

多媒体

媒体人机交互技术

▲ 吴玲达

老松杨

王 晖

张茂军等

编著



国防科技大学出版社

多媒体人机交互技术

吴玲达 老松杨 王 晖
张茂军 杨 冰 姜志宏 编著

国防科技大学出版社

·长沙·

图书在版编目 (CIP) 数据

多媒体人机交互技术/吴玲达, 老松杨, 王 晖, 张茂军, 杨 冰, 姜志宏编著. —
长沙: 国防科技大学出版社, 1999.3

ISBN 7—81024—533—3

- I 多媒体人机交互技术
- II 吴玲达 老松杨
- III ①多媒体 ②人机交互技术
- IV TP31

JS/55/23

国防科技大学出版社出版发行

电话: (0731)4555681 邮政编码: 410073

E-mail: gfkdcbs@public.cs.hn.cn

责任编辑: 文 慧 责任校对: 黄 煌

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 450 千

1999年3月第1版第1次印刷 印数: 1—5000册

定价: 22.00 元

内 容 简 介

本书对多媒体人机交互技术的基本原理、主要方法进行了较为深入的论述。主要内容包括多媒体人机交互的方法和特性、多媒体人机交互设备、多媒体人机交互方式的设计、协作中的多用户接口以及人机交互的组合模型、用户界面的开发环境和测试等。可作为信息系统工程、军队指挥自动化、计算机等相关专业的本科生、研究生学习多媒体交互技术的教材，也可为多媒体技术研究和开发人员、多媒体系统用户提供参考。

前 言

技术的发展和进步，使计算机的应用越来越广泛，深入到人们工作和生活的各个领域。但计算机缺乏“眼睛”和“耳朵”，没有语言能力，也没有从外部世界收集信息所需的触觉、味觉和嗅觉，这严重地限制了人和计算机之间的信息沟通。近年来，多媒体技术的发展，使人机交互手段有了很大的提高，改善了计算机系统的可用性。

国内对多媒体人机交互技术的研究还处在起步阶段。国防科技大学多媒体实验室在 20 世纪 90 年代开始进行这方面的研究工作，本书是作者结合多年来从事多媒体人机交互技术研究的体会编写而成，着重向读者介绍了多媒体人机交互的有关问题，从人机工程学的基础出发，论述多媒体人机交互所涉及到的硬件、软件技术、方法以及模型、交互界面的评价方法等基本理论，力图给读者一个较为全面和完整的概念，希望能为从事这方面工作的读者提供一些帮助。

本书第一章介绍多媒体人机交互的基本概念及方法和特征，使读者对该领域的研究内容有所了解。第二章简单介绍人机工程学的基础知识，希望通过对人机工程设计方法的了解，为今后的设计工作打下基础。第三章介绍多媒体人机交互系统中常见硬件的基本知识及基本原理。第四章介绍多媒体人机交互软件的设计方法。第五章至第八章详细介绍多媒体人机交互的方法和技术。第九章介绍屏幕显示与窗口的设计，特别是多窗口的设计。协作技术是近年来迅速发展的研究领域，其接口技术是协作应用的关键。第十章针对协作多用户的接口技术作了介绍。第十一章讲述了人机交互的组合模型，第十二章用户界面的开发环境，介绍用于开发人机交互软件的工具。第十三章是测试和评价，根据测试与评价的目的和基本要求，介绍了可用性测试和验收测试，以及评价的基本方法。

参加本书编写的工作人员有：吴玲达（第一章、第二章、第

十三章)，姜志宏（第三章），老松杨（第四章、第五章、第九章），张茂军（第六章、第七章、第八章），王晖和黄英君（第十章、第十一章），杨冰（第十二）。吴玲达同志审阅了全书，老松杨同志对全书进行了统稿。本书在撰写和出版过程中，得到了校系领导和机关同志及国防科技大学出版社同志的热情支持，在此表示衷心的感谢！同时也感谢课题组其他同志的关心和帮助。

