



前言	2
1 输送机能耗的基础知识	3
2 低摩擦系数的输送带	5
3 实验室动态测量摩擦测试	8
4 现场测试低摩擦系数输送带	10
5 节能带收益率ROI	12
6 结论	13

## 前言

在欧洲机场运营商理事会(ACI Europe)的倡议下，全球机场碳认证计划(ACAP)于2009年启动。其目标是减少机场的碳排放。到目前为止，这个项目还没有反映出行李处理系统的能耗。然而这种设备可以大大减少机场的碳足迹。

除了ACAP考虑的因素外，本文还将研究行李处理系统中使用的带式输送机的能耗，并分析所涉及组件的改进潜力。最大的效率提升空间在于输送带与托板之间的摩擦系数。在实验室和机场设备上的测试证明，使用低摩擦系数的输送带可以在整个输送机中节省40%以上的能源。因此这种方法能有效地帮助机场运营商达到可持续发展目标。

ROI（投资收益率）计算表明，适当的输送带成本增加完全能由节省的能源成本补偿，并能持久获得收益。

使用节能输送带还能带来连锁效应，如更长的输送带寿命和更长的输送机，在动力输出相同的情况下，也可以降低机器的整体成本。

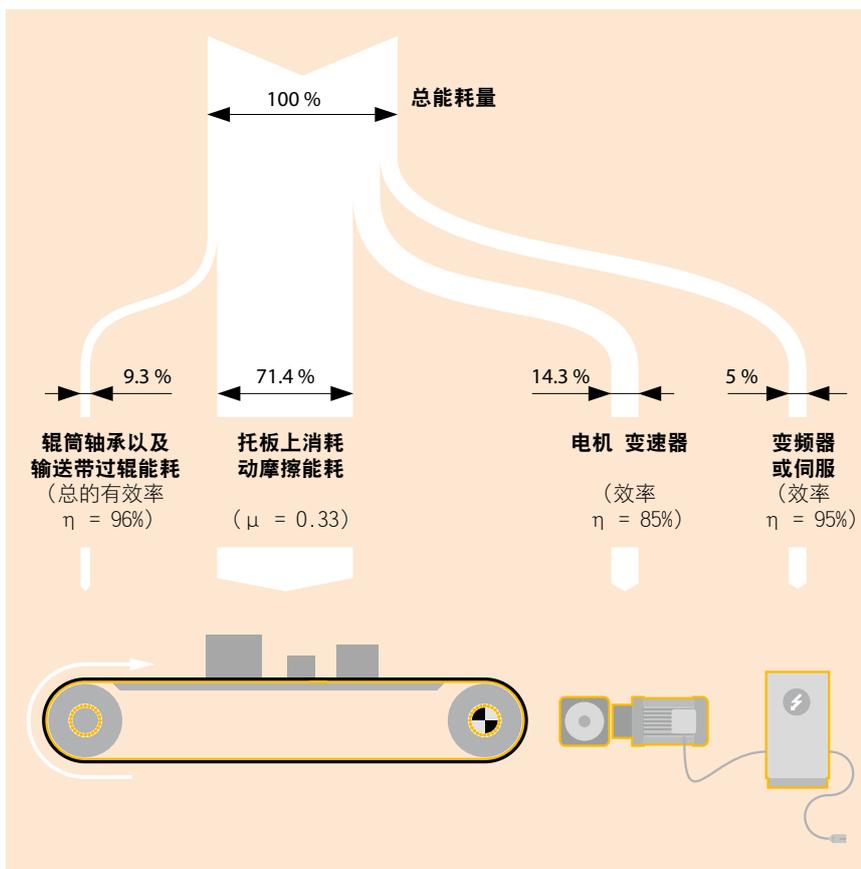
Whitepaper  
节能  
行李处理系统 · 10/24

修改、复制或引用  
- 只有在我们允许的情况下。  
可能会有变化。

Forbo Siegling GmbH  
Lilienthalstrasse 6/8 · D-30179 Hannover  
Phone +49 511 6704 0  
www.forbo-siegling.com, siegling@forbo.com

