

# 2016—2021 年黄土高原马莲河干流 水质时空变化特征及其成因

王程<sup>1</sup>, 敬小兰<sup>2</sup>, 李敏<sup>2</sup>, 段建宏<sup>3</sup>, 董星佑<sup>1</sup>

(1. 庆阳职业技术学院 能源工程系, 甘肃 庆阳 745000;

2. 甘肃省庆阳生态环境监测中心, 甘肃 庆阳 745000; 3. 甘肃海慧安全科技有限公司, 甘肃 庆阳 745000)

**摘要:** [目的] 分析黄土高原马莲河干流水质时空变化特征, 揭示水质污染状况及成因, 为该流域内生态文明建设和水环境治理提供科学依据。[方法] 基于黄土高原马莲河干流 2016—2021 年甘肃省庆阳市境内 5 个断面水质逐月监测数据, 结合单因子污染指数法、综合污染指数法对水质进行评价, 利用线性趋势法对水质演变趋势进行分析。[结果] ① 2016—2021 年庆阳市境内马莲河水质整体较差, 属于 V 类水范畴, 综合污染指数较高, 主要污染因子为高锰酸盐指数、化学需氧量(COD)、5 日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、总磷、氟化物及六价铬, 下游水质优于上游。② 庆阳市境内马莲河干流水质季节变化特征显著, 综合表现为夏、秋季优于春、冬季。具体表现为秋季最优, 冬季最差。[结论] 2016 年以来, 庆阳市境内马莲河水质趋势稳定向好, 尤其是 2017 年以后, 向好趋势表现明显; 受入境水质及流域地质条件影响, 马莲河水污染治理任务依然任重而道远。

**关键词:** 黄土高原; 马莲河干流; 水质; 时空变化; 水污染

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)05-0158-07

中图分类号: X824, X131.2

**文献参数:** 王程, 敬小兰, 李敏, 等. 2016—2021 年黄土高原马莲河干流水质时空变化特征及其成因[J]. 水土保持通报, 2022, 42(5): 158-164. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.05.020; Wang Cheng, Jing Xiaolan, Li Min, et al. Spatial-temporal variations and causes of water quality in mainstream of Malian River in Loess Plateau from 2016 to 2021 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(5): 158-164.

## Spatial-temporal Variations and Causes of Water Quality in Mainstream of Malian River in Loess Plateau from 2016 to 2021

Wang Cheng<sup>1</sup>, Jing Xiaolan<sup>2</sup>, Li Min<sup>2</sup>, Duan Jianhong<sup>3</sup>, Dong Xingyou<sup>1</sup>

(1. Department of Energy Engineering, Qingyang Vocational and Technical College,

Qingyang, Gansu 745000, China; 2. Gansu Province Qingyang Ecological Environment Monitoring Center,

Qingyang, Gansu 745000, China; 3. Gansu Haihui Safety Technology Co., Ltd, Qingyang, Gansu 745000, China)

**Abstract:** [Objective] The temporal and spatial variation characteristics of water quality in the main stream of the Malian River in the Loess Plateau were analyzed in order to reveal the pollution status and causes of water quality, thereby providing a scientific basis for the construction of ecological civilization and improvement of water quality in the basin. [Methods] Monthly water quality data from 2016 to 2021 for five sections of the mainstream of the Malian River at Qingyang City of Gansu Province in the Loess Plateau were evaluated by using the single factor pollution index method and the comprehensive pollution index method. Trends in water quality evolution were analyzed by using the linear trend method. [Results] ① The overall environmental quality of the Malian River water in Qingyang City from 2016 to 2021 was poor (category V), and the comprehensive pollution index was high. The main pollution factors were permanganate index, chemical oxygen demand (COD), five-day biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>-N), total phosphorus, fluoride and hexavalent chromium. Downstream water quality was better than upstream water quality.

收稿日期: 2022-02-13

修回日期: 2022-03-25

资助项目: 2021 年甘肃省高等学校创新资助项目“石油钻采对于庆阳地区的环境影响及防控技术研究”(2021B-562); 2021 年庆阳职业技术学院校级课题(QZY[2021]XJKT011)

第一作者: 王程(1986—), 男(汉族), 甘肃省庆阳市人, 硕士, 讲师, 主要从事水污染治理技术研究。Email: wach1688@163.com。

② The seasonal variation characteristics of water quality of the mainstream of the Malian River in Qingyang City were significant. The comprehensive performance was better in summer and autumn than in spring and winter, and the specific performance was best in autumn and worst in winter. [Conclusion] The trend of the water quality of the Malian River in Qingyang City since 2016 has been stable and improved, especially after 2017. Due to the influence of the water quality of the water entering, the river and the geological conditions of the river basin, the water pollution control task for the Malian River still has a long way to go.

