

第一章 绪 论

- 第一节 系统与模型
- 第二节 系统仿真
- 第三节 系统仿真的基本内容
- 第四节 系统仿真的应用
- 第五节 仿真技术的重要意义
- 第六节 仿真技术的发展趋势

第一章 绪 论

第二节 系统仿真

一、系统仿真的定义

系统仿真以相似原理、系统技术、信息技术及其应用领域有关的专业技术为基础，以计算机和各种专用物理效应设备为工具，利用系统模型对真实的或设想的系统进行动态研究的一门多学科的综合技术。

第一章 绪 论

第二节 系统仿真

一、系统仿真的定义

仿真是对真实系统或过程在整个运行时间内的模仿 。

系统仿真就是建立系统的动态模型并在模型上进行实验(或试验)

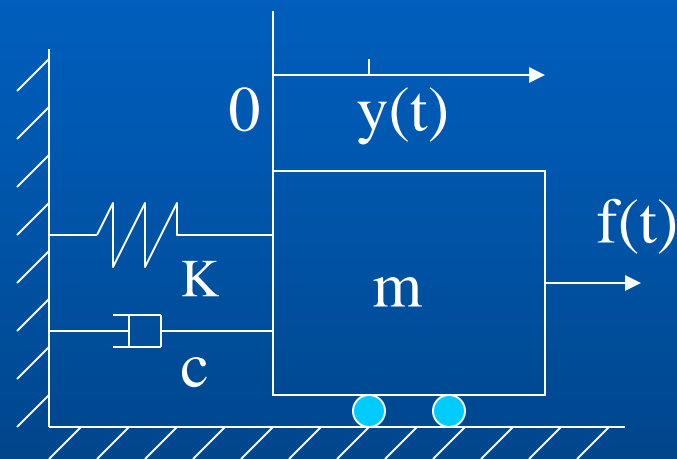
控制系统的三种实验方法

- ❖ 解析法
- ❖ 实验法
- ❖ 仿真实验法

解析法

1.定义: 所谓解析法, 就是运用已经掌握的理论知识对控制系统进行理论上的分析、计算。它是一种纯理论意义上的实验分析方法, 在对系统的认识过程中具有普遍意义。

例: 从力学角度分析某机械系统的物理模型, m 为质量, c 为粘性阻尼系数, K 为弹簧刚度, 均为常数, $f(t)$ 为外力, $y(t)$ 为位移。得出描述该系统动态过程的二阶常微分方程:



根据牛顿第二定律:

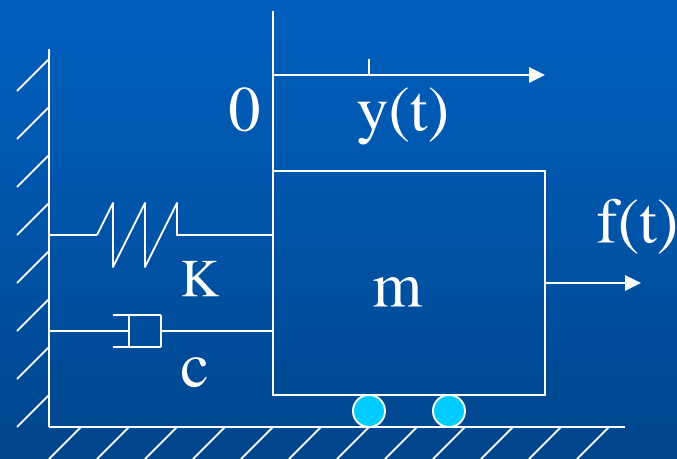
$$\left\{ \begin{array}{l} \sum F = m a \\ \sum F = f(t) - F_k - F_c \\ F_k = K y(t) \quad F_c = c \frac{dy(t)}{dt} \quad a = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2 y(t)}{dt^2} \end{array} \right.$$

解析法

1.定义： 所谓解析法，就是运用已经掌握的理论知识对控制系统进行理论上的分析、计算。它是一种纯理论意义上的实验分析方法，在对系统的认识过程中具有普遍意义。

例： 从力学角度分析某机械系统的物理模型， m 为质量， c 为粘性阻尼系数， K 为弹簧刚度，均为常数， $f(t)$ 为外力， $y(t)$ 为位移。得出描述该系统动态过程的二阶常微分方程：

$$m \cdot \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + c \frac{dy(t)}{dt} + Ky(t) = f(t)$$



