

在人类跨入 21 世纪的今天，信息技术的浪潮席卷全球。作为一个现代人，要享用信息技术，要了解信息技术，也要预知信息技术的明天。什么是信息技术的明天？答案是：智能信息技术！下面就让我们沿着信息技术—智能理论—智能信息技术这样的线索开始这个话题。

## 1.1 信息技术

什么是信息技术？信息技术就是感测技术、通信技术、计算机技术和控制技术。也许读者不满意这个定义，但这的确是一个又简洁、又具体、又系统、又实用的定义。感测技术就是获取信息的技术，通信技术就是传递信息的技术，计算机技术就是处理信息的技术，而控制技术就是利用信息的技术。因此这个定义不但指出了信息技术的内容，也规范了信息技术的获取—传递—处理—利用的体系，还确定了感测、通信、计算机、控制这些概念比较明确、领域比较清晰、大众比较有感性认识的技术在信息系统中的作用和相互关系。

感测、通信、计算机和控制这 4 大技术在信息系统中虽然各司其职，但是从技术要素层次上看，它们又是相互包含、相互交叉、相互融合的。感测、通信、计算机都离不开控制；感测、计算机、控制也都离不开通信；感测、通信、控制更是离不开计算机。

另外，按目前的状况，感测、通信、计算机和控制 4 大技术的作用并不在相同层次上，计算机技术相对其他 3 项而言处于较为基础和核心的位置。因为正是计算机技术的高速发展才带动了整个信息技术的高速发展。事实上，在计算机技术产生之前，感测技术、通信技术和控制技术就已经产生了。但那时这些技术的水平还是比较低的，很多操作还需要人工进行。计算机技术产生以来，感测技术、通信技术和控制技术的水平得到了极大地提高。不仅自动化水平不能与过去同日而语，而且通过程序控制实现了越来越强大、越来越复杂、越来越便利、越来越高效的功能和服务。可以说，当前信息技术的基本特征就是计算机程序控制化。

程序控制化的优点是：第一，能够可靠地长期运转。因为一个程序一旦正确地设计完成，就可以一劳永逸地反复执行，完成指定的功能或服务，可靠性远远超过人工。第二，技术进步快。任何复杂的功能强大的程序都是由多个简单的功能单一的程序组成的，程序的不断开发就自然地积累下来，而程序的积累就会直接带来技术的进步。并且，技术更新往往只是软件的更新，花费的成本和代价较小。第三，便于构造大系统。大系统可以被分解为众多的子系统来构造，子系统内部靠内部程序控制，子系统之间靠数据或协议来联系和协调。依靠这种方式，一个覆盖全球的大信息系统也不难建立。

正是由于这些优点，计算机技术产生以来，信息技术便有了突飞猛进的进步。它的应用已经渗透到社会的各行各业、各个角落，极大地提高了社会生产力水平，为人们的工作、学习和生活带来了前所未有的便利和实惠。

虽然当今的信息技术已经给人们带来了不曾奢望的利益，但技术前进的脚步是不会停止的。在面向 21 世纪的技术变革中，信息技术的发展方向将是智能化。

当今的信息技术在某些方面已经超过了人脑在信息处理方面的能力，如记忆能力、计算能力等等；但在许多方面，却仍然逊色于人脑，如文字识别、语音识别、模糊判断、模糊推理等等。尤其重要的是，人脑可以通过自学习、自组织、自适应来不断提高信息处理的能力；而存储程序式计算机的所有能力都是人们通过编制程序赋予给它的，与人脑相比是机械的、死板的和无法自我提高的。

针对以上问题，人们从多年以前就开始研究智能理论与技术，探索人脑信息处理的机制，以便用机器更好地模拟人脑的功能。通过几十年的努力，智能理论与技术已经取得了很大进展。正是这些进展为信息技术的智能化提供了基础。

## 1.2 智能理论

### 1.2.1 概述

“智能”一词可以用作名词，也可以用作形容词。如果用作名词，它是指人类所能进行的脑力劳动，包括感觉、认知、记忆、学习、联想、计算、推理、判断、决策、抽象、概括……如果用作形容词，它的意义是：人一样的、聪明的、灵活的、柔性的、自学习的、自组织的、自适应的、自治的……

