

宁夏青铜峡灌区水土盐量的衰减和积聚进程分析

汪珊¹, 张宏达^{1,2}, 汪林³

(1. 中国地质科学院 水文地质环境地质研究所, 河北 正定 050803; 2. 中国地质大学 水资源与环境工程学院, 北京 100083; 3. 中国水利水电科学研究院 水资源研究所, 北京 100038)

摘要: 本文以青铜峡灌区的水、土盐量监测资料为依据, 分析了土壤、潜水和引排水盐量的演化进程, 计算出灌区40年总计净引入黄河水1 257.7亿m³, 年均净引入水量为31.4亿m³, 水土总计排出5254.9万t有害盐量, 积聚了769.3万t无害盐量。灌区内适用于农业灌溉的潜水和非盐渍化土的分布范围区显著扩大, 标志着水土朝向脱盐淡化的方向演化。

关键词: 水土盐量; 衰减与积聚; 定量评价; 青铜峡灌区

中图分类号: S153.4 **文献标识码:** A

银川平原得益于其东缘的过境黄河提供的丰富水源, 从秦汉时代至今引黄灌溉已经历了两千多年的历史。那么, 灌区水土盐量演化走势究竟若何, 在盐化还是在淡化, 抑或稳定在一定的水平上。本文以青铜峡灌区水土化学40多年动态监测资料为依据, 探讨和评价其盐量的衰减和积聚的进程, 为拟定开源节流的调水配水方案提供科学依据。

1 资料使用述要及其内涵

1.1 资料使用述要 本文汇集了1959~2001年灌区引入的黄河水和灌区向黄河排放的沟排水的水量、水质监测资料; 水土(20cm深)1979(水是1988)、1992、1998年3个时段和1979、2000年2个时段20条土壤剖面(多数为1.2m深, 最深为1.6m)的化学测试资料; 水土相互作用系列模拟试验采集的试验水化学测试资料等。通过测试数据的整理和统计, 勾画和概括了潜水、土壤及试验水的12个化学参数的时空分布和演化以及引排水盐量随时程推移演化的系列图表。

1.2 资料使用的内涵 灌区长期持续地引入黄河水和通过排水沟向黄河排放的沟排水, 这种人为的引水引盐和排水排盐激活了灌区内外的水盐循环, 破坏了灌区内水盐迁移聚集的天然动态平衡, 改变了水土的可溶性盐的聚集强度及其盐类成分的组成。上述系列图表包括了土壤盐量的时空演化与供盐能力、潜水质量浓度的时空演化和引排的地表水盐量的演化3个方面内容, 直接或间接地证明水土盐量衰减和积聚的进程。

2 土壤盐量的时空演化与供盐能力

2.1 土壤化学垂向剖面聚盐带及其盐量的衰减 1979年和2000年共20条土壤化学垂向剖面(纵轴代表深度, 横轴左侧为阳离子含量、右侧为阴离子含量)对比分析表明: (1)两个时段的土壤全盐量均在30(或20)cm深度以上朝上方呈增高变化, 其下盐量显著降低, 将该深度以上谓之土壤聚盐带。(2)1979年

收稿日期: 2003-12-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59979028)

作者简介: 汪珊(1969-), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事水文地球化学、环境地质研究。

