

ICS 13.020.40
CCS P 41

团 体 标 准

T/CSTE 0290.3—2024

代替T/CSTE 0290.3—2022

城镇污水处理厂低碳运营服务“排行榜” 评价要求

Evaluation requirements for "ranking list" of low-carbon operation service
of municipal wastewater treatment plant

中国技术经济学会
Chinese Society of Technology Economics

2024-12-31 发布

2025-01-01 实施

中国技术经济学会 发布



中国技术经济学会

Chinese Society of Technology Economics



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可与发布机构获取。

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》和T/CAS 700—2023、T/CSTE 0321—2023《质量分级及“领跑者”评价标准编制通则》的规定起草。

本文件代替了T/CSTE 0290.3—2022《城镇污水处理厂低碳运营服务“排行榜”评价要求》。除结构调整和编辑性改动外，主要技术性变化如下：

——更改了章节2规范性引用文件（见章节2，2022年版的章节2）；

——章节4.1基本要求中更改了部分基本要求的表述，删除“城镇污水处理厂符合或高于GB/T 50125定义的设计规模 $10000\text{m}^3/\text{d}$ ”的基本要求（见章节4.1，2022年版的章节4.1）；

——章节4.2评价指标体系及要求中，删除指标“运营效果评价”，调整了部分指标表达和顺序（见表1，2022年版的表1）；

——增加了章节4.2.2关于单位污水耗电量的相关要求（见章节4.2.2）；

——增加了章节4.2.3关于单位耗氧污染物耗电量的相关要求（见章节4.2.3）；

——增加了章节4.2.4关于单位干污泥耗药量的相关要求（见章节4.2.4）；

——增加了章节4.2.5关于单位总氮削减碳源消耗量的相关要求（见章节4.2.5）；

——增加了章节4.2.6关于单位总磷削减磷药剂消耗量的相关要求（见章节4.2.6）；

——将原章节4.2.2调整到章节4.2.7（见章节4.2.7，2022年版的章节4.2.2）；

——章节5评价方法及等级划分更改了指标评价要求及等级划分（见表2，2022年版的表2）；

——在附录A（规范性）评价要求中的判定依据及方法中修改了公式A.1、A.2，补充了相关参数（见附录A，2022年版的附录A）；

——调整了附录C（规范性）低碳行为鼓励判定依据及方法的部分内容（见附录C，2022年版的附录C）；

——删除了附录D（资料性）城镇污水处理设施运营效果评价技术要求（见2022年版的附录D）。

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E20环境平台提出。

本文件由中国技术经济学会归口。

本文件起草单位：中节能国祯环保科技股份有限公司、北控水务集团有限公司、上海城投污水处理有限公司、苏伊士（上海）投资有限公司、北京碧水源科技股份有限公司、中环保水务投资有限公司、天津创业环保集团股份有限公司、光大水务（深圳）有限公司、中国标准化研究院、金风环保有限公司、中广核环保产业有限公司、株洲市城市排水有限公司、北京易二零环境股份有限公司。

本文件主要起草人：王颖哲、胡香、王伟亚、李涛、龚春辰、卢伟、陈广、吴悦岚、孙明华、蔡碧婧、陈春生、马泽宇、袁芳、崔欣欣、李金河、刘鹏、叶明琪、牛明达、张晓昕、黄进、霍晓东、矫忠直、周科、胡肖怡、王劲、谭潇、傅涛、何峰、李伟、肖琼。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2022年首次发布为T/CSTE 0290.3—2022；

——本次为第一次修订。

城镇污水处理厂低碳运营服务“排行榜”评价要求

1 范围

本文件规定了城镇污水处理厂低碳运营服务“排行榜”评价的基本要求、评价要求、评价方法及等级划分。

本文件适用于城镇污水处理厂低碳运营服务的质量及企业标准“排行榜”水平评价。相关机构开展质量分级和企业标准水平评估、“排行榜”评价以及相关认证时可参照使用，企业在制定企业标准时也可参照执行。

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 4284 农用污泥中污染物控制标准
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 14554 恶臭污染物排放标准
- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
- GB/T 18919 城市污水再生利用 分类
- GB/T 18920 城市污水再生利用 城市杂用水水质
- GB/T 18921 城市污水再生利用 景观环境用水水质
- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 19772 城市污水再生利用 地下水回灌水质
- GB/T 19923 城市污水再生利用 工业用水水质
- GB 20922 城市污水再生利用 农田灌溉用水水质
- GB/T 23331 能源管理体系 要求
- GB/T 23484 城镇污水处理厂污泥处置 分类
- GB/T 23485 城镇污水处理厂污泥处置 混合填埋用泥质
- GB/T 23486 城镇污水处理厂污泥处置 园林绿化用泥质
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24188 城镇污水处理厂污泥泥质
- GB/T 24600 城镇污水处理厂污泥处置 土壤改良用泥质
- GB/T 24602 城镇污水处理厂污泥处置 单独焚烧用泥质
- GB/T 25031 城镇污水处理厂污泥处置 制砖用泥质
- GB/T 25499 城市污水再生利用 绿地灌溉水质
- GB/T 45001 职业健康安全管理体系 要求及使用指南
- CJ/T 221 城市污水处理厂污泥检验方法
- CJ 3025 城市污水处理厂污水污泥排放标准
- CJJ 60 城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程
- CJJ 131 城镇污水处理厂污泥处理技术规程
- CJJ/T 228 城镇污水处理厂运营质量评价标准
- CJJ T 243 城镇污水处理厂臭气处理技术规程
- HJ 493 水质样品的保存和管理技术规定
- HJ 494 水质采样技术指导
- HJ 576 厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范
- HJ 577 序批式活性污泥法污水处理工程技术规范

