

海洋行业标准

海水淡化水足迹评价规范

第2部分 淡化系统水足迹效益评价指南

(征求意见稿)

编制说明

自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所

2020年9月

一、制定标准的背景、目的和意义

水足迹的概念由荷兰学者 Hoekstra 于 2002 年基于足迹理念和虚拟水提出，定义为一定已知人口（个人、地区、国家或全球）在一定时间内消耗的所有产品和服务所需要的水资源数量，计量单位为水的体积。水足迹被认为是目前最全面的水资源消耗评价指标。目前，水足迹理论越来越多地被国内外各领域应用到水资源管理工作之中，但水足迹只是水消耗和水污染的体积衡量指标，而不是对当地资源和环境影响程度的衡量指标。如何解析和准确地评价这种影响，开发能够涵盖水量、水质、水环境及水资源时空特性的综合水足迹评价方法是目前急需攻克的难题。

针对我国海水淡化综合效益评价缺失的问题，本项目重点围绕反渗透膜法和低温多效蒸馏法两大典型海水淡化技术，根据海水淡化系统水足迹量化模型，结合选取的评价指标，制定海水淡化水足迹综合效益评价指南，从能源及水资源等角度，综合评价不同条件下的海水淡化系统水足迹效益。具体包括：基于水足迹计算结果，建立水稀缺/劣化足迹评价指标体系，识别海水淡化水足迹的关键影响因素，对不同规模、地域、季节、水质、工艺技术、能源对海水淡化系统水足迹的影响进行评价，为海水淡化系统水足迹影响评价提供指南。

二、工作简况

1. 任务来源

本项目是根据《自然资源部办公厅关于印发 2019 年度自然资源标准制修订工作计划的通知》、《全国海洋标准化技术委员会关于开展 2019 年自然资源（海洋领域）标准制修订工作的通知》（海标委函[2019]94 号）进行编制，计划项目编号：201924004，计划要求完成时间为 2020 年 12 月。本项目由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC 283）归口管理，

2. 项目承担单位简况

项目主要起草单位：自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、哈尔滨工业大学（深圳）、中国标准化研究院、轻工业环境保护研究所。自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所（以下简称海水淡化研究所），是我国唯一专门从事海水利用公益技术、共性技术、产业化关键技术和发展战略研究的国家级科研机构。承担了 60 多项国家科技攻关项目和 100 多项省部级科研项目，取得包括国

家科技进步二等奖在内的国家及省部级科技奖励 31 项。主持编制每年的《海水利用年报》。作为技术支撑编制完成了国家《海水利用专项规划》、《海水利用标准发展计划》等多项国家规划，获得专利 166 项，已发布国家及行业标准 22 项，在编国家及行业标准 44 项。海洋标准化技术委员会海水淡化分技术委员会及国家海水及苦咸水利用产品质量监督检验中心依托研究所成立。

哈尔滨工业大学（深圳）是经教育部批准，由哈尔滨工业大学和深圳市政府联合创办，其中环境学科拥有全职教师 16 人，博士后和博士 22 人，创建了“深圳市水资源利用与环境污染控制重点实验室”。拥有总值 2000 余万元各类仪器设备，实验室面积 2000 平方米。近五年进行了海水淡化膜的研究，并承担了节水及水资源利用相关的各级科研项目十余项。任务承担团队编著了《城市综合节水技术与应用》和《工业企业三维水平平衡测试培训教材》。哈尔滨工业大学（深圳）目前具有的环境科学和工程研究领域的软硬件条件有能力为本研究任务的顺利实施提供有力支撑。

3. 工作过程

在“十三五”国家重点研发计划课题“海水淡化水足迹评价方法研究”（2018YFF0215705）中，海水淡化研究所、哈尔滨工业大学（深圳）针对水足迹概念、生命周期评价方法、海水淡化系统水足迹量化方法、评价技术等方面开展了深入的研究，结合课题研究所取得的进展，已经具备了编制该标准的理论基础和技术储备。

