



普通高等教育“十五”国家级规划教材  
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

# 给排水工程仪表与控制 (第二版)

崔福义 彭永臻 南军 编著  
张杰 主审

中国建筑工业出版社

CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

普通高等教育“十五”国家级规划教材  
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

# 给排水工程仪表与控制

(第二版)

崔福义 彭永臻 南军 编著  
张杰 主审

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

给排水工程仪表与控制/崔福义, 彭永臻, 南军编著.  
北京: 中国建筑工业出版社, 2006

普通高等教育“十五”国家级规划教材. 高等学校给  
水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 7-112-08050-9

I. 给... II. ①崔...②彭...③南... III. 给  
排水系统-自动化仪表-自动控制-高等学校-教材 IV. TU991

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 035306 号

**普通高等教育“十五”国家级规划教材**  
**高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材**  
**给排水工程仪表与控制**

(第二版)

崔福义 彭永臻 南军 编著  
张杰 主审

\*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 26 字数: 540 千字

2006 年 6 月第二版 2006 年 6 月第八次印刷

印数: 15901—18900 册 定价: 35.00 元

ISBN 7-112-08050-9

(14004)

**版权所有 翻印必究**

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书以讲授给排水系统自动化仪器仪表设备、常用控制技术与方法为主，适当地介绍自动控制的基础知识。内容包括：自动控制基础知识，给排水自动化常用仪表与设备，水泵及管道系统的控制调节，给水处理系统控制技术，污水处理系统的专用检测仪表与检测技术，污水处理系统的控制技术等。

本书可作为高等学校给排水科学与工程（给水排水工程专业）和环境工程专业的本科生教材，亦可供相关专业的研究生教学使用，也可以供有关工程技术人员参考。

\* \* \*

责任编辑：齐庆梅 王美玲

责任设计：赵明霞

责任校对：张景秋 张虹

## 第二版前言

该书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。其第一版曾获得国家优秀教材二等奖。在1998年第一版面世之后，我国的给水排水工程专业进行了大规模的改革，提出了将给水与排水相统一的新专业名称“给排水科学与工程”，专业指导委员会颁布了新的本科培养方案，专业的内涵得到扩大、培养内容更加充实、课程体系更加合理，体现了社会发展和科技进步对本专业的要求。新培养方案强调以水质为中心，建立系统、宽广的知识结构，以水质在线检测仪表与监控技术为主要内容的自动化知识就是其中重要的组成部分，而且随着本领域自动化、数字化水平的不断提高，其重要性还在不断加强。为此，在新的培养方案中，将“给排水工程仪表与控制”列为10门主干课程之一，本书就是与之配套的专用教材。根据专业指导委员会关于专业名称的意见，本次再版将书名更改为《给排水工程仪表与控制》。

近年来，给排水在线检测仪表与监控技术得到了快速的发展，应用更加普遍。能实现在线检测的水质参数仪表种类在增加，控制方法与技术在发展，新建水厂几乎无一例外地都要考虑设置不同程度的在线监控系统；不仅水处理过程监控技术得到普遍应用，而且水源水质预警、管网水质监控与管网优化调度技术等都有越来越多的研究与应用。特别是随着水污染的加剧与水质突发事件的频发，水质在线监控技术更加引起人们的重视，这些技术与设备在保障水质安全中发挥着不可替代的作用。在线监控技术与设备已成为给排水系统中不可缺少的组成部分。

正是在此背景下，作者对该书进行了修订。此次再版，除了订正第一版中个别文字错误外，主要充实更新了许多内容。近年来该领域技术与应用的进步，为教材编写提供了较丰富的素材；同时，在内容的选取上，作者也注意进一步加强教材内容的系统化，以便教与学；在内容的深度上，主要考虑本专业本科教学的需要，适当兼顾研究生教学，根据不同的情况讲授内容可酌情选取。作者仍然强调，该书不是一本单纯的讲述自动化知识的教材，而是将自动化与给排水工程密切结合的、站在给排水工艺技术的角度了解和认识自动化监控技术的教材，是此方面的一本入门教材。在教学安排上，建议在学习完水质工程学、给排水管道系统、建筑给排水等主要专业课程后，安排本课程。也建议在教学的实践性环节

