

新疆生产建设兵团灌区水资源供需平衡分析

姚 伟

(农业部新疆勘测设计院 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要 对新疆生产建设兵团 26.67 万 hm^2 现代化灌溉工程涉及的一系列水资源问题进行初步探讨和分析,考虑兵团灌区地域性和差异性,自然地理条件、农业种植结构、水资源条件等诸多因素,按照区域降水量、蒸发量、干旱指数等参数为主要指标,兼顾地形、作物、水源条件进行分区,通过对这些灌区水资源供需平衡分析,论证了兵团灌区现阶段适宜的发展节水灌溉的规模。

关键词 灌溉工程 水量供需平衡 新疆生产建设兵团

中图分类号 :TV211.1 S27

文献标识码 :A

文章编号 :1006-7647(2007)S2-0038-04

新疆生产建设兵团(以下简称兵团)灌区遍及全疆,由于地处西北干旱区域,水资源十分有限,发展节水灌溉具有特殊的重要意义。农业是兵团经济的支柱产业,大力发展农田灌溉事业是兵团经济发展的一项长期战略任务。兵团把“26.67 万 hm^2 (400 万亩)现代化灌溉工程”作为兵团实施龙头工程来实施,并制定了一系列政策与措施。

兵团大多数灌区水利建设标准偏低,配套程度差,既存在着水资源紧缺,又存在着水资源利用率较低的问题。如何把有限的水资源实行合理配置,做到可持续利用^[1-2],一直是兵团灌区迫切需要解决的重要问题。按照《兵团节水灌溉“十五”发展规划》及 2015 年发展规划,提出兵团“十五”期间发展喷、微灌面积 26.67 万 hm^2 的目标,笔者从 1999~2004 年历时近 5 年参与了这一标志性工程的工作,现就所做的水资源供需平衡分析思路、方法进行总结,以期对今后的工作有所帮助。

1 兵团灌区概况

1.1 基本情况

兵团 2002 年底土地总面积 7.45 万 km^2 ,其中耕地面积 104.83 万 hm^2 ,园地面积 5.35 万 hm^2 ,林地面积 40.09 万 hm^2 ,牧草地面积 242.78 万 hm^2 。水利工程年供水总量 116.15 亿 m^3 ,其中农业用水 114.52 亿 m^3 ,占供水量的 98.6%,工业用水 0.76 亿 m^3 ,城镇生活用水为 0.87 亿 m^3 。兵团有各级灌溉渠道 9.5 万 km ,其中防渗渠道 2.5 万 km ,防渗率为 26.32%,渠系水利用系数(斗渠口以上)约为 0.62。

兵团 2002 年总灌溉面积为 111.90 万 hm^2 ,实灌面积为 105.69 万 hm^2 。其中建设喷、微灌面积 18.78 万 hm^2 ,占兵团总灌溉面积的 16.78%(建设喷灌面积 6.68 万 hm^2 ,微灌面积 12.09 万 hm^2)。棉花膜下滴灌面积 11.33 万 hm^2 。2002 年农业总用水量 114.16 亿 m^3 ,其中灌溉用水 113.88 亿 m^3 ,每公顷毛用水量 1.08 万 m^3 。

1.2 兵团灌区存在的主要问题

a. 水资源严重缺乏。兵团灌区地处沙漠、戈壁、盐碱沼泽边缘地带,普遍存在着水资源不足且时空分布不均的问题,单位面积水资源拥有量远低于全国均值,水量供需矛盾十分突出。

b. 兵团灌区的可利用水量逐步减少(流域治理要求),用水矛盾更加突出。由于生态环境建设的需要,生态水的需求量在逐步增加,同时随着国民经济的发展,城镇、工业和生活用水也在增加,水量供需矛盾更加突出。

c. 水源工程不足、水资源利用效率低。水源工程多由地方掌握,兵团灌区分布于自治区境内河流中下游,距上游枢纽工程较远,无法做到适时适量灌溉。在棉花等经济作物比重增大的情况下,更加大了水量平衡与调节的难度。

d. 灌溉用水管理水平低。现行斗口的农业灌溉用水水价标准一般为成本价的 1/3,造成用水管理较粗放,基本没有遥测、遥控管理,管理监测设施不足,缺乏科学性和准确性。

e. 土壤次生盐碱化严重。灌区支渠以下渠道数量多、渗漏大,部分灌区排水系统尚未完善,造成

大面积的土壤次生盐碱化,已直接威胁到灌区绿洲的生态环境。

f. 生态环境脆弱。灌区原本生态系统脆弱,过去普遍存在上游大搞水土开发、忽视下游生态供水,致使河流流程减短,下游荒漠植被日趋衰退,同时人为樵采、伐木、放牧对植被的破坏加剧,使荒漠绿洲面积逐渐萎缩,加剧了土地沙化。