2.优缺点：

受理论不完善性以及事物认识的不全面性等因素的影响，所以解析法往往具有局限性

实验法

1.定义: 对于已经建立的（或已存在的）实际系统，利用各种仪器仪表与装置，对系统施加一定类型的信号（或利用系统中正常的工作信号），通过测取系统响应来确定系统性能的方法称之为实验法。

例: 双闭环调速系统，其动态性能 $n(t)$ 以及静态性能 $n(I_d)$ 均可通过实验的方法测得。

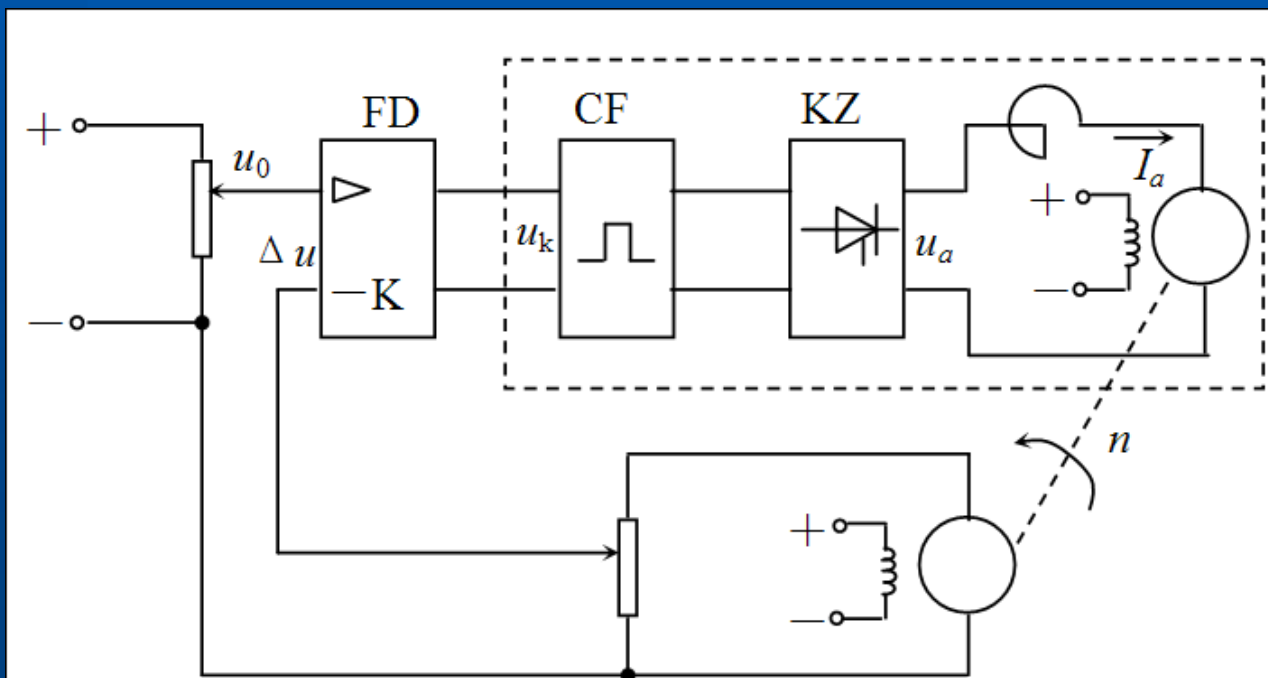


图 1.3 带传动实验机速度控制系统

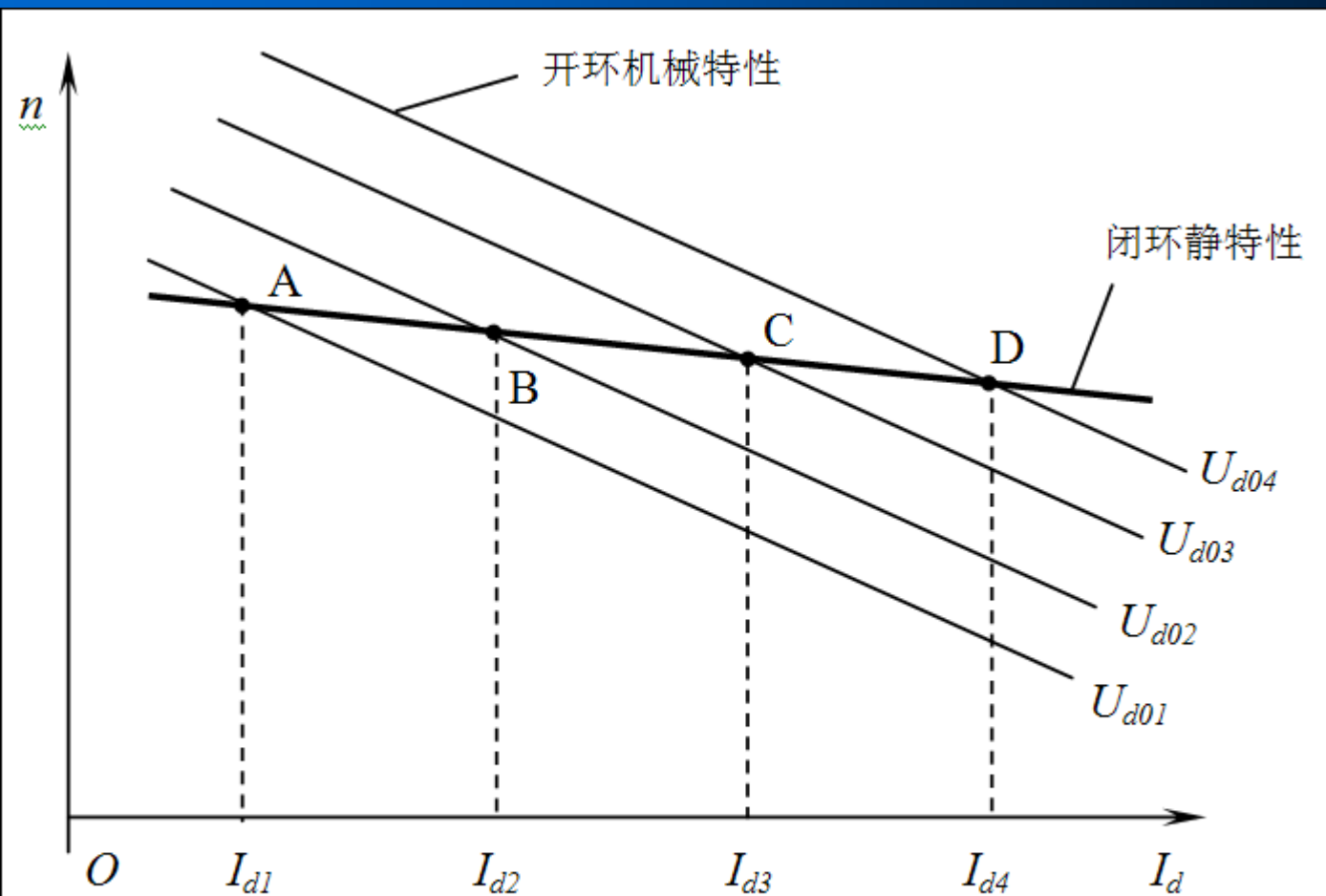


图 1.4 速度控制系统静态特性

实验法

1.定义: 对于已经建立的（或已存在的）实际系统，利用各种仪器仪表与装置，对系统施加一定类型的信号（或利用系统中正常的工作信号），通过测取系统响应来确定系统性能的方法称之为实验法。

例: 双闭环调速系统，其动态性能 $n(t)$ 以及静态性能 $n(I_d)$ 均可通过实验的方法测得。

2.优缺点:

优点:  简明

 直观

 真实

缺点: 对于有些系统，难以实现。

原因:  某些实际系统还没有真正建立起来，不能在实际系统上进行实验研究。——生物工程

 实际系统不允许进行实验。——化工，航天

 费用过高、具危险性、周期长。——原子能

鉴于上述原因，在模型上进行的仿真实验研究逐渐成为对控制系统进行分析、设计与研究的有效方法。

仿真实验法

1.定义： 仿真实验法是在模型上（物理的或数学的）所进行的系统性能分析与研究的实验方法，它所遵循的基本原则是相似原理。

例： 飞行器研制的“风洞”实验就是模拟空中情况的物理模型进行的仿真实验研究。

2.优缺点：

- ☞ 物理模型——物理仿真：有实物介入，具有实时性与在线的特点，效果逼真，精度高，造价高。
- ☞ 数学模型——数字仿真：计算机，微电子技术飞速发展，使人们越来越多地采用数学模型，数字仿真是在计算机（数字的或模拟的）上进行仿真实验研究，具有非实时性与离线性的特点。

