



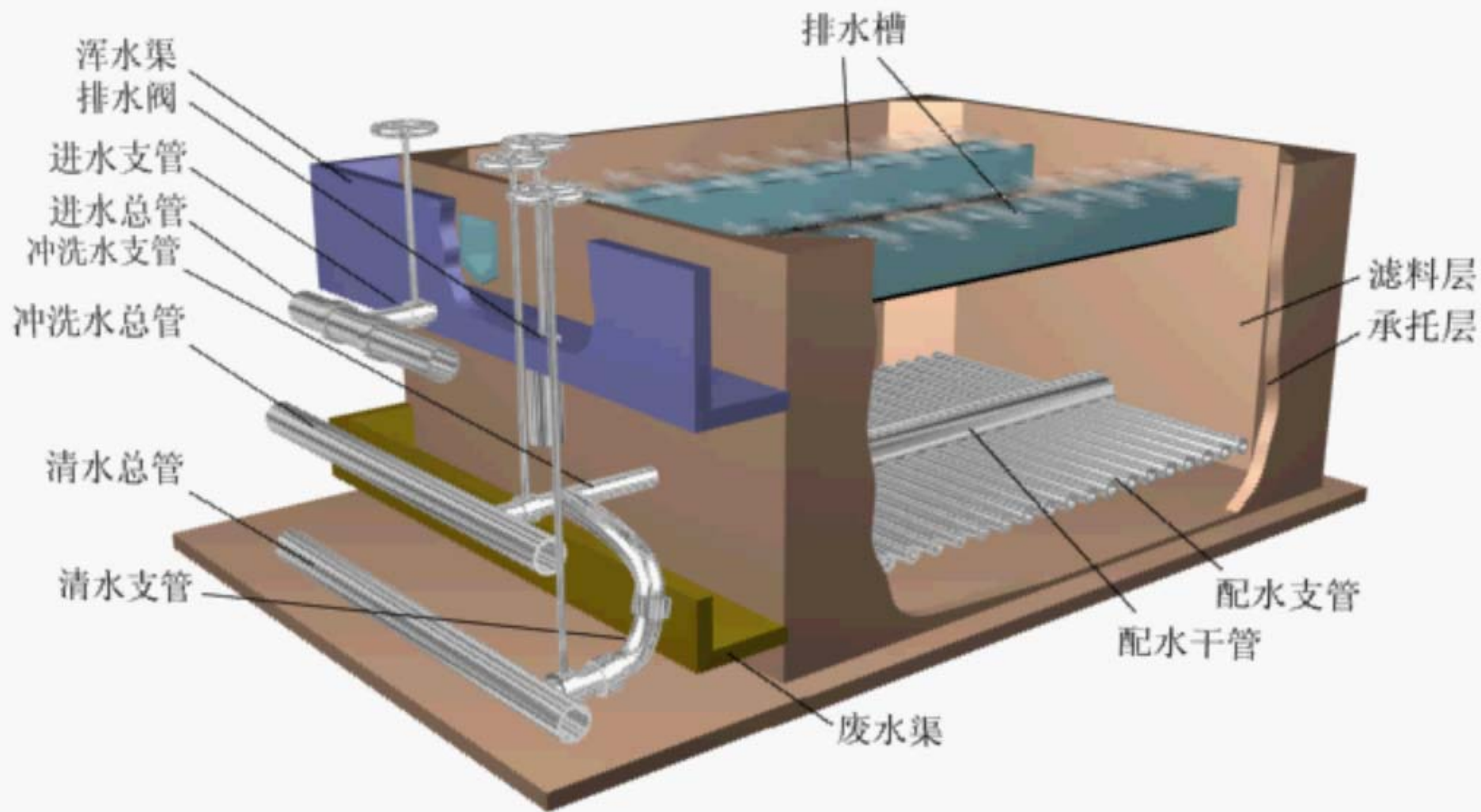
水处理工程

第六讲 过滤技术

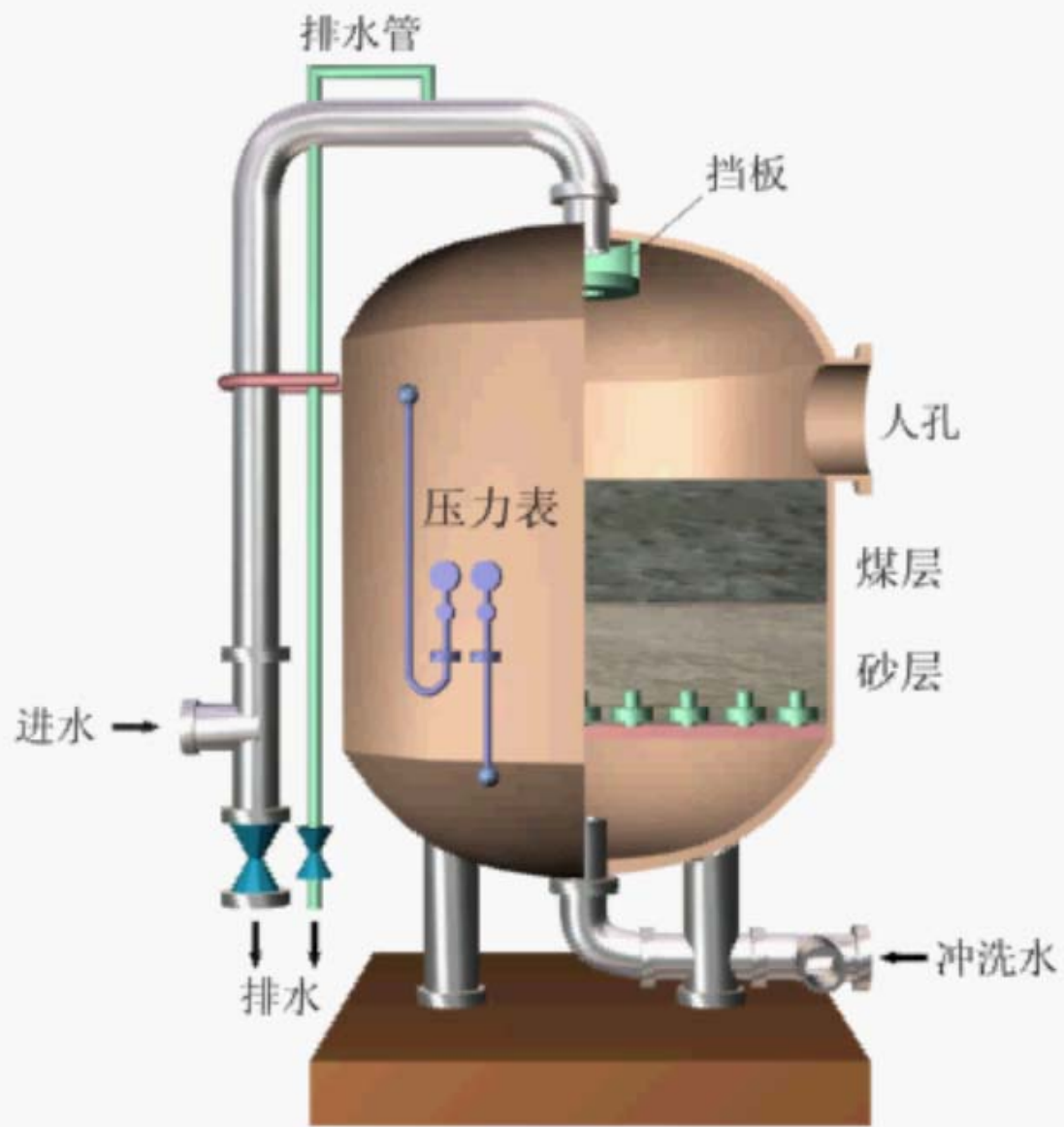




- ① 过滤机理
 - ② 滤料和承托层
 - ③ 过滤过程中的水头损失
 - ④ 滤池的反冲洗
 - ⑤ 配水系统
 - ⑥ 滤池的工艺简介
-



普通快滤池



压力过滤器



- ① 原来的观点：
 - 机械筛除
- ② 滤速仅为 $0.1\sim 0.2\text{m/h}$
- ③ 滤池占地面积较大



① 迁移机理 (物理和力学的过程)

- 拦截作用
- 沉淀作用
- 扩散作用
- 惯性作用
- 水力作用

② 颗粒粘附机理 (物理化学作用)

- 范德华力
 - 静电力
 - 某些化学键
-



- ① 重要的不是颗粒和滤料的尺寸大小问题，
 - ② 重要的是滤料的表面积和表面特性。
-



- ① 过滤机理
 - ② 滤料和承托层
 - ③ 过滤过程中的水头损失
 - ④ 滤池的反冲洗
 - ⑤ 配水系统
 - ⑥ 滤池的工艺简介
-



滤料

- 具有足够的机械强度
 - 具有足够的化学稳定性
 - 具有一定的颗粒级配和适当孔隙率
-



滤料的级配

- 滤料中各种颗粒粒径所占的比例—分布情况
- 表示方法：不均匀系数

$$K_{80} = \frac{d_{80}}{d_{10}}$$

- d_{10} —通过滤料重量10%的筛孔孔径，反应了细颗粒尺寸，0.5~0.7mm左右
- d_{80} —通过滤料重量80%的筛孔孔径
- K_{80} —反应了颗粒的均匀程度，一般 ≤ 2



不均匀系数

- K80较大的情况下，粗细颗粒尺寸相差较大，一方面含污能力减小，另一方面，反冲的时候，为了满足粗颗粒的膨胀要求，细颗粒有可能被冲出滤池，而如果单单满足细颗粒的膨胀要求，粗颗粒的反洗效果则不好。
