

文章编号: 1000-0690(2002)01-0049-8

澜沧江水文与水环境特征及其时空分异

李丽娟, 李海滨, 王 娟

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 简要分析了我国澜沧江流域云南段部分水化学指标的时空变化, 发现顺干流流向降水和径流的变化量增加, 稳定性减弱, 离子浓度也随水流方向逐步降低; 典型站点的离子浓度随时间表现出程度各异的增加势头。而支流的空间变异比较复杂, 表明非地带性因子的作用强烈。目前澜沧江水质总体尚好, 丰水期主要污染指标为 COD_{Mn} 和 TP; 上、中游水质良好, 下游水质污染较严重, 支流水质劣于干流; 上、中游水质比较稳定, 年际变化较小, 下游及各支流水质呈逐年恶化趋势。

关 键 词: 水文特征; 水化学分析; 水质评价; 澜沧江
中图分类号: X143 **文献标识码:** A

澜沧江-湄公河发源于中国青海省唐古拉山东北部, 流经缅甸、老挝、泰国、柬埔寨, 于越南西贡注入南海, 是东南亚最大的国际河流^[1]。干流全长 4 880 km, 流域集水总面积 $81 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。中国境内部分称为澜沧江, 干流长为 2 161 km, 集水面积为 $167 487 \text{ km}^2$ 。西部以怒山(南段碧罗雪山)、邦马山等山脊线与怒江分界, 东部则以云岭、无量山等山地分别与金沙江、红河分水^[2]。澜沧江纵贯横断山脉, 是世界上最典型的南北走向的河流。流域地貌类型复杂多样, 不同的地貌类型以及地势高低、坡度大小、山川走向, 直接影响着水热条件的再分配。河流上、中、下游自然环境差异显著, 从地势上看, 流域由北向南呈阶梯状下降趋势, 其主体地貌特征表现为高山峡谷相间。随山脉南延, 山川间距由上游向下逐渐展宽, 上紧下疏如帚状。其中, 云南段河长占中国境内河长的 50% 以上。

根据河流的发育特征, 可以将云南省境内澜沧江流域划分为上、中、下游三个河段。从入境至永保桥河段为上游段, 其间有较大的支流怒江汇入; 中游指永保桥至雅口河段, 较大支流有黑惠江、罗闸河、威远江等; 雅口以下至出境部分则为下游河段, 较大支流有流沙河、南阿河、补远江、南腊河等。区内气候湿润, 降水丰沛, 水力资源丰富。

1 流域降水和径流特征

1.1 降水特征

澜沧江从滇西北入云南省境内, 自云南省最南端勐腊县出境。沿途流经了北温带、中温带、南温带、北亚热带、中亚热带和南亚热带等 7 个不同的气候带, 水汽来源以孟加拉湾西南暖湿气流为主。流域上游河流深切岩体, 山谷幽深, 垂直自然景观明显, 河谷温干少雨, 多年平均年降水量 $900 \sim 1 100 \text{ mm}$ 。中、下游河段属北亚热带气候, 温湿多雨, 多年平均年降水量可达 $1 000 \sim 1 600 \text{ mm}$ ^[3]。

由于冬夏两季受不同大气环流的控制和影响, 降水量在季节上的分配极不均匀, 降水年内分配不均匀系数 C_L 都在 0.7 以上, 冬季降水最少, 春季次之。因受来自赤道海洋西南季风的影响, 水汽来源充足, 多数地区 80% 以上的降水量都集中在 6~10 月。由于季风气流抵达各地的时间差异以及地形的影响, 降水四季分配的地区差异比较显著, 其中以冬春两季降水地区差异最大。同时由于受到气候和地形的影响, 降水量从上游至下游呈显著增加态势(表 1)。

降水量年际变化不大, 年际极值比均介于 1.4~2.4 之间, 最大年降水量和多年平均降水量之比 < 1.5 ,

收稿日期: 2001-02-05; 修订日期: 2001-09-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(49771018)和“九五”重点项目(49631020)资助。

作者简介: 李丽娟(1961-), 女, 吉林省吉林市人, 副研究员, 博士, 主要从事环境水文与水资源的合理利用研究, 在国内外发表论约 40 篇。E-mail: lilj@gsnrr.ac.cn

