

1.3 曝气装置设计

1.3.1 曝气的理论基础

(1) 曝气方式

曝气是将空气中的氧用强制的方法溶解到混合液中去的过程，曝气除起供气作用外，还起搅拌作用，使活性污泥处于悬浮状态，保证和污水密切接触、充分混合，以利于微生物对污水中有机物的吸附和降解。常用的曝气方式见表 3-6。

表3-6 常用曝气方式

常用曝气方式	鼓风曝气	
	机械曝气	表面曝气
		潜水曝气
		卧轴式曝气
鼓风机械曝气		



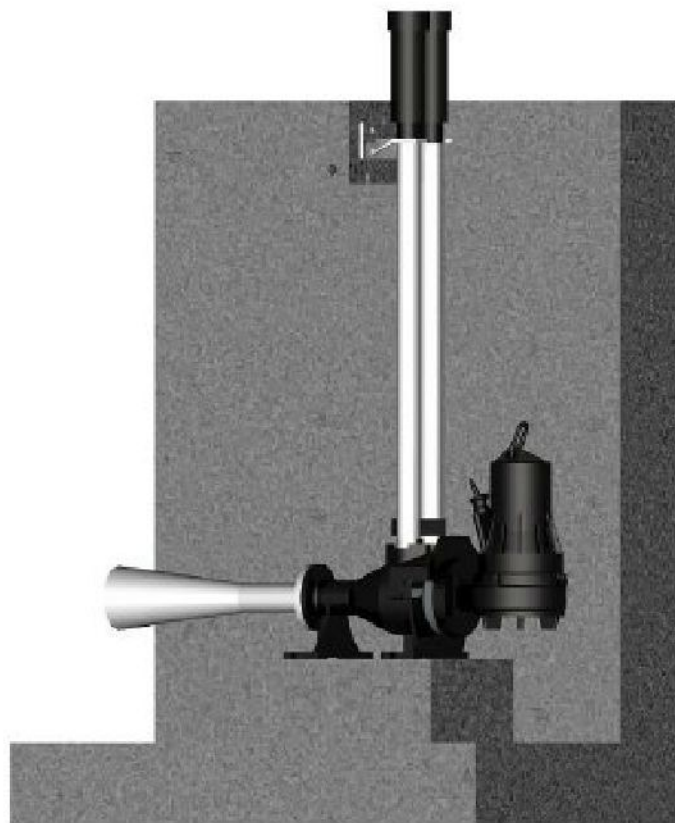


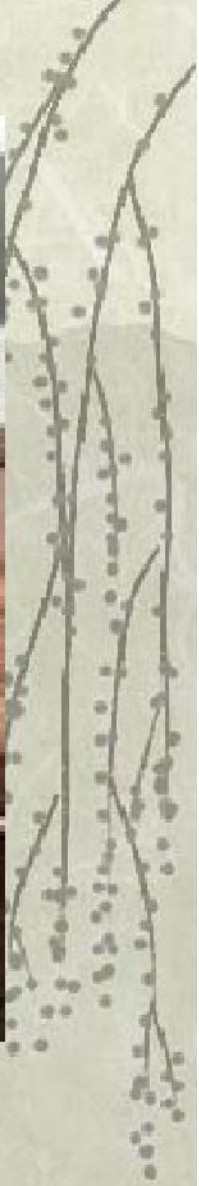


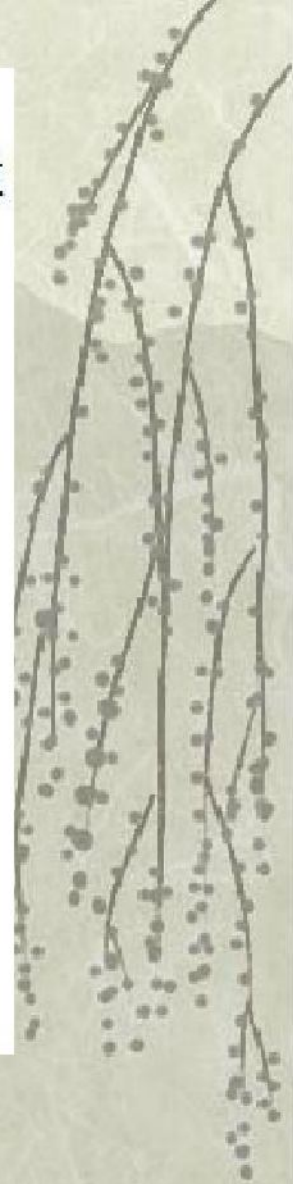
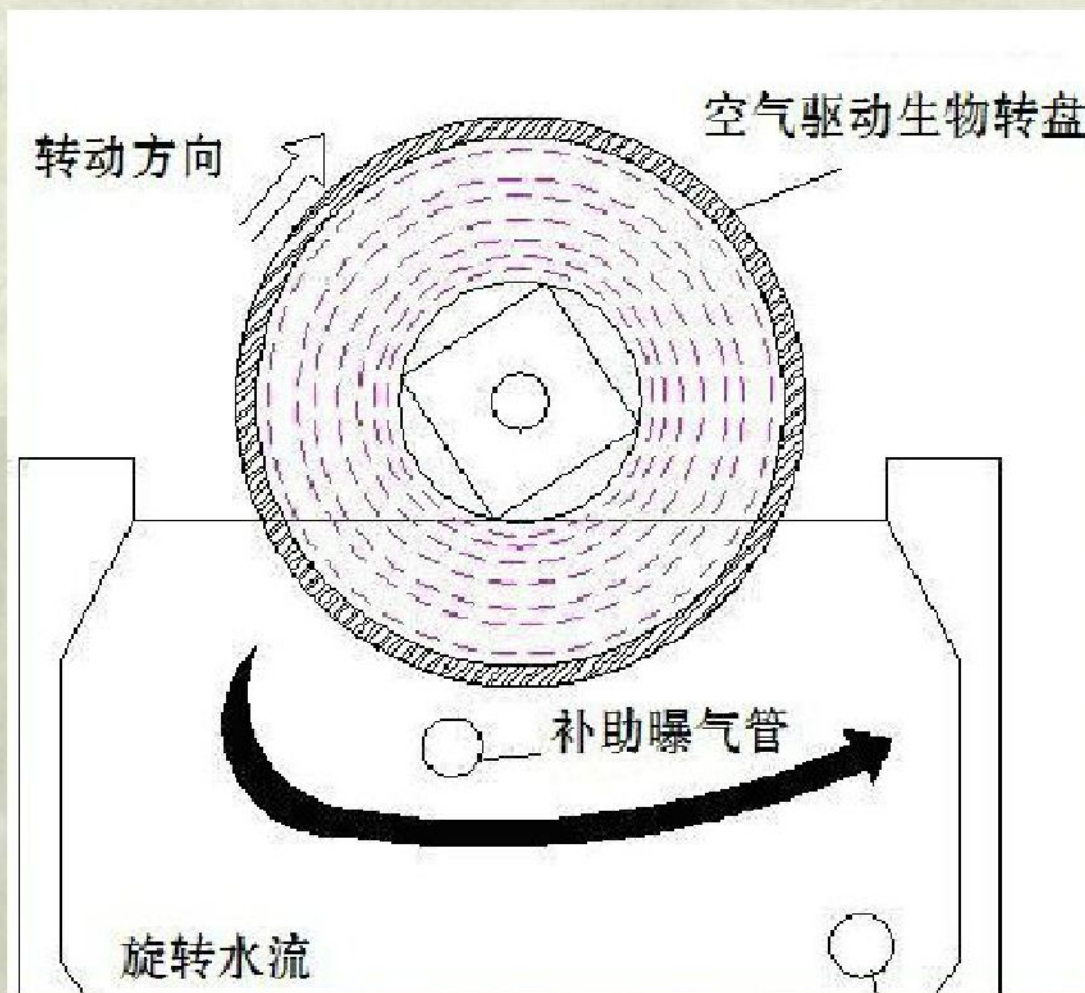


