

XXXX

国标准

T/CUWA *****-20**

城镇供水系统碳足迹核算及低碳运行评价 技术标准

(征求意见稿)

Technical standard for carbon emission accounting and low-carbon assessment of urban water supply systems

(Draft for Solicitation of Comments)

Xxx 发布

Xxx 实施

中国城镇供水排水协会

(扉页)

(公告)

前　　言

根据中国城镇供水排水协会《关于印发<2023年中国城镇供水排水协会团体标准制订计划>的通知》（中水协〔2023〕05号）的要求，标准编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本标准。

本标准主要技术内容是：总则、术语、基本规定、供水系统运行碳排放核算、给水厂运行低碳评价、基础数据采集与质量控制。

本标准的某些内容可能直接或间接地涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任，对所涉专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

本标准可能涉及必不可少的专利，编制单位承诺已确保专利权人或者专利申请人同意在公平、合理、无歧视基础上，免费许可任何组织或者个人在实施该标准时实施其专利。

本标准由中国城镇供水排水协会标准化工作委员会归口管理，由北京首创生态环保集团股份有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送北京首创生态环保集团股份有限公司（地址：北京市西城区车公庄大街21号，邮政编码：100032）。

本标准主编单位：北京首创生态环保集团股份有限公司

本标准参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

目 录

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	供水系统运行碳排放核算	4
4.1	一般规定	4
4.2	取水设施碳排放量	5
4.3	输水设施碳排放量	6
4.4	净水设施碳排放量	6
4.5	配水设施碳排放量	7
4.6	替碳量	7
4.7	供水系统运行碳排放量	7
5	给水厂运行低碳评价	9
5.1	一般规定	9
5.2	实际碳排放强度	9
5.3	理论碳排放强度	10
5.4	低碳分值	10
5.5	低碳评价报告	12
6	基础数据采集与质量控制	14
	附录 A 排放因子	15
	附录 B 供水系统基础数据信息采集表	17
	附录 C 低碳评价报告	20
	本标准用词说明	22
	引用标准名录	23
	附：条文说明	24

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	3
4	Carbon accounting of operational emissions of water systems	4
4.1	General requirements	4
4.2	Carbon accounting of water intake facilities	5
4.3	Carbon accounting of water transmission facilities	6
4.4	Carbon accounting of water purification facilities	6
4.5	Carbon accountning of water distribution facilities	7
4.6	Carbon accounting of renewable substitution	7
4.7	Carbon emissions of water system	7
5	Carbon emission assessment of water plants' operational stage	9
5.1	General requirements	9
5.2	Actural carbon emission accounting	9
5.3	Predicted carbon emission accouting	10
5.4	Score of carbon emission assessment	10
5.5	Report of carbon emission assessment	12
6	Data acquisition and quality control	14
	Appendix A Emission factors	15
	Appendix B Table for data collection of water company	17
	Appendix C Table references for carbon emission report	20
	Explanation of wording in this standard	22
	List of quoted standards	23
	Addition: Explanation of provisions	24

1 总 则

1.0.1 为规范城镇供水系统运行碳排放量核算及城镇给水厂运行低碳评价，指导供水系统的优化设计和运行管理，推动行业节能减排、减碳降碳，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城镇供水系统新建、改建和扩建后正式运行的相关设施碳排放量核算与低碳评价。

1.0.3 城镇供水系统相关设施运行碳排放量核算与低碳评价除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城镇供水系统 urban water supply system

由原水取集、输送、处理和成品水供配各关联设施所组成的总体。

2.0.2 碳排放量 carbon emissions

特定时段内向大气中释放温室气体的量，通过全球变暖潜能值折算的二氧化碳当量（以 kg CO₂-eq 计）。温室气体种类包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）。

2.0.3 替碳 renewable substitution

在规定评价边界和时间范围内，通过采用清洁能源电力替代化石能源电力消耗，从而减少系统温室气体排放的措施或效果。

2.0.4 排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的碳排放量的系数。

2.0.5 低碳评价 low-carbon assessment

在规定的评价边界和时间范围内，对城镇给水厂的碳排放水平进行定量核算与综合评估的活动。

2.0.6 实际碳排放强度 actual carbon emission intensity

在规定评价边界和时间范围内，基于实际运行数据核算得到的单位供水量对应的碳排放量（以 kgCO₂-eq/m³ 计）。

2.0.7 理论碳排放强度 theoretical carbon emission intensity

在规定评价边界、时间范围、服务规模和技术条件下，依据行业平均运行工况假设计算得到的单位供水量对应的碳排放量（以 kgCO₂-eq/m³ 计）。

2.0.8 碳排放效率比 carbon emission efficiency ratio

在规定评价边界和时间范围内的实际碳排放强度与理论碳排放强度之比。

3 基本规定

3.0.1 城镇供水系统相关设施运行碳排放量核算与低碳评价应坚持客观公正、科学合理、公开透明、实事求是的原则。

3.0.2 城镇供水系统相关设施运行碳排放量核算与低碳评价主体应以企业法人或视同法人的独立核算单位为边界。

3.0.3 城镇供水系统相关设施应包括取水、输水、净水和配水，分别覆盖取水设施、原水输水管道、给水厂和配水管网。

4 供水系统运行碳排放核算

4.1 一般规定

4.1.1 城镇供水系统运行的碳排放应包括：电力能源消耗、固定式能源燃料与外购热力等非电力能源消耗、化学药剂消耗、工艺材料消耗、排泥水和药剂的运输工具使用等产生的碳排放量（图 4.1.1）。