智能理论的研究也分为两个方面，一方面是对智能的产生、形成和工作的机制的直接研究；另一方面是研究如何用人工的方法模拟、延伸和扩展智能。前者称为自然智能理论，主要是生理学和心理学研究者所从事的工作；而后者称为人工智能理论，主要是理工学研究者所从事的工作。在前者的领域中，“智能”多取名词的用法，因为研究的是“脑力劳动”本身的机制；在后者的领域中，“智能”多取形容词的用法，因为人们主要考察人工

智能的功能与自然智能的功能相比，像不像、高不高、强不强？

按道理讲，人工智能理论应以自然智能理论为基础。如果搞清了各种自然智能的工作机制及其各个功能部件的结构关系，那么就可以通过已经高度发达的电子的、光学的和生物的器件构筑类似的结构对其进行模拟、延伸和扩展，从而实现人工智能。但遗憾的是，由于人类的头脑结构高度复杂，也由于实验这一现代科学的锐利武器在研究人脑机制和结构时不能随意使用，直到今天，自然智能理论并没有搞清一些基本智能活动的机制和结构，总体进展十分有限。因而人工智能理论的主流已经从结构模拟的道路走向了功能实现的道路。所谓功能实现就是将自然智能的结构看作黑箱，而只控制黑箱的输入输出关系，只要从输入输出关系上看实现了所要模拟的功能即可。功能实现的道路使人工智能理论摆脱了自然智能理论进展缓慢的束缚，通过几十年的发展，已经形成了较为系统的理论体系，包含了极为丰富的内容，并在实际中得到了广泛的应用，发挥了显著的作用。本书主要介绍的就是人工智能理论。

这里所讲的是广义的人工智能理论，它既包含基于符号推理的经典人工智能，也包含基于结构演化的计算智能，还包含模式识别等其他智能理论。

### 1.2.2 经典人工智能

经典人工智能的研究开始于 1956 年。主要目标是应用符号逻辑的方法模拟人的问题求解、推理、学习等方面的能力。

问题求解是经典人工智能的核心问题，当机器有了对某些问题的求解能力以后，在应用场合遇到这类问题时，便会自动找出正确的解决策略。这种问题求解能力是基于规则的，是能够举一反三的。有了问题求解能力的机器就能比普通机器更灵巧地分析问题和处理问题，从而适用于更加复杂多变的应用场合。

推理是人的思维的一个重要方面，推理的三种主要形式是归纳推理、演绎推理和模糊推理。经典人工智能中推理的研究就是要模拟这三种推理形式，实现诸如故障诊断、数学定理证明、模糊问题判断等功能。

在经典人工智能中，“学习”一词有多种含义。在专家系统等应用中，它指的是知识的自动积累；在问题求解中，它指的是根据执行情况修改计划；在数学推理系统中，它指的是根据一些简单的数学概念和公理形成较复杂的概念，做出数学猜想等等。

### 1.2.3 计算智能

经典人工智能是基于知识的，而知识通过符号进行表示和运用，被具体化为规则。但是，知识并不都能用符号表示为规则，智能也不都是基于知识的。人们相信，自然智能的物质机构——神经网络的智能是基于结构演化的。因此，20世纪80年代在经典人工智能理论发展出现停顿，而人工神经网络理论出现新的突破时，基于结构演化的人工智能理论——计算智能理论迅速成为人工智能研究的主流。

计算智能是以生物进化的观点认识和模拟智能。按照这一观点，智能是在生物的遗传、变异、生长以及外部环境的自然选择中产生的。在用进废退、优胜劣汰的过程中，适应度高的（头脑）结构被保存下来，智能水平也随之提高。因此说计算智能就是基于结构演化的智能。

计算智能的主要方法有人工神经网络、遗传算法、遗传程序、演化程序、局部搜索、模拟退火等等。这些方法具有以下共同的要素：自适应的结构、随机产生的或指定的初始状态、适应度的评测函数、修改结构的操作、系统状态存储器、终止计算的条件、指示结果的方法、控制过程的参数。计算智能的这些方法

