

疏勒河流域水化学特征及其保护

周长进,董锁成,李 岱

(中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

摘要:在分析疏勒河流域水文特征的基础上,重点对其水化学特征进行了较全面的研究.疏勒河流域河水的化学组成虽不尽相同,但大部分河段阴离子中以 HCO_3^- 占优势,阳离子中以 Ca^{2+} 为主.按照水文地质学的方法,根据水中主要阴、阳离子的浓度,将河水分为重碳酸盐类、硫酸盐类和氯化物类三种类型,但大部分河段属重碳酸盐类.根据取样测试,河水的总矿化度为 $256.12 \sim 413.74 \text{ mg/L}$,总硬度为 $3.37 \sim 7.16 \text{ me/L}$,河水总碱度为 $2.62 \sim 4.25 \text{ me/L}$.同时对疏勒河流域河水中微量元素的含量进行了分析研究,对水质状况进行了评价,提出了水环境保护的意见和措施.

关键词:疏勒河流域;水文特征;河流水化学;水环境保护

中图分类号:P342

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2004)02-0016-03

疏勒河流域地处甘肃省河西走廊西部,大致位于东经 $92^{\circ}11' \sim 98^{\circ}30'$,北纬 $38^{\circ}00' \sim 42^{\circ}48'$,是河西内陆干旱区三大河流中仅次于黑河的一条河流.疏勒河流域光热资源充足,水资源较为充沛,发展灌溉农业得天独厚,因而灌溉历史悠久,是丝绸之路上古老的灌溉农业区,也是甘肃省商品粮基地之一.建国以来,先后建成了昌马灌区、双塔灌区和花海灌区,灌溉面积由建国初期的 $1.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 增加到现在的 $8.38 \times 10^4 \text{ hm}^2$.疏勒河流域中下游地区是正在建设中的灌区,已列入国家“九五”计划和2010年远景规划纲要的重点农业开发工程,总投资26.97亿元,项目建成后可新增灌溉面积 $5.46 \times 10^4 \text{ hm}^2$,改善灌区灌溉面积 $4.36 \times 10^4 \text{ hm}^2$,计划从甘肃中南部的11个生态环境脆弱县迁出20万人^[1],这对缓解这些地区的生态环境和人口压力,实施“退耕还林(草)、封山绿化、以粮代赈、个体承包”的生态保护意义重大.目前,疏勒河流域已出现了类似石羊河、黑河流域水土资源开发利用过程中出现的植被衰亡、草场退化,泉水衰减,土地盐渍化、沙漠化等生态环境问题.因此,对疏勒河流域水质、水量及其变化特征的研究就显得十分必要和紧迫.

1 疏勒河流域的自然概况及水文特征

1.1 自然概况

疏勒河发源于祁连山境内的疏勒南山和陶勒南

山之间的沙果林那穆吉木岭,源头海拔4787m,流经昌马峡后大部分被拦蓄引用,少量经昌马洪积扇砾石带渗漏补给地下水,在扇缘细土带呈泉水重新溢出后汇入疏勒河干流,自东向西经玉门一踏实盆地和安西—敦煌盆地,最后消失于库穆塔格沙漠.河流全长945km,流域面积 $1\,011\,884 \text{ km}^2$ (不含苏干湖水系)^[2].

疏勒河出昌马峡以前为上游段,上游山势陡峻,切割强烈,4500m以上终年积雪,发育现代冰川,是流域的水源涵养区和产流区;上游有数十条冰川支流,经疏勒峡、纳柳峡、昌马峡出山汇入走廊平原,河槽呈窄深式,河床比降大,水丰流急.出昌马峡至安西双塔堡水库为中游,地势平坦开阔,海拔高程在900~2200m,主要为滩地,河槽呈宽浅式或漫滩,河床较平缓.安西双塔堡水库以下为下游,流经安西城北,过西湖流入敦煌县境内,汇合党河尾间注入哈拉诺尔湖.由于灌溉、蒸发、下渗,水量骤减,由发源地至哈拉诺尔湖长不过600km,实则安西以下早无地面径流,仅存干河道遗迹.古河道表明,疏勒河曾穿过哈拉诺尔湖地区,向西流往新疆罗布泊地区.

