

河北省海水淡化水源地选划评价指标和选划体系研究

朱琴¹,左丽明¹,崔成²,单科³

(1. 河北省地矿局水文工程地质勘察院 石家庄 050021;2. 石家庄市职业技术学院 石家庄 050000;
3. 国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所 天津 300192)

摘要:文章基于 2016 年对河北省沿海海水淡化项目的调查研究,通过对海洋自然环境现状和海水淡化工艺进行系统综合分析,建立河北省海水淡化水源地选划体系。研究发现,海水淡化水源地选划的评价指标内容可分为 3 个方面,即水量、水质和经济性。其中水质指标需根据海水淡化工艺进行相应评价。研究表明,水深和底质类型是进行海水淡化水源地选划的关键因素,水源地的离岸距离直接影响项目建设的资金投入。海水淡化水源地选划的大致评价步骤为:对土地利用方式和海洋功能区划进行符合性分析,对水源地离岸距离进行分析,对水深和海洋底质类型进行评价,进行水质分析,最终给出适宜性评价结果。该评价体系可为河北省海水淡化水源地的开发利用提供技术参考。

关键词:海水淡化;海洋工程;海水资源;水源地选划

中图分类号:P74 文献标志码:A 文章编号:1005—9857(2017)06—0066—05

Evaluation Index and Selection System of Seawater Desalination Site Selection in Hebei Province

ZHU Qin¹,ZUO Liming¹,CUI Cheng²,SHAN Ke³

(1. Hebei Province Hydrogeology Survey Institute,Shijiazhuang 050021,China;2. Shijiazhuang Vocational Technology Institute,Shijiazhuang 050000,China;3. The Institute of Seawater Desalination and Multipurpose Utilization,SOA,Tianjin 300192,China)

Abstract: In order to establish the seawater desalination system in Hebei Province,a survey of coastal desalination projects was conducted in 2016,establishing a seawater desalination system based on the comprehensive analysis of marine natural environment and seawater desalination technology in Hebei Province.It was found that the evaluation indexes of seawater desalination can be divided into three aspects:economy,water quality and water quantity.Among them,water quality indicators need to be evaluated according to desalination process.The results showed that the water depth and the type of sediment are the key factors in the selection of water resource of seawater desalination.The offshore distance of the water source directly affects the capital invest-

ment of the project construction. General evaluation of desalination water source selection includes the following steps: compliance analysis on land use and marine function zoning; analysis on the distance to offshore water; evaluation of the water depth and ocean bottom sediment types; analysis on water quality; and the desalination water suitability assessment. The evaluation system could provide technical reference for the development and utilization of seawater desalination in water sources of Hebei Province.

Key words: Seawater desalination, Oceanographic engineering, Seawater resources, Selection of water resources

我国北方沿海地区淡水资源短缺问题严重制约经济社会的发展,形势相当严峻。优化沿海城市(海岛)水资源结构迫切要求加大海水利用力度。海水淡化水可用于工业锅炉除盐水,在淡水资源紧张、水价偏高的沿海地区也是企业降低生产成本和提高运行效益的有效途径之一。开展海水淡化水源地选划体系研究可为海水淡化水源地的开发利用提供技术参考,有利于促进海水淡化技术的发展^[1]。

在海水淡化水源地选划方面已有相关研究。如,黄鹏飞等^[2]根据海水淡化工程用海的特点,建立自然—生态环境—社会经济框架的指标体系,建立模糊综合评价法的海水淡化用海适宜性评价模型;该评价模型的评价因素较全面,但一些评价指标无法量化,且在实际评价时可操作性不强。刘淑芬等^[3]针对海水淡化在用海管理方面需重点关注取水 and 排水过程对海洋环境的影响进行研究。

1 海水淡化水源地适宜性划分

海水淡化水源地分为3类:①适宜,即将取水水质经过简单预处理或不作预处理就能满足淡化进水要求,取水构筑物建设的经济性好或难度小;②较适宜,即将取水水质经过一定预处理才能满足淡化进水要求,取水构筑物建设的经济性一般或难度中等;③不适宜,即将取水水质经过复杂预处理才能满足淡化进水要求,取水构筑物建设的经济性差或难度大。