的土壤化学垂向剖面，不论其土壤全盐量的多寡，组分浓度随深度变化的曲线组成的形态(除个别剖面出现变异外)，均呈Y型分布，存在聚盐带。2000年银北灌区土壤化学垂向剖面仍呈Y型分布形态，而银南灌区的则呈折线形、类直线形，不存在聚盐带。(3)1979年银北灌区在土壤聚盐带内盐渍化土全盐量均 $>0.332\%$ ，多数为 $8\% \sim 30\%$ 之间的盐土；银南灌区分布的是全盐量 $<0.22\%$ 的非盐渍化土和盐渍化土。2000年银北灌区聚盐带内土壤全盐量 $>0.2\%$ ，最高为 0.658% ，为盐渍化土，还存在全盐量 $<0.2\%$ 的非盐渍化土；银南灌区分布的全盐量多在 $0.031\% \sim 0.129\%$ 之间，最高为 0.179% ，均为非盐渍化土^[1,2]。(4)1979年的土壤组分盐量顺序，银北灌区以 $SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$ 为主，次为 $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ ， $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$ ，主要盐类成分是Na(Mg)的硫酸盐—氯化物或氯化物—硫酸盐；银南灌区以 $SO_4^{2-} > Cl^- > HCO_3^-$ 为主，次为 $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-}$ ， $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$ ，主要盐类成分是Na(Ca)的硫酸盐—氯化物或氯化物—硫酸盐。与1979年的相比，2000年银北灌区仍保持了原来的土壤组分盐量顺序和主要盐类成分，但土壤全盐量和组分盐量均呈显著衰减；而银南灌区的土壤组分盐量是 $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$ ， $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$ ，盐类主要成分为Ca(Mg)的碳酸盐。

2.2 土壤盐量随时程推移的衰减和积聚 灌区1979、1992和1998年3个时段的土壤(20cm深)全盐量和组分盐量时空分布演化态势见表1。

表1 灌区各时段土壤化学参数值对比

化学参数值	青铜峡灌区		与1979年的最高含量相比		银北灌区(%)		银南灌区(%)		测试状况 时段(年月)
	变动范围*(%)	最高/最低			变动范围	主体值	变动范围	主体值	
			最高含量	降幅(%)					
全盐量	0.049 ~ 4.327	88			0.2 ~ 2.6	0.6 ~ 1.0	0.2 ~ 0.6	0.2 ~ 0.6	1979.4
	0.072 ~ 0.767	11	3.56	82	0.1 ~ 0.6	0.10 ~ 0.25	0.1 ~ 0.55	0.1 ~ 0.15	1992.4
	0.077 ~ 1.887	24	2.54	59	0.1 ~ 0.7	0.1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.5	0.1 ~ 0.2	1998.4
Na ⁺	0.002 ~ 1.006	503			0.1 ~ 0.8	0.1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.3	0.1	1979.4
	0.008 ~ 0.211	26	0.80	79	0.03 ~ 0.17	0.03 ~ 0.05	0.01 ~ 0.12	0.01 ~ 0.03	1992.4
	0.001 ~ 0.292	293	0.71	67	0.01 ~ 0.16	0.01 ~ 0.05	0.01 ~ 0.04	0.01 ~ 0.02	1998.4
Cl ⁻	0.005 ~ 1.527	305			0.02 ~ 1.22	0.22 ~ 0.42	0.02 ~ 0.22	0.02	1979.4
	0.005 ~ 0.129	26	1.40	91	0.01 ~ 0.12	0.01 ~ 0.03	0.01 ~ 0.12	0.01 ~ 0.02	1992.4
	0.007 ~ 0.342	49	1.19	78	0.01 ~ 0.17	0.03 ~ 0.07	0.02 ~ 0.09	0.01 ~ 0.03	1998.4
Mg ²⁺	0.001 ~ 0.207	207			0.01 ~ 0.16	0.01 ~ 0.05	0.01 ~ 0.03	0.01	1979.4
	0.002 ~ 0.026	13	0.18	87	0.005 ~ 0.023	0.005 ~ 0.008	0.005 ~ 0.011	0.005 ~ 0.008	1992.4
	0.002 ~ 0.093	47	0.11	55	0.007 ~ 0.032	0.002 ~ 0.007	0.002 ~ 0.022	0.002 ~ 0.007	1998.4
SO ₄ ²⁻	0.0005 ~ 1.875	3150			0.1 ~ 1.5	0.1 ~ 0.3	0.1 ~ 0.07	0.1	1979.4
	0.005 ~ 0.466	93	1.41	75	0.04 ~ 0.28	0.04 ~ 0.08	0.04 ~ 0.28	0.04	1992.4
	0.005 ~ 0.92	184	0.96	51	0.03 ~ 0.21	0.03 ~ 0.05	0.01 ~ 0.005	0.01 ~ 0.03	1998.4
Ca ²⁺	0.001 ~ 0.392	329			0.005 ~ 0.265	0.005 ~ 0.025	0.015 ~ 0.165	0.005 ~ 0.025	1979.4
	0.004 ~ 0.044	20	0.35	88	0.01 ~ 0.045	0.01 ~ 0.025	0.01 ~ 0.02	0.01 ~ 0.015	1992.4
	0.004 ~ 0.202	11	0.15	38	0.015 ~ 0.085	0.015 ~ 0.025	0.015	0.015	1998.4
HCO ₃ ⁻	0.003 ~ 0.059	4			0.015 ~ 0.045	0.015 ~ 0.035	0.025 ~ 0.055	0.025 ~ 0.035	1979.4
	0.018 ~ 0.07	50	-0.011	-1.6	0.030 ~ 0.060	0.03 ~ 0.04	0.020 ~ 0.05	0.03 ~ 0.04	1992.4
	0.017 ~ 0.46	27	-0.409	-88.9	0.05 ~ 0.32	0.05	0.05 ~ 0.41	0.05	1998.4

