

疏勒河流域生活需水量预测

王金辉¹, 马雁², 贾生海^{2*}, 白有帅², 张定海², 车生鹏², 郑宗倩², 寇睿²

(1. 甘肃省疏勒河流域水资源管理局, 甘肃酒泉 735000 2. 甘肃农业大学水利水电工程学院, 甘肃兰州 730070)

摘要 为了预测地处干旱内陆区的疏勒河流域生活需水量, 通过对该区域 2010—2018 年人口变化趋势分析, 构建线性和非线性模型对流域生活需水量进行预测研究, 结果表明: 生活需水量呈逐年增加趋势, 2019—2040 年增幅为 21.2%, 其中农村生活需水量减少, 城镇生活需水量增加, 预测 2019 年城镇需水是农村需水的 1.6 倍, 而到 2040 年该值达到 2.9 倍。该研究可为地区水资源优化配置及合理利用提供一定的理论依据。

关键词 疏勒河流域; 生活需水量; 预测

中图分类号 TV 213.4 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)23-0239-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.23.062

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Prediction of Domestic Water Demand in Shule River Basin

WANG Jin-hui¹, MA Yan², JIA Sheng-hai² et al (1. Shule River Basin Water Resources Administration of Gansu Province, Jiuquan, Gansu 730070; 2. School of Water Resources and Hydropower Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract Taking the Shule River Basin as the research object, through the analysis of the population change trend in the region from 2010 to 2018, a linear and non-linear model is constructed to predict the water demand of the basin. Rural water demand decreases and urban domestic water demand increases. It is predicted that urban water demand in 2019 will be 1.6 times that of rural water demand, and by 2040 this value will reach 2.9 times. The research can provide a certain theoretical basis for the optimal allocation and rational utilization of regional water resources.

Key words Shule River Basin; Living water requirement; Prediction

疏勒河流域属西北内陆干旱区, 水资源短缺严重制约着区域经济社会的快速发展。早期疏勒河流域牧草茂盛, 牛羊成群。经过长期的开垦和超采, 导致草场迅速退化, 大面积水土流失, 后经风沙侵蚀, 疏勒河流域出现了大量戈壁荒地。随着移民范围的不断增大, 疏勒河流域的水资源利用程度不断提高, 流域的水资源状况也成为了人们最担心的问题之一^[1]。

近年来, 不少学者致力于疏勒河流域不同地区生态需水量的研究, 提出了生态需水预测模型^[2-5], 在对流域径流变化做相关研究的同时^[6-7], 对水资源的利用和优化配置也做了大量研究^[8-9]。然而水在干旱区是极为珍贵的资源, 流域经济发展的前提是保证生活需水的要求, 如果其他产业需水挤占生活用水, 一方面会引发水权争议, 另一方面, 会使资源得不到合理配置, 甚至严重影响和制约区域可持续发展^[10]。因此, 了解疏勒河流域水资源现状, 探寻适宜的生活需水量预测模型, 可以很好地对未来某一时段的需水要求进行直观估算, 对指导当地根据实际情况分配水资源, 制定更加合理的开采模式, 维护生态环境与社会经济的协调可持续发展具有重要意义。

1 研究区概况

疏勒河流域地处甘肃省河西走廊最西端, 位于 93°22'~98°59'E, 38°01'~42°47'N, 东邻巴丹吉林沙漠, 西接库姆塔格沙漠, 北连马鬃山脉低山、丘陵、戈壁滩, 南为祁连山脉, 流域

面积约 1.25×10⁵ km², 包括敦煌市、玉门市、肃北县、瓜州县、阿克塞县及青海省天峻县和德令哈的一部分。疏勒河流域是典型的干旱荒漠气候, 多年平均降水量极低, 而蒸发量大, 以冰雪融水与山区降水补给为主, 流域内多年平均年降水量为 9.757×10⁹ m³, 多年平均年径流量 9.68×10⁸ m³。疏勒河流域干流全长 670 km, 起源于祁连山脉西端, 最后汇入黑海子, 主要支流有党河、榆林河、白杨河、石油河等。流域上游山势险峻, 存在典型的大陆性冰川和大面积多年冻土; 而中、下游地势平坦, 绿洲与荒漠并存, 存在土地沙漠化、盐碱化等生态问题^[11]。

新中国成立后, 在政府政策的支持下, 疏勒河中、下游地区实施了大规模的移民开发, 以 1983 年“两西”农业建设移民安置工程和 1996 年的“疏勒河流域农业灌溉暨移民安置综合开发项目”为典型项目, 使流域人口不断增加, 用水矛盾加剧^[12]。根据《2018 年甘肃省水资源公报》, 疏勒河流域水资源总量为 1.272×10⁹ m³, 降水量为 1.146 2×10¹⁰ m³, 地表水资源量为 1.213×10⁹ m³, 纯地下水资源量为 0.059×10⁹ m³。截至 2018 年疏勒河流域总人口为 53.43 万, 其中城镇人口为 32.34 万, 农村人口为 21.09 万。2018 年疏勒河流域城镇、农村居民生活用水指标分别为 201, 51 L/(人·d)。

