
综合
治理

内蒙古“十一五”规划对水资源的影响评价

鲁春霞¹, 于长水², 于格³, 肖玉¹

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 北京师范大学

地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 3. 中国海洋大学 海洋环境与生态教育部重点实验室, 山东 青岛 266003)

摘要: 水资源是内蒙古自治区经济社会发展的刚性约束资源。从水资源供需平衡角度评价了内蒙古自治区“十一五”国民经济和社会发展规划的目标及方案是否在水资源供给能力之内。采用情景分析法和承压法评价了内蒙古“十一五”规划的水资源供需平衡以及未来对水资源的影响。结果表明,按照“十五”期间的节水力度(情景 1),到 2010 年内蒙古需水总量为 $2.52 \times 10^{10} \text{ m}^3$,按“十一五”规划的节水力度(情景 2),则需水总量为 $2.06 \times 10^{10} \text{ m}^3$,预计可供水量为 $2.29 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 。在情景 1 时水资源缺口达 $2.36 \times 10^9 \text{ m}^3$,在情景 2 时,水资源盈余 $2.2 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。从总体来看,只要加大节水力度,内蒙古“十一五”规划目标完全在水资源的供给能力之内。但由于水资源区域分布差异大,中西部地区在情景 2 时仍然处于缺水状态,因此,中西部地区需要调整规划的农业灌溉面积和局部工业发展规模。

关键词: 水资源供需平衡; 情景分析; 水资源压力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)06-0165-05

中图分类号: TV213

Assessment on Effects of the Eleventh Five-year Plan of Inner Mongolia Autonomous Region on Water Resources

LU Chun-xia¹, YU Chang-shui², YU Ge³, XIAO Yu¹

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources, Beijing 100101, China; 2. School of Geography and

Remote Sensing Sciences, Beijing Normal University, Beijing, 100875, China; 3. Key Laboratory of Marine Environmental Science and Ecology of the Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266003, China)

Abstract: Water resources are the main limited factor in Inner Mongolia, and so a development plan should consider the balance of water demands and supplies firstly. Based on water resource carrying capacity, this paper attempts to analyze and assess the rationality and feasibility of the eleventh five-year plan of Inner Mongolia Autonomous Region. The methods of scenario analysis and pressure assessment are applied. Results show that the amount of water demands is some $2.52 \times 10^{10} \text{ m}^3$ under Scenario 1 (water saving situation as past five years) and $2.06 \times 10^{10} \text{ m}^3$ under Scenario 2 (water saving situation as planning for future five years). The water supplies would reach $2.29 \times 10^{10} \text{ m}^3$ up to 2010 and thus, the water supplies should meet the demand under Scenario 2 in general. But there is a remarkable regional gap of water resource distribution in Inner Mongolia. Only 24% of available water resources are distributed in the middle and western area and the water shortage occurs in this area even if under Scenario 2. So the area of irrigation land should be decreased in fragile desert and semi-desert region along inland rivers and the Yellow River, such as in the Alashan area. The industrial planning also should be regulated in accordance with water carrying capacity.

Keywords: balance of water demand and supply; scenario analysis; pressure of water supply; development plan

内蒙古国土面积占全国的 12.3%,水资源总量仅占全国的 1.86%,且存在着水资源在区域、年际和季节上的不均衡。例如,内蒙古水资源较丰富的东部

四盟市的年 GDP 产值占全区 30%左右,其余 70%左右的 GDP 是由水资源短缺的中西部生产的。因此,水资源的短缺必然成为制约内蒙古广大地区经济社

收稿日期:2007-06-29

修回日期:2007-09-03

资助项目:国家自然科学基金资助项目(40461009; 40535026)

作者简介:鲁春霞(1965—),女(汉族),陕西省宝鸡市人,博士,副研究员,主要从事资源与环境领域的研究。E-mail: lucx@igsnr.ac.cn.