注：*—按土壤测试资料统计而成，其它均按分布图定值。土壤化学资料由宁夏农业勘察设计院提供。测试点数按时段依次为66、55、46个。

由表1可见:(1)灌区局部地段土壤全盐量和6个组分盐量的最高值、高值区及其盐量值域范围(下限值~上限值)随着时程推移,除 HCO_3^- 积聚外,均呈大幅度衰减。土壤全盐量的衰减主要取决于 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} , 次为 Mg^{2+} , Ca^{2+} 的作用最小。(2)灌区大部分地区土壤全盐量和 Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 4个组分盐量的主体值随着时程推移呈大幅度衰减,但 Ca^{2+} 与 HCO_3^- 在土壤中积聚。(3)土壤全盐量和组分盐量呈北高南低差异分布,随着时程推移差异分布显著减小。(4)灌区土壤的易溶、较易溶盐的大幅度衰减和难溶盐的积聚,标志着土壤经历了显著的脱盐淡化进程。

2.3 土壤供盐能力 为查明灌区土壤究竟能释放出多少盐量及其盐分的组成,采集了2000年灌溉期前不同地段、不同类型的8条土壤剖面,开展了水土相互作用的盐分转移的模拟试验。根据采集的试验水化学测试资料编绘的化学组分含量与浓度的相关曲线形态,可将试验水化学分为以下4类。

第一类。位于银南灌区的永宁胜利乡、青铜峡叶胜乡和林草试验场的土壤剖面,试验水化学的主要特点是: TDS(溶解固体量)的变动范围为480~642mg/L; 组分浓度的顺序是 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ 为主; 组分浓度比值 $c\text{Cl}^-/c\text{HCO}_3^-$ 为0.16~0.5, $c\text{SO}_4^{2-}/c\text{HCO}_3^-$ 为0.4~0.8, $c\text{Na}^+/c\text{Ca}^{2+}$ 为0.4~0.6; TDS随着水土作用的进程呈增降相间变化,而易溶和较易溶盐组分 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Mg^{2+} 持续地呈增量较小的增高变化,对TDS增降变化的作用和贡献甚小。但难溶盐组分 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 与TDS曲线形态基本吻合,TDS增降变化取决于 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 浓度的增降变化; 经对试验水假定盐类成分计算结果表明,构成的盐类成分是Ca碳酸氢盐0.344g/L, Ca、Mg硫酸盐0.13g/L, Na、Mg氯化物0.13g/L。