表 1 降水年内、年际变化表

Table 1 Seasonal and annual variation of precipitation of Lancangjiang River

河段	站名	春季 (%)	夏季 (%)	秋季 (%)	冬季 (%)	多年平均年 降水量(mm)	C_L	C_e	年 际 极值比
干流上游	旧州	14.96	49.95	26.61	8.49	851.72	0.762	0.22	2.22
干流中游	戛旧	11.07	57.04	25.98	5.92	1120.02	0.916	0.17	1.55
干流下游	允景洪	14.65	57.13	23.36	4.85	1178.40	0.889	0.09	1.45
永春河	塘上	20.73	51.20	18.16	9.90	931.20	0.770	0.16	1.66
弥苴河	炼城	7.47	65.60	23.96	2.97	776.77	1.131	0.21	2.35
黑惠江	甸南	8.98	67.32	21.93	1.78	738.18	1.143	0.13	1.58
	羊庄坪	7.83	63.56	25.06	3.54	1206.88	1.073	0.16	1.78

最小年降水量和多年平均降水量之比> 0.6, 年降水量变差系数 C_V 值都在 0.3 以下。空间上看, 各河段降水量年际变化略有差异。顺干流而下, C_V 值逐渐减小, 到下游允景洪站达到最小(0.09), 各年降水量比较稳定; 干流降水量的年际变化普遍小于支流, 支流各年降水量的波动较大。

1.2 径流特征

流域径流分布依赖于降水分布, 一般来说, 降水量大的区域, 相应地表径流深也高^[4]。流域内年平均径流深为 456 mm, 年平均流量为 2 070 m³/s, 径流量为 652×10⁸ m³。

河川径流的年内变化主要取决于径流补给形式^[5]。澜沧江以雨水补给为主, 约占径流的 50% 以上, 地下水和冰雪融水补给为辅^[6], 因此径流年内变化主要受降水年内变化的影响, 季节分配明显不均。如表 2 中所示, 夏季水量最丰, 占全年径流总量的 40% 以上, 秋季水量次之, 冬春两季较少, 除个别站点外, 丰水期水量均约占年径流的 70% 以上, 最大月平均流量都出现在 8 月。由于澜沧江流经不同的自然地理区, 因此, 上、下游径流补给形式不同。云南省境内河段主要以雨水补给为主, 但是雨水补给所占比重亦存在明显的空间差异, 越往下游, 雨水和地下水的补给比重越大, 融水的比重越小。就水量的地区分配而言, 干流上、中游地区冬季最枯, 而下游为春季水量最少, 最小平均月流量都出现在 2、3 月份。支流除塘上站以外, 其余各站均以春季最枯, 最小月平均流量较干流滞后, 基本出现在 4、5 月份。径流年内分配不均匀系数 C_L 值在干流上变化不大, 且呈微弱减小趋势, 各月流量较稳定; 顺水流方向, 支流 C_L 值明显增加, 而且显著高于干流, 各月流量波动较大。干流多年平均年径流量从上游向下游递减, 但明显大于支流。枯水期从 11 月至翌年 5 月, 历时长达 7 个月。就月平均而言, 枯水期 C_V 最低值出现在 2 月, 基本与

最小月平均流量发生时间同步。同时, 沿干流方向, 随着集水面积的增大, 枯水期流量也随之增加。这主要与枯水期的径流补给有很大的关系, 从上游向下游, 径流的组成发生变化, 冰雪融水补给的百分比降低, 取而代之的是地下水补给的百分比增加。从枯水期来看, C_V 值从上游至下游逐渐增大, 说明枯水期的径流变化上游最稳定, 向下游稳定性减弱。这与枯水期上游的径流量本身少有很大的关系。

澜沧江径流年际变化比较稳定, 各河段年径流变差系数 C_V 值介于 0.15~ 0.28 之间, 年径流相对变幅也不大。这是由澜沧江径流的补给特征所决定的。径流年际变化随着流域面积的增加而减小, 三个代表测站 C_V 值分别为 0.19、0.16 和 0.15, 这与降水的年变率从上游至下游逐渐减小有着很大的关系。两岸支流年径流的变差系数 C_V 值变幅大于干流, 介于 0.23~ 0.28 之间。干流历年最大年径流量与多年平均流量之比小于 1.5, 最小年流量与多年平均流量之比均在 0.7 以上, 年际极值比为 1.6~ 1.9, 明显小于北方一些河流, 如黄河、淮河等。而支流最大年流量与多年平均流量之比均大于 1.5, 最小年径流量与多年平均径流量之比在 0.5 以下, 年际极值比介于 2.6~ 3.5 之间, 但是以地下水补给为主的河流变差系数则较小, 如黑惠江的羊庄坪站为 0.23。