## 1 输送机能耗基础知识

所有带式输送机的总能耗取决于诸多因素。所有机械和电气部件的质量、设计和状态对总能耗起着关键作用。通常是托板和输送带底部之间的动摩擦损耗占据了大部分的能量需求。



典型带式输送机各部件的能耗和能量配置如下：

标准带型：	E 8/2 U0/V5H
输送机长度：	10m
输送带宽度：	1000mm
载重：	50kg/m
驱动辊筒功率：	1.82kW
消耗电量（输入端）：	2.3kW

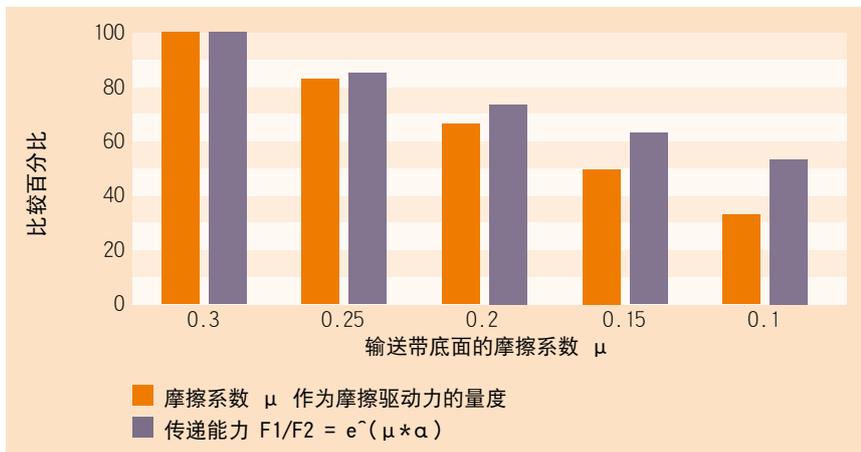
### 辊筒轴承以及输送带过辊能耗

基本输送机配置情况下，这部分总体能量需求低于10%，改进的空间非常有限。输送带是造成能量消耗的首要原因。通常输送机辊筒中使用的滚珠或滚球轴承已经因其非常低的滚动阻力，这部分的效率已经很高了。理论上，通过使用高效的节能输送带可以减少通过输送带的动摩擦能耗损失，但普通输送带又不那么结实耐用。

## 托板上消耗的滑动摩擦能耗

托板上的摩擦驱动功率由载荷和输送带底面与托板之间的摩擦系数决定。通过改善输送带底面摩擦性能，可以显著降低摩擦系数和整体驱动功率。因此，无需对输送机进行任何更改即可实现巨大的节能潜力。

通过降低摩擦系数，如果输送带通过底面驱动并且预张紧力恒定，则有效拉力 $F_d$ 也可以降低。在常规的预张紧水平下，AmpMiser输送带仍然可以为驱动辊筒提供足够的握持力，以避免输送带和辊筒之间的相对滑动。



辊筒的传输能力取决于输送带底部的摩擦系数  
辊筒的驱动能力保持可靠。

降低托板摩擦性能，节能潜力应始终在物理设定的范围内进行评估。这尤其适用于：

- 低负荷、低载量或长时间闲置的输送机
- 辊筒支撑的输送带
- 倾斜输送
- 特殊的短距加速或减速，如称重工段

## 电机，变速器和变频器

典型的驱动电机的效率  $\eta$  最大可达50-90%，齿轮60-90%，变频器90-96%。除了良好的设备维护和组件的质量外，良好的机械设计对提高输送机效率也至关重要。由于能量损失低于20%，在这种情况下，能耗优化潜力不是特别大，只能通过优化输送机能耗使用率来实现。

