

学校代号 10532

学 号 T07021025

分 类 号 U469.11; F273.2

密 级



湖南大学
HUNAN UNIVERSITY

博士学位论文

基于技术扩散模型的 自主汽车产品市场生命周期研究

学位申请人姓名 赵小羽

培 养 单 位 机械与运载工程学院

导师姓名及职称 钟志华教授 成艾国教授

学 科 专 业 车辆工程

研 究 方 向 汽车产品生命周期

论文提交日期 2013 年 11 月

学校代号：10532

学 号：T07021025

密 级：

湖南大学博士学位论文

基于技术扩散模型的自主汽车产品市场 生命周期研究

学位申请人姓名：____赵小羽____

导师姓名及职称：____钟志华教授 成艾国教授____

培 养 单 位：____机械与运载工程学院____

专 业 名 称：____车辆工程____

论文提交日期：____2013 年 11 月____

论文答辩日期：____2013 年 11 月 14 日____

答辩委员会主席：____刘腾喜教授____

Study on domestic automobile product market life cycle based on
technology diffusion model

by

ZHAO Xiaoyu

M.E.(Hunan University) 2007

A dissertation submitted in partial satisfaction of the

Requirements for the degree of

Doctor of Engineering

in

Automotive Engineering

in the

Graduate School

of

Hunan University

Supervisor

Professor ZHONG Zhihua

Professor CHENG Aiguo

November, 2013

摘要

我国汽车产业高速发展，国内的汽车市场极具竞争性和不稳定性，而自主汽车企业的产品开发决策往往根据经验进行，带有盲目性和主观性。企业在面对已有产品生命周期，新技术引入时间，新产品推出，品牌产品竞争力等关键问题时，缺乏科学的理论依据和客观的分析工具。然而，迄今为止，专门针对汽车产品生命周期的研究较少，现有的研究大多集中在汽车产业的宏观层面。

本研究旨在建立科学量化的产品生命周期分析预测模型，为汽车企业产品研发与规划提供客观分析并灵活应对的有效工具。将产品生命周期与技术创新扩散理论相结合，既保留产品生命周期的理论意义，又对技术扩散模型及方法加以应用。产品扩散模型以时间序列，准确量化描绘产品生命周期曲线，从而达到定量预测产品生命周期的目标。本研究构建了具有关联性的三个产品扩散模型，首先，分析细分市场整体需求与扩散特点，在此基础上，再从技术创新引起的产品更新换代以及品牌产品两个不同的维度，分析特定研究对象的生命周期扩散曲线。并以交叉型乘用车产品为例，对模型的结构、有效性与应用进行深入研究 with 实证分析验证，从而形成多维产品生命周期评价体系，讨论延长生命周期的产品开发方法。本文主要开展以下研究工作：

首先，产品生命周期理论根据产品扩散曲线定性识别生命周期阶段，而对生命周期的影响因素的定量分析缺乏工具，对产品时间序列的扩散数量预测能力不足。技术扩散模型则来源于创新理论，常以时间为变量，考虑扩散影响因素，建立数学模型，预测产品的时间序列量化扩散过程，但其缺乏对产品扩散各阶段定性的理论分析与产品市场策略的指导。因此二者结合，以期得到符合汽车产品扩散规律的生命周期曲线模型，并指导产品策略。

由于汽车产品尚没有公认的扩散模型，因此，比较分析了几种典型扩散曲线模型，从而确定符合细分市场汽车产品扩散规律的基础模型。同时，模型参数估计是模型建立的关键问题之一，涉及产品扩散模型的应用方法。不同的模型参数估计算法对模型拟合的结果影响很大，因此，本文提出遗传算法与非线性最小二乘法相结合的两步参数估计方法，弥补了两种算法的不足之处，从而为多维产品扩散模型的构建与应用做了基础的准备工作。

其次，产品生命周期理论定义较概括，研究对象可从产品大类到品牌产品，结合汽车产品生命周期研究的实际需要，着眼于行业产品，构建细分市场汽车产品扩散模型。在此基础上，再从技术更新换代、品牌产品两个不同的维度，分析特定汽车产品生命周期扩散曲线。

建立动态市场环境下产品扩散模型，为细分市场产品生命周期分析提供有效工具。综合考虑重复购买、消费者购买力、产品制造成本以及政府补贴措施等市场环境变量，建立改进的产品扩散模型，解决了传统产品扩散模型在反映动态市场环境方面的问题，也弥补了产品生命周期理论对于市场环境定量分析的不足。实证分析表明，该模型更好地解释了中国交叉型乘用车行业的发展规律，对行业的预测力也优于传统模型。其目的在于从产业宏观角度，对产品的生命周期进行分析。

建立多代产品扩散模型，为产品的更新换代提供科学的分析手段。产品在用户需求变化的驱动下，进行技术创新，由此引发产品的更新换代。在细分市场上，新老产品之间具有共存与竞争关系，直接决定了企业的产品技术创新方向。因此，汽车企业准确应对未来的技术发展方向，有针对性的定位产品未来的趋势，引导消费，也非常重要。基于行业的整体需求，根据经典的多代产品扩散模型，融入产品的竞争与差异性因素，填补了传统模型在解释多代产品差异化和竞争关系方面的缺陷。对第一代平头交叉型乘用车与第二代凸头交叉型乘用车的更新换代过程进行实证研究，发现其过程符合改进模型规律。

建立品牌产品扩散模型，为品牌产品的生命周期判断提供量化的依据。由于品牌扩散的复杂多变，针对品牌产品扩散模型的研究具有复杂性与不确定性。在传统产品扩散模型的基础上，考虑行业市场竞争因素，建立品牌产品的扩散模型。该模型对交叉型乘用车的主要品牌产品实际扩散有较好的解释力，并且模型参数具有实际的意义，能够反映品牌产品的竞争力，模型可构建品牌产品生命周期曲线，从而为企业品牌产品竞争策略提供决策依据。

再次，基于多维产品扩散模型，建立产品生命周期多维评价体系，并且为汽车企业新产品研发提供工程化的支持。结合扩散模型，探讨形成宏观、中观、微观三个层次的产品生命周期评价与预测体系，从而解决产品生命周期定义笼统单一的问题。根据产品的生命周期分析结论，提出产品平台价值最大化，平台生命周期尽量延长的产品技术开发策略，以及多目标优化的产品配置策略，更加符合工程需求的支持汽车企业产品开发工作。

关键词：产品生命周期；扩散模型；市场环境；多代产品；品牌产品；自主汽车产品；交叉型乘用车

Abstract

The automobile industry is one of the pillar industries in China. Domestic automobile market is highly competitive and instability. And the automobile product also has features of platform, series and diversity. All the above causes the abnormality and dynamics in automobile product life cycle. Thus, the new product development has to adapt to the market passively or follow the stereotype of period without scientific analysis tools and theoretical basis. Development policy of industry and operational decisions of firms often depend critically on product life cycle information. The existing researches focus on product category and the macro level of automobile industry. Little research on the diffusion of particular product and brand product, and its realization and application has been found.

This study aims to establish scientific and quantitative product life cycle analysis model for product development to provide tools for objective analysis and flexible response. Product life cycle theory and technological innovation diffusion theory are employed to study one segment of China automobile industry, i.e. cross-type passenger vehicle. Not only the cycle description of product life cycle is retained, but also the multidimensional models for product diffusion are suggested which include three dimensions, i.e. overall demand of segment market, multiple generation products of technology innovation and brand product. So life cycle diffusion curves of industry product, technology update and brand product are described. The research is in-depth on structure, effectiveness and application of diffusion model. Then cross-type passenger vehicle in China as an example is verified empirical analysis. So as to form the product life cycle assessment system, discuss the product development method to extend of the automobile product life cycle. It deals with the following research work:

First, The key theory of product life cycle is stage recognition based on the product life diffusion curve, neither according with affecting factors nor analyzing prediction ability. The theory of technology diffusion is suggested, choose the product diffusion model, in order to get the life cycle curve model according with diffusion rule of automobile product:

Since there is no recognized diffusion model for automobile products, several typical diffusion models are compared and analyzed to determine the basic model for

cross-type passenger vehicle. Meanwhile, parameter estimation is one of the key problems for application of diffusion model. Different algorithms for parameter estimation impact the fitting results of the model. Therefore, a two-step estimation method combining GA (Genetic Algorithm) and NLS (Nonlinear Least Square) is analyzed for prepared work to construct and apply multidimensional models.

Secondly, the product life cycle theory is ambiguous. The research object is from the product categories to brand products. The actual needs of life cycle of automotive products are from the three dimensions of industry product, technology upgrading and brand products. Multidimensional diffusion model is constructed, considering various influence factors of three dimensions, in order to get different research dimension curve model of product life cycle:

Product diffusion model with dynamic market environment:

Replacement purchase and dynamic market influence product diffusion, limiting application of basic product diffusion model. A dynamic market variables set is constructed to reflect environment changes. The extended product diffusion model is proposed considering replacement purchase and dynamic market factors. Cross-type passenger vehicle is empirical studied. And the factors of repeat purchase, purchasing power, product cost, and government subsidies are analysed in the extended diffusion model. The results indicate that the suggested model with perfect fitness and forecasting accuracy shows better performance in explaining diffusion rule. Product life cycle is analysed from macro industry scope for sustainable development with extended model.

Product diffusion model of successive generation:

Products are updated under the driver of consumer demand and technology innovation. Based on diffusion theory, competition and heterogeneity are incorporated in classical multi-generation products diffusion model. The models which assume that competition and heterogeneity variables simultaneously influence the diffusion of successive generations at different level are proposed to examine the impact of factors. The results of China cross-type passenger vehicle in recent 11 years indicate that competition and heterogeneity act an important role in the diffusion of multi-generation vehicle products. Meanwhile, empirical results also validate the perfect fitness and forecasting accuracy of the suggested model incorporating competition and heterogeneity variables in multi-generation products diffusion.

Brand product diffusion model:

Due to the complexity and variability of brand diffusion, the research on the

diffusion model for brand products is diversity and uncertainty. Based on diffusion theory, competition and expansion of industry market are incorporated in classical diffusion model. The model which assumes that industry market simultaneously influenced various brands diffusion within a product category is proposed to examine the impact of industry market factors on brand diffusion. The results of three brands in cross-type passenger vehicle market in recent 10 years indicate that market expansion acts an important role in brand diffusion. Meanwhile empirical results also validate the effectiveness of incorporating market expansion variables in brand diffusion model. It can provide decision-making basis for product development strategy.

Finally, establishment of product life cycle assessment system based on diffusion models:

Combining the multidimensional diffusion models, product life cycle of three levels including industry, technology and brand is discussed, to compensate for previous research. According to the analysis conclusion of product life cycle, it is proposed to maximize product platform value and extend platform life cycle as far as possible for product technology strategy. And product configuration strategy with multi-objective optimization is suggested based on consumers' individual preferences for realistic guidance of product development.

Key words: product life cycle; diffusion model; market environment; successive generations; brand product; domestic automobile product; cross-type passenger vehicle

目 录

学位论文原创性声明和学位论文版权使用授权书	I
摘 要	II
Abstract.....	IV
目 录	VII
附图索引.....	XI
附表索引.....	XIII
第 1 章 绪论	1
1.1 汽车产品生命周期研究背景	1
1.2 课题的提出	1
1.3 国内外汽车产品生命周期研究现状.....	4
1.4 研究的目的与意义	6
1.5 论文主要研究内容	7
第 2 章 产品生命周期与技术扩散理论基础及应用方法.....	10
2.1 产品生命周期理论与发展.....	10
2.1.1 产品生命周期理论.....	10
2.1.2 产品生命周期研究对象分类	11
2.1.3 产品生命周期的影响因素	12
2.1.4 基于生命周期的产品策略	15
2.1.5 产品生命周期评价预测与技术扩散模型.....	15
2.2 技术扩散模型与应用	17
2.2.1 技术扩散理论	17
2.2.2 扩散模型构建	18
2.2.3 扩散模型研究现状.....	19
2.2.4 三种典型扩散模型.....	20
2.3 汽车产品扩散模型	21
2.3.1 扩散模型参数估计算法	22
2.3.2 扩散模型参数估计实例比较分析	25
2.3.3 三种经典扩散模型计算	29
2.3.4 三种扩散模型检验与比较选择.....	30
2.4 多维产品扩散模型构建.....	33
2.5 本章小结	34

第 3 章 动态市场环境下产品扩散	35
3.1 Bass 扩散模型	35
3.1.1 创新采用模型与模仿采用模型	35
3.1.2 经典 Bass 扩散模型	36
3.1.3 Bass 扩展模型	36
3.2 动态市场环境下产品扩散模型	38
3.2.1 产品扩散模型假设条件	38
3.2.2 产品扩散模型结构	38
3.3 交叉型乘用车产品分析	39
3.4 考虑市场环境的汽车产品扩散模型计算	42
3.4.1 产品扩散模型数据	42
3.4.2 产品扩散模型参数估计	43
3.4.3 产品扩散模型检验	45
3.4.4 产品扩散模型应用	47
3.5 本章小结	48
第 4 章 考虑竞争与差异化的多代产品扩散	49
4.1 多代产品扩散模型	49
4.1.1 Norton 模型	49
4.1.2 多代产品扩散模型扩展研究	50
4.2 考虑产品竞争与差异化的多代产品扩散模型	50
4.2.1 多代产品扩散模型假设条件	50
4.2.2 多代产品扩散模型结构	51
4.3 交叉型乘用车多代产品市场分析	51
4.4 汽车多代产品扩散模型计算	52
4.4.1 多代产品扩散模型数据	52
4.4.2 多代产品扩散模型参数估计	52
4.4.3 多代产品扩散模型检验	57
4.4.4 多代产品扩散模型应用	59
4.5 本章小结	60
第 5 章 面向行业竞争的品牌产品扩散	62
5.1 品牌产品扩散模型	62
5.1.1 品牌产品扩散研究现状	62
5.1.2 典型品牌产品扩散模型	62
5.2 行业竞争下品牌产品扩散模型	64
5.2.1 品牌产品扩散模型假设条件	64

5.2.2 品牌产品扩散模型结构	64
5.3 交叉型乘用车品牌产品分析	64
5.3.1 交叉型乘用车市场结构	64
5.3.2 五菱品牌产品分析	65
5.3.3 长安品牌产品分析	66
5.3.4 东风品牌产品分析	66
5.4 汽车品牌产品扩散模型计算——以“五菱”品牌产品为例	66
5.4.1 五菱品牌产品扩散模型数据	66
5.4.2 五菱品牌产品扩散模型参数估计	67
5.4.3 五菱品牌产品扩散模型检验	69
5.4.4 五菱品牌产品扩散模型应用	71
5.5 汽车品牌产品扩散模型计算——以“长安”品牌产品为例	71
5.5.1 长安品牌产品扩散模型数据	71
5.5.2 长安品牌产品扩散模型参数估计	72
5.5.3 长安品牌产品扩散模型检验	74
5.5.4 长安品牌产品扩散模型应用	76
5.6 汽车品牌产品扩散模型计算——以“东风”品牌产品为例	76
5.6.1 东风品牌产品扩散模型数据	76
5.6.2 东风品牌产品扩散模型参数估计	76
5.6.3 东风品牌产品扩散模型检验	78
5.6.4 东风品牌产品扩散模型应用	80
5.7 本章小结	80
第 6 章 产品生命周期评价体系与汽车产品开发	82
6.1 汽车产品生命周期多维评价	82
6.1.1 行业产品生命周期分析	82
6.1.2 更新换代汽车产品生命周期分析	83
6.1.3 品牌汽车产品生命周期分析	85
6.1.4 面向产品生命周期的汽车开发特点	86
6.2 基于平台的汽车产品生命周期循环发展模式	86
6.2.1 产品平台研究现状	86
6.2.2 汽车产品平台生命周期	87
6.2.3 汽车产品平台生命周期循环发展模式	88
6.2.4 五菱产品平台实证研究	90
6.3 汽车产品配置选择的多目标决策	91
6.3.1 产品配置研究现状	92

6.3.2 产品配置的离散选择集合	92
6.3.3 面向用户需求的多目标决策	93
6.3.4 汽车产品配置实例分析	95
6.4 本章小结	98
全文总结	99
参考文献	102
致 谢	114
附录 A 攻读博士学位期间所发表的学术论文	115
附录 B 攻读博士学位期间参与的科研项目	116
附录 C 调查问卷	117

附图索引

图 1.1 交叉型乘用车市场份额变化示意图	2
图 1.2 本文技术路线示意图	8
图 2.1 产品生命周期四阶段示意图	11
图 2.2 产品生命周期曲线多种形状示意图	13
图 2.3 产品生命周期影响因素多层次分析示意图	14
图 2.4 新技术扩散传播论示意图	18
图 2.5 Bass 模型非线性最小二乘法参数估计过程示意图	27
图 2.6 Bass 模型遗传算法参数估计过程示意图	27
图 2.7 Bass 模型两步算法参数估计过程示意图	28
图 2.8 Logistic 模型两步算法参数估计过程示意图	29
图 2.9 Gompertz 模型两步算法参数估计过程示意图	30
图 2.10 三种模型计算数据与实际数据拟合曲线图	32
图 2.11 多维产品扩散模型结构示意图	34
图 3.1 创新采用模型曲线示意图	35
图 3.2 模仿采用模型曲线示意图	35
图 3.3 Bass-e 模型两步算法参数估计过程示意图	44
图 3.4 产品扩散模型计算数据与实际数据拟合曲线图	46
图 4.1 多代产品扩散曲线示意图	49
图 4.2 交叉型乘用车两代产品扩散曲线图	52
图 4.3 第一代产品 Bass 模型计算结果与实际数据拟合曲线图	54
图 4.4 Norton 模型两步算法参数估计过程示意图	55
图 4.5 Norton-e 模型两步算法参数估计过程示意图	56
图 4.7 两代产品短期预测示意图	60
图 5.1 交叉型乘用车主要品牌产品历年扩散情况	65
图 5.2 五菱品牌 Bass 模型两步算法参数估计过程示意图	68
图 5.3 五菱品牌 Bass-brand 模型两步算法参数估计过程示意图	68
图 5.4 五菱品牌产品扩散模型计算数据与实际数据拟合曲线图	70
图 5.5 长安品牌 Bass 模型两步算法参数估计过程示意图	73
图 5.6 长安品牌 Bass-brand 模型两步参数估计计算过程示意图	73
图 5.7 长安品牌产品扩散模型计算数据与实际数据拟合曲线图	75
图 5.8 东风品牌 Bass 模型两步算法参数估计过程示意图	77

图 5.9 东风品牌 Bass-brand 模型两步算法参数估计过程示意图	78
图 5.10 东风品牌产品扩散模型计算数据与实际数据拟合曲线图	79
图 6.1 交叉型乘用车行业产品扩散预测曲线图	82
图 6.2 交叉型乘用车三代产品扩散预测曲线图	85
图 6.3 汽车平台生命周期循环发展示意图	87
图 6.4 汽车平台支撑基础框架图	89
图 6.5 平台生命周期循环发展模式示意图	90
图 6.6 五菱品牌平台产品示意图	91

附表索引

表 2.1 交叉型乘用车产品产量统计数据	25
表 2.2 GA 算法的经验参数取值	27
表 2.3 不同算法参数估计结果比较	28
表 2.4 不同模型参数估计结果比较	31
表 2.5 1991-2009 年产品实际扩散数据以及模型计算结果比较	31
表 2.6 三种扩散模型预测精度比较	33
表 3.1 比例标度表	40
表 3.2 交叉型乘用车产品相关的国家政策与补贴措施列表	40
表 3.3 动态市场环境因素数据	41
表 3.4 市场环境变量相关性分析	42
表 3.5 行业产品扩散模型应用数据	43
表 3.6 原模型与改进模型参数估计结果比较	45
表 3.7 1992-2009 年产品实际年扩散数据以及产品扩散模型计算结果比较	46
表 3.8 改进模型预测结果	47
表 3.9 原模型与改进模型预测精度比较	47
表 3.10 应用模型的产品短期预测值	47
表 4.1 多代产品扩散模型应用数据	53
表 4.2 第一代产品 Bass 模型参数估计结果	53
表 4.3 原模型与改进模型参数估计结果比较	56
表 4.4 1991-2009 年产品实际年扩散数据以及模型计算结果比较	57
表 4.5 原模型与改进模型预测精度比较	59
表 4.6 应用改进模型的两代产品短期预测值	59
表 5.1 五菱品牌产品扩散模型应用数据	67
表 5.2 原模型与品牌产品扩散模型参数估计结果比较	69
表 5.3 2000-2009 年五菱品牌产品实际扩散数据以及模型计算结果比较	69
表 5.4 原模型与改进模型预测精度比较	71
表 5.5 应用品牌模型的五菱品牌产品短期扩散预测值	71
表 5.6 长安品牌产品扩散模型应用数据	72
表 5.7 原模型与品牌产品改进模型参数估计结果比较	74
表 5.8 2000-2009 年长安品牌产品实际扩散数据以及模型计算结果比较	74
表 5.9 原模型与改进品牌产品扩散模型预测精度比较	75

表 5.10 应用品牌模型的长安品牌产品短期扩散预测值	76
表 5.11 东风品牌产品扩散模型应用数据	76
表 5.12 原模型与改进品牌产品扩散模型参数估计结果比较	78
表 5.13 2005-2009 年东风品牌产品实际扩散数据以及模型计算结果比较 ...	79
表 5.14 原模型与改进品牌产品扩散模型预测精度比较	80
表 5.15 应用品牌模型的东风品牌产品短期扩散预测值	80
表 6.1 交叉型乘用车三代产品扩散模型系数估计值列表	84
表 6.2 某车型功能和产品配置列表	95
表 6.3 功能与产品集合列表.....	95
表 6.4 产品约束关系列表	96
表 6.5 解耦后产品集合列表.....	96
表 6.6 集合 A 中产品的成本与性能列表	97

第 1 章 绪论

1.1 汽车产品生命周期研究背景

我国汽车产业经过近 60 年的发展，汽车产品日益完善，产业结构日趋合理，汽车产品开发与制造技术水平稳步提高。自 2001 年 12 月，我国加入世贸组织后，汽车产业进入高速发展的轨道，我国汽车产量连年攀升。2011 年全年完成汽车产销量分别为 1841.89 万辆和 1850.51 万辆，占全球总产量的 23%，连续三年保持世界第一^[1]。

我国汽车企业面临的是国际化的汽车市场，同时，国内汽车用户的需求日趋个性化，因此，国内汽车产品的生命周期越来越短，越来越不具规律性。对自主汽车企业就提出更多的挑战，要求企业根据产品生命周期的变化，适时提供灵活的产品结构和组合来满足市场需求。

现有国产汽车分类标准是参考国家标准 GB3730.1-2001《汽车和挂车类型的术语和定义》，根据标准，汽车大类重新定义为乘用车以及商用车。其中，传统的轿车，被划分为基础型乘用车；运动型多用途乘用车，又称 SUV（Sport Utility Vehicle）；多功能乘用车，又称 MPV（Multi-Purpose Vehicles）；微型客车等不能归为上述三种类型的乘用车被称为交叉型乘用车；以上四类以乘用车为主要用途的车型，统称为乘用车；而客车、货车、半挂牵引车等统称为商用车。

由以上的分类标准，可知汽车产品按照用途的不同，种类繁多。市场快速发展，机遇与挑战并存的形势下，“一种车型能畅销多久”，“何时进行更新换代”，“品牌产品的竞争力如何”，“如何延长汽车产品生命周期”等问题，都是汽车企业在产品开发中需要思考与回答的。

企业对于产品生命周期分析的需求有两个特点：一是着眼于预测，目标在产品生命周期发展的趋势，包括定量的产品扩散数量规律和定性的产品策略分析；二是相关联的多角度，既涉及行业产品大类的扩散，也与细分市场产品技术改进、品牌产品相关，需要开发关联的多维度产品生命周期分析工具。以上关键问题的研究集中于产品生命周期预测评价，涉及到交叉的多门学科，既有汽车产品技术本身的分类研究，也有数理模型的构建与优化计算，同时，还需要应用计量经济学的方法。

1.2 课题的提出

为了深入研究汽车产品生命周期，解决汽车企业现实需求，实现特定汽车产

品的生命周期预测量化分析，需要选择具有代表性的车型作为实证研究的对象。

交叉型乘用车，是一个范围比较广的类别，包括不列入基础型乘用车、SUV、MPV 三种分类的所有其他乘用车。根据国内市场的实际情况，该类别主要以微型客车为主。该细分市场是我国汽车行业中重要的组成部分，市场上主要车型以自主品牌为主，是我国汽车企业为满足国内汽车市场，自主开发的典型汽车产品。

经过 30 多年的发展，我国的交叉型乘用车生产企业依靠自身的努力，滚动发展，实现了快速增长，已成为支撑和拉动我国汽车市场增长的主导因素之一。1991 年产量仅 1.9 余万辆，2008 年达到 105 余万辆，2009 年，随着汽车下乡、车辆购置税调整等政策的实施，该细分市场成为增长幅度最大的一类车型，其销量超过 195 万辆，同比增长 83.4%，2010 年达到 249 万辆，2011 年在各项利好政策相继退出的情况下，产销也超过 225 万辆^[1]。近 20 年，交叉型乘用车市场发展如图 1.1 所示。

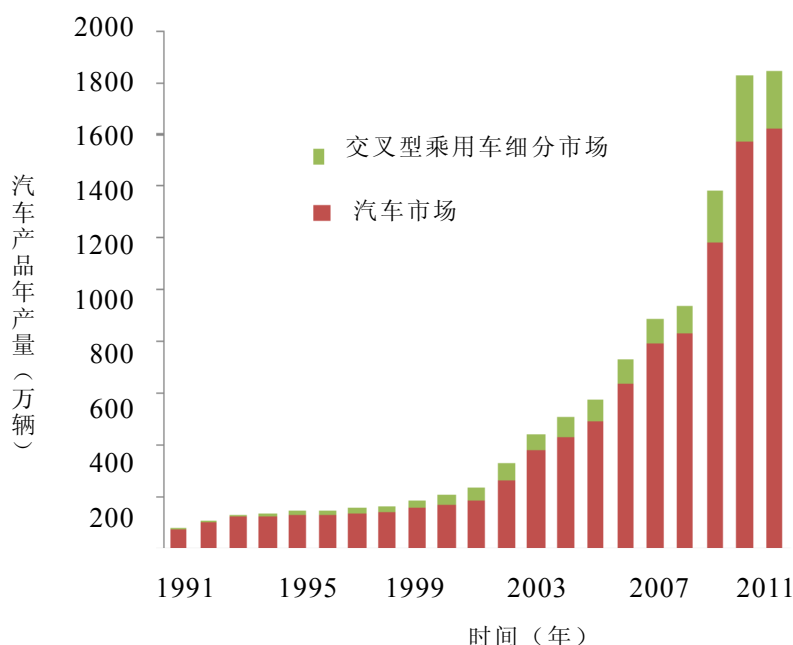


图 1.1 交叉型乘用车市场份额变化示意图

交叉型乘用车由于价格低廉，满足了国内汽车市场对于低价位汽车的需求；加之其拥有载人载货的多功能，也适应了我国汽车用户对于商乘两用车的要求，是符合中国汽车市场需求规律以及技术发展的产品。目前，交叉型乘用车的应用领域很广泛，在商业流通、零担运输、城乡之间短途运输、专业服务等行业中占据重要地位。

我国交叉型乘用车从 80 年代初期开始起步，其产品扩散发展可以粗略分为以下三个阶段。

1、交叉型乘用车产品起步与导入阶段，从 1980 至 1990 年

改革开放后，国内经济体制的改革不断深化。80 年代开始，许多军工厂也作

出相应的企业和产品策略调整，一部分开始转向汽车市场，从微型汽车着手，进行引进消化吸收，开始仿制微型汽车。从军工转民的重庆长安汽车公司率先引进日本铃木微车技术推出了平头“面包车”，即第一代的微型客车，新国标分类中的交叉型乘用车。90年代初，从事飞机工业的昌河、哈飞，以及从事农用机械的柳州五菱等分别推出了“昌河”、“松花江”和“五菱”品牌微型客车。此后陆续推出相似微型客车产品的还有陕西飞机工业公司的“汉江”、一汽的“佳宝”等。这一阶段是我国交叉型乘用车行业的创业起步阶段，交叉型乘用车产品的导入阶段，交叉型乘用车市场逐渐引导培育起来。

2、交叉型乘用车产品快速发展阶段，从1991至2001年

随着国内经济的快速发展，人民生活水平的不断提高，交叉型乘用车以其承载两用性的特点，作为生产资料，在这一时期市场获得快速发展。这一时期，交叉型乘用车产品的市场销量每年平均增长40%，而同期汽车行业的平均增幅约为13%，远远超过汽车行业平均水平。截至2001年交叉型乘用车产量已占汽车行业总产量的21%，并且该细分市场的生产集中度快速提高。五菱、长安、哈飞、昌河、一汽，这五家企业的市场占有率达到94%，而长安、哈飞、昌河，三家的市场占有率达到72%。交叉型乘用车成为汽车市场的主力车种之一，是拉动汽车产品产销增长的重要力量。交叉型乘用车产品的发展，也推动该细分市场日渐扩张。

