

ICS 号
中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/CWEC xxx-xxxx
T/CAQI xxx-xxxx

粤港澳大湾区重要湖库型水源地富营养化 防治技术导则

Guidelines for prevention and treatment of eutrophication in important
lake and reservoir water sources in the Guangdong-HongKong-Macao

Greater Bay Area

(征求意见稿)

(2020. 7. 27)

xxxx-xx-x 发布

xxxx-xx-xx 实施

中国水利企业协会

中国质量检验协会

发布

目 次

1	范围.....	1
2	规范性引用文件.....	1
3	术语和定义.....	2
4	基本原则.....	3
5	富营养化状态判别.....	4
5.1	富营养化定义.....	4
5.2	富营养化状态主要成因.....	4
5.3	富营养化状态识别.....	4
5.4	富营养化问题诊断程序.....	5
5.5	富营养化评价.....	7
6	重要湖库型水源地富营养化防治目标与任务.....	9
6.1	富营养化防治目标.....	9
6.2	富营养化防治任务.....	9
7	重要湖库型水源地富营养化防治关键技术.....	10
7.1	技术选型原则.....	10
7.2	内源污染治理技术.....	10
7.3	水体自净能力修复技术.....	12
7.4	重要湖库型水源地长效管理机制.....	17
	附录 A 重要湖库型水源地富营养化防治实施方案编制目录.....	18
	附录 B 常见沉水植物名录表.....	19
	附录 C 常见挺水植物名录表.....	20
	附录 D 常见浮叶植物名录表.....	23
	标准用词说明.....	24

前 言

本标准按照 GB/T1.1-2009《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》规则编制。

为规范粤港澳大湾区重要湖库型水源地富营养化防治，提升流域/区域水源保护能力和水安全保障水平，构建与粤港澳大湾区经济社会发展相适应的水安全保障体系，制定本标准。本标准共分7章和4个附录，主要技术内容有：

- 富营养化状态判别。
- 富营养化防治目标与任务。
- 富营养化防治关键技术。
- 附录A 重要湖库型水源地富营养化防治实施方案编制目录。
- 附录B 常见沉水植物名录表
- 附录C 常见挺水植物名录表
- 附录D 常见浮叶植物名录表

本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国水利企业协会与中国质量检验协会提出并归口。

本标准起草单位：

本标准起草人：

本标准首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国水利企业协会技术标准部与中国质量检验协会标准化办公室。

1 范围

本标准规定了粤港澳大湾区重要湖库型水源地富营养化防治的基本原则、状态识别方法、富营养化问题诊断程序、评价方法及分级标准，以及重要湖库型水源地富营养化防治目标与任务，防治关键技术。

本标准适用于粤港澳大湾区重要湖库富营养化科学诊断评估、综合治理技术筛选和方案编制。

粤港澳大湾区重要湖库型水源地是指列入《全国重要饮用水水源地名录》（水资源函〔2016〕383号）的湖泊、水库水源地，香港、澳门地区未有列入的水源地；未入列的湖库型水源地可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本导则的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

全国重要饮用水水源地名录（水资源函〔2016〕383号）

HJ 596.2	水质 词汇 第二部分
HJ/T 91	地表水和污水监测技术规范
GB 3838	地表水环境质量标准
SL 219	水环境监测规范
HJ 338	饮用水水源保护区划分技术规范
HJ 773	集中式饮用水水源地规范化建设环境保护技术要求
HJ 774	集中式饮用水水源地环境保护状况评估技术规范
SL 117	疏浚与吹填工程技术规范
DB32/T 3258	河湖生态疏浚工程施工技术规范
HJ/T 415	环保用微生物菌剂环境安全评价导则
HJ 2005	人工湿地污水处理工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本导则。

3.1 粤港澳大湾区（Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, GBA）

包括香港、澳门特别行政区以及广东省的广州市、深圳市、珠海市、佛山市、惠州市、东莞市、中山市、江门市、肇庆市 9 个地级市，涉及陆域面积 5.6 万 km²。

3.2 重要湖库型水源地（the drinking water sources in important lake reservoirs）

指提供居民生活及公共服务用水的湖泊、水库型取水水域和密切相关的陆域，且列入《全国重要饮用水水源地名录》的湖泊、水库水源地。

3.3 氮磷比（N/P ratio）

指藻类生长过程中对氮和磷的吸收比值，是水生态系统中被用来预测藻细胞密度的变化和季节演替的关键因子之一。

3.4 富营养化指数（eutrophication index）

是一种判别湖库水体富营养化状态的参数。本标准推荐采用综合营养状态指数（comprehensive trophic level index），是一种基于总磷（TP）、总氮（TN）、叶绿素 a（chl_a）、透明度（SD）、高锰酸盐指数（COD_{Mn}）5 项指标的水体富营养化分级综合评估结果指数。

3.5 藻类（algae）

一类单细胞或多细胞生物（包括通常所说的蓝细菌），通常伴有叶绿素或其他色素。

3.6 水生态修复（aquatic ecosystem remediation）

在生态系统自修复功能的基础上，采取保护、修复、治理及管理等措施，促使湖泊生态系统恢复到较为自然的状态，以保障其生态完整性和可持续性。

3.7 生物操纵（biomanipulation）

通过增强浮游动物对浮游生物的压制，并以某种方式控制鱼类种群，从而通过浮游动物过滤达到有效减少浮游植物数量的过程。

4 基本原则

湖库型水源地富营养化防治应按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”原则，贯彻“安全、清洁、健康”方针，严守生态红线，强化源头控制、水陆统筹、防治并举，分流域、分区域、分阶段科学治理，系统开展粤港澳大湾区重要湖库水源地富营养化防治工作，且遵循以下基本原则。

（1）详细调查，诊断问题

以重要湖库型水源地一级保护区、二级保护区和准保护区为重要调查范围，开展全面、详实的现状调查，重点包括水质、水生生物调查，以及区域污染源调查与分析；全面、合理剖析重要湖库型水源地富营养化形成的主要原因，从浮游生物、底栖动物以及氮磷营养盐等角度识别富营养化形成的主要因素与因子；基于调查与分析的结果，准确诊断与评估水源地富营养化问题，评价富营养化状态并分级。

（2）目标明确，精准施策

应根据重要湖库型水源地水系特征、水质现状与目标、流域内污染现状以及供水发展规划，结合富营养化状态判别结果，按照高标准原则确定重要湖库型水源地富营养化防治目标，并综合应用点源、面源、内源污染防控要求，制定富营养化水源地防治任务与技术路线，综合提出治理措施和任务布局。

（3）强化监督，长效管控

应建立重要湖库型水源地水质在线监测系统、运行管理及长效管控方案、水污染风险预警机制及应对方案，鼓励社会资金、力量、单位参与水源地富营养化防治；加强政府主管部门巡查力度和力量，鼓励公众参与，接受社会监督。

