

沿海围垦区非传统水资源开发利用

邵孝侯¹, 翟亚明¹, 廖林仙¹, 张 洁¹, 王为木¹, 方部玲¹, 熊 漪²

(1. 河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098; 2. 北京师范大学经济与工商管理学院, 北京 100875)

摘要: 在总结以雨水、微咸水为主的非传统水资源研究利用现状的基础上, 针对围垦区传统水资源紧缺, 以雨水、微咸水为主的非传统水资源含量丰富的特点, 提出围垦区非传统水资源的开发利用研究。通过优化集成非传统水资源开发利用模式和技术, 创建适宜于围垦区的微咸水高效与生态安全利用模式, 推广微咸水资源化的生态安全技术。根据研究目标和研究内容, 结合试验区现状, 制订了技术路线和预期目标。

关键词: 微咸水, 雨水, 水资源开发利用, 沿海围垦区

中图分类号: TV213.1 文献标识码: A 文章编号: 1003-9511(2012)03-0054-04

1 国内外研究现状

非传统水资源包括雨水、微咸水、海水、污水、土壤水等水资源, 雨水资源与微咸水资源由于总量大、开发利用成本相对较低受到了广泛的重视, 针对雨水与微咸水的利用国内外进行了大量的研究。

1.1 雨水利用

随着城市化发展、水资源短缺、环境污染等问题的不断出现与加剧, 雨水利用在 20 世纪引起了世界各国, 尤其是严重缺水国家的重视, 欧美等国家均通过加强技术研发和出台优惠政策来提高雨水资源的开发利用。雨水利用一般包括城市雨水利用和农村雨水利用。城市的雨水利用主要有 2 种形式: 一种是直接集蓄利用, 将收集的雨水经过处理后用于冲厕、绿化和景观等非饮用用水; 另一种是通过增加坑塘湿地等下渗系统, 保障地表水和地下水的健康循环和交换, 可以间接地补充城市水资源。农村雨水利用主要包括生活用水和灌溉用水 2 种方式。德国和日本是雨水利用的典型代表^[1-2]。

尽管德国水资源充沛, 不存在缺水的问题, 但德国长期致力于雨水利用技术的研究与开发, 从规划、设计到应用, 不但形成了完善的技术体系, 而且制定了配套的法规和管理规定。其中, 德国污水联合会和雨水利用专业协会针对城市雨水, 通过协调雨水

利用技术的研究开发, 制定了相关的技术指南、法规、政策, 促进了雨水利用的规范化、标准化和产业化^[3]。德国的城市雨水利用方式有 3 种: 一是屋面雨水集蓄系统。蓄积下来的雨水主要用于家庭、公共场所和企业的非饮用水。二是雨水截污与渗透系统。道路雨水通过下水道排入沿途大型蓄水池或通过渗透补充地下水。德国城市街道雨水管道口均设有截污挂篮, 以拦截雨水径流携带的污染物。城市地面使用可渗透的地砖, 以减小径流。行道树周围以疏松的树皮、木屑、碎石、镂空金属盖板覆盖。三是生态小区雨水利用系统。小区沿着排水道建有渗透浅沟, 表面植有草皮, 供雨水径流流过时下渗。超过渗透能力的雨水则进入雨水池或人工湿地, 作为水景或继续下渗。部分先进小区甚至建造出集太阳能、风能和雨水综合利用于一体的生态建筑^[1]。

日本政府十分重视对雨水的利用。早在 1980 年, 日本建设省就开始推行雨水贮留渗透计划。采用雨水贮留渗透计划, 可以有效地补充涵养地下水, 复活泉水, 恢复河川基流, 改善生态环境条件。利用雨水贮留渗透的场所一般为公园、绿地、庭院、停车场、建筑物、运动场和道路等。采用的渗透设施有渗透池、渗透管、渗透井、透水性铺盖、浸透侧沟、调节池和绿地等。此外, 日本还在一些城市的建筑物上设计了收集雨水的设施, 将收集到的雨水用于消防、

