

基于大数据分析的重卡变速箱售后故障快速定位与优化

刘俊龙 肖雪纯

陕西法士特齿轮有限责任公司 陕西西安 710119

摘要: 重型卡车变速箱身为整个车辆动力传动的核心部件, 其在售后出现故障时能否快速地确定位置以及进行处置, 会直接对车辆的运营效率以及品牌的市场口碑产生影响。在本文中, 借助大数据分析技术手段, 搭建重型卡车变速箱售后故障数据的采集与处理体系, 将故障报修记录、零部件的运行数据、维护保养档案等多个维度的信息加以整合, 通过特征工程的方法提取关键的故障影响因子, 进而构建故障分类与定位的模型, 达成对变速箱常见故障的精确识别以及迅速追溯根源。与此同时, 依据故障数据挖掘所得结果, 给出变速箱设计以及维保流程的优化举措, 并且搭建故障预警体系, 从而达成事前的预防与控制。研究所得成果能够切实地缩短故障排查所耗费的周期长度, 削减售后运维产生的成本费用, 为商用车传动系统的售后服务体系实现升级给予技术支持, 相关的方法已经在某家重卡企业开展试点应用工作, 并且收获了较好的成效。

关键词: 大数据分析; 重卡变速箱; 售后故障; 故障定位

引言

近年来, 重卡行业呈现出迅猛发展的态势, 此发展态势对整车核心零部件的可靠性以及售后响应能力提出了更严苛的要求。变速箱在动力传递系统中扮演着至关重要的角色, 一旦其出现故障, 将会直接造成车辆无法正常运行, 进而给运输企业带来颇为可观的经济损失。传统的售后故障排查方式主要依靠人工凭借经验进行, 这种方式存在着诸多弊端, 比如故障定位的效率极为低下, 排查所耗费的周期相当漫长, 而且对于故障原因的判断也不够精确, 这些问题使传统排查方式难以契合当下重卡市场朝着规模化、智能化方向发展的趋势。伴随物联网以及大数据技术在商用车范畴的深入渗透, 数量庞大的变速箱运行数据以及售后维保数据实现了积累, 为故障的智能化定位打造了数据根基。本文基于重卡变速箱售后服务所存在的棘手问题, 探寻大数据分析技术在故障迅速定位、事前预警以及体系优化等方面的应用途径, 期望能够提高售后故障的处理效率, 健全变速箱全生命周期的服务体系。

一、重卡变速箱售后故障数据体系构建

(一) 数据来源梳理

重卡变速箱售后故障所关联的数据来源呈现出渠道多样、类型多元的特征, 大体能够划分成三大类别。其一为售后报修数据, 其中涵盖了客户反馈的故障具体表

现、故障出现时车辆的实际运行状况、报修的具体时间以及地点等基础信息内容, 这种数据是由线下的服务站以及线上的报修平台同时进行汇总的, 是开展故障排查工作的首要依据, 其中线上报修的数据还会额外附带客户上传的故障现场的照片、视频等多媒体形式的资料, 能够辅助对故障的严重程度做出初步的判断。其二为零部件运行监测数据, 借助车载传感器和远程监控系统, 能够收集到变速箱在运行进程中的如油温、油压、转速等实时参数, 以及如离合器、齿轮组等关键部件的工作状态数据, 此类数据能够体现故障出现之前设备的运行趋向, 部分高端的汽车款式还可以采集到变速箱换挡的时机、同步器的工作状态等更为细致的参数。第三类数据为维保档案数据, 其中包含了如变速箱出厂时的检测记录、各次保养时零部件的更换信息、维修操作的流程以及最终结果等内容, 这种数据可以用来追溯故障产生的过往原因, 并且其中还存有维修技师在现场进行诊断时所记录的笔记, 这些笔记能够为故障原因的判定提供关键的参考依据。

(二) 数据预处理流程

初始数据存在如数据格式缺乏一致性、有缺失值以及存在异常值等状况, 不能直接用于分析, 所以有必要构建一套标准的预处理流程。第一步开展数据清洗工作, 针对报修数据中表述模糊的内容实施人工核查与补充, 就如在客户仅反馈“变速箱异常”的情形时, 会借