5 富营养化状态判别

5.1 富营养化定义

根据 HJ596.2-2010, 富营养化可定义为: 含氮、磷化合物等营养物质在淡水或盐水中的富集, 并且加速藻类和较高等植物的生长的一种过程。

5.2 富营养化状态主要成因

富营养化的主要成因包括气象条件、水文水动力、营养物质、底泥等。

1) 气象条件。主要包括温度、光照、降雨等自然因子, 是湖库富营养化引起藻类暴发的诱导因素。

2) 水文水动力。主要包括水力停留时间、水体交换周期、水体流速、风浪等因子。

3) 营养物质。主要包括氮、磷营养盐, 是引起水体富营养化的根本原因。

4) 底泥。在一定条件下, 沉积物中的氮磷等营养盐和有机物重新释放到水体中而成为湖泊富营养化的驱动因子。

5.3 富营养化状态识别

5.3.1 污染指示种

富营养化状态污染指示种包括浮游动物、浮游植物、底栖动物等。

1) 轮虫是指示湖、库富营养化状态的浮游动物之一, 主要体现在对轮虫密度和生物量、种类数和种类演替等方面。

2) 富营养化水平越高, 轮虫种类数减少, 结构趋于简单, 多样性下降, 寡污型种类和特有种明显减少, 空间异质性下降, 密度上升。

3) 螺形龟甲轮虫 (*Keratella cochlearis*)、矩形龟甲轮虫 (*Keratella quadrata*)、萼花臂尾轮虫 (*B. calyciflorus*)、长三肢轮虫 (*Filinia longiseta*)、臂尾轮虫等浮游动物可以作为富营养水体的指示种。

4) 长肢多肢轮虫 (*Polyarthra dolichoptera*)、独角聚花轮虫 (*Conochilus unicornis*) 等浮游动物可以作为低营养水体的指示种。

5) 浮游植物种属、密度、多样性指数等可作为评价富营养化指数的关键参数。

6) 霍甫水丝蚓 (*Limnodrilus hoffmeisteri*)、羽摇蚊 (*Tendipes plumosus*)、大红德永摇蚊 (*Tokunagayusurika akamusi*)、中国长足摇蚊 (*Tanypus chinensis*) 等底栖动物可作为富营养水体的指示种, 其密度分布与水体营养水平呈正向趋势; 大型底栖动物的物种多样性与营养水平呈相反趋势。

5.3.2 营养盐限制标准

1) 氮、磷营养盐是水体富营养化主要控制因子, 直接决定水体富营养化进程、藻类的繁殖速率。

2) 一定阈值范围内,随着氮磷营养盐浓度的升高,水体中浮游植物繁殖速率急速增加。

2) 一般认为水体中总氮达 0.2mg/L、总磷达 0.02mg/L 是水体富营养化发生的临界浓度,也是造成蓝藻水华暴发的主要原因。

3) 正常情况下可以通过水体中的氮磷重量比 (N/P), 判断氮元素或者磷元素作为浮游植物的生长限制性营养物质。当氮磷重量比 (N/P) 大于 7: 1 时, 磷是限制性营养元素。

5.4 富营养化问题诊断程序

富营养化问题诊断主要包括水质调查、水生生物调查、污染源调查以及问题诊断等。

5.4.1 水质调查

1) 收集源水、出厂水的日常水质监测数据, 以及水源地、水源地上游常规监测断面的水质监测数据, 数据年限至少 3 年。

2) 按照 HJ/T 91 至少针对水源地补充 1 次水质监测, 有条件的地方可在丰水期、平水期、枯水期分别进行监测。

3) 检测项目包括 GB3838 中的表 1、表 2 的 29 项, 以及叶绿素 a、透明度。

4) 监测点不小于 3 个, 结合现场实际情况, 宜在取水口、取水口周边 100m 处设置监测点, 排污口或者零星污染源附近增加布设监测点,

5) 有条件的水源地可增设水质自动监测站。

5.4.2 水生生物调查

1) 参照 SL219 至少针对水源地开展 1 次水生生物调查, 重点开展藻类、浮游动物、底栖动物、鱼类等水生生物调查。有条件的地方可在春、夏、秋、冬各采集一次。

2) 水生生物调查前, 应该调查和收集水源地一级保护区、二级保护区和准保护区内河流、湖库的有关基础资料, 主要包括: 区域内气象水文资料, 包括逐日降雨、风向与风速资料, 逐日最高、最低、平均等光照、气温资料, 台风、风暴潮等极端天气的气象资料, 水土流失面积、程度、侵蚀类型特征, 以及湖泊 (水库) 流量资料。

3) 水生生物监测点 (断面) 一般应在水源地的取水口、湖库中心区域、库尾等位置布设采样点。样点数量需视水体大小和具体情况而定, 应能够全面反映该水体的水环境状况。监测点 (断面) 应尽可能与水质监测点 (断面) 一致。

4) 浮游植物、着生藻类等监测方法选用国家或行业标准分析方法, 并与相关质量标准的规定一致。

5.4.3 污染源调查

1) 污染源调查范围包括水源地一级保护区、二级保护区和准保护区。

2) 污染源调查内容主要包括生活污染源、种植业污染源、畜禽养殖业污染源、水产养殖业污染源的分布情况。如果有工业污染源, 应补充调查。

3) 生活污染源调查应符合以下规定:

a) 参照《第一次全国污染源普查技术规定之六生活源普查技术规定》, 开展生活污

污染源调查。

b) 主要针对村镇生活污水、污水处理设施开展入河生活污染调查。

c) 调查内容包括村镇数量、人口规模、实际用水量、用水方式、排水量、排水去向等，污水处理设施处理规模、处理工艺、排放标准、尾水排水量、排水去向等。

d) 调查污染源种类包括生活污水和尾水中的化学需氧量、氨氮、总氮、总磷等。

4) 种植业污染源调查应符合以下规定：

1) 参照《第一次全国污染源普查技术规定之四农业污染源普查技术规定》，开展种植业污染源调查。

b) 主要针对粮食作物、经济作物和蔬菜作物等开展肥料、农药和农膜等污染调查。

c) 调查内容包括种植作物种类、种植面积、耕作方式、排水去向等基本情况，肥料名称、有效成分及含量、施用量、施用方法等，农药名称、有效成分及含量、农药用量、施用方法等。

d) 调查污染源种类包括地表径流途径流失的总磷、可溶磷、总氮、硝态氮、氨氮以及农药（各地可根据实际情况选定）等。

5) 畜禽养殖业污染源调查应符合以下规定：

a) 参照《第一次全国污染源普查技术规定之四农业污染源普查技术规定》，开展畜禽养殖业污染源调查。

b) 以舍饲、半舍饲规模化养殖为对象，针对猪、牛、羊、鸡、鸭等养殖过程中产生的畜禽粪便和污水开展调查。

c) 调查内容包括：畜禽种类、存栏数、出栏数、饲养周期等畜禽养殖基本情况，以及饲料用量、主要成分及含量、粪便和污水产生量、清粪方式，粪便和污水污水利用方式、利用量、排放量、污水排放去向，粪便和污水处理方式、实际日处理量和运行时间等污染物产生和排放情况。

d) 调查污染源种类包括污水、固体废物两种。其中，污水包括化学需氧量、铵态氮、总磷、总氮、pH 等，固体废物包括含水率、总磷、总氮等。

6) 水产养殖业污染源调查应符合以下规定：

a) 参照《第一次全国污染源普查技术规定之四农业污染源普查技术规定》，开展水产养殖业污染源调查。

b) 主要调查鱼、虾、贝、蟹等在规模养殖和养殖专业户条件下污染物的产生情况。

c) 调查内容包括：养殖模式、养殖规模、养殖周期、苗种投放量、养殖产量、水体交换情况、排水量、排水去向等养殖基本情况，以及饲料（肥料）名称、主要成分及含量、施用量、使用方法等污染物产生和排放情况。

d) 调查污染源种类包括养殖水和外排水体中的化学需氧量、总磷、总氮、氨氮、硝态氮等。

7) 采用产排污系数法, 估算上述污染源污水产生量、排放量, COD、氨氮、总氮、总磷等污染物产生量、排放量、入河(湖、库)量。

5.4.4 问题诊断

1) 在水质、水生生物及污染源调查的基础上, 明确湖滨带类型及分布、湖滨带退化关键因子、湖滨带自然化率、植被物种数、植被盖度、物种多样性指数等现状数值。

2) 根据 HJ 338、HJ 773、HJ 774 分析与评估重要湖库型水源地达标建设情况, 并结合自然环境、社会经济资料, 对水源地富营养化问题进行诊断与评估。

