

高喜银,吴红雷. 基于人机工程学的双壳贝类自动开壳设备设计[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):378-380.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.133

基于人机工程学的双壳贝类自动开壳设备设计

高喜银, 吴红雷

(河北农业大学,河北保定 071001)

摘要:为了用户能方便、舒适、安全地操作双壳贝类开壳设备,需要运用人机工程学的原理,将其置于“人一机—环境”系统中充分考虑。选择合适的材料和加工方式,设计合理的结构,有效地防止海水对设备的腐蚀;根据作业性质,合理选择作业姿势;根据坐姿人体尺寸,确定最佳工作面高度,并进行合理的作业空间布置。在延长设备使用寿命、提高安全性和可靠性的同时,作业者能更方便、快捷、高效地作业,达到高度的人机协调。

关键词:双壳贝类;自动开壳设备;人机工程学;防腐;安全技术

中图分类号: TS254.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0378-03

我国是贝类生产和出口大国,在促进我国沿海经济发展、增加沿海农民收入方面发挥着越来越大的作用。双壳贝类开壳设备是自动化双壳贝类取肉生产线的一部分,主要的工作是将保鲜状态下的贝类开壳,供后续设备进行取肉。该生产线的研制解决了开壳取肉困难、生产效率低、劳动强度大的难题。为了使双壳贝类开壳设备的设计更趋于成熟,在提高双壳贝类的开壳品质的同时,使用户在方便、舒适的条件下安全操作,则需要运用人机工程学的原理,将其置于“人一机—环境”这个综合系统中充分考虑。

1 双壳贝类自动开壳设备工作原理

双壳贝类自动开壳设备主要由机架、链带传动机构、位置传感器、随动喷淋装置、蒸汽发生器和开壳器构成(图1)。

进行开壳工作时,需要人工将贝类按一定的姿态摆放在仿形槽体内。放置好的贝类在电机1的驱动下匀速向前运动,当固定在机架上的位置传感器检测到仿形槽体的信号,信号经由PLC处理,PLC控制随动喷淋装置的电机2,实现滑台

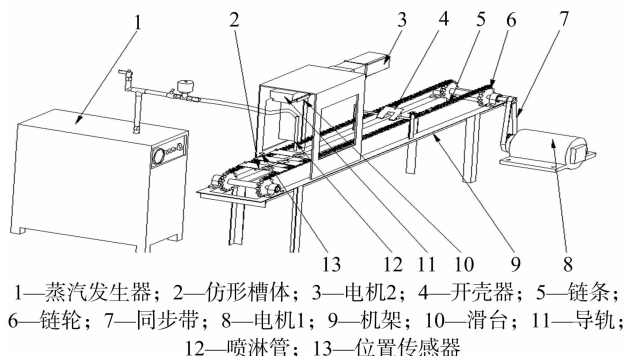


图1 双壳贝类自动开壳设备简图

在导轨上随仿形槽体运动,蒸汽发生器提供蒸汽使得位于贝类正上方的喷淋管实现对贝类的蒸汽处理。当位置传感器检测到第2个仿形槽体时,电机2驱动滑台迅速复位并跟随第2个仿形槽体运动,实现对第2个贝类的蒸汽处理。经由某一温度蒸汽处理后的贝类由闭合状态变为有一定开口状态,其组织与上壁分离。开口状态的贝类经过开壳器时,开壳器的底端压紧贝类下壳,其楔形角使得上壳张开的角度越来越大,直至上壳与下壳分离,贝柱和裙带组织则可由开壳器中心位置的通槽处顺利通过。至此,双壳贝类的开壳工作完成,开壳的贝类将输送到取肉设备上完成取肉工作。

收稿日期:2014-06-27

基金项目:河北省科技计划(编号:14455304D);河北农业大学理工基金(编号:LG20130201)。

作者简介:高喜银(1978—),女,河北衡水人,硕士,副教授,主要从事工业设计、人机工程学研究。E-mail:gaixiyin@163.com。

[8]孙俊华,陆桂良,刘胜吉. 江苏省农机污染排放状况的分析研究[J]. 中国农机化,2010(1):25-27,31.

[9]祝华军,田志宏,韩鲁佳,等. 农业机械化发展对财政投入的依存度研究[J]. 农业工程学报,2007,23(3):273-278.

[10]彭天权. 非道路用发动机国Ⅲ排放技术分析和应对策略[J]. 建设机械技术与管理,2013(5):29-31.