- K80越小，接近于1，过滤和反冲效果均较好，但是滤料价格增高。



滤层的孔隙度

$$m = \frac{\text{孔隙体积}}{\text{滤层体积}}$$

$$V(1-m) = \frac{G}{\rho \cdot g}$$

- V - 滤层体积
- G - 滤料重量
- ρ - 滤料真密度
- g - 重力加速度
- 一般的过滤工艺中,
- 石英砂: $m = 0.40 \sim 0.42$
- 无烟煤: $m = 0.50$ 左右



滤料的比表面积与当量粒径

- 单位体积的滤层所具有的表面积—比表面积
- 实际滤料相等的总表面积
- 当量粒径 d_e 的总表面积

相等时
所对应的粒径



当量粒径的计算

- 假设滤料粒径分布均匀，滤料为球形
- 当量滤料的粒径为 d_e
- 比重为 ρ
- 假设质量为1滤料颗粒数

$$n = \frac{1}{\frac{1}{6}\pi d_e^3 \rho}$$

- 质量为1的滤层的总表面积

$$\omega = n\pi d_e^2 = 6\frac{1}{d_e\rho}$$



实际滤料的表面积计算

- 设每一种颗粒的质量为 ΔP_i
- 粒径为 d_i
- 所具有的表面积为 ω_i
- 则粒径为 d_i 的颗粒数为

$$n_i = \frac{\Delta P_i}{\rho \frac{1}{6} \pi d_i^3} \omega_i = 6 \frac{\Delta P_i}{d_i \rho}$$

实际总表面积

$$\omega_{\text{实}} = \sum \omega_i = \frac{6}{\rho} \sum \frac{\Delta P_i}{d_i}$$



当量滤料的粒径为 d_e :