**Keywords: Loess Plateau; Malian River mainstream; water quality; spatial-temporal variation; water pollution**

“水已经成为了中国严重短缺的产品,成了制约环境质量的主要因素,成了经济社会发展面临的严重安全问题”<sup>[1]</sup>。庆阳市位于甘肃省东部,属于干旱半干旱地区<sup>[2]</sup>,从地质学角度看,其位于鄂尔多斯盆地南部黄土高原天环向斜沉积盆地内<sup>[3]</sup>;从地貌形态看,属于沟壑纵横的黄土高原,自然条件相对恶劣。长期以来,这里资源型、水质型、工程型缺水并存,水资源的极度匮乏,已成为制约当地经济和社会发展的最主要因素。历史上,庆阳市是中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司的发祥地和主产区。近年来,庆阳市境内,已探明石油天然气及煤炭储量取得新的突破,未来将在服务和保障国家能源安全方面发挥更大作用。因此,为了能够更好服务国家发展战略和当地民生,探索和解决庆阳市经济和社会发展所需水资源供给就显得尤为重要。

庆阳市境内马莲河属于黄河流域泾河水系第三级支流,其源头有两支,西支发源于宁夏回族自治区盐池县麻黄山为正源,因流经庆阳市环县,名曰环江;东支发源于陕西省定边县白云山,庆阳市域内名曰柔远河,于庆阳市庆城县与西支汇流。马莲河流入庆阳市境内后,自北向南依次流经环县、华池县、庆城县、西峰区、合水县、宁县、正宁县,除镇原县外,其流域覆盖庆阳市全境,最后在宁县政平村汇入泾河。其流域面积占庆阳市总面积的62.4%,占全市自产水资源总量的59.3%,但由于上游来水为苦咸水,造成整个干流失去了利用价值<sup>[4]</sup>,既不能用于城市供水水源,也不能用于农田灌溉,使得整个马莲河流域水资源供给极度紧缺;同时,由于马莲河的极差水质,已严重威胁到其汇入河流泾河水质。因此,分析和研究马莲河水质变化特征,为其流域内生态文明建设和地表径流环境治理提供科学依据,就具有重大的社会价值和现实意义。

水质评价作为定性或定量划分水体质量的有效方法,是实现水资源高效利用和水污染防治的基础。目前,国内外常用水质评价方法有单因子污染指数法<sup>[5]</sup>、综合污染指数法<sup>[6]</sup>、内梅罗水污染指数法<sup>[7]</sup>、模糊综合评价法<sup>[8]</sup>、主成分分析法等<sup>[9]</sup>。为打破单一水

质评价方法的局限性,更多情况下,是将两种或两种以上水质评价方法联合使用。曾凤连等<sup>[10]</sup>采用单因子评价法和综合污染指数法,采用1999—2019年淮河干流的9个断面监测数据,研究了淮河水质及主要污染因子变化趋势和突变特征,结果表明淮河Ⅰ—Ⅲ类水质断面比例总体呈上升趋势,主要污染因子发生了结构性转变。申洪鑫等<sup>[11]</sup>综合运用单因子污染指数法、内梅罗污染指数法和因子分析法对大汶河干流和其支流水质状况进行了评价与分析,结果表明大汶河流域整体以Ⅴ类水为主,受有机物和重金属污染较重。杨荣金等<sup>[12]</sup>通过主成分分析法、反距离权重法、Spearman秩相关系数法,对2010—2017年官厅水库水质进行了评价与时空变化特征分析,结果表明水体富营养化是官厅水库面临的最主要污染问题。

本文基于黄土高原庆阳市境内马莲河干流2016—2021年5个监测断面水质逐月监测数据,结合单因子污染指数法、综合污染指数法对水质进行评价,利用线性趋势法对水质演变趋势进行分析,并就马莲河水质时空变化特征及成因进行了讨论,以期为马莲河流域今后污染治理和生态修复提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

马莲河流域位于鄂尔多斯盆地南部黄土高原腹地(106.35°—108.70°E, 35.24°—37.15°N),河流总长度375 km,流域面积 $1.91 \times 10^4$  km<sup>2</sup>,年内1月流量最小,7月最大,多年平均径流量 $4.51 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,流域内以黄土丘陵沟壑地貌为主,尤其北部地区降雨量少,植被覆盖率低,水土流失严重,径流泥沙量大。目前,庆阳市境内马莲河干流自北向南共设有柴家台、五里桥、店子坪、铁李川、宁县桥头5个地表水监测断面,其中柴家台断面为马莲河由宁夏回族自治区出境流入甘肃省的省控地表水入境监测断面,五里桥断面为环县出境流至庆城县断面,铁李川断面为合水县出境断面,宁县桥头断面为马莲河由甘肃省出境流入陕西省的国控地表水监测断面。