具有自学习、自组织、自适应的特征和简单、通用、鲁棒性强、适于并行处理的优点。在并行搜索、联想记忆、模式识别、知识自动获取等方面得到了广泛的应用。

#### 1.2.4 其他智能理论

当前，数据采掘和知识发现是人工智能领域中的研究热点。所谓数据采掘和知识发现是以数据仓库为基础，通过综合运用统计学、模糊数学、神经网络、机器学习和专家系统等方法，从大量的数据中提炼出抽象的知识，揭示出蕴含在数据背后的客观世界的内在联系和本质规律，实现知识的自动获取。这一研究，将经典的人工智能方法和计算智能的方法进行了结合。

以智能体（intelligent agent）概念为核心的分布式人工智能理论的研究是当前的另一热点。智能体是代表一切具有智能（无论是自然智能，还是人工智能）的实体的一个抽象名词。因此，它可以描述人，也可以描述机器人、智能设备、智能软件等等。智能体置身于某种环境之中，通过传感器感知环境，通过效应器施效于环境。智能体不能在环境中单独存在，而要与多个智能体在同一环境中协同工作，协同的手段是相互通信。但每个智能体都是主动地、自治地工作。分布式人工智能理论在并程序序设计、计算机通信、网络管理与控制等方面有很高的应用价值。

认知是自然智能的基础，也是人工智能所要研究的重要内容。人工智能中的模式识别理论便是研究机器认知的理论。模式这一术语是对被认知事物的概括，它既包括具体事物，如文字、声音、图像、人物；也包括抽象的事物，如机器的运行状态、国民经济状况等等。模式识别的方法有模式匹配法、统计法和结构法3种。模式识别理论有很大的应用价值，文字识别、语音识别、图像识别等技术既是智能机器人的关键技术，也是人们用自然的方式操作机器人的关键技术。

## 1.3 智能信息技术

智能理论的长足发展和广泛应用，引导了信息技术的智能化发展方向。功能越来越强大有效，服务越来越灵活多样，操作越来越简便自然的智能信息技术纷纷登场。本书将对通信、计算机和控制这3个领域中智能化技术进行介绍。关于感测领域中的智能化技术，由于多被包含在通信、计算机和控制领域之中，因此不做单独介绍。

### 1.3.1 智能通信技术

近年来，各类通信、传媒以及计算机网络技术得到了迅猛的发展。网络技术是当代通信技术最重要的内容，因此智能通信技术最重要的内容便是网络技术的智能化。本书主要介绍智能网技术、智能化网络管理技术以及网络信息智能搜索技术。

#### 1 智能网技术

智能网技术的目标是为快速、灵活、经济地生成通信新业务提供标准体系结构。在通常的技术条件下，通信业务是与通信网络，甚至通信设备厂商密切相关的。要开展一项新业务，就要更新或新建通信网络，购买特定厂商的设备。在网络规模日益膨胀，网络结构日益复杂，通信容量日益巨大的今天，这种方式不但不方便、不快捷，而且也会造成资源浪费。为此1992年国际电信联盟（ITU-T）提出了智能网体系结构的概念，目的是使通信业务独立于基础通信网络，独立于通信设备的生产厂商。

在智能网的结构中，交换机被称作业务交换点（SSP），只用来完成基本呼叫处理。在SSP之上设置业务控制点（SCP），来存放智能服务程序和数据。SCP与SSP的实时连接通过公共信道信令网实现。SSP在处理智能业务时，将业务请求提交给SCP。

SCP 通过查询智能业务数据库，将业务请求解释为 SSP 所能够进行的处理。这些处理再由 SCP 下达给 SSP。因此，SSP 并不需要知道智能网业务应如何处理，只要将其提交给 SCP 并接收它的控制，按照 SCP 的指令进行操作就可以了。

智能网的智能性是通过 SCP 体现出来的，因而，SCP 也被称为智能节点。基于 SSP 和 SCP 的智能网体系结构使得只要改良 SCP 就可以实现智能新业务，而与基础通信网络无关。这就为快速、灵活、经济地开展通信新业务提供了条件。

所谓智能网首先在于它的体系结构是智能化的，因为它可以提供开放的、分布的、灵活的、经济的、独立于具体业务的智能业务生成平台。其次，SCP 能够快速、准确、合理、优化地生成和实现各种智能业务，是网络中的智能节点。并且，在 SCP 和智能终端中，已经并且会越来越多地应用语音合成、语音识别、机器翻译等智能技术。

