

# 基于振动信号的活体禽蛋胚胎发育中的胎动检测

梁森<sup>1</sup>, 梁磊<sup>2</sup>, 米鹏<sup>1</sup>

(1. 青岛理工大学机械工程学院, 青岛 266033; 2. 宝鸡文理学院机电工程系, 宝鸡 721007)

**摘要:** 在禽蛋孵化过程中的胚胎监控对家禽行业的发展具有非常重要的意义。该文设计了一套能获取孵化期活体禽蛋胚胎胎动信号的监测系统, 提出一种半侵入法测量禽蛋胚胎胎动的新方法。先在禽蛋气室的顶部用针扎一个小洞, 使活体胚胎的胎动信号经气室放大后传出来, 然后带动贴在小孔上的铝箔运动, 再通过位移传感器对其进行测量。本系统在不影响胚胎发育情况下, 能对禽蛋胚胎进行识别, 具有操作简单、可靠性高等特点, 为进一步研发禽蛋发育过程的自动监控系统奠定了基础。

**关键词:** 监测, 振动, 信号检测, 禽蛋胚胎, 半侵入法

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.038

中图分类号: Q337, Q13

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-11-0221-04

梁森, 梁磊, 米鹏. 基于振动信号的活体禽蛋胚胎发育中的胎动检测[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 221-224.  
Liang Sen, Liang Lei, Mi Peng. Fetal movement detection of live chick embryo development based on vibration signals[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(11): 221-224. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

禽蛋孵化对家禽行业的发展具有非常重要的意义, 禽蛋胚胎监控是孵化过程中不可缺少的一环。在孵化过程中要将死胚和病胚及时剔除, 以免污染其他正常胚胎的发育。活体与死亡禽蛋胚胎的差别主要体现在以下 3 个方面: 1) 活体禽蛋胚胎的心脏在有规律地跳动; 2) 活体胚胎肌肉存在随机运动; 3) 活体禽蛋胚胎在和外界进行气体交换<sup>[1]</sup>。由于禽蛋在孵化过程中, 其它活体特征信号比较微弱, 所以国内外目前的检测手段大多依据这 3 个特征, 具体的检测方法主要有 ECG (electrocardiogram)、ICG (impedance-cardiogram)、ACG (acoustocardiogram) 和 BCG (ballistocardiogram) 4 种<sup>[2-4]</sup>。其中 ECG 和 ICG 方法是先在蛋壳上打孔再插入电极来测量禽蛋胚胎活体的特征信号<sup>[5-9]</sup>, 由于电极插入胚胎内部比较深, 这种方法会损坏胚胎的生理结构, 测试后, 被测胚胎将停止发育, 是一种侵入测量方法, 无法满足孵化行业的生产需要。而 ACG 和 BCG 方法是一种非侵入测量方法<sup>[2,10-11]</sup>, 其中 ACG 方法是通过测量孵化期的活体禽蛋胚胎发出的声音信号, 将禽蛋放入密闭容器中直接进行测量; 而 BCG 方法则是测量孵化期的活体胚胎蛋壳的振动信号, 它将磁铁粘贴在禽蛋壳上, 通过固定的电磁线圈将磁铁的微小运动变成感应电流来进行测量<sup>[11]</sup>。这些方法所提取的信号都特别微弱, 对测试环境有非常严格的要求。因此, 目前在生产中大都采用光源照蛋方法, 该方法虽然简便易行, 但无法及时准确地对活体胚胎进行识别, 而且工人劳动强度大, 误判率

较高。本文设计了一套能提取孵化中禽蛋胚胎胎动信号的监测系统, 提出了一种半侵入性的测量方法, 该法在完全不破坏禽蛋胚胎发育的前提下, 通过传感器测量胚胎的胎动信号, 然后经过放大器将信号放大, 再输入到 LMS 振动分析仪进行数据处理, 最后通过计算机获得禽蛋胚胎胎动振动曲线。与传统的测试手段相比, 该方法结构简单、可靠易行, 非常适合应用于禽蛋孵化过程的在线监测与控制, 同时对研究禽蛋的发育、育种、生物制药等都具有非常重要的指导意义。

## 1 试验准备

本试验所用的禽蛋胚胎为正常孵化 10 d 左右的鸡胚胎, 取 30 只进行测试。在测试前需要在禽蛋胚胎气室上部用针扎一个直径 3~5 mm 的小孔, 扎小孔时要注意扎破蛋壳即可, 不要损坏内膜, 以防止影响禽蛋胚胎的正常发育。由于蛋壳的刚度比较大, 所以胎动引起的蛋壳振动信号特别微弱, 再加上环境干扰, 因此很难监测到。打孔的目的是使活体胚胎的胎动信号经气室放大后传出来。由于电涡流传感器只能测量表面为导体的位移信号, 因此还需在打孔处的蛋壳上贴一层铝箔。铝箔片的直径要大于电涡流传感器探头直径的 2 倍以上, 并将小孔完全覆盖密封, 以保证试验结果的准确性。

