



一、黑臭水体成因

■ 黑臭水体定义

《城市黑臭水体整治工作指南》定义：呈现令人不悦的颜色和（或）散发令人不适的气味的水体的统称。

《指南》建议：黑臭水体评价参数和分级标准

特征指标（单位）	轻度黑臭	重度黑臭
透明度（cm）	25~10*	<10*
溶解氧（mg/L）	0.2~2.0	<0.2
氧化还原电位（mV）	-200~50	<-200
氨氮（mg/L）	8.0~15	>15

公众参与：周边居民100份问卷60%以上认为‘黑’、‘臭’的水体就要列入整治名单。

■ 水体黑臭成因：缺氧

泥-水界面容易发生
耗氧速率 > 复氧速率，
形成缺氧层，逐步扩展…

缺氧区厌氧发酵生成
H₂S、NH₃、CH₄，产生臭气。

铁等重金属穿过厌氧区被还原，如二价铁与厌氧条件下的H₂S结合生成致黑的FeS、MnS…

耗氧速率 > 复氧速率 → 缺氧 → 黑臭

■ 水中溶氧：复氧/耗氧动态平衡

复氧：
大气渗入（物理）
补水携带（物理）
光合作用（植物）

耗氧：
有机物氧化（生/化）
呼吸（动植物）
发酵（微生物）

■ 复氧/耗氧平衡：生态过程

生态过程是生态系统中维持生命的物质循环和能量转换的过程。伴随水域生态过程，水中复氧/耗氧处于动态平衡之中。因此，水体缺氧是生态学问题

■ 生态系统跳转：生产者改变

生态系统是一定空间内由非生物环境、能量和生物群落组成的统一体。其中，生产者是生物群落的基石。生产者的变化决定着生态系统的跳转。

■ 环境污染：生产者变化：生态跳转

※ 草型清水稳态

清澈水体适宜沉水植物（生产者）生长。植物通过光合作用生产有机质，同时放出氧气……

※ 藻型浊水稳态

当非生物环境受到污染、水体浑浊，沉水植物光合作用生产的有机物不足以补偿其自身呼吸作用的消耗，植物衰亡，藻类成为优势种……

※ 菌型浊水稳态

当水面被油膜等污染物遮挡，水下无光照，甚至连藻类也无法生长，系统以细菌为基础的腐殖食物链和以有机碎屑为起点的碎屑食物链，导致系统……

■ 小结

非生物环境污染 → 水体浑浊 / 富营养化 → 生产者变动 → 生态系统跳转 → 复氧/耗氧失衡 → 缺氧 → 黑臭

可见，水体发生黑臭并不是一个孤立的事件，而是生态系统的问题。因此，黑臭水体整治应从生态的角度着眼，选准切入点，科学规划、精准实施，达到消除黑臭、低碳运行的目标。

二、黑臭水体整治思路

■ 生态跳转：生产者变动

草型清水稳态 → 藻型浊水稳态。
根本区别：初级生产者

※ 清水稳态

水清、光线入射深，沉水植物光合作用生产的有机物质足以补偿呼吸作用的消耗，复氧>耗氧，DO饱和。
沉水植被‘固定’泥-水界面，阻止胶粒上浮，维持水清；
沉水植物不断吸收底泥营养盐，削减内源污染释放；
有了沉水植被保护，浮游动物快速生长控制藻类生长；
沉水植物分泌异株克生物质抑制藻类生长，生态系统向透明度增加的方向稳定发展，维持草型清水稳态。

※ 浊水稳态

水体浑浊，水下光线弱，沉水植物光合作用生产的有机物质不足以补偿呼吸作用的消耗而衰亡，藻类成为优势种。或“三面光”边界，水下无植土；或水面有油膜等遮挡，无光线入射，甚至连藻类也不能生长。

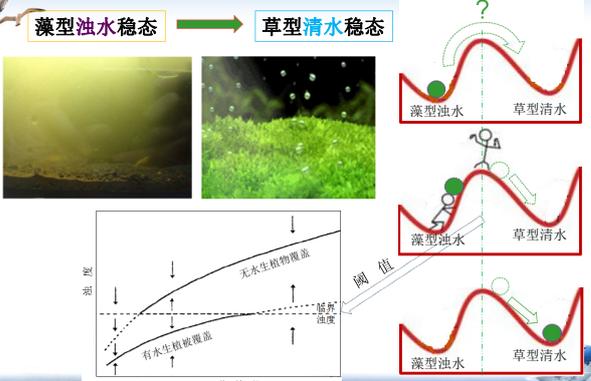
由于泥-水界面无沉水植被保护，因风浪、鱼追逐食物等扰动，底泥沉积物上泛，使水体更加浑浊、底泥营养盐释放量上升，浮游植物生物量升高；

没有沉水植物保护，浮游动物被鱼类吞食，浮游植物生物量进一步上升，生态系统向浊度增加的方向发展，维持藻型浊水稳态。藻类死亡数小时25%-70%被分解，DO急剧下降，水体呈现黑臭。