2 澜沧江的水化学特征

水的化学成分形成, 受两个独立因素的影响: (1) 流域的自然条件和地质条件; (2) 人类活动的作用。天然水的化学组成是许多直接和间接因素的函数^[7]。直接因素可对水的组成产生直接影响, 它们是: 岩石和土壤的化学成分和性质, 生物生命活动和人类活动。间接因素指那些决定物质和水相互作用进程的条件, 诸如气候、地形、植物等。

表 2 径流年内、年际变化表

Table 2 Seasonal and annual runoff characteristic of Lancangjiang River

河段	站名	集水面积 (m ²)	春季 (%)	夏季 (%)	秋季 (%)	冬季 (%)	多年平均 流量(m ³ /s)	C _L	C _e	年 际 极值比
干流上游	旧州	84220	14.2	48.3	29.3	8.2	929	0.31	0.19	1.85
干流中游	戛旧	104696	12.4	45.3	32.9	9.4	1190	0.30	0.16	1.64
干流下游	允景洪	137948	10.0	44.0	35.4	10.6	1810	0.30	0.15	1.70
永春河	塘上	202	22.1	34.4	30.2	13.3	2.98	0.19	0.23	2.86
弥苴河	炼城	969	7.4	40.8	38.6	13.2	12.3	0.30	0.27	3.16
黑惠江	甸南	918	6.8	41.3	39.8	12.1	8.17	0.36	0.28	3.44
	羊庄坪	4330	6.3	41.7	40.8	11.2	67.7	0.37	0.23	2.63

澜沧江干流天然水 pH 值在 7.6~8.4 之间,符合各种水质标准的要求。矿化度在 1.57~6.8 mg/l 之间,属低矿化度水,水体以暂时硬度为主。

2.1 干流水化学特征空间变化

澜沧江的丰、枯水期明显,由于丰水期径流量增大,离子总量、矿化度、硬度等水化学指标降低,而且受人类活动的影响很大,不能很好地表征河水水质,因此,本文仅对枯水期的水化学特征做简要的分析。沿澜沧江干流从上游的旧州到下游的允景洪,水质均属于重碳酸盐水,即 HCO₃⁻ 为优势阴离子,阳离子中属钙质组。流域水化学类型除中游的戛旧站为 II 型,上游的旧州和下游的允景洪站均为 II 型;从上游的旧州至下游的允景洪,无论是单一的离子浓度,还是离子总量,浓度降低的趋势明显,离子总量与总硬度降低了近一半(表 3)。

河流水化学状况受河流补给来源的影响,其动态变化基本上取决于河川径流的大小及其补给来源。澜沧江以雨水补给为主,但枯水期较长,河流地下水补给量较大,而河水化学指标因枯水期流量较小,矿化度和硬度均增高^[8]。就空间分异而言,从上游往下游,由于补给量增大,流量也增大,所以枯水期的矿化度和硬度随河流的下行而减少。同时,河水的水化学组成,不仅有地域性变化,而且还有季节性的变化。枯水期河流多以地下水补给为主,其矿化度较汛期为高。

影响离子径流的因素错综复杂,大多数情况下是许多因素相互制约、综合作用的结果。澜沧江干流离子径流的浓度随着河水流量和气温的增加而降低。在一般的情况下,径流越丰沛,河水中的离子浓度受到稀释的程度越大,浓度越低。气温增

表 3 澜沧江干流水化学特征

Table 3 Hydro chemical characteristics of Lancangjiang mainstream

(单位: mg/L)

站名	主要阳离子			主要阴离子			离子总量	总硬度	水化学 类型
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻			
旧州	51	13.4	25.7	25.8	61.53	157.4	337	10.2	C _{Ca} _{II}
戛旧	44.9	10.8	19.8	20.3	39.3	138.6	273	8.8	C _{Ca} _{III}
允景洪	31.5	6.6	4.1	9.3	16.2	106	174	5.9	C _{Ca} _{II}

注: 总硬度的单位为德国度。

高导致水的溶解能力的增强,离子浓度也相应增加。由于我国大多数地区雨热同期,当气温增加到一定程度后,由于降水的增加可导致径流强度的增大,河水离子浓度受到显著的稀释,因而河流的离子浓度降低。同样,前期降水量的多少,直接决定了枯水期径流补给量,也就间接地影响着河流的水化学特征。

岩性与土壤类型的影响比较复杂,以岩性为例,流域上游出露的地层多为砂页岩、灰岩和玄武岩,其次为片麻岩。而到了下段有较厚的花岗岩出露地表,其次为砂岩和变质岩,不同的岩性必然会

