

关于非现场治超系统项目升级压电薄膜传感器的市场调研

一、调研背景

本次调研对象为非现场治超系统升级项目，相比之前的公路不停车超限检测系统方案，此次升级最大的区别在于使用的传感器类型不同。此次方案升级使用压电薄膜动态称重传感器替代了此前版本的窄条式称重传感器。本调查针对压电薄膜动态称重传感器的市场调研分为五个部分，首先介绍压电薄膜称重传感器的原理和类型；二是与有传统的弯板式动态称重传感器和压电石英传感器进行对比；三是对国内外压电薄膜原料生产商的调研；四是目前国内外压电薄膜动态称重传感器对比；五是针对调研结果进行 SWOT 分析并得出结论。

二、压电薄膜动态称重传感器的原理

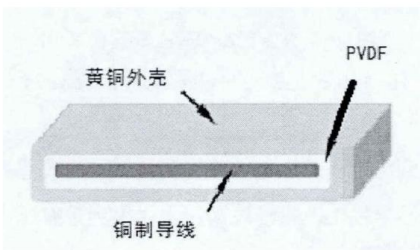
2.1 压电薄膜动态称重传感器介绍

压电薄膜动态称重传感器是压电薄膜传感器的一种。目前用于公路动态称重领域的压电薄膜传感器大多为 PVDF 压电薄膜传感器，或以 PVDF 材料为基底的复合压电材料制作的传感器。高分子材料聚偏氟乙烯（PVDF）压电薄膜的 β 型晶体结构具有极强的压电效应，与其他压电薄膜相比，聚偏氟乙烯压电薄膜质量轻、柔性好、韧性高、耐冲击、易加工的优点明显，且具有更优的压电常数、频响范围、匹配度等特点。早期的聚偏氟乙烯（PVDF）材料并不用于公路动态称重领域，多为柔性应用场景，但随着材料的研究发展，新型聚偏氟乙烯（PVDF）材料能够适用于公路动态信息监测，其中具有代表性的产品是泰特电子（TE Connectivity）公司推出的 RoadTrax BL 压电薄膜交通传感器。

RoadTrax BL 压电式交通传感器既可作为 I 类传感器（运动中称重），又可作为 II 类传感器（计数、分类、收费站、闯红灯等）。



压电薄膜材料是一种经过强电场极化后将动能转化为电能的材料。车辆经过压电薄膜传感器时，产生一个与施加到传感器上的压力成正比的模拟信号，传感器会产生一个新的电子脉冲。称重的检测原理就是对传感器受力产生的信号积分。



压电薄膜轴传感器结构示意图

三、用于非现场治超系统的车辆动态称重传感器对比

3.1 交通动态称重传感器介绍

目前用来集成非现场治超系统的车辆动态称重传感器主要有三种类型，分别是弯板式、压电石英式和压电薄膜式。

3.1.1.弯板式称重传感器是将电阻应变片安装在弹性平板上，当车辆通过弹性平板时，平板将会产生形变，从而产生电阻变化，通过测量电阻值的变化，计算车辆载重。它的优点有：一性能可靠，测量简单；二灵敏度高，测量速度快；它的缺点有：一安装过程对路面的破坏较大；二随着工作时间的加长，电阻应变片的灵敏度会降低且易受到外界电磁影响；三电阻应变片的安装复杂；因此需要定期检查校正。

3.1.2.压电石英称重传感器是利用压电石英晶体压电效应来对通过车辆称重，压电石英传感器在受到变化载荷作用时，其表面会产生电荷（压电效应）的原理进行称量的。近些年来石英式传感器性能得到大幅提高，特别是进口压电石英传感器，其精度高，受温度影响低，稳定性好，结构紧凑，体积小，且动态范围广，对速度适应范围大，广泛应用于动态称重系统。

3.1.3.压电薄膜动态称重传感器主要以 PVDF 压电薄膜材料为主。压电薄膜作为一种新型压电材料，较其他称重传感器相比，其耐腐蚀性、工艺性、机械性能较好，可以在不同路面情况下使用，同时其介电常数较高可以避免其他传感器的干扰，工作温度范围较广、施工周期短，安装时对路面的破坏力较小。