当 $\omega_{\text{实}} = \omega$

则有,

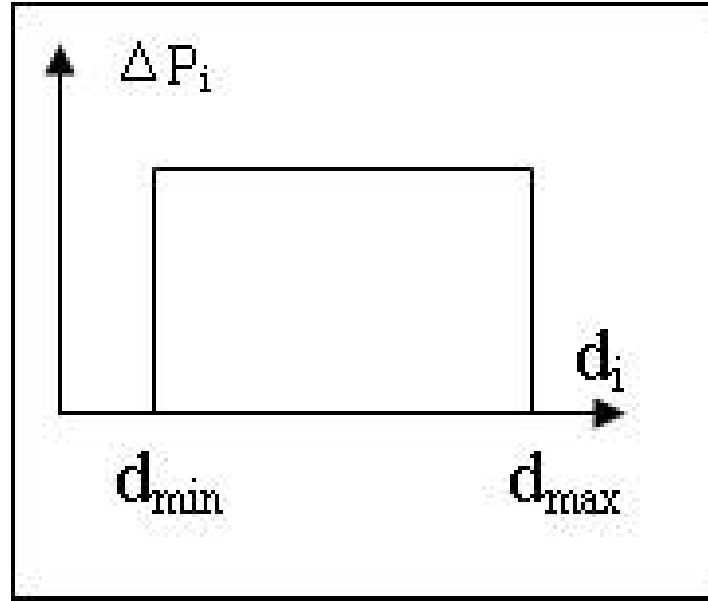
$$\frac{6}{\rho} \sum \frac{\Delta P_i}{d_i} = 6 \frac{1}{d_e \cdot \rho}$$

整理后得

$$d_e = \frac{1}{\sum \frac{\Delta P_i}{d_i}}$$



濾料粒徑分布均勻



$$d_e = \frac{1}{\sum \frac{\Delta P_i}{d_i}} = \frac{1}{\int_0^1 \frac{1}{d} dP} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{\int_{d_{\min}}^{d_{\max}} \frac{1}{d} d(d)} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{\ln \frac{d_{\max}}{d_{\min}}}$$



滤料的选择

- 单层滤料：石英砂滤层：700mm
 - 双层滤料：无烟煤滤层：400~500mm
 - 石英砂滤层：400~500mm
-



承托层

● 作用

- 支撑滤层，均匀分布反冲洗水。

● 常用材料

- 天然卵石或者碎石

● 承托层粒径

- 2~32mm，从上到下分布，厚度300mm
-



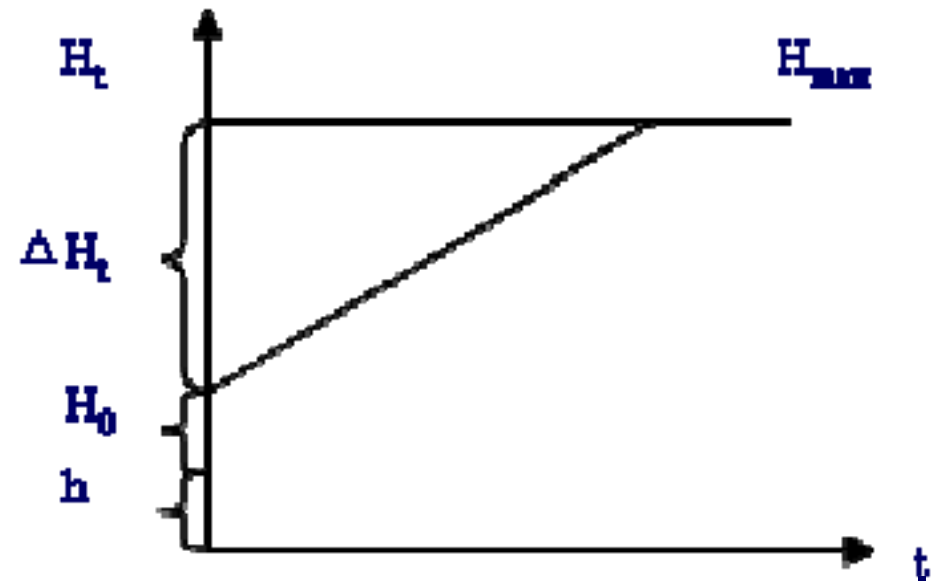
- ① 过滤机理
 - ② 滤料和承托层
 - ③ 过滤过程中的水头损失
 - ④ 滤池的反冲洗
 - ⑤ 配水系统
 - ⑥ 滤池的工艺简介
-



过滤过程中的水头损失

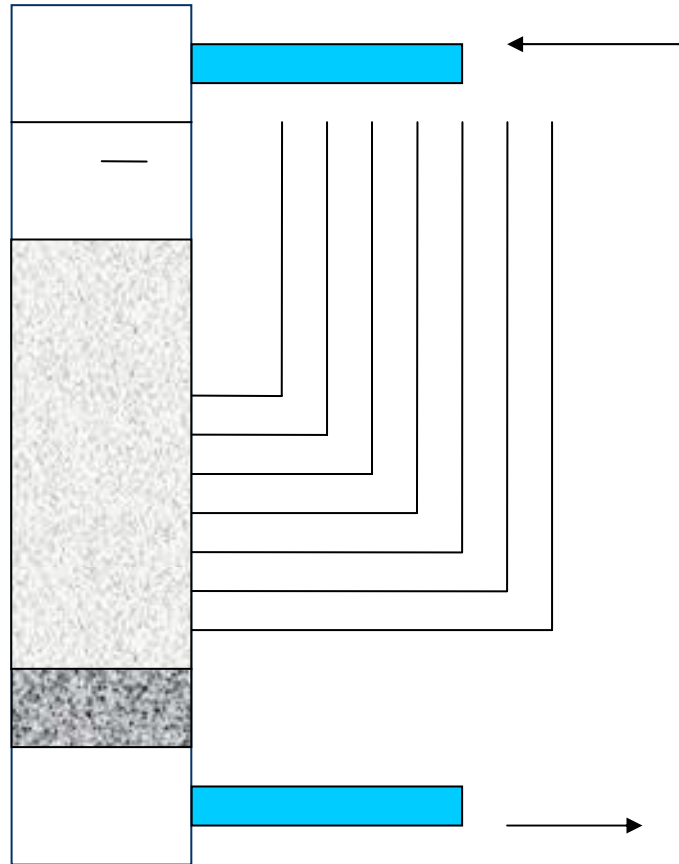
$$H_t = H_0 + h + \Delta H_t$$

- H_t - 总水头损失, m
- H_0 - 清洁滤层水头损失, m
- h - 配水系统, 承托层, 管渠水头损失之和, m
- ΔH_t - 时间为 t 时, 由于滤层截污的水头损失增加量。





