



全国中医药行业高等教育“**十二五**”规划教材



全国高等中医药院校规划教材(第九版)

中药制药工程原理与设备

供中药学类、药学类、制药工程等专业用

主 编◎王 沛

全国百佳图书出版单位

中国中医药出版社



全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材
全国高等中医药院校规划教材（第九版）

中药制药工程原理与设备

（新世纪第三版）

（供中药学类、药学类、制药工程等专业用）

主 编 王 沛（长春中医药大学）

副主编 王宝华（北京中医药大学）

杨 波（昆明理工大学生命科学与技术学院）

符策瑛（海南省中医院）

邹 龙（湖南中医药大学）

李瑞海（辽宁中医药大学）

熊 阳（浙江中医药大学）

邢黎明（陕西中医学院）

中国中医药出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

中药制药工程原理与设备 / 王沛主编. —3 版. —北京: 中国中医药出版社, 2013. 8

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5132-1399-8

I. ①中… II. ①王… III. ①中成药-生产工艺-高等学校-教材
②中草药加工设备-高等学校-教材 IV. ①TQ461②TH788

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 061538 号

中国中医药出版社出版
北京市朝阳区北三环东路 28 号易亨大厦 16 层
邮政编码 100013
传真 010 64405750
河北欣航测绘院印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 19 字数 422 千字
2013 年 8 月第 3 版 2013 年 8 月第 1 次印刷
书号 ISBN 978-7-5132-1399-8

*

定价 30.00 元
网址 www.cptcm.com

如有印装质量问题请与本社出版部调换
版权专有 侵权必究

社长热线 010 64405720
购书热线 010 64065415 010 64065413
书店网址 csln.net/qksd/
官方微博 <http://e.weibo.com/cptcm>

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材

全国高等中医药院校规划教材（第九版）

专家指导委员会

- 名誉主任委员 王**国**强（卫生部副部长兼国家中医药管理局局长）
邓**铁**涛（广州中医药大学教授 国医大师）
- 主任委员 李**大**宁（国家中医药管理局副局长）
- 副主任委员 王**永**炎（中国中医科学院名誉院长 教授 中国工程院院士）
张**伯**礼（中国中医科学院院长 天津中医药大学校长 教授
中国工程院院士）
洪**净**（国家中医药管理局人事教育司巡视员兼副司长）
- 委员（以姓氏笔画为序）
- 王**华**（湖北中医药大学校长 教授）
王**键**（安徽中医药大学校长 教授）
王**之**虹（长春中医药大学校长 教授）
王**北**婴（国家中医药管理局中医师资格认证中心主任）
王**亚**利（河北医科大学副校长 教授）
王**国**辰（全国中医药高等教育学会教材建设研究会秘书长
中国中医药出版社社长）
王**省**良（广州中医药大学校长 教授）
车**念**聪（首都医科大学中医药学院院长 教授）
石**学**敏（天津中医药大学教授 中国工程院院士）
匡**海**学（黑龙江中医药大学校长 教授）
刘**振**民（全国中医药高等教育学会顾问 北京中医药大学教授）
孙**秋**华（浙江中医药大学党委书记 教授）
严**世**芸（上海中医药大学教授）
李**大**鹏（中国工程院院士）
李**玛**琳（云南中医学院院长 教授）
李**连**达（中国中医科学院研究员 中国工程院院士）
李**金**田（甘肃中医学院院长 教授）
杨**关**林（辽宁中医药大学校长 教授）
吴**以**岭（中国工程院院士）