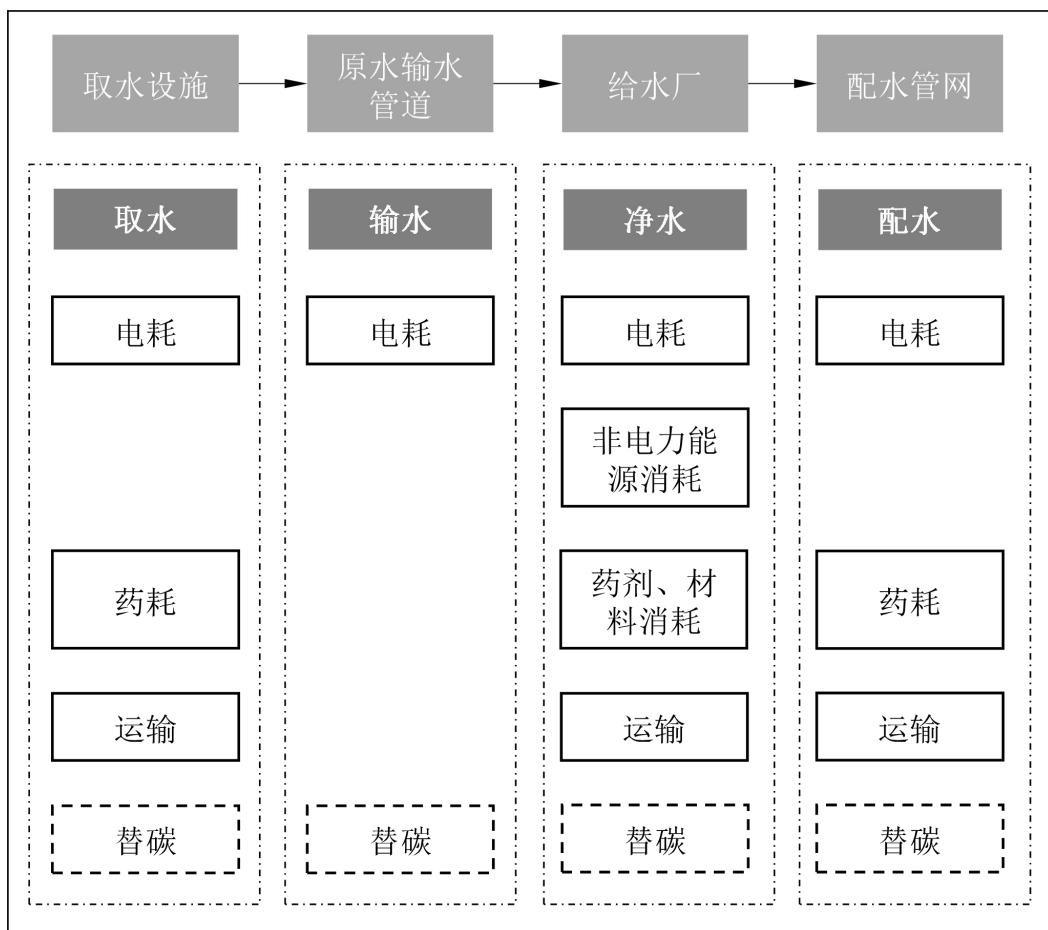


图 4.1.1 城镇供水系统运行碳排放核算分项框架图

4.1.2 城镇供水系统相关设施安装光伏发电等替碳设施时，应将产生的替碳量单独计算并计入碳排放量。

4.1.3 碳排放核算应优先采用本地排放因子，缺少本地排放因子时应采用全国平均值。

4.2 取水设施碳排放量

4.2.1 取水设施碳排放应包括电力消耗、药剂消耗及运输工具使用产生的碳排放量。

4.2.2 电力消耗碳排放量应按下式计算：

$$E_{qe} = M_{qe} \times EF_e \quad (4.2.2)$$

式中： E_{qe} —— 取水设施电力消耗年碳排放量，kg CO₂-eq/a；

M_{qe} —— 取水设施年耗电总量，kWh/a；

EF_e —— 电力排放因子，kg CO₂-eq/kWh，按本标准附录 A.0.1 的规定取值。

4.2.3 化学药剂消耗碳排放量应按下式计算：

$$E_{qy} = \sum_i (M_{qy,i} \times EF_{y,i}) \quad (4.2.3)$$

式中： E_{qy} —— 取水设施药剂消耗产生的年碳排放量，kg CO₂-eq/a；

$M_{qy,i}$ —— 取水设施第 i 种药剂的年消耗总量，kg/a 或 m²/a；

$EF_{y,i}$ —— 第 i 种药剂的排放因子，kg CO₂-eq/kg，按本标准附录 A.0.2 的规定取值。

4.2.4 运输工具使用碳排放量应按下式计算：

$$E_{qs} = \sum_{i=1, j=1} (M_{qs,i,j} \times L_{qs,i,j} \times EF_{s,j}) \quad (4.2.4)$$

式中： E_{qs} —— 取水设施运输工具使用产生的年碳排放量，kg CO₂-eq/a；

$M_{qs,i,j}$ —— 第 i 种耗材、使用第 j 种运输工具的年消耗总量，t/a；

$L_{qs,i,j}$ —— 第 i 种耗材、使用第 j 种运输工具对应的运输距离，km；

$EF_{s,j}$ —— 第 j 种运输工具排放因子，kg CO₂-eq/(t·km)，按本标准附录 A.0.3 的规定取值。

4.3 输水设施碳排放量

4.3.1 输水设施碳排放应包括压力输水管道电力消耗产生的碳排放量。

4.3.2 电力消耗碳排放量 (E_{se}) 计算应按本标准第 4.2.2 条规定执行。

4.4 净水设施碳排放量

4.4.1 净水设施碳排放应包括电力消耗、固定式能源燃料消耗、药剂消耗、其他材料消耗及运输工具使用产生的碳排放量。

4.4.2 电力消耗碳排放量 (E_{je}) 计算应按本标准第 4.2.2 条规定执行。

4.4.3 固定式能源燃料与外购热力等非电力能源消耗的碳排放量应按下式计算：

$$E_{jh} = \sum_i (M_{jh,i} \times EF_{h,i}) \quad (4.4.3)$$

式中： E_{jh} —— 净水设施非电力能源消耗产生的年碳排放量， $\text{kg CO}_2\text{-eq/a}$ ；

$M_{jh,i}$ —— 净水设施第 i 种非电力能源的年消耗总量， TJ/a ；

$EF_{h,i}$ —— 第 i 种非电力能源的排放因子， $\text{kg CO}_2\text{-eq/TJ}$ ，按本标准附录 A.0.4 的规定取值。

