

# 灌区节水改造分析计算

庞晓明

大禹节水集团股份有限公司 甘肃兰州 730070

**摘要:**我国大中型灌区年均农业灌溉用水量约2200亿立方米,占全国用水总量的36%左右,节水潜力巨大,因此研究论证灌区的节水模式和潜力对建设节水型社会具有十分重要的意义。本文拟通过兴电灌区节水改造的分析计算,分析灌区节水的潜力,为类似工程的建设论证分析计算提供参考,为发展灌区节水提供依据。

**关键词:**灌区;灌溉方式;节水改造;灌水率;水量平衡

## Analysis and calculation of water saving reform in irrigated area

Xiaoming Pang

Dayu Water Saving Group Co., Ltd. Gansu Lanzhou 730070

**Abstract:** The annual water consumption for agricultural irrigation in large and medium-sized irrigation areas is about 220 billion cubic meters, accounting for about 36% of the total water use in China, showing great water-saving potential. Therefore, it is of great significance to study and demonstrate the water-saving mode and potential of irrigated areas for the construction of a water-saving society. Through the analysis and calculation of water-saving transformation in the Xingdian irrigation area, this paper analyzes the potential of water-saving in the irrigation area and provides a reference for the demonstration, analysis, and calculation of similar projects and the basis for the development of water-saving in the irrigation area.

**Keywords:** irrigation area; Irrigation method; Water saving transformation; Irrigation rate; Water balance

### 前言:

在国家“十四五”规划中,明确提出要建设节水型社会,创建200个节水型灌区。我国共有大中型灌区8000多处,有效灌溉面积5.2亿亩,约占全国耕地面积25%,而生产粮食达到了全国总产量的50%,是我国最重要的粮食生产功能区。据《2021年中国水资源公报》数据统计,2021年,农业用水量为3644.3亿 $m^3$ ,占全国用水总量的61.5%,而大中型灌区年均灌溉用水量约2200亿 $m^3$ ,占农业用水总量的60%,节水潜力巨大。因此,计算分析灌区节水改造过程中基于种植结构调整带来的用水变化,对于国家节水事业和粮食安全具有重要

意义。

本文拟以黄河干流上典型的高扬程提水灌区兴电灌区作为研究对象,通过对灌区区域节水改造的分析计算,分析其节水潜力,为区域工程建设规划和设计论证提供参考。

### 一、计算分析

#### 1. 区域概况

兴电灌区位于甘、宁两省区交界的靖远、平川、中卫、海源四县(区)接壤地带,灌区设计灌溉面积30.18万亩,实灌面积30.96万亩,是典型的黄河提水灌区。所在地区深居欧亚大陆腹地,远离海洋,是典型的大陆性气候,气候干燥,降水量少,蒸发强烈,温差大,多风沙,日照时间长,无霜期短。据靖远气象站多年观测资料数据显示,区域多年平均降水量仅为229.6mm,多年平均蒸发量可达1636mm。区内地下水较为贫乏,除季节性洪流外,无地表产流,唯一可利用地表水资源仅为黄

**个人简介:**庞晓明,籍贯:甘肃秦安,出生年:1987.2,性别:男,职称:工程师,学历:本科,学士,专业:农业水利工程,研究方向:水利工程规划设计、节水灌溉技术研究和推广应用,邮箱:465201918@qq.com。

河干流。

### 2. 设计水平年和灌溉设计保证率

根据相关规范拟定本工程现状水平年为2020年,设计水平年为2030年,采用非充分灌溉,根据《灌溉与排水工程设计标准》(GB50288-2018),确定其灌溉设计保证率为95%。

### 3. 项目区现状水土资源平衡分析

总灌溉面积30.96万亩,本次滴灌节水改造面积14.21万亩。

#### (1) 现状供需水量分析

兴电灌区自黄河提水,黄河水利委员会批复的灌区

年许可用水量为1.2亿 $m^3$ ,可供水量按1.2亿 $m^3$ 计。

灌区现状灌溉模式均以渠灌考虑。其灌溉制度如下:

