

# The Analysis of the Water Resources Carrying Capacity of Changning County

Dongyan Wang, Weiyan Wang, Yi Chang

College of Tourism & Geography Science, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan  
Email: [wwdongyan@163.com](mailto:wwdongyan@163.com)

Received: May 29<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2015; published: Jun. 26<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 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

---

## Abstract

Water is an essential resource for human existence. It is also the basis of production and living. However the water resource is unbalanced both in time and space and used in low rate, which has become very important factors to restrict the sustainable development in each district at present. The selected research area—Changning County is in a period of rapid economic development, and the water resources carrying capacity will affect the development. The article summarizes the other titles and applies the actual survey data to analyze the water resources carrying capacity. It shows that the water resources carrying capacity in Changning County is adapting to the present economic and social development, but will be insufficient in long term. So it should coordinate the relationship between human and nature to promote the sustainable development of Changning County.

## Keywords

Water Resources Carrying Capacity, Changning County, Analytic Hierarchy Process

---

# 水资源承载力分析研究——以云南昌宁县为例

王东焱, 王维艳, 常 翊

云南师范大学, 旅游与地理科学学院, 云南 昆明  
Email: [wwdongyan@163.com](mailto:wwdongyan@163.com)

收稿日期: 2015年5月29日; 录用日期: 2015年6月23日; 发布日期: 2015年6月26日

## 摘要

水是人们生存必不可少的资源，是生产与生活的基础，但水资源短缺，时间、空间分布不均，利用率低，已成为制约各地经济可持续发展的重要因素之一。本文所选研究区域——昌宁县正处于经济快速发展时期，水资源承载力将会影响其发展，文章综合文献分析和实际调研数据，运用科学的方法进行水资源的承载力分析，结果表明：昌宁县水资源承载力目前与社会经济的发展相适应，但远期将会有所不足，因而要求协调人与自然的矛盾，促进昌宁县的可持续发展。

## 关键词

水资源承载力，昌宁县，层次分析法

## 1. 引言

水是生命之源，是人类赖以生存的基础，它对各产业的发展起着至关重要的作用。近年来，由于不合理的开发、利用水资源，导致许多地方水资源短缺，水资源承载力减弱，而云南近来的间断性干旱也使人们愈来愈重视水的利用，水资源承载力问题再次成为热点。本文研究的昌宁县地处大理、保山、临沧三州市结合部，与凤庆、永德、施甸、隆阳、永平、漾濞、巍山七县区接壤，其地理位置很重要，周边区域的发展会影响到昌宁县，昌宁县的发展同样也辐射至四周，而昌宁的社会经济发展与水资源承载力有很大关系，对于此的分析可以为昌宁县的发展提供参考。

## 2. 研究背景

20世纪60年代初，联合国教科文组织(UNESCO)提出了资源承载力的概念：“一个国家或地区的资源承载力是指在可以预见到的期间内，利用本地能源及其自然资源和智力、技术等条件，在保证符合其社会文化准则的物质生活水平条件下，该国家或地区能持续供养的人口数量”[1]。在国外为数不多的有关资源承载力的研究中，1998年美国陆军工程兵团(US Army Corps of Engineers)和佛罗里达州社会事务局(Florida Department of Community Affairs)共同委托URS公司对佛罗里达Keys流域的承载能力进行研究[2][3]。Joardor等从供水角度对城市水资源承载力进行相关研究，并将其纳入城市发展规划当中[4]，Harris着重研究了农业生产区域的水资源农业承载力[5]。这些研究在充分考虑人口、资源、环境与发展之间的关系的前提下，运用数学模型，从城市供水、农业发展、生态等方面多角度分析水资源的承载力，并为区域的发展、水资源的合理优化配置提供依据。

水资源的承载力问题涉及的方面很多，包括自然、经济、社会等，受到学术界的高度关注，成为一个重点和热点问题，但因其不确定性和复杂性，至今国内外对于水资源承载力的研究还没有形成统一的认识，还有待于研究和完善。自我国学者在1980年代末提出了水资源承载能力这一概念以来，关于水资源承载能力的定义，迄今为止仍然没有形成一个系统的、科学的理论体系。很多研究者根据自己对水资源承载能力的理解给出了不同的水资源承载能力的定义，或侧重点不同，或所用的指标也不同[6]。目前我国关于水资源承载力的定义具有代表性的有两种：施雅风等[7]认为水资源承载力是指某一地区的水资源，在一定社会和科学技术发展阶段，在不破坏社会和生态系统时，最大可承载的农业、工业、城市规模和人口水平，是一个随社会经济和科学技术水平发展变化的综合目标；惠泱河等[8]认为水资源承载力是指在某一具体的历史发展阶段下，以可预见的技术、经济和社会发展水平为依据，以可持续发展为原

