

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.02.023

# 非木纤维连蒸设备结构的改进

王舟<sup>1</sup>, 于日智<sup>2</sup>, 张正伟<sup>3</sup>, 冯阿团<sup>4</sup>

(1. 广西柳州两面针纸业有限公司, 广西 柳州 545011; 2. 白山市虹桥热力有限公司, 吉林 白山 134300;  
3. 中国联合装备安阳机械有限公司, 河南 安阳 455002; 4. 轻工业杭州机电设计研究院, 浙江 杭州 310004)

**摘要:**国内普遍采用横管连续蒸煮系统处理非木纤维,此过程中因设备结构不合理而出现备料过程漏料严重,出料不均匀的现象,还因为规模不断扩大导致蒸煮管尺寸变大,使得设备过于笨重。针对原设计平盖封头结构过厚,提出设备的结构改进:过渡料仓采用双排设计的特殊结构散料辊、用螺旋收集原料后外送代替原倾斜皮带提升原料后外送;用外压型凸型封头结构替代蒸煮管平盖封头结构。生产实际应用表明:改进设备结构后不仅解决了上述实际应用中的问题,而且安全可靠、密封良好,制造成本更低。

**关键词:**制浆设备;料仓;散料辊;平盖封头;外压型凸形封头

中图分类号:TS733<sup>+</sup>.2 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2014)02-0091-04

## Structural Improvement of Continuous Tube Digester for No-Wood Fibers

WANG Zhou<sup>1</sup>, YU Rizhi<sup>2</sup>, ZHANG Zhengwei<sup>3</sup>, FENG Atuan<sup>2</sup>

(1. Guangxi Liuzhou Liangmianzhen Paper Co., Ltd., Liuzhou, Guangxi 545011, China;

2. Baishan Hongqiao Thermal Co., Ltd., Baishan, Jilin 134300, China;

3. China United Equipment Anyang Machinery Co., Ltd., Anyang, Henan 455002, China;

4. Hangzhou Project & Research Institute of Electro-Mechanic in Light Industry, Hangzhou 310004, China)

**Abstract:** The horizontal tube continuous cooking system is widely used in non-wood fiber materials process in China, but some equipments structure are not good-enough. For example, the serious leakage and the discharging unevenness of the transition bin, the thickness of the cooking tube flat cover is so large because of the large size of the tube, which lead to the equipments used here is too heavy. So we put forward the structure of the equipment could be improved, such as using the double bulk material roller and output screw for the collecting raw material instead of the inclined belt output in the transition bin, using external pressure type convex head structure instead of flat cover structure of the tube, etc.. The actual production application shows that the equipments structure improvements are very practical, not only can solve the problem of practical application, safe and reliable, good sealing, and at the same time consume lower manufacturing costs.

**Key words:** pulping equipment; stock bin; forage scattered roller; flat cover head; external pressure type convex head

连续蒸煮装置在我国的运用已十分普遍,特别是非木纤维的横管连续蒸煮系统,设备配套的成熟性、控制的自动化、已处于国际先进水平<sup>[1]</sup>。几乎每条横管连续蒸煮生产线因原料、工艺、设备布置等方面的不同,其设备或多或少存在差别,而横管连续蒸煮系统由几十台主体和辅助设备组成,在生产运用过程中部分

设备还可能存在明显的欠缺,需要进行不断地完善才能满足生产要求;为满足现代大规模生产的要求,设备的尺寸会越来越大,原先结构已显得相对笨重,制造难度增加、成本高和装拆不便等问题日益突显,因此,需要我们进一步改进设计,解决其欠缺、优化其结构,在保证功能的前提下,降低设备重量和生产制造成本,使

收稿日期:2013-11-29;修回日期:2013-12-23

作者简介:王舟(1963),男,广西柳州人,硕士,工程师,主要研究方向为制浆造纸设备及技术。E-mail:wangzhoufanc@126.com

横管连续蒸煮系统得以更加完善,只有这样,横管连续蒸煮系统才具有旺盛的生命力,其成套装备可保证处于世界领先水平。本文就 240 t/d 生物机械浆项目有关连续蒸煮系统通用设备的结构改进及其应用列举一二,期盼对连续蒸煮设备应用厂家和现有连续蒸煮系统设备的设计和制造厂家在结构改进和技术扩展过程中带来启发和帮助<sup>[2-3]</sup>。

## 1 横管连续蒸煮的特点及其配置

横管连续蒸煮系统是所有制浆生产系统中效率最高的装置,其单位体积的产浆量很高,表 1 是 10 万 t/a 相同生产规模下各种蒸煮方式的相互比较<sup>[4-5]</sup>。