- HJ 578 氧化沟活性污泥法污水处理工程技术规范
 HJ 978 排污许可证申请与核发技术规范 水处理（试行）
 HJ 2006 污水混凝与絮凝处理工程技术规范
 HJ 2007 污水气浮处理工程技术规范
 HJ 2008 污水过滤处理工程技术规范
 HJ 2009 生物接触氧化法污水处理工程技术规范
 HJ 2010 膜生物法污水处理工程技术规范
 HJ 2014 生物滤池法污水处理工程技术规范
 HJ 2038 城镇污水处理厂运行监督管理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低碳行为鼓励 low carbon behavior encouragement

对城镇污水处理厂设施设备低碳改造、优化运行、低碳建设、监测与核算等低碳行为进行鼓励，引导低碳运行。

4 评价要求

4.1 基本要求

- 4.1.1 城镇污水处理厂应稳定运营1年以上，近3年无较大及以上质量、环境、安全等事故。
 4.1.2 城镇污水处理厂未列入国家信用信息严重失信主体相关名录。
 4.1.3 城镇污水处理厂可根据GB/T 19001、GB/T 23331、GB/T 24001、GB/T 45001建立并运行相应的质量、能源、环境和职业健康安全管理体系，鼓励企业根据自身运营情况建立其他高水平的相关管理体系。
 4.1.4 城镇污水处理厂能源计量符合GB 17167规定，出厂污泥符合GB/T 24188规定，废气排放符合GB 14554、GB 16297规定，环境噪声符合GB 12348规定。
 4.1.5 城镇污水处理厂符合或优于GB18918规定的一级A污染物排放标准要求。
 4.1.6 城镇污水处理厂涉及污泥处理处置应符合GB 4284、GB/T 23484、GB/T 23485、GB/T 23486、GB/T 24600、GB/T 24602、GB/T 25031相关规定。
 4.1.7 城镇污水处理厂涉及再生水利用应符合GB/T 18919、GB/T 18920、GB/T 18921、GB/T 19772、GB/T 19923、GB 20922、GB/T 25499相关规定。
 4.1.8 城镇污水处理厂预处理设施、生物处理池、深度处理工艺、污泥处置设施、臭气处理设施、水回用设施、水质采样及水质监测等的运行和技术要求应满足CJJ 60、CJJ 131、CJT 221、CJJ/T 228、CJJ/T 243、CJ 3025、HJ 493、HJ 494、HJ 576、HJ 577、HJ 578、HJ 978、HJ 2006、HJ 2007、HJ 2008、HJ 2009、HJ 2010、HJ 2014、HJ 2038等的规定。

4.2 评价指标体系及要求

- 4.2.1 城镇污水处理厂低碳运营服务“排行榜”评价指标包括单位污水耗电量、单位耗氧污染物耗电量、单位干污泥耗药量、单位总氮削减碳源消耗量、单位总磷削减除磷药剂消耗量、评价碳排放强度、低碳行为鼓励、再生水利用率、厂区能源自给率，指标体系符合表1的规定。

表 1 城镇污水处理厂低碳运营服务“排行榜”评价指标体系

序号	评价要求指标	指标来源	指标水平分级			判断依据/ 方法	
			5星水平	4星水平	3星水平		
1	单位污水耗电量 (kW · h/m ³)	设计规模10万m ³ /d 以上	CJJ/T 228	≤0.25	≤0.30	≤0.35	CJJ/T 228
		设计规模10万m ³ /d 及以下		≤0.28	≤0.33	≤0.38	
2	单位耗氧污染物 耗电量 (kW · h/kg)	设计规模10万m ³ /d 以上	CJJ/T 228	≤1.3	≤1.8	≤2.3	CJJ/T 228
		设计规模10万m ³ /d 及以下		≤1.5	≤2.0	≤2.5	
3	单位干污泥耗药量 (kg/t)	CJJ/T 228	≤3.0	≤5.0	≤7.0	CJJ/T 228	
4	单位总氮削减碳源消耗量 (kgCOD/kg)	本文件	≤5.5	≤6.5	≤8	附录A.1	
5	单位总磷削减磷药剂消耗量 (mol/mol)	本文件	≤2.5	≤3.0	≤3.5	附录A.2	
6	评价碳排放强度 (kgCO ₂ /m ³)	本文件	≤0.35	≤0.45	≤1.00	附录B	
7	低碳行为鼓励 (项)	本文件	≥7	≥5	≥3	附录C	
8	再生水利用率 (%)	地级及以上缺水城 市	本文件	≥25	≥15	≥10	附录A.3
		其他		≥15	≥10	≥5	
9	厂区能源自给率 (%)	本文件	≥5	≥3	≥2	附录A.4	

