



## 第二章 湿地水体恢复工程

张振明

北京林业大学自然保护区学院

# 第一节 土方工程量的计算

土方量的计算工作，就其要求精确程度，可分为估算和计算。在规划阶段，土方量的计算无须过分精细。而在做施工图时，土方工程量则要求比较精确。

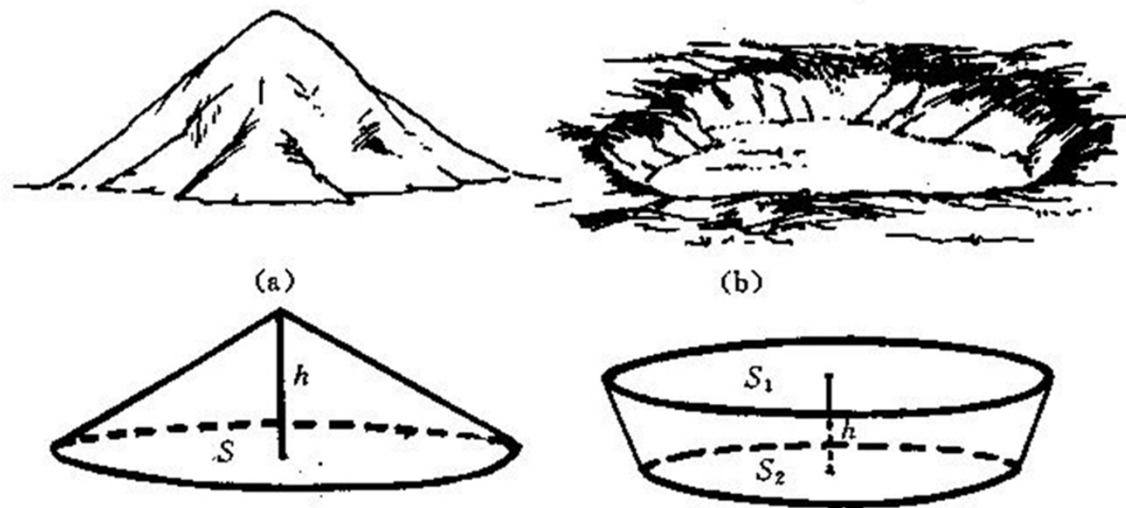
计算土方量（体积）的方法，常用的大致有四种：

- （1）用求体积公式估算
- （2）断面法
- （3）方格网法
- （4）等高线法。

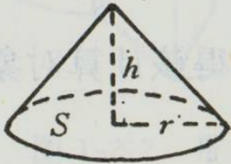
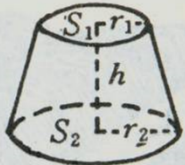
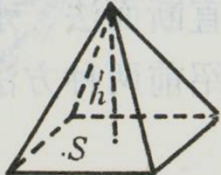
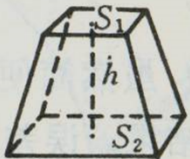
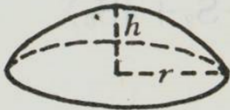
# 第一节 土方工程量的计算

## 一、用求体积的公式进行估算

在水体修复的过程中，有些地形单体的体积如下图所示，可用相近的几何体体积公式进行计算，此法简便，但精度较差，多用于估算。公式如下表：



套用近似的规则图形估算土方量

| 序 号                                                                                                                                | 几 何 体 名 称 | 几 何 体 形 状                                                                           | 体 积                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                  | 圆 锥       |    | $V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$ (1-2)                       |
| 2                                                                                                                                  | 圆 台       |    | $V = \frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$ (1-3) |
| 3                                                                                                                                  | 棱 锥       |    | $V = \frac{1}{3} S \cdot h$ (1-4)                       |
| 4                                                                                                                                  | 棱 台       |   | $V = \frac{1}{3} h (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})$ (1-5)  |
| 5                                                                                                                                  | 球 缺       |  | $V = \frac{\pi h}{6} (h^2 + 3r^2)$ (1-6)                |
| V——体积      r——半径      S——底面积<br>h——高      r <sub>1</sub> , r <sub>2</sub> ——分别为上下底半径      S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> ——上、下底面积 |           |                                                                                     |                                                         |



# 第一节 土方工程量的计算

## 二、 断面法

**断面法**是用一组等距（或不等距）的互相平行的截面将拟计算的地块、地形单体（如山、溪涧、池、岛等）和土方工程（如堤、沟渠、路堑、路槽等）分截成“段”。分别计算这些“段”的体积，再把各段体积累加起来。

其计算公式如下： $V = (S_1 + S_2) L / 2$

当 $S_1 = S_2$ 时， $V = S \times L$

计算精度取决于截取断面的数量，多则精，少则粗。

断面法可分为**垂直断面法**、**水平断面法（或等高面法）**及与水平面成一定角度的**成角断面法**。

# 1. 垂直断面法

此法适用于带状地形单体或土方工程（如带状山体、水体、沟、堤、路堑、路槽等）的土方量的计算。（如图所示）

其基本公式为 $V = (S_1 + S_2) L / 2$

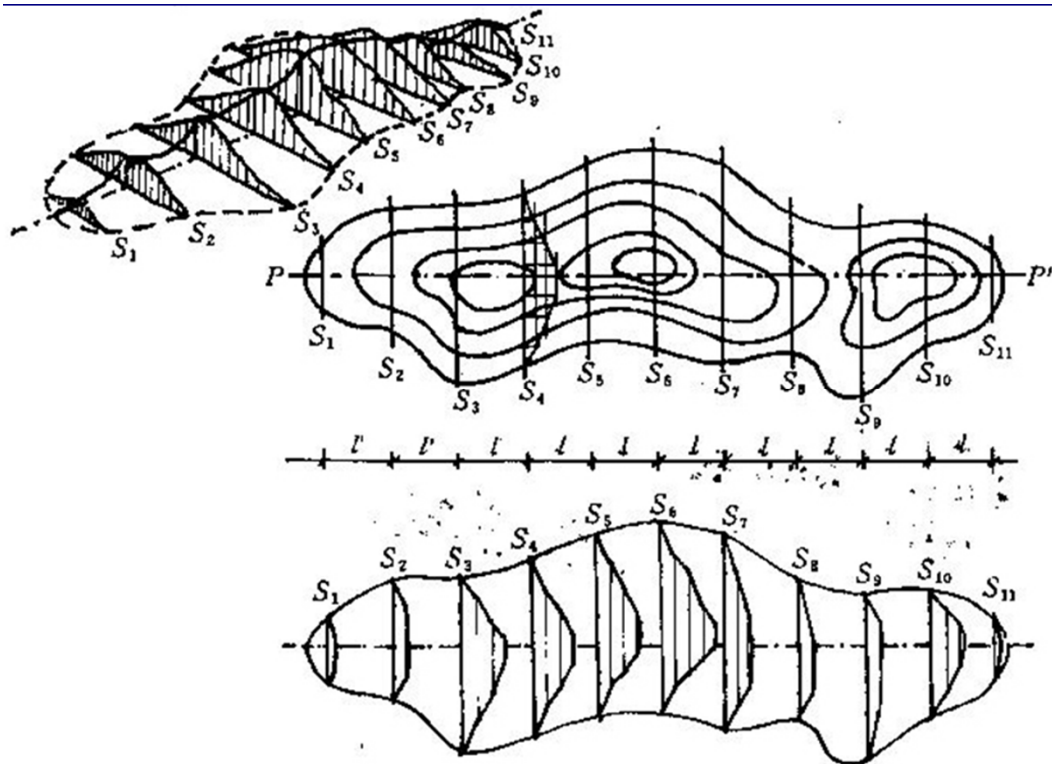
如果 $S_1$ 、 $S_2$ 相差太大或两相邻断面之间的距离大于50m时，改用下式：

$$V = L (S_1 + S_2 + 4S_0) / 6$$

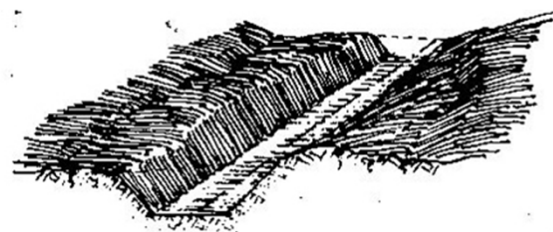
$S_0$ 为中间断面面积，求法有两种：

(1) 用求棱台中截面面积公式：

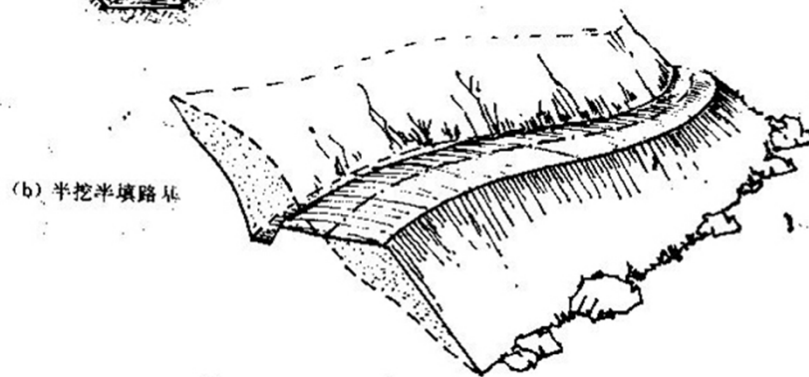
$$S_0 = [S_1 + S_2 + 2 (S_1 S_2)^{1/2}] / 4$$



