

# 云南省楚雄州水资源量、可利用量分析计算及水资源管理对策建议

曾艳芬<sup>1</sup>, 涂进<sup>2</sup>, 陈莹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>云南省水文水资源局楚雄分局, 云南 楚雄

<sup>2</sup>长江水利委员会水文局汉江水文水资源勘测局, 湖北 襄阳

收稿日期: 2022年2月21日; 录用日期: 2022年3月24日; 发布日期: 2022年3月31日

## 摘要

随着经济社会的发展和城市化进程的推进, 水资源的需求得到提高。“人与自然和谐相处”对水资源的数量和质量提出了更多更高的要求, 特别是水资源管理和河湖长制对水资源利用与保护提出了更严格的要求; 随着经济的快速发展, 楚雄州水资源不足的问题已是社会普遍关注的问题。因此, 本文对楚雄州多年平均水资源总量和可利用量进行了分析计算, 得到楚雄州多年平均水资源总量为61.09亿 $m^3$ , 人均多年平均水资源拥有量仅2230  $m^3$ , 比全省人均水资源拥有量4379  $m^3$ 低了2149  $m^3$ , 可利用量19.48亿 $m^3$ , 故楚雄州处于滇中干旱缺水地区。本文结论可供楚雄州水资源合理配置、开发利用和水资源管理方面参考。

## 关键词

水资源量, 分析计算, 对策建议, 楚雄州

# Analysis and Calculation of Water Resources Quantity and Availability and Suggestions on Water Resources Management in Chuxiong of Yunnan Province

Yanfen Zeng<sup>1</sup>, Jin Tu<sup>2</sup>, Ying Chen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chuxiong Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Chuxiong Yunnan

<sup>2</sup>Hanjiang Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Changjiang Water Resources Commission, Xiangyang Hubei

Received: Feb. 21<sup>st</sup>, 2022; accepted: Mar. 24<sup>th</sup>, 2022; published: Mar. 31<sup>st</sup>, 2022

文章引用: 曾艳芬, 涂进, 陈莹. 云南省楚雄州水资源量、可利用量分析计算及水资源管理对策建议[J]. 地球科学前沿, 2022, 12(3): 378-385. DOI: 10.12677/ag.2022.123039

## Abstract

With the development of economy and society and the advancement of urbanization, the demand for water resources has been increased. The slogan “harmony between man and nature” puts forward more and higher demands on the quantity and quality of water resources. In particular, the water resources management and river and lake chief system put forward more stringent requirements on the utilization and protection of water resources. With the rapid development of economy, the shortage of water resources in Chuxiong Prefecture has become a common concern of the society. Therefore, this paper analyzes and calculates the annual average total and available water resources of Chuxiong Prefecture, and obtains that the annual average total water resources of Chuxiong Prefecture is 6.109 billion m<sup>3</sup>, and the annual average per capita water resources ownership is only 2230 m<sup>3</sup>, which is 2149 m<sup>3</sup> lower than the provincial average water resources ownership of 4379 m<sup>3</sup>, and the available water consumption is 1.948 billion m<sup>3</sup>. Therefore, Chuxiong Prefecture is in the area of drought of Yunnan province. The conclusion of this paper can be used as reference for the rational allocation, development and utilization of water resources and water resources management in Chuxiong Prefecture.

## Keywords

Water Resources, Analysis and Calculation, Countermeasures and Suggestions, Chuxiong Prefecture

