

BCTMP化机浆生产线升级改造为P-RC APMP工艺的 engineering 实践

孙 玉¹, 刘燕韶², 王玉才¹, 程良玉¹, 梁 伟¹, 马小清², 燕德卫²

(1.安德里茨(中国)有限公司, 佛山 528000; 2.山东华泰纸业股份有限公司, 日照 276599)

摘要:本文以安德里茨-华泰生产线升级改造项目为例,论证了将传统BCTMP化机浆生产线升级改造为P-RC APMP生产线的可行性和改造效果。本次改造利旧CD82与RGP268高浓磨浆机并采用并联布置,高浓磨浆机控制系统从RMS控制系统升级为安德里茨AHC液压控制系统;增设MSD600木片挤压撕裂机、侧喂料螺旋及4台TF52低浓磨浆机,构建“一段高浓磨+两段低浓磨”的组合磨浆工艺;将漂白工段优化为MC-HC两段漂模式,同时升级改造了筛选及渣浆处理系统。生产线调试验证了两种原料配比与两种磨浆运行模式的可行性,均实现达产,成浆游离度达380~430 mL、最高ISO白度78%,纤维束含量 $\leq 0.018\%$,突破了化机浆生产中高游离度与低纤维束含量难以兼顾的行业瓶颈。本次技改实现了产能提升、节能降耗与成浆质量改善的多重目标,成浆质量可满足高端文化纸机生产需求,为传统BCTMP生产线升级改造为P-RC APMP生产线提供了切实可行的工程实践依据。

关键词:BCTMP;升级改造;P-RC APMP;化机浆

Engineering Practice of Upgrading BCTMP Pulp Line to P-RC APMP Process

SUN Yu¹, LIU Yanshao², WANG Yucai¹, CHENG Liangyu¹, LIANG Wei¹, MA Xiaqing², YAN Dewei²

(1.ANDRITZ (China) Ltd., Foshan 528000, China; 2.Shandong Huatai Co., Ltd., Rizhao 276599, China)

Abstract: This study demonstrates the feasibility and retrofitting outcomes of upgrading a conventional bleached chemi-thermomechanical pulp (BCTMP) production line to a pre-conditioning refiner chemical alkaline peroxide mechanical pulp (P-RC APMP) system, using the Andritz-Huatai line revamp project as a case study. The existing CD82 and RGP268 high-consistency (HC) refiners were retained in a parallel arrangement, with their control systems upgraded from the refiner management system (RMS) to the ANDRITZ active hydraulic control (AHC) system. An MSD600 chip extruder and shredder, a side-feeding screw, and four TF52 low-consistency (LC) refiners were installed, establishing a hybrid refining configuration of single-stage HC refining coupled with two-stage LC refining. The bleaching stage was optimized to a medium-consistency (MC)-HC two-stage sequence, accompanied by upgrades to the screening and rejects handling systems. Commissioning trials validated the feasibility of two raw material formulations and two refining operating modes, both achieving full design capacity. The final pulp

exhibited a Canadian Standard Freeness (CSF) of 380–430 mL, a maximum ISO brightness of 78%, and a shives content $\leq 0.018\%$ (Somerville index), overcoming the industrial bottleneck of simultaneously achieving high freeness and low shives content in chemimechanical pulping. This technical retrofit accomplished multiple objectives: capacity expansion, energy conservation, and pulp quality enhancement. The resulting pulp quality satisfies the requirements for premium cultural paper production, providing practical engineering validation for upgrading conventional BCTMP lines to P-RC APMP systems.

Key words: BCTMP; upgrading and renovation; P-RC APMP; chemimechanical pulp

随着“限制固废进口”政策的推动和执行,纤维供应短缺问题愈发凸显。华泰纸业以夯实浆纸产业发展基础为目标,全面实施原料和产品结构调整,同步推进优质产能提升措施,从而精准应对原料供应挑战。2022年起,公司携手安德里茨实施“林浆纸一体化年产30万吨化机浆生产线技改项目”,将原有化机浆线年产能从10万t提升至30万t,不仅提高了生产效率,更实现了节能降耗增效与提升产品质量的双重目标。

