

朱喜,朱云.太湖蓝藻暴发治理存在的问题与治理思路[J].环境工程技术学报,2019,9(6):714-719.

ZHU X, ZHU Y. Problems and countermeasures of controlling cyanobacteria bloom in Taihu Lake[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2019,9(6):714-719.

太湖蓝藻暴发治理存在的问题与治理思路

朱喜¹,朱云²

1. 无锡市水利学会,江苏 无锡 214031

2. 无锡市城市防洪管理处,江苏 无锡 214031

摘要 2007年5月29日太湖供水危机以来,由于采取了一系列治理措施,太湖治理取得明显成效,但太湖仍存在入湖污染负荷大幅度超过水环境容量,芦苇湿地面积大幅度减少,蓝藻水华现象频发等问题。总结太湖治理的经验与教训,提出太湖治理应创新三类技术集成思路:“双减双增”技术,即流域点源、面源及湖内底泥与蓝藻造成的内源的“双减”技术,增加环境容量与水体自净能力的“双增”技术;打捞蓝藻和抑藻杀藻的“双除藻”技术;恢复湿地及生物多样性的“双恢复”技术。同时,通过深入推进和全面建立湖长制,加大应用型科技支撑力度和资金投入等保障治理效果,最终达到蓝藻暴发消除、湿地和生物多样性“双恢复”的目标。建议再次修编《太湖流域水环境综合治理总体方案》,设置控制、消除蓝藻水华暴发相关的研究课题,并将消除蓝藻水华暴发目标列入其中。

关键词 蓝藻水华暴发;治理目标;技术集成创新;太湖

中图分类号:X524 文章编号:1674-991X(2019)06-0714-06 doi:10.12153/j.issn.1674-991X.2019.07.080

Problems and countermeasures of controlling cyanobacteria bloom in Taihu Lake

ZHU Xi¹, ZHU Yun²

1. Wuxi Water Conservancy Society, Wuxi 214031, China

2. Wuxi City Flood Control Management, Wuxi 214031, China

Abstract Since the water supply crisis of Taihu Lake on May 29th, 2007, a series of measures had been taken to improve the water supply, and achieved remarkable results. However, there were still some problems in Taihu Lake, such as the inflow pollution load greatly exceeded the water environmental capacity, the reed wetland was greatly reduced, and the cyanobacteria bloom erupted frequently. Based on the experience and lessons of Taihu Lake management, it was put forward that Taihu Lake management should innovate the integrated thinking of three kinds of technologies: Double Reduction/Double Increase technologies includes reducing point source, non-point source, and endogenous source caused by lake bottom sediment and cyanobacteria, and increasing environmental capacity and water self-purification capacity; Double Algae Removal technologies included blue-green algae fishing and algae suppression and killing; Double Recovery technologies included wetland and biodiversity restoration. Also, the goals of Two Elimination (eutrophication and cyanobacteria bloom) and Two Restoration (wetland and biodiversity) would be achieved, through the in-depth promotion and comprehensive establishment of the lake chief system, and the increase of applied science and technology and capital investment to ensure the effect of governance. Finally, some suggestions were put forward, such as revising the *Overall Plan for the Comprehensive Treatment of Water Environment in Taihu Lake Basin*, and setting up related research programme on the control and elimination of cyanobacteria bloom, including the goal of eliminating cyanobacteria bloom.

Key words breakout of cyanobacteria bloom; treatment objectives; technology integration innovation; Lake Taihu