由于作者水平有限，书中缺点错误所在难免，欢迎读者批评指正！

作者
1999年1月

目 录

第一章 绪 论

1.1 引言.....	1
1.2 多媒体人机交互技术.....	1
1.3 多媒体人机交互的方法和特征.....	4

第二章 人机工程学基础

2.1 引言.....	11
2.2 人机工程学的发展和应用.....	12
2.2 人机工程学的分析研究方法.....	16
2.4 人的特性.....	19
2.4 人机比较.....	27
2.5 人机系统设计.....	28
2.7 小结.....	40

第三章 多媒体人机交互设备

3.1 引言.....	41
3.2 键盘.....	41
3.3 指点设备.....	44
3.4 语音交互设备.....	52
3.5 扫描式输入设备.....	53
3.6 显示器.....	60
3.7 打印机.....	65
3.8 小结.....	69

第四章 多媒体人机交互的基本方式及设计

4.1 引言.....	71
4.2 菜单.....	73
4.3 填表.....	90
4.4 命令语言.....	94

4.5 小结	107
--------------	-----

第五章 自然语言交互技术

5.1 引言	109
5.2 自然语言对话方式.....	110
5.3 语音识别.....	112
5.4 语音合成.....	127
5.5 听觉模型研究.....	130
5.6 小结	134

第六章 字符交互技术

6.1 引言	135
6.2 汉字输入技术.....	136
6.3 汉字的编码输入.....	138
6.4 联机手写汉字识别.....	151
6.5 小结	155

第七章 直接操纵技术

7.1 引言	157
7.2 直接操纵的概念.....	157
7.3 直接操纵的设计.....	159
7.4 直接操纵的问题.....	162
7.5 直接操纵的编程.....	163
7.6 直接操纵的应用.....	165
7.7 远距离直接操纵.....	170
7.8 虚拟现实中的直接操纵.....	172
7.9 小结	176

第八章 多模态接口

8.1 引言	177
8.2 多模态接口的概念.....	178
8.3 几种可能的模态组合.....	179
8.4 决定模态组合可能性的方法.....	182
8.5 多模态接口的体系结构.....	185

8.6 多模态信息融合算法.....	187
8.7 小结.....	190
第九章 屏幕显示与窗口设计	
9.1 引言.....	192
9.2 显示的设计.....	193
9.3 色彩设计.....	198
9.4 单个窗口的设计.....	202
9.5 多窗口设计.....	206
9.6 任务联动的多窗口.....	211
9.7 小结.....	216
第十章 协作多用户接口技术	
10.1 引言.....	218
10.2 协作多用户接口概述.....	219
10.3 协作应用的体系结构建模.....	224
10.4 协作多用户接口的体系结构.....	240
10.5 协作用户接口的实现.....	244
10.6 小结.....	252
第十一章 人机交互的组合模型	
11.1 引言.....	254
11.2 组合视图.....	255
11.3 组合模型.....	259
11.4 组合模型和多媒体 - 多模态接口设计.....	264
11.5 实用的组合模型.....	270
11.6 小结.....	276
第十二章 用户界面的开发环境	
12.1 引言.....	278
12.2 说明方法.....	278
12.3 编程支持工具.....	285
12.4 用于评估的设计工具.....	288
12.5 小结.....	289

第十三章 测试与评价

13.1 引言	292
13.2 测试与评价的目的和基本要求	292
13.3 任务分析.....	293
13.4 可用性测试和验收测试.....	295
13.5 评价的基本方法.....	298
13.6 小结	301

第一章 绪 论

1.1 引言

20 世纪 40 年代, 计算机还只是一种高级而昂贵的加法机器。如今, 随着大规模集成电路、多媒体技术等高新技术的迅猛发展, 计算机的体积越来越小、功能越来越强、速度越来越快、价格越来越低廉, 它可以控制仪器设备, 管理和处理各种信息, 进行娱乐和游戏, 辅助教育和学习。由于计算机的应用越来越广泛, 它已成为人们现代生活中不可缺少的工具。

