



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX/ISO 23070: 2020

城镇水再利用 再生水处理指南 市政污水反渗透处理系统设计通则

Water Reuse in Urban Areas — Guidelines for reclaimed water treatment: Design principles of an RO treatment system of municipal wastewater

(ISO 23070:2020, MOD)

(征求意见稿)

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

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 3

5 RO 处理系统在水再利用中的应用..... 3

 5.1 概述 4

 5.2 设计考虑因素 4

 5.3 RO 系统的组成..... 4

6 预处理的技术要求 5

 6.1 进水水质要求 5

 6.2 机械预处理的选择 7

 6.3 化学预处理 7

7 RO 单元的技术和构型要求..... 8

 7.1 RO 单元的组成..... 8

 7.2 RO 膜的选择..... 8

 7.3 RO 单元的构型..... 9

8 操作条件与运行维护系统 10

 8.1 操作条件 10

 8.2 RO 性能参数..... 11

 8.3 自动加药系统 11

 8.4 RO 性能调控与监测系统..... 12

 8.5 清洗系统 13

 8.6 RO 系统的完整性测试..... 13

 8.7 系统故障 14

9 后处理单元 14

10 RO 浓水处置..... 15

11 应急预案 16

附录 A（资料性） 再生水 RO 处理系统示例..... 17

附录 B（资料性） RO 系统进水氯消毒的信息 18

附录 C（资料性） RO 浓水处理技术的成熟度 19

参考文献 20

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 23070: 2020《城镇水再利用 再生水处理指南：市政污水反渗透处理系统设计通则》。

本文件与ISO 23070: 2020相比做了下述结构调整：

- 5.2 对应 ISO 23070: 2020 的 5.2，其中 5.2.1 对应 ISO 23070: 2020 的 5.2 和 5.2.1 之间的悬置段，5.2.2~5.2.4 对应 ISO 23070: 2020 的 5.2.1~5.2.3；
- 6.2 对应 ISO 23070: 2020 的 6.2，其中 6.2.1 对应 ISO 23070: 2020 的 6.2 和 6.2.1 之间的悬置段，6.2.2~5.2.5 对应 ISO 23070: 2020 的 6.2.1~6.2.4；
- 第 7 章对应 ISO 23070: 2020 的第 6 章和第 7 章，其中 7.1.1 对应 ISO 23070: 2020 的 6.2.5，7.1.2~7.1.4 对应 ISO 23070: 2020 的 7.1.1~7.1.3。

本文件与ISO 23070: 2020的技术差异及其原因如下：

- 更改了标准范围（见第 1 章），以符合国家标准编制规范；
- 增加了规范性引用文件（见第 2 章），以符合国家标准编制规范；
- 更改了术语定义（见 3.5、3.7、3.8 和 3.11~3.13），以符合术语来源标准最新修订版本；
- 增加了段和级的术语定义（见 3.14 和 3.15），以解释说明反渗透单元构型；
- 更改了 5.3.3 和 5.3.4 的关于保安过滤器的描述，以对应标准结构调整；
- 更改了 SDI 公式内容及相应描述（见 6.1.2），以符合 ASTM D4189-2023 标准最新内容；
- 更改了影响产水通量的操作变量（见 8.1.3），以符合反渗透系统的实际运行情况；
- 更改了图 2 再生水厂范围，以符合反渗透浓水处理实际情况；
- 增加了图 2 标引符号说明，以解释说明图 2 内容，避免歧义；
- 更改了图 A.1 预处理单元和 RO 处理单元范围和包含内容，以符合标准正文内容和国内实际情况。

本文件做了下列编辑性改动：

- 更改了表 3 中文字描述，以符合标准编制规范；
- 更改了表 4 中表注，以符合标准编制规范；
- 更改了表 5 中文字描述，以符合标准编制规范；
- 增加了 RO 单元结构描述，以解释说明表 6 内容，避免歧义；
- 更改了应急预案的列项结构（见第 11 章），以符合描述实际内容。

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：清华苏州环境创新研究院、清华大学、中国标准化研究院、天津工业大学、北京碧水源科技股份有限公司、广东北控石犀科技股份有限公司、宁波市水务环境集团股份有限公司、江苏中电创新环境科技有限公司、北京市市政工程设计研究总院有限公司、中关村环创水循环利用技术创新联盟、北京亦庄环境科技集团有限公司、清华大学深圳国际研究生院、北京城市排水集团有限责任公司、中冶京诚工程技术有限公司、沃顿科技股份有限公司、华北电力大学、上海市市政工程设计研究总院（集团）有限公司、北京恩菲环保股份有限公司、威景智慧水务科技（上海）有限公司、濮阳市热力有限公司、远大健康科技（天津）股份有限公司、深圳市观澜污水处理有限公司、内蒙古农业大学。

本文件主要起草人：巫寅虎、胡洪营、张玉博、陈卓、徐傲、杨京生、胡云霞、吴乾元、王文龙、白雪、崔勇、黄江龙、阳重阳、熊江磊、任诚、肖峰、李旭、李佟、金焱、梁思懿、黄开、李伟、李利华、郝姝然、郝爽、赵坤、车淑娟、王天鹏、邓磊、徐章、岑奇杭、许骐、王思亮、田雨、李异繁、张进伟、陈嘉祺、张伟、李炳杰、张文杰、夏若冰、杜志刚、周碧雯、刘晓民、杨耀天。

引 言

近年来,随着对高品质再生水需求的不断增加,反渗透(RO)工艺被越来越多地用于市政污水再生处理。RO是一种利用半透膜去除水中离子和溶解性有机物(DOM)的净水技术。在RO处理过程中,需要施加压力以克服溶液的渗透压。RO工艺具有操作自动化、占地面积小、产水水质优良稳定等优点,从而得到广泛认可。RO系统生产的再生水可用于如锅炉补给水、工业生产用水等高品质用途。

与海水和工业废水相比,市政污水的水质显著不同。海水的总溶解固体(TDS)浓度主要在30,000 mg/L~45,000 mg/L之间^[6],而市政污水二级出水的TDS浓度主要在100 mg/L~3,000 mg/L之间^[7]。与海水相比,处理市政污水的RO系统能以更低的运行压力实现更高的水回收效率。二级出水中的DOM浓度为5 mg/L~20 mg/L[以溶解性有机碳(DOC)计算]^[7],远高于海水(小于2 mg/L)^[6]。二级出水中的DOM成分比海水更加复杂。用于市政污水再生处理的RO系统长期运行会面临严重的有机污堵和生物污堵。为了保证系统的稳定运行,在设计RO单元和预处理单元时需要考虑市政污水的特性。处理其他水源(如海水、工业废水等)的RO系统的设计经验不能直接用于市政污水。

本文件为城镇水再利用过程中RO处理系统的规划与设计提供技术指导,适用于从业者和相关机构,以安全、可靠和可持续的方式执行市政污水RO处理的原则和决策。

本文件涵盖了整个RO处理系统,包括再生水水源、预处理单元、RO处理单元、后处理单元、RO系统的性能、系统运行维护与监测、再生水利用等。

城镇水再利用 再生水处理指南

市政污水反渗透处理系统设计通则

1 范围

本文件给出了市政污水RO处理系统的规划与设计指南，涵盖了市政污水RO处理系统的所有方面，并适用于该系统的任何组成部分。

本文件给出了如下内容：

- 术语和定义；
- 市政污水 RO 处理系统的构成；
- 市政污水 RO 处理系统的设计原则；
- 市政污水 RO 处理系统的进水水质和技术要求；
- 市政污水 RO 处理系统的运行与维护指南；
- 注意事项与应急管理。

市政污水RO处理系统的设计参数与限值不在本文件范围内。

本文件适用于从业者和相关机构，以安全、可靠和可持续的方式执行市政污水RO处理的原则和决策。

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)

ASTM D4189-2023 水的淤泥密度指数标准测试方法 (Standard Test Method for Silt Density Index (SDI) of Water)

3 术语和定义

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

可同化有机碳 assimilable organic carbon

能被微生物同化吸收的有机碳。

3.2

生物可降解溶解性有机碳 biodegradable dissolved organic carbon

能被微生物同化吸收和分解代谢的有机碳。

3.3

浓水 concentrate

在错流过滤模式下，从膜组件中排出的截留液。

注：由于膜对溶质的截留作用，浓水中的溶质浓度高于进水。

[来源：ASTM D6161-19，有修改]

3.4

进水 feed

进入膜组件或系统入口的待处理原液。

[来源：ASTM D6161-19]

3.5

离子交换 ion exchange

通过离子交换材料床层时，水中的特定阴离子或阳离子被其他离子取代的过程。

[来源：ISO 6107:2021，3.300]

3.6

膜截留率 membrane rejection rate

衡量膜将进水中初始目标成分从液体中分离程度的相对指标。

注：截留率通常通过下列公式表示：

$$1 - (C_2/C_1)$$

式中：

C_1 ——进水浓度（目标成分初始浓度）；

C_2 ——产水浓度（目标成分在产水中的浓度）。

为简化指南表述，根据上下文常省略“膜”字。

3.7

微滤 microfiltration

一种压力驱动的膜分离过程，专门设计用来从水中去除直径大约在0.05~2 μm之间的颗粒和大分子物质。

[来源：ASTM D6161-19]

3.8

产水 permeate

进水中穿过膜的部分。

[来源：ASTM D6161-19]

3.9

压力降 pressure drop

经过反渗透（RO）系统处理后，进水的压力变化。

3.10

回收率 recovery rate

产水体积与进水体积的比值。

3.11

反渗透 reverse osmosis (RO)

通过施加压力，使溶剂克服渗透压差有选择性地穿过半透膜，从而使溶液中的一种成分与另一种成分分离的过程。

注：RO基于电化学力去除离子、胶体和有机物，其分离能力低至150分子量的物质。

[来源：ASTM D6161-19，有修改]

3.12

淤泥密度指数 silt density index

由0.45 μm滤膜的堵塞率计算得出的指数。

[来源: ASTM D4189-23, 3.2.1]

3.13

超滤 ultrafiltration

一种在水压梯度下使用半透膜进行溶液成分分离的压力驱动过程。

注: 膜孔的尺寸小于0.1 μm, 允许溶剂通过, 主要根据物理尺寸而非化学势截留非离子溶质。

[来源: ASTM D6161-19]

3.14

段 stage

膜装置流程中膜组件的配置方法, 规定进水(含浓水)每流经一组膜组件为一段。

注1: 采用多段运行的目的是提高水的回收率, 避免后面膜元件的进水流速下降过大。

注2: 浓水分段时, 通常按2: 1递减, 以所谓“锥形”串联组合排列。

[来源: GB/T 20103—2006, 4.2.10]

3.15

级 pass

进水(或产水)每流经由增压泵和膜组件等组成的一个系统为一级。

注1: 产水分级运行的目的是进一步降低产水的含盐量。

注2: 产水增压时须将前一级的产水升压后作为后一级的进水。

[来源: GB/T 20103—2006, 4.2.11]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AOC: 可同化有机碳 (assimilable organic carbon)

BDOC: 生物可降解溶解性有机碳 (biodegradable dissolved organic carbon)

BOD: 生化需氧量 (biochemical oxygen demand)

CA: 醋酸纤维素 (cellulose acetate)

COD: 化学需氧量 (chemical oxygen demand)

DOC: 溶解性有机碳 (dissolved organic carbon)

DOM: 溶解性有机物 (dissolved organic matter)

MF: 微滤 (microfiltration)

NPF: 标准化产水流量 (normalized permeate flow)

ORP: 氧化还原电位 (oxidation-reduction potential)

RO: 反渗透 (reverse osmosis)

SDI: 淤泥密度指数 (silt density index)

TOC: 总有机碳 (total organic carbon)

TSS: 总悬浮固体 (total suspended solids)

UF: 超滤 (ultrafiltration)

5 RO 处理系统在水再利用中的应用

5.1 概述

随着对高品质再生水需求的不断增加，RO作为市政污水再生处理的重要工艺得到了广泛应用。RO技术能高效去除进水中的微生物、胶体物质、溶解性固体、有机物和无机物。RO处理系统具有自动化程度高、产水稳定等优点，得到广泛认可^[8-10]。

5.2 设计考虑因素

5.2.1 一般要求

产水水量和水质是衡量RO处理系统性能的关键指标，这些指标受到进水水质、回收率和操作压力的影响。因此，设计RO处理系统的主要目标是在满足特定产水水量和水质要求的同时，尽量降低操作压力，并控制系统的建设成本。宜充分考虑系统的清洗和维护过程，以确保系统能够稳定运行。

5.2.2 安全性因素

RO过程是由压力驱动，压力由RO系统的进水泵提供，膜元件和加压进水则通过压力容器来容纳。RO系统的设计和运行应符合加压系统的安全要求。

5.2.3 稳定性因素

稳定性是指RO系统在特定操作条件下提供稳定产水水量和水质的能力。在实际运行中，由于膜污堵、结垢或其他增加阻力的因素，为了维持稳定的产水水量，操作压力会逐渐升高。当操作压力过高时，需要对RO膜进行清洗。产水水质可能会因膜损坏、膜老化或膜污堵而劣化，应严格监测产水水质。

为了提高RO系统的稳定性，可考虑在预处理阶段和/或RO单元之前设置水量均衡装置。减少进水流量的波动，可以更稳定地控制阻垢剂、还原剂和非氧化性杀菌剂等药剂的投加量。

