# 闸门调控优化问题设计

## 一、问题背景

在流域水资源管理中，水闸作为关键调控设施，需同时满足农田灌溉、城市防洪及下游生态流量保障等多重需求。某地水利部门需对一座水闸系统进行精细调度，目标是在未来一段时间内合理控制闸门开度，使得闸前水位稳定保持在目标值附近，确保灌溉、防洪与下游安全要求。

现基于试题中提供的研究对象的相关公式与规则，设计出一套未来100 h的闸门开度调度方案，以达到控制目标。

## 二、系统模型与变量说明

### 1. 水位与流量关系模型

#### （1）闸前水位动态平衡方程：

物理含义：水位变化由基准水位增量、入库流量补水效应、过闸流量泄水效应共同决定

$$h\left[t\right]=h\left[t-1\right]+0.00134516+0.00157978⋅i\_{in}\left[t\right]-0.00160108⋅q\_{tot}\left[t\right]$$

* $h\left[t\right]$：第 $t$ 小时的闸前水位（单位：m）
* $i\_{in}\left[t\right]$：第 $t$ 小时的入库流量（单位：m³/s）
* $q\_{tot}\left[t\right]$：第 $t$ 小时的过闸总流量（单位：m³/s）

#### （2）闸后水位动态模型：

物理含义：闸后水位受过闸流量的累积影响，反映下游河道水动力特性

$$\hat{h}\left[t\right]=\hat{h}\left[t-1\right]+0.00000131⋅q\_{tot}\left[t\right]$$

* $\hat{h}\left[t\right]$：第 $t$ 小时的闸后水位（单位：m）

#### （3）闸门开度与过流流量关系：

$$q\_{tot}\left[t\right]=2⋅(8.0874⋅log\left(e\left[t\right]+1×10^{-6}\right)-36.904+0.01⋅sin(e[t]))$$

* $e\left[t\right]$：第 $t$ 小时的闸门开度（单位：mm）

注意：当 $e\left[t\right]\leq 0$ 时，$q\_{tot}\left[t\right]$ 为无效值；必须满足 $e\left[t\right]>0$

## 三、初始条件

* 初始闸前水位： $h\left[0\right]=61.67$ m
* 初始闸后水位： $\hat{h}\left[0\right]=61.33$ m
* 初始闸门开度： $e\left[0\right]=21$00mm
* 初始入流量： $i\_{in}\left[0\right]=52.874367$ m³/s
* 控制周期：1 小时
* 控制时长：100 小时
* 入流预测：已知 $i\_{in}\left[1\right],i\_{in}\left[2\right],…,i\_{in}\left[100\right]$

## 四、控制约束

1. 闸门小时变幅约束：

$$\left|e\left[t\right]-e\left[t-1\right]\right|\leq 15mm ∀t$$

1. 闸门**日变幅约束**（每连续 24 小时）：

$$\left|e\left[t\right]-e\left[t-24\right]\right|\leq 60mm ∀t\geq 24$$

1. 闸门物理约束：

$$e[t]>0$$

1. 闸前水位约束：

$$61\leq h\left[t\right]\leq 63 m ∀t$$

## 五、控制目标

目标是尽可能将闸前水位 $h\left[t\right]$ 控制在目标值：

$$h^{\*}=62.5m$$

优化目标函数（最小化总偏差平方和）：

$$J=\sum\_{t=1}^{100}\left(h\left[t\right]-62.5\right)^{2}$$

## 六、任务说明

请参赛人员根据上述模型与约束条件，设计出未来100h的闸门开度控制序列：

$$\{e\left[1\right],e\left[2\right],…,e\left[100\right]\}$$

以使得闸前水位尽可能逼近目标值 $62.5m$，并满足所有约束。

## 七、提交要求

请提交如下材料：

1. 控制策略实现的 Python 源码（可用任意优化方法，如搜索、动态规划、强化学习等）
2. 输出结果文件：
	* 100小时的闸门开度 $e\left[t\right]$
	* 对应的水位 $h\left[t\right]$、过流流量 $q\_{tot}\left[t\right]$
	* 控制目标误差函数值 $J$
3. 研究报告，总结你的策略思路和实现要点，5页以内

## 八、评分标准（满分 100 分）

| 项目 | 分值 | 说明 |
| --- | --- | --- |
| 控制目标达成度 | 60 | 按目标函数值 $J$ 从小到大评分，前5%满分 |
| 控制策略合理性 | 20 | 是否满足约束、是否有突变行为、策略是否稳定 |
| 编程实现规范性 | 10 | 是否结构清晰、变量命名规范、注释充分 |
| 策略报告表达与逻辑清晰 | 10 | 策略解释是否清晰、有洞察性、表达流畅 |