



中国科学院建院七十周年

会议手册

科学与技术前沿论坛（第99次）
暨中国科学院建院70周年学术论坛

抗生素及抗性基因污染研究



时间：2019年11月 地点：中国科学院学术会堂

中国科学院学部“科学与技术前沿论坛”
——抗生素及抗性基因污染研究
会议手册

主办单位：中国科学院学部

承办单位：中国科学院化学部

中国科学院学部学术与出版工作委员会

协办单位：中国科学院化学研究所

《中国科学》杂志社

中国·北京

2019年11月6~7日

目 录

论坛简介	1
会议须知	3
论坛日程	5
代表名单	6
摘要文集	8

论坛简介

根据学部“十二五”工作规划纲要，为将中国科学院学部建设成为创新思想活跃、学术作风严谨的我国科学技术最高学术机构，切实发挥学部的学术引领作用，并为决策咨询工作提供科学技术支撑，2011年3月25日，中国科学院学部主席团六届十次会议决定开展“科学与技术前沿论坛”（简称“论坛”）活动。

论坛活动是中国科学院学部主席团统一领导下、各学部常委会和学部学术与出版工作委员会等共同承办的高层次学术活动，着眼于科学技术前沿探索、系统评述和前瞻预测。

论坛旨在推动前沿科学理论和技术探索，促进学科发展战略研究系统深入开展，促进学科交叉融合及国际学术交流，发现和培养优秀人才，倡导科学民主，鼓励学术争鸣，充分发挥学部对我国科学技术前沿和未来创新发展的引领作用。

论坛特邀若干报告人做主题报告，鼓励与会院士、专家围绕主题进行自由讨论，一般向社会开放。特邀的报告人一般为科研一线的优秀科学家，重视邀请国外专家和优秀青年学者。

科学探索无止境，百家争鸣创新篇。中国科学院学部愿为中青年科技专家提供展示才华的“舞台”，共同促进学术繁荣，为促进我国科技发展和服务国家发展战略做出应有的贡献。

论坛宗旨

推动前沿科学理论和技术探索，促进学科发展战略研究系统深入开展，发现和培养优秀人才，倡导科学民主，鼓励学术争鸣，启迪创新思维，充分发挥学部对我国科学技术前沿和未来创新发展的引领作用。

本次论坛召集人（执行主席）

赵进才院士

会议须知

热烈欢迎各位代表来京参加中国科学院学部“科学与技术前沿论坛”——“抗生素及抗性基因污染研究”，为保证您在会议期间的工作、生活顺利，请您注意以下事项：

一、外地参会代表报到及用餐

1. 外地来京的参会代表入住友谊宾馆（北京市海淀区中关村南大街1号，电话：010-68498888）。

报到时间及地点：11月6日下午（友谊宾馆怡宾楼大厅）

用餐安排：11月6日晚餐（友谊宾馆，报到时可领餐券）

11月7日早餐 7:00-8:20（友谊宾馆，凭房卡自助）

2. 京区专家请直接到会议地点报到。

报到时间：11月7日上午 8:40 前

会议地点：中国科学院学术会堂（北京市海淀区中关村北一条15号）

会议期间用餐，学术会堂餐厅自助。

二、会议地点与接送

会务组安排班车接外地专家到学术会堂（会场），发车时间为：

11月7日早上 8:20（友谊宾馆怡宾楼门外停车场）。

三、会议注意事项

会议期间，参会代表凭会务组制发的证件参加会议活动及用餐，请妥善保管有关证件。参会代表请遵守会议时间。会堂内禁止吸烟。

四、会务组人员及联系方式

中国科学院化学研究所：籍宏伟 电话：13141364158

段 苒 电话：13911097407

中国科学院学部工作局：高洁雯 电话：18611574776

五、特别说明

“科学与技术前沿论坛”是中国科学院学部开展的高层次学术活动，着眼于科学技术前沿探索、系统评述和前瞻预测。为共同推进我国科技事业的发展，让学术思想广泛传播，中科院学部将对论坛的报告进行录制并在剪辑加工之后发布到互联网进行传播。现特此声明，如您对此有异议，可与会务组工作人员联系，协商解决。

