

新型苹果清洗设备的研究与设计*

席新明¹, 王刚义²

(1 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2 陕西三原新星食品机械厂, 陕西 三原 713800)

[摘要] 在研究苹果清洗设备发展现状及各种清洗设备优缺点的基础上, 设计了一种新型苹果清洗设备, 并进行了校核。该新型苹果清洗设备采用两级螺旋输送机, 在实现涡流清洗的同时将苹果送往下道工序, 可实现连续生产, 提高了生产效率。在浮洗机中采用低速拨轮淹没洗涤、高速拨轮高压鼓泡和高速湍流洗涤, 并辅以苹果自身摩擦作用, 可达到良好的清洗效果。另外, 洗涤用水采用回流水, 节约了水资源。

[关键词] 苹果; 清洗设备; 螺旋输送机; 浮洗机; 机械设计

[中图分类号] S223.5

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)01-0151-04

随着生活水平的提高, 人们对食品卫生安全的要求越来越高, 国际上对各种食品的有害物残留等限制指标也制定了更加严格的标准。目前, 国际市场对浓缩果汁的质量除了对常规指标严格要求外, 对棒曲霉素、耐热菌及农药残留量等也有严格的限制。现在, 美国和欧洲许多国家已要求在食品加工企业中实施危害分析关键控制点体系(HACCP), 美国、德国等发达国家已将该体系引入果汁行业, 并将强制实施。我国是世界上主要的苹果生产国, 自1992年起, 我国的苹果产量就超过世界苹果生产大国美国而名列世界首位。而我国的苹果主要以鲜果形式消费, 据了解, 目前我国水果加工量不及10%, 由于缺乏先进的果品加工机械, 不能及时加工处理, 导致每年约25%的水果腐烂变质, 经济损失数以亿计^[1]。另外, 由于生产工艺设备等技术原因, 我国的水果及果汁饮料等产品的农药及各种有害物残留量严重超过了国际和国内标准, 这已成为限制我国果汁饮料业发展和进军国际市场的“瓶颈”。面对这一现状和严峻形势, 亟待改变和完善现有的果汁饮料加工工艺, 开发研制出符合食品卫生标准和市场发展要求的新型设备。本研究在现有苹果清洗设备的优缺点及存在问题分析的基础上, 设计研制了一种新型的苹果清洗设备, 现介绍如下。

1 现有苹果清洗设备的种类及优缺点

果品清洗消毒是果汁饮料加工中的首道工艺, 也是降低果汁饮料中有害物残留量的关键所在。根

据实际调查测算, 当前的果汁饮料加工业中所采用的老式清洗工艺和清洗设备, 主要清洗掉的是果品表面的果锈、泥土等污物, 而对农药、杀虫剂等果品表面有害成分的清除能力却只能达到40%~50%, 同时普遍存在着清洗质量不高、加工能力有限等缺点^[2], 远远不能满足国内和国际食品安全卫生标准的要求和生产需要。目前, 主要的果品清洗设备有滚筒式清洗机、鼓风式清洗机和刷淋式清洗机。

滚筒式清洗机的结构简单, 生产效率高, 但由于物料在其中翻滚碰撞激烈, 虽能使表面污物剥离, 但也往往导致果肉损伤; 鼓风式清洗机利用空气进行搅拌, 既可加速污物从表面去除, 又能使原料在强烈的翻动下不致损伤, 有利于保持原料的完整和美观, 但其耗水量较大; 刷淋式清洗机的清洗效率高, 清洗质量较好, 破损率低, 但生产能力有限。

本研究设计的新型苹果清洗设备, 重点在于提高对农药、杀虫剂等果品表面有害成分的清除率, 使我国果汁饮料中的有害物残留量能达到国内和国际标准的要求, 同时具备一定的生产能力, 以满足大中型果汁企业的生产要求。

2 新型苹果清洗设备的总体设计及工艺设计

2.1 苹果清洗的工艺流程

苹果储存库 → 一级提升加带压喷淋清洗 → 检果台皮带输送加带压喷淋清洗, 人工拣拾残损苹果 → 浮洗机中自身摩擦作用加高压鼓泡和高速湍流清洗

* [收稿日期] 2005-04-18

[作者简介] 席新明(1969-), 男, 陕西扶风人, 副教授, 在读博士, 主要从事动力机械和加工机械的研究。

二级提升加带压喷淋清洗 破碎榨汁。

2.2 苹果清洗设备的总体结构和性能特点

苹果清洗设备的总体结构布置见图 1。该设备分二级螺旋提升,一、二级螺旋提升的有效高度分别为 5 和 3 m。在螺旋输送机向上输送过程中,苹果与螺旋面、输送管内壁以及苹果之间产生摩擦而除去苹果表面污物。鼓泡浮洗机先采用低速拨轮淹没洗涤,再由高速拨轮搅动和高压水流综合作用,产生高压鼓泡和高速湍流洗涤,并辅以苹果自身摩擦作用,可达到良好的清洗和去除表面有害成分的效果。整个流程中检果 1 次,并多次带压喷淋洗涤。

