

团体标准

T/CI XXX-2024

能源化工产品水足迹定额计算导则

Guidelines for calculating the water footprint quota of energy and
chemical products

(征求意见稿)

2024-X-X 发布

2024-X-X 实施

中国国际科技促进会 发布

中国国际科技促进会标准按《中国国际科技促进会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国国际科技促进会征求意见稿经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 80% 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国国际科技促进会标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国国际科技促进会标准化工作委员会，以便修订时参考。

任何团体和个人，均可对本标准征求意见稿提出意见和建议，牵头起草单位联系方式：
zeewood2010@hotmail.com

中国国际科技促进会

地址：北京市海淀区中关村东路 89 号恒兴大厦 13F

邮政编码：100190

电话：010-62652520 传真 010-62652520

网址：<http://www.ciapst.org>

目 次

前 言	III
能源化工产品水足迹定额计算导则	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 能源化工产品水足迹定额标准的内容	2
5 能源化工产品水足迹定额计算依据和原则	2
6 计算程序	5
7 计算方法	6
8 方法优势	9
9 能源化工产品水足迹定额的应用	9

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规定起草。

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。

本文件由中国水利水电科学研究院、水利部综合开发管理中心提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中国水利水电科学研究院、水利部综合开发管理中心、水利部节约用水促进中心、三一筑工科技股份有限公司、北京水务规划研究院、中国科学院新疆生态与地理研究所、中国机械工业建设集团有限公司、长江水利委员会长江科学院。

本文件起草人：尚毅梓、徐梓曜。

能源化工产品水足迹定额计算导则

1 范围

本文件规定了能源化工基地产品水足迹定额计算方法、原则和规范；

本文件适用于指导和规范能源化工产品水足迹定额的编制和修订。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 4754-2017 《国民经济行业分类》

GB/T 32716-2016 《用水定额编制技术导则》

GB/T 12452 《企业水平衡测试通则》

GB/T 21534 《节约用水 术语》

GB/T 18820-2011 《工业产品用水定额编制通则》

SL/Z 252-2012 《用水指标评价导则》

DB3305/T 217-2021 《生产用水企业节水指数评价导则》

3 术语与定义

本标准涉及的术语与定义部分来自其他标准，包括《用水定额编制技术导则》（GB/T 32716-2016）、

3.1

虚拟水 Virtual water

在生产过程中用于生产产品的水资源，也称隐含水。

3.2

工业用水量 quantity of water intake for industry

工业企业的主要生产用水量、辅助生产用水量和附属生产用水量之和。

注：不包含供给外部的水量。工业基本建设和技改、科研用水归类于辅助生产用水。

3.3

单位产品取水量 water intake for unit product

在一定的计量时间内，生产单位合格产品需从各种水源或途径获取的水量。

3.4

工业产品用水定额 norm of water intake for industrial product

针对取水核算单位制定的，以生产工业产品的单位产量为核算单元的标准取水量，也称工业产品取水定额。包括用水定额的通用值和用水定额先进值。

3.5

水足迹 water footprint

产品水足迹指的是生产一个单位产品直接和间接耗用的水资源量。

3.6

工业产品水足迹定额 norm of water footprint for industrial product

以生产工业产品的单位产量为核算单元的直接和间接耗用的水资源量，是为工业产品取水定额与生产该产品所消耗物料、能源的标准虚拟水量的加和。

4 能源化工产品水足迹定额标准的内容

除标准应包含的一般内容外，能源化工产品水足迹定额标准还应包括以下内容：

——术语和定义

——统计范围

——计算方法

——定额通用值

——定额先进值

——管理要求等

5 能源化工产品水足迹定额计算依据和原则

5.1 依据

编制能源化工产品水足迹定额应主要依据以下内容：

- a) 国家法律法规、产业政策及强制性标准；
- b) 近3~5年企业、项目取用水数据；
- c) 近3~5年企业、项目原料、能源消耗数据；
- d) 近3~5年企业、项目原料外购数据；
- e) 能源化工产品用水定额，包括通用值和先进值；
- f) 现有生产装置、工艺技术和用水设备的用水效率现状及成本效益；
- g) 主要生产装置、工艺技术和用水设备的技术发展趋势和节水潜力；

