

摘要

运力在充分发挥市场的作用下,通过宏观调控可以实现从追求总量增加向质的提高方向转变,这就需要有关部门从本地区实际出发,在国家道路货运业相关文件的指导下,研究制定适合本地区发展的运力结构优化方案。

本文是在我国加入 WTO 后,道路货运市场将全面对外资开放、黑龙江省加快全面建设小康社会、振兴东北老工业基地的背景下对黑龙江省道路货运运力结构优化进行的研究。论文查阅了大量资料,从黑龙江省道路货运业的实际出发,研究运力结构优化的理论依据,制定黑龙江省运力结构优化方案。

论文尝试从运力总量、车型结构、运力布局三个方面来研究运力结构优化的方法。首先运用运力增长分析模型对黑龙江省道路货运运力规模进行总体评价,并对黑龙江省货运需求进行预测,从运力总量的角度为运力结构优化提供研究方法。然后对黑龙江省道路货运车型结构进行预测,从车型结构的角度为运力结构优化提供研究方法。最后,建立了道路货运运力结构优化评价指标体系,对黑龙江省各地市道路货运运力结构进行评价,从运力布局的角度为运力结构优化提供研究方法。

论文的运力结构优化方案不仅为道路货运主管部门制定相关政策提供有益的参考,也有利于货运企业了解市场发展趋势、及时制定或调整企业经营策略和发展战略。论文的理论方法有较强的实用性,对区域运力结构优化有参考作用。

关键词 道路货运 运力 结构优化

Abstract

Under fully playing the role of market, through macro adjustments and controls, the total amount of transportation can realize a change from pursuing the increase in total amount of transportation to the improvement of the quality. This requires relevant department setting out from the local district actually, under the guidance of associated documents of national road freight transportation, to study and establish traffic capacity structure optimizing scheme that suits the local area.

This paper carries on an investigation in road freight transportation structure optimizing in Heilongjiang Province, which is carried out under the background that our country has joined WTO, the freight transportation market of the road will be open to foreign capitals in an all-round way, and that Heilongjiang Province will accelerate building the well-to-do society and revitalizing the old Northeast industrial fully. Through consulting large numbers of materials, this paper proceeds from reality of the road freight transportation industry of Heilongjiang Province, studies the theoretical foundation of the transportation structure optimizing, makes the transportation structure optimizing scheme of Heilongjiang Province.

The paper tries to study the transportation structure optimizing methods through the total amount of transportation, structure of vehicle style and arrangement of transportation. At first, use the increase and analysis model of traffic capacity to carry on an overall appraisal to the scale of road freight transportation of Heilongjiang Province, predict the freight transportation demand of Heilongjiang Province, offer the research approach for transportation structure optimizing in terms of total amount of transportation. Then predict the vehicle style structure of the road freight transportation of Heilongjiang Province, offer the research approach for vehicle style structure. Finally, set up the index system of optimizing and evaluating for the road freight transportation structure, evaluate the regional road traffic capacity structure of Heilongjiang Province and provide the research approach for transportation structure optimizing in terms of traffic capacity arrangement.

The transportation programming of this paper not merely offers helpful reference for the road traffic manager to make relevant policy, it is also in favor of the freight transportation enterprises to understand market trend and make or optimize enterprise's management tactics and development strategy in time. The theoretical method of this paper has stronger practicability and has referenced function to regional transportation ability structure optimizing.

keyword road freight transportation traffic capacity structure optimizing

1 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 道路货运在国民经济中的重要性

交通运输是人类社会生产、经济、生活中一个不可缺少的重要环节，是国民经济中的一个重要物质生产部门，是国民经济的动脉血管。没有交通运输，就不能完成产品的生产和最终消耗，再生产就无法周而复始地进行。一个国家，如果没有高度发达的交通运输业，就不可能有经济的繁荣国防的巩固。交通运输业的发达程度已经成为一个国家综合国力和经济发展水平的重要标志^[1,2]。道路运输从属于交通运输，交通运输对国民经济的作用涵盖了道路运输的作用。

道路货物运输是交通运输业的重要组成部分，它是城市内、地区内、部门之间、城乡之间关系的纽带，是社会再生产和人民生活的必要条件，是发展国民经济的“先行官”，也是促进对外搞活经济的重要保障条件。因此，世界各国都重视货物运输业的发展，而发展货运业的关键之一就是对其资源进行合理的配置，优化好货运资源各个基本要素之间的关系，充分发挥各要素的作用，使道路货运能够健康有序的发展^[3]。

1.1.2 论文题目的来源

道路运输以其不可替代的优点在我国综合运输体系中具有重要的作用，为国民经济的发展做出了重大贡献，但由于经济结构调整，航空和铁路等运输方式的竞争以及道路运力宏观调控不到位等因素的影响，造成当前运力结构比例失调，专业化、标准化程度低等问题，甚至严重亏损。如何更好的让运力资源发挥效益，提高运输企业的活力，使货运业持续、稳定、协调发展，是当前道路运输管理部门急需解决的重大问题。

本论文题目来源于黑龙江省交通厅重点科技项目《黑龙江省道路货运运力结构优化的研究》。课题是在我国加入 WTO 后，道路货运市场将全面对外资开放、黑龙江省全面加快建设小康社会、振兴东北老工业基地的背景下进行的一项重要研究。交通部《道路运输业发展规划纲要(2001—2010 年)》和《关于道路运输业结构调整的若干意见》等相关文件是宏观性引导道路运输业持续、快速、健康、有序的发展，在制定指导方针和基本原则方面，各省市还要因地制宜。在此形势下，黑龙江省道路运输主管部门迫切需要一种以国家宏观调控为基础，立足于黑龙江省实际的道路货运运力结构优化方案，本论文就是围绕这个具体问题展开的，提出了具体的运力优化方案和调控措施，为道路运输主管部门制定相关政策提供有益的参考。

1.2 道路货运运力结构优化

1.2.1 运力及运力结构优化

广义的交通运力是指运输供给能力,包括交通基础设施(路线、站场)和运输设备,两者共同构成实际意义上的运力供给。通常把运力理解为狭义的运力,即营业性道路客货运输车辆的总称,是运送旅客和货物的主要装备,本文研究的运力指狭义运力。

运力结构优化主要是从营业性道路客货运输车辆的总量、车型结构和运力的布局这三方面来研究。优化的主要内容是,改变营业性道路客货运输车辆技术落后、可靠性和舒适性差、重型和特种专用货车以及高级客车比重偏低、国道主干线和农村山区支线上运力分布不合理、营业性道路客货运输车辆总量增长失控的状况,使车型结构和运力的布局以及营业性客货运输车辆的保有量更趋合理^[4,5]。

1.2.2 国外道路货运运力结构发展现状及趋势

1.2.2.1 发达国家道路货运运力结构发展现状

美国是世界上道路里程最长、拥有汽车最多的国家。美国载货汽车的载质量结构以小型和大型为主,小型车占 78%,大型货车占 14%。除小型工具车外,货车均为封闭的厢式车,其中专用车辆占很大比重。美国道路货运的专用车有数百种之多,如各种箱式车、水泥车、家具车、轿车运载车、冷藏车和运液体与散货的车等,在 4.5t 级货车的保有量中专用车占 80%以上。大型货车的迅速发展大大提高了车辆利用率和生产效率。美国有一个相当完善的运输系统,场站布局很合理,站场规模较大,作业场地充足,装卸设备齐全。

英国的道路运输从 80 年代开始不断向车辆大型化、高科技化方向发展,车辆基本实现柴油化、大型化和列车化,以提高自身的适应能力和运输质量,提高了效率,降低了成本。英国的货运汽车以专用车辆居多,并普遍采用大载质量的拖挂运输形式。由于实现了专业化运输,英国的道路运输具有较高的车辆技术和合理的运力结构。

日本在如何提高里程利用率,如何实现货物运输的集零为整、拆整为零地互为配载,整车运输降低成本等得到相当程度的挖潜,货物的装卸、分拣、码垛、流通、包装都实现了机械化和半自动化,并采用了货物条码,订、发货票据等完全应用计算机管理,可以实行全程核对和跟踪,掌握货流时间和动向,将货损、货差降至最小。

目前各主要发达国家道路货运市场已基本发展成行,基本形成了比较科学的运力结构体系,满足了工商企业高质量、个性化的运输需求^[6,7]。

1.2.2.2 国外运力发展趋势

运输车辆是提供运力不可或缺的条件,国外运力的发展趋势非常值得借鉴。道路运输发展较好的国家都不约而同地重视汽车工业在新技术、新材料、新结构、新工艺方面的开发,以加速汽车更新换代,使汽车的技术性能和各项技术经济指标不断提高,以促

进道路运输的发展^[8]。

(1) 燃料柴油化发展趋势

汽车实现柴油化, 燃料消耗可减少 30%~40%, 运输成本可减少 1/3。从环保角度, 柴油车的尾气排放率也较汽油车低。此外, 国外还采用增压技术提高柴油机功率。汽车柴油化是世界汽车发展的趋势, 目前国外中型汽车也大多数装用柴油机, 并且正在向轻型汽车领域渗透, 欧洲和日本的载货车已全部实现柴油化。

(2) 车型结构的发展趋势

据前苏联资料, 运距为 500 km 时, 大型载货汽车劳动生产率可提高 50%~100%, 成本可降低 25%~40%, 目前在一些西方国家, 城间长途载货汽车又向大型化发展的趋势, 在长途运输中使用大载质量柴油车最为经济合理。

(3) 道路运输车辆专业化

为适应车辆用户的使用要求和扩大汽车使用范围, 目前大量采用各种专用汽车和专用汽车列车是国际上汽车运输发展趋势之一。货主对送达货物在数量、质量上完善保管的要求日益提高, 普通货运车辆已不能满足要求, 发展各类冷藏、保温、液灌箱、预制件运输等专业车型越来越得到货主的关注。

(4) 节能、环保、智能技术的应用

在道路运输中, 汽车燃油费是运营成本最主要部分, 从国家和个人角度考虑, 节约燃油成本、采用节能型汽车是扩大利润的明智之举。推行节能型汽车是未来发展方向。

目前全球污染日趋严重, 在大气污染中, 汽车尾气排放所造成的污染占大气污染的 60%~70%。大力推行清洁汽车是未来发展方向。

智能型车辆是目前全世界对于驾驶人性化发展的主题。随着人类对环境、安全等人性化因素的重视, 未来的汽车机械系统将由电子系统取代, 语音识别、无钥匙点火等技术将运用到新一代的载货汽车上^[9]。

1.3 本文研究的主要内容

本文以运力均衡原理和系统理论为指导, 运用定性和定量分析相结合的方法对道路货运运力结构优化问题进行探索研究, 其主要研究内容为:

- (1) 运用运力增长分析模型对黑龙江省道路货运运力规模进行总体评价;
- (2) 建立道路货运运力结构评价指标体系, 运用主成分分析法对黑龙江省各地市道路货运运力结构进行评价;
- (3) 采用岭回归和逐步回归的方法对黑龙江省 2006~2015 年货运需求进行短、中期预测;
- (4) 采用基于替代关系的车型结构预测模型对黑龙江省道路货运车辆车型结构进行预测;
- (5) 对黑龙江省道路货运运力结构从运力总量、车型结构、运力布局三个方面进行优化。

2 黑龙江省道路货运运力结构综合评价

2.1 黑龙江省货运运力结构现状定性分析

黑龙江省地处我国东北部，是农业大省，土地总面积 45.48 万 km^2 ，居全国第 6 位，耕地总面积、农机总动力、粮食商品量和专储量均居全国第一。石油、煤炭、电站装备、冶金设备、重型机械、特种钢材、木材和木制品加工、亚麻纺织等在全国占据十分重要的地位。现有 25 个国家一类口岸和 9 个边境互市贸易区，是亚洲及太平洋地区陆路通往俄罗斯和欧洲大陆的重要通道。人口 3 815 万，城镇人口占 53%。现设 13 个省辖地市；69 个市（地）辖区，65 个县（市）；944 个乡镇（镇）和 9 157 个行政村。

2.1.1 运力总量

道路运输是黑龙江省交通运输的主力。1995~2004 年黑龙江省道路营运载货汽车发展历程如图 2-1。黑龙江省对道路货物运输业基本实行市场调节，运力和运价几乎完全放开，因此道路货物运输发展迅速，总体规模不断扩大，截至 2004 年底，营业性载货汽车 128 783 辆，比 1995 年总量净增长 28 258 辆，年均增幅达到 2.6%，道路货运量达到 474 932 万 t，周转量 1 879 671 万 t·km。

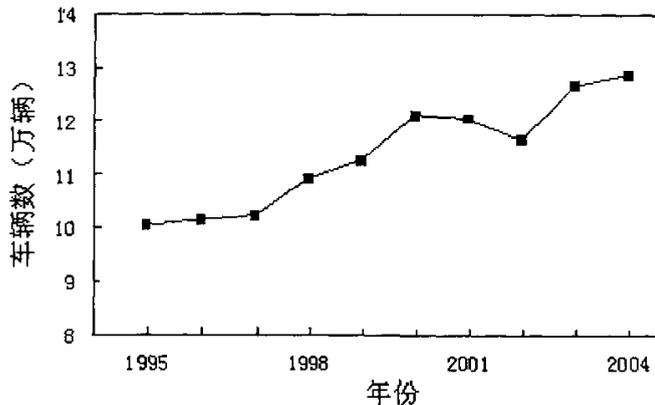


图 2-1 1995-2004 年黑龙江省道路营运载货汽车发展历程

2.1.2 车型结构

黑龙江省在解放前货物运输工具主要以畜力车为主，真正意义上的道路货物运输比铁路运输和水运起步晚。黑龙江省 1999~2004 年的营运载货汽车车型结构如图 2-2、图 2-3、图 2-4 所示。

道路运输工具按照运输对象可以分为普通载货汽车和专用载货汽车。从图 2-2 反映的普通、专用载货汽车比例发展状况看，黑龙江省专用载货汽车比例大体呈逐年增加趋

势，但增长缓慢，需要继续加大对专业运力的投入。黑龙江省的普通载货汽车在总量中的比例占有绝对的优势，这种结构状况与黑龙江省的经济状况相关，我省现在只相当于工业化中期的发展水平，根据我省的资源和产品结构来看，运输产品的附加值普遍较低，对运输服务质量的要求并不严格。社会产品构成情况决定了我省道路货物运输中普通载货汽车所占比重较大。