3) 问题诊断主要包括: 水体污染程度、污染物来源、生物多样性缺失原因、主要污染因素识别等。

5.5 富营养化评价

5.5.1 富营养化评价指标体系

遵循相关性、可操作性、简洁性、科学性原则, 选取总磷(TP)、总氮(TN)、叶绿素 a(chla)、透明度(SD)、高锰酸盐指数(COD_{Mn}) 5 项指标作为湖泊富营养化评价的统一指标。用于描述水体富营养化状态的常用指标变量如下:

1) 总磷(TP), 水样经消解后将各种形态的磷转变成正磷酸盐后测定的结果, 是初级生产潜力的指标。磷是水体初级生产力的限制性营养元素, 过量磷的输入是引起水体富营养化的直接成因。

2) 总氮(TN), 水中各种形态无机和有机氮的总量, 包括 NO₃⁻、NO₂⁻和 NH₄⁺等无机氮和蛋白质、氨基酸和有机胺等有机氮, 是富营养化的指标变量。氮是生物的重要营养元素, 有些情况它也是浮游植物的限制性营养元素。包括氨态氮、硝态及亚硝态氮和有机氮。

3) 叶绿素(chla), 直接反应富营养化程度主要指标。水体富营养化导致浮游植物大量繁殖。

4) 透明度(SD), 富营养化的指标之一。光是水体初级生产力的能源, 水体透明度是光通量沿水深分布的量度, 透明度下降可进一步引起水体生态体系破坏。

5) 高锰酸盐指数(COD_{Mn}), 指在酸性或碱性介质中, 以高锰酸钾为氧化剂, 处理水样时所消耗的氧化剂的量。

5.5.2 富营养化评价方法

目前我国湖泊营养化评价的基本方法主要有综合营养状态指数(TLI)、卡尔森营养状态指数(TSI)、营养度指数法和评分法, 其中综合营养状态指数法(TLI)应用最为普遍。

根据中国环境监测总站《湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定》, 综合营养状态指数法(TLI):

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j)$$

式中: TLI(Σ)——综合营养状态指数;

T/CWEC XXX-XXXX
T/CAQI XXX-XXXX

W_j ——第 j 种参数的营养状态指数的相关权重；

$TLI(j)$ ——代表第 j 种参数的营养状态指数。

以 $chl a$ 作为基准参数，则第 j 种参数的归一化的相关权重计算公式为：

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2}$$

式中： r_{ij} ——第 j 种参数与基准参数 $chl a$ 的相关系数；

m ——评价参数的个数。

湖泊（水库）的 $chl a$ 与其它参数之间的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}^2 见下表 5-1。

表 5-1 中国湖泊（水库）部分参数与 $chl a$ 的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}^2 值*

参数	$chl a$	TP	TN	SD	COD_{Mn}
r_{ij}	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
r_{ij}^2	1	0.7056	0.6742	0.6889	0.6889

*：引自金相灿等著《中国湖泊环境》，表中 r_{ij} 来源于中国 26 个主要湖泊调查数据的计算结果。

营养状态指数计算公式为：

- (1) $TLI(chl a) = 10(2.5 + 1.086 \ln chl a)$
- (2) $TLI(TP) = 10(9.436 + 1.624 \ln TP)$
- (3) $TLI(TN) = 10(5.453 + 1.694 \ln TN)$
- (4) $TLI(SD) = 10(5.118 - 1.94 \ln SD)$
- (5) $TLI(COD_{Mn}) = 10(0.109 + 2.661 \ln COD)$

式中：叶绿素（ $chl a$ ）单位为 mg/m^3 ，透明度 SD 单位为 m ；其它指标单位均为 mg/L 。

5.5.3 富营养化分级标准

为了说明湖泊富营养状态情况，采用 0~100 的一系列连续数字对湖泊营养状态进行分级，在同一营养状态下，指数值越高，其营养程度越重，具体分级见下表 5-2：

表 5-2 湖泊（水库）营养状态分级

综合营养状态指数	营养程度	
$TLI(\Sigma) < 30$	贫营养 (Oligotropher)	
$30 \leq TLI(\Sigma) \leq 50$	中营养 (Mesotropher)	
$TLI(\Sigma) > 50$	富营养 (Eutropher)	
	$50 < TLI(\Sigma) < 60$	轻度富营养 (Lighteutropher)
	$60 < TLI(\Sigma) \leq 70$	中度富营养 (Middleeutropher)
	$TLI(\Sigma) > 70$	重度富营养 (Hypereutropher)

6 重要湖库型水源地富营养化防治目标与任务

6.1 富营养化防治目标

1) 从防治任务上方面，重要湖库富营养化防治目标包括控制底泥内源污染释放、抑制藻类暴发。

2) 从技术上层面对，重要湖库富营养化防治目标主要是指削减湖泊水体的氮、磷以及底泥有机碳和氮、磷的负荷，消除水体中藻类疯长的基础，达到降低水体中藻类生物量、提高水体透明度。

3) 选取总磷（TP）、总氮（TN）、叶绿素 a（chl_a）、透明度（SD）、高锰酸盐指数（COD_{Mn}）指数，作为重要湖库富营养化防治目标的 5 项量化指标。

4) 参照重要湖库型水源地水质目标及湖库水功能区水质目标，确定富营养化防治所执行的地表水质量标准。

6.2 富营养化防治任务

1) 分析富营养化状态的主要成因及状态识别。结合重要湖库型水源地现状，从气象条件、水文水动力、营养物质、底泥等方面，分析重要湖库富营养化形成的主要原因；进一步分析富营养化的污染指示种、氮磷营养盐富集过程，识别重要湖库富营养化形成的主要因子。

2) 评价富营养化状态及分级。开展重要湖库型水源地基本现状调查，包括水质调查、水生生物调查、污染源调查等，分析调查结果，定性、定量诊断重要湖库富营养化问题。

3) 明确富营养化防治目标。结合重要湖库型水源地水质目标及湖库水功能区水质目标，以及区域社会经济发展要求及需求，从防治任务层面、目标可达性层面，明确富营养化防治目标。

4) 拟定富营养化防治关键技术。因地制宜，建立重要湖库型水源地富营养化防治关键技术体系，并提出长效管理机制，

5) 编制重要湖库型水源地富营养化防治实施方案。参照附录 A，编制富营养化防治实施方案。

7 重要湖库型水源地富营养化防治关键技术

7.1 技术选型原则

(1) 精准施策。根据水体富营养化程度、形成的原因和污染源的不同，有针对性的选择适合粤港澳大湾区重要湖库型水源地的防治技术、制定治理方案。

(2) 因地制宜。根据粤港澳大湾区重要湖库型水源地的特点，包括水体交换频繁、水污染事件经济损失与社会影响大、富营养化变化过程变化快、典型南方水生动植物群落分布特点、以及受台风或风暴潮等极端气候影响，进一步优化富营养化防治技术与治理方案。