h) 实施节水改造、提升水效的经济可行性。

5.2 原则

5.2.1 能源化工产品的分类和确定应依照 GB/T 4754 的中类或小类。

5.2.2 企业水平衡测试应依据 GB/T 12452 的要求。

5.2.3 统计或调查样本应具有达标性，且有足够数量，其覆盖的产能原则上应占能源化工基地产能的 50%以上；

5.2.4 应依据国家有关产量和取水量的统计规定，明确主要生产、辅助生产和附属生产系统中应纳入产品水足迹定额统计范围的工艺（工序）、装置、设施和设备。

注：主要生产系统包括主要生产装置和设备等；辅助生产系统为主要生产系统服务的，包括工业水净化单位、软化水处理单位、水汽车间、循环水厂、机修、空压站、污水处理厂、贮运站、鼓风机站、氧气站、电修、检化验等；附属生产系统是指在厂区内，为生产服务的各种服务、生活系统，包括厂办公楼、科研楼、厂内食堂、厂内浴室、保健站、绿化、汽车队等。

表 1 能源化工产品直接和间接消耗水资源的统计范围

行业	产品	能源化工产品水足迹计算范围
电力	火力发电	主要生产：主机冷却系统用水、锅炉补给水处理系统用水等； 辅助生产：辅机冷却系统用水、脱硫系统用水、燃料系统用水、灰渣系统用水等； 附属生产：消防系统用水、生活用水、绿化用水等。
	核电	施工期和运行期生产用水、生活用水、消防用水、绿化、道路浇洒、洗车等。
煤炭	选煤	主要生产：跳汰、重介、浮选等湿法选煤工艺； 辅助生产：真空泵、空气压缩机等设备的冷却循环水的补充水，锅炉的补充水，水泵封轴水，加药装置用水，除尘用水，厂房地面冲洗水和室外露天储煤厂洒水抑尘喷枪的用水等。 附属生产：厂区办公化验楼、浴室、食堂、车队、公共卫生间、绿化、浇洒道路等。
石油和化工	石油炼制	主要生产：常减压蒸馏、催化裂化、延迟焦化、减粘裂化、催化重整、气体分馏、烷基化、甲基叔丁基醚、加氢处理、加氢裂化、加氢精制、溶剂脱沥青、润滑油溶剂精制、酮苯脱蜡、石蜡加氢精制、润滑油加氢精制、制氢、溶剂再生、硫磺回收等； 辅助生产：机修、处理、空压站等； 附属生产：绿化、浴池、食堂、厕所、保健站等； 不包括芳烃联合装置及企业内自备电站用水。
	合成氨	主要生产：原料的储运与加工、原料气制备、气体净化、气体压缩、氨合成等； 辅助生产：机修、锅炉、水处理、空分站、分析化验、储存、运输等； 附属生产：办公、绿化、厂内食堂、浴室等。
	乙烯	主要生产：乙烯生产； 辅助生产：机修、运输、空压站等；

