



中华人民共和国国家标准

GB/T 39222—2020

多效蒸馏海水淡化系统设计指南

Design guidelines for multiple effect distillation seawater desalination system

2020-10-11 发布

2021-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

GB/T 39222—2020

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 海水取水及预处理 3

6 多效蒸馏装置设计 4

7 产品水存储设施 6

8 浓盐水排放 6

9 冷却海水排放 6

10 废水处理..... 7

附录 A（资料性附录） 多效蒸馏海水淡化系统防腐技术要求及推荐材料 8

附录 B（资料性附录） 多效蒸馏海水淡化系统主要检测仪表参数 9

参考文献 10



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国节水标准化技术委员会(SAC/TC 442)提出并归口。

本标准起草单位：自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、中国标准化研究院、山东大学、众和海水淡化工程有限公司、德阳市中嘉实业股份有限公司、杭州华达喷射真空设备有限公司、上海骄英能源科技有限公司、浙江鼎昊新能源设备股份有限公司、江苏双达泵业股份有限公司。

本标准主要起草人：吕庆春、谢春刚、赵河立、吴水波、王金燕、胥建美、尹立辉、张令品、刘艳辉、邢玉雷、吕宏卿、苗超、韩克鑫、王可宁、蔡榕、王雷、张海伦、贾磊、崔有贵、唐刚、曲向民、陈强、叶志文、杨炼、彭志刚、张石琼、吴跃、朱乔宏、严建华。

多效蒸馏海水淡化系统设计指南

1 范围

本标准提供了多效蒸馏海水淡化系统的术语和定义、基本要求、海水取水及预处理、多效蒸馏装置设计、产品水存储设施、浓盐水排放、冷却海水排放和废水处理方面的指导。

本标准适用于新建或改扩建的多效蒸馏海水淡化系统设计。

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。

HY/T 203.2—2016 海水利用术语 第2部分：海水淡化技术

3 术语和定义

HY/T 203.2—2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了HY/T 203.2—2016 中的部分术语和定义。

3.1

海水淡化 seawater desalination

脱除海水中的盐分，生产淡水的过程。

[HY/T 203.2—2016，定义 2.6]

3.2

蒸馏淡化 distillation desalination

含有盐类的水溶液加热到沸腾时，水蒸发成水蒸气，盐类留在溶液中，蒸汽经冷凝后得到淡水的过程。

[HY/T 203.2—2016，定义 3.1]

3.3

多效蒸馏 multiple effect distillation; MED

由多个蒸发冷凝单元串联组成，其中蒸汽在传热管一侧冷凝生成淡水，同时释放的热量使传热管另一侧的海水蒸发生成二次蒸汽，并进入下一单元重复对海水进行上述蒸发冷凝的过程。

3.4

多效蒸馏海水淡化系统 multiple effect distillation seawater desalination system

采用多效蒸馏进行海水淡化的工艺流程。

注：由海水取水、预处理、多效蒸馏、产品水存储、浓盐水排放、冷却海水排放、废水处理等组成。

3.5

原海水 raw seawater

从海水水源地获取的未经处理的海水。

3.6

物料海水 feed seawater

在多效蒸馏装置中用于蒸馏淡化的海水。

GB/T 39222—2020

3.7

最高盐水温度 top brine temperature; TBT

在多效蒸馏装置中物料海水的最高蒸发温度。

3.8

产品水 product water

由多效蒸馏装置生产出的电导率小于 $20 \mu\text{S}/\text{cm}$ 的淡化水,其不包括外界输入蒸汽的凝结水。

3.9

浓盐水 brine

经淡化装置处理后排出的比原海水总含盐量高的水。

[HY/T 203.2—2016,定义 2.4]

3.10

加热蒸汽 heating steam

外界输入的用于蒸馏淡化的蒸汽。

[HY/T 203.2—2016,定义 3.10]

3.11

蒸汽热压缩 thermal vapor compression; TVC

以一定压力的蒸汽为动力引射多效蒸馏淡化过程中较低压力的蒸汽,从而对低压蒸汽加温加压实现重复利用的过程。

3.12

造水比 gained output ratio; GOR

单位时间内产品水质量与加热蒸汽质量之比。

[HY/T 203.2—2016,定义 3.23]