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2012BAB03B03)

作者简介: 邵孝侯(1964—), 男, 浙江余姚人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要从事节水灌溉和农业水土环境研究。

植树、洗车、冲厕所和冷却水补给等,经处理后也可以供居民饮用^[2]。

雨水利用在我国有着长期历史,西北地区的水窖蓄水和南方地区的沟塘蓄积雨水均是传统雨水利用方法的典型,但传统雨水利用中雨水利用存在雨水集蓄效率低、渗漏严重的缺点。近年来,雨水集蓄利用兴起的工程措施,如通过设置集流面提高集流效率,通过防渗措施提高雨水利用效率,极大地拓展了雨水利用的应用范围^[4]。总体而言,我国的雨水利用发展可以概括为3个阶段:①利用雨水解决生活用水为主的初级阶段;②利用雨水解决生产用水的中级阶段;③利用雨水解决生态用水的高级阶段。1980以前,利用雨水主要解决缺水地区生活用水问题;从1980年开始一直到1997年,主要注重于收集雨水用于发展农业生产;从1997年开始直到现在,雨水利用已逐渐由在解决生活和生产用水的基础上,向生态供水方向发展,其小林草植被建设生态需水和城市地下水位下降区雨水回补是生态用水阶段的重点^[3-6]。综合雨水利用目的和集雨下垫面类型划分,雨水收集利用可分为庭院集雨的人畜饮水利用模式、庭院集雨的多种经营利用模式、人工集雨的农田补灌利用模式、山坡地集雨的林草建设利用模式和小流域集雨综合利用模式。在农业雨水利用方面,以自然小流域为单元,进行雨水收集利用的小流域集雨综合利用也成为一个新的研究重点。小流域综合治理的相关研究表明,以农业为主的流域治理中生态用水需求占主要因素,满足生态用水是雨水利用的一个重点^[7]。

通过国外和我国雨水利用现状对比,笔者认为国内外雨水利用技术存在一定的差异。以德国和北京为例,首先,德国年均降雨量约600mm,降雨在年内分配均匀,雨水储存容器较小,而北京的降雨多以暴雨形式集中在6—9月份,如采用德国技术,则会导致储存容积过大,系统设备利用率过低,成本过高;其次,德国的屋面雨水经过截污装置和简单的过滤就能满足杂用水的要求,而北京的屋面雨水水质^[8]用这种系统就很难达到回用标准。北京和德国城市的雨水水质,无论屋面雨水还是路面雨水都有很大的差别。国内雨水利用方面侧重于蓄水设施的施工技术和防冻胀技术,饮用水水质净化技术和大气污染对城市雨水水质的影响,城市汇集雨水水质的净化、应用及汇集雨水回灌地下水技术等^[9]。

1.2 微咸水利用

微咸水一般指矿化度为2~5g/L的含盐水,在一定的技术条件下,这部分水资源是可以利用的。

微咸水利用在以色列、美国、意大利、法国、奥地利等国家已有很长时间,其利用技术也日臻完善。最为典型的是以色列,海水淡化技术已逐步步入工厂化生产阶段,可供利用的微咸水和咸水总贮量为589.0亿m³。经过科学合理的开发,采用先进的计算机系统,使微咸水和淡水混合为生活饮用水及农林业灌溉用水。美国贝兹维尔地区干旱时,利用一些被海水浸没的含盐水源灌溉草莓和蔬菜,没有导致植物死亡,加利福尼亚州采用明沟、暗管和竖井排水,将排水水与淡水混合后,对矿化度不超过2.0g/L的水用于灌溉获得了成功^[10]。中亚、阿拉伯特别是北非地区,在有良好排水和淋洗条件的土壤上,利用3~8g/L的咸水进行农田灌溉。日本在灌溉用水不足的地方引用含盐度0.7~2.0%的微咸水灌溉农田,意大利长期利用2~5g/L的微咸水进行灌溉,均取得了良好的效果。突尼斯不仅用矿化度4.5~5.5g/L的地下水灌溉小麦、玉米等谷类作物获得成功,而且在撒哈拉沙漠排水和灌水技术条件方便的地区用矿化度1.2~6.2g/L的地下水灌溉玉米、小麦、棉花、蔬菜等作物,也取得了良好效果^[11]。

