

渭干河—库车河三角洲绿洲灌区水盐均衡特征分析

满苏尔·沙比提, 买托合提·阿那依提

(新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘 要: 依据实地考察实测资料, 分析渭干河—库车河灌区的水量平衡、盐量平衡、引水和排水矿化度的变化特征、排盐效率及排水的主要盐分离子。结果显示: (1) 受灌区上游大型水库的调蓄作用, 灌区引入地表水的年际变化不大, 年内引水出现双峰, 排灌比例在 8.79%~18.65%, 引水利用量为 22.53~30.05 亿 m³, 主要用于农业灌溉用水, 农田园林耗水量占总耗水量的 75.26%。(2) 随着灌排系统的完善, 渭干河—库车河灌区整体处于脱盐过程, 年均脱盐量为 86.64 万 t, 灌区非盐化土地面积扩大, 盐渍化土地面积缩小, 灌区内耕地的土壤含盐量减少。(3) 由于大型水库的调蓄作用, 灌区引入地表水的矿化度年变幅也较小, 1993~1996 年平均为 0.38 g/L, 1997~2001 年平均为 0.42 g/L, 在年内洪水期水量大, 矿化度相应偏小。年均排盐量为 99.77~275.40 万 t, 排水量和排盐量总体变化趋势相一致, 呈略微上升趋势。排水盐分离子中, 阴离子主要以 Cl⁻ 为主, 其次是 SO₄²⁻; 阳离子主要以 Na⁺ 为主, Mg²⁺ 出现的机会较小。保持灌区水盐持续均衡所需达到的水量排引比为 0.09:1。

关键词: 渭干河—库车河灌区; 水量平衡; 盐量平衡; 变化特征

中图分类号: S156.4⁺6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0204-06

水体污染研究是当今水科学前沿普遍关注的热点。地下水盐化是地下水污染最普遍的形式^[1~3]。地下水盐化是指在自然演化和人类活动影响下, 溶解物质在地下水中富集的现象, 普遍存在于干旱、半干旱地区^[4]。可溶性矿物溶解、地下水位抬升、强烈蒸发、降水量稀少, 以及人为大规模的开采地下水、农业灌溉和化肥的使用, 都会引起地下水的盐化^[5~8]。

研究地下水盐化的特征、物质来源及影响因素, 有利于认识地下水环境演变规律, 有利于对地下水资源进行合理的规划、利用和管理^[1~3]。

渭干河—库车河灌区位于我国西北干旱区内流河流域, 该流域水资源是灌区库车、沙雅、新和三县社会经济可持续发展和生态环境建设的保障。水量的多少、水质的好坏直接关系着渭干河—库车河灌区的规模和人类的生存。近年来, 随着流域水文形势的改变和人类活动的影响, 普遍存在水质恶化现象, 表现为地表水和地下水不断盐化和人为污染。为保护水资源, 研究地下水在自然状态下的盐化特征和成因尤为重要。本文依据当地多年的观测资料, 并进行实地调查、观测, 分析研究了渭干河—库车河灌区自实施农业灌溉排水与环境保护工程建设以来的水量平衡、盐量平衡、引水和排水矿化度的变化特征及排水的主要盐分离子, 从而为流域水资源

可持续开发利用和管理提供依据。

1 研究区概况

1.1 自然条件

渭干河—库车河灌区位于天山南麓, 塔里木盆地的中北部, 北起秋里塔格山, 南接塔里木河北岸, 东与轮台、尉犁县相邻, 西与温宿县接壤, 是阿克苏地区最大的灌溉区。灌区包括库车、沙雅、新和三县, 总面积为 95.08 万 hm², 现有灌溉面积为 21.03 万 hm²。灌区深居内陆腹地, 具有降水稀少、蒸发强烈、温差大、风大沙多、日照时间长等特点, 为典型的大陆型气候。多年平均降水量 51.6 mm, 年内降水量 60%~70% 集中在 5~8 月, 多年平均蒸发量为 1 992.0~2 863.4 mm, 多年平均气温为 10.5℃~11.40℃, 年极端最高气温 41.5℃, 年极端最低气温为 -28.9℃, 盛行风向是东北风, 常见的大风风向为北风, 无霜期 209.8~226.4 d。发源于天山北麓的渭干河—库车河是灌区唯一的水源^[9]。

