

# 多列机回收系统的研制与应用

沈金荣, 毛兴华, 方继新\*

(汤臣倍健股份有限公司, 珠海 519040)

**摘要:** **目的** 设计多列机设备回收系统, 提升产品质量与收率, 降低企业生产成本。**方法** 自主设计一台多列机回收系统, 将多列机在生产过程中形成的扬粉, 通过回收系统的物料收集管收集到回收系统料仓中, 再通过物料回收管将回收系统料仓中的细粉重新输送回多列机的抽料管中, 并随着抽料管中物料一起进入多列机中的料仓中并进一步被袋包成产品。**结果** 多列机回收系统降低了员工的劳动强度, 每月单台除尘设备的清洁时间减少了 22 h, 且益生菌产品的收率平均也由 94.68% 提升到 99.71%, 收率提升了 5.03%, 使其收率达到标准收率 97%~102% 范围, 每年为企业节约 734.4 万元的原料成本。**结论** 多列机回收系统的研制与应用, 显著地降低了益生菌产品生产过程中废粉的产生, 生产实现了良性循环, 减小了环保压力, 同时也为企业节约了原料成本, 取得了显著的经济效益。

**关键词:** 益生菌产品; 多列机; 回收系统; 产品收率

## Development and application of multi-row machine recovery system

SHEN Jin-Rong, MAO Xing-Hua, FANG Ji-Xin\*

(By-Health Co., Ltd., Zhuhai 519040, China)

**ABSTRACT: Objective** To design multi-row machine equipment recovery system, improve product quality and yield, and reduce production costs. **Methods** A self-designed multi-row machine recovery system was designed to collect the lifting powder formed in the production process of the multi-row machine into the material bin of the recovery system through the material collection pipe of the recovery system, then the fine powder in the bin of the recovery system was transported back to the extraction pipe of the multi-row machine through the material recovery pipe, and the material in the extraction pipe enters the silo of the multi-row machine and was further bagged into production products. **Results** The labor intensity of employees was reduced by multi-row machine recovery system, and the cleaning time of single dust removal equipment per month was reduced by 22 h. The average yield of probiotics was increased from 94.68% to 99.71%, and the yield was increased by 5.03%. The yield reached the standard yield range of 97%–102%, and the annual cost of raw materials of 7.344 million yuan was saved. **Conclusion** Through the development and application of the multi column machine recycling system, the production of waste powder in the production process of probiotics is significantly reduced, the production realizes a virtuous cycle, reduces the pressure of environmental protection, saves the cost of raw materials for enterprises, and achieves significant economic benefits.

**KEY WORDS:** probiotic products; multi-row machine; recovery system; product yield

\*通信作者: 方继新, 主要研究方向为保健食品的自动化生产及数字化管理。E-mail: 1148878432@qq.com

\*Corresponding author: FANG Ji-Xin, By-Health Co., Ltd., No.19 Xinghan Road, Sanzao Technology Industrial Park, Jinwan District, Zhuhai 519040, China. E-mail: 1148878432@qq.com

## 0 引言

近年来, 益生菌产品逐渐被社会大众所接受并成为一类热门的健康产品<sup>[1]</sup>。益生菌是一类对宿主有益的活性微生物, 当被机体摄入一定数量后, 能够定植于宿主体内、维持肠道微生物结构稳定并有效增强食用者身体健康水平<sup>[2-4]</sup>。益生菌具有降血压、降血脂、抗氧化、改善便秘、缓解腹泻、抗肿瘤、保护口腔健康、提高机体免疫力等多种重要生理功效<sup>[5-6]</sup>。益生菌产品在生产过程中, 物料以包材为“滑梯”滑入袋内, 由于物料颗粒细小且多列机下料口与包装袋底部距离较大, 在包装的同时进行制袋, 这就很容易导致益生菌产品在包装过程中产生粉末“反扑”扬粉现象, 而这种“反扑”扬粉现象不仅在一定程度上污染工作环境, 同时造成产品的包装封口处存在夹料导致密封不严的情况发生, 使产品的质量受到影响, 还造成了废粉的产生, 影响产品收率, 提高了企业的生产成本<sup>[7]</sup>。如何高效率地解决这一难题并高质量地将扬粉回收, 一直是研究者要解决的技术难题, 这对减少产品密封不良率的产生, 进而提高产品质量, 同时在降低企业生产成本等方面并最终提高产品的市场竞争力上都是非常关键的一步。