收稿日期:2019-05-17

作者简介:朱喜(1945—),男,高级工程师,主要从事水资源、水环境、水生态和湖泊蓝藻暴发治理及富营养化研究,2570685487@qq.com

太湖是我国第三大淡水湖泊,流域面积为2 340 km²,平均蓄水量为47.5亿m³,水深为2.03 m。20世纪70年代以来,受强烈人为活动的影响,流域生态环境受损,太湖水体受到污染,富营养化程度加重,并出现严重的蓝藻水华暴发(简称蓝藻暴发)和“湖泛”等问题,致使发生2007年供水危机^[1]。2007年之后,中央和地方政府投入大量资金,采取诸多治理措施,加大了太湖的治理力度,取得良好效果,近年来太湖富营养化呈减轻趋势,供水安全得到较好保障。但每年夏季太湖依旧暴发大面积蓝藻水华,水华最大暴发面积甚至超过2007年,可见,蓝藻暴发仍然是太湖主要生态环境问题。如何持续开展治理,彻底消除蓝藻暴发是当前地方政府和老百姓的迫切愿望。笔者对太湖水体蓝藻暴发的历史过程和治理措施及效果进行了调研,分析了太湖蓝藻暴发的现状与存在的问题,探讨性地提出了消除蓝藻暴发的目标及技术集成创新与应用思路,以期对太湖蓝藻暴发的控制、治理直至消除提供借鉴。

1 太湖治理历程与现存问题

1.1 太湖治理历程

太湖在20世纪80年代之前水质较好,之后水质逐渐下降,营养程度由贫营养逐渐上升为中营养;1987年太湖北部梅梁湖水域水质下降至GB 3838—2002《地表水环境质量标准》V类,出现了小规模蓝藻暴发,当时未采取治理措施;1990—2007年太湖水质快速下降,蓝藻暴发较为频繁,且程度较为严重。为改善水质和控制富营养化,20世纪90年代中后期开始治理太湖污染,主要采取以工业污染控制为主的控源措施,如1998年12月31日实施了治理太湖的“零点行动”,短时间内有效减少了工业点源入湖污染负荷量,但并未减轻太湖水污染和水体富营养化程度。2002年起实施了望虞河“引江济太”调水工程,对太湖东半部水域水环境改善作用明显,同时在中游河道(直湖港、武进港、梁溪河等)实施建闸挡污,大幅度减少河道污染物入湖。这期间太湖已达中度至重度富营养水平,水生生态系统严重退化,大部分水域生境适合蓝藻生长,致使2007年蓝藻暴发,其最大面积达太湖水体总面积的40%,形成“湖泛”,并造成供水危机。

2007年之后,在党中央及地方政府的重视下,加大太湖治理投入力度并采取了一系列综合治理措施,主要包括:1)控源截污。流域上中游建设污水处理厂及配套污水收集管网,处理标准达到GB

18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准;治理规模集中的畜禽养殖废水;控制生活和工业点源,关停并转3 000余家重污染企业,提高工业废水排放标准等。2)打捞蓝藻。根据历年打捞蓝藻的统计资料,估算至2017年共打捞藻水1 100万m³(以含藻率0.5%计),并进行无害化处置或资源化利用。3)生态调水。2007—2017年望虞河“引江济太”调水入湖93亿m³,同时建设梅梁湖泵站及调水出湖89亿m³,带走大量总氮(TN)、总磷(TP)和蓝藻,“引江济太”和梅梁湖调水出湖的联合运行有效地化解了太湖供水危机。4)生态清淤。完成清淤3 000万m³,清除了底泥中大量TN、TP和蓝藻种源,去除了“湖泛”基础物质——有机质。5)生态修复。实施多个生态修复试验示范工程,如东太湖修复以芦苇为主的湿地37 km²,苏州三山、宜兴太湖沿岸等水域生态修复工程等。太湖经过10多年的治理,取得了较为明显的成效:2016年起太湖主要入湖河流消除了劣V类水体(河道水质评价不含TN),其中氨氮浓度达到Ⅲ~Ⅳ类^[2];太湖由中度富营养改善为轻度富营养,年均水质达到Ⅳ~Ⅴ类;2017年入太湖TN、TP分别较2006年削减50.0%和19.4%;消除了贡湖水源地“湖泛”,保证了无锡市正常供水;局部水域蓝藻暴发的严重堆积程度有所减轻。2018年起,太湖全面实施湖长制,采用技术集成综合措施进行治理。