1993 年以前, 渭干河—库车河灌区灌排工程不配套, 由于过量灌水、排水不畅等原因, 灌排水盐失衡, 灌区地下水位上升并超过临界水位, 加剧了土壤盐渍化, 成为渭干河—库车河灌区农业发展面临的主要问题之一。为防治渭干河—库车河灌区土壤盐碱化, 1993 年利用世界银行贷款, 对灌区实施了中

收稿日期: 2008-12-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40661015)

作者简介: 满苏尔·沙比提 (1963—), 男, 新疆阿克苏人, 教授, 硕士导师, 从事干旱区绿洲资源、环境评价与可持续发展研究。

国新疆塔里木农业灌排配套工程建设,灌排条件得到了很大改善,土壤次生盐渍化得到有效控制,水盐逐步趋向平衡^[10]。

1.2 水文地质条件

渭干河—库车河灌区处于秋里塔格山南坡,地形由北向南倾斜,地形坡降 1‰~4‰,灌区包气带岩性及浅层含水层岩性均为第四纪冲洪积细粉砂、粉砂、粉砂质粘土,厚度一般大于 5 m。

地下水在灌区埋深均较浅,一般小于 3 m,土壤盐渍化问题突出。地下水补给来源主要为上游地下水的侧向流入补给、渠系引水、田间灌水、水库蓄水、原河道放水及塔里木河河道输水等的渗入转化补给等。地下水随地形由高向低渗流,水力坡度 3.5‰~5.5‰。地下水的排泄途径主要有:潜水的蒸发蒸腾,地下水的侧向流出,排水渠的排泄以及地下水的开采等,其中潜水蒸发蒸腾为主要的垂向排泄^[11]。

2 资料来源

渭干河和库车河是该灌区唯一的水源。由于河流量与水质比较稳定,因此每月测量河水流量,并取水样,以测量全盐量和主要离子 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 含量,以及矿化度(干残渣法)等;在各排水沟设立监测断面,每月测定各排水沟流量,同时提取水样进行 8 大离子分析^①。

3 水量平衡

在渭干河—库车河控制的灌区范围内,降水量稀少,不形成地表径流,地表水仅是从总干渠引进。渭干河引水总干渠上游有克孜尔水库,库车河引水总干渠上游有铜场水库,因此,对引入地表水具有一定的调蓄作用,近 9 年引水量年际变化不大,年引入水量变幅为 24.70~34.43 亿 m^3 ,其中,引水量最大的是 1997 年,为 34.43 亿 m^3 ,引水量最小的是 1993 年,为 24.70 亿 m^3 ,相差约 10 亿 m^3 。由于水库调节作用,进一步提高了渭干河—库车河的水资源利用程度,每年的 3、4 月为灌溉用水高峰期,这在一定程度上缓解了本地区春旱用水的矛盾。次高峰期出现在 6、7、8、9、10、11 六个月,1、2、5、12 月份来水量较小。由灌区引水量占年来水量的比例可知,水资源利用程度高达 90% 以上,其中 1998、1999 年水资源利用程度已高达 99%^[10]。

由表 1 可知,年排出水量变幅为 2.17~5.47 亿 m^3 ,1993~1999 年排水总量呈逐年增加趋势,1999

年达到最高值,排灌比例为 18.65%,至 2000~2001 年排水量有所下降。排水量的大小与灌溉水量的多少有直接相关关系,在这 9 年中它们之间的相关系数为 0.685。在灌溉水量大致相同的情况下,排水量的大小主要取决于排水系统的合理性和完善性。自 1993 年以来,随着新排水沟的投入运行,排水能力不断提高,有利于防止土壤次生盐渍化的发生。