alibaba.com.cn



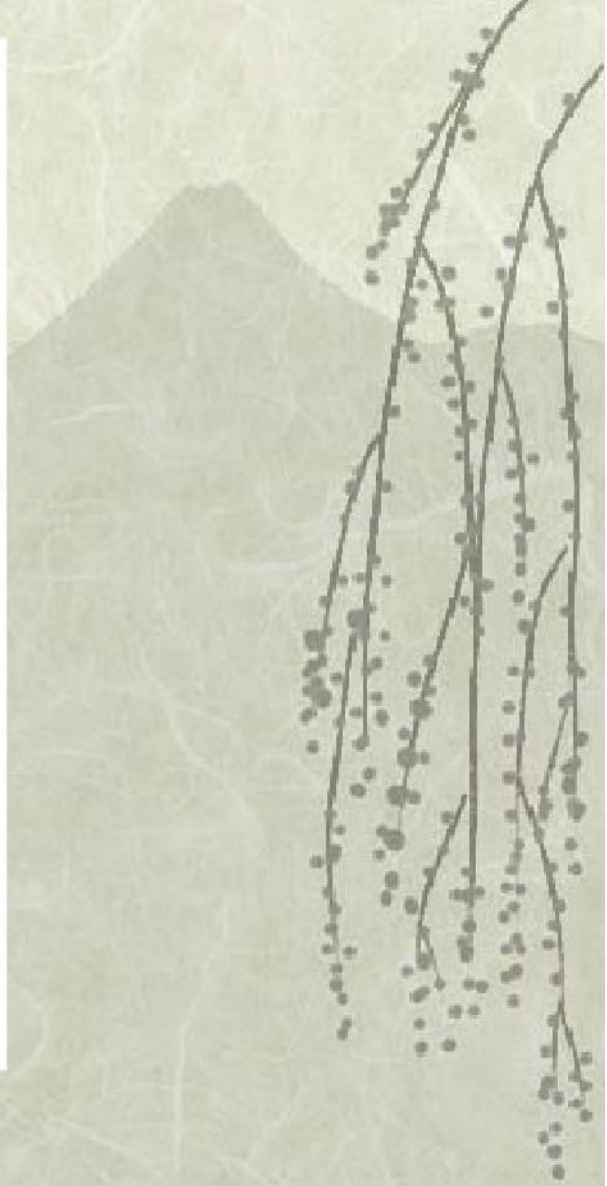
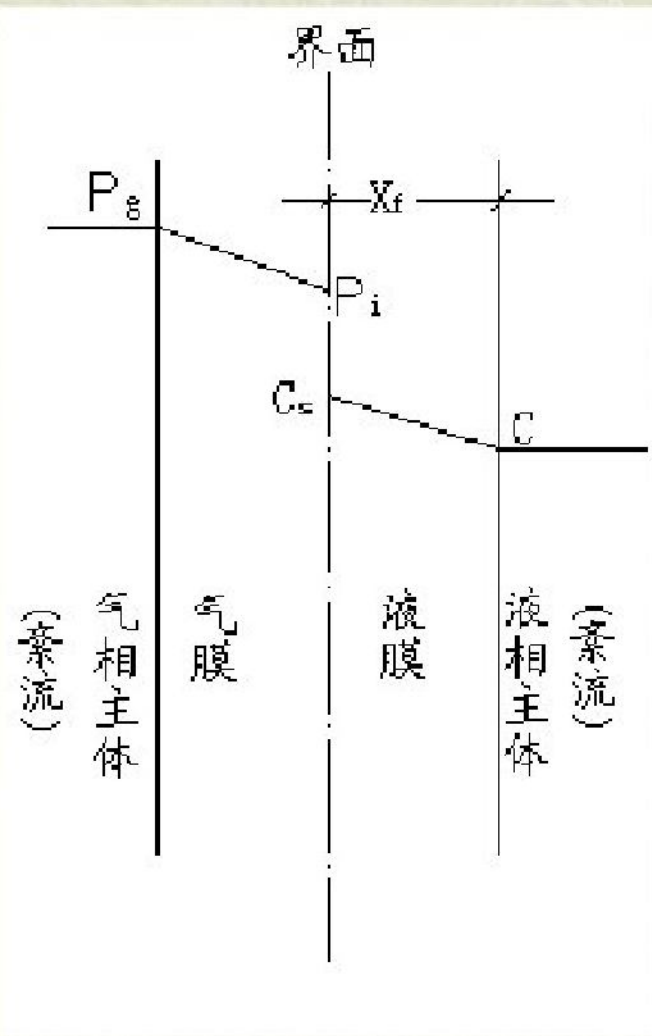






