



水处理工程

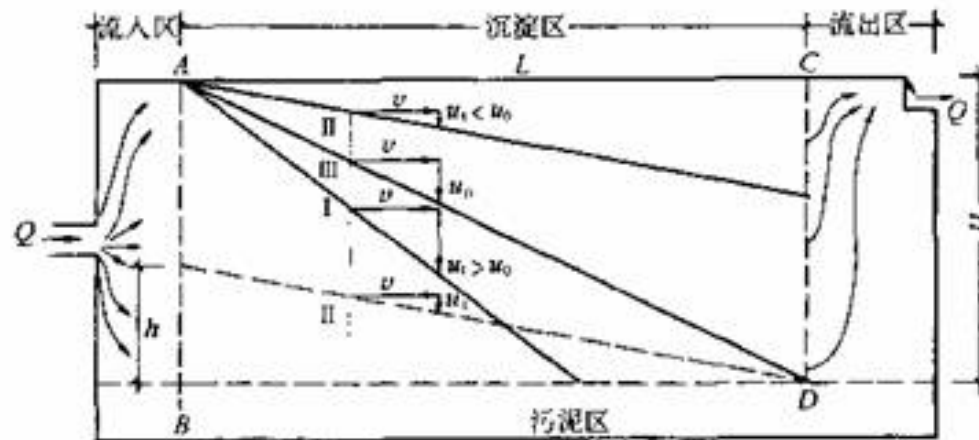
第四讲 理想沉淀池、沉砂池和沉淀池





理想沉淀池

- Hazen和Camp提出，其假设条件是：
 - 在沉淀池各过流断面上，各点处水都以流速 V 作水平运动。
 - 进水中SS颗粒沿水深呈均匀分布，其水平分速等于水的水平流速，并从竖直分速 U 匀还下沉；
 - 颗粒一经沉到水底再不重新浮起（即认为沉到底部即视为被去除）





同样地有：

$$E_T = (1 - p_0) + \int_0^{P_0} \frac{h}{H} dp = (1 - p_0) + \int_0^{P_0} \frac{u}{u_0} dp$$

可见，静沉试验所得到的沉降规律也可适用于理想沉淀池。



理想沉淀池表面负荷 q_0

$$u_0 = \frac{H}{t} = \frac{H \cdot u}{L} = \frac{H \cdot B \cdot V}{L \cdot B} = \frac{Q}{A}$$

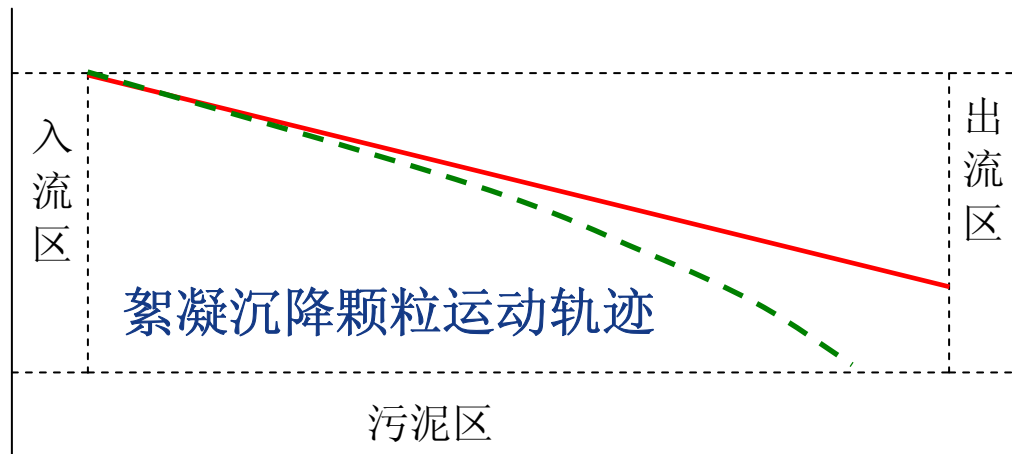
- ① q_0 在数值上等于最小沉降速度；
- ② $q_0 \downarrow$ ， $E_T \uparrow$ ；
- ③ 在离散型沉降中，当处理水量为定值时，处理效率 E_T 仅是沉降区表面积的函数，而与水深无关。
 $A \uparrow$ ， $q_0 \downarrow$ ，则 $E_T \uparrow$ 。



- 实际沉淀池：理想沉淀池的假设是不存在的，颗粒的运动是不规则运动。

$$q = \left(\frac{1}{1.25} - \frac{1}{1.75} \right) u_0$$

$$t = (1.5 - 2.0)t_0$$





- 对于絮凝沉降，颗粒之间并聚变大，或 ρ_s 变大， u 也会随之变大。其运动轨迹发生变化，但是，为保守起见，沉降效率依然按照下式计算。

$$E_T = (1 - p_0) + \int_0^{P_0} \frac{u}{u_0} dp$$



浅池沉降理论

对一深度为 H 、体积为 V 的平流式理想沉淀池，其处理水量：

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{V}{\frac{H}{u_0}} = u_0 \cdot \frac{V}{H}$$

- 从式中可知：在 V 、 H 一定时，若欲得要求的 η （即 u_0 一定），处理水量 Q 不能随意变化；在给定 Q 时， η 一定。
- Q 与 u_0 成正比，增大 Q ，则 u_0 增大， q_0 增大， η 降低；反之，若要提高 η ，需减小 u_0 ，处理的流量 Q 就必须减小。
- 两者不能同时满足。



●对于自由沉降沉速：在相同沉淀时间 t 内，沉降高度 H 越低， u_0 ($u_0=H/t$) 越小，颗粒的去除效率 η 越高。

●从理想沉淀池的特性分析：对于给定的沉淀池，沉降效率仅与 u_0 或 q_0 有关，与沉降高度 H 和沉降时间 t 无关。

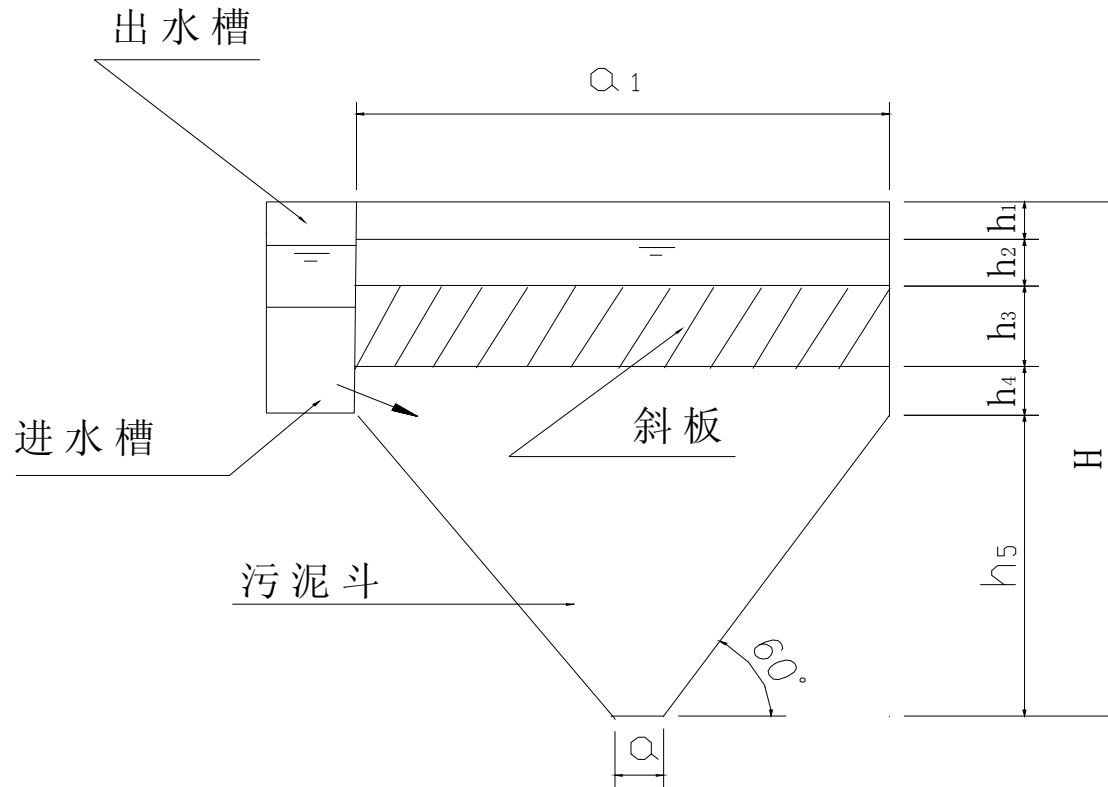
●若将沉淀池 (Q 、 V 、 H 、 u_0) 用平隔板分为 n 层浅池，则每个浅池深度为 $h=H/n$ ，进入每个浅池的流量为 $q=Q/n$ 。
(假定水平流速不变)



