

复习

目的任务

- 自动化专业的性质与培养目标;
- 自动化的内容、作用和地位;
- 自动化科学与技术的发展历史;
- 自动化科学与技术中的一些基本概念;
- 自动化的发展概貌、应用领域及展望;
- 自动化专业的教学与教育内容;
- 大学学习生活的特点与学习方法。

1

定义

1. 自动化

1. 定义

1. 自动化(Automation)是指机器或装置在无人干预的情况下按规定的程序或指令自动地进行操作或运行。
2. 广义上,自动化还包括模拟或再现人的智能活动。
3. 自动化是人类科学与技术高度发展带来的最重要的结晶,是一个国家或社会现代化水平的重要标志。

2. 技术特点

1. 减少或避免繁重的体力劳动,取代或代替部分脑力劳动。
2. 扩展和放大人的功能并创造新的功能,使人从恶劣、危险的工作环境中解放出来。
3. 可以极大地提高劳动生产率。
4. 扩展人的体力和脑力功能,增强人类认识世界和改造世界的能力。

3. 作用

1. 提高社会生产率和工作效率;
2. 改善人的生产与生活条件;
3. 节约能源和原材料消耗;
4. 保证产品质量;
5. 改善劳动条件,减轻体力、脑力劳动;
6. 改进生产工艺和管理体制。

4. 研究内容

- 有反馈控制和信号处理两个方面,包括理论、方法、应用、硬件和软件等。
- 从应用观点来看,研究内容有:
 - 过程工业自动化
 - 机械制造自动化
 - 武器及军事自动化
 - 办公室自动化
 - 家庭自动化等。

自动化专业是一个口径宽、适应面广的专业,具有明显的**跨学科特点**。对实现我国工业、农业、国防和科学技术现代化、对迅速提升我国综合国力具有重要和积极的作用。

自动控制

1. 自动控制(Automatic Control)是关于受控系统的分析、设计和运行的理论和技术,是自动化的核心和基础。
2. 自动化主要研究的是人造系统的控制问题,对于工程系统而言,两者的含义是相近的。
3. 对社会、经济、生物、环境等非人造系统的控制问题,形成了生物控制、经济控制、社会控制及人口控制等分支。

控制论

1. 维纳1948年创立控制论,他将控制论定义为“研究动物和机器中控制和通信的科学”。
2. 随着计算机技术发展,控制论成为研究各类系统中**共同**控制规律的科学。
3. 钱学森 -> 工程控制论

学科间关系

1. 能源、动力、化工、机械等学科主要考虑物质流动与能量交换,本学科主要关注**信息获取、信息传播、信息处理、信息存储和信息利用等信息流问题**。
2. 与一般的信息学科也不同,本学科面向实际系统,**研究信息的获取、处理和利用的方法和技术,特别着重于对系统行为进行干涉与控制以实现人们期望的目标**。
3. 本学科用较抽象的方式来研究一切控制系统的信息传输和信息处理的特点和规律,**研究不同的控制规律达到不同的控制目的**。

培养目标

1. 培养德、智、体全面发展,掌握科学思维方法并具有实际动手能力的控制科学与工程领域的高级专门人才。
2. 在自动控制理论、控制系统分析与设计、工业控制、人工智能、计算机应用、信号处理、系统建模与仿真以及检测技术等方面,掌握坚实的基础理论和系统的专业知识;
3. 具备在工业、农业、交通、能源、国防各部门和行业从事信息及控制系统的设计、分析、集成、管理、维护及开发的能力;
4. 具有创新和开拓精神以及从事科学研究的基本素质。

自动化人才素质要求

(1) 认知和技能方面

(2) 思想和情感方面

(3) 意识和意志方面

(4) 其他方面

认知和技能素质要求

1. 掌握数理等基础理论的原理和方法;
2. 了解机械、力学、电器、化工等相关学科的一般原理和方法;
3. 掌握计算机、通信、电子等关联学科的基本原理、方法和应用以及相应的实验仪器和技能;
4. 掌握控制系统分析和综合(设计)等专业知识和方法;
5. 掌握系统仿真、科学计算、软硬件开发等科学实验方法和技术;
6. 有哲学、方法论、经济学、历史、法律、伦理、社会学、文学、艺术等人文社会科学方面以及军事方面的基本知识;
7. 具有良好的资料收集、文献检索以及口头表达和书面写作等技巧和能力,并形成很强的自主学习能力;
8. 具有辩证的、逻辑的、形象的和创造的科学思维方式和对事物进行统计、分析、综合、归纳的技能,并形成较强的发现问题、分析问题和解决问题能力;
9. 具有一定的适应、协调、合作、组织和管理能力。