则，以维护生态环境良性发展为条件，经过合理的优化配置后，水资源对该地区社会经济发展的最大支撑能力。本文主要是基于施雅风等人的定义，

云南省昌宁县自 2004 年以来，先后投资 110 万元，对小街桥下河道 1005 米进行了治理，完成了河道清淤、堤防支砌、导游围堰施工、道路施工、绿化带建设等相关工程，有效提高了河道的抗灾能力和灌溉效益。治理后的河道对两岸农田的灌溉调节能力增强，两岸的道路和排灌系统得到改善，水资源的利用率不断提高，但昌宁县的不断发展对水资源承载能力仍具有挑战，对于此问题仍需不断研究。

### 3. 昌宁县水资源承载力

#### 3.1. 昌宁县气象水文地质条件现状

##### 3.1.1. 昌宁县河流水系及气候条件

昌宁县境内河流众多，其中较大河流 6 条，过境江 2 条；5 公里以上常流河 57 条，均系外流河，分属澜沧江和怒江水系。右甸河、潞水河、耆街河、黑惠江等汇入澜沧江，勐统河、枯柯河等汇入怒江。所有河流都具有落差大、流域区水土流失严重等特点。

县城主要河流是右甸河，右甸河发源于本县北部新炉山区，河流由北向南流淌，县境内长 60 公里，年平均流量 18.99 立方米/秒，横穿右甸坝至温泉乡湾塘出境。田园镇境内段由潞水翠华村流入至九甲坝尾流入温泉出境，全长 16.5 公里，河西水库下至坝尾原长 12.5 公里，通过治理局部改线后总长 11 公里。其次有龙潭河、桥房河、团结河(德老本河及立巴位河并流)、清贞河、德绿河、马桥河(麻地河)、大沟桥河(伍家寨河及密度河并流)、南门河、秧天洼河、热水沟小河、二母得河、力柴河、后山河、漆树河、马场河、李干香河、付家寨河、小米箐河、乌龟洼河等 19 条小河汇入右甸河，成为右甸河支流。右甸河东边由北向南依次为：后小河、漆树河、栗柴河、二母德河(如表 1、图 1)。

昌宁县地处北回归线北侧，总属亚热带季风高原高山气候类型。年均气温 14.9℃，年最高气温 31℃，年最低温-4.9℃，年降水量 1259 毫米，年平均相对湿度 81%，霜期 111 天。全县气候一般划分为低热、温热、温凉和高寒 4 个小型气候带。全年气候温和，雨量充沛，干湿两季分明，属亚热带湿润区。由于境内地形变化复杂，山峰并列，河谷深切，气温变化由北向南伴随海拔降低而升高，立体型气候十分突出。

根据昌宁气象站 40 多年的实测资料统计：多年平均气温 14.9℃，最高月平均气温 22.9℃，最低月平均气温 9.2℃，极端最高气温 31.2℃，极端最低气温-4.9℃，全年日照时数 2247 小时，相对湿度 82%，多年平均降水量 1243.9 毫米，多年平均蒸发量 1717 毫米(20 cm 蒸发皿观测值)，全年无霜期 310 天，实测多年平均最大风速 15 米/秒，夏秋多吹西南风，冬春多吹偏北风。区域内一般情况 5 月份即进入雨季，10 月份后降水量明显减少。根据流域内的保山气象站资料统计：5~10 月多年平均降水量占全年的 80.6%，12 月~次年 4 月降水量仅占全年的 14.2%。邻近流域的昌宁气象站相应时期降水量占全年的比值为 84.4% 及 11.9%。区域内暴雨主要发生在 6~10 月，其中尤以 7、8、9 三个月出现最多，暴雨主要受西南暖湿气流的影响，水汽来源于印度洋和孟加拉湾，水汽充沛，当与南下的冷空气相遇或受地形屏障抬升时，往往形成大量的降水。暴雨笼罩范围小，多以单点暴雨为主，暴雨时空分布不均。区域内暴雨中心常见于东部一带，主要是东高西低的地形所致。根据昌宁气象站实测资料统计，年最大暴雨出现在 7、8、9 月份的占 74%，洪水也多发生在 7~9 月。