- ④ 浅池沉速 $u_0' = q_0' = q/A = (Q/n)A$
 $= q_0/n = u_0/n$, 沉速减少了 n 倍, 从而使效率大大提高。
- ④ 每个浅池保持原有的沉速 u_0 不变时, 每个浅池处理的流量为 $q' = q_0' A = u_0 A = Q$, 则 n 个浅池的总处理能力提高了 n 倍。
- ④ 在实际应用中, 沉淀池的分格和分层还可改善水力条件 (减小水力半径 R 、 Re , 增大 Fr), 降低水的紊动性、提高水流稳定性, 增大池的容积利用系数, 从而提高去除效率。



- ① 在工程实际应用中，采用分层沉淀池，排泥十分困难，所以一般将分层的隔板倾斜一个角度，以便能自行排泥，这种形式即为**斜板沉淀池**。
- ② 如各斜隔板之间还进行分格，即称为**斜管沉淀池**。





沉砂池

- **沉砂池的功能**：从废水中分离比重较大的无机颗粒，如砂粒，炉灰渣、煤渣等。
- **沉砂池位置**：设在泵站及沉淀池之前。
- **沉砂池作用**：
 - 保护水泵及管道免受磨损；
 - 使沉淀池中的污泥具有良好的流动性，能防止排放与输送管道堵塞；
 - 使无机颗粒和有机颗粒分离，便于分别处理和处置。



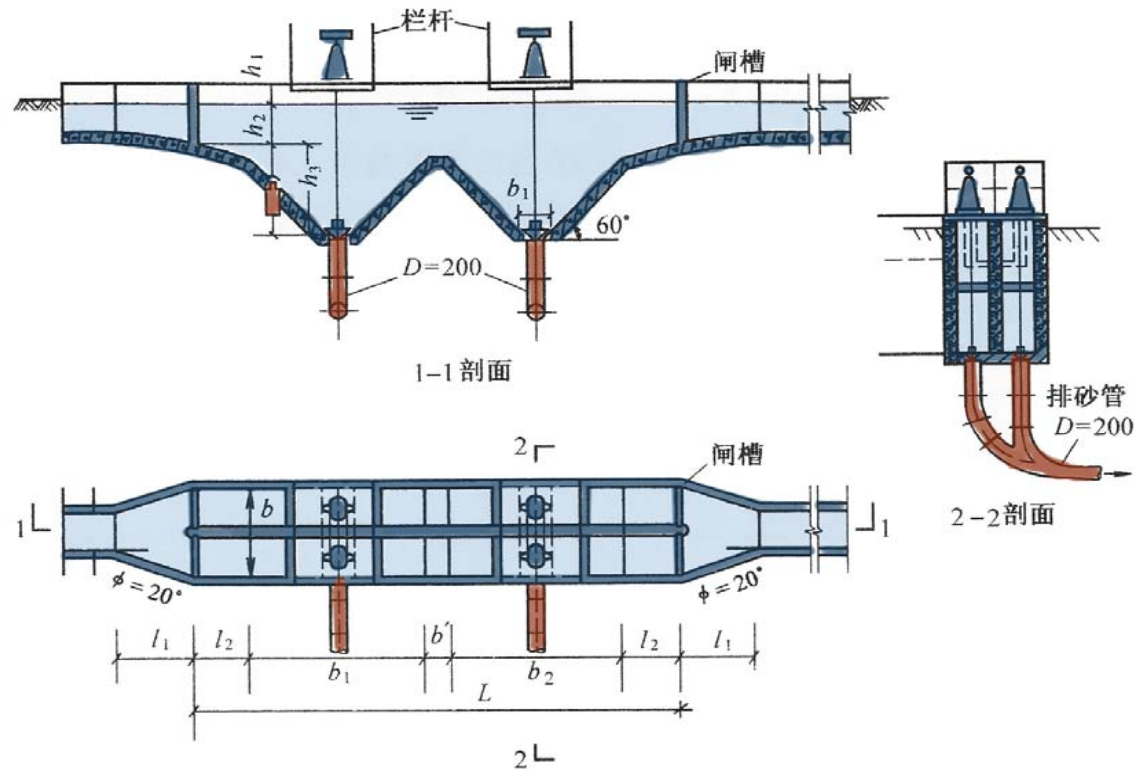
沉砂池的形式

- A、平流式沉砂池
- B、曝气沉砂池
- C、旋流沉砂池



平流式沉砂池

平流式沉砂池是最常用的一种沉淀池，它的截流效果好，工作稳定，构造简单，而且易于排除泥砂。



平流式沉砂池的一种型式



上海交通大學
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY





特点

- 平流式沉砂池的水流部分，实际上是一个加深加宽的明渠，两端设有闸板，以控制水流。
 - 在池底部设1-2个贮砂斗，下设排砂管。开启贮砂斗的闸阀，即能将沉砂排出。还可利用射流泵和螺旋泵排除泥砂，或利用高地或将沉砂池筑于高地，也利于排砂。
 - 普通沉砂池的一大缺点是其截流的沉砂中夹杂一些有机物。对被有机物包覆的砂砾的截流效果不高，而且沉渣容易腐败发臭，难以处置。
-



