

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2019.0078

王建华,何国华,何凡,等.中国水土资源开发利用特征及匹配性分析[J].南水北调与水利科技,2019,17(4):01-08. WANG J H, HE G H, HE F, et al. Utilization and matching patterns of water and land resources in China[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2019, 17(4): 01-08. (in Chinese)

中国水土资源开发利用特征及匹配性分析

王建华¹,何国华¹,何凡¹,赵勇¹,王海叶²,李海红¹,朱永楠¹,刘寒青¹

(1. 中国水利水电科学研究院 流域水循环模拟与调控国家重点实验室,北京 100038;
2. 河北省水利科学研究院,石家庄 050057)

摘要:水资源和土地资源的开发利用程度及匹配关系决定了一个地区的经济发展规模和生态安全形势。为了客观地评价我国水土资源的空间匹配情况,以我国346个地市级行政区为研究对象,分析了2005、2010、2015年各地市水资源开发利用率和土地资源开发利用率,并通过基尼系数法探讨了不同省级行政区的水土匹配特征。计算结果表明:华北平原、河西走廊和塔里木盆地西侧地区是我国水资源开发程度最高的地区;东北平原、华北平原、关中平原、四川盆地以及广东沿海地区是我国土地资源开发利用程度最高的地区;甘肃、陕西、内蒙古和西藏是我国水土空间匹配状况差距最悬殊的省份,其中甘肃、陕西和内蒙古水土匹配差异悬殊是由于当地水资源无法支撑如此多的土地资源,西藏则是由于大量的水资源无法被当地短缺的土地资源充分利用。

关键词:水资源;土地资源;基尼系数;开发利用;水土匹配

中图分类号:TV213.4 文献标志码:A 开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Utilization and matching patterns of water and land resources in China

WANG Jianhua¹, HE Guohua¹, HE Fan¹, ZHAO Yong¹, WANG Haiye², LI Haihong¹, ZHU Yongnan¹, LIU Hanqing¹

(1. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. Hebei Institute of Water Resources, Shijiazhuang 050057, China)

Abstract: The degree of utilization of water and land resources and their matching patterns not only determine the scale of economic development, but also affect regional ecological security. In order to objectively evaluate the spatial matching of the water and land resources in China, data from 346 municipal districts were used in this study to analyze the development conditions of water and land resources in China in 2005, 2010 and 2015, respectively, and the Gini coefficient was also used to explore the matching characteristics of water and land resources in different provinces. It was found that the North China Plain, the Hexi Corridor and the western part of the Tarim basin were the regions having the highest development degree of water resources in China. The Northeast Plain, the North China Plain, the Guanzhong Plain, the Sichuan basin and the coastal areas of Guangdong were the regions having the highest development degree of land resources. In addition, Gansu, Shaanxi, Inner Mongolia and Tibet were the provinces with the widest gap between water and land resources, among which Gansu, Shaanxi and Inner Mongolia had the widest gap because the water resources could not support the local land resources, while Tibet was due to the land resources being unable to match rich water resources.

Key words: water resources; land resources; Gini coefficient; development and utilization; matching of water and land resources

收稿日期:2019-02-18 修回日期:2019-04-01 网络出版时间:2019-04-19

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.tv.20190418.0853.002.html>

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0401300);国家杰出青年科学基金(51625904)

作者简介:王建华(1972—),男,江苏海安人,教授级高级工程师,主要从事节水型社会建设及水资源管理方面研究。E-mail: wjh@iwhr.com

通信作者:何国华(1990—),男,甘肃庆阳人,博士研究生,主要从事陆面水文过程方面研究。E-mail: hegh@iwhr.com

水资源和土地资源是人类生存、发展最重要的物质基础,对维持区域的经济发展、社会稳定和生态安全起着无法替代的作用。除了单独发挥某项功能外,许多生产活动都需要水、土资源的共同作用,例如农业生产、矿产开发、城市建设等。然而,水、土资源在空间上往往不相匹配,以我国为例,我国北方地区水资源仅占全国的 20%,且其中大部分集中在夏季,然而北方的耕地面积却高达全国的 60%^[1]。2004 年以来,除了满足自身的粮食需求外,北方地区还向南方输送大量的粮食,输送量从 2004 年的 30 万 t 增加到 2013 年的 83 万 t,这间接造成了约 1 300 亿 m³ 的蓝水“由北向南”转移^[2]。近年来,我国水土资源的空间分异已经造成了地下水超采、坡耕地过度开发、水土流失等一系列问题,而这些问题随着经济社会发展、城市化扩张和人口增加还可能进一步加剧^[3-4]。面对水土资源的不断减少和开发需求的不断增加,对我国水土资源开发利用现状及其匹配程度进行研究是确保水土资源合理利用的前提。