		附属生产：绿化、浴室、食堂、厕所、保健站等； 不包括汽油加氢、聚乙烯、聚丙烯、环氧乙烷/乙二醇等下游产品。
	纯碱	主要生产：联碱包括氯化铵生产装置； 辅助生产：循环水站、机修、污水处理站、检化验、综合利用、运输等； 附属生产：厂内办公、绿化、厂内食堂和浴池、卫生间等； 氨碱厂不包括热电自耗水及氯化钙、碳酸氢钠（小苏打）等生产用水；联碱厂不包括热电自耗水及合成氨、碳酸氢钠（小苏打）等生产用水。
	尿素	主要生产：尿素生产、二氧化碳压缩等； 辅助生产：水处理、机修、锅炉、空压站、检化验、运输等； 附属生产：办公、绿化、厂内食堂、浴室等。
	工业硫酸	主要生产：从硫磺熔化或硫铁矿焙烧、余热锅炉、工艺气体净化、二氧化硫转化、三氧化硫吸收、尾气处理到成品硫酸储罐的整个生产区域； 辅助生产：脱盐水处理站、循环水站、空压机站、污水站、机修仪表车间、化验室等； 附属生产：厂区内的办公、食堂、浴室、绿化等。
	烧碱	主要生产：烧碱生产 辅助生产：制冷、制氮、脱盐水处理站、机修、锅炉、空压站、水处理、检化验、运输等 附属生产：办公、绿化、厂内食堂和浴室等。
	煤间接液化	主要生产：备煤、气化、空分、变换净化、费托合成、产品提质和硫回收等生产装置； 辅助生产：供电、机修、供水和供气等。 附属生产：办公、绿化、厂内食堂和浴室、卫生间。
	煤炭直接液化	主要生产：备煤、催化剂制备、煤直接液化、加氢稳定（溶剂加氢）、加氢改质、轻烃回收、含硫污水汽提、脱硫、硫磺回收、酚回收、油渣成型、煤制烃、空分、重整等； 辅助生产：供电、机修、供水和供气等； 附属生产：办公、化验、维修、厂内食堂、浴室、厕所等； 不包括制备电厂（动力中心）、产品深加工单位和生活区设施。
	煤制甲醇	主要生产：以煤炭、水、空气等为主要原料，经空分制氧、煤制气、气体净化、甲醇合成、甲醇精制等的生产过程； 辅助生产：机修、锅炉、空压站、污水处理站、检化验、综合利用、运输、自备电厂等； 附属生产：办公、绿化、厂内食堂和浴室、卫生间等。
	煤制乙二醇	主要生产：煤制乙二醇包含煤气化单元、酯化单元、羰基化单元、加氢单元、乙二醇精制单元，合成气制乙二醇包含酯化单元、羰基化单元、加氢单元、乙二醇精制单元； 辅助生产：机修、锅炉、空压站、污水处理站、检化验、综合利用、运输等； 附属生产：办公、绿化、厂内食堂和浴室、卫生间等； 合成气制乙二醇不包含一氧化碳、氢气、氧气的制备过程。
	湿法磷酸	主要生产：以硫酸、磷矿石等为主要原料，经湿法工艺反应、精制等的生产过程； 辅助生产：机修、锅炉、空压站、污水处理站、检化验、综合利用、运输等 附属生产：办公、绿化、厂内食堂和浴室、卫生间等； 不包括自备电站、基建、生活区及其他生产装置。
	聚氯乙烯	主要生产：电石法和乙烯氧氯化法 辅助生产：制冷、空压、制氮、制氧、公共循环水厂、锅炉房、机修电修、分析检验、储运、污水处理等；

		附属生产：办公、绿化、厂内食堂、浴室和卫生间等； 不包括自备电厂取水。
	煤制 合成 天然 气	主要生产：备煤、空分、气化、变换、净化、甲烷化、干燥等； 辅助生产：机修、运输、空压站、化验等； 附属生产：浴室、食堂、厕所、保健站等； 不包括自备电站。

5.2.5 应明确能源化工产品产量、外购原料数量和取水量的统计或计算方法，并确保方法的科学性和准确性。方法所涉及的范围要明确，同时应考虑不同原料和生产工艺对产品取水量的影响。

5.2.6 能源化工产品水足迹定额应鼓励 and 促进工业节水和技术进步，体现先进性；同时宜考虑地区间、行业间、企业间用水和节水水平的现实差异。

5.2.7 制定定额应考虑各地区的不同水资源条件，对于缺水地区要坚持以水定产的方针，促进缺水地区工业结构的调整；对于水资源条件较好的地区应结合地区水资源开发利用规划，可适当调整，注意资源效益、环境效益和经济效益之间的均衡。

