

卫生纸热风穿透干燥技术真的能耗更高吗？

卫生纸机的能耗问题是一个经常会引起争论的话题，尤其是在欧洲和北美的纸机工程师之间。一般情况下，人们对于操作任何给定纸机的策略和最佳方法都比较容易达成共识，但是对生产工艺和产品设计上的战略性问题却有较大分歧。

北美地区人们对大部分先进的卫生纸生产工艺在能源成本和碳足迹方面颇有微词，但北美消费者似乎更加关注高档卫生纸的品质。

TAD（热风穿透干燥技术）是当前主流的先进卫生纸生产技术，但这种技术会增加单位产品能耗。针对这一问题，同样基于结构化纸页成形工艺，可以降低能耗的更新型的卫生纸生产技术应运而生，如 ATMOS、NTT、eTAD 和 QRT 技术。

卫生纸机的吨纸能源成本

图 1 为全球不同地区卫生纸机的平均吨纸（FMT）能源成本（图中，柱状图的宽度表示各地区的相对产量，这种相对产量在大多数的商业决策中一般都会用到，但无法给出不同地区间能源效率的差异）。

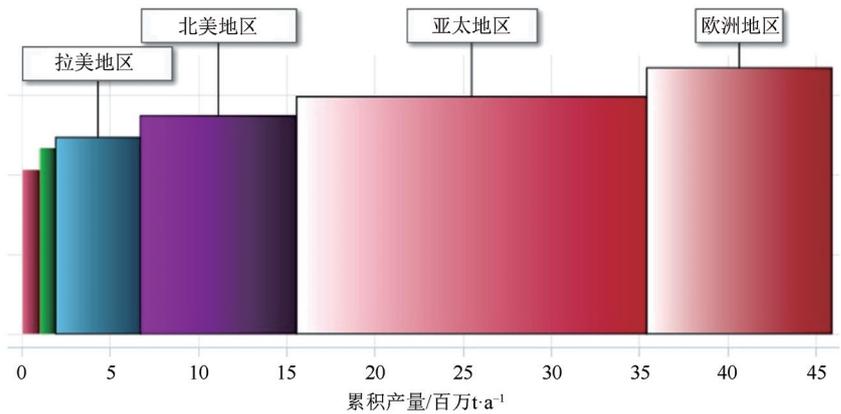


图 1 全球不同地区卫生纸纸机的吨纸能源成本

北美地区天然气资源丰富，且价格便宜，因此该地区纸机的能源效益似乎高于预期，这或许是 TAD 在北美比较受欢迎的主要原因。

卫生纸机的吨纸能耗

通过 FisherSolve™ 数据库数据，可以将这些问题拆分进行分析，通过该数据库可以去除当地价格因素的影响，从而更直观地对比纸机配置和产品设计。图 2 为不同地区卫生纸机的平均吨纸能耗对比。大多数地区吨纸电耗约为 4 GJ，但北美地区达到了 5 GJ；热能的差异更为显著，欧洲地区平均吨纸热耗 11.4 GJ，而北美地区约为 16 GJ。

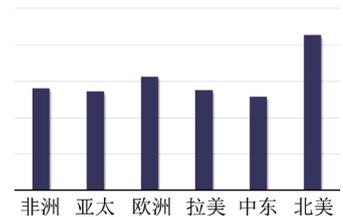


图 2 不同地区卫生纸机的吨纸能耗

有文献（Papermaking Part 2, Drying p22. Papermaking Science and Technology 2nd Ed, 2009 Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy）表明，一台运行良好的现代卫生纸机的吨纸能耗应该在 10.44 ~ 12.60 GJ。

实际生产中，世界上大多数国家纸机的耗能水平都高于这一数值，而北美地区纸机的耗能水平甚

本文节选自《Fisher International》2018 年第 8 期。作者：Bruce Janda，编译：石瑜。



至是这一数值的两倍左右。

当然，消费者不会成吨地购买和使用卫生纸，这就使问题更加复杂。由于不同地区之间甚至同一地区内的电力和燃料成本存在一定差异，所以，单位产品的成本对理解纸机或产品设计的意义不大。纸浆成本的差异取决于浆厂位置、浆种类型和工厂的一体化程度，这也会影响不同纤维成本下，不同产品和不同运行工艺间的耗能对比。

北美地区的卫生纸生产

北美地区近 40% 的卫生纸产品使用了这种先进的结构化工艺。TAD 仍然是一种主流的先进技术。并且我们知道，不用或有限的机械脱水所增加的干燥负荷会增加能源消耗，进而增加能源成本。在 TAD 之前进行真空脱水的耗电量是传统压榨脱水的数倍。TAD 需要的热风风机是另一个主要耗能部分。根据本地的能源价格，TAD 耗电增加的成本甚至可能比 TAD 的燃气成本还高。