国外关于水土资源的研究主要集中在土地利用变化对水循环过程的影响和水土资源承载能力,而探讨水土资源空间匹配的研究较少^[5]。国内关于水土资源空间匹配的研究很多,主要的衡量指标是单位耕地面积所占有的水资源量,以及区域耕地资源和水资源的基尼系数,研究范围则以省级行政区为主^[6-8]。总的来看,尽管国内有大量研究探讨水土资源的空间匹配关系,但现有的研究存在以下两方面的不足:(1)现有研究主要考虑耕地和农业用水的匹配关系,没有考虑其他土地类型与水资源的关系。(2)现有研究大部分以省级行政区为研究对象,追求的目标是省内的水土资源平衡,但对于我国部分省区来讲,仅依靠本省的力量很难完成水土资源的空间均衡。此外,现有研究也缺少考虑外调水和过境水对区域水土匹配的贡献。

本文以我国 346 个地市级行政区为研究对象,分析 2005、2010、2015 年各地市级行政区的水资源开发利用率和土地资源开发利用率,并通过基尼系数法探讨不同区域的水土匹配情况,以期为我国水土资源优化配置和可持续利用提供参考。

1 研究区域划分

本研究在计算水资源开发利用率和土地资源开发利用率时,以 346 个地市级行政区为研究对象。鉴于基尼系数法的限制,本研究在计算水土匹配情况时以省级行政区为研究对象,同时考虑到北京、天津、上海和重庆 4 个直辖市面积较小,单独对其进行

水土匹配研究缺乏准确性,故将京津冀、上海-江苏、重庆-四川作为一个整体进行研究。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

2005、2010 和 2015 年各地市级行政区水资源总量(包括外调水和过境水)和用水量数据来自各省水资源公报;2005、2010 和 2015 年各地市级行政区不同土地类型面积来自各省统计年鉴,以及 Landsat TM 卫星遥感数据,该遥感数据空间分辨率为 1 km;本研究中不同土地类型的坡度利用 DEM 数据提取,该数据来自于 MODIS 卫星,空间分辨率为 90 m。

2.2 研究方法

2.2.1 水资源开发利用率

水资源开发利用率是评价不同区域或流域水资源开发利用程度的常用指标,其物理意义是指取用的水量占可获得的(可更新)水资源总量的百分率,该指标计算公式为

$$U_{\text{water}} = \frac{D}{W} \times 100\% \quad (1)$$

式中: U_{water} 表示水资源开发利用率(%); D 表示区域用水量(亿 m³); W 表示区域可利用水资源量(亿 m³)。以往的研究在进行 U_{water} 计算时往往只考虑本地水资源量,忽略了区域外调水量和可利用过境水量的影响,而这显然与调水工程受水区、沿江和沿黄地区的实际情况不符^[9]。因此,本研究在可利用水资源量计算时考虑了不同地区的外调水量和过境水资源量。

2.2.2 土地资源开发利用率

土地资源开发利用率是一个国家或地区已开发利用的土地面积占该区域土地总面积的比率,即某个区域人类生产活动范围占区域土地总面积的比例。传统的土地资源利用率的计算公式为

$$U_{\text{land}} = \frac{L}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: U_{land} 表示土地资源利用率(%); L 表示区域已经开发的土地面积(km²),包括耕地、人工林地、人工水域和城乡建设用地; T 表示区域可利用土地面积(km²)。

土地资源的供给能力是固定的,但需求却在不断增加,因此,通过各种措施提高土地利用效率是全球各个国家实现土地供需平衡的主要手段。但在实际开发过程中,并不是所有的土地都具有开发潜力,而且根据我国农业部门和住建部门的规定,坡度大

于 25°的土地不允许进行农业生产和建筑物修建。鉴于我国土地开发利用的实际情况及相关规定,本研究对公式(2)中的参数 T 进行限定,选择坡度 $\leq 25^\circ$ 的土地作为实际可供开发的土地资源。