大田作物均需进行泡地保墒,夏作一般采用冬灌,从10月8日至11月23日,灌水定额约为 $80m^3/亩$ ;秋作采用春灌,从4月20日到5月10日,灌水定额约为 $70m^3/亩$ ,作物生长期灌水周期一般在20天左右。现状灌溉制度见下表1。

根据灌溉制度和现状灌水率绘制现状灌水率图,如下图1。

调查知灌区现状各级渠系及建筑物灌溉水利用系数如下表2。

表1 灌区现状水平年(2020年)灌溉制度表

序号	作物名称	灌水方式	总种植面积(万亩)	本次项目设计面积(万亩)	种植比例(%)	灌水次数	灌水定额( $m^3/亩$ )	净灌溉定额( $m^3/亩$ )	灌水时间		灌水天数(天)	净灌水率( $m^3/s \cdot 万亩$ )
									起(月-日)	止(月-日)		
合计			30.18	14.21	100							
1	小麦(含豆类)	渠灌	3.92	1.8	12.7	冬灌	80	250	10-8	11-25	49	0.027
						1	60		4-20	5-14	25	0.039
						2	60		5-15	6-9	25	0.039
						3	50		6-10	7-5	25	0.033
2	玉米	渠灌	6.22	2.85	20.1	春灌	70	270	3-25	4-10	17	0.104
						1	50		6-5	6-28	24	0.053
						2	50		6-29	7-22	24	0.053
						3	50		7-23	8-15	24	0.053
						4	50		8-16	9-7	23	0.055
3	马铃薯	渠灌	2.64	1.21	8.5	冬灌	70	240	10-8	11-25	49	0.016
						1	40		5-15	6-6	23	0.02
						2	40		6-7	6-29	23	0.02
						3	45		6-30	7-22	23	0.022
						4	45		7-23	8-14	23	0.022
4	油料、蔬菜(经济作物)	渠灌	3.82	1.75	12.3	冬灌	80	255	10-8	11-25	49	0.025
						1	40		4-20	5-18	29	0.021
						2	50		5-19	6-16	29	0.027
						3	45		6-17	7-15	29	0.024
						4	40		7-20	8-15	27	0.023
5	枸杞(经济林)	渠灌	14.36	6.59	46.4	冬灌	80	280	10-1	11-15	49	0.096
						1	40		5-20	6-3	20	0.117
						2	40		6-4	6-18	20	0.117
						3	40		6-19	6-30	20	0.117
						4	40		7-1	7-12	20	0.117
						5	40		7-13	7-17	20	0.117
综合净灌溉定额( $m^3/亩 \cdot 年$ )								267.7				

