

载货汽车能耗及载荷 实时监测系统关键技术

ZAIHUO QICHE NENGHAO JI ZAIHE
SHISHI JIANCE XITONG GUANJIAN JISHU

刘 浩 余贵珍 于丹阳◎编著

载货汽车能耗及载荷 实时监测系统关键技术

ZAIHUO QICHE NENGHAO JI ZAIHE
SHISHI JIANCE XITONG GUANJIAN JISHU

刘 浩 余贵珍 于丹阳◎编著



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

载货汽车能耗及载荷实时监测系统关键技术/刘浩, 余贵珍, 于丹阳编著.

北京: 中国经济出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5136-3821-0

I. ①载… II. ①刘… ②余… ③于… III. ①载重汽车—燃料消耗—监测系统 ②载重汽车—载荷—监测系统 IV. ①U469.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 107681 号

责任编辑 路 巍

责任审读 贺 静

责任印制 巢新强

封面设计 华子图文

出版发行 中国经济出版社

印 刷 者 北京艾普海德印刷有限公司

经 销 者 各地新华书店

开 本 170mm × 1000mm 1/16

印 张 13.5

字 数 192 千字

版 次 2015 年 8 月第 1 版

印 次 2015 年 8 月第 1 次

定 价 40.00 元

广告经营许可证 京西工商广字第 8179 号

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题, 请与本社发行中心联系调换 (联系电话: 010-68330607)

版权所有 盗版必究 (举报电话: 010-68355416 010-68319282)

国家版权局反盗版举报中心 (举报电话: 12390) 服务热线: 010-88386794

编委会名单

主编：刘 浩 余贵珍 于丹阳

审定：聂育仁

顾问：曹 沫 李 克 强 罗禹贡 齐占宁

编写：陶 圣 张 为 曹剑东 崔应寿

黄海涛 刘燕灵 陈建华 周 健

梁鸿旭 刘振华 傅昭南 秦芬芬

邓鸿鹄 姚金莹 林成功 宋马良

戴一凡 史 斌 王仁平 李传奇

王 艳

交通运输是全国节能减排的重点领域之一，国务院和交通运输部节能减排规划中均明确了营运货车百吨公里单耗的具体下降指标。由于公路货物运输市场化的特点，依托常规的统计调查手段难以准确获取货车的运营信息，如何采用在线监测设备自动采集营运货车的能耗和运输量等数据成为行业内亟待解决的问题。近年来，国内外一些机构开展了相应的理论和实践，但目前还没有特别成熟的产品问世。

本书共七章。其中，第一章阐述了我国交通业能耗问题的基本现状和货运行业所面临的能耗及运量监测问题，并分别对油耗监测技术和载荷监测技术的国内外研究现状进行了梳理和总结；第二章为载货汽车能耗及载荷监测系统概述，该章分别对终端设备和系统平台进行了需求分析及功能基本设计，阐明了整个监测系统的基本框架；第三章为载货汽车油耗监测关键技术，主要包括油耗监测精度优化算法、油量标定优化方案和传感器故障快速检测技术；第四章为载货汽车载荷监测关键技术，分别阐述了基于位移传感器和基于电阻应变片传感器的两种货车载荷监测方案；第五章为载货汽车能耗及载荷监测终端开发，通过硬件及软件上的设计与开发，根据载荷监测方案的不同开发了两种车载监测终端，并分别对两套设备进行了实车实验及测试；第六章为数据采集分析原型系统开发，主要包括需求分析及系统功能设计；第七章基于前期研究成果及经验，在原有行业标准的基础上进行补充修改，得到了《交通运输能耗统计监测终端技术规范建议（营运货车）》和《交通运输能耗统计监测终端通信协议及数据格式规范建议（营运货车）》。

本书依托交通运输部建设科技项目“载货汽车能耗及载荷监测车载终端设备研制与应用示范”，在项目研究成果的基础上编纂而成，注重理论与实践相结合，适合车辆监控技术相关人员阅读。

