

高等学校试用教材

# 给水排水工程计算机 程序设计

彭永臻 崔福义 编著

中国建筑工业出版社

## 序

当代,随着科学技术的飞速发展,许多学科不断分支演化,并出现了一些纵横交错的新兴学科。新学科的涌现与科学知识的迅速增殖,使自然科学工作者也感到应接不暇。面临着这样一场世界性科技革命的挑战,电子计算机的发展和应用已成为这场革命的强大动力和重要标志。

被称之为三大理论的系统论、信息论和控制论的发展与应用,推动着各个领域的科学技术都朝着精密化、数学化、量化与最优化的方向发展。自然科学领域不必赘述,就连社会科学也是如此,甚至还诞生了一门新兴的交叉学科——定量社会学。实践表明,数学化和量化的研究方法在很大程度上依赖于计算机的发展和应用。在科技发展波迭浪涌的今天,系统论、信息论和控制论方兴未艾,而“新三论”——耗散结构论、协同论与突变论又崛地而起,引人瞩目地显示出更强大的生命力。“新三论”这一现代科学方法论不仅推动了许多学科的发展,为解决某些僵持的难题另辟蹊径,而且为人们提供了进一步认识世界的新方法,使传统的工程技术方法正经历着深刻的变革。然而,应当看到,无论是“老三论”还是“新三论”,它们的发展和应用都离不开计算机。况且,计算机在各个领域里应用的普及与深入,不仅有赖于计算机科学本身的发展,而且更取决于各方面专业技术人员对计算机技术掌握的广度和深度。从这些意义上来看,我们能尽快地熟悉和掌握计算机技术就显得更重要了。

1983年前后在大学生中普及计算机程序设计语言以来,我们都能发现,不仅给水排水专业的本科生,就是研究生仅靠“程序设计语言”的知识也难以应付毕业论文(设计)中程序设计所需要的知识和技能。往往为编制和调试出一个稍微复杂的程序而无所适从。这除了对本专业技术知识还不够深刻理解之外,主要问题是计算机程序设计(以下简称程序设计)的能力有待进一步提高。本书也正是在这种背景下开始编写的,其相应的课程自1988年以来一直作为我院给水排水和环境工程专业研究生的学位课或选修课。1989年以来,其部分章节又作为本科生的选修课。

在1991年12月于昆明召开的全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会第三次工作会议上,决定将《给水排水工程计算机程序设计》作为给水排水工程专业的必修课,同时开始组织编写全国高等学校给水排水工程专业的试用教材。

根据两位评审人湖南大学姜乃昌教授和何夔藻教授的评审意见,本书在原教材基础上进行了大量的修改与删节。尽管如此,由于程序设计本身的抽象性特点,以及篇幅和编者能力所限,不尽人意的地方还是在所难免。

本书的前导课为“高等数学”、“线性代数”、“程序设计语言”,前导或平行课程为“给水工程”和“排水工程”等专业课,回避了“计算数学”和“离散数学”等课程的背景。因此,全书的内容都是本科生可以接受的。第一章主要介绍程序设计的基础知识,这对于进一步提高应用软件设计能力是十分必要的,其内容与各种版本的“程序设计语言”

# 目 录

绪论 .....	0-1
第一章 程序设计基础 .....	1-4
1.1 计算机应用的发展 .....	1-4
1.1.1 计算机的传统应用 .....	1-4
1.1.2 当前的应用方向 .....	1-5
1.1.3 今后应用的发展方向 .....	1-6
1.2 计算机在给水处理工程专业领域中的应用 .....	1-8
1.3 关于科学计算的预备知识 .....	1-13
1.3.1 误差 .....	1-13
1.3.2 科学计算中的几个基本概念 .....	1-16
1.3.3 数值计算中减少误差的若干原则 .....	1-20
1.4 程序设计概述 .....	1-24
1.4.1 程序设计的特点与范畴 .....	1-24
1.4.2 程序设计的质量准则 .....	1-25
1.4.3 程序设计的基本原理与方法 .....	1-27
1.5 程序设计的步骤 .....	1-29
1.5.1 软件开发概述 .....	1-29
1.5.2 程序设计的一般步骤 .....	1-31
1.6* 结构化程序设计 .....	1-36
1.6.1 结构化设计的概念 .....	1-36
1.6.2 GO TO语句的危害与消除 .....	1-38
1.6.3 结构化设计的基本方法 .....	1-43
习题一 .....	1-48
第二章 给水排水工程中常用的数值计算方法及其程序设计 .....	2-50
2.1 函数插值与曲线拟合 .....	2-51
2.1.1 概述 .....	2-51
2.1.2 函数插值及其程序设计 .....	2-51
2.1.3 曲线拟合及其程序设计 .....	2-56
2.2 非线性方程数值解 .....	2-62
2.2.1 迭代法 .....	2-63
2.2.2 二分法及其程序设计 .....	2-66
2.3 数值积分 .....	2-70
2.3.1 矩形法与梯形法及其程序设计 .....	2-71
2.3.2 抛物线法及其程序设计 .....	2-73
2.4 线性代数方程组数值解法 .....	2-78
2.4.1 概述 .....	2-78