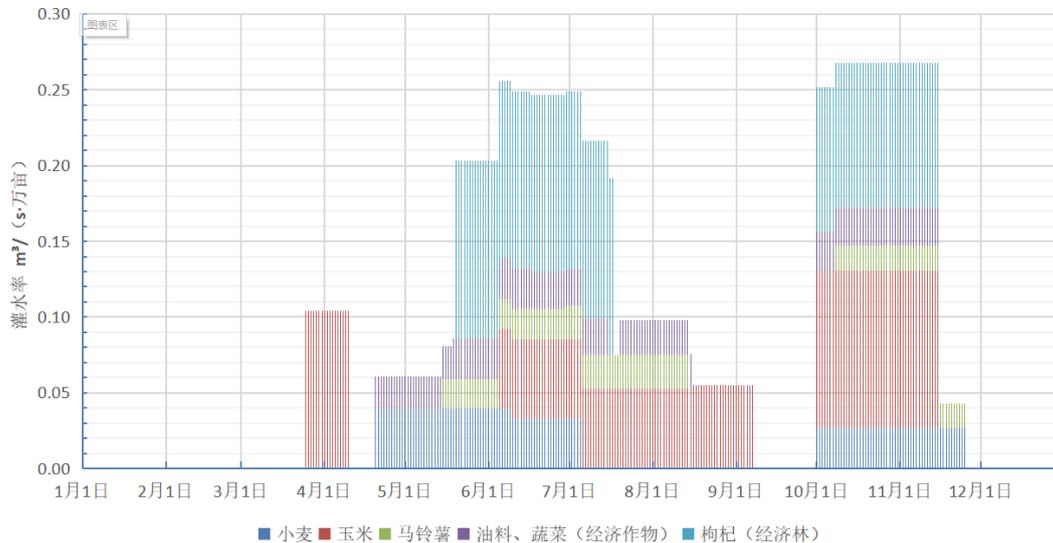


图1 兴电灌区现状水平年(2020年)渠灌灌水率图

表2 灌区综合灌溉水利用系数表

渠道水利用系数	总干渠	0.98	田间水利用系数	0.88
	干渠	0.95	调蓄水池	0.98
	支干渠	0.94	干渠断面	0.623
	支渠	0.9	支干渠断面	0.656
	斗渠以下断面	0.881	支渠断面	0.698
渠系水利用系数		0.694	综合灌溉水利用系数	0.61

计算现状净灌溉需水量为8287.9万m<sup>3</sup>,毛灌溉需水量即现状渠灌实际灌溉需水量为13586.72万m<sup>3</sup>。

(2) 现状水量供需平衡分析

灌区现状需水13586.72万m<sup>3</sup>,可供水12000万m<sup>3</sup>,实际缺水1586.72万m<sup>3</sup>,不能满足实际灌溉用水需求。同时,受渠道输水能力和种植结构的影响,在用水高峰期用水矛盾十分明显,需要通过种植结构调整和节水改造来进行缓解。

4. 工程实施后水土资源平衡分析

(1) 工程实施后供需水量预测

工程实施后,可用水量保持不变,仍然为1.2亿m<sup>3</sup>。

① 种植结构调整

灌区现状是以粮食生产为主导的农业生产结构,综合考虑区域发展、市场经济效益和用水情况,对灌区种植结构进行优化调整,见表3。

② 灌溉模式调整

对灌区现状条件进行分析认为,灌区温差大、日照时间长、降水少,部分地区存在土壤盐渍化,且实际地形自然落差大,因此,考虑适宜的田间节灌模式应以自压式大田滴灌为主,同时保留现有冬春泡地灌,以避免

表3 设计水平年项目区农作物种植结构调整表

作物分类	作物名称	2020年 (现状水平年)		2030年 (设计水平年)	
		种植面积 (万亩)	种植比例 (%)	种植面积 (万亩)	种植比例 (%)
粮食作物	春小麦	3.92	12.7	3.27	10.56
	玉米	6.22	20.1	4.36	14.08
	马铃薯	2.64	8.5	2.64	8.53
经济作物	油料、蔬菜	3.82	12.3	4.79	15.47
经济林	枸杞	14.36	46.4	15.9	51.36
合计		30.96	100	30.96	100

土壤板结。设计水平年兴电灌区布置滴灌14.21万亩,占灌区现状实际灌溉总面积的45.9%。灌溉模式调整情况见表4。

表4 设计水平年项目区农作物灌溉模式调整表

灌溉模式	作物分类	作物名称	种植面积(万亩)
渠灌	粮食作物	春小麦	1.77
		玉米	2.36
		马铃薯	1.43
	经济作物	油料、蔬菜	2.59
	经济林	枸杞	8.6
小计			16.75
滴灌	粮食作物	春小麦	1.5
		玉米	2
		马铃薯	1.21
	经济作物	油料、蔬菜	2.2
	经济林	枸杞	7.3
小计			14.21
合计			30.96

