

# 淡水水体水华成因综述

王燕燕

(肇庆市环境保护监测站 广东 肇庆 526040)

**【摘要】**随着水体富营养化日益严重,水华现象时有发生,对饮用水源、渔业生产以及景观带来严重影响。本文拟从水华藻类的结构特点,气象、水文、水体理化特性以及生物因素与水华发生的关系进行全面论述,以期在水华的预警与治理提供理论支撑。

**【关键词】**藻类发生水华;结构

近年来水体富营养化日益严重,水华现象时常发生。如巢湖<sup>[1]</sup>、太湖<sup>[2]</sup>、滇池<sup>[3]</sup>、武汉东湖<sup>[4]</sup>等均报道过水华的发生。淡水水华藻类的主要种类是蓝藻(如微囊藻、鱼腥藻、水华束丝藻、颤藻等)和绿藻,其中有害水华藻类(主要是蓝藻)产生的毒素会直接对水生生物和人类造成损害。水华后,藻类大量死亡,使水体中溶解氧量迅速下降,导致水生动物的死亡,使水体腥臭难闻,透明度降低,破坏生态系统平衡,最终将影响社会经济建设和人类的可持续发展。我国是世界上蓝藻水华暴发最严重、分布最广泛且水华蓝藻种类最多的国家之一。因此,了解藻类水华的形成机制,科学地预测水体中藻类水华的产生,并及时采取相应的技术措施,减少水华带来的影响,具有极其重要的生态和环境意义。

水华的产生是由多种因素共同作用的结果。不仅与蓝藻本身的生理特点有关,也与气象、水文、理化特性、生物因素等密切相关。本文拟从以上方面对水华产生的机理进行综合介绍,以期在水华的预测和治理提供理论依据。

## 1. 藻类发生水华的结构与生理特点

### 1.1 藻类发生水华的结构特点

生长在水体中的微囊藻有单体细胞和囊状不定形群体两种形态,群体常由几十个、几百个甚至上千个单体细胞组成。微囊藻细胞壁外被胶质鞘,由于有这层胶质鞘,尽管微囊藻体内蛋白质高达 49.7%,生物可利用性也受到极大的限制<sup>[5]</sup>。我国的四大淡水鱼均不能消化这层胶质。至多只对细嫩和单细胞的微囊藻有消化能力。许多种类的蓝藻细胞中具有的气囊<sup>[6]</sup>,使得它们能够悬浮在水中,同时可以通过调节浮力来控制它们在水体中的垂直分布、昼夜迁移及形成水华的能力。这种通过浮力的控制一方面使得它们能更好地适应环境的变化,例如:漂浮到表层,增加获得光照的条件<sup>[7]</sup>、迁移到营养盐较适宜的位置,增加营养盐供给<sup>[8]</sup>。此外,一些水华种类具有抵抗恶劣环境的特殊结构,如微囊藻以越冬孢子形式抵抗低温侵袭<sup>[9]</sup>,董耐成研究发现,微囊藻的越冬孢子可以忍受 4℃ 的低温,只要营养条件和其他环境条件合适,冰点以上时就可萌发成新藻体<sup>[10]</sup>。一些丝状蓝藻可以形成厚壁孢子以度过不良环境,这些均成为其来年增殖的基础。

### 1.2 藻类发生水华的生理特点

蓝藻对高温的耐受能力强,试验证明多数蓝藻生长的最适温度范围为 25~35℃,较高的水温有利于蓝藻成为优势种群和水华暴发,15℃ 以下时蓝藻的生长受到抑制<sup>[11]</sup>。蓝藻细胞体内除了具有叶绿素外,还同时具有藻胆蛋白(包括藻红蛋白、藻蓝蛋白、别藻蓝蛋白),这些色素使得蓝藻可以利用其他藻类所不能利用的绿、黄和橙色部分的光(500~600nm),从而比其他藻类具有更宽的光吸收波段,能更有效地利用水下光的有效光辐射,并可以生长在仅有绿光的环境中<sup>[12]</sup>,而且微囊藻对强光具有较大的忍受性,具有较强的抗紫外辐射的能力,在强光下不会死亡。引起赤潮和水华的藻类,尤其是微藻,其中相当一部分能够产生藻毒素,主要包括作用于肝脏的肝毒素,作用于神经系统的神经毒素,以及位于细胞壁外层的脂多糖毒素等其他一些毒素,使其易成为竞争中的优势种。