2 生活需水量预测

生活需水量主要是指人口生活需水量, 包括研究区域内城镇人口生活需水量和农村人口生活需水量。生活需水量的预测方法较多, 但最简单直接的方法是定额分析法^[13], 即农村和城镇人口数量和相应人均需水定额的乘积。计算公式为

$$w_i = s_i \times h_1 + q_i \times h_2$$

式中, w_i 为第 i 年生活需水量; s_i 为第 i 年城镇人口规模; q_i

基金项目 甘肃省水利科研与计划项目(甘水科外发[2019]8号)。
作者简介 王金辉(1966—), 男, 甘肃瓜州人, 高级工程师, 从事水利水电工程建设管理。*通信作者, 教授, 硕士生导师, 从事农业水利及水文水资源研究。
收稿日期 2020-07-08

为第几年农村人口规模; h_1 、 h_2 分别为城镇、农村需水定额。

2.1 人口预测 人口预测在人口研究学中占有重要地位。当前,人口预测模型较多,不同研究区适用的模型也不尽相同^[14-16]。疏勒河流域地处西北内陆,人口流动相对较小,根据其 2010—2018 年人口统计数据(表 1),利用 SigmaPlot 14.0,构建线性模型和非线性模型对人口进行预测。

表 1 2010—2018 年疏勒河流域人口统计

Table 1 Demographic table of Shule River Basin during 2010–2018

年份 Year	城镇 Urban	农村 Rural	合计 Total
2010	26.17	24.11	50.28
2011	26.99	23.78	50.77
2012	28.30	23.29	51.59
2013	29.68	22.74	52.42
2014	30.28	22.14	52.42
2015	31.00	21.83	52.83
2016	31.97	21.01	52.98
2017	32.11	21.12	53.23
2018	32.34	21.09	53.43

2.1.1 线性模型。如图 1 所示,人口数量随年份的变化可用线性关系描述,其中城镇人口可用线性函数 $f(x) = 25.812\ 8 + 0.811\ 7x$ ($R=0.976\ 4$) 来描述,农村人口数量可用线性函数 $f(x) = 24.473\ 1 - 0.425\ 5x$ ($R=0.976\ 6$) 来描述,其中 $f(x)$ 代表人口数量,单位为亿人, x 代表年份间隔, R 代表相关系数。

2.1.2 非线性模型。如图 2 所示,城镇人口数量可用非线性函数 $y = 24.296\ 1 + 10.626\ 4 \times (1 - e^{-0.167x})$ ($R=0.995\ 0$) 来描

述,农村人口数量可用非线性函数 $y = 18.339\ 2 + 6.615\ 8e^{-0.108x}$ ($R=0.985\ 2$) 来描述。其中代表人口数量,单位为亿人, x 代表年份间隔, R 代表相关系数。