### 1.2 数据来源

本文研究所使用数据来源于庆阳市境内马莲河

干流 2016—2021 年 5 个监测断面的水质逐月监测数据,监测指标包括水温(°C)、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量(COD)、5 日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、总磷(TP)、氟化物、砷、六价铬、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群等 24 项。以上所有指标测定均按照 GB3838-2002《地表水环境质量标准》所规定标准执行。

### 1.3 数据分析方法

综合污染指数法是目前中国常用的水质评价方法,该方法是各项单因子污染指数之和与单因子个数的比值,能够相对全面地反映水质综合状况<sup>[13]</sup>。综合污染指数越低,表明水质越好。本文依据 GB3838-2002《地表水环境质量标准》中 V 类水质标准限值,采用公式(1)计算单因子污染指数,采用公式(2)计算综合污染指数<sup>[14]</sup>。同时,利用线性趋势法<sup>[15]</sup>,对马莲河干流水质序列演变趋势进行分析。

$$R_i = \rho_i / \rho_{si} \quad (1)$$

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad (2)$$

式中: $R_i$  为水质因子  $i$  的污染指数; $\rho_i$  为水质因子  $i$  的实际监测浓度(mg/L); $\rho_{si}$  为水质因子  $i$  所对应地表 V 类水质的标准限值(mg/L); $R$  为综合污染指数; $n$  为水质因子个数。

## 2 结果与分析

### 2.1 水质时空变化特征

黄土高原马莲河上游为苦咸水,且流域内遍布长庆油田钻采平台及集输管道,油气钻采及石化产业废水对于马莲河水质存在着潜在影响。经监测数据与 GB3838-2002《地表水环境质量标准》中 V 类水质标准限值比对,选取污染指数较高及与石化产业相关的高锰酸盐指数、化学需氧量(COD)、5 日生化需氧量(BOD<sub>5</sub>)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、总磷、氟化物、六价铬、石油类及硫化物 9 个水质因子,分析马莲河庆阳市境内监测断面 2016—2021 年单因子污染指数的时空变化特征(图 1)。由图 1 可知:①各断面高锰酸盐污染指数处于波动状态,柴家台断面除 2020 年外,均在持续下降,其他 4 个监测断面在 2018—2019 年略有增长,但整体波动较为平稳;②各断面 COD 污染指数自 2016 年以来整体呈现下降趋势,尤其以柴家台断面下降较为明显,降低了 0.94 倍;③与其他污染因子有所不同,BOD<sub>5</sub> 污染指数宁县桥头断面表现最为突

出,其次为五里桥、店子坪和铁李川断面,而入境断面柴家台污染指数相对较低,各断面年际降低趋势不明显;④除五里桥断面峰值出现在 2019 年外,其他各断面 NH<sub>3</sub>-N 污染指数自 2017 年以后整体呈现下降趋势,但 2017—2019 年期间,污染指数整体偏高;⑤总磷污染指数较为特殊,其逆水流方向特征显著,具体表现为出境断面最大,入境断面最小;⑥马莲河干流水质氟化物整体含量偏高,尤其以柴家台断面为甚,长期以来超出地表水环境质量 V 类水标准限值,并且自 2018 年以后上升趋势明显,2021 年度污染指数高达 1.93,其他 4 个断面氟化物污染指数趋势平稳;⑦六价铬含量整体偏高是马莲河水质的显著特征之一,其污染指数大小基本上可按照五里桥、柴家台、店子坪、铁李川、宁县桥头断面排序,2016—2018 年度店子坪和铁李川断面六价铬污染指数呈现下降趋势,其他 3 个监测断面均呈现波动趋势,2018 年以后,除铁李川和宁县桥头断面在 2020—2021 年度有下降趋势外,其他时间段各断面六价铬污染指数均呈现上升趋势,其中五里桥断面上升趋势较为明显,其 2021 年污染指数为 2016 年的 1.42 倍;⑧ 2016—2021 年马莲河干流石油类污染物控制较好,各断面最大污染指数仅为 0.04,具体表现为柴家台断面最低,店子坪断面最高,其次为五里桥和铁李川断面,除铁李川断面 2019 年有波动以外,其他各断面年际持续降低趋势显著;⑨硫化物污染指数依然表现为入境断面最高,自上游至下游依次降低,但年际变化较小。

综合污染指数时空变化特征见图 2。由图 2 可知,2016—2021 年庆阳境内马莲河水质整体较差,属于 V 类水范畴,综合污染指数较高,其中柴家台断面年度综合污染指数维持在 0.30 以上,其他断面年度综合污染指数基本介于 0.20 与 0.35 之间。各监测断面水质按综合污染指数从大到小排序依次为柴家台(0.343)、五里桥(0.300)、宁县桥头(0.266)、店子坪(0.248)、铁李川(0.239),且空间差异显著,即环县、庆城县段综合污染指数高于合水、宁县段,即下游水质优于上游。宁县桥头、店子坪和铁李川断面综合污染指数差异性小,即合水县、宁县段水质比较接近。综上所述,自 2016 年以来,马莲河干流庆阳市境内 5 个监测断面综合污染指数在短期内有波动,但整体呈现下降趋势;因入境水质极差,马莲河干流水污染治理形势依然严峻。