据此认为,银南灌区这类剖面土壤供盐能力甚低, $\text{TDS} < 0.65\text{g/L}$,其主要成分是Ca的碳酸盐,表明土壤处在碳酸盐溶滤阶段。

第二类。位于银北灌区的平罗前进乡、惠农庙台乡的土壤剖面,试验水化学的主要特点是: TDS变动范围为552~922mg/L; 组分浓度顺序是 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ (个别的 $\text{HCO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$), $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ (个别的 $\text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+}$); 组分浓度比值 $c\text{Cl}^-/c\text{HCO}_3^-$ 为0.3~0.9, $c\text{SO}_4^{2-}/c\text{HCO}_3^-$ 为0.4~1.3, $c\text{Na}^+/c\text{Ca}^{2+}$ 为0.5~2.7; TDS和 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 随着水土作用的进程均持续地呈增高变化,其中 SO_4^{2-} 增高幅度最大,而 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 均呈降值变化。TDS的增高变化取决于 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 等的增高浓度; 经对试验水假定盐类成分计算结果表明,其中Ca、Mg碳酸氢盐3.76g/L, Mg、Na硫酸盐5.38g/L, Na氯化物0.267g/L。

据此认为,银北灌区这类剖面土壤供盐能力比第一类土壤剖面略高, $\text{TDS} < 1\text{g/L}$,其主要成分是Mg、Na硫酸盐,表明土壤处在硫酸盐溶滤阶段。

第三类。位于银北灌区的惠农西永固乡、贺兰丰登乡的土壤剖面,试验水化学的主要特点是: TDS变动范围为1055~1092mg/L; 组分浓度顺序是 $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ (个别土壤段 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$); 组分浓度比值 $c\text{Cl}^-/c\text{HCO}_3^- < 1$ (最低为0.3), $c\text{SO}_4^{2-}/c\text{HCO}_3^- > 1$ (最高为2.3), $c\text{Na}^+/c\text{Ca}^{2+} > 1$ (最高为2.4); TDS、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 随着水土作用的进程均呈持续地增高变化,其中 SO_4^{2-} 、 Na^+ 的增量最大,而 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 则持续地呈衰减变化; 经对试验水假定盐类成分计算结果表明,其中Ca碳酸氢盐0.38g/L, Ca、Mg硫酸盐0.443g/L, Na、Mg氯化物0.332g/L。

据此认为,银北灌区这类剖面土壤供盐能力比上述2类剖面的大, $\text{TDS} > 1\text{g/L}$,氯化物盐量明显增多, Ca、Mg硫酸盐盐量为最高,表明土壤处在硫酸盐-氯化物晚期的溶滤阶段。

第四类。位于平罗西大滩乡的土壤剖面,试验水化学的主要特点是: TDS变动范围为900~1585mg/L(除个别点较低外,绝大多数均在1500mg/L以上); 组分浓度顺序是 $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ (个别的为

$\text{HCO}_3^- < \text{SO}_4^{2-}$), $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$; 组分浓度比值 $c\text{Cl}^-/c\text{HCO}_3^-$ 为1~1.5, $c\text{SO}_4^{2-}/c\text{HCO}_3^-$ 为0.7~1.1, $c\text{Na}^+/c\text{Ca}^{2+}$ (最高为50); TDS与 Na^+ 、 HCO_3^- 、 Cl^- 随着水土作用的进程,均持续地呈增高变化,而 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 与TDS的增减变化不协调,甚至变化相反;经对试验水假定盐类成分计算结果表明,Ca、Mg、Na碳酸氢盐为0.397g/L,其中 NaHCO_3 为0.281g/L,Na硫酸盐为0.389g/L,Na氯化物最高,为0.406g/L。

