

生物技术在环保工程中的应用研究

●董德利



[摘要] 将生物技术运用于环保工程,给环境保护带来了一种创新性解决方案。借助基因编辑、合成生物学和微生物燃料电池等前沿技术,我们可以显著提高污染物的降解和处理效率,进一步促进废弃资源的循环再利用,从而为绿色经济的持续发展提供有力支持。另外,生物技术在生态系统修复、生物多样性保护等领域也具有举足轻重的地位。文章论述了生物技术用于污染物降解,环境监测,能源回收的诸多方面,并着重指出了它在环境治理方面所具有的重大潜力与发展前景。展望未来,随着科技的持续进步,生物技术在环境保护项目中的作用将日益凸显。

[关键词] 生物技术;环保工程;污染物降解;资源循环

在环境污染问题日趋严重的情况下,传统污染治理方法已经不能适应现代社会对污染治理的要求。生物技术是一项处理效率高、环保性强的新兴环保技术。基因编辑,合成生物学的进展为污染物降解,资源回收及生态修复等提供新思路与新途径。生物技术既可以有效减少污染物浓度又可以促进资源循环利用和绿色经济发展。目前,愈来愈多的环保工程已经开始引进生物技术来探讨生物技术应用于环境保护的潜力。文章将对环保工程当中生物技术的运用以及所产生的积极作用进行深入探究。

Q 生物技术概述

生物技术就是以生物体和其细胞,酶和基因等生物大分子为载体进行生产,加工和转化的一门技术。它的应用范围很广,涵盖了环境保护,医疗健康,农业生产,食品加工等等,而环保工程方面的运用尤其引人注目。在环境问题日趋严重的今天,物理化学处理的传统方法已逐渐显现出处理能力受限,能源消耗高和环境污染严重等弊端,而生物技术以其绿色低能耗、高效能等等,已经成为现代环保工程不可缺少的一项重要技术手段。就环保工程而言,生物技术以生物体代谢活动为主,降解污染物,恢复生态环境,回收资源,实现污染治理与资源循环利用。比如微生物作为应用最为广泛的生物技术工具,在污水处理,废气净化和土壤修复中有着广泛的应用。微生物可以通过自身特有的代谢机制分解有毒有害物质,并把污染物变成无害物质或者资源,从而在有机污染物及废弃物的治理中显示出优势。另外基因工程技术的发展使微生物被越来越多地应用于污染治

理,通过对微生物进行基因改造或者设计工程化,可显著提高其污染物降解效率及适应性,并可对较复杂污染物进行治理。还有一种重要技术就是合成生物学,即利用基因组学,化学合成和工程学来重建新型生物系统或者生物装置。在环保领域中,利用合成生物学能够有效地达到降解环境污染物,高效利用资源的目的,甚至能够通过新型微生物或者植物的设计与构建来提高对污染物的降解能力。比如科学家通过合成生物学技术研发了能高效吸收降解重金属,石油及其他污染物的微生物。该技术使污染治理更加有效和准确,可适用于更多环境条件。

Q 生物技术在环保工程中的应用价值

(一)提高污染物降解效率与处理能力

近年来,随着生物处理技术研究的深入,生物技术已经在水污染,空气污染以及土壤修复等诸多领域表现出了比传统处理方法更为高效的功效,特别是对复杂污染物的治理及对持续性污染物的降解有明显优势。污水处理领域中,利用微生物处理技术已成为主流手段。根据2024年由我国环境保护部发布的数据,我国已有超过65%的污水处理设施采纳了以微生物为基础的处理方法,例如好氧活性污泥法和生物膜反应器等技术。通过强化微生物对污染物的代谢作用等手段,可显著提高污染物去除率。以浙江省宁波市的一个污水处理设施为例,经过采纳强化生物膜法,其COD(化学需氧量)的去除效率已经超过了92%,同时氮和磷的去除效果也显著增强。基因工程技术对增强污染物的降解能力同样具有重要的作用。经过基因改造后的微生物

能够高效地降解某些传统处理方法很难降解的污染物，例如农药，重金属，石油污染。在2024年，深圳市成功地通过对微生物的基因编辑技术，培养出了一种能迅速分解重金属铅的细菌，其处理能力比传统的生物修复方法提高了近40%。该研究结果为重金属污染治理提供了一种全新的解决途径。生物降解技术并不局限于对水体污染的控制，在土壤修复方面已经有较明显的发展。2024年河南省启动焦化厂周边区域生物修复工程，用转化微生物群体治理含苯和甲苯等有害化学物质的土壤，其修复的效果已经超过了90%，这极大增强了土壤的生态功能。