限于我们的水平，书中疏漏、不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2015年3月

第一章 绪论 / 001

1.1 研究背景及意义 / 001

1.2 国内外发展现状 / 003

1.2.1 油耗监测技术研究现状 / 003

1.2.2 载荷监测技术研究现状 / 011

1.3 本书研究内容及组织结构 / 019

第二章 载货汽车能耗及载荷监测系统概述 / 021

2.1 设备需求 / 022

2.1.1 总体要求 / 022

2.1.2 安全性 / 022

2.1.3 功能需求 / 022

2.1.4 性能要求 / 023

2.1.5 价格 / 023

2.1.6 后期服务 / 024

2.2 平台需求 / 024

2.2.1 平台基础性功能 / 024

2.2.2 平台扩展性功能 / 025

第三章 载货汽车油耗监测关键技术 / 026

3.1 油耗监测设备硬件设计 / 026

- 3.1.1 油量信号采集原理 / 026
- 3.1.2 油耗监测设备硬件设计 / 029
- 3.2 油耗监测优化算法设计 / 031
 - 3.2.1 油耗监测问题概述 / 031
 - 3.2.2 复合滤波算法 / 032
 - 3.2.3 里程—油量补偿算法 / 038
 - 3.2.4 坡度—油量修正算法 / 042
- 3.3 油量标定优化方案 / 046
 - 3.3.1 油量标定技术难点 / 046
 - 3.3.2 油量标定系统设计 / 046
- 3.4 油量传感器故障快速检测技术 / 052

第四章 载货汽车载荷监测关键技术 / 055

- 4.1 基于超声波位移传感器的载荷监测技术研究 / 055
 - 4.1.1 设备基本原理 / 055
 - 4.1.2 传感器布设方案设计 / 056
- 4.2 基于电阻应变式传感器的载荷监测技术研究 / 057
 - 4.2.1 设备基本原理 / 057
 - 4.2.2 传感器布设方案设计 / 059
 - 4.2.3 载荷监测算法设计 / 060

第五章 载货汽车能耗及载荷监测终端开发 / 063

- 5.1 能耗和超声波载荷监测终端研制 / 063
 - 5.1.1 终端硬件设计 / 063
 - 5.1.2 终端软件设计 / 074
 - 5.1.3 能耗及载荷监测终端研发 / 084
 - 5.1.4 实车实验 / 087
 - 5.1.5 小结 / 107
- 5.2 能耗和电阻应变片载荷监测终端研制 / 107
 - 5.2.1 载荷监测模块设计 / 108
 - 5.2.2 能耗及载荷监测终端研发 / 110

5.2.3 实车实验 / 114

5.2.4 小结 / 125

第六章 数据采集分析原型系统开发 / 126

6.1 系统开发需求 / 126

6.2 系统功能 / 126

6.2.1 基础性功能 / 126

6.2.2 拓展性功能 / 128

第七章 能耗及载荷监测技术要求编制 / 130

7.1 编制背景 / 130

7.2 编制原则 / 130

7.2.1 终端融合, 协同推进 / 130

7.2.2 统筹规划, 分类指导 / 131

7.2.3 需求导向, 突出重点 / 131

7.2.4 充分借鉴, 广泛合作 / 131

7.3 主要技术内容 / 131

结语 / 132

附录1 交通运输能耗统计监测终端技术规范建议 / 134

附录2 交通运输能耗统计监测终端通信协议及数据
格式规范建议 / 148

参考文献 / 201



第一章

绪 论

1.1 研究背景及意义

随着我国工业的不断发展,人们的生活水平得到了大幅提高,而能源消耗也不断上升,由此引发的环境污染问题也日趋严重。据统计,2013年上半年全国化学需氧量排放总量1 199.3万吨;氨氮排放总量125.9万吨;二氧化硫排放总量1 056.9万吨;氮氧化物排放总量1 167.5万吨。交通运输业作为我国石油消耗的主要行业,其能耗增长率在总体上已连续几年高于全社会的能耗增长率。交通能源的节约使用问题,也越来越引起社会的重视及政府决策层面的关注。随着国家节能减排重大战略方针的提出和实施,从“十五”时期开始,国家加强了节能减排统计、监测和考核体系的建设。根据我国《节能减排“十二五”规划》,交通运输业作为国民经济和社会发展的资源密集型行业和能源消耗重点行业,已成为全国节能减排的三个重点行业之一,而公路运输作为交通运输业的重要组成部分,约占交通运输业石油消耗量的44%。