2.4.2	高斯消去法及其程序设计	2-79
2.4.3	解线性方程组的迭代法及其程序设计	2-85
2.5*	常微分方程数值解法	2-90
2.5.1	概述	2-90
2.5.2	欧拉法及其基本思想	2-92
2.5.3	改进的欧拉法	2-93
2.5.4	龙格-库塔法及其程序设计	2-94
	习题二	2-103
<b>第三章 计算机在给水处理中的应用</b>		<b>3-106</b>
3.1	给水管网平差计算	3-106
3.1.1	管网计算的课题	3-106
3.1.2	解环方程法管网平差	3-107
3.1.3	解节点方程法管网平差	3-112
3.1.4	给水管网计算程序“OPOINTE”简介	3-125
3.2	给水管道造价计算	3-128
3.2.1	管道造价的数学模型	3-128
3.2.2	计算方法	3-129
3.2.3	程序设计	3-130
3.2.4	应用例题	3-132
3.3	室内给水枝状管网计算	3-133
3.3.1	问题	3-133
3.3.2	计算方法	3-133
3.3.3	计算程序	3-134
3.3.4	计算例题	3-140
3.4	滤池工艺设计参数选择	3-142
3.4.1	问题的提出	3-142
3.4.2	计算方法	3-142
3.4.3	计算程序	3-143
3.4.4	计算例题	3-149
3.5	程序设计在水处理科研中的应用	3-150
3.5.1	聚丙烯酰胺水解反应规律的验证	3-150
3.5.2	投药量数学模型的建立	3-156
3.6	计算机在投药过程控制中的应用	3-161
3.6.1	流动电流投药控制	3-161
3.6.2	控制过程的计算机系统	3-162
3.6.3	控制系统的运行	3-170
	习题三	3-171
<b>第四章 排水工程中计算机程序设计</b>		<b>4-173</b>
4.1	排水管网计算优化选择程序设计	4-173
4.1.1	概述	4-173
4.1.2	排水管网设计计算的约束条件	4-174
4.1.3	优化选择的基本思想	4-175

4.1.4	计算方法 .....	4-177
4.1.5	结构化程序的总体设计与算法 .....	4-179
4.1.6	几个主要子程序的算法 .....	4-182
4.1.7	PSG18源程序及其使用说明 .....	4-185
4.2	雨水排水系统计算优化选择程序设计 .....	4-206
4.2.1	概述 .....	4-206
4.2.2	雨水管道计算的约束条件与优化选择基本思想 .....	4-206
4.2.3	计算方法与程序设计算法 .....	4-208
4.2.4	USG源程序及其使用说明 .....	4-212
	习题四 .....	4-224
附录*	城市污水处理厂设计计算的几个子程序 .....	4-225
	主要参考文献 .....	4-245

## 绪 论

人类已经认识到，“信息”是维持人类社会活动、经济活动和生产活动的资源之一，是构成客观世界不可缺少的要素之一。信息是对客观规律表示出来的映射。就计算机而言，信息的物理存在就是数据。严格地说，信息是现实事物间根据某种自然规律或人为的约定建立联系的一种形式，它为所描述的事物增添了确定性，或消除了不确定性。

“信息社会”以大量采集、加工、贮藏、生产信息为主要特征。各生产生活部门利用电子计算机和电子通信设备，有目的地收集、生产、传送、存储和利用信息。这样，工农业生产率成倍地增长，新的工作领域大量出现，人们的物质文化生活水平高度、快速地发展，生产和生活各个领域全面信息化。

社会信息化导致新知识与新发明不断地大量涌现。新知识领域与新学科日益增多，知识的老化和更新加速，这就是社会学家讨论的所谓“知识爆炸”问题。事实上当今世界正处在知识爆炸时期，请看1985年的统计资料：

全世界每天发表的包含新知识和新发现的论文约13000~14000篇，即每6秒钟就有一篇有价值的科学论文问世！全世界每年出版图书50万种，约每分钟就有一种新书出版！据联合国“世界科学技术情报系统”统计，本世纪60年代，科学知识每年的增长率从9.5%提高到10.6%，而80年代头几年就是12.5%，即5年增长一倍。而对生物工程、有机化学合成、计算机科学、环境科学等新兴科学的发展和知识老化速度更快，其更新周期只有3~5年。

如果说一位化学家每周拿出40h，即一周的工作日，来浏览一年内全世界发表的化学方面的论文和著作，将需要48年的时间！因此，在知识爆炸的现实面前，我们的学习生活和研究方法也要有相应的、深刻的变化。其中最重要的一点就是尽快地掌握电子计算机技术。如果不学会高速处理信息的技能，就很难跟上时代的步伐。

一定的社会生产方式就有与之相适应的文化，不掌握这种文化，社会的成员就很难运用当代的生产和生活工具。工业化社会要求它的劳动者具有初等中学的文化水平；信息社会要求它的劳动者具有一定的处理信息的能力，也就是要会使用信息处理工具——计算机。这就是所谓的“人类第二文化——计算机文化”。

我国是否为信息社会？何时能信息化？这应当由社会学家来回答。但是，全世界都在迅速地朝着信息化方向发展，这是不以人的意志为转移的客观规律。因此，作为现代的科技人员，除了本专业文化而外，还必须接受计算机文化，进而去推动整个社会信息化。

电子数字计算机（以下简称计算机），也叫电脑，是当今处理信息的主要工具，因此有人称之为“信息处理机”。它象其它处理过程一样，包括输入信息-处理-输出信息。从处理信息的过程更容易了解计算机的组成。严格地说，计算机是一个由硬件和软件组成的计算机系统。硬件包括输入设备、存储器、控制器、运算器和输出设备等五大部件；软件又可以大致分为系统软件和应用软件。系统软件包括操作系统、各种翻译软件和诊断软件

