature and other factors, the total center of gravity of water resources in Qinghai Province deviated from the geometric center of gravity, and the trajectory of the center of gravity movement in each year was unstable; the direction of gravity of the water resources usage and the center of gravity of the GDP deviated from the geometric center of gravity. The trajectory was in the shape of a “one”; the province’s total amount of water use had a relatively small spatial variation, and the per capita water consumption had a large spatial variation. The spatial changes of different types of water use were different, except for the smallest change in domestic water use, and other types of water use vary greatly. The water use structure of each city in the province was still in the adjustment stage. The seasonal changes in the water use efficiency of each city were diversified, divided into three types: growth, decline and insignificant change. More than half of the province’s regions were still at a lower level of water use efficiency and below.

**Key words** Water resources; Gravity shift; Water use efficiency; Relative change rate; Qinghai Province

水资源作为基础性的自然资源和战略性的经济资源, 是生态环境的重要控制因素。随着人口不断增加、经济快速发展、城市化进程加快和人民生活水平的逐步提高, 水资源已成为国民经济建设和生态建设的命脉, 直接关系到国家安全、社会稳定和可持续发展。水资源供需矛盾日益突出, 已经成为世界范围内的战略性问题之一<sup>[1-2]</sup>。

青海地处青藏高原东北部, 被誉为“中华水塔”, 是长江、黄河、澜沧江的发源地, 是我国淡水资源的重要补给地, 全省水资源总量达 629.3 亿 m<sup>3</sup>, 人均水资源量 1.09 万 m<sup>3</sup>, 为全国人均水量的 5 倍多, 水资源已成为该省最主要的生态产品, 是保障经济社会发展的基本条件, 是建设生态大省、强省的重要支撑, 是实现生态生产生活良性循环的必备要素。近年来, 在西部大开发、一带一路、国家加大藏区建设投入、东部城市群建设等一系列重大战略政策支撑下, 青海省经济大幅增长、结构转型升级、城镇化进程加快、发展方式转变及产业布局调整, 水资源利用格局也随之发生较大变化, 现有的水利基础设施格局、水资源管理体系及开发利用水平, 已难以满足全省经济社会发展对水资源的需求, 难以适应全省“四个转变”发展新思路和“131”发展总要求, 难以支撑青海省肩负的保护“中华水塔”的生态重任。因此, 笔者对全省水资源

利用时空格局进行更详细的分析, 促进新形势下水资源优化配置, 为强化水资源对经济社会发展支撑、建设生态强省、融入国家战略提供依据。

## 1 资料与方法

**1.1 研究区概况** 青海省位于 89°35′~103°04′E、31°39′~39°19′N, 面积 69.66 万 km<sup>2</sup>, 平均海拔 3 000 m 以上, 是世界屋脊的重要组成部分。东部与北部同甘肃省相连, 东南部和四川省为邻, 西南与西藏自治区毗连, 西北部与新疆维吾尔自治区相接, 是连接西藏、新疆与内地的纽带。

青海省东南部、东北部水系发达, 河网密集; 西北部诸盆地, 河流稀疏; 柴达木盆地西北部属于无径流区。省内流域面积 50 km<sup>2</sup> 及以上河流 3 581 条, 总长度 11.41 万 km; 流域面积 100 km<sup>2</sup> 及以上河流 1 791 条, 总长度 8.2 万 km; 流域面积 1 000 km<sup>2</sup> 及其以上河流 200 条, 总长度 2.81 万 km; 流域面积 10 000 km<sup>2</sup> 及其以上河流 27 条, 总长度 0.99 万 km。以乌兰乌拉山—布尔汗布达山—日月山—大通山—线为界, 以南以东为黄河流域、长江流域、澜沧江流域, 属外流河区; 以北以西为内流河区。

**1.2 数据来源** 该研究以青海省为研究对象, 以全省 8 个市级行政区为研究单元, 研究过程涉及到的经济社会数据来源于《青海统计年鉴》(2008—2017 年), 水资源数据来源于《青海省水资源公报》(2007—2016 年)。

## 1.3 研究方法

**1.3.1 区域重心。**“重心”这一概念源自于力学, 是指一个物体各部分所受重力产生合力的作用点<sup>[3]</sup>。随着学科的相互

**基金项目** 青海省 2014 年第一批省级预算内投资水利前期项目“青海省经济社会发展与水资源需求战略研究规划”(青发改投资[2014]1071 号)。

**作者简介** 朱海玲(1986—), 女, 甘肃庆阳人, 助理研究员, 硕士, 从事生态、农业类的工程咨询工作。

**收稿日期** 2018-07-15

交融,重心模型被广泛应用到各领域研究中,如人口重心模型<sup>[4]</sup>、经济重心模型<sup>[5]</sup>、旅游重心模型<sup>[6]</sup>、水资源重心模型<sup>[7]</sup>等,成为研究区域发展过程中相关要素空间变化的主要分析工具<sup>[8]</sup>。该研究将这一分析工具引入青海省水资源重心路径迁移问题研究中。重心地理坐标 $(x,y)$ 的计算公式如下:

$$X_t = \frac{\sum_1^n m_i x_i}{\sum_1^n m_i}, Y_t = \frac{\sum_1^n m_i y_i}{\sum_1^n m_i} \quad (1)$$