2.2.3 基于基尼系数的水土匹配

基尼系数是用以衡量一个国家或地区居民收入

差距的常用指标,当基尼系数越趋近于 0 表明收入分配越合理,越趋近于 1 表明收入分配越悬殊。本研究借鉴基尼系数在经济学研究中的基本理念,用以分析不同地区水资源和土地资源的匹配程度。参考联合国对基尼系数的划分标准,本研究总结了基尼系数与其评价结果的对应关系,见表 1。

表 1 基尼系数与评价结果的对应关系

Tab. 1 The relationship between Gini coefficient and evaluation results

基尼系数	<0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	>0.5
评价结果	绝对平均	比较平均	相对合理	差距较大	差距悬殊

基尼系数有多种计算方法^[10],参考王亚迪等^[11]的研究成果,本研究采用的计算公式为

$$G = \sum_{i=1}^{n-1} (M_i P_{i+1} - M_{i+1} P_i) \quad (3)$$

式中: G 表示某省水土匹配的基尼系数; M_i 表示某省第 i 个地市级行政区的可利用水资源量占全省可利用水资源量的累计百分比; P_i 为第 i 个地市级行政区的可利用土地面积占全省可利用土地面积的累计百分比; n 为该省地市级行政区个数。某省基尼系数具体计算过程如下:(1)对某省各地级市行政区的可利用水资源和可利用土地面积进行统计,分别计算各地级市行政区单位可利用土地面积上的可利用水资源量,并将该数据从小到大排列。(2)按照上一步计算得出的排列顺序对各地级市行政区进行排序,并按照该次序分别计算各地级市行政区可利用水资源量和可利用土地面积的累计百分比。(3)按照式(3)计算得出某省的基尼系数。

3 结果分析

3.1 2005、2010 和 2015 年我国水资源开发利用变化

我国各地市级行政区 2005、2010 和 2015 年的水资源开发利用率见图 1。整体来看,我国北方水资源开发利用明显高于南方,其中华北平原、河西走廊地区和塔里木盆地西侧地区是北方地级市行政区中水资源开发利用的三大集中区。2015 年,华北平原、河西走廊地区和塔里木盆地西侧地区的水资源开发利用率分别为 185%、313%和 128%,不仅远大于 40%的水资源合理开发阈值,甚至还超过了 100%,说明这 3 个区域的用水量已经超过了区域水资源可更新量,其中河西走廊的供需矛盾则最为突出。东北平原的水资源利用状态近年来也出现了明显的恶化,2005 年,大连市的水资源开发利用率约为 35%,尚处于合理水平,但 2015 年该区域的水资源开发利用率已经达到了 80%。从图 1 中还可

以看出,尽管 2015 年南水北调东中线工程的通水没有彻底改变受水区水资源短缺的形势,但至少保证了该区域水资源压力没有继续增加。以北京为例,2010 年北京市的水资源开发利用率为 149%,但南水北调工程的通水使得北京市 2015 年多了 8.8 亿 m^3 的可利用水资源量,因此 2015 年北京的水资源开发利用率下降到了 107%。2005—2015 年,南方地区的水资源开发利用率整体没有出现大的波动,但河南省、四川省的部分地市级行政区,以及部分沿海城市的水资源开发利用率相对较高。

3.2 2005、2010 和 2015 年我国土地资源开发利用变化

我国 346 个地市级行政区 2005、2010 和 2015 年的土地资源开发利用率见图 1。从图 1 中可以看出,我国土地资源利用率表现出了明显的东西差异,东部各地级市行政区的土地开发程度要远大于西部地区。在东部地区中,开发利用程度最高的是东北平原、华北平原、关中平原、四川盆地以及广东沿海地区,前 4 个区域是我国主要的粮食产区,土地利用类型以耕地为主;而广东沿海地区的土地类型以建筑用地为主。从时间变化看,2005—2015 年我国土地资源利用率基本保持稳定,平均土地利用率从 2005 年的 0.464,增加到 2010 年的 0.466,再到 2015 年的 0.469。

