

柴达木盆地乌兰县节水灌溉试验研究

温川, 温得平 (青海省水文水资源勘测局, 青海西宁 810000)

摘要 以青海省乌兰县希里沟灌区“马铃薯种植灌溉”为例, 通过对灌区种植结构的调整和发展高效节水灌溉喷灌技术的研究, 得出现状年和规划年灌溉区用水量分别为 3 499.70 万和 2 367.27 万 m^3 , 用水量减少 1 132.43 万 m^3 。在 75% 的保证率下, 规划设计年都兰河来水量可满足项目区的灌溉需水要求, 水资源供需达到平衡。与现状年相比, 灌区灌溉水利用系数大幅度提高, 节水效益明显。

关键词 节水工程; 水资源; 喷灌技术; 灌区

中图分类号 S 275 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)04-0071-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.04.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Water Saving Irrigation Test in Wulan County of Qaidam Basin

WEN Chuan, WEN De-ping (Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Qinghai Province, Xining, Qinghai 810000)

Abstract Taking the “potato planting irrigation” in the Xiligou irrigation district of Wulan County, Qinghai Province as an example, through the adjustment of the planting structure in the irrigation area and the development of high-efficiency water-saving irrigation sprinkler irrigation technology, it was concluded that the current annual and planned annual irrigation area water consumption was 34 997 000 m^3 and 23 672 700 m^3 , the water consumption decreased by 11.324 3 million m^3 . Under the 75% guarantee rate, the planning and design year of the Lanhe River could meet the irrigation water requirements of the project area, and the water supply and demand balance. Compared with the current year, the irrigation water utilization coefficient of the irrigation area had been greatly improved, and the water saving efficiency was obvious.

Key words Water saving project; Water resources; Sprinkler irrigation technology; Irrigation area

近年来,随着用水与供水的供需矛盾突出,农业已成为各行业中的用水大户。灌区可通过种植结构的调整和发展高效节水灌溉来改善灌溉条件和农业生产条件,提高用水利用系数,合理利用水资源,引导和推动节水灌溉事业健康发展^[1-4]。许多学者对灌区灌溉制度方面进行了研究,并取得了一定的成果^[5-10],如苏旭等^[5]在青海省都兰地区莜麦高颖颇丰产规律研究的基础上,探讨了该地区莜麦的需水规律,提出了该地区莜麦栽培过程中的灌溉措施;魏志玲等^[8]研究青海东部农业区春小麦的非充分灌溉制度得出,小麦扬花到成熟期是小麦耗水的关键时期,也是需水量最大的时期;吴学明等^[11]对柴达木盆地香日德灌区春小麦的需水规律进行了研究,提出了该地区春小麦高产的科学灌溉措施。前人对柴达木地区小麦灌溉制度等方面的研究成果较多,灌区综合作物灌溉制度研究的较少。笔者拟从调整灌区种植结构和发展高效节水灌溉技术等方面进行探讨,得出灌区现状年和规划设计年的用水量及节水效果。

1 研究区概况

乌兰县位于柴达木盆地的东南部——希赛盆地,地理坐标为 97°01′~99°27′E, 36°19′~37°20′N, 东西长 216.9 km, 南北宽 112 km, 共辖希里沟、茶卡、铜普和柯柯 4 个镇, 总人口 36 761 人。该地区属典型大陆性干旱区气候, 主要特点为干燥少雨, 年平均气温 2.5~3.1 °C。初霜期始于 9 月份, 终霜于次年 5 月份, 无霜期 90~150 d。最大冻土深度 166 cm。作物生长期(5 月 1 日—9 月 20 日)总积温 1 700 °C·d 以上。多年平均降水量 197.4 mm, 多年平均蒸发量为 1 919.6 mm。

希赛流域耕地面积为 4 199 hm^2 , 其中都兰河流域 1 135 hm^2 , 赛什克流域 3 064 hm^2 。希赛盆地以都兰河和柯柯盐湖为中心, 四周地形向中倾斜, 形成向心水系, 主要河流有都兰河和赛什克河 2 条。都兰河全长 32.51 km, 集水面积 1 259 km^2 , 实测多年平均流量 1.12 m^3/s 。赛什克河全长 62.0 km, 集水面积 987 km^2 , 多年平均流量 0.74 m^3/s 。

