

甘肃引大入秦工程供水区需水量预测分析

麻林, 许健* (甘肃农业大学工学院水利系, 甘肃兰州 730070)

摘要 需水预测是进行水资源规划和管理的有效手段, 是水资源优化配置重要的基础工作之一。需水量的准确预测, 对于合理配置水资源, 实现人与自然和谐相处起着相当重要的作用。引大入秦工程的建成通水, 为改变秦王川的落后面貌奠定了基础, 取得了十分显著的成效。随着引大灌区和周边地区人口的增长和经济社会的迅速发展, 用水量在不断增加, 用水结构也发生了很大变化, 加强水资源的规划与管理势在必行。该研究运用指数分析法对引大工程供水区 2010 和 2015 年的需水量进行了预测分析计算, 为整个工程的水资源优化配置提供第一手基础资料。

关键词 需水量; 预测; 水资源优化配置; 指标分析法

中图分类号 TV691.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)21-10077-04

Research on Water Requirement Forecasting in Water Supply District of Yindaruqin Project

MA Lin et al (Department of Water Resources Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract Water requirement forecasting is an effective means for the planning and management of water resources. It is also the most important foundation work of optimizing the allocation of water resources. The accuracy forecasting of water requirement is important for deploying water resource rationally, realizing human being and the nature harmonious to get along with each other. The completing of Yindaruqin project has established a basis for changing the falling face in Qin Wang Chuan. The project has got very notable effect. With the rapid development of society and promptness increase of the population in Yinda irrigation area and periphery, the water consumption has increased unceasingly and water consuming structure has changed greatly. The water resource planning and management must be reinforced. Using index analysis method, the water requirement of Yindaruqin project in 2010 and 2015 was forecasted, in order to provide the firsthand data to water resource optimization of the whole project.

Key words Water consumption; Forecasting; Water resource optimization; Index analysis method

由于当前水资源严重短缺, 在经济高速发展、对水资源的需求日益增长的情况下, 正确预测水量需求, 对于社会、经济和环境的协调发展具有极其重要的意义。在日益重视可持续发展的今天, 实现需水量的准确预测, 对于合理配置水资源, 实现人与自然和谐相处起着相当重要的作用^[1]。

1 预测方法的选取

用于需水预测的方法有多种, 从不同的观点考虑有不同的预测方法。目前几种应用较为广泛且比较典型的需水预测方法是神经网络法、灰色预测方法和指标分析法^[2]。其中指标分析法简单实用, 应用方法简便, 因此此次区域水资源优化配置研究的需水预测以指标分析为主。

指标分析法是通过对用水系统历史数据的综合分析, 制定相应的用水指标即用水定额, 然后根据用水定额和国民经济各要素预测出未来规划水平年的需水量。

2 工程概况及供水单元划分

2.1 工程概况 引大入秦工程是由大通河向兰州市永登县秦王川地区跨流域引水的大型自流灌溉工程(以下简称“引大工程”), 是为了彻底改变秦王川地区农业生产水平低下和农村经济落后面貌而兴建的一项大型调水工程^[3]。引大入秦工程作为国家重点项目, 对于强化甘肃省的农业基础, 改善农业生产基本条件, 增强农业后劲, 特别是对于改变甘肃中部地区干旱面貌和促进兰州地区的经济发展, 改善生态环境, 都有着极其重大的意义。引大入秦工程的建成通水, 为改变秦王川的落后面貌奠定了基础, 取得了十分显著的成效^[4]。但在工程建设特别是运行管理过程中, 积累和出现了一些不可回避的问题, 制约了工程效益的正常发挥。因

此, 加强水资源的规划与管理势在必行。

2.2 供水单元划分 根据行政区划及灌区的分布情况, 将供水区划分为总干沿线、庄浪河沿岸、秦王川盆地、北山丘陵、东南丘陵、电灌分干渠、黑武分干渠、白银城区、皋兰城区、兰州市绿色走廊生态工程等 10 个供水子区。根据不同用途, 将每个子区的用水量又分为农业灌溉用水、工业用水、城镇生活用水、农村生活用水、生态用水等 5 项。

