

新疆坎儿井水资源保护与可持续利用研究

关东海¹, 张胜江¹, 吾甫尔·努尔丁²

(1. 新疆维吾尔自治区水利水电科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830049; 2. 新疆维吾尔自治区水文水资源局, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要 :以吐鲁番、哈密地区为例,对新疆坎儿井干涸趋势和区域地下水位动态变化进行分析研究。针对坎儿井现状存在的主要问题,依据区域水资源宏观配置对坎儿井保护利用的要求,从调整经济结构、发展农业节水、建设节水型城市、新建山区调节水库、减少地下水开采量以及加强污水回用等方面,提出了新疆坎儿井水资源保护利用的战略目标和具体保护措施。

关键词 :坎儿井;水资源配置;可持续利用

中图分类号 :TV213.4 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2008)05-0094-05

Protection and sustainable utilization of water resources in Xinjiang karez

GUAN Dong-hai¹, ZHANG Sheng-jiang¹, GOPUR Nuredin²

(1. Xinjiang Institute of Water Resources and Hydropower Research, Urumqi 830049, China; 2. Xinjiang Bureau of Hydrology and Water Resources, Urumqi 830000, China)

Abstract :The drying trend of the karezes in Xinjiang and the dynamic variation of the regional underground water level are analyzed using the Hami of Tulufan as an example. On the basis of the present status of the karezes and the requirement for the protection and utilization of karez water resources in the regional allocation system, objectives and protection measures are presented: adjusting the economic structure, promoting water-saving irrigation techniques, building water conservation cities, building new reservoirs in mountainous regions, reducing groundwater exploitation, and reinforcing the recycling of sewage.

Key words :karez; allocation of water resources; sustainable utilization

1 坎儿井概述

坎儿井是新疆勤劳智慧的各族劳动人民根据当地独特的自然地形、水文地质条件等特点,在第四纪地层中自流引取地下水的一项古老水利工程设施。坎儿井由人工开挖的竖井、具有一定纵坡的暗渠、地面输水的明渠和储水用的涝坝等 4 个部分组成(图 1)。一条坎儿井长度一般在几百米到十几千米,具有四季水流不断、水量稳定、蒸发损失小、不易被风沙掩埋以及不需要任何动力便可将地下潜水自流引出地表等特点。目前,新疆的坎儿井暗渠总长超过 5 000 多 km,人们形象地喻之为“地下长城”^[1]。

2 坎儿井的历史演变过程

根据新疆坎儿井研究会普查资料,历史上新疆保存坎儿井最多时达到 1 784 条,暗渠总长 5 272 km,总流量 23.99 m³/s,控制灌溉面积 28 913.3 hm²;截止到 2003 年 7 月,新疆有水坎儿井仅剩 614 条,总径流量 3.2 亿 m³,总控制灌溉面积 11 540.66 hm²。与 20 世纪五六十年代坎儿井数量最多时相比,已干涸坎儿井 1 170 条,其中有 261 条坎儿井已被填平,无从查找。

新疆的坎儿井主要集中在分布在东部博格达山脉南麓的吐鲁番和哈密两个地区,有水坎儿井总数为 599 条,占全疆坎儿井总数的 97% 以上。剩余 15 条坎儿井分布在乌鲁木齐市、昌吉回族自治州奇台县