1.2 水文特征

疏勒河流域降水稀少,蒸发量大,气候干燥,太阳辐射强烈,昼夜温差大,为典型的大陆性气候.上游的祁连山、阿尔金山降水量相对比较丰富,年降水量150~250mm,且随着地势增高降水量增大,最大

基金项目:中国科学院创新项目(KZCX1-10-07)

作者简介:周长进(1950—),男,山东武人,副研究员,主要从事水资源及水环境研究.

降水量可达 400 mm 以上;由于低温高寒,降水的一部分以冰和雪的固体形势被储存起来,成为天然的固体水库.中、下游地区地势平坦,土壤肥沃,光热资源充足,多年平均降水量 37.7 ~ 62.5 mm(敦煌—玉门),年最大蒸发量 2490 ~ 3 033 mm(蒸发量为 20 cm 的水面蒸发量),降水量自东向西渐少,玉门关以西年降水量小于 30 mm.降水的年内分配很不均匀,6 ~ 9 月的降水量占全年的 88.7%(山区) ~ 63.8%(平原)^[3].中、下游是典型的灌溉农业经济区.

疏勒河流域的地表水资源比较丰富,地表水均产于上游山区,流域自东向西有白杨河、石油河、疏勒河、榆林河、党河和安南坝河等河流.流域多年平均出山径流量 $20.22 \times 10^8 \text{ m}^3$,以干流疏勒河最大,多年平均出山径流量 $8.49 \times 10^8 \text{ m}^3$ (昌马堡站)^[2],占流域出山地表径流量的 41.99%.疏勒河流域各支流径流季节和年际变化不同.冰川融雪水和降雨补给的河流,如疏勒河、石油河,径流的季节和年际变化较大,汛期 6 ~ 9 月的来水量占全年水量的 65% 以上;冰川融水和地下水混合补给的河流如党河、白杨河,径流的季节和年际变化较小,汛期 6 ~ 9 月的来水量占全年水量的 37% ~ 53%;榆林河、安南坝河属地下水补给为主的河流,径流的季节和年际变化最小,汛期 6 ~ 9 月的来水量仅占全年水量的 35% 左右,有利于水资源的利用.

疏勒河上游的祁连山区,冰川一般分布于海拔 4480 ~ 5080 m 的高山区.据统计疏勒河流域共有冰川面积 $1\,171.84 \text{ km}^2$;冰储量 $643.176 \times 10^8 \text{ m}^3$,冰川径流量 $6.4304 \times 10^8 \text{ m}^3$,占流域多年平均出山径流量的 31.8%^[2].

2 疏勒河流域的水化学特征与水质评价

分析研究河流水化学特征及其变化规律,是评价水质优劣的重要内容之一,也是合理利用和保护水资源所不可缺少的重要方面.为调查和研究自然状态下的水环境背景值,对疏勒河干流及党河自上而下采集了水样.水样经处理、密封后运回北京,由中国科学院地理科学与资源研究所进行室内化学分析,运用等离子体光谱仪进行了检测,分析了常量、

微量元素 30 多项.未酸化处理的样品主要用来检测阴离子,检测方法为滴定法.水化学分析数据见表 1.

2.1 河水的化学类型及矿化度

表 1 给出了水化学分析结果.按照水文地质学的常用方法^[4],根据 HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 8 个主要组分的浓度来划分水化学类型,疏勒河流域所采水样的化学类型主要为 $\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}$ 型和 $\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}-\text{Na}$ 型.

河水总矿化度说明了水中溶解盐分的多少,是评价水质好坏的重要指标之一.疏勒河流域河水大部分属中等矿化度水,只有在肃北县城、双塔水库两处所采水样属低矿化度水.河水矿化度的地区分布规律除与地质条件、河水的补给方式等关系密切外,还受自然地理和气候条件的差异以及人类活动的影响.

2.2 河水中的主要离子

疏勒河流域河水的化学离子组成虽各具特色,但其绝大部分河段阴离子中以 HCO_3^- 占优势,阳离子中以 Ca^{2+} 为主.疏勒河干流上、中、下游段阴离子含量 $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$,阳离子含量 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$;党河在肃北县城和五个庙采样点的离子含量 $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$, $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$,而下游段敦煌所采水样则是 $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$, $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$.