等；应用软件是由用户根据各种实际应用问题的需要编制的。

软件和硬件是计算机系统中既相互联系又相互独立的部分。相互联系是指计算机没有软件仅仅是裸机，裸机只能在很不方便的情况下做点简单的题目。当然，没有硬件的执行去实施软件的功能，软件也毫无意义。然而，当今的软件开发已脱离了某种具体型号的机器，而逐步地发展为一个行业。“软件工程”是研究大量社会化生产软件的学科。它标志着软件已完全独立于硬件而自成体系。按软件和硬件商品产值统计，随着计算机的发展，1970年购置一台计算机系统，软件和硬件的成本各占50%，而50年代软件费用还不足20%。

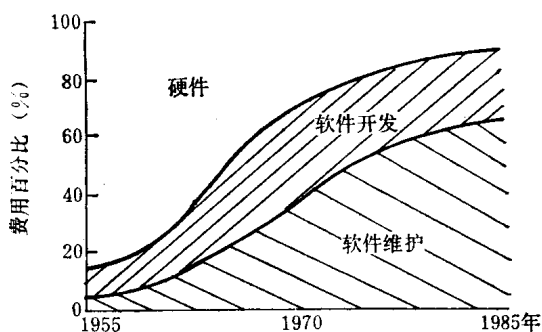


图 0.1 计算机软件、硬件费用变化

目前，软件已经逐渐从硬件的附属物逆转为硬件按软件要求来设计了，见图0.1。由此看来，我们各个领域的专业技术人员应用计算机技术的一个最重要内容就是应用软件的开发。

计算机之所以能够有力地推动人类社会的信息化，产生“计算机文化”，是与计算机系统本身所具有的一系列优良特性所决定的。其主要特性有：普适性、技术密集、运算的高速性、信息容量大、精确度高和使用方便等。

计算机正是由于这些独特的优点，加上它对人类社会的巨大贡献，使得它自身也得到了异常迅猛的发展。

纵观计算机的发展历史，可以看到，从1946年第一台电子计算机诞生至今，只有40多年的历史，但其发展速度却是惊人的，并且不断地更新换代。它大约以每10年更新一代的速度，经历了4个发展阶段，每一代的性能都比上一代优越得多。目前第四代计算机还在发展，同时也进入了第五代计算机的研制。第三代之后硬件元件只有集成度大的量变，没有质变，而在软件方面却有明显的差别。第四代大约是从1971年开始的，这一代计算机开始向两极发展：一是出现了微型机；二是出现了巨型机。前者的数量标志着一个国家的应用水平，后者的性能标志着一个国家的科技发展水平。第四代计算机中有巨型机、大型机、超级小型机、超级微型机和微型机等，软件方面也有一些突破。

虽然这四代计算机中每一代都得到了很大发展，但都是基于冯·诺依曼（Von Neumann）的体系结构和工作原理发展起来的。这样的计算机不利于非数值的信息处理，其运算存储和检索速度有限，这必然导致向未来的计算机发展。1981年10月在日本东京召开的第五代计算机国际会议以来，在人类历史上，正式地拉开了研制第五代计算机的序幕。第五代计算机是一种非冯·诺依曼体系结构的计算机系统，它不仅采用的技术不同，而且在概念和功能方面也不同于前四代计算机，被称为“知识信息处理系统”。该系统由知识库机、推理机、智能接口等硬件与PROLOG（英文PROgramming in LOGic的缩写，意思是用逻辑进行程序设计）语言等软件组成。它展示的是一种具有人工智能的新一代计算机。

第五代计算机的研制成功将是对计算机科学技术乃至全人类科学技术的一项重大贡献，被称为“第二次计算机革命”，因此，第五代计算机的研制已成为各发达国家激烈竞争的热点。当前，关于第五代计算机的研究，从各个方面不同的角度都取得了一些成果，

但至今还没有取得什么突破性进展。很多专家预测：第五代计算机真正进入实用化阶段，至少需要相当长的时间。因此，我们应当清醒地认识到：作为非计算机专业的科技人员来说，首要的任务还是努力学习和掌握使用好第四代计算机。这不仅是因为第五代计算机的研制还需要一个漫长的过程，而且第四代计算机的很多功能还远远没有充分地利用，从生产到生活中各个领域里的应用软件的开发又几乎是无止境的，况且第四代计算机本身也一直在不断地发展与完善。



# 第一章 程序设计基础

## 1.1 计算机应用的发展

我们在学习了计算机的有关知识和某种算法语言之后，还应当进一步了解计算机应用的现状及发展。因为，一是只有明确计算机在教学、生产、科研和生活中的巨大作用，才能对计算机在各个领域里的应用不断开发，充分发挥计算机的所有功能；二是鉴于目前计算机的应用范围及计算机本身的发展太快，以致于仍然有人认为计算机只是一种快速的计算工具，殊不知它已经能在许多方面代替人作一些简单的或复杂的脑力劳动，甚至能完成一些人无法完成的工作。为此，下面简要介绍计算机应用的几个方面及其发展趋势。

### 1.1.1 计算机的传统应用

#### 1. 科学计算

正如人们所想像的一样，电子数字计算机一开始就是为了科学与工程计算而设计的。随着科学技术的发展，人们在科研和生产中，更注意追求科学化、精密化、定量化，继而用不同的数学方法去描述客观事物，即建立相应的数学模型。各种数学模型虽然是对事物的定量描述，但真正解决问题还要靠精确的计算。在计算方面，无论是解析计算还是数值计算都会遇到计算工作量和计算精确度这样两个问题。

