



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

[高校教材]

食品环境工程学

仇农学 主 编
李剑超 副主编

FOOD ENVIRONMENT ENGINEERING



中国轻工业出版社

高等学校专业教材

食品环境工程学

仇农学 主编 李剑超 副主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品环境工程学/仇农学主编; 李剑超副主编. —北京:
中国轻工业出版社, 2010. 5

高等学校专业教材

ISBN 978-7-5019-7559-4

I. ①食… II. ①仇…②李… III. ①食品工业-环
境工程-高等学校-教材 IV. ①X792

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 042342 号

责任编辑: 涂润林

策划编辑: 涂润林 责任终审: 张乃东 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王培燕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 14. 5

字 数: 335 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7559-4 定价: 28.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

80226J1X101ZBW

前 言

食品工业是关系国计民生的行业，承载着提高人民生活水平、带动农业发展、建设工业强国的希望和重托。经过改革开放 30 多年的快速发展，我国食品工业已经成为国民经济的重要支柱。食品工业呈现出快速发展的势头，成为国民经济发展中增长最快，最具活力的产业之一。但是，我国食品工业也面临环保要求高，资源消耗量大的挑战。食品工业一些行业的环境污染和能耗比较大，未来食品工业发展面临着加强环保治污和减少资源消耗的双重压力和约束。因此，国家食品工业“十一五”发展纲要提出，“十一五”时期，食品工业发展的基本原则之一是“全面树立循环经济的理念，提高资源综合利用水平和食物出品率，尽可能做到‘吃干榨净’，降低资源消耗，确保资源的合理利用和永续利用”。这是全体食品工作者的光荣而艰巨的使命。

一段时间以来，人们在发展食品工业的同时，忽视了对环境的保护和污染治理。令人始料未及的是，食品工业这个对国民经济发展产生巨大推动力、对农民致富和出口创汇做出重要贡献的朝阳产业，由于其产生的废渣、废水、噪声和较大能源消耗，给整个产业带来严重影响。高等学校食品类专业也缺少与环境工程相关的教学环节。为全面贯彻落实科学发展观、促进经济又好又快发展的基本要求，对从业的食品科技人员和在校食品专业本科生进行比较系统的食品环境工程学知识培训和训练是非常必要的。

环境工程学是一门新兴学科，在世界范围内建立不过几十年，在我国建立的时间则更短。作为食品专业本科生课程的环境工程学，更是一个新的探索，在内容上尚不太成熟，更没有现成教材可供借鉴。编著本书的初衷，就是希望这部教材和这门课程能对相关食品企业科技人员以及食品类专业的教学有所裨益。

本教材从环境与环境保护出发，论述了食品工业的废水、废渣、余热、废气与噪声的防治和利用。全书共分为十一章。第一章、第十章、第十一章由仇农学编写，第二章、第三章、第四章由李剑超编写，第五章、第六章由邓红编写，第七章、第八章由赵武奇编写，第九章由李剑超和肖旭霖编写，全书由仇农学统稿。

在编写过程中得到了中国轻工业出版社和陕西师范大学同志们们的热情帮助，教材中凝聚了全体编写者在研究实践中的经验和心血。此外，本书引用了大量公开发表的参考文献，在此一并向所有为本书提供过帮助的人们表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，书中错误在所难免，恳请批评指正。

编 者

目 录

第一章 食品环境工程学概述	1
第一节 食品生产与环境保护.....	1
第二节 食品环境工程学研究的内容.....	7
第二章 食品工业废水	15
第一节 食品工业废水水质指标.....	15
第二节 食品工业废水的来源及其性质.....	19
第三节 食品工业废水中主要污染物质及其危害.....	23
第三章 食品工业废水处理方法	26
第一节 食品工业废水处理概述.....	26
第二节 物理处理法.....	27
第三节 物理化学处理法.....	33
第四节 化学处理法.....	39
第五节 生物处理法.....	41
第六节 自然生物处理法.....	56
第七节 中水回用技术.....	60
第四章 食品工业废水处理工程实例	64
第一节 果蔬加工废水处理.....	64
第二节 乳品加工废水处理.....	66
第三节 肉类与水产品加工废水处理.....	69
第四节 油脂加工废水处理.....	75
第五节 粮食加工废水处理.....	77
第五章 食品工业固体废弃物及其处理方法	83
第一节 食品工业固体废弃物概述.....	83
第二节 堆肥处理方法.....	84
第三节 焚烧处理方法.....	91
第四节 填埋处理方法.....	97
第五节 综合利用.....	103
第六章 食品工业固体废弃物处理工程实例	105
第一节 果蔬加工固体废弃物.....	105
第二节 粮食加工固体废弃物.....	112
第三节 油脂加工固体废弃物.....	121
第四节 肉类加工固体废弃物.....	129
第七章 食品工业余热回收及利用的措施	136
第一节 食品工业余热概述.....	136
第二节 常用工业余热回收技术原理.....	138