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

水是生命之源、生产之基、生态之要，是维系和保障自然生态系统健康和良性运转的基础要素之一，也是社会经济发展不可缺的再生资源[1]。

气候变化以及人类活动改变了流域的水文循环过程，进而影响水资源系统的结构和功能，导致区域水资源供需失衡、旱涝灾害频发等问题，使人类开发利用水资源面临挑战。受区域分异性影响，我国水资源时空分布差异显著。夏军[2]等研究发现空间上，总体呈“南多北少”的分布格局；时间上，降水年际、季节变化大，且主要集中在6~9月。云南省地处我国西南方位，山地高原地形为主，境内河流众多，受东南季风和西南季风的交互影响，又受青藏高原区的影响，形成冬干夏雨、干湿季分明的气候特征[3]。云南省水资源总量占全国第三，但是受气候和地形地貌影响，云南省水资源量在时空分布上差异显著，水资源已成为可持续发展的制约性因素[4]。李红燕[5]根据近年来洱海流域的水文要素成果对洱海历年天然水资源量进行趋势性和周期性研究，得出洱海流域水资源量存在周期性变化，且水资源量分布趋势呈现为北部大于东部。董徐艳[6]等对云南省降雨量和水资源量进行了相关分析得二者呈正相关关系。随着水资源对经济社会协调发展的支撑作用不断加强、水资源总量和效率“双控”管理的严格要求，水安全被提到了新的高度。楚雄州是云南省水资源匮乏地区，属滇中干旱缺水地区，资源性缺水和工程性缺水并存[7]。梁川[8]等人分析了楚雄市不同水平年水资源紧缺程度、缺水原因和趋势，划分缺水的类型。随后王英杰[9]等阐释了楚雄市缺水问题的本质，主要为年内降水差异大，水资源变化剧烈；水资源涵养条件差，生态环境建设任务重；水质危机加剧，出现水质性缺水状况等。

因此，对楚雄州水资源进行分析评价，计算出多年平均降水量、水资源总量和可利用量是十分有意义的，本文结论可为提出楚雄州水资源科学管理的对策建议做参考。

## 2. 概况

楚雄州位于横断山脉和云贵高原的过渡地带，在东经 100°43'~102°30'，北纬 24°13'~26°30'之间，属云贵高原西部、滇中高原的主体部位。全州国土面积 28,448.2 km<sup>2</sup>，辖 8 县 2 市，总人口 273.9 万人。境内多山，山地面积占总面积的 90%以上。州境内无天然湖泊及暗河入境，金沙江自北入境，浩荡东流，礼社江蜿蜒南行，形成“三山鼎立，二水分流”之势[10]。楚雄州境内共有 100 km<sup>2</sup> 以上河流 101 条，有 50 km<sup>2</sup> 以上河流 184 条，分属金沙江、元江两水系[11] (图 1)，分水岭以北为金沙江水系，流域面积占全州总面积的 58.3%；南部为元江水系，流域面积占全州面积的 41.7%。



Figure 1. Distribution map of water system and hydrological stations in Chuxiong Prefecture  
图 1. 楚雄州水系及水文站点分布图

## 3. 水资源总量分析计算及评价

### 3.1. 采用资料

共收集了全州 25 个水文(位)站水文资料，为有较好的代表性，主要选择了具有长系列资料的 9 个水文站(图 1)年径流资料，资料经可靠性、一致性、代表性分析，资料系列均能满足水资源量分析计算的要求。

### 3.2. 径流深计算

对 9 个水文站径流资料系列进行了还原计算。还原计算采用全面收集资料和典型调查分析相结合的方法逐年逐月进行。还原时分河系自上而下、按测站控制断面分段进行，然后逐级累计成全流域的还原水量。对于还原后的天然年河川径流量进行了干支流、上下游和地区间的综合平衡分析，检查其合理性 [12]。径流还原的主要项目包括：农业灌溉、工业和生活用水的耗损量(含蒸发消耗和入渗损失)，跨流域引入、引出水量，水库蓄水变量等 [13]。还原计算时段内天然径流量的计算公式 [14] 为：

$$W_{\text{天然}} = W_{\text{实测}} + W_{\text{农业}} + W_{\text{工业}} + W_{\text{生活}} + W_{\text{引调水}} + W_{\text{蓄}} \quad (1)$$

式中： $W_{\text{天然}}$ ——天然河川径流量， $W_{\text{实测}}$ ——实测河川径流量， $W_{\text{农业}}$ ——农业灌溉耗损量， $W_{\text{工业}}$ ——工业用水耗损量， $W_{\text{生活}}$ ——城镇生活用水耗损量， $W_{\text{引调水}}$ ——跨流域引调水量，引出为正，引入为负， $W_{\text{蓄}}$ ——湖库蓄水变量，增加为正，减少为负； $W$  单位为万  $\text{m}^3$ 。

对 9 个水文站还原后的径流资料系列作一致性修正分析，即通过对选用水文站的降水 - 径流关系分析，检查天然年河川径流系列的一致性，建立各水文站面雨量与径流深系列关系，各单站面雨量和径流深点据成一带状，相关关系较好；各年代点据没有系统偏大或偏小情况，即经分析所选径流资料具有较好的一致性修正。