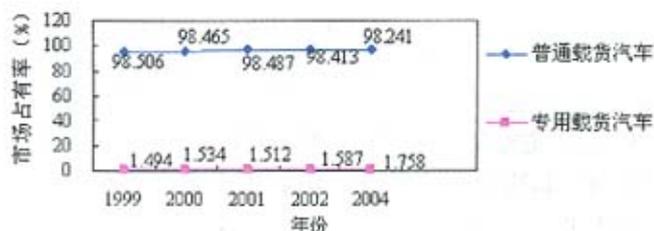


图 2-2 1999~2004 年普通、专用载货汽车比例

从图 2-3 可以看出，虽然中型载货汽车的比例逐年有所下降，但大型载货汽车的比例增长缓慢，小型载货汽车发展过快，要加以限制。

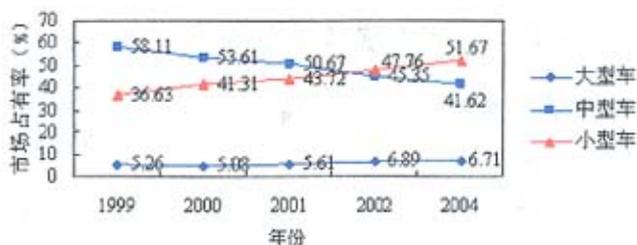


图 2-3 1999~2004 年大、中、小型货车比例

黑龙江省有丰富的煤和石油资源，每年生产的煤和石油化工产品及原料的运输量达 1000 多万 t，因此如图 2-4 所示，近几年黑龙江省罐车发展迅速，其他几种专业运输车辆的增长缓慢，应该加大投入力度^[10]。

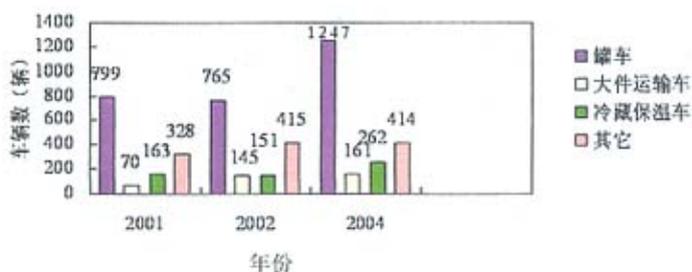


图 2-4 2001-2004 年专用载货汽车发展历程

注：图中数据来自黑龙江省运管局，由于非典影响，2003 年数据没有引用。

2.1.3 运力布局

目前，黑龙江省基本形成了南部地区以哈尔滨、大庆为中心，重点发展石化、装

备、食品、医药、旅游、现代服务业、特色农业和高新技术等产业；东部地区以鸡西、鹤岗、双鸭山为中心，重点加强煤炭资源的综合开发利用，积极发展煤矿替代产业，建成省内重要的建材工业基地；北部地区以伊春、黑河、北安、加格达奇、漠河、五大连池等城镇为中心，调整森林产业结构，建设木材综合利用、绿色林副产品精深加工、造纸业和旅游基地。到 2004 年底，随着全省“OK”型公路主骨架全部建成，区域内公路网络形成了以哈尔滨为中心，沿哈尔滨至齐齐哈尔、哈尔滨至佳木斯（同江）、哈尔滨至牡丹江（绥芬河）、哈尔滨至伊春（嘉荫）、哈尔滨至黑河经济轴带呈辐射状分布，道路车辆高级化的趋势更加明显。

2004 年黑龙江省道路货运主要货源为煤炭及制品、粮食、矿物性建筑材料、水泥、石油天然气及制品、钢铁等，基本与产业结构发展一致。2004 年全省道路货运平均运距为 54.6km，基本上属于自产自销生产模式，平均运距较大的有黑河、伊春，达到了 100km 以上。但是这两个城市货运量仅占到整个社会货运量的 3.96%，其运距高于平均水平的现实不能表明该地区道路运输的发达，所以从总体上看，黑龙江省的道路货运运距普遍较小^[11]。

2.2 黑龙江省道路货运运力规模评价

2.2.1 运力增长分析模型

将道路货运行业作为一个整体考虑，假定由社会经济产生的道路货运需求量等于其实际完成的运输量，货运生产投入要素为载货汽车(以下简称货车) V 和劳动 L ，劳动投入量与货车成正比，即 $L = mV$ ，称 m 为货车——劳动投入比例系数。以 Cobbel-Douglas 生产函数为基础，建立在一定生产经营方式和技术条件下的、描述道路货运业发展过程中的货车、货运周转量以及运输生产率之间的关系——运力增长分析模型。货车与货运周转量之间的关系：

$$Q(t) = A(T)V(t)^\alpha L(t)^\beta = A(T)V(t)^\alpha (mV(t))^\beta = A(T)m^\beta V(t)^{\alpha+\beta} \quad (2-1)$$

式中 $Q(t)$ ——全社会道路货运周转量，亿 t·km；

$V(t)$ ——运营载货汽车(以下简称货车)保有量，万辆；

$L(t)$ ——投入生产要素劳动力，人/年；

$A(T)$ ——全要素生产率，是反映在 T 时期内基础设施、生产经营方式等全部生产要素生产率和技术水平的参数；

α 、 β ——分别是货车和劳动产出弹性；

t ——时间参数，年份。

令 $B(T) = A(T)m^\beta$ ， $\gamma = \alpha + \beta$ ，由公式(2-1)得到道路货运生产函数为：

$$Q(t) = B(T)V(t)^\gamma \quad (2-2)$$

式中 $B(T)$ ——货车增广全要素生产率，综合反映单位货车劳动投入量比例系数 m 、劳动产出弹性和全要素生产率 $A(T)$ 的水平；

γ ——增广货车产出弹性，或称全行业货车规模回报率， γ 等于货车产出弹性 α 与劳动产出弹性 β 之和。

对道路货运生产函数公式(2-2)取对数得到：

$$\ln Q(t) = \ln B(T) + \gamma \ln V(t) \quad (2-3)$$

表 2-1 1996~2004 年黑龙江省道路货运周转量和货车保有量

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
货物周转量 (亿 t·km)	128.6	136.0	140.4	156.7	161.9	161.2	167.5	175.9	187.9
营运载货汽车 保有量(万辆)	9.5	10.2	10.9	11.3	12.1	12.1	12.3	12.6	12.8

由线性回归模型公式(2-3)，根据表 2-1 中 1996~2004 年黑龙江省道路货运周转量 $Q(t)$ 和货车 $V(t)$ 的数据，运用最小二乘法估计出回归模型(2-3)的参数 $\ln B(T_i)$ 及全行业货车规模收益率系数 γ 的估计值，再利用 $\ln B(T_i)$ 的值求出公式(2-2)的参数 $B(T_i)$ ——货车增广全要素生产率，结果见下表 2-2。

表 2-2 1996~2004 年不同时期黑龙江省道路货运生产函数参数估计值

时间区段 T_i	γ	$\ln B(T_i)$	$B(T_i)$	R^2
1996~2004	1.173 6	2.187 4	8.912 4	0.930 8
1996~2000	0.998 7	2.598 5	13.442 9	0.838 5
2001~2004	2.464 1	-1.059 7	0.346 6	0.983 3

2.2.2 货车投入的规模回报分析

从反映全行业货车规模回报率的参数来看，1996~2004 年间 $\gamma = 1.173 6 > 1$ ，表明从长期看黑龙江省道路货运车辆数量增长具有规模回报。1996~2000 年间 $\gamma = 0.998 7 < 1$ ，主要是由于“九五”期间黑龙江省基础设施建设成效显著，尤其是自 98 年加快道路建设以来，运力盲目增加，使运输效率低的自备运力增长过快，不注重专业运力投入，致使整个行业在运力规模回报递减状况下运行。2001~2004 年间 $\gamma = 2.464 1 > 1$ 表明货车投入处于规模回报递增阶段，主要是由于 2001 年入世及 2003 年老工业基地改革以来，经济持续增长带来货运需求增加，使得运力供应相对紧张，货车生产率提高，因此要积极投入重型化、专业化运力，严格控制运力增长结构^[12,13]。

2.3 黑龙江省各地市货运运力结构的评价

2.3.1 道路货运运力结构评价体系的建立

2.3.1.1 道路货运运力结构评价体系的建立原则

道路货运运力结构评价体系，是由描述货运运力结构实际状况的参数或物理量构

成。鉴于道路货运运力结构内容的广泛性及系统的复杂性，构建道路货运运力结构评价体系应遵循如下原则。

(1) 科学性原则。指标体系一定要建立在科学基础上，指标概念必须明确，体现道路货运运力结构的内涵，突出道路货运运力结构系统目标。

(2) 简明性原则。选择的目标应尽可能简明，并具有代表性，能够准确清楚的反映问题。指标的设置要围绕评价的目的有针对性加以选择，每个指标的含义应科学明确，且相互之间不应有交叉和重叠。在满足全面性的前提下，指标体系应尽可能简洁明晰，富有代表性，这样才不至于给评价、分析比较造成困难和混乱。

(3) 动态性原则。道路货运运力结构不仅是一个指标，又是一个发展过程，这就决定了指标体系应具有动态性。动态指标综合反映道路货运运力结构的合理性和特点。

(4) 可比性原则。评价指标设置应尽可能采用通用的名称、概念与计算方法，使各相关指标具有可比性。同时，也要考虑与我国历史资料的可比性问题，这样才有利于进行横向的对比分析。

(5) 适用性原则。设置指标的目地，是为分析评价服务，因此所选的指标不仅应有明确的含意，而且要有一定的外在表达形式，是计算或观察能得到的，这样才能在实际工作中应用，具有可操作性。任何在理论上科学合理的指标，如果不能测度，也就没有实际的意义，所以评价指标的设置，还应考虑能够尽可能利用已有的或常规的统计数据 and 调查方法加以确定，从而保证指标的适用性和有效性。

2.3.1.2 道路货运运力结构评价体系的初选和完善

评价体系的建立主要是指指标选择及指标之间结构关系的确定。对于道路货运运力结构评价体系的建立过程应该是定性分析和定量研究相结合。定性分析主要是从评价的目的和原则出发，考虑评价因素的完备性、针对性、稳定性及方法的协调性等因素，主观确定指标和指标结构的过程。定量研究则是指通过一系列的检验，使指标体系更加科学和合理的过程。因此，指标体系的构造过程可分为两个阶段：指标的初选和完善过程。

(1) 指标体系的初选。指标体系的初选有综合和分析两种方法。综合法是指对已经存在的一些指标按一定的标准进行聚类，使之体系化的一种构建指标体系的方法。如在一些拟定的指标体系的基础上，作进一步归类整理，使之条理化后形成一套指标体系。分析法是指将度量对象和度量目标划分成若干部分，并逐步细分，直到每一部分都可以用具体的统计指标来描述、实现。通过对道路货运运力结构的了解，本论文建立评价体系对指标的选取采用分析法。

(2) 指标体系的完善。初选后的指标体系未必是满意的，还必须对初选后的体系进行完善化处理。一方面测验每一个指标的数值能否获得，那些无法或很难取得准确资料的指标，或者即使取得但费用很高（高于指标体系本身所带来的社会和经济效益）的

指标，都是不可行的。另一方面测验每个指标的计算方法、计算范围及计算内容的正确性。此外，还要对指标体系的重要性、必要性及完备性进行分析。重要性是指根据各评价指标的重要程度，保留那些重要指标，剔除对评价结果无关紧要的指标，一般请 n 位专家利用德尔菲法对初步拟出的指标体系进行匿名评议。必要性是指构成统计指标体系的所有指标从全局考虑是否都是必不可少的，有无冗余现象。若指标体系中存在着高度相关的指标，会影响评价结果的客观性，一般可进行相关性分析。完备性是指评价指标体系是否已全面地反映和测度了道路货运运力结构发展的主要特征和发展状况。一般通过定性分析进行判断。

根据道路货运运力结构发展的目标，结合黑龙江发展的实际情况，在指标设置上突出重点，选择关键性、有代表性的指标。为此，在指标体系初选的基础上对各评价指标进一步筛选，精选出 6 个指标。具体办法是，利用德尔菲法，对原各指标设计咨询问卷，征求有关专家的意见，请每位专家根据自己的经验和研究选择出他认为最重要的指标。这些专家主要来自高等院校、科研院所、道路运输管理局等科研和政府部门。综合各位专家的意见，其综合结果既代表专家个人的价值观，又在总体上基本反映了社会整体的价值观。最后，结合黑龙江省统计资料的可采集性进行调整，选出这 6 个指标。道路货运运力结构评价体系如图 2-5，它是一个由目标层、准则层、指标层构成的递进层次体系，其中目标层由准则层加以反映，准则层由具体评价指标层加以反映^[14]。

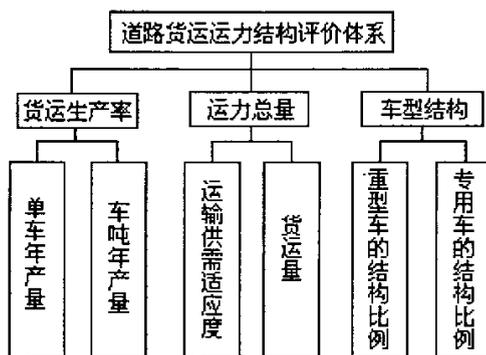


图 2-5 道路货运运力结构评价体系

2.3.2 评价指标属性值的计算及数据的标准化处理

以上评价指标的数据，通过调研及黑龙江省道路运输管理局有关资料得到。下面对评价指标属性值计算方法进行研究，并介绍其标准化处理的方法。

2.3.2.1 评价指标属性值的计算

指标属性值的计算模型如下：

(1) 单车年产量 $q_v(t)$ ：是在一年内，平均每个车辆完成的货物周转量，

$$q_v(t) = Q(t)/V(t) \quad (2-4)$$

式中 $q_v(t)$ ——单车年产量 (万 t·km/辆)；

$Q(t)$ —— 货运周转量 (亿 t·km);

$V(t)$ —— 营运载货汽车保有量 (万辆)。

(2) 车吨年产量 $w(t)$: 是在一年内, 车辆平均单位载质量完成的货运周转量, 反映以载质量表示汽车运输能力实际达到的水平,

$$w(t) = Q(t) / D(t) \quad (2-5)$$

式中 $w(t)$ —— 车吨年产量 (万 t·km/车吨);

$D(t)$ —— t 年货车载质量 (万 t)。

(3) 运输供需适应度 λ [15],

$$\lambda = \frac{S}{Q(t)} \quad (2-6)$$

式中 λ —— 供需平衡系数; 当 λ 为 1 时, 说明运力运量大致平衡; 若 λ 大于 1, 则说明运力供给出现过剩, 也就是有一部分运力不能适应运输需求, 以致未能被充分利用; 若小于 1, 则说明运力供给不足^[15,16]。

S —— 运输能力的总供给量;

$Q(t)$ —— 实际完成的货运周转量, $Q(t)$ 选择实际发生的年货运周转量数据。

S 的计算公式如下:

$$S = D \times L \times 365 \times G \times I \times K \quad (2-7)$$

式中 D —— 实际或预测车辆的总载质量;

L —— 平均车日行程;

G —— 工作率(货车取 0.8);

I —— 实载率(根据相关研究, I 的取值在 0.55~0.65 之间, 这里取中间值 0.6);

K —— 营运车辆系数(货车取 0.6)。

L 的计算公式为:

$$L = V \times T \quad (2-8)$$

式中 V —— 技术速度(其取值根据各种道路等级的技术速度加权计算得到, 其中高速公路、一级、二级等道路的运行时速分别取 100km/h, 80 km/h, 60 km/h, 45 km/h, 30 km/h, 20 km/h);