曝气沉砂池

沉砂中有机物的含量低于5%，一般长期存放不腐败。

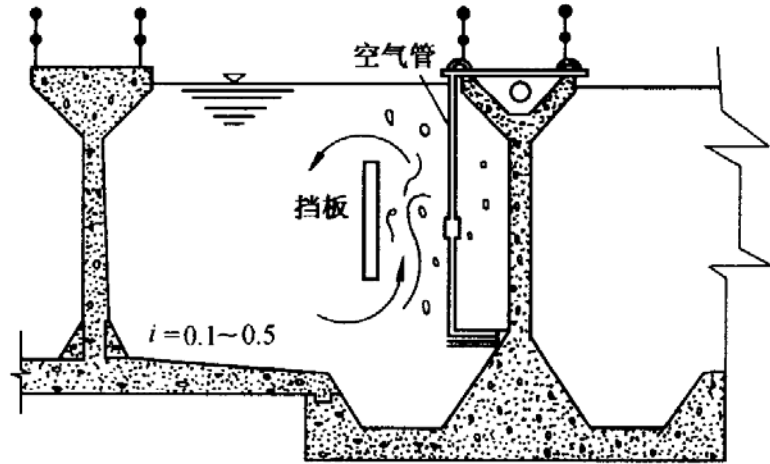
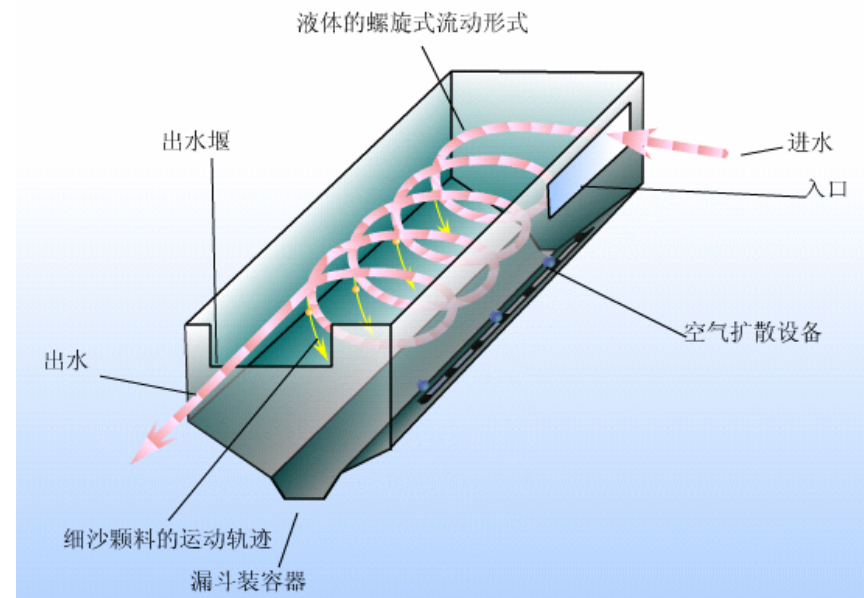


图 10-14 曝气沉砂池示意图





● 曝气的作用：

- 水力旋流使砂粒与有机物分离，沉渣不易腐败；
- 气浮油脂并吹脱挥发性物质；
- 预曝气充氧、氧化部分有机物，防止污水厌氧分解（脱臭）。

● 曝气沉砂池的设计（见书）



沉淀池

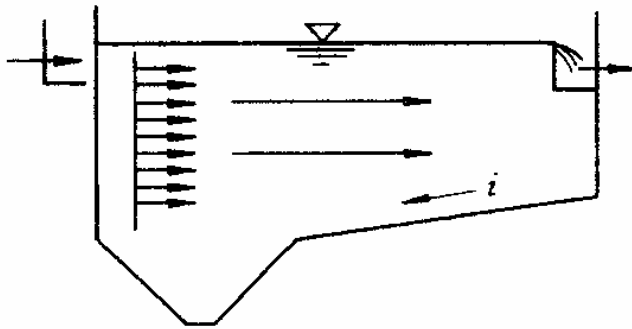
按池内水流方向分类

平流式沉淀池

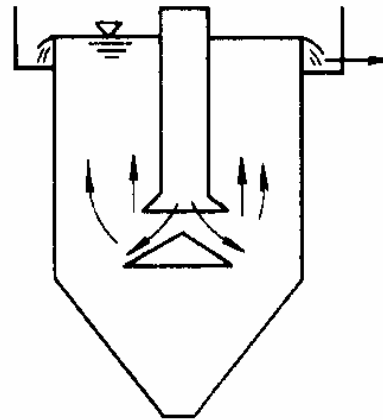
竖流式沉淀池

辐流式沉淀池

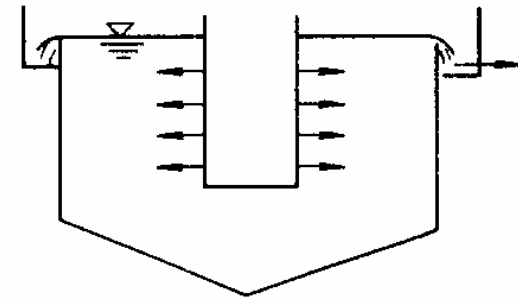
斜板式沉淀池



a. 平流式



b. 竖流式



c. 辐流式



上海交通大學
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY





工作方式:

间歇式和连续式。

特点及适用条件:

平流式沉淀池

竖流式沉淀池

辐流式沉淀池



平流式沉淀池

平流式沉淀池是废水从池的一端进入，从另一端流出，水流在池内作水平运动，池平面形状呈长方形，可以是单个或多个串联。

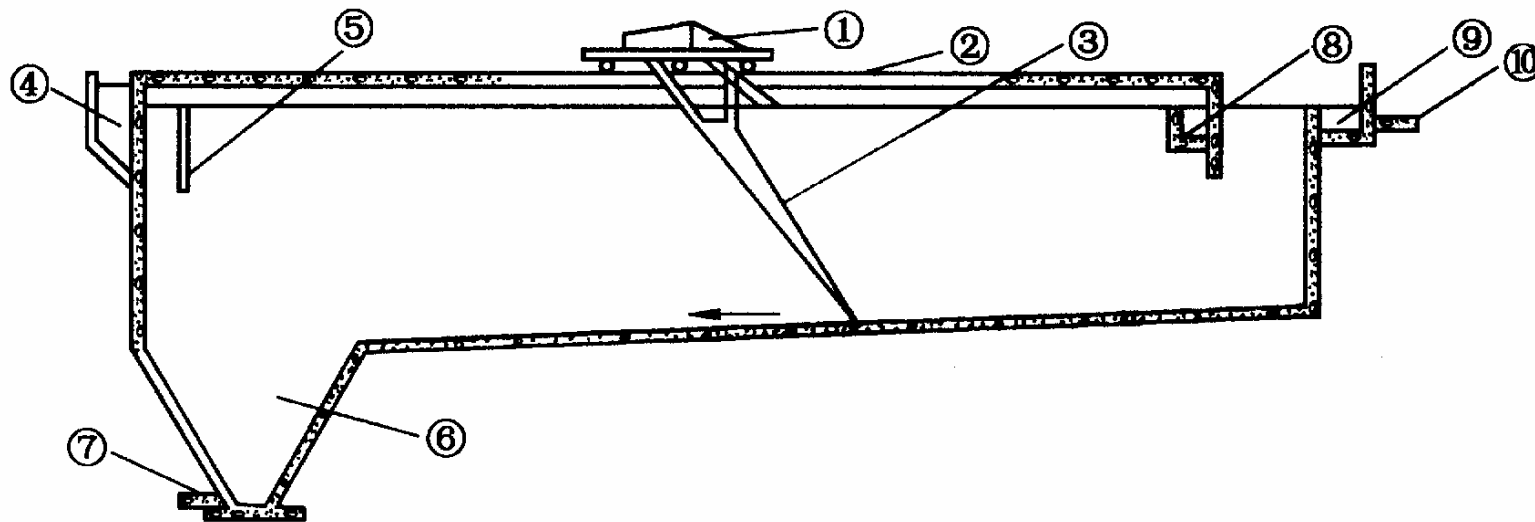


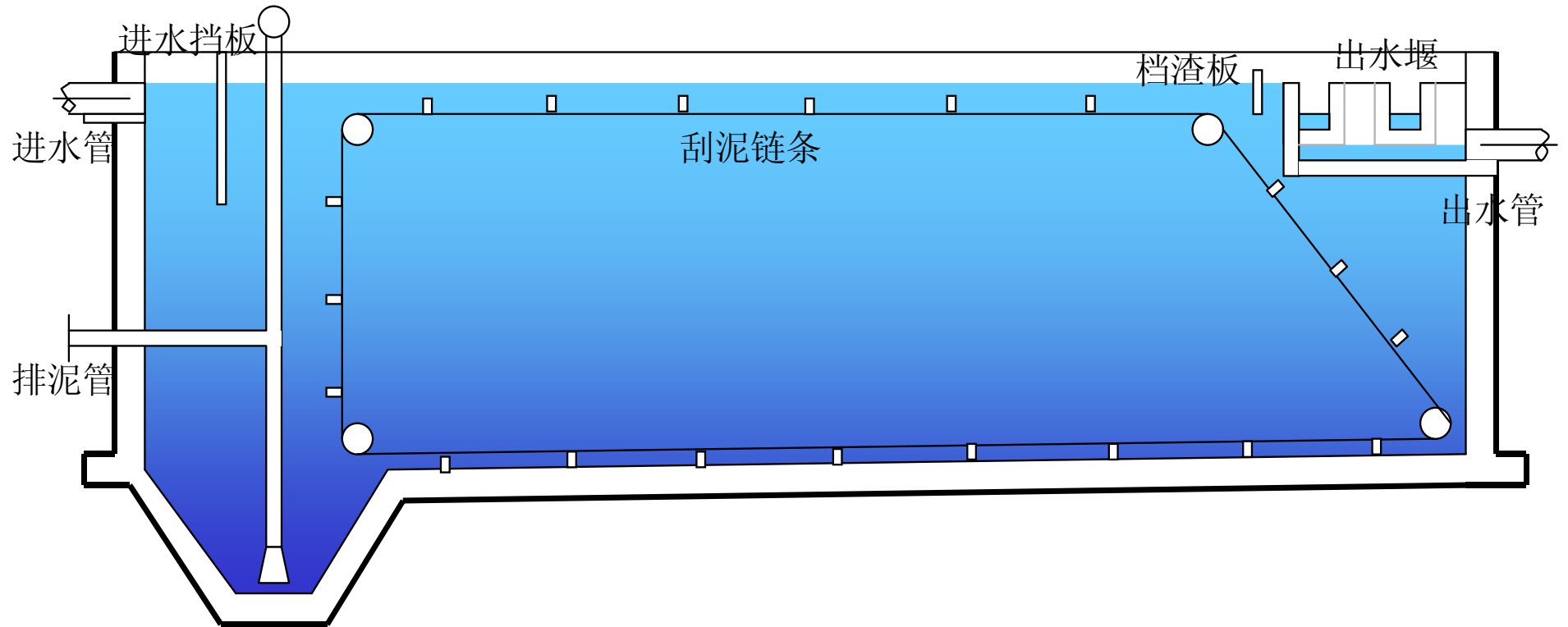
图 10-16 设有行车刮泥机的平流式沉淀池

①刮泥行车；②刮渣板；③刮泥板；④进水槽；⑤挡流墙；⑥泥斗

⑦排泥管；⑧浮渣槽；⑨出水槽；⑩出水管



平流式沉淀池示意图



平流式沉淀池由进水区、沉淀区、出水区和污泥区四部分组成。



进水区

进水区的作用是使水流均匀分布在整个断面上，尽可能减少扰动。

入口流速小于25mm/s。

为了保证不冲刷已有的底部沉积物，水的流入点应高出污泥层面0.5m以上。

水流入沉淀池后应尽快消能，防止在池内形成短流或股流。**设置整流装置。**



沉淀池**进口整流**多采用穿孔槽外加挡板（或穿孔墙）的方法，沉淀池进水口布置形式如图示：

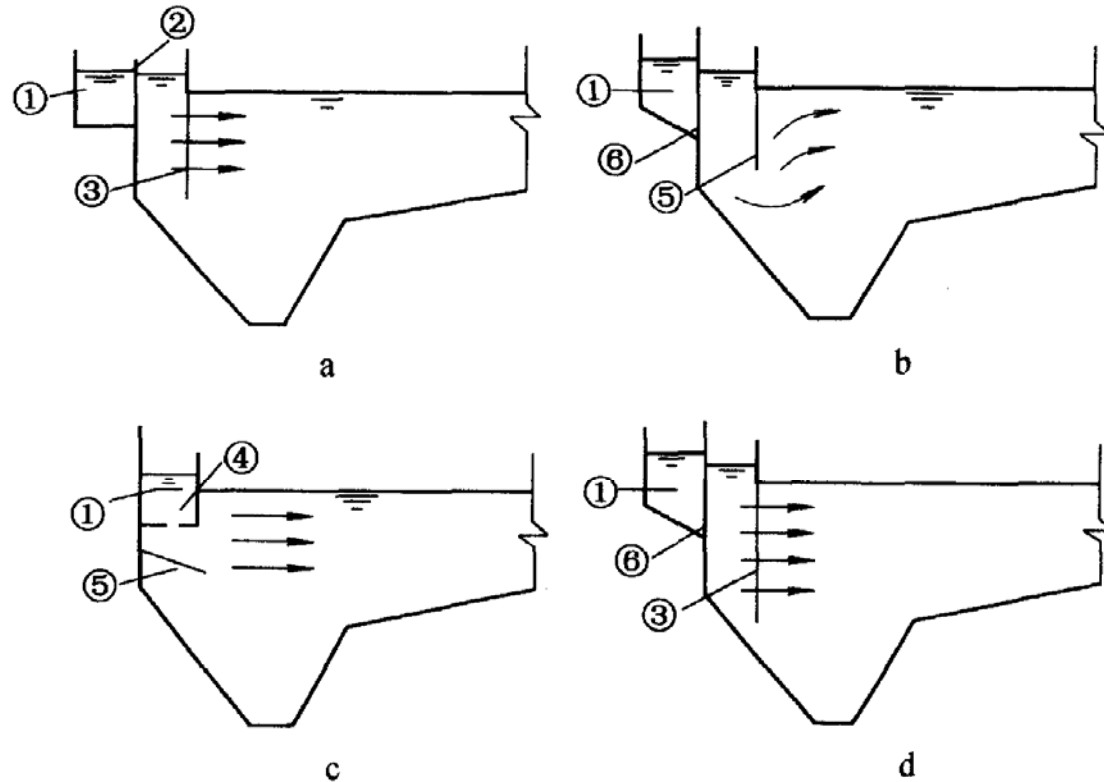


图 10-17 平流式沉淀池的进水区整流措施

①进水槽；②溢流堰；③穿孔整流墙；④底孔；

⑤挡流板；⑥潜孔



沉淀区

- 要降低沉淀池中水流的Re数和提高水流的Fr数，必须设法减少水力半径，采用导流墙，对平流式沉淀池进行纵向分格等，均可减小水力半径，改善水流条件。
- 沉淀区的高度（有效水深H）与其前后有关处理构筑物的高程布置有关，一般约3-4m。
- 沉淀区的长、宽、深之间相互关联，应综合考虑，还应核算表面负荷。一般， $L/B \geq 4$ ， $L/H \geq 10$ ，每格宽度3-8m，不宜大于15m。