影响到河流的水化学性质,这里就不再赘述了。由于离子总量、硬度、矿化度有着基本协同的关系,故以离子总量为例加以说明。由图 1 可知,对于整个流域,干流站点的离子总量都比较高,勐勐河甸头(二)站的离子总量最低,旧州站最高。选取位于澜沧江流域的中上游河段的戛旧站作为代表性站点,对澜沧江流域的水化学特征展开进一步分析。该站所处河段山高水深,人口较为稀少,人类活动强度小,因此能够较好地反映出水化学特征的天然本底状况。选取 1973~1984 年作为分析时段发现,该时段内阴、阳离子浓度、总硬度、

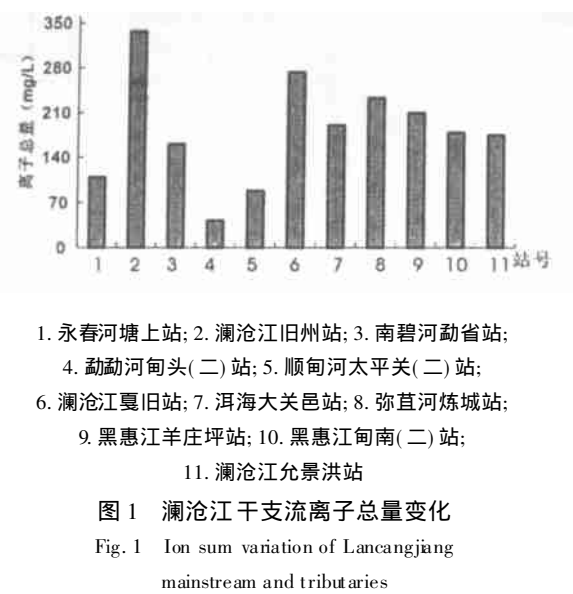


表 4 澜沧江戛旧站枯水期逐年水化学性质表

Table 4 Annual hydrochemistry of Jiajiu station of Lancangjiang River (单位: mg/L)

年份	主要阳离子			主要阴离子				离子总量	总硬度	总碱度
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ + Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻			
1973	38.95	8.80	11.70	11.85	21.20	8.55	121.45	222.50	7.47	6.38
1974	36.82	9.42	23.92	19.37	30.10	4.15	134.10	241.20	7.31	6.57
1975	46.00	8.43	23.92	21.23	38.33	5.34	144.75	283.13	8.45	7.07
1976	38.10	9.77	24.67	20.10	36.87	3.90	133.10	266.50	7.58	6.39
1977	47.57	11.60	11.03	20.48	31.85	2.73	140.33	265.67	9.32	6.71
1978	47.50	9.88	17.36	20.30	34.62	3.86	143.40	277.60	8.95	6.95
1979	47.07	11.00	17.73	18.08	37.07	3.30	143.33	227.27	9.12	6.90
1980	45.54	11.50	16.62	18.18	36.40	5.40	139.00	271.80	9.02	6.79
1981	45.10	10.90	25.17	22.28	57.47	3.95	139.67	304.83	8.83	6.84
1982	50.63	12.70	25.63	26.47	50.98	6.00	145.67	318.00	10.00	7.25
1983	49.80	12.60	18.35	23.78	52.35	6.38	145.50	309.00	9.89	7.28
1984	45.70	12.50	21.70	22.00	44.23	9.80	132.67	288.67	9.27	7.01
年平均	44.90	10.80	19.82	20.34	39.29	5.28	138.58	273.01	8.77	6.84

注: 表中总硬度和总碱度的单位为德国度

二站离子浓度除 HCO₃⁻ 外均高于勐省站。同时离子总量较高的地方, 相应的矿化度和硬度也较高, 三者大致具有区域一致性的特点。

枯水期各站点离子浓度和相关指标的空间变化是由多种因素共同作用的结果。降水量、流量、河流切割深度、土壤类型及岩性等因素的不同, 都可能造成河流不同河段离子浓度的不同。对于支流而言, 流量大并不意味着离子浓度就低, 这一点是不同于干流的。以顺甸河太平关二站和黑惠江羊庄坪站为例, 二者的流量相差不大, 可是离子总量羊庄坪站却是太平关二站的近 3 倍。弥苴河炼城站和黑惠江羊庄坪站的离子浓度相近, 可是流量和集水面积却相差很大。这又从另一个侧面说明了影响河流水化学的因素很多, 并非由单一因素所