用水量计算的难点在于: 用水定额的确定和用水量计算方法的选取^[5]。确定用水定额的依据是: 立足现状, 对现状各行业用水进行调查分析, 制定现状条件下的用水标准和定额。

3 需水量预测分析计算

3.1 农业灌溉需水量分析计算 根据引大灌区现状水平年的灌溉用水定额、灌溉水利用系数及灌溉规模, 结合规划水平年的用水目标, 确定规划水平年的灌溉用水定额、渠系水利用系数、田间水利用系数及灌溉规模^[6]。灌溉需水量可用下式计算:

$$Q_{ni} = \sum_{k=1}^m P_k^n \cdot F_k^n \div \alpha_k \div \eta_k \quad (1)$$

式中, Q_{ni} 表示第 n 年(或规划水平年)农业毛灌溉需水量预测值(万 m^3); P_k^n 表示第 k 个子区第 n 年的综合净灌溉定额(m^3 /亩); F_k^n 表示第 k 子区第 n 年的灌溉面积(万亩); α_k 表示第 k 子区田间水利用系数; η_k 表示第 k 子区渠系水利用系数。

由于统计灌溉用水量 and 计算水费时, 一般用取水口所供水量计, 所以净灌溉水量计算至取水口。2010 和 2015 年采用同一标准。分析计算结果见表 1。

3.2 工业需水量分析计算 由于工业类型比较多, 用水标准也难以统一, 为了计算方便, 常采用按产值平均的方法计算用水定额。引大供水区不同水平年工业取水定额见表 2。

作者简介 麻林(1984 -), 男, 山东聊城人, 硕士研究生, 研究方向: 水工结构。* 通讯作者。

收稿日期 2009-04-07

工业需水量按下式计算:

$$Q_{n2} = \sum_{k=1}^m Q_k^n \cdot W_k^n \div \eta_k \quad (2)$$

式中, Q_{n2} 表示第 n 年(或设计水平年)工业毛需水量预测值

(万 m^3); Q_k^n 表示第 k 子区第 n 年的工业用水定额 (万 m^3 /万元); W_k^n 表示第 k 子区第 n 年的工业产值(万元); η_k 表示第 k 子区的渠系水利用系数。分析计算结果见表 3。

表 1 引大供水区农业灌溉需水量预测

Table 1 The requirement forecasting of agriculture irrigation water in Yinda water supply district

灌区分区 Sections of irrigation	灌溉面积 hm ² Irrigation area	综合净灌 溉定额//m ³ /hm ² Comprehensive net irrigation quota	利用系数 Utilization coefficient			灌溉净用水量 万 m ³ Net water requirement for irrigation	灌溉毛用水量 万 m ³ Gross water require- ment for irrigation
			渠系水 Canal water	田间水 Field water	灌溉水 Irrigation water		
总干沿线	508.00	3 750	0.714	0.890	0.635	214.04	299.78
庄浪河沿岸	2 379.35	4 050	0.672	0.890	0.598	1 082.73	1 611.21
秦王川盆地东一干	7 820.71	3 900	0.677	0.896	0.607	3 404.08	5 028.18
秦王川盆地东二干	17 246.75	3450	0.676	0.894	0.604	6 655.59	9 845.55
北山丘陵	9 310.05	3 750	0.674	0.892	0.601	3 913.96	5 807.06
东南丘陵	4 734.02	3 750	0.672	0.890	0.598	1 994.66	2 968.24
电灌分干渠	6 545.37	3 300	0.652	0.896	0.584	2 410.67	3 697.35
黑武分干渠	3 790.02	4 050	0.621	0.892	0.554	1 720.80	2 771.01
合计	52 334.26					21 396.53	32 028.38