3、交叉型乘用车产品技术创新发展阶段，从2002年至今

随着交叉型乘用车市场的不断扩张，国家也从环保与安全方面对交叉型乘用车做出标准要求，如2002年12月底，排放达不到法规要求的化油器车全部停止上牌；2003年7月1日起，平头微车达不到正面碰撞安全要求，在全国范围内禁止上牌。因此，根据国家对于交叉型乘用车的新标准规范以及市场用户的新需求，交叉型乘用车企业开始进行产品的技术创新。这一时期的代表产品都符合排放环保要求、碰撞安全性要求以及节能经济性要求，如五菱之光、长安之星等，这些产品的推出，促进交叉型乘用车进入重视产品技术创新的新时期。

经过以上三个阶段的发展，国内交叉型乘用车产品已经占据国内汽车行业独立的细分市场。随着市场的发展，国内交叉型乘用车产品呈现出与国内汽车产品类似的发展趋势：

1、安全、舒适、动力、环保的要求提高

交叉型乘用车产品的车体日趋宽大，内外饰和操控性向基本乘用车接近。随着用户购买能力提高，交叉型乘用车产品在主要作为低成本生产资料的同时，用户在安全性、舒适性的方面的要求逐渐提高，并且提出个性化需求。国内交叉型乘用车新产品的动力配置集中在1.2L左右，动力性提高。同时，新产品的排放与安全完全符合国家标准。为满足用户不同的需求，新产品配置多样化，配置档次提高，助力转向、自动档、ABS、安全气囊、中控门锁、高级音响和电子导航等

提高舒适性、安全性的零配件均可选装。

2、更新速度加快，产品线不断增加长度和深度

为满足市场需求，交叉型乘用车的新产品内涵正在扩大，既包括低端商用为主的商乘两用车，又包括强调舒适性与动力性的乘用车为主的商务用车，产品上市速度明显加快。交叉型乘用车企业加快产品更新换代的速度，如上汽通用五菱、长安汽车等主要企业，优化产品技术、调整产品结构，快速连续将新车型、新品种投入市场，形成了多系列的产品梯度格局，从而全面覆盖细分市场用户的需求。

3、平台化战略，品牌化趋势，市场竞争加剧

通用、福特、丰田三大国际汽车公司，都已经进入国内的交叉型乘用车市场，奇瑞、北汽、陕汽、东南汽车、重庆力帆、贵州航天等国内多家汽车企业也纷纷投入交叉型乘用车市场，该细分车型已经成为竞争最激烈的汽车市场之一，为缩短产品开发周期，提高产品质量，平台化战略已成为交叉型乘用车企业的重要开发策略。而产品的技术创新、品牌形象也将成为汽车企业赢得竞争的重要筹码。

综上所述，交叉型乘用车行业的技术创新历程是我国自主汽车产业技术进步的缩影，其产品变化发展代表我国汽车用户的需求变化，其市场扩张反映了我国汽车市场的发展壮大。因此，交叉型乘用车产品作为我国自主汽车产品生命周期研究的对象，具有典型性与代表性。

以交叉型乘用车为代表的自主汽车产品，为了在激烈的市场竞争中，吸引更多的潜在用户，企业的产品分析管理模式开始发生变化。企业的新产品研发应更加科学理性，结合市场因素以及自身产品的技术特点，根据产品生命周期理论来识别产品所处阶段并预测其发展趋势，提前预知产品的技术发展态势，并及时准确的将预测信息应用于决策支持，使得产品得到不断的更新优化与升级换代，以获得行业与企业的可持续发展。

本文得到了教育部长江学者与创新团队发展计划（531105050037）项目、“十一五”国家科技支撑计划项目（面向“4R”的汽车产品绿色设计技术和数据库2006BAF02A02-03），横向课题：上汽通用五菱汽车股份有限公司“微型客车产品生命周期研究”项目的资助。

1.3 国内外汽车产品生命周期研究现状

随着中国汽车市场高速的发展，开始对全球的汽车市场产生重要影响，有关于中国汽车产业与汽车产品的研究成为热点。国内外研究的课题较为集中，主要包括：产业政策、经济全球化等因素对产业发展的影响作用；产业发展与企业、产品竞争策略的相互关系；针对汽车产品的消费者离散选择行为；市场产品需求预测等。而关于中国汽车产品生命周期的研究，是众多研究中的重要课题之一。

从研究对象来对此类成果进行分类，可以分为以下三类：

1、对汽车产业整体的宏观研究

文献[2]基于技术扩散模型,对中国城镇居民家用汽车扩散进行研究;文献[3]根据影响多数发达国家汽车市场需求的三个主要因素——人口增长、城市化水平与经济增长,分析中国汽车市场需求;文献[4]研究中国汽车市场的普通消费者的心理,从而分析最优课税;文献[5]针对国内汽车产业高速发展,对中国汽车产业的重组、产业升级进行分析研究;文献[6]采用 Gompertz 模型预测 2000-2005 年的民用汽车的数量;文献[7]以城市人口及城市社会经济发展水平为变量采用神经网络预测目标城市的汽车保有量;文献[8]以社会总产值、道路货运量、道路客运量、人口总数、公路里程为输入量,利用改进的 BP 神经网络,对中国的汽车保有量进行预测;文献[9]对比世界汽车市场自然发展趋势,分析影响汽车市场的一般因素,从而分析了中国汽车产品结构需求;文献[10]根据国际汽车产业的发展现状以及趋势,分析我国汽车产业的发展方向;文献[11]介绍了 Logistic 曲线的三个推广模型,并预测了中国的汽车保有量;文献[12]采用 Logistic 模型对轿车、客车、载货车产品进行生命周期分析;文献[13]基于 Gompertz 模型,对汽车拥有率及其收入弹性做国际比较,从而预测中国的汽车拥有率;文献[14]使用收入和汽车价格作为解释变量,对中国汽车市场月度需求作回归预测分析;文献[15]通过实际调查数据,建立影响消费者购车偏好因素的模型;文献[16]采用小波分析方法对汽车产量进行了预测;文献[17]讨论全国私人汽车拥有量和社会经济的相关指标之间的函数关系;文献[18]考虑收入水平与差距因素,以对数正态分布曲线作为收入分布曲线构建了中国汽车保有量的预测模型;文献[19]通过对历史数据的分析,销售额变化与时间变化的比率定量分析法,做出了我国汽车行业还处在成长期的判断;文献[20]综合考虑了国内各种汽车市场影响因素,根据国外情景,采用类比法,预测国内保有量;文献[21]以公路总里程、公路客运量、人口总数、固定资产投资和城市化率作为预测汽车保有量的变量,提出了汽车保有量的预测模型;文献[22]基于离散选择模型,研究汽车销量、市场份额、油价波动、税收政策与市场定价等多种因素对于汽车市场的影响。

2、细分汽车市场研究

文献[23]从产品和产业特征以及市场竞争规律方面对我国微型乘用车进行定性分析研究;文献[24]基于离散选择模型对中国运动型多功能乘用车进行研究;文献[25]从产品差异化程度的变化出发,配合中国轿车行业的合资特征,对中国轿车厂商的竞争行为进行假设检验;文献[26]采用非集计需求建模方法,应用随机系数 logit 模型对汽车市场研究,根据不同研究目的构建不同的家庭轿车消费者选择模型;文献[27]应用 Bass 产品扩散模型对购买私人载客汽车市场进行研究;文献[28]检验了 Mahajan 扩散模型应用于中国私人轿车市场的有效性;文献[29]采用组合预测方法,组合指数曲线趋势法、增长率法和灰色系统模型法对未来几

年家用汽车需求进行预测；文献[30]通过对欧、美、日新能源汽车乘用车市场份额与消费者效用的 Logit 回归分析，构建基本、一般和激进三种政府规制场景下的中国新能源汽车乘用车市场份额的预测模型。

3、汽车品牌产品研究

文献[26]采用随机系数 logit 模型对品牌汽车市场研究；文献[31]对丰田海狮系列轻型客车的产品生命周期作了定性分析研究；文献[32]对家用轿车市场进行了定性分析，从而研究新产品的生命周期策略；文献[33]采用定量与定性相结合的组合预测方式，进行汽车产品销售的预测。

总体来说，近年的多数研究成果均采用定量分析的方法，目标在于产品生命周期发展趋势的定量预测。根据模型构建方法不同，研究可以大致分为两种，一是经验类比法，采用经典的扩散数学模型或者其他系统研究方法，根据历史数据，或者国外经验对比，进行模型拟合，来预测产品需求，从而评价产品生命周期；二是因果分析法，定义与市场需求量之间存在着因果关系的变量，通常包括 GDP、人口规模、城市化水平与公路的建设里程等，以这些变量作为自变量，产品扩散作为因变量，采用时间序列数据进行计量经济学模型的建立，还包括非集计层面的具体消费者选择行为的研究。

然而，从研究对象来看，大多集中于汽车产品大类与产业发展，而细分市场特定产品与品牌产品的研究较少；从研究的时效性来看，大多数研究与中国汽车市场目前的发展速度相比滞后；从研究的方法来看，因果分析与经典扩散模型相结合的研究较少，经典模型较少综合考虑汽车产品生命周期影响因素。

现有的研究成果，对于国内汽车企业的实际问题，缺乏解决方案，特定产品的关联生命周期分析研究基本是空白，无法回答企业有关“一种车型能畅销多久”，“何时进行更新换代”，“品牌产品的竞争力如何”，“如何延长汽车产品生命周期”等现实问题。

1.4 研究的目的与意义

产品生命周期理论诞生于 1950 年，该理论描述了产品在市场上经历导入、成长、成熟、衰退的四个阶段，其实质是对产品扩散阶段的概括描述，各阶段的特征描述是定性分析，相对定性概括判断产品现阶段所处的生命周期阶段，从而指导企业的各项产品策略。缺乏定量预测产品未来扩散的工具，无法量化产品生命周期影响因素。

技术创新扩散理论也已经提出三十多年，其定量扩散数学模型的应用对象是搭载该技术的产品，模型的目标是综合影响因素，分析产品的扩散规律，从而计算产品特定周期内的扩散需求数量，达到预测未来产品扩散趋势的目的，并不涉及企业产品策略层面。

这两个理论都基于产品在市场的生命周期特点，二者的实用性已经经过多年的检验。产品生命周期偏重于定性描述产品不同的生命周期阶段，而技术扩散模型则旨在量化预测具体产品扩散数据。两种理论具有互补性，技术扩散模型综合各种影响因素，得出量化的扩散数据，准确描绘出产品生命周期曲线，使产品生命周期预测评价更加有理论依据。

同时，普适的基本扩散模型如何适用于中国汽车行业的特定产品市场，对应不同维度的关联产品生命周期分析。行业产品、更新换代产品、品牌产品，不同的研究对象，需要考虑不同的影响因素，建立不同的改进模型，得到有理论依据的多维产品生命周期曲线，才能深入分析有关特定细分市场汽车产品生命周期。

结合上述问题，本文以“基于技术扩散模型的自主汽车产品市场生命周期”为题进行研究，以国内汽车产业细分市场之一的交叉型乘用车行业发展为背景，以交叉型乘用车产品生命周期为对象，开展多维产品生命周期扩散模型构建与应用方法的研究。将定量分析汽车产品扩散的规律，提出一种产品市场生命周期的多维评价模式，并探讨面向生命周期的产品开发策略，从而为行业制定发展政策以及汽车企业确定产品研发策略提供理论依据和分析工具。

本研究的理论意义在于，通过对产品生命周期与技术扩散模型的进一步挖掘，既保留产品生命周期定性描述各阶段产品策略的特点，又对技术扩散模型定量计算方法加以扩展应用，综合考虑生命周期影响因素，构建包括行业、技术更换代、品牌三个关联维度的产品扩散曲线的数学模型，提出适合汽车产品的多层次生命周期体系，从而丰富了产品生命周期理论，发展了技术扩散模型，提高了产品生命周期与技术扩散实用性，并扩大了二者理论的应用范围。

本研究的主要现实意义在于，以产品生命周期理论为基础，研究我国细分市场汽车产品、技术及其政策问题，在此基础上可以对汽车产品的生命周期阶段进行识别与预测，并据此提出产品开发与技术创新对策。当汽车企业制定大类产品产销目标时，可参考行业产品生命周期预测评价结果；当企业研究细分市场产品技术开发策略时，可参考产品更新换代生命周期预测结果；当企业选择品牌策略时，可参考品牌产品生命周期预测结果。多维度的产品生命周期评价体系，为汽车企业提供了面向行业市场，立足于品牌产品，进行技术创新的量化分析工具和理性思考依据。因此，本研究对于我国汽车企业产品开发具有重要的现实价值。

1.5 论文主要研究内容

本文的技术路线如下图 1.2 所示。

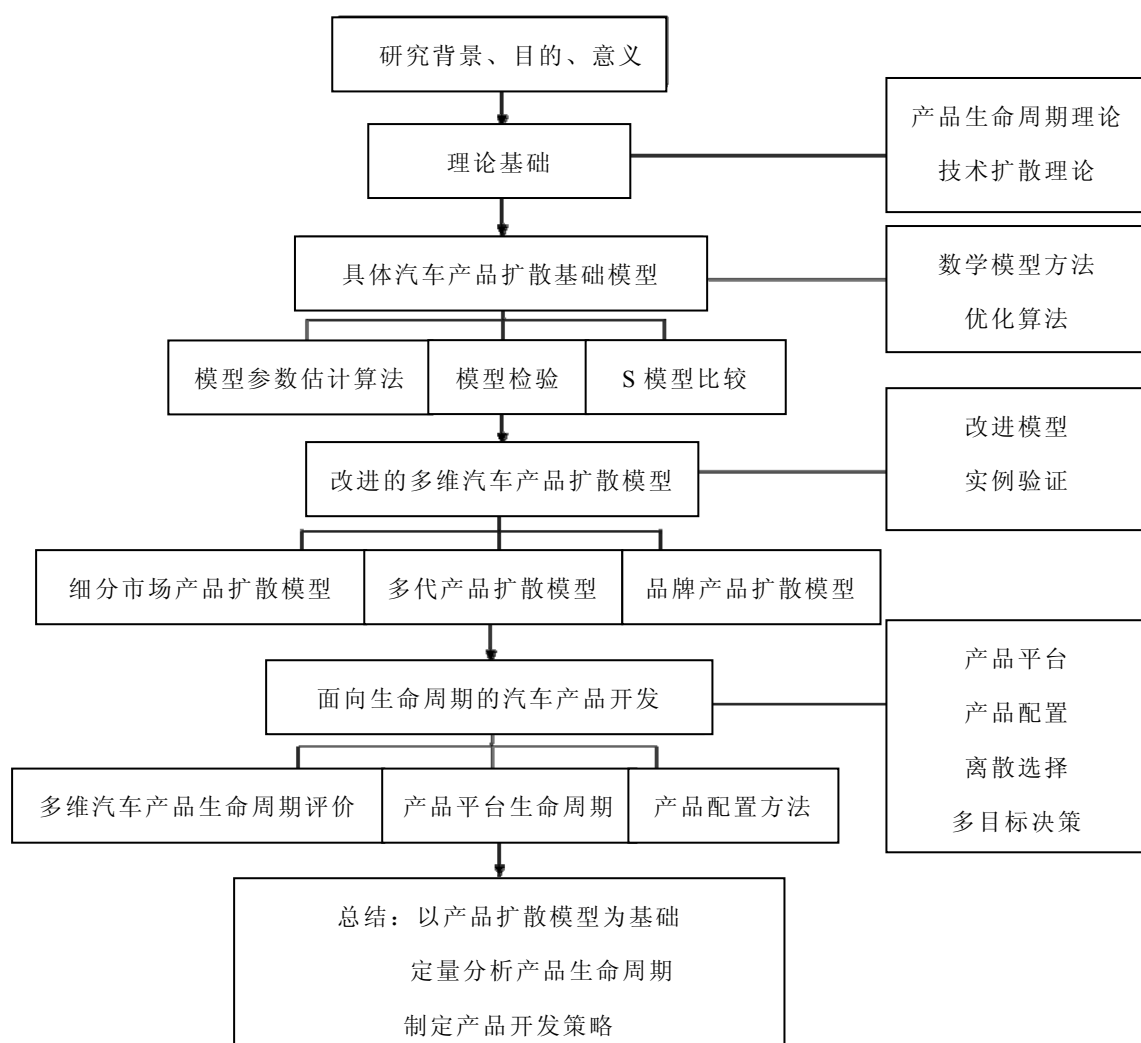


图 1.2 本文技术路线示意图

本文主要开展了以下几方面的研究：

第 1 章，绪论。论述了我国汽车产业发展以及交叉型乘用车作为自主汽车产品的行业地位与前景，分析总结了交叉型乘用车企业生产经营特点、产品技术特点及市场扩散的特点。同时，综述了我国汽车行业与汽车产品生命周期的国内外研究成果，总结出当前研究存在的不足之处，从而引出本课题研究的目的是与意义。

第 2 章，产品生命周期与技术扩散模型理论基础及应用方法。综述与论文相关的理论、方法与模型等，特别说明二者理论的互补性。基于技术扩散模型，综合考虑产品生命周期影响因素，准确分析产品扩散曲线，有利于产品生命周期预测评价。再结合交叉型乘用车产品扩散特点，在经典扩散模型中，选择比较符合交叉型乘用车产品扩散规律的模型。同时，对扩散模型的参数估计方法进行比较分析，提出遗传算法与非线性最小二乘法相结合的两步参数估计算法，并应用于扩散模型。

第 3 章，动态市场环境下产品扩散。重复购买以及市场环境变化对产品扩散有影响作用，从而限制了基本产品扩散模型的应用。通过构建反映动态市场变化的环境变量集合，利用影响系数对基本产品扩散模型做出修正，并且考虑重复购

买因素，得到重复购买与市场变化下的产品扩散模型。以交叉型乘用车产品扩散为实例，将使用年限后的重复购买与购买力、生产制造成本、宏观政策等因素作为修正变量融入扩散模型，分析交叉型乘用车产品的扩散规律。结果表明，加入重复购买与动态市场因素后，扩散模型在解释能力和预测能力上均优于基本模型，能够为行业产品扩散进程提供策略参考，进行行业产品生命周期评价。

第4章，考虑竞争与差异化的多代产品扩散。多代产品之间的竞争与产品差异化对扩散有影响作用，从而限制了基本的多代产品扩散模型应用。通过构建反映竞争因素的潜在采用者变化函数，并且根据产品差异化特性定义不同的影响系数，对基本多代产品扩散模型作出修正，得到考虑竞争和产品差异化的多代产品扩散模型。以交叉型乘用车产品为实例，以行业整体需求为基础，对技术创新引发的产品更新换代——平头微型客车和凸头微型客车进行实证研究，分析多代交叉型乘用车产品的扩散规律。结果表明，加入竞争与差异化因素后，改进的多代产品扩散模型在解释能力和预测能力上均优于基本模型，能够为产品的技术创新策略提供参考。

第5章，行业竞争下品牌产品扩散。行业的竞争环境对品牌产品扩散有影响作用，通过构建反映行业竞争环境的变量集合，利用行业变量对基本产品扩散模型作出修正，得到考虑行业竞争的品牌产品扩散模型。在交叉型乘用车行业中，选择有代表性的“五菱”、“长安”和“东风”品牌进行实证研究，以行业整体需求为基础，将行业竞争与扩张因素变量融入扩散模型，分析品牌产品的扩散规律。结果表明，加入行业竞争因素后，品牌产品扩散模型在解释能力和预测能力上均优于基本模型，能够为品牌产品的竞争策略提供参考。

第6章，产品生命周期评价体系与汽车产品开发。结合多维扩散模型，得到产品宏观、中观、微观三个维度的扩散曲线，对不同维度的产品生命周期进行评价，从而弥补了产品生命周期定义系统性不强的应用缺陷。结合汽车产品开发平台化、系列化的特点，定义汽车产品平台生命周期概念，探讨产品平台生命周期循环发展模式。针对汽车产品配置个性化、多样化的特点，提出一种基于非集计需求的产品配置方法，以性能和成本为优化目标，进行产品配置的多目标决策分析。从用户需求出发，以平台价值最大化，平台生命周期延长为目的，更加符合实际的指导汽车企业的产品开发与技术创新。

第7章，全文总结。总结全文研究工作，归纳论文的创新点，并进行展望，指出了后续的优化与完善方向。

第 2 章 产品生命周期与技术扩散理论基础及应用方法

2.1 产品生命周期理论与发展

产品生命周期的概念由 Dean Joel 于 1950 年首先提出,指出按照产品在市场中的演化过程,可分为推广、成长、成熟和衰退四个阶段,不同的阶段产品有不同的定位^[34]。Levitt Theodoer 将产品生命周期概念应用于产品市场战略研究^[35]。

Vernon Raymond 于 1966 年指出产品生命是指市场上的营销生命,而在不同技术水平的国家里,产品生命周期本身的时间和过程也不同,反映了同一产品在不同国家市场上竞争地位的差异,从而决定了国际贸易和国际投资的变化^[36]。

产品生命周期的概念和内涵随着应用领域的扩大,在不断发展变化。目前,较多研究集中在将产品生命周期的概念结合并行工程,扩展到工程领域,将产品生命周期的范围从市场阶段扩展到了研制阶段,提出了覆盖从产品需求分析、概念设计、详细设计、制造、销售、售后服务,直到产品报废回收全过程的产品生命周期概念^[37]。

至 90 年代,产品生命周期又被赋予了满足可持续发展环境要求,主要指产品绿色研制开发新模式的内涵^[38],即从原材料获取到产品使用后的报废回收的全部过程,称为产品的全生命周期。对于汽车产品,则包括了采矿、原材料生产、零部件制造、整车制造、使用、报废回收等全过程。

2.1.1 产品生命周期理论

文献[39]总结了产品生命周期概念的发展与变化,分为两类,一种是基本的长期存在的产品市场生命周期;另外一种是在工程上的产品生命周期。

本文研究的产品生命周期理论是指最初的产品市场生命周期理论,目的在于探讨产品进入市场后的扩散变化规律,即反映特定市场对应特定产品与技术随时间变化的规律,根据产品生命周期理论来识别其所处的生命周期阶段,以制定该产品的开发策略。

1957 年,Booz、Allen 和 Hamilton 指出产品按照其进入市场后不同时期的销售规律及竞争力变化,可分为导入期、成长期、成熟期和衰退期,给出了确定产品生命周期阶段特征的描述性标准,并作了图解^[40],如图 2.1 所示。

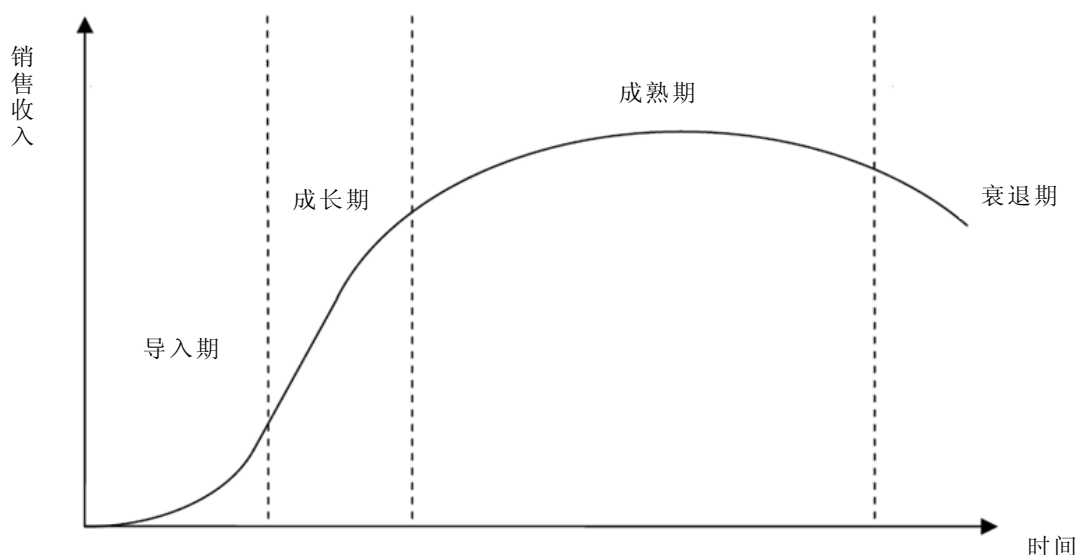


图 2.1 产品生命周期四阶段示意图

导入期：新产品投入市场的初始阶段，由于信息量较少，潜在采用者对产品不了解，只有少数创新型采用者可能购买产品，销量较小，企业为加快产品扩散，可能需要大量沟通和促销的投入，因而成本高，销售额增长缓慢，利润率较低。

成长期：潜在用户对产品有一定的了解后，开始有大量的采用者，同时，产品的成本降低，企业的销售额快速上升，利润也开始增长，竞争者开始加入该产品市场，竞争加剧。

成熟期：潜在用户大多数已成为采用者，产品的市场趋于饱和，市场稳定，产品扩散减慢，企业销售额增长缓慢，产品进入成熟期。

衰退期：当新的替代技术的出现，用户开始采用替代产品，导致产品的销售额和利润下降，产品进入衰退期直至退出市场。

由图 2.1 可知，产品生命周期最初定义是以时间序列的销售额变化曲线作为定性分析依据，但因为涉及销售财务数据，较难获得，所以后续扩展研究成果，很多简化为产品销售数量的时间序列曲线^[37]。

同时，为将定性产品生命周期的分析向定量的预测转化，研究者通过产品的扩散统计记录，用数学的方法或类比的方法，把研究产品生命周期与研究生物老化现象的规律结合起来，提出 S 形曲线等数学模型^[41]，即最初的产品扩散模型。可见，产品生命周期与产品扩散模型的互补研究由来已久。

2.1.2 产品生命周期研究对象分类

产品生命周期理论应用的基础是确定其研究对象，产品的分类等级与种类。Philip Kotler 不仅将生命周期划分为导入期、成长期、成熟期、衰退期四个阶段，并且进一步将产品生命周期概念应用于产品大类、产品形态、产品和品牌四大分类^[42]。产品大类如交通工具，是人类的基本需求，其生命周期历时最长，成熟期可以长期存续；产品形态如内燃机汽车，生命周期曲线通常最接近典型模式；具

体产品如柴油机轻型卡车，生命周期曲线的形态各有不同；品牌产品如解放牌轻型卡车，生命周期更加长短不一。

有关产品种类，众多学者将产品生命周期研究对象归纳分为四种产品大类，耐久消费产品如汽车^[12]、家电^[44]等；非耐久消费品如药品^[45]、电子产品^[46]等；工业产品如电子半导体^[47]、能源^[48]等；服务类产品如网络搜索引擎^[43]、动画影片^[49]、长途微波通讯^[44]、移动通信^[50]、旅游服务^[51-53]等。

其中，耐久消费产品与非耐久消费产品研究占多数，耐久消费产品的研究集中于汽车以及家电产品；非耐久消费品则集中于食品、电子产品等；对于非耐久消费产品，由于其价格低、购买频率高、供应量变化小、销售范围大、数据统计易得，是研究产品生命周期的首选对象，因此研究成果数量较多。

产品生命周期研究者大多认可这种分类模式，然而，在现有研究中，遇到较多的问题是无法确定产品生命周期曲线到底适合单一产品层次还是产品集合层次。因而，多数的研究集中于产品大类与产品形态这一级别，对于具体产品与品牌产品研究很少，原因归结于具体产品和品牌产品拥有最不确定的扩散趋势。尤其对于品牌生命周期的研究，大多存在主观性和模糊性的特点^[43]。

上述分析可知，产品生命周期理论中对于产品的定义带有模糊性和概括性，研究对象产品种类与等级的划分并不分明。而对于耐久消费产品，例如汽车，其产业链较长，产业带动作用大，产品价格相对较高，购买频率较低，产品研究开发与生产制造成本高，对于该类产品企业来说，应用产品生命周期制定产品策略具有较大的意义，因此，耐久消费产品的实证研究是产品生命周期研究领域需要进一步完善的工作。对于企业实际应用实践，其产品线更新换代及扩散规律，某具体品牌产品市场表现的观察分析，更是需要深入研究的。

本文从企业实践出发，确定研究对象为耐用消费品——汽车，以细分市场的汽车产品为研究对象，首先定量预测行业整体需求，然后研究技术创新带来的产品换代，再次对品牌汽车产品生命周期扩散规律进行分析，从而探讨多角度与多维度应用产品生命周期理论的可能性。