思想和情感素质要求

政治品质

热爱祖国、关心集体、尊敬师长、爱护同志和家人,关心国家大事、时事政治,有较强的法治、法规观念;

思想品质

树立了积极向上的人生观、正确的价值观和辩证唯物主义世界观;

道德品质

有良好的品德修养和文明的行为准则,具有敬业精神和职业道德。

意识和意志素质要求

1. 实践意识

坚持一切从实际出发,不迷信书本、不迷信权威。

2. 质量意识

认认真真做好每一件事,在研制和开发的每一个环节都坚持质量至上的思想。

3. 协作意识

现代科学研究和现代工程已经很少是一个人可以独立完成的了,所以要能与同事协同工作、协调配合。不会和他人协作的工程师,一定不会是一个合格的工程师。

4. 创新与竞争意识

现代社会是充满挑战和竞争的社会,只有那些不断追求新意境、新见解、敢于竞争的人才能把握机遇、走向成功。

5. 坚毅意志

人生路漫漫,每个人在生活、学习和工作中都可能遇到这样或那样的困难和挫折,要敢于面对困难、善于克服困难。

其他素质要求

1. 学风上勤奋、严谨、求实、进取;

2. 作风上谦虚、谨慎、朴实、守信;

3. 具有健康的心理、务实的心态;

4. 具有健全的体质、良好的体能;

5. 拥有旺盛的精力、敏捷的思路。

学科属性

1. 技术科学

科学(Science)是指对各种事实和现象进行观察、分类、归纳、演绎、分析、推理、计算和实验,从而发现规律,并对各种定量规律予以验证和公式化的知识体系。科学的任务是揭示事物发展的客观规律,探求真理,作为人们改造世界的指南。

2. 工程技术

1. 技术(Technology)是指人类根据生产实践经验和自然科学原理改变或控制其环境的手段和活动,是人类活动的一个专门领域。技术的任务是利用和改造自然,以其生产的产品为人类服务。

2. 工程(Engineering)是指应用科学知识使自然资源最好地为人类服务的专门技术。

3. 相关术语

1. 系统(System)是指由相互关联、相互制约、相互影响的一些部分组成的具有某种功能的有机整体。

2. 控制(Control)是指为了改善系统的性能或达到特定的目的,通过信息的采集和加工而施加到系统的作用。

3. 反馈(Feedback)是指将系统的实际输出和期望输出进行比较,形成误差,从而为确定下一步的控制行为提供依据。

4. 调节(Regulation)是指通过系统的反馈信息自动校正系统的误差,使诸如温度、速度、压力或位置等参量保持恒定或在给定范围之内的过程。

5. 信息(Information)是指符号、信号或消息所包含的内容,用来消除对客观事物认识的不确定性。

6. 管理(Management)是指为了充分利用各种资源来达到一定的目标而对社会或其组成部分施加的一种控制。
7. 决策(Decision Making)是指为最优地达到目标,对若干准备行动的方案进行选择。

2

自动化是指机器或装置在无人干预的情况下按规定的程序或指令自动地进行操作或运行。

自动控制是关于受控系统的分析、设计和运行的理论和技术。

自动化主要研究的是人造系统的控制问题,控制则除了上述研究外,还研究社会、经济、生物、环境等非人造系统的控制问题。例如生物控制、经济控制、社会控制及人口控制等。

1. 自动装置的出现和应用(18世纪以前)

