

史 勇,肉孜·阿木提. 一种利用太阳能提升温室灌溉用井水温度装置的设计与试验[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):257-260.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.067

一种利用太阳能提升温室灌溉用井水温度装置的设计与试验

史 勇,肉孜·阿木提

(新疆农业大学机电工程学院/新疆农业工程装备创新设计重点实验室,新疆乌鲁木齐 830052)

摘要:针对新疆地区温室大棚灌溉用井水温度过低而影响植物正常生长等问题,设计并研制一种温室灌溉用井水太阳能增温装置。设计一种适合快速加热的吸热板和蛇形太阳能热水器,研制便于移动的太阳能集热器的底架装置。对太阳能井水增温装置进行深入理论分析,试验结果,单个集热器使用后可提高水温约3~5℃,采用2个集热器串联方式使用,可提高水温约6~8℃。表明温室灌溉用井水太阳能增温装置可有效满足秋冬季温室灌溉用水的温度要求,保证作物的正常生长,具有良好的发展前景。

关键词:温室;井水;灌溉;太阳能集热器

中图分类号: S214.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0257-04

新疆乌鲁木齐地区的冬季和初春时节气温较低,最低可达-20℃^[1],导致温室大棚内灌溉用井水温度也较低,低于温室内直接灌溉用水温度14~16℃的要求。灌溉用水温度过低会导致作物产生寒害,影响作物的正常生长,从而造成作物减产,影响农民增收。

太阳能是一种清洁的可再生能源^[2],采用太阳能作为能源用于温室大棚的增温系统,没有安全隐患,不污染环境^[3]。目前,国内外众多学者也从事温室太阳能增温技术的研究。山本雄二郎最早将太阳能技术用于温室地温的提升,取得较好效果^[4]。Bargach等研究,利用太阳能热水器获得热水,并

将其传递到温室的地下软管,用以提升温室的地温^[5]。张海莲等利用太阳能加热水结合埋埋钢管的方式进行温室地温提升研究^[6]。熊培桂等在青藏高原的温室大棚中研究太阳能储热系统^[7]。刘圣勇等利用太阳能热水器和土壤埋管的方式设计并研制了温室加热系统^[8]。戴巧利等利用太阳能空气集热器和土壤蓄热的方式进行了温室大棚的增温试验^[9]。Wang等设计的主动式太阳能温室蓄热系统具有夏天储热冬天用,白天储热夜间用的效果^[10]。新疆农业大学冯前前等研制的太阳能温室地温提升装置利用蛇形太阳能空气集热器结合土壤蓄热的方式,在乌鲁木齐南郊水西沟村进行了试验,该装置可使温室土壤10~20cm深度的温度平均升高1.5~3.0℃^[11]。上述研究证明,利用太阳能作为能源用来提高温室温度具有应用广泛、增温效果显著等优点,并且节约能源,保证作物的正常生长。

目前,现有温室用太阳能增温系统主要应用于温室地温的提升,而针对温室灌溉用井水增温的装置和系统研究较少。因此,为了适应市场的需求,设计一种温室大棚专用的太阳能井水增温装置,对现有的平板式太阳能集热器进行改进设计,研制便于移动的太阳能集热器底架装置,试验证明,该装置可

收稿日期:2017-03-21

基金项目:新疆维吾尔自治区农机化新技术新机具研制开发项目(编号: XNJY2012-08)。

作者简介:史 勇(1986—),男,新疆哈密人,硕士,讲师,从事农产品加工机械、机电一体化技术的研究。E-mail: 280974136@qq.com。

通信作者:肉孜·阿木提,硕士,教授,从事农产品加工机械、农产品干燥技术的研究。E-mail: roziambut@163.com。

谱分析技术研究[J]. 光谱学与光谱分析,2014,22(5):125.

[11] 彭云发. 近红外光谱技术在南疆红枣品质快速无损检测中的应用研究[D]. 阿拉尔:塔里木大学,2015.

[12] 马玉娟,赵见军,孟永宏,等. 基于MATLAB软件的苹果内部品质系统化无损检测[J]. 食品工业科技,2014,35(13):61-62.