2.1.3 产品生命周期的影响因素

文献[54]指出，研究结果显示产品生命周期曲线的形状不仅仅是典型的 S 型，还存在其余的表现形式，如图 2.2 所示。

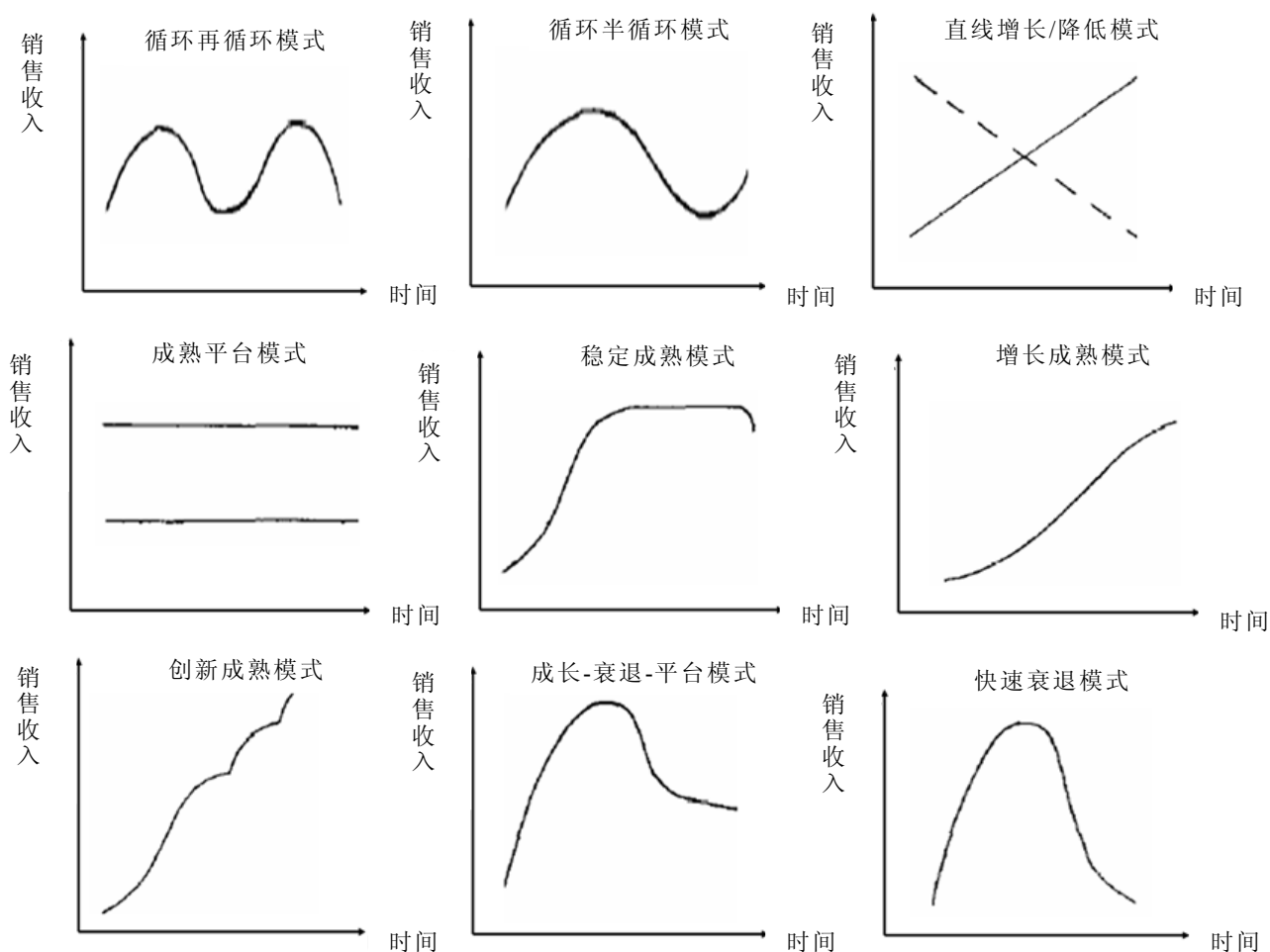


图 2.2 产品生命周期曲线多种形状示意图

由图 2.2 可知，产品生命周期曲线存在多种形状，由于产品生命周期概念始于正常稳定的经济条件时期，用于描述特定产品扩散趋势。因此，在实际的研究成果中，结合产品生命周期影响因素的扩展性研究较少。Kotler 等将市场与经济条件的改变以及竞争者的表现，作为决定产品生命周期形状的主要因素^[55]。然而，该研究并未能够将影响因素与生命周期曲线的关系量化，建立相关的数学模型。

为多角度与多维度应用产品生命周期理论，分别考虑以下的研究对象：行业产品，如交叉型乘用车细分市场的产品生命周期；技术创新带来的更新换代，如平头和凸头两代交叉型乘用车的产品生命周期；品牌产品，如五菱品牌、长安品牌的交叉型乘用车的产品生命周期。

综合考虑可能的经济环境下，构建如图 2.3 所示的产品生命周期多层次的环境因素分析模型。该分析模型基于普遍性与系统性的原则，涵盖了产品所处的复杂与动态的市场环境，可将其分为三个维度，宏观、中观、微观，分别对应行业、更新换代、品牌三个研究对象。

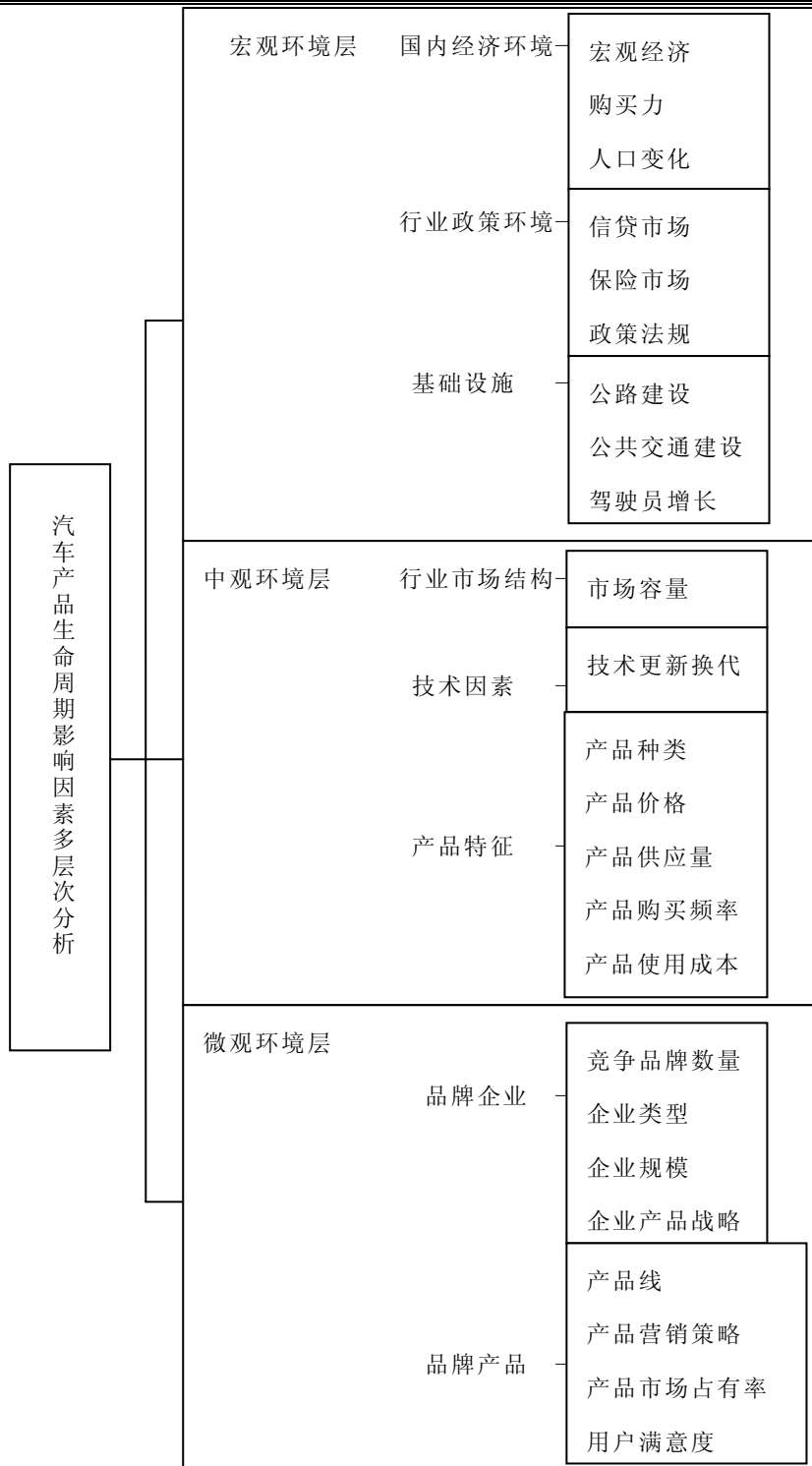


图 2.3 产品生命周期影响因素多层次分析示意图

上图中，宏观环境层主要包括的是行业涉及的国民经济环境，在稳定的经济条件下，产品生命周期表现具有典型性。然而在经济不景气环境或者刺激消费的因素下，行业产品的扩散情况会受不同方向与不同程度影响。同时，政府的政策法规，对于具有制度经济敏感性的行业有较强的影响作用，例如汽车产品，或引导技术创新，或鼓励产品消费，或抑制产品消费等。宏观层次研究的对象通常是大类产品，例如汽车、货车、交叉型乘用车等类别的行业扩散总量，该层次的产品生命周期分析，有利于企业分析“某种车型的市场容量是多少”，“某款车型能畅

销多久”等行业市场产品生命周期的问题。

中观环境层是指产品所处行业的相关情况，如产品所处市场结构、技术因素以及产品本身的技术特征变化的影响，这些因素决定了产品的市场需求结构、产品扩散规律，并影响产品的技术创新规律。中观层次研究的对象通常是行业的细分市场，例如交叉型乘用车型中的平头车型，以及技术改进后升级换代的凸头车型，这两个细分市场具有竞争互补的复杂关系。该层次的产品生命周期分析，有利于分析“何时进行升级换代”等企业车型技术改进的产品生命周期问题，有利于汽车企业在合适的市场时机，淘汰老产品，推出适当的新产品。

微观环境层主要定义了品牌企业的产品线、产品战略、企业类型与规模，目标产品的竞争力，竞争企业与产品的对比分析以及替代产品等。微观层次的因素对于品牌产品扩散有重要的影响作用，该层次的产品生命周期分析，对汽车企业分析“品牌车型产品生命周期”，制定品牌产品开发策略，有重要的参考价值。

上述的分析模式基本覆盖产品生命周期内产品扩散的影响环境，各因素之间也存在相关性，具有一定的可选择性与拓展性。同时，将特定研究对象与影响因素建立联系，而不同层次的研究对象之间，也具有关联性，例如，只有在明确行业整体需求的基础上，才能对更新换代产品和品牌产品进行定量研究。

2.1.4 基于生命周期的产品策略

产品生命周期研究的最终落脚点在制定科学有效产品策略，这方面的研究者较多，研究范围也较广泛。如技术创新选择^[56]，营销决策管理^{[21][41]}，国际化等战略决策^[57]，供应物流控制^[58]等等。

根据产品生命周期作出产品决策的过程具有一定程度的主观性和经验性，产品开发过程涉及大量的市场信息和专家知识经验，研究者的结论多是理论性的，操作性较弱，并没有充分考虑具体产品的技术创新特点以及用户的个性化需求等相关因素。同时，对于企业实践结果的跟踪观察分析也很缺乏，较少有结合工程领域的研究。面向产品生命周期，专注于产品开发，以延长汽车产品生命周期为目标的发展策略研究更加缺乏。

2.1.5 产品生命周期评价预测与技术扩散模型

产品生命周期理论描述了产品在市场上经历导入、成长、成熟、衰退的四个阶段，其实质是对产品扩散过程的描述，各阶段的特征描述是定性的，导致各阶段的起止点划分标准不易确认。为将定性产品生命周期分析，向定量产品生命周期评价研究转化，众多研究者通过产品扩散的统计记录，用类比的方法或数学的方法来分析研究。

产品生命周期评价最初的经典方法为曲线类比判断法，即早期研究使用描点方法来拟合产品销售量随时间变化的整个产品生命周期曲线，然后将该曲线与典

型产品生命曲线相比较,或者与类似产品生命周期曲线相比较,可以判断这种产品处于的生命周期阶段;还有,销售量增长法,Polli 和 Cook 检测产品销售年增长率,将变量在平均值周围正态分布,定义产品销售改变小于阈值,则处于递减阶段;如果超过阈值,则处于增长阶段;如果附近平均分布,则处于稳定期[42]。

以上的产品生命周期理论的特点以及方法,只能相对简单判断产品现阶段所处的生命周期阶段,而产品生命周期的预测评价存在以下困难:

一是无法准确定量预测未来产品扩散规律。产品生命周期理论仅能在产品扩散历史数据的基础上,定性描述产品所处生命周期阶段,给出粗略的未来发展趋势,没有定量的预测工具。

二是未考虑众多产品生命周期影响因素。产品生命周期理论单考虑销售和时间关系,未涉及政策、成本及价格等其它相关影响因素,很有可能造成误判,例如过早地将仍有潜力的产品判为衰退期而剔除产品线和市场。

三是未定义不同研究对象范围的产品生命周期概念。行业中关注产品集合,即产品大类的生命周期,企业关注特定单项产品的技术更新换代与单品牌产品的生命周期,并非所有的产品生命周期曲线都是标准的 S 型,还有很多特殊形状,用曲线类比判断法,就缺乏有利依据。

因此,定量研究产品扩散规律,预测产品生命周期曲线,成为产品生命周期应用的难点与热点。如上文提及,文献[41]把研究产品生命周期与生物老化现象的规律结合起来,提出 S 形曲线等数学模型,由此,产品生命周期与产品扩散模型的互补研究越来越多。

近年来,更有不少的研究集中利用在扩散模型来拟合产品生命周期曲线,从而实现产品生命周期评价。产品是技术的载体,技术扩散从某种意义上看,即产品的扩散,因此基于技术扩散模型,可以寻求产品扩散规律,从而达到预测需求量,评价产品生命周期的目的。

以本文研究对象汽车产品为例,文献[2]基于扩散模型,预测 2008-2018 年中国城镇居民家用汽车市场的扩散趋势,分析得出年消费量极值出现在 2014 年,以后呈负增长态势,从而评价中国城镇居民家用汽车产品生命周期到 2014 年进入成熟期;文献[12]采用 Logistic 模型来计算出产品扩散时间、速度、效率等参数,通过比较不同种类汽车,如轿车、客车、载货车等产品,分析各类汽车产品扩散发展特征和趋势,进行生命周期分析,评价中国汽车产品正步入成熟期,中国汽车市场已进入到细分化时代;文献[27]基于基础扩展模型,分析未来购买私人载客汽车的数量,并对累计购买到达的高峰时间和数量进行了预测,分析了影响购买人数增加的主要因素;文献[29]以 1999-2004 年我国每百城镇人口家用汽车拥有量为样本,分别运用指数曲线趋势法、增长率法和灰色系统模型法进行预测,结论是未来几年内,我国家用汽车市场在成长期之内处于加速成长状态,其需求

具有连续性。

然而，以上的研究，大多集中在行业大类，一定程度上回答“一种车型还能畅销多久”的问题，较离散的解决上述生命周期预测三个困难，并没有基于特定汽车产品生命周期的系统解决方案。无法回答“何时进行更新换代”，“品牌产品的竞争力如何”，“如何延长汽车产品生命周期”等问题，特别缺乏汽车产品更新换代的生命周期研究，以及品牌汽车产品生命周期研究。同时，现有研究建立的汽车产品扩散模型较多为基础模型，并未根据汽车产品特点，综合考虑其生命周期影响因素。

2.2 技术扩散模型与应用

2.2.1 技术扩散理论

技术扩散理论来源于创新扩散理论。1912年，经济学家 J.A.Schumpeter 率先提出技术创新的概念，是指企业家为获得超额利润，将生产要素和生产条件以创新组合的方式，引入生产系统的过程^[59]。创新内容包括五个方面：引入新产品；采用新生产方法和工艺；应用新材料；开拓新市场；采用新管理方式^[60]。清华大学的傅家骥教授定义技术创新是一种综合过程，覆盖了科技、组织、商业和金融等各领域^[61]。从以上的定义可以看出，技术创新的最终目的是经济与社会效益，而效益的来源在于搭载该技术的产品扩散。产品作为技术的载体，在潜在使用者之间传播、推广和应用，从而实现了技术创新在相关领域的扩散。

Mansfield E.认为扩散是学习过程，是一条 S 形学习曲线^[62]。傅家骥教授从生命周期角度分析技术扩散，扩散开始于技术发明或成果首次商业化应用之时，经过大力推广、普遍采用，直到最后被先进技术替代，被淘汰为止^[63]，并且认为该过程是技术创新通过一定渠道在潜在使用者之间传播、采用^[64]。Roger E.M.指出技术扩散是借助于各种渠道，潜在采用者逐步接受一项创新技术的过程，主要包括技术、时间、传播渠道与社会系统四个关键因素^[65]。而关于扩散的传播渠道，Rogers E.M.认为技术创新扩散是一种特殊类型的信息传播，主要以传播论为基础，即信息在社会体系之间，通过大众媒体与口头传播两种途径传播，一旦潜在采用者得到新产品的信息就立即采用该新产品，不存在等待或拒绝。

因此，随着时间的推移，新技术逐渐被潜在采用者选择采用，而采用者又会对其周围的潜在采用者构成影响，加速创新的扩散，采用者可以分为五类：创新者采用者、早期采用者、早期大多数、晚期大多数、落后者^[66]。Rogers E.M.运用数理方法对这五类进行 T 分析，认为采用者服从正态分布。Mansfield E.提出了学习理论，认为技术扩散的过程是一个模仿学习的过程，是否采用新技术，在很大程度上要受到已采用者的影响。随着采用者越来越多，未采用的潜在采用者受到

影响也会不断加入采用者的行列，在这一过程中，实现了新技术的扩散。而模仿率表示潜在采用者受到已采用者的影响，转变为采用者的速度，是反映扩散过程的关键变量^[62]。如图 2.4 所示新技术扩散的曲线，与典型的产品生命周期具有相似性。

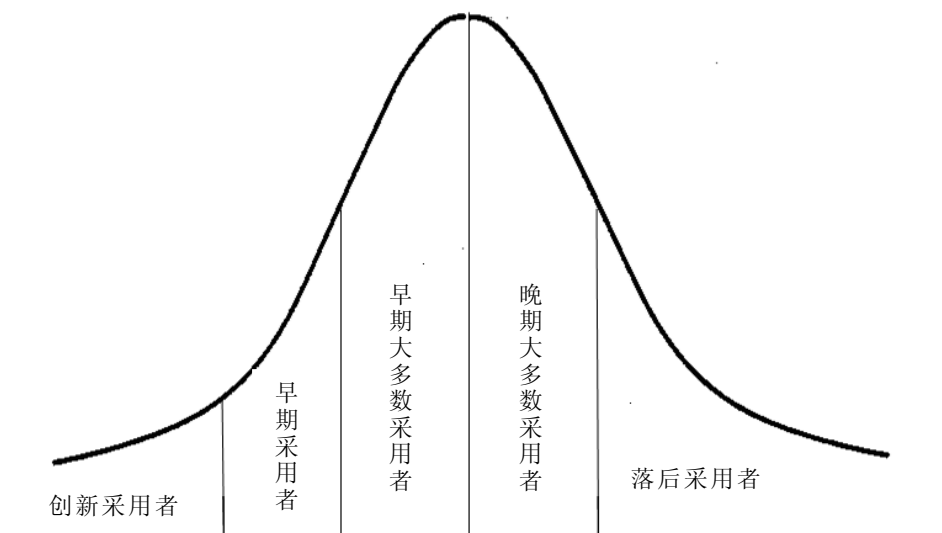


图 2.4 新技术扩散传播论示意图

上图 2.4 所示，在扩散的初期，类似于产品生命周期的导入期，采用者能够获得的信息量少，风险较大，因而扩散速度缓慢；随着采用者增多，信息量增加，风险降低，受益明显，扩散速度增快，类似于产品生命周期的成长期；当潜在采用者中大多数都已采用，扩散过程接近饱和点时，产品进入成熟期，扩散速度减慢，S 形曲线描述了该过程。

2.2.2 扩散模型构建

建立扩散模型就是在一定的假设条件下，设定少量的参数，生成扩散曲线，为预测未来扩散以及制定策略，提供科学客观的分析工具。现实情况下的扩散过程涉及到大量的影响因素，并且影响因素之间存在复杂的关系。因素的复杂关系可以通过模型的假设与结构进行控制。

根据计量经济学方法，构建数学模型并用于研究客观经济现象，主要包括五个方面的工作：模型结构、模型数据、参数估计、模型检验及模型应用^[67]。

（1）模型结构

构建模型就是分析各因素之间的数量关系，找出因果关系以及相互之间的联系。把研究的问题作为因变量，影响问题的主要因素作为自变量，非主要因素归入随机误差项，即假设其对所研究的问题没有影响或者影响较小。构建模型的原则包括：科学性，即模型真实反映实际情况中的依存关系；合理性，即数学形式的选择要根据研究因素之间相互关系的性质，线性或非线性、单一方程或联立方

程等等；可观测性，即变量的选择必须是可取的实际统计数据。

（2）模型数据

模型结构确定后，需要根据模型中变量的含义、口径，收集并整理样本数据。模型数据应该具备完整性、准确性、可比性和一致性。其中，完整性是相对的完整，准许人为的科学补充；准确性是数据来源的准确要求；可比性问题是统计口径的一致；一致性是数据来源与被估计问题应保持一致。

（3）参数估计

构建模型并收集整理符合模型要求数据后，选择适当的方法估计模型，得到模型参数估计量。由于随机误差项的存在，不可能计算出精确的参数值，一般能够获得的是研究总体若干样本的观测值，通常是一个相对稳定的量。

（4）模型检验

参数估计完成后，初步完成模型建立，需要通过检验来判断模型是否揭示了客观现象之间的关系，需要按照一些标准评价判断其可靠性和精度。如果不能通过检验，必须重新修正模型。主要的检验内容包括：经济意义检验，即检查模型参数符号（取正值或负值）是否在经济意义上是合理的；统计准则检验，即说明模型和参数的统计可靠性，包括标准误差评价、拟合优度检验，变量与模型的显著性检验等；计量经济学准则检验，即检验随机误差项的异方差和序列相关，自变量的随机性与线性相关现象；模型预测检验，即分析样本容量变化对模型参数估计值稳定性的影响。

（5）模型应用

通过检验的模型才可以应用于实际的活动中，主要应用可以分为四种：结构分析，即分析变量之间的相互关系；经济预测，即应用模型对因变量的未来值进行预测估计与推算；政策评价，基于模型在不同的政策方案之间进行选择；检验和发展经济理论，用于验证经济理论的实践性。

2.2.3 扩散模型研究现状

模型数据以及模型应用涉及实践对象扩散数据收集整理，而模型检验与模型结构直接相关，模型参数估计准确程度直接影响到模型的应用。因此，模型结构和参数估计是模型构建的关键问题，也成为众多扩散模型研究者的关注焦点问题。

在模型结构方面，Mansfield 于 1961 年提出了 S 形扩散曲线，将 Logistic 成长曲线应用于技术扩散研究中，并对铁路、煤炭、钢铁、酿造等行业的 12 项新产品或技术进行实证研究，证明了自己的结论^[62]，并由此开始了对扩散问题的定量分析研究。根据其构建的方法不同，基本上可以分为两种，一种是用数学曲线函数的方法，如 Logistics^[12]、Gompertz^[68]、Bass 模型^{[40][70]}、Norton 模型^[46]等；第二种是基于影响变量的数学模型，研究不同的指示性变量，例如扩散量、市场份

额、利润等，采用数学方法来识别产品生命周期阶段，如遗传算法^[46]、系统动力学模型^[53]、灰色理论^[54]、回归分析^[69]、模糊识别法^[71-72]、可拓理论方法^[73]等。

参数估计方法也是扩散模型研究的重要内容之一，以 Bass 扩散模型为例，模型的应用涉及到创新系数 p 、模仿系数 q 和市场潜在采用者 M 的估计。目前，根据模型数据情况，分为模型数据充足情况下的参数估计以及模型数据不充足条件下的参数估计。

数据充足时，按照待估计参数随时间变化与否又可以细分为时不变估计方法和时变估计方法。时不变参数估计方法是参数不随着时间变化，为固定估计值，包括最小二乘法(Ordinary Least Square, OLS)^[41]、极大似然估计法(Maximum Likelihood Estimate, MLE)^[74]、非线性最小二乘法(Nonlinear Least Square, NLS)^[75]、遗传算法(Genetic Algorithm, GA)^[76]、蚁群算法(Ant Colony Optimization, ACO)^[77]等；时变估计方法中参数随着时间变化，是时间的函数，有适应性滤波^[78]、分层分析^[79]等。

当产品处于导入期或尚未进入市场时，扩散处于初始阶段，缺乏扩散数据，可以采用比较的方法进行参数估计。文献[80]提出了用管理判断估计扩散参数的代数估计程序；文献[81]以录音机为例，得出 q/p 值相对稳定的结论；文献[82][83]对高清晰电视扩散应用类比法进行研究。

2.2.4 三种典型扩散模型

S 曲线增长模式是曲线趋势预测方法中重要的一种，常用来描述技术创新的扩散现象。Griliches 研究结果显示 Logistic 模型可以较合理的解释美国杂交玉米新技术的采用^[84]；Chow 在研究美国对计算机的需求过程中，证明 Gompertz 模型比 Logistic 模型更具解释力^[85]；Bass 提出的扩散模型，则成功预测出 1968 年彩色电视的需求量^[41]。在国内产品扩散的研究中，也采用这三种模型进行比较分析，选择较优者，作为特定产品扩散模型^{[76][86]}。

(1) Logistic 模型

Mansfield 提出产品扩散模仿理论，建立新产品采用过程的 Logistic 模型^[62]：

$$\frac{dN(t)}{dt} = qN(t)(M - N(t)) \quad (2.1)$$

式中， $N(t)$ 为 t 时刻产品累计扩散数量； M 为最大市场潜量； q 为模仿系数，是指已采用者对未采用者的影响因素。该扩散曲线的特性与传染病扩散相似，模型假设产品的采用仅受到模仿系数的影响，因此又被称为标准传染模型。

由此，可推知 t 时刻产品累计扩散数量：

$$N(t) = \frac{M}{1 + ae^{-bt}} \quad (2.2)$$

式中, a 、 b 为待估计的模型参数, 不具有明显意义。Logistic 模型描述因变量随时间变动的趋势, 模型具有计算简单, 经济含义明显, 约束条件较少的特点。

(2)Gompertz 模型

Gompertz 模型是 1820 年由英国人寿保险专家 B.Gompertz 提出用于预测人口增长, 并在 1922 年由 R. Prescott 首次应用于产品市场预测:

$$N(t) = Me^{-ce^{-dt}} \quad (2.3)$$

式中, $N(t)$ 为 t 时刻产品累计扩散数量; M 为最大市场潜量; c 、 d 为待估计的参数, 无明显意义。Gompertz 曲线模型同样描述了产品的萌芽、成长、饱和的周期过程, 是一条非对称的 S 曲线, 导入期增长缓慢, 成长期逐渐加快, 当达到成熟期后, 增长率又逐渐下降, 最后接近一条水平线。

(3)Bass 模型

Bass 模型是由 Bass F.M.在 Fourt 与 Woodlock, Mansfield 与 Floyd 等研究的基础上, 提出的产品初次购买扩散模型^[41]:

$$\frac{dN(t)}{dt} = p[M - N(t)] + \frac{q}{M} N(t)[M - N(t)] = [p + \frac{q}{M} N(t)] \times [M - N(t)] \quad (2.4)$$

式中, M 为产品采用者的最大市场潜量, $N(t)$ 为 t 时刻累计采用者数量, p 为外部影响系数(即创新系数), q 为内部影响系数(即模仿系数)。

由公式(2.4), 推知累计采用者的时间序列模型:

$$N(t) = MF(t) = M \left[\frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \right] \quad (2.5)$$

式中, $F(t)$ 为 t 时刻的产品采用率, 反映新产品扩散的速度。

以上分析可知, S 曲线模型的优点在于以时间为自变量。基于时间序列的数学模型描述产品扩散过程, 能够较好地满足定量预测产品生命周期的需求; 其次, 该数学模型具有扩展性, 可以综合定量考虑众多影响因素, 衡量影响因素的权重, 能够满足对生命周期影响因素研究的需要; 再次, 模型的应用对象可以是行业产品大类、更新换代产品及品牌产品等, 根据历史扩散数据拟合曲线, 能够满足不同研究对象扩散规律描述的需求。

同时, 根据图 1.1 所示, 交叉型乘用车的年扩散量也较符合 S 形曲线的特点。因此, 本研究将采用扩散理论中的 S 曲线模型来定量预测产品生命周期。

2.3 汽车产品扩散模型

目前, 没有公认的原则指导汽车产品扩散模型的选择, 因此, 模型的选取与产品扩散的特性有直接的关系, 具有一定的随机性。上述介绍的三种 S 曲线, 即

Logistic、Gompertz 及 Bass 作为产品扩散研究直接选取的模型，在汽车行业的研究中，均有实证文献显示各自在预测上的优势，文献[11] 分析了 Logistic 曲线的三个扩展模型，并基于模型预测了中国的汽车保有量；文献[13]运用 Gompertz 模型研究汽车拥有率和人均收入之间的非线性关系，由此预测中国人均汽车拥有量；文献[27] 基于基础 Bass 扩散模型，分析未来购买私人载客汽车的数量，并对的累积购买量到达的高峰时间和数量进行了预测，分析了影响购买人数增加的因素。本研究将使用这三种常用的扩散模型，验证交叉型乘用车产品扩散特性。