沉淀后出水应尽量在出水区均匀流出。沉淀池常见出水口布置形式。

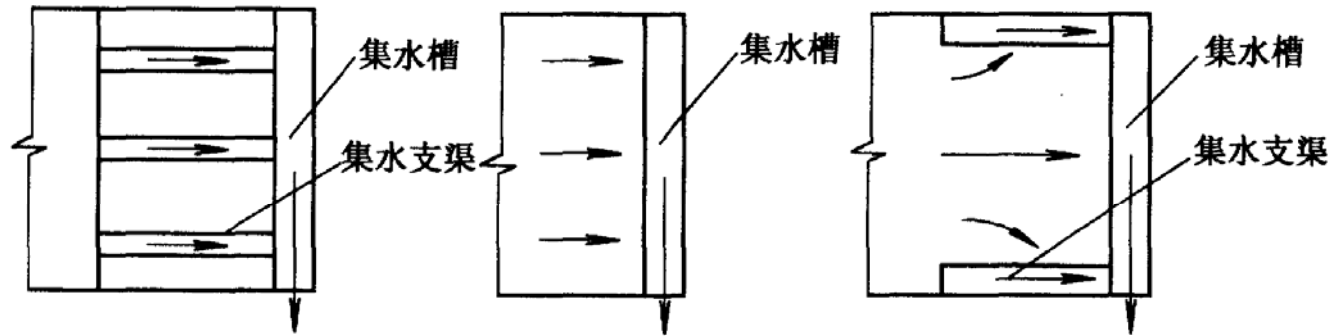


图 10-18 平流式沉淀池出口集水槽的形式



出流堰是沉淀效果好坏的重要条件，它不仅控制池内水面的高程，而且对池内水流的均匀分布影响极大。

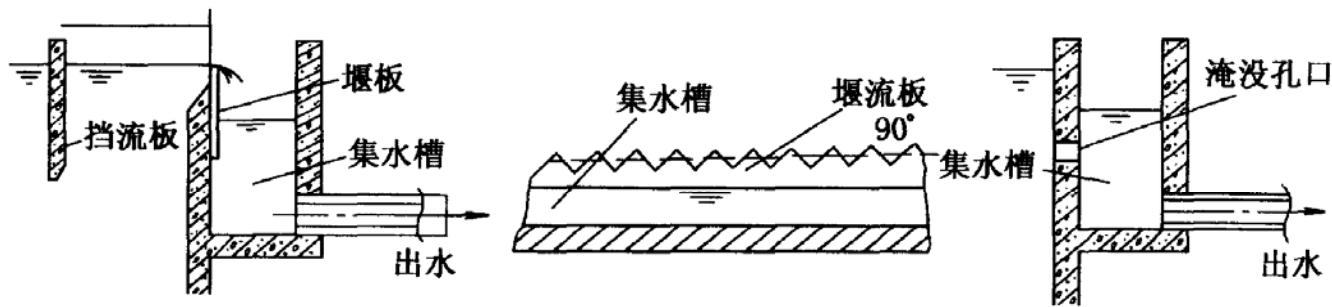


图 10-19 堰口和潜孔示意图

应防止池内水流产生偏流现象。尽可能减少单位堰长的过流量，因此堰的施工必须精心，尽量做的水平。



污泥区（积泥区和排泥区）

● 及时排出沉于池底的污泥是使沉淀池工作正常，保证出水水质的一项重要措施。

● 沉淀池排泥方式有斗形底排泥、穿孔管排泥及机械排泥。目前基本都采用机械排泥，不需留存泥区，池底水平，略带坡度以便放空。

● 排泥方式：

- 刮泥：设置刮泥机（车），池底设计坡度0.01-0.02。
- 污泥泵排泥；
- 静水压力排泥（静水压力1.5-2.0m水头，排泥管径不小于200mm）。
- 如设有多个泥斗时，则无需刮泥装置，每个泥斗设独立的排泥管及排泥阀。



缓冲区

污泥区和清水区之间应有一个缓冲区，其深度可取0.3-0.5m，以减轻水流对存泥的搅动，也为存泥留有余地。



沉淀池设计的一般原则（书P30）

- 1、设计流量
 - 2、池数
 - 3、沉淀池设计经验参数（见下页）
-



若无沉淀数据可选取手册设计参数

表 10-8 城市污水厂沉淀池设计参数

沉淀池类型	在处理工艺中的作用	沉淀时间 t/h	表面水力负荷 $q'/(m^3 \cdot m^{-2} \cdot h^{-1})$	污泥量/ ($g \cdot d^{-1} \cdot 人^{-1}$)	污泥含水率/%
初沉池	单独沉淀法	1.5~2.0	1.5~2.5	15~27	95~97
初沉池	二级处理前	1.0~2.0	1.5~3.0	14~25	95~97
二沉池	活性污泥法后	1.5~2.5	1.0~1.5	10~21	99.2~99.6
二沉池	生物膜法后	1.5~2.5	1.0~2.0	7~19	96~98

表 10-9 有效水深 H 、沉淀时间 t 与 q' 的关系

表面水力负荷 $q'/(m^3 \cdot m^{-2} \cdot h^{-1})$	沉 淀 时 间 t/h				
	$H=2.0m$	$H=2.5m$	$h=3.0m$	$H=3.5m$	$H=4.0m$
3.0			1.0	1.17	1.33
2.5		1.0	1.2	1.4	1.6
2.0	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0
1.5	1.33	1.67	2.0	2.33	2.67
1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

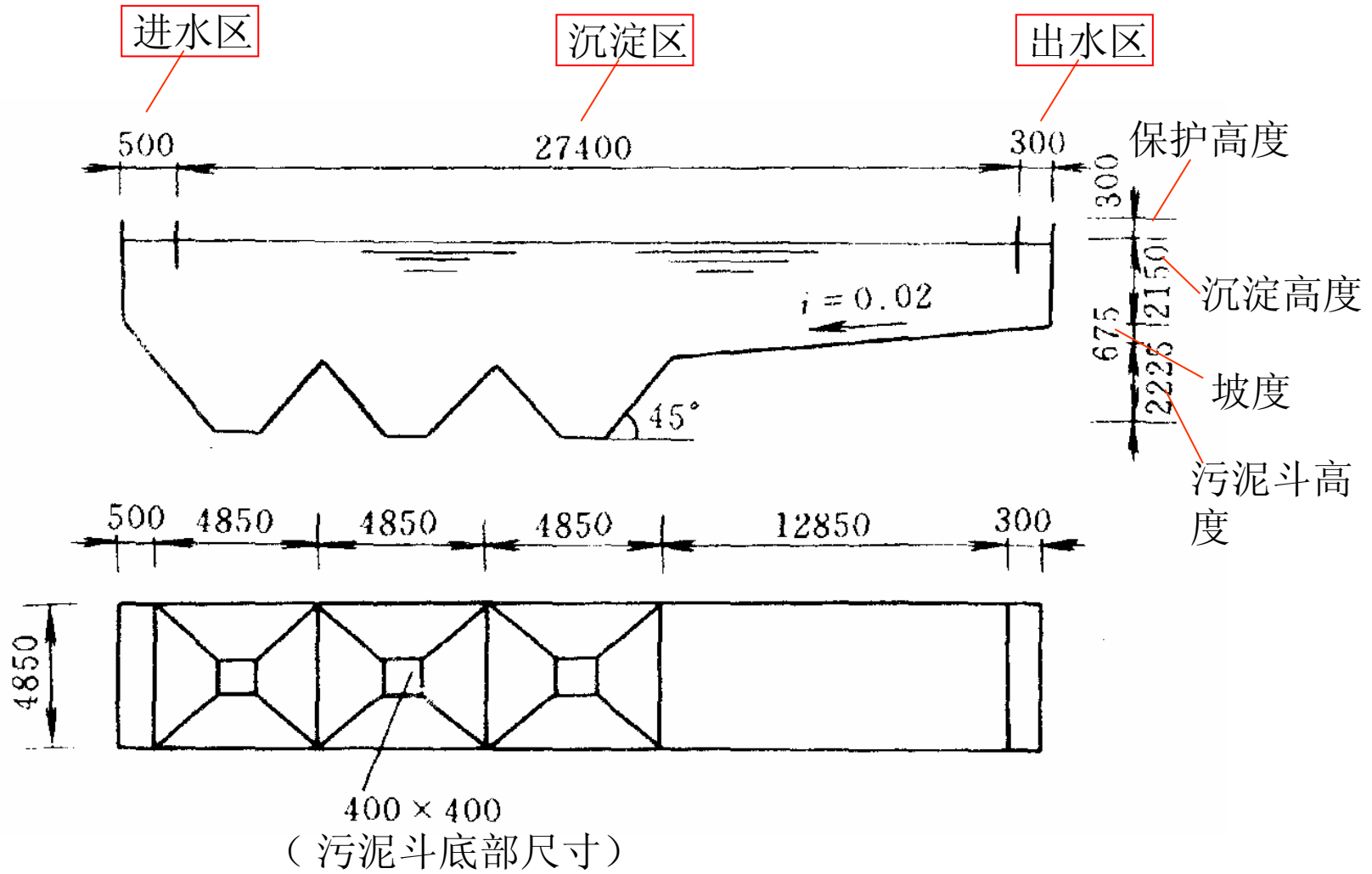


平流式沉淀池的几何尺寸计算

- 沉淀区的长度 L 取决于水平流速 v 和停留时间 T , 即 $L=v*T$
- 沉淀池的宽度决定物流量 Q , 池深 H 和水平流速 v , 即 $B=Q/H*v$
- 沉淀区的长宽深之间的相互关系, 应综合研究决定, 并核算表面负荷率, 核算 $L/B \geq 4$, $L/H \geq 10$ 。
- 有效水深3-4m, 超高大于0.3m, 缓冲层高度0.3-0.5m。
- 进水挡板: (书P32)
- 出水挡板: (书P33)
- 污泥斗的倾角 $45^\circ-60^\circ$ 。
- 放大系数: 根据试验数据进行放大。负荷缩小1.5倍, HRT增大1.75倍