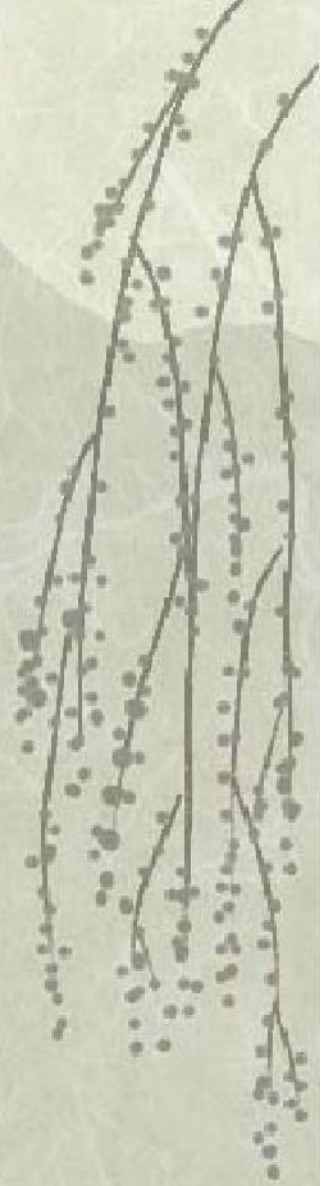
(2)氧转移原理

在曝气过程中，氧分子通过气、液界面由气相转移到液相，在界面上存在着气膜和液膜气体分子通过气膜和液膜传递的理论即为污水生物处理科技界所接受的“双膜理论”。



双膜理论的基本观点如下：

①认为在气、液两相接触的自由界面附近，分别存在着层流运动的气膜和液膜，见上图。被吸收的组份必须以分子扩散的方式从气相主体连续通过两层膜而进入液相主体，由于这两层膜是层流膜，故两相主体流动情况的改变仅影响膜的厚度，当气体或液体的流速越大时，其膜厚也越薄。



②在两膜以外的气液相主体中，由于流体的充分湍动，组分物质浓度基本上是均匀分布的，不存在浓度差，也没有任何传质阻力。气液两相界面上，两相的组分物质的浓度总是相互平衡的，即界面上也不存在传质阻力。组分从气相主体传递到液相主体中时，所有的传质阻力仅存在于气液两层层流膜中。

③在气膜中存在氧的分压梯度，在液膜中也存在氧的分压梯度，它们是氧转移的推动力。

④氧难溶于水，并且氧转移的决定性阻力又集中在液膜上，因此，氧分子通过液膜是氧转移的控制步骤，通过液膜的转移速度是氧转移过程的控制速度。在气膜中，氧分子的传递动力很小，气相主体与界面之间的氧分压差值很低，一般可以认为。这样，界面处溶解氧的浓度值，是在氧分压为条件下的溶解氧的饱和浓度值。如果气相主体中的气压为一个大气压，则就是一个大气压中的氧分压(约为一个大气压的1/5)。

根据上述理论，氧的转移率可以用下式计算：

$$\frac{dc}{dt} = K_L \frac{A}{V} (C_s - C_L) = K_{La} (C_s - C_L) \quad (3-17)$$

