

乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区水资源 供需平衡及其承载力研究

李清河^{1,2}, 赵英铭³, 江泽平^{1,2}, 王志刚³

(1. 中国林业科学研究院 林业研究所, 北京 100091; 2. 国家林业局林木培育实验室, 北京 100091;
3. 中国林业科学研究院 沙漠林业实验中心, 内蒙古 磴口 015200)

摘 要: 根据乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区存在多水源状况以及水资源的可供给量与需求量均与引黄水量有关的特点, 以引黄水量为因素划分了 2010 年规划水平年的高中低 3 个方案, 对绿洲灌区的水资源供给与需求量进行了分析评价。并在此基础上通过 3 个方案的水资源承载力平衡指数及绿洲规模、人口及人均 GDP 承载力等分量指数的度测, 综合阐述了绿洲灌区的水资源承载力。

关键词: 乌兰布和沙漠; 水资源; 供需平衡; 承载力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)06-0024-04

中图分类号: TV213

Balance and Carrying Capacity of Water Resources in Northeastern Irrigation Area of Ulanbuh Desert

LI Qing-he^{1,2}, ZHAO Ying-ming³, JIANG Ze-ping^{1,2}, WANG Zhi-gang³

(1. *Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*; 2. *Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China*; 3. *Experimental*

Center for Desert Forestry, Chinese Academy of Forestry, Dengkou 015200, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: In the northeastern irrigation area of Ulanbuh Desert, the multi-sources water exists and the supply and demand amounts are relative to the channeled Yellow River amount. For these characteristics three schemes of the high, medium and low channeled Yellow River amount were determined for the planning 2010 year. The supply and demand amounts of water resources were then analyzed in the Northeastern irrigation area of Ulanbuh Desert. On the basis of these works, the water resource balance index for three schemes and three subindex carrying capacity of oasis scale and population and per capita GDP were calculated. Through these indices, the carrying capacity of water resource in northeastern irrigation area of Ulanbuh Desert was set forth synthetically.

Keywords: Ulanbuh Desert; water resources; supply-demand balance; carrying capacity

干旱区离开了水资源一切都无从谈起, 同时水资源也决定着干旱沙漠地区绿洲的存活, 它不仅制约着绿洲规模, 还决定着绿洲社会经济与人口规模。因此水资源供需状况及其承载力是绿洲水资源研究的核心与重点^[2, 7, 12]。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^[9-11, 13, 16], 至今依然没有一个明确公认的定义。有人认为它是水资源供给人口的最大数量^[1, 4-5], 或是归纳为水环境对人类活动支持能力的阈值等。本文以沿黄灌区绿洲型乌兰布和沙漠东北部为研究对象, 结合绿洲灌区的节水改造与续建配套规划, 在对水资源供需状况分析的基础上研究了其水资源承载力。

1 研究地区概况

乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区位于内蒙古西部, 绝大部分隶属内蒙古磴口县, 还包括阿拉善盟与杭锦后旗小部分。总土地面积 2 065.1 km², 该地区多年平均降水量为 139.3 mm, 最大降水量 277.9 mm, 最小降水量为 59.4 mm, 7—9 月份占全年的 67.2%。蒸发量大, 多年平均 2 366.57 mm, 干燥度 3.18, 湿润系数 0.09, 属极干旱地区。该地区没有引水灌溉便没有农业, 主要由内蒙古河套灌区管理总局下属的一干灌域管辖的一干渠、东风渠、大滩渠 3 条主干渠进行灌溉, 区内除引黄灌区和井灌区外, 其余大部分是

收稿日期: 2005-03-16

基金项目: “十五”国家科技攻关“防沙治沙综合技术体系研究(2002BA517A-09-02-01)”

作者简介: 李清河(1971—), 男(汉族), 内蒙古包头人, 博士, 主要从事水土保持与荒漠化防治、荒漠植物、林业生态工程研究。E-mail: Tsinghel@caf.ac.cn.

固定半固定沙地, 多为灌丛沙堆与沙间平地的组合体, 分布着沙蒿、白刺、沙竹、冬青、柠条等天然植被, 植被覆盖率 70%。因而乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区是包括自然生态系统、生态经济系统和社会生态系统在内的复合人工绿洲生态系统, 它作为干旱区生态系统的重要组成部分, 其存在与演化态势是干旱区生态环境进化与退化的真实反映。