总碱度等主要水化学指标变幅相对较小, 水质较为稳定, 因此把该时段作为分析水化学本底特征的主要时段是可行的。同时对天然水化学特征的分析能够为流域水环境污染状况提供背景参考和对比依据。从表 4 中可以看出, 戛旧站各种离子的浓度随时间的推移均有所增加, 并且大部分的离子都在 1982 年达到最大值, 分析资料发现该年的枯水期平均流量是观测年限中最小的。所有的离子中, 变化幅度最大的是 CO₃²⁻, SO₄²⁻ 次之, 再次为 K⁺、Na⁺, 以 HCO₃⁻ 浓度变化最小。

2.2 支流水化学特征的空间变化

Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 总量、K⁺ 和 Na⁺ 总量、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻ 的空间变化表现出某种相似性, 羊庄坪站和炼城站一直呈现出较高的离子浓度, 太平关

决定, 而是许多因素相互共同作用的结果^[7]。

3 有机污染分析

3.1 主要污染指标的时空变化

根据 1987~ 1997 年澜沧江干流 12 个监测断面丰、枯水期的 COD_{Mn}、BOD₅、DO、TP 和悬浮物等监测指标实测值, 采用对比分析法对流域有机污染程度进行评价, 即将断面中每个监测指标值与我国现行地面水水质标准中同一指标各类标准的限值进行比较, 评定该指标类别, 再将断面中水质最差的指标类别作为该断面的综合水质等级^[9]。在水质评价中, 雅口断面由于缺乏 TP 数据, 因此, 只根据 COD_{Mn}、BOD₅、DO 三项指标进行评价。干流历年水质评价结果如表 5 所示。

表 5 澜沧江干流水质评价结果(1987~1997)

Table 5 Results of water quality assessment of Lancangjiang mainstream during 1987-1997

年份	上游监测断面		中游监测断面						下游监测断面			
	永保桥		戛旧		景临桥		雅口		版纳		勐罕渡口	
	丰	枯	丰	枯	丰	枯	丰	枯	丰	枯	丰	枯
1987	Ⅳ	Ⅰ	Ⅱ	—	Ⅱ	—	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	—	—
1988	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅱ	Ⅴ	Ⅱ	Ⅳ	—
1989	Ⅱ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅱ	Ⅴ	—
1990	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅰ	超Ⅴ	—
1991	Ⅳ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	超Ⅴ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅰ
1992	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	超Ⅴ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅲ	—	—	Ⅴ	Ⅰ
1993	超Ⅴ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	—	—	超Ⅴ	Ⅱ
1994	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅱ
1995	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅳ
1996	Ⅲ	Ⅰ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	超Ⅴ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅳ
1997	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅱ	超Ⅴ	Ⅱ
主要 污染物	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 DO	COD _{Mn}	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 TP	COD _{Mn} 、 TP

澜沧江水系丰水期水质总体上呈恶化趋势, 枯水期水质波动小, 变化平缓, 且水质良好。干流上、中游河段及支流水质年际变化较小, 基本保持稳定, 且水质状况较好, 有机污染较轻, 多数年份水质保持在Ⅱ~Ⅱ级; 下游水质恶化趋势明显, 多数年份水质为Ⅴ级和超Ⅴ级, 尤其是丰水期出境处水质完全达不到地面水Ⅱ级标准, 水质污染严重, 恶化趋势显著。

影响干流和支流水质的主要污染指标为 COD_{Mn} 和 TP。除个别年份外, 干流上、中游 COD_{Mn} 的波动相对较小, 基本稳定在Ⅰ~Ⅱ级; 下游出境断面水质波动较大, 而且恶化趋势明显。上、中游河段 TP 年际变化小, 基本处于Ⅱ级水标准; 而到下游断面多数年份则超过Ⅴ级。悬浮物时空变化显著, 上、中游优于下游, 各断面年际波动较大; 其它指标 BOD₅、DO 总体变化较小。

支流水质污染程度普遍高于干流。除个别断面外, 丰水期干流上、中游水质年际变化较小, 基本保持在Ⅱ~Ⅱ级, 下游有机污染严重。就支流而言, 沱江石门断面水质等级基本保持为Ⅱ级和Ⅲ级, 黑惠江哈腊左断面水质基本稳定在为Ⅱ级, 普文河、补远河与南阿河除个别年份水质达到Ⅱ、Ⅲ级外, 超Ⅳ级水出现年份较多, 且水质逐年恶化。

枯水期干、支流水质明显优于丰水期。枯水期水质各指标比较稳定, 变化较小, 基本可达到地面水Ⅰ~Ⅱ级标准。而丰水期水质主要污染指标波动大, 且污染较枯水期严重。

3.2 现状年水环境质量评价

取 1997 年为现状年, 采用对比分析法对流域有机污染现状进行综合评价。评价结果见表 6。

澜沧江干流上、中游水质较好, 下游污染严重并影响出境水质。上、中游水质等级相近, 除景临桥丰水期水质为Ⅱ级外, 其它断面无论丰、枯水期, 水质都可达到地面水Ⅱ级标准, 符合省定水功能标准; 下游水质明显劣于上、中游, 丰水期水质均超Ⅴ级, 污染严重, 远远超出省定水功能Ⅱ级标准。