在渭干河—库车河控制的灌区范围内,排灌比例在 8.79%~18.65% 之间(表 1),引水利用量为 22.53~30.05 亿 m^3 ,主要用于农业灌溉用水。地下水的年引入量为 0.33 亿 m^3 ,流出量为 0.084 亿 m^3 ,利用量为 0.25 亿 m^3 ,主要用于城镇生活用水。2001 年该区年均降水量为 69.7 mm,年降水总量为 3.65 亿 m^3 。同年引入的地表水量为 29.37 亿 m^3 ,排出水量为 4.03 亿 m^3 ;地下水流入量为 0.33 亿 m^3 ,流出量为 0.084 亿 m^3 。全年实际总耗水量为 29.24 亿 m^3 ^[10]。

渭干河—库车河灌区 2001 年水面面积为 1.16 万 hm^2 ,占耗水面积的 1.32%;农田园林面积为 21.03 万 hm^2 ,占耗水面积的 23.81%;城镇面积为 2.96 万 hm^2 ,占耗水面积的 3.35%;地下水不同埋深的天然林灌地面积为 19.30 万 hm^2 ,占耗水面积的 21.85%;地下水不同埋深的天然草地面积为 43.87 万 hm^2 ,占耗水面积的 49.67%(表 2)。依据有关资料确定水面蒸发和农田园林及地下水不同埋深的天然林灌草地的潜水蒸发量^[12]。在总耗水量 29.34 亿 m^3 中,水面蒸发量为 1.62 亿 m^3 ,占 5.52%;农田园林耗水量为 22.08 亿 m^3 ,占 75.26%;天然林灌耗水量为 0.94 亿 m^3 ,占 3.20%;天然草地耗水量为 4.20 亿 m^3 ,占 14.32%。

4 盐量平衡

4.1 盐量平衡原理

灌区的盐量平衡方程一般表示为: $\Delta s = S_i - S_o$ 式中, $S_i = V_i C_i$

$$S_o = S_d + S_p = V_d C_d + A_c S_c + A_n S_n$$

式中, S_i 、 S_o 、 V_i 为灌区总进盐量、排盐量、灌溉水量; C_i 为灌溉水平均浓度(g/L 或 kg/m^3); V_d 、 C_d 、 S_d 为灌区排出总水量、平均浓度、排水排盐量; A_c 、 A_n 为耕地和非耕地面积; S_p 为植物吸盐量; S_c 、 S_n 为单位面积耕地和非耕地植物吸盐量。 $\Delta S > 0$, 说明灌区是积盐状态; $\Delta S = 0$, 说明灌区排盐量与进盐量是平衡状态; 若 $\Delta S < 0$, 说明灌区是脱盐状态^[13]。

①新疆渭干河流域管理处,西安理工大学水资源研究所.新疆渭干河灌区水盐监测成果报告,2003.
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 1 渭干河—库车河灌区 1993~2001 年水盐平衡

Table 1 The water-salt balance of Weigan—Kuqa River irrigation district from 1993 to 2001

年份 Year	地表水量(10 ⁸ m ³) Amount of surface water			地下水量(10 ⁸ m ³) Amount of underground water		地表水盐量(10 ⁴ t) Salt volume in the surface water		地下水盐量(10 ⁴ t) Salt volume in the underground water		总计(10 ⁴ t) Total		
	引入 Diversion	排出 Discharge	排灌比(%) Discharge irrigation ratio	流入 Inflow	流出 Outflow	引入 Diversion	排出 Discharge	流入 Inflow	流出 Outflow	流入 Inflow	排出 Discharge	积盐 Salt acc- umulation
1993	24.70	2.17	8.79	0.33	0.08	97.64	99.77	1.98	3.20	99.62	102.97	—3.35
1994	29.87	3.17	10.61	0.33	0.08	112.95	141.78	1.98	3.20	114.93	144.98	—30.05
1995	26.71	3.69	13.82	0.33	0.08	99.98	184.62	1.98	3.20	101.96	187.82	—85.86
1996	32.43	4.13	12.74	0.33	0.08	127.01	221.13	1.98	3.20	128.99	224.33	—95.34
1997	34.43	4.38	12.72	0.33	0.08	147.12	185.29	2.54	2.77	149.66	188.06	—38.40
1998	30.59	4.88	15.95	0.33	0.08	106.73	243.75	2.54	2.77	109.27	246.52	—137.25
1999	29.33	5.47	18.65	0.33	0.08	119.16	275.40	2.54	2.77	121.70	278.17	—156.47
2000	26.18	3.88	14.82	0.33	0.08	105.29	215.66	2.54	2.77	107.83	218.43	—110.60
2001	29.37	4.03	13.72	0.33	0.08	120.52	242.72	2.54	2.77	123.06	245.49	—122.43

