

Comprehensive Evaluation on Water Resources of Qiannan Autonomous Prefecture, Guizhou

Shuhua Chen¹, Zhigang Zhang^{2,3*}

¹School of Teacher Education, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu

²School of Geographical Sciences, Nanjing Normal University, Nanjing Jiangsu

³Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing Jiangsu

Email: rainbow__v7@163.com, *zhangzhigang840620@126.com

Received: Nov. 20th, 2017; accepted: Nov. 30th, 2017; published: Dec. 8th, 2017

Abstract

The karst mountain areas in Buyi and Miao Autonomous Prefecture of Qiannan are featured by karst development and strong permeability of rock stratum, which cause the lack of surface water, and the imbalance of ecological environment. Based on the data recorded in Qiannan Water Resources Gazette from 2000 to 2015 and Chronicles of Qiannan Water Resources by the end of 1995, the quantity, quality and utilization of the water resources were evaluated using GIS technology. The results showed that: 1) the surface water shortage is mainly caused by strong karst development and high rainfall infiltration rate. The water resources are unevenly distributed. The central and the southern parts of Qiannan are richer in water resource than the northern part. 2) The management of the water source quality monitoring has been gradually improved and strengthened; the rivers near the city and industrial and mining enterprises are polluted seriously. The pollutants are ammonia nitrogen dominant; in rural areas, the quality of drinking water needs to be improved. 3) The utilization of water resources displays the regional characteristics; water conservancy scenic spots have been planned and constructed, which reconciled the water resource utilization and tourism development. 4) The strictest water resources management system has been introduced since 2013. The annual water resources utilization rate increased to 7.97%. This study can provide reference data for comprehensive utilization of water resources in Qiannan area.

Keywords

Qiannan, Water Resources, Comprehensive Evaluation

贵州省黔南州水资源综合评价

陈姝桦¹, 张志刚^{2,3*}

作者简介: 陈姝桦(1996-), 女, 贵州黔南人, 南京师范大学教师教育学院本科生, 地理师范专业。

*通讯作者。

¹南京师范大学教师教育学院, 江苏 南京

²南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京

³江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京

Email: rainbow__v7@163.com, *zhangzhigang840620@126.com

收稿日期: 2017年11月20日; 录用日期: 2017年11月30日; 发布日期: 2017年12月8日

摘要

贵州省黔南州布依族苗族自治州岩溶山区喀斯特地貌发育且岩层透水性强, 造成地表水匮乏, 引起生态环境的失调。本文基于2000~2015年《黔南州水资源公报》以及《黔南州水利志》所记录的截至1995年的水资源数据, 利用GIS技术, 从研究区的水资源量、水资源质量以及水资源利用三方面进行评价。研究结果表明: 1) 岩溶发育强烈、降雨下渗率大, 造成地表缺水, 因此研究区水资源量时空分布不均衡, 有明显的中部、南部多, 北部少的区域特征; 2) 黔南州水质监测管理, 逐年完善加强, 农村饮用水水质有待提高; 城市及工矿企业附近的部分河段污染严重, 污染物主要为氨氮; 3) 水资源利用具有地区特色, 水利风景区规划建设, 解决了水资源利用与旅游业发展的问题; 4) 从2013年开始实行最严格水资源管理制度取得了有效的成果, 当年水资源利用率为7.97%。该研究可为黔南州水资源的综合利用提供参考数据。

关键词

黔南州, 水资源, 综合评价

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水资源是人类赖以生存的重要资源, 在经济社会的快速发展的背景下, 水资源利用不当所引起的问题日益增多, 并成为水文学与水资源科学领域的热点话题之一。中国水资源利用正面临巨大的挑战, 在水资源利用过程中区域水资源的脆弱性判断尤为重要, 同时岩溶山区的水资源利用也面临着巨大困难[1] [2] [3]。水资源的合理开发利用是国家社会、经济发展需求以及可持续发展的保证[4]。因此对水资源的进行合理客观的评价是区域水资源利用的重要前提。焦雯珺等[5]以生态足迹理论为基础评估了湖州市水生生态承载力; 彭海琴等[6]基于GIS技术以上海18个区县为研究对象进行水资源承载力评价分析; 李素丽等[7]基于生态水文学原理对水资源进行评价。目前对水资源的评价方式有: 结构熵权法通过定性分析与定量分析相结合确定指标权重, 结合模糊综合评价法评价水资源脆弱性[8] [9]; 改进序关系法通过确定指标权重, 使得主客观权重分配的问题也得到了较好的解决, 进而更加科学地评价水资源可持续利用情况[10]; 改进层次分析法探讨了判断矩阵一致性的修正方法, 将加速遗传算法运用到实际区域水资源可持续利用系统评价中[11] [12] [13]。

贵州省黔南州布依族苗族自治州(以下简称黔南州)岩溶山区喀斯特地貌发育、岩层透水性强, 从而造成地表水匮乏, 从而引起生态环境的失调。水资源利用不当引发的水土流失和水环境污染等系列问题频繁引起人们的广泛关注。邵骏等[14]对长江流域水资源安全的评价显示贵州省水资源较不安全。2013年黔南州开始在公报中首次公开“最严格水资源管理制度”的考核结果, 加大对水资源的利用与管理, 取得了较好的效果。鉴于此,