第八章 食品工业余热回收及利用工程实例	157
第一节 喷雾干燥余热回收及利用.....	157
第二节 蒸发器余热回收及利用.....	162
第三节 食品加工过程中的其他余热回收利用.....	167
第九章 食品工业废气及其处理方法	173
第一节 食品工业废气概述.....	173
第二节 颗粒污染物控制技术.....	179
第三节 气态污染物控制技术.....	186
第十章 食品工业噪声及其控制	195
第一节 噪声控制原理和基本方法.....	195
第二节 吸声处理.....	197
第三节 隔声处理与隔振.....	199
第四节 消声器.....	200
第五节 食品加工机械噪声控制.....	202
第十一章 环境影响评价概述	213
第一节 环境影响评价制度及发展过程.....	213
第二节 环境影响评价的工作程序和特点.....	214
第三节 环境影响评价的方法简介.....	216
第四节 环境影响评价应注意的几个问题.....	217

第一章 食品环境工程学概述

我国经济快速增长,各项建设取得巨大成就,但也付出了巨大的资源和环境代价,经济发展与资源环境的矛盾日趋尖锐,发达国家上百年工业化过程中分阶段出现的环境问题,在我国经济高速发展的近30年里集中爆发,群众对环境污染问题反应强烈。为此,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出了“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低20%左右,主要污染物排放总量减少10%的约束性指标。2007年6月国务院转发了国家发展和改革委员会会同有关部门制定的《节能减排综合性工作方案》。上述两个文件是贯彻落实科学发展观,构建社会主义和谐社会的重大举措;是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择;是推进经济结构调整,转变增长方式的必由之路;是提高人民生活质量,维护中华民族长远利益的必然要求。

第一节 食品生产与环境保护

一、环境

(一) 概念

“环境”一般是指:某一特定生物体或生物群体以外的空间,以及直接或间接影响该生物体或生物群体生存的一切外部事物的总和。环境总是针对某一特定的主体或中心而言的,是一个相对的概念。在法律上,《中华人民共和国环境保护法》第二条将环境定义为:影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体,包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。可以看出,“环境”是一个极其广泛的概念,在不同的考虑范围内,环境具有不同的内涵和外延。

(二) 分类

“环境”至今尚无统一的分类系统,一般可以按照其主体、要素属性和系统构成、人类活动对环境的影响程度、环境的范围等进行分类。

1. 按照环境的主体分类

(1) 人类环境 以人或人类作为环境主体,其他生命物体或非生命物质都被视为环境因素,这即是环境科学中所谓的环境。

(2) 生物环境 将环境看作生物生存空间周围的一切因素,包括物理的、化学的和生物的因素。在这里,整体上是将整个生物界的生命作为主体看待的,这即是生态学中所谓的环境。

2. 按照环境的要素属性和系统构成划分

环境要素是指构成人类环境整体的各个独立的、性质不同的而又服从整体演化规律的基本物质组分。按照环境的要素属性和系统构成可将环境分为三类。

(1) 自然环境 自然环境是指对人类的生存和发展产生直接或间接影响的各种天

然形成的物质和能量的总体，如大气、水、土壤、日光辐射、生物等。按其组成又可以细分为大气环境、水域环境（淡水和海洋）、土壤环境、地质环境、生物环境（动物、植物）等。

(2) 工程环境 即人类在利用和改造自然环境过程中创造出来的人工环境。工程环境按其功能划分为生产环境（工厂、矿山、农场等）、城市环境、村落环境、交通环境（公路、铁路、机场、港口、车站等）、商业环境（商场、旅店）、文化环境（学校、影剧院等）、卫生环境（医院、疗养区）、旅游环境（文物古迹、风景名胜等）。

(3) 社会环境 社会环境可按其组成要素分为政治环境、经济环境和文化环境。

3. 根据人类活动对其影响程度分类

(1) 原生环境 原生环境是指天然形成的、未受或少受人为因素影响的环境。严格地讲，只见于人迹罕见的原始森林、荒漠、冻土、海洋深处。

(2) 次生环境 次生环境是在人为影响下形成的和人工改造了的环境，如厂矿、农场、城乡居民点、风景区。次生环境往往和人类活动造成的环境污染相联系。

4. 按环境的范围大小分类

其变化之大可以从宇宙到细胞。本课程主要涉及食品生产车间环境、厂区环境、城市环境、区域环境等。

由此可以看出，不管对哪一种分类方法，研究的中心事物不同，环境的概念也就不同。本课程涉及的“环境”概念，是指人类为满足社会发展和自身需要，从事的工业化食品生产过程所形成的，并影响人类生存和发展的环境。

需要指出的是，虽然人类生产活动的初衷是为了开发利用自然资源，改造自然环境，使之更适宜人类生存的需要，然而随之产生的往往是环境的污染。从原始人懂得利用火以后，空气就开始受到燃烧产物的污染，随着农业、畜牧业和手工业的相继出现，人类开发利用自然资源的能力与规模不断扩大，环境受到生产、生活活动废弃物的污染日渐严重。包括食品工业在内的现代大规模工农业生产活动，使环境的结构与状态发生了许多不利于人类生存发展的变化，引发了一系列的环境问题。

二、环境问题与食品加工

(一) 环境问题及其分类

环境问题是指，由于人类的生产和生活活动，使环境质量发生变化，反过来影响人类生存和发展的一切问题。

按照形成的原因，环境问题可以分为如下两类：

1. 原生环境问题

原生环境问题是指由于自然因素的破坏和污染所引起的环境问题，又称第一环境问题。例如，火山爆发、地震、洪涝、干旱、台风、雷电等自然界的异常变化，因环境中元素自然分布不均引起的地方病，以及自然界放射性物质引起的放射病等。