[13] 张 鹏,李江阔,陈绍慧. 苹果品质近红外光谱无损检测技术研究进展[J]. 保鲜与加工,2013,13(3):1-7.

[14] 李光君. 热成像技术与近红外光谱技术结合无损检测西拉葡萄叶片水分含量[J]. 山西农业科学,2016,44(10):1467-1475.

[15] 丁海泉,卢启鹏. 近红外光谱技术在土壤养分分析中的研究进展及应用前景[J]. 光谱学与光谱分析,2012,32(1):88-91.

[16] 王晓丽,周国民. 基于近红外光谱技术的农作物病害诊断[J]. 农机化研究,2010,32(6):171-174.

[17] 齐敏璐,陈奕桦,王新全,等. 近红外光谱成像技术在现场物证搜索中的应用研究[J]. 刑事技术,2017,42(1):15-20.

[18] 罗 霞,洪添胜,罗 阔,等. 小波变换和连续投影算法在火龙果总酸中无损检测中的应用[J]. 光谱学与光谱分析,2016,36(5):1345-1351.

[19] 吴 迪,宁纪锋,刘 旭,等. 基于高光谱成像技术和连续投影算法检测葡萄果皮花色苷含量[J]. 食品科学,2014,35(8):57-61.

[20] 刘 飞,张 帆,方 慧,等. 连续投影算法在油菜叶片氨基酸总量无损检测中的应用[J]. 光谱学与光谱分析,2009,29(11):3079-3083.

[21] 杨菊梅,贺晓光,王松磊,等. 冷鲜羊肉品质的高光谱成像无损检测[J]. 食品工业科技,2016,37(22):84-89.

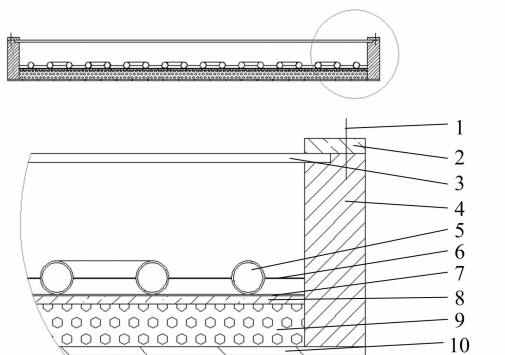
以有效提高灌溉水温,保障温室作物平稳过冬和正常生长,适合在新疆温室建设区域应用和推广。

1 专用太阳能集热器及底架装置的结构设计

1.1 专用太阳能集热器的设计

太阳能集热器是太阳能加热温室灌溉用井水装置的关键部件,约占总成本的75%,研制一种低成本的专用集热器,对降低整套设备的总成本具有重要意义^[12]。为了满足新疆乌鲁木齐地区温室灌溉用水温度的需要,设计一种专用的太阳能集热器用于试验。与传统集热器不同,该装置将铜管管路(5)置于吸热板(7)上方以提高吸热效果,利用铜片(6)将管路中间连接,用来增大吸热面积,并且可以快速将热量传递给铜管管路,提升集热器的工作效率。

集热器的集热面积设计为 $1.2\text{ m} \times 2.4\text{ m}$,边框采用导热率较低的木框(4)制作,可减少装置的重量并降低热量散失。集热器内部管路选用直径为 19 mm 的铜管,安装时沿蛇形分布,以增大集热面积,延长井水流经时间,达到更好的吸热和提温效果。为提高装置的热利用率,防止热量散失,选用耐高温的岩棉材料对集热器的内部进行隔热填充,填实至岩棉质地相对密实。该方法可克服仅仅使用苯板的缺陷,并使集热器背面传热系数由 $0.8\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 下降为 $0.57\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,明显减小了集热器的热量散失,提高了集热器的热效率(图1)。