表 2 引大供水区不同水平年工业取水定额

Table 2 Industry water quota of different level year in Yinda water supply district

水平年 Year	重复利用率//% Repeated utilization ratio	取水定额//m ³ /万元 Water quota
2002	30	90 ~ 140
2010	55	70 ~ 110
2015	55	70 ~ 110

3.3 城镇生活需水量分析计算 城镇生活需水量按下式计算:

$$Q_{n3} = \sum_{k=1}^m P_k^n \cdot Q_k^n \div \eta_k \times 365 \div 1\ 000 \quad (3)$$

式中, Q_{n3} 表示第 n 年(或设计水平年)城镇生活毛需水量预测值(万 m^3); P_k^n 表示第 k 子区第 n 年的城镇人口数(万人); Q_k^n 表示第 k 子区第 n 年的生活用水定额 (万 m^3 /万元); η_k 表示第 k 子区的渠系水利用系数。各供水区城镇生活需水定额见表 4, 需水量分析计算结果见表 5。

表 3 引大供水区 2010 和 2015 年工业需水量预测

Table 3 The requirement forecasting of industry water in 2010 and 2015 in Yinda water supply district

水平年 Year	序号 No.	供水区 Water supply district	工业产值 //万元 Industrial output value	用水定额 m ³ /万元 Water quota	渠系利用系数 Utilization coefficient of canal system	工业净用水量//万 m ³ Net consumption of industrial water	工业毛用水量//万 m ³ Gross consumption of industrial water
2010	1	总干沿线	407.20	110	0.714	4.48	6.27
	2	庄浪河沿岸	119 707.08	110	0.672	1 316.78	1 959.49
	3	秦王川盆地	162 383.48	90	0.677	1 461.45	2 158.71
	4	北山丘陵	10 617.20	110	0.674	116.79	173.28
	5	东南丘陵	58 197.06	110	0.672	640.17	952.63
	6	电灌分干渠	20 214.04	110	0.652	222.35	341.03
	7	黑武分干渠	83 607.45	110	0.621	919.68	1 480.97
	8	皋兰城区	134 154.30	70	0.537	939.08	1 748.75
	9	白银城区	1 016 152.62	70	0.487	7 113.07	14 605.89
2015	1	总干沿线	598.31	70	0.714	4.19	5.87
	2	庄浪河沿岸	220 552.53	70	0.672	1 543.87	2 297.43
	3	秦王川盆地	404 465.20	70	0.677	2831.26	4 182.07
	4	北山丘陵	17 099.11	70	0.674	119.69	177.58
	5	东南丘陵	95 876.56	70	0.672	671.14	998.72
	6	电灌分干渠	32 554.91	70	0.652	227.88	349.51
	7	黑武分干渠	137 534.97	70	0.621	962.74	1 550.31
	8	皋兰城区	258 302.66	70	0.537	1 808.12	3 367.08
	9	白银城区	1 790 808.12	70	0.487	12 535.66	25 740.57

3.4 农村生活需水量分析计算 供水区不同水平年农村生活需水定额见表 6。

农村生活需水量包括人、畜饮用两部分。分别按下式计算:

$$Q_{n4} = \sum_{k=1}^m P_k^n Q_k^n \div \eta_k + P_{k1}^n \cdot Q_{1k}^n \div \eta_k + P_{k2}^n \cdot Q_{2k}^n \div \eta_k \quad (4)$$

式中, Q_{n4} 表示第 n 年(或设计水平年)农村生活毛需水量预测值(万 m^3); P_k^n 表示第 k 子区第 n 年的农村人口数(万人); Q_k^n 表示第 k 子区第 n 年的农村生活用水定额 (万 m^3 /万元); P_{k1}^n 、 P_{k2}^n 分别表示第 k 子区第 n 年的大牲畜存栏数和小牲畜存栏数(万头); Q_{k1}^n 、 Q_{k2}^n 分别表示第 k 子区第 n 年的大牲畜用水