2. 次生环境问题

次生环境问题是指由于人的因素造成的环境污染和由自然资源与生态环境的破坏所引起的环境问题，也称第二环境问题。它是由于人类在进行生产活动时，对环境的影响超过了环境自身的承载能力，使环境质量恶化或自然资源枯竭的现象。一般所说的环境问题主要是指次生环境问题。

原生环境问题和次生环境问题都包含了环境污染和生态破坏两方面的问题。由于人为的因素,使环境的化学组分或物理状态发生变化,与原来的状况相比,环境质量发生恶化,扰乱或破坏了原有的生态系统或人们正常的生产和生活条件,这种现象称为“环境污染”,又称“公害”。如工业生产排放的废水、废气、废渣对水体、大气、土壤和生物的污染。“生态环境破坏”主要指人类盲目地开发自然资源引起的生态退化及由此而衍生的环境效应。

(二) 当前人类面临的主要环境问题

当前人类面临的主要环境问题有:全球变暖、臭氧层破坏、酸雨、淡水资源危机、能源短缺、森林资源锐减、土地荒漠化、物种加速灭绝、垃圾成灾、有毒化学品污染等众多方面。

环境问题已经成为威胁人类可持续发展的主要因素之一,环境问题不仅越来越超越国家、民族,超越地域限制,而且越来越超越社会政治制度和经济体制,超越意识形态,也超越时间,已成为事关全人类生死存亡的并且带普遍意义的全球性问题。尽管环境问题错综复杂,但已经显现以下两个特征。

1. 环境问题正在成为制约各国发展空间和国家竞争力的重要因素

随着全球环境问题的持续升温,环境问题近年来成为国际社会和各国领导人关注的焦点。在 2005 年举行的“达沃斯世界经济论坛”上,气候变化在四十多项世界级议程中位居第三,仅次于贫困和公平的全球化。在 2007 年的“G8 + 5 峰会”上,气候变化问题更是被排在议事日程的首位。这清楚地表明,以气候变化为核心的全球环境问题已进入世界领导人的优先议事日程。目前,在联合国框架下围绕 2012 年以后国际气候制度安排的谈判已经启动,谈判走向攸关各国核心利益。这也意味着全球环境问题将成为未来相当长一段时期内国际活动的一个重要舞台,成为继 WTO 后国与国之间矛盾冲突最多、协调难度最大的多边国际问题。

2. 技术应用带来的环境问题最终还要靠科学技术进步来解决

科学技术在探索自然现象规律的过程中,对于发现和揭示全球环境问题起到了决定性作用。1970 年德国科学家克鲁岑(P. Crutzen)首次指出人类活动释放的少量物质能够损害全球范围的臭氧层。1974 年美国科学家穆连(M. Molina)和罗兰通(F. Rowland)通过进一步的研究发现,氟利昂是导致臭氧层破坏的元凶,首次提出了大气臭氧层遭到人为排放化合物破坏的化学机制,为从根本上解决臭氧层空洞问题提供了理论基础。鉴于他们里程碑式的科学发现,这三位科学家获得了 1995 年诺贝尔化学奖。美国水生态学家哥汉姆(E. Gorham)揭示了降水酸度是由矿物燃料燃烧和金属冶炼排出的二氧化硫造成,而后瑞典土壤学家奥登(S. Oden)肯定了酸雨与大气污染的直接关系,揭示了酸雨的发生机制。进入 21 世纪,全球环境问题研究已经发展成为典型的综合交叉学科,国际上许多科学计划将这些交叉研究作为新世纪学科前沿的首选。但是,无论科学技术发展到何种地步,都不可能完全把握自然界的一切奥秘。因此人类应该恢复对自然的敬畏之心。

(三) 食品加工产生的环境问题

食品工业在我国国民经济中占据非常重要的地位,其造成的环境污染在整个工业中也堪称大户。根据有关环境统计数据,当前我国工业污染物排放严重的行业依次是:造纸、化工、食品、钢铁、电力、采掘、纺织 7 个行业,它们的废水排放量占总量 4/5;在采

掘、食品、造纸、纺织、石油、有色金属等 19 个行业中，食品业的 COD (Chemical Oxygen Demand, 化学需氧量) 排放量高居第二位，食品业和造纸业的 COD 排放量占整个工业 COD 排放总量的近 2/3；食品工业的悬浮物排放量居第 4 位，其硫化物排放量仅次于化工、造纸和采掘；食品工业的氨氮排放量居行业第 2 位，仅次于化工制造业，高于造纸业和石油加工业；食品工业的排放达标率低于工业平均水平。

食品工业对环境污染的危害可从肉类加工业和味精生产窥见一斑。有关资料表明，我国日宰生猪 500 ~ 5000 头的肉联厂已不下六百多家。肉类加工生产中要排出大量血污、油脂、油块、毛、肉屑、内脏杂物、未消化的食料和粪便等，废水中还含有大量危害人体健康的微生物。肉类加工废水如不经处理直接排放，会对周围环境和人畜健康造成严重危害。例如，废水中的大量有机物进入水体后，会消耗水中的溶解氧，造成鱼类和其他水生生物因缺氧而死亡，缺氧还会促使水中和底部有机物在厌氧条件下分解，产生臭味，恶化水质，污染环境，危害人畜等。又如，某味精公司每日排入周围环境 12.4 万 t 废水（其中：COD 排放总量 86.75t/d，氨氮排放总量 12.43t/d），使流域河水的 COD 由排污口注入前的 62mg/L 增至注入后的 148mg/L、氨氮由 10mg/L 增至 45mg/L，污染程度加重 3 ~ 4 倍。地表水水质恶化，浅层地下水被污染，对当地及下游百姓的生活和生产安全构成了严重威胁。这仅仅是“冰山的一角”，占我国食品企业总数将近 95% 的规模以下中小企业污染问题更为严重。随着这些企业数量和生产规模日益增长、扩大，产生的废物量也不断增加，对环境危害十分严重。而且多数食品加工厂的废物未经处理就直接排放，对环境造成极大的污染。

