

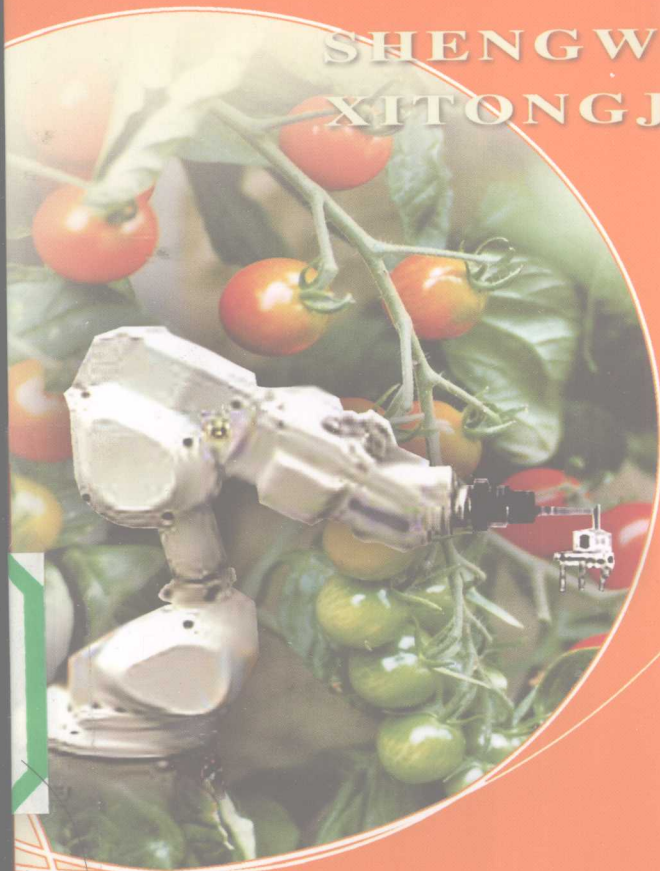


北京市高等教育精品教材立项项目

生物生产系统 机器人

● 徐丽明 主编

SHENGWUSHENGCHAN
XITONGJIQIREN



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

北京市高等教育精品教材立项项目

生物生产系统机器人

徐丽明 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物生产系统机器人/徐丽明主编. —北京:中国农业大学出版社,2009.3
ISBN 978-7-81117-684-1

I. 生… II. 徐… III. 机器人-应用-农业生产 IV. S24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 021163 号

书 名 生物生产系统机器人

作 者 徐丽明 主编

策划编辑 张秀环

责任编辑 张苏明 洪重光

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤 陈 莹

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 12.5 印张 227 千字

印 数 1~1 500

定 价 25.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 徐丽明

编 委 (按姓氏笔画排序)

王红英(中国农业大学)

李汝莘(山东农业大学)

张东兴(中国农业大学)

张铁中(中国农业大学)

张晋国(河北农业大学)

廖庆喜(华中农业大学)

内 容 摘 要

本书是北京市高等教育精品教材立项项目。本书介绍了机器人的发展和生物生产系统的特点等,着重介绍了生物生产系统机器人的基本结构(机械手、末端执行器、传感器、机器视觉、移动机构和执行机构)以及各类生物生产系统机器人,包括设施农业生产机器人(蔬菜嫁接机器人、菊花插枝剪切机器人、番茄收获机器人、黄瓜形状判别和收获机器人、茄子收获机器人、草莓收获和拣选机器人以及植物工厂中蔬菜生产机器人)、大田生物生产机器人(收获机器人,如葡萄、柑橘、苹果、西瓜和甘蓝收获机器人、林业机器人、多功能机器人、植物保护机器人)、植物生物技术机器人、农产品加工机器人(肉类加工机器人、挤奶机器人和剪羊毛机器人)等,最后介绍了未来的生物生产系统和对机器人的需求。

本书较全面地介绍了生物生产系统机器人,可用作机电一体化、农业机械化及其自动化、机械制造及其自动化等专业的本科生和研究生教材,也适合从事生物生产系统机器人技术研究工作的科技人员和工程技术人员使用。

前 言

科学技术的新发展促成了现代化的农业生产模式,即形成一个以作物栽培为基础,以生物技术为先导,集机械化作业、自动化栽培设施、人工可控制环境等尖端技术为一体的新型农业。

