

双碳目标下印染企业节能减排措施探讨

田丽¹ 周建²

1. 安徽职业技术学院 现代服装学院(中国)

2. 科德宝宝翎衬布有限公司(中国)

摘要: 从印染厂的工艺节能、新能源技术应用、能源循环与回收利用以及能源管理 4 个维度,探索并介绍了印染厂节能减排措施。以公司 2019 年能耗总量为基准,计划 2025 年实现减少 25% 的 CO₂ 的排放。

关键词: 新能源; 工艺; 能源循环与回收; 管理

Discussion on energy-saving and emission reduction measures of printing and dyeing enterprises under the double carbon target

Tian Li¹, Zhou Jian²

1. Modern Fashion Institute, Anhui Vocational and Technical College, Hefei/China

2. Freydenberg & Vilene Interlinings (Nantong) Co., Ltd., Nantong/China

Abstract: Energy-saving and emission reduction measures for printing and dyeing production were explored and introduced from four dimensions: process energy conservation, application of new energy technologies, energy cycling and recycling, and energy management. Based on the company's total energy consumption in 2019, the plan is to achieve a 25% reduction in CO₂ emissions by 2025.

Keywords: new energy; technology; energy cycle and recycling; management

随着经济的发现,消耗的化石能源节节攀升,人类排放的 CO₂ 等温室气体超过了自然的吸收中和能力,不断累积的温室气体,破坏了自然平衡,地球生态圈气候环境不断恶化,全球变暖,灾害性气候事件频发,已越来越直接影响人类的生存。世界环境卫生组织一致认同人类需要共同控制碳排放强度,降低化石能源的使用和总的能源耗用,实施绿色生产、清洁生产,逐步减少能源耗用,并在不久的将来,达到碳排放量的大幅度减少,逐步实现碳中和的目标。

科德宝宝翎衬布(南通)有限公司(以下简称本公司)是一家服装机织衬布的生产企业,是德资背景的外资印染企业,根据集团公司要求,企业需要全方位节约能源耗用,并以 2019 年公司能耗总量为基准,实现至 2025 年 CO₂ 排放减少 25% 的目标,即每生产 1 kg 的一等品产品,平均消耗的能量需下降 25%,或单位产值(万元)能源耗用下降 25%。为实现这一目

标,本公司实施了 2 项基本工程,即清洁生产管理体系工程和能源计量与考核体制工程。为此,公司梳理了能源耗用过程,从工艺、设备、技术和管理几个方面进行改进,逐步提高能源利用效率,以达到节能减排的目标。2019 年公司耗能为 8.3 kWh/kg, 2022 年已下降至 7.1 kWh/kg,下降了 14.5%。本文将就公司生产工艺、设备改造、流程创新和清洁能源应用等方面的实践进行具体介绍。

1 工艺节能

1.1 冷漂、冷染技术

印染厂是用水耗能大户,水是漂白、染色的介质,通常漂白需要加热。本公司通过采用冷退浆、冷轧堆漂白和活性染料冷轧堆染色等工艺,减少蒸汽和水的

耗用。

通过加长氧漂机的水洗和汽蒸箱,可以将较薄的棉织物的漂白过程缩减,面密度在 100 g/m^2 以下的织物可以在氧漂机实现退、煮、漂、烘干一步法加工,省去冷轧堆漂白过程,减少能源耗用,并同时节省用工。

本公司采用的冷轧堆工艺是 1985 年成立中日合资的南通海盟公司时从日本 HYMO 工业株式会社引进的日本工艺,用于棉衬布的漂白和染色,其中染色采用的是德司达公司的活性染料。具体工艺为采用冷轧堆的方法漂白坯布,经水洗、烘干后再采用冷轧堆工艺上染黑色或灰色,采用该工艺,衬布的干摩擦色牢度均能达到 3—4 级,湿摩擦色牢度也能达到 2—3 级,满足常规衬布产品的摩擦牢度要求,且车速可达 $60\sim 80\text{ m/min}$,速度、效率相对较高。采用上海纺织机械厂的均匀轧车染色机轧染,棉衬布纬向左、中、右几乎看不出色差,色差很小,匹与匹间的颜色差也在 4 级以上。目前公司改用国产活性染料染色,染料的活性、浓度、色光等方面性能稳定,能够满足质量要求。

