

第7章 模糊控制应用实例

- 7.1 模糊控制全自动洗衣机
 - 7.1.1 洗衣条件
 - (1) 衣服的质料
 - 一般衣服质料纤维可分两大类：自然纤维的棉织品和人造化学纤维织品。
 - (2) 水
 - 水可带走一般的灰尘和水溶性污垢，所以，不用洗涤剂也可能洗去部分污垢。

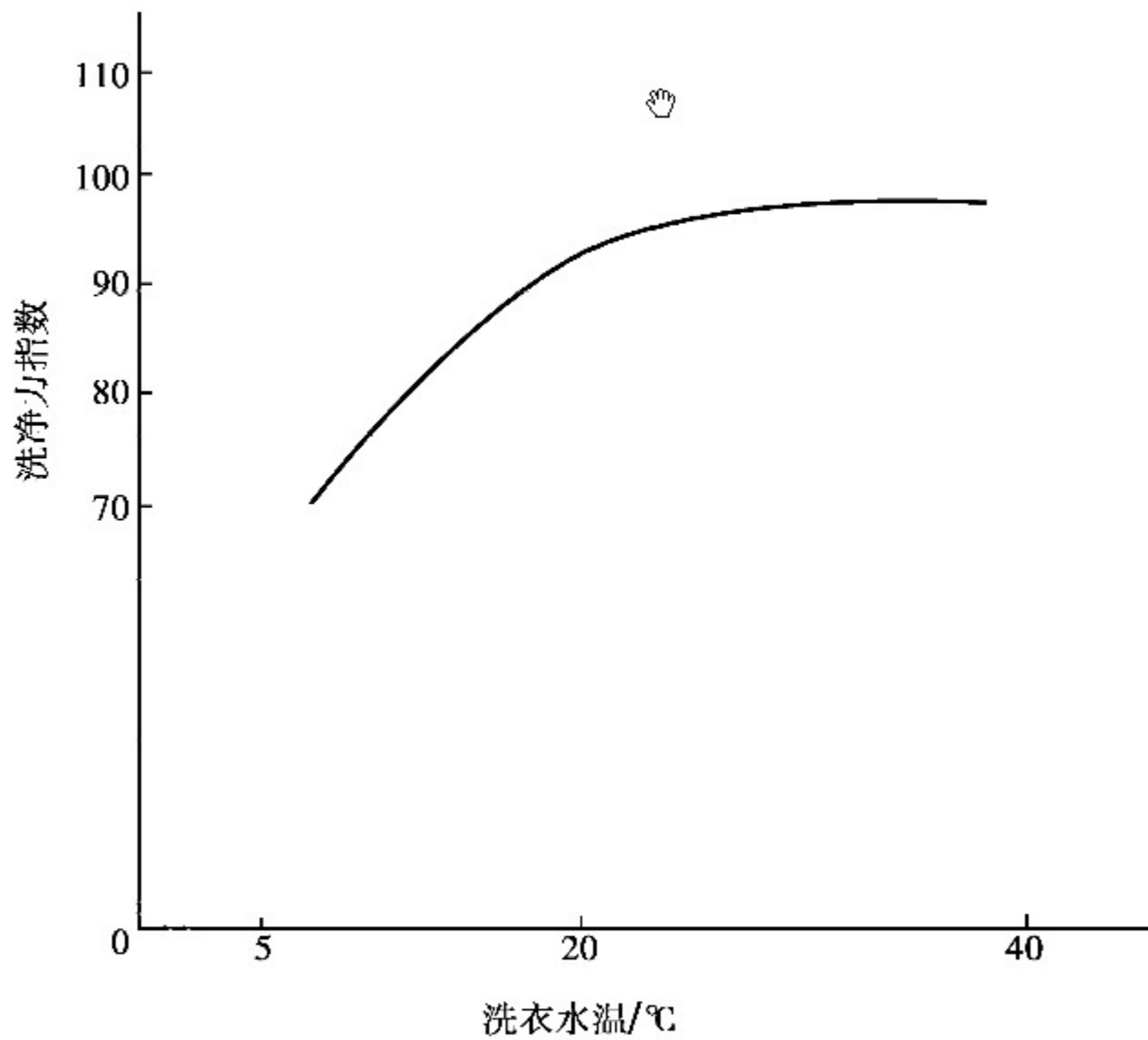


图7.1 水温与洗净力之间的关系曲线

- (3) 洗涤剂