本研究针对益生菌产品存在的扬粉夹料、产品收率低、生产成本高等问题, 根据多列机的生产特点, 自主设计了一套回收系统装置, 以期解决产品包装封口不严等问题, 为同类型生产问题的解决提供参考模板。

## 1 改造前多列机的除尘设备结构

### 1.1 多列机生产工艺流程

如图 1 所示, 通过对多列机生产工艺流程图进行分析, 将总混好的物料先通过多列机的真空上料机抽送到料仓中, 再将料仓中的物料通过下料管分装到已成型的铝箔袋中, 最后袋包好的产品经过在线称重设备, 将装量、密封性以

及外观合格的产品输送到外包工序。然而, 在袋包过程中, 会存在物料“反扑”扬粉现象。改造前通过除尘设备直接将扬粉收集到除尘设备的容器桶内, 此部分物料前期检验不合格, 因此待生产结束后, 该部分物料会直接报废。这就导致这种解决扬粉现象的处理方式存在较大的设计缺陷, 首先会导致每批产品的实际收率低于工序要求的收率, 造成 4%~5% 的物料报废, 每年直接经济损失达到数百万元; 其次, 因为除尘设备在一般区, 在生产的过程中若出现倒吸的情况, 将可能导致整批物料的微生物超标, 易出现较高的质量隐患; 最后, 因为每班都需要将除尘罐内的粉尘进行清理, 不仅增加了生产人员的劳动强度, 同时由于固废的产生导致企业排污化学需氧量(chemical oxygen demand, COD)升高, 也增大环保压力<sup>[8]</sup>。

### 1.2 改造前多列机的除尘设备结构

改造前多列机的除尘设备结构如图 2 所示, 其主要组成有收集粉尘的不锈钢桶、过滤袋、电机、软管等结构。其工作原理为: 通电后电机高速运转产生极强的吸力和压力, 在吸力和压力的作用下, 空气高速排出, 而电机前端的空气不断地补充风机中的空气, 致使吸尘设备内部产生瞬时真空, 和外界大气压形成负压差, 在此压差的作用下, 通过软管将多列机产生的扬粉吸入到不锈钢桶内。但此除粉设备内收集的扬粉由于所处环境和材质的问题, 物料的质量不符合产品要求, 以至于不能被直接回收利用, 导致每批产品都有几十千克的物料浪费, 造成产品的收率远低于标准收率<sup>[9]</sup>。

### 1.3 改造前产品的收率

根据改造前的生产情况, 收集了 10 批产品的收率, 具体结果见表 1。产品收率平均值为 94.68%, 而标准收率值为 97%~102%, 该产品的实际收率远低于标准收率下限值 97%, 因此产品的收率具有很大提升需要。

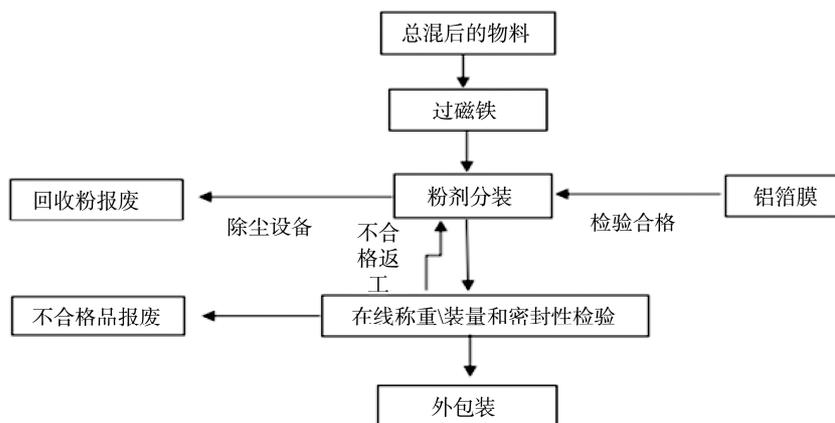


图 1 多列机生产工艺流程

Fig.1 Multi-row machine production process



图 2 改造前多列机的除尘设备结构

Fig.2 Dust removal equipment structure of multi-row machine before transformation

