

doi:10.11835/j.issn.1008-5831.2013.04.010

驾驶行为与公共交通能耗 管理策略研究

李 勇^a, 谭红英^a, 刘丹^b

(重庆大学 a. 经济与工商管理学院; b. 通信工程学院, 重庆 400044)

摘要:随着社会发展,经济建设更多地考虑全面、协调可持续的发展模式。在交通领域亦是如此,特别是在公共交通领域,“公交优先”、“绿色公交”等理念早已深入人心,但在具体的实施过程中由于缺乏必要的技术和管理手段,离理想的目标还存在着很大的差距。文章提出采用智能交通技术对公交驾驶行为进行远程识别与监测,并运用于公交能耗管理,以实现管理方式、手段和流程等方面的创新,优化公交能耗管理机制。

关键词:公交车; 驾驶行为; 智能检测; 能耗管理

中图分类号: C931.2

文献标志码: A

文章编号: 1008-5831(2013)04-0067-06

随着社会经济的高速发展,伴随而来的社会与环境问题逐渐凸显出来,粗放式的能耗管理和日益恶化的生态环境成为了整个社会亟待解决的两个重要问题。在党中央的《国民经济第十二个五年规划纲要》中明确提出将推动能源生产与利用方式的变革。而在整个社会中,与居民生活水平密切相关的交通领域的节能和环保问题显得更为重要,随着城市人口和车辆的不断增多,这个问题更是日益突出。增加以公交车为主的公共交通出行率将是一个很好的解决方法,自20世纪60年代法国巴黎提出“公共交通优先”政策以来,世界各国逐渐认识到发展公共交通的重要性,通过“优先发展公共交通,优化城市交通结构”来解决能耗和环境污染问题已经成为各国的共识^[1-2]。相关资料表明,公共交通出行比小轿车出行节约能耗80%,公交车占用单位路面所载乘客是小轿车的20倍,单个乘客所耗能量为1/10,同时,畅通的城市道路交通环境又能进一步间接节约交通能耗。目前,中国共有38万辆在营运公交车,平均每天营运6000万公里以上,能源消耗量巨大,其中有相当一部分能耗属于不当能耗,主要是司机驾驶行为的不规范、技术水平低以及城市交通状况和天气等造成的^[3]。相关研究表明,由于司机驾驶行为不规范所导致的能耗约占总能耗的15%~20%,根据对118个城市公交企业的调查表明公交运营成本中的燃料成本占总成本的20%~30%,如果车辆能耗下降20%,那么总成本将会下降4%~6%也就是说客运企业的利润会增加约5%^[4]。因此,如何规范由公交司机的不当驾驶行为造成的能耗成为一个非常有意义的课题,有助于对不当驾驶行为进行遏制,减少不当能耗和废气排放,节约财政资金,提高公交企业能耗管理效率,同时提升公交车的舒适度和安全性,从而增加公共交通出行率。

收稿日期:2013-02-20

基金项目:中央高校基本科研业务费(CDJKXB12004)

作者简介:李勇(1969-),男,四川德阳人,重庆大学经济与工商管理学院副教授,博士,主要从事商务智能、决策与支持系统、知识管理研究。

本文拟在采用智能交通技术对公交驾驶行为进行远程、实时、智能识别和监控的技术条件下,探讨公交能耗管理策略的优化方法。

一、研究现状评述

随着社会经济的不断发展,机动车辆越来越普遍,因此对车辆能耗的研究逐渐成为了近年来一个热点;公交车作为一种重要的公共交通工具,更是吸引了大批学者对其进行研究。刘永平对影响公交燃油消耗的因素进行了分析,并阐述了预热保温、低档起步缓加速、中速行驶这几种驾驶操作能够有效减少公交燃油消耗^[5]。泰国的 Phatiphat Thonthonga, Stephane Raël, Bernard Davat 等人则从新能源公交车的电池出发,深入探讨了超级电容器的工作原理,以及其相比化学电池所存在的优越性,并通过实验证实一般的化学电池馈电效率仅为 3% ~ 5%,而超级大电容器的馈电效率高达 70%^[6]。王登峰、邓阳庆等总结了影响燃油经济性的因素主要有道路条件、环境以及驾驶行为等方面^[7]。芬兰 Aalto 大学的 Antti Lajunen 则设计了一套基于混合动力公交车的能源管理战略体系(EMS),他从电池的老化问题和燃油使用的经济性出发探讨了如何作出能源管理策略^[8]。董博、李永东和郑泽东等基于微型电网(Micro Grid)提出了关于电车的能源管理体系^[9]。李孜佳则认为公交车驾驶员的情绪将会产生高能耗驾驶行为^[10]。而在针对公交企业层面的能耗管理这方面研究相对较少,陈松林介绍了城市公交车能耗定额与计算考核原则,明晰了相关管理并规范了能耗定额的制定标准^[11]。除此之外, Jallouli. R, Krichen. L、张晔等人也从电流、电网等方向阐述了如何进行公交车的能源管理。