注:以参评日前12个月为评价周期。

4.2.2 单位污水耗电量的指标取值,出水按 GB18918 规定的一级 A 污染物排放标准的执行表 1 数值;出水严于 GB18918 规定的一级 A 污染物排放标准(以执行标准为准)的在表 1 数值上乘以修正系数 1.2。

4.2.3 单位耗氧污染物耗电量的指标取值,进水按照 BOD₅ (生化需氧量浓度) ≥50mg/L,出水按 GB18918 规定的一级 A 污染物排放标准的执行表 1 数值;进水 BOD₅(生化需氧量浓度) < 50mg/L 或出水严于 GB18918 规定的一级 A 污染物排放标准(以执行标准为准)的在表 1 数值上乘以修正系数 1.2。

4.2.4 单位干污泥耗药量的指标取值按干物质量计,出厂污泥含水率不大于 80%的执行表 1 数据,出厂污泥含水率不大于 60%的在表 1 数值上乘以修正系数 1.2。

4.2.5 单位总氮削减碳源消耗量的指标取值,出水按 GB18918 规定的一级 A 污染物排放标准的执行表 1 数值;出水严于 GB18918 规定的一级 A 污染物排放标准(以执行标准为准,出水标准 TN (总氮浓度) < 15mg/L) 的在表 1 数值上乘以修正系数 1.2。

4.2.6 单位总磷削减除磷药剂消耗量的指标取值,出水标准 0.3mg/L < TP (总磷浓度) ≤ 0.5mg/L 的执行表 1 数值;出水标准 TP (总磷浓度) ≤ 0.3mg/L 的在表 1 数值上乘以修正系数 1.2。

4.2.7 评价城镇污水处理厂低碳运营服务低碳行为鼓励,要求实施相关低碳行为并满足要求的数量达到一定水平,相关行为包括但不限于除渣除砂设备效率评估与改造、泵组效率评估与改造、混合搅拌设备效率评估与改造、曝气系统效率评估与改造、污泥脱水系统效率评估与改造、用电分区计量与评估、药剂优选及精准投加、生物处理系统优化调控、碳排放核算、低碳运行自评价等。

5 评价方法及等级划分

城镇污水处理厂低碳运营服务“排行榜”的评价结果划分为5星级、4星级和3星级，各等级所对应的划分依据见表2。达到3星级要求及以上的企业标准并按照有关要求进行自我声明公开后均可进入城镇污水处理厂低碳运营服务的企业标准“排行榜”，评价结果作为城镇污水处理厂“领跑者”评价要求的依据之一。

表2 城镇污水处理厂低碳运营服务“排行榜”评价要求及等级划分

评价等级	满足条件	
5星级	基本要求	评价指标1~7项全部达到5星水平，8~9项至少1项达到5星水平。
4星级	基本要求	评价指标1~7项全部达到4星水平，8~9项至少1项达到4星水平。
3星级	基本要求	评价指标1~7项全部达到3星水平，8~9项至少1项达到3星水平。



附录 A

(规范性)

评价要求中的判定依据及方法

A.1 单位总氮削减碳源消耗量

指城镇污水处理厂评价周期内去除单位质量总氮实际消耗的碳源消耗量，参照下列公式计算：

$$F_N = \frac{\sum_{i=1}^t [(COD_{rai} - COD_{eai}) \times Q_{dai} \times 10^{-3} + PA_{dai}] }{\sum_{i=1}^t [(TN_{rai} - TN_{eai}) \times Q_{dai} \times 10^{-3}]} \quad (A.1)$$

式中：

F_N ——单位总氮削减碳源消耗量，单位：千克 COD/千克 (kgCOD/kg)；

COD_{rai} ——实际进水 COD 日均浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

COD_{eai} ——实际出水 COD 日均浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

PA_{dai} ——外加碳源日消耗量，单位：千克 COD/天 (kgCOD/d)；

TN_{rai} ——实际进水总氮日均浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

TN_{eai} ——实际出水总氮日均浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

Q_{dai} ——实际日污水处理量，单位：立方米/天 (m^3/d)。

评价周期内不加碳源的城镇污水处理厂评价时此项不作为限制性指标。

表 A.1 不同碳源的 COD 当量

常用碳源的种类	COD 当量 (kgCOD/kg)
乙酸钠	0.78
葡萄糖	1.07
甲醇	1.50
其他碳源	—

A.2 单位总磷削减除磷药剂消耗量

指城镇污水处理厂评价周期内去除单位质量总磷实际消耗的除磷药剂消耗量，参照下列公式计算：

$$F_P = \frac{\sum_{i=1}^t [PB_{dai} \times B \% \div [B] \times n]}{\sum_{i=1}^t [(TP_{rai} - TP_{eai}) \times Q_{dai} \div 3] \times 10^{-3}} \quad (A.2)$$