式(1)中, $X_t$ 、 $Y_t$ 分别为第 $t$ 年重心的经度坐标和纬度坐标; $m_i$ 为第 $i$ 个子区域某种属性的数量值; $x_i$ 、 $y_i$ 分别为子区域地理中心的经纬度坐标。

**1.3.2 相对变化率。**根据我国对水资源的相关分类,可以把水资源利用类型划分为农业用水、工业用水、生活用水和生态用水4大类型。对于水资源利用变化的区域差异,可以用水资源利用类型的结构变化来表示,对此引入水资源利用类型的相对变化率,其公式如下:

$$W = \frac{P_m/P_n}{Q_m/Q_n} \quad (2)$$

式(2)中, $P_m$ 、 $P_n$ 分别指子区域的某种水资源利用类型在研究期初和研究期末的用水量; $Q_m$ 、 $Q_n$ 分别指青海省某种水资源利用类型在研究期初和研究期末的用水量。若 $W>1$ ,则表明该子区域 $m$ 类型水资源利用变化大于全省水平;若 $W=1$ ,

则表明该区域该类型水资源利用变化与全省的一致;若 $W<1$ ,则表明该子区域该类型水资源利用变化小于全省水平。

**1.3.3 水资源利用效率。**水资源作为支撑经济发展的基本要素,同时,全国超过70%的水资源消耗量用于经济生产活动,因此水资源总体利用效率可用经济生产活动的水资源利用效率代替。该研究借鉴尹上岗等<sup>[7]</sup>、马海良等<sup>[9]</sup>研究思路,采用区位熵法,将青海省各州市GDP占全省GDP的比重与各州市水资源用量占全省水资源用量的比重二者之间的比值作为水资源利用效率,具体公式如下:

$$M_{ij} = \frac{G_{ij}/G_j}{W_{ij}/W_j} \quad (3)$$

式(3)中, $M_{ij}$ 为 $j$ 年份 $i$ 子区域的水资源利用效率; $G_{ij}$ 为 $j$ 年份 $i$ 子区域的GDP; $G_j$ 为 $j$ 年份全省GDP; $W_{ij}$ 为 $j$ 年份 $i$ 子区域的地区用水量; $W_j$ 为 $j$ 年份全省用水量。

## 2 结果与分析

**2.1 青海省水资源重心演变轨迹** 水资源重心随时间的移动轨迹可反映出水资源空间分布差异的动态演变过程。根据式(1),计算2007—2016年青海水资源总量、水资源用量及GDP的重心,分析青海水资源及其利用的时空演变总体移动轨迹(图1),并探讨GDP对水资源利用格局变化的影响。