2.3.1 扩散模型参数估计算法

模型的参数估计同模型结构一样，是模型构建中的关键要素，直接影响模型的准确性。根据 2.2.4 中有关模型参数估计方法的分析，时不变参数估计方法具有参数稳定，实际意义显著，有利于模型的检验与应用的优点。再鉴于交叉型乘用车产品扩散历时较长，数据点较多，因此采用时不变参数估计方法进行参数估计。文献[74]比较了 4 种时不变参数估计方法，包括普通最小二乘法、最大似然法、非线性最小二乘法以及代数估计法，最终得出非线性最小二乘法估计法的估计结果比其他几种方法更准确；文献[86]中对 Bass 模型族的参数估计方法中普通最小二乘法、最大似然法和非线性最小二乘法进行了详细地比较，认为最大似然法和非线性最小二乘法比普通最小二乘法在统计上更有效；文献[50][76][77]对遗传算法在参数估计中的有效性进行了验证，得出结论，遗传算法比最小二乘法、极大似然以及非线性最小二乘法估计参数效果更加准确，尤其是对只能够提供产品早期信息的预测，数据序列中可以不包括最长最高点，而且能够取得满意的拟合效果。因此，分别分析非线性最小二乘法与遗传算法的特点。

1、非线性最小二乘法（NLS）

当模型被估参数与函数值存在非线性关系时，就构成非线性问题，对比线性模型，非线性模型的参数估计要困难得多。一般有两个解决途径，一是通过代换转化为线性模型；二是直接采用非线性估计方法。从统计学原理讲，对非线性拟合尽可能采用直接拟合方法，便于估计误差。但是非线性模型不能像线性最小二乘法一样运用多元函数极值的方法来计算参数，需要采用复杂的优化算法来求解。

非线性最小二乘法就是以误差平方和最小为准则来估计非线性静态模型参数的一种参数估计方法，常用的方法是迭代算法，即从参数的某一初始值出发，然后产生一系列的参数点，如果这个参数序列收敛到使目标函数极小的数据点，那么就认为，该数据点的参数值是满足条件的最优值，典型的迭代算法有 Gauss-Newton 法、Levenberg-Marquart 法等。

以 Gauss-Newton 法为例进行介绍。首先，定义非线性函数：

$$y_k = f(x_k, b_1, b_2, \dots, b_n) \quad (2.6)$$

取参数 b_i 的初值为 $b_i(0)$ ，误差为 ξ_i ，则参数的理想值：

$$b_i = b_i(0) + \xi_i \quad (2.7)$$

对非线性函数在给定初值 $b_i(0)$ 附近泰勒展开，并省略 ξ_i 的二次以上高次项：

$$y_k = f(x_k, b_1, b_2, \dots, b_n) \approx f_{k,0} + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_1} \xi_1 + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_2} \xi_2 + \dots + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_n} \xi_n \quad (2.8)$$

根据最小二乘法求解函数误差平方和：

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{k=1}^m [Y_k - f(x_k, b_1, b_2, \dots, b_n)]^2 \\ &\approx \sum_{k=1}^m \left[Y_k - \left(f_{k,0} + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_1} \xi_1 + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_2} \xi_2 + \dots + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_n} \xi_n \right) \right]^2 \end{aligned} \quad (2.9)$$

令函数误差平方和最小：

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial b_i} &= \frac{\partial Q}{\partial \xi_i} \\ &= 2 \sum_{k=1}^m \left[Y_k - \left(f_{k,0} + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_1} \xi_1 + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_2} \xi_2 + \dots + \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_n} \xi_n \right) \right] \left(-\frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_i} \right) \\ &= 2 \left[\xi_1 \sum_{k=1}^m \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_1} \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_i} + \xi_2 \sum_{k=1}^m \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_2} \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_i} + \dots \right. \\ &\quad \left. + \xi_n \sum_{k=1}^m \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_n} \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_i} - \sum_{k=1}^m \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_i} (Y_k - f_{k,0}) \right] \\ &= 0 \end{aligned} \quad (2.10)$$

式中， $i=1,2,\dots,n$ 。如果定义 $a_{ij} = \sum_{k=1}^m \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_j} \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_i}$ ， $a_i = \sum_{k=1}^m \frac{\partial f_{k,0}}{\partial b_i} (Y_k - f_{k,0})$ ，则得

到 ξ_i 的线性代数方程组：

$$\begin{cases} a_{11}\xi_1 + a_{12}\xi_2 + \dots + a_{1n}\xi_n = a_1 \\ a_{21}\xi_1 + a_{22}\xi_2 + \dots + a_{2n}\xi_n = a_2 \\ \dots \\ a_{n1}\xi_1 + a_{n2}\xi_2 + \dots + a_{nn}\xi_n = a_n \end{cases} \quad (2.11)$$

由公式(2.11)，可以求出修正误差 $\xi_i(1)$ ，从而得到参数迭代结果 $b_i(1)$ ，以此类推，当 m 次迭代后， $\xi_i(m)$ 足够小，满足参数估计的条件要求，则得到最终的参数估计值 $b_i(m)$ ，认为是理想值。

Gauss-Newton 法是在每一次迭代中求解线性最小二乘问题，从而获得搜索方向 ξ_i ，以保证每一次迭代都使目标函数值减小。Levenberg-Marquart 法是在 Gauss-Newton 法的基础上加入阻尼因子 λ ，它可以控制每次迭代搜索的大小和方向，又称阻尼最小二乘法。当 $\lambda=0$ 时，该方法即为 Gauss-Newton 法；当 $\lambda \rightarrow \infty$ 时，趋于零矢量，该方法即为最速下降法。因此，通过阻尼因子，可以解决影响

Gauss-Newton 法有效性的病态二次项的问题。

非线性最小二乘法实际上是利用矩阵运算，不少商业化的工具中都带有通用的函数，计算可靠性和效率都比较高。但是，非线性最小二乘法是否有效，往往取决于最初给定的参数初始值的优劣，一般来说模型中含有的参数个数越多，则对于参数初始值的质量要求越高。

2、遗传算法（GA）

遗传算法是 Holland 在 1975 年提出的一种随机的优化与搜索方法，同生物学中“生物进化”和“自然选择”学说类似。经过 30 多年的发展，遗传算法已经被广泛应用于非线性优化和系统辨识等方面^[87]。遗传算法将染色体作为进化的目标对象，而适合度函数值的大小则作为染色体优劣检验的重要标准，通过对问题进行了染色体编码，给出进化函数，再通过遗传运算，如交叉重组、突变等，将“最优质”的解保留下来。该算法具有以下显著特点^[87]：

（1）遗传算法的搜索始于一群初始解，覆盖面大，利于全局择优。这个特点既反映了遗传算法与求解的问题领域无关，都能够满足大范围全局搜索；也反映了遗传算法的自组织、自适应及自学习性，当遗传算法的前期编码方式、遗传算子等参数确定以后，遗传算法便可以自行组织搜索。

（2）遗传算法中的选择、交叉和变异都是随机操作，而不是确定的精确规则。这个特点反映了遗传算法最优解的搜索方式是随机进行的，选择使得搜索结果逼近最优解，交叉可以产生最优解，变异则能够覆盖全局最优解。

（3）遗传算法的容错能力很强。遗传算法的初始解群是随机产生的，通过选择、交叉及变异操作能迅速排除与最优解相差极大的个体，该过程是一个并行操作过程，同时也使得遗传算法的局部搜索能力提高。

（4）遗传算法求解时需要预先设定的信息极少，容易形成通用算法程序。由于遗传算法使用适应值进行搜索，不需要问题导数等与问题直接相关的信息，所以遗传算法几乎可处理任何问题，因此，不少工具软件，例如 MATLAB，中有专门的遗传算法工具箱。

然而，遗传算法也有相应的缺点，其中之一是局部搜索能力比较弱，导致在求解全局最优解时速度大大降低。如果将收敛速度和解的品质两个指标结合作为算法的考核指标，单纯的遗传算法并不优于其他的搜索算法。

3、遗传算法与非线性最小二乘法结合的两步参数估计方法（GA&NLS）

基于以上两种参数估算方法的分析，遗传算法在实际应用中具有较强的全局搜索能力，遗传算法可以用极快的速度达到最优解的 90% 左右，但要达到真正的最优解则要花费比较长的时间。而非线性最小二乘法运算较为快捷，但是要求有优质的初始值，如果理想值在初值附近，搜索结果则比较准确，否则结果容易陷入局部最优。因此，结合遗传算法与非线性最小二乘法，提出 GA&NLS 两步

参数估计方法，以遗传算法的参数估计结果，作为非线性最小二乘法的初值，从而求更优的参数估计结果。

2.3.2 扩散模型参数估计实例比较分析

以交叉型乘用车产品为研究对象，采用从 1991 到 2011 年产量统计数据，搜集数据如表 2.1 所示。

表 2.1 交叉型乘用车产品产量统计数据

年份	汽车产品 年扩散量（辆）	交叉型乘用车 年扩散量（辆）	交叉型乘用车 累计扩散量（辆）	交叉型乘用车年 扩散市场份额(%)
1991	708820	19814	19814	2.80
1992	1061721	41263	61077	3.89
1993	1296778	71922	132999	5.55
1994	1353368	104322	237321	7.71
1995	1452737	153541	390862	10.57
1996	1474905	175387	566249	11.89
1997	1582628	225299	791548	14.24
1998	1627829	256638	1048186	15.77
1999	1831596	287217	1335403	15.68
2000	2068186	410299	1745702	19.84
2001	2341528	491677	2237379	21.00
2002	3253655	653905	2891284	20.10
2003	4443491	659395	3550679	14.84
2004	5070452	761203	4311882	15.01
2005	5707688	812565	5124447	14.24
2006	7279726	915751	6040198	12.58
2007	8882456	998635	7038833	11.24
2008	9345101	1056184	8095017	11.30
2009	13790994	2004042	10099059	14.53
2010	18264667	2532218	12631277	13.86
2011	18418876	2238959	14870236	12.16

由表 2.1 可知，有 21 个产品历史扩散数据点，是相对充足的数据。其中，全国汽车产品总体的每年扩散量表示为 $sum(t)$ ；交叉型乘用车产品每年扩散量表示为 $n(t)$ ；交叉型乘用车产品累计扩散量表示为 $N(t)$ ；交叉型乘用车每年在国内汽车行业的市场占有率表示为 $share(t)$ ，数据来源于中国汽车工业年度统计年鉴^[1]。

以 Bass 模型为例，由公式(2.5)，比较非线性最小二乘法(NLS)与遗传算法(GA)

的参数估计结果。

以模型计算值与实际扩散数据的残差平方和 (Residual Sum of Squares, RSS) 最小为目标函数, RSS 的概念是为了明确解释变量和随机误差各产生的效应。统计学上把数据点和其在回归直线上相应位置的差异成为残差, 把每个残差的平方后相加, 成为残差平方和, 表示随机误差的效应:

$$RSS = \sum (y_A - y_F)^2 \quad (2.12)$$

式中, y_A 表示实际数据值, y_F 表示模型计算结果。

考虑到模型应用的实际可操作性, 基于 MATLAB 工具, 进行模型参数估计。

在计算之前, 首先要确定 Bass 模型三个参数取值范围。创新系数 p 、模仿系数 q 分别根据其实际意义, 取值范围为(0, 1); M 为细分市场最大市场潜量, 可以采用中国汽车市场的潜在总量, 再根据交叉型乘用车的历史数据, 进行取值范围的估计。

一个国家汽车保有量的多少, 既取决于经济发展水平和购买能力, 也取决于该国的土地、公路和能源等各种资源。国家信息中心信息资源部主任徐长明从人口与经济的角度预测, 未来中国汽车保有量最高可达 4.5 亿辆。

清华大学欧阳明高教授团队, 根据我国道路、能源等综合因素分析, 认为我国汽车保有量可以达到 2 亿辆^[89]。

因此, 假设我国汽车潜在总量在 2 亿到 4.5 亿的区间范围内。根据交叉型乘用车的历史扩散数据^[1], 最大市场份额达到 21%, 而 21 年的平均市场份额是 12.8%, 所以交叉型乘用车的市场潜量取值范围在 2560 万到 9450 万辆。

预测精度是模型的重要检验工具, 为衡量产品扩散模型的预测精度, 所有模型计算均采用前 19 个历史数据, 预留 2010、2011 年数据作预测比较。以下分别采用非线性最小二乘法、遗传算法和两步算法进行模型参数估计。

1、NLS

该算法需要指定参数的初始值, 按照创新系数 p 、模仿系数 q 和最大市场潜量 M 的实际意义以及取值范围, 定义初始值为: $[0.1 \ 0.1 \ 2.56 \times 10^7]$, 计算过程如图 2.5 所示。

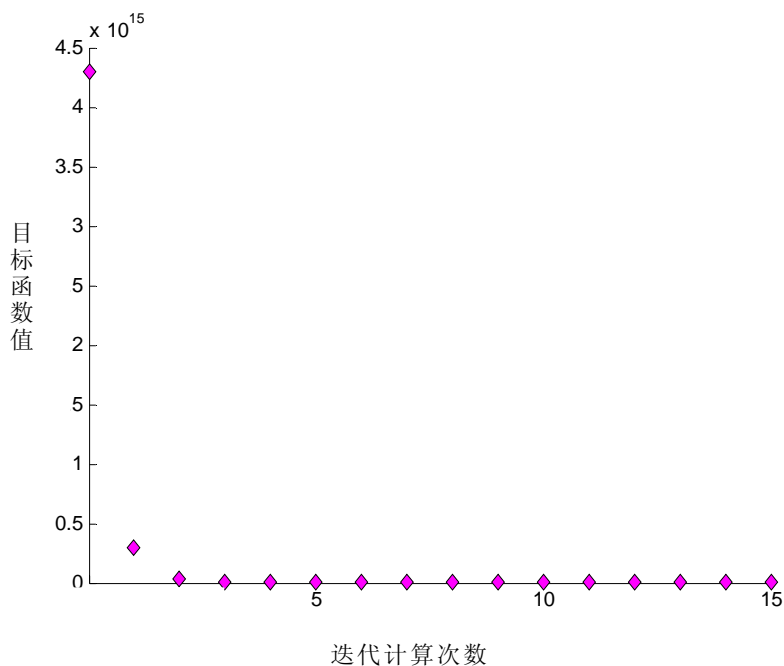


图 2.5 Bass 模型非线性最小二乘法参数估计过程示意图

图 2.5 中，横轴为计算次数，纵轴为目标函数值。迭代计算后，得到满足目标的函数值，从而求得参数估计结果。

2、GA

设定如下表 2.2 所示的遗传算法经验参数取值，进行遗传算法的参数估计。

表 2.2 GA 算法的经验参数取值	
参数类型	参数取值
生成种群数目	20
遗传代数	100
交叉概率	0.8
变异概率	0.2

图 2.6 所示为遗传算法估计参数的计算过程。

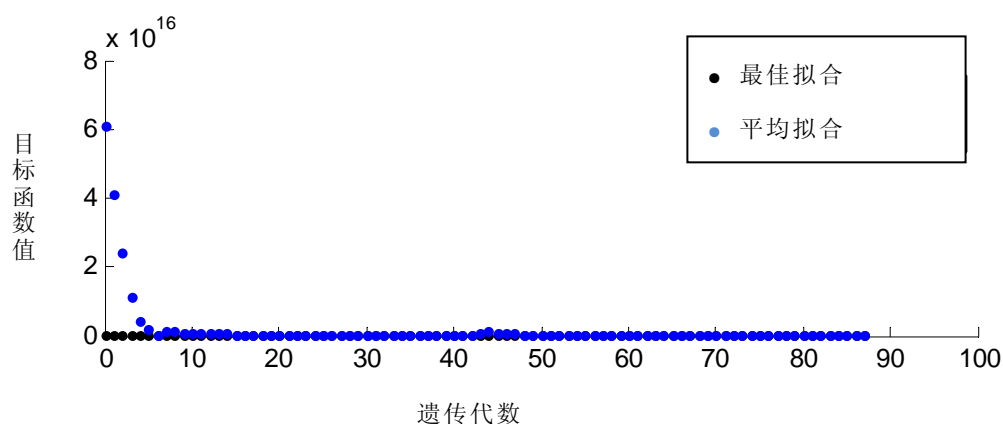


图 2.6 Bass 模型遗传算法参数估计过程示意图

3、GA&NLS 结合的两步算法

如果基于 GA 的计算结果作为参数初值，采用 NLS 进行参数估计。如图 2.7 所示，在初值更为精确的情况下，函数计算结果也更加理想。

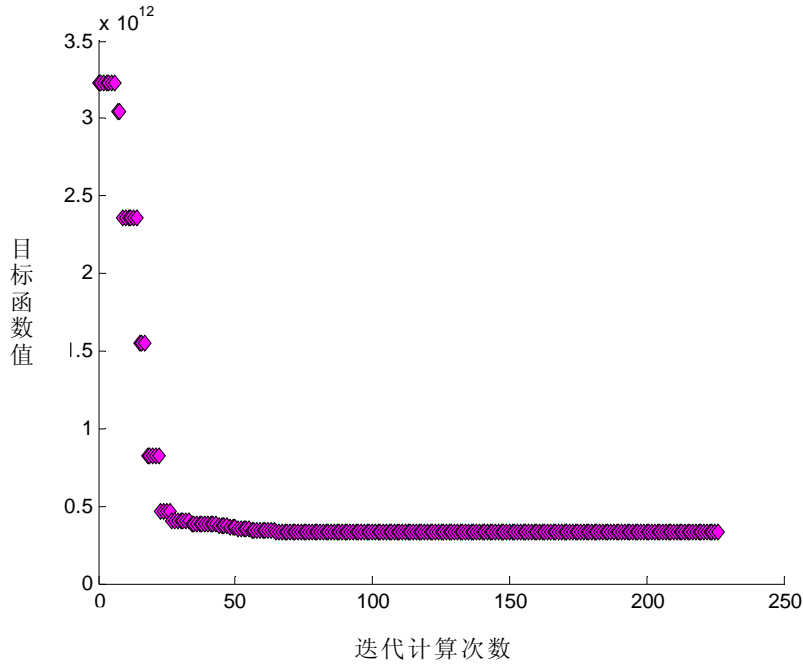


图 2.7 Bass 模型两步算法参数估计过程示意图

三种算法的参数估计结果如下表 2.3 所示，采用可决系数（Coefficient of Determination, R^2 ）作为检验指标，衡量参数估计结果的优劣：

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_A - y_F)^2}{\sum (y_A - \bar{y}_A)^2} \quad (2.13)$$

式中， y_A 表示实际数据值， \bar{y}_A 表示数据的平均值， y_F 表示模型计算结果。可决系数 R^2 是表示样本回归线对样本观测值的拟合程度，反映自变量对因变量的影响程度。可决系数越大，自变量对因变量的解释程度越高。

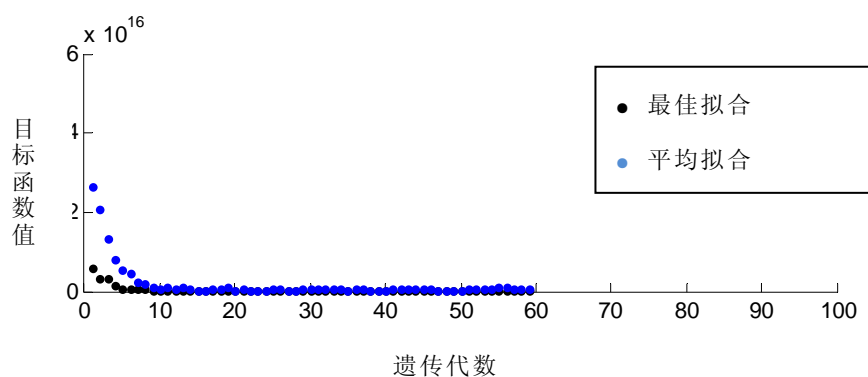
表 2.3 不同算法参数估计结果比较

算法	参数估计结果	R^2
NLS	$M = 2.56 \times 10^7$	0.9979
	$p = 0.0020$	
	$q = 0.22$	
GA	$M = 3.5 \times 10^7$	0.9535
	$P = 0.0040$	
	$q = 0.13$	
NLS&GA	$M = 2.97 \times 10^7$	0.9981
	$p = 0.0018$	
	$q = 0.21$	

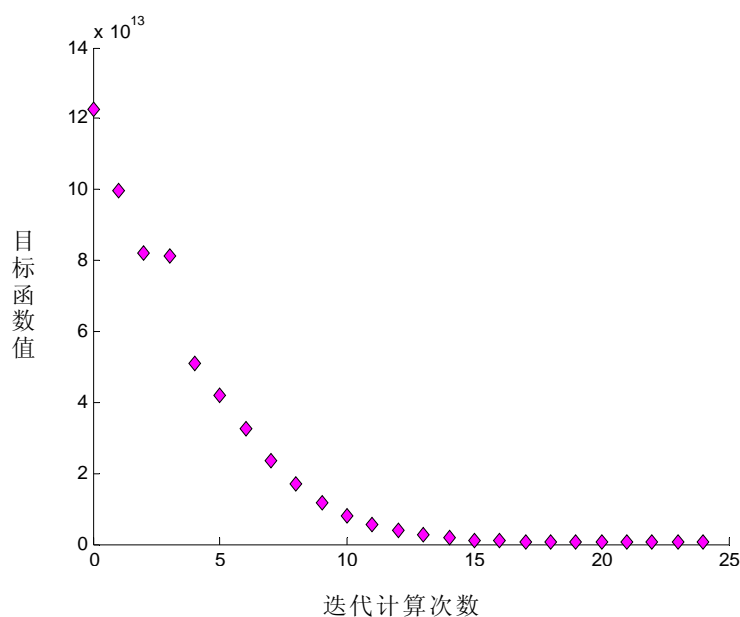
由表 2.3 可知, 从参数估计值来看, 两步算法 NLS&GA 的可决系数高达 0.9981, 拟合度优于遗传算法 GA 的可决系数 0.9979, 更高于非线性最小二乘法 NLS 的可决系数 0.9535, 因此, 两步算法能获得更高的模型拟合精度。非线性最小二乘法计算的 M 值偏向最小值 2.56×10^7 , 两步算法在遗传算法的基础上, 进一步优化结果, 得到 M 值相对合理。三种算法对于创新系数 p 和模仿系数 q 的计算结果接近, 均符合模型的检验要求。因此, 两步算法对于扩散模型的参数估计更加有效, 本文中采用这种算法进行模型的参数估计。

2.3.3 三种经典扩散模型计算

为选择出合适的汽车产品扩散模型, 将以交叉型乘用车产品扩散数据为例, 对 2.2.5 中介绍的三种典型产品扩散模型分别进行计算, 再比较模型的拟合精度与预测精度。为便于比较, 结合三种模型的特点, 保持自变量一致, 三种模型都以时间为自变量, 累计扩散量为因变量。对 Logistic 模型, 如公式(2.2)所示, 采用 GA&NLS 两步参数估计法进行参数估计, 计算过程示意图见 2.8。



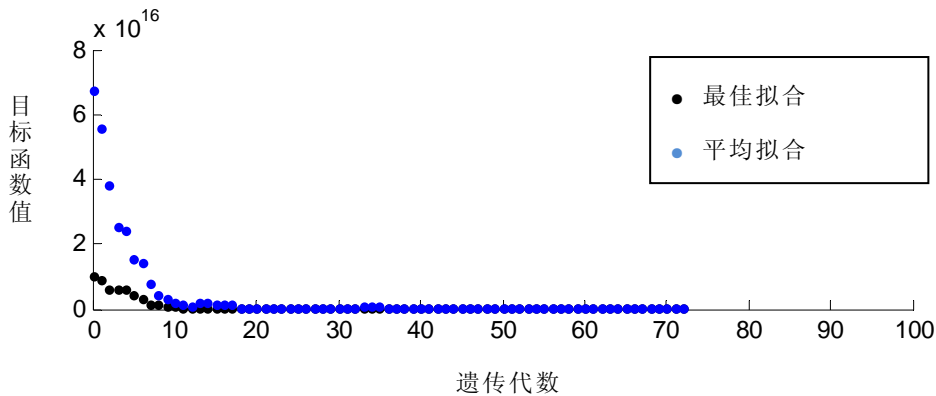
a) GA 算法



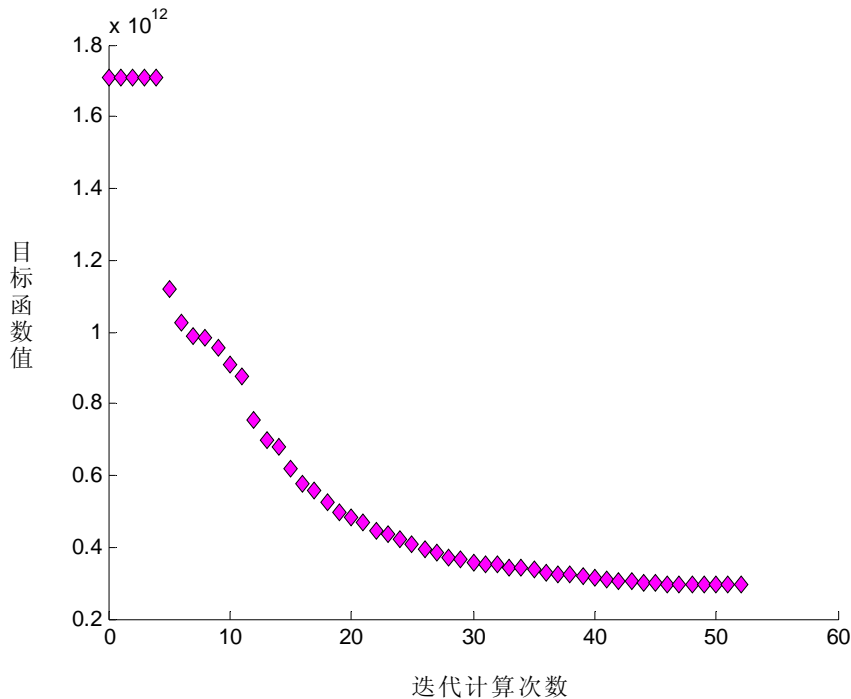
b) NLS 算法

图 2.8 Logisitic 模型两步算法参数估计过程示意图

对 Gompertz 模型，如公式(2.3)所示，并采用 GA&NLS 两步参数估计法进行参数估计，计算过程示意图见 2.9。



a) GA 算法



b) NLS 算法

图 2.9 Gompertz 模型两步算法参数估计过程示意图

2.3.4 三种扩散模型检验与比较选择

三种模型的参数拟合结果，见表 2.4 所示，其中，Bass 模型的计算结果过程见 2.3.2。为比较分析三种模型对交叉型乘用车产品扩散规律的描述准确度，从拟合度分析、参数估计、预测精度三个方面对模型进行验证比较。

1、拟和度分析

由表 2.4 可知，Bass 和 Gompertz 模型计算结果的可决系数比较高，达到 0.998 和 0.9982，而 Logistic 模型也有 0.9965，即表明三种模型计算的结果与实际扩散情景均有较高的拟合精度，也验证了交叉型乘用车产品扩散符合 S 型曲线特点。

表 2.4 不同模型参数估计结果比较

模型种类	参数估计	R^2
Logistic	$M=2.56 \times 10^7$	0.9965
	$a=147.97$	
	$b=0.24$	
Gompertz	$M=9.45 \times 10^7$	0.9982
	$c=7.46$	
	$d=0.060$	
Bass	$M=2.97 \times 10^7$	0.9980
	$p=0.0018$	
	$q=0.21$	

由表 2.4 的参数估计值, 分别代入 Logistic、Gompertz、Bass 三种模型, 计算出的产品扩散数据以及产品实际扩散数据比较, 见表 2.5 所示。

表 2.5 1991-2009 年产品实际扩散数据以及模型计算结果比较

年份	$N(t)$	$N(t)_{Logistic}$	$N(t)_{Gompertz}$	$N(t)_{Bass}$
1991	19814	217778	85477	59861
1992	61077	275843	130779	133778
1993	132999	349178	194994	224952
1994	237321	441668	283778	337265
1995	390862	558116	403688	475391
1996	566249	704407	562115	644926
1997	791548	887683	767149	852500
1998	1048186	1116506	1027398	1105887
1999	1335403	1400971	1351760	1414065
2000	1745702	1752724	1749161	1787215
2001	2237379	2184819	2228269	2236604
2002	2891284	2711328	2797213	2774306
2003	3550679	3346583	3463303	3412700
2004	4311882	4103989	4232787	4163692
2005	5124447	4994341	5110633	5037628
2006	6040198	6023725	6100371	6041913
2007	7038833	7191232	7203980	7179427
2008	8095017	8486920	8421831	8446944
2009	10099059	9890632	9752686	9833840

表 2.5 中, $N(t)_{Logistic}$ 表示 Logistic 模型计算产品累计扩散结果,

$N(t)_{Gompertz}$ 表示 Gompertz 模型计算结果, $N(t)_{Bass}$ 表示 Bass 模型计算结果, 根据计算数据, 可绘制如图 2.10 所示的曲线拟合图。