接到标准编制任务后，海水淡化研究所、哈尔滨工业大学（深圳）课题组成立了标准编制工作项目组，通过查阅学习相关文献、标准和设计规范，设计调查问卷开展数据调查获得第一手的数据，进行了实地走访交流、咨询相关专家，项目组研讨等形成标准初稿，对海水淡化系统水足迹评价的术语和定义、评价原则、评价范围、水足影响评价、水足迹特征指标等方面进行了具体界定。标准初稿经过数次讨论修改，形成标准征求意见稿。

4. 标准主要起草人及其所做的主要工作

本标准主要起草人 7 名，分别是邢丁予、张小磊、潘献辉、陶思怡、董文艺、尤菁、袁芳，所在单位为海水淡化研究所、哈尔滨工业大学（深圳）。邢丁予负

责标准起草的全面工作；张小磊负责标准文本的编写和修改；潘献辉负责指导标准文本的制定修改；陶思怡、袁芳负责标准编制说明和水足迹评价示例的编制和修改；董文艺负责指导标准编制说明的编写和修改；尤菁负责水足迹评价示例的修改。

三、标准编制原则和确定主要内容的论据

1. 编制原则

本标准编制以符合国家法律、行政法规，与相关标准协调配套、推动海水淡化系统科学节水发展为原则，并遵循 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》的要求和规定。

2. 标准的主要内容及确定依据

本标准的主要内容包括：海水淡化系统水足迹评价的术语和定义、评价范围、评价方法、报告和评价示例。

(1) 术语和定义、核算原则

本标准沿用 GB/T 33859-2017、GB/T 37756-2019 中水足迹的定义，沿用生命周期理论，对海水淡化系统水足迹进行定义、评价。

(2) 评价范围

根据 GB/T 37756-2019 的相关规定，水足迹评价可以根据评价目的、生命周期某阶段代表数据的获取情况，以及生命周期某阶段对水足迹评价结果的影响程度，选择一个或几个生命周期结算进行评价。结合海水淡化系统的特点，淡化设备生产和安装、报废等阶段的数据难以获取，且周期年限很长，具有很大的不确定性，因此，本标准只针对于海水淡化系统生产阶段（“大门到大门”）的水足迹的量化结果进行评价。

(3) 评价方法

本标准的评价方法采用 ISO-LCA 的水足迹评价方法，对海水淡化过程中的水稀缺足迹、水劣化足迹进行评价，并基于水足迹的概念提出了新的水足迹评价指标来量化海水淡化厂的水足迹运行效益。

海水淡化系统水稀缺足迹评价主要分为间接水稀缺足迹和直接水稀缺足迹。由于海水淡化过程中直接用水均取自淡化工艺自产水，因此直接水稀缺足迹为 0。

间接水稀缺足迹包括从海水淡化系统的能耗水稀缺足迹和耗材水稀缺足迹。其中能耗水稀缺足迹分析主要从设备运行、蒸汽消耗量（低温多效蒸馏）等耗能引起的水足迹进行分析；耗材水稀缺足迹主要从药剂投放量变化、膜材料更换周期（反渗透膜法）引起的水足迹进行分析。

海水淡化系统水劣化足迹根据水足迹量化的实际需要选择临界稀释法或当量系数法。水劣化足迹的大小变化主要从浓盐水的处置方式和海水淡化系统中药剂投加种类进行分析。根据 HY/T xxx.1-202x（海水淡化水足迹评价规范 第 1 部分：淡化系统水足迹核算要求）起草组跟踪调研的某海水淡化厂全年的浓盐水水质监测数据，浓盐水水质远低于标准 HY/T 289 中的排放限值，水劣化足迹通常为 0。