平流式沉淀池设计草图

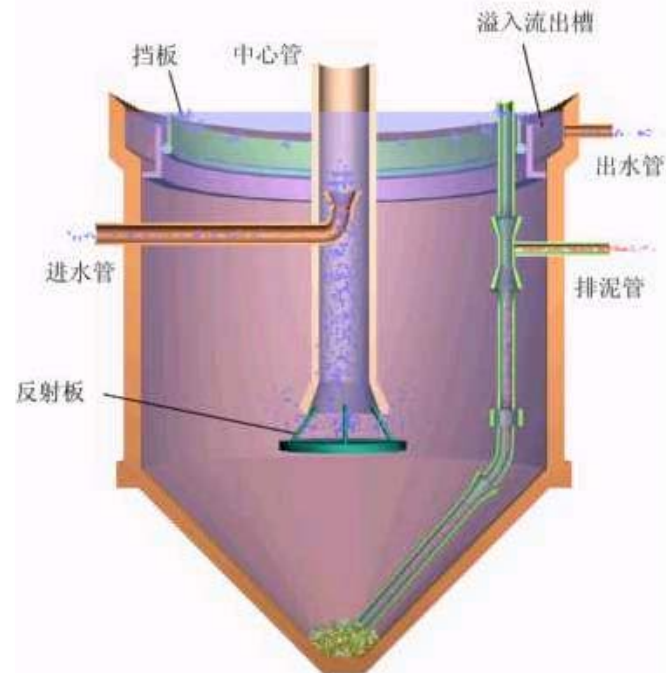
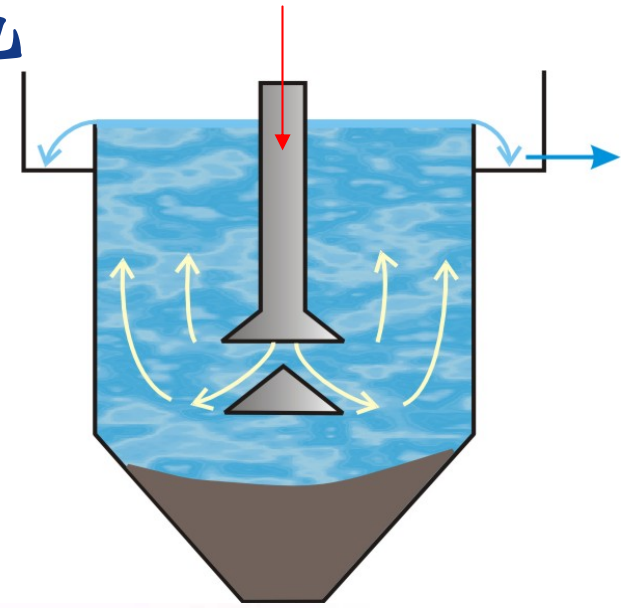




竖流沉淀池

● 竖流沉淀池水流方向与颗粒沉淀方向相反，其截流速度与水流上升速度相等。

● 竖流式沉淀池多为圆形，直径介于4-7m之间。沉淀池的上部为圆筒形的沉淀区，下部为截头圆锥状的污泥区，中间为缓冲层。





竖流沉淀池特点

④ 竖流沉淀池水流方向与颗粒沉淀方向相反，其截流速度与水流上升速度相等。

- 当颗粒发生自由沉淀时，其沉淀效果比平流式沉淀池中低得多。
- 当颗粒具有絮凝性时，则上升的小颗粒和下沉的大颗粒之间相互接触、碰撞而絮凝，使粒径增大，沉速加快。
- 沉速等于水流上升速度的颗粒将在池中形成一悬浮层，对上升的小颗粒起拦截和过滤作用，因而**沉降效率比平流沉淀池高**。



沉淀池的设计:

(1) 沉淀时间 $t=1.5-2.5h$;

(2) 表面负荷 $q_0=1.0-1.5m^3/m^2.h$;

对应 $u_0=q_0$ (参数选取)

(3) 有效水深 $H=q_0t$;

池径 D 与有效水深(H)的比值不超过3:1。

(4) 池径 D (4-7m)

(5) 中心管设计

竖流沉淀池中心管内流速对悬浮物的去除有很大影响。 (中心管设计参数)



- ① **中心管设计方法**
- ② 中心管沉速小于30mm/s。
- ③ 缓冲层:反射板底距污泥表面为缓冲层,高度为0.3 -0.5m。
- ④ 污泥斗: **贮泥斗**倾角为 45° - 60° ,可采用**静压排泥或污泥泵排泥**。
- ⑤ **集水槽**多采用平顶堰或三角形锯齿堰,堰口最大负荷为 $1.5L/m \cdot s$ 。当池的直径大于7m时,为集水均匀,还可设置辐射式集水槽。

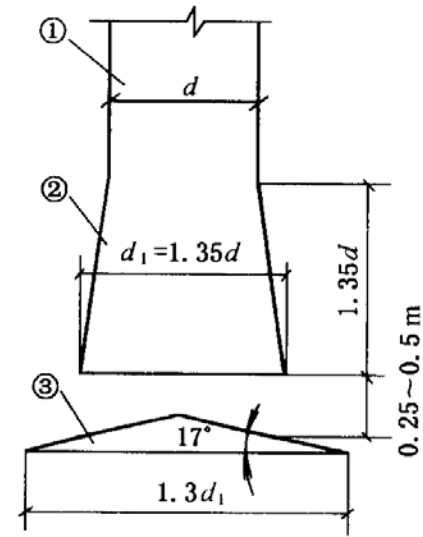
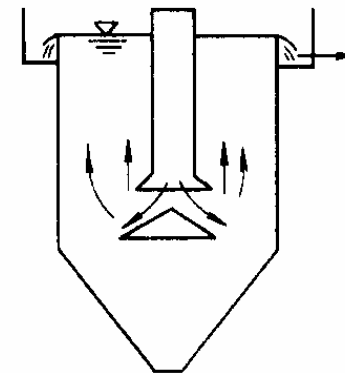


