

海南省地表水环境容量研究

刘阳生, 邢巧 (海南省环境科学研究院, 海南海口 570206)

摘要 分析海南省水环境功能区的水质状况和污染物排放量, 提出海南省地表水环境容量的计算原则、设计水文条件、污染物综合降解系数和水质保护目标, 利用一维水流水质数学模型进行地表水环境容量测算。根据水环境容量计算结果, 提出污染物总量控制方案。

关键词 水环境容量; 水质模型; 海南省

中图分类号 F323.213 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)13-05550-03

Study on the Surface Water Environmental Capacity in Hainan Province

LIU Yang-sheng et al (Hainan Academy of Environmental Sciences, Haikou, Hainan 570206)

Abstract The water quality condition and pollutant emission in the water environmental function area in Hainan Province were analyzed, then the calculation principles, the hydrologic condition of design, the comprehensive degradation coefficient of pollutants of surface water environmental capacity and the target of water quality protection in Hainan Province were put forward and the surface water environmental capacity was measured by one-dimensional water flow and water quality math model. According to calculation results of water environmental capacity, the control plan of total pollutant amount was suggested.

Key words Water environmental capacity; Water quality model; Hainan Province

水环境容量既反映流域的水文特性, 又反映人类对环境的需求。水环境容量将随着水资源情况的不断变化和人们环境需求的不断提高而不断发生变化。地表水环境容量的确定是水污染物实施总量控制的依据, 是水环境管理的基础。从环境管理、监测与监督的角度出发, 地表水环境容量是在给定水域范围和水文条件, 规定排污方式和水质目标的前提下, 单位时间内该水域最大允许纳污量^[1-2]。分析海南省水环境容量的分布情况, 有利于引导海南的产业布局和经济可持续发展, 为实施污染物总量控制与环境管理提供依据。

1 水环境现状

海南省有监测资料的120个河道控制单元中, 有70个控制单元的水质符合国家《地表水环境质量标准(GB3838-2002)》、Ⅲ类标准, 有40个控制单元的水质符合Ⅳ类标准, 其余10个控制单元的水质属于Ⅴ类至劣Ⅴ类。河流水体呈现有机污染特征, 主要污染指标为高锰酸盐指数、氨氮、石油

类、溶解氧。各水期比较, 丰水期有机物污染表现较为明显, 有近1/3河段高锰酸盐指数和氨氮平均浓度值超Ⅲ类标准。城镇生活污水、生活垃圾以及农业面源是影响河流水质的主要原因。在监测的17座水库中, 水质符合Ⅲ类标准的水库8宗, 符合Ⅳ类标准的水库7宗, 水质较差仅达Ⅴ类标准和劣Ⅴ类标准的水库各1宗。劣于Ⅲ类水质标准的湖库主要受耗氧有机物、氮磷营养盐不同程度的影响。部分湖库受氮磷营养盐污染较为明显, 如沙坡水库、松涛水库白沙县牙叉库区, 呈现一定程度的富营养化。

2 污染源调查

2002年海南省共排放COD_G 66.13万t, 氨氮7.84万t; 进入地表水体的COD_G 为68 617t, 氨氮为6 360t。工业污染源、城镇生活污染源、畜禽养殖污染源和其他非点源(包括农村生活源、农田径流源、城市径流源)的排放情况见表1。由表1可知, 城镇生活污染物入河量最大, 工业污染物入河量最小。

表1 2002年海南省五大区域各类污染源的污染物入河量统计

t/a

Table 1 The statistics of river pollution load from various pollution sources in five regions of Hainan Province in 2002

名称 Name	工业污染源 Industrial pollution source		畜禽养殖源 Livestock and poultry raising source		城镇生活源 Urban life source		其他非点源 Others	
	COD _G	氨氮	COD _G	氨氮	COD _G	氨氮	COD _G	氨氮
		Ammonia nitrogen		Ammonia nitrogen		Ammonia nitrogen		Ammonia nitrogen
北部区域 The northern area	551	99	5 275	286	12 426	1 056	1 610	261
西部区域 The west area	3 787	585	5 840	313	6 673	524	1 061	178
东部区域 The east area	123	62	3 682	216	6 187	439	2 320	392
南部区域 The southern area	113	80	3 360	180	6 234	541	963	161
中部区域 The middle area	1 080	156	1 704	90	2 302	179	1 023	185
合计 Total	5 654	982	19 861	1 085	33 822	2 739	9 279	1 553

