

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.05.005

升降式全自动清洗解冻装置的设计

王崇好, 李保国, 高志新

(上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093)

摘要:针对目前肉品清洗装置功能单一,耗水量大且清洗效果不佳,解冻装置设备复杂,冻肉解冻时间长或解冻品质差等问题,提出了清洗与解冻一体的全自动清洗解冻装置。设计基于可编程逻辑控制(PLC)控制系统,可自动调节升降架上下移动和喷淋水的温度。进行了水泵选型设计计算,以选择供水系统动力;选择实心锥形喷嘴和大孔扇形喷嘴组合,满足喷射清洗要求;采用膜分离技术对污水进行处理回收。经测试表明该装置设计是可行的,能满足解冻和清洗要求,并能减少废水排放。

关键词:肉品清洗装置;解冻;膜分离技术;可编程逻辑控制器

中图分类号:TS251.3

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2017)05-0021-04

Design of Lifting Type Automatic Cleaning and Thawing Device

WANG Chonghao, LI Baoguo, GAO Zhixin

(School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Aiming at the problems of single function, large water consumption, poor cleaning effect, complicated thawing device, long thawing time and poor thawing quality, a lift device which combined cleaning and thawing was proposed. The device was based on programmable logic control (PLC) control system, which automatically adjusted the lift frame and temperature of spray water. Pump type was selected to provide power supply system. Meanwhile chose the solid cone nozzle and big fan-shaped nozzle, and combined them to meet the jet cleaning requirement. Adopted membrane separation technology for sewage treatment and recovery. The test shows that the device is feasible, it can meet the requirements of thawing and cleaning, and reduce less waste water discharge.

Keywords: meat cleaning device; thawing; membrane separation technology; programmable logic controller (PLC)

近年来,我国肉类产量以每年6%的速度增长^[1]。目前对于肉产品的储存和运输,最常用的方式是冷冻,冷冻肉品在进行深加工或食用之前都要先进行解冻^[2]。国内外学者对食品的解冻进行了研究,解冻方法从传统的空气解冻、水解冻到新型的微波解冻、高压静电解冻、超声解冻和射频解冻等。然而,这些解冻方法都有各自的局限性,比如空气解冻耗时长,高压静电解冻设备较复杂等都在某种程度上限制了其应用发展。

在食品加工机械设备中,清洗装置是主要设备,但是对于肉类食品的专业清洗装置却不多^[3]。在中小型的肉产品加工厂中,大多采用手持水枪对动物胴体

进行喷射,以清洗胴体上的污渍、血渍等。这种方法虽然简单,但是耗费大量的水资源和人力,而且还存在着清洗不彻底的隐患。课题组针对以上问题设计了一种升降式全自动清洗解冻装置,该装置将解冻与清洗功能有效地结合起来,使其既能清洗肉类产品,也能对冷冻肉品进行解冻,而且采用全自动程序,提高了工作效率。

1 升降式全自动清洗解冻装置总体设计

1.1 清洗解冻装置组成

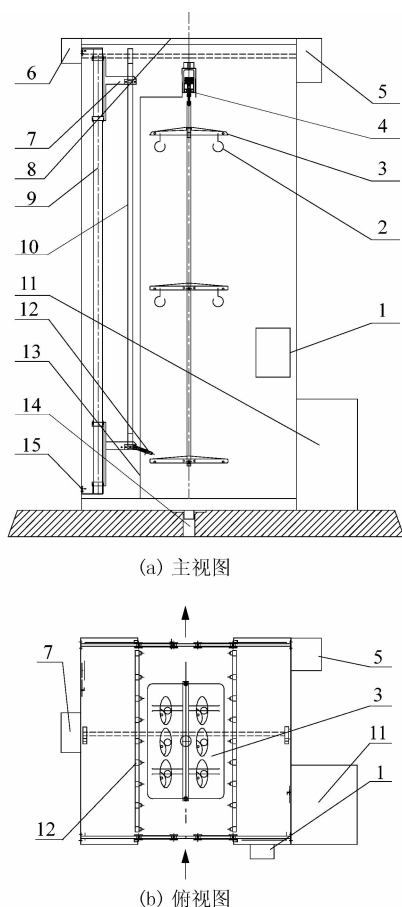
所设计的升降式全自动清洗解冻装置总体尺寸为1 100 mm×700 mm×1 500 mm(长×宽×高),主要组成部分有箱体单元、载物单元、清洗/解冻单元和控制