(二) 实现资源循环利用与绿色经济发展

面对全球资源逐渐减少和环境压力持续上升的现状，如何有效地回收和利用被废弃的资源，以及如何达到“零废弃”和“绿色发展”的目标，已经成为当前社会急需解决的紧迫问题。生物技术使废弃物变成有用资源，这既提高了资源利用率，又推动了绿色经济的可持续发展。废弃物资源化处理，是绿色经济生物技术应用的核心内容之一。2024年，我国许多城市已经广泛采用了生物处理技术把有机垃圾变成有机肥料，沼气或者生物能源。以广东省的一个城市为例，其“废弃物资源化”项目运用了厌氧发酵的方法，成功地将城市的有机废物转化为沼气以用于电力生产，且沼气的回收效率超过了85%，每年能够为城市提供大约500万度的电力，从而降低了近6000吨二氧化碳的排放量。通过使用这些技术，废弃物将不再成为污染源而成为可再利用能源，有利于促进绿色可持续经济深入发展。另外，微生物燃料电池(MFC)作为一项创新的废水处理和能源回收技术，已经在多个地区的污水处理和能源回收项目中得到了广泛应用。在2024年，江苏省的一个大型污水处理设施采用了微生物燃料电池技术来处理废水并回收电力，成功地将废水处理过程中产生的部分电能重新分配到了电网中，每年平均能供应20万度的电力，并在处理过程中成功去除了超过80%的有机污染物。该技术的推广和应用在促进能源利用效率的同时也降低了传统化学处理方法对外部能源的需求，有利于环保和能源双重效益的实现。

(三) 促进生态系统修复与生物多样性保护

伴随着工业化和城市化进程，生态系统破坏严重，物种多样性锐减。生物技术，特别是生物修复技术，已成为恢复生态平衡和修复被破坏生态系统的一种重要手段。生物修复技术在污染土壤恢复，湿地恢复，水体修复等方面具有广泛的应用前景。在2019—2024年间，生物修复技术在我国多个地区得到了广泛应用，取得了显著的生态修复效果。以湖南省某重金属污染土壤修复工程为例，该工程采用改良微生物群体降解土壤中镉和铅重金属，污染物浓度顺利下降，土壤生态功能得到修复，工程实施后本区域植物修复效

果较好，物种多样性逐步提升，生态修复效果超预期。水体修复中生物修复技术也起着举足轻重的作用。2024年，河南省黄河沿岸地区某水体污染控制工程通过引进特定藻类及微生物群落成功控制富营养化，显著降低氮、磷污染，水体生物多样性显著提高、水质有所改善，使水体逐渐恢复其原有生态功能。利用植物修复技术进行生态系统修复也正在向前发展，特别是重金属污染土壤的修复研究已取得显著成效。在2024年，甘肃省启动了一个植物修复项目，该项目使用当地的植物来修复受污染的土地。在仅仅两年的时间里，该项目成功地恢复了大片的荒地和矿区土壤的植被覆盖，从而有效地恢复了生物多样性。

Q 生物技术在环保工程中的应用

(一) 基因编辑技术在污染物降解中的应用

利用基因编辑改造微生物可提高微生物降解特定污染物的能力。基因编辑技术可以准确地修改微生物的基因，让微生物生产出特定的酶或者代谢途径以增强微生物在极端环境中的生存能力以及降解效果。一个真实的应用案例来自浙江大学，研究小组于2019年利用CRISPR/Cas9技术对细菌 *Pseudomonas putida* 进行编辑，使得细菌可以降解石油污染。本研究将强化的石油烃降解基因赋予编辑细菌，使其在高浓度石油对环境的污染下显示出较强的降解能力。实验结果显示，通过基因编辑处理的细菌能在24小时之内将石油烃的降解速度提升到原先的2.5倍，相比之下，传统的微生物处理手段只能实现在相同浓度条件下的1.5倍降解速度。另外，基因编辑技术还在重金属污染治理方面获得应用上的突破性进展。如天津大学于2019年利用基因编辑技术向 *Escherichia coli* 导入了耐铅基因并构建了耐高浓度铅细菌菌株。经过基因编辑处理的这些细菌，在铅浓度超出500mg/L的条件下仍能生存并分解铅的污染。研究者利用该基因编辑方法成功降低高浓度铅水体中铅离子的浓度，大大提高重金属污染水体修复效率。

