

建立生物系统工程学科的探索

应义斌, 赵文波, 何 勇, 苗香雯, 王 俊, 汪懋华

(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 杭州 310029)

摘 要: 系统论述了国际农业工程学科向农业与生物系统工程学科方向拓展的趋势和在农业工程一级学科下设立生物系统工程二级学科的必要性, 描述了生物系统工程学科的定义、主要研究内容、人才培养目标和预期就业前景。认为设立生物系统工程二级学科是社会经济发展的客观要求, 也符合国际农业工程学科发展的主流方向和前沿方向, 将有利于拓宽农业工程学科的发展空间, 加强工程技术和生命科学知识的交叉渗透, 促进中国农业工程学科向农业与生物系统工程学科的转变。

关键词: 农业工程; 生物系统工程; 定义; 培养目标

中图分类号: S2; G64

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)03-0023-04

1 引 言

农业工程是农业现代化最关键的科学技术领域。我国的农业工程学科是工学门类下的一个一级学科, 目前下设有农业机械化工程、农业水土工程、农业生物环境与能源工程、农业电气化与自动化等 4 个二级学科。但是, 随着社会经济的发展及科学技术的进步, 农业工程学科的地位、范围和服务对象已经发生了很大的变化, 现代农业工程学科的服务领域不仅包括传统的农业生产工程领域, 还包括或交叉了生命科学产业的所有分支, 成为支持国家可持续和跨越式发展的支柱工程技术领域。原有的 4 个二级学科已经不能完全覆盖现代农业工程学科的范围, 在某种程度上也无法反映农业工程学科发展的前沿方向, 已经不能满足新时期农业工程高级专门人才的培养需要。因此, 经教育部批准于 2002 年在全国率先设立生物系统工程本科新专业的专业基础上, 浙江大学根据国务院学位委员会和教育部新下达的“关于做好博士学位授权一级学科范围内自主设置学科、专业工作的几点意见”^[1]和“2002 国际农业与生物系统工程科技与教育发展战略高层论坛”会议^[2]精神, 在继续加强建设现有的农业机械化工程、农业生物环境与能源工程、农业电气化与自动化和农业水土工程等 4 个二级学科的前提下, 进行了在现有的农业工程一级学科博士点下设立生物系统工程二级学科的探索。

2 设立生物系统工程二级学科的背景

2.1 农业工程学科的研究领域迅速拓宽, 与生物学科的结合更加紧密

世界农业工程科学技术的发展, 初期主要是将比较成熟的工业技术、机电设备和其它工程措施应用于农业^[3]。当时, 农业机械、装备与设施的研制, 基本上是在建立在经验设计的基础之上。20 世纪中叶以后, 农业工程

作为一门科学, 无论其理论基础和工作内容, 还是研究方法与技术体系都更为成熟, 并开始形成了某些独具特色的基础理论体系和研究方法^[4]。它除了综合应用一般工程科学原理和技术外, 还广泛应用生物、农业科学和经济、管理科学的理论及技术, 如生物体生长、繁育与其外部环境相互作用关系的规律、经济管理和农业系统分析的理论与方法等, 逐步形成了工程、生物、农业和经济管理科学与技术交叉融合的学科特征。最近 40 年来, 世界农业及食物系统的发展, 取得了重大成就, 农业内部结构和外部环境都已发生了重大变化。如设施农业的兴起, 为工厂化农业的发展提供了技术保障; 又如, 以全球定位系统(GPS)、遥感系统(RS)及地理信息系统(GIS)(俗称“3S”技术)为核心的“精确农业”技术为传统粗放农业向现代精确农业的转变以及最终实现信息化农业提供了强大的技术支撑。农业工程科学技术的发展步入了一个新阶段, 在农业设施和装备的生产制造和产品技术性能上, 机电一体化、自动检测和控制以及新材料的发明与使用日渐普遍; 在农业生产的现代化程度和组织管理方面, 农业机械化、自动化和精细化的水平不断提高, 适用于不同生产需要的生物生产用机器人和生物生产自动管理信息系统与决策支持系统和遥感遥测技术等高新技术越来越多地融入农业工程科学技术体系, 使其学科基础更为广泛与深厚, 技术与产品的服务对象不断扩大, 在经济发展与社会进步中的作用也日益提高。特别是从 20 世纪 90 年代以来, 世界农业科学技术与生产力迅速发展, 人类社会经济向着可持续发展方向转化, 资源、环境、生态问题日益受到重视, 因而在发达国家迅速拓宽了农业工程学科研究领域, 集成多种现代工程技术手段与研究设计方法, 研究农业生产、资源、环境、农产品加工增值的科学技术及其过程机理和新工艺、新技术应用问题, 农业工程科学技术更加注重与生物科学技术的结合。