澜沧江丰水期水质较枯水期差, 主要污染指标为 COD_{Mn}、TP, 且变化较其它指标更为显著。干流下游丰水期污染严重, 但枯水期水质良好。干流上、中游主要污染指标 COD_{Mn} 无论丰枯水期变化均较缓和, 但在丰水期下游段 COD_{Mn} 浓度陡然上升, 有机污染严重。总磷空间差异明显, 下游段丰水期 TP 浓度明显高于枯水期, 并于下游勐省渡口断面达到最大值, 污染严重; 枯水期沿程变化波动较小, 均符合国家地面水Ⅱ级标准。干流各监测断面丰水期悬浮物含量明显高于枯水期, 且沿程浮动大。下游各支流 COD_{Mn}、TP 均严重超标, 上、中游支流以 TP 污染较为突出。

澜沧江干流下游在丰水期水质污染较为严重, 但上、中游和枯水期各河段水质基本符合地面水Ⅱ级标准。支流水质污染程度远超过干流, 6 个支流监测断面丰水期水质均在Ⅳ级和超Ⅴ级, 澜沧江水系云南省境内主要支流水质基本上都达不到省定水功能标准。

表 6 澜沧江干流 1997 年水质评价结果

Table 6 Results of water quality assessment of Lancangjiang mainstream in 1997

河段	监测断面	COD _{Mn}		BOD ₅		DO		TP		水质综合评价		水功能类别	
		丰	枯	丰	枯	丰	枯	丰	枯	丰	枯	丰	枯
上游	永保桥	II	I	I	I	II	I	—	—	II	I	II	II
	戛旧	II	I	I	I	II	II	I	II	II	II	III	III
中 游	景临桥	II	II	I	I	III	II	I	II	III	II	IV	IV
	雅口	II	II	I	I	II	I	—	—	II	II	IV	IV
下 游	版纳	超 V	II	I	I	II	I	IV	I	超 V	II	III	III
	勐罕渡口	超 V	I	I	I	II	I	超 V	II	超 V	II	III	III

4 原因分析及对策

4.1 变化原因

澜沧江上、中游水质状况较好, 除个别年份外, 水质变化幅度较小; 下游水质污染严重, 且呈逐年恶化趋势; 支流水质污染严重。水质污染及其变化的原因, 应包括自然、社会、经济等多方面的因素, 主要是由于流域内工农业和城镇化的迅猛发展所致。

1) 人口分布不平衡, 增加迅速, 生活污水排放量加大, 但处理率低下。澜沧江流域以山地为主, 人口密度较小, 但是区内人口分布极不平衡, 上游地区人口稀少, 中、下游人口密集。自 1988 年以来 10 年间, 云南省澜沧江流域人口增加了 70.9×10^4 人, 生活污水也随之大幅上升, 但流域内几乎没有污水处理厂, 大部分污水未经处理直接排入河流, 使得河流接纳的污水量迅速上升^[10], 尤其是下游西双版纳州, 使出境水质有机污染日趋严重。生活污水排放量增加, 是澜沧江中、下游河段水质有机污染严重的重要原因之一。

2) 流域经济结构单一, 耕地面积逐年增加, 化肥农药污染加重, 局部水土流失加剧。流域以农业经济为主, 技术水平低, 粮食增产速度低于人口增长速度, 只能采取广种薄收、扩大耕地面积, 勤施化肥、农药等来解决人口增长对粮食的需求。上游地区因山高水深, 耕作条件差, 耕地的增加速度远不如下游显著, 相应地雨季化肥流失量也远低于下游, 化肥中的 N、P 元素, 是造成澜沧江下游 N、P 污染严重的主要根源。由于流域以山地为主, 坡度较大, 毁林开荒, 刀耕火种, 使雨季水土流失严重, 形成越穷越垦、越垦越穷的恶性循环。