资料来源:新疆渭干河流域管理处,西安理工大学水资源研究所·新疆渭干河灌区水盐监测成果报告,2003。
Data source: Administration of Xinjiang Weigan River, Water Resourees Institute of Xi'an University of Science and Technology·Water and Salt Monitoring Report of Xinjiang Weigan River irrigation district 2003.

表 2 渭干河—库车河灌区 2001 年土地分类面积与耗水量

Tabel 2 The area of land classification and water consumption in Weigan—Kuqa River irrigation district in 2001

项目 Item	水面 Water face	农田园林 Farmland and gardens	城镇 Urban	地下水埋深≤1m Depth of under ground water≤1m		地下水埋深 1~3m Depth of under ground water 1~3m		地下水埋深 3~6m Depth of under ground water 3~6m		地下水埋深>6m Depth of under ground water>6m		合计 Total
				林灌地 Forest irrigation land	草地 Grass land	林灌地 Forest irrigation land	草地 Grass land	林灌地 Forest irrigation land	草地 Grass land	林灌地 Forest irrigation land	草地 Grass land	
面积(10 ⁴ hm ²) Area	1.16	21.03	2.96	0.02	1.06	1.77	13.41	17.42	23.91	0.09	5.49	88.32
蒸发量(mm) Evaporation capacity	1400	1050		913.66		178.48		35.11		0		
耗水量(10 ⁸ m ³) Water consumption	1.62	22.08	0.50	0.018	0.968	0.31	2.39	0.61	0.84	0	0	29.34

4.2 灌区盐量平衡

若忽略植物带走盐分,灌区盐量平衡方程式为:

$$\Delta S = V_i C_i - V_d C_d$$

即灌溉引水带入的盐分与排水带走的盐分之间的平衡。将渭干河—库车河灌区 1993~2001 年的引水量、排水量及矿化度资料代入上式,即: $\Delta S = 117.45$ 万 t - 204.09 万 t = -86.64 万 t < 0 (整个灌区),说明渭干河—库车河整个灌区,从 1993 年实施中国新疆塔里木农业灌溉排水与环境保护第一期工程以来,随着灌排系统的完善,特别是开展农田灌溉的节约用水和排水渠系的建设,使得年引入的总盐量均小于排出的总盐量,渭干河—库车河灌区整体处于脱盐过程,整个灌区年均脱盐量为 86.64 万 t,灌区内耕地的土壤含盐量开始减少,这有利于农业的进一步发展^[13]

5 灌区引水和排水矿化度的变化

5.1 灌区引水矿化度的变化

由于该灌区流入的水量中基本为地表水,地表水引入量是地下水流入量的 100 倍以上,所以流入该灌区的盐量也主要是由引入的地表水所带来,占流入总盐量的 98% 左右。尽管地表水的矿化度不高(9 年的平均矿化度为 0.40 g/L),但由于引入的年水量多达 29 亿 m³,其年引入的盐量可达 116 万 t。受灌区上游大型水库的调蓄作用,灌区引入地表水的矿化度年变幅也较小,其中,河水年平均矿化度较高的是 1997 年,为 0.48 g/L,1994、1996 年的河水年平均矿化度相对较小,分别为 0.37 g/L 和 0.38 g/L。根据监测结果,1993~1996 年渭干河河水矿化度平均约为 0.38 g/L,1997~2001 年的河水矿化度略有