1. 古代自动装置

1. 中国和巴比伦出现了自动计时装置—刻漏、指南车、水运仪象台等。
2. 公元1世纪古埃及和希腊的发明家也创造了教堂庙门自动开启、铜祭司自动洒圣水、投币式圣水箱等自动装置。
3. 中国天文学家张衡(公元78-139)曾经发明了对天体运行情况自动仿真的漏水转浑天仪和自动检测地震的候风地动仪。
4. 公元1088年,中国苏颂等人把浑仪(天文观测仪器)、浑象(天文表现仪器)和自动计时装置结合在一起建成了水运仪象台。

2. 近代自动装置

1. 法国物理学家B.帕斯卡(Pascal)在公元1642年发明的加法器
2. 荷兰机械师C.惠更斯(Huygens)于公元1657年发明钟表
3. 英国机械师E.李(Lee)在公元1745年发明带有风向控制的风磨
4. 俄国机械师И.И.波尔祖诺夫于公元1765年发明为蒸汽锅炉水位保持恒定用的浮子式阀门水位调节器

2. 自动化技术形成时期(18世纪末至20世纪30年代)

1. 稳定判据加上公元1922年N.米诺尔斯基《关于船舶自动操舵的稳定性》和1934年美国H.L.黑曾(Hazen)发表的《关于伺服机构理论》的论文标志着经典控制理论的诞生。

3. 局部自动化时期 (20世纪40-50年代)

1. 经典控制理论的形成和发展

1. 代数稳定判据
2. 传递函数
3. 根轨迹法 (W.埃文斯(Evans)1948年)
4. 频率法

2. 局部自动化的广泛应用

1. 模拟计算机
2. 气动单元组合仪表
3. 智能化的仪表和控制器
4. 电子数字计算机的发明
 1. 电子管、晶体管、集成电路和大规模集成电路
 2. 数字计算机直接控制生产过程
 3. 数字计算机是现在自动控制系统的一个重要组成部分

4. 综合自动化时期(20世纪50年代末起至今)

1. 现代控制理论的形成和发展

1. 系统辨识、建模与仿真

2. 自适应控制
3. 鲁棒控制
4. 遥测、遥控和遥感
5. 大系统理论
6. 模式识别和人工智能
7. 智能控制

整体

古代自动化装置 - 近代自动装置 - 自动化技术形成时期 - 局部自动化 - 综合自动化 - 网络化 - 信息化 - 智能化

3

自动控制系统组成

1. 给定环节:产生给定的输入信号
2. 反馈环节:对系统输出(被控制量)进行测量,将它转换成反馈信号
3. 比较环节:将给定的输入信号和反馈信号加以比较,产生“误差”信号
4. 控制器(调节器):根据误差信号,按一定规律产生相应的控制指令
5. 执行环节(执行机构):将控制信号进行功率放大,并能使 被控对象的被控量变化
6. 被控对象:控制系统所要控制的设备或生产过程,它的输出就是被控量

 image-20201130212926112

自动化仪表

1. 传感器: 实现对信号的检测并将被测的物理量变换为另一个物理量 (通常是电量),例如热电偶;
2. 变送器 与传感器配套,使输出成为标准信号。例如对DDZ III 电动单元组合仪表,标准信号为4 -20ma ;
3. 控制器(调节器) 采用模拟信号的调节器使用较多,它接受来自被控对象的测量值和给定值或它们的误差,并根据一定的控制(调节)规律产生输出信号以推动执行机构(执行器)。 控制器起了图3.4中给定环节、比较环节和控制器三者的作用;
4. 放大器 用以增加信号的幅度或(和)功率,如晶体管放大器,也可以由电信号放大到气动信号(如电-气转换器);
5. 执行机构 接受控制器来的信息并对被控对象施加控制作用,如电动机。工业控制常用的执行机构是气动薄膜调节阀、液压伺服马达、电动调节阀等。