带状土山垂直断面取法



(a) 沟渠、路堑



(b) 半挖半填路基

# 第一节 土方工程量的计算

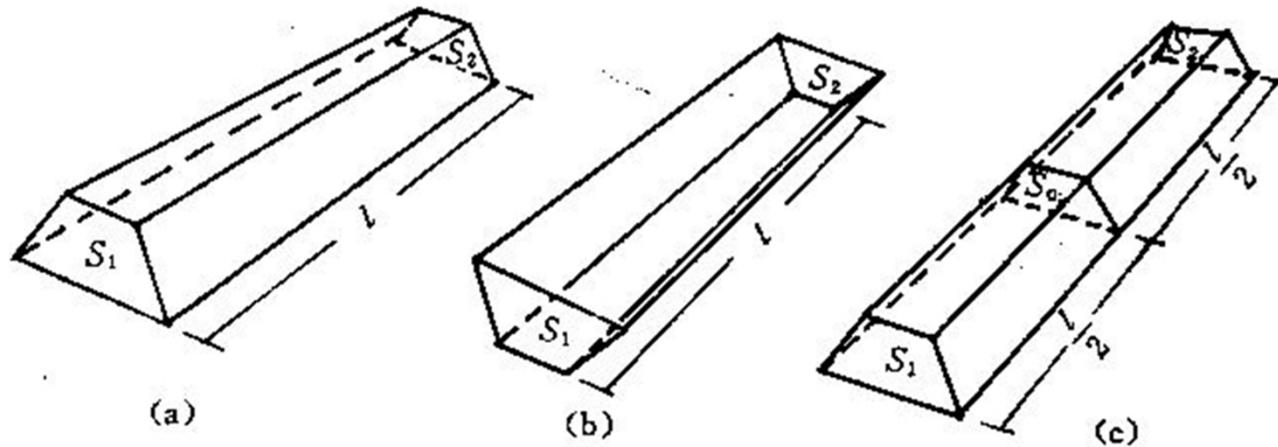
(2) 用 $S_1$ 及 $S_2$ 各相应边的算术平均值求 $S_0$ 的面积。

如图所示，求 $S_0$ 。

$S_0$ 的上底的值为 $S_1$ 的上底与 $S_2$ 的上底的和的 $1/2$ ；

$S_0$ 的下底的值为 $S_1$ 的下底与 $S_2$ 的下底的和的 $1/2$ 。

则 $S_0 = h [S_0 (\text{上底}) + S_0 (\text{下底})] / 2$

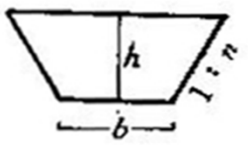
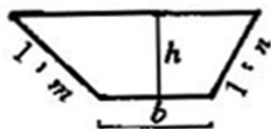
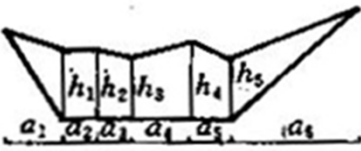
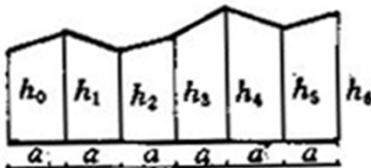




# 第一节 土方工程量的计算

垂直断面法也可以用于平整场地的土方量计算。

用垂直断面法求土方体积，比较繁琐的工作是断面面积的计算。几种断面面积计算公式见下表。

| 断面形状图示                                                                              | 计算公式                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | $F = h (b + nb) \quad (1-11)$                                                                                                    |
|    | $F = h \left[ b + \frac{h(m+n)}{2} \right] \quad (1-12)$                                                                         |
|   | $F = b \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{(m+n)}{2} \frac{h_1 h_2}{2} \quad (1-13)$                                                     |
|  | $F = h_1 \frac{a_1 + a_2}{2} + h_2 \frac{a_2 + a_3}{2} + \dots + h_3 \frac{a_3 + a_4}{2} + h_4 \frac{a_4 + a_5}{2} \quad (1-14)$ |
|  | $F = \frac{a}{2} (h_0 + 2h + h_n) \quad (1-15)$<br>$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$                                             |

# 第一节 土方工程量的计算

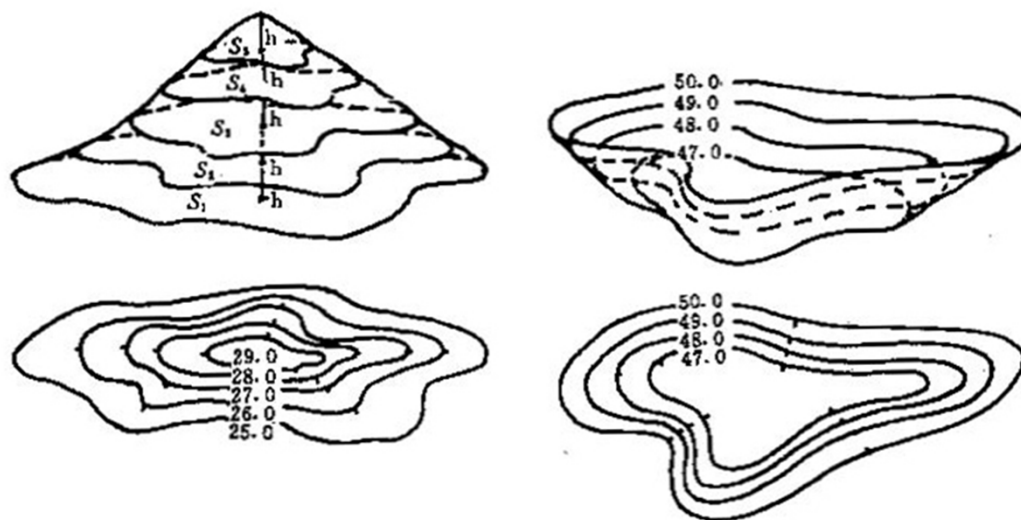
## 2. 水平断面法（等高面法）

即是沿等高线取断面，等高距即为二相邻断面的高，计算方法与断面法相同（如右图）。计算公式如下：

$$V = (S_1 + S_2) h / 2 + (S_2 + S_3) h / 2 + \dots + (S_{n-1} + S_n) h / 2 + S_n h / 3$$
$$= [ (S_1 + S_n / 2 + S_2 + S_3 + S_4 + \dots + S_{n-1}) \times h + S_n \times h / 3 ]$$