选用 9 个水文站作为依据站，在级行政区图采用 ArcGis 软件自动绘制和人工经验修订相结合的方法绘制径流深等值线图。楚雄州属于高原山区，境内地形起伏较大，水文站集水面积内自然地理条件和高程变化差异较大，径流量有随高程增加而增大的趋势；因此，将多年平均年径流深值点绘在流域平均高程处，然后再依据各径流深数据绘制等值线图。因为径流分布与降水有较好的一致性，绘制过程中充分依据了降水等值线的分布趋势。由绘制的径流深等值线图采用面积加权法量算楚雄州及各县(市)多年平均径流深见表 1。

**Table 1.** Table of annual average total water resources and available water resources of Chuxiong County (city) administrative region

**表 1.** 楚雄州县(市)级行政区多年平均水资源总量、水资源可利用量成果表

序号	县级行政区	面积 ( $\text{km}^2$ )	多年平均径流深(mm)	地表水资源总量 (亿 $\text{m}^3$ )	地下水 源总量 (亿 $\text{m}^3$ )	水资源总 量(亿 $\text{m}^3$ )	地表水径 流模数 (万 $\text{m}^3/\text{km}^2$ )	地下水径流 模数 (万 $\text{m}^3/\text{km}^2$ )	径流 系数	水资源可 利用量 (亿 $\text{m}^3$ )
1	楚雄市	4424.5	194.5	8.61	2.5397	8.61	19.45	5.74	0.23	3.57
2	双柏县	3892.3	266.9	10.8	2.4564	10.8	26.69	6.31	0.29	2.71
3	牟定县	1441.6	184.1	6.57	0.3554	6.57	18.41	2.47	0.21	0.71
4	南华县	2263.7	164.9	2.38	1.4230	2.38	16.49	6.29	0.19	1.82
5	姚安县	1693.4	267.8	6.06	0.3750	6.06	26.78	2.21	0.29	0.92
6	大姚县	4045.8	232.4	9.05	2.2621	9.05	23.24	5.59	0.26	3.24
7	永仁县	2152.9	254.7	7.49	1.0488	7.49	25.47	4.87	0.28	1.47
8	元谋县	2026.3	180.3	3.05	0.4479	3.05	18.03	2.21	0.21	0.92
9	武定县	2938.6	227.5	4.90	2.3884	4.90	22.75	8.13	0.26	2.25
10	禄丰市	3569.1	108.1	2.19	2.1785	2.19	10.81	6.10	0.15	1.97
	楚雄州	284482	214.7	61.09	15.48	61.09	21.47	5.44	0.24	19.58

### 3.3. 地表水资源量分析计算

楚雄州地表径流主要由降水产生。采用区域代表站、水文比拟、等值线量算等方法分析计算楚雄州地表水资源量,并作合理性检查。根据以下原则[15]和方法计算单元地表水资源量:1) 根据水资源县级行政区内水文站分布情况,划分为若干计算单元,并以大江大河一级支流控制水文站和中等河流控制水文站作为计算单元的重要控制站点。2) 当计算单元内河流有水文站控制时,根据控制水文站的逐年天然河川年径流量,按照面积比或降水量比修正为该计算单元的逐年地表水资源量。3) 当计算单元内河流没有水文站控制时,可利用自然地理特征相似地区的降水与径流关系,采用水文比拟法求得计算单元的逐年地表水资源量,经合理性分析后采用。经对计算单元水资源进行汇总计算,全州多年平均自产水资源量 61.09 亿  $\text{m}^3$ ,多年平均径流深 214.7 mm,多年平均产水模数 21.5 万  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ,其计算成果见表 1。全州地表水资源系列计算成果中,最大为 1966 年 129.80 亿  $\text{m}^3$ ,最小为 2011 年 25.08 亿  $\text{m}^3$ ,相差 5.15 倍。 $P = 20\%$ 丰水年地表水资源量为 80.14 亿  $\text{m}^3$ ,相当于多年平均地表水资源量的 1.31 倍; $P = 75\%$ 丰水年地表水资源量为 43.35 亿  $\text{m}^3$ ,相当于多年平均地表水资源量的 71.0%; $P = 95\%$ 丰水年地表水资源量为 27.15 亿  $\text{m}^3$ ,相当于多年平均地表水资源量的 44.4%。