2.2 社会经济发展形成了对生物系统高级专门人才的客观需求

近 40 年来, 生命科学的发展极为迅速, 而且生命科学与工程技术的结合已经越来越密切, 人们利用工程技术不仅可以对生物生产进行数量预测, 而且可以对其生

收稿日期: 2003-02-14

作者简介: 应义斌(1964-), 男, 教授, 博士生导师, 常务副院长, 杭州市浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 310029。Email: ybying@zju.edu.cn。电话: 0571-86971140



长过程进行控制。同时,以生物学为基础的生物生产及其产品加工的工程问题也接踵而来。有学者认为:生命科学已经进入了工程化的发展阶段。因此,既具有生物科学知识背景又具有工程技术背景的生物系统工程专业的高级人才的培养也就应运而生。

2.3 生物系统工程学科是国内外农业工程学科发展的前沿方向

农业工程的定义是一个动态的概念,它是随着社会经济的发展及科学技术的进步而不断充实发展的^[5~7]。20 世纪初,美国学者首先提出了“农业工程”这一概念。1907 年,美国农业工程师学会在威斯康星州成立,美国先后有 50 多所大学相继设立了农业工程类院系,并且培养研究生。1963 年美国农业工程师学会对农业工程学科下的定义是:一门应用物理科学与生物科学来研究农业生产的特殊的工程科学。随着科学技术和社会经济的发展,农业工程学科的内涵也发生了很大的变化,农业工程技术科学也从 20 世纪初的简单的工程技术在农业上的应用,发展到今天的工程技术科学与生物科学的密切结合,从原来的单学科的分科研究到今天的多学科综合研究。为适应这一发展趋势,在 1993 年美国农业工程师学会对农业工程学科的定义也进行了调整,重新定义为:农业工程学科是研究食物、饲料、纤维和其它可再生的、自然的生物资源,及与它们相关的产品的保护、生产、加工、运输、包装和贮藏的工程技术学科。学科内涵的变化也促进了农业工程教育的改革,美国康奈尔大学的 Norman R. Scott 教授^[8]曾指出:“在生物技术、材料科学、计算机技术和环境科学日益发展的影响之下,工程师特别是农业工程师应该重新定向,以便应对这些领域进展后所提出的挑战和机会”。自 20 世纪 90 年代以来,在美国和加拿大的许多大学,如: Auburn University, McGill University, Michigan State University, Virginia Tech., University of Nebraska-Lincoln, University of Wisconsin-Madison, University of Manitoba, Clemson University, University of Tennessee, Oklahoma State University, University of Minnesota, University of Arizona, University of Hawaii, Washington State University, University of Kentucky, South Dakota State University, North Carolina A & T State University, Iowa State University, Dalhousie University, North Dakota State University, Iowa State University, 等等,先后将农业工程系改名为生物系统工程系或农业与生物系统工程系,或在原来的系中设立生物系统工程学科(Biosystems Engineering Program),培养博士生、硕士生和本科生。同时,美国和加拿大等发达国家的相关学术机构也纷纷改名,将生物系统工程学科名称体现到了学会的名称中,如 1907 年成立的美国农业工程学会已于 1995 年更名为美国农业、食品和生物系统工程学会(The American Society of Engineering for Agriculture, Food, and Biosystems)。2000 年,加拿大“农业工程学会”也改称为“农业、食品与生物系统工程学会(The Canadian Society of Engi-