T —— 平均每日纯运营小时 (通常取 8 小时)。

通过黑龙江省路网等级结构表 2-3, 计算得 2004 年 V 为 41.31 km/h, 2010 年 V 为 44.09 km/h^[17]。

表 2-3 黑龙江省路网等级结构表

		高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路	等外公路
2004	里程(km)	722	1 040	7 034	33 169	19 339	5 518
	比例(%)	1.08	1.56	10.53	49.64	28.94	8.25
2010 (规划)	里程(km)	1 100	1 880	9 100	32 400	16 900	4 200
	比例(%)	1.70	2.90	13.90	49.40	25.80	4.30

(4) 货运量 $M(t)$: 是在一年内该地区营运车辆完成的货运量, (万 t)。

(5) 重型车的结构比例 δ : 重型载货汽车与营运载货汽车保有量之比, (%)。

(6) 专用车的结构比例 φ : 专用载货汽车与营运载货汽车保有量之比, (%)。

通过以上评价指标属性值的计算方法, 得出黑龙江省各地市道路货运运力评价指标初始值如表 2-4。

表 2-4 黑龙江省各市道路货运运力评价指标初始值

区域	单车年产量 (+)	车吨年产量 (+)	运输供需 适应度 (-)	货运量 (+)	重型车结构 比例 (+)	专用车结构 比例 (+)
哈尔滨	12.760 78	4.492 93	0.226 74	8 891	0.030 87	0.020 15
齐齐哈尔	16.023 64	3.520 12	0.013 04	5 495	0.206 18	0.008 05
牡丹江	14.190 36	3.892 29	0.107 41	2 330	0.075 01	0.019 31
佳木斯	20.702 44	4.910 46	0.292 49	2 095	0.100 82	0.027 62
大庆	5.118 29	1.873 12	0.854 77	2 541	0.022 25	0.029 56
鸡西	12.411 00	2.799 77	0.240 89	2 386	0.094 33	0.011 93
鹤岗	7.628 81	2.432 09	0.428 50	858	0.060 31	0.004 92
双鸭山	23.238 99	5.465 77	0.364 37	1 161	0.054 36	0.021 80
七台河	22.482 60	3.807 25	0.087 48	2 436	0.030 88	0.012 35
黑河	20.886 35	4.979 59	0.302 31	524	0.031 06	0.042 10
伊春	29.309 16	4.614 59	0.247 12	838	0.061 52	0.005 24
绥化	17.192 99	4.038 36	0.139 69	1 969	0.121 64	0.013 45
大兴安岭	18.194 07	4.418 02	0.213 63	794	0.075 79	0.015 60
农垦	25.195 42	6.680 51	0.479 95	2 120	0.068 85	0.013 63

注: 指标 (+) 为越大越优, 指标 (-) 为越小越优。

2.3.2.2 数据的标准化处理

由于各指标属于不同数量级没有统一度量标准, 所以在进行主成分分析之前要对数据进行标准化处理, 将各指标的属性值统一变换到[0, 1]区间内。处理方法主要有 3 种:

a 等级量化。对于定性指标, 采用专家法打分。取值如表 2-5 所示。

表 2-5 评价指标等级量化表

标准	E	D	C	B	A
得分	0~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0

b 灰色量化。对于定性分析指标，又存在一定取值范围，利用灰色理论，建立指标的白化函数，从而将指标规范到[0, 1]区间内。

c 差值法。对于定量指标，可以用公式 (2-9) 处理。

$$x_{ij} = \begin{cases} \frac{x'_{ij}}{\max(x_{ij}) + \min(x_{ij})}, & \text{对于越大越优指标} \\ 1 - \frac{x'_{ij}}{\max(x_{ij}) + \min(x_{ij})}, & \text{对于越小越优指标} \end{cases} \quad (2-9)$$

黑龙江省各市道路货运运力评价初始指标值确定后，根据评价指标的特性由公式 (2-9) 对评价指标值进行标准化处理，结果如表 2-6 所示。

表 2-6 黑龙江省各市道路货运运力评价标准化指标值

区域	单车 年产量	车吨 年产量	运输供需 适应度	货运量	重型车 结构比例	专用车 结构比例
哈尔滨	0.370 66	0.525 27	0.738 72	0.944 34	0.135 14	0.428 59
齐齐哈尔	0.465 43	0.411 54	0.984 97	0.583 64	0.902 58	0.171 13
牡丹江	0.412 18	0.455 05	0.876 23	0.247 48	0.328 33	0.410 73
佳木斯	0.601 34	0.574 08	0.662 96	0.222 52	0.441 32	0.587 53
大庆	0.148 67	0.218 99	0.015 03	0.269 89	0.097 42	0.628 81
鸡西	0.360 49	0.327 32	0.722 42	0.253 43	0.412 93	0.253 73
鹤岗	0.221 59	0.284 33	0.506 24	0.091 13	0.264 03	0.104 56
双鸭山	0.675 01	0.639 00	0.580 13	0.123 31	0.237 97	0.463 74
七台河	0.653 04	0.445 10	0.899 20	0.258 74	0.135 19	0.262 77
黑河	0.606 68	0.582 16	0.651 64	0.055 66	0.135 95	0.895 44
伊春	0.851 33	0.539 49	0.715 23	0.089 01	0.269 30	0.111 36
绥化	0.499 39	0.472 12	0.839 02	0.209 13	0.532 47	0.286 12
大兴安岭	0.528 48	0.516 51	0.753 83	0.084 33	0.331 78	0.331 90
农垦	0.731 84	0.781 01	0.446 95	0.225 17	0.301 39	0.289 98

2.3.3 主成分分析法进行综合评价

2.3.3.1 主成分分析法的基本思想

在对某一事物进行实证研究中，为了全面、准确地把握事物的特征及其发展规律，人们往往要考虑与其有关系的多个指标，这些指标也称为原始变量。这样就产生了如下问题：一方面人们为了避免遗漏重要的信息而考虑尽可能多的指标，而另一方面随着考虑指标的增多增加了问题的复杂性，同时由于各指标均是对同一事物的反映，不可避免地造成信息的大量重叠，这种信息重叠有时甚至会抹杀事物的真正特征与内在规律。基于上述问题，人们就希望在定量研究中涉及的变量较少，而得到的信息量又较多。主成分分析就是在力保数据信息丢失最少的原则下，通过原始变量的线性组合，构成为数

较少的不相关的新变量代替原始变量，而每个新变量都含有尽可能多的原始变量的信息，其中新变量叫做原始变量的主成分。也就是说，主成分分析是利用降维的思想，在损失很少信息的前提下以较少的主成分来综合代替原来较多的评价指标，而且彼此之间互不相关。

主成分分析法在道路货运运力结构综合评价中的应用，实际上作了两个层次的线性合成。第一层次是将原始指标通过恰当的线性组合而成主成分，按累计方差贡献率不低于某个值(比如 0.9)的原则确定前几个主成分，这反映了原始指标的信息；第二层次是各主成分以各自的方差贡献率为权重，通过线性加权求和得到综合评价指标来分析道路货运运力结构的优劣，这反映了各主成分的信息^[18,19]。

2.3.3.2 主成分分析法的数学模型

设 $X = (X_1, \dots, X_p)'$ 是一个 P 维随机向量，有二阶矩阵存在，记 $\mu = \varepsilon(X)$ ， $\Sigma = D(X)$ ，考虑它在约束条件式(2-10)下的线性变换式(2-11)。

$$l_i' l_i = 1 \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2-10)$$

$$\begin{cases} Y_1 = l_1' x = l_{11} x_1 + \dots + l_{p1} x_p \\ \vdots \\ Y_p = l_p' x = l_{1p} x_1 + \dots + l_{pp} x_p \end{cases} \quad (2-11)$$

$$\text{易见 } \text{Var}(Y_i) = l_i' \Sigma l_i, \quad \text{Cov}(Y_i, Y_j) = l_i' \Sigma l_j \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2-12)$$

假如希望用 Y_1 来代替原来的 P 个变量 X_1, \dots, X_p ，就要求 Y_1 尽可能多地反映原 P 个变量的信息，这里的信息用 Y_1 的方差来表示。在上述条件下，使得 $\text{Var}(Y_1)$ 达到极大， Y_1 可称为第一主成分，如果一个 Y_1 不足以代表所有变量，可以考虑采用 Y_2 ，为了最有效地代表原变量的信息， Y_1 与 Y_2 不相关。即

$$\text{Cov}(Y_1, Y_2) = 0 \quad (2-13)$$

于是，求 Y_2 即在式(2-10)、式(2-13)的约束下，使 $\text{Var}(Y_2)$ 达到极大，所求的 Y_2 称为第二主成分，类似的，可以定义第三主成分 Y_3 ，第四主成分 Y_4 。一般来说， X 的第 i 主成分 $Y_i = l_i' x$ 是指在约束条件式(2-10)下及 $\text{Cov}(l_i' x, l_k' x) = 0 \quad (k > i)$ 求 l_i ，使得 $\text{Var}(Y_i)$ 达到极大。

令 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ 为 Σ 的特征值，由上述条件可得

$$\text{Var}(Y_i) = \lambda_i \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2-14)$$

当然，用主成分法的目的在于减少变量的个数，故一般决不会用 P 个主成分，而用 $m(m < p)$ 个主成分。则主成分 Y_k 的方差贡献率 $\alpha_k = \lambda_k / \sum_{i=1}^p \lambda_i$ ，主成分 Y_1, \dots, Y_m 的累计方

差贡献率 $\alpha = \sum_{k=1}^m \lambda_k / \sum_{i=1}^p \lambda_i$ ，根据实际需要取一定值的累计方差贡献率 $\alpha (0 < \alpha \leq 1)$ 时，可以得出需要引入的主成分数量 m ，最后将各主成分的方差贡献率作为权重，对评价对象进行各主成分的线性加权求和，所得结果作为最终的评价值 Y ，即

$$Y = \sum_{i=1}^m Y_i \alpha_i \quad m < p \quad (2-15)$$

Y 值越高，说明该地区的道路货运运力结构现状越好，反之则越差。根据 Y 值的大小，可以掌握不同城市的道路货运运力结构现状。

运用 Matlab 软件^[20]对表 2-6 数据进行主成分分析，得到表 2-7 和表 2-8。

表2-7 相关系数矩阵

评价指标	$q_v(t)$	$w(t)$	$ \lambda - 1 $	$M(t)$	δ	φ
$q_v(t)$	1.000 0	0.806 4	0.348 4	-0.294 1	0.021 6	-0.068 1
$w(t)$	0.806 4	1.000 0	0.183 0	-0.071 6	-0.044 1	0.167 9
$ \lambda - 1 $	0.348 4	0.183 0	1.000 0	0.216 0	0.515 6	-0.347 7
$M(t)$	-0.294 1	-0.071 6	0.216 0	1.000 0	0.169 6	-0.069 8
δ	0.021 6	-0.044 1	0.515 6	0.169 6	1.000 0	-0.405 8
φ	-0.068 1	0.167 9	-0.347 7	-0.069 8	-0.405 8	1.000 0

表2-8 各主成分对应的特征值

主成分	特征值 λ_k	方差贡献率 α_k	累计方差贡献率 α
Y_1	2.050 7	46.072 9	46.072 9
Y_2	1.852 8	37.608 8	83.681 7
Y_3	0.974 4	10.402 9	94.084 6
Y_4	0.588 9	3.799 1	97.883 7
Y_5	0.426 3	1.991 0	99.874 7
Y_6	0.107 0	0.125 4	100.000 0

表2-9 各主成分对应的特征向量

评价指标	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
单车年产量 $q_v(t)$	0.551 5	-0.406 6	-0.067 6	-0.138 8	0.006 5	0.711 8
车吨年产量 $w(t)$	0.456 3	-0.463 2	0.287 0	-0.090 9	-0.346 5	-0.605 4
运输供需适应度 $ \lambda - 1 $	0.530 6	0.284 2	0.128 9	0.188 4	0.736 9	-0.206 6
货运量 $M(t)$	0.000 1	0.378 2	0.819 3	-0.337 7	-0.138 6	0.229 2
重型车结构比例 δ	0.359 6	0.463 5	-0.091 9	0.584 9	-0.544 1	0.096 5
专用车结构比例 φ	-0.277 2	-0.426 1	0.465 6	0.693 4	0.147 1	0.149 4

由表 2-8，取累计方差贡献率 α 为 0.9，则需要引入 3 个主成分 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 即 $m = 3$ 。由表 2-9，得到前 3 个主成分 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 和各指标之间的线性关系，见式 (2-16)、

式(2-17)、式(2-18)。根据式(2-15)和表2-9中各主成分方差的贡献率,得到最终评价值 Y 与 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 线性关系式(2-19)。

$$Y_1 = 0.5515 q_v(t) + 0.4563 w(t) + 0.5306 |\lambda - 1| + 0.0001 M(t) + 0.3596 \delta - 0.2772 \varphi \quad (2-16)$$

$$Y_2 = -0.4066 q_v(t) - 0.4632 w(t) + 0.2842 |\lambda - 1| + 0.3782 M(t) + 0.4635 \delta - 0.4261 \varphi \quad (2-17)$$

$$Y_3 = -0.0676 q_v(t) + 0.2870 w(t) + 0.1289 |\lambda - 1| + 0.8193 M(t) - 0.0919 \delta + 0.4656 \varphi \quad (2-18)$$

$$Y = \sum_{i=1}^m Y_i \alpha_i = 0.460729 Y_1 + 0.376088 Y_2 + 0.104029 Y_3 \quad (2-19)$$

表2-10 黑龙江省各市道路货运运力综合评价结果

区域	Y_1	Y_2	Y_3	Y
哈尔滨	0.765 9	0.053 1	1.181 7	2.820 4
齐齐哈尔	1.244 2	0.466 2	0.688 5	4.086 1
牡丹江	0.904 1	-0.058 6	0.579 5	2.310 0
佳木斯	0.941 2	-0.283 7	0.624 9	2.013 3
大庆	0.050 6	-0.278 3	0.559 7	0.133 4
鸡西	0.809 6	0.086 2	0.450 5	2.259 0
鹤岗	0.586 5	0.034 4	0.230 9	1.491 4
双鸭山	0.928 7	-0.446 2	0.507 6	1.572 2
七台河	1.016 1	-0.167 6	0.521 4	2.281 3
黑河	0.746 6	-0.628 6	0.660 1	1.009 6
伊春	1.161 1	-0.281 7	0.289 5	2.141 2
绥化	1.048 2	0.020 7	0.465 5	2.641 3
大兴安岭	0.954 4	-0.195 6	0.402 8	1.987 2
农垦	1.025 1	-0.431 0	0.524 1	1.814 3

由表2-10评价结果,根据最终评价值 Y ,可将黑龙江省各市道路货运运力结构依次排名为齐齐哈尔、哈尔滨、绥化、牡丹江、七台河、鸡西、伊春、佳木斯、大兴安岭、农垦、双鸭山、鹤岗、黑河、大庆。第一名齐齐哈尔市的运力总量、车型结构和货运生产率的发展都比较合理,所以其道路货运运力结构发展相对较好,大庆市运力结构性过剩严重,重型车结构比例全省最低,综合评价后其道路货运运力结构发展不好^[21]。

2.4 本章小结

本章根据运力增长分析模型,运用最小二乘法估计出回归模型中全行业货车规模收益率系数 γ 的值,从而对黑龙江省道路货运车辆投入的总体规模进行回报分析;建立了黑龙江省道路货运运力结构评价指标体系,应用该体系,选用主成分分析法对黑龙江省各地市道路货运运力结构进行综合评价。以上分析和评价为黑龙江省道路货运运力结构的优化提供了研究方法。