机器人技术已经在工业领域取得了巨大的成就,带动了一大批新技术的革新。而生物生产系统是将原来的农业系统含义扩充到更加宽广的领域中,内容涉及到微生物、动植物生物技术及海洋生物等。在这一领域中,对象物都是有生命的,肌体柔软、易伤、易变形,易变质,受生长环境变化的影响大。正是由于这一点,机器人在 20 世纪 80 年代才开始涉足这个领域并且取得了一些成果,但由于自然环境的变化无常以及其他原因,机器人的实际使用还存在一定的困难。

目前,有关工业机器人的书很多,但有关生物生产机器人的书很少。本书在阐述生物生产系统的特点、机器人的基本结构和组成等内容的基础上,根据机器人的作业环境,从设施农业、大田生产、生物技术、农产品加工等方面详尽地阐述机器人的应用成果。本书力求展现各国最新的研究成果,使学生把握生物生产系统中的高新技术,开阔视野,拓宽思路,并激发他们研究生物生产机器人的兴趣。

本书是北京市高等教育精品教材立项项目,共分 7 章,第一章主要介绍机器人的定义和分类、生物生产系统的基本概念、生物生产机器人的特点和工作对象;第二章主要介绍生物生产机器人的基本组成:机械手、末端执行器、传感器和机器视觉、移动机构和执行机构;第三章主要介绍设施农业生产机器人:蔬菜嫁接机器人、菊花插枝剪切机器人、番茄收获机器人、黄瓜收获机器人、茄子收获机器人、草莓收获和拣选机器人以及植物工厂中的蔬菜生产机器人;第四章主要介绍大田生物生产机器人:葡萄收获机器人、柑橘类收获机器人、苹果收获机器人、西瓜收获机器人、甘蓝收获机器人、林业机器人、葡萄和蔬菜多功能机器人、植物保护机器人;第五章主要介绍植物生物技术机器人:组织培养苗的繁殖技术、组织培养中的继植机器人、幼植物分割和移植机器人;第六章主要介绍农产品加工机器人:羊和肉鸡加工机器人、挤奶机器人和剪羊毛机器人;第七章主要介绍未来的生物生产系统和机器人。

本书可以作为有关专业的大学本科和研究生的教材,也可以作为从事生物生产机器人研究的工作人员的参考书。

为了使本书具有一定的完整性和系统性,在编写过程中借鉴了《Robotics for Bioproduction System》、《生物にやさしい知能ロボット工学》、《生物农业智能机器人》等书以及其他文献资料中的成果,在此真心感谢各位学者。作者力求使书的内容跟踪世界技术前沿,但由于作者水平和时间有限,加之生物生产系统内容广泛,书中的疏漏和错误在所难免,恳请各位专家和广大读者批评指正。

徐丽明

2008 年 10 月

目 录

第一章 生物生产系统和机器人

第一节 机器人的定义、分类及发展	(1)
一、机器人的定义	(1)
二、机器人的分类	(2)
三、历史上的机器人	(2)
四、现代机器人的发展和应用	(3)
第二节 生物生产系统的基本概念	(4)
第三节 生物生产机器人的特点和工作对象	(6)
一、生物生产机器人的必要性	(7)
二、生物生产机器人的特点	(7)
三、生物生产机器人的工作对象	(8)
第四节 生物生产机器人的发展	(10)
思考题	(12)

第二章 生物生产机器人的基本组成

第一节 生物生产机器人的机械手	(13)
一、机械手的机构	(13)
二、机械手机构的评价	(18)
三、生物生产系统机械手	(22)
第二节 末端执行器	(28)
一、末端执行器的机构	(28)
二、末端执行器的传感器	(31)
第三节 传感器和机器视觉	(32)
一、传感器	(32)
二、机器视觉	(50)
第四节 移动机构	(54)
一、轮式移动机构	(54)

二、履带式移动机构	(56)
三、轨道式移动机构	(57)
四、龙门式移动机构	(58)
五、腿式移动机构	(59)
第五节 执行机构	(60)
一、电动执行机构	(61)
二、液压执行机构	(63)
三、气压执行机构	(63)
思考题	(66)