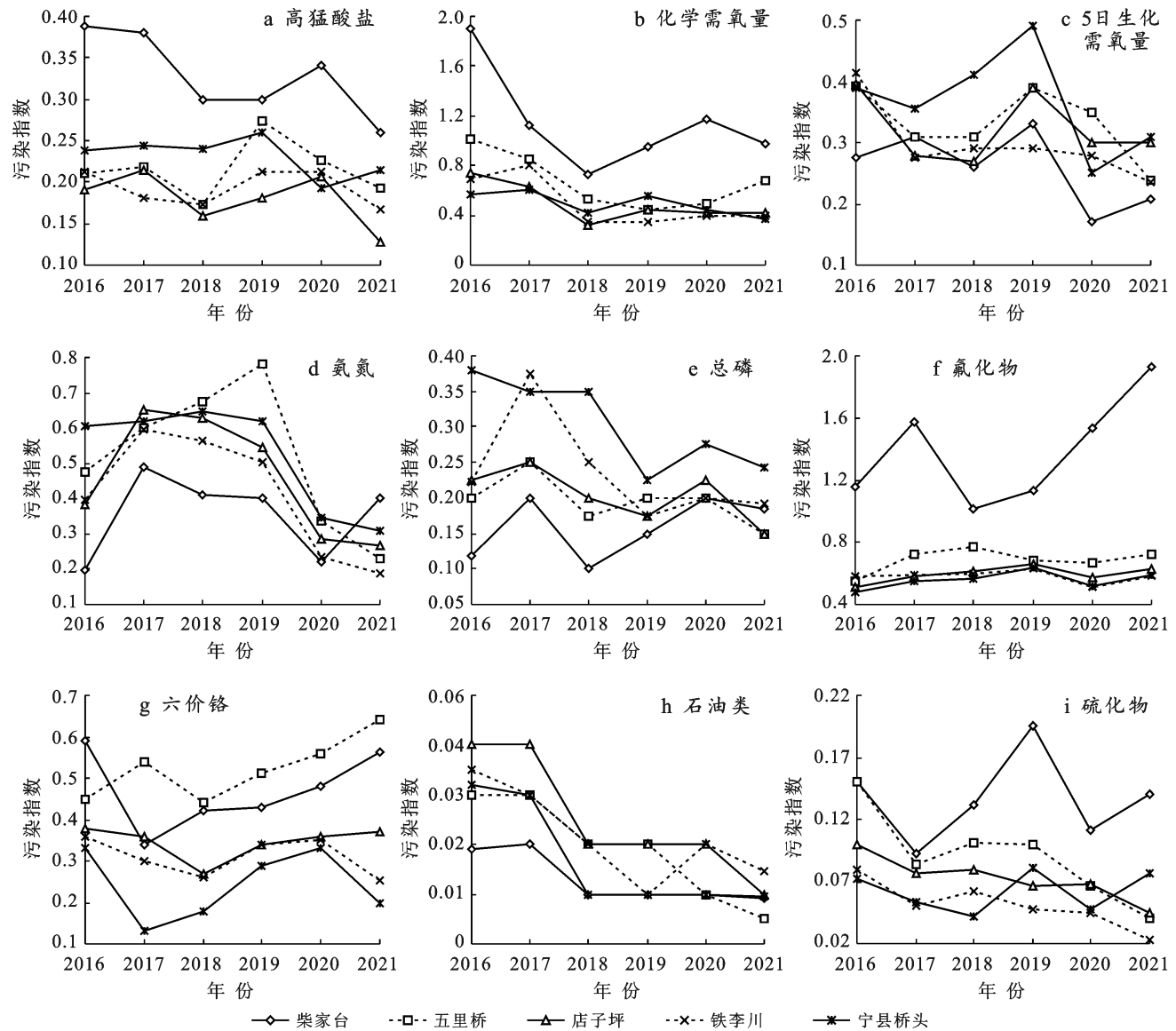


图 1 2016—2021 年黄土高原马莲河干流水质单因子污染指数时空变化特征

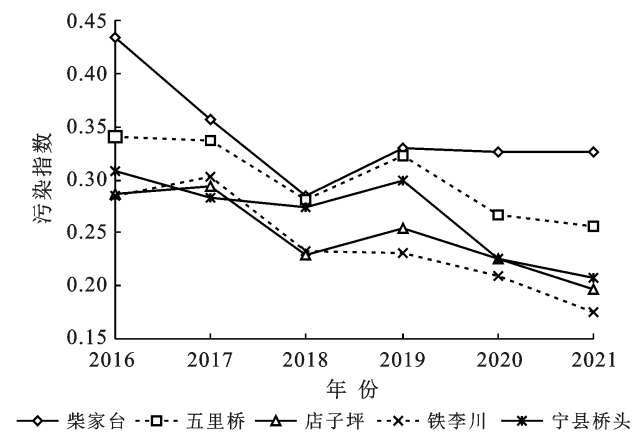


图 2 2016—2021 年黄土高原马莲河干流水质综合污染指数时空变化特征

### 2.2 水质的季节变化特征

黄土高原马莲河流域四季分明,降水分布不均,其中夏季降水占全年降水的近 50%<sup>[16]</sup>。因此,将

2016—2021 年水质监测数据按春(3—5 月)、夏(6—8 月)、秋(9—11 月)、冬(12—2 月)四季进行划分,以分析监测断面水质的季节变化特征(表 1)。由表 1 可知:①各监测断面高锰酸盐污染指数变化规律基本表现为夏季最高;最低点柴家台断面为秋季,其他 4 个监测断面均为冬季;②COD 污染指数除柴家台断面表现为冬季最低外,其他 4 个监测断面均为秋季最低;③BOD<sub>5</sub> 污染指数各断面均为秋季最低,柴家台、铁李川、宁县桥头断面表现为春季最高;④NH<sub>3</sub>-N 污染指数规律清晰,各断面统一表现为春、冬季高,夏、秋季低,其中冬季最高,冬季最低污染指数铁李川断面值高达 0.743;⑤总磷污染指数各断面规律不一,柴家台断面春季最高,冬季最低,五里桥断面季节变化趋势不明显,店子坪断面夏季最高,铁李川断面春、冬季高于夏、秋季,宁县桥头断面秋季最低,冬季



最高;⑥氟化物污染指数季节变化趋势平稳,但污染指数均较大,尤其以柴家台监测断面为甚,一年之中秋季最低(1.286),冬季最高(1.654);⑦六价铬污染指数除店子坪断面呈现春季至冬季递增趋势外,其他 4 个断面规律一致,均表现为夏季最低,冬季最高的特点,且冬季污染指数从上游至下游依次降低;⑧石

油类污染指数柴家台、铁李川断面夏、秋季高于春、冬季,五里桥断面秋季最低,冬季最高,店子坪断面春季至冬季降低趋势显著,宁县桥头断面秋季最低,春、夏季较高;⑨硫化物污染指数上游表现为夏季最高,尤其以柴家台断面最为突出,下游为春季最高,各断面最低值基本为冬季。

表 1 2016—2021 年马莲河干流水质因子季节污染指数

监测断面	季节	水质因子季节污染指数								
		高锰酸盐	COD	BOD <sub>5</sub>	NH <sub>3</sub> -N	总磷	氟化物	六价铬	石油类	硫化物
柴家台	春	0.327	1.744	0.290	0.253	0.122	1.302	0.542	0.012	0.128