式中 dc/dt ——单位体积内氧转移速率， $\text{mg}/(\text{L} \cdot \text{h})$ ；

K_L ——氧传递系数， m/h ；

A ——气、液界面面积， m^2 ；

V ——混合液体积， m^3 ；

K_{La} ——氧的总转移系数， h^{-1} ；

C_s ——液体中饱和溶解氧浓度， mg/L ；

C_L ——液体中实际溶解氧浓度， mg/L 。

氧总转移系数 K_{La} 同设备及水特性有关，主要有：(a) 污水水质；(b) 污水温度；(c) 氧分压；(d) 其他因素，如空气扩散装置的淹没深度等。

(3) 曝气系统技术性能指标

曝气装置即空气扩散装置，主要作用是充氧、搅拌、混合，其主要技术性能指标有：

(a) 动力效率 (E_p) 每消耗 1kW 电能转移到混合液中的氧量， kgO_2/kWh ；

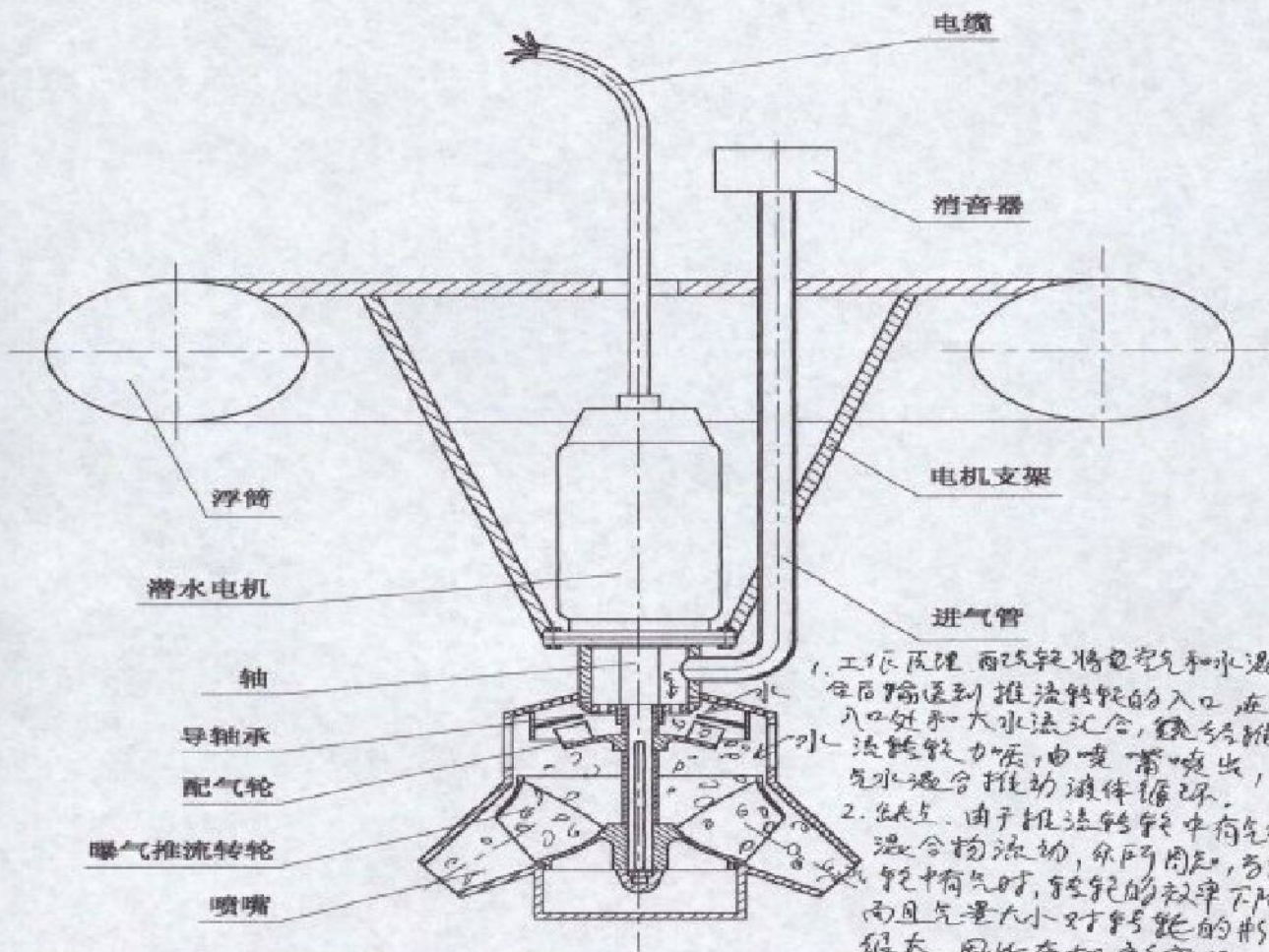
(b) 氧的利用率 (E_a) 通过鼓风曝气转移到混合液中的氧量占总供氧量的百分比，%；

(c) 氧转移效率 (E_t) 也称充氧能力，通过机械曝气装置，在单位时间内转移到混合液中的氧量， kgO_2/h 。

对于鼓风曝气装置性能按 (a)、(b) 项指标评定；对机械曝气装置则按 (a)、(c) 项指标评定。







1. 工作原理 叶轮将空气和水混合后输送到推流转轮的入口, 在入口处和大水流汇合, 经推流转轮加压, 由喷嘴喷出, 气水混合推动液体循环。

2. 缺点: 由于推流转轮中有气水混合物流动, 众所周知, 当叶轮中有气时, 叶轮的效率下降, 而且气量大小对叶轮的影响很大, 因此电机效率低。

1.3.2 鼓风曝气系统与空气扩散装置

鼓风曝气系统由空压机、空气扩散装置和一系列连通的管道组成。其中扩散装置是将空气形成不同尺寸的气泡，气泡的尺寸决定氧在混合液中的转移率，气泡的尺寸则取决于空气扩散装置的形式，鼓风曝气系统的空气扩散装置主要可分为：微气泡型、中气泡型、大气泡型、水力剪切型、水力冲击型和空气升液型等类型。大气泡型曝气装置因氧利用率低，现已极少使用。

(1) 微气泡型空气扩散装置

典型的是由微孔材料（陶瓷、钛粉、氧化铝、氧化硅和尼龙）制成的扩散板、扩散盘或扩散管等，所产生的气泡直径在 2mm 以下，氧利用率高 ($E_A = 15\% \sim 25\%$)，动力效率高 ($E_p \geq 2\text{kgO}_2/\text{h}$)，其缺点是：易堵塞，空气需经过滤净化，扩散阻力大等。

① 扩散板 呈正方形，尺寸多为 $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 35\text{mm}$ ，扩散板采用如图 3-6 的形式

