

## 攻克国际难题，当好赤潮“消防员”

——对话中国工程院院士、中国科学院海洋研究所研究员俞志明

(上接第一版)1989年,渤海发生了一次大规模有害赤潮,导致了大量养殖生物死亡,经济损失高达两亿元。当时的两亿元可以说是个天文数字。那次赤潮引起了各地政府的高度重视,恰逢我从中国海洋大学毕业,就不知不觉投身于赤潮研究的浪潮中,走上了赤潮治理的科研之路。

**记者:**赤潮被称为“红色幽灵”,如何看待这种生态现象?

**俞志明:**赤潮是指海水中一些浮游植物爆发性增殖,导致生态系统结构与功能破坏的一种有害生态现象。由于赤潮生物(几微米到十几、几十微米的单细胞藻)带有颜色,其中红色最为普遍,爆发时导致水体变红,俗称赤潮,也被称为“红色幽灵”。实际上赤潮不都是红色的,它因藻种而异——有的是粉红的,有的是绿色的,有的是褐色的。其中,夜光藻大规模爆发时,在海水中呈蓝色,被称为“蓝眼泪”。

赤潮古来有之,它原本是海洋生态系统自我调节的一个自然过程,但是在人类活动的影响下,特别是在近海富营养化驱动下,它在全球爆发的频率越来越高,规模越来越大,造成的损失也越来越严重,已成为目前全球近海最为严重的海洋生态灾害。赤潮发生时,可以堵塞海洋生物呼吸系统,导致其窒息死亡。赤潮生物死亡分解时,可以耗尽水体的氧气,造成无氧区。更有甚者,很多赤潮藻会分泌藻毒素,不仅可以杀死其他生物,而且可沿着食物链传递,最终威胁人类健康。

**记者:**治理赤潮的难点在哪里呢?

**俞志明:**赤潮发生时往往呈现爆发速度快、规模大等特点,所以我们说赤潮就像海里的“火灾”,迫切需要类似“灭火器”的工具或者方法来及时有效地控制它。

多年来,国内外治理赤潮的基本逻辑就是杀死赤潮生物。但它要求:第一,起效快、成本低;第二,杀死赤潮生物的同时,对非赤潮生物不能产生影响;第三,环境友好,不能带来二次污染;第四,不能“赶尽杀绝”,要让它维持在正常水平,以保持生态平衡。

从理论上说,治理赤潮的方法有很多。比如,20世纪50年代,美国采取喷洒硫酸铜的方法治理赤潮,但因硫酸铜对环境有害,该方法早已被禁用。因而,实际上,找到一个同时满足上述条件且能够实现大规模应用的方法寥寥无几。所以,长期以来赤潮治理是一个国际难题。

### 国际首创改性黏土治理赤潮技术

**记者:**您最早开展赤潮治理研究时,面临的最大挑战是什么?

**俞志明:**海洋所是我国从事赤潮研究最早的科研机构之一。但是在我进入海洋所工作之前,赤潮治理研究还属于空白。我在研究生期间学习的是黏土的表面吸附作用。因此,在我刚进入海洋所时,便被治理赤潮的黏土方法所吸引。

当时,国际上早已有人提出用黏土法。该方法取材于天然黏土,成本低,绿色环保。治理的原理是,黏土颗粒和赤潮生物碰撞后,将赤潮生物絮凝沉降下去,导致其死亡、分解。这在科学上称为“絮凝作用”。但使用天然黏土治理赤潮面临的最大问题是治理效率太低,每平方公里要用100吨至400吨。面对动辄几十、上百平方公里的赤潮时,也只能望“潮”兴叹,难以推广。所以,当时我面临的最大挑战是,如何提高黏土的治理效率?该从哪里入手?

**记者:**我们是如何一点点突破的呢?

**俞志明:**我们首先研究了黏土种类对消除赤潮生物的影响。在国内外搜集了几十种黏土,研究它们对赤潮治理效率的影响。结果发现,不同种类的黏土治理赤潮的效率确实是不一样的。

黏土是一种层状结构的矿物,主要分为三层结构黏土(由“硅—铝—硅”三层结构组成)和两层结构黏土(由“硅—铝”两层结构组成)。其中,三层结构的黏土比表面积(单位质量物料的总面积)较大,应具有较强的吸附能力。因此,当时我对这一类黏土抱有的希望最大。但实验结果却恰恰相反,数据显示,两层结构的黏土效果反而更好。