③工程实施后灌溉制度设计

后分别计算不同作物各个时期的灌水定额，结果见下表

本次拟改造滴灌面积14.21万亩灌溉方式为滴灌，而 5。

其他部分不变。通过气象站查取多年平均降水量数据，

根据以上计算结果和项目区实际灌溉情况，设计灌

采用彭曼公式计算农作物各月份各阶段的耗水强度，然

灌溉制度见下表6、表7。

表5 不同作物不同生长周期灌水定额计算表

作物名称	生育阶段		最大净灌水定额 $m_{max}$ (mm)	设计耗水强度 $I_a$ (mm/d)	最大灌水周期 $T_{max}$ (d)	设计灌水周期 $T$ (d)	设计净灌水定额 ( $m^3/亩$ )
	分蘖~拔节	5.1-5.15	18.64	2.75	6.78	6	11
	拔节~抽穗	5.16-5.31	24.85	3.93	6.32	6	15.73
	抽穗~成熟	6.1-7.10	24.85	3.08	8.06	8	16.45
玉米	播种~幼苗	4.16-4.30	17.06	1.04	16.4	15	10.41
	幼苗~拔节	5.1-5.31	17.06	1.1	15.6	15	10.98
	拔节~抽雄	6.1-6.30	19.91	3.08	6.5	6	12.34
	抽雄~灌浆	7.1-8.20	22.75	3.09	7.4	7	14.41
	灌浆~成熟	8.20-9.20	25.59	1.24	20.7	15	12.39
马铃薯	播种~幼苗	4.21-5.10	13.13	1.04	12.6	14	9.72
	块茎形成	5.11-6.20	17.5	1.51	11.6	11	11.08
	块茎增长	6.21-7.31	21.88	3.47	6.3	6	13.87
	淀粉积累	8.1-8.20	21.88	2.12	10.3	10	14.14
油料、蔬菜 (经济作物)	播种-发芽	4.15-4.30	11.25	0.88	12.8	12	7.06
	幼苗	5.1-5.20	15	2.13	7	7	9.94
	伸蔓期	5.21-6.20	18.75	3.11	6	6	12.46
	结果-成熟	6.21-7.20	18.75	3.84	4.9	4	10.26

表6 灌区设计水平年(2030年)渠灌部分灌溉制度表

序号	作物名称	灌水方式	种植面积 (万亩)	灌水次数	灌水定额 ( $m^3/亩$ )	灌溉定额 ( $m^3/亩$ )	灌水时间		灌水天数 (天)	灌水率 ( $m^3/s$ ·万亩)
							起(月-日)	止(月-日)		
合计			16.75							
1	小麦 (含豆类)	渠灌	1.77	冬灌	80	250	10-8	11-25	49	0.027
				1	60		4-20	5-14	25	0.039
				2	60		5-15	6-9	25	0.039
				3	50		6-10	7-5	25	0.033
2	玉米	渠灌	2.36	春灌	70	270	3-25	4-10	17	0.104
				1	50		6-5	6-28	24	0.053
				2	50		6-29	7-22	24	0.053
				3	50		7-23	8-15	24	0.053
				4	50	8-16	9-7	23	0.055	
3	马铃薯	渠灌	1.43	冬灌	70	240	10-8	11-25	49	0.016
				1	40		5-15	6-6	23	0.02
				2	40		6-7	6-29	23	0.02
				3	45		6-30	7-22	23	0.022
				4	45	7-23	8-14	23	0.022	
4	油料、蔬菜 (经济作物)	渠灌	2.59	冬灌	80	255	10-8	11-25	49	0.025
				1	40		4-20	5-18	29	0.021
				2	50		5-19	6-16	29	0.027
				3	45		6-17	7-15	29	0.024
				4	40	7-20	8-15	27	0.023	