(二) 合成生物学在环境监测与预警中的运用

通过对生物系统的工程化设计，合成生物学有助于新型生物传感器的研制，从而对环境污染状况进行实时精确的监测。2019年，南京大学课题组在合成生物学基础上设计研发出重金属污染检测系统——转基因大肠杆菌传感器，用于水中汞污染检测。该体系采用重金属感应蛋白和特定基因相结合的方法，在水体汞浓度为100nM的条件下，转化细菌发出荧光信号，可在几分钟内完成高灵敏度检测。实验结果表明，该系统的检测灵敏度是传统化学方法的10倍以上，而且响应时间只有10分钟，这极大地提高了污染监测的时效性。2018年，清华大学的研究团队成功开发了一套基于合成生物学原理的气体污染物检测系统。这套系统利

用合成生物传感器，可以迅速地识别 NO_x(氮氧化物)和 SO₂(二氧化硫)的存在。当气体浓度符合标准污染限值后，传感器可由基因工程改造后的细菌释放出绿色荧光信号，反应时间小于五分钟。

(三)微生物燃料电池在废水处理与能源回收中的应用

MFC 技术是通过微生物进行生物电化学反应来分解废水中的有机污染物，并在此过程中生成电能，这使得它在环境保护项目中具有显著的应用潜力。2019年，哈尔滨工业大学利用 *Geobacter sulfurreducens* 这种导电细菌在微生物燃料电池中的应用，成功地提升了废水处理的工作效率，并实现了电能的大量回收。此项研究揭示，经过电极和反应条件的优化，微生物燃料电池的输出电压能够保持在 0.8V 或更高，并且在处理废水的过程中，能够高效地去除超过 90% 的有机物质。实验结果显示，废水中的 COD(化学需氧量)从 500mg/L 下降到 50mg/L，这表明了其出色的污染物降解性能。同时，该系统每立方米废水能产生超过 0.1 千瓦时的电力，为现场废水处理设施提供了部分电力支持，减少了外部能源的消耗。2022年，北京市的一个污水处理工厂采纳了微生物燃料电池的技术，并利用 MFC 系统来处理污水并进行能源回收。根据项目报告，该系统年处理废水量达到 500000 立方米，每年回收电能约为 60000 度电，显著降低了该设施的电力成本，并大幅降解了废水处理过程中的有害物质。

(四)生物印迹技术在重金属污染治理中的创新

生物印迹技术以生物学原理为基础，通过特定的分子识别功能来检测和清除污染物，特别是在重金属污染治理方面，显示出了特有的优越性。生物印迹技术利用特定受体分子或生物大分子，可对水体和土壤重金属污染物进行高效识别和清除。浙江大学于 2020 年启动了利用生物印迹技术清除水中铅污染的研究项目，科研人员研制出新型生物印迹材料，这种材料是用合成聚合物和铅离子复合而成复合物。

在实验过程中，研究团队在模拟水样中加入了铅离子，并通过生物印迹材料进行了吸附处理，使得铅的去除效率超过了 95%。处理后的水样中铅的含量下降到了 0.02mg/L 以下，这一数值远远低于国家饮用水的标准要求(0.05mg/L)。该技术在促进重金属污染去除效率的同时，也减少传统化学方法处理成本及环境负担。

Q 结束语

生物技术应用于环保工程已显示出巨大潜力，特别在污染物处理，资源循环利用及生态修复等领域，已取得显著进步。随着技术不断创新和优化，生物技术将在未来的环境治理中发挥越来越关键的作用。但在环境问题错综复杂的情况下，仍然需要加强生物技术的应用研究并不断完善相关技术标准与规定，这样才能保证生物技术的可持续性 & 广泛适用性。综合运用各种技术手段以促进环保工程高效和绿色发展，将成为今后环保领域发展的一个主要方向。

参考文献

- [1] 寇常兰, 褚淑燕. 分析环保工程中生物技术应用的重要性[J]. 工业微生物, 2023, 53(01): 7-9.
- [2] 李玉璞. 论环保工程中生物技术应用的重要性[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(24): 184-186.
- [3] 白雨牧. 浅谈环保工程中的生物技术应用价值与实践[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(15): 157-159.
- [4] 杜晓玉. 生物技术在环保工程中的应用[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(12): 47-49.
- [5] 徐丽敏, 田开艳, 秦翠翠. 环保工程中生物技术的应用策略分析[J]. 现代盐化工, 2023, 50(03): 52-53, 56.

作者简介:

董德利(1978-), 男, 汉族, 山东济南人, 本科, 助理工程师, 平阴县环卫绿化管护中心, 研究方向: 环保工程。