V—土方体积（m<sup>3</sup>），S—断面面积（m<sup>2</sup>），h—等高距（m）

等高面法最适宜大面积的自然山水地形的土方计算。



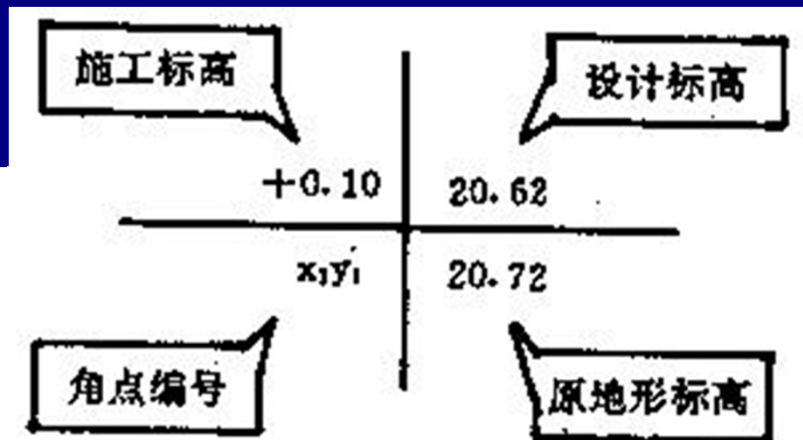
# 第一节 土方工程量的计算

## 3. 方格网法

平整场地的工作是将原地形按设计要求整理成为平坦的具有一定坡度的场地（如：生态停车场、科普广场等）。

此类地块的土方量计算最适宜用方格网法。

方格网法是把平整场地的设计工作和土方量的计算工作和在一起进行的。

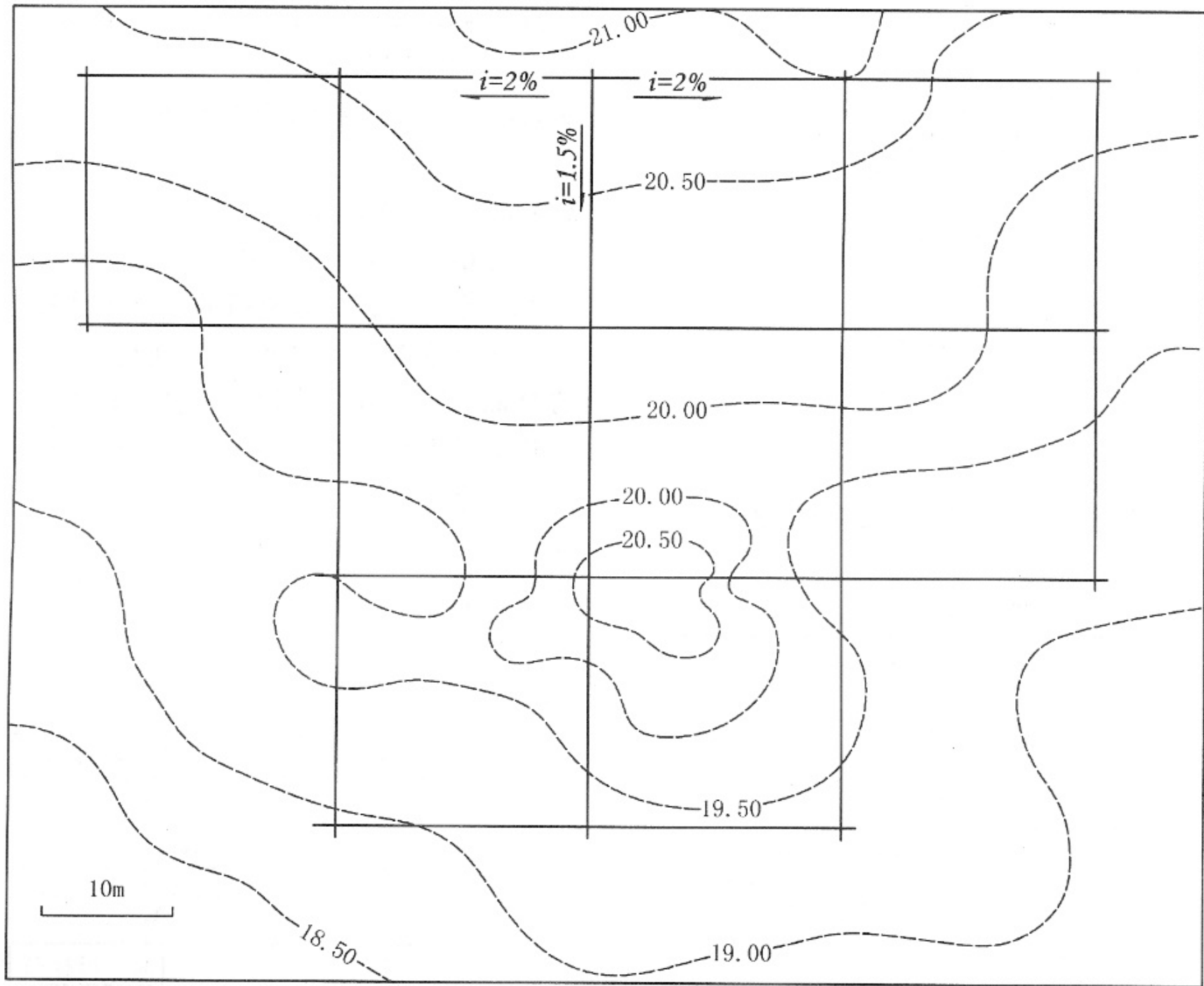


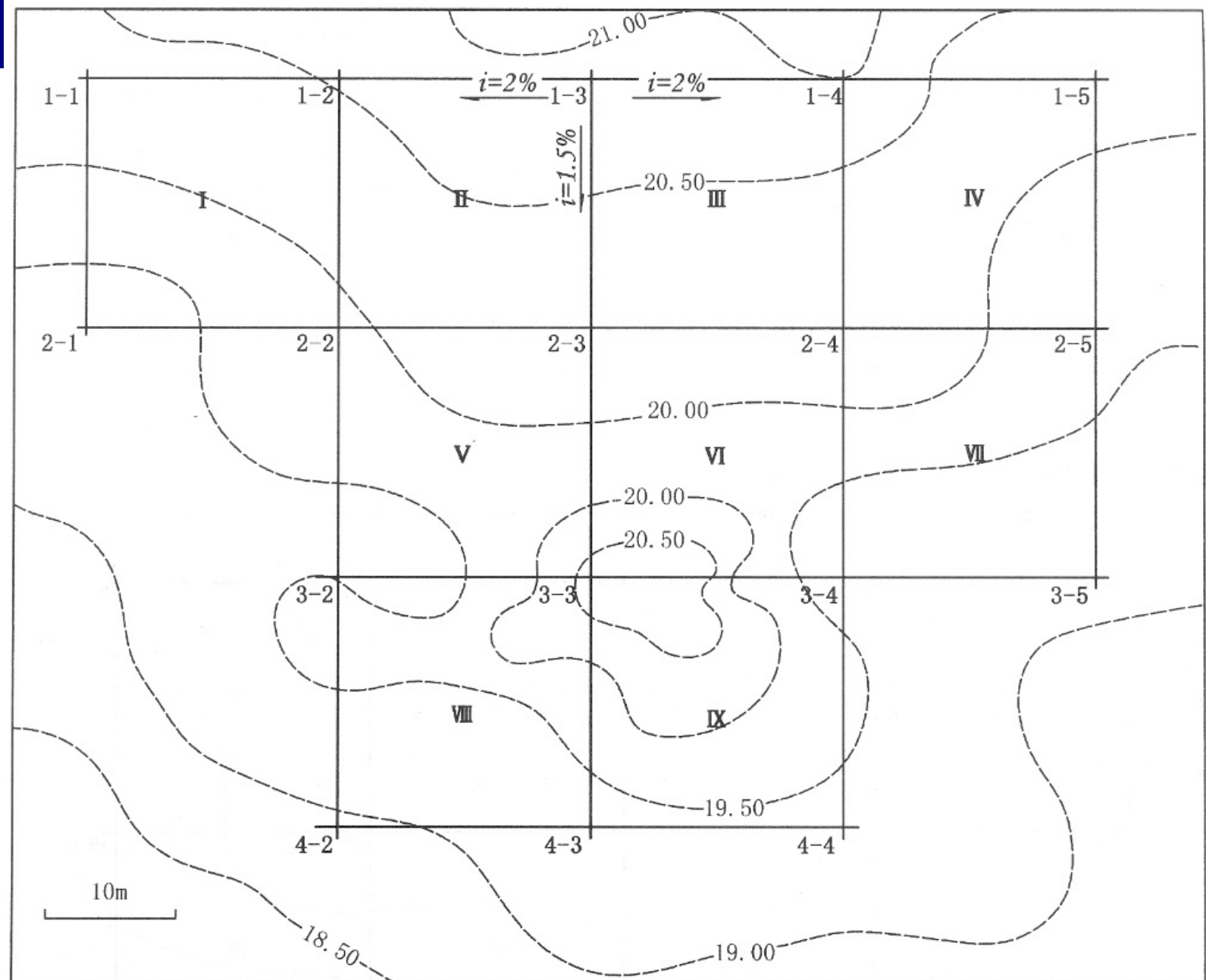
方格网法工作程序是：

- (1) 绘方格网（一般用10~50m），对各角点编号
- (2) 求原有地形图方格交点的**地形标高**（用插入法求）
- (3) 依设计意图确定各角点的**设计标高**（平整标高 $H_0$ ）  
（基本上是原地形所有角点标高的算术平均值）
- (4) 求**施工标高**（设计标高与原地形标高之差）

注意（2）-（4）步的计算数据按上图的方式填写

- (5) 确定 $H_0$ 所在的位置
- (6) 计算零点及零点线（填挖界线）
- (7) 算土方，填入土方平衡表，绘出土方分配图。





2/14/2020



表 3.2 土石方量的方格网计算图式

|  |  |                                                                                                                                                                     |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | 零点线计算                                                                                                                                                               |
|  |  | $b_1 = a \cdot \frac{h_1}{h_1 + h_3} \quad b_2 = a \cdot \frac{h_3}{h_3 + h_1} \quad c_1 = a \cdot \frac{h_2}{h_2 + h_4} \quad c_2 = a \cdot \frac{h_4}{h_4 + h_2}$ |
|  |  | 四点挖方或填方                                                                                                                                                             |
|  |  | $\pm V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$                                                                                                                      |
|  |  | 二点挖方或填方                                                                                                                                                             |
|  |  | $\pm V = \frac{b+c}{2} \cdot a \cdot \frac{\sum h}{4} = \frac{(b+c) \cdot a \cdot \sum h}{8}$                                                                       |
|  |  | 三点挖方或填方                                                                                                                                                             |
|  |  | $V = \left(a^2 - \frac{b \cdot c}{2}\right) \cdot \frac{\sum h}{6}$                                                                                                 |
|  |  | 一点挖方或填方                                                                                                                                                             |
|  |  | $V = \frac{1}{2} \cdot b \cdot c \cdot \frac{\sum h}{3} = \frac{b \cdot c \cdot \sum h}{6}$                                                                         |

一般情况下，在平整地形中，要求土方就地平衡。但追求填挖方数字的绝对平衡是没有必要也没有意义的。湿地工程地形土方工程更应重视在保证规划设计意图体现的基础上，如何尽量减少填挖土方量和运距，以节省投资和尽量保持自然山水之气势。

计算结果，比较填挖方的数值，差值 $<5\%$ 时，结果即符合要求。

## 第二节 湿地水体恢复工程

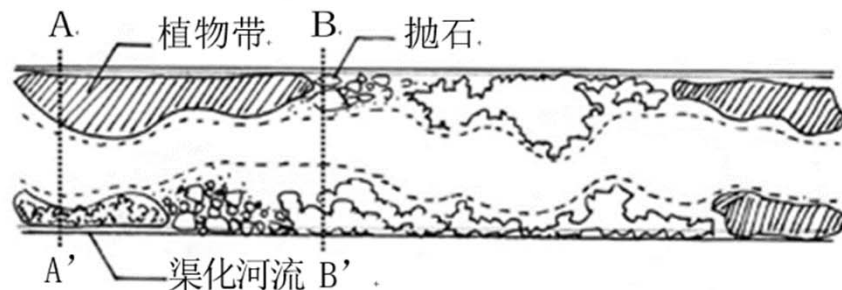
- (1) 水流形态多样化调控技术
- (2) 水文连通技术
- (3) 水量恢复技术
- (4) 水位控制技术

## 第二章 湿地水体恢复工程

### (1) 水流形态多样化调控技术

#### ◆ 抛石与挺水植物

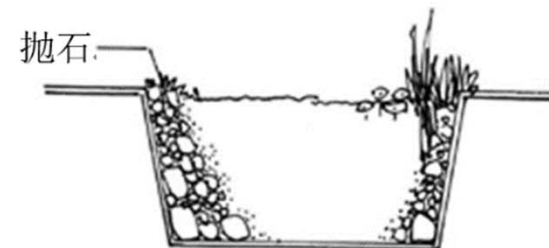
将渠化的河流或笔直的沟渠恢复成自然蜿蜒形态，使水体在更广阔的湿地区域中自由流动，可丰富湿地水文过程在时间和空间上的差异性。向河道、湖泊、库塘边缘**抛石**，或种植**挺水植物**可在小尺度上改变水流形态，提高生境异质性并为底栖动物和鱼类提供生境。