从图 1 中还可以看出,我国南方地区的土地开发利用率普遍介于 20%~30%和 30%~50%,但这并不意味着该地区还有很大的土地开发空间,主要原因有以下三点。

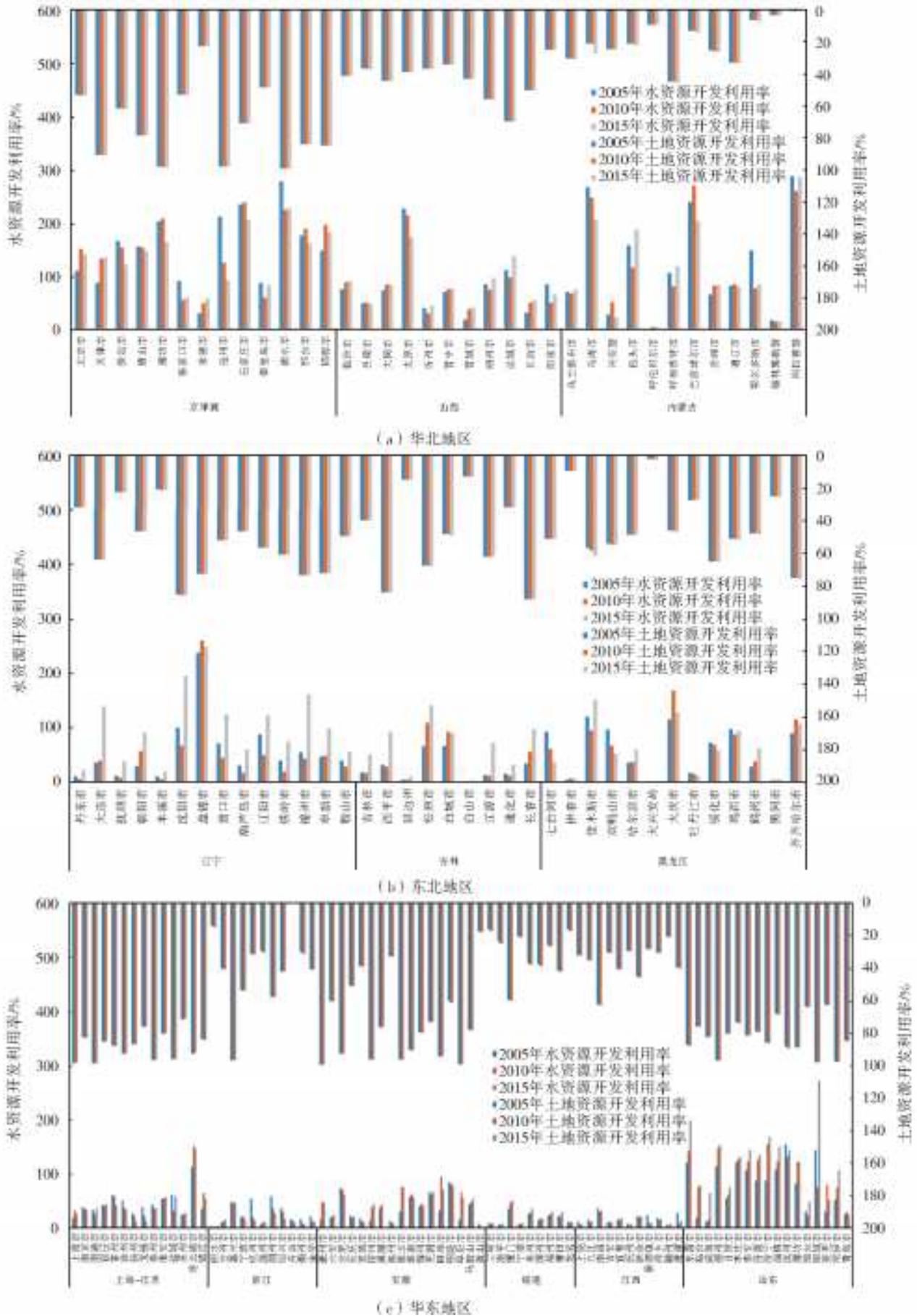
(1)参考徐新良等人的研究^[12],土地开发利用率为 20%~30%的地区,是我国南方林地资源的主要分布区,尽管这些地区仍有土地开发的潜力,但这种开发势必破坏该地区原有的自然植被。