5.2.8 能源化工产品水足迹定额包含工业产品用水定额和单位产品所消耗物料、能源的标准虚拟水量；

5.2.9 生产设备改善、工艺革新和管理水平提高后，定额标准应做调整。

6 计算程序

6.1 能源化工产业链产品用水定额矩阵

根据能源化工产业链中所有产品的实际水耗或用水定额，构建产业链产品用水定额矩阵，构建产品用水定额矩阵步骤包括：

A1：为能源化工产业链中所有产品赋值 p_n ，其中初始值 $p_n=1$ ；

A2：判断拟量化产业链中当前产品是否具有用水定额，若是，根据当前产品的用水定额计算基地尺度耗水系数的调整系数矩阵的调整系数；否则，将当前产品所对应的值作为基地尺度耗水系数的调整系数矩阵的调整系数；其中，通过查询拟量化产业链中各产品的水足迹定额标准数据资料判断各产品是否具有用水定额；

A3：判断当前产品是否为产业链中最后一个产品，若是，根据能源化工基地尺度耗水系数的调整系数矩阵的调整系数，构建产业链产品用水定额列矩阵；否则，将 p_n 赋值为 p_n+1 后返回 A1。

6.2 能源化工产业链产品直接物耗定额矩阵

根据能源化工产业链中所有产品的实际直接物耗或物耗定额，构建产业链产品直接物

耗定额矩阵；

构建能源化工产业链产品直接物耗定额矩阵，步骤包括：

B1：为拟量化能源化工产业链中所有产品赋值 p_s ，其中，初始值 $p_s=1$ ， $i=1$ ；

B2：判断拟量化能源化工产业链中当前产品耗用 i 产品是否具有物耗定额，若是，保存当前产品耗用 i 产品的物耗定额；否则，进入 B3；其中， i 产品为拟量化产业中的其他产品；

B3：判断当前产品是否具有能源单耗限额标准，若是，进入 B4；否则，进入 B5；

B4：计算当前产品的能源消耗实际值，并根据当前产品的能源消耗实际值和能源单耗限额标准计算当前产品耗用 i 产品的直接物耗系数的调整系数；

B5：将当前产品的值作为当前产品耗用 i 产品的直接物耗系数的调整系数；

B6：判断 i 是否小于等于 n ，若是，将 i 赋值为 $i+1$ 后返回 B2；否则，进入 B7；其中， n 为拟量化产业中产品总数；

B7：判断当前产品的值 p_s 是否小于等于 n ，若是，将 p_s 赋值为 p_s+1 后返回 B2；否则，进入 B8；

B8：根据所有产品耗用 i 产品的直接物耗系数的调整系数，得到能源化工基地尺度产品直接物耗系数的调整系数矩阵；

B9：根据所述能源化工基地尺度产品直接物耗系数的调整系数矩阵，得到能源化工产业链产品直接物耗定额矩阵。

6.3 能源化工产品水足迹定额

根据所述能源化工产业链产品用水定额矩阵和直接物耗定额矩阵，计算得到能源化工产品水足迹定额。

7 计算方法

7.1 能源化工产业链产品用水定额矩阵

能源化工产业链产品用水定额矩阵 DW^{REF} 为：

$$DW^{REF} = \mu \odot DW = [\mu_1 dw_1, \mu_2 dw_2, \dots, \mu_p dw_p, \dots, \mu_n dw_n]^T$$

其中， μ 是能源化工基地尺度耗水系数的调整系数矩阵，

$\mu = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p, \dots, \mu_n]^T$ ， μ_p 是能源化工基地耗水系数的调整系数矩阵的调整系数