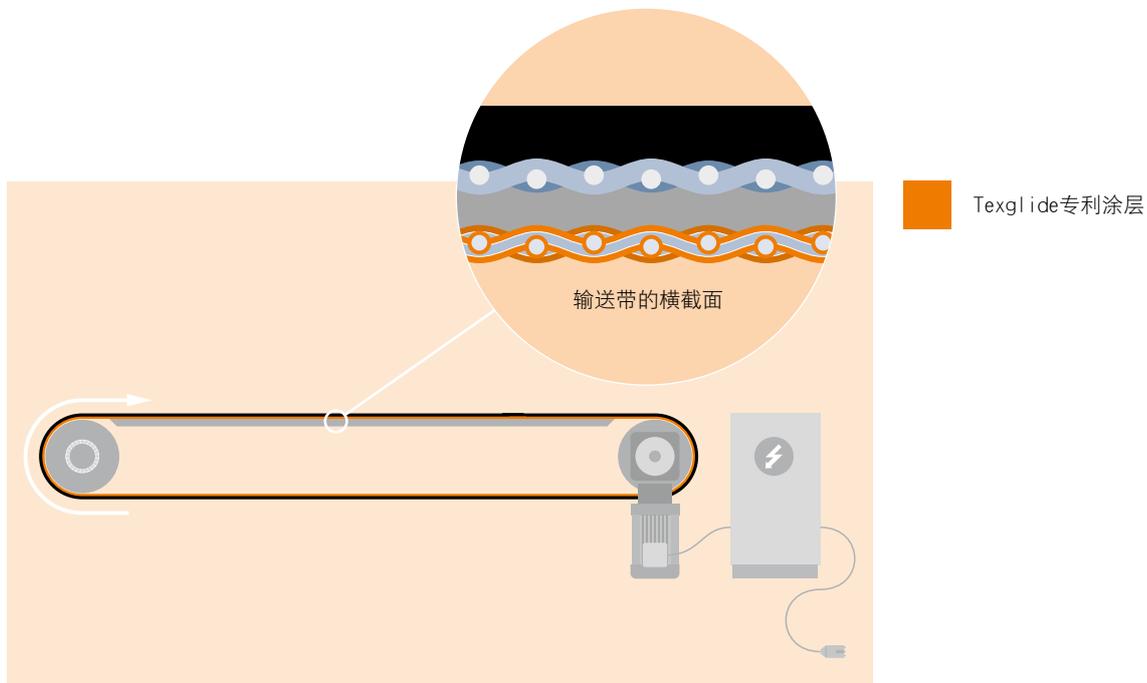
## 2 具有较低摩擦系数的输送带

福尔波西格林的研发团队长期以来一直致力于开发最优质的输送带，以减少与托板材料间的摩擦系数，从而最大限度地减少输送机的能耗和碳排放。

得益于AmpMiser输送带，福尔波西格林目前拥有一系列满足可持续发展目标的输送带：

- 在输送带的整个生命周期内，摩擦系数持续较低
- 适用于标准托板材料，钢，镀锌钢和木制
- 显著的节能效果
- 对化学物质(如煤油或蒸汽)具有特殊的耐受性
- 使用寿命更长

由于在底面织物中添加了专利的Texglide涂层，AmpMiser输送带底面有一个润滑涂层，输送带运转时一直起到干燥润滑剂的作用，因此可以最大限度地减少主驱动辊上的驱动力，进而极大的降低了能量需求。