第三章 设施农业生产机器人

第一节 蔬菜嫁接机器人	(67)
一、新开发的嫁接方法	(68)
二、日本的蔬菜嫁接机器人	(72)
三、2SJZ-600 型蔬菜嫁接机器人	(75)
四、循环式瓜类嫁接机器人	(78)
五、嫁接后的缓苗装置	(78)
第二节 菊花插枝剪切机器人	(79)
一、菊花插枝准备系统	(79)
二、菊花插枝识别装置	(80)
三、菊花插枝去叶机构	(80)
四、菊花插枝移植机构	(81)
第三节 番茄收获机器人	(83)
一、栽培方式	(83)
二、龙门式五自由度番茄收获机器人	(83)
三、七自由度番茄收获机器人	(84)
四、高架栽培番茄采摘机械手	(86)
五、日本京都大学研制的番茄收获机器人	(89)
六、樱桃番茄收获机器人	(90)
第四节 黄瓜收获机器人和等级自动判别	(93)
一、栽培方式	(93)
二、倾斜格子架栽培黄瓜收获机器人	(93)
三、荷兰黄瓜收获机器人	(95)
四、日本东京大学研制的黄瓜收获机器人手爪	(97)

五、黄瓜的等级判别	(99)
第五节 茄子收获机器人	(100)
一、茄子的栽培方式和特性	(102)
二、机械手	(102)
三、图像处理系统	(102)
四、末端执行器	(103)
五、控制系统	(105)
六、果实收获过程	(107)
第六节 草莓收获和拣选机器人	(107)
一、栽培方式	(108)
二、露地生长草莓收获机器人	(109)
三、高架栽培草莓收获机器人	(109)
四、草莓拣选机器人	(111)
第七节 植物工厂中的蔬菜生产机器人	(114)
一、育苗机器人系统	(116)
二、移栽机器人	(118)
三、收获机器人装置	(119)
四、蔬菜根叶预处理机构	(119)
思考题	(120)

第四章 大田生物生产机器人

第一节 葡萄收获机器人	(121)
一、栽培方式	(121)
二、五自由度葡萄收获机器人	(122)
第二节 柑橘类收获机器人	(125)
一、栽培方式	(125)
二、京都大学的柑橘收获机器人	(125)
三、久保田的柑橘收获机器人	(126)
四、佛罗里达大学的甜橙收获机器人	(128)
第三节 苹果收获机器人	(129)
一、栽培方式	(129)
二、法国苹果收获机器人	(130)
三、韩国苹果收获机器人	(130)

第四节 西瓜收获机器人	(131)
一、栽培方式	(132)
二、机械手	(132)
三、末端执行器	(132)
四、视觉传感器	(133)
五、移动机构	(133)
第五节 甘蓝收获机器人	(133)
一、栽培方式	(133)
二、机械手	(133)
三、末端执行器	(134)
四、视觉系统	(134)
第六节 林业机器人	(135)
一、林木球果收获机器人	(135)
二、剪枝机器人	(138)
第七节 多功能机器人	(139)
一、葡萄多功能生产机器人	(139)
二、蔬菜多功能机器人	(142)
第八节 植物保护机器人	(144)
一、喷药机器人	(144)
二、施肥机器人	(145)
三、除草机器人	(147)
思考题	(150)

第五章 植物生物技术机器人

第一节 组织培养苗的繁殖技术	(151)
一、组织培养苗的繁殖方法	(151)
二、茎顶培养中的增殖作业自动化	(152)
第二节 组织培养中的继植机器人	(154)
一、机械手	(154)
二、末端执行器	(155)
三、图像处理 and 机械手的控制	(156)
四、柔软细致手爪	(156)
五、移植作业	(157)

第三节 幼植物分割和移植机器人	(158)
一、图像检测	(158)
二、切割	(158)
三、移植	(159)
思考题	(159)

第六章 农产品加工机器人

第一节 肉类加工机器人	(160)
一、可水洗的羊体加工机器人	(160)
二、全自动肉鸡脱骨系统	(162)
第二节 挤奶机器人	(165)
一、牧场的布置	(166)
二、全自动挤奶机器人	(166)
三、挤奶专用牛栏	(168)
四、棚架饲养牧场的挤奶机器人	(168)
第三节 羊毛剪割机器人	(171)
一、剪割单元	(171)
二、图像信息的处理	(171)
三、羊体的固定	(171)
思考题	(172)

第七章 未来的生物生产系统和机器人

一、大田生产系统	(173)
二、设施农业生产系统	(174)
三、种苗生产系统	(174)
四、植物工厂生产系统	(179)
五、牧渔生产系统	(183)
参考文献	(185)