会发展的主要障碍。近 10 a 多来,尤其是“十五”以来,内蒙古自治区经济连年高速增长,经济社会发展呈现前所未有的良好势头。而其优势资源煤炭、金属矿产等资源的开发利用必须以水资源为基础,从而使水资源成为内蒙古发展的刚性约束因素。随着工业化和城市化的迅速发展,使得自治区内各类缺水性问题相对比较突出,诸如资源性缺水、结构性缺水、工程性缺水和水质性缺水等,水资源供需矛盾已经成为内蒙古发展的瓶颈之一。

内蒙古自治区国民经济和社会发展“十一五”规划是否与内蒙古的水资源供给能力相协调,直接关系到自治区可持续发展的战略问题。鉴于此,本研究对内蒙古“十一五”规划目标的水资源承载能力以及规划方案对水资源产生的压力进行定量评价。评价结果对于保证“十一五”规划的科学性、合理性和可行性具有重要的意义,同时也对推动我国国民经济和社会发展规划的战略环境影响评价具有重要的示范作用。

1 研究思路与方法

一般而言,水资源承载力是一定区域、一定发展阶段和生产、生活水平下水资源所能承载的人口数量和经济规模。国内外学者对于水资源承载力的概念有不同的阐述^[1-5],许多学者也进行了水资源承载力评价方法的探讨^[6-10]。采用的主要方法包括水资源供需平衡法^[10]、系统动力学^[11]、多目标规划法等^[12]。

本研究基于水资源供需平衡法,应用水资源承载力的供需平衡指数(I_{sd})进行内蒙古“十一五”规划的水资源承载力评价,水资源承载力的供需平衡指数^[14]表示为:

$$I_{sd} = W_s - W_d / W_s = 1 - W_d / W_s$$

式中: W_d ——水资源需求总量; W_s ——可利用水资源总量。可见,当一定区域内可利用水量大于区域规划的社会经济系统需水量时($W_s > W_d$),即 $I_{sd} > 0$,说明区域内可供水资源量能够支撑规划的社会经济发展,即从水资源的供需情况来看,规划目标是可行的。当区域内可利用水量小于规划的社会经济系统需水量时($W_s < W_d$),即 $I_{sd} < 0$,说明区域规划目标已经超过了区域水资源的承载能力,需要根据水资源的供给能力进行规划目标的调整。

采用情景分析法对内蒙古“十一五”规划目标的水资源需求量进行预测。首先根据内蒙古“十一五”规划的国民经济和社会发展目标,设定不同的情景,然后分析实现这些目标所需要的水资源量。一定区域内水资源可供水量取决于工程供水能力,因此,一

定时期内的水资源与不同区域的实际可供水量进行比较,确定实现发展目标所需要的水资源量是否超过了区域的水资源承载能力。

采用生态承压力度进行规划目标的水资源影响定量评价。首先将社会经济发展所产生的压力与资源或环境的承载能力相比较,如果资源供给能力大于需求量,或环境对污染物的消纳能力大于排放量,则生态承压力度就在允许范围内,生态系统向良性方向发展,反之则超出生态环境承载限度,系统向不利方向发展。计算公式为:

$$CCPS = CCP/CCS$$

式中:CCPS——承载压力度,简称承压力度;CCP——压力度,代表资源或环境压力;CCS——承载度,代表资源或环境承载能力;当 $CCPS > 1$ 时,承载超负荷; $CCPS < 1$ 时,承载低负荷;当 $CCPS = 1$ 时,承载压力平衡。

2 内蒙古“十一五”发展规划需水分析

根据内蒙古“十一五”规划,2006—2010年期间,全区GDP年均增长13%以上。其中,第一产业增加值年均增长4%,达到 7.30×10^{10} 元,灌溉面积达 3.00×10^6 hm^2 ,节水面积达 210 hm^2 。工业增加值年均增长18%,达到 3.18×10^{11} 元。第三产业增加值年均增长13%,达到 2.80×10^{11} 元。

基于规划的发展目标和节水目标,设计了两个情景,情景设计主要是根据内蒙古“十五”和“十一五”期间的节水力度确定用水定额,计算时将其分成4个需水单元,即农业需水、工业需水、生活需水以及生态建设需水。