3 黑龙江省道路货运需求预测

3.1 道路运输预测及其在运输优化中的重要性

道路运输预测是以预测学的理论和方法为基础，以道路运输系统为对象的一门预测科学，它既属于预测学的范畴，又属于运输技术经济学的范畴^[22]。从对预测结果的要求上讲，预测可以分为三类：

(1) 定性预测

定性预测主要是研究和探讨预测对象在未来所表现的性质，如事物发展的总体趋势，事件发生和发展的各种可能性及造成的影响，目前确定并将要执行的决策是否会达到制定决策的目的等等。

(2) 定量预测

定量预测是对预测对象未来的数量表现加以确定。如对货运量值、销售量、利润额的预测等等。定量预测是在历史数据和统计的基础上，运用数学或其他分析技术，建立可以表现数量关系的模型，并利用它来计算预测对象在未来可能表现的数量。常用的定量预测技术有回归法、时间序列趋势外推法，以及经济计量学的一些方法。

(3) 定时预测

定时预测是对预测对象未来的表现时间进行确定。如，某项新技术能够应用于生产上的时间，产品更换年代的时机，某项决策达到预想效果的时间等等。定时预测一般是依靠人们的逻辑推理和判断进行的，因此，应用于定时的方法主要是各种调查分析法和类推法等。

从预测所要说明的期限长短上可以分为三类：短期预测、中期预测和长期预测。按限制条件分可以分为条件预测和无条件预测。按目标限制分可以分为规范性预测和探索性预测。

道路运输预测就是要通过一定的手段和方法推算出研究区域内未来运输量的发展趋势，为运输基础设施的规划和建设提供最基本的依据，同时还为道路运输主管部门进行市场调控和管理提供有价值的决策信息。科学的规划是道路运输发展的蓝图和依据，而要实现科学的规划，决不能轻视运输预测的地位和作用。

在进行货运需求预测时应明确，“运输量”与“需求量”是两个不同的概念。道路货运需求预测的对象是未来的货运需求量，是在未来特定供给条件和社会环境下可能实现的货运需求，而运输历史统计资料中的运输量是在既定的供给条件下已经实现了的货运需求，其大小与货运需求的水平有十分密切的关系，但不能将内涵混淆，运输量本身并不能完全代表社会对货运的需求。当运输工具的能力利用率达到饱和时，此时的运输量不能代表社会经济活动对货运的需求量，因为可能有部分需求没有得到满足，该运量是在运力不足的情况下所形成运输量。所以，此时的货运需求量应当说是大于实际的运

输量。货运需求能否实现要取决于运输供给的状况,在运输能力完全满足需求的情况下,运输量可以基本上反映运输需求^[23-25]。基于以上考虑,本文首先对与货运需求相关经济变量进行预测,然后运用 Matlab 统计工具箱,采用岭回归分析法和逐步多元回归法进行货运需求预测,力求提高预测精度,取得最佳的预测效果。

3.2 货运需求相关经济变量预测

货运需求包括货运量和货运周转量两方面内容。货运需求作为国民经济的一个组成部分,其大小必然受社会经济其他因素的影响,本文参考目前比较成熟的货运需求预测分析方法,在货运需求预测中主要采用总人口、工农业生产总值、社会固定资产投资总额、人均消费水平和人均国内生产总值等指标为待选解释变量,选取 1978~2004 年的历史数据进行预测。

为了定量的说明货运需求与影响货运需求相关经济变量之间线性关系的密切程度,用相关系数的量来衡量。对于一组数据 $(x_r, y_r) r = 1, 2, \dots, n$ 的相关系数为:

$$r = \frac{\sum_{r=1}^N (x_r - \bar{x})(y_r - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{r=1}^N (x_r - \bar{x})^2 \sum_{r=1}^N (y_r - \bar{y})^2}} \quad (3-1)$$

其中 $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N x_r$, $\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N y_r$ 。由式 (3-1) 求出货运需求与相关经济变量相关系

数如表 3-1, 通过表 3-1 可以看出相关系数都大于 0.8, 即呈强正相关关系, 因此在已知影响货运需求相关经济变量的情况下可以比较准确的对货运需求进行预测^[26]。

表 3-1 货运需求与相关经济变量相关系数

相关系数	货运量	货运周转量
总人口	0.916 7	0.842 8
固定投资	0.900 0	0.909 7
工业总产值	0.934 2	0.911 0
农业总产值	0.910 9	0.911 1
财政收入	0.922 7	0.894 7
消费品零售总额	0.932 9	0.922 5
进出口商品总额	0.804 6	0.829 2
国内生产总值	0.907 8	0.916 4
人均国内生产总值	0.909 5	0.917 4

本文对货运需求相关经济变量的预测,主要采用定量预测法,准确、及时、系统、全面地调查统计资料,运用统计方法和因果关系建立数学模型,对经济现象未来的发展数据进行预测。

3.2.1 总人口和固定资产及国内生产总值预测

3.2.1.1 灰色系统 GM (1, 1) 预测模型

灰色系统 GM (1, 1) 模型是基于灰色系统的理论思想, 将离散变量连续化, 用微分方程代替差分方程, 生成数序列代替原始时间序列, 弱化原始时间序列的随机性, 这样便可以对变化过程做较长时间的描述, 进而建立微分方程形式的模型, 其建模的实质是建立微分方程的系数。设有 N 个原始数据为^[27-30]:

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n))$$

对 $X^{(0)}$ 做一次累加生成, 即做 1-AGO, 得:

$$\begin{aligned} X^{(1)} &= (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)) \\ &= (X^{(0)}(1), X^{(0)}(1) + X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n-1) + X^{(0)}(n)) \end{aligned}$$

建立白化形式的微分方程:
$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u \quad (3-2)$$

设 $\bar{a} = (a, u)^T$, 按最小二乘法得到:
$$\bar{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_1 \quad (3-3)$$

其中:
$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(X^{(0)}(1) + X^{(0)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(X^{(0)}(2) + X^{(0)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(X^{(0)}(n-1) + X^{(0)}(n)) & 1 \end{bmatrix}, Y_1 = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

易求得, 方程 (3-2) 的解为:

$$X^{(1)}(k+1) = (X^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad (3-4)$$

再还原, 得到:
$$X^{(0)}(k) = X^{(1)}(k+1) - X^{(1)}(k) \quad (3-5)$$

取原始数据

$$X^{(0)} = (3129.6, 3168.7, 3203.8, 3239.3, 3281.1, 3306, 3331, 3357, 3385, 3424, 3466, 3510, 3543, 3575, 3608, 3640, 3672, 3701, 3728, 3751, 3773, 3792, 3689, 3811, 3813, 3815, 3817)$$

计算过程如下:

对 $X^{(0)}$ 做 1-AGO, 得 $X^{(1)} = (3129.6, 6298.3, 9502.1, 12741, 16022, 19329, 22660, 26017, 29402, 32826, 36292, 39802, 43345, 46920, 50528, 54168, 57840, 61541, 65269, 69020, 72793, 76585, 80274, 84085, 87898, 91713, 95530)$

$$B = \begin{bmatrix} -4713.9 & 1 \\ -7900.2 & 1 \\ -11122 & 1 \\ -14382 & 1 \\ -17676 & 1 \\ -20994 & 1 \\ -24338 & 1 \\ -27709 & 1 \\ -31114 & 1 \\ -34559 & 1 \\ -38047 & 1 \\ -41573 & 1 \\ -45132 & 1 \\ -48724 & 1 \\ -52348 & 1 \\ -56004 & 1 \\ -59690 & 1 \\ -63045 & 1 \\ -67114 & 1 \\ -70906 & 1 \\ -74689 & 1 \\ -78429 & 1 \\ -82179 & 1 \\ -85991 & 1 \\ -89805 & 1 \\ -93621 & 1 \end{bmatrix} \quad Y_1 = \begin{bmatrix} 3168.7 \\ 3203.8 \\ 3239.3 \\ 3281.1 \\ 3306 \\ 3331 \\ 3357 \\ 3385 \\ 3424 \\ 3466 \\ 3510 \\ 3543 \\ 3575 \\ 3608 \\ 3640 \\ 3672 \\ 3701 \\ 3728 \\ 3751 \\ 3773 \\ 3792 \\ 3689 \\ 3811 \\ 3813 \\ 3815 \\ 3817 \end{bmatrix}$$

$$\bar{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_1 = \begin{bmatrix} -0.0077 \\ 3185.9 \end{bmatrix}$$

即:

$$a = -0.0077, \quad u = 3185.9$$

$$\frac{u}{a} = -413680$$

所以, 预测模型为:

$$X^{(1)}(k+1) = (3129.6 + 413680)e^{0.0077k} - 413680 = 416810e^{0.0077k} - 413680$$

当 $k = 28$ 时, 对应 2005 年。

$$X^{(1)}(28) \sim X^{(1)}(38) = (99469, 103440, 107430, 111460, 115520, 119610, 123740, 127890, 132080, 136300, 140550)$$

对 $X^{(1)}(28) \sim X^{(1)}(37)$ 依次做一次累减生成, 便还原成总人口数预测值, 见表 3-2。

3.2.1.2 总人口和固定资产投资及国内生产总值预测结果

固定资产投资及国内生产总值预测过程同上一节, 结果见表 3-3, 表 3-4。

表 3-2 总人口数预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值 (万人)	3 967.2	3 997.9	4 028.8	4 059.9	4 091.3	4 122.9	4 154.8	4 186.9	4 219.3	4 251.9

表 3-3 固定资产投资预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值 (亿元)	2 373.8	2 707.9	3 089.1	3 523.9	4 019.9	4 585.7	5 231.2	5 967.6	6 807.6	7 765.8

表 3-4 国内生产总值预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值 (亿元)	8 779.2	9 974.2	11 332	12 874	14 626	16 617	18 879	21 449	24 368	27 685

3.2.2 工农业总产值及消费品零售总额预测

3.2.2.1 三次指数平滑预测模型

指数平滑模型属于时间序列模型, 是一种加权移动平均的预测方法, 适用于中短期预测。本论文有历史数据 9 个, 因此可以利用该模型进行中短期预测。

建立指数平滑模型的关键是选择合适的平滑系数 α 。最常用的确定方法为先选几个 α 值做试验, 经试计算选择预测误差最小的 α 值。一般根据经验, 当原数列波动不大时, α 取值较小 (0.1~0.3), 以加重原预测值作用; 反之, 若原数列波动较大, 则 α 取值较大 (0.6~0.9), 以加重原实际值作用。可以通过平滑系数 α 值的大小来适当地控制预测结果。

本文选择 $\alpha=0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$, 进行试计算, 经过比较分析, 当 $\alpha=0.3$ 时, 预测结果均比较好, 所以最后确定 $\alpha=0.3$ 。

预测模型为:

$$\text{一次平滑模型算式: } S_t^{(1)} = \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1}^{(1)} \quad (3-6)$$

$$\text{二次平滑模型算式: } S_t^{(2)} = \alpha S_t^{(1)} + (1-\alpha)S_{t-1}^{(2)} \quad (3-7)$$

$$\text{三次平滑模型算式: } S_t^{(3)} = \alpha S_t^{(2)} + (1-\alpha)S_{t-1}^{(3)} \quad (3-8)$$

预测方程为:

$$\bar{y}_{2004+t} = a_t + b_t t + c_t t^2 \quad (t = 4, 5, \dots) \quad (3-9)$$

其中:
$$a_t = 3S_t^{(1)} - 3S_t^{(2)} + S_t^{(3)} \quad (3-10)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6-5\alpha)S_t^{(1)} - (10-8\alpha)S_t^{(2)} + (4-3\alpha)S_t^{(3)}]$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{2(1-\alpha)^2} (S_t^{(1)} - 2S_t^{(2)} + S_t^{(3)})$$

由原始数据, 进行列表计算, 见表 3-5。

表 3-5 三次指数平滑模型计算表 ($\alpha = 0.3$)

年份	时序	工业 总产值	一次指数平滑值 $S_t^{(1)}$	二次指数平滑值 $S_t^{(2)}$	三次指数平滑值 $S_t^{(3)}$
1978	1	212.1	212.1	212.1	212.1
1979	2	230.8	217.7	213.8	212.6
1980	3	244.2	225.7	217.4	214.1
1981	4	254.2	234.2	222.4	216.5
1982	5	273.8	246.1	229.5	220.4
1983	6	305.9	264.1	239.9	226.3
1984	7	336.6	285.9	253.7	234.5
1985	8	392.0	317.7	272.9	245.9
1986	9	468.6	362.9	299.9	262.2
1987	10	563.9	423.2	336.9	284.6
1988	11	686.1	502.1	386.5	315.1
1989	12	804.8	592.9	448.4	355.1
1990	13	863.5	674.1	516.1	403.4
1991	14	983.7	766.9	591.4	459.8
1992	15	1 103.1	876.8	674.3	524.1
1993	16	1 394.3	1 025.8	779.8	600.8
1994	17	1 979.1	1 257.2	922.9	697.5
1995	18	1 978.7	1 473.6	1 088.2	814.7
1996	19	2 374.3	1 743.8	1 284.9	955.7
1997	20	2 703.1	2 031.6	1 508.9	1 121.7
1998	21	2 688.4	2 228.7	1 724.8	1 302.6
1999	22	1 854.6	2 116.4	1 842.3	1 464.5
2000	23	2 460.9	2 219.8	1 955.5	1 611.8
2001	24	2 365.4	2 263.5	2 047.9	1 742.7
2002	25	2 487.6	2 330.7	2 132.8	1 859.7
2003	26	2 910.0	2 504.5	2 244.3	1 975.1
2004	27	3 355.2	2 759.7	2 398.9	2 102.2

所以, 经过计算, 得:

$$a_{27} = 3184.6, \quad b_{27} = 215.47, \quad c_{27} = 5.8876$$

因此, 运用上述预测模型得工业总产值预测方程:

$$\bar{y}_{2004+t} = 3184.6 + 215.47t + 5.8876t^2 \quad (t = 2, 3, \dots) \quad (3-11)$$

工业总产值预测结果见表 3-6。

3.2.2.2 工农业总产值及消费品零售总额预测结果

农业总产值预测与消费品零售总额预测过程同上一节，结果见表 3-7，表 3-8。

表 3-6 工业总产值预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值 (亿元)	3639.1	3884.0	4140.7	4409.2	4689.4	4981.4	5285.2	5600.7	5928.1	6267.2

表 3-7 农业总产值预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值 (亿元)	1268.2	1385.5	1510	1641.7	1780.6	1926.8	2080.1	2240.6	2408.3	2583.2

表 3-8 消费品零售总额预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值 (亿元)	1775.6	1903.3	2035.6	2172.4	2313.8	2459.7	2610.1	2765.0	2924.5	3088.5

