

DB11

北京市地方标准

DB 11/ T XXXXX—XXXX

再生水利用指南 第1部分：工业

Guidelines for the use of urban reclaimed water

—Part 1: Industrial uses

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

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 一般要求	2
5 冷却用水	3
6 锅炉用水	4
7 洗涤用水	5
8 工艺用水	5
9 电子行业用水	6
10 产品用水	7
11 水质监测与管理	7
12 健康风险管理	8
13 生态风险管理	8
14 水质水量异常应对措施	8
15 应急和危机管理	8
附录 A（资料性附录） 化学稳定性评价	9
附录 B（资料性附录） 生物稳定性评价	12
附录 C（资料性附录） 再生水用户处理技术	13

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。

本文件由北京市水务局提出并归口。

本文件由北京市水务局组织实施。

本文件起草单位：清华大学、北京市排水管理事务中心、北京城市排水集团、中国标准化研究院。

本文件主要起草人：

再生水利用指南 第1部分：工业

1 范围

本文件规定了再生水工业利用的水质要求、处理工艺、安全保障、水质监测和风险管理。
本文件适用于以再生水为水源的工业用水的水质管理。

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 1576 工业锅炉水质
GB/T 11446.1 电子级水
GB/T 12145 火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量
GB/T 16811 工业锅炉水处理设施运行效果与监测
GB/T 18919 城市污水再生利用 分类
GB/T 19923 城市污水再生利用 工业用水水质
GB/T 21534 工业用水节水 术语
GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准
GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范
HG/T 3923 循环冷却水用再生水水质标准
DB11/ 307 水污染物综合排放标准

3 术语和定义

GB/T 21534和GB/T 18919界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

再生水 reclaimed water

污水经处理后，达到一定水质要求，满足某种使用功能，可以安全、有益使用的水。

3.2

再生水厂 water reclamation plant

以污水或达到排放标准的污水处理厂出水为水源，生产、供给再生水的企业和单位。

3.3

再生水利用 reclaimed water use

将再生水用于生产、生活、环境等的行为。

3.4

再生水工业利用 reclaimed water industrial use

将再生水作为工业用水直接使用，或作为工业用水水源处理后使用的行为。

3.5

循环冷却水 recirculating cooling water

循环用于同一过程的冷却水，包括间冷开式系统循环冷却水和直冷系统循环冷却水。

3.6

锅炉用水 water for boiler

锅炉产蒸汽或产水所需要的用水及锅炉水处理自用水

[来源：GB/T 21534-2008，定义3.18]

3.7

锅炉补给水 make up water for boiler

补充锅炉汽、水损失的水。

[来源：GB/T 21534-2008，定义3.19]

3.8

工艺用水 process water

工业生产中，用于制造、加工产品以及与制造、加工工艺过程有关的用水。

[来源：GB/T 21534-2008，定义3.6]

3.9

产品用水 water used in product

生产过程中，直接进入产品的水

[来源：GB/T 21534-2008，定义3.7]

3.10

洗涤用水 washing water

生产过程中，对原材料、半成品、成品、设备等进行洗涤的水

[来源：GB/T 21534-2008，定义3.8]

4 一般要求

4.1 再生水工业利用途径包括冷却用水、锅炉用水、洗涤用水、工艺用水和产品用水等。

- 4.2 再生水工业利用时,可根据 GB/T 19923 和不同工业利用途径的国家标准或行业标准等确定水质要求。没有国家标准或行业标准的,可根据工业利用具体情况,考虑再生水水质特点,通过试验研究、文献资料调研,参考企业标准和专家意见等确定水质要求。
- 4.3 再生水工业利用时,除常规指标外,宜根据利用情况,关注再生水的化学稳定性、生物稳定性等指标。化学稳定性评价宜根据管网材料和设备类型选择评价指标,见附录 A。生物稳定性评价可选用可生物降解溶解性有机碳(BDOC)、可同化有机碳(AOC)等指标,见附录 B。
- 4.4 工业用户宜与再生水厂签订供水协议,明确水质水量要求,保障再生水供给的可靠性、稳定性和安全性。
- 4.5 再生水用水情况季节波动大的工业用户,可根据再生水厂实际情况,与再生水厂协商再生水按季度分质供应;或按照全年最高水质要求供水;或按照再生水厂可达到的水质标准供水。
- 4.6 再生水厂所供给的再生水不满足工业利用水质要求时,工业用户应对再生水进行深度处理。
- 4.7 再生水深度处理工艺设计方案宜通过综合技术经济比较,选择技术先进、可靠、经济合理、因地制宜的方案。
- 4.8 工业用户应建立完善的再生水水质监测系统,包括进水水质监测、处理系统水质监测、用水系统水质监测和排水水质监测。
- 4.9 工业用户产生的工业污水、工业用户内部处理工艺产生的污泥和浓缩废液,应根据相关要求进行处理处置。
- 4.10 工业用户应制定管理措施,避免或降低再生水利用过程中的人体健康风险和生态风险。
- 4.11 工业用户应制定全流程、系统性的水质异常和突发事件应对措施。