2.1 情景 1

根据“十五”期间的节水水平, $P=50\%$ 。

(1) 农业。根据“十五”期间的节水水平,各地区的用水定额比2004年的现状灌溉用水定额降低10%。(2) 第二产业。一般工业以2004年为基准年,国有及规模以上工业取水为 $63 \text{ m}^3/\text{万元}$ (随地区不同),规模以下取水量为 $95 \text{ m}^3/\text{万元}$ (随地区不同),工业用水重复利用率为45%;2010年的工业用水重复率为55%;新建火电工业取 $1.2 \text{ m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$ 。建筑业需水定额为 $18 \text{ m}^3/\text{万元}$ 。(3) 第三产业。用水定额平均取 $20 \text{ m}^3/\text{万元}$ (随地区不同)。(4) 生活用水。城镇居民需水 110 L/d ,农村居民 55 L/d ,大牲畜 50 L/d ,小牲畜 15 L/d 。(5) 生态需水量参考内蒙古水资源综合规划数据。

2.2 情景 2

考虑“十一五”期间的各项节水措施, $P=50\%$ 。

(1) 农业。根据规划的节水力度, 各地区的灌溉用水定额比 2004 年降低 30%。(2) 第二产业。一般工业以 2004 年为基准年, 国有及规模以上工业平均取水为 $63 \text{ m}^3/\text{万元}$, 规模以下取水量为 $95 \text{ m}^3/\text{万元}$ (随地区不同), 工业用水重复利用率为 50%; 2010 年的工业用水重复率为 65%; 新建火电工业取 $1.2 \text{ m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$ 。建筑业需水定额为 $18 \text{ m}^3/\text{万元}$ 。(3) 生活用水。城镇居民需水 120 L/d , 农村居民 65 L/d , 大牲畜 50 L/d , 小牲畜 15 L/d 。(4) 第三产业用水定额平均取 $20 \text{ m}^3/\text{万元}$ (随地区不同)。(5) 生态需

水量参考内蒙古水资源综合规划数据。由于内蒙古东中西部地区水资源的供需差异较大, 鉴于此, 需水量预测以盟市为单元进行计算。需水量的预测结果表明, 按照“十五”期间的节水水平 (情景 1), 内蒙古需水总量为 $2.52 \times 10^{10} \text{ m}^3$; 当“十一五”期间采取全面节水措施时 (情景 2) 需水总量为 $2.06 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 需水量减少了 $4.6 \times 10^9 \text{ m}^3$ 左右 (表 1), 主要是农业需水量减少了 $3.2 \times 10^9 \text{ m}^3$ 左右。显然, 节水是内蒙古实现水资源持续利用的根本途径, 尤其在水资源有限的中西部地区, 地表水资源的开发潜力相对较小, 传统的灌溉方式使水资源浪费比较严重, 因此必须采取有效措施节水, 提高水的利用效率。

表 1 内蒙古 2010 年水资源供需平衡分析

10^8 m^3

分 区	情景 1 时需水量	情景 2 时需水量	可达供水量	情景 1 时余缺量	情景 2 时余缺量
呼伦贝尔市	34.03	28.46	43.81	9.78	15.35
兴安盟	23.25	19.35	32.75	9.50	13.40
通辽市	37.48	30.17	31.60	-5.88	1.43
赤峰市	26.27	21.06	19.08	-7.19	-1.98
锡林郭勒盟	8.48	7.72	4.67	-3.81	-3.05
乌兰察布盟	9.39	7.73	7.30	-2.09	-0.43
呼和浩特市	12.85	10.54	10.53	-2.32	-0.01
包头市	14.54	11.16	10.19	-4.35	-0.97
巴彦淖尔盟	51.83	41.64	46.26	-5.57	4.62
鄂尔多斯市	21.76	17.64	17.20	-4.56	-0.44
乌海市	4.67	3.85	3.04	-1.63	-0.81
阿拉善盟	7.57	7.09	6.83	-0.74	-0.26
合计	252.13	206.42	228.53	-23.60	22.11