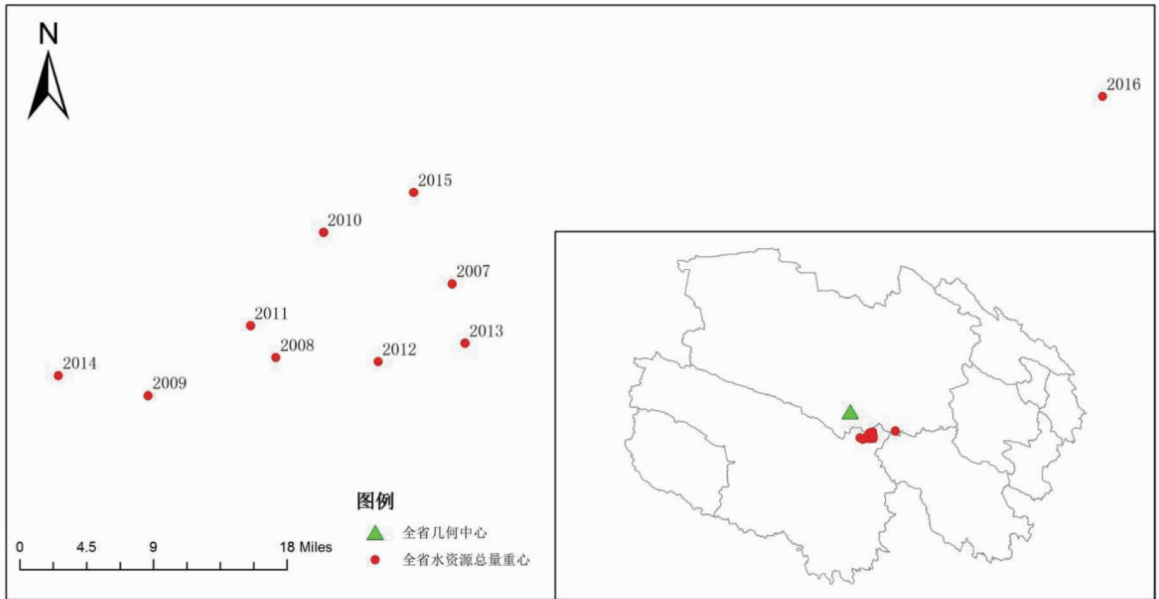


图1 2007—2016年青海省水资源总量重心转移轨迹

Fig.1 Track of gravity shift of total water resources in Qinghai Province from 2007 to 2016

由青海省水资源总量重心转移轨迹(图1)可知,2007—2016年以全省几何中心为参考,青海省水资源总量重心总体向东南侧偏移,位于海西州、果洛州、玉树州三地交界处,全省水资源分布不均,东南部水资源分布相对较多。年际水资源总量重心移动轨迹具有很强的不稳定性,说明年际气温和降水量空间分布呈波动性变化。水资源总量为地表径流量与降水入渗补给量之和,即区域产水量。青海省水资源补给主要以降水为主,冰川融水为辅,其中,内陆河多为冰川融水和雨水混合补给型,外流河多为以雨水补给为主。全省多年

平均气温呈自西向东先增后减再增的趋势、自南向北先减后增再减的特点,最高气温出现在东部西宁<sup>[10]</sup>。全省降水量总体由东南向西北递减。水资源总量重心移动距离大小直接反映出水资源总量年际稳定程度。2007—2016年青海省水资源重心年际转移距离均值为15.87 km,2015—2016年重心转移距离为62.00 km,远大于移动均值,呈跳跃性转移,查阅资料发现,2016年青海省平均气温为1961年以来气温最高值,同时属降水量偏丰年,行政区域中西宁市降水量最大,较多年平均偏多9.4%,综上多种因素致使水资源总量重心

移动距离较大。

由青海省水资源用量重心转移轨迹(图2)可知,2007—2016年以青海省几何中心为参考坐标,青海省水资源用量重心总体向东北移动,各重心均在海西州与海南州交界处,移动轨迹具有明显的阶段性,呈“一”字型。在重心移动方向上,2007—2011年基本由东向西移动趋势,平均移动距离为31.72 km;2012—2016年基本由西向东移动,平均移动距离为11.47 km。水资源用量重心移动轨迹的年际方向变化和移动速度表明,青海省南部和北部的年际水资源用量较为

稳定,西部柴达木地区和东部地区作为全省主要用水地区,年际波动较大,2007—2011年柴达木地区用水量逐年增加,增幅较大;2012—2016年东部地区用水量逐步增多,但增幅较小。

对比图1和图2,水资源总量和水资源用量重心转移轨迹截然不同。水资源用量是支撑经济发展的基本要素,因此进一步研究青海省GDP重心转移轨迹,分析水资源用量轨迹转移驱动因素。