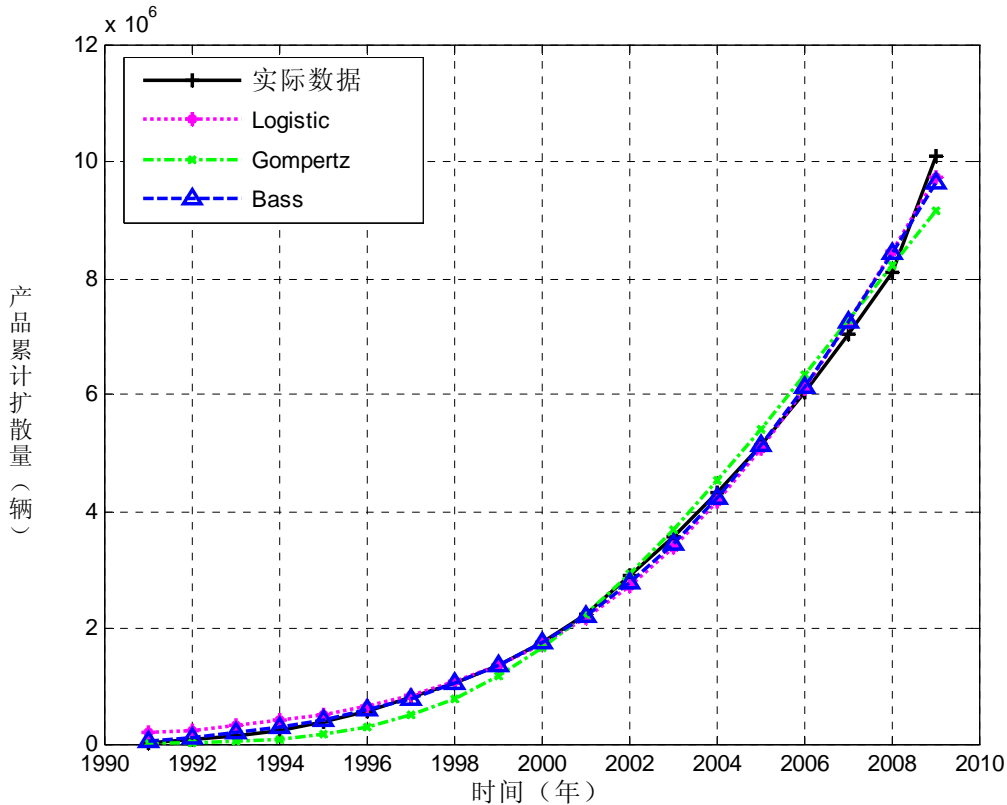


图 2.10 三种模型计算数据与实际数据拟合曲线图

由图 2.10 可知, 由于数据点足够, 拟合时间较长, 三类模型均较好地拟合了实际数据, 也再次验证交叉型乘用车产品符合 S 型曲线产品扩散规律。

2、参数估计结果分析

从参数估计结果来看, Gompertz 的最大市场潜量参数 M 估计值为取值范围的最大值, 而 Logistic 的参数 M 估计值为取值范围的最小值, 合理性不高。另外, Gompertz 与 Logistic 两个模型, 除最大扩散潜量 M 外, 其余参数具体的意义不显著。而 Bass 模型参数估计结果比较合理, 并且模型的参数 p 表示创新系数, q 表述模仿系数, 能够反映用户对产品的接受程度, 具有明确的意义。

3、预测结果分析

相比较对于实际扩散情况的解释, 预测精度的比较对于检验模型更有实际的意义。比较方法为选取时间序列前部分数据为训练数据, 输入模型, 计算模型参数, 并且预测保留时间序列的数据。再比较预测结果与实际数据, 从而检验模型的预测力。

采用平均绝对百分误差 (Mean Absolute Percent Error, MAPE) 来检验模型的预测准确性。MAPE 是对预测值与实际值之间的差, 除以实际值的比值的绝对值计算平均数, 用于衡量预测模型的无偏性:

$$MAPE = \frac{\sum_{n=1,2 \dots n} \left| \frac{y_A - y_F}{y_A} \right|}{n} \quad (2.14)$$

式中, y_A 表示实际数据点, y_F 表示相应的模型计算结果。在实际应用中, 这个指标数值越小, 说明预测精度越高。

模型中选取 1991-2009 年的历史数据为训练数据, 输入模型, 估计模型参数, 并且预测保留的 2010 与 2011 年的数据, 再比较预测结果与实际数据, 从而检验模型的预测力。预测验证比较结果如表 2.6 所示。

表 2.6 三种扩散模型预测精度比较

模型类型	年份	实际值	预测值	MAPE%
Logistic	2010	2532218	1496385	36.24
	2011	2238959	1531895	
Gompertz	2010	2532218	1296048	43.22
	2011	2238959	1396716	
Bass	2010	2532218	1437940	37.71
	2011	2238959	1517724	

由表 2.6 可知, 以上三种模型的预测精度均不高, MAPE 值均在 35% 以上, 无法满足预测要求。其中, Logistic 与 Bass 模型相对稍好, 不高于 40%。三种基础模型的预测精度不高, 也暴露出经典模型在进行产品生命周期预测时的不足, 尤其对于具体产品的预测, 无法满足实践应用的需要。

综上所述, Bass 模型拟合度较高, 参数估计结果合理且具有明确的意义, 能够实现一定的预测精度, 加之对其扩展模型存在大量的研究基础, 因此, 本研究选取 Bass 模型作为交叉型乘用车产品扩散研究的基础模型。

2.4 多维产品扩散模型构建

上文已提及, “一种车型能畅销多久”, “何时进行更新换代”, “品牌产品的竞争力如何”, “如何延长汽车产品生命周期”等问题, 都是汽车企业在产品开发中亟需回答的, 也是本文的研究目的所在。

行业在制定相关的政策法规时, 企业在进行产量规划、生产计划时, 关注行业产品的生命周期, 需要明确行业产品扩散规律; 企业进行产品技术创新时, 关注产品的更新换代规律, 需要预测新老技术的扩散情景; 企业拟定品牌产品竞争策略时, 关注品牌产品由于竞争力因素引发的扩散现象。因此, 建立多维的产品扩散模型, 能够评价同一产品在不同维度的生命周期表现。

如下图 2.11 所示, 以行业产品需求为宏观层次, 考虑到宏观经济环境、行业

市场环境等因素；以产品技术创新为中观层次，结合新老技术的市场竞争因素，对更新换代产品的扩散规律进行讨论；以品牌产品为微观层次，结合品牌竞争力，进行品牌产品扩散预测。多维产品扩散模型系统构建与应用的过程，为市场和决策，用户和产品建立了沟通的渠道，从而为新产品的研发提供分析和决策的工具。

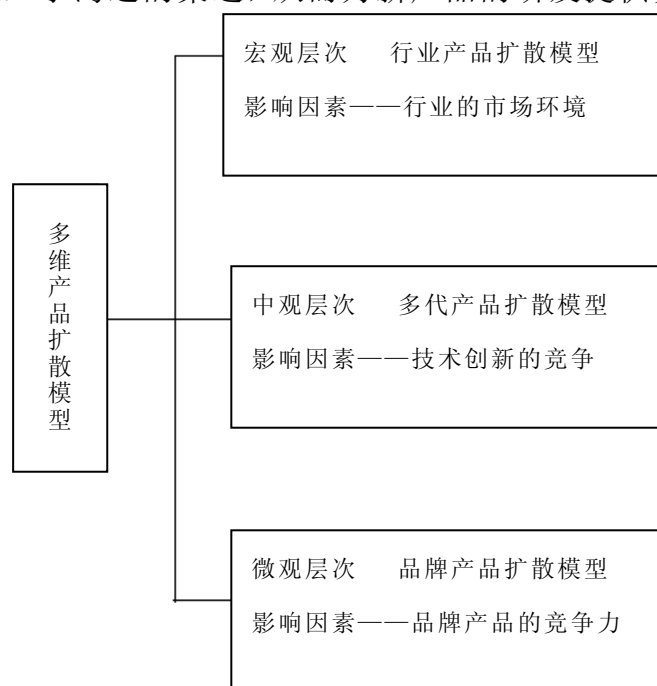


图 2.11 多维产品扩散模型结构示意图

由图 2.11 可知，三个改进的扩散模型的构建是从不同的角度，面向不同的研究对象，考虑不同的影响因素。同时，三个模型具有内在的关联性，以预测结果为导向，行业的整体需求预测，直接关系到更新换代产品和品牌产品的扩散范围；而更新换代产品和品牌产品则属于平行的两个视角，分别考察细分市场产品的不同生命周期。

2.5 本章小结

本章回顾了产品生命周期理论的发展，指出产品生命周期理论在考虑影响因素的耐用消费产品、产品形态与品牌产品上，定量预测研究的不足。同时，分析了技术扩散理论与产品扩散模型的研究现状，对扩散模型构建的关键问题进行探讨，通过产品扩散模型预测生命周期曲线，满足产品生命周期评价的需要。结合交叉型乘用车产品扩散特点，选择 Bass 模型作为汽车产品的基础扩散模型进行研究，其参数具有明显物理意义。并提出 GA 和 NLS 相结合的两步模型参数估计方法，以弥补单一算法在参数估计上的不足之处。针对产品生命周期理论在实践应用中，系统性不足的缺陷，提出建立多维的扩散模型，从关联的多维度分析评价特定产品生命周期，为汽车企业新产品开发提供科学分析、理性思考的工具。

第 3 章 动态市场环境下产品扩散

3.1 Bass 扩散模型

3.1.1 创新采用模型与模仿采用模型

Fourt 和 woodlock 定义扩散是由潜在采用者的创新行为决定, 不考虑采用者与未采用者之间的相互的影响作用, 提出了创新采用扩散模型^[90] :

$$n(t) = p[M - N(t)] \quad (3.1)$$

式中, $n(t)$ 为 t 时刻新增采用者数量; $N(t)$ 为 t 时刻的累计采用者数; M 为产品的市场潜量; p 为创新系数, 表示潜在采用者变成采用者的概率。该模型只考虑采用者受外部影响而采取的创新采用行为, 认为潜在采用者之间彼此不相互影响, 又称为外部影响模型。以 t 为自变量, 模型曲线如图 3.1 所示, 为指数曲线。

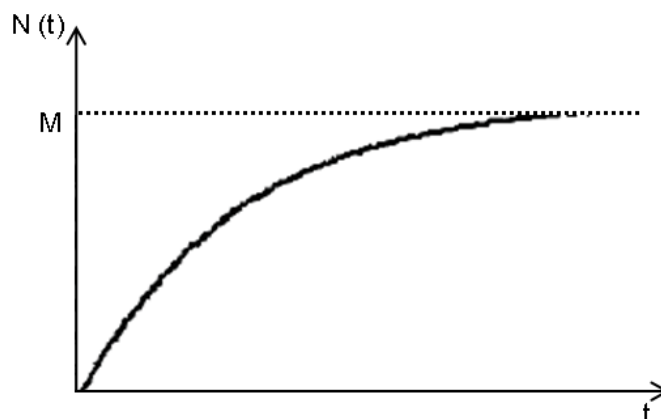


图 3.1 创新采用模型曲线示意图

Mansfield 提出的模仿采用模型^[62], 则只考虑潜在采用者之间信息交流, 认为扩散是模仿行为, 见公式(2.1)。模仿采用者往往对产品的性能较为关注。以 t 为自变量, 模型曲线如图 3.2 所示, 又被称为 Logistic 曲线。

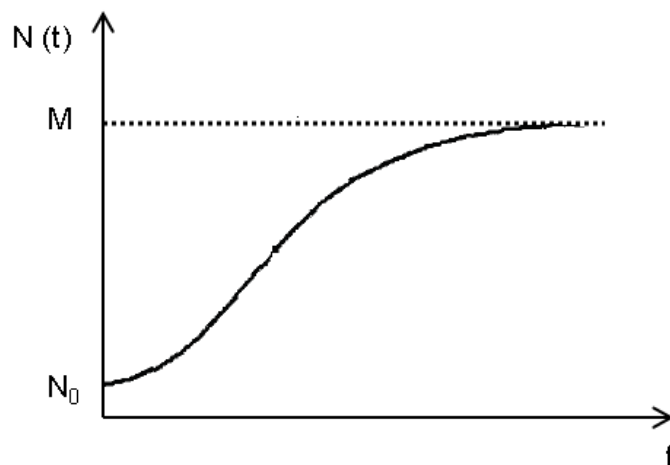


图 3.2 模仿采用模型曲线示意图

3.1.2 经典 Bass 扩散模型

Bass 产品扩散模型定义产品扩散由两种采用决策方式组成，一种创新型采用者，另外一种为模仿采用者。前者的产品扩散速度受大众传播媒介的外部因素影响，对产品性能中易被识别的部分(如价格、尺寸、外观及功能等)较为关注。后者的扩散速度受到口头传播的影响，即已采用者与尚未采用的潜在采用者进行交流，对新产品的功能和性能，例如使用成本、产品可靠性、产品耐用性等，作出判断。数学模型如下：

$$n(t)=[p+\frac{q}{M}N(t)][M-N(t)] \quad (3.2)$$

如同所有数学模型一样，Bass 模型的前提是一系列的假设条件，主要包括：市场潜在在产品生命周期内保持不变；所有的采用者是相同的，没有差异；扩散过程不受到其他技术与产品的影响；扩散过程中产品的市场营销策略没有发挥作用；产品性能在生命周期内固定不变，没有技术创新；扩散在一定的地域界限内进行；不受供给关系的约束；不考虑重复购买等^[41]。

3.1.3 Bass 扩展模型

假设条件的定义限制了 Bass 模型的应用，为扩大模型应用的领域，众多研究者提出了一系列 Bass 模型的扩展形式。Mahajan, Muller 和 Bass F.M.^[91]，Meade Islam^[92]，何应龙等^[93]对 Bass 模型的扩展研究进行了回顾和总结。

1、潜在采用者分析

Bass 模型假设产品潜在采用者总量 M ，在产品生命周期中保持不变。后续的模型扩展研究放宽该假设，文献[94]认为 M 与家庭户数有关；文献[95]认为 M 与人口增长有关；文献[96]在 M 估计时，考虑了价格因素；文献[28]基于 M 动态变化，对中国私人轿车市场进行实证研究。

2、采用者分析

Bass 模型假设产品潜在采用者是同质的，即只有采用与不采用两种选择，没有考虑到采用过程的复杂性与多阶段特性。文献[97]定性分析了多阶段产品扩散模型；文献[98]建立非试用者、试用者、试用后不再买者和试用后再买者的四阶段模型；文献[99]提出了包括价格与广告因素在内的多阶段产品扩散模式。

3、扩散的独立性分析

Bass 模型假设扩散是独立的，然而现实市场情况中，产品有品牌因素，产品之间还存在有互补、伴随、竞争等关系；文献[100]对产品条形码和扫描器这两种互补产品建立共同扩散模型；文献[101]分析数字程序供应商与数字电视产品扩散的关系；文献[102]研究了移动电话与固定电话互补与竞争关系；文献[103]针对品牌相机的竞争关系进行了实证研究；文献[104]分析了品牌的竞争效应；文献[105]

建立了广告促销影响下，两种产品的扩散模型；文献[106]分析市场竞争对产品扩散过程的影响；文献[107]对品牌产品扩散进行综合性研究。

4、市场策略的分析

营销组合对产品扩散有显著的影响作用，Bass 模型中没有体现出这种影响的作用。文献[96][108~110]将价格因素引入扩散模型；文献[111~114]分析广告对产品扩散的影响；文献[115~116]分析了免费商品促销方式的影响作用；文献[98][117~121]综合分析了营销组合变量；文献[122]对补贴行为的影响进行分析；文献[123~124]研究了销售渠道与产品扩散的关系。

5、产品性能分析

随着市场竞争日益激烈，技术创新日新月异，产品更新换代加速。基本模型没有体现出新产品与老产品之间的竞争替代扩散关系。文献[125]建立了多代产品扩散 Norton 模型，并基于此模型验证了多代集成电路产品的替代关系；文献[126~133]分别在此基础上对多代产品的扩散进行了实证研究与扩展分析。

6、地域界限分析

对于产品在地区、国际扩散的差异化问题，Bass 模型并没有进行描述。文献[134]提出了基于口头交流的邻居效应，分析研究产品扩散的空间地域问题；文献[135~139]提出了学习参数的概念，对不同地区的扩散进行比较研究；文献[140]对中国城乡二元市场产品扩散进行分析。

7、供给约束分析

Bass 模型假设产品扩散存在于供大于求的市场环境下，即潜在采用者可随时得到产品，没有等待的现象。文献[141~144]对供给约束下，扩散模型的构建与应用进行实证研究。

8、重复购买分析

Bass 模型是针对首次采用的扩散模型，没有考虑产品重复购买现象。针对药品的重购扩散模型，文献[145~147]进行了研究；文献[148~149]针对更新换代的重购进行分析；文献[150]分析了耐用品成倍购买问题；文献[151~152]提出了非耐用消费品的经常购买模型；文献[153]构建 logit 形式的从尝试到重购模型；文献[154]对重复购买现象进行包含价格和广告影响的函数描述。

综上所述，文献[41]指出以上扩展模型均是以 Bass 模型为基础，以放宽或者取消 Bass 模型的特定假设条件为目标，增加若干参数，从而增加模型的柔性，符合产品的实际扩散情况，从而扩大模型的应用范围，提高模型预测的准确性。从扩展研究的内容看，大多数是对特定假设条件放宽的研究，而缺乏针对特定产品扩散特点的综合研究；从扩展研究的应用对象看，大多是非耐用消费品，对耐用消费品（例如汽车）的研究成果较少。

3.2 动态市场环境下产品扩散模型

为研究特定产品扩散规律，需要考虑市场的相关变化因素，如以汽车产品为例，相关的市场因素包括，国家产业与税费政策、消费者购买力、产品的拥有与使用成本、产品使用便利性、重复购买等。随着市场竞争的日益激烈，产品的市场环境变化越来越快，越来越复杂，对产品扩散的影响作用也越来越大，因此，有必要考虑市场变化的因素。其难点在于选择出具有代表性的扩散影响因素，并量化其影响作用，构建包含影响因子的扩散模型，从而实现基于 Bass 基础模型的改进模型研究。

3.2.1 产品扩散模型假设条件

本改进模型关注于市场环境变化对集计的行业整体产品扩散产生的影响，因此定义假设条件为：采用者的采用过程是同质的；产品性能不发生改变；扩散发生在地域界限是同质的；不受供给的约束。

扩展模型放宽的假设包括，市场潜量是变化的；扩散与互补品价格有关；扩散受到产品价格的影响；考虑重复购买。

3.2.2 产品扩散模型结构

为获得有实际意义的参数，并且与改进模型相适应，模型计算不以时间作为自变量。而是根据 Bass 模型的初始定义，见公式(3.2)，以产品累计扩散量为自变量，产品实时扩散量为因变量，市场潜量、创新系数与模仿系数仍作为模型参数。

假设时间定义为非连续的单位变量，即 $t=\{1,2,\dots,n\}$ ，则 Bass 模型应严格定义：

$$n(t) = p[M - N(t-1)] + \frac{q}{M} N(t-1)[M - N(t-1)] = [p + \frac{q}{M} N(t-1)][M - N(t-1)] \quad (3.3)$$

式中， $N(t-1)$ 表示 $t-1$ 时刻产品的累计扩散数量，直接影响下一个时刻，即 t 时刻的新增产品扩散数量。

文献[119]提出包括价格和广告因素的模型，综合考虑了营销组合的影响：

$$n(t) = [p + \frac{q}{M} N(t)][M - N(t)]Z(t) \quad (3.4)$$

$$Z(t) = 1 + a[P(t) - P(t-1)]/P(t-1) + b \max\{0, [A(t) - A(t-1)]/A(t-1)\} \quad (3.5)$$

式中， $Z(t)$ 表示营销组合变动对产品扩散的影响， $P(t)$ 表示 t 时刻产品的价格， $P(t-1)$ 表示 $t-1$ 时刻产品的价格； $A(t)$ 表示 t 时刻产品的广告投入， $A(t-1)$ 表示 $t-1$ 时刻产品的广告投入； a 为价格因子的系数， b 为广告因子的系数。

该研究为模型改进提供了一个思路，可在原模型的基础上加入影响因子。根据此扩展思路在经典扩散模型中，融入市场环境因素。

定义动态市场环境影响因子集合 E 包含 n 个变量，即 $E = \{E_1(t), E_2(t), \dots, E_n(t)\}$ ，对

应环境因子变量系数为 $d = \{d_1, d_2 \dots d_n\}$ ，由公式(3.5)，可得到市场参数影响因子：

$$E(t) = [1 + d_1 E_1(t) + d_2 E_2(t) + \dots + d_n E_n(t)] \quad (3.6)$$

式中， $E(t)$ 表示 n 项市场因子变量的综合修正值； $E_i(t)$ 是第 i 项环境因子在 t 时刻的变化率。

对于耐用品如汽车，产品达到一定使用年限后，采用者会考虑更新拥有产品。因此，研究产品长期扩散规律时，有必要考虑产品的重复更新购买。

定义 τ 为产品使用期限，那么从 $\tau+1$ 时刻开始出现重复购买；定义重复购买率为 r ， $r \geq 0$ ，则得到由于重复购买而增加的潜在产品扩散量 $M_r(t)$ ：

$$M_r(t) = rN(t-\tau) \quad (3.7)$$

式中， $N(t-\tau)$ 表示 $t-\tau$ 时刻产品的累计扩散量；当 $t < \tau$ 时， $M_r(t) = 0$ 。

结合上述重复购买与环境变量因子，可以改进得到综合考虑重复购买与市场变量的产品扩散模型 Bass-e：

$$n(t) = [p + \frac{q}{M + M_r(t)} N(t-1)][M + M_r(t) - N(t-1)]E(t) \quad (3.8)$$

式中， $M + M_r(t)$ 表示 t 时刻考虑重复购买因素后的市场潜量； $E(t)$ 项代表了环境因子对于扩散的影响。

该模型应用的关键在于构建环境变量集合，分析该产品扩散相关的市场变量，再根据实际情况量化市场变量，将所有相关变量组合融入扩散模型进行分析。改进模型可以根据具体产品的扩散情景，引入单项，或者多项组合的市场环境变量进行修正。

3.3 交叉型乘用车产品分析

根据附录 C 的调查问卷，搜集了“微型客车产品市场生命周期影响因素”评价重要程度，共收回问卷 408 份，有效问卷 367 份，其中政策法规、消费者购买力、产品价格、产品重购、汽车使用成本、公路交通建设这六个因素得分较高，因此，定义五个典型的环境变量：行业政策、消费者购买力、公路建设、制造使用成本、产品价格。而产品重购与市场已有的产品数量有紧密关系，因此将单独量化表示。

五个环境因素中，行业政策属于宏观市场环境，是指政府引导行业的措施，以及产品消费的税费政策；消费者购买力也属于市场宏观环境因素，是经济环境因素；而公路建设、产品制造使用成本与产品价格这三个因素，则与产品购置、使用过程的便利性、经济性有关。这些因素都将影响汽车产品的市场潜量和扩散速度，关键在于如何将以上的环境变量指标量化。

其中，政策因素的量化可采用比较的方法来确定，根据心理学家提出的“人区分信息等级的极限能力为 7 ± 2 ”的研究结论，如下表 3.1 所示。

表 3.1 比例标度表

强度比较	量化值
同样	0.1
稍微强	0.3
较强	0.5
强烈	0.7
极端	0.9
两相邻判断的中间值	0.2, 0.4, 0.6, 0.8

表 3.1 中，强度比较打分的标准是年度政策对于交叉型乘用车产品扩散的影响力度。归纳总结历年有关交叉型乘用车行业的国家政策^[1]，如下表 3.2 所示。

表 3.2 交叉型乘用车产品相关的国家政策与补贴措施列表

年份	文件名称	文号	S
2000	关于对低污染排放小汽车减征消费税的通知	财税[2000]26 号	0.3
2002	关于微型汽车执行新标准有关事项的通知	国经贸厅产业 [2002]41 号	0.3
2004	汽车产业发展政策	发改委[2004]8 号	0.2
2005	关于鼓励发展节能环保型小排量汽车意见的通知	国办发[2005]61 号	0.1
2009	关于减征 1.6 升及以下排量乘用车车辆购置税的通知	财税[2009] 154 号	0.9
	关于印发《汽车摩托车下乡实施方案》的通知	财建[2009]104 号	
	汽车产业调整和振兴规划	国务院办公厅公布	
	关于转发发展改革委等部门促进扩大内需鼓励汽车家电以旧换新实施方案的通知	国办发[2009]44 号	

表 3.2 中，S 表示政策对产品扩散影响的量化值，由专家打分的方式得出，例如，2009 年在经济危机的环境下，国家政府出台一系列利好政策刺激汽车产品消费，属于十分极端罕见的利好政策因素，因此，综合影响分数达到 0.9。

除政策因素以外，消费者购买力、公路建设、产品制造使用成本与产品价格四个变量，均采用中国统计年鉴^[155]中的相关数据，以便量化反映这些市场因素的变量值。

消费者购买力主要体现在居民的消费能力，采用全体居民消费水平来反映购买力变化，居民消费水平指按常住人口平均计算出的居民消费支出^[155]；公路建设则采用公路里程表示，指在一定时期内实际达到《公路工程[WTBZ]技术标准 JTJ01-88》规定的等级公路，并经公路主管部门正式验收交付使用的公路里程数^[155]；产品制造使用成本则采用原材料、燃料和动力购进价格指数来表示，根据经济统计主要指标的解释，该指数是反映工业企业购买原材料、燃料和动力产品的价格水平变化指标，调查统计的范围包括了九类，如燃料动力、黑色金属、有

色金属、化工、建材等，接近 1800 种产品^[155]，该指数在一定程度上反映了工业产品的成本以及作为汽车产品互补品的燃料的成本；产品价格则参考工业品出厂价格指数，该指数能反映一定时期内，工业产品出厂价格总水平变化指标^[155]。

根据从 1991 到 2009 年中国交叉型乘用车产品扩散的年统计数据，对影响因素的相关数据也进行统计整理，如表 3.3 所示。

表 3.3 动态市场环境因素数据

年份	时间	年扩散量	政策	购买力	公路建设	成本	价格
1991	1	19814	0.1	932	104.11	109.10	102.80
1992	2	41263	0.1	1116	105.67	111.00	106.60
1993	3	71922	0.1	1393	108.35	135.10	119.70
1994	4	104322	0.1	1833	111.78	118.20	109.50
1995	5	153541	0.1	2355	115.7	115.30	106.30
1996	6	175387	0.1	2789	118.58	103.90	101.60
1997	7	225299	0.1	3002	122.64	101.30	98.10
1998	8	256638	0.1	3159	127.85	95.80	97.00
1999	9	287217	0.1	3346	135.17	96.70	97.00
2000	10	410299	0.3	3632	140.27	105.10	97.40
2001	11	491677	0.1	3887	169.8	99.80	96.80
2002	12	653905	0.3	4144	176.52	97.70	96.17
2003	13	659395	0.1	4475	180.98	104.80	97.00
2004	14	761203	0.2	5032	187.07	111.40	99.40
2005	15	812565	0.1	5573	334.52	108.30	99.30
2006	16	915751	0.1	6263	345.7	106.00	100.40
2007	17	998635	0.1	7255	358.37	104.40	100.30
2008	18	1056184	0.1	8349	373.02	110.50	101.00
2009	19	2004042	0.9	9098	382.82	92.10	97.40

表 3.3 中，交叉型乘用车产品的年扩散量表示为 $n(t)$ ；与产品相关的政策变量值表示为 $S(t)$ ；消费者购买力变量值表示为 $Pu(t)$ ；公路建设变量值表示为 $R(t)$ ； $C(t)$ 产品制造使用成本变量值表示为 $C(t)$ ；产品价格变量值表示为 $Pi(t)$ 。

为避免变量之间存在多重共线性，采用 Pearson 相关系数，对 5 个市场环境因素进行相关性分析。Pearson 相关系数主要用于衡量两个数据集合是否在一条线上，可以衡量定距变量间的线性关系：

$$r = \frac{N\sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}} \quad (3.9)$$

式中, r 表示相关系数, 其绝对值越大, 相关性越强, 相关系数越接近于 1 或-1, 相关度越强, 相关系数越接近于 0, 相关度越弱。通常情况下通过以下取值范围判断变量的相关强度: 相关系数 0.8-1.0 极强相关; 0.6-0.8 强相关; 0.4-0.6 中等程度相关; 0.2-0.4 弱相关; 0.0-0.2 极弱相关或无相关。5 个变量 Pearson 相关系数计算结果如表 3.4 所示。

表 3.4 市场环境变量相关性分析

		$n(t)$	$S(t)$	$Pu(t)$	$R(t)$	$C(t)$	$Pi(t)$
$S(t)$	PearsonCorrelation	.717	1				
	Sig. (2-tailed)	.001					
$Pu(t)$	PearsonCorrelation	.948	.503	1			
	Sig. (2-tailed)	.000	.028				
$R(t)$	PearsonCorrelation	.888	.381	.940	1		
	Sig. (2-tailed)	.000	.107	.000			
$C(t)$	PearsonCorrelation	-.426	-.404	-.411	-.257	1	
	Sig. (2-tailed)	.069	.086	.080	.288		
$Pi(t)$	PearsonCorrelation	-.431	-.255	-.472	-.310	.915	1
	Sig. (2-tailed)	.065	.292	.041	.197	.000	

由表 3.4 可知, 5 个变量对产品扩散均有影响, 而购买力因素 $Pu(t)$ 与公路建设 $R(t)$ 相关度极高, 成本因素 $C(t)$ 与价格因素 $Pi(t)$ 相关度极高。因此, 定义产品扩散市场环境因素为政策变量 $S(t)$; 消费者购买力变量 $Pu(t)$; 产品制造使用成本变量值 $C(t)$, 而忽略公路建设 $R(t)$ 与产品价格变量 $Pi(t)$ 。