线性非线性系统

线性系统: 如果一个系统的输入、输出满足叠加原理,该系统称为线性系统,否则为非线性系统。

 image-20201130212823802

时变系统和时不变系统

- 如果系统的动态特性只与控制过程的时间间隔有关,而与具体的初始时刻和终止时刻无关,则该系统称为时不变系统,又称定常系统;
- 如果系统的动态特性与控制系统的初始时刻及终止时刻有关,则该系统称为时变系统,也称非定常系统。

 image-20201130213021343

因果系统与非因果系统

因果系统是指只有当输入信号激励系统时才出现输出(响应)的系统。即在输入信号激励系统之前,因果系统的响应不会出现。

 image-20201130213044635

单变量与多变量控制系统

4 基本的控制方法

- 自动控制系统是**动态系统**
 - 不断地检测被控制量，并反馈、比较，不断地得到误差信号；
 - 借助于此误差信号，不断地通过变换、放大使执行机构动作，力图使被控制量回复到给定值并消除误差。
- 被控对象，例如图3.1中的电炉和执行机构电动机及相附的降速齿轮系，都有惯性，甚至较大的惯性。
- **惯性的存在，是自动控制系统产生动态调节过程的根本原因。**
- 要精确地研究**自动控制系统的稳定性和控制的品质**等重要问题，必须用**微分方程、拉普拉斯变换**等高等数学工具，来描述每一个环节或元件以及它们组成的自动控制系统。
- 这些微分方程（或拉普拉斯变换后组成的传递函数）被相应地称为环节（元件）和系统的数学模型。
- 调节过程就是描述这个控制系统的微分方程的解。

反馈控制和扰动补偿

- **反馈控制**由误差引起了动作，因此在反馈控制系统的调节过程中误差的发生不可避免，而误差的产生是用来力图消灭误差。有时这会导致在**调节过程中出现较大的误差甚至引起振荡**。
- **扰动补偿**是一种消除被控制对象由于外界扰动引起误差的方法，扰动补偿的原理在于扰动进入被控对象的同时也进入对象前部的控制器。

比例微分积分控制

比例控制：比例项的作用是放大误差的幅值，实行反馈控制的基本要求

微分控制：“微分”项能预测误差变化的趋势

积分控制：消除稳态误差

最优控制

航天飞行器同样的飞行所消耗的燃料愈少愈好（最省燃料的航天器飞行控制系统）。或者同样的燃料，飞行的距离愈远愈好。

这一类的自动控制系统中对于控制都有一定的技术指标，但与以往不同的是：通过设计控制作用要使这个技术指标达到极值（极大或极小）。

理论工具：庞特里亚金提出的极大值原理和贝尔曼创立的动态规划

自适应控制

有些被控对象的数学描述（数学模型）受到无法测量的外界扰动的影响。自适应控制系统根据控制输入和输出的情况（甚至调节过程的品质）来改变计算机控制的**控制器参数**。这时，反馈控制器和自适应控制器实际上都由一个计算机来完成。

智能控制

- 对于许多复杂的被控对象和它的外界环境，难以建立有效的数学模型和采用常规的经典或现代控制理论去进行定量计算和分析、设计。
- 智能控制具有人工智能、控制论和运筹学等交叉学科的特点和定量与定性相结合的分析方法特点。

专家控制系统

模糊控制系统

神经控制系统

学习控制系统

学习系统是自适应系统的发展与延伸，它能够按照运行进程中的“经验”和“教训”来不断增长知识，改进算法更广泛地模拟人类的某些行为（如判断、推理等）

非线性系统及其控制

非线性系统会出现一些在线性系统中不可能发生的奇特现象。
非线性系统的分析和综合远比线性系统为复杂。

5 控制与自动化技术应用领域

- | | |
|-----------------|-------------|
| 5.2 机械制造自动化 | 5.3 过程工业自动化 |
| 5.4 电力系统自动化 | 5.5 飞行器控制 |
| 5.6 智能建筑 | 5.7 智能交通系统 |
| 5.8 生物控制 | 5.9 生态与环境控制 |
| 5.10 社会经济控制 | |
| 5.11 大系统控制与系统工程 | |

机械制造自动化

机械制造自动化技术从20世纪50年代至今，经历了：

- 单机自动化、刚性生产线
- 数控机床、加工中心
- 柔性生产线、柔性制造

正向计算机集成制造(CIM)发展。

数控技术、数控系统

过程工业自动化

在连续型工业中，主要对系统的**温度、压力、流量、液位（料位）、成分和物性**等六大参数进行控制的工业，称之为**过程工业**。

过程工业包括电力、石油化工、化工、造纸、冶金、制药、轻工等国民经济中举足轻重的许多工业。

特点：

- 连续型工业生产过程的变化**机理十分复杂**，有的还非常不清楚。
- 过程工业往往处于十分**苛刻的生产环境**，例如高温、高压、真空，有时甚至是在易燃、易爆、有毒的环境。
- 过程工业生产过程一般具有**较大的惯性或滞后性**，不像机器人、机床等控制对象那样反映迅速，属于一种较难控制的对象。