(3) 综合措施。根据防治范围内不同的水文水质特征、不同的治理目标、不同的污染类型，综合采用不同的富营养化防治技术与措施，并进行组合与集成。

(4) 长效管理。根据水体富营养化修复的过程要求，提出重要湖库型水源地富营养化防治长效管理措施及机制。

7.2 内源污染治理技术

内源污染由湖库底泥的污染物释放组成，底泥释放主要有三类，即营养元素、重金属和难降解有机物。结合粤港澳大湾区重要湖库型水源地内源污染的基本特点，可以优先考虑环保清淤、遮蔽修复、生物修复等内源污染治理技术。

7.2.1 环保清淤

适用范围：适用于所有底泥受到污染的水源地，尤其是重金属污染、富营养化严重或者水体黑臭情形下的底泥污染物的清理，且扰动相对较少，对底部不会构成威胁，可快速降低受污染水体的内源污染负荷，避免或者减缓底泥污染物向水体释放，实现优化水源地水体质量的目的。

技术要点：环保清淤工程是一项可持续的生态清淤工程，通过吸泥船或者挖泥船的 GPS 定位和自动化操作，精确确定吸泥位置和吸泥深度，可达到基本清除底泥污染物，使悬浮状态的污染物最少、悬浮颗粒的数量控制在规定范围内与超挖量最小以免伤及原生土等效果，对水源地底部扰动小，避免取水水质恶化，防止对水体和土壤的二次污染，应推荐使用。目前常用的环保疏浚设备是带环保绞刀头的绞吸式挖泥船，非常适用于大水面、水体深的湖库清淤。

1) 环保清淤的主要工作内容包括污染底泥疏挖机输送、污染底泥堆场建设、余水达标处理与泥浆脱水干化、堆场快速景观恢复、污染底泥资源化利用等，其设计方法与要求可参照 SL 117、DB32/T 3258。

2) 清淤前，需针对水源地底泥厚度、污染状况进行调查，明确疏浚范围和疏浚深度以及清淤量。

3) 结合粤港澳大湾区的气候、降雨特征，合理安排底泥清淤季节与时段。

4) 需对疏浚污泥进行脱水处理, 为了减少淤泥输送工作量, 防止淤泥堆积污染周边土壤, 提高底泥资源化利用的效率。

5) 需对余水进行净化处理, 可采取物化、生化方法进行预处理, 防止回流水源地污染水质。

限制因素: 应结合受污染水源地的实际情况, 综合考虑成本、气候条件, 合理制定环保清淤方案。高温季节疏浚后容易导致形成黑色块状漂泥; 多雨季节疏浚容易影响工程进度; 需合理控制清淤深度, 过深容易破坏湖(库)底水生生态、增加清淤量, 过浅不能彻底清除底泥污染物; 底泥运输和处理处置难度较大, 存在二次污染风险, 需要按规定安全处理处置; 余水净化水质目标应该不低于水源地的水质目标。

7.2.2 掩蔽修复

适用范围: 适用于重金属污染、难降解有机物污染, 且污染范围较小、清淤疏浚有难度的水源地内源污染防治, 可有效阻止底泥中有害污染物进入水体。

技术要点: 底泥掩蔽技术又称底泥覆盖技术, 指在污染的底泥上铺上一层覆盖物, 隔离污染底泥与水源地水体, 实现阻止底泥中的重金属、难降解有机物等污染物向水体中释放、迁移的一种方法。

1) 覆盖物主要包括沙、砾石或一些复杂的人造地基材料等。

2) 采用该方法之前, 需要明确底泥中的污染物和水源地水体的主要超标因子, 详细考察污染区域内的周边环境。

3) 掌握遮蔽物收集、购买情形, 进而合理确定遮蔽修复方案。

4) 掩蔽修复工程造价低, 施工简单。

限制因素: 受遮蔽材料、覆盖厚度的影响。遮蔽厚度过浅, 不能达到有效阻止底泥污染物释放与前一; 遮蔽厚度过深, 成本高, 且抬高了水源地湖(库)底, 缩减水源地库容。此外, 覆盖物对水源地底栖生物有较强破坏力, 可能影响整个底栖生态系统, 而且寻找大量的清洁覆盖物也并非易事。

7.2.3 生物修复

适用范围: 适用于污染面积较大、污染底泥厚度不超过 50cm 且污染负荷较低, 周边难以开展环保清淤的水源地。

技术要点: 生物修复按其主体可分为植物修复、微生物修复和动物修复。

1) 植物修复是一种水下森林构建技术, 即是通过种植沉水植物, 利用其根茎吸收底泥中的氮磷有机物和重金属, 控制底泥中营养物释放的一种方式; 沉水植物在生长过程中能较方便的带走部分营养物, 并且发达的根系还能微生物提供了栖息环境。常见沉水植物名录见附录 B。沉水植物的技术要点见 7.3.5。

2) 微生物修复是一种生物制剂修复技术, 即利用天然的或经驯化的微生物, 通过氧化、还原、水解作用等将有机污染物降解成 CO_2 和 H_2O , 或转化成其他无害物质; 常用的微生

T/CWEC XXX-XXXX

T/CAQI XXX-XXXX

物可采用人工驯化、固定化微生物和转基因工程菌等方式提供；应考虑水源地生物安全的必要性，谨慎选用微生物种类，且满足 HJ/T 415 要求。微生物制剂的相关技术要点见 7.3.7。

3) 动物修复是一种生物操纵的方式，通过投放底栖动物，包括螺、贝类、虾类等，构建完善的底栖生物群落，增强生物群落对湖库底泥营养物的滤食作用，减少淤泥中有机质成分，加速氮磷营养盐的消化、吸收、转化过程，提高水体透明度，改善水质。生物操纵的相关技术要点见 7.3.6。

限制因素：面临微生物菌剂、治理实效的影响。投加的外源微生物菌剂，微生物活性受底泥环境、土著微生物的影响，有时难以达到预期效果的问题；外源微生物对当地生物群落可能会构成入侵威胁；在水源地中培养或繁殖土著微生物具有较大困难；微生物修复底泥是一个生态繁殖的过程，需要的时间相对较长。

7.3 水体自净能力修复技术

7.3.1 生态湿地技术

适用范围：适用于水质浑浊、富营养化相对严重以及流动性较弱的湖库浅水区域，如受污染的湖（库）湾、浅滩等水体循环缓慢的区域，通常水深小于 1m，往往为降雨径流的汇水通道末端或者入湖（库）前置区，湖体岸线坡度通常小于 10 度，易于布置工程措施净化水体。

技术要点：生态湿地技术是选择流动性较差、水体自净能力弱的湖（库）湾区，采用基底改造、种植水生植物等方式，通过植物和根区微生物共生，产生协同效应，净化水质，组成类似于自然湿地状态的工程化湿地状态系统。