据此认为,这类剖面土壤供盐量能力均比上述3类剖面大,TDS为最大,Na氯化物盐量为最高,表明土壤处在氯化物溶滤阶段。

3 潜水质量浓度和组分浓度的时空演化

灌区1988、1992、1998年3个时段潜水质量浓度(TDS)和组分浓度的演化态势^[3]见表2。

表2 灌区各时段潜水化学参数值对比

名称	青铜峡灌区				银北灌区/(mg/L)		银南灌区/(mg/L)		测试状况 时段(年月)
	变动范围* (mg/L)	最高/ 最低	与1988年的 最高浓度相比		变动范围	主体浓度	变动范围	主体浓度	
			减值 /(mg/L)	降幅 (%)					
TDS	510.8 ~ 5137	10.0	640	11	1500 ~ 4500	2000 ~ 3500			1988.4
	591 ~ 3512	5.8	2199	35.5	1000 ~ 4000	1500 ~ 2500	1000 ~ 2000	1000 ~ 1500	1992.4
					1000 ~ 3000	1500 ~ 2000	1000 ~ 2000	1000 ~ 1500	1998.4
Na^+	91.4 ~ 1420	15.5			180 ~ 1180	380 ~ 780	180 ~ 480	180 ~ 280	1988.4
	63.8 ~ 1030	16.1	390	27.5	180 ~ 880	280 ~ 480	80 ~ 480	80 ~ 280	1992.4
	33.8 ~ 873	25.8	547	38.5	80 ~ 680	180 ~ 380	80 ~ 380	80 ~ 180	1998.4
Cl^-	12.4 ~ 1603.8	29.3			150 ~ 1250	250 ~ 650	150 ~ 450	150 ~ 250	1988.4
	42.5 ~ 1130	26.6	473.8	29.5	150 ~ 950	250 ~ 450	50 ~ 450	50 ~ 250	1992.4
	53.2 ~ 730	13.7	873.8	55	150 ~ 550	250 ~ 350	50 ~ 400	50 ~ 250	1998.4
Mg^{2+}	23.1 ~ 365	15.8			50 ~ 200	80 ~ 170	50 ~ 180	50 ~ 80	1988.4
	22 ~ 344	15.6	21	5.6	50 ~ 260	80 ~ 140	50 ~ 140	50 ~ 80	1992.4
	25.5 ~ 271	10.6	94	25.8	50 ~ 200	50 ~ 110	50 ~ 140	50 ~ 80	1998.4
SO_4^{2-}	14.4 ~ 1690	117.4			200 ~ 1200	350 ~ 650	50 ~ 800	200 ~ 350	1988.4
	62.4 ~ 1680	26.9	10	0.6	200 ~ 1100	350 ~ 500	200 ~ 650	200 ~ 350	1992.4
	76.8 ~ 1170	15.2	520	30.8	150 ~ 850	250 ~ 450	150 ~ 500	150 ~ 250	1998.4
Ca^{2+}	11.5 ~ 335	29.1			60 ~ 240	60 ~ 100	20 ~ 120	40 ~ 80	1988.4
	18 ~ 238	13.1	97	29	60 ~ 200	60 ~ 120	40 ~ 140	80 ~ 120	1992.4
	22 ~ 204	9.3	131	39	60 ~ 180	100 ~ 160	80 ~ 180	80 ~ 140	1998.4
HCO_3^-	336 ~ 1640	4.9			450 ~ 1300	600 ~ 800	450 ~ 1300	450 ~ 600	1988.4
	223 ~ 1190	5.3	450	27.4	350 ~ 950	450 ~ 650	400 ~ 750	400 ~ 550	1992.4
	186 ~ 1240	6.7	400	24.4	300 ~ 900	400 ~ 600	400 ~ 800	400 ~ 600	1998.4
	0.3 ~ 3.1	10	8.6	73.5	0.6 ~ 3.4	0.6 ~ 1.4	0.6 ~ 1.8	0.6	1998.4