目前我国的公路客运行业已有较为完善的能耗及运量统计数据,公路货运行业作为交通运输行业中的重点子行业,却依然保持着多、小、散、弱的状况,能耗及运输量统计监测基础非常薄弱,一方面能耗数据采集难度大,另一方面运输量调查主要依靠应用示范对象人工填报,数据难以评估和审核。因此,通过传统的统计手段进行能耗和运输量数据采集已不能满足我国目前对节能减排的评估需求,公路货运行业的能耗

和运输量数据采集手段亟待提高。

除了国家层面的能耗及运输量统计监测方面的需求外，在交通安全方面，公路货运中的货车超限超载运输对交通安全、运输市场及汽车行业生产秩序都造成了较大的损害。主要表现在三个方面：

一是诱发了大量道路交通事故。为了能使车辆承载更多的货物，很多运输业户对货车进行违规改装，从而造成了一定的安全隐患。此外，当车辆处于超载状态时，其制动、转弯等性能会急速降低，从而诱发了道路交通事故的发生。据统计，70%的道路安全事故是由于车辆超限超载引发的，50%的群死群伤性重大道路交通事故与超限超载有直接关系，车辆超限超载运输给人民生命财产造成了巨大损失。

二是严重损坏了公路桥梁等基础设施，增加了道路桥梁维护开销。由于超限超载车辆的荷载远远超过了公路和桥梁的设计承受荷载，致使路面损坏、桥梁断裂，据统计，因车辆超限超载运输，公路的使用寿命会缩短近75%，只能提前进行大修。据交通部门测算，超载使水泥路面缩短使用年限40%，沥青路面缩短30%。全国公路每年因车辆超限超载造成的损失超过300亿元，给国家财产造成了巨额的经济损失。

三是促使公路运输行业混乱。由于目前我国的公路货运市场中，货车数量远远多于货物运输的需求量，这种车多货少的局面造成了运力过剩，车主往往通过压价来承揽货源，而以超限超载来获取利润，形成了“压价—超限超载—运力过剩—再超限超载”的恶性循环。一方面，由于超载超限运输，正常使用年限在10年左右的货运车辆2~3年后就会报废，造成了极大的物质浪费。另一方面，部分汽车生产厂商为迎合车辆超限超载运输的需求，竞相生产“大吨小标”车，而一些汽车改装厂和修理厂也纷纷非法改装车辆，影响了汽车工业的健康发展。

综上，车辆超载超限现象在道路交通安全、公路基础设施建设以及道路运输市场秩序方面都带来了极大的危害，阻碍了现代化道路运输市场体系的建立和完善，严重扰乱了我国道路交通运输的健康发展。尽管现有的相关法律都规定严禁车辆在运输时超限、超重，但在利益的驱使下，超载超限现象并未得到有效根治。

近年来,随着智能传感器技术和嵌入式技术的快速发展,智能车载终端也正在向着智能化、一体化的方向上发展,并得到了较为广泛的应用。通过智能车载终端解决交通行业的相关问题越来越得到广泛应用。本书提供了一个使用能耗及载荷监测车载终端技术解决货运行业能耗及运输量监测的案例,利用本书提出的能耗及载荷监测系统,可以实时准确掌握整车运行数据,既可以提高能耗和运输量数据的采集效率及准确性,为分析和统计整车能耗和周转量提供第一手数据来源,又可以为治理货车的超载超限运输提供有力的技术手段,发展先进运输组织方式,建立能源管理制度,提高能源利用效率,为交通运输行业的健康发展奠定基础。

1.2 国内外发展现状

1.2.1 油耗监测技术研究现状

目前,国内外对整车油耗检测的方法按照原理来分可归纳为以下四种:一是容积式。该方法基于流量传感器进行油耗监测,该方法的监测精度相对较高,但涡轮流量传感器价格昂贵且整车安装非常复杂,且存在安全隐患。二是液位式。该方法通过货车上原装的油量表或加装的油量传感器测量燃油的液位,通过现场标定计算出相对精确的燃油量。三是电控式。利用 ECU 电子控制单元采集油耗信息,这一方法仅适用于电控高压共轨发动机。四是碳平衡式。该方法利用燃料燃烧前后的碳原子质量守恒推测出机动车的油耗。其中,前两种方法都属于直接监测法,后两种方法属于间接监测法。