1.2 合并工艺与流水线化生产

本公司对相邻工序进行设备合并、连机或技术改造,使这些工序整合成为整体,省去了中间的进布、落布、换元宝车等过程,设备更为紧凑,生产流程缩短,也节省了元宝车的周转空间,省去重复加热等,达到节省能耗、缩短加工时间、提高用工效率等作用。

公司通过重新设计,使用于树脂整理的定型机与后道加工的焙烘机联机运行。具体是在定型机的尾部出布轨道上方安放焙烘装置,树脂整理与焙烘交链反应连续进行,轧、烘、焙同机一次性完成。常规棉布的防缩、防皱整理是通过定型机轧料、烘干、初步拉幅定型和进行交链反应,经锡林冷却后落布,再经焙烘机加热完成充分交链反应。焙烘机内的容布量约需 200 m 布长,以确保 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 条件下有 $3\sim 5\text{ min}$ 的树脂交链反应时间。整理与焙烘分步进行时,进入焙烘机的布是冷的,需要较长的预热过程,将布面温度升至交链反应的设定温度,一般设定温度为 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 左右,而实际布面温度达到 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 时所需时间将占过机时间的 $2/3$ 。重复升温加热的过程将消耗较多的能源,因此,将定型机与焙烘机联机后就只需较短的焙烘箱。织物出定型机后,经过短暂的过桥辊立即进入

焙烘机,定型机出布设定的温度为 $175\text{ }^\circ\text{C}$,进入焙烘机还能保持在 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 左右,故无需预热即可继续交链反应,可将焙烘箱温度设定为 $150\sim 160\text{ }^\circ\text{C}$,容布量(布长)缩短为 60 m 以下,定型机还有 20% 左右的提速空间,可以进一步提高效率,同时可以防止采用两步法工艺时定型机落布降温不充分,布面折皱的条件下继续发生交链反应,产生不可恢复的皱印次布。改进的联机一步法工艺保障了树脂充分的交链反应,不需要锡林冷却降温便可以落布,因此可节省用水。

涤纶长丝衬布织物可以采用烘干、防水整理与定型一步法工艺,以省去定型机的重复处理过程,达到节能的目的。采用脱水机甩干代替烘干,面密度较高的涤纶织物可适当延长离心脱水机的甩水时间,以降低织物的含水率。脱水后还应避免长时间堆放织物,以免水分蒸发造成堆布车内上、下部布面含水率不同。

1.3 直接加热

多数定型机的烘箱采用间接加热,加热介质有导热油、过热蒸汽或天然气。间接加热都存在较大的热损失,且定型机还需排出大量的高温废气,故其综合热效率往往很低,只有 24% 左右。本公司将间接加热改造为天然气燃烧器在烘箱中直接燃烧的加热方式,避免了锅炉热损失和管道热损失,大幅提高了热效率。

天然气直燃加热需要注意 2 个问题:一是气源,如果气源是未经处理的天然气,可能会含有较多杂质,燃烧后产生有色烟气沾污布面,致使布面泛黄,如果是液化天然气或者液化天然气转化的管道天然气则基本不含杂,可放心使用,一般不会引起布面颜色变化;另一注意事项是天然气燃烧时会产生较多的热空气,一般燃烧 1 m^3 天然气将产生 12 m^3 的废气,这些含水率很低的废气与烘干蒸发的水汽混合后,足以保持烘箱内较低的相对湿度,也就是热气比较干燥,不至于结露,烘箱不需要额外补充新鲜空气,因此可将定型机的补风口堵塞。定型机烘箱内通常处于负压状态,敞开的补风口会吸入冷空气,冷空气降低了烘箱温度,需燃烧更多的天然气补充能量,造成浪费,因此应尽量减小拉幅烘箱进布口和出布口处的缝隙,阻止冷空气进入烘箱。