5 冷却用水

5.1 水质要求

再生水用作冷却用水时,可根据GB/T 19923确定水质要求,同时关注再生水的化学稳定性、生物稳定性等指标。

5.2 用户处理工艺

5.2.1 再生水供水水质不能满足工业用户需求时,可采取以下工艺,进行进一步处理。

再生水→消毒

再生水→混凝沉淀→消毒

再生水→介质过滤→消毒

再生水→混凝沉淀→介质过滤→消毒

再生水→超滤/微滤→消毒

再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→消毒

5.2.2 其他处理工艺选取应符合 GB/T 50050。

5.2.3 处理工艺各单元的设计参数应符合 GB 50335 的规定。

5.2.4 处理工艺各单元的技术特点、运行参数、处理效果和运行注意事项宜参考附录 C。

5.3 安全保障

5.3.1 再生水用作冷却用水时,宜重点关注冷却系统的结垢、腐蚀和微生物生长风险。

5.3.2 再生水用作冷却用水时,宜评价再生水的化学稳定性,并通过投加合适的阻垢缓蚀剂、调节冷却系统浓缩倍数、采用抗腐蚀管材等方法,防止冷却系统的结垢、腐蚀风险。

- 5.3.3 阻垢缓蚀药剂配方宜经动态模拟试验和技术经济比较确定，或根据水质和工况条件类似的工厂运行经验确定。
- 5.3.4 阻垢缓蚀药剂动态模拟试验宜结合以下因素：冷却水水质、污垢热阻值、黏附速率、腐蚀速率、浓缩倍数、换热设备材质、换热设备传热面的冷却水侧壁温、换热设备内水流速、循环冷却水温度、药剂稳定性及对环境的影响。
- 5.3.5 阻垢缓蚀药剂宜选择高效、低毒、复配性能好的环境友好型水处理药剂。
- 5.3.6 再生水用作冷却用水时，宜评价再生水的生物稳定性，并通过投加合适的抑菌剂、去除可同化有机碳等方法防止微生物生长。
- 5.3.7 抑菌剂配方宜根据水质和技术经济比较确定。
- 5.3.8 抑菌剂可选择氧化性抑菌剂或非氧化性抑菌剂。抑菌剂投加方式可选择连续投加和冲击式投加。
- 5.3.9 氧化性抑菌剂宜采用次氯酸钠、液氯等。次氯酸钠或液氯连续投加时，宜控制循环冷却水中余氯为 0.1mg/L~0.5mg/L；冲击投加时，宜每天投加 1 次~3 次，每次投加时宜控制水中余氯 0.5 mg/L~1 mg/L，保持 2 h~3 h。
- 5.3.10 非氧化性抑菌剂宜采用高效、低毒、广谱、pH 值使用范围宽、与阻垢缓蚀剂不互相干扰、易于处理的抑菌剂。

5.4 用户用水监测

- 5.4.1 循环冷却水监测项目、监测频率和检测方法应符合 GB/T 50050 和 HG/T 3923 的规定。
- 5.4.2 pH、电导率、氧化还原电位（ORP）等指标宜采用在线监测。
- 5.4.3 循环冷却水系统宜在循环给水总管、循环回水总管、补充水管、旁流处理出水管、换热设备进出水管上设置取样点。