食品加工所产生的环境问题主要有以下几方面：工业废水、工业废渣、工业废气、热能浪费、过度包装、大量使用非降解包装材料、噪声污染、恶臭气体等。《中国的环境保护（1996—2005）》白皮书指出：中国正处于工业化和城市化加速发展的阶段，也正处于经济增长和环境保护矛盾十分突出的时期，环境形势依然十分严峻。显然，为了保护人类赖以生息的环境，促进食品工业的良性发展，治理食品工业的污染已是刻不容缓。

三、解决食品加工环境问题的切入点

（一）环境保护和可持续发展思维模式下的食品生产

从环境保护和可持续发展的观点来看，食品生产大致有以下特点：

（1）食品生产主要利用可再生资源为原料，其生产消费过程产生的废弃物可以再利用或者循环，具有循环经济的特征。在国家大力倡导发展循环经济的背景下，食品工业发展面临新的挑战 and 更高的要求。

（2）环保要求高，资源消耗量大。一方面，我国食品生产企业规模普遍偏小，远没有达到合理的经济规模，一部分企业难以支付污染治理的成本。另一方面，食品工业部分行业的能耗和水资源消耗比较大，不利于资源节约利用。长期维持这种局面，使资源支撑不住，环境容纳不下，社会承受不起，产业发展难以为继。

（3）针对食品生产长期滥用稀释排放从而导致严重的环境污染，行业对污染普遍实施“末端治理”战略，即对生产末端产生的污染物进行治理，实为“先污染后治理”。在污染治理技术有限的情况下，末端治理不能从根本上解决污染问题，有些污染物不能生物降解，若在末端治理不当，还会造成二次污染。

（4）长期以来食品生产粗放型的增长方式还没有根本改变，传统的高投入、高消

耗、高污染、低产出、低效益的老路与资源、环境之间矛盾日益尖锐，多数企业还存在着重生产、轻研发的问题，大部分产品仍处于产业链低端的弱势地位，自主创新能力不强。

为此，国家食品工业“十一五”发展纲要明确提出：“十一五”时期，在资源和环境方面，食品工业发展的主要目标是：“三废”排放达到国家规定的指标范围，单位产值能耗降低 20%，单位工业增加值用水量降低 30%，工业固体废物综合利用率达到 80% 以上，主要污染物排放总量减少 10%。

2007 年国务院转发的《节能减排综合性工作方案》要求：动员全社会力量，扎实做好节能降耗和污染减排工作，确保实现节能减排约束性指标，推动经济社会又好又快发展。鼓励发展低能耗、低污染的先进生产能力。根据不同行业情况，适当提高建设项目在土地、环保、节能、技术、安全等方面的准入标准。加大造纸、酒精、味精、柠檬酸等行业落后生产能力淘汰力度。

（二）解决食品加工环境问题的切入点

根据国家政策和食品生产的特点不难看出，发展循环经济，推行节能减排是解决食品加工环境问题的必然选择。

1. 循环经济的基本框架

“循环经济”（circular economy）一词是美国经济学家波尔丁在 20 世纪 60 年代提出的。所谓循环经济，是指物质闭环流动性经济，其本质上是一种生态经济，与传统经济相比，它所倡导的是一种建立在物质不断循环利用基础上的经济发展模式。它要求将生产规律、消费规律、生态系统规律这三者有机统一起来，把经济活动组建成“资源—产品—再生资源—产品”的反馈循环流程，实现“高利用，低排放”，最大程度地有效利用进入这一系统的资源，最大程度地减少废物排放量，甚至致力于“零排放”。所有的物质和能源要能在这个经济循环中得到合理和持久的利用，从而把经济活动对自然环境的影响降低到尽可能小的程度。所以“只有放错了地方的资源，而没有真正的废弃物”。循环经济的理念从根本上解决了长期以来环境与发展之间的冲突问题。

以苹果深加工为例，循环经济模式下苹果深加工的设想可以图 1-1 表示，果汁加工绿色苹果原料基地可以带动苗木和种植业的发展；绿色苹果原料基地既可以生产鲜食苹果，也可以生产加工果汁和苹果全粉的原料；从生产果汁的废弃物果渣中，可以分离生产果胶、蛋白饲料、苹果多酚、苹果籽油、膳食纤维等。这些产品又被广泛应用于食品、饮料、医药、化妆品、养殖等行业，而所有这些行业的发展又可以带动生态环境、运输业、包装业、印刷业等相关行业向纵深发展，从而加速果业和农村经济结构的调整，扩大就业、增加农民收入。