早期的计算机最重要的特点是体现“通用机”的灵活性, 使计算机能执行任何信息处理任务。但计算机缺乏仿生的眼睛和耳朵, 也没有从外部世界收集信息所需的触觉、味觉和嗅觉。计算机没有语言能力, 没有四肢, 没有建立各种各样信息表达形式的能力, 这就限制了人和计算机之间的信息沟通。因为通过多种渠道来沟通信息将更有效, 例如手势和其它的人体动作伴随着语音可增强对语音的理解, 眼光的接触在人际信息沟通中带有意义。近年来, 研究人员已开始寻求如何突破这些限制。需求的增加, 使人们认识到最重要的是如何使用我们所有的感觉和信息沟通能力与计算机发生交互作用。在计算机系统中使用音频、视频、图形和动画等不只是常规计算机的扩充, 而是试图将计算机开发成一台“通用机器”, 使它能更完整地理解人的需要, 并和人沟通信息。因此, 一个易于使用的、形象直观的用户接口将极大地改善系统的可用性。

目前对多媒体人机交互技术的研究刚起步不久。在早期的多媒体应用中, 演示类型占较大的份额, 人机交互不多。但是随着交互技术和多媒体接口技术在交互式多媒体研究中的结合, 我们需要对多媒体人机交互技术作系统的研究。希望本书能为从事这方面研究工作的读者提供帮助。

1.2 多媒体人机交互技术

1.2.1 多媒体及其关键特性

媒体是信息的载体, 分为感觉、表示、显示、存储和传输媒体。多媒体的定义多种多样, 人们从各自的角度出发对多媒体给出了不同的描述。如对于表示媒体, “多媒

体”常常是指信息表示的多样化，常见的形式有文字、图形、图像、声音、动画、视频等多种形式，那些可以承载信息的程序、过程或活动也是媒体。而对于计算机输入而言，多媒体指的是使用多种输入设备与计算机系统发生交互作用的能力。

“多媒体”从普遍意义上讲也包含多媒体技术。狭义地说，是指人类用计算机或类似设备交互处理多媒体信息的方法和手段（如I/O、传输、存储、处理等）；广义上讲，“多媒体”则指的是和信息处理有关的所有技术与方法的一个领域（包括广播通信、家用电器、印刷出版等）。

多媒体的关键特性主要包括信息载体的多样化、集成性和交互性三个方面。信息载体的多样化是相对于计算机而言的。把计算机所能处理的信息空间范围扩展和放大，不再局限于数值、文本或是被特别对待的图形或图像，这是使计算机变得更加人类化所必须的条件。人类对于信息的接收和产生主要在五个感觉空间内，即视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉，其中前三者接收和产生了95%以上的信息量。但是计算机还远远不能与人类相比，在信息交互方面只处于初级水平。多媒体就是要把机器处理的信息多样化或多维化，使之在信息交互的过程中，具有更加广阔和更加自由的空间。多媒体的第二个关键特性是交互性，它将向用户提供更加有效地控制和使用信息的手段，同时也为应用开辟更加广阔的领域。交互可以增加对信息的注意力和理解，延长信息保留的时间。在单一的文本空间中，交互的效果和作用是很差的，很难做到自由地控制和干预信息的处理。当多媒体交互性引入时，“活动”本身作为一种媒体介入了信息转变为知识的过程。借助于活动，我们可以获得更多的信息。例如，在计算机辅助教学中，可以人为地改变信息的组织过程，研究感兴趣的某些方面，从而获得新的感受。交互性一旦被赋予了多媒体信息空间，可以带来很多的好处。多媒体的第三个关键特性是集成性，它是在系统级的一次飞跃。早期的各项技术是单一、零散的，但当各项技术发展到了相当成熟的程度，并且独立发展不再能满足应用的需求时，就需要集成在一起。它包括多媒体信息媒体的集成和处理这些媒体的设备的集成。