中，如实习、设计等，适当安排相关的内容，以加深对本课程知识的认识与理解。希望给排水科学与工程专业学生在学习了此教材后，能对相关知识有基本的了解与认识，能初步达到与相关专业沟通、提出对工艺系统的监控要求的目的，或者为在自动化方面的进一步深造奠定基础。

限于作者的水平，书中还会有不少不足、不完善之处，恳请有关专家和使用本教材的老师和同学们批评指正。

本书由中国工程院院士、哈尔滨工业大学张杰教授主审。作者诚挚感谢张杰院士的认真审阅与赐教。在本教材第一版的使用和第二版的编写中，得到了专业指导委员会的大力支持，也得到了全国许多相关院校的支持并获得了很多富有价值的建议，作者对此表示衷心的感谢。书中的素材有相当部分来源于作者多年的研究成果，也有许多内容取自多部有关的著作和大量的论文，在参考文献中难以一一列举，对这些论著的作者也一并表示感谢。

本书由崔福义主编。具体的编写分工是：第1~4章由崔福义、南军执笔，第5、6章由彭永臻执笔。

# 第一版前言

随着科学技术的发展，给水排水工程技术也在不断进步。特别是近一二十年来，随着微电子、仪器仪表与自动化技术设备的令人瞩目的进步，许多现代科技新成就已越来越多地渗透到给水排水工程技术的各个领域，给水排水工程的仪表化、设备化、自动化有了迅速发展，使之逐步由土木工程型向设备型转化，由传统走向现代化。各种先进的自动监测、自动控制技术设备已在给水排水工程的各个环节以至全系统上获得不同程度的应用，并逐渐成为给水排水工程设施不可缺少的组成部分，成为给水排水系统高效优质运行的重要保障，在生产上取得了十分显著的技术经济效益。

面向 21 世纪，伴随我国社会经济的持续发展，在传统给水排水工程的基础上，一个新兴的产业——水工业已经形成。水工业源于给水排水工程，又不同于给水排水工程，它在内涵与外延上都有了很大的扩展。水工业是以城市及工业为对象，以水质为中心，从事水资源的可持续开发利用，以满足社会经济可持续发展所需求的水量作为生产目标的特殊工业。水工业是随着水的商品化和产业化生产而逐步形成和完善的新兴工业，它是水的开采、加工、输送、回收及利用的综合产业。水工业科学技术的基本框架是给水排水工程技术的发展和继承，并赋予了社会可持续发展及市场经济的丰富内涵。仪器仪表与自动化系统是构成水工业体系不可缺少的重要内容。可以预言，水工业仪器仪表、自动化系统的发展与应用将成为 21 世纪水工业工程技术的一个主要增长点。

给水排水工程仪表与自动化技术水平的提高，促进了行业的技术进步，推动了水工业的成熟与发展，同时也对这一领域的工程技术人员提出了更高的要求。作为 21 世纪的水工业工程技术人员，仅仅掌握本行业的工艺技术（水的加工与输送，即传统的给水排水工程技术）已不能适应形势发展的需要。当前在工程设计、工程施工、运行管理等领域，往往有这样的现象：有的企业盲目照搬国外的方案，花费大量资金建立庞大的自动化系统，但其功能却不符合实际需要，不适合中国的国情，不能解决最迫切需要解决的生产问题；有的企业自动化系统设计、施工等存在诸多问题，达不到预期的要求，只能将耗费大量资金建立的自动化系统束之高阁，仍用传统的人工方式进行生产控制；有的企业不掌握仪表设备的维护技术，错误地认为自动化仪表设备就可以将人彻底解放出来，不需要人来