1) 生态湿地主要由基底、水生植物两部分构成，设计方法与要求可参照 HJ 2005。

2) 基底改造前期，应清除湖（库）湾原有的淤泥所积累的氮磷、重金属等污染物以及表面自然垃圾。

3) 基底改造主要采用土壤和填料（如卵石等）混合组成填料床的方式，且填料床缝隙较大，湖水可以在床体中曲折流动或在床体表面流动。

4) 水生植物宜选中适合粤港澳大湾区且去除营养盐性能好、成活率高的南方植物，以常年生长兼具景观效果挺水或浮叶植物为主，包括芦苇、风车草、香蒲、美人蕉、菖蒲、再力花、茭白、铜钱草等。常见挺水植物名录见附录 C、浮叶植物名录见附录 D。

5) 生态湿地应合理搭配植物种类、密度，考虑一定的景观观赏要求，形成独特的植物生态环境。

限制因素：受气候、悬浮物影响。选中水生植物繁衍过程随气候变化，导致湿地的净水能力也不稳定；枯死的植物腐烂后，易造成二次污染；湖（库）湾入水携带一定的泥沙或悬浮物，并不断塞满填料床的缝隙，影响甚至破坏生态湿地的净水功能。

7.3.2 推流曝气技术

适用范围：适用于水体流动性较差、更新频率较慢、富营养化严重的湖（库）湾、浅滩

等封闭或者半封闭水域，对藻类繁殖较快、富营养化较严重的水体有一定的应急效果。

技术要点：推流曝气机一种轻便的多功能、多用途增氧曝气设备及水体循环设备，一般由主机、固定支架、进气管及推流曝气叶轮四部分组成，即利用叶轮旋转将水推走形成的空隙，利用水与空气比重不同，空气率先补充空缺，形成混合汽水，经过叶轮高速运转搅拌剪切形成溶气水，并推动水体向前运动，进而达到曝气、混合及推流的目的。结合粤港澳大湾区重要湖库型水源地的基本特点，针对大水面、水体较深水源地，推荐采用提水式曝气机、水下推流器 2 种推流曝气设备。

1) 提水式曝气机是一种不需水泵、管道的造景、净水喷泉，是一种快速增氧系统，与传统的叶轮式增氧机相比，增氧效果好，经济、轻便，而且具有优美的造型和独特的造景功效，它的特点是能迅速增加水中溶解氧，推动池水循环，有效防止死水腐败问题，并且体积小、易安装、重量轻，便于操作；结构紧凑，维修极为方便；高性能、低损耗，具有节能降耗优点。提水型曝气机主要由专用潜水电动机叶轮、浮筒、浮筒底座、电缆等所组成，采用不锈钢耐腐材料，能在多种不同的水体介质中可靠工作。浮筒放置在水表面上工作区域的水深不得小于 0.60m，自然泥底水域安装叶轮时其到水面的距离可根据用户对增氧量的要求和喷泉形状的要求来自由调节。提水型喷泉的服务面积通常为 8~10m 半径/kw。

2) 水下推流器可快速有效改善水体的流动性，为抑制小面积范围的藻类富集生长提供有利条件。水下推流器主要由支撑架、底座、挡板、推流装置组成，根据湖泊的边岸条件，可选择固定式或潜水式，固定式需要挡板固定在湖库底部或边壁，底座支架支撑推流装置，潜水式需要浮筒连接推流装置，并用牵引钢丝固定，水下推流器的安装深度不得大于 3m。水下推流器的服务面积通常为 5~8m 半径扇形/kw。

限制因素：受水流条件、风力、气候、成本等影响。自然湖泊边壁条件较为复杂，对流速流态产生一定影响；风力会导致水体波动，影响推流器对水体正常的推动作用及景观喷泉对水体的充氧作用；由于湖库水质具有季节性变化的特点，也会影响到对水体的作用，需要相应调节运行参数；技术措施为动力设施，常年用电与定期维护，运行费用偏高。

7.3.3 生态浮岛技术

适用范围：当水体水域较大，且湖体浅水区域较少，缺乏建设湿地和水下森林的建设条件时，可采用生态浮岛技术。

技术要点：生态浮岛技术是指用于水域范围的无土种植技术，通过引入水生植物在湖面内净化水质，美化环境，同时改善水域内的生态体系。生态浮岛主要是利用水生植物可以吸收水中营养成分，同藻类竞争光和营养物质，并通过根系向水中分泌有机物质来抑制藻类的繁殖，进而达到净化水体的效果。浮岛植物的根系一方面可以吸收和吸附水中的含氮、磷物质；另一方面根系可以分泌部分酶类促进水中有机物的降解；并且，根系与微生物可形成相互协同效应，共同降解水中的营养盐类。除净化污染水质、防止水华外，人工浮床还为高等水生动植物及鸟类提供了良好的栖息地，有利于增加水体生物多样性，促进生态恢复。

1) 生态浮岛的结构形式有矩形、圆形、弧形等, 由浮岛载体、植物构成。

2) 浮岛载体可选择 PVC 管、泡沫、竹子、木头等。也可采用无载体的浮岛形式, 直接采用菱角、芡实、水白菜等漂浮植物形成生态浮岛, 浮岛外可用浮材圈围, 避免浮叶植物的随意飘散。

3) 浮岛上选用的植物应优先选用去除污染物效果好的挺水植物或浮叶植物, 且适合粤港澳大湾区, 常见有芦苇、风车草、香蒲、美人蕉、菖蒲、再力花、茭白、铜钱草等。常见挺水植物名录见附录 C、浮叶植物名录见附录 D。研究发现一些水生高等植物如水葫芦、水浮莲、浮萍等对某些藻类有克制作用。

4) 水生植物还可以遏制沉积物的动力悬浮过程, 吸收水体与沉积物中的营养盐, 降低营养盐负荷, 遏制蓝藻水华发生。

5) 含载体生态浮岛的单体面积一般为 $2\sim 5\text{m}^2$, 浮岛通常覆盖水面面积需达到 $20\%\sim 30\%$ 方可产生一定的净化效果。

6) 在部分区域, 浮岛往往建设在有来水污染的区域, 用于控制来水污染。

限制因素: 生物浮岛上的植物需进行适时的收割和更新, 在天气较冷的区域, 部分植物需重新种植; 由于人工浮岛受建设宽度影响, 在植被生长茂盛后难以靠近或抵达制定浮床浮块开展维护工作, 导致后期浮床内部植被生长旺盛, 难以抵近维护, 植被在内部生长、腐烂, 易造成二次污染。因此, 浮岛中往往混有污水中的垃圾、纸屑、塑料袋等, 若不及时清理, 易发生积累, 导致对观感的影响。

7.3.4 人工水草技术

适用范围: 当水体水域较大, 且湖体浅水区域较少, 缺乏建设湾塘湿地和水下森林的建设条件, 可采用人工水草技术。在部分水深较大的湖泊治理中, 可悬垂于生态浮床底部。

技术要点: 人工水草是用高分子材料复合而成, 仿水草枝叶, 能在水中自由飘动, 形成上中下立体结构层, 具有多孔结构、高比表面积大; 微生物富集于人工水草表面, 形成“好氧-兼氧-厌氧”复合结构的微环境, 实现硝化和反硝化作用。

1) 人工水草按其结构形态主要分为生态基、生物填料及碳素纤维草三种类型。生态基是一种新型、高效的生态载体, 具有高比表面积和高负荷的特点, 可吸附水中各种水生生物到其表面, 随着时间的推移生态基表面会附着生长微生物和藻类, 对富营养化水体起到生物过滤和生物转换的作用, 并且附着在生态基上的微生物相非常丰富, 主要由细菌、真菌、藻类、原生动物和后生动物等构成复杂的生态系统; 生物填料具有亲水、亲油等作用, 兼有储氧功能, 同时能够挂膜, 提高氧的转移速率和利用率; 碳素纤维生态草具有高度的生物亲和性而会产生活性生物膜, 可直接固定在水体之中。