2 灌溉现状

2.1 灌溉渠道 希赛灌区全部为渠道灌溉, 灌区建成干渠 7 条, 长 46.2 km; 支渠 29 条, 长 70.8 km, 均为防渗渠, 干支渠各类建筑物 218 座; 斗农渠 137 条, 长 84.3 km; 排洪渠 13.6 km。人畜饮水管道 14.5 km, 供水点 25 个。希赛灌区经过多年的运行, 灌区老化, 干、支渠已有近 2/3 以上存在不同程度的损坏, 引水渠淤砂、渡槽渗漏严重, 加之灌区斗渠几乎未做任何防渗处理, 目前灌区综合水利用系数只有 0.35 左右, 水资源浪费严重。

2.2 水库 希赛流域已建水库 2 座, 涝池 2 座, 都兰河水库(小型)库容 240 万 m^3 , 控制面积 2 267 hm^2 ; 赛西水库(小型)库容 102.6 万 m^3 , 控制面积 933 hm^2 ; 赛什克涝池(小型)库容 50.13 万 m^3 , 控制面积 250 hm^2 , 赛什克农场涝池(小型)库容 23 万 m^3 , 控制面积 200 hm^2 。希赛流域正在建设水库 1 座, 下湾水库兴利库容为 280 万 m^3 , 总库容为 300 万 m^3 。

2.3 机井 希赛灌区内 2010 年已打井 2 眼, 位于塞纳村, 井深 150 m, 单井出水量为 80 m^3/h 。

3 水土平衡分析

3.1 灌溉分区划分 结合水文地质条件、水系分布以及现有水利工程的布局和供水条件, 为便于供需平衡分析计算, 将全灌区划分为库灌区和井灌区。库灌区包括希里沟镇北庄、东庄、西庄以及柯柯镇兴隆村、西沙沟村和东沙沟村, 主要以都兰河水库和下湾水库联合调度供水。井灌区包括柯柯镇

基金项目 国家三江源生态环境专项基金项目(2017HA003); 柴达木循环经济建设专项基金项目(2017CB007)。

作者简介 温川(1981—), 男, 重庆人, 高级工程师, 从事水文水资源勘测工作。

收稿日期 2018-09-26

的赛什克村、塞纳村、怀才吉村、圆山村和兴乐村,主要以开采地下水供水灌溉(表1)。

表1 灌溉分区控制面积

Table 1 Irrigation zone control area hm^2

灌溉分区 Irrigation zone	位置 Location	实测面积 Measured area	有效灌溉面积 Effective irrigation area
库灌区 Reservoir irrigation area	希里沟北庄、东庄、西庄 兴隆、西沙沟、东沙沟等	379 522	293 374
井灌区 Well irrigation area	园山、怀才 兴乐 塞纳北 赛什克北 呼特格劳农场	181 185 298 101 833	136 130 150 68 721
	小计	1 598	1 205

3.2 灌溉保证率 根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB 50288—1999)^[12]中灌溉设计保证率的确定原则,以旱作物种植为主的缺水地区,灌溉设计保证率取50%~75%。结合希赛流域降雨条件和现状灌溉条件,规划水平年灌溉设计保证率采用75%。

4 水资源平衡分析

4.1 库灌区和赛什克井灌区水资源平衡分析

4.1.1 项目区水源及来水分析。该项目区水源为都兰河,都兰河上设有上朶巴水文站,采用上朶巴站的观测资料作为水资源分析的代表站。上朶巴站实测多年平均流量为 $1.12 \text{ m}^3/\text{s}$,变异系数(CV)为0.15,偏态系数(C_s)为0.30,在75%保证率下测得的上朶巴水文站的径流年内分配见表2。从表2可以看出,项目区来水年内分配比较均匀,连续最大4个月来水量月份为7—10月,1月份来水量最小。

4.1.2 现状年用水分析。

4.1.2.1 灌溉制度。库灌区和赛什克井灌区同属希里沟灌

表2 都兰河上朶巴水文站P=75%径流年内分配

Table 2 P = 75% runoff distribution within the year in Shangyuba Hydrological Station of Dulan River

月份 Month	径流 Runoff 10^4 m^3	所占百分比 Percentage %
1	155.4	4.8
2	176.6	5.5
3	300.0	9.3
4	246.2	7.7
5	277.7	8.6
6	184.0	5.7
7	388.4	12.2
8	492.8	15.3
9	248.8	7.7
10	273.8	8.5
11	256.6	8.0
12	214.3	6.7
全年 Whole year	3 214.6	100

