

基于移动互联网的公共交通工具 轮胎养护平台与大数据分析

本文通过阐述如何建立轮胎专家数据库，怎样应用车联网传感器和移动互联网技术，又如何借助轮胎异常预警算法，为城市公交公司管理者、工程师和驾驶员提供一整套行之有效的解决方案。

■ 刘向荣 王利国 潘允敬

公交车是城市公共交通运输体系中的重要一环，甚至可以说是最重要的一环。它承担的公共交通任务是，为尽可能多的市民提供安全、实惠的城市出行选择。因为涉及的市民数量大，承担的客运任务重，确保车辆的安全性、可靠性就具有十分重要意义。公交车的科学轮胎养护既确保了车辆安全性和可靠性，又为公交公司降低运营成本，可谓是一举两得。

一、在公共交通运营中，胎压养护的重要性

在公交车辆硬件安全防控和运

营成本管控中，有一个因素长期不被重视，那就是轮胎养护。

由于爆胎现象发生在各种路况各种速度情况下，当公交车在城市或普通路段发生爆胎时，尽管速度不快，但由于爆胎后方向偏航无法纠正而占用对方车道或右方车道（或冲向人行道）造成两车正面碰撞或追尾碰撞的严重后果，即使未发生碰撞，也会因占用对方车道或右方车道（或冲向人行道）而惊出一身冷汗，如果碰撞（或撞行人）那后果就可想而知了。

公交车辆发生爆胎的主要原因有以下几个方面：

(1) 轮胎漏气。在被铁钉或其它尖锐物刺扎而暂时没有把轮胎扎

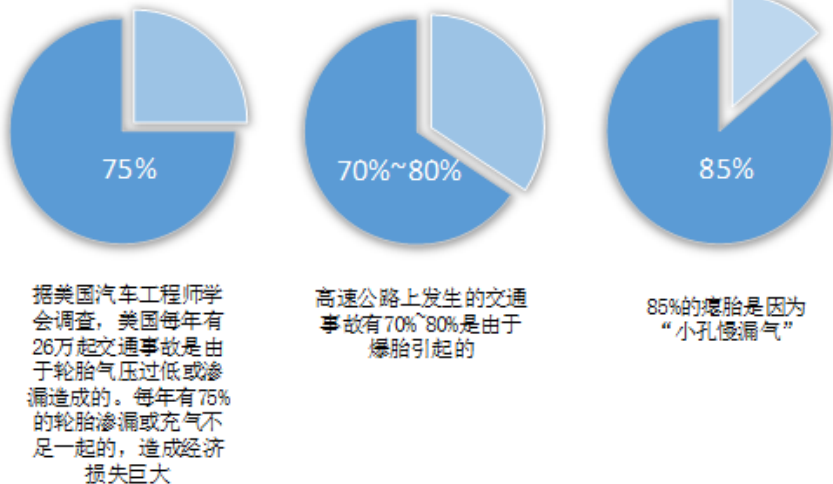
破，轮胎会出现漏气现象，进而引起爆胎。

(2) 轮胎气压过高。因汽车高速行驶，轮胎温度升高，气压随之升高，轮胎变形，胎体弹性降低，汽车所受到的动负荷也增大，如遇到冲击会产生内裂或爆胎。这也是爆胎事故会在夏季集中爆发的主要原因。

(3) 轮胎气压不足。当汽车高速行驶时，轮胎气压不足容易造成胎体“谐振动”从而引发巨大得谐振作用力，如果轮胎不够结实或者已经有“伤”，就易爆胎。而且气压不足使得轮胎的下沉量增大，在急拐弯时容易造成胎壁着地，而胎壁是轮胎最薄的部分，胎壁着地同样会导致爆胎。

(4) 轮胎“带病工作”。轮胎在使用时间长后磨损严重，冠上已无花纹(或花纹过低)、胎壁变薄，已变成了人们常说的“光头胎”或已出现了高低不平得“薄弱环节”，它将会因为承受不了高速行驶的高压、高温而爆胎。

除了预防胎压过高、不足的异常现象以及爆胎这一类极端状况的发生外，据实验检测，轮胎压力低于标准20%，肉眼无法看出，但是油耗增加4.5%，轮胎寿命降低28%。



图一 汽车行驶中轮胎引起事故的数据

表1 轮胎气压与轮胎寿命及油耗关系图

轮胎气压	轮胎寿命	油耗比例
轮胎压力低于标准值	轮胎寿命下降	单位汽油行程数的下降
30%	37%	6.5%
20%	28%	4.5%
15%	20%	3.0%
10%	15%	2.0%