式中：

F_P ——单位总磷削减除磷药剂消耗量，单位：摩尔/摩尔 (mol/mol)；

PB_{dai} ——除磷药剂日消耗量，单位：千克/天 (kg/d)；

B ——除磷药剂中有效成分的含量，单位：%；

$[B]$ ——除磷药剂中有效成分的摩尔质量，单位：克/摩尔 (g/mol)；

n ——除磷药剂中有效成分分子中铝或铁的个数，单位：无量纲；

TP_{rai} ——实际进水总磷日均浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

TP_{eai} ——实际出水总磷日均浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

Q_{dai} ——实际日污水处理量，单位：立方米/天 (m^3/d)；

t ——评价周期内日历天数，单位：天 (d)。

表 A.2 不同除磷药剂分子组成情况

除磷药剂名称	有效成分分子表达式	有效成分摩尔质量 (g/mol)	有效成分分子中铝或铁 的个数
PAC	Al ₂ O ₃	102	2
FeCl ₃	FeCl ₃	162.5	1
PFS	Fe ₂ O ₃	160	2
Al ₂ (SO ₄) ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃	342	2
FeCl ₂	FeCl ₂	127	1
FeSO ₄	FeSO ₄	152	1

A.3 再生水利用率

根据GB/T 18919-2002《城市污水再生利用 分类》，城市污水再生利用用途包括五类：农林牧渔业用水、城市杂用水、工业用水、景观环境用水、补充水源水。

再生水利用率指城镇污水处理厂评价周期内再生水利用量与污水排放量的百分比，按下列公式计算：

$$F_Z = \frac{\sum_{i=1}^t Q_{zai}}{\sum_{i=1}^t Q_{pai}} \times 100\% \quad (\text{A.3})$$

式中：

F_Z ——再生水利用率，单位：%；

Q_{zai} ——污水处理厂第 i 天实际日再生水利用量，单位：立方米/天 (m^3/d)；

Q_{pai} ——污水处理厂第 i 天实际日处理污水排放量，单位：立方米/天 (m^3/d)；

t ——评价周期内日历天数，单位：天 (d)。

注：缺水城市：年均降雨量 < 200 毫米或人均水资源量 < 600 立方米。

A.4 厂区能源自给率

指城镇污水处理厂运行过程中，通过在厂区内外回收或产生一种或多种能源的总量占污水处理厂全部能源消耗量的百分比，按下列公式计：

$$F_E = \frac{E_W + E_g + E_b + E_q}{\sum_{i=1}^t E_{mai}} \times 100\% \quad (\text{A.4})$$

式中：

F_E ——厂区能源自给率，单位：%；

E_E ——污泥资源化年产出能量，单位：千瓦时 ($\text{kW}\cdot\text{h}$)；

E_g ——太阳能光伏发电年发电量，单位：千瓦时 ($\text{kW}\cdot\text{h}$)；

E_b ——水源热泵年制热量和制冷量，单位：千瓦时 ($\text{kW}\cdot\text{h}$)；

E_q ——其他途径年发电量，单位：千瓦时 ($\text{kW}\cdot\text{h}$)；

E_{mai} ——月度电耗，单位：千瓦时 ($\text{kW}\cdot\text{h}$)。

附录 B

(规范性)
评价碳排放强度

B.1 直接碳排放强度

B.1.1 CH₄ 直接碳排放强度

B.1.1.1 CH₄ 直接排放量

污水处理过程 CH₄ 直接排放主要发生在初沉池以及生物处理等单元存在的厌氧过程中，直接排放量按公式 (B.1.1.1) 计算。

$$m_{CH_4,i} = \frac{Q_{ra,i} \times (COD_{ra,i} - COD_{ea,i})}{1000} - SG \times P_{v,i} \times \rho_s J \times B_0 \times MCF - R_{CH_4,i} \times 0.717 \quad (B.1.1.1)$$

式中：

$m_{CH_4,i}$ —— 第*i* 天 CH₄ 直接排放量，单位：千克甲烷 (kgCH₄)；

$Q_{ra,i}$ —— 污水处理厂第 *i* 天进水水量，单位：立方米 (m³)；

$COD_{ra,i}$ —— 污水处理厂第 *i* 天平均进水 COD_{Cr} 浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

$COD_{ea,i}$ —— 污水处理厂第 *i* 天平均出水 COD_{Cr} 浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

SG_i —— 污水处理厂第 *i* 天产生的干污泥量，单位：千克干泥 (kgDS)；

$P_{v,i}$ —— 污水处理厂第 *i* 天干污泥的有机分，单位：%；

ρ_s —— 污泥中的有机物与 COD_{Cr} 的转化系数，取值为 1.42 kgCOD_{Cr}/kgDS；

B_0 —— 厌氧过程降解单位 COD_{Cr} 时 CH₄ 的产率系数，取值为 0.25 kgCH₄/kgCOD_{Cr}；

MCF —— 污水处理过程 CH₄ 修正因子，单位：无量纲。当初沉池正常刮泥排泥、厌氧和缺氧区充分混合搅拌、曝气池好氧区曝气均匀时，各构筑物内无污泥淤积，MCF 取值 0.003；当存在初沉池刮泥排泥不正常、厌氧或缺氧区搅拌不充分、曝气池好氧区曝气不均匀等状况时，构筑物内存在污泥淤积，MCF 取值 0.03；