上升,平均约为 0.42 g/L。年内都出现双峰,这与春季和 6、7 月份农田灌溉集中引用水有关。月平均矿化度历年最小值出现在 1998 年 7 月份,为 0.19 g/L,历年最大值出现在 1998 年 5 月份,为 0.58 g/L。总的来说,在洪水期、水量大,相应矿化度偏小;5 月份无论是克孜尔水库,还是铜场水库都蓄水较少,来水量也少,矿化度相对较大;其它时间为水库调节下泄期,矿化度相对平稳。

5.2 灌区排水矿化度的变化

渭干河—库车河灌区年均排盐量为 99.77 ~ 275.40 万 t,排水量和排盐量总体变化趋势一致,即随排水量的增大排盐量也增大。但由于排水矿化度逐年升高,因此其排盐量增大的比例大于排水量增大的比例。由图 1 可知,渭干河—库车河灌区在 1993~2001 年期间排水平均矿化度总体变化呈略微

上升趋势,9 年平均为 4.75 g/L,远较灌溉水的矿化度(0.4 g/L)高。其中 1993 年排水矿化度相对较低为 3.92 g/L,之后直到 1996 年继续上升,达 5.22 g/L,1997 年急剧降低为 3.94 g/L,从 1998 年起又开始上升,在 2001 年排水矿化度达到最大值为 6.0 g/L。在监测期内排水矿化度逐年增加,主要原因可能是新的排水渠系逐年开通,首先是原高矿化度的低洼积水被疏干,增加了整个排水系统的矿化度。可以预计,当排水系统稳定运行后,其排水的矿化度也将趋于相对稳定值。1997 年的矿化度相对较小,主要原因可能是 1997 年的来水量较大,大水洗盐的结果使得排水水质淡化。排水渠所排出的盐量有逐年增大的趋势,受春夏季农田灌水压盐、洗盐的影响,月排盐量的高峰值出现在 4、5 月份(图 2)。

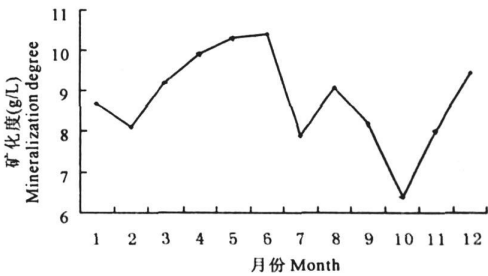
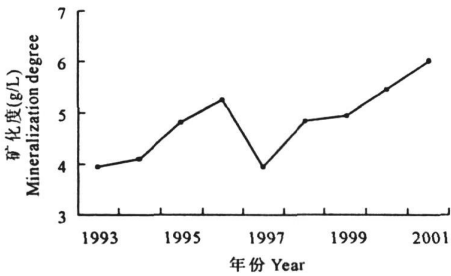


图 1 1993~2001 年灌区排水年均矿化度变化过程
Fig.1 The process of average annual salinity changes in the drainage of the irrigation district from 1992 to 2001

图 2 2000 年灌区主要排水渠排水月平均矿化度变化过程
Fig.2 The process of monthly average salinity changes of the drainage in the main drains of the irrigation district in 2000

5.3 灌区排盐效率

以单位体积(m^3)灌溉水量能够排出的盐量(kg)

来表示排盐效率,1993~2001 年各年排盐效率计算结果见表 3。

表 3 渭干河—库车河灌区 1993~2001 年排盐效率
Table 3 Drainage salt efficiency in the Weigan—Kuqa River irrigation district from 1993 to 2001

项目 Item	年份 Year								
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
灌溉引水量($10^8 m^3$) Irrigation water diversion capacity	24.70	29.87	26.71	32.43	34.43	30.59	29.33	26.18	29.37
排盐量($10^4 t$) Drainage salt capacity	99.77	141.78	184.62	221.13	185.29	243.75	275.40	215.66	242.72
排盐效率(kg/m^3) Drainage salt efficiency	0.40	0.48	0.69	0.68	0.54	0.80	0.94	0.82	0.83