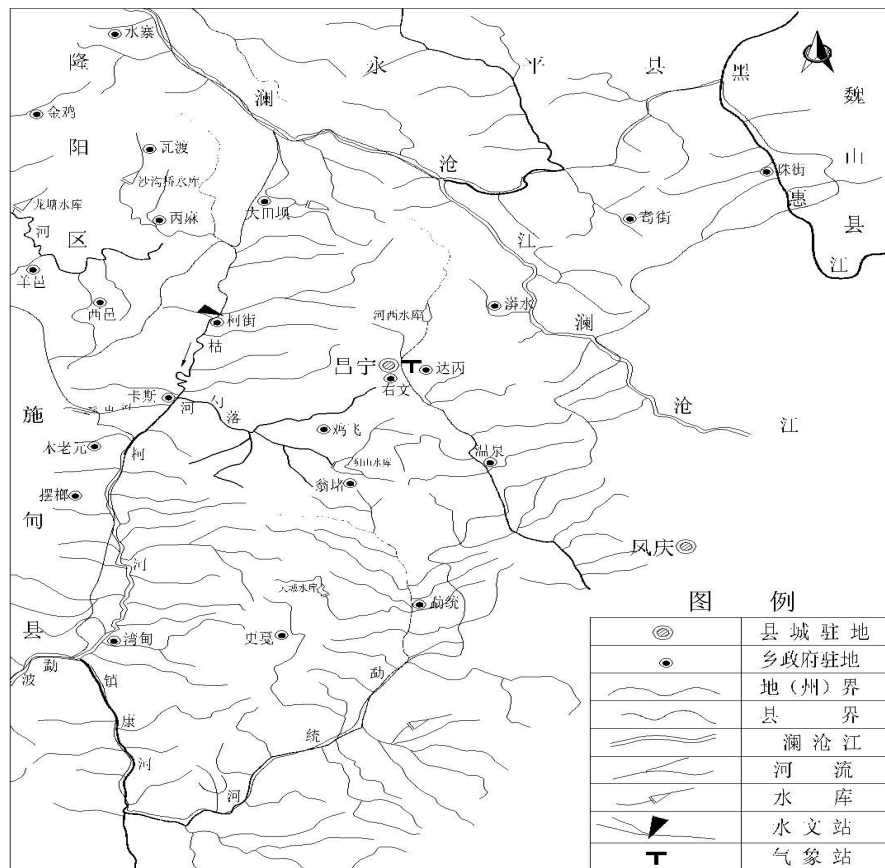
##### 3.1.2. 昌宁县水资源总量

###### (1) 地表水资源

昌宁县地表水的补给来源于天然降水和地下径流，其中以天然降水为主，因此受海拔和山脉走向的

**Table 1.** The tributaries of Youdian river in Changning country  
**表 1.** 昌宁县城右甸河各支流概况

河流名称	径流面积 A (km <sup>2</sup> )	河长 L (km)	平均坡降 J
龙潭河	8.75	3.75	0.04
团结河	11.42	8.92	0.07
清真河	3.76	3.49	0.06
马桥河	7.87	5.95	0.07
大沟桥河	3.65	3.86	0.08
南门河	4.87	4.17	0.07
秧田洼河	4.33	3.87	0.09
付家寨河	2.92	3.48	0.03
乌龟洼河	2.57	2.75	0.03
后小河	16.82	10.81	0.03
漆树河	10.26	7.99	0.02
栗柴河	59.73	16.27	0.03
二母德河	24.50	12.53	0.03



**Figure 1.** The position of hydrological station and regional water system map  
**图 1.** 水文站点位置及区域水系图

制约。根据地形地貌条件的相似性，水文特征值及水资源时空分布的一致性，分为多雨、中雨、少雨三个区域。昌宁县城属于中雨区。

表 2 中的右甸河南北纵穿昌宁县城，是昌宁坝区近 3 万亩农田灌溉的主要水源。多年平均降水量 1259 毫米，年平均水面蒸发量 1032.5 毫米，年产水量约 1.57 亿立方米，径流深 821.6 毫米，平均流量 8.6 立方米/秒(1951~2000 年)。径流由降水补给，枯期径流主要靠地下径流补给。枯期为 12 月~5 月，尤以 4 月~5 月为最，径流年内分配不均，年际变化不大。

(2) 地下水资源

昌宁县地下水资源，分为冷泉和温泉两种类型。

① 冷泉

全县地下平均流深 170.9 毫米，地下径流总量约 6.49 亿立方米。北部多雨区径流深达 300 毫米；东北部黑惠江流域少雨区为 50 毫米，是全县地下径流深度最小的地方。