1.2 太湖现存问题

1.2.1 入湖污染负荷量超过水环境容量

2017年太湖水质指标TN浓度年均值为1.60 mg/L,TP浓度为0.083 mg/L^[2],与2013年太湖流域水环境功能区划中规定达到Ⅱ~Ⅲ类水质目标的要求还有相当差距;太湖西部12条入湖河流2016年主要水质指标TN为劣V类(3.45~5.00 mg/L)、TP为Ⅴ~劣V类^[2-3]。2016年太湖入湖TN和TP污染负荷量分别为7.44万和0.25万t/a,分别是太湖水环境容量的2.65和1.56倍^[3-4],入湖污染负荷明显超过水环境容量。

1.2.2 湖滨水域湿地生态破坏严重

20世纪60—70年代太湖湖滨水域和湖心湿地面积超过650 km²,植被覆盖率占太湖水面面积的25%~30%,由于长期破坏,湿地面积约缩减了200 km²。虽然经过10多年的修复,入湖河流和湖滨带生态修复成效显著,但太湖水域以芦苇为主的湿地恢复面积有限,仅恢复了约45 km²^[3-4]。

1.2.3 蓝藻暴发形势依旧严峻

目前太湖蓝藻暴发形势依然严峻,表现为暴发面积加大、暴发时间延长。如2017年夏季全湖蓝藻暴发最大面积达1 403 km²,甚至在11月仍有1 200 km²,均超过2007年的最大暴发面积(979 km²);同期梅梁湖、竺山湖年均藻密度达到2亿个/L左右^[2],较2007年增加1倍多,所以仍存在发生蓝藻暴发的“湖泛”型供水危机的潜在危险。

1.2.4 技术支撑较为薄弱

在太湖蓝藻暴发治理方面,已有较多专家进行了关于蓝藻生长与增殖机理、蓝藻死亡对生境影响等方面的研究,但对蓝藻治理应用性集成技术的研究特别是降低湖体藻密度和消除蓝藻暴发,提高污水厂处理标准及湖体规模性生态修复等一系列关键性的技术集成综合措施的研究较为薄弱,难以支撑太湖蓝藻暴发的治理。

1.3 太湖蓝藻暴发主要原因

1.3.1 独特的自然与社会经济特征

太湖流域人口稠密、社会经济发达、入湖污染负荷量较大,加之近年来气温和二氧化碳浓度升高利于蓝藻的增殖。

1.3.2 蓝藻暴发机理认识不清

长期以来,在太湖治理中认为控磷是蓝藻暴发控制的关键。太湖蓝藻主要是微囊藻,而非固氮型鱼腥藻和束丝藻,微囊藻生长不吸收空气中的氮,因此不能认为控磷是控制蓝藻暴发的关键;同时,由于蓝藻暴发死亡后残体大量沉降于底泥中,在水温较高的季节,藻残体等有机质在缺氧状态发生厌氧反应,使底泥中不溶性磷转化为可溶性磷释放进入水体。因此,对太湖而言,治理蓝藻暴发必须同时控制氮和磷^[3]。

1.3.3 治理技术集成创新与应用不够

太湖治理技术的创新包括单项技术创新和技术集成创新。单项技术创新仅对太湖治理起局部的或某一方面的作用,如目前治理太湖已采用了控制外源、清除底泥、调水、打捞蓝藻和生态修复等措施,但没有对各单项治理技术进行科学的技术集成创新与应用,难以达到有效消除蓝藻暴发的综合效果,所以宜将现有众多的单项技术进行集成创新形成技术集成体系,并在分水域治理中应用。

2 太湖治理目标与思路

2.1 治理目标

太湖治理目标包括水质、蓝藻暴发治理、生态修

复3个方面:1)水质目标。太湖东部、西部水域水质分别从目前的Ⅳ类、Ⅳ~劣Ⅴ类逐步提高到水环境功能区目标Ⅱ~Ⅲ类、Ⅲ类^[5]。2)蓝藻暴发治理目标。2030—2049年分水域消除蓝藻暴发。其中梅梁湖计划在2030年消除蓝藻暴发,之后其他湖湾、沿岸水域逐步消除蓝藻暴发或保持蓝藻不暴发。3)生态修复目标。恢复太湖芦苇湿地面积至20世纪60—70年代的650 km²规模,也即恢复到太湖原来的水生植被覆盖率(25%~30%),所以至少要增加150 km²湿地,以恢复相应的生物多样性。