- 过程工业的生产过程是连续的，因而强调生产控制和管理整体性，应把各种装置和生产车间连接在一起成为一个整体来考虑，实现了个别设备或装置的优化不一定是整体最优的，应**谋求全厂的最优化**。

控制系统

基本过程控制系统

直接数字控制系统

集散控制系统

现场总线控制系统

计算机集成生产系统的结构模型

生产过程计算机集成控制系统是一种综合自动化系统。实质就是将过程控制、计划调度、经营管理和市场销售等信息进行集成，并求得全局优化。

电力系统自动化

保障电力系统安全、可靠及经济地运行

频率

电压

调度

飞行器控制

姿态控制

自动寻的导弹制导系统

制导方法

- 追踪法
- 三点法
- 比例导引法

智能建筑

三大基本要素：楼宇自动化系统、通信自动化系统和办公自动化系统。

智能交通系统

智能交通系统可以广泛应用于包括高速公路、城市道路、桥梁等设施的庞大的运输网络，也可应用于数量日益增多的各种车辆。

作用

- (1) 提高公路交通的安全性
- (2) 降低能源消耗，减少汽车运输对环境的影响
- (3) 提高公路网络的通行能力
- (4) 提高汽车运输生产率和经济效益

主要内容

1. 出行与运输管理系统
2. 出行需求管理系统
3. 公共交通运营系统
4. 商用车辆运营系统
5. 电子收费系统
6. 应急管理系统
7. 先进的车辆控制和安全系统

生物控制

“生物控制论的目的主要在于建立能反映人体和动物体功能的模型和理论，而且这种模型和理论中的逻辑原理和有机体本身中起作用的逻辑原理是相同的。它也试图建立和生物系统有同样物理与生物化学成分的模型。”

中医学是我国人民经过几千年实践总结出来的一门关于人的科学，它和**生物控制研究方法**的共同点是**注重整体性和系统性**。其中记载的经络学说实质上是世界上最早的古典生物控制理论。

生态与环境控制

生态控制

生态控制的基本任务之一是用系统和信息观点和方法分析、设计、规划和控制人工生态系统、资源的合理利用和再循环、环境的综合治理和优化以及在新的生态平衡格局下人类怎样适应和协调。

环境控制

将环境当作受控的开放系统，研究、实施有效的控制行为，使人们的生存环境质量维持在一个良好的水平。环境控制中的控制行为主要有三个方面：局部污染处理、综合环境治理和环境系统管理。

社会经济控制

将社会经济系统（Socioeconomic System）看成是一个具有反馈调节，特别是信息反馈的控制系统；对社会经济系统进行定量的描述与处理，以求达到最优控制，作出有效、合理的经济决策；社会经济控制的主要任务是：**给出最优的经济决策，通过最优的经济管理，实现预期的经济指标。**

大系统控制与系统工程

大系统控制

大系统理论是研究规模庞大、结构复杂、目标多样、功能综合、因素众多的工程与非工程大系统的自动化和有效控制的理论。

大系统指在结构上和维数上都具有某种复杂性的系统。具有多目标、多属性、多层次、多变量等特点。如经济计划管理系统、信息分级处理系统、交通运输管理和控制系统、生态环境保护系统以及水源的分配管理系统等。大系统理论是70年代以来，在生产规模日益扩大、系统日益复杂的情况下发展起来的一个新领域。它的主要研究课题有大系统结构方案，稳定性、最优化以及模型简化等。大系统理论是以控制论、信息论、微电子学、社会经济学、生物生态学、运筹学和系统工程等学科为理论基础，以控制技术、信息与通信技术、电子计算机技术为基本条件而发展起来的。大系统的自动化和有效控制，常用多级递阶系统和分散控制系统两种形式。其手段是“大系统的分析与综合”。