② 温泉

境内有温泉地热点 15 处 20 个点，总出水量约为 4~40 立方米/秒，大部分在亚热和温热峡谷河畔，可饮用和灌溉。

昌宁县城的地下水水量丰富，但表面有锈层，不适合饮用。

(3) 水资源总量

2004 年昌宁县降水量总量 45.20 亿立方米，年地表径流总量 19.99 亿立方米，地下水 6.48 亿立方米，水资源总量为 26.47 亿立方米。

全县年平均降水量约 1265 毫米，水资源总量约 48.02 亿立方米，每平方公里产水量 126 万立方米，平均径流深度 548.9 毫米。全县 110 条河川，过境水量约 0.75 亿立方米，出境水量约 1.65 亿立方米。除蒸发及外流水源外，实产水量约 19.99 亿立方米，人均占有水量约 7272 立方米，高于全省人均占有水量(872 立方米)；每亩耕地占有径流量约为 4985 立方米。

### 3.2. 昌宁县水资源开发利用现状

#### 3.2.1. 水资源利用工程

田园镇陆续兴建了一系列的水利工程对水资源进行开发。随着工业生产的发展和人民生活水平的提高，水资源开发的工程已从单一的满足农业需要，发展到工业、农业、旅游、娱乐、生活、电力为一体的多功能、多元化综合利用开发，并与昌宁县城景观、旅游系统紧密结合。

(1) 蓄水工程(如表 3)

河西水库为县城主要生活和生产水源：河西水库截右甸河上游筑坝，坝至海拔高程 1807.8 米，库区

Table 2. The main rivers situation of country

表 2. 县域主要河流情况表

流域	名称	等级	所在乡镇	长度(km)	平均坡度(%)	集水面积(km <sup>2</sup> )	多年平均径流量(万 m <sup>3</sup> )
			大田坝乡				
澜沧江流域	澜沧江	干流	耇街乡	54	2	604.3	过径流量 3,122,500
			潞水镇				
澜沧江流域	黑惠江	一级支流	珠街乡	20.5	5	269.3	过径流量 483,000
			田园镇				
澜沧江流域	右甸河	一级支流	温泉乡	60	15.5	522.6	8400

以上控制径流面积 86.6 平方公里，主河流长 18.8 公里，多年平均径流量为 3565 万立方米，丰水年径流量为 3920 万立方米/年，平水年  $P = 50\%$  时径流量为 3530 万立方米，枯水年径流量为 3210 万立方米。河西水库兴利库容为 1052 万立方米，沿河总灌溉面积为 2.4 万亩。

#### (2) 水厂供水

县城现有自来水厂 3 座，分别为二水厂、清灵寺水池、右甸河水厂(备用水源)，具体情况如表 4。

### 3.2.2. 水环境现状

目前昌宁县城的污水处理厂还在规划拟建之中，县城大部分的生活、生产废水不经处理混合排入右甸河。

根据 2004 年 7 月的水监测结果，河西水库总磷、总氮超标，超标倍数分别为 0.45、1.02；清灵寺 Fe、总氮超标，超标倍数分别为 0.03、0.34；河西水库和清灵寺两处集中供水饮用水源地水质 26 个分析指标中均有两个超标，其他均达到《地表水环境质量标准》的 2 级标准要求；右甸河的新寨桥和九甲 19 个分析指标全部达到了 3 级标准要求。

### 3.2.3. 昌宁县水资源开发利用现状评价

(1) 缺乏对水资源，尤其是地面径流的统一管理。昌宁县城地面径流资源丰富，但由于人口增长、城市建设用地的扩大，许多径流河道堵塞、水量减少甚至消失。

(2) 饮水安全堪忧。昌宁县城统一供水的区域集中在建成区，周边乡村范围采用蓄水池、水窖、河流、井水、山管水等多种方式，居民饮用水、牲畜用水、农业灌溉用水混杂，存在着饮水安全问题。

(3) 县城地势起伏较大，不利于工程排管。

(4) 对水资源的综合利用、节约意识尚待提高。目前昌宁县城的工业用水重复率为零，生产过程中的工业废水未经处理利用即排入河道，造成了水资源的浪费，破坏了水域生态环境。

