

·科技工作大家谈·

文/刘元坤

# 水环境中抗生素的处理技术初探

抗生素(又名抗菌素)指在微生物代谢过程中产生的某些对其他种类微生物有抑制生长或杀灭作用的化学物质,属于制药工业中一类重要原料药。自1928年青霉素由英国细菌学家A·弗莱明发现以来,人类就开始了对抗生素利用的历史。抗生素与合成抗菌药的发明和应用是20世纪医药领域中最伟大的成就之一。迄今为止,人类已开发利用的抗生素达上百种。抗生素对治疗感染性疾病疗效显著,因此被全人类广泛使用。它不仅用于保障人类的生命和健康,还用于水产养殖业、畜牧业来抵御疾病和促进生长发育。然而抗生素的广泛使用导致了环境中残留污染物的产生。例如水体中的抗生素、土壤中的抗生素等,这些存在于自然环境中的抗生素污染物对人类以及自然界生物危害重大。目前,抗生素污染已被许多发达国家(欧盟和美国等)列为重要的环境问题。现有的污染处理技术并不能完全去除水体中的抗生素,因此进入水体中的抗生素逐渐成为水资源安全利用的巨大挑战。

## 1. 水体中抗生素来源

水体中的抗生素主要来自医用污染、饲用污染以及抗生素工业废水。抗生素的大量使用是水环境中存在大量抗生素的最根本原因。我国被称为世界上最大的药物生产国家。2003年我国生产的70%的药物是抗生素;28000t青霉素(占世界总量的60%),10000t土霉素(占世界总量的65%),盐酸多西环素(一种四环素)和头孢菌素生产量居世界第1位;而在西方国家,抗生素产量只占药物总量的30%。与世界其他国家比,我国已成为世界上滥用抗生素最为严重的国家之一。

用于防治动物感染性疾病和用作抗菌生长促进剂(antimicrobial growth Promoter, AGP)是抗生素污染的另一重要来源。1995年丹麦畜牧业抗感染抗生素和AGP的总量分别为49t和94t。畜用抗生素主要有四环素类、磺胺类、大环内酯类(螺旋霉素和泰乐菌素)、喹诺酮类(卡巴多司和奥喹多司)、聚醚类(莫能菌素和盐霉素)等种类。四环素类和磺胺类抗生素除治病治病外,还可促进畜禽的生长发育,故许多禽养殖场把抗生素作为饲料的添加剂和动物药物,由于长期大量使用,造成动物体内抗生素残留过高。它们绝大多数以原形被牲畜排泄物带进土壤后渗入地下水形成污染。现代水产养殖业中也有相当数量的抗生素被用于防治鱼类疾病和加快鱼类生长。投放到水中未被食用及食用后又随排泄物进入水体中的抗生素将会形成污染。抗生素制药主要包括发酵、化学合成、提取和成药4个阶段,其成药过程所产生的废水含有多种难降解的生物毒性物质和较高浓度的活性抗生素,它们对废水生化处理中微生物的生长有很强的抑制作用,加之生产过程中废水排放的不连续性及浓度波动较大等特点,使抗生素生产废水很难降解。而我国在抗生素的筛选、生产和菌种选育等方面仍存在许多难点,出现原料利用率低、提炼纯度低、废水中残留抗生素含量高等诸多问题,造成严重的环境污染和不必要的浪费。实际上,药物污染除集中在制药厂外,许多化工企业造成的污染“贡献”也是值得关注的。

## 2. 抗生素降解途径及辐照处理抗生素

对于环境中抗生素的降解途径,目前国内外学者已经开展了很多相关的研究,抗生素残留物常规降解和新技术的处理方式及特点主要包括:水解、光解、化学降解、生物转化、超声降解以及辐照降解。而辐照降解作为一种新兴的高级氧化技术,不需要添加任何化学试剂,也不会产生二次污染,具有降解效率高、反应速度快、污染降解彻底等优点。辐照技术是将高能射线作用于物质时,电离作用和激发作用所产生的活化原子与活化分子促使物质发生一系列物理、化学或生物化学的变化,导致物质的降解、聚合、交联等,以达到采用常规处理方法难以实现的材料特性的改变、环境污染物的处理以及病原体的杀灭等目的。

辐照技术在环保领域中的应用研究始于20世纪70年代,随着核工业和核技术的发展以及人们对核技术知识的不断深入,辐照技术在环境保护和环境科学中的应用潜力将得到更大的发挥。目前应用与环保领域中的辐照技术类型包括电子束(Electronic Beam, EB);同位素 $\gamma$ 射线, $^{60}\text{Co}$ 及 $^{137}\text{Cs}$ 的 $\gamma$ 射线是目前最常用的同位素辐射类型;X射线以及紫外线。但目前辐照技术还存在一定的不足,例如:基建投资较大、辐照源较贵。各国对抗生素辐照处理的研究主要分为以下几个方面:一定辐照剂量下抗生素的分解情况及产物分析、抗生素分解机理的研究、影响抗生素分解的因素研究以及多种技术结合处理抗生素的研究。作为一项颇具应用前景的抗生素处理技术,辐照法已经日益引起人们的重视。由于辐照技术特有的性质,可用其来处理实际废水中多组分、低浓度的抗生素。

抗生素的污染已成为我国乃至全球面临的重大环境问题之一。我国人口众多,是抗生素消费大国,对其副作用的防范意识相对薄弱,在抗生素污染方面比世界上其他国家更为严重,但在我国这些问题还没有引起足够重视。因此我们要尽快开展对抗生素污染的检测和处理的研究。政府部门应对抗生素污染问题给予足够的支持和重视。

纵观目前的研究现状,大多数国家对抗生素降解作用研究大多还停留在实验室阶段,研究方法单一。因此需要进行大量研究工作,开发利用新型抗生素降解处理技术,以解决抗生素污染问题,保障人民健康。

**作者简介** 刘元坤,清华大学核能与新能源技术研究院,博士。

本栏目专门刊登就促进科学技术发展提出的意见和建议,欢迎国内外科技工作者投稿。

(编辑 祝叶华)

## 更正

《科技导报》2013年第33期11页“科技工作大家谈”栏目作者简介出现错误,应为“刘文科,中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,研究员;杨其长,中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所,研究员。”,特此更正,并向作者及读者诚挚歉意。