

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.06.021

农产品贮藏设施温控仪表温度漂移控制方法*

张道辉¹ 赵红军² 周广芳¹ 宗晓娟¹ 沈广宁¹ 刘庆忠¹

(1. 山东省果树研究所, 泰安 271000; 2. 山东省农业科学院科研处, 济南 250100)

【摘要】 选择3种具有代表性的贮藏设施通用温控仪表,检测其温度漂移幅度和方向。根据仪表电路原理并结合测试,进行了针对性电路改进,使温控仪表温漂误差幅度由3.5℃下降到0.3℃,贮藏环境温度波动幅度由5.3℃下降到1.4℃。试验筛选出3种简易温度补偿法,可在不改造仪表电路的前提下抑制温漂。

关键词: 贮藏 温控仪表 温度漂移 抑制

中图分类号: S229+.3; S379.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)06-0108-05

Drift of the Temperature-controlled Instrument for the Farm Products Storage

Zhang Daohui¹ Zhao Hongjun² Zhou Guangfang¹ Zong Xiaojuan¹ Shen Guangning¹ Liu Qingzhong¹

(1. Shandong Institute of Pomology, Taian 271000, China

2. Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250100, China)

Abstract

Three typical farm products storage systems were adopted to detect the temperature drifts respectively. The cell circuit was improved according to the designing principal of the instrument electrocircuit. As the results, the error of the storage temperature was dramatically reduced from 3.5℃ to 0.3℃ and the cold storage temperature fluctuations decreased from 5.3℃ to 1.4℃. Besides, three simple temperature compensation methods were also selected. These methods were applicable to those places which were unsuitable for the instrument circuit improvement.

Key words Storage, Temperature-controlled instrument, Temperature drifting, Inhibition

引言

农产品贮藏设施包括冷凉库、气调库、通风库、负压库等贮藏保鲜库^[1-2],库内贮藏环境的温度参数,是保证农产品贮藏质量的关键环境因子^[3-5]。温控仪表是贮藏设施中控制贮藏环境温度变化的核心,其测控精度及稳定性对保鲜质量具有关键作用^[6-8]。温控仪表的温度漂移大小标志着仪表因工作环境温度变化而引起测量结果与真值的偏离程度,是衡量温控仪表测控精度及稳定性的重要指标^[9-10]。目前,为节省建机房的场地和初投资,迅

速推广的小型 and 微型贮藏设施普遍不设机房。温控仪表常年工作在室外,工作环境温度受一年四季气温影响,波动幅度非常大^[11-12]。由于电子器件对温度变化的敏感性,引起仪表电路部分参数发生变化,导致测量值和设定值均产生温度漂移误差^[13]。检测结果表明,这种误差在贮藏环境中造成的叠加误差幅度远远超过3℃,对中、长期贮藏的农产品质量影响严重^[14]。特别是有些需高精度温控贮藏的农产品,有时可导致整库产品失去商品价值。为此,本文采用多种方法进行温度漂移抑制试验,对贮藏设施温控仪表进行针对性电路改进。选出

收稿日期: 2009-10-28 修回日期: 2009-12-31

* 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2006AA100108-4-12-9)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2008BAD92B02)、公益性行业(农业)资助项目(nyhyzx07-028)和泰安市科技发展计划项目(20075014)

作者简介: 张道辉,研究员,主要从事农产品贮藏保鲜与环境控制研究,E-mail: daohuizhang@sina.com

通讯作者: 刘庆忠,研究员,主要从事生物技术与种质资源研究,E-mail: qzliu@sdip.cn

3种简易温度补偿抑制法,虽然存在操作麻烦、稳定性差的缺点,但只要精心操作,也能取得较好效果。

1 材料与方法

1.1 材料及设备

选择型号为 XMT-122、XMTA-2002、MS51-16A 3种具有代表性的贮藏设施常用温控仪表为改进对象,其测控范围都是 $-50 \sim 50^{\circ}\text{C}$,传感器均采用 Pt100 型热敏电阻。主要设备为:恒温干燥箱,控温上限值大于 50°C ;电冰箱,控温下限值低于 -23°C ;高精度水银温度计,量程为 $-30 \sim 50^{\circ}\text{C}$,分辨率为 0.01°C ;大口径通用保温瓶,保温瓶净高度超过仪表传感器长度。