Table 3. Reservoir statistics form of Tanyuan town

表 3. 田园镇水库情况统计表

流域名称	水库名称	所在河流	径流面积(km <sup>2</sup> )	坝高(m)	总库容(万 m <sup>3</sup> )	级别
澜沧江流域	河西水库	右甸河	86.6	45	1160	中型
澜沧江流域	秧田洼水库	右甸河	1.5	22	27.75	小(二)型
澜沧江流域	清水河水库	清水河	2	20	35	小(二)型
澜沧江流域	大山脚水库	石竹林河	0.5	17	16	小(二)型
澜沧江流域	马火塘水库	新厂河	0.3	12	12	小(二)型
澜沧江流域	长洼水库	磨刀河	1.5	25	70	小(二)型
澜沧江流域	李子树水库	龙潭河	2.5	12.5	10	小(二)型
澜沧江流域	卡巴洼水库	卡巴洼河	1.5	10	8	小(二)型

Table 4. The present situation of waterworks questionnaire of Changning country

表 4. 昌宁县城水厂现状调查表

名称	地址	占地面积(m <sup>2</sup> )	水源	取水口位置	日生产能力(万吨)	出水水压(Mpa)
二水厂	田园镇、新城办事处	7440.40	河西水库	水库坝脚底涵	0.50	7.0
清灵寺水池	清灵寺山 2 号水池	3328.25	山管水	黑龙潭	0.10	7.0
右甸河水厂	滨河路北侧	3578.40	右甸河	阳光小区门口	0.40	7.0

### 3.3. 昌宁县水资源承载力影响因素分析

有人从定义出发直接选取可支持人口数量、工农业发展规模等人口和社会经济发展指标作为衡量水资源承载力大小的依据。也有人从水资源可供水量、需水量、可承载人口、社会、经济技术发展水平和规模、水环境容量等方面综合考虑建立水资源承载力评价指标体系,采用层次分析方法进行评价[9]。

区域水资源人口压力指数  $F_p I$  表征区域内水资源所承载的人口规模压力,数字大则表明该地区水资源承载的人口规模压力大。区域水资源承载经济压力指数  $F_e I$  表征区域内水资源所承载的经济发展压力,数字大则表明该地区水资源承载的经济发展压力越大[10]。当该区域水资源供给和需求相当时:  $F_p I = 1$ ,  $F_e I = 1$ 。

水资源承载力具有动态性、包容性、不确定性、多样性以及跳跃性;水资源承载能力受其周边诸多因素的影响,其影响因素主要有资源限制、环境条件、科技进步、制度安排等[11]。

以下选取五个因素进行分析。

#### 3.3.1. 人口因素

2011年昌宁县总人口348,328人,暂住半年以上的常住人口5555人,户籍人口342,773人,据昌宁县人口规划预测,2020年,昌宁县户籍人口35~36万人,自然增长率为3.5%,2030年,昌宁县户籍人口38~40万人,自然增长率为3.0%。其中县城人口58,535人,占总人口的16.8%。人口自然增长率为2.6%。

根据昌宁县城市发展规划预测,昌宁城区近期2020年城市规划人口16万人,规划中心城区建设用地12.8 km<sup>2</sup>,规划远期2030年城市规划人口25万人,规划中心城区建设用地18.8 km<sup>2</sup>。

昌宁县是少数民族杂居县,居住有彝族、苗族、傣族、布朗族、佤族、景颇族、回族、白族、傈僳族等民族共39,221人,占总人口的11.3%。少数民族对用水效率、节水没有很深刻的认识,会对水资源利用与保护产生负面影响。

用水标准:县城规划近期综合用水指标为230升/人·日,工业用水重复利用率达40%;规划远期综合用水指标为330升/人·日,工业用水重复利用率达60%。

#### 3.3.2. 社会经济因素

社会发展、经济水平提高都将增加区域用水量,造成水资源承载能力的降低。

2011年末昌宁县实现生产总值43.89亿元,其中第一产业生产总值20.19亿元,第二产业生产总值11.708亿元(工业实现生产总值8.88亿元,建筑业实现生产总值2.83亿元),第三产业生产总值11.24亿元。

由图2可知昌宁县的产业结构仍是第一产业占较大比重,而农业生产需要大量灌溉水源,以田园镇为例,坝区分布着大片农田,总用水量是二、三产业用水量之和。

2011年城镇居民人均可支配收入14,700元,比上年增长9.5%。农民人均纯收入4563元,其中可支配收入4029元。人们的经济水平不断提高,相应的用水量也在增加,水资源承载能力必然会有新的变化。

#### 3.3.3. 城市化因素

城市化发展速度的加快,一、二、三产业结构的调整,必须首先满足日益增长的人口的生活用水的需求,这是有关社会稳定、经济繁荣的大事,根据发达国家的经验,越是城市化水平高,生活用水的标准越高[12]。

