

T/AHEPI

安徽省环境保护产业协会团体标准

T/AHEPI 0007—2023

农村生活污水小立方模块化生态处理技术规范

Technical specification for modular ecological treatment of rural domestic sewage
with small cube

2023 - 05 - 25 发布

2023 - 06 - 25 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	3
4.1 系统构成	3
4.2 场址选择	3
4.3 总平面布置	3
5 设计	3
5.1 设计水量	3
5.2 设计进水水质	3
5.3 设计出水水质	4
5.4 工艺流程	4
5.5 污水预处理	4
5.6 小立方生态系统	4
6 设备安装	7
7 施工和验收	7
7.1 一般规定	7
7.2 施工	7
7.3 验收	7
8 运行与维护	8
8.1 一般规定	8
8.2 管理与维护	8

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。

本文件由合肥聚启新材料科技有限公司提出。

本文件由安徽省环境保护产业协会归口。

本文件起草单位：合肥聚启新材料科技有限公司、安徽中科艾瑞智能环境股份有限公司、芜湖中科艾瑞智能环境技术有限公司、安徽创新检测技术有限公司。

本文件主要起草人：谢小芬、何申付、从滂、袁媛、谢广军、何颖颖、郭鹏。

农村生活污水小立方模块化生态处理技术规范

1 范围

本文件规定了小立方模块化生态处理(以下简称“小立方生态系统”)的术语和定义、总体要求、设计、设备安装、施工和验收、运行与维护的技术要求。

本文件适用于处理规模小于 $5\text{m}^3/\text{d}$ 的农村生活污水中灰水的处理与资源化利用,其他类似农村生活污水水质处理等可参照此规范使用。

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。

GB/T 11115	聚乙烯 (PE) 树脂
GB/T 12670	聚丙烯 (PP) 树脂
GB/T 15568	通用型片状模塑料 (SMC)
GB 50014	室外排水设计标准
GB 50015	建筑给水排水设计标准
GB/T 50046	工业建筑防腐蚀设计标准
GB 50268	给水排水管道工程施工及验收规范
GB/T 51347	农村生活污水处理工程技术标准
CJJ/T 54	污水自然处理工程技术规程
HJ 2005	人工湿地污水处理工程技术规范
DB 34/3527	农村生活污水处理设施水污染物排放标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

农村生活污水 rural domestic sewage

农村居民生活活动产生的污水,主要包括厕所污水和生活杂排水。

3.2

灰水 grey water

即生活杂排水,包括农村居民家庭厨房、洗衣、清洁和淋浴产生的污水。

3.3

预处理工艺 pretreatment process

为满足工程总体要求、小立方生态系统进水水质要求及减轻湿地污染负荷,在小立方生态系统前端设置的处理工艺,如隔油池、格栅、调节池、沉淀池等。

3.4

小立方生态系统 small cube ecosystem

在模块化的生态小立方容器(材质为聚乙烯、聚丙烯或玻璃纤维等)内填充一定深度的基质层,表面种植具有污染物去除功能的水生植物,利用基质、植物、微生物三者间的物理、化学及生物协同作用使污水得到净化的一种模块化污水处理系统。

3.5

基质 substrate

填充于小立方生态系统内，提供湿地植物与微生物生长并对污染物起过滤、吸收作用的填充材料，如石灰石、砂砾、沸石、页岩、陶粒、矿渣、炉渣等。

3.6

湿地植物 wetland plants

种植在小立方生态系统中，具有一定耐污能力和污染物去除功能，同时具有一定景观效果的植物。

3.7

孔隙率 porosity

小立方生态系统基质层中，存在于基质间孔隙体积占基质层全部体积的百分比。可采用灌水实验法测定，按公式（1）计算：

$$\varepsilon = \frac{V_0}{V} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ε —小立方生态系统基质层的孔隙率，%；

