



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX/ISO 20468-1:2018

水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分：通则

Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse
systems — Part 1: General

(ISO 20468-1: 2018, MOD)

（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

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语 3

4 水再利用系统利用技术概念 4

 4.1 概述 4

 4.2 处理目标 4

 4.3 适合不同场景的水再利用处理技术 5

5 绩效评价的原则和通用指南 6

 5.1 通用要求 6

 5.2 绩效要求 7

 5.3 绩效评价和需满足的要求 8

 5.4 指南应用 9

6 功能性绩效 9

 6.1 通用要求 9

 6.2 绩效评价的步骤 9

7 非功能性绩效 11

 7.1 绩效指标示例 11

 7.2 环境绩效评价方法 11

 7.3 经济绩效的评价方法 13

附录 A（资料性） 水处理技术的可信性 14

附录 B（资料性） 可信性评价 16

参考文献 17

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。

本文件修改采用ISO 20468-1:2018《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分：通则》。

本文件与ISO 20468-1:2018相比做了下述结构调整：

——删除了ISO 20468-1:2018的“引言”。

本文件做了下列编辑性改动：

——更改了范围（见第1章）中部分表达形式，以符合标准编制规范；

——将“performance evaluation”等表述统一译为“绩效评价”，并对相关术语表述进行了中文调整；

——更改了术语和定义（见3.1.1、3.1.2、和3.15～3.19）中文表述，以符合标准编制规范；

——将缩略语列表（见3.2）英文简称调整为英文全称，以符合标准编制规范；

——更改了水再利用系统利用技术概念（见4.1、4.2、4.3）标题和中文表述。

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。

本文件由全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）提出并归口。

本文件起草单位：中国标准化研究院、青岛理工大学、清华大学、青岛水务集团环境能源有限公司、清华苏州环境创新研究院、南京江宁水务集团有限公司、清华大学深圳国际研究生院、东莞市水务环境投资控股集团净水有限公司、内蒙古农业大学、浙江富春紫光环保股份有限公司。

本文件主要起草人：白雪、胡洪营、冯建勇、毕学军、张玉博、王继苗、陈卓、王文龙、李伟、方敏、刘浩、徐傲、吴乾元、杨耀天、谢志帆、刘晓民、吴罕江。

引 言

本文件是GB/T XXXXX《水再利用系统处理技术绩效评价指南》的第1部分。GB/T XXXXX拟发布以下部分：

- 第2部分：基于温室气体排放的处理系统性能评价方法；
- 第3部分：臭氧处理技术；
- 第4部分：紫外线消毒；
- 第5部分：膜过滤。

水再利用系统处理技术绩效评价指南

第1部分：通则

1 范围

本文件给出了水再利用系统处理技术的绩效评价指南，提供了与处理技术绩效相关的水质和处理效率的典型参数。本文件还对测量值和目标值进行了分析比较，指出了处理技术的功能性绩效和非功能性绩效。

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。

ISO 20670: 2023 水再生利用 术语 (Water reuse — Vocabulary)

3 术语、定义和缩略语

ISO 20670界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO和IEC维护的用于标准化的术语数据库网址如下：

——ISO 在线浏览平台：可从 <https://www.iso.org/obp>

IEC 电工百科：可从 <http://www.electropedia.org/>

3.1 术语和定义

3.1.1

可用性 availability

在给定条件及给定时间（或给定时间范围）内，假定所需外部资源已齐备，水处理技术处于可执行所需功能状态的能力。

注1：该能力综合取决于可靠性、可维修性和保障性。

注2：除维修保障资源外，其他所需外部资源不影响水处理技术的可用性。

[来源：GB/T 2900.99—2016，192-01-23，有修改]

3.1.2

对标 benchmarking

通过系统性搜寻与采用最佳实践，实现绩效改进的活动。

3.1.3

纠正 correction

为消除已发现的不合格所采取的措施。

[来源：GB/T 19000—2016，3.12.3，有修改]

3.1.4

纠正措施 corrective action

为消除不合格的原因并防止不合格再发生所采取的措施。

注：采取纠正措施是为了防止再发生，而采取预防措施是为了防止发生。

[来源：GB/T 19000—2016，3.12.2，有修改]

3.1.5

可信性 dependability

用于描述可用性及其影响因素的集合性术语。

注：影响因素包括可靠性、可维修性和保障性。

[来源：IEC 60050-191:1990，191-02-03，有修改]

3.1.6

停机时间 downtime

水处理系统或其组成部分停止运行，或者无法达到功能要求的时间区间。

3.1.7

失效 failure

水处理系统不能满足功能性绩效或非功能性绩效的状态。

[来源：ISO 20468-1:2018，3.1.7]

3.1.8

功能性绩效 functional requirement

对所采用水处理技术所达到的水质要求。

3.1.9

可维护性 maintainability

水处理系统、设备在使用过程中能够被便捷地进行维护、修理、升级或故障排查的特性。

[来源：IEC 60050-191:1990，191-02-07，有修改]

3.1.10

维护保障性 maintenance support performance

水处理系统、设备在使用过程中，能够得到及时、有效的维护、修理和保障支持的能力。

注1：给定条件与水处理技术本身、使用及维护条件密切相关。

注2：在评价水处理技术时，可将所需的维护保障性作为评价维修性的给定条件。

[来源：IEC 60050-191:1990，191-02-08，有修改]

3.1.11

合格项 nonconformity

不符合标准要求的状况。

[来源：GB/T 19000—2016，3.6.9，有修改]

3.1.12

非功能性绩效 non-functional requirement

水处理系统中除直接功能需求外的各类属性要求，涵盖系统绩效、可用性、可靠性、安全性、可扩展性等关键特性。

3.1.13

绩效评估 performance evaluation

对水处理系统的工作表现/运行效果进行量化或定性评估的过程。

注：见ISO 9001:2015，第9章和GB/T 19001—2016，第9章。

3.1.14

绩效指标 performance indicator

用于衡量水处理系统成效、目标完成情况的量化或定性评价标准。

注：请参阅ISO 24511:2007，2.16。

3.1.15

预测分析 predictive analysis

从现有数据集中提取信息，以识别规律并预测未来结果和趋势的分析活动。

3.1.16

去除率 removal efficiency

去除某种污染物的效率。

注1：通过下述公式（1）和公式（2）计算某些特定污染物的去除率和对数去除率：

$$(RE) = 1 - \frac{(C_e)}{(C_i)} \dots\dots\dots (1)$$

$$(\log RV) = -\log_{10}[1 - (RE)] = -\log_{10} \left[\frac{(C_e)}{(C_i)} \right] \dots\dots\dots (2)$$

式中：

RE ——去除率；

C_e ——出水污染物的浓度；

C_i ——进水污染物的浓度；

RV ——对数去除率。

注2：去除率通常以百分比表示，可以使用污染物的指标值代替其浓度。对数去除率通常用于微生物污染物。

3.1.17

要求 requirement

水处理系统需满足的条件或提出的要求。

[来源：GB/T 19000—2016，3.6.4，有修改]

3.1.18

鲁棒性 robustness

水处理系统受到水质、水量波动、异常输入或环境变化等干扰时，仍能维持规定功能的能力。

[来源：ISO 2394:2015，2.1.46，有修改]

3.1.19

安全性 safety

不受危险、危害的状态。

[来源：ISO/IEC Guide 51:2014，3.14]

3.2 缩略语

BOD：生化需氧量（biochemical oxygen demand）

COD：化学需氧量（chemical oxygen demand）

E. coli：大肠杆菌（Escherichia coli）

LCA：生命周期评价（life cycle assessment）

LCC：生命周期成本（life cycle cost）

LRV：对数去除率（log removal value）

MBR：膜生物反应器（membrane bioreactor）

PAA：过氧乙酸（peracetic acid）

QA：质量保证（quality assurance）

QC：质量控制（quality control）

RO：反渗透（reverse osmosis）

TDS: 总溶解固体 (total dissolved solids)
TSS: 总悬浮固体 (total suspended solids)
UV: 紫外线 (ultraviolet)

4 水再利用系统利用技术概念

4.1 概述

概括描述了水处理技术及其相关处理工艺与处理系统。未经处理的废水中所含污染物，主要来自生活、商业和工业用水过程中排入的物质，以及随降水进入排水系统的物质。

重点关注水再利用系统中目标污染物的处理工艺及处理系统效能。目标污染物主要包括悬浮物、胶体物质及由此产生的浊度，糖类、油脂等溶解性有机物，重金属、营养盐等溶解性无机物，以及病原体，具体包括致病性病毒、细菌、原生动物和蠕虫等。病原体的控制效果可采用指示微生物进行评价，可根据目标污染物的性质和处理要求，单独采用一种处理工艺，或组合采用多种处理工艺进行去除。

水再利用处理工艺类型及其可靠性水平应根据再生水用途和相应水质要求确定。为保障公众健康和环境安全，处理系统宜持续稳定达到规定的水质要求。

必要时，宜采用多重屏障方法，即设置两个及以上不同的处理单元，其中至少包括一个消毒单元，并配置能够将病原体降低至可接受水平的附加处理屏障，以此提高病原体控制效果和处理系统可靠性。

4.2 处理目标

水质要求是确定水再利用处理工艺的重要依据。为达到规定的污染物去除要求，通常采用多种处理技术组合。图1给出了废水处理的不同工艺工程。

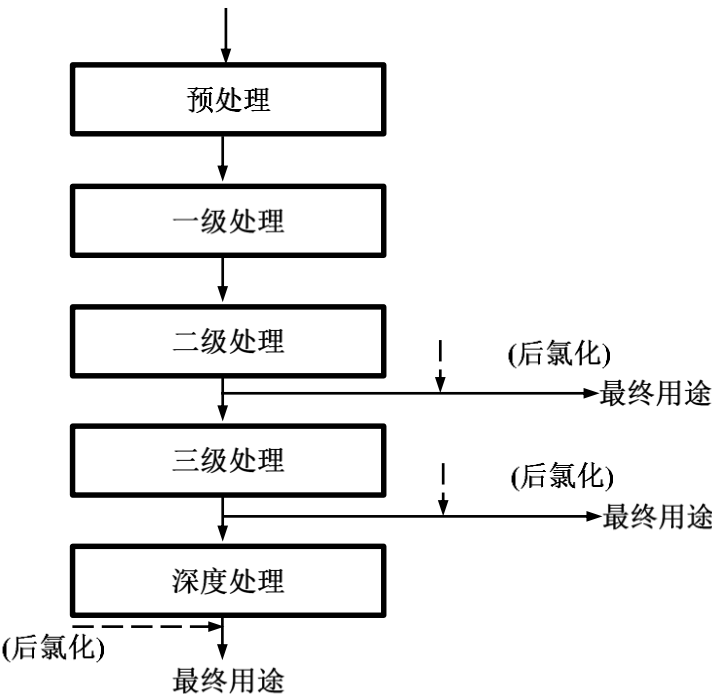


图1 水再利用场景下的废水处理工艺过程[20]

水再利用处理技术的主要目标之一是降低病原体水平，减少公众接触再生水可能面临的健康风险。消毒要求应根据再生水用途及相应风险水平确定。常用消毒技术包括投加含氯消毒剂或臭氧等化学氧化剂、紫外线消毒、膜过滤以及过氧乙酸消毒等。必要时，宜联合采用多种消毒技术，或将超滤、反渗透等膜处理工艺与消毒工艺组合，形成多重屏障方法。当某一消毒或处理单元因设计不当、运行异常或设备故障导致处理效果下降时，多重屏障方法可提供补充保障。由于不同病原体对各类消毒技术和处理工艺的敏感性存在差异，联合采用多种消毒技术和处理工艺，可提高病原体的去除和灭活效果，增强处理系统的安全性和可靠性。此外，多重屏障方法还包括在再生水中保持一定的消毒剂余量，例如加氯消毒后维持规定的余氯，以防止输配和储存过程中微生物再生长及二次污染。