注：*—按潜水的测试资料统计而成，其它均按分布图取值。测试点数按时段依次为48、52、49个测点。

由表2表明：(1)灌区局部地段的潜水TDS和6个组分(除 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 外)浓度的最高值、高值区及其值域范围随着时程推移,均呈不同程度的衰减,其中,以 Na^+ 、 Cl^- 衰减幅度为最大。(2)灌区广大范围内潜水TDS和组分的主体浓度值随着时程推移,银北灌区除 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 外均呈大幅度衰减;而银南灌区除 Ca^{2+} 积聚和 Cl^- 、 HCO_3^- 、 Mg^{2+} 呈相对持平外,其它组分均呈衰减。(3)潜水TDS和组分 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等浓度场强度,随着时程

推移由北强南弱显著差异分布转变为差异性减小。(4)灌区潜水TDS和易溶、较易溶盐组分的大幅度衰减和难溶盐组分的积聚,标志着潜水朝向稀释淡化的方向演化。

4 引排地表水盐量的演化

排水沟中沟排水无疑隶属于地表水范畴,而灌区内地下水主要是通过排水沟转化为沟排水向区外排放。沟排水实质上是地表水与地下水的混合水。据银北灌区1989~1994年统计计算,沟排水中田间排水和渠道退水的水量占73%,地下水仅占27%。由于未掌握灌区40年间地下水排出量的监测资料,因此将其归并在地表水内讨论。

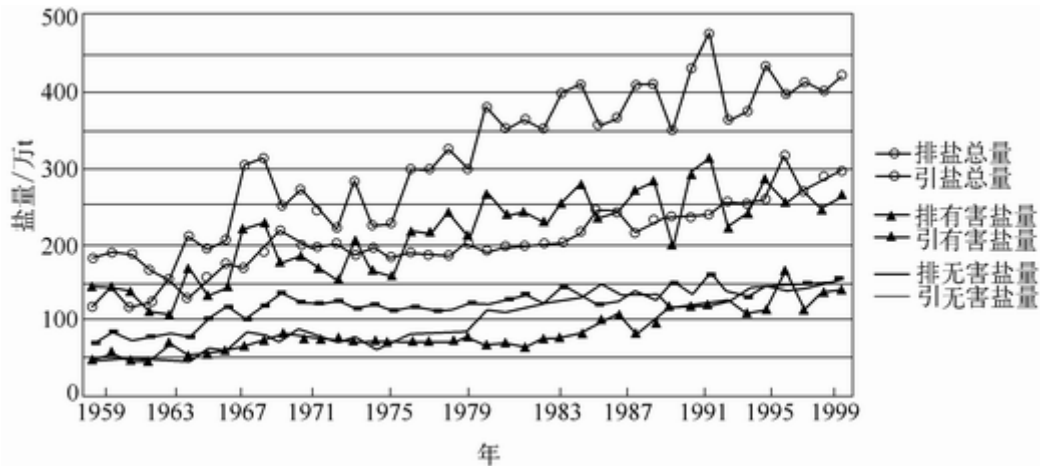


图1 青铜峡灌区历年引、排盐量变化

4.1 引排地表水的盐量衰减和积聚 根据灌区和3个分灌区40年引水引盐和排水排盐的动态监测资料勾画和概括如表3、图1所示:

由表3、图1表明:(1)引排盐量变化趋势具有3个特点:其一,引入或排出的总盐量、有害盐量和无害盐量随着时程推移均呈增高变化;其二,总盐量、有害盐量各自的引排差较大,均为负值,总盐量排盐曲线位于引盐曲线的上方,有害盐量排盐曲线在引盐曲线上下波动,总盐量与有害盐量的曲线形态相似程度较好,而无害盐量的引排差较小,为正值,引盐曲线由位于排盐曲线上方,20世纪80年代后逐渐过渡为相互交叉状态;其三,有害盐量的排出量显著大于无害盐量的排出量,标志着灌区主要减少的是有害盐量。(2)灌区引入和排出的总盐量及其分量、有害盐量和无害盐量的引、排量的计算表明:灌区水土共失去了4 485.7万t总盐量和5 254.9万t有害盐量,灌区水土积聚了769.3万t无害盐量。(3)灌区40年引、排盐量的统计表明:银南灌区水土失去了139.9万t有害盐量,积聚了449.1万t无害盐量;银北灌区水土失去了2 412.5万t有害盐量,积聚了384.8万t无害盐量;河东灌区水土失去了2 702.5万t有害盐量和64.8万t无害盐量。