由表 3 可知,1993~1999 年灌区排盐效率基本呈逐年增大趋势,1999 年达最高值 $0.94 kg/m^3$,2000~2001 年排盐效率略有下降。其中 1997 年由于排水量相对较小,且排水矿化度相对较低,故排盐量少,且来水量最大,所以排盐效率差。而 1999 年排

盐效率最大主要是由于 1999 年的来水量适中,而排水量最大而致。这也说明排盐效率不仅与来水量有关,更主要的与排水量的大小有关。

5.4 排水的主要盐分离子

通过监测排水^①可知:(1) 排水的盐分离子组成

①新疆渭干河流域管理处,西安理工大学水资源研究所.新疆渭干河灌区水盐监测成果报告,2003.
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

中,阴离子主要以 Cl^- 为主,其次是 SO_4^{2-} ;阳离子主要以 Na^+ 为主, Mg^{2+} 出现的机会较小,在极个别情况也出现 Ca^{2+} ,水化学类型主要是 II 型,即盐分组成 $r(\text{HCO}_3^-) < r(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) < r(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$,说明排水与沉积盐及其风化物有关,个别情况下也出现 III 型,即 $r(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}) < r(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$,或 $r\text{Cl}^- > r\text{Na}^+$,水中富含 Cl^- 与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,相应排水矿化程度高。(2) 排水的矿化度远较灌溉水的矿化度高,绝大多数都在 3.0 g/L 以上,有的甚至超过 10 g/L ,如沙雅总排水(帕满水库测站)的离子总量在 $4.36 \sim 9.6 \text{ g/L}$ 之间。而桑塔纳、大尤都斯、七区南北排、八区南北排等的离子总量一般都在 $10 \sim 20 \text{ g/L}$ 之间。主要原因在于排水渠运行时间不同,其矿化度也有区别,运行时间较长的排水渠,如沙雅县的英买力、期满乌依等,其排水离子总量较小,而且较稳定。其中英买力的离子总量一般变化在 $0.81 \sim 4.66 \text{ g/L}$ 之间,期满乌依的离子总量变化在 $4.02 \sim 6.88 \text{ g/L}$ 之间。这些结果表明,排水系统长期发挥着排水排盐作用,从而使灌区内土壤盐分含量降低,进而排水的离子含量降低,并逐步趋于平稳。

6 结论与建议

1) 由于渭干河—库车河上游水库的调蓄作用,灌区引水量的年际变化不大,1993 年至 2001 年引水量变幅为 $24.70 \sim 34.43 \text{ 亿 m}^3$,年内引水量受年内用水需求的影响,每年 3、4 月份出现引水高峰期,6、7、8、9、10、11 月份出现引水次高峰期。排灌比例在 $8.79\% \sim 18.65\%$,引水利用量为 $22.53 \sim 30.05 \text{ 亿 m}^3$,主要用于农业灌溉,农田园林耗水量约占总耗水量的 75.26% 。

2) 从 1993 年,在渭干河—库车河灌区实施中国新疆塔里木农业灌溉排水与环境保护第一期工程以来,灌区整体处于脱盐过程,整个灌区年均脱盐量为 86.64 万 t ,灌区非盐化土地所占比例从 1989 年的 44.91% 提高到 2001 年的 58.06% ,各种盐渍化土地所占比例从 1989 年的 48.57% 减少到 2001 年的 37.24% 。灌区上游大型水库的调蓄作用使灌区引入地表水的矿化度年变幅较小,1993~1996 年渭干河河水矿化度平均约为 0.38 g/L ,1997~2001 年的河水矿化度略有上升,平均为 0.42 g/L 。年内都出现双峰,这与春季和 6、7 月份农田灌溉集中引用水有关。年均排盐量为 $99.77 \sim 275.40 \text{ 万 t}$,排水量和排盐量总体变化趋势一致,1993~2001 年排水年均矿化度总体变化呈略微上升趋势,2001 年矿化度达到最大值。排水的盐分离子组成中,阴离子主要以