■ 解决途径：促进沉水植被形成

藻型浊水稳态 → 草型清水稳态



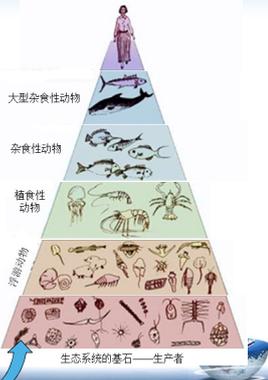
The diagram illustrates the process of transitioning from a turbid water state (藻型浊水稳态) to a clear water state (草型清水稳态). It shows a cross-section of the water body where submerged vegetation (沉水植被) forms, leading to a decrease in turbidity and an increase in water clarity. A graph below shows the relationship between nutrient concentration (营养盐) and turbidity (浊度), with a threshold (阈值) indicated. The graph shows that as nutrient concentration increases, turbidity also increases, but the presence of submerged vegetation (有水生植被覆盖) can help maintain lower turbidity levels compared to a state without submerged vegetation (无水生植被覆盖).

■ 总体思路与目标

水生植物生长需营养与光照。对浅水型富营养水体，营养充分，关键在于光照。

因此，总体思路是：

创造必要的条件使水变清，满足植物生长光照条件，促进藻型生态向草型转换，恢复水体自组织功能，实现以太阳光为主要驱动力的水生态完整性修复，达到低碳运行目的。



The ecological pyramid shows the following levels from top to bottom: 大型杂食性动物 (Large omnivores), 杂食性动物 (Omnivores), 植食性动物 (Herbivores), 浮游动物 (Plankton), and 生产者 (Producers). The base is labeled '生态系统的基石——生产者' (The cornerstone of the ecosystem—producers).

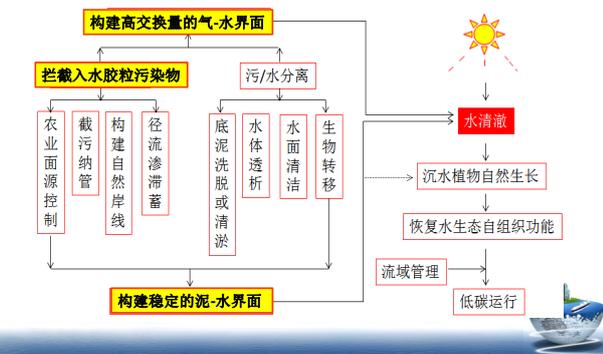
■ 切入点——清水工程

影响透明度的污染因子

- ▶ 水面油污/过多的漂浮物：反射/阻隔光线，阻碍气体交换
- ▶ 总磷：当总磷>50 μg/L，会导致透明度的急剧下降
- ▶ 叶绿素a：对光的散射和吸收影响透明度，叶绿素a值高时，透明度的影响权重增加；
- ▶ 浊度：粒径10nm - 1 μm量级的固体悬浮物（胶体），包括不溶于水中的无机物（如胶体级颗粒态的磷）、有机物及泥砂、黏土、藻类及微生物等。



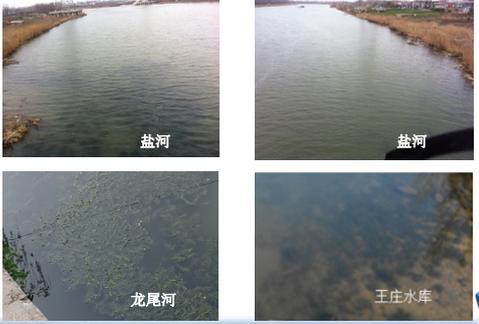
■ 技术路线



The flowchart outlines the technical route for water restoration. It starts with '构建高交换量的气-水界面' (Constructing a high-exchange gas-water interface) and '构建稳定的泥-水界面' (Constructing a stable sediment-water interface). These lead to '拦截入水胶粒污染物' (Intercepting colloidal pollutants) and '污/水分离' (Pollution/water separation). The interception step involves '农业面源控制' (Agricultural non-point source control), '截污纳管' (Intercepting and collecting pollutants), and '构建自然岸线' (Constructing natural shorelines). The separation step involves '径流渗透滞留' (Infiltration and retention of runoff), '底泥洗脱或清淤' (Sediment desorption or dredging), '水体透析' (Water dialysis), '水面清洁' (Surface cleaning), and '生物转移' (Biological transfer). These steps lead to '水清澈' (Clear water), which then leads to '沉水植物自然生长' (Natural growth of submerged plants), '恢复水生态自组织功能' (Restoration of water ecosystem self-organizing function), '流域管理' (Basin management), and finally '低碳运行' (Low-carbon operation).

