

ICS XXXX  
CCS XXXXX

# T/YNAEPI

## 云南省环境保护产业协会团体标准

T/YNAEPI XXXX—XX  
XXXXXX

### 生态塘库设计指南

Operation Guidance for Ecological Pond Design

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

云南省环境保护产业协会 发布



# 目 次

前言 .....	2
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	3
4 基础资料 .....	5
5 基本规定 .....	6
6 规模确定 .....	7
7 总体布局 .....	9
8 工艺设计 .....	10
9 工程布置与工程设计 .....	11
10 工程运行与维护管理方案 .....	16
附 录 A 生态塘库主要参数计算方法 .....	17
附 录 B 生态塘库工程实施方案报告编制目录 .....	19
附 录 C 生态塘库工程典型设计图 .....	20
标准用词说明 .....	24

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由XXXXXX提出。

本文件由XXXXXX归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人员：

# 生态塘库设计指南

## 1 范围

本文件主要说明生态塘库的基本概念、基本规定和设计过程中宜收集的基础资料；规定生态塘库的规模、总体布局、工艺、土建和植物配置、工程运行与维护管理等设计应遵循的原则、设计方法和要点。

本文件适用于指导生态塘库工程的设计。村落和农田面源、城镇污水（工业废水和医疗污水除外）处理厂出水、畜禽养殖废水处理排放水、农产品加工废水处理排放水等低污染水处置工程的设计也可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB18918	城镇污水处理厂污染物排放标准
GB3838	地表水环境质量标准
GB50014	室外排水设计标准
GB50069	给水排水工程构筑物结构设计规范
GB50265	泵站设计规范
GB50052	供配电系统设计规范
GB6000	主要造林树种苗木质量分级
GB6142	禾本科草种子质量分级
HJ2005	人工湿地污水处理工程技术规范
CJJ/T 54	污水自然处理工程技术规程
CJJ60	城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程
SL279	水工隧洞设计规范
SL/T269	水利水电工程沉砂池设计规范
DB53/T 306	高原湖泊区域人工湿地技术规范
	水利计算手册（第二版）

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 低污染水 low-polluted water

指氮、磷等主要污染物浓度低于GB18918，而高于GB3838 V类水标准的各种排放水。一般包括受村落和农田面源影响的水、城镇污水（工业废水和医疗污水除外）处理厂尾水、畜禽养殖废水处理排放水、农产品加工废水处理排放水等。

#### 3.2 生态塘库 ecological pond

是一种以塘为主要构筑物，主要通过回用和水域自然生态系统净化，进一步削减低污染水中氮、磷等污染物的生态处理设施，一般具有截蓄、净化、回用、生态和景观等综合功能。

#### 3.3 年降水总量控制率 volume capture ratio of annual rainfall

指设计范围内的降雨通过填充洼地、植物截留、自然蒸发、下渗，以及人工渗透和截蓄等方式，累计控制的降水量占全年总降水量的比值。其计算公式如下：

$$\alpha_p = \frac{P_f + P_t + E + P_{in} + P_{ep}}{P} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\alpha_p$  — 年降水总量控制率，%；

$P_f$  — 填充坑塘、洼地所消耗的降水量，mm；

$P_t$  — 植物截留的降水量，mm；

$E$  — 自然蒸发（包括陆地蒸散发、水面蒸发和植物蒸发蒸腾等）对应消耗的降水量，mm；

$P_{in}$  — 降水下渗进入土壤含水层的量，mm；

$P_{ep}$  — 生态塘库截蓄的降水量，mm；

$P$  — 年降水总量，mm。

#### 3.4 污染物浓度削减率 reduction rate of pollution load

指某污染物在生态塘库进、出水口的浓度变化值与进水浓度值的比值。其计算公式如下：

$$r_p = \frac{c_i - c_o}{c_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$r_p$  — 污染物浓度削减率，%；

$c_o$  — 进水的污染物浓度，mg/L；

$c_i$  — 出水的污染物浓度，mg/L。

#### 3.5 清水替代率 water substitution rate

指通过生态塘库累计回用于周边农田灌溉或市政绿化、道路浇洒等的低污染水总水量占全年用水总量的比值。其计算公式如下：

$$r_{ws} = \frac{W_{ws}}{W_d} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$r_{ws}$  — 清水替代率，%；

$W_{ws}$  — 通过生态塘库累计回用的水量，万 m<sup>3</sup>/a；

$W_d$  — 灌溉、市政道路浇洒、绿化等用水总量，万 m<sup>3</sup>/a。

#### 3.6 尾水利用率 utilization rate of tail water

指通过生态塘库累计回用的城镇污水处理厂尾水量占该厂全年累计产生的尾水总量的比值。其计算公式如下：

$$r_{tw} = \frac{W_{utw}}{W_{tw}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

$r_{tw}$  — 尾水利用率，%；

$W_{utw}$  — 通过生态塘库累计回用的尾水量，万 m<sup>3</sup>/a；

T/YNAEP I XXXX—XX

$W_{tw}$  — 城镇污水处理厂累计产生的的年尾水总量，万 $m^3/a$ 。

## 4 基础资料

### 4.1 工程及规划

生态塘库的设计应收集项目区相关规划、前期设计成果及要求等资料，宜包含但不限于下列资料：

- a) 相关规范及标准。
- b) 相关规划，包含项目区的国土空间规划、水污染防治规划、给水排水专项规划、防洪排涝专项规划、灌区规划、水资源综合利用规划、节水规划、渔业规划、环境保护规划、生态保护和景观旅游规划、电力通信工程规划等。
- c) 前期设计成果，包括生态塘库设计的合同或上级部门下发的勘测设计任务书，前期相关技术报告、审查或咨询意见、批复文件等。
- d) 与生态塘库工程相关的其他工程的技术报告、文件等。
- e) 客户需求，包括业主、项目区周边居民的具体要求。

### 4.2 自然、社会和环境现状资料

生态塘库设计应收集项目区自然、社会、环境、生态、基础设施等资料，宜包含但不限于下列资料：

- a) 自然环境：地形地貌、区域地质（包含满足相应阶段深度要求的勘察成果）、气象（主要是降水、气温和蒸发资料。其中，降水资料宜为逐日降雨数据）、水文、水文地质资料。
- b) 社会经济：行政区划、人口及社会经济统计数据，种植及养殖结构规模统计成果、灌溉定额资料、区域水资源利用情况等。
- c) 环境质量：项目区污染源普查成果，项目容纳处置水体（沟渠来水、城镇污水处理厂尾水等），现有设施（湿地、坑塘、水库）进出水断面，接纳水体（湖库、河道、沟渠）的水质监测资料。
- d) 生态景观：当地水生生态及景观现状调查成果、环境敏感区分布情况、常见陆生和水生动植物物种等。
- e) 用地情况：土地利用现状和基本农田分布情况等。
- f) 基础设施：现有及拟建给水排水管网、污水处理厂、湿地、坑塘、水库、沟渠、灌溉系统等水污染防治及水资源利用相关设施的设计及运行资料，以及当地交通、通信、电力等基础设施的分布状况等。
- g) 造价资料：当地造价信息、定额资料、当地施工条件及常用施工方法、资金情况、征占地补偿办法等。
- h) 地勘测绘资料：满足相应设计阶段深度要求的地质勘察和测绘成果。