过滤过程的水头损失





- ① 过滤机理
 - ② 滤料和承托层
 - ③ 过滤过程中的水头损失
 - ④ 滤池的反冲洗
 - ⑤ 配水系统
 - ⑥ 滤池的工艺简介
-



滤池的反冲洗

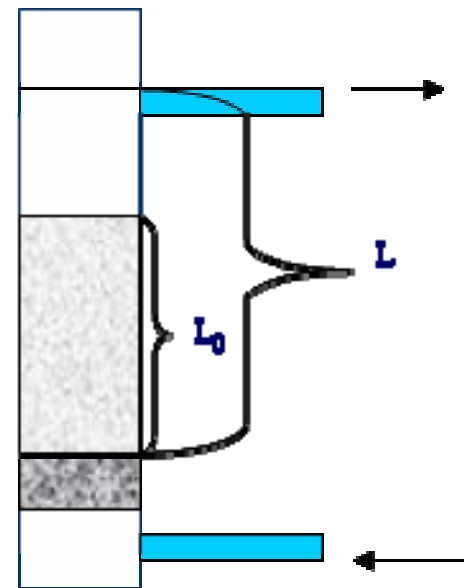
- 1. 单纯水反冲洗
- 冲洗机理：水流的剪切作用；滤料的相互碰撞摩擦
- q —反冲洗强度，单位池面积通过的反冲洗水流量， $L/s/m^2$

$$q = \frac{Q_{\text{反冲}}}{A}$$

- e —膨胀度，反冲洗时滤层膨胀的百分比

$$e = \frac{L - L_0}{L_0}$$

- 一般单层石英砂的反冲洗强度
 - $q = 12 \sim 15 L/s/m^2$
 - $e = 30 \sim 50\%$
- 反冲历时为 $5 \sim 7 \text{min}$





滤池的反冲洗

2. 气水反冲洗

● 水反冲洗可能存在的问题：

- 耗水较多
- 水力分级现象：在水反冲过程结束后造成的滤料上细下粗的分层现象

● 气水反冲可以有效解决该问题：

- 利用上升空气气泡的振动有效地将附着于滤料表面污染物擦洗下来，悬浮于水中，再利用水反冲把污物排除池外。

● 简单说：

- 气：杂质脱落
- 水：带走杂质

方式：

先气冲，再水反冲
气+水反冲，再水反冲
气反冲，再气+水反冲，
最后水反冲

强度：

$q_{\text{气}} = 10 \sim 20 \text{L/s/m}^2$
 $q_{\text{水}} = 4 \sim 10 \text{L/s/m}^2$
 $t = 6 \sim 10 \text{min}$



反冲过程水头损失

- a) 管道水头损失;
- b) 配水管道的水头损失;
- c) 孔口阻力;
- d) 滤层水头损失



- ① 过滤机理
 - ② 滤料和承托层
 - ③ 过滤过程中的水头损失
 - ④ 滤池的反冲洗
 - ⑤ 配水系统
 - ⑥ 滤池的工艺简介
-



- **配水均匀性对冲洗效果影响很大**，配水不均匀，部分滤层膨胀不足，而部分滤层膨胀过大，甚至会导致局部承托层发生移动，造成漏砂。
 - **配水系统作用：**
 - 均匀分配反冲水
 - 均匀收集滤后水
-



