

柴达木盆地水资源承载力研究*

李丽娟¹, 郭怀成², 陈冰², 孙海林² (1. 中国科学院地理研究所, 北京 100101, E-mail: lilj@dlsg.ac.cn; 2. 北京大学环境科学中心, 北京 100871, E-mail: hcguo@ces.pku.edu.cn)

摘要: 提出了以期望人口为核心的水资源承载力指标体系, 并应用于柴达木盆地水资源承载力的实际研究。用柴达木盆地水资源承载力系统动力学仿真模型(SDSMWRSCCB)计算了人口等承载力指标的预测值, 把期望值和预测值进行了深入分析比较, 推断出柴达木盆地水资源承载力。

关键词: 水资源承载力, 期望人口, 预测人口, 柴达木盆地。

中图分类号: X37 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3301(2000)02-0020-04

Water Resource Supporting Capacity of Chaidamu Basin*

Li Lijuan¹, Guo Huaicheng², Chen Bing², Sun Hailin² (1. Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China E-mail: lilj@dlsg.ac.cn; 2. Center for Environmental Science, Peking University, Beijing 100871, China E-mail: hcguo@ces.pku.edu.cn)

Abstract: The conception of water resource supporting capacity was explained, and the index system surrounding the kernel of expecting population was also put forward. In this study, the conception was efficiently applied to determine the water resource supporting capacity and its index system in Chaidamu Basin. The forecasting values of indexes were calculated by the System Dynamics Simulated Model for Water Resource Supporting Capacity of Chaidamu Basin (SDSMWRSCCB). Then comparison with the expected values of the indexes was done to deduce supporting capacity combining other assistant indexes.

Keywords: water resource supporting capacity, expecting population, forecasted population, Chaidamu Basin.

水资源承载力是一个描述水资源支持人类活动能力阈值的概念, 至今依然没有一个明确公认的定义, 有人认为是水资源供给人口的最大限值^[1], 或是归纳为水环境对人类活动支持能力的阈值^[2]等。水是干旱区生态环境最重要的因素, 水资源承载力研究的意义更加突出。本文通过对柴达木盆地水资源承载情况的深入分析, 从资源优化利用角度归纳出水资源承载力的概念和其具体的衡量指标体系。

1 水资源承载力指标体系

水资源承载力大小的判断依据是各项具体的水资源承载力指标。承载人口是评价承载力大小最直接的指标, 以它为核心, 衍生出以资源总量及人均资源占有量、总产品数量及人均产品产量为主, 并辅之以其它的一个较完整的指

标体系。承载人口是指在资源最有效利用和济与环境协调发展的条件下, 该地区资源环境所能承载的最大人口容量。期望人口应该是人口发展的上限, 实际中运用各种方法计算和预测出的人口(即预测人口)应与期望人口有一定的距离, 以留出一定的人口缓冲空间。

作为承载人口的重要辅助指标, 资源总量及人均资源占有量反映一个地区的资源潜力以及人口对资源的压力或资源负载水平, 而总产品数量及人均产品数量综合反映了一个地区可能的生产力水平及人口承载量。具体的辅助性指标有: 水资源总量(包括地表水资源量、地下

* 国家“九五”重点科技攻关项目(The National Key Science and Technology Project during the Ninth Five-Year Plan Period): 96-912-04-01-03

作者简介: 李丽娟(1961~)女, 硕士, 副研究员, 主要从事水资源与环境水文研究。

收稿日期: 1999-05-07

水资源量)及人均占有量,水资源可利用量及人均可利用量,总耕地面积及人均耕地面积,总林灌面积及人均林灌面积,国民生产总值(GDP)及人均 GDP 值,社会总产值及人均社会总产值,总粮食、油料、肉类产量及人均粮食、油料、肉类产量.此外,还包括总污水排放量、城市排污负荷、工业废水处理量及处理效率、工业 COD 排放量及处理效率等环境保护方面的指标.

2 柴达木盆地水资源承载力

应用柴达木盆地水资源承载力系统动力学仿真模型(SDSMWRSCCB)^[3,4]按照高、中、低 3 种发展方案对该地区进行了模拟分析,计算出以承载人口为核心的一系列承载力指标,并对 3 种方案加以比较判断,最终得到一个经济和环境协调发展的综合方案(中方案).

2.1 期望人口的计算

表 1 各区最大可利用耕地面积/hm²

土地类型	IX5-1	IX5-2	IX5-3	IX5-4	IX5-5	IX5-6	IX5-7	总计
草甸+ 棕钙	0	0	741 07	21 473	67 660	6 427	41 933	211 600
荒地	0	1 953	13 420	11 47	0	5 67	3 040	201 27
耕地	0	400	9 493	4 067	273	4 467	17 660	36 360
最大可利用耕地	0	2 353	97 020	26 687	67 933	11 460	62 633	268 087

(2)最大农业灌溉面积 根据 2020 年和 2050 年水资源最大可利用量和综合灌溉定额(渠系利用系数分别为 0.6 和 0.7)、农业用水比例、农林牧种植比例(6: 2: 2),计算出最大农业灌溉面积.将分区最大可利用耕地面积与最大农业灌溉面积分别进行比较,取其中的小者为期望最大农业灌溉面积;计算公式见(2).
最大农业灌溉面积= (最大供水量× 农业用水比例)÷ 农林牧综合灌溉定额× 0.6 (2)