## 5 基本规定

- 5.1 生态塘库设计应体现“分质用水、体系耦合、节水减污、营养盐循环”的设计理念，通过生态塘库对项目区低污染水进行调蓄、净化和回用，有效利用低污染水中的营养盐，从而实现减少污染负荷排放的目标。
- 5.2 生态塘库设计应遵循因地制宜、生态友好、安全经济、兼顾景观及便于管理的原则，协调好与项目区已有、在建和拟建相关工程的关系。
- 5.3 生态塘库的设计范围应包括拟收纳水体径流范围及水资源回用范围。为控制生态塘库规模，减少占地，清水产流区原则上不应纳入设计范围，必要时可通过设置清水通道将清水引至设计范围以外。
- 5.4 生态塘库应主要具有截蓄、回用、净化和生态景观等功能。一般生态塘库可同时具备上述两种或两种以上的功能，各项功能优先顺序宜根据需求确定。
- 5.5 生态塘库工程设计目标可根据相关规划要求，结合生态塘库功能定位和需求分析和提出，一般可采用年降水总量控制率、清水替代率、主要污染物浓度削减率、生物多样性变化、新增湿地面积等指标。
- 5.6 生态塘库的选址应避开环境敏感因素，与居民点、公路、铁路和军事光缆等基础设施保持安全距离。优先利用现有鱼塘、坝塘和湿塘等设施，减少新增占地和工程投资。
- 5.7 生态塘库的布置应根据项目区地形条件，依托现有渠系进行收水和排水，不改变项目区现状防洪和排灌体系，合理衔接和利用已有基础设施和坝塘，体现生态塘库截蓄、净化、回用和生态等功能定位。
- 5.8 生态塘库的工艺设计应总体满足 HJ 2005、GB50014 和 CJJT 54 等标准规范的要求，并根据生态塘库功能，结合来水特性，选择合适的工艺、流程及设计参数。
- 5.9 生态塘库设计应充分利用地形地势，形成以重力流为主的过水方式。建构筑物形状和植物配置应在满足处理要求的基础上，与周边景观相协调，以本土植物为主，禁止选用外来入侵物种。
- 5.10 生态塘库设计应提出工程运行调度和设施维护管理方案。宜包括生态塘库运维管理模式、运行调度、检测与控制、设施维护、植物管护和底泥处置等内容。
- 5.11 生态塘库工程实施方案报告编制内容应主要包括总论、现状调查与分析、总体方案设计、工程规模与布局、工艺设计、工程布置及建筑物、泵站设计、植物配置、工程运行与维护管理方案、工程投资、工程效益及目标可达性分析等。其编制提纲可参照本文件附录 B。

## 6 规模确定

生态塘库规模的计算方法及主要特征参数，应结合生态塘库的功能进行确定，本文件主要提出以调蓄为主的生态塘库的有效库容、生态死库容和总库容的确定方法。

### 6.1 有效库容

6.1.1 生态塘库有效库容计算，采用水量平衡法逐日计算不同库容相应的有效截蓄水量系列，并遵循经济合理、适度净化的原则确定最终的有效库容。水量平衡法计算公式如下：

$$V_{ep,i} = V_{ep,i-1} + \Delta W_i \quad (5)$$

其中：

$$\Delta W_i = W_{np,i} + W_{irw,i} + W_{tw,i} - WE_i - WP_i - WR_i - WO_i \quad (6)$$

式中：

$V_{ep,i}$  — 第*i*天末生态塘库的兴利库容，万 $m^3$ ；

$\Delta W_i$  — 第*i*天末生态塘库增加水量，万 $m^3$ ；

$W_{np,i}$  — 第*i*天末生态塘库收集的城镇或村落农田面源（非点源）径流量，万 $m^3$ ；

$W_{irw,i}$  — 第*i*天末生态塘库收集的农田灌溉回归水量，万 $m^3$ ；

$W_{tw,i}$  — 第*i*天末生态塘库收集的设计尾水量，万 $m^3$ ；当设计区域没有回用需求或塘库蓄满时，收集水量为零；

$WE_i$  — 第*i*天末生态塘库塘面蒸发增损量，万 $m^3$ ；

$WP_i$  — 第*i*天末生态塘库渗漏量，万 $m^3$ ，由生态塘库渗透系数（cm/s）与生态塘库蓄水水域面积（万 $m^2$ ）的乘积得到；

$WR_i$  — 第*i*天末通过生态塘库回用于农田灌溉等的水量，万 $m^3$ ；

$WO_i$  — 第*i*天末生态塘库设计出流量，万 $m^3$ 。

6.1.2 生态塘库调蓄计算应遵循对生态塘库所截蓄的低污染水优先进行灌溉回用，多余水量尽可能存蓄在塘库中，并进行水质净化，不弃流；当塘库蓄满且无回用去向时，经塘库净化的塘水出流；对不能进入塘库的水量，通过其原有通道排放的原则。

#### 6.1.3 计算步骤

- 根据上述水量平衡计算公式及调蓄原则，初拟不同的有效库容（对应不同停留时间），分别进行丰、平、枯典型年逐日有效蓄水量调蓄计算，得到生态塘库的逐日有效蓄水量系列 $\{V_{ep,i}\}$ （ $i=1\sim 365/366$ ）。其中，上述计算公式中主要参数的计算方法详见附录 A。
- 有效库容的规模与截蓄水在生态塘库的停留时间关系密切，为实现生态塘库适度净化功能，截蓄的低污染水在生态塘库中停留时间不宜低于 HJ2005、CJJT 54 等规范规定的最短停留时间，同时结合生态塘库功能、净化工艺、污染物浓度削减指标等要求，遵循经济合理的原则进行确定。
- 统计各有效蓄水容积情形下生态塘库的降水总量控制率（或控制天数）、清水替代率、尾水利用率、停留时间、建设费用等经济效益指标，建立有效容积与各指标的关系曲线，从中找出各指标边际效益最大的库容。
- 综合考虑各方面因素，按经济合理原则确定满足设计目标，且水资源利用和生态环境效益最大化的生态塘库有效库容规模。

