

节能可移动日光温室的结构设计和性能分析

韩柏明, 巫建华, 解振强, 颜志明 (江苏农林职业技术学院, 江苏句容 212400)

摘要 [目的]促进日光温室在苏南地区设施园艺生产中的应用。[方法]试验设计建造了以聚苯乙烯泡沫板作为主要墙体材料,并采用相变储热技术和太阳能集热技术进行辅助升温的新型节能可移动日光温室,并在2014年12月至2015年2月测定了日光温室的各方面性能。[结果]分析表明,节能可移动日光温室保温性较好,在2014年12月、2015年1月、2015年2月的平均最低气温分别达到14.3、14.8、15.7℃。节能可移动日光温室平均相对湿度在典型晴天和典型阴天分别是75.8%和85.1%,而塑料大棚平均相对湿度在典型晴天和典型阴天分别是87.2%和95.3%,与塑料大棚相比节能可移动日光温室相对湿度较低。[结论]新型节能可移动日光温室在苏南地区具有较好的应用前景。

关键词 日光温室;节能;可移动;设计;性能

中图分类号 S214.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)01-341-04

The Structure Design and Performance Analysis in Mobile Energy Conservation Solar Greenhouse

HAN Bai-ming, WU Jian-hua, XIE Zhen-qiang et al (Jiangsu Polytechnical College of Agriculture and Forestry, Jurong, Jiangsu 212400)

Abstract [Objective] To promote the application of solar greenhouse in facilities horticulture production in south of Jiangsu Province. [Method] The new energy saving and movable solar greenhouse was designed with polystyrene foam board as main wall material, using phase-change energy-storing technology and solar energy assistant heating system to increase the temperature of the greenhouse. The performance of the greenhouse was tested in the December of 2014 to the February of 2015. [Result] The results showed that the heat preservation performance of the greenhouse was superior. The mean lowest temperature of the greenhouse was 14.3, 14.8, 15.7℃ respectively in December 2014, January 2015, February 2015. The relative humidity of the greenhouse were 75.8% and 85.1% respectively in the typical fine and the typical overcast and that of 87.2% and 95.3% respectively in the vinyl house. The relative humidity was lower in the greenhouse compared to the vinyl house. [Conclusion] The new energy saving movable solar greenhouse has widely application prospect in south of Jiangsu Province.

Key words Solar greenhouse; Energy conservation; Mobile; Design; Performance

近年来,随着我国农业由传统农业向现代化农业的转变,设施农业发展迅速,已经成为农民增收的一项重要产业。日光温室作为我国一种重要的农业设施类型,在设施农业的发展过程中发挥了重要作用。但目前已经开发的日光温室一般为砖石、泥土等材料砌成,建造复杂、重量大、难以拆卸、可移动性差。在保温蓄热性能方面,传统的日光温室也有许多需要改进的地方。目前,为了增加温室墙体的储热能力,国内外已经开展了许多相变储热材料在温室中应用的试验研究^[1-6]。相变储热材料通过相变过程中吸收或放出大量的潜热量而温度变化很小的特点来储热。相变储热材料一般被安装在温室墙体内侧,日光温室白天温度高,相变材料通过相变吸收储存温室多余热量,夜间温度降低到相变温度点,相变材料又通过相变逐渐释放已储存的潜热热量,这样可调剂温室昼夜的热量平衡,有利于温室夜间的增温。此外,太阳能集热装置在一些日光温室上也进行了应用研究^[7-10]。通过在温室外部安装太阳能集热装置白天收集热量使储热水箱内水的温度升高,夜间储热水箱内热水通过散热器对日光温室进行辅助加温。李炳海等的试验结果表明,无论在晴天和阴天,日光温室利用太阳能集热器地温加热系统可明显提高土壤温度^[7]。

为了促进日光温室在高效园艺生产中的应用,江苏农林职业技术学院研发了新型节能可移动日光温室,该温室集成了近年来在日光温室上应用的许多新技术、新材料,达到节

能和建造、拆卸方便的效果。笔者介绍了该新型日光温室的结构设计和性能试验的初步结果,为其在生产中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验在江苏省句容市江苏农林职业技术学院试验实训基地(江苏农博园)内进行。试验地年平均气温15.2℃,日平均气温高于10℃的作物生长期平均为226 d,总积温4 859.6℃,无霜期229 d,年降水量1 058.8 mm,光照常年平均2 157 h。