表 4 引大供水区不同水平年城镇生活需水定额

Table 4 City life water quota in different year in Yinda water supply district

水平年 Year	居民生活 L/(人·d) Resident's life	公共福利 Public welfare//L/(人·d)		
		中心城市 (白银) Central city	重点小城镇 Key small towns	一般乡镇 Common towns
2002	80	50	40	40
2010	110	70	60	50
2015	110	70	60	50

定额和小牲畜用水定额 $[L/(\text{头} \cdot \text{d})]$; η_k 表示第 k 子区的渠系水利用系数。引大供水区农村生活需水量分析计算结果见表 7。

3.5 生态需水量分析计算 生态需水量包括城镇环境用水和兰州市绿色走廊生态需水量两部分。计算结果见表 8。

4 结语

通过以上分析,可以得出结论:2010年供水区总需水量

表 5 引大供水区 2010 和 2015 年城镇生活需水量预测

Table 5 The requirement forecasting of city living water in 2010 and 2015 in Yinda water supply district

水平年 Year	序号 No.	供水区 Water supply district	城镇人口//万人 Urban population	用水定额 L/(人·d) Water quota	渠系利用系数 Utilization coefficient of canal system	生活净用水量//万 m ³ Net consumption of living water	生活毛用水量//万 m ³ Gross consumption of living water
2010	1	总干沿线		160	0.714		
	2	庄浪河沿岸		160	0.672		
	3	秦王川盆地	7.75	170	0.677	480.89	710.32
	4	北山丘陵	0.26	160	0.674	15.18	22.52
	5	东南丘陵	0.60	160	0.672	35.04	52.14
	6	电灌分干渠	0.46	160	0.652	26.86	41.20
	7	黑武分干渠	0.70	160	0.621	40.88	65.83
	8	皋兰城区	7.12	170	0.537	441.80	822.72
	9	白银城区	30.50	180	0.487	2 003.85	4 114.68
2015	1	总干沿线			0.714		
	2	庄浪河沿岸			0.672		
	3	秦王川盆地	13.12	170	0.677	814.10	1 202.51
	4	北山丘陵	0.41	160	0.674	23.94	35.52
	5	东南丘陵	0.92	160	0.672	53.73	79.96
	6	电灌分干渠	0.70	160	0.652	40.88	62.70
	7	黑武分干渠	0.93	160	0.621	54.31	87.46
	8	皋兰城区	8.99	170	0.537	557.83	1 038.79
	9	白银城区	38.84	180	0.487	2 551.79	5 239.82

表 6 供水区不同水平年农村生活需水定额

Table 6 Rural living water quota in different year in Yinda water supply district

水平年 Year	自来水进村人口比例//% Population proportion in villages with tap water	农村人口 L/(人·d) Rural population	大牲畜 L/(头·d) Large animals	小牲畜 L/(头·d) Small animals
2002		40	35	5.8
2010	20	50	40	10.0
2015	20	50	40	10.0

40 534.84 万 m³,2015 年总需水量 50 224.1 万 m³。在已知供水区可供水量的基础上就对供水区进行水资源供需平衡分析,进一步可以对整个供水区的水资源进行优化配置,从而加强水资源的规划与管理,统筹水资源、社会、经济、环境之间的协调,走水资源可持续发展的道路。

表 7 引大供水区 2010 和 2015 年农村生活需水量预测

Table 7 The requirement forecasting of rural living water in 2010 and 2015 in Yinda water supply district