收稿日期:2017-02-25;修回日期:2017-07-11

基金项目:上海市教委科研创新项目(14ZZ133);上海市联盟计划(LM201651)。

第一作者简介:王崇好(1991),男,山东日照人,硕士研究生,主要研究方向为食品冷冻冷藏、食品解冻。通信作者:李保国(1961),男,河南济源人,教授,博士生导师,主要研究方向为食品和农产品加工新技术。E-mail:lbaoguo@126.com

单元等,其结构如图1所示。



1—控制器;2—挂钩;3—载物架;4—载物轨道;5—排气装置;6—曳引机;7—支撑架;8—箱体;9—滑槽;10—升降皮带;11—水箱;12—喷头;13—自动门;14—排水沟;15—限位开关。

图1 升降式清洗解冻装置

Figure 1 Lifting cleaning and thawing device

其中:箱体单元用于提供胴体进行解冻或清洗的空间;载物单元,包括设置在箱体顶部的载物轨道和沿载物轨道移动的载物架,用于悬挂冻体;解冻/清洗单元,包括对冷冻物体进行解冻和清洗的喷头;升降机构,设置在箱体垂直于通道的两侧,2个喷水架与升降机构连接,加热装置与外界水源相连,控制单元与解冻/清洗单元连接,用于控制喷头的摆动角度,喷头的升降以及控制和调节通向喷头的水温等。

1.2 整体设计方案

方案的目标是设计出一个结构紧凑的多功能升降式全自动清洗解冻装置,既能清洗,也能进行解冻作业,实现清洗解冻的全自动化。

本设计主要以喷淋清洗系统的设计为核心,升降系统、控制系统及电路系统辅助运行的清洗解冻装置,由PLC控制升降机构并且带动与之相连的喷水架上

下移动,从而带动喷头对冷冻肉体进行上下喷淋达到清洗和解冻的目的,同时控制器也能控制通向喷头的水温及水压等参数。

2 升降式全自动清洗解冻装置的工作过程

工作过程:①打开自动门,将待解冻或清洗的肉品放在载物吊架或者挂在挂钩上;②关闭自动门,由控制器设置解冻或清洗参数,包括水温、水压以及清洗喷头往返次数等;③开启解冻或者清洗操作,曳引机带动升降皮带和喷头一起向上运动,此时带有一定温度和压力的水通过喷头向待解冻和清洗肉品喷淋,进行解冻清洗操作,当上升到顶端时,触碰到顶端的限位开关后,曳引机反向运动,并且带动升降皮带和喷头一起向下运动,当下降到底端触碰到底端的限位开关后,曳引机正向运动,如此循环,直至完成所设置的往返次数,结束解冻和清洗。

3 升降式全自动清洗解冻装置主要部件设计

3.1 箱体设计

为了保证食品的安全卫生条件,升降式全自动清洗解冻装置箱体采用不锈钢材料^[4-5]。装置内部设有不锈钢载物吊架与挂钩,可承受100 kg的大块肉吊挂,而小块肉,可以放置于载物托盘上。考虑到喷淋水在解冻和清洗过程中有水蒸气产生,在装置右上角设置排气风扇。箱体下部设置有排水槽。

自动门设置于装置的两侧,用于载物吊架的进出。自动门的开启与关闭受控制器控制。当进行清洗操作时,自动门关闭,防止装置内水喷淋到装置,同时防止人员进入装置,消除安全隐患。