1.2.1.1 容积式检测法

容积式油耗仪采用传统流量计的方法,通过在车辆油路上加装流量传感器,监测车辆油路中的燃油流量来测算发动机的实际耗油量。按照设备原理,可以分为旋转活塞式和椭圆齿轮式;按照安装方法,可以分为单油路式和双油路式。

1. 旋转活塞式传感器检测法

旋转活塞式流量计由圆桶状的本体（中心设置有圆柱状的固定轴、挡板）、圆桶状的转子、感应器等部件组成，利用定容积原理进行流体流量测量。通过被测液体的流动，密封的环形腔室容积在压力差作用下交替变换，并带动转子做摆线运动，磁偶极组将转子的规律摆动转换为圆周运动，磁力传感器在非接触式的感应中产生了脉冲信号，通过流量显示装置，由标定的数据得出流体的流动容积。

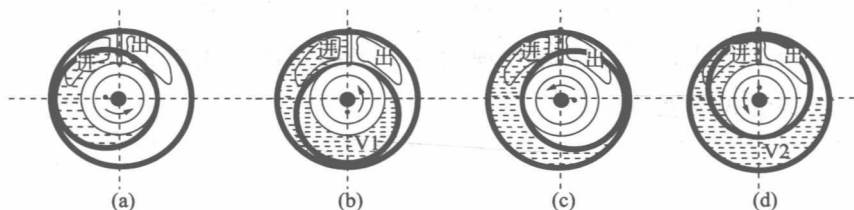


图1 旋转活塞式流量计结构示意图

2. 椭圆齿轮式传感器检测法

椭圆齿轮式流量计主要由壳体、计数器、椭圆齿轮和联轴器（分磁性联轴器和轴向联轴器）等组成。通过装在计量箱内的一对椭圆齿轮与上下盖板构成一个密封的初月形空腔（由于齿轮的转动，所以不是绝对密封的）作为一次排量的计算单位。当被测液体经管道进入流量计时，由于进出口处产生的压力差推动一对齿轮连续转动，不断地把经初月形空腔计量后的液体输送到出口处，椭圆齿轮的转数与每次排量四倍的乘积即为被测液体流量的总量。

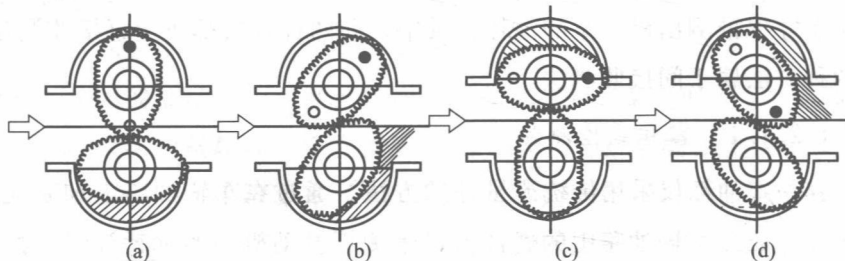


图2 椭圆齿轮式流量计结构示意图

1.2.1.2 液位式检测法

同容积式油耗仪相比,液位式油耗仪是一种间接测量油量消耗的方法,通过测量油箱的油量液位高度,换算出剩余油量体积和消耗油量体积。对于尺寸较不规则的油箱,使用此种方法需要经过精细的前期标定才能确保必要的测量精度。目前,市场上主流的液位式油耗仪主要有原车油量传感器、油箱加装高精度油量传感器(电容式、干簧管式等)、压力传感器、超声波液位传感器等。