本文件涉及的水处理技术主要分为以下几类[20]：

- 预处理：去除废水中可能堵塞、损坏水泵及其他设备，或影响后续处理工艺正常运行和维护的物质，主要包括大颗粒悬浮物、漂浮物、易沉降固体及油脂等，典型如布条、木块和砂粒等。
- 一级处理：主要通过沉淀去除废水中的可沉固体，同时通过撇渣设施去除浮渣。必要时，可投加药剂强化沉淀效果，或采用细筛等筛滤设施，提升悬浮物和有机物的去除效率。
- 二级处理：主要采用生物处理工艺，必要时辅以物理或化学处理，去除废水中的胶体和溶解性有机物，并通过固液分离去除悬浮物。处理效果通常以生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）和总悬浮固体（TSS）等指标表征。二级生物处理工艺主要包括活性污泥法、生物膜法及其组合工艺，生物处理后通常采用二次沉淀池完成固液分离。典型工艺包括活性污泥法、生物滤池、生物转盘，以及能够达到二级处理水质要求的稳定塘和人工湿地等。可根据处理要求，通过生物处理强化脱氮除磷效果。膜生物反应器（MBR）是将生物处理与膜分离相结合的处理工艺，可采用膜分离替代传统二次沉淀池实现固液分离。
- 三级处理：指对二级处理出水进行的进一步处理，旨在提升出水水质。可根据再生水用途及相应水质要求，采用过滤等处理工艺，进一步去除二级处理出水中残留的溶解性有机物、悬浮物和胶体物质，还可去除色度、臭味以及氮、磷等污染物。
- 深度处理：根据再生水用途及相应水质要求，进一步去除总溶解性固体（TDS）和（或）微量污染物。目标污染物包括三级处理后残留的难降解和（或）有毒有机污染物、重金属、色度和臭味物质，以及药物、纳米材料及其副产物等新污染物。深度处理可采用臭氧氧化、高级氧化、吸附、离子交换等物理或化学处理工艺，也可单独采用膜处理工艺或将膜处理与上述处理工艺组合使用。
- 消毒：消毒前宜充分去除水中颗粒物，减少颗粒物对病原微生物的包裹和屏蔽作用，提高消毒效果，该措施对紫外线消毒尤为重要。采用过滤等颗粒物去除工艺，可同时去除部分病原微生物，还能提升后续消毒效果，有利于形成多重屏障，保障公众健康，提高处理系统的安全性和可靠性。根据再生水用途及相应水质要求，消毒可设置在二级处理、三级处理或深度处理之后（见图1）。
- 后氯化：后加氯是指在再生水输配系统中投加含氯消毒剂并保持规定余氯水平的处理过程，通过控制余氯抑制微生物再生长，防范输配过程中的二次污染，后加氯通常在再生水输送至用户前进行。

4.3 适合不同场景的水再利用处理技术

再生水水质要求应根据预期的非饮用水用途，以及相应的公众健康和环境风险水平确定。通常而言，在满足公众健康保护所需消毒要求的前提下，水质低于饮用水水质标准的再生水可满足生活杂用、商业用水和灌溉用水等非饮用水需求。因此，不同国家或地区通常会根据各类再生水用途所涉及的公众健康和环境风险，制定相应的再生水水质标准或处理目标。针对部分工业用水、城市杂用和滴灌、喷灌类灌

溉用水，还需要控制悬浮物、生物膜等引发的堵塞风险。这一框架可称为“适用用途的水再利用”，即根据再生水用途确定相应的水质要求和处理程度，在保障公众健康和环境安全的前提下，以较低的能源消耗和成本实现安全、有益和可持续的水再利用。该框架的主要目的是将再生水处理至满足预期用途要求的水质等级，同时保障水再利用项目的经济可行性，尤其是分散式小型污水处理系统的经济可行性，并避免对环境产生重大不利影响。

表1给出了不同再生水用途适用的处理程度与处理技术类型示例。仅经预处理的城镇污水通常不宜用于再生利用。对于大多数再生水用途，一般需完成二级处理并采取适宜的消毒措施，消毒程度应当与公众接触再生水可能产生的健康风险相匹配。健康风险水平通常由公众直接接触再生水的可能性、接触程度，以及水中危害健康物质的浓度共同决定。因此，对于公众接触受限或不易接触的再生水用途，如偏远地区的林业灌溉、农业灌溉以及部分工业用水，可采用相对较低的消毒水平。通常来说，采用二级处理或三级处理，搭配消毒工艺降低病原微生物水平，即可满足大多数非饮用再生水用途的要求。

表1 不同再生水用途适用的处理等级和处理技术类型示例[20][24]

处理等级	处理等级逐渐提高			
	预处理/一级处理	二级处理	三级处理	深度处理
处理过程	格栅、沉砂、沉淀和除油	生物处理及后续固液分离	化学混凝、生物法或化学法除氮除磷及过滤	活性炭吸附和（或）生物过滤、离子交换、膜处理、高级氧化、臭氧氧化、土壤含水层处理
最终用途	无推荐的应用	—果园和葡萄园地面灌溉 —非食用作物灌溉 —限制公众接触的景观蓄水池 —湿地和野生动物栖息地补水 —河道补水 —工业生产用水	—景观绿化和高尔夫球场灌溉 —冲厕 —车辆冲洗 —食用作物灌溉 —公众可接触的娱乐性蓄水池 —工业冷却用水 —非饮用含水层补给	—地表水库补给 —含水层直接补给，如形成海水入侵屏障 —工业锅炉用水
注：必要时，可在二级、三级或深度处理后进行消毒处理。				

选择满足预期用途要求的水再利用处理系统时，应对处理系统进行绩效评价。

5 绩效评价的原则和通用指南

5.1 通用要求

绩效评价旨在确定单一处理工艺或处理系统能否持续、稳定满足规定的水质要求。根据处理技术类型和应用规模，开展绩效评价试验前通常需要制定详细的试验方案，内容包括：

- 进水和出水的水质、水量要求；
- 试验条件和试验持续时间；
- 数据分析采用的统计方法和判定准则。

绩效要求分为功能性绩效和非功能性绩效。功能性绩效通常规定处理系统应实现的功能，主要涉及处理技术对进水中目标组分的去除、转化或控制能力。非功能性绩效通常规定处理系统或受试设备应具备的质量特性，主要包括结构、运行和标识等方面的要求，例如罐体水密性、运行噪声、标识规范等。

绩效评价通常按照规定的试验方案和数据采集程序开展，主要环节包括在线监测、采样与检测、辅助数据采集、数据归档以及科学有效的数据分析。

通过在足够长的评价期内开展绩效评价，可掌握处理系统的长期运行绩效，明确处理技术的可信水平与失效风险。结合失效模式分析开展长期运行绩效评估，可为制定适宜的预防措施和纠正措施提供依据，有助于处理系统持续稳定满足规定的水质要求，降低失效可能造成的经济损失、公众健康危害和环境风险。更多信息见附录A和附录B。水再利用系统或处理工艺的绩效要求应根据相关方需求和具体再生水用途确定，相关方包括监管部门、制造商、设计单位、安装单位、运行管理单位和用户。为满足相关方需求，绩效评价宜包括功能性绩效、非功能性绩效以及相应的定量参数和定性指标。

5.2 绩效要求

5.2.1 水处理技术的功能性绩效

水处理技术的功能性绩效涵盖进水中目标组分的去除、转化、控制以及再生水产水能力，主要包括水质和水量要求。功能性绩效通常与公众健康和环境安全目标相关。处理技术绩效可采用再生水中目标组分的浓度表示，也可采用去除率%或对数去除率LRV表征目标组分的去除程度。在持续满足规定水质要求的前提下，水量方面的功能性绩效通常以可供再利用的最小、平均和最大产水量表示，可通过日流量和最大瞬时流量等参数表征。

功能性绩效通常可采用最大值、最小值、算术平均值、对数平均值、中位数或百分位数等统计参数表示。

根据试验结果开展绩效评价时，功能性绩效通常还应明确水质参数的检测方法，以及判定处理技术是否满足要求的参考值。

功能性绩效主要涉及以下处理效果：

- 处理出水特性，即目标组分的残留浓度；
- 目标组分的去除程度，如去除率或LRV；
- 其他水质指标的变化，如水温、毒性和色度。

5.2.2 水处理技术的非功能性绩效

水处理技术相关的非功能性绩效可包括：

- 可信性，包括在无需运行人员干预条件下的连续运行能力和长期无失效运行能力；
- 效率，包括水回收率、能源消耗、药剂消耗和设施运行效率；
- 可持续性，包括经济、社会和环境等方面的相关因素及其价值；
- 适应性，即在超负荷、低负荷、供电中断等异常工况下维持运行或恢复运行的能力；
- 残余物和副产物，包括处理过程中产生的污泥、臭气、噪声和消毒副产物等；
- 材料与结构性能，包括结构完整性。

5.2.3 绩效评价的功能性和非功能性绩效特点

绩效评价的功能性与非功能性绩效特点见表2。国家或地方主管部门可根据再生水用途及相关法律法规，选取表中对应项目使用。

第6章和第7章分别介绍了功能性绩效与非功能性绩效。

表2 水再利用系统绩效评价的功能性和非功能性绩效特点

特点	技术绩效评价	
	功能性绩效	非功能性绩效
	绝对评价 (符合/不符合)	相对评价 (比较、改进)
用于评价的代表性参数或指标	与下述相关的水质参数和去除率： 与下列目标相关的水质参数和去除指标： 公众健康目标 ——健康风险目标 ——水质目标 环境目标 ——水质目标	与下列方面相关的绩效指标： 环境绩效 ——能源消耗 ——药剂消耗 ——废物产生及处置 ——温室气体排放 经济绩效 ——投资成本 ——运行成本 ——生命周期成本 可信性 ——可用性 ——可靠性（失效频率） 报警 ——声报警、光报警和远程报警
可采用的评价和管理方法	典型应用 ——定性风险控制方法和（或）定量风险控制方法（见ISO 20426） 评价方法 ——与目标值比较 管理方法 ——预防措施和纠正措施	评价方法 ——对标，与最佳实践比较 ——与历史趋势比较 管理方法 ——持续改进

5.3 绩效评价和需满足的要求

5.3.1 通用要求

可采用以下两种方法评价处理设施是否满足绩效要求：一是对设施运行期间的相关水质参数开展在线监测与记录，并将监测结果与规定的绩效目标值进行比对；二是测定相关水质参数，依据监测数据计算去除率，再将计算结果与预测值进行比对。宜根据评价目的与处理工艺特点，选择适宜的水质参数量化表征水处理技术的绩效。

5.3.2 监测计划

宜制定监测方案，收集处理系统运行与绩效评价所需的数据，涵盖相关变量和参数。监测方案宜详细规定数据采集期间水处理系统的运行条件。所设定的运行条件宜能够代表处理系统在运行周期内可能经历的各类工况，且覆盖足够长的评价期。运行条件应包括正常运行工况和异常运行工况，异常运行工况可包括长期停用或无负荷运行、长时间停电和超负荷运行等。

为保障采集的数据具有代表性,且可在必要时确定水质参数和去除率的统计特征值,宜根据目标组分浓度及其他监测参数的预期变化,合理确定采样频次和数据量。对成套处理设备或中试设施进行绩效评价时,宜在试验前制定完整的试验方案。

当目标组分浓度接近分析方法检出限,或者缺少标准分析方法,直接测定目标组分不可行或成本过高时,可采用与目标参数直接相关且相关性良好的替代参数。宜对目标组分和替代参数进行在线监测,以评价水处理系统的运行可靠性。

5.4 指南应用

5.4.1 水处理系统设计

为预测处理系统在预期运行寿命内可能面临的污染物浓度和流量变化范围,宜基于合理的人口预测结果,以及流量和水质监测数据的采集与分析结果,确定污水来源的水质和水量特征。确定拟采用再生水用途的功能性绩效时,宜结合非饮用水用途及替代饮用水的需求,综合考量具体用途的水质和水量要求。当同一处理系统向多种再生水用途供水时,宜依据风险等级最高的再生水用途对应的功能性绩效、非功能性绩效及污水来源特征开展设计;同时可根据不同接入点和(或)用水点的水质要求设置附加深度处理,不宜将全部再生水处理至同一水质水平。

水处理系统除应满足风险等级最高的再生水用途对应的功能性和非功能性绩效要求外,还宜结合更高水质要求选择适宜的处理工艺组合,例如采用ISO 20760-1和ISO 20760-2中规定的多重屏障措施,并可在用水点设置附加处理设施。