3 水质模型

污染物进入河流后, 在一定范围内经过平流输移、纵向离散和横向混合后达到充分混合, 或者根据水质管理的精度要求允许不考虑混合过程, 而假定在排污口断面瞬时完成均匀混合, 可按一维水流问题概化计算条件, 建立水质模型。

河流一维水质模型由河段和节点2个部分组成。节点为河流上排污口、取水口、干支流汇合口等造成河道流量发生突变的点, 忽略混合过程中物质变化的化学和生物影响, 水量与污染物在节点前后满足物质平衡规律; 河段则为河流被节点分成的若干段, 每个河段内污染物的自净规律符合一阶反应规律。

考虑干流、支流、取水口、排污口在同一节点的复杂情况, 水量平衡方程为:

作者简介 刘阳生(1962-), 男, 福建武平人, 副研究员, 高级工程师, 从事水资源和水环境方面的研究。

收稿日期 2008-03-04

$$Q_{\text{干流混合后}} = Q_{\text{干流混合前}} + Q_{\text{支流}} + Q_{\text{排污口}} - Q_{\text{取水口}} \quad (1)$$

忽略混合过程的不均匀性, 污染物平衡方程为:

$$C_{\text{干流混合后}} = \frac{C_{\text{干流混合前}} \times Q_{\text{干流混合前}} + C_{\text{支流}} \times Q_{\text{支流}} + C_{\text{排污口}} \times Q_{\text{排污口}} + C_{\text{取水口}} \times Q_{\text{取水口}}}{Q_{\text{干流混合前}} + Q_{\text{支流}} + Q_{\text{排污口}} + Q_{\text{取水口}}} \quad (2)$$

一维模型地表水环境容量的计算公式为:

$$W = 31.54 \times (C \times e^{Kv/86.4 \times u} - C_i) \times (Q_i + Q_j) \quad (3)$$

式中, W 为第 i 个排污口允许排放量, t/a ; C_i 为河段第 i 个节点处的水质本底浓度, ng/L ; C 为沿程浓度, ng/L ; Q_i 为河道节点后流量, m^3/s ; Q_j 为第 i 节点处废水入河量, m^3/s ; u 为第 i 个河段的设计流速, m/s ; x 为计算点到第 i 节点的距离, m 。

4 地表水环境容量测算值得关注的问题

4.1 选择原则 在进行地表水环境容量计算单元的选择时, 遵循以下原则: 对饮用水水源一级保护区和源头水等不容许排污的高功能水域、地表水环境容量无法利用水域, 不进行地表水环境容量计算; 中小型水库不进行地表水环境容量计算; 对于没有进行功能区划的河流而最终有汇入一定的功能区划水域情况, 应将该河流作为下游功能区划水域的支流进行分析。根据上述原则, 在全岛共选取 88 个计算单元, 计算河流长度为 2 658.4 km, 占海南岛功能区划河流长度的 73%。

4.2 设计水文条件 由于受水文资料严重短缺的影响, 仅计算枯水期设计流量。枯水期设计流量推求主要按 2 种情况进行计算。

(1) 有资料河段设计流量的计算。选用近 30 年月平均流量作为计算样本, 以 90% 保证率流量作为设计流量。其中, 海南岛南渡江龙塘站、万泉河加积站、昌化江宝桥站的设计流量 ($Q_{90\%}$) 分别为 45.7、43.4、11.3 m^3/s 。

(2) 无资料河段设计流量采用水文比拟法、流域面积比例法等进行推算。采用上、下游水文站或临近地区水文站的设计流量计算枯季径流产流率, 然后移植到地理环境、植被相近的地区使用, 将枯季径流产流率乘以无资料地区的集水面积, 从而求得无资料地区的设计流量。最大设计流量是南渡江下游儒房断面 56.2 m^3/s , 最小设计流量是珠碧江支流木棉水和马袅河等 0.36 m^3/s 。

