

文章编号:1671-1637(2020)04-0184-10

中国高速公路运输态势

李 彬,肖润谋,闫晟煜,马 健

(长安大学 汽车学院,陕西 西安 710064)

摘 要:挖掘了中国高速公路 13 年的客货车运输量、车辆结构、运行速度、运输密度、货车空驶和货车超载等历史数据,分析了高速公路上客货车运输态势。分析结果表明:2018 年高速公路行驶量为 7.32×10^{11} veh·km,其中货车行驶量为 2.21×10^{11} veh·km,客车行驶量为 5.11×10^{11} veh·km,高速公路行驶量与车道里程相关系数高达 0.99;2018 年高速公路旅客周转量达到 1.77×10^{12} 人次·km,相当于 2006 年高速公路旅客周转量的 3 倍,相当于同年铁路旅客周转量的 1.25 倍;随着私家车保有量的增加,7 座以下客车出行总量和比例均持续大幅增长,已从 2006 年占高速公路总旅客周转量的 29.75%,增长至 2018 年的 71.74%;2018 年中国高速公路货物周转量为 2.99×10^{12} t·km,较 2017 年同比增长约 4.25%;2018 年高速公路货物周转量占全社会营业性货车货物周转量的 42.00%,且高速公路运输量波动与经济周期基本同步;中国各省高速公路客货车运输较为合理;2018 年各省旅客和货物运输密度的基尼系数分别为 0.36 和 0.30,均处于相对合理区间;2018 年高速公路货运车辆结构进一步优化,与 2017 年相比超载现象降低了 1.63%,货车空驶现象增加了 4.28%。

关键词:公路运输;中国高速公路;运输结构;数据挖掘;基尼系数;货运车辆;客运车辆

中图分类号:U113 **文献标志码:**A **DOI:**10.19818/j.cnki.1671-1637.2020.04.015

Transportation trend of Chinese expressway

LI Bin, XIAO Run-mou, YAN Sheng-yu, MA Jian

(School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: The historical data of traffic volume, vehicle structure, vehicle speed, traffic density, empty driving and truck overload of Chinese expressway in 13 years were mined, and the transportation situations of passenger vehicle and freight vehicle on expressway were analyzed. Analysis result shows that the expressway vehicle driving capacity in 2018 was 7.32×10^{11} veh·km, in which the truck driving capacity was 2.21×10^{11} veh·km and the bus driving capacity was 5.11×10^{11} veh·km. The correlation coefficient of expressway vehicle driving capacity and lane mileage was as high as 0.99. In 2018, the passenger turnover volume of expressway was 1.77×10^{12} people·km, which was three times the value of in 2006 and 1.25 times of railway passenger turnover volume in the same year, respectively. With an increasing number of private car ownership, the total number and proportion of passenger vehicle trips with less than 7 seats increased substantially and continually, from 29.75% of the total passenger turnover of

收稿日期:2020-04-06

基金项目:国家自然科学基金项目(51978075);交通运输战略规划政策项目(211422180427);中央高校基本科研业务费专项资金项目(300102229108)

作者简介:李 彬(1982-),男,陕西岐山人,长安大学讲师,工学博士,从事交通运输与车辆工程研究。

引用格式:李 彬,肖润谋,闫晟煜,等.中国高速公路运输态势[J].交通运输工程学报,2020,21(4):184-193.

Citation:LI Bin, XIAO Run-mou, YAN Sheng-yu, et al. Transportation trend of Chinese expressway[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2020, 21(4): 184-193.

expressway in 2006 to 71.74% in 2018. The freight turnover volume of expressway was 2.99×10^{12} t · km in 2018, with a year-on-year growth of about 4.25% compared with 2017. The expressway freight turnover volume accounted for 42.00% of the total commercial truck turnover volume in whole society, and its fluctuation basically synchronized with the economic cycle. The passenger and truck transportation of expressway in each province were relatively reasonable. The Gini coefficients of passenger and freight transportation density in each province were 0.36 and 0.30 in 2018, respectively, both within the relatively reasonable range. With a further optimization of expressway freight vehicle structure, the excess freight decreased 1.63% and the empty-truck increased 4.28% in 2018 compared with 2017. 3 tabs, 12 figs, 28 refs.

Key words: expressway transportation; Chinese expressway; transportation structure; data mining; Gini coefficient; freight vehicle; passenger vehicle

Author resume: LI Bin (1982-), male, lecturer, PhD, binli@chd.edu.cn.

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (51978075); Transportation Strategic Planning Policy Project (211422180427); Fundamental Research Funds for the Central Universities (300102229108)

0 引言

2018年,全社会完成营业性货运量 5.06×10^{10} t,与2017年相比增长7.2%,货物周转量为 19.94×10^{12} t · km,与2017年相比增长3.5%,中国已经成为世界上运输最为繁忙的国家。在综合运输中,公路运输量占比较高,以2018年数据为例,公路货运量占综合货运量(铁路、公路和内河与沿海水运,下同)的79%,货物周转量占综合货物周转量的48%^[1]。中国交通运输总体上经历了从“瓶颈制约”到“初步缓解”,再到“基本适应”经济社会发展需求^[2]。但是在运输结构上还存在一定的问题,比如各种运输方式的优势未能充分发挥、基础设施衔接不顺畅、综合运输组织化水平不高。中国目前也在积极进行运输结构调整,主要体现在以下几个方面:铁路运能提升,水运系统升级,公路货运治理,多式联运提速,城市绿色配送,信息资源整合。综合运输优化的前提是对各种运输方式产生的运输量进行有效分析和数据挖掘,中国的综合货物运输量中,铁路、水运和航空都可以得到相对精确地数据,而公路货运主要以个体运输为主,运输量统计非常困难^[3-4]。综合货物运输量与国民经济之间存在密切关系,国内外学者都进行了大量研究,并且得出二者间的关系模式以及关联程度会随着经济发展阶段的演进而发生变化,因此,这种关系的变化引起了很多研究者的关注。吴迪^[5]建立了公路运输和国民经济之间的协同关系模型,并研究了评价方法;于江霞等^[6]发现中国公路交通设施在空间上存在显著的空