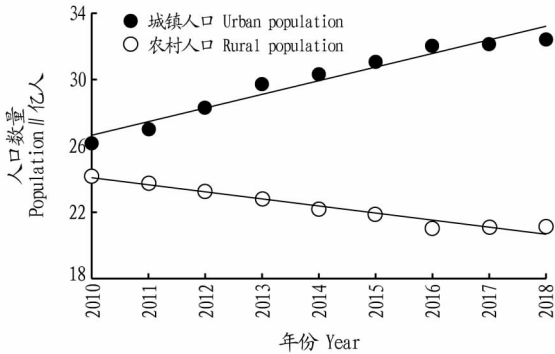


图 1 2010—2018 年人口数量线性变化关系

Fig. 1 Linear change of population from 2010 to 2018

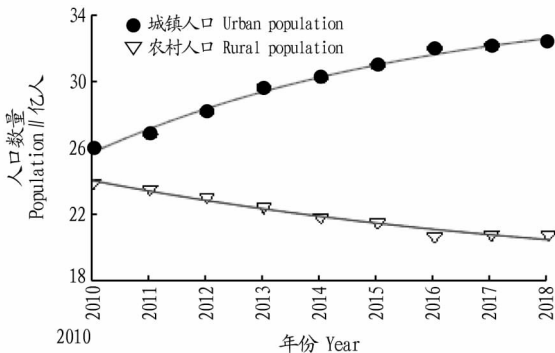


图 2 2010—2018 年人口数量非线性变化关系

Fig. 2 Non-linear change of population from 2010 to 2018

人口数量预测值取上述两种模型的平均值,如表 2 所示。

表 2 疏勒河流域人口数量及预测值

Table 2 Population and predicted value of Shule River Basin

年份 Year	初始值 Initial value		预测值 Predictive value				最适预测值 Optimal predictive value	
	城镇 Urban	农村 Rural	线性模型 Linear model		非线性模型 Non-linear model		城镇 Urban	农村 Rural
			城镇 Urban	农村 Rural	城镇 Urban	农村 Rural		
2010	26.17	24.11	26.62	24.05	25.93	24.28	26.28	24.16
2011	26.99	23.78	27.44	23.62	27.31	23.67	27.37	23.65
2012	28.30	23.29	28.25	23.20	28.48	23.12	28.37	23.16
2013	29.68	22.74	29.06	22.77	29.47	22.63	29.27	22.70
2014	30.28	22.14	29.87	22.35	30.31	22.19	30.09	22.27
2015	31.00	21.83	30.68	21.92	31.02	21.80	30.85	21.86
2016	31.97	21.01	31.49	21.49	31.62	21.45	31.56	21.47
2017	32.11	21.12	32.31	21.07	32.13	21.13	32.22	21.10
2018	32.34	21.09	33.12	20.64	32.56	20.84	32.84	20.74
2019			33.93	20.22	32.92	20.59	33.43	20.40
2020			34.74	19.79	33.23	20.36	33.99	20.07
2025			38.80	17.67	34.19	19.51	36.49	18.59
2030			42.86	15.54	34.60	19.02	38.73	17.28
2035			46.92	13.41	34.78	18.74	40.85	16.07
2040			50.98	11.28	34.86	18.57	42.92	14.93

2.2 生活需水量预测 根据《2018 年甘肃省水资源公报》,疏勒河流域城镇人均占有 201 L/(人·d),农村人均用水量

51 L/(人·d),假定 2018 年人均用水量保持不变,一年按 (下转第 255 页)

社会的均衡发展。

参考文献

[1] 赵兴国,潘玉君,丁生,等. 中国省域土地利用可持续性评价及时空格局特征[J]. 农业工程学报,2014,30(3):196-204.

[2] F A O. An international framework for evaluating sustainable land management[R]. Rome:FAO,1993.

[3] 蔡为民,唐华俊,陈佑启,等. 土地利用系统健康评价的框架与指标选择[J]. 中国人口·资源与环境,2004,14(1):31-35.

[4] 陈百明,张凤荣. 中国土地可持续利用指标体系的理论与方法[J]. 自然资源学报,2001,16(3):197-203.

[5] 谭永忠,吴次芳,叶智宣,等. 城市土地可持续利用评价的指标体系与方法[J]. 中国软科学,2003(3):139-143.

[6] 赵艳,濮励杰,张健,等. 基于三角模型的城市土地可持续利用评价:以江苏省无锡市为例[J]. 经济地理,2011,31(5):810-815,838.

[7] 刘双,胡动刚. 北部湾土地资源可持续利用评价研究[J]. 农业技术经济,2013(11):57-63.

[8] 李昊,李世平,银敏华. 承载力视角下土地资源可持续发展评价[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版),2016,16(4):62-68.

[9] 黄奎,李薇,孙冠中. 基于多情景下区域内土地可持续利用系统研究:以乌鲁木齐市土地开发区为例[J]. 中国人口·资源与环境,2015,25(S1):15-18.

[10] 卢涛,周学武,王占岐,等. 基于 VW 模型的土地可持续利用评价及时空特征分析:以安徽省市域为例[J]. 中国土地科学,2015,29(12):60-67,93.

[11] 周小萍,陈百明,王秀芬. 区域农业土地可持续利用的空间尺度效应分析:以京津冀地区为例[J]. 经济地理,2006,26(1):100-105.

(上接第 240 页)

365 d 计算,则需水量预测值见表 3。

表 3 疏勒河流域生活需水预测值

Table 3 Prediction value of domestic water demand in Shule River Basin

年份 Year	人口数量 Population//万人		用水量 Water consumption//亿 m ³		
	城镇 Urban	农村 Rural	城镇 Urban	农村 Rural	合计 Total
2019	33.43	20.40	0.245	0.038	0.283
2020	33.99	20.07	0.249	0.037	0.286
2025	36.49	18.59	0.268	0.035	0.303
2030	38.73	17.28	0.284	0.032	0.316
2035	40.85	16.07	0.300	0.030	0.330
2040	42.92	14.93	0.315	0.028	0.343

3 结语

人口数量的变化影响生活需水量,尤其是城镇人口数量的变化对需水量有直接影响。疏勒河流域生活需水量呈逐年增加的趋势,2019—2040 年生活需水量从 0.283 亿 m³ 增加到 0.343 亿 m³,增幅为 21.2%。城镇人口增加的同时农村人口不断减少,2019 年城镇需水是农村需水的 1.6 倍,而到 2040 年该值达到 2.9 倍。因此,对流域生活需水量进行合理预测,加强人口流动监测和统计,有助于后期水资源的优化配置和合理利用。

参考文献

[1] 赫明林,曹炳媛. 水资源合理配置与生态环境保护方案:以疏勒河流域

[12] DAULAY A R,EKA INTAN K P,BARUS B,et al. Rice land conversion into plantation crop and challenges on sustainable land use system in the East Tanjung Jabung Regency[J]. Procedia-social and behavioral sciences,2016,227:174-180.