## 2. 气象与水文对水华产生的影响

### 2.1 气象对水华产生的影响

蓝藻水华对气象要素的响应关系是内陆湖泊蓝藻发生发展机理研究中相当重要的一个环节<sup>[13]</sup>。适宜的气象条件,如气温偏高,降水偏少,光照充足对蓝藻暴发有促进作用。孙小静<sup>[14]</sup>、尤本胜等<sup>[15]</sup>研究发现小风浪有利于蓝藻生长或漂浮,而大风浪对其生长或漂浮不利。由于藻类有随风向漂移的特性,风向变化将影响蓝藻活动的范围,使其集中分布于主导风向的下风向。王成林<sup>[16]</sup>等人认为高温、微风气象条件

适宜蓝藻生物体的生长,有利于其从水体中上浮到表层,形成水华。降雨量和降雨日数偏少,日照时数偏多,气压偏低和微风对蓝藻生长发育和暴发也是有利的。孙建明<sup>[17]</sup>通过对比 2007 年与 2000 年及 2001 年太湖暴发蓝藻的气象条件分析后认为,月平均气温大于 22℃,雨量异常偏少,平均弱风场是蓝藻暴发的适宜气象条件。

### 2.2 水文对水华产生的影响

水文因子主要有流量、流速和水位等。目前研究较多的是水流流速对藻类生长的影响,流量部分也有相应的研究,但不是很成熟。水体的水动力条件变化也对藻类的生长有影响。一般情况下,藻类的生长率随流速的增大而减小。但对急流和中流藻类而言,水流可以使藻类不断得到新的营养物质供应<sup>[18]</sup>。流量的增大有利于水中有机物、氮、磷等营养物质的稀释,减小藻类的比增长速度,有利于控制水华的发生。水动力对于藻类的数量和分布的状态在浅水湖泊中影响较大。针对太湖北部湖湾水动力和蓝藻水华分布的研究<sup>[19]</sup>表明,在水动力滞缓水域,蓝藻水华易在水表发生漂移堆积。在水动力强度较大水域,强烈的垂向混合作用能使蓝藻沿水深方向混合均匀,降低水华暴发风险。相对于水动力条件,营养盐对叶绿素 a 浓度空间分布的影响较弱。

## 3. 水体理化特性对水华产生的影响

### 3.1 温度对水华产生的影响

温度是促进藻类生长最基本的生态因子。在光照适宜、高营养盐的水体中,较高的温度对藻类形成水华有明显促进作用。有室内实验表明,太湖微囊藻的最适生存温度为 30~35℃,水库中的围隔实验证实当水温为 26℃ 时,最适宜于水华微囊藻的聚集、上浮而形成水华<sup>[20]</sup>。

### 3.2 营养盐对水华产生的影响

一般认为,对于氮磷等营养盐的含量是水华暴发的主要诱因<sup>[21-22]</sup>,氮磷比对水华的发生也起着重要作用。Stun 根据对藻类化学成分进行的分析研究,提出藻类的经验分子式为  $C_{108}H_{240}O_{116}N_{16}P$ 。即临界的氮磷比按元素计应为 16:1,按重量计应为 7.2:1。对贫中营养水体来说,如果氮磷比小于该值,则磷可认为是藻类增长的限制因素。当水体处于富营养状态,则氮磷比对藻类生长的影响变得不再重要。许海等<sup>[23]</sup>通过室内实验与野外研究发现,氮磷浓度比氮磷比对铜绿微囊藻和栅藻的生长影响更大。微量元素对藻类生长也有重要影响,其基本趋势是:低浓度促进水华藻类生长,高浓度抑制生长,且藻类对微量元素有一定的富集作用。在微量元素中,铁元素对水华的发生、发展至为重要。有研究表明,在蓝藻固氮的过程中,所需要的铁量是其他藻类按相同速率增长的 10 倍。所以在夏季藻类繁殖期间许多湖泊中可溶性铁浓度普遍偏低。在特定情况下有可能成为水华发生的限制性因子。其他微量元素(如稀土元素和重金属元素等)在水华发生、发展中则起辅助作用<sup>[24]</sup>。

## 4. 其他生物因子对水华产生的影响

近十多年来,国外的大量研究已经表明,水体中的藻类组成和数量,是同时受营养盐的上行作用和藻食生物的下行控制双重影响的结果。水体富营养化后藻类数量的增加,至少部分是由藻食生物数量的减少所引起。而国内的研究也证实,大量放养鲢鳙能使超富营养化湖泊的蓝藻水华消失<sup>[25]</sup>。在此基础上,刘其根等<sup>[26]</sup>提出假设,藻类水华是水体中藻食生物的下行控制不能有效制衡由营养盐产生的上行效应的结果。即水体营养盐的增加仅仅是水体发生水华的重要外部条件,而水体中的藻食生物下行控制力的充足与否,才是水华能否在特定生态系统中发生的主要内在原因。