3 内蒙古“十一五”规划的水资源供需平衡分析

内蒙古自治区可利用水资源量为 $2.85 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 其中, 松花江流域可利用水量为 $1.59 \times 10^{10} \text{ m}^3$, 占全区的 56%, 辽河流域的可利用水量占全区的 20%, 即东部地区可利用水量占全区的 76%, 而广大中西部地区的可利用水资源量只占全自治区的 34%。此外, 分配给内蒙古的黄河可利用水量为 $5.86 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。

在现有的技术条件下, 水资源的承载能力不仅取决于天然水资源量, 也取决于供水能力。根据内蒙古“十五”期间的工程供水能力和“十一五”水利规划, 到 2010 年, 内蒙古全区水利工程设计总供水能力为 2.66×10^{10} 。到 2010 年内蒙古最大可供水量在 $2.29 \times 10^{10} \text{ m}^3$ 左右 (表 2)。对供需分析的结果表明, 情景 1 时全区的水资源需求量大于可供水量, 水资源缺

口达 $2.36 \times 10^9 \text{ m}^3$, 现有的供水能力根本无法支撑内蒙古的发展。其中黄河流域水资源缺口超过 $1.8 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。如果继续保持“十五”期间的节水力度, “十一五”规划的发展目标将由于水资源严重不足而难以实现。

从水资源供需平衡来看, 在全面节水的条件下 (情景 2), 从总量来看, 内蒙古的最大可供水量大于需水量, 水资源能满足“十一五”国民经济和社会发展规划的需求。因内蒙古水资源空间分布极不均衡, 不同流域水资源供需差距巨大。松花江流域的水资源丰富, 完全能满足规划发展的水资源需求。辽河流域水资源缺口达 $3.00 \times 10^8 \text{ m}^3$, 内陆河流域水资源缺口 $4.00 \times 10^8 \text{ m}^3$, 黄河流域水资源缺口近 $2.00 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。显然, 在情景 2 时, 内蒙古中西部的大部分地区仍然处于缺水状态。

从情景 1 和情景 2 的水资源供需平衡状况来看, 在规划的节水力度下, 中西部各地区的水资源缺口已

经大幅度下降,因此,节水是内蒙古尤其是中西部地区实现水资源持续利用的根本途径。

4 “十一五”规划对水资源的影响分析

4.1 水资源的供需压力

经济快速发展和城镇化的迅速扩张,对水资源的需求在不断增大,因而使水资源供应压力显著增加。

水资源的承压度是衡量水资源需求对水资源供给压力的指标,它是需水量与可供水量的比值。承压度在 0~1 之间;当需求量与可用水量相等时,即承压度为 1 时,表明水资源承载能力已经达到最大限度;如果承压度大于 1,表明这一区域已经呈现水资源赤字。应用这一指标,对内蒙古“十五”期间和“十一五”期间水资源的承压度进行了分析。

表 2 “十五”与“十一五”期间不同行政区水资源压力变化

区域	2004 年 承压度	2010 年的承压度	
		情景 1 时	情景 2 时
呼伦贝尔市	0.87	0.79	0.66
兴安盟	1.00	0.66	0.54
通辽市	1.00	1.18	0.95
赤峰市	1.10	1.41	1.14
锡林郭勒盟	0.98	1.82	1.61
乌兰察布盟	1.00	1.26	1.03
呼和浩特市	1.01	1.21	1.00
包头市	1.00	1.54	1.20
巴彦淖尔盟	1.00	1.10	0.87
鄂尔多斯市	1.00	1.32	1.11
乌海市	1.00	1.54	1.27
阿拉善盟	1.00	1.11	1.04

从表 2 中可以看到,在“十五”期间,内蒙古各盟市承压度绝大多数等于 1。也就是说,在现有的供水条件下,水资源的承载能力已经达到最大。“十一五”期间的承压度分析表明,情景 1 时中西部地区的承压