表3 青铜峡灌区20世纪60~90年代引排水盐量参数

水盐参数		60年代	70年代	80年代	90年代	合计	
水量	引入量	414.8	503.7	556.9	630.5	2105.8	
	排出量	70.4	129.8	276.4	371.6	848.1	
	引排差	344.5	373.9	280.5	258.9	1257.7	
	排引比	0.17	0.26	0.50	0.59		
盐量	总盐量	1560.0	1925.7	2159.6	2682.9	8328.1	
	引入量	有害盐量	598.0	738.3	834.7	1293.6	3464.6
		无害盐量	962.0	1187.4	1324.8	1389.2	4863.5
		总盐量	2169.1	2706.5	3833.3	4104.9	12813.8
	排出量	有害盐量	1573.7	1939.6	2574.3	2631.9	8719.6
		无害盐量	595.4	766.9	1259.0	1473.0	4094.2
		总盐量	-609.2	-780.8	-1673.7	-1422.0	-4485.7
	引排差	有害盐量	-975.8	-1201.3	-1739.5	-1338.3	-5254.9
		无害盐量	366.6	420.5	65.8	-83.7	769.3
		总盐量	1.39	1.41	1.78	1.53	
	排引比	有害盐量	2.63	2.63	3.08	2.03	
		无害盐量	0.62	0.65	0.95	1.06	

注：水量单位为亿 m^3 ；盐量单位为万t，按10年总计。

4.2 沟排水质量浓度(TDS)的衰减 根据20世纪50年代晚期至90年代末沟排水化学测试资料绘制的沟排水化学随时程推移的变化曲线图表明，各沟排水除清水沟非灌溉期和第二排水沟非灌溉期的个别组分浓度曲线存在变异外，存在4个显著特点：(1)灌溉期和非灌溉期排水沟排放的沟排水的TDS和组分浓度均以50年代晚期的浓度为最高，随着时程推移均呈不同程度地降值变化。按时程终端数值表明，在灌溉期，第一、二、四和东排水沟的沟排水TDS已降至 $<1g/L$ ，第三和银新河排水沟的TDS $<1.5g/L$ ，苦水河的TDS最高，为 $3.0g/L$ ；在非灌溉期，第一、三、四排水沟的TDS $<1.5g/L$ ，第二、五和东排水沟、银新排水沟的TDS $>2g/L$ (最高为 $2.7g/L$)，清水排水沟和苦水河的TDS最高，为 $4\sim 7g/L$ 。(2)分量组分 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 与TDS的曲线形态相似性较好，随着时程推移均呈同步降值变化，且降值幅度比其它组分的均大。(3)沟排水化学组分浓度顺序是：阳离子 $Na^+>Mg^{2+}>Ca^{2+}$ ，少数为 $Na^+>Ca^{2+}>Mg^{2+}$ ；阴离子 $SO_4^{2-}>Cl^->HCO_3^-$ ，个别为 $Cl^->SO_4^{2-}>HCO_3^-$ 。(4)非灌溉期排放的沟排水TDS和组分浓度均比灌溉期的高得多。

据此认为，灌区长期引黄灌溉和排水，导致由土壤和潜水转入沟排水的水溶性盐量渐趋减少，组分 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等降值幅度为最大，标志着水土含盐程度降低，已发生了较明显的脱盐淡化作用。

5 灌区水土脱盐淡化程度的定量评价

以上是从3个不同侧面直接或间接地论述了灌区水土盐量的衰减和积聚的状况，但最终集中地表现在灌区引排水盐量和水土盐量分布2个互为因果关系的定量评价上。

(1)灌区40年总计引入黄河水 $2105.9亿m^3$ ，排向黄河流出区外的水量 $848.2亿m^3$ ，引排差为 $1257.7亿m^3$ ，即灌区40年净引入的黄河水量，年均净引入水量为 $31.4亿m^3$ 。灌区40年总计引入黄河水携带的有害盐量为