论坛日程

11月7日				
报告人	工作单位	内容	时间	主持
赵进才	中国科学院化学研究所	“论坛”介绍及水环境中抗生素污染现状调查与对策	9:00-9:25	—
陈君石	国家食品安全风险评估中心	加强对抗菌药耐药性的遏止刻不容缓	9:25-9:55	江桂斌
李向东	香港理工大学	大气颗粒物耐药基因及健康效应前沿进展	9:55-10:10	
提问、发言、综合讨论			10:10-10:50	赵进才
茶歇，合影（学术会堂前）			10:50-11:10	—
杨敏	中国科学院生态环境研究中心	抗生素生产废水生化处理系统耐药性发展特征与机制及其控制策略	11:10-11:25	陶澍
应光国	华南师范大学	流域环境抗生素与抗性基因污染及其风险控制	11:25-11:40	
罗义	南开大学	水体源耐药基因的传播扩散	11:40-11:55	
提问、发言、综合讨论			11:55-12:30	赵进才
中餐（学术会堂 B1 餐厅）			12:30	—

注: (1) 主旨报告 30 分钟，主题报告 15 分钟，综合讨论 30-40 分钟。
 (2) 建议自由发言时间每次不超过 5 分钟，可多次发言。

会议代表名单

序号	姓名	单 位	职务/职称
论坛报告人（按报告顺序排列）			
1	赵进才	中国科学院化学研究所	中国科学院院士
2	陈君石	国家食品安全风险评估中心	中国工程院院士
3	李向东	香港理工大学	教 授
4	杨 敏	中国科学院生态环境研究中心	研究员
5	应光国	华南师范大学	教 授
6	罗 义	南开大学	教 授
研讨专家			
1	陶 澍	北京大学	中国科学院院士
2	江桂斌	中国科学院生态环境研究中心	中国科学院院士
3	朱利中	浙江大学	中国工程院院士
4	王春霞	国家自然科学基金委员会化学部	研究员
5	庄乾坤	国家自然科学基金委员会化学部	研究员
6	胡建英	北京大学	教 授
7	车延科	中国科学院化学研究所	研究员
8	陈 红	浙江大学	教 授
9	陈春城	中国科学院化学研究所	研究员
10	冯 婕	中国科学院微生物研究所	研究员
11	李 炳	清华大学深圳研究生院	教 授
12	刘健华	华南农业大学	教 授
13	马万红	中国科学院化学研究所	研究员
14	盛 桦	中国科学院化学研究所	研究员
15	宋文静	中国科学院化学研究所	研究员
16	苏建强	中国科学院城市环境研究所	研究员
17	田 哲	中国科学院生态环境研究中心	副研究员
18	王 芳	中国科学院南京土壤研究所	研究员
19	夏 雨	南方科技大学	研究员

序号	姓名	单 位	职务/职称
20	谢 冰	华东师范大学	教 授
21	熊文广	华南农业大学	教 授
22	许燕滨	广东工业大学	教 授
23	杨 颖	中山大学	教 授
24	姚 宏	北京交通大学	教 授
25	要茂盛	北京大学	教 授
26	于 鑫	厦门大学	教 授
27	于晓琳	中国科学院化学研究所	副研究员
28	张 明	华东师范大学	教 授
29	张 昱	中国科学院生态环境研究中心	研究员
30	张徐祥	南京大学	教 授
31	章宇超	中国科学院化学研究所	研究员
32	朱宝利	中国科学院微生物研究所	研究员

科学与技术前沿论坛
抗生素及抗性基因污染研究
摘要文集

2019年11月
中国科学院学术会堂

摘要文集目录

水环境中抗生素污染现状调查与对策	11
加强对抗菌药耐药性的遏止刻不容缓	13
大气颗粒物耐药基因及健康效应前沿进展	15
抗生素生产废水生化处理系统耐药性发展特征与机制及其控制策略	17
流域水土环境抗生素和耐药基因污染与风险	19
水体源耐药基因的传播扩散	21



赵进才

1960年生，中科院化学所研究员，中国科学院院士，发展中国家科学院（TWAS）院士，欧洲科学院（EurASc）外籍院士，国家生态环境保护专家委员会委员，科技部重点专项指南编制专家。