## 2. 智能化网络管理技术

智能化网络管理技术是解决现代网络管理问题的有效手段。现代网络具有高速化、开放化、综合化的特点。高速化是指网络传输速率越来越高，例如光纤传输网络的速率已经达到几十吉比特每秒。高速化也就意味着大容量化。开放化是指不同传输介质、不同传输速率、不同体系结构的网络互联在一起，组成一体化的通信网。综合化是指在统一网络中，不同的业务，如语音、数据、图像、活动图像等综合在一起。这些特点决定了现代网络管理的重要性和复杂性。如果不采用智能化的方法这一任务是很难完成的。

现有的网络管理体系结构采用远程监控、逻辑管理的 OSI 系统管理模型。系统管理模型的核心是一对系统管理实体：Manager 管理者 和 Agent(代理者)它们通过管理通信协议相互联系。Manager 需要对远程被管对象进行操作时，向被管对象所

在处的 Agent 下达操作命令，由 Agent 具体进行对被管对象的访问。访问结果由 Agent 通过通信协议报告给 Manager。在大容量高速网络的管理与控制中，这一模型的问题是：由于 Agent 不能主动地、自治地工作，网络中要传递大量的操作命令和操作结果，造成业务量的上升；Agent 的管理需要与远程的 Manager 进行交互，保证不了对发生的问题进行高速实时处理。解决这些问题的一个有效方法是采用分布式人工智能中的智能 Agent 来代替系统管理模型中的 Manager 和 Agent，使得各个管理实体都自治地、主动地、实时地同时又相互协同地工作。

对于大容量的高速网络，业务量控制、路由控制、资源管理等任务也只有智能化的解决方案才是最有效的。因为高速网络的管理要求有很高的实时性，传统的基于排队论等经典理论的解析方法无法满足这一要求，而神经网络、遗传算法等并行处理的方法却是可以应用的。另外，像故障管理、性能管理等任务用专家系统的方法是很有效的，有很多系统已经实际应用。这样的系统通过采集缓冲区队列长度、分组重传次数、传输时延等参数，根据专家的经验进行分析，从而能够及早发现故障，对网络性能给出准确的评价。

### 3. 网络信息智能搜索技术

随着 Internet 的高速发展，越来越多的人开始利用网络发布和查询信息。上网查询信息，在给人们带来便利的同时，也会带来烦恼。如果没有掌握一种有效的网上信息查询方法，则常常会漫游半天空手而归。网络搜索引擎是网上信息查询的一个有力工具，是网络信息检索的关键技术。搜索引擎对网络信息进行分类、索引和摘要。早期搜索引擎的上述工作是靠信息发布者人工完成的，即向搜索引擎进行登记，选择主题分类、提供关键词和摘要，并报告自己信息站点的地址。但是现在信息站点越来越多，相当多站点的信息文档没有向搜索引擎登记。为了解决这个

问题，人们开发了自动搜索引擎技术。

自动搜索引擎通过专门设计的网络程序自动发现网络上新出现的信息，并对其自动分类、自动索引和自动摘要。自动搜索引擎还能为信息检索者提供模糊检索、概念检索等功能，这些功能不是简单地匹配用户提供的检索关键词，而是能够按照它们的意义进行搜索，从而提高查全率和查准率。由于自动搜索引擎的关键技术带有明显的智能特征，因此也被称为智能搜索引擎。

### 1.3.2 智能计算机技术

智能计算机技术的两大内容是体系结构和人机接口。也就是说，智能计算机既要有智能化的头脑和躯干，也要有智能化的五官和四肢。

在体系结构方面，智能计算机是要试图打破冯·诺依曼式计算机的存储程序式的框架，实现类似人脑结构的计算机体系结构，以期获得自学习、自组织、自适应、分布式的并行计算功能。目前虽然在分布式和并行处理方面取得了很大的进展，但并没有在总体上打破冯·诺依曼式计算机的体系。

然而，在智能接口方面取得的进展却是显著的。文字识别、语音识别、图像识别、语音合成、自然语言理解、机器翻译等技术已经开始实用化，成为智能计算机领域中的标志性成果。

智能接口技术的目的是使人们能够更加方便、更加自然地与计算机打交道。这样就要求计算机能够看懂文字，听懂语言，能够朗读文章，甚至能够进行不同语言之间的翻译。这些也恰恰是智能理论所要研究的基本问题。因此智能接口技术的研究既有巨大的应用价值，又有基础理论意义，多年来一直是最活跃的研究领域，成果也最为显著。