具体实验数据见表1。

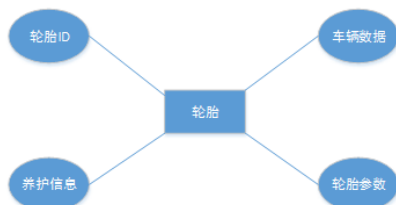
另外，车辆在胎压过高的状态下行驶，还会导致轮胎本身减震效果减低，从而增加车辆减震系统的负担。长此以往，对发动机、底盘及悬挂系统都将造成伤害；胎压不均，也容易造成刹车跑偏，同样增加悬挂系统的磨损。由此可见，科学的轮胎养护，对公共交通工具的行车安全，节约运营成本起到非常重要的作用。

二、公共交通运营中的轮胎养护专家数据库

轮胎专家数据库，系统使用MySQL数据库作为系统数据存储仓库，开发过程中将严格遵循关系型数据库的设计理念，遵守ACID（Atomicity、Consistency、Isolation、Durability）的设计要求[6,7,12]，并结合实际需求，进行了本系统服务端的数据库设计。

系统存储的信息主要是，包含车辆各种主要参数，轮胎的主要参数，倒装式传感器在线测量的压力、温度数据，移动网络定位数据，轮胎养护专业知识。其中，所有的轮胎压力、温度和车辆位置数据都将通过移动网络发送至云服务器，并由其下部署的MySQL数据库进行管理。为此，数据库设计将以轮胎为实体，轮胎标签卡的ID序列号、车辆数据、轮胎养护知识以及

轮胎参数属性信息进行概念设计。实体图如图二所示。



图二 轮胎的属性信息

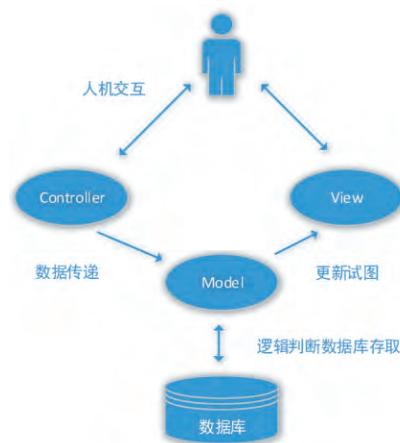
为了更好地进行移动端架构设计，在实现需求文档所需完成的所有功能的同时，还应能快速处理后期越来越复杂的任务，并能满足系统扩展性的要求，因此，本平台系统将（安卓平台）将采用MVC（Model-View-Control）框架模式，其中Model是逻辑模型，View是视图模型，Control是控制器。

本平台使用MySQL数据库负责存放系统的所有数据，当用户通过控制器发起网络数据请求时，逻辑层需立即查询MySQL数据库中的记录，并反馈给视图层，通知视图层及时更新界面并将最终的查询结果在移动设备屏幕中显示。

视图层是系统中处理数据显示的部分，本系统开发过程中将XML布局文件作为视图层，显示逻辑层的数据结果，此外，View层还需负责将用户的请求通知到控制器Control，并根据逻辑层更新界面。

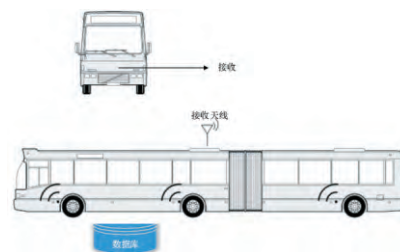
控制器层负责处理用户交互问题，在三层架构体系中起到“桥梁”的作用。本文的控制器将使用

Activity，Activity可以读取视图层的数据，控制用户输入（如用户要往轮胎标签卡输入在线测量数据），同时也可以向逻辑层发起数据请求（如用户通过轮胎标签卡读取数据以及相关分析和服），MVC框架的通信方式见图三。



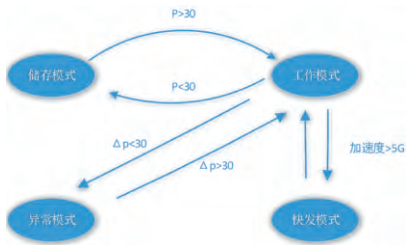
图三 MVC框架

三、公共交通工具轮胎压力数据的即时监测与读取



图四 公交车胎压检测系统

如图所示，传感器安装在车辆的轮毂与轮胎之间，传感器周期性检测压力、温度、加速度、电池电压，并将相关信息通过RF信号发射出去。接收天线接收胎压传感模块的RF信号，将压力、温度、报警信息等数据通过CAN总线或RS232传送到仪表显示，或是通过一个独立显示屏显示信息。整个系统具备实时报警功能，能够具体指明报警轮胎位置，同时将数据通过蓝牙对接



