

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T 115—2008

蒸馏法海水淡化工程设计规范

Seawater desalination engineering design
for distillation

2008-03-31 发布

2008-04-01 实施

国家海洋局 发布

前 言

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所负责起草,国家海洋标准计量中心参加起草。

本标准由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本标准主要起草人:阮国岭、吕庆春、赵河立、郝军、冯厚军、姚勇、谢峰。

引 言

为了贯彻执行《海水利用专项规划》、《海水利用标准发展计划》，推动海水淡化产业的健康、有序、快速发展，有必要在进行自主技术示范工程的基础上，总结蒸馏法海水淡化装置的设计经验，规范蒸馏法海水淡化工程的规划、设计，保证工程的设计质量，做到工程技术先进，运行安全可靠，经济合理，为蒸馏法海水淡化技术的产业化提供标准技术支撑和保障。从而有效地解决我国沿海地区的缺水问题，特制定本规范。

蒸馏法海水淡化工程设计规范

1 范围

本标准规定了蒸馏法海水淡化工程的厂址选择、厂区规划、海水预处理、工程设计、产品水水质、浓盐水、冷却水及清洗液排放的基本要求。

本标准适用于新建及扩建的采用蒸馏方式进行海水淡化的工程设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- GB 150 钢制压力容器
- GB 3097 海水水质标准
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB 5083 生产设备安全卫生设计总则
- GB/T 5750(所有部分) 生活饮用水标准检验方法
- GB/T 6988.1 电气技术用文件的编制 第1部分:一般要求
- GB 12348 工业企业厂界噪声标准
- GB 12801 生产过程安全卫生要求总则
- 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
- GB 17378.3 海洋监测规范 第3部分:样品采集、储存与运输
- GB 17378.4 海洋监测规范 第4部分:海水分析
- GB/T 19570 污水排海管道工程技术规范
- GB 50007 建筑地基基础设计规范
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50010 混凝土结构设计规范
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50017 钢结构设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50034 工业企业照明设计标准
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50205 钢结构工程施工质量验收规范
- DL/T 5094 火力发电厂建筑设计规程
- HG 20519.15 管段表及管道特性表
- HG 20546 化工装置设备布置设计规定
- HG/T 20549 化工装置管道布置设计规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

海水淡化 seawater desalination

脱除海水中的盐分生产淡水的技术。

3.2

加热蒸汽 heating steam

外部输入装置的用来加热原料海水制取淡水的蒸汽。

3.3

多级闪蒸海水淡化 multi-stage flash distillation

经过加热的海水,依次通过多个温度、压力逐级降低的闪蒸室,进行蒸发冷凝的蒸馏淡化方法。

3.4

多效蒸馏海水淡化 multi-effect distillation

由多个蒸发效串联组成,蒸汽在传热管一侧冷凝生成淡水,同时放出的热使传热管另一侧的海水蒸发生成蒸汽,并进入下一效作为加热蒸汽(3.2)对海水进行加热蒸发生产淡水的方法。

3.5

低温多效海水淡化 low temperature multi-effect distillation

原料海水的最高蒸发温度低于 70 °C 的多效蒸馏海水淡化(3.4)方式。

3.6

压汽蒸馏海水淡化 vapor compression distillation

将海水蒸发汽化后产生的二次蒸汽绝热压缩,再返回蒸发器作为加热蒸汽、同时冷凝成淡水,以提高热能利用效率的淡化方法。

注:压汽蒸馏可以分为机械压汽蒸馏(使用机械压缩机)和热压汽蒸馏(将少量高压蒸汽与二次蒸汽混合)两种形式;其中机械压缩是以电力作为整套装置的外加能量,而热压缩是采用高压蒸汽作为外加能量。