HCO_3^- 及 Ca^{2+} 主要来源于石灰岩、白云岩、泥灰岩等碳酸盐类岩石的溶解,其溶解过程与水中 CO_2 含量有关,疏勒河流域大部分河段阴离子以 HCO_3^- 占优势,阳离子以 Ca^{2+} 为主,其原因可能在于境内分布有碳酸盐矿物的岩石,同时水热条件充分,为碳酸盐溶解创造了有利条件,致使水中聚集了足够的 HCO_3^- 及 Ca^{2+} . Cl^- , Na^+ 离子主要来源于地表富集的盐分,随着矿化度增高而增高,氯化物存在于干旱区内陆湖沉积物中,另外也可来自盐矿床及含氯沉积岩的溶解、溶滤及结晶岩中含氯矿物的风化、分解等.

2.3 河水的总硬度和总碱度

疏勒河流域大部分河段以中等矿化度水为主,

表 1 疏勒河流域河水水化学分析数据

河 流	采样地点	pH 值	离子总量 /($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	总硬度 /($\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$)	总碱度 /($\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$)	主要离子质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)								水化学类型
						CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
疏勒河	昌马水库	7.25	315.87	4.67	3.53	15.84	183.11	55.56	42.96	3.21	27.75	56.47	22.52	$\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}$
疏勒河	桥弯城	7.48	376.85	5.29	3.79	13.92	203.24	78.26	53.14	7.24	36.37	55.61	30.69	$\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}$
疏勒河	双塔水库	7.16	256.12	3.37	2.62	10.81	137.86	52.04	33.42	8.33	27.11	36.94	18.54	$\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}$
疏勒河	安西县城北	7.58	413.74	7.16	4.25	22.82	212.76	111.25	48.19	0.44	7.55	76.53	40.58	$\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}$
党 河	肃北县城	7.36	296.76	4.17	3.67	17.52	188.37	45.44	34.29	2.99	32.11	49.80	20.42	$\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}$
党 河	五个庙	7.42	345.42	4.60	3.59	13.44	191.54	61.52	54.76	4.68	39.46	50.51	25.28	$\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}-\text{Na}$
党 河	敦煌市	7.39	359.60	4.52	3.86	24.01	186.66	68.53	45.68	7.49	46.27	49.23	25.06	$\text{HCO}_3-\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}-\text{Na}$

表 2 疏勒河流域微量元素含量

采样地点	微量元素质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)												
	Fe	Al	Mn	Ni	Ba	Cu	Co	Cr	Pb	Zn	P	Sr	B
昌马水库	0.0517	0.0252	0.0029	0.0019	0.0372	0.0208	0.0132	0.0101	0.0114	0.0854	0.0067	0.5956	0.1404
桥湾城	0.0054	0.0099	0.0009	0.0056	0.0423	0.0246	0.0086	0.0208	0.0368	0.0717	0.0098	0.8326	0.2197
双塔水库	0.0318	0.0367	0.0007	0.0096	0.0421	0.0134	0.0062	0.0118	0.0264	0.0618	0.0106	0.8627	0.2219
安西县城北	0.0114	0.0244	0.0288	0.0074	0.0084	0.0209	0.0074	0.0201	0.0211	0.0564	0.0890	1.0130	0.0134
肃北县城	0.0245	0.0072	0.0051	0.0048	0.0584	0.0022	0.0049	0.0069	0.0185	0.0081	0.0272	0.7611	0.2038
五个庙	0.0847	0.0292	0.0018	0.0076	0.0522	0.0005	0.0075	0.0125	0.0166	0.0094	0.0107	0.7382	0.2207
敦煌市	0.0162	0.0146	0.0021	0.0036	0.0623	0.0041	0.0028	0.0014	0.0132	0.0078	0.0095	0.9689	0.2488

大部分河段的阳离子以 Ca^{2+} 占优势,其次是 Mg^{2+} ,并在一定范围内随矿化度增高而增大.河水总硬度变化在 3.37 ~ 7.16 me/L 之间,疏勒河河水的总硬度与柴达木盆地各河流的总硬度(2.3 ~ 7.45 me/L)比较接近^[5],与黑河河水的总硬度(3.93 ~ 10.46 me/L)相比偏低.

室内分析疏勒河流域河水 CO_3^{2-} 含量均较低,河水碱度主要是重碳酸盐碱度,为 2.62 ~ 4.25 me/L.河水总碱度有随矿化度增高而增高的趋势.