平面图



A A' 剖面图



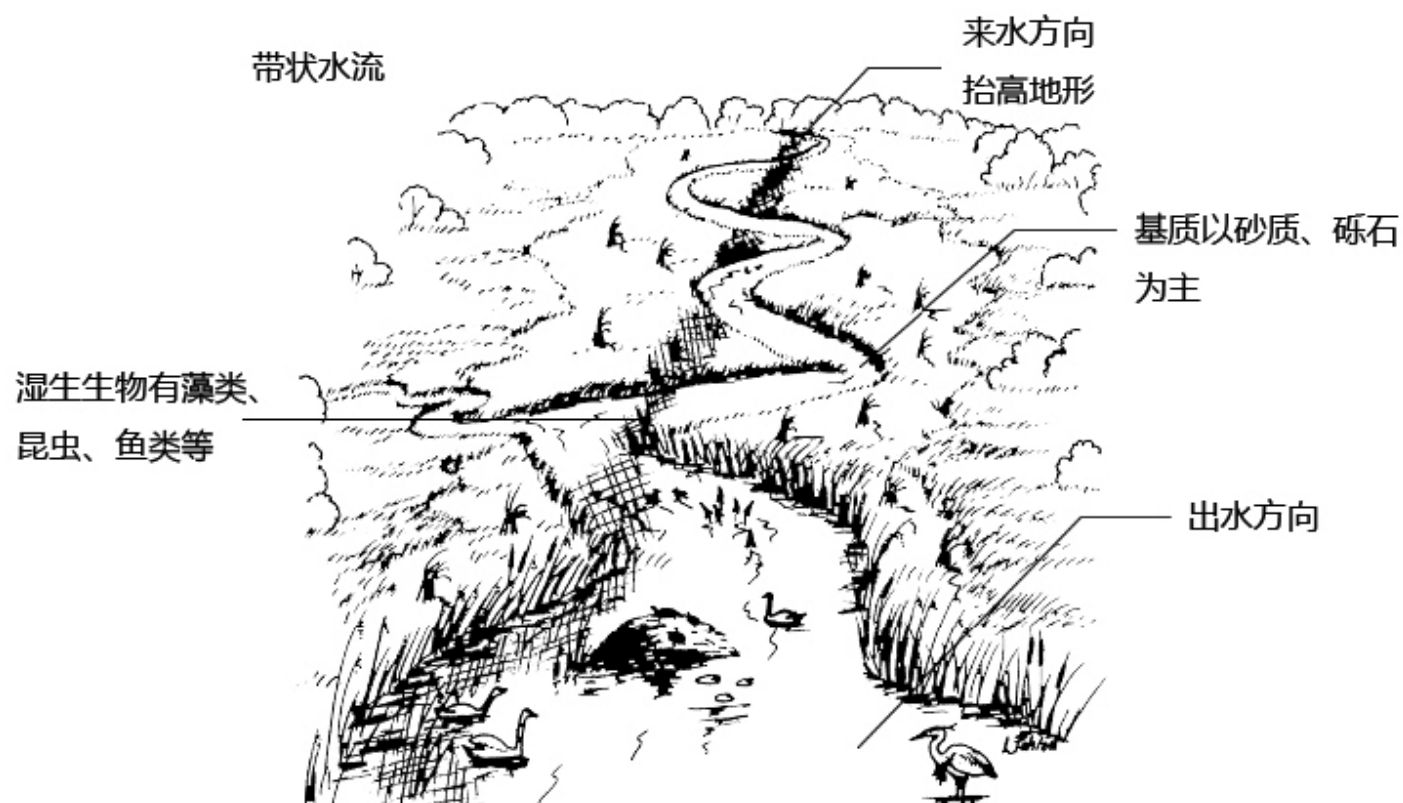
B B' 剖面图

改造渠化河流或笔直沟渠成自然蜿蜒形态使水流形态多样化

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 营造急流带

急流带地形恢复采用**地形抬高和地形削平相结合的方法营造**，在来水方向抬高地形，与出水方向形成倾斜状地形，加速水体流动速度。急流带地形恢复可为那些**喜流水的水生昆虫、鱼类提供适宜**的流水环境。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### (2) 水文连通技术

- 拆除纵横向挡水建构物
- 修建桥涵、水闸、泵站
- 修建引水沟渠



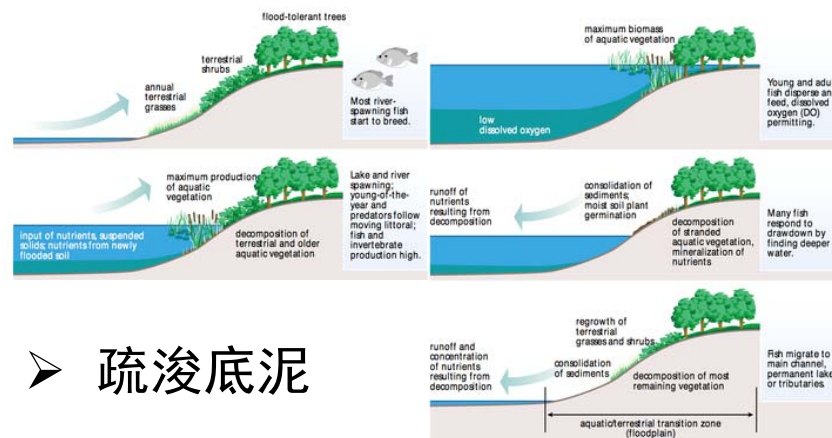
桥涵



水闸



引水沟渠



洪水脉冲理论

- 疏浚底泥
- 恢复潮沟
- 合理利用洪水脉冲



## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 拆除纵横向挡水建构物

拆除纵横向挡水建构物，贯通修复区内部水系，并使其与周边水系相连，形成沟通完善的水体网络。

在相邻接的水体间通过拆除纵向挡水建构物，实现水文连通。如拆除河流水坝，实现河流**纵向水文连通**。在河流、湖泊、水库沿岸，通过拆除堤坝，合理利用洪水脉冲，实现河流**侧向的水文连通和生态联系**。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 修建桥涵、水闸、泵站

桥涵是泄水建筑物，其规模决定着通过水量的大小。水闸对水流起着控制作用，水闸建设保证了水体水文连通。泵站则是修建在河流、湖泊或平原水库岸边的泵站建筑物，通过与输水河道、输水管渠相连，实现水体水文连通。选择站址要考虑水源（或承泄区），包括水流、泥沙等条件。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 修建引水沟渠

以人工挖掘方式修筑以排水和灌溉为主要目的的水道，即沟渠系统，连接水源地（如河流、湖泊、水库）与湿地，增强湿地生态系统内外水体的连通与交换，并发挥多样化的生态水文功能。沟渠系统建设应参考自然河溪河道及河岸生态特征，尽可能生态化。

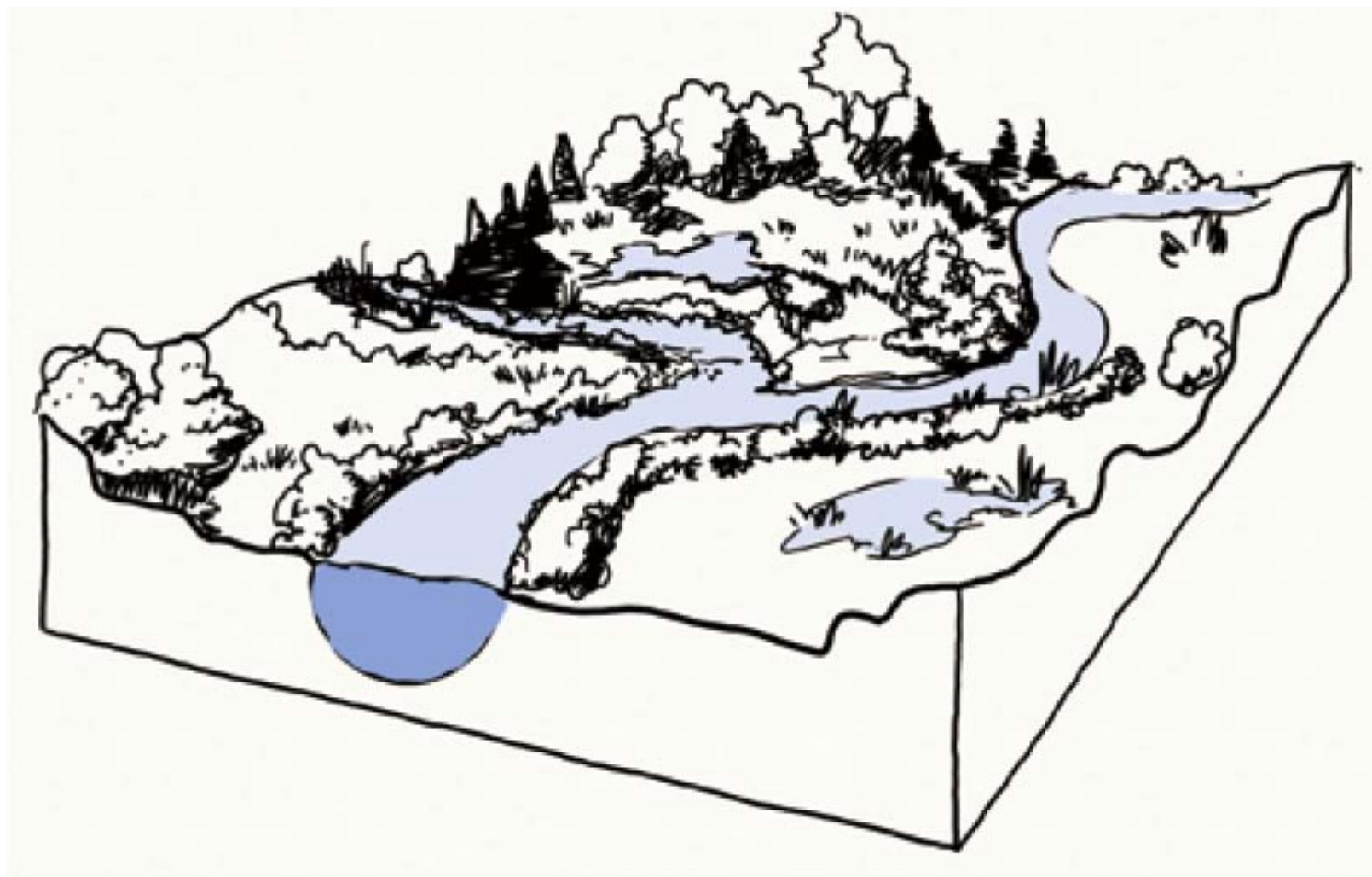


图 6-1 湿地修复中的引水沟渠系统

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 疏浚底泥

在河湖湿地，常常由于底泥的大量淤积，造成暂时性或永久性的水文联系中断。对淤积严重的湿地中的水道，需进行合理疏浚（生态疏浚）。生态疏浚必须在保证具有重要生态功能的底栖系统不受破坏的前提下，精确标定底泥疏浚深度，采用生态疏浚设备，施工期必须避开动植物的繁殖期。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 合理利用洪水脉冲

洪水脉冲将河流中的营养物质、植物种子或繁殖体和大量泥沙等带入河流两岸的湿地，促进湿地土壤发育和植被生长，河流与洪泛湿地间的水文动态和物质交换对维持河流水体—河漫滩湿地复合系统具有重要意义。当洪水脉冲被阻隔时，河流与湿地间的水文联系也因此中断，并导致湿地退化。通过控制沉积物下沉以抬高河床、引河水注入河流两岸的沼泽地、在河流两侧挖掘形成

较低地形区域等措施，增加河岸湿地的洪泛频率，重建退化河道与河岸湿地间的水文过程。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 恢复潮沟