$R_{CH_4,i}$ —— 污水处理厂第 *i* 天 CH₄ 回收体积，单位：立方米 (m³)；

0.717 —— 标准状况 (1 个标准大气压和温度 0 °C) 下 CH₄ 的密度，单位：千克甲烷/立方米 (kgCH₄/m³)。

注：干污泥量 DS 计量误差较大，应加强计量管理，通过物料衡算等方法核算核实 SG_i 数据，否则 $m_{CH_4,i}$ 计算结果偏差很大，甚至会出现负值。

B.1.1.2 CH₄ 直接碳排放强度计算

CH₄ 直接碳排放强度按公式 (B.1.1.2) 计算。

中国技术经济学会
Chinese Society of Technology Economics

$$E_{CH_4} = \frac{\sum_{i=1}^t (f_{CH_4} \times m_{CH_4,i})}{\sum_{i=1}^t Q_{ra,i}} \quad (B.1.1.2)$$

式中：

E_{CH_4} —— CH₄ 直接碳排放强度，单位：千克二氧化碳/立方米 (kgCO₂/m³)；

f_{CH_4} —— CH₄ 温室效应指数，单位：千克二氧化碳/千克甲烷 (kgCO₂/kgCH₄)，取值为 28；

$m_{CH_4,i}$ —— 第 *i* 天 CH₄ 直接排放量，单位：千克甲烷 (kgCH₄)；

$Q_{ra,i}$ —— 污水处理厂第 *i* 天进水水量，单位：立方米 (m³)。

t —— 评价周期内日历天数，单位：天 (d)。

B.1.2 CO₂ 直接排放强度

B.1.2.1 化石燃料燃烧 CO₂ 直接排放量

污水处理厂可能用到的化石燃料包括煤炭、汽油、柴油、煤油、液化石油气、天然气和焦炉煤气等，主要用于生产环节中锅炉、发电内燃机、运输车辆等设备运转所需的燃烧活动。

化石燃料燃烧 CO₂ 直接排放量按公式 (B.1.2.1) 计算。

$$m_{CO_2,i} = \sum_{j=1}^l (f_c \times M_{f,j}) \quad \dots \dots \dots \quad (B.1.2.1)$$

式中:

$m_{CO_2,i}$ —— 第 i 天化石燃料燃烧产生的 CO_2 直接排放量, 单位: 千克二氧化碳 ($kgCO_2$) ;

f_c —— 标准煤 CO_2 排放因子, 单位: 千克二氧化碳/千克标准煤 ($kgCO_2/kg$ 标准煤), 取值为 2.7725;

$M_{f,j}$ —— 第 j 种化石燃料使用量, 按标准煤计算, 单位: 千克标准煤 (kg 标准煤), f 代表化石燃料使用量;

j —— 化石燃料种类代号, 单位: 无量纲;

l —— 化石燃料种类数量, 单位: 无量纲。

B.1.2.2 CO_2 直接排放强度计算

CO_2 直接排放强度按公式 (B.1.2.2) 计算。

$$E_{CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^t m_{CO_2,i}}{\sum_{i=1}^t Q_{ra,i}} \quad \dots \dots \dots \quad (B.1.2.2)$$

式中:

E_{CO_2} —— CO_2 直接排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 ($kgCO_2/m^3$);

$m_{CO_2,i}$ —— 污水处理厂第 i 天化石燃料燃烧产生的 CO_2 直接排放量, 单位: 千克二氧化碳 ($kgCO_2$);

$Q_{ra,i}$ —— 污水处理厂第 i 天进水量, 单位: 立方米 (m^3);

t —— 评价周期内日历天数, 单位: 天 (d)。

B.1.3 直接碳排放强度计算

直接碳排放强度按公式 (B.1.3) 计算。

$$E_d = E_{CH_4} + E_{CO_2} \quad \dots \dots \dots \quad (B.1.3)$$

式中:

E_d —— 直接碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 ($kgCO_2/m^3$);

E_{CH_4} —— CH_4 直接碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 ($kgCO_2/m^3$);

E_{CO_2} —— CO_2 直接排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 ($kgCO_2/m^3$)。

B.2 间接碳排放强度

B.2.1 能耗碳排放强度

B.2.1.1 电耗碳排放强度计算

电耗为污水处理厂生产运行过程中的外购电量, 不包括办公区和生活区的用电量。电耗碳排放强度按公式 (B.2.1.1) 计算。

$$E_e = \frac{\sum_{i=1}^t (f_e \times W_i)}{\sum_{i=1}^t Q_{ra,i}} \quad \dots \dots \dots \quad (B.2.1.1)$$

式中:

E_e —— 电耗碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 ($kgCO_2/m^3$);

f_e —— 电耗碳排放因子, 单位: 千克二氧化碳/千瓦时 ($kgCO_2/kW\cdot h$), 取值详见表 B.1;

W_i —— 第 i 天用于生产运行的外购电量, 单位: 千瓦时 ($kW\cdot h$);

$Q_{ra,i}$ —— 污水处理厂第 i 天进水量, 单位: 立方米 (m^3);

t —— 评价周期内日历天数, 单位: 天 (d)。

表 B.1 电耗碳排放因子

电网名称	省份	[$kgCO_2/(kW\cdot h)$]
华北区域电网	北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区 ^b	0.9419 ^a
东北区域电网	辽宁省、吉林省、黑龙江省、内蒙古自治区 ^c	1.0826 ^a
华东区域电网	上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省	0.7921 ^a
华中区域电网	河南省、湖北省、湖南省、江西省、四川省、重庆市	0.8587 ^a