## 2 改造后的多列机

### 2.1 改造后多列机的物料回收系统结构

从理论上讲,可以根据总混后物料的理化性质进行分析解决,如通过改变物料的流动性等措施来减少产品在袋包过程中扬粉的程度,进而减少除尘设备中废料的产生量,但涉及物料性质的问题较复杂且要改变其物性会涉及到工序的工作内容增加等情况,这类方案将会导致企业的生产成本上升,这与企业降本增效的理念相悖。基于多方面考虑,同时根据多列机实际的生产情况,本研究自行研制一套回收设备系统,该系统不仅解决了扬粉导致产品夹料漏气的

问题,同时也将这部分的物料进行了回用利用。如图 3 所示,回收系统的结构涉及 9 个模块,模块 1(真空发生器)、模块 2(储气小罐)、模块 3(上料仓)、模块 4(中料仓)、模块 5(小料仓)、模块 6(连接弯头)、模块 7(回收气管)、模块 8(物料回收管)、模块 9(物料收集管)。其回收流程为:多列机在生产过程中形成的扬粉通过回收系统的物料收集管收集到回收系统料仓中,再通过物料回收管将回收系统料仓中的细粉重新输送回多列机的抽料管中,并随着抽料管中物料一起进入多列机中的料仓中并进一步被袋包成产品<sup>[10-12]</sup>。

表 1 改善前益生菌产品的收率  
Table 1 Yield of probiotics before improvement

产品名称/(1 g/袋)	批量/袋	袋包数量/袋	收率/%
益生菌固体饮料	404760	379000	93.64
益生菌固体饮料	404760	375500	92.77
益生菌固体饮料	404760	375000	92.65
益生菌固体饮料	404760	383000	94.62
益生菌固体饮料	404760	394600	97.49
益生菌固体饮料	404760	368714	91.09
益生菌固体饮料	404760	387000	95.61
益生菌固体饮料	404760	391800	96.80
益生菌固体饮料	404760	390540	96.49
益生菌固体饮料	404760	387270	95.68
收率平均值			94.68

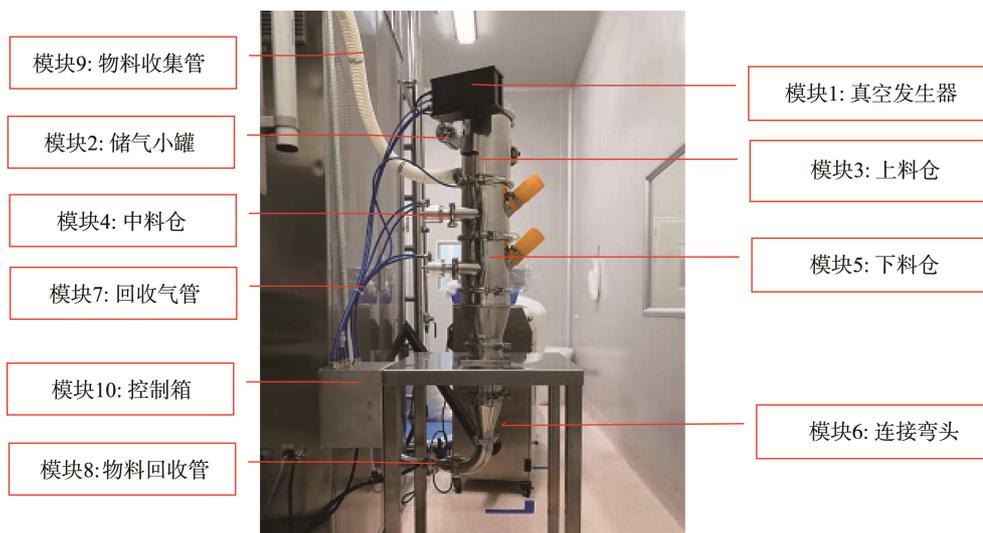


图 3 多列机的物料回收系统结构

Fig.3 Structure of material recovery system of multi-row machine

## 2.2 改造后多列机物料回收系统的安装与参数设置

如图3所示,在不锈钢支架上安装好真空发生器和储气小罐,然后按照图3所示,连接好装有气动阀的上料仓、中料仓、下料仓、连接弯头等主体结构,再连接好回收气管、物料回收管、物料收集管,最后将物料收集管的另外一端连接到多列机的抽料管上。