## 2 试验原理及装置

我们所设计的试验测试装置主要包括: 电涡流传感器(传感器采用上海欧丹仪器生产的 OD9000 型电涡流传感器, 灵敏度: 2 V/mm, 探头直径: 8 mm)、传感器支架(自制)、隔振垫(自制)、LMS 振动分析仪等。原理如图 1 所示。

试验是在测试台上进行的, 由于禽蛋胚胎的胎动带动气室里的内膜振动, 使胚胎气室的压力发生变化, 从

收稿日期: 2010-03-03 修订日期: 2010-05-10

作者简介: 梁森(1962-), 男, 教授, 从事机械结构动力学、数控机械研发等方面的研究。青岛 青岛理工大学机械工程学院, 266033。

Email: liangsen98@mailst.xjtu.edu.cn

而引起小孔口上的铝箔跟着内膜振动。当禽蛋胚胎心脏跳动带动内膜收缩时,气室内的压力降低,在外界大气压的作用下,小孔上的铝箔就会向下运动,反之就向上运动,具体见图2。



图1 试验原理

Fig.1 Experimental principle

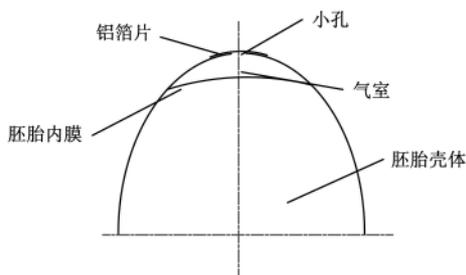


图2 被测禽蛋胚胎上半部分

Fig.2 Upper half of the measured egg embryo

由于孔的直径较小,胚胎内膜的微小运动,能引起铝箔作较大幅度的振动。基于流体介质液压传递的流量连续性方程,理论上讲,其振幅的放大倍数等于禽蛋内膜的面积与针孔的面积之比(实际气体有一定的压缩性,放大的倍数比理论值小一些)。放大后的信号通过一个电涡流传感器进行采集,然后通过一个放大器将信号放大,输入LMS Test.lab测试系统的Spectral Testing记录传感器输出信号,最后由计算机对测试数据进行处理得到禽蛋胚胎的胎动曲线。试验的测试装置见图3。

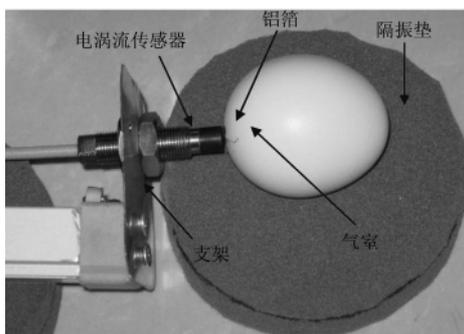


图3 测试装置

Fig.3 Test device

为了减少环境振动对试验的影响,我们在试验中采用了自制的隔振垫,该隔振垫主要由2个海绵垫中间夹一个阻尼层构成,其作用是阻断试验台的振动向禽蛋胚胎的传递,以减小环境振动对测试结果的干扰。

### 3 测量结果与分析

将准备好的禽蛋胚胎放置到隔振垫上,调节禽蛋胚

胎和固定支架上所用传感器的探头,使其对准禽蛋胚胎所贴铝箔的位置(即打孔中心),并使二者的距离保持在0.5~1.5 mm之间,通过微调传感器与蛋壳表面的距离,使电涡流传感器测出信号经放大后的输出位于LMS振动分析仪测量范围的中心。调整动态信号分析仪,确保最大振幅不超出测量范围。待调整后的测试系统稳定后,方可进行测量。该测试将所得结果分为两组:一组为正常活体禽蛋胚胎信号,如图4a、4b所示;另一组为已死亡的禽蛋胚胎信号,如图4c所示。