间自相关性,说明公路交通设施的发展能够促进区域经济发展;孙冰^[7]发现综合货物运输指数 TSI 与宏观经济工业增加值、GDP 之间高度相关,能够较好地反映宏观经济运行;Kveiborg 等^[8]分析了丹麦货运量增长和经济之间的关系;Alises 等^[9]分析了欧洲货物运输趋势,认为总的货运需求是源自经济增长的驱动。总之,公路交通运输量也是反映区域社会经济发展与交通运输服务水平的重要指标,准确可靠的客货车运输数据直接关系到区域发展战略的科学制定以及交通运输行业的决策管理^[10-11]。对高速公路车辆运行数据进行有效挖掘,能够为准确把握运输态势提供依据。

在美国、加拿大、日本和一些欧洲国家,公路运输态势的研究主要以抽样调查的方式展开,独立或者结合其他专项调查。通过现场调查、问卷调查、电话询问和企业上报等手段,抽样选择调查对象,同时依赖法律强化信息准度与上报时间,提高数据调查的准确性与客观性^[12-15]。

中国目前处在交通运输结构调整的关键期,运输结构是各种运输方式在客货总运输量中所占的比例,及其在运输的空间领域和物质领域的分工。就公、铁运输来看,铁路具有大运量和低成本的优势,且货类主要集中在煤炭、粮食和矿石等大宗散货;公路运输具有快速和灵活的特点,货类分布较为分散,但是货值较高。例如,美国运距 160 km 以上的公路运输货物平均货值为是铁路运输货物平均价值的 8.2 倍^[16]。只有获取准确和及时的运输量基础数据,才能客观反映公路运输行业的真实发展状况,以

及判断未来不同运输方式走势。随着大数据时代的来临,海量的全样本数据为精确计算宏观与微观尺度各地区间的客货运输量提供了可能,同时也可以很好的把握全社会公路货物运输量的波动^[17]。除海南省高速公路外,中国高速公路均为收费公路,因此,在高速公路收费数据库中可以获得客货车进出高速公路的时间、站点、里程、车型和质量等关键信息,通过大数据分析后,可以精确获取高速公路客货车运输量、车型构成、空驶状况、超限运输情况以及运输公平性等数据。

目前国内外对高速公路研究中,大多是针对某些特定指标进行研究,没有就整体运输状况全面分析。在运输公平性方面,只有针对区域高速公路的交通流不平衡性研究^[18-19],没有针对全国层面,从客货车运输量角度研究高速公路运输公平性问题^[20-22]。长安大学运输科学研究院建立了全国高速公路数据库,为交通运输部提供月度和年度高速公路数据分析,积累了自2006~2018年的全国高速公路客货车运行数据。本文以近13年高速公路大数据为研究对象,从高速公路基础设施状况、客货运输量走势、不同类型客货车运输结构变化、高速公路运输公平性以及其发展趋势等方面全面剖析了中国高速公路客货车运输态势。该研究有助于分析当前经济运行态势,有利于全面掌握公路运输状况,也有利于运输企业和汽车制造企业的精细化市场研究。

1 高速公路交通状况

1.1 高速公路基础设施发展状况

截止2018年底,全国公路总里程为 4.85×10^6 km,较上年增加了 7.31×10^4 km。公路密度为 $50.48 \text{ km} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1}$,较上年增加了 $0.76 \text{ km} \cdot (100 \text{ km}^2)^{-1}$ 。其中,高速公路里程为

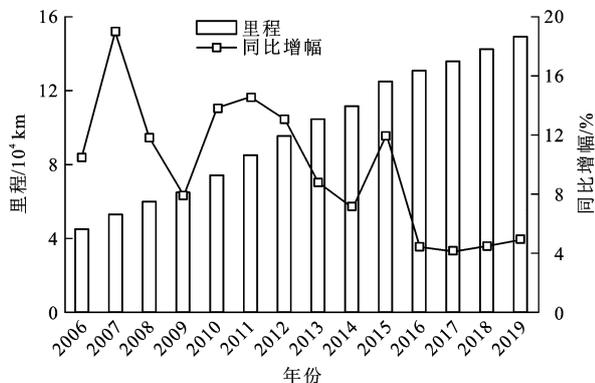


图1 高速公路里程增长趋势

Fig. 1 Growth trend of expressway kilometer

1.426×10^5 km,增加了 6.1×10^3 km,同比增长4.50%,见图1。目前中国高速公路里程远高于美国(9.35×10^4 km)^[23],成为世界第一。中国高速公路车道里程为 6.33×10^5 km,比上年增加了 2.9×10^3 km。经过近年来的高速增长,高速公路平均车道个数从2008年的4.4075增长到2018年底的4.4414,全国有12个省(市)平均车道个数高于均值,见表1。近年来,高速公路里程稳步提升,高速公路设施的健康发展是中国公路运输发展的基础保障。

表1 2018年部分省市高速公路平均车道个数

Tab. 1 Average numbers of expressway lanes in some provinces and cities in 2018

省市	平均车道个数	省市	平均车道个数
上海	5.8933	河北	4.8154
天津	5.6471	河南	4.7925
北京	5.2121	辽宁	4.7556
广东	5.1295	陕西	4.6209
江苏	5.0464	福建	4.5765
浙江	4.8928	云南	4.5180

1.2 高速公路交通发展状况

2018年中国高速公路日均车道交通量为3167 veh,其中货车为958 veh,客车为2209 veh;高速公路行驶量为 7.32×10^{11} veh·km,其中货车行驶量为 2.21×10^{11} veh·km,客车行驶量为 5.11×10^{11} veh·km。历年行驶量和车道里程变化见图2。