1.2 试验温室 节能可移动日光温室是由江苏农林职业技术学院设计研发的一种新型日光温室。温室墙体材料为聚苯乙烯泡沫板做成的泡沫板砌块,便于安装和拆卸;墙体泡沫板砌块内侧填充相变储热材料,相变材料白天吸热夜间放热。在温室外面安装了太阳能集热装置白天收集太阳能,作为温室夜间加温的热源。温室冬季覆盖外保温被,保温被每天07:00以后揭开,17:00以后放下。试验以跨度8 m、脊高3 m、长50 m的普通塑料大棚作为对照,大棚南北走向,冬季夜间大棚内加盖二层保温薄膜。温室和大棚内种植草莓,9月5日定植,种植方式和田间管理方法相同。试验期间,白天温度超过30℃进行放风。

1.3 试验方法

1.3.1 温度和湿度的测定。在温室内布置5个观测点,室内中央1个,南北方向距中央2 m各1个,东西方向距中央15 m各1个。室外布置2个观测点,对照普通塑料大棚内布置5个观测点,棚内中央1个,东西方向距中央2 m各1个,南北方向距中央15 m各1个。在2014年12月至2015年2月期间,利用杭州路格科技有限公司生产的L95-6型三路温

基金项目 江苏省农业自主创新项目[CX(13)3033]。

作者简介 韩柏明(1978-),男,吉林梨树人,讲师,博士,从事果树栽培、设施园艺教学科研工作。

收稿日期 2015-11-30

湿度自动记录仪,测定并记录各观测点距地面 1 m 高处的空气温度和湿度,同时测定 10 cm 深土层的土壤温度。

1.3.2 光照度的测定。在温室中央沿南北方向的截面选 3 个点作为观测点,分别距北墙 2、4、6 m,高度均为 1 m;对照塑料大棚的观测点选择在大棚中央东西截面距东侧分别为 2、4、6 m,高度均为 1 m。利用 JD-3 型数字照度计在 2015 年 1 月 9 日(晴天)和 2015 年 1 月 13 日(阴天)分别测定可移动温室和塑料大棚的日光照强度变化,每隔 1 h 测定一次。

1.4 统计分析 采用 Excel 软件进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 节能可移动日光温室的主体结构设计 温室东西延长,长度 65 m 为宜,跨度 10 m,屋脊高度 5 m,后墙高度 3.5 m。后屋面采用短坡设计,长 2 m,覆盖 15 cm 厚彩钢瓦板。后屋面与后墙夹角 45°,后屋面水平投影长度 1 m。前屋面的采光屋面角应为 32°,坡面及弧度为:上沿 13°,中部为 22°,前坡为 27°,下沿为 76°。温室后墙由后墙支架及聚苯乙烯泡沫板储热砌块组成,聚苯乙烯泡沫板储热砌块由聚苯乙烯泡沫板砌块和相变材料组成,聚苯乙烯泡沫板砌块规格(长×宽×厚)为 40 cm×45 cm×30 cm,聚苯乙烯泡沫板砌块内腔填充储热相变材料,相变材料是由石膏与相变石蜡按照 1:0.3 混合而成的复合体。温室山墙材料与后墙一致。采用热浸镀锌 U 型钢材作为温室骨架。

温室安装太阳能集热装置进行夜间辅助加温。太阳能集热装置由全玻璃真空管集热器模块、数字温度显示表、电控设备、循环水泵、保温储热水箱和散热片组成。打开阀门、开动水泵,将水抽至太阳能集热器水箱,待水箱充满水后关闭水泵阀门,停止给水。白天太阳能集热器收到太阳能辐射,将冷水加热至一定温度,先进入保温的蓄水箱,然后开动循环水泵将水箱中的热水通过保温墙前面的散热片进行散热,从而起到加温的目的。冷却后的水经管道再通过供水泵进入太阳能集热器,让其再次受到太阳能辐射,变成热水从而进行下一循环。装置里面的控制系统会根据温室的温度高低,自动调控是否给散热片供给热水。当温室温度低于设置温度时,控制系统会打开阀门给散热片供水;当温度高于设置温度,控制阀门处于关闭状态。