1.2.2 人机交互形式

多媒体系统力求发挥人类感觉的最佳特长，以便能进行信息的沟通。人们能方便地理解语言、面部表情、图像以及其它多种形式的通讯形式，但计算机却很难做到这一点，它无法从现实世界中自由地收集信息和表达各种信息。另一方面，计算机能迅速而可靠地交换和变换信息。高速的计算能力扩展了对数据进行重复计算的能力，大规模的存储扩展了记忆信息的范围，高速通信网使远在异地的朋友可以快速地传递信息。人们要借助机器的能力，就必须经历交互过程中对信息的转换和变换。因此，改进人机交互手段显得十分重要。

用户和计算机之间的信息交流有四种不同的形式，即人—人（通过计算机）、人—机、机—人和机—机。每种形式在信息的表示和传递方面都可能有一些变化，可能仅仅是数据转移，不作变化；也可能在信息传递时形式被转换、数据被重新组织、格式被改变，表现也被改变。

计算机之间的通信是以计算机科学的方法建立起来的一个学科，已得到了充分的发展，但多媒体系统的需求正在对系统设计人员提出新的挑战。计算机之间通信的目标是通过网络发送数据、存储数据以供后续的检索用。虽然已经制定了不少有关图像、视频、声音的信息交换标准，但不同标准、不同程序和不同类型计算机之间的信息交换仍很困难，特别是动画和影像视频的实时性对信息网络有十分严格的时间要求。多媒体接口综合了机—机通信中的一些问题，使用多种媒体后，必定会有多种信息表达形式，这就使标准和兼容性的问题变得更加复杂，因为要想在数据传送处理中实现自动格式转换是非常困难的。此外，多媒体接口还要求传送和储存大量的信息，这也是很难做到的。随着数字系统的速度越来越快，网络容量日益提高，数字格式的视频和音频信息将占据统治地位，现有的计算机网络不能处理连续的信息，因此必须将网络适配成能处理多媒体信息的系统。

人与人之间的通信常通过计算机来实现，此时的计算机不需要“理解”信息。例如，在电子邮件中，计算机只需解释收信者、发送者、目的地、日期等信息，而把邮件本身当作一串字符序列来对待。同样，声音、图像、视频及其它形式的信息，大部分都无需计算机理解而直接被存储或传送。当然，计算机仍能够帮助人们有效地组织和表达信息。随着理解声音、自然语言、动作等智能系统的逐渐成熟，计算机将显著地改变人与人之间的交互方式，使之达到更高的水平。

人和计算机之间的交互是目前研究最多的问题之一。计算机能处理和表现越来越多的信息，因此人和计算机之间的交互已显得日益重要。为了向计算机送入数据和命令，应采用多种输入形式使用户能以最适合于信息通信的样式与计算机进行交互，并能减轻输入通道的过载。例如，用语音发布命令可以让手空出来使用图形点触式设备。二维和三维定位、语音理解、眼睛运动轨迹跟踪、头部运动轨迹跟踪和手势识别等新设备的开发和使用，将给人机交互带来更大的方便。在人和计算机之间的交互中，必须考虑两者的局限性。人要求抽象化，以表达他们的思想。人的大脑擅长于处理和集合多种多样的感官输入，学习新的概念，并有联想功能，这些远远胜过计算机所做的简单的算术和逻辑运算。为了使计算机能以对象和抽象的方式和人通信，需要有功能强大的软件。多媒体引入了色彩、特征、声音、动画、形状和视频，对计算机的简单数字化结构提出了更多的需求，以使其成为沟通人的思维进程的链路。几十年来，协调用户用好计算机的操作系统已从任务调度、资源管理逐步发展到了具有图形化的用户接口，它提供了各种各样的交互技术，供应用程序使用。但要配置成适合于用户需要的环境，尚需计算机和用户之间的交互作用高度模型化。计算机和人交互时的另一类问题是从一种媒体转换到另一种媒体时遇到的问题。例如，第一种媒体是便于存储的一种形式，而第二种媒体则能构成更易于为人们理解的表达形式，要选择和生成一些适当的表达形式是一件困难的事。如果表达形式错漏或歪曲了重要的信息，就会使用户误入歧途。事实上，用户接口工作往往会成为一个系统或一次研究成败的关键部分。多媒体人机交互的出现，将会在这个方面起到至关重要的作用。