图五 发射模块设计

或Wi-Fi与手机连接并将数据传递到服务器。

(1) 发射模块功能设计。如图所示，当系统检测到的气压值低于30KPA，系统均处于睡眠模式。（其中需要间隔60秒检测一次压力）当系统检测到的压力值大30KPA，系统间隔4秒发射一次数据，当气压值回落到<30KPA，系统停止数据发射。系统间隔8秒检测一次压力、温度，当压力值比上一次的值高出或低于30kpa以上，此时保存检测到的数据，并将新检测到的数据发射出去，此时计时时间T1清零。若差值在 30kpa以内系统进入睡眠模式，计时时间T1继续累加。当系统T1=120秒时检测到的压力差值均在30kpa以内，则T1清零并且系统发射一次数据然后再次进入睡眠状态。当系统检测到的压力差值连续3次均大于30kpa时，系统检测时间间隔为3秒，并发送一次数据。当系统检测到的加速度>5G时，系统连续发送3次数据然后进入正常工作模式。

(2) 无线通讯。数据包格式采用OXFF+OXFO+ID1+ID2+ID3+ID4+P+T+S+CRC1+CRC2共12字节，其中：

- a. OXFF+OXFO前导码
- b. ID1+ID2+ID3+ID4芯片识别码
- c. P：压力值，换算方式为压力

值= $P \times 5.5 - 100$

d. T：温度值，换算方式为温度值= $T - OX32$

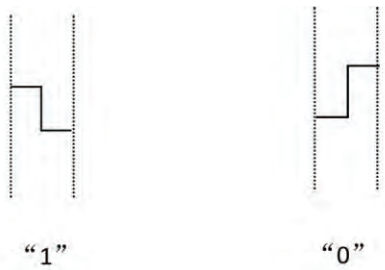
e. S： $\times \times \times \times \times ab$

b：加速度标志， $b=0$ ；车速低于20Km/h。 $G<5$ ； $b=1$ ； $G>5$ ；车速高于20Km/h

a：电池标志， $a=0$ ；电池电压低； $a=1$ ；电池电压正常

f. CRC1+CRC2：校验值，校验多项式为 $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

编码方式采用曼彻斯特编码，如图六。



图六 编码方式

(3) 发射模块安装示意图



图七 气门嘴式传感器



图八 捆绑式传感器

(4) 发射模块技术参数

- 工作电压：2.0~3.6V
- 气压量程：100kpa~1300kpa(abs.)

气压精度：-40℃~0℃，精度为±35kPa；

0℃~80℃，精度为±23kPa；

80℃~125℃，精度为±40kPa；

温度精度：-20℃~70℃，精度为±3℃；

-40℃~-20℃，

70℃~125℃，精度±5℃；

电压精度：±0.1V

工作温度：-40℃~125℃

存储温度：-40℃~150℃

RF调制方式：FSK

RF编码方式：Manchester

RF中心频率：433.92MHz

RF发射功率：< 8dBm。

RF信息帧长度：12.68ms

LF调制方式：ASK

LF中心频率：125kHz

LF波特率：3.906kbps

LF编码方式：Manchester

电池设计寿命：≥6年

防护等级：IP6K9K

(5) 接收模块设计。如图九所示：接收机中的MCU是一种高度集成的MCU，它可以控制管理整个系统的功耗、对接收到的数据进行运算处理、和仪表数据通讯，将数据显示到LCD屏。

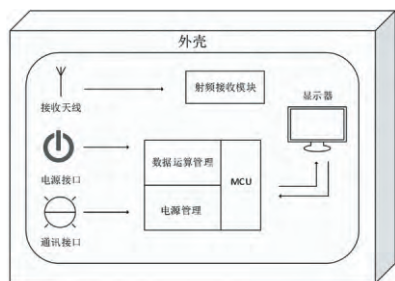
接收天线：接收电磁波信号。

射频接收模块：对接收到的无线信号进行处理，并传送给MCU。

电源接口：对系统进行供电。

通讯接口：和外界进行数据传输。

主机检测到ACC信号后，接收模块处于接收模式，保证RF信号的可靠接收。主机检测不到ACC信号后，模块只接收数据，不进行报警处理。系统断电后，主机处于断电



图九 接收模块设计

状态。

四、公共交通车辆轮胎异常预警算法

基于轮胎相关历史和在线监测数据特性，可以利用预测模型、孤点分析、聚类分区等方法，提出基于状态信息实时数据流挖掘技术的轮胎异常状态快速检出和预警方法，实现异常状态的快速检测和预警，提高评估的时效性。状态信息数据流是由大量连续到达、潜在无限长、不断变化的多源状态信息数据组成的有序时间序列。状态信息实时数据流异常值的快速挖掘和预警研究一方面需要对车辆、轮胎大量结构化数据流异常状态进行实时挖掘，另一方面需要对振动、局放（波形、图谱）、测试报告