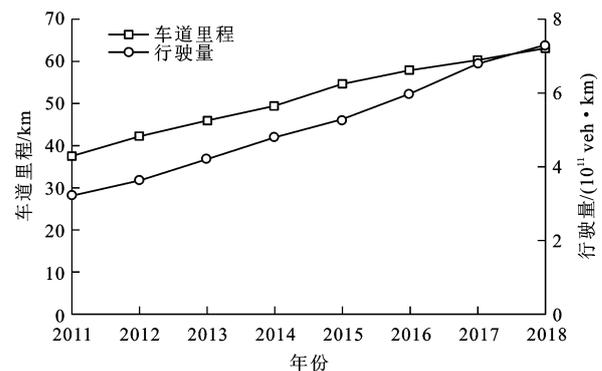


图2 高速公路行驶量与车道里程增长趋势

Fig. 2 Growth trends of vehicle driving capacity and lane kilometer of expressway

利用线性相关系数评价高速公路行驶量和车道里程的关系,即

$$r(X, Y) = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{D(X)D(Y)}} \quad (1)$$

式中: $r(X, Y)$ 为相关系数; X 为车道里程; Y 为行驶量; $\text{Cov}(X, Y)$ 为 X 与 Y 的协方差; $D(X)$ 、 $D(Y)$ 分

别为 X 、 Y 的方差。

高速公路行驶量增长趋势和车道里程基本一致,均呈线性增长,二者相关系数高达 0.99,反映出了基础设施建设的发展对运输的巨大推动作用。同时可以看出,高速公路行驶量增速较车道里程更快,这说明从全国层面来看,高速公路的运输需求的增长高于基础设施的建设。

2 高速公路客车运输态势

高速公路数据库中可以采集到每辆客车的车型和出入口站点信息。在收费站调查中可以得到每种车型的平均实载人数,由于所分析的数据为 2018 年及以前的客车运输数据,因此,各型客车划分标准依据交通运输部《收费公路车辆通行费车型分类》(JT/T 489—2003),新标准《收费公路车辆通行费车型分类》(JT/T 489—2019)于 2019 年 9 月开始实施。

2.1 高速公路旅客运输量统计方法

各型客车平均实乘人数 \bar{Q}_i 通过各省典型收费站调查获取,计算公式为

$$\bar{Q}_i = \frac{\sum_{j=1}^{r_i} Q_{ij}}{r_i} \quad (2)$$

式中: Q_{ij} 为车型 i 的客车 j 的乘客数; r_i 为车型 i 的样本客车数量, $i=1\sim 4$ 分别代表 4 种车型。

通过对典型路段的实地调研,各型客车的平均座位数和乘坐率如表 2 所示。

表 2 客车乘坐率

Tab. 2 Occupancy rates of passenger vehicles

车型	I	II	III	IV
座位数	≤ 7	(7,20]	(20,40]	> 40
平均座位数	5.242	12.255	35.326	50.978
乘坐率/%	45.62	48.17	61.14	56.44

客车的发送客运量 Q 为

$$Q = \sum_{i=1}^4 \bar{Q}_i f_i \quad (3)$$

式中: f_i 为高速公路收费站通过车型 i 的数量。

客车完成的旅客周转量 P 为

$$P = \sum_{i=1}^4 Q L_i \quad (4)$$

式中: L_i 为车型 i 的行驶距离。

2.2 高速公路客车运输态势分析

2006~2008 年,高速公路与铁路旅客周转量增幅基本同步,自 2009~2018 年,除了 2015 年高速公

路旅客周转量增幅低于铁路外,其余年份均高于铁路。2018 年,高速公路旅客周转量达到 1.77×10^{12} 人次·km,相当于 2006 年高速公路旅客周转量的 3 倍,相当于同年铁路旅客周转量的 1.25 倍。以 2006 年运输量为基数,可以得到近年来旅客周转量增长趋势,见图 3。旅客平均行程是指一定时期内,每位旅客被运送的平均距离,是旅客周转量与客运量之商,反映居民在生产 and 生活上对旅行的使用情况。2018 年中国高速公路客车客运量为 2.46×10^{10} 人次,同比增长了 7.01%,旅客平均行程为 71.90 km,同比下降了 1.45%,见图 4。近年来,旅客平均行程经历了短暂上升后,于 2012 年开始持续下降,从峰值的 96.3 km,降低至 2018 年的 71.9 km。这主要是因为随着高速公路里程和路网密度的不断增加,高速公路网为旅客出行提供了越来越方便的个性化服务,居民出行便捷性提升明显。

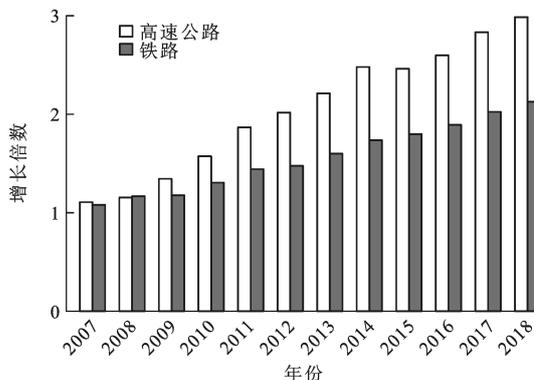


图 3 高速公路与铁路旅客周转量增长趋势

Fig. 3 Growth trends of passenger turnover volumes of expressway and railway

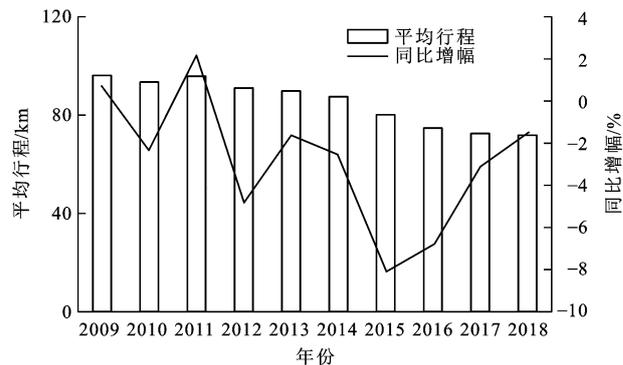


图 4 旅客平均行程

Fig. 4 Average travelling distances of passengers

2.3 乘用车与营业性客车运行趋势对比

2018 年高速公路乘用车(不大于 7 座客车,下同)旅客周转量为 1.27×10^{12} 人次·km,占高速公路旅客周转量的 71.74%,同比增长 6.58%,见