维护,使得这些仪表设备长期以来故障频繁,难以正常工作。凡此种种现象,原因是多方面的,其中一个重要原因是给水排水工艺技术人员不熟悉自动化监控仪表与控制技术,不懂得如何使用、管理这些设备,妨碍了这些技术设备的应用;而仪表与自控专业人员也不了解给水排水工程,不知道在该领域对仪表与自控有哪些需要及适当的解决办法,也就是缺乏给水排水工艺技术同自动化仪表与控制技术的结合,缺乏这两部分专业技术人员的“接口”与交叉。科学技术的进步和发展,多学科的交叉渗透,水工业工程覆盖面的扩展,需要更多的知识面广博的综合型专业人才。水工业工程技术人员掌握一定的现代仪表与控制知识,将有助于促进现代控制新技术、新装备在本工程技术领域的应用,有助于在应用中取得更好的效果、更高的效益,有助于加速水工业工程仪表化、自动化、现代化进程。

在高等教育领域,作为传统的给水排水工程专业,担负着为本行业培养高级专门人才的重任,面对水工业迅速发展的需求,必须积极调整专业设置,进行课程体系、教学内容的改革,努力拓宽学生的知识面,使之建立较为完整的知识体系,才能适应科学技术飞速发展的新形势,迎接21世纪的挑战。加强仪器仪表与自动化系统知识教育,使学生掌握一定的现代控制原理与技术,就是应该采取的措施之一。为此,全国高等学校给水排水工程学科专业指导委员会决定编写出版《给水排水工程仪表与控制》一书,供高校有关专业开设相应课程使用。

此次出版的《给水排水工程仪表与控制》,是作者在总结多年教学经验的基础上编写的。从1990年起,作者在哈尔滨建筑大学的给水排水工程和环境工程专业陆续开设了“给水排水控制技术”课程,编写了教学讲义。随着该领域技术的发展和我們对此课程认识的逐渐深入,教学内容也在逐年丰富与完善。此次出版,作者在内容上又作了较大的调整与充实。在内容选取和编写方法上,作者从给水排水工程专业学生的实际需要及具备的相关知识基础出发,力图站在给水排水工程(水工业工程)工艺技术的角度来介绍相关仪表与控制知识,目的是使本专业学生通过该课程的学习,能够了解有关的仪器仪表的基本原理、特点与应用技术,了解有关的技术概况与特点,了解本专业各个工艺环节需要的监测与控制内容、能够采取的技术方法、目前的现状与发展趋势,从而为他们在以后的工作中与相关专业人员的协调与合作提供一个“接口”,为他们从事相关的工作或进一步学习奠定一定基础。

本教材以供给水排水工程专业本科生使用为主,也可以供环境工程专业本科生使用,还兼顾了相关专业研究生学习的需要,根据不同的情况讲授内容可酌情选取。学习本课程之前,要求学生已具备基本的物理学、电工学、电子学、流体力学以及水泵与水泵站、给水工程、排水工程、建筑给水排水工程等技术基础课



与专业课的知识。

应当指出，以微电子技术为核心的现代控制技术的发展，各种现代水质及工艺参数监测仪表的发展是日新月异的，现代控制技术在给水排水工程领域的应用更是新兴的、初步的、迅速发展的。《给水排水工程仪表与控制》的编写，亦是一项全新的、具有探索性的工作，没有前人的经验可以借鉴，还需要在使用中不断地完善。特别是限于作者的水平，书中定会有不少不足、不完善之处，恳请有关专家和使用本教材的同志们批评指正。

本书由中国工程院院士、中国市政工程东北设计研究院张杰教授和湖南大学姜乃昌教授初审，由张杰院士主审。两位初审人对本书的初稿进行了认真的审阅，并提出了许多极有价值的意见。在本书定稿过程中，张杰院士又再次进行认真的审阅并赐教，这些意见对该书的修改出版起到了指导性作用。作者在编写、修改该书及讲授相应课程的过程中，还得到了中国工程院院士李圭白教授等老师的热情指教，使作者受益匪浅。在此向上述专家表示由衷的感谢。书中的素材相当部分来源于作者多年的研究成果，也有许多内容取自多部有关的著作和大量的论文，对这些论著的作者也一并表示感谢。