电网名称	省份	[kgCO ₂ / (kW · h)]
西北区域电网	陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区	0.8922 ^a
南方区域电网	广东省、广西壮族自治区、云南省、贵州省、海南省	0.8042 ^a

^a 数据取值来源为生态环境部发布的《2019年度减排项目中国区域电网基准线排放因子》；
^b 除赤峰、通辽、呼伦贝尔和兴安盟外的内蒙古地区采用“华北区域电网”碳排放因子；
^c 赤峰、通辽、呼伦贝尔和兴安盟采用“东北区域电网”碳排放因子。

B.2.1.2 热耗碳排放强度计算

热耗为污水处理厂生产运行过程中的外购热力，不包括办公区和生活区的热耗。热耗碳排放强度按公式 (B.2.1.2) 计算。

$$E_h = \frac{\sum_{i=1}^t (f_c \times M_{h,i})}{\sum_{i=1}^t Q_{ra,i}} \quad (\text{B.2.1.2})$$

式中：

E_h —— 热耗碳排放强度，单位：千克二氧化碳/立方米 (kgCO₂/m³)；

f_c —— 标准煤 CO₂ 排放因子，单位：千克二氧化碳/千克标准煤 (kgCO₂/kg 标准煤)，取值为 2.7725；

$M_{h,i}$ —— 第 i 天用于污水处理运行的外购热量，按标准煤计算，kg 标准煤，h 代表外购热量；

$Q_{ra,i}$ —— 污水处理厂第 i 天进水水量，单位：立方米 (m³)；

t —— 评价周期内日历天数，单位：天 (d)。

B.2.2 物耗碳排放强度

B.2.2.1 物耗碳排放量

物耗为污水处理厂生产运行过程中消耗的混凝剂、絮凝剂、碳源、消毒剂以及清洗剂等化学药剂。物耗碳排放量按公式 (B.2.2.1) 计算。

$$M_{c,i} = \sum_{g=1}^m (f_{c,g} \times M_{cg,i}) \quad (\text{B.2.2.1})$$

式中：

$M_{c,i}$ —— 污水处理厂第 i 天物耗 CO₂ 排放当量，单位：千克二氧化碳 (kgCO₂)，c 代表 CO₂；

$f_{c,g}$ —— 第 g 种化学药剂的 CO₂ 排放因子，单位：千克二氧化碳/千克 (kgCO₂/kg)，主要化学药剂的 CO₂ 排放因子详见表 B.2；未在表 B.2 中列出但实际消耗的其他化学药剂品种，污水处理厂应自行添加，并按照相关行业确定其 CO₂ 排放因子；未公布碳排放因子的化学药剂，宜按表 B.2 中“其他药剂”选择排放因子，为 1.60 kgCO₂/kg。

$M_{cg,i}$ —— 第 i 天使用第 g 种化学药剂的质量，单位：千克 (kg)；

g —— 化学药剂种类代号，单位：无量纲；

m —— 化学药剂种类数量，单位：无量纲。

表 B.2 化学药剂种类及其 CO₂ 排放因子

化学药剂	排放因子 [gCO ₂ /kg]
碱度	1.74 ^a
氢氧化钠 (50% 浓度)	1.12 ^b
甲醇	1.54 ^a
聚合氯化铝 (PAC)	1.62 ^a
硫酸铝	0.50 ^b
聚丙烯酰胺 (PAM)	1.50 ^a
六水三氯化铁	2.71 ^a
石灰	0.68 ^a

化学药剂	排放因子 (gCO ₂ /kg)
其他絮凝剂	2.50 ^a
次氯酸钠 (15% 浓度)	0.92 ^b
液氯	2.00 ^a
臭氧 (液)	8.01 ^b
双氧水 (50% 浓度)	1.14 ^b
其他消毒剂	1.40 ^a
其他药剂	1.60 ^a

a 数据取值来源为 Parravicini V, Svardal K, Krampe J. Greenhouse gas emission from wastewater treatment plants[J]. Energy Procedia, 2016, 97(2): 246–253;
b 数据取值来源为 <https://winnipeg.ca/>.

B.2.2.2 物耗碳排放强度计算

物耗碳排放强度按公式 (B.2.2.2) 计算。

$$E_c = \frac{\sum_{i=1}^t M_{c,i}}{\sum_{i=1}^t Q_{ra,i}} \quad (\text{B.2.2.2})$$

式中:

E_c ——物耗碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

$M_{c,i}$ ——污水处理厂第 i 天物耗 CO_2 排放当量, 单位: 千克二氧化碳 (kgCO_2), c 代表 CO_2 ;

$Q_{ra,i}$ ——污水处理厂第 i 天进水水量, 单位: 立方米 (m^3);

t ——评价周期内日历天数, 单位: 天 (d)。

B.2.3 间接碳排放强度计算

间接碳排放强度按公式 (B.2.3) 计算。

$$E_i = E_e + E_h + E_c \quad (\text{B.2.3})$$

式中:

E_i ——间接碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_e ——电耗碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_h ——热耗碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_c ——物耗碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3)。

B.3 碳排放强度

碳排放强度按公式 (B.3) 计算。

$$E_p = E_d + E_i \quad (\text{B.3})$$

式中:

E_p ——碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_d ——直接碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_i ——间接碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3)。

B.4 修正系数

B.4.1 处理规模修正系数

处理规模修正系数用于修正电耗碳排放强度, 用 k_1 表示。处理规模按评价周期内污水处理厂平均进水水量计, 以 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 为基准 ($k_1=1.00$), 不同处理规模对应的 k_1 详见表 B.3。

表 B.3 处理规模修正系数

处理规模 Q_{da} ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	k_1
$0 < Q_{da} \leq 30$	$k_1 = 0.91 + 0.056 Q_{da}$
$Q_{da} > 30$	1.10

B.4.2 耗氧污染物削减量修正系数

耗氧污染物削减量修正系数用于修正间接碳排放强度，用 k_2 表示，以 250 mg/L 为基准 ($k_2=1.00$)，不同耗氧污染物削减量对应的 k_2 详见表 B.4。

耗氧污染物以 BOD_5 和 TKN 计 (如无实测每日进出水 BOD_5 ，可根据本厂进水和出水 B/C 将 COD_{Cr} 换算成 BOD_5 ；如无实测进水 TKN ，则以 TN 近似代替)。

耗氧污染物削减量按公式 (B.4.2) 计算。

$$\Delta X = \frac{\sum_{i=1}^t Q_{rb,i} \times (\text{BOD}_{rb,i} + 3.5 \times \text{TKN}_{rb,i}) - \sum_{i=1}^t Q_{eb,i} \times (\text{BOD}_{eb,i} + 3.5 \times \text{NH}_3-N_{eb,i})}{\sum_{i=1}^t Q_{eb,i}} \quad (\text{B.4.2})$$

式中：

ΔX —— 耗氧污染物削减量，单位：毫克/升 (mg/L)；

t —— 评价周期内日历天数，单位：天 (d)；

$\text{BOD}_{rb,i}$ —— 污水生物处理单元第 i 天平均进水 BOD_5 浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

$\text{BOD}_{eb,i}$ —— 污水生物处理单元第 i 天平均出水 BOD_5 浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

$\text{TKN}_{rb,i}$ —— 污水生物处理单元第 i 天平均进水 TKN 浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

$\text{NH}_3-N_{eb,i}$ —— 污水生物处理单元第 i 天平均出水 NH_3-N 浓度，单位：毫克/升 (mg/L)；

$Q_{rb,i}$ —— 污水生物处理单元第 i 天进水水量，单位：立方米 (m^3)；

$Q_{eb,i}$ —— 污水生物处理单元第 i 天出水水量，单位：立方米 (m^3)。

注：如预处理或一级处理后没有溢流或跨越，污水处理厂进水水量即为污水生物处理单元的进水水量；如无污水生物处理单元的进出水 BOD_5 浓度，可用污水处理厂进出水 BOD_5 浓度近似代替；如无污水生物处理单元进水 TKN 浓度，可用污水处理厂进水 TN 浓度近似代替。

表 B.4 耗氧污染物削减量修正系数

耗氧污染物削减量 ΔX (mg/L)	k_2
$0 < \Delta X \leq 500$	$k_2 = 1.875 - 0.0035 \Delta X$
$\Delta X > 500$	0.125

B.4.3 出水排放标准修正系数

出水排放标准修正系数用于修正间接碳排放强度，用 k_3 表示。出水排放标准按 COD_{Cr} 浓度限值界定，以 GB 18918—2002 表1 中一级A 限值为基准 ($k_3=1.00$)，不同排放标准对应的 k_3 详见表 B.5。

表 B.5 出水排放标准修正系数

出水排放标准等级	规定的 COD_{Cr} 浓度限值 (mg/L)	k_3
低于一级A	≥ 60	1.18
一级A	50	1.00
高于一级A	40	0.82
	≤ 30	0.64

B.4.4 臭气控制程度修正系数

臭气控制程度修正系数用于修正电耗碳排放强度，用 k_4 表示，以无除臭为基准 ($k_4=1.00$)，不同除臭方式对应的 k_4 详见表 B.6。

表 B.6 臭气控制程度修正系数

除臭方式		k_4
无除臭		1.00
部分除臭		0.95
全部除臭	加盖	0.90
	地下式	0.79

B.5 评价碳排放强度

B.5.1 直接碳排放修正强度计算

直接碳排放强度无修正，直接碳排放修正强度按公式（B.5.1）计算。

式中：

E_{dc} ——直接碳排放修正强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_d ——直接碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3)。

B.5.2 间接碳排放修正强度计算

间接碳排放修正强度按公式 (B.5.2) 计算。

式中：

E_{ic} ——间接碳排放修正强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_e ——电耗碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_h ——热耗碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_c ——物耗碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/吨。

k_1 ——处理规模修正系数, 单位: 无量纲;

k_2 ——耗氧污染物削减量修正系数, 单位: 无量纲。

k_3 ——出水排放标准修正系数, 单位: 无量纲;