2) 人工水草生物填料按形状可分为辫式生物填料、弹性填料、悬浮填料等。辫式填料主要有亲水、亲油、切割气泡的作用, 兼有储氧功能, 下端固定在湖底, 上端呈自由漂游状态; 立体弹性填料将具有亲水、吸附、抗热氧的材料以丝条工艺穿插固着在耐腐/高强度的

中心绳上，立体均匀排列丝条，制成悬挂式立体弹性填料单体，在服务水域立体全方位均匀舒展布满。

3) 种植人工水草前，需要有效提高水草的挂膜效果，即尽可能多的让人工水草表面附着大量的微生物。

4) 人工水草用量建议参考 $1.5 \sim 2.5 \text{m}^2/\text{m}^3$ 。

限制因素：在实际应用中常常由于水体的流动导致纤维多纠缠成束，人工水草表面积减少；人工水草的挂膜时间比较长，挂膜效果受生物填料种类、形状、比表面积影响较大；虽然价格低廉，但是材料的强度和耐久性不够，使用一定时间后需要更换。

7.3.5 水下森林构建技术

适用范围：适用于水深较浅或者水体透明度相对较高的湖库，可用于污染水体或者富营养化治理后的湖库，长期保持湖库的水质和提高水体的透明度。

技术要点：水下森林主要是一种种植沉水植物的人工恢复水质的方法，通过构建适合沉水植物生长的良好环境，种植沉水植物形成水下森林，大幅度降低水体氨氮，吸收水中的营养盐，竞争养分和光照，抑制了藻类生长，避免水体富营养化同时，为水生动物提供庇护所，食物和产卵环境，从而构建起生态链平衡系统，使得流动或封闭的水体保持长年清澈透底。其原理是利用沉水植物的同化作用、营养竞争、絮凝沉淀、化感作用以及其他生态功能达到净化水质目的。在一定条件下，水下森林构建技术可使水体富营养化状态的常用指标达到 GB3838III 类水质标准，且具有低碳环保、生态可持续、景观打造的优点，前景广阔。

1) 沉水植物物种的选择应以当地土著物种为主，限制外来物种，否则可能造成难以估测的生态失衡问题和培养难度。

2) 常用的沉水植物大多为带状或丝状，如苦草、金鱼藻、狐尾藻、黑藻等。常见沉水植物名录见附录 B。

3) 物种的选择应保证多样性，单一的物种的沉水植物群落难以维持稳定的生态系统。

4) 沉水植物对湖泊的透光性要求较高，需要实施监控水体的透明度或悬浮物。

5) 新种植的沉水植物容易浮出水面，建议加强养护、补种等管理。

6) 采用沉水植物修复时，可首先进行局部试验，选择适合的植物种群，然后进行推广，当生长达到一定的规模就可以迅速繁殖、自然生长。

限制因素：受水深、食草性水生动物的影响。水下森林的构建不适宜水深较深的湖库，且施工前期对受污染水体的底泥有一定要求，重要湖库型水源地相当部分湖泊水深较深，沉水植被的种植仅可在浅水区域开展 ($<4.0\text{m}$)；需防备鱼类及福寿螺对沉水植被的啃咬，若在湖体中局部片区种植，建议设置小网眼围网，避免体型较大食草鱼类的啃咬。

7.3.6 生物操纵技术

适用范围：适用于新建的水源地、清淤疏浚后的湖库等水体，通过恢复、构建底栖生态系统，合理放养大型滤食型鱼类，去除水体中的藻类和营养物质，改善水源地生态环境。

技术要点：生物操纵技术即是通过调整生物群落结构的方式减少藻类生物量来改善水质，主要原理是调整鱼群结构、保护和发展大型滤食性浮游动物、从而控制藻类的过量生长，调整的方法为控制滤食性鱼类的发展，在合适的时间放置一定的鱼类、螺、虾及蚌类到水体中，使其在水中生长，以藻类和淤泥为食，可达到净化水质的作用，使整个食物网适合于浮游动物或鱼类自身对藻类的觅食和消耗，如利用浮游植物食性鱼类（如鲢鱼、鳙鱼等）直接牧食藻类等。

1) 放养鱼类、螺、虾及蚌类之前，应针对水源地开展水生生物调查，掌握水源地水生动物的优势种、群落结构等。对于新建的水源地，应多参考临近湖库型水源地的基本情况。

2) 生物操纵技术主要有以下途径：一是先向水体中投放适当密度的鲢、鳙鱼，藻类吸收水体中的氮磷→放养鱼类摄食含氮磷的藻类→捕捞成鱼带出氮磷→遏制水华、减轻水体富营养化；二是放养食鱼性鱼类如鳊鱼等→抑制野杂鱼（食用浮游动物）→增加浮游动物生物量（食用浮游植物）→减少浮游植物等现存量→提高水体透明度→增加水体自净能力；三是放养滤食性双壳类，即蚌类（滤食能力极强）→从而使其食物—浮游植物、细菌、腐屑和小型浮游动物减少→增加水体透明度，提高水体的自净能力。

3) 通过循环放养和重复养殖，鱼可深入到湖库各部，进而调控湖库中生物之间的食物链关系，抑制藻类密度，再通过成鱼捕捞，取走水体中的营养物质。

4) 不同种类的螺、虾及蚌对环境条件的适应性及耐污受性能和敏感程度不同，需对水体污染情况进行分析，因地制宜投放适合的底栖生物

5) 国内相关研究表明，鲢、鳙鱼一般以 40~50 克/m² 放养，螺、贝类一般以 5~10 个/m² 投加，杂食性虾类和小型杂食性蟹类以 5~30 个/m³ 的密度投放，可以有效控制水华。

限制因素：治理的稳定性、普适应有待进一步研究。放养鱼类后，短期内可有效抑制藻类密度，但是容易再次爆发富营养化；螺、虾及蚌等在水源地的环境条件下容易变成入侵物种或者繁殖速率较快，例如不能投放福寿螺，投放前应重点确定物种种类；生物的种类、数量、密度需要严格控制，防止出现生物爆发或生物死亡的现象，尤其滤食性鱼类的数量难以控制；在富营养化藻型湖泊中，不存在食鱼动物产卵及栖息场所，食鱼动物、浮游动物种群并不稳定。

7.3.7 生物制剂修复技术

适用范围：适用于水面开阔、富营养化严重、截污比较彻底的封闭或者半封闭水体，可较快重建水体的微生物群落结构，促进水体水质的改善。通常与微生物填料或者载体、曝气技术一起使用。

技术要点：生物制剂是指从自然界筛选的优势菌种或者通过基因组合技术而生产出的高效菌种，或是将目标菌群经过工业化生产扩繁后，利用多孔的物质作为吸附剂或者填料（如草炭、蛭石、聚氨酯基），吸附菌体的发酵液加工制成的活菌制剂，其中还针对性的添加了酶制剂、营养物质和矿物盐。通过生物制剂的投加，可使水体中的微生物数量快速增加，通