- 吴咸中 (天津中西医结合医院主任医师 中国工程院院士)
- 吴勉华 (南京中医药大学校长 教授)
- 肖培根 (中国医学科学院研究员 中国工程院院士)
- 陈可冀 (中国中医科学院研究员 中国科学院院士)
- 陈立典 (福建中医药大学校长 教授)
- 范永升 (浙江中医药大学校长 教授)
- 范昕建 (成都中医药大学校长 教授)
- 欧阳兵 (山东中医药大学校长 教授)
- 周 然 (山西中医学院院长 教授)
- 周永学 (陕西中医学院院长 教授)
- 周仲瑛 (南京中医药大学教授 国医大师)
- 郑玉玲 (河南中医学院院长 教授)
- 胡之璧 (上海中医药大学教授 中国工程院院士)
- 耿 直 (新疆医科大学副校长 教授)
- 徐安龙 (北京中医药大学校长 教授)
- 唐 农 (广西中医药大学校长 教授)
- 梁光义 (贵阳中医学院院长 教授)
- 程莘农 (中国中医科学院研究员 中国工程院院士)
- 陈明人 (江西中医药大学校长 教授)
- 谢建群 (上海中医药大学常务副校长 教授)
- 路志正 (中国中医科学院研究员 国医大师)
- 廖端芳 (湖南中医药大学校长 教授)
- 颜德馨 (上海铁路医院主任医师 国医大师)
- 秘 书 长** 王 键 (安徽中医药大学校长 教授)
- 洪 净 (国家中医药管理局人事教育司巡视员兼副司长)
- 王国辰 (全国中医药高等教育学会教材建设研究会秘书长
中国中医药出版社社长)
- 办公室主任** 周 杰 (国家中医药管理局人事教育司教育处处长)
- 林超岱 (中国中医药出版社副社长)
- 李秀明 (中国中医药出版社副社长)
- 办公室副主任** 王淑珍 (全国中医药高等教育学会教材建设研究会副秘书长
中国中医药出版社教材编辑部主任)
- 裴 颢 (中国中医药出版社教材编辑部副主任)

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材
全国高等中医药院校规划教材(第九版)

《中药制药工程原理与设备》编委会

- 主 编 王 沛 (长春中医药大学)
副主编 王宝华 (北京中医药大学)
杨 波 (昆明理工大学生命科学与技术学院)
符策瑛 (海南省中医院)
邹 龙 (湖南中医药大学)
李瑞海 (辽宁中医药大学)
熊 阳 (浙江中医药大学)
邢黎明 (陕西中医学院)
- 编 委 于 波 (长春中医药大学)
刘 娜 (云南中医学院)
刘 琦 (大连医科大学药学部)
刘永忠 (江西中医药大学)
程铁峰 (河南大学药学院)
王宪龄 (河南中医学院)
王立岩 (吉林农业大学中药材学院)
黄 革 (吉林医药设计院)
任君刚 (哈尔滨商业大学药学院)
白术杰 (佳木斯大学药学院)
王 锐 (黑龙江中医药大学)
冷 霞 (山东大学化学与化工学院)
周长征 (山东中医药大学)

前 言

全国中医药行业高等教育“十二五”规划教材是为贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》、《教育部关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》和《中医药事业发展“十二五”规划》，依据行业人才需求和全国各高等中医药院校教育教学改革新发展，在国家中医药管理局人事教育司的主持下，由国家中医药管理局教材办公室、全国中医药高等教育学会教材建设研究会在总结历版中医药行业教材特别是新世纪全国高等中医药院校规划教材建设经验的基础上，进行统一规划建设的。鉴于由中医药行业主管部门主持编写的全国高等中医药院校规划教材目前已出版八版，为便于了解其历史沿革，同时体现其系统性和传承性，故本套教材又可称“全国高等中医药院校规划教材（第九版）”。

本套教材坚持以育人为本，重视发挥教材在人才培养中的基础性作用，充分展现我国中医药教育、医疗、保健、科研、产业、文化等方面取得的新成就，以期成为符合教育规律和人才成长规律，并具有科学性、先进性、适用性的优秀教材。

本套教材具有以下主要特色：

1. 继续采用“政府指导，学会主办，院校联办，出版社协办”的运作机制

在规划、出版全国中医药行业高等教育“十五”、“十一五”规划教材时（原称“新世纪全国高等中医药院校规划教材”新一版、新二版，亦称第七版、第八版，均由中国中医药出版社出版），国家中医药管理局制定了“政府指导，学会主办，院校联办，出版社协办”的运作机制，经过两版教材的实践，证明该运作机制符合新时期教育部关于高等教育教材建设的精神，同时也是适应新形势下中医药人才培养需求的更高效的教材建设机制，符合中医药事业培养人才的需要。因此，本套教材仍然坚持这个运作机制并有所创新。