度比“十五”期间普遍增大,也就是说情景 1 情况下对水资源的压力普遍增大,辽河流域的水资源压力也较大。情景 2 时可以看出,呼包鄂地区的承压度均大于 1,说明这一地区社会经济的发展对水资源产生了相当大的压力,即社会经济发展规模已经超过水资源的承载能力,“十一五”规划应该在考虑水资源约束的条件下进行。两个情景下,锡林郭勒盟的水资源需求已经远远超过了其供水能力。

4.2 辽河流域和内陆河流域水资源开发利用程度

“十五”期间,内蒙全区河流开发利用率仅为 8.04%,总体开发利用程度较低,但辽河已超过 40% 的国际河流生态安全警戒线,内陆河流域也接近了安全警戒线。“十一五”期间,内蒙古社会经济高速增长将导致水资源需求明显增加,从而促使全区各流域水资源开发力度加大。分析表明,“十一五”期间自治区水资源平均开发利用率仅为 14.33%,总体开发程度较低,其中松花江流域只有 9%,海河和黄河开发程度也相对较低。但辽河流域和内陆河流域水资源开发利用程度较高(表 3),开发利用率分别达到 59% 和 43% 左右,均已超过河流开发利用的安全警戒线,长期过度开采将危及河流的生态安全。

4.3 部分城市地区地下水位将持续下降

地下水资源是内蒙古大部分地区的主要水源。由于长期对地下水的开采利用,人口密集的城市地区地下水超采严重,如通辽市已形成面积为 329 km² 的地下水漏斗,呼和浩特市和包头市也形成了不同规模的地下水漏斗。“十一五”期间,这些地区的地下水开采如不能得到切实有效控制,地下水位将继续下降(表 4),并如未采取有效措施,将最终引发地面沉降等地质环境问题。包头、鄂尔多斯市区、乌兰察布市地下水的开采程度也相当高,须采取有效措施合理开采并逐步恢复超采地区的地下水资源,才能保证水资源的持续利用。

表 3 内蒙古自治区河流开发利用程度

流域	“十五”期间开发利用程度(2000—2005)			“十一五”期间开发程度预测(2006—2010)		
	供水量/ 10 ⁸ m ³	水资源总量/ 10 ⁸ m ³	水资源开发 利用率/%	供水量/ 10 ⁸ m ³	水资源总量/ 10 ⁸ m ³	水资源开发 利用率/%
松花江	10.81	339.98	3.18	30.62	339.98	9.01
辽河	15.13	30.33	49.85	18.00	30.33	59.35
海河	0.37	4.00	9.25	0.55	4.00	13.75
黄河	2.06	21.1	9.76	4.30	21.10	20.38
内陆河	4.32	11.18	38.64	4.80	11.18	42.93
全区	32.69	406.6	8.04	58.27	406.60	14.33

表4 典型地区地下水位及降落漏斗的变化趋势

项目	呼和浩特市城区 潜水疏干区	包头黄河冲积 平原漏斗	通辽漏斗	赤峰元宝山 疏干区漏斗
潜水水位下降/m	5~6	0.8~1.5	0.6~2	2~6
面积变化	扩大	扩大	扩大	扩大

5 结论

以上结果表明,如果按照“十五”期间的节水水平(情景1),内蒙古水资源缺口达 $2.36 \times 10^9 \text{ m}^3$,主要是黄河流域水资源短缺问题突出,水资源短缺量达 $1.8 \times 10^9 \text{ m}^3$ 以上,从而使各盟市的水资源承压度显著增大,水资源难以支撑“十一五”规划的发展目标。

在全面节水的条件下(情景2),从总量来看,内蒙古的水资源总体上能满足规划的发展目标,水资源盈余量达 $2.2 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。实际上,松花江流域可供水资源富裕量达 $2.9 \times 10^9 \text{ m}^3$,掩盖了其它流域的水资源短缺现实。从根本上看,加大节水力度之后,其它流域水资源短缺程度有显著的降低,但中西部缺水的形势依然严峻。“十一五”规划目标使锡林郭勒盟和乌海市两个地区的水资源承压度分别达到1.82和1.54,显然,这两个盟市的发展规划已经超过了其水资源承载能力,需要对规划目标进行调整。