前提：建立高精度的数学模型。

3.相似论是系统仿真的主要依据

所谓相似，是指各类事物间某些共性的客观存在。归纳一下，大致有如下基本类型：

- ❖ 几何相似
- ❖ 环境相似
- ❖ 性能相似
- ❖ 离散相似
- ❖ 等效
- ❖ 感觉相似
- ❖ 思维相似

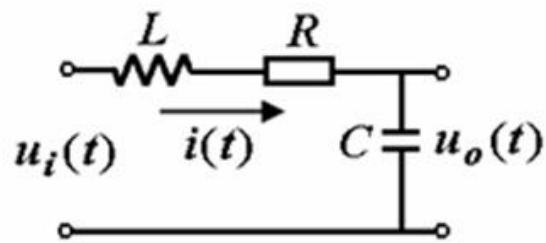


固定式驾驶模拟器

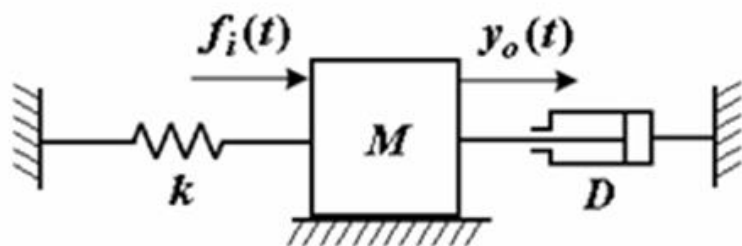
3.相似论是系统仿真的主要依据

所谓相似，是指各类事物间某些共性的客观存在。归纳一下，大致有如下基本类型：

- ❖ 几何相似
- ❖ 环境相似
- ❖ 性能相似
- ❖ 离散相似
- ❖ 等效
- ❖ 感觉相似
- ❖ 思维相似

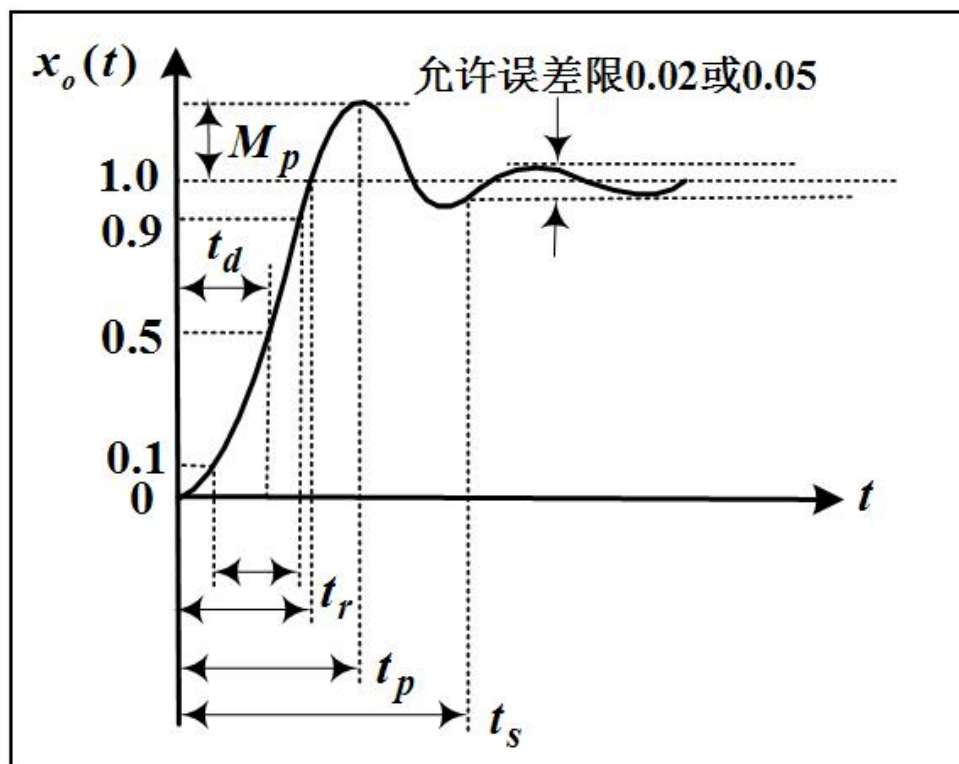


电路



质量-弹簧-阻尼系统

$$G(s) = \frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{1}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$