5.2.4 经济性因素

为降低RO系统的基础设施成本，有必要以较低的组件成本实现产水水量和水质目标。为降低运行成本，应通过调整合适的操作压力并定期清洗和维护以确保系统整体的运行稳定。

5.3 RO 系统的组成

5.3.1 概述

一个典型的RO系统通常由六个关键部分组成（如图1所示）：

- 进水水源；
- 预处理单元；
- RO 处理单元；
- 辅助设备；
- 后处理单元（可根据再生水用途和水质要求选择）；
- 监测系统。

系统的每个部分都宜针对性采用适当的管理策略。典型再生水RO处理系统的示例见附录A。

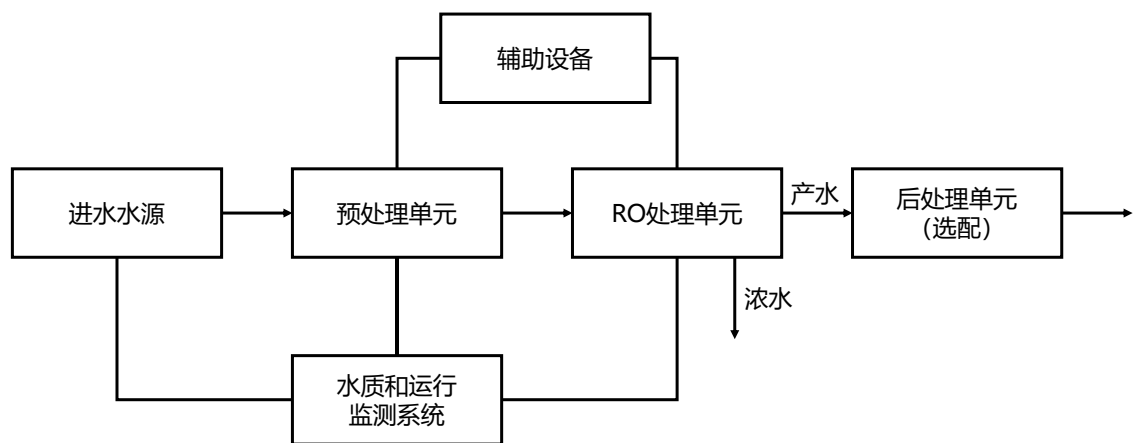


图1 再生水 RO 处理系统的关键部分

5.3.2 进水水源

经过二级或三级处理后的市政污水通常是再生水厂中RO处理阶段的进水水源。

5.3.3 预处理单元

预处理单元可包括一个或多个处理阶段，例如物理化学处理、氧化工艺（如臭氧/高级氧化工艺）、介质过滤、UF/MF和消毒。

5.3.4 RO 处理单元

RO处理单元一般包括保安过滤器、进水泵（高压泵）、RO装置和产水箱，是整个RO系统的关键部分。

5.3.5 辅助设备

辅助设备可包括加药和清洗单元。在运行过程中，可投加多种药剂，包括：氯、清洗药剂、阻垢剂、还原剂和非氧化性杀菌剂（如图1和附图A.1所示）。

5.3.6 后处理单元

根据最终用户的特定需求，应增加一个或多个处理阶段以达到水质要求（如二级RO、离子交换、电渗析等）。RO浓水可进行单独处理。后处理单元将在第9章详细论述。

5.3.7 水质和运行监测系统

为了确保整个系统的运行稳定性和安全性，宜安装监测设备，包括：温度计、压力计、pH计、流量计、电导率仪和ORP仪等。

6 预处理的技术要求

6.1 进水水质要求

6.1.1 常规水质指标

RO系统进水的常规水质指标如表1所示。

表1 R0 系统进水的常规水质指标

水质指标类别	具体水质指标
无机指标	金属离子（钙、镁、铁、铝等）、硅、余氯、阴离子（硝酸盐、磷酸盐等）
有机指标	COD、BOD、TOC
其他重要指标	pH、SDI、浊度、ORP

金属离子和硅可能引发结垢问题。
余氯可能对R0膜造成氧化损伤。
营养物质的可利用性（如硝酸盐和磷酸盐）可能是影响膜生物污堵的重要因素。
有机指标分别与有机污堵和生物污堵相关，当使用二级或三级处理后的市政污水作为进水时，这些污堵可成为主要的膜污堵问题（详见6.1.3）。
SDI、浊度与微小颗粒引起的膜污堵相关。

6.1.2 SDI

SDI表示水通过过滤器时，流量每分钟下降的百分比，取一段时间内（如15分钟）的平均值。
根据ASTM D4189-23，SDI的测量步骤如下：
水样在恒定压力206.8 kPa（30 psi）下通过直径47 mm、孔径0.45 μm的滤膜过滤。初始阶段，收集500 mL滤液所需的时间为 t_i 。经过时间 T （通常为15分钟）后，再次收集500 mL滤液所需的时间为 t_r 。水样的SDI值可通过公式（1）计算：

$$SDI_T = \frac{\%P_{30}}{T} = \frac{\left(1 - \frac{t_i}{t_r}\right)100}{T} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 SDI_T ——测试时间为T的SDI；
 $\%P_{30}$ ——在206.8 kPa（30 psi）的堵塞率（若堵塞率超过75%，则测试时间T宜调整为10或5分钟）；
 T ——总测试时间，单位为分钟（min）；
 t_i ——初始阶段收集500 mL滤液所需的时间，单位为秒（s）；
 t_r ——经过T时间（通常为15分钟）测试后，再次收集500 mL滤液所需的时间，单位为秒（s）；
如果SDI小于3，则水样通常被认为适合作为进水。
如有必要，可采用其他方法或指标。

6.1.3 有机指标

一般来说，R0系统的有机指标包括：
——TOC；
——BOD；
——COD。
与海水相比，经过二级处理的市政污水的显著特点是TOC浓度较高。宜特别关注处理过程中由于R0进水有机物引起的膜污堵问题。
除TOC浓度外，经过二级处理的市政污水中有机组分也与海水存在差异。这些有机物可能被不同微生物利用，导致严重的膜污堵。宜考虑进水生物稳定性。生物稳定性评价通常基于AOC或BDOC^[11]。
AOC是DOC中可被微生物同化吸收的部分，可以通过纯测试微生物或与DOC相关的土著细菌的最大生长量来表征。BDOC是指将有机碳分解代谢为二氧化碳和被微生物同化所消耗的DOC，可以通过初始DOC与最终DOC的差值来表征^[10]。

6.1.4 生物指标

生物指标（主要为进水中的细菌细胞数量）可用于评估生物污堵潜势。除微生物数量外，微生物群落结构也可能对生物污堵的形成产生显著影响^[12]。

6.1.5 氧化还原电位

ORP表示水中氧化性及还原性物质的含量。市政污水中的氧化性物质通常包括游离氯、结合氯和臭氧等。某些RO膜材料（如聚酰胺）对这些氧化性物质敏感，可采用预处理单元（如活性炭过滤或投加还原剂）来去除氧化性物质。

6.2 机械预处理的选择

6.2.1 概述

市政污水进入RO处理装置前宜进行预处理，以满足水质要求。预处理单元的选择宜综合考虑进水水质、RO处理单元的进水水质要求、技术特点和成本等因素。还宜参考实验数据或类似工程经验。通常，机械预处理单元可包括澄清处理、介质过滤、多介质过滤、MF、UF等。本文件未包含预处理的详细设计。

6.2.2 澄清工艺

澄清工艺是絮凝、沉淀和澄清的结合，主要用于去除进水中的TSS、胶体、有机物和磷。能使用铝盐和铁盐作为絮凝剂。

6.2.3 （多）介质过滤

（多）介质过滤主要用于去除进水中的TSS。例如，双介质过滤器可采用无烟煤和石英砂（或硅砂）作为滤料。

6.2.4 活性炭过滤

活性炭过滤能用于去除进水中的色度、臭味、余氯以及低分子量的DOM。能选用以活性炭为滤料的单层滤罐或均质滤料滤罐。活性炭宜定期更换和再生。

6.2.5 MF 和 UF

MF和UF能根据膜孔径去除进水中的多种污染物，包括病毒、细菌、原生动物、TSS、胶体、高分子量有机物等。中空纤维MF/UF膜常用于RO处理系统的预处理单元。

6.3 化学预处理

6.3.1 阻垢剂

阻垢剂是一类用于防止膜表面结垢的化学药剂。多数阻垢剂是分子量在2,000至10,000道尔顿(Da)之间的有机聚合物，如聚丙烯酸、有机磷酸盐、膦酸盐、聚马来酸等。

投加系统的设计宜确保阻垢剂在进入RO系统组件前充分混合。为RO系统选用的阻垢剂宜与RO膜兼容，否则可导致膜受损。

6.3.2 用于进水消毒的化学氧化剂

化学氧化剂（如氯、次氯酸盐和过氧乙酸）可用于进水消毒、污水处理厂出水消毒，或两处同时消毒。氯是最常用于灭活市政污水中微生物的化学氧化剂。进水中的余氯可显著抑制微生物生长。某些情况下，氯消毒可能无法有效控制生物污堵^[12]。

6.3.3 还原剂

用于消毒的化学氧化剂可能损害由特定材料（如聚酰胺和芳香聚酰胺）制成的RO膜。因此，通常会在RO单元前投加还原剂以去除这些氧化剂。RO系统中最常用的还原剂是亚硫酸氢钠。

6.3.4 非氧化性杀菌剂

非氧化性杀菌剂不会损伤RO膜，可在RO单元前投加以防止RO膜的生物污堵。宜监测投加剂量以避免过量使用杀菌剂。

7 RO 单元的技术和构型要求

7.1 RO 单元的组成

7.1.1 保安过滤器

保安过滤器能主要去除进水中的TSS，通常用作RO装置前的预过滤器。

7.1.2 RO 进水泵

RO进水泵的选型基于所需的流量和操作压力。通过生成泵曲线来确定泵的级数、叶轮直径、所需功率及泵的效率。RO进水泵在泵吸入口需要一定的最低压力以防止气蚀。

7.1.3 RO 膜元件

用于工业规模的RO膜通常采用模块化设计，以便将大面积的膜封装在相对较小的体积内。这种设计使RO系统更具经济性，因为系统占地面积更小，且膜能按模块更换，而无需对整个系统进行更换。

7.1.4 压力容器

压力容器是膜元件的承压外壳，并用于容纳加压进水。压力容器的尺寸根据所用膜元件的直径专门设计。其长度能短至容纳一个膜元件，最长可达串联七个膜元件的长度。

将膜元件正确安装到压力容器中至关重要。膜元件宜按水流方向装入压力容器内或从中取出。因此，首先放入容器中的膜元件是串联中的最后一个，取出时也应最先取出。

7.2 RO 膜的选择

7.2.1 膜材料

RO单元的性能直接取决于膜材料的特性。具体而言，膜聚合物的化学性质和膜结构决定了RO系统的截留率和通量。理想情况下，RO膜宜具备高通量、高截留率以及高强度和耐用性。然而，在实践中，高截留率与高通量往往是两个相互矛盾的目标。尽管近年来通量有所提升且未降低截留率，但当今大多数膜仍是高截留率与高通量之间的折中产物。

目前RO膜中最常用的聚合物功能层为聚酰胺^[13]。聚酰胺膜主要分为两类：

- 线性芳香族聚酰胺膜；
- 复合聚酰胺膜。

线性芳香族聚酰胺膜最初被制成中空纤维膜，主要用于海水和苦咸水淡化。
复合膜则是两种聚合物在织物支撑层上复合形成的。
目前，交联型全芳香族聚酰胺膜是应用最广泛的RO膜类型。
表2列出了复合聚酰胺膜的主要特性^[14]。

表2 复合聚酰胺膜的主要特性

特性	聚酰胺复合膜的值
膜类型	均质不对称，薄层复合膜
盐截留率（%）	>98@25 ℃
硅截留率（%）	>96@25 ℃
pH范围	2~11
进水压力	145 psi~400 psi
温度耐受度	≤45 ℃
表面电荷	负电荷（阴离子型）
氯耐受性	<0.02 ppm
抗污堵能力	一般
表面粗糙度	粗糙

除了聚酰胺膜外，CA和聚醚脲（PEU）也可用作RO膜材料。CA膜因膜层极薄而具有较高通量。然而，其高操作压力和相对较低的脱盐率限制了该材料的进一步应用。PEU膜与聚酰胺膜在表面电荷和形态上存在差异。PEU膜表面带有轻微正电荷。此外，与CA膜类似，PEU膜表面光滑，降低了污堵风险。

7.2.2 膜元件

RO膜元件主要有四种基本形式：板框式、管式、卷式和中空纤维式。这四种膜元件特征如表3所示^[14]。

表3 四种基本膜元件的简单比较

属性	板框式	管式	卷式	中空纤维式
填装密度m ² /m ³ (ft ² /ft ³)	148~492 (45~150)	20~374 (6~120)	492~1247 (150~380)	492~4924 (150~1500)
污堵倾向	中等	低	高	非常高
清洁难易度	良好	优秀	差	差
相对制造成本	高	高	中等	低

板框式RO膜组件通常用于高悬浮固体的特殊应用场景，在水处理设施中并不常见。管式组件也用于高固体含量的特殊应用，常见于食品和生物加工行业。卷式膜组件因其具有较高的填装密度，是目前RO系统中最常用的类型。一些厂商还开发了填装密度极高的中空纤维RO膜元件。但这类元件目前容易污堵，且清洗相对困难。

7.3 RO 单元的构型

RO系统中使用的膜元件数量与多个因素相关，包括产水流量需求、回收率要求、进水水质等。根据对产水水质和回收率的要求，系统可设计为单段（级）或多段（级）构型，并据此确定每段（级）的膜元件数量。

通常产水通量、回收率和水温会在一定范围内波动。因此，在设计时宜综合考虑这些因素，以及不同进水水质引起的膜污堵问题。RO膜供应商通常能提供专用软件来辅助设计过程。

8 操作条件与运行维护系统

8.1 操作条件

8.1.1 压力

操作压力直接影响水通量并间接影响脱盐率。由于压力是推动水分子通过膜的驱动力，更高的压力会导致更高的水通量。然而，盐的迁移不受压力影响，无论进水压力高低，通过膜的盐总量保持不变。由于在更高压力下通过膜的水量更多，产水中盐的绝对浓度会降低，因此盐的表现透过量减少，从而导致脱盐率随压力增加而提高。

8.1.2 温度

温度会影响系统的通量和截留性能。在恒定压力且温度低于45℃的条件下，水通量与水温呈线性正相关，而脱盐率会随着温度升高略有下降。在实际操作中，温度变化通常通过调整操作压力来应对：夏季温度较高时降低压力，冬季温度较低时提高压力。

考虑到温度对膜性能的影响并便于比较不同膜的性能，相关数据通常以标准温度（25℃）为基准进行提供。

8.1.3 进水流量和产水通量

RO系统中的进水流量宜由进水水质决定。进水水质越好，进水流量可以越高，从而减小系统规模并降低整体运行和维护成本。在较高进水流速下，进水中可存在胶体、细菌等污染物会更快被送至膜表面，导致膜污堵加速。因此，对于污染物浓度较高的进水，建议采用较低的流速。

产水通量决定了RO系统的整体规模，即实现预期分离目标所需的膜面积。特定应用场景的产水通量宜基于进水水源确定。水质较好的水源允许更高的通量，进而减少了达到分离目标所需的膜面积。

产水通量受多个操作变量影响，总结如下：

- 产水通量与操作压力成正比；
- 产水通量与水温成正比；
- 随着回收率提高，产水通量下降，直至浓水侧渗透压等于驱动压力，此时产水停止；
- 产水通量随进水溶解固体浓度升高而下降；
- 产水通量在一定pH范围内相对稳定，但某些新型聚酰胺膜的通量也受pH影响。

8.1.4 浓水流量

推荐的浓水流量与进水水质相关。进水水质越好，浓水流量可以越低，从而减小系统规模并降低整体运行成本。然而，当浓水流量较低时，胶体、结垢物质等污染物更易导致膜污堵或结垢。

8.1.5 pH值

聚酰胺复合膜的稳定性受pH影响。其典型应用场景的pH范围较广（2~11），具体取决于膜类型和厂商。可接受的操作pH范围与温度相关，高温条件下pH值范围较小。

聚酰胺复合膜的截留能力也受pH影响。大多数物质的截留率在pH7.0~pH7.5时最高。当pH高于或低于该范围时截留率下降，但pH较低时的下降趋势平缓。聚酰胺复合膜的通量在合适的pH范围内相对稳定。