4.4.4 药剂消耗碳排放量 (E_{jy}) 计算应按本标准第 4.2.3 条规定执行。

4.4.5 滤料、滤膜等使用寿命超过一年的材料消耗的碳排放量应按下式计算：

$$E_{jc} = \sum_i \frac{1}{n_i} (M_{jc,i} \times EF_{c,i}) \quad (4.4.5)$$

式中： E_{jc} —— 净水设施滤料、滤膜等材料消耗产生的年碳排放量， kg

$\text{CO}_2\text{-eq/a}$ ；

$M_{jc,i}$ —— 净水设施第 i 种材料的年消耗总量， kg/a 或 m^2/a ；

$EF_{c,i}$ —— 第 i 种材料的排放因子， $\text{kg CO}_2\text{-eq/kg}$ ，其中膜材料排放因子，

$\text{kg CO}_2\text{-eq}/\text{m}^2$, 按本标准附录 A.0.3 的规定取值;

n_i —— 净水设施第 i 种材料的使用年限, a。

4.4.6 运输工具使用产生的碳排放量 (E_{js}) 计算应按本标准第 4.2.4 条规定执行。

4.5 配水设施碳排放量

4.5.1 配水设施碳排放应包括电力消耗、药剂消耗及运输工具使用产生的碳排放量。

4.5.2 电力消耗的碳排放量 (E_{pe}) 应按本标准第 4.2.2 条规定执行。

4.5.3 药剂消耗的碳排放量 (E_{py}) 应按本标准第 4.2.3 条规定执行。

4.5.4 运输工具使用产生的碳排放量 (E_{ps}) 应按本标准第 4.2.4 条规定执行。

4.6 替碳量

4.6.1 城镇供水系统相关设施替碳量应包括光伏发电等设施所补偿的碳排放量。

4.6.2 光伏发电设施替碳量应按下式计算。

$$E_{i,t} = -M_{i,t} \times EF_e \quad (4.6.2)$$

式中: $E_{i,t}$ —— 城镇供水系统相关设施 i 年替碳量, $\text{kg CO}_2\text{-eq}/\text{a}$;

$M_{i,t}$ —— 城镇供水系统相关设施 i 光伏板年发电有效利用量, kWh/a ;

EF_e —— 电力排放因子, $\text{kg CO}_2\text{-eq}/\text{kWh}$, 按本标准附录 A.0.1 的规定取值。

4.7 供水系统运行碳排放量

4.7.1 城镇供水系统运行碳排放量应按下列公式计算:

$$E_T = E_q + E_s + E_j + E_p \quad (4.7.1-1)$$

$$E_q = E_{qe} + E_{qy} + E_{qs} + E_{qt} \quad (4.7.1-2)$$

$$E_s = E_{se} + E_{st} \quad (4.7.1-3)$$

$$E_j = E_{je} + E_{jh} + E_{jy} + E_{jc} + E_{js} + E_{jt} \quad (4.7.1-4)$$

$$E_p = E_{pe} + E_{py} + E_{ps} + E_{pt} \quad (4.7.1-5)$$

式中： E_T —— 城镇供水系统运行碳排放量，kg CO₂-eq/a；

E_q —— 城镇供水系统取水设施碳排放量，kg CO₂-eq/a；

E_s —— 城镇供水系统输水设施碳排放量，kg CO₂-eq/a；

E_j —— 城镇供水系统净水设施碳排放量，kg CO₂-eq/a；

E_p —— 城镇供水系统配水设施碳排放量，kg CO₂-eq/a；

$E_{i,t}$ —— 城镇供水系统相关设施替碳量，i 为 q、s、j、p 分别对应取水设施、输水设施、净水设施、配水设施，kg CO₂-eq/a。

4.7.2 城镇供水系统运行碳排放强度应按下式计算：

$$I_i = \frac{E_i}{Q_i} \quad (4.7.2)$$

式中： I_i —— 城镇供水系统或第 i 个相关设施运行碳排放强度，kg CO₂-eq/m³；

E_i —— 城镇供水系统或第 i 个相关设施运行年碳排放量，kg CO₂-eq/a；

Q_i —— 城镇供水系统或第 i 个相关设施运行年处理水量，m³/a。

5 给水厂运行低碳评价

5.1 一般规定

- 5.1.1** 城镇给水厂运行低碳评价主体应包括给水处理设施与二次加压泵站。
- 5.1.2** 城镇给水厂运行低碳评价碳排放核算应符合下列规定：
- 1** 碳排放应包括电力消耗、固定式能源燃料与外购热力等非电力能源消耗、药剂消耗及运输工具使用产生的碳排放量；
 - 2** 核算排放因子应采用全国平均值；
 - 3** 滤料、膜等使用寿命超过一年的材料消耗产生的碳排放量不得纳入；
 - 4** 光伏发电等产生的替碳量不得纳入。
- 5.1.3** 城镇给水厂运行低碳评价应在完成竣工验收、连续达标运行满一年后进行。
- 5.1.4** 城镇给水厂运行低碳评价周期应以一个自然年度为基础单元。
- 5.1.5** 城镇给水厂运行低碳评价过程应包括实际碳排放强度核算、理论碳排放强度核算、低碳分值计算与碳排放等级确定四个步骤。

5.2 实际碳排放强度

- 5.2.1** 城镇给水厂运行实际碳排放强度 (I_j) 应符合本标准第 4 章的有关规定，并应按下列公式计算：

$$E_j = E_{je} + E_{jh} + E_{jy} + E_{js} \quad (5.2.1-1)$$

$$I_j = \frac{E_j}{Q_j} \quad (5.2.1-2)$$

式中： E_j —— 城镇给水厂运行年碳排放量， $\text{kg CO}_2\text{-eq}/\text{m}^3$ ；

I_j —— 城镇给水厂运行年平均碳排放强度, kg CO₂-eq/a;

Q_j —— 城镇给水厂年处理水量, m³/a。

5.2.2 应编写碳排放活动及核算结果报告, 并作为低碳评价报告附件。

5.3 理论碳排放强度

5.3.1 城镇给水厂运行理论碳排放强度应按下式计算:

$$I_{jl} = 0.232 - 0.014 \times \lg Q_P - 0.21 \times B + 0.023 \times \lg C + 0.041 \\ \times S + 0.04 \times \lg P \quad (5.3.1)$$