3.2 喷淋系统设计

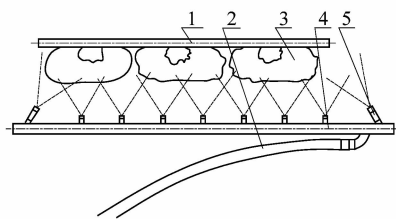
3.2.1 喷头选择

喷头有多种型式,实心锥形喷嘴喷射角度随着压力的变化不大,较稳定,分布均匀,喷射雾滴较大,但喷洒角度较小;大孔扇形喷嘴的喷射角度较大,在同一水流压力下喷射角度比较稳定,且喷射角度随着压力的增大而增大,喷射打击力大;空心荷叶式喷嘴喷射角度比较稳定,且喷洒角度大,但喷出的水雾是中空的,不能全面覆盖,喷射打击力小^[6]。考虑到清洗解冻装置所喷淋出的水必须有一定的打击力,才能将污渍血渍等污染物清洗干净,而且喷射角越大越好,这样才能喷淋的更全面,所以课题组选择实心锥形喷嘴和大孔扇形喷嘴组合。

3.2.2 喷头布置

喷嘴采用图2所示的布置方式,喷头安装在喷头支撑管上,两端的喷头采用倾斜安装,确保物料全方位

地得到清洗与解冻。



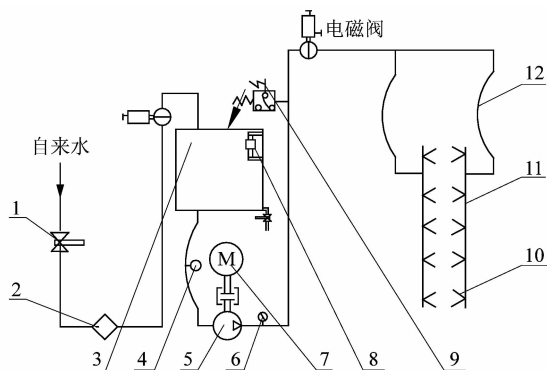
1—载物吊架;2—进水管道;3—待解冻或清洗肉块;
4—喷头支撑管;5—喷头。

图2 喷头布置示意图

Figure 2 Schematic diagram of layout of nozzles

3.2.3 供水系统设计

自来水通过阀门,流经过滤器,再经电磁阀进入水槽。水由水槽中加热装置加热后流经温度计,温度计实时显示水温。水槽中的水由水泵按照一定的压力和速度送入清洗解冻装置中,从而带有一定温度、压力喷淋在待解冻和清洗物料上,实现物料清洗解冻。水槽中水平调整器用于观察水槽中的水位。供水系统如图3所示。



1—阀;2—过滤器;3—水槽;4—温度计;5—水泵;6—压力表;7—电力马达;8—水平调整器;9—压力开关;10—喷头;11—喷头支撑管;12—韧性管。

图3 供水系统示意图

Figure 3 Schematic diagram of water supply system

3.3 泵的选择

选择一个合适压力的水泵是有效清洗解冻食品的关键^[7]。设计供水管道内径为24 mm,管内水流速度为1 m/s,查表^[8]知水温为20℃时,水的运动黏度 $\nu = 1.006 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$,水的动力黏度 $\mu = 1.004 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。

喷淋系统管道总长度

$$l = (1.5 + 1.1) \times 2 = 5.2 \text{ m}。 \quad (1)$$

流量

$$q_v = uA = \frac{1}{4}u\pi d^2。 \quad (2)$$

式中: q_v 为水的流量, m^3/s ;A为管道截面面积, m^2 ;u为水流速度, m/s ;d为管道直径,m。

由公式(2)计算得流量 q_v 为 $1.63 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

沿程损失

$$\Delta P_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho u^2}{2}。 \quad (3)$$