目前,在中国各大中型城市基本实现了公交车 GPS 网络的构建,在此基础上可以实现对公交车速度的监控,从一定程度上间接地对公交能耗管理进行了优化。新能源公交车的运用越来越多,欧美等发达国家在 20 世纪 80 年代已开始批量投入运营,并为车辆尾气排放等参数设置了严格的标准。近年来,中国新能源公交车的投入也越来越多,北京、上海、广州等一线城市的新能源公交车已在公交车总量中占据了相当大的比例。值得一提的是,在 2010 年 6 月,宁波市北仑公交公司实现了能耗管理的创新,公司召开了车辆能耗数据自动采集研讨会,会议主要针对目前全国公交普遍存在关于如何科学、有效地计算驾驶员个人能耗,而非目前的只能统计到单车的技术难题进行深入探讨。经过多个方案的筛

选和讨论,最终形成了一个能耗数据的采集、传输和存储标准。这套方案打破了传统的从公交车本身出发研究能耗管理模式,开始从驾驶员的角度来阐述公交能耗管理。

综上所述,对于公交能耗的研究和实践非常丰富,但当前的研究普遍侧重于从车辆技术、燃料等方面来研究如何进行能耗降低,上升到管理机制上的研究和实践较少,即研究的结果并未有效作用于能耗管理机制的优化。另一方面,系统地对公交车的能耗管理进行研究的文献也较少,特别是没有从驾驶行为的准确识别与管理控制的角度探讨能耗管理的研究文献。因此,本文以驾驶员驾驶行为管控为核心,以智能交通技术(ITS)为手段,以对驾驶行为的远程识别和智能监控为抓手,实现信息技术与能耗管理机制的有效融合,从而达到公交能耗管理机制优化、节能减排的目标。

二、公交能耗管理及其影响因素分析

(一)公交能耗管理概述

对公交能耗进行管理,需要对公交能耗管理要素有清醒的认识。由于各地区经济发展水平和城市交通结构等方面的差异,不同公交企业的组织结构有着差异,所以对于公交的能耗管理并没有特定的部门来进行,大多数企业由企业自身的机务管理部门来进行管理,有些企业则由营运管理部门或者成本控制部门来进行,而有些大型的公交企业则专门设置了燃料供应中心或者燃料供应分公司。一般来说,公交企业能耗管理的内容主要包括两个方面:(1)日常公交能耗管理。主要工作是搜集和记录公交燃料消耗情况,以此作为财务管理、成本控制、员工奖惩以及财政补贴等方面的依据。搜集方式一般是采用加油站打卡签单这种形式,即公交车司机在打卡加油后并签字,由加油站统一存放并反馈给公交公司;然后由公交企业员工进行统计并记录。记录的内容一般结合公交车行驶里程和乘客人数,然后统计出单位里程和单位运量的能耗水平等。(2)制订公交能耗管理的相关规章制度及考核标准。一般是制订公交能耗的考核标准、员工奖惩措施、奖惩管理流程等。通过制度,日常公交能耗管理的统计结果与员工绩效相结合,起到一个对驾驶人员、运营调度人员、机务管理人员以及各级管理人员的约束与激励作用。

当前,普遍采用公交能耗定额管理方式,即公交企业在一个运营周期之前根据车型、车况等因素为驾驶员下达不同的年度燃料消耗平均定额率,然后

在这一周期末根据能耗结果与平均定额率的对比来对驾驶员以及各级管理人员进行奖罚^[12]。从性质上来说,这是一种结果导向型的能耗管理模式。但在一般情况下,在实际的公交企业能耗管理过程中,能耗管理并非孤立的,而是统筹了对驾驶员、车队、线网以及公交车本身等方面的管理,因此在对公交能耗管理的研究中应综合考虑与之相关的因素。