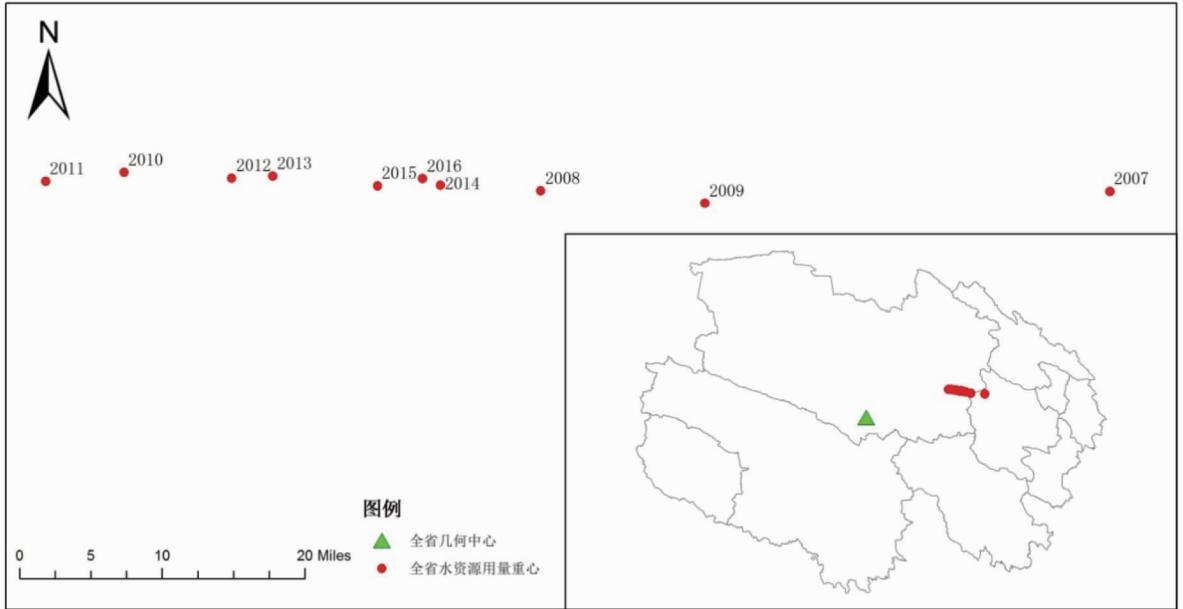


图2 2007—2016年青海省水资源用量重心转移轨迹

Fig.2 Track of gravity shift of water resources usage in Qinghai Province from 2007 to 2016