2.2 节能可移动日光温室的性能分析

2.2.1 节能可移动日光温室的保温性能分析。比较在典型晴天(2015 年 1 月 9 日)和典型阴天(2015 年 1 月 13 日)条件下,可移动日光温室和塑料大棚气温的日变化情况(图 1、2)。在 2 种天气条件下,可移动温室和塑料大棚的最低气温均出现在 06:00~08:00,而最高温度均出现在 12:00~14:00,上午温度逐渐上升,14:00 以后气温逐渐下降。在 2 种天气条件下,一天中,可移动温室的气温始终高于塑料大棚,在典型晴天,可移动温室的平均气温是 21.5℃,最低气温达到 16.4℃,塑料大棚平均气温为 15.9℃,最低气温达到 7.2℃;在典型阴天,可移动温室的平均气温是 16.3℃,最低气温达到 12.6℃,塑料大棚平均气温为 10.5℃,最低气温为 5.8℃。从图 3 可见,可移动温室的 12 月、1 月、2 月

的旬平均温度均高于塑料大棚,可移动温室在 12 月、1 月、2 月的月平均温度分别为 18.4、18.8、20.3℃,而塑料大棚分别为 11.4、12.7、13.5℃。由图 4 可见,可移动日光温室的 10 cm 平均地温在 2014 年 12 月至 2015 年 2 月间均高于塑料大棚。由图 5 可见,可移动日光温室 12 月、1 月、2 月的平均最低气温分别是 14.3、14.8、15.7℃,而塑料大棚 12 月、1 月、2 月的平均最低气温分别是 6.1、6.7、7.8℃。以上试验结果表明,可移动日光温室的保温性能较好。

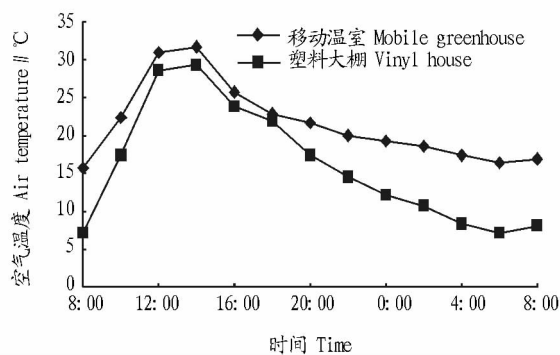


图 1 可移动温室和塑料大棚气温日变化(01-09 晴天)

Fig. 1 The diurnal change of air temperature in the mobile greenhouse and vinyl house(January 9th sunny)

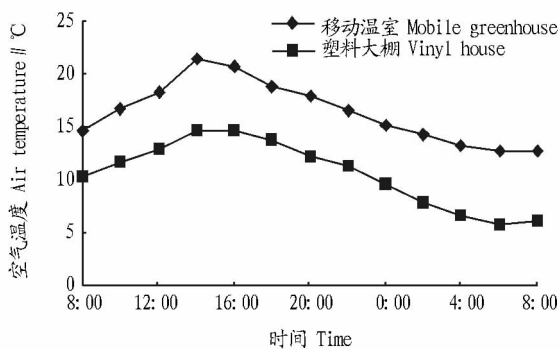


图 2 可移动温室和塑料大棚气温日变化(01-13 阴天)

Fig. 2 The diurnal change of air temperature in the mobile greenhouse and vinyl house(January 13th cloudy)

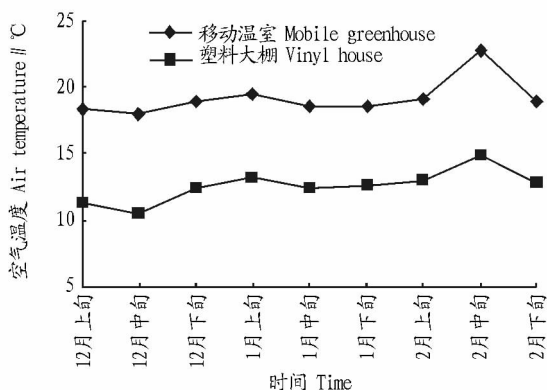


图 3 可移动温室和塑料大棚气温月变化

Fig. 3 The monthly change of air temperature in the mobile greenhouse and vinyl house