3.2 弯板式称重传感器、压电石英称重传感器和压电薄膜传感器的对比

动态称重传感器特点对比		
传感器类型	特点	使用寿命（年）
弯板式 称重传感器	使用车数范围广；称重精度高；更换和维护方便；使用寿命长；温度适应范围广；需要适当排水	> 10
压电石英 称重传感器	使用车数范围广；称重精度高；传感器更换和新装程序一样；使用寿命适中；无需排水；进口材料价格较高	2-3
压电薄膜传感器	适应高速；传感器更换和新装程序一样；使用寿命相对较短；无需排水	1-2

动态称重传感器施工工艺对比		
传感器类型	路面处理	施工简介
弯板式 称重传感器	建议路面硬化程度大于 5 米，最低不得小于 1.5 米	弯板式传感器需在车道面开挖 5cm 浅槽，不破坏车道路面结构，无需对土建施工，适用于桥面。
压电石英 称重传感器	路面硬化长度不小于 15 米	石英传感器安装时无需建造动混凝土地基，只需把混凝土掘开 55mm-70mm 左右的沟槽，放入传感器并注入石英

		沙和环氧树脂混合物即可固定，适用于桥面。
压电薄膜传感器	无需路面硬化	压电薄膜传感器安装时无需建造大面积混凝土地基，只用把混凝土锯开界面为 25X25mm 的沟槽，放入传感器并注入石英砂和环氧树脂混合物即可固定，适用于桥面，施工速度快。

四、国内外压电薄膜生产商。

4.1 压电薄膜材料分类

压电薄膜是压电薄膜动态传感器最主要的材料。目前市场上压电薄膜的主要产品有氮化铝（AlN）压电薄膜、氧化锌（ZnO）压电薄膜、锆钛酸铅（PZT）压电薄膜、聚偏氟乙烯（PVDF）压电薄膜等。以上产品可以分为有机压电薄膜和无机压电薄膜两大类，此外还有有机无机复合材料。

从无机压电薄膜来看，氮化铝（AlN）压电薄膜结构稳定性高、化学稳定性好、声波速度高、耐高温，但压电响应较慢；氧化锌（ZnO）压电薄膜压电性能好、晶格匹配度高，但抗腐蚀性较弱；锆钛酸铅（PZT）压电薄膜的压电性能、介电性能、物理化学性质均较优，是现阶段应用最为广泛的压电薄膜材料之一。

从有机压电薄膜来看，高分子材料聚偏氟乙烯（PVDF）压电薄膜的β型晶体结构具有极强的压电效应，与其他压电薄膜相比，聚偏氟乙烯压电薄膜质量轻、柔性好、韧性高、耐冲击、易加工的优点明显，且具有更优的压电常数、频响范围、匹配度等特点，可应用范围更为广泛。

4.2 目前国际上的 PVDF 压电薄膜产业链厂家分布如下：

国际 PVDF 压电薄膜主要厂商



国际市场上 PVDF 压电薄膜材料生产商的很多，主要代表有阿科玛（Arkema）、泰科电子（TE Connectivity）、索尔维（Solvay）、吴羽（KUREHA）等。大多数的压电薄膜材料商和传感器制造商的产品应用于生物医疗、航特材料，光伏能源、芯片制造、和电子元器件等领域，适用于交通动态称重领域的较少。目前用于交通动态称重领域的压电薄膜传感器代表厂商是泰科电子（TE Connectivity）。

4.3 国内压电薄膜材料生产商：

压电薄膜材料经历了多年的发展，目前国内厂商已有成熟的材料生产经验。国内压电薄膜厂商生产的 PVDF 压电薄膜多应用于柔性压电材料使用场景，例如声学传感器，超声波换能器、水听器和 MEMS 微型电子产品领域等，生产 PVDF 压电薄膜可用于交通动态称重应用场景的材料生产商不多。PVDF 压电薄膜交通称重应用领域代表厂家有三三智能科技有限公司和贝骨新材料科技公司。

国内外 PVDF 压电薄膜价格对比			
厂商	国产		进口
	三三智能	贝骨	泰科电子（TE Connectivity)
价格	1500-2000 人民币	100 人民币/一米（300 米装）	300-400 美元