对有水文资料及河道断面资料的河段, 采用设计流量直接计算设计流速; 对中小河流和无资料河段则是根据河段糙率、平均坡降等地理参数, 采用曼宁公式计算设计流速。

4.3 参数的确定

4.3.1 COD_G 与 COD_{Mn} 之间转换系数的确定。 在地表水环境容量计算中采用 COD_G 值, 而许多监测资料是 COD_{Mn} 值, 因此需要进行 COD_G 与 COD_{Mn} 之间的转换。在海南岛地表水环境容量核算工作中, 海南省环境监测中心站补充监测了近 50 个断面的水质。采用高锰酸钾法 (GB11892-89) 和重铬酸盐法 (GB11914-89) 同步分析。根据监测资料分析确定 COD_G 与 COD_{Mn} 之间的转换关系, 各河流的 COD_G 与 COD_{Mn} 之间的转换系数采用 3.8。

4.3.2 降解系数的确定。 污染物的生物降解、沉降和其他物化过程可概括为污染物综合降解系数。污染物综合降解系数主要通过实测资料反推、类比法、分析借用等确定。根据国内外学者的研究成果, 约 70% 以上的河流 COD_G 降解系

数为 0.20 ~ 0.25 d^{-1} 。根据对海南岛部分河流 COD_G 和氨氮降解系数的计算分析, COD_G 、氨氮的降解系数平均值分别为 0.185 和 0.23。

国内外河流已有研究成果表明, 水体温度高, 降解系数大, 且二者之间定量关系已经有较为可靠的研究成果^[3]。不同水温条件下 K 值估算关系式如下:

$$K_T = K_{20} \times 1.047^{(T-20)} \quad (4)$$

式中, K_T 为 T 时的 K 值, d^{-1} ; T 为水温, ; K_{20} 为 20 时的 K 值, d^{-1} 。

在选用降解系数时, 充分考虑了海南岛地处南方地区, 具有水温高、日照时间长等特点, 应用式(4)对 K 值进行修正。

海南省冬春季的平均水温在 20 左右, 其他月份的平均温度都在 20 以上。因此, 若用枯水期的降解系数计算全年的环境容量, 则必然偏小; 若以年平均水温 22.5 ~ 25.6 计算, 则枯水期的降解系数可能偏小 12% ~ 30%。因此, 有必要对降解系数进行修正: 中部山区的 K 值修正 10%, 南部地区的 K 值修正 30%, 其余沿海平原和丘陵地区的 K 值修正 20%。

4.3.3 边界条件。 根据海南省水污染现状和水污染物总量控制现状, 按国家规定选择了 COD 和氨氮作为容量计算的主要控制因子。断面水质标准是以海南岛水环境功能区水质目标为依据进行评价和计算, 并且以水环境功能区相应环境质量标准类别的上限值为水质目标值; 本底浓度则参考上游水环境功能区标准, 以对应国家环境质量标准的上限值即以上游来水水质标准浓度的上限值为本底浓度。

表2 海南省地表水环境容量成果 t/a

Table 2 The surface water capacity in Hainan Province

水域 Water area	水环境容量 Water environmental capacity		最大允许排放量 Maximum permitted discharge amount	
	COD_G	NH_3-N	COD_G	NH_3-N
	南渡江 Nandu River	62 200	3 215	67 807
万泉河 Wanquan River	27 408	922	34 907	733
昌化江 Changhua River	36 422	1 533	42 469	1 088
东部中小河流	11 797	709	6 383	198
南部中小河流	13 968	873	12 666	560
西部中小河流	10 077	666	4 355	189
全岛 Whole island	161 872	7 918	168 585	5 325

5 环境容量与总量控制

5.1 环境容量 在地表水环境容量模型计算的基础上, 结合流域规划、上下游关系、水质评价和污染源调查结果、混合区范围等因素, 进行合理性分析, 分析可利用的地表水环境容量, 最终核定地表水环境容量^[4-5]。