综上所述,水华的发生是多种因素共同作用的结果。不同区域水体水华的发生机制和影响因子类似。然而,不同水体环境条件差别很

大,具体的生消过程和主导影响因子又有所不同。针对具体水体,只有按照水华发生的一般机理,在充足的实测或实验数据基础上,通过深入研究,才能更加精确的揭示各种因子对水华的影响程度,找出该水体水华发生的主导因子。

### 【参考文献】

- [1]姜霞,钟立香,王书航等.巢湖水华暴发期水—沉积物界面溶解性氮形态的变化[J].中国环境科学,2009,29(11):1158-1163.
- [2]陈宇炜,秦伯强,高锡云.太湖梅梁湾藻类及相关环境因子逐步回归统计和蓝藻水华的初步预测[J].湖泊科学,2001,13(1):63-71.
- [3]李蒙,谢国清,鲁韦坤等.气象条件对滇池水华分布的影响[J].气象科学,2011,5(31):640-645.
- [4]汤宏波,胡圣,胡征宇等.武汉东湖甲藻水华与环境因子的关系[J].湖泊科学,2007,19(6):632-636.
- [5]孙慧群,朱琳,高文宝.淡水湖泊中微囊藻水华的成因分析[J].生物学通报,2005,40(8):23-24.
- [6]储昭升,金相灿,杨波等.不同群体形态蓝藻的气囊与光的相互作用研究[J].环境科学学报,2006,26(11):1909-1913.
- [7]Agusti S and Philips E J.Light absorption by cyanobacteria:Implications of the colonial growth form.Limnol.Oceanogr[J].1991,37:434-441.
- [8]Ganf G G and O liver R L.Vertical separation of light and available nutrients as a factor causing replacement of green algae in the plankton of stratified lake.J.Ecol.[J].1982,70:829-844.
- [9]Brunberg A K and Blomqvist P.Recruitment of Microcystis(Cyanophyceae)from lake sediments:The importance of littoral inocula.J.Phycol[J].2003,39:58-63.
- [10]董耐成.铜绿微囊藻越冬孢子萌发研究.吉林水利[J].2002,7:43-46.
- [11]刘玉生,韩梅,梁占彬等.光照、温度和营养盐对滇池微囊藻生长的影响[J].环境科学研究,1995,8(6):7-11.
- [12]Oliver R L and Ganf G G.Freshwater blooms,In:Whitton,B.A.and M.Pottseds.The Ecology of Cyanobacteria,The Netherlands:Kluwer Academic Publishers[J].

2000:149-194.

- [13]武胜利,刘诚,孙军等.卫星遥感太湖蓝藻水华分布及其气象影响要素分析[J].气象,2009,35(1):18-23.
- [14]Zawar-Reza P.,McGowan H.,Stunnenl A.,et al.Numerical simulations of wind and temperature structure within an Alpine lake basin, Lake Tekapo,New Zealand[J].Meteorology and Atmospheric Physics,2003,86(3/4):245-260.
- [15]李维亮,刘洪利,周秀骥等.长江三角洲城市热岛与太湖对局地环流影响的分析研究[J].中国科学(D辑),2003,33(2):97-104.
- [16]王成林,黄娟,钱新等.高温微风条件下太湖流域风场时空特征分析[J].湖泊科学,2011,23(1):122-128.
- [17]孙建明.2007年和近两年太湖蓝藻爆发的气象条件分析[J].《第四届长三角科技论坛论文集(下册)》,2007,692-696.
- [18]B.福迪著,罗迪安译.藻类学[M].上海:上海科学技术出版社出版,1980,392-394.
- [19]吴挺峰,朱广伟,秦伯强等.前期风场控制的太湖北部湖湾水动力及对蓝藻水华影响[J].湖泊科学,2012,24(3):409-415.
- [20]华锦彪,宗志祥.洋水库“水华”发生的实验研究[J].北京大学学报(自然科学版),1994,4:477-484.
- [21]廖日红,并艳文.北京城区河湖水体水华现象成因的初步分析[J].北京水利,2002,5:32-33.
- [22]万能,宋立荣,王若南等.滇池藻类生物量时空分布及其影响因子[J].水生生物学报,2008,32(2):184-188.
- [23]许海,朱广伟,秦伯强等.氮磷比对水华蓝藻优势形成的影响[J].中国环境科学,2011,31(10):1676-1683.
- [24]吴光应,刘晓露.大宁河水体营养盐状况与水华爆发之间关系分析[J].中国环境监测,2009,4:98-101.
- [25]李威,杨健,刘洪波等.微量元素对水华发生发展的影响[J].淡水渔业,2008,38(5):75-79.
- [26]刘健康,谢平.揭开武汉东湖蓝藻水华消失之谜[J].长江流域资源与环境,1999,8(3):312-319.
- [27]刘其根,陈立桥,陈勇.千岛湖水华发生与主要环境因子的相关性分析[J].海洋湖沼通报,2007,1:117-124.