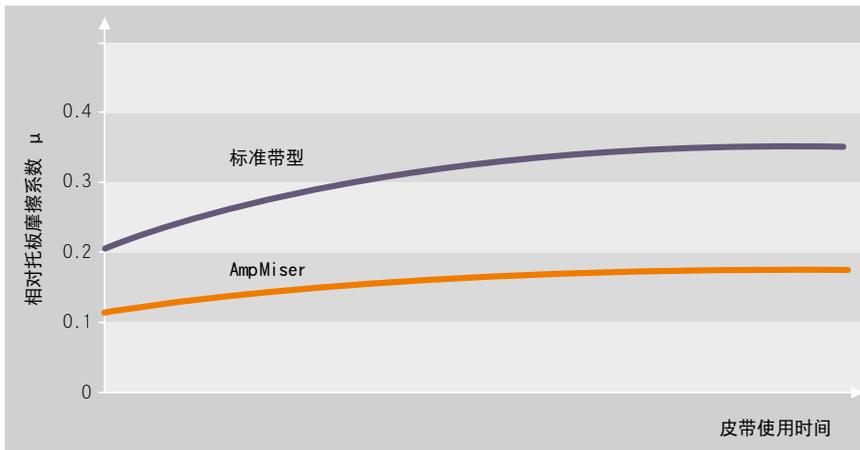


# 节能 行李处理系统

如果使用AmpMiser输送带，可预期在以下情况下节省大量能源：

- 在长距离输送机上
- 较重负载的工况(见下图)
- 速度快且恒定拉力的工况
- 水平输送，稳定负载工况

这就是为什么AmpMiser输送带的优势所在，有连续输送和需要大量输送带的情况下节能效果明显，例如在机场行李系统，物流运输或分拣中心。



输送带使用期间，摩擦系数  $\mu$  的变化曲线 (原理图)

## 使用方如何获得收益

仅直接更换为节能带。与标准输送带相比，AmpMiser输送带就可以在较长输送机 and 重负载工况带来实实在在的好处，且不需要改变输送机：

- 节能高达45%
- 速度更快的输送带可以提高输送量
- 可提高单位输送重

通过我们在线网站[www.ampmiser.com](http://www.ampmiser.com) 计算你的节能潜力。



在线计算你的节能潜力

## 设备制造商如何获利

由于所需的驱动可以更小，设计可以得到优化。设备制造商可以以较低的系统成本中获益。使用AmpMiser输送带可将托板摩擦系数减少50%，输送机的设计变化如下：

- 可以使用较小的电机，但输送带保持相同的长度
- 更长的输送带，但电机功率要求相同；  
使用一条长输送带代替两条短输送带意味着电机数量的减少
- 负载增大，但驱动功率不变

## 专利和认证

在美国，欧盟以及很多工业国家，AmpMiser 带型是受到专利保护的。

德国第三方检测机构莱茵认证 TÜV 测试并认证了AmpMiser 一系列输送带型的这些性能。在线计算器[www.ampmiser.com](http://www.ampmiser.com)的准确性、绝对二氧化碳节约量和节约潜力均得到了确认和认证。