本书由崔福义主编。具体的编写分工是：第1~4章由崔福义执笔，第5、6章由彭永臻执笔。封莉同志绘制了第1~4章的插图，马勇同志为第5、6章的编写做了许多工作，谨致谢意。

# 目 录

<b>第 1 章 自动控制基础知识</b> .....	1
1.1 自动控制系统的概念与构成 .....	1
1.1.1 自动控制系统的概念 .....	1
1.1.2 自动控制系统的构成 .....	5
1.1.3 自动控制系统的分类 .....	7
1.2 传递函数与环节特性 .....	11
1.2.1 方块图和传递函数 .....	11
1.2.2 典型环节的动态特性及传递函数 .....	14
1.3 自动控制系统的过渡过程及品质指标 .....	21
1.3.1 典型输入信号 .....	21
1.3.2 自动控制系统的静态与动态 .....	23
1.3.3 自动控制系统的过渡过程 .....	23
1.3.4 自动控制系统的品质指标 .....	25
1.4 自动控制的基本方式 .....	27
1.4.1 位式控制 .....	28
1.4.2 比例控制 .....	30
1.4.3 比例积分控制 .....	34
1.4.4 比例积分微分控制 .....	38
1.4.5 控制方式的选择 .....	41
1.4.6 控制参数整定 .....	42
1.5 双位逻辑控制系统 .....	46
1.5.1 逻辑代数初步 .....	46
1.5.2 真值表 .....	51
1.5.3 卡诺图 .....	52
1.5.4 双位逻辑系统的结构与实现方法 .....	56
1.5.5 逻辑控制系统的建立 .....	59
1.6 控制科学与技术的发展 .....	61
1.6.1 计算机控制系统概述 .....	61
1.6.2 智能信息处理技术 .....	64
1.6.3 控制理论的完善与控制技术的发展 .....	66
思考题与习题 .....	67

<b>第2章 给排水自动化仪表与设备</b> .....	68
2.1 检测技术基础 .....	68
2.1.1 检测的概念 .....	68
2.1.2 检测仪表的组成 .....	69
2.1.3 仪表的性能指标 .....	71
2.1.4 检测仪表的发展方向 .....	78
2.2 典型水质检测仪表 .....	79
2.2.1 pH值检测仪表 .....	79
2.2.2 电导率检测仪表 .....	83
2.2.3 溶解氧检测仪表 .....	86
2.2.4 浊度检测仪表 .....	89
2.2.5 生化需氧量(BOD)检测仪表 .....	94
2.2.6 化学需氧量(COD)检测仪表 .....	97
2.2.7 紫外(UV)吸收检测仪表 .....	100
2.2.8 总有机碳(TOC)检测仪表 .....	101
2.2.9 总需氧量(TOD)检测仪表 .....	103
2.2.10 余氯在线检测仪表 .....	105
2.3 水质自动监测系统 .....	108
2.3.1 水质自动监测站(点)的选定 .....	108
2.3.2 自动站水样的采集 .....	110
2.3.3 自动监测的项目和仪器的选定 .....	111
2.3.4 数据的传输及处理 .....	112
2.4 工作参数在线检测仪表 .....	113
2.4.1 流量检测仪表 .....	113
2.4.2 压力检测仪表 .....	133
2.4.3 液位检测仪表 .....	137
2.5 可编程控制仪表 .....	142
2.5.1 概述 .....	142
2.5.2 PLC控制系统与电器控制系统的比较 .....	145
2.5.3 PLC的基本组成 .....	149
2.5.4 PLC的工作原理 .....	155
2.5.5 PLC的性能指标与发展趋势 .....	157
2.6 执行设备 .....	159
2.6.1 往复泵及其调节 .....	159
2.6.2 离心泵及其调节 .....	162
2.6.3 调节阀的基本特性 .....	168
思考题与习题 .....	171
<b>第3章 水泵及管道系统的控制调节</b> .....	173