第一章 生物生产系统和机器人

机器人已经成为工业制造领域的重要生力军,机器人技术也逐渐渗透到生物生产系统中,本章首先介绍生物生产系统和机器人。

第一节 机器人的定义、分类及发展

机器人技术作为 20 世纪人类最伟大的发明之一,自 60 年代初问世以来,经历了近 50 年的发展已取得显著成果。工业机器人在经历了诞生—成长—成熟后,已成为制造业中不可或缺的核心装备和支柱。

一、机器人的定义

在科技界,科学家会给每一个科技术语一个明确的定义,但机器人问世已有几十年,它的定义仍然仁者见仁,智者见智,没有一个统一的意见。原因之一是机器人还在发展,新的机型、新的功能不断涌现,领域不断扩展。但根本原因主要是因为机器人涉及了人的概念,成为一个难以回答的哲学问题。就像机器人一词最早诞生于科幻小说之中一样,人们对机器人充满了幻想。也许正是由于机器人定义的模糊,才给了人们充分的想象和创造空间。

下面是关于机器人的定义:

1886 年法国作家利尔亚当在他的小说《未来的夏娃》中将外表像人的机器起名为“安德罗丁”(Android),它由 4 部分组成:①生命系统(平衡、步行、发声、身体摆动、感觉、表情、调节运动等);②造型材料(关节能自由运动的金属覆盖体,一种盔甲);③人造肌肉(在上述盔甲上有肉体、静脉、性别等身体的各种形态);④人造皮肤(含有肤色、肌理、轮廓、头发、视觉、牙齿、手爪等)。

1920 年捷克作家卡雷尔·卡佩克发表了科幻剧本《罗萨姆的万能机器人》。在剧本中,卡佩克把捷克语“Robota”(奴隶)写成了“Robot”。该剧预告了机器人的发展对人类社会的悲剧性影响,引起了广泛的关注,被当成了机器人一词的起源。

1967 年日本召开了第一届机器人学术会议,会议提出了两个有代表性的定义。一个是森政弘与合田周平提出的:“机器人是一种具有移动性、个体性、智能性、通用性、半机械半人性、自动性和奴隶性 7 个特征的柔性机器。”从这一定义出

发,森政弘又提出了用自动性、智能性、个体性、半机械半人性、作业性、通用性、信息性、柔性、有限性和移动性 10 个特性来表示机器人的形象。另一个是加藤一郎提出的,他认为满足如下 3 个条件的机器称为机器人:①具有脑、手、脚等三要素的个体;②具有非接触传感器(用眼、耳接受远方信息)和接触传感器;③具有平衡觉和固有觉的传感器。

二、机器人的分类

按照功能来分,机器人可以分为如下类型。

(1)操作型机器人:能自动控制,可重复编程,具有多种功能,有数个自由度,可固定或运动,用于相关自动化系统中。

(2)程控型机器人:可以按预先要求的顺序及条件,依次控制机器人的机械动作。

(3)示教再现型机器人:通过引导或其他方式,先教会机器人动作,输入工作程序,机器人则自动重复进行作业。

(4)数控型机器人:不必使机器人动作,通过数值、语言等对机器人进行示教,机器人根据示教的信息进行作业。

(5)感觉控制型机器人:利用传感器获取的信息控制机器人的动作。

(6)适应控制型机器人:机器人能适应环境的变化,控制其自身的行动。

(7)学习控制型机器人:机器人能“体会”工作的经验,具有一定的学习功能,并将所“学”到的经验用于工作中。

(8)智能机器人:以人工智能决定其行动的机器人。

机器人还可以按照应用环境分。我国的机器人专家从应用环境出发,将机器人分为两大类,即工业机器人和特种机器人。工业机器人就是面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人。特种机器人则是除工业机器人之外的、用于非制造业并服务于人类的各种先进机器人,包括服务机器人、水下机器人、娱乐机器人、军用机器人、农业机器人、机器人化机器等。在特种机器人中,有些分支发展很快,已独立成体系,如服务机器人、水下机器人、军用机器人、微操作机器人等。国际上的机器人学者从应用环境出发将机器人也分为两类:制造环境下的工业机器人和非制造环境下的服务与仿人型机器人。