其他可供选择的先进技术，如 ATMOS、NTT、eTAD 和 QRT 也是通过避免过多的直接压榨以保证纸页的松厚度。在多数情况下，这会使干燥部脱水负荷变得更高。这些工艺同样是在纸页上形成三维结构，而这会影响扬克烘缸与纸页的接触效果和干燥速率。此外，北美地区这种类型的生活用纸产品数量的增长，会影响北美及其他地区卫生纸机能耗对比的准确性。

图 3 数据显示，北美地区所有

消费级或零售级卫生纸生产技术的平均电耗略高。与大多数商用级产品或者非家用级产品相比，消费级产品为达到更高的柔软度，会将纸

页干燥到更大的干度以得到更好的起皱效果，这是预料之中的。特种生活用纸产品干燥热能消耗较低，主要是由于起皱率低或无起皱，加上车速也较低，所以总体能耗较低。

图 4 和图 5 比较了北美地区不同种类生活用纸产品的吨纸能耗。选择消费级的卫生纸产品是因为它是最常见的一类卫生纸产品，而且传统的和先进的生产工艺都积累有大量的数据。

图 4 是先进的结构化卫生纸生产技术的能耗对比。由图可知，每种类型卫生纸产品能耗都较高。图 5 是采用传统湿压榨技术生产卫生纸的能耗对比。由图 5 可知，正如预期的那样，吨纸产品电能和热能消耗更低。需要说明的是，图 4 与图 5 中纵坐标的刻度是相同的，因此可以直接进行可视化对比。这也证实了最初的争论点，即至少从吨纸能耗的角度来看，先进的卫生纸机是耗能大户。

以箱计的卫生纸生产成本

由前述分析可知，采用先进的卫生纸生产技术生产的消费级或零售级卫生纸的吨纸能耗显著高于同类型的传统卫生纸机。但这并不是问题的全部！事实上，人们购买和使用的卫生纸并不是按吨计的，而是按箱计的。

以往仅是对比吨纸能耗的办法是无法确定消费者使用的以箱计的卫生纸的单箱能耗的，鉴于此，FisherSolve 提供了一个更好的方法来对比卫生纸生产工艺的能耗问题。成品卫生纸都是以箱进行包装