所有动力均采用调速电机驱动,生产中可根据实际需要进行转速调整。各设备与物料接触处均采用 304 不锈钢和专用橡胶制作,可防锈并不会影响

果汁风味。各级洗涤用水采用回流水,可充分利用水资源。除人工检果外,其他过程都实现了机械化,并进行自动化控制。

2.3 各部分结构特点和作用原理

2.3.1 一级螺旋输送机

该输送机由调速电机在上端通过皮带轮驱动,下端进料口为漏斗型,通过倾斜栅栏和苹果储存库出口连接。一级螺旋输送机的前端壳体壁下部开有漏水槽,前段中上部壳体壁开有小孔,1 组 3 个压力喷淋头从孔中伸入螺旋输送机,在提升过程中对苹果进行初步的带压喷淋洗涤,喷头压力由带电机的水泵产生。利用螺旋轴转动,水果形成涡流沿螺旋面上升,在实现清洗的同时,将水果送往下步工序,可实现连续生产,提高生产效率。

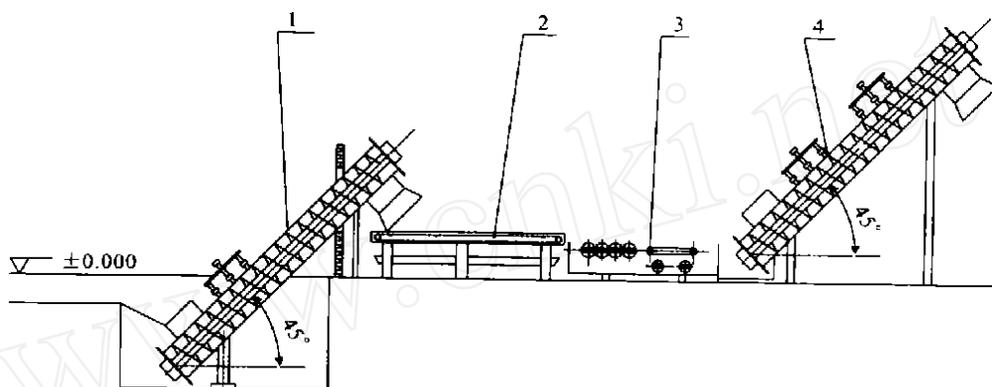


图 1 苹果清洗设备的总体结构布置

1. 一级螺旋输送机; 2 检果台; 3 浮洗机; 4 二级螺旋输送机

Fig. 1 Layout of general structure of new apple washing machine

1. First spiral transmitting part; 2 Apple picking table;

3 Float washing machine; 4 The second spiral transmitting part

2.3.2 检果台

前端接一级螺旋输送机的出料口,并有一段压力喷淋区,喷头压力由水泵产生。苹果在输送带的输送过程中,由人工拣拾坏果和破损果,放入设置在输送带两边机体上的漏斗中,再落入输送带下的机体内水流中,被水冲走。输送带主动轮布置在后端,由调速电机通过链传动来驱动,带上开有漏水小孔。在输送带的主被动轮之间布有上下两层输送带支承辊。

2.3.3 鼓泡浮洗机

这是本设备的关键区段和技术突破口之一,为一长池槽,前端与检果台后端相接,并有 130 mm 的落差。前段设有 4 根胶皮拨轮轴,由调速电机通过链传动驱动。每根轴上设 3 个拨轮,使苹果在拨轮和底板的间隙中被拨轮拨动并向后端输送,并使苹果之间产生相互摩擦,以有效去除表面的有害残留物。胶皮拨轮在轴之间交错布置,以

防止苹果从底部间隙中带上水面。后段设有 2 根高速毛皮拨轮轴,每根轴上设 6 个高速毛皮拨轮,旋转方向与胶皮拨轮相反,搅动池中的水和苹果,使其上下翻滚,并使苹果向后端移动。高速毛皮拨轮轴由电机通过皮带传动驱动。在高速拨轮的上边设有压紧带,带轮转向与胶皮拨轮相同,使压紧带以 12~20 m/min 的速度运动(下部向后端运动),在防止苹果浮出水面的同时,对苹果产生向后端的摩擦力。压紧带后端的主动轮由调速电机通过链传动驱动。另外在池底设有 4 组朝向后端的高压喷头,压力由带电机的水泵产生。在高速拨轮和高压喷水的综合作用下,池中的水产生高压鼓泡和高速湍流,同时苹果之间也会产生相互摩擦,以达到良好的清洗去污效果。在此过程中,可按苹果表面污染情况加入不同的清洗剂。

