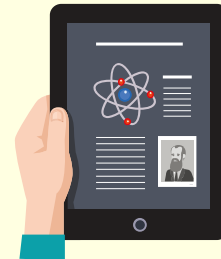
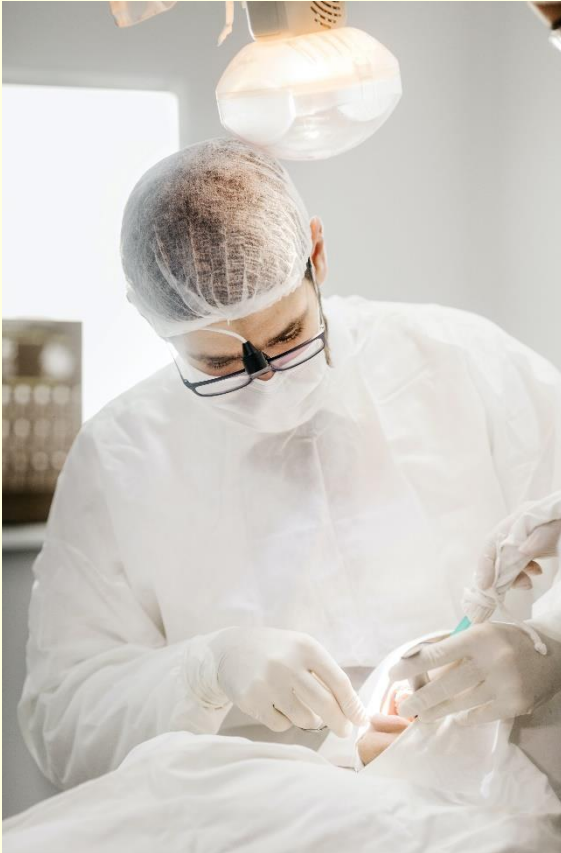


Project: PID控制在医学麻醉过程血压控制中的应用



背景：

■ 麻醉过程中的血压控制

手术中麻醉师需监测多种生命参数，如：麻醉深度、血压、心率、体温、血氧、呼气中二氧化碳浓度等，并将它们控制在适当的范围内。能够自动测量、控制某些生命参数，能够提高受术者的安全。