2 新能源技术

2.1 变频控制

电动机的能耗与频率直接相关,设备的拖动电动机、泵、风机、压缩空气机一般都不需要满负荷工作,因此采用变频控制可以减少电能的消耗。

电动机的选择往往也是一个易被忽视问题,采用节能电动机和合适的功率能够长期节能。通常设备制造商会配备较大功率的电动机,如定型机的循环风机、排风机通常会按较厚织物加工的工况配备电动机和风机,功率一般较大。本公司的成品以轻薄织物为主,故常规定型机的循环风机和排风机的功率超过企业实际需要的1倍以上,如能根据实际工艺需要量身定制合适功率的电动机、风机,则是非常有效的长效节能措施。

公司空压气站的空压机、污水处理的曝气风机、污水泵^[1]设计时应仔细核算,无需预留过多余量,尽量避免大马拉小车。采用高效的磁悬浮风机或螺杆风机替代罗茨风机,用电可大幅减少。

2.2 LED 照明

LED 照明灯技术已相当成熟^[2],印染企业的所有照明,包括路灯,都可以改为 LED 灯,它比白炽灯、日光灯的能效高出近十倍,可以节省用电。厕所、走廊、库房、工位以外的场所等不常需要开灯的区域可以采用声控、红外感应开关进行自动控制,避免人为疏忽遗忘关灯。路灯也可以采用太阳能灯独立照明,应尽量不用能耗很大的射灯。

2.3 光伏发电

印染厂厂房屋顶平整、坡度小且面积大,只需在设计时提升一定的屋顶承载力,就可利用屋顶安装太阳能电池板^[3]。大部分厂房屋顶都是小坡面,可以直接利用,无论向阳面还是向阴面都可以安装,污水处理的池子上方、停车场等场所也都可安装。印染企业用电设备多,太阳能发的电基本都能自用。按被替代的市场供电价格计算,基本 3~4 a 就可收回投资成本,光伏发电装置的使用寿命一般也在 20 a 以上。企业也可邀请第三方投资光伏发电装置,企业从电价优惠中受益。总体而言,选择光伏发电是一个有相当收益

的选择,发电过程没有碳排放,绿色可持续,可以直接为工厂贡献 10%左右的碳减排。

2.4 过热蒸汽的加湿与降温

通常热电厂供应过热蒸汽,蒸汽的压力、温度都比较高,温度在 190 ℃左右,远高于本公司生产工艺要求,压力过高还存在损坏管路和用汽设备的风险。采用高压水泵将软水喷入蒸汽主管道,使蒸汽降温、降压,增加蒸汽饱和度,可以起到较好的节能效果。高温溢流染色机、蒸汽加热的定型机散热片、蒸汽锡林主要是用蒸汽的潜热,需要蒸汽迅速实现相变,转化为水,释放热量。将过热蒸汽转化为接近饱和的蒸汽,相变更容易,可以节省升温时间,提高换热器的效率。

2.5 负压控制的定型机减排技术

定型机的废气处理,涉及废气的集中处理和排放,一般过程为废气从各台定型机的排风机排放到废气总管,集中后通过净化处理再由引风机排放。

控制各排风机的排风量和引风机的排风量是减少烘箱热量损失的关键。通过测定各风机前端的负压进行风机频率的控制,可以使风机保持合理的排风量。本企业的具体措施是在定型机的排风机前面的烘箱中或排风机后的废气管道中安装负压表,将测得的负压输送至控制风机频率的 PLC(可编程逻辑控制器)控制中心,通过调节风机频率可使烘箱内的负压维持在设定值,烘箱内便可保持稳定的负压,从而确保废气能及时排出,但又不会过多排气。同样,通过总管内设定的负压来控制引风机的频率,使废气总管中的负压保持稳定,确保废气能顺利排出。PLC 负反馈自动控制可以不受生产品种、定型机开台数量影响,减少各机台排风机的相互影响,还可不断优化负压参数,减少总的排气量,从而达到节能的目的。