3.4 考虑市场环境的汽车产品扩散模型计算

3.4.1 产品扩散模型数据

定义交叉型乘用车产品市场环境变量集合 $E = \{E_1, E_2, E_3\}$, 分别定义为, E_1 表示政策 $S(t)$, E_2 表示购买力 $Pu(t)$, E_3 表示成本 $C(t)$ 。为参数的归一化与计算简便, 定义公式如下:

$$E_1(t) = \frac{S(t) - 1}{10}, \quad E_1(t) \in [0, 0.8] \quad (3.10)$$

$$E_2(t) = \frac{Pu(t) - Pu(t-1)}{Pu(t-1)} \quad (3.11)$$

$$E_3(t) = \frac{C(t) - 100}{100} \quad (3.12)$$

3.4.2 产品扩散模型参数估计

根据交叉型乘用车产品扩散特征，建立 Bass-e 模型，即综合考虑重复购买与市场因素的产品扩散模型：

$$n(t) = [p + \frac{q}{M + rN(t-\tau)} N(t-1)][M + rN(t-\tau) - N(t-1)][1 + d_1 E_1(t) + d_2 E_2(t) + d_3 E_3(t)] \quad (3.13)$$

式中， p 是创新系数， q 是模仿系数， r 表示重复购买率，这三者取值在(0,1)的范围内； d_1 表示政策因子系数， d_2 表示购买力因子系数， d_3 表示成本因子系数，这三者的取值范围在(-1,1)之间，正号则表示对产品扩散的正向影响，即促进产品扩散；负号则表示对产品扩散的抑制作用； τ 为产品使用期限，即重购时间间隔，与产品市场保有量有关。

由于改进模型中，自变量包含 $N(t-1)$ ，所以模型将计算从 1992 年到 2009 年产品扩散数量，如下表 3.5 所示。

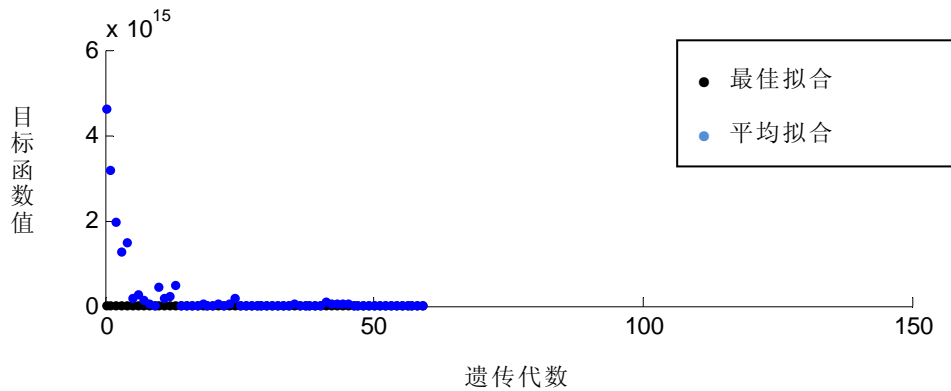
表 3.5 行业产品扩散模型应用数据

年份	t	$n(t)$	$N(t)$	$E_1(t)$	$E_2(t)$	$E_3(t)$
1992	2	41263	61077	0	0.197	0.11
1993	3	71922	132999	0	0.248	0.351
1994	4	104322	237321	0	0.316	0.182
1995	5	153541	390862	0	0.285	0.153
1996	6	175387	566249	0	0.184	0.039
1997	7	225299	791548	0	0.076	0.013
1998	8	256638	1048186	0	0.052	-0.042
1999	9	287217	1335403	0	0.059	-0.033
2000	10	410299	1745702	0.20	0.085	0.051
2001	11	491677	2237379	0	0.070	-0.002
2002	12	653905	2891284	0.20	0.066	-0.023
2003	13	659395	3550679	0	0.080	0.048
2004	14	761203	4311882	0.10	0.124	0.114
2005	15	812565	5124447	0	0.108	0.083
2006	16	915751	6040198	0	0.124	0.06
2007	17	998635	7038833	0	0.158	0.044
2008	18	1056184	8095017	0	0.151	0.105
2009	19	2004042	10099059	0.80	0.090	-0.079

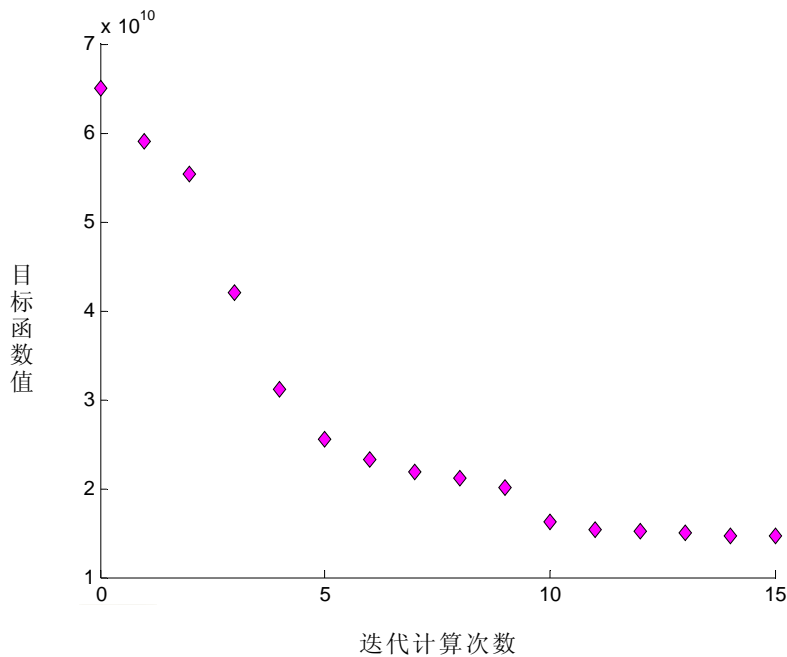
表 3.5 中， t 表示模型中的离散时间序列， E_1 表示政策因素， E_2 表示购买力因素， E_3 表示成本因素， $n(t)$ 表示交叉型乘用车产品的年扩散量， $N(t)$ 表示交叉型乘用车产品的累计扩散量。

首先，确定模型参数的取值范围，鉴于改进模型本身放宽了模型假设条件，认为市场潜量是受环境因素影响而变化的。因此，在进行模型参数估计时， M 采用 2.3.2 的 Bass 模型计算结果 2970 万辆，将其作为初始基础参考值。根据中国汽车市场实际情况，汽车产品的实际使用年限在 10 年左右，定义重购时间间隔 τ 为 10，即超过 10 年后，产品开始出现重复购买的现象， t 时刻重复购买的基数为 $t-\tau$ 的产品扩散量。

采用 GA&NLS 两步参数估计法对原模型和改进模型进行参数估计，计算过程示意图见 3.3。



a) GA 算法



b) NLS 算法

图 3.3 Bass-e 模型两步算法参数估计过程示意图

两个模型的参数拟合结果比较见表 3.6 所示，其中， R^2 表示可决系数。

表 3.6 原模型与改进模型参数估计结果比较

模型类型	参数项	估计值	R^2
Bass	p	0.0018	0.8586
	q	0.21	
Bass-e	p	0.0035	0.9965
	q	0.21	
	r	0.00026	
	d_1	0.62	
	d_2	0.022	
	d_3	-0.89	

由表 3.6 可知，两个模型的创新系数 p 和模仿系数 q 计算结果相近，较一致。而重复购买率 r 仅为 0.00026，说明交叉型乘用车的重复购买率较低，一般早期购买交叉型乘用车产品作为生产资料，再次购车会因为家庭经济收入的提高，消费能力的增强，而选择以乘用车为主的基本乘用车或其他车型。

而政策与购买力因素变量的系数 d_1 、 d_2 为正，说明这两个因素对于产品扩散的影响是递增的；成本因素的系数 d_3 为负，反映了采用者对产品拥有和使用成本的敏感程度，对产品扩散有负影响，这也符合实际的市场规律。

融入重复购买和市场变量的改进模型 Bass-e 的可决系数 R^2 为 0.99，远高于原模型 Bass 的可决系数 0.85，表明其拟合程度更高，其解释力也更高。

3.4.3 产品扩散模型检验

为进一步检验改进模型 Bass-e 的准确度和预测能力，将从曲线拟合度与预测能力分析，这两个方面对 Bass-e 模型进行验证。曲线拟合度可以分析模型对现实情况的解释能力，预测分析则反映了模型对产品未来扩散规律的描述能力。

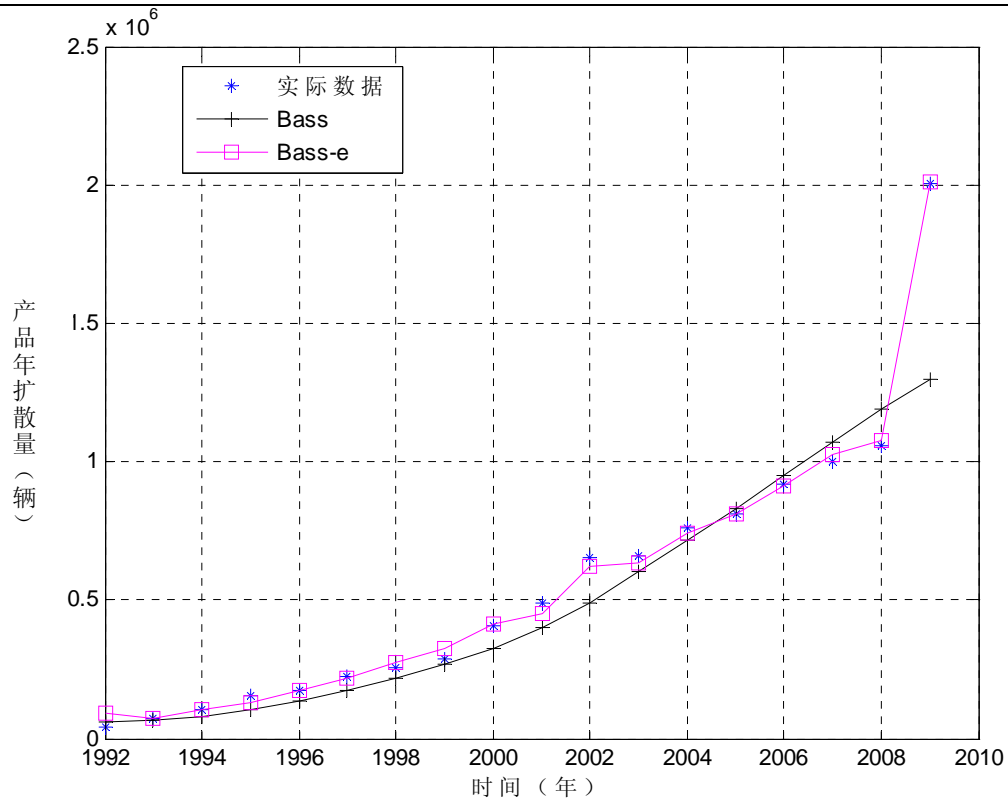
1、曲线拟合度

由表 3.6 的参数估计结果，代入公式(3.2)和(3.13)，可计算出模型估算结果，如表 3.7 所示，对比了实际产品扩散数据与基本 Bass 模型、改进扩散模型 Bass-e 的计算结果。其中， $n(t)$ Bass 表示基本 Bass 模型计算结果； $n(t)$ Bass-e 表示考虑重复购买以及动态市场因素的 Bass-e 模型计算结果。

由表 3.7 的计算结果数据作出两种扩散模型与实际数据的拟合曲线如图 3.4 所示。由图可知，由于数据点足够，拟合时间较长，模型都能够描述扩散基本规律。但是，当以产品年扩散量 $n(t)$ 作为衡量拟合度的参考数据时，发现基本 Bass 在 2000 年后的计算结果与实际数据有较大的偏差，而且可决系数也较低，正是因为产品扩散的进程受到市场环境的影响，实时发生变化，这也反映了市场的实际情况，而改进 Bass-e 模型能够更好的解释现实扩散情景。

表 3.7 1992-2009 年产品实际年扩散数据以及产品扩散模型计算结果比较

年份	t	$n(t)$	$n(t)Bass$	$n(t)Bass-e$
1992	2	41263	57947	98582
1993	3	71922	66663	81176
1994	4	104322	81795	111157
1995	5	153541	103613	132585
1996	6	175387	135439	177134
1997	7	225299	171379	214882
1998	8	256638	216897	270492
1999	9	287217	267857	318568
2000	10	410299	323765	391275
2001	11	491677	401574	438105
2002	12	653905	491626	630392
2003	13	659395	606003	605687
2004	14	761203	715111	753406
2005	15	812565	833288	839536
2006	16	915751	950241	910599
2007	17	998635	1070663	1035266
2008	18	1056184	1188235	1078311
2009	19	2004042	1296972	2014601



2、预测精度分析

为验证改进模型的预测能力，选取 1992-2009 年共 18 个数据作为模型训练数据，预测保留的 2010 与 2011 年数据。采用平均绝对百分误差来检验模型的预测准确性，根据公式(2.14)，在实际预测应用中，MAPE 指标数值越小，说明预测精度越高。

改进模型 Bass-e 中融入市场环境因子，其中，对于政策因素 E_1 ，认为 2010 年利好政策仍然较多，2011 年利好政策减弱；这两年购买力 E_2 和成本 E_3 的趋势采用 2009 年的数值，如表 3.8 所示，各环境因子取值以及改进模型预测结果。

表 3.8 改进模型预测结果

年份	$E_1(t)$	$E_2(t)$	$E_3(t)$	$n(t)$
2010	0.80	0.090	-0.079	2302673
2011	0.50	0.090	-0.079	2180473

再将 2010 与 2011 年预测结果 $n(t)$ 与实际扩散比较，如表 3.9 所示。

表 3.9 原模型与改进模型预测精度比较

模型类型	年份	实际值	预测值	MAPE%
Bass	2010	2532218	1437940	37.71
	2011	2238959	1517724	
Bass-e	2010	2532218	2302673	5.84
	2011	2238959	2180473	

由表 3.9 可知，改进模型 Bass-e 的 MAPE 值仅为 5.84%，而基本模型 Bass 没有考虑市场环境，MAPE 值超过 37%。因此，改进模型 Bass-e 能够较为准确的预测出产品扩散趋势。相比较交叉型乘用车 2009 年 200 万辆的扩散量，2010 年扩散量超过 250 万辆，保持增长态势，而 2011 年扩散量则降至 220 万辆，扩散进程减缓，出现下滑。

3.4.4 产品扩散模型应用

构建模型的目标是能够准确的对未来扩散规律进行定量预测，因此根据改进 Bass-e 模型，对 2012、2013 年的扩散量进行预测计算。预测结果如表 3.10 所示。

表 3.10 应用模型的产品短期预测值

年份	$E_1(t)$	$E_2(t)$	$E_3(t)$	$n(t)$
2012 乐观	0.50	0.10	-0.070	2214585
稳健	0.40	0.090	-0.050	2085658
2013 乐观	0.40	0.11	-0.050	2030637
稳健	0.30	0.10	-0.010	1882516

由表 3.10 可知，环境因素参考专家意见，分别设置乐观以及稳健两种环境情境，政策因素 E_1 认为未来两年利好政策将逐渐减弱，购买力 E_2 将稳步上升，成

本 E_3 将缓慢增加，交叉型乘用车产品在未来两年的扩散增速将放缓。乐观的情境下，相比较 2011 年的年扩散 224 万辆，2012 年能够维持在 221 万辆，2013 年将降低不到 210 万辆；而稳健的情景下，2012 年仅能够达到 203 万辆，2013 年降至 188 万辆。该细分市场产品的年扩散量在未来两年将呈现逐年下滑的态势，这与众多利好政策取消有一定关系，同时，2009-2010 年透支了部分未来销量，造成未来两年该细分市场缺乏增长动力。

3.5 本章小结

汽车产品生命周期的研究成果不少，多数研究成果集中在行业需求预测，针对特定细分市场产品的研究较少，为数不多的研究成果并未结合细分市场产品特点，分析生命周期影响因素，如文献[28]基于基础扩散模型，分析中国私人轿车市场中产品扩散模型，仅考虑了人口因素，并未能够对影响因素进行综合分析。

本章将重复购买以及市场因素综合考虑融入产品扩散模型，以我国交叉型乘用车产品扩散为例，对改进模型进行验证。结果表明，加入市场环境因子，能够在更多信息的条件下，提高计算结果与实际产品扩散情况的拟合程度，能获得高的预测精度。同时，改进扩散模型能够更好诠释产品扩散过程的特征，在实际应用中更加具有参考价值。

改进模型系数计算结果的分析，对该产业发展有一定的启示。为促进交叉型乘用车产业发展，加快产品扩散：一方面，积极的产业政策有重要的正面影响作用；另一方面，企业对于交叉型乘用车产品开发，应重视性价比与可靠性；同时，企业大力加强技术创新，提高产品舒适性与安全性，满足用户新的需求，从而加大重购率，扩大产品的潜在扩散总量，也是比较有效的途径。动态市场环境下产品扩散模型的建立，有效解决了评估市场变化对产品扩散的影响问题，为行业产品生命周期预测提供客观科学的分析工具。

第 4 章 考虑竞争与差异化的多代产品扩散

4.1 多代产品扩散模型

4.1.1 Norton 模型

Bass 模型的一个重要假设就是产品性能不随时间变化，而现实情况中，产品往往由于技术创新，发生更新换代的现象。Norton 和 Bass 根据多代产品之间存在的替代关系，提出产品更新换代的扩散模型^[125]，简称 Norton 模型：

$$\begin{cases} N_1(t) = F(t)M_1 - F(t-\tau_2)F(t)M_1 \\ \quad = F(t)M_1[1 - F(t-\tau_2)] \\ N_2(t) = F(t-\tau_2)[M_2 + F(t)M_1] \\ N_3(t) = F(t-\tau_3)[M_3 + F(t-\tau_2)][M_2 + F(t)M_1] \end{cases} \quad (4.1)$$

式中，定义了 3 代产品， i 表示产品世代，则 $i = \{1, 2, 3\}$ ， $N_i(t)$ 表示第 i 代产品 t 时刻的累计扩散数量； M_i 表示第 i 代产品的市场潜量； $F(t)$ 表示 t 时刻产品的采用率； τ_i 表示第 i 代产品的引入时间，当 $t \leq \tau_i$ ， $F(t-\tau_i) = 0$ 。

从模型中可以看出，由于多代产品之间的替代关系，第 i 代产品的市场潜力包括两部分，一部分是自身的市场潜量；另一部分是由于技术创新对前几代产品的替代作用，而产生的潜在采用者。该模型中， $F(t-\tau_2)F(t)M_1$ 表示第一代产品被第二代产品替代的采用数量。 $F(t)$ 表示基于 Bass 模型的采用率，即 t 时刻累计采用者占总潜在采用者的比例：

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (4.2)$$

基于 Norton 模型，文献[125]对高科技电子产品进行了实证分析。图 4.1 为三代产品更新换代累计扩散量的曲线。

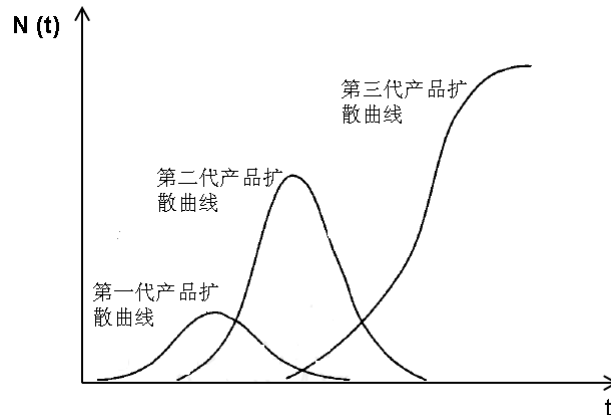


图 4.1 多代产品扩散曲线示意图

Norton 模型是具有重要奠基意义的多代产品扩散的研究，然而该模型有一系列相关的重要假设条件。这些假设包括：世代产品之间仅存在替代关系，即新产品的潜在采用者不会采用老产品，而老产品的部分潜在采用者会被新产品吸引；替代规则从第一代延续到最后一代，即新产品对之前每一代产品都存在替代作用；多代产品的采用扩散过程是同质的，即每代的创新系数与模仿系数相同；同一代产品的采用扩散过程也是同质的，即不分类别等。这些假设条件影响了 Norton 模型的应用，为扩大模型应用的领域，众多研究者提出了 Norton 模型的扩展形式。

4.1.2 多代产品扩散模型扩展研究

文献[102]研究了多代产品的技术扩散与其它产品的关系；文献[126]在 Norton 模型基础上增加了营销组合变量，对牛奶包装容器扩散进行了研究；文献[127]将 Norton 模型应用于 IBM 工作站的扩散研究；文献[128]基于 Norton 模型研究了其它类别产品的扩散数量对目标产品扩散的影响，认为多代产品的潜在采用者人数与其它类别产品的扩散有关；文献[129]将价格因素作为解释变量引入多代产品扩散模型；文献[130]假设 Norton 模型的创新系数与模仿系数是单调变化的而非固定常数；文献[131]认为新一代产品受到该类别产品所有已采用者的影响；文献[132]对中国互联网用户上网方式的更新换代进行研究；文献[133]在多代产品扩散模型中考虑竞争因素。

多代产品扩散的应用研究大多在高科技产品与非耐用产品中进行，基本没有针对汽车产品的研究，这与具体汽车产品世代的划分比较复杂有一定的关系。同时，在扩展模型的构建方面，综合考虑多代产品特征竞争力与产品差异化的模型研究较少。

4.2 考虑产品竞争与差异化的多代产品扩散模型

4.2.1 多代产品扩散模型假设条件

根据附录 C 的调查问卷，影响多代产品生命周期的因素重要程度从大到小排序，依次为法规、消费者满意度、竞争力。而交叉型乘用车两代产品分类本身就已经考虑了法规因素，因此将量化满意度和竞争力两个因素。改进模型将放宽模型假设，定义多代产品之间存在竞争关系，即潜在采用者会在新老产品之间做出选择，在实际产品扩散过程中，老产品一般有价格较低与使用便利的优势，会吸引一部分潜在采用者放弃新一代产品；同时，认为由于用户的满意度不同，因此新老产品存在差异化，其技术、成本、使用等方面存在不同特点，所以二者的扩散过程是异质的，即每代产品的创新系数与模仿系数不同。

4.2.2 多代产品扩散模型结构

首先，考虑多代产品之间的竞争因素，定义竞争因素为 $r_{ij} (i \neq j)$ ，表示第 i 代产品对于第 j 代产品的竞争力。根据文献[128]提出的竞争模型，基于市场潜量 M 的变化，表示世代产品之间的竞争关系：

$$M_i(t) = M_i \prod_{j=1, i \neq j}^n (N_j(t))^{r_{ij}} \quad (4.3)$$

式中， n 表示 t 时刻共有 n 代产品， $M_i(t)$ 表示 t 时刻第 i 代产品的市场采用潜量，与该世代产品的竞争力 r_{ij} 以及其他世代产品的扩散累计量 $N_j(t)$ 有关。

其次，为描述世代产品之间扩散过程的异质性，即定义 p_i 为第 i 代产品的创新系数， q_i 为第 i 代产品的模仿系数，由公式(4.2)，有第 i 代产品的累计扩散率：

$$F_i(t) = \frac{1 - e^{-(p_i + q_i)t}}{1 + \frac{q_i}{p_i} e^{-(p_i + q_i)t}} \quad (4.4)$$

由公式(4.1)，可得到考虑竞争与差异化的 Norton 改进模型：

$$\begin{cases} N_1(t) = F_1(t)M_1(t) - F_2(t - \tau_2)F_1(t)M_1(t) \\ \quad = F_1(t)M_1(t)[1 - F_2(t - \tau_2)] \\ N_2(t) = F_2(t - \tau_2)[M_2(t) + F_1(t)M_1(t)] \\ N_3(t) = F_3(t - \tau_3)[M_3(t) + F_2(t - \tau_2)[M_2(t) + F_1(t)M_1(t)]] \end{cases} \quad (4.5)$$

该模型的应用可以根据具体产品扩散情景，引入竞争与差异化两项因素中的单项或组合的形式进行模型修正。

4.3 交叉型乘用车多代产品市场分析

根据汽车产品特点，从结构方面，包含车身、底盘、动力系统、内外饰等多个子系统；从性能方面，包括动力性、经济性、舒适性等若干特性。汽车产品是一个系统性的复杂产品，较难找出能够表征技术创新的分类特征，所以划分产品世代是关键问题，而尚未有相关研究多代汽车产品扩散规律。本文定义产品重大结构和性能的改进作为划分世代的依据。

2002 年国经贸厅产业 41 号文件发布“关于微型汽车执行新标准有关事项的通知”，对于微型汽车（主要指交叉型乘用车）的安全性提出要求。以此为背景，交叉型乘用车整车企业基于平头微型客车，即客车前舱非常短小，进行了技术创新，改进为凸头微型客车，即前舱微凸出，以保证碰撞后的吸能区域，满足国家相关法规的要求。此次技术创新，带来交叉型乘用车结构与性能上的重大变化，将该细分市场的产品划分为两个世代，平头微型客车为第一代产品，凸头微型客车为

第二代产品。

近年来，交叉型乘用车产品开始向两个方向发展，一是向车体宽大方向，车长 4.5 米左右的产品将增多；二是向舒适性发展，如五菱宏光，功能类似 MPV 车型在加快研发，陆续上市，此变化也是结构与性能上的综合变化，从而第三代交叉型乘用车初见端倪，由于众多此类产品上市不久，所以第三代产品扩散尚未有足够的数据库。与此同时，第一代产品已不再推出新车型，老产品也陆续退出市场，平头微型客车在上汽通用五菱等几家整车厂已停产。

本文统计从 1991 到 2011 年交叉型乘用车两代产品扩散数据进行模型计算，绘制产品实际扩散示意图，如图 4.2 所示。

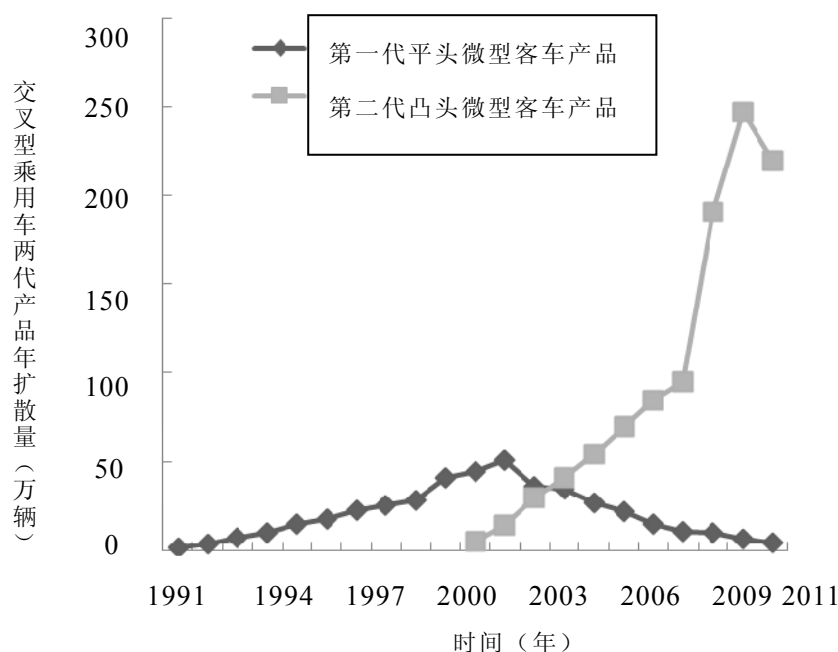


图 4.2 交叉型乘用车两代产品扩散曲线图

4.4 汽车多代产品扩散模型计算

4.4.1 多代产品扩散模型数据

根据多代产品扩散模型结构，见公式(4.4)和(4.5)，自变量为时间，因变量为产品累计扩散量，参数包括多代产品的潜在采用量 M 、创新系数 p 、模仿系数 q 、竞争系数 r 。

自 1991-2009 年的 19 个交叉型乘用车产品的历史扩散数据点，见表 4.1 所示，其中，2011 年第一代平头产品扩散总量未找到相关数据，因此为根据市场情况推测值，由于该车型已在几家整车厂停产，故推测其总扩散量增幅较小。

4.4.2 多代产品扩散模型参数估计

首先，对世代产品的最大市场潜量进行估计。第一代平头交叉型乘用车产品有 19 个扩散数据点，认为数据较充足，因此采用基本 Bass 模型进行参数估计。

以时间为自变量，累计扩散量为因变量，得到第一代产品的最大市场潜量估计值。

表 4.1 多代产品扩散模型应用数据

年份	时间序列	总扩散量（辆）	第一代产品	第二代产品
			总扩散量（辆）	总扩散量（辆）
1991	1	19814	19814	0
1992	2	61077	61077	0
1993	3	132999	132999	0
1994	4	237321	237321	0
1995	5	390862	390862	0
1996	6	566249	566249	0
1997	7	791548	791548	0
1998	8	1048186	1048186	0
1999	9	1335403	1335403	0
2000	10	1745702	1745702	0
2001	11	2237379	2188211	49168
2002	12	2891284	2698257	193027
2003	13	3550679	3060924	489755
2004	14	4311882	3411078	900804
2005	15	5124447	3679224	1445223
2006	16	6040198	3899005	2141193
2007	17	7038833	4048800	2990033
2008	18	8095017	4154418	3940599
2009	19	10099059	4254620	5844439
2010	20	12631277	4317950	8314327
2011	21	14870236	4360000	10510236