3.7

造水比 gained output ratio

蒸馏装置生产的蒸馏水量与加热蒸汽量之比。

3.8

浓缩比 concentrated ratio

经蒸发后排放的盐水浓度与原料海水的浓度之比。

3.9

浓盐水 concentrated brine

原料海水采用蒸馏工艺产生淡水后需要排放的浓缩海水。

3.10

原水水质 rawwater quality

由水源地取来的原料海水的物理、化学、生物学等方面的性质。

4 技术内容

4.1 厂址选择、厂区规划

4.1.1 厂址选择

4.1.1.1 厂址宜选择接近海水取水口和用户,以降低管道(或渠道)的输送成本。

4.1.1.2 海水取水口的选址应远离受污染河流的入海口和排污口,应考虑海流因素,不应受工厂自身排水的影响,海水取水口的海水水质应符合 4.3.2 的要求。

4.1.1.3 应综合热力和电力负荷,考虑能源供应的便利性和经济性。

4.1.1.4 选择厂址时,应掌握厂址的工程地质资料和区域地质情况,进行工程地质勘探,并按 GB 50021 的要求,提供岩土工程地质勘探评价报告。

4.1.1.5 厂址的选择应综合考虑交通运输、供热管线、地形、地质、地震、施工、管理、环境保护和综合利用等因素,并应符合相关的法律法规规定,经技术经济比较后择优确定。

4.1.2 厂区规划

4.1.2.1 蒸馏法海水淡化工程的厂区规划,应根据生产工艺、运输、防火、防爆、环境保护、卫生、施工和生活等方面的要求,结合厂区地形、地质和气象等自然条件,按照规划容量,以近期为主,对厂区的建筑物和构筑物、管线及运输线路等,进行统筹安排,合理布置,工艺流程顺畅,检修维护方便,有利施工,便于扩建。

4.1.2.2 应按规划容量设计,海水淡化工程分期建设时,总体规划应正确处理近期与远期的关系。近期集中布置,远期预留发展。

4.1.2.3 扩建的蒸馏法海水淡化工程的厂区规划,应结合老厂的生产系统和布置特点进行统筹安排、改造,合理利用现有设施,减少拆迁,并应避免扩建施工对生产的影响。

4.1.2.4 蒸馏法海水淡化工程的厂区规划中,厂区建筑物、构筑物的平面布置和空间组合,应紧凑合理,功能分区明确,厂区简洁协调,建筑造型新颖美观;相邻淡化装置之间的距离以满足安全运行,方便检修维护为宜。

4.2 取水方式

4.2.1 取水方式的选择

蒸馏法海水淡化的取水方式是影响工程投资的重要因素,应综合考虑取水口水质、地质、地形、气象等因素,进行不同取水方式的工程造价、工程周期、其相对应的预处理投资等方面的综合对比后,确定最佳的海水取水方式。

4.2.2 一般取水方式

根据取水口水质、地质、地形、气象和海况等因素,蒸馏法海水淡化的取水方式可分为岸边取水、管道取水和明渠取水等方式。

4.2.3 利用现有取水设施

滨海电厂、化工厂、炼钢厂等如果已经建有海水取水设施,可考虑对现有的海水取水设施进行改造,以满足蒸馏法海水淡化工程对海水的需求。此种取水方式可有效节约工程投资和工程周期,蒸馏法海水淡化工程宜优先采用此种取水方式。

4.2.4 取水量

蒸馏法海水淡化系统对海水的总需求量,除了用于淡化装置的进料海水,还包括装置的冷却系统用水。为节省取水的能耗,蒸馏法海水淡化的海水总需求量宜不超过淡水产量的4倍~5倍。

注:海水总需求量大小与进料海水的温度高低有关,进料海水的温度高,海水的总需求量大;进料海水的温度低,则海水的总需求量变小。

4.3 海水预处理工艺

4.3.1 应定期取得海水取水口的潮汐、盐度、水温、海水水质监测数据及水质全分析资料,应按照GB 17378.3及GB 17378.4的规定,进行样品采集和水质分析。

4.3.2 蒸馏法海水淡化的原水水质不应低于GB 3097中四类海水水质标准中的大部分指标要求(参见附录A)。

4.3.3 经预处理后进入蒸馏法海水淡化装置的海水水质宜满足以下指标要求:

- 悬浮物含量低于50 mg/L;
- 游离油含量不大于1 mg/L;
- 游离氯含量不大于1 mg/L;
- 颗粒性悬浮物直径不大于100 μm。

4.3.4 应结合水源的季节性变化规律以及外界环境对水质可能产生的影响因素,合理的确定原料海水的预处理工艺。

- 4.3.4.1 如进料海水水质不符合要求,则应针对其超标特征进行相对应的预处理。
- 4.3.4.2 为减缓设备腐蚀、结垢和生物附着,进入淡化装置的海水应加入阻垢缓蚀剂和杀生剂。
- 4.3.4.3 系统最高蒸发温度超过 90 ℃ 的蒸馏法海水淡化系统应配备脱气装置。
- 4.3.4.4 蒸馏法海水淡化系统内宜加入消泡剂。
- 4.3.4.5 应在进料管路上安装过滤器除去进料海水中夹带的杂物。

4.4 工程设计

4.4.1 设计基本原则

- 4.4.1.1 蒸馏法海水淡化装置不宜设计成单机运行的形式。
- 4.4.1.2 在满足正常运行要求的前提下,宜优先使用低品位蒸汽作为加热蒸汽。

4.4.2 工艺设计内容

4.4.2.1 蒸馏法海水淡化工程工艺设计内容应包括:工艺设计说明、工艺流程图、设备布置图、管道平面布置图、管道立面布置图、管段详图、管段统计表。

4.4.2.2 工艺设计说明包括工艺流程、设计依据、设计思路、计算书等内容。

4.4.2.3 工艺流程图内容应包括:

- 设备选型(应标出设备型号、主要技术参数等内容);
- 设备之间及设备内部的管路连接(应注明管路公称直径、材质、公称压力等内容);
- 手动阀门(应注明阀门类型、公称直径、材质、公称压力、编号等内容);
- 动力阀门(应注明阀门类型、公称直径、材质、公称压力、编号等内容);
- 仪表(应注明仪表类型、编号等内容)。

4.4.2.4 管道平面布置图、管段详图应符合 HG/T 20549 的要求,管道布置尚应符合 HG 20546 的要求。

4.4.2.5 管段统计表应符合 HG 20519.15 的规定。

4.4.3 设备设计内容

4.4.3.1 容器类设备设计

4.4.3.1.1 容器类设备设计属于非标准类的,设计应能满足加工制作的要求,并应给出计算书和所需设备、材料清单,设计图纸应包括以下内容:

- 技术特性表:包括设备的使用压力、设计压力,使用温度、设计温度,工作介质、焊缝系数、腐蚀裕度等;
- 管口表:包括工程尺寸、连接尺寸、连接面标准及管口用途等;
- 技术要求:包括焊接选用材料、焊接工艺,焊接接头形式及尺寸标准,焊缝处理工艺;水压试验标准等;
- 设备明细表:包括设备所有零部件名称、数量、规格型号及重量等。

4.4.3.1.2 容器类设备设计属于标准类的,应标明需满足的具体标准名称。

4.4.3.2 支架类设备设计

4.4.3.2.1 支架类设备的设计应能满足施工及装置运行的要求,并应给出计算书及所需材料清单。

4.4.3.2.2 支架类设备的设计图应包括以下内容:

- 支架的三视图;
- 加工尺寸;
- 材料的使用数量及重量;
- 焊接工艺、焊接材料、焊缝处理工艺;
- 防腐涂装工艺、涂装遍数。

4.4.4 土建设计内容

4.4.4.1 结构荷载的确定应符合 GB 50009 的要求,地基基础的设计应符合 GB 50007 的要求。

4.4.4.2 按照 GB 50011 规定确定抗震设防烈度及抗震设防标准。

4.4.4.3 工程的结构设计应符合 GB 50010、GB 50017 的要求。

4.4.4.4 建筑设计应符合 DL/T 5094 的要求。

4.4.5 电气与控制设计

4.4.5.1 电气设备的设计应符合 GB 50052 及 GB 50054 的要求。

4.4.5.2 电气系统的原理图、配线图、工艺流程图应按照 GB/T 6988.1 的要求编制。

4.4.5.3 电气系统的控制应符合 GB/T 3797 的要求。

4.4.6 工艺设计要求

4.4.6.1 设计的一般要求

4.4.6.1.1 蒸馏法海水淡化工程的工艺设计在成熟稳定的技术路线基础上,既要考虑装置的一次性投资,又应考虑装置的运行、维护费用和使用寿命。

4.4.6.1.2 蒸馏法海水淡化工程的工艺设计宜采用先进技术降低成本。

4.4.6.1.3 蒸馏法海水淡化工程的设计应符合 GB 150、GB 5083、GB 12348、GB 12801、GB 50034 的规定。

4.4.6.2 设备性能一般要求

4.4.6.2.1 蒸馏法海水淡化工程的设备、阀门等,均应采用耐腐蚀材料制造,或在其接触介质的表面上涂敷合适的防腐层。

4.4.6.2.2 蒸馏法海水淡化工程的蒸发器和蒸汽管路应设置隔热层,隔热层由绝热材料和耐盐雾腐蚀的外保护层组成。

4.4.6.2.3 蒸馏法海水淡化工程的蒸发装置应满足以下的密封性能——装置达到设计压力后,观察 12 h 内的真空保持情况,装置内部的压力升高值应小于 6 kPa。

4.4.6.3 管道一般要求

4.4.6.3.1 进出水管道宜采取防腐、保温及防冻措施。

4.4.6.3.2 进出水管道穿过建筑物承重墙或基础时,应预留开口;管道的位置,不得妨碍生产操作、交通运输和建筑物的使用。

4.4.6.3.3 进水与产水管道宜明设,且排水管道不应在产品水管道上方通过;当工艺有特殊要求时可暗设,但应便于安装和检修。

4.4.6.3.4 管路内介质温度高于 50 ℃时,宜采用金属材质的管道;如使用非金属管道应确保管道的耐温耐压等级满足设计要求。

4.4.6.3.5 进出水管道应在 1.25 倍设计压力下不破裂、不渗漏。

4.4.6.4 消防的一般要求

4.4.6.4.1 消防水源应由主消防管网供给,消防水系统的设置应覆盖所有室外、室内建构筑物和相关设备。

4.4.6.4.2 在装置区域内(主要包括电子设备间、控制室、电缆夹层、电力设备附近等处)配置一定数量的移动式灭火器。

4.5 产品水

4.5.1 蒸馏法海水淡化的产品水总固溶物含量指标应根据用途由用户确定,用户无具体要求时设计值宜低于 10 mg/L。

4.5.2 蒸馏法海水淡化装置应配置产品水贮罐,产品水贮罐的容量应根据用户的需求设计;产品水贮罐的最小贮量应能满足装置停机检修时需要的一定淡水贮存量要求。

4.5.3 产品水管路上应安装在线水质监测仪器用于检验产品水是否合格。合格产品水通过主管路收集到产品水储罐;不符合 4.5.1 指标要求的产品水通过旁路排放。

4.5.4 多效蒸馏法海水淡化的产品水如用于饮用,其输送管道材质,应符合 GB/T 17219 对管道材质的要求。

4.6 废水处理

4.6.1 浓盐水排放

4.6.1.1 根据蒸馏法海水淡化工程区域的工业企业条件,蒸馏法海水淡化装置的浓盐水宜优先考虑综合利用(如作为附近盐场的制盐用水)。

4.6.1.2 蒸馏法海水淡化装置的浓盐水排放口位置应远离原料海水的取水口,并应选择有利于浓盐水向外海输送转移的位置。

4.6.1.3 蒸馏法海水淡化装置产出的浓盐水排放管路及排放口应满足 GB/T 19570 的技术要求,不应建在海洋特别保护区、海洋自然保护区、重要渔业水域、海洋风景名胜及其他需要特殊保护的珍稀物种、珊瑚礁、红树林、沿海湿地、海草床等重要海洋生态环境区域。