也有人通过烘箱内的湿度来控制排风机的频率,但是由于废气中含有杂质,很容易污染探头,湿度数据难以准确测量,故该方法的成功率较低。

3 能源循环与回收利用

3.1 高效水洗

氧漂机、水洗机的多个平洗格之间可以采用逐格

倒流,在末端平洗格一次加热水,使清水向进布方向流动,到最前端的一格才排出,各平洗格反复利用热水去污,提高了用水、用能效率。平洗格内还可设计成3个小区间,各区间用隔板分开,在对端依次开豁口,让水S型流过,水横向流过布面,再转向前端流动,加大水与布对流的相对速度,促进介质交换,提高水洗效果。也有厂家采用双层或三层穿布,进一步提高用水效率。由于除最后一格外,其余每一平洗格都不是清水,洗涤效果会有所下降,因此需适当增加平洗格的数量来达到水洗效果。

排出的废水也可用来对新鲜自来水进行预热,但换热器容易沾污,需要定期清洁,以保持一定的换热效率。

3.2 冷凝水回收利用

间接加热的蒸汽都是高质量的冷凝水,收集之后可充分利用其热能和水。冷凝水的温度往往高于100℃,本企业采用集中收集,冷凝水通过导管进入地下的水罐,再采用PLC控制自动加水,将水温调节为70~90℃,再将水泵送到位于高处的高温水罐,回用于水洗和染色。由此,冷凝水带出的蒸汽,以及自身的高温热能便可得到高效回收。

3.3 空气能热泵

热泵的工作原理类似于空调,即通过介质的相变,用较少的电能将环境中的大量低位能源转换出来,通常1份电能可以转换3~7份热能,也就是能源效率(COP)通常可达3~7倍,因此可提高能源效率,降低能源成本。

本公司在漂白、染色车间安装了空气能热泵,可对染色车间进行降温、除湿,同时产生热水,供生产使用。漂白车间和染色车间湿度较大、温度较高,工作环境比较恶劣,使用空气能热泵吸收空气的热能和湿气中气态水的潜热能量后加热水。湿空气中的水凝结成液体水排出,由此降低车间的湿度。空气能热泵可以在改善车间工作环境的同时,高效率、低成本地生产热水,回用于车间染色、水洗过程。一般空气能热泵生产50~60℃热水时,能效可达3.0~3.5,如果利用谷电,能源成本更低,约0.08元/kWh,远低于蒸汽加热的成本(约0.41元/kWh,各地蒸汽价格略有差异)。

3.4 蓄冷用于空调等

利用地下水池做蓄冷池,投资大功率的螺杆压缩机的制冷设备,利用谷电制冷,制得的冷水储存于水池,需要使用时,可以用循环泵将冷水在车间、办公楼和蓄冷水池之间循环,用于车间岗位的降温和设备工艺的降温,以及办公室降温,以代替电空调。本公司实际使用后效果良好,可以降低2/3的空调费用。通过选择低价的谷电,错时用电,替代峰电和平电时段的办公空调用电,螺杆压缩机热效率(COP)高达7左右,而空调COP只有3~5倍,热效率和成本都大幅度下降。

3.5 以废水为热源的水源热泵

采用水源热泵^[4]也是节能的好办法。高温溢流染色机的废水温度较高,夏季可达60℃左右,废水温度过高,不宜直接生化降解,需要降温。利用水源热泵提取废水中无成本热能,转换为高质量的70~80℃的热水,既可使废水降温,又能为生产提供低成本热水。由于废水的污染物较多,不能直接接入热泵,需要采用换热器交换出热能,再用于热泵蒸发端。水源热泵的COP可以达到3~4倍。