6 锅炉用水

6.1 水质要求

- 6.1.1 再生水用作锅炉补给水水源时，可根据 GB/T 19923 确定水质要求。再生水水质不能满足直接补给锅炉的水质要求时，应根据锅炉工况，对再生水进行软化、除盐等处理。低压锅炉水质应达到 GB/T 1576 的要求；中压锅炉水质应达到 GB/T 12145 的要求；水热力和热采锅炉水质应达到相关行业标准。
- 6.1.2 再生水用作锅炉补给水水源时，除满足相关国家标准和行业标准的要求外，宜关注再生水的化学稳定性等指标。

6.2 用户处理工艺

- 6.2.1 再生水供水水质不能满足工业用户需求时，可采取以下工艺，进行进一步处理。
- 再生水→介质过滤→消毒
- 再生水→混凝沉淀→介质过滤→消毒
- 再生水→超滤/微滤→消毒
- 再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→消毒
- 再生水→超滤/微滤→反渗透→消毒
- 再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→反渗透→消毒
- 6.2.2 处理工艺各单元的设计参数应符合 GB 50335 的规定。
- 6.2.3 处理工艺各单元的技术特点、运行参数、处理效果和运行注意事项参见附录 C。

- 6.2.4 工业用户宜设置除氧单元除去水中溶解氧，除氧处理后的锅炉用水应符合 GB/T 1576 对溶解氧的控制要求。
- 6.2.5 采用化学除氧时，除氧剂宜加入给水系统，除氧剂中不含造成锅炉发生电偶腐蚀的金属离子，除氧剂投加量宜符合药剂生产厂要求。
- 6.2.6 采用热力除氧设备时，除氧器运行压力、负荷变化、除氧水箱水位、除氧温度、终温差宜符合设计要求。
- 6.2.7 采用真空除氧设备时，除氧器真空度、水温、负荷变化宜符合设计要求，并应采取防止外部空气泄漏进入除氧器的可靠措施。
- 6.2.8 锅炉给水除氧不宜采用二氧化碳解析除氧。
- 6.2.9 工业用户宜设置除铁单元，采取机械截留或氧化-机械截留等措施除去水中铁。除铁设备运行流速、运行周期、反洗强度宜符合设计要求，运行效果应符合 GB/T 16811 的要求。

6.3 安全保障

- 6.3.1 再生水用作锅炉补给水水源时，宜重点关注锅炉系统的结垢、腐蚀和起泡风险。
- 6.3.2 再生水用作锅炉补给水水源时，宜控制水中的硬度、碱度、钙、镁、二氧化硅、氧化铝和有机物含量，防止锅炉系统的结垢、腐蚀和起泡风险。
- 6.3.3 再生水用作中压锅炉补给水水源时，当凝结水、锅炉给水或锅炉炉水水质异常时，宜按 GB/T 12145 的要求进行处理，防止锅炉系统腐蚀、结垢。

6.4 用户用水监测

- 6.4.1 再生水用作锅炉补给水水源时，蒸汽锅炉、汽水两用锅炉和热水锅炉给水和锅水的检测项目、检测频次和检测方法应符合 GB/T 16811 的要求。
- 6.4.2 再生水用作锅炉补给水水源时，锅炉汽水系统宜设置 pH、电导率和硬度等在线监测仪表。
- 6.4.3 再生水用作锅炉补给水水源时，宜设置汽水取样器，取样器流量 500 mL/min~700 mL/min, 取样器出水温度 < 40℃。

