

# 畜禽孵化养殖专用绿色环控系统 在孵化场的应用与检测分析

赵 健

上海罗克环控节能科技股份有限公司 上海奉贤 201400

**摘要:** 为解决畜禽孵化养殖传统环控系统领域存在的生物安全不设防、环控精度低、能耗大、污染环境、孵化率低等问题, 本文采用恒温恒湿恒压空气净化处理系统、余热能量回收技术、废气处理系统、智慧管理系统等先进的绿色环控技术, 采用低温空气能热泵作为主机, 开发出畜禽孵化养殖专用绿色环控系统, 并对系统在山东某孵化场实际应用一年后的环控精度进行了检测, 对系统的杀菌率、净化率、节能率、孵化率和健雏率等关键指标进行了统计分析。结果表明, 使用本系统的孵化场运行一年后, 系统各组成部分温湿度、压力、杀菌、耐压等各项检测指标正常, 空气杀菌率达到99.95%, 废气绒毛净化率达到95%, 孵化率可提高1%~3%, 健雏率提升5%, 节能率30%。相较于天然气锅炉环控, 本系统环控控制精度更高, 运行更加稳定, 节能效果突出, 生物安全和环保性高, 并可显著提升孵化场的生产效率和投资回报, 具有良好的应用推广价值。

**关键词:** 畜禽; 孵化; 环控; 节能; 环境

## Application and Detection Analysis of Green Environmental Control System for Livestock and Poultry Hatchery

Jian Zhao

Shanghai Roke Environmental Control Energy Saving Technology Co., LTD., Fengxian, Shanghai, 201400

**Abstract:** To solve the problems existing in the traditional environmental control system of livestock and poultry hatching and breeding, such as unprotected biosafety, low environmental control accuracy, high energy consumption, environmental pollution, and low hatching rate, this paper uses the constant temperature and humidity constant pressure air purification processing system, waste heat energy recovery technology, waste gas processing system, intelligent management system, and other advanced control technology of green ring, low-temperature air can heat pump as a host, a special green environmental control system for livestock and poultry hatching was developed, and the environmental control accuracy of the system was tested after one year of practical application in a hatchery in Shandong province. The key indicators of the system, such as sterilization rate, purification rate, energy-saving rate, hatching rate, and healthy chick rate, were statistically analyzed. The results showed that after one year of operation, the test indexes of temperature and humidity, pressure, sterilization, and pressure resistance of the system were normal. The sterilization rate of air reached 99.95%, the cleaning rate of waste gas villus reached 95%, the hatching rate could be increased by 1%~3%, and the rate of healthy chicks increased by 5%, and the energy-saving rate was 30%. Compared with natural gas boiler environmental control, the system has higher environmental control precision, more stable operation, outstanding energy-saving effect, high biosafety, and environmental protection, and can significantly improve the production efficiency and investment return of hatcheries, which has good application and promotion value.

**Keywords:** Livestock; Incubation; Environmental control; Energy saving; Environment

**资助项目:** 2022年度上海市科技兴农项目(编号: 2022-02-08-00-12-F01195)

**作者简介:** 赵健(1986年7月—), 男, 汉族, 安徽省亳州市, 博士学历, 工学博士学位, 主要从事空气净化、消毒杀菌技术的研究, 现为上海罗克环控节能科技有限公司研发主管。

## 引言:

环控对保证畜禽孵化养殖的孵化率和健雏率至关重要<sup>[1][2]</sup>。美国、德国、法国、日本等世界发达国家对畜禽养殖绿色环控十分重视,已经应用了先进的绿色环控技术。但国内畜禽孵化领域环控系统近几年才刚刚起步,目前对环控的重视程度不够,与国外相比差距较大,畜禽孵化养殖传统环控系统领域存在环控稳定性差、生物安全不设防、环控精度低、能耗大、污染环境、安全隐患大、水质超标、孵化率低等问题。