国外在微咸水资源化方面已积累了大量的成功经验,中国从20世纪60年代和70年代开始进行微咸水利用方面的研究^[12],但总体而言,国内对微咸水的利用研究目前尚处于探索阶段,研究成果还未得到普遍推广应用。目前全国地下微咸水资源200.0亿m³/a,其中可开采微咸水资源130.0亿m³/a。微咸水主要用于缺水地区的农田灌溉。中国科学院西北水土保持研究所对宁夏微咸水灌溉区的研究表明,用不同水质的微咸水灌溉农田,土壤盐渍化程度不同,生产中可以根据微咸水的矿化度高低来决定利用方式。轻度咸水(矿化度为2.0~3.0g/L),在地下水位较深的地区,采取增施有机肥、合理密植、减少土壤蒸发量等农业措施,可灌溉一般作物,灌水数年后冲洗1次,中度咸水区(矿化度为3.0~5.0g/L),在地下水位深、排水良好、透水性强的壤土地,种植耐盐作物,在作物生长期再适时灌水压盐,每年冲洗1次,农业灌溉均取得了较好效果。重度咸水区在地下水位深、排水好、脱盐易的砂质地,应增大灌水定额和灌水次数,引洪漫地压盐,选用耐盐极强的作物和牧草,实行草田轮作或轮歇均可达到较好的效果^[12]。此外,相关试验研究也表明,在对土壤盐分进行控制的基础上,微咸水可以用于缺水地区的玉米、小麦及棉花种植,对产量影响不明显^[13-15]。吴忠东等^[16-17]对冬小麦的试验研究表明,3g/L的微咸水可以作为冬小麦的灌溉用水,但连续使用会造成

土壤表层盐分的累积,尤其在降水量偏少的年度会使作物受到盐分胁迫。拔节期应尽量避免使用微咸水,且不宜连续使用微咸水进行灌溉,组合灌溉最好采用咸淡交替的方式,综合土壤的积盐状况和冬小麦产量分析,淡(拔节水)、淡(抽穗水)咸(灌浆水)的组合灌溉顺序为最优方案。降水量偏少的年份应尽量避免连续用微咸水进行灌溉。

微咸水的利用关键在于控制作物根系土层的盐分,使土壤能够满足植物生长的需要。在作物生育期,特别是敏感期,将根系附近的土壤溶液浓度控制在作物耐受范围内,尽量减少微咸水灌溉对作物的不良影响,同时关注长期微咸水灌溉是否会影响土壤理化性质,造成土壤离子不良变化,使土壤团粒结构离散化,降低土壤水肥能力。此外,微咸水灌溉过程中,往往需要频繁进行土壤淡化-积盐过程,这一过程往往会造成土壤碱化。因此,控制土壤碱化也是微咸水灌溉的一个重要研究内容,需要进行一个长期的试验和进一步观察。

综上所述,目前雨水的利用主要以城市利用为主,农业雨水利用技术尚存在不完善之处,而微咸水的利用研究主要以试验研究为主,积累了丰富的成果,但缺少示范推广。围垦区的淡水资源紧缺,以雨水和微咸水为主的非传统水资源含量丰富,如何将雨水资源利用和微咸水的安全利用结合起来应用于围垦区,是一项长期重要的研究内容。因此,本课题以雨水和微咸水为主的非传统水资源为对象进行开发利用研究,以期为沿海围垦区的开发利用提供技术支撑。