由图3可知,以全省几何重心为参考坐标,全省GDP重心向东部偏移,重心轨迹主要集中在海西州与黄南州交界偏

东处,与全省用水量重心位置相差无几,说明水资源用量重心与各地区GDP关系密切。而且GDP重心转移方向上与

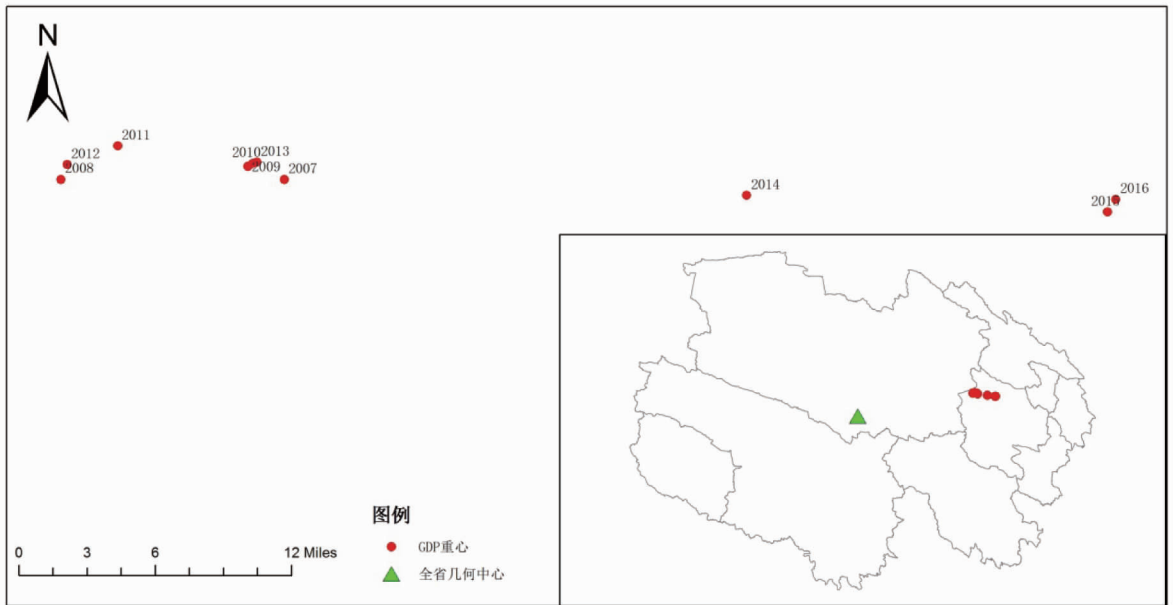


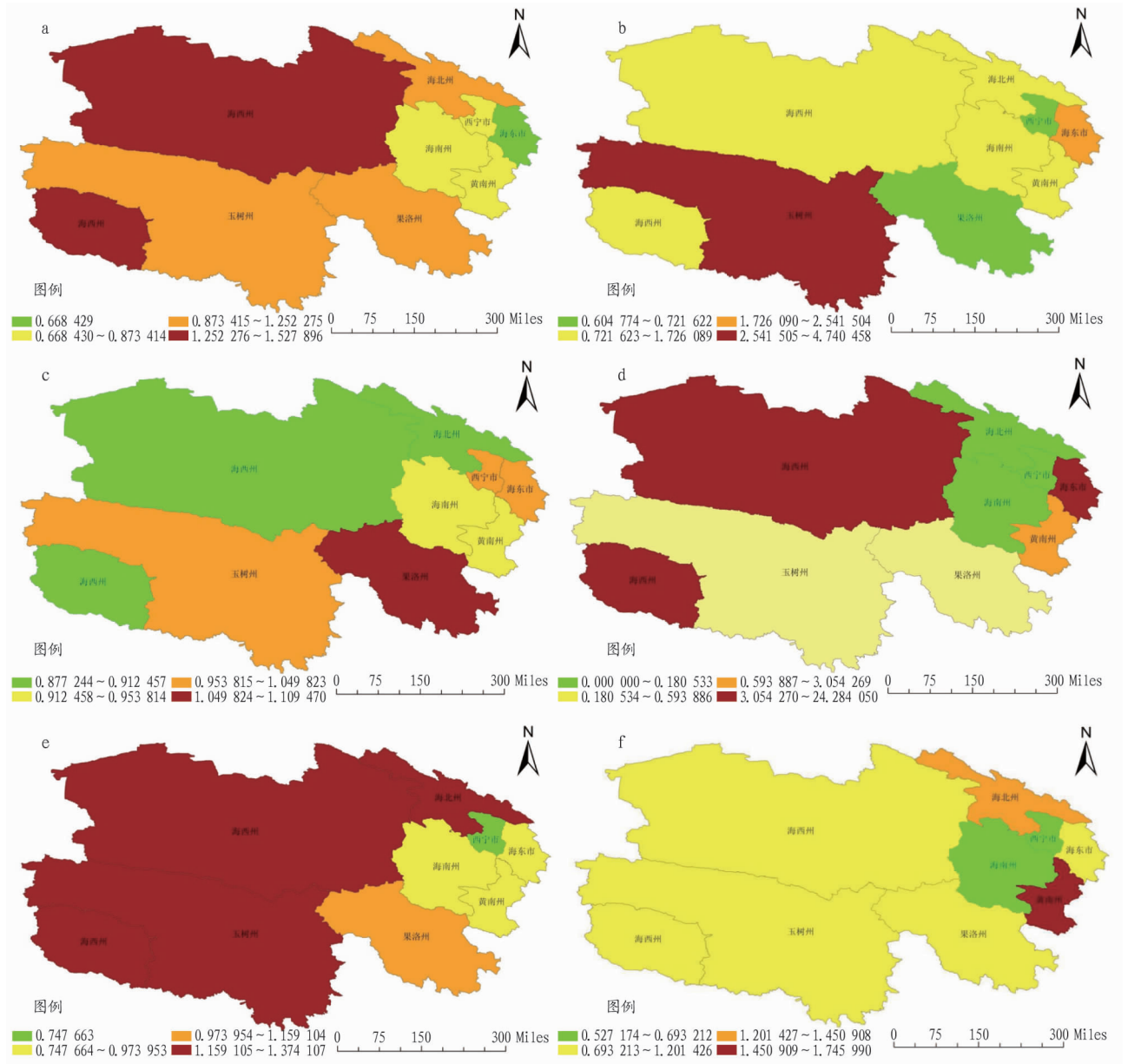
图3 2007—2016年青海省GDP重心转移轨迹

Fig.3 Track of gravity shift of GDP in Qinghai Province from 2007 to 2016

水资源用量重心一致,沿南北向浮动较小,主要沿东西向移动。但两者的年际移动轨迹呈现差别化,2007—2013 年 GDP 重心移动轨迹呈东—西来回波动,平均移动距离为 7.60 km; 2014—2016 年 GDP 重心大幅向东部移动,平均移动距离为 16.58 km,形成两者的差别化移动轨迹因素有很多,主要是三产结构、高耗水产业分布和用水效率等。2007—2016 年青海省农田灌溉用水量占总用水量的 57.26%,且农田灌溉主要集中在海西州和东部地区,其中海西州地处柴达木盆地,种植业以经济作物枸杞、藜麦为主,由于蒸发量大,且用水粗放、大水漫灌现象普遍存在,为全省农田灌溉用水量定额的高值区,农田灌溉用水定额均值高达  $16\ 005\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ,远高于全省均值( $9\ 135\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ ),因此相对全省 GDP 重心,水资源

用量重心偏西北。青海省水资源分布与资源、人口、城镇布局不相匹配,以西宁和海东为主的东部地区汇集了全省 70% 的人口和 64% 的经济总量,水资源用量需求大,所以相对水资源总量重心,水资源用量重心大幅向东部偏移,针对这种情况,需进一步加大对青海水资源优化配置方面的投入,提高水资源对经济社会发展的基础支撑作用。

**2.2 青海省水资源利用结构变化** 根据式(2),计算出 2007—2016 年青海省各州市不同类型用水量的相对变化率,包括农业用水量、工业用水量、生活用水量、生态用水量、用水总量和人均用水量,并采用 ArcGIS 进行可视化(图 4)。结果发现,用水总量、人均用水量、不同类型用水量变化呈现显著区域差异化。各州市农业用水空间变化值为  $0.668 \sim$



注: a.农业用水; b.工业用水; c.生活用水; d.生态用水; e.用水总量; f.人均用水量

Note: a.Agricultural water; b.Industrial water; c.Domestic water; d.Ecological water; e.Total water use; f.Per capita water consumption

图 4 青海省各州市不同类型用水量的相对变化率

Fig.4 Relative change rates of different types of water use in states and cities of Qinghai Province