在能源模式方面,多数畜禽孵化场以传统天然气锅炉供暖环控为主,而天然气资源紧缺且价格偏高,运行费用高并且也存在氮氧化物排放等环保问题。在供能类型方面,锅炉仅能满足供暖需求,不能满足孵化场对供冷的需求。此外,传统锅炉环控控制区域为半敞开式常压状态,生物防疫安全性差<sup>[3][4]</sup>,属高压高温设备,受环保、安监等政府部门监管,对安全生产要求高,需要专门的锅炉房,需具有资质的专人操作维护,管理不善有较大安全隐患,使用寿命仅为8年左右。在系统设计方面,传统锅炉供暖环控仅考虑供暖,没有从整体上考虑正压洁净环控系统、工艺排风系统、能量回收、废气处理、水质处理、智慧控制等节能环保技术的应用,导致现今畜禽领域的孵化率较低,造成了巨大的经济损失和资源能源浪费。

本文依托自主研发的孵化养殖专用空气源热泵技术,全新风正压洁净环控系统、工艺排风系统、绒毛沉降处理系统、工艺冷却水系统,然后再根据孵化环控的设计和技术要求,融合现代微电子、电子计算机控制与传感技术的PLC软件控制系统,实现硬件与软件的结合,形成畜禽孵化养殖专用绿色环控系统,并对系统在山东某孵化场实际应用一年后的环控精度进行了检测,对系统的节能率、孵化率和健雏率等关键指标进行了统计分析。

## 一、畜禽孵化养殖专用绿色环控系统的设计

### 1. 环控主机设计

环控主机选择制冷制热一体低温空气能热泵机组,可满足室外环境温度 $-12^{\circ}\text{C}$ 以上的条件下孵化厅的恒温恒湿控制。该机组采用先进高效喷气增焓系统技术<sup>[5]</sup><sup>[6]</sup>,以喷气增焓压缩机为基础,优化中压段冷媒喷射技术,通过中间压力吸气孔吸入一部分中间压力的气体,与经过部分压缩的冷媒混合再压缩,实现以单台压缩机实现两级压缩,增加冷凝器中的制冷剂流量,加大主循环回路的焓差,从而大大提高了压缩机的效率,进而实现强劲制热,实现了大温差,高效节能,运行稳定;适应 $-20^{\circ}\text{C} \sim 48^{\circ}\text{C}$ 工况,最高出水达 $60^{\circ}\text{C}$ ;  $-10^{\circ}\text{C}$ 时机组比

普通风冷热泵机组效率高出20%以上;并将机组的低温制热运行环境温度由普通机组的 $-10^{\circ}\text{C}$ 扩展到 $-20^{\circ}\text{C}$ 。机组运行可靠性高、稳定性好、替换锅炉节能效果明显,使用环保冷媒对环境友好。

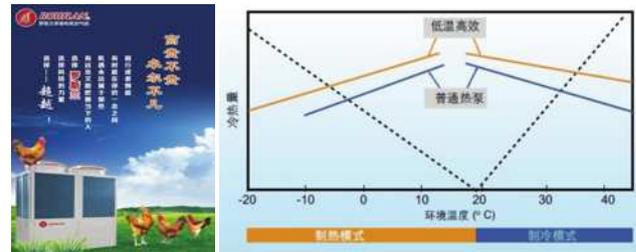


图1 孵化养殖专用空气源热泵机组

### 2. 环境控制系统设计

环境控制系统主要设计孵化厅、出雏厅环控全新风正压环境控制系统,主要包括新风组合式空气处理机组(具备过滤、冷热、除湿、加湿、杀菌),以及新风正压间、回风处理系统、工艺冷却水系统、排风系统、加热水系统、净区与脏区的室内压差控制系统,二氧化碳浓度控制系统等。以上环境控制系统可以精准控制温度、湿度、压力、空气品质、杀菌除霾等环境参数,并具备热回收节能功能,净化等级10万级,换气次数15次以上。新风组合式空气处理机组包括室内机和室外机,其实物图与工作示意图如图2、图3所示。室内机包括依次连通的新风模块、热回收模块、除霾模块、杀菌模块和温度调节模块、加湿模块。温度调节模块包括进风风机和蒸发器;室外机包括冷凝器和压缩机,蒸发器通过膨胀阀与冷凝器和压缩机依次连接形成环路。加湿模块采用循环水加湿,此加湿方式为等焓加湿,即将加湿水的温度加热到适合的温度,使得送风温湿度更加稳定,满足孵化器、出雏器对温湿度的要求。新风组合式空气处理机组增加了新风净化和热回收功能,可在内循环模式和全新风净化模式之间切换,提供舒适的空调环境,同时向室内送入经PM2.5净化、紫外线灯杀菌的新风,排出室内污浊空气,回收热量,经济节能,安装方便。机组结构设计可靠耐用,具有如下特点:箱体面板采用三明治双层夹心式设计、绝佳的隔热性、良好的气密性、优化设计的盘管和独特的冷凝水处理方式。