RO产水的pH通常低于进水的pH,除非进水中的二氧化碳被完全去除。因为二氧化碳不会被RO膜截留,而碳酸盐和碳酸氢根会被截留。

8.2 RO 性能参数

8.2.1 产水流量

产水流量是评估RO系统性能的最重要参数之一。通常采用NPF表征产水流量。多个因素能影响NPF。膜污堵、结垢和压实均能导致NPF下降。另一方面,NPF的异常增加通常由泄漏引起,可能源于膜本身破损、膜元件问题,或接触氯等氧化剂。

公式(2)展示了如何通过温度校正因子(TCF)、压力(P)以及溶液浓度(Π ,代表渗透压)对产水流量进行标准化:

$$Normalized\ flow = \frac{[AAP_s - \Delta\Pi_s] TCF_s}{[AAP_a - \Delta\Pi_a] TCF_a} \cdot Actual\ flow \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Normalized flow——标准化产水流量(NPF);

Actual flow——实际产水流量;

AAP_s ——平均跨膜压力;

$\Delta\Pi$ ——跨膜渗透压差;

TCF——温度校正因子(与膜类型和厂商相关);

s——标准条件下的下标;

a——实际情况下的下标。

RO系统的标准条件通常设定为25℃。

AAP_s 平均跨膜压力见公式(3):

$$AAP_s = P_{\text{feed}} - \frac{\Delta P}{2} - P_{\text{perm}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

P_{feed} ——进水压力;

ΔP ——进水与出水压力差;

P_{perm} ——产水压力。

8.2.2 脱盐率

脱盐率用于评估RO系统的净化能力。膜结垢、降解或O型圈及产水管破裂均能导致脱盐率下降。脱盐率的升高通常由膜压实引起。当膜因压实变得致密时,盐分透过量降低而脱盐率升高。

8.2.3 压力降

压力降用于衡量从进水到浓水的压力损失。本质上,它反映了水分子穿过膜的驱动力损失。在大多数RO系统的正常运行条件下,压力降减少的情况较为罕见。若记录到压力降减少,通常是由仪表故障导致。膜结垢、胶体污堵和生物污堵等因素能导致高压力降。这些因素均会导致物质在膜表面或膜元件(如卷式膜的进水通道隔板)上沉积,从而破坏膜元件内的流体流态,进而引发摩擦性压力损失,并增加压力降。

8.3 自动加药系统

8.3.1 加药点

为维持RO系统的稳定运行，宜在系统不同位置投加多种化学药剂。通常，化学氧化剂（如氯）会投加在整个系统的最前端，或在市政污水处理厂将出水输配至再生水厂之前，用于灭活水中的微生物。RO系统进水的氯消毒信息见附录B。

阻垢剂和还原剂会在RO系统预处理最后阶段后的装置中投加，而非氧化性杀菌剂则在RO单元前投加。

化学药剂还用于清洗MF/UF膜和RO膜。

8.3.2 加药方式

通常，加药方式分为连续投加和冲击投加。连续投加是以低浓度持续投加化学药剂。冲击投加是以较高浓度在特定时间间隔进行投加。

通常，化学氧化剂、阻垢剂和还原剂在系统特定位置连续投加；而非氧化性杀菌剂则以更高浓度在较长的时间间隔（例如每周或每两周一次）进行冲击投加。

8.4 RO 性能调控与监测系统

8.4.1 仪表

仪表是运行和监测RO系统的关键。表4列出了RO系统宜包含的基本仪表^[14]。有时设计中未包含段间仪表（多段RO单元之间的监测点），但这些仪表在故障排查时至关重要，可用于确定RO系统的问题是源于第一段的污堵，还是末段的结垢。为了防止RO装置、预处理设备损坏，以及保护附近操作人员的安全，有必要设置报警和紧急停机功能。

表4 RO 系统的基础推荐仪表

指标	原水	加压进水	段间	产水	浓水
压力	√		√	√	√
流量	√		√*	√	
电导率	√		√*	√	√*
浊度	√	√*			
SDI		√**			
温度	√				
ORP	√				
游离氯	√				
pH	√				
注：√：宜安装，*：通常不提供，**：通常通过离线采样测定。					

8.4.2 控制系统

控制系统的基本功能是保持RO系统正常运行并保持在线状态。系统启动时，控制系统将自动开启必要阀门并启动进水泵。通常控制系统会自动调整进水泵的压力以维持RO系统的设计流量。若未实现，则能通过浓水流量控制阀维持恒定的回收率。控制系统还会根据产水需求实现自动启停RO系统。

大多数RO系统配备可编程逻辑控制器（PLC）作为主控制系统。

8.4.3 监测系统

操作界面（人机界面）用于记录可编程逻辑控制器收集的数据。操作界面的常见形式可能是数据采集与监控系统（SCADA）、触摸屏面板或模拟图。操作界面通过显示实时传感器读数界面，使操作员能

够快速评估系统状态。操作员通过控制面板调整报警设置，并手动启停工艺设备。系统启动后，可编程逻辑控制器将接管并自动控制整个运行流程，无需操作员进一步干预。

8.5 清洗系统

8.5.1 物理清洗

物理清洗是一种通过使用高流速、低压力的进水对RO膜进行冲洗的方法，能快速清除膜上附着的污染物。物理清洗的关键因素包括高流速、低压力和清洗频率。通常需要停止RO系统的运行，并仔细控制进水的流速和压力来进行物理清洗。

8.5.2 化学清洗

为了选择适合的化学清洗药剂和程序，宜考虑一系列因素。首先，宜确定膜上污染物的主要成分。清洗方法可从设备、RO膜或药剂供应商获取。供应商能针对污染物类型推荐特定清洗药剂。为确保安全及获得最佳清洗效果，宜遵循制造商对药剂的使用说明。在膜严重污堵的情况下，可从系统中取出一支污堵的RO膜元件并宜进行清洗实验，以确定合适的药剂和程序。为实现更佳清洗效果，有时需使用多种清洗药剂。例如，先用水冲洗污堵的RO膜，再用碱性溶液去除有机物，最后用酸性溶液去除金属沉积物。洗涤剂可投加到清洗药剂中以去除生物或有机污染物。螯合剂可用于去除胶体、金属等。

一般来说，化学清洗主要有两种方法：在线清洗和离线清洗。在线清洗是在膜仍处于系统内时进行化学清洗，这是大多数RO系统主要采用的化学清洗方法。离线清洗是将污堵的RO膜从系统中取出后进行化学清洗。在将化学清洗用于清洗整个RO单元之前，通常采用离线清洗检验该方法的有效性。当膜污堵过于严重且在线清洗后的流量仍非常低时，宜使用离线清洗。

8.6 RO 系统的完整性测试

由于RO系统可能出现多种破损，从而导致膜的完整性受损。膜破损可能由以下原因引起：化学或生物降解及颗粒磨损导致的膜层损伤，功能层与支撑层的分层，伸缩错位，O型圈、垫片、接头及其他部件的故障。

为确保RO系统水质与安全，整个系统的完整性应在元件使用寿命期内保持完好。此外，操作人员应定期提供完整性证明以满足监管要求。目前，已开发多种RO系统的完整性监测技术。表5总结了当前及新兴的完整性监测方法^[15]。

表5 当前及新兴的完整性监测方法

监测技术	监测模式	技术成熟度	优点/局限性
现有技术——直接监测			
真空衰减测试	离线	实验室和中试规模	仅适用于单个膜元件，无法用于整个系统
压力衰减测试	离线	实验室和中试规模	由于需要排水，不适用于工业级膜元件；加压渗透侧可能损坏RO膜
现有技术——间接监测——天然物质测试			
TOC监测	在线	工业规模；能用于整个RO系统	已在多个设施中使用，但检测极低浓度的设备昂贵
硫酸盐监测	离线	工业规模；能用于整个RO系统	使用电感耦合等离子体（ICP）连续监测的成本高
电导率监测	在线	工业规模；能用于整个RO系统	分辨率低；对于水再利用场景，去除效率仅有99%；探针监测比在线监测更有效
定期测试	在线	工业规模	提供多次、周期性测试；能定位缺陷，但在工业规模应用中实施复杂

现有技术——间接监测——挑战性测试（加标测试）			
染料测试	在线	中试和工业规模	去除率能达到99.99%；某些染料可能引发污染问题
脉冲完整性测试	在线	中试规模	如果校准得当，能定位破损位置
微生物替代物（如MS2、 <i>E. coli</i> 等）	离线	中试和工业规模	由于MF/UF预处理会去除大部分替代物，因此需要接种微生物；可能成本较高
现有技术——集成与多参数监测系统			
产水荧光监测，需将荧光分子注入进水中	在线	工业规模；能用于RO系统的整个阶段	报告显示非连续峰值去除率可达99.9999%；与阻垢剂一起使用时去除率也可达99%。
新兴技术——病原体检测系统			
检测颗粒的独特生物光学信号，并与数据库中的信号对比以识别微生物污染物	离线	实验室规模	仅适用于大于0.4 μm的颗粒
实时荧光聚合酶链式反应	离线	实验室规模	需要专业人员、样品制备以及较长的结果等待时间；成本高
光纤倏逝波传感器	在线	实验室规模	检测时间长（数小时）
微阵列生物传感器	在线	实验室规模	实验室规模系统较为常见

8.7 系统故障

RO系统主要存在两种故障：通量下降和截留率降低。表6总结了RO系统中常见故障的可能原因及其发生位置。在RO系统的运行过程中，通常会保持产水通量稳定，而压力降、进水压力以及截留率的变化可以反映系统中的一些典型问题。

在这些情况下，宜遵循相应的操作程序（见表6）。

此外，还宜制定操作程序以应对膜严重损坏的情况（如由氧化剂引起的损伤或膜水解）。

表6 RO 系统故障的可能原因和位置

故障原因	故障可能发生的位置
由金属氧化物引起的污堵	第一段，前端膜
由胶体引起的污堵	第一段，前端膜
无机结垢	后端膜
SiO ₂ 沉积	后端膜
生物污堵	通常在前端
有机污堵	系统各段
阻垢剂污堵	后端膜
氧化损伤	第一段
膜水解	系统各段
膜磨损	第一段
O型圈泄漏	随机
膜组件泄漏	随机

注：在多段构型的反渗透系统中，按水流方向依次划分为若干RO处理单元（通常采用两段式构型），进水最先进入的单元称为第一段。每一段中的压力容器内串联安装一个或多个膜元件，其中位于进水侧（上游）的膜元件称为前端膜，远离进水侧（下游）的膜元件称为后端膜。

9 后处理单元

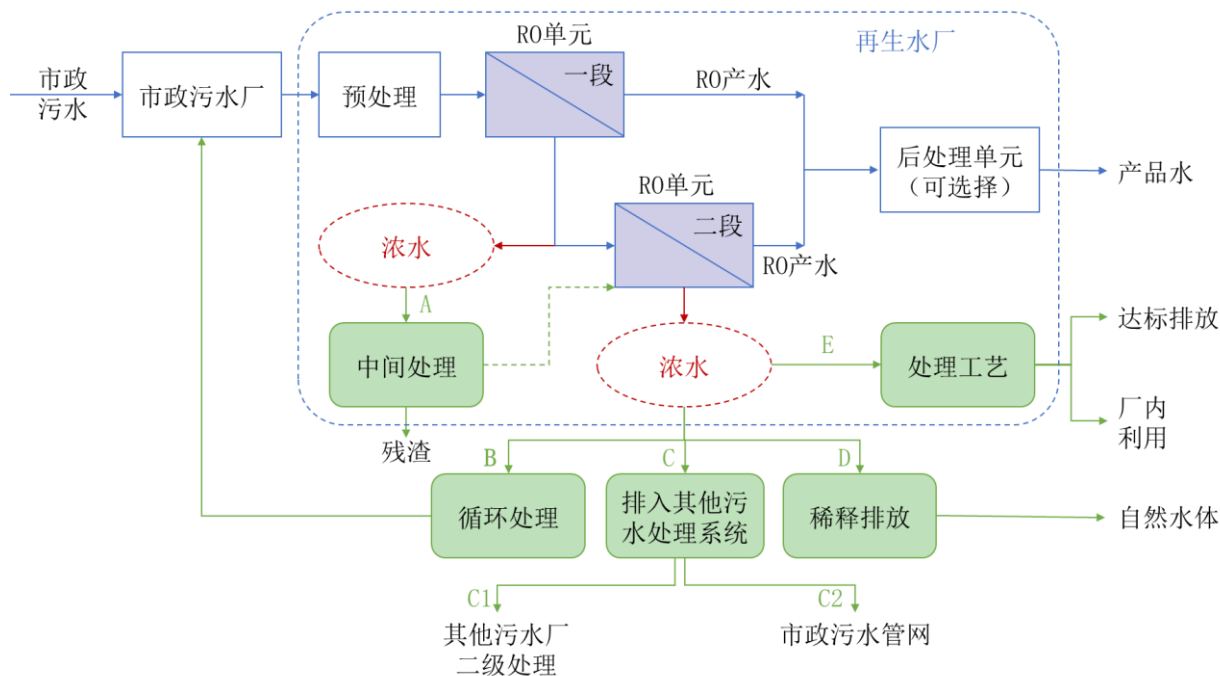
一般来说，来自稳定RO系统的产水水质能满足大多数回用途的要求，包括低压锅炉补给水、循环冷却水、半导体工厂的工业用水等。后续处理工艺将依赖于最终用途。典型的RO产水后处理过程包括加碱稳定化和二级RO、离子交换、倒极电渗析、消毒等。

10 RO 浓水处理

RO浓水处理处置是RO工艺运行中的重要问题。RO浓水中含有来自进水的浓缩盐分、污染物（包括有机物和无机营养物质）以及RO系统中投加的化学药剂（例如阻垢剂、非氧化性杀菌剂等）。因此，RO浓水对生态环境和健康存在显著风险。图2总结了污水再生处理过程中RO系统浓水的实际处理模式。

中间处理工艺通常采用共晶冻结结晶或热蒸发技术（模式A）。当浓水量较小时，将其循环至市政污水处理厂是一个可行的选择（模式B和模式C）。尽管一些经过验证的工艺可以满足排放标准（模式E），但仍需开发多样化的解决方案以应对不同场景需求。