1—紧固螺钉；2—压板；3—钢化玻璃；4—木框；5—铜管；6—铜片；7—吸热板；8—隔热板；9—苯板；10—五合板

图1 太阳能井水增温装置专用集热器

1.2 太阳能集热器的底架装置结构和设计

乌鲁木齐位于 $87^\circ 36' \text{E}$, $43^\circ 46' \text{N}$ ^[13],需根据当地太阳能集热器的安装倾角,选择合适的位置正确安装太阳能集热器^[14-15]。经计算冬季太阳直射角约为 15° ,为了最大限度利用太阳能,设计决定将集热器的工作仰角初步定为 75° ,并使集热器的方位能够随着太阳方位的改变而进行调整,同时便于移动。因此,设计一种专用的底架装置(图2),该装置使用 $40\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 2.5\text{ mm}$ 的矩形方钢焊合而成,斜杆与下部方框采用螺栓连接,底架与集热器采用螺钉连接,便于拆卸。集热器固定在斜杆上,与下方框架的夹角为 75° ,并在底架下方安装4个万向轮,不仅可方便装置的移动,同时利于集热器方位的调节。

1.3 温室灌溉用井水太阳能增温装置的设计

设计的新疆温室大棚用太阳能井水增温装置,由太阳能集热器和集热器底架装置2个部分构成。研制2种集热方案,1种为单个集热器集热方案,另1种将2个集热器串联起

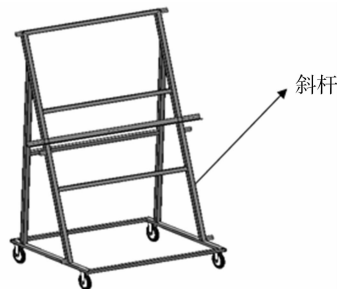


图2 底架装置结构

来使用。当2个集热器串联使用安装时,将上、下集热器都安放在底架上,并在下集热器的进水口、2个集热器的连接处、上集热器的出水口设置测温点(图3)。装置工作时,井水通过水泵由下集热器的左下角流入,并最终由上集热器的右上角流出。这种安装方法有利于排除管路中的空气,以达到管内完全充水的状态。集热器底架可随着太阳方位角的变化而进行人工调节,以保证阳光垂直照射在集热器上,达到最大限度利用太阳辐射能的目的。

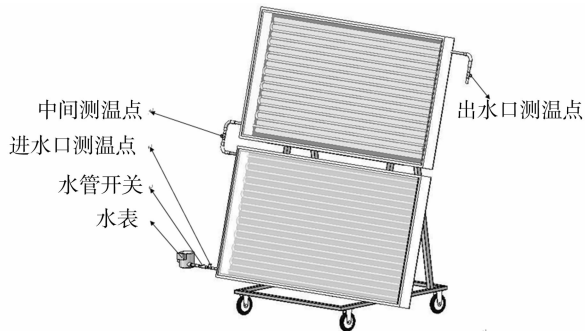


图3 温室灌溉用井水太阳能增温装置

1.4 试验方案的确定

试验采用2个集热器串联方式的装置,上下集热器间距设为 55 mm ,中间测温点测量下集热器出水口的水温,上集热器的出水口测温点可测量2个集热器同时使用时增温效果。试验地点选定在乌鲁木齐市水西沟德力森蔬菜园,将太阳能井水增温装置放置在温室内,集热器的吸热面朝南,并实时根据太阳方位的变化调整其角度。采用试验设备主要包括TR-52温度记录仪;LXSR-25型水表,最小流量 $0.14\text{ m}^3/\text{h}$;量程为 60 kg 、精度为 1 g 的电子称。

试验时间分别选择乌鲁木齐的冬季及初春季节。冬季试验选择在 $12:20-15:10$,此时乌鲁木齐气温较高,适合温室大棚灌溉。初春试验选择在 $12:00-16:00$ 。试验时设定3种不同进水量: L_1 为 172.4 kg/h , L_2 为 347.4 kg/h , L_3 为 553.3 kg/h 。根据试验结果确定装置的最佳进水量,然后以最佳进水量对装置进行不同季节的试验。温度记录仪实时记录水温变化,试验人员每隔 3 min 分别记录进口测温点、中间测温点、出口测温点的水温。太阳能井水增温装置试验实景图4。