1982年毕业于内蒙古大学，1986年获该校硕士学位，1994年获日本 Meisei 大学博士学位。1995年回国，现任中科院化学所研究员。长期从事低浓度、高毒性、难降解有机污染物光催化降解及其机理方面的研究。发表论文 300 余篇，被 SCI 他引 28000 余次。承担科学院先导项目、973 项目、基金委重大及重点项目等。1997年获国家杰出青年基金，2005年获国家自然科学奖二等奖（第一完成人），2010年获日本光化学协会“亚洲及太平洋光化学家讲座奖”，应邀担任 *Environ. Sci. Technol.*、*Energy Environ. Sci.* 等 7 个国际期刊的编委或顾问编委，任《环境科学》、《化学进展》刊物主编，英国皇家化学会 Fellow 等。

联系方式

通讯地址：北京市海淀区中关村北一街 2 号，中科院化学所 95#

电子邮件：jczhao@iccas.ac.cn

水环境中抗生素污染现状调查与对策

中国科学院化学研究所 赵进才

抗生素被广泛用于人类感染性疾病的控制,还作为药物及添加剂等应用于畜禽养殖和水产养殖中,对促进动物生长、降低死亡率、改善繁殖性能等方面有很大贡献。我国是抗生素生产和使用大国,每年的消费总量约为 18 万吨,是美国总用量的近 10 倍,英国总用量的 150 倍,其中人用抗生素占到总量的 48%, 畜禽水产等养殖业用抗生素占 52%。目前我国的抗生素滥用情况严重,水环境及其相关环境介质中抗生素残余达到前所未有的高峰,而且抗生素的残留会诱导抗性基因的产生,导致微生物耐药性的扩散,给人类健康带来严重的危害。2015 年世界卫生组织发布《全球抗微生物药物耐药性行动计划》,我国于 2016 年 8 月发布《遏制细菌耐药国家行动计划》(2016-2020),以期对抗生素耐药菌和抗性基因的产生与传播实行有效管控。

在中科院学部咨询项目的支持下,组织国内专家对水环境中抗生素及抗性基因污染情况进行了调研,得出如下结论:(1)与抗生素污染相比,抗性基因污染的危害及风险更大,值得引起重视,源头控制是最有效的方案之一;(2)养殖业抗生素使用/排放是我国最严重和危害最大的污染源,目前缺乏抗生素和抗性基因排放国家标准;(3)现有常规水处理技术不能有效消减抗生素/抗性基因污染,必须研发新的技术/工艺。相关建议如下:(1)建立及完善抗生素及抗性基因的标准化检测方法及监测体系;(2)尽快建立国家强制性抗生素及抗性基因排放标准;(3)加强抗生素及抗性基因污染及控制相关基础与关键技术研究;(4)广泛开展国际交流合作,加强抗生素耐药性的科普宣传。

陈君石



中国工程院院士，现任国家食品安全风险评估中心研究员、总顾问。1956年毕业于北京医学院公共卫生学系，1968年中国医学科学院药理学研究生毕业。曾于二十世纪六十年代攻读中国医学科学院药物代谢专业研究生；1980-1981年先后在美国阿尔巴尼（Albany）医学院毒理学系和康奈尔大学营养科学系进修。主要研究和工作领域：食品安全风险评估、标准与信息交流；营养与慢病以及食物营养强化；食品毒理学；健康风险评估与控制；运动是良医。曾取得多项突出成果，是国内外享有盛誉的营养和食品安全专家。主要兼职有：国家食品安全风险评估专家委员会主任委员、国家食品安全标准审评委员会技术总师、国务院食品安全委员会专家委员会副主任、国际食品添加剂法典委员会前主席、联合国抗微生物药物耐药性协调机构（IACG）联合召集人、中华预防医学会健康风险评估与控制专业委员会主任委员、世界卫生组织食品安全专家团成员、国际生命学会中国办事处主任、中国毒理学会名誉理事长等。