图5。营业性客车(不小于20座客车)旅客周转量占高速公路旅客周转量的比例同比下降9.77%。客运密度为 3.20×10^6 人次·km·km⁻¹,同比下降13.66%,见图6。乘用车出行比例持续大幅增长,已经从2006年占高速公路总旅客周转量的30%,增长到目前的71.74%。乘用车出行份额的大幅增长的原因:一方面是中国近年来私家车越来越普及,私家车主个性化出行需求不断上升;另一方面是高铁的迅猛发展对其他运输方式发展产生了较大影响,在营业性客运方面体现得尤其明显,近年来公路营业性客运量持续下降,2015~2017年分别下降6.8%、4.7%和5.6%^[21-22]。

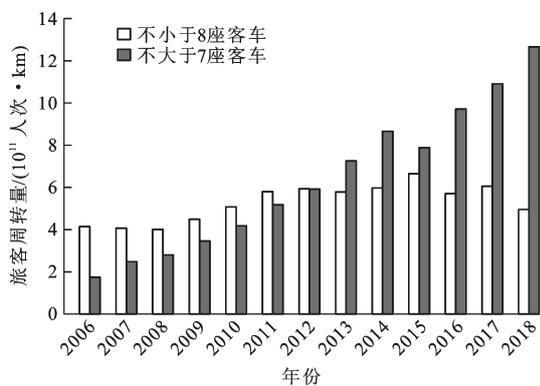


图5 2006~2018年高速公路旅客周转量

Fig.5 Passenger turnover volumes of expressway in 2006-2018

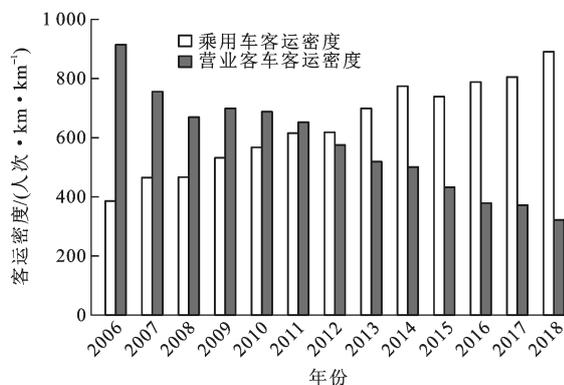


图6 2006~2018年高速公路客运密度

Fig.6 Passenger transportation densities of expressway in 2006-2018

自2006年以来,乘用车客运密度基本呈现线性增长趋势,而营业客车的客运密度则是线性递减,并且下降的速度高于乘用车增长速度,如图6所示。至2018年底,高速公路上乘用车客运密度为营业性客运的2.8倍。公路客运受到前所未有的影响,甚至出现部分公路客运站面临着关停的风险。公路客运企业应该通过优化客运班线、制定差异化票价、改善购票和进站服务通道、推动城市地铁与客运车

站的快速接驳等策略来提升高速公路客运竞争力^[23]。充分利用好公路客运门到门运营模式,有效提高公路客运的市场份额和运营利润,在保证公路客运服务商利润的前提下,大幅度提高整体客运服务水平^[24]。高铁和公路运输并不完全对立,二者应该是互为补充和互相影响,通过良性竞争和合理的运输组织,整体提升居民的出行服务水平。

3 高速公路货物运输趋势

3.1 高速公路货物运输量统计方法

3.1.1 货车平均空车质量

根据轴数和各轴轮胎数,将货车分为12种类型。依据特征轴重的限值,结合收费站空驶车辆调查,可以筛选出各轴型空车,求取各轴型空车的平均重量,即该轴型货车的平均空车质量 w_h ,为

$$w_h = \frac{\sum_{k=1}^{n_h} w_{hk}}{n_h} \quad (5)$$

式中: w_{hk} 为轴型 h 的货车 k 的空车质量; n_h 为轴型 h 的空车数量。

3.1.2 货运量

货车总质量减去货车平均空车质量即为货车的发送货运量 F ,为

$$F = \sum_{h=1}^{12} \sum_{k=1}^{n_h} F_{hk} \quad (6)$$

式中: F_{hk} 为轴型 h 的货车 k 载货量。

3.1.3 货物周转量

货运量乘以行驶里程即可得到货车完成的货物周转量 T 为

$$T = \sum_{h=1}^{12} \sum_{k=1}^{n_h} F_{hk} L_{hk} \quad (7)$$

式中: L_{hk} 为轴型 h 的货车 k 完成的运距。

3.2 货物运输趋势

高速公路统计数据表明,2018年中国高速公路货物周转量达到 2.99×10^{12} t·km,同比增长约4.25%。高速公路货物周转量占全社会营业性货车货物周转量的42.00%,比2017年度减小0.99%。相当于铁路货物周转量的1.03倍,减小2.63%;相当于内河和沿海水运货物周转量的63.50%,减小2.45%。以2006年运输量为基数,得到近年来铁路、内河和沿海水运、高速公路的增长趋势,见图7。高速公路运输量可以及时精确统计,其运行态势和国民经济发展密切相关^[25]。从10年以上的长周期来看,中国的经济增长有几个重要阶段。2004年第