式中: I_{jl} —— 城镇给水厂理论碳排放强度, kg CO₂-eq/m³;

Q_P —— 城镇给水厂年生产水规模, ×10⁴ m³/a;

B —— 城镇给水厂运行负荷率;

C —— 年平均进水氨氮浓度, mg/m³;

S —— 有无深度处理, 取 0 或 1;

P —— 年平均出场压力, kPa。

5.3.2 应编写数据来源、数据处理及核算结果报告, 并作为低碳评价报告附件。

5.3.3 城镇给水厂运行理论碳排放强度计算公式宜每两年更新一次。

5.4 低碳分值

5.4.1 城镇给水厂运行碳排放效率比应按下式计算:

$$IR = \frac{I_j}{I_{jl}} \quad (5.4.1)$$

式中： IR —— 碳排放效率比；

I_j —— 城镇给水厂实际碳排放强度， $\text{kg CO}_2\text{-eq}/\text{m}^3$ ；

I_{jl} —— 城镇给水厂理论碳排放强度， $\text{kg CO}_2\text{-eq}/\text{m}^3$ 。

5.4.2 城镇给水厂运行的低碳分值 S 范围为 1-100 分，应根据本标准第 5.4.1 条所得碳排放效率比与低碳分值表进行赋分，低碳分值应按表 5.4.2 选取。

表 5.4.2 低碳分值表

低碳分值	效率比	低碳分值	效率比
100	[0.0000, 0.1558)	50	[0.8593, 0.8704)
99	[0.1558, 0.1871)	49	[0.8704, 0.8822)
98	[0.1871, 0.2338)	48	[0.8822, 0.8949)
97	[0.2338, 0.2672)	47	[0.8949, 0.9060)
96	[0.2672, 0.2943)	46	[0.9060, 0.9172)
95	[0.2943, 0.3184)	45	[0.9172, 0.9283)
94	[0.3184, 0.3384)	44	[0.9283, 0.9394)
93	[0.3384, 0.3585)	43	[0.9394, 0.9528)
92	[0.3585, 0.3763)	42	[0.9528, 0.9639)
91	[0.3763, 0.3941)	41	[0.9639, 0.9773)
90	[0.3941, 0.4097)	40	[0.9773, 0.9884)
89	[0.4097, 0.4243)	39	[0.9884, 1.0018)
88	[0.4243, 0.4408)	38	[1.0018, 1.0129)
87	[0.4408, 0.4542)	37	[1.0129, 1.0261)
86	[0.4542, 0.4675)	36	[1.0261, 1.0396)
85	[0.4675, 0.4809)	35	[1.0396, 1.0530)
84	[0.4809, 0.4942)	34	[1.0530, 1.0663)
83	[0.4942, 0.5054)	33	[1.0663, 1.0797)
82	[0.5054, 0.5187)	32	[1.0797, 1.0952)
81	[0.5187, 0.5299)	31	[1.0952, 1.1086)
80	[0.5299, 0.5432)	30	[1.1086, 1.1217)
79	[0.5432, 0.5543)	29	[1.1217, 1.1376)
78	[0.5543, 0.5676)	28	[1.1376, 1.1531)
77	[0.5676, 0.5766)	27	[1.1531, 1.1687)
76	[0.5766, 0.5877)	26	[1.1687, 1.1843)
75	[0.5877, 0.6011)	25	[1.1843, 1.1999)
74	[0.6011, 0.6112)	24	[1.1999, 1.2176)
73	[0.6112, 0.6230)	23	[1.2176, 1.2333)
72	[0.6230, 0.6322)	22	[1.2333, 1.2511)
71	[0.6322, 0.6425)	21	[1.2511, 1.2689)

70	[0.6425, 0.6466)	20	[1.2689, 1.2889)
69	[0.6466, 0.6673)	19	[1.2889, 1.3067)
68	[0.6673, 0.6796)	18	[1.3067, 1.3268)
67	[0.6796, 0.6872)	17	[1.3268, 1.3490)
66	[0.6872, 0.6993)	16	[1.3490, 1.3712)
65	[0.6993, 0.7094)	15	[1.3712, 1.3913)
64	[0.7094, 0.7218)	14	[1.3913, 1.4158)
63	[0.7218, 0.7352)	13	[1.4158, 1.4403)
62	[0.7352, 0.7481)	12	[1.4403, 1.4648)
61	[0.7481, 0.7516)	11	[1.4648, 1.4915)
60	[0.7516, 0.7633)	10	[1.4915, 1.5204)
59	[0.7633, 0.7751)	9	[1.5204, 1.5516)
58	[0.7751, 0.7781)	8	[1.5516, 1.5827)
57	[0.7781, 0.7947)	7	[1.5827, 1.6184)
56	[0.7947, 0.8050)	6	[1.6184, 1.6540)
55	[0.8050, 0.8111)	5	[1.6540, 1.6963)
54	[0.8111, 0.8259)	4	[1.6963, 1.7408)
53	[0.8259, 0.8370)	3	[1.7408, 1.7920)
52	[0.8370, 0.8482)	2	[1.7920, 1.8476)
51	[0.8482, 0.8593)	1	[1.8476, $+\infty$)

5.4.3 给水厂碳排放水平等级应按表 5.4.3 确定。

表 5.4.3 碳排放水平等级表

低碳分值	碳排放水平等级
$S \geq 90$	优
$90 > S \geq 80$	良
$80 > S \geq 60$	中
$60 > S$	差

5.5 低碳评价报告

5.5.1 评价完成后，应将数据采集、分值计算过程、评价等级及结论整理形成报告，实现评价过程的规范化、系统化、文档化。

5.5.2 评价报告的撰写可参考本标准附录 C，宜包括下列内容：

- 1** 城镇给水厂基本信息；
- 2** 评价基础数据来源、排放因子取值等信息；
- 3** 评价流程各阶段的结果；
- 4** 其他需要说明的问题。

6 基础数据采集与质量控制

6.0.1 数据资料采集应符合下列规定：

- 1 应按本标准附录 B.0.1 的要求采集整理碳排放核算与低碳评价所需的数据；
- 2 运行数据宜从城镇供水系统统计报表获取。如有缺失，宜取估算值或经验数据补足，并详细说明；
- 3 城镇供水系统能耗计量计算应符合国家现行标准《综合能耗计算通则》GB/T 2589 的有关规定，数据采集应符合国家现行标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB 17167 与《计量器具检定周期确定原则和方法》JJF 1139 的有关规定；
- 4 采集的数据资料应真实、可靠，有据可查。