选择喀斯特地貌的典型代表区黔南州作为研究区域，基于 2000~2015 年《黔南州水资源公报》以及《黔南州水利志》所记录的截至 1995 年的水资源数据，利用 GIS 技术，从研究区的水资源量、水资源质量以及水资源利用三方面进行综合评价，并为区域的可持续发展提供基础科学支持。

2. 数据与方法

2.1. 研究区概况

黔南州地理位置为东经 106°12'~108°18'、北纬 25°04'~27°29'，位于贵州省中南部，全州包含都匀(包括开发区)和福泉二市，惠水、平塘、独山、荔波、三都、瓮安、贵定、龙里、长顺、罗甸十县。南北长 249.5 km，东西宽 207.6 km，总面积 26,195 km²。黔南州属于亚热带季风气候，雨热同期，年内温差较小，属于典型喀斯特地貌地区，岩溶与常态地貌交错分布，以山地地形为主[15]。

黔南州境内水资源较为丰富(图 1)，但由于岩溶地貌发育强烈导致降雨后降水的下渗率大[16]。依据《黔南水利志》记载，1958~1985 年底，全州的水土流失面积达 4000~4200 km²，水土流失最终导致土壤肥力下降，山地出现裸岩石林，耕地石化等现象给人类的生产生活带来了极大的不便。由于黔南州地处岩溶山区，区域内河网密度高、水资源的时空分布不均匀，易引发灾害。1949~1992 年 44 年中有 8 个年份旱灾，5 个年份水灾，31 个年份旱涝交替并发。

2.2. 数据来源

本文分析数据来源于《2000~2015 年黔南州水资源公报》、《黔南州水利志》(含记载以来到 1995 年数据)，地图数据来源于 2016 年黔南州卫星影像数据，经过 ArcGIS 目视解译处理后所得。

黔南州水系分布图



Figure 1. The distribution of the water system in Qiannan
图 1. 黔南州水系分布

3. 结果与讨论

3.1. 水资源量

3.1.1. 流域特征及水系特点

黔南州水资源极为丰富、河网稠密、水系发达，其中以苗岭山脉为分水岭，以北属于长江流域的乌江水系和沅江水系，以南属于珠江流域的红水河水系和柳江水系。黔南州境内共有中小河流总计 300 余条，总长约 5000 km，其中流域面积在 300 km² 以上的河流有 36 条，流域面积在 100 km² 以上的河流有 89 条，流域面积在 50 km² 以上的河流有 172 条(其中跨界河流 56 条)，河网密度约为 0.2 km/km²。其中的主要河流有六洞河、蒙江、都柳江、打狗河、剑江等[17]。

3.1.2. 水资源时空分布特征

根据《黔南水利志》所记载的多年平均径流量、多年平均径流深以及年平均径流模数数据，经 ArcGIS 可视化处理(图 2)，其中都匀市、三都县以及平塘县三个地区的年平均径流量高，分别为 16.9 m³/s、16.6 m³/s、16.8 m³/s。在水资源评价过程中常用多年平均径流量来衡量一个区域的径流量丰富度、水资源丰歉程度，其数值为降水量与蒸发量的差值。从图 2(a)中可以发现多年平均径流量在空间分布以中部地区平均径流量大，北端、东北端相对稀少。从图 2(b)可知：多年平均径流深的较大值仍分布在都匀市与三都县，分别为 743 mm 和 691 mm。径流模数消除了流域面积大小的影响，在水资源评价过程中更能够说明与自然地理条件相关的径流特征水资源的特点，其分布有着明显的地域区分，从图 2(c)中可知都匀市以及三都县的水资源最为丰富，分别为 23.6 m³/(s·m²)、21.9 m³/(s·m²)。

3.1.3. 降水量

黔南州地区的水资源空间分布有着明显的中部、南部多，北部少的区域特征。根据 2000 年~2015 年《黔南州水资源公报》数据统计(图 3、图 4)，黔南州的降水量大部分年份都高于 1000 mm，其中以 2011 年的降水量最为稀少仅为 938.8 mm，其中瓮安县降水量为全州最低为 741.9 mm，2008 年降水量最为丰富为 1421.7 mm，其中三都县降水量为全州最高为 1711.3 mm，且降水量年际间有较为明显的间隔特点。2002 年至 2015 年全州水资源丰枯变化明显，2008 年为丰水年，2004 年、2007 年、2010 年、2012 年、2014 年为平水年，2003 年、2005 年、2006 年、2009、2013 年为偏枯水年，2011 年为枯水年，2002 年与 2015 年为偏丰水年。根据 2015 年最新多年平均降水量显示，黔南州的多年平均降水量以东部地区最为丰富(图 5(a))，有明显的区域差异，其中以荔波县、三都县以及都匀市最为丰富，为 1392.8 mm、1349.4 mm、1324.3 mm。