表 1 3 种蒸煮方式相互比较表(冷喷放工艺)

Table 1 Comparison of three kinds of cooking methods (cold discharge process)

| 序号 | 蒸煮方式     | 浆的质量 | 适用原料  | 蒸煮时间/min  | 自控 I/O 控制点数 | 单位体积生产能力( $t \cdot m^{-3}$ ) |
|----|----------|------|-------|-----------|-------------|------------------------------|
| 1  | 管式连续蒸煮   | 良好   | 所有原料  | 25 ~ 60   | 450 左右      | 1.32(木浆) ~ 3.10(草浆)          |
| 2  | 塔式连续蒸煮   | 良好   | 木材、竹片 | 90 ~ 120  | 400 左右      | 0.50 ~ 0.75                  |
| 3  | 超级间歇置换蒸煮 | 优    | 木材、竹片 | 180 ~ 220 | 600 左右      | 0.45 ~ 0.70                  |

横管连续蒸煮系统由干湿法备料设备、连续蒸煮设备、辅助设备及自动化控制系统(DCS)四个部分组成,各部分都有值得改进的地方,随着生产规模的扩大,特别是设备结构待改进的地方日益显现出来,本文以生产运用的 2 个事例为依据,以便生产制造厂及用户选用时有所参考和启发。

## 2 设备结构改进实例 1

非木纤维横管连续蒸煮系统中特别是稻麦草、芦苇等原料,需现场切料或打包散料方式供料,为保证输送至连续蒸煮系统的物料均匀,常配置中间过渡料仓,而甘蔗渣等原料因榨季后采用湿法喷淋堆垛的方式贮存,用时随用随取,采用运输车辆如铲车等供料,一般省略了该过渡料仓。目前用户对稻草、麦草、芦苇等原料的过渡料仓反映的最大问题:①料仓漏料问题,漏料使操作环境不佳;②靠操作工人现场清洁,劳动负荷大;③目前使用的过渡料仓结构相对笨重,体积利用率不高,部分用户往往利用仓顶的短路皮带,直接越过本料仓送至连续蒸煮系统,与设计意图不符,也易造成连续蒸煮送料不匀。故料仓是急待改进的设备之一。

目前大多数过渡料仓的结构见图 1,由布料螺旋、料仓顶短路皮带、水平移动链(活底)、倾斜提升皮带(或链板)、散料辊等组成<sup>[6]</sup>,其主要缺陷有:

1) 倾斜提升皮带部分占仓体长度约 1/3,皮带返回时,容易带料掉落地面(造成漏料),整体外形尺寸大,结构笨重但仓体利用率偏小;

2) 散料辊个数少,位置偏高,辊上散料齿结构不合理,散料效果差,导致散料的均匀性差,料位高时,易使散料辊整体弯曲变形;

3) 仓内料位高时,易出现料位崩塌,从而造成出料口原料片的架桥,影响料片输送。

图 2 为结构改进后的料仓,具体方法如下:

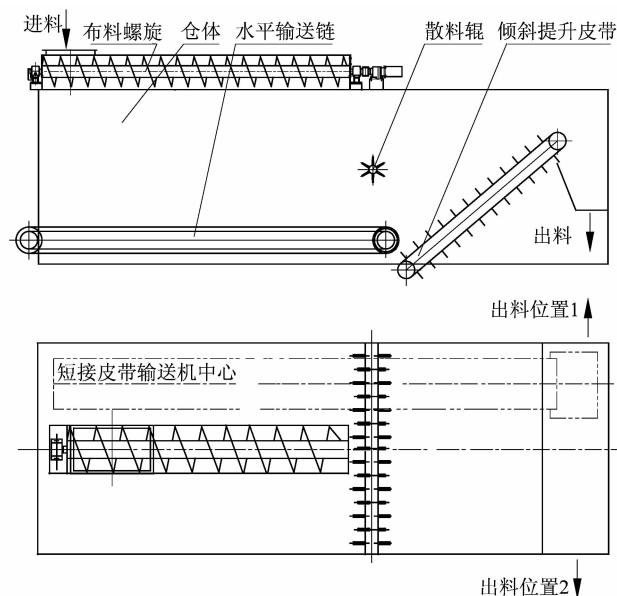


图 1 传统料仓结构示意图

Figure 1 Traditional stock bin structure diagram

1) 去除倾斜提升皮带的出料方式,用收集螺旋收集水平链送出原料,根据工艺布置需要,可灵活设置从料仓中间出料或水平链前进方向的左或右侧出料(采用出料螺旋加长方式),螺旋的输送能力应设计为最大产量的 1.5 倍左右,从而保证及时将料片送出,这可有效解决目前料仓漏料问题,同时料仓长度可缩短 1/3,不仅重量减轻,场地布置面积大大减少,还可大大减少设备投资及维护,现场整洁美观。