1.2 方法与步骤

(1) 漂移幅度和方向检测

采用改变仪表工作环境温度的方法^[15],检测仪表在某一温度范围内测量值和设定值的温度漂移曲线,确定温度漂移误差方向和幅度。

(2) 测绘仪表电路

测绘仪表的具体电路和工作原理框图,分析其工作原理和设计思路。

(3) 仪表电路改进

根据仪表电路工作原理和设计思路,结合试验

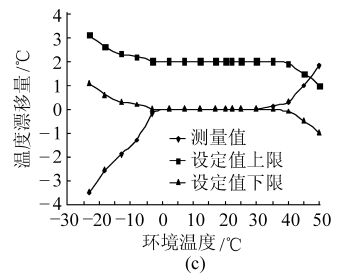
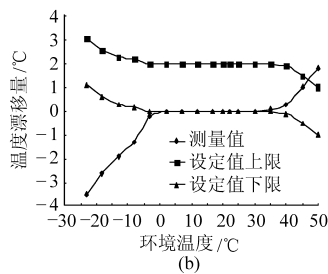
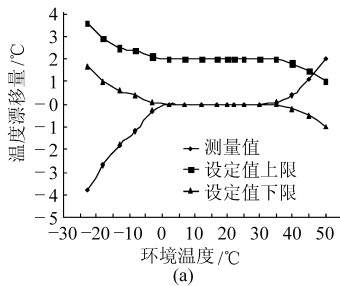


图1 3种温控仪表温度漂移曲线

Fig. 1 Temperature flowing curves of three temperature controllers

(a) XMT-122 (b) XMTA-2002 (c) MS51-16A

温控仪表工作环境温度从 32°C 下降到 2°C , 3种温控仪表温度漂移幅度均为零。环境温度下降到 0°C 以后,测量值 X 开始向下降方向漂移,环境温度下降到 -2°C 以后,设定值 K_1 、 K_2 开始朝上升方向漂移。环境温度下降到 -5°C 以后, X 、 K_1 、 K_2 漂移幅度均随环境温度的下降而迅速增加, X 呈下降趋势, K_1 、 K_2 呈上升趋势。环境温度从 2°C 下降到 -23°C , 3种温控仪表均产生大幅度温度漂移,测量值呈下降趋势,设定值呈上升趋势。

2.2 电路工作原理

选定的3种温控仪表,是农产品贮藏设施最常用的通用仪表,通过测绘其具体电路发现,尽管仪表

检测数据,确定产生温度漂移的具体电路,进行针对性电路改进。

(4) 改进结果比较

对改进后仪表的温度漂移误差幅度与改进前进行对比检测,并进行实际应用结果比较,确定改进效果。

(5) 3种简易抑制试验

根据温度补偿原理^[16-17],为无条件进行仪表改造的地方,试验抑制仪表温度漂移的简易方法,并确定其效果。

2 结果与分析

2.1 温度漂移曲线

经多次试验,得出图1所示3种温控仪表的测量值 X 、设定值上限 K_1 和设定值下限 K_2 的温度漂移曲线。整个检测过程中被测温度为 0°C (冰水混合物), K_1 设定为 2°C , K_2 为 0°C 。温控仪表工作环境温度从 2°C 上升到 30°C 时, X 和 K_2 为 0°C , K_1 为 2°C 。温度漂移幅度均为 0°C ,3种温控仪表均不受工作环境温度变化影响。温控仪表工作环境温度升高到 30°C 后,3种仪表的测量值 X 都开始向上升方向漂移,设定值 K_1 和 K_2 仍能保持不变。环境温度升高到 32°C 以后, K_1 和 K_2 开始朝下降方向漂移。环境温度升高到 36°C 以后, X 、 K_1 、 K_2 漂移幅度都随温度的升高而迅速增加。