大系统多级控制

大系统多层控制

大系统多段控制

系统工程

系统工程是以系统(特别是大系统)为研究对象的学科。应用现代数学和电子计算机等工具，**对系统的构成要素、组织结构、信息交换和自动控制等进行分析、研究**，从而达到**最优设计、最优控制和最优管理**的目标，是为更加合理地研制和运用大系统而采取的各种组织管理技术的总称（如长江三峡施工组织管理系统）。

6 控制和自动化展望

计算机集成制造系统（CIMS）的产生和发展

在制造业中产生了利用计算机不仅实现单元生产柔性自动化，并把制造过程（产品设计、生产计划与控制、生产过程等等）集成为一个统一系统的设想，同时企图对整个系统的运行加以优化。

效益

- （1）降低生产成本；（2）提高生产效率；（3）提高生产的柔性；
- （4）增强产品对市场的适应性；（5）提高产品质量；（6）减少生产准备时间和库存；
- （7）增加企业员工对企业的满足感；（8）增加用户满意度。

涉及的技术

包括：数控技术、计算机辅助设计（CAD）与计算机辅助制造（CAM）等、立体仓库与自动化物料运输系统、自动化装配与工业机器人、计算机辅助生产计划制定、计算机辅助生产作业调度、质量监测与故障诊断系统、办公自动化与经营辅助决策。

机器人

两大类：

- 用于制造环境下的工业机器人（如焊接、装配、喷涂、搬运等机器人）
- 用于非制造环境下的特种机器人（如水下机器人、农业机器人、微操作机器人、医疗机器人、军用机器人、娱乐机器人等）。

涉及技术

变结构控制与学习控制 变结构滑动模控制一直是机器人控制研究的重点，因其直观上的合理性而得到特别的重视。自适应滑动模控制等新方法对传统的方法做了重要的改进。

机器视觉与机器智能 如何获取场景和目标的图像信息，并把其处理成机器能够理解的特征或模式，是机器智能中非常困难的研究课题。

智能控制与信息融合 室外智能移动机器人所涉及的关键技术包括移动机器人的控制体系结构、机器人视觉信息的实时处理、车体的定位系统、多传感器信息融合技术，以及路径规划技术与车体控制技术

等。

高速列车和太空飞行器

虚拟现实技术

常用的虚拟现实系统

- (1) 飞行仿真系统
- (2) 作战仿真系统
- (3) 与虚拟生物对话
- (4) 用于遥控机器人的遥现技术

虚拟现实涉及的自动化关键技术:

动态环境建模技术、实时三维图形生成技术、立体显示和传感器技术、应用系统开发工具、系统集成技术等

巡航导弹和预警飞机

机载预警系统中的自动化技术：

有源相控阵雷达技术、阵列信号、空时二维信号处理技术、机载环境下光学探测及图像处理技术、多目标跟踪与多传感信息融合技术、敌我识别技术、机载并行计算机技术、态势评估、威胁评估和战斗辅助决策指挥技术、导航技术等。

数字地球与机敏传感网络

自动化专业教学安排

高等院校教学任务

系统地向受教育者传授科学文化知识

有效地培养受教育者的**综合能力**

积极地帮助受教育者**树立科学的世界观**

大力开展**体育与美学教育**

工科课程类型

公共课程

基础课程

专业基础课程

专业课程

必修课与选修课

自动化专业课程设置

公共课程 15-20%课时

基础课程 15-20%课时

技术基础课程 30%课时

专业课程、专业选修课 5-10%课时

实践课时 15-20%课时

特点

数理知识是学习后续课程的理论基础，其中尤以高等数学和工程数学占的比例最大。

技术基础课程可分为三大类，即电类、计算机类和控制类。

自动化类专业专业的理论和技术发展特别快速。

自动化类专业专业还特别注重学生的动手能力、解决问题能力的培养。

电类课程：

控制类课程：

主要课程设计：

实习：

课外教育意义：

巩固、加深、扩展课堂教学的内容

帮助优秀人才脱颖而出、尽快成长

开发学生的非智力因素

提高学生的人文社科综合素质

培养和锻炼学生的社会活动能力以及自我学习、独立工作的能力