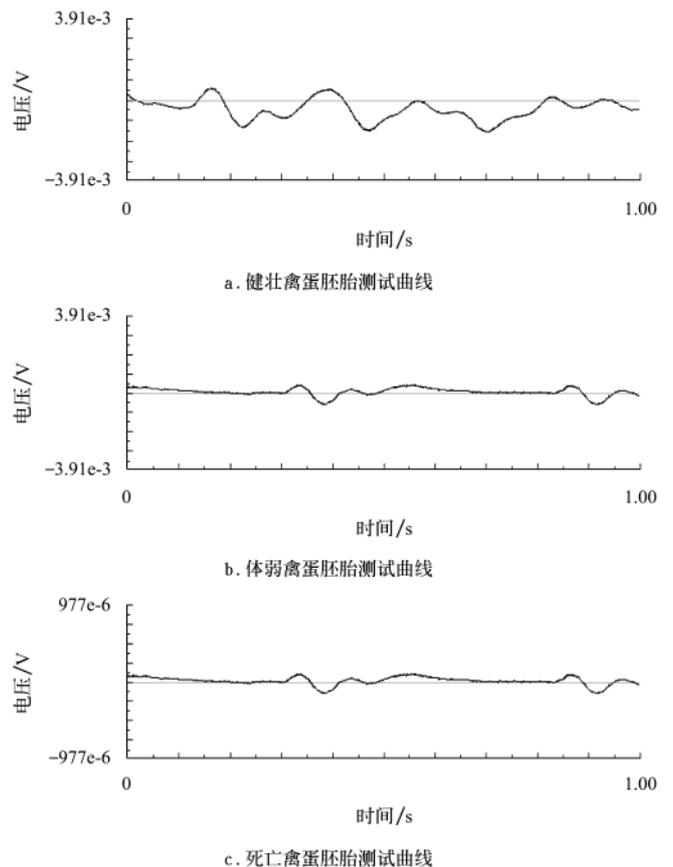


图4 禽蛋胚胎测试曲线

Fig.4 Test curve of egg embryos

从图4a、4b可以看出:当测量范围为 $\pm 3.91$  mV时,活体胚胎显示测试结果为一条起伏明显的曲线,而且图4a所示胎动比图4b的强烈的多,在不考虑其它因素对测量结果影响的情况下,说明胚胎4a比胚胎4b健壮。图4c显示,其测量范围为 $\pm 0.977$  mV时,电涡流传感器输出为一条近似0伏的直线。图4a、4b与4c相比,信号清晰、信噪比高,足以说明将这种测试系统和半侵入法用于监控禽蛋胚胎发育是非常有效的。与其他测试手段相比,此种测试方法采用非接触式测量,结构简单、可靠易行,并且对环境要求不高,易于实现与禽蛋孵化器的集成,完成孵化过程的自动化监控。

### 4 试验误差分析

虽然本文提出了测量禽蛋胚胎胎动信号的方法,但是在具体应用时还要考虑以下因素对测试结果的影响:

1) 鸡蛋的外壳是空间曲面, 不同大小的鸡蛋其传感器测量处的曲率半径不同, 一般来说实测信号比理论信号偏小(理论测量应当在平面上进行), 而且禽蛋越小误差越大; 2) 打孔中心表面法线与传感器中心线是否有偏离, 理论上讲, 应当在一条空间直线上, 如果有角度和距离上的不重合, 就会有误差, 一般也会造成实测信号比理论信号偏小; 3) 贴上铝箔后气室的密封性, 如果密封性不好, 就会使禽蛋气室里的气体与外界进行交换, 影响测试结果, 当然密封越好测量精度越高; 4) 打孔直径的大小误差以及铝箔与传感器之间的距离等因素也会影响被测铝箔位移的准确性。要精确得到禽蛋胚胎胎动信号还需考虑避免这些因素对测量结果的影响。通过本文试验结果来看, 只要认真仔细并对鸡蛋大小合理分类一般不会对测量结果有大的影响, 更不会引起对活体和死亡禽蛋胚胎的误判。

## 5 结 论

本文基于流体介质液压传递的流量连续性方程, 设计了一套新的测试孵化中禽蛋胚胎胎动检测系统, 提出一种半侵入法测量禽蛋胚胎胎动的新方法, 该方法能够直接提取孵化期活体禽蛋胚胎胎动信号, 而不影响禽蛋胚胎的发育, 具有结构简单、提取信号可靠等特点。由于本方法为非接触式测量, 并且对外部环境要求较低, 非常适用于禽蛋发育过程的自动监控。同时本文不但能识别出活体与死亡禽蛋的胚胎, 在不考虑其它因素对测量结果影响的情况下, 测试曲线还能反应出健壮的胚胎和体弱的禽蛋胚胎, 这对提高家禽的孵化率、家禽的选种和育种以及提高禽蛋在生物制药生产中的产品质量都有非常重要的意义。