(二) 公交能耗影响因素概括与分析

为了更好地研究如何优化公交能耗管理,需要分析影响公交车能耗管理的关键因素。文献调研和实地访谈的结果表明,影响公交能耗的主要是道路状况、气候、驾驶行为、能源结构以及车况这几个因素,但道路状况和气候条件从某种程度上来说是属于不可控的因素;在能源结构和车况管理方面已有相当多的研究成果,具体实施与否,取决于当地的实际需求和经济发展水平。因此,笔者所在团队侧重于研究驾驶行为在能耗方面的影响:一方面,在道路公共交通实际运营中驾驶行为对能耗的影响非常重要;另一方面,在对公交能耗管理中的驾驶行为管理还缺乏较为深入全面的探讨。调研表明,与不当能耗相关的驾驶行为主要体现在汽车起停、档位匹配、汽车发动机温度、行驶速度、怠速控制、频繁并线、频繁刹车等方面,具体表现如下。

(1) 急制动与起步。根据能量守恒定律,行驶过程突然采取紧急制动,那么本来使车辆正常运行的能耗所获得的车辆惯性动能被转换成了制动过程中的热能,即浪费了惯性动能;同时再次起步时还需重新消耗燃料;而在急起步的时候,也就是俗话说的起步猛轰油门,这时车辆瞬时能耗增加,这样会造成燃料的燃烧不充分,在现实中我们就会发现猛轰油门的时候会有大量的黑烟冒出。而由于公交车的性质使然,在行驶过程中难免会大量起步与停车,如果这类行为不规范,那么对公交车能耗影响就非常突出。

(2) 档位和车速不匹配。受个人习惯的影响,许多公交车驾驶员在这方面的操作不规范,其中对能耗影响最大的就是高速低档,这种情况下发动机高速运转而变速箱却在低档的位置,不能充分利用车辆的动能,造成燃料的浪费,同时也会加快发动机的磨损;而在高档低速的情况下,虽然发动机转速很小就可以达到所需速度,从某种程度上达到省油目的,但是对发动机的性能影响较大,特别是其工作缸内会大量积碳,最终得不偿失。

(3) 使发动机温度区间不合适的驾驶操作。汽车发动机是一辆车上最重要组成部分之一,它的温

度对于车辆能耗也有着重要影响,值得注意的是,不仅温度过高会使能耗上升,而且温度过低也会导致能耗上升。一般情况下,发动机的温度一般维持在 $80^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ 为最佳,超过这个温度会导致燃料燃烧过快,伴随而来的发动机冷却系统也会耗费一定的燃料;而低于这个温度则会导致燃料燃烧不充分以及燃料雾化不良。这两种情况都会导致燃料的不当损耗。所以需要驾驶员通过预热车辆等方式,将车辆控制在发动机最佳温度区间内。

(4) 长时间怠速或者低速行驶。这两种情况大量出现在拥挤的城市公共交通中,具体的表现就是长时间低速行驶或者频繁停车。所谓怠速就是指在发动机和车轮处于动力传送状态下,节气门处于关闭状态,空气通过节气门缝隙及旁通节气门的怠速调节通道进入发动机,汽车发动机在工作中分为多个工况,而怠速时发动机要随时准备应对驾驶员的起步操作,在汽车起步时是将汽车由静止变为运动状态,所以需要发动机发出比正常行驶时更大的扭矩,因此更费油;而低速行驶也是造成不当能耗的重要原因之一,因为在低速行驶时,由于发动机的负荷率降低,发动机发出的功率没有被充分利用,从而导致能耗上升。

(5) 超速行驶。汽车在超速行驶时,发动机要额外增加喷油量来保持速度,同时超速行驶时风阻也会大大增加,综合在一起会大大增加能耗^[13]。一般来说公交车在正常道路下行驶的经济速度大约为40公里/小时。