1.528,变化顺序为海西州>海北州>玉树州>果洛州>1>海南州>黄南州>西宁市>海东市;各州市工业用水空间变化值为0.605~4.740,变化顺序为玉树州>海东市>海南州>海北州>海西州>黄南州>1>西宁市>果洛州;各州市生活用水空间变化值为0.877~1.109,变化顺序为果洛州>玉树州>海东市>西宁市>1>海南州>黄南州>海西州>海北州;各州市生态用水空间变化值为0~14.582,变化顺序为海东市>海西州>黄南州>1>果洛州>玉树州>西宁市>海北州>海南州(值为0);各州市用水总量空间变化值为0.748~1.374,变化顺序为玉树州>海西州>海北州>果洛州>1>黄南州>海南州>海东市>西宁市;各州市人均用水量空间变化值为0.693~1.451,变化顺序为黄南州>海北州>玉树州>海东市>果洛州>海西州>1>西宁市>海南州。全省用水量空间变化幅度相对较小,用水总量趋于稳定。生活用水变化幅度最小,但人均用水量空间变化幅度较大。

青海省地域辽阔,地理环境复杂,各区域发展水平不平衡、人口分布不均,根据童旭光等<sup>[11]</sup>、张爱儒<sup>[12]</sup>的相关研究得出,青海省经济发展区域差异显著,各州市发展速度不一致,按照经济社会发展程度分为3个阶梯,第1阶梯是西宁市、海西州,为全省的经济发展带动区域,二者为全省贡献了65%以上GDP;第2阶梯是海东市、海北州、海南州、黄南州;第3阶梯包括玉树州、果洛州。因此各地区灌溉设施覆盖不均衡,节约用水水平层次不齐,各地区不同类型用水变化呈现不同特点。西宁市是全省的政治、经济、文化中心,近10年来城市人口集聚效应明显,根据相关统计,平均每年常住人口净增2.21万,西宁市生活用水变化幅度最为突出,并大于全省变化幅度;海西州作为国家循环经济先行区,与西宁市同属全省的经济发展支柱,同时地处柴达木地区,种植业以经济作物枸杞、藜麦为主,由于蒸发量大,且用水粗放、大水漫灌现象普遍存在,为全省农田灌溉用水量定额的高值区,农业用水变化最大,绿洲生态建设也需要水资源支撑,因此,用水总量变化随之浮动;随着西部大开发、“一带一路”战略的深入实施,及全面建设小康社会、援藏政策等政策资金投入,处于第2阶梯和第3阶梯的区域经济大力发展,用水量大幅增加,水利设施建设加强,海北州、黄南州、海南州、果洛州、玉树州等不同类型用水变化幅度较大,尤其是玉树灾后重建,加之撤县建市,带动全州经济发展方式发生转变,玉树州工业用水、生活用水、用水总量变化都较为突出。海东市地处东部干旱地区,也是全省农业发展的主战场,用水量在全省的占比较大,随着海东市撤地建市,在全省推进东部城市群建设并积极融入兰西城市群国家战略发展契机下,经济加速发展,生态用水和工业用水变化较为显著,尤其是生态需水急剧增加,但农业用水和用水总量变化均为全省最小,说明这10年来海东市用水结构随着经济发展不断调整,呈“此消彼长”发展趋势,用水总量变化不大,海东市三产结构比由2007年的19.81:37.58:42.61调整为2016年的13.00:50.13:36.86,更证实了这一点。

**2.3 青海省用水效率变化分析** 根据式(3)计算出2007—

2016年青海省各州市水资源利用效率(图5)。借鉴马海良等<sup>[9]</sup>对经济用水的分类方法,水资源利用效率可划分为4类区:Ⅰ类区为水资源利用高效型(2.0~6.0),Ⅱ类区为水资源利用较高效率型(1.0~2.0),Ⅲ类区为水资源利用较低效率型(0.5~1.0),Ⅳ类区为水资源利用低效率型(0~0.5)。总体上,2007—2016年全省水资源利用效率较高的有西宁市、黄南州、玉树州、果洛州,水资源利用效率低的有海西州、海东市、海北州、海南州。各州市水资源利用效率随时间变化呈多样化。黄南州水资源利用效率在Ⅱ类区波动,为全省水资源利用效率最高的区域;西宁市水资源利用效率呈较稳定增长趋势,由Ⅱ类区进入Ⅰ类区;海东市水资源利用效率呈小幅增长趋势,但一直处于Ⅲ类区内;海南州为Ⅳ类区,变化幅度不明显,为全省水资源利用效率最低;玉树州水资源利用效率呈波动式下降趋势,由Ⅰ类区进入Ⅱ类区;果洛州水资源利用效率较高,效率变化以2011年为峰值,呈“Λ”状;海北州水资源利用效率不高且变化幅度小,处于Ⅲ类区;海西州水资源利用效率水平较低,且呈稳定下降趋势。