- 洗涤剂的成分主要以烷基苯活性剂为主，不同的洗涤剂还会添加各种不同的辅助剂、酵素、荧光增白剂、香料等。

- 7.1.2 模糊控制洗衣机结构

- (1) 负载检测

- 这主要用来检测所洗衣物的重量，以决定水位。这可用不同的方法实现。最容易想到的方法是用静态的压力传感器直接测量，但结构要稍复杂一些。

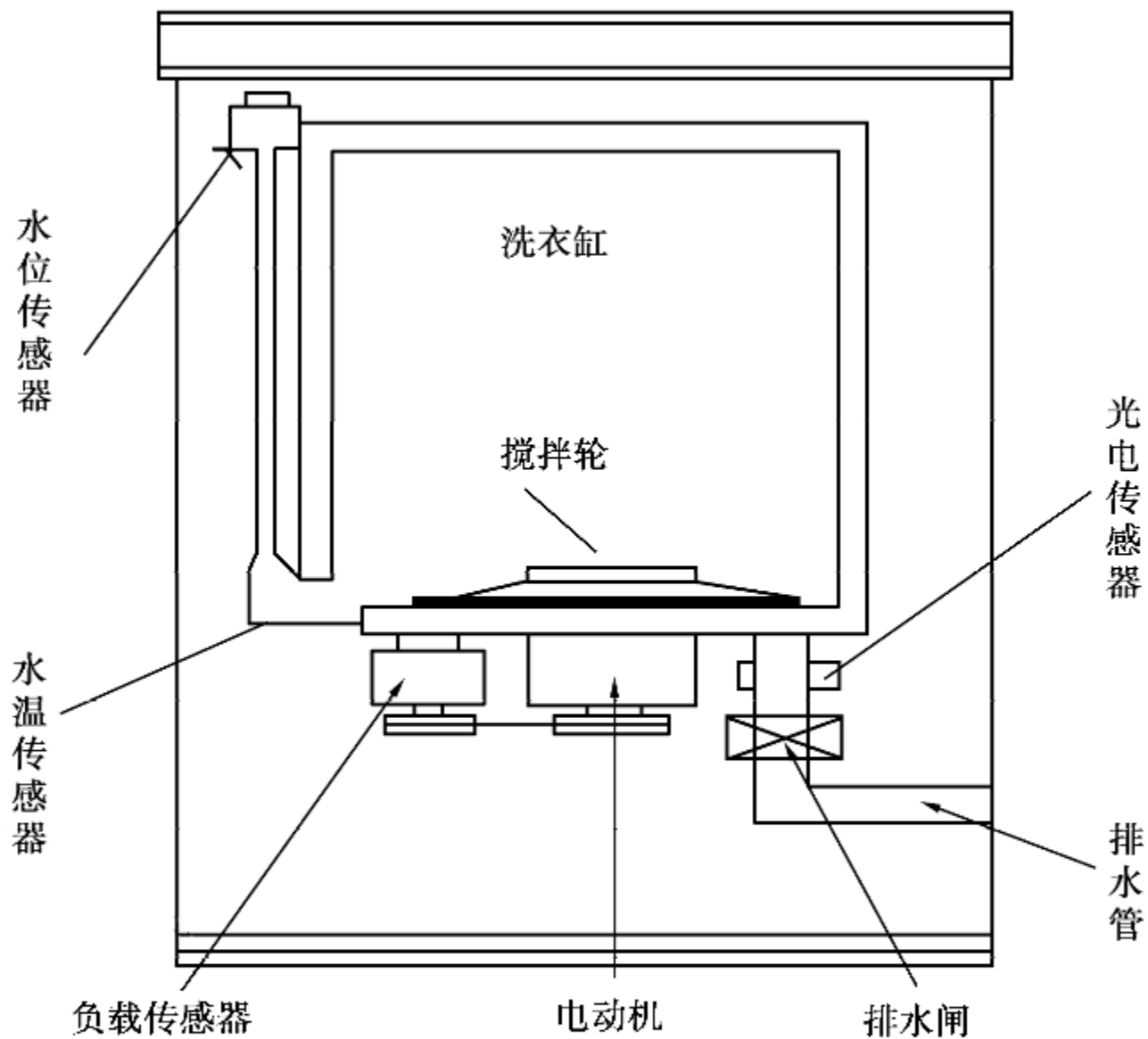


图7.2 模糊控制洗衣机结构剖面图