对地表水环境容量小于面源入河量的计算单元, 其环境容量采用零值处理; 对控制单元容量计算结果的核定, 将其

放在整个河流或流域上进行统一考虑。对各控制单元的环境容量按照流域和地区分别进行校核与调整,重点是协调上下游、左右岸的地表水环境容量利用关系。据计算,海南省

COD_G的地表水环境容量约16.19 万t,氨氮的容量为7 918 t,其中三大江河约占COD_G总量的78%,氨氮总量的72%。

表3 海南省地表水环境功能区COD削减量

t/a

Table 3 COD decrease in functional region of surface water in Hainan Province

水体 Water body	水域 Water area	水质目标 Water quality aim	削减量 Decrease	水体 Water body	水域 Water area	水质目标 Water quality aim	削减量 Decrease
南渡江支流 The branch of Nandu River	海甸溪 Haidian Brook		1 120	文澜江干流 The main stream of Wenlan River branch	临高县城以下 Under Lingao county seat		2 076
昌化江支流 The branch of Changhua River	通什水 Tongshen River		423	三亚河干流 The main stream of Sanya River branch	金鸡岭、二环路桥以下 Jinji Mountain, under 2nd Ring Road		1 798
珠碧江支流 The branch of Zhubi River	木棉水 Mumian River		273	龙滚河干流 The main stream of Longgun River	龙滚河 Longgun River		205
珠碧江干流 Zhubi River	珠碧江农场—珠碧江水库 Zhubi River Farm—Zhubi River Reservoir		68	龙首河干流 The main stream of Longshou River	龙首河 Longshou River		115
北门江干流 The main stream of Beimen River	沙河水库—侨植桥 Shahe Reservoir—Qiaozhi Bridge		703	龙尾河干流 The main stream of Longwei River	龙尾河 Longwei River		100
北门江干流 The main stream of Beimen River	侨植桥—中和桥 Qiaozhi Bridge—Zhonghe Bridge		1 426	文昌河干流 The main stream of Wenchang River	文城镇及其以下 Wencheng Town and below it		1 005

表4 海南省地表水环境功能区氨氮削减量

t/a

Table 4 The ammonia nitrogen decrease in functional region of surface water in Hainan Province

水体 Water body	水域 Water area	水质目标 Water quality aim	削减量 Decrease	水体 Water body	水域 Water area	水质目标 Water quality aim	削减量 Decrease
南渡江支流 The branch of Nandu River	海甸溪 Haidian Brook		202	文澜江干流 The main stream of Wenlan River branch	临高县城以下 Under Lingao county seat		197
万泉河支流 The branch of Wanquan River	塔洋河 Tayang River		25	半岭水 Banling River	发源地—二环路桥 Cradleland - - 2nd Ring Road		29
昌化江支流通什水 The branch of Changhua River, Tongshen River	五指山市—入昌化江口 Wuzhishan City—in Changhua River entrance area		89	三亚河干流 Sanya River	金鸡岭、二环路桥以下 Jinji Mountain, under 2nd Ring Road		196
珠碧江支流 The branch of Zhubi River	木棉水 Mumian River		75	太阳河干流 The main stream of Taiyang River	万宁水库以下—入海口 Under Wanring Reservoir—in sea entrance area		140
珠碧江干流 The main stream of Zhubi River	珠碧江农场—珠碧江水库 Zhubi River Farm—Zhubi River Reservoir		20	龙滚河干流 The main stream of Longgun River	龙滚河 Longgun River		54
珠碧江干流 The main stream of Zhubi River branch	珠碧江水库以下 Under Zhubi River Reservoir		70	龙首河干流 The main stream of Longshou River	龙首河 Longshou River		34
北门江干流 The main stream of Beimen River branch	沙河水库—侨植桥 Shahe Reservoir—Qiaozhi Bridge		79	龙尾河干流 The main stream of Longwei River	龙尾河 Longwei River		27
北门江干流 The main stream of Beimen River branch	侨植桥—中和桥 Qiaozhi Bridge—Zhonghe Bridge		206	文昌河干流 The main stream of Wenchang River	文城镇及其以下 Wencheng Town and below it		83
北门江干流 The main stream of Beimen River branch	中和桥以下 Under Zhonghe Bridge		57	安仁坡河干流 The main stream of Anrenpo River	安仁坡河 Anrenpo River		4
春江干流 The main stream of Chunjiang River branch	春江水库以下 Under Chunjiang River Reservoir		119	石壁河干流 The main stream of Shibei River	石壁河 Shibei River		4