(2)土地开发利用率为 20%~30%的地区主要分布在我国东南丘陵区,虽然该地区的坡度小于

25°,但普遍大于 5°~8°,开发成本相对较高。

地区土地利用的上限,超过该数值,人的生活感受和土地的环境状况会受到较大影响^[13]。

(3)一般认为土地资源利用率达到 30%是一个



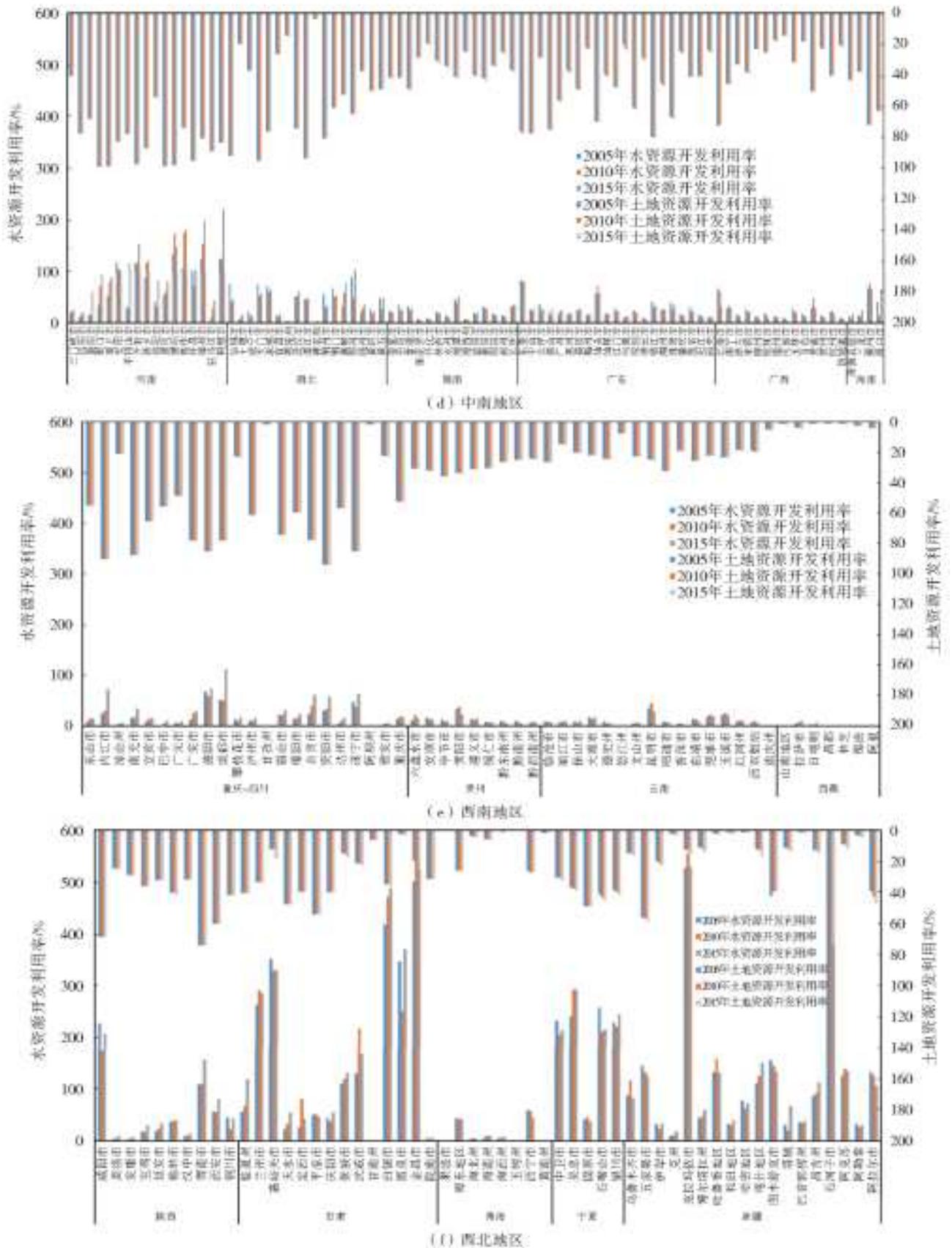


图 1 2005、2010 和 2015 年各地市地级行政区水、土地资源开发利用率

Fig. 1 The utilization rates of water and land resources in China's municipal districts in 2005, 2010 and 2015

3.3 2005、2010 和 2015 年我国水土匹配情况

为了进一步判断区域水土资源分异的原因,本

研究分别汇总计算了全国各省级行政区 2005、2010 和 2015 年的基尼系数和水资源开发利用率,并按照全国行政区划代码管理系统,将我国划分为

6 大分区(表 2)。从表 2 可以看出,我国南方地区水土匹配程度相对较好,大部分地区基尼系数介于 0.2~0.3,可以达到“比较平均”的水平;北方地区水土匹配状况则相对较差,大部分地区处于“差距较大”的水平,特别是甘肃、陕西、内蒙古和西藏,这四个省级行政区 2005、2010、2015 年的平均基尼系