2.2.2 可移动日光温室湿度环境分析。由图 6、7 可见,在

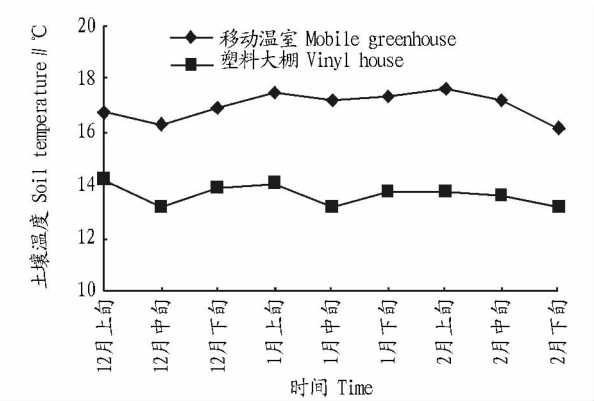


图 4 可移动温室和塑料大棚土壤温度月变化

Fig.4 The monthly change of soil temperature in the mobile greenhouse and vinyl house

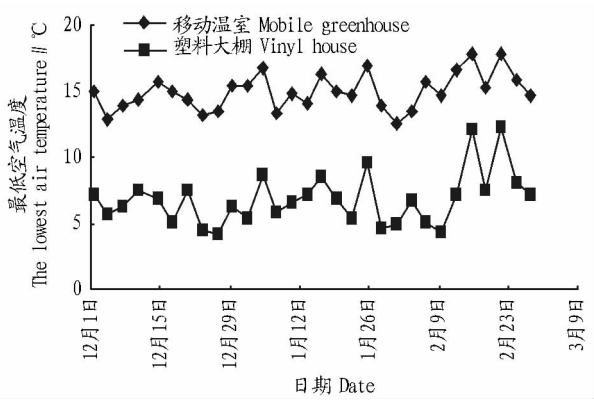


图 5 可移动温室和塑料大棚最低气温比较

Fig.5 Comparison of air minimum temperature in the mobile greenhouse and vinyl house

典型晴天和典型阴天,可移动日光温室的相对湿度在一天中均低于塑料大棚,可移动温室的平均相对湿度在晴天和阴天分别是 75.8% 和 85.1%,而塑料大棚平均相对湿度在晴天和阴天分别是 87.2% 和 95.3%。由图 8 可见,在 12 月、1 月、2 月,可移动日光温室的旬平均湿度均高于塑料大棚。以上试验结果表明,与塑料大棚相比,可移动日光温室在冬季生产时室内空气相对湿度较低,这有利于园艺作物的安全生产。

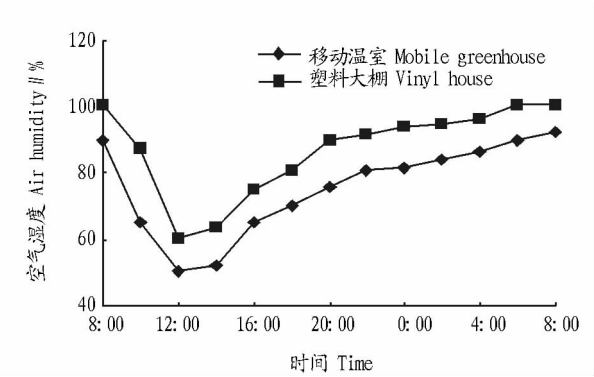


图 6 可移动温室和塑料大棚空气湿度日变化(01-09 晴天)

Fig.6 The diurnal change of air humidity in the mobile greenhouse and vinyl house(January 9th sunny)

2.2.3 可移动日光温室采光性能分析。由图 9、10 可见,可移动温室与塑料大棚的光照强度日变化趋势一致,上午光照

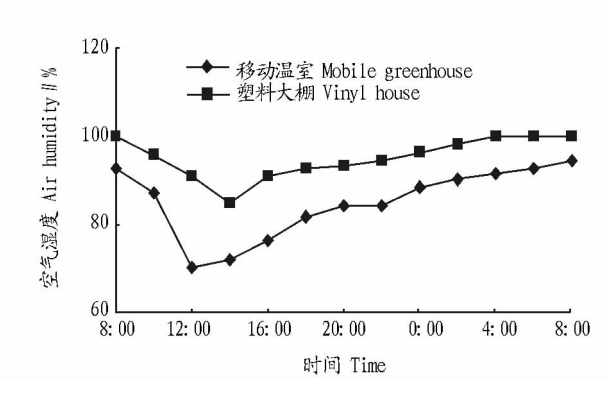


图 7 可移动温室和塑料大棚空气湿度日变化(01-13 阴天)

Fig.7 The diurnal change of air humidity in the mobile greenhouse and vinyl house(January 13th cloudy)