且 $\mu_p = \begin{cases} dw_p^{ref} / dw_p, & \text{已定制} p \text{ 产品用水定额} \\ p_w, & \text{未定制} p \text{ 产品用水定额} \end{cases}$, p_w 表示 p 产品所对应的值, DW 是产业实际

水耗量矩阵且 $DW = [dw_1, dw_2, \dots, dw_p, \dots, dw_n]^T$, dw_p^{ref} 是 p 产品的用水定额, dw_p 是 p 产品的实际水耗, $\odot$ 代表 Hadamard 乘积。

7.2 能源化工产品能源消耗值

产品的能源消耗值通过以下方式计算得到:

$$e_p = \frac{1}{X_p} \left(\sum_{h=1}^H \varepsilon_h E_{p,h} - \sum_{k=1}^K \varepsilon_k E_{p,k} \right)$$

其中, e_p 是能源化工基地内单位产品能源消耗实际值, X_p 是该报告期内基地 p 产品的总产量, H 是输入的能源种类数量, ε_h 是输入的第 h 种能源折标准煤系数, $E_{p,h}$ 是一定报告期内基地 p 产品生产过程中输入的第 h 种能源产品实物量, K 是输出的能源种类数量, ε_k 是输出的第 k 种能源折标准煤系数, $E_{p,k}$ 是同一报告期内基地 p 产品生产过程中输出的第 k 种能源产品实物量。

7.3 能源化工产品直接物耗系数的调整系数

当前产品 p 耗用 i 产品的直接物耗系数的调整系数 $\eta_{p,i}$ 通过以下方式计算得到:

$$\eta_{p,i} = \begin{cases} a_{p,i}^{ref} / a_{p,i}, & p \text{ 产品耗用} i \text{ 产品有物耗定额标准} \\ e_p^* / e_p, & \text{无物耗定额标准但} p \text{ 产品有能源单耗限额} \\ p_s, & \text{无物耗定额标准且无} p \text{ 产品能源单耗限额} \end{cases}$$

其中, $a_{p,i}^{ref}$ 是 p 产品耗用 i 产品的物耗定额, $a_{p,i}$ 是 p 产品耗用 i 产品的物耗实际值, e_p^* 是 p 产品生产能源单耗限额标准, e_p 是基地尺度单位产品能源消耗实际值 $e_p = \frac{1}{X_p} \left(\sum_{h=1}^H \varepsilon_h E_{p,h} - \sum_{k=1}^K \varepsilon_k E_{p,k} \right)$, X_p 是该报告期内基地 p 产品的总产量, H 是输入的能源种类数量, ε_h 是输入的第 h 种能源折标准煤系数, $E_{p,h}$ 是一定报告期内基地 p 产品生产过程中输入的第 h 种能源产品实物量, K 是输出的能源种类数量, ε_k 是输出的第 k 种能源折标准煤系数, $E_{p,k}$ 是同一报告期内基地 p 产品生产过程中输出的第 k 种能源产品实物量, p_s 是当前产品的值。

7.4 能源化工产业链产品直接物耗定额矩阵

能源化工产业链产品直接物耗定额矩阵 A^{REF} 为:

$$A^{REF} = \eta \odot A = \begin{bmatrix} \eta_{1,1}a_{1,1} & \eta_{1,2}a_{1,2} & \cdots & \eta_{1,i}a_{1,i} & \cdots & \eta_{1,n}a_{1,n} \\ \eta_{2,1}a_{2,1} & \eta_{2,2}a_{2,2} & \cdots & \eta_{2,i}a_{2,i} & \cdots & \eta_{2,n}a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \eta_{p,1}a_{p,1} & \eta_{p,2}a_{p,2} & \cdots & \eta_{p,i}a_{p,i} & \cdots & \eta_{p,n}a_{p,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \eta_{n,1}a_{n,1} & \eta_{n,2}a_{n,2} & \cdots & \eta_{n,i}a_{n,i} & \cdots & \eta_{n,n}a_{n,n} \end{bmatrix}$$