7 洗涤用水

7.1 水质要求

再生水用作洗涤用水时，可根据 GB/T 19923 确定水质要求，同时关注再生水的化学稳定性、生物稳定性等指标。

7.2 用户处理工艺

- 7.2.1 再生水供水水质不能满足工业用户需求时，可采取以下处理工艺，进行进一步处理。

再生水→消毒

再生水→混凝沉淀→消毒

再生水→介质过滤→消毒

再生水→混凝沉淀→介质过滤→消毒

再生水→超滤/微滤→消毒

再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→消毒

- 7.2.2 处理工艺各单元的设计参数应符合 GB 50335 的规定。

- 7.2.3 处理工艺各单元的适用范围、技术特点、运行参数、处理效果和运行注意事项宜参考附录 C。

8 工艺用水

8.1 水质要求

再生水用作工业企业的工艺用水时，根据国家标准、行业标准或工艺情况确定水质要求，对再生水直接利用或进一步处理后使用。

8.2 用户处理工艺

8.2.1 再生水用作工艺用水水源时，宜根据再生水水质、工艺用水水质要求和经济技术比较选择处理工艺。可采用以下工艺。

再生水→介质过滤→消毒

再生水→混凝沉淀→消毒

再生水→混凝沉淀→介质过滤→消毒

再生水→超滤/微滤→消毒

再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→消毒

再生水→超滤/微滤→反渗透→消毒

再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→反渗透→消毒

8.2.2 处理工艺各单元的设计参数应符合 GB 50335 的规定。

8.2.3 处理工艺各单元的技术特点、运行参数、处理效果和运行注意事项见附录 C。

8.3 安全保障

8.3.1 再生水用作工艺用水水源时，工业用户宜进行再生水水质对工艺的影响评价。

8.3.2 再生水用作工艺用水水源时，工业用户宜对再生水进行定期监测，保证水质合格。水质异常时，应尽快联系再生水厂，调整运行参数，提出改进措施，直至水质合格。

9 电子行业用水

9.1 水质要求

9.1.1 再生水用作电子和半导体工业用高纯清洗用水时，水质应达到 GB/T 11446.1 的要求。

9.1.2 再生水用作电子和半导体工业用高纯清洗用水时，宜关注尿素及其衍生物等小分子有机物指标。

9.2 用户处理工艺

9.2.1 再生水用作电子和半导体工业用高纯清洗用水时，可采取以下工艺，进行进一步处理。

再生水→超滤/微滤→反渗透→超纯水制备→超纯水

再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→反渗透→超纯水制备→超纯水

9.2.2 处理工艺各单元的设计参数应符合 GB 50335 的规定。

9.2.3 处理工艺各单元的技术特点、运行参数、处理效果和运行注意事项宜参考附录 C。

9.2.4 再生水用作电子和半导体工业用高纯清洗用水时，当上述工艺流程尚不能满足用户水质要求时，可增加电渗析除盐等深度处理单元。深度处理单元的运行参数、处理效率宜通过试验或按国内外已建成的工程实例确定。