RO浓水处理技术的详细信息见附录C。



标引符号说明：

A——模式A；

B——模式B；

C——模式C；

C1——模式C中的第一种方式；

C2——模式C中的第二种方式；

D——模式D；

E——模式E。

蓝色虚线区域表示再生水厂范围。

绿色框表示可能的浓水处理处置方式。

图2 市政污水 RO 处理系统浓水处理模式

11 应急预案

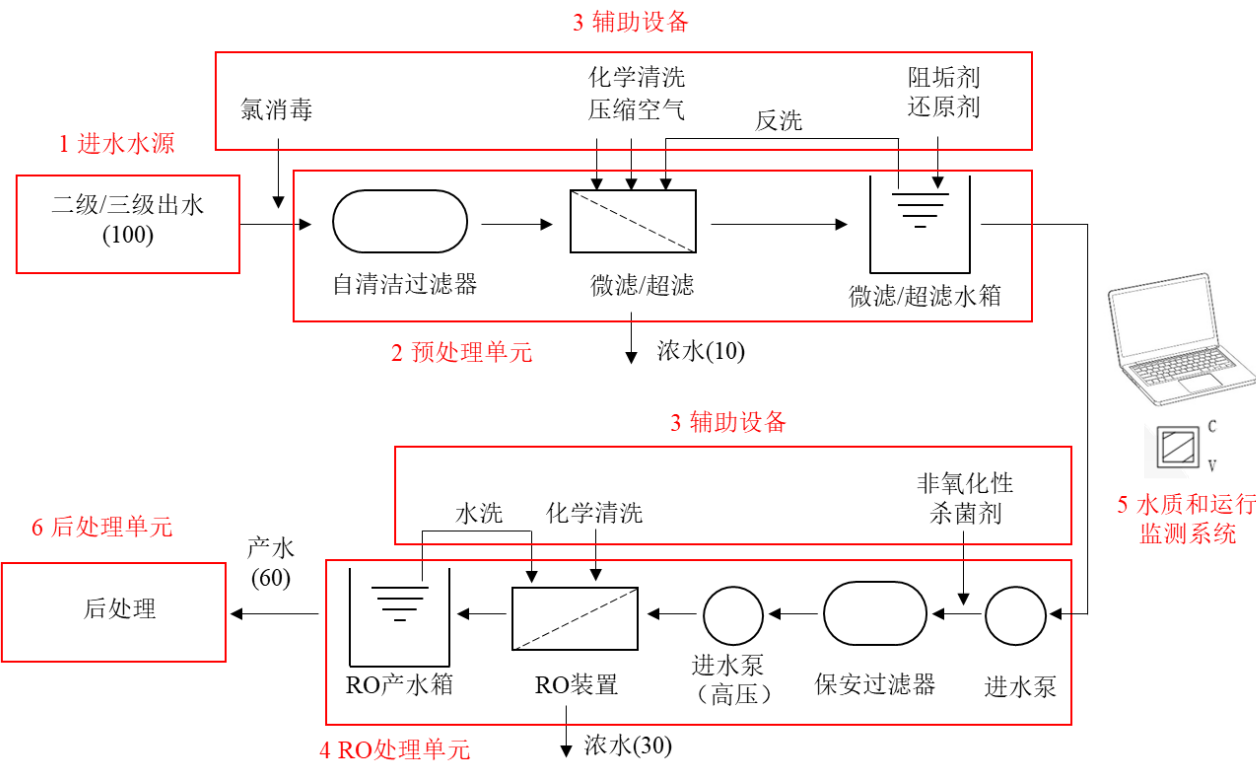
宜制定应急预案以应对和减轻事故或紧急情况（如极端天气、自然灾害和疾病爆发）对产水水质的影响。应急预案的制定程序宜包括以下方面：

- 与相关机构和/或地方当局沟通，明确潜在的事件和紧急情况；
- 制定应急预案及相关文件程序。可以使用风险评估程序来识别关键点、潜在风险情景以及降低风险水平的最佳管理方案，具体内容见 ISO 20426；
- 定期检查应急预案；
- 定期更新应急预案。
- 事故应急预案应包含以下关键内容：
 - 由主导机构和/或地方当局为判定潜在健康或环境影响而预先达成的协议；
 - 沟通协议与策略，包括通知程序；
 - 加强健康或环境监测的机制。

此外，还宜建立事件或紧急情况的记录和报告制度。工程师和操作人员宜从每一次事件中尽可能多地吸取教训，以改进预防措施，并为其他故障制定纠正措施。

附 录 A
(资料性)
再生水 RO 处理系统示例

图A. 1展示了RO系统六个关键组成部分，并列举了可用于再生水生产的RO处理系统中的技术。



注：括号中的值表示相对体积流量值。

图A. 1 用于再生水生产的 RO 处理系统示例

附录 B

(资料性)

R0 系统进水氯消毒的信息

通常情况下，氯（消毒）会在整个R0系统的最前端，或在市政污水处理厂将出水输配至再生水厂之前，用于灭活水中的微生物。然而，余氯可能会损伤R0膜。因此，在预处理和R0处理系统之间的水箱加入还原剂以保护R0膜不受损伤。在某些再生水厂中，在系统前端设有调节池用于收集原水，为确保有足够的接触时间，会在调节池中加入氯来灭活微生物。然而，一些国家的再生水厂对细菌的监测频率可能较低。

附 录 C
(资料性)
RO 浓水处理技术的成熟度

针对RO浓水的处理技术或正在评估中的处理技术列表如下。表C. 1对各种RO浓水处理技术的可行性进行了评价^[16]。

表C. 1 用于 RO 浓水的新型处理技术的可行性

处理技术	技术成熟度	实际运行方面的考虑
芬顿工艺	实验室规模	高药耗
光催化与光氧化	实验室规模	高药耗；中等能耗
超声分解	实验室规模	高能耗
电化学氧化	实验室规模	高能耗
吸附	实验室规模	饱和树脂再生（高化学药剂消耗）
正渗透	实验室规模	严格的操作条件
膜蒸馏	实验室规模	高能耗；严格的操作条件
结晶	实验室规模	严格的操作条件
电容去离子	实验室规模	高能耗；严格的操作条件
倒极电渗析	实验室规模	高能耗；严格的操作条件
电渗析	中试规模	需要高盐浓度以保持能效
共晶冷冻结晶	中试规模	操作控制复杂；中等能耗
臭氧氧化	工业规模	高药耗
生物处理	工业规模	产生污泥；低处理效率
臭氧氧化与生物处理耦合工艺	工业规模	产生污泥
喷雾干燥	工业规模	高能耗
蒸发结晶	工业规模	高能耗；废盐回收

参 考 文 献

- [1] GB/T 20103—2006 膜分离技术 术语
- [2] ISO 6107: 2021 Water quality — Vocabulary
- [3] ISO 20426: 2018 Guidelines for health risk assessment and management for non-potable water reuse
- [4] ASTM D4516-2019a Standard Practice for Standardizing Reverse Osmosis Performance Data
- [5] ASTM D6161-2019 Standard Terminology Used for Microfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration and Reverse Osmosis Membrane Processes
- [6] Greenlee, L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B., Moulin, P., Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges[J]. Water Research, 2009. 43(9): p. 2317-2348.
- [7] Wachinski, A.M., Membrane process for water reuse[M]. 2013, New York: McGraw Hill Education.
- [8] Singh, R., Analysis of energy usage at membrane water treatment plants. Desalination & Water Treatment, 2011. 29(1-3): p. 63-72.
- [9] Raffin, M., Germain, E., and Judd, S., Assessment of fouling of an RO process dedicated to indirect potable reuse. Desalination & Water Treatment[J], 2012. 40(1-3): p. 302-308.
- [10] Pino, M.P.D. and Durham, B., Wastewater reuse through dual-membrane processes: opportunities for sustainable water resources[J]. Desalination, 1999. 124(1-3): p. 271-277.
- [11] Chen, Z., Yu, T., Ngo, H. H., Lu, Y., Li, G. Q., Wu, Q. Y., Li, K. X., Bai, Y., Liu, S. M., Hu, H. Y., Assimilable organic carbon (AOC) variation in reclaimed water: Insight on biological stability evaluation and control for sustainable water reuse[J]. Bioresource Technology, 2018. 254: p. 290-299.
- [12] Wang, Y.H., Wu, Y.H., Tong, X., Yu, T., Peng, L., Bai, Y., Zhao, X.H., Huo, Z.Y., Ikuno, N., Hu, H.Y., Chlorine disinfection significantly aggravated the biofouling of reverse osmosis membrane used for municipal wastewater reclamation[J]. Water Research, 2019. 154: p. 246-257.
- [13] Byrne, W., Reverse osmosis: A practical guide for industrial users[J]. 2nd ed. Littleton, Colorado: Tall Oaks Publishing, Inc., 2002.
- [14] Kucera, J., Reverse osmosis: Industrial process and applications[M]. 2nd ed. Salem, Massachusetts: Scrivener Publishing LLC., 2015.
- [15] Ostarcevic, E., Jacangelo, J., Gray, S., Cran, M. Current and Emerging Techniques for High-Pressure Membrane Integrity Testing[J]. Membranes, 2018. 8, 60; doi:10.3390/membranes8030060.

[16] Pérez-González, A., Urtiaga, A.M., Ibanez, R., Ortiz, I., State of the art and review on the treatment technologies of water reverse osmosis concentrates[J]. Water Research, 2012. 46(2): p. 267–283.

《城镇水再利用 再生水处理指南市政污水 反渗透处理系统设计通则》 (征求意见稿) 编制说明

一、工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等

(一) 编写目的及任务来源

近年来，随着再生水用途的不断拓展以及对再生水水质要求的不断提高，反渗透（RO）工艺被越来越多地用于深度净化城市污水处理厂的出水，从而生产高质量再生水。相比其他再生水处理工艺，RO 工艺具有污染物去除效率高、脱盐效果好、产水水质稳定、自动化程度高、占地面积小等突出优势。

RO 工艺最初应用于海水淡化，其系统已经较为稳定。目前，污水再生处理 RO 工艺的进水水质设计指标和运行管理经验主要源自海水淡化系统。然而，城市污水的水质特征与海水存在显著差异。海水的总溶解固体（TDS）浓度主要在 30,000 至 45,000 mg/L 之间，而市政污水二级出水的 TDS 浓度在 100 至 3,000 mg/L 之间。与海水相比，处理市政污水的 RO 系统能以更低的运行压力实现更高的水回收效率。

二级出水中的溶解有机物（DOM）浓度为 5 至 20 mg/L[以溶解性有机碳(DOC)计]，远高于海水（小于 2 mg/L）。此外，二级出水中的 DOM 成分比海水中的要复杂得多。用于市政污水再生处理的 RO 系统长期运行会面临严重的有机污堵和生物污堵。因此，

为保证系统稳定运行，在设计 RO 装置和预处理装置时需要考虑市政污水的水质特征。处理其他水源（如海水、工业废水等）的 RO 系统设计经验不能直接应用于市政污水。

针对上述问题，国际标准化组织水再利用技术分委员会（ISO TC282）批准立项并制定了 ISO 国际标准 Water Reuse in Urban Areas — Guidelines for reclaimed water treatment: Design principles of an RO treatment system of municipal wastewater（城镇水再利用 再生水处理指南 市政污水反渗透处理系统设计通则），旨在为市政污水再生处理 RO 系统的设计提供了科学可靠的技术指南。

该 ISO 标准系统规定了市政污水再生处理反渗透系统的设计原则（包括 RO 处理系统的构成、设计原则、进水水质和技术要求、运行与维护指南、注意事项与应急管理），为系统的科学、规范设计与运行管理提供了指导和依据。

为了使我国广大企业更好地与国际接轨，更好地采用和发展水再利用技术，亟需将 Water Reuse in Urban Areas — Guidelines for reclaimed water treatment: Design principles of an RO treatment system of municipal wastewater 转化为我国国家标准，从而更好地应用于再生水领域，指导市政污水再生利用 RO 系统建设，为我国的水资源节约、水环境保护和可持续发展提供标准化的技术支撑。据国家标准委

的要求，决定由清华大学牵头对这该国际标准进行修改采用。

本标准由全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）提出并归口，由清华大学、中国标准化研究院等单位负责组织起草。

标准立项信息如下：

项目编号：20256285-T-469

项目名称：城镇水再利用 再生水处理指南市政污水 反渗透处理系统设计通则

制、修订：制定

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）

起草单位：清华大学、中国标准化研究院等。

（二）市政污水反渗透处理现状

1. 市政污水反渗透工艺应用现状与存在问题

我国面临严峻的水资源短缺和水环境污染问题。污水再生利用是解决这些问题的重要途径，已成为《水污染防治行动计划》（水十条）、“碧水保卫战”等国家重大行动计划的重要内容，发展潜力巨大。近年来，随着再生水用途的不断拓展以及对再生水水质要求的不断提高，RO 工艺被越来越多地用于深度净化城市污水处理厂的出水，从而生产高质量再生。

其中，工业纯水是电子信息、电力、热力等重要行业必备的生产物料，需求潜力大，经济效益高，但水质要求高、技术难度

大。RO 是再生水高标准处理与工业纯水制备的必备单元，目前在我国的應用規模已超過 6000 萬 m^3/d 。在北京、天津、寧波、大連、淄博、包頭等城市，利用 RO 工藝生產的再生水已被用作熱電廠循環冷卻水、供熱鍋爐補水和電子及半導體工廠用水等。另外，要求化工、電鍍等企業廢水近零排放的城市越來越多，RO 工藝在工業廢水處理與回用中的應用需求也越來越大。

目前，污水再生處理 RO 工藝的進水水質設計指標和運行管理經驗主要源自海水淡化系統。然而，城市污水的水質特征與海水存在顯著差異（圖 1）。城市污水二級出水含有大量 DOM，其 DOC 濃度範圍為 5 至 20 mg/L ，顯著高於海水的 DOC 濃度（ $<2 \text{ mg/L}$ ）。海水中 TDS 濃度範圍是 10,000 至 60,000 mg/L ，而城市污水二級出水的 TDS 濃度範圍為 1000 至 3000 mg/L ，遠低於海水濃度。由於 TDS 含量較高，因此海水淡化 RO 工藝的回收率一般低於 50%，濃縮倍數一般低於 2 倍。而污水再生處理通常採用兩段式 RO 工藝，使系統回收率達到 60-75%，濃縮倍數可達到 3-4 倍。