区域的农地集约度与泸州市农地集约的差距分别是0.04、0.033、0.026、0.019,分别为泸州市农地集约度的13.79%、11.38%、8.97%、6.56%。分析各个区县的变化趋势(图2),2000~2005年,江阳区、龙马潭区、泸县这3个区县的农地集约度随着时间的增加而增加。其中江阳区的农地集约利用水平变化最明显,而泸县农地集约利用水平变化曲线比较平坦,变化不明显,龙马潭区农用地集约利用变化居中。

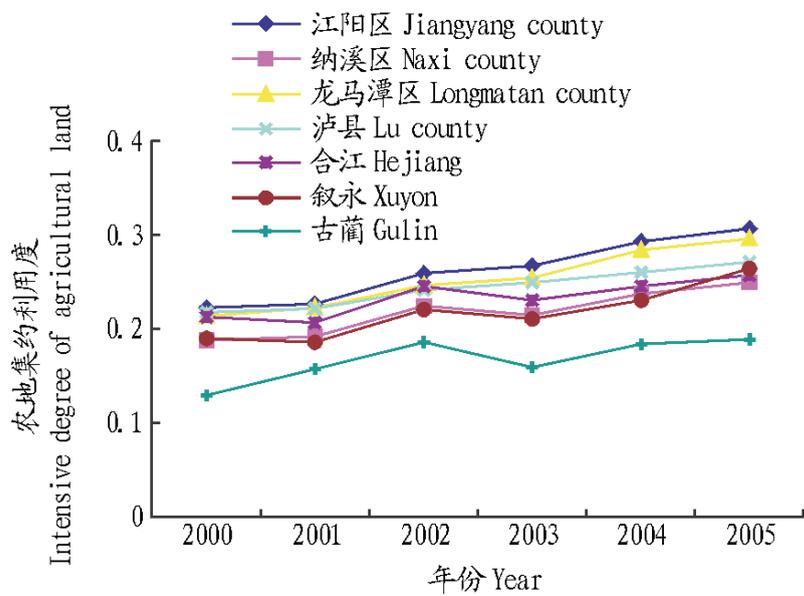


图2 泸州市各个区县农地集约利用变化趋势

Fig 2 The change trend of intensive degree of agricultural land in various regions of Luzhou City during 2000-2005

纳溪区,合江,叙永,古蔺4区县2000~2005年农用地集约度变化可以分为3个阶段。第一阶段,2000~2002年,4个区县的农用地利用度达到了第一个高峰值,纳溪区农用地集约利用值增加率为19.68%,合江县农用地集约利用值的增加率为15.49%,叙永县农用地集约利用值的增加率为16.32%,古蔺县农用地集约利用值的增加率为43.07%。第二阶段,2002~2003年,这4个区县的农用地集约利用值发生了突降。纳溪区农用地集约度下降了4.44%,合江县下降了6.09%,叙永下降了4.52%,古蔺下降了14.29%。第三阶段,2004~2005,这4个区县的农用地集约利用值又开始上升,在

(上接第5552页)

结合水环境功能区水质目标和污染源调查分析,建立污染源与水质目标之间的输入响应关系,进行参数的校核和反馈调整,核定各功能区内的允许纳污量。由表2可知,全岛 COD_G 、氨氮最大允许排放量分别为168 585和5 325 t/a。