(3)最大粮食总产量 其计算公式为:
最大粮食总产量= 期望最大农业灌溉面积× 粮食种植比例× 最高单产 (3)

其中,粮食种植比例为 85%,农业用水比例随着二、三产业的迅速发展将逐年下降,本模型选取 2020 年和 2050 年的预测值 80%和

柴达木盆地水资源供需问题是经济和人口承载力最关键的限制因素,因此本研究中重点以水资源为主,研究在水土资源耦合和水资源优化配置情况下,土地资源最大利用程度及其相应的承载人口.

(1)最大可利用耕地面积 柴达木盆地农业可利用的土地类型有草甸地、棕钙土地、撂荒地以及耕地(由于盐化草甸湿地可利用率极低、投资巨大,模型中予以忽略不计).根据实践经验,草甸地和棕钙土地一般利用率为 60%~ 75%,模型中选取中值 70%,而这些土地中又有 60% 是作为种植业用地,其余的 40% 分别用于牧业和林业用地,此外撂荒地经过重新开垦可以达到 100% 的耕地转化率,最大可利用耕地面积计算公式见(1),计算结果见表 1.

最大可利用耕地面积= (棕钙土面积+ 草甸面积)× 70%× 60%+ 撂荒地面积+ 现有耕地面积 (1)

72%,分区农田用水定额是根据现状情况和发展趋势预测的,2020 年和 2050 年的渠系利用系数分别为 0.6 和 0.7,农田用水定额分别为 9750m³/hm² 和 9000m³/hm²,最高粮食单产选取适合该地区的技术上可行的最大单产.

(4)期望人口,其公式为:
期望人口= 最大粮食总产量÷ 人均粮食占有量 (4)

2000 年以后全国平均期望人均粮食占有量为 400kg/人以上,按 400kg/人的标准,则柴达木盆地 2020 年和 2050 年最大承载人口为 63.36 万人和 83.7 万人.由于柴达木盆地的农业自然条件严酷,农业开发效率低,难度大,加上畜牧业较发达,因此,不应要求柴达木盆地一定做到粮食自给.因此,人均粮食占有量可低于

上述标准,模型中 2020 年取 275、285、315kg/人, 2050 年取 255、275、285kg/人, 计算期望承载人口. 经过 7 个子区的分别计算和汇总, 得到 2 个水平年在 3 种方案下柴达木盆地水资源承载的期望人口(见表 2).

表 2 3 种方案下柴达木盆地水资源承载人口/万人

项目	年份	高方案	中方案	低方案
期望人口	2020	92.20	88.93	80.46
	2050	131.34	121.79	117.50
预测人口	2020	80.93	80.05	79.47
	2050	128.99	121.69	115.46

从表 2 中的结果看出, 在人均粮食占有量为 255kg 的条件下, 2050 年柴达木地区最大的资源承载人口量是 131.34 万人.

2.2 辅助指标的计算

将期望人口和相关决策变量、参数的期望值(如期望国民生产总值、期望污水负荷等)代入柴达木盆地水资源承载力系统动力学仿真模型(SDSMW RSCCB)中, 并按照 3 种方案分别进行仿真预测, 得到一系列水资源承载力指标的期望值, 反映了该地区理想状态下期望水资源承载力情况, 具体计算结果及与原始运算的

表 3 柴达木盆地水资源承载力辅助指标的期望值和预测值

指标	方案	2020 年			2050 年		
		高	中	低	高	中	低
GDP/亿元	预测值	177.96	128.83	91.95	1284.6	770.77	526.62
	期望值	178.00	129.53	93.07	1284.5	771.71	528.21
人均工业总产值/元·人 ⁻¹	预测值	21018	15102	10981	46128	26980	15710
	期望值	18449	13597	10841	45303	269591	15437
总需水量/亿 m ³	预测值	21.13	15.35	11.27	25.67	16.31	10.88
	期望值	13.40	12.31	11.03	16.85	13.69	11.87
污水排放量/万 t	预测值	30130	22330	17070	58936	34584	21072
	期望值	25291	19236	14769	55079	33201	21201

预测值比较情况见表 3.

2.3 3 种方案下水资源承载力结果分析

根据 SDSMW RSCCB 模型计算结果, 分别对 3 种方案情形下的水资源承载力指标的人口预测值、期望值和极限值加以比较分析, 从而判断出水资源承载力的状态, 并确定出柴达木盆地和相应子区最适宜的发展规划.