3.2.3 财政收入和进出口商品总值及人均国内生产总值预测

3.2.3.1 增长率统计算法预测模型

增长率统计算法是根据预测期前若干年经济变量平均增长率推算预测期末经济变量的一种方法，为时间序列分析法的一种，适用于中短期预测^[31]。

统计期财政收入年平均增长率 R 为：

$$R = \left(\sqrt[C_1]{\frac{Q_t}{Q_b}} - 1 \right) \times 100\% \quad (3-12)$$

预测期期末财政收入为：

$$\bar{Q} = Q_t (1 + R)^{C_2} \quad (3-13)$$

式中 Q_b —— 统计期期初年财政收入（亿元）；

Q_t —— 统计期期末年财政收入（亿元）；

C_1 —— 统计期年数（年）；

C_2 —— 预测期年数（年）。

在本次预测中， $Q_t = 289.42$ ， $Q_b = 63.30$ ， $C_1 = 27$ ， $C_2 = 1, 2, \dots, 10$

$$R = \left(\sqrt[27]{\frac{289.42}{63.30}} - 1 \right) \times 100\% = 5.79\%$$

$$\bar{Q} = 289.42(1 + 5.79\%)^{C_2} = 289.42 \times 1.0579^{C_2}$$

经过计算，财政收入预测结果见表 3-9。

3.2.3.2 财政收入和进出口商品总值及人均国内生产总值预测结果

进出口商品总值及人均国内生产总值预测过程同上一节，结果见表 3-10，表 3-11。

表 3-9 财政收入预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值 (亿元)	323.91	342.67	362.51	383.51	405.72	429.21	454.07	480.36	508.18	537.61

表 3-10 进出口商品总值预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值 (亿美元)	98.382	118.43	142.57	171.62	206.6	248.71	299.39	360.41	433.86	522.28

表 3-11 人均国内生产总值预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
预测值(元)	17 620	19 840	22 340	25 155	28 325	31 895	35 914	40 439	45 535	51 273

3.2.4 预测模型的检验

本章预测模型采用相对误差检验，设原始序列 $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ ，相应的模型模拟序列 $\hat{X}^{(0)} = (\hat{x}^{(0)}(1), \hat{x}^{(0)}(2), \dots, \hat{x}^{(0)}(n))$ ，残差序列 $\varepsilon^{(0)} = (\varepsilon(1), \varepsilon(2), \dots, \varepsilon(n)) = (x^{(0)}(1) - \hat{x}^{(0)}(1), x^{(0)}(2) - \hat{x}^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n) - \hat{x}^{(0)}(n))$ ，相对误差序列 $\Delta = \left(\left| \frac{\varepsilon(1)}{x^{(0)}(1)} \right|, \left| \frac{\varepsilon(2)}{x^{(0)}(2)} \right|, \dots, \left| \frac{\varepsilon(n)}{x^{(0)}(n)} \right| \right) = \{\Delta_k\}_1^n$ 。

对于 $k \leq n$ ，称 $\Delta_k = \left| \frac{\varepsilon(k)}{x^{(0)}(k)} \right|$ 为 k 点模拟相对误差，称 $\bar{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta_k$ 为平均模拟相对误差，称 $1 - \bar{\Delta}$ 为平均相对精度， $1 - \Delta_k$ 为 k 点模拟精度， $k = 1, 2, \dots, n$ ，给定 a ，当 $\bar{\Delta} < a$ 且 $\Delta_n < a$ 成立时，称模型残差检验合格模型。常用的精度等级见表 3-12。

表 3-12 精度检验等级参照表

精度等级	一级	二级	三级	四级
相对误差	0.01	0.05	0.10	0.20

论文在相关经济变量预测模型的检验中均采用相对误差检验。相对误差在 0.04~0.11 之间，模型预测效果较好。

3.3 岭回归法预测货运需求

3.3.1 多重共线性

多元线性回归模型有一个基本假设，就是要求自变量矩阵 X 的列向量之间线性无关。货运需求涉及到多个因素的影响，如果它们之间的相关性较弱时，就认为符合多元线性回归模型的要求；当这一组变量间有较强的相关性时，就认为是一种违背多元线性回归模型基本假设的情形。当回归方程的自变量之间存在着很强的线性关系，回归方程的检验高度显著时，有些与因变量 Y 的简单相关系数绝对值很高的自变量，其回归系数不能通过显著性检验，甚至有的回归系数所带符号与实际经济意义不符，这时认为变量间存在多重共线性。

多重共线性的诊断常用的有两种方法：方差扩大因子法和特征根判定法。本文用特征根判定法对其进行判断。

根据矩阵行列式的性质，矩阵的行列式等于其特征根的连乘积，因而当行列式 $|X'X| \approx 0$ 时，矩阵 $X'X$ 至少有一个特征根近似为零。反之可以证明，当矩阵 $X'X$ 至少有一个特征根近似为零时， X 的列向量间必存在多重共线性，那么特征根为零的标准可以用条件数来确定。记 $X'X$ 的最大特征根为 λ_m ，称 $k_i = \sqrt{\frac{\lambda_m}{\lambda_i}}$ $i = 0, 1, 2, \dots, p$ 为特征根 λ_i 的条件数。条件数度量了矩阵 $X'X$ 的特征根散布程度，可以用它来判断多重共线性是否存在以及多重共线性的严重程度。通常认为 $0 < k < 10$ 时，自变量矩阵 X 没有多重共线性； $10 \leq k < 100$ ，认为 X 存在较强的多重共线性；当 $k \geq 100$ 时，则认为存在严重的多重共线性。

容易求出自变量矩阵 X 的特征根为：[241.34, 4045.2, 9776, 23417, 74679, 2.0919e+006, 8.584e+007, 1.2783e+008, 1.7763e+012]。用最大特征根 $\lambda_m = 1.7763e+012$ ， $\lambda_1 = 241.34$ ，代入公式 $k_i = \sqrt{\frac{\lambda_m}{\lambda_i}}$ 求得 $k_1 = \sqrt{\frac{1.7763e+012}{241.34}} = 85793$ ，远大于 100，认为自变量矩阵 X 存在严重的多重共线性。

同时用多元回归计算出系数 $\hat{\beta} = [-1.6182 \quad -0.9385 \quad 0.7581 \quad 0.1380 \quad 0.1847 \quad 4.1116 \quad -0.2094 \quad -14.4128 \quad 12.4576]$ ，总人口、固定资产投资、进出口商品总值、国内生产总值前面的系数都为负数，也就是与货运量呈反向相关关系，但是这种反向相关关系从经济意义上是不好解释的，所以可以采用岭回归的方法来消除多重共线性的影响。

3.3.2 岭回归模型的建立

3.3.2.1 岭回归的定义

多元线性回归模型的矩阵形式：

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (3-14)$$

参数 β 的最小二乘估计为:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y \quad (3-15)$$

$\hat{\beta}$ 有一些很好的性质。当进一步假定 ε 服从正态分布时,还可以求出 $\hat{\beta}$ 以及一些统计量的分布,利用这些统计量及其分布来进行各种假设检验,因而最小二乘估计得到了广泛的应用。但是当自变量 x_j 与其余自变量间存在多重共线性时, $\hat{\beta}_j$ 就很不稳定,在具体取值上与真值有较大的偏差,岭回归估计方法就是针对最小二乘估计的这一弱点提出来的,是改进最小二乘估计的一种估计方法。当 $X'X$ 接近于奇异时,将 $X'X$ 加上一个正常数矩阵 $kI(k > 0)$,那么 $X'X + kI$ 接近奇异的可能性就会比 $X'X$ 接近奇异的可能性大大减少。因为:若 $X'X$ 的特征根为 $\lambda_1, \lambda_2, \Lambda, \lambda_p$,则 $X'X + kI$ 的特征根为 $\lambda_1 + k, \lambda_2 + k, \Lambda, \lambda_p + k$,因而可期望用式(3-16)作为 β 的估计应比最小二乘估计 $\hat{\beta}$ 稳定,就称式(3-16)为 β 的岭回归估计。 $\beta(k)$ 又可记为式(3-17)。

$$\hat{\beta}(k) = (X'X + kI)^{-1}X'Y \quad (3-16)$$

$$\hat{\beta}(k) = [\beta_1(k), \beta_2(k), \Lambda, \beta_p(k)]' = (X'X + kI)^{-1}X'Y \triangleq W_k X'Y \quad (3-17)$$

其中 $W_k = (X'X + kI)^{-1}$,因为常数 k 是任意的,所以得到模型式(3-14)的一个 β 的估计族 $\hat{\beta}(k)$,特别是 $k \rightarrow 0$ 时, $\hat{\beta}(0)$ 就化为原来的最小二乘估计 $\hat{\beta}$ 。

3.3.2.2 岭迹分析及自变量选择

当参数 k 在 $(0, \infty)$ 内变化时, $\hat{\beta}_j(k)$ 是 k 的函数,在平面坐标系上把函数 $\hat{\beta}_j(k)$ 描画出来,画出的曲线称为岭迹。可以根据岭迹曲线的变化形状来确定适当的 k 值和进行自变量的选择。

应用岭回归可进行变量选择,选择变量的原则是:

- (1) 去掉岭回归系数稳定且绝对值较小的变量,这里岭回归系数是可以直接比较大小的,因为假定设计矩阵 X 已经中心化和标准化了。
- (2) 去掉岭回归系数不稳定,即随着 k 值的增加迅速趋于零的变量。
- (3) 去掉一个或若干个具有不稳定岭回归系数的变量。如果不稳定的岭回归系数很多,究竟去掉哪几个,没有原则可循,就要根据去掉后重新进行岭回归分析的效果来决定。

从图 3-1 来看，最小二乘估计的稳定性很差，这反映在当 k 与 0 略有偏离时， $\hat{\beta}(k)$ 与 $\hat{\beta}$ 就有较大的差距，这些现象在直观上使人怀疑最小二乘估计 $\hat{\beta}$ 是否反映了 β 的真实情况。

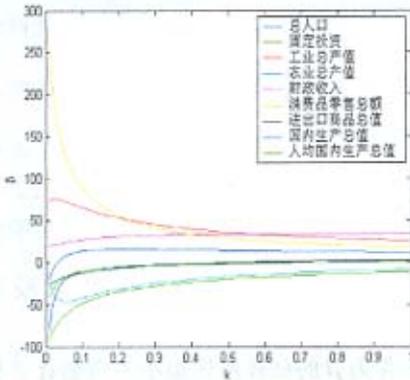


图 3-1 全部变量选入的回归系数图

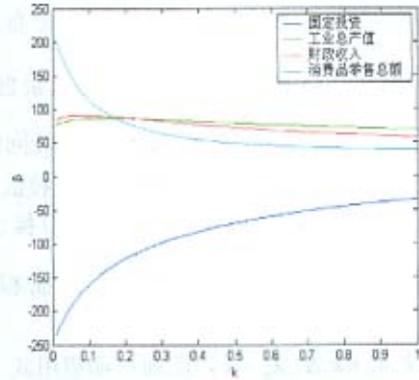


图 3-2 固定投资、工业总产值、财政收入、消费品零售总额变量选入回归系数图

另外，固定投资变量的回归系数的最小二乘估计为负回归系数中绝对值最大的，但当 k 增加时，其回归系数迅速上升且与农业总产值相接近，二者的相关系数为 0.974 6，因而这两个因素可以合并为一个因素。

再看消费品零售总额，它的回归系数估计绝对值偏高，当 k 增加时，其回归系数很快接近于 0，这意味着消费品零售总额实际上对 y 有一定影响，但不是特别大，暂时保留。至于固定投资，其回归系数的最小二乘估计的绝对值看来有点偏低，当 k 增加时，其回归系数上升得较快，而且趋于稳定，还突出为最显著的负回归系数的因素，这意味着，通常的最小二乘估计可能对固定投资的重要性估计过低。

另外，人均国内生产总值，国内生产总值，进出口商品总值，当 k 从 0 略增加时，很快趋于 0，应剔除。去掉它们后重做岭回归分析得到图 3-2，岭迹基本稳定。图 3-2 中工业总产值和财政收入之间有很大重合性，去掉工业总产值，重做岭回归分析，得到图 3-3。从图 3-3 中看出岭迹基本稳定，无变量重合，比较理想，这样最终得到固定投资、财政收入、消费品零售总额这三个变量。从整体上看，当 k 达到 0.5~1 的范围时， $\hat{\beta}_i(k)$ 已大体上趋于稳定，因此，在这区间上取一个 k 值作岭回归可能得到较好的效果。

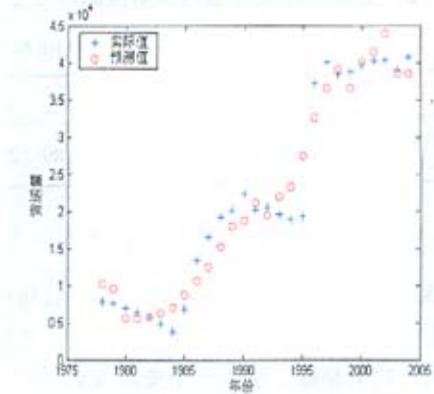
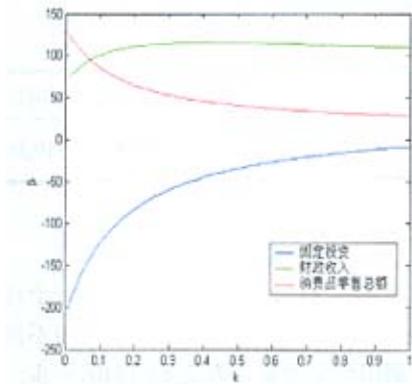


图 3-3 固定投资、财政收入、消费品零售总额 图 3-4 岭回归模型货运量预测值与实际值比较图
变量选入的回归系数图

表 3-13 k 变化时各经济变量的系数

k	β_1	β_2	β_3
0	-200.15	72.872	125.99
0.1	-123.68	100.42	85.261
0.2	-83.384	110.95	64.463
0.3	-60.324	114.64	52.942
0.4	-45.283	115.63	45.653
0.5	-34.649	115.42	40.64
0.6	-26.708	114.66	36.988
0.7	-20.54	113.64	34.212
0.8	-15.603	112.52	32.033
0.9	-11.558	111.36	30.278
1	-8.182	110.22	28.834

3.3.2.3 岭回归模型预测方程

从图 3-3 中可以看出当 $k=0.7$ 时固定投资、财政收入、消费品零售总额的回归系数趋于稳定，建立回归方程为： $y = -20.54X_2 + 113.64X_5 + 34.212X_6$ 。图 3-4 是岭回归模型货运量预测值与实际值的比较图。

3.3.3 岭回归模型预测结果

(1) 货运量岭回归模型预测结果如表 3-14。

表 3-14 岭回归模型货运量预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
货运量 (万 t)	44 522	47 285	50 053	52 797	55 496	58 116	60 615	62 946	65 044	66 843

(2) 货运周转量岭回归模型预测结果如表 3-15。

表 3-15 岭回归模型货运周转量预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
货运周转量 (亿 t·km)	202.74	214.48	226.53	238.89	251.56	264.53	277.81	291.41	305.31	319.51

3.4 逐步回归法预测货运需求

逐步回归的基本思想是有进有出。具体做法是将变量一个一个引入，每引入一个自变量后，对已选入的变量进行逐个检验，当原引入变量由于后面变量的引入而变得不再显著时，将其剔除。引入一个变量或从回归方程中剔出一个变量，为逐步回归的一步。每一步都要进行 F 检验，以确保每次引入新的变量之前回归方程中只包含显著变量，这个过程反复进行，直到既无显著自变量选入回归方程，也无不显著自变量从回归方程中剔除为止，保证了最后所得的回归子集为最优回归子集。