3.13

吨水耗电量 specific power consumption

多效蒸馏海水淡化装置生产每吨淡水的总耗电量(不包括海水取水、预处理环节)。

注:单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ 。

4 总则

4.1 一般原则

4.1.1 多效蒸馏海水淡化系统的总装机容量宜满足产水量要求,多效蒸馏装置的台数不宜少于 2 台。

4.1.2 在加热蒸汽参数允许条件下,多效蒸馏海水淡化系统优先采用蒸汽热压缩设备。

4.1.3 根据产水要求、设备及外部条件确定多效蒸馏海水淡化装置负荷变化范围,变化范围宜按 50%~110%设计。

4.1.4 多效蒸馏海水淡化装置的产水电导率不大于 $20 \mu\text{S}/\text{cm}$,产水温度宜低于 40°C 。产水水样参见 GB/T 5750.2 的方法进行采集,采集的水样电导率参见 GB 17323 的规定进行检测。

4.1.5 多效蒸馏海水淡化装置吨水耗电量的设计值小于 $1.6 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{t}$,吨水耗电量的实际值参见 GB/T 33542 规定的方法进行检测。

4.1.6 对于具备浓盐水综合利用条件的地区,宜优先考虑对浓盐水进行综合利用。

4.2 热源条件

4.2.1 根据现场可提供的加热介质流量、压力、温度等参数来确定热源条件,在满足装置运行的前提下优先采用低品位热源。

4.2.2 多效蒸馏海水淡化系统所用热源的最低条件参数如下：

- a) 若采用蒸汽作为热源,加热蒸汽最低压力宜在 0.02 MPa 以上,加热蒸汽最低流量宜满足系统额定产水量要求；
- b) 若采用热水作为热源,热水最低温度宜在 60 ℃ 以上,热水最低流量宜满足系统额定产水量要求。

4.3 最高盐水温度

4.3.1 根据海水中硫酸钙的溶解特性合理确定多效蒸馏海水淡化装置的最高盐水温度,通常情况下最高盐水温度不宜高于 70 ℃。

4.3.2 在有效去除物料海水中的结垢成分后,多效蒸馏海水淡化装置的最高盐水温度可适当提高,但同时宜考虑对物料海水进行脱气处理。

4.4 防腐蚀与材料选择



4.4.1 凡接触腐蚀介质或对产水水质有影响的设备、部件、管道以及构筑物等均采用耐腐蚀材料或进行防腐处理。

4.4.2 对于存在不同材质间相互接触且具有腐蚀风险的情况参见 GB 50726 的规定采取防腐措施。

4.4.3 综合考虑介质温度、pH 值、含氧量、化学特性、流速等因素对材料腐蚀的影响来选择防腐蚀材料,具体防腐技术要求及推荐材料参见附录 A。

4.4.4 若多效蒸馏海水淡化系统产水用于饮用,产水输送设备及管道材质参见 GB/T 17219 的要求。

5 海水取水及预处理

5.1 海水取水

5.1.1 在取水系统设计前,掌握取水海域的地形地质、气象海况、海水潮位、全年各季海水水质监测数据及水质分析资料。

5.1.2 取水口选址宜避开河流入海口和排污口。

5.1.3 取水处的原海水水质不宜低于 GB 3097 中四类海水水质标准中的指标要求,若取水处原海水水质不满足上述要求宜采取预处理措施。

5.1.4 原海水水样参见 GB 17378.3 规定的方法进行采集,采集的水样参见 GB 3097 规定的方法进行监测,水质数据参见 GB 17378.4 的规定进行分析。

5.1.5 对不同取水方案进行工程造价、工程周期、工程投资等方面的技术经济性比较后确定取水方式：

- a) 若直接取用原海水,宜考虑采用岸边取水、引潮沟、管涵取水等方式,设计时宜全面考虑泥沙、冰凌、风浪、海生物、赤潮及其他海洋水文条件对取水设施的影响；
- b) 若厂址周边已建有取海水设施,宜优先考虑对现有取水设施改造或扩建来满足多效蒸馏淡化系统的取水要求；
- c) 若厂址周边已建有海水冷却系统,多效蒸馏淡化系统可直接从海水冷却系统的供回水系统中接管引水。