1 季度到 2007 年第 4 季度为平稳上升高速增长时期,GDP 平均增长速度达到了 12%以上;2008 年第 1 季度开始,GDP 增长速度一路下滑至 2009 年第 1 季度的 6.6%,比 2007 年第 4 季度减小了 7.9%,在“4 万亿”投资的刺激下,经济增长呈现“V”型迅速反弹,至 2010 年第 1 季度达到最高值为 12.1%^[26];2015 年也是中国经济较为困难的一年,GDP 增速下降到 6.9%,全年全部工业增加值同比增速下降到 5.9%,建筑业增加值增速下降到 6.8%^[27]。这说明现阶段中国运输行业与经济发展关系非常密切^[28],以上几个经济发展的关键节点在高速公路运输上也有明显对应,全国性的高速公路运输量研究始于 2006 年,从 2008 年之前高速公路、铁路和内河沿海水运均稳定增长,但是由于 2008 年经济危机影响,其后有所回落;同样受益于“4 万亿”经济刺激,2009 年综合运输量均大幅提升,体现了投资对经济和运输行业的拉动作用。但是 2011 年以后,高速公路、铁路和水运 3 种运输方式开始分化。同样在经济较为困难的 2015 年,高速公路和铁路同比增幅均出现大幅下滑。

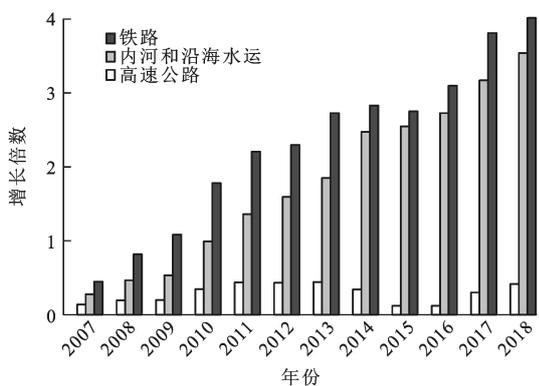


图 7 货物周转量增长趋势

Fig. 7 Growth trends of freight turnover volumes

3.3 货车运输结构趋势

中国公路运输早期是以中型卡车为主力,运输结构单一,形成了“缺重少轻”的运输局面。目前,运输市场层次更加鲜明,需求也越来越多样化,从以前的中型卡车为主慢慢过渡到全系列卡车蓬勃发展,特别是重型货车和轻型货车现在是货车市场发展的主流,而在高速公路上,3 轴和 3 轴以上重型货车成为运输的绝对主力。并且,随着高速公路货运价值的不断提升和国家环保政策的趋紧,对货车的动力性、环保性和专业化方面均提出了新的要求。而掌握高速公路上货车运输结构的趋势和变化,可以为运输管理部门提供政策制定的依据,

也有利于货运企业和汽车制造企业明晰市场和技术发展方向。

3.3.1 货车轴型构成

货车根据轴数和每个轴上轮胎数的不同可以分为 12 种类型,再根据轴数可以分为 3 大类:2 轴车、3 轴和 4 轴单车以及半挂列车。2018 年,高速公路主要轴型货车的交通量、行驶量和周转量比例由天津、河北、山西、黑龙江、江苏、江西、安徽、福建、山东、河南、湖北、湖南、重庆、贵州、陕西、宁夏合计 16 个省(区、市)数据整理所得。这些省(区、市)高速公路里程占全国高速公路通车里程的 57.33%,各类货车交通量与货物周转量变化趋势分别见图 8、9。

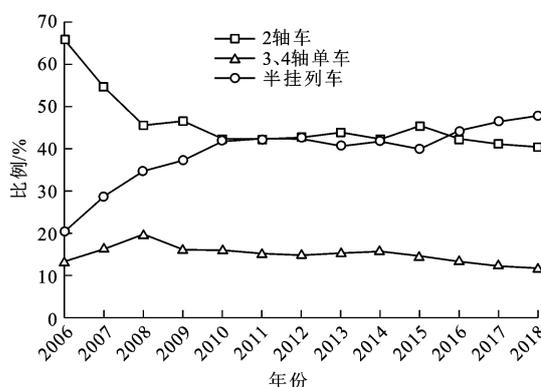


图 8 各类货车交通量比例

Fig. 8 Proportions of traffic volumes of different trucks

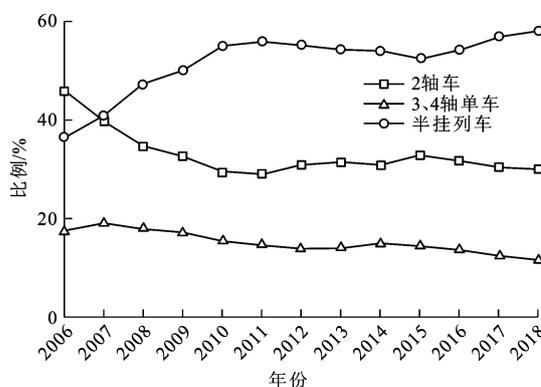


图 9 各类货车货物周转量比例

Fig. 9 Proportions of freight turnover volumes of different trucks

2006 年 2 轴货车的交通量占比还高达 66.27%,此时的中国高速公路运输还处于“缺重少轻”的运输格局,大量的中长途运输由 2 轴车完成。随着重型货车的迅速发展,以及高速公路计重收费政策对多轴大吨位货车的刺激效应,半挂列车在高速公路上的交通量占比迅速上升,由 2006 年的 20.47%快速上升到 2010 年的 41.85%,此后窄幅震荡,并于 2018 年上升至历史高位,占比 47.94%。

