

# 抄取法和流浆法兼容型板材中试生产装备探究

秦贺胜 容雪琼

武汉建筑材料工业设计研究院有限公司 湖北武汉 430064

**摘要:** 主要探究纤维增强水泥板成型装备的两用兼容转换, 采用现有抄取工艺试验生产线加装流浆工艺部件, 使其具备抄取与流浆工艺两种成型功能, 实现便捷切换试验生产方式, 就地升级中试生产线, 其方法可结合实际需求延伸推广至企业标准生产线。

**关键词:** 纤维增强水泥板; 抄取工艺; 流浆工艺; 网箱; 流浆箱

## 前言

纤维水泥板的主流成型工艺及装备包括抄取法和流浆法两种。这两种工艺在生产中各有优劣, 企业在选择时需综合考量具体需求、成本预算及产品性能要求等因素。通常, 生产企业无法在标准生产线上频繁切换工艺方法。因此, 对于纤维水泥板生产企业和工艺装备研发单位而言, 开发功能适配的中试生产线至关重要。此类生产线主要用于验证和改进不同工艺配方, 或评估生产装备的合理性。典型的纤维水泥板中试线包含原料处理与制坯成型两大部分, 其核心在于制坯成型装备。装备的工艺相容性与机构部件性能直接决定了工艺验证的准确性和后续改进方向。然而, 中试线较高的直接投入与维护成本, 显著抑制了企业单位投入相关研发的意愿。受此制约, 生产企业通常仅按单一工艺设计生产线, 难以满足不同工艺的试验需求。针对以上问题, 研发单位旨在提出一种可兼容抄取与流浆两种工艺的纤维水泥板中试生产线方案, 并基于现有中试线进行有效改造。改造后的中试线能够根据原材料特性和客户工艺倾向灵活选择生产工艺, 使试验更具多样性与针对性; 同时, 该方案可用于验证制坯成型核心装备在不同工艺条件下的适用性与合理性。

## 1 抄取工艺中试生产线改造需求

纤维增强水泥板工艺装备研发单位现有一条抄取工艺试验制备生产线, 该试验线以一台三网箱抄取制板机为核心设备, 承担研发单位对不同配方纤维增强水泥板的试制及验证, 以及装备创新改进的验证。

### 1.1 三网箱抄取制板机

试验线配备的三网箱抄取制板机, 为一台抄取工艺原理的制板机。采用三个网箱连续抄取工艺, 配备真空负压脱

水段, 气动毛毯调偏装置, 毛毯张紧装置, 小料层切断装置, 板坯成型辊筒, 以及加压辊等相关部件。其原理是利用网箱内的包覆一定目数尼龙网或钢丝网的网轮, 过滤出网箱内料浆中的原料, 经过真空脱水 and 辊压后形成单层料坯。设置三个网箱, 连续三次滤浆上料, 提升生产效率(在企业生产线中, 网箱数量可进一步增多)。真空负压脱水部件, 可吸附出毛毯上料坯多余的水分, 降低并调节料层中所含的水分; 小料层切断装置可以根据料坯长度预切断连续的料层, 以利于成型辊筒上扯坯整齐度以及下一张料坯的成型; 气动毛毯调偏装置, 利用气囊的不同收缩量给予调偏辊体一定角度, 以调整毛毯循环运转时产生的宽度方向偏差; 毛毯张紧装置可以张紧运行中的毛毯, 以达到毛毯运行中所需要的张力。

### 1.2 抄取法和流浆法兼容试验需求

研发单位现有的抄取法中试生产线已稳定运行十年, 期间完成了大量客户试验与自主研发试验, 对促进行业技术进步发挥了重要作用。然而, 当前行业呈现“国外以抄取工艺为主、国内以流浆工艺为主”的特点, 导致该中试生产线日益难以满足国内客户的新产品试验需求, 亟须提升其工艺适应性。与此同时, 中国建材集团“揭榜挂帅”研发项目——《大产能智能化硅酸钙板成套装备开发与产业化》, 其技术路径亦基于流浆法工艺。这进一步要求对现有中试生产线进行工艺与装备的升级。为应对上述需求, 研发单位启动了抄取法与流浆法兼容型中试生产线的研究。目标是在同一条试验线上实现两种生产工艺的按需切换, 从而满足多工艺试验的功能扩展需求。