##### (1) 非农业人口预测

随着社会、经济水平的发展,农业人口转为非农业人口的速率不断加快。据统计,昌宁县非农业人

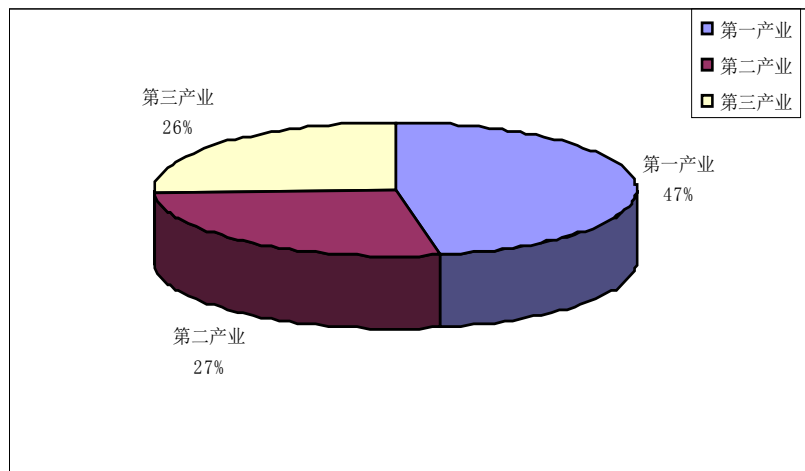


Figure 2. The GDP ratio chart of Changning country  
图 2. 昌宁县各产业生产总值比重图

口的年增长率在今后的 16 年期间,能够保持平均每年 35%~45%增长率。预测取值:2010 年前平均递增 35%;2011~2020 年间每年递增 45%。

昌宁县非农业人口的计算公式为:

$$P_n = P_0(1+K)^n$$

$P_n$ : 为预测年非农业人口。

$P_0$ : 为基年非农业人口(2004 年 3.04 万人)。

$K$ : 为年增长率,取值分别为 2005~2010 年取 35%,2011~2020 年取 45%。

$N$ : 为预测年数。

经计算:2010 年,昌宁县非农业人口为 3.7 万人。

2020 年,昌宁县非农业人口为 5.8 万人。

#### (2) 城镇化水平预测

2004 年,昌宁县户籍总人口 34.03 万人,其中非农业人口 3.04 万人,城镇人口 6.92 万人。城镇人口减去非农业人口,计算结果为农业人口在城镇中从事非农业生产的人口为 3.88 万人,占总人口的 11.4%。

城镇中从事非农业生产的实际居住人口包括非农业人口、农业人口和暂住人口三部分(2004 年以前县域人口未统计暂住人口,统计数据均为户籍人口)。随着县城建设的进行,借鉴国内中小城市的发展过程,可以预见昌宁县城镇中从事非农劳动的农业人口和暂住人口将会持续增长,预测在城镇从事非农生产的农业人口和暂住人口占总人口的比率将大幅提高,2010 年达 15%,2020 年达 25%。

经计算:2010 年,在城镇从事非农业生产的农业人口和暂住人口为 5.4 万人;2020 年,在城镇从事非农业生产的农业人口和暂住人口为 10.3 万人。

综合考虑城镇非农人口、农业人口和暂住人口,则昌宁县城镇人口取值为:

2010 年:城镇人口 9.1 万人;

2020 年:城镇人口 16.1 万人。

2010 年:县域城镇化水平为 25.3%;

2020 年:县域城镇化水平为 39.3%。

由上可知,在城镇化过程中,农业人口转变为非农业人口,导致产业结构也发生变化,虽然一定程度上农业用水量减少,但是工业用水、服务业用水也将随之上升,尤其是工业用水增加。而城市建设离



不开水资源，水资源对城市景观的塑造起重要作用。

### 3.3.4. 政策因素

政府规划在右甸与达丙组团之间形成穿越县城中央的田园带，西侧在右甸路与右甸河交汇处形成富有特色的“新田园城市中心”，将城市的文化、体育、娱乐、商贸、旅游服务等功能与优美的田园风光有机融为一体。城市中心布局在右甸路两侧，重点建设文化、娱乐、体育设施，配以必要的商业、餐饮、宾馆等设施，中心周边地区有荷香园、百花园、百果园等城市公共绿地，与东侧带状的田园带相组合，形成富有特色的“城市生态绿心”，是集中展示昌宁县城“新田园城市”特色的核心区域。在城市中心形成“田园在城中，城在田园中”的独特风貌，是昌宁县城不同于其他滇西小城镇的最大特色，县城中央田园带将成为集中展示“新田园城市”特色的核心区域。在建设“新田园城市中心”的过程中，水必然是建设中的必要条件，这也就决定了水资源的利用问题与水资源的保护，在此基础上也会影响水资源的承载力。