为确保多列机和回收系统能够协调工作,需将多列机面板上的吸尘开始角度设置为 $0\sim 360^\circ$ ,吸尘结束角度为 $0\sim 360^\circ$ ,吸尘回收阀切换间隔时间8 s,吸尘回收阀切换保持时间1 s,吸尘回收阀动作偏差时间0.25 s。

## 2.3 改造后回收物料的质量指标

为使多列机回收系统内回收的物料符合产品质量标准,将回收系统内回收的物料与正常生产的物料按质量比进行混合,按回收粉:正常粉=1:1(m/m)、1:1.5(m/m)、1:2(m/m)3个梯度进行充分混合,并对混合好的物料按照2015年版中华人民共和国药典<sup>[13]</sup>中的标准进行相关指标的检测,检测其感官、理化以及微生物指标是否符合产品

要求。如表2可知,相关的检测指标皆符合产品质量要求,此方案可通过产品的质量验收标准。

## 2.4 改造后产品的收率

回收系统设计并安装完毕后,运行回收系统并收集了10批产品的收率,其结果见表3。从表3中可知其平均收率达到了99.71%,远高于改造前的94.68%,达到了标准收率值97%~102%范围,说明该回收系统运行效果佳,达到了改善目的。

## 3 经济效益总结

### 3.1 产品收率的提升带来的经济效益

在多列机上安装回收系统后,益生菌产品的收率由94.68%提升到99.71%,收率提升了5.03%,每批40.4760万袋的产品可节约原料成本3.6万元,按照公司平均每月生产17批益生菌产品来计算,公司单一年的原料成本可节约734.4万元<sup>[14]</sup>。

表2 回收粉与正常粉按不同比例混合后物料的质量结果判定

Table 2 Determination of quality results of recycled powder and normal powder mixed in different proportions

检验项目	限量要求	单位	回收粉:正常粉=1:1	回收粉:正常粉=1:1.5	回收粉:正常粉=1:2
感官指标	应符合规定	-	符合规定	符合规定	符合规定
水分	$\leq 7.0$	%	$2.14 \pm 0.03^a$	$1.92 \pm 0.13^b$	$1.90 \pm 0.20^b$
灰分	$\leq 3.0$	%	$2.9 \pm 0.1^a$	$2.9 \pm 0.2^a$	$2.9 \pm 0.1^a$
水分活度	$\leq 0.2$	-	$0.077 \pm 0.009^a$	$0.060 \pm 0.009^b$	$0.065 \pm 0.009^b$
蛋白质(N*6.25)	$\geq 2.7$	g/100 g	$5.0 \pm 0.4^a$	$4.7 \pm 0.2^b$	$4.6 \pm 0.1^b$
脂肪	$\leq 0.6$	g/100 g	$0.14 \pm 0.2^b$	$0.23 \pm 0.2^a$	$0.11 \pm 0.1^b$
碳水化合物	$\geq 9.2$	g/100 g	$18.6 \pm 0.2^b$	$18.5 \pm 0.1^b$	$20.5 \pm 0.3^a$
能量	$\leq 1098$	kJ/100 g	$974 \pm 2^b$	$976 \pm 4^b$	$990 \pm 5^a$
总膳食纤维	$\geq 65.0$	g/100 g	$71.2 \pm 0.3^a$	$71.8 \pm 0.7^a$	$70 \pm 0.7^a$
钠	$\leq 120$	mg/100 g	$115 \pm 4^a$	$118 \pm 5^a$	$116 \pm 2^a$
铅(以Pb计)	$\leq 0.9$	mg/kg	$0.04 \pm 0.02^a$	$0.06 \pm 0.01^a$	$0.02 \pm 0.01^a$
总砷(以As计)	$\leq 0.5$	mg/kg	$0.02 \pm 0.01^a$	$0.020.01^a$	$0.020.01^a$
总汞(以Hg计)	$\leq 0.1$	mg/kg	$0.004 \pm 0.001^b$	$0.004 \pm 0.001^b$	$0.009 \pm 0.001^a$
乳酸菌总数	$\geq 1.0 \times E6$	CFU/g	$(7.0 \pm 0.3^c) \times 1E10$	$(1.05 \pm 0.3^a) \times 1E11$	$(8.5 \pm 0.6^b) \times 1E10$
霉菌	$\leq 50$	CFU/g	$7 \pm 1^a$	$8 \pm 3^a$	$10 \pm 2^a$
大肠菌群	$n=5, c=2$ 时, $m=10$ CFU/g, $M=100$ CFU/g	CFU/g	符合规定	符合规定	符合规定
金黄色葡萄球菌	$n=5, c=1$ 时, $m=100$ CFU/g, $M=1000$ CFU/g	CFU/g	符合规定	符合规定	符合规定
沙门氏菌	$n=5, c=0$ 时, $m=0/25$ g	/25 g	符合规定	符合规定	符合规定