5.4.2 水处理系统的配置

水处理系统配置指系统各组成部分及其相互连接关系,涵盖处理单元、用于水量调节和保障系统稳定运行的调蓄设施,连接各处理单元的水泵、管道和管件,以及保障整个处理设施稳定可靠运行的电气、仪表和自动控制系统。关键设备及相关保障系统宜采用冗余配置,例如为水泵和鼓风机设置备用电源等。绩效评价通常以受评价的处理系统为评价范围,必要时,评价范围可从污水来源延伸至再生水利用环节。

6 功能性绩效

6.1 通用要求

功能性评价用于判定单元处理工艺和(或)处理系统是否满足规定的处理要求和水质要求。根据应用规模不同,评价既可在严格受控的规定试验条件下开展,也可按照既定的数据采集和分析程序实施,以此保证评价结果具备合理的可重复性,同时兼顾评价成本。

除确定设备和处理系统的处理绩效外,功能性评价还可用于:

- 确定工艺限制条件和所需改进措施,提升现有水再利用设施的出水水质;
- 在设计阶段通过中试试验确定设备设计参数;
- 在调试阶段开展工艺验收试验;
- 开展绩效监测和符合性监测,验证出水水质能否持续满足规定要求,评价运行阶段存在的工艺问题。

试验通常由第三方实施,涵盖经认可的试验机构、具备相应能力的咨询机构和监管部门,具体实施主体取决于水再利用项目所处阶段和相关法律法规要求。试验也可作为处理设施内部持续开展的运行质量控制和质量保证工作的组成部分。

6.2 绩效评价的步骤

第1步：确定水再利用单元处理工艺和处理系统的绩效要求及目标值。

公众健康风险应作为首要考虑因素。再生水水质要求应当依据相关法律法规、项目所在地条件以及水再利用管理方案规定的具体用途要求确定。污水中可能含有多种会对公众健康和环境造成不利影响的污染物。为避免对全部组分开展监测带来的复杂性和过量工作量，通常宜重点选取能够反映整体水质和处理工艺绩效的水质参数及微生物指标开展评价，包括：

- 通过监测 BOD、COD 和（或）氨氮，评价生物处理效果的稳定性；
- 通过监测出水中的 TSS 和（或）浊度，评价固液分离效果是否满足要求，以减少颗粒物对消毒过程的影响；
- 通过监测指示微生物浓度，如总大肠菌群、粪大肠菌群、大肠杆菌、大肠杆菌噬菌体和寄生虫等，评价消毒效果是否满足要求；
- 必要时，通过监测余氯，控制再生水输配系统内细菌再生长。

采用上述参数表征不同水质等级的典型示例见表3。

表4列出了 ISO 20469、ISO 16075-2 与本文件之间的关系。宜选用灵敏度满足要求的监测方法；若存在适用的标准方法，宜优先采用，以准确判定再生水水质目标是否实现。

表3 非饮用水再利用项目中用于表征水质等级的监测参数示例

水质等级	传统监测参数
A (高)	BOD、浊度或 TSS、大肠杆菌 ^a 、余氯
B (中)	BOD、浊度或 TSS、大肠杆菌 ^a 、余氯
C (低)	TSS、大肠杆菌 ^a 、余氯
D (非常低)	通常不需要监测
注：ISO 20426 中的水质等级与本文件相同。	
^a 可根据当地管辖要求，使用其他微生物指标。	

表4 本文件处理等级与 ISO 20469 和 ISO 16075-2 处理等级的近似对应关系

标准	ISO 20468-1	ISO 20469:2018	ISO 16075-2: 2015
表 #	表 3	表 1	表 1
处理等级	A (高)	高	A (很高)
	B (中等)	中	B (高)
	C (低)		C (良好)
	D (很低)	一般	D (中等)
	-		E (粗放型)

绩效评价通常工作量较大、成本较高，工作内容主要涵盖混合采样与瞬时采样设备的运行维护、样品采集与运输、水质检测、仪器校准与维护、数据分析以及报告编制。为避免不必要的成本支出，所采集的数据应当具备代表性，可通过预先明确绩效要求、目标值与评价目的，严格依照既定试验方案和数据采集程序开展评价，保障采集信息的代表性。

为保障高暴露风险条件下，用于病原微生物控制的水再利用处理工艺具备良好的功能性与可靠性，健康风险管理可额外设定对数去除率(LRV)目标。技术绩效评价可用于确定二级处理、三级处理和（或）

深度处理各处理单元的LRV，并通过与风险水平适配的监测和数据分析完成验证，为主管部门制定LRV要求、降低公众健康风险提供依据。其他水质参数可结合具体非饮用再生水用途确定，例如ISO 16075-1至ISO 16075-4中规定的灌溉用水相关参数。风险评价与管理方法的更多信息可参见ISO 20426、ISO 20761和参考文献[23]。

第2步：制定绩效评价方案

绩效评价的采样方式和采样频次应根据评价目标确定，同时需考虑进水水质特征和运行条件可能发生的日变化和季节性变化。

水再利用系统的绩效要求可采用下列统计参数表示：

- a) 任一时刻的规定值，如最大值和最小值；
- b) 规定时段内的平均值或中位数，如日平均值、周平均值和月平均值；
- c) 规定时段内连续监测数据达到或优于目标值的百分位数，如相关法规规定的第 70 百分位数至第 95 百分位数。

宜将评价结果与规定的目标值和参数要求进行比对。

第3步：诊断绩效未达到要求的原因

当单元处理工艺或处理系统的绩效评价结果未满足要求，即未能达到规定的水质目标时，应调查原因并采取纠正措施。水再利用处理系统可配置多台在线监测仪表，连续采集、记录水质数据，这些监测数据可用于分析再生水水质偏离目标值的原因，还可在采取纠正措施后验证处理系统的运行可靠性。

必要时，可增设临时监测仪表，调查分析处理效果未达要求的原因。诊断过程中通常需要根据处理设施和技术特点，有针对性地增设短期或长期运行的传感器和监测设备。本文件不涉及这类设备的具体配置和使用要求。

7 非功能性绩效

7.1 绩效指标示例

关键绩效指标可用于设计阶段和运行阶段的绩效评价，两个阶段的计算依据有所不同：设计阶段宜基于预测值计算关键绩效指标，运行阶段宜基于监测和（或）测量获得的实测值计算关键绩效指标。

7.2 环境绩效评价方法

7.2.1 能源消耗

能源消耗系水处理系统与单元处理工艺在设计、采购、运行阶段开展绩效评价的核心指标，也是处理技术对标评价及水再利用技术遴选的重要依据。

注：能源审计可用于能源消耗评价。我国境内可依据GB/T 17166—2019开展能源审计；其他国家或地区可依据当地适用的能源审计标准或ISO 50002:2014开展。

能源消耗以评价范围内水处理系统处理单位体积污水所消耗的总能量表征，计量单位为千瓦时每立方米（kWh/m³）。开展评价时，宜对单位体积处理水对应的下列能源消耗量与回收量进行计算、测量或估算：

- 污水处理及输送环节消耗的能源；
- 残余物与副产物处理处置环节消耗的能源，例如污泥消化脱水、浓盐水处理、磷回收等工艺消耗的能源；
- 回收的能源量，例如通过厌氧消化、余热利用等途径回收的能源。

根据评价目的及指标对总体能源绩效的影响程度，可额外纳入其他相关能源消耗，例如水处理药剂生产过程的能源消耗。与污水处理相关的太阳能、风能等可再生能源，其消耗量与产出量应纳入能源核算体系，采用净能耗表征处理系统的能源绩效。

新建处理设施的能源绩效，宜依据投运初始年度的能源消耗量与年处理水量开展评价。若存在影响能源绩效的季节性因素，可采用缩短的评价周期；若设计值与运行实测值存在显著差异且需开展专项分析评价，同样可缩短评价周期。

对于已投运的处理设施，可结合运行管理单位的实际情况，选取适宜方法开展能源消耗评价，例如开展月度评价，以提升处理设施运行绩效与能源利用效率。确定绩效评价方法与评价周期时，应充分考量处理设施与运行管理单位的规模。

开展两个及以上处理系统能源绩效对比时，评价工作须在相同的评价范围、运行条件与计算方法下开展，并采用合规的对标方法。能源绩效可通过单位处理水量能源消耗、单位固体物去除量能源消耗或规定时段内能源消耗量等指标表征，对应计量单位分别为千瓦时每立方米（kWh/m³）、千瓦时每千克（kWh/kg）、千瓦时每月（kWh/月）。依据相关法律法规与评价需求，还可采用生命周期评价（LCA）等综合方法开展评价。

能源计量工作须使用经检定或校准合格的能源计量器具，并严格按照质量保证与质量控制（QA/QC）程序实施。

7.2.2 化学品消耗

从健康、安全、环境及成本维度考量，化学品消耗是处理设施运行管理及操作人员重点关注的内容，同时为水再利用处理技术在设计、采购、运行阶段开展绩效评价与技术对标的关键绩效指标。

化学品消耗量可依据处理设施运行期间消耗的水处理药剂及其他相关化学品总量计算，通常采用单位处理水量化学品消耗量表征，单位为千克每立方米（kg/m³）。各类化学品宜分别统计与管理，具体包括：

- 混凝剂，如三氯化铁、聚合氯化铝等；
- 絮凝剂，如聚电解质类絮凝剂等；
- 消毒剂，如氯气、次氯酸钠、过氧乙酸等；
- 中和剂和 pH 调节剂，如酸、碱、石灰等；
- 外加碳源和营养盐，如甲醇、磷酸盐等；
- 清洗剂及其他辅助化学品，如膜用阻垢剂、其他阻垢剂、消泡剂、杀藻剂等；
- 吸附剂，如颗粒活性炭、粉末活性炭等。

水处理与再利用系统可使用具备清洗功能或特定处理功能的化学品。计算化学品消耗绩效指标时，可将处理设施外部使用但与系统运行相关的化学品纳入统计范畴，例如补氯站使用的化学品，以及外部服务单位作业使用的化学品。

7.2.3 需处置的固体和液体废物产生量

从环境管理与成本控制的角度来看，处理过程产生的废物是需要重点关注的问题。与液体废物、固体废物相关的关键绩效指标，可用于明确设计、采购和运行要求，也可用于评价水再利用处理技术的总体绩效。

本条所指废物为处理过程中产生的、不具备利用价值且需予以处置的物质。可用于能源回收、农业利用（如经处理的剩余污泥）、处理系统内部再利用或作为资源对外供应的物质，不纳入废物产生量统计。

废物产生量可用质量计量，单位为千克（kg）或吨（t）；也可用体积表示，单位为立方米（m³）。废物产生量可按总量统计，也可按类别分别统计，评价时宜考虑废物的处理处置特性。废物产生量指标可包括下列类别：

- 预处理过程产生的栅渣和沉砂；
- 处理系统产生并外运处置的初沉污泥和（或）剩余污泥；
- 反渗透（RO）过程产生的浓水，浓水回流时还应考虑其对污水处理系统的影响；
- 化学污泥；
- 废弃化学品和使用寿命较短的消耗品。

针对液体废物和固体废物，可采用单位处理水量产生或处置废物的质量或体积开展评价。

此外，评价过程中还宜将处理技术避免或减少废物产生的能力纳入考量。

7.2.4 绩效指标的综合考虑

对关键绩效指标开展监测，可帮助识别水处理系统运行管理的改进措施，但不同绩效指标之间往往存在权衡关系。例如在部分情况下，化学品消耗量增加反而会使能源消耗量降低。针对这类情况，宜将各项绩效指标折算为统一的综合指标，如二氧化碳排放量或费用，再开展综合评价。

7.3 经济绩效的评价方法

水再利用系统经济绩效可采用概算成本估算方法开展评价。运行成本通常涵盖人工成本、维护成本（含应急处置费用）、化学品成本、废物处理处置成本，以及电力与其他各类能源成本。将系统资本成本按年摊销后与年度运行成本汇总，即可得到年度总成本。