根据内蒙古的水资源供需状况,对内蒙古自治区的“十一五”国民经济和社会发展规划提出以下建议。

(1) 继续减少规划的灌溉农田面积。内蒙古“十一五”规划草案中提出到2010年扩大农业灌溉面积 $6.67 \times 10^5 \text{ hm}^2$,根据一些专家建议最后减少为 $4.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 灌溉面积。从生态保育和水资源持续利用的角度,内蒙古大都属于生态系统脆弱区域,中西部地区水资源普遍不足之现实,不适合发展大面积,高耗水的种植农业。内蒙古种植业的适宜规模应该以能保证区内人口的粮食需求为基准,不宜大规模地扩大农田灌溉面积,尤其是在生态极度脆弱地区。

(2) 局部地区电力、冶金、机械等重化工业经济比重偏大,已经超过了水资源的承载能力,建议缩小工业规模。比较突出的是锡林郭勒盟和乌海市规划的火电、冶金和煤化工产业规模偏大,水资源无法得到有效保障。另外,由于这2个盟市水资源短缺、生态环境脆弱,生态需水量大,需要缩小工业发展规模,以保障水资源的持续利用和环境保护。

(3) 沿黄六盟市黄河水资源统一调配,协调工农业用水冲突。内蒙古中西部地区水资源有限,水资源供需矛盾突出。沿黄河六盟市的黄河水资源初始水权分配主要以发展灌溉农业为中心,因此,巴盟河套

灌区分配的水资源量达 $4.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ 。随着工业化和城镇化的迅速发展,沿黄六盟市工农业需水量的迅速增大,尤其是呼包鄂地区和乌海市工业需水量的增加,加剧了这一地区水资源的短缺。由于沿黄六盟市水资源利用的开源潜力很小,解决水资源短缺的主要手段是节约水资源,调整用水结构,达到水资源的优化配置。

如果按照行政区配置有限的水资源,可能导致水资源的浪费。建议对沿黄六盟市的黄河水资源进行统一调配,协调不同用水之间的冲突,使水资源配置和利用效率达到最优化。

[参 考 文 献]

- [1] Rijberman J. Different approaches to assessment of design and management of sustainable urban water system [J]. Environment Impact Assessment Review, 2000, 129(3):333-345.
- [2] Jonathan M Harris, Scott Kennedy. Carrying capacity in agriculture: global and regional issues [J]. Ecological Economics, 1998, 29:443-461.
- [3] Olli Varis, Pertti Vakkilainen. China's challenges to water resources management in the first quarter of the 21st Century [J]. Geomorphology, 2001, 4:93-104.
- [4] 王浩,陈敏建,秦大庸. 西北地区水资源合理配置和承载能力研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003.
- [5] 左其亭. 城市水资源承载能力:理论·方法·应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [6] 施雅风,曲耀光. 乌鲁木齐河流域水资源承载力及其合理利用[M]. 北京:科学出版社,1992. 210-220.
- [7] 许有鹏. 干旱地区水资源承载能力综合评价[J]. 自然资源学报,1993,8(3):229-237.
- [8] 徐中民. 情景基础的水资源承载力多目标分析理论与应用[J]. 冰川冻土,1999,21(2):99-106.
- [9] 蒋晓辉. 陕西关中地区水环境承载力研究[J]. 环境科学学报,2001,21(3):312-317.
- [10] 李丽娟. 柴达木盆地水资源承载力研究[J]. 环境科学,2000(2):20-23.
- [11] 惠泱河,蒋晓辉,黄强,等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报,2001,21(2):85-89.
- [12] 惠泱河,蒋晓辉,黄强,等. 二元模式下水资源承载力系统动态仿真模型研究. 地理研究,2001,20(2):190-198.