■ 可行性

※ 本地自然条件



The images show four different water bodies: 盐河 (Salt River), 盐河 (Salt River), 龙尾河 (Longwei River), and 王庄水库 (Wangzhuang Reservoir). The first two images show a wide, calm river with a clear water surface. The third image shows a narrower river with some sediment. The fourth image shows a reservoir with a clear water surface.

工程案例

池州百荷公园: 7.2万m²



2012年8月-2013年5月采用底泥洗脱、补水净化和表流湿地构建三项技术, 4个月后南小湖水体变清, 六个月后沉水植物自然生长, 8个月底栖植被形成。

一年后生态转型: 从藻型浊水到草型清水稳态



一年后水质达III类

北戴河国家湿地公园: 北沟和小薄荷寨沟

2014年7月胡锦涛同志视察园区黑臭水体多时, 问国家林业局是否知情?

2015年5月, 受国家湿地办委托设计排洪河整治实施方案, 应急处置首长7、8月必经的园区两条黑臭河道, 效果显著。国家林业局领导祝贺。



工期2015.6.1~6.22 (期间经历两次市政洪水冲击)。一年后从藻型转换成草型。



2016.7.10 北戴河湿地公园排洪河检测 (河北天大)

1609-035-5	1#上游	总磷 (mg/L)	0.276	氨氮 (mg/L)	0.067	总氮 (mg/L)	2.19	COD (mg/L)	31.4
	2#下游	总磷 (mg/L)	0.147	氨氮 (mg/L)	0.074	总氮 (mg/L)	1.44	COD (mg/L)	16.3

从上、下游检测数据看, 河水已具有一定的自洁能力

三、黑臭水体排查与判别 (以连云港市为例)

黑臭水体排查

水体名称	采样点	采样日 (2016)	透明度 (cm)	溶解氧 (mg/L)	氧化还原电位 (mV)	氨氮 (mg/L)	分级
东盐河	16点平均	3.12-3.24	50.6	8.85	97.63	25.2	轻度
淮海工学院	4点平均	3.14-3.25	52.77	8.68	128.1	13.97	
排洪河	23点平均	3.13-3.24	20.46	10.18	23.28	6.36	
沙洼河	14点平均	3.16-3.25	24.76	3.83	12.24	14.66	
柏联河	17点平均	3.11-3.23	39.45	9.01	102.69	7.07	重度
大浦河	6点平均	3.11-3.23	44.0	6.95	87.07	24.56	
大浦河	12点平均	3.11-3.23	29.04	4.14	2.77	24.06	
龙尾河	15点平均	3.11-3.23	33.04	3.8	32.85	34.61	
盐河	8点平均	3.14-3.25	38.67	8.33	108.26	37.64	重度
玉带河	8点平均	3.14-3.25	47.85	9.44	95.13	20.66	
排洪河	23点平均	3.12-3.24	57.73	6.79	73.19	23.4	

《指南》黑臭水体分级标准

轻度黑臭	25-100	0.2-2.0	200-500	8.0-15
中度黑臭	<10	<0.2	<-200	>15

在41处水体甄选出11处黑臭水体。从透明度、溶解氧和氧化还原电位看, 11处黑臭水体分级指标并不完全在标准内; 而氨氮超出《指南》标准。因此, 排查要补充营养状况、生态状况……

非生物环境

水 (1) 浊度、营养状况

水体名称	采样地点	总氮	总磷	Chl a	CODCr	透明度 (m)	综合营养状态指数	营养化程度
东盐河	与花果山大道交汇	22.82	0.91	29.3	53	0.37	72.69	重度
淮海学院	图书馆石桥	12.32	0.58	81.9	50	0.60	71.67	
柏联河	东客桥	6.16	0.14	96.0	59	0.43	71.88	
沙洼河	五里桥	22.62	0.63	29.6	94	0.37	75.41	
排洪河	大浦河调尾工程交汇	7.38	2.45	360.0	120	0.20	84.15	重度
大浦河	中铁路港加工生活区	40.99	3.40	43.2	78	0.43	77.53	
大浦河	朝阳路与大浦河交汇	31.00	1.01	17.6	89	0.42	78.01	
龙尾河	龙尾河	39.38	2.31	78.3	114	0.28	82.25	
盐河	盐河建材码头	58.46	0.68	42.6	77	0.40	78.08	重度
玉带河	江化南路桥	28.68	3.42	47.7	204	0.43	81.41	
排洪河	南城桥	34.63	4.47	84.5	146.5	0.73	80.36	

11处黑臭水体都处于重度富营养化状态。排查时, 只要遇到富营养化水体, 就要问卷调查水体是否发生黑臭。

(2) 气-水界面



玉带河油膜



龙尾河生物残体

大浦河餐饮船按100餐位/d计算, 入水动植物油脂450g/d, 形成1 μ m厚的水面油膜可达56250m²/d, 如果油脂充分铺展, 形成油膜达1.6875km²/d的。