外型不同,但内部结构及采用的单元电路原理相同。图2是3种温控仪表的电路原理框图,为抑制电源电路的温度漂移等干扰,电路中均采取了专门防止温度漂移的措施^[18-19],分别设置了主放、数显、基准、控制4种工作电源。在放大单元电路内增设了防温度漂移和防噪声电路。在比较和控制单元电路内均设置了温度漂移抑制电路。

2.3 发生温度漂移单元电路的确定

检测结果表明,工作环境温度在 $-23 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围内,当放大电路输入信号变化量为零时,输出信号的变化量也为零,这说明工作环境温度在一定范围内波动,放大电路中的防温漂措施可有效抑制其本

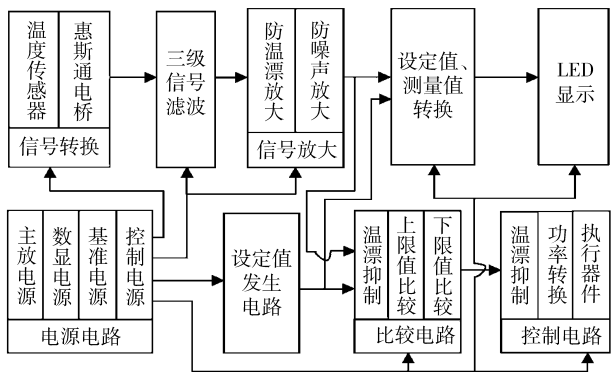


图2 3种温控仪表电路原理框图

Fig.2 Principle block diagram of three temperature-controlled instrument circuit

身的温度漂移。同理,在除信号转换和设定值发生单元电路以外的其他单元电路中测出的温漂量也为零。同样条件下,在信号转换和设定值发生单元电路中均测到了明显的温漂信号。从而认定温控仪表温漂来自于信号转换和设定值发生两个单元电路。对3种温控仪表电路分别进行检测分析,得出相同结论。

2.4 温度漂移单元电路改进

3种温控仪表的信号转换单元电路,均由惠斯通电桥电路与温度传感器铂热敏电阻等匹配组成。图3是原信号转换电路原理图,图中W1为1kΩ普通玻璃轴预调电位器,温度系数±0.025%/℃。

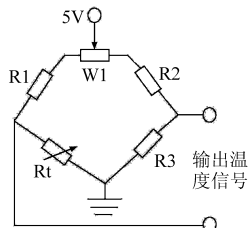


图3 原信号转换电路原理图
Fig.3 Principle diagram of the original signal conversion circuit

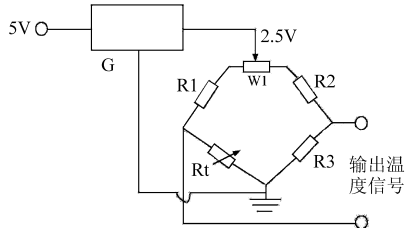


图4 改造后信号转换电路原理图
Fig.4 Principle diagram of improved signal conversion circuit

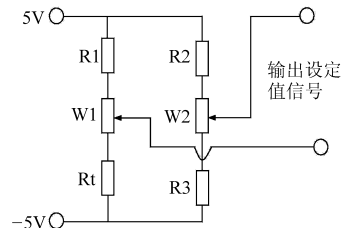


图5 设定值发生电路原理图
Fig.5 Principle diagram of setting value occurrence circuit

图6是温控仪表改造前、后温漂误差幅度及贮藏环境温度(库温)波动幅度的比较。由图可知,温控仪表工作环境温度在-23~48℃范围内变化时,改进后的温控仪表测量示值最大误差幅度由改造前的3.5℃下降到0.3℃。贮藏环境温度最大波动幅度由5.3℃下降到1.4℃。

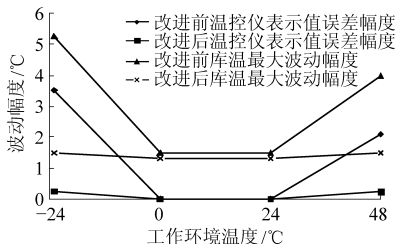


图6 温控仪表改进前后误差及库温波动比较

Fig.6 Comparison of the temperature-controlled instrument error and temperature drift of cold storage