#### 1. 文字识别

在文字识别方面，已经开发出了较高水平的 OCR 技术、笔

输入技术和笔迹鉴别技术。OCR 是光学字符读取装置的英文缩写。它通过扫描仪将印刷或书写在纸面上的文字输入到系统后进行识别。由于系统工作时，文字已经书写完毕，因此被称为脱机文字识别。OCR 又有印刷体 OCR 和手写体 OCR 之分。笔输入系统是通过专用的书写板和笔输入文字，由于一边写一边识别，也称为联机文字识别。从技术难度来讲，脱机识别比联机识别难度要大，而手写体脱机识别自然又比印刷体脱机识别的难度大。目前笔输入技术、印刷体 OCR 技术已经达到较高的实用化水平，而手写体 OCR 技术也正在向实用化迈进。从应用方面看，由于笔输入技术是掌上电脑 Palm PC 理想的输入手段，因此得到了比 OCR 更大的应用面。笔迹鉴别技术是一种特殊的文字识别技术，它的目的不是识别文字，而是识别文字书写者。相对来讲，技术难度更大一些。目前这类系统还只能为笔迹鉴别专家做一些初级的预分类工作。

## 2. 语言识别

语音识别首先分特定人识别和非特定人识别。特定人识别是只能识别特定的某个人或某几个人的技术，而非特定人识别不限识别对象。非特定人识别通用性好，应用面广，但难度也较大。面向不同的应用，语音识别系统所要识别的词汇量是不同的。目前，小词汇量特定人语音识别技术已经达到较高的实用化水平，典型的应用是手机人名声控拨号系统。非特定人小词汇量以及特定人大词汇量这两类语音识别技术也已开始走向实用，如声控自动售票系统、特定人文稿听写系统；而非特定人大词汇量语音识别技术还远未成熟。此外，话者鉴别技术也是一个重要的研究方向。

## 3. 图像识别

图像识别是模式识别的一个重要应用领域，目前在指纹鉴别、虹膜识别、手语识别、面容识别、表情识别等方面正在取得进展。

#### 4. 语音合成

语音合成技术也是非常重要的智能接口技术，特别是通过文语转换技术可以让计算机朗读文章，因而受到了很大重视。这一技术有两个关键性能，一是正确，二是自然。正确是指文字的读音要正确，保证这一点的难度在于一个字常常有几个读音，到底那个读音正确要根据组词甚至前后文来判断。例如不能将“银行”的“行”读成“xíng”。为保证正确性，必须先对句子进行分词。这一点西文有着得天独厚的优势，因为词与词间有空格分离，而对汉语的句子进行分词却不是简单的事。合成的语音要让人能听得懂、听得舒服，还必须要有较高的自然度，即读出来的文章韵律和节奏要比较准确。要做到自然，常常需要对句子进行分析和理解，知道哪儿重、哪儿轻、何时急、何时缓。可见，语音合成技术并不简单，尤其是汉语语音合成更难。语音合成技术有很高的应用价值，除了让计算机为我们朗读文章之外，模仿特定人的语音合成技术还可以让计算机模拟亲友的声音朗读他们所写的书信和文章。

#### 5. 自然语言理解

自然语言理解是指用计算机自动处理和理解自然语言。自然语言具有语法灵活、不规范，以及语义模糊、与语境相关性大等特点。这些特点使得用机器处理自然语言非常困难。但是，要提高信息处理的自动化和智能化水平，这一技术又是十分急需的。多年来，人们对这一课题展开了深入的研究，并已取得了一些可喜的成果。在句法分析、语义理解、语言生成等方面，提出了多种基于数理语言学的有效方法。近年来，统计语言学发展迅速，其方法不但在句法分析、语义分析、语言自动生成等方面得到了应用，而且统计语言模型的方法在语音识别中也发挥了非常重要的作用。自然语言理解在自动文摘、机器翻译等方面的应用成果也是令人瞩目的。