■ 功能：

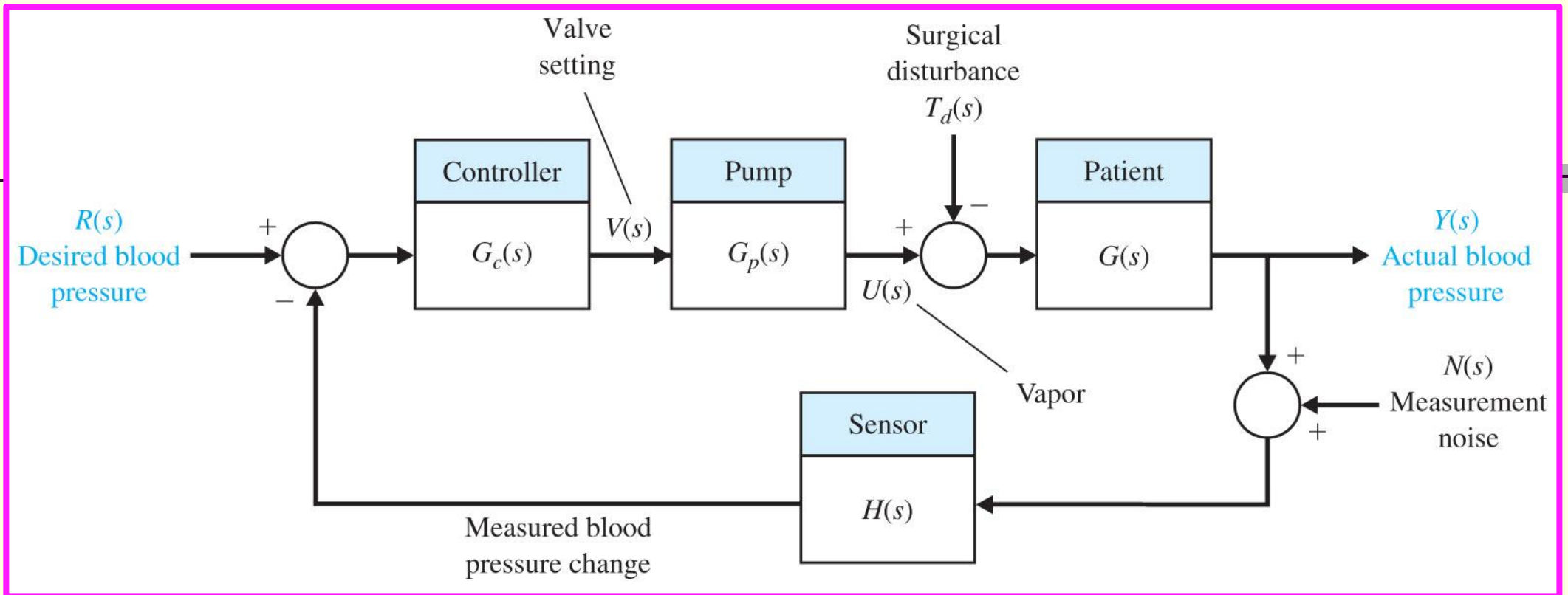
开发自动调节麻醉深度的系统，病人的安全是最终目标。

■ 如何测量麻醉深度？

许多麻醉师将平均动脉压作为麻醉深度最可靠的度量。

根据临床经验和麻醉师所遵从的程序，被控变量确定为平均动脉压。

- **控制目标：**调节平均动脉压到任意期望的设定值，出现扰动时能够维持在规定的设定值。
- **平均动脉压（MAP）** Mean Arterial Pressure：一个心动周期中各瞬间动脉血压的平均值。
- **平均动脉压**是在一个心动周期中持续地推动血液向前流动的平均推动力，能更精确地反映心脏和血管的机能状态，其正常值约为 $96mmHg$ 。
- **被控变量：**平均动脉压（MAP）。