2. 整体规划，优化结构，强化特色

此次“十二五”教材建设工作对高等中医药教育3个层次多个专业的必修课程进行了全面规划。本套教材在“十五”、“十一五”优秀教材基础上，进一步优化教材结构，强化特色，重点建设主干基础课程、专业核心课程，加强实验实践类教材建设，推进数字化教材建设。本套教材数量上较第七版、第八版明显增加，专业门类上更加齐全，能完全满足教学需求。

3. 充分发挥高等中医药院校在教材建设中的主体作用

全国高等中医药院校既是教材使用单位，又是教材编写工作的承担单位。我们发出关于启动编写“全国中医药行业高等教育‘十二五’规划教材”的通知后，各院校积极响应，教学名师、优秀学科带头人、一线优秀教师积极参加申报，凡被选中参编的教师都以积极热情、严肃认真、高度负责的态度完成了本套教材的编写任务。

4. 公开招标，专家评议，健全主编遴选制度

本套教材坚持公开招标、公平竞争、公正遴选主编原则。国家中医药管理局教材办公室和全国中医药高等教育学会教材建设研究会制订了主编遴选评分标准，经过专家评审委员会严格评议，遴选出一批教学名师、高水平专家承担本套教材的主编，同时实行主编负责制，为教材质量提供了可靠保证。

5. 继续发挥执业医师和职称考试的标杆作用

自我国实行中医、中西医结合执业医师准入制度以及全国中医药行业职称考试制度以来，第七版、第八版中医药行业规划教材一直作为考试的蓝本教材，在各种考试中发挥了权威标杆作用。作为国家中医药管理局统一规划实施的第九版行业规划教材，将继续在行业的各种考试中发挥其标杆性作用。

6. 分批进行，注重质量

为保证教材质量，本套教材采取分批启动方式。第一批于2011年4月启动中医学、中药学、针灸推拿学、中西医临床医学、护理学、针刀医学6个本科专业112种规划教材。2012年下半年启动其他专业的教材建设工作。

7. 锤炼精品，改革创新

本套教材着力提高教材质量，努力锤炼精品，在继承与发扬、传统与现代、理论与实践的结合上体现了中医药教材的特色；学科定位准确，理论阐述系统，概念表述规范，结构设计更为合理；教材的科学性、继承性、先进性、启发性及教学适应性较前八版有不同程度提高。同时紧密结合学科专业发展和教育教学改革，更新内容，丰富形式，不断完善，将学科、行业的新知识、新技术、新成果写入教材，形成“十二五”期间反映时代特点、与时俱进的教材体系，确保优质教育资源进课堂，为提高中医药高等教育本科教学质量和人才培养质量提供有力保障。同时，注重教材内容在传授知识的同时，传授获取知识和创造知识的方法。

综上所述，本套教材由国家中医药管理局宏观指导，全国中医药高等教育学会教材建设研究会倾力主办，全国各高等中医药院校高水平专家联合编写，中国中医药出版社积极协办，整个运作机制协调有序，环环紧扣，为整套教材质量的提高提供了保障机制，必将成为“十二五”期间全国高等中医药教育的主流教材，成为提高中医药高等教育教学质量和人才培养质量最权威的教材体系。

本套教材在继承的基础上进行了改革与创新，但在探索的过程中，难免有不足之处，敬请各教学单位、教学人员以及广大学生在使用中发现问题及时提出，以便在重印或再版时予以修正，使教材质量不断提升。

国家中医药管理局教材办公室
全国中医药高等教育学会教材建设研究会
中国中医药出版社
2012年6月

编写说明

中药制药工程原理与设备是一门以制药工程学理论为基础，以制药实践为依托的实践性极强的综合性学科，它作为中药学专业、药学专业、制药工程专业、药物制剂专业的骨干课程之一，在多年的教学实践与科研活动中得以迅速发展，尤其是在国家大力发展中药现代化、产业化的今天，已凸显出该学科作为交叉综合性学科的强大优势。