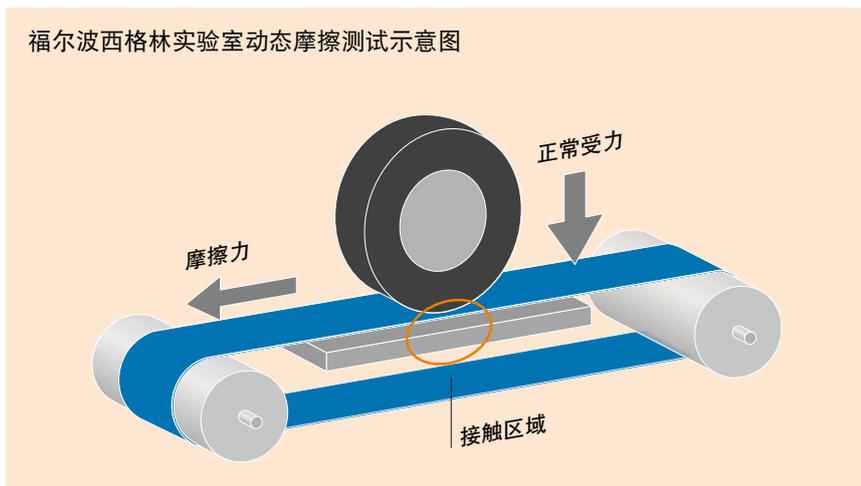


### 3 动态摩擦测试装置

在物理实验室进行的动态摩擦试验研究了输送带底面与托板之间的摩擦性能。

#### 3.1 测试装置

环带以恒定的重量80kg拉力张紧，并以0.5m/s的恒定速度驱动。以40kg的负荷，通过旋转轮胎模拟输送机负载运行，垂直方向施加压力在输送带上。由于输送带和托板之间产生的摩擦力，托板材料附着在可移动的直线小车上，并压紧固定的称重传感器，使输送带运转起来。这种摩擦力至少记录300小时。在托板材料下方的接触区域安装了热电偶，记录和监测接触面的温度。接触面积尺寸约为4x7 cm (28cm<sup>2</sup>)。



#### 测试参数

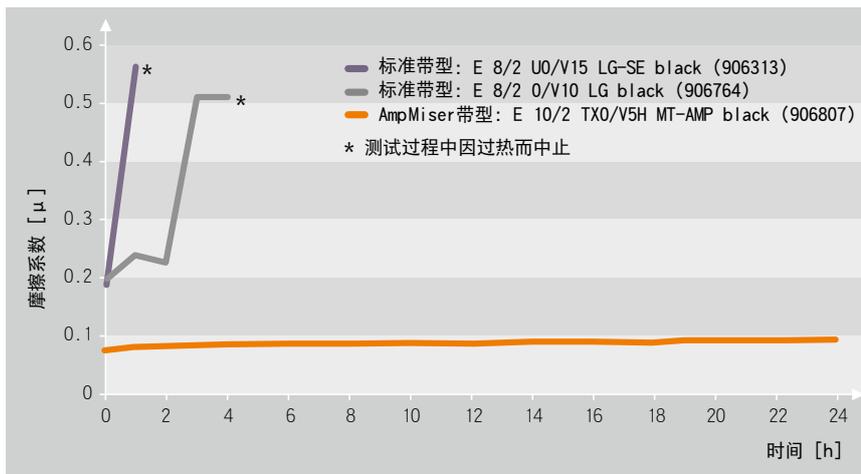
输送带尺寸:	3000 x 100mm
运行速度:	0.5m/s
负载:	40kg
输送带张紧力:	80kg
测试周期:	最小 300 小时
托板材料:	钢或者镀锌板
表面压力:	4 x 7 cm = 28cm <sup>2</sup> △ 1.43kg/cm <sup>2</sup>