水平年 Level	序号 No.	供水区 Water supply district	人口用水 Water for human being			大牲畜用水 Water for big animals			小牲畜用水 Water for small animals			人畜净 用水量 万 m ³ Net consu- mption for human being and animals	渠系利 用系数 Utiliza- tion coeffi- cient of canal system	人畜毛 用水量 万 m ³ Gross consu- mption of human being and animals
			农村 人口 万人 Rural population	用水 定额 L/(人·d) Water quota	用水量 万 m ³ Water consump- tion	未存栏 万头 Water for scattered- feeding animals	用水 定额 L/(头·d) Water quota	用水量 万 m ³ Water consump- tion	未存栏 万头 Water for scattered- feeding animals	用水 定额 L/(头·d) Water quota	用水量 万 m ³ Water consump- tion			
2010	1	总干沿线	0.77	50	14.05	0.28	40	4.09	0.78	10	2.85	20.99	0.714	29.40
	2	庄浪河沿岸	8.66	50	158.05	0.41	40	5.99	12.95	10	47.27	211.31	0.672	314.45
	3	秦王川盆地	19.80	50	361.35	3.46	40	50.52	11.54	10	42.12	453.99	0.677	670.59
	4	北山丘陵	1.46	50	26.65	0.35	40	5.11	5.57	10	20.33	52.09	0.674	77.28
	5	东南丘陵	3.24	50	59.13	0.43	40	6.28	4.78	10	17.45	82.86	0.672	123.30
	6	电灌分干渠	1.82	50	33.22	0.23	40	3.36	15.24	10	55.63	92.21	0.652	141.43
	7	黑武分干渠	3.17	50	57.85	0.41	40	5.99	16.06	10	58.62	122.46	0.621	197.20
2015	1	总干沿线	0.80	50	14.60	0.31	40	4.53	1.04	10	3.80	22.93	0.714	32.11
	2	庄浪河沿岸	8.93	50	162.97	0.45	40	6.57	19.92	10	72.71	242.25	0.672	360.49

接下表

续表 7

水平年 Level	序号 No.	供水区 Water supply district	人口用水 Water for human being			大牲畜用水 Water for big animals			小牲畜用水 Water for small animals			人畜净 用水量 万 m ³ Net consump- tion for human being and animals	渠系利 用系数 Utiliza- tion coeffi- cient of canal system	人畜毛 用水量 万 m ³ Gross consu- mption of human being and animals
			农村 人口 万人 Rural population	用水 定额 L/(人·d) Water quota	用水量 万 m ³ Water consump- tion	未存栏 万头 Water for scattered- feeding animals	用水 定额 L/(头·d) Water quota	用水量 万 m ³ Water consump- tion	未存栏 万头 Water for scattered- feeding animals	用水 定额 L/(头·d) Water quota	用水量 万 m ³ Water consump- tion			
2015	3	秦王川盆地	21.06	50	384.35	14.23	40	207.76	17.76	10	64.82	656.93	0.677	970.35
	4	北山丘陵	1.37	50	25.00	0.39	40	5.69	8.18	10	29.86	60.55	0.674	89.84
	5	东南丘陵	3.03	50	55.30	0.47	40	6.86	7.06	10	25.77	87.93	0.672	130.85
	6	电灌分干渠	1.65	50	30.11	0.25	40	3.65	23.45	10	85.59	119.35	0.652	183.05
	7	黑武分干渠	3.06	50	55.85	0.45	40	6.57	22.73	10	82.96	145.38	0.621	234.11

表 8 引大供水区 2010 和 2015 年生态需水量预测

Table 8 The forecasting of ecology water requirement in 2010 and 2015 in Yinda water supply district

水平年 Year	序号 No.	供水区 Water supply district	生态净用水 量//万 m ³ Ecological net water consumption	渠系利 用系数 Utilization coefficient of canal system	生态毛用水 量//万 m ³ Gross consumption of ecological water
2010	1	秦王川盆地	85.11	0.677	125.72
	2	皋兰城区	78.19	0.537	145.61
	3	白银城区	1 051.61	0.487	2 159.36
	4	绿色走廊生态工程	1 109.14	0.607	1 827.25
2015	1	秦王川盆地	1 44.09	0.677	212.84
	2	皋兰城区	98.73	0.537	183.85
	3	白银城区	1 339.16	0.487	2 749.82
	4	绿色走廊生态工程	1 109.14	0.607	1 827.25

参考文献

[1] 刘昌明, 陈志恺. 中国水资源现状评价和供需发展趋势分析[M]. 北京: 水利电力出版社, 2001.