配水系统形式

- 大阻力配水系统：
 - 增大配水系统的孔眼阻力
- 小阻力配水系统：
 - 增大底部廊道的配水空间



- ① 过滤机理
 - ② 滤料和承托层
 - ③ 过滤过程中的水头损失
 - ④ 滤池的反冲洗
 - ⑤ 配水系统
 - ⑥ 滤池的工艺简介
-

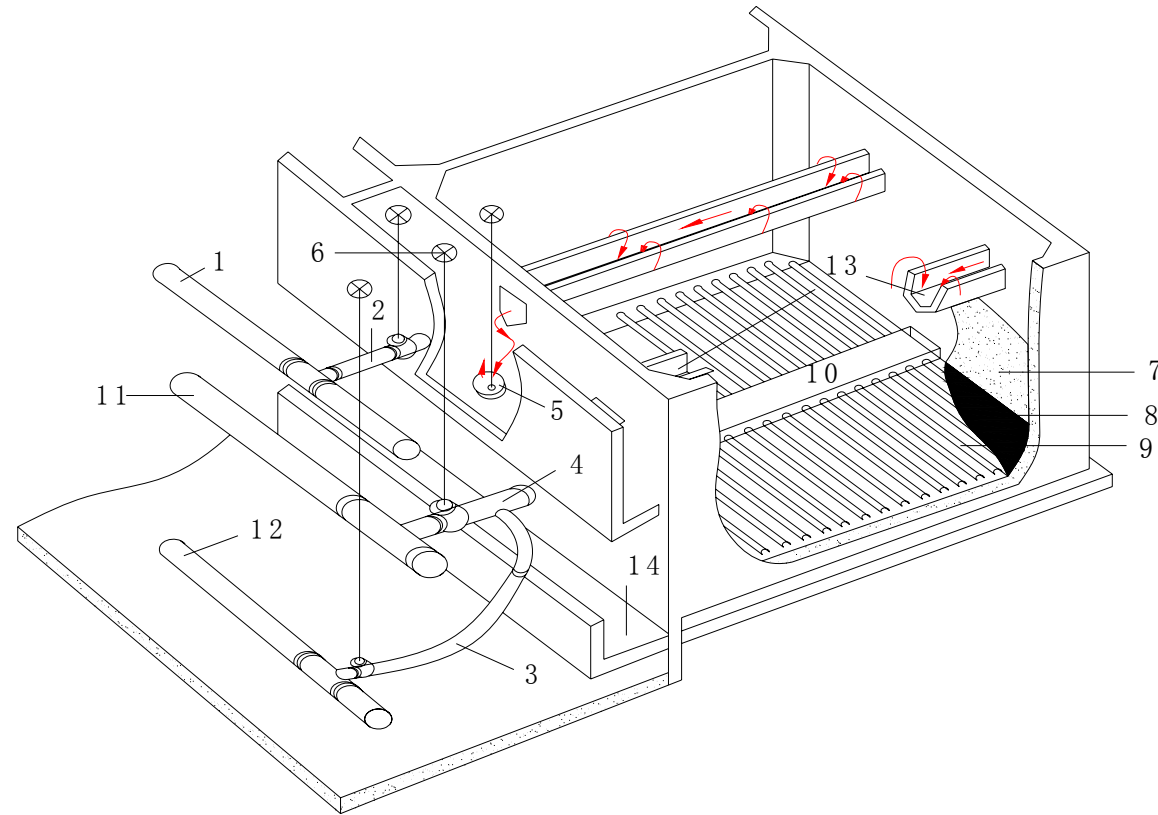


滤池的工艺简介

- 普通快滤池
 - 无阀滤池
 - 移动罩滤池
 - V型滤池
 - 虹吸滤池
-



普通快滤池

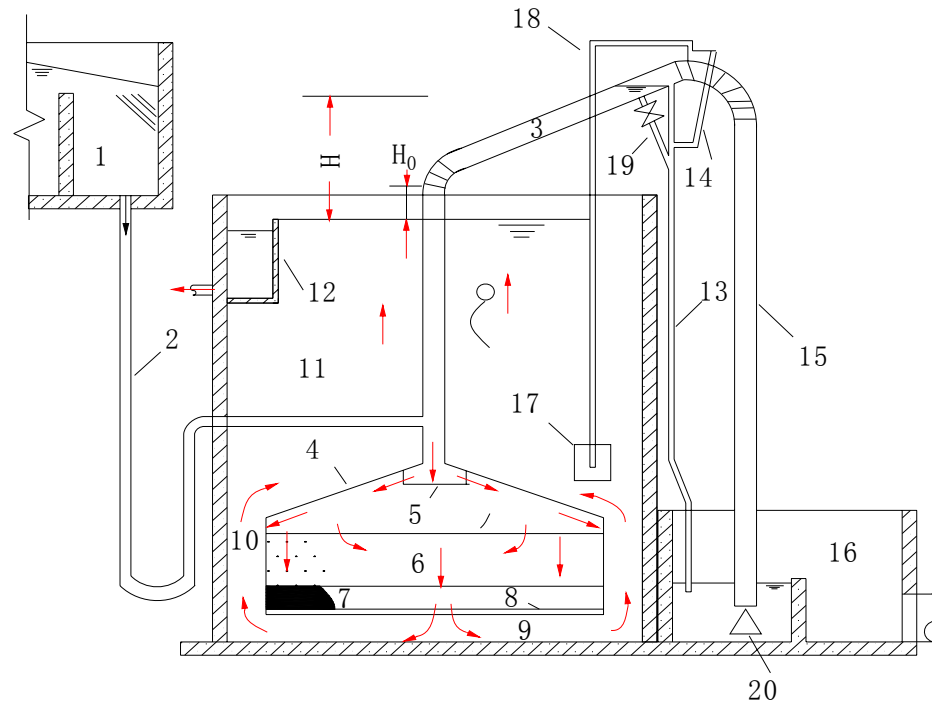


普通快滤池构造剖视图（箭头表示冲洗水流方向）

- 1-进水总管；2-进水支管；3-清水支管；4-冲洗水支管；5-排水阀；
6-浑水阀；7-滤料层；8-承托层；9-配水支管；10-配水干管；
11-冲洗水总管；12-清水总管；13-冲洗排水槽；14-废水渠