我们的数学工具，描述问题的能力远远地超出我们计算它的精确解的能力。例如，我们可以列出100阶的联立方程式，说明这100个变量间的关系，但手算却无法解出。在科学的前沿问题上，能写出方程而得不到解的情况比比皆是。计算机的诞生，尤其是第三、四代计算机的出现，使那些苦于无法解决高精度、大计算量的科技人员，大有柳暗花明又一村之感。例如，原来需要数学家花毕生精力去从事的计算，现在一个普通学生就可以轻易地解决。许多解不出来的数学模型，可用数值方法求解，传统的数值问题得到长足的进步，并且推动了以计算机为主要后盾的一批新兴数学学科的发展。

#### 2. 数据处理

数据处理就是数据的收集、分类、加工、统计等。其特点是数据量大，处理数据的算法相对定型，数据间的关系（即数据结构）大体上就决定了程序如何展开。现代社会是非常复杂的，各种因素相互交织、相互制约。在生产和日常生活中经常出现不协调、不平衡、矛盾、混乱等情况。其中很重要的原因之一是由于管理不科学，即缺乏从整个宏观角度去处理各种数据，并作出正确决策。而数据处理就是现代化管理的基础，其应用非常广泛，一般可分为以下4种类型：

- 管理型 各种经济计划与工程项目管理计划的制定、执行和检查，各职能部门业务及日常管理。高层次的有军事决策、投资决策、中长期经济发展规划、环境污染控制规划

和水资源规划等；低层次的有商店和银行的流水帐，科技与行政部门的业务管理等。

●服务型 计算机系统存有大量有关数据，输入用户的请求或询问，由系统作出应答。例如图书资料检索、航空订票系统、医院、旅馆、车站问讯服务处等。它的特点是有大量应用软件在用户界面上，使用极为方便。

●设计型 根据有关设计计算理论、设计规范、标准等编制的程序存入计算机，设计人员可将设计题目、要求、已知条件和必要的参数等输入，计算机可自动计算、绘图、制表等。各种CAD（即计算机辅助设计——Computer Aided Design）能在各专业领域代替设计人员作大量简易设计劳动。

●教育型 各种技术培训、图形文字解说系统以及计算机辅助教学系统，可根据学员的文化程度、安排讲授内容，使各种教育机构省时省力，提高效率。

### 3. 工程控制

随着社会生产力的不断发展，工业自动化控制日益普及与深入。计算机的工程控制应用是自动控制工程的继续与深化，即由数字计算机控制各种自动装置、自动仪表、机床工具的工作进程。工程控制按自动化程度可分四级：

第一级，直接控制与生产过程联系最紧的参数，给出初步加工信息，通知操作者作某种干预。

第二级，使用最广泛的直接数字控制，即采样-计算-控制命令3个步骤完全自动。

第三级，最优控制和自适应控制。自动选择与本参数最有影响的量作控制量，控制结果是使某一特定的目标函数为最优，这是真正的自动控制过程。

第四级，管理信息系统。即把生产管理与生产过程控制两者结合起来，它不仅最优选择控制生产过程中的参数，还考虑成本、完工周期等管理因素，是更高级的控制系统。

## 1.1.2 当前的应用方向

### 1. 数据库

计算机中存储的信息越多，越便于用户使用。然而，若每个用户都只追求积累对自己有用的数据，甚至于自己先后编制的两个有关联的程序也如此，这样，就可能按不同文件存入大量相互重复的数据。这不仅浪费存储空间，而且不利于修改。所以信息的积累不能是简单地数据堆积，而是要按科学的方法保存数据。这样就要求重新组织数据，按共享、独立、完整、安全和保密等原则把一个行政单位用到的所有数据合理地放到数据库里。其目的是使得我们能有条不紊地处理大量数据，并便于修改数据，使消除数据差错所花的代价最小。这就是建立数据库的基本思想。

数据库是集中控制的集成的数据集合。这些数据赖以寄存的硬件和管理这些数据存储与检索的软件，就是数据库管理系统(Data Base Management System, 即DBMS)。数据库管理系统、数据库管理人以及用户为利用这些数据而编制的应用程序，统称为数据库系统。数据库的设计者往往不是根据某个问题，而是根据每个部门的某方面应用的需要去考虑数据库。

### 2. 符号和图形处理

计算机系统对符号和图形的处理仍然是对信息处理的一种形式，也是当前计算机应用中比较活跃的一个分支。符号演算开辟了计算机应用的一个新的广阔领域，也为人工智能

打下了技术基础。符号演算的思想可推广为：处理某一种语言（如英语）正文得出另一种语言（如汉语），就是自然语言翻译；处理密码生成自然语言，就是破译密码；处理某数学公式，生成的是它下一步的化简、替换或综合，叫公式推导。终端设备的完善，促使人们去研究图形和符号的转变。计算机图形学的发展推动了符号和图形处理的软件开发，目前有一大批这类软件已达到实用化程度。

### 3. 模拟与仿真

模拟是对某物理的或抽象的系统的某些行为特征，用另一系统来表示它们的过程。如果模拟系统和被模拟系统都是数据处理系统，当有同样输入输出时，两系统有同样的结果叫做仿真。社会上和自然界中的许多事物是处于开放状态，并且是庞大的、复杂的、多变量的，它们很难或无法通过具体试验进行研究，例如，大型水体的污染与自净过程、经济发展与环境关系的演变过程等。但是为了研究、预测、规划与控制这些事物，又需要演示或再现这些事物运动变化的全过程，所以数学模拟和仿真是一个行之有效的方法。用计算机进行数学模拟和仿真可节省大量的人力物力，快速得出结果，便于对被模拟系统的预测、重新设计或控制。

