

## 无限长度！突破性 FPC 新工艺将颠覆线束技术

Trackwise 首席执行官 Philip Johnston



图 1. Trackwise 公司 Tewkesbury 制造工厂的 PCB 化学工艺生产线。

柔性印刷电路（FPC）自 20 世纪初首次设想以来已经走过了漫长的道路。然而，直到最近，FPC 应用受到其相对较短的长度的限制，而只有少数公司能够制造长度超过几米的 FPC 应用。随着一种名为改进线束技术（IHT）的新 FPC 制造工艺的出现，所有的一切看起来都将发生变化。它由英国电子零件公司 Trackwise 获得专利，改变了 FPC 制造工艺的动态，为生产无限长度的多层 FPC 铺平了道路。

无人机项目普遍存在于许多领域，预计它将受益于这一突破性制造工艺所开辟的一系列新应用。

柔性 PC 占有数十亿美元的全球市场，但最初是由德国发明家和科学家 Albert Hanson 在 20 世纪初构思出来的，并在他的专利中描述为多层箔导体层压到绝缘板上。采用与刚性 PC 相同的方式，FPC 可通过减成法制造，从其基板化学蚀刻铜以暴露下面的导电电路元件。它从各种材料来生成制造，最常见的基材是聚酯和聚酰亚胺，还有新的高级聚合物，如热塑性塑料，这些聚合物具有能够在极高温下发挥作用的额外好处。

柔性 PC 可以采用多种配置制造，包括单面或双面变体，多层 FPC 可用于更高密度的互连。多层 FPC 通过将多个单面或双面柔性电路粘合在一起，然后电镀以形成复合互连设计而制成。

FPC 可以根据其应用类型进一步分类：静态或动态。在静态应用中，例如，仅在安装时需要其柔性性，以适合空气动力学或狭窄空间。另一方面，动态应用要求 FPC 在其使用寿命期间多次弯曲，这可联想到车门铰链。

对于系统设计人员而言，FPC 具有多种优势，特别是在减轻重量和空间的同时，还具有更低的制造成本和更好的电路性能。此外，经过额外处理后，FPC 具有作为最终电路组件的功能，其 3D 功能意味着它们可以折叠并形成特定的形状因子。

FPC 在汽车、航空航天和军事领域很普遍，但由于它们具有众多优势，因此柔性 PC 可以放置在各种电气和电子应用中，例如笔记本电脑、智能手机、游戏机和相机以及可穿戴设备也

就不足为奇了。它也适用于从 IT、汽车和工业设备，到消费、娱乐和医疗产品的运动和医疗应用。

### IHT 制造工艺

尽管少数制造商已经能够提供几米长的电路，但大多数传统 FPC 制造商的电路长度限制在 610mm。然而，新的 IHT 制造工艺通过采用经过特殊改造的机械和定制软件——动态和集中的卷对卷工艺代替已建立的静态工艺——来解决这些局限性，从而可以经济高效地制造任何长度的多层 FPC。此外，IHT 工艺使用卷材形式的材料，而不是大多数材料供应的固定尺寸板材。

在着手任何 FPC 实施项目之前，需要仔细分析和规划。在指定要求时，客户必须与制造商密切联系，以确保 FPC 实际上适合应用。此外，为了确保最终产品按预期运行，应遵循详细的设计过程，包括最终产品要求，预期的操作环境，包装配置，机械和电气特性以及装配方法。此过程的输出将提供 FPC 制造商要求的规范，以验证设计并提供相关报价。



图 2. 电路检查——检查轨道之间的电气隔离。

通过 IHT，Trackwise 主要针对更换传统线束，这些线束的组装部件仅限于连接器。然而，IHT 工艺生产的长 FPC 基本上是 PCB，而且可以填充组件，即通过使用 PTH 或 SMT 技术，来产生“智能”线束。

受益于这些 IHT 生产技术的第一批领域是电信、汽车和航空航天工业，以前依赖于庞大和重型线束的应用，现在正由 FPC 改造。例如，在航空航天领域，大型、复杂和重型线束正在被新的超长 FPC 取代，使得可以满足越来越多的车载和舱内系统的空间和重量限制。

## FPC 和无人机

一个看起来将从无限长度的 FPC 的设计和制造中受益的领域将是无人机项目。通过比传统线束节省高达 75% 的重量，柔性 PC 在有效载荷和能效考虑方面具有明显的优势。此外，FPC 作为子系统运行的能力能够集成分布式电子设备，例如传感和信号调节功能，基本上产生智能互连，促进无人机内部的高传感器和/或仪器密度。

在涉及较小型车辆的情况下，FPC 的 3D 特征进一步支持传感器密度，从而能够将创造性布局集成到小空间中。为了展示大型无人机如何从 FPC 的功能中受益，Trackwise 最近向无人机制造商提供了一个 26 米长的屏蔽 FPC，用于在客户车辆的翼展上传输功率和信号的项目。

FPC 的平面结构创建在聚酰亚胺基板上，可以比传统布线更有效地散热，从而为给定重量的铜导体提供更高的载流能力。

制造无限长 FPC 的能力有可能提供全新一代的应用，尤其是在环境保护和可持续性的重要考虑因素的汽车和航空航天领域。更长的 FPC 已经被提供给许多无人机项目，从而实现了显著的重量减轻和成本效益。凭借其独特的功能，FPC 可以很好地匹配以满足无人机所面临的电磁和环境条件，因此，这种突破性的 IHT 制造工艺在未来提供激动人心的项目方面具有很大的前景。

益处	描述
节省空间	超薄电介质基板，有些薄至 25 $\mu\text{m}$ 或更薄，以及它们的平面度，可以将电路连接到给定产品的结构或在给定产品的结构内。
减重	由于需要较少的固定件和连接器，因此重量可以大大减轻。类似地，较低的铜含量和较小的导体具有进一步的影响。
多功能	FPC 是定制的，可弯曲、折叠和装配到几乎任何形状的外壳中。
耐用	与线束相比，FPC 具有牢固的连接，因为它们的扁平箔导体更有效地散热，并且比其圆线对应物承载更多的电流。更少的接口连接提高了可靠性，物理性能方面，它们比刚性 PCB 更能抵抗振动和冲击。
更高工作温度	改善的热稳定性，特别是聚酰亚胺材料的热稳定性，使电路能够承受比刚性 PCB 更多的极端热量；另外，可以减少热失配。
串扰和噪声	通过使用柔性电路内的均匀导体图案，更容易控制。接地平面选项包括实心铜，铝，轻质交叉影线或轻质屏蔽膜。
有效的 EMC 性能	由于保护走线产生的较小的接地回路导致的辐射发射得到降低；并得到增强的差模传输损耗功能。
数据总线和应用	由于更短的电流返回路径，改善了阻抗特性的控制，降低了传输损耗并减少了辐射场发射
简便可靠安装	装配快速，零件少；提高可重复性，减少人工干预，无需对布线进行颜色编码。从而降低安装成本，降低装配过程中的废品风险，减少使用中的故障。