3.1.4. 地下水资源量

根据 2000 年~2015 年《黔南州水资源公报》数据统计显示(图 3)，黔南州地下水资源量年际间变化较大，年际变化规律性不大，年地下水资源量的最大值出现在 2000 年为 49.1 (×10⁸ m³)，最小值出现在 2005 年为 26.36 (×10⁸ m³)，大气降水是地下水形成的主要来源。黔南州是全国岩溶发育的典型地区之一，岩溶分布面积占全州总面积的 80% 左右，地下水主要以河川基流形式排泄。研究区地处岩溶山区喀斯特地貌发育地，地下水资源量的计算选择山丘区类型进行估算，即将河川基流量视为地下水资源量。研究区岩溶发育，地面干旱，地下岩溶发育，地表水难以储存。山区人民根据地下水埋藏、出露、运动的不同特点，凭借地形特点与生活经验，通过扩、蓄、引、围、堵、提等水利措施[18]，创造了多种开发利用地下水资源的方式。虽然地下水资源开发利用初期，人类盲目大规模地大规模开采地下水资源使得年地下水资源量骤减，经过后期的开采控制之后又稳固回升。

3.1.5. 地表水资源量

因地下水资源量的计算方法按山丘区的类型估算，所以黔南州的总水资源量等于地表水资源量。根据 2000

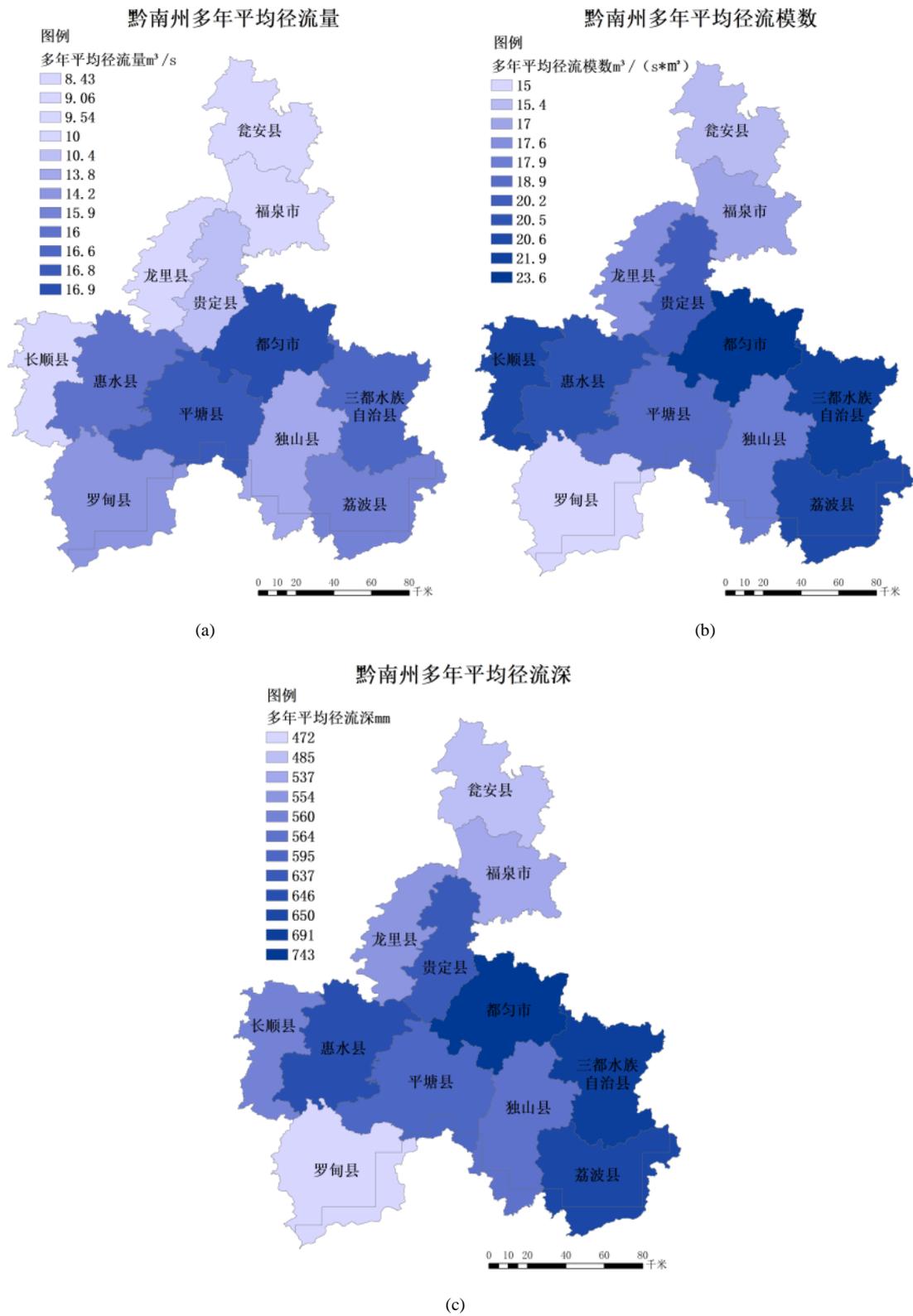


Figure 2. The water resources of Qiannan. (a) Annual average runoff depth; (b) Annual average runoff; (c) Annual average runoff modulus

图 2. 黔南州水资源概况。(a) 多年平均径流深; (b) 多年平均径流量; (c) 多年平均径流模数)