### 4. 网络

网络是把若干单独的计算机系统组成一个大系统，它们共享软硬件资源和数据，并相互通信。这样，从整个部门或社会的角度把计算机的应用水平提高到一个更高的层次，能够计算更复杂、要求更高的题目，而且合理有效地利用社会资源。网络的功能基于网络通信，网络通信又与网络结构密切相关。一般说来，网络管理软件较为复杂。目前局部网络软件已达到实用化阶段，例如，基于远程终端的办公室自动化系统、飞机订票系统与资料检索系统等。

### 5. 开发环境

近年来，有关CAD的软硬件在迅速发展，从本质上改变了传统的工程设计步骤。特别是软件开发环境的技术向应用渗透，使得CAD发展成为该专业的开发（或工作）环境。例如，污水处理工程师工作环境，该环境存放着与污水处理有关的资料、数据、规范和程序等。若设计人员准备设计一座城市污水处理厂的曝气池，他只要坐在终端前用人-机对话的方式告诉机器，曝气池进水水质水量和对出水质量的要求等，计算机则能够自动计算、选择池型、确定设计参数及工艺尺寸等，直至把CAD中要完成的一切事情全部完成。在执行过程中，如果不满意CAD的设计，可以随时中断并干预设计进程。

设计人员只要会用终端操作命令，不会程序设计语言也可以利用机器进行设计。因此，开发环境最大的好处是不需要应用者过问程序设计细节，而把精力放在本专业问题的研究上。应当看到，开发环境只能在已知信息情况下给应用者工作提供更大方便，对不成熟的问题它是无能为力的，你不会它也不会，这与智能型开发环境有原则的区别。

#### 1.1.3 今后应用的发展方向

计算机应用的近期与今后的发展方向主要集中在人工智能上。这包括进一步完善第四代计算机系统与大力研制开发第五代智能化计算机系统。机器已经能代替人做一些简单的脑力劳动，一些初步尝试表明，机器代替人做某些复杂的脑力劳动也是可能的。但真正使机器人智能化还是一个十分艰巨的课题。就目前的研究来看，从感知采集到数据整理，

再对数据做推理，形成概念，按照概念模式进行相应的信息处理，得出正确的结论和发出正确的动作，每一个方面都处于探索阶段。即使是这样，其部分成果纳入应用，影响也是很大的。下面简要介绍一下人工智能研究的几个分支。

### 1. 自然语言处理

近年来，自然语言翻译系统取得了一些突破性进展，有些国家先后研制出了不同语种的某种程度的自然语言翻译系统，例如，日本已研制出了有限范围内的英语——日语翻译软件。但是，至今仍没出现一个很成熟的语言对译的实用系统。如何使机器在语言翻译时，能够象人那样不仅掌握大量具有多义性的词汇和复杂的语法规则、还能根据原文的内容或原话的语气以及上下文的联系，通过联想和推理功能，正确地进行语言翻译，是当前需要解决的主要课题。

### 2. 数据库的智能检索

数据库的进一步发展是智能化，它根据存入的信息进行判断和推理，进而能回答比存入信息要多的内容，因而具有简单的学习与推理功能。

### 3. 专家系统

顾名思义，“专家系统”应当是由若干个“专家”组成的系统，但这个专家系统是一个软件系统。再准确一些的解释是计算机专家系统的功能相当于某领域内大量专家的集合，具有这些专家所具有的有关能力，它能不同程度地对某一问题进行解释、诊断、查错、设计、规划和监控等等。专家系统的研究作为人工智能发展的主要内容之一，目前在医学、地质、工程等领域的某些问题中，已经进入了实用化阶段，在其它许多领域里的研究也正在开展。

### 4. 模式识别与感知

机器的模式识别与感知问题是人工智能研究中的一大难题。首先，如何将物体的形状、图象、符号、文字以及气味、声音、情绪、疼、痒等识别与感知问题变为机器能处理的数据，就是一个远远没有解决的问题。比如，以声音语言编程序，手写体输入信息等目前均未解决，情绪信息更是令人难以捉摸的问题。这可能要涉及仿生学以及人类感知的机理，即便知道机理，如何表示感知也很困难。其次，知道了如何表示，但数据量太大，也是难以解决的问题。总之，这些问题的难度非常大，并且涉及到许多学科。虽然至今还没有取得令人振奋的成果，但人们仍然在不懈地努力与探索，因为识别与感知问题在某些方面是人工智能研究的前提。

### 5. 机器人学

机器人学集中了信息感知、信息处理、模拟、力学与自动控制等许多学科的知识，其核心是机器人的智能。机器人的“大脑”里不可能存放所有需要的数据，因此，它必须会推理和智能检索，同时又要在规定时间内完成。其难度是可想而知了。但是，关于机器人的研究还是取得了很大成就，美国、日本与西欧的一些国家已先后研制出不少具有特定功能的简单机器人，给人以很大鼓舞。

### 6. 自动程序设计

算法语言和程序设计都是一门学问与技术，是每一位进行程序设计的人都必须掌握的，由此，也困扰了許多人。把问题性质、已知条件和要求等说明写出后，让计算机自动进行程序设计这一想法，很早就成为人们的研究对象。由于需要计算机求解的问题千差万