助客服回访确定具体是有异响、换挡不顺畅还是动力出现损失；对监测数据中的异常波动数值进行辨别与去除，例如，因传感器故障而致使的瞬时油压急剧上升的数据会被标记并且排除；对维保档案中缺失的记录进行跨系统追溯并补充，通过让企业生产系统和配件管理系统进行对接，将零部件的批次信息以及更换的缘由补充完整。其次，着手开展数据标准化工作，将由不同传感器所采集到的各类参数，换算成具备统一量纲的数值，针对非结构化的故障现象相关描述，实施分词以及标签化的处理操作，从而达成异构数据格式的统一，同时构建故障标签词典，以此保证不同地区服务站对于故障的描述能够对应到统一的标签上。最后，进行数据整合工作，依据车辆识别码以及变速箱序列号建立关联索引，将多个来源的数据整合到同一数据库中，形成涵盖故障全部关联信息的数据集，并且会为该数据集设定自动更新的机制，以此确保数据具备时效性。

二、基于大数据的故障快速定位模型搭建

(一) 故障特征因子提取

提取故障特征因子作为达成精准定位的关键步骤，要从经过预处理的数据集中挑选和故障关联紧密的指标。在运行参数层面，筛选如油温出现异常波动的区间、油压保持稳定的时长、转速发生突变的频次、同步器响应产生延迟的时间等指标，其中油温指标会进一步划分出正常工作区间、发出预警的区间以及出现故障的区间所对应的数值范围；在工况层面，提取故障出现时车辆的载重情况、行驶路段的坡度大小、行驶速度快慢、连续行驶的时长等特征，并且会考虑天气状况给工况带来的影响；在历史维保层面，纳入零部件的更换周期、维修的次数、关键部件的磨损程度、维修时工艺标准的执行状况等因素。与此同时，针对呈现非结构化状态的故障现象文本开展语义剖析，提取如“换挡困难”“异响”“动力中断”“油温过高”等核心的故障标签，随后将这些提取的核心故障标签转化成能够进行量化处理的特征向量。最终，构建涵盖多维度指标的故障特征集合，并且会按照固定的周期对该特征集合实施更新操作，将新发掘的与故障存在关联的指标纳入其中。

(二) 故障定位模型构建与验证

依托所提取的故障特征集合，挑选适配的算法构建故障定位模型，在本文中，选用的是将决策树算法与贝叶斯分类算法相融合的集成模型。首先借助决策树算法达成故障类型的初步分类，此算法的长处在于能够清晰

地展现故障特征和故障类型之间的关联逻辑，有利于维修人员理解；然后运用贝叶斯算法对分类得出的结果开展概率校准，以此提高定位的精确程度，并且弥补决策树算法在处理小样本数据时出现的分类偏差。在模型训练时期，挑选一家重型卡车企业在近五年中的变速箱售后出现故障的数据当作训练集合，将故障的类型以及故障产生的根源当作输出的标记，经过反复迭代和调整优化，确定模型的最优参数，同时会引入交叉验证方法，以此防止模型出现过度拟合的问题。而在模型验证时期，运用预先留存的测试数据集开展效果检验，并且邀请经验丰富的维修技术人员对模型定位得到的结果进行人工核对。结果表明，该模型能够达成对变速箱齿轮发生磨损、离合器出现故障、液压系统有渗漏情况、同步器失去功效等常见故障的快速辨认，还能够精确地确定故障发生的具体部件和引发故障的原因，和传统的人工排查方式相比，故障定位所花费的平均时间大幅度减少，定位的准确程度也有显著的提高。

三、基于故障数据的智能预警机制建立

(一) 预警阈值设定

构建智能预警机制能够达成故障在发生之前的防控效果，降低故障在实际中出现的几率，该机制的关键之处在于科学地确定预警阈值。参考历史故障数据中故障发生之前参数的变化规则，为各个核心运行指标设定多个级别的预警阈值，针对油温指标而言，将超出正常工作区间10%设定为一级预警阈值，超出正常工作区间20%设定为二级预警阈值，当达到二级阈值时，需要启动重点监测；就油压指标来说，油压波动幅度超过5%是一级预警，波动幅度超过10%是二级预警，并且油压低于最低标准值也会直接引发二级预警；对于转速指标，将转速突变频次每小时超过3次设置为一级预警，每小时超过5次设置为二级预警。再者，将历史维保数据作为参考依据，当零部件的使用时长达到其设计寿命的80%时，设定为一级预警；若达到90%，则设定为二级预警，以此来提示服务站提早和客户取得联系，开展预防性的检查工作。

(二) 预警触发与处置流程

为保证预警机制能够切实有效地落实到位，有必要构建一套完备的预警触发以及处置流程。一旦监测系统所采集到的参数达到一级预警的临界值，系统便会自动朝着车辆终端以及区域服务站发送提示信息，以此告知驾驶员关注车辆的工作状况，同时服务站的客服人员会