经过反复验证、分析,我们最终发现了其关键原因——黏土的表面电性。原来,无论是三层黏土还是两层黏土,在海水中其表面均带有负电。其中三层黏土带的负电比两层黏土多。而赤潮生物的表面也带负电,这样三层黏土与赤潮生物碰撞后,“负—负”相斥力更大,导致它的治理效率低于两层结构的黏土。

这一重大发现,不仅解释了为何不同种类的黏土治理赤潮效率有差异,更重要的是戳破了为什么天然黏土治理赤潮效率低这层“窗户纸”:因为它们都带有负电,负负相斥。由此,我们提出了一个大胆假设:能不能把黏土表面的电性改一下,从负电转成正电,这样其与赤潮生物的静电相斥将变为相吸,从而破解黏土治理效率低的难题。

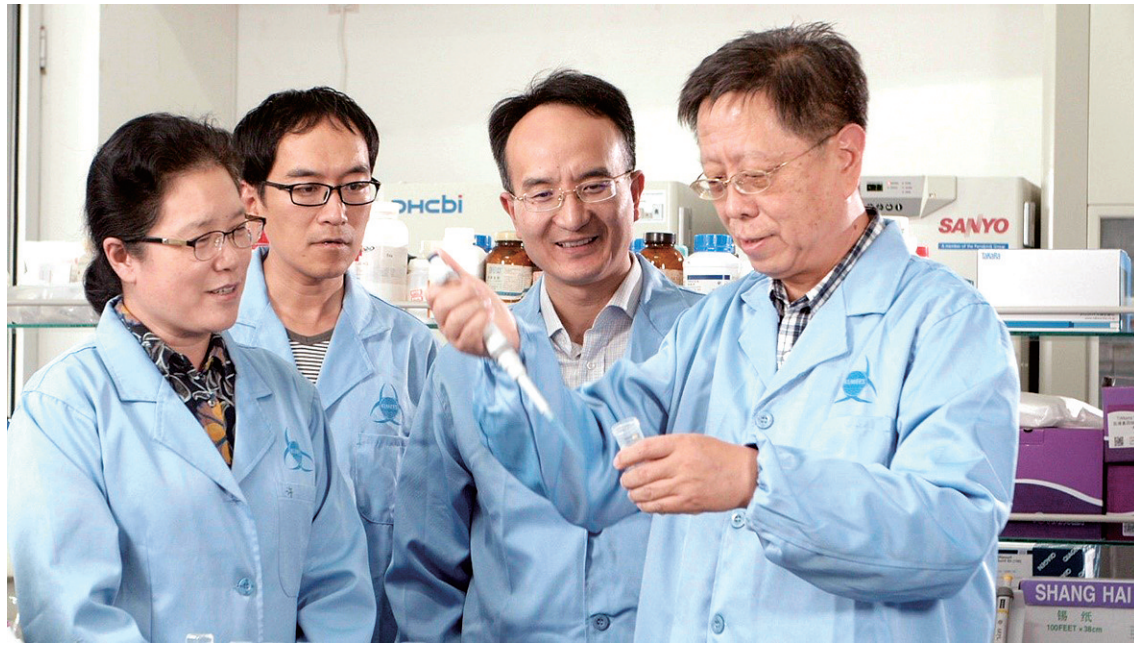
**记者:**后来的结果,验证了我们的猜想?

**俞志明:**没错。天然黏土经过表面改性之后,从负电变成正电,它的治理效率提升了几十到几百倍,每平方公里所用的黏土量大幅下降,由国际上的100吨至400吨降到仅需4吨至10吨。结果非常令人振奋。它的沉降速度也加快了,沉降过程从原来需要几小时缩短至几十分钟。并且它绿色环保,对非赤潮生物无影响。

由此,我们在国际上首创改性黏土治理赤潮的理论与方法。所谓改性黏土,顾名思义就是改变黏土的表面性质,该方法突破了天然黏土治理赤潮效率低、用量大、淤积重、难以大规模应用的国际难题。

### 在我国近海20多个水域应用

**记者:**实验室成果出来后,推广过程顺利吗?



▲俞志明(右一)带领团队开展改性黏土治理赤潮技术开发。



■2008年,改性黏土治理赤潮技术在青岛海域应用,保障奥运会帆船比赛顺利举行。

●我经常自称为赤潮“消防员”,为什么这样称呼呢?因为赤潮作为一种生态灾害,就像大海里的“火灾”,迫切需要类似“灭火器”来治理它。而我的工作正致力于此,扮演着赤潮“消防员”的角色