在逐步回归法中需要注意的问题是引入自变量和剔除自变量的显著性水平 α 是不相同的，要求引入自变量显著性水平 $\alpha_{进}$ 小于剔除自变量的显著性水平 $\alpha_{出}$ ，否则可能产生“死循环”，也就是当 $\alpha_{进} \geq \alpha_{出}$ 时，如果某个自变量的显著性 P 值在 $\alpha_{进}$ 和 $\alpha_{出}$ 之间，那么这个自变量将被引入，剔除，再引入，再剔除，…，循环往复，以至无穷。

3.4.1 引入变量的 F 检验

第 $p+1$ 步引入变量，首先应该考虑当步供选择变量中方差最大者。但是此变量对因变量 y 是否有重要影响还没有检验，因此还需要对方差贡献最大的变量 $x_i^{(p)}$ 进行入选显著性检验，给定显著性水平 $\alpha_{进}$ ，当 $F \geq F_{\alpha}$ 时，该变量 $x_i^{(p)}$ 被选中，同时重复进行正交变换计算方差贡献，再准备选入下一个自变量。若 $F \leq F_{\alpha}$ 时，该变量 $x_i^{(p)}$ 不能选中，回归方程便不能继续引入变量，选取变量终止。

3.4.2 剔除变量的 F 检验

由于各自变量之间不是相互独立的，因此每当引入自变量之后，每个自变量对因变量的方差贡献有所变化，可能原先引入的自变量中有的自变量变得不重要了，故需要做剔除检验。剔除检验，必须在已经引入回归方程的自变量中，挑出方差贡献最小者进行显著性检验。

考虑剔除变量，首先计算已引入回归方程各变量的方差贡献，挑出方差贡献最小的变量进行剔除的 F 检验。设第 $p+1$ 步，且已引入变量 p 个，给定显著性水平 $\alpha_{出}$ ，当 $F \leq F_{\alpha}$ 时，则认为自变量 $x_i^{(p)}$ 不重要，予以剔除，否则 $F \geq F_{\alpha}$ 不予剔除，仍保留在方程中。

逐步回归首先计算自变量的方差贡献，挑出贡献最大的自变量进行显著性检验，如果通过检验，则选入回归方程。同时对已经进入方程的变量计算方差贡献，挑出方差贡

献最小的自变量，进行剔除的 F 检验。直到没有变量可以剔除，同时没有变量可以引入时为止。

应用 Matlab 软件统计工具箱中的函数对其进行逐步回归分析，界面显示如图 3-5~图 3-9。图 3-5 为全部变量均未选入时的显示，上面左半部分画出回归系数的取值条形图，右半部分有三列数字，其中 Coeff 表示回归系数，t-stat 表示回归系数的 t 检验，p-val 表示回归系数显著性检验结果。右上侧有三个按钮，Next Step 按钮表示选择回归过程的下一步，在其上面提示选择加入的变量，在此提示 Move X_3 in 表示可以加入 X_3 变量，在选择变量过程中，一直提示加入的变量名，选择完毕后，显示“Move no terms”；All Step 按钮可以直接输出最终结果，而不显示中间计算过程；Export 按钮将结果输出到 Matlab 的工作空间中，便于保存。中间的图表中，Intercept 为常数项，RMSE 表示方程的均方误差，R-square 表示方程的 R^2 值，AdjR-sq 表示调整后的 R^2 值， F 表示方程的 F 检验结果， P 表示方程的显著性检验结果。选择系统默认 $\alpha_{进}=0.10$ ， $\alpha_{出}=0.05$ 。在图 3-5 中，图表 Model History 表示在逐步回归过程中每步方程的均方误差值，可以称为历史记录值，点击蓝点可以显示相应步骤的记录数据。在图 3-5 中 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 分别对应到选用的经济变量总人口，固定资产投资，工业总产值，农业总产值，财政收入，消费品零售总额，进出口商品总值，国内生产总值，人均国内生产总值这九个变量。

根据图 3-5 可以看出 X_3 的 t 检验结果最大为 13.0949，所以首先加入 X_3 变量。加入 X_3 后结果如图 3-6 所示，加入的变量显示蓝色，未加入的显示红色。R-square=0.872758 AdjR-sq=0.862578， $F=171.476$ ， P 值接近于零，方程通过检验。从剩余的变量中挑出 t -stat 最大者，可以加入 X_5 变量。

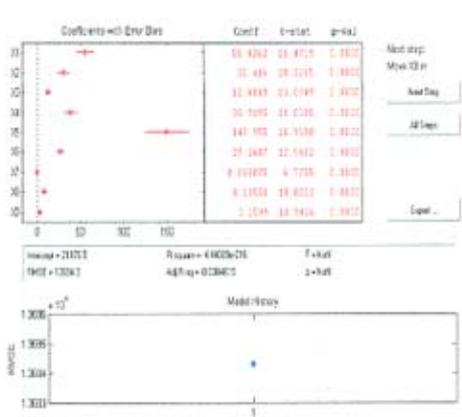


图 3-5 全部变量待选入示意图

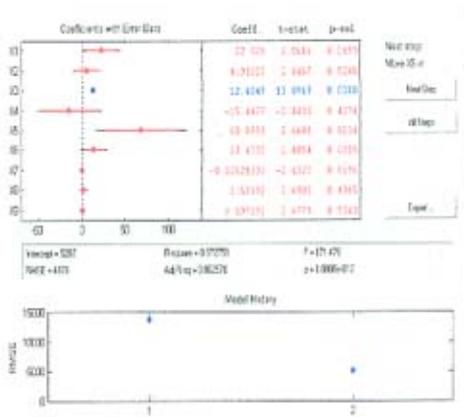


图 3-6 选取变量 X_3 后各系数示意图

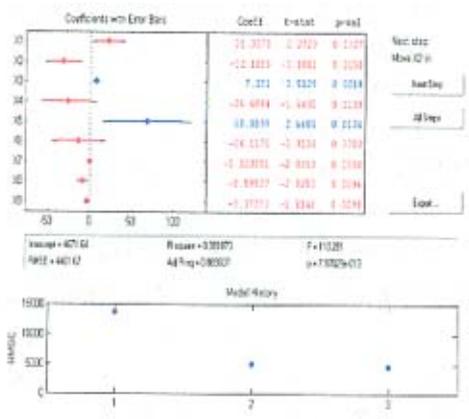


图 3-7 选取变量 X_5 和 X_3 后各系数示意图

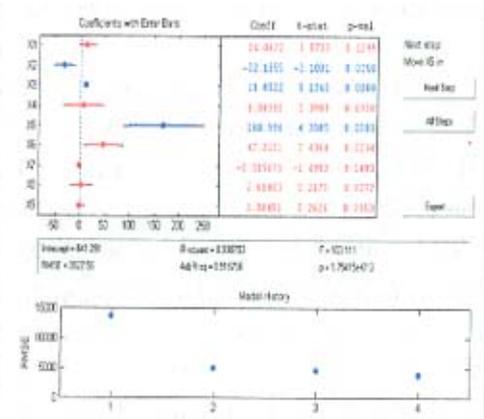


图 3-8 选取变量 X_2 X_3 和 X_5 后各系数示意图

加入变量 X_5 后，显示结果如图 3-7 所示，变量 X_3 的 t-stat 仍然较大，可以保留，不予剔除。R-square=0.901 873, AdjR-sq=0.889 607, $F=110.291$, P 值接近于零，方程通过检验。从剩余的变量中再挑出 t-stat 最大者，可以加入变量 X_2 。依照这样的方法，最终选中 X_2 X_3 X_5 X_6 四个变量，结果如图 3-9。此时 R-square=0.945 498, AdjR-sq=0.933 111, $F=95.4141$ P 值很小接近于零，方程高度显著。得出回归方程对应 X_2 X_3 X_5 X_6 的系数为 $[-61.3466, 7.34464, 98.5021, 47.2111]$ ，因此建立逐步回归模型为：

$$Y = 829.998 - 61.3466X_2 + 7.34464X_3 + 98.5021X_5 + 47.2111X_6$$

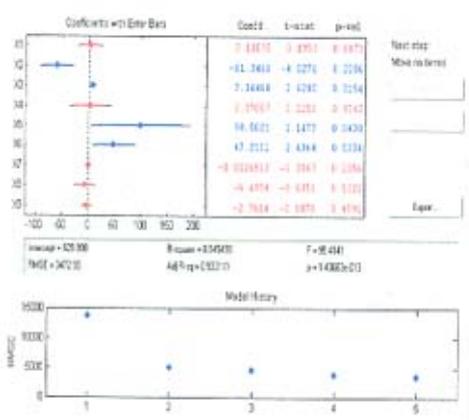


图 3-9 选取变量 X_2 X_3 X_5 和 X_6 后各系数示意图

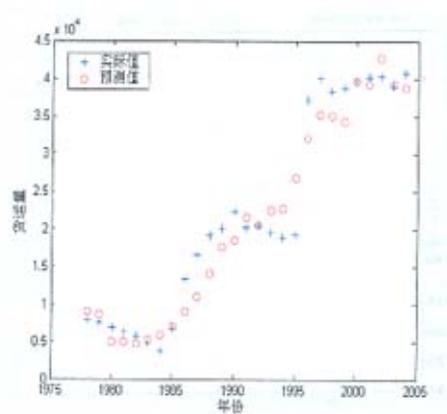


图 3-10 逐步回归模型货运量预测值与实际值比较图

用历史数据对回归方程进行检验，从图 3-10 可以看出回归方程拟合的数据对历史数据有很好的近似，因此结合与货运需求相关经济变量的预测结果完全可以用于对未来的

货运量进行预测^[32-34]。

3.4.3 逐步回归模型预测结果

(1) 货运量逐步回归模型预测结果如表 3-16。

表 3-16 逐步回归模型货运量预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
货运量 (万 t)	69 636	72 684	75 415	77 704	79 421	80 392	80 413	79 241	76 575	72 063

(2) 货运周转量逐步回归模型预测结果如表 3-17。

表 3-17 逐步回归模型货运周转量预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
货运周转量 (亿 t·km)	218.19	233.30	248.94	265.12	281.83	299.08	316.87	335.19	354.05	373.44

3.5 货运需求预测结果

前面章节中,采用两种不同的方法对货运需求进行建模,第一种方法是岭回归法,方法和操作都比较复杂,与实际值拟合较好,第二种方法是逐步回归方法,这种方法理论完善,操作比较简单,与实际值拟合也较好。两种预测模型各有特点,基于本文的实际需要,将两种方法取得的结果进行平均,以期取得更好的效果。

3.5.1 货运量预测结果

经平均处理后的货运量预测结果如表 3-18。

表 3-18 货运量预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
货运量 (万 t)	58 602	62 328	66 109	69 913	73 723	77 501	81 207	84 794	88 196	91 349

3.5.2 货运周转量预测结果

经平均处理后的货运周转量预测结果如表 3-19。

表 3-19 货运周转量预测结果

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
货运周转量 (亿 t·km)	210.47	223.89	237.73	252.00	266.69	281.81	297.34	313.29	329.68	346.48

3.6 本章小结

本章首先对影响货运需求的相关因素进行相关性分析,找出与货运需求相关的经济

因素，对各经济因素分别用不同的方法进行预测。然后，采用岭回归和逐步回归法建立货运需求与经济变量的回归方程，对各经济因素进行筛选与剔除，找出与货运需求有直接关系的经济变量，进而对货运需求进行预测，得出黑龙江省未来十年的货运需求。

4 道路货运车型结构预测

4.1 模型的引入及应用分析

4.1.1 传统道路车型结构预测模型

传统的预测方法有时间序列分析法、灰色 GM 预测法和马尔可夫预测模型等，其中以马尔可夫预测方法为代表。马尔可夫预测方法是 Markov 转移概率矩阵方法的简称。最简单的情况是一阶转移概率矩阵方法。其基本原理为：设市场上有 n 个相互替代的车辆类型，在 t_0 时刻，这些车辆的市场占有率分别为 $f_1^{(0)}$ 、 $f_2^{(0)}$ 、 \dots 、 $f_n^{(0)}$ 。若对任意时刻 t ($t > t_0$)，市场上任一车辆 i 的市场占有率 f_i 在 $t+1$ 时刻转移给 f_j 的份额为 p_{ij} （转移概率），并设这种转移具有不变性与无后效性，则在 $t+m$ 时刻，市场上各车辆类型的市场占有率 $f_j^{(m)}$ ($j=1,2,\dots,n$) 可由式 4-1 确定^[35]。

$$\left(f_1^{(m)}, f_2^{(m)}, \dots, f_n^{(m)} \right) = \left(f_1^{(0)}, f_2^{(0)}, \dots, f_n^{(0)} \right) \cdot \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix} \quad (4-1)$$

马尔可夫法虽然有它自己的优点，但实际运用到车型预测中，却存在如下问题：

(1) 由于各种车辆类型间相互影响，具有可替代性，因此情况比较复杂，往往很难得到第 i 种车型转移到第 j 种车型的转移概率 p_{ij} ，使该方法的运用受到很大的限制。

(2) 马尔可夫法应用的重要假设条件是：状态转移概率矩阵必须逐期保持不变，即不随时间的变化而变化。这一假设条件要求车型结构的变化为平衡的时间序列，但车辆马尔可夫法车型结构的变化为非平衡的时间序列。

4.1.2 道路货物运输过程中车型结构之间的可替代性分析

一般来说，产品替代有两种，即同质产品替代和技术产品替代。前者指实现功能完全相同产品之间的替代，它是一种纯产品替代，如同运输方式内部各种不同类型的运输工具之间的替代以及同种消费产品由不同生产厂家生产的替代等；后者则指核心功能相同，其他方面特色比较明显，且这种特色主要依赖于技术上的差异形成的产品替代，这种替代关系称之为技术替代。

在交通运输系统运行过程中，不同的运输方式之间相互协调，以完成不同运输需求。在同种运输方式内部这种协调和制约关系更加明显，他们主要表现为竞争和替代关系。

货运车辆某种程度上存在着一种竞争关系。例如，营运载货汽车有普通载货汽车和

专用载货汽车之分。而普通载货汽车按载质量大小又可分为大、中、小型三种类型。普通载货汽车和专用载货汽车之间存在某种竞争、替代关系。在普通载货汽车当中，大载质量货车在城际间长途运输中有优势，时间上快捷、方便，但是运价较高；反之，小载质量货车，在短途运输中有优势，在长途运输中运送大宗货物时尽管运价低，但必须分批运送，在时间上慢，不够方便。

各种车辆类型均具有自己的特点，有的适合于高价、快速的运输，有的适合于一般水平的大众运输，他们在货运过程中都具有一定优势。总之，激烈的市场竞争将导致一种车辆对另一种车辆的类型的替代关系，主要表现为一方的增加，另一方减少^[36]。