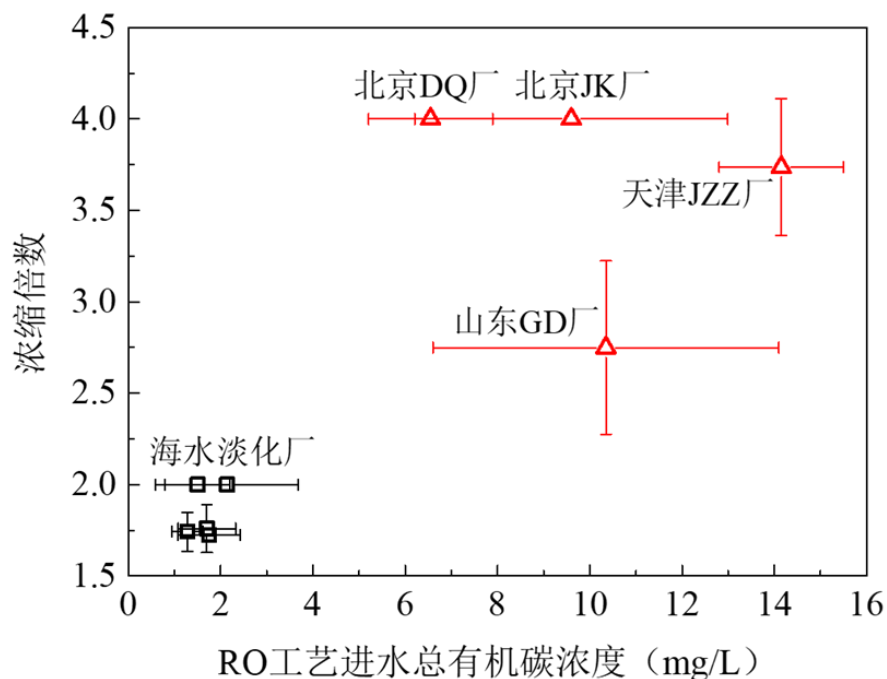


图 1 海水与市政污水二级出水 TOC 浓度对比

RO 工艺用于艺用于再生水处理面临突出的膜污堵控制难题，导致系统稳定运行难、能耗药耗高、膜使用寿命短。与无机结垢、有机污堵等其他类型膜污堵相比，由于进水中的细菌等微生物在膜面粘附、生长和分泌而导致的生物污堵更加难以控。在实际再生水处理工程中，消毒等预处理技术往往难以完全灭活进水中的细菌。即使仅有极少量残生细菌存活并粘附于 RO 膜面，在适宜条件下仍然能够快速生长分泌，并导致严重的膜污堵问题。

2. 反渗透相关标准

如表 1 所示，目前我国共有 13 项现行反渗透相关国家和地方标准，涉及反渗透膜元件、系统装置、运行维护、技术评价以

及海水淡化和家用等领域的应用。

表 1 反渗透相关国家和地方标准

标准编号	标准名称
GB/T 19249-2017	反渗透水处理设备
GB/T 23954-2009	反渗透系统膜元件清洗技术规范
GB/T 30299-2013	反渗透能量回收装置通用技术规范
GB/T 31328-2014	海水淡化反渗透系统运行管理规范
GB/T 32359-2015	海水淡化反渗透膜装置测试评价方法
GB/T 32373-2025	反渗透膜测试方法
GB/T 34241-2017	卷式聚酰胺复合反渗透膜元件
GB/T 37200-2018	反渗透和纳滤装置渗漏检测方法
GB/T 38908-2020	家用反渗透及纳滤膜元件耐氯性测试方法
GB/T 39221-2020	反渗透海水淡化阻垢剂阻垢性能试验 周期浓缩循环法
GB/T 43230-2023	反渗透海水淡化产品水水质要求
GB/T 45141-2025	反渗透进水修正污染指数测定方法
DB37/T 4990—2025	家用及类似用途反渗透净水机评价工作指南

其中，《反渗透水处理设备》（GB/T 19249-2017）规定了反渗透水处理设备的术语和定义、分类与型号、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与储存。

《反渗透系统膜元件清洗技术规范》（GB/T 23954-2009）规定了反渗透系统膜元件清洗过程中的技术要求、清洗前的准备工作、污染物判断、系统清洗及清洗效果验收。

《反渗透能量回收装置通用技术规范》（GB/T 30299-2013）规定了反渗透能量回收装置的分类与型号、要求、试验方法、检

验规则，以及标志、包装、运输和贮存的要求。

《海水淡化反渗透系统运行管理规范》(GB/T 31328-2014)规定了海水淡化反渗透系统运行管理的工作内容，包括运行准备、运行管理、安全、健康和环境要求等。

《海水淡化反渗透膜装置测试评价方法》(GB/T 32359-2015)规定了开展海水淡化反渗透膜装置测试评价的要求、项目以及对膜装置进行测试、计算和评价的方法。

《反渗透膜测试方法》(GB/T 32373-2025)规定了平板反渗透膜厚度均匀性、脱盐率、水通量、脱盐层完整性和耐压性能的测试方法

《卷式聚酰胺复合反渗透膜元件》(GB/T 34241-2017)规定了卷式聚酰胺复合反渗透膜元件分类与型号、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

《反渗透和纳滤装置渗漏检测方法》(GB/T 37200-2018)规定了反渗透或纳滤装置整体渗漏检测、膜组件渗漏检测和膜组件内渗漏点的检测方法。

《家用反渗透及纳滤膜元件耐氯性测试方法》(GB/T 38908-2020)规定了家用反渗透和纳滤膜元件的耐氯性测试的原理、试剂、仪器设备、测试步骤、数据处理和测试报告。

《反渗透海水淡化阻垢剂阻垢性能试验 周期浓缩循环法》(GB/T 39221-2020)规定了采用周期浓缩循环法测定反渗透海

水淡化阻垢剂阻垢性能的原理、试验用水和试剂、试验装置、试验准备、试验步骤、试验数据处理及绘制结果曲线。

《反渗透海水淡化产品水水质要求》（GB/T 43230-2023）规定了反渗透海水淡化产品水的水质指标限值、检验频率、合格率并描述了检验方法。

《反渗透进水修正污染指数测定方法》（GB/T 45141-2025）规定了反渗透膜进水修正污染指数测定的原理、微孔滤膜要求、仪器设备、测试步骤、数据处理、精密度和测试报告。

《家用及类似用途反渗透净水机评价工作指南》（DB37/T 4990—2025）规定了家用及类似用途反渗透净水机评价工作的总则、程序、框架要素和通用要求。

如表 2 所示，目前我国共有 26 项现行反渗透相关行业标准，涉及反渗透膜元件与组件、核心配套设备、性能测试评价、阻垢剂技术，以及船用、火电、煤矿、钢铁、家用等多领域的应用装置、工艺规范与运维服务。

表 2 反渗透相关行业标准

标准编号	行业标准名称
CB/T 3753-2019	船用反渗透海水淡化装置
CJ/T 119-2000	反渗透水处理设备
CJ/T 279-2008	生活垃圾渗滤液碟管式反渗透处理设备
CJ/T 485-2015	生活垃圾渗沥液卷式反渗透设备
DL/T 1261-2013	火电厂用反渗透阻垢剂性能评价试验导则
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
HG/T 5166-2017	反渗透阻垢剂阻垢性能评价方法

HJ/T 270—2006	环境保护产品技术要求 反渗透水处理装置
HY/T 0422—2024	反渗透膜污染物鉴别试验方法
HY/T 049-1999	中空纤维反渗透膜测试方法
HY/T 054-2001	中空纤维反渗透技术
HY/T 068-2002	饮用纯净水制备系统 SRO 系列反渗透设备
HY/T 107-2017	卷式反渗透元件测试方法
HY/T 211-2016	移动式反渗透淡化装置
HY/T 212-2016	反渗透膜亲水性测试方法
JB/T 13152-2017	反渗透海水淡化高压泵
JB/T 13153-2017	反渗透海水淡化高压增压泵
JB/T 14509-2023	反渗透海水淡化设备技术规范
NB/T 51026-2014	煤矿矿井水深度处理 反渗透工艺技术要求
QB/T 4697-2014	家用和类似用途反渗透净水机、纳滤净水机专用加压泵
QB/T 4828-2015	家用和类似用途反渗透净水机、纳滤净水机用储水罐
SB/T 10869-2012	家用生活饮用水反渗透处理器具拆装和维修服务技术规范
YB/T 4257.1-2012	钢铁污水除盐技术规范 第 1 部分：反渗透法

《船用反渗透海水淡化装置》（CB/T 3753-2019）规定了船用反渗透海水淡化装置的基本参数和产品标记、要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存等。适用于在船舶及海上结构物上安装的采用反渗透法从海水中制取淡水的淡化装置的设计、制造和验收。

《反渗透水处理设备》（CJ/T 119-2000）规定了反渗透水处理设备性能指标、技术要求、试验方法及标志、包装、运输、贮存。适用于以含盐量低于 5000 mg / L 的水为原水，用反渗透

技术生产渗透水的反渗透水处理设备。

《生活垃圾渗滤液碟管式反渗透处理设备》(CJ/T 279-2008)规定了生活垃圾渗滤液碟管式反渗透处理设备的产品分类与型号、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。适用于采用碟管式反渗透技术处理生活垃圾渗滤液的水处理设备。

《生活垃圾渗沥液卷式反渗透设备》(CJ/T 485-2015)规定了生活垃圾渗沥液卷式反渗透设备的术语和定义、型号与标记、材料、使用条件、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。适用于处理生活垃圾渗沥液的卷式反渗透设备。

《火电厂用反渗透阻垢剂性能评价试验导则》(DL/T 1261-2013)规定了火电厂用反渗透阻垢剂抑制碳酸钙垢性能的测定方法。适用于火电厂用反渗透阻垢剂性能的评价。

《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法处理技术的一般要求，预处理系统、反渗透脱盐系统技术及性能验收要求。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。适用于火力发电厂用反渗透水处理装置的验收。其他用途的反渗透水处理装置可以参照本标准进行验收。

《反渗透阻垢剂阻垢性能评价方法》（HG/T 5166-2017）规定了关于反渗透阻垢剂性能的动态模拟试验装置的技术要求和试验方法。适用于反渗透阻垢剂性能的评定，阻垢剂配方筛选、投药量确定等也可参照使用。

《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定义、规格与型号、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。适用于处理工业废水和城市污水净化再利用的反渗透水处理装置，也适用于一般天然水的净化、除盐的反渗透水处理装置。

《反渗透膜污染物鉴别试验方法》（HY/T 0422—2024）描述了热重法、扫描电子显微镜-能谱法、红外光谱法和 X 射线衍射法对反渗透膜表面附着污染物的鉴别方法。适用于对反渗透膜表面附着的无机污染物、有机污染物和微生物污染物及其混合污染物的鉴别。其他分离膜的污染物鉴别可参考执行。

《中空纤维反渗透膜测试方法》（HY/T 049-1999）规定了中空纤维反渗透膜的除盐率和水通量的测试条件和测试方法。适用于进水为自来水、苦咸水和海水的中空纤维反渗透膜的测试，也可用于对中空纤维反渗透膜无损害的其他水溶液的分离测试。

《中空纤维反渗透技术》（HY/T 054-2001）规定了中空纤维反渗透组件的技术要求、检验规则及标志、包装、运输和贮存。适用于膜材料为纤维素系列的中空反渗透组件。

《饮用纯净水制备系统 SRO 系列反渗透设备》（HY/T 068-2002）规定了饮用纯净水制备系统 SRO 系列反渗透设备的技术要求、检验规则和包装、运输与贮存。适用于采用芳香聚酰胺复合膜卷式反渗透元件组装而成的制取饮用纯净水的反渗透设备。

《卷式反渗透元件测试方法》（HY/T 107-2017）规定了卷式反渗透膜元件完整性、气密性和渗透性能的测试方法。气密性和渗透性能测试适用于所有卷式反渗透膜元件，完整性测试仅适用于长度为 1016 mm 的反渗透膜元件。

《移动式反渗透淡化装置》（HY/T 211-2016）规定了移动式反渗透淡化装置的分类、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存的要求。适用于采用反渗透技术从海水或苦咸水中制取淡水的移动式淡化装置的生产、验收和检验。

《反渗透膜亲水性测试方法》（HY/T 212-2016）规定了用接触角法测试反渗透膜的亲水性。适用于平板反渗透膜片亲水性的测试。

《反渗透海水淡化高压泵》（JB/T 13152-2017）规定了反渗透海水淡化高压泵的术语和定义、型式与基本参数、技术要求、工厂检查和试验、交付准备、标识、包装、运输、贮存和保证事项。适用于反渗透海水淡化装置中的多级离心高压泵。

《反渗透海水淡化高压增压泵》（JB/T 13153-2017）规定了反渗透海水淡化高压增压泵的型式与基本参数、技术要求、工

厂检查和试验、交付准备、标识、包装、运输和贮存、保证事项。
适用于反渗透海水淡化装置中卧式、单级、离心式高压增压泵。

《反渗透海水淡化设备技术规范》（JB/T 14509-2023）规定了反渗透海水淡化设备的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则及标识、包装、运输和贮存。适用于以海水为原水，采用反渗透技术制取淡水且额定出水能力为 100 m³/d 以上的反渗透海水淡化设备的制造。

《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反渗透工艺的工艺技术、设备与材料、附属设施、运行与维护等。适用于煤矿矿井水经过净化处理后的反渗透深度处理。不适用于煤矿井下工作面等有特殊要求的环境。

《家用和类似用途反渗透净水机、纳滤净水机专用加压泵》（QB/T 4697-2014）规定了家用和类似用途反渗透净水机、纳滤净水机专用加压泵的术语定义、产品分类和型号命名、要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输、贮存适用于家用和类似用途的反渗透净水机、纳滤净水机（DC24V）专用加压泵。

《家用和类似用途反渗透净水机、纳滤净水机用储水罐》（QB/T 4828-2015）规定了家用和类似用途反渗透净水机、纳滤净水机用储水缸（简称“储水缸”）的术语和定义、分类与命名、要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输、贮存、使

使用寿命。适用于家用和类似用途反渗透净水机、纳滤净水机用储水缸。

《家用生活饮用水反渗透处理器具拆装和维修服务技术规范》（SB/T 10869-2012）规定了家用生活饮用水反渗透处理器具在使用场所和规定场所进行拆装和维修服务的技术要求、作业程序及质量检验方法。适用于家用和类似用途环境中使用的生活饮用水反渗透处理器。

《钢铁污水除盐技术规范 第 1 部分：反渗透法》（YB/T 4257.1-2012）规定了工艺及原理、技术要求、材料及设备、检测等。本标准适用于钢铁污水处理膜法除盐。本标准规定的所有要求是通用的，适用于各种不同处理工艺、不同规模的钢铁污水除盐系统。其他行业也可参照执行。

再生水和海水、常规水源的水质差异大，市政污水 RO 处理系统的设计不能完全参考海水反渗透工艺设计流程，需要针对再生水水质特征和产水用途进行工艺设计和流程优化。但是，目前我国现有国家、地方和行业标准主要涉及反渗透膜元件、系统装置、运行维护、技术评价以及以及船用、火电、煤矿、钢铁、家用等多领域的应用装置、工艺规范与运维服务。尚未涉及针对市政污水反渗透处理系统设计的相关标准。因此亟需开展相关 ISO 国际标准转化工作，填补国内空白。

（三）标准编制过程

1. 预研阶段

2025 年 9 月-12 月，清华大学、中国标准化研究院等单位通过资料梳理分析、调研等方式开展相关研究论证，成立编制组，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）要求，起草标准草案，并开展标准立项准备工作。

2. 立项阶段

2025 年 12 月，国家标准化管理委员会标准项目立项申请通过。

3. 标准起草阶段

2026 年 5 月，清华大学联合中国标准化研究院在北京召开了编制组成立会议暨第一次工作会议。

2026 年 5 月，以线上形式召开标准专家咨询会，编制组成员代表、全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）专家和市政污水、反渗透领域相关专家参加，针对标准条款和核心技术内容讨论。