华泰纸业原有的传统BCTMP生产线主要流程为:使用亚硫酸盐或双氧水/碱/螯合剂对木片进行预浸,预浸后的木片送入带压高浓磨浆段磨浆;磨后浆料经消潜、筛选、净化浓缩后,进入漂白段漂白;压力筛渣浆经再磨、再筛选后汇入良浆。相较于传统工艺,P-RC APMP工艺^[1]采用碱性过氧化氢为漂剂,将漂白段前移至高浓磨浆工段之后,漂后纸浆随即进入低浓磨浆(LC)工段。由于漂白反应

后浆料的游离度会下降,将漂白工段前移可有效降低后续磨浆工段的磨浆负荷;同时,漂白对纤维的软化作用有助于提升后段筛选工段的效率。而中浓-高浓(MC-HC)漂白模式的应用,可最大程度减少化学药品的消耗。此外,P-RC APMP工艺流程中引入的MSD木片挤压撕裂机,使木片从预浸段即进入了节能高效的磨浆漂白流程,提升了化学处理、机械处理和磨浆的有效性,实现了高效、均匀磨浆,进而显著改善化机浆的成浆质量。本文对该工程实践进行详细阐述,以期为同行业相关项目建设提供參考。

1 技术改造描述

图1为升级后P-RC APMP工艺的流程图。为实现改造后生产线年产能达到30万t的目标^[2],磨浆工段据此设定产能指标:高浓磨浆工段需要达到1300 t/d(风干),低浓磨浆工段及后续工段需达到

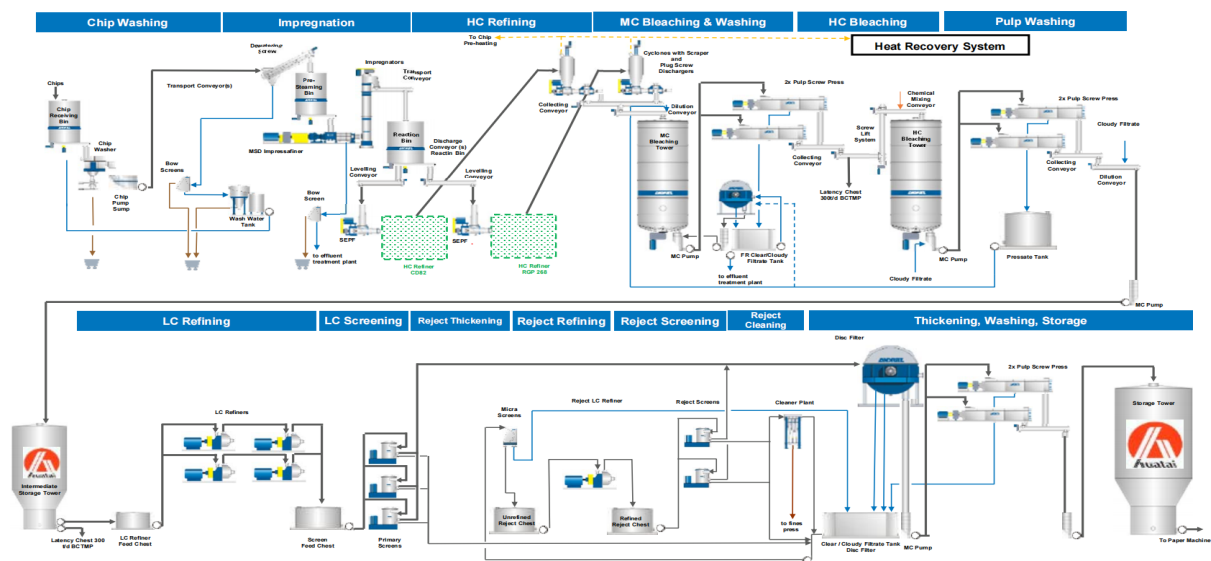


图1 升级后P-RC APMP工艺流程图

1000 t/d(风干)。基于此,流程设计中采用了一台CD82和一台RGP268高浓磨浆机并联的配置形式,两台设备均为利旧设备;同时,配套增设Andritz MSD600木片挤压撕裂机,用于强化预浸软化效果,还同步增设Andritz的侧喂料螺旋,分别对两台高浓磨浆机实施强制喂料。在低浓磨浆工段增设4台Andritz TF52磨浆机,磨浆机两两串联形成两组机组后再并联,有效实现“一段高浓磨+两段低浓磨”的组合磨浆工艺,在确保成浆质量达标的前提下,显著降低了磨浆能耗。