●我们在国际上首创改性黏土治理赤潮的理论与方法。所谓改性黏土,顾名思义就是改变黏土的表面性质,该方法突破了天然黏土治理赤潮效率低、用量大、淤积重、难以大规模应用的国际难题

●该技术已被列入我国沿海13省市赤潮应急预案,在我国近海20多个水域被数百个用户应用,有力保障了滨海核电的重大工程、主场外交的重要外事活动及旅游、养殖重点水域的生态安全,避免了赤潮给经济和社会发展带来的各类损失

●在我国“海洋命运共同体”理念的指导下,该技术相继在智利、秘鲁、美国、马来西亚、土耳其等国家开展了示范应用,为世界各国赤潮治理贡献了“中国智慧”,也确立了我国作为“国际赤潮治理领域的引领者”的地位

●我们针对不同的赤潮藻研发出不同的配方、不同的材料。到目前为止,我们已经研发出三个系列、几十种赤潮治理新材料。这些新材料不仅仅能够去除赤潮藻,而且还可以针对需求降低藻毒素、修复受损生境

●我将带领团队推动赤潮治理的“中国方案”持续走向世界,积极践行“海洋命运共同体”的重要理念,展现中国在构建全球海洋命运共同体中的智慧与担当,为实现联合国“海洋十年”目标作出积极贡献

**俞志明:**我们提出改性黏土治理赤潮的方法后,被问的最多的就是“能否推广应用”这个问题。这也是我们比较担心的一个问题。

2005年出现了一个机遇。当时正要举办第十届全国运动会,但水上运动比赛水域却发生了蓝藻水华。水体表面绿油油的一片,像一层油漆,散发着难闻的气味。当时组委会翻阅了各种资料,找到了我们,希望用我们的方法试一下。我当时既高兴又忐忑,高兴的是检验我们技术的机会终于到来了,但又担心出现问题。俗话说“丑媳妇总要见公婆”,最终还是决定迈出这一步。

当时有好几个单位使用其他方法来“同台竞技”。最终经专家组评估,我们的方法得到认可,用来消除水上运动项目水域的蓝藻水华。于是,我率领团队顶着40℃的高温,开展了系统治理工作。经过反复喷洒改性黏土,水华慢慢地消失,水体也渐渐地清澈起来。虽然那时身上

沾满了泥土,但初战告捷,极大地增强了我们的信心,标志着我们的技术正式从理论走向了实践,标志着改性黏土技术成为真正的赤潮“灭火器”,我们也成为真正的赤潮“消防员”。

**记者:**就像这些年国家提倡的,把论文写在祖国大地上。

**俞志明:**是的。在这之后,改性黏土治理赤潮技术伴随国家各项重大工程和重要活动,在全国沿海广泛应用。印象特别深刻的是2008年,也就是我国举办奥运会的那一年,帆船比赛在我的家乡青岛的海边举行。8月8日是奥运会开幕的日子,但是在8月7日,距离奥帆赛场不远的地方发生了大面积的赤潮,大约有86平方公里,且正向比赛区域扩展。

组委会要求我们在比赛前的30多个小时内消除赤潮。8月8日晚上,当大家都在家里观看奥运会开幕式的

时候,我们正在伸手不见五指的大海上,将改性黏土洒向大海,阻止赤潮向比赛海域蔓延。那天夜里,我们出动了40多艘船,喷洒了320吨黏土,连续工作二三十个小时。8月9日,当水色恢复正常、赤潮警报解除时,我们由衷地感到自豪和骄傲。

**记者:**近年来,改性黏土治理赤潮技术在国内的推广应用情况如何?

**俞志明:**该技术已被列入我国沿海13省市赤潮应急预案,在我国近海20多个水域被数百个用户应用,有力保障了滨海核电的重大工程、主场外交的重要外事活动及旅游、养殖重点水域的生态安全,避免了赤潮给经济和社会发展带来的各类损失。

**记者:**科技成果转化到产业上,总会遇到各种问题。赤潮治理技术能够很好地推广应用,您认为有怎样的启示?

**俞志明:**目前一线的科技需求非常多,有时一线的需求并不一定需要多么“高大上”的成果。作为一线的科研人员,我认为科研与现实需求不能脱节,解决关键的需求问题,并将其推广应用,会有一种成就感,这是自我价值的体现。

对科研人员的考核机制应该在这方面强化,促使更多的科研成果落地,培育发展新质生产力。

### 为世界各国赤潮治理贡献“中国智慧”

**记者:**我们研发的技术不仅在国内推广应用,而且也在国际上引起了关注,很多国家纷纷前来“取经”。

**俞志明:**是的。第一个是智利,智利是全球三文鱼生产第二大国家。2016年上半年,智利近海爆发了一次大规模赤潮,重创当地三文鱼产业,导致大约2700万尾三文鱼死亡,经济损失高达10亿美元。当年12月,智利派出了一个20多人的代表团,来到海洋所学习改性黏土技术,通过现场考察和实际演练,与我们签订了多份合作协议。2017年12月,改性黏土技术正式走向国门,当地媒体赞叹:这是中国制造的赤潮“灭火器”。