作者简介 :关东海(1972—),男(锡伯族),新疆乌鲁木齐人,高级工程师,主要从事水资源评价及优化配置工作。E-mail: zjskygdh@163.com

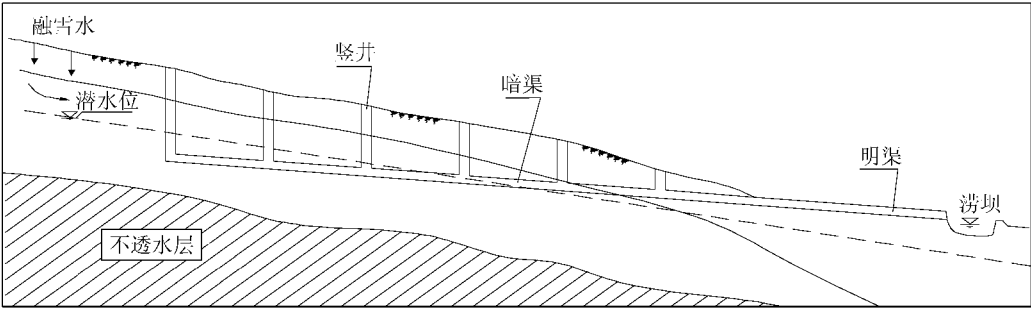


图1 坎儿井纵断面示意图

和木垒县、和田地区皮山县、克孜勒苏柯尔克孜自治州阿图什市及阿克苏地区库车县等地。因此,从坎儿井的分布现状及其水资源供水比例而言,以及从区域水资源保护和可持续利用角度考虑,吐哈地区是新疆坎儿井保护的重点,也具有鲜明的代表性。故本文以新疆吐哈地区为例,着重阐述新疆坎儿井存在的主要问题及其水资源保护利用的价值。

坎儿井不仅在吐鲁番和哈密两个地区的农业生产、社会经济发展和生态环境维护中发挥着极其重要的作用,而且形成了一些独立的坎儿井灌区。多少年来,一直保持着当地各族人民与坎儿井生息繁衍、和谐共处的自然环境条件,被誉为“生命之泉”。据不连续统计资料,吐鲁番盆地的有水坎儿井已从1957年的1 237条下降到2003年的404条,减少了833条,平均每3周就有1条坎儿井干涸,以此方法推算,在将来不到20年的时间内坎儿井将全部干涸消失,消亡速度令人触目惊心。哈密地区的有水坎儿井从1943年的495条下降到2003年的195条,减少了300条,平均每10.4周就有1条坎儿井干涸。截止2003年,吐哈盆地599条坎儿井年径流量为3.012亿m³,控制灌溉面积11 540.66hm²(表1)。坎儿井作为一项古老的地下水利工程设施和具有高度人文价值的宝贵遗产^[2],目前所面临的急速干涸以至于消亡的命运已经引起国内外社会各界的广泛关注。

表1 新疆吐哈地区坎儿井分布统计

所在县(市)		有水坎儿井数/条	径流量/ 亿 m ³	灌溉面积/ hm ²
吐鲁番盆地	吐鲁番市	253	1.197	4553.33
	托克逊县	50	0.697	2656.00
	鄯善县	101	0.425	1613.33
	小 计	404	2.319	8822.66
哈密盆地	哈密市	178	0.613	2302.67
	巴里坤县	6	0.010	48.00
	伊吾县	11	0.070	367.33
	小 计	195	0.693	2718.00
合 计		599	3.012	11540.66

3 坎儿井保护的现实意义

a. 坎儿井不仅提高了吐哈地区作为旅游胜地

的地位,也对当地社会经济发展有着重要作用。随着西部大开发战略的实施,吐鲁番和哈密盆地作为一个水资源极度贫乏的区域,坎儿井在现阶段农业灌溉和人畜饮水安全保障方面仍担负着生命之泉的特殊作用。在吐鲁番盆地404条有水坎儿井中,有388条坎儿井直接用于农业灌溉,控制灌溉面积8 820hm²,有16条用于人畜饮水,约有5万人、10万头牲畜受益。如果这些坎儿井断流干涸,将严重影响当地农民的生活和生产,对当地社会安定团结也将产生不利影响。

b. 吐哈盆地气候极端干旱,水资源又极度缺乏,生态环境相对脆弱。但是坎儿井在其漫长的发展过程中,形成了与周围环境相适应、和谐而又独特的生态平衡关系。只要有坎儿井的地方,在其下游就会形成天然绿洲和居民点,一片片的绿洲抵御了风沙,为人类生产生活提供了较好的生存环境。另外,冬春季节有大量坎儿井冬闲水下放至下游,其中大部分最终汇入艾丁湖,每年下泄的坎儿井水量0.829亿m³,对保持艾丁湖及其周边天然植被的生态平衡起到了相当大的作用。据初步统计,在吐哈盆地仅因为坎儿井干涸减少的天然植被面积达14 666.7hm²。如果坎儿井下泄水量继续减少,势必对艾丁湖及周围的生态环境造成急剧恶化的趋势。因此坎儿井的存在,对维护和改善区域绿洲生态环境有着很大的战略意义^[2]。

4 坎儿井与机井、地表渠系输配水之间的关系

新疆的坎儿井按其成井的水文地质条件来划分,可分为3种类型:①山前潜水补给型,这类坎儿井直接截取山前侧渗的地下水,集水段较短;②山溪河流河谷潜水补给型,这类坎儿井集水段较长,且出水量较大,在吐哈盆地分布较广;③平原潜水补给型,这类坎儿井分布在灌区内,地层多为土质,水文地质条件较差,出水量相对较小。其中吐哈盆地第四纪沉积物厚度达数百米,特别是高山带剥蚀区岩屑大量沉积于盆地,天山降水冰雪融化渗入地下,形

