

水环境承载力评估预警调控方法

曹守祥 支立鹏 马继强
江苏省水利工程科技咨询股份有限公司，中国·江苏 南京 210000

摘要：水环境承载力评估预警调控方法，通过设定的水环境、水生态、水资源三个评估指标，对水环境进行环境承载状态以及对应的预警等级划分，对水环境承载超载状况进行调控，使水环境承载力与指标均向更高质量发展，能够有针对性地分析当前水环境管理、社会经济发展存在问题，制定合理的调控方案，为流域水环境污染防治。
关键词：水环境承载力；评估预警；调控方法

Assessment, Warning and Regulation Methods for Water Environment Carrying Capacity

Shouxiang Cao Lipeng Zhi Jiqiang Ma
Jiangsu Water Conservancy Engineering Science and Technology Consulting Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract: The evaluation, warning and regulation method of water environment carrying capacity is used to classify the environmental carrying status and corresponding warning levels of the water environment through three evaluation indicators: water environment, water ecology, and water resources. The overloading status of the water environment carrying capacity is regulated to make the water environment carrying capacity and indicators develop towards higher quality. It can analyze the current problems in water environment management and socio-economic development in a targeted manner, formulate reasonable regulation plans, and prevent and control water environment pollution in the basin.
Keywords: water environment carrying capacity; assessment and warning; control methods

0 前言

秦淮河位于江苏省会南京市。秦淮河控制单元境内包括南京市主城区大部分区域和鼓楼区、建邺区、秦淮区、江宁区部分区域共 29 个乡（镇、街道），其中江宁区包括东山、秣陵、淳化、湖熟共 4 个街道，控制单元总面积 303 平方公里，其中鼓楼区 27.08 平方公里，建邺区 14.28 平方公里，秦淮区 34.29 平方公里，江宁区 60.11 平方公里。对秦淮河资源环境承载力做了大量研究，目前主要从社会经济、资源方面论证调控方案的状况及调控结果，对于调控方案的承载力和指标状态缺少描述。

1 技术方案

水环境承载力主要反映水环境系统对人类社会经济的支撑能力，涉及包括社会经济和生态环境在内的众多要素，应充分考虑水环境、水资源、水生态因素的影响，并采用多种方法进行分析。为此，提供了一种水环境承载力评估预警调控方法，如图 1 所示，包括以下几点：

- ①设定水环境、水生态、水资源三个评估指标；其中，水质评价的主要内容：水体的纳污指数、水体的纳污指数；水质污染指数，主要内容为：水体生境指数、水体生物指数；该评价的内容有：资源的自然条件指数以及使用水量的指数。
- ②根据所述水环境、水生态、水资源三个评估指标，划分水环境承载状态以及对应的预警等级；根据所述水环

境、水生态、水资源三个评估指标，划分水环境承载状态以及对应的预警等级包括以下两点。

- 第一，设定水环境承载力的承载状态和预警等级，并且设定预警等级所对应的指标数据范围；如表 1 所示。
- 第二，设定各个指标数据所对应的指标数据范围，将各个指标进行预警等级划分。

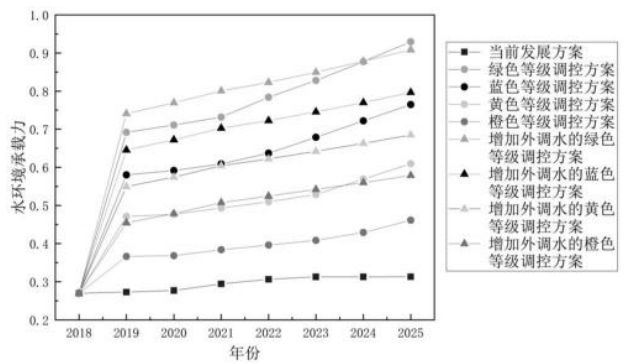


图 1 调控方案对比图

表 1 水环境承载力的承载状态和预警等级划分

	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
承载状态	不超载	临界超载	临界超载	临界超载	超载
预警等级	绿色	蓝色	黄色	橙色	红色