2. 食品加工业节能减排的思路

“十一五”期间，我国节能减排目标是单位国内生产总值能耗降低 20%，主要污染物排放总量减少 10%。要实现这一目标，不能忽视食品加工业的节能减排工作。

食品加工业的节能减排是国家节能减排工作的重要组成部分，在节能减排中大有可为。在食品生产过程中，消耗大量的农产品、畜产品、水产品、热能、电力等物质，一方面为丰富市场，提高人民生活水平作出了重大贡献，另一方面由于工艺、设备落后或管理不当，也浪费了资源和能源，造成了比较严重的环境污染。只有坚持节约发展、清洁发展、安全发展，才能实现经济又好又快发展。

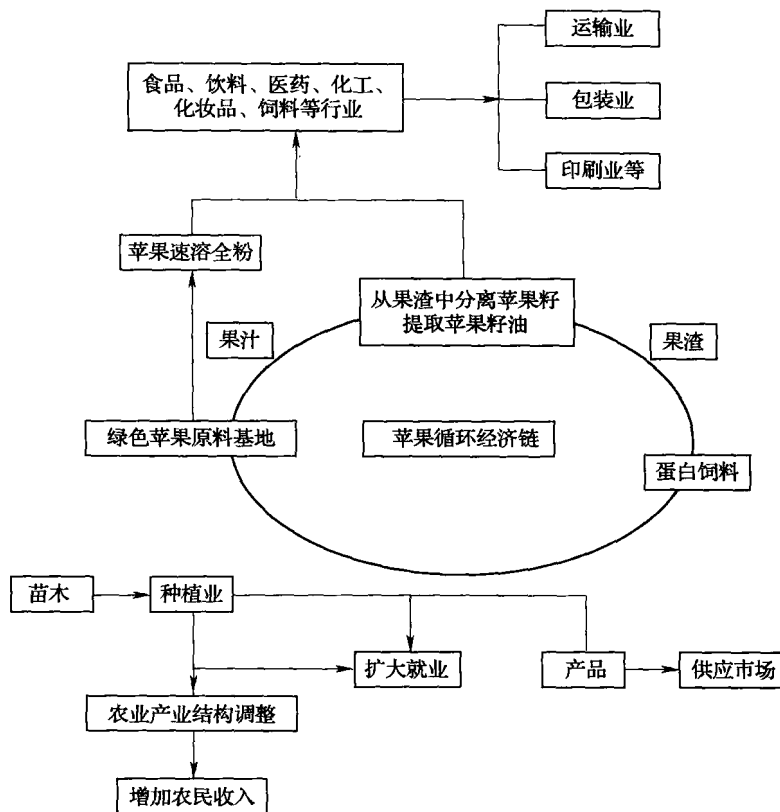


图 1-1 循环经济模式下苹果深加工的设想

食品行业节能减排可以从以下几方面入手：

一是大力发展食品高新技术，坚持走新型工业化道路，促进传统产业升级，提高高新技术产业在工业中的比重，加快淘汰落后生产能力、工艺、技术和设备。

二是大力发展循环经济，推进企业清洁生产，从源头减少废物的产生，实现由末端治理向污染预防和生产全过程控制转变，促进企业能源消费、工业固体废弃物、包装废弃物的减量化与资源化利用，控制和减少污染物排放，提高资源利用效率。

三是组织培育科技创新型企业，提高食品加工行业自主创新能力。加强产学研合作，构建技术研发服务平台，围绕资源高效循环利用，积极开展替代技术、减量技术、再利用技术、资源化技术、系统化技术等关键技术研究。

食品行业节能减排的措施主要有以下一些：

(1) 首先控制增量，调整和优化结构。要控制高耗能、高污染产品过快增长，加快淘汰落后生产能力，完善促进产业结构调整的政策措施，积极推进能源结构调整，促进高新技术产业加快发展。

(2) 加大投入，实施节水、节能工程，多渠道筹措节能减排资金，加快污水处理设施建设。

(3) 创新模式，加快发展循环经济。深化循环经济试点，推进资源综合利用，推进“三废”资源化利用，全面推进清洁生产。

(4) 依靠科技, 加快技术开发和推广。加快节能减排技术研发, 加快节能减排技术产业化示范和推广, 加快建立节能减排技术服务体系。

(5) 夯实基础, 强化节能减排管理。建立政府节能减排工作问责制, 建立和完善节能减排指标体系、监测体系和考核体系。

(6) 健全法制, 加大监督检查执法力度。完善节能和环保标准, 开展节能减排专项执法检查。

(7) 完善政策, 形成激励和约束机制, 完善有利于节能减排的财政政策, 实行有利于节能减排的税收政策。

(8) 加强宣传, 提高全民节约意识。组织好每年世界环境日、地球日、水宣传日等活动。把节约资源和保护环境理念渗透到学校教育中, 同时培育全社会的环境意识。

第二节 食品环境工程学研究的内容

一、环境科学与环境工程学

(一) 什么是环境科学

环境科学是以探寻人类活动对自身生存环境影响为目的, 研究其中的人类系统、物理、化学和生物过程及其相互作用, 寻求社会可持续发展的科学, 环境科学带有鲜明的学科交叉特色。传统学术观点认为环境科学是自然科学、技术科学和社会科学集成起来的交叉学科, 它可以分为环境基础科学、环境社会科学和环境技术科学三个一级分支学科。环境科学与自然、技术、社会三大科学领域的关系如图 1-2 所示。