积极主动地和驾驶员取得联系，了解车辆的运行状态，并且给出初步的操作建议。当参数达到二级预警的临界数值时，系统会即刻开启应急响应程序，自动调取该车辆过往的故障数据以及维修保养记录，借助故障定位模型对可能会出现的故障种类做出预判，并且系统会向距离较近的服务站下达预警工单，服务站需要在规定的时间内和驾驶员取得联系，引导车辆前往服务站开展全面的检测以及维修工作。除此之外，系统会针对预警处置流程开展全面的记录工作，所记录的信息涵盖预警触发的具体时刻、采取的处置办法、最终达成的效果等方面，通过一系列操作，构建预警处置的完整闭环，为后续对预警界限值的优化工作提供数据支持。

四、重卡变速箱售后服务与产品设计优化方案

（一）售后故障处置流程优化

依托大数据故障定位模型以及预警机制的运用，对传统的售后故障处理流程予以重新构建，构建“线上预先判断+线下精确维修”的协同机制。在客户提出报修请求时，系统能够自动提取该车辆变速箱的过往数据、实时监测的参数以及预警记录，借助定位模型迅速给出初步的故障诊断结论和维修方案提议，服务站可以提前筹备相应的零部件和维修工具，从而缩减现场排查所耗费的时间，针对轻微故障还能够通过远程指导达成线上处理。与此同时，构建故障处置的共享平台，将典型故障的定位流程、修理方案、预警事例开展标准化的存档操作，进而形成售后故障处置的知识储备库，该知识储备库会依照故障的类别以及车辆的型号进行分类查找，达成各个服务站点间的经验分享，增强整体服务网络的反应能力。除此之外，设立故障处置的跟踪体系，借助大数据对维修后变速箱的运转状况展开实时的监测，设定时长为一个月的售后跟踪时间段，以此保证故障能够得到彻底的处理，减少二次返修的概率。

（二）变速箱产品设计迭代优化

凭借对售后故障数据以及预警数据开展深度的挖掘，能够为变速箱产品设计的迭代进程提供数据支撑。对故障数据开展统计与分析工作，识别与高频故障相对应的零部件以及设计环节，针对齿轮组呈现出较高磨损率状况，对齿轮的材料选择予以优化，选用具备更强抗磨损性能的合金类材料，并且对齿形设计进行改进，让齿轮的啮合面积得以增加；针对液压系统存在渗漏的问

题，对密封件的结构加以改进，采用双层密封的设计方式，并且对密封件的安装工艺进行优化，制定标准化的安装流程；针对换挡机构出现故障的情况，对换挡逻辑作出调整，对换挡时机的判定参数进行优化，并且提升传动部件间的适配精度。与此同时，通过对车辆工况和故障展开关联分析，针对不同运输场景下的客户，提供定制的变速箱配置方案，例如，对于山区运输车辆，强化其变速箱在爬坡时的扭矩承载能力，增添齿轮组的扭矩储备量，进而达成产品设计与实际工况间的精准契合。

结论

围绕着重型卡车变速箱在售后时出现的故障能快速定位以及进行优化的关键问题，本文构建了多维度的故障数据体系，搭建了以大数据作为基础的故障定位集成模型，设立了拥有智能特性的预警机制，还提出了针对售后流程以及产品设计的优化方案。从实际的应用情况来看，该体系、模型以及机制能够切实有效地提高故障定位的效率与精准程度，达成对故障在发生之前的防控目标，而所提出的优化方案则能够明显地提升售后服务质量，并且推动产品性能不断进行迭代。然而，研究尚存在一些不足之处，例如，在极端工作状况下，故障数据样本的积累不够充分，模型的广泛适用能力亟待提高，预警机制在复杂且存在多种故障诱发因素的场景下，其响应的准确程度仍需强化。在未来，可以进一步扩大数据收集的范围，将极端工况下的运行数据纳入其中，引入更先进的算法对模型进行优化，并且搭建变速箱整个生命周期的智能服务系统，为商用车关键部件的售后保障给予更全面的技术支持。

参考文献

- [1] 高学卫, 周日通, 陈康成. 透平驱动发电机组导油环磨损故障分析及检修处理[J]. 石油和化工设备, 2023, 26(10): 81-83.
- [2] 牛占海, 王雪, 汪亚斌, 等. 演艺车台多级驱动机故障分析及结构改进[J]. 兰州理工大学学报, 2022, 48(03): 50-55.
- [3] 朱晓朋. 关于汽车变速箱振动故障分析与诊断[J]. 内燃机与配件, 2020, (07): 190-191.