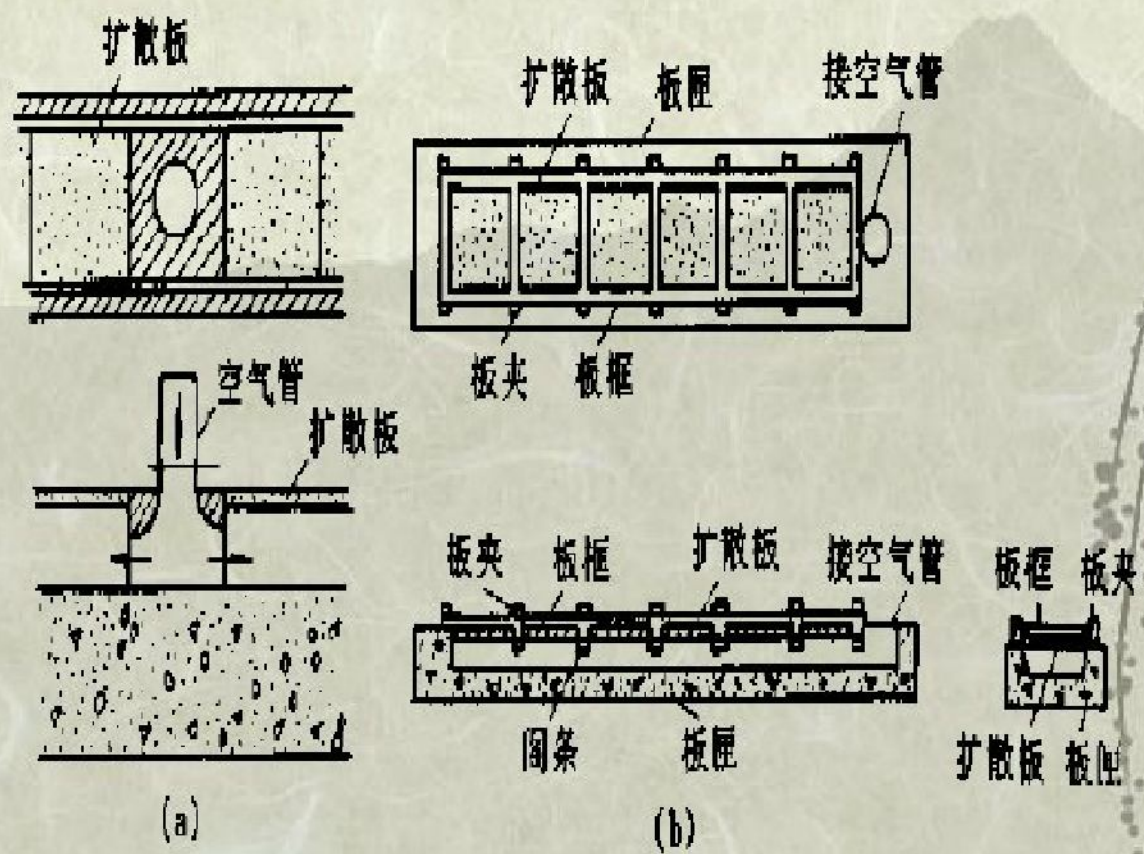


图 3-6 扩散板空气扩散装置

安装，每个板间有自己的进气管，便于维护管理、清洗和置换，当水深小于 4.8m 时，氧利用

率为 7%~14%，动力效率则为 1.8~2.5 kgO₂/kWh。

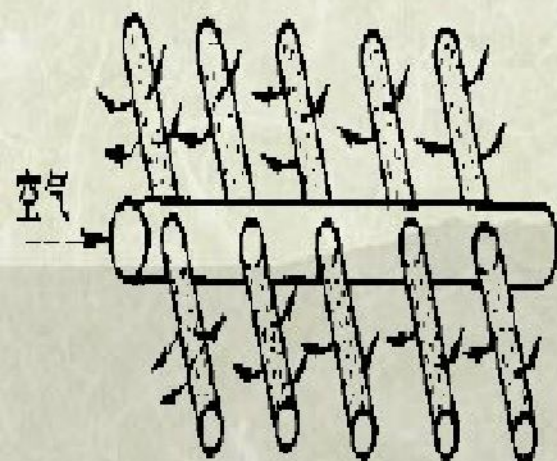


图 3-7 扩散管组安装图

② 扩散管 一般采用的管径为 60~100mm，长度多为 500~600mm，常以组装形式安装，以 8~12 根管组装成一组，如图 3-7 所示。扩散管的氧利用率为 10%~13%，动力效率为 2 kgO₂/kWh。