人类活动造成的环境问题, 虽然自古有之, 然而真正引起重视, 并把它作为一个专门的学科进行研究却是近几十年来的事。从 20 世纪 50 年代起先后发生了洛杉矶化学烟雾事件、伦敦烟雾事件, 以及日本的水俣病事件、痛痛病事件等震惊世界的公害事件, 使环境问题发展成为全球性的问题。许多科学家, 包括生物学家、化学家、地理学家、医学家和社会学家等都运用本学科的理论和方法, 对环境问题进行了调查和研究, 由此出现了一些新分支学科, 如环境地学、环境生物学、环境医学等。环境科学正是在这些学科的基础上孕育产生的。最早提出“环境科学”这一名词的是美国学者, 当时环境科学仅研究宇宙飞船中的人工环境问题。1968 年国际科学联合会理事会设立了环境问题科学委员会。70 年代出现了以环境科学为书名的综合性专门著作。1972 年, 英国经济学家 B. 沃得和美国微生物学家 R. 杜博斯主编出版了一本书《只有一个地球》, 这本书被认为是环境科学的一部概论性著作。同年, 联合国在瑞典斯德哥尔摩召开了人类环境会议, 首次发表了《人类环境宣言》, 推动了世界环境科学研究的发展。这一时期有关环境问题的研究和著作, 大部分是关于污染或公害问题。进入 70 年代后, 人口的大幅增长、森林的过度砍伐、沙漠化面积的扩大、水土流失的加剧, 加上许多不可再生资源的过

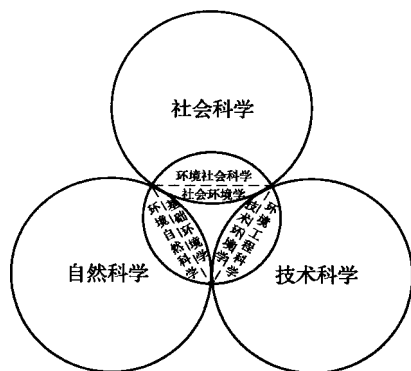


图 1-2 环境科学与三大科学领域的关系

度消耗,使人们日益认识到环境问题还应包括自然保护问题和生态平衡问题,以及资源问题等。有学者认为,环境科学的出现是20世纪60年代以来自然科学迅猛发展的一个重要标志,因为它不仅推动了自然科学各个学科的发展,而且推动了整个科学体系的发展。环境科学的研究领域也从自然科学和工程技术方面,扩大到了社会学、经济学、法学等社会科学方面。随着环境科学研究的蓬勃发展,人们必将探索出一条与环境和谐发展之路,以实现资源的永续利用,创造出更好的生存环境。

(二) 环境科学学科体系的发展和研究内容

环境变化是由物理的、化学的、生物的和社会的因素,以及它们的相互作用所引起的。环境科学是在环境问题日益严重后产生和发展起来的一门综合性科学。到目前为止,这门学科的理论和方法还处在不断发展之中。环境科学就是在科学整体化过程中,以生态学和地球化学的理论和方法作为主要依据,充分运用化学、生物学、地学、物理学、数学、医学、工程学以及社会学、经济学、法学、管理学等各种学科的知识,对人类活动引起的环境变化、对人类的影响,及其控制途径进行系统的综合研究。

三十多年来,环境科学与有关学科相结合,已经形成了包括许多分支学科在内的学科群,今后还将出现新的环境科学分支学科。已经形成的分支学科中,属于自然科学方面的有环境地学、环境气象学、环境空气动力学、环境生物学、环境化学、环境物理学、环境医学、环境工程学等;属于社会科学方面的有环境管理学、环境经济学、环境法学等。

环境科学的学科体系除按上述与其他学科交叉和渗透关系划分外,还有学者主张按环境问题空间组织水平、对象特性、研究程序和时间特征支撑的多维体系来划分。有代表性的是王飞越(1990)提出的体系,如图1-3所示。