V_0 —小立方生态系统内灌水至基质层表面时所用水的体积， m^3 ；

V —小立方生态系统基质层的整体空间体积， m^3 。

3.8

水力停留时间 hydraulic retention time

污水在小立方生态系统基质层内的平均驻留时间。按公式（2）计算：

$$t = \frac{V \times \varepsilon}{Q} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

t —水力停留时间，d；

V —小立方生态系统内基质层的整体空间体积， m^3 ；

ε —小立方生态系统基质层的孔隙率，%；

Q —小立方生态系统设计进水量， m^3/d 。

3.9

污染物表面负荷 contaminant surface loading

单位面积小立方生态系统在单位时间内消纳的污染物量。按公式（3）计算：

$$q_{cs} = \frac{Q \times (C_i - C_e) \times 10^{-6}}{A} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

q_{cs} ——污染物表面负荷， $g/(m^2 \cdot d)$ ；

Q ——小立方生态系统设计进水量， m^3/d ；

C_i ——小立方生态系统进水中污染物浓度， mg/L ；

C_e ——小立方生态系统出水中污染物浓度， mg/L ；

A ——小立方生态系统面积， m^2 。

3.10

表面水力负荷 hydraulic surface loading

单位面积小立方生态系统在单位时间内接纳的污水体积。按公式（4）计算：

$$q_{hs} = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

q_{hs} ——表面水力负荷， $m^3/(m^2 \cdot d)$ ；

Q ——小立方生态系统设计进水量， m^3/d ；

A ——小立方生态系统面积， m^2 。

4 总体要求

4.1 系统构成

- 4.1.1 农村生活污水灰水模块化生态处理主要包括：预处理系统、小立方生态系统。
 4.1.2 预处理系统包括隔油池、格栅、沉淀池等。
 4.1.3 污水处理设施主体是模块化的小立方生态系统，主要包括小立方池体、基质载体、基质、配水管、湿地植物等。

4.2 场址选择

- 4.2.1 应符合乡镇、村、农户居住区总体规划和其他专项规划的要求。
 4.2.2 安装宜进院入户或便于处理后回用的地点。
 4.2.3 应便于施工、运输、维护和管理。

4.3 总平面布置

- 4.3.1 应充分利用场地环境条件，参照使用功能和流程要求，构筑物及相关设施的布置应紧凑、合理，构筑物间距、朝向应满足设备安装、基质填充、维护管理等要求。
 4.3.2 应符合排水通畅、节能降耗的要求，系统内水流应优先采用重力流，需要提升时，应一次提升。
 4.3.3 宜结合农户生产生活需要，出水回收利用。
 4.3.4 应根据当地气候条件，综合考虑小立方生态系统池体材料、过冬保温措施及植物配置等，保证冬季生活污水的污染物去除率和小立方生态系统的景观化效果。

5 设计

5.1 设计水量

- 5.1.1 小立方生态系统设计水量应根据农户实际产生生活污水排水量确定，缺乏实测数据的，可参考同地域、同类型农村生活污水处理工程经验值，也可参考表 1 进行取值和确定。

表 1 农村居民生活用水量参考值和排放系数

村庄类型	用水量[L/(人·d)]
经济条件好，户内给排水设施齐全且有淋浴设备	100~140
经济条件较好，户内给排水设施较齐全	80~100
经济条件一般，户内给排水设施简单	50~80

注1：各地可根据本地水资源条件与经济发展水平在相应范围内确定用水定额。水资源丰富、发展水平高的地区可取高值，反之取低值。

注2：农村地区居民生活污水排放系数取生活用水量的60~90%。污水收集系统完善的地区可取高值，反之取低值。

注3：农村地区居民生活污水灰水占生活污水总量60~80%。

- 5.1.2 农村生活污水处理设施的设计服务人口应按服务范围的常住人口，并结合服务期内人口变化等因素确定。

5.2 设计进水水质

农村生活污水灰水水质宜根据实际调查情况确定。缺乏实测数据的，可参考同地域、同类型的村庄生活污水水质资料，也可参考表 2 进行适当取值。污水收集系统完善的地区可取高值，反之取低值。