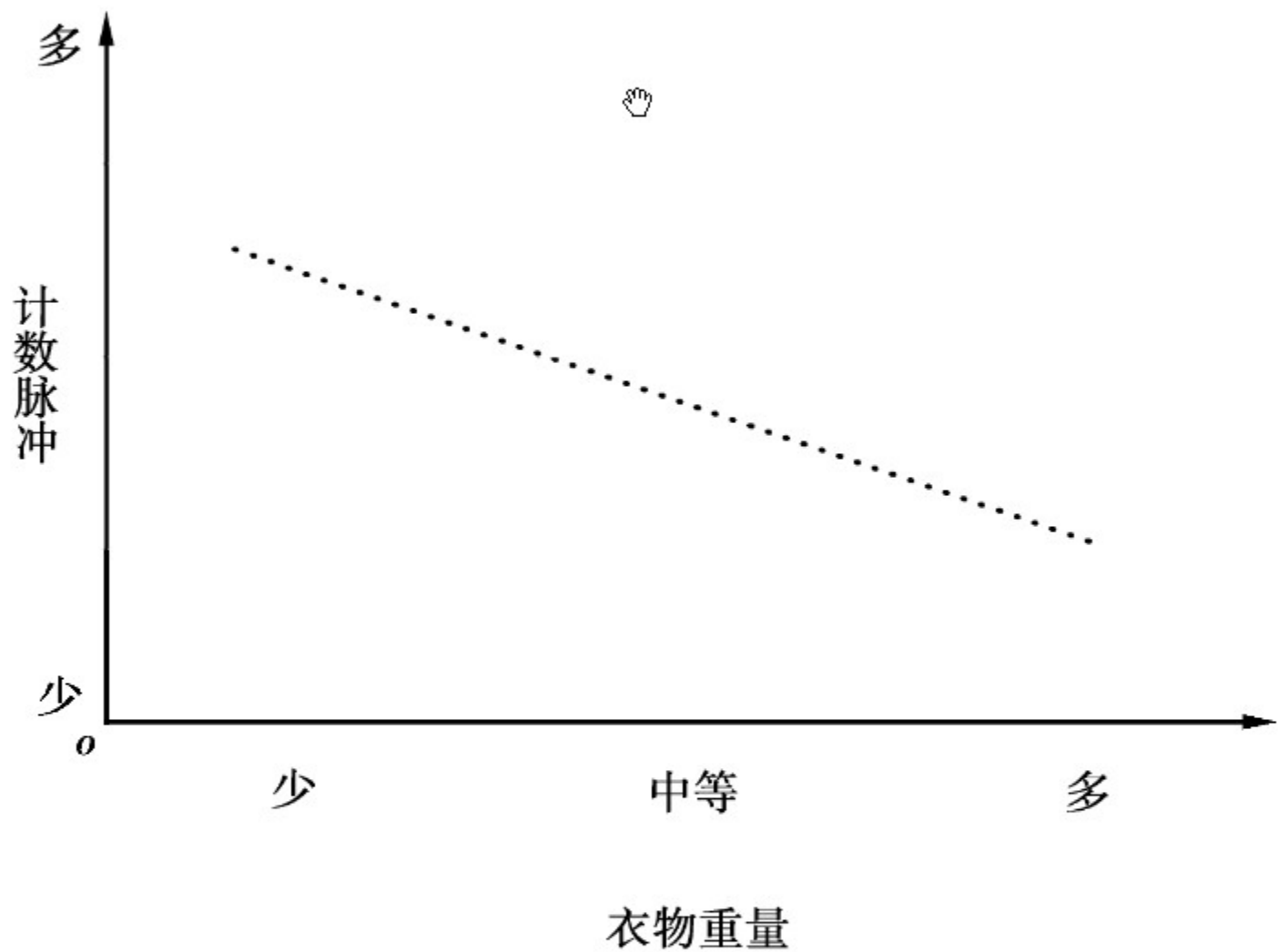


图7.3 计数脉冲与衣物重量关系曲线

• (2) 质料检测

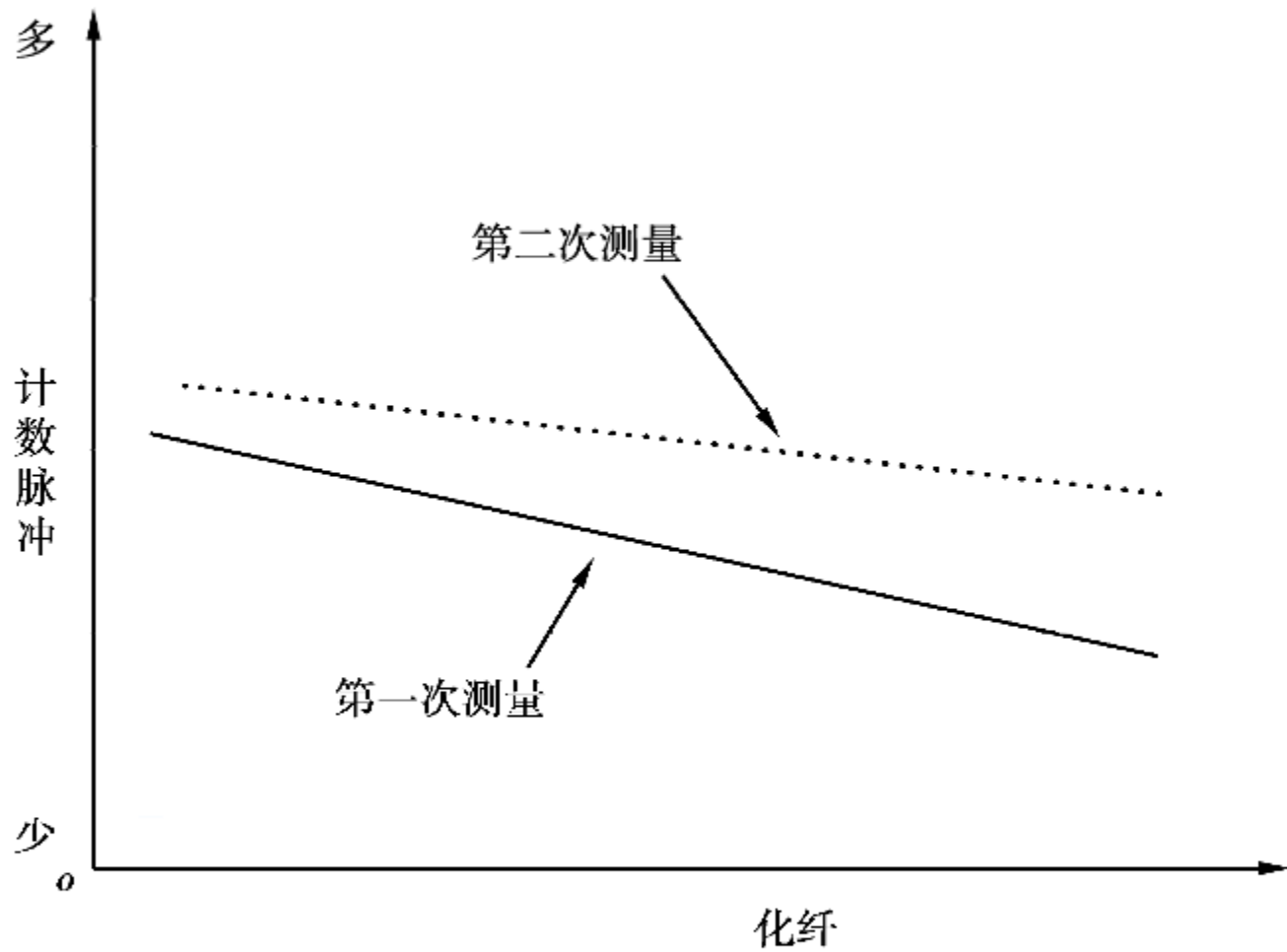


图7.4 棉制品与化纤制品辨别曲线

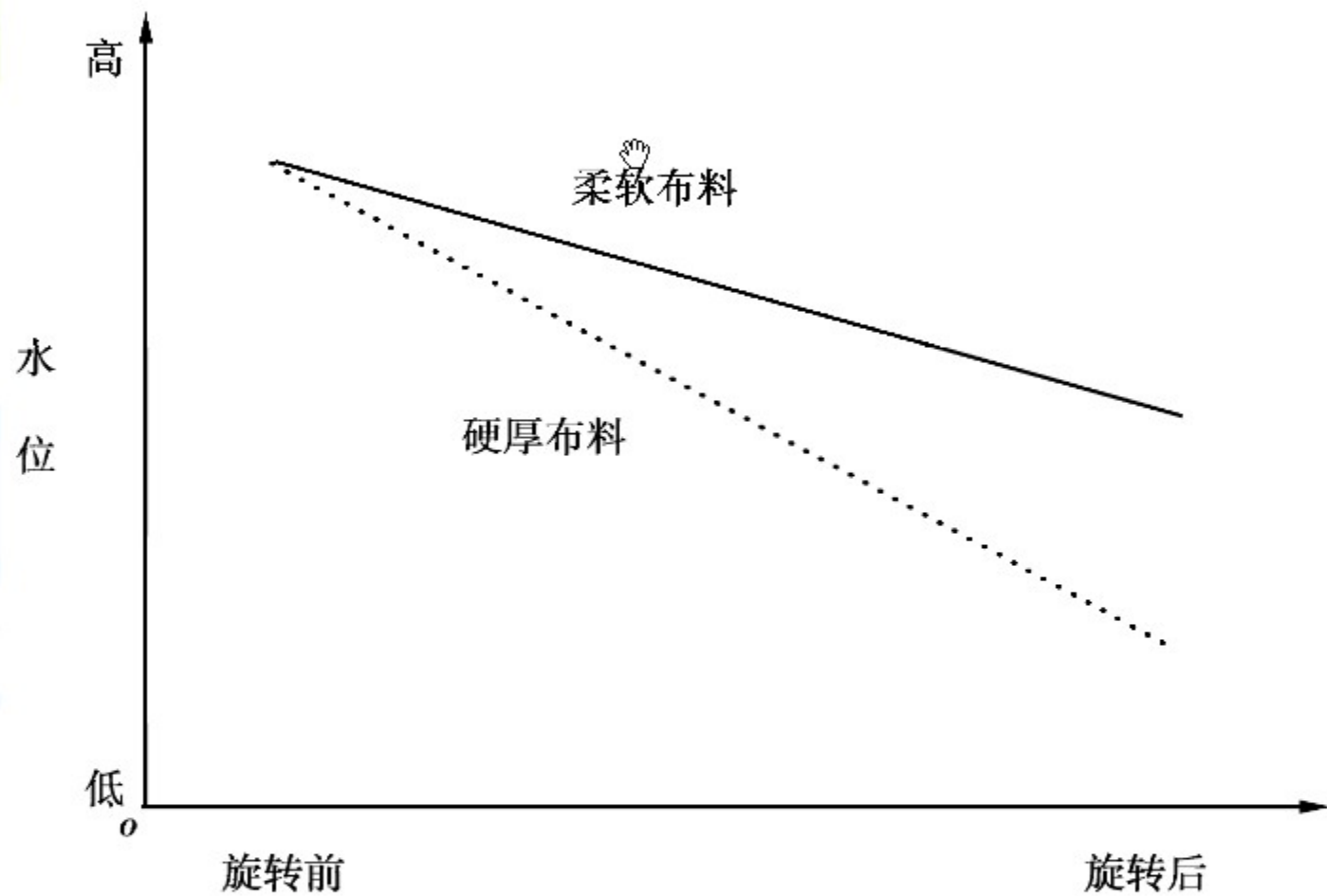


图7.5 柔软布料和硬厚布料的水位变化曲线

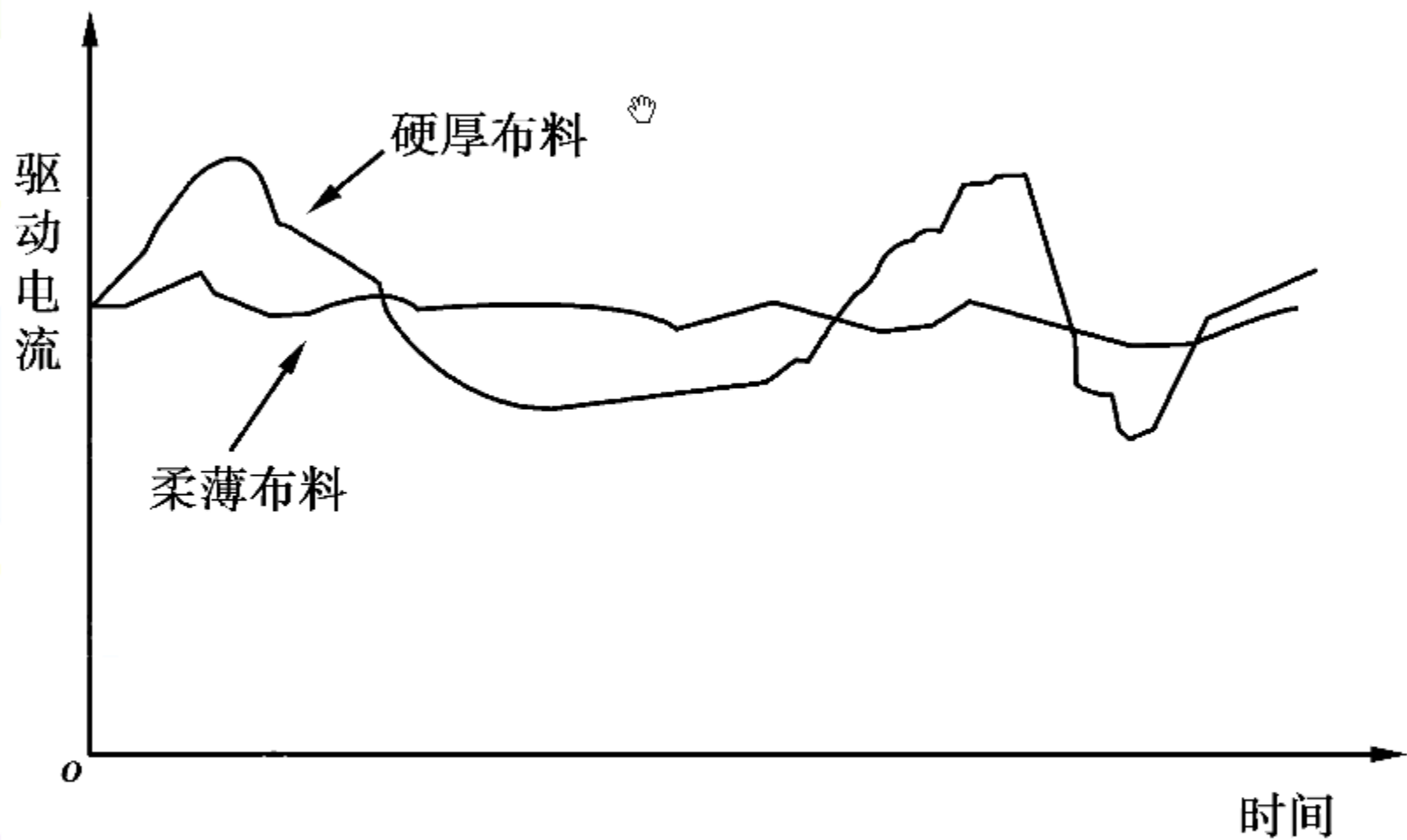