2 结果与分析

分别在乌鲁木齐的初春和冬季时节对装置进行连续试验测试,选择晴天的中午进行太阳能加热试验。由于试验过程



图4 太阳能井水增温装置试验实景

是动态测量,不同太阳辐射和环境温度会对试验的结果产生影响,但总的趋势是不变的。以下是针对不同时间、不同流

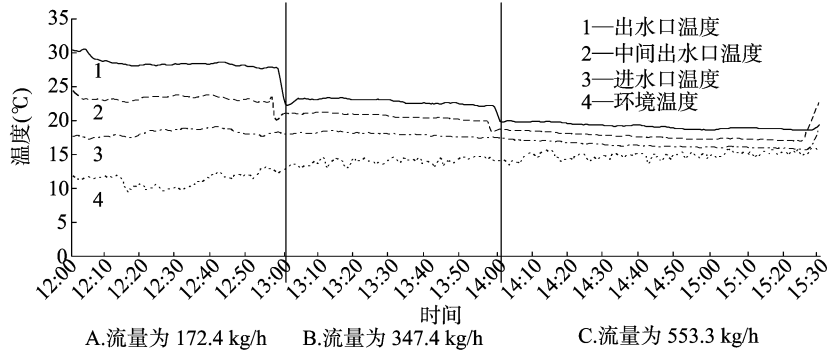


图5 不同流量水温变化曲线

2.2 装置最佳工作流量的确定

为使太阳能井水增温装置发挥其最佳性能,需对最佳工作流量进行确定。根据热能公式 $Q = cm\Delta T$,式中: Q 为热能(J); c 为水的比热容 [$J/(kg \cdot ^\circ C)$]; m 为水的质量(kg); ΔT 为温度差($^\circ C$)。为简化计算,认为水的比热容不变,因此集热器输出的热能与水的质量和温度差的乘积成正比。冬季中午乌鲁木齐大棚内灌溉用井水的温度通常在 $8^\circ C$ 左右,井水温差范围为 $4 \sim 8^\circ C$ 。根据试验记录数据,将装置的进水流量换算成每3 min 通过装置的流量,流量范围确定为 $6.32 \sim 15.15 \text{ kg}/3 \text{ min}$ 。在上述条件下,目标函数定义为装置输出的热能,即:

$$\begin{cases} \max(Q) = cm\Delta T \\ m < 15.15 \text{ kg} \\ m > 6.32 \text{ kg} \\ \Delta T < 8^\circ C \\ \Delta T > 4^\circ C \end{cases} \quad (1)$$

利用复合形法计算得到进入装置的流量为 $8.62 \text{ kg}/3 \text{ min}$ 时集热器输出的热量值最多^[16],因此装置的最佳工作流量为 $172.4 \text{ kg}/h$ 。

2.3 单一流量水温变化测试

测量时间选择在初春3月30日,测量13:00—17:00时间段水温,流量固定为 $172.4 \text{ kg}/h$ 。从图6可以看出,此时大棚室温在 $15 \sim 20^\circ C$,进水口温度与室温较为接近,中间出水口温度在13:30左右达到最高,约为 $22.5^\circ C$,其他时间基本保持在 $20^\circ C$ 附近。出水口温度最高达到 $26^\circ C$,其他时间保持在 $24^\circ C$ 左右。分析可得出,在初春时节,当灌溉用水量保持最佳值不变时,太阳能井水增温装置可以起到明显增温效果,单个集热器使用时,可提升水温约为 $4^\circ C$,2个集热器串联使用时,可提升水温约为 $8^\circ C$,工作较为稳定,效果良好。

量、不同集热板个数得到的试验结果。

2.1 不同流量水温变化测试

测量时间选择在初春3月20日,测量12:00—15:30时间段水温,采用3种不同流量进行测试。随着环境温度的提高,分别在12:00—13:00设定流量为 $172.4 \text{ kg}/h$,13:00—14:00设定流量为 $347.4 \text{ kg}/h$,14:00—15:30设定的流量为 $553.3 \text{ kg}/h$ 。从图5可以看出,采用第1种流量时,中间出水口温度比进水口温度高约 $5^\circ C$,出水口温度比进水口温度高约 $10^\circ C$ (图5-A)。采用第2种流量时,中间出水口温度比进水口温度高约 $2.5^\circ C$,出水口温度比进水口温度高约 $5^\circ C$ (图5-B)。采用第3种流量时,增温效果不太明显(图5-C)。因此,流量大小对装置性能有一定的影响。