neering for Agriculture, Food, and Biosystems)”。

国际农业工程学科这一发展趋势也得到了中国农业工程界的充分关注。如:从 1994 年开始,中国农业工程界每两年举行一次的全国农业工程及相关学科教学改革研讨会,在 2002 年第五届会议时即将名称调整为“2002 农业与生物系统工程科技与教育发展战略论坛”。而且,在 2002 年 12 月召开的“2002 国际农业与生物系统工程科技与教育发展战略高层论坛”会上,与会代表们对现有农业工程一级学科的名称进行了讨论。一些代表建议:根据国际农业工程学科发展的主流趋势和我国实际情况,在下一轮学科专业目录调整研究中,可以把“农业工程”一级学科更名为“农业与生物系统工程”学科^[2]。

3 建立生物系统工程学科的探索

3.1 生物系统工程学科的定义

生物系统工程学科(Biosystems Engineering means Engineering for Biosystems)是综合运用工程技术、生物科学和信息技术,以生物生产以及相关的环境、装备和工程设施为研究对象,为生物的生产、加工与资源的合理利用服务的工程技术学科。生物系统工程学科并不研究生物学本身的发展规律,也不是生物学知识在某一特定领域的应用,而是通过了解生物学的知识和发展规律,应用工程技术、信息技术和管理技术,为生物生长创造最适宜的生长环境,提高生物的生产效率,并使资源得到最合理的利用。本学科是对原农业工程学科的进一步拓宽和延伸,除为农业服务外,还将为生物资源的合理利用、生物制品的加工和建立能提高人们生活质量的生物系统提供先进的工程技术手段和装备。由以上生物系统工程学科的定义与服务目标可以看出,生物系统工程学科的内涵是明确的,与生物工程或生物技术等学科截然不同。而且,本学科的设立能促进工程技术与生物技术的进一步交叉,为生物类学科的发展提供工程技术手段和设施。

3.2 生物系统工程学科的主要研究内容

1) 获取生物(动物、植物和微生物)的生长信息,研究生物对各种环境激励的响应及各种环境因素与生物繁育和生长的相互作用关系的规律,为生物的繁育和生长提供合适的环境条件、装备(机械化装备和自动化装备)和工程设施,改善生物生产手段和生物生长环境,控制生物的生长过程和质量;

2) 为生物物料的处理和加工利用提供工程技术和装备;

3) 设计提高人们生活质量的生物系统;

4) 为生物资源的合理利用提供先进的工程技术手段和装备。

3.3 生物系统工程学科的人才培养目标

今后 10 年,生物技术发展的结果将是各种工程师与生物科学家互相合作来完成同一项研究项目,如:需要由生物学家与传统的专业工程师(如机械工程师、电气工程师、化学工程师及土木工程师等)共同参与来研

究动物废弃物问题^[9], 这就需要能解决生物学与工程相关联问题的特殊工程师, 他们既懂生物学家的语言又懂工程师的语言, 能与这两方面的人交往, 并熟悉两方面解决问题的方式。这种复合型人才就是生物系统工程学科所要培养的高级专门人才——生物系统工程师。生物系统工程师是以生物学为基础的独特的工程师, 除了象一般工程师一样, 把数、理、化作为基础以外, 他们还应对生物学的潜在应用有全方位的了解, 是一个既具备高等工程学科的良好基础, 又具备生物学的良好基础的复合型人才。他们能够将先进的工程原理与设计应用于生物系统中, 解决与生物生产和加工相关的工程问题, 改善生物生产手段和生长环境, 控制生物生长过程和生物物料的加工过程, 设计提高人们生活质量的生物系统, 为生物资源的合理利用提供先进的工程技术手段和装备。由于所培养的生物系统工程师知识交叉, 基础宽厚, 既具有生物科学知识背景又具有工程技术背景, 懂得生物学家和专业工程师双方的语言, 所以具备与生物学家和其他专业工程师(如土木、化学、机械和电气等)一道工作的能力, 是专业工程师和生物学家沟通的桥梁, 有能力承担跨学科、跨专业的重大交叉项目或工程, 成为组织和协调生物学家与专业工程师共同工作的组织者和领导者。