图7.6 不同软硬度布料情况下驱动电流波形



- (3) 水位检测

- 水位检测用一种专用水位传感器实现。

- (4) 水温检测

- 水温检测通过热电耦测量。

- (5) 水的透光率检测

- 水的透光率用光电传感器实现。

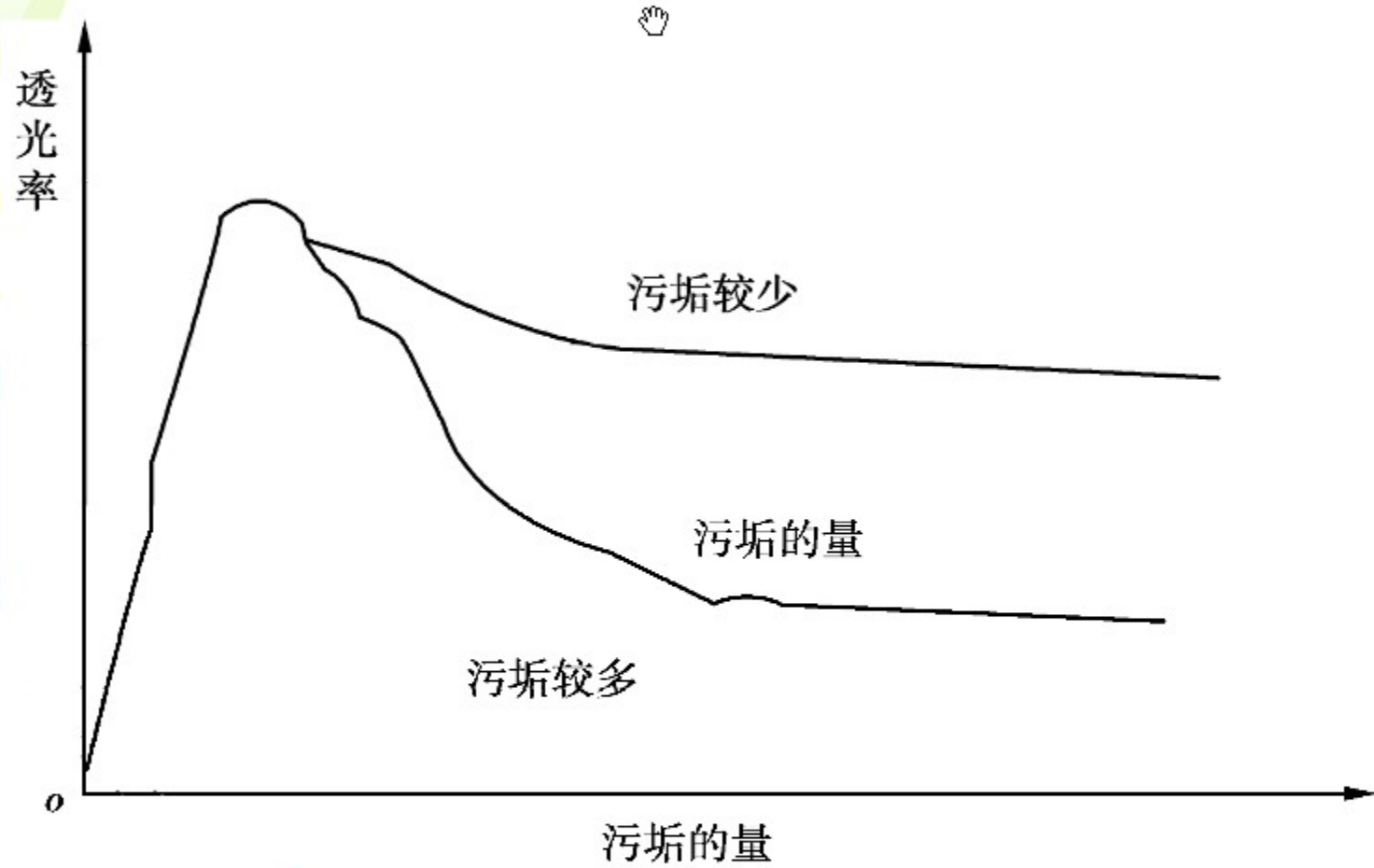
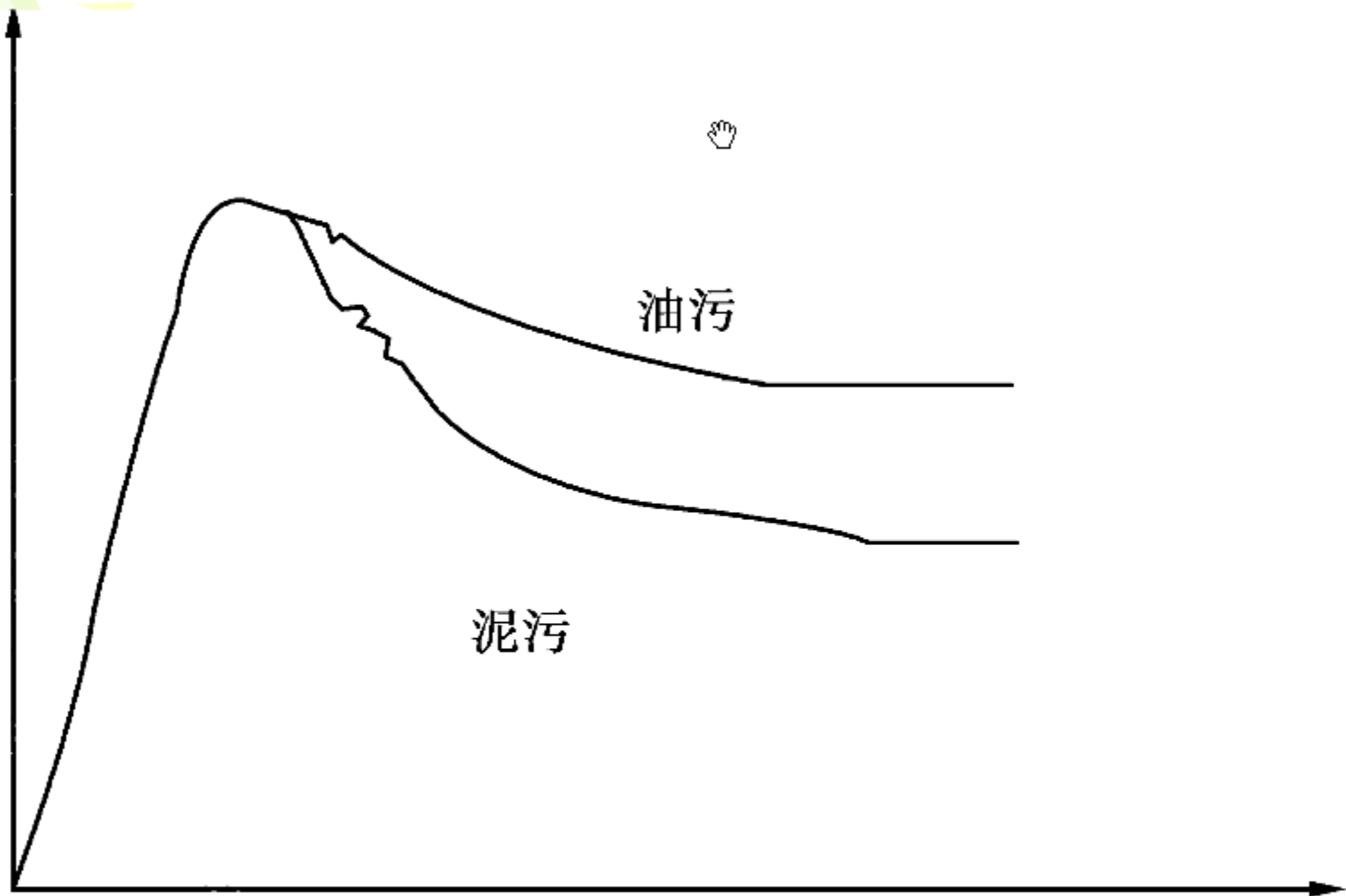