2026 年 3 月至 2026 年 6 月，编制组结合前期调研情况和专家意见，完成标准初稿修改编制工作。

(四) 主要起草人员、起草单位及其所做的工作

标准主要起草人：巫寅虎、胡洪营、张玉博、陈卓、徐傲、杨京生、胡云霞、吴乾元、王文龙、白雪、崔勇、黄江龙、阳重阳、熊江磊、任诚、肖峰、李旭、李佟、金焱、梁思懿、黄开、李伟、李利华、郝姝然、郝爽、赵坤、车淑娟、王天鹏、邓磊、徐章、岑奇杭、许骐、王思亮、田雨、李异繁、张进伟、陈嘉祺、张伟、李炳杰、张文杰、夏若冰、杜志刚、周碧雯、刘晓民、杨耀天。

主要起草单位：清华苏州环境创新研究院、清华大学、中国标准化研究院、天津工业大学、北京碧水源科技股份有限公司、广东北控石犀科技股份有限公司、宁波市水务环境集团股份有限公司、江苏中电创新环境科技有限公司、北京市市政工程设计研究总院有限公司、中关村环创水循环利用技术创新联盟、北京亦庄环境科技集团有限公司、清华大学深圳国际研究生院、北京城市排水集团有限责任公司、中冶京诚工程技术有限公司、沃顿科技股份有限公司、华北电力大学、上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司、北京恩菲环保股份有限公司、威景智慧水务科技(上海)有限公司、濮阳市热力有限公司、远大健康科技(天津)股份有限公司、深圳市观澜污水处理有限公司、内蒙古农业大学。

本标准各主要起草单位立足自身专业领域与业务优势，各司其职、协同配合、聚力推进，共同完成标准编制全流程各项工作

任务，各单位具体工作如表 3 所示：

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	清华苏州环境创新研究院	科研机构	第 1 章“范围”；第 2 章“规范性引用文件”；第 5 章“反渗透处理系统在水再利用中的应用”；附录 A-C 和参考文献。	1. 协助牵头单位开展国际标准内容转化工作；2. 负责标准全文专业翻译、语言润色与表述规范化；3. 参与标准技术指标的论证及适用性分析工作。
2	清华大学	科研机构	前言；第 1 章“范围”；第 2 章“规范性引用文件”；第 3 章“术语和定义”；第 4 章“缩略语”；第 5 章“反渗透处理系统在水再利用中的应用”；第 11 章“应急预案”和参考文献；全文统稿与质量审核	1. 统筹协调起草组各项工作，制定起草工作计划，组织召开起草工作会议；2. 牵头完成标准总体框架搭建、国际标准内容转化及全文整合；3. 负责意见征集、汇总处理及标准修改完善工作；4. 牵头编制标准编制说明、意见汇总处理表等相关材料；5. 对接主管单位、技术委员会，汇报工作进展，协调解决起草过程中的重大问题；6. 负责标准报批相关材料的整理、报送工作。
3	中国标准化研究院	科研机构	前言；第 1 章“范围”；第 2 章“规范性引用文件”；第 3 章“术语和定义”；第 5 章“缩略语”和参考文献。	1. 协助牵头单位开展标准总体框架搭建及国际标准内容转化；2. 负责标准术语、定义及标准化格式规范的审核与把关；3. 配合牵头单位完成标准报批相关工作。
4	天津工业大学	科研机构	第 6 章“预处理技术考虑”。	1. 协助标准全文专业翻译、语言润色与表述规范化工作；2. 参与反渗透预处理技术指标的论证及试验验证工作；3. 协助完成标准编制说明中相关内容的撰写。
5	北京碧水源科技股份有限公司	企业	第 5 章“反渗透处理系统在水再利用中的应用”；第 6 章“预处理技术考虑”和第 9 章“后处理单元”	1. 提供城镇水再利用领域反渗透相关工程实践资料；2. 参与标准反渗透预处理及后处理技术指标的论证及试验验证工作；3. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。

序号	起草单位	单位类型	负责章节	核心职责
6	广东北控石犀科技股份有限公司	企业	第 7 章“反渗透装置的技术和结构考虑因素”和第 8 章“操作条件与运行维护”。	1. 提供城镇水再利用领域相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透性能及运行维护技术指标的论证及试验验证工作;3. 协助开展标准全文专业翻译、语言润色与表述规范化。
7	宁波市水务环境集团股份有限公司	企业	第 8 章“操作条件与运行维护”和第 11 章“应急预案”。	1. 提供城镇水再利用领域相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透系统运行维护技术指标的论证及试验验证工作;3. 协助开展意见征集工作,反馈相关单位意见。
8	江苏中电创新环境科技有限公司	企业	第 8 章“操作条件与运行维护”,第 10 章“反渗透浓水管理”和附录 A-C。	1. 提供城镇水再利用领域反渗透相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透系统运行维护等技术指标的论证及试验验证工作;3. 协助标准编制说明、背景材料、立项/报批支撑材料整理。
9	北京市市政工程设计研究总院有限公司	企业	第 5 章“反渗透处理系统在水再利用中的应用”和第 8 章“操作条件与运行维护”。	1. 提供城镇水再利用领域相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透系统运行维护技术指标的论证及试验验证工作;3. 协助标准编制说明、背景材料、立项/报批支撑材料整理。
10	中关村环创水循环利用技术创新联盟	产业联盟	前言;第 1 章“范围”;第 2 章“规范性引用文件”。	1. 协助标准全文专业翻译、语言润色与表述规范化工作;2. 协助完成标准编制说明中相关内容的撰写;3. 协助开展意见征集工作,反馈相关单位意见。
11	北京亦庄环境科技集团有限公司	企业	第 9 章“后处理单元”和第 10 章“反渗透浓水管理”。	1. 提供城镇水再利用领域反渗透相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透后处理及浓水处理技术指标的可行性论证及试验验证工作;3. 协助开展意见征集工作,反馈相关单位意见。
12	清华大学深圳国际研究生院	科研机构	第 3 章“术语和定义”;第 4 章“缩略语”;第 11 章“应急预案”和附录 A-C。	1. 负责国内同类国家标准、行业标准、地方标准梳理;2. 负责国内外相关政策、法规、强制性文件收集与比对;3. 协助开展意见征集工作,反馈相关单位意见。

序号	起草单位	单位类型	负责章节	核心职责
13	北京城市排水集团有限责任公司	企业	第 6 章“预处理技术考虑”和第 10 章“反渗透浓水管理”。	1. 提供城镇水再利用领域相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透预处理及浓水处理技术论证以及技术适用性、可行性、可操作性论证工作;3. 协助标准编制说明、背景材料、立项/报批支撑材料整理。
14	中冶京诚工程技术有限公司	企业	第 9 章“后处理单元”和第 10 章“反渗透浓水管理”。	1. 提供城镇水再利用领域反渗透相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透后处理及浓水处理等技术指标的论证及试验验证工作。3. 协助开展意见征集工作, 反馈相关单位意见。
15	沃顿科技股份有限公司	企业	第 7 章“反渗透装置的技术和结构考虑因素”和第 8 章“操作条件与运行维护”。	1. 提供城镇水再利用领域反渗透相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透膜材料及操作条件等技术指标的论证及系统设计工作;3. 协助开展意见征集工作, 反馈相关单位意见。
16	华北电力大学	科研机构	第 7 章“反渗透装置的技术和结构考虑因素”。	1. 协助标准全文专业翻译、语言润色与表述规范化工作;2. 参与反渗透膜材料性能的试验验证工作;3. 协助完成标准编制说明中相关内容的撰写。
17	上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司	企业	第 5 章“反渗透处理系统在水再利用中的应用”和第 8 章“操作条件与运行维护”	1. 协助标准全文专业翻译、语言润色与表述规范化工作;2. 参与反渗透预处理技术指标的论证及试验验证工作;3. 协助完成标准编制说明中相关内容的撰写。
18	北京恩菲环保股份有限公司	企业	第 9 章“后处理单元”和第 10 章“反渗透浓水管理”。	1. 提供城镇水再利用领域反渗透相关工程实践资料;2. 参与标准反渗透后处理及浓水技术指标的论证及试验验证工作。3. 协助标准编制说明、背景材料、立项/报批支撑材料整理。

序号	起草单位	单位类型	负责章节	核心职责
19	威景智慧水务科技（上海）有限公司	企业	第 7 章“反渗透装置的技术和结构考虑因素”和第 8 章“操作条件与运行维护”。	1. 提供反渗透领域相关工程实践资料； 2. 参与标准反渗透系统运行维护和系统结构设计的论证工作；3. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
20	濮阳市热力有限公司	企业	第 9 章“后处理单元”和第 10 章“反渗透浓水管理”。	1. 提供城镇水再利用领域相关工程实践资料；2. 参与标准反渗透系统后处理及浓水处理技术论证及试验验证工作； 3. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
21	远大健康科技（天津）股份有限公司	企业	第 9 章“后处理单元”和第 10 章“反渗透浓水管理”。	1. 提供城镇水再利用领域相关工程实践资料；2. 参与标准反渗透系统后处理及浓水处理技术论证及试验验证工作； 3. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
21	深圳市观澜污水处理有限公司	企业	第 7 章“反渗透装置的技术和结构考虑因素”和第 8 章“操作条件与运行维护”。	1. 提供反渗透领域相关工程实践资料； 2. 参与标准反渗透系统运行维护和系统结构设计的论证工作；3. 协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。
22	内蒙古农业大学	科研院所	第 7 章“反渗透装置的技术和结构考虑因素”和第 8 章“操作条件与运行维护”。	1. 协助标准全文专业翻译、语言润色与表述规范化工作；2. 参与反渗透装置的技术和结构考虑的论证及试验验证工作；3. 协助完成标准编制说明中相关内容的撰写。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）国家标准编制依据与原则

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。

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，同时标准具有普适性、操作性、规范性。

（二）调研分析

为科学转化 ISO 23070:2020 Water Reuse in Urban Areas — Guidelines for reclaimed water treatment: Design principles of an RO treatment system of municipal wastewater，符合我国市政污水反渗透处理行业现状。编制组针对我国反渗透工艺和市政污水反渗透处理实际应用情况进行调研梳理。

具体调研内容整理如下：

1. 光大水务（淄博）南郊污水厂再生水处理利用工程

淄博市南郊污水处理厂占地面积约 31 亩，污水设计处理能力为 5 万 m^3/d ，隶属于光大水务（淄博）有限公司。污水来源为区域工业废水和部分生活污水，工业废水占总进水量的 80%，以电力、冶金等行业产生的废水为主；生活污水占总进水量的 20 %。污水厂主体工艺采用混凝沉淀-反硝化滤池-曝气生物滤池工艺，

去除目标污染物为 COD、氨氮、总氮、总磷。工艺流程图如图 2 所示。

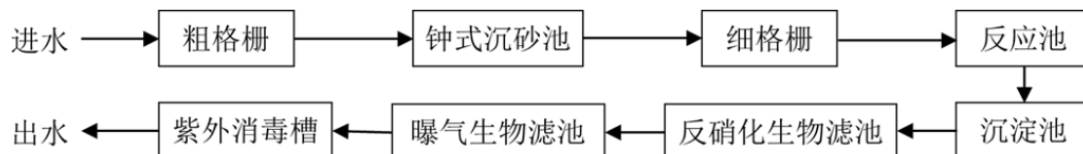


图 2 污水处理厂工艺流程图

为缓解城市水资源供需矛盾，南郊污水厂与华电（淄博）热电有限公司达成再生水供应协议，将水质净化二分厂（以下简称二分厂）出水，经超滤-反渗透工艺处理后（图 3），用于华电（淄博）热电有限公司锅炉补给水混床给水。该再生水工程设计规模（按反渗透产水量计）为 9600 m³/d。反渗透系统如图 4 所示。

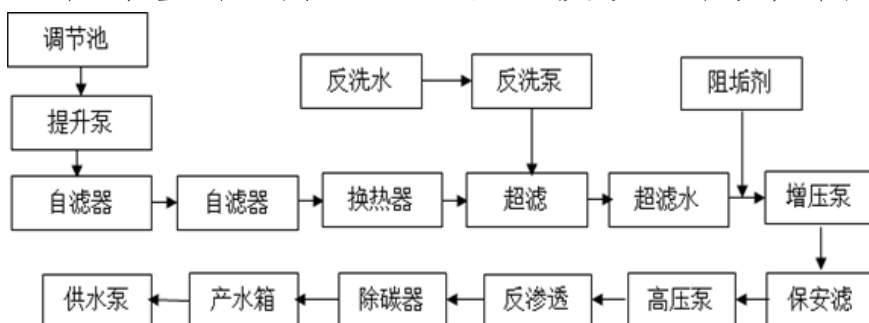


图 3 超滤-反渗透工艺流程图



图 4 淄博南郊污水厂反渗透装置图

光大水务（淄博）有限公司针对反渗透进水水质特征，开展了针对性工程设计、运行、管理优化，实现了污水厂工艺稳定运行与水质高效净化，为受纳水体水环境改善提供了有力保障。通过自滤器、超滤等预处理单元，再生水反渗透脱盐系统的膜污堵得到了有效缓解和控制，保障了再生水反渗透脱盐系统的稳定、高效运行，实现了高品质再生水安全利用，有力支撑了区域电厂和工业企业的生产。

2. 北京经济技术开发区再生水处理与利用工程

北京经济技术开发区（以下简称“开发区”）地处北京市东南部，是北京-廊坊-天津交通地带的一个枢纽，位于北京市四环、五环、六环和京津塘高速公路的交汇处。北京亦庄环境科技集团有限公司运营的经开再生水厂、东区再生厂、金桥高品质再生水厂及标厂高品质再生水厂均位于开发区内，供应的再生水主要供

开发区内工业企业生产使用。

经开再生水厂工程净产水能力为 3.0 万 m^3/d ，占地面积约 1.5 公顷。该厂一二期工程再生水水源为现况经开污水处理厂二级出水，生产的再生水主要供开发区内工业企业生产使用，部分再生水用于道路浇洒、住宅冲厕、景观绿化等。

经开再生水厂再生水主体生产工艺采用“微滤(MF)+RO”，组合工艺，并根据实际需要设置合理的配套单元，如压缩空气、杀菌、化学清洗系统等。再生水生产工艺流程见图 5。