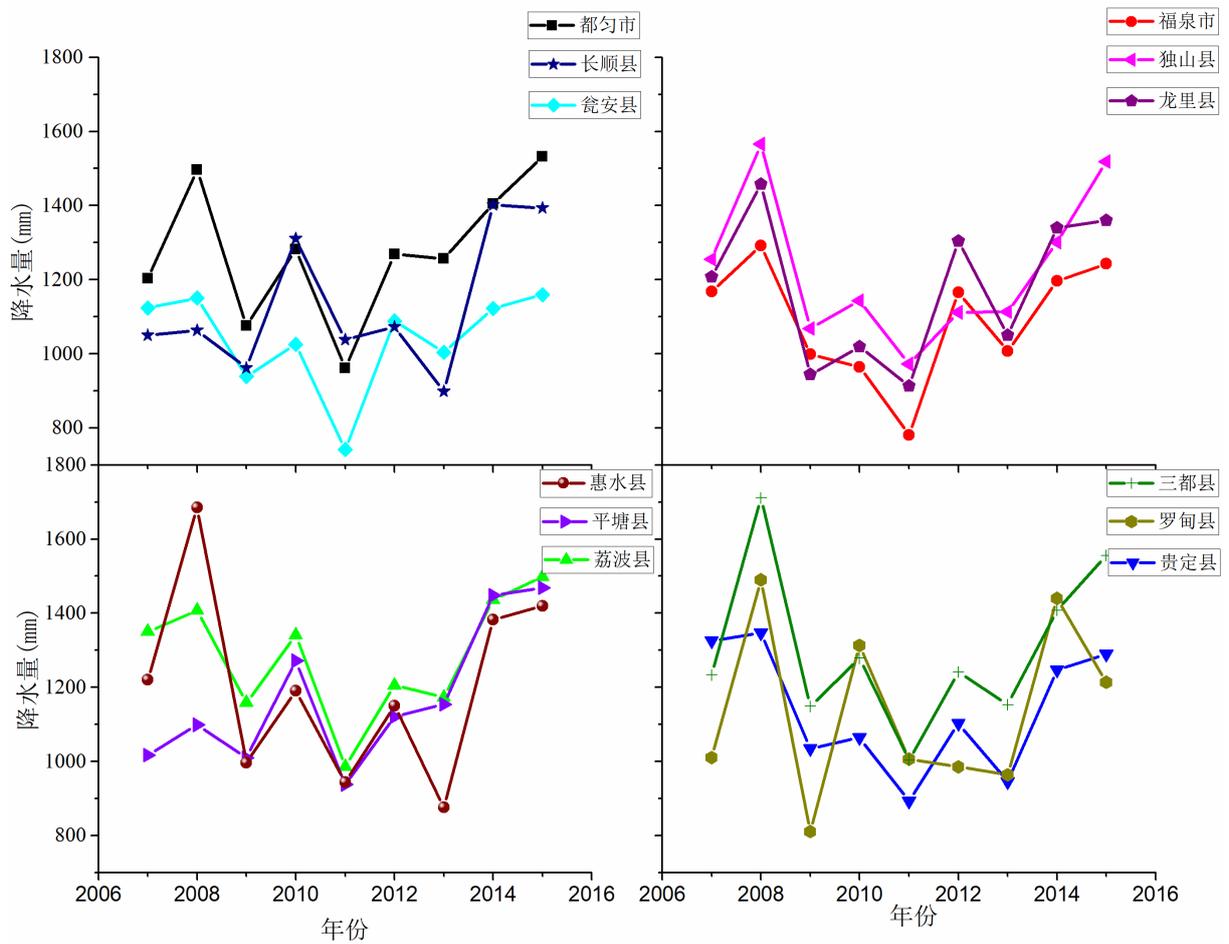


Figure 3. The annual precipitation of the Qiannan administrative division from 2007 to 2015

图 3. 黔南州 2007~2015 年降水量

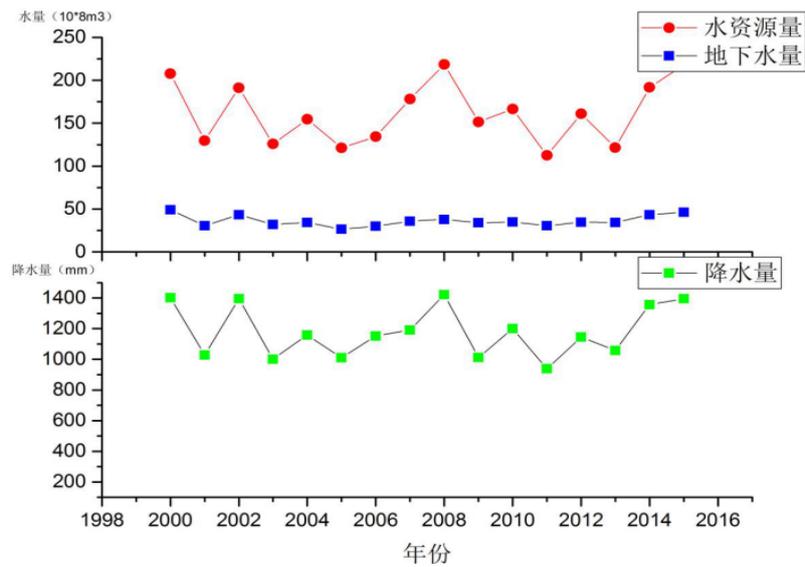


Figure 4. Annual precipitation, water resources and groundwater resources of the Qiannan from 2000 to 2015