区,水源同为都兰河,该地区灌溉制度为:小麦比例50%,每年灌水7次,灌溉净定额 $4 575 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;草料豆类比例15%,每年灌水5次,灌溉净定额 $3 750 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;油料比例14%,每年灌水5次,灌溉净定额 $3 750 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;马铃薯种植5%,每年灌水5次,灌溉净定额 $4 200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;蔬菜比例1%,每年灌水10次,灌溉净定额 $6 600 \text{ m}^3/\text{hm}^2$;林带比例15%,每年灌水8次,灌溉净定额 $5 250 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。综合净灌溉定额 $4 458 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。灌溉水利用系数0.65,综合毛灌溉定额 $6 858 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

4.1.2.2 灌溉水利用系数。现状年灌溉以渠道灌溉为主,现状田间水利用系数0.60,渠系利用系数0.75,灌溉水利用系数0.45。

4.1.2.3 灌溉用水量计算。经计算(表3),在75%的保证率下,在现状水利工程下项目区毛灌溉用水量为 $3 359.70 \text{ 万 m}^3$ 。

表3 项目区灌溉用水量计算

Table 3 Calculation of irrigation water consumption in project area

万 m^3

月份 Month	豆类 Beans	小麦 Wheat	油料 Oil	马铃薯 Potato	防护林 Protective forest	净灌溉用水量 Net irrigation water consumption	毛灌溉用水量 Hair irrigation water consumption
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	37.20	37.20	82.60
4	52.01	173.40	30.34	29.72	0	285.47	634.30
5	24.32	173.40	18.20	2.48	37.15	255.55	567.80
6	57.42	148.60	41.61	2.06	0	249.69	554.90
7	37.15	148.60	53.59	27.21	0	266.55	592.40
8	37.15	169.60	50.44	7.88	37.15	302.22	671.50
9	0	115.30	0	0	0	115.30	256.20
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
全年 Whole year	208.90	928.90	194.18	69.35	111.50	1 511.96	3 359.70

4.1.2.4 人畜饮水用水量确定。下湾水库为希里沟镇及赛什克乡提供人畜饮水水源,希里沟镇和赛什克乡现有人口 20 401 人,大牲畜 5 496 头,小牲畜 121 993 只,供水期为 30 年,人口增长率为 8‰,牲畜增长率为 3‰,供水人口为 25 910 人、大牲畜 6 013 头、小牲畜 133 464 只。人用水量按 80 L/d 计,大牲畜用水量按 40 L/d 计,小牲畜用水量按 10 L/d 计,平均每月按 30.4 d 计,供水管道水利用系数为 0.95,人畜饮水每月用水量为 11.67 万 m³,全年用水量为 140.04 万 m³。

4.1.2.5 总用水量计算。项目所在灌区总用水量为农田灌溉水量和人畜饮水水量之和。经计算(表 4),项目区总用水量为 3 499.70 万 m³。

表 4 项目区总用水量计算

Table 4 Calculation of total water consumption in the project area

月份 Month	农田灌溉用水量 Farmland irrigation water consumption		人畜饮水用 水 Human and animal drinking water//万 m ³
	净量 Net amount	毛量 Gross amount	
	1	0	
2	0	0	11.67
3	37.15	82.56	11.67
4	285.45	634.34	11.67
5	255.53	567.84	11.67
6	249.70	554.89	11.67
7	266.56	592.35	11.67
8	302.19	671.53	11.67
9	115.27	256.15	11.67
10	0	0	11.67
11	0	0	11.67
12	0	0	11.67
全年 Whole year	1 511.85	3 359.66	140.04

4.1.2.6 水资源平衡分析。由于现状年采用渠道灌溉模式,灌溉水利用率偏低,毛灌溉用水偏大,经计算,虽有水库调节,但现状年在局部月份水资源供需矛盾突出,河道来水不能满足项目区的灌溉用水要求,尤其以 4—6 月水资源供需矛盾突出,现状年水资源供需不平衡(表 5)。