生命周期成本（LCC）涵盖资本成本与运行成本，可通过核算系统各组成部分在采购、安装、运行（含能源消耗）、维护及处置全阶段产生的成本完成分析。LCC分析可用于不同设计方案与大修方案的比选，为遴选成本效益更优的方案、基于现有数据开展合理比较提供依据。

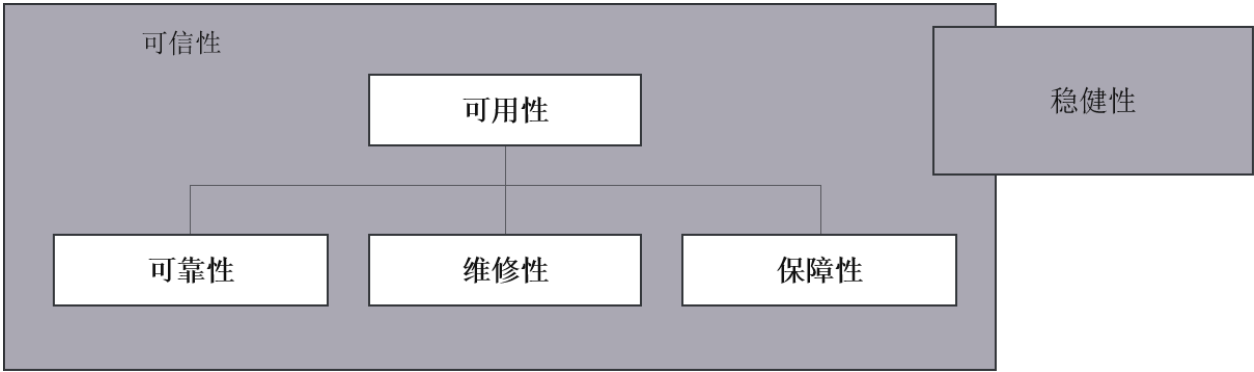
水再利用系统的LCC通常以能源成本与维护成本为主要构成。因此，需准确核定当前能源价格、设计使用寿命期内能源价格的年增长率，以及预期的人工、维护与材料成本。停机损失、设备退役费用及环境保护费用等其他成本，可结合处理设施的历史数据进行估算。

为实现经济绩效的全面评价，还需将处理设施运行可靠性与失效风险衍生的相关成本纳入考量。可依据失效模式的发生频率、后果严重程度与可检测性完成分类，并对其经济影响开展评价。

附录 A
(资料性)
水处理技术的可信性

A.1 可信性的构成属性

可信性是水再利用系统需要评价的重要属性之一，也是水再利用处理技术的一项关键非功能性绩效。评价系统可信性时，应识别并评价构成可信性的各项属性，见图A.1。



图A.1 可信性及其属性和稳健性

A.2 可用性

处理系统的可用性取决于构成该系统的各处理单元的可用性，以及各处理单元在整个处理流程中的相互作用方式。处理单元之间的相互作用可括功能冗余、功能后备和降级运行。系系统的可用性还取决于所采用的维修程序以及可获取的维修资源，例如储备备品备件或设置应急储存设施，即可提高系统的可用性。处处理系统的核心功能是提供满足水质和水量要求的处理水。处理系统失效可表现为水质或水量未达到要求，而水质未达到要求时，本身就意味着有效供水量未达标。如果未能识别出水质或水量不符合要求的情况，会导致系统可用性难以准确评价，还会影响评价结果的可信度。处理技术或处理系统执行规定任务时的可用性可，采用两种方式量化：

a) 预测分析

可用性可以计算为：

$$AV = \frac{MT_f}{(MT_f + MT_r)} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

AV——可用性；

MT_f——故障时间；

MT_r——恢复时间。

b) 监测系统运行中的系统状态

可用性可以计算为：

$$AV = \frac{TT_p}{TT_e} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

TT_p ——系统执行任务的总时间；

TT_e ——系统预期执行任务的总时间。

这里，此处，术语“执行任务”意味着“满足给定的要求”。参见 含义为“满足规定要求”，相关内容见IEC 61069-5。

在设计阶段经常使用通常采用预测分析和监测来评估法开展可用性。在评价，监测数据可作为分析依据。由于设计阶段不可能无法直接监测拟建设备的运行绩效，但可以可通过收集运行的类似已投运同类系统或测试试验设施的单元过程中各处理单元和处理系统的运行数据来预测，完成系统可用性。评估可用性的其他方法包括预测；还可通过收集长期运行绩效数据和以及多个同类装置的绩效数据，开展可用性评价。

A.3 可靠性

可靠性是一个类似于与可用性是密切相关的概念。

系统的可靠性取决于系统各个部分各组成部分的可靠性，以及这些部分各组成部分对系统整体系统绩效的贡献方式。也可以影响。系统可靠性可进一步根据所使用的用材料和的性能以及处理技术的运行条件来进行推断可靠性。

A.4 系统可信性的分析评估与评价

可以使用可依据 IEC 60300-3-1 和 IEC 61069-5评估和分析 对系统的可信性进行评价和分析。

附录 B

(资料性)

可信性评价

B.1 保障公众健康与安全的处理工艺可靠性

处理工艺可靠性是指在规定条件和规定时间区间内，单个处理单元或处理系统的出水满足规定要求的概率。

处理工艺可靠性是影响公众对水再利用接受度的重要因素，水再利用处理系统宜维持可靠运行。处理工艺可靠性对于防范可能造成急性健康风险的暴露事件尤为重要，消毒工艺失效将可能导致出水中病原微生物浓度短时升高。

仅依据平均工况开展水处理系统设计，可能无法充分保障处理工艺的可靠性。因此，处理工艺可靠性设计宜充分考量极端事件的发生可能性，例如按1年一遇或3年~5年一遇的极端事件标准开展设计。

影响处理工艺可靠性的因素包括：

- 进水水质的波动性及变化速率；
- 设计中采用的多重屏障措施；
- 备用电源；
- 报警系统、监测仪表和自动控制系统；
- 具备相应技能并可随时到岗的运行人员；
- 采样频次及在线传感器的配置；
- 处理设施适应极端水力负荷和污染物负荷变化的设计能力。

表征上述因素的参数可作为分项指标，其中部分指标可用于综合评价处理系统的处理工艺可靠性。在处理系统的工艺配置中采用多重屏障措施，是保障处理工艺可靠性的重要因素。

B.2 可用性

水再利用处理系统的基本要求是可提供足量再生水，并满足下列要求：

- 水量要求；
- 对应再生水用途的水质要求。

为满足上述要求，宜在设计、采购和运行阶段对水处理系统的可用性开展评价。

水处理系统的可用性取决于各处理单元的可用性，以及处理单元与设备的系统集成方式。

影响处理系统可用性的分项指标可包括：

- 可供处理、满足再生水需求的污水水量；
- 各处理单元的可用性；
- 备用处理单元和设备的可用性，包括备用电源；
- 具备相应技能的运行维护人员的配备与保障情况；
- 应急储水能力。

参 考 文 献

- [1] ISO/IEC Guide 51:2014, Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards
- [2] ISO 2394:2015, General principles on reliability for structures
- [3] ISO 9000:2015, Quality management systems — Fundamentals and vocabulary
- [4] ISO 9001:2015, Quality management systems — Requirements
- [5] ISO 14001, Environmental management systems — Requirements with guidance for use
- [6] ISO 16075-1:2015, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 1: The basis of a reuse project for irrigation
- [7] ISO 16075-2:2015, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 2: Development of the project
- [8] ISO 16075-3:2015, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 3: Components of a reuse project for irrigation
- [9] ISO 16075-4:2016, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 4: Monitoring
- [10] ISO 20426, Guidelines for health risk assessment and management for non-potable water reuse
- [11] ISO 20469:2018, Guidelines for water quality grade classification for water reuse
- [12] ISO 20760-1, Water reuse in urban areas — Guidelines for centralized water reuse system — Part 1: Design principle of a centralized water reuse system
- [13] ISO 20760-2, Water reuse in urban areas — Guidelines for centralized water reuse system — Part 2: Management of a centralized water reuse system
- [14] ISO 20761, Water reuse in urban areas — Guidelines for water reuse safety evaluation — Assessment parameters and methods
- [15] ISO 24511:2007, Activities relating to drinking water and wastewater services — Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of wastewater services
- [16] ISO 30000:2009, Ships and marine technology — Ship recycling management systems — Specifications for management systems for safe and environmentally sound ship recycling facilities
- [17] IEC 60050-191:1990, International electrotechnical vocabulary
- [18] IEC 60300-3-1, Dependability management — Part 3-1: Application guide — Analysis techniques for dependability — Guide on methodology
- [19] IEC 61069-5, Industrial-process measurement and control — Evaluation of system properties for the purpose of system assessment — Part 5: Assessment of system dependability
- [20] ASANO T., BURTON F. L., LEVERENZ H., TSUCHIHASHI R., TCHOBANOGLIOUS G. Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications. McGraw-Hill, New York, 2007
- [21] CABRERA E. Jr., DANE P., HASKINS S., THEURETZBACHER-FRITZ H. Benchmarking Water Services - Guiding water utilities to excellence, IWA Publishing, London, and American Water Works Association, Denver, 2011

[22] Ministry of the Environment (Japan Government). Environmental Performance Indicators Guideline for Organizations, 2003

[23] Natural Resource management Ministerial Council, Environment Protection and Heritage Council, Australian Health Ministers Conference, Australia (NRMMC, EPHC, AHMC). Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (Phase 1), 2006

[24] United States Environmental Protection Agency (US EPA). Guidelines for Water Reuse, 2012

[25] Water Reuse Foundation. Development of Indicators and Surrogates for Chemical Contaminant Removal during Wastewater Treatment and Reclamation, 2008

《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第 1 部分：通则》（征求意见稿）编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

水资源短缺、水环境压力和用水需求增长推动水再利用由补充性水源利用逐步向规模化、系统化和多场景应用发展。随着再生水用途不断拓展，水再利用系统所采用的处理技术日益多样，处理目标也由常规污染物削减逐步延伸至病原体控制、特定污染物去除、稳定供水、资源消耗控制和全生命周期经济性等方面。不同处理技术及其组合在出水水质、处理能力、运行稳定性、能源和化学品消耗、废物产生、经济成本及可信性方面存在明显差异，需要建立统一、系统且具有可比性的绩效评价方法。

现有水再利用项目的技术评价通常侧重出水水质是否达标或单项污染物去除率，对处理系统在不同运行条件下的持续达标能力、处理水量、能源和药剂消耗、废物产生、经济绩效、可靠性、可用性及维护保障等内容缺少统一的评价框架。由于评价边界、指标选择、采样频率、统计方法和结果表达方式不一致，不同技术、不同项目和不同应用场景之间的评价结果难以直接比较，也不利于技术选择、工程设计、运行优化和管理决策。

针对上述问题，国际标准化组织水再利用技术委员会（ISO/TC 282）制定并发布了国际标准 ISO 20468-1:2018《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第 1 部分：通则》（Guidelines for performance

evaluation of treatment technologies for water reuse systems — Part 1: General)，旨在建立水再利用系统处理技术绩效评价的通用框架，为不同处理技术及其组合系统的评价、比较和优化提供统一的技术指南。

该国际标准系统规定了水再利用系统处理技术绩效评价的基本原则和通用方法，主要包括水再利用处理技术概念、绩效评价条件与程序、功能性要求、非功能性要求以及处理技术可信性评价等内容。其中，功能性评价重点考察处理技术是否满足预定的水质、水量和污染物去除目标；非功能性评价重点考察处理技术在能耗、化学品消耗、废物产生、环境影响、经济成本、可用性和可靠性等方面的综合表现。该标准通过统一评价对象、评价边界、监测要求、统计方法和结果表达方式，为水再利用处理技术的科学评价和规范应用提供了依据。

为推动我国水再利用处理技术绩效评价与国际通用方法衔接，提高不同处理技术、不同工程项目和不同应用场景评价结果的科学性与可比性，有必要将 ISO 20468-1:2018 转化为我国国家标准。通过制定《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第 1 部分：通则》，可为水再利用处理技术选择、工程设计、设备采购、系统调试、运行监测、绩效对标和技术优化提供统一的评价依据，并推动水再利用技术评价由单一水质或污染物去除率评价，向兼顾处理效果、资源消耗、环境影响、经济绩效和运行可信性的综合评价转变。