中药制药工程原理与设备研究的内容主要包括：原料药处理设备，中药材清洗设备，饮片加工设备，炮制设备；粉碎、筛分、分离等单元操作原理及采用的具体设备的使用、维修、保养等；药物输送原理与输送机械的分类、选型、使用、保养等；传热、传质、蒸发、冷冻、液体蒸馏、溶剂萃取、固体干燥等的原理及其涉及的设备构造、使用、维修、保养等；制剂成型机械设备，诸如固体制剂生产设备、液体制剂生产设备、制剂分装机械等；制剂辅助工艺设备，诸如洗瓶机、蒸煮罐等的具体动力设备配备原则，设备构造原理、技术参数、生产能力、使用注意事项等；药品包装原则，包装材料分类，包装材料的选取，各种包装材料的特点，药用包装机械概论以及常用的包装设备等。

本教材以制药工艺过程为主线，以制药理论为基础，以单元操作为切入点，重点叙述各单元操作的工程原理和所涉及的设备，随着制药进程的不断深入，制药机理的层层展开、剖析，随之将所涉及的制药设备的原理、使用方法、维修、保养等一系列技术参数和实践操作逐一加以描述。

我们特聘请了教学、科研、生产等三方面的专家、教授，在进行了充分研讨和论证的基础上，撰写了本教材。本书力求系统、实用、新颖，以培养能适应规范化、规模化、现代化的中药制药工程所需要的高级专业人才为宗旨。

本教材主要供全国高等中医药院校本科制药工程专业、药物制剂专业教学使用，除此之外，药学专业、中药学专业、生物制药专业等专业的本科学生，以及制药企业的工程技术人员也可以参考使用。

本教材在编写的过程中得到了中国中医药出版社及各参编院校的大力支持，在此，我们深表感谢。由于水平所限，教材中可能存在一些不足之处，希望广大师生在使用中提出宝贵意见，我们将不断修订完善。

《中药制药工程原理与设备》

编委会

2013年7月

目 录

第一章 绪论	1
一、制药工业的起源与发展	1
二、制药设备在制药工业中的地位	2
三、制药工程原理与设备研究的内容	2
四、制药机械设备分类	3
五、制药机械设备常用材料	4
六、设备管理与验证	7
附：制药机械国家行业标准分类	10
第二章 中药材处理设备	13
第一节 原料净选设备	14
一、筛药机	14
二、风选机	15
第二节 洗药设备	16
一、喷淋式滚筒洗药机	16
二、籽实类洗药机	16
第三节 润药设备	17
一、真空加温润药机	17
二、减压冷浸罐	18
三、加压冷浸罐	19
第四节 切制设备	19
一、往复式切药机	19
二、转盘式切药机	20
第五节 炒制设备	21
一、卧式滚筒式炒药机	21
二、中药微机程控炒药机	21
第六节 其他设备	22
一、蒸制设备	22
二、煮制设备	22
三、温控式煨药炉	23
四、高温反射炉	23
第三章 干燥原理与设备	25

第一节 湿空气的性质与焓-湿图	25
一、空气中水蒸气含量的表示法	25
二、湿空气的比焓和比热容	26
三、湿空气的比体积	27
四、干球温度和湿球温度	27
五、露点温度	29
六、焓-湿图	29
第二节 干燥过程的物料衡算及热量衡算	32
一、物料含水量表示方法	33
二、物料衡算	33
三、热量衡算	34
四、干燥器的热效率	35
五、等焓干燥与非等焓干燥	36
第三节 干燥过程的物质交换	37
一、物料中水分的性质	37
二、干燥特性曲线	39
三、干燥过程及影响因素	40
四、干燥时间的计算	41
第四节 干燥器的选择	43
一、干燥分类	43
二、干燥器的分类	44
三、干燥器的选择原则	45
第五节 干燥设备	47
一、厢式干燥器	47
二、带式干燥器	49
三、气流干燥器	50
四、流化床干燥器	52
五、喷雾干燥器	54
第四章 粉碎原理与设备	57
第一节 粉碎能耗学说	57
一、粉碎机理	58
二、粉碎流程	58
三、粉碎过程中的能耗假说	60
四、影响粉碎的因素	61
第二节 常规粉碎机械	62
一、球磨机	62
二、乳钵	63