2 轴货车则下滑至 40.39%。3、4 轴货车交通量占比在经历了 2006~2008 年的短暂上升后,下降至 2018 年的 11.67%。

从货物周转量上更能反映出半挂列车在高速公路上的主导地位,最初半挂列车完成的货物周转量占比不足 60%,持续上升至 2011 年的 82.31%。此后双前桥半挂列车受政策影响,在高速公路上使用率有所下降,带动半挂列车货物周转量占比有所降低,但是从 2013 年开始,在 6 轴货车的带动下,半挂列车完成的货物周转量持续走高,直至 2018 年的 86.32%。随着高速公路上重型化和专业化水平的不断提升,以及甩挂运输的发展,多轴大吨位货车运输比例还将持续走高。

3.3.2 货车空驶状况

空车走行率是借鉴铁路运输上的概念,是空车行驶量与重车行驶量的比值,主要反映货车装载能力的利用和货车周转时间的长短,可以从空车交通量和运行距离两个维度评价货车运输状况。同时,将车流分为省内车流和跨省车流,其中省内车流是指起止点均为省内收费站,起止点均在省界站或者起止点中任意一个在省界站均属跨省车流。2018 年中国高速公路空车交通量占比 24.99%,空车走行率为 31.09%,同比上升 4.28%。

近 10 多年来,高速公路货车空驶现象基本呈现持续上升态势,主要体现在 2 轴货车和半挂货车空驶现象增加较为明显,3、4 轴单车反而空驶率较为稳定,甚至跨省车流的空驶率自 2014 年以来还有所降低。2 轴车空驶率上升主要是由于平均运距逐步缩短,车主不愿意浪费时间等待回程配货。半挂列车空驶率上升则主要受经济大环境影响,货源减少,货车回程配货困难。3、4 轴单车空驶率较为稳定,主要是适应能力较强,即可以应急跑长途,也可以半载情况下跑短途,因此,空驶率控制较为理想。随着近年来物联网的发展,货车运输信息化也逐步驶上快车道,满帮集团、快运滴、叭叭速配和货拉拉等一批互联网物流平台快速占领市场,借助物流信息化的发展,今后货车空驶率有望逐步稳定。

3.3.3 货车超限运输状况

根据货车装载情况,可以把不同装载的货车分为空车、不超限重车和超限货车,超限货车按国家强制标准《道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值》(GB 1589—2016)的规定,2018 年中国高速公路超限率(超限车数/货车总数)为 11.47%,比 2017 年减小

1.63%;超限 30% 以上的货车比例为 0.88%,比 2017 年减小了 0.04%。中国高速路上空车比例近 4 年来呈现逐步增长的态势,与前文提及的空车走行率趋势一致。超限 30% 及以内的重车在 2010 年达到峰值 25.49%,此后逐年减小至 10.59%,特别是超限 30% 以上的货车数量已经从 2008 年的 5.59% 减小到 2018 年的 0.88%,见图 10。自高速公路计重收费全面实施以来,中国高速公路上的超限率持续下降,说明利用经济杠杆治理超载运输效果显著。

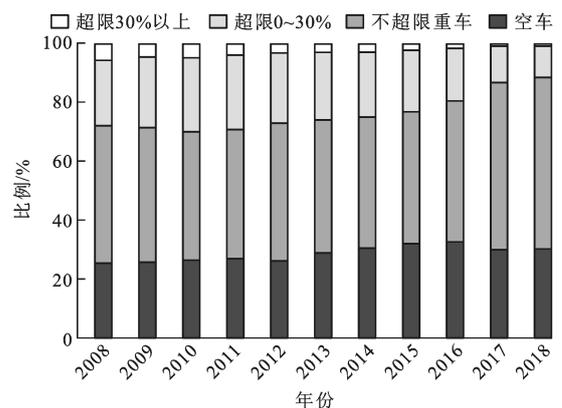


图 10 2008~2018 年货车超限比例

Fig. 10 Proportions of truck overloading during 2008-2018

4 高速公路交通均衡性分析

中国内地高速公路在 1988 年实现了零的突破,随后高标准、长距离的高速公路建设拉开了序幕。此后的 30 多年时间里,高速公路由线到网络,取得了迅猛发展。各省高速公路发展是否均衡,所提供的旅客运输和货物运输服务均衡性如何,已经成为一项亟待回答的问题。

1912 年,意大利经济学家基尼在洛伦兹曲线的基础上提出了基尼系数的概念。基尼系数可以用来定量测量一个国家或区域的收入分配状况,是衡量社会财富公平状况的指标,其经济含义是不平等财富占社会总财富的比值。基尼系数在 $[0, 1]$ 取值,基尼系数越接近于 0,收入分配越趋向于平等;越接近于 1,收入分配愈不平等^[20]。联合国开发计划署对基尼系数做了具体划分,见表 3。

表 3 基尼系数区段划分

Tab. 3 Segment division of Gini coefficient

基尼系数	<0.20	[0.20, 0.30)	[0.30, 0.40)	[0.40, 0.59)	≥0.59
解释	高度公平	比较平均	相对合理	差距较大	差距悬殊

本文结合各省(市)高速公路客货车运输密度(货物周转量/里程),评价各省(市)之间交通资源分

配情况。以旅客或货物运输密度累计百分比为纵坐标,用省份节点数量累计百分比为横坐标,可以绘制高速公路运输密度的洛伦兹曲线,横坐标限定在[0, 1]取值。直线 OD 为绝对公平分配曲线,直线 OD 与曲线 OD 所围成的面积与下三角形的面积的比值,即用于不公平分配的运输资源占总运输资源的比值被称为运输基尼系数 G ,即

$$G = 1 - 2 \int_0^1 L(p) dp \quad (8)$$

式中: $L(p)$ 为运输密度的累计百分比曲线; p 为运输密度的分布。

2018 年旅客运输密度的基尼系数为 0.36,货物运输密度的基尼系数为 0.30,说明对于中国高速公路运输而言,为货物运输提供的服务均衡性要优于旅客运输,见图 11。并且从历年数据也可以验证,2006~2018 年,旅客运输的基尼系数始终高于货物运输,而且自 2014 年以来,旅客和货物运输密度的基尼系数一路走高,见图 12。通常将 0.38 作为分配差距的警戒线,从目前来看,中国高速公路客货运输均处于警戒线以下,但是持续走高的旅客运输基尼系数也需要引起交通管理部门的关注。