5.1.6 海水取水宜合理配置取水泵组或采用变频水泵,满足由于海水温度、产水负荷、热源条件等因素变化所引起的海水用量变化。

5.1.7 在满足设计取水容量的条件下,海水取水管道数量不宜少于 2 条。当其中一条管道停用或检修时,其余取水管道可满足最大设计用水量的 75%。

5.2 预处理

- 5.2.1 根据当地海域的原海水水质和外界环境对水质产生的影响因素,综合考虑是否需要设置海水预处理措施。
- 5.2.2 预处理工艺中宜考虑设置拦污栅、澄清系统、自动清洗过滤器等设备。
- 5.2.3 澄清系统宜选用具有反应、混凝功能的澄清(沉淀)池或设备,其数量不宜少于 2 座/台。当一台设备检修时,其余设备可满足系统正常供水要求。
- 5.2.4 澄清系统宜配备完整的化学药品贮存及计量投放设备,化学药品主要包括絮凝剂和助凝剂,具体种类和用量宜根据原海水水质和试验结果,综合比较后确定。
- 5.2.5 经预处理后进入多效蒸馏装置的物料海水水质参见表 1。

表 1 物料海水水质要求

项目	允许值	单位
悬浮物含量	≤ 50	mg/L
颗粒性悬浮物直径	≤ 100	μm
石油类	≤ 0.5	mg/L
化学需氧量(COD _{Mn})	≤ 5	mg/L
游离氯	≤ 1	mg/L
总铁	≤ 0.05	mg/L
铜	≤ 0.05	mg/L
硫化物(以硫计)	≤ 0.25	mg/L
氰化物	≤ 0.2	mg/L
pH 值	6.8~8.8	—
水温	2~40	℃

5.2.6 若物料海水水质不符合要求,可根据海水超标特征进行相应的预处理措施,以达到 5.2.5 中的要求。

6 多效蒸馏装置设计

6.1 工艺设计

6.1.1 造水比

根据装机容量、蒸汽压力及供气量、设备投资、蒸汽价格等因素确定多效蒸馏装置的造水比,并参见 GB/T 33542 规定的方法进行检测。装置造水比满足如下范围:

- a) 不配备蒸汽热压缩设备的多效蒸馏装置的造水比范围:3~7;
- b) 配备蒸汽热压缩设备的多效蒸馏装置的造水比范围:6~15。

6.1.2 消除蒸汽过热

多效蒸馏装置宜采用喷水雾化闪蒸的方式消除蒸汽过热,以保证进入首效蒸发器的蒸汽为饱和状态。



6.1.3 海水布液

多效蒸馏装置内部的海水布液宜按以下方式进行设计：

- a) 根据海水布液密度的要求,合理确定布液进水流量、布液口间的水平与垂直距离、布液口与传热管束的高度以及与传热管束边缘的距离等参数;
- b) 布液管路采用逐级分路、并行给水的方式;
- c) 为防止管道震颤和变形,布液管路宜设置辅助支撑。

6.1.4 汽液分离

多效蒸馏装置的汽液分离宜按以下方式进行设计：

- a) 汽液分离元件宜采用丝网、折流板等结构形式;
- b) 汽液分离器宜采用模块化设计,便于部件安装与检修;
- c) 汽液分离器的捕沫面积和安装位置宜根据汽液分离元件的结构形式、捕沫效率、蒸汽流速、蒸汽压降等来确定。

6.1.5 抽真空

多效蒸馏装置所采用的抽真空宜按以下方式进行设计：

- a) 抽真空设备宜采用射汽抽气器、射水抽气器、机械式真空泵等;
- b) 抽真空设备的抽气能力宜满足装置运行对真空度的要求,抽真空设备启动后宜在 40 min~60 min 内达到装置运行条件。

6.1.6 管路系统

多效蒸馏装置的管路系统宜按以下方式进行设计：

- a) 管道布置宜满足施工、操作、维修等方面的要求,管道布置设计参见 HG/T 20549 的规定。
- b) 进出水管道穿过建筑物承重墙或基础时预留开口,管道的位置不妨碍生产操作、交通运输和建筑物的使用。
- c) 进水与产水管道宜明设,排水管道不宜在产水管道上方通过。当工艺有特殊要求时排水管道可暗设,但宜便于安装和检修。
- d) 高温管道设计时宜充分考虑管道热膨胀所造成的应力影响,避免对相关设备造成破坏。
- e) 供热管路宜采用并列双母管、环形双母管或其他功能的管路形式。
- f) 管道设计时宜考虑保温、防冻和防腐的要求,避免外界环境对管路系统产生不利影响。
- g) 取样管道设计宜满足取样口采集的水样具有代表性,避免取样管道出现死角或袋形管。