R1、R2、R3分别为10kΩ、10kΩ、100Ω金属氧化膜固定电阻,温度系数±0.035%/℃。Rt为Pt100铂热敏电阻。根据惠斯通电桥温度补偿原理^[8],对信号转换电路进行了电路改造,图4是改造后信号转换电路原理图。经多次改进和试用,取得了预期效果。当环境温度在-23~50℃范围内变化时,3种温控仪表测量值温度漂移幅度都小于0.5℃。图中G为集成带隙基准电压源MC1403。该集成电路输入5V直流电压,输出2.5V基准电压,本身具有防温漂功能。W1为HP-16型1kΩ精密线绕电位器,温度系数±0.002%/℃。R1、R2、R3为RX710-A型精密线绕电阻器,阻值分别是5kΩ、5kΩ、100Ω,温度系数±0.0005%/℃。

图5是设定值发生单元电路原理图。对该电路采用更换元件的方法,同样取得了预期效果。当环境温度在-23~50℃范围内变化时,3种温控仪表设定值温度漂移幅度都小于0.2℃。图5中改造前R1、R2、R3、R4均为5kΩ普通金属氧化膜固定电阻,温度系数±0.035%/℃。W1、W2均为1.5kΩ普通玻璃轴预调电位器,温度系数±0.025%/℃。改造后R1、R2、R3、R4均为RX710-A型5kΩ精密线绕电阻器,温度系数±0.0005%/℃。W1、W2均为HP-16型1.5kΩ精密线绕电位器,温度系数±0.002%/℃。

的3.5℃下降到0.3℃。贮藏环境温度最大波动幅度由5.3℃下降到1.4℃。

2.5 温度补偿法抑制温度漂移试验

为抑制温控仪表的温度漂移,除改进仪表电路以外,还试验了多种温度补偿抑制方法^[20]。其中3种简易温度补偿抑制法,虽然具体操作比较麻烦,但也取得较好效果,适合在没有条件进行仪表改造的地方使用。

(1) 室内温度漂移抑制

如果仪表安装在室内,冬天可采用加热形式为仪表进行升温补偿。夏天采用电吹风或自然通风为仪表降温补偿。使仪表工作环境温度保持在不产生大幅度温度漂移的范围。

(2) 室外温度漂移抑制

当仪表安装在室外时,夏天在仪表上方加防晒板,避免阳光直射。在仪表内加一微型风扇,强制通风进行降温补偿。冬天让仪表工作在聚苯乙烯板等材料制成的简易保温箱内,利用仪表通电工作产生的热量和保温箱保温性能进行升温补偿,提高箱内小环境的温度。

(3) 零点校正温度漂移抑制

常用农产品贮藏设施温控仪表都设有温度校正装置。当外界气温发生大幅度变化时,随时对仪表进行零点校正。校正方法为:仪表在正常工作状态,将仪表传感器置入冰水混合物中,15 min后,调节仪表校正旋钮,使仪表测量值稳定在0℃。经常进行这种校正,也能起到温度补偿作用,抑制仪表温度漂移。

3 结束语

所选的3种温控仪表,是农产品贮藏设施最常用的通用仪表,内部结构及采用的单元电路原理相同。共同的缺点是当其工作环境温度超出一定范围后,温度漂移幅度会迅速增加,造成贮藏环境温度的大幅度波动。在实际应用中,外界气温不发生大幅度变化时,这种漂移误差很难被发现。实际上长期运行的农产品贮藏设施,遭遇气温大幅度变化的现象很普遍,受四季气温影响,其温控仪表工作环境温度变化幅度非常大,产生的测控误差也随之增大,农产品贮藏质量很容易遭受这种误差的严重影响。改进后的温控仪表,可以有效控制温度漂移幅度,保证贮藏环境温度的测控精度。