1. 电容式传感器检测法

图3为电容式液位传感器实物图,即通过电容传感器采集液位的高度并转化成油量体积。电容传感器利用被测液体的导电率,通过传感器测量电路将液位高度变化转换成相应的电压脉冲宽度变化,再由单片机进行测量并转换成相应的液位高度进行显示。传感器主要由细长的不锈钢管、同轴绝缘导线以及被测液体共同构成的金属圆柱形电容器构成,由于传感器承担着将输入的物理量转换成相应电信号输出,实现非电量到电量变换的功能,因此,传感器的精度直接影响到整个系统的功能,是整个测量系统中一个最重要的部件。

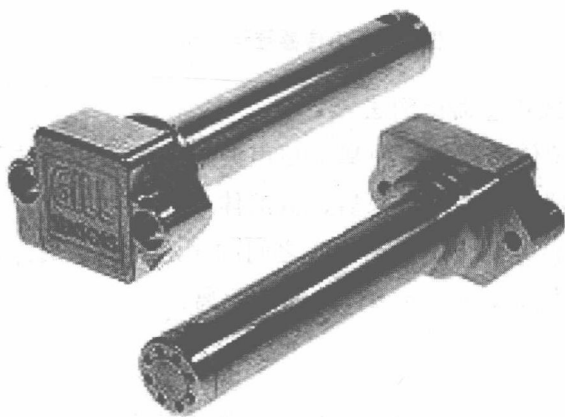


图3 电容式液位传感器结构示意图

2. 压力式传感器检测法

压力传感器主要是基于液体压力测量液位高度,按照安装方式的不

同可以分为外置压力传感器和投入式压力传感器。其中，外置压力传感器安装在油箱的底部，通过三通阀与油箱联通，主要由五部分组成，分别为压力传感器、温度传感器、连接管路、转换接头和位置调节装置，其中转换接头是用于和油箱放油螺栓孔连接，位置调节装置是用来调整微压力传感器的位置以保证测量的精准性和稳定性；投入式压力传感器需要放入油箱内部与液体直接接触，通过测量液体压力换算出液位高度。

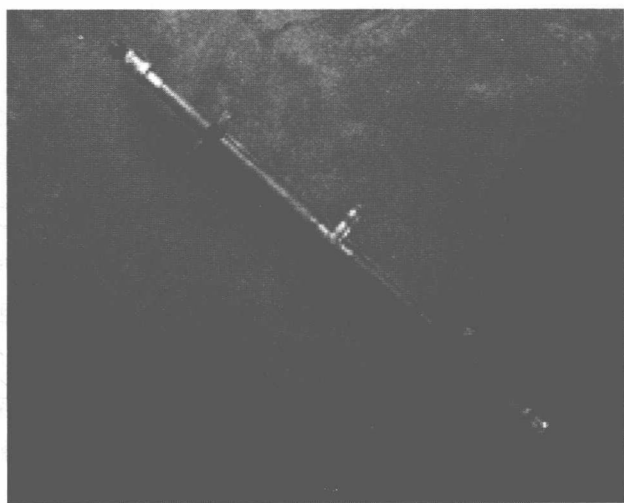


图4 压力传感器结构示意图

3. 超声波式传感器检测法

超声波液位传感器是一种基于超声波技术的液位变送器，超声波脉冲信号从变送器表面发射出来后，被液体表面反射回来。变送器接收反射信号（回波）并测量发射和接收之间的延迟时间。通过计算该延迟时间，即可得出声波发送点到液体表面的距离：