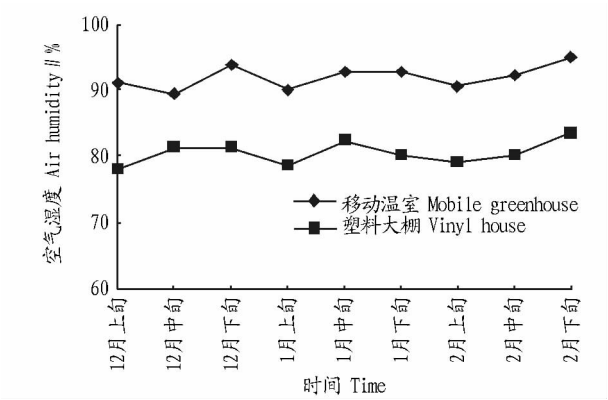


图 8 可移动温室和塑料大棚空气湿度月变化

Fig.8 The monthly change of air humidity in the mobile greenhouse and vinyl house

度逐渐上升,12:00 ~ 13:00 达到最高点,之后逐渐下降。在晴天 10:00 以前可移动日光温室的光照强度略高于塑料大棚,10:00 以后塑料大棚光照强度略高于可移动温室。在阴天 12:00 以前可移动温室光照强度高于塑料大棚,12:00 以后塑料大棚光照强度略高于可移动日光温室。

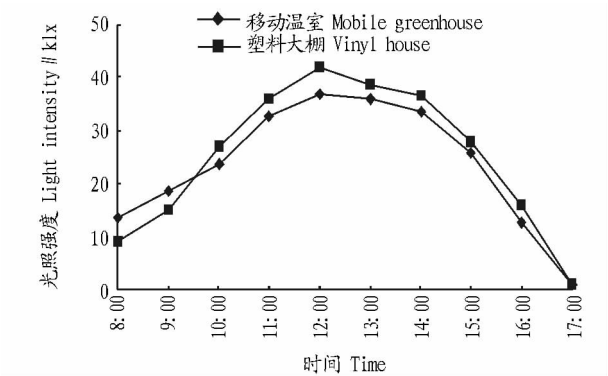


图 9 可移动温室和塑料大棚光照强度变化(01-09 晴天)

Fig.9 The diurnal change of light intensity in the mobile greenhouse and vinyl house(January 9th sunny)

3 结论与讨论

单栋钢架结构的塑料大棚是包括苏南地区在内的长江中下游地区园艺设施的主要类型。塑料大棚具有结构简单、建造方便等优点,但塑料大棚在冬季生产时的保温效果较

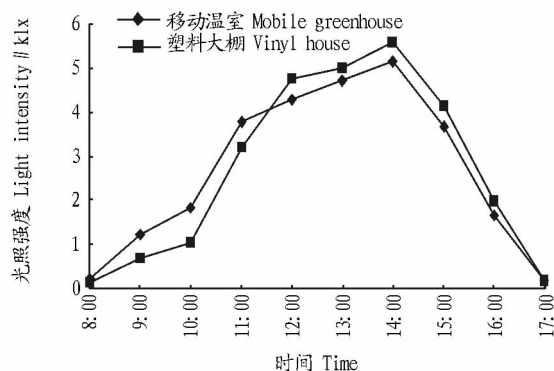


图 10 可移动温室和塑料大棚光照强度变化(01-13 阴天)

Fig. 10 The diurnal change of light intensity in the mobile greenhouse and vinyl house (January 13th cloudy)

差、湿度大^[11-12]。为了提高保温效果,塑料大棚在冬季生产时往往采用多层覆盖,但多层覆盖不利于大棚的采光^[11]。日光温室在包括苏南地区在内的长江中下游地区应用很少。为了探讨日光温室在苏南地区的应用,笔者设计了新型可移动节能日光温室。在江苏句容地区的试验表明,可移动节能日光温室在冬季的保温性能较好,明显优于普通的塑料大棚。在2014年12月、2015年1月、2015年2月的平均最低气温分别达到14.3、14.8、15.7℃,其中晴天的最低气温一般在16℃以上、阴天的最低气温一般在12℃以上,基本能够满足大多数喜温蔬菜的种植条件。可移动节能日光温室采用了相变储热材料和太阳能集热技术,这样更有利于提高温室夜间的温度,夜间温度的升高也降低了温室内的相对湿度。与塑料大棚相比,可移动节能日光温室内相对湿度较低,这对冬季设施栽培的园艺作物生长发育和降低病害发生