	夏	0.419	1.254	0.261	0.215	0.165	1.383	0.298	0.015	0.255
	秋	0.280	1.461	0.238	0.388	0.164	1.286	0.455	0.014	0.104
	冬	0.362	0.996	0.274	0.938	0.205	1.654	0.750	0.009	0.031
五里桥	春	0.205	0.645	0.330	0.495	0.180	0.626	0.515	0.022	0.101
	夏	0.248	0.618	0.341	0.364	0.175	0.724	0.393	0.021	0.118
	秋	0.210	0.464	0.303	0.380	0.196	0.642	0.550	0.015	0.070
	冬	0.193	0.676	0.351	0.968	0.197	0.717	0.684	0.023	0.055
店子坪	春	0.181	0.565	0.332	0.586	0.183	0.533	0.278	0.033	0.068
	夏	0.218	0.534	0.361	0.271	0.258	0.636	0.299	0.025	0.092
	秋	0.186	0.376	0.275	0.347	0.185	0.628	0.382	0.020	0.080
	冬	0.163	0.379	0.385	0.793	0.213	0.570	0.435	0.016	0.062
铁李川	春	0.196	0.480	0.319	0.501	0.270	0.552	0.303	0.022	0.062
	夏	0.223	0.598	0.300	0.288	0.212	0.628	0.246	0.025	0.049
	秋	0.183	0.365	0.236	0.220	0.214	0.609	0.334	0.021	0.044
	冬	0.162	0.493	0.285	0.743	0.246	0.526	0.375	0.019	0.048
宁县桥头	春	0.256	0.501	0.430	0.564	0.279	0.509	0.241	0.021	0.085
	夏	0.252	0.573	0.367	0.346	0.334	0.604	0.199	0.022	0.064
	秋	0.213	0.431	0.306	0.277	0.237	0.549	0.229	0.014	0.047
	冬	0.201	0.457	0.372	0.874	0.371	0.536	0.309	0.018	0.064