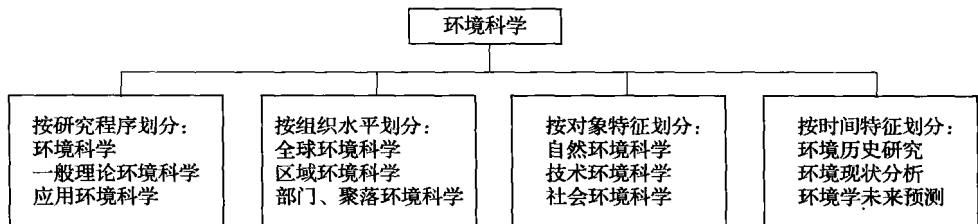


图 1-3 环境科学的多维体系

李春景、徐飞(2004)从现代科学学科发展的聚散共生规律出发,提出了环境科学的学科结构体系(图1-4)。



图 1-4 环境科学的科学体系

朱玉涛、马建华等(2006)在前人研究的基础上,提出了将环境科学划分为环境哲学、环境科学、环境技术科学以及环境工程科学的新构想,其体系如图1-5所示。

随着人类在控制环境污染方面所取得的进展,环境科学这一新兴学科也日趋成熟,并正在形成自己的基础理论和研究方法。

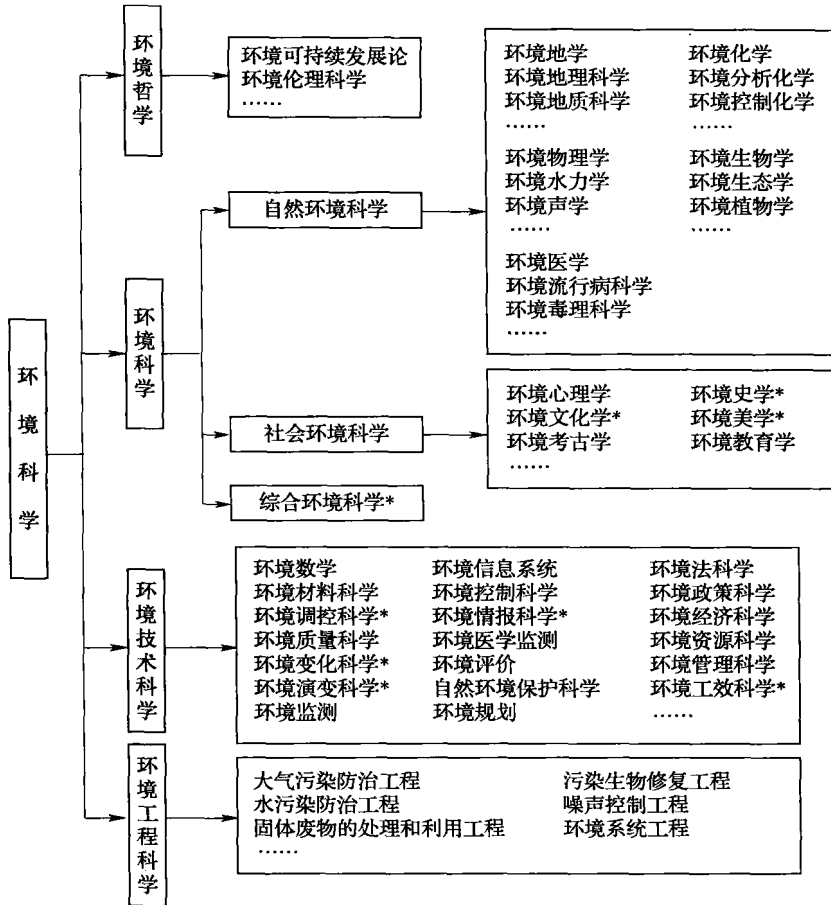


图 1-5 环境科学的科学体系

(带 * 号为当前尚未完全建立的分支学科)

在《国家科技支撑计划“十一五”发展纲要》中，针对“十一五”国民经济和社会发展中急需科技提供支撑的紧迫性问题，国家重点支持 11 个领域，环境位于能源、资源之后排列第三。“纲要”明确指出，环境科学今后主要研究方向为：以资源循环与再生利用为突破口，强化废弃物资源化、清洁生产和发展循环经济共性技术的研发，提升环保产业技术水平，促进循环经济的发展；紧密结合国家重大生态治理工程，进一步加强生态保护与治理的技术研发与示范，通过集成创新形成适用于不同区域和生态类型的综合治理技术与模式；以提高预测预报水平和应急响应能力为目标，通过监测、预测预报和应急管理关键技术的突破，有效地为我国防灾减灾提供技术支撑；加强对全球环境问题的科学研究，提升我国应对全球环境变化的科技支撑能力。

(三) 环境工程学的概念与发展

尽管“工程”一词出现由来已久，但“工程”的定义至今未有定论，尤其是在“工程哲学”领域关于“工程”的定义一直是非常热门的话题。我们姑且将工程的概念按广义和狭义来划分。广义的工程是把人类的一切活动都看作是工程，包括社会生活的许多领域，如：211 工程、安居工程、希望工程等。狭义的工程是将自然科学的理论应用到具体

工农业生产部门中形成的各学科的总称。如化学工程、食品工程、土木建筑工程、遗传工程等——亦称“工程学”。

在“工程哲学”领域，对科学、技术、工程三者关系的讨论也一直没有停止。我国“工程哲学”的创导者李伯聪先生认为，科学是以发现为核心的人类活动；技术是以发明为核心的人类活动；工程是以建造为核心的人类活动。这里说的技术，可以是理论形态的，也可以是实物形态的。当从理论形态向实物形态转化时，这就属于工程的范畴。对科学和技术来说，工程发挥着“集成”的作用。

环境工程学是环境科学的一个分支。它主要研究运用工程技术和有关学科的原理和方法，保护和合理利用自然资源，防治环境污染，以改善环境质量的学科。

迄今为止，人们对环境工程学这门学科还存在着不同的认识。有人认为，环境工程学是研究环境污染防治技术的原理和方法的学科，主要是研究对废气、废水、固体废物、噪声，以及对造成污染的放射性物质、热、电磁波等的防治技术；有人则认为环境工程学除研究污染防治技术外还应包括环境系统工程、环境影响评价、环境工程经济和环境监测技术等方面的研究。

尽管对环境工程学的内涵有不同的看法，但是从环境工程学发展的现状来看，其基本内容主要有大气污染防治工程、水污染防治工程、固体废物的处理和利用、环境污染综合防治、环境系统工程等几个方面。它不仅研究防治环境污染和公害的措施，而且研究自然资源的保护和合理利用，探讨废物资源化技术、改革生产工艺、发展少害或无害的闭路生产系统，以及按区域环境进行运筹学管理，以获得较大的环境效果和经济效益，这些都成为环境工程学的重要发展方向。