三、铁研船	64
四、冲钵	64
五、锤击式粉碎机	64
六、万能磨粉机	65
七、柴田式粉碎机	66
八、流能磨	66
九、胶体磨	67
十、羚羊角粉碎机	67
第三节 超微粉碎技术与设备	68
一、超微粉碎原理	68
二、超微粉碎应用于中药材加工的目的	68
三、超微粉碎方法与要求	70
四、超微粉碎设备	70
第四节 粉碎机械的选择、使用与养护	76
一、粉碎机械分类	76
二、粉碎机械的选择	77
三、粉碎机械的使用与养护	78
第五章 筛分原理与混合设备	80
第一节 筛分操作	80
一、分离效率	80
二、药筛的种类	82
三、粉末的分等	83
四、筛分效果的影响因素	83
第二节 筛选设备	84
一、振动平筛	84
二、圆形振动筛粉机	84
三、悬挂式偏重筛粉机	84
四、电磁簸动筛粉机	85
五、电磁振动筛粉机	85
六、旋动筛	85
七、滚筒筛	86
八、摇动筛	86
第三节 混合过程	86
一、混合运动形式	87
二、混合程度	87
三、影响混合效果的主要因素	88
第四节 混合设备	90

一、固定型混合机	91
二、回转型混合机	92
第六章 分离原理与设备	94
第一节 固-液分离	94
一、过滤分离	95
二、重力沉降分离	107
三、离心分离	109
第二节 气-固分离	114
一、旋风分离器	115
二、袋滤器	121
三、降尘室	122
第七章 传热原理与设备	124
第一节 热传导	124
一、傅立叶定律	124
二、导热系数	125
三、平壁的稳定热传导	125
四、圆筒壁的稳定热传导	127
第二节 对流传热	129
一、对流传热过程	129
二、对流传热基本方程	130
三、对流传热系数	131
第三节 传热过程的热量衡算	135
一、衡算依据	136
二、总传热速率方程	136
三、壁温的计算	140
四、传热过程的强化	142
第四节 常用传热设备	143
一、管式换热器	143
二、板式换热器	145
三、其他形式的换热器	148
第八章 蒸发原理与设备	151
第一节 蒸发操作与单效蒸发	151
一、蒸发过程	151
二、单效蒸发量	153
三、加热蒸汽消耗量的计算	154
四、溶液的沸点与传热温度差损失	155
五、蒸发室的传热面积	156

第二节 蒸发设备	158
一、循环型蒸发器	159
二、单程型蒸发器	161
三、板式蒸发器	164
四、蒸发器的选型	165
第三节 蒸发器的节能	165
一、多效蒸发原理与计算	166
二、冷凝水自蒸发的应用	172
三、低温下热泵循环的蒸发器	173
第四节 多效蒸馏水器	174
一、列管式多效蒸馏水器	174
二、盘管式多效蒸馏水器	175
第九章 蒸馏原理与设备	177
第一节 蒸馏分类与特点	177
一、蒸馏过程的分类	177
二、蒸馏操作的特点	178
第二节 双组分溶液的气-液相平衡	178
一、相律	178
二、理想物系的气-液相平衡	179
三、用相对挥发度表示的气-液相平衡	180
四、两组分理想溶液的气-液相平衡图	181
五、双组分非理想物系的气-液相平衡图	182
第三节 平衡蒸馏和简单蒸馏	184
一、平衡蒸馏装置与流程	184
二、平衡蒸馏的一般操作规程	184
三、简单蒸馏装置与流程	184
四、简单蒸馏的一般操作规程	185
第四节 精馏设备与操作	186
一、精馏设备	186
二、板式塔	186
三、填料塔	189
四、精馏操作	190
第五节 恒沸精馏和萃取精馏	191
一、恒沸精馏	191
二、萃取精馏	192
第十章 输送机械设备	194
第一节 液体输送机械	194