### 6.2 生态死库容

6.2.1 为维护生态塘库中水生植物正常生长，生态塘库在旱季应维持一定的水面，该水面对应高程为生态塘库的生态死水位，相应库容为生态死库容（ $V_0$ ）。

6.2.2 生态死库容的确定应考虑生态塘库防渗层厚度、水生植物种植基层（或基质）厚度，以及维持水生动、植物生存所需最小水深等因素综合确定。

### 6.3 总库容

生态塘库的总库容为有效库容与生态死库容之和，即：

$$V_{sum} = V_{ep} + V_0 \quad (7)$$

## 7 总体布局

### 7.1 汇水分区分

7.1.1 汇水分区分应根据项目区地形图和现场调查结果，综合考虑项目区排灌渠系、道路和河道分割等因素，在分析设计范围内低污染水的径流路径的基础上划分得到。

7.1.2 汇水分区分成果应包括汇水分区分信息统计表及汇水分区分图。

### 7.2 选址及布局

生态塘库选址和布局原则应包括但不限于以下方面：

- a) 生态塘库宜布置于各汇水分区的最低点，每个汇水分区分至少布置 1 个生态塘库。
- b) 生态塘库的布置应考虑依托现有水体和渠系等作为主要收水及排水通道，必要时可新建或改扩建部分收水和排水通道，但不能因生态塘库的建设改变项目区现状防洪和排灌体系。
- c) 生态塘库的布置应结合项目区地形等条件，选择合适的进出水口，保证进出水通畅。
- d) 生态塘库的布置应考虑旱季水生植物需水补水方案。
- e) 生态塘库的选址应避开环境敏感因素，与居民点、公路、铁路、军事光缆等基础设施保持安全距离；满足与污水处理设施、回用工程等相关工程的衔接要求。
- f) 生态塘库选址应优先考虑利用鱼塘、水库、坝塘、湿塘等现有设施，减少新增占地和工程投资。

## 8 工艺设计

### 8.1 设计水量及进、出水水质

8.1.1 生态塘库设计水量应采用生态塘库有效库容与停留时间之比确定。

8.1.2 生态塘库宜以 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N、TN 和 TP 中的全部或部分因子作为设计指标。其设计进水水质可根据来水水质实测值或同类水体实测值类比确定。在季节差异明显时，宜以污染浓度较高的季节来水水质作为设计值；设计出水水质可根据接纳水体水质目标、回用水质标准等要求进行确定。

### 8.2 工艺方案

8.2.1 生态塘库工艺设计应综合考虑处理水量、进水水质、占地面积、建设投资、运行成本、出水标准、出水稳定性，以及工程所在地区气候特点和水资源利用要求等因素，结合地形条件，通过技术经济比较确定。

8.2.2 生态塘库的净化工艺可由预处理（一级处理工艺）和二级处理工艺两部分组成，其基本工艺流程如下：

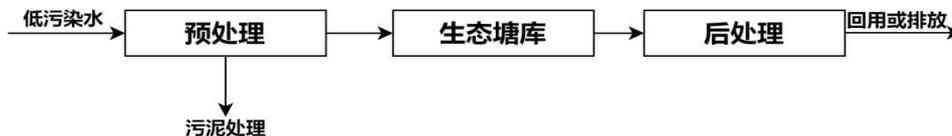


图 1 生态塘库净化工艺流程图

8.2.3 预处理的程度和方式应综合考虑净化塘类型及进、出水水质要求等因素，可采用格栅和沉砂池进行处理。其设计要点如下：

- 格栅是用于拦截水中较大尺寸漂浮物或其他杂物的装置。格栅间隙宜为 5mm~40mm，安装角度宜为 30°~60°，其尺寸根据进水口尺寸确定。格栅拦截的杂物宜以人工清除为主。
- 沉砂池是用于去除水中能自然沉降的较大粒径砂粒或颗粒的构筑物。根据 SL/T269 有关灌溉、供水工程沉砂池最小沉降粒径要求，沉砂池宜主要去除粒径为 0.05mm 以上的砂粒。沉砂池的设计应满足 GB50014 中 6.4 节相关规定。

8.2.4 二级处理工艺可分别由单个或多个厌氧塘、兼性塘、好氧塘、水生植物塘等净化塘共同完成。同类净化塘可采用并联方式，不同类净化塘应采用串联方式衔接。其设计要点如下：

- 生态塘库各净化塘可参照 CJJ/T-54 中第 6 部分有关规定进行设计。
- 生态塘库各净化塘的主要设计参数，宜根据试验资料确定；无试验资料时，可采用经验值或按表 1 取值。

表 1 生态塘库净化塘主要设计参数

项目	净化塘类型			
	厌氧塘	兼性塘	好氧塘	水生植物塘
长宽比	3:1~5:1	3:1~5:1	3:1~5:1	3:1~5:1
单元面积	不超过 8000m <sup>2</sup>	不超过 20000m <sup>2</sup>	不超过 60000m <sup>2</sup>	不超过 20000m <sup>2</sup>
有效水深（正常水位对应水深）	2 m ~4m	1.5m ~2m	0.5m ~1.5m	0.5m ~1.0m
种植层深度（死水位对应水深）	-	0.2m	0.2m	0.2m
停留时间	根据规模计算比选确定			
注：形状不规则或长宽比小于 3:1 时应设置避免短流或滞留的设施。				

## 9 工程布置与工程设计

### 9.1 工程组成

生态塘库系统工程应主要由进配水单元、净化单元、排水单元和回用单元等组成。其中：

- a) 进配水单元：为低污染水的收集和分配设施，可主要包括引水渠、集水渠、配水渠、配水管道和提水泵等。
- b) 净化单元：为低污染水净化和存储设施，可主要包括格栅、沉砂池等预处理设施，以及厌氧塘、兼性塘、好氧塘、水生植物塘等净化设施。
- c) 排水单元：为净化塘出流排放设施，可主要包括溢流堰、出水渠、检查井、出水支管、出水主管和排水泵等。
- d) 回用单元：为将净化塘内水体进行回用的设施，可主要包括取水井、分流渠（管）和取水泵等。

### 9.2 工程布置

#### 9.2.1 平面布置

生态塘库工程平面布置应结合场地条件和工艺设计要求合理布局，应主要确定进出水口位置、预处理设施和净化设施的平面布局。设计要点如下：

- a) 总体布置应节约用地及工程量；在已有塘/库/湿地基础上改建生态塘库时，宜结合原有构筑物合理布置。
- b) 进出水口的设置应以便于水资源利用、不改变其现状分配路径为原则确定，且应与选定塘库的上、下游沟渠衔接。
- c) 引水渠应布置于塘库上游侧，可通过改造沟渠或新建沟渠将低污染水引至塘库进水口。引水渠的布置应充分利用现状地形，宜采用重力流，力求引水沟管（渠）最短、埋深最小。
- d) 格栅应布置于进水口前端，宜采用大断面拦污。
- e) 控水闸门应布置于进、出水口与沟渠衔接处。
- f) 沉砂池应布置于进水口末端，与第一级净化塘的配水渠衔接。
- g) 集、配水渠（管）应分别布置于各级净化塘的出水、进水端，其中厌氧塘的配水渠（管）与进水口/沉砂池衔接，水生植物塘的集水渠与出水口衔接。
- h) 各级净化塘应结合塘址现状条件和工艺设计要求进行布置。溢流堰宜布置于各级净化塘集水渠临水侧渠顶。
- i) 分流渠应与生态塘库出水口衔接，便于将塘库出水分配到下游沟渠。分流渠宜优先利用和改造现有横向沟（渠），必要时可结合地形新建。
- j) 出水支管应埋设于各级净化塘的集、配水渠底，并通过检查井与出水主管相通。出水主管衔接塘库下游现状排水通道，便于及时排空生态塘库蓄水。
- k) 生态塘库平面布置可参见附录 C 的图 C.1。