## 2 抄取法和流浆法兼容型中试线改造方案

研发单位针对以上改造需求, 初步提出了两种改造方

案。方案(一)为对现有试验线进行功能的提升,使其兼具抄取法和流浆法制坯成型功能;方案(二)为对现有试验线进行功能+性能的提升,使其兼具抄取法和流浆法制坯成型功能的同时,提高总体运行速度,进而具备验证如何提升产能的能力。两种方案均符合试验线改造的要求,但侧重点不同。且两种改造方案均需满足现有中试生产线的局限性要求。

技改的关键工作有两点。一是在不改动底部基础的情况下改造主机设备,即在现有三网箱抄取制板机的基础上适配流浆功能,使其最小限度控制土建工程量;二是在现有装备结构的前提下,设计出抄流两用部件便捷互换的技术方案。

### 2.1 改造方案(一)

已建试验线的三网箱抄取制板机预留了抄取法和流浆法制坯成型的功能兼顾的空间,设计了三个可拆卸的伏辊框架,其上安装的托辊、伏辊、真空箱可以同时拆装。抄取网箱上的框架,设计相对轻小的框架,用以安装支撑托辊,压料伏辊,负压真空箱等抄取工艺必需的部件。且设计了可用于定位的安装销,拆卸时可直接取出,整体吊装。本方案基于这一点,同样设计流浆框架,将真空箱、自然脱水段安装在流浆框架上,满足同时吊装的功能。

在安装卡槽处设计两套应力分析方案,按照应力均匀分布,即四个卡槽位均匀受力,安装卡槽位变形最大处为0.28mm,超过设备误差范围。按照应力不均匀分布,即两个开槽位受力,安装卡槽位变形处最大为0.54mm,超过设备误差范围。如仍需在原安装卡槽安装框架,则需加固安装卡槽位以及加固网箱侧板。由于该网箱使用时间已近10年,对于卡槽位的加固或网箱侧板的加固,都将严重影响该网箱的正常使用功能。

在安装销处设计两套应力分析方案,按照应力均匀分布,即四个安装销均匀受力,按照应力不均匀分布,即两个安装销受力,两种方案应力分析结果均符合材料强度。

该方案可最大化利用原有设备,对试验线其他配套系统的影响较小;改造相对简单,升级成本较低,土建和安装整改工程均较少。但与此同时,新部件方案受限于原安装方式及空间,设计难度较大;在两种工艺切换时,需更换相关部件,试验准备工作量较大,对试验操作人员要求较高;改造后仍然只能进行制坯成型的功能性试验,不能进行性能提升试验。

### 2.2 改造方案(二)

方案(二)的原理是通过更加彻底的改造,使新的试验线更加接近模拟企业实际工况,工艺切换更加便捷,同时考虑两种功能可以使用同样尺寸的毛布。该方案采用后部整体机架结构,其上安装流浆部件,减少后期安装施工工期以及精度控制的难度;增配一个标准生产线同规格的 $\Phi 1650\text{mm}$ 成型辊筒,使其在压制料坯时和真实生产条件一致;同时核算主传动功率,增大主传动的功率以适配实际生产环境下的毛毯运行速度。经此改造,该试验生产线与实际生产项目条件更为接近,试验的广度明显增加,结论也将更有参考价值。

此方案采用 $\Phi 1650\text{mm}$ 成型辊筒,其定制周期长,成本较高,且重量较大(中试线适用 $\Phi 1650\text{mm}$ 成型辊筒重量为3000kg)。若安装在原处,需对成型筒机架进行应力计算。将成型筒重量以及通过下加压系统加载在成型筒上的线压力(通常为50–90Ncm)分别加载在原成型筒支架的不同受力点。以分析机架的强度和变形程度。将成型筒的重力加载在支架的下半部,将生产需要的线压力加载在支架的上半部,仿真生产情况下的受力。经计算机应力分析,承载成型筒重力的机架强度符合材料要求,但最大变形量达到0.43mm,超过了设备安装误差要求;承载生产压力的机架强度符合材料要求,最大变形量为0.13mm,符合设备安装误差要求。据此需对承载成型筒重力的机架加高,以适配 $\Phi 1650\text{mm}$ 成型辊筒的高度,进行加固以应对形变对生产带来的影响。同时,应考虑,当机架升高后,机架间空隙较少,更换毛布时需避开机架,提升了更换毛布的难度。