3.1	调节的内容与意义 .....	173
3.2	水泵—管路的双位控制系统 .....	173
3.3	水泵的调速控制 .....	178
3.3.1	水泵调节的类型 .....	178
3.3.2	水泵的调速方法 .....	180
3.3.3	水泵调速运行的方式 .....	182
3.4	恒压给水系统控制技术 .....	182
3.4.1	变频调速恒压给水技术 .....	182
3.4.2	恒压给水系统压力控制点的位置 .....	184
3.4.3	气压给水系统的控制问题 .....	187
3.4.4	变频调速给水系统中水泵的组合优化 .....	189
3.5	污水泵站组合运行系统 .....	193
3.5.1	控制系统的构成 .....	193
3.5.2	系统软件设计 .....	194
3.5.3	运行效益分析 .....	196
3.6	给水监控与调度系统 .....	196
3.6.1	系统结构和功能 .....	197
3.6.2	数据管理和应用 .....	197
3.6.3	中心调度室的设施 .....	198
3.7	给水监控系统应用实例 .....	199
3.7.1	给水监控系统的技术功能 .....	199
3.7.2	数学模型分析及水泵并联特性动态显示 .....	201
3.7.3	抗干扰问题 .....	202
	思考题与习题 .....	203
<b>第4章</b>	<b>给水处理系统控制技术 .....</b>	<b>204</b>
4.1	混凝投药单元的控制技术 .....	204
4.1.1	混凝与混凝控制 .....	204
4.1.2	混凝控制技术分类 .....	206
4.1.3	几种典型的混凝控制技术简介 .....	207
4.1.4	流动电流混凝控制技术 .....	213
4.1.5	透光率脉动混凝投药控制技术 .....	223
4.1.6	絮体影像混凝投药控制技术 .....	231
4.1.7	混凝投药智能复合控制技术 .....	235
4.2	沉淀池运行控制技术 .....	244
4.2.1	技术概况与分类 .....	244
4.2.2	应用实例 1 .....	245
4.2.3	应用实例 2 .....	246

4.2.4 应用实例 3 .....	247
4.2.5 应用实例 4 .....	248
4.3 滤池的控制技术 .....	249
4.3.1 滤池控制的基本内容与基本方式 .....	249
4.3.2 虹吸滤池的运行控制实例 .....	249
4.3.3 V型滤池监控系统 .....	252
4.4 氯气的自动投加与控制技术 .....	258
4.4.1 氯投加系统与设备 .....	258
4.4.2 氯气投加的自动控制 .....	260
4.4.3 应用中的一些问题 .....	262
4.5 供水企业监视控制和数据采集 (SCADA) 系统 .....	263
4.5.1 供水企业 SCADA 系统概述 .....	263
4.5.2 系统总体结构 .....	264
4.5.3 系统站点组成 .....	268
4.5.4 系统检测及控制功能 .....	273
思考题与习题 .....	276
<b>第 5 章 污水处理厂的检测仪表与 ICA 技术 .....</b>	<b>277</b>
5.1 概述 .....	277
5.1.1 安装仪表设备的目的 .....	278
5.1.2 设计与安装仪表设备的要点 .....	278
5.2 污水处理厂的检测项目与取样 .....	279
5.2.1 常规检测项目 .....	279
5.2.2 检测的取样 .....	280
5.3 检测仪表与方法的选择 .....	284
5.3.1 仪表的安装位置与检测对象 .....	284
5.3.2 检测仪表与方法的选择 .....	284
5.4 污水处理厂常用的检测方法 with 仪表设备 .....	293
5.4.1 流量的检测方法 with 设备 .....	293
5.4.2 污泥浓度的检测方法 with 仪表 .....	296
5.4.3 污泥界面的检测方法 with 仪表 .....	298
5.4.4 有机物的检测方法 with 仪表 .....	299
5.4.5 呼吸仪的检测原理及其测量方法 .....	301
5.4.6 营养物在线传感器 .....	304
5.4.7 采样系统 .....	306
5.4.8 检测信号的变换方法 .....	306
5.4.9 信号的接收及其仪表设备 .....	309
5.4.10 仪表设备的设置 .....	310