表 2 农村生活污水灰水水质参考值

单位: mg/L

主要指标	COD _{Cr}	NH ₃ _N	TN	TP	SS
建议取值范围	80~160	20~40	20~60	2.0~6.0	100~200

5.3 设计出水水质

小立方生态系统出水水质应符合DB34/3527及流域或县域农村生活污水治理专项规划的相关要求。

5.4 工艺流程

5.4.1 小立方生态系统工艺流程如图 1 所示

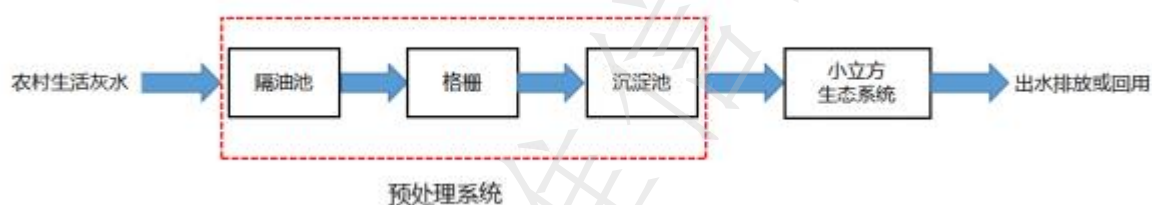


图 1 小立方生态系统工艺流程

5.4.2 预处理系统以及配套系统设计应符合 GB 50014 、 GB 50015 等的规定。

5.5 污水预处理

5.5.1 农村生活污水灰水应经预处理后方可进入小立方生态系统进行处理。

5.5.2 预处理系统的设计应达到下列要求：

- a) 去除大部分悬浮物、漂浮物，去除部分有机物；
- b) 接入厨房污水，应采用隔油措施。

5.5.3 预处理系统应地埋或加盖。

5.5.4 污水进入预处理系统时应设格栅拦截杂物，可选用人工格栅，栅条间隙宜设为 5mm~20mm。

5.5.5 采用沉淀池预处理时，污水在池中的水力停留时间应根据污水量确定，宜控制在 4h~8h；积泥清掏周期应为 3 个月 ~ 6 个月。

5.6 小立方生态系统

5.6.1 一般规定

5.6.1.1 应在满足污染负荷和表面水力负荷的技术要求条件下，根据设计进水量合理配置选用。

5.6.1.2 小立方生态系统应考虑因雨水冲击造成的破坏或淤堵风险，应建立相应的解决方案。

5.6.1.3 结合场地、工艺及进水水质等特点，小立方生态系统设计可采用单级或多级的串联形式。

5.6.2 工艺形式

5.6.2.1 小立方生态系统单个池体模块的长宽比区间应在 1:1~3:1 间为宜。

5.6.2.2 单级形式的小立方生态系统，其结构由小立方池体、基质载体、基质、配水管、湿地植物、防渗层等组成。单级小立方生态系统结构及流态示意图详见图 2。

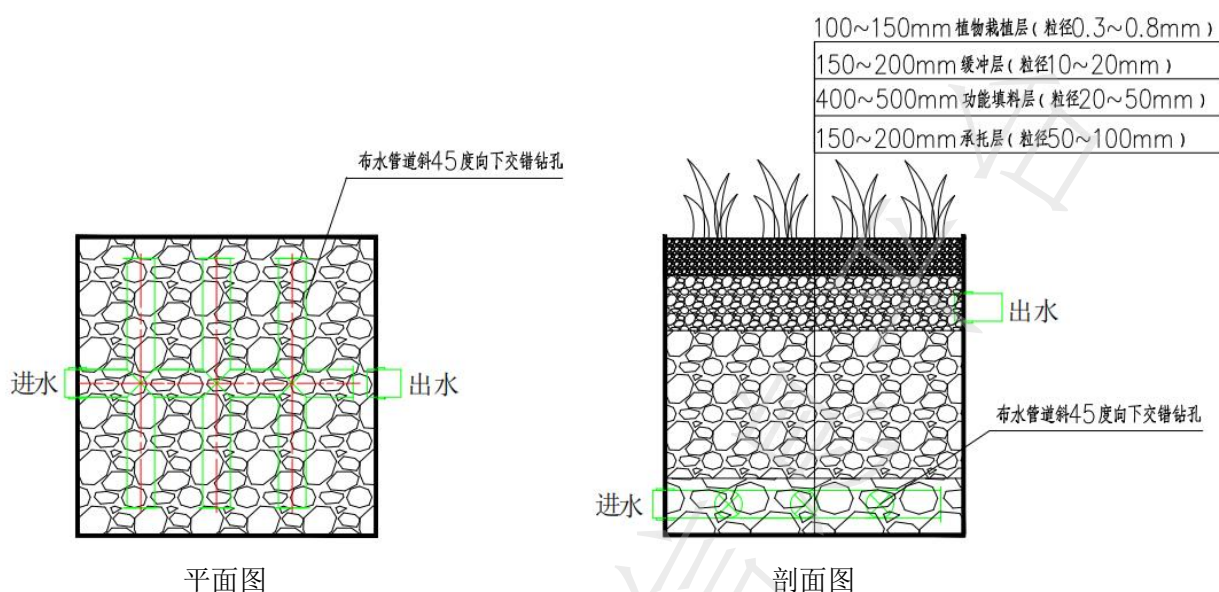


图2 单级小立方生态系统结构及流态示意图

5.6.2.3 多级形式的小立方生态系统由 2~4 个单级小立方生态系统串联而成，多级串联使用时，污水在垂直方向上形成“S”型复合流态。

5.6.3 设计参数与公式

5.6.3.1 农村生活污水中灰水经过预处理后可直接采用小立方生态系统进行处理，其主要设计参数如表 3 所示。

表3 小立方生态系统主要设计参数

设计参数	小立方生态系统
氨氮削减负荷	$2.5\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 8\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
总磷削减负荷	$0.2\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 0.6\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