2.2 技术集成创新的思路

根据太湖治理的历程,结合太湖现状问题和特点,提出太湖治理的思路,包括消除富营养化的“双减双增”,打捞蓝藻和抑藻杀藻的“双除藻”,恢复湿地、生物多样性的“双恢复”。

2.2.1 “双减双增”措施

“双减”是指减少以点源、面源为主的外源负荷入湖和减少底泥、蓝藻等内源污染释放,促使太湖水质达标^[5]。太湖流域绝大部分生活污水和相当部分的工业废水均进入污水处理厂(设施)处理,但即使达到一级A标准排放时,也只能去除50%~70%的氮和磷,排放的尾水中仍有相当高的污染负荷,因此提高污水处理标准是太湖流域控源截污,减少入湖污染负荷的关键措施。太湖流域现有约2 000万t/d的污水处理能力,太湖流域上中游的污水处理排放标准一般达到一级A标准,流域下游如上海一般达到一级B标准。估算2030年流域上中游城镇污水处理能力约为800万t/d,若排放标准仍为一级A,其排入水体的TN和TP将分别相当于太湖Ⅲ类水质时水环境容量的1.57和1.05倍,再加上没有进入污水处理系统的面源和点源,则更将大幅度超过太湖水环境容量。考虑到污水处理厂(设施)排放的污染负荷在进入太湖前会有部分被削减,估算由污水处理厂(设施)排放的污染负荷量约占环太湖河道入太湖污染负荷总量的40%^[3]。因此,在建设足量污水处理能力和全覆盖污水收集管网的同时,要考虑污水处理厂排放标准的提升。

此外,还需全力削减其他各类污染负荷。如削减未进入污水处理厂(设施)的城乡工业、生活和规模畜禽集中养殖等点源污染负荷,农田种植、农村生活污水、垃圾及废物、水产养殖等面源负荷;大量削减化肥、农药用量,推广使用有机肥。

适度生态清淤是减少内源负荷的重要措施。建议清淤范围主要在蓝藻经常暴发死亡水域和河道入

湖口,清淤深度一般为30~40 cm。通过清淤可减少内源氮、磷释放及清除底泥表层蓝藻种源,同时清出的淤泥可作为抬高修复芦苇湿地基底回填土。

通过打捞消除蓝藻和收获水草去除内源负荷。现阶段蓝藻是太湖主要内源之一,建议在太湖北部的梅梁湖、贡湖和宜兴沿岸水域用机械进行蓝藻打捞,并实行藻水分离、无害化处置和资源化利用;建议在梅梁湖、贡湖和蠡湖于4—6月用人工或机械收获以菹草为主的植物,此措施能在一定程度上削减氮、磷和有机质等污染物。

“双增”主要通过加大生态调水力度,增加环境容量和水体自净能力。在实施望虞河调水入太湖和梅梁湖调水出湖联合运行的同时,加快新沟河和新孟河“引江济太”调水新通道建设,使入太湖水量增加15亿 m^3 ,同时修复生物系统,以增加水体自净能力和相对增加环境容量。

2.2.2 “双除藻”措施

“双除藻”是指打捞蓝藻和抑藻杀藻,前者是目前常规除藻措施,后者包括生物种间竞争,创造不利于蓝藻生长繁殖的生境,直接杀藻除藻等。

建议分水域打捞清除蓝藻。可将太湖分成若干片相对封闭又具有水力联系的水域,在水域的边界处建设形式和材质适宜的隔断、围隔系统,其中如梅梁湖、贡湖、竺山湖与太湖湖心水域的分隔边界可采用钢丝石笼透水坝或比较坚固的隔断,允许水流在边界两侧适量流动。每片较大水域又可分为若干片小水域,如梅梁湖可分为5~10片小水域,应用技术集成创新措施进行治理。