3464.6万t、无害盐量4863.5万t,排向黄河的有害盐量8719.6万t、无害盐量4094.2万t,灌区40年间总计水土脱去了5254.9万t有害盐量,积聚了769.3万t无害盐量。灌区水土有害盐量的衰减和无害盐量的积聚,导致水土朝向脱盐淡化的方向演化。

(2)根据灌区1998年(4月)潜水TDS和土壤20cm深的全盐量分布图(图2、图3)分析表明:潜水TDS>2g/L的主要分布在贺兰的西北方向一带、平罗的附近(呈断续分布)和永宁与银川一线以东地区,均不适宜农业灌溉,而其它地区TDS<2g/L,均适宜农业灌溉。土壤全盐量>0.2%的分布在平罗以北一带(最高为0.7%)、银川与贺兰一线之西一带(最高为0.5%),均为轻—中度盐渍化土,而其它地区土壤全盐量<0.2%,均为非盐渍化土(注:以上评价不含河东灌区,因该区控制点甚少,图上水土等值线是外推的)。

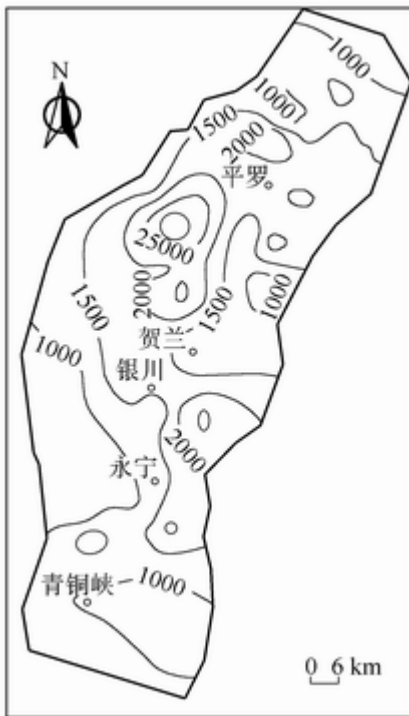


图2 1998年4月潜水TDS(mg/L)分布



图3 1998年4月土壤全盐量(g/100g土)分布

本文计算的灌区水盐帐,为推行和实施节水方针,缩减引黄水量,改善黄河水的污染现状和改善农业生态环境,拟定联合开发利用地下水和地表水及其优化调水配水方案提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 王遵亲,等.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.
- [2] 中国地质科学院水文地质工程地质研究所.中国土地盐渍化沼泽化图说明书[M].北京:中国地图出版社,1992.
- [3] 汪林,甘泓,于福亮,等.西北地区盐渍土及其开发利用中存在问题的对策[J].水利学报,2003,(6):90-95.

Analysis on the process of deduction and accumulation of salinity in phreatic water and soil in irrigation area

WANG Shan¹, ZHANG Hong-da^{1,2}, WANG Lin³

(1. Institute of Hydrogeology and Environment Geology, Zhengding 050803, China;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract: The evolution of salinity content in soil and phreatic water in Qingtongxia irrigation area, Ningxia Atonomous Region, China, was analyzed according to the monitoring data in 40 years. The calculation result shows that the irrigation area attained about $125.77 \times 10^9 \text{m}^3$ of water from the Yellow River, $52.55 \times 10^6 \text{t}$ of harmful salt was drained away and $7.69 \times 10^6 \text{t}$ of harmless salt was accumulated. The volume of phreatic water suitable for irrigation increases and the extent of desalinized field remarkably expanded. These indicate that both soil and water in this irrigation area are in the process of progressively desalinized.

Key words: salinity; phreatic water; soil; deduction; accumulation; quantitative evaluation; Qingtongxia irrigation area