联系方式：

通讯地址：北京市西城区南纬路 29 号，邮编：100050

电子邮件：jshchen@ilsichina.org

加强对抗菌药耐药性的遏止刻不容缓

国家食品安全风险评估中心 陈君石

抗菌药耐药性 (antimicrobial resistance, AMR) 问题是当前对全球公共卫生最复杂的威胁, 估计导致每年 1000 万人死亡, 每年 1.0-3.4 万亿美元经济损失 (2050)。今天不采取行动, 明天将无药可用。为此, AMR 问题在国际上得到高度重视, 联合国“三驾马车” (世卫组织、粮农组织和动卫组织) 都颁布了全球行动计划, 2016 年联大开了专题高层会议, 通过了政治宣言, 强调事关联合国的可持续发展目标 (SDG) 的实现。中国也发布了国家行动计划, 并已在减少 (人、动物) 抗菌药的使用方面取得了初步成效。然而, 中国还缺少不少基础信息, 包括中国的 AMR 到底严重到什么程度、对 (人和动物) 健康的危害以及环境影响有多大 (包括经济损失)、抗药基因有哪些及其传播途径和后果。这些问题都需要进行广泛和深入地研究, 才能制定合乎国情的控制措施。当前的国际共识是应对 AMR 问题, 必须遵循 One Health 原则, 即覆盖人、动物、食品、环境的健康, 而不是单打一。这是中国的努力方向。



李向东

香港理工大学可持续城市发展研究院院长，土木与环境工程学系环境科学与技术讲座教授。他在南京大学地球科学系获学士和硕士学位，在英国帝国理工学院环境中心获博士学位。他的主要研究领域包括区域性环境污染、城市空气和土壤环境，以及受污染土地的修复技术。李教授已发表 200 多篇 SCI 学术论文，刊登在国际知名学术刊物上，SCI 期刊他引次数 16,000 多次，其中 15 篇成为环境领域引用率最高 1% 的论文。他目前的研究焦点是快速经济发展及城市化而出现的环境变化，着重于大气颗粒物、土壤、沉积物、生物体中的微量金属，有机污染物和耐药性基因以及它们对人体健康及生态系统的影响。李教授 2007 年获得国家基金委(海外)杰青资助。从 2012 年起担任环境研究领域顶尖刊物 **Environmental Science and Technology (ES&T)** 副主编，同时是多个国际著名环境期刊的编委。

联系方式

通讯地址：香港九龙红磡 香港理工大学土木及环境工程系

电子邮件：cexdli@polyu.edu.hk

大气颗粒物耐药基因及健康效应前沿进展

香港理工大学土木及环境工程系 李向东

在“一元健康”策略框架下，耐药基因与耐药菌由环境向人体传播的途径及其健康效应对全球控制耐药性扩散意义重大。过往研究主要围绕陆源性饮食暴露途径，但从地表源到周边大气再到人群呼吸摄入的这一路径被长期忽视，而近期研究证据表明空气可吸入颗粒物是传播耐药基因与耐药菌的重要载体。

气载耐药基因来源复杂，初步研究表明若干地面源向周边大气传输耐药基因和各类微生物的可能性，现有的认识基本停留在地面源上方空气耐药基因的静态组成特征，但其扩散动力学过程仍不明晰。另外，相对于抗生素、重金属等化学选择性压力高度富集的水体与土壤环境，大气环境的流动性和分散性以及城市大气特有的高氧化性，决定了大气中的细菌群落需要适应不同于水体与土壤环境的胁迫压力，大气环境因素如何调节菌群生存策略与耐药基因水平转移值得进一步探讨。从健康效应角度，气载耐药性致病菌进入人体呼吸道后能否定植尚不明确，更广义的风媒细菌进入呼吸道后是否以及如何影响呼吸道菌群、交换耐药基因、人体呼出的耐药基因是否对周边大气耐药基因具有反馈作用等科学问题亟待研究。

今后需要重点聚焦的科学思路包括：（1）揭示耐药基因与耐药菌在地面源-周边空气-室内空气-人体呼吸道路径上的交互传输机制，探明耐药基因的水平转移能力以及耐药病原菌株在城市内与区域间的进化关系，阐明气载耐药基因的环境起源与传输过程；（2）揭示空气传播过程中特征性选择压力对耐药基因与耐药菌群演替的影响机制，探讨气载耐药基因与耐药病原菌在呼吸道的定植能力以及与呼吸道原生菌群的交互作用，从而准确评估区域性人群耐药暴露与健康风险；（3）通过与饮食暴露途径的比较研究，明确空气传播在耐药基因全环境传播途径中的相对重要性。通过上述研究，系统梳理耐药基因空气传播机制与潜在人群健康效应，为不同城市、不同功能区域提出因地制宜的耐药性空气传播控制措施提供科学依据。