现在河西水库发挥了效益，但因在大跃进中施工，缺乏施工经验，水泥、钢材等建筑材料缺乏，施工质量较差，完工后各项工程均存在着不同程度的问题。为使河西水库尽快发挥工程效益，消除安全隐患，于2010年9月上旬完成《昌宁县河西水库除险加固工程初步设计报告》，并于2012年9月进行招投标，于2013年完成河西水库的除险加固。除险加固后水库的防洪能力将达到100年一遇。其他重要水库也在近几年陆续修整，以提高蓄水、防洪能力。

### 3.3.5. 水资源供需平衡分析

#### (1) 人口综合用水量指标法

规划近期人均综合用水量指标为0.23万立方米/万人·日，县城总人口5万人，县城总用水量 $0.23 \times 5 = 1.15$ 万立方米/日；

规划远期人均综合用水量指标为0.33万立方米/万人·日，县城总人口8万人，县城总用水量 $0.33 \times 8 = 2.64$ 万立方米/日（如表5）。

#### (2) 建设用地综合用水量指标法

规划近期单位城市建设用地面积综合用水量指标为0.25万立方米/平方公里·日，城市建设用地面积6.56平方公里，县城总用水量 $0.25 \times 6.56 = 1.64$ 万立方米/日；

规划远期单位城市建设用地面积综合用水量指标为0.35万立方米/平方公里·日，城市建设用地面积9.32平方公里，县城总用水量 $0.35 \times 9.32 = 3.26$ 万立方米/日（如表6）。

#### (3) 用水量预测

① 根据人口综合用水量指标法与建设用地综合用水量指标法，预测规划近期县城用水量分别为1.15万立方米/日和1.64万立方米/日，平均值1.4万立方米/日。规划取值1.4万立方米/日。

根据人口综合用水量指标法与建设用地综合用水量指标法，预测规划远期县城用水量分别为2.64万立方米/日和3.26万立方米/日，平均值2.95万立方米/日。规划取值3.0万立方米/日。

综合考虑以上二种预测结果，规划近期县城用水量1.4万立方米/日；规划远期县城用水量3.0万立方米/日（如表7）。

② 根据历年人口变化资料，应用多种科学方法校核得出昌宁县城近期、远期人口规模为：近期5万人；远期：8万人

运用人均综合指标法对昌宁县城近期、远期用水量做出预测：人均综合用水量指标：近期取230L/人·日；远期：330L/人·日。供水普及率：现状为95%；近期取100%；远期取100%。

计算公式为： $Q = N \times q \times k \times 365$

$Q$ : 规划用水量,  $N$ : 规划人口数,  $q$ : 规划人均综合用水量指标,  $k$ : 规划供水普及率

例: 近期  $Q = 5 \times 230 \times 100\% \times 365 = 419750 \approx 419.8$  万吨/年, 计算后如表 8 显示。

规划近期用水量为: 419.8 万吨/年; 规划远期用水量为: 963.6 万吨/年。

本文已提及昌宁县城水资源总量约 48.02 亿立方米/年 = 480.02 万吨/年, 对于表 6 中建设用地近期综合用水量 0.60 万吨/年(1.6 万立方米/日  $\times$  365 = 598.6 万立方米/年 = 0.5986 万吨/年)和表 7 中规划近期用水量 0.51 万吨/年(1.4 万立方米/日  $\times$  365 = 511 万立方米/年 = 0.511 万吨/年)来说是有很大优势的, 但与表 8 中以人口规模为依据的近期的用水量 419.8 万吨/年相差不大, 却满足不了远期的 963.6 万吨/年。

## 4. 结论与建议

### 4.1. 结论

昌宁县水资源目前的承载力在规划近期仅能做到与用水量基本平衡, 规划远期则不够用, 为满足坝区其他用水的要求, 还必须寻找其他水源。而作为城市水源的河西水库, 其沿岸防护范围内现有堆放废渣、工业废水排放、生活污水排放及施用持久性或剧毒的农药, 污染水源的情况, 对于治理与保护刻不容缓。

### 4.2. 昌宁县水资源承载力问题建议

- ① 提高水处理能力, 促进水循环利用

**Table 5.** The water consumption forecast chart of country (index method for per capita comprehensive water consumption)  
**表 5.** 县城用水量预测表(人均综合用水量指标法)