### 3.4. 地下水资源量分析计算

地下水资源量是指地下水体中参与水循环且可以逐年更新的动态水量[16]。根据楚雄州地形特征和地下水开发利用的实际情况,仅对楚雄州山丘区的浅层地下水进行分析计算。楚雄州属南方地区,河川径流过程线普遍呈连续峰型,且具有过程矮胖,枯季流量过程呈直线,纵向分层明显,用直线斜割法计算河川基流量有一定的困难,因此河川基流量采用水均衡法进行分割计算,并选取代表站用直线斜割法分割典型年河川基流量,根据两种方法的成果分析折算系数,利用折算系数把水均衡法分析得到的河川基流量转换为直线斜割法的河川基流量[17]。经分析计算,各站直线斜割法与水均衡法折算系数介于 1.03~1.07 之间。根据单站不少于 10 年的年河川基流量分割成果,建立该站河川径流量(R)与河川基流量(Rg)的关系曲线和该站河川径流量(R)、河川基流量(Rg)与年份的关系曲线。用 9 个代表站的 R、Rg - 年份关系曲线, R~Rg 相关关系分析表明:1) 河川径流量与河川基流量的年过程线趋势基本一致,说明基流的分割基本合理;2) 受人类活动影响显著的地区比未受影响显著的差。由于基流量是地表径流量的一部分,成因上存在必然的联系。在分析的 7 个站的相关系数都大于 0.80,说明分割成果基本合理。

山丘区河川基流量、山前泉水溢出量、山前侧向流出量、浅层地下水实际开采量和潜水蒸发量之和为山丘区总排泄量。从山丘区总排泄量中扣除回归补给地下水部分为山丘区浅层地下水资源量。山丘区地下水主要向当地河流侵蚀基准面排泄,采用排泄量法计算。计算公式为:山丘区总排泄量 = 河川基流量 + 河床潜流量 + 山前侧向流出量 + 未计入河川径流的山前泉水出露总量 + 潜水蒸发量 + 浅层地下水实际开采量的净消耗量。

根据楚雄州实际情况,楚雄州河川基流量可近似作为地下水资源量,即多年平均地下水资源量 15.48 亿  $\text{m}^3$ ,其计算成果见表 1。

### 3.5. 水资源总量分析计算

一个地区的降水、地表水、土壤水和地下水之间密切联系而相互转化,通过水循环达到动态平衡。一定区域内的水资源总量是指当地降水形成的地表和地下产水量,即地表径流量与降水入渗补给量之和。楚雄属于高原山区,地形起伏很大,山高谷深、断裂密布,含水层被河谷下切强烈,非岩溶地区的地表河网和岩溶地区的地下河网均十分发育,因此,一般地下径流途径都不长,长度大于几十公里的很少见,绝大部分降水入渗补给量形成的地下水均排泄于邻近的地表河流中。故水文站断面监测的地表水资源量



中包含了降水产生的可逐年更新的地下水资源量。将多年平均天然河川基流量近似作为地下水资源量，水资源总量即为地表水资源量，地下水资源量为地表水资源量中的重复计算量。全州地表水资源[18][19][20]总量 61.09 亿  $\text{m}^3$ ，地下水资源量 15.48 亿  $\text{m}^3$ ，扣除地表水与地下水重复计算量 15.48 亿  $\text{m}^3$  后全州水资源总量为 61.09 亿  $\text{m}^3$ ，折合径流深 251.3 mm，径流模数为 21.47 万  $\text{m}^3/\text{km}^2$ ，产水系数为 0.24，人均水资源量 2230  $\text{m}^3$ ，比云南省人均水资源拥有量 4379  $\text{m}^3$  低 2149  $\text{m}^3$ 。

#### 4. 水资源可利用量分析计算

1) 水资源可利用量是从资源开发利用和生态环境保护的角度分析一个流域可能被控制利用的最大水资源量，以保证水资源的可持续利用。地表水资源可利用量的估算，是以水资源的可持续利用为目标，统筹考虑河道内外用水的基本要求，满足河道内生态环境用水需求，统筹协调好生活、生产和生态用水。由于流域是一个完整的水循环体系，因此，地表水资源可利用量的估算以流域或独立水系为单元、按因地制宜原则进行。