三、历史上的机器人

(一)我国古代的机器人

我国早在西周时期,就有偃师研制出了能歌善舞的伶人,这是我国最早记载

的机器人。春秋后期著名的木匠鲁班,在机械方面也是一位发明家,他曾制造过一只木鸟,能在空中飞行“三日不下”。汉代大科学家张衡不仅发明了地动仪,而且发明了计里鼓车。计里鼓车每行一里,车上木人击鼓一下,每行十里击钟一下。后汉三国时期,蜀国丞相诸葛亮成功地创造出了“木牛流马”,用其运送军粮,很好地解决了人力的问题。

(二)国外历史上的机器人

公元前 2 世纪,亚历山大时代的古希腊人发明了最原始的机器人——自动机。它是以水、空气和蒸汽压力为动力的会动的雕像,可以自己开门,还可以借助蒸汽唱歌。1662 年,日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶,并在大阪的道顿堀演出。1738 年,法国天才技师杰克·戴·瓦克逊发明了一只机器鸭,它会嘎嘎叫,会游泳和喝水,还会进食和排泄。最杰出的瑞士钟表匠杰克·道罗斯和他的儿子利·路易·道罗斯在 1773 年连续推出了自动书写玩偶、自动演奏玩偶等,采用了齿轮和发条原理,有的玩偶会拿着画笔和颜料绘画,有的会拿着鹅毛蘸墨水写字,结构巧妙,服装华丽,在欧洲风靡一时。

19 世纪中叶自动玩偶分为 2 个流派,即科学幻想派和机械制作派,并各自在文学艺术和近代技术中找到了自己的位置。1831 年歌德发表了《浮士德》,塑造了人造人“荷蒙克鲁斯”;1870 年霍夫曼出版了以自动玩偶为主角的作品《葛蓓莉娅》;1883 年科洛迪的《木偶奇遇记》问世;1886 年《未来的夏娃》问世。

在机械实物制造方面,1893 年摩尔制造了“蒸汽人”,依靠蒸汽驱动双腿沿圆周走动。

进入 20 世纪后,机器人的研究与开发得到了更多人的关心与支持,一些适用化的机器人相继问世。1927 年美国西屋公司工程师温兹利制造了第一个机器人“电报箱”,并在纽约举行的世界博览会上展出,它是一个固定的电动机器人,装有无线电发报机,可以回答一些问题。1959 年第一台工业机器人(采用可编程控制器、圆柱坐标机械手)在美国诞生,开创了机器人发展的新纪元。

四、现代机器人的发展和应用

现代机器人的研究始于 20 世纪中期,其技术背景是计算机和自动化技术的发展以及原子能的开发利用。美国原子能委员会的阿尔贡研究所于 1947 年开发了遥控机械手,1948 年又开发了机械式的主从机械手。1954 年美国戴沃尔最早提出了工业机器人的概念,并申请了专利。1962 年美国 AMF 公司推出了“VER-STRAN”,UNIMATION 公司推出了“UNIMATE”,这些工业机器人的控制方式与数控机床大致相似,但外形特征迥异,主要由类似人的手和臂组成。1965 年,

MIT 的 Roberts 演示了第一个具有视觉传感器、能识别与定位简单积木的机器人系统。1967 年日本成立了人工手研究会(现改名为仿生机构研究会),同年召开了日本首届机器人学术会议。1970 年在美国召开了第一届国际工业机器人学术会议。1970 年以后,机器人的研究得到迅速广泛的普及。1973 年,辛辛那提·米拉克隆公司的理查德·豪恩制造了第一台由小型计算机控制的工业机器人,由液压驱动,能提升的有效负载质量达 45 kg。