水面油膜、垃圾、动植物残体阻隔界面气体交换, 阻挡光线入射, 大型植物和藻类光合作用弱甚至衰亡, 系统以有机碎屑为起点的碎屑食物链为主。

底泥排查

(1) 有机质、营养

有机质含量最低为9.2g/kg (月清河)、最高为163g/kg (龙尾河); 总磷含量最低为0.73g/kg(月清河上游)、最高为11.46mg/kg (卓王河平均); 总氮含量最低为1.04mg/kg (朱稽河平均)、最高为7.0mg/kg (大浦河), 而大浦河桥取样点总氮含量高达26.94mg/kg。

总氮含量与有机质含量有关。20条河流底泥中的有机质含量平均为44g/kg, 在大多数情况下, 底泥有机质来源于流域养殖废水。

水体名称	采样地点	有机质 (%)	总磷	总氮	叶绿素 a
沙汪河	7点平均	5.49	3.58	2.25	36.7
东盐河	6点平均	2.46	2.28	1.5	
排碱河	6点平均	3.06	2.49	1.17	25.8
龙尾河	4点平均	16.19	2.77	6.70	13.65
工学院	3点平均	6.66	3.46	2.41	44.7
大浦河	6点平均	6.50	4.80	7.01	13.4
盐河	4点平均	1.82	5.04	1.30	12.7
玉带河	2点平均	3.39	3.95	1.61	10.1
烧香河	3点平均	5.67	2.27	1.06	17.4
妇联河	7点平均	3.16	1.90	2.89	22.83
大浦副河	3点平均	11.53	2.45	2.84	
青龙河	青龙河时代东路桥	1.95	2.20	1.28	7.43
青口河	4点平均	0.98	1.58	1.58	8.55
烧香河南	4点平均	3.10	1.82	2.25	50.5
月清河	上游第一座桥	0.92	0.73	1.13	3.4
朱稽副河	6点平均	1.53	3.50	1.15	7.1
卓王河	2点平均	1.75	11.46	1.45	17.8
朱稽河	5点平均	3.12	4.48	1.04	10.6
温褚河	2点平均	1.87	1.64	1.28	

(2) 泥-水界面



青口河



王庄水库

由于布朗运动和重力双重作用, 水中胶粒分布存在梯度, 越接近泥面浓度越大; 而底泥也是胶体, 泥-水界面没有界线, **极不稳定**。清水状态底泥由植被保护十分稳定(王庄水库)。





水域边界



岸线整治口



沉水植物区

硬质岸线123.346千米, 采用钢桩、水泥浆砌石块等方法构建而成, 且大多为“U”型垂直驳岸。总长度377.97千米的河道保持了自然岸线格局, 水陆带生长有芦苇等挺水植物, 小部分可见沉水植物。自然岸线一旦遭到破坏, 就不再是一条充满生机的河流了: 水体自净能力丧失, 生物栖息地被破坏, 生物多样性减少, 清澈的河流容易变成黑臭河道。

生物群落

生产者

水体名称	采样地点	叶绿素 a (mg/L)	藻密度 (10 ⁶ 个/L)	生物量 (g/m ²)	水平 等级
东盐河	港城大道与花果山大道交汇	29.3	15.75	5.19	
淮海工学院	凤鸣路淮海工学院图书馆南侧	81.9	36.81	13.30	
妇联河	东盐桥	96.0	47.02	15.49	重度
沙汪河	盐里盐桥	29.6	15.89	5.23	
排碱河	排碱河与夹湖河调蓄工程交汇	360.0	170.77	56.22	
大浦副河	中铁路桥与工业港区界	43.2	22.27	7.33	
大浦河	翔阳路与大浦河交汇	17.6	10.47	3.38	
龙尾河	龙尾闸	78.3	36.02	12.75	
盐河	盐河建材码头	42.6	21.99	7.24	重度
玉带河	玉带河汪海路桥	47.7	24.37	8.02	
烧香河	烧香河	138.0	66.70	21.90	

11处黑臭水体全部重度藻华。排查时, 只要叶绿素a超过10mg/m³, 就要问卷是否发生黑臭。



龙尾河



沙汪河

分解者

分解者是连接生物群落和无机环境的桥梁。分解者将生态系统中的各种无生命的复杂有机质(残体、粪便等)分解成水、二氧化碳、营养盐等可以被生产者(植物、藻类)重新利用的物质, 完成系统内物质的循环; 同时, 放出二氧化碳、甲烷、硫化氢等混合气体。

消费者



大浦河底泥中的软体动物
~50条/kg (湿重)