过微生物的自我分裂繁殖，分解有机物和吸收水体中的氨态氮、硫化氢、亚硝酸盐等有害物质，提升水体透明度。

1) 生物制剂常是一种复合微生物活性菌剂，以光合细菌、硝化菌、聚磷菌和有机污染物高效降解菌等为主的微生物种群。

2) 生物制剂使用前应进行微生物活性驯化，尽可能使得生物制剂菌液达到除氮或者除磷较高的水平。可将生物制剂按一定比例稀释并存放 2 小时，提高微生物菌群的活性。

3) 生物制剂恢复技术主要方法是通过向水体中撒泼生物制剂菌液，利用微生物的消化、吸收、转化等作用，消除或降解水体中的营养盐、重金属或有毒物质。

4) 根据富营养化水体的水质情况、氮磷消减速率以及藻类变化情况，实时调整生物制剂投加频次，通常每月使用 2~4 次。

5) 湖库岸边、浅水区域或者富营养化严重水域可直接泼洒生物制剂菌液，该方法通常列为应急工程使用。

6) 生物制剂修复技术设计方法与要求可参照 HJ/T 415。

限制因素：受微生物新陈代谢、水体溶解氧的影响。生物制剂作用期短，不能长久维持；水体溶解氧随着微生物活性增强而大量被消耗，从而反制微生物活性及代谢过程；复合菌剂的组成复杂多样，其中的微生物更容易受到群体结构和环境因素（温度）的影响，导致生物制剂的稳定性、净水效率下降；投加生物制剂时应考虑受污染水体对生物存活的适宜性。

7.4 重要湖库型水源地长效管理机制

1) 重要湖库型水源地长效管理措施应包括组织机构、管理制度、管理能力、考核办法、预警机制、应急方案等内容。

2) 以保障水源地水质为核心，逐步、合理地调整工业、农业产业结构，减少面源污染的输入。

3) 按照确定警情、寻找警源、分析警源、预报警度、排除警患等步骤，建立重要湖库型水源地富营养化预警机制。

4) 基于粤港澳大湾区重要湖库型水源地气候特点，从富营养化防治工作长期性、防治效果阶段性等方面提出长效管理措施与方案。

5) 强化综合化、集成化、多元化的管理与保护工作，强化各级政府及地方机构的多方参与，将可持续管理理念纳入水源地保护的全过程。

附录 A 重要湖库型水源地富营养化防治实施方案编制目录

第一章 总则	第五章 防治方案
1.1 项目背景	5.1 总体思路
1.2 项目目的与意义	5.2 工程布局
1.3 指导思想	5.3 内源污染治理方案
1.4 基本原则	5.4 水体自净能力修复方案
1.5 实施范围	5.5 长效管理与运维方案
第二章 区域概况	第六章 项目投资及可达性分析
2.1 自然环境概况	6.1 编制依据
2.2 社会经济发展	6.2 投资估算
2.3 水土资源开发	6.3 资金筹措
2.4 水源地达标建设现状	6.4 效益分析
2.5 相关规划与方案分析	6.5 可达性分析
第三章 主要问题识别	第七章 保障措施及实施计划
3.1 水质调查及评价	7.1 保障措施
3.2 水生生物调查与评估	7.2 实施计划
3.3 污染源调查及污染负荷估算	
3.4 存在的主要问题及演变趋势	
第四章 防治目标	附件附表附图
4.1 富营养化防治原则	附件
4.2 防治目标及考核指标	附表
4.3 防治任务	附图
4.4 技术路线	

附录 B 常见沉水植物名录表

种名	别名	拉丁名	所属科	图片	生物特性
马来眼子菜	竹叶眼子菜	<i>Potamogeton malaianus</i>	眼子菜科		多年生沉水或浮叶草本，地下茎发达。仅有沉水叶，先端急尖，叶缘波状，具有不规则的锯齿，叶柄长 2~5cm。穗状花序顶生或假腋生。喜生地质较硬的湖泊、池塘和河道及水沟、及水流缓慢的淡水中，在我国南方湖区最为普遍。
菹草	麦黄草	<i>Potamogeton crispus</i>	眼子菜科		多年生沉水草本植物。茎扁圆形，具有分枝。叶披针形，先端钝圆，叶缘波状并具锯齿。花序穗状。秋季发芽，冬春生长，4~5 月开花结果，夏季 6 月后逐渐衰退腐烂，同时形成鳞枝（冬芽）以度过不适环境。冬芽坚硬，边缘具有齿，形如松果，在水温适宜时在开始萌发生长。叶条形，无柄。可作绿肥并可净化水质。
篦齿眼子菜		<i>Potamogeton pectinatus</i>	眼子菜科		又称红线草，沉水草本。根茎发达，白色，直径 1-2 毫米，具分枝，常于春末夏初至秋季之间在根茎及其分枝的顶端形成长 0.7-1 厘米的小块茎状的卵形休眠芽体。茎长 50-200 厘米，叶线形，长 2-10 厘米，穗状花序顶生，花果期 5-10 月。本种生态幅相当宽，在淡水与咸水中均可繁茂生长。
狐尾藻		<i>Myriophyllum verticillatum</i>	小二仙草科		多年生沉水草本。根状茎发达，在水底泥中蔓延，节部生根。茎圆柱形，多分枝。叶互生，裂片较宽。秋季于叶腋中生出棍棒状冬芽而越冬。
轮叶黑藻		<i>Hydrilla verticillata</i>	水鳖科		多年生沉水植物，茎直立细长，长 50~80 厘米，叶带状披针形。花白色，较小。秋末开始无性生殖，在枝尖形成特化的营养繁殖器官鳞状芽苞。冬季为休眠期，水温 10 的以上时，芽苞开始萌发生长，形成新的植株。待植株长成后可以断枝再植。
苦草		<i>Vallisneria spiralis</i>	水鳖科		多年生无茎沉水草本，有匍匐枝。叶基生，线形，长 30-50 厘米，无柄。雌雄异株，雄花小，多数，生于叶腋。种植水深 60-150 cm，植株水下生活，净水，草食性鱼类喜食。4 月底发芽，10 月份死亡。
水毛茛		<i>Batrachium bungei</i>	毛茛科		多年生沉水草本。茎长 30 厘米以上。叶有短或长柄，叶片轮廓近半圆形或扇状半圆形，叶柄长 0.7 上。厘米。花期 5 月至 8 月。

T/CWEC XXX-XXXX

T/CAQI XXX-XXXX

种名	别名	拉丁名	所属科	图片	生物特性
金鱼藻		<i>Ceratophyllum demersum</i>	金鱼藻科		悬浮于水中的多年水生草本植物，植物体从种子发芽到成熟均没有根。叶轮生，边缘有散生的刺状细齿；茎平滑而细长，可达 60 厘米左右。群生于淡水池塘、水沟、稳水小河、温泉流水及水库中。为世界广布种。