5.5 污水处理系统 ICA 技术及其现状	311
5.5.1 ICA 技术及其运行目标	312
5.5.2 ICA 技术的限制性和促进性因素	313
5.5.3 ICA 技术在国内外的应用现状	314
思考题与习题	317
<b>第6章 污水处理厂的监视控制与自动控制</b>	<b>319</b>
6.1 监视控制方式与项目的选择	319
6.1.1 监视控制方式	319
6.1.2 监视控制项目	322
6.2 监视控制仪表设备的选择	323
6.2.1 监视操作仪表设备	324
6.2.2 控制设备	327
6.3 污水处理厂的计算机控制系统	329
6.3.1 计算机控制系统的基本组成与特点	330
6.3.2 计算机控制系统的分类	333
6.3.3 计算机控制系统的规划与设置	337
6.3.4 计算机控制系统的设备选择	340
6.4 污水泵站的自动控制及其设备	341
6.4.1 污水泵站的自动控制	341
6.4.2 污水泵站的远距离监视控制	347
6.4.3 排水泵站计算机控制与管理系统的應用	350
6.5 生物脱氮系统的控制和优化	354
6.5.1 曝气量和 DO 浓度的控制	354
6.5.2 内循环回流量的控制	356
6.5.3 外碳源投加量的控制	357
6.5.4 SRT 和污泥排放量的控制	357
6.5.5 污泥回流量的控制	358
6.5.6 分段进水的控制	359
6.6 厌氧生物处理系统的过程控制	360
6.6.1 厌氧处理工艺的控制目标和主要测定变量	361
6.6.2 pH 值和 $E_h$ 对厌氧消化过程的影响	362
6.6.3 温度对厌氧生物处理的影响	364
6.6.4 厌氧生物处理过程中的监测和控制	365
6.6.5 厌氧消化过程中硫化氢毒性物质的控制	367
6.6.6 厌氧消化过程控制因素	368
6.7 SBR 的控制与优化	370
6.7.1 实现 SBR 法自动控制的必要性	370

---

6.7.2	SBR法自动控制的策略及意义	372
6.7.3	以DO、pH和ORP作为SBR法的实时控制参数	372
6.7.4	SBR法计算机自动控制系统的研制	377
6.8	生物除磷系统的控制与优化	378
6.8.1	生物除磷系统的主要环境影响因素	378
6.8.2	生物除磷工艺系统的优化设计	380
6.8.3	生物除磷工艺的运行优化	384
6.9	污水处理厂的自动控制及应用	384
6.9.1	污水预处理设施	384
6.9.2	初次沉淀池	385
6.9.3	曝气池	386
6.9.4	二次沉淀池	391
6.9.5	加氯消毒混合池	393
6.9.6	污泥浓缩池	394
6.9.7	厌氧消化池	394
6.9.8	污泥脱水预处理设施	395
6.9.9	脱水机	396
	思考题与习题	397
	参考文献	399

# 第 1 章 自动控制基础知识

## 1.1 自动控制系统的概念与构成

### 1.1.1 自动控制系统的概念

在给水处理工程中，自动控制技术起着愈来愈重要的作用。在西方发达国家已出现无人值班的全自动化水厂，节省了大量的人力。在供水管网上采用遥测技术，自动收集各节点的工作参数，可以实现全供水系统自动调度控制，实现运行优化。在给水处理工程中各个局部环节，自动控制技术则有着更为广泛的应用，如建筑内的恒压给水系统，供水、排水泵站的自动控制系统，水处理单元环节的自动控制系统等，比比皆是。但就整体而言，自动控制技术在给水处理工程中的应用仍是初步的。随着自动控制技术与给水处理工程技术的不断进步，给水处理工程自动化的水平必将会不断提高，它将推动水工业技术现代化的进程，并带来更大的社会效益与经济效益。