其中, η 是基地尺度产品直接物耗系数的调整系数矩阵,

$$\eta = \begin{bmatrix} \eta_{1,1} & \eta_{1,2} & \cdots & \eta_{1,i} & \cdots & \eta_{1,n} \\ \eta_{2,1} & \eta_{2,2} & \cdots & \eta_{2,i} & \cdots & \eta_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \eta_{p,1} & \eta_{p,2} & \cdots & \eta_{p,i} & \cdots & \eta_{p,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \eta_{n,1} & \eta_{n,2} & \cdots & \eta_{n,i} & \cdots & \eta_{n,n} \end{bmatrix}, \quad \eta_{p,i} \text{ 是 } p \text{ 产品耗用 } i \text{ 产品的直接物耗系数的调}$$

整系数且 $\eta_{p,i} = \begin{cases} a_{p,i}^{ref} / a_{p,i}, & p \text{ 产品耗用 } i \text{ 产品有物耗定额标准} \\ e_p^* / e_p, & \text{无物耗定额标准但 } p \text{ 产品有能源单耗限额, } a_{p,i}^{ref} \text{ 是 } p \text{ 产品耗} \\ p_s, & \text{无物耗定额标准且无 } p \text{ 产品能源单耗限额} \end{cases}$

用 i 产品的物耗定额, $a_{p,i}$ 是 p 产品耗用 i 产品的物耗实际值, e_p^* 是 p 产品生产能源单耗

限额标准, e_p 是基地尺度单位产品能源消耗实际值且 $e_p = \frac{1}{X_p} \left(\sum_{h=1}^H \varepsilon_h E_{p,h} - \sum_{k=1}^K \varepsilon_k E_{p,k} \right)$,

X_p 是该报告期内基地 p 产品的总产量, H 是输入的能源种类数量, ε_h 是输入的第 h 种能

源折标准煤系数, $E_{p,h}$ 是一定报告期内基地 p 产品生产过程中输入的第 h 种能源产品实物

量, K 是输出的能源种类数量, ε_k 是输出的第 k 种能源折标准煤系数, $E_{p,k}$ 是同一报告期

内基地 p 产品生产过程中输出的第 k 种能源产品实物量, p_s 是当前产品的值, $\eta_{n,n}$ 是 n 产

品耗用 n 产品的直接物耗系数的调整系数, A 是产业直接物耗系数矩阵且

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,i} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,i} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{p,1} & a_{p,2} & \cdots & a_{p,i} & \cdots & a_{p,n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \cdots & a_{n,i} & \cdots & a_{n,n} \end{bmatrix}。$$

7.5 能源化工产品水足迹定额

能源化工产品水足迹定额 WF^{REF} 通过以下方式计算：

$$WF^{REF} = (I - A^{REF}) DW^{REF}$$

其中， I 是 n 阶单位矩阵， A^{REF} 是产业直接物耗定额矩阵， DW^{REF} 是产业用水定额矩阵。

8 方法优势

8.1 通过物耗、水耗的矩阵计算，直接获取产品链各环节的水足迹，无需了解产业链上游影响；

8.2 通过矩阵元素替代，支持集聚区尺度产业/产品结构变化及工程项目尺度技术参数变化后的产品水足迹动态分析。

9 能源化工产品水足迹定额的应用

9.1 基于能源化工产品水足迹定额，并以此判断广义视角下的能源化工基地当前节水水平，进一步能源化工基地综合节水潜力。

9.2 能源化工基地应根据能源化工产品水足迹定额计算导则建立和完善水耗、物耗和能源消耗的监测、统计、内审、考核、监督和奖惩制度，加强全过程的受控管理。

9.3 能源化工产品水足迹定额用于能源化工基地的统一水资源管理，能源化工产品水足迹定额先进值用于新建（改建、扩建）能源化工企业的水资源论证、取水许可审批和节水评价。