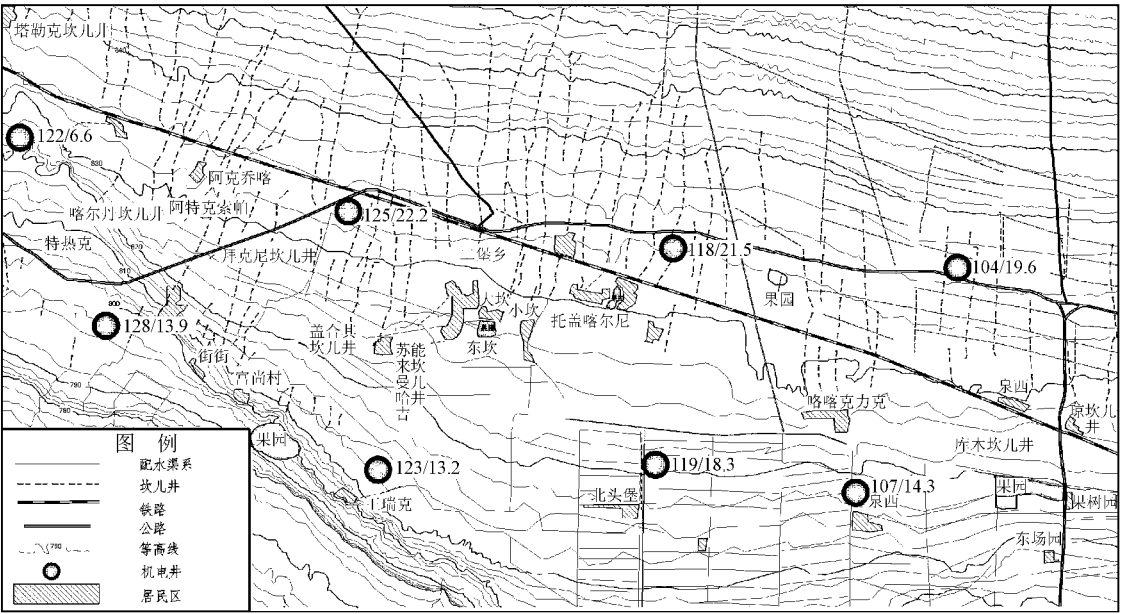


图 2 坎儿井、机井与地表输配水关系分布示意图

成了一个巨大的地下水库,为坎儿井提供了丰富的水源保证³¹。

正是上述吐哈盆地成井的水文地质条件决定了坎儿井的分布现状,同时也决定了机电井的分布区域,造成坎儿井和机电井争夺地下同一个补给水源的局面。现以哈密盆地二堡镇灌区为例,说明坎儿井、机电井与地表引水渠系三者之间的组成关系(见图 2)。

新疆吐哈盆地大部分坎儿井的下游都深入灌区内部,其供水点直接与斗农渠衔接进行配水灌溉。而机电井的分布区也基本上在灌区内部或冲积扇缘地带,其供水点大多也是在斗农渠上。因此坎儿井和机电井的供水对象和配水途径是相同的。目前,新疆吐哈盆地地表水水源工程大多分布在出山口,由骨干干渠输水至下游灌区通过支、斗、农三级渠道进行配水灌溉,故地表水的供配水点主要位于冲积扇缘和绿洲灌区的交界处。

5 坎儿井存在的主要问题

吐鲁番、哈密盆地坎儿井存在的问题大致相似,但是吐鲁番盆地的坎儿井存在的问题较为突出,概括起来主要有以下几方面:

- a. 缺乏区域水资源统一合理配置规划,地表地下水资源开发利用模式不尽协调。由于区域地下水大规模超采问题较为严重,导致灌区地下水位持续下降,坎儿井干涸,绿洲生态及水资源利用呈恶性循环趋势⁴¹。
- b. 管理体系和管理方法不健全,责权利不明,导致出现制定的坎儿井水费偏低、岁修投入不足、保