一、离心泵的结构	194
二、离心泵的性能参数	197
三、离心泵的特性曲线	199
四、离心泵的工作点与流量调节	200
五、离心泵的安装高度	202
六、离心泵的类型与规格	204
七、离心泵的选用	205
八、往复泵	205
九、齿轮泵	206
十、旋涡泵	207
第二节 气体输送机械	207
一、离心式通风机	207
二、离心式鼓风机	208
三、旋转式鼓风机	208
四、离心式压缩机	208
五、往复式压缩机	208
六、真空泵	209
第十一章 中药固体制剂成型设备	210
第一节 丸剂成型过程与设备	210
一、塑制法制丸过程	210
二、塑制法制丸设备	211
三、泛制法制丸过程	213
四、泛制法制丸设备	213
五、滴制法制丸过程	214
六、滴制法制丸设备	215
第二节 片剂成型过程与设备	215
一、片剂的生产过程	216
二、制粒方法	217
三、制粒设备	218
四、压片过程与设备	225
五、包衣过程与设备	228
第三节 胶囊剂成型过程与设备	230
一、硬胶囊剂成型过程	230
二、硬胶囊剂的填充设备	231
三、软胶囊剂成型过程	232
四、软胶囊剂的生产设备	233
第四节 膏剂制备设备	235

一、软膏剂的生产过程与设备	235
二、硬膏剂的生产过程与设备	235
第十二章 液体制剂生产过程与设备	237
第一节 液体制剂生产设备	237
一、液体药剂的制备工艺	237
二、液体药剂制备注意事项	237
三、搅拌反应器	238
四、机械分散胶体磨	242
五、乳匀机	243
第二节 注射剂生产过程与设备	245
一、药液配制设备	245
二、药液精制设备	246
三、注射剂容器处理设备	247
四、安瓿烘干灭菌机	251
五、注射剂灌封设备	251
六、质检包装设备	255
第十三章 药品包装设计与机械设备	257
第一节 包装分类与作用	257
一、包装的分类	257
二、包装的作用	258
第二节 包装材料	259
一、玻璃容器	259
二、高分子材料	262
三、金属材料	267
四、纸质材料	268
五、复合膜材	270
第三节 包装机械	272
一、包装机械分类	272
二、包装机械的基本结构	273
三、热成型包装机	273
四、卧式滚筒型泡罩包装机	277
附录	281

第一章 绪 论

中药制药工程原理与设备是一门集中药制药理论与实践结合极其密切的综合性学科,在本门学科的体系中又囊括了制药过程所涉及的相关设备的设计、选型、使用、维修、保养等一系列工程问题。该学科是以工程学的理论计算为基础,以坚实的生产实践活动作为支撑,来完成该学科的研究与发展。

一、制药工业的起源与发展

人类对药品的认识最早是从天然物质中分离提取天然药物,而后逐步开发并建立了药物的工业化生产体系。制药工业最早起源于欧洲。19世纪早中期,科学家先后从传统的药用植物中分离得到纯的化学成分,如从鸦片中分离出吗啡,从金鸡纳树皮中分离出奎宁,从颠茄中分离出阿托品,从茶叶中分离出咖啡因等,与此同时,制剂学也逐步发展为一门独立的学科。到19世纪末,化学制药工业初步形成。20世纪初,科学家们用同样的方法从生物体中分离出第一个作为药物使用的激素——肾上腺素;同时,随着植物化学和有机合成化学的发展,科学家们开始根据植物有效成分的结构及其构效关系对其进行结构修饰以得到更有效的药物,从而促进了药物合成的发展。当时研究发现的许多药物在现在依然发挥着重要作用。如根据柳树叶中的水杨苷和某些植物挥发油中的水杨酸甲酯合成具有解热镇痛作用的阿司匹林(乙酰水杨酸);根据毒扁豆碱合成的拟胆碱药新斯的明;根据吗啡合成具有镇痛作用的哌替啶和美沙酮等,这些合成药物成为近代药物的重要来源之一。

20世纪30年代见证了制药工业发展的黄金时期,随着化学工业的发展和化学治疗学的创立,药物的合成已经突破仿制和改造天然药物的范围,转向了完全的人工合成药物。这一时期,结核、白喉、肺炎等疾病首次被人类所治愈,合成维生素、磺胺类、抗生素、激素类(甲状腺素、皮质激素、垂体激素等)、抗组胺类药等研究取得了重大突破,并且其中许多形成了全新的药物类别。1940年青霉素的疗效得到肯定, β -内酰胺类抗生素得到飞速发展,各种类型的抗生素不断涌现。抗生素时代到来的时候,制药企业在全世界范围内筛选上千份土壤样品寻找有抗菌活性的物质。链霉素、琥乙红霉素、四环素等都是此时期药物研究的成果。同时化学药物治疗的范围日益扩大,已不限于细菌