图7.7 污垢程度透光率曲线

透光率

0



油污

泥污

污垢的性质

图7.8 污垢性质透光率曲线

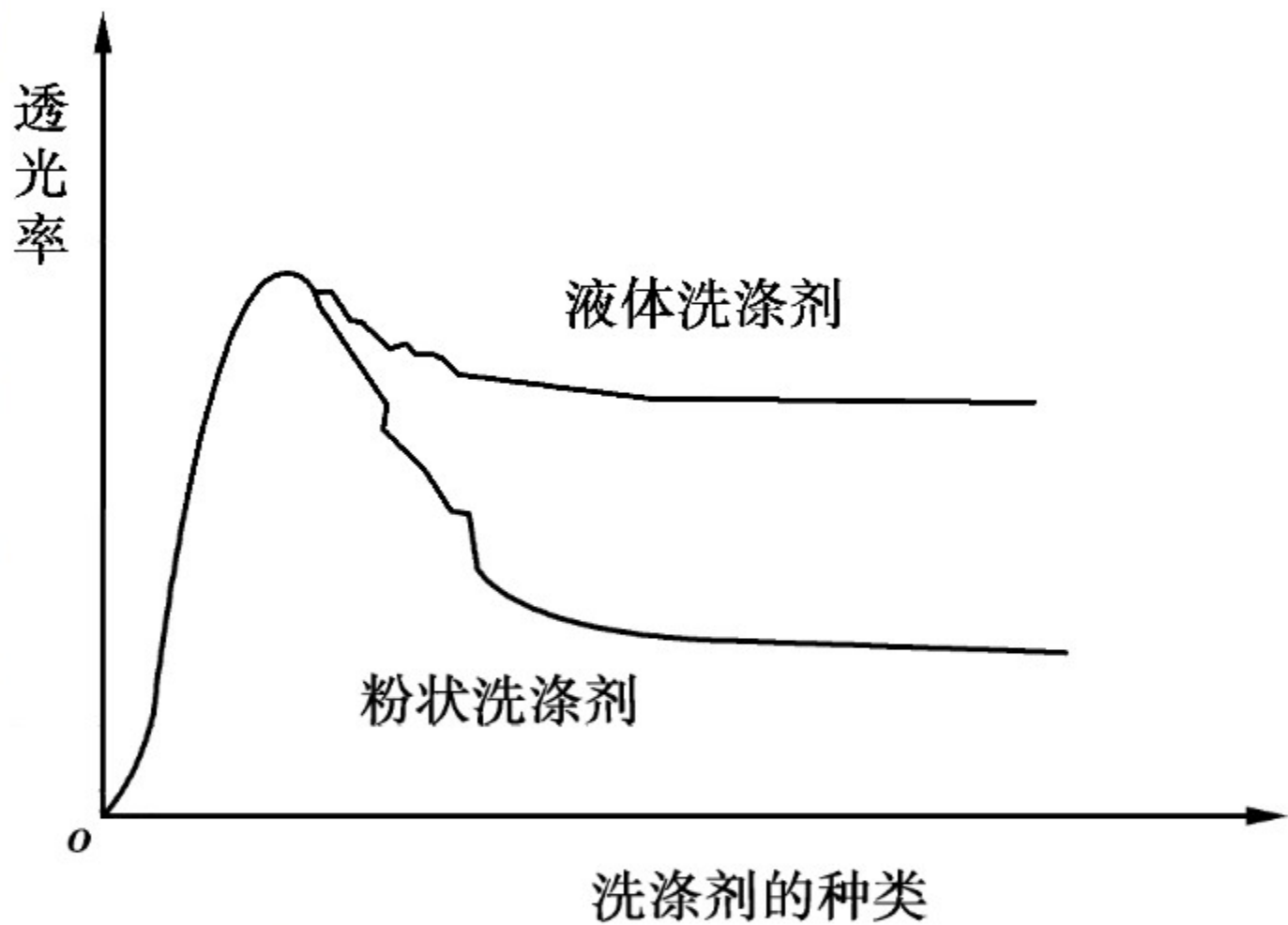


图7.9 用不同洗涤剂时透光率曲线

7.1.3 控制电路设计

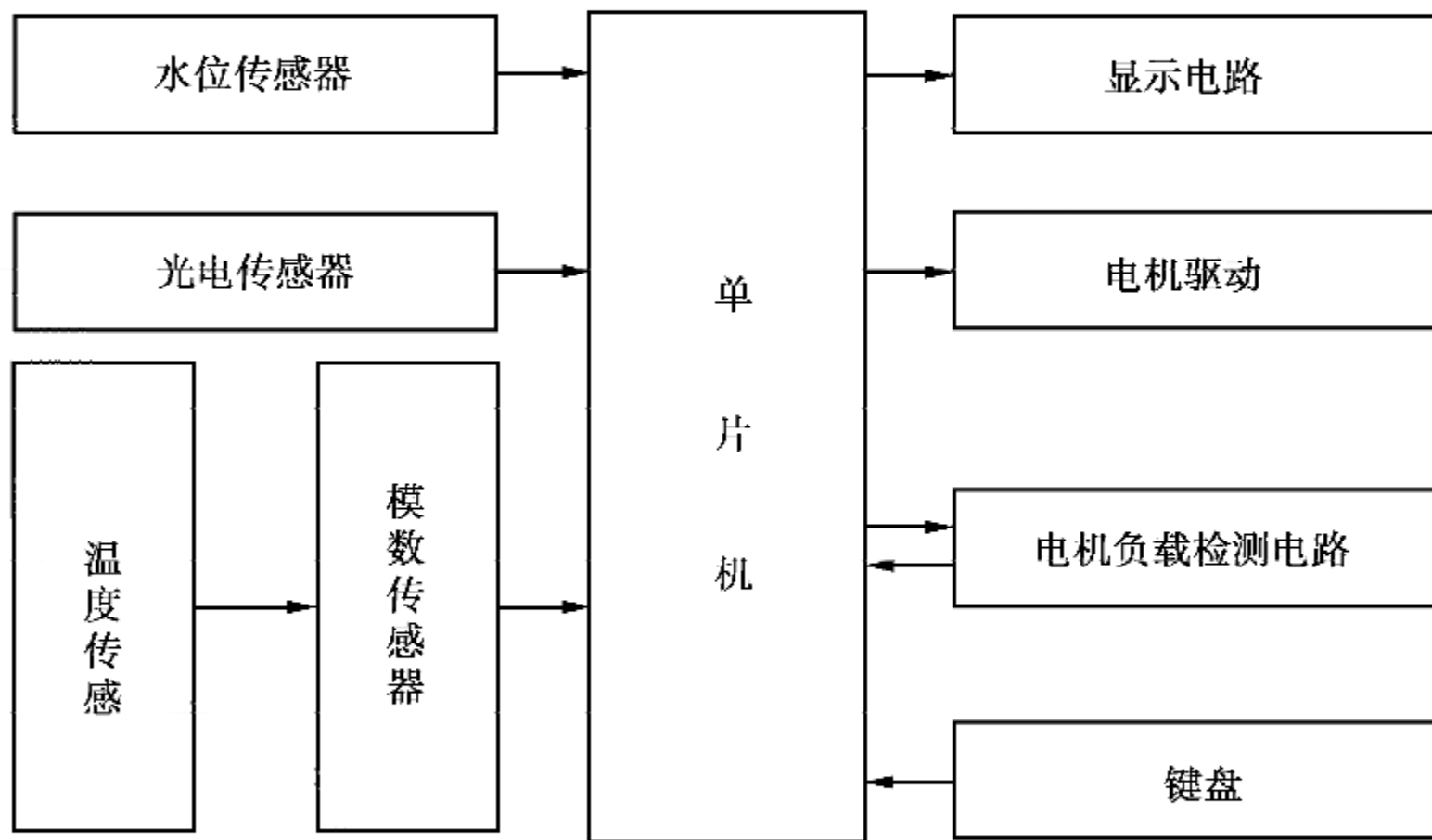


图7.10 模糊控制洗衣机电路框图

- 7.1.4 模糊控制实现方法
- (1) 基本结构和控制过程

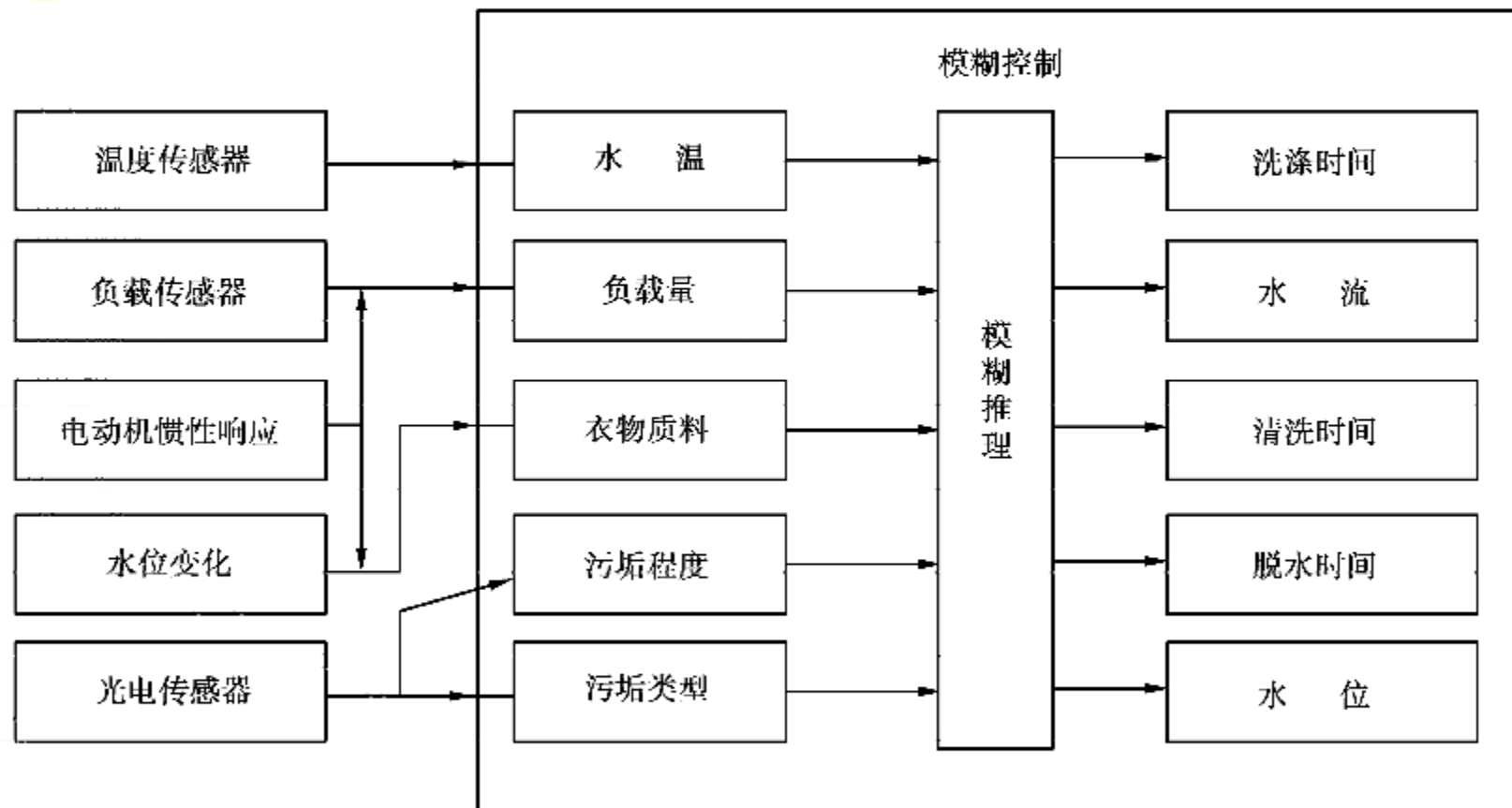


图7.13 模糊控制洗衣机控制结构图

- (2) 模糊规则

- 1) 输入变量 (分三级)

- ①负载: 大、中等、小。

- ②质料: 棉制品偏多、棉和化纤制品各半、化纤制品偏多。

- ③水温: 偏高、中等、偏低。

- 2) 输出变量 (分四级)

- ①水流强度: 很强、强、中、弱。

- ②洗涤时间: 很长、长、中、短。

- 3) 模糊规则

表 7.1 模糊控制规则表

		棉制品偏多			棉和化纤制品各半			化纤制品偏多		
		偏低	中等	偏高	偏低	中等	偏高	偏低	中等	偏高
偏大	水流	特强	强	强	强	强	中	中	中	中
	时间	特长	长	长	长	长	中	长	中	中
中等	水流	中	中	中	中	中	中	中	弱	弱
	时间	长	中	短	长	中	中	中	中	短
偏小	水流	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	弱	特弱
	时间	中	中	短	中	短	短	中	短	特短