2 评价指标

为将海水淡化水源地选划的适宜性分类体现在具体评价指标上,总体来说,需进行3个方面的评价,即水量、水质和经济性。此外,还需满足土地利

用规划和海洋功能区划以及有利于排污和受风浪影响较小等条件。

2.1 水量

建立海水淡化水源地首先必须保证取水水量,为保证取水水量必须满足一定的取水深度。根据现有取水工程现状,取水深度需满足低潮位时水深大于2 m。河北省海水综合利用取水工程均分布在港池里,水深均大于5 m。特殊情况如天津大疆电厂^[4]为保证取水量,将取水口布置在0 m等深线附近,取水口距离岸边3.5 km,取水量155万m³/d;这种取水方式费用非常高,适合超大型海水取水工程。

取水规模分为超大型(>10万m³/d)、大型(1万~10万m³/d)、中型(1000~10000m³/d)和小型(<1000m³/d),根据取水水深条件确定海水淡化适宜取水规模。一般来说,水深大于2 m的海域适合建设各种规模的海水淡化项目;水深0~2 m海域适合建设小型和中型的海水淡化项目;水深小于0 m海域不适宜建设水源地。如采用远距离取水方式,水深大于0 m就可建设水源地,但为保证取水水量需建设相应储水工程,投资巨大,因此远距离取水建设水源地的适宜性为中。

根据河北省水深条件,近岸0~100 m范围内海域,水深大于2 m的区域均为港池内,可采用岸边式直接取水方式;水深0~2 m的区域集中在秦皇岛近岸海域,主要为砂质岸滩,适合开挖砂层埋管延伸到深水区取水^[5]。离岸2 km范围内海域,水深大于0 m的区域适合建设大型或超大型水源地,集中在秦皇岛海域,可开挖砂层埋管延伸到深水区取水。离岸2~5 km范围内海域,水深大于

0 m 的区域仅适合建设超大型水源地,工程投入费用过高。

2.2 水质

水质的优劣关系到海水淡化预处理方式的选择,涉及淡化成本。水质越好,水体中泥沙含量越低,预处理越简单。在我国部分水质条件较好的海域,海水淡化取水不需预处理或仅需简单处理即可直接进行淡化。

低温多效蒸馏法和反渗透法是目前应用最广泛的海水淡化工艺,二者对水质的要求不同。低温多效蒸馏法海水淡化影响取水的主要指标为水体中的悬沙含量,水体中悬沙的预处理工艺相对简单,预处理方式一般分为简单和较复杂 2 种,因此将取水水质条件划分为好和中;反渗透法海水淡化对水质要求较高^[6],预处理方式可分为简单、较复杂和复杂 3 种,一般不适宜水质条件较差的情况,因此将取水水质条件划分为好、中和差。

2.3 经济性

经济性主要体现在 2 个方面,即海水淡化预处理方式和取水距离。海水淡化预处理方式根据水质确定,水质越好,预处理费用越低,经济性越好。取水距离根据取水位置确定,取水离岸距离越近,经济性越好;远岸取水投入费用较高,适合大型或超大型海水淡化项目,处理水质成本占总投资比例相对较低;根据取水口离岸距离,100~2 000 m 的区域为超大型或大型水源地的较适宜区,2 000~5 000 m 为超大型水源地的较适宜区。

3 海水淡化水源地选划的水质指标

3.1 低温多效蒸馏法海水淡化

低温多效蒸馏法海水淡化对海水水质的要求较低,淡化系统进水要求如表 1 所示。可以看出,除悬浮物含量指标外,其他指标限值较高,一般情况下的海水水质均能满足要求,因此重点分析的指标为悬浮物含量。

表 1 低温多效蒸馏法海水淡化进水要求

项目	水质要求(比较适宜)
油类含量/(mg·L ⁻¹)	<1
游离氯含量/(mg·L ⁻¹)	<1

续表

项目	水质要求(比较适宜)
悬浮颗粒直径/μm	<100
盐度/(mg·L ⁻¹)	<10
悬浮物含量/(mg·L ⁻¹)	<50

根据对沧州国华电厂的调研,影响水体中悬浮物含量的主要物质为泥沙含量。由于地处浅滩,滩面细颗粒粉沙质淤泥在风浪的作用下极易被掀扬悬浮,随涨潮进入港池,有较大风浪时海水中泥沙和悬浮物含量较高,历史上附近海域含沙量曾达到 2~4 kg/m³、平日为 0.2~0.4 kg/m³。悬浮物的去除工艺相对简单,沧州国华电厂采用的预处理设备处理效果良好,海水淡化系统运行良好。因此,本研究将满足表 1 指标要求的海水水质划分为好,不满足要求的划分为中。