该测试的参数选择是为了使接触区域的温度不会太高。在增加的表面压力水平下运行测试缩短了所需的测试时间。



### 3.2 M测试结果

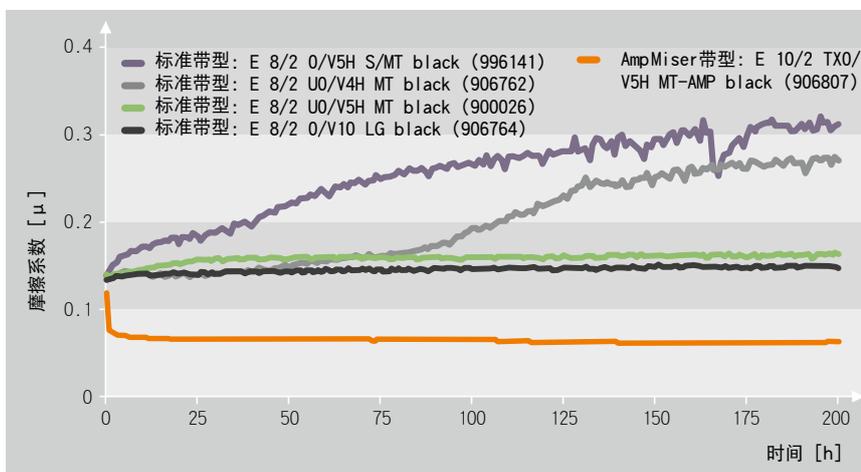
如图所示的试验台上测量了各种带型的摩擦系数。



#### 测试镀锌托板上的摩擦系数

与标准带型相比AmpMiser 带型的测试时常超过了24小时。

输送速度: 2m/s  
 在辊筒上的预张紧力: 800N  
 正常张紧力: 400N  
 输送带尺寸: 3000mm x 100mm



#### 测试在三聚氰胺胶合托板上的摩擦系数与标准输送带的比较

AmpMiser 带型测试时常超过了200小时, 且摩擦系数仍然稳定

输送速度: 0.6m/s  
 在辊筒上的预张紧力: 800N  
 正常张紧力: 400N  
 输送带尺寸: 3000mm x 100mm

根据测试参数得到结论: 与标准输送带相比, AmpMiser输送带可使摩擦功率降低50%以上。

## 4 使用低摩擦节能带在现场进行测量

为了验证实验室的动态摩擦测量，福尔波西格林(Forbo Siegling)早在2012年就开始测试机场行李系统输送带的功率。对行李输送带有功功率进行了长时间的记录和分析。

### 4.1 测试计划

在与业主商议测试节能方案达成一致后，我们决定在持续高负载工段下测试行李处理系统使用AmpMiser 带型（大部分都是负载输送）的节能效果。在一条输送线上两个相同的输送机工段，一条AmpMiser输送带，另一条为普通输送带，同时测量两条输送带。在其他不变的情况下，至少每周测量一次。记录驱动功率，我们比较了两种装置的最大功率消耗阶段，而无需评估输送带上的平均负载。

可比较的测量结果证实了长期影响。这些输送带已经安装了好几年了，而且还在反复测试。

### 4.2 进行测试

三相电流的有功功率直接记录。这种类型的测量记录是有意义的，原因如下：

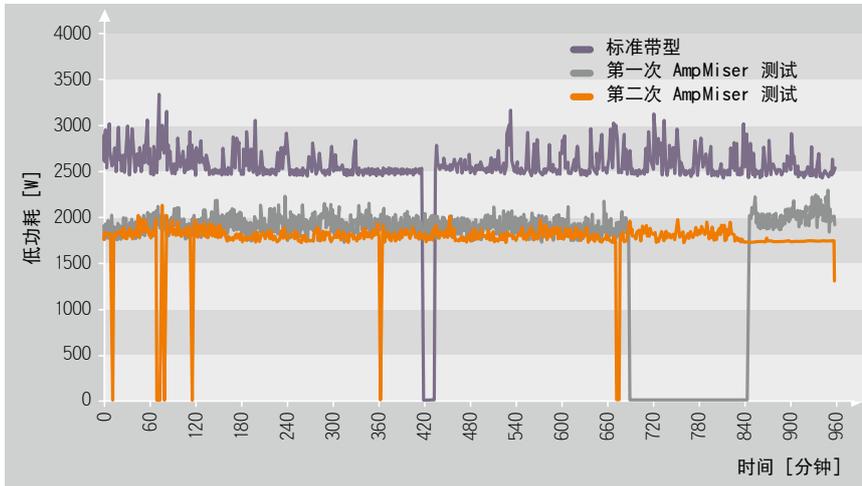
- 驱动器的损耗不影响测量结果
- 记录不对称电网负载
- 考虑电机的功率因数  $\cos \phi$ 。

因此，有功功率度量还包括齿轮电机和输送机挠度辊的机械损失，由于输送带张紧力也不变，因此在比较中假设两者不变。因此，有功功率的根本变化可直接归因于更换输送带后托板摩擦系数的不同。