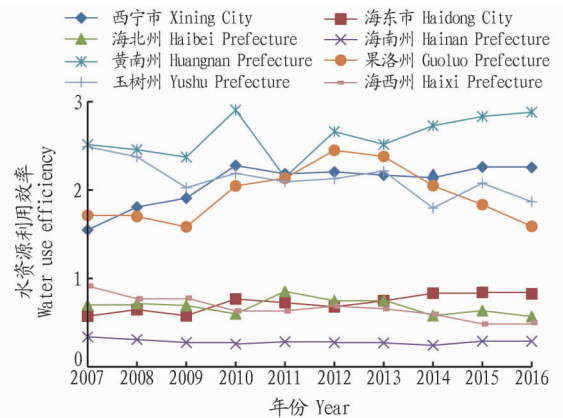


图5 2007—2016年青海省各州市水资源利用效率对比

Fig.5 Comparison of water use efficiency in various prefectures and cities of Qinghai Province from 2007 to 2016

### 3 结论与讨论

该研究采用2007—2016年青海省2市6州的不同类型用水量数据及人口、GDP统计数据,对青海省水资源利用类型结构变化、水资源利用效率的空间差异化及驱动因素进行分析,得到以下结论。

(1)2007—2016年受降雨、温度等因素影响,青海省水资源总量重心偏离几何重心,各年的重心移动轨迹具有不稳定性;青海省水资源用量重心和GDP重心偏离几何重心的方向一致,年际移动轨迹呈“一”字形。水资源用量重心偏离水资源总量重心明显,建议加快水资源配置工程建设,支撑经济社会发展。

(2)2007—2016年青海省用水总量空间变化幅度相对较小,人均用水量空间变化幅度较大,不同类型用水空间变化呈差异化,除生活用水变化幅度最小,其他类型用水空间变化幅度加大。全省各州市用水结构仍处于调整阶段。享国家战略政策红利,海北州、黄南州、海南州、果洛州、玉树州

(下转第97页)

16 万株组培苗, 苗株高且健壮、叶片大, 生根后即可出苗; 以种子进行非共生萌发的繁殖途径为种子→原球茎→根状茎→长根长叶→完整植株, 原球茎分化形成的苗株完整但矮小纤细、生长较慢, 必须经过 2~3 次壮苗培养后方可成长为大苗, 总培养时间长达 270~300 d, 1 个蒴果可以生产出数万株种子苗。

**2.4 生根培养比较** 以茎段为外植体进行无性克隆的繁殖途径中, 增殖阶段符合要求的苗株生根培养 60~90 d 后, 苗株高 8~10 cm, 节间较长, 茎粗壮; 展开叶片 4 片以上, 叶片大、金线清晰; 根 2~4 条, 长 3 cm 以上, 根毛丰富(图 1E), 无需经过专门的壮苗培养。

以种子进行非共生萌发的繁殖途径中, 原球茎直接分化成形态完全的苗株, 小苗生长时有数量不等的细根, 除极少数苗在生长过程中发生侧芽, 大多数苗都是单株生长。2~3 次壮苗培养后, 苗高 6~8 cm, 茎直径约 2 mm, 节间较短, 根细长且根毛丰富, 有 4 片以上展开叶片(图 2F), 无需专门的生根培养即可出苗。

金线莲在组织培养过程中, 生根较为容易<sup>[7]</sup>。无性克隆繁殖途径中, 在增殖阶段即有部分大苗长出根, 生根培养时, 苗株茎节处由下至上依次长出根, 生根后苗生长较快; 种子非共生萌发后得到的苗下部在培养基表面匍匐生长, 每个茎节上均生有根, 数量较多, 但苗株生长相对较慢。相比之下, 种子苗不需要专门的生根培养, 但是也要经过数次壮苗培养才能达到出苗标准, 2 种方式各有优势。

**2.5 炼苗移栽** 大棚种植情况表明, 2 种繁殖途径的生根苗存活率均为 95% 以上, 种植 30 d 后可以观察到苗株生长明显, 90 d 内生长情况无明显差别, 仿野生种植的生长对比则有待进一步研究。罗安雄等<sup>[3]</sup>认为, 无性繁殖虽能保持母本的优良特性, 但适应外界环境的能力差, 与该试验结果有差别, 有待进一步比较。

不同种植密度的苗丛在试验中, 单株和 2 株苗生长 90 d

后差别不明显, 3 株一丛相比之下茎节间较长, 叶稍小。综合考虑苗生长质量和空间、材料利用率, 可以采取 2 株一丛、丛距 5 cm 的种植方式。

### 3 结论

2 种不同繁殖途径的对比表明金线莲以茎段外植体进行无性克隆繁殖具有更多优势: 诱导时间短、发生过程简单、生长速度快、芽苗健壮高大, 诱导形成的无菌繁殖系可以根据生产需要进行长期培养, 繁殖出大量的能保持母本的优良性状的组培种苗。蒴果的消毒简单, 种子萌发成原球茎后, 分化成单株苗, 整个生长过程相对缓慢, 苗株相对矮小, 且存在变异的情况, 在后续培养中难以保证种苗一致性。