[2] 牛慧恩. 需水预测研究评述[J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 1996, 19(1): 104-109.

[3] 甘肃省水利水电勘测设计研究院. 甘肃省引大入秦工程供水结构优化调整规划报告[R]. 2004.

[4] 高翔, 王爱民. 引大调水工程的环境影响评价[J]. 干旱区资源与环境, 1999, 13(2): 48-53.

[5] 马滇珍, 张象明, 王浩, 等. 全国供需水预测[J]. 水利规划, 1998(S1): 26-31.

(上接第 10060 页)

使得经向环流加大及高空强劲的偏北气流是寒潮暴发的必要条件。⑤高空环流形势的演变也进一步揭示了寒潮的暴发时间及影响范围。对于低压旋转东移型寒潮, 预报暴发时间的关键是高空冷槽和地面冷锋何时过境。如果旋转的低槽与高原槽同位向叠加, 引起高空经向环流加强, 引导北方强冷空气南下, 则容易造成宁夏全区性寒潮; 而如果低涡位置偏东, 没有高原槽的配合, 中亚脊经向环流较强, 脊振幅大于 20 个纬距, 则宁夏中北部地区容易出现寒潮。对于横槽转竖型, 寒潮暴发的关键是预报横槽何时转竖, 影响范围则是宁夏全区性的寒潮。⑥地面强降温中心和 850.0 hPa 冷平流强度中心有很好的对应关系。日常预报中, 可根据冷平流中心确定最大强降温中心, 当冷平流中心小于 $-54.0 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/s}$ 时, 降温幅度在 $12.0 \text{ } ^\circ\text{C}$ 以上。⑦冬季, 当 T213 及 EC 预报进入关键区的冷高压强度为 1 050.0 hPa 以上时, 应该考虑宁夏会出现寒潮天气, 降温幅度可参考 EC 850.0 hPa 温度场预报。⑧从宁夏横槽型寒潮预报指标来看, 均适合春秋季节的寒潮预报, 但对于冬季的横槽型寒潮预报, 预报指标需要更强一些, 尤其是冷高压中心强度、500.0 hPa 冷涡强

度、前期回暖、脊振幅 4 个指标需要重新调整。

参考文献

[1] 吴俊明. 宁夏预报员手册[Z]. 1986: 61-83.

[2] 陈豫英. 宁夏 2 次典型寒潮天气的对比分析[J]. 陕西气象, 2004(1): 4-6.

[3] 沈跃琴, 纪晓玲, 邵建, 等. T213 等数值预报产品在宁夏寒潮预报中的释用[J]. 宁夏工程技术, 2006, 5(2): 110-115.

[4] 程海霞, 帅克杰, 李拽英, 等. 2006 年 3 月 9 日~12 日寒潮天气过程的诊断分析[J]. 山西气象, 2007, 81(4): 1-3.

[5] 林曲凤, 梁玉梅, 李艳. “11·24” 寒潮大风成因分析[J]. 山东气象, 2000, 81(20): 29-31.

[6] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992.

[7] 张恒德, 高守亭, 刘毅. 极涡研究进展[J]. 高原气象, 2008, 27(2): 452-461.

[8] 顾思南, 杨修群. 北半球绕极涡的变异及其与我国气候异常的关系[J]. 气象科学, 2006, 26(2): 135-142.

[9] 刘宗秀. 北半球极涡强度指数的计算及其与我国温度变化的关系[J]. 气象, 1986, 12(8S): 4-8.

[10] 张恒德, 陆维松, 高守亭, 等. 北极涡活动对我国同期及后期气温的影响[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(4): 507-51.

[11] 张恒德, 高守亭, 张友姝. 北极涡年代际变化及其与我国春季降水的关系[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(5): 593-604.