③ 固定式平板型微孔空气扩散器 结构如图 3-8，主要组成包括：扩散器、通气螺栓、配气管、三通短管、

橡胶密封圈和压盖等。型号有 HWB-1、HWB-2、BYW-1 (I) 等。

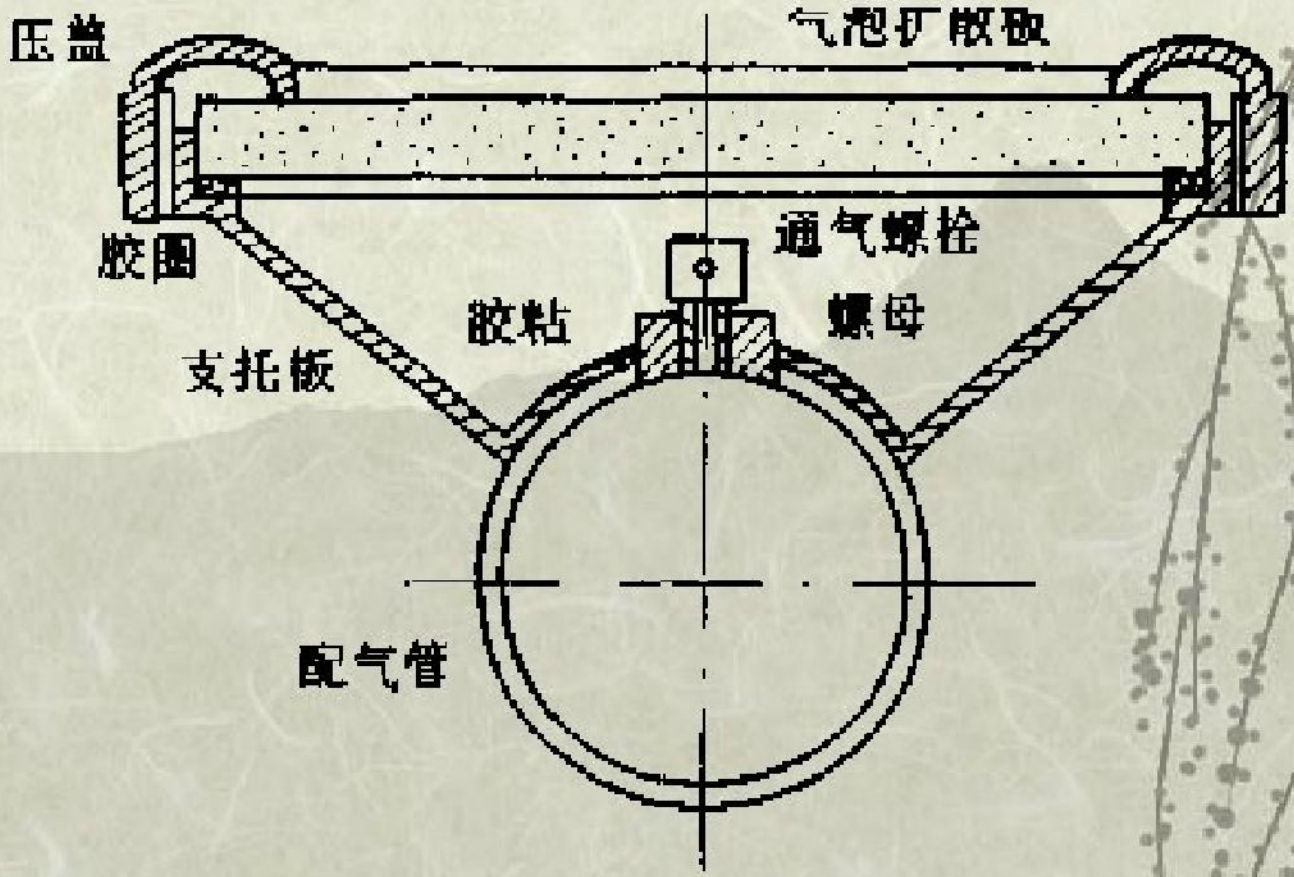


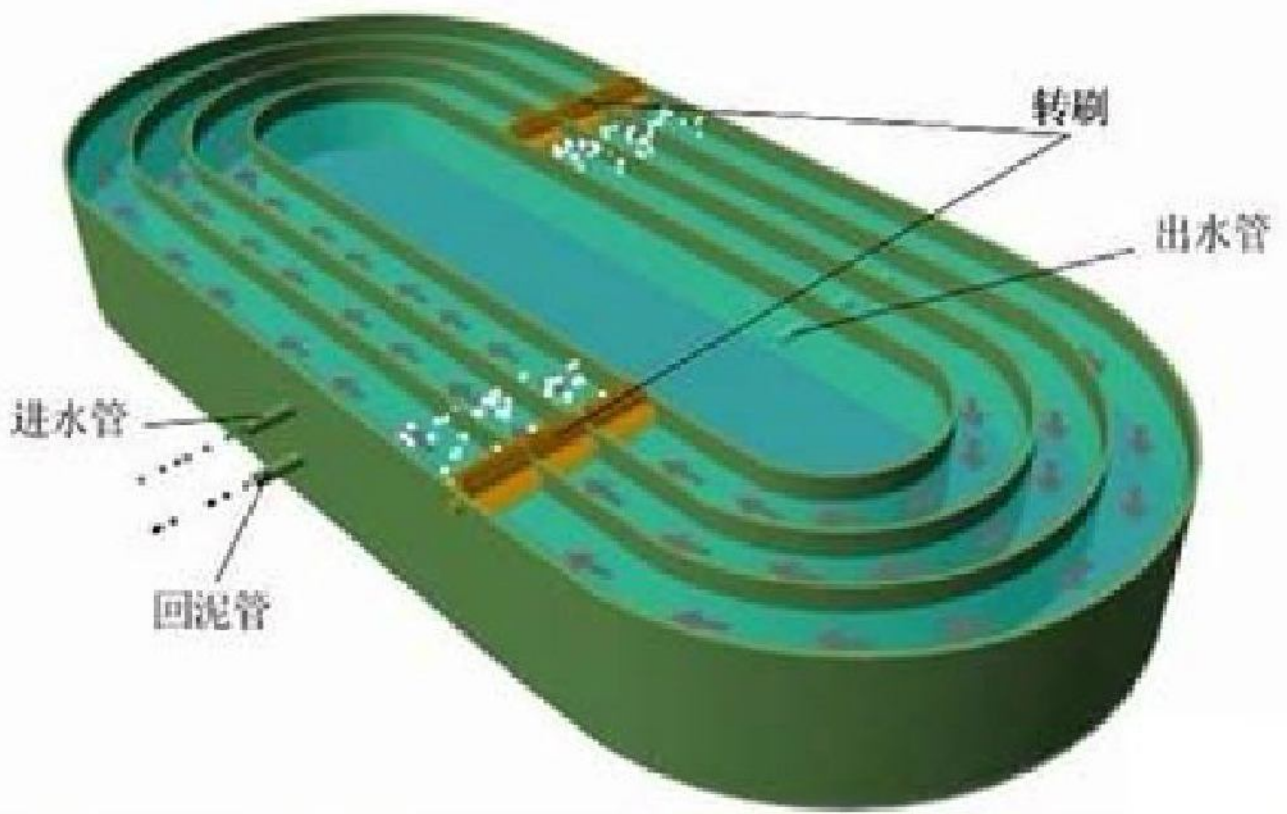
图 3-8 固定平板型微孔空气扩散器

1. 曝气池设计

曝气池是一个生化反应器，是活性污泥系统的核心设备。活性污泥系统的净化效果，在很大程度上取决于曝气池的功能是否能够正常发挥。曝气池按混合液的流态可分成推流式、完全混合式和循环式三种；按平面形状分为长方廊道形、圆形、方形以及环状跑道形四种；按采用供气方式可分成鼓风曝气池、机械曝气池以及两者联合使用的机械—鼓风曝气池；按曝气池与二沉池的关系可分成合建式和分建式两种。

(1) 推流式曝气池

推流式曝气池的优点是：(a)BOD降解菌为优势菌，可避免产生污泥膨胀现象；(b)运行灵活，可采用多种运行方式，(c)运行方式适当调整能够增加净化功能，如脱氮、除磷等。



①曝气方式 推流曝气池采用鼓风曝气，空气扩散装置可以布满曝气池底，使池中水流只有沿池长方向的流动，但为了增加气泡和混合液的接触时间，扩散装置一般布置在池底的一侧，这样可以使水流在池内呈旋转状态流动，为了保持良好的旋流，池两侧的墙角宜建成外凸45度的斜面。按扩散器在竖向的安装位置可分成底层曝气、中层曝气和浅层曝气三种。采用底层曝气的池深决定于鼓风机所能提供的风压，根据目前的产品规格，有效水深常为3—4.5m；采用浅层曝气时，扩散器装于水面以下0.8—0.9m，常采用1.2m以下风压的风机，虽然风压小，但风量大能产生旋转推流，池的有效水深一般为3—4m。中层曝气扩散器安装在池的中部，池深可加大到7—8m，最大达9m，从而节约了曝气池的面积，这种曝气法也可将扩散器安装在池的中央，形成两侧流，池形可采用较大的深宽比，适于大型曝气池。

②平回布置 推流曝气池的长宽比一般为5—10，长度可达100m，但以50—70m之间为宜，受场地限制时可以采用二廊道、三廊道和四廊道。污水从一端进入，另一端流出，进水方式不限，出水多用溢流堰。

③横断面 推流曝气池的池宽和有效水深之比一般为1—2，有效水深最小为3m，最大为9m，超高0.5m。

④底部 在池的底部应考虑排空措施，按纵向留2/1000左右的坡度，并设直径为80—100mm的放空管。此外，考虑到活性污泥的培养、驯化时周期排放上清液的要求，在距池底一定距离处设2—3根排水管，管径为80—100mm。