图2 新风组合式空气处理机组

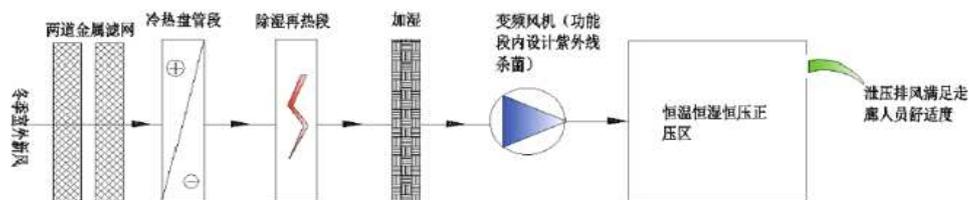


图3 新风组合式空气处理机组工作示意图

### 3. 节能环保系统设计

节能环保系统设计主要包括废气绒毛沉降系统、软化水系统、孵化能量回收工艺冷热水系统和废气能量回收系统。废气绒毛沉降系统结合孵化厅特点设计,由增压水泵、自动控制系统电磁阀、时间继电器等组成、喷淋管路和旋流式微雾喷嘴组成。该系统由时间继电器控制水泵的启停与电磁阀的开关,从而控制喷淋时间和间隔,使出雏排风集中除绒毛除味,且保持负压、确保污风不会进入洁净区;在微负压的条件下利用雾化进行除毛。排风管道采用PVC管。此外,系统利用旋流式微雾喷嘴代替现有农用雾化喷头,使得喷出的水雾更细,更易扩散到绒毛沉降室,进一步提升绒毛沉降效果。软化水系统对所需的水均要求净化软化处理,防止结垢滋生细菌危害雏苗。孵化废气能量回收系统具有高效的热交换滤芯,将高温孵化废气的热量回收用于预热冷风或产生热水,达到节能的效果,尤其对于北方地区有较高的使用价值;能量回收工艺冷热水系统对绿色环控主机制冷时所排放到大气中的热量进行回收,蒸发器吸收胚胎热量,制取13℃-15℃的工艺冷却水;冷凝器将吸收的热量供给热水需求侧,制取50℃-55℃的工艺热水。机组自有冷热平衡的功能,通过独特的风冷辅助换热器来平衡不同比例的不平衡冷热需求。为确保送入设备的水温相对稳定,且增加系统稳定性,在水系统管路中安装两个保温水箱,水箱连接二次循环泵将冷却水送至各孵化器、出雏器,将热水送至各孵化器。

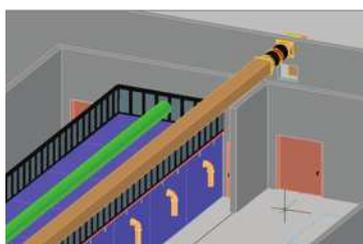


图4 孵化用绒毛沉降系统示意图

### 4. 孵化养殖专用智慧节能控制系统

孵化养殖专用智慧节能控制系统结合孵化运行的整个流程各功能模块的特点进行设计,采用西门子S7-200系列PLC技术、STEP 7 MicroWIN V4.0 SP5软件和TPC7062TX高性能嵌入式一体化触摸屏人机界面,设计

开发了各功能模块的智慧节能管控系统,包括整体流程监控系统、出雏器新排风处理控制系统、洗蛋控制系统、自动排风控制系统、节能散热装置控制系统、运雏车温度控制系统等多个部分,系统根据车间内温度和湿度等相关参数的变化,自动调整设备的运行状态,达到最佳控制效果,新鲜富氧空气按需输送,智慧节能。