B.5.3 评价碳排放强度计算

评价碳排放强度核算公式（P.5.2）计算

评价碳排放强度按公式 (B.5.3) 计算。

式中：

E_{pc} — 评价碳排放强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3);

E_{dc} ——直接碳排放修正强度，单位：千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3)；

E_{ic} ——间接碳排放修正强度, 单位: 千克二氧化碳/立方米 (kgCO_2/m^3)。

附录 C

(规范性)

低碳行为鼓励判定依据及方法

C.1 除渣除砂设备效率评估与改造

指开展了除渣除砂设备效率评估及设备改造，实现设备效率提升。其中，判断除渣除砂设备改造前后的效率提升率，可按下列公式计算验证：

$$\Delta\eta_s = \frac{\eta_{s2} - \eta_{s1}}{\eta_{s1}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (C.1)$$

式中：

$\Delta\eta_s$ ——除渣除砂设备效率提升率 (>0)，单位：%；

η_{s1} ——改造前除渣除砂设备效率，单位：%；

η_{s2} ——改造后除渣除砂设备效率，单位：%。

C.2 泵组效率评估与改造

指开展了泵组效率评估及设备改造，实现设备效率提升。其中，判断泵组改造前后的效率提升率，可按下列公式计算验证：

$$\Delta\eta_b = \frac{\eta_{b2} - \eta_{b1}}{\eta_{b1}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (C.2)$$

式中：

$\Delta\eta_b$ ——泵组效率提升率 (>0)，单位：%；

η_{b1} ——改造前泵组效率，单位：%；

η_{b2} ——改造后泵组效率，单位：%。

C.3 混合搅拌设备效率评估与改造

指开展了混合搅拌设备效率评估及设备改造，实现设备效率提升。其中，判断混合搅拌设备改造前后的效率提升率，可按下列公式计算验证：

$$\Delta\eta_j = \frac{\eta_{j2} - \eta_{j1}}{\eta_{j1}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (C.3)$$

式中：

$\Delta\eta_j$ ——混合搅拌设备效率提升率 (>0)，单位：%；

η_{j1} ——改造前混合搅拌设备效率，单位：%；

η_{j2} ——改造后混合搅拌设备效率，单位：%。

C.4 曝气系统效率评估与改造

指开展了曝气系统效率评估及设备改造，实现系统效率提升。其中，判断曝气系统改造前后的效率提升率，可按下列公式计算验证：

$$\Delta\eta_a = \frac{\eta_{a2} - \eta_{a1}}{\eta_{a1}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (C.4)$$

式中：

$\Delta\eta_a$ ——曝气系统效率提升率 (>0)，单位：%；

η_{a1} ——改造前曝气系统效率，单位：%；

η_{a2} ——改造后曝气系统效率，单位：%。

C.5 污泥脱水系统效率评估与改造

指开展了污泥脱水系统效率评估及设备改造，实现系统效率提升。其中，判断污泥脱水系统改造前后的效率提升率，可按下列公式计算验证：

$$\Delta\eta_d = \frac{\eta_{d2} - \eta_{d1}}{\eta_{d1}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (C.5)$$

式中：

$\Delta\eta_d$ ——污泥脱水系统效率提升率（ >0 ），单位：%；

η_{d1} ——改造前污泥脱水系统效率，单位：%；

η_{d2} ——改造后污泥脱水系统效率，单位：%。

C.6 用电分区计量与评估

指开展生产用电和生活用电单独计量及评估，形成1套及以上评估报告，判断依据为查验评估报告等文件及证明材料。

C.7 药剂优选及精准投加

指开展实验优选化学药剂种类、优化投加点、设置精准加药控制系统，形成实验报告，提升了加药系统效能，判断依据为查验实验报告等文件及证明材料。

C.8 生物处理系统优化调控

指定期校核并调整SRT、回流比，提升生化系统效能，判断依据为查验生产记录等文件及证明材料。

C.9 碳排放核算

指按附录B开展碳排放强度核算并形成1套及以上年度碳排放核算报告，判断依据为查验碳排放核算报告等文件及证明材料。

C.10 低碳运行自评价

指开展低碳运行自评价并形成1套及以上年度低碳运行评价报告，判断依据为查验运行评价报告等文件及证明材料。



参 考 文 献

- [1] GB/T 50125 给水排水工程基本术语标准
- [2] T/CSTE 0290.1 质量分级及“领跑者”评价要求 城镇污水处理厂
- [3] T/CSTE 0290.2 城镇污水处理厂精细运营管理“排行榜”评价要求
- [4] T/CSTE 0290.4 城镇污水处理厂社会开放服务“排行榜”评价要求
- [5] T/CSTE 0290.5 城镇污水处理厂智慧运营管理“排行榜”评价要求
- [6] T/CSTE 0290.6 城镇污水处理厂资源再生服务“排行榜”评价要求
- [7] T/CSTE 0290.7 城镇污水处理厂生态优化服务“排行榜”评价要求
- [8] T/CAEPI49 污水处理厂低碳运行评价技术规范



中国技术经济学会
Chinese Society of Technology Economics