4.6.1.4 蒸馏法海水淡化装置的浓盐水排放管线不应与其他管线(如电缆、供水管道)交叉,如交叉不可避免时应敷设在其他管线的下面,垂直净距(管道外壁净距)应达 50 cm 以上。

4.6.1.5 蒸馏法海水淡化装置的浓盐水排放管道应满足水压 0.2 MPa 情况下不渗水的指标。

4.6.1.6 在滨海电厂、化工厂、炼钢厂等大型企业建设的蒸馏法海水淡化装置,如果已经建有海水冷却水排水设施,宜对已有的海水排水设施进行改造合流,可降低排海浓盐水的总固溶物含量和温度。

4.6.2 冷却水系统

4.6.2.1 海水作为冷却水应用于蒸馏法海水淡化系统时,宜与系统的浓盐水混合排放,降低系统排放的浓盐水的总固溶物含量。

4.6.2.2 在滨海电厂、化工厂、炼钢厂等大型企业建设的蒸馏法海水淡化装置,如果已经建有海水循环系统,宜对已有系统进行改造合并,采用循环冷却、重复利用的方式。

4.6.2.3 淡水作为冷却水应用于蒸馏法海水淡化系统中,宜采用循环冷却、重复利用的方式。

4.6.3 清洗系统及清洗液排放

4.6.3.1 蒸馏法海水淡化装置应配备清洗系统。

4.6.3.2 蒸馏法海水淡化装置需要定期进行化学清洗,清洗废液应处理合格后排放。

5 检验

5.1 4.3.2 海水水质的检验,按 GB 17378.3 及 GB 17378.4 规定的方法进行。

5.2 4.3.3 的指标应按照 GB 17378.3 及 GB 17378.4 规定的方法进行样品采集和检验。

5.3 4.5.1 产品水水质的检验,按照 GB/T 5750 规定的方法分析检验。

5.4 蒸馏法海水淡化工程的验收应符合 GB 50204、GB 50205 的规定。

附录 A
(资料性附录)
原料海水水质标准

按照海域的不同使用功能,海水水质分为四类,其中第四类海水适用于海洋港口水域及海洋开发作业区。蒸馏法海水淡化对于原水的水质指标要求较宽松,且原料海水还要经过预处理程序才会进入淡化装置,考虑到淡化后海水的用途,所以蒸馏法海水淡化的原料海水水质不应低于 GB 3097 中四类海水水质标准中的大部分指标。具体满足的指标见表 A.1 和表 A.2。

表 A.1 原料海水水质标准

项 目	指 标
悬浮物质	人为造成增加的量不得超过 150 mg/L
色、臭、味	海水不得有令人厌恶和感到不快的色、臭、味
漂浮物质	海面无明显油膜、浮沫和其他漂浮物质
病原体	供人生食的贝类养殖水质不得含有病原体
水温	人为造成的海水温升夏季不超过当时当地 4 ℃
pH 值	6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动范围的 0.5 pH 单位
溶解氧	任何时候不低于 3 mg/L
化学需氧量	不超过 5 mg/L
生化需氧量	不超过 5 mg/L
有害物质	应符合表 A.2 规定的最高容许浓度要求

表 A.2 原料海水中有毒物质最高容许浓度

项目名称	最高容许浓度/(mg/L)
汞	0.000 5
镉	0.010
铅	0.050
总铬	0.50
砷	0.050
铜	0.050
锌	0.50
硒	0.050
镍	0.050
油类	0.50
氰化物	0.20
硫化物(以 S 计)	0.25
挥发性酚	0.050
有机氯农药	0.005
无机氮(以 N 计)	0.50
无机磷	0.030