2) 增加一个散料辊,下部散料辊散料齿与水平链之间的间隙控制在 200 ~ 250 mm,上散料辊辊齿比料仓的最高料位低 250 ~ 300 mm,散料辊散料齿从原来的辊式改为抓斗式锯齿形结构(图 3 为改造前散料辊结构,图 4 为改造后散料辊结构,注意锯齿形散料片的厚度不得小于 10 mm),经过对散料辊的改造,可保证

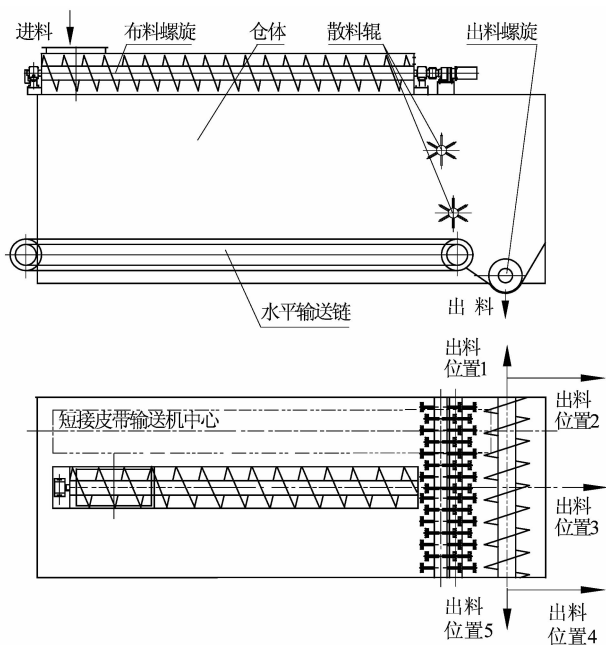


图2 改进后料仓结构示意图

Figure 2 Improved stock bin structure diagram

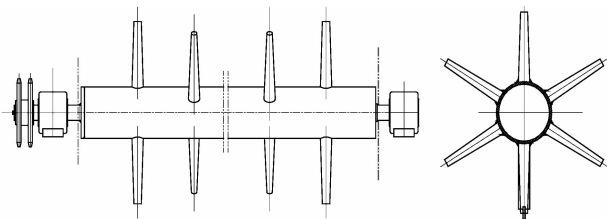


图3 改造前散料辊结构

Figure 3 Disperse roller structure before modification

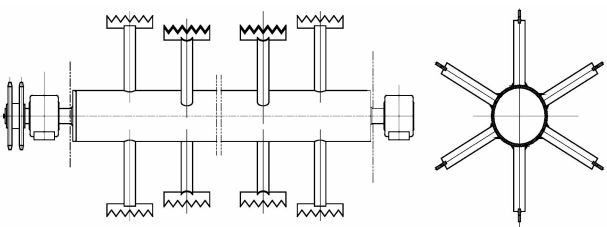


图4 改造后散料辊结构

Figure 4 Disperse roller structure after modification

散料均匀,从而使螺旋出料量相对稳定,可有效解决仓内料位崩塌和出料口架桥问题。

以上对设备的改进可大大降低料仓的外形尺寸,重量减轻达30%以上,经改进后的料仓目前已用于扬州的一家造纸有限公司的240 t/d生物机械浆项目,运行可靠,现场整洁,效果明显,该料仓的设计参数如下:

公称容积:200 m<sup>3</sup>。

有效容积:150 m<sup>3</sup>。

出料速度:150~400 m<sup>3</sup>/h。

布料输送螺旋:Φ 800 mm × 8 000 mm,转速为66 r/min,功率为15 kW。

水平链线速度:0.133~1.33 m/min,功率为7.5 kW(变频调速)。

出料螺旋:Φ 850 mm × 4 000 mm,转速为61 r/min,功率为11 kW。

拨料辊规格:Φ 800 mm × 4 000 mm,转速为51 r/min,功率为5.5 kW(二根共用一台电机带动)。

设备净重:42.4 t。

外形尺寸:13 600 mm × 6 976 mm × 8 146 mm。

### 3 设备结构改进实例2<sup>[7-10]</sup>

蒸煮管是连续蒸煮系统中的主体设备之一,蒸煮管大小及个数与生产规模及物料的性能密切相关。目前国内使用的蒸煮管规格越来越大,最大规格已达Φ 2 100 mm,设计蒸煮压力通常为1.0 MPa,因蒸煮管内有输送物料的螺旋轴,为布置和制造方便,常采用平盖封头的结构形式<sup>[11]</sup>。如果扩大规格,则平盖封头的平板厚度将大大增加。设计压力为1.0 MPa时,压力容器水压试验压力应为1.31 MPa,Φ 2 100 mm蒸煮管用于碱法蒸煮时,采用16Mn材质,其平盖封头计算所需厚度已达140 mm(算上开孔削弱系数),单个封头重量已达4 t(含加工余量和腐蚀裕量),对锻件的采购和制造安装已带来不便,如果使用现场需更换封头密封垫,则由于封头重量大,吊装和操作实属不易。

针对这种情况,文中提出对设备结构进行改进,特别是封头结构。图5为传统型和改造后的两种封头结构对比图,从图中可以看出,原内压设计的平板封头改为按外压设计的凸型封头,这种设计大大减轻封头壁厚,而且原盘根密封可做在反向的凸型封头上,从而有效减少蒸煮管内螺旋两端支承轴承中心之间的距离,从而可以降低螺旋轴的最大挠度(挠度与支承之间的距离是4次方的关系)。更改后封头壁厚仅需40 mm,

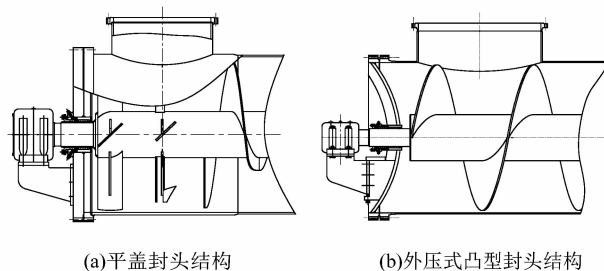


图5 封头改造前后对比图

Figure 5 Head contrast figure before and after modification

整体封头的质量为 1 814 kg, 仅为同规格平盖封头重量的 45%, 与  $\Phi 1\ 500$  mm 蒸煮管的平盖封头相当, 从而大大降低制造成本, 在体现经济性同时解决了许多技术及现场操作难点。设计改进的  $\Phi 2\ 100$  mm 蒸煮管结构在扬州某造纸有限公司得到成功应用, 效果颇佳。

#### 4 结论

横管连续蒸煮系统为我国目前成熟高效的制浆生产装置, 其技术水平已处于世界先进水平, 但大规模生产过程中, 设备的结构和工艺日益更新, 会带来越来越多的挑战。扬州的某造纸有限公司的 240 t/d 生物机械浆项目上采用了许多改进结构, 除上述文中两例外, 该系统还采用了新型的螺旋喂料器结构及其功率配置、新型弧底无堵塞喷放仓结构、大型主体设备的支承和操作平台布置等多项技术改进, 但还有许多设备的结构有更新的潜力, 设备结构的更新是无止境的, 结构没有最好, 只有更好。仅希望通过本文引起同行及用户的关注, 在今后设备的选型中可采用更多成熟可靠的新型结构, 在提高经济效益的同时, 促进生产技术的进步。

(上接第 86 页)

AD 与 TRIZ 组合的产品概念创新设计方法。利用 AD 完成产品概念设计功能到结构映射过程, 运用 TRIZ 理论进行结构参数设计, 利用 TRIZ 理论中的技术法则将 AD 中的耦合问题转换成 TRIZ 理论的标准参数, 运用 TRIZ 工具解决耦合问题, 使其满足独立公理。在自动切片机的设计上得到了很好的验证, 本模型的提出对新产品的设计和旧产品的改良具有重要的指导意义。

#### 参考文献:

- [1] VIGAIN H. Decision making and software tools for product development based on axiomatic design theory [J]. Annals of the CIRP, 1996, 45(1): 135 - 139.
- [2] 程贤福, 肖人彬. 基于 AD 设计理论的起重机起升机构分析[J]. 机械设计, 2005, 22(1): 45 - 47.
- [3] 安小凡. 基于 TRIZ 的机械产品创新设计方法研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.