上表 4.1 中，定义 1991 年为时间序列 t 的起始点，即 $t=1$ ， $N(t)$ 为产品累计扩散量，第一代产品累计扩散量为 $N_1(t)$ ，第二代产品引入时间是 2001 年，即两代时间间隔 $\tau_2=10$ ，第二代产品累计扩散量为 $N_2(t)$ 。

第一代产品的 Bass 模型参数估计结果如表 4.2 所示。

表 4.2 第一代产品 Bass 模型参数估计结果

模型类型	参数项	估计值
Bass	p	0.057
	q	0.38
	M	4.5×10^6

上表 4.2 中, 第一代最大市场潜力 M 为 450 万辆。根据参数估计结果, 基于 Bass 模型, 模型计算值与实际值拟合曲线如图 4.3 所示。

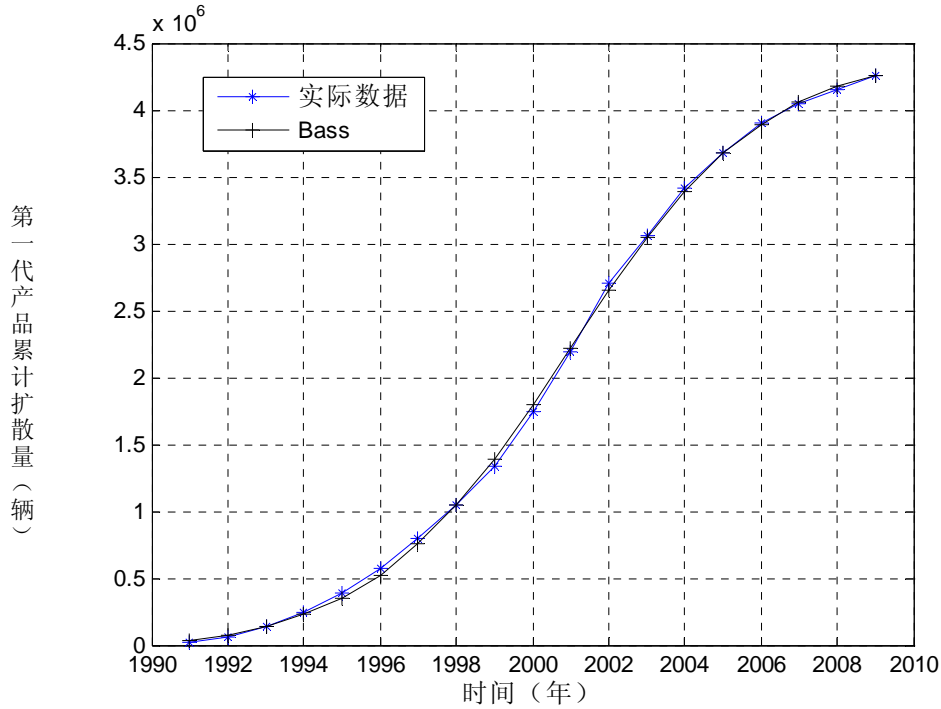


图 4.3 第一代产品 Bass 模型计算结果与实际数据拟合曲线图

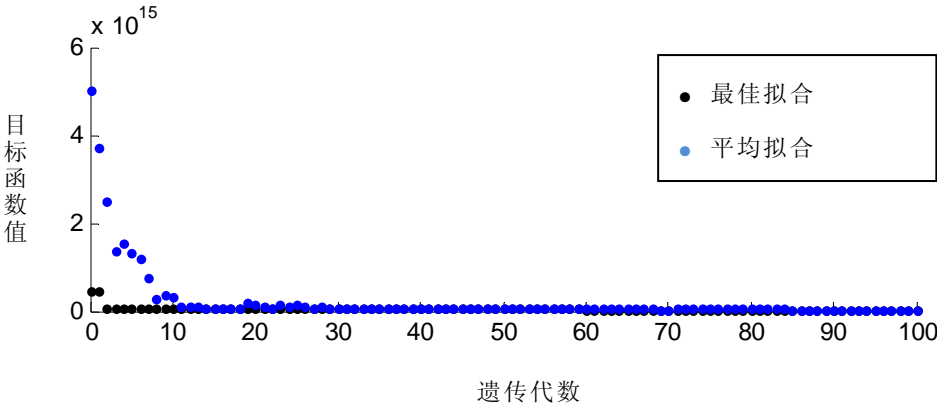
如上图所示, 第一代产品 Bass 模型的拟合程度较高, 参数估计结果可信。

根据第 2 章结论, 交叉型乘用车总市场潜量约为 2970 万, 目前市场上主要存在两代产品, 第一代产品的最大市场潜力 M_1 为 450 万, 则第二代产品市场潜量 M_2 为 2520 万。

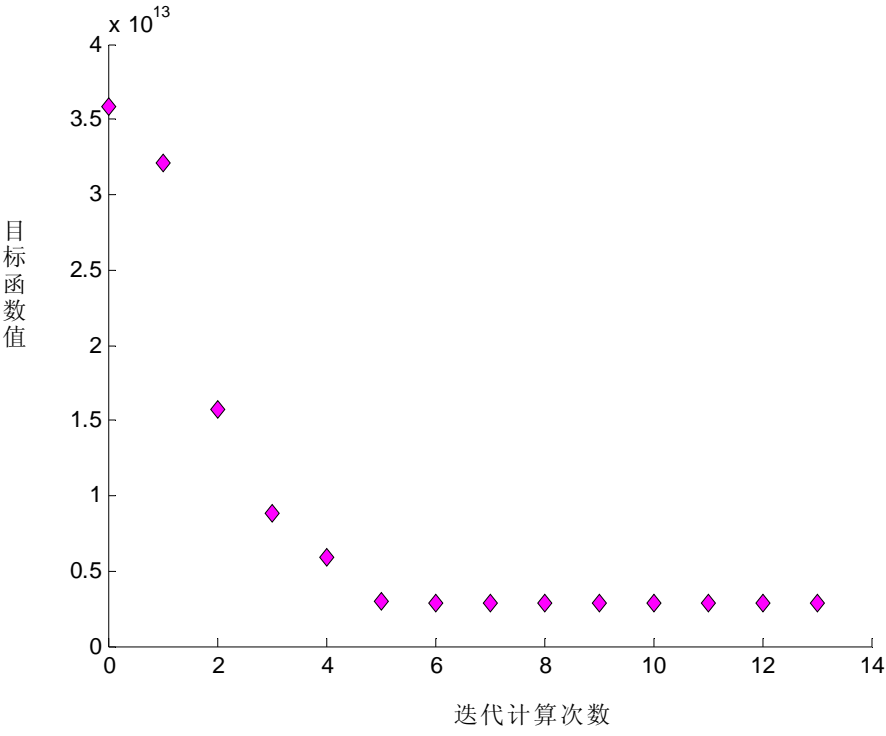
由公式(4.4)和(4.5)建立如下两代产品改进模型:

$$\begin{cases} N_1(t) = M_1(N_2(t))^{r_{12}} \left(\frac{1 - e^{-(p_1 + q_1)t}}{1 + \frac{q_1}{p_1} e^{-(p_1 + q_1)t}} \right) \times \left(1 - \frac{1 - e^{-(p_2 + q_2)(t - \tau)}}{1 + \frac{q_2}{p_2} e^{-(p_2 + q_2)(t - \tau)}} \right) \\ N_2(t) = \left(\frac{1 - e^{-(p_2 + q_2)(t - \tau)}}{1 + \frac{q_2}{p_2} e^{-(p_2 + q_2)(t - \tau)}} \right) \times \left(M_2(N_1(t))^{r_{21}} + M_1(N_2(t))^{r_{12}} \left(\frac{1 - e^{-(p_1 + q_1)t}}{1 + \frac{q_1}{p_1} e^{-(p_1 + q_1)t}} \right) \right) \end{cases} \quad (4.6)$$

式中, r_{12} 表示第一代产品相对第二代产品的竞争力, 能够影响第一代产品的市场潜量发生变化; p_1 和 q_1 表示第一代产品的创新系数和模仿系数; r_{21} 表示第二代产品相对第一代产品的竞争力, 能够影响第二代产品的市场潜量发生变化; p_2 和 q_2 表示第二代产品的创新系数和模仿系数。对基本 Norton 模型和改进 Norton-e 模型分别采用 GA&NLS 两步参数估计法进行计算, 过程示意图见 4.4-4.5。

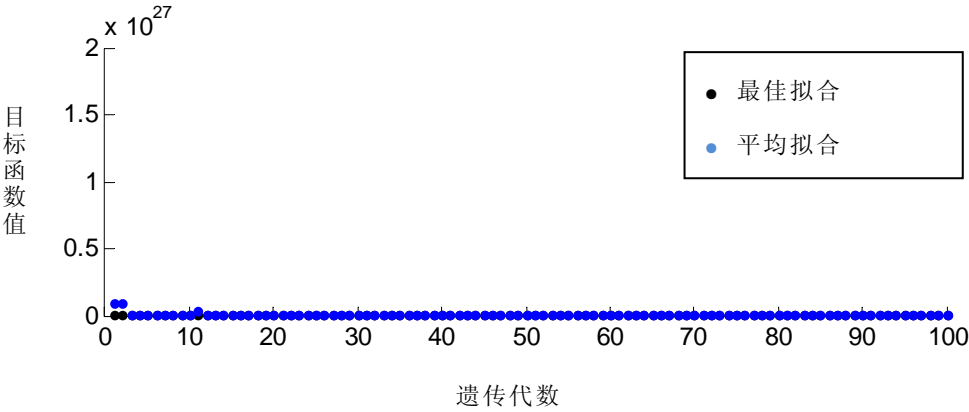


a) GA 算法

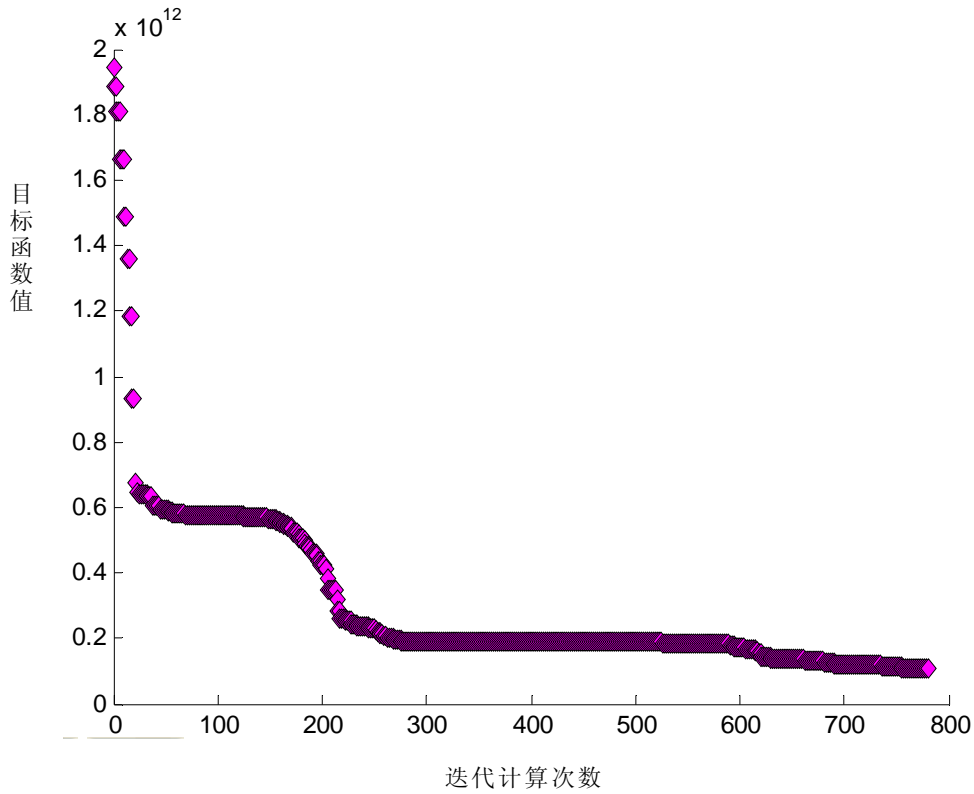


b) NLS 算法

图 4.4 Norton 模型两步算法参数估计过程示意图



a) GA 算法



b) NLS 算法

图 4.5 Norton-e 模型两步算法参数估计过程示意图

基本 Norton 模型和改进 Norton-e 模型的参数估计结果见表 4.3 所示。

表 4.3 原模型与改进模型参数估计结果比较

模型类型	参数项	估计值	R^2
Norton	p	0.002	0.96
	q	0.48	0.98
Norton-e	p_1	0.0076	0.9996
	q_1	0.32	
	p_2	0.0019	
	q_2	0.33	0.9982
	r_{12}	0.0067	
	r_{21}	0.052	

由表 4.3 可知，两个模型中，两代产品的创新系数 p 比模仿系数 q 都小了两个数量级，说明对于两代产品，模仿采用更加重要，其扩散的主要动因在于口碑宣传，这与第 2 章交叉型乘用车产品整体扩散分析一致；第一代产品的创新系数 p_1 较第二代产品 p_2 高，也反映了在该细分市场形成之初，创新采用者为打开市场所做出的贡献，这些均与市场实际情况相符。而在考虑世代产品异质性因素时，第二代产品的模仿系数 q_2 高于第一代的模仿系数 q_1 ，这能够解释技术创新带来的产品特性的提高对于模仿系数的正面影响作用，即产品的技术创新能够吸引更多的

潜在采用者。同时，考虑竞争因素时，第二代产品的竞争系数 r_{21} 高于第一代产品 r_{12} ，这说明第二代产品的竞争力更强，这也与实际情况相符。同时，融入差异化和竞争关系的改进模型 Norton-e 的可决系数 R^2 为 0.9996 和 0.9982，高于原模型 Norton0.96 和 0.98，表明其拟合程度更高，其解释力也更高。

4.4.3 多代产品扩散模型检验

为进一步检验改进模型 Norton-e 的准确度和预测能力，将从曲线拟合度与预测能力分析这两个方面对 Norton-e 模型进行验证。

1、曲线拟合度

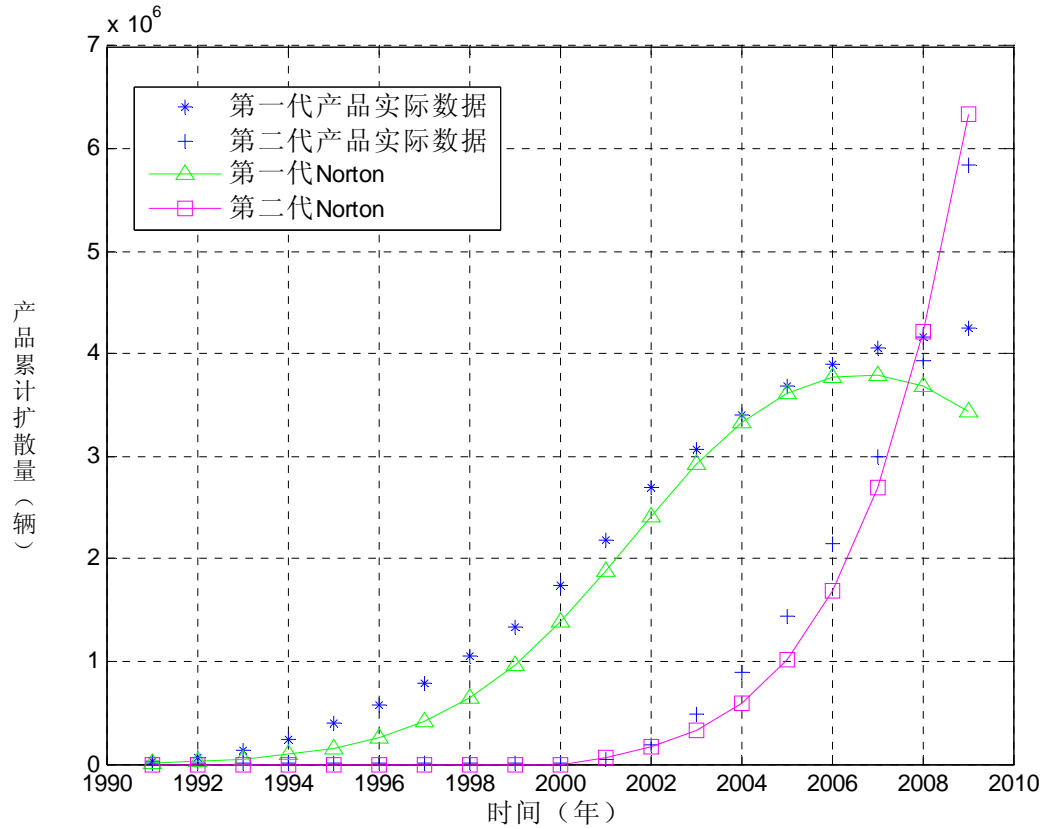
根据表 4.3 参数估计结果，可根据公式(4.1)和(4.6)计算基础模型 Norton 和改进模型 Norton-e 的产品扩散计算结果，见表 4.4 所示。

表 4.4 1991-2009 年产品实际年扩散数据以及模型计算结果比较

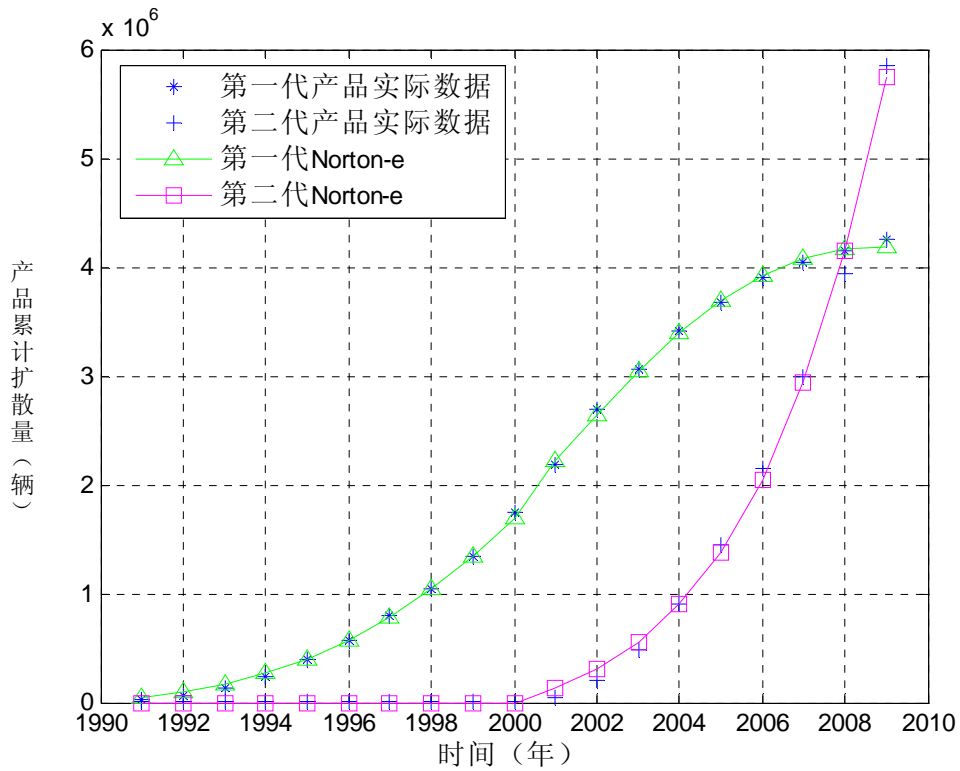
年份	t	$N_1(t) Norton$	$N_2(t) Norton$	$N_1(t) Norton-e$	$N_2(t) Norton-e$
1991	1	9918	0	39964	0
1992	2	25913	0	94471	0
1993	3	51616	0	168222	0
1994	4	92684	0	266945	0
1995	5	157707	0	397209	0
1996	6	259191	0	565869	0
1997	7	414080	0	778971	0
1998	8	642597	0	1040066	0
1999	9	963419	0	1348166	0
2000	10	1383803	0	1696017	0
2001	11	1883341	59703	2219199	124877
2002	12	2416173	159108	2643153	302950
2003	13	2917934	322907	3045056	552877
2004	14	3330970	589078	3402003	901675
2005	15	3621200	1014679	3699796	1383508
2006	16	3777212	1682328	3929223	2044132
2007	17	3798537	2703804	4086042	2940566
2008	18	3685515	4212505	4168945	4144077
2009	19	3437739	6331638	4182779	5740013

其中， $N_1(t) Norton$ 表示基本模型计算第一代产品累计扩散值； $N_2(t) Norton$ 表示基本模型计算第二代产品累计扩散值； $N_1(t) Norton-e$ 表示改进模型计算第一代产品累计扩散值； $N_2(t) Norton-e$ 表示改进模型计算第二代产品累计扩散值。根

据表 4.4 计算结果，两个多代产品扩散模型的拟合曲线分别如图 4.6 a)、b) 所示。



a) 多代产品扩散模型 Norton



b) 改进的多代产品扩散模型 Norton-e

图 4.6 多代产品扩散模型计算数据与实际数据拟合曲线图

由图 4.6 可知, 由于数据点足够, 拟合时间较长, 两种模型都能够描述多代产品扩散基本规律, 但融入竞争和差异化的改进模型明显拟合效果更好。例如图中对第一代产品的拟合曲线无论是在产品成长期 2000 年之前还是产品步入成熟期 2007 年之后, 改进模型 Norton-e 的拟合度更高。对第二代产品的拟合分析也可以得到相同的结论, 因此验证了改进模型的适用性, 能够对多代产品扩散实际情况进行较好的描述。

2、模型预测精度分析

相比较对于实际扩散情况的解释, 预测精度的比较对于检验模型更有实际的意义。由于 2011 年第一代产品的数据没有真实数据, 仅为推测值, 所以在此仅根据改进模型, 对 2010 年的数据进行预测验证比较, 结果如表 4.5 所示。

表 4.5 原模型与改进模型预测精度比较

模型类型	代序列	年份	实际值	预测值	MAPE%
Norton	第一代	2010	4317950	2933671	60.01
	第二代	2010	8314327	1001062	
Norton-e	第一代	2010	4317950	4112791	5.45
	第二代	2010	8314327	7802597	

由表 4.5 可知, 通过对 2010 年两代产品扩散值预测结果和实际值的比较, Norton-e 的综合预测 MAPE 值仅为 5.45%, 远远低于基础 Norton 的 60%, 改进模型 Norton-e 在预测精度上更高, 更适用于现实情况下, 产品更新换代的预测分析。

4.4.4 多代产品扩散模型应用

通过多代产品扩散模型, 预测多代产品扩散规律, 对企业技术创新、产品更新换代有重要参考意义。根据参数估计结果表 4.3 建立多代产品扩散模型:

$$\begin{cases} N_1(t) = 4.5 \times 10^6 (N_2(t-1))^{0.0067} \left(\frac{1 - e^{-0.3276t}}{1 + 42.11e^{-0.3276t}} \right) \times \left(1 - \frac{1 - e^{-0.3319(t-10)}}{1 + 173.68e^{-0.3319(t-10)}} \right) \\ N_2(t) = \left(\frac{1 - e^{-0.3319(t-10)}}{1 + 173.68e^{-0.3319(t-10)}} \right) \\ \quad \times \left(2.52 \times 10^7 (N_1(t-1))^{0.0052} + 4.5 \times 10^6 (N_2(t-1))^{0.0067} \frac{1 - e^{-0.3276t}}{1 + 42.11e^{-0.3276t}} \right) \end{cases} \quad (4.7)$$

式中, $N_1(t)$ 表示第一代产品扩散预测值, $N_2(t)$ 表示第二代产品扩散预测值, $N(t)$ 表示市场扩散总量, 其中, 竞争因素 r 自变量采用 $t-1$ 时刻的扩散量。多代产品扩散具体预测结果, 如表 4.6 所示。

表 4.6 应用改进模型的两代产品短期预测值

年份	$N_1(t)$	$N_2(t)$	$N(t)$
2011	3946732	10706673	14653405
2012	3734207	13986032	17720239

由表 4.6 可知, 2011 年预测的结果第一代产品累计扩散总量 $N_1(t)$ 和第二代产

品累计扩散总量 $N_2(t)$ 之和达到 146 万辆，与 3.4.4 中的行业扩散累计总数预测值基本符合，也同实际扩散量吻合。但 2012 年的预测值，由于多代产品扩散模型中未考虑市场因素，因此与第 3 章考虑市场因素的总量预测有偏差。

根据预测结果，可以作出两代产品扩散趋势曲线，如图 4.7 所示。

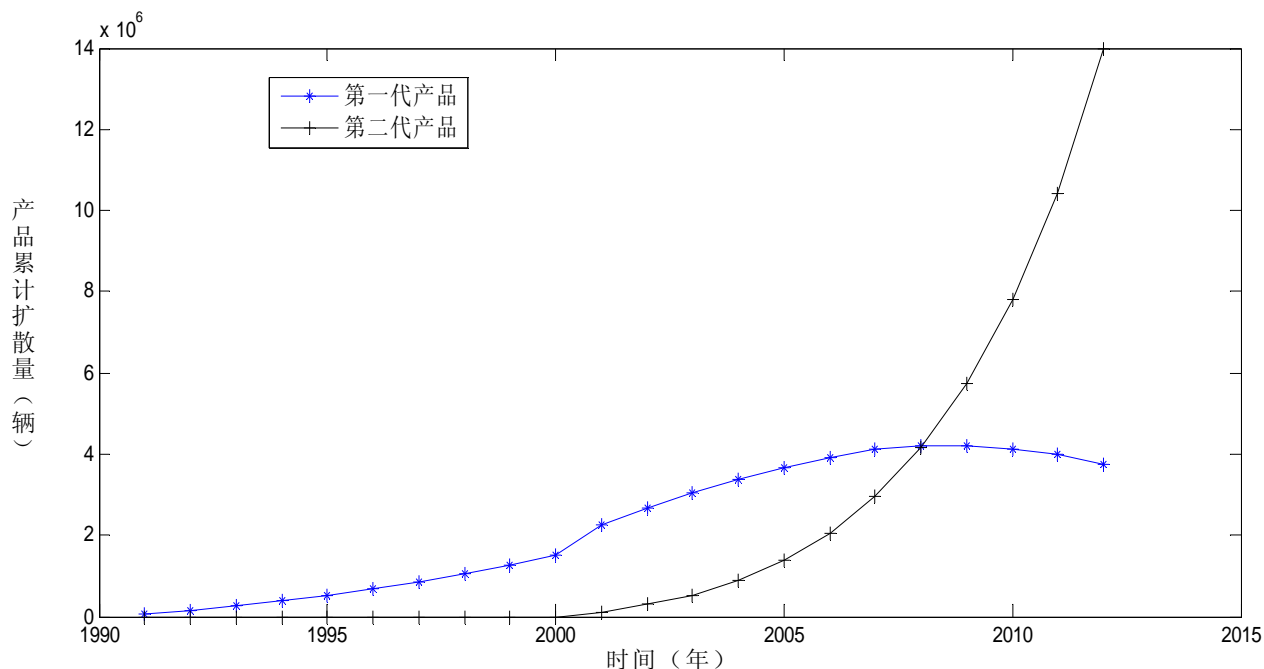


图 4.7 两代产品短期预测示意图

从图 4.7 可知，第一代产品市场开始萎缩，进入衰退期；第二代产品继续成长，有望步入成熟期。根据上述分析的两代汽车产品的扩散情况，企业应进行产品的技术创新，快速占据第三代产品的领先地位。实际上，在交叉型乘用车行业，企业已经开发第三代产品并投放市场。如“五菱宏光”为代表的紧凑型商务车，该车在传统交叉型乘用车的基础上，发动机前置，更加倾向乘用车性，以满足用户不断提高的驾乘舒适性要求；长安“金牛星”在 C-NCAP 安全碰撞中达到准五星安全标准，并追求轿车化的设计和配置，发动机配置的 STT 智能节油系统实现双效节油；郑州日产的“NV200”是基于轿车平台设计的厢式车；奇瑞为应对高油价，推出柴油版交叉型乘用车“优优”。但是第三代产品明确的技术特征仍然需要接受市场用户的选择与检验。

4.5 本章小结

多代产品生命周期的研究成果较少，为数不多研究成果集中在电子信息与通讯产业；而以汽车产品技术更新，产品换代生命周期为研究对象的更少，仅有的研究成果都定性分析为主，如文献[31] 定性分析某品牌轻型客车年度车型发展。

本章将产品竞争与差异化因素综合考虑，融入多代产品扩散模型，以我国交叉型乘用车产品扩散为例，对技术创新引发的产品更新换代——第一代平头微型

客车和第二代凸头微型客车进行实证研究，对改进模型进行验证。结果表明，在更多信息的条件下，改进模型能够提高计算结果与实际数据的拟合程度；运用该改进模型的产品预测，能获得高的预测精度。改进多代产品扩散模型的建立，解决了世代产品之间竞争与差异化的问题，能够更好诠释多代产品扩散过程的特征，在行业多代产品生命周期分析预测的实际应用中更加具有参考价值，是企业进行技术创新、产品更新换代的有效工具。

第 5 章 面向行业竞争的品牌产品扩散

5.1 品牌产品扩散模型

企业在市场竞争中,更为关注本企业品牌产品的竞争力与产品生命周期情况,以制定相关的品牌产品策略,包括营销组合、技术创新与产品换代等。然而品牌产品的生命周期与扩散模型研究成果与现实应用仍有距离。