综合污染指数季节变化特征如图 3 所示。5 个监测断面均表现为冬季最高;柴家台断面夏季微低于秋季,其他 4 个断面均为秋季最低。综上所述,马莲河干流水质季节变化综合表现为夏、秋季优于春、冬季,且秋季最优,冬季最差。

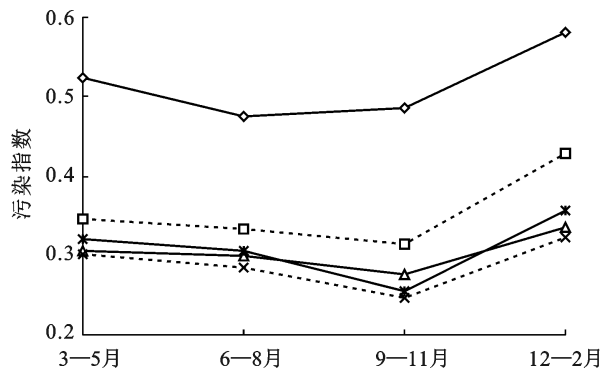


图 3 马莲河干流水质综合污染指数季节变化特征

## 2.3 水质变化趋势

各监测断面综合污染指数线性趋势如图 4 所示。由图 4 可知,柴家台、五里桥、店子坪、铁李川和宁县桥头 5 个监测断面线性系数分别为-0.016 6, -0.016 8, -0.017 9, -0.023 7 和-0.018 4,均为负数,全部呈下降趋势,即各监测断面水质趋势向好;除柴家台断面相关系数( $R^2=0.384 3$ )值较小外,其他 4 个监测断面相关系数( $R^2=0.723 8, 0.795 3, 0.873 7, 0.719 6$ )值均较大,表明线性关系良好,即各监测断面水质向好趋势稳定。

## 3 讨论

### 3.1 水质长期极差原因

庆阳市境内马莲河流域历史长期以来水质极差原因,首先是由于其上游所产生的苦咸水所致。电导率可用于表征水体的可溶性固体或盐度<sup>[17]</sup>,通过 5 个监测断面的近 6 a 平均电导率监测值可知,柴

家台断面的峰值为2017年,高达 $14\ 620\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ,之后持续降低,2019年为 $8\ 730\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ,2020—2021年增长至 $10\ 110\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ,五里桥断面年平均值为 $3\ 000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ,其他3个断面年平均电导率值在 $2\ 000\ \mu\text{S}/\text{cm}$ ,而柔远河来水的汇入点介于五里桥和店子坪断面之间。

由此可见,来源于宁夏盐池县麻黄山的西支正源占年约流量5.7%的苦咸水下泄是导致马莲河干流盐度过高的直接原因,以至于使其完全丧失了工农业生产及居民生活利用价值。通过对水样的化学分析得知,水体中阳离子以 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 和 $\text{Na}^+$ 为主,阴离子以 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 和 $\text{SO}_4^{2-}$ 为主。