3.相似论是系统仿真的主要依据

所谓相似，是指各类事物间某些共性的客观存在。归纳一下，大致有如下基本类型：

- ❖ 几何相似
- ❖ 环境相似
- ❖ 性能相似
- ❖ 离散相似
- ❖ 等效
- ❖ 感觉相似
- ❖ 思维相似

二、系统仿真的分类

按模型的性质分类

- 物理仿真
- 数学仿真
- 数学—物理混合仿真或半实物仿真

按数学模型的形式分类

- 连续系统仿真
- 离散事件系统仿真
- 离散—连续系统仿真

按仿真时钟与实际时钟的比例关系分类

- 实时仿真
- 欠实时仿真
- 超实时仿真

按仿真系统的结构和实现手段的不同分类

- ❖ 数学仿真

- ❖ 物理仿真

- ❖ 半实物仿真

- ❖ 人在回路中仿真

- ❖ 软件在回路中仿真

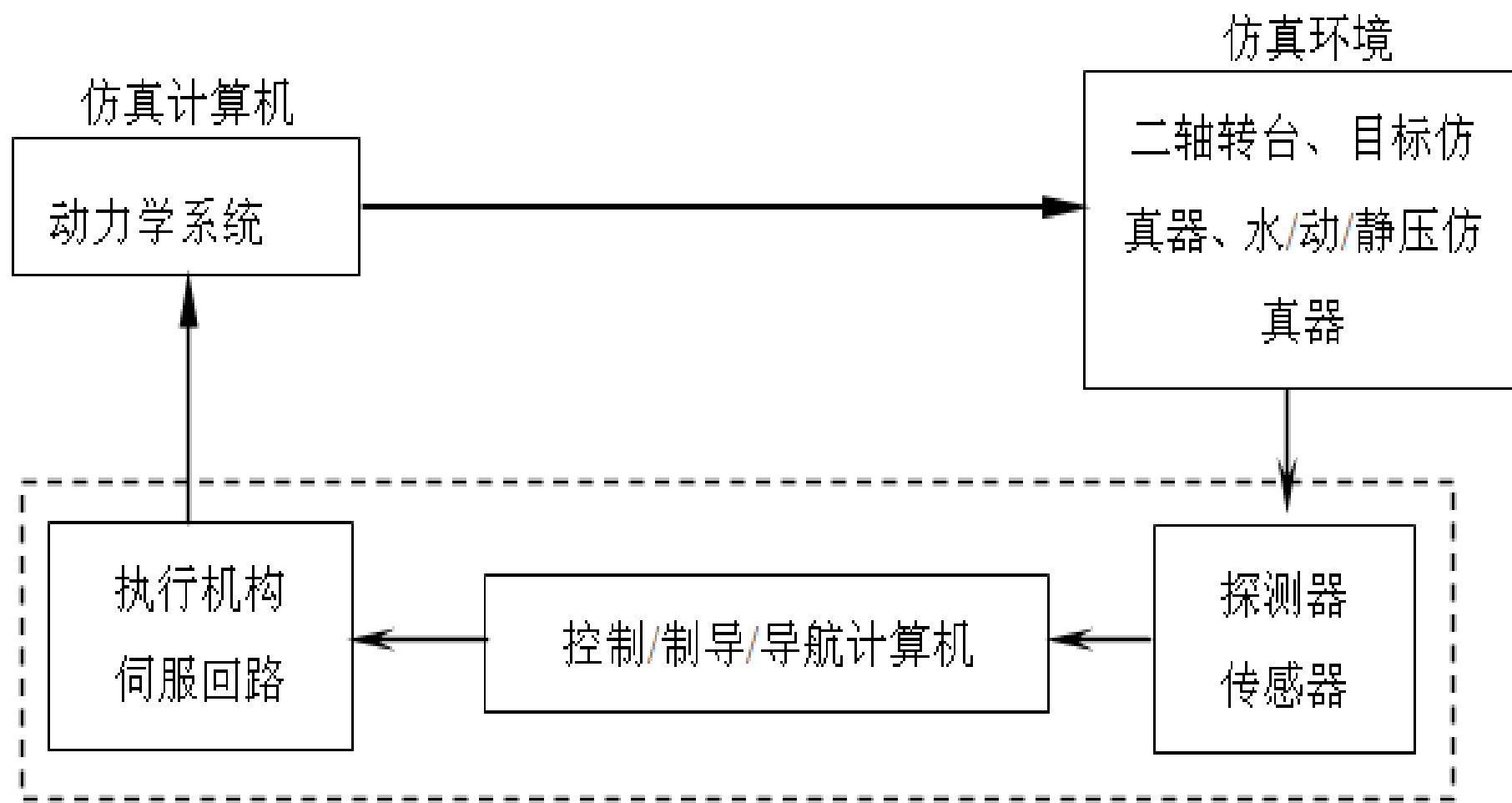
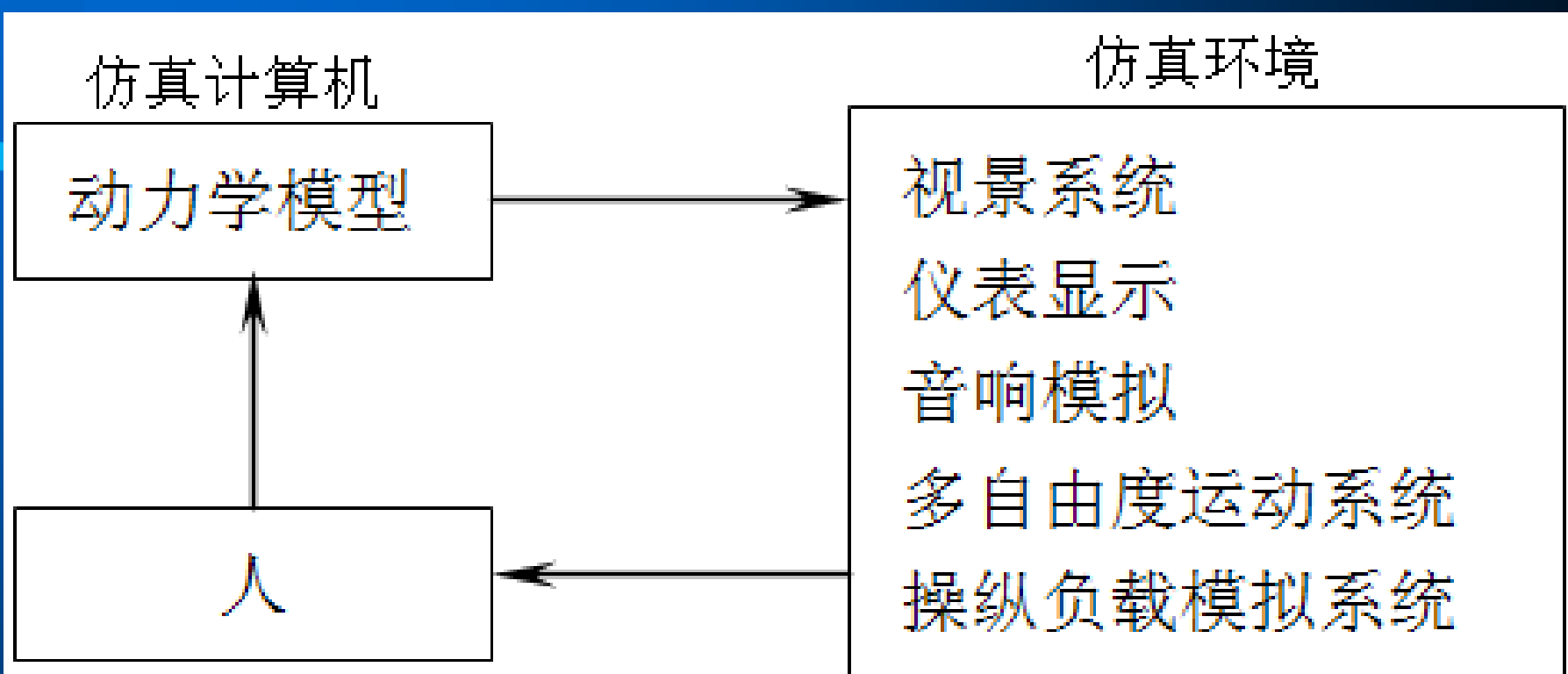


图 1.6 半实物仿真系统

按仿真系统的结构和实现手段的不同分类

- ❖ 数学仿真
- ❖ 物理仿真
- ❖ 半实物仿真
- ❖ 人在回路中仿真
- ❖ 软件在回路中仿真



16

图 1.7 人在回路中仿真系统

按仿真系统的结构和实现手段的不同分类

- ❖ 数学仿真
- ❖ 物理仿真
- ❖ 半实物仿真
- ❖ 人在回路中仿真
- ❖ 软件在回路中仿真