4.1.3 模型引入

为了克服上面提到的马尔可夫法的两个局限性，同时充分考虑各车型结构的替代关系。本文运用了一种基于替代关系的车型结构预测模型，该模型克服了上述马尔可夫法的两个局限性，具有预测精度较高，预测效果较好的特点。

4.2 车型结构优化模型的建立

4.2.1 模型的基本假设与模型的建立

根据车型结构变化的特点，本文作下列假设：

(1) 货物运输总需求量由各种车型共同承担，共同完成。各种车型之间可以相互替代。若设在时刻 t ， m 种车型的数量占总车辆数的比例分别为 $f_1(t)$ ， $f_2(t)$ ， \dots ， $f_m(t)$ ，则有：

$$\sum_{j=1}^m f_j(t) = 1 \quad (4-2)$$

(2) 由于各种类型的车辆各有特点，适应于不同的运输条件和需求，因此各种车型在激烈的竞争中不断发展其特长，克服其弱点，这将引起车型结构的重新调整。设从 t 到 $t+1$ 时刻， i 种车型在时刻 t 的市场占有率 $f_i(t)$ 将以某一概率转移给下一时刻从 1 到 m 的各种车型中。因此若从 t 到 $t+1$ 时刻由第 i 种车型转移到第 j 种车型的车型结构比例为 $\Delta f_{ij}(t)$ ，则有：

$$f_i(t) = \sum_{j=1}^m \Delta f_{ji}(t) \quad i=1, 2, \dots, m \quad (4-3)$$

(3) 设在 $t+1$ 时刻， i 种车型市场占有率由上一时刻从 1 到 m 各种车型转移而来，则：

$$f_i(t+1) = \sum_{j=1}^m \Delta f_{ji}(t) \quad i=1, 2, \dots, m \quad (4-4)$$

(4) 假设 t 时刻，第 i 种车型所占的车型结构比例与该时刻其他车型 j 所占结构比例的获得方式无关，而仅与上一时刻各车型结构比例 $f_j(t)(t-1)$ ($j=1, 2, \dots, m$) 有关。

(5) 设 t 时刻到 $t+1$ 时刻, 第 j 种车型由第 i 种车型转化而来的车型结构比例量值 $\Delta f_{ij}(t)$ 与时刻 t 第 i 种和第 j 种车辆自身所占的车型结构比例 $f_i(t)$, $f_j(t)$ 成比例。

$$\Delta f_{ij}(t) = \Delta G_{ij}(t) \cdot f_i(t) \cdot f_j(t) \quad (4-5)$$

式中 G_{ij} 为比例因子, 它的大小决定了转移量 $\Delta f_{ij}(t)$ 的大小。

根据上述基本假设, 对式 (4-3)、(4-4)、(4-5) 作适当的代换, 便可得到各种车型的结构优化模型的数学函数表达式。

首先将公式 (4-5) 代入公式 (4-3) 得到:

$$f_i(t) = \sum_{j=1}^m G_{ij} \cdot f_i(t) \cdot f_j(t) \quad i=1, 2, \dots, m \quad (4-6)$$

然后将公式 (4-5) 代入公式 (4-4) 得到:

$$f_i(t+1) = \sum_{j=1}^m G_{ji} \cdot f_j(t) \cdot f_i(t) \quad i=1, 2, \dots, m \quad (4-7)$$

由于 $f_i(t) \neq 0$, 将公式 (4-6) 和公式 (4-7) 两边分别除以 $f_i(t)$ 得到:

$$\sum_{j=1}^m G_{ij} \cdot f_j(t) = 1 \quad i=1, 2, \dots, m \quad (4-8)$$

$$\sum_{j=1}^m G_{ji} \cdot f_j(t) = \frac{f_i(t+1)}{f_i(t)} \quad i=1, 2, \dots, m \quad (4-9)$$

公式 (4-8) 和公式 (4-9) 即是货运车型结构优化模型。

4.2.2 模型参数的估计

车型结构优化模型参数的估计包括以下步骤:

(1) 用 SPSS 统计软件的线性回归分析初步估计式(4-8)、(4-9)左边的参数 G_{ij} , 得到 G_{ij} 的初始估计值, 记为 $G_{ij}^{(0)}$ 。

(2) 选择目标函数为:

$$R_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{ [1 - \sum_{j=1}^m G_{ij} \cdot f_j(t)]^2 + [\frac{f_i(t+1)}{f_i(t)} - \sum_{j=1}^m G_{ji} \cdot f_j(t)]^2 \} \quad (4-10)$$

(3) 设置规划求解的目标条件, 令 R_s 的取值达到最小, 即:

$$\begin{aligned} \text{Min} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{ [1 - \sum_{j=1}^m G_{ij} \cdot f_j(t)]^2 + [\frac{f_i(t+1)}{f_i(t)} - \sum_{j=1}^m G_{ji} \cdot f_j(t)]^2 \} \\ \sum_{i=1}^m f_i(t) = 1 \end{aligned}$$

由以上两式得出的 G_{ij} 即为最优解。

4.3 模型的应用及检验

应用上述方法, 利用黑龙江省车型结构的统计数据, 预测未来五年即 2006~2010

年货运市场车型结构的市场占有率。表 4-1 为 1999~2004 年载货汽车市场占有率，表 4-2 为 1999~2004 年重、中、小型车市场占有率。

表 4-1 黑龙江省 1999~2004 年载货汽车市场占有率

车辆类型	普通载货车(%)	专用载货车(%)
1999	0.985 057	0.014 943
2000	0.984 653	0.015 347
2001	0.984 874	0.015 126
2002	0.984 126	0.015 874
2004	0.982 411	0.017 589

表 4-2 黑龙江省 1999~2004 年重、中、小型车市场占有率

车辆类型	重型车(%)	中型车(%)	小型车(%)
1999	0.048 8	0.641 5	0.309 7
2000	0.052 6	0.581 1	0.366 3
2001	0.050 8	0.536 1	0.413 1
2002	0.056 1	0.506 7	0.437 2
2004	0.067 1	0.416 2	0.516 7

注：以上数据均来自黑龙江省运输管理局，由于受非典影响，2003 的统计数据没有引用。

4.3.1 模型参数估计

本文在估计模型参数时候运用的是 SPSS 统计软件的回归分析功能，最终得到车型结构的参数估计值如下^[37]：

普通、专用车的 $G_{ij}^{(0)}$ 估计值如下：

$$\begin{bmatrix} G_{11(0)} & G_{21(0)} \\ G_{12(0)} & G_{22(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 47.337 & 45.938 \\ -3081.51 & -2998.396 \end{bmatrix}$$

重型、中型、小型车辆的 $G_{ij}^{(0)}$ 估计值如下：

$$\begin{bmatrix} G_{11(0)} & G_{21(0)} & G_{31(0)} \\ G_{12(0)} & G_{22(0)} & G_{32(0)} \\ G_{13(0)} & G_{23(0)} & G_{33(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.758 & -1.079 & 1.008 \\ 1.759 & -20.007 & 0.476 \\ 0.419 & 23.773 & -1.361 \end{bmatrix}$$

4.3.2 规划求解

设置目标规划求解条件后，用 Excel 的规划求解方法解得普通载货汽车、专用载货汽车的预测结果： $R_5=0.006\ 621$ ，最终的 G_{ij} 值为：

$$\begin{bmatrix} G_{11(0)} & G_{21(0)} \\ G_{12(0)} & G_{22(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0095 & 0.3985 \\ 0.4418 & 39.6334 \end{bmatrix}$$

重、中、小型车辆预测结果： $R_s=0.00329$ ，最终的 G_{ij} 值为：

$$\begin{bmatrix} G_{11} & G_{21} & G_{31} \\ G_{12} & G_{22} & G_{32} \\ G_{13} & G_{23} & G_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -21.3744 & 1.9797 & 2.6802 \\ 2.0029 & 0.7519 & 1.0491 \\ 2.5074 & 1.2715 & 0.6856 \end{bmatrix}$$

各种车型结构市场占有率比较模型：

$$\begin{bmatrix} \frac{f_1(t+1)}{f_1(t)} & \frac{f_2(t+1)}{f_2(t)} \end{bmatrix} = (f_1(t) \cdot f_2(t)) \cdot \begin{bmatrix} 1.0095 & 0.3985 \\ 0.4418 & 39.6334 \end{bmatrix} \quad (4-11)$$

式中 $f_i(t+1)$ ($i=1,2$) —— $t+1$ 年度普通载货汽车、专用载货汽车的市场占有率。

$$\begin{bmatrix} \frac{f_1(t+1)}{f_1(t)} & \frac{f_2(t+1)}{f_2(t)} & \frac{f_3(t+1)}{f_3(t)} \end{bmatrix} = (f_1(t) \cdot f_2(t) \cdot f_3(t)) \cdot \begin{bmatrix} -21.3744 & 2.0029 & 2.5074 \\ 1.9797 & 0.7519 & 1.2715 \\ 2.6802 & 1.0491 & 0.6856 \end{bmatrix} \quad (4-12)$$

式中 $f_i(t+1)$ ($i=1,2,3$) —— $t+1$ 年度重、中、小型车辆的市场占有率。

4.3.3 最终预测结果

用模型式(4-11)、(4-12)对未来五年的黑龙江省货运市场各车型结构的市场占有率预测值如表4-3、表4-4所示。

表 4-3 黑龙江省 2006~2010 年载货汽车车辆占有率

年份	普通载货汽车(%)	专用载货汽车(%)
2006	0.981 192	0.018 808
2007	0.980 037	0.019 963
2008	0.978 240	0.021 760
2009	0.975 449	0.024 551
2010	0.971 121	0.028 879

表 4-4 黑龙江省 2006~2010 年重、中、小型车型结构市场占有率

年份	重型车(%)	中型车(%)	小型车(%)
2006	0.058 96	0.395 92	0.545 12
2007	0.057 60	0.388 00	0.554 40
2008	0.058 52	0.381 02	0.560 47
2009	0.058 51	0.375 66	0.565 83
2010	0.058 78	0.371 28	0.569 94

为了检验预测结果的优劣，计算回报拟合绝对误差如表4-5，表4-6所示。

表 4-5 拟合绝对误差表

年份	普通载货汽车	专用载货汽车
2000	-0.001426	0.10276
2001	-0.000575	0.03889
2002	-0.001671	0.11578
2004	-0.00223	0.14263

表 4-6 拟合绝对误差表

年份	重型车	中型车	小型车
2000	0.000 41	-0.006 27	0.005 85
2001	-0.002 02	-0.006 14	0.008 16
2002	0.002 16	0.002 16	-0.004 32
2004	0.011 39	-0.033 45	0.022 07

通过运用模型对历史数据进行回报拟合，误差分析得出该模型基本可行，且误差相对较小，因此预测结果还是比较理想。通过所建立的模型得出黑龙江省未来五年的营运载货汽车车型结构中，普通载货汽车所占的比例呈现出逐年下降的趋势，专用载货汽车所占的比例呈现出逐年上升，2010 年分别为 97.112 %和 2.888 %，与道路货运行业的发展要求相差甚远。到 2010 年中型车的比重由 2004 年的 41.62 %下降到 37.128 %，小型车将由 2004 年的 51.67 %上升到 56.994 %，重型车的发展如果不加以控制将下降到 5.8779 %。

以上预测表明如果按此趋势发展，黑龙江省货运载货汽车到 2010 年将远远低于发达国家的水平，必须按照市场经济规律，运用宏观调控的方法加以干预才能保证其健康持续的发展。

4.4 本章小结

根据基于替代关系的货运车型结构优化模型预测出了黑龙江省未来五年的车型结构构成，普通载货汽车、专用载货汽车的市场占有率；重、中、轻型车辆的市场占有率。通过这些预测为职能部门对车型结构优化的宏观调控提供了很好的参考依据。与此同时，本章所采用的模型也是比较独特的，采用定量分析的方法预测出了未来黑龙江省货运车型结构的变化趋势，得出相对较小误差，进一步验证了模型的优越性。通过对模型计算结果的分析得知未来黑龙江省车型结构的变化不符合货运车辆向大载质量车辆、专用化发展这一总的趋势，黑龙江省未来运力结构的发展需要政府宏观调控的干预。

5 黑龙江省道路货运运力结构优化

道路运输要达到适应经济发展水平的要求，必然要求运力在总量、结构和布局上满足国民经济和人民生活的需要，即有足够的汽车拥有量与合理的车辆组成结构，能够形成保证运输量目标实现和达到相应质量服务水平的承运能力，同时运力又不能过度发展，使运输效率降低，造成全社会运输经济投入的浪费。运力发展优化不是简单的数量上的等同，其运力运量间的平衡关系是货运系统的平衡。所以，在确定道路货运运力发展优化时应以运力均衡理论为基础，从系统的角度探求系统的动态平衡^[38]。

5.1 运力结构优化依据的理论

本文在运力结构优化时依据了运力均衡理论，实际上是不计较路网供给能力的约束，也就是在假设路网供给能力是无限的条件下进行车辆均衡。

(1) 地理空间范围的内容

车辆是一种移动的固定资产，但它移动的地理空间范围常常越出其资产辖区的范围，这就意味着在计算指定地域车辆的均衡时，有地域外的车辆加入。换言之，考虑特定地理空间范围车辆的均衡，须有开放系统的观念。但任何开放系统的研究又必须建立在封闭系统的研究基础之上。

(2) 时间段的内容

车辆均衡必须有时间要求的约束。因为运输需求是动态的，故车辆运力也是处在不断变化的动态过程之中。因此严格的讲：车辆运力均衡是指定时间区间中车辆的均衡与运量的均衡。从而可知，均衡操作在时间区间上是连续的，但对均衡的观察则只是在某几个时间区间上的点上进行的，或者说其观察结果是离散性的。

(3) 均衡总运量和均衡运量结构的内容

在运力均衡中，有均衡总运量的要求已是常识。而如何均衡运量结构的问题以往还欠研究。实际上研究它是有重大经济意义的，因为总量均衡了，其车辆配置的结构却不一定能均衡。而车辆配置结构的不均衡也就是运量结构的不均衡，自然就会使运输资源不能得到充分的利用^[39]。

5.2 制定黑龙江省道路货运运力结构优化原则

优化的基本原则是本着运力与运量大体平衡、可适量超前。车型结构以道路运输市场需求为导向，以提高运输效率、降低运输成本、增强道路运输行业竞争力为目标，按照节能、环保等可持续发展战略的要求来进行优化。运力布局则应遵循“货畅其流”的原则来进行优化。

(1) 系统平衡原则

道路货运系统平衡原则即在一定经济水平和人民生活需求情况下，运能供给能够满

足实际的需要。系统平衡原则包括系统的总量平衡与系统结构的协调。通常，总量平衡而结构不协调，则实际上是降低了总运能的运用，致使系统平衡失调，出现运力小于运量的实际状况；如果系统结构协调，总量不平衡，则总量大于运量则出现运力大于运量，反之则运力小于运量。系统平衡原则主要表现在进行运力结构优化时要着眼于黑龙江省道路货运的整体发展，宏观与微观相结合，恰当处理整体与局部的关系，保持黑龙江省道路货运整体健康、持续、稳步发展。