2 乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区水资源供需平衡分析

乌兰布和沙漠东北部由于自然降水稀少, 地表径流量几乎没有, 主要水资源来源于引黄水量, 而引黄水量主要取决于黄河来水量大小、引黄工程的供水能力和引黄水量限额指标。考虑到上游工农业发展用水、下游需水及调水调沙试验保障等供需矛盾突出, 近年来国家加强对大江大河水资源的统一调度, 乌兰布和沙漠地区引黄水量呈现出逐年下降的趋势。如 2002 年引黄水量为 $6.24 \times 10^8 \text{ m}^3$, 2003 年下降为 $4.76 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。为此, 从可持续发展的角度出发, 乌兰布和沙区需要进行续建配套与节水改造基础上的工农业和社会生活的规划调整。因为引黄来水过程已不是天然径流过程, 作来水保证率统计分析无实际意义。为此, 根据多年引黄水量资料, 我们将 2010 年引黄水量分为高中低 3 个方案, 设定高方案为 $5.50 \times 10^8 \text{ m}^3$, 中方案为 $3.40 \times 10^8 \text{ m}^3$; 低方案为 $2.50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。在此基础上, 预测 2010 年该地区水资源的供给和需求状况, 并据此预测分析该地区 2010 年在不同的黄河引水分配状态下的水资源承载力^[6]。

2.1 水资源供给能力

2.1.1 水资源量 乌兰布和沙漠东北部水资源总量 W 主要包括引黄水量 W_Y 、地下水资源量 W_G 。引黄水量成为该区重要的水资源之一, 乌兰布和沙区东北部绿洲灌区现状总引黄水量多年平均约为 $5.5 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$; 乌兰布和沙区的地下水资源量 W_G 主要是引黄灌溉的渗漏水(包括渠道渗漏补给及田间入渗补给)及井灌回归补给、黄河侧渗, 其次是山区的侧向补给、狼山地表径流入渗及少量的天然降水入渗量等补给构成^[15]。

2.1.2 天然生态需水量 W_e 乌兰布和沙区生长着许多天然植被, 它们对于荒漠绿洲起着重要的阻沙固沙的生态功能, 降水不足以维持其生态系统特别是非地带性的中旱生植物组成的系统的正常运转, 维持天然绿洲生态系统的水分主要是地下水。其生态需水主要依靠吸取土壤水和地下水来满足, 用潜水蒸发量间接估算为 $9.40 \times 10^7 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

2.1.3 水资源供给量 乌兰布和沙漠东北部水资源供给量包括地表水可供给量和地下水可供给量。前者主要是引黄水量 W_Y 和外来入境地表水量 W_O (主要为北部狼山补给量, 数量很小, 忽略不计); 而地下水资源可利用量需要扣除维系天然生态环境的需水量 W_e , 乌兰布和沙漠地区地下水开采系数 α 为 0.9, 则地下水资源可利用量为

$$W_{GS} = \alpha * W_G - W_e$$

因此, 乌兰布和沙漠东北部的可利用水资源总量

$$W_S = W_{GS} + W_Y$$

可见, 乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区的地下水资源量、地下水可利用量以及可供给水资源总量都取决于引黄水量。根据相关参数计算, 其关系如图 1 所示。

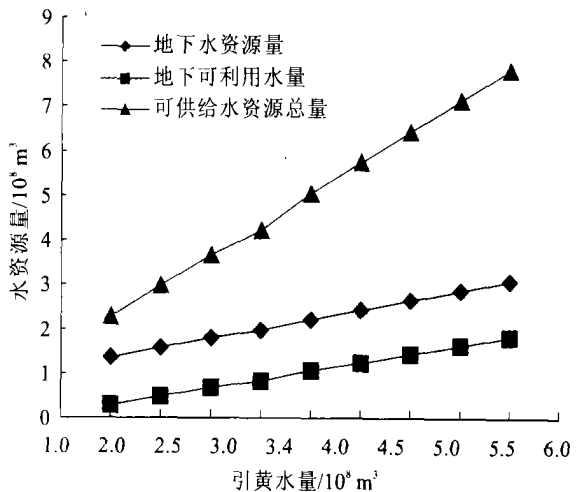


图 1 绿洲灌区水资源量与引黄水量关系

2.2 水资源需求量

乌兰布和沙漠东北部的水资源主要用于人畜饮用水、工副业用水、农业灌溉用水、林草种植业用水、渔业用水等。其中工业、人畜饮用水均由地下水资源支出, 农业种植业、林草种植业和渔业等用水由地表水资源支出。

2.2.1 农业(种植业)灌溉需水量 乌兰布和沙区的农业属于灌溉农业, 为了适应引黄水量减少的要求, 除了引黄灌溉外, 还要适当发展纯井灌溉和井渠双灌。通过对灌区地下水资源的分析评价, 按照采补平衡的原则, 要求地下水水质矿化度小于 2 g/L , 合理规划乌兰布和沙区 2010 年的各种灌溉方式的发展面积。依据其灌溉制度设计和灌溉面积, 预测 2010 年水平年农业种植业需水总量及引黄水和地下水分量。