- (3) 模糊控制的隶属函数
- 1) 输入变量

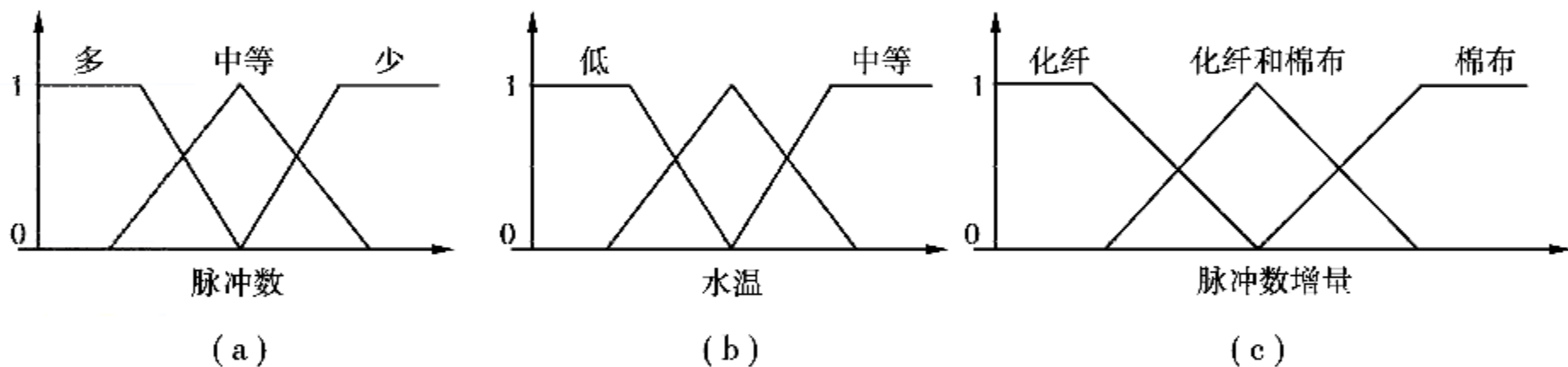
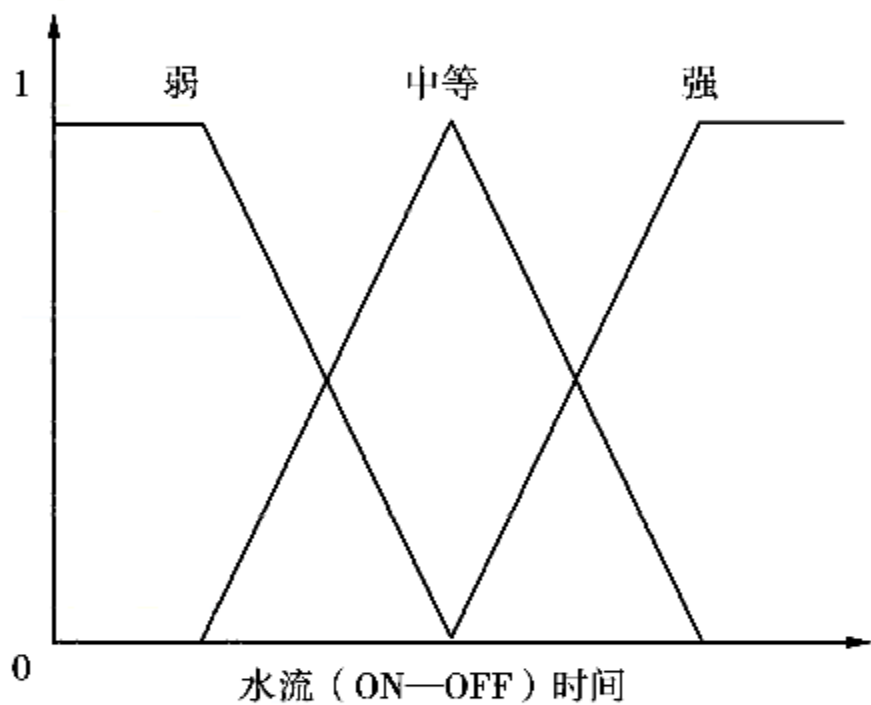


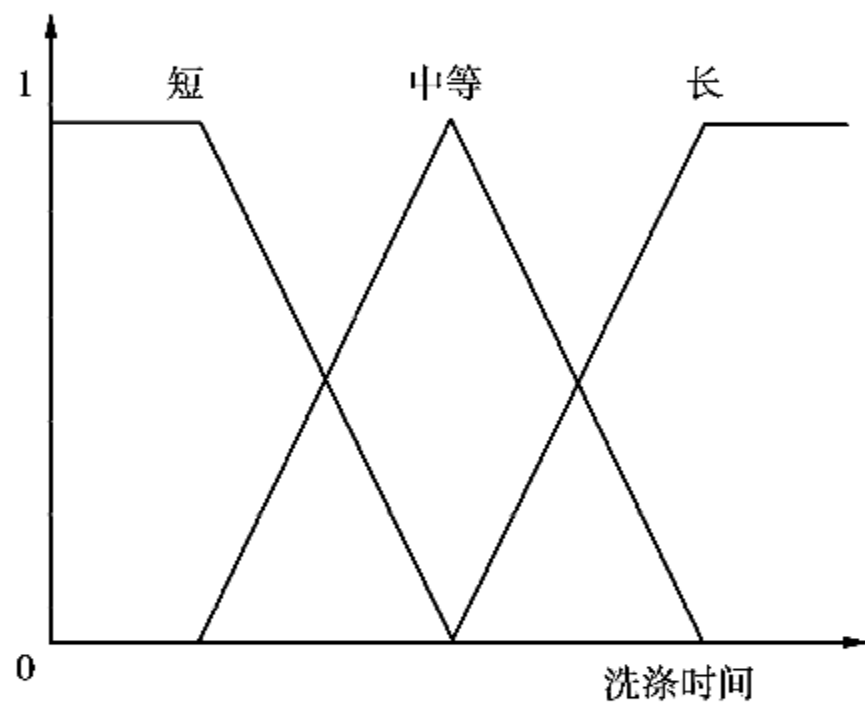
图7.14 输入变量的隶属函数

(a)负载量; (b)水; (c)质料

• 2) 输出变量



(a)



(b)

图7.15 输出变量的隶属函数

• 7.3 地铁机车模糊控制器

• 7.3.1 对评价指标的定义

• 用6个符号表示有关论域:

• A: (Accuracy of stop gap) 停车准确度

• C: (Comfort of riding) 乘坐舒适性

• E: (Energy saving) 节约能源

• R: (Running time) 行驶时间

• S: (Safety) 安全性

• T: (Traceability of speed) 速度跟踪性



- 用5个符号表示模糊概念的等级：
- VG: (Very Good) 非常好
- G: (Good) 好
- M : (Medium) 中等
- B: (Bad) 差
- VB: (Very Bad) 非常差
- (1) 停车准确度
- (2) 乘坐舒适度
- (3) 节约能源



- (4) 行驶时间
- (5) 安全性
- (6) 速度跟踪性
- 7.3.2 对机车的运动特性模拟实验
- 7.3.3 模糊控制规则的制定
- 在规则中：
 - N : 表示控制阈值；
 - NC : 表示相对于当前的控制阈值的变化量；
 - P_n : 表示行驶控制刻度盘上的刻度， P_7 表示最大控制值；

- B_n : 表示刹车刻度盘上的刻度;
- B_{\max} : 表示紧急刹车;
- $N(t)$ 是当前控制值。
- 1) 站间定速行驶规则
- 规律1: 为了确保安全性和乘坐的舒适, 当速度高于所限速度时, 把控制值调到当前控制值与紧急刹车控制值之间的中间值, 如果需要紧急刹车, 冲击就会减小。
- 规律2: 为了节约能源, 当可以确保行驶时间时, 就利用惯性运行, 这时既不加速也不刹车。

- **规律 3:** 为了缩短行驶时间, 当速度小于所限速度时, 则可用最大加速。
- **规律4:** 为了乘坐舒适, 如果用当前控制值就可保持车速跟踪目标速度, 就可保持当前控制值。
- **规律5:** 为了保证速度跟踪性, 如果在当前控制下不能达到目标值, 就应该在 $\pm n$ 个控制值范围内选择适当的控制值来调节车速, 以达到目标值。同时, 还要考虑到乘坐舒适, 避免加速过大。

- 根据这些控制规律，就可制定出如下满足模糊控制要求的控制规则：
- 规则1：如果 $N = 0$ 时， $S = G$ 且 $C = G$ 且 $E = G$ ，那么 $N = 0$ ；
- 规则2：如果 $N = P7$ 时， $S = G$ 且 $C = G$ 且 $T = B$ ，那么 $N = P7$ ；
- 规则3：如果 $N = B7$ 时， $S = B$ ，那么 $N = (N(t) + B_{\max}) / 2$ ；
- 规则4：如果 $NC = 4$ 时， $S = G$ 且 $C = G$ 且 $T = VG$ ，那么 $NC = 4$ ；