表面水力负荷(q_{Hs})	$0.2\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 0.5\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
水力停留时间(T)	$0.8\text{d} \sim 2.5\text{d}$
基质层厚度(h)	$0.8\text{m} \sim 1.2\text{m}$
基质层中有效水深(H)	$h - 0.15\text{m}$

5.6.3.2 小立方生态系统对污水中污染物的去除率可参考表 4。

表4 小立方生态系统污染物去除率(%)

人工湿地类型	COD _{Cr}	NH ₃ -N	TN	TP	SS
小立方生态系统	40~65	55~75	35~60	40~65	75~90

5.6.3.3 小立方生态系统设计时应根据污染物表面负荷、表面水力负荷、水力停留时间等进行计算。

5.6.4 布水与排水

5.6.4.1 小立方生态系统宜采用穿孔的布水管来实现配水的均匀。

5.6.4.2 穿孔管应布置于基质层上部或底部，穿孔管内水流速宜为 $1.5\text{m}/\text{s} \sim 2\text{m}/\text{s}$ ，配水孔宜斜向下 45° 交错布置，孔径宜为 $5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ ，孔口流速不小于 $1\text{m}/\text{s}$ 。

5.6.4.3 穿孔管周围局部宜选用粒径大于穿孔管孔口直径的填料。

- 5.6.4.4 小立方生态系统应设置通气管，以加强微生物脱氮作用。
- 5.6.4.5 小立方生态系统应设置冲洗管道，冲洗管管口应高于基质层。
- 5.6.4.6 在温度较低区域，配水管及进出水管应考虑增加防冻措施。
- 5.6.5 防渗设计
- 5.6.5.1 小立方生态系统池体在生产时，应在底部和侧面进行防渗处理。
- 5.6.5.2 小立方生态系统池体防渗层应符合下列要求：
- 具有抗化学腐蚀能力；
 - 具有抗老化能力。
- 5.6.6 基质层设计
- 5.6.6.1 一般规定
- 5.6.6.1.1 基质层应具有构建小立方生态系统骨架、支撑湿地生物生命过程并提供其良好生长环境的功能。
- 5.6.6.1.2 基质层应具有污染物截留作用和固定微生物生物活性的性能，并具有良好的水力传导性。
- 5.6.6.1.3 基质应具有一定的机械强度、孔隙率、表面粗糙度、尽可能大的比表面积等物理特性，并应具有良好的生物、化学及热力学稳定性。
- 5.6.6.1.4 基质的选择应根据人工湿地构造、污水特性、处理规模等因素确定。
- 5.6.6.1.5 基质的选择应遵循功能良好、成本低廉、就近取材和可再利用的原则。
- 5.6.6.1.6 基质的选配宜为多材料搭配和多级配组成。
- 5.6.6.1.7 基质填充前应清洗干净，不得含泥砂、土壤和粉末等。
- 5.6.6.2 配置设计
- 5.6.6.2.1 小立方生态系统内基质层厚度应满足植物根系自然生长所能达到的最大深度要求，宜为0.8m~1.0m。
- 5.6.6.2.2 处理区中的基质应分层填充，基质层的级配可参照表 5 布置。