附录 C 常见挺水植物名录表

种名	别名	拉丁名	所属科	图片	生物特性
再力花	水竹芋	<i>Thalia dealbata</i>	竹芋科		多年生挺水草本，植株高 100~250 cm，复总状花序，花小呈紫堇色，全株附有白粉，观叶为主；种植水深 30-40 cm。
泽泻		<i>Alisma plantago-aquatica</i>	泽泻科		多年生沼生植物，高 50-100 厘米。地下有块茎，球形，叶根生，叶柄长达 50 厘米，叶片宽椭圆形至卵形，长 5-18 厘米，花期 6-8 月，果期 7-9 月。
慈菇		<i>Sagittaria trifolia</i>	泽泻科		多年生挺水植物。高 50-100 厘米，根状茎横生，较粗壮，顶端膨大成球茎，可食用。基生叶簇生，叶形变化极大。多数为狭箭形，通常顶裂片短于侧裂片。7-10 月开花，10-11 月结果，同时形成地下球茎。种子褐色。霜冻后地上部分枯死。
黄菖蒲	黄花鸢尾	<i>Iris pseudacorus</i>	鸢尾科		多年生湿生或挺水宿根草本植物，植株高大，根茎短粗。叶子茂密，基生，绿色，长剑形，长 60--100 厘米。花黄色，花期 4-6 月，绿叶期达 11 个月左右。种植水深 20-30 cm，植株高度 50-60cm。
西伯利亚鸢尾		<i>Iris sibirica</i>	鸢尾科		多年生草本。根状茎粗壮，须根黄白色绳索状。叶灰绿色，条形，顶端渐尖。花蓝紫色，蒴果卵状圆柱形。花期 4-5 月，果期 6-7 月。既耐寒又耐热，在浅水、湿地、林荫、旱地或盆栽均能生长良好。

种名	别名	拉丁名	所属科	图片	生物特性
梭鱼草		<i>Pontederia cordata</i>	雨久花科		多年生挺水草本，叶柄绿色，圆筒形，叶片光滑，呈橄榄色，倒卵状披针形。穗状花序顶生；花白色或紫色；种植水深 20 cm，植株高度 50-80cm。
粉绿狐尾藻	聚草	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	小二仙草科		多年生挺水或沉水草本植物，以插枝法即可繁殖。被栽植为观赏用水生植物或生长在阳光强烈的沟渠或池塘中。株高约 10-20 公分。茎呈半蔓性，能匍匐湿地生长。上部为挺水叶，匍匐在水面上，下半部为水中茎，水中茎多分枝。叶 5-7 枚轮生，羽状排列，小叶针状，绿白色；沉水叶丝状，朱红色，冬天老叶枯。
东方香蒲	毛蜡烛	<i>Typha orientalis</i>	香蒲科		多年生草本。地下根状茎粗壮，有节；叶线形，基生，基部鞘状，抱茎，具白色膜质边缘。穗状花序圆锥状，雄花序与雌花序彼此连接，雄花序在上，较细，长 3~5 厘米，雌花序在下，长 6~15 厘米。花果期 5 月。月，种植水深 10-80cm，植株高度 100-200cm，常见植物。特别容易蔓延，需考虑根控。
狭叶香蒲	水烛	<i>Typha angustifolia</i>	香蒲科		植株基部的地上茎短缩，并从其叶腋间抽生地下匍匐茎，匍匐茎在土中水中延伸，长 30-60 厘米，开展都 60-80 厘米，每株有 6-13 片叶。叶箭形，全缘，叶色浓绿，叶肉组织为中空长方形孔格，是湿生结构，叶片下部的叶鞘长达 50-60 厘米，层层互相抱合成假茎。
菖蒲		<i>Acorus calamus</i>	天南星科		多年生草本植物，全株有特殊香气。具横走粗壮而稍扁的根状茎，径 0.5-2cm，上生有多数须根。叶基生，叶片剑状线形，长 50-120cm。6-9 月开花，佛焰苞长 20-40cm，肉穗花序圆柱形，黄绿色。种植水深 15-20 cm，植株高度 40-70cm。
莲	荷花	<i>Nelumbo nucifera</i>	睡莲科		叶圆盾形，高出水面，有长叶柄，具刺。花单生在花梗顶端，直径 10~20 厘米；花色呈白、红、黄、粉等，观花为主，花期 6-8 月；种植水深 40-60 cm，淤泥质水底为宜；植株高度 100-150cm。
旱伞草	风车草、水竹	<i>Cyperus alternifolius</i>	莎草科		多年生湿生、挺水植物，高 40~160cm。茎秆粗壮，直立生长，茎近圆柱形，丛生，花果期为夏秋季节。种植水深 10~20cm。

T/CWEC XXX-XXXX

T/CAQI XXX-XXXX

种名	别名	拉丁名	所属科	图片	生物特性
水葱		<i>Scirpus tabernaemontani</i>	莎草科		多年生宿根挺水草本，匍匐根状茎粗壮，具许多须根。秆高大，圆柱状，平滑。花果期 6~9 月。种植水深 20-40 厘米，植株高度 100-120 厘米。易折断，易倒伏。
铜钱草	金钱草、天胡荽	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	伞形科		性喜温暖潮湿，栽培处以半日照或遮阴处为佳，忌阳光直射，栽培土不拘，以松软排水良好的栽培土为佳，或用水直接栽培，最适水温 22~28 度。耐阴、耐湿，稍耐旱，适应性强。铜钱草生性强健，种植容易，繁殖迅速，水陆两栖皆可。
千屈菜	水柳	<i>Spiked Loosestrife</i>	千屈菜科		多年生挺水草本，根茎粗壮，茎直立多分枝，全株青绿色，略被粗毛或密被绒毛，枝通常具 4 棱；花期 7-10 月；种植水深 20-40 cm，植株高度 60-120cm。种子容易萌发，注意蔓延。
水生美人蕉		<i>Canna flaccida</i>	美人蕉科		多年生大型草本植物，株高 1~2m。花呈黄色、红色或粉红色。花期 4~ 10 月份，地上部分在温带地区的冬季枯死，根状茎进入休眠期。耐水淹，在 20 cm 深的水中能正常生长。生性强健，适应性强，喜光，怕强风，适宜于潮湿及浅水处生长，肥沃的土壤或沙质土壤都可生长良好。
花叶芦竹		<i>Arundo donax var. versicolor</i>	禾本科		多年生挺水草本观叶植物。株高 1.5~2.0m。宿根，地下根状茎粗而多结，属于禾本科芦竹属，其类别是多年生挺水草本观叶植物，喜光、喜温、耐水湿，也较耐寒，不耐干旱和强光，喜肥沃、疏松和排水良好的微酸性沙质土壤。
芦苇		<i>Phragmites australis</i>	禾本科		植株高大，地下有发达的匍匐根状茎。茎秆直立，秆高 1~3 米，节下常生白粉。叶长 15-45 厘米，圆锥花序长 10-40 厘米，具长、粗壮的匍匐根状茎，以根茎繁殖为主。
茭草	菰	<i>Zizania latifolia</i>	禾本科		叶片扁平而宽广，长 30-100 厘米，锥花序大型，长 30-60 厘米。

附录 D 常见浮叶植物名录表

种名	别名	拉丁名	所属科	图片	生物特性
睡莲		<i>Nymphaea</i> spp.	睡莲科		根茎平生或直立；叶浮于水面，圆形或卵形，花大而美丽，颜色多样，浮水或突出水面；种植水深 50-200 厘米，观花，花期长，5-11 月，花色丰富。
芡实	鸡头米	<i>Euryale ferox</i>	睡莲科		观叶植物。叶片背面和叶柄、花梗多刺。种植水深以 80-120 厘米为宜，最深不可超过 2 米。果实可食用。
荇菜	荇菜	<i>Nymphaoides peltatum</i>	龙胆科		叶卵形，长 3-5 厘米。花黄色，种植水深 100-200 厘米，植株浮于水面花黄色，3 月份发芽，3 月底开花。容易蔓延生长。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允许
不必	不需要、不要求	