## 二、系统主要技术性能指标

### 1. 新风

(1) 温度: 正压间温度, 夏季为 $27^{\circ}\text{C} \pm 2$ , 冬季为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ , 空间温差不能超过 $2^{\circ}\text{C}$ , 同一点的温度波动24小时内不能超过 $1.5^{\circ}\text{C}$ ;

(2) 湿度: 范围控制在40%-70%RH;

(3) 风压: 1 ~ 5Pa, 自调节;

(4) 风量: 充足(按600立方米/小时·台)(按孵化厂家提供参数设计, 风量控制全自动, 变频控制5-50Hz, 配置应急送风机组);

(5) 新风送风全程杀菌, 杀菌率高达在99.95%以上。

### 2. 孵化冷水

(1) 温度: 18-21℃;

(2) 额定供应量: 8L/分钟·台;

(3) 制冷排风能量回收。

### 3. 废气排放

(1) 负压排风要求压力0-5Pa, 自动变频调节, 排风管道采用PVC管, 设计软连接。排风、排毛不影响机器的正常运转, 易保养、清洗;

(2) 绒毛必须在绒毛间处理, 不能排到室外;

(3) 废气排风全热回收。

4. 全自动控制管理系统, 自动报警, 智慧节能, 实现无人化的孵化车间。

## 三、系统技术指标检测与应用效果分析

### 1. 技术指标检测

本系统在山东某孵化厂应用后, 参照《畜禽孵化养殖专用绿色环控系统试验大纲》、《GB/T 24344-2009工业机械电气设备耐压试验规范》和《GB/T 24343-2009工业机械电气设备绝缘电阻试验规范》委托上海市质量监督检测技术研究院对孵化场各区域技术指标进行了测试, 检测结果如下:

检测结果汇总						
序号	检测项目		技术要求	检测结果 1	单项判定	备注
1	系统组成		系统应由空气(源热泵和地源热泵、孵化厅和出雏厅全新风正压洁净环控系统、孵化器工艺排风系统、出雏器工艺排风系统、孵化设备工艺冷却水系统、出鸡场地环境控制系统、种蛋库环境控制系统、送风正压间、PLC 软件控制系统组成。	符合要求	符合	
2	正压间环境温度	温度	温度范围: 21—29℃	26.5℃	符合	
			房间内温差≤2℃	0.7℃		
			同一点24小时内温度波动≤1.5℃	1.3℃		
		湿度	40-70 %RH	55.9%RH		
3	操作间环境压差	种蛋库	(0—2.5) Pa	2.1Pa	符合	☆
		孵化室	(3.75—5) Pa	4.3Pa		
		出雏室	(1.25—3.75) Pa	3.0Pa		
		拣鸡间	(3.75—6.25) Pa	4.3Pa		
		出雏大厅	(3.75—6.25) Pa	4.6Pa		
		清洗间	(2.5—3.75) Pa	3.1Pa		
4	孵化冷水温度		(18—21)℃	20.5℃	符合	
5	杀菌装置		配备紫外线灯管杀菌装置。	符合要求	符合	
6	软化水处理设备		系统应配有软化水处理设备。	符合要求	符合	
7	自控管理系统	数据监测记录	控制系统应可监测各房间温湿度, 及各设备开启关闭情况, 并能将数据记录生成曲线。	符合要求	符合	
		登录保护	系统应使用密码登录, 在不带密码的情况下不能对系统进行操作。	符合要求		
		实时自动报警	控制系统应在设备出现故障时实时自动报警, 并记录下故障位置以及故障发生时间。	符合要求		
8	耐压试验		在动力电路导线和保护接地电路之间施加50Hz、1000V试验电压, 试验保持时间大于1s小于5s, 不应出现闪络或击穿。	未出现击穿或闪络 符合要求	符合	/

图5 畜禽孵化养殖专用绿色环控系统技术指标检测结果

检测结果表明, 系统组成完整, 对正压间环境温度、操作间环境压差、孵化冷水温度的检测结果均符合设计要求; 杀菌装置、软化水处理设备和自控管理系统均符合设计要求, 运行正常; 系统耐压试验未出现击穿或闪络, 符合要求。