序号	作物名称	灌水方式	种植面积 (万亩)	灌水次数	灌水定额 (m <sup>3</sup> /亩)	灌溉定额 (m <sup>3</sup> /亩)	灌水时间		灌水天数 (天)	灌水率 (m <sup>3</sup> /s ·万亩)
							起 (月-日)	止 (月-日)		
5	枸杞 (经 济林)	渠灌	8.6	冬灌	80	280	10-1	11-15	49	0.096
				1	40		5-20	6-3	20	0.117
				2	40		6-4	6-18	20	0.117
				3	40		6-19	6-30	20	0.117
				4	40		7-1	7-12	20	0.117
				5	40		7-13	7-17	20	0.117
综合净灌溉定额 (m <sup>3</sup> /亩·年)						267.697				

表7 灌区设计水平年 (2030年) 滴灌改造部分灌溉制度表

序号	作物名称	灌水方式	种植面积 (万亩)	灌水次数	灌水定额 (m <sup>3</sup> /亩)	灌溉定额 (m <sup>3</sup> /亩)	灌水时间		灌水天数 (天)	灌水率 (m <sup>3</sup> / s·万亩)
							起 (月-日)	止 (月-日)		
合计			14.21							
1	小麦	滴灌	1.5	冬灌	50	192.19	10-8	11-25	46	0.014
				1	7.23		4-17	5-1	15	0.006
				2	11		5-2	5-7	6	0.024
				3	11		5-8	5-13	6	0.024
				4	15.73		5-14	5-19	6	0.035
				5	15.73		5-20	5-25	6	0.035
				6	15.73		5-26	5-31	6	0.035
				7	16.45		6-1	6-8	8	0.027
				8	16.45		6-9	6-16	8	0.027
				9	16.45		6-17	6-24	8	0.027
2	玉米	滴灌	2	春灌	60	206.14	3-25	4-10	17	0.063
				1	12.34		6-6	6-11	6	0.037
				2	12.34		6-12	6-17	6	0.037
				3	12.34		6-18	6-23	6	0.037
				4	12.34		6-24	6-29	6	0.037
				5	12.34		6-30	7-5	6	0.037
				6	14.41		7-6	7-12	7	0.037
				7	14.41		7-13	7-19	7	0.037
				8	14.41		7-20	7-26	7	0.037
				9	14.41		7-27	8-2	7	0.037
				10	14.41		8-3	8-9	7	0.037
3	马铃薯	滴灌	1.21	冬灌	60	204.72	10-8	11-25	49	0.013
				1	11.08		5-15	5-25	11	0.011
				2	11.08		5-26	6-5	11	0.011
				3	11.08		6-6	6-16	11	0.011
				4	13.87		6-21	6-26	6	0.025
				5	13.87		6-27	7-2	6	0.025
				6	13.87		7-3	7-8	6	0.025
				7	13.87		7-9	7-14	6	0.025
				8	13.87		7-15	7-20	6	0.025
				9	13.87		7-21	7-26	6	0.025
				10	14.14		8-1	8-10	10	0.015
				11	14.14		8-11	8-20	10	0.015