控制理论分成经典控制理论和现代控制理论两大部分。经典控制理论在 20 世纪 50 年代末期已形成比较完整的体系，它以传递函数为基础研究单输入、单输出的反馈控制系统，采用的主要研究方法有时域分析法、根轨迹法和额串法。现代控制理论以状态空间法为基础研究多变量、变参数、非线性、高精度等各种复杂控制系统的理论。近年来，现代控制理论又在大系统工程、人工智能控制等方面继续向纵深发展。

我们所处的时代经常被称为自动化时代，这是以应用于十分复杂的工业过程和系统、能自动运行的机器和设备为标志的。这些自动化过程或现代化的自动化技术构成了控制工程以及过程数据处理的一个很重要的部分。虽然控制工程问题几乎在所有工程技术领域都会遇到，但作为一种特殊的考虑方式，控制工程具有其独特的专业方向，而这个方向之间虽然有很多共性，但相互间也具有十分明显的差异。

控制工程是一个十分强调方法论的专业领域，因此控制工程方法完全是独立于各种应用领域的，它所处理的问题当然是很类似的。然而它们并不一定是工程问题，它们也可以在非工程性的动态系统，如生物、经济和社会学系统中应用。所以，首先应当很全面地来理解动态系统这一概念，这里我们选择如下



定义：

动态系统表示信号处理相传输的一个功能单元（例如，信号可以是能量、材料、信息、资金及其他形式）。其中系统的起因和由此引起的时间上的效果分别作为系统的输入量和输出量来考虑。

所谓自动控制是在人不直接参与的情况下，利用外加的设备或装置（称自动控制装置）使整个生产过程或工作机械（称被控对象）自动地按预定规律运行，或使其某个参数（称被控量）按预定要求变化。现以水池水位控制系统为例，说明自动控制的基本概念。

在图 1.1 水池中，水源源不断地经阀门流进水池，而由出水管道流出供用户使用。若要求在出水量随意改变的情况下，保持水位高度不变，则可由人工操作实现。操作人员首先测量水池实际水位，并将它与要求值比较，得出偏差，然后根据偏差大小调节进水阀门的开启程度，通过改变进水量使水池水位达到要求值，这是人工操作的过程。由人工完成控制任务的系统叫做人工控制系统。在图 1.1 中，水池是被控对象，水池水位是被控量。

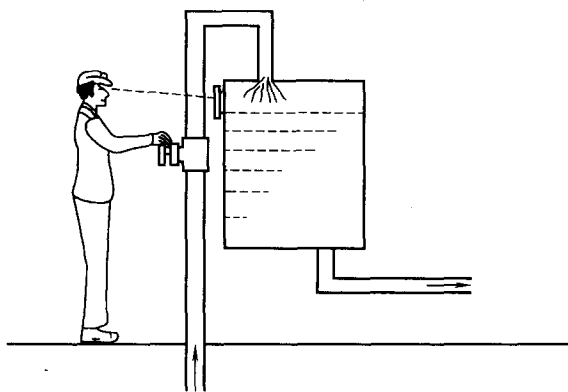


图 1.1 人工控制水池示意图

若用自动控制装置代替操作人员完成人工操作过程，则可构成自动控制系统。自动控制装置一般应包括以下几部分：

- (1) 测量元件。测量被控量的实际值或对被控量进行物理量的变换；
- (2) 比较元件。将测量结果和要求值进行比较，得到偏差；
- (3) 调节元件。根据偏差大小产生控制信号，调节元件通常包括有放大器和矫正装置，它能放大偏差信号并使控制信号和偏差具有一定关系（称调节规律）；
- (4) 执行元件。由控制信号产生控制作用，从而使被控量达到要求值。

图 1.2 是水池水位自动控制系统的一种形式。这里，浮子是测量元件，连杆起比较作用。电位器输出电压反映水位偏差。放大器、伺服电动机、减速器和阀