别，自动程序设计目前还没有成熟的方法。

属于人工智能研究领域的还有“定理证明”和“组合与调度问题”等。随着计算机科学及其应用科学的不断发展，有关人工智能的研究内容还会进一步扩展。近期的研究预示着将来的应用，人工智能研究的重大突破将给人类的生产与生活带来更深刻的变化。

## 1.2 计算机在给水排水工程专业领域中的应用

当今的计算机科学已成为新技术的带头学科和先导技术，强有力地推动世界从社会工业化向社会信息化的方向发展。完全可以说，没有计算机就没有现代化。尤其是计算机科学及其应用在自然科学的各个专业技术领域中的应用和发展，以及所取得的成就更是令人惊叹。

然而，在过去相当长的一段时期内，在国内给水排水专业领域里存在着一种传统观念，认为给水排水工程中的工作从试验研究、工程设计、生产运行管理到工程施工在内，基本上不涉及很复杂的计算问题，没有必要用计算机来完成这些工作。这种片面的观点曾经一度阻碍了计算机在给水排水工程专业中的应用，同时也影响了给水排水工程专业本身的科学研究向深度和广度发展，结果使计算机在我国给水排水工程中的应用不仅远远地落后于世界上发达国家的同类专业，而且也落后于国内同属于建筑工程领域中的工业与民用建筑和供热通风等专业。可喜的是，现在对于计算机在给水排水工程专业中应用及作用的观念已经得到了根本的转变；随着计算机技术的发展，在广大同行的共同努力下，这种落后状况有了较大的改善；特别是近几年来，计算机在给水排水工程的科研、设计与运行管理中的应用越来越多越广。

计算机应用在本专业起步较晚还有很多原因，其中一个重要原因是由于我国计算机科学一直比较落后，使我们对计算机应用技术不甚了解而造成的。其实，在给水排水专业中，从科研、教学、设计、运行管理到施工，都可以利用计算机来提高效率、保证质量、节省人力。即使从目前来看，提高对普及与深化计算机应用重要性和迫切性的认识也是很必要的。

各种工程技术系统和过程都可以抽象为信息变换过程，而信息的处理和变换正是计算机的突出功能，所以计算机的应用迅速地渗透到了工程技术的各个领域，广泛地用于数值计算、数据处理、科学管理、自动控制、辅助设计、网络管理、逻辑关系加工和人工智能等方面。和其它工程技术系统一样，计算机的迅速发展和广泛应用正在使传统的给水排水工程系统的科研、设计和运行管理的思想方法与工作方法发生深刻的变化。从近期来看，计算机在给水排水专业中应用与研究的热点主要表现在以下几个方面。

一、通过计算机对给水排水工艺过程的研究，逐步以动态分析的研究方法代替传统的静态分析方法，使工艺过程的研究趋于定量化和精密化

动态分析方法对工艺过程的描述和分析更接近客观实际情况，更精确，使提出的问题能得到更圆满地解决。例如，在给水或污水处理系统中，由于原水的水质、水量一般都在不断变化，再加上其它一些可变因素，致使处理系统的运行过程始终处于非稳定状态下。对此，如果仍然假设处理系统处于不变化的稳定状态并按传统的带有若干假定条件的静态分析方法进行研究，则无法真实地描述系统的运行状态，继而无法进行令人满意的系统预

测、调节和控制等。而只有进行客观的动态分析，建立以联立微分方程组为基础的动态数学模型来说明各个状态变量之间的关系，才能做到客观准确地描述。给水处理和污水处理系统的计算机自动控制，以及城市给水管网与泵站供水的优化调度等都必须首先完成这方面的工作。

数学描述——建立数学模型还不能说完成了对事物的定量描述，真正解决问题还要靠精确的计算。数学模型越复杂与精确度越高，其计算工作量越大。对于原来那些用手工计算简直是一筹莫展的问题，用计算机在几分钟甚至几秒钟之内就可以精确解出。另外，即使在建立数学模型时，也需要计算机对试验或观测数据进行归纳、统计和整理，以确定公式中的某些参数，建立更真实的数学模型。

应当看到，对于给水排水专业来说，科学计算（主要指数值计算）仍然是当前和今后一段时期内计算机应用的一个重要方面，而且科学计算又是计算机在其它方面应用的基础。

## 二、给水处理厂与污水处理厂的运行管理的计算机控制日益普及和深入

计算机的工程控制应用是二次世界大战后发展起来的自动工程的继续。其基本原理是通过各种传感器将采集现场控制对象的数据输入计算机，计算机按控制模型进行计算后，给出相应的控制信息，驱动伺服机，实现装置工作过程的全盘自动化。原则上，所有的生产和生活工具都可以自动控制。

有一种观点认为：实现计算机控制虽然能节省人工，减轻劳动强度，但我国目前并不缺少人力资源，因而没有必要为此而投资。实际上，国内外的实践都表明这种观点是很片面的。据统计，给水或污水处理系统由手动控制改为计算机控制后，不仅节省了劳力，提高了生产效率，而且还能使系统的运行更安全可靠，提高了出水质量，并普遍地降低了能耗。现在这种由计算机自动控制运行的给水和污水处理系统越来越多，在国外，工业化国家里已基本得到了普及，问题是如何进一步提高自动控制的质量与层次，由一般的自动控制向最优控制和自适应控制的方向发展。近年来，我国也有一些污水和给水处理厂实现或部分实现了计算机控制，并大有迅速发展的势头。可以预言，一切工程系统的人工操作和控制最终都将被计算机控制所取代，这也是计算机应用发展的必然规律。