3.4 生物系统工程师的就业前景预期

生物系统工程师的培养从教授数、理、化、生物学等基础科学开始, 再培养工程分析与综合的方法论, 最后引导到专业应用, 培养其分析与设计能力。通过这样的培养使得生物系统工程师不仅具有生物学家所需要的描述和联想的能力, 又具备工程师所需要的计算和构思的能力, 而且了解工程手段对植物、动物、人类和环境的潜在影响。生物系统工程师在专业上所具备的这种柔性适应能力将会使雇主感受到他们的实力所在, 使他们在就业竞争中处于独一无二的有利地位, 其就业领域也将非常广阔。Auther T. Johnson^[10-12]指出, 生物系统工程师可以在以下众多领域寻找就业机会, 如: 农业工程(Agricultural Engineering)、动物系统工程(Animal Systems Engineering)、水产工程(Aquaculture Engineering)、生物加工工程(Bioprocess Engineering)、生态系统工程(Ecological Systems Engineering)、食品工程(Food Engineering)、园艺工程(Horticultural Engineering)、人类工程(Human Engineering)、医学工程(Medical Engineering)、微生物系统工程(Microbial Systems Engineering)、水资源和环境工程(Water Resources and Environmental Engineering)、残疾人康复工程(Rehabilitation Engineering)等等。随着生命科学的发展, 人们对生物系统的了解进一步深入, 操纵和控制生物系统的能力进一步加强, 生物系统工程师的就业前景将会更加美好。

3.5 浙江大学生物系统工程学科的主要研究方向

1) 生物产业机电工程方向: 本方向主要从事将机械、信息、电子、化工等有关的基本工程知识与生物技术加以融合, 并应用于生物产业的研究, 其研究成果将成

为现代生物产业走向自动化, 提升生物产业竞争力的重要动力。生物产业涵盖生物的生产、处理和加工等产业, 包括农、林、渔、牧、食品、医疗保健、生化制药、环境保护、生物材料等。生物产业机电工程方向的发展目标就是以机电工程为本, 促进生物产业的自动化与现代化为主轴, 同时将扮演工程技术和生物技术整合的重要角色。

2) 生物系统信息采集与管理方向: 本研究方向主要应用地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)和遥感技术(RS), 研究生物系统信息(包括植物和土壤及环境信息)的快速智能化检测和获取技术及相应的装备。实现GPS、GIS和ES的一体化, 将GPS获得的位置信息和各种检测仪测得的土壤和作物特征信息直接与GIS实现无缝联结, 开发智能化生物系统信息快速采集系统、作物生长模拟专家系统和生物系统决策支持系统。

3) 生物环境工程与调控技术方向: 研究生物系统中物种共生原理和生物生长、繁育与环境相互作用及其质能传递机理, 在有边界的环境内通过工程手段检测、控制温度、光照、湿度、CO₂浓度、营养成分等环境因子, 创造作物生长、繁育的最佳环境条件, 深入进行各种环境条件下营养元素和能量在水土、空气和植物间的传输、转化、吸收、固定; 有害物质的残留和积累及其控制等研究, 为生物的繁育和生长提供合适的环境条件和工程设施。

4) 生物物料特性与生物材料方向: 研究从生物物料中提取生物聚合物(包括淀粉、蛋白质、脂肪、油料、天然纤维、纤维素和半纤维素, 以及多糖等其他物质)的原理、工艺、方法, 以及低成本生物聚合物在工业上的应用; 研究农业物料的物理机械性质、质热性质、电磁及辐射性质、光学特性、声学特性等等, 为正确地进行工艺和工程措施选择及设备、农业检测控制仪表设计提供理论基础。