方案(二)可明显降低安装施工的难度和施工量;生产工艺切换时,无需进行部件吊装,减少试验准备工作量。但与此同时,该方案改造零部件较多,制造成本和实施周期均明显上升;对承担重力载荷的机架加固工作量和难度均较大。同时成型筒安装在原位,毛布夹角 $\alpha$ 较大,成型筒与毛布接触面积增大,有利于料层与成型筒的贴合,适合各种原料配方的中试生产,提升了中试生产的成功率。方案(二)可预见地提升了中试生产试验的成功率,但同时产生土建工程量的增加,因而导致工期的进一步增加。

### 2.3 综合改造方案

研发单位在全面对比两种方案后,最终确定了结合两种方案优势的综合改造方案。即采取后部重新设计整体机架,其上安装流浆部件的设计思路,并在整体机架下长期保留安

装一个网箱并预留另外两个网箱可按需安装的方案。

由于中试生产的配料配方存在不确定和多样性,对于抄取工艺生产,仅使用一个网箱进行试验性生产。为保留抄取工艺的功能,改造方案仅保留一个抄取网箱,并对其上相关予以保留,以适配抄取工艺中试生产的需要。在考虑流浆工艺生产时,没有网轮对水的过滤,料层含水量较大,需要设计自然脱水段,依托重力使料层自然脱水。自然脱水段的长度需满足毛布速度,料浆浓度,计算出脱水时间,设计成需要的长度,并与脱水真空箱的真空面积配合,做出适当调整。据此,网箱设置在自然脱水段的下方,可保证毛布长度不变。且当毛布吸附了抄取的料层后,立即经过两个转向辊的转向,进入设备的正上方,减少了抄取料层从毛布上脱落的可能性。据此,当流浆工艺调整成抄取工艺时,仅需气缸抬起流浆箱,即可满足抄取工艺的生产。

本方案改造后,将抄取工艺方案和流浆工艺方案融合到一台设备上,可以随时切换,满足了中试生产的多样性。本方案的最大优势是,可同时验证抄取工艺和流浆工艺叠加的可能性,对提升纤维水泥板的质量和产量具有较大潜力。抄取工艺和流浆工艺的叠加生产工艺,在国内还没有实现工业生产,本方案优化后可进行各种原料配方的中试,推动纤维水泥板生产工艺的发展。

同时,本方案可保证最大限度地利用现有设备,对试验线其他相关系统影响较小,生产工艺切换时,仅需一名机修工人1工时的工作量,安装难度显著降低。

### 3 结论

#### 3.1 结论和意义

综合方案使试验线既达到功能提升的目的,又实现一定的性能升级。根据该综合方案,研发单位进行了具体的技术分解,进行了详细的设备设计,并同步优化了工艺布置和流程。与此同时,还对相关辅机、系统管道进行了适配性升级,保证试验线的升级改造成功。

本项研究最终得出的综合改造方案,除了兼具了抄取法和流浆法制坯功能,还优化了在线测浓功能,使用了最新的流浆箱技术。对比研发单位已有中试生产线(研发单位权属发明专利),更符合国内外行业技术特点,具备应用两个主流生产工艺进行工艺试验探索、装备革新验证的重大意义。

#### 3.2 不足和展望

本项研究实现了纤维增强水泥板试验制备生产线的功能性拓展,在原来只能进行抄取法制备工艺试验的基础上兼具了流浆法工艺试验功能。但对于行业生产线面临的突出问题即产能大幅突破的工艺验证,仍无法全方位实现。且由于试验线的局限性,本项研究并未讨论行业痛点的毛毯速度提升、真空系统基础研究等;同时在详细的生产工艺技术方面也没有进一步的深化研究。

研发单位将持续进行更加深入的研究,包括抄取工艺、流浆工艺,抄取叠加流浆工艺生产方式及相关配套装备,以实现行业产能瓶颈突破,在保证产品质量的前提下提升单位劳动生产率。

#### 参考文献:

- [1] 李强,王雪,张伟.(2023). 硅酸钙板流浆成型工艺的优化研究. 新型建筑材料,50(3),45-49.
- [2] 王雪,等.(2021). 纤维增强硅酸钙板的力学性能与微观结构分析. 材料科学与工程学报,39(4),621-628.
- [3] 张明,等.(2020). 硅酸钙板轻量化生产的实验研究. 建筑材料学报,23(2),312-318.
- [4] Zhang, B., Wang, Y., & Li, X. (2021). Effect of cellulose fibers on the durability of calcium silicate boards. Cement and Concrete Composites, 123, 104-215.
- [5] Chen, L., et al. (2019). Mechanical properties of nano-SiO<sub>2</sub> reinforced calcium silicate boards. Materials & Design, 168, 107-642.