工程控制计算机是一个执行系统，它需要相应的技术人员来维护运行，但是使控制系统工作还必须首先有大量的控制模型的应用软件，这些控制软件的研制必须有掌握计算机技术的给水排水专业人员的参与才能完成。

## 三、计算机已成为解决给水排水工程最优化问题必不可少的工具

随着给水排水工程和技术的复杂化、大型化与精密化，以及水资源规划、水污染控制规划等科学化和综合化，使得一个决策、规划、方案、设计和管理水平的优劣，对经济效益产生重大影响。尤其在全球性“节省能源”的呼声日益高涨的今天，通过最优化设计来保证给水排水工程质量并尽可能降低基建费用；通过最优控制等来保证给水和污水处理系统运行安全可靠并尽量减少运行费用等方面的研究和实践就显得更重要了。

最优化方法是研究和解决最优化问题的一门学科，即在一切实可行的方案中寻求最优的方案。它包括静态最优化（一般简称最优化，例如最优设计、最优规划、最优布局和最优决策等）和动态最优化（例如最优控制、自适应控制和微分对策等）。但是它们解决问题的途径都是：提出目标函数和约束条件后；建立最优化问题的数学模型；然后选择合适的

计算方法，求出最优解。

一般来说，最优化问题的求解往往需要大量的计算，不用计算机很难完成，甚至于必须借助于大型计算机才能得到较精确的解。计算机的发展又为求解高维的多变量最优化问题创造了条件，并且推动了最优化技术的进一步普及与发展。

四、对于复杂的系统或过程，通过计算机以数学模拟方法逐步取代部分试验模拟方法

数学模拟和计算机求解是解决庞大复杂的系统和过程的定量分析问题所不可缺少的手段。这不仅能节省大量人力物力，而且由于这类问题的影响因素繁多复杂，很难甚至无法用试验方法来模拟。例如，与给水有关的水源及与排水有关的受纳水体的水质模型、城市给水排水系统的规划模型等，由于它们的开放性、庞大性、复杂性和随机性，用缩小比例尺的实物模型的模拟试验方法显然是不现实的，并且也难以达到相当的真实性的。

为使这种非实物的数学模型能够尽可能真实而准确地描述其实体，必须在计算机上进行模拟分析和求解，最后配合必要的现场和实物的测试分析加以验证，建立起能代替真实系统的模型。根据推导方法的不同，这种数学模型又可以分为白箱模型（也称理论模型）和黑箱模型（也称经验模型）两大类，相应的理论基础分别称为白箱原理和黑箱原理。

白箱模型是把系统中所包含的现象和规律，根据物理、化学、生物学或者污染物迁移转化的各种定律和过程原理，按照数学知识和边界条件推演出的数学方程。黑箱模型则不考虑被研究系统内部的变化过程（一般暂时不了解内部的复杂变化规律），直接从系统的输入和输出的实测数据通过统计回归来建立其定量关系。黑箱模型只能在实测数据的条件和范围内才能应用。目前还有介于上述两者之间的所谓“灰箱模型”，即对理想的理论模型按照实用的目的作出各种简化和近似，并往往还引入某种由现场实测数据统计所得的经验公式作为部分补充并修正原数学模型。但是，无论对哪一种模型来说，在建立数学模型及其求解过程中，离开计算机是无法完成的。关于这方面的研究与实践，清华大学师生做了许多开拓性的工作。

五、专家系统在给水和污水处理系统工艺流程选择与工程设计中应用的研究正在展开

如前所述，专家系统实际上是解决某一领域问题的计算机应用软件系统，其功能相当于某领域内大量专家的集合。因此，它拥有该领域众多专家所拥有的有关知识和经验；能采用适当的推理方法和控制策略，对该领域内特定问题提出专家水平的解决办法；具有教育、咨询和决策的能力。它具有以下主要功能：

- （1）可以模拟人类专家的思维，运用大量的专家知识，能象人类专家那样解决某领域内的难题；
- （2）能运用专家的经验性规则进行启发式推理，来处理信息的不完整性和模糊性；
- （3）具有解释和教育功能，能回答用户在咨询过程中的提问，显示逻辑推理轨迹；
- （4）其中的知识库可以扩充，即仅对知识库进行修改和补充，而不需要改动软件系统的其它部分，这样，随着某一领域科学技术的不断发展和经验的积累，来不断完善专家系统。

可见，专家系统能不同程度地解决预测、解释、诊断、查错、设计、规划、监控、维修和教育等方面的问题。但是，建立专家系统却是一项长期、复杂而艰巨的工作。例如，

就污水处理厂工艺设计的专家系统而言,工艺流程的选择,构筑物型式和设计参数的确定,将受到很多因素的影响,下面简要列举几条。

(1) 污水的进水水质(包括有毒物质与营养物质等)和水温等

显然污水水质是决定工艺流程选择和设计计算的最重要因素之一,而水质所包含的内容又非常广泛,例如,有机物质种类与浓度、可生化性、悬浮物浓度、有毒物质种类与浓度、营养物质是否平衡(对生物处理而言主要指氮和磷的含量)、pH值等等。水温也是一项重要因素,尤其在寒冷地区。