(2) 系统内部竞争原则

由于道路货运系统是一个动态供求系统，因而，在实现系统平衡时，还应考虑系统的动态性和竞争性。从运力投入看，既要宏观调控运力投放规模和合理结构，同时又要建立一定程度的买方市场的机制，从而使货运系统内运力“存优淘劣”，保持一种动态的进出平衡，从而保证系统运行的高效性和系统较高的服务水平。

(3) 运力适度超前发展原则

黑龙江省是农业大省，石油、煤炭、电站装备、冶金设备、重型机械、特种钢材、木材和木制品加工、亚麻纺织等在全国占据十分重要的地位。作为经济发展的重要条件，道路运输对黑龙江省“十一五”国民经济发展规划的实现起着十分重要的先行作用。道路运输运力适当超前于经济的发展必然对经济发展起推动作用，而且还能使运力本身具有较大的调整与提高的余地，反之将制约经济的发展速度。充分考虑黑龙江省道路货运未来的发展，把解决当前的问题与长远的发展结合起来，处理好目前与长远的关系。

(4) 可操作性原则

制定的运力结构优化方案要具有可操作性，要符合黑龙江省道路货运的实际状况，能切实有效的解决当前存在的问题^[40]。

5.3 黑龙江省道路货运运力结构优化的目标

随着我国加入 WTO 以来经济的稳步发展和老工业基地改革的逐渐深入，如何使运力达到布局合理、结构优化、总量适中，充分发挥道路货运机动、灵活、快速，可实现门到门运输的独特优势，提高和其他运输方式的竞争力，为黑龙江省经济的发展提供优质的运输服务，进而形成公开、公平、竞争、有序的货运市场环境是黑龙江省道路货物运输发展的重要目标^[41]。

5.4 运力结构优化方案

5.4.1 运力总量优化

改革开放 20 多年来，我省的道路货物运输有了很大的发展，年完成货物周转量和货物运输量连续多年持续增长，但不容忽视的是我省货物周转量和货物运输量的增长主要是依靠营业性道路载货车辆数量的增长来实现的，道路运输行业的发展建立在简单的运力数量扩张基础之上，是一种低水平粗放的发展模式。现在黑龙江省道路运输业的运

力所面临的突出问题和矛盾是,由运输供给总量不足转化为普通运力供给过剩,高品质运力供给不足。如果再走依靠运力总量的增加来实现运输总量增长的老路,不仅不能面对国外的大运输企业的竞争,而且可能因为矛盾的继续加剧,导致省内道路运输市场更大范围的恶性竞争,运输生产效率和企业经济效益严重下降。

第二章对黑龙江省货车投入规模回报分析中得出黑龙江省 2001~2004 年间货车投入处于规模回报递增阶段,由第三章货运需求预测中对黑龙江省 2010 年货运周转量的预测结果见表 3-19,结合运输供需平衡理论中运输供需适应度的计算公式(2-6),预测出黑龙江省 2010 年道路货运运力需求载质量为 719 268 t。

根据运力适度超前发展原则,优化出黑龙江省 2010 年道路货运运力供给载质量应为 720 000 t。

5.4.2 车型结构优化

道路运输中的专用运输车取代普通货车,已经成为汽车工业和道路运输业的发展方向,因而普通载货汽车,尤其是中型载货汽车的市场逐步萎缩,产量逐年下降,而专用汽车市场形势趋好。我国根据专用汽车的生产和使用情况,按其基本结构分类,可分为自卸汽车、厢式车、罐式车、集装箱式、挂车、作业车等六大类^[42]。根据交通部《道路运输业发展规划纲要(2001~2010)》要求,2010 年专用车达到 30%以上,重型车占有率达 20%以上,结合黑龙江省历史数据、本文第四章关于未来货车车型结构预测等综合因素,对黑龙江省 2006~2010 年道路货运车型结构做出优化方案如表 5-1。

表 5-1 黑龙江省 2006~2010 年道路货运车型结构优化方案

时间	优 化		预 测	
	专用载货汽车(%)	重型车(%)	专用载货汽车(%)	重型车(%)
2006	5	7.5	1.880 8	5.895 8
2007	10	9.5	1.996 3	5.760 2
2008	15	11.2	2.176 0	5.851 6
2009	20	13	2.455 1	5.851 0
2010	25	15	2.887 9	5.877 9

随着国家把集装箱车、厢式货车、特种专用车的发展列入到了《道路运输业发展规划纲要(2001~2010)》,并制定了一系列优惠政策,货运市场对重型车和专用车的需求已经成为必然的趋势^[43]。

瞄准重型专用车市场蓬勃发展的趋势,顺应市场潮流,重视发展重型专用车,是根据黑龙江省道路状况和目前运力现状的一个方向性的发展目标。

5.4.3 运力布局优化

经济、社会发展的基础是货运产业的进步,运力状况是道路货物运输能否满足经济、社会发展的一个重要组成部分,因而运力布局优化要以《黑龙江省城镇体系规划(2001~2020)》及《振兴东北老工业基地公路水路交通发展规划纲要》为基础依据,

为黑龙江省经济、社会发展提供优质的运输服务。

根据第二章表 2-10 黑龙江省各地市运力结构的综合评价及黑龙江省主要城镇职能类型结构规划,对黑龙江省各地市运力布局做出优化方案,如表 5-2 所示:

表 5-2 黑龙江省各地市运力布局

区域	职能类型	区域主要职能发展方向	运力发展方向
哈尔滨	综合性	贸易、金融、旅游等第三产业及机电、化工、轻纺、食品等工业	运力适度投入,存量运力加强技术性监管,重点发展厢式车、罐式车、集装箱式专用车
齐齐哈尔			
牡丹江			
佳木斯			
绥化			
大庆	矿业	以资源优势为基础,大力发展资源加工业及资源综合利用,同时加强城市第三产业的发展	加大运力投入,发展重型车、小型车,重点发展自卸汽车、罐式专用车
鸡西			
鹤岗			
双鸭山			
七台河			
黑河	口岸	大力发展边地贸易、第三产业	加大运力投入,重点发展集装箱式专用车。
伊春	林业	以资源优势为基础,大力发展资源加工业及资源综合利用,同时加强城市第三产业的发展	加大运力投入,重点发展厢式车、挂车专用车
大兴安岭			
农垦	农业	发展质量效益型农业	加大运力投入,发展重型车,重点发展罐式专用车

黑龙江省是农业大省,耕地总面积、农机总动力、粮食商品量和专储量均居全国第一。道路货运直接服务于农业、农村经济发展,解决县乡道路,尤其是农村山区道路上运力不足的问题,是解决“三农”问题的基础条件之一。到 2010 年,全面提高农村货运运力服务水平,形成以县为局域骨干、乡为基础的布局合理、具有较高服务水平的农村运力网络,适应全面建设小康社会的要求^[44-47]。

5.5 为实现运力结构优化对政府部门提出的建议

(1) 整顿和规范运输市场,以达到规范经营行为、加强企业管理、改进行政管理、改善安全状况、提高服务质量的目的。

(2) 推进道路货物运输业组织管理的改革,在税收、收费等方面加快政策法规的制定,使大型、专用车成本降低,有利可图^[48]。管理部门统计数据中对货运车型的分类按国家标准 GB/T3730.1—2001 要逐步规范,以有利于今后对货运市场的研究。

(3) 建立完善运输服务网络及信息处理手段,降低空驶率和提高运输效率^[49,50]。

(4) 重视“新农村”带来的生机,在运力的投入方面发展城市至乡镇、行政村、集贸市场的线路,促进农村货物运输的发展^[51]。

5.6 本章小结

本章以前文章节的理论研究为依据从运力总量、车型结构、运力布局三方面制定定量与定性相结合的黑龙江省道路货运运力优化方案。在货运运力优化时对各地市的运力分配由于没有进行货源种类调研，采用的是定性分析没有进行定量研究。

结 论

市场经济条件下,完善道路货运运力结构优化的理论方法,对提升道路货运运力结构优化的科学性、客观性和准确性有着适时而积极的作用。以定性和定量分析相结合的研究方法是进行运力结构优化的新途径。本文以运力均衡和系统理论为指导,运用运力增长分析模型、主成分分析法、基于替代关系的车型结构预测模型、采用岭回归和逐步回归预测法,围绕运力总量、车型结构、运力布局三方面开展了系列研究,取得以下主要成果和结论:

(1) 从运力总量、车型结构、运力布局三个方面采用定性和定量分析相结合的研究方法对道路货运运力结构优化进行研究。

(2) 将岭回归预测模型应用到道路货运需求预测中,预测值与实际值拟合较好,具有应用前景。

(3) 在构建道路货运运力结构评价指标体系基础上,将主成分分析法应用到对黑龙江省各地市道路货运运力结构的评价中,得出了各市道路货运运力结构排名,其中齐齐哈尔市运力发展相对较好、大庆市运力结构相对不合理的评价结果。

(4) 采用基于替代关系的车型结构模型对道路货运车型结构发展趋势进行预测。通过预测结果表明,如果按此趋势发展,到2010年黑龙江省货运运力将远远低于交通部《道路运输业发展规划纲要(2001~2010)》要求的发展水平,必须按照市场经济规律,运用宏观调控方法加以干预才能保证其健康持续发展。

(5) 根据货运需求预测及运输供需平衡理论,优化出黑龙江省2010年道路货运运力供给载质量为720000t。并对运力布局做出优化,其结果为以哈尔滨为代表的综合性职能城市应重点发展厢式车、罐式车、集装箱式专用车;以大庆为代表的矿业职能城市应重点发展自卸汽车、罐式专用车;口岸职能城市黑河应重点发展集装箱式专用车;以伊春为代表的林业职能城市应重点发展厢式车、挂车专用车;农垦地区应重点发展罐式专用车。

(6) 为实现运力结构优化对政府部门提出了四点建议:

a. 整顿和规范运输市场,以达到规范经营行为、加强企业管理、改进行政管理、改善安全状况、提高服务质量的目的。

b. 推进道路货物运输业组织管理的改革,加快政策法规的制定。

c. 建立和完善运输服务网络和现代信息处理手段,降低空驶率和提高运输效率。

d. 重视“新农村”带来的生机,在运力投入方面发展城市至乡镇、行政村、集贸市场的线路,促进农村货物运输的发展。

参考文献

- [1] 郭胜金. 论交通运输企业管理创新. 武汉理工大学硕士学位论文, 2001:14
- [2] John R. Myer. *The Economics of Competition in the Transportation Industries*. Boston: Hard University Press, 1985:22~28
- [3] 陈引社. 道路管理运输学. 北京: 人民交通出版社, 2002:108~111
- [4] 邹海波. 我国道路运输组织结构和经营结构调整战略研究. 长安大学硕士学位论文, 2003:3
- [5] 王盈嘉. 道路运输业结构调整的研究. 长安大学硕士学位论文, 2001:27
- [6] 李津, 金俊武. 货运车型及运力结构分析. 工业技术经济, 2002 (5) :89~90
- [7] Alan C. McKinnon. *The Economic and Environmental Benefits of Increasing Maximum Truck Weight: the British Experience*. *Transportation Research Part D*, 2005, 10: 77~95
- [8] 马银波. 我国公路货运结构现状分析与调整对策. 综合运输, 2001 (3) :1~5
- [9] Opportunities for OR in intermodal freight transport research. *European Journal of Operational Research*, 2004, 153(2) :400~416
- [10] John Higginson, Terence Hogan, Mark Weil. *Evaluating the Demand for Supergauge Trucks-on-trains Services in Western Europe*. *European Journal of Operational Research*, 1997: 293~307
- [11] 杨雪英. 湖北省公路货运运力结构调整战略研究. 武汉理工大学硕士论文, 2004:13~20
- [12] 马银波. 公路货运运力增长与运输生产率关系的实证分析. 交通运输系统工程与信息, 2004, 4(2) :42~47
- [13] 马银波. 中国汽车货运业经济绩效的实证分析. 产业经济研究, 2004 (3) :47~51
- [14] 张生瑞. 公路交通可持续发展系统分析与评价. 长安大学博士学位论文, 2002:57~68
- [15] J. Enrique Fernandez L, Joaquin de Cea Ch. *A Multi-modal Supply-demand Equilibrium Model for Predicting Intercity Freight Flows*. *Transportation Research Part B*, 2003(37) : 615~640
- [16] 汪忠. 道路运输预测理论研究. 长安大学硕士学位论文, 2003:18~25
- [17] 黑龙江省道路运输管理局. 黑龙江省道路运输业规划 (2002~2010), 2002
- [18] Anderson, T. *An Introduction to Multivariate Statistical Methods*. New York: John Wiley, 1984
- [19] Harmon, H. H. *Modern Factor Analysis*. Chicago: The University of Chicago Press, 1967

- European Journal of Operational Research, 1997: 409~438
- [39] 管楚度. 新视域运输经济学. 北京:人民交通出版社, 2002:21~25
- [40] 刘小明, 张 颖. 货运发展规划战略研究. 中国公路学报, 1996, 9 (4) :83~87
- [41] 张志清, 胡建环, 佟文. 高速公路车型结构分析. 森林工程, 1999, 15 (3) :39~40
- [42] 明平顺. 汽车运输专用车辆. 北京:人民交通出版社, 1998:1
- [43] 林 东, 陈仁官. 运力结构调整——企业活力之源. 交通企业管理, 2003 (7) :38~39
- [44] 谢建安, 叶 俊, 刘洪庆. 我国快速公路货运车辆的发展重点及措施. 专用汽车, 2001(4):16~19
- [45] Mark us Hesse, Jean-Paul Rodrigue. The Transport Geography of Logistics and Freight Distribution. Journal of Transport Geography, 2004(12) : 171~184
- [46] Jan Jacob Trip, Yvonne Bontekoning. Integration of Small Freight in the Intermodal Transport System. Journal of Transport Geography, 2002(10) : 221~229
- [47] 黑龙江省人民政府. 黑龙江省城镇体系规划 (2001~2020), 2002
- [48] Randolph W. Hall. Stochastic Freight Flow Patterns: Implications For Fleet Optimization. Transportation Research Part A, 1999(33) : 449~465
- [49] 陈队永. 道路运输业的市场结构现状及调整对策. 交通科技与经济, 2004 (2): 58~60
- [50] 贺亦军, 靳文舟. 道路货物运输产业的结构调整探索. 公路交通科技, 2002, (4) :152~154
- [51] 杨正才. 调整与优化道路运输结构 促进运输经济发展. 湖南交通科技, 2000, 26 (4) :62~63

攻读学位期间发表的学术论文

- [1] 崔淑华, 王 娜. 森林工程. 基于主成分分析的公路货运量预测影响因素研究. 2005, 21 (5): 65~67

致谢

本课题承蒙黑龙江省重点科技计划项目资助及黑龙江省道路运输管理局的大力支持，特致殷切谢意。

本文是在导师崔淑华教授的指导和关怀下完成的，在此，向导师表示诚挚的谢意。同时感谢交通学院所有老师及同窗们的关心和支持！感谢所有帮助过我的人们！

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得东北林业大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签名：

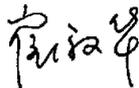
签字日期：2006年6月20日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解东北林业大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权东北林业大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：

导师签名：

签字日期：2006年6月20日

签字日期：2006年6月20日

学位论文作者毕业后去向：

工作单位：

电话：

通讯地址：

邮编：