图 4. 黔南州 2000~2015 年降水量、水资源量和地下水资源量

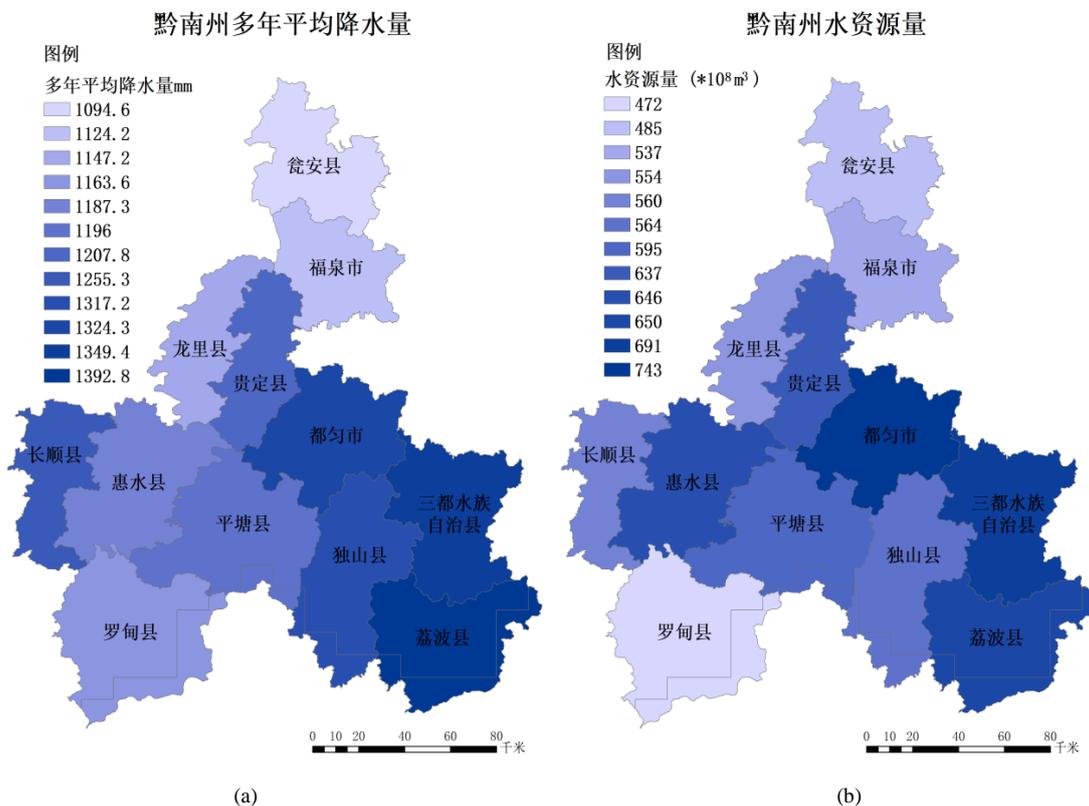


Figure 5. Annual average precipitation and water resources of Qiannan
图 5. 黔南州多年平均降水量和水资源量

年~2015年《黔南州水资源公报》数据统计显示(图 4), 黔南州的年水资源量普遍维持在较高水平, 以 2008 年水资源含量最为丰富为 $218.44 (\times 10^8 \text{ m}^3)$, 2011 年水资源量贫瘠仅为 $112.29 (\times 10^8 \text{ m}^3)$ 。根据 2015 年数据更新的黔南州水资源量数据来看(图 5(b)), 荔波县与罗甸县最为丰富, 为 $17.90 (\times 10^8 \text{ m}^3)$ 、 $17.88 (\times 10^8 \text{ m}^3)$ 。水资源量受地下水量以及降水量的影响, 变化趋势相近。全州地表水资源大多来自长江流域的乌江和洞庭湖水系以及珠江流域的红柳江水系, 其中红水河水系为全州地表水资源的主要来源。

3.2. 水资源质量

根据 2000~2015 年《黔南州水资源公报》黔南州水文水资源局在全州共监测河段 8~25 个, 监测河段数量逐年上升(表 1)。全州近 15 年劣 V 类河段占监测总河段的百分比维持在 30% 以下, 总体水质好, 2014 年劣 V 河段占比仅为 4.17%。劣 V 类水质河段主要为清水江都匀市小围寨镇油行村河段、鱼梁河福泉市三江口河段, 马尾河都匀市小围寨油行河段、马尾河都匀市蒙家桥河段、重安江福泉市三江口河段。水质污染物主要集中在城市及部分工矿企业河段。主要污染物为氨氮、总磷、粪大肠菌群以及五日生化需氧量。此外城镇供水水源地水质达标率常年在 100%, 农村饮用水水源地水质体较好, 少部分水质普遍存在总大肠菌群、细菌总数超标。农村的水质监测建设较城镇有很大可待改进的空间[19]。