(2)采用叶轮曝气器的曝气池

①完全混合式曝气池 完全混合曝气池平面可以是圆形、方形或矩形。曝气设备可采用表面曝气机，置于池的表层中心。污水从池底中部进入，污水一进入池，在表面曝气机的搅拌下，立即与全池混合均匀。完全混合曝气池可以与沉淀池分建或合建。

a.分建式 曝气池和沉淀池分别设置，可使用表面曝气机也可使用鼓风曝气装置。当采用泵型叶轮且线速度在 $4—5\text{m/s}$ 时，曝气池直径与叶轮的直径之比宜为 $4.5—7.5$ ，水深与叶轮直径比宜为 $2.5—4.5$ ，当采用倒伞型和平板型叶轮时，曝气池直径与叶轮直径比宜为 $3—5$ 。分建式虽然不如合建式紧凑，且需要专设污泥回流设备，但调节控制方便，曝气池与二次沉淀池互不干扰，回流比明确，应用较多。

b. 合建式 曝气和沉淀在一个池子的不同部位完成，称为限气沉淀池或加速曝气池。普通曝气沉淀池构造如图3—22。

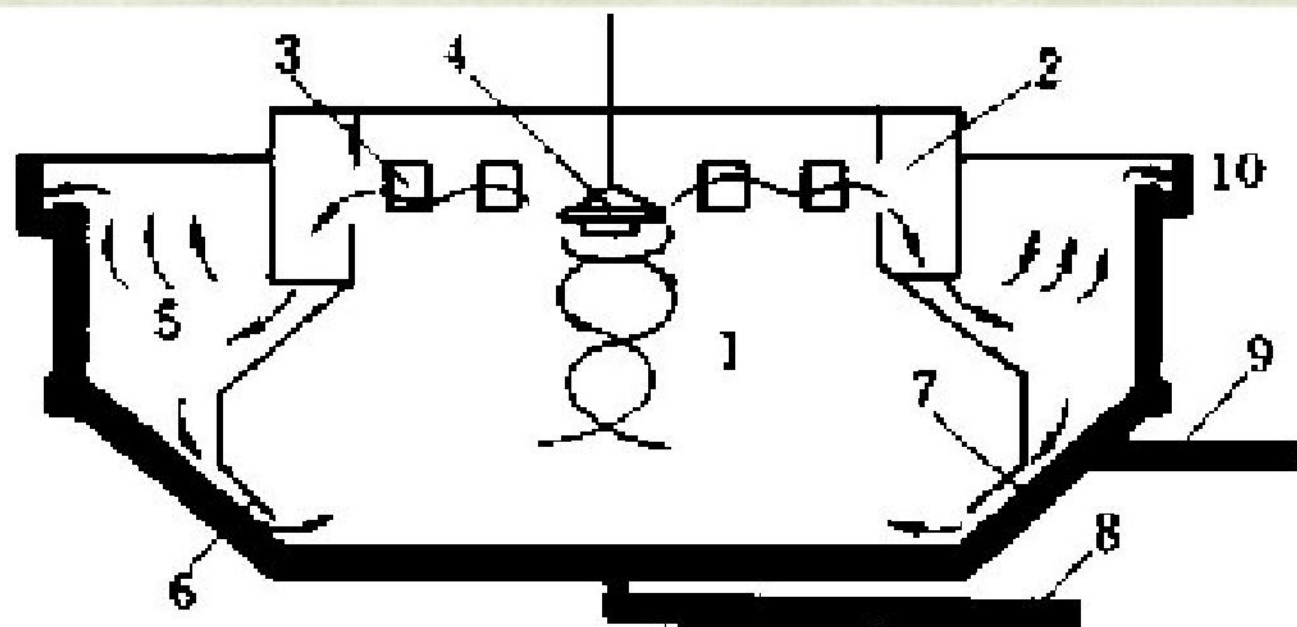


图 3-22 普通曝气沉淀池

1—曝气区；2—导流区；3—回流窗；
4—曝气叶轮；5—沉淀区；6—顺流区；
7—回流缝；8、9—进水管；10—出水槽

它由曝气区、导流区、回流区、沉淀区几部分组成。曝气区相当于分建式系统的曝气池，它是微生物降解污水的场所。曝气区水面直径一般为池直径的 $1/2 \sim 1/3$ ，视不同污水设定导流区，既可使曝气区出流中挟带的小气泡分离，又可使细小的活性污泥凝聚成较大的颗粒，导流区应设置径向整流板以消除曝气机转动形成的旋流影响。回流窗的作用是控制活性污泥的回流量及控制曝气区水位，回流窗的开度可以调节。窗口数一般为6—8个，沿导流区壁均匀分布。曝气区周长与窗口总堰长之比一般为2.5-3.5。

②推流曝气池 在推流曝气池中，也可用多个表面曝气机进行充氧和搅拌。对于每一个表面曝气机所影响范围内，流态为完全混合；而就整个曝气池而言，又近似推流，相邻表面曝气机旋转方向相反，否则两机间的水流将发生冲突，具体结构如图3—23(a)所示、也可采用横挡板将表面曝气机隔开，避免相互干扰，见图3—23(b)。