(6) 频繁并线。实践证明,直线匀速行驶的状态下是最省油的,当然车速要在经济时速内。受城市道路以及公交车线路相对密集的站点罗列等因素影响,公交车很难保持直线匀速行驶,但在实际公交车运行过程中时常会看到有些公交车为了抢时间频繁进行并线,这样做不但危险而且增加能耗,因为在并线的过程中必定要加速,频繁加速毕然会导致高能耗;频繁并线还会增加行使里程,从而增加能耗。

(7) 频繁刹车。刹车会导致车辆动能的损失,不必要的频繁刹车将会带来额外的能源消耗。

上述不良驾驶行为在公共交通行业中非常普遍。如果能够对这些行为进行实时的监控与约束,那么就可以有效控制由于高能耗的驾驶行为而导致的过量能耗,进而优化能耗管理策略。

三、公交车驾驶行为远程监测方案

在信息化技术发展迅速的今天,智能化技术被广泛运用,在公交领域亦是如此。近年来兴起的智

能公交系统,大量运用先进的数据通讯传输技术、电子传感技术、电子控制技术以及计算机处理技术等手段,有效地集成运用于整个交通运输管理体系,建立起了一种大范围、全方位发挥作用的实时、准确、高效的综合运输和管理系统。然而,当前智能公交系统侧重于公交的舒适性、便利性和安全性这几个方面,在能耗管理优化方面的作用却显得有些不足。事实上,通过对驾驶员驾驶行为与能耗之间密切关系的深入研究,能耗管理优化同样可以通过相关信息技术和传感器等设备来实现。具体地,可以通过自动采集和公交司机驾驶行为相关的数据,实时传输到控制中心,通过一系列驾驶行为模型和算法实现对驾驶行为进行识别,并将检测结果与能耗管理紧密的结合起来,实现能耗管理方法的智能化改进。

驾驶行为智能检测方案主要包含传感数据采集与传输以及行为识别模型两个主要方面。

其一,数据采集与传输。主要由4个方面组成:

(1)实时采集。运用GPS、各类传感器数据等实现驾驶行为源数据的精确全面采集。(2)数据传输。采用移动数据通信网络技术,主要包括GPRS、3G等移动数据平台技术实现车载数据的高速实时传输。(3)数据存储。面向行为识别的车载传感数据采集量和采集频率非常高,因此对于公交车队而言,需要采用高效的存储技术处理海量数据的长期保存与快速检索。(4)数据反馈。通过GPRS、3G等移动数据传输平台,将高能耗的不良驾驶行为识别结果信息反馈到车载智能终端显示屏和车载语音模块,通过对驾驶员的实时提醒和约束,实现行为纠偏,有效减少不当能耗。

其二,驾驶行为识别模型与算法。行为识别模型的作用是将车载终端采集的传感数据转换为对驾驶员行为的识别与判定。主要包括:(1)数据模型与数据预处理。与高能耗驾驶行为模型识别密切相关的车辆运行数据分别来自于档位、车速、里程、刹车踏板、油门踏板、发动机转速、发动机温度等方面^[6]。需要根据行为识别模型的数据需求,建立涵盖上述方面的基础数据结构模型。通过车载GPS、各类传感器以及车载CAN总线网络,实时采集上述数据,形成驾驶行为识别的数据基础集。通常情况下,实时采集到的基础数据,不能直接用于行为识别,需要按照识别模型的需求,对基础数据进行清理、整合、转换等预处理过程,将基础数据集转换成高质量的能够直接用于行为识别的目标数据集。(2)驾驶行为识别模型。根据每种高能耗驾驶行为的特征与规

律,采用特征量提取、高斯混合模型(GMM)、隐马尔科夫模型(HMM)等数学方法,建立识别每一种高能耗驾驶行为的数学模型。将实时采集和处理得到的数据输入识别模型,模型能够在允许的精度范围内,实时输出对驾驶行为的判别结果。(3)驾驶行为模型的求解算法。由于不同的高能耗的驾驶行为采用不同的数学方法建立,因此需要设计不同的求解算法。算法的实现采用嵌入式系统(用于车载终端)下的C++程序和WEB服务器条件的JAVA程序设计两种方式实现。嵌入式系统中的算法适用于对基础数据采集频率和数据实时性要求极高的行为识别模型,而WEB服务器条件下的算法适用于对基础数据采集频率较低,且对数据实时性要求稍低的行为识别模型。