2.3.4 二级螺旋输送机 该输送机下端进料口与浮洗机后端相接, 压力喷淋头分为两组, 共 6 个。

3 主要零部件的设计及校核

3.1 一级螺旋输送机设计

输送长度 $L = 5\text{ m}$, 输送高度 $H = 5\text{ m}$, 输送倾角 $\beta = 45^\circ$ (图 2)。其参数设计为:

(1) 螺旋直径 D ^[3]

$$D = k_z \left(\frac{Q}{k_c k_\beta \gamma} \right)^{0.4}$$

式中, k_z 为物料综合特性系数; k_c 为充满系数; k_β 为倾斜输送系数; Q 为输送量; γ 为输送物料容重。代入具体数据得:

$$D = 0.06 \times \left(\frac{60}{0.25 \times 0.73 \times 0.8} \right)^{0.4} = 0.666\text{ m}$$

圆整后取 $D = 700\text{ mm}$ 。输送物料为块状, 故采用带式面型, 右旋单头螺旋, 用 304 钢板冲压焊接而成。

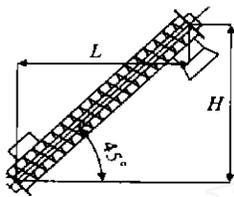


图 2 一级螺旋输送机的结构示意图

Fig. 2 First spiral transmitting part

(2) 螺旋转速 n ^[3]

$$n = n_j = \frac{k_l}{D} \quad (\text{r/min})$$

式中, k_l 为物料特性系数。代入数据得 $n = n_j = \frac{30}{\sqrt{0.7}} = 35.86\text{ r/min}$, 圆整后, 取 $n = 30\text{ r/min}$ 。

(3) 输送量 Q ^[3]

$$Q = \frac{\pi[(D + 2\lambda)^2 - d^2]}{4} 60 k_c t n k_\beta \gamma \quad (\text{t/h})$$

式中, λ 为输送管内表面与螺旋外径之间的间隙; d 为螺旋轴直径, t 为螺距。代入数据得:

$$Q = \frac{\pi[(0.7 + 2 \times 0.008)^2 - 0.16^2]}{4} \times 60 \times 0.212 \times 0.7 \times 30 \times 0.73 \times 0.8 = 59.67 \quad (\text{t/h})$$

(4) 螺旋轴的功率 N_0 ^[3]

$$N_0 = \frac{Q \cdot g}{3600} (W_0 L + H) \eta^{31} \quad (\text{kW})$$

式中, W_0 为被输送物料在输送管内的运动阻力系数; η 为修正系数; g 为重力加速度。代入数据得:

$$N_0 = \frac{59.67 \times 9.81}{3600} \times (1.5 \times 5 + 5) \times 1.40$$

$$= 2.85 \quad (\text{kW})。$$

(5) 螺旋叶片设计, 叶片厚度 $\delta = 4\text{ mm}$, 螺旋升角为 90° ; 对螺旋轴进行了弯扭合成校核, 对键进行了挤压强度校核, 均符合安全要求。

3.2 检果台的设计

检果台的设计如图 3 所示, 其输送长度 $L = 6\text{ m}$, 采用带式输送机水平输送, 带型选平型专用橡胶带(或尼龙网带), 带上开漏水小孔。

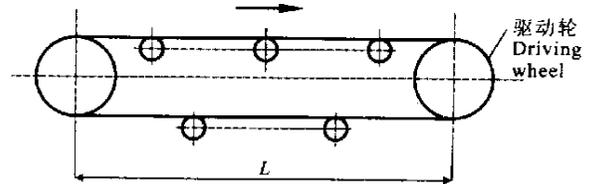


图 3 检果台结构示意图

Fig. 3 Structure of apple-checking part

据文献[3], 有

$$\text{带宽 } B = \sqrt{\frac{Q}{k_d k_v k_a v \gamma}} \quad (\text{m})$$

式中, k_d 为断面系数; k_v 为速度系数; k_a 为倾角系数; v 为带速。代入数据得:

$$B = \sqrt{\frac{59.67}{230 \times 1.05 \times 1 \times 0.8}} = 0.309\text{ m}$$

故初选 $B = 400\text{ mm}$ 。

另对滚筒和滚筒轴进行结构设计, 并对滚筒轴进行了许用弯曲应力校核, 对键进行了挤压强度校核, 均符合要求。

传动滚筒轴功率^[3] $N_0 = (k_k L_h v + k_L k_Q) k_f$ (kW)。式中, k_k 为空载运行功率系数; L_h 为输送带水平投影长度; k_s 为水平满载运行功率系数; k_f 为附加功率系数。代入数据得:

$$N_0 = (0.0084 \times 6 \times 1 + 6.8 \times 10^{-5} \times 6 \times 59.67) \times 2.80 = 0.21\text{ kW}$$