1.3 兵团灌区水资源量概况

新疆拥有 570 条大小河流,平均年径流总量为 882 亿 m^3 ,其中国内产流即新疆地表水资源量为 794 亿 m^3 。兵团参与开发、利用、保护和管理的河流有 115 条,其中由兵团为主开发、利用、保护和管理的河流为 56 条。

新疆平原区地下水资源量为 371 亿 m^3 ,在与人类活动有关的绿洲范围内可开采量约为 159 亿 m^3 。兵团管理地域内地下水淡水总补给量为 75.74 亿 m^3 ,可开采量为 52.08 亿 m^3 ,现已利用 11.05 亿 m^3 。

1.4 兵团灌区发展面临的形势

灌区发展面临的主要形势就是要解决经济发展和生态环境建设中的缺水问题。兵团灌区的基本特点是“荒漠绿洲,灌溉农业”。随着几十年的建设,成为配套设施较为完善的灌区。但随着灌区不断发展,农业灌溉用水量不断增长,过多引用地表水资源挤占了生态用水,致使生态用水得不到保证,环境日益恶化。

2 兵团灌区水资源供需平衡分区方法、成果

项目涉及兵团 14 个师,47 个灌区、139 个农牧团场,遍及全疆各地、州。考虑到各地的自然条件、农业生产特点、灌溉工程状况、社会经济条件和国民经济发展要求等具有明显的地域性和差异性,而高效节水灌溉的发展与自然地理条件、气候条件、农业种植结构、水土资源条件、农业灌溉特点及节水改造要求等等诸多因素,并参照新疆的自然地域分区,按照“归纳相似性、区别差异性、适当照顾行政区界”的原则,以项目区降水量、蒸发量、干旱指数等参数为主要指标,兼顾地形、作物、水源条件将 26.67 万 hm^2 现代化灌溉工程进行分区,共分为 6 个一级区、47 个二级区(灌区):

a. 极端干旱气候棉果微灌区。本区主要位于塔里木盆地北部及西部的塔里木河沿线冲积平原上,地形平缓,灌区内多沙丘和古河道,农区土质沙性大,植被稀疏。属暖温带大陆性干旱荒漠气候,年平均降水量 24.5 ~ 62 mm,蒸发量 1890.1 ~ 2615 mm,干旱指数为 18.3 ~ 57.9。年平均气温 9.8 ~ 12.4 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3 803.4 ~ 4 611.6 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 193.5 ~ 237.6 d,日照时数 2 654.9 ~ 2 999.5 h。

b. 干旱气候粮经作物喷灌和滴灌结合区。本

区为塔里木盆地北部的东部区域和准噶尔盆地南部的东部区域,属典型大陆性温带干旱气候区,年平均降水量 72.9 ~ 184.7 mm,蒸发量 1 385.2 ~ 2 309.7 mm,干旱指数为 6.5 ~ 11.4。年平均气温 2.4 ~ 7.9 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 1 733.2 ~ 3 500.1 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 123 ~ 164.3 d,日照时数 2 929.2 ~ 3 226.4 h。

c. 极端干旱气候林果微灌区。本区为塔里木盆地南部区的东部区域和吐鲁番-哈密盆地的西部。属暖温带极端干旱荒漠气候,气候极度干旱,年平均气温 9.8 ~ 13.9 $^{\circ}\text{C}$,降水量 16.4 ~ 48.2 mm,蒸发量 2 450 ~ 3 064.3 mm,干旱指数为 46.7 ~ 103.8。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 4 038.3 ~ 5 391.3 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 217.8 ~ 265.6 d,日照时数 2 610.6 ~ 3 360.3 h。

d. 干旱气候棉花滴灌区。本区为准噶尔盆地南部的西部区和阿尔泰山南坡区,点多线长,地貌有山地、平原和沙漠三大类型,年平均气温 4.2 ~ 7.9 $^{\circ}\text{C}$,降水量 72.9 ~ 185.5 mm,蒸发量 1 385.2 ~ 2 341.2 mm,干旱指数为 5.3 ~ 14.6。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 2 934.6 ~ 3 632.1 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 153.3 ~ 185.5 d,日照时数 2 586.1 ~ 3 098.8 h。