3.2 反渗透法海水淡化

反渗透法海水淡化的进水要求如表 2 所示。可以看出,对进水要求较高,其中浊度、污染指数 SDI、锰含量是影响进水要求的主要指标。根据河北省近岸海水水质现状,均不能满足淡化系统直接进水要求。

表 2 反渗透法海水淡化进水要求

项目	水质要求
pH 值	4~11(运行);2~11(清洗)
浊度/NTU	<1.0
污染指数 SDI(15 min)	<5
游离氯含量/(mg·L ⁻¹)	<0.1 ² ,控制为 0.0
锰含量/(mg·L ⁻¹)	<0.5
铁含量/(mg·L ⁻¹)	<0.05(给水溶氧>5) ³

近年来,超(微)滤膜作为海水预处理的有效措施之一,已得到越来越多的青睐。反渗透超(微)滤装置海水淡化进水要求如表 3 所示。

大量实验已经证明,超(微)滤装置能够为海水提供最适宜的预处理。美国、荷兰、比利时、德国、西班牙、纳米比亚、新加坡和科威特都有较好业绩。我国的王滩电厂、玉环电厂和乐清电厂都采用超

(微)滤装置作为海水预处理方法,这些系统在设计前都经过严谨的现场工业性实验,实际运行效果也证明系统设计的正确性和合理性;其中王滩电厂直接采用超滤进行海水预处理,经过 3 年多的运行实践,证明是可行的^[7]。

表 3 反渗透超(微)滤装置海水淡化进水要求	
项目	水质要求
水温/℃	15~35
pH 值	3~11
浊度/NTU(管式装置)	<5(内压式)
	<15(外压式)

注:超(微)滤装置浊度的具体进水要求应参照厂商的设计导则。

由于反渗透法海水淡化对进水要求较高,大唐国际电厂海水淡化只需用超滤法对进水进行简单预处理就能满足要求,而沧州国华电厂在建厂前对黄骅港港池内水质进行调查后发现,沧州海水水质较差,不适合采用反渗透海水淡化而采用低温多效蒸馏法海水淡化。因此,本研究以沧州海水水质为参考,将劣于沧州海水水质的划定为水质差,将满足超滤条件的划定为水质好,将中间情况划定为水质中。