2) 河道内最小生态需水量包括河道内最小生态环境需水量和河道内生产需水量。楚雄州河道内生产需水量主要包括水力发电、旅游、水产养殖等部门用水，河道内生产用水一般不消耗水量，但要通过在河道中预留一定的水量给予保证。河道内需水具有不消耗水量且可多项功能用水重复利用的特点，故河道内总需水量是在上述各项河道内生态环境需水量及河道内生产需水量计算的基础上，逐月取外包值并将每月的外包值相加，由此得出多年平均情况下的河道内总需水量。

3) 汛期水量中除一部分可供当时利用，还有一部分可通过工程蓄存起来供以后利用外，其余水量即为汛期难于控制利用的洪水量。对于支流而言是指支流泄入干流的水量。汛期难于控制利用的洪水量是根据流域最下游控制节点以上的调蓄能力和水量耗用程度综合分析计算而得。将流域控制站汛期的天然径流量减去流域能够调蓄和耗用的即为汛期难于控制利用下泄洪水量。汛期能够调蓄和耗用的最大量，为汛期用水消耗量、水库蓄水量和可调外流域水量合计的最大值，根据流域未来规划水平年需水预测成果或供水预测调算的可供水量，扣除其重复利用的部分，折算成一次性供水量来确定。

4) 一个流域的水资源可利用总量，由地表水资源可利用量与平原区浅层地下水可开采量相加，再扣除地表水资源可利用量与平原区浅层地下水可开采量之间的重复计算水量求得。由于楚雄州属于山区，地下水可开采量按河川最枯月基流量估算，地表水资源可利用量中已包含了地下水资源可开采量，因此，地表水资源可利用量即为水资源可利用总量，估算成果为 19.58 亿  $\text{m}^3$  (表 1)。

### 5. 结论与建议

#### 5.1. 结论

根据以上分析计算得出楚雄州水资源评价结论：水资源量主要由大气降水形成，水资源水量的过程分配及地区分布基本上与雨季降水量的趋势一致，水资源在地区上分布极不均匀，分布特点为：东多西少，南多北少；山区水多，坝区河谷水少，径流深也随海拔高程增高而增加，其中少水地区主要分布在西北部各县和金沙江下段及支流河谷，如元谋、姚安、大姚等县，低值区在元谋坝子，径流深仅 57.7 mm，高值区在双柏、南华的哀牢山和大姚的大白草岭一带，径流深达 1500 mm，高值区比低值区径流深大 26 倍。楚雄州水资源总量为 61.09 亿  $\text{m}^3$ ，人均水资源量 2230  $\text{m}^3$ ，比云南省人均水资源拥有量 4379  $\text{m}^3$  低 2149  $\text{m}^3$ ，为云南省滇中干旱缺水地区；水资源可利用总量为 19.58 亿  $\text{m}^3$ 。由于楚雄州修建了大批的水利工程设施，有效地利用了水资源量，改善了生活、生产用水条件，发挥了防洪、发电、灌溉效益。特别是近年来蜻蛉河大型灌区和其他中、小型灌区渠系续建配套及节水建设、改造工程实施以来，水资源在一定程度上得到了更有效的利用。

## 5.2. 水资源管理对策建议

针对楚雄州处于滇中干旱缺水地区的现实问题,根据资源节约型、环境友好型社会建设和全面建设小康社会总体目标对水资源可持续利用的总体要求,以“绿山青山就是金山银山”为水资源保护总基调,水资源开发利用与保护相结合,节约用水、科学配置和高效利用有限的水资源是促进楚雄州可持续发展和生态环境保护与建设的基础[21]。现以水资源持续利用的理念为指导,提出水资源管理对策建议:

1) 提高水利设施的科技含量和管理水平,减少和避免水资源浪费;节约水资源,加快节水型社会建设,投入资金,确保楚雄州节水规划中工程措施能顺利实施。全面加强节水宣传教育,完善公众自觉节水的行为规范体系。