#### 9.2.2 竖向设计

生态塘库工程的竖向设计应结合场地地形、场址区现有设施的特征标高综合确定。主要确定进出水口特征标高、场地坡度，以及建（构）筑物的特征标高，包括坝顶标高、水面标高、塘底标高、生态死水位标高、溢流堰底板标高、检查井底标高、取水水位标高等。设计要点如下：

- a) 生态塘库进出水口标高应结合周边现状地面高程确定。进水口底板标高不应高于所衔接沟渠渠底，出水口底板标高不应低于所衔接沟渠渠底；生态塘库净化塘水面标高不应超过与其平行地块地面标高。
- b) 生态塘库场地坡度应根据进、出水口高差，以及塘址区现状地形，通过净化塘间坝埂放坡呈台阶状平衡确定。
- c) 以塘库旁侧现状地面为基准点，塘库坝顶标高、集配水渠外侧渠顶标高应与相邻地块地面标高齐平。
- d) 各级净化塘超高应大于风浪爬高，不宜大于 0.5m。
- e) 塘底标高可根据工艺要求的总水深及水面标高确定。

- f) 生态死水位标高可根据塘底标高及生态死库容确定。
- g) 溢流堰底板标高宜为各级净化塘水面标高。
- h) 出水支管底部标高可根据生态死水位标高确定。在净化塘总水深较深时可设置多层取水设施，并根据取水水质和水量保障要求设置各级取水水位标高。
- i) 检查井井底标高宜在出水支管管底以下 30~50cm，同时保证相邻检查井间的连接坡度 $\geq 3\%$ 。
- j) 生态塘库竖向布置可参见附录 C 的图 C.2。

### 9.3 单元工程设计

#### 9.3.1 进配水单元

- a) 进配水渠
  - 1) 生态塘库进配水渠包括引水渠、集水渠和配水渠。引水渠宜利用现状沟渠就地加固改造。在已有塘/库/湿地基础上改建生态塘库时，集水渠和配水渠应尽可能在原有构筑物基础上改建。
  - 2) 进配水沟渠设计应执行 GB50069 有关要求，可选用浆砌块石、素混凝土或钢筋混凝土等结构。沟渠尺寸根据下列公式计算确定：

$$Q = vA \quad (8)$$

$$v = 1/nR^{3/2}I^{1/2} \quad (9)$$

式中：

Q—设计流量， $m^3/s$ ；

v—流速， $m/s$ ；

A—水流断面面积， $m^2$ ；

n—粗糙系数；

R—水力半径， $m$ ；

I—水力坡降， $\%$ 。

b) 配水管

- 1) 配水管可采用重力管或倒虹吸型式设计。
- 2) 重力管可按照 SL279 相关要求设计，宜采用硬聚氯乙烯或聚乙烯等管材，单根管道的管径不宜小于 150mm。
- 3) 倒虹吸型式可按照 GB50014 相关要求设计，示意图见图 2。配水管布设数量 n 可根据实际需求确定，单根管道流量及管径可根据下列公式确定：

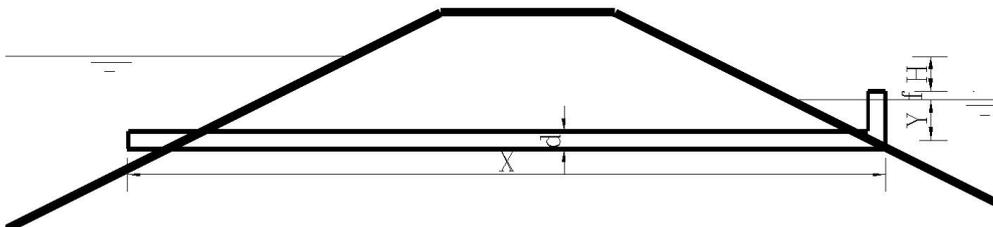


图 2 倒虹吸配水管示意图

① 单根管道流量的计算公式如下：

$$q = \frac{Q}{n} \quad (10)$$

式中：

q—单管流量， $m^3/s$ ；

Q—设计流量， $m^3/s$ ；

n—配水管数量。

② 倒虹吸管宜按末端自由出流进行计算，管径的计算公式如下：

$$q = \mu_c A \sqrt{2gH} \quad (11)$$

$$C = \frac{1}{n_1} R^{\frac{1}{6}} \quad (12)$$

$$\lambda = \frac{8g}{C^2} \quad (13)$$

$$\mu_c = \frac{1}{1 + \lambda \frac{L}{d} + \sum \zeta} \quad (14)$$

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\mu_c \pi \sqrt{2gH}}} \quad (15)$$

式中：

q—自由出流量，m<sup>3</sup>/s；

$\mu_c$ —流量系数；

A—管道过流面积，m<sup>2</sup>；

H—管道出口断面中心与水面高差，m；

C—舍齐系数；

$n_1$ —糙率；

R—水力半径，m；

$\lambda$ —沿程水头损失系数；

L—管道长度，L=X+Y，m；

d—管道计算直径，m；

$\zeta$ —局部水头损失系数。

### 9.3.2 净化单元

- 生态塘库各净化塘堤坝宜采用现场土料填筑，堤坝顶宽可根据用地条件、使用功能、管理维护要求等确定，一般不宜小于 2.0m。
- 堤坝内外坡坡度应根据地层力学参数进行稳定计算后确定。其中，内坡坡度宜为 1:2~1:4，对于单格宽度≤12m，或开挖深度≥3m 的塘库，为确保塘库库容，可适当增大放坡坡度；堤坝外坡坡度宜为 1:2~1:3。
- 坡面宜采用生态化材质护坡，一般可采用土工格室护坡，坡度大于 1:2 时可考虑与生态袋护坡形式结合。
- 当生态塘库区土壤渗透系数大于 10<sup>-8</sup>m/s，或小于等于 10<sup>-8</sup>m/s 但地下水位距塘底土壤厚度小于 0.5m 时，应对塘库库底及边坡进行专项防渗处理。防渗方法可按照 CJJ/T 54 中 6.5 相关规定设计。
- 塘体种植水生植物时，应在边坡、塘底防渗结构上覆土，宜优先采用当地的表层种植土，土壤厚度宜为 10cm~30cm。
- 生态塘库净化塘塘底和边坡结构图示例参见附录 C 的图 C.3。

### 9.3.3 排水单元

- 溢流设施
  - 生态塘库溢流设施应包括溢流堰和出水渠。
  - 溢流堰宜采用薄壁溢流堰，其出水断面形状可采用三角形、矩形、梯形、圆形，结构可采用砖砌、混凝土或浆砌石。溢流堰可按照水利计算手册（第二版）标准进行计算和设计。