式中:l为喷淋管道长度,m; ρ 为水的密度, kg/m^3 ; λ 为沿程阻力系数,是一个无量纲数,与流体的黏度、流速、管道的内径以及管壁的粗糙度有关,其取值由表1中的公式计算得到^[9]。

表1 沿程阻力系数

Table 1 Friction loss factors

流动区域	Re 的取值范围	λ
层流区	$Re < 2320$	$64/Re$
水力光滑区	$4000 < Re < 10^5$	$0.3164/Re^{0.25}$
水力光滑区	$10^5 < Re < 3 \times 10^6$	$0.0032 + 0.221Re^{-0.237}$
水力粗糙区	$26.98(d/\varepsilon)^{8/7} < Re < 2308(d/\varepsilon)^{0.85}$	$\{1.42[\lg(1.273qv/\nu\varepsilon)]\}^{-2}$
阻力平方区	$2308(d/\varepsilon)^{0.85} < Re$	$\{2[\lg(d/2\varepsilon)] + 1.74\}^{-2}$

因为雷诺数 $Re = \frac{ud}{\nu} = 23856.86$,所以 $\lambda = 0.03$,

$$\Delta P_f = 3250 \text{ Pa}。$$

局部损失

$$\Delta P_f = \zeta \frac{\rho u^2}{2}。 \quad (4)$$

图3中,供水系统包括3个止回阀,11个弯头,1个管路分流和1个管路汇流。由表2可以得出局部损失

$$\sum \Delta P_j = 5100.0 + 1540.0 + 812.5 + 880.0 = 8332.5 \text{ Pa}。^{[10]}$$

表2 管路系统局部损失

Table 2 Local loss of pipeline system

名称	数量/个	因素		
		摩擦因数 ζ	局部损失 $\Delta P_j/\text{Pa}$	总损失 $\sum \Delta P_j/\text{Pa}$
止回阀	3	3.400	1700.0	5100.0
弯头	11	0.280	140.0	1540.0
管路分流	1	1.625	812.5	812.5
管路汇流	1	1.760	880.0	880.0

装置扬程

$$H_r = H_{st} + \sum h。 \quad (5)$$

式中: $\sum h = (\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d}) \frac{\rho u^2}{2} \cdot \frac{1}{\rho g}$ 为管道的阻力损失;g为重力加速度, m/s^2 ; H_{st} 为管路系统静置扬程,取1 m。

由公式(5)计算得 $H_r = 3.7 \text{ m}$ 。

根据以上的计算结果,课题组选择采用流量为 $6.3 \text{ m}^3/\text{h}$,最大扬程为 5.0 m ,最大自吸高度为 7.3 m ,额定转速 1450 r/min 的 ZX50-32-125 自吸泵。

3.4 废水处理系统

考虑到清洗解冻后废水中含有油脂等有机物,可生化性好,适合利用微生物氧化分解的作用将废水中的有机物分解为水和二氧化碳等无害物质,从而将污水回收利用^[11-12]。

本系统采用双膜式屠宰废水处理工艺,即由折流式厌氧(ABR)反应器、中空纤维膜机组和生物膜反应器3级构成。第1级废水处理为折流式厌氧反应器;第2级处理为生物膜反应;第3极处理为膜分离过滤。

清洗解冻后的废水首先在第1级处理器中将有机物分解,然后流入第2级处理器中进行两级深化处理。此时,部分微生物以生物膜的形式附着在特定的生物处理器上,还有部分微生物以絮状形式悬浮生长于废水中,通过第3极处理的膜分离技术将悬浮物和细菌去除,其工艺流程如图4所示。废水处理后大部分引入水箱,循环利用;少量无法利用的水可以进行杀菌后排放。