1.2.3 多媒体人机交互技术

多媒体人机交互既涉及信息表示的多样化，也考虑人们如何用多种输入输出设备和计算机进行交互。

信息表示的多样化使计算机不仅仅只进行单纯的数字计算，还必须能够处理图形、图像、动画、视频、语音、音乐、文字等不同的媒体。这些媒体种类繁多、形式多样，数据量差异巨大，媒体间关系复杂。如何管理和组织这些数据？如何从各种各样的媒体数据中找出所需的信息？如何表现这些多媒体数据？如何构成多媒体信息空间？时间特性如何表示？媒体间关系如何确定？怎样协调？如何存储数据量巨大的媒体？……这些问题都是传统的理论和方法尚没有很好解决的问题，只有在多媒体技术中才得到了初步的解决。详细内容请参阅有关多媒体技术方面的书籍。

如何用多种输入输出设备和计算机进行交互是多媒体人机交互的又一重要内容。各种多媒体外设目前已相对成熟，如声音卡、视频卡、各种触摸定位接口、图像扫描仪、彩色拷贝机、立体显示头盔、数据手套、数据服装、三维鼠标等，但设备的集成一体化、人机交互的软件技术，还需要做更多的工作。特别是在虚拟现实系统中，为了给用户以更加逼真的体验，就要采用计算机技术生成一个逼真的视觉、听觉、触觉及嗅觉等的感觉世界，使用户可以用人的自然技能对这个生成的虚拟实体进行交互考察。这就需要更加高级的集成性和交互性，其中的许多技术、方法、成果首先是在人机交互领域中出现和应用的。因此，多媒体人机交互是多媒体技术和人机交互技术的结合，是多媒体发展的更高境界。

1.3 多媒体人机交互的方法和特征

1.3.1 人的行为模型

人机系统作为一门工程学已有 40 多年的历史了。在第二次世界大战期间，一些国家大力发展高效能和威力大的新式武器和装备，因而出现了人工跟踪系统。然而，由于当时忽略了人的局限性，设计的控制仪器不适应人的要求，结果造成很大的损失。由此，设计师开始认识到“人的因素”在设计中是不可忽视的因素，于是把人作为系统回路中的一部分——控制器进行分析研究。这种系统如火炮瞄准系统，是人机直接交互的系统，也是传统的、初级的人机交互系统。

随着自动化技术的发展，人在系统中的作用由直接参与和控制，逐渐演变为监督和管理，例如飞行管理控制、核电站管理控制等。人在系统中作为一个管理器及监视器而出现。

由于计算机在系统中承担了越来越多的管理、识别及控制等工作，因此，在人与计算机之间的交互活动中担负了更高级的任务，如计划、决策等。此时人的行为对系统的影响更大，人的失误所引起的后果代价是巨大的，甚至是灾难性的。

在上述不同情况下，建立人的行为模型是十分关键而困难的工作。定量模型采用数学工具描述人的性能。对于一些复杂情况，定性模型是十分有用的。

图 1.1 给出人机系统中人的行为的基本功能：一是通过人的感觉器官完成信息收集功能；二是通过人的大脑完成对信息的分析、加工、存储及处理的功能；三是通过人的运动系统执行对机器的操作。