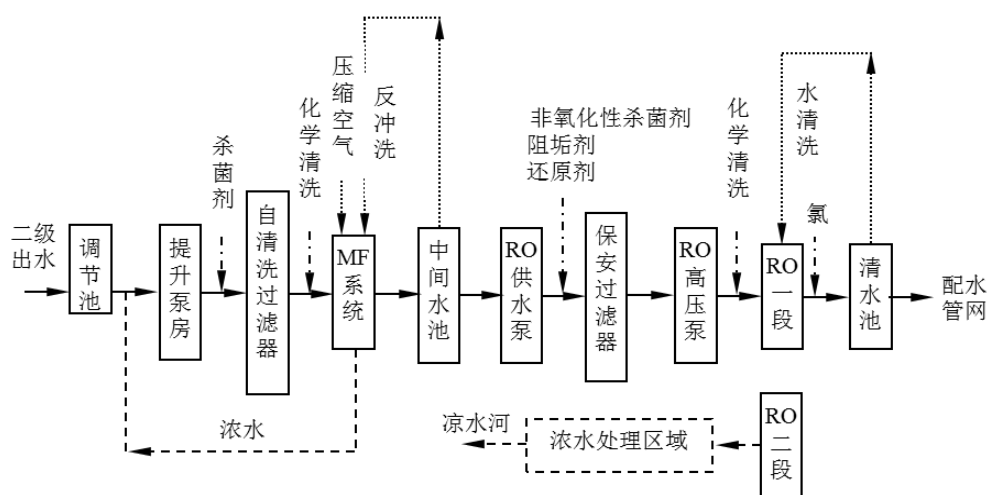


图 5 经开再生水厂工艺流程图

经开污水处理厂二级出水通过退水管道引入调节水池，后进入提升泵房，经提升水泵加压后进入自清洗过滤器进行过滤，过滤器出水进入 MF 系统，MF 系统出水进入中间水罐，其有效容积可保证后续反渗透系统的供水安全；中间水罐出水经 RO 供水泵加压进入保安过滤器，过滤器出水再经 RO 高压泵加压后进入 RO 第一段，RO 第一段产生的浓水经段间增压泵增压后进入 RO 第二

段，两段产品水混合后进入 RO 冲洗水箱；产品水经水箱溢流并加氯消毒后进入回用水池，最后通过回用水泵加压送入厂区外配套再生水管网向用户供水。

东区再生水厂一二期工程净产水能力为 4.0 万 m^3/d ，占地面积约 2.5 公顷。东区再生水厂为京东方八代线项目提供全部生产工艺用水，多余水量供康宁二期及部分八代线配套项目使用。京东方八代线项目的再生水使用量达到总用水量 90%以上，成为国内工业企业水资源综合利用的典范。

东区再生水厂再生水主体生产工艺采用“MF+RO”（图 6），并根据实际需要设置合理的配套单元，如压缩空气、杀菌、化学清洗系统等。东区再生水厂反渗透装置如图 7 所示。

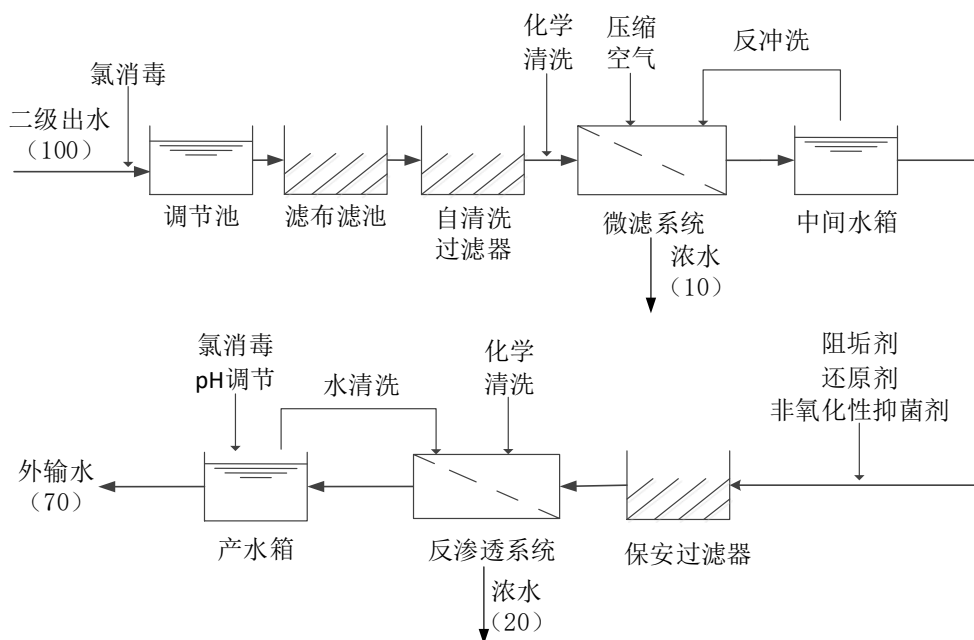
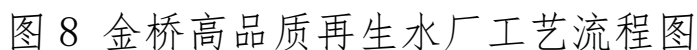


图 6 东区再生水厂工艺流程图



图 7 东区再生水厂反渗透装置

金桥高品质再生水厂一期工程净产水能力为 2.0 万 m^3/d , 占地面积 1.17 公顷, 采用“双膜法”, 即“UF+RO”主工艺, 工艺流程图见图 8。金桥高品质再生水厂使用区域生活污水处理后再深度净化的“高品质再生水”为工业生产提供用水水源, 核心任务是为中芯京城及其周边密集的高新技术产业提供稳定、高品质的再生水, 最大程度的节约自来水的用量。源水进入自清洗过滤器中, 拦截大颗粒物、悬浮物等; 经过超滤系统, 超滤产水进入中间水池, 随后中间水池出水经过保安过滤器, 出水通过高压泵加压进入反渗透系统, 可去除离子、大分子有机物, 实现脱盐, 大幅度降低水中的电导率、COD、氨氮等指标, RO 出水经水池溢流并加氯消毒后进入清水池, 通过供水泵输送给客户。



小红门再生水厂出水经主供水管道输送至本工程进水调节池，经提升水泵加压后进入自清洗过滤器，过滤器出水进入 UF 系统，UF 系统出水进入中间水池，其有效容积可保证后续反渗透系统的供水安全；中间水池出水经 RO 供水泵加压进入保安过滤器，过滤器出水再经 RO 高压泵加压后进入 RO 第一段，RO 第一段产生的浓水经段间增压泵增压后进入 RO 第二段，两段产品水混合后进入 RO 清洗水箱；产品水经水箱溢流并加次氯酸钠消毒后进入清水池，最后通过回用水泵加压送入厂区外现状再生水管

线向开发区赛莱克斯、燕东、长鑫集电等多家电子类企业用户供水。UF 系统定时气水反洗、运行较长时间后进行化学清洗；RO 系统定时水冲洗，运行数月后进行化学清洗。再生水生产主工艺中相应辅有投加杀菌剂、消毒剂、还原剂、阻垢剂等相关工艺。

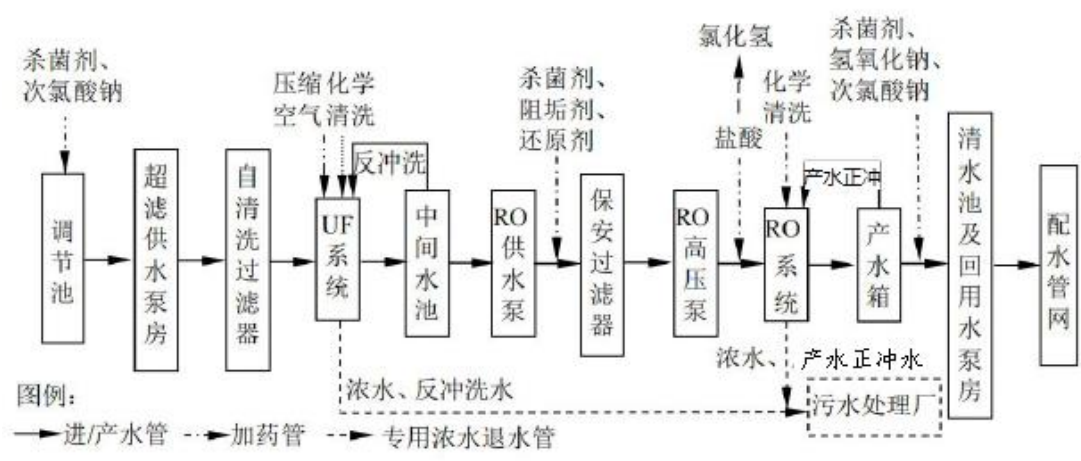


图 9 标厂高品质再生水厂工艺流程图

其反渗透进水水质控制指标如表 4 所示，主要控制指标包括浊度、pH 值、温度、污泥密度指数、Fe²⁺、Mn²⁺、游离余氯和化学需氧量。

表 4 反渗透进水主要水质条件

项目	条件
浊度	<1NTU
pH 值	4-11 (运行)，2.5-11 (清洗)
温度	5-45℃
污泥密度指数 SDI	<5
Fe ²⁺ (mg/L)	<0.3
Mn ²⁺ (mg/L)	<0.1
游离余氯 (mg/L)	<0.01
化学需氧量 (mg/L, O ₂ , KMnO ₄)	<20

当发现产水流量和脱盐率下降或压差增加时(膜运行压力超过 10%或同等压力下产水量减少 10%时),则表明系统需要清洗,目前平均每半年清洗一次,以保证系统正常运行,延长反渗透膜寿命。

3. 天津钢铁有限责任公司生产废水系统深化改造工程

天津钢铁有限责任公司生产废水系统深化改造工程建设地点位于天津市东丽区无瑕街天钢厂区院内。主要收集天钢厂区废水处理中心产生的浓盐水,经深度减量处理后产水回用于钢铁生产。工艺流程为“原水→多介质过滤器→超滤→纳滤→软化结晶→MBBR 生化反应→多介质过滤器→超滤→浓水反渗透→出水”。设计产水量规模为:日产水能力 5040 m³/d。工程实景照片如图 10 所示。



图 10 天钢生产废水系统深化改造工程-厂房外观

本工程将原排至厂区再利用管网的浓盐水进行深度处理,产

品水为生产新水，并与再生水、现有反渗透产水等水体共同勾兑成合格的生产新水，供全厂生产使用；剩余浓水送钢铁企业低质用户使用。



图 11 天钢生产废水系统深化改造工程-反渗透系统

4. 某钢厂 45000 m³/d 二期污水处理工程

4.1 项目概况

该工程包含预处理、深度处理、浓盐水减量化的综合污水处理站一座。预处理采用“高密度澄清池+V型滤池”工艺，处理后的再生水分一部分直接供给用户，其余再生水进入深度处理工艺。深度处理采用“超滤-反渗透”工艺，经处理后的一级除盐水供给除盐水用户。产生的一级浓盐水经过二段反渗透处理后产生二级浓盐水，以便减少浓盐水量。二段反渗透产水送再生水水池，二级浓盐水送至低质用户。

4.2 工艺设计方案总述

污水处理站包括格栅调节池及提升泵站，高密度澄清池，V型滤池，预处理加药间及污泥处理间，深度处理车间（含配套设施）及配套水池，办公厂房等。

厂区生产排水排至格栅间，经格栅渠道进入调节提升泵站。格栅渠道设格栅对污水中直径较大的垃圾进行去除。

生产排水经混合调节后由提升泵组送至高密度澄清池，在高密度澄清池中投加石灰、碳酸钠、混凝剂及絮凝剂，去除污水中硬度、悬浮物及油。高密度澄清池沉淀污泥排入污泥脱水间的污泥贮池，经板框压滤机脱水后外运。

高密度澄清池出水进入V型滤池，去除残留的悬浮物和胶体后进入再生水池，一部分通过再生水外供泵供给用户，一部分经过超滤增压泵提升后供给自清洗过滤器，自清洗过滤器出水进入超滤系统，超滤产水进入超滤产水池；超滤产水经过反渗透增压泵提升进入保安过滤器，保安过滤器出水进入反渗透高压泵，后进入反渗透装置脱盐，反渗透产水池的水通过自流进入除盐水池，通过除盐水外供泵供用户使用，一级反渗透浓水进入一级浓盐水池经过增压泵提升进入保安过滤器，保安过滤器出水进入浓水反渗透高压泵再经过浓水反渗透，产水进入再生水池。

工艺流程如下：

进水→调节池→提升泵→高密度澄清池→V型滤池→再生水池→提升泵→超滤装置→超滤产水池→提升泵→反渗透装置→

反渗透产水池→外供

反渗透浓水→浓水池→浓水反渗透→再生水池

浓水反渗透浓水→浓水池→低质用户消耗

4.3 系统详细介绍

4.3.1 预处理系统

建设进污水处理站 45000 m³/d 的预处理系统，高密度澄清池前设原水调节池和提升泵房，后设 V 型滤池、再生水池和再生水泵房并向用户供水。

4.3.2 深度处理系统

建设再生水反渗透除盐水系统（反渗透膜回收率 73%），进水 45000 m³/d，产水 32850 m³/d，一级浓盐水产量 12150 m³/d；前设计超滤系统；后设浓盐水反渗透系统进水 12150 m³/d，产再生水 6075 m³/d，浓盐水反渗透的浓水 6075 m³/d。深度处理间设计进出水水质如表 5 和表 6 所示

表 5 深度处理间设计进水水质

序号	项目	单位	指标
1	PH	/	6.5-9
2	SS	mg/L	≤5
3	浊度	NTU	≤3
4	色度	度	≤10
5	COD _{cr}	mg/L	≤30
6	油	mg/L	≤2
7	总含盐量	mg/L	≤1500
8	总硬度(以 CaCO ₃ 计)	mg/L	≤350

表 6 深度处理间设计出水水质（一级除盐水）：

序号	项目	单位	指标
1	PH	/	6-8
2	电导率	$\mu\text{S}/\text{cm}$	≤ 100
3	SS	mg/L	检不出
4	浊度	NTU	0
5	总硬度(以 CaCO_3 计)	mg/L	≤ 10
6	总碱度(以 CaCO_3 计)	mg/L	≤ 10
7	氯离子	mg/L	≤ 10
8	溶解性总固体	mg/L	≤ 75



图 12 反渗透系统现场图

5. 某钢厂新建除盐水处理站项目

5.1 项目概况

某钢厂新建除盐水处理站项目规模为一级除盐水处理能力不低于 94 m³/h，二级除盐水处理能力不低于 132 m³/h，EDI 产水外供能力不低于 60 m³/h。项目以超滤+反渗透为主体工艺系统对厂区再生水进行一次脱盐，脱盐后的部分产水采用二级反渗透系统、EDI 装置进行二次脱盐，满足了各用户回用的要求。

5.2 工艺设计方案总述

本系统进水主要为污水处理厂的出水。现有污水处理厂出水经提升泵提升至除盐水处理站的原水池，深度处理采用多介质过滤器+超滤+两级反渗透+EDI 的工艺制备一级除盐水处理水、二级除盐水处理水和 EDI 产水。

新建除盐水处理站的进水为现有污水处理厂的预处理出水，处理流程：进水→原水池→给水泵→多介质过滤器→超滤装置→超滤产品水水池→RO 单元给水泵→保安过滤器→RO 给水高压泵→一级反渗透装置→一反渗透产品水水池→二级 RO 单元给水泵→保安过滤器→二级 RO 给水高压泵→二级反渗透装置→二反渗透产品水水池→外送给水泵