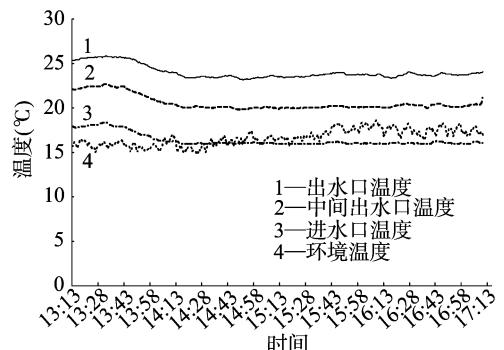


图6 单一流量水温变化曲线

2.4 冬季单一流量水温变化测试

试验时间选择在冬季11月20日,测量12:20—15:00时间段的水温,从图7可以看出,大棚室温在12:20时约为 $22^\circ C$ 。这是由于冬季温室大棚内部装有加热装置,因此较为温暖。而寒冷天气导致地下井水温度较低,此时井水温度为 $8^\circ C$,该温度不利于温室灌溉。使用太阳能井水增温装置,同时保持进水量为 $172.4 \text{ kg}/h$,得出在12:20时,装置中间出水口温度比进水口温度高约 $7^\circ C$,装置的出水口温度为 $17^\circ C$,比进水口水温高约 $9^\circ C$ 。随着时间的变化,出水口水温的变化与环境温度的变化大致相同。即使在14:20时气温发生了下降,装置出水口温度也比进水口温度高 $4^\circ C$ 。表明所研制的太阳能井水增温装置在冬季使用时工作仍然较为稳定,对灌溉用水的增温效果明显。

3 结论与讨论

在初春晴天条件下,对装置输入不同流量灌溉用水时,随着流量的增加,装置的增温效果减弱,当流量为 $553.3 \text{ kg}/h$

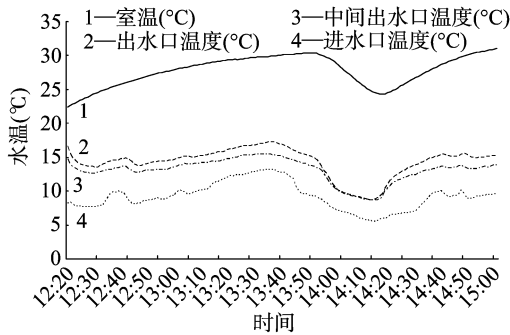


图7 冬季单一流量水温变化曲线

时,2个集热器串联使用的增温效果仅有3℃。通过计算确定热水器最佳工作流量为172.4 kg/h。

在初春晴天的中午,当进水口流量为确定的最佳值时,装置工作较稳定,且增温效果明显。单个集热器使用时,可提升水温约为4℃,采用2个集热器串联使用时,可提升水温约为8℃。

在冬季晴天的条件下,利用温室灌溉用井水太阳能增温装置,也可使大棚内灌溉用井水温度提升,且出水口温度的变化与环境温度变化趋势一致。单个集热器使用时,可提升水温约为4℃,采用2个集热器串联使用时,可提升水温约为8℃。试验结果表明,该系统对提升水温具有一定的稳定性,即使气温发生变化,也能够实现稳定的输出。

利用太阳能提升温室灌溉用井水增温设备使用后,可以有效改善灌溉水的温度,解决温室大棚冬季和初春因灌溉水水温过低影响植物正常生长的问题。由于新疆缺少针对温室灌溉用井水增温的专用设备,该装置市场前景较好,适合在新疆温室建设区域推广。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 民用建筑热工设计规范:GB 50176—1993[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [2] 张述英,王向东. 蔬菜保护地高产高效栽培技术[M]. 北京:中

(上接第252页)

5 结论

本研究以实验室自主设计的四自由度化肥码垛机器人为例,通过几何法与 Modified - DH 模型组合求解的方式,推导该机器人正运动学方程。在逆运动学求解时,通过 Atan2 函数及各关节运动范围,求出其可行解;针对逆解的多解问题,利用最短行程的原则进行优化,得到各关节角的最优解。为了保证机器人精确、流畅、连续、平稳地码放化肥包装袋采用“5-3-5”法进行轨迹规划;通过 ADAMS 进行单周期仿真分析,验证了理论方法的正确性及机械手设计的合理性。最后完成化肥码垛机器人的试制,结果表明该码垛机器人可以满足设计要求。

参考文献:

- [1] 李坤全,邵凤翔. 全自动包装码垛机器人控制系统设计[J]. 机械设计与制造,2017(4):259-262.
- [2] 马占义. 新型铝锭码垛机械手静态性能分析与优化[D]. 兰

国农业出版社,1997:147-152.