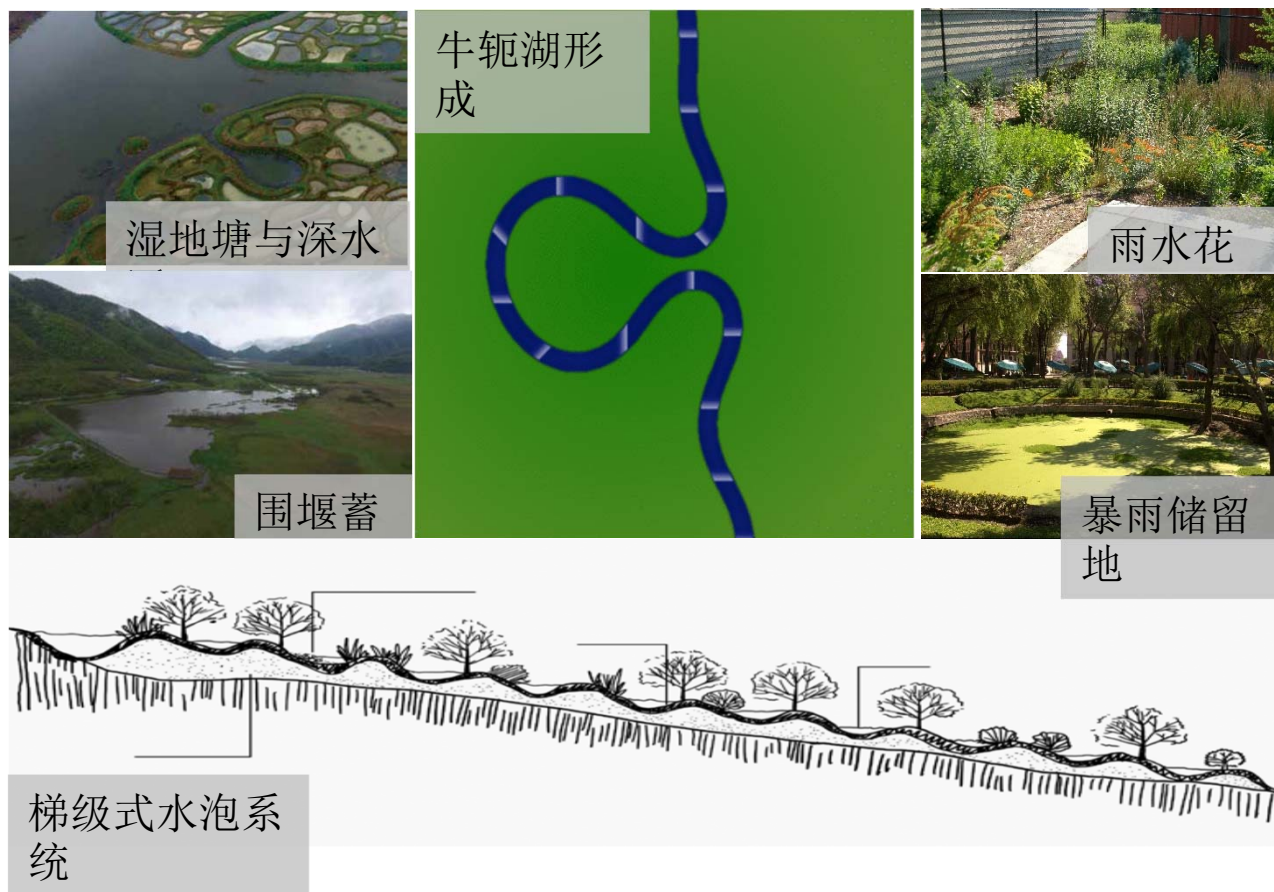
潮沟恢复包括重建呈树枝状的潮沟系统，通常分2-3 级；恢复河曲发育良好的潮沟；恢复具有从潮沟底—潮沟边滩—植被覆盖潮滩的横断面格局，提高潮滩湿地生境异质性，利于底栖动物和鸟类的生存。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### (3) 水量恢复技术

- 生态补水
- 恢复区域局部深挖
- 围堰蓄水
- 牛轭湖
- 梯级式水泡系统
- 雨水收集利用系统
- 暴雨储留湿地
- 水源涵养林



## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 生态补水

- 利用河流、人工渠道、提水泵站等措施引水，实施生态补水。
- 湿地生态补水也可采用经净化处理的再生水。
- 在湿地缺水区可通过现有沟渠或临时铺设管道引入其他水体的水。
- 利用雨水补给湿地水源是一个资源化、可持续的补水策略。也可将城市雨污分流后的雨水管通入人工湿地净化，利用自然重力出水流入缺水湿地，进行生态补水。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 恢复区域局部深挖

深挖（如在缺水干涸的地面、或浅水沼泽中挖掘水凼）创造湿地修复区域局部深水区和各种类型的湿地塘，增加湿地水量。这些湿地塘和深水区有助于湿地在枯水季节不致表面干涸，保障水生生物的生存空间和鸟类的饮水场所。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 围堰蓄水

在由地势差异而形成的湿地中，构建围堰是恢复水量的有效措施。以潜坝围堰，可以保持比湿地原始状态高的水位，形成一定面积的水面，提高蓄水能力。潜坝的高低和宽度依据修复区地形、场地面积和汇水区面积而定，通常砌筑土质潜坝（即土埂）。在河流上砌筑潜坝，不能阻断河流的纵向水文连通性。通过围筑陂塘和填堵排水沟（如用麻袋或木质物分级填堵排水沟）、挖掘“泻湖”“牛轭湖”等结构，也可作为湿地蓄积水源。



图 6-5 围堰蓄水示意图  
(左下为起围堰蓄水作用的潜坝，神农架大九湖)



## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 牛轭湖

参考牛轭湖形态结构及生态功能，在河流湿地修复中，沿河岸区域，挖掘牛轭湖形态的水湾（凼），起到蓄水、供水作用，保障水生生物的生存空间，发挥污染净化功能。在湖泊、库塘湿地的恢复中，构建牛轭湖也常常起到为水鸟提供生境的重要功能。

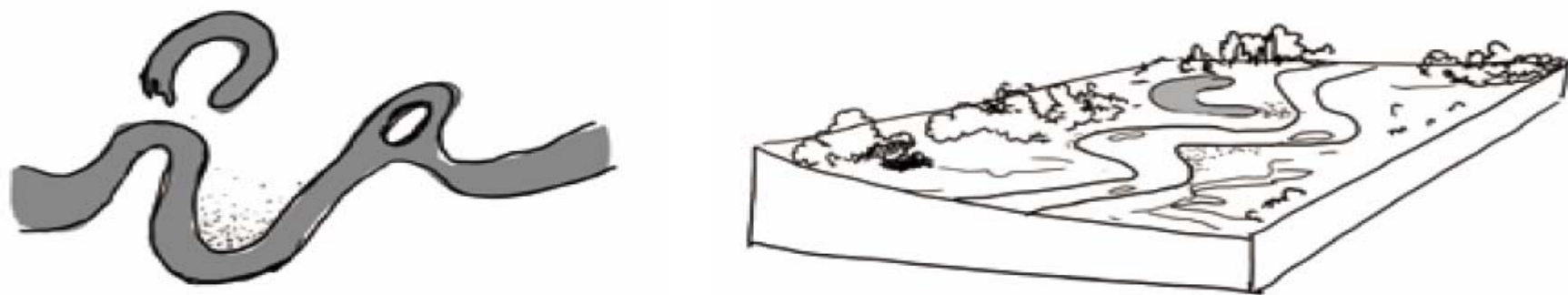


图 6-6 湿地修复中的牛轭湖示意图



## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 梯级式水泡系统

在河流上，尤其是沟道上游，以及湖岸、库岸缓坡，通过扩挖小水面（水泡、小型浅水塘），沟通相邻接的小水面（水泡），构筑阶梯式水泡系统，发挥其在湿地修复中的储水、蓄水、补水生态功能。

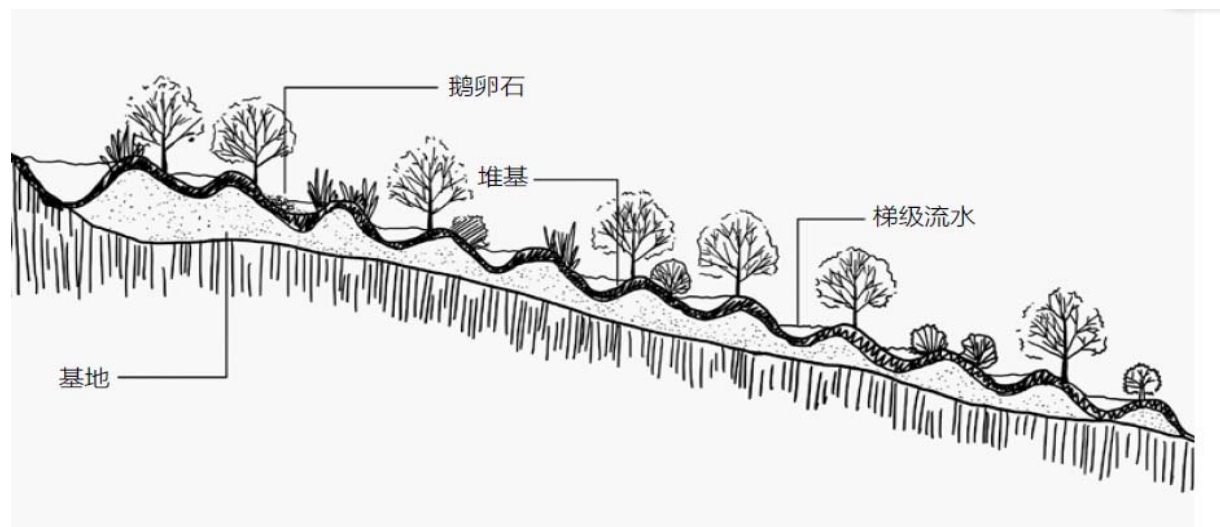


图 6-7 湿地修复中的梯级式水泡系统

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 雨水收集利用系统

雨水是湿地的重要水源之一。根据雨水源不同，分屋顶雨水和地面雨水两类。湿地修复中常见的雨水收集系统包括屋顶花园、雨水花园、生物滞留塘、生物沟、生物洼地。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ➤ 雨水花园

