



# 纺织业加热电气化

针对中国、日本和台湾地区的技术经济分析

(中文执行摘要)



Ali Hasanbeigi, PhD  
Global Efficiency Intelligence

Jibran Zuberi, PhD  
劳伦斯伯克利国家实验室

2022 年 12 月

[完整研究报告可通过此链接下载。](#)

### 免责声明

Global Efficiency Intelligence 有限责任公司在本出版物中提供的信息仅供参考。尽管 Global Efficiency Intelligence 有限责任公司已非常谨慎地确保其所收集和提供的信息的准确性，但并不对这些信息做任何明示或暗示的担保。本出版物中包含的所有估值都反映了 Global Efficiency Intelligence 有限责任公司基于可用数据和信息所得出的当前分析结果和预期。本报告以商品名称、商标、制造商或以其他方式提及的任何特定商品、工艺或服务，并不构成或暗示 Global Efficiency Intelligence 有限责任公司对该商品、工艺或服务的认可、推荐或支持。

本文档可被自由引用或转载，但需注明出处。

推荐引用注释：Hasanbeigi, A., Zuberi, J. 2022。纺织业加热电气化。Global Efficiency Intelligence。美国，佛罗里达州。

<https://www.globalefficiencyintel.com>

<https://www.textilesustainability.com>

## 执行摘要

纺织和服装行业目前约占全球人为温室气体（GHG）排放量的 2%。近年来，由于发达国家和发展中国家需求的增加以及世界人口的增长，该领域排放增长迅速，若不能采取有效措施加以缓解，其对环境的影响也势必进一步加剧。出于这些原因，纺织和服装行业对识别和实施能够减少其碳排放和环境足迹的机会展现出了浓厚的兴趣。

与许多其他行业的情况相同，纺织业在降低碳足迹方面面临的一个主要挑战是其工业流程严重依赖热能——蒸汽和热水；在本报告研究的中国、日本和台湾地区经济体中，其热能需求通常占纺织业总能源需求的一半以上。在纺织厂中，热能通常以蒸汽的形式传递，而蒸汽则主要由使用化石燃料的燃烧锅炉产生，且大量的热能会在蒸汽的生产和输送过程中损失掉（大约 25%-30%）。

通过将热能生产中使用的低效且碳密集型的化石燃料工艺转变成使用低碳或零碳电力的更高效、清洁的电气化工艺，纺织和服装行业拥有巨大的脱碳潜力。基于对纺织工艺中不同热需求情况和市场上可满足这些加热需求的电气化技术的仔细调查，本报告确定并分析了四条能够降低纺织业二氧化碳足迹的独立电气化路径。我们对每一种技术路径在所研究的三个经济体中的节能减排潜力和成本进行了量化。

本报告中所分析的四条电气化技术路径分别是：

- 1) 工业热泵（仅适用于纺织湿加工行业）
- 2) 电蒸汽锅炉（适用于整个纺织业）
- 3) 电热油锅炉（适用于整个纺织业）
- 4) 电加工设备（仅适用于七道纺织品湿加工工艺）

我们的研究表明，所有四种电气化技术路径均可以大幅降低这三个经济体纺织业的年度最终能源需求总量。例如，通过在纺织湿加工厂中应用工业热泵（假设采用率为 100%），中国、日本和台湾地区的年度总技术节能潜力估值分别约为 270、7.0 和 7.3 拍焦耳（PJ）。这相当于这三个经济体中纺织业使用的总燃料的三分之一左右。年度最终能源需求的大幅下降是电气化加热系统能效的提升以及传统燃烧加热系统中能源损耗减少的结果。

电气化带来的二氧化碳排放影响在很大程度上取决于电气化工艺中使用的电力的碳强度。图 ES1 显示了四种电气化技术路径在 2050 年所能带来的二氧化碳减排量。例如，到 2050 年，中国纺织业 100% 采用电蒸汽锅炉或工业热泵的年度二氧化碳总减排潜力分别约为 29.8 和 24.9 兆吨（Mt）。这大约相当于 2021 年中国纺织业与燃料相关的年度二氧化碳排放总量的 59% 和 49%。