本标准由中国标准化研究院、青岛理工大学、清华大学、青岛水务集团环境能源有限公司、清华苏州环境创新研究院、南京江宁水务集团有限公司、清华大学深圳国际研究生院、东莞市水务环境投资控

股集团净水有限公司、内蒙古农业大学、浙江富春紫光环保股份有限公司等单位共同参与起草。2026年6月12日，起草组召开国家标准启动会，明确了标准总体框架、主要技术内容、起草单位分工和后续工作计划，正式启动项目编号为 20256290-T-469 的国家标准制定工作。

本标准修改采用 ISO 20468-1:2018，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》和 GB/T 1.2—2020《标准化工作导则 第2部分：以 ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》等文件的要求进行编制。

标准立项信息如下：

项目编号：20256290-T-469

项目名称：水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分：通则

制、修订：制定

采用国际标准：ISO 20468-1:2018

主管部门：国家标准委

归口单位：全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）

2. 制定背景

1. 水再利用处理技术应用及评价需求

水再利用系统通常根据原水特征、再利用用途、健康与环境风险以及经济条件，配置预处理、一级处理、二级处理、三级处理、深度处理、消毒和后氯化等处理单元。不同处理等级和技术组合可服务于

农业灌溉、景观环境、城市杂用、工业用水、地下水补给及其他非饮用水利用场景。水再利用场景对水质和水量的要求不同，处理系统需遵循“适合用途”的原则，在保障公众健康和环境安全的基础上，兼顾能源、成本和可持续性。

处理技术绩效不仅体现为污染物浓度降低和出水水质达标，还包括处理系统在进水水质与水量波动、季节变化、停电、过载、长期停用等条件下持续完成预定任务的能力。对于存在较高暴露风险的水再利用场景，还需关注病原体控制、多屏障措施、对数去除率、在线监测、报警与备用设施等可靠性内容。因此，处理技术评价需要从单一水质指标扩展至功能、环境、经济和可信性等多个维度。

2. 水再利用处理技术绩效评价相关标准

目前，我国已初步建立涵盖再生水分级、水质管理、处理工艺评价、利用效益评价及不同用途水质要求的水再利用标准体系。相关标准主要从再生水水质控制、处理技术与工艺评价、再生水厂运行管理、利用效益以及具体用途要求等方面作出规定，为水再利用工程建设和运行管理提供了技术依据。代表性国家标准见表 1。

表 1 水再利用处理技术绩效评价相关国家标准

标准编号	标准名称
GB/T 41016—2021	水回用导则 再生水厂水质管理
GB/T 41017—2021	水回用导则 污水再生处理技术与工艺评价方法
GB/T 41018—2021	水回用导则 再生水分级
GB/T 42247—2022	水回用导则 再生水利用效益评价
GB/T 18920—2020	城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 18921—2019	城市污水再生利用 景观环境用水水质

GB/T 19923—2005	城市污水再生利用 工业用水水质
GB 20922—2007	城市污水再生利用 农田灌溉用水水质
GB/T 19772—2005	城市污水再生利用 地下水回灌水质
GB 5084—2021	农田灌溉水质标准

其中,《水回用导则 再生水厂水质管理》(GB/T 41016—2021)规定了再生水厂水质管理的总体要求,为再生水厂建立水质目标、实施水质监测和开展全过程水质管理提供了依据。该标准重点关注再生水厂水质管理活动,与本标准中功能性指标的监测和目标值比较具有一定衔接关系。

《水回用导则 污水再生处理技术与工艺评价方法》(GB/T 41017—2021)针对污水再生处理技术和处理工艺提出评价方法,是现有标准中与处理技术评价关系较为密切的标准。其评价重点主要在污水再生处理技术和工艺的适用性及处理效果,为再生处理工艺的选择和评价提供指导。

《水回用导则 再生水分级》(GB/T 41018—2021)按照再生水水质和利用要求对再生水进行分级,为不同再利用场景确定水质等级和处理目标提供依据。该标准主要解决再生水分级及其利用匹配问题,与本标准按照具体利用场景确定功能性目标的原则相衔接。

《水回用导则 再生水利用效益评价》(GB/T 42247—2022)从再生水利用所产生的效益出发开展评价,重点反映再生水利用活动的综合效益。该标准的评价对象是再生水利用效益,而本标准的评价对象是水再利用系统中的处理技术,二者在评价对象和评价边界方面有所区别。

《城市污水再生利用 城市杂用水水质》《城市污水再生利用 景观环境用水水质》《城市污水再生利用 工业用水水质》等标准，分别规定了再生水用于城市杂用、景观环境和工业用水等场景时的水质要求。其中，《城市污水再生利用 工业用水水质》规定了再生水用于工业冷却、洗涤、锅炉、工艺和产品用水时的水质控制项目、指标限值、取样及监测要求。此类标准主要为本标准开展功能性评价时确定目标水质提供依据。

《农田灌溉水质标准》（GB 5084—2021）规定了农田灌溉用水的水质控制要求，可作为评价再生水用于农业灌溉时是否满足相应用途要求的依据。

除国家标准外，我国已在城镇建设、环境保护、交通运输、电力、能源和冶金等行业发布了一批与污水处理、再生水利用、处理设备及运行评价相关的行业标准。这些标准主要针对特定处理技术、处理设备或行业应用场景，对水质要求、工艺设计、设备性能、运行管理和验收方法等作出规定，为水再利用系统处理技术绩效评价提供了相应的技术基础。

表 2 水再利用处理技术绩效评价相关行业标准

标准编号	标准名称
CJ/T 51—2018	城镇污水水质标准检验方法
HJ/T 270—2006	环境保护产品技术要求 反渗透水处理装置
HJ/T 271—2006	环境保护产品技术要求 超滤装置
HJ 2522—2012	环境保护产品技术要求 紫外线消毒装置
JT/T 645.1—2026	公路服务区污水再生利用 第 1 部分：水质
JT/T 645.2—2026	公路服务区污水再生利用 第 2 部分：处理系统技术要求

JT/T 645.3—2026	公路服务区污水再生利用 第 3 部分：处理系统操作管理要求
JT/T 1147.1—2017	公路服务区污水处理设施技术要求 第 1 部分：膜生物反应器处理系统
DL/T 2689—2023	火电厂循环冷却水排水处理技术导则 反渗透法
DL/T 951—2019	火电厂反渗透水处理装置验收导则
NB/T 51026—2014	煤矿矿井水深度处理 反渗透工艺技术要求
YB/T 4699—2019	钢铁企业综合废水深度处理技术规范
YB/T 6003—2022	冷轧废水深度处理回用技术规范
YB/T 6001—2022	钢铁企业综合污水回用于净循环水系统水质技术要求
YB/T 6338—2025	钢铁企业用城市再生水水质要求

在水质检测和处理设备方面，《城镇污水水质标准检验方法》（CJ/T 51—2018）规定了城镇污水水质指标的检验方法，可为水再利用处理技术功能性评价中的水质数据采集提供方法支撑。该标准于 2018 年发布并实施，目前为现行标准。

《环境保护产品技术要求 反渗透水处理装置》（HJ/T 270—2006）规定了反渗透水处理装置的技术要求；《环境保护产品技术要求 超滤装置》（HJ/T 271—2006）规定了超滤装置的相关技术要求。两项标准目前均为现行标准，评价对象主要为具体水处理装置，可为反渗透和超滤处理设备的性能评价提供依据。

《环境保护产品技术要求 紫外线消毒装置》（HJ 2522—2012）规定了紫外线消毒装置的技术要求，目前为现行标准，可为水再利用系统中紫外线消毒设备的技术评价提供依据。

在交通运输行业，《公路服务区污水再生利用》系列标准分别从再生利用水质、处理系统技术要求和处理系统操作管理等方面，对公

路服务区污水再生利用作出规定。其中，JT/T 645.1—2026、JT/T 645.2—2026 和 JT/T 645.3—2026 已于 2026 年 4 月 3 日发布，将于 2026 年 8 月 1 日实施，并分别替代相应的 2016 年版。三项标准适用范围分别涉及再生利用水分类和水质检测、处理系统设计施工以及处理系统运行维护管理。

《公路服务区污水处理设施技术要求 第 1 部分：膜生物反应器处理系统》（JT/T 1147.1—2017）规定了以膜生物反应器为主要工艺的公路服务区污水处理设施技术要求，目前为现行标准。此外，该系列还包括人工湿地和曝气生物滤池处理系统等专项标准。

在电力行业，《火电厂循环冷却水排水处理技术导则 反渗透法》（DL/T 2689—2023）规定了火电厂循环冷却水排水反渗透处理的一般要求，以及预处理系统、反渗透脱盐系统和性能验收要求，适用于火电厂循环冷却水排水反渗透脱盐处理系统。

《火电厂反渗透水处理装置验收导则》（DL/T 951—2019）规定了火力发电厂反渗透水处理装置验收的技术条件和方法，目前为现行标准。该标准主要服务于特定行业反渗透装置的性能验收，与本标准面向不同处理技术和处理系统的综合绩效评价在评价对象和评价范围上存在区别。

在煤炭行业，《煤矿矿井水深度处理 反渗透工艺技术要求》（NB/T 51026—2014）规定了煤矿矿井水深度处理中反渗透工艺、设备材料、附属设施以及运行维护等要求，目前为现行标准，适用于煤矿矿井水经净化处理后的反渗透深度处理。

在钢铁行业，《钢铁企业综合废水深度处理技术规范》（YB/T 4699—2019）规定了钢铁企业综合废水深度处理的水质、处理工艺、工艺设备、检测与过程控制以及运行维护等要求，目前为现行标准。

《冷轧废水深度处理回用技术规范》（YB/T 6003—2022）规定了冷轧废水深度处理回用工程的废水水量与污染负荷、处理工艺、设备、检测和过程控制要求，目前为现行标准。

《钢铁企业综合污水回用于净循环水系统水质技术要求》（YB/T 6001—2022）规定了钢铁企业综合污水回用于净循环水系统的技术要求、水质指标和检测要求，可作为相应回用场景下确定功能性水质目标的依据。

《钢铁企业用城市再生水水质要求》（YB/T 6338—2025）规定了钢铁企业使用城市再生水的水质要求，为城市再生水进入钢铁工业用水系统提供了行业依据。

总体来看，现有行业标准主要具有以下特点：一是面向火电、煤矿、钢铁和公路服务区等特定行业或应用场景；二是以反渗透、超滤、膜生物反应器和紫外线消毒等具体设备或处理工艺为对象；三是重点规定水质指标、设计要求、设备性能、运行维护和验收方法。上述标准具有较强的行业针对性，但评价对象、系统边界、测试条件、评价指标和结果表达方式并不完全一致。

现有行业标准尚未形成适用于不同水再利用场景、不同处理技术和不同工艺组合的统一绩效评价框架，特别是在功能性要求与非功能性要求的协同评价方面仍有进一步规范的需要。能耗、化学品消耗、

废物产生、生命周期成本以及可用性、可靠性、可维修性和保障性等内容，在现有行业标准中通常根据具体行业需求分别作出规定，尚缺少统一的评价原则和方法。

因此，《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分：通则》的制定不替代现有行业标准，而是为相关标准规定的水质、处理能力、设备性能和运行要求提供通用的绩效评价框架。在实际应用中，可将行业标准规定的水质限值、处理能力和技术要求作为功能性评价目标，并依据本标准进一步评价处理技术实现相应目标时的资源消耗、环境影响、经济成本和运行可信性。

3. 现有评价工作存在的主要问题

一是评价内容不够完整。部分评价主要围绕出水浓度和去除率展开，对水量、运行稳定性、能源消耗、化学品消耗、废物产生、维护保障和生命周期成本等内容关注不足，难以全面反映技术的综合绩效。

二是评价边界和条件不统一。不同评价活动对单元过程、处理系统及其辅助设施的边界划分不同，测试持续时间、运行负荷、进水条件和异常工况设置不一致，影响评价结果的可比性。

三是数据采集和统计方法不一致。采样频率、样本量、在线监测参数、替代参数及最大值、最小值、平均值、中位数和百分位等统计表达方式缺少统一指导，可能导致评价结果不能充分代表处理技术的长期运行状态。