- 3) 出水渠设计应执行 GB50069 有关要求, 可选用浆砌块石、素混凝土或钢筋混凝土等结构。出水渠断面尺寸确定方法同进配水渠。

b) 放空设施

- 1) 生态塘库放空库水宜以自流式为主, 不满足自流条件的应配套排水泵站。生态塘库放空设施应主要包括出水支管、出水主管、检查井、消能设施。
- 2) 出水主管和支管宜采用螺纹焊接钢管、钢带波纹管、硬聚氯乙烯管、聚乙烯管和玻璃纤维增强塑料夹砂管等材质, 管径根据隧洞水力学计算方法确定。
- 3) 检查井宜采用成品井形式。出水支管与检查井衔接处应安装阀门, 并配套电动或手动操作盘, 阀门宜采用蝶阀、球阀和闸阀等。
- 4) 出水主管出口末端应采取防冲、消能和加固等措施, 并视需要设置排口标志。
- 5) 生态塘库工程放空设施示例参见附录 C 的图 C.4。

### 9.3.4 回用单元

- a) 生态塘库工程回用单元可根据水资源利用需求设置。回用方式包括重力自流利用和泵站提升利用两种。提升泵站的设计要点见 9.4 节。
- b) 生态塘库末端检查井可作为回用单元取水井, 并与分流渠衔接。分流渠可利用现有沟渠就地加固改造或新建。沟渠设计应执行 GB50069 有关要求, 可选用浆砌块石、素混凝土或钢筋混凝土等结构。分流渠断面尺寸确定方法同进配水渠。

## 9.4 泵站设计

### 9.4.1 生态塘库泵站按使用功能可分为提水泵站和排水泵站。其中:

- a) 提水泵站主要服务于塘库进水渠底高于现状渠底高程, 导致进水困难的塘库。通过提水泵站将低水位来水提升进入塘库, 保证塘库的正常运行。
- b) 排水泵站主要服务于塘库出水渠底低于现状渠底高程, 导致出水困难的塘库。当库水不能自流时, 通过排灌泵站将塘库水抽排至分流渠或下游河道, 满足农田灌溉和排水要求。

### 9.4.2 泵站设计主要应提出泵站的选址、规模、设备型号、工程量等。

### 9.4.3 泵站设计应符合 GB50265 有关规定; 泵站供配电系统设计应符合 GB50052 有关规定。

## 9.5 植物配置设计

### 9.5.1 植物配置原则

- a) 生态塘库植物配置应根据水质净化工艺和生态景观需求, 按生态塘库的堤顶、边坡、净化塘分区配置不同季节适生性植物, 注重平面与竖向搭配, 以及与景观的协调性。
- b) 生态塘库植物物种宜选用耐污能力强、根系发达、去污效果显著、具有抗病虫害和抗冻能力, 有一定经济和观赏价值, 易于管养的本土植物。禁止选用外来入侵物种。

### 9.5.2 陆生植物配置方案

- a) 生态塘库建设范围内的堤顶和边坡应种植陆生植物, 可根据项目所在地气候、海拔、生境条件, 选择乔-灌-草(地被)、乔-草(地被)、灌-草(地被)等配置模式。
- b) 堤顶植物选择宜满足生态、景观及遮荫需求, 常用乔木包括水杉、云南柳、池杉、三角枫、湿地松等, 常用灌木包括红千层、木槿等, 常用花卉包括萱草、花叶良姜、雀舌黄杨、风车草等。
- c) 边坡根据水位变化情况可分为近水绿化区和不浸水区两个区域。近水绿化区宜以挺水植物为主, 常用美人蕉、花叶芦竹、菖蒲、萱草、花叶良姜、雀舌黄杨、风车草等; 不浸区宜以草本植物为主, 常用狗牙根、早熟禾、结缕草等。

### 9.5.3 水生植物配置方案

生态塘库的净化塘应种植水生植物, 植物配置要点如下:

- a) 厌氧塘宜种植漂浮植物, 或利用浮床种植湿生植物和挺水植物。漂浮植物常用茭、大漂等, 湿生植物和挺水植物常用梭鱼草、鸢尾、茭白、黄菖蒲等。

- b) 兼性塘宜种植漂浮植物和沉水植物。漂浮植物常用浮萍、茭、大漂等，沉水植物常用苦草、金鱼藻、黑藻、狐尾藻等。
- c) 好氧塘宜种植浮叶植物和挺水植物。浮叶植物常用睡莲、荇菜、菱、萍蓬草等，挺水植物常用梭鱼草、鸢尾、茭白、黄菖蒲、再力花、美人蕉等。
- d) 水生植物塘宜种植挺水植物，且高低搭配种植。挺水植物常用梭鱼草、鸢尾、茭白、黄菖蒲、再力花、美人蕉等。

#### 9.5.4 种苗规格和种植密度

- a) 乔木、灌木、草本植物种苗质量应满足 GB6000 规定的 1、2 级壮苗要求，选择苗株顶芽饱满，苗干通直，根系健壮的袋装苗。
- b) 草本植物种子质量应不低于 GB6142 规定的二级种要求。
- c) 水生植物种苗质量应满足植株健壮、新芽饱满、叶色光亮、叶脉清晰、根系完整、无病虫害、无杂草、无枯枝叶、不脱水等要求。
- d) 各类植物的种植密度可根据植物的具体种类、生长条件和工程要求进行调整，其中，水生植物还应同时考虑光照强度、水深、透明度等环境因素。

#### 9.6 附属设施设计

9.6.1 生态塘库附属设施主要包括监测设施、供配电系统、管理用房、管护道路、标牌、护栏等。

9.6.2 当需要安装在线流量、水质监测设施时，在线监测仪器仪表的选择和安装应符合现行国家和行业标准有关规定。计量与控制设施宜安装在室内，条件不允许而安装在室外时，应设有防雨、防晒和防冻等保护设施。

9.6.3 供配电系统设计应符合 GB50052 的有关规定。管护道路应以满足生态塘库日常管护功能为主，并与周边景观相协调。

9.6.4 生态塘库根据需要设置的标志、标识、警示和解说等标牌应设置合理、科学规范及美观整洁，并与周边景观和环境相协调。其中，应在易发生跌落、淹没等危险事故地段设置警示牌，并安装安全护栏。必要时，可沿生态塘库管理范围线设置围墙或护栏。

## 10 工程运行与维护管理方案

10.1 生态塘库设计应提出工程运行调度和设施维护管理方案。宜包括生态塘库运维管理模式、运行调度、检测与控制、设施维护、植物管护等内容。工程的运行维护应符合 CJJ60 和 CJJ/T54 的有关规定。

### 10.2 运行调度方案

生态塘库的运行调度方案宜遵循但不限于以下原则：

- a) 生态塘库的运行调度应满足塘库的功能定位，以及工艺设计相关要求。依托项目区现有渠系，实现对水量、水位和水质的调控，保证生态塘库有效运行。
- b) 生态塘库系统应对低污染水应收尽收，不能收集的可通过现有渠系导排，不能因生态塘库造成周边农田村庄受淹没。清水产流区的清水不宜进入生态塘汇水分区。
- c) 生态塘库收集的低污染水应优先加以利用，不能利用的可通过净化后排放。
- d) 生态塘库最低运行水位不宜低于生态死水位。当生态塘库水位低于生态死水位时，应采取临时补水措施，以免影响水生植正常生长。
- e) 在初雨季节、水稻晒田期间，以及生态塘库周边突发事故排污时，可考虑及时腾空生态塘库容，尽可能将这此浓度相对较高的低污染水收集并处置。
- f) 生态塘库工程试运行期不宜少于 1 年，试运行期间应对进出水水质、水量和设施运行状况进行详细记录。