四、基于驾驶行为远程监测的公交能耗管理策略改进

当前,公共交通行业能耗管理普遍采用能耗定额管理,即结果导向型的能耗管理方式;通过在某一周期内的燃料消耗量(通常是以单位公里或者单位乘客来核定),与此前制订的定额燃料消耗量进行对比,把结果作为奖惩依据。这种方法在一定程度上能够约束驾驶员的不当驾驶行为、减少能耗,然而也存在着很大的局限性,无法把握到不当能耗的根源所在,驾驶员一个周期受罚后,由于驾驶行为习惯难以纠正,可能在下一个考核期仍然得不到改善;另一方面,GPS、GIS等技术也广泛运用于公交的运营管理中,也为能耗管理在行驶里程、行车速度等方面提供一些帮助,但是,GPS、GIS等技术只能实现对车辆位置以及速度的监测,无法进行实现对驾驶行为的远程监测,在能耗管理方面效果有限。

采用了驾驶行为远程智能检测的先进ITS手段,可实时获取驾驶员驾驶行为基础数据,通过数据识别出驾驶行为。以此为基础,实现对公交能耗管理机制的优化管理,思路如图1所示。

通过实时采集车辆行驶状态数据、远程识别驾驶行为,可以随时全面监控驾驶员的不当驾驶行为,既可以规避大量的高能耗操作行为,还能在舒适性、安全性等方面起到作用。在驾驶行为智能检测过程中,实时采集的车辆行驶档位、车速、制动踏板、油门踏板、发动机温度等数据,既跟能耗存在密切联系,又对安全性与舒适性有很大影响,诸如空档滑行、超速、急起急停等状况都是影响安全性与舒适性的潜在危险因素。通过将实时监测的不良驾驶行为及时反馈给驾驶员,可以有效矫正驾驶员的不良行为。

实现能耗管理从静态到动态、离散到连续的方式转变,能够杜绝瞒报、谎报等作假行为的出现。传统的能耗管理具有非常强的周期性,管理行为一般发生在管理周期的开始和结束阶段,在中间就会出现大量的管理盲点,因此会出现瞒报、谎报等作假行为。智

能监测手段具有实时采集与传输、远程分析识别、管理信息及时反馈等特点,改变了以往那种长周期性的管理模式,将能耗管理行为贯穿于整个公交运营过程,提高了管理效率,杜绝违规违法行为的出现。

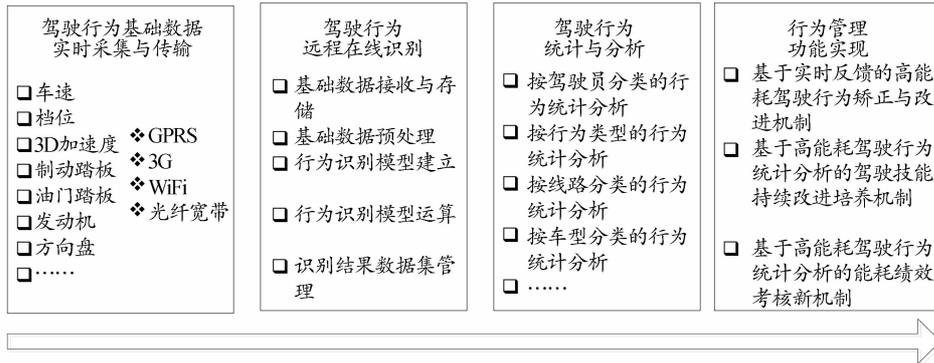


图1 基于驾驶行为远程检测的能耗管理策略优化流程示意图

通过对驾驶员驾驶行为数据长期跟踪分析,让驾驶员了解到自己高能耗的根源所在,在此基础上建立驾驶员驾驶技能的持续改进机制,实现标本兼治。驾驶行为智能检测的核心在驾驶行为的智能远程监测与控制,驾驶员的每一个驾驶行为,都能在驾驶行为监测数据库中找到与之对应的数据,从而分析总结出每个驾驶员的驾驶行为特征规律。当驾驶员理解并掌握了这些特征和规律后,就能够有意识地保持优良的驾驶习惯,改进不良的驾驶习惯。同时,车队管理者掌握了车队所有驾驶员的驾驶特征规律,可以为每一位驾驶员提出个性化的管理培训与驾驶改进策略,实现精细化管理。