等非结构化数据特征值的快速提取。车辆轮胎状态信息实时数据流异常值的快速挖掘和预警大致流程模型如图十所示。

(1) 数据预处理。在传感器测量、人为操作和环境因素中的误差难以避免，导致轮胎实时压力、温度等数据噪声较大。在数据预处理阶段，系统中各个用户进行信息交互，获取有关知识和数据经过清洗等预处理输入到目标轮胎专家数据库。作为学习训练的样本，从而发现轮胎异常（包括漏气、爆胎、磨损老化等）模式。目标数据库包含车辆、轮胎、用户等原始数据，以及在线检测的胎压、温度等数据。样本的大小取决于使用的算法，为了从海量冗余数据中获取有用信息，就需要对其进行降维去噪和特征提取。特征属性提取是指从最初的原始数据中衍生出对最终实现分类有用的信息。该方法利用线性变换或非线形变换将高维空间的原始数据进行加工，使之映射到一个低维的新的特征空间以获取表示轮胎异常的特征属性。

(2) 基于机器学习的轮胎异常检测。对于包含压力、温度、车辆参数等的轮胎多元数据，项目根据异常轮胎和正常对照组中特征均值和标准差差异。利用Z检验计算出分布差异性的p-value，通过控制FDR(False Discovery Rate)来决定p-value的域值。进而勾画出各个差异显著的特征，对特征差异情况做富集分析。利用海量轮胎时间序列比找出众特征的共享区间，并考察是否会对出现轮胎异常造成影响。结合轮胎里程和年限，建立轮胎异常检测的多元回归模型。

(3) 利用基于Spark的高性能分布式应用算法，实现轮胎特征提取、聚类和分类的快速处理，以及时相应用户的在线数据分析需求。尝试建立基于轮胎动态多元数据的道路路况评估模型、轮胎质量评估模型、车辆行车稳定性评估模型。

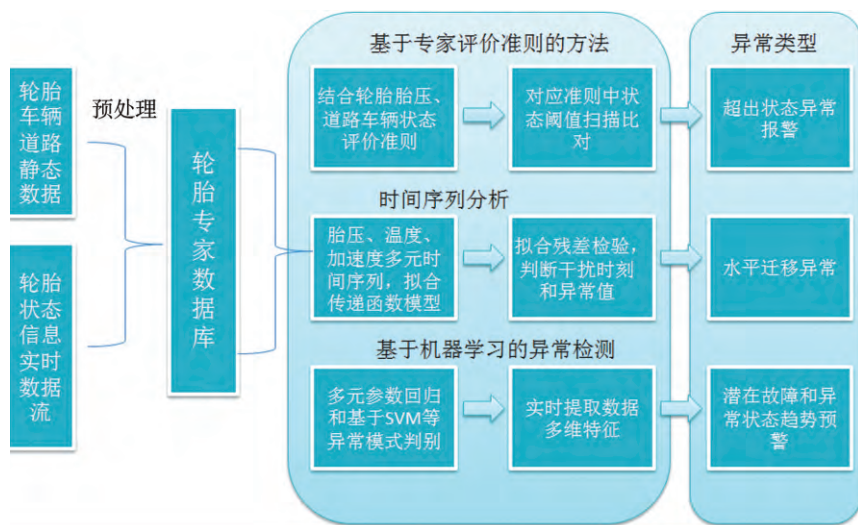
五、结论

本文从轮胎胎压大数据技术的应用出发，提出了使用机器学习的方法应用于汽车轮胎异常诊断和预警的思路，建立了汽车轮胎故障预警系统框架，包含各种数据的获取、轮胎专家数据库和数据挖掘方法。对轮胎胎压、温度以及车辆等数据的分析处理，并结合海量车辆的历史数据，来定量识别汽车轮胎的实时技术状况，并预知有关异常、故障和预测未来技术状态，为汽车使用人员采取必要、科学的对策提供依据。

刘向荣 厦门海合达电子信息股份有限公司
厦门大学信息学院计算机科学系

王利国 厦门公交集团安驰汽车服务（厦门）有限公司

潘允敬 厦门海合达电子信息股份有限公司
（责任编辑 原亦明）



图十 轮胎数据流异常快速挖掘和预警框架