6.0.2 宜建立碳核算及碳评价数据库或综合管理平台进行数据常态化管理。

6.0.3 数据资料核查应符合下列规定：

- 1 应对数据的真实性、准确性和完整性进行核查；
- 2 在一个自然年内不同来源数据之间的差别应控制在 5% 以内；
- 3 对于异常值，应通过同期对比、连续性对比或关联性验证，确保数据的合理性。

6.0.4 数据质量控制应符合下列规定：

- 1 宜建立企业碳排放核算和低碳评价的规章制度，包括负责机构和人员、工作流程和内容；
- 2 宜建立健全碳排放数据记录管理体系；
- 3 应记录并归档所有的数据质量控制活动。

附录 A 排放因子

A.0.1 电力碳排放因子宜按表 A.0.1 取值。

表 A.0.1 不同省份电力碳排放因子 (kg CO₂-eq/kWh)

省份	排放因子	省份	排放因子
北京	0.5580	河南	0.6058
天津	0.7041	湖北	0.4364
河北	0.7252	湖南	0.4900
山西	0.7096	广东	0.4403
内蒙古	0.6849	广西	0.4044
辽宁	0.5626	海南	0.4184
吉林	0.4932	重庆	0.5227
黑龙江	0.5368	四川	0.1404
上海	0.5849	贵州	0.4989
江苏	0.5978	云南	0.1073
浙江	0.5153	陕西	0.6558
安徽	0.6782	甘肃	0.4772
福建	0.4092	青海	0.1567
江西	0.5752	宁夏	0.6423
山东	0.6410	新疆	0.6231
全国平均电力排放因子		0.5366	

A.0.2 化学药剂、材料等碳排放因子宜按表 A.0.2 取值。

表 A.0.2 化学药剂、材料碳排放因子

药剂/材料	排放因子 (kg CO ₂ -eq/kg)	药剂/材料	排放因子 (kg CO ₂ -eq/kg)
臭氧	11.36	硫酸亚铁	0.03
聚合氯化铝	0.53	氯化铁	0.26
次氯酸钠	0.99	液氯	0.93
二氧化氯	9.31	氯酸钠	5.11
碳酸钠	0.95	生石灰	1.1
聚丙烯酰胺	1.48	硫酸铝	0.16
活性炭	3.75	氢氧化钠	1.02
硫酸铵	1.08	膜材料 (kg CO ₂ -eq/m ²)	3.25

砂石滤料	0.2	填料材料	5.5
------	-----	------	-----

A.0.3 运输碳排放因子宜按表 A.0.3 取值。

表 A.0.3 各类运输方式碳排放因子

运输方式	排放因子 (kg CO ₂ -eq/(t·km))
轻型汽油货车运输 (载重 2 t)	0.334
中型汽油货车运输 (载重 8 t)	0.115
重型汽油货车运输 (载重 10 t)	0.104
轻型柴油货车运输 (载重 2 t)	0.104
中型柴油货车运输 (载重 8 t)	0.286
重型柴油货车运输 (载重 10 t)	0.179
重型柴油货车运输 (载重 18 t)	0.162
重型柴油货车运输 (载重 30 t)	0.129
重型柴油货车运输 (载重 46 t)	0.078
电力机车运输	0.057
内燃机车运输	0.010
铁路运输 (中国市场平均)	0.011
液货船运输 (载重 2 000 t)	0.010
干散货船运输 (载重 2 500 t)	0.019
集装箱船运输 (载重 200 TEU)	0.015
	0.012

A.0.4 化石燃料燃烧和外购热力的碳排放因子宜按表 A.0.4 取值。

表 A.0.4 化石燃料燃烧和外购热力的碳排放因子 (kg CO₂-eq/TJ)

燃料	排放因子	燃料	排放因子
炼焦煤	103398	液化石油气	63267
烟煤	103398	炼厂干气	57767
无烟煤	107098	煤焦油	89498
焦炭	19498	天然气	56267
原油	73739	焦炉煤气	44567
汽油	69739	焦炭制气	10867
煤油	72339	柴油	74539
热蒸汽等其他 外购热力	110000		

附录 B 供水系统基础数据信息采集表

B.0.1 城镇供水系统相关设施碳排放核算与低碳评价数据采集宜按表 B.0.1 进行。

表 B.0.1 数据采集与核查表

(企业名称) 运行数据统计表			
基本信息栏			
公司驻地		服务人口 (万人)	
水源水质特征 (地表水/ 地下水/水质类别等)			服务范围 (km ²)
供水规模 (m ³ /d)		水源 (河/湖/江等)	
供水系统构成	<input type="checkbox"/> 取水设施 <input type="checkbox"/> 原水输水管道	<input type="checkbox"/> 净配水厂 <input type="checkbox"/> 配水管网	
取水设施 (请根据上文勾选供水系统相关设施相应填写)			
年取水量 (m ³ /a)		年电能消耗量 (kWh/a)	
取水构筑物型式 (m ³ /a)		主要机电设备及性能参数 (kWh/a)	
投加药剂种类		年药剂消耗量 (kg/a)	
使用运输工具类型		运输距离 (km)	
光伏发电量 (kWh/a)	(可选)		
原水输水管道			
年输水量 (m ³ /a)		管材	
管径 (mm)		输水管道长度 (km)	
年电能消耗量 (kWh/a)		光伏发电量 (kWh/a)	(可选)
净配水厂			