无阀滤池

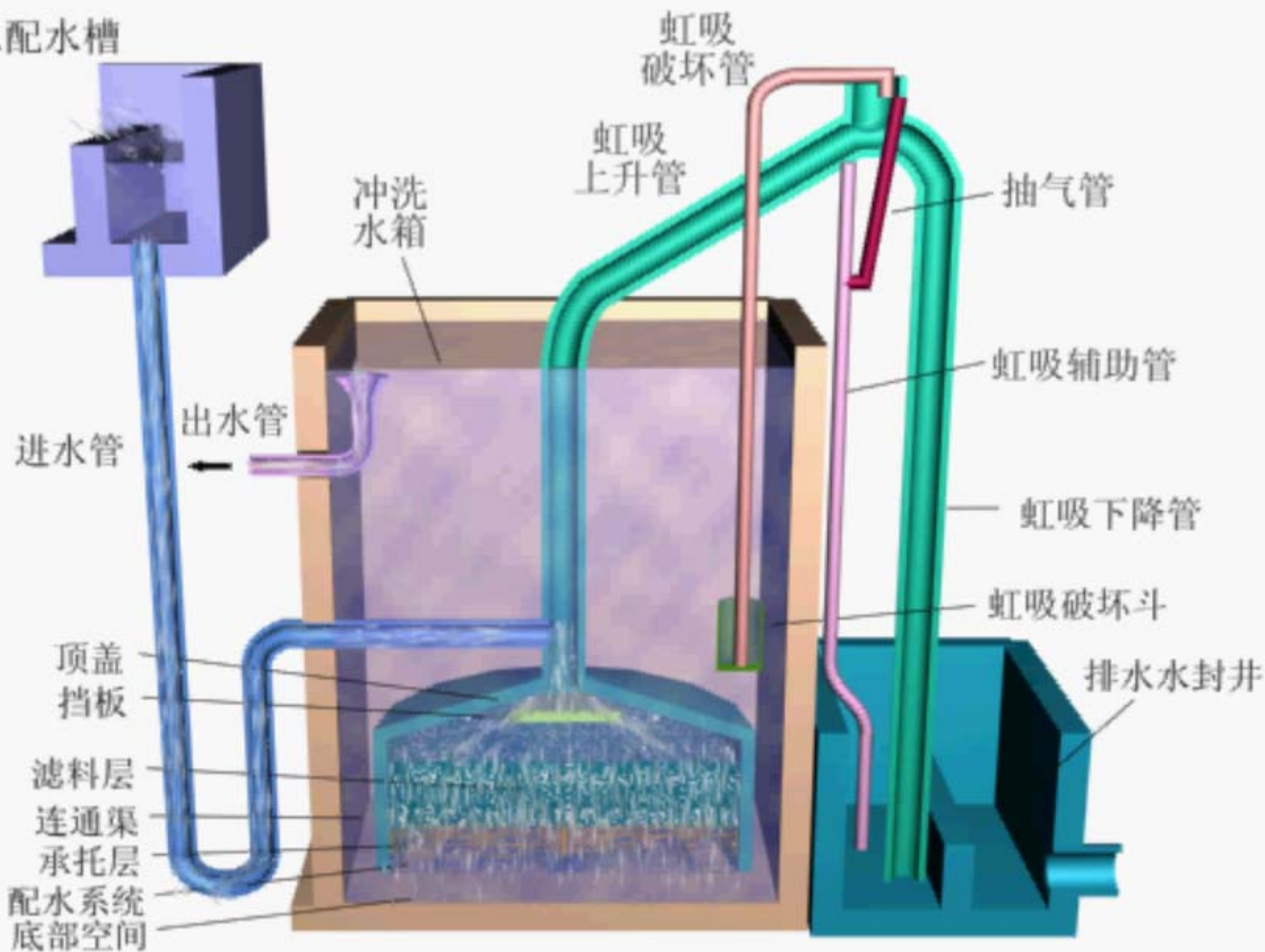


无阀滤池过滤过程

1-进水分配槽； 2-进水管； 3-虹吸上升管； 4-伞形顶盖； 5-挡板；
6-滤料层； 7-承托层； 8-配水系统； 9-底部配水区； 10-连通渠；
11-冲洗水箱； 12-出水渠； 13-虹吸辅助管； 14-抽气管； 15-虹
吸下降管； 16-水封井； 17-虹吸破坏斗； 18-虹吸破坏管； 19-
强制冲洗管； 20-冲洗强度调节器



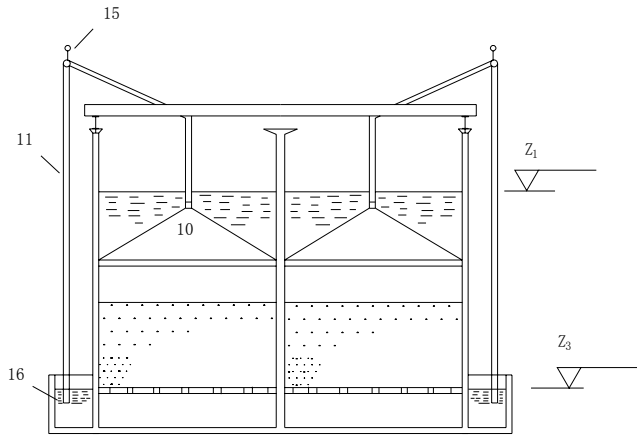
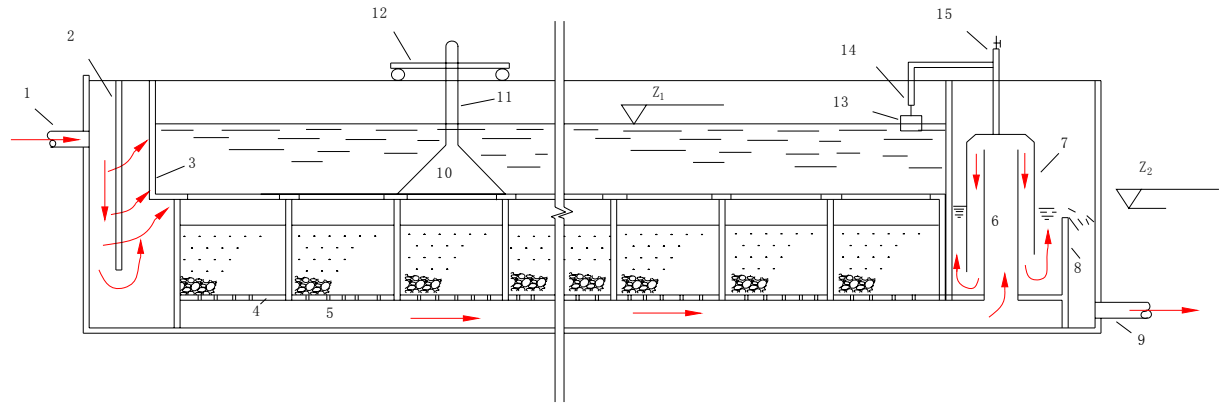
进水配水槽