9.3 安全保障

9.3.1 再生水用作电子和半导体工业用高纯清洗用水时，电子级水的检验应在有资质的检验部门进行。

9.3.2 电子级水的交收检验和例行检验宜符合 GB/T 11446.1 的要求。

10 产品用水

10.1 水质要求

再生水不宜直接用于食品、医药等产品用水。再生水用作产品用水水源时，根据国家标准、行业标准或产品情况确定水质要求，对再生水直接利用或补充处理后使用。

10.2 用户处理工艺

10.2.1 再生水用作产品用水水源时，宜根据再生水水质、工艺用水水质要求和经济技术比较选择处理工艺。宜采用以下工艺。

再生水→介质过滤→消毒

再生水→混凝沉淀→消毒

再生水→混凝沉淀→介质过滤→消毒

再生水→超滤/微滤→消毒

再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→消毒

再生水→超滤/微滤→反渗透→消毒

再生水→混凝沉淀→超滤/微滤→反渗透→消毒

10.2.2 处理工艺各单元的设计参数应符合 GB 50335 的规定。

10.2.3 处理工艺各单元的适用范围、技术特点、运行参数、处理效果和运行注意事项见附录 C。

10.3 安全保障

10.3.1 再生水用作产品用水水源时，工业用户宜进行再生水水质对产品质量的影响评价。

10.3.2 再生水作为产品用水水源的工业用户，宜对再生水进行定期监测，保证水质合格。水质异常时，应尽快联系再生水厂，调整运行参数，提出改进措施，直至水质合格。

11 水质监测与管理

11.1 用户进水水质监测项目宜包括 GB/T 19923 的基本控制项目和再生水厂供水协议中的所有水质指标。

11.2 用户进水水质监测分析方法和监测频率宜符合 GB/T 19923 的要求。

11.3 用户进水水质监测点宜设置在再生水总进水口。

11.4 用户处理系统出水的监测项目宜根据不同工业利用途径的用水水质要求选取。

11.5 工业用户宜根据用水水质要求，制定和规范用户处理系统出水水质检测和监控内容，明确检测指标、检测频率、检测方法等。

11.6 用户处理系统的水质监测点宜设置在用户处理系统总出水口。工业用户可在不同处理单元增设水质监测点。

11.7 再生水使用后，直接向地表水体排放污水的工业用户，其出水基本监测项目、监测方法和监测频率应符合 DB11/ 307 的要求。

11.8 再生水使用后，污水排入城镇下水道的工业用户，其出水基本监测项目、监测方法和监测频率应符合 GB/T 31962 的要求。

11.9 再生水使用后，采用园区集中处理污水模式的工业用户，宜与园区污水厂签订排污协议，明确排水水量和水质要求。

11.10 用户排水处理系统水质监测宜设置在工业用户总出水口。

12 健康风险管理

12.1 再生水输配管网应采用独立系统，不应与生活用水管道连接。

12.2 再生水管道要按规定清楚标识“再生水”等字样，在再生水管道及其配件的外壁涂上天酞蓝(PB09)识别色。

12.3 再生水管道用水点处应根据再生水利用具体用途设置相应的再生水警示和提示标识。

12.4 再生水工业用户宜关注再生水中的军团菌等致病微生物、有毒有害污染物。

12.5 再生水用作工业用水时，与再生水接触的工作人员应采取必要的防护措施，保证其身体健康不会受到不必要的影响。

13 生态风险管理

13.1 工业用户宜加强对污水排放的管理，关注工业生产过程或水处理过程投加药剂的去向，禁止排放重金属、有毒有害有机物和病原微生物超标的污水。

13.2 再生水使用后，直接向地表水体排放污水的工业用户，其水污染物的排放应符合 DB11/ 307 的要求。

13.3 再生水使用后，污水排入城镇下水道的工业用户，其水污染的排放应符合 GB/T 31962 的要求。

13.4 再生水使用后，采用园区集中处理污水模式的工业用户，宜关注工业废水的可生化性、重金属和有毒有害有机物等指标。

13.5 工业用户因试运行、停止运行或紧急情况排出含有高浓度药剂的污水时，或污水重金属、有毒有害有机物和病原微生物超标时，应设置贮存设施或结合全厂事故系统处置。

14 水质水量异常应对措施

14.1 工业用户宜与再生水厂建立沟通联动机制。当用户进水水质波动较大时，用户应及时联系再生水厂，解决进水水质异常问题。

14.2 再生水水源水质水量不稳定时，工业用户宜设置再生水调节池，并在池内加抑菌剂。

14.3 再生水水源可靠性不能保证时，工业用户应设置备用水源或应急供水方案。

14.4 用户处理系统、用水系统水质指标超出目标范围时，宜及时查明原因，采取应对措施，使其恢复正常运行状态。

15 应急和危机管理

15.1 工业用户应建立突发事件的应急预案，建立相应的应急管理体系，并按规定定期开展培训和演练。

15.2 应急预案宜包括对突发事件的界定、应急预案的启动程序、相关部门和人员的职责、与相关部门和机构的联络、停产安排、不符合标准的工业废水的储存和处置方法等。

附 录 A
(资料性)
化学稳定性评价

再生水化学稳定性评价指标包括单一指标和综合指标。化学稳定性单一指标及评价结论见表A. 1，综合指标及评价结论见表A. 2。不同管网材料和设备类型宜选取的化学稳定性评价指标见表A. 3。

表A. 1 再生水的化学稳定性评价单一指标

单一指标	单位	评价结论
pH	—	pH 值改变会破坏许多动态平衡反应，影响与化学稳定性相关的离子浓度。
总硬度	mg/L CaCO ₃	高硬度易导致结垢，低硬度易导致腐蚀。世界卫生组织在饮用水质量指南中提出硬度小于 100 mg/L CaCO ₃ 或超过 200 mg/L CaCO ₃ ，管道将分别发生腐蚀或结垢。
总碱度	mg/L CaCO ₃	以铁管为例，增加碱度会促进中间腐蚀产物 FeCO ₃ 的生成，进而氧化为稳定的三价铁氧化物(Fe ₃ O ₄ 、FeOOH 等)，沉积在管道上形成钝化膜，防止进一步腐蚀。
DO	mg/L	DO 作用于金属管道内壁表面时，会加速腐蚀；DO 作用于已形成腐蚀产物的表面时，会加速钝化膜形成，延缓或防止进一步腐蚀。
TDS	mg/L	高浓度的 SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻ 会增加水体电导率，加速离子和电子迁移速度，促进铁、铝、锰的腐蚀，但对铜、铬、锌、镍的腐蚀无影响。NO ₃ ⁻ 会大大加速铁在酸性溶液中的腐蚀，中性溶液中影响不大。
TSS	mg/L	TSS 可加剧水流对管道内壁的冲刷，破坏腐蚀表面层，促进腐蚀。悬浮固体可作为无机盐结晶的晶核，过量 TSS 会促进结垢。
浊度	NTU	TSS 的粒径大于 1 μm，浊度的粒径在 1 nm~1 μm 之间，也叫作胶体物质，胶体物质在结垢过程中起到关键作用，用浊度代替 TSS 评价水质化学稳定性更准确。