(2) 处理水质的要求

处理水质越好,越有利于保护环境,同时处理系统的投资和运行费用也会越高。

(3) 污水的设计流量

污水量不仅直接影响总的基建投资,而且也关系到工艺流程和处理构筑物形式的选择。

(4) 投资情况

投资强度是影响工艺流程选择的关键因素之一,尤其在我国,资金筹措是一大难题。

(5) 占地面积

占地面积不仅关系到投资规模,而且还受城市规划、土地政策和其它一些因素的制约。由于工艺流程与占地面积有关,因而占地面积也是影响工艺流程选择的重要因素。

(6) 地形与地质条件

地形、地质、冰冻和地下水等条件也对工艺流程和构筑物形式的选择产生不可忽视的影响。例如,在有天然的池塘、沼泽、旧河道和农业利用价值不大的废弃不用土地的地方,应当首先考虑采用氧化塘等污水生态处理系统,否则不宜采用这一系统。

(7) 能源的消耗

降低基建和运行费用是一切工程设计的普遍原则,在满足出水质量等约束条件下,尽可能采用节能的工艺流程、设备与电器等。

(8) 运行管理简单及具有灵活性

在没有其它不利影响的情况下,尽可能选择易于管理及运行比较灵活的工艺流程及设备,并注意提高运行管理的自动化程度。

(9) 管理人员的业务素质与当地条件

据统计,我国半数以上的工业废水处理厂的运行管理都不好。原因是多方面的,但其中起决定性的因素是当地的技术条件和运行管理人员的业务素质。因此,工艺流程、自动化程度和仪器仪表的选择都应考虑这些因素。

(10) 气候条件

显然,气候条件也是工艺流程和构筑物形式选择,设计参数确定的重要因素。

(11) 其它

还有一些因素、如当地用水水源情况、远期发展是否考虑处理水的回用、受纳水体污染现状和发展趋势、污水水质水量的变化预测以及某些随机的可变因素等,都对工程设计工作产生不同程度的影响。

可以说,对于任意一个要筹建的污水处理厂的设计,都包含上述因素,在这样繁多复杂的影响因素面前,即使两个很有经验的专家,也会作出不尽相同的选择。因此,从这点意



义上来说,多数专家的智慧,知识和经验总比一、二名或少数专家的丰富,建立专家系统是十分必要的。然而,要在这样广阔的领域内建立专家系统的难度可想而知,因为专家系统的应用范围越广,所需要的专家越多,而且要涉及很多领域和学科的专家。所以,某一专家系统又可分为若干子系统,通过分别研制各个子系统,来构成某一专家系统。例如,污水处理厂设计的专家系统可以按相近的污水水质或废水来源分为若干子系统,即城市污水、含酚废水、炼油废水、造纸废水、印染废水、食品废水或高浓度有机废水等污水处理厂设计的专家子系统。这样的专家系统针对性较强,目标明确,收集专家的意见和经验,建立软件系统也相对容易一些。在此基础上,再建立更完整的专家系统,使之具有更广泛的通用性。

一个性能良好的给水或污水处理工程设计专家系统不仅能使其工程设计快速、准确、大大节省人的工作,甚至在很大程度上代替专业技术人员,而且在研制专家系统时还可以运用最优化技术,使其在工程设计中,用最优化原理进行水处理系统的工艺流程的选择与计算,即能够经过大量的经济技术分析,在选择某一个最优方案的基础上,又通过最优化计算,确定一组最优的设计参数。这样,能使工程设计在工艺合理、技术先进、运行可靠的前提下,最大限度地降低工程造价。显然,对于这样的设计工作,少数几名有关专家在短时间内是无法完成的,而相应的专家系统则可能很快地完成。

作为人工智能发展的前沿之一,专家系统经历了20多年的发展,其理论和实践都有了不同程度的完善,应用领域已遍及医学、化学、物理、数学、地质、教育、工程、计算机和军事科学等,有些已取得了明显的经济效益。给水排水工程的专家系统的研制已经展开,并已经取得了许多突破性成果,进入实用化阶段只是时间问题了。

#### 六、CAD在给水排水工程设计中得到越来越广泛的应用

计算机辅助设计的应用是在70年代迅速发展起来的。80年代以来受到更为普遍的重视。由于它具有高速度、高精度和高效率等优点,目前在机械、航空、造船、气象、电子、建筑和地质等很多领域里的应用都取得了丰硕的成果。CAD在给水排水专业领域中的应用也在更深入地开展。

由于CAD的出现,使计算机的功能更加完善。例如在给水排水工程设计中应用CAD,从工艺计算、参数的确定直至绘出图纸,只用编少量的程序,人们接着设计进程,一步一步地调用事先编好的应用软件,CAD就可以自动进行计算、制表、绘图、作材料工艺定额等。因此,CAD能够代替设计人员作大量的简易设计劳动,其代替程度依CAD软件功能而定。

计算机的软件和硬件的发展也促使CAD的理论和内涵得到加深和扩展,而人工智能的研究又促使CAD技术向智能化方向发展。比如,专家系统的研制与不断完善,使CAD的功能更强,应用范围更广泛了,主要表现为:

(1)专家系统所具有的专家知识和经验扩展了CAD的使用范围。CAD作为一种高级的辅助设计工具,主要用于设计计算和绘图方面,而面对类似于给水排水工程设计中的流程与构筑物形式等方面的选择或分析却显得无能为力。其主要原因在于这些问题的解决并不仅仅依赖于某些算法,而更重要的是需要专家的经验 and 创造性思维,需要有关专家的分析、判断、推理等。

(2)专家系统能处理模糊信息,具有逻辑推理功能,使CAD进行工程设计时考虑