e. 半干旱气候粮经作物喷灌区。本区为塔额盆地和吐哈盆地区的东部,以山地和山前倾斜平原为主,为半干旱气候,多年平均气温 1 ~ 5.6 $^{\circ}\text{C}$,降水量 203 ~ 271.3 mm,蒸发量 1 621.7 ~ 1 794.6 mm,干旱指数为 4 ~ 4.8。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 1 735 ~ 2 892.6 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 101.9 ~ 148.7 d,日照时数 2 835.3 ~ 3 213.1 h。

f. 干旱气候园艺、蔬菜喷灌和滴灌结合区。本区位于伊犁河的霍尔果斯河流域和乌鲁木齐河流域,多年平均气温 7.3 ~ 8.3 $^{\circ}\text{C}$,降水量 194.6 ~ 201.3 mm,蒸发量 1 757.6 ~ 2 570.6 mm,干旱指数为 5.2 ~ 7.9。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3 368.3 ~ 3 570.9 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 159.5 ~ 174.3 d,日照时数 2 820.6 ~ 2 973 h。

3 兵团灌区国民经济需水预测

兵团灌区的国民经济需水量预测以灌区所在师的社会经济发展的基本情景为基础,结合用水定额预测值,构成 2007 年农业、工业、人口、畜牧业、渔业、林业、生态的发展规模和需水总量结构,最后汇总到各一级区。

需水预测的口径:到 2007 年城乡居民生活综合用水量为 120 L/(人·d),牲畜用水量为 10 L/(标准畜·d),工业万元产值耗水量为 120 m^3 /万元、渔业耗水量为 14 250 m^3/hm^2 。

农业用水始终在各业用水中所占比重较大,在吸收各灌区灌溉经验的基础上,着重参考《中国主要作物需水量与灌溉》^[3]中关于我国主要作物需水量研究的成果,诸如冬麦多年平均需水量北疆 500 ~ 650 mm、

南疆 350 ~ 1 000 mm ,春麦多年平均需水量 300 ~ 700 mm 棉花多年平均需水量 500 ~ 800mm 等等。

预测至 2007 年兵团灌区总毛需水量为 86.33 亿 m³ ,其中农业需水量为 77.23 亿 m³ ,居民生活需水量为 0.97 亿 m³ ,牲畜需水量为 0.29 亿 m³ ,工业需水量为 0.68 亿 m³ ,渔业需水量为 0.26 亿 m³ ,新增生态防护林需水量为 6.85 亿 m³ ,其他需水量为 0.04 亿 m³ ,详见表 1。

4 供水预测目标及成果

供水预测目标为 :2007 年基本实现兵团灌区水资源的供需平衡。考虑到用水增长幅度相对较大与供水建设可能相对滞后的客观情况^[1] ,实现兵团灌区总供需平衡有一定的难度 ,其实际总的控制指标缺水率应控制在 10% 左右。

兵团灌区分布于全疆各地 ,按照分水比例分水 ;只有少部分如农九师、农五师、农十三师等拥有一些独立的小河系 ,拥有一定的水资源 ,但河流大多较小 ,资源量十分有限。地表水资源相对丰富的是地处伊犁地区、阿勒泰地区的兵团农四师、农十师 ;十分匮乏的是地处哈密、吐鲁番地区的农十三师以及塔额盆地的农九师 ;较为匮乏的地区是天山北坡的

农五、六、七、八、十二师 ,主要河流有博尔塔拉河、奎屯河、玛纳斯河、乌鲁木齐河等。农一、二、三、十四师大多属于塔里木河流域的源流区 ,主要河流为阿克苏河、开都-孔雀河、叶尔羌河、和田河以及上述诸河等汇流而成的塔里木河。

考虑降水时空变化 ,上游地区大量引用 ,供水设施老化失修报废、管理与调度的不合理 ,泥沙淤积、水质污染、地下水开采能力结合取水许可证制度等众多因素影响预测各灌区可供水量值 ,为便于叙述 ,本文将项目涉及的 47 个灌区可供水量预测值汇总到各一级区 ,详见表 2 可供水量预测值不计入污水处理回用量)。