注:标以不同字母的同一行数据间差异显著( $P < 0.05$ );有相同字母的表示样品之间没有显著差异;菌落形成单位(colony-forming units, CFU)。

表 3 改善后益生菌产品的收率  
Table 3 Yield of probiotics after improvement

产品名称(1 g/袋)	批量/袋	袋包数量/袋	收率/%
益生菌固体饮料	404760	404300	99.89
益生菌固体饮料	404760	402480	99.44
益生菌固体饮料	404760	402800	99.52
益生菌固体饮料	404760	403000	99.57
益生菌固体饮料	404760	403600	99.71
益生菌固体饮料	404760	404600	99.96
益生菌固体饮料	404760	402700	99.49
益生菌固体饮料	404760	403800	99.76
益生菌固体饮料	404760	404000	99.81
益生菌固体饮料	404760	404700	99.99
收率平均值			99.71

### 3.2 清洁时间的减少带来的经济效益

安装回收系统后,由于扬粉可以及时地被利用,原来每天需清洁 2 次,每次清洁 0.5 h,经过改善后,可以按照 6 d 的生产周期来清洁 1 次,按照平均每月生产 24 d 计算,每月可节省除尘 22 h 的设备清洁时间,有效地降低了员工的劳动强度。

## 4 结 论

益生菌产品作为一类热门健康产品,其生产设备在出厂设计时,并未充分考虑到所有生产需求,在后续的生产过程中,需要企业根据实际生产情况不断对现有设备进行改善,优化设备性能匹配生产工艺,才能最大限度地发挥设备性能,提升产量,进而降低企业生产成本<sup>[15-17]</sup>。本研究通过多列机回收系统的研制与应用,不仅降低了员工的劳动强度,平均每月除尘设备清洁时间减少了 22 h,且益生菌产品的收率也由 94.68%提升到 99.71%,收率提升了 5.03%,使其收率符合标准收率 97%~102%范围,每年为企业节约了 734.4 万元的原料成本,取得了显著的经济效益。本研究降低了益生菌产品生产过程中废粉的产生,使生产实现了良性循环,减小了环保压力,也为同类型生产问题的解决提供了参考模板。

### 参考文献

[1] 马赛荣,王新明,崔艳,等. 益生菌产业的发展 and 趋势[J]. 生物产业技

术, 2019, (3): 99-104.

MA SR, WANG XM, CUI Y, *et al.* Development and trend of probiotic industry [J]. *Biotechnol Bus*, 2019, (3): 99-104.

[2] PAULW O, MARCUSJ C. Gut microbiota: Changes throughout the lifespan from infancy to elderly [J]. *Int Dairy J*, 2010, 20(4): 281-291.