四是功能性要求和非功能性要求缺少系统衔接。水质和处理效率属于处理技术完成预定任务的直接表现，而能耗、药耗、废物、成本、可用性和可靠性反映完成任务的资源代价与运行保障。现有评价中二者往往相互割裂，难以支撑综合技术比较。

五是可信性评价基础薄弱。水再利用系统直接关系公众健康和环境安全，需要关注可靠性、可用性、可维修性、保障性和稳健性等因素，但工程实践中尚缺少统一的概念体系和评价思路。

4. 制定本标准的必要性

制定本标准有利于建立水再利用系统处理技术绩效评价的统一框架，明确评价目标、评价边界、测试条件、监测计划、数据分析方法及结果比较方式，为单元处理过程和处理系统的评价提供通用依据。

制定本标准有利于推动评价内容由单一水质合规向功能性和非功能性综合评价转变。通过统筹水质、水量、去除效率、能耗、化学品消耗、废物产生、经济绩效和可信性等指标，可更加客观地反映技术在设计、采购、调试和运行阶段的实际表现。

制定本标准有利于提高不同处理技术和项目评价结果的可比性，为工艺选择、工程设计、设备采购、调试验收、运行优化、绩效监测和技术改造提供支撑，并为监管机构、设计单位、运营单位、技术企业和第三方评价机构开展相关工作提供参考。

转化 ISO 20468-1:2018，有利于我国水再利用标准与国际通用评价方法衔接，推动形成统一的技术语言和评价逻辑，促进我国水再利用技术、工程经验和相关服务的规范化发展。

3. 起草过程

1. 预研阶段

2025 年 9 月至 12 月，中国标准化研究院、青岛理工大学、清华大学等单位通过资料收集、标准比对和调研分析，研究 ISO 20468-1:2018 的主要技术内容及其在我国的适用性。按照 GB/T 1.1—2020 和 GB/T 1.2—2020 的要求，开展标准翻译和草案编制，并准备标准立项材料。

2. 立项阶段

2025 年 12 月，国家标准化管理委员会下达《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第 1 部分：通则》国家标准制定计划，项目计划号为 20256290-T-469。

3. 标准起草阶段

2026 年 3 月至 6 月，起草组结合前期调研成果，对标准草案进行修改完善。2026 年 6 月 12 日，中国标准化研究院联合青岛理工大学等单位以线上线下相结合的形式召开标准启动会，明确标准编制原则、主要技术内容、起草单位分工和工作计划。会后，起草组对术语和定义、处理技术概念、绩效评价原则、功能性要求、非功能性要求及可信性评价等内容进行修改，形成标准征求意见稿及编制说明。

4. 协作起草单位及起草人所做的工作

标准主要起草人：白雪、胡洪营、冯建勇、毕学军、张玉博、王继苗、陈卓、王文龙、李伟、方敏、刘浩、徐傲、吴乾元、杨耀天、谢志帆、刘晓民、吴罕江。

主要起草单位：中国标准化研究院、青岛理工大学、清华大学、青岛水务集团环境能源有限公司、清华苏州环境创新研究院、南京江宁水务集团有限公司、清华大学深圳国际研究生院、东莞市水务环境投资控股集团净水有限公司、内蒙古农业大学、浙江富春紫光环保股份有限公司。本标准各起草单位结合自身专业基础和工程实践，分别承担标准总体协调、国际标准转化、章节起草、技术论证、工程适用性分析及相关材料编制等工作，具体分工见表 3。

表 3 参编单位具体工作分工

序号	起草单位	单位类型	负责章节	核心职责
1	中国标准化研究院	科研机构	前言、引言、第 1 章“范围”、第 2 章“规范性引用文件”、第 3 章“术语和定义及缩略语”、参考文献及全文统筹	统筹标准总体框架和编制进度；负责国际标准转化及一致性审查；明确标准适用范围、规范性引用文件和术语体系；开展标准文本规范性审查、相关标准协调及报批材料总体把关。
2	青岛理工大学	高等院校	第 4 章“水再利用系统处理技术概念”	梳理水再利用系统处理技术类型、处理目标、处理等级和适合用途的技术路径；完善预处理、一级处理、二级处理、三级处理、深度处理、消毒和后氯化等内容；结合我国水再利用工程实践提出适用性建议。
3	清华大学	高等院校	第 5 章“绩效评价的原则和通用指南”	负责绩效评价总体原则、评价边界、测试方案、监测计划和数据分析方法的技术把关；明确功能性要求与非功能性要求的评价逻辑；参与关键评价方法的技术论证。

4	青岛水务集团环境能源有限公司	企业	第 6 章“功能性要求”、附录 A“水处理技术的可信性”	结合水再利用工程运行经验，梳理可信性、可用性、可靠性、可维修性、保障性和稳健性等内容；提供运行维护、故障恢复、备件保障和长期稳定运行方面的实践支撑。参与第 6 章的翻译校核。
5	清华苏州环境创新研究院	科研机构	第 7 章“非功能性要求”	负责非功能性关键绩效指标梳理，包括能耗、化学品消耗、废物产生、环境绩效、经济绩效、生命周期成本、适应性和运行稳定性；提出指标核算、评价方法和工程适用性建议。
6	南京江宁水务集团有限公司	企业	第 7 章“非功能性要求”、附录 B“可信性评价”	结合实际水再利用系统运行案例，梳理过程可靠性和可用性评价要点；提供进水水质波动、多屏障措施、备用电源、报警系统、在线监测和运行维护等工程资料。参与第 7 章的翻译校核。
7	清华大学深圳国际研究生院	高等院校	第 6 章“功能性要求”	负责功能性评价内容梳理，包括水质目标、处理效率、污染物浓度、去除率、对数去除值、水量要求和评价步骤；结合不同水再利用场景完善功能性指标选择和评价程序。
8	东莞市水务环境投资控股集团净水有限公司	企业	附录 A“水处理技术的可信性”	结合水再利用工程运行经验，参与梳理可信性、可用性、可靠性、可维修性、保障性和稳健性等内容；提供运行维护、故障恢复、备件保障和长期稳定运行方面的实践支撑。

9	内蒙古农业大学	高等院校	第4章“水再利用系统处理技术概念”、第5章“绩效评价的原则和通用指南”	参与第4章及第5章的翻译校核工作，参与关键评价方法的技术论证。
10	浙江富春紫光环保股份有限公司	企业	附录B“可信性评价”	结合实际水再利用系统运行案例，参与梳理过程可靠性和可用性评价要点；提供进水水质波动、多屏障措施、备用电源、报警系统、在线监测和运行维护等工程资料。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

1. 编制原则

本文件按照《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1—2020）和《标准化工作导则 第2部分：以ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》（GB/T 1.2—2020）的规定起草。本标准应具有科学性、先进性、系统性和可行性，同时兼顾普适性、操作性和规范性，为不同水再利用场景下处理技术的功能性要求、非功能性要求及综合绩效评价提供统一指导。

2. 标准确定依据

主要依据《关于推进污水资源化利用的指导意见》《节约用水条例》《水污染防治行动计划》《关于加强非常规水源配置利用的指导意见》《国家节水行动方案》《关于将非常规水源纳入水资源统一配

置的指导意见》等制度文件，并以 ISO 20468-1:2018《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分：通则》为主要技术依据。

为科学转化 ISO 20468-1:2018 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems — Part 1: General，并使标准内容符合我国水再利用系统处理技术评价和工程应用实际，编制组围绕国内外水再利用处理技术、绩效评价方法及相关标准体系开展了调研和梳理。

具体调研内容整理如下：

（1）调研对象基本情况

麦岛污水处理厂位于青岛市崂山区东海东路，服务区域紧邻滨海居住区和滨海公共空间。现场资料显示（图1），该厂经历多期建设和品质提升：原处理规模由14万 m³/d调整为10万 m³/d，并新建12万 m³/d全地下污水处理设施，品质提升后总处理规模为22万 m³/d，出水水质提升至类地表水V类标准。项目同时规划再生水利用率约25%，主要用于绿化、污水源热泵等方向。

该案例具有较强的水再利用系统综合评价代表性。一方面，项目体现了污水处理设施由传统末端达标处理向再生水资源化、城市空间复合利用和环境友好型运行转变；另一方面，项目将出水回用于绿化和热能利用等不同场景，能够反映“适合用途”的水质、水量和运行保障需求。



图 1 麦岛污水处理厂品质提升项目基本情况

(2) 处理技术组合与功能性评价需求

现场工艺流程图 2 显示,麦岛污水处理厂形成了由预处理、生物处理、深度处理和消毒等环节构成的多屏障处理体系。既有处理线包括粗格栅及进水泵房、细格栅及曝气沉砂、沉淀、反硝化滤池、硝化滤池、生物滤池、磁混凝、滤布滤池、紫外消毒、臭氧接触等单元;新增地下处理线包括粗细格栅、曝气沉砂、初沉、厌氧/缺氧/好氧、生物反应、MBR 膜反应、紫外消毒等单元。

从标准编制角度看,该工艺路线说明水再利用系统处理绩效具有明显的系统性和组合性。单一处理单元的去除率不能完全代表最终回用水的适用性,应在明确最终用途、进水特性和运行条件的基础上,对处理单元和处理系统整体分别开展评价。功能性评价应重点关注出水水质、水量、污染物浓度、去除率、对数去除率、目标值符合性和

监测数据代表性，并根据日变化、季节变化和运行工况波动确定采样类型、采样频率和统计评价方式。

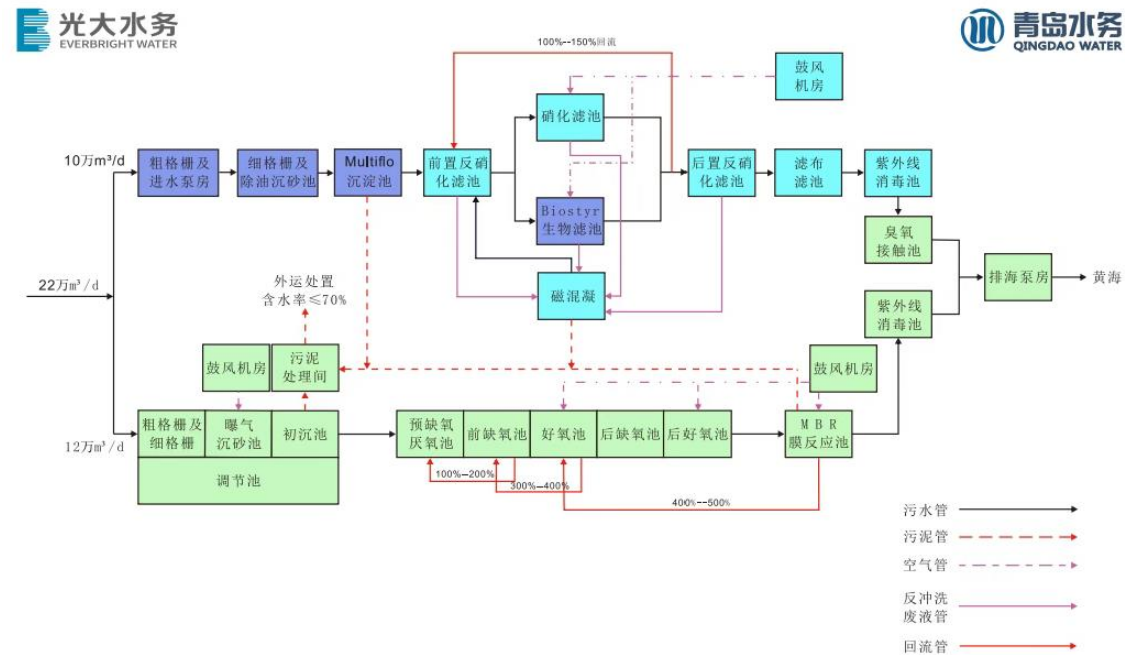


图 2 麦岛污水处理厂工艺流程

（3）再生水利用场景与“适合用途”评价

调研中了解到，麦岛金岸住宅区利用邻近污水处理厂出厂尾水作为污水源热泵系统冷热源，实现冬季供暖和夏季制冷。该系统服务范围覆盖小区及周边区域，总服务面积约为 24 万~25 万 m²；污水处理厂每日向热泵系统提供约 3 万 m³再生水，按照调研数据折算，每万吨日供水量约可支撑 8 万 m²建筑供热制冷需求。