护和节约坎儿井水资源的措施和力度不够等一系列问题,并导致竖井、暗渠坍塌以及暗渠渗漏淤堵等问题出现,进而使坎儿井水量减少,水资源利用效率明显降低。

c. 在新疆坎儿井分布区域,尤其以吐鲁番盆地坎儿井问题尤为突出,吐鲁番机电井数量在“十五”期间增加了 797 眼,仅鄯善县就增加了 452 眼,灌溉面积由“九五”末的 73 333.3 hm² 增长到现在的 88 000 hm²,已经超出了吐鲁番地区水资源的承载能力。农业用水量大幅度增加,机电井提水量达到 6.45 亿 m³/a。特别是鄯善县火焰山南部鲁克沁一带、吐鲁番市胜金乡、二三堡乡一带,地下水位在 10 年之间下降超过了 25 m,超采量高达 3.0 亿 m³ 以上。当地地水位下降速度非常惊人,如不控制机电井发展速度及其提水规模,即便是对所有有水坎儿井全部进行维护和加固修缮,不久的将来随着地下水位的不断下降,坎儿井都将成为历史遗迹悬隔起来。区域地下水长期超采导致地下水位持续下降,不但会引起坎儿井的干涸消失,将来也会导致严重的生态环境问题。

6 坎儿井保护利用的基本思路

- a. 重视区域水资源的统筹规划和合理配置,提出合理可行的坎儿井保护利用规模和实施方案要求,同时还应协调好地表引水工程、机井工程与坎儿井之间相互调配关系。
- b. 本着“有所保留,有所不留”的原则,重点保护地下水补给来源有保障、流量相对较稳定且有适当规模或有一定历史文化价值等代表意义的坎儿井。

c. 坚持因地制宜、突出重点的原则,以地下水资源片区为基础,根据当地的水文地质条件,从水源保护、竖井加固、暗渠防塌防渗以及下游的蓄水工程处理等方面入手,最大限度地保证坎儿井出水量,缓解当地经济社会发展的用水矛盾。

d. 坚持以人为本,体现人与坎儿井和谐相处的氛围,使古老的坎儿井重新焕发生机和活力,对吐哈盆地生态农业可持续发展、各族农民脱贫致富奔小康具有重要而又深远的意义。

7 区域水资源宏观配置对坎儿井保护利用的要求

以占新疆坎儿井总数 97% 的吐哈地区为例,当地现状工程供水能力较强,供需水量可以平衡。但是地下水属于严重超采,泉水、坎儿井水、机电井水合计 11.25 亿 m^3 ,其中仅机电井开采地下水量达 6.51 亿 m^3 。依据《新疆水资源综合规划》成果资料,地下水可开采量按 6.97 亿 m^3 计算,则吐哈地区 2003 年仍超采 4.28 亿 m^3 。因此现状水量供需平衡是以严重超采地下水为代价的,势必造成地下水位下降和灌区生态环境恶化。超采也是目前造成坎儿井大量干涸的主要原因。

通过国民经济发展对水资源配置的需求预测及水量平衡分析,结果表明,在频率为 $P = 75\%$ 的来水年份,预计新疆吐哈地区 2020 年需水量合计为 15.9 亿 m^3 ,其中引河水 7.66 亿 m^3 ,泉水 0.68 亿 m^3 ,坎儿井 3.17 亿 m^3 、机电井供水 3.03 亿 m^3 、水库调蓄 1.36 亿 m^3 。泉水、坎儿井水、机电井水合计开采地下水量为 6.88 亿 m^3 ,基本控制在地下水可开采量范围之内(见图 3)。

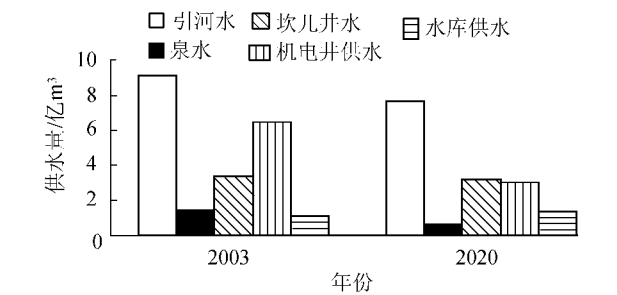


图3 新疆吐哈地区不同水平年各水源供需水结构

通过分析当地水资源及利用情况,解决坎儿井补给水源保障和缺水的途径主要有以下几个方面:

a. 调整经济结构,建立合理的用水结构。2003年,新疆吐哈地区各行业用水中,农业用水占总水量高达 95.6%,第二、第三产业用水分别仅占 2.5% 和 0.6%,用水比例严重失调。建设节水型社会、调整产业结构是解决该地区水资源短缺问题最根本、最