Cl^- 为主,其次是 SO_4^{2-} ;阳离子主要以 Na^+ 为主, Mg^{2+} 出现的机会较小,在极个别情况也出现 Ca^{2+} ,水化学类型主要是 II 型。

3) 要判别整个灌区不同地段、土壤剖面的不同层次,是处于积盐状态,还是处于脱盐状态,并在此基础上研究防止灌区积盐和土壤盐渍化应采取的有效措施,就必须对灌区水盐均衡进行分析。为了避免灌区的水土开发对周边和下游地区生态环境造成不利的影响,也必须妥善解决灌区盐分的排出和处理问题。灌溉水和排水中的盐分并不全是有害的,因此在水盐均衡中应对灌区控制面积和灌溉面积的有害盐分进行均衡分析,并应根据排除有害盐分的要求确定排水量。

4) 在灌区地下水矿化度较低,需要大量排水才能保持灌区水盐均衡的情况下,如果在灌区有一定面积的洼地或荒地等非农地,可以起到干排水的作用或通过农田排水可以保持根层不积盐,在这种情况下,并不一定要求灌区立即采取排水措施使盐分达到均衡。在不致产生土壤盐渍化的情况下可以容许灌区范围内非耕地有一定的积盐(如灌区东南、南和西南部的草湖、低洼地、荒滩地等),容许地下水的矿化度有所提高,当地下水矿化度达到或接近洼地或荒地天然植被的耐盐极限后,再加强排水措施,使灌区盐分保持均衡。

5) 干旱盐碱地区,灌溉水不仅要保证作物生长利用,而且也作为调节土壤盐分(淋盐、洗盐)所必需,灌溉水量不易大幅度削减,而在降低引进水矿化度方面也难以人为调控。因此,进一步研究增强现有排水系统的功能,实施节约用水和因地制宜的强化排水设施,提高排水工程标准,加大排水排盐力度,是解决地下水盐化问题的一个较为现实可行的途径。这 9 年期间流入灌区的年均盐量为 117.47 万 t ,排水的平均矿化度为 4.8 g/L ,保持灌区水盐持续均衡所需达到的水量排引比为 $0.09:1$,在现有明沟排水系统基础上,用增设田间暗管的办法提高工程标准,可以增强排水排盐作用,可以使排水系统使用寿命延长、占地减少、排水效果更佳、管理方便、养护容易,有利于耕地的集约化经营。

6) 流入灌区盐量的 98% 以上是由引入地表水携带,因此,全面提高渠系衬砌标准,大力推广小畦灌、管灌、喷灌、滴灌、微灌等高新节水灌溉方法,向节水、经济、高效性农业绿洲发展。同时,灌区应根据植物排盐特性,调整种植结构,选择耐盐作物种植。目前应大力推行草田轮作制,选择耐盐牧草,增加多年生豆科牧草种植,如紫花苜蓿,可起到生物排

盐的作用(牧草排盐 852 kg/hm^2), 显著改善土壤结构, 增加耕作土壤有机质含量, 加速土壤肥力进程, 抑制土壤积盐^[14]。

参 考 文 献:

[1] Karro E, Marandi A, Vaikmae. The origin of increased salinity in the Cambrian-Vendian aquifer system on the Kopli Peninsula, Northern Estonia[J]. *Hydrogeol J*, 2004, (12): 424—435.

[2] Salama R B, Otto C J, Fitzpatrick R W. Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization[J]. *J Hydrol*, 1999, (7): 46—64.

[3] Subyani A M. Hydrochemical identification and salinity problem of groundwater in Wadi Yalamlam basin, Western Saudi Arabia [J]. *Journal of Arid Environments*, 2005, 60, 53—66.

[4] Robinove C C, Langford R H, Brookhart W. Saline water resources of North Dakota [C]// US Geological Survey. *Water Supply*. 1958; 1428.