通过人工挖掘，形成小面积浅凹绿地，用于汇聚并吸收来自屋顶或地面的雨水，是湿地修复中可持续的雨洪控制与雨水利用设施。

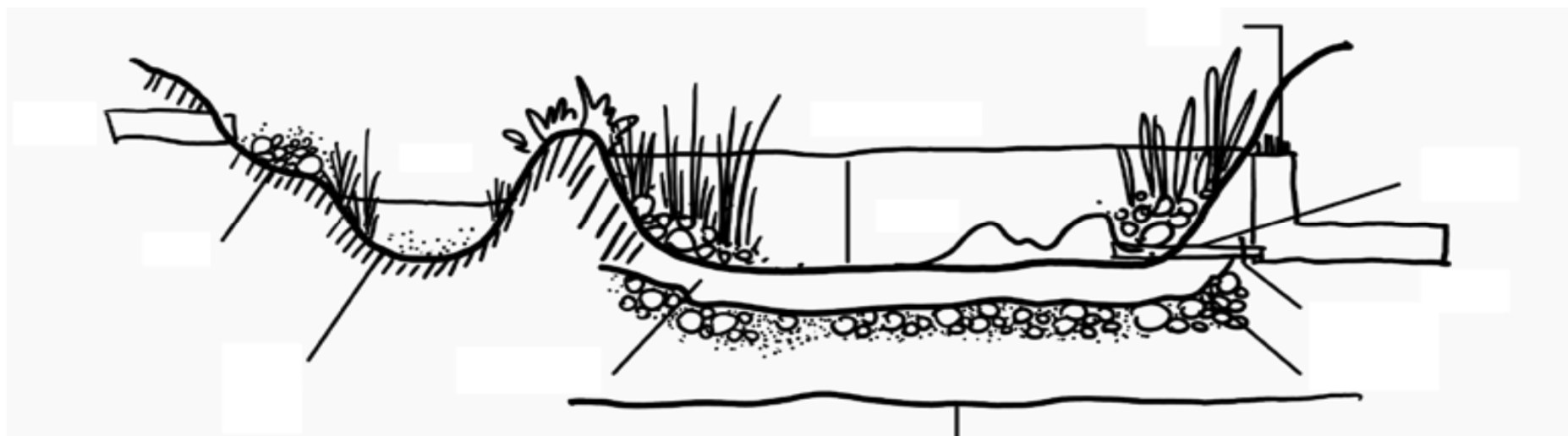


图 6-8 湿地修复中的雨水花园

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ➤ 生物滞留塘

在地势较低区域，通过植物、土壤和微生物系统构建蓄渗、净化径流雨水的水塘。生物滞留塘宜分散布置且规模不宜过大，生物滞留塘面积与汇水面面积之比一般为5% ~ 10%。生物滞留塘的蓄水层深度应根据植物耐淹性能和土壤渗透性能来确定，一般为200 ~ 300 mm。





## 第二章 湿地水体恢复工程

### ➤ 生物沟

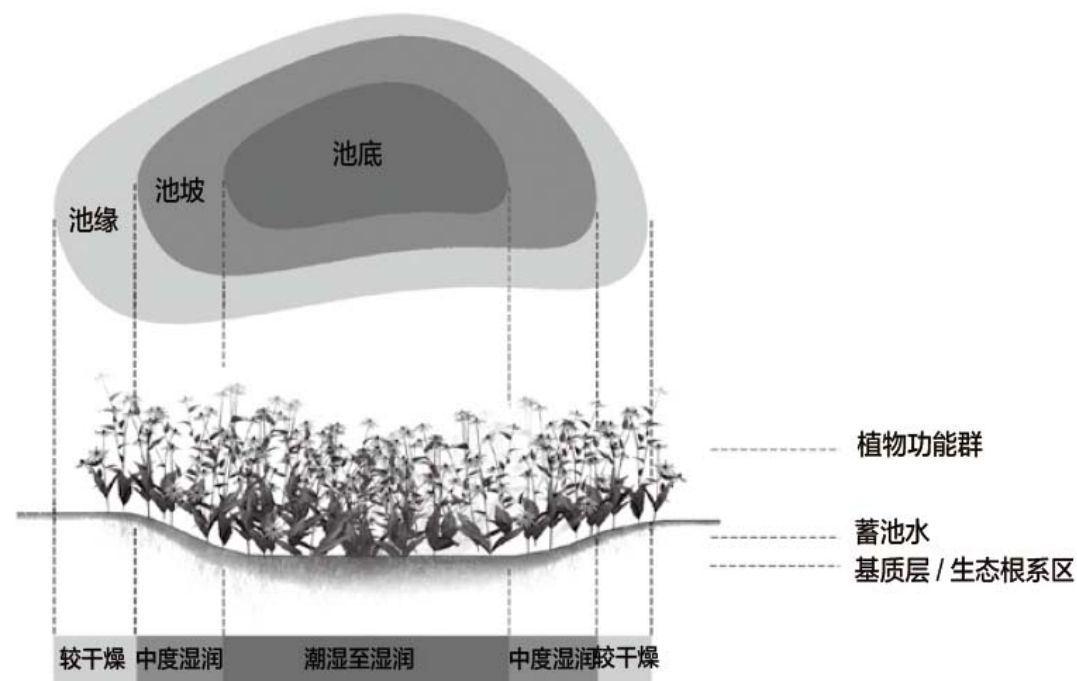
沿湿地修复区内各级道路两侧，构建种植有植被的地表沟渠，一般为碟形浅沟，可收集、净化、输送和排放径流雨水。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### ➤ 生物洼地

人工挖掘形成低洼池，通过土壤改良使洼池基质具有良好渗透性，在洼地池中栽种植物，是湿地修复中控制雨洪、蓄积并补给地下水、净化面源污染的技术措施。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 暴雨储留湿地

暴雨储留湿地分3 个部分：①湿地塘—浅水沼泽湿地系统，由两个独立的单元组成，即湿地塘和浅水沼泽湿地；②延伸带滞洪湿地系统，增加径流雨水暂时储存池，植被带分布沿着延伸带滞洪湿地斜坡边缘从正常塘面高度一直延伸到延伸带滞洪水面的最高处；③小型水塘系统，为实现暴雨控制水塘系统的储蓄水、缓流和生物生境等功能，建设25% ～ 50% 的水面，且水深在50cm 左右，其余50% ～ 75% 的水面区域水深达到1.5 ～ 2.5m。





图 6-12 具有蓄水、滞洪、净化功能的暴雨储留湿地剖面

## 第二章 湿地水体恢复工程

### ◆ 水源涵养林

水是湿地的重要因子，除了上述水源及生态补水措施外，水源涵养林恢复和建设是涵养湿地区域内水的重要措施。在河流第一层山脊、湖泊及水库周边营造水源涵养林，有利于保障湿地区域内的水量和水质。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### （4）水位控制技术

建设生态闸坝、潜坝（通常砌筑土质潜坝，以潜坝围堰，可保持比湿地原始状态高的水位；潜坝高低依据修复区地形和水位控制要求而定）、水闸、原木拦截堰、泵站等措施，按湿地保护需求和栖息动植物适宜水深控制水位。

也可利用水控结构控制水位。在沟渠的合适位置安装水控结构进行排水管理，同时也可用来转移和控制水流，其设计要求考虑季节性水位的变化，以优化丰水期排水和枯水期储水的功能。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 三、湿地修复案例

- 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复
- 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复
- 3.3 湖北神农架大九湖亚高山沼泽湿地修复
- 3.4 浙江杭州西溪库塘湿地修复
- 3.5 广州南沙湿地公园红树林滨海湿地修复案例

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

大莲湖位于上海市西郊淀山湖东南的青浦区淀山湖莲湖村，属天然湖泊湿地，是黄浦江水源地。大莲湖东北接拦路港，西北接北横港，原湖泊水面积 $3.03\text{km}^2$ ，后因围垦导致面积减少，缩小到仅 $0.99\text{km}^2$ 。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

#### 存在问题：

农业面源污染、生活污水以及湖泊底泥内源污染的影响，大莲湖水质变差，水质总体上为Ⅳ～Ⅴ类，处于中等富营养化阶段，水源涵养和水体净化能力下降。

由于大莲湖地处黄浦江上游水源保护区核心位置，作为淀山水经拦路港注入黄浦江的枢纽通道，其水环境质量直接影响到黄浦江取水口的水质安全，其湿地修复对于黄浦江上游水源地生物多样性保育、水环境保护和净化具有重要作用。

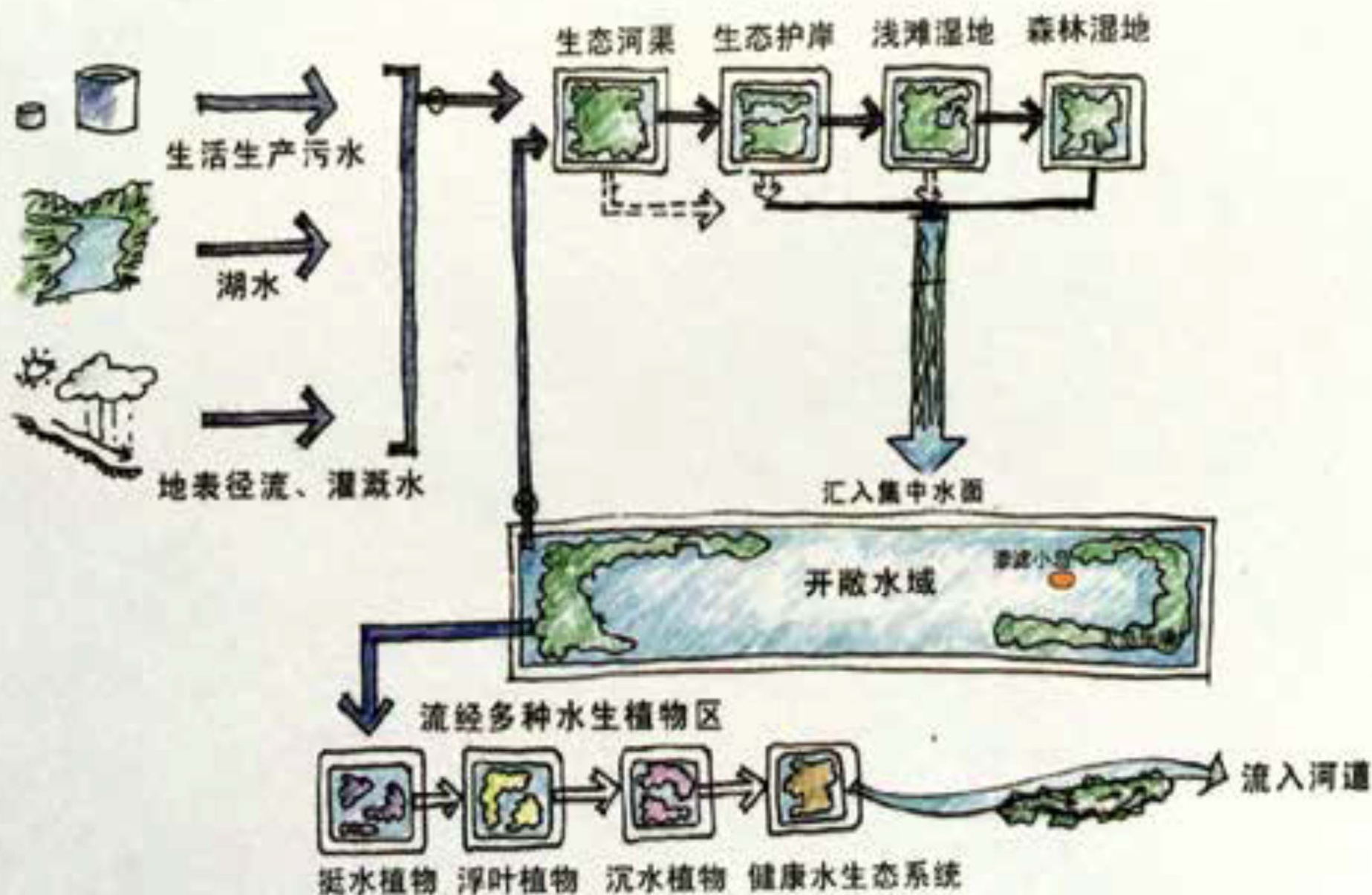
大莲湖所在的青浦区是上海市传统的农业地区，如何协调水源保护与原住民传统农业生产的矛盾。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