自 2014 年起黔南州水文水资源局, 依据《地表水资源质量评价技术规程》(SL-395-2007)对全州 25 个全国重要江河湖泊水功能区水质进行检测, 各水功能区监测频次为 3~12 次, 评价项目为氨氮和高门酸盐两项指标。监测显示都匀城区段景观及工业用水水质、都匀清苔坡饮用及工业用水区水质以及都匀小围寨排污控制区水质未达标。

Table 1. Water quality condition of monitoring river sections of Qiannan from 2000 to 2015**表 1.** 2000~2015 年黔南州监测河段水质情况表

	II 类监测河段	III 类监测河段	IV 类监测河段	超 V 类监测河段	V 类监测河段	总监测河段	超 V 类所占百分比
2000	5	1	1	1	-	8	12.50%
2001	5	-	2	1	-	8	12.50%
2002	4	1	-	2	-	7	28.57%
2003	4	1	-	2	-	7	28.57%
2004	4	1	1	2	-	8	25.00%
2005	5	1	-	2	-	8	25.00%
2006	7	1	-	2	-	10	20.00%
2007	7	1	-	2	-	10	20.00%
2008	6	1	1	2	-	10	20.00%
2009	7	7	-	2	-	16	12.50%
2010	7	1	-	2	-	10	20.00%
2011	4	4	-	2	-	10	20.00%
2012	8	-	-	2	-	10	20.00%
2013	3	5	-	2	-	10	20.00%
2014	13	5	3	1	2	24	4.17%
2015	13	7	1	3	1	25	12.00%

3.3. 水资源利用

分析 2004~2015 年黔南州供、用、耗水量情况(图 6), 在 2013 年后供水量的波动较大, 2013 年开始总供水量减少, 但引水工程供水量却明显增加。分析总用水量可知, 在 2012 年工业用水量达到最高值为 $3.86(\times 10^8 \text{ m}^3)$, 耗水量在 2013 年达到最低值, 仅为 $4.75(\times 10^8 \text{ m}^3)$, 农业、林业以及城乡居民生活耗水量都维持稳定的水平, 但其中 2007~2010 城乡居民耗水量增幅明显。黔南州的供用耗水量自 2013 年以来, 都有明显的变化, 这与实行最严格水资源管理制度密不可分。

根据 2000~2015 年的《黔南州水资源公报》数据显示, 2000~2015 年 16 年间黔南州水资源开发利用最高仅为 7.97% (2013 年), 仅高于全省平均水资源利用率 7.86%, 低于全国平均水平 26.26%。马海良等[20]研究城镇化与水资源利用率之间的关系, 预计到 2020 年城镇化率达到 60% 时, 全国总用水量将达到 $6788(\times 10^8 \text{ m}^3)$ 。2011 年全国要求实行“最严格水资源管理制度” [21], 2013 年黔南州正式将实行的最严格水资源管理制度考核结果公布在水资源公报中, 旨在解决水资源的过度开发、浪费以及污染等问题。

近年来黔南州在推进水利风景区规划建设, 解决了水资源利用与旅游业发展的问题, 但水资源的开发利用并没有显著上升。黔南州水资源的开发利用、水能资源开发利用较低, 究其原因与水资源的开发利用工程有关。虽然黔南州的水资源丰富, 但是由于地处喀斯特地貌地区, 水利工程建设受到地理环境的制约。