数分别为 0.64、0.56、0.53 和 0.74,均达到了“差距悬殊”的水平。整体来看,2005 年、2010 年和 2015 年间我国平均基尼系数为 0.28,处于“比较平均”的水平,这说明我国水资源与土地资源的根本问题并不是资源数量不足,而是水土资源是时空分布上的巨大差异。

表 2 2005、2010 和 2015 年各省基尼系数和水资源开发利用率

Tab. 2 The Gini coefficient and utilization rates of water resources in every province in China in 2005, 2010 and 2015

地理分区	省级行政区	基尼系数				水资源开发利用率			
		2005	2010	2015	平均值	2005	2010	2015	平均值
华北	京津冀	0.19	0.21	0.27	0.22	1.33	1.27	1.18	1.26
	山西	0.12	0.16	0.12	0.13	0.80	0.79	0.84	0.81
	内蒙古	0.49	0.55	0.54	0.53	0.73	0.68	0.66	0.69
东北	辽宁	0.40	0.36	0.37	0.38	0.45	0.53	0.57	0.52
	吉林	0.37	0.26	0.30	0.31	0.28	0.38	0.43	0.36
	黑龙江	0.17	0.22	0.18	0.19	0.60	0.59	0.60	0.60
华东	上海-江苏	0.50	0.49	0.48	0.49	0.21	0.23	0.25	0.23
	浙江	0.18	0.19	0.12	0.16	0.23	0.22	0.17	0.21
	安徽	0.29	0.33	0.35	0.32	0.41	0.43	0.35	0.39
	福建	0.11	0.11	0.07	0.10	0.18	0.19	0.23	0.20
	江西	0.10	0.10	0.11	0.10	0.19	0.13	0.15	0.16
	山东	0.19	0.21	0.21	0.20	0.71	0.81	0.88	0.80
中南	河南	0.27	0.27	0.20	0.25	0.69	0.82	0.78	0.76
	湖北	0.25	0.25	0.24	0.25	0.34	0.32	0.35	0.34
	湖南	0.08	0.08	0.08	0.08	0.22	0.19	0.20	0.20
	广东	0.12	0.12	0.25	0.16	0.42	0.40	0.26	0.36
	广西	0.19	0.19	0.23	0.20	0.22	0.21	0.16	0.20
	海南	0.09	0.13	0.07	0.10	0.30	0.34	0.38	0.34
西南	重庆-四川	0.17	0.17	0.15	0.16	0.23	0.19	0.31	0.24
	贵州	0.09	0.09	0.13	0.10	0.13	0.14	0.10	0.12
	云南	0.29	0.21	0.24	0.25	0.11	0.12	0.10	0.11
	西藏	0.76	0.67	0.80	0.74	0.02	0.02	0.03	0.02
西北	陕西	0.59	0.51	0.57	0.56	0.53	0.46	0.62	0.54
	甘肃	0.64	0.65	0.62	0.64	0.61	0.67	0.78	0.69
	青海	0.23	0.23	0.26	0.24	0.15	0.15	0.15	0.15
	宁夏	0.43	0.40	0.30	0.38	0.68	0.76	0.89	0.78
	新疆	0.43	0.46	0.39	0.43	0.48	0.53	0.62	0.54

从水资源开发利用率来看,2005—2015 年,甘肃、陕西和内蒙古的平均水资源开发利用率分别是 0.69、0.54 和 0.69,均已经超过国际公认的 0.4 的合理水平,而西藏的平均水资源开发利用率仅为 0.02,这说明甘肃、陕西和内蒙古的基尼系数较高是由于较少的水资源无法支撑如此多的土地资源,西藏则是大量的水资源无法被当地短缺的土地资源充分利用。从 6 大分区的平均水资源开发利用率和平

均基尼系数来看,华北和西北的平均水资源开发利用率分别为 0.92 和 0.70,远高于其他地区,处于水资源严重超载状态;然而华北和西北的平均基尼系数差别较大,分别为 0.29 和 0.42,这说明华北地区水土资源的空间匹配比较平均,而西北地区的水土资源空间匹配程度较差。因此可以认为华北地区内部水土匹配程度较好,但区域已无其他可供开发的水源;而西北地区不仅水土匹配程度差,内部水资源

也十分短缺。东北和中南的平均水资源开发利用都超过 0.35,但平均基尼系数相对较低,说明东北和中南区域内水土匹配状况较为良好,但水资源过度开发问题已经较为突出,未来需要考虑建设一些水资源配置工程和节水工程。西南地区水资源丰沛,过去 10 年平均水资源开发利用率为 12%,但平均基尼系数相对较高(0.31),这说明西南地区可以通过内部的水资源配置来解决自身的水土匹配矛盾。