2 研究目标

基于目前非传统水资源(雨水和微咸水)的利用现状,课题针对沿海围垦区淡水资源短缺问题,将以雨水、微咸水为主的非传统水资源应用于沿海围垦区。

a. 进行雨水集蓄利用关键技术研究,结合滨海围垦区外部条件和气候特征,构建适合围垦区的雨水利用配套技术体系。

b. 筛选现有微咸水利用技术,结合小区试验,构建滨海围垦区微咸水利用的关键性控制指标,创建适宜于围垦区的微咸水高效安全利用模式,推广微咸水资源化的生态安全技术。

c. 优化集成非传统水资源开发利用模式和技术,通过示范性研究,总结围垦区非传统水资源利用开发的管理模式,为实现围垦区非传统水资源的规模化利用提供理论支撑与技术支持。

3 研究内容

研究内容主要包括雨水集蓄利用、微咸水高效安全利用、雨水和微咸水综合集成利用和非传统水资源开发利用技术应用示范。

3.1 雨水集蓄利用关键技术研究

针对雨水收集、传输、净化、贮存和利用等各个具体环节,结合围垦区气候特征和外部条件,研发适宜于围垦区的雨水集蓄利用的关键设备与材料,建立适宜围垦区的生态友好型雨水利用方式与雨水利用技术,借鉴国内外雨水利用管理体系与经验,因地制宜,构建适合围垦区雨水利用的最佳模式。

3.2 微咸水高效安全利用关键技术研究

微咸水资源高效利用模式和技术研究主要包括微咸水预处理方法的研究,微空膜制备、性能表征及膜筛选,微咸水稀释淡化技术和微咸水处理设备的开发等。研究微咸水灌溉对围垦区主要作物的影响,控制微咸水对土壤及作物的不良影响,探求适宜的微咸水/淡水灌溉组合,创建适宜于围垦区的微咸水高效安全利用模式,推广微咸水资源化的生态安全技术。

3.3 雨水和微咸水综合集成利用模式及技术研究

在雨水、微咸水的安全利用研究的基础上,通过不同水资源的集成利用,研究微咸水、雨水综合利用对土壤环境及作物的综合影响,建立旱季轻微积盐、雨季淋洗盐分的模式,使盐分输入输出达到平衡,结合土壤施肥及生物改良技术,降低微咸水对土壤环境的负面影响,通过监控土壤理化性质,评价微咸水-雨水联合利用的长期安全性,创建适宜于围垦区的微咸水高效与生态安全利用模式,推广微咸水资源化的生态安全技术,提出基于循环与可持续发展的微咸水-雨水利用管理技术等。

3.4 非传统水资源开发利用技术应用示范

针对沿海围垦区水资源的时空分布和变化趋势,以及当地水资源的开发利用潜力,应用雨水、微咸水等非传统水资源的开发利用技术的研究成果,完成围垦区域非传统水资源开发利用示范研究,通过垦区非传统水资源开发利用技术的综合集成,建立3.33 hm²(50亩)非传统水资源开发利用的示范工程,实现非传统水资源的规模化利用,进而为江苏沿海垦区水资源保障提供技术支撑,提升垦区非传统水资源一体化管理的技术水平。

4 技术路线

通过室内分析和野外试验相结合的方法,分析

适宜的微咸水、雨水综合利用模式对作物及土壤环境的影响,提出滨海围垦区非传统水资源利用关键性控制指标,构建滨海围垦区非传统水资源利用的评价模型,优化集成非传统水资源开发利用模式和技术,创建适宜于围垦区的微咸水高效与生态安全利用模式,推广微咸水资源化的生态安全技术。

依托试验区,开展围垦区域非传统水资源开发利用示范研究,通过垦区非传统水资源开发利用技术的集成示范,在沿海围垦区建立非传统水资源开发利用的示范工程,提出基于循环与可持续发展的微咸水-雨水利用管理技术,总结围垦区非传统水资源利用开发的管理模式。