[5] Nativ R, Smith A. Hydrogeology and geochemistry of the Ogallala aquifer southern high plains[J]. *J Hydrol*, 1987, 91, 217—253.

[6] Chourasia L P, Tellam J H. Determination of the effect of surface wa-

ter irrigation on the groundwater chemistry of a hardrock terrain in central India [J]. *Hydrolog Sci J*, 1992, 37(4): 313—328.

[7] Hamilton P A, Helsel D R. Effects of agriculture on groundwater quality in five regions of the United States [J]. *Groundwater*, 1995, 33(2): 217—226.

[8] Fisher R S, Mulican III W F. Hydrochemical evolution of sodiumsulfate and sodiumchloride groundwater beneath the Northern Chihuahuan desert, Trans Pecos, Texas, USA [J]. *Hydrogeol J*, 1997, 5(2): 4—16.

[9] 满苏尔·沙比提, 陈冬花. 渭干河—库车河三角洲绿洲形成演变和可持续发展研究[J]. *资源科学*, 2005, 27(6): 118—124.

[10] 关志华, 齐文虎, 张红旗. 渭干河灌区水盐平衡积盐分运移[J]. *资源科学*, 2004, 26(2): 74—79.

[11] 王春得, 赵忠贤. 新疆渭干河灌区水文地质条件变化及排水措施探讨[J]. *地下水*, 2006, 28(6): 87—89.

[12] 王芳, 王浩, 陈敏建, 等. 中国西北地区生态需水研究 II [J]. *自然资源学报*, 2002, 17(2): 129—137.

[13] 王学全, 高前兆, 卢琦, 等. 内蒙古河套灌区水盐平衡与排水水脱盐分析[J]. *地理科学*, 2006, 26(4): 455—460.

[14] 宋长春, 邓伟, 李取生, 等. 松嫩平原西部土壤次生盐渍化防治技术研究[J]. *地理科学*, 2002, 22(5): 604—608.

Analysis of characteristics of water-salt balance
in Weigan—Kuqa River irrigation district

Mansur Sabit, Mattohti Anayat

(School of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

Abstract: Based on the field work data, this paper analyses the water balance, salt balance, the variability of diversion and discharge water mineralization degree, desalt capacity and the main drainage salt ions in the Weigan—Kuqa River irrigation district. The results show that (1) Affected by the storage of large-scale reservoir upstream in the irrigation areas, the diversion of surface water has little annual change in the irrigation district, and it appears a split-blip. The ratio of irrigation and drainage is $8.79\%\sim 18.65\%$. The use of water introduction is $22.53\times 10^8\text{ m}^3\sim 30.05\times 10^8\text{ m}^3$, and it was mainly used for agricultural irrigation water, and 75.26% of the consumption is used for farmland and garden. (2) With the improvement of irrigation and drainage system, the Weigan—Kuqa River irrigation district is being in a desalting process. The average annual desalination capacity is $86.64\times 10^4\text{ t}$. The area of non-salinized land is expanded, while the salinized area reduced, and the salinity in the cultivated soil is reduced in the irrigation. (3) Because of the storage of the large reservoir, the amplitude of the diversion surface-water salinity is also getting smaller in the irrigation district. It has an average of 0.38 g/L from 1993 to 1996, while the average is 0.42 g/L from 1997 to 2001. During the flood period, the water is abundant and the mineralization degree is smaller. The average annual amount of drainage salt is $99.77\times 10^4\text{ t}\sim 275.40\times 10^4\text{ t}$, and the drainage salt and water displacement are overall in a micro-rising trend. The main anion of the salt ions is Cl^- in the drainage, and followed by SO_4^{2-} . The cation is mainly Na^+ , while Mg^{2+} has a smaller chance to appear. To maintain the necessary balance of water-salt in the irrigation district, the ratio of discharge and diversion water is $0.09:1$.

Keywords: Weigan—Kuqa River irrigation district; water balance; salt balance; change feature