表 5 现状年水资源平衡计算

Table 5 Water balance calculation in current year 万 m³

月份 Month	来水量 Inflow	水库调节 Reservoir regulation	总用水量 Total water consumption	水量盈余 Water surplus
1	155.35	240	11.67	383.68
2	176.60	240	11.67	404.93
3	299.98	240	94.23	445.75
4	246.24	240	646.01	-159.77
5	277.66	240	579.51	-61.85
6	184.03	240	566.56	-142.53
7	388.37	240	604.02	24.35
8	492.83	240	683.20	49.63
9	248.83	240	267.82	221.01
10	273.83	240	11.67	502.16
11	256.61	240	11.67	484.94
12	214.27	240	11.67	442.60
全年 Whole year	3 214.60		3 499.70	-285.10

4.1.3 规划设计年用水分析。

4.1.3.1 灌溉制度及用水量分析。规划年项目区主要进行种植结构调整,发展高效节水灌溉的生产方式。其中小麦、草料、油料、马铃薯、蔬菜和林带种植比例分别调整为 18%、4%、7%、55%、1%和 15%。项目区马铃薯种植区由渠灌改为喷灌,灌溉水利用系数有所提高,灌溉水利用率提高至 85%(表 6)。经过种植结构的调整和喷灌项目的实施,项目区总用水量为 2 367.27 万 m³(表 7)。

表 6 规划年灌溉制度

Table 6 Irrigation system for the planning year

种植业 Crop farming	生长阶段 Growth stage	灌溉定额 Irrigation quota//m ³ /hm ²	灌水时间 Irrigation time		灌水延续时间 Irrigation duration//d	灌水率 Irrigation rate m ³ /(s·万 hm ²)
			始 Beginning	终 End		
豆类 Beans	播前	4 200	04-21	04-30	10	0.486 0
	苗水		05-26	06-05	11	0.379 5
	开花水		06-21	06-25	5	0.694 5
	结荚		07-10	07-20	11	0.315 0
小麦 Wheat	成熟	5 625	08-05	08-15	11	0.315 0
	播前		04-01	04-20	20	1.093 5
	春灌		05-09	05-26	18	1.215 0
	苗水		06-12	06-29	18	1.041 0
	分蘖		07-11	07-25	15	1.249 5
	拔节水		08-06	08-17	12	1.563 0
油料 Oil	灌浆水	4 200	08-30	09-11	13	1.321 5
	播前		04-21	05-06	16	0.531 0
	苗灌		06-06	06-20	15	0.486 0
	开花水		07-01	07-10	10	0.607 5
	结荚		07-26	08-05	11	0.552 0
成熟	08-15	08-25	11	0.552 0		

接下表

续表 6

种植业 Crop farming	生长阶段 Growth stage	灌溉定额 Irrigation quota//m ³ /hm ²	灌水时间 Irrigation		灌水延续时间 Irrigation duration//d	灌水率 Irrigation rate m ³ /(s·万 hm ²)
			始 Beginning	终 End		
马铃薯 Potato	播前	4 200	04-01	04-07	7	3.846 0
	生长期		04-15	04-21	7	3.846 0
	生长期		05-05	05-11	7	3.846 0
	生长期		05-20	05-26	7	3.846 0
	生长期		06-05	06-10	6	4.456 5
	生长期		06-16	06-21	6	4.456 5
	生长期		07-05	07-11	7	3.819 0
	生长期		07-20	07-26	7	3.819 0
	生长期		08-05	08-11	7	3.819 0
	生长期		08-20	08-26	7	3.819 0
蔬菜 Vegetables	播前	7 275	04-01	04-20	20	0.061 5
	生长期		05-01	05-15	15	0.058 5
	生长期		06-01	06-15	15	0.058 5
	生长期		06-16	06-30	15	0.058 5
	生长期		07-01	07-15	15	0.058 5
	生长期		07-16	07-31	16	0.054 0
	生长期		08-06	08-20	15	0.058 5
	生长期		09-01	09-15	15	0.075 0
	生长期		09-16	09-30	15	0.058 5
	防护林 Protective forest		冬灌	3 000	11-01	12-15
生长期		03-01	03-31		31	0.420 0
生长期		05-01	05-31		31	0.420 0
生长期		08-01	08-31		31	0.420 0