## 6. 机器翻译

机器翻译是指用计算机自动实现不同语言之间的转换，如汉译英、英译汉、日译汉等等。这种技术为人们对外交流，学习国外的科学文化知识提供了极大的方便。当前，机器翻译在 Internet 上应用更是发挥了巨大的作用，它可以当即翻译下载的外文资料，使人们真正可以通过 Internet 方便地了解世界。机器翻译一般要经过分析和生成两个步骤，即通过分析源语得到一个含有语法语义信息的树型中间结构；再由生成器将其转换为一个等价的基于目标语的深层结构，并把这个深层结构转换为表层结构，输出目标语。在这里，最关键的还是对源语的分析。由于汉语自动分词是一个难题，当汉语作为源语时，源语的分析工作也就比较难。因此，将汉语译成外语的机器翻译系统比将外语译成汉语的机器翻译系统更难实现。我国的机器翻译研究近年来取得了很大的进展，英汉机器翻译系统已达到了初步实用化的水平，而汉英机器翻译系统在一些关键技术上也已取得重要突破。

### 1.3.3 智能控制技术

控制技术是在 20 世纪 20 年代逐步建立了以频域法为主的经典控制理论后发展起来的。控制技术首先在工业生产中得到了广泛的应用。在空间技术发展的推动下，50 年代又出现了以状态空间法为主的现代控制理论，使控制技术得到了更广的发展，产生了更多的应用领域。60 年代以来，随着计算机技术的发展，许多新方法和技术进入工程化、产品化阶段，显著加快了工业技术更新的步伐。这对自动控制技术提出了新的挑战，也为其发展提供了条件，促进了智能理论在控制技术中的应用，形成了智能控制技术。

智能控制技术主要用来解决那些用传统的方法难以解决的复杂系统的控制问题，如智能机器人系统、计算机集成制造系统

(CIMS)、复杂的工业过程控制系统、航天航空控制系统、社会经济管理系统、交通运输系统、通信网络系统、环保与能源系统等。这些复杂系统具有以下特点：控制对象存在严重的不确定性，控制模型未知或模型的结构和参数在很大的范围内变化；

控制对象具有高度的非线性特征；控制任务要求复杂。例如，在智能机器人系统中，要求系统对一个复杂的任务具有自行规划和决策的能力，有自动躲避障碍达到目的地的能力。

智能控制技术通常通过智能控制系统发挥作用。为智能控制系统下一个严格的定义并不是一件容易的事。简单地说，智能控制系统是指具备一个智能行为的系统，利用人工智能的方法，它能够解决难以用数学的方法精确描述的复杂的、随机的、模糊的、柔性的控制问题，具有自学习、自适应、自组织的能力。

智能控制技术涉及到许多智能理论，主要包括：自学习、自适应、自组织理论，知识工程，信息熵理论，Petri 网理论，人机系统理论，形式语音与自动机理论，大系统理论，神经网络理论，模糊集合论，优化理论等等。

目前智能控制的基础技术包括模糊控制技术、神经网络控制技术、专家控制技术、学习控制技术、分层递阶控制技术。

### 1. 模糊控制技术

模糊控制技术就是以模糊集合理论为基础的智能控制技术。模糊集合理论为控制技术摆脱建立精确数学模型提供了手段，使控制系统像人一样基于定性的、模糊的知识进行控制决策成为可能。在模糊控制系统中，能够将人的控制经验和知识包含进来，从这个意义上说，模糊控制是一种智能控制。模糊控制既可以面向简单的被控对象，也可以用于复杂的控制过程。

### 2. 神经网络控制技术

神经网络控制技术就是基于人工神经网络的控制技术。神经网络具有高速并行处理信息的能力，这种能力适于实时控制和动

力学控制；神经网络具有很强的自适应能力和信息综合能力，这种能力适用于复杂系统、大系统和多变量系统的控制；神经网络的非线性特性适用于非线性控制。神经网络具有学习能力，能够解决那些用数学模型或规则描述难以处理的控制过程。

### 3. 专家控制技术

专家控制技术是基于人工智能中专家系统的控制技术。专家系统是一种基于知识的系统，它主要面向各种非结构化问题，尤其能处理定性的、启发式或不确定的知识信息，经过各种推理过程到达系统的任务目标。这种控制技术能够适用于模型不充分、不精确甚至不存在的复杂过程。