4 结论与讨论

4.1 结论

本研究通过改进的水资源开发利用和土地资源开发利用计算公式分析了 2005—2015 年我国 346 个地市级行政区水土资源开发利用情况,并通过基尼系数法计算了不同省区水土资源的匹配特征,本研究的主要结论如下。

(1)华北地区、河西走廊和塔里木盆地西侧地区是我国水资源开发利用的三大集中区。2015 年,华北地区、河西走廊和塔里木盆地西侧地区的水资源开发利用率为 185%、313%和 128%,不仅远大于 40%的水资源合理开发阈值,甚至还超过了 100%,说明这三个区域的用水量已经超过了区域水资源可更新量。

(2)东北平原、华北平原、关中平原、四川盆地以及广东沿海地区是我国土地资源开发利用程度最高的地区。前 4 个区域是我国主要的粮食产区,土地利用类型以耕地为主;而广东沿海地区的土地类型以建筑用地为主。过去 10 年,我国土地资源利用率基本保持稳定,平均土地开发利用率为 2005 年的 0.464,增加到 2010 年的 0.466,再到 2015 年的 0.469。

(3)甘肃、陕西、内蒙古和西藏是我国水土资源空间分布差异最悬殊的省区,这四个省级行政区 2005—2015 年的平均基尼系数分别为 0.64、0.56、0.53 和 0.74,远高于其他地区。从水资源开发利用率来看,甘肃、陕西和内蒙古的水资源开发利用率为 0.69、0.54 和 0.69,均已经超过国际公认的 0.4 的合理水平,而西藏的水资源开发利用率为 0.02,这说明甘肃、陕西和内蒙古的基尼系数较高是由于当地较少水资源无法支撑如此多的土地资源,而西藏则是大量的水资源无法被当地短缺的土地资源充分利用。

4.2 讨论

进行水土资源空间匹配研究的目的是为了实

现经济社会与生态环境之间的和谐相处。自工业革命以来,人与自然关系的失衡是地球生态系统退化的主要因素,也是造成经济社会与生态环境失调的重要原因。实现人类发展与水土资源的空间平衡可以从多个方面寻求突破,在实际工作中可以从以下 3 个方面进行考虑。

(1)控制水土资源需求总量。要保证我国水土资源的可持续利用,首先应当调整以过度开发水土资源和牺牲环境为代价的经济增长模式,控制资源需求总量,将传统的“以需定供”的经济发展思路向“以供定需”的转变。除此之外,还应该采用先进技术,确立合理的产业结构,最大限度地淘汰低效、污染产业,发展低消耗、高循环的绿色经济。

(2)增加资源供给能力,挖掘资源潜力。通过增强技术水平来提高生产效率是被广泛证明的发展策略。我国现在的经济总量虽然已经是全球第二,但其资源利用效率与世界先进水平差距很大,说明我国的发展潜力、技术进步的空间也很大,通过科技进步加速产业结构升级是我们面临的一项的紧迫任务。同时,我们还要把“增载”和“降荷”紧密结合。一方面要适度挖掘部分地区的发展潜力;另一方面,对于超载地区,首先要降荷,但在有可能、有必要的前提下,也可以考虑通过人为干预增加水土资源的承载能力。

(3)因地制宜地调整产业结构。要真正实现人类活动与水土资源的平衡,必须从水土资源利用与保护的空間配置、产业结构优化与布局、建立区域间相互合作的循环经济入手。坚持自然资源承载能力与开发利用水平相适应的基本原则,采用“因地制宜、区域互补”的产业布局原则,实现区域和全国尺度上的局部和整体最优,既减少资源浪费、也防治过度开发;既要重视各个区域的经济發展,又要强调区域间的合作和互补,从而实现全国经济和生态的可持续发展。

参考文献(References):

- [1] HE G H, ZHAO Y, WANG J H, et al. The water-energy nexus: energy use for water supply in China[J]. International Journal of Water Resources Development, 2018(3): 1-18. DOI: 10.1080/07900627.2018.1469401.
- [2] SHAN J, WANG J, YONG Z, et al. Sustainability of water resources for agriculture considering grain production, trade and consumption in China from 2004 to 2013[J]. Journal of Cleaner Production, 2017(149): 1210-1218. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.02.103.