4. 结论

本文基于 2000~2015 年《黔南州水资源公报》以及《黔南州水利志》里所记录的截至 1995 年的水资源数据,

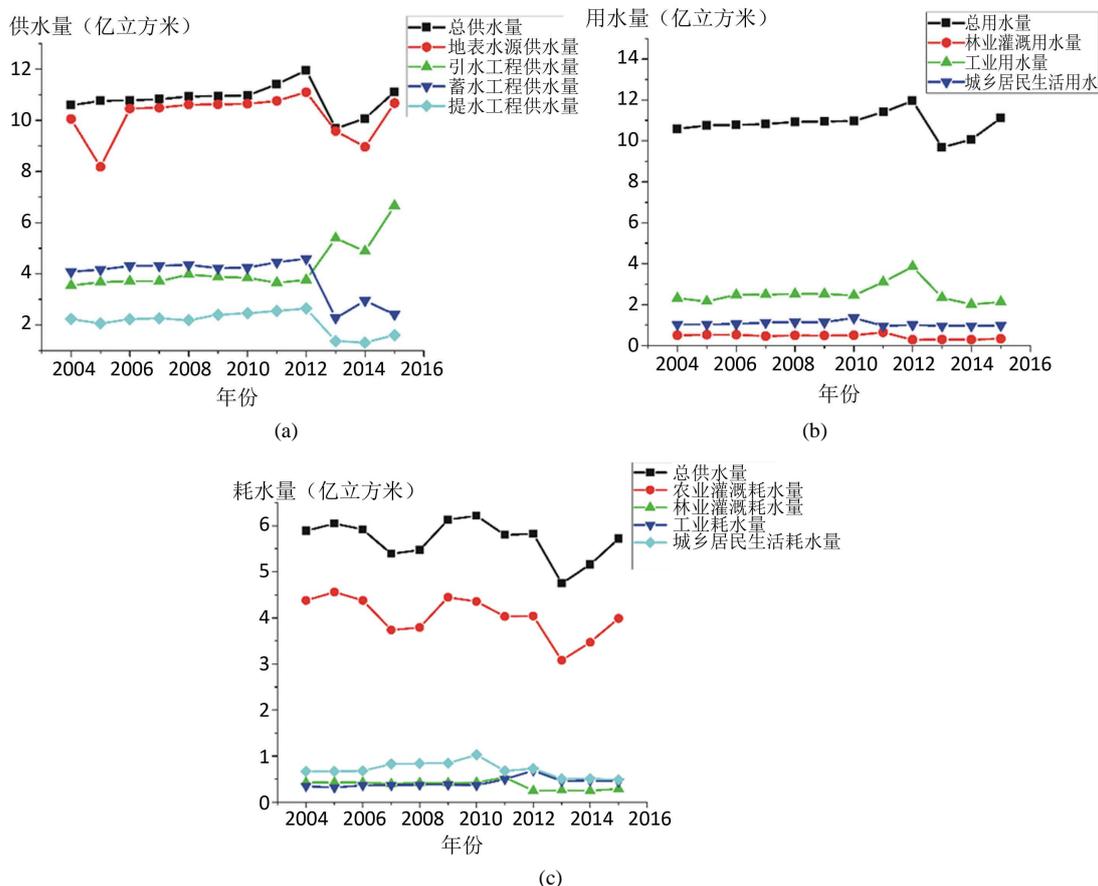


Figure 6. Change in water supply (a), water consumption (b) and water consumption (c) in Qiannan from 2004 to 2015

图 6. 2004~2015 年黔南州供水量(a)、用水量(b)和耗水量(c)变化过程

利用 GIS 手段，从水资源量、水资源质量以及水资源利用三方面对黔南州水资源进行简单概况，其主要结论如下：

- 1) 黔南州属于岩溶地貌的典型代表区域之一，水资源总量与人均水量都不低，但是岩溶地下水在时空上极易受大气降水影响，因此水资源量分布不均衡。岩溶发育强烈、降雨下渗率大，造成地表缺水。
- 2) 黔南州的水质监测管理，逐年完善加强。部分河段污染严重，主要为要清水江都匀市小围寨镇油行村河段、鱼梁河福泉市三江口河段，污染物主要为氨氮。农村饮用水水质有待提高。
- 3) 黔南州水资源利用具有地区特色，水利风景区规划建设，解决了水资源利用与旅游业发展的问题。
- 4) 黔南州从 2013 年开始实行最严格水资源管理制度并取得了有效的成果。供用耗水量得到了明显控制，但水资源利用率很低，最高仅为 7.97%，可以大力发展水资源，提高水资源利用率。

基金项目

国家自然科学基金资助项目(41503054)；中国博士后科学基金面上资助项目(2015M582728)。

参考文献 (References)

- [1] 惠泱河, 蒋晓辉, 黄强, 等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 30-34.
HUI Yanghe, JIANG Xiaohui, HUANG Qiang, et al. Research on evaluation index system of water resources bearing capacity. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2001, 21(1): 30-34. (in Chinese)