东盐河桥死鱼

黑臭水体判别

根据非生物环境和生物群落排查结合问卷调查，对照《指南》分级标准，确定黑臭水体，并分级。

编号	名称(起始边界)//黑臭段长(km)/总长(km)	营养程度	生态类型	主要污染源	黑臭级别
1	妇联河(烧香河交口—云台产业园)// 3.7/15.1=24.5%	重度	藻型	养殖、农药流失、生活污水、底泥、水径流	轻度
2	龙尾河(龙尾闸—纬二路)// 7.5/6.5=88.24%	重度	藻型	直排口、底泥、雨水径流	重度
3	大浦湖(大浦湖闸—新港城大道大浦湖河口)// 5.0/5.0=100%	重度	藻型	养殖、农药流失、底泥	重度
4	大浦河(玉带桥—大浦河口)// 12.8/12.8=100%	重度	藻型	污水厂尾水、直排口、餐饮船	重度
5	烧香河(盐河—龙山渡口)// 10.0/31=32.26%	重度	藻型	农村污水、直排口、底泥	重度
6	东盐河(南板南路桥—鹿野桥)// 13.7/24.8=55.24%	重度	藻型	农村污水、河面漂浮物、底泥	轻度
7	排淡河(各圩桥交口—连云港重蒸服务公司)// 11.2/17.4=64.37%	重度	藻型	污水厂尾水、海产加工废水	轻度
8	盐河(玉带桥—狮树套河)// 6.5/6.5=100%	重度	藻型	直排口、肥药流失、底泥、船舶	重度
9	玉带河(新孔桥—玉带桥)// 1.1/4.2=26.19%	重度	藻型	直排口、化工厂、码头船舶	重度
10	高速(G15)交口—秦山岛码头(南)// 3.0/5.0=100%	重度	藻型	污水厂尾水、直排	轻度
11	淮海工学院排水沟// 1.7/2.0=88.5%	重度	微生物型	污水直排、径流、三面光	轻度

黑臭水体与水系关系

在图上标出黑臭水体分布，明确层级关系以及与整个水系关联度，为活水补水工程提供依据。

四、污染源调查与解析

非生物环境污染引起生态跳转，导致水体黑臭。因此，黑臭水体整治要走“控源”、生态修复和流域管理相结合的路线。

“控源”首先要“知源”，要回答—

- 减什么？
- 减哪里？
- 减多少？
- 怎么减以及如何管？

```

    graph TD
      A[非生物环境污染] --> B[水体浑浊]
      A --> C[富营养化]
      B --> D[生产者变动]
      C --> D
      D --> E[生态系统跳转]
      E --> F[复氧/耗氧失衡]
      F --> G[缺氧]
      G --> H[黑臭]
    
```

排污系数取值范围

污染源类型	污染源	类型	COD	氨氮	TN	TP	单位	参考值或依据	
点源	工业废水	老排口或天然沟渠	行业标准或委托检测实例				mg L ⁻¹		
	规模化畜禽养殖	规模化猪场(水冲清粪, 规模>500头)	>500头	186.67	4.94	12.36	2.58	kg/d	《畜禽养殖业污染防治技术规范》和《L ₀ <1km取0.3》
		规模化养猪场(水冲清粪, 规模>50头)	>50头	278.79	8.68	21.70	2.76	kg/d	
		规模化养鸡场(干清粪)	70.16	5.17	13.19	0.70	kg/d		
		规模化养鸭场(干清粪)	141.15	21.67	55.24	3.20	kg/d		
	城镇生活污水	规模化养鸡场(鸡鸭、水冲清粪)		37.88	0.38	0.95	0.41	kg/d	《第一次全国污染源普查畜禽养殖业污染源普查数据手册》
		规模化养鸡场(鸡鸭、干清粪)		2.32	0.03	0.07	0.02	kg/d	
	面源	规模化水产养殖	规模化水产养殖(规模化水产养殖)	59.00	8.00	10.00	0.72	kg/d	《第一次全国污染源普查水产养殖业污染源普查数据手册》
		农业面源	旱地、菜地	40	4	5	0.45	kg/d	同上。
			水田	3.68	0.15	1.60	0.11	kg/d	《第一次全国污染源普查农业污染源普查数据手册》、《畜禽养殖污染防治技术政策》、《畜禽养殖业污染防治技术政策》、《畜禽养殖业污染防治技术政策》
城镇地表径流		草地、荒地	1.64	0.03	0.32	0.03	kg/d		
		林地	1.64	0.03	0.32	0.03	kg/d		
		城镇地表径流	—	36.63	1.03	2.65	0.22	mg L ⁻¹	《第一次全国污染源普查数据手册》(在实施地表径流水质监测)

入水系数取值范围

污染类型	污染源	入河系数	适用范围
点源	工业废水	0.7-1	直接排口或天然沟渠
	城镇生活污水	1	纯生活污水排口(能确定水量的)
		0.85	纯生活污水排口(能确定人口的)
	规模化、畜禽养殖	0.1-1	城镇雨污混流的排口或沟渠
			规模化养猪场(水冲清粪, 规模>500头)
			规模化养猪场(水冲清粪, 规模>50头)
			规模化养鸡场(干清粪)
	面源	0.1-0.7	规模化养鸡场(干、干清粪)
			规模化养鸡场(鸡鸭、水冲清粪)
			规模化养鸡场(鸡鸭、干清粪)
居民散养(鸡鸭、干清粪)			
散养(鸡鸭、干清粪)			
散养(鸡鸭、干清粪)			
城镇地表径流	0.1-0.4	青鱼、鳊鱼、鲤鱼、草鱼	
		农村生活污水	
		一般农村取0.1, 城郊结合部可适当增大	
		农业面源	
0.9	旱地、菜地、水田、林地		