图 10-22 中心管尺寸
①中心导流筒;②喇叭口;
③反射板

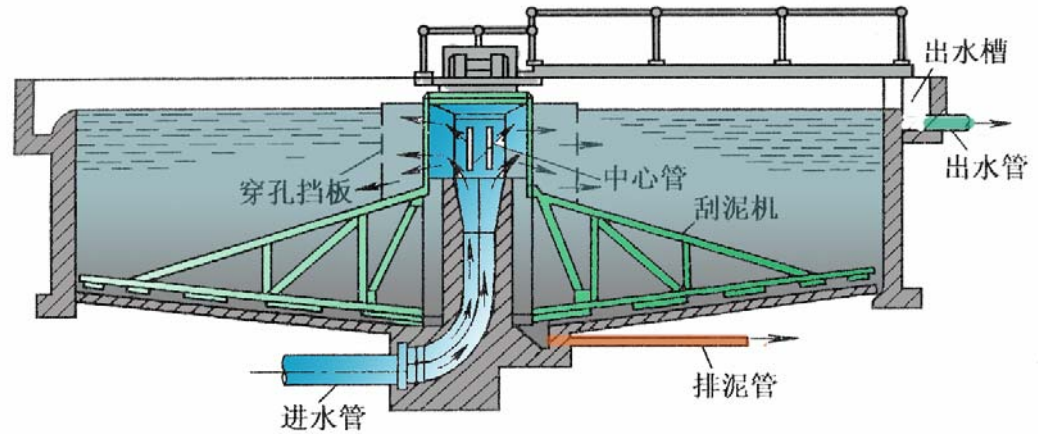


b. 竖流式

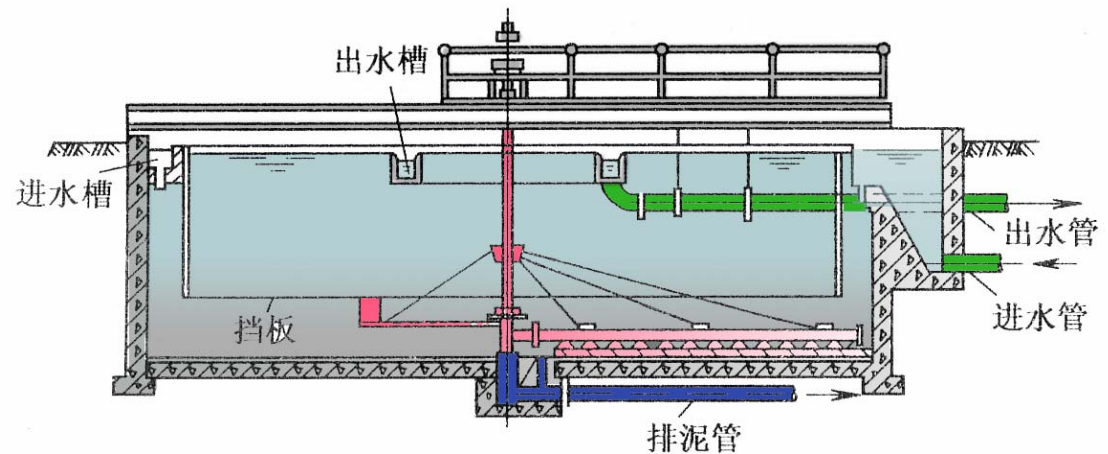


辐流式沉淀池

辐流式沉淀池是直径较大（20-30m）的圆池，最大直径可达100m。中心深度为2.5-5.0m，周边深度为1.5-3.0m。



中心进水



周边进水



排泥方式:

辐流式沉淀池大多数采用机械刮泥, 将污泥收集到中心泥斗, 通过静压力或污泥泵排出, 刮泥机一般每小时转2-4周。

主要设计参数:

- 1、有效水深 H 不大于4m;
- 2、池直径 D 不宜小于16m, $D/H=6-12$ 。
- 3、沉淀时间 初沉池1-2h
二沉池1.5-2.5h
- 4、表面负荷 $q_0=1.5-3.0 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$;
- 5、池底坡度为0.05-0.10;
中心泥斗坡度0.12-0.16。



斜板(管)沉淀池

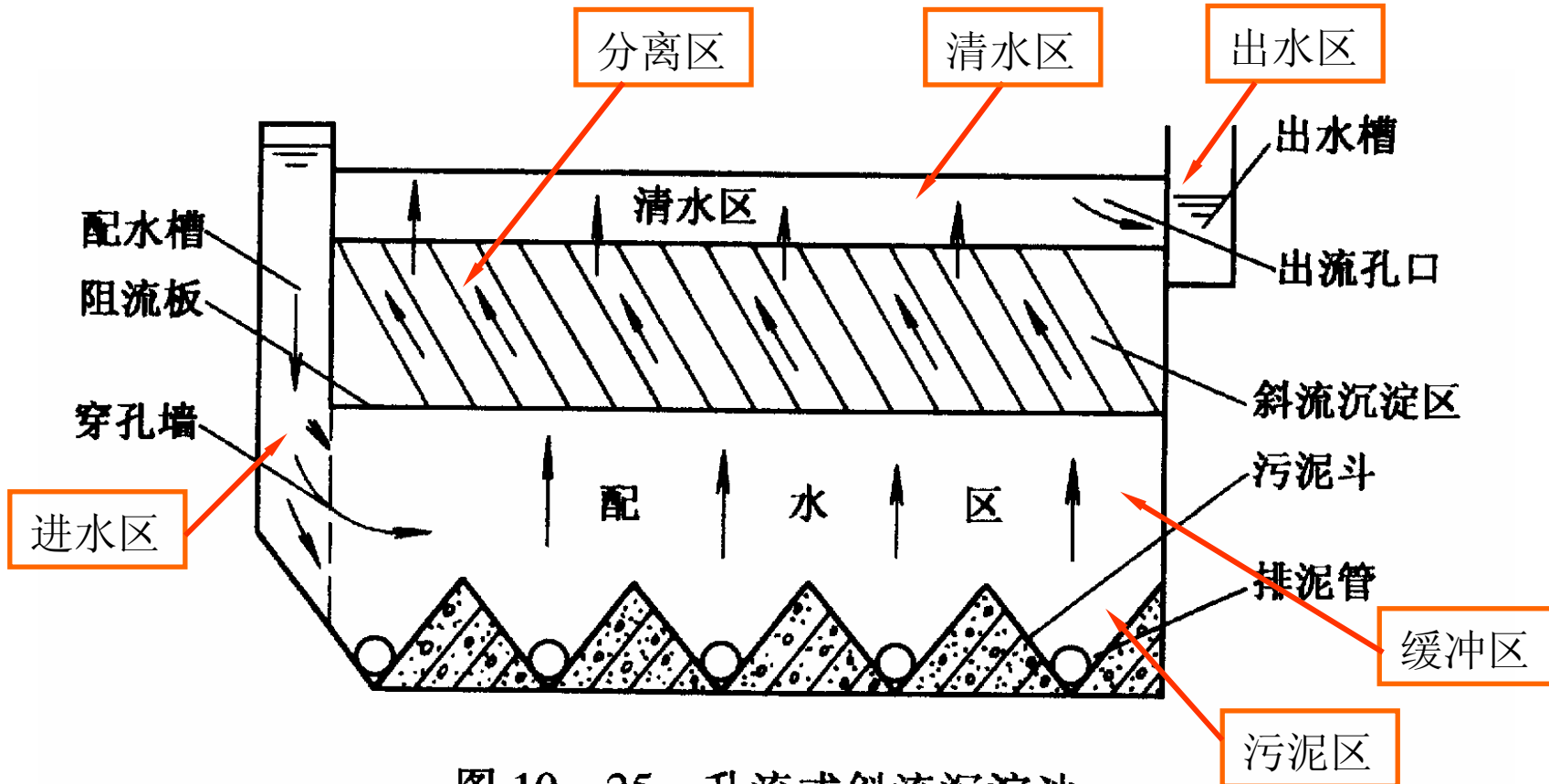
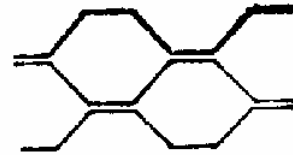


图 10-25 升流式斜流沉淀池



结构特点

- 斜板（管）倾角多采用 60° ，斜板（管）长一般在1.0-1.2m左右，板间距一般不小于50mm。斜管管径25-35mm。
- 斜板材料：大多采用聚氯乙烯平板或波纹板；斜管多为塑料片、波形石棉板、波形玻璃钢板粘合而成的蜂窝状管，断面有正六边形、圆形、椭圆形等，常制成组装件，便于安装。