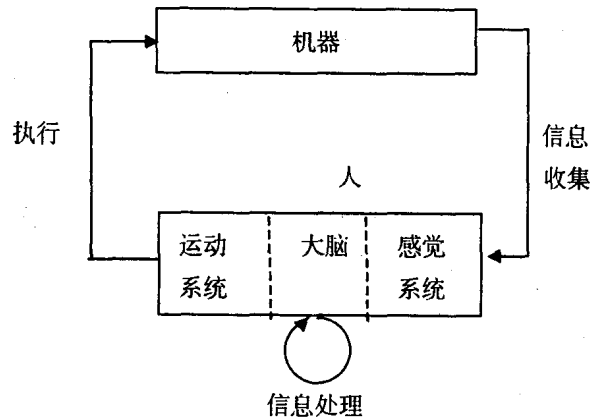


图 1.1 人的行为模型

下面分别讨论不同情况下的人的行为模型。

1. 手动控制

描述人具有控制器的功能并进行建模是研究人机系统的经典内容。建立一个逼真的数学模型是一件极难的事情。目前的各种模型都包含了各种简化近似条件。随着控制理论的发展及对人行为认识的深化，所建立的模型也越来越精确、越来越复杂。人们已认为需将各种模型进行组合才能精确建模。这些模型是线性、非线性、时变性、滞后性、随机性、离散性及自适应性模型。20 世纪 60 年代开始，这些模型扩展至多变量的情况，并提出了整体模型和最优控制模型。70 年代发展了时间序列和模糊控制模型。这些模型为进一步研究人机系统提供了依据。

(1) 传递函数模型

40 年代，R.S.Philips 和 A.Tustin 等通过对人的输入输出分析研究，提出了一系列传递函数模型。其中著名的有 McRuer 和 Krendel 提出的准线性直观模型，其传递函数表达式为

$$G_H(s) = K(1 + T_A \cdot s)e^{-\tau s} / [(1 + T_L \cdot s)(1 + T_N \cdot s)]$$

式中， K 是操纵者的增益常数； τ 为时延常数； T_N 为神经肌肉系统的滞后时间常数； T_A 和 T_L 分别为操纵者的导前和滞后时间常数。 $K(1 + T_A \cdot s)/(1 + T_L \cdot s)$ 项可看作操纵者的补偿网络，它一般随被控对象的特性而变，而 $e^{-\tau s} / (1 + T_N \cdot s)$ 项反映了人的固有特性，对于一些单输入输出的半自动控制系统的，用此准线性传递函数模型来描

述人的动态特性，可以得到比较满意的结果。

(2) 整体模型

整体模型也称为穿越模型 (crossover model)，是由 McRuer 等于 60 年代提出的。他们在准线性传递函数模型的基础上，经过进一步研究发现，对于大多数的人机补偿系统，只要整体系统是稳定的，则人与被控系统组成的开环传递函数在穿越频率 ω_c 的邻域内近似满足：

$$Y_H(s) \cdot Y_C(s) \approx \omega_c \cdot e^{-\tau s} / s$$

式中， Y_H 及 Y_C 分别为人与被控对象的传递函数； ω_c 为穿越频率； τ 是时延常数。

穿越模型把人的动态特性和被控系统的动态特性联系起来，说明了操纵者具有按被控对象的动态特性改变自己操作特性的能力。换句话说，它表示整个人机系统具有良好的伺服机构。用穿越模型可在已知被控过程特性和输入信号特性时，预报人和机器的响应，对于时变系统，在给定工作点处也可用穿越模型进行分析。

(3) 最优控制模型

基于现代控制理论和估计理论，Kleiman 等于 1971 年建立了操纵者最优控制模型。该模型以下述假设为前提：即训练有素的操纵者熟悉自己的操作特性、被控过程的动态特性及描述最优控制的指标。因而，这些操纵者将以最佳方式工作，达到产生最优控制响应的最高水平。这个模型除具有预报性能的特点外，对于深入认识人的特性也是有意义的。