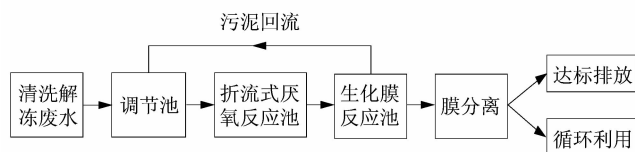


图4 污水处理工艺

Figure 4 Sewage treatment process

4 结语

课题组设计的升降式全自动清洗解冻装置将清洗和解冻功能相结合,不仅能有效地对冻品进行解冻,缩

短了解冻时间,而且能够对肉品进行高效清洗作业。实现了资源的合理利用,节约了成本。课题组通过计算,选择出升降式全自动清洗解冻的水泵,提供了合适的动力;并选择出合适的喷头满足对冻品进行解冻和清洗的需要;设计有废水处理系统,可有效地减少废水排放,弥补了喷淋解冻浪费水资源的缺陷。经初步测试能够达到设计要求,下一步将对其进行优化改进,以期达到精准清洗解冻效果。

参考文献:

- [1] ZHOU Guanghong, ZHANG Wangang, XU Xinglian. China's meat industry revolution: challenges and for the future[J]. Meat science, 2012, 92(3): 188-196.
- [2] 张珂,关志强,李敏,等.解冻方法对冻藏肉类食品品质影响的研究进展[J]. 肉类研究, 2014, 28(8): 24-29.
- [3] 陈从贵,张国治. 食品机械与设备[M]. 南京: 东南大学出版社, 2009.
- [4] 唐树培,李保国,高志新. 新型高压静电解冻柜设计[J]. 轻工机械, 2016, 34(3): 5-8.
- [5] 李银,李侠,贾伟,等. 低温高湿变温解冻库的研制与应用[J]. 农业工程学报, 2014, 30(2): 244-251.
- [6] 马雅显,骆少明,蔡晓玲,等. 轻筒型香蕉清洗装置喷淋系统的设计[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2015, 28(4): 44-49.
- [7] SMALL A, JAMES C, PURNELL G, et al. An evaluation of simple cleaning methods that may be used in red meat abattoir lairages[J]. Meat science, 2007, 75(2): 220-228.
- [8] 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [9] 孔珑. 工程流体力学[M]. 3版. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [10] 徐鑫,杨晓玲,高珊. 水系统装置扬程的计算及泵的选型分析[J]. 航空发动机, 2015, 41(4): 57-60.
- [11] 邹振生,陈炳旭,邹清川. 屠宰废水处理及双膜式废水处理工艺装置[J]. 肉类工程, 2010(8): 40-41.
- [12] 李白,张龙石. 一种鸡屠宰生产线污水回收利用装置: 201520007630.1[P]. 2015-01-07.

(上接第20页)

- [24] ZHANG Shiwu, LIU Bo, WANG Lei, et al. Design and implementation of a light weight bio-inspired pectoral fin driven by SMA[J]. IEEE/ASME transactions on mechatronics, 2014, 19(6): 1773-1785.
- [25] SHINJO N, SWAIN G W. Use of shape memory alloy for the design of an oscillatory propulsion system[J]. IEEE journal of ocean engineering, 2004, 29(3): 750-755.
- [26] RYUH Y S, YANG Gihun, LIU Jindong, et al. A school of robotic

fish for mariculture monitoring in the sea coast[J]. Journal of bionic engineering, 2015, 12(1): 37-46.

- [27] 谢鸥,颜钦. 多尾鳍仿生推进器多推进模式运动仿真研究[J]. 机床与液压, 2016, 44(5): 158-161.
- [28] 张代兵. 波动鳍仿生水下推进器及其控制方法研究[D]. 长沙: 国防科技大学控制科学与工程系, 2007: 1-133.
- [29] LOW K H, CHONG C W. Parametric study of the swimming performance of a fish robot propelled by a flexible caudal fin[J]. Bioinspiration & biomimetics, 2010, 5(4): 1-12.