2.2.2 林草种植业灌溉需水量 林草种植业主要位于乌兰布和沙区的绿洲内和绿洲边缘, 主要由农田防护林、经济林果、用材林及苗圃和一些牧草地及青贮玉米等构成, 主要是满足生态环境建设及畜牧业发展

的需求。依据生态要求, 整个绿洲灌区森林覆盖率应大于 10%。依据畜养量预测对于牧草及饲料的要求规划林草种植面积。在此基础上, 预计到 2010 年水平年林草种植业的需水总量及引黄水和地下水分量。

2.2.3 渔业需水量 依据乌兰布和沙区的发展养鱼池面积及用水定额预测 2010 年渔业所需引黄水量。

2.2.4 人畜生活需水量 随着经济发展和人民生活水平的提高并在参考全国中小城镇居民生活用水定额基础上, 考虑城镇公共设施和环境需水, 并根据农牧业结构调整发展畜牧业养殖。依据人畜数量及其用水定额预测 2010 年水平年人畜生活需水量。

2.2.5 工、副业需水量 在可持续发展思想指导下, 考虑工业也须节水。在对该地区工副业用水规划基础上, 依据工副业预测产值及用水定额做出 2010 年水平年沙区工副业需开采利用地下水水量。

2.3 水资源供需平衡分析

为了提高水资源的利用效率而又满足社会经济生活的用水要求, 必须进行水资源供需平衡分析。在水资源不足的情况下, 按照以需定供的原则, 合理确定工农业发展规模并进行结构调整^[4]。通过分别计算得出各个方案下的乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区水资源供需平衡结果如表 1 所示。

表 1 乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区规划水平年 2001 年水资源供需平衡结果 $10^8 \text{ m}^3/\text{a}$

分 项	需水量 W_D					合计	可供水量 W_S			余缺水量		
	农业	林草	渔业	人畜	工副业		高	中	低	高	中	低
地表水 W_Y	2.28	1.07	0.05	—	—	3.40	5.50	3.40	2.50	2.1	0.0	-0.90
地下水 W_G	0.37	0.06	—	0.07	0.23	0.73	1.63	0.83	0.48	0.9	0.1	-0.25
总 计	2.65	1.13	0.05	0.07	0.23	4.13	7.13	4.23	2.98	3.0	0.1	-1.15

3 乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区水资源承载力分析

3.1 水资源承载力的度测指数分析

为描述水资源的承载力, 我们引入水资源承载力的平衡指数(I_D)^[3, 8], 定义为:

$$I_D = 1 - W_D / W_S$$

很明显, I_D 的值取决于水资源总需求量 W_D 与可利用水资源量 W_S 的大小。由于水资源系统结构的组合特征, 在某一方面的指标消耗过大, 会影响水资源系统的整体结构水平, 进而导致功能失常, 而乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区的地下水与各行业需水都与引黄水量有关, 因此该地区水资源承载力不仅要考虑总量, 还要考虑各个单项水资源需求量 (W_{YD} 和 W_{GD}) 与相应的可利用水资源量 (W_Y 和 W_{GS})。当 $I_D < 0$, 则可利用水资源量不具备对目前社会经济系统的支撑能力; 当 $I_D > 0$, 表明供需状态良好, 可利用水资源量对应的人口及经济规模是可承载的。

为了描述该地区综合水资源承载力, 有必要将水资源与社会和经济规模 (这里初步针对绿洲面积、人口规模、GDP 3 个指标) 联系起来, 然后通过一定的水资源开发利用阶段和发展目标, 分析系统供需平衡达临界状态 ($I_D = 0$) 的可供水资源量 W_S 对应的绿洲面积 A 、区域人口数 P 或社会经济规模 GDP 的指标参数:

$$\lambda_1 = A / W_S, \quad \lambda_2 = P / W_S, \quad \lambda_3 = \text{GDP} / W_S$$

式中: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ——分别指目标水平年单位水资源量的绿洲规模承载力、人口承载力和人均 GDP 承载力。因此规定单位水资源量为 10^8 m^3 , 对应各个水资源承载力的分量, 即为每 10^8 m^3 可利用水资源量能够承载的最大绿洲灌溉规模、人口数和经济发展的最大规模的人均 GDP, 以此达到水资源承载力分量与总量的可比性。

3.2 结果分析

经以上分析, 乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区不同引黄水量方案的水资源承载力平衡指数及在中方案下水土资源平衡临界状态下分量度测指数值计算如表 2 所示。