表 7 规划年用水量计算

Table 7 Calculation of water consumption for the planning year

万 m³

月份 Month	用水量 Water consumption					小麦、豆 类等毛灌 溉用水量 Wheat, beans and other gross irrigation water consumption	马铃薯毛 灌溉用水量 Potato gross irrigation water consumption	人畜饮 水用水 Human and animal drinking water	总用水量 Total water consumption
	豆类 Beans	小麦 Wheat	油料 Oil	马铃薯 Potato	防护林 Protective forest				
1	0	0	0	0	0	0	0	11.67	11.67
2	0	0	0	0	0	0	0	11.67	11.67
3	0	0	0	0	37.15	82.56	0	11.67	94.23
4	13.87	62.42	15.17	152.57	0	203.24	179.50	11.67	394.40
5	6.48	62.42	9.10	152.57	37.15	255.90	179.50	11.67	447.06
6	15.31	53.50	20.81	152.27	0	199.14	179.50	11.67	390.31
7	9.91	53.50	26.79	152.57	0	200.45	179.50	11.67	391.61
8	9.91	61.04	25.22	152.57	37.15	296.27	179.50	11.67	487.43
9	0	41.50	0	0	0	92.21	0	11.67	103.88
10	0	0	0	0	0	0	0	11.67	11.67
11	0	0	0	0	0	0	0	11.67	11.67
12	0	0	0	0	0	0	0	11.67	11.67
全年 Whole year	55.48	334.38	97.09	762.85	111.45	1 329.77	897.50	140.04	2 367.27

4.1.3.2 水量平衡分析。种植结构的调整和喷灌项目的实施使得项目区灌溉水利用率得以提高,项目区灌溉用水量下降,在 75%的保证率下都兰河来水量可满足项目区的灌溉需水要求,水资源供需达到平衡。与现状年相比,节水效益明显,节出的水可满足生态需水要求(表 8)。

4.2 井灌区水资源平衡分析

4.2.1 井灌需水量。项目区井灌区总面积为 1 597.6 hm²,根

据灌溉制度,井灌区总灌溉需水量为 789.40 万 m³。

4.2.2 项目区地下水量。根据项目水文地质资料计算得到项目区地下水资源总量为 19 920 万 m³。其中平原区补给量为 10 550 万 m³,山丘区排泄量为 9 370 万 m³,平原区与山丘区地下水资源重复量为 9 370 万 m³。

4.2.3 井灌区水量平衡计算。通过对项目区井灌需水量和地下水资源量的计算,项目区井灌需水量仅占该地区地下水

资源量的 7.48%,项目区灌溉需水量有保证。

表 8 规划年项目区水资源平衡分析

Table 8 Analysis of water resources balance in the project area of the planning year

月份 Month	来水量 Inflow	水库调节量 Reservoir regulation	总用水量 Total water consumption	水量盈余 Water surplus
1	155.35	240	11.67	383.68
2	176.60	240	11.67	404.93
3	299.98	240	94.23	445.75
4	246.24	240	394.40	91.84
5	277.66	240	447.06	70.60
6	184.03	240	390.31	33.72
7	388.37	240	391.61	236.76
8	492.83	240	487.43	245.40
9	248.83	240	103.88	384.95
10	273.83	240	11.67	502.16
11	256.61	240	11.67	484.94
12	214.27	240	11.67	442.60
全年 Whole year	3 214.60		2 367.27	847.33

5 效益估算

5.1 经济效益 项目区控制面积 2 666.7 hm^2 ,有效灌溉面积 1 872.3 hm^2 。据资料统计,一般水平农业措施 2016 年马铃薯平均单产为 30 000 kg/hm^2 ;高水平农业措施合理灌溉后马铃薯单产可达 60 000 kg/hm^2 。按照近年来马铃薯市场情况,马铃薯平均市场价格 1.2 元/ kg ,除去种子、化肥、人工等成本,采用喷灌后新增产量为 5 616.8 万 kg ,新增产值为 6 740.16 万元。

5.2 生态效益 该项目本着优先满足生态环境用水以及提高灌区灌溉保证率的原则,通过实施高节水灌溉技术,促进用水结构调整,建立水资源合理开发和高效利用的格局,实现水资源的可持续利用,保护和改善流域及灌区生态环境,确保流域下游区域的生态用水,促进生态环境的良性发展。现代化灌溉方式,将节水技术与农艺技术有效结合起来,使水、肥、药同步进行,提高其利用率,减少其施用量,减少了化肥和农药在土壤中的残留量,对改良土壤和减少对土壤负面影响起到很大作用,减少对周围环境产生的不利影响。采用现代化灌溉方式,可有效防止土壤次生盐渍化,有利于土壤生态环境的改善。采用现代化灌溉方式,可减少地下水和地表水的开采量,达到涵养水源,维护生态平衡,改善生态环境,并可利用节约的水种植经济林及牧草,发展林、果、草、牧业,形成复合性生态系统,促进农业生产的良性循环和可持续发展,具有显著的生态效益。