3) 流域企业规模小, 技术水平落后, 而且分布不平衡, 造成一些河段不同程度的水质污染。澜沧江流域工业基础薄弱, 科技含量低, 主要污染行业

有造纸及纸制品、制糖业、有色金属采选业、橡胶和化学纤维等。流域中游工业较为发达, 其次是下游, 而上游工业基础薄弱。大部分企业分布于人口集中、交通便利的城镇, 而大部分城镇都位于澜沧江支流附近, 且多在支流上、中段或二级支流上, 因此, 支流接受的生活污水和工业废水排放量超过干流河段, 且支流水量小, 对污染物的稀释降解能力差。因此, 支流污染情况更为严重。废水从支流到干流要经过一段距离的稀释降解, 到入江口时水质已基本好转。加上干流水量大, 流速快, 对有机污染物的稀释降解能力强, 这就是干流较支流有机污染程度轻的重要原因。澜沧江流域各地州工业废水排放量逐年上升, 但废水排放达标率和和处理排放达标率都很低, 且各年变化不大。排放达标率均低于 40%, 处理率不高, 处理达标排放率除 1994 年思茅地区达到 80% 以上外, 其它地区均低于 50%, 处理效率低于全省平均水平, 因此, 整个流域污染状况逐年加重。

4.2 污染控制对策

澜沧江-湄公河是东南亚最重要的一条国际河流, 其水质优劣不仅关系到我国的生产与生活, 还深刻影响到下游国家的经济活动等。近年来澜沧江干流水质, 尤其是干流中、下游出境水质有机污染情势逐年恶化, 部分河段污染态势严峻。因此, 对水质污染进行控制势在必行、刻不容缓。针对污染成因, 提出以下对策:

1) 调整流域产业结构, 充分利用流域内得天独厚的旅游资源和丰富的劳动力资源, 加快第三产业的发展。近年来流域内基础设施有所改善, 特别是交通通讯条件, 为第三产业发展创造了便利的条件和市场。

2) 加大工业内部结构调整步伐和技术改造力度, 将流域内企业适当集中, 推广清洁生产的发展模式, 实行污染的全过程控制, 并且加大处罚

力度, 从战略上把工业污染防治纳入可持续发展道路。

3) 加大污染治理投资, 加快污染源治理, 实现工业和城市废水达标排放。对流域内造纸厂、糖厂、橡胶厂等主要工业污染源进行治理, 贯彻“关、停、禁、改、转”的五字方针, 并采用废水集中处理设施, 实现先达标后排放。尽快修建城市污水处理厂, 对城市污水进行集中处理, 而且对污水处理厂的建设应强调采用脱氮除磷的技术。

4) 调整农业土地利用结构, 退耕还林、草, 减少水土流失。调整土地利用结构, 发展高产、优质、高效农业; 同时, 加大监管力度, 杜绝森林植被的人为破坏, 对陡坡地严格实行退耕还林、还草, 减少水土流失。

5) 按“谁污染谁付费”的方针, 结合河流的自净作用, 对流域进行环境功能分区管理和综合治理, 限制各河段排污总量, 加强流域水质管理。强化流域的水质监测力度, 特别是在出境口增设水质监测断面, 以便更好地掌握和控制出境断面的水质变化情况, 将地面水 II 类标准作为出境断面水质控制标准。此外, 由于丰水期水质污染严重, 因此应加大丰水期监测频率。

5 结 论

本文对澜沧江流域云南段水文、水环境特征进行了简要分析, 分析发现:

1) 在年内分配上, 降水量时空分布不均, 80% 以上降水集中于丰水期, 而且夏秋连汛; 空间上, 降水量从上游到下游明显增多。降水量年际变化不大, 在空间上略有差异。径流年内变化主要受年内降水变化的影响, 四季分配不均。夏秋两季水量较大, 冬春较少。而且, 干流与支流最枯季发生时间不同步, 干流上、中游地区冬季最枯, 最小月流量出现在 2 月, 而下游为春季水量最少, 最小月流量出现在 3 月份。支流多数测站以春季最枯, 水量最少, 最小月流量较干流滞后, 出现在 4、5 月份。干流 C_L 值较小, 变化不大, 但在支流上, 顺水流方向, C_L 值明显增加, 而且显著高于干流, 支流各月流量波动大。径流年际变化比较稳定, 且随流域面积的增加而减小, 支流年径流的变差系数 C_V 变幅大于干流。枯水期的径流变化要大于年平均, 干流的枯水期, 多年月平均最小流量出现在 2 月或 3

月, 而 C_V 最小值则出现在 2 月。

2) 在空间上, 澜沧江干流的离子浓度从上游到下游呈现出逐渐降低的趋势, 这与流域集水面积和流量的增加等因素有不可分割的关系。对干流中游戛旧站水化学特征分析发现, 离子浓度在时间尺度上有增加的势头, 支流情况比较复杂, 即使拥有近似的流量或流域面积, 水化学特征却可能相差很远, 说明非地带性因素占了很大的影响成分。