不间断的精确管理。(4)实现针对驾驶员个体特征为基础的以人为本的个性化管理模式。

在掌握了驾驶员驾驶行为特征的基础上,可进一步对驾驶员进行职业适应性心理测评。通过职业适应性心理测评,掌握驾驶员具有不同驾驶行为特征的心理根源。人与人之间存在着个体差异,不管是在性格、气质以及能力等方面都不尽相同,这就是不同驾驶员在车辆驾驶时表现出明显个体特征的根本原因^[13]。在此基础上,就能实现以人为本的针对性管理,不仅能够大幅改进管理效率,还能提升驾驶员对职业的热爱和成就感。

综上所述,基于驾驶行为智能检测的公交能耗管理能够在技术手段、管控方式、管理内容以及业务流程等方面实现对能耗机制的优化,为实现节能减排、绿色公交作出贡献。在后续的工作中,需要对车载设备、数据高效传输、驾驶行为识别模型的效率改进、大规模车队应用验证等方面进行更为全面、深入的研究。

参考文献:

[1] 李俊. 城市交通人性化问题研究[J]. 重庆大学学报:社会科学版,2005,11(3):14-16.
 [2] 缓解城市交通拥堵探讨[J]. 企业经济,2011(6):145-147.
 [3] 李锦,王爱兵. 城市公交车节能减排对策[J]. 城市车辆,2009(4):23-25.
 [4] 陈明伟. 城市公交系统满意度模糊多目标综合评价研究[D]. 成都:西南交通大学,2006:11-15.
 [5] 刘永平. 浅谈如何降低公交车辆的燃油消耗[J]. 城市公共交通,2010(11):35.
 [6] PHATIPHAT THOUNTHONGA, STEPHANE RAËL, BERNARD DAVAT. Energy management of fuel cell /battery / supercapacitor hybrid power source for vehicle applications [J]. Journal of Power Sources, 2009,193:376-385.
 [7] 王登峰,邓阳庆,刘延林,等. 汽车使用诸因素对燃油经济性的影响分析与试验研究[J]. 公路交通科技,2008,8(25):151-153.
 [8] LAJUNEN A. Evaluation of the benefits of using dual -

五、结论与展望

基于驾驶行为远程检测的公共交通能耗管理策略具有以下特点:(1)改变了传统的结果导向性能耗的粗放式管理思路,实现了以驾驶行为管控核心的精细化管理模式。(2)驾驶行为的智能识别与监测技术能直接对高能耗的驾驶行为进行及时有效的纠偏,实现驾驶行为实时管控,不留管理漏洞。(3)改变了过去静态、离散的能耗管理方式,实现了连续、

- source energy storage in hybrid electric vehicles[C]// Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2010 IEEE : 1 - 6.
- [9] LI Yongdong, ZHENG Zedong, BO Dong. Energy management of hybrid DC and AC bus linked microgrid[C]//Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), 2010 2nd IEEE ,16 - 18 June, 2010:713 - 716.
- [10] 李孜佳. 公交车驾驶员工作倦怠问题研究[J]. 山东交通学院学报,2009,17(2):10 - 15.
- [11] 陈松林. 城市公交车燃油消耗定额计算与考核管理[J]. 城市公共交通, 2012(10):19 - 20
- [12] 骞小平. 城市公交企业评价管理方法[D] 西安:长安大学,2007.
- [13] 宋子祯. 汽车的中速行驶与节油[J]. 山东工程学院学报,1994,8(1):76 - 77.

Study on Public Transportation Energy Consumption Management Strategy Based on Driving Behavior Remote Surveillance

LI Yong^a, TAN Hongying^a, LIU Danping^b

(a. School of Economics and Business Administration;

b. School of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

Abstract: With the highly development of society, the way of economic development is more considering the comprehensive, balanced and sustainable approach. In the traffic field, especially in the public traffic field, the ideas like bus priority, green bus, etc., have been firmly embedded into the human mind. This paper intends to adopt the advanced information technologies and models to identify, monitor and feedback the bus driving behaviors, and applies it to the bus energy consumption management, and finally to improve the methods, tools and processes of bus energy consumption management.

Key words: bus; driving behavior; intelligent surveillance; energy consumption management

(责任编辑 傅旭东)