### 10.3 设施维护管理方案

10.3.1 生态塘库工程设施应主要包括进出水设施、格栅、沉砂池、厌氧塘、兼性塘、好氧塘和水生植物塘，以及陆生植物和水生植物等。

10.3.2 生态塘库设施维护管理方案宜包括但不限于以下内容：

- a) 工程运行前应制定设备台帐、日常巡查、定期检查、运行记录、交接班、安全和应急管理等工作制度。技术、运行和管理人员应进行相关理论知识和操作技能的培训，运行人员须持证上岗。
- b) 工艺设施和主要设备应编入台帐，定期对各类生态塘库建（构）筑物、各种管道、闸阀、护栏等做定期检查和维修，对输水管道、配水集水设施的漂浮物、沉积物及其他杂物应及时清理，保证工程正常运行。
- c) 工程运行期间应定期观察植物生长情况，及时进行缺苗补种、杂草清除、定期收割、残体清理、病虫害防控等管理，不宜使用除草剂、杀虫剂等易破坏生态系统的药剂。收割植物宜妥善处置，必要时可配置植物生物利用装置。
- d) 生态塘库运行期间应提出安全管理制度、安全教育、设备安全检修操作、安全警示设施的设置、安全隐患的识别及对策措施，以及应急管理体系、应急预案及应急演练等要求，并对禁止行为和需塘库管理方批准事项做出规定。
- e) 生态塘库监测方案宜根据生态塘库的运行管理需求和考核评估要求进行拟定，主要应对运行过程中水量、水质、植物生长、处理效果等进行监测，分析评估生态塘库的运行效果，并对存在的问题提出对策措施。
- f) 运维单位宜采用智慧管控平台对生态塘库各类设施运行情况进行管理。

## 附录 A 生态塘库主要参数计算方法

### A.1 设计水平年

生态塘库水量计算一般包括丰、平、枯三个水平年。其中丰水年频率（对应于灌溉保证率）可取为10%~25%，平水年可取为50%，枯水年可取为75%~90%。

### A.2 设计降水过程

设计降水过程应在收集邻近区域、降水成因较为相似的雨量站或气象站的降雨资料基础上，按水文学计算方法确定丰、平、枯水年的设计降雨过程，作为生态塘库汇水范围径流量计算依据。

### A.3 城镇或村落农田面源径流收集量

a) 城镇或村落农田面源径流收集量计算公式如下：

$$W_{np,i} = \min(P_i, P_\alpha) \times \alpha_i \times A_{Ca} / 1000 \quad (A.1)$$

式中：

$W_{np,i}$  — 第*i*天面源径流收集量， $m^3$ ；

$P_i$  — 第*i*天汇水区的降水量， $mm$ ；

$P_\alpha$  — 年降水总量控制率 $\alpha_p$ 时对应生态塘库设计降水截流阈值， $mm$ ；

$\alpha_i$  — 考虑前期影响雨量后第*i*天的径流系数， $mm$ ；

$A_{Ca}$  — 汇水区的面积， $m^2$ 。

b) 当日降水小于等于2mm时，一般难以形成地表径流，在数据处理时认为该天为无效降雨；当日降雨大于2mm的日降水，将其与 $P_\alpha$ 比较，取两者中的较小值作为生态塘库截蓄的降水深度，即超过阈值部分生态塘库不作截蓄，随其原有沟渠通道排放。

#### c) 年降水总量控制率 $\alpha_p$

根据《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》（住房城乡建设部，2014年10月）中关于“年径流总量控制率”的定义为：根据多年日降雨量统计数据计算，通过自然和人工强化的渗透、储存、蒸发（腾）等方式，场地内累计全年得到控制（不外排）的雨量占全年总降雨量的百分比。由该定义可见，从水文学严格意义上讲，“年径流总量控制率”应称之为“年降水总量控制率”。

以调蓄为主的生态塘库设计理念体现为“截留面源径流量越多，则截留污染物越多”“尽可能截留多的面源径流，供灌溉回用”，生态塘库对年径流总量的控制率越高，对面源的控制效果越好，但从经济性的角度考虑，控制率太高，投资和运行成本相应增加的同时，效益并非线性增加。因此本文件借鉴《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》有关“年径流总量控制率”的概念，选取生态塘库的“年降水总量控制率”指标，即：通过直接查询项目所在区域海绵城市规划中的海绵分区规划指标中的“年径流总量控制率”作为生态塘库设计的值。

#### d) 生态塘库设计降水截留阈值 $P_\alpha$

本文件主要借鉴《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建（试行）》中“年降水总量控制率”对应的“设计降雨量”值作为生态塘库设计降水截留阈值 $P_\alpha$ 。

该值也可通过统计学方法获得，即根据中国气象科学数据共享服务网中国地面国际交换站气候资料数据，选取至少近30年日降雨（不包括降雪）资料，扣除小于等于2mm的降雨事件的降雨量，将降雨量日值按雨量由小到大进行排序，统计小于某一降雨量的降雨总量占总降雨量中的比率，此比率（即年降水总量控制率）对应的降雨量（日值）即为设计降水截留阈值 $P_\alpha$ 。

#### e) 径流系数 $\alpha_i$

不同设计频率下代表年第*i*日的径流系数计算公式如下：

$$\alpha_i = a \times p_{a,i}^b \quad (A.2)$$

式中：

$\alpha_i$  — 第*i*日的径流系数；

a、b — 与流域下垫面特性和气候特性有关的时变径流系数参数；

$P_{\alpha,i}$  — 第*i*日的前期影响雨量, mm。

其中:

$$P_{a,i} = K(P_{a,i-1} + P_{i-1} - R_{i-1}) \quad (\text{A.3})$$

式中:

$K$  — 消退系数, 反映流域蓄水量因蒸散发而减少的特性, 由水面蒸发、流域最大蓄水量计算得到;

$P_{a,i-1}$  — 第*i-1*日的前期影响雨量, mm;

$P_{i-1}$  — 第*i-1*日的降水量, mm;

$R_{i-1}$  — 第*i-1*日降水产生的径流深, mm。

#### A.4 农田灌溉回归水量

- 农田灌溉回归水, 指灌溉水由田间、渠道排出或渗入地下后, 又汇集到沟、渠、河道和地下含水层中, 可再利用的水源。农田回归水的来源包括: 各级渠道的退水和跑水、田间灌溉时流失的水、盐碱地的冲洗排水、稻田换水时排出的水以及渠道和田间渗漏等。
- 生态塘库所能收集的农田灌溉回归水, 主要指能汇集到沟渠中的该部分水量, 一般采用灌溉需水量与回归系数的乘积进行计算, 公式如下:

$$W_{irw,i} = M_i \times A_M \times r_{irw} \quad (\text{A.4})$$

式中:

$W_{irw,i}$  — 第*i*天末生态塘库收集的农田灌溉回归水量, 万 $m^3$ ;

$M_i$  — 生态塘库汇水范围内, 第*i*天农作区的综合毛灌溉定额, 万 $m^3$ /万亩;

$A_M$  — 生态塘库汇水范围内, 农作物种植面积, 万亩;

$r_{irw}$  — 生态塘库汇水范围内回归水系数, 主要决于当地的气象条件、农田灌溉方式和管理水平、土壤前期含水量等因素。例如: 云南省的半干旱半湿润地区可取为 0.05~0.15。

#### A.5 蒸发增损量计算

蒸发增损量指生态塘库库面由建成前的陆面蒸发转变为建成后的水面蒸发后, 增加的蒸发损失量。

计算公式如下:

$$WE_i = E_{\text{水}} - E_{\text{陆}} \quad (\text{A.5})$$

式中:

$WE_i$  — 生态塘库库面蒸发增损量, mm;

$E_{\text{水}}$  — 生态塘库多年平均水面蒸发量, mm;

$E_{\text{陆}}$  — 生态塘库多年平均陆地蒸发量, mm, 一般用区域多年平均降水量 $P$ 与多年平均径流深 $R$ 的差值计算, 即:  $E_{\text{陆}} = P - R$ 。

**附 录 B**  
**生态塘库工程实施方案报告编制目录**

- 1 总论**
  - 1.1 项目背景
  - 1.2 项目概况
  - 1.3 设计目的
  - 1.4 设计依据
  - 1.5 设计范围及水平年
  - 1.6 设计主要结论
- 2 区域概况**
  - 2.1 流域概况
  - 2.2 项目区概况
- 3 项目建设必要性**
- 4 总体方案**
  - 4.1 总体思路
  - 4.2 工程规模
  - 4.3 总体布局
- 5 工程设计**
  - 5.1 工艺设计
  - 5.2 工程布置及建筑物设计
  - 5.3 泵站设计
  - 5.4 植物配置
  - 5.5 生态景观设计
- 6 施工组织设计**
- 7 工程占地**
- 8 环境保护设计**
- 9 水土保持设计**
- 10 工程管理**
  - 10.1 工程管理模式
  - 10.2 工程管理体系
  - 10.3 工程建设管理
  - 10.4 工程运行管理
- 11 劳动保护与安全卫生**
- 12 节能设计**
- 13 投资**
- 14 国民经济评价**
- 15 工程效益及目标可达性分析**
- 16 结论及建议**

### 附录 C 生态塘库工程典型设计图

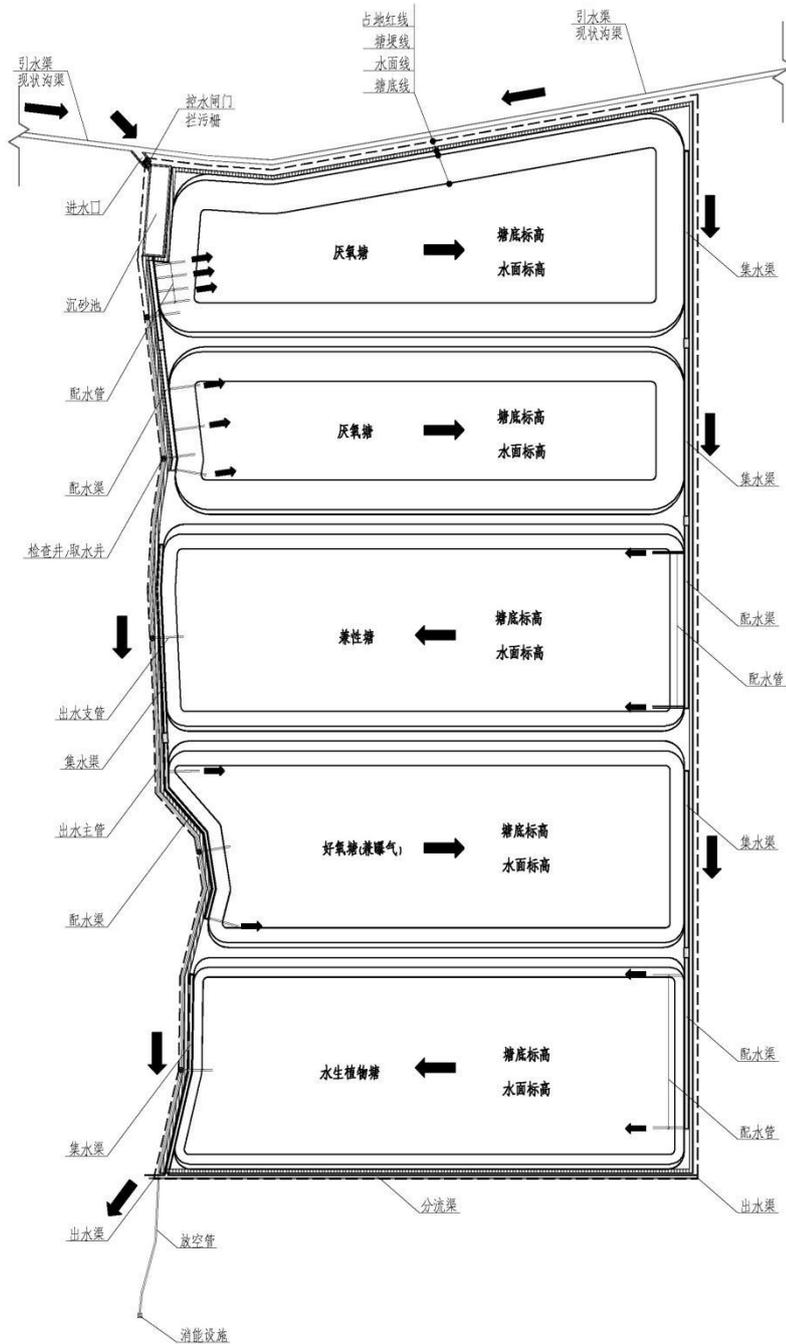
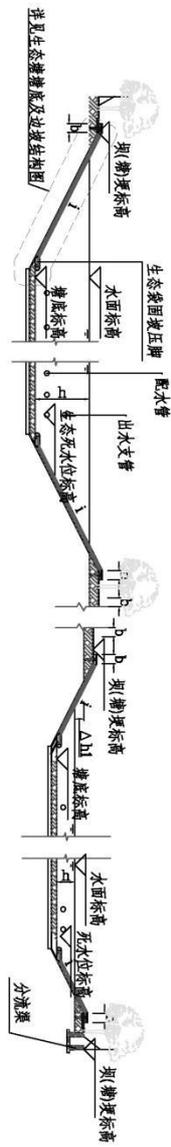