有效的战略措施。

b. 大力开展节水,提高用水效率。大力建设节水型城市,改造城市供水管网和计量设施,推广节水器具,加强中水回用,提高工业用水重复利用率,积极推行先进用水工艺,使工业和第三产业用水定额由 84.76 m^3 /万元逐步降低到 63.76 m^3 /万元,控制工业与城市用水年增长率不超过 8.3%,调整工业与城市生活用水结构由现状的 4.2% 提高到 9.08%。

c. 新建山区调节水库,增加对径流的调节能力。通过建设山区控制性水利枢纽工程,增加流域内水库的调蓄能力,实现水资源合理配置,提高水资源的利用率。规划“十一五”期间完成阿拉沟水库的建设工程,可增加调蓄供水量 2480 万 m^3 。

d. 压缩机井规模,减少地下水开采量。通过宏观压缩调控机井规模,预计到 2020 年,吐哈盆地地下水开采量控制在 4.0 亿 m^3 以内,相应地在坎儿井灌区及周边范围需关停机井 945 眼,其中吐鲁番市 375 眼,鄯善县 340 眼,哈密市 230 眼,从而有效恢复地下水位,保护灌区坎儿井。

e. 加强污水的回用。积极推广再生水的利用,要结合城镇供水,积极建设和完善城镇排污系统,改造和新建城镇污水处理设施,提高污水处理率和处理等级,增加水资源的重复利用率。规划水平年解决缺水及实现水量供需平衡的途径见图 4。

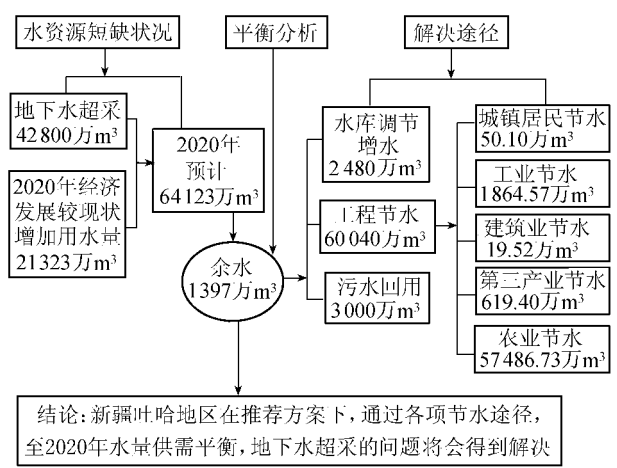


图4 2020年吐哈盆地解决缺水和实现水量供需平衡的途径

8 坎儿井保护利用规模预期分析

根据区域坎儿井水资源配置分析,2003 年吐哈盆地有水坎儿井共 599 条,通过必要的措施,可对其中 276 条具有保护价值和潜力的有水坎儿井进行重点保护,一般常规性掏捞维护有水坎儿井 115 条,剩余 208 条流量在 10 L/s 以下的坎儿井,从区域地下水位下降趋势观察,其保护的价值和意义还需有待

于进一步考究。

截止 2003 年 ,吐哈盆地已干涸坎儿井 871 条 ,计划采取延伸、掏捞、清淤措施可望恢复的坎儿井有 89 条 ,使其流量基本恢复到原有水平。

总体上通过“汰弱留强、适度恢复”,保证坎儿井供水能力维持现状 2.2 亿 m³/a 的水平 ;同时通过提高水利用效率 ,将坎儿井控制灌溉面积提高到 16666.7 hm² 左右。

9 坎儿井保护利用措施

9.1 工程措施

坎儿井保护的工程措施主要是解决自身存在的易坍塌、淤积破坏及提高水资源利用效率问题 ,具体措施主要包括^[5] :

a. 竖井加固。竖井口由于连接地表和地下 ,气流变化经常会造成井壁土层风化和冻胀破坏 ,形成井口坍塌 ,这是造成坎儿井破坏的主要原因之一。需采用预制钢筋混凝土圆环或方框叠加嵌套入井壁 ,对接近地表 2~3 m 深范围竖井口进行加固保护。