参 考 文 献

- Lurie S, Crisosto C H. Chilling injury in peach and nectarine[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 37(3): 195 ~ 208.
- 张平,陈绍慧.我国果蔬低温贮藏保鲜发展状况与展望[J]. *制冷与空调*, 2008, 8(1): 5 ~ 10.
Zhang Ping, Chen Shaohui. Prospects and development situation in low temperature storage for fruit and vegetable in China [J]. *Refrigeration and Air-conditioning*, 2008, 8(1): 5 ~ 10. (in Chinese)
- 窦世娟,陈昆松,吕均良,等.黄花梨果实采后不同处理的贮藏效果及其生理基础研究[J]. *中国农业科学*, 2003, 36(1): 82 ~ 88.
Dou Shijuan, Chen Kunsong, Lü Junliang, et al. Effects of different postharvest treatments on storage of Huanghua pear fruit (pyrus pyrifolia nakai) and its physiological basis[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(1): 82 ~ 88. (in Chinese)
- 杨颖,沈海英.复合低温相变蓄冷材料的试验研究[J]. *低温物理学报*, 2009, 31(2): 144 ~ 147.
Yang Ying, Shen Haiying. Investigation on cryogenics cool thermal energy storage phase change composition material [J]. *Chinese Journal of Low Temperature Physics*, 2009, 31(2): 144 ~ 147. (in Chinese)
- 孙黎宏.农产品供应链一体化经营模式研究[J]. *合肥学院学报*, 2009, 26(4): 88 ~ 91.
Sun Lihong. Research on integrated business model of agricultural product supply chain [J]. *Journal of Hefei University*, 2009, 26(4): 88 ~ 91. (in Chinese)
- 陈少文,黄龙.果蔬贮藏温度的热传导方程及其数值解[J]. *东莞理工学院学报*, 2007, 14(1): 87 ~ 90.
Chen Shaowen, Huang Long. The heat conduction temperature equation and the numerical solution for fruit & vegetable storage process [J]. *Journal of Dongguan University of Technology*, 2007, 14(1): 87 ~ 90. (in Chinese)
- 江琦华.果蔬冷藏库自动化管理技术发展趋势的探讨[J]. *制冷*, 2007, 26(4): 38 ~ 40.
Jiang Qihua. Discussion developing trending in automated administration for fruits & vegetables cold storagers [J]. *Refrigeration*, 2007, 26(4): 38 ~ 40. (in Chinese)
- 张道辉,苑克俊,沈广宁,等.单片机果品贮藏环境监控系统的设计[J]. *山东农业科学*, 2006(1): 71 ~ 74.
Zhang Daohui, Yuan Kejun, Shen Guangning, et al. Design of single-chip processor monitoring and controlling system for fruit preservation [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2006(1): 71 ~ 74. (in Chinese)
- 萨支唐,揭斌斌.无漂移电迁移理论(扩散产生复合俘获理论)[J]. *半导体学报*, 2008, 29(5): 815 ~ 821.
Sa Zhitang, Jie Binbin. The driftless electromigration theory (diffusion-generation-recombination-trapping theory) [J]. *Journal of Semiconductors*, 2008, 29(5): 815 ~ 821. (in Chinese)
- 宋寿春,俞瑞华,高玲珑.动态误差的表征及评估方法[J]. *测试技术学报*, 1994, 8(2): 45 ~ 48.
Song Shouchun, Yu Ruihua, Gao Linglong. Characterization and evaluation methods for dynamic error [J]. *Journal of Test and Measurement Technology*, 1994, 8(2): 45 ~ 48. (in Chinese)
- 张宁,孙照渤,曾刚.1955—2005年中国极端气温的变化[J]. *南京气象学院学报*, 2008, 31(1): 123 ~ 128.
Zhang Ning, Sun Zhaobo, Zeng Gang. Change of extreme temperatures in China during 1955—2005 [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 2008, 31(1): 123 ~ 128. (in Chinese)
- 胡桂芳,李芸,李德萍.山东近百年来最高、最低温度变化[J]. *气象*, 2004, 30(11): 43 ~ 46.