技术路线见图 1。

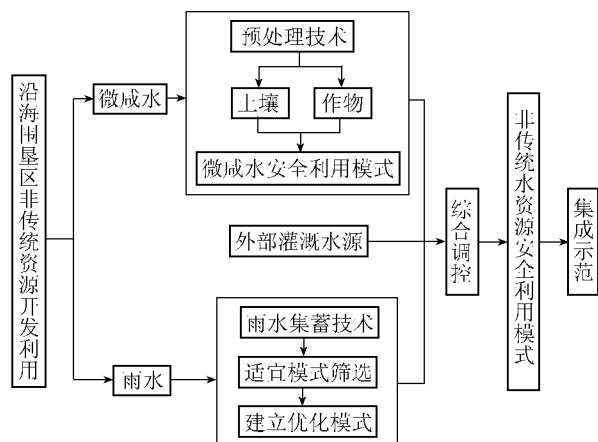


图 1 研究技术路线

5 预期成果及创新

5.1 特色及创新

a. 针对沿海围垦区水资源特征,将非传统水资源安全利用和水资源优化配置相结合,系统研究围垦区非传统水资源开发利用中涉及的关键技术,并通过示范,解决沿海围垦区的非传统水资源综合利用关键问题。研究成果为提高沿海围垦区农业的可持续发展提供理论支撑和技术支持。

b. 引入多指标评价模型,建立评价模型,结合沿海围垦区特点,对不同雨水利用模式进行优选,并对筛选出的利用模式进行集成,在示范区进行示范研究,项目的实施对沿海地区非传统水资源的利用有着较好的应用价值。

5.2 预期成果

研发围垦区微咸水预处理水利实用专项技术;总结出适宜围垦区的非传统水资源开发利用模式并总结相应的管理利用模式。

参考文献:

- [1] 丁跃元. 德国的雨水利用技术[J]. 住宅产业, 2005(1): 31-34.
- [2] 杨文磊. 日本对雨水的利用[J]. 水利天地, 1996(1): 23.
- [3] 陈晓燕, 陆桂华, 秦福兴, 等. 国外节水研究进展[J]. 水科学进展, 2002, 13(4): 526-532.
- [4] 朱强, 李元红. 论雨水集蓄利用的理论和实用意义[J]. 水利学报, 2004(3): 60-64.
- [5] 黄占斌, 山仑, 张岐岐, 等. 雨水集流与水土保持和农业的持续发展[J]. 水土保持通报, 1999, 17(1): 54-57.
- [6] 吴普特, 黄占斌, 高建恩, 等. 人工汇集雨水利用技术研究[M]. 郑州: 黄河出版社, 2002: 1-12, 155-183.
- [7] 黄占斌, 程积民, 赵世伟, 等. 半干旱地区集雨利用模式及其评价[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 301-304.
- [8] 车武, 欧岚. 屋面雨水土壤层渗透净化研究[J]. 给水排水, 2001, 27(9): 38-41.
- [9] 刘小勇, 吴普特. 雨水资源集蓄利用研究综述[J]. 自然资源学报, 2000, 15(2): 189-193.
- [10] 张启海, 周玉香. 微咸水灌溉发展的基础与措施探讨[J]. 中国农村水利水电, 1998(10): 12-13.
- [11] 吴忠东, 王全九, 苏莹. 微咸水进行农田灌溉的研究[J]. 人民黄河, 2005, 27(5): 52-54.
- [12] 刘友兆, 付光辉. 中国微咸水资源化若干问题研究[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(2): 57-60.
- [13] 叶海燕, 王全九, 刘小京. 冬小麦微咸水灌溉制度的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 27-32.
- [14] 马文军, 程琴娟, 李良涛. 微咸水灌溉下土壤水盐动态及对作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 73-80.
- [15] 蒲胜海. 棉花膜下滴灌水盐调控及灌溉制度研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2009.
- [16] 吴忠东, 王全九. 不同微咸水组合灌溉对土壤水盐分布和冬小麦产量影响的田间试验研究[J]. 农业工程学报, 2007(11): 71-76.
- [17] 吴忠东, 王全九. 微咸水连续灌溉对冬小麦产量和土壤理化性质的影响[J]. 农业机械学报, 2010(9): 36-43.

(收稿日期: 2012-03-20 编辑: 张志琴)