5.2 污染物总量控制 通过地表水环境容量计算,海南省有南渡江支流海甸溪、万泉河支流塔洋河等20个地表水环境功能区超标,已没有剩余地表水环境容量,所以只有削减这些功能区的工业、生活污染物排放量,才能保证20个超标区的环境功能达标。其中,12个功能区需要削减工业及生活 COD_G 排放量9 312 t(表3),20个功能区需要削减氨氮排放量1 709 t(表4)。

6 存在的问题

由于水文条件年际、月际的不均匀性,采用90%保证率最小月平均流量计算的地表水环境容量不是河流的真实地表水环境容量。如,昌化江控制站宝桥水文站最大月平均流量为1 100 m^3/s ,最小月平均流量为3.04 m^3/s ,但受水文资料严重短缺的影响,没有进行丰、平、枯三水期设计流量计算。

2005年达到最高值。从整体上看,泸州市各个区县的农地集约利用水平都较低。大多数区县都还处于粗放利用向集约利用转变的阶段,只有江阳区在2005年实现了农用地的集约利用,但是这种集约利用也是低级的集约利用,还需要继续加大投入。

4 建议

综合分析评价后笔者认为有必要提高泸州市农地集约利用度,实现粮食的增产,农民增收,相关建议如下。

4.1 改良土壤,提高土壤肥力 目前泸州地区的土壤存在养分不平衡、有机质含量偏少,盐渍化情况严重等问题,从而影响了泸州地区农用地的集约利用,因此,需要下大力气提高技术经济条件,从根本上改良土壤质地,为农用地集约利用提供根本保障。

4.2 加大各要素投入 目前泸州市各个区县的农用地集约利用还处于粗放利用向集约利用转化的阶段,应加大对动力、电力、化肥、劳动力这几大要素的投入,为农用地的集约利用提供充足的物质保证。

4.3 提高农业科技贡献率 提高农业科技贡献率主要是指增加农业科技对农业经济增长的贡献。泸州市农业科技贡献率较低,还应带增加农业科技贡献率,在技术上提高泸州市农用地集约利用水平。

参考文献

- [1] 向洪宜. 中国土地资源调查工作总结[M]. 北京: 中国大地出版社, 1999.
- [2] 泸州市统计局. 泸州统计年鉴[M]. 成都: 四川统计出版社, 2006.
- [3] 四川统计局. 四川省统计年鉴[M]. 成都: 四川统计出版社, 2006.
- [4] 邢玉忠. 土地整理出效益——山西省临汾地区农地集约利用的调查[J]. 中国土地, 1998(1): 16-22.
- [5] 刘成武, 李秀彬. 基于生产成本的中国农地利用集约度的变化特征[J]. 自然资源学报, 2006, 21(1): 9-14.
- [6] 王贵春. 小城镇土地资源利用评价研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2003.
- [7] 刘新卫. 农地资源集约利用及其评价探讨[J]. 国土资源情报, 2005(8): 5-10.
- [8] 刘书运, 孟宪聪. 我国土壤现状及改良对策研究[J]. 沿海企业与科技, 2005(9): 68-69.

因此,目前计算的地表水环境容量明显偏小,实际上仅仅是枯水情况下的地表水环境容量,不能代表丰、平、枯水期的地表水环境容量,是偏安全环境容量。

受水利化的影响,在流域调入水量较多的地区,设计流量与实际情况有较大的误差,特别是中小河流的设计流量相差很大。海南省西北部地区二市二县每年从南渡江流域松涛水库调入的总水量超过6亿 m^3 ,各中小河流的补水量不一,有些河流的补水量大于其天然来水量。因此,在资料许可的情况下,应根据现状条件下的设计流量,重新进行环境容量核算。

参考文献

- [1] 张永良. 水环境容量综合手册[M]. 北京: 清华大学出版社, 1991.
- [2] 张永良. 水环境容量基本概念的发展[J]. 环境科学研究, 1992, 5(3): 59-61.
- [3] 黄真理, 李玉梁, 李锦秀, 等. 三峡水库水环境容量计算[J]. 水利学报, 2004(3): 7-14.
- [4] 张永良, 李玉梁. 排污混合区分析计算指南[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [5] 张玉清. 河流功能区水污染物总量控制的原理和方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.