### 4.3 测试结果

现场测试验证表明，在满负荷较长工作时间内，旧的标准带型和AmpMiser带型之间存在明显差异：负载功耗降低高达44%。

# 节能行李处理系统

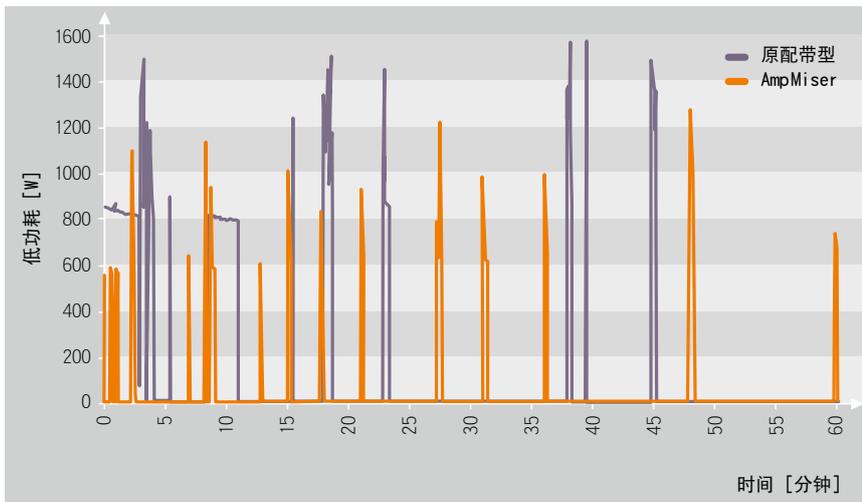


**节能带现场测试Yodel(英国)**  
标准输送带与E 10/2 TX0/V5H MT Black(906807)AmpMiser的比较

测试周期: 16 小时

**平均能耗**

标准带型:	2736 W
第一次测试节能带型:	1987 W
	节能 = 27.4%
第二次测试节能带型:	1794 W
	节能 = 34.0%

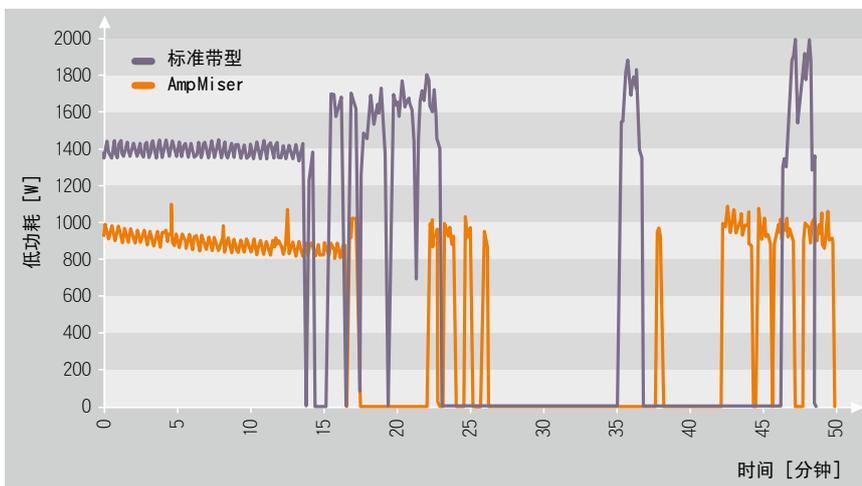


**节能带现场测试 马德里机场(西班牙)**  
标准输送带与E 10/2 TX0/V15 LG-SE-AMP Black(906673)AmpMiser带型的比较

测试周期: 大约1小时  
输送距离: 31.7m (倾斜输送机)