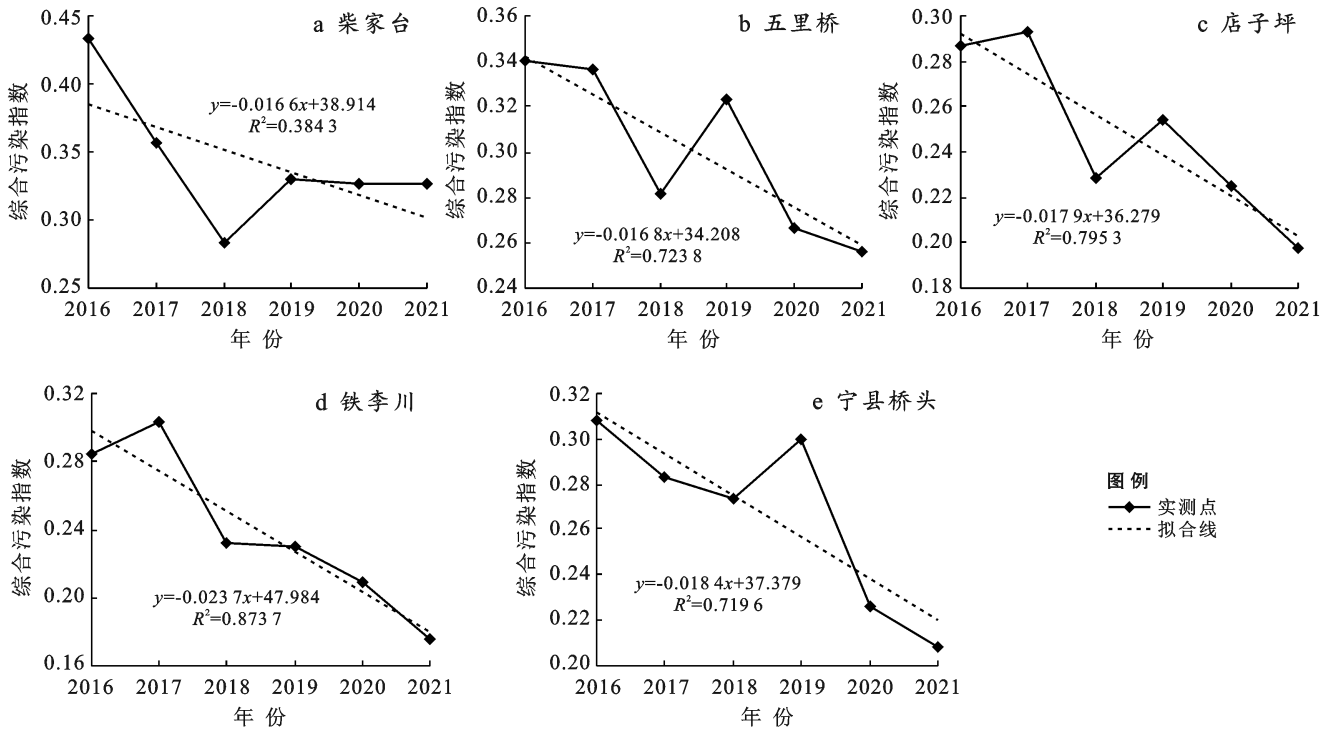


图4 2016—2021年马莲河干流水质各监测断面综合污染指数线性趋势

由单因子污染指数可以知道,马莲河水质主要污染因子包括高锰酸盐指数、COD、 $\text{BOD}_5$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、总磷、氟化物以及六价铬。其中COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 值较高与马莲河流域历史长期以来所从事的油气开采和石化产业具有一定联系,石油类污染指数相对较高区域也是庆阳市境内石油钻采和石化产业企业相对集中区域;马莲河所流经县、乡生活污水未经有效处理直接或间接排入河道,也是造成马莲河水污染的原因;同时,马莲河流域基本为黄土丘陵沟壑地貌,水土流失严重,且自古以来为半农半牧地区,流域内居民多从事以种植业(小麦、玉米、荞麦等)和养殖业(羊、牛、猪等)为主的第一产业,劳动生产过程中化学肥料及农药的不合理使用、牲畜粪尿不经科学处理直接还田等,伴随降水冲刷也会造成马莲河水体COD和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 值升高;各断面总磷污染指数自上游至下游递增显著,此结果也与庆阳市境内马莲河流域的人口分布密度相一致,说明高营养盐负荷主要因人为生产生活所致。氟化物及六价铬<sup>[18]</sup>含量长期偏高,均属流域内地质原因所致。

### 3.2 水质季节变化原因

马莲河干流水质存在显著季节波动,一般认为,水质季节波动与流域断面水量变化及排污量有关。马莲河流域降水季节性明显,多年平均降水482 mm,四季降水分别占年降水量的18%、53%、27%、2%<sup>[16]</sup>,马莲河干流各断面季节性流量与降水量呈现正相关。夏、秋季为马莲河的丰水期,其流量、流速增大,对污染物具有转移输送和稀释作用;春、冬两季,尤其是冬季,因为降水量和温度降低,柴家台断面甚至出现断流和封冻现象,水体中的污染物在河床大量沉积,导致对春季水质也造成一定程度的影响;同时,由于冬季水温过低,水体中微生物代谢速率降低,硝化作用被抑制,导致 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的转化和有机物的降解量减少,直观表现为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染指数的变化,自上游至下游各断面冬季 $\text{NH}_3\text{-N}$ 污染指数分别为夏季的4.5、2.7、2.9、2.6、2.5倍;而马莲河干流各断面石油类和硫化物污染指数却表现为冬季最低,这与长期以来受冬季气温过低影响,庆阳市境内油气钻采企业普遍实施冬季作业暂停制度具有一定联系。