二反渗透产品水水池→EDI 提升泵→EDI 保安过滤器→EDI 装置→EDI 产水箱→外送给水泵

除盐水处理站产生的浓水，由提升泵送至低质用户。除盐水处理站产生的废水通过管网重力流至厂区废水管网，送至厂区现有的污水处理厂。

5.3 系统详细介绍

除盐水处理设计进出水水质如表 7 和表 8 所示。

表 7 除盐水处理设计进水水质指标

序号	项目	单位	指标
1	pH	—	8-9.50
2	浊度	NTU	4-20
3	钙硬度	mg/L	260-290
4	全碱度	mg/L	250-290
5	总硬度	mg/L	≤600
6	氯离子	mg/L	490-760
7	电导率	μs/cm	≤6000

表 8 除盐水处理设计出水水质指标（一级除盐水处理水质）

序号	项目	单位	指标
1	pH	—	6-7
3	硬度	mg/L	≤20
6	氯离子	mg/L	≤30
7	电导率	μs/cm	≤200



图 13 反渗透系统现场图

（三）主要内容说明

1. 范围

本文件给出了市政污水 RO 处理系统的规划与设计指南，适从业者和相关机构，以安全、可靠和可持续的方式执行市政污水 RO 处理的原则和决策。该范围界定涵盖了市政污水 RO 系统术语和定义、系统的构成、设计原则、进水水质和技术要求、运行与维护指南、注意事项与应急管理。

2. 规范性引用文件

本文件引用了多领域核心标准，构建了完整的技术支撑体系：

引用了术语类标准 ISO 20670: 2023 水再生利用 术语 (Water reuse — Vocabulary) 确保关键概念在行业内认知统一, 避免歧义。

引用了 ASTM D4189-2023 水的淤泥密度指数 (SDI) 标准测试方法 (Standard Test Method for Silt Density Index (SDI) of Water), 以确保 SDI 测试流程符合国际规范。

3. 术语和定义

本章节术语和定义参考了相关国家标准, 针对术语进行了翻译, 具体如下:

(1) assimilable organic carbon (AOC): 本标准中统一翻译为可同化有机碳。

(2) biodegradable dissolved organic carbon (BDOC): 本标准中统一翻译为生物可降解溶解性有机碳。

(3) concentrate: 本标准中统一翻译为浓水, 与《反渗透水处理设备》(GB/T 19249-2017) 3.9 条和《反渗透系统膜元件清洗技术规范》(GB/T 23954-2009) 3.12 条相关定义保持一致。

(4) feed: 本标准中统一翻译为进水。未采用《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 中 5.2.3 条进料的翻译。

(5) ion exchange: 本标准中统一翻译为离子交换。

(6) membrane rejection rate: 翻译为膜截留率, 为简化指南表述, 根据上下文常省略“膜”字。

(7) microfiltration: 本标准中统一翻译为微滤, 与《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 中 5.2.2 条相关定义保持一致。

(8) permeate: 本标准中统一翻译为产水, 与《反渗透水处理设备》(GB/T 19249-2017) 3.6 条和《反渗透系统膜元件清洗技术规范》(GB/T 23954-2009) 3.11 条的相关定义保持一致。未采用《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 中 2.3.4 透过水/5.2.4 透过物的翻译。

(9) pressure drop: 本标准中统一翻译为压力降, 与《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 中 2.2.13 条相关定义保持一致。

(10) recovery rate: 本标准中统一翻译为回收率, 参考了《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 2.2.12 条和《反渗透系统膜元件清洗技术规范》(GB/T 23954-2009) 3.10 条关于 recovery 的翻译。

(11) reverse osmosis: 本标准中统一翻译为反渗透, 与《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 4.2.2 条相关定义保持一致。

(12) silt density index (SDI): 本标准中统一翻译为淤泥密度指数, 与《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 2.3.21 条相关定义保持一致。

(13) ultrafiltration: 本标准中统一翻译为超滤, 与《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 5.2.1 条相关定义保持一致。

更改了术语定义(见 3.5、3.7、3.8 和 3.11~3.13), 以符合术语来源标准最新修订版本。

增加了段和级的术语定义(见 3.14 和 3.15), 以解释说明反渗透单元构型: 具体如下:

(14) 段 stage

膜装置流程中膜组件的配置方法, 规定进水(含浓水)每流经一组膜组件为一段。

注 1: 采用多段运行的目的是提高水的回收率, 避免后面膜元件的进水流速下降过大。

注 2: 浓水分段时, 通常按 2: 1 递减, 以所谓“锥形”串联组合排列。

翻译与定义与《膜分离技术 术语》(GB/T 20103-2006) 4.2.10 条一致。

(15) 级 pass

进水(或产水)每流经由增压泵和膜组件等组成的一个系统为一级。

注 1: 产水分级运行的目的是进一步降低产水的含盐量。

注 2: 产水增级时须将前一级的产水升压后作为后一级的进

水。

翻译与定义与《膜分离技术 术语》（GB/T 20103-2006）

4.2.11 条一致。

4. 缩略语

本章节给出了本标准中采用的缩略语：包括可同化有机碳（assimilable organic carbon）、生物可降解溶解性有机碳（biodegradable dissolved organic carbon）、生化需氧量（biochemical oxygen demand）、醋酸纤维素（cellulose acetate）、化学需氧量（chemical oxygen demand）、溶解性有机碳（dissolved organic carbon）、溶解性有机物（dissolved organic matter）、微滤（microfiltration）、标准化产水流量（normalized permeate flow）、氧化还原电位（oxidation-reduction potential）、反渗透（reverse osmosis）、淤泥密度指数（silt density index）、总有机碳（total organic carbon）、总悬浮固体（total suspended solids）和超滤（ultrafiltration）

5. RO 处理系统在水再利用中的应用

本章节给出了 RO 系统的设计考虑因素和典型系统组成。

条文 5.1 给出概述了 RO 系统在市政污水中的应用。

条文 5.2.1~5.2.4 给出了 RO 系统设计应考虑的因素，包括安全性因素、稳定性因素和经济性因素。

条文 5.3.1~5.3.7 给出了典型的 RO 系统的六个关键部分组成部分,包括进水水源、预处理单元、RO 处理单元、辅助设备、后处理单元和监测系统。更改了 5.3.3 和 5.3.4 的关于保安过滤器的描述,以对应标准结构调整。

6. 预处理的技术要求

本章节给出了 RO 系统进水水质指标、机械预处理和化学预处理技术的介绍。

条款 6.1.1 概述了 RO 系统常规进水水质指标和其对于 RO 系统的影响。

条款 6.1.2 参考了 ASTM D4189-2023 水的淤泥密度指数 (SDI) 标准测试方法 (Standard Test Method for Silt Density Index (SDI) of Water), 给出了 SDI 指数测量方法和计算公式。更改了 SDI 公式内容及相应描述(见 6.1.2), 以符合 ASTM D4189-2023 标准最新内容

条款 6.1.3~6.1.5 概述了应关注的其他指标,包括有机指标、生物指标和氧化还原电位。

条款 6.2.1~6.2.5 给出了 RO 系统机械预处理可以选择的工艺,包括澄清工艺、(多)介质过滤、活性炭过滤、MF 和 UF。

条款 6.3.1~6.3.4 给出了 RO 系统化学预处理可以投加的药剂,包括阻垢剂、用于进水消毒的化学氧化剂、还原剂和非氧化性杀菌剂。

7. RO 单元的技术和构型要求

本章节给出了 RO 单元组成、RO 膜选择和 RO 单元构型的指南。

条款 7.1.1 给出了保安过滤器的解释说明，该条款由 ISO 标准第六章预处理的技术要求条款 6.2.5 调整至第七章 RO 单元的技术和构型要求条款 7.1.1。目前国内自动控制系统(PLC 系统)一般将保安过滤器、高压泵、反渗透装置一起作为 RO 单元。根据国家市场监督管理总局发布的《采用国际标准管理办法》，根据我国国情对标准结构进行了调整。后续条款号顺移。

条款 7.1.2~条款 7.1.4 给出了 RO 进水泵、膜元件和压力容器的解释说明。

条款 7.2.1 和 7.2.2 给出了 RO 膜材料和 RO 膜原件的特性。

条款 7.3 给出了 RO 膜构型的指南。

8. 操作条件与运行维护系统

本章节给出了 RO 系统操作条件、性能参数、自动加药系统、性能调控与监测系统、清洗系统、完整性测试和系统故障的信息。

条款 8.1.1~8.1.5 给出了压力、温度、进水流量和产水通量、浓水流量和 pH 值对应 RO 系统的影响。为符合反渗透运行现状，将条款 8.1.3 “随着回收率提高，产水通量下降，直至**进水**侧渗透压等于驱动压力，此时产水停止”修改为“随着回收率提高，产水通量下降，直至**浓水**侧渗透压等于驱动压力，此时产水

停止”。

条款 8.2.1~8.2.3 给出了 RO 的性能参数的介绍,包括产水流量、脱盐率和压力降。

条款 8.3.1~8.3.2 给出了自动加药系统的介绍,包括加要点和加药方式。

条款 8.4.1~8.4.3 给出了 RO 系统仪表、控制系统和监测系统的说明。

条款 8.5.1 和 8.5.2 给出了 RO 清洗系统的介绍,包括物理清洗方法和化学清洗方法。

条款 8.6 给出了当前和新兴 RO 系统完整性测试方法。

条款 8.7 给出了常见 RO 系统故障和发生位置,并给出了解释说明以方便理解。

9. 后处理单元

本章节给出了 RO 系统后处理单元的介绍,典型的 RO 产水后处理过程包括加碱稳定化和二级 RO、离子交换、倒极电渗析、消毒等。

10. RO 浓水处置

本章节给出了 RO 系统浓水处置的介绍,并给出了污水再生处理过程中 RO 系统浓水的实际处理模式示意图。更改了图 2 再生水厂范围,以符合反渗透浓水处理实际情况并增加了标引符号说明,以解释说明图 2 内容,避免歧义。

11. 应急预案

本章节给出了应急预案的介绍，包括制定应急预案的程序和应急预案的内容。

12. 附录

附录给出了 RO 处理系统实例、RO 系统进水氯消毒的信息和 RO 浓水处理技术成熟的相关资料，供标准读者参考。更改了图 A.1 预处理单元和 RO 处理单元范围和包含内容，以符合标准正文内容和国内实际情况。

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

本标准对市政污水 RO 处理运营企业、设计单位、行业管理部门规划、设计、建设及运行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：通过指导市政污水反渗透处理技术设计、应用、管理等环节，促进污水处理与再生水利用行业发展，减少 RO 污堵和其他问题发生频率，降低运行能耗药耗。推动非常规水源利用技术的应用，指导生产高品质再生水，促进将再生水用于高价值途径，带动相关产业发展，形成新的经济增长点。

社会效益方面：开展节水培训与宣传，能提升从业人员节水意识与技能，促进可持续发展理念的普及，树立绿色可持续的社会形象。

生态效益方面：推动非常规水资源利用与水循环系统优化，可减少水资源消耗，缓解区域水资源压力；指导将市政污水经过反渗透处理，进一步减少了向环境中排放的污染物，助力保护绿水青山。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

本文件修改采用 ISO 23070: 2020 Water Reuse in Urban Areas — Guidelines for reclaimed water treatment: Design principles of an RO treatment system of municipal wastewater(城镇水再利用 再生水处理指南 市政污水反渗透处理系统设计通则)

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 23070: 2020 Water Reuse in Urban Areas — Guidelines for reclaimed water treatment: Design principles of an RO treatment system of municipal wastewater(城镇水再利用 再生水处理指南 市政污水反渗透处理系统设计通则)

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有《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。

本标准与有关的现行法律、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、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

本标准对市政污水反渗透运营企业、设计单位、行业管理部门等组织开展规划、建设及运行管理等活动具有重要指导意义。建议标准发布后，针对标准的使用者进行培训和宣传。建议标准发布后三个月实施。

九、其他应说明的事项

本文件修改采用 ISO 23070: 2020 Water Reuse in Urban Areas — Guidelines for reclaimed water treatment: Design principles of an RO treatment system of municipal wastewater(城镇水再利用 再生水处理指南 市政污水反渗透处理系统设计通则)。具体修改如下：

本文件与 ISO 23070: 2020 相比做了下述结构调整：

——5.2 对应 ISO 23070: 2020 的 5.2，其中 5.2.1 对应 ISO

23070: 2020 的 5.2 和 5.2.1 之间的悬置段, 5.2.2~5.2.4 对应 ISO 23070: 2020 的 5.2.1~5.2.3;

——6.2 对应 ISO 23070: 2020 的 6.2, 其中 6.2.1 对应 ISO 23070: 2020 的 6.2 和 6.2.1 之间的悬置段, 6.2.2~5.2.5 对应 ISO 23070: 2020 的 6.2.1~6.2.4;

——第 7 章对应 ISO 23070: 2020 的第 6 章和第 7 章, 其中 7.1.1 对应 ISO 23070: 2020 的 6.2.5, 7.1.2~7.1.4 对应 ISO 23070: 2020 的 7.1.1~7.1.3。

本文件与 ISO 23070: 2020 的技术差异及其原因如下:

——更改了标准范围 (见第 1 章), 以符合国家标准编制规范;

——增加了规范性引用文件 (见第 2 章), 以符合国家标准编制规范;

——更改了术语定义 (见 3.5、3.7、3.8 和 3.11~3.13), 以符合术语来源标准最新修订版本。

——增加了段和级的术语定义 (见 3.14 和 3.15), 以解释说明反渗透单元构型;

——更改了 5.3.3 和 5.3.4 的关于保安过滤器的描述, 以对应标准结构调整;

——更改了修改 SDI 公式内容及相应描述 (见 6.1.2), 以符合 ASTM D4189-2023 标准最新内容;

——更改了影响产水通量的操作变量（见 8.1.3），以符合反渗透系统的实际运行情况；

——更改了图 2 再生水厂范围，以符合反渗透浓水处理实际情况；

——增加了图 2 标引符号说明，以解释说明图 2 内容，避免歧义；

——更改了图 A.1 预处理单元和 RO 处理单元范围和包含内容，以符合标准正文内容和国内实际情况。

本文件做了下列编辑性改动：

——更改了表 3 中文字描述，以符合标准编制规范；

——更改了表 4 中表注，以符合标准编制规范；

——更改了表 5 中文字描述，以符合标准编制规范；

——增加了 RO 单元结构描述，以解释说明表 6 内容，避免歧义；

——更改了应急预案的列项结构（见第 11 章），以符合描述实际内容。

《城镇水再利用 再生水处理指南市政污水反渗透处理系统设计
通则》国家标准起草组

2026 年 7 月

国家标准《城镇水再利用 再生水处理指南 市政污水反
渗透处理系统设计通则》（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 08 月 31 日前返回 wuyinhu@mail.tsinghua.edu.cn 和 ao.xu@tsinghua-riet.com。