表A.2 再生水的化学稳定性综合指标

指标	数值	评价结论	适用范围
Langelier 饱和指数 LSI	< 0	具有腐蚀倾向	LSI 指标基于碳酸钙结垢, 适用于定性评价无防腐内衬金属管道如钢管、铸铁管、镀锌钢管等中无外加药剂水体的化学稳定性。LSI 指标局限性为: LSI 值相等的两个水样不能进行水质化学稳定性的比较; 当 LSI 值接近零时, 容易得出与实际相反的结论。
	= 0	基本稳定	
	> 0	具有结垢倾向	
Ryznar 稳定指数 RSI	< 3.7	严重结垢	RSI 指标是针对 LSI 指标的不足, 在大量实验基础上提出的半经验性指标。RSI 指标适用于间冷开式循环冷却水系统, 在 pH6.5~8 范围较为准确。美国环境保护署建议共同使用 LSI 和 RSI 指标评估水的腐蚀或结垢倾向。
	3.7~6	轻微结垢	
	= 6	基本稳定	
	6~7.5	轻微腐蚀	
	> 7.5	严重腐蚀	
碳酸钙沉淀势 CCPP	< -5	严重腐蚀	CCPP 指标可定量反映水中碳酸钙的理论沉淀值或溶解值, CCPP 指标同时受到水温、pH、碱度、钙硬度等多个参数的影响。一般情况下, CCPP 值可有效判别水质的化学稳定性, 但当水中存在腐蚀性离子(如氯离子)时, 仅凭 CCPP 指标无法准确判断水质的化学稳定性。
	-5~0	轻微腐蚀	
	0~4	基本稳定	
	4~10	轻微结垢	
	> 10	严重结垢	
侵蚀指数 AI	< 10	严重腐蚀	AI 指标适用于评估水泥管中的水质化学稳定性, 考虑了碱度、硬度和 pH 对腐蚀的影响。
	10~12	轻微腐蚀	
	> 12	基本稳定	
Larson 腐蚀指数 LR	< 0.3	基本稳定	LR 指标通常用于表征水对铁质管材的腐蚀性, 可评价氯离子、硫酸根离子等阴离子对水质化学稳定性的影响。
	0.3~0.7	轻微腐蚀	
	> 0.7	严重腐蚀	
Riddick 腐蚀指数 RI	< 25	基本稳定	RI 指标适用于硬度较低的水体, 除了包含与腐蚀相关的常规参数外, 考虑了水中硬度、碱度、硝酸盐、溶解氧、氯离子、二氧化硅等影响因素。若二氧化硅或 DO 数据缺乏, 也可删除二氧化硅和 DO 的乘积项
	25~50	轻微腐蚀	
	> 50	严重腐蚀	

表A.3 针对典型管网和设备推荐的化学稳定性评价指标

评价指标		管网材料					设备类型	
		钢管及镀锌钢管	水泥管、水泥砂浆内衬的金属管	塑料管	铸铁管及球墨铸铁管	有色金属管	锅炉	喷雾器
单一指标	pH	•	•	•	•	•	•	•
	总硬度	•	•		•	•	•	•
	总碱度	•	•		•	•	•	•
	DO	•	•		•	•	•	•
	TDS	•	•		•	•	•	•
	浊度	•	•	•	•	•	•	•
综合指标	LSI				•			•
	RSI	•					•	
	CCPP			•		•		
	AI		•					
	ILR				•		•	
	RI	•				•		•