漂白工段采用两段MC-HC漂白系统,相较于传统一段或者两段高浓漂白工艺,该模式在达到相同成浆白度时的化学药品用量显著降低^[3]。以传统一段高浓漂白工艺为参照:高浓磨后浆的ISO白度由42%漂白至72%时,吨浆双氧水消耗量为75 kg,同时消耗65 kg氢氧化钠和45 kg硅酸钠。采用MC-HC漂白后,在初始白度及成浆白度相同的前提下,吨浆双氧水总消耗量为65~70 kg(一段25 kg、二段40~45 kg),配氢氧化钠用量为一段25 kg、二段40 kg,稳定剂硅酸钠用量与传统工艺基本持平。

此外,对筛选和渣浆处理系统进行了升级改造,采用“一段主筛+一段渣浆磨+一段渣筛”的组合方式。渣筛产出的浆渣经除渣器系统处理后返回至未磨渣浆池,该除渣器系统可以有效去除浆料中的杂质,实现浆渣的净化处理。

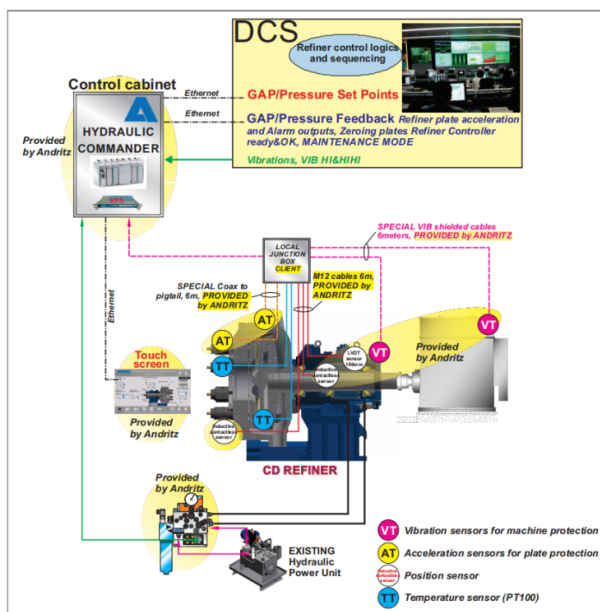
在上述工艺流程及设备的升级改造基础上,同时完成了对高浓磨浆机控制系统的全面改造^[4]。利旧的CD82和RGP268磨浆机在改造前使用的是RMS控制系统,自磨浆机2005年投产后,该版本控制系统的备件已经停产,给设备维护和生产作业均带来诸多困难。在项目升级改造中,采用安德里茨新开发的AHC(Andritz Hydraulic Commander)液压控制系统对原有控制系统进行了全面替换。替换后,取消磨浆机平磨区、锥磨区的间隙传感器,改用加速度传感器,实现单台AHC系统对2台高浓磨浆机的同步控制。升级后,客户在每次更换磨盘时,无需对间隙传感器进行更换,直接经济效益显著。图2展示的是改造后传感器在磨浆机上安装位置及AHC控制系统的网络控制图。

改造后,磨机锥区的工作原理为,液压电站为液压阀组提供满足流量和压力要求的液动力源,通过液压阀组上的伺服阀控制液压缸动作,进而驱

动磨盘。AHC系统搭载高速运算卡,可实现高速动态响应,15 ms的扫描周期保障了高精度的操作控制。旁通阀通道与伺服阀通道并行安装,当旁通阀开启时,压力油接到液压缸进油端,液压缸回油端则连通泄压回路至液压油站。旁通阀具备失电打开特性,可确保在线路断线、液压动力源关闭、磨盘保护报警触发等情况下,实现磨盘的快速打开;旁通阀打开时,锥区将回退至最大位置。平区控制采用蜗轮电机装置驱动,通过DCS设定位置值;平区位置传感器安装在平区主传动轴末端的支架上,当锥区间隙 <4 mm时,平区静盘将按照锥区设定参数同步移动。