3.6 热水中心和冷源中心

印染厂热水消耗较多,尤其是前处理车间和染色车间,将这两个车间邻近安置,可以集中供应热水,通过计算耗用的总的水、温水,各种产水、热能回收能力,再合理利用谷电、太阳能发电等低成本电能,将各类设备按其成本安排用电顺序,利用PLC自动控制运行,不足的部分再用蒸汽加热补充,可以大大降低用能成本。

热泵的原理类似于空调机,都是卡诺循环的应用。热泵在制热时利用的是媒介质冷凝释放的热量,卡诺循环的压缩端,需要吸收热量完成媒介气化过程,气化端可以用来制冷水或降低空气温度,合理利用两端,可实现一端产热水,用于生产,另一端产冷水,用于水空调。但这涉及压缩机机型的选择和冷媒的选择,用冷、用热的平衡等,技术性较强,需要专业人士的帮助。

投资节能是一项有利于企业、有利于社会的工作,通常合理设计的节能改造项目1~2a即可收回投资成本,低投入高回报,同时符合低碳环保和可持

续发展目标。

4 能源管理

4.1 自动计量

能源管理^[5]过程中,对计量的投入是必不可少的,希望能够选择准确的计量器具,通过电子信号输出,自动收集和整理能源耗用情况,并集中研究能耗大户的节能机会,即企业内能源耗用排前5位的设备^[6],找到几个节能改造项目逐步实施,如果效果明显再推广到同类设备,若能长期坚持,循序渐进,便可积累经验,锻炼工程师队伍,持续帮助企业降低用能成本。

4.2 在线分析与负反馈控制

重点机台的能源数据可以与产品结合起来进行分析,企业应逐步建立主要产品的生产节能模型,利用PLC的自动控制功能,实际工艺优化。

4.3 绩效考核与全员参与

节能工作必须依靠大众,需通过培训,使员工掌握能源知识和节能操作技巧。节能就是节约成本,染整工厂是用能大户,潜力巨大,如果能让员工能从节能中分享收益,节能工作的成效应该会更加显著。

通常可以设定较为宽松的节能目标,并将节能效益的10%~20%用于奖励相关人员,用于调动员工的积极性,鼓励员工主动参与节能工作。另外,公司还应鼓励全员参与节能活动,养成随手关灯,随手关电脑屏幕,下班关电器,制定全年节能目标奖等方法,让全员受益。因此,扣除投资折旧、奖励费用等,

公司仍可以获得大部分收益,同时还能保障全员参与的积极性,可形成良性循环,不断提升绿色环保绩效。

5 结语

印染厂节能减排措施很多,应专注于工艺、技术、设备和管理各细节部分的节能,人人参与,以实现印染厂的可持续发展,为实现国家双碳目标尽力。

基金项目:

- 1.安徽省高校自然科学研究重点项目(2023AH051454);
- 2.安徽省高校科学研究重点项目(2022AH052041);
- 3.2021年省级质量工程提质培优行动计划专项项目(2021xjtz111)。

参 考 文 献

- [1] 张高山,赵永博.印染厂空气动力设备节能应用分析[C]//浙江省印染行业协会.2018浙江正洁杯环保节能与印染新技术交流会论文集.杭州:36-41.
- [2] 黄彦,杨春宇,段然.LED照明新技术发展中标准光源应用的要求[J].灯与照,2016,(2):27-29.
- [3] 李睿芝,郝慧歆,张连山.太阳能直接吸收式印染废水余热回收系统[J].河北农机,2021(2):45-46.
- [4] 李琪,武潇.关于热泵系统回收印染厂废水余热用于供暖的设计与分析[J].大科技,2017(5):229-231.
- [5] 刘城,姚志威,欧阳文涛.印染行业综合能源计量管理系统的构建[J].化工自动化及仪表,2019(7):562-564.
- [6] 余红霞,李瑞阳,张智良,等.印染工艺流程中蒸发机节能潜力分析[J].能源工程,2017(1):74-78.

欢迎踊跃投稿 欢迎批评建议

欢迎长期订阅 欢迎刊登广告

<https://gfzb.cbpt.cnki.net>