根据海水淡化系统开源增量的特征，而水足迹作为一个淡水减量的概念无法完全衡量海水淡化对环境做出的贡献。因此提出基于水足迹的水资源增量指标，本标准提出“单位水资源增量”特征指标，对海水淡化系统水足迹综合效益进行了量化评价，便于不同海水淡化厂之间进行比较。其定义为生产 1 m³ 产品水净增加的水资源量，如公式（1）所示：

$$WF_{in} = 1 - WF \quad (1)$$

式中：

WF_{in} ——海水淡化系统单位水资源增量，单位为立方米（m³）；

WF ——海水淡化系统水足迹，单位为立方米（m³）。

（4）报告

报告部分则需要对水足迹评价整个过程进行完整的记录，并对数据来源、筛选、使用等方面进行说明和备注，尽可能做到可以对每个数据进行追溯，并使整个评价过程简洁、明了，并对不使用、忽略的数据进行说明和解释。

（5）评价示例

本标准所用示例为日产万吨级以上的某大型反渗透海水淡化厂，主要满足所在工业区内的工业项目用水问题，缓解区域用水紧张状况。

基于海水淡化系统的工艺过程，界定核算边界为由海水淡化系统的海水取水为起点，终点为产品水生成，工艺包括预处理、脱盐、淡化后处理、浓盐水排放等，以及围绕这些处理过程的其他相关活动（如膜产品的清洗、更换等），但不包括场地基础设施、设备、人员、产品水输出使用等活动。系统边界见图 1，基

于 HY/T xxx.1-202x（海水淡化水足迹评价规范 第 1 部分：淡化系统水足迹核算要求）附录 A 的计算结果进行评价，计算结果见表 1。

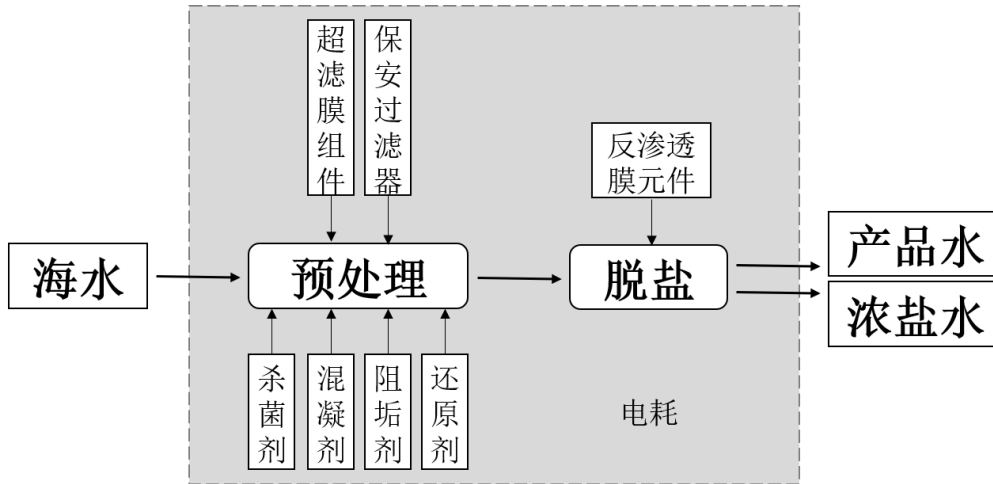


图 1 海水淡化系统水足迹核算的系统边界

表 1 海水淡化系统水足迹清单分析结果

变量		夏季数值	春秋季数值	冬季数值	
输入	电耗 / (m ³ /m ³ 产品水)	1.41×10 ⁻²	1.45×10 ⁻²	1.57×10 ⁻²	
	药剂/ (m ³ /m ³ 产品水)	次氯酸钠	3.61×10 ⁻⁴	3.63×10 ⁻⁴	3.77×10 ⁻⁴
		亚硫酸氢钠	3.50×10 ⁻⁸	3.52×10 ⁻⁸	3.91×10 ⁻⁸
		三聚磷酸钠	6.36×10 ⁻¹⁰	6.53×10 ⁻¹⁰	6.81×10 ⁻¹⁰
		EDTA 四钠	1.50×10 ⁻¹⁰	1.54×10 ⁻¹⁰	1.60×10 ⁻¹⁰
		三氯化铁	1.20×10 ⁻⁷	1.21×10 ⁻⁷	1.34×10 ⁻⁷
		阻垢剂	7.48×10 ⁻⁸	7.51×10 ⁻⁸	6.67×10 ⁻⁸
	耗材/ (m ³ /m ³ 产品水)	8 英寸超滤膜组件	4.25×10 ⁻⁵	4.36×10 ⁻⁵	4.55×10 ⁻⁵
		8 英寸反渗透膜元件	8.12×10 ⁻⁵	8.34×10 ⁻⁵	8.70×10 ⁻⁵
保安过滤器滤芯		6.83×10 ⁻⁶	7.02×10 ⁻⁶	7.31×10 ⁻⁶	
输出	浓盐水/ (m ³ /天)	108575	106598	120009	
	产品/ (m ³ /天)	淡水	63589	61930	59406