[13] 鲁春阳,文枫,杨庆媛,等. 基于改进 TOPSIS 法的城市土地利用绩效评价及障碍因子诊断:以重庆市为例[J]. 资源科学,2011,33(3):535-541.

[14] 马贤磊,周琳,赵爱栋. 城市土地可持续集约利用的时空特征及影响因素研究——对传统土地集约利用的修正[J]. 中国土地科学,2014,28(12):32-38.

[15] TSUCHIYA K,HARA Y,THAITAKOO D. Linking food and land systems for sustainable peri-urban agriculture in Bangkok Metropolitan Region[J]. Landscape and urban planning,2015,143:192-204.

[16] 原华荣,周仲高,黄洪琳. 土地承载力的规定和人口与环境的间断平衡[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版),2007,37(5):114-123.

[17] 漆良华,周金星,张旭东,等. 长江上游山丘区土地承载力研究与评价:以四川省宜宾市为例[J]. 长江流域资源与环境,2007,16(2):169-174.

[18] 刘芳,张红旗. 我国农产品主产区土地可持续利用评价[J]. 自然资源学报,2012,27(7):1138-1153.

[19] KRÖGER M,SCHÄFER M. Scenario development as a tool for interdisciplinary integration processes in sustainable land use research[J]. Futures,2016,84:64-81.

[20] 李昊,李世平,银敏华. 中国土地生态安全研究进展与展望[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(9):50-56.

[21] 刘庆,陈利根. 长株潭地区土地可持续利用综合评价及空间分区[J]. 农业工程学报,2013,29(6):245-253.

昌马、双塔、花海灌区为例[J]. 水文地质工程地质,2007,34(4):84-87,93.

[2] 王合创,徐宝山,南洋,等. 疏勒河流域敦煌生态输水问题研究[J]. 水利规划与设计,2020(5):38-43.

[3] MA L B,BO J,LI X Y,et al. Identifying key landscape pattern indices influencing the ecological security of inland river basin:The middle and lower reaches of Shule River Basin as an example[J]. Science of the total environment,2019,674:424-438.

[4] 岳东霞,陈冠光,朱敏翔,等. 近 20 年疏勒河流域生态承载力和生态需水研究[J]. 生态学报,2019,39(14):5178-5187.

[5] 孙栋元,杨俊,胡想全,等. 疏勒河中游绿洲生态环境需水研究——II. 生态环境需水量与水资源管理对策[J]. 干旱地区农业研究,2016,34(6):280-284.

[6] 张文春. 疏勒河干流中上游径流量变化趋势研究[J]. 地下水,2019,41(2):155-156,211.

[7] 孙栋元,齐广平,马彦麟,等. 疏勒河干流径流变化特征研究[J]. 干旱区地理,2020,43(3):557-567.

[8] 马乐平. 考虑生态安全的疏勒河流域水资源利用分析与对策[J]. 水利规划与设计,2016(4):1-2,17.

[9] 雷文娟. 疏勒河流域水资源优化配置研究[D]. 兰州:兰州大学,2011.

[10] 孙栋元,胡想全,王忠静,等. 疏勒河流域径流变化与预测研究[J]. 水利规划与设计,2019(9):1-4,118.

[11] 郭晓娟,周妍妍,郭建军,等. 疏勒河流域土壤含水率反演[J]. 干旱区研究,2018,35(6):1317-1326.

[12] 成文娟. 移民政策对生态系统服务价值的影响评价:以疏勒河流域中下游为例[D]. 兰州:西北师范大学,2019.

[13] 王菊翠,曹明明,仵彦卿. 预测陝西关中地区需水量的改进 GM(1,1)模型[J]. 干旱区地理,2006,29(1):35-41.

[14] 张晓燕,陈影,门明新,等. 基于产能的耕地资源人口承载力研究[J]. 水土保持研究,2010,17(3):176-180.

[15] 赵鹏宇,徐学选,张丽,等. 基于灰色理论的忻州市适宜退耕还林面积预测[J]. 水土保持研究,2013,20(2):299-301,308.

[16] MALTHUS T R. An essay on the principle of population[M]. Cambridge: Cambridge University Press,1992:90-94.