表 2 乌兰布和沙漠东北部绿洲的水资源承载力度测指数

项 目	高方案	中方案	低方案
I_D	0.42	0.03	-0.39
I_{DY}	0.38	0.00	-0.36
I_{DG}	0.55	0.12	-0.52
$\lambda_1 / (10^4 \text{ hm}^2 \cdot 10^8 \text{ m}^{-3})$	—	1.46	—
$\lambda_2 / (10^4 \text{ 人} \cdot 10^8 \text{ m}^{-3})$	—	3.26	—
$\lambda_3 / (10^4 \text{ 元} \cdot 10^8 \text{ m}^{-3})$	—	0.43	—

就乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区而言, 到 2010 年如果获得高方案引黄水量, 即保持当前的引黄平均水平, 则完全可以满足该地区结构调整后的可持续发展要求; 如获得中方案的引黄水量, 则其水资源量基本满足该地区经济社会的发展对水资源的要求, 基本是供需平衡。在这种情况下, 该地区每 $1.00 \times 10^8 \text{ m}^3$

水资源可支撑 $1.46 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 灌溉绿洲面积, 养活 3.26×10^4 人, 人均 GDP 为 4 300 元的社会经济规模; 如获得低方案引黄水量, 则不论是引黄水量还是地下水资源量都无法满足该地区可持续发展的需求。

4 结 论

乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区由于天然降水稀少, 引黄水量是其水资源的主要来源, 整个灌区的地下水资源量和需水量都与引黄水量有关。因此其大小也是该地区水资源承载力的决定性因素。

从对乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区 2010 年引黄水量的高中低 3 个方案的水资源供需平衡与承载力指标分析可知, 高中方案都能满足该地区在节水改造与续建配套规划基础上的社会经济发展对水资源的需求, 但低方案的水资源承载力不足。

从对乌兰布和沙漠东北部绿洲灌区的水资源平衡分析可见, 中方案, 即引黄水量为 $3.40 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 时, 水资源供需处于平衡状态, 从地下水的开发情况来看, 灌区地下水开发尚有一定潜力。

由于绿洲灌区水资源的复杂性, 加以试验资料的不足, 水资源分析有些内容, 如供需量计算中的部分参数值尚需进行继续深入研究。

[参 考 文 献]

- [1] 朱一中, 夏军, 谈戈. 关于水资源承载力理论与方法的研究[J]. 地理科学进展, 2002, 21(2): 180—188.
- [2] 张传国, 方创琳, 全华. 干旱区绿洲承载力研究的全新审

视与展望[J]. 资源科学, 2002, 24(2): 42—48.

- [3] 张素珍, 宋保平. 白洋淀水资源承载力研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 100—103.
- [4] 李丽娟, 郭怀成, 陈冰, 孙海林. 柴达木盆地水资源承载力研究[J]. 环境科学, 2000(3): 20—23.
- [5] 陈冰, 李丽娟, 郭怀成, 孙海林. 柴达木盆地水资源承载方案系统分析[J]. 环境科学, 2000(5): 16—21.
- [6] 曲耀光, 樊胜岳. 黑河流域水资源承载力分析计算与对策[J]. 中国沙漠, 2000, 20(1): 1—8.
- [7] 张传国. 干旱区绿洲系统生态—生产—生活承载力评价指标体系构建思路. 干旱区研究, 2001, 18(3): 7—12.
- [8] 夏军, 朱一中. 水资源安全的度量: 水资源承载力的研究与挑战[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 262—269.
- [9] 龙腾锐, 姜文超, 何强. 水资源承载力内涵的新认识[J]. 水利学报, 2004(1): 38—46.
- [10] 余卫东, 闵庆文, 李湘阁. 水资源承载力研究的进展与展望[J]. 干旱区研究, 2003, 20(1): 60—66.
- [11] 孙富行. 水资源承载力支撑理论探讨[J]. 海河水利, 2003(3): 4—6.
- [12] 蒙吉军. 水资源: 绿洲生态平衡的关键——张掖绿洲案例研究[J]. 资源科学, 1998, 20(6): 8—14.
- [13] 张戈平, 朱连勇. 水资源承载力研究理论及方法初探[J]. 水土保持研究, 2003, 10(2): 148—150.
- [14] 雷志栋, 苏立宁, 杨诗秀, 等. 青铜峡灌区水土资源平衡分析的探讨[J]. 水利学报, 2002, (6): 9—14.
- [15] 王伦平, 陈亚新, 曾国芳, 等. 内蒙古河套灌区灌溉排水与盐碱化防治[D]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
- [16] 惠泱河, 蒋晓辉, 黄强, 薛小杰. 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.