	人均综合用水量(万立方米/万人·日)	总人口(万人)	总用水量(万立方米/日)
近期	0.23	5	1.15
远期	0.33	8	2.64

**Table 6.** The water consumption forecast chart of country (index method for construction land comprehensive water consumption)  
**表 6.** 县城用水量预测表(建设用地综合用水量指标法)

	单位城市建设用地面积综合用水量(万立方米/平方公里·日)	城市建设用地面积(平方公里)	总用水量(万立方米/日)
近期	0.25	6.56	1.64
远期	0.35	9.32	3.26

**Table 7.** The water consumption forecast chart of Changning country  
**表 7.** 昌宁县城用水量预测表

	规划用水量(万立方米/日)
近期	1.4
远期	3.0

**Table 8.** The water consumption forecast chart of Changning country  
**表 8.** 昌宁县城用水量预测表

	近期	远期
人口规模(万人)	5	8
用水量(万吨/年)	419.8	963.6

当前任务是提高水处理能力,增加给水系统的供应量。主要通过增加机组、扩大规模解决。同时积极提高工业用水的重复利用率,使水资源能得到充分利用,提高效益。

② 充分利用现有资源,不断开发新源

整合现有中小型水库、水窖、蓄水池等,在片区、范围、性质、压力等方面作统一调度,减轻河西水库的灌溉、生产供水压力。而开发新源是主要、根本的解决方法。建议考虑利用过境水,进行远距离调水来缓解城区的用水压力,

结合小湾电站的开发,引入新的水源。

③ 加强地表径流利用,调整用水结构

右甸河因两岸人口、活动密集,易受到污染,在规划应规定停止其作为饮用水水源地。但同时右甸河水量丰富,是右甸坝区主要的泄洪通道和排污径流。可以考虑对其分段分质利用,作为城区市政、消防、景观用水。

结合用水特点,调整用水结构。城区在产业用水方面具有农业用水比例大、二三产相对低,亩均灌溉用水量、费水率高等特点。应采取提高机械水平等措施降低亩均灌溉用水指标,降低费水率,从而减少水资源浪费,降低农业用水比例,提高水资源效率和效益。

④ 注意水源保护和可持续开发

应注意对水源地的生态环境保护,以保证水源水质。对采水点划分出敏感区、禁止建设开发区和严格控制开发建设区,对库区的植被进行严格保护,以增加水源涵养,增强库区抗灾能力。

⑤ 统一管理,提高水资源承载能力

昌宁县城的水源形式相对多样,有众多小型水库、蓄水池、水窖以及部分企业自备水等,应将这些水资源统一管理。一方面有利于综合利用,一方面有利于统计保护。同时要加强各方面的监管,实现水资源的可持续利用。

## 参考文献 (References)

- [1] UNESCO & FAO (1985) Carrying capacity assessment with a pilot study of Kenya: A resource accounting methodology for sustainable Development. Paris and Rome.
- [2] Joeres, E.F., Seus, J. and Engelman, H.M. (1981) The linear decision rule reservoir problem with correlated inflow: 1, model development. *Water Resources Research*, **17**, 18-24.
- [3] Kang, P. and Xu, L.Y. (2002) National research council review of the Florida keys carrying capacity study. National Academy Press, Washington DC.
- [4] Harris Jonathan, M., et al. (1999) Carrying capacity in agriculture globe and regional issue. *Ecological Economics*, **129**, 443-461.
- [5] Hrllich, A.H. (1996) Looking for the ceiling: Estimates of the earth's carrying capacity. *American Scientist, Research Triangle Park*, **84**, 494-449.
- [6] 张丽,董增川 (2002) 流域水资源承载能力浅析. *中国水利*, **10**, 58-64.
- [7] 施雅风,曲耀 (1992) 乌鲁木齐河流域水资源承载力及其合理利用.科学出版社,北京.
- [8] 惠泱河,蒋晓辉,黄强,等 (2001) 水资源承载力评价指标体系研究. *水土保持通报*, **1**, 30-34.
- [9] (2005) 水资源承载力:度量水资源安全的技术探索. *中国水利报*, **17**, 23-36.
- [10] 刘佳骏,董锁成 (2011) 中国水资源承载力综合评价研究. *自然资源学报*, **2**, 264-265.
- [11] 焦振峰 (2004) 论水资源承载能力. *河南水利*, **10**, 251-274.
- [12] 马安成,晏桂娥 (2007) 苏州可持续发展的一个严峻问题. *自然资源学报*, **5**, 134-139.