五、目前国内外的压电薄膜动态称重传感器产品对比

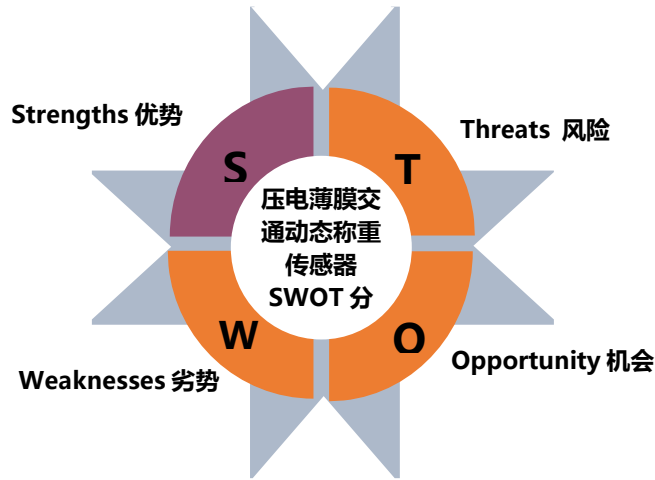
适用于交通称重传感器的国产 PVDF 压电薄膜材料生产厂商主要有三三科技和贝骨新材料科技公司。国外厂商为泰科电子（TE Connectivity）。

目前在与贝骨新材料公司沟通中了解到，该公司因为市场需求较弱已经取消压电薄膜交通称重传感器生产线生产，但若订单达到 200 只以上可恢复该生产线，该公司目前可提供压电薄膜材料用于制作传感器，报价为一米/100 元左右（300 米长的压电薄膜材料）。三三智能有一款压电薄膜动态称重传感器，型号为 TST-0207350L

国内外压电薄膜动态称重传感器对比			
型号	单位	三三智能（国产）	泰科电子（TE Connectivity)
		TST-0207350L	RoadTrax BL
输出(典型值)	mV	≥250	≥250
绝缘电阻	MΩ	>50	>500

温度灵敏度	%/℃	2	0.2
压电系数	pC/N	18~30	>20
速度范围	km/h	5~200	5~200
产品寿命	次	4 千万	4 千万
价格	元人民币	4000—6000 元（3.5 米型号）	约 6000 元（3.5 米型号）

六、关于非现场治超系统升级压电薄膜交通动态称重传感器的 SWOT 分析



6.1 优势（Strengths）：

6.1.1 压电薄膜交通动态传感器相比压电石英式传感器和弯板式传感器施工操作简单，且施工工期相对较短。

6.1.1 压电薄膜材料已实现国产化，价格与进口材料相比虽然产品性能还存在差距，但价格相对较低。可充分利用国产化材料降低产品成本。

6.1.3 公司已有成熟的非现场治超系统施工和设计经验，可高度集成公路动态治超系统。

6.2 劣势（Weaknesses）：

6.2.1 压电薄膜动态称重传感器的使用寿命较短，进口的 TE 产品和国产的三三智能产品使用极限次数都为四千万次。压电薄膜动态称重传感器一年左右的使用寿命，相比压电石英传感器和弯板式传感器使用寿命较短，可能会成为非现场超载监测系统耐用性的劣势点。

6.3 机会（Opportunities）：

6.3.1 升级压电薄膜传感器可积累压电薄膜传感器技术经验，未来压电薄膜传感器产品可衍生至多领域发展。压电薄膜传感器的应用范围非常广泛，不止限于交通动态称重领域，

压电薄膜传感器目前有至少六大应用场景：声学 & 超声；医疗与健康；控制与检测；智能交通；体育与智能穿戴；安防领域。据 YOLE 统计 2018 年压电薄膜器件市场规模为 26 亿美元，预计到 2024 年可增长至 62 亿美元，非现场超载监测系统的升级，可以作为对压电薄膜传感器的技术积累。

6.4 风险（Threats）：

6.4.1 压电薄膜传感器可能在交通动态称重领域并没有足够的吸引力，客户在考虑产品使用寿命后，以及存量石英及弯板式

6.4.2 研发成本的增加。

七、总结

非现场治超系统升级压电薄膜交通动态称重传感器相比现在的窄条式公路称重传感器方案产品价格优势不大，而且压电薄膜动态称重传感器使用寿命较短，但是压电薄膜动态称重传感器项目施工操作相对简单并且工期短。目前国产压电薄膜动态称重传感器与进口 TE 传感器差价不大，国产化替代价格优势不明显。但压电薄膜原材料与产品成品价差大，如果制作成本可以控制优化，产品毛利润能进一步优化。此外，压电薄膜传感器技术应用领域较广，不止限于道路称重检测领域，压电薄膜传感器在声学 & 超声、医疗与健康 and 智能穿戴等领域有广泛的应用。若此次非现场治超系统升级中使用自研压电薄膜传感器，可增加公司在压电薄膜传感器方面的技术积累。