### (上接第101页)3.2 理论依据不同

公允价值是指在公平交易中,熟悉情况的交易双方自愿进行资产交换或债务清偿的金额。“在公允价值计量下,资产和负债按照在公平交易中熟悉情况的交易双方自愿进行资产交换或者债务清偿的金额计量。存在市场交易价格的情况下,交换价格即为公允价值,由此可见,公允价值的最大特征就是来自于公平市场的确认。由于公允价值是在许多限定和假设条件下取得的,因此,对资产、负债的公允价值的确认是一个很大的难题,即使存在市场交易价格的情况下资产交换价格也非真正意义上的“公允价值”,更何况在资产没有市价的情况下,其公允价值的确认往往具有很强的人为因素。因此给盈余管理带来很大的空间;而市价计量模式,其理论依据来源于资产的价值属性决定于计量模式,不同计量模式体现的资产价值属性不同。采用市价计量反映是资产、负债、所有者权益交换价值,更真实反映了资产、负债、所有者权益在某一时刻市场价格,与公允价值计量相比,市价计量模式并不去研判其价格是否合理、公允,而是真实的反映资产、负债、所有者权益在某一时刻的市场价值,从而更加突出了会计的反映功能,因此提供的会计信息更真实、可靠,相关性强。

### 3.3 资产价值属性不同

现行公允价值计量模式采用是市价计量模式为主,其他计量模式为辅的混合模式,反映资产的属性是多种资产价值属性,而市价计量模式是单一的计量模式,反映是资产、负债、所有者权益的交换价值,根据公允价值理论公允价值应该反映的资产属性是交换价值,而非混合的价值属性,因此市价计量理论更符合公允价值理论要求。

### 3.4 所有者权益价值属性、价值量不同

现行的公允价值计量模式未能真实反映所有者权益的市场价值,而采用市价计量真实计量所有者权益在某一时刻的交换价值,其价值量与现行的所有者权益价值有很大差异,由于市价计量模式反映所有者权益的价值是市场价值,因此提供的会计信息更真实、可靠。

### 3.5 利润核算观不同

现行公允价值理论在利润核算上采用资产、负债观,将资产、负债价值变动视为利得或者损失计入利润中,即影响所有者权益价值,而采用市价计量所有者权益价值是按照市场价格计量,其价值变动与资产、负债的价值变动无关,即资产、负债价值变动不是所有者权益的变动,因此,在市价计量模式下,在持续经营原则、稳健性原则、权责发生制原则前提下,在利润核算上仍坚持收付实现制原则,资产、负债价值变动不再视为利得或者损失计入利润,因而更能准确反映企业在某一特定时期获利能力,评价公司使用资源所取得效果。

### 3.6 会计理念不同

现行公允价值理论反映企业的所有者权益价值理念是从法律清偿责任的角度出发,即考虑企业在发生清偿责任的情况下,企业的资产首先用来清偿债权人的利益,剩余的净资产归股东所有,即形成净资产=所有者权益的会计等式。市价计量理论认为,企业的资产不是用来度量债权人和股东的义务,从受托理论讲,它表明资产用来为股东创造利润的获利能力,从决策有用理论来讲,会计所反映的资产、负债、所有者权益的会计信息应具有真实性、可靠性、相关性,为决策服务,因此,在会计主体持续经营情况下,会计的目的不应该计量假设会计主体在某一时刻发生法律上的清偿责任时所有者权益的价值,同时这种计量也毫无意义。因此,我们不妨把该种会计理论称为“预测会计”或者“算命会计”更为贴切、妥当。

### 3.结语

总之,在此次金融危机背景下,社会各界已经认识到现行公允价值计量的弊端,正积极探索、寻找更好的计量模式,遵循谨慎性原则,运用有效计量方法,避免对资产或者市场的负面影响,以真实地反映出资产的价值和企业的经营成果。

### 【参考文献】

- [1]企业会计准则.中华人民共和国财政部.经济科学出版社.
- [2]王光远.会计历史与理论研究.福建教育出版.