现代机器人已经广泛应用于工业、军事、特种和生物生产系统等领域(图 1.1 至图 1.4)。

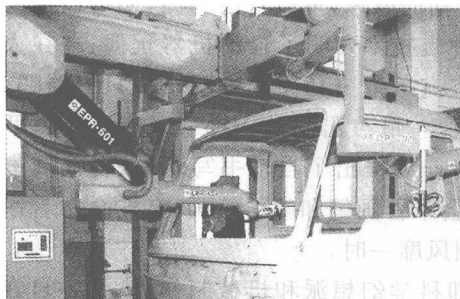


图 1.1 内喷涂机器人工作站

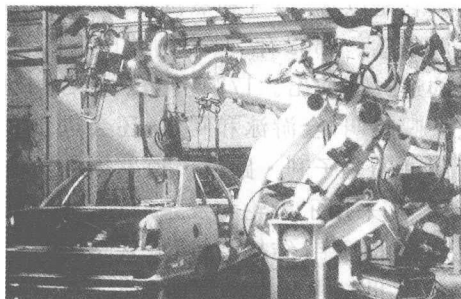


图 1.2 红旗轿车点焊工作站

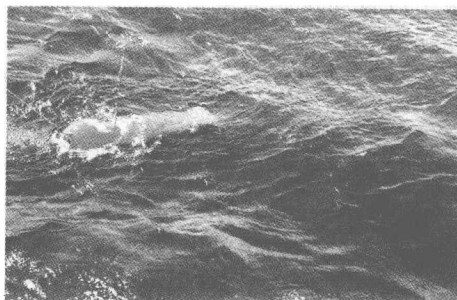


图 1.3 CR01 6 000 m 自治水下机器人

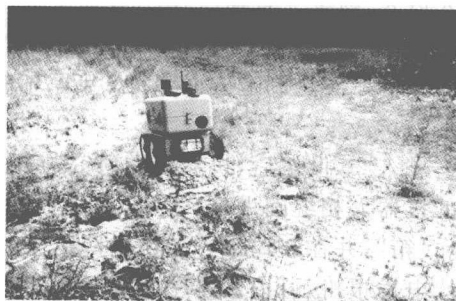


图 1.4 遥控机器人

第二节 生物生产系统的基本概念

生物(living thing)包括植物、动物(人类)和微生物。植物是动物(人类)和微生物生存的资源,动物(人类)又是微生物生存的资源,由微生物产生的无机物是植物的生存能源,由此形成了一个封闭的生态循环(图 1.5)。由动物、植物、微生物组成的生态循环可以向人类提供生物资源(bioresources),包括食物(food)、饲

料饵料(feed)、肥料(fertilizer)、纤维(fiber)、工业原料(feedstock)、燃料(fuel)、用于生产药品的精密化学物质(fine chemicals)等,称为 7F 资源形态(图 1.6)。

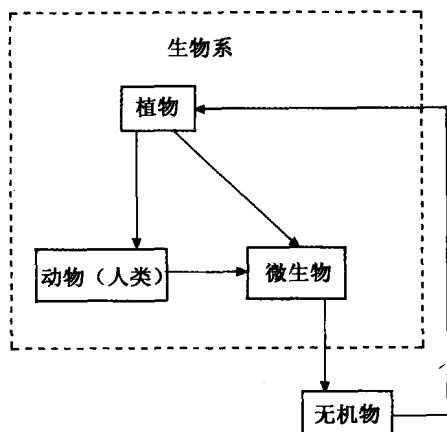


图 1.5 自然界生物系的物质流向图

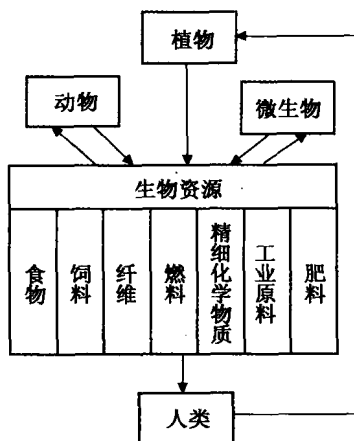


图 1.6 生物资源的利用

生物生产(bioproduction)是指利用生物所具有的各种机能作为生产媒体,制造出人类生存所必需的食物和其他原料而进行的人类活动。它包括植物生产(plant production,分为作物、果树、树木、海藻等)、动物生产(animal production,分为家畜、鱼类、野生或实验动物等)和微生物生产(microbiological production),及其之间的相互转换过程(表 1.1)。

表 1.1 生物生产的种类和相互转换关系

生 物	生物技术	农 业	林 业	水产业	微生物产业
植物	种苗生产 (组织培养)	作物生产	林木生产	海藻养殖	发酵产业
动物	受精卵移植	畜产	野生动物	渔业动物	实验动物
微生物	遗传因子	厩肥、麦 秸发酵	林业	藻类二氧化 碳的固定	菌体的产生

生物生产的要素包括:①生物代谢的必要物质,如营养、空气、水等;②生物生长的必要条件,如温度、湿度等环境因素;③物质转移、环境维持等的必要能量,进行生产的必要物资和情报等(图 1.7)。

生物生产系统就是生物生产的各个要素以及它的外部环境所构成的系统,它构成了物质和能源的可再生系统(renewable system),即闭环系统(closed-loop system)。