注：•可选择

附 录 B
(资料性)
生物稳定性评价

再生水生物稳定性评价指标及适用范围见表B.1。

表B.1 生物稳定性评价指标

单一指标	单位	检测用时	优点	缺点	适用范围
生物可同化有机碳 (AOC)	$\mu\text{g/L}$	3 d~5 d	细菌对有机碳的需求远远高于其他营养物质；方便比较不同水样的结果。	仅仅反映了溶解性有机碳中容易被微生物利用的部分；操作复杂，费时费力。	适用于评价不同水质水样的生物稳定性。
可生物降解溶解性有机碳 (BDOC)	mg/L	28d	细菌对有机碳的需求远远高于其他任何营养物质；含有的有机物都能够被微生物降解。	分析灵敏度低（至少比AOC和BGP的检测限度高一个数量级）；与细菌生长没有明显的相关性。	适用于评价不同水质水样的生物稳定性。
细菌生长潜力 (BGP)	CFU/mL	5 d~7 d	操作简单，不需要特种菌种；细菌有较好的适应能力，对营养基质利用充分。	缺乏指导值和标准化方法；不同时间和空间尺度下不同水样品和同一样品的比较很困难。	适用于评价不同水质水样的生物稳定性。
生物膜形成速率 (BFR)	$\text{pg ATP/cm}^2\cdot\text{d}$	几周到几个月	大量的生物膜可以在营养物质水平较低的情况下形成。	极低浓度的易降解化合物可能会影响生物膜的形成；测试时间持续几周或几个月；操作复杂。	适用于评价营养物质水平较低的水样的水质生物稳定性。
微生物可利用磷 (MAP)	$\mu\text{g PO}_4\text{-P/L}$	3 d	即使在低浓度下，磷也可以被检测；与BDOC相比，所有细菌生长和繁殖都需要磷。	大多数水样中决定细菌生长的因素通常是碳。	适用于评价磷为细菌生长限制因素的水样的水质生物稳定性。

附 录 C
(资料性)
再生水用户处理技术

再生水混凝沉淀技术和介质过滤技术及参数见表C.1,膜处理技术的技术特点及参数见表C.2,消毒技术的技术特点及参数见表C.3。

表C.1 再生水混凝沉淀和介质过滤技术及参数

处理技术	技术特点	运行参数	处理效果	注意事项
混凝沉淀	经济、简便、适用范围广,对浊度、磷及表观色度均有较好的去除效果。	一般运行情况下宜为 2 mg/L~10 mg/L (以铁或铝计);混合反应时间宜为 10 min~15 min,沉淀时间宜为 60 min~120 min。	混凝沉淀出水浊度可达到 1 NTU~5 NTU; CODCr 去除率约为 10%~30%;根据来水总磷浓度,总磷去除率通常为 40%~80%。	
介质过滤	简单、经济、实用,运行稳定可靠,其中微絮凝-过滤具有一定的除磷效果。	粒径、滤层厚度及滤速等运行参数与采用的滤池形式有关。当采用 V 型滤池时,均质滤料滤层厚度宜为 1.0 m~1.5 m 左右,滤速宜采用 4 m/h~8 m/h,根据来水浊度确定反冲洗周期。	砂滤出水浊度<2 NTU;微絮凝-过滤对磷的去除与进水浓度以及絮凝剂投加量有关,去除率通常为 20%~50%。	采用微絮凝-过滤时,设计操作不当可能导致滤池反冲洗周期缩短、出水浊度升高。
滤布过滤	节省能耗,一般是常规气水反冲滤池能耗的 1/3;过滤水头小;占地面积小,维护使用简便。	水力负荷宜为 $6\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 16\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,滤盘直径一般为 0.90 m~3.00 m,滤盘反洗转速一般为 0.5 r/min~1.0 r/min。	对 SS 的去除率可达 50%以上。	当 SS 过高或黏附性较强时,滤布易发生污染和堵塞。