- [3] 贾绍凤,李媛媛,吕爱锋,等. 海河流域平原区浅层地下水超采量估算[J]. 南水北调与水利科技, 2016, 14(4): 1-7. (JIA S F, LI Y Y, LYU A F, et al. Estimation of excess pumping of shallow groundwater aquifer in Haihe Plain[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2016, 14(4): 1-7. (in Chinese)). DOI: 10. 13476//j. chki. nsbdqk. 2016. 04. 001.
- [4] 冯仁国,王黎明,杨燕凤,等. 三峡库区坡耕地退耕与粮食安全的空间分异[J]. 山地学报, 2001, 19(4): 306-311. (FENG R G, WANG L M, YANG Y F, et al. A study of spatial disparity of slope farmland de-farming and food safety in reservoir area of the three gorges [J]. Journal of Mountain Science, 2001, 19(4): 306-311. (in Chinese)). DOI: 10. 3969/j. issn. 1008-2786. 2001. 04. 003.
- [5] 刘欢,左其亭. 基于洛伦茨曲线和基尼系数的郑州市用水结构分析[J]. 资源科学, 2014, 36(10): 2012-2019. (LIU H, ZUO Q T. Analysis of water consumption structure in Zhengzhou based on Lorenz Curves and Gini Coefficients[J]. Resources Science, 2014, 36(10): 2012-2019. (in Chinese))
- [6] 文倩,孟天醒,郟雨早. 河南省农业水土资源时空分异与匹配格局[J]. 水土保持研究, 2017, 24(5): 233-239. (WEN Q, MENG T X, YUN Y H. Temporal and spatial variation and match pattern of agricultural land and water resources in Henan Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2017, 24(5): 233-239. (in Chinese)). DOI: 10. 13869/j. cnki. rswc. 2017. 05. 037.
- [7] 黄克威,袁鹏,刘刚. 基于 DEA 的四川省水土资源匹配研究[J]. 中国农村水利水电, 2015(10): 58-61. (HUANG K W, YUAN P, LIU G. Research on water and soil resources matching in Sichuan province based on DEA[J]. China Rural Water and Hydropower, 2015(10): 58-61. (in Chinese)). DOI: 10. 3969/j. issn. 1007-2284. 2015. 10. 014.
- [8] 姜宁,付强. 基于基尼系数的黑龙江省水资源空间匹配分析[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(5): 56-60. (JIANG N, FU Q. Spatial matching analysis of Heilongjiang Province's water resource based in Gini coefficient[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2010, 41(5): 56-60. (in Chinese)). DOI: 10. 3969/j. issn. 1005-9369. 2010. 05. 013.
- [9] 刘彦随,甘红,张富刚. 中国东北地区农业水土资源匹配格局[J]. 地理学报, 2006, 61(8): 847-854. (LIU Y S, GAN H, ZHANG F G. Analysis of the matching patterns of land and water resources in northeast China [J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(8): 847-854. (in Chinese)). DOI: 10. 3321/j. issn: 0375-5444. 2006. 08. 007.
- [10] 冯海发. 关于基尼系数的几种计算方法[J]. 农业技术经济, 1992(3): 57-61. (FENG F H. Some calculation methods based on Gini coefficient[J]. Agricultural Economic Technology, 1992(3): 57-61. (in Chinese)). DOI: 10. 13246 /j. cnki. jae. 1992. 03. 023.
- [11] 王亚迪,左其亭,刘欢,等. 河南省水土资源匹配特征及均衡性分析[J]. 人民黄河, 2018, 40(4): 55-59. (WANG Y D, ZUO Q T, LIU H, et al. Equilibrium analysis of the matching characteristics of water and soil resources in Henan Province[J]. Yellow River, 2018, 40(4): 55-59. (in Chinese)). DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-1379. 2018. 04. 013.
- [12] 徐新良,刘纪远,庄大方,等. 中国林地资源时空动态特征及驱动力分析[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(1): 41-46. (XU X L, LIU J Y, ZHUANG D F, et al. Spatial-temporal characteristics and driving forces of woodland resource changes in China [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2004, 26(1): 41-46. (in Chinese)). DOI: 10. 3321/j. issn: 1000-1522. 2004. 01. 008.
- [13] 赵亚莉,刘友兆,龙开胜. 长三角地区城市土地开发强度特征及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1480-1485. (ZHAO Y L, LIU Y Z, LONG K S. Feature and influencing factors of development intensity of urban land resources in the Yangtze River delta [J]. Resources and Environment in the Yangtze basin, 2012, 21(12): 1480-1485. (in Chinese))