(a)安装位置



(b)AHC控制系统的网络控制图

图2 传感器在磨浆机上的安装位置及AHC控制系统的网络控制图

2 生产运行调试

开展改造方案设计时,考虑了两种原料配比结

构,即100%广西桉木片,或者70%杨木木片+30%桉木木片。生产线调试过程中,原料采用70%杨木木片+30%桉木木片,并验证了两种生产运行方式:(1)使用单台CD82持续生产并达产;(2)CD82和RGP268同步生产,其中RGP268产量高于300 t/d,且连续运行。在两种运行模式下,成浆游离度(CSF,加拿大标准游离度)均可达到380~430 mL。白度方面,经MC-HC漂白处理后,成浆最高ISO白度可达78%,生产过程中以对应纸机对该两项指标的要求为准。本改造线的部分设计参数及实际运行数据见表1。

表1 设计参数及实际运行数据

参数及单位	设计值	生产运行结果
产量/(t·d ⁻¹)	1300(低浓磨前) 1000(低浓磨开始)	1000(单台CD82) 1000(CD82+RGP268)
游离度/mL	375±25	380~430
ISO白度/%	≥78	73~78
松厚度/(cm ³ ·g ⁻¹)	2.4~2.8	2.4~2.6
抗张指数/(N·m·g ⁻¹)	24~26	24~25
纤维束(0.15 mm) 含量/%	≤0.03	≤0.018

注:表中产量单位t/d均指风干吨;在同时使用CD82和RGP268生产时,其中RGP268产量为370 t/d。

尤为值得一提的是,本改造线的成浆纤维束含量均控制在0.018%以下,可以有效保障高速文化纸机的平稳运行。近年来,化机浆的使用领域得到持续开发和拓展,其应用场景从传统新闻纸生产,逐步拓展至包装纸、纸板及文化纸等产品的配抄环节。此类新产品配抄对化机浆的游离度要求更高,相较于新闻纸生产所用化机浆80~100 mL的游离度,新产品配抄所需化机浆的游离度达400~450 mL。通常情况下,提高成浆游离度会导致浆中纤维束含量同步提高,这是化机浆生产中的行业共性瓶颈问题。本次技术改造成功突破此瓶颈,实现了高游离度成浆条件下降低纤维束含量的目标。

相同产量(1000 t/d)且最终成浆游离度为约400 mL的条件下,两种磨浆模式的磨浆能耗对比见表2。由生产数据可知,两台高浓磨浆机并联生产1000 t/d(CD82:630 t/d;RGP268:370 t/d)与单台CD82生产1000 t/d的吨浆能耗相近,甚至每吨纸浆的能耗还低约50 kW·h。可能的解释是,相同产量由两台高浓磨浆机并联承担时,每台高浓磨浆机可实现更优的磨浆效果,这一点从生产数据中可以得

到印证:单台CD82的高浓磨后浆纤维束含量为11%~14%,而CD82与RGP268并联时的该指标为10%~12%,且二者的游离度基本一致。因此高浓磨后浆的品质更好,可以有效降低后续低浓磨浆的能耗需求。

表2 相同产量下两种磨浆模式的能耗对比(优化前的开机数据)

磨浆机工段	磨浆机功率或系统能耗/kW	
	模式1	模式2
CD82	16 360	10 750
RGP268	0	5780
低浓磨TF52 1.1	2271	1645
低浓磨TF52 1.2	2287	1668
低浓磨TF52 2.1	1867	1501
低浓磨TF52 2.2	1839	1478
渣浆磨TF52	2815	2588
总磨浆机功率	27 439	25 410
总吨浆能耗	≈659	≈610

注:表中数据均为在1000 t/d的相同产量下获得,成浆游离度均为400 mL;模式1为采用单台CD82,模式2为CD82与RGP268并联使用(CD82产量为630 t/d,RGP268产量为370 t/d)。

3 工艺优化和成浆质量分析

制浆系统各工段的浆料游离度变化情况见图3。高浓磨浆机喷放管出口的浆料游离度约为750 mL,经MC-HC漂白处理后,浆料的游离度降低约60~80 mL;主低浓磨浆机出口的浆料游离度约为500 mL。渣浆磨磨浆前后浆料游离度降幅约为110 mL,对应渣浆磨的磨浆能耗为115 kW·h/t,即约1 kW·h/t的能耗可以使浆料游离度降低1 mL,这与其他生产线采集的TwinFlow低浓磨浆机工艺生产数据相吻合。