b. 暗渠段的防渗防塌。对于坍塌严重的暗渠段 ,可采用椭圆形钢筋混凝土涵管防护^[4] ,形成封闭式的地下暗渠 ,提高抗塌防堵能力 ,并减少输水段的渗漏损失。

c. 明渠防护。明渠主要是连接暗渠出口和蓄水涝坝的渠段 ,一般不长。由于存在冬季行水的问题 ,宜全部采用 U 型预制砼板衬砌防渗 ,提高防冻胀能力。

d. 沉沙池。为便于暗渠的清淤 ,需在暗渠每 500 m 设置 1 座沉沙池 ,池深 1.5 m ,宽 1 m ,长 2.5 m ,采用浆砌石衬砌。

(上接第 93 页)极大浪费 ,可以采用膜处理技术对其回收再利用。上述实验中淀粉、豆浆废水等经加碱调节 pH 值后 ,沉淀物即可以作为粗蛋白质来使用。

c. 淀粉、豆浆废水等经加碱调节 pH 值后 ,可使 COD 去除率达到 60% 左右 ,可以作为预处理或者一级处理。

d. 由于目前实验条件限制 ,建议具体分析淀粉等沉淀物的成分 ,以便充分利用。

中空纤维膜处理污水作为一个新兴技术 ,有其不可忽视的缺点 ,实验中发现原水必须相对较为清洁 ,主要原因是膜的孔径容易堵塞或吸附一些杂质不便清洗 ,但是作为深度处理具有很好效果 ,可以采取对来水进行预处理、及时清洗等方法提高膜利用率。此外 ,膜的有机和生物污染模型有待开发 ,以避免时间长、费用高的实验研究和测试。膜组件的

e. 坎儿井龙口加固。为有效避免暗渠出口处的坍塌 ,在暗渠出口处需采用拱顶型整体浆砌石砌筑 ,同时利用规整后的断面设置测流装置。

f. 涝坝防渗加固。对坎儿井涝坝的边坡采用预制砼板加固处理 ,并在砼板及涝坝底部铺设防渗塑膜 ,堤岸下游面进行夯实整平。

9.2 非工程措施

a. 健全坎儿井保护的法规、法规保障体系。为确保坎儿井保护利用工作的顺利实施 ,应在吐鲁番市坎儿井保护条例的基础上 ,尽快制定和颁布新疆坎儿井保护利用的有关法律和法规 ,把坎儿井保护纳入法制轨道。

b. 设立坎儿井专管机构 动态监测坎儿井。建议设立坎儿井保护、管理和研究的专门机构 ,对坎儿井实施统一管理。配套建设坎儿井管理和监测自动化系统 ,对坎儿井实施动态监测 ,提高坎儿井管理的科技含量 ,同时应加强坎儿井的日常检修和维护管理等工作。

参考文献 :

[1] 新疆坎儿井研究小组.新疆坎儿井研究[C]//夏训诚,宋郁东.干旱地区坎儿井灌溉国际学术论文集.乌鲁木齐:新疆人民出版社,香港文化教育出版社,1993:24-30.
[2] 周洁,白木.保护吐鲁番水文化遗产-坎儿井[J].水资源保护,2003(2):59-60.
[3] 纳斯尔,王新.新疆坎儿井的现状与发展前景[J].水利水电技术,1989(6):53-56.
[4] 黄文房,阚耀平.新疆坎儿井的历史、现状和今后发展[J].干旱区地理,1990,13(3):33-37.
[5] 关东海,姜波.坎儿井暗渠和竖井防护措施及施工技术[J].西北水力发电,2005,21(4):56-58.

(收稿日期 2007-06-20 编辑 徐娟)

结构、运行方式和组合工艺也需创新性的改进 ,清洗手段和频率仍待进一步的实验和探讨。

参考文献 :

[1] MULDER M.膜技术基本原理[M].李琳,译.北京:清华大学出版社,1999:291.
[2] 孙芝杨,高蓝洋.膜技术在食品加工中的应用[J].饮料工业,2007(6):5-8.
[3] 栗广勇,杜国栋,刘广春.膜分离技术在原料药厂工艺用水制备中的应用[EB/OL].[2007-09-15].http://www.kb001.com/article/200709/20070915111330.html.
[4] 王熊.膜技术在低度白酒除浊陈化上的应用[EB/OL].[2002-09-04].http://www.clima.org.cn/news_images/article/603.html.
[5] 唐杰,伍健东,周兴求,等.膜生物反应器处理酱油废水的试验研究[J].安全与环境学报,2007,7(4):68-71.

(收稿日期 2007-11-02 编辑 徐娟)