## 2. 应用效果分析

(1) 低温空气源热泵主机相较天然气锅炉的节能效果分析

假设采暖热负荷设定为10KW, 按照此热负荷对比机组的运行经济性。

### 1) 天然气锅炉运行费用

天然气的热值约为8300大卡/Nm<sup>3</sup>, 燃烧效率92%, 则天然气的消耗量计算为: 10 / (8300/860) / 0.92 = 1.13m<sup>3</sup> 天然气价格按3.5元/m<sup>3</sup>计算, 则10KW的制热量需要燃烧天然气的价格约为3.955元。

### 2) 低温空气源热泵机组运行费用分析

出水温度45℃时, 根据机组制热能力变化表, 可以得出以下热泵机组的COP(机组制热量与输入功率的比值)值与产生10KW制热量所需要的电费, 如表1所示。

表1 低温空气源热泵机组运行费用分析表

制热量 KW	电价 元/KWH	环境温度	COP	热泵机组功率 KW	所需电费 元
10	0.61	-10℃	2.52	3.15	1.92
10	0.61	-5℃	2.75	3.64	2.22
10	0.61	0℃	3.17	3.97	2.42

所以,当环境温度分别为0℃、-5℃、-10℃时,热泵机组运行费用分别比天然气运行费用低2.035元、1.735元、1.535元。

此外,系统还采用能量回收工艺冷热水系统,回收的热量较大,可以完全替代燃油燃气锅炉生产热水,节省大量的燃油燃气。同时,减轻了制冷主机(压缩机)的冷凝负荷,可使主机耗电降低10~20%。此外对于水冷系统,冷却水泵的负荷大大地减轻,冷却水泵的节电效果将会大幅度提高,其节能率可提高到50~70%。整体上本环控系统比天然气锅炉环控节能率达30%以上。

#### (2) 生物安全与环保性

本系统使用环保冷媒,没有燃烧废气产生,集除尘,杀菌,除味一体,使进入孵化厅的空气效率高,并能保证孵化厅合理的正负压,防止风向倒流,保证生物安全。项目应用实际检测空气杀菌率达到99.95%,废气绒毛净化率达到95%,具有常态化防疫和环保效益。而大部分天然气锅炉氮氧化物排放浓度在200毫克/立方米以上<sup>[7]</sup>,会严重污染空气环境。

#### (3) 生产效率的提升

本系统可以精准稳定控制孵化温湿度,保证空气洁净并按需输送,确保胚胎正常发育、雏苗健康。根据山东孵化场项目的应用实际统计,孵化率可提高1%~3%,健雏率可提升5%。

#### 四、结束语

为解决传统锅炉环控存在的环境污染、安全性差、节能性差、防疫性差等技术瓶颈,本文对畜禽孵化养殖专用绿色环控系统进行了设计、实际应用、技术性能指标检测和应用效果统计分析。结果表明,使用本系统的孵化场运行后,系统各组成部分温湿度、压力、杀菌、耐压等各项检测指标正常,空气杀菌率达到99.95%,废气绒毛净化率达到95%,孵化率可提高1%~3%,健雏率提升5%,节能率达30%以上。相较于天然气锅炉环控,本系统环控控制精度更高,运行更加稳定,节能效果突出,生物安全和环保性高,并可显著提升孵化场的生产效率和投资回报,具有良好的应用推广价值。

#### 参考文献:

- [1]洪渊,豆彩红.影响种蛋孵化率的环境和管理因素[J].家畜生态,2003,24(2):6.
- [2]赵建国.孵化厅环境控制对雏鸡质量的影响[J].中国禽业导刊,2013(14):2.
- [3]牛召珊,李伟.规模化孵化场正压环境控制要点[J].山东畜牧兽医,2018,39(3):1.
- [4]李杜,庞利娜,潘迎丽,等.不同环境控制条件对种蛋孵化效果的影响[J].中国家禽,2013,35(018):55-56.
- [5]刘强,朱银波,方志刚.喷气增焐技术对涡旋压缩机可靠性影响研究[C]//国际制冷技术交流会.2014.
- [6]周东民,胡浩,李义.高效强热商用涡旋技术在热泵空调中的应用[C]//全国空调器,电冰箱.2008.
- [7]姚芝茂,武雪芳,滕云,等.燃用天然气锅炉NO<sub>x</sub>的排放特征与管理控制[J].环境污染与防治,2009,31(11):5.