[11]邓艳芳. 国四排放标准实施 乃国之大势所趋[J]. 工程机械文摘,2013(6):42-43.

[12]袁 聪. 我国拖拉机、农用运输车及收获机械配套柴油机的现状和发展方向[J]. 农业机械,2001(8):8-12.

[13]何光清. 降低小型单缸柴油机排放的试验研究[D]. 南宁:广西大学,2009:1-2.

[14]包俊江,邢居真,高俊华. 柴油机电控技术发展与国Ⅲ排放技术

路线[J]. 汽车工程师,2009(2):31-34,37.

[15]李延明,卢秉福. 农业机械化外部性分析与支持政策体系的构建[J]. 农机化研究,2011,23(1):24-27.

[16]杨敏丽,涂志强,沈广树. 国外农业机械化法规及支持政策[J]. 中国农机化,2005(2):3-6.

[17]邱洪臣. 中国农业机械化高级阶段发展策略研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013:29-30.

[18]刁玉辉,韦安和. 农用柴油机排放控制技术的探讨[J]. 中国农机化,2004(3):31-34.

[19]李 昱. 基于节约型农机化发展策略研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007:49-50.

[20]杜建华,蒋公见,蒋海牙. 国内外柴油机电控喷油技术的发展现状及前景[J]. 自动化技术与应用,2010,29(8):16-20.

2 双壳贝类自动开壳设备设计人机工程学问题

人机工程学就是研究与解决“人—机—环境”三者协调统一,使人机系统和谐的学科。其中的人指机器作业者以及有可能受到机器工作影响的其他人,而系统所指的环境则是指作业者、机器和被影响人所共同拥有的环境^[1],其中既有受机器影响的作业者的工作环境,又有机器工作所处的环境。将双壳贝类自动开壳设备置于“人—机—环境”系统中,主要从防腐蚀设计、操作方式和安全防护 3 个方面讨论人机工程学设计问题。

3 双壳贝类自动开壳设备防腐蚀设计

双壳贝类自动开壳专用设备是专门用来加工食品的,必须满足食品加工的专门要求,即保持食品的色、香、味,保证卫生要求等,因而其设计是非常严格、苛刻的。为保证贝肉质量,双壳贝类需要在保鲜情况下进行传输、开壳,壳内携带的海水会对设备造成腐蚀,降低设备的使用寿命,也会导致食品污染并危害人体健康^[2]。双壳贝类自动开壳设备首先要注意防腐蚀设计。一方面,该设备的加工材料应该选择耐腐蚀材料,特别是与食品介质直接接触的零部件,既要耐腐蚀,又要不污染食品;另一方面,该设备的结构设计应该合理,避免不合理的加工制作方式或不合理的结构形成腐蚀条件。

3.1 防腐蚀加工材料的选取

材料的合理与否直接影响机械的性能和食品的加工质量。海水与金属腐蚀有关的物理化学参数主要有盐度、氯度、pH 值、含氧量等^[3]。已有试验证明,不锈钢在海水中的腐蚀率较低,但容易发生点蚀、缝隙腐蚀等局部腐蚀,不锈钢的晶间腐蚀和应力腐蚀在海水中不常见^[3]。304 不锈钢为国家认可的食品级不锈钢,对食品没有腐蚀,表面美观、耐蚀性良好、低温强度和机械性能好,且冲压、弯曲等热加工性能好,着色工艺比较成熟,加工方便、费用较低,非常符合海产品加工设备对材料的要求,综合考虑各方面因素选 304 不锈钢为设备的加工材料^[4]。

3.2 防腐蚀结构设计

双壳贝类开壳设备的防腐蚀结构设计的目的是将设备的零部件最优化地组合起来,满足产品的功能性、可靠性、经济性。为防止电偶腐蚀,设备中的链条、链板输送带、机壳、支架、连接部件等都可选用 304 不锈钢制品。机器支架采用铆接结构,铆接用件也采用 304 不锈钢制品。海水渗透性很强,会发生缝隙腐蚀性,为防止缝隙腐蚀,延长设备使用寿命,不能铆接的地方采用焊接结构,各焊缝必须满焊^[5]。双壳贝类开壳设备中所需要的 2 个电机,均选择防水防腐步进电机,经过特殊工艺处理的防水防腐步进电机能有效防止水及油的渗入,适合在湿度大、有腐蚀性的恶劣环境中使用。