序号	作物名称	灌水方式	种植面积 (万亩)	灌水次数	灌水定额 (m <sup>3</sup> /亩)	灌溉定额 (m <sup>3</sup> /亩)	灌水时间		灌水天数 (天)	灌水率 (m <sup>3</sup> / s·万亩)
							起 (月-日)	止 (月-日)		
4	油料、蔬菜 (经济作物)	滴灌	2.2	冬灌	50	220.98	10-8	11-25	49	0.02
				1	7.06		4-16	4-27	12	0.011
				2	9.94		4-28	5-4	7	0.028
				3	9.94		5-5	5-11	7	0.028
				4	9.94		5-12	5-18	7	0.028
				5	12.46		5-22	5-27	6	0.041
				6	12.46		5-28	6-2	6	0.041
				7	12.46		6-3	6-8	6	0.041
				8	12.46		6-9	6-14	6	0.041
				9	12.46		6-15	6-20	6	0.041
				10	10.26		6-21	6-24	4	0.05
				11	10.26		6-25	6-28	4	0.05
				12	10.26		6-29	7-1	4	0.05
				13	10.26		7-2	7-5	4	0.05
				14	10.26		7-6	7-9	4	0.05
				15	10.26		7-10	7-13	4	0.05
16	10.26	7-14	7-17	4	0.05					
5	枸杞 (经济林)	滴灌	7.3	冬灌	80	190.31	10-1	11-15	46	0.113
				1	12.11		4-15	4-29	15	0.052
				2	11.24		4-30	5-12	13	0.056
				3	12.86		5-13	5-17	6	0.139
				4	12.86		5-18	5-24	6	0.139
				5	12.86		5-25	5-30	6	0.139
				6	12.86		5-31	6-5	6	0.139
				7	12.86		6-12	6-17	6	0.139
				8	12.59		6-18	6-29	12	0.068
9	10.09	6-30	7-14	15	0.044					
综合净灌溉定额 (m <sup>3</sup> /亩·年)						198.71				