河水中的微量元素一般含量很少,约占水中矿物质总量的 2%,虽然它们不能决定河水的化学类型,但天然水中某些微量元素的含量不足和过量都会对人类的健康和生命过程产生影响,疏勒河流域微量元素含量见表 2.

由分析结果看疏勒河流域干流河段微量元素含量有沿程增加的趋势,疏勒河干流以桥湾城为代表,其微量元素含量依次为: $\text{Sr} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Ba} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Al} > \text{P} > \text{Co} > \text{Ni}$;党河干流以五个庙采样点为代表,其微量元素含量依次为: $\text{Sr} > \text{B} > \text{Fe} > \text{Ba} > \text{Al} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{P} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Co}$.

2.4 疏勒河流域的水质评价

根据 GB5749-85《生活饮用水卫生标准》水质标准要求,疏勒河干流和党河干流上、中、下游段河水的 pH 值(7.16 ~ 7.58)、总矿化度、氯化物、硫酸盐等一般化学指标均符合生活饮用水水质标准.

工农业生产一般都要求用矿化度低的水.农业用水矿化度过高,不仅不利于作物生长,而且会使土壤盐渍化,一般灌溉用水的矿化度应小于 1000 mg/L.本次所采水样作为灌溉用水,水质普遍较好.

3 水环境保护

水是干旱地区最为珍贵、最稀缺的资源,是生命和绿洲的血液,必须从战略高度认识水资源、水环境的保护问题.疏勒河流域属内陆河水系,水的自净能力有限,水质的任何不良变化都将使有害物质在本区域内滞留并积累,最终危害绿洲生态环境和人类生产、生活.随着疏勒河流域人口的增长和社会经济

的发展,工业废水和城镇生活污水处理设备却显得不足与落后,以至大量废水和有害物质直接或间接排入河流,造成地表水水质污染,如石油河已严重污染,超标项目多达 14 项,占测试指标数的 66.7%,严重超标 6 项,超出国标的 3 ~ 6 倍,其主要污染物为酚类、石油类、铜、高锰酸盐等;进入双塔水库的地表水 TDS(水中总溶解性固体)呈现逐年增加趋势,年增加幅度 0.01 g/L 左右,且具有向中上游发展的溯源特征.著名的旅游城市敦煌市区及外围,浅层地下水已受不同程度的污染,TDS 有增加的趋势,年均增加 0.02 ~ 0.05 g/L^[6].因此,必须进一步加强水环境与水污染治理的力度,采取比外流河流域更严格的标准及更严厉的手段,限期治理,禁止企业超标排放,不允许新的污染企业立项.对现有的一些小型重污染型企业 and 废污水排放不能按时达到规定标准的企业,要实行关、停、并、转,加大治理水污染的力度.对石油河中游等水体污染较严重的河流,要布设水环境监测站网,控制工业和生活污水向水体的直接排放.并结合实施取水许可制度,按照水利部《取水许可水质管理规定》,加强取水单位退排水的水质量管理,实现达标排放,净化水环境,使良好的天然水质不致因城市和工矿的有害物质的排放而污染,确保本流域宝贵水资源的永续利用.

参考文献:

- [1] 柴绍豪.西部开发与疏勒河项目中期计划调整[J].兰州大学学报(社会科学版),2002,30(5):114 ~ 117.
- [2] 李世明,程国栋,李元红,等.河西走廊水资源合理利用与生态环境保护[M].郑州:黄河水利出版社,2002.8 ~ 10.
- [3] 陈隆亨,曲光耀.河西地区水土资源及其开发利用[M].北京:科学出版社,1992.36 ~ 158.
- [4] 马可西莫夫 B M,阿萨图尔 K Г.水文地质手册[Z].北京:中国工业出版社,1963.62 ~ 75.
- [5] 周长进,董锁成.柴达木盆地主要河流的水质研究及水环境保护[J].资源科学,2002,24(2):37 ~ 41.
- [6] 丁宏伟,尹政,李爱军,等.疏勒河流域水资源特征及开发利用存在的问题[J].干旱区资源与环境,2002,16(1):48 ~ 53.

(收稿日期:2003-08-25 编辑:熊水斌)