4 双壳贝类自动开壳设备的操作方式设计

作业者的主要工作是开启机器,调节蒸汽发生器的操作按钮,将贝类按一定的姿态摆放在仿形槽体内,其中摆放贝类是最主要的操作动作。作业姿势、仿形槽体的高度和形状、作业空间布置对作业者的舒适操作要求有重要的影响。为保证双壳贝类开壳设备的效能、可靠性、安全性达到最优化,应合

理选择作业姿势、仿形槽体的高度(最佳工作面高度),进行合理的作业空间布置。

4.1 作业姿势的选择

在开壳工作正常进行中,作业者需要定时将贝类放置在以 3.29 cm/s 速度运行的仿形槽体内,作业者放置一个贝类的时间为

$$T = (B + L) / v。$$
 (1)

其中:链板输送带的传送速度 v 是 3.29 cm/s,链板的宽度 B 为 10 cm,链板间距 L 为 15.2 cm,即 $T = (10 + 15.2) / 3.29$,操作人员放置 1 个贝类的时间为 7.6 s,1 min 约放置 8 个。由于作业负荷较小,机器上潜在的危险因素较小,不需要高度的警惕性,作业持续时间较长,在工作中需要集中精力,精确放置贝类,根据人机工程学原理选择坐姿作业姿势^[6]。

4.2 仿形槽体高度(最佳工作面高度)的确定

为了使作业者在舒适的状态和适宜的环境中工作,在设计中必须充分考虑人体的尺度和人体处于坐姿作业姿势下的有力工作区域和工作方向。仿形槽体的形状、高度要根据作业者的作业姿势、手握特征和工作效率来设计。由表 1 可得,仿形槽体的高度应不超过人体坐姿肘高和小腿加足高的总和。双壳贝类自动开壳设备属于成年男、女通用的一般工业产品,依据人体尺寸百分位数选择原则,应选用男性的 P99、P95 或 P90 作为尺寸上限值的依据,选用女性的 P1、P5 或 P10 作为尺寸下限值的依据^[6]。因此,可以选择坐姿的最佳工作面高度为 57.3 ~ 73.0 cm 之间。

表 1 坐姿人体尺寸

分组	百分位数 (%)	坐姿肘高 (mm)	小腿加足高 (mm)
男(18 ~ 55 岁)	1	214	372
	5	228	383
	10	235	389
	50	263	413
	90	291	439
	95	298	448
	99	312	463
女(18 ~ 55 岁)	1	201	331
	5	215	342
	10	223	350
	50	251	382
	90	277	399
	95	284	405
	99	299	417

从图 2 可以看出,以 5% 的人体尺寸为例,人体坐姿工作的抓握最佳尺度范围是以肩关节为圆心的直臂抓握半径:男性为 65 cm,女性为 58 cm。在垂直方向的抓握高度(离地面)最小值为 38 cm^[6],可以将待加工贝类调节到 38 cm 的高度上,利于作业者抓取贝类,从而能保证作业者具有较大的稳定性和较好的平衡度,减少人体疲劳和能量的消耗,提高工作效率。

4.3 作业空间布置

作业者右手操作频率较高,需要手眼配合协调地将贝类准备放置到仿形槽体内。同时,需要不定时注意观察蒸汽发生器的控制面板。作业空间的布置设计,最关键的是将最佳

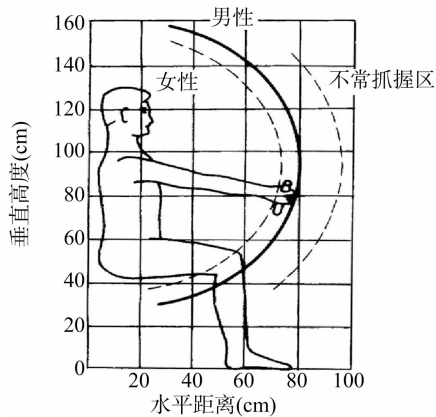


图2 坐姿抓握尺度范围

工作面和显示控制面板布置到作业者的手眼协调区域。由推荐的控制台作业面布置图(图3)得知,图中阴影区是女性的P2.5的手眼协调区域,可以将操作面、控制显示面板放置到这个区域。