水厂设计规模 (m ³ /d)		年供水能力 (m ³ /d)	
有无深度处理		原水年平均水温 (°C)	
原水 COD 浓度 (mg/L)		原水 NH ₄ ⁺ 浓度 (mg/L)	
年电能消耗量 (kWh/a)		光伏发电量 (kWh/a)	(可选)
其他能源消耗量 (kg/a)		二级泵站年平均出厂压力 (pa)	
光伏发电量 (kWh/a)	(可选)		
化学药剂 消耗量	类型	年消耗量 (kg/a)	至厂运输工具 (类型/吨位)
	铁盐		
	铝盐		
	液氯		
	次氯酸钠		
	二氧化氯		
	氯胺		
	(其他)		
	(其他)		
排泥水	(外运量)		
寿命超过 1年的其 他耗材	类型	本年度更 换量	至厂运输工具 (类型/吨位)
	滤料		
	膜		
配水管网			
年配水量 (m ³ /a)		年电能消耗量 (kWh/a)	
管材		管径范围	
管网长度(km)		配水管网特征	
光伏发电量 (kWh/a)	(可选)		
药剂	类型	年消耗量 (kg/a)	运输方式
			(类型/吨位)
	次氯酸钠		
	二氧化氯		
	氯胺		
	(其他)		
采集人		采集日期	

核查人		核查日期	
备注			

附录 C 低碳评价报告

C.0.1 城镇给水厂运行低碳评价报告宜按表 C.0.1 进行。

表 C.0.1 低碳评价报告

(企业名称) 低碳评价报告			
基础数据信息			
公司驻地		服务人口 (万人)	
水源水质特征 (地表水/地下水/水质类别等)		服务范围 (km ²)	
供水规模 (m ³ /d)		水源 (河/湖/江等)	
供水系统构成	<input type="checkbox"/> 取水设施 <input type="checkbox"/> 原水输水管道 <input type="checkbox"/> 净配水厂 <input type="checkbox"/> 配水管网		
成果报告			
项目概况			
数据资料及报告存档			
综合评价结果			
实际碳排放总量(kg CO ₂ -eq/年)		理论碳排放量 (kg CO ₂ -eq/年)	
效率比		低碳得分	

问题及改进建议

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“按……执行”。

引用标准名录

《综合能耗计算通则》 GB/T 2589

《用能单位能源计量器具配备和管理通则》 GB 17167

《工业企业温室气体排放核算和报告通则》 GB/T 32150

《水资源（水量）监测技术规范》 DB37/T 3858

团体标准

城镇供水系统碳足迹核算及低碳运行评价
技术标准

T/CUWA *****—20**

条 文 说 明

1 总 则

1.0.1 本标准主要规范了两部分内容：1) 供水系统相关设施的碳排放核算；2) 城镇给水厂的低碳评价。仅进行碳核算时，则只参考碳核算部分内容即可（第4章节）；若要进行低碳评价，则需要先核算、再评价。由于基础数据限制，本标准仅对供水系统的“城镇给水厂”设施运行构建了低碳评价模型和方法，包括水处理设施与厂内的加压泵站；暂不包括取水、输水与配水设施。如果评价主体有其他供水系统相关设施运行的完整数据，可依据本条文说明有关评价方法的构建流程将其他供水系统相关设施纳入进来。

需要说明的是，低碳评价的实质是基于“碳排放”这个综合指标评价给水厂的运行“技术水平”，目的是通过同行对比（尤其是跟行业先进水平）推动技术提升。因此，仅碳排放核算时，核算结果应代表核算对象的真实碳排放量大小；而低碳评价中的碳排放核算则应能代表评价对象的真实技术水平。也就是说，仅核算与用于低碳评价的核算存在一定区别，具体详见正文后续条款和相应条文说明。

1.0.2 已投运城镇给水厂运行低碳评价并不是一个陌生或完全新的事物，不必谈“碳”色变。如上所述，低碳评价的实质是评价城镇给水厂的运行技术水平，而运行技术水平的大小又通过电耗、药耗强度大小来体现，因此，低碳评价也可以说是对电耗、药耗强度的综合评价。实际上，城镇给水厂在保障城镇居民安全饮用水的前提下，一直在通过工艺升级、管理优化等进行效率提升，比如降低电耗和药耗使用量。因此，低碳评价和城镇供水厂一直以来的降本增效是一致的，只是用碳排放一个指标代替了能耗、药耗等多个分类指标，更加简洁和科学，这也符合我国加快由能耗双控向碳排放双控转变的一致性。

2 术 语

2.0.7 理论碳排放强度也可称为预测碳排放强度，是在当前城镇给水厂平均运行技术水平下，基于城镇给水厂的规模、负荷率、原水水质、进水水温等客观条件、环境因素通过公式预测得到的碳排放强度。

2.0.8 碳排放效率比是本标准所规范低碳评价的关键指标，即实际碳排放强度与理论碳排放强度的比值，为无量纲数，表征某一城镇给水厂运行的实际碳排放强度与行业平均碳排放强度的差距。举例来讲，A厂实际碳排放强度0.5 kg CO_{2-eq}/m³，根据A厂的规模、进水水质情况、水力满负荷率等客观因素，如果A厂在行业平均水平下运行预测的碳排放强度是0.6 kg CO_{2-eq}/m³；那么A厂的碳排放效率比是0.83<1，也就是说A厂的运行技术水平是高于行业平均水平的。反之，如果效率比>1，则A厂运行技术水平低于行业平均水平。

4 供水系统运行碳排放核算

4.1 一般规定

4.1.1 供水系统水源水质较好，有机物含量低，处理过程一般不考虑生化反应产生的温室气体排放。供水系统运行碳排放核算的边界划定应根据所辖的供水系统相关设施范围灵活确定，然后选择对应的核算公式计算汇总即可。核算边界范围应根据供水系统相关设施是否属于企业法人控制设施，譬如跨区域调水，如果属于企业法人则应考虑，否则不予考虑，如南水北调设施。取水设施承担水源取水功能，其电耗主要为取水泵站电耗；原水输水管道为取水设施与净配水厂之间的输送通道，可分为压力输水和重力输水两种形式，其中压力输水需设置输水泵站并产生电耗，重力输水依靠地形高差输送不消耗电能；净配水厂电耗包括处理电耗和泵站电耗两部分，前者为混合、反应、沉淀、过滤、消毒等工艺相关设施运行电耗，后者为泵送设备电耗；配水管网电耗为泵送设备电耗。本标准所涉及的化学药剂主要用于供水系统的混凝、消毒、pH调节及深度净化等处理环节。化学药剂包括以下类别：氧化与消毒类药剂：臭氧、次氯酸钠、液氯、二氧化氯、氯酸钠；混凝与助凝类药剂：聚合氯化铝、硫酸铝、氯化铁、硫酸亚铁、聚丙烯酰胺；碱性与pH调节类药剂：碳酸钠、氢氧化钠、生石灰。在此需要说明的是，电力能耗消耗是城镇供水系统相关设施运行消耗的电力总量，不区分是外输还是自由光伏板供电，而光伏发电的碳补偿则应单独考虑，详见4.1.2条文说明。