[3] TURRONI F, RIBBERA A, FORONI E, *et al.* Human gut microbiota and *Bifidobacteria*: From composition to functionality [J]. *Anton Leeuw*, 2008, 94(1): 35-50.

[4] 张敏,姜芸芸,杨贞耐. 益生菌发酵乳低温酸性双重胁迫致益生菌损伤机制的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(2): 333-338.

ZHANG M, JIANG YY, YANG ZN. Research progress of probiotic damage mechanism induced by low temperature and acid double stress of probiotic fermented milk [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(2): 333-338.

[5] 毕玉晶,杨瑞馥. 人体肠道微生物群、营养与健康[J]. 科学通报, 2019, 64(3): 260-271.

BI YJ, YANG RF. Human intestinal microbiota, nutrition and health [J]. *Chin Sci Bull*, 2019, 64(3): 260-271.

[6] 韩之皓. 基于不同基质对复合益生菌在活性乳酸菌饮料中功能特性及挥发性代谢物研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.

HAN ZH. Functional characteristics and volatile metabolites of compound probiotics in active lactobacillus beverage based on different substrates [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2019.

[7] 崔文韬. 粉状物料包装问题的研究[J]. 科技创业, 2016, (23): 142-143.

CUI WT. Research on powder material packaging [J]. *Technol Rev*, 2016, (23): 142-143.

[8] 邱金江,江修才,马庆强,等. 废胶回收系统的研制与应用[J]. 中国资源综合利用, 2020, (8): 33-35.

QIU JJ, JIANG XC, MA QQ, *et al.* Development and application of waste rubber recovery system [J]. *China Res Compr Util*, 2020, (8): 33-35.

[9] 周梦德. 新型吸尘器过滤结构设计[J]. 科技资讯, 2020, 18(10): 35-36.

ZHOU MD. Filter structure design of new vacuum cleaner [J]. *Sci Technol Inform*, 2020, 18(10): 35-36.

[10] 马俊. 一种气动式真空上料机: 中国, CN 210655266 U [P]. 2019-10-11.

MA J. A pneumatic vacuum feeder: China, CN 210655266 U [P]. 2019-10-11.

[11] 房向鹏,牛世良,花春秀. 一种真空上料除尘一体机: 中国, CN 210473832 U [P]. 2019-08-13.

FANG XP, NIU SL, HUA CX. A vacuum feeding and dedusting machine: China, CN 210473832 U [P]. 2019-08-13.

[12] 徐雁东,王鹏峰,徐志玲. 粉状物料包装机及其真空上料仓设计[J]. 新技术新工艺, 2017, (10): 12-14.

XU YD, WANG PF, XU ZL. Design of powder packing machine and its vacuum feeding bin [J]. *New Technol New Process*, 2017, (10): 12-14.

[13] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015.

State Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the people's Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015.

[14] 左青,李顺灵,汤存学. 全自动豆粕包装机应用实践[J]. 中国油脂, 2020, 45(6): 137-141.

ZUO Q, LI SL, TANG CX. Application practice of automatic soybean

meal packer [J]. China Oils Fats, 2020, 45(6): 137-141.

- [15] 肖良军, 黄袁明. 改造软胶囊生产过程中的独立转笼结构[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(12): 4832-4835.

XIAO LJ, HUANG YM. Transforming the independent rotating cage structure in the production process of soft capsules [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(12): 4832-4835.

- [16] 韩振富, 王生力. 提高设备经济效益的途径[J]. 山西建筑, 2003, (8): 271-272.

HAN ZF, WANG SL. Ways to improve the economic benefits of equipment [J]. Shanxi Archit, 2003, (8): 271-272.

- [17] 刘飞. 绿色制造的理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

LIU F. Theory and technology of green manufacturing [M]. Beijing: Science Press, 2005.

(责任编辑: 张晓寒)

## 作者简介



沈金荣, 主要研究方向为食品营养与人体健康、保健食品的自动化及精益化生产。  
E-mail: 2397925752@qq.com



方继新, 主要研究方向为保健食品的自动化生产及数字化管理。  
E-mail: 1148878432@qq.com