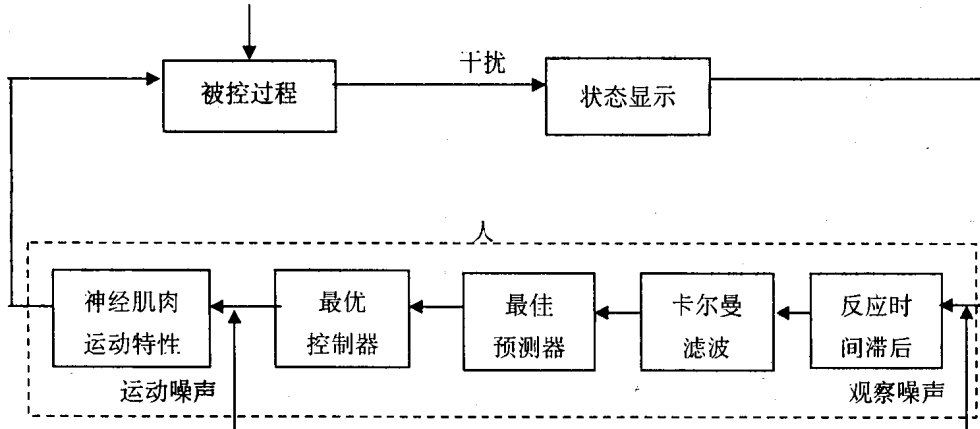


图 1.2 最优控制模型

最优控制模型如图 1.2 所示。模型中人的特性分成两部分：一部分表示人的固有限制，它们不受优化的限制，如反应时间滞后及神经肌肉运动特性，其中神经肌肉运动的滞后特性可由滞后 T_N 来表示；另一部分是表示人的适应性特征，它受优化的约束，由三项串联组成：卡尔曼滤波（最优滤波）对延时状态进行状态估计；最佳预测

器对延时状态估计用最小方差进行当前预测；最优控制器用来确定最优增益。在该模型中还考虑了人的随机性对系统带来的噪声干扰，其中观察噪声及运动噪声分别在操纵者输入端和操纵者神经肌肉运动系统的输入端处注入。

该模型不仅反映了输入输出间的关系，而且反映了内部信息处理过程，并可推广到时变控制系统和多自由度系统，对于深刻认识人的特性具有很大意义，比前述的准线性模型和整体模型更有吸引力。

(4) 其它模型

在人机系统研究中，根据实际需要还采用了许多其它形式的数学模型来描述操纵者的行为，主要有以下几种：

①开关模型：有些研究表明，在较复杂的操作条件下，人的控制函数表现为开关操作特性，因而可简化模型。

②离散模型：人实际上是一个不连续的采样系统。由于人的神经活动存在“不应期”，即每接受一个刺激之后，在一定时间内不能对新的刺激作出反应。“不应期”随工作性质、人的能力及熟练程度而异。这个模型反映了心理学上的耐性现象。最有代表的是 Bekey 模型。

③自适应模型：该模型把人作为一种自适应反馈控制系统来模拟，通常用偏差滤波器给出的信号或误差信号来进行反馈控制。

④模糊控制模型：这是用模糊数学理论来研究人行为的一种模型，这个模型在一定程度上描述了人的思维活动，即人对系统的控制误差和误差变化率进行感知，并用大脑预先确定的概念进行判断，然后进行推理，以确定采用何种控制策略，最后由神经肌肉系统作出反应。

2. 管理控制

管理控制是指在一些半自动化系统中人所担负多任务的监视和管理的工作。这种情况下，人不需要连续产生控制机器的动作，而能同时负责多个过程，包括监视控制过程，在各数据源之间分配注意力，提取信息，调节参考点及在失效和紧急情况下进行干涉。管理控制的例子很多，如大工业的过程控制，飞行交通管理，电站管理等。在管理过程中，通常人处于多任务、多目标及多人的环境中，因此，所强调的是人的认识行为而不是心理性能。人在管理过程中主要进行计划、监视、情况估计、决策、控制和通讯等工作。

在这类现代人机系统的研究中，对于“回路中的人”经常用模拟的方法来帮助系统分析。不少自动控制方面的专家对这方面的模型作了大量的研究，如 Sheridan 和 Ferrell 的管理控制模型，Kok 和 Van Wijk 的决策模型，Baron 等的闭环人机系统模型和 Hess 的定性模型等。

Baron 在 1984 年提出了一个闭环人机系统的“模拟”模型，如图 1.3 所示。他用控制论的观点研究一般的管理控制问题，是在以前的模型及用控制论方法模拟核电站操纵的经验上提出来的。该模型由三部分组成：显示处理器、信息处理器及程序处理器。

显示处理器接受来自系统的两类信息：涉及过程变量的定量信息，涉及过程状态的离散信息。这些信息可以是听觉的或视觉的。而显示处理器应具备两种功能，其一