随着金线莲药用和保健价值被逐渐发掘, 其规模化、产业化生产体系也在各地逐渐建立。在组培生产中, 要建立快速、高效的快繁体系, 同时必须保证所繁育的种苗具有亲本的优良特性, 否则会给后期生产和种植造成巨大的损失。在选择具有优良性状亲本的同时, 需要选择能保持亲本特性, 且稳定、高效、经济的繁殖途径。

### 参考文献

- [1] 许文江, 陈裕, 林坤瑞. 药用野生金线莲植物资源的研究[J]. 福建热作科技, 2000, 25(4): 9-10.
- [2] 冯亦平, 张利平, 王岩花, 等. 金线莲外植体的筛选及不定芽诱导的研究[J]. 种子, 2009, 28(10): 19-22.
- [3] 罗安雄, 孟志霞, 陈晓梅, 等. 福建金线莲种子萌发及幼苗培养研究[J]. 中国药杂志, 2012, 47(15): 1199-1203.
- [4] 毛碧增, 娄沂春, 蔡素琴, 等. 金线莲的快速繁殖[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 1999, 25(5): 527-528.
- [5] 何云芳, 杨霞, 余有祥, 等. 金线莲组培快繁技术[J]. 浙江林学院学报, 1999, 2(2): 170-174.
- [6] 吴坤林. 金线莲快繁及工厂化生产中间试验[J]. 中药材, 1997, 20(12): 595-597.
- [7] 赵玥, 郭顺星. 两种金线莲组培苗的促根试验研究[J]. 辽宁农业科学, 2011(3): 40-42.
- [8] 吴艺东. 金线莲组织培养及栽培技术研究[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(15): 46, 211.
- [9] 伍成厚, 冯毅敏, 贺漫媚, 等. 金线莲种子培养的研究[J]. 中国野生植物资源, 2008, 27(1): 47-50.

(上接第 84 页)

等全省经济发展较为落后的第 2、第 3 阶梯区, 大力发展经济, 不同类型用水变化幅度较大。

(3) 2007—2016 年各州市的水资源利用效率随时间变化呈多样化, 分为增长型、下降型、变化幅度不明显型 3 种类型。全省过半的区域仍处于水资源利用效率较低效型及以下水平, 亟需提升。

青海省水资源与经济发展、人口分布存在严重不匹配, 在当前转型发展的关键时期, 水资源需求逐渐增大, 水资源利用效率依然有待提升。因此, 了解全省水资源及其利用的空间分布状况, 在水资源“三条红线”控制指标约束下, 优化水资源配置, 调整产业结构, 加强节约用水建设, 提升水资源利用效率, 在促进经济社会可持续发展的同时不挤占生态用水, 坚决筑牢国家生态安全屏障。

### 参考文献

- [1] 刘昌明, 陈志恺. 中国水资源现状评价和供需发展趋势分析[M]. 北京:

中国水利水电出版社, 2001.

- [2] 刘毅, 贾若祥, 侯晓丽. 中国区域水资源可持续利用评价及类型划分[J]. 环境科学, 2005, 26(1): 42-46.
- [3] 祝卓. 人口地理学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1991.
- [4] 陶格套. 中国人口、经济重心迁移定量分析[J]. 经济研究导刊, 2017(35): 1-4.
- [5] 徐建华, 岳文泽. 近 20 年来中国人口重心与经济重心的演变及其对比分析[J]. 地理科学, 2001, 21(5): 385-389.
- [6] 曹芳东, 黄震方, 余凤龙, 等. 国家级风景名胜旅游区效率空间格局动态演化及其驱动机制[J]. 地理研究, 2014, 33(6): 1151-1166.
- [7] 尹上岗, 马志飞, 黄萍, 等. 中国水资源利用的时空分布格局探究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2017(6): 841-848.
- [8] 王介勇, 刘彦随. 1990 年至 2005 年中国粮食产量重心演进格局及其驱动机制[J]. 资源科学, 2009, 31(7): 1188-1194.
- [9] 马海良, 王若梅, 瞿永成. 中国省际水资源利用的公平性研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(12): 70-77.
- [10] 梁虹, 张为为, 农华. 青海省气温空间变化特征分析[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(z1): 52-53, 62.
- [11] 童旭光, 鄢一龙, 胡毅钢. 青海地区发展不平衡性实证分析[J]. 青海社会科学, 2010(2): 1-4.
- [12] 张爱儒. 青海省区域协调发展研究[J]. 统计与决策, 2008(16): 130-132.