**平均能耗**

原输送带:	空载 820 W
	负载 1195 W
AmpMiser输送带:	空载 572 W
	负载 785 W
节能:	空载 30.2%
	负载 34.4%



**节能带现场测试 斯希波尔机(荷兰)**  
标准输送带与E 10/2 TX0/V15 LG-SE-AMP Black (906673)AmpMiser的比较

测试周期: 50 分钟

**平均能耗**

标准带型:	空载 1394 W
	负载 1684 W
AmpMiser带型:	空载 854 W
	负载 941 W
节能:	空载 39%
	负载 44%

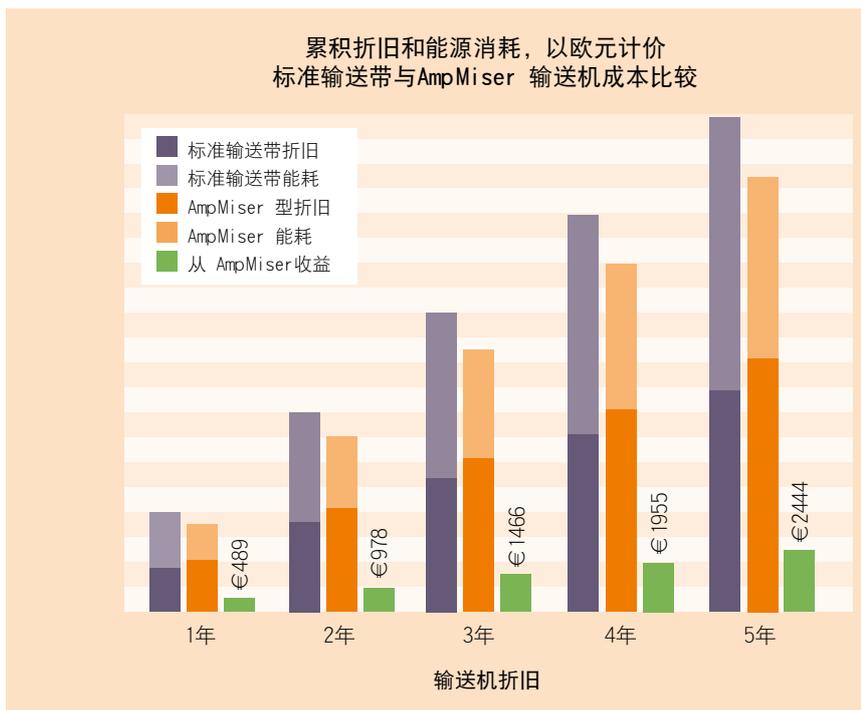
## 5 ROI（投资回报率）

当业主选择低摩擦的节能输送带时，他们经常会问节省了多少钱。虽然这些输送带的成本稍高，但较低的电费支出通常意味着省的更多。

我们使用以下变量来计算成本：

分担成本	计算条件	内容
电能成本	€0.22/kWh	2023年电价
满负荷运转周期	2000 小时	即约每工作天8小时，共250个工作日
输送带计算实例	€6,260 标准带型 €7,641 AmpMiser 带型	仅多22%的额外费用
输送带折旧期限	5 年	

输送机信息  
 输送机长度：20m  
 输送机宽度：1m  
 平均载荷：45kg/m  
 驱动效率：0.8



在输送带的折旧期内，示例输送机节省了2444欧元。此计算仅用于演示。福尔波西格林可以提供一個计算工具来计算您的收益。

## 6 结论

如果输送机组件设计良好，使用高效的电机，齿轮和变频器，并进行定期性维护，则输送机的能耗可以降低很小部分，且非常有限。只有使用高效的节能输送带，才能从源头上大幅降低能耗。

当具有较低摩擦系数的节能输送带与标准托板材料(如钢，镀锌钢和木材)运行时，可以实现最大的节能潜力。实验室测试和现场验证都证实了这种情况下的显著节能效果。当使用福尔波西格林 AmpMiser输送带时，摩擦系数可降低高达50%。如果输送机的载重量和驱动器的效率高(除了接近额定负载的高输送负载外，这还包括避免长时间的闲置时间)，这将使得所需能源减少40%以上。

经验和实例计算均表明，由于节省了能源成本，AmpMiser输送带的额外成本很快就会收回。在行李处理系统中，每条输送带的节省加起来相当可观。基于以上客观事实，节能输送带AmpMiser可给业主带来可持续的收益。

Siegling – total belting solutions



MOVEMENT SYSTEMS