分片后可采用物理、生物等技术,深度彻底清除水面、水中和水底蓝藻。可采用的技术包括:1)改性黏土除藻^[6],使蓝藻沉于水底并予以固定,同时通过生态修复去除蓝藻,或采用天然矿物质净化剂除藻^[7];2)混凝气浮法,将藻水分离等技术^[4]直接用于太湖水体,使蓝藻浮于水面,再打捞清除和处置;3)固定和移动式高压除藻^[8],通过高压处理,改变原来蓝藻生长的低压、常温的生境,使蓝藻严重受损或死亡,也可使用推流曝气、超声波、电催化等方法抑藻除藻;4)金刚石碳纳米电子技术除藻^[9],装置加电压后释放电子,在阳光下产生光电效应、光催化作用,破坏蓝藻的细胞壁和细胞内部物质,消除水面、水中、水底的蓝藻;5)生物种间竞争除藻,如沉水植物、紫根水葫芦^[3]等在吸取氮、磷的同时可产生化感物质抑藻除藻,或直接采用植物化感物质制剂除藻^[10],也可利用鲢鳙鱼和贝类等滤食蓝藻(鱼

密度要达到40 g/m^3)^[11];6)安全高效微生物^[12]、固载微生物^[13]等及其制剂或其他生物制剂除藻抑藻,生物制剂除藻具有巨大潜力,但需解决太湖禁用微生物制剂的矛盾;7)生态调水带走蓝藻,清淤清除蓝藻种源等方法。

在湖泊某大小适当的水域以上述一种或几种除藻技术为主,配合其他若干技术措施,达到较好去除蓝藻暴发的效果。每片水域在进行综合除藻规划时究竟采用上述哪一类或多类除藻技术,可根据该水域的富营养化程度、蓝藻暴发状况、自然地理特征和实际需要及治理目标制定实施方案。

2.2.3 “双恢复”措施

“双恢复”是恢复湿地和生物多样性,同时起到净化水体和抑藻、除藻等功能。“十一五”“十二五”期间在太湖实施了不少生态修复(示范)工程^[3],如东太湖37 km^2 芦苇湿地修复工程,宜兴太湖沿岸生态修复工程等,但相当部分水域的湿地修复规模较小,部分湿地由于后续的运行机制和管理不善等原因在建成若干年后未能良好发挥作用。由于太湖西部、北部建设环湖大堤,围湖造田(鱼池)及水污染、蓝藻暴发和提高冬春季水位等因素,使太湖湖滨湿地大面积减少,如太湖西部沿岸建设环太湖大堤使湖滨湿地面积减少了70 km^2 ,因此新增湿地以太湖西部和北部的湖湾、沿岸水域为主。

修复太湖湿地主要措施:1)在确保防洪安全的前提下,拆除太湖西部等环湖的部分大堤或恢复原有芦苇滩地30~40 km^2 ;2)太湖100多公里的沿岸水域,采取人工修复促进自然修复手段,分片修复500~1000 m或更宽的芦苇湿地,湿地外围设置能挡风浪和透水的钢丝石笼坝或其他形式的隔断;3)为保证湿地的良好修复,可适当降低太湖冬末春初水位,经计算,若降低水位0.5 m,则可增加湖滨湿地14 km^2 ;4)对修复的湿地加强管理,如于冬季收割芦苇湿地,妥善处理芦苇与蓝藻共存产生的环境问题。

3 分片(水域)治理措施

太湖各片(水域)的生境及蓝藻暴发情况不同,生态修复和除藻须分片进行。可把太湖分为东太湖、蠡湖、梅梁湖、贡湖、竺山湖、湖心等片,又可将各片分成若干片小水域。各片根据具体情况采用上述治理技术中的若干作为主要技术集成措施。

3.1 梅梁湖

梅梁湖为太湖北部的大型湖湾,面积为124

km²,现每年蓝藻严重暴发,水质为V类^[2]。梅梁湖具有有利的自然地理条件和较好的治理蓝藻暴发的基础,可作为太湖治理首选湖湾。主要治理措施:在与太湖湖心交界处设置钢丝石笼透水坝或其他形式的隔断,阻挡太湖湖心漂来的大量蓝藻及减小风浪影响;在湖湾沿岸水域分片修复芦苇、沉水植物湿地,并修复湖湾中间部分水域的沉水植物湿地;分片深度彻底清除水面、水中和水底蓝藻。