### 3.3 水质年际变化趋势原因

自 2016 年以来,马莲河水质稳定向好,尤其是 2017 年以后,向好趋势表现尤为明显,这与当地政府对于水污染治理的政策、措施直接相关。2015 年,国务院发布了《水污染防治行动计划》,随后,甘肃省人民政府发布了《甘肃省水污染防治工作方案》;2016 年 4 月,庆阳市人民政府发布了《庆阳市水污染防治工作方案》,当年便对全市不符合行业准入条件的炼油、淀粉、医药等严重污染水环境的工业企业进行了取缔,并对石油、化工、制药等涉水生产行业企业纳入强制性清洁生产审核范围;同时,制定并实施了庆阳市农业面源污染综合防治方案,实行测土配方施肥,开展低毒低残留农药使用政府补助,进行农作物病虫害绿色防控和统防统治,并完成了畜禽养殖禁养区划定工作;在环县新建中水回用处理厂一座,用于处理城区污水;对于华池县城区柔远河水污染开展专项治理,对于多处河道进行了清理、清淤及生态修复。2017 年,庆阳市农药、化肥使用量实现了零增长,测土配方施肥技术推广覆盖率达到 96%;同时,启动了马莲河流域水污染综合治理项目。2018 年,庆阳市现有工业集中区全部完成污水集中处理设施建设,并安装了自动在线监控装置;实施了环县城区生活污水处理厂二期工程,并在马莲河流经乡镇配套新建污水处理厂(站)20 余处。2019 年,实施了马莲河流域中下游人工湿地工程,通过在支流支沟建设人工湿地坝,对支流水质进行微生物净化处理;同时,对庆城、合水、华池、宁县四县城区生活污水处理厂进行了提标改造;流域内新建乡镇污水处理厂(站)28 处。2020 年,在马莲河下游区域建设水平潜流湿地、河道走廊湿地  $1.33 \times 10^5 \text{ m}^2$  用于流域水生态修复治理;并进一步将污水处理厂(站)建设覆盖至行政村。综上所述,庆阳市政府对于马莲河流域水污染治理工作的数年间不断推进,是促成马莲河干流水质稳定持续向好的关键因素。

## 4 结论

(1) 2016—2021 年庆阳境内马莲河水质整体较差,属于 V 类水范畴,综合污染指数较高,主要污染因子为高锰酸盐指数、COD、 $\text{BOD}_5$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、总磷、氟化物及六价铬,下游水质优于上游。

(2) 庆阳市境内马莲河干流水质季节变化特征显著,综合表现为夏、秋季优于春、冬季,具体表现为秋季最优,冬季最差。

(3) 2016 年以来,在当地政府的励精图治下,庆阳市境内马莲河水质趋势稳定向好,尤其是 2017 年以后,向好趋势表现明显;但总体而言,由于受入境水质及流域地质条件影响,马莲河水污染治理任务依然任重而道远。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 中共中央文献研究室.习近平关于社会主义生态文明建设论述摘编[M].北京:中央文献出版社,2017.
- [2] 付素静,贾冰,张金.马莲河地表水化学特征及污染状况分析[J].人民黄河,2011,33(4):54-55.
- [3] 斯扬,张文选,罗安湘,等.鄂尔多斯盆地陇东地区长 8 致密砂岩油藏地层水化学特征成因及其油气指示意义[J].现代地质,2019,33(5):1106-1117.
- [4] 解建仓,张建龙,朱记伟,等.马莲河苦咸水来源分析及治理方案[J].资源科学,2011,33(1):77-85.
- [5] 付奔,李代华,夏永竹,等.云南省盘龙河水质时空变化特征[J].水利水电技术(中英文),2021,52(S2):339-347.
- [6] 张胜,林莉,王珍,等.汉江中下游丰枯水期水质时空变化特征[J].长江科学院院报,2021,38(8):47-53.
- [7] 孙艺珂,王琳,祁峰.改进综合水质指数法分析黄河水质演变特征[J].人民黄河,2018,40(7):78-81.
- [8] 阮久莉,王艺博,郭玉文.基于层次分析-模糊综合评价法的锌冶炼行业水污染控制技术评价[J].环境工程学报,2021,11(5):976-982.
- [9] 董颖,吴喜军,李怀恩,等.2013—2019 年陕北矿区饮用水源地水质特征及驱动因素[J].水土保持通报,2021,41(1):284-289.
- [10] 曾凤连,杨刚,王萍,等.淮河干流水环境质量时空变化特征及污染趋势分析[J].水生态学杂志,2021,42(5):86-94.
- [11] 申洪鑫,牛蓓蓓,李富强,等.大汶河水质状况评价和污染源分析[J].安全与环境工程,2021,28(5):176-185.
- [12] 杨荣金,王逸卓,李秀红,等.官厅水库水质评价及时空变化特征[J].水资源保护,2021,37(6):135-141.
- [13] 邵志江,郑斌,汪涛.永定河上游主要河流地表水水质时空变化特征[J].自然资源学报,2020,35(6):1338-1347.
- [14] 王欢欢,白洁,刘世存,等.白洋淀近 30 年水质时空变化特征[J].农业环境科学学报,2020,39(5):1051-1059.
- [15] 王淑丽,李志萍,赵贵章,等.2005—2018 年涡河玄武河段水质演变趋势分析[J].人民长江,2021,52(5):13-17.
- [16] 张耀宗,张多勇,刘艳艳.近 50 年黄土高原马莲河流域降水变化特征分析[J].中国水土保持科学,2016,14(6):44-52.
- [17] 王瑞,代丹,张弛,等.太湖不同介质电导率时空变化特征[J].环境科学,2019,40(10):4469-4477.
- [18] 曹同民.马莲河水体中  $\text{Cr}^{+6}$  来源调查[J].中国环境监测,2003,19(6):43-46.