该利用方式表明，再生水不仅可作为城市杂用、绿化和生态补水水源，也可作为低品位热能载体参与建筑节能。与一般水质达标型回用相比，热泵利用对供水连续性、水量稳定性、温度条件、取退水调度和用户端需求匹配提出了更高要求。因此，标准中关于处理系统性

能评价的内容，应体现从“出水水质是否达标”向“水质、水量、风险和用途匹配是否稳定满足”的转变。

（4）工程集约化建设与非功能性评价需求

麦岛污水处理厂品质提升工程采用地埋式、集约化建设方式，将处理设施布置于地下，上部空间用于生态公园、科普展示、便民服务设施和景观空间（图3）。现场模型和项目资料显示，该模式在提高处理能力的同时，兼顾了用地集约、臭气噪声控制、城市景观协调和公众开放等要求。

该实践说明，水再利用处理技术评价不宜仅围绕污染物去除和出水水质展开。对于位于人口密集区、滨海旅游区或城市更新区域的再生水项目，能耗、药耗、废物或副产物产生、温室气体排放、运行维护成本、用地效率、环境影响、运行安全和公众接受度均会影响项目长期运行效果。上述内容与本标准非功能性要求和可信性评价方向一致，可为评价指标设置和工程适用性分析提供依据。



图 3 地下化处理设施与地上空间复合利用情况

（5）对可信性评价和运行保障内容的支撑

可信性是水再利用处理技术的重要非功能性要求，主要包括可用性、可靠性、维修性、保障性和稳健性等内容；可信性评价应关注过程可靠性、系统可用性、多屏障措施、备用电源、报警系统、在线监测和运维保障等因素。麦岛案例中，多处理单元组合、再生水多用途利用以及热泵系统对供水连续性的需求，均体现出可信性评价的必要性。

具体而言，绿化和热能利用等不同场景对出水水质、水量和运行连续性的要求不同；若发生进水水质波动、处理单元异常、供水量波动或用户端负荷变化，单纯以平均水质指标评价难以反映系统真实运行绩效。因此，本标准在评价程序中应强调性能标准设定、监测计划、

数据分析和异常诊断的完整过程，并通过代表性采样、统计指标比较和必要的在线监测支撑评价结果的可验证性。

（6）调研结论对标准主要内容确定的支撑

结合现场调研和标准编制材料，麦岛污水处理厂案例对本标准主要内容和技术指标确定具有以下支撑作用：

调研要点	现场调研情况	对标准编制的支撑
处理目标与回用场景	出水水质提升至类地表水Ⅴ类标准，再生水主要用于绿化、污水源热泵等方向。	标准应坚持“适合用途”原则，根据不同回用场景确定水质、水量和风险控制目标。
处理技术组合	工程采用预处理、生物处理、膜处理、深度处理和消毒等多屏障技术组合。	标准应区分单元技术绩效和系统整体绩效，评价污染物浓度、去除率、对数去除率和目标值符合性。
工况波动与监测	再生水供应和热泵利用对水量连续性、温度条件和取退水调度具有要求。	标准应明确采样方案、统计评价方式和异常诊断要求，保证数据代表性和结果可验证性。
非功能性绩效	地下化建设兼顾用地集约、臭气噪声控制、景观协调和公众开放。	非功能性要求应覆盖能耗、药耗、废物产生、环境性能、经济性能、运行稳定性、适应性和公众接受度。
可信性评价	多用途再生水利用需要稳定水源、可靠处理单元、运维保障和应急调节能力。	可信性评价应关注可用性、可靠性、维修性、保障性、稳健性以及在线监测和报警等支撑条件。

综上，麦岛污水处理厂及其再生水热能利用实践说明，水再利用系统处理技术绩效评价应覆盖工程运行全过程，兼顾功能性要求和非功能性要求。功能性要求侧重处理系统是否稳定达到预定水质、水量和风险控制目标；非功能性要求侧重能耗、药耗、环境影响、经济性

能、运行稳定性、适应性和可信性等综合表现。上述调研结论与本标准修改采用 ISO 20468-1:2018 的定位相一致，可作为确定评价原则、评价程序、评价参数和可信性评价内容的工程依据。

3. 标准主要内容与技术指标的确立

(1) 范围

本文件给出了水再利用系统处理技术的绩效评价指南，明确了与处理技术绩效相关的典型水质参数、处理效率指标以及测量值与目标值的分析比较方法，并从功能性要求和非功能性要求两个方面构建处理技术绩效评价框架。

本文件适用于水再利用系统中单元处理过程或处理系统的绩效评价，可为处理技术选择、工程设计、设备采购、系统调试、运行监测、技术比较和运行优化等工作提供指导。评价对象包括预处理、一级处理、二级处理、三级处理、深度处理、消毒和后氯化等处理过程及其组合系统。

(2) 规范性引用文件

本文件引用了 ISO 20670《水再利用 术语》（Water reuse — Vocabulary），作为水再利用领域基础术语和定义的依据，用于统一标准中有关水再利用系统、处理过程及处理技术的概念和表述，避免不同专业和应用场景之间产生理解歧义。

(3) 术语和定义

本章节规定了水再利用系统处理技术绩效评价所涉及的主要术语和定义，包括可用性、对标、纠正、纠正措施、可信性、停机时间、

故障、功能性要求、可维修性、保障性、不合格项、非功能性要求、绩效评价、绩效指标、预测分析、去除率、要求、鲁棒性和安全等。

相关术语主要来源于质量管理、可信性管理、水处理和风险评价等领域的国际标准。部分术语根据水再利用处理技术绩效评价的应用特点进行了适用性调整，具体如下：

- 1) **availability**: 本文件中统一翻译为“可用性”，是指在给定条件以及给定的瞬间或时间间隔内，水处理技术保持执行所需功能状态的能力。该能力综合取决于可靠性、可维修性和保障性。
- 2) **benchmarking**: 本文件中统一翻译为“对标”，是指通过系统搜索和应用最佳实践提高绩效。
- 3) **correction**: 本文件中统一翻译为“纠正”，是指为消除已发现的不合格项所采取的措施。
- 4) **corrective action**: 本文件中统一翻译为“纠正措施”，是指为消除产生不合格项的原因并防止其再次发生所采取的措施。
- 5) **dependability**: 本文件中统一翻译为“可信性”，是描述可用性及其影响因素的集合术语，主要涉及可靠性、可维修性和保障性等属性。
- 6) **downtime**: 本文件中统一翻译为“停机时间”，是指系统或组件不能运行或不能满足所需功能的时间段。
- 7) **failure**: 本文件中统一翻译为“故障”，是指水处理技术不能满足功能性要求或非功能性要求的状态。

- 8) **functional requirement**: 本文件中统一翻译为“功能性要求”，用于描述采用水处理技术改变水质并完成预定处理任务的要求。
- 9) **maintainability**: 本文件中统一翻译为“可维修性”，是指在给定条件下，采用规定程序和资源进行维修时，水处理技术保持或恢复至所需功能状态的能力。
- 10) **maintenance support performance**: 本文件中统一翻译为“保障性”，是指在给定条件和维修政策下，维修组织按需提供水处理设施维修资源的能力。
- 11) **nonconformity**: 本文件中统一翻译为“不合格项”，是指未满足规定要求的状态。
- 12) **non-functional requirements**: 本文件中统一翻译为“非功能性要求”，用于描述水处理技术在设计或运行过程中应满足的资源、环境、经济和运行保障等要求。
- 13) **performance evaluation**: 本文件中统一翻译为“绩效评价”，是指判断或衡量系统或组件的输出或状态是否满足规定要求的整体过程。
- 14) **performance indicator**: 本文件中统一翻译为“绩效指标”，是指能够提供处理技术绩效信息的参数或由参数导出的数值。
- 15) **predictive analysis**: 本文件中统一翻译为“预测分析”，是指从已有数据中识别规律并预测未来结果和发展趋势的分析活动。
- 16) **removal efficiency**: 本文件中统一翻译为“去除率”，用于表征处理技术去除特定组分的效率。本文件同时给出了去除率和去除值

的计算方法，其中去除率通常以百分数表示，对数去除值通常用于微生物污染物的评价。

17) **robustness**: 本文件中统一翻译为“鲁棒性”，是指系统在不利事件、不可预见事件或人为错误发生时，仍能避免产生与初始原因不相称损害的能力。

18) **safety**: 本文件中统一翻译为“安全”，是指不存在不可接受风险的状态。

(4) 缩略语

本章节给出了标准中使用的缩略语，包括：生化需氧量（biochemical oxygen demand, BOD）；化学需氧量（chemical oxygen demand, COD）；大肠杆菌（Escherichia coli, E. coli）；生命周期评价（life cycle assessment, LCA）；生命周期成本（life cycle cost, LCC）；对数去除值（log removal value, LRV）；膜生物反应器（membrane bioreactor, MBR）；过氧乙酸（peracetic acid, PAA）；质量控制（quality control, QC）；反渗透（reverse osmosis, RO）；总溶解固体（total dissolved solids, TDS）；总悬浮固体（total suspended solids, TSS）；紫外线（ultraviolet, UV）等。

(5) 水再利用系统处理技术概念

本章节介绍了水再利用系统处理技术的基本概念、处理目标、处理等级以及适用于不同水再利用场景的处理技术。

条款 4.1 概述了水再利用系统中处理技术和处理系统的基本概念，明确绩效评价对象主要包括悬浮物、胶体和浊度、溶解性有机物

和无机物、重金属、营养物质以及病原体等目标组分。水再利用处理系统可采用单一处理过程，也可通过多个处理过程组合实现目标污染物去除和风险控制。

本条款强调，水再利用系统的水质要求和可靠性水平应根据具体利用场景确定。考虑到公众健康和环境安全，处理系统应能够持续满足规定的水质要求；必要时宜采用多屏障处理方法，通过两个或多个不同处理过程共同控制病原体和其他污染物风险。

条款 4.2 给出了水再利用系统的处理目标及处理技术分类，包括预处理、一级处理、二级处理、三级处理、深度处理、消毒和后氯化。

其中：

- 1) 预处理主要去除可能堵塞、损坏设备或干扰后续处理过程的较大尺寸物质、漂浮物、砂砾和油脂等；
- 2) 一级处理主要通过沉淀、撇渣、化学处理或过滤等方式去除可沉降固体、漂浮物和部分有机物；
- 3) 二级处理主要采用生物、化学和物理过程去除大部分可溶性有机物、颗粒物和部分营养物质；
- 4) 三级处理主要进一步去除二级处理出水中的悬浮物、胶体、残留有机物、氮、磷、色度和臭味等；
- 5) 深度处理主要针对特定水再利用场景进一步去除总溶解固体、微量有机污染物、重金属、新污染物、色度和臭味物质等；

- 6) 消毒主要用于降低病原体含量，可采用化学氧化剂、紫外线、膜过滤、过氧乙酸等技术，并可与其他处理过程组成多屏障消毒体系；
- 7) 后氯化主要通过回用水输配系统中保持适当的消毒剂余量，防止微生物再生和二次污染。

条款 4.3 给出了适用于不同水再利用场景的处理等级和技术类型，提出“适合用途”的水再利用原则。该原则要求根据再生水最终用途、公众暴露程度和环境风险确定合理的水质等级和处理技术，在保障公众健康和环境安全的同时，兼顾能源消耗、处理成本和工程可行性。

（6）绩效评价的原则和通用指南

本章节给出了水再利用系统处理技术绩效评价的总体原则、测试要求、评价边界、监测计划和分析方法，并明确了功能性要求和非功能性要求的基本评价逻辑。

条款 5.1 规定，绩效评价的主要目的是判断单个处理过程或处理系统能否可靠、持续地满足规定的水质和处理要求。根据处理技术类型、工程规模和应用场景，绩效评价应制定相应的测试方案，明确进出水水质和水量标准、测试条件、测试持续时间以及数据统计和分析方法。