表 5 小立方生态系统处理区基质层的级配布置

层级	基质级配粒径范围	铺设厚度范围
承托层	5cm~10cm	15cm~20cm
功能填料层	2cm~5cm	40cm~50cm
缓冲层	1cm~2cm	15cm~20cm
植物栽植层	0.3cm~0.8cm	10cm~15cm
基质层总厚度	——	80cm~100cm

注：层级列中按照自下而上铺设顺序依次为承托层、功能填料层、缓冲层和植物栽植层。

- 5.6.6.2.3 小立方生态系统所选用的各级配基质应达到设计要求的粒径范围，有效粒径比例不宜小于80%。
- 5.6.6.2.4 小立方生态系统处理区中基质层的初始孔隙率宜控制在30%~45%。
- 5.6.7 湿地植物选配与种植
- 5.6.7.1 湿地植物选配
- 5.6.7.1.1 符合生态安全原则，选择的湿地植物不应当地的生态环境构成隐患或威胁，宜优先选择本地物种，慎重引入外来物种，确保区域生态安全。
- 5.6.7.1.2 符合适地适生的原则，选择的湿地植物应适当当地气候、海拔、生态环境等自然条件和人文景观条件，应适合具体小立方生态系统设计的实际要求，做到因地制宜，适地适种。
- 5.6.7.1.3 具有良好的生长特性，应选择具有发达根系、茎叶茂密和较强输氧能力的湿地植物。
- 5.6.7.1.4 具有较强的抗逆性，应选择耐污与去污、耐盐、抗寒及抗病虫害能力较强的湿地植物。
- 5.6.7.1.5 具有一定的经济和生态价值，应着重考虑其环境、经济、文化、景观美学价值等。
- 5.6.7.1.6 注重物种间的合理搭配，应根据环境条件和植物群落特征，按一定的时空比例以一种或多种植物为优势种进行优化搭配，实现系统的生物多样性、稳定性、高效性和生态景观效果等。

5.6.7.2 湿地植物种植

5.6.7.2.1 小立方生态系统中的植物可选择茭白、香蒲、菖蒲、美人蕉、水葱、灯芯草、再力花、千屈菜等常年生植物，也可选用西伯利亚鸢尾、石菖蒲、麦冬等四季常绿植物，还可以根据当地实际情况筛选适合的湿地植物。

5.6.7.2.2 小立方生态系统中植物的栽种和移植包括根幼苗移植、种子繁殖、收割植物的移植以及盆栽移植等。

5.6.7.2.3 同一批种植的植物植株大小应均匀，不宜选用苗龄过小的植物。

5.6.7.2.4 小立方生态系统中植物的栽种时间应根据植物生长特性确定，宜选在4月初至8月底，期间湿地植物成活率高。若要在种植的第一年启动小立方生态系统，可在生长季节结束前或霜冻期来临前3~4个月进行种植。经济条件和人力许可时，可栽种换季水生植物，充分发挥植物净化作用。