环境工程学体系之复杂和庞大，只要分析它的研究内容和所服务的国民经济部门就可见一斑。环境工程学涉及的内容主要有以下一些方面：

(1) 水污染防治 包括地表水源污染控制、地下水污染控制、河流污染控制与生态修复、湖泊污染控制与生态恢复、工业废水处理与资源化共性技术、化工废水处理与资源化、制药废水处理与资源化、造纸废水处理与资源化、食品废水处理与资源化、纺织印染废水处理与资源化、电子电镀废水处理与资源化、制革废水处理与资源化、城市污水处理与资源化、村镇污水处理与资源化、污水膜处理技术。

(2) 大气污染防治 包括大气污染诊断和调控、清洁能源利用、室内污染控制、烟气除尘、烟气脱硫脱硝、机动车污染控制、挥发性有机污染物控制。

(3) 土壤污染防治与农村环境综合整治 包括工业污染场地治理与修复、矿山开发污染场地治理与修复、垃圾堆放场治理与修复、农村废弃物处理与综合利用、畜禽养殖污染防治、农业面源污染控制。

(4) 固体废物污染防治 包括矿山固体废物处理与处置、生活垃圾处理处置与资源化、污泥处理处置和资源化、危险废物处理处置与资源化。

(5) 生态保护与生态建设 包括生态监测与生态评价、生态保护与生态修复、生物多样性保护与利用。

(6) 基于循环经济的污染综合防治与清洁生产 包括电子电器废物处理处置与资源化、废旧汽车综合利用与处置、废橡胶资源化、废塑料再生利用、有色金属行业清洁生产、化工行业清洁生产、建材行业清洁生产、钢铁行业清洁生产、煤炭行业清洁生产。

(7) 环境监测与预警 包括环境污染监测监控设备、工业污染治理过程监控与预警、

环境污染事故应急。

(8) 放射性废物污染防治 包括放射性废物管理与处置、放射性废液处理、放射性废物焚烧、核设施退役与去污、放射性污染场址整治。

(9) 其他环境工程技术 包括城市/工业噪声与振动污染控制、电磁辐射污染控制。

有学者认为,环境工程还应包括更多的内容。

另外,从环境工程学所服务的国民经济部门来看,根据《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2002),我国国民经济部门共有 20 个门类、95 个大类、396 个中类和 913 个小类。几乎每个门类都有可能对环境直接造成污染,也就是说环境工程学要面向几乎所有的经济部门。

通过以上分析不难看到,一方面环境工程学内容浩瀚如海,堪比百科全书;另一方面任何一部环境工程学不可能也没有必要涵盖和应对人类面临的所有环境问题。对于绝大部分非环境专业的大学本科学学生和工程技术人员,如果有一部针对该专业或行业的环境工程学教材或专著,就可以减少他们在环境工程学的大海中“打捞”知识之苦。

二、创立食品环境工程学的必要性

食品工业是我国国民经济的重要产业,在经济社会发展中具有举足轻重的地位和作用。同时食品工业也是环境污染的重灾户,开设食品环境工程学是一项有益的尝试,其必要性体现在以下几方面。

(一) 食品环境工程学的创立符合学科发展的聚散共生规律

从科学发展史上看,学科的不断分化和不断综合,是两种经常起作用的基本趋势,整个现代科学就是沿着“综合—分化—再综合”的轨迹向前发展的。聚散共生已成为现代科学发展的重要规律。聚散共生观点认为,在某种意义上,散是聚的前提条件,聚是散的必然结果,它们之间的矛盾运动,构成了科学进步的一种新的内在动力。如今,现代科学的学科发展正处于高度发散与高度聚合相伴共生的特殊时期,跨学科研究则是学科聚合的具体体现。一般情况下,科学研究的跨学科性主要体现在两个方面:一是由于研究对象具有高度复杂性和综合性,任何单学科都难以完成研究任务,而必须依靠多学科的交汇、融合才能揭示复杂现象的本质;二是研究主体运用的研究方法具有高度的集成性和相互借鉴渗透的重要特征。历史证明,新的重大科学突破和学科生长点,往往发生在不同学科的交会点上。环境科学及其分支学科群体的出现,就是聚散共生关系作用于现代科学发展的一个典型。刘仲林先生在他的《中国交叉科学(第1卷)》中对学科发展的规律有精辟的论述,可供借鉴。

食品环境工程学由食品工程、食品科学、环境工程、环境科学、化学工程、生物技术、社会科学和软科学各领域的专家学者,分别从自己的学科知识背景出发,运用不同学科的原理和方法来研究和解决食品生产造成的环境问题,充分表现出现代科学发展的分化性特征。同时,由于不同学科理论和方法陆续向食品环境工程移植,使食品环境工程一开始就具备了跨学科的特征,这为以后的学科综合也奠定了基础。在学科充分分化的基础上,将来各分支学科的重新聚集也势在必行。

环境科学经过几十年快速发展,已形成由多学科到跨学科的学科群体组成的非常庞大的学科体系。从分化的角度来看,对包括食品环境工程在内的环境问题各个侧面和各个层次的深入分析,将形成新的环境分支学科,加强研究环境问题的多学科基础;另一方面,