表C.2 再生水膜处理技术及参数

处理技术	技术特点	运行参数	处理效果	注意事项
微滤/超滤膜过滤	具有高效去除悬浮物和胶体物质的能力,出水水质优于常规介质过滤;占地面积小,自动化程度高;浸没式适用于使用沉淀-过滤工艺的城镇污水再生处理设施的升级改造。	运行参数与膜的过滤方式有关。外置式:操作压力宜 ≤ 0.2 Mpa,膜通量宜为 $40 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 70 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,反冲洗周期宜为 $30 \text{ min} \sim 60 \text{ min}$;浸没式:操作压力宜 ≤ 0.05 Mpa,膜通量宜为 $30 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \sim 50 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,反冲洗周期宜为 $30 \text{ min} \sim 60 \text{ min}$ 。	COD-Cr 去除率约为 $5\% \sim 30\%$,浊度 $< 0.2 \text{ NTU}$,水回收率 $\geq 90\%$ 。	浸没式采用负压抽吸方式出水,运行成本较外置式低 $20\% \sim 50\%$;外置式具有产水通量大,相同处理规模使用膜面积少,投资节省的优点。需定期进行在线和离线化学清洗,膜组件更换周期约为 $3 \text{ 年} \sim 5 \text{ 年}$ 。
反渗透技术	出水水质好,有机质和无机盐含量远低于其他膜处理技术的出水;可通过对反渗透浓水回收提高产水率。	进水污染指数(SDI15) < 3 ,运行压力 ≤ 2.0 Mpa。	一级两段反渗透产水率可大于 70% ,一级RO系统的脱盐率可大于 95% ,二级RO的脱盐率可大于 97% 。	反渗透对预处理要求高,一般要求有超滤或微滤预处理,并使用一次性的保安过滤器(一般采用 5 微米 滤元);反渗透出水pH值偏低,需根据水质需求进行调整;有大量浓水产生,浓水无机盐和有机质含量高,其处理处置需要给予充分的考虑;反渗透膜产生膜污染问题,每年需进行 $2 \text{ 次} \sim 6 \text{ 次}$ 膜的化学清洗, $3 \text{ 年} \sim 5 \text{ 年}$ 需更换膜组件;实际运行中,进水泵不能停水,冬季低温期需采取适当的保温措施。

表C.3 再生水消毒技术及参数

处理技术	技术特点	运行参数	注意事项
氯消毒	技术成熟，成本低，具有广谱的微生物灭活效果，余氯具有持续杀菌作用，剂量控制灵活可变。	常规消毒投加量宜为 6 mg/L~15 mg/L (以有效氯计)，氯与再生水的接触时间应不小于 30 min，再生水余氯含量及管网末端余氯含量应符合国家有关标准要求。	使用液氯消毒应注意储存与运输安全；再生水用于补给景观水体和观赏性水生动、植物养殖，在保证消毒效果的同时应避免过度消毒，防止余氯及消毒副产物对水生生物影响，在条件许可的情况下建议采用臭氧或紫外消毒技术；氯消毒对病原性原虫灭活效果差，可考虑采用联合消毒方式提高病原性原虫灭活效果，降低卤代消毒副产物生成量。
二氧化氯消毒	现场制备，具有优良的广谱微生物灭活效果和氧化作用。	二氧化氯与水应充分混合，投加量宜为 4 mg/L~10 mg/L (以有效氯计)，与再生水的有效接触时间应不少于 30 min。	使用氯酸钠和盐酸制备二氧化氯时应注意储存与运输安全；二氧化氯消毒产生亚氯酸、氯酸等消毒副产物。
紫外线消毒	不使用化学药品，具有广谱的微生物灭活效果；接触时间短，基本上不产生消毒副产物。	紫外线有效剂量参照《城市给排水紫外线消毒设备》(GB/T19837-2005)，接触时间宜为 5 s~30 s。	不具有持续消毒效果，输配时宜采取投加次氯酸钠等措施，防止病原微生物的复活和再生长水中 SS 及紫外灯管表面的积垢易降低紫外线消毒效率；紫外灯管寿命一般为一年，会产生含重金属的废弃灯管，需采取相应的安全处置措施。
臭氧消毒	现场制备，具有广谱的微生物灭活效果；同时兼有去除色度、臭味和部分有毒有害有机物的作用。	臭氧投加量宜为 8 mg/L~15 mg/L，接触时间宜为 10 min~20 min。	不具有持续消毒效果，输配时宜采取投加次氯酸钠等措施，防止病原微生物的复活和再生长；臭氧具有强氧化性，与臭氧接触的相关设施应采用耐氧化材料；臭氧有毒，气味难闻，必须设置尾气破坏装置，并采取防止臭氧泄漏的措施；宜采用后置生物过滤技术(如生物活性炭过滤)去除臭氧氧化中间产物(醛类物质等)。