(上接第 90 页)

- [3] 高维成, 孙毅, 刘伟, 等. 自由-自由结构模态参数提取方法研究[J]. 宇航学报, 2007, 28(4): 991 - 995.
- [4] 路波, 陶国良, 刘昊, 等. 气悬浮无摩擦气缸的结构多目标优化设计[J]. 中国机械工程, 2008, 19(14): 1681 - 1686.
- [5] 孙建辉, 倪旭光, 袁巧玲, 等. 基于 Fluent 的无摩擦气缸活塞结构设计仿真[J]. 机电工程, 2013, 30(8): 933 - 936.
- [6] 马国伟, 许雪峰, 金清波, 等. 二羟基五硫化物-三聚氰胺-甲醛树脂微胶囊的制备及其摩擦性能[J]. 复合材料学报, 2013, 30(2): 37 - 43.
- [7] 吴晓南, 舒浩文, 咎林峰. 试压工况下盾构隧道内气管应力分析

#### 参考文献:

- [1] 王三平, 刘安江, 于宏. 棕榈纤维制浆技术与装备研究[J]. 轻工机械, 2010, 28(2): 76 - 78.
- [2] 冯阿团. 连续设备的选型[J]. 中华纸业, 2000(10): 36 - 37.
- [3] 赵富强. 连蒸在草浆生产中的应用及设计应注意的问题[J]. 纸和造纸, 2005(增刊): 16 - 18.
- [4] 吕定云, 韩小娟, 汤伟. 置换间歇式蒸煮的新进展[J]. 中国造纸, 2007, 26(12): 63.
- [5] 丁仕火, 张铭铎, 王武雄, 等. DDS ~ TM 置换蒸煮系统 RDH 间歇蒸煮技术新进展[J]. 中国造纸, 2005, 24(6): 62 - 63.
- [6] 乔长军. 干湿法备料横管连续蒸煮系统生产麦草浆[J]. 中国造纸, 2000, 19(3): 1 - 2.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB150.1-2011 压力容器第 1 部分: 通用要求[S]. 北京: 中国标准出版社出版, 2012.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB150.2-2011 压力容器第 2 部分: 材料[S]. 北京: 中国标准出版社出版, 2012.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB150.3-2011 压力容器第 3 部分: 设计[S]. 北京: 中国标准出版社出版, 2012.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB150.4-2011 压力容器第 2 部分: 制造、检验和验收[S]. 北京: 中国标准出版社出版, 2012.
- [11] 陈克复, 张辉, 黄显南, 等. 制浆造纸机械与设备[M] 第 3 版. 北京: 中国轻工业出版社, 2011: 72 - 73.

- [4] SUH N P. The principles of design [M]. Oxford: Oxford University Press, 1990.
- [5] 张坤. 基于 AD-QFD-TRIZ-田口方法的综合设计方法研究[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [6] 吴焕芹. 基于公理设计理论的机械产品创新设计[D]. 青岛: 青岛大学, 2007.
- [7] 杨清亮. 发明是这样诞生的: TRIZ 理论个接触[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [8] 罗志成. 基于 QFD-AD-TRIZ 的 LED 路灯改良设计研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [9] 贺晓明. 基于 AD 与 TRIZ 组合的产品创新设计体系[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- [10] 王姣, 戴晓莉, 董拓, 等. 基于 TRIZ 理论的新型电玩拳击靶创新设计[J]. 轻工机械, 2010, 28(1): 67 - 70.
- [11] 曹东兴, 檀润华, 耿磊. 基于功能方法论的机械产品概念设计[J]. 上海交通大学学报, 2004(6): 888 - 891.
- [12] 檀润华. TRIZ 及应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 199 - 200.
- [13] 戴庆辉, 耿翔宇. TRIZ 理论中物-场不同应用[J]. 华北电力大学, 2006(3): 9 - 11.

- [J]. 集输与加工, 2013, 33(3): 73 - 77.
- [8] 胡雄海, 汪久根, 蒋志浩. 滑动轴承的应力分析[J]. 润滑与密封, 2001(5): 4 - 8.
- [9] 刘纯, 白象忠, 李小宝. 狭窄血管处管壁的变形与应力分析[J]. 工程力学, 2013, 30(2): 464 - 469.
- [10] 陈文元, 赵雷. 坝体考虑流固耦合的动力特性分析[J]. 四川建筑科学研究, 2013, 39(1): 126 - 129.
- [11] 周小利, 李晶, 郝亚娟, 等. 圆柱薄壳与绕流场的流固耦合模型[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2013, 32(8): 1055 - 1059.
- [12] 李少静, 雷步芳, 李永堂. 流固耦合作用下管道振动模态分析[J]. 锻压装备与制造技术, 2012, 47(4): 76 - 78.