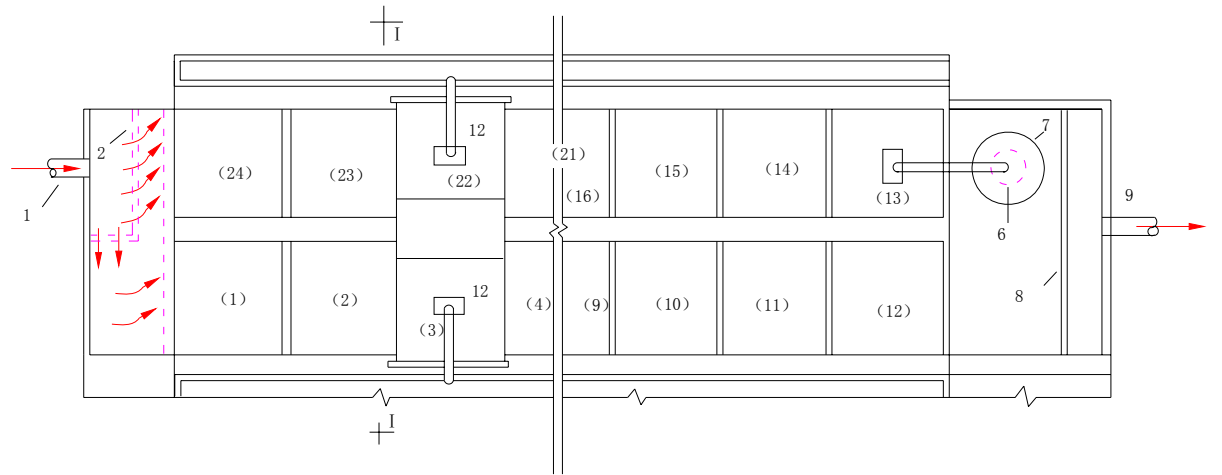
重力式无阀滤池—过滤过程



移动罩滤池



I-I 剖面

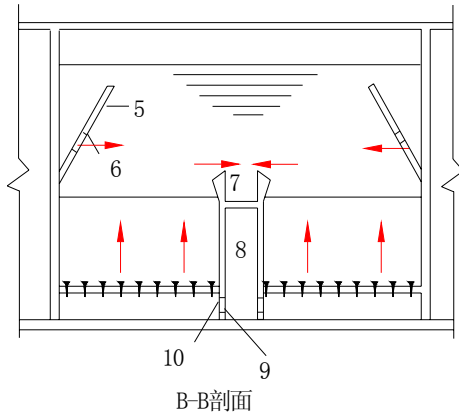
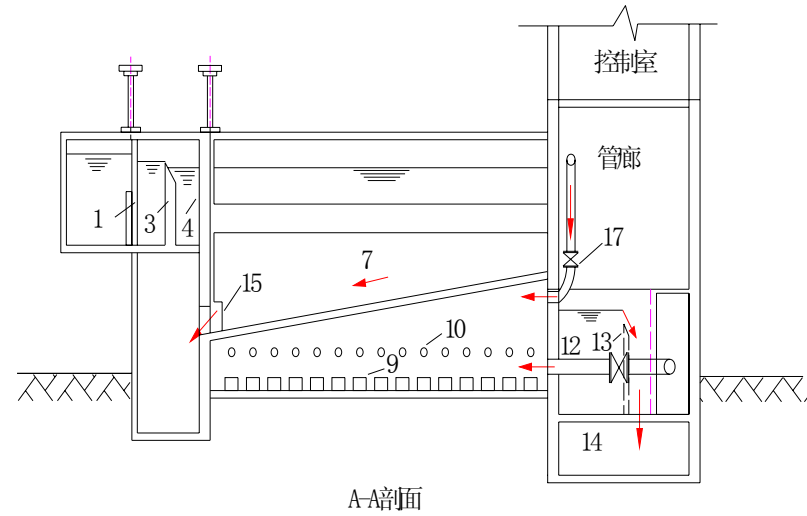


移动罩滤池

1-进水管； 2-穿孔配水墙； 3-消力栅； 4-小阻力配水系统的配水孔； 5-配水系统的配水室；
6-出水虹吸中心管； 7-出水虹吸管钟罩； 8-出水堰； 9-出水管； 10-冲洗罩； 11-排水虹吸管；