- Hu Guifang, Li Yun, Li Deping. Changes of maximum and minimum temperature for recent 100 years in Shandong province [J]. *Meteorological Monthly*, 2004, 30(11): 43 ~ 46. (in Chinese)
- 13 杨三序, 李晓伟, 王业正. 电容传感器测量电路的温度补偿[J]. *传感器与微系统*, 2007, 6(7): 64 ~ 66.
Yang Sanxu, Li Xiaowei, Wang Yezheng. Temperature compensation of capacitance transducer measuring circuit [J]. *Transducer and Microsystem Technologies*, 2007, 6(7): 64 ~ 66. (in Chinese)
- 14 胡小松, 肖华志, 王晓霞. 苹果 α -法尼烯和共轭三烯含量变化与贮藏温度的关系[J]. *园艺学报*, 2004, 31(12): 169 ~ 172.
Hu Xiaosong, Xiao Huazhi, Wang Xiaoxia. Contents of α -farnesene and conjugated trienes in apple superficial scald and their relation with storage temperature [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2004, 31(12): 169 ~ 172. (in Chinese)
- 15 张道辉, 贾发江, 杨娟侠, 等. 保鲜贮藏通用温控仪表的温度漂移及检测方法[J]. *落叶果树*, 2004, 36(1): 36 ~ 38.
Zhang Daohui, Jia Fajiang, Yang Juanxia, et al. Fresh-keeping storage, the temperature drift of common temperature-controlling instruments and detection methods [J]. *Delicious Fruit*, 2004, 36(1): 36 ~ 38. (in Chinese)
- 16 张全庄, 张建平. 传感器测量误差补偿方法[J]. *电子测量技术*, 2007, 30(12): 119 ~ 129.
Zhang Quanzhuang, Zhang Jianping. Methods of error compensation in sensor measuring [J]. *Electronic Measurement Technology*, 2007, 30(12): 119 ~ 129. (in Chinese)
- 17 徐斌, 胡振武, 黄蕾, 等. 小型冷库制冷系统稳态仿真[J]. *制冷与空调*, 2005, 5(5): 46 ~ 49.
Xu Bin, Hu Zhenwu, Huang Lei, et al. Steady-state simulation of mini-type refrigeration warehouse system [J]. *Refrigeration and Air Conditioning*, 2005, 5(5): 46 ~ 49. (in Chinese)
- 18 陈磊, 李萌, 张润曦, 等. 一种带输出缓冲的低温度系数带隙基准电路[J]. *电子器件*, 2008, 31(3): 820 ~ 824.
Chen Lei, Li Meng, Zhang Runxi, et al. A low temperature coefficient bandgap voltage reference with output buffer [J]. *Chinese Journal of Electron Devices*, 2008, 31(3): 820 ~ 824. (in Chinese)
- 19 张道辉, 鲁墨森, 王大明, 等. 电子测控仪器标准信号输出装置: 中国, ZL00247521.9 [P]. 2001-05-16.
Zhang Daohui, Lu Mosen, Wang Taiming, et al. Standards signal output apparatus for electronic monitoring and controlling system: CN, ZL00247521.9 [P]. 2001-05-16. (in Chinese)
- 20 林海军, 滕召胜, 杨圣洁, 等. 数字温度传感器自适应动态补偿方法[J]. *仪器仪表学报*, 2009, 30(1): 138 ~ 142.
Lin Haijun, Teng Zhaosheng, Yang Shengjie, et al. Adaptive dynamic compensation method for digital temperature sensors [J]. *Chinese Journal Scientific Instrument*, 2009, 30(1): 138 ~ 142. (in Chinese)

(上接第 107 页)

- 10 Ki M K, Jung A K, Jin S L, et al. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf-life of coated, whole and sliced mushrooms [J]. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 2006, 39(6): 364 ~ 371.
- 11 Thai C N, Shewfelt F L, Garner J C. Tomato color changes under constant and variable storage temperatures; empirical models [J]. *Transactions of the ASAE*, 1990, 33(2): 607 ~ 614.
- 12 Boquet R, Chirfe J, Iglesias H A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods; II. evaluation of various two-parameter models [J]. *Journal of Food Technology*, 1978, 13(3): 319 ~ 327.
- 13 Kaymak-Ertekin F, Gedik A. Sorption isotherms and isosteric heat of sorption for grapes, apricots, apricots, apples and potatoes [J]. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 2004, 37(4): 429 ~ 438.