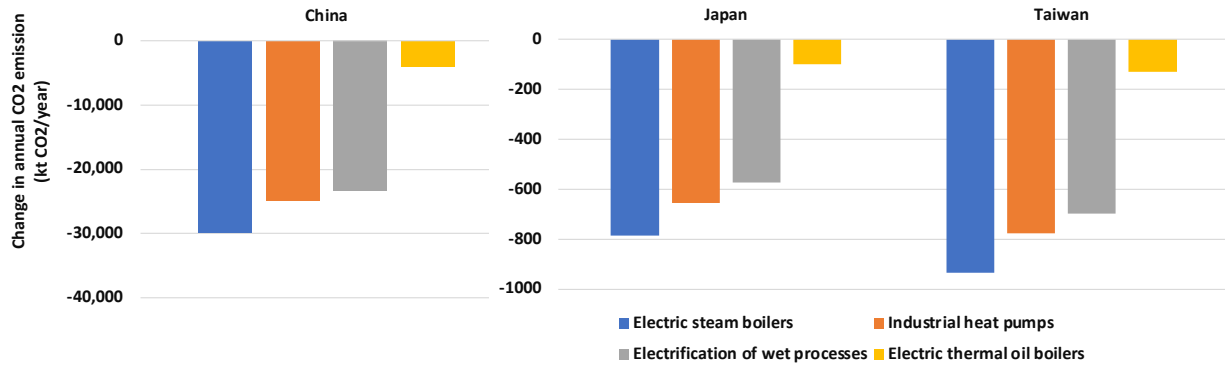


图 ES1. 2050 年纺织业电气化后的年度二氧化碳排放量变化  
 (注意：该图显示的是假设 100%采用工业热泵的技术潜力。负值表示年度二氧化碳排放量的减少)

如果使用来自国家电网的普通电力，只有通过工业热泵技术实现的纺织业电气化，才能在 2030 年减少所有三个经济体的二氧化碳排放量，其原因在于这种热泵能够大幅减少能源使用。在台湾地区和日本，湿加工工艺的电气化可以在 2030 年实现二氧化碳减排，但在中国却不行，这一差异反映了中国电网的碳强度比其他两个经济体更大。电蒸汽锅炉和电热油锅炉的电气化路径最初可能会导致所有三个经济体在 2030 年的年度二氧化碳排放量不降反升。这是因为这三个经济体在 2030 年的假设平均电网排放强度都很高，且由于电网的脱碳程度依然不高，尽管锅炉的电气化能够减少最终能源使用量，但仍不足以实现二氧化碳的减排。然而，随着电网的脱碳以及在 2050 年实现的碳中和，所有电气化技术路径预计都能在 2040 年和 2050 年大幅减少年度二氧化碳排放量。

我们对纺织业终端加工工艺电气化的分析表明，到 2050 年，大约 75%的二氧化碳减排潜力来自对三个工艺的电气化：烘干、染色和热定型（拉幅）（图 ES2）。大约一半的减排潜力来自烘干和热定型工艺的电气化。目前市场上已有用于这两种工艺的电气化加热设备，它们是纺织厂最终用途工艺电气化的不错选择。

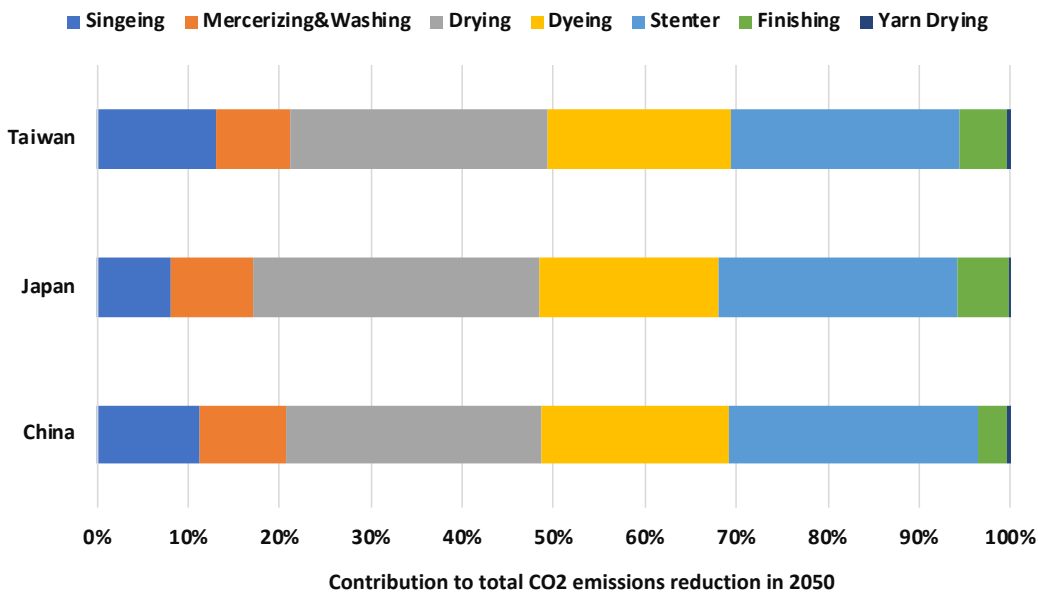


图 ES2. 每种纺织湿加工工艺的电气化（在最终用途工艺电气化情形下）在 2050 年二氧化碳减排总量中的贡献

然而，应该指出的是，在实践中，电气化项目将发生在工厂层面。如果任一经济体的某家纺织厂现在就将其工艺加热需求电气化，并购买可再生能源（例如，通过电力购买协议 PPA）供应电气化后的工艺加热对电力的需求，则电气化带来的二氧化碳减排可立即实现。因此，我们在经济体层面的研究结果不应被理解为电气化应该等到电网完成脱碳后再进行，因为现在就开始电气化是绝对有益的。