6.1.7 加药系统

多效蒸馏装置的加药系统宜按以下要求设计：

- a) 在物料海水中宜投加阻垢剂、杀生剂、消泡剂等化学药剂;
- b) 加药系统的药液配置可采用水力循环、机械搅拌等方式;
- c) 加药方式宜采用计量泵输入方式,可采用单元制加药或母管加药;
- d) 药液罐容积宜设计为 1 d 的药剂使用量,对于现场配置的药液宜配置两个药液罐;
- e) 药液罐宜配置液位计、隔离阀、液位报警等仪器设备,同时考虑底部排放措施,以便排空内部残存药液;
- f) 药品贮存可根据药品消耗量、药品特性、运输距离、供应和运输条件等因素确定,贮存周期宜按 15 d~30 d 设计。

GB/T 39222—2020

6.2 设备设计

6.2.1 多效蒸馏装置的设备设计参数参见 GB/T 33542。

6.2.2 设备布置宜综合考虑取排水、蒸汽供应、场地尺寸、用户位置、检修维护、供电设施、安全消防等因素,设备布置的设计参见 HG/T 20546。

6.2.3 多效蒸馏装置主要操作点宜设有人行通道和平台,高位布置的通道宜设有平台楼梯。

6.2.4 多效蒸馏装置宜设有可靠的密封措施,气密性宜满足在装置达到设计压力后 12 h 真空保持期间内部压力升高值小于 6 kPa,具体检测方法参见 GB/T 150.4。

6.2.5 多效蒸馏装置宜设有保温层,保温层由绝热材料和耐盐雾腐蚀的外保护层组成。

6.3 电气仪表与控制设计

6.3.1 电气系统的设计参见 GB 50052。

6.3.2 配电室的防护等级不宜低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP3X 级。

6.3.3 就地操作箱的防护等级不宜低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP55 级。

6.3.4 电气设备设置接地、漏电保护措施,接地系统的设计参见 GB/T 50065 的要求。

6.3.5 真空管路的仪表宜满足耐负压要求,蒸汽管路的压力仪表宜配置冷凝管。

6.3.6 就地指示仪表(温度、压力、流量、液位等)的精度等级不宜低于 1.5 级。

6.3.7 变送器的精度等级不宜低于 0.5 级。

6.3.8 控制系统宜采用集中控制和现场控制两种方式,控制设备预留网络通信接口,宜对控制器、网络、电源进行冗余配置。

6.3.9 防雷系统的设计参见 GB 50650。

6.3.10 多效蒸馏装置的主要检测仪表参数参见附录 B。

7 产品水存储设施

7.1 产品水存储设施设计参见 GB 17051 的相关要求。

7.2 产品水存储设施不宜少于 2 座,存储设施位置宜靠近多效蒸馏装置。

7.3 产品水存储设施宜控制最高水位和最低水位,并设置明显的水位显示设备。

7.4 在环境温度低于 0℃地区,产品水存储设施宜采取防冻措施。

8 浓盐水排放

8.1 浓盐水排放口选址宜避开系统自身取水口,并选择有利于浓盐水向外海输送转移的位置。

8.2 浓盐水排放口宜设置扩散装置,以加快浓盐水在海洋中稀释与扩散。

8.3 浓盐水宜与多效蒸馏海水淡化系统的冷却海水混合后排放,以降低浓盐水的总固溶物浓度和温度。

8.4 与取水口处原海水的温度相比,浓盐水排放口处的温升不宜超过 10℃。

8.5 浓盐水排放污染物浓度限值参见 GB 18486 的要求,浓盐水污染物浓度参见 GB 18486 的规定进行监测。

9 冷却海水排放

9.1 多效蒸馏海水淡化系统中冷却海水排放的具体要求参见 HY/T 187.2 的相关规定。

9.2 若厂址周边已建有海水冷却系统,多效蒸馏海水淡化系统的冷却海水排放宜纳入已有海水冷却系统中。

10 废水处理

10.1 对于多效蒸馏海水淡化系统所产生的废水,宜根据水质(悬浮物、重金属、COD、pH 值)、水量、种类等因素选择合理的废水处理工艺。

10.2 系统所产生的废水宜优先送至工业废水处理站统一处理,废水处理后可达标排放,排放废水的水质参见 GB 8978 规定的方法进行监测。

10.3 对于含泥的废水宜采用污泥浓缩和脱水处理,污泥脱水后可送往灰场或专门设置的堆放场处置。

附 录 A

(资料性附录)