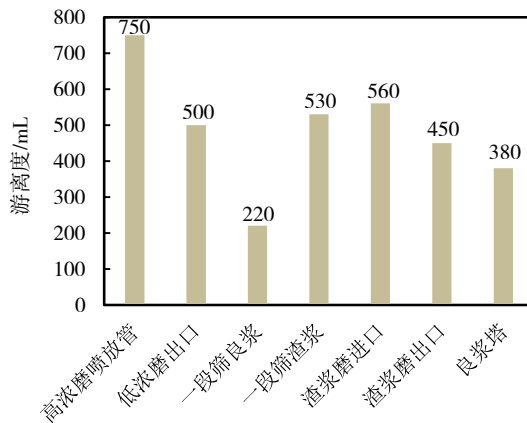


图3 各工段的浆料游离度(2023年11月)

各工段取样检测的浆料纤维束含量变化情况见图4。结果表明,本技改方案在成浆的纤维束含量控制方面有极其显著的优势。值得注意的是,高浓磨浆机喷放管浆料初始纤维束含量为17.96%,经工艺优化后,该位置的浆料纤维束含量可控制在较低范围($\approx 10\%$);即使在初始17.96%的基础上,低浓磨浆机进口浆料的纤维束已降至12.77%,降幅超过5%,由此可见,MC-HC漂白工段可有效降低浆料中的纤维束含量。安德里茨MSD撕裂机对木片的撕裂效果优异(见图5),能使得木片在预浸阶段与碱液充分润胀、软化,进而有利于磨浆过程的纤维分离,并降低磨浆电耗。目前,生产车间正在开展高浓磨片的优化试验,试用安德里茨高浓磨片的新型专利产品——锯齿磨片LE-Gator,旨在进一步降低高浓磨浆机出浆的纤维束含量;高浓磨浆机出浆的纤维束含量改善,将会对后续漂白工段的漂白均一性产生积极影响。

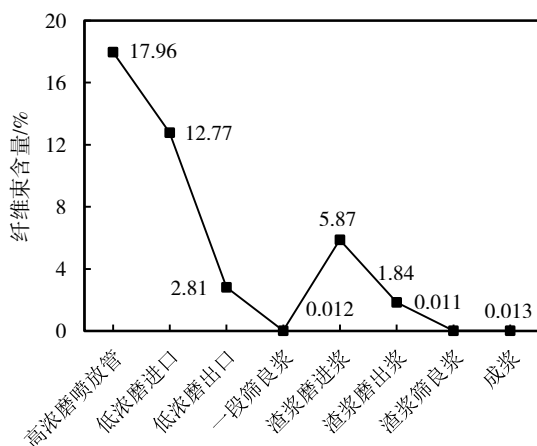


图4 各工段的纤维束含量(2023年8月31日)

4 结束语

将传统BCTMP制浆生产线升级改造为P-RC APMP生产线后,不仅实现了工艺升级,年产量也由



图5 安德里茨MSD撕裂机对木片的撕裂效果

10万t提升至30万t。该生产线新增预浸段(配置单台MSD600及预浸器),将原单段漂白工艺调整为MC-HC两段漂模式,并结合产量提升需求配套增设了筛选、低浓磨浆设备。改造后的成浆质量可稳定满足高端文化纸机的生产需求,尤其在纤维束含量控制方面表现优异,成浆纤维束含量低至0.018%。该项改造工作为传统BCTMP制浆工艺向高效P-RC APMP制浆工艺升级提供了有力的实践依据和工程示范案例。

参考文献:

- [1] BRAEUER P, KRISHNAA V. Operating experience with a zero-effluent BCTMP mill at ITC Bhadrachalam[C]//Proceedings of the 2022 international mechanical pulping conference. Vancouver, Canada: University of British Columbia, 2022: 34-40.
- [2] 李玉峰, 赵琬青, 邵珠峰. 新发展格局下, 科技创新赋能产业链: 专访安德里茨-华泰东营基地年产30万吨化机浆改造项目主要负责人和参与者[J]. 中华纸业, 2024, 45(8): 46-50.
- [3] XU E C, SABOURIN M J. Evaluation of APMP and BCTMP for market pulps from South American eucalyptus [J]. Tappi journal, 1999, 82(12): 75-82.
- [4] 张明, 巨云利. 高浓磨浆机控制系统的升级应用[J]. 中华纸业, 2025, 46(6): 92-94

(责任编辑:常涛)