- [2] 卞建民, 杨建强. 水资源可持续利用评价的指标体系研究[J]. 水土保持通报, 2000, 20(4): 43-45.
BIAN Jianmin, YANG Jianqiang. Comprehensive evaluation index system and application of sustainable utilization of water resources. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2000, 20(4): 43-45. (in Chinese)
- [3] 钱文婧, 贺灿飞. 中国水资源利用效率区域差异及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(2): 54-60.
QIAN Wenjing, HE Canfei. China's regional difference of water resource use efficiency and influencing factors. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(2): 54-60. (in Chinese)
- [4] 刘斌涛, 陶和平, 孔博, 等. 云南省水资源时空分布格局及综合评价[J]. 自然资源学报, 2014, 29(3): 454-465.
LIU Bintao, TAO Heping, KONG Bo, et al. Research on the water resource security and its temporal-spatial distributions of Yunnan Province. Journal of Natural Resources, 2011, 29(3): 54-60. (in Chinese)
- [5] 焦雯珺, 闵庆文, 李文华, 等. 基于 ESEF 的水生态承载力评估——以太湖流域湖州市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(1): 147-155.
JIAO Wenjun, MIN Qingwen, LI Wenhua, et al. Measuring water ecological carrying capacity with the ecosystem-service-based ecological footprint (ESEF) method: An application in HuZhou City in the Tai Lake basin. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(1): 147-155. (in Chinese)
- [6] 彭海琴, 李娟, 马晋, 等. 基于 GIS 技术的上海市水资源承载力的评价分析[J]. 科技促进发展, 2011, 7(1): 93-98.
PENG Haiqin, LI Juan, MA Jin, et al. Evaluation of water resource carrying capacity in Shanghai. Science & Technology for Development, 2011, 7(1): 93-98. (in Chinese)
- [7] 李素丽, 乔光建. 基于生态水文学原理的水资源评价方法[J]. 水利科技与经济, 2011, 17(5): 28-29.
LI Suli, QIAO Guangjian. Water resources assessment methods based on principles of eco-hydrology. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2011, 17(5): 28-29. (in Chinese)
- [8] 胡珺, 李春晖, 贾俊香, 等. 基于结构熵权的黄河上游水资源脆弱性模糊综合评价[J]. 水资源与水工程学报, 2012, 23(6): 17-22.
HU Jun, Li Chunhui, JIA Junxiang, et al. Fuzzy comprehensive evaluation of water resources vulnerability based on structure entropy weight method in upper reaches of the Yellow River basin. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2012, 23(6): 17-22. (in Chinese)
- [9] 汤溟, 王腊春. 基于熵权法的南京市水资源可持续利用评价[J]. 四川环境, 2010, 29(1): 75-79.
TANG Hao, WANG Lachun. Evaluation of sustainable utilization of water resources based on entropy weight method in Nanjing City. Sichuan Environment, 2010, 29(1): 75-79. (in Chinese)
- [10] 陈午, 许新宜, 王红瑞, 等. 基于改进序关系法的北京市水资源可持续利用评价[J]. 自然资源学报, 2015, 30(1): 164-176.
CHEN Wu, XU Xinyi, WANG Hongrui, et al. The evaluation of water resources sustainable utilization in Beijing based on improved rank correlation analysis. Journal of Natural Resources, 2015, 30(1): 164-176. (in Chinese)
- [11] 武荣, 李援农. 基于层次分析法的水资源安全模糊综合评价模型及其应用[J]. 水资源与水工程学报, 2013, 24(4): 139-144.
WU Rong, LI Yuannong. Application of fuzzy assessment model of water resources security based on AHP. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2013, 24(4): 139-144. (in Chinese)
- [12] 金菊良, 张礼兵, 魏一鸣. 水资源可持续利用评价的改进层次分析法[J]. 水科学进展, 2004, 15(2): 227-232.
JIN Juliang, ZHANG Libin and WEI Yiming. Improved analytic hierarchy process for evaluating water resources sustaining utilization. Advances in Water Science, 2004, 15(2): 227-232. (in Chinese)
- [13] 温淑瑶, 马占青, 周之豪, 等. 层次分析法在区域湖泊水资源可持续发展评价中的应用[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(2): 196-201.
WEN Shuyao, MA Zhanqin, ZHOU Zhihao, et al. The application of Analytic Hierarchy Process (AHP) Method in sustainable development evaluation of regional lake water resources. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2000, 9(2): 196-201. (in Chinese)
- [14] 邵骏, 欧应钧, 陈金凤, 等. 基于水贫乏指数的长江流域水资源安全评价[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(6): 889-894.
SHAO Jun, OU Yingjun, CHEN Jinfeng, et al. Water resources security of Yangtze River based on water poverty. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(6): 889-894. (in Chinese)
- [15] 尤鑫. 黔南州水资源承载力研究[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(6): 29-36.
YOU Xin. Study on the utilization of carrying capacity of regional water resources. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(6): 29-36. (in Chinese)
- [16] 张凤太, 易武英. 典型喀斯特峰丛洼地地区水资源安全度评价——以贵州平塘县为例[J]. 贵州科学, 2016, 34(5): 39-43.
ZHANG Fengtai, YI Wuying. Evaluation of water resources security degree in typical Karst peak-cluster depression: A case study on Pingtang county of Guizhou province. Guizhou Science, 2016, 34(5): 39-43. (in Chinese)
- [17] 吕永鹏, 车越, 赵军, 等. 贵州省黔东南苗族侗族自治州水资源可持续利用策略[J]. 自然资源学报, 2009, 24(6): 1004-1013.

- LU Yongpeng, CHE Yue, ZHAO Jun, et al. Study on the strategies of sustainable utilization of water resources in southeast Guizhou province. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(6): 1004-1013. (in Chinese)
- [18] 王兆馨. 关于水资源综合评价问题[J]. *水文地质工程地质*, 1986(3): 4-7.
WANG Yaoxin. Comprehensive evaluation of water resources problems. *Hydrogeology and Engineering Geology*, 1986(3): 4-23. (in Chinese)
- [19] 王明祥, 陆亭屹, 龙强军, 等. 黔南州生活饮用水水质 27 年动态观察[J]. *现代预防医学*, 2008, 35(24): 4880-4882.
WANG Mingxiang, LU Tingqi, LONG Qiangjun, et al. Qiannan drinking water quality dynamic observation for 27 years. *Modern Preventive Medicine*, 2008, 35(24): 4880-4882. (in Chinese)
- [20] 马海良, 徐佳, 王普查. 中国城镇化进程中的水资源利用研究[J]. *资源科学*, 2014, 36(2): 334-341.
MA Hailiang, XU Jia and WANG Pucha. Water resource utilization and China's urbanization. *Resources Science*, 2014, 36(2): 334-341. (in Chinese)
- [21] 王婷, 方国华, 刘羽, 等. 基于最严格水资源管理制度的初始水权分配研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(11): 1870-1875.
WANG Ting, FANG Guohua, LIU Yu, et al. Research of initial water rights allocation based on the most stringent water resources management system. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015, 24(11): 1870-1875. (in Chinese)