5 兵团灌区水量供需态势分析及今后的对策、措施

对应兵团灌区社会经济发展预测基本情景 ,兵团各灌区 2007 年供需平衡结果汇总结果详见表 3。

预计 2007 年兵团灌区 ,在 P = 75% 和 P = 50% 时缺水量分别约为 8.72 亿 m³ 和 6.44 亿 m³ 。各一级区缺水量见表 3 ,P = 75% 时各一级分区的缺水率在 5.67% ~ 20.29% 范围 ,P = 50% 时各一级分区的缺水率在 4.81% ~ 12.57% 范围 ,区域间的差异明

表 1 兵团灌区 2007 年国民经济需水预测

分 区	农业		人口		牲畜		工业		渔业		新增生态林		需水量 合计/ 万 m ³
	灌溉面积/ 万 hm ²	需水量/ 万 m ³	数量/ 人	需水量/ 万 m ³	存栏数/ 只	需水量/ 万 m ³	产值/ 万元	需水量/ 万 m ³	面积/ hm ²	需水量/ 万 m ³	面积/ 万 hm ²	需水量/ 万 m ³	
极端干旱气候 棉果微灌区	27.10	289 544.69	518 996	3 181.10	1 240 993	574.54	87 157.63	1 235.88			1.77	12 597.30	307 133.51
干旱气候粮经作物 喷灌和滴灌结合区	6.88	63 288	145 535	670.99	659 794	253.61	18 746.66	197.28	66	98.88	0.76	6 905.02	71 413.78
极端干旱气候 林果微灌区	4.49	40 711.09	119 712	573.40	480 600	183.73	28 252.08	293.62			0.71	9 508.10	51 661.89
干旱气候 棉花滴灌区	47.10	286 340.73	938 505	4 383.32	3 814 837	1 477.12	443 065.74	4 666.44	1 689.17	2 550.57	4.23	30 876.44	330 294.62
半干旱气候 粮油作物喷灌区	5.53	26 867.82	68 121.82	314.07	737 300	283.41	14 298.78	150.72			0.46	3 144.99	30 761.01
干旱气候园艺蔬菜 喷滴灌结合区	7.94	65 526.81	126 415	582.84	379 879	145.92	271 912.00	286.31			0.66	5 459.29	72 001.17
合 计	99.04	772 279.14	1 917 284	9 705.72	7 313 403	2 918.33	618 712.89	6 830.25	1 755.17	2 649.45	8.59	68 491.14	863 265.98

表 2 兵团灌区 2007 年不同保证率下可供水量预测 万 m³

分 区	规划水平年可供水量								可供水量合计	
	地表水				地下水		泉水			
	P = 75%		P = 50%		P = 75%	P = 50%		P = 75%	P = 50%	
	可供水量	其中水库供水	可供水量	其中水库供水						
极端干旱气候林果微灌区	402 035.90	123 042.11	406 343.89	126 107.83	9 164.43	9 164.43	0	411 200.33	415 508.32	
干旱气候粮经作物喷、滴灌结合区	41 542.72	0	43 010.86	0	19 937.92	19 801.00	0	61 480.64	62 811.86	
极端干旱气候林果微灌区	39 539.98	14 963.95	43 741.59	15 433.92	13 695.69	12 925.35	0	53 235.67	56 666.94	
干旱气候棉花滴灌区	251 918.92	19 166.58	273 871	23 735.31	67 034.38	67 830.61	0	318 953.30	341 701.61	
半干旱气候粮油作物喷灌区	17 313.12	7 389.39	21 196.25	8 165.34	6 002.31	5 727.57	1 546.18	24 861.61	28 469.99	
干旱气候园艺、蔬菜喷、滴灌结合区	60 513.81	2 767.00	64 717.13	2 767.00	2 989.37	2 989.37	0	63 503.18	67 706.50	
总 计	812 864.45	167 329.03	852 880.72	176 209.4	118 824.12	118 438.32	1 546.18	933 234.75	972 865.23	