**目标：**以水质净化和湖泊湿地生态修复为目标，通过一整套湿地修复工程的实施、社区参与和源头控制，优化湖泊及其周边的土地利用格局，改善和恢复湖滨缓冲区结构和功能，重构湿地生境多样性，恢复健康的湖泊湿地生态系统，恢复其水体净化和生物多样性保育等功能。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

修复策略 1：退渔还湖，控制区域内人工鱼塘的面积

在土地利用方面，退塘还湿，控制区域内人工鱼塘的面积，同时恢复该区域及其周围一定面积的湿地景观，使不同斑块之间保持生态连通性，周边的景观作为缓冲带，在一定程度上减弱外界对修复区内栖息生物的影响。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复



附图 2 工程实施后人工鱼塘转变成半自然状态下的湿地

的面积

主的人工湿  
效性水域和  
面积占30%，

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

修复策略 2：河道水系调整，将不同水域沟通形成水网

恢复工程实施前，周围没有水系沟通，各水塘彼此间隔，通过恢复自然水面及不同水域之间的沟通和联系，提高湿地蓄水功能，促进区内水量平衡，改善区内的水环境。河道、水系沟通，重新挖深并疏浚水系，使得原来小型的斑块鱼塘分割的景观格局，形成彼此连接的水网，并通过闸口与外界河道相连，增强了水体的流动性及与外界的交流。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

修复策略 2：河道水系调整，将不同水域沟通形成水网

对河道进行疏浚沟通，将金口门港与大莲湖沟通，并在两水系交汇处新建水闸，减轻下游村庄的防洪排涝压力，同时通过大莲湖的水质净化功能，改善内部河网的水环境。通过河网水系恢复，还原江南水乡特色，带动区域生态旅游产业。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1

修  
开  
最  
同  
到  
河



网  
水塘  
不  
上升  
过

附图3 大莲湖修复后的自然水系



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

#### 修复策略 3：湖滨带湿地修复与森林湿地培育

通过实施湖滨湿地修复工程及其配套的河流水系修复、森林湿地培育、浅滩湿地修复等系列综合湿地修复工程，对大莲湖湖滨地形、植被结构、湖滨生态系统进行恢复，有效发挥了面源污染物质的拦截作用。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

#### 修复策略 4：湿地植被修复

针对大莲湖存在的湿地植物种类单一、缺乏稳定的湿地植物群落及湿地植被功能性单一的问题，因地制宜地选取当地具有地带性的湿地植物，构建符合大莲湖区域地形和景观需求的植构建近自然状态的湿地植物群落。遵循植物生态位和生态演替规律，构建以湿地乔木、灌木、草本、水生植物为主体的近自然状态的湿地植物群落，并为野生动物提供庇护和栖息场所。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

#### 修复策略 4：湿地植被修复

在水生植被配置方面，充分考虑水生植物的净化水质功能及景观功能，尽量选择环境适应性强、净化水质能力强的湿地植物，注重挺水植物（如芦苇、香蒲、慈姑等）、浮水植物（如睡莲、荇菜、菱、芡实）、漂浮植物（如芡实等）和沉水植物（如金鱼藻、苦草、眼子菜等）之间的搭配设计。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

#### 修复策略 4：湿地植被修复

按照自然湖泊湿地的植被配置，在修复区进行植被引入及重建，在原有水生植被和人工林的基础上，增加池杉、水杉等大型乔木的种植面积。随着人工鱼塘被自然水域所代替，重新引入美人蕉、莲、苦草、茆菜等水生植物群落。形成了乔木、灌木、草本植物、挺水植物、浮水植物、沉水植物等植被演替系列。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

#### 修复策略 5：湿地生境修复

- 实施退塘还湿，对现有鱼塘进行挖深、沟通，形成完整的水系，以恢复生态系统结构和功能的完整性。
- 根据大莲湖特点，以上层鱼类、中下层鱼类和底层鱼类的放流相结合，自然放养鲫鱼、黄颡鱼、鲤鱼、子陵吻鰕虎鱼、麦穗鱼、棒花鱼、鳊鲂鱼等土著鱼类。
- 通过生物操纵，对水质起到净化作用，并为鸟类提供食物资源。另在核心区周围建立缓冲带，重建越冬水禽栖息地。根据湿地物种保育要求，优化植物群落结构，特别针对雁鸭类等水禽的生境偏好，设计不同水深和不同植被的多样化生境。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

修复策略 6：生态疏浚与岛屿生境建设有机结合



附图 8 大莲湖是具有净化功能和鸟类生境功能的岛屿（图片由 WWF 提供）  
以及生态疏浚与岛屿生境建设有机结合。



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.1 上海大莲湖湖泊湿地修复

#### 修复策略 7：生态种养殖模式

- 推广约17.3hm<sup>2</sup> 的蛙稻种养殖，稻—虫—蛙天然食物链
- 推广约9.67hm<sup>2</sup> 的有机茭白种植，促早栽培技术及农业废弃物综合治理技术；
- 推广生态养殖，设置养殖水源净化区、生态养殖区及养殖废水处理区等三个功能区。通过发展生态养殖，减少现有水产养殖对水源的环境影响。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复

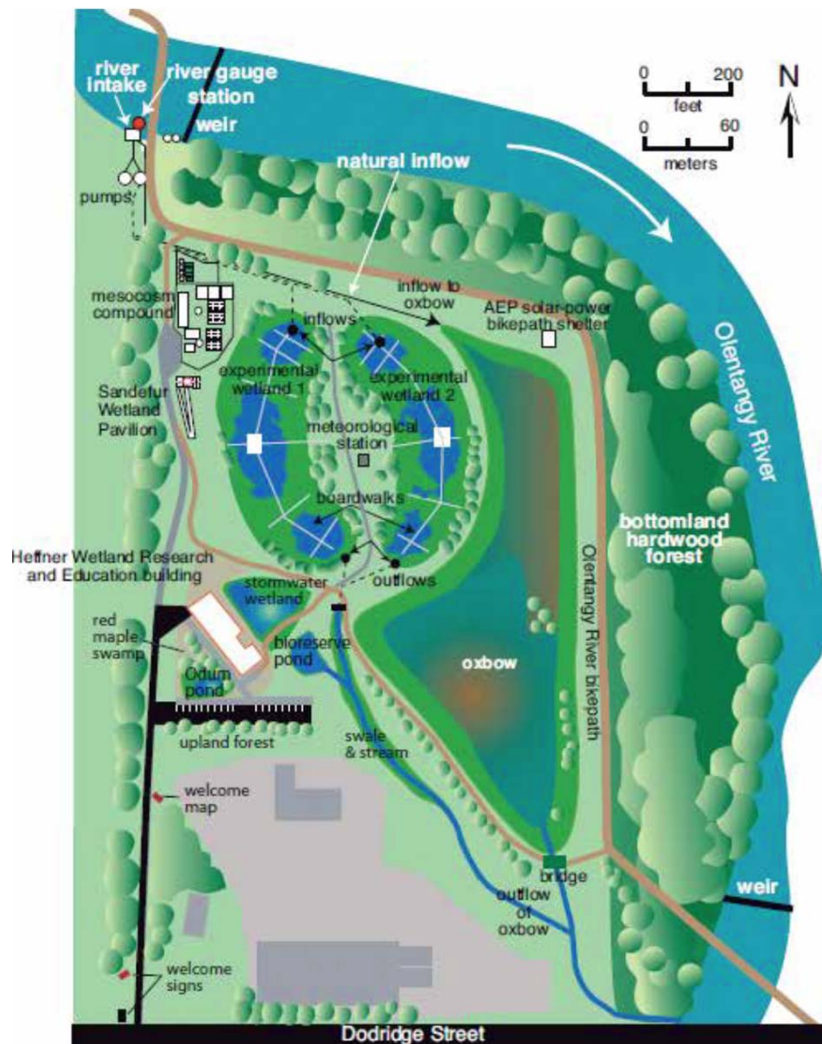


1999年经历了6个生长季节后，Olentangy河流湿地研究公园的一对实验湿地，给我们呈现了“自我设计”的长期实验效果（引自 William J. Mitsch）

位于美国哥伦布市的Olentangy 河是密苏里河的支流，属于密西西比河流域。河流湿地修复河段位于俄亥俄州立大学校园内，是一个持续20 多年的整体生态系统实验。20 世纪80 年代，Olentangy 河污染较为严重，为了治理河流的污染，启动了Olentangy 河俄亥俄州立大学校园段的河流湿地修复工程。从1993 年开始，设计并建造了一系列河流湿地工程。在这个河流湿地系统里，在20 多年的时间里，持续不断的河水的引入及作用，加速了河流湿地修复的自我设计（ self-design）过程。现在，Olentangy 河湿地修复正在向全河段延伸，通过拆除橡胶坝、建设河岸湿地，恢复Olentangy 河的生命力。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复