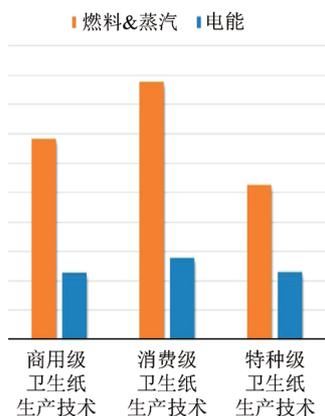


图 3 北美地区卫生纸机生产不同产品的能耗对比

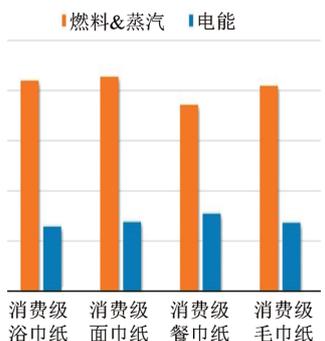


图 4 北美地区高级卫生纸机能耗对比

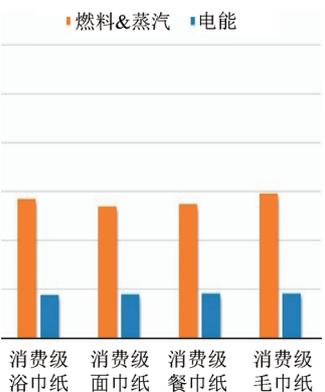


图 5 北美地区传统卫生纸机能耗对比

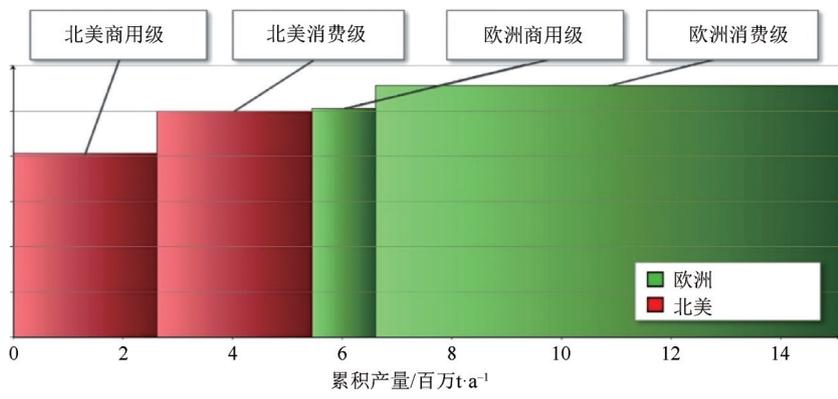


图6 采用传统生产技术生产的卫生纸现金成本

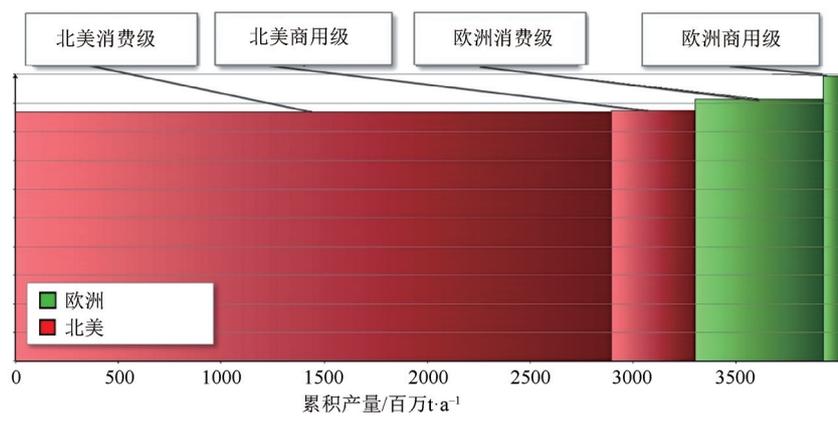


图7 采用先进的结构化技术生产的卫生纸以箱计的现金成本

和运输的，因此对每箱成本进行统计分析能够通过调整成品定量来反映高档的结构化卫生纸的高松厚度和典型的低定量的特点。

图6为北美和欧洲地区采用传统湿压榨技术生产的卫生纸（商用级和消费级）的现金成本对比。北美地区能源成本和纤维成本较低，所以比欧洲地区更具成本优势。

图7显示了采用先进的结构化技术生产的卫生纸以箱计的现金成本，从图中可以看出，无论是欧洲还是北美地区，采用先进的结构化技术生产的高档卫生纸，其每箱的现金成本均比图6所示的所有采用传统技术生产的卫生纸品种的成本

低，这说明，采用先进技术生产的高档卫生纸在这两种成本环境中均具有优势。便利店货架统计结果也表明，先进的卫生纸生产技术生产的产品定价更高，而北美地区这种现象更明显。

这可能是这些地区的市场文化和产品设计差异导致的，这就是为什么我们如此关注先进的卫生纸生产技术，尽管这种技术从表面上看会让人感觉吨纸能耗更高。每种产品的规格和用途都不同，而文化差异使得不同地区的市场也不同。因此，对这类先进的卫生纸生产技术进行分析时应结合具体情况，而不是单纯地仅仅去对比吨纸能耗。

虽然 TAD 技术在卫生纸生产过程中的吨纸能耗更高，但换算成单张纸的能耗，或者按照消费者根据产品类型而做出的具体使用情况进行对比的话，能耗可能还会相对低一些。浆料成本决定了整体的经济效益，而节省的纤维可以用来生产传统的皱纹卫生纸，从而提高企业的销售业绩。

未来的研究方向

(1)为了简单起见，本文采用了区域平均数据。然而，实际执行过程中，每个特定区域、设备设计以及产品配置都必须考虑在内，以便为最终产品做出最好的决策。FisherSolve 平台为探寻最佳决策的细节提供了一个有力的工具。

(2) 这个问题不是三言两语就能说清楚的，TAD 技术提供了可供先进的卫生纸生产工艺所用的大量数据。ATMOS、NTT、eTAD 和 QRT 技术的能源效率就一定比 TAD 技术更高吗？以我们对 TAD 技术的了解来看，结构化卫生纸产品生产技术减少了卫生纸与扬克烘缸的接触，降低了纸机总的干燥效率，但是非 TAD 的高级结构化卫生纸生产工艺的能源效率是多少呢？

(3) 直接比较方法，是对不同地区和国家间相似类型产品和卫生纸生产工艺的吨纸能耗和每箱能耗进行直接对比，但这很容易让人认为，低能源成本地区的能源使用效率要低于高能源成本地区。那么是否能够量化每个地区卫生纸生产过程的能源效率呢？这个问题今后更加值得关注。❖