表 3 兵团灌区 2007 年不同保证率下供需平衡分析结果

分 区	P = 75%					P = 50%				
	供水量/ 万 m ³	总需水量/ 万 m ³	缺水量/ 万 m ³	余水量/ 万 m ³	缺水率/ %	供水量/ 万 m ³	总需水量/ 万 m ³	缺水量/ 万 m ³	余水量/ 万 m ³	缺水率/ %
极端干旱气候 棉果微灌区	312036.3	307133.51	17408.36	22311.12	5.67	315948.48	307133.51	14785.97	23600.92	4.81
干旱气候粮经作物 喷灌和滴灌结合区	61480.64	71413.78	10072.91	139.77	14.10	62811.86	71413.78	8747.99	146.07	12.25
极端干旱气候 林果微灌区	51915.48	51661.87	4524.89	4778.51	8.76	55035.17	51661.87	2730.69	6103.99	5.29
干旱气候 棉花滴灌区	310360.54	330294.70	37556.02	17621.01	11.37	329094.29	330294.7	25559.24	24358.42	7.74
半干旱气候 粮油作物喷灌区	26521.23	30761.01	6240.00	2000.21	20.29	30038.01	30761.01	3526.93	2803.93	11.47
干旱气候园艺、蔬菜 喷灌和滴灌结合区	66270.16	72001.17	11337.63	5509.94	15.75	70472.83	72001.17	9047.50	7520.82	12.57
总 计	828584.35	863266.04	87139.82	52360.57	10.09	863400.64	863266.04	64398.32	64534.15	7.46

显,兵团灌区总缺水率为 10.09%和 7.46%,在允许的实际控制范围目标之内。

因供水考虑到生态环境需求(包括河道生态流量^[5])和水资源可持续利用,农一、二、三、十四师为塔里木河流域的源流区,还要考虑塔里木河^[2]综合治理的要求,水资源利用程度大致符合可持续利用意义下的极限要求,即调整经济耗水与生态耗水的比例关系。从供需平衡的结果来看,兵团灌区的节水灌溉工程建设还有很大的潜力。

在国家西部大开发的战略指引下,提出实施可持续发展战略,把生态环境保护和建设放在突出的位置,大力发展精准农业、节水农业、特色农业、高效农业,努力将兵团建设成为西部乃至全国的现代化农业和生态农业示范区。

要改变这种状况,解决问题的措施只有走发展高效节水农业之路,大力发展节水灌溉,通过各项措施,进一步提高水的有效利用率、减少农业用水总量,缓解农业用水的供需矛盾,逐步改善生态环境,增强灌区的可持续发展能力。

6 结 语

本文通过兵团 26.67 万 hm² 现代化灌溉工程涉

及一系列水资源问题做了初步的探讨与分析,通过对兵团 47 个灌区、139 个农牧团场按照降水量、蒸发量、干旱指数等参数为主要指标,兼顾地形、作物、水源条件的分区和对这些灌区涉及不同水源、灌溉形式的供需平衡分析,不仅得出了 47 个灌区不同保证率下的供需平衡结果,还得出了分区后及兵团灌区总的供需趋势,为科学、合理地提出了兵团灌区现阶段适宜发展节水灌溉的规模提供依据,对今后兵团的节水灌溉的发展具有积极深远的意义。

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:中国水利水电出版社,2001:14-198.
[2] 王永琴.塔里木河流域水资源利用与生态农业发展[J].新疆环境保护,2000,2(4):198-201.
[3] 陈玉民,郭国双,王广兴,等.中国主要作物需水量与灌溉[M].北京:中国水利水电出版社,1995:73-368.
[4] GB50288—99,灌溉与排水工程设计规范[S].
[5] 郑建平,王芳,华祖林.海河河口生态需水量研究[J].河海大学学报:自然科学版,2005,33(5):518-521.

(收稿日期 2006-10-17 编辑 高建群)

(上接第 37 页)

[2] HALFORD K J, MAYER G C. Problems associated with estimating groundwater discharge and recharge from stream-discharge record[J]. Ground Water, 2000, 38(3):125-135.
[3] 蒋业放,张兴有.河流与含水层水力耦合模型及其应用[J].地理学报,1999,54(6):526-533.
[4] 武强,孔庆友,张自忠,等.地表河网-地下水流系统耦合模拟Ⅰ:模型[J].水利学报,2005,36(5):588-592.
[5] 张志忠,武强.河水与地下水耦合模型的建立与应用[J].辽宁工程技术大学学报,2004,23(4):449-452.

[6] 武强,徐军祥,张自忠,等.地表河网-地下水流系统耦合模拟Ⅱ:应用实例[J].水利学报,2005,36(6):754-758.
[7] 清华大学水力学教研组编.水力学:下册[M].北京:人民教育出版社,1981:250-255.
[8] 赖良魁.河网水力数值模拟的追赶法模型的应用[J].水文,2001,21(增刊):17-20.
[9] 丁晶,邓育仁.随机水文学[M].成都:成都科技大学出版社,1988.
[10] 王其藩.系统动力学[M].北京:清华大学出版社,1988.

(收稿日期 2006-09-29 编辑 熊水斌)