3.2 贡湖

贡湖为太湖北部的大型湖湾,位于梅梁湖以东,面积为147 km²,现每年蓝藻轻度暴发,水质为IV~V类^[2]。其主要治理措施类似梅梁湖,其中可充分利用望虞河“引江济太”调水以改善水质和消除蓝藻暴发,全面恢复沿岸水域和湖湾中心水域湿地^[5]。

3.3 竺山湖

竺山湖为太湖西北部的湖湾,面积为58 km²,现每年蓝藻严重暴发,水质为劣V类,常发生小规模“湖泛”^[2]。主要治理措施:控源截污,严格控制入湖河道武进港污染;加快新沟河、新孟河“引江济太”通道建设,建成后持续调水入湖10亿~15亿m³,换水超过15次/a,加快消除蓝藻暴发的速度^[6];分水域修复沿岸芦苇湿地;局部水域采用综合措施除藻。

3.4 西部宜兴沿岸水域

西部宜兴沿岸水域现每年均发生较严重蓝藻暴发,水质为劣V类^[2]。主要治理措施:严格控制污染,大幅度削减入湖河道污染负荷,全面严控工业、城镇生活和规模集中畜禽养殖等点源负荷,加大污水处理力度和提高污水处理标准,大幅度减少污水处理厂尾水的污染负荷;严格控制各类农田等面源污染;大规模修复沿岸芦苇湿地,拆除部分环湖大堤以恢复原来的芦苇湿地,并作为部分河道入湖污染负荷的前置库和生态净化池;配合适合的技术措施除藻。

3.5 东太湖

东太湖为太湖东部的湖湾,面积为135 km²,现蓝藻基本不暴发,水质为IV类^[2]。主要治理措施:在已修复37 km²芦苇湿地、控源截污等治理措施取得显著成效的基础上^[2-3],进一步加强太湖上下游控源和湿地的修复和管理,采取综合措施治理生态环境,使尽快达到II~III类水功能区水质目标^[5]和大幅度降低藻密度。

3.6 蠡湖

蠡湖(五里湖),为太湖北部的小湖湾,面积为8.5 km²。现基本消除蓝藻暴发,水质为IV类^[2]。主要治理措施:继续全面治理断头浜,削减污染;控制鱼类扰动底泥,提高透明度;适当降低水位,提高湖底光照强度;全面修复以沉水植物为主的湿地,使植被覆盖率达到70%~80%。

3.7 其他水域

包括太湖湖心水域和其他沿岸水域,这些水域水质多为IV类^[2],其中太湖湖心西部的局部水域每年蓝藻轻度暴发。采取相应的综合技术集成措施消除蓝藻暴发,其他蓝藻未暴发水域以保护恢复生态、增加湿地面积为主,严格控制东洞庭山和西洞庭山旅游和生活污染,以保持蓝藻不暴发状态。

4 太湖蓝藻暴发控制对策建议

4.1 再次修编《太湖流域水环境综合治理总体方案》^[14-15]

再次修编《太湖流域水环境综合治理总体方案》,将消除蓝藻暴发目标及相应消除蓝藻暴发的治理集成技术列入其中,或由权威部门、机构提出消除蓝藻暴发的意见、方案;在全国学术界开展消除蓝藻暴发的讨论,提高认识,排除阻力。

4.2 加强太湖系统、科学治理的研究

组建多学科联合研究团队,推进科技成果转化和推广应用,研究推广适用、低价、长效、安全技术;科研机构加强研究蓝藻死亡的生境、规律,研究创新消除蓝藻暴发的技术集成综合措施,为太湖及其各水域编制“一湖一策”治理方案奠定基础;联合关心治理太湖的民间组织、企业和个人参与太湖治理;制定政策,调动各方面积极性,多方筹集太湖治理及科研资金;建议公开太湖水质、蓝藻等方面的监测数据,通过数据共享推进太湖治理。