水足迹评价基于 ISO-LCA 方法，根据 HY/T xxx.1-202x（海水淡化水足迹评价规范 第 1 部分：淡化系统水足迹核算要求）附录 A 的计算结果对直接水足迹和间接水足迹进行区分。海水淡化系统水稀缺足迹，主要分为间接水稀缺足迹和直接水稀缺足迹，将所有外部投入的耗材与电耗产生的水足迹加和，得到间接水稀缺足迹。由于海水淡化过程中直接用水均取自淡化工工艺自产水，因此直接水稀缺足迹为 0。求出不同季节的海水淡化系统水足迹后将其取平均值，其分析结果如表 2 所示。

表 2 海水淡化系统四季平均水稀缺足迹

水稀缺足迹	直接水稀缺足迹 (m ³ /m ³ 产品水)	间接水稀缺足迹 (m ³ /m ³ 产品水)	水稀缺足迹 (m ³ /m ³ 产品水)
数值	0	0.0152	0.0152

为进一步控制水足迹以实现水足迹减量,对水稀缺足迹的主要影响因素进一步分析。由于四季的水足迹各组分规律具有普遍性,以夏季的水足迹为例进行分析。首先将产生水足迹的种类分为电耗和耗材,对其比例进行分析,如图 2 所示:

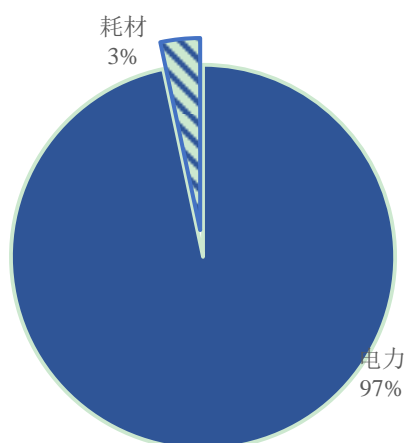


图 2 海水淡化系统夏季水稀缺足迹分布图

进一步对耗材的水足迹进行分析,得出影响水足迹的关键耗材,如图 3 所示:

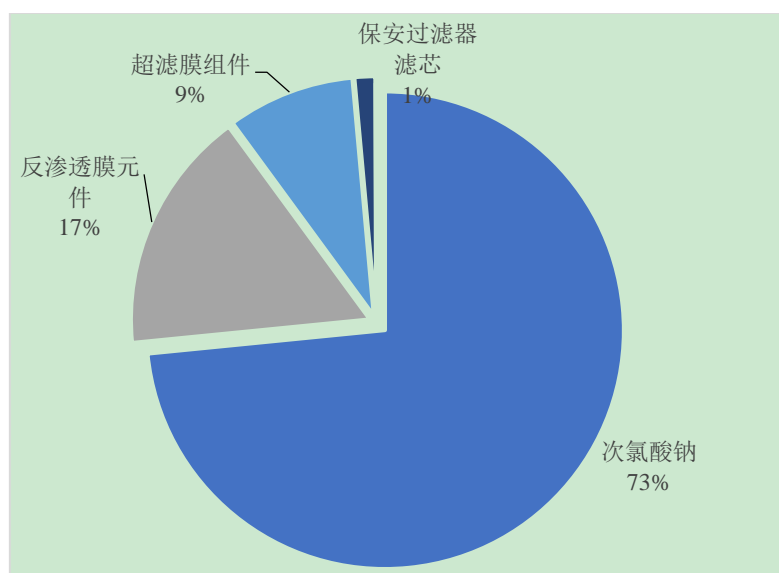


图 3 海水淡化系统夏季耗材水稀缺足迹分布图

对不同季节的水足迹进行比较以确定季节温度对海水淡化系统水足迹的影

响，如表 3 所示：

表 3 海水淡化系统不同季节水稀缺足迹

水稀缺足迹	夏季 (m ³ /m ³ 产品水)	春秋季 (m ³ /m ³ 产品水)	冬季 (m ³ /m ³ 产品水)
数值	0.0146	0.0149	0.0162

由表 4 海水淡化系统不同季节电耗水足迹看出，电耗水稀缺足迹随着季节温度的降低而升高，与水稀缺足迹总量变化一致，因此电耗水稀缺足迹的变化是导致海水淡化系统水稀缺足迹随季节温度降低而升高的主要原因。

表 4 海水淡化系统不同季节电耗水稀缺足迹

电耗水稀缺足迹	夏季 (m ³ /m ³ 产品水)	春秋季 (m ³ /m ³ 产品水)	冬季 (m ³ /m ³ 产品水)
数值	0.0141	0.0145	0.0157

根据公式 (1) 对海水淡化系统水足迹特征指标进行核算，得到海水淡化系统单位水资源增量，如表 5 所示。

$$WF_{in} = 1 - WF \quad (1)$$

表 5 海水淡化系统单位水资源增量

单位水资源增量	夏季 (m ³ /m ³ 产品水)	春秋季 (m ³ /m ³ 产品水)	冬季 (m ³ /m ³ 产品水)
数值	0.9854	0.9851	0.9838

四、预期经济效果

本标准是根据我国水足迹量化评价标准、海水淡化工艺流程及国家相关规定和标准要求制定的，针对我国海水淡化水足迹量化方法、评价手段缺失等问题，基于海水淡化完整工艺流程，结合海水淡化系统水足迹量化模型研究，开展海水淡化水足迹综合效益评价技术研究，从能源及水资源等角度，综合评价不同条件下的海水淡化系统水足迹效益。本标准实施后，可以推动海水淡化向科学节水的方向发展，既符合国家节能减排政策，又能促使海水淡化水资源效益的提高；为识别海水淡化耗水关键因素，完善海水淡化评价指标体系，引领技术发展提供技术支撑。

五、标准的水平分析

海水淡化系统水足迹量化的研究目前还是空白，本标准基于 ISO-LCA 方法

建立了海水淡化系统水足迹的评价方法，填补海水淡化领域水足迹研究的缺失，为完善海水淡化评价指标体系，推动节能环保型海水淡化技术发展提供技术支撑。综上所述，本标准方法达到国际先进水平，同时所规定的标准完全满足国际法规的要求，既有先进性、又有可行性。

六、与我国有关的现行法律、法规和相关强制性标准的关系

本标准与国家现行法律、法规和相关强制性标准不存在相违背和抵触的地方。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议本标准作为推荐性行业标准发布实施。

八、贯彻标准的要求和措施建议

标准的发布部门应在相关的管理、使用单位及大专院校中提供本标准的宣传资料，举办标准培训班，让实施标准的人员理解和掌握标准的内容和要求，并说明标准的实施范围、起始日期，为标准的顺利实施奠定基础。各企、事业单位应根据本单位使用的需要，在标准发布后及时组织人员培训，按照本标准提出的贯彻实施要求落实措施，严格认真贯彻实施标准。

实施标准的单位在标准实施一定阶段后应进行总结，对标准的水平和实施标准的效果进行评价；实施中遇到问题，应及时与标准批准发布部门或标准起草单位沟通。标准批准发布部门或标准起草单位应随时了解标准实施中出现的问题，必要时提出纠正措施，列入计划，修订原标准。

九、其它需要说明的事项

无。