4.1.2 当供水系统相关设施安装有光伏板时，光伏发电会相应减少外输电力量。如果在计算相关设施碳排放量时，考虑的电力消耗量为外输电量，则不需要再考

虑光伏发电的替碳量。但以上处理不能清晰的看出该设施真正的电耗水平，为此，在计算碳排放量时，应根据总电耗计算碳排放量，然后光伏发电的替碳量单独考虑。这样，更能清晰的展示出该设施的能源构成与碳排放构成。

4.1.3 当碳排放核算结果用于量化核算对象碳排放量时，应保证科学、准确，因此宜采用本地化排放因子，比如电耗碳排放计算时采用本地化电力排放因子。

4.2 取水设施碳排放量

4.2.2 计算电力消耗碳排放量时，年耗电总量是指该设施消耗的所有来源的电能，包括外输电量、可能得自有光伏发电量。

4.3 取水设施碳排放量

4.3.1 如果原水输水管道如果是重力输水，则无需核算。

4.6 替碳量

4.6.2 目前，国内部分给水厂安装了光伏发电设施，一般仅供给水厂使用，可满足水厂 10%~20% 的耗电量。如果光伏发电部分电量外输则也应计入替碳量。

5 低碳运行评价

5.1 一般规定

5.1.2 如 1.0.1 条文说明所述，当碳排放核算结果用于低碳评价时，碳排放结果应能代表给水厂的真实运行技术水平。因此，用于低碳评价的碳排放核算应注意以下几条：

- 1 此处的电力消耗为总电力消耗，包括外输的电量及光伏发电量等。

2 低碳评价的原则应公平、合理，不同地区的给水厂可能会因能源结构的不同导致电力排放因子不同，但如果用各自本地排放因子核算，则会有失公允。譬如，同规模的 A 厂与 B 厂消耗了等量电能（可以理解为技术水平相当），但 A 厂所在省份电力排放因子远小于 B 厂，如果分别用当地的排放因子，则会导致 A 厂与 B 厂碳排放结果存在偏差，无法代表真实的运行技术水平。因此，应统一采用全国平均值。

3 此处写的电力消耗净配水厂碳排放不包含使用寿命在一年以上的材料消耗导致的碳排放，比如滤料或滤膜的更换。原因如下：膜材料的替换，与其本身质量、生产工艺等关联较大，其更换频次并不能单一代表城镇给水厂运行技术的先进与否，因此本标准不予以考虑，这也符合 ISO 14040/14044 的要求。而且，由于膜材料一般需要几年才能更换，更换数据并不是每年都会有。因此，如果是对给水厂全生命周期运行碳排放量核算时，滤料与滤膜数据方便获取，其碳排放量应该计入。对于每年的运行低碳评价，数据也不容易获取，因此在此不考虑。另外，为了更公平的让碳排放强度反映出电耗等活动数据，也不包括光伏设施的替碳量。

4 该条款实质上等同于 2 所述，即光伏发电实质上影响的是电力排放因子。譬如，同规模的 A 厂与 B 厂消耗了等量电能（可以理解为技术水平相当），但 A 厂安装有光伏发电（假设占比 20%），如果考虑光伏发电，则会导致 A 厂与 B 厂碳排放结果存在偏差，无法代表真实的运行技术水平。另外，从碳减排的角度来说，通过技术优化减少电耗量要优先于通过光伏板代替外输电量，因为如果过度依赖光伏发电会降低技术革新动力。因此，为了更好的用电耗代表运行水平，如果给水厂安装有光伏板，在应用本标准进行低碳评价时不得将替碳量计入。这跟国际上的通行做法是一致的。从另一个角度来说，是应该鼓励给水厂安装光伏板的，通过绿电来实现碳减排。这时可以单独设置一个附加指标，效率比是主指标，但并不赋权重（主指标和附加指标衡量的是“不同性质的能力”，不满足可加性与同一评价维度的前提；如果强行设置权重则会导致整个评价体系的科学性被推翻），可以用矩阵来展示，信息量更大（如下表 1），本标准暂不考虑。

表 1 主指标+附加指标二维矩阵

	效率比得分高	效率比得分低
光伏减排高	★★★★★（标杆）	★★★
光伏减排低	★★★	★

5.1.3 低碳评价时，所核算的碳排放水平应该准确代表城镇供水系统相关设施的真实运行效率。因此，进行低碳评价时应保证城镇供水系统相关设施已经处于稳定运行状态。

5.2 实际碳排放强度核算

5.2.1 如 4.1.3 所述，核算结果用于低碳评价时，排放因子应统一采用全国平均值（目前只有电力有各地区因子和全国平均值）。

5.3 理论碳排放强度核算

5.3.1 公式 5.3.1 用于计算城镇给水厂运行的理论碳排放强度，是基于与城镇给水厂碳排放强度息息相关的客观属性指标、在行业平均运行效率下的预测碳排放强度。本标准构建的模型最终包含的因素包括处理规模、出厂压力、运行负荷率、进水氨氮浓度以及是否有深度处理。该公式确定流程与方法如图 1 所示。

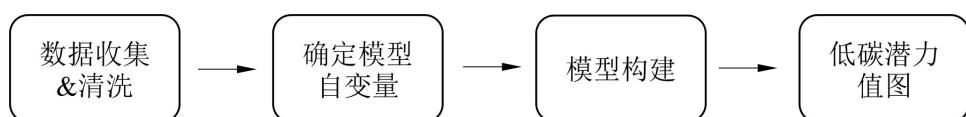


图 1 理论碳排放计算公式确定流程和方法

1 数据来源：城镇供水系统运行数据来源于中国城镇供水排水协会发布的《2022 年城镇水务统计年鉴（供水）》（简称年鉴），年鉴以供水公司为单位，共汇总了 31 个省市 1268 条供水公司运营数据，包括净水处理规模、净水阶段耗电量、二级泵站耗电量、从业人员数量、药耗、管网长度、漏损次数、出厂压力