4.3 对梅梁湖、竺山湖进行综合除藻研究

梅梁湖是太湖的主要风景旅游区,也是太湖蓝藻暴发最早、最严重的水域,该水域适合建设相对封闭的污染控制设施,以阻止外水域大水面蓝藻漂进。该水域具有多年打捞蓝藻的经验和设施,可作为太湖综合除藻的示范水域。竺山湖是新沟河“引江济太”输水通道经过的水域,在新沟河“引江济太”建成后,可把竺山湖列为调水改善水生态环境及综合措施消除蓝藻暴发的试验示范水域。

4.4 科学制定全面修复太湖湿地专项规划方案

在总结以往修复湿地经验基础上,建议开展全

面修复太湖湿地专项规划方案的制定。包括建设太湖沿岸水域和湖湾中间水域的新增湿地,恢复太湖西部等被围垦湿地,适当降低太湖冬春季水位恢复湿地等。

5 太湖治理保障措施

5.1 深入推进河长制,全面实施湖长制

建议太湖流域全部入湖河流及与其相连的支流在实行河长制、制定“一河一策”方案时,使入湖河流达到水功能区的水质目标,即Ⅲ~Ⅳ类,使TN入湖量得到大幅削减。太湖及其湖湾均实行湖长制,以蓝藻暴发治理为导向,提出“一湖湾(水域)一策”方案,达到各水域水功能区水质目标,明确各水域消除蓝藻暴发的目标并制定达标时间。

5.2 全流域高标准统一规划

在入湖污染负荷总量控制,污染负荷削减量,污水高标准处理,工业污染、规模集中畜禽养殖和农业、农村污染治理等方面统一规划,确保入湖污染负荷量能被有效控制在太湖水环境容量之内,每个区域与流域规划密切配合,采取适合各区域、水域的技术集成措施,积极协调治理污染和控制蓝藻暴发。

5.3 加大科技和资金投入

开展政产学研合作,推进太湖治理科技成果的转化和推广应用,研究推广适用、低价、长效、安全技术,研究创新治理太湖和消除蓝藻暴发的集成技术。

6 结语

自1998年12月31日“零点行动”以来,太湖治理取得显著成效,减轻了富营养化程度,但每年仍大面积暴发蓝藻水华。应认真解析其中原因,从政府层面确立消除蓝藻暴发的目标,通过采取相应的综

合技术集成措施,努力实现消除太湖蓝藻暴发,以实现《水污染防治行动计划》中提出的“到2049年生态环境质量全面改善”的目标。

参考文献

- [1] 朱喜. 太湖蓝藻大爆发的警示和启发[J]. 上海企业, 2007(7): 7-9.
- [2] 2010—2017 太湖健康报告[R]. 上海: 太湖流域管理局, 2018.
- [3] 朱喜, 胡明明, 孙阳, 等. 河湖生态环境治理调研与案例[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2018.
- [4] 王鸿涌, 张海泉, 朱喜, 等. 太湖蓝藻治理创新与实际[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012.
- [5] 太湖流域水(环境)功能区划[R]. 上海: 太湖流域管理局, 2010.
- [6] 朱喜, 胡明明, 孙阳, 等. 中国淡水湖泊蓝藻暴发治理和预防[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.
- [7] 天然矿物质制剂净化水体技术总结[R]. 天津: 天津市安宝利亨环保工程建设有限公司, 2018.
- [8] 加压灭除蓝藻整装成套设备技术研究报告[R]. 无锡: 无锡德林海环保科技股份有限公司, 2017.
- [9] 协同超净化水土共治技术研究报告[R]. 上海: 上海金铎禹辰水环境工程有限公司, 2018.
- [10] 利用植物化感物质制剂消除蓝藻的技术总结[R]. 无锡: 无锡智者水生态环境工程有限公司, 2018.
- [11] 谢平. 鲢、鳙与藻类水华控制[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [12] 王红兵, 王梦云. 一种快速絮凝并去除水体中蓝藻的方法: 201410382658. 3[P]. 2016-03-16.
- [13] 使用固化载体微生物除藻试验的技术总结[R]. 北京: 北京信诺华科技有限公司, 2018.
- [14] 太湖流域水环境综合治理总体方案[R]. 北京: 国家发展和改革委员会, 2008.
- [15] 太湖流域水环境综合治理总体方案(修编)[R]. 北京: 国家发展和改革委员会, 2013. ◇