点源 污水直排问题

序号	水体名称	排口数量	排水状况			排水性质
			直排	间歇	不定时	
1	龙尾河	221	29	17	175	生活污水、工业废水
2	大浦湖	21	4	13	4	生活、工业、养殖废水
3	大浦河	225	18	102	105	污水、工业、养殖废水
4	烧香河	5	1	4		生活污水
5	盐河	37	10	27		生活污水
6	玉带河	38	15	23		生活污水、工业废水
7	妇联河	2	2			生活污水
8	东盐河	48	13	20	15	生活污水
9	排淡河	110	11	91	8	生活污水、工业废水
10	沙汴河	44	19	5	20	生活污水、工业废水
11	淮海学院	133	17	23	93	生活污水

污水处理厂的尾水

淡水污染治理以除磷为主，海水污染以脱氮为主。脱磷较易，脱氮要花大的投入。

污水厂名称	位置	尾水 (万m ³ /d)	尾水氮磷产生量 (吨/年)		尾水受纳水体
			总氮	总磷	
大浦污水厂	310国道南侧	10.0	547.5	18.25 (36.5)	大浦河
墟沟污水厂	242国道北侧	8.0	438.0	14.6 (29.2)	排淡河
大浦工业区污水厂	310国道北侧	4.8	262.8	8.76 (17.52)	大浦河
赣榆城北污水厂	赣榆城北	4.0	219.0	7.3 (14.6)	沙汪河
城南污水处理厂	妇联河与龙尾河交汇处	2.0	109.5	3.65 (7.3)	龙尾河
港务四公司污水站	港务四公司内	0.018	0.986	0.033 (0.066)	-
铁运公司污水站	铁运公司院内	0.012	0.675	0.022 (0.044)	-
庙岭港区污水站	庙岭港区	0.036	1.971	0.066 (0.131)	-
港口船舶污水站	主港区	0.012	0.675	0.022 (0.044)	-

面源

包括化肥农药、农村生活污水(城中村)、养殖废水、径流。重点除悬浮颗粒和总磷。

序号	水体名称	生活 (t/a)		农田 (t/a)		养殖 (t/a)		径流 (t/a)		合计 (t/a)	
		总氮	总磷								
1	妇联河	5.48	0.49	2.55	0.24	2.57	0.34	2.4	0.2	13.0	1.27
2	龙尾河			0.14	0.01	0.86	0.12	0.57	0.05	1.57	0.18
3	大浦副河	0.22	0.02	0.4	0.02			0.49	0.04	1.11	0.08
4	大浦河					1.21	0.23	0.92	0.08	2.13	0.31
5	烧香河	10.4	0.94	2.72	0.19			0.05	0.01	13.17	1.14
6	东盐河			0.19	0.02			1.04	0.09	1.23	0.11
7	排淡河			2.98	0.21			1.25	0.11	4.23	0.11
8	盐河	0.91	0.08	3.2	0.22	0.64	0.08	0.05	0.04	4.80	0.42
9	玉带河	3.28	0.3	0.02	0.01	0.38	0.05	0.3	0.03	3.98	0.39
10	沙汪河	1.81	0.16	1.26	0.09			0.55	0.05	3.62	0.3
11	工学院							0.14	0.01	0.14	0.01

内源

藻细胞残体分解

藻细胞死亡后数小时25%-75%的磷被释放。除藻很关键

序号	水体名称	水量 10 ⁶ (m ³)	藻密度 g/m ³	鲜重 (t/a)	总氮 (t/a)	总磷 (t/a)
1	东盐河	7.46	5.19	38.72	0.743	0.105
2	大浦副河	0.3	7.33	2.20	0.042	0.006
3	大浦河	0.732	3.38	2.47	0.053	0.007
4	龙尾河	0.255	7.52	1.92	0.037	0.005
5	工学院	0.03	13.3	0.40	0.008	0.001
6	排淡河	1.348	56.22	57.78	1.109	0.156
7	沙汪河	0.204	4.57	0.93	0.018	0.003
8	盐河	0.731	7.24	7.29	0.140	0.020
9	玉带河	0.378	8.02	3.03	0.058	0.008
10	妇联河	0.544	15.49	8.43	0.162	0.023
11	烧香河	3.225	13.63	43.96	0.844	0.119