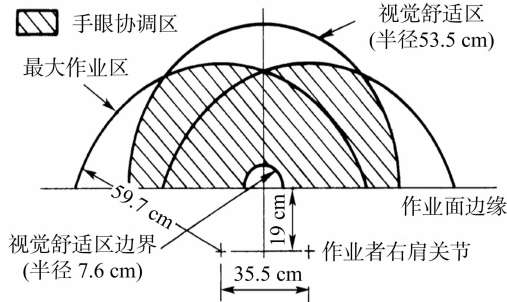
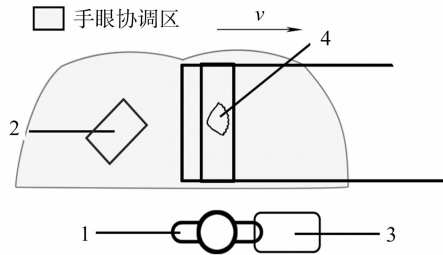


图3 推荐的控制台作业面布置区域

考虑到作业者的操作方便性和手眼协调区域,将工位设计在开壳设备的侧面,作业者的左前面是蒸汽发生器的控制面板,右前侧面是工作面,右面放置待加工材料方便抓取。作业空间布置平面示意图如图4所示。



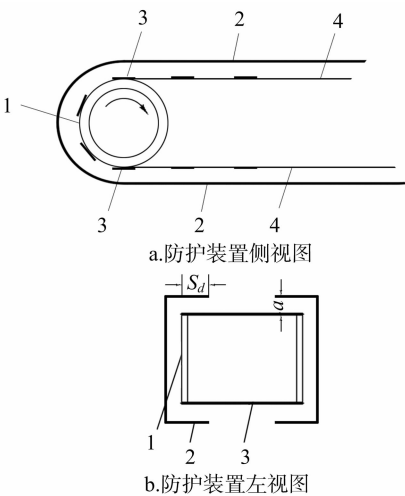
1—作业者; 2—蒸汽发生器面板; 3—待加工材料箱; 4—仿形槽体

图4 作业空间布置示意图

5 双壳贝类开壳设备安全防护设计

双壳贝类开壳设备采用链条、链轮传动将贝类输送到蒸汽喷淋管进行蒸汽开壳,运动中的链条、链轮啮合部位存在将人手夹伤的危险,需要安装防护装置避免危险的发生^[1],考虑到设备的危险程度和维修需要,选择固定封闭式防护装置防止操作工触及机械传动机构的危险区^[6],如图5所示。

从安全性角度考虑,应能保证当作业者的手误伸入护罩时而不受伤害。如图5-b所示, S_d 是护罩边缘到链条的水



1—链轮; 2—护罩; 3—链板; 4—链条

图5 防护装置

平距离, a 是护罩边缘到链条的垂直距离, S_d 和 a 的尺寸的选择需要满足手指误进时的安全尺寸。从表2穿越栅栏状(条形)缝隙可及安全距离 S_d 数据和实际生产情况可以确定 S_d 为1.8 cm, a 为0.6 cm。

表2 穿越栅栏状(条形)缝隙可及安全距离 S_d

上部部位	缝隙宽度 a (mm)	安全距离 S_d (mm)	图示
指尖	$4 < a \leq 8$	≥ 15	

6 结论

在人机工程学理论的指导下,双壳贝类自动化开壳设备从“人-机-环境”系统理论角度综合考虑材料的防腐性,选择合理的加工材料和结构设计解决了防腐问题,提高了设备的使用寿命;选择合适的工作姿势,进行合理的作业空间布置,确定固定封闭式防护装置,并进行安全尺寸计算。作业者可以有序、自如地作业,基本上达到人机的协调。目前,该设备已进入物理样机试制阶段,其加工方式、结构设计的合理性需要进一步的验证。

参考文献:

[1] 梁 医,范元勋,王华坤. 基于人机工程学的割草机操作及防护系统的设计[J]. 机械设计与制造,2005(12):32-34.
[2] 张海红,阮竞兰. 食品机械的腐蚀与防腐设计[J]. 包装与食品机械,2006,24(2):21-23,38.
[3] 夏兰廷. 金属材料的海洋腐蚀与防护[M]. 北京:冶金工业出版社,2003:67.
[4] 孙智慧,张 荣. 食品机械中不锈钢的腐蚀及应用[J]. 农机化研究,2001(3):112-114.
[5] 王德东,徐雪萌,刘国锋. 食品机械的防腐蚀措施[J]. 包装与食品机械,2004,22(2):55-57.
[6] 丁玉兰. 人机工程学[M]. 北京:北京理工大学出版社,1991:218.