### 4. 学习控制技术

学习控制技术是基于人工智能中机器学习理论的控制技术。学习的意义主要是指自动获取知识、积累经验、改善知识性能。学习控制能够解决由于被控对象的非线性和建模不良所造成的不确定性问题。

### 5. 分层递阶控制技术

智能控制系统除了实现传统的控制功能外，还要实现规划、决策、学习等智能功能。因此智能控制往往需要将智能的控制方法与常规的控制方法加以有机的结合。分层递阶控制是实现这一目的的有效方法。在分层递阶控制中，上层的作用主要是模仿人的行为功能，因而主要是基于知识的系统。它所实现的规划、决策、学习、数据的存取、任务的协调等，主要是对知识进行处理。下层的作用是执行具体的控制任务，主要是进行数值操作和计算。

智能控制技术有着广阔的应用领域，包括智能机器人控制、智能过程规划与控制、专家控制、智能调度、语音控制、康复智能控制器等。

20 世纪 70 年代，机器人技术发展成为一个专门的学科。各

种卓有成效的工业机器人实用范例，促成了机器人应用领域的进一步扩大，出现了各种结构的机器人样机。随着大规模集成电路的不断进步，以及微型计算机的普遍应用，特别是人工智能理论与技术的发展，机器人的控制智能化水平得到了大幅度的提高。

一般将机器人的发展分为 3 个阶段。第 1 阶段的机器人只有“手”，以固定程序工作，不具有外界信息的反馈能力；第 2 阶段的机器人具有对外界信息的反馈能力，即有了感觉，如力觉、触觉、视觉等；第 3 阶段，即所谓“智能机器人”阶段，机器人已经具有了自主性，有自行学习、推理、决策、规划等能力。

为了能够在环境中自主活动（控制），智能机器人应当具有感知能力，包括视觉、听觉、触觉、味觉等等。而且在一些应用环境中，还应当有与环境的对话能力。近年来，在这方面的研究已经取得了显著的进展。特别是在视觉方面的某些能力，已经接近了人眼的水平。

智能机器人已经在工业、空间、海洋、军事、医疗等众多领域得到了实际应用，并已经取得了巨大的效益。

工业机器人主要有装配机器人、搬运机器人、弧焊机器人、喷漆机器人。这些机器人在汽车、电子、电器以及核工业中发挥了远超过人的作用。空间机器人主要从事 3 个方面的工作：空间建筑和装配，卫星和其他航天器的维护和修理，以及空间生产和科学实验。海洋机器人主要用于海洋开发、打捞、扫雷、侦察、援潜救生等。如机器人在北大西洋海底找到“泰坦尼克”号巨轮的事件轰动了全球。我国 863 计划项目 6 000 m 水下机器人的研制成功，为我国勘探海底资源，进行海底科学研究提供了有力的武器。军用机器人是指那些执行军事任务的机器人，如扫雷机器人、排爆机器人、消防机器人、哨兵机器人、侦察机器人、反坦克机器人等。在医疗方面，微型机器人可以作毫米级视网膜手术，接通神经，在血管中穿行，在脏器内进行病理检查等。

## 2 智能理论

### 2.1 人工智能理论

#### 2.1.1 概述

首先要明确，本小节所讨论的人工智能是传统的符号智能，而不是广义的人工智能。尽管在第1章论述人工智能时是一个广义的概念，但这里依旧沿用传统的名称，将符号智能称为人工智能。

人工智能是研究用机器模拟人脑所能从事的感觉、认知、记忆、学习、联想、计算、推理、判断、决策、抽象、概括等思维活动，来解决人类专家才能处理的复杂问题的理论。

人工智能将问题求解作为人类思维活动的最主要的内容加以研究和模拟。人工智能中的问题求解是建立在知识基础上的。因此，从这个角度来看，人工智能是一门研究知识的表示、利用和获取的知识工程学。由于知识的表示是基于符号逻辑的，因此人工智能后来被称为符号智能。

人工智能采用推理的方法进行问题求解，具体地，是在问题的解空间中进行最优解的搜索。因此，除知识表示外，人工智能的另一重要研究内容是搜索算法。

#### 2.1.2 知识的表示

人工智能中常用的知识表示方法有状态空间法、问题归约