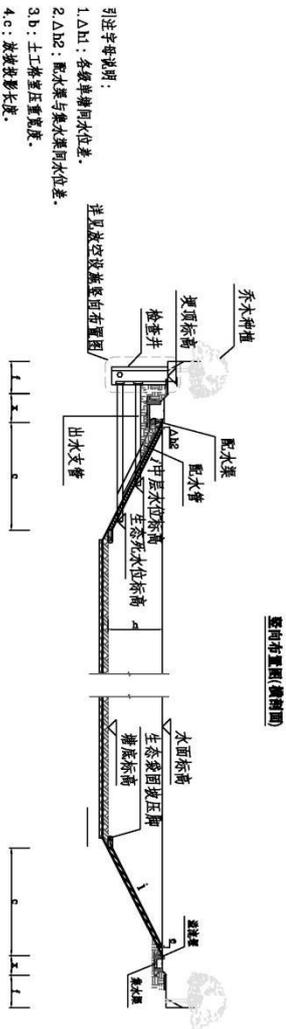
图 C.1 平面布局图示例



竖向布置图(续前图)



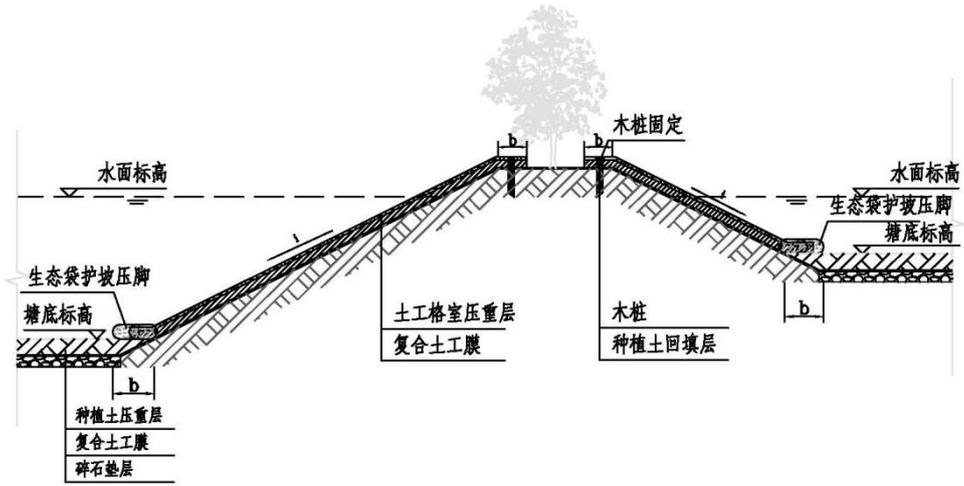
水生植物渠



竖向布置图(续前图)

- 引注字母说明：
- 1.  $\Delta B_1$ : 各级单塘间水位差。
  - 2.  $\Delta B_2$ : 配水渠与集水渠间水位差。
  - 3. b: 土工垫层压重宽度。
  - 4. c: 坡投投影长度。
  - 5. d: 各级单塘塘底长度。
  - 6. e: 溢流渠宽度。
  - 7. f: 坝(物)厚度。
  - 8. g: 各级单塘放坡投影长度。
  - 9. h: 各级单塘水深。
  - 10. i: 各级单塘宽度。
  - 11. j: 各级单塘塘底宽度。
  - 12. x: 集配水渠尺寸。

图 C.2 竖向布置图示例

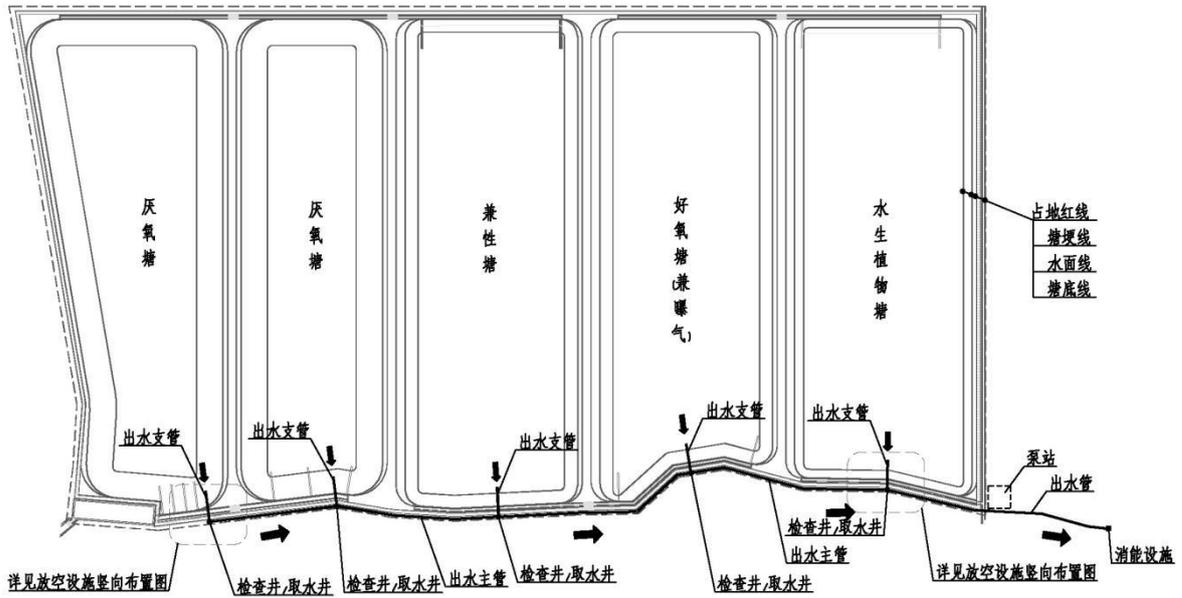


引注字母说明：

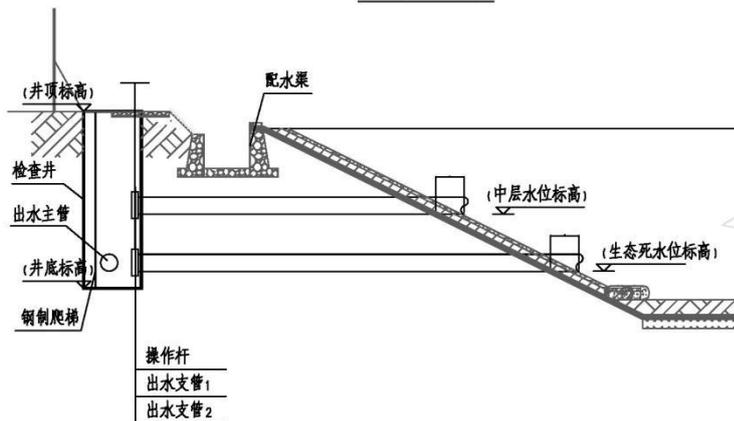
- 1. b：土工格室和生态袋压重宽度。
- 2. i：各级单塘坡度。

图 C.3 净化塘塘底及边坡结构图示例

放空设施平面布置图



放空设施竖向布置图



引注字母说明：

a: 延伸入塘体的抽水管配水管长度。

注：检查井井底标高，需保证检查井间连接坡度 $\geq 3\text{‰}$ 的条件。

图 C.4 放空设施平面及竖向布置图示例

## 标准用词说明

- 1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
    - 1) 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
    - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
    - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
    - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
  - 2 条文中指明应按其他标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。
-