3.3 浮洗机的设计

浮洗机的结构如图 4 所示, 其中 $H_1 = 0.6\text{ m}$, $L_1 = 2\text{ m}$, $H_2 = 0.2\text{ m}$, $L_2 = 1.2\text{ m}$, $L_3 = 0.48\text{ m}$ 。对胶皮拨轮、压紧带轮、高速毛皮拨轮及胶皮拨轮轴、压紧带轮轴、高速毛皮拨轮轴进行了结构设计, 并按弯扭合成进行强度校核, 键按挤压强度校核, 均符合安全要求。

胶皮拨轮轴和高速毛皮拨轮轴的功率计算公式为^[4]: $P = N_p \rho n^3 d_j^5$, 强度计算用的最大计算功率为 $P_j = k \eta P_d - P_m$ 。其中, N_p 为功率准数; ρ 为水的密度; n 为轴的转速; d_j 为拨轮的叶轮直径; k 为启动时电机的过载系数; η 为水的动力粘度; P_d 为电机的额定功率; P_m 为轴封处的摩擦损失。

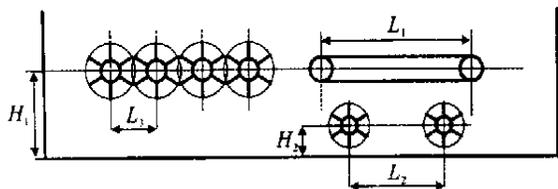


图 4 浮洗机结构示意图

Fig 4 Structure of float washing machine

3.4 二级螺旋输送机的设计

二级螺旋输送机的输送长度 $L = 3 \text{ m}$, 输送高度 $H = 3 \text{ m}$, 其他与一级螺旋输送机相同。

4 清洗效果测定

由于果汁的加工过程为连续生产, 目前对清洗设备的清洗效果还无法实现在线检测, 因此, 只能通过随机抽样进行检测。

在清洗前随机抽取一定数量的苹果样品, 检测其表面的杀虫剂等农药残留量, 然后在清洗设备的最后出口处, 即进入榨汁设备前随机抽取相同数量的苹果样品, 再检测其表面的农药残留量, 通过前后的结果对比即可得到该设备对有害残留物的清洗率。在检测苹果表面的有害物残留量时, 可以直接检

测, 也可以在榨汁后检验果汁中的有害物含量, 但必须保证清洗前和清洗后的检测方法一致。通过样机的多次清洗效果测定, 表明该设备对苹果表面农药残留物的清洗率达 90% 以上, 大大降低了果汁中的有害物残留量。

5 应用效果及结论

该新型苹果清洗设备已在陕西三原新星食品机械厂进行了样机试制, 实践表明, 其不但可用于苹果果汁加工中的清洗消毒, 也可用于梨等类似水果的清洗。本机总功率为 90 kW, 生产能力可达 40 t/h, 能满足大中型果汁厂的生产需要。另外本设备集中国内外同类设备的优点, 采用分机组合的形式, 具有工作效率高、结构紧凑、占地面积小等优点。使用效果对比试验和多次抽样检测结果表明, 本设备对苹果表面杀虫剂等农药残留物的清洗率达 90% 以上。将该设备应用于果汁生产线中, 可从根本上改进果汁加工流程中的清洗和消毒工艺, 大大降低果汁中的有害物残留量, 减轻果汁饮料对人体健康所造成的危害, 提高果汁的生产质量, 从而达到国内和国际市场的食品卫生安全标准, 推动我国果汁饮料业的进一步发展和向国际市场的迈进, 将会产生良好的经济效益和社会综合效益。

[参考文献]

- [1] 夏晓明, 彭振山. 饮料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [2] 吴卫华. 苹果加工[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [3] 中国农业机械化科学研究院. 实用机械设计手册[M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1985.
- [4] 范祖尧. 现代机械设备设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.

Study and design of a new apple washing machine

XI Xiang¹, WANG Gang-yi²

(¹ College of mechanical and electronics engineering, Northwest University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi, 712100, China; ² Xinxing factory of food machine, San Yuan, Shaanxi, 713800, China)

Abstract: Based on the current research progress, the advantages and disadvantages of apple washing machines, a new apple washing machine was designed, and the reliability of this new kind of machine was verified. This apple washing machine has two spiral transmitting parts. It means when washing apples we can transmit these apples to next processing part at the same time. In this way we can improve the efficiency greatly. The washing process can be divided into different steps. The first step is to use the low velocity wheels to press apples into the water. The second step is to use the high velocity wheels to make a whirlpool and rushing water to realize the washing function. With many apples getting together, the friction can make apples cleaner. And the washing water can be recycled.

Key words: apple; washing equipment; spiral transmitting part; float washing machine; machine designing