杨敏

研究员。1985年毕业于华东理工大学环境工程系，1992年获日本广岛大学工学博士学位，后到日本奥加诺（ORGANO）株式会社综合研究中心开展技术研发，1998年以“百人计划”项目到中国科学院生态环境研究中心工作至今，现任中科院生态环境研究中心副主任、中国科学院-发展中国家科学院水与环境卓越中心主任和高浓度难降解有机废水处理技术国家工程实验室主任。国家杰出青年基金获得者、国际水协会会士。长期专注水中特征污染物的识别、生物过程及控制技术研究，在饮用水嗅味的发生机制与调控原理、油田开发污染控制以及抗生素废水抗性基因控制等方面取得系列成果。发表论文 200 余篇，出版专著 2 部，获授权发明专利 18 项，围绕石油、抗生素等行业废水实施 20 余项工程。获国家自然科学奖二等奖 1 项。

联系方式

通讯地址：北京市海淀区双清路 18 号，100085

电子邮件：yangmin@rcees.ac.cn

抗生素生产废水生化处理系统耐药性发展特征与机制及其控制策略

中国科学院生态环境研究中心 杨敏, 张昱, 田哲

细菌抗生素耐药性发展已成为本世纪威胁人类健康的重大挑战之一。我国作为世界上最大的抗生素生产和使用国,面临更大的耐药性传播风险。由于提取效率低,抗生素生产废水通常含有高浓度抗生素及其活性代谢产物残留,而生物法是目前处理上述废水最经济有效的工艺。抗生素具有抑菌或杀菌活性,而生化系统以细菌群落为功能主体,导致抗生素生产废水生化处理系统可能成为细菌耐药性产生和传播的热区。同时,随着人们对细菌耐药性问题的重视,国际上要求对人和兽用药物生产开展强制性环境风险评估的呼声越来越高,而首当其冲的药物即为抗生素类药物。因此,阐明抗生素生产废水生化处理系统耐药性发展特征与机制,并提出行之有效的管控措施,对于强化抗生素生产过程中耐药性风险的控制、维持我国抗生素生产行业的可持续发展具有重要的理论和实际意义。

本报告将重点介绍典型抗生素生产废水生化处理系统中细菌耐药性的发展特征与机制;提出不同抗生素诱导活性污泥生化系统耐药性产生和传播的最小选择浓度;最后介绍基于源头控制原理建立的抗生素生产废水强化水解预处理技术及其在实际废水处理中的有效性。



应光国

教授，博士生导师，华南师范大学环境学院院长，同时担任环境研究院院长，国家杰出青年基金获得者，国家百千万人才工程国家级人选，“百人计划”入选者。担任《Environmental Science: Processes & Impact》、《Environmental Toxicology and Chemistry》、《生态毒理学报》等期刊编委。从事水土环境污染与控制研究，重点研究抗生素、抗性基因、激素、农药等新型污染物的污染特征、环境行为与生态健康效应。编写中文专著 1 部、英文专著 5 部，发表 SCI 论文 200 余篇，他引 10000 余次，入选 ELSEVIER 环境科学中国高被引学者榜单，入选美国信息科学研究所基本科学指数环境/生态高引用率科学家目录。

联系方式：

通讯地址：广州市大学城外环西路 378 号华南师范大学大学城校区理 3 栋环境研究院， 邮编 510006

电子邮件：guangguo.ying@m.scnu.edu.cn

流域水土环境抗生素和耐药基因污染与风险

华南师范大学环境学院 应光国

中国是抗生素生产和使用大国。人畜抗生素使用及其粪污排放，以及药厂废水与药渣排放，造成流域水土环境抗生素和耐药基因污染，对生态环境和人体健康构成潜在威胁。由于污水直接排放或不完全去除，抗生素残留广泛检出于流域水环境，其浓度多为 ng/L 水平。流域水土沉积物中也检出 ng/g ，有的高达数千 ng/g 。这样的浓度是否对环境细菌构成选择压力，水体中其他环境污染物如重金属、杀生剂是否参与协同耐药作用，都是有待研究的科学问题。流域水环境中检出到的各种耐药基因和耐药菌，是否受到抗生素等环境污染物的胁迫，促进耐药性进一步传播扩散，还是随时间消减消亡。