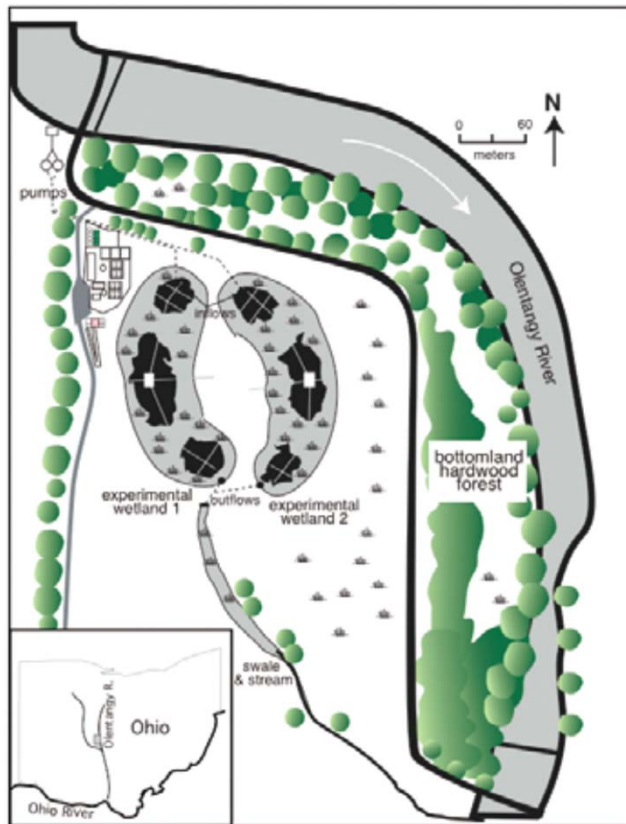


**目标：**通过河流湿地修复工程的实施，净化上游来水水质；设计长时间尺度的整体生态系统实验，通过湿地塘、牛轭湖、暴雨花园、低地硬木林、湿洼地等一系列理念先进的湿地修复工程的实施，让河流湿地修复的自我设计能力得到很好的发挥。

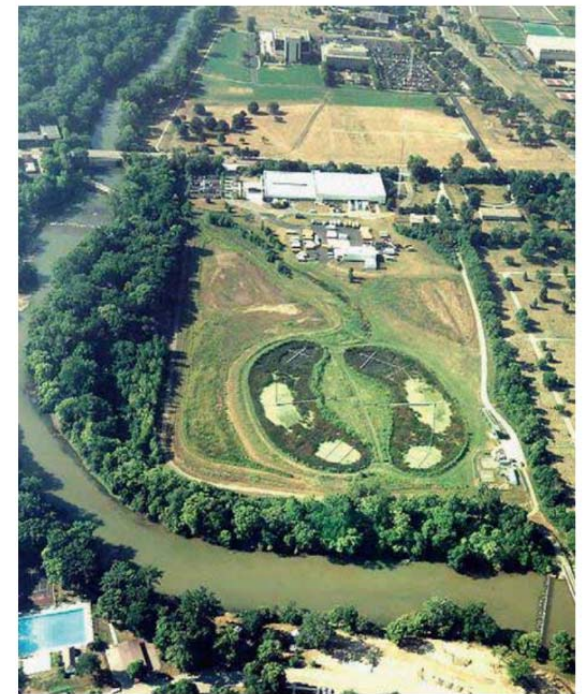


## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复 修复策略 1：湿地修复的自我设计



在Olentangy河流湿地研究公园内，设计一对双肾形态的实验湿地。按照设计，1993 年在右边的湿地种植了 12 种湿地植物；左边的湿地则没有种植植物，作为空白对照。两个湿地都有明显的河水的输入以及水文周期。恢复实验的目的是验证自然的自我设计能力和自我修复能力。



1999 年经历了 6 个生长季节后，Olentangy 河流湿地研究公园的一对实验湿地呈现了“自我设计”的长期实验效果 (引自 William J. Mitsch)

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复

#### 修复策略 2：建设牛轭湖

在Olentangy 河流湿地研究公园，模拟河流牛轭湖的结构和功能，在河岸区域建设了大型牛轭湖，Olentangy 河保持着水文联系。牛轭湖发挥着对高地来的地表径流的污染净化作用，同时，通过洪水脉冲，与Olentangy 河道保持着水文联系、营养物质联系和物种联系。

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复

#### 修复策略 3：构建生物保护塘



主境，在河岸区域  
边水塘与Oientangy  
水功能，为水生植  
提高生物多样性



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复

修复策略：建设自然共同

在  
域  
，  
养  
净



河岸区  
的雨水  
，涵  
表径流

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复

修复

河岸  
洼地  
系。

功能  
池，  
地。  
、净



用，河岸  
物种流联  
境等生态  
挖掘低洼  
的生物洼  
控制雨洪

附图 73 Olentangy 河流湿地研究公园内的生物洼地

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国伊伦布格河河床抬升修复策略



岸湿地

。在  
河岸湿  
多功能  
多样化

河  
0  
地  
。  
的



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复

#### 修复策略 7：保留并通过流水维持河流沙洲湿地群

在0  
照河  
，不  
留沙  
在。  
得以



按  
关系  
主保  
内存  
贝而

附图 76 Olentangy 河河流—湿地复合体

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.2 美国俄伦唐格河河流湿地修复

修复策略 8：拆除挡水构筑物，实现河流水文连通



A B C  
附图 77 Olentangy 河流恢复—拆除橡胶坝，恢复河流纵向水文联系  
(B 为橡胶坝拆除前，C 为橡胶坝拆除后)

与  
沂  
交  
是

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.3 浙江杭州西溪库塘湿地修复

修复策略 1：坚持保护优先，修复及维育水系基塘网状湿地格局



附图 27 西溪塘—基—渚—溪网状湿地格局（图片为西溪国家湿地公园生态研究中心提供）



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.3 浙江杭州西溪库塘湿地修复

修复策略 2：基于有机更新，恢复乡土植被，提升植物多样性



附图 28 西溪湿地实施恢复工程后自然野趣的乡土植被  
( 图片为西溪国家湿地公园生态研究中心提供 )

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.3 浙江杭州西溪库塘湿地修复

修复策略 3：完善功能分类，优化湿地结构与功能格局

- 保护型
- 缓冲型
- 观光型
- 廊道型



附图 30 西溪湿地实施恢复工程后的多功能复合型湿地景观

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.3 浙江杭州西溪库塘湿地修复

修复策略 4：实施“四管齐下”，修复和改善西溪水环境

- 疏浚
- 截污
- 引水
- 生物治理



附图 31 实施疏浚、截污、引水、生物治理工程后西溪湿地良好的水质  
(图片为西溪国家湿地公园生态研究中心提供)



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.3 浙江杭州西溪库塘湿地修复

修复策略 5：坚持“古为今用”，恢复多基鱼塘湿地景观

- 柿基鱼塘
- 桑基鱼塘
- 竹基鱼塘
- 柳基鱼塘

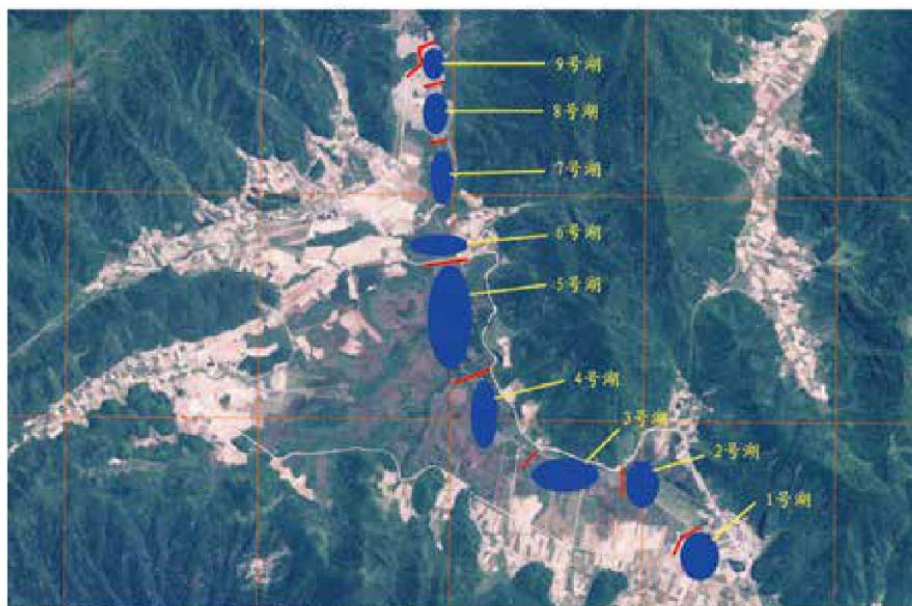


附图 32 恢复后的“柿—桑”基鱼塘湿地景观

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.4 湖北神农架大九湖亚高山**沼泽湿地**修复

修复策略 1：九级潜坝围筑蓄水，形成大面积浅水沼泽



附图 41 神农架大九湖湿地修复工程九级潜坝建设位置  
(图中红色线条为潜坝所在位置。图片由大九湖国家湿地公园管理局提供)



A: 1号湖 2009 年修复前景观



B: 1号湖 2011 年修复后景观



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.4 湖北神农架大九湖亚高山沼泽湿地修复 修复策略 2：以自然修复为主的植被修复策略

采取以自然修复为主的植被修复策略，形成了大九湖疏林林泽、草排、草丘等亚高山沼泽湿地的典型湿地植被景观。



附图 51 神农架大九湖湿地公园的疏林林泽、草丘、草排

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.4 湖北神农架大九湖亚高山沼泽湿地修复 修复策略 3：尊重自然的地形格局的湿地

充分尊重原有的自然地形格局，不轻易改变原地形格局，依靠自然地形，由植被形成了蜿蜒多变的自然水岸。



A



B

附图 52 尊重自然的地形格局的湿地修复  
(A 为 7 号潜坝上游的地形格局所塑造的异质性生境，B 为以自然地形为基础、由植被形成的蜿蜒多变的自然水岸)

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.4 湖北神农架大九湖亚高山沼泽湿地修复

修复策略 4：“矮林沼泽 + 泥炭藓沼泽”复合湿地系统修复



附图 53 神农架大九湖“矮林沼泽 + 泥炭藓沼泽”复合湿地系统



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.4 湖北神农架大九湖亚高山沼泽湿地修复 修复策略 5：充分利用木质物残体增加生境异质



附图 54 神农架大九湖湿地系统中的各种木质物残体形成的小生境结构

## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.5 广州南沙湿地公园红树林滨海湿地修复案例

修复策略 1：构建人工红树林湿地处理系统

修复策略 2：以乡土红树植物为主，恢复红树林植被



附图 84 广州南沙红树林植被恢复  
( 图示为从红树植物到半红树植物的生境梯度 )



## 第二章 湿地水体恢复工程

### 3.5 广州南沙湿地公园红树林滨海湿地修复案例

修复策略 3：红树林鸟类生境营造技术

修复策略 4：红树林湿地互花米草防控技术



附图 85 广州南沙红树林湿地鸟类生境

谢谢！