底质沉积物上泛

底泥氮磷释放

序号	水体名称	底质 (km ²)	总氮 t/a	总磷 t/a
1	妇联河	0.21	0.384	0.122
2	龙尾河	0.096	0.176	0.055
3	大浦副河	0.15	0.276	0.087
4	大浦河	0.422	0.777	0.245
5	烧香河	0.814	1.498	0.472
6	东盐河	1.953	3.594	1.133
7	排淡河	0.718	1.321	0.416
8	盐河	0.219	0.403	0.127
9	玉带河	0.12	0.221	0.070
10	沙汪河	0.128	0.235	0.074
11	工学院	0.016	0.029	0.009

浑浊水水体-水界面极不稳定，底泥与水中胶体交换强烈，受到鱼儿游动、风浪扰动或气泡上浮极易使底泥沉积物上泛而使水体更加浑浊。

结构性污染

蒸发残留

当pH<8时，氨氮蒸发忽略。因此，水体蒸发的是分子，残留的是杂质。如：面积1万m²的黑臭水体，年蒸发量1000mm，则蒸发残留的氨氮>150kg/年；水深1m，蒸发残留增量15mg/L.年。

渗漏截留

海水淡化和纯净水超滤通量约为120L/m².h。一般水体渗滤通量比海水淡化小两个数量级。所以，渗漏截留的也是杂质。如南宁的南湖比出口通道竹排江水位高6m，渗滤量是很大的。

补水输入

为维持水位需要补水。补水携带的杂质也是很可观的。如南宁的南湖，每年从邕江补水1700万m³。邕江水质III类，则年输入的总氮17吨、总磷0.85吨，相当于增氮11.2mg/L.年。因此，**不论补水多“干净”，单靠补水控污初期是无济于补的。**

干湿沉降

合肥董铺水库氮沉降：4.0t/a.km²

- 大气中沉降污染
 - 工业燃烧
 - 垃圾&秸秆焚烧
 - 闪电固氮
 - 化肥挥发
 - 汽车尾气、扬尘……

肥/药流失控制

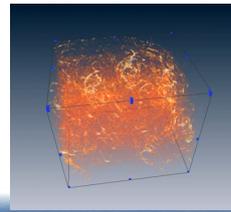
喷药



施肥



同步辐射三代光源：控失化肥自组装



发现一种天然功能材料，在水相中自组装微纳网络结构，通过氢键等作用绑定小分子，‘放大’其空间尺度，控制其散失。



发酵床养殖技术

发酵床养猪



(1) 本技术源于日本，很快被发达国家所接收。我国10年前引进；
(2) 关键是菌群的筛选；
(3) 其次是垫料的筛选，包括透气性、吸水性原料和营养辅料。

发酵床养鸡



内源治理

水面油膜处置——源头控制



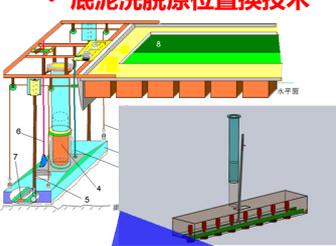
餐饮船按每天100个餐位数计算，入河的动植物油脂450 g d⁻¹，可形成1 μm厚的油膜56250 m² d⁻¹（如果油脂充分铺展，可形成1.6875 km² d⁻¹的油膜）。

建议码头搬迁、餐饮船取缔

泥-水界面原位处置

构建高稳定度的泥-水界面阻止底泥表层胶粒上泛和营养盐释放，提高水体透明度。

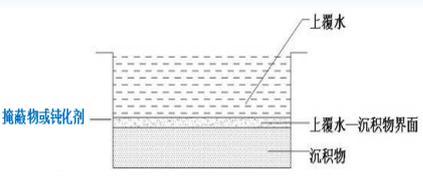
底泥洗脱原位置换技术




连云港三条河底泥洗脱

- (1) 底泥洗脱船由洗脱和洗脱水分离槽组成；
- (2) 洗脱后的干净泥沙原位沉降，覆盖水体底质。
- (3) 洗脱水污/水分离后还河，泥压滤后上岸做肥。

底泥原位覆盖技术



美国深水河流



引进的澳大利亚技术



底泥异位处置——清淤

底泥既是水体污染的“源”，也是外源污染物的“汇”，外源污染的90%最终被底泥吸纳。另外，清出的污泥处置比较困难，容易造成二次污染。因此，除非防洪和通航需要，一般不采取清淤技术。

常见清淤



德国精准清淤



清淤建议采取“精准清淤”方法，即至清除底泥表层30cm以上的沉积物。德国所谓“生态清淤”由机器人控制，可达到精准清淤

深水区沉积物处置——气浮

微气泡发生器

理想状况：清水工程使透明度提高到能让浅水区（岸边）沉水植物自然生长。

构建沉水植被

一般情况：透明度提高+水位调节，人工种植沉水植物。

理想状况：清水工程使透明度提高到能让浅水区（岸边）沉水植物自然生长。

藻/水“磁透析”技术

采样日期: 2009-9-24	采样点: 高低度盐指数	TN	氨氮	TP	叶绿素 a
出水 1#	9.44	2.61	0.20L	0.153	0.138
出水 2#	10.48	2.49	0.20L	0.161	0.293
出水 1#	2.48	2.35	0.20L	0.062	0.002
出水 2#	1.92	2.16	0.20L	0.013	0.003