5.3 节水效益 项目实施后采用喷管机组灌溉,节水率可达 60%左右,该项目区控制面积 2 666.7 hm^2 ,有效灌溉面积 1 872.3 hm^2 ,项目实施前以渠道灌溉为主,毛灌溉定额达

10 000.5 m^3/hm^2 ,项目实施后采用喷灌,毛灌溉定额为 4 935.0 m^3/hm^2 ,节水 5 168.4 m^3/hm^2 ,节水量达 967.66 万 m^3 ,节水效益显著。按项目区现行灌溉水费计收办法计算,项目建成后节水货币化值为 67.74 万元,节水效益非常明显。

6 结论与讨论

通过对项目区种植结构的调整和发展高效节水灌溉喷灌技术的研究,得出现状年和规划年灌区用水量分别为 3 499.70 万和 2 367.27 万 m^3 ,用水量减少 1 132.43 万 m^3 。在 75%的保证率下,规划设计年都兰河来水量可满足项目区的灌溉需水要求,水资源供需达到平衡。与现状年相比,灌溉水利用系数大幅度提高,节水效益明显。

喷灌灌溉的经济内部收益率 48.5%,大于社会折现率;效益费用比为 5.53,大于 1;各项指标均达到规范要求。该项目具有较好的经济效益。喷灌灌溉提高灌区水资源利用率,缓解灌区水土不平衡的矛盾,增加了灌区生态用水,实现水资源的可持续利用,保护和改善流域及灌区生态环境,确保流域下游区域的生态用水。喷灌灌溉提高化肥和农药的利用率,减少施用量,减少了化肥和农药在土壤中的残留量,能有效减轻化肥和农药对土壤造成的污染,促进生态环境的良性发展。

项目区地处山地及丘陵区,地面坡降大,普通的灌溉方式使地表形成径流,造成土壤流失严重,采用喷灌灌溉,避免形成地表径流,减少了水土流失,改善项目区水土保持状况。采用现代化节水灌溉方式,降低了劳动强度,提高了劳动管理定额,扩大了经营规模,降低了产品生产成本,使农民收入和家庭农场收入水平明显提高。采用现代化节水灌溉方式,使大量劳动力从农业中解放出来,从事其他产业,有利于产业结构调整,使农民增收,企业增效,对地方稳定、经济繁荣和社会的安定团结具有十分重要的现实意义。

参考文献

- [1] 董健莉.山西省大型灌区节水改造模式初探[J].山西水利,2000(5): 22-23.
- [2] 张灵璞.节水工程施工中的技术交底[J].山西水利,2005(5): 78,80.
- [3] 吴洪伟.中国重点型灌区节水配套改造发展战略研究[D].北京:中国农业科学院,2012.
- [4] 曹红蕾,楼章华.浙江省“千万亩十亿方节水工程”效益浅析[J].节水灌溉,2009(7): 56-57,61.
- [5] 苏旭,刘玉萍,吴学明.柴达木盆地苁麦灌溉分析[J].西南农业学报,2012,25(1): 69-72.
- [6] 江学科.节水灌溉促农民增收[N].秦皇岛日报,2006-07-20(B01).
- [7] 张云刚.引大入秦灌区节水造林初探[J].中国林业,2004(17): 35.
- [8] 魏志玲,刘得俊.青海东部农业区春小麦非充分灌溉制度研究[J].安徽农业科学,2014,42(21): 6973,6975.
- [9] 吴希来.垦区灌区节水改造措施研究[J].吉林水利,2003(9): 17-18,31.
- [10] 巩亮生.王庄灌区续建配套工程与节水改造工程研究[D].济南:山东大学,2012.
- [11] 吴学明,陈政.柴达木盆地春小麦灌溉问题研究[J].青海师范大学学报(自然科学版),1991(2): 45-50.
- [12] 中华人民共和国水利部.灌溉与排水工程设计规范:GB 50288—99[S].北京:中国计划出版社,1999.