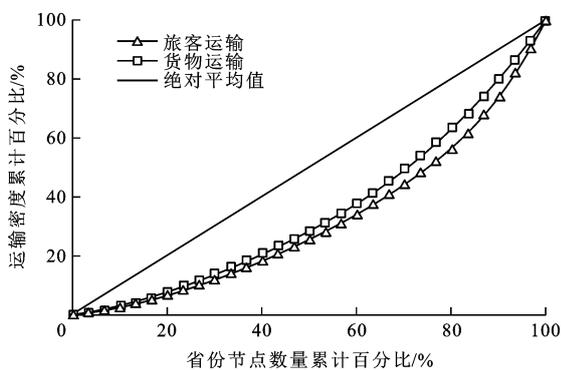


图 11 2018 年高速公路运输基尼系数

Fig. 11 Gini coefficients of expressway transportation in 2018

5 结 语

(1)本文分析了 2018 年中国高速公路客货车运输状况,结果表明:2018 年高速公路上客车完成的旅客周转量达到 1.77×10^{12} 人次·km,其中乘用车旅客周转量比例从 2006 年的 29.75% 快速增长到目前的 71.74%。货车实现的货物周转量 2.99×10^{12} t·km,占全社会营业性货车货物周转量的 42%。

(2)分析了 2006~2018 年中国高速公路客货车车型结构、运行参数和运输指标的变化,发现随着经济结构的不断调整,高速公路上货运车辆的结构也

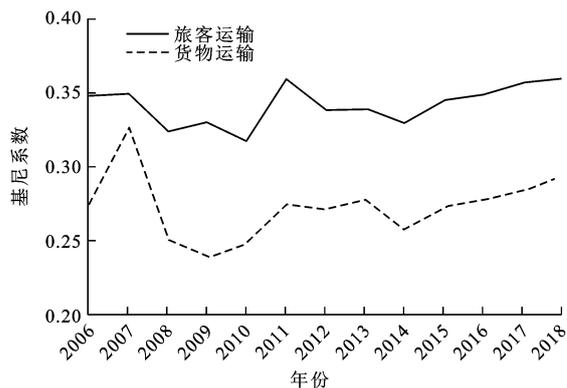


图 12 2006~2018 年高速公路运输基尼系数

Fig. 12 Gini coefficients of expressway transportation in 2006-2018

随之优化,多轴大吨位货车运输量比例上升明显,半挂列车在高速公路上的交通量由 2006 年的 20.47% 快速上升到 2018 年的 47.94%。货车超载运输现象持续下降,说明通过制定合理的经济政策治理超载运输效果显著。

(3)通过分析近 13 年来高速公路货物运输走势,发现中国的经济发展和高速公路货物运输量走势基本一致,特别是在 2008、2014、2015 和 2018 年等几个重要拐点,这说明现阶段中国高速公路货物周转量和国民经济关系密切。

(4)本文首次利用基尼系数对中国各省(市)高速公路客货车运输进行均衡性分析,分析结果表明:2018 年旅客运输密度基尼系数为 0.36,货物运输密度基尼系数为 0.30,均处于相对合理水平。自 2006 年以来,货物运输基尼系数始终低于旅客运输,但是持续走高的旅客运输基尼系数也需要引起交通管理部门的关注。

参 考 文 献 :

References :

[1] 中华人民共和国交通运输部. 2018 年交通运输行业发展统计公报[R]. 北京:中华人民共和国交通运输部,2018.
Ministry of Transport of the People's Republic of China. Statistical bulletin on transportation industry development in 2018[R]. Beijing: Ministry of Transport of the People's Republic of China, 2018. (in Chinese)

[2] 中华人民共和国国务院办公厅. 中国交通运输发展[R]. 北京:中华人民共和国国务院办公厅,2016.
The State Council Information Office of the People's Republic of China. Development of China's transport[R]. Beijing: The State Council Information Office of the People's Republic of China, 2016. (in Chinese)