- 规则5：如果 $NC=3$ 时， $S=G$ 且 $C=G$ 且 $T=VG$ ，那么 $NC=3$ ；
- 规则6：如果 $NC=2$ 时， $S=G$ 且 $C=G$ 且 $T=VG$ ，那么 $NC=2$ ；
- 规则7：如果 $NC=1$ 时， $S=G$ 且 $C=G$ 且 $T=VG$ ，那么 $NC=1$ ；
- 规则8：如果 $NC=0$ 时， $S=G$ 且 $T=G$ ，那么 $NC=0$ ；
- 规则9：如果 $NC=-1$ 时， $S=G$ 且 $C=G$ 且 $T=VG$ ，那么 $NC=-1$ ；

- 规则10: 如果 $NC=-2$ 时, $S=G$ 且 $C=G$
- 且 $T=VG$, 那么 $NC=-2$;
- 规则11: 如果 $NC=-3$ 时, $S=G$ 且 $C=G$
- 且 $T=VG$, 那么 $NC=-3$;
- 规则12: 如果 $NC=-4$ 时, $S=G$ 且 $C=G$
- 且 $T=VG$, 那么 $NC=-4$ 。

• 2) 车站停车控制规则

- 操作经验的语言描述为: 当列车通过车站前放置的停车标志后, 指示可以开始控制停车定位, 但同时要考虑乘坐舒适。具体

根据以下要求来选择控制值。

- **规律 1:** 为了乘坐舒适性，在通过标志时，应该保持当前的控制值，以避免惯性冲击。
- **规律 2:** 为了缩短行驶时间，同时考虑乘坐舒适性，在标志前不要刹车，过了标志开始缓慢刹车。
- **规律 3:** 为了精确定位，在过了标志后，就应该在 $\pm n$ 个控制值范围内选择适当的控制值来调节车速，以便准确地停车，同时要避免发生惯性冲击。

• 根据这些控制规律，就可制定出如下满足模糊控制要求的控制规则：

• 规则1：如果 $NC=+3$ 时 $R=VG$ 且 $C=G$ 且 $A=VG$ ，那么 $NC=3$ ；

• 规则2：如果 $NC=+2$ 时 $R=VG$ 且 $C=G$ 且 $A=VG$ ，那么 $NC=2$ ；

• 规则3：如果 $NC=+1$ 时 $R=VG$ 且 $C=G$ 且 $A=VG$ ，那么 $NC=1$ ；

• 规则4：如果 $NC=0$ 时 $R=VG$ 且 $A=G$ ，那么

• $NC=0$ ；



- 规则5: 如果 $NC=-1$ 时 $R=VG$ 且 $C=G$ 且 $A=VG$, 那么 $NC=-1$;
- 规则6: 如果 $NC=-2$ 时 $R=VG$ 且 $C=G$ 且 $A=VG$, 那么 $NC=-2$;
- 规则7: 如果 $NC=-3$ 时 $R=VG$ 且 $C=G$ 且 $A=VG$, 那么 $NC=-3$;
- 规则8: 如果 $N=P7$ 时 $R=VB$ 且 $C=G$ 且 $S=G$, 那么 $N=P7$;
- 规则9: 如果 $N=P4$ 时 $R=B$ 且 $A=B$ 且 $S=G$, 那么 $N=P4$;



- 规则10: 如果 $N=0$ 时 $R=M$ 且 $C=G$ 且 $S=G$, 那么 $N=0$;
- 规则11: 如果 $N=B1$ 时 $R=G$ 且 $C=G$ 且 $S=G$, 那么 $N=B1$;
- 规则12: 如果 $N=B7$ 时且 $S=VB$, 那么 $N=0$ 。
- 7.3.4 模糊控制的实现

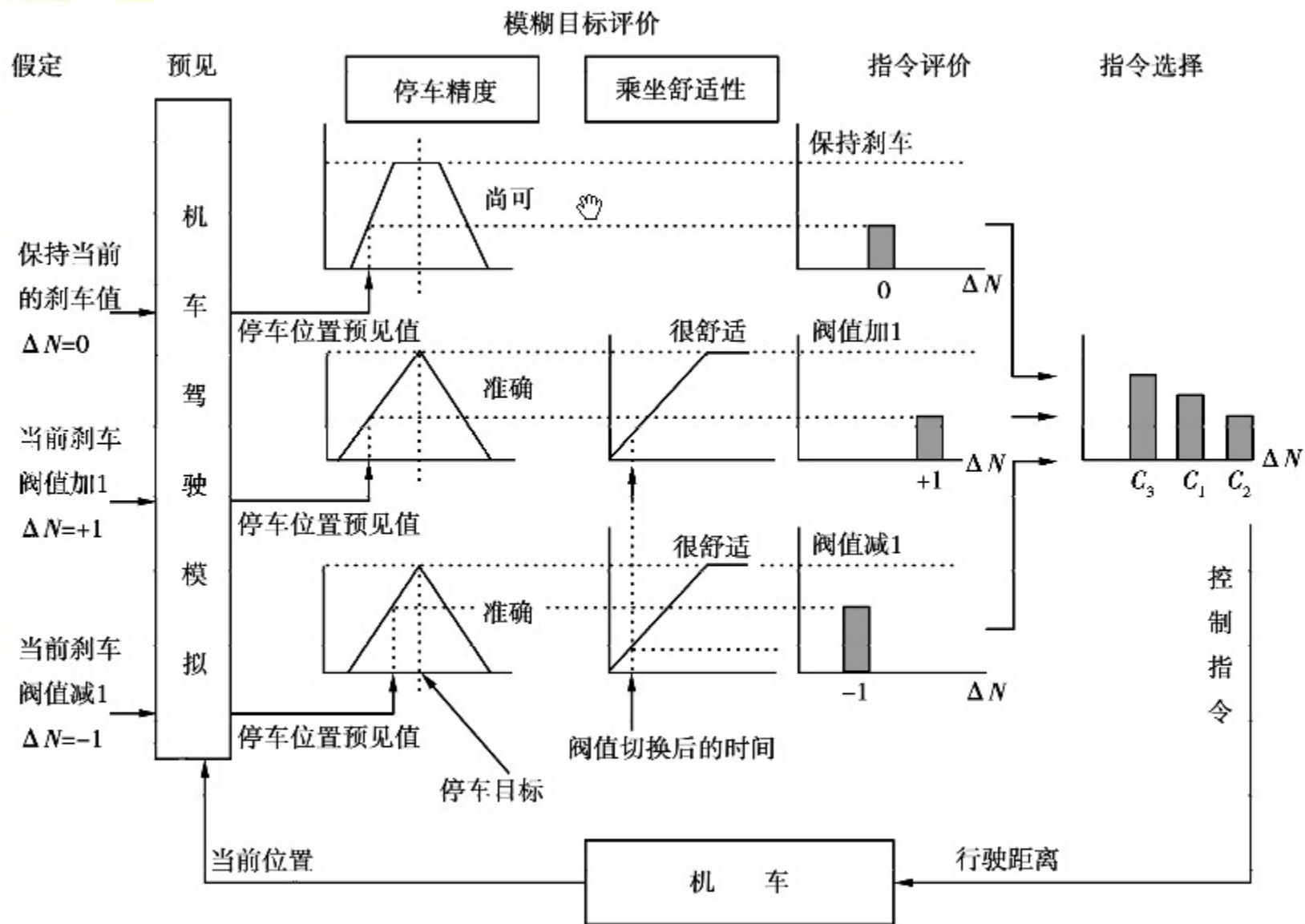


图7.21 预见型模糊停车控制的推理过程