4 结 语

自20世纪80年代以来, 随着生物技术、信息技术、新能源和新材料科学技术的迅猛发展, 国际农业工程学科研究领域正在进行或已经基本实现了向农业与生物系统工程方向发展的转变。在农业工程一级学科下设立生物系统工程二级学科将有利于拓宽农业工程学科的发展空间, 加强工程技术和生物科学知识的交叉渗透, 促进电子、信息、材料、环境科学的新成就与生命科学知识的进一步紧密结合, 促进我国农业工程学科向农业与生物系统工程学科的转变, 对于我国农业工程界跟踪和赶上国际农业工程科学技术的主流方向和前沿领域具有重要的意义。生物系统工程二级学科培养的既具有生物科学知识背景, 又具有工程技术背景的高级生物系统工程专门人才, 将在推进农业工业化与利用现代工程科学技术与信息技术改造、提升农业和农村传统产业技术中做出更大的贡献。因此, 设立生物系统工程二级学科是社会经济发展的客观要求, 也符合国际农业工程学科

发展的主流方向和前沿方向。

[参 考 文 献]

- [1] 国务院学位委员会和教育部 关于做好博士学位授权一级学科范围内自主设置学科、专业工作的几点意见, 学位[2002]47 号, 2002, 北京
- [2] 全国高等院校农业工程及相关学科校长联谊会, 海外华人农业、生物与食品工程师协会, 国务院学位委员会农业工程学科评议组, 浙江大学生物系统工程与食品科学学院 “2002 国际农业与生物系统工程科技与教育发展战略高层论坛”会议纪要 农业工程学报, 2003, 19(1): 154, 171.
- [3] 陶鼎来 论农业的工程建设(第 1 版) [M] 北京: 中国农业出版社, 1997, 148~ 165
- [4] 朱永达 中国农业的工程化与农业工程教育[J] 农业工程学报, 1996, 12(4): 1~ 5
- [5] 金娟琴, 赵文波 我国农业工程教育面临的问题与对策[J] 高等农业教育, 2001, (6): 42~ 45
- [6] 蒋亦元 面向 21 世纪的美国农业高等教育[J] 农业工程学报, 1997, 13(2): 12~ 17.
- [7] 赵文波, 应义斌 综合性大学农业工程学科发展的机遇与挑战[J] 农业工程学报, 2003, 19(1): 11~ 15
- [8] Norman R Scott Engineering for the world's agricultural, food and environmental needs for the next century [A] Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering Education and Rural Development[C] Beijing Agricultural Engineering University. October 12 ~ 14 Beijing, China 1992, 1, 1~ 7.
- [9] Gary W Krutz, John K Schueller Advanced engineering: future direction for the agricultural and biological engineering profession[J] Journal of Agricultural Engineering Research, 2000, 76: 251~ 265
- [10] Schreuders P D, Johnson A T. A systems approach of bioengineering[J] International Journal of Engineering Education, 1999, 15(4): 243~ 248
- [11] Arthur T Johnson Philosophical foundations of biological engineering[J] International Journal of Engineering Education, 1995, 11(3): 311~ 318
- [12] Arthur T Johnson, Gerald E Rehkugler Career opportunities in biological engineering[J] Careers and the Engineer, 1990, (1): 30~ 35

Establishment of biosystems engineering program

Ying Yibin, Zhao Wenbo, He Yong, Miao Xiangwen, Wang Jun, Wang Maohua

(College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract With the development of society, economy, science and technology, there is a great demand for the advanced talents majored in biosystems engineering, who have both the life science background and the engineering technology background. The international tendency that the agricultural engineering discipline was extended to agricultural and biosystems engineering discipline, and the necessity to constitute the biosystems engineering program under agricultural engineering discipline were discussed. The definition, focusing research areas, training objectives, and employment prospect were formulated. It was concluded that the establishment of biosystems engineering program was the objective demand of the development of society, economy, science and technology, was in accordance with international mainstream and forefront development tendency of agricultural engineering discipline, would be favorable to expanding the agricultural engineering discipline, enhancing the crossing and infiltrating between engineering technology and life science, boosting the converting of agricultural engineering discipline to agricultural and biosystems engineering discipline in our country, and helping the agricultural engineers in our country to follow and catch up with the development of international agricultural engineering technology.

Key words: agricultural engineering; biosystems engineering; definition; training objective; employment prospect