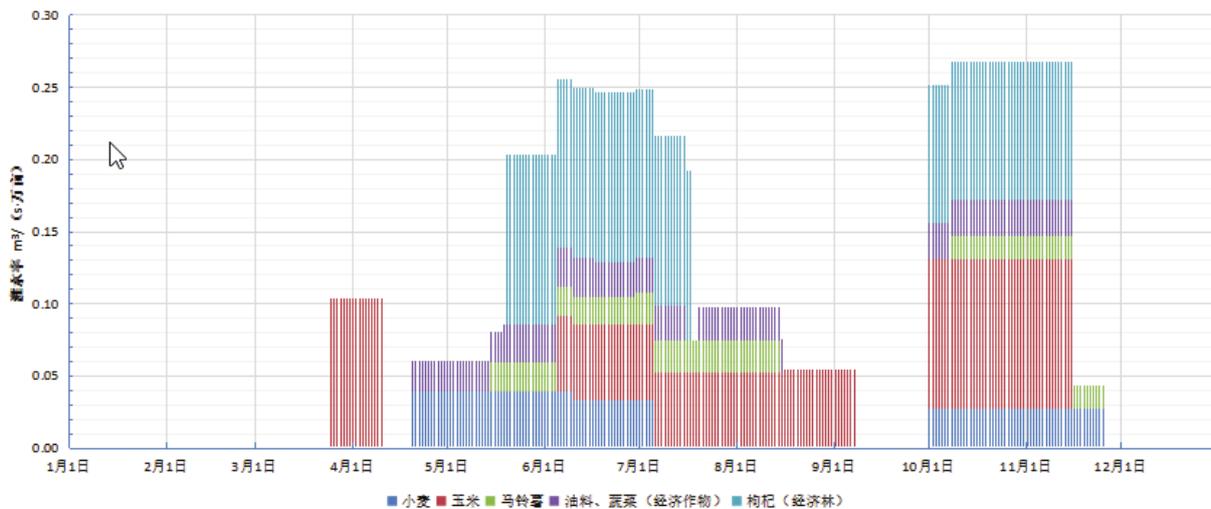


图2 项目区设计水平年 (2030年) 渠灌部分灌水率图

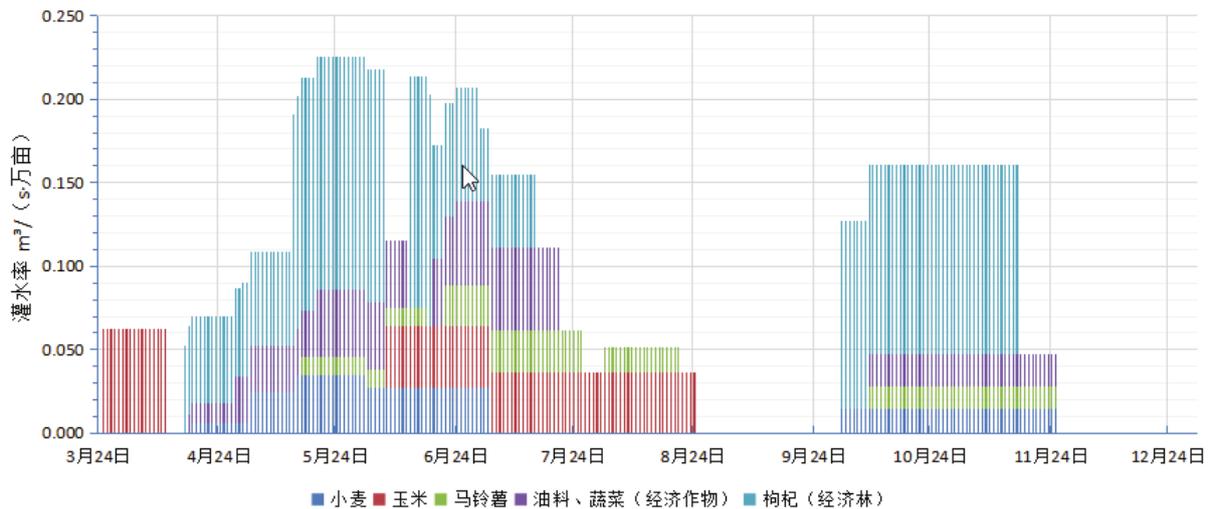


图3 项目区设计水平年(2030年)滴灌改造部分灌水率图

#### ④设计灌水率和灌溉定额

计算各类作物生育周期内各次灌水的灌水率, 绘制并修正后作为灌区的设计灌水率图, 见图2、图3。据图确定设计灌水率为 $0.2254\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{万亩}$ 。

设计水平年渠灌部分的综合净灌溉定额为 $267.697\text{m}^3/\text{亩}\cdot\text{年}$ , 滴灌部分的综合净灌溉定额为 $198.71\text{m}^3/\text{亩}\cdot\text{年}$ 。

#### ⑤工程实施后需水量计算

参考规范和表3的参数, 结合渠灌和滴灌部分的综合灌溉定额, 分析计算各区综合灌溉水利用系数, 全渠灌为0.61, 而滴灌区为总干渠和干渠两级渠系水利用系数(0.931)、调蓄水池水利用系数(0.98)、管道水利用系数(0.98)以及田间水利用系数0.95的乘积, 即0.85。则工程实施后的需水量为 $(16.76 \times 267.697 \div 0.61) + (14.21 \times 198.71 \div 0.85) = 10672.7\text{万}\text{m}^3$ 。

#### (2) 工程实施后水量供需平衡分析

通过节水改造, 年用水量从 $12000\text{万}\text{m}^3$ 减少到 $10672.7\text{万}\text{m}^3$ , 供水量可以满足需求, 整个片区可由原来

的缺水转为余水。

#### 二、计算分析结论

项目区实施节水措施改造后, 改造区域的综合灌溉水利用系数可以提高到0.85, 而整个灌区综合灌溉水利用系数将由0.61提高到0.72(设计水平年渠灌区和滴灌区数据加权计算得出), 每年节余水总量可达 $1327.3\text{万}\text{m}^3$ 。

#### 三、结语

由以上分析计算可以看出, 灌区通过节水措施改造, 通过区域农作物种植结构和灌溉方式的改变, 可以对整个灌区的水资源调度起到良好的效果, 节水效果十分明显。大中型灌区节水改造, 是落实国家《“十四五”水安全保障规划》的行之有效的举措, 对地方产业振兴和农业农村现代化发展起到促进作用, 可以为国家粮食安全和乡村振兴战略落地提供有力支撑, 研究计算其节水潜力的过程、方法和结论, 可以为同类型工程建设论证提供参考, 为发展类似工程项目提供经验和依据。