单位: mg/L

检测人: 于静 张立波 检测人: 李永文 检测日期: 2009.9.24

生态修复

补水活水

序号	水体名称	水面 (km ²)	需水量 (万 m ³)	水量损失 (万 m ³ ·a ⁻¹)	换水量 (24次 a ⁻¹) (万 m ³ ·a ⁻¹)
1.	如东河	0.272	54.4	31.6	1274.0
2.	龙尾河	0.255	51.0	29.63	1194.4
3.	大浦副河	0.2	40.0	23.24	936.8
4.	大浦河	0.704	140.8	81.81	3297.4
5.	陈香河	2.149	429.8	249.72	10065.5
6.	东盐河	3.72	744.0	423.27	17432.7
7.	排淡河	1.044	208.8	121.32	4889.9
8.	盐河	0.2925	58.5	33.99	1370.0
9.	玉带河	0.162	32.4	18.8	758.8
10.	沙洼河	0.279	55.8	32.42	1306.8
11.	淮海学院	0.04	8.0	4.65	187.4
-	合计	9.092	1823.5	1050.5	42713.5

构建活水控制平台

水位、水质与水闸联动协同监控、指令分发与推送。

湿地构建

建设湿地356.8万m²，包括旁路湿地、支流节点湿地、农村水塘组合的稳定塘。

国家湿地公园

国家城市湿地公园（水耕园）
游人自己动手采摘水耕植物，“吃干榨尽”，生态、环保、经济。

城市湿地公园应具备：
 1) 供观赏游览科普和文化活动；
 2) 纳入城市绿地系统规划范围；
 3) 500亩以上的；
 4) 具有天然湿地类型、或具有一定的影响力及代表性。
 建设部建设司批准。

国家湿地公园按湿地保育区、恢复重建区、宣教展示区、合理利用区和管理服务区等内容建设，
国家林业局批准

生态浮床（漂流湿地）

浮床简单。水耕文化园植物选择：“吃干榨尽”。
植物选择：高生物量、高P/N比水耕植物育种

生物量：单株1.6kg，是旱植的8倍；TP/TN：比旱植高1.51—3.26倍

❖ 硬质岸线生态工法

十八届五中全会：构建科学的城市格局、农业发展格局、生态文明格局、**自然岸线格局**。

➤ **垂直岸线改造**

➤ **斜坡岸线改造**

❖ 土质岸线修整、绿化

❖ 应急处理技术

➤ **人工水草**

➤ **曝气**

- 底层曝气
- 表层推流

➤ **微生物菌剂**

控制条件发挥各菌群的共生增殖作用，维持良好的微生态系统，就能较好完成污染物降解等复杂过程。

七、效益评价

环境效益：
 污水处理厂提标改造减少入河的COD、氨氮、总磷和SS；
 未收集污水截污纳管减少入河总氮和总磷分别；
 湿地建设通过生物转移出水的营养盐.....

社会效益： 方案的实施将使城镇水体从水、岸线到流域的立体空间面貌发生改观，对缓解城镇水资源短缺、提升居民幸福指数、提高城市软实力具有重要的作用。这种水绿岸清、宜居宜游宜业的风貌，将吸引大批人才来创新创业，兴起各类高新技术企业，带动房地产投资建设和开发，促进经济发展指日可待。

经济效益： 拉动GDP增长，增加就业岗位；实现让自然做功低碳运行，节约治理费用；湿地中划出一定面积建成水耕植物园，每年可生产水耕蔬菜，创直接经济效益用于湿地维护。

八、保障措施

- (1) 组织领导：强化领导责任、细化组织体系；
- (2) 政策保障。随着黑臭水体整治工程的进展可能遇到新的问题，需要制定新的政策条文，进一步完善政策保障体系；
- (3) 构建技术支撑体系：
 - (i)要进一步完善水质监测平台、排水信息平台和水系联动平台；
 - (ii)建立专家决策咨询体系，不求所有只求所用。利用国内外专家团队在各域内解决问题的技术和专业知识，分析、判断和推理，提出解决问题的可能的最佳方案；
 - (iii)培训本土技术队伍，建立连云港市自己的水治理专家体系。由于水环境防治是长期的任务，关键在于培养本土专业技术人才，特别是青年专业人才。本土专业人才相当于连云港市水环境的“保健医生”，应制定人才培养和保障制度，养得起留得住，为提升连云港市黑臭水体整治和水环境保护水平贡献力量。

九、结语

指南要求：治理后建立严格的监管、维护制度和政策保障。否则.....

相信：只要阳光照耀，就能把水治好！

谢谢！