4 河北省海水淡化水源地选划体系

综上所述,为使海水淡化水源地选划更加切实可行、突出重点和科学合理,建立选划体系(图 1)。

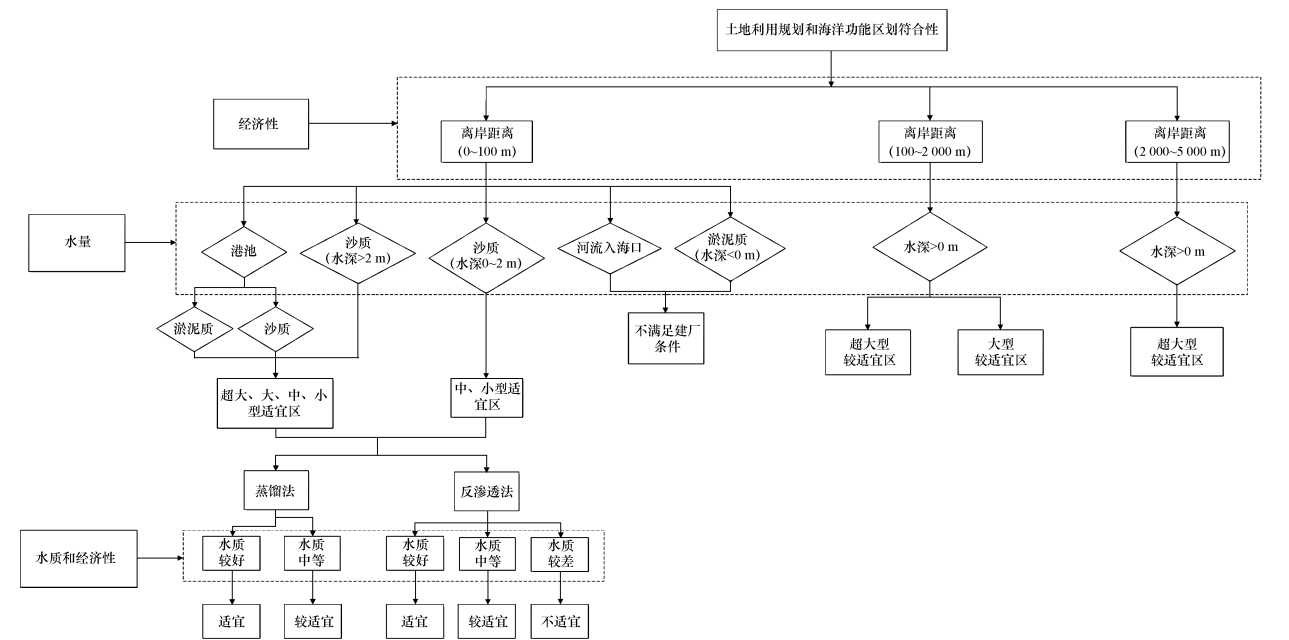


图 1 海水淡化水源地选划体系

①对评价区的土地利用规划和海洋功能区划进行符合性分析,在满足条件的基础上进行下一步分析。②分析离岸距离,在近岸水深满足 0 m(理论最低潮面下)以上时采用近岸取水,当近岸 100 m 范围内水深不能满足大于 0 m 时才考虑远岸取水,远岸取水投入较近岸高,因此取水适宜性划定为较适宜。③对近岸取水的水深和海洋底质的类型条件进行评价,评价出海水淡化的适宜取水规模,取水深度满足最低潮时大于 2 m 时适宜各种取水规模,0~2 m 时适宜中型和小型项目。④对近岸取水

进行水质评价,其中低温多效蒸馏法海水淡化可将水质划分为好和中,而反渗透法海水淡化可分为好、中和差。最终得出海水淡化水源地适宜性评价结果。

在选划过程中需稍加分析其他附属因素,如排水条件、排污情况、风浪侵蚀、冲淤环境、环境影响和灾害风险^[8]等。如,对于寒冷地区,可在取水口建设防冰设施^[9];将取水构筑物尽量建在海湾内风浪较小的地方,合理选择利用天然地形,防止海潮袭击;将取水构筑物建在坚硬的原土层和基岩上,增

加构筑物的稳定性等^[10]。对于地下取水,重点评价岸滩砂层的厚度和渗透性。

5 结语

本研究在系统分析海水淡化取水工程案例和河北省自然资源条件的基础上建立评价体系,综合考虑海水淡化水源地建设的水量、水质和经济性等评价指标,海水淡化水源地评价体系符合实际需要且可操作性强。为保证水量,取水深度是必须调查的指标;为保证水质,调查重点是水体中的泥沙含量,而这与海洋沉积物的底质类型密切相关。因此,水深和底质类型是进行海水淡化水源地选划的关键因素。除此之外,水源地的离岸距离直接影响项目建设的资金投入,离岸越远项目花费越多。综合各种因素,将海水淡化水源地选划结果划分为适宜、较适宜和不适宜。海水淡化水源地选划的大致评价步骤为,对土地利用方式和海洋功能区划进行符合性分析,对水源地的离岸距离进行分析,评价水深和海洋底质类型,并对近岸海水进行水质分析,最终给出海水淡化水源地适宜性评价结果。该评价体系可为河北省海水淡化水源地的开发利用提供技术参考。

参考文献

[1] 国家海洋局.海水利用专项规划[Z].2005.

[2] 黄鹏飞,杨志宏,王锐浩,等.海水淡化工程用海适宜性评价指标体系与模型构建研究[J].环境科学与管理,2015,40(1):180—183.

[3] 刘淑芬,岳奇,徐伟.海水淡化产业的用海管理研究[J].海洋开发与管理,2012,29(9):34—38.

[4] 孙波,孙林云,于海森,等.天津北疆电厂海水资源开发利用及取水工程关键技术[J].海洋经济,2011,1(4):29—34.

[5] 王印忠,丁建波,李雪,等.不同海岸类型中海水取水构筑物适用形式探讨[J].中国给水排水,2015,31(20):30—34.

[6] 中华人民共和国国家发改委.火力发电厂水工设计规范 DL/T5339—2006[S].2006.

[7] 初庆伟,李思吉,陶祯燕,等.大唐王滩电厂海水淡化系统两年运行经验[C]//2008 亚洲海水淡化与水再利用会议论文集.杭州:水处理技术,2008.

[8] 张拂坤,邹川玲,刘淑静.大型海水淡化工程风暴潮灾害风险评估体系研究[J].自然灾害学报,2015,24(4):212—218.

[9] 刘诗华,侯树强.寒区核电厂取水口防冰设施设计研究[J].人民黄河,2015,37(5):112—115.

[10] 王生辉,潘献辉,赵河立,等.海水淡化的取水工程及设计要点[J].中国给水排水,2009,25(6):198—101.