等。

2 数据核查与清洗：数据清洗主要是为了剔除异常值、保证分析结果的准确性与代表性。清洗共分三步：1) 第一步是数据完整度核查，即是否包含低碳评价模型构建所需的数据，经过核查，只有 212 条数据包含所有的数据信息，用于后续步骤；2) 第二步是马氏距离筛选异常值，核心原理是通过统计距离识别偏离整体分布的样本，共剔除 24 条数据，剩余 188 条数据；3) 第三步是 Z-score 人工检验异常值，Z-score 通常用于衡量数据点偏离均值的程度，当数据点与均值的差值是标准差的 3 倍及以上时，数据点作为异常值被剔除，共剔除 13 条数据，剩余 175 条数据用于后续低碳评价模型的构建。

3 确定模型自变量：该步的关键是识别出显著影响城镇供水系统碳排放强度的变量。与城镇供水系统有关的数据共有 10 种，通过相关性分析识别出显著影响因素共有 8 种 ($p \leq 0.05$)，包括规模、负荷率、服务人口、进水平均温度、有无深度处理工艺、水源氨氮浓度、水源 COD 浓度与出厂压力（表 2）。继而对以上显著相关的自变量进行共现性分析，其中，服务人口与规模具有明显的共现性，继而保留了后者。另外，部分水厂设计有深度处理工艺，以提高出厂水质，该行为应予以鼓励，因此，有无深度处理工艺作为非连续性变量，也在模型中予以考虑。此外，水源氨氮年平均浓度与给水厂碳排放强度具有相关关系，因此在模型中予以考虑。最终确认的自变量为处理规模、出厂压力、有无深度处理、负荷率与水源氨氮浓度。另外，在构建模型前，对一些正态性分布明显右偏的变量进行了对数变换，继而用最小二乘法进行了回归分析得到模型方程（公式 5.3.1），各个自变量的系数及常量见表 3。

表 2 变量相关性分析表

碳排放强度 (kgCO ₂ -eq/m ³)	指标	Lg (供水总量)	进水水温 (°C)	人口密度 (万人/km ²)	年平均出场压力乘积 (KPa)
	皮尔逊相关性	-0.178**	-0.075	-0.066**	0.155*
	显著性	0.018	0.432	0.385	0.039
	指标	负荷率 (%)	有无深度处理	水源氨氮年平均浓度 (mg/m ³)	水源 COD 年耗总量 (mg/m ³)
	皮尔逊相关性	-0.288**	0.134	0.035	0.038
	显著性	<0.001	0.038	0.046	0.617

**：在 0.01 级别（双尾），相关性显著；*：在 0.05 级别（双尾），相关性显著。

表 3 模型构建系数表

模型	未标准化系数	t	显著性
	B		
(常量)	0.232	3.895	<0.001
Lg (供水总量) (万 m ³ /年)	-0.014	-2.303	0.022
负荷率 (%)	-0.210	-7.818	<0.001
Lg (水源氨氮浓度) (mg/m ³)	0.023	2.013	0.046
有无深度处理	0.041	1.332	0.185
Lg (年平均出场压力) (KPa)	0.040	1.578	0.116

5.4 低碳分值计算

5.4.2 根据上节构建的模型，计算了 175 个供水公司的理论碳排放量及实际碳排放量，并计算得到碳排放效率比并制作累积分布图（图 2）。而待评价城镇供水系统的低碳分值即是 1 减去累积分布百分数。譬如，当某城镇供水系统的效率比对应的累积百分比是 25%，则表明只有 25% 的供水系统优于该系统，因此分值为 75 分，也就是表 5.4.2。

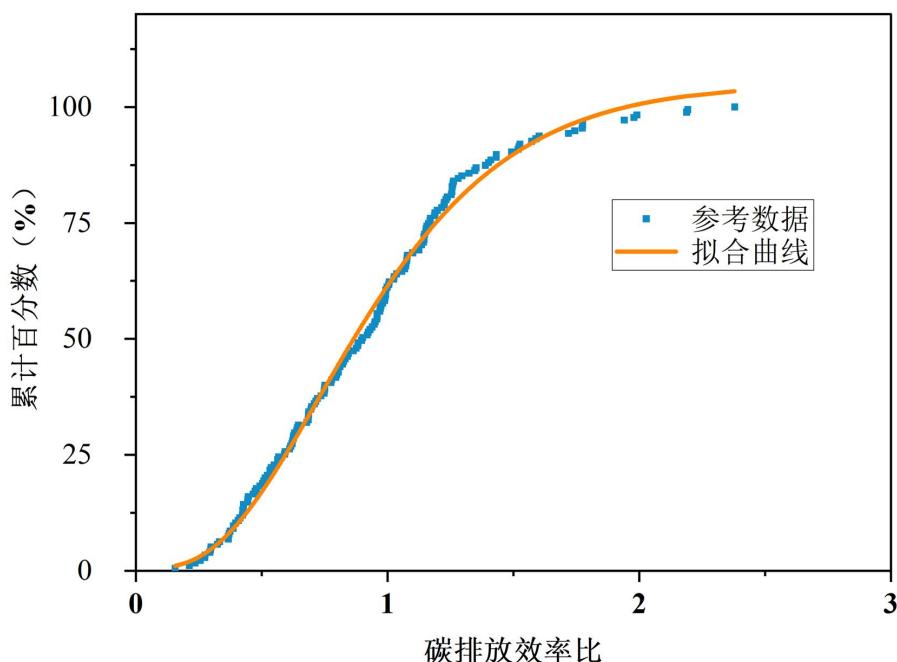


图 2 碳排放效率比频率累积分布图

6 基础数据采集与质量控制

6.0.2 应鼓励推广碳核算及碳评价数据库或综合管理平台，通过开展常态化数据采集与管理，不仅可以减轻人工集中采集的工作量，且可以降低人为操作导致的不确定性。