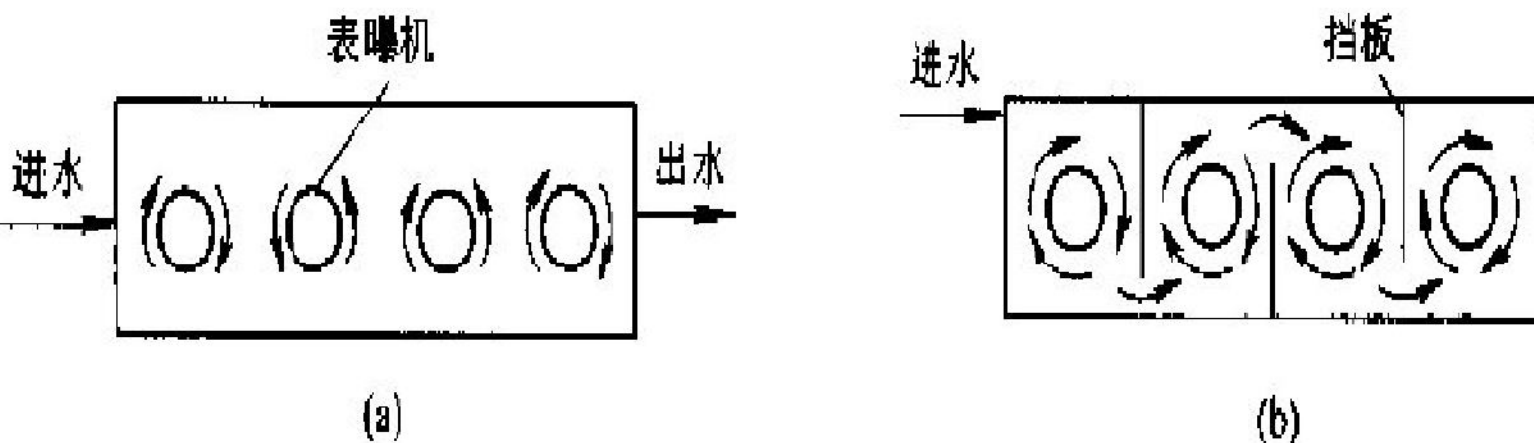
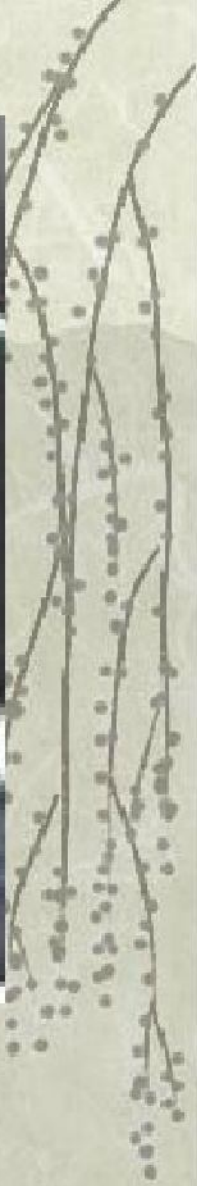


图 3-23 推流曝气池结构图

(3)采用转刷曝气器的曝气池

①氧化沟 氧化沟一般呈环形沟状，平面多为椭圆形或圆形，总长可达几十米。甚至百米以上，沟深取决于曝气装置，在2—6m之间。常用的氧化沟系统有：卡罗塞氧化沟、交替工作氧化沟、二次沉淀池交替运行氧化沟、奥巴勒氧化沟、曝气—沉淀一体化氧化沟。氧化沟系统在我国城市污水处理系统中得到了广泛的应用。

②环槽曝气池 结构如图3—24所示。平面呈环形跑道状，沟槽的横断面可以是方形、梯形，水深一般为1.0—1.5m，混合液在沟槽内的流速不应小于 0.3m/s 。



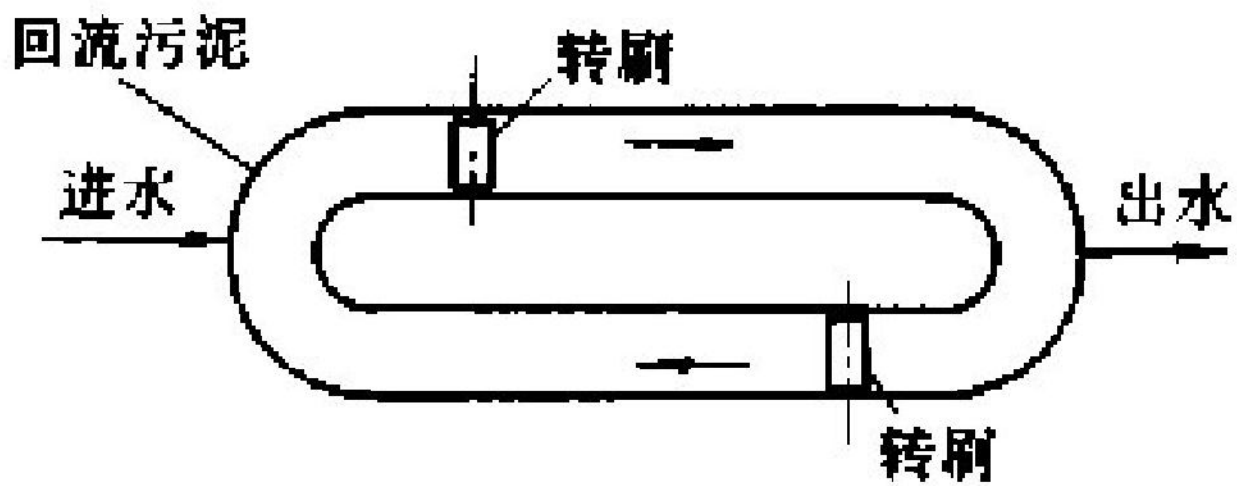


图 3-24 环槽式曝气池结构图

③廊道式曝气池 结构如图3—25所示，曝气池短于鼓风曝气池，呈长方形，沿池一侧边设转刷曝气器，另一侧呈45度倾角，池底呈圆弧状，或在墙角处作成45度角，以利于形成环流，水深取2—4m，池宽约与水深同，转刷转速为40—60r / min。

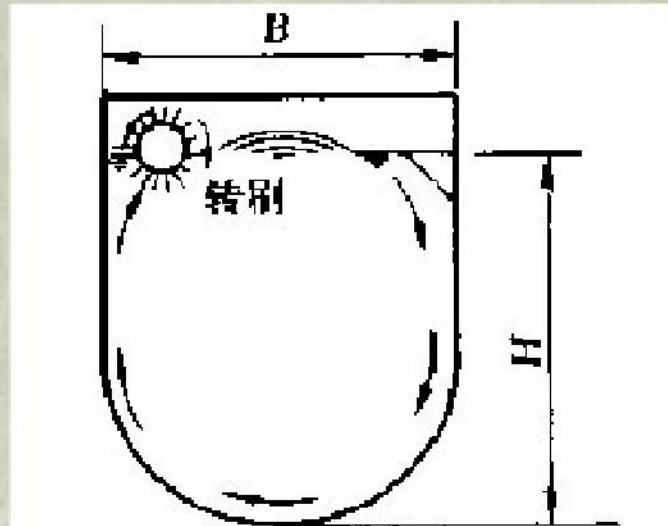


图 3-25 廊道式转刷曝气池