2) 建立健全水的市场经济体制,推进水权制度建设,实现水的价值回归;合理地制定用水计划,规范用水计划下达程序,严格计划用水监督管理。

3) 充分考虑水资源的承载能力,推进用水方式转变,逐步完善与水资源承载能力相适应的经济结构体系,如调整农作物种植结构和减少高耗水农作物种植比例,以及淘汰高耗水工业等;大力发展各类节水设施,完善水资源优化配置和高效利用的工程技术体系,如采用的推广滴灌、微灌等。

4) 实行最严格水资源管理制度,健全以总量控制与定额管理为核心的水资源管理体系,落实用水总量控制制度,完善取用水量计量与统计制度。

5) 建立和完善水功能区限制纳污制度,加强入河排污口监督管理,加强水功能区监测,即各相关项目规划、建设应与已划定的楚雄州水功能区和确定的纳污能力相适应,以满足水功能区三条红线考核和河长制工作要求。

6) 加强水政执法,确保水法律法规的贯彻执行,如严格执行取水许可制度,完善水资源费征收管理制度等,以减少废污水排放,保护水资源。

7) 全面加强水生态监测能力建设,推进河湖健康评估研究,逐步扩张水生生物基础监测项目,建立完善重要河流、重要水源地水生态监测及河道生态流量监测常态化工作机制,及时做好水质监测、生态流量监测等工作。

## 参考文献

- [1] 邓先俊. 陆地水文学[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986.
- [2] 夏军, 李原园, 傅国斌. 气候变化影响下中国水资源的脆弱性与适应对策[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [3] Li, L., Diallo, I., Xu, C.Y., et al. (2015) Hydrological Projections under Climate Change in the Near Future by RegCM4 in Southern Africa Using a Large-Scale Hydrological Model. *Journal of Hydrology*, **528**, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.028>
- [4] Wang, H., Fan, L., Liang, Y., et al. (2018) An Integrated Approach for Water Scarcity Evaluation—A Case Study of Y Unman, China. *Environment, Development and Sustainability*, **20**, 109-127. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9873-9>
- [5] 李红燕. 云南高原湖泊洱海水资源量的研究[J]. 人民珠江, 2021, 42(1): 46-52+72.
- [6] 董徐艳, 陆颖. 云南省降雨量时空变化及其对水资源量分布格局的影响研究[J]. 中国人口资源与环境, 2017, 27(S2): 140-144.
- [7] 云南省水利厅. 云南省水资源调查评价专题报告[R]. 2019.
- [8] 徐留兴, 梁川, 王上辅, 王晨华. 水资源紧缺程度的模糊综合评判——以云南省楚雄市为例[J]. 水资源保护, 2006, 22(4): 40-43.
- [9] 王英杰, 王学良, 张国富, 张韦, 彭晓芳. 楚雄市水资源安全问题初探[J]. 楚雄师范学院学报, 2017, 32(3): 89-93+107.
- [10] 武剑, 刘秀林. 云南省楚雄州区域洪水洪峰流量变化特征研究[J]. 水利水电快报, 2021, 42(3): 11-17.
- [11] 云南省水利厅. 云南省河流状况[R]. 2002.

- 
- [12] 蔡文祥, 许大明. 水文计算[M]. 南京: 河海大学出版社, 1988.
- [13] 芮孝芳. 径流形成原理[M]. 南京: 河海大学出版社, 1988.
- [14] 周云, 谢波, 马显莹, 等. 珠江上游水资源配置及持续利用对策研究[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(1): 97-104.
- [15] 水利部水利水电规划设计总院. 全国水资源调查评价技术细则[R]. 2017.
- [16] 贾建伟, 王栋, 何康洁, 刘昕. 长江流域地下水资源量分布特征及开采潜力分析[J]. 人民长江, 2021, 52(9): 107-112.
- [17] 束龙仓, 胡慧杰, 苏桂林, 贾淑彬. 主观因素影响下河川基流量计算的不确定性分析——以增江中下游为例[J]. 南水北调与水利科技, 2016, 14(4): 8-13+28.
- [18] 云南省水利厅. 云南省水资源公报[R]. 2020.
- [19] 楚雄彝族自治州水务局. 楚雄州水资源公报[R]. 2020.
- [20] 楚雄彝族自治州水务局. 楚雄州第三次水资源调查评价报告[R]. 2019.
- [21] 楚雄彝族自治州水务局. 楚雄州“十三五”节水型社会建设规划[R]. 2019.