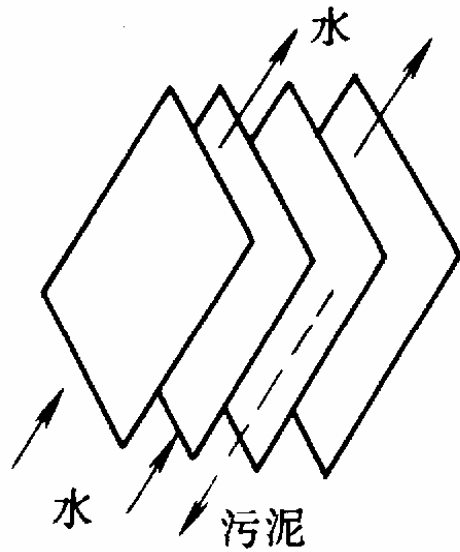


斜管断面

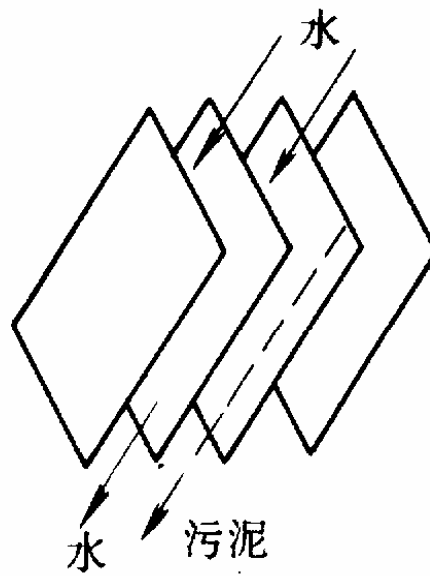


斜板沉淀池的结构形式:

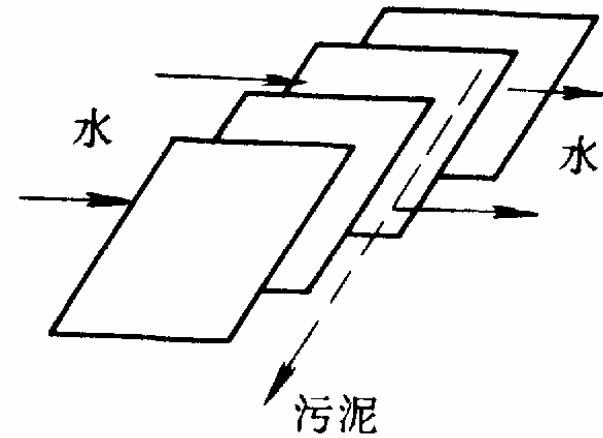
包括: 异向流、同向流及横向流。



(a) 异向流



(b) 同向流



(c) 横向流



- **进水方式**：大多采用异向流。
 - **斜板（管）上部清水区**为0.7-1.0m，斜板（管）下部为配水区大于1.5m（目的：布水均匀），布水区下部为**污泥区**。
 - **出水方式**：采用穿孔集水管集水。
 - **排泥方式**：采用多斗排泥。
-



斜板（管）沉淀池的优点：

(1) 水力条件好。

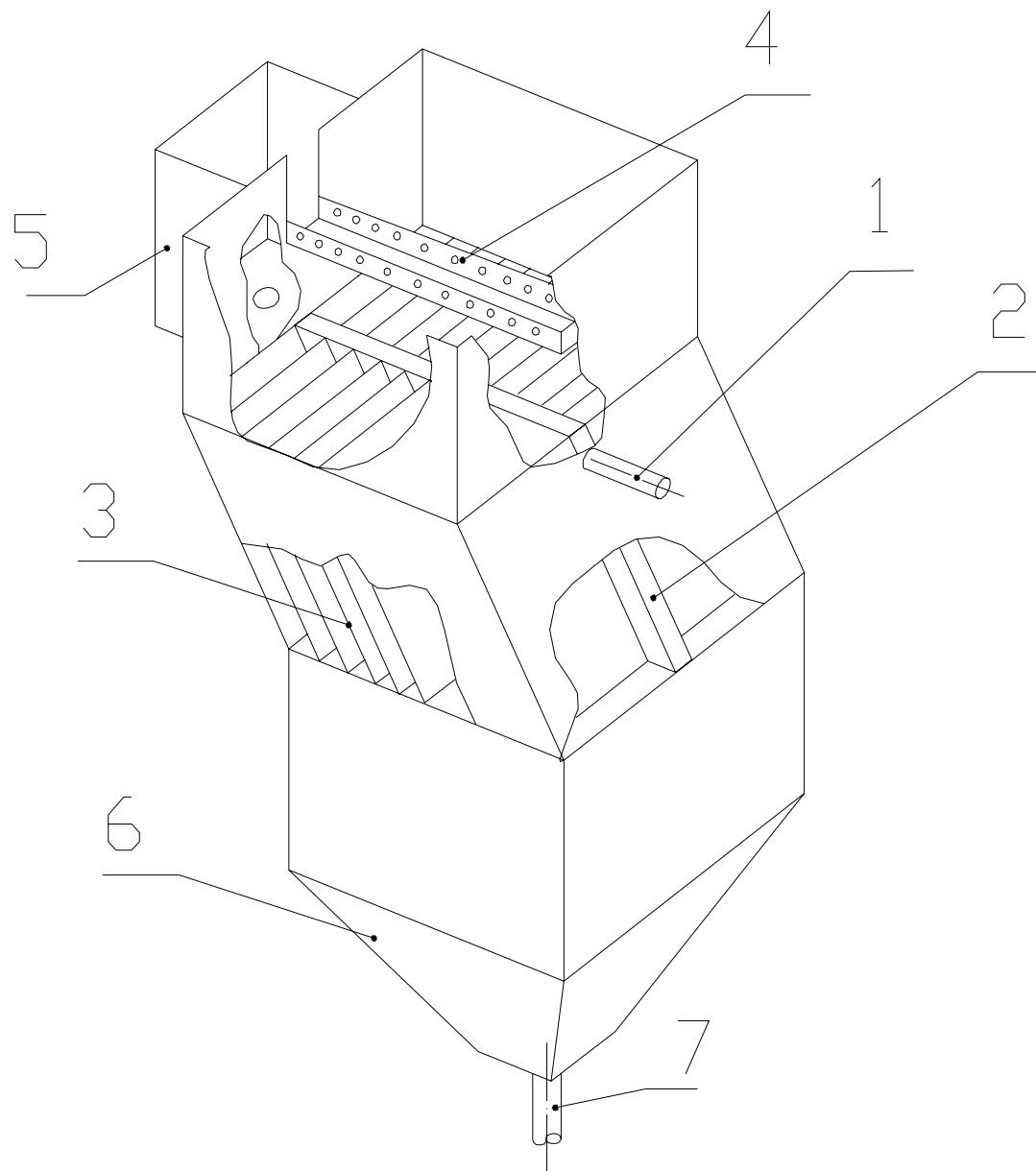
水流雷诺数可降至200以下，

弗罗德数可达 10^{-3} - 10^{-4} 数量级。

(2) 处理能力比一般沉淀池大得多，

表面负荷通常 $9-11\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ （设计负荷）。

(3) 处理效率高。



- 1**—进水管；
- 2**—配水槽；
- 3**—斜板；
- 4**—集水槽；
- 5**—出水落水斗；
- 6**—污泥斗；
- 7**—排泥管





习题

- ① 比较平流沉砂池和曝气沉砂池狗在机器运行参数的差别。
 - ② 叙述理想平流沉淀池的工作原理，并说明斜板沉淀和竖流沉淀在效率上有何差别。
 - ③ 沉淀池的类型有哪些，分别说其构造特点。
-



谢谢!