5.6.7.2.5 植物栽种后，尚未正常运行时，宜将基质层内水位蓄至基质层表面下10cm，确保植物复苏，而后逐步增大水力负荷使其驯化并适应处理水质。

5.6.7.2.6 小立方生态系统中植物的种植密度宜为9~25株/m²。植物株距宜取0.1m~0.3m，可根据植物种苗类型和单束种苗支数进行适当调整。

6 设备安装

6.1 当预处理构筑物出水口与小立方生态系统进水口落差小于小立方生态系统进水需求的水位差时，预处理设施应采用污水提升设备保证小立方生态系统的水力条件。

6.2 污水提升泵宜采用潜污泵，至少为两套，1用1备。水泵安装于池底时应进行固定，水泵宜采用耦合式安装，便于检修和维护。

7 施工和验收

7.1 一般规定

7.1.1 施工单位应具有国家规定的相应施工资质，除遵守相关的施工技术规范之外，还应遵守国家、省有关部门颁布的劳动安全及卫生、消防等强制性标准。

7.1.2 小立方生态系统竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工和验收文件归档。

7.1.3 工程竣工验收后，工程设计单位应向运行管理单位提供运行维护详细说明书。

7.2 施工

7.2.1 施工单位应建立质量管理体系，并对施工全过程进行质量控制。

7.2.2 小立方生态系统基础应符合结构稳定要求。如基础土壤为有机土、膨胀土、湿陷性黄土或淤泥质土等不利土质，应进行清除置换并硬化。

7.2.3 小立方生态系统内的管道施工应符合GB 50268的规定。管道安装后应进行重点保护，避免挤压破坏。施工过程中做好管口临时封堵，不应有异物落入管内。

7.2.4 基质铺设过程中应从选料、洗料、堆放、填料四个方面加以控制，避免泥土混入填料，保证填充材料的含砂量和填料粉末含量符合设计要求。

7.2.5 湿地植物种植时间应选择春季。在植物种植前，应组织通水试运行，对全系统进行试水。

7.2.6 管道安装坡度、高程应符合设计要求，严防出现倒坡。接口应严实，无渗漏。

7.2.7 预处理系统及小立方生态系统内部以及各部分接口，防渗处理应符合相关技术要求。防渗施工结束后，应进行闭水试验，确保防渗效果。

7.3 验收

7.3.1 小立方生态系统工程验收程序应按下列规定划分：

- a) 工程的主要部位工程质量验收；
- b) 设备安装单机试运行验收；
- c) 通水试运行验收；
- d) 小立方生态系统工程竣工验收。

7.3.2 工程的性能验收包括：功能试验、技术性能试验、设备和材料试验。其中，技术性能试验至少应包括以下项目：

- a) 处理污水量；
- b) 出水水质达到设计要求。

7.3.3 竣工验收后，相关设计、施工、质量验收文件及运行维护手册交与运行维护单位。

7.3.4 竣工验收合格后，工程可正式投入运行。

8 运行与维护

8.1 一般规定

8.1.1 小立方生态系统污水处理工程的操作人员、技术人员及管理人员应进行相关法律法规、专业技术、安全防护、应急处理等知识和操作技能的培训。

8.1.2 小立方生态系统污水处理项目应建立运行状况、设施维护等登记制度。

8.1.3 运行人员应至少每月检查一次预处理系统及小立方生态系统的运行情况，并做好运行记录。

8.1.4 工艺流程图、操作规程等应挂于明显位置。

8.2 管理与维护

8.2.1 使用单位应严格按照运行维护手册进行定期维护和管理，确保小立方生态系统正常运行。

8.2.2 小立方生态系统进水后，应检查配水效果，配水应均匀，不应有侵蚀和短流现象，水位控制应适宜。

8.2.3 湿地植物栽种初期，应加强管理，及时清除杂草，并及时清除攀援藤蔓，保证植物成活。对于枯死、空缺部位应及时补种。

8.2.4 小立方生态系统污水处理系统运行期间应每月至少巡视一次，清除进出水口及配水管道淤堵物，并观测、记录水位变化，若出现湿地基质层表面积水现象，应立即进行疏松。

8.2.5 小立方生态系统越冬运行期间，应保留植物及枯叶，并控制适宜水位，维持稳定流量，待开春后再行收割植物。

8.2.6 当小立方生态系统过水能力明显下降，基质层表面布有大量有机物质时，应进行清除。如果表面出现积水，应将基质层上部积水处的基质刨松。

8.2.7 小立方生态系统预处理设施应至少每月检测一次，当池内淤积物达到设计厚度时，应及时清掏处理。

8.2.8 运行管理人员应熟悉处理工艺和设施、设备的运行要求、技术指标以及安全操作规程等，按照要求巡视并检查构筑物和设备的运行情况，做好运行记录，每月至少一次。

8.2.9 运行管理人员应对相关设备进行保养、检查和清扫，每月至少一次，预防设备发生功能障碍和故障。

8.2.10 小立方生态系统运行中系统老化、发生堵塞后，采用表层刨松、间歇运行、冲洗等措施无法恢复设计过流能力时，应更换或清洗湿地系统的局部填料。