- ③根据所述评估指标和预警等级，建立水环境承载力评估预模型。

④获取当年以及过去预设时间段评估指标的数据，根据水环境承载力评估预模型，评估未来预设时间段的评估指标数据以及对应的预警等级。

具体包括：

A. 在水资源承载能力评价的预测中，将当年和以往的预测期的评价指数全部填入预测模式中，进行仿真，得出当年和以往预测时段的各项指标。

B. 采用模糊综合评判方法，对水环境、水生态、水资源、环境承载能力的级别和承载度进行评判。

C. 确定待评估的未来时期界限，选择所获得的终值年作为基础年，调整步骤为年。

D. 将三项工业的增值变化率、土地类型变化率、人口变化率等参数录入水环境承载力评价预模式，并利用该模式进行仿真，得出相应的水环境、水生态和水资源的相关指标。

E. 采用模糊综合评判方法，通过对预测的预测时段和预测年份水环境、水生态、水资源和水环境的承载性进行预测，对其进行预测和预测。

⑤根据获得的预测期间内的评价指数和相应的风险级别，调整具有较高级别的评价指数。

调控方法主要是：筛选状态最差的指标数值作为调控基础，设计橙色、黄色、蓝色、绿色调控方案；根据承载力评估预警指标状态，按照指标级别由差向好调整原则，逐级将指标向较好状态调整，直至 2025 年承载力评估预警状态为橙色、黄色、蓝色、绿色。例如，当水环境承载力预警等级 3 级黄色时，通过对水环境、水生态、水资源一项指标或多项指标进行优化调整，使得各指标等级降低，进而使水环境承载力达到 2 级蓝色状态、1 级绿色状态。

调控目的和时间边界：

对设置橙黄蓝绿不同指标等级调控方案下细河于台控制单元水环境承载力进行评估预警，并根据变量间相互关系计算各调控方案下的水环境承载力阈值。

调控原则：

一般对调控策略进行多情形设计调控方案，来分析预测水环境承载力的变化情况，并给出较合理发展建议。

A. 为保障经济社会发展，尽量不采取降低经济增长率的措施。

B. 优先保护地下水资源，提倡使用区域外调水。

C. 调控方案应结合细河于台控制单元实际情况，不能盲目制定。

调控方法：

A. 根据已知年份的水环境承载力评估预警结果，选择水环境承载状况最差的污染物作为控制单元的短板因素进行调控，提升短板因素的水环境承载力。

B. 分别设定不同等级（橙色、黄色、蓝色、绿色）指标的水环境承载力调控方案，调控方案主要调控水环境承载力评估预警指标。

C. 分别对各调控方案下水环境承载力进行评估预警，并对结果进行分析。

D. 根据变量间相互关系，分别计算各调控方案下的水环境承载力阈值，分析各个调控方案，为具体实施方案提供依据。

2 以秦淮河作为研究对象

秦淮河氨氮水环境承载力预警结果如表 2 所示。

表 2 秦淮河控制单元水环境承载力指标层预警级别（氨氮）

指标	2013	2014	2015	2016	2017	2018
工业增加值排污强度	绿色	红色	红色	红色	红色	红色
农业增加值排污强度	红色	红色	红色	橙色	橙色	红色
第三产业增加值排污强度	绿色	绿色	红色	绿色	蓝色	蓝色
水体纳污率	红色	红色	红色	橙色	红色	红色
固定源排放量允许达标比率	红色	红色	红色	红色	红色	红色
断面水质达标率	红色	红色	红色	红色	红色	红色
生态基流保值率	橙色	橙色	橙色	橙色	橙色	橙色
藻类多样性指标	红色	红色	红色	红色	红色	红色
河岸带植被覆盖率	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色
林草植被覆盖率	红色	红色	红色	红色	红色	红色
大型底栖动物 BI 指标	黄色	黄色	黄色	黄色	黄色	红色
人均水资源量	红色	红色	红色	红色	红色	红色
枯水期水资源模数变异率	红色	红色	红色	橙色	红色	红色
水资源开发利用率	红色	红色	红色	红色	红色	红色
万元 GTP 用水量	红色	红色	红色	红色	红色	红色
万元工业增加值用水量	红色	红色	红色	红色	红色	红色
河流纵向连通性指标	红色	红色	红色	红色	红色	红色

秦淮河增加外调水水环境承载力调控方案:

增加外调水的指标分级调控方案是指为保障社会经济稳定发展和实现承载力调控,通过增加流域外调水量,并将外调水量纳入水资源总量计算中的调控方案。增加外调水的指标分级调控方案包括增加外调水的绿色等级调控方案、增加外调水的蓝色等级调控方案、增加外调水的黄色等级调控方案和增加外调水的橙色等级调控方案,其中增加外调水的绿色等级调控方案设定为增加外调水后所有指标均调控至指标分级为绿色的区间最优值,增加外调水的蓝色等级调控方案设定为增加外调水后所有指标均调控至指标分级为蓝色的区间最优值,增加外调水的黄色等级调控方案设定为增加外调水后所有指标均调控至指标分级为黄色的区间最优值,增加外调水的橙色等级调控方案设定为增加外调水后所有指标均调控至指标分级为橙色的区间最优值。受水环境实际状况所限,部分指标无法调整至分级区间最优值,则将指标调控至根据秦淮河实际状况设定的目标值。

增加外调水的绿色等级调控方案对社会经济发展、不同类型土地面积等变化的速度和趋势不作调整,并通过增加流域外调水的方式满足社会经济发展和承载力调控需要,在此基础上对所有指标直接调控或逐年调控,使各指标在调控结束年 2025 年调控至指标绿色分级区间的最优值或根据细河实际状况设定的目标值。

2.1 方案设定

水环境指标中,固定源排放量允许排放量达标比率和断面水质达标率直接调控至绿色分级区间最优值;由于 2018 年细河污染严重,氨氮污染负荷远高于水环境容量,无法直接将水体纳污率调整至绿色无警区间,因此考虑细河实际情况,2019—2025 年水体纳污率调整至 100%;受水体纳污率调控等影响,工业增加值排污强度、农业增加值排污强度、第三产业增加值排污强度发生变化且 2025 年指标值优于绿色分级区间最优值,因此不对指标做进一步调控,通过系统动力学模型模拟得到指标值。

水资源指标中,人均水资源量逐年调控,2018 年秦淮河人均水资源量不足 100m^3 ,与绿色分级区间最优值差距较大,无法实现分级调控,因此考虑细河实际情况,将人均水资源量逐年调控使其在 2025 年达到全省平均水平 (1070m^3);枯水期水资源模数变异率、万元工业增加值用

水量和河流纵向连通性指数直接调控至绿色分级区间最优值;受外调水增加等影响,水资源开发利用率和万元 GDP 用水量发生变化且 2025 年指标值优于绿色分级区间最优值,因此不对指标做进一步调控,通过系统动力学模型模拟得到指标值。

水生态指标中,河岸带植被覆盖率逐年调控,使其在 2025 年达到绿色分级区间最优值;生态基流保证率和大型底栖动物 BI 指数直接调控至绿色分级区间最优值;由于秦淮河控制单元位于沈阳市建成区,林草植被覆盖面积变化有限,且 2018 年秦淮河藻类多样性指数较差,无法直接将林草植被覆盖率和藻类多样性指数调控至绿色分级区间最优值,因此考虑秦河实际情况,将藻类多样性指数直接调控至 5,林草植被覆盖率逐年调控至 80%。

2.2 调控结果

2019—2025 年秦淮河控制单元水环境承载力处于不超载状态,预警等级为绿色无警;水环境、水生态和水资源子系统承载力处于不超载状态,预警等级为绿色无警。指标体系中农业增加值排污强度由红色预警调控至绿色无警,河岸带植被覆盖率和万元 GDP 用水量由蓝色预警调控至绿色无警,林草植被覆盖率和水资源开发利用由红色预警调控至蓝色预警,人均水资源量由红色预警调控至橙色预警,水体纳污率维持橙色预警不变,其余指标均为绿色无警。通过赋值计算看出,受指标调控影响,秦淮河控制单元水环境承载力逐年提升,并在 2025 年达到该阶段最高水平。

2.3 水环境承载力阈值

按照增加外调水的绿色等级调控方案按照设定,人口增长率、三产业增加值增长率、不同类型土地面积变化率等参数在 2018 年水平上保持不变,通过系统动力学模型模拟,得到总人口、农业增加值、工业增加值、第三产业增加值、GDP、河岸带植被面积、林草覆盖面积,以 9 个变量在 2025 年水平的数值作为秦淮河控制单元水环境承载力阈值。

参考文献:

- [1] 朱悦.基于层次分析法的辽河流域水环境承载力评价指标体系研究[J].环境保护与循环经济,2020,40(6):40-44+48.
- [2] 关倩.浑河流域社河控制单元水环境承载力评估与预警技术研究[D].沈阳:辽宁大学,2021.
- [3] 柴森瑞.基于SD模型的流域水生态承载力研究[D].西安:西安建筑科技大学,2014.