### [参 考 文 献]

- [1] Khandoker A H, Dzialowski E M, Burggren W W, et al. Cardiac rhythms of late pre-pipped and pipped chick embryos exposed to altered oxygen environments[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 2003, 136(2): 289—299.
- [2] Haquea M A, Watanabea W, Onoa H, et al. Comparisons between invasive and noninvasive determinations of embryonic heart rate in chickens[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Physiology*, 1994, 108(2/3): 221—227.
- [3] Tazawa H, Mitsubayashi H, Hirata M, et al. Cardiac rhythms in chick embryos during hatching[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 1999, 124(4): 511—521.
- [4] Akiyama R, Matsuhisa A, Pearson J T, et al. Long-term measurement of heart rate in chicken eggs[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 1999, 124(4): 483—490.
- [5] Pearson J T, Tazawa H. Development of cardiac rhythms in altricial avian embryos[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 1999, 124(4): 475—482.
- [6] 车轶, 孙华英, 彭沿平, 等. 一种禽蛋胚胎胎动记录的新方法[J]. *动物学研究*, 2005, 26(5): 551—554.  
Che Yi, Sun Huaying, Peng Yanping, et al. A new method for heart rate recording in chick embryo[J]. *Zoological Research*, 2005, 26(5): 551—554. (in Chinese with English abstract)
- [7] Chiba Y, Fukuoka S, Niiya A, et al. Development of cholinergic chronotropic control in chick (*Gallus domesticus*) embryos[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 2004, (1): 137: 65—73.
- [8] Moriya K, Hochel J, Pearson J T, et al. Cardiac rhythms in developing chicks[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 1999, 124(4): 461—468.
- [9] Moriya K, Kato K, Matsumura M, et al. Cardiac rhythms in developing emu hatchlings[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 2002, 131(4): 787—795.
- [10] Akiyama R, Ono H, Hochel J, et al. Non-invasive determination of instantaneous heart rate in developing avian embryos by means of acoustocardiogram[J]. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 1997, (4), 35: 323—327.
- [11] Ono H, Akiyama R, Sakamoto Y, et al. Ballistocardiogram of avian eggs determined by an electromagnetic induction coil[J]. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 1997, 35(4): 431—435.

# Fetal movement detection of live chick embryo development based on vibration signals

Liang Sen<sup>1</sup>, Liang Lei<sup>2</sup>, Mi Peng<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China;

2. Department of Mechanical and Electronical Engineering, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721007, China)

**Abstract:** The monitoring of embryo in the period of egg's incubation is very important for the development of poultry

industries. A monitoring system was devised, which can extract the heartbeat signals of the chick embryos in the period of incubation. A novel semi-invasive method was developed to measure these signals. With this method, it is needed to make a small hole on the top of the egg's air chamber by a pin in order to amplify the heartbeat signals through the egg's air chamber. And then a piece of thin tinfoil is pasted on the small hole, and the transducer of displacement is employed to measure the vibration of thin tinfoil. So the embryo can be inspected whether alive or not by the signals. Taking advantages of high reliability and simple operation, the system can be used to identify the live bird embryos without affecting the development of embryos. This research can provide a foundation for further exploring the automatic monitoring of the process of embryonic development.

**Key words:** identification, vibration, signal detection, chick embryo, semi-invasive method

---

## 欢迎订阅《农业工程学报》

《农业工程学报》是由中国科学技术协会主管、中国农业工程学会主办的全国性学术期刊。被列为中国科技期刊引证报告 (CJCR) 分析和中国科学引文数据库 (CSCD) 的源期刊、全国中文核心期刊; 被《农业科学——农业工程文摘》、美国工程索引 (Ei Compendex)、俄罗斯《文摘杂志》、英联邦农业局国际生物中心 (CAB International)、美国剑桥科技文摘 (CSA) 等国内外多家权威检索机构收录。被中国科技期刊网、中国学术期刊 (光盘版) 全文上网收录。

《农业工程学报》2009 年被中国科技信息研究所文献分析中心遴选为“首批精品科技期刊”, 2010 年被评为“中国科协精品科技期刊工程项目”期刊。

《农业工程学报》主要栏目有农业水土工程、农业装备工程与机械化、农业信息与电气技术、农业生物环

境与能源工程、土地整理工程、农产品加工工程。

《农业工程学报》为月刊, 大 16 开本, 每期 400 页左右。中国标准连续出版物号: ISSN 1002-6819, CN 11-2047/S, 邮发代号: 18-57。每期定价 50 元, 全年共 600 元, 也可直接向编辑部订阅。

编辑部地址: 北京市朝阳区麦子店街 41 号

《农业工程学报》编辑部

邮 编: 100125

电 话: 010-65910066 转 2503 或 3503

传 真: 010-65929451

电子信箱: tcsae@tcsae.org, tcsae@sohu.com

期刊网址: www.tcsae.org