我们的分析还评估了四种技术路径的电气化成本；这些成本计算仅关注能源成本，并不包括与购买新设备相关的资金成本。仅就工业热泵而言，到 2030 年，电气化系统的每单位产量的能源成本将低于传统系统。这一结果再次反映了热泵与传统系统相比能够显著降低能耗。对于其他三种电气化技术路径，在短期内，电气化工艺的每单位产量的能源成本将高于传统工艺。但不管是采用何种路径，电气化工艺在 2050 年的能源成本都将低于传统系统。在最佳情况下，可再生能源的价格可能会比我们设想的下降地更快，并且/或者化石燃料的价格可能会大幅上涨，这将加速加热电气化的进程。

值得注意的是，能源成本仅占纺织业总生产成本的一小部分（5%-15%）。电气化导致的每单位产量能源成本的适度增加对最终纺织品和服装产品的价格影响很小。

我们还提供了一些重要的建议，供纺织业、政策制定者和其他实体或个人参考，以扩大纺织和服装行业的电气化程度并加速二氧化碳减排的进程。

### 1. 增加可再生能源发电量

本报告所研究的三个经济体和世界其他地区，应优先考虑提高可再生能源的发电能力和加速电网的去碳化，从而使二氧化碳减排与纺织品制造商和服装品牌采取的电气化举措同步进行。为实现这一目标，各国政府应考虑采取能够降低可再生能源成本的财政激励措施，并征收旨在增加化石燃料成本的碳税。为取得成功，各国政府还必须制定一套连贯的电力行业发展战略，此战略应关注众多行业和终端消费市场 for 可再生能源可能会快速增长的需求和争夺，以及随之而来的对额外可再生能源发电、额外储能和需量响应计划的需求。增加可再生能源发电量的战略应奖励在工业场所以及中央电网发展分布式可再生能源发电的行为。

各服装品牌可以与其在中国、日本和台湾地区的纺织品供应商合作，增加对外围可再生能源发电项目的投资，并/或通过行业团体与政府和电力公司合作，传达自身电气化项目对清洁电力的需求。

### 2. 加强电网建设，实现电网现代化

随着可再生能源发电量的增加，确保这些额外的可再生资源能够连接到输配电系统是至关重要的。这将需要升级电网，以应对整体增加的清洁电量以及分布式可再生能源发电的需求。电网强化措施中还应包括韧性措施，以保护电网免受恶劣天气的威胁。

### 3. 促进电气化技术在纺织行业中的发展和应用

各国政府和公用事业部门应采取措施，通过税收优惠、降低许可成本和对转用电力技术的行为提供补贴来推广本报告中介绍的各项电气化路径。应根据每个经济体的情况，以激励电气化发展为宗旨设立公用事业收费标准。各服装品牌也可以为其在中国、日本和台湾地区的纺织品供应商提供经济奖励，以鼓励纺织厂推进工艺加热的电气化。

### 4. 推广试点示范工程

各纺织品牌和制造商在与各利益相关方合作时，应优先考虑进一步开发、示范和推广本报告中介绍的四种电气化路径，并应首先关注减排潜力最大、最直接的路径——即热泵、烘干和热定型设备。各国政府、公用事业部门、各品牌和金融机构应该为试点和示范工程提供补助和其他奖励措施，以鼓励纺织行业尽快开启电气化进程，并分享展示相关成功经验。

### 5. 制作和发布宣传材料

许多纺织行业工程师、工厂管理人员、服装品牌、金融机构和其他重要的利益相关方都没有意识到本报告中介绍的电气化路径在减少纺织和服装行业碳排放方面的潜力。针对这些利益相关方的宣传材料可以在改善政策和投资决策方面发挥重要作用，从而实现真正的二氧化碳减排。

### 6. 劳动力培养

尽管已经完全商业化，但由于这些技术相对较新，纺织业中能够熟练安装或操作这些设备，或能在出现问题时进行故障排除的人员还很少。为了能够成功地在短期和长期内提高纺织和服装行业对电气化的依赖程度以减少其碳足迹，对从业人员进行安装、操作和维护以及其他关键技术的培训是至关重要的。

[完整研究报告可通过此链接下载。](#)