条款 5.2 分别给出了处理技术的功能性要求和非功能性要求。

功能性要求主要评价处理技术是否能够达到预定水质、水量和污染物去除目标，通常具有合规或不合规的绝对评价特征。

非功能性要求主要评价处理技术完成预定任务时的资源消耗、环境影响、经济成本和运行保障水平，通常用于不同技术之间的比较、对标和持续改进，具有相对评价特征。

条款 5.2 还对功能性要求和非功能性要求的代表性参数及管理方法进行了归纳。功能性要求主要涉及公共卫生目标、健康风险目标、水质目标、环境目标、污染物浓度和去除率；非功能性要求主要涉及能耗、化学品消耗、废物产生、温室气体排放、资本性成本、运行成本、生命周期成本、可用性、可靠性和报警系统等。

条款 5.3 给出了开展绩效评价应满足的基本要求，包括评价对象和系统边界确定、运行条件识别、监测计划制定、参数选择、采样频率确定和数据质量控制等。

评价应充分考虑进水水质、进水流量、运行负荷、季节变化和异常工况的影响。监测持续时间和采样频率应能够反映处理系统的正常运行状态及水质水量变化。对于难以直接监测、检测成本较高或缺少适用分析方法的参数，可选用与目标参数具有明确关系或良好相关性的替代参数。

条款 5.4 给出了绩效评价在水处理系统设计中的应用。处理系统设计应根据原水水质、水量变化、再利用用途及相应功能性和非功能性要求选择处理过程及其组合，并合理配置调蓄设施、泵、管道、电气、仪表、控制系统和备用设备。

(7) 功能性要求

本章节规定了水再利用系统处理技术功能性绩效评价的主要内容和评价步骤，重点评价处理技术能否达到规定的水质、水量和污染物去除要求。

功能性评价可用于现有处理系统能力评价、设计阶段先导试验、设备和工艺选择、系统调试、验收测试以及运行期间的绩效监测和合规性评价。

条款 6.1 给出了功能性绩效评价的总体要求。评价参数应根据水再利用用途、公共健康风险、环境目标和相关管理要求确定，主要包括出水水质、进出水污染物浓度、去除率、对数去除值及处理水量等。

条款 6.2 给出了功能性绩效评价的基本步骤。

第一步，确定绩效标准和目标。评价指标可包括生化需氧量、化学需氧量、氨、总悬浮固体、浊度、指示微生物、消毒剂余量以及具体水再利用场景相关的其他参数。对于涉及病原体风险控制的场景，可采用对数去除值评价处理技术的病原体去除能力。

第二步，制定绩效评价计划。应根据进水水质、流量、运行条件以及日变化和季节变化确定测试条件、测试周期、采样方式、采样频率和数据量。

第三步，采集并分析评价数据。评价结果可采用最大值、最小值、平均值、中位数和百分位等统计参数表示，并将测量结果与规定的目标值进行比较。

第四步，判定处理技术是否满足功能性要求。当测量结果达到规定目标时，可认为处理技术在评价条件下满足相应功能性要求；当测量结果未达到目标时，应进一步分析原因。

第五步，诊断绩效不理想的原因。可利用在线监测数据、临时检测仪器、运行参数和维护记录，识别进水水质波动、运行条件变化、设备故障、控制系统异常或操作不当等影响因素。

第六步，采取纠正措施并验证处理效果。处理系统调整或修复后，应重新监测相关指标，确认处理技术恢复并持续满足规定要求。

（8）非功能性要求

本章节规定了水再利用系统处理技术非功能性绩效评价的主要内容，重点评价处理技术在完成预定处理任务过程中的资源消耗、环境影响、经济成本和运行保障水平。

非功能性要求主要包括可信性、处理效率、可持续性、适应性、残留物和副产品产生情况以及材料结构完整性等。相关指标通常用于不同处理技术之间的对标、方案比较和持续改进。

条款 7.1 给出了非功能性要求的总体评价原则。设计阶段可采用预测值、设备参数和类似工程运行数据进行评价；运行阶段宜采用实际监测和计量数据进行评价。不同处理技术进行比较时，应统一评价边界、运行条件、统计周期和计算方法。

条款 7.2 给出了环境绩效评价指标。

- 1) 能耗。能耗可按处理单位体积水所消耗的能源表示。评价边界宜包括水处理、输送、残留物处理及能量回收等环节，并应明确计算周期和计量范围。
- 2) 化学品消耗。化学品消耗可按处理单位体积水所消耗的化学品质量表示，包括混凝剂、絮凝剂、消毒剂、pH 调节剂、营养剂、清洗剂、阻垢剂和吸附剂等。
- 3) 废物产生。废物指标用于评价处理过程中产生且需要处置的固体和液体废物，包括砂砾、筛渣、生物固体、化学污泥、膜浓缩液、废弃化学品及消耗性材料等。除废物产生量外，还宜评价其处理难度和资源化利用潜力。
- 4) 温室气体排放。必要时，可将能耗、化学品消耗和废物处理等指标转换为温室气体排放量，用于评价处理技术的综合环境影响。

条款 7.3 给出了经济绩效评价指标。

经济绩效主要包括资本性成本、运行成本和生命周期成本。运行成本可包括能源、人工、维护、化学品和废物处理费用；生命周期成本应综合考虑设施购置、建设、运行、维护、更新和最终处置等费用。

评价时还宜考虑设备停机、设施退役、环境保护以及故障发生频率、严重程度和可检测性所造成的潜在经济影响。

本章节同时指出，不同非功能性指标之间可能存在相互影响和权衡。例如，增加化学品投加可能降低能耗，增加备用设备可能提高系统可靠性但增加建设成本。因此，在技术比较中宜结合具体水再利用场景和评价目标，对不同指标进行综合分析。

(9) 附录 A 水处理技术的可信性

附录 A 为资料性附录，给出了水处理技术可信性的概念、组成属性及评价方法。

附录 A.1 说明，可信性是水再利用处理技术重要的非功能性要求，包括可用性、可靠性、可维修性和保障性，并与处理系统的稳健性密切相关。

附录 A.2 给出了可用性的评价方法。处理系统的可用性取决于各单元处理过程的可用性及其相互作用方式，并受功能冗余、备用设施、维护程序、备件储备和应急保障资源等因素影响。

可用性可采用预测分析和运行监测两种方式进行量化。设计阶段可依据类似系统或试验设施的历史数据，预测故障时间和恢复时间；运行阶段可通过系统实际执行任务时间与预期执行任务总时间的比值进行评价。

附录 A.3 说明了可靠性的基本概念。处理系统的可靠性取决于各组成部分的可靠性、各部分对整体系统绩效的贡献以及材料、设备和运行条件等因素。

附录 A.4 给出了系统可信性分析评价的参考方法，可采用 IEC 60300-3-1 和 IEC 61069-5 等标准开展可信性分析。

(10) 附录 B 可信性评价

附录 B 为资料性附录，从保护公众健康和安全的角度，给出了水再利用处理过程可靠性和系统可用性的评价内容。

附录 B.1 规定了公众健康和安全相关的过程可靠性评价。过程可靠性是指在给定条件和时间范围内，单元处理过程或处理系统出水持续满足规定功能的概率。

影响过程可靠性的主要因素包括：进水水质和水量波动；处理系统应对极端负荷的能力；多屏障处理措施；关键设备和处理过程冗余；备用电源；报警和自动控制系统；在线监测设备；采样频率；运维人员专业能力；故障识别和恢复能力。

附录 B.2 给出了水再利用系统可用性的评价内容。系统可用性取决于源废水的可获得性、各单元处理过程的运行状态、备用设备和备用处理能力、运行维护资源以及应急储备条件。

通过对过程可靠性和系统可用性进行综合评价，可判断水再利用系统在正常运行、异常工况和突发事件条件下持续满足水质和水量要求的能力，为处理系统设计、设备配置、运行管理和应急保障提供依据。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

本标准建立了水再利用系统处理技术的通用绩效评价框架，对水再利用工程建设单位、设计单位、设备制造企业、运行管理单位、第三方评价机构及行业主管部门开展规划、设计、建设、验收、运行监测和绩效管理等活动具有重要指导意义，经济效益、社会效益和生态效益显著。

经济效益方面：通过规范水再利用系统处理技术的绩效评价，引导工程优化设计、合理选型和精细化运行，降低能耗、药耗、维护及废物处置成本，提高再生水利用效率和经济价值，促进水处理装备、在线监测、智能控制、第三方评价及运行服务等相关产业发展。

社会效益方面：通过建立统一、规范的绩效评价方法，提升水再利用工程规划、建设和运行管理水平，增强再生水供水的安全性、稳定性和可靠性，提高从业人员技术能力及社会公众对再生水利用的认知和接受度。

生态效益方面：通过评价和提升水再利用系统对有机物、悬浮物、营养物质、病原微生物、溶解性污染物及其他目标成分的去除能力，减少污染物排放及常规水资源消耗，缓解区域水资源压力，改善水环境质量，促进水资源循环利用和水生态环境保护。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

本文件修改采用 ISO 20468: 2018 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems —Part 1:General（水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分:通则）

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本文件修改采用 ISO 20468: 2018 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems —Part 1:General（水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分:通则）

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与本标准密切相关的法律及政策文件主要包括《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水污染防治法》《关于推进污水资源化利用的指导意见》《节约用水条例》《国家节水行动方案》《关于加强非常规水源配置利用的指导意见》《“十四五”节水型社会建设规划》等。

本标准与现行相关法律、法规和强制性国家标准无交叉、无矛盾、无冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循各方参与原则，制定时充分吸收了有关领域专家的意见，无重大分歧意见。

八、涉及专利的有关说明

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。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准对水再利用工程建设单位、设计单位、设备制造企业、运行管理单位、第三方评价机构及行业管理部门开展规划设计、工程建设、设备选型、运行管理和绩效评价等活动具有重要指导意义。建议标准发布后，面向相关使用单位和从业人员开展宣贯与技术培训，推动评价指标和方法的规范应用。建议本标准自发布之日起三个月后实施。

十、公平竞争审查

根据《公平竞争审查条例》《公平竞争审查条例实施办法》及国家标准起草中开展公平竞争审查的有关要求,对本标准草案进行了公平竞争审查。审查内容包括是否限制或者变相限制市场准入和退出、是否限制商品和要素自由流动、是否违法影响生产经营成本以及是否干预经营者自主经营等。

本标准主要规定水再利用系统处理技术的功能性和非功能性要求、绩效评价程序、监测方法及相关绩效指标。标准未限定特定地区、所有制形式、企业规模、品牌、设备供应商或检测机构,未设置排除或者限制经营者参与市场竞争的资质条件,未规定强制交易、指定交易、地方保护、歧视性待遇或不合理增加经营者成本等内容,对各类经营主体适用统一的技术评价要求。

经审查,本标准不存在排除、限制市场竞争的内容,符合公平竞争审查相关规定。

十一、其他应当说明的事项

本文件修改采用 ISO 20468: 2018 Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems —Part 1:General (水再利用系统处理技术绩效评价指南 第 1 部分:通则)。具体修改如下:

本文件与 ISO 20468-1:2018 相比做了下述结构调整:

——删除了 ISO 20468-1:2018 的“引言”。

本文件做了下列编辑性改动:

——更改了范围（见第 1 章）中部分表达形式，以符合标准编制规范；

——将“performance evaluation”等表述统一译为“绩效评价”，并对相关术语表述进行了中文化调整；

——更改了术语和定义（见 3.1.1、3.1.2、和 3.15 ~ 3.19）中文表述，以符合标准编制规范；

——将缩略语列表（见 3.2）英文简称调整为英文全称，以符合标准编制规范；

——更改了水再利用系统利用技术概念（见 4.1、4.2、4.3）标题和中文表述；

《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第 1 部分：通则》国

家标准起草组

2026 年 8 月

国家标准《水再利用系统处理技术绩效评价指南 第1部分：通则》（征求意见稿）

意见反馈表

姓名		电话		E-mail	
单位 (盖章)		通信 地址		邮编	
章条号	修改建议	修改理由 (请详细说明修改的依据)			

(篇幅不足，可续页)
请于 2026 年 10 月 5 日前返回 fengjianyong@qut.edu.cn。