- [3] 江 亿. 我国建筑耗能状况及有效的节能途径[J]. 暖通空调,2005,35(5):30-40.
- [4] 山本雄二郎. 日本的光温室[J]. 农业及园艺,1982,56(7):57-58.
- [5] Bargach M N, Dahman A S, Boukallouch M. A heating system using at plate collectors to improve the inside greenhouse microclimate in Morocco[J]. Renewable Energy,1999,18(3):367-381.
- [6] 张海莲,熊培桂,赵利敏,等. 温室地下蓄集太阳能的效果研究[J]. 西北农业学报,1997,6(1):54-57.
- [7] 熊培桂,李 莉. 青海高原太阳能蔬菜温室研究[J]. 青海农林科技,1990(3):1-9.
- [8] 刘圣勇,张 杰,张百良,等. 太阳能蓄热系统提高温室地温的试验研究[J]. 太阳能学报,2003,24(4):461-465.
- [9] 戴巧利,左 然,李 平,等. 主动式太阳能集热/土壤蓄热塑料大棚增温系统及效果[J]. 农业工程学报,2009,25(7):164-168.
- [10] Wang S X, Ma C S, Zhang J, et al. Substrate heating system with solar energy for greenhouse[J]. Transactions of the CSAE,2003,19(5):197-203.
- [11] 冯前前,肉孜·阿木提,雪合来提·木塔力甫. 太阳能提高温室地温装置研究[J]. 新疆农业科学,2011,48(8):1560-1565.
- [12] 陈建平,欧阳思洁,张会章,等. 太阳能集热干燥技术的研究[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版),2008,20(4):71-74.
- [13] 苏成博,张新燕,陆锦睿. 乌鲁木齐地区太阳辐射强度分析[J]. 电力学报,2013,28(5):392-396.
- [14] 厚彩琴,杨蓉霞,高嘉龙. 安装朝向和倾角对集热器性能参数的影响[J]. 兰州理工大学学报,2016,42(4):143-147.
- [15] Stanciu C, Stanciu D. Optimum tilt angle for flat plate collectors all over the world - A declination dependence for mula and comparisons of three solar radiation models [J]. Energy Conversion and Management,2014,81(2):133-143.
- [16] 卡迪尔·艾萨. 温室灌溉用井水太阳能增温装置的设计与实验研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2015:32-33.

州:兰州理工大学,2009.

- [3] Saeed B. Niku. 机器人学导论——分析、系统及应用[M]. 孙富春,朱纪洪,刘国栋,等译. 北京:电子工业出版社,2013.
- [4] John J. Craig. 机器人学导论[M]. 3版. 北京:机械工业出版社,2006.
- [5] 郭瑞峰,李岩鹤,史世怀. 关节型码垛机器人轨迹规划及运动学研究[J]. 机械设计与制造,2017(1):76-78.
- [6] 吕应柱,郭瑞峰,黄金荣. 新型码垛机器人的结构设计与运动学分析[J]. 组合机床与自动化加工技术,2015(6):39-41.
- [7] 郭瑞峰,彭光宇,杨 柳,等. 基于 MDH 模型的新型混联码垛机器人运动学分析与仿真[J]. 机械传动,2017(2):122-127,138.
- [8] Khalil W, Dombre E. Modeling, identification and control of robots [M]. Oxford: Taylor & Francis, Inc., 2002.
- [9] 蔡汉明,钱永恒. Dobot 型机器人运动学分析与仿真[J]. 机电工程,2016,33(10):1217-1220.
- [10] 王纯贤,魏硕硕,朱衍飞,等. 基于 ADAMS 的往复式茶叶自动理条机参数优化设计[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):450-453.
- [11] 王艳莉,刘永华,于 泓. 穴盘苗自动取苗机械手的设计与仿真试验研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):409-412.