$$S = \frac{v \cdot \Delta t}{2} \quad (1)$$

其中， S 为距离； v 为声波在空气中的传播速度； Δt 为延迟时间。

通过该原理即可测算出变送器到液体表面的距离及变送器到油箱底部的距离，依此推算出油箱的液位高度，进而计算出油箱的剩余油量体积。

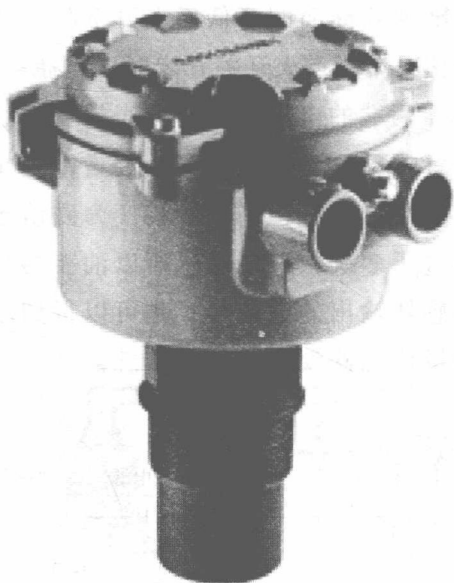


图5 超声波液位变送器实物图

4. 原车传感器检测法

通过加装新的传感器，虽然提高了油量检测精度，但同时也提高了成本，并且由于对车辆进行了拆卸（部分车辆需要对油箱进行拆卸才能安装新的传感器）和打孔，也存在一定的安装隐患，因此，选用精度相对较低的原车油量传感器也是一种可行的思路。

众所周知，车辆的油表精度较低，因而多数人会认为原车油量传感器的精度也很低。实际上，车辆油表的特性是由汽车的工况所决定的。因为油量指针需要是静态的指示，而不是随着汽车的运行，上坡下坡，倾斜而晃动或者不稳定的指示。这就意味着我们在测量燃油箱的油量时输出的阻值虽然是不稳定的，但是从油表盘上显示的是稳定的，即在一个区间之内变动的阻值信号输出，所得到的油表指示是一个稳定的状态，它考虑的并不是油量是否准确到零点几升，而是顾客能否从油表中得到一个相对准确的结果。因此，车辆的油表并不能完全反映原车油量传感器的精度性能。

如图6所示，原车油量传感器的本质是一个滑动变阻器，轻质浮

子漂浮在油面上，随油箱油面的高低而上升下降，进而引起滑动变阻器的阻值也随之变化，车辆点火开关开启时，电瓶给油量传感器供电，可以得到滑动变阻器两端的电压信号，油表根据电流的变化，借助电磁感应带动油表指针摆动，显示油箱剩余油量，因此本质上的信号传递是：液位信号转变为电信号，电信号转变为磁信号，磁信号再带动指针偏转。由于经过了多次信号传递，所以油表的精度较低，但是如果直接采集油量传感器输出的电信号，是可以得到较高的油量检测精度的，虽然原车油量传感器没有加装的传感器精度高，但具备一定修正和提高的空间。

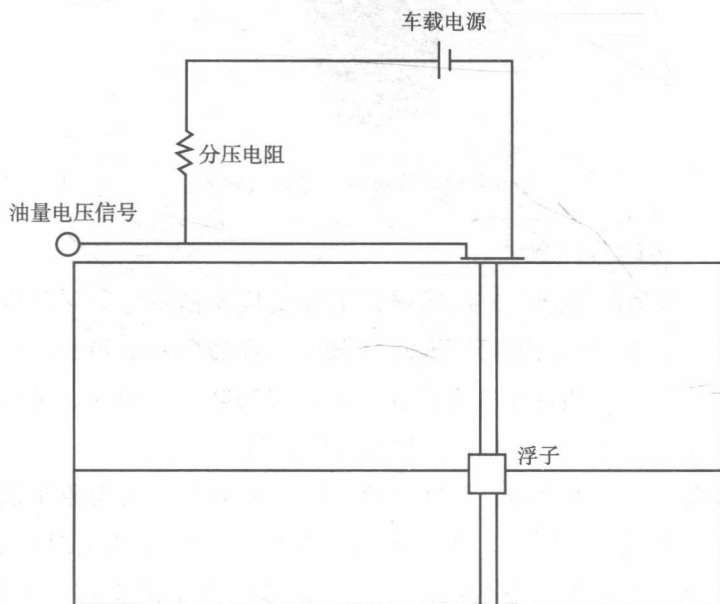


图6 原车式油量传感器工作示意图

1.2.1.3 燃料喷射量累积法

燃料喷射量累积法是将 ECU（Electronic Control Unit，电控单元）中的累计耗油量信息从 OBD 接口上的 CAN 总线读取出来。柴油电控高压共轨发动机会根据柴油的压力 P 、电磁阀开启的喷油时间 t ，根据发动机所配备的喷油器的脉谱特性，并参考油温等参数，积分算出发动机累积