由于污水回用、粪污入田或有机肥投入，其中所含抗生素和耐药基因也进入流域土壤环境，其土壤抗生素浓度高达 mg/kg 水平，它们与土壤生态系统发生相互作用，畜禽粪污施用对土壤耐药基因组的演化起重要作用。抗生素、耐药菌和耐药基因进入土壤环境后，将受土壤物理、化学和生物等环境因素影响，其环境归趋与效应仍然不清楚或有争议。抗生素残留是否继续作为选择压力对土壤环境微生物起作用，促进细菌耐药发生和扩散？动物源耐药菌和耐药基因是否能够适应土壤环境，并发生传播扩散？农作物中研究报道检出各种抗生素和耐药基因，至今不清楚植物吸收的机理。但目前我们不清楚这些耐药基因如何从根际转移到植物内生细菌和叶际细菌，哪些环境因子会影响基因水平转移。如何有效评价流域水土环境抗生素和耐药基因的人体暴露风险是今后研究的一大重点。



罗义

南开大学教授，博士生导师。国家杰出青年科学基金获得者，第十三届“中国青年女科学家”奖获得者，获得教育部自然科学一等奖(排名第三)。现任“环境污染过程与基准”教育部重点实验室主任。担任国际期刊 **PLoS One (Member of editorial board)** 编委，《生态毒理学报》编委，中国自然资源学会理事，中国自然资源学会资源循环利用专业委员会副主任、兼秘书长。从事环境中抗生素以及耐药基因污染和传播扩散的研究，在环境科学领域重要刊物上发表论文 100 余篇，12 篇发表在 **Environ. Sci. Technol.(Lett)**, **Water Res**, 获评 **ES&T Lett** 年度 5 篇最佳论文之一(2014)。7 篇论文入选环境生态领域“ESI 高被引论文”，上述研究被 **Nature**, **Science**, **Nature Chemical Biology**, **Chemistry Society Reviews**, **Nature Communications** 等广泛引用 4000 余次，单篇最高引用 406 次。

水体源耐药基因的传播扩散

南开大学环境科学与工程学院 罗义, 谭璐

通过对我国主要流域海河流域和湘江流域耐药基因、耐药细菌及耐药质粒污染的系统调查,检测到相当浓度的耐药基因污染,并发现多重耐药质粒在耐药基因的传播扩散中发挥重要作用。环境中一些新兴污染物如离子液体和纳米材料,通过改变细胞膜通透性等机制而促进耐药基因的增殖从而促进细菌耐药性的传播。还发现了,盐度(salinity)通过影响细菌群落结构、影响耐药质粒的适合度等机制进而影响耐药基因在环境中的传播,这对于研究耐药基因从陆源性污染向海洋输入过程中 ARGs 的传播提供重要指导。野生动物也是耐药基因环境传播的重要环节。野生动物是耐药基因环境传播的重要环节。通过采集不同鸟类(麻雀、家燕、鸽子、红嘴山鸦、红嘴鸥、雪鸮、普通鵟)的粪便样本,发现鸟类粪便是耐药基因的重要贮存库。同时,通过将鸟类耐药组与环境耐药组对比发现,鸟类耐药组与环境耐药组有显著差异,鸟类特有的核心耐药基因在鸟类耐药组中占很大比例,但在环境耐药组中占比很小,说明鸟类特有的核心耐药基因向环境耐药组的传播是有限的,这是由于这些耐药基因的潜在微生物宿主在环境微生物中含量较少。同时,不同鸟类耐药组和微生物组构成不同,食肉和食虫的鸟类耐药基因含量显著高于食谷物和杂食的鸟类,这主要是由微生物群落结构的差异引起的。这些食肉鸟类如红嘴鸥、雪鸮和普通鵟等均为远距离迁徙的鸟类,它们携带的大量耐药基因可能在耐药基因的全球传播中起到重要贡献。

会议记录

会议记录

会议记录