**记者:**除了智利,还有哪些国家用上了咱们的改性黏土技术?

**俞志明:**智利之后,秘鲁也来主动寻求合作。当时,秘鲁暴发了有毒赤潮,导致紫扇贝大量死亡。我们根据这种赤潮的特点,有针对性地研发了能够降低藻毒素的材料,通过在黏土颗粒表面接上一些能够除藻的“功能模块”,专业术语叫做“官能团”,能够使赤潮毒素下降80%。当地政府对我们的方法非常肯定,赞誉我们给秘鲁乃至世界的近海养殖业带来了福音。

这之后,在我国“海洋命运共同体”理念的指导下,该技术相继在美国、马来西亚、土耳其等国家开展了示范应用,为世界各国赤潮治理贡献了“中国智慧”,也确立了我国作为“国际赤潮治理领域的引领者”的地位。

**记者:**由此来说,我们对黏土表面进行“改性”,改的不仅仅是表面静电性质。

**俞志明:**是这样的。最开始研发改性黏土技术,出发点是提高治理效率、降低治理成本,改的是黏土的表面静电。后来根据不同的场景需求,不断进行功能化的改造,比如我们把它的表面接上一些大分子,就像一只章鱼伸出很多触手一样,根据赤潮生物的大小,编织形成一个网,自上而下地去除赤潮生物。这样既符合赤潮基本发生在表层的生物学特点,也避免了将它们“赶尽杀绝”。

所以,如果要问我们的改性黏土技术是什么时候成型的,这没有一个确切的时间,因为技术一直在进步,一直在成型。我们针对不同的赤潮藻研发出不同的配方、不同的材料。到目前为止,我们已经研发出三个系列、几十种赤潮治理新材料。这些新材料不仅仅能够去除赤潮藻,而且还可以针对需求降低藻毒素、修复受损生境。

除了一些材料,我们还研发出一系列专用装备,包括小型、中型、半自动、自动化的治理装备及无人机喷洒系统、赤潮治理专用船只等。另外,我们也编制了改性黏土治理赤潮的标准和规范,形成了从材料、装备到标准的综合技术体系。

**记者:**黄海浒苔绿潮能否使用改性黏土技术进行治理?

**俞志明:**浒苔和赤潮有截然不同的特点。赤潮藻属于单细胞藻,其尺寸为几微米到十几、几十微米;浒苔属于多细胞大型藻,因此不能利用单纯的絮凝作用将其沉没。目前来看,浒苔成长起来后,打捞是最好的方法。

但是,浒苔在生活史上有一个阶段被称为微体繁殖体。这个阶段它的尺寸和赤潮生物差不多,我们能否在这个阶段使用改性黏土技术,使其絮凝、下沉直至死亡?关于这个研究,我们已经开始了尝试,在实验室里取得了一些进展,希望在未来有机会到现场试一下。

**记者:**期待您的技术成果在越来越多的场景中落地,去守护蔚蓝。下一步,您的研究有何侧重点?

**俞志明:**全球海洋治理是国际社会共同面临的重要课题,而改性黏土技术正是全球海洋赤潮治理的“中国方案”。2024年年底,联合国教科文组织、政府间海委会等在中国举行了全球首届赤潮治理培训班。当各国代表在“全球有害赤潮治理大科学计划”倡议书上签字的时候,我不由得回想起30年前在实验室里反复做实验的情景,虽然曾经失败过、迷茫过,但是我们仍然坚持,而恰恰就是这种对科研目标的执着,成就了我们今天的事。

30多年科研路,弹指一挥间。作为赤潮“消防员”,我将仍然把重点放在富营养化、有害藻华治理方面。治理生态灾害犹如救火,要尽量确保在“着火”之际甚至“着火”之前就及时解决问题。以“全球有害赤潮治理大科学计划”为契机,我将带领团队推动赤潮治理的“中国方案”持续走向世界,积极践行“海洋命运共同体”的重要理念,展现中国在构建全球海洋命运共同体中的智慧与担当,为实现联合国“海洋十年”目标作出积极贡献。