3) 对丰水期河流水质有机污染进行分析后发现, 目前澜沧江水质总体尚好, 主要污染指标为 COD_{Mn} 和 TP; 从空间上看, 上、中游水质良好, 下游水质污染严重, 支流水质劣于干流; 在年际变化上, 上、中游水质比较稳定, 变化较小, 但下游及各支流水质呈逐年恶化趋势; 枯水期水质年内变化明显优于丰水期。

4) 生活污水排放量增加迅速, 但大部分未经处理直接排入江河; 流域水土流失逐年加重, 化肥施用量增加; 流域工业企业规模小、生产工艺落后, 废水排放量大, 而处理效率低等, 是造成河流污染严重的原因。应从调整产业结构, 提高企业的技术含量, 加大流域污水治理投资, 加重污染处罚力度, 增加监测断面以及退耕还林还草等方面入手, 减少流域水土流失, 改善澜沧江流域水质。

参考文献:

- [1] 仇国新, 等(主编). 云南省澜沧江流域环境规划研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1996.
- [2] 甘淑, 何大明, 袁建平. 澜沧江流域自然生态环境背景与土地资源[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(5): 20~ 24.
- [3] 李秀云, 傅肃性, 李丽娟. 河流枯水极值分析与模型预测研究[J]. 资源科学, 2000, 22(5): 73~ 77.
- [4] 汤奇成, 熊怡, 等. 中国河流水文[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [5] 黄锡荃. 水文学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.
- [6] 王玉枝, 李秀云, 曹林英, 等. 川西滇北地区水文地理[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [7] 朱颜明, 等(译). 环境地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [8] 李秀云, 汤奇成, 傅肃性, 等. 中国河流的枯水研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [9] 陈帆. 澜沧江流域水质现状及影响分析[J]. 云南环境科学, 1999, (3): 47~ 49.
- [10] 李丽娟. 澜沧江环境质量评价与成因分析[J]. 地理学报, 1999, 54(增刊): 127~ 132.

Analysis on Hydrological and Water Quality Character and Their Spatial and Temporal Distribution in Lancangjiang River

LI Liruan, LI Harbin, WANG Juan

(*Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101*)

Abstract: The Lancangjiang River is not only an important river to Yunnan Province, but also a significant international river in South East Asia since it flows through six countries, its hydrological characteristics and water quality are the decisive factors to the social and economic activities of adjacent areas and countries in the lower reaches. Thus it is important for us to understand the change and distribution of hydrological characters and water quality which can make a foundation for exploiting and utilizing water resources in this basin. Furthermore, the countermeasure against water pollution can be set down according to hydrological character and water quality assessment of this area.

In this paper, the authors took the mainstream and tributaries of the Lancangjiang River drainage basin in Southwest China as a case, analyzed the temporal and spatial distribution of hydrological character: precipitation, runoff, some hydrochemical indexes, and the organic pollution status.

From upstream to downstream, the authors found that variation of precipitation and runoff increased, but stability decreased, ion concentration gradually dwindled also. On time dimension, all ion concentrations of the sample stations demonstrated some increment, though difference existed in degree. At the same time, this paper analyzed some effective factors such as drainage area and volume of runoff that had important relationship with low flow characteristics and hydrochemical change. But the spatial distribution in the tributaries was much more complicated because ofazonality.

As water quality is concerned, water quality status of the river is comparatively acceptable at present. But the deterioration trend is very severe. It's obvious that water quality of the upper and middle reaches is much better and stable than that of the lower reaches. Water quality in the mainstream is much better than that of its tributaries. As the type of pollution is concerned, COD_{Mn} and TP have played the major roles in water pollution. The degree of contamination in rainy season is more serious than that in dry season. According to the research, the main reasons for the deterioration of water quality in the Lancangjiang River are shown as following: Firstly, the fast speed of population increasing in the basin has made sewage discharging augment greatly and most sewage has been discharged directly into the rivers without treatment. Secondly, accompanying with soil erosion and water loss in the basin becoming more and more serious, the increasing amount of fertilizers flowing directly into the rivers have resulted in the decreasing of water quality. Thirdly, wastewater from industrial enterprises was of growing on the one hand, while its disposal efficiency was not improved enough to deal with most part of the sewage. The author strongly suggested that pollution control should be carried out to improve water quality as soon as possible and no time to delay. Some measures such as soil and water conservation, sewage treatment, and water quality monitoring enhancement etc. should be effective prescription.

Key words: hydrological characteristics; hydrochemical analysis; water quality assessment; Lancangjiang River