■ 血压控制系统结构

$R(s)$ 是期望的平均动脉压变化

$Y(s)$ 是实际的平均动脉压变化

两者的偏差被控制器用于确定对泵/蒸发器的阀门给定值，泵/蒸发器给患者输送麻醉药蒸气

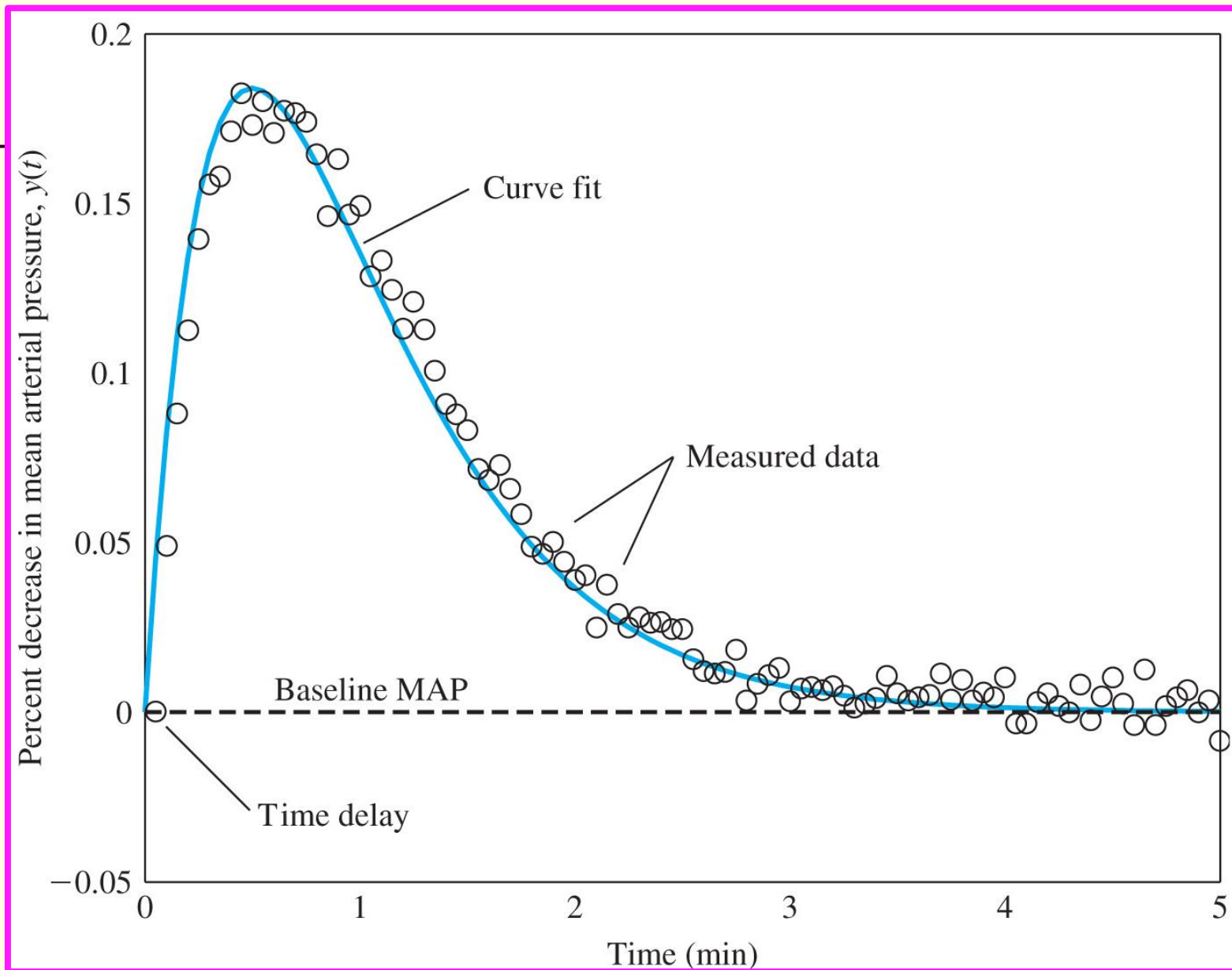
■ 泵/蒸发器模型：输出蒸气的变化率等于输入阀门给定值

➤ 泵的传递函数：

$$G_p(s) = \frac{U(s)}{V(s)} = \frac{1}{s}$$

➤ 患者模型：患者的生理学系统很难建模，即使建立，也是非线性、时变、多输入多输出模型，很难用于实际的控制系统

- 采用黑箱建模方法，
如脉冲响应法



■ 对实验脉冲响应拟合得到模型的脉冲响应:

$$y(t) = te^{-pt}, \quad t \geq 0, \quad p = 2, \quad t \text{ 的单位是分钟}$$

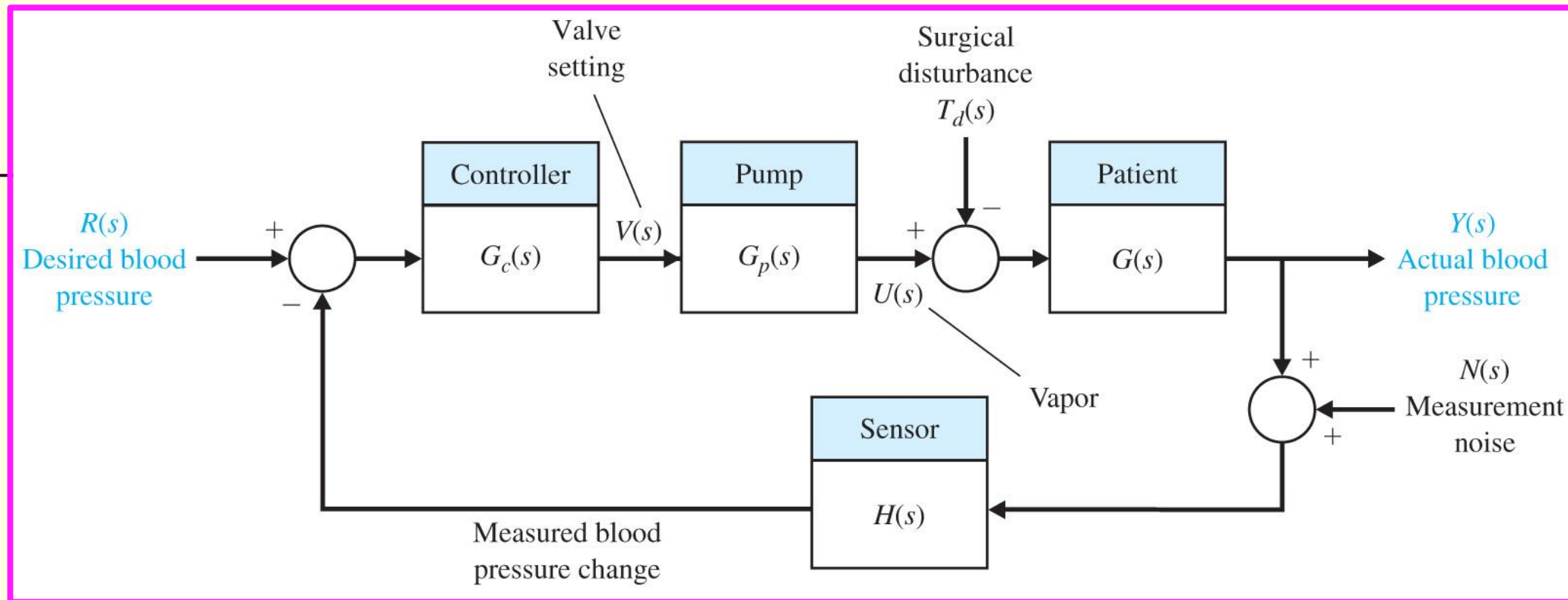
不同的患者, 参数 p 的值是不一样的。

➤ 由模型的脉冲响应得到传递函数模型: $G(s) = \frac{1}{(s + p)^2}$

➤ 传感器模型: 假定没有测量噪声, 传感器的传递函数为:

$$H(s) = 1$$

单位负反馈系统



- 在血压控制系统中 $G_p(s)$, $G(s)$, $H(s)$ 已得出
- 下一步：如何设计控制器 $G_c(s)$?

■ PID控制器: Proportional-Integral-Derivative controller

$$v(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

比例项 积分项 微分项

K_P : 比例增益, K_I : 积分增益, K_D : 微分增益

调整 K_P 、 K_I 、 K_D 使闭环系统响应满足设计指标

$$G_c(s) = \frac{V(s)}{E(s)} = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s = \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{s}$$

Project 任务:

1. 取 $N(s)=0$, $T_d(s)=0$

■ **分别基于PD、PI控制器对系统进行Matlab仿真。**

在PD或PI控制器中，固定一个参数，调节另外一个参数，观察输出结果会有什么变化？

■ **基于PID控制器对系统进行Matlab仿真**

改变三个参数的值，看在不同的组合下，系统的输出会有什么变化？

2. 取 $N(s)=0$, $T_d(s)=50/s$ （手术刀切开皮肤时对平均动脉压产生扰动,一般取阶跃扰动信号），重复上面的仿真过程。

最终提交的材料

- 一份报告（注明姓名、学号。包含关键仿真代码、仿真结果、结论）
- 时间：18周之前提交