多效蒸馏海水淡化系统防腐技术要求及推荐材料

多效蒸馏海水淡化系统防腐技术要求及推荐材料见表 A.1。

表 A.1 多效蒸馏海水淡化系统防腐技术要求及推荐材料

序号	设备	部件		材料及防腐方法	备注
1	澄清(沉淀)池	池体		耐海水混凝土、钢衬胶、钢衬玻璃钢	
		池体附件		PVC、PP、PS、FRP	
2	蒸发器	壳体		S31603、碳钢涂环氧涂料加阴极保护	
		管板		S31603	
		传热管		TA1、TA2、铜合金、特种铝合金	顶部3排~5排宜采用钛管
		喷淋嘴		S31603、PP	
		捕沫器		S31603、PP	
		壳体外加强板		S30403、碳钢	
3	冷凝器	壳体		S31603、碳钢涂环氧涂料加阴极保护	
		管板		S31603	
		传热管		TA1、TA2、铜合金、特种铝合金	
		壳体外加强板		S30403、碳钢	
4	蒸汽热压缩机			S31603	
5	海水泵、浓盐水泵	泵壳、叶轮等过流部件		超级不锈钢	
	产品水泵	泵壳、叶轮等过流部件		S31603	
6	加药泵	泵头及过流部件		S30403、PVC	
7	管道	海水、浓盐水		S31603、FRP	
		产品水		S30403、FRP、PP	
		加药		S30403、PP	
		真空		S31603	
		蒸汽		S30403	
8	阀门	海水、浓盐水	阀体及过流部件	S25073、S31603	
		产品水、加药		S30403	
		真空		S31603	
		蒸汽		S30403	



附 录 B

(资料性附录)

多效蒸馏海水淡化系统主要检测仪表参数

多效蒸馏海水淡化系统主要检测仪表参数见表 B.1。

表 B.1 多效蒸馏海水淡化系统主要检测仪表参数

序号	测点名称	就地	远传 PLC 或 DCS			备注
			模拟量	开关量	报警	
1	加热蒸汽母管温度		√			*
2	加热蒸汽母管压力		√			*
3	加热蒸汽母管流量		√			*
4	蒸汽热压缩机入口蒸汽压力		√			
5	蒸汽热压缩机入口蒸汽温度		√		√	
6	首效加热蒸汽压力		√			*
7	首效加热蒸汽温度		√		√	*
8	物料海水母管流量		√		√	
9	各效物料海水流量		√			
10	首效凝结水温度		√			
11	末效产品水温度		√			
12	首效浓盐水温度		√		√	
13	末效浓盐水温度		√			
14	首效凝结水液位	√	√	√	√	*
15	末效产品水液位	√	√	√	√	*
16	末效浓盐水液位	√	√	√	√	*
17	冷凝器海水入口温度		√			*
18	冷凝器海水出口温度		√			*
19	冷凝器海水入口流量		√			*
20	冷凝器壳侧温度	√	√			
21	冷凝器壳侧压力	√	√		√	*
22	首效凝结水电导率		√		√	*
23	首效凝结水流量		√			*
24	产品水 pH 值		√			
25	产品水电导率		√		√	*
26	产品水流量		√			*
27	浓盐水流量		√			
注：表中 * 标记为产水规模小于 1 000 t/d 多效蒸馏海水淡化系统应设置的测点。						

GB/T 39222—2020

参 考 文 献

- [1] GB/T 150.4 压力容器 第4部分:制造、检验和验收
- [2] GB 3097 海水水质标准
- [3] GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)
- [4] GB/T 5750.2 生活饮用水标准检验法 水样的采集与保存
- [5] GB 8978 污水综合排放标准
- [6] GB 17051 二次供水设施卫生规范
- [7] GB/T 17219 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准
- [8] GB 17323 瓶装饮用纯净水
- [9] GB 17378.3 海洋监测规范 第3部分:样品采集、贮存与运输
- [10] GB 17378.4 海洋监测规范 第4部分:海水分析
- [11] GB 18486 污水海洋处置工程污染控制标准
- [12] GB/T 33542 多效蒸馏海水淡化装置通用技术要求
- [13] GB 50052 供配电系统设计规范
- [14] GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- [15] GB 50650 石油化工装置防雷设计规范
- [16] GB 50726 工业设备及管道防腐蚀工程施工规范
- [17] HG/T 20546 化工装置设备布置设计规定
- [18] HG/T 20549 化工装置管道布置设计规定
- [19] HY/T 187.2 海水循环冷却系统设计规范 第2部分:排水技术要求