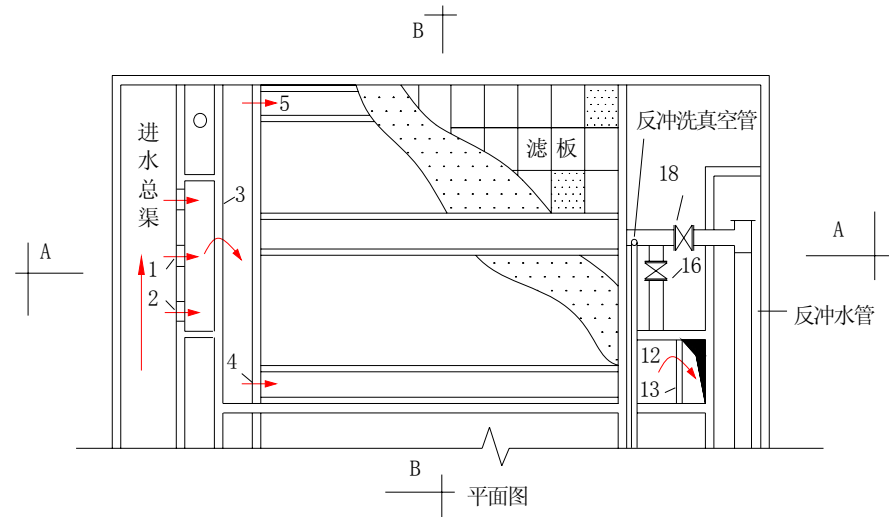


V型滤池



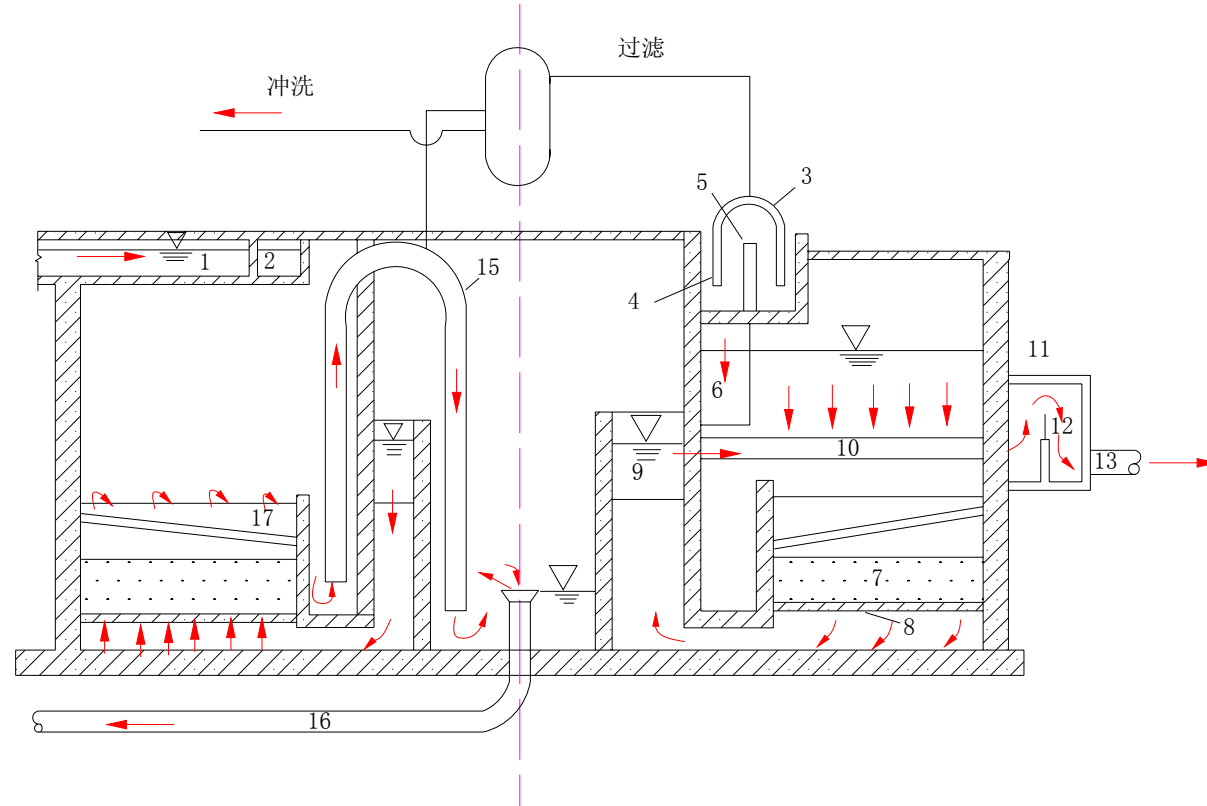
V型滤池构造简图

1-进空气动隔膜阀； 2-方孔； 3-堰口； 4-侧孔； 5-V型槽； 6-小孔； 7-排水渠； 8-气、水分配渠
9-配水方孔； 10-配气方孔； 11-底部空间； 12-水封井； 13-出水堰； 14-清水渠； 15-排水阀； 16-
清水阀； 17-进气阀； 18-冲洗水阀



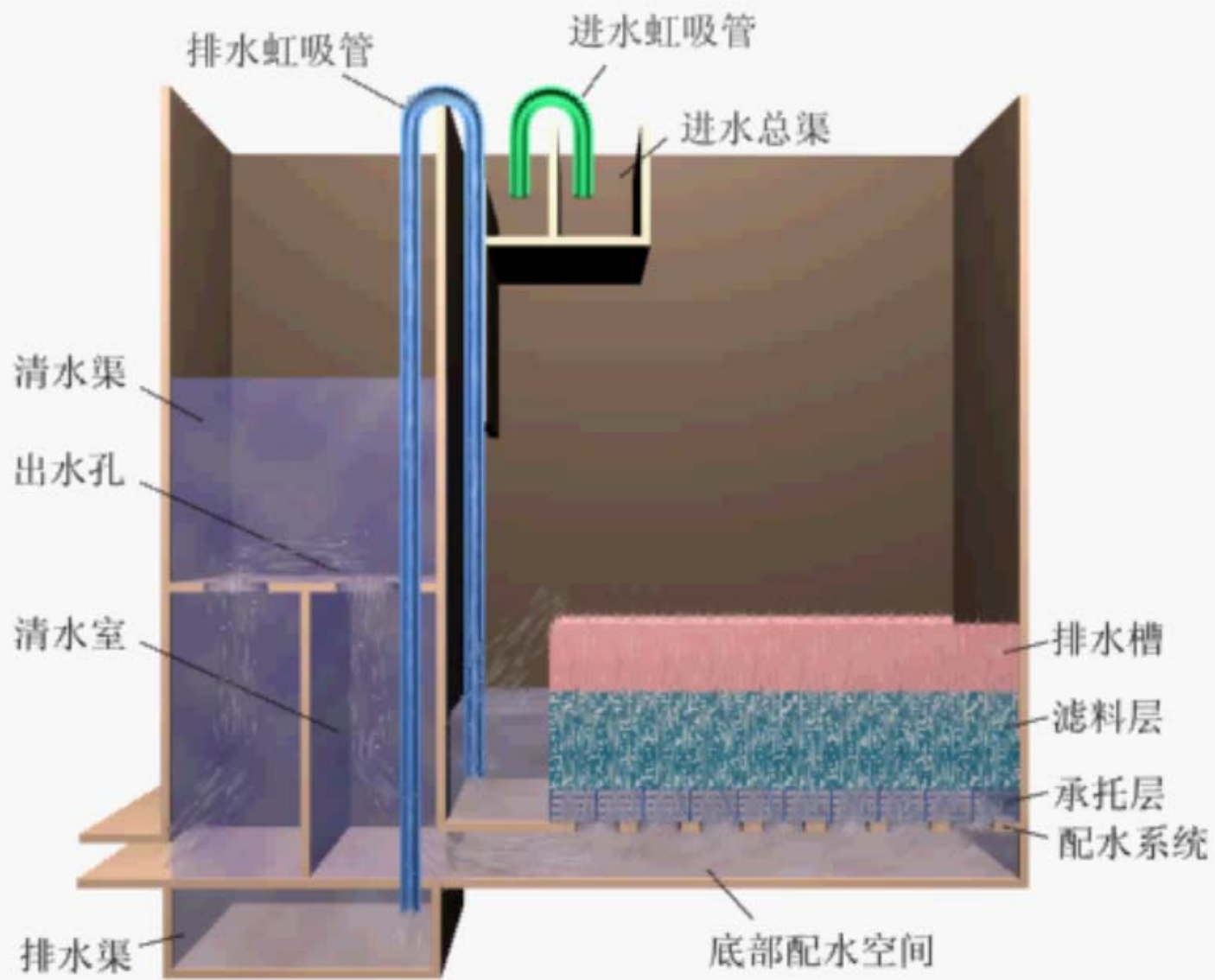


虹吸滤池



虹吸滤池的构造

- 1-进水槽； 2-配水槽； 3-进水虹吸管； 4-单格滤池进水槽； 5-进水堰； 6-布水管；
7-滤层； 8-配水系统； 9-集水槽； 10-出水管； 11-出水井； 12-出水堰； 13-清水管；
14-真空系统； 15-冲洗虹吸管； 16-冲洗排水管； 17-冲洗排水槽



虹吸滤池—冲洗过程



谢 谢!





● 单位池面积所承担的过滤水量

$$v = \frac{Q}{A} (m/h)$$

- Q: 过滤流量, m³/h
- A: 过滤面积, m²

● 一般在给水处理中的滤速范围为8~10m/h, 过滤周期为12~24h