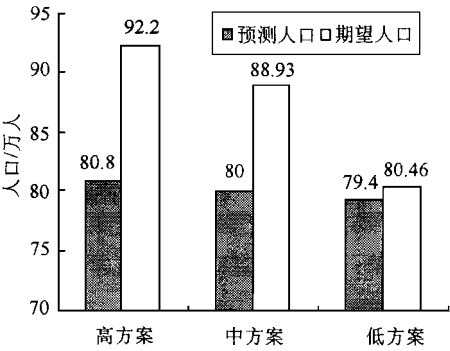


图 1 3 种方案 2020 年人口数量的预测值和期望值比较

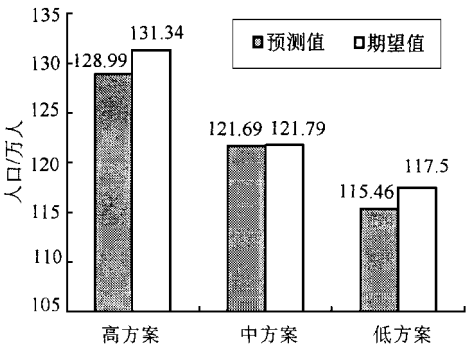


图 2 3 种方案 2050 年人口数量的预测值和期望值比较

(1) 人口承载力基本饱和 从图 1 和图 2 中可以看出, 2020 年高、中、低 3 种方案预测的人口数量分别为 80.8 万人、80.0 万人和 79.4 万人, 而相应人口承载量分别为 92.2 万人、88.9 万人和 80.5 万人, 可见, 2020 年人口发展的速度还没有超过资源承载的容量, 存在一定的缓冲余地; 2050 年高、中、低 3 种方案预测人

口数量分别为 128.99 万人、121.69 万人和 115.46 万人,而相应的人口承载力分别为 131.34 万人、121.79 万人和 117.5 万人。可见,2050 年高、中、低方案虽未超过人口承载力,但已经基本饱和,缓冲余地不大。若按人均粮食占有量 400kg 计算,则 2020 年和 2050 年的人口承载力仅为 63.36 万人和 83.7 万人,人口预测值均已超过人口承载力。

(2) 工业发展速度较快,人民生活水平提高幅度较大。由于大规模的资源开发的力度将进一步加大,以资源工业为龙头的工业企业将得到迅猛发展,1995 年和 2020 年 3 种方案的人均工业产值都超过了期望值,但 2050 年 3 种方案的 GDP 值却低于期望值,说明工业的发展同中等发达国家的水平相比还有一定的差距。从国民生产总值上看,高、中方案的人均国内生产总值都超过了期望值,人民生活达到一个较高的水平,实现了 2020 年达到小康水平和 2050 年达到中等发达国家水平的预期目标。

(3) 农业粮食生产将不能满足需要。虽然耕地面积、牲畜存栏量以及草灌、林灌面积都得到了扩大,但农产品的产量还不能满足人民生活的需要,这从粮食、油料、肉畜的人均占有量就可看出,这些数字都小于期望水平。为保证人民生活水平,还必须从外部调运一定量的农产品,并且在盆地各子区内部亦需要互相调配,从资源有限性的角度看,外调粮食是不可避免的。通过调整农业种植结构,扩大蔬菜面积,提高粮食单产,可增加柴达木盆地的粮食和副食品自给能力。

(4) 水资源供需矛盾严重。由于柴达木盆地现状用水效率较低,加上干旱缺水,农业用水量占总用水量的比重大。按高方案发展,在 2020 年和 2050 年都会出现水资源供需矛盾。

因此,必然按照最优方案——中方案发展,以工业发展为主,降低农业用水比例,同时,大力提高用水效率,使 2020 年和 2050 年农业水资源渠系利用系数分别达到 0.6 和 0.7,工业万元产值用水量分别达到 $150\text{m}^3/\text{万元}$ 和 $100\text{m}^3/\text{万元}$,才能缓解水资源供需矛盾。

(5) 必须重视水环境污染。如果按高方案发展,则必然会出现较为严重的水环境污染,2050 年 COD 排放量猛增到 10.52 亿 t,比期望值高出 3.54 倍之多,在按照中低方案对水污染进行有力控制的前提下,2050 年 COD 排放量为 5.28 亿 t,比期望值高出 2 倍,这势必会导致水环境恶化,影响人民身体健康,同时影响盐湖资源的开发利用,最终阻碍柴达木盆地的经济发展。

总之,虽然柴达木地区水资源量相对于人口而言较为充足,但单位面积的水资源量很少,属于极端干旱区,柴达木盆地水资源承载力是十分有限的,水资源可利用量和水环境容量都不能满足高方案经济发展的需要。如果按照最优的规划方案——经济与环境并重的中方案发展,即保证经济得到较为迅速的发展,同时又基本维护了环境的质量和资源的持续利用,可实现社会经济发展规模与水资源承载力基本协调。

参考文献

- 1 自然资源综合考察委员会. 中国土地资源生产能力及人口承载力研究. 北京: 中国人民大学出版社, 1991. 1299~1326.
- 2 郭怀成, 唐剑武. 城市水环境与社会经济可持续发展对策研究. 环境科学学报, 1995, 15(3): 363~369.
- 3 姚建华, 王礼茂. 持续发展与柴达木开发. 青海资源环境与发展研讨会论文集, 北京: 气象出版社, 1996, 140~143.
- 4 郭武. 柴达木盆地水资源开发利用现状分析. 干旱区地理, 1997, 20(3): 82~89.