[3] 刘拥华,陈维民,廖和匠,等. 公路路网货物运输量月度波动系

- 数推算方法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2015, 15(5): 123-127, 149.
- LIU Yong-hua, CHEN Wei-min, MIAO He-jiang, et al. Calculation method of monthly fluctuation coefficient on highway network freight transportation volumes[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2015, 15(5): 123-127, 149. (in Chinese)
- [4] 梁仁鸿, 仵思燃. 公路货物运输量统计新试行方案问题及完善思路研究[J]. 公路交通科技, 2018, 35(7): 151-158.
- LIANG Ren-hong, WU Si-ran. Study on problems and improvement of highway freight volume statistics trial scheme[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2018, 35(7): 151-158. (in Chinese)
- [5] 吴迪. 公路运输与国民经济的协同关系模型及评价方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- WU Di. Research on coordination relation model and evaluation method of road transportation and the national economy[D]. Changchun: Jilin University, 2011. (in Chinese)
- [6] 于江霞, 海猛, 韩少华. 公路交通与经济发展空间相关性及收敛性分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2015, 15(4): 31-37.
- YU Jiang-xia, HAI Meng, HAN Shao-hua. Spatial correlation and convergence between highway and economic development in China[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2015, 15(4): 31-37. (in Chinese)
- [7] 孙冰. 综合货物运输量与国民经济关联关系研究[D]. 西安: 长安大学, 2017.
- SUN Bing. Study on the relationship between the comprehensive freight volume and the national economy[D]. Xi'an: Chang'an University, 2017. (in Chinese)
- [8] KVEIBORG O, FOSGERAUL M. Decomposing the decoupling of Danish road freight traffic growth and economic growth[J]. Transport Policy, 2007, 14(1): 39-48.
- [9] ALISES A, VASSALLO J M. Comparison of road freight transport trends in Europe. Coupling and decoupling factors from an input-output structural decomposition analysis[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2015, 82: 141-157.
- [10] GOMEZ J, VASSALLO J M. Evolution over time of heavy vehicle volume in toll roads: a dynamic panel data to identify key explanatory variables in Spain[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2015, 74: 282-297.
- [11] 梁纪, 刘荣昌, 李振江, 等. 中国高速公路与全社会公路运输量关系研究[J]. 公路与汽运, 2016(6): 62-66.
- LIANG Ji, LIU Rong-chang, LI Zhen-jiang, et al. Study on the relationship between expressway and highway traffic volume of the whole society in China[J]. Highways and Automotive Applications, 2016(6): 62-66. (in Chinese)
- [12] 王心磊. 基于货车轴型的高速公路货物运输量统计方法[J]. 现代交通技术, 2015, 12(3): 69-72.
- WANG Xin-lei. Statistical methods of expressway freight volume based on freight car axle type[J]. Modern Transportation Technology, 2015, 12(3): 69-72. (in Chinese)
- [13] 王龙飞, 李杨, 何文聪, 等. 基于 OD 与交通量的区域公路网交通运输量计算方法[J]. 公路, 2017(1): 147-152.
- WANG Long-fei, LI Yang, HE Wen-cong, et al. Calculation method for transport volume of regional highway network based on OD and traffic volume[J]. Highway, 2017(1): 147-152. (in Chinese)
- [14] 杨铭, 秦华容, 陈荫三. 区域公路货物周转量结构与推算方法[J]. 交通运输工程学报, 2011, 11(5): 93-100.
- YANG Ming, QIN Hua-rong, CHEN Yin-san. Structure analysis and calculation method of freight turnover for regional highway[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2011, 11(5): 93-100. (in Chinese)
- [15] Bureau of Transportation statistics, U. S. Department of Transportation. Transportation statistics annual report 2017[R]. Washington DC: Bureau of Transportation Statistics, U. S. Department of Transportation, 2017.
- [16] Bureau of Transportation statistics, U. S. Department of Transportation. Transportation statistics annual report 2018[R]. Washington DC: Bureau of Transportation Statistics, U. S. Department of Transportation, 2018.
- [17] 肖润谋, 李彬, 陈荫三. 基于大数据的高速公路运输趋势分析[J]. 交通运输工程学报, 2015, 15(5): 1-8.
- XIAO Run-mou, LI Bin, CHEN Yin-san. Trend analysis of expressway transportation based on big data[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2015, 15(5): 1-8. (in Chinese)
- [18] CHEN Jian-dong, CHEN Jian-tao, MIAO Yi, et al. Unbalanced development of inter-provincial high-grade highway in China: decomposing the Gini coefficient[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2016, 48: 499-510.
- [19] 代洪娜, 姚恩建, 刘莎莎, 等. 基于基尼系数的高速公路网流量均衡性研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17(1): 205-211.
- DAI Hong-na, YAO En-jian, LIU Sha-sha, et al. Flow inequality of freeway network based on Gini-coefficient[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2017, 17(1): 205-211. (in Chinese)
- [20] 林晓言, 张泽华, 王梓利. 中国交通公平性测度研究——基于交通基尼系数的分析[J]. 宏观经济研究, 2019(5): 154-167.
- LIN Xiao-yan, ZHANG Ze-hua, WANG Zi-li. Research on the measurement of traffic equity in China—based on the analysis of traffic Gini-coefficient[J]. Macroeconomics, 2019(5): 154-167. (in Chinese)
- [21] 周健. 高铁发展对综合客运结构变动的影响[J]. 综合运输, 2019, 41(3): 7-11.
- ZHOU Jian. The impact of high-speed train on the change of comprehensive passenger structure[J]. China Transportation Review, 2019, 41(3): 7-11. (in Chinese)
- [22] 李晓伟, 王炜. 高铁竞争下高速公路客运选择行为与发展策略[J]. 铁道科学与工程学报, 2018, 15(3): 574-580.
- LI Xiao-wei, WANG Wei. Choice behavior of highway

- passenger transport and its improvement strategy under the competition of high-speed rail[J]. *Journal of Railway Science and Engineering*, 2018, 15(3): 574-580. (in Chinese)
- [23] Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Transportation. National transportation statistics[R]. Washington DC: Bureau of Transportation Statistics, U. S. Department of Transportation, 2015.
- [24] 杨忠振,王文娣,NOTTEBOOM T. 公路客运门到门运营模式下的末端线网优化[J]. *交通运输工程学报*, 2017, 17(1): 119-128. YANG Zhong-zhen, WANG Wen-di, NOTTEBOOM T. Optimization of end line network with door to door operation mode of highway passenger transport[J]. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 2017, 17(1): 119-128. (in Chinese)
- [25] KAHOULI B. Regional integration agreements, trade flows and economic crisis: a static and dynamic gravity model[J]. *International Economic Journal*, 2016, 30(4): 450-475.
- [26] 崔俊富,苗建军,陈金伟. 中国经济增长趋势研究[J]. *北京航空航天大学学报(社会科学版)*, 2017, 30(3): 68-73. CUI Jun-fu, MIAO Jian-jun, CHEN Jin-wei. Research on economic growth trend in China [J]. *Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics (Social Sciences Edition)*, 2017, 30(3): 68-73. (in Chinese)
- [27] 中华人民共和国国家统计局. 2015年国民经济和社会发展统计公报[R]. 北京: 中华人民共和国国家统计局, 2016. National Bureau of Statistics. The 2015 statistical bulletin on national economic and social development [R]. Beijing: National Bureau of Statistics, 2016. (in Chinese)
- [28] LI B, GAO S, LIANG Y H, et al. Estimation of regional economic development indicator from transportation network analytics [J]. *Scientific Reports*, 2020, DOI: 10.1038/s41598-020-59505-2.