非常有利。可移动节能日光温室在阴天的上午采光效果好于塑料大棚,这是由于在阴天时,塑料大棚夜间加盖的塑料薄膜一般要在上午继续覆盖保温,加盖的塑料薄膜不仅导致光照强度下降,而且增加大棚内的湿度,对作物生长非常不利。与塑料大棚相比,可移动温室更有利于阴天的采光和降低阴天时设施内的相对湿度。

新型节能可移动日光温室建造安装方便,采用了相变储热技术和太阳能集热技术,明显提高了温室夜间的保温效果,并有利于控制温室的湿度,比较适宜在包括苏南在内的长江中下游地区推广应用。

参考文献

- [1] 薛亚宁,陈超,李清清,等.复合相变蓄热墙体材料应用于日光温室的效果研究[J].北方园艺,2010(15):6-11.
- [2] 凌浩恕,陈超,陈紫光,等.日光温室带竖向空气通道的太阳能相变蓄热墙体体系[J].农业机械化学报,2015,46(3):336-342.
- [3] 管勇,陈超,李琢,等.相变蓄热墙体对日光温室热环境的改善[J].农业工程学报,2012,28(10):336-342.
- [4] 李南南.日光节能温室相变墙体材料应用的前景分析[J].北方园艺,2011(16):77-78.
- [5] 王宏丽,李晓野,邹志荣.相变蓄热砌块墙体在日光温室中的应用效果[J].农业工程学报,2011,27(5):253-257.
- [6] 张勇,邹志荣,李建明,等.日光温室相变空心砌块的制备及功效[J].农业工程学报,2010,26(2):263-266.
- [7] 李炳海,须晖,李天来,等.日光温室太阳能地热加温系统应用效果研究[J].沈阳农业大学学报,2009,40(2):152-155.
- [8] 董蓬,吕全贵,陈青云,等.太阳能集热日光温室供热现状及展望[J].新疆农机化,2014(4):37-40.
- [9] 蒋锦标,赵冬梅,才丰.太阳能地下热交换在日光温室的应用[J].辽宁农业职业技术学院学报,2001,3(1):37-40.
- [10] 刘伯聪,曲梅,苗妍秀,等.太阳能蓄热系统在日光温室中的应用效果[J].北方园艺,2012(10):48-53.
- [11] 胡绵好,沈彤,刘明月,等.不同覆盖层次塑料大棚内温度和光照度的变化[J].湖南农业大学学报,2004,30(6):545-548.
- [12] 储长树,朱军.塑料大棚内空气温度、湿度变化规律及通风效应[J].中国农业气象,1992,13(3):32-35.

(上接第340页)

与实践的结合点,挖掘并创造生产知识与技能,不断完善自身的知识体系、技能体系及教学体系。

3 结语

水产养殖工程学是水产养殖本科教学学科体系中的重要专业课程。广东海洋大学结合现代工厂化水产养殖模式发展需求,在教学内容选择及优化、教学方式与手段等方面进行改革。结果表明,该改革措施有利于增强学生对现代工厂化养殖模式理解的主观能动性,有利于提高学生学习效率,在一定程度上提高了该课程的教学效果,有利于满足未来水产养殖产业发展需求的人才培养目标的实现。

参考文献

- [1] 林群,王琳,黄修杰,等.广东工厂化水产养殖发展前景与对策研究[J].广东农业科学,2011,38(9):132-134.
- [2] 曲克明,杜守恩.海水鱼类节约型工厂化养殖构建工程技术[J].中国水产,2010(6):47-48.
- [3] 刘大安.水产工厂化养殖及其技术经济评价指标体系[J].中国渔业经济,2009(3):97-105.
- [4] 陈军,徐皓,倪琦,等.我国工厂化循环水养殖发展研究报告[J].渔业现代化,2009(4):1-7.
- [5] 黄朝禧,赵凤岐.水产养殖工程学研究进展[J].山西农业大学学报(自然科学版),2005,25(1):93-96.
- [6] 黄朝禧.水产养殖工程学[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [7] 罗国芝,江敏,谭洪新,等.从水产养殖工程技术发展谈《水产养殖工程学》教学[J].中国科教创新导刊,2012(7):199-200.
- [8] 刘鹰.2010世界水产大会对水产养殖工程发展提出新见解[J].渔业现代化,2010,37(2):71-72.