5.1.1 品牌产品扩散研究现状

目前的品牌产品研究大多集中在定性分析上,结合品牌产品扩散的定量研究不多,主要是因为:品牌产品的扩散数据统计搜集较为困难;由于影响因素很多,品牌产品拥有最不确定的产品生命周期;产品扩散模型的理论基础是技术创新理论,其理论基础与品牌扩散研究不相符^[131]。

因此,品牌产品的扩散研究是 Bass 模型的重要改进,对于 Bass 模型中的一些假设条件进行了定义,包括一种创新的扩散独立于其它创新;采用者是同质的:扩散不受市场营销战略的影响;无重复购买等。

为数不多的品牌产品研究成果主要集中在电子产品^{[103][131]}、通讯服务^[107]、家电产品^[156]、软件产品^{[157][158]}、药品^{[98][159][160]}、汽车配件^[161]等;面向新品牌进入影响的研究较多,主要包括新品牌的替代竞争作用^{[131][162]};仿冒对品牌的影响^{[103][157][161]};重复购买对品牌扩散的影响^{[107][159][160]};营销变量的变化引起品牌扩散响应的敏感程度发生变化^{[98][104][105][159][160]}等。

以往的研究并没有综合考虑品牌产品所在的行业市场因素,并且应用于汽车的研究较少,以特定细分市场车型为研究对象的成果更少。

5.1.2 典型品牌产品扩散模型

1、新老品牌产品竞争扩散模型

文献[103]假设市场上某产品有三种品牌,分别为 i 、 j 、 k ,提出了新老品牌产品竞争扩散模型:

$$\begin{aligned} n_i(t) &= \frac{dN_i(t)}{dt} \\ &= [p_i + q_i N_i(t)] \times [m_i - N_i(t)] + r_{ij} N_i(t) [m_j - N_i(t)] + r_{ik} N_i(t) [m_k - N_i(t)] \end{aligned} \quad (5.1)$$

式中, $n_i(t)$ 表示品牌 i 在 t 时刻的扩散量, $N_i(t)$ 表示品牌 i 的累积扩散量, p_i 表示品牌 i 的创新系数; q_i 表示品牌 i 的模仿系数与潜在采用者的比值; r_{ij} 则表示品牌 i 对品牌 j 的竞争力,即表示由于模仿因素,品牌 i 吸引了品牌 j 的部分采用

者，同理， r_{ik} 则表示品牌 i 对品牌 k 的竞争力。该模型适用于品牌数量较少并且相对稳定的产品扩散研究。

2、考虑营销组合的品牌产品扩散模型

文献[104]对营销组合在品牌产品扩散中的影响作用进行了研究，提出了包含价格和广告因素的品牌产品扩散模型：

$$n_i(t) = \frac{dN_i(t)}{dt} \left[p_i(t)x_0 + x_i n_i(t) a_i(t)y_0 + y_i n_i(t) \right] \quad (5.2)$$

式中， $\left[p_i(t)x_0 + x_i n_i(t) a_i(t)y_0 + y_i n_i(t) \right]$ 表示价格与广告因素对品牌产品扩散带来的影响作用。 $p_i(t)$ 表示品牌 i 在 t 时刻价格， $a_i(t)$ 则表示 t 时刻广告投入。 x 是价格变量的系数， y 是广告变量的系数。

文献[105]是国内研究成果，建立广告作用下，两种品牌产品的竞争扩散模型：

$$n_1(t) = \frac{dN_1(t)}{dt} = r_1 \left[a_1 + N_1(t) \right] \left[1 - \frac{N_1(t)}{M_1} - c_1 \frac{N_2(t)}{M_2} \right] \quad (5.3)$$

式中， a_1 表示品牌 1 在广告上的投入， c_1 表示品牌 1 对品牌 2 的竞争力。

以上两种模型，都需要品牌产品在价格和广告的实践数据，然而，营销组合相关数据，一般属于企业内部信息，搜集整理较困难。

3、仿冒品牌产品竞争模型

文献[157]根据软件产品存在盗版的现象，分析了正版与盗版软件产品之间的扩散影响作用。

假设创新采用者只会购买正版软件，而模仿采用者会受到正版和盗版产品的相互竞争影响，即一部分 a 采用正版软件；一部分 $1-a$ 采用盗版软件：

$$x(t) = \frac{dX(t)}{dt} = \left[p + a \frac{q_1 X(t) + q_2 Y(t)}{N(t)} \right] [N(t) - X(t) - Y(t)] \quad (5.4)$$

$$y(t) = \frac{dY(t)}{dt} = \left[(1-a) \frac{q_1 X(t) + q_2 Y(t)}{N(t)} \right] [N(t) - X(t) - Y(t)] \quad (5.5)$$

式中， $N(t)$ 为 t 时刻电脑的累计拥有量，认为是软件的市场潜量， $X(t)$ 为 t 时刻正版软件的累计采用者数量， $Y(t)$ 为 t 时刻盗版的累计采用者数量， p 表示创新采用系数， q_1 是正版采用者的模仿系数， q_2 为盗版采用者的模仿系数， a 表示购买正版的比例。

该模型适用于先入者与模仿者两个品牌之间的竞争扩散关系。

4、基于消费者决策的品牌产品扩散模型

文献[131]指出采用者对于产品类别和产品品牌的采用决策是不同的，针对新品牌对老品牌的影响提出了考虑消费者决策的品牌产品扩散模型。

在产品类别的大环境下，品牌 i 的采用概率：

$$F_i(t) = \frac{q_i}{q} \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} + \frac{p}{q} \left(\frac{p_i}{p} - \frac{q_i}{q} \right) \ln \frac{1 + \frac{q}{p}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (5.6)$$

该模型较为复杂，对于参数估计计算有较高的要求。

5.2 行业竞争下品牌产品扩散模型

5.2.1 品牌产品扩散模型假设条件

从已有的品牌产品扩散研究成果来看，大多数研究是基于 Bass 模型。本文也将 Bass 作为基础模型。由附录 C 调查问卷，得到品牌产品生命周期影响因素重要度排序，从大到小依次为，行业内品牌数量、品牌占有率、产品用户满意度、品牌营销策略。因此，改进模型关注于行业竞争与扩张对品牌产品扩散产生的影响，因此定义假设条件为：特定品牌采用者的采用过程是同质的；产品性能和地域界限固定不变；不受供给的约束。放宽的假设包括，品牌产品市场潜量是变化的；品牌产品扩散与市场环境有关；品牌产品扩散受到品牌竞争力的影响。

5.2.2 品牌产品扩散模型结构

品牌产品扩散的模型结构可以借鉴第 3 章中，考虑动态市场环境的扩散模型，建立行业竞争环境下品牌产品扩散模型：

$$n(t) = \left[p + \frac{q}{M} N(t) \right] [M - N(t)] C(t) \quad (5.7)$$

式中， $C(t)$ 表示行业竞争因素变量的综合修正值。定义其包括行业内品牌数量变化率、行业总扩散变化率等因子。该模型应用的关键也在于构建竞争因素变量集合，首先搜寻该品牌产品相关的竞争环境变量，根据实际情况量化竞争变量，将所有相关变量组合融入扩散模型进行分析。

5.3 交叉型乘用车品牌产品分析

5.3.1 交叉型乘用车市场结构

由于交叉型乘用车价格偏低，具有规模效益，只有达到一定的规模才能盈利，因此，该细分市场在乘用车中是市场集中度最高的，品牌数目不多，从品牌产品扩散分析可知，目前交叉型乘用车行业的市场格局分为三个阵营，五菱领跑，长安跟进，东风、一汽佳宝等跟跑，其余一些新品牌，如奇瑞、海马、力帆、航天成功等企业也已进入该细分市场。自 2000 年以来年的主要品牌产品扩散量示意图如 5.1 所示。

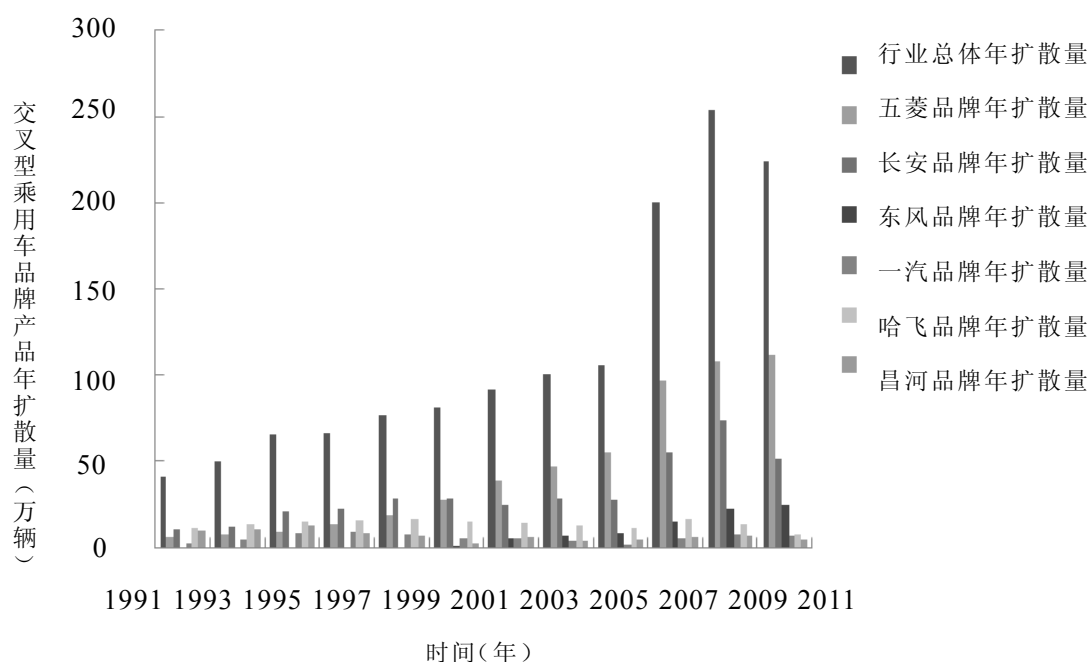


图 5.1 交叉型乘用车主要品牌产品历年扩散情况

2000 到 2004 年长安品牌位居第一。而五菱品牌自从 2005 年开始超过长安，其市场稳步增长，逐渐占据近半数份额。

同时，长安仍然保持 20% 以上的市场占有率，并且积极调整战略，重组了交叉型乘用车中具有重要地位的哈飞汽车与昌河汽车。

东风渝安作为该市场的新进入者，产品扩散速度也较快，是市场中表现较好的新入者与积极的跟跑者。

总体看来，该细分市场一方面呈现不均衡性，即市场集中度高，以 2011 年为例，五菱、长安、东风三个品牌市场占有率 75.2%^[1]；另一方面竞争十分激烈，新进入的众多品牌加剧了市场竞争。下面将针对细分市场中有代表性的三个品牌产品，五菱、长安、东风进行分析。

5.3.2 五菱品牌产品分析

作为交叉型乘用车行业中的一家重要企业，五菱是近年发展较快的品牌。2000 年该品牌的市场占有率只有 14%，到 2011 年已经达到 49.7%，福布斯杂志曾经对该品牌产品作过详细的报道^[163]，已有 500 多万辆五菱品牌交叉型乘用车行驶在中国的道路上。

五菱品牌的竞争优势主要表现在产品优势与营销组合优势。五菱品牌产品准确的满足了用户需求，而其在汽车车身和小排量发动机方面的技术优势，为产品开发提供了重要的保障。同时，五菱还具有高覆盖率的营销网络和健全的售后服务体系，2011 年五菱完成了县级网络布局，并将加大乡镇网络建设。

代表产品五菱之光，是国内第一款利用国内先进技术自主开发的新车型，在不安装安全气囊的前提下，第一批通过“正面碰撞乘员保护”试验验证，该车行驶

安全，外形美观大方、经济实用，拥有宽敞的车内空间；五菱荣光产品是为满足用户大空间需求而推出的换代产品，与传统交叉型乘用车相比，长宽高都作出全面加大，在底盘技术升级改造基础上，保持整车比例协调，拥有宽大的乘坐和载货空间。

5.3.3 长安品牌产品分析

长安是交叉型乘用车中的老品牌，2005 年前占据细分市场第一的位置，长安汽车在营销组合方面较为灵活。其针对农村市场对空间、承载、经济性和养护成本等要求推出了多款产品，率先进入农村市场并取得成功。在市场上的渠道和服务网络建设方面，实施了“千店万点”工程，提出了“只修不换”与“修车不花钱”等，满足用户对产品购买以及维护的高便利与低成本的需求。

代表产品包括长安之星 II 代，采用 23 项专利技术，288 项技术升级和 800 多项零部件升级，并通过积极地开展国际合作，全面提高整车品质；长安之星 S460，是针对市场推出的宽大交叉型乘用车，具有车身宽大、空间大、底盘牢固、操控稳定、动力强劲、维护成本低等特点。

5.3.4 东风品牌产品分析

东风公司和渝安公司合资的东风渝安，发挥了国有企业和民营企业的优势互补，国有企业实力强、品牌响、有技术优势，而民营企业运营机制灵活。因此在交叉型乘用车市场上，东风渝安产品市场定位准确，营销策略灵活，主要关注二级、三级市场，以“农村包围城市”的营销路线建立了 500 多家销售网络和 800 多家服务网络，覆盖了全国所有的地级市，由此带来的产品扩散较为迅速。

其代表产品东风小康定位在中低端市场，具有高性价比的优势，并借助了东风品牌在汽车用户心中的地位。自 2005 年上市以来，东风小康快速增长，于 2007 年产品通过国际权威机构的全面审核，率先获得欧盟国家技术标准认证，是交叉型乘用车行业中新进入者的典型代表。

5.4 汽车品牌产品扩散模型计算——以“五菱”品牌产品为例

5.4.1 五菱品牌产品扩散模型数据

根据以上对交叉型乘用车品牌产品市场分析，定义行业竞争变量，选取两个品牌竞争因子，包括品牌竞争因素，用生产厂商的数量变化率来表示行业竞争因素，生产厂家越多，说明竞争环境越激烈；市场扩张因素，用行业年扩散量变化率来表示行业市场扩张因素。

采用从 2000 到 2009 年五菱品牌交叉型乘用车产品扩散的年统计数据对品牌产品扩散模型进行验证，相关数据来源于历年中国汽车工业年度统计年鉴。

表 5.1 五菱品牌产品扩散模型应用数据

年份	时间序列	行业年扩散 量(辆)	五菱年扩 散量(辆)	五菱累计扩 散量(辆)	品牌数 量	品牌竞 争因素	行业扩 张因素
2000	1	410299	58334	179862	11	0	0.43
2001	2	491677	66684	238196	10	-0.090	0.20
2002	3	653905	88073	304880	9	-0.10	0.33
2003	4	659395	129279	392953	9	0	0.010
2004	5	761203	182472	522232	9	0	0.15
2005	6	812565	269044	704704	13	0.44	0.070
2006	7	915751	384939	973748	17	0.31	0.13
2007	8	998635	470697	1358687	18	0.060	0.090
2008	9	1056184	545509	1829384	16	-0.11	0.060
2009	10	2004042	962264	2374893	25	0.56	0.90
2010	11	2532218	1074851	3337157	26	0.040	0.26
2011	12	2238959	1113122	4412008	26	0	-0.11

由表 5.1 可知，经整理有 12 个产品历史扩散数据点，定义交叉型乘用车产品年扩散量为 $n(t)$ ，五菱品牌产品年扩散量为 $n_w(t)$ ，五菱品牌累计产品扩散量为 $N_w(t)$ ，生产厂商数量为 $f(t)$ ，品牌竞争因素为 $C_1(t)$ ，市场扩张因素为 $C_2(t)$ ：

$$C_1(t) = \frac{f(t) - f(t-1)}{f(t-1)} \quad (5.8)$$

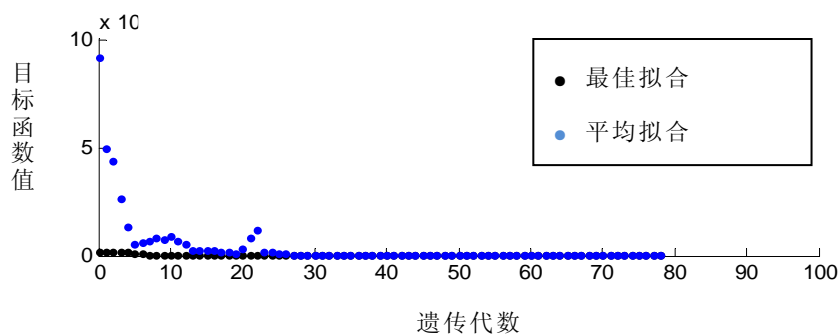
$$C_2(t) = \frac{n(t) - n(t-1)}{n(t-1)} \quad (5.9)$$

5.4.2 五菱品牌产品扩散模型参数估计

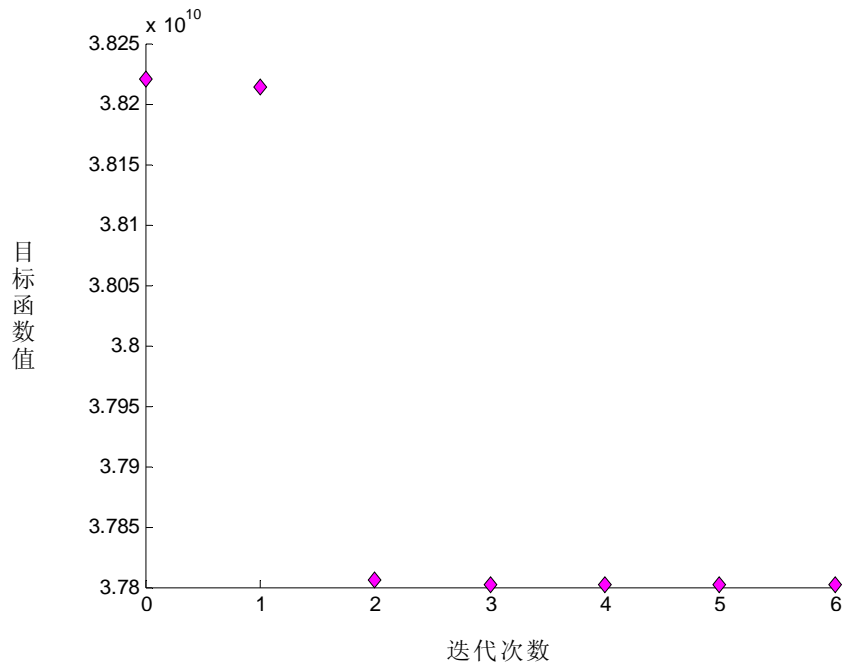
根据交叉型乘用车品牌产品扩散特征，建立品牌产品扩散模型 Bass-brand：

$$n_b(t) = [p + \frac{q}{M} N(t)][M - N(t)][1 + b_1 C_1(t) + b_2 C_2(t)] \quad (5.10)$$

式中， b_1 表示竞争因素的系数； b_2 表示行业扩张因素系数。基本 Bass 和改进 Bass-brand 模型分别采用两步算法，计算过程示意图见 5.2-5.3。

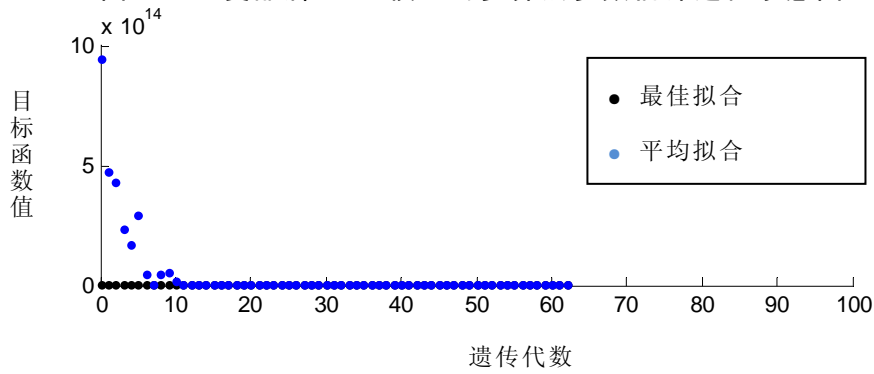


a) GA 算法

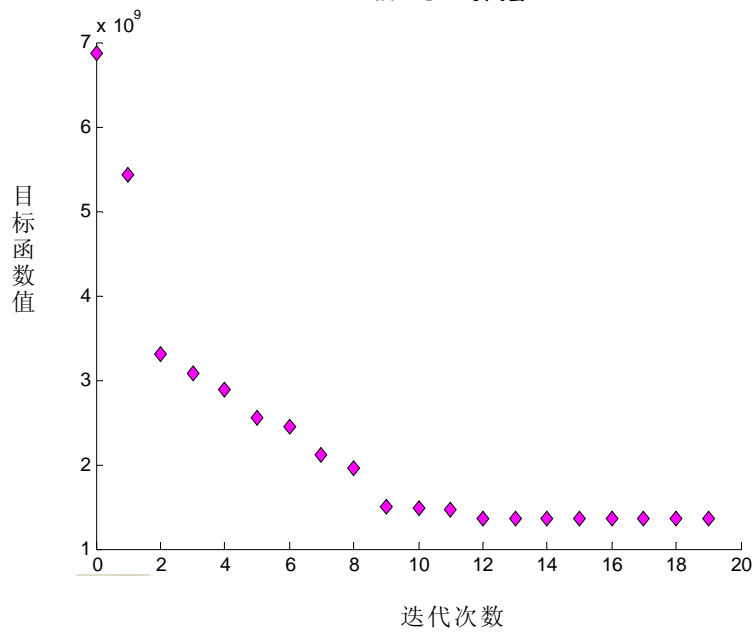


b) NLS 算法

图 5.2 五菱品牌 Bass 模型两步算法参数估计过程示意图



a) GA 算法



b) NLS 算法

图 5.3 五菱品牌 Bass-brand 模型两步算法参数估计过程示意图

根据第 2 章交叉型乘用车产品扩散的结论, 该细分市场保有量约为 2970 万, 再由五菱品牌产品扩散历史数据, 其最优年扩散曾达到总量的 51.6%, 因此, 定义其最大市场潜量为 1534 万。两个模型的参数拟合结果见表 5.2 所示。

表 5.2 原模型与品牌产品扩散模型参数估计结果比较

模型类型	参数项	估计值	R^2
Bass	p	1.8×10^{-14}	0.9485
	q	0.4381	
Bass-brand	p	7.8×10^{-14}	0.9982
	q	0.3557	
	b_1	0.4554	
	b_2	0.1011	

由表 5.2 可知, 参数估计结果也具有一定的实际意义, 两个模型中, 创新系数 p 比模仿系数 q 了较多, 说明对于该品牌产品模仿创新更加重要, 其扩散的主要动因在于口碑宣传, 这与市场实际情况相符。而制造厂商数量增加导致的竞争因素变量 $C_1(t)$ 的系数 b_1 为正, 说明该因素对于品牌产品扩散的影响是递增的, 表示该品牌的竞争力是较强的。行业总扩散因素 $C_2(t)$ 的系数 b_2 为正, 说明行业扩张对品牌产品有正向的影响。改进模型 Bass-b 的可决系数为 0.9982, 高于基础模型 Bass 的 0.9485, 表明模型的拟合度更高, 更能解释现实品牌扩散情景。

5.4.3 五菱品牌产品扩散模型检验

为进一步检验改进模型 Bass-brand 准确度和预测能力, 将从曲线拟合度与预测能力分析这两个方面对 Bass-brand 模型进行验证。

1、曲线拟合度

由表 5.2 参数估计结果, 代入公式(3.2)和(5.10)分别计算, 见表 5.3 所示。

表 5.3 2000-2009 年五菱品牌产品实际扩散数据以及模型计算结果比较

年份	$n_w(t)$	$n_w(t)$ Bass	$n_w(t)$ Bass-brand
2000	58334	73079	65964
2001	66684	96408	81628
2002	88073	122853	104993
2003	129279	157415	136304
2004	182472	207394	182229
2005	269044	276412	289179
2006	384939	374920	373982
2007	470697	509116	456290
2008	545509	662413	547434
2009	962264	825219	961622

上表 5.3 所示, $n_w(t)$ 表示五菱品牌产品扩散的真实数据, $n_w(t)_{Bass}$ 表示基础模型 Bass 的计算结果, 和 $n_w(t)_{Bass-brand}$ 表示改进模型的产品扩散计算结果, 根据表 5.3 模型计算结果, 作出两种模型的拟合曲线比较如图 5.4 所示。

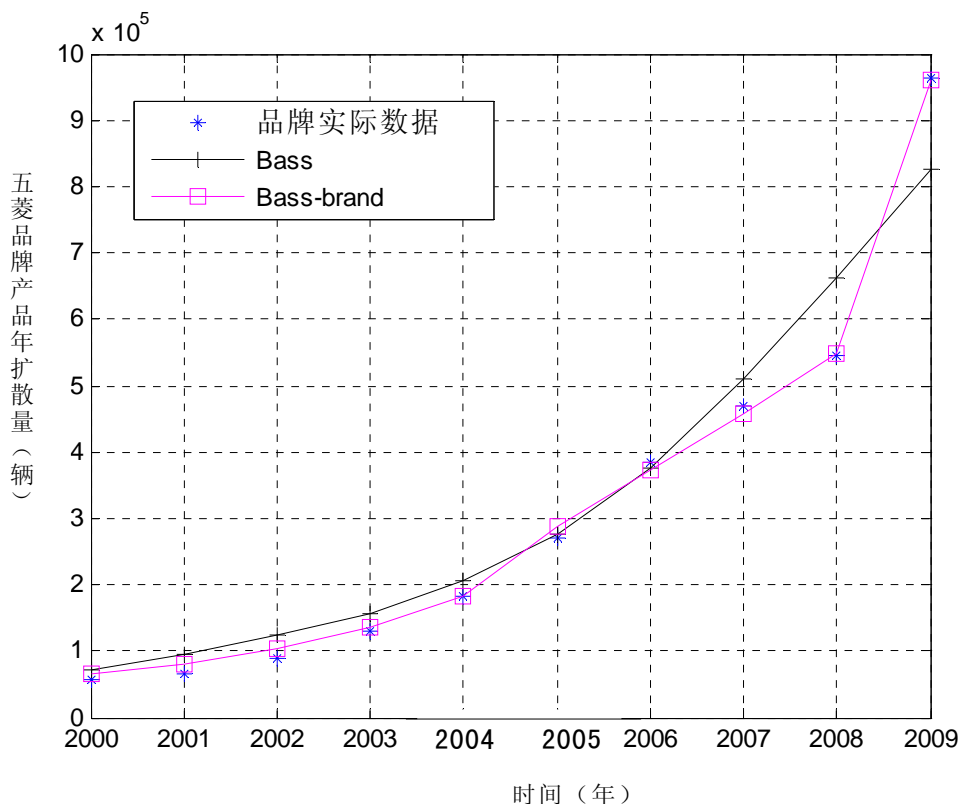


图 5.4 五菱品牌产品扩散模型计算数据与实际数据拟合曲线图

由图 5.4 可知, 两个模型均能够表示品牌产品扩散的趋势。但是, 基本 Bass 的计算结果与实际数据, 除 2000、2005、2006 三年以外, 其余年份计算数据与实际数据一直有较大的偏差, 正是因为 Bass 产品扩散是基于技术创新理论的产品类别扩散的数量模型, 而不是特定品牌扩散的模型, 所以对于品牌产品扩散进程的描述并不准确。

改进模型 Bass-brand 结合了品牌产品扩散特点, 融入行业竞争变量, 改进模型的计算结果可决系数较高, 拟合程度更高, 对于品牌产品的扩散实际情况进行了更好的描述。

2、模型预测精度分析

相比较对于实际扩散情况的解释, 预测精度的比较对于检验模型更有实际的意义, 也更符合模型构建的意义和目标。因此, 采用 2000 至 2009 年的扩散数据作为训练数据, 保留 2010 与 2011 年的扩散数据, 进行预测精度分析。

在进行改进模型预测时, 行业竞争因素 $C_1(t)$ 的估计值保持不变, 行业扩张因素 $C_2(t)$ 则根据第 3 章的预测值求出, 对 2010 以及 2011 年的数据进行预测验证比较结果如表 5.4 所示。

表 5.4 原模型与改进模型预测精度比较

模型类型	年份	实际值	预测值	MAPE%
Bass	2010	1074851	1297734	37.34
	2011	1113122	1713665	
Bass-brand	2010	1074851	1069365	9.90
	2011	1113122	1327753	

由表 5.4 可知,改进的品牌 Bass-brand 模型计算结果与实际数据比较,MAPE 值 9.9%,而基础模型 Bass 高达 37.34%,高出近 28%,因此,融入扩张因素与品牌因素,改进模型 Bass-brand 的预测精度较原模型高。

5.4.4 五菱品牌产品扩散模型应用

由改进模型的特点以及检验结果可知,改进的品牌扩散模型对于近期的预测较准确,而中长期则由于环境参数的存在,预测结果有偏差,因此根据参数估计结果,建立五菱品牌产品扩散模型:

$$n_{b-wuling}(t) = [7.8 \times 10^{-14} + 2.35 \times 10^{-6} N(t)] \times [1.534 \times 10^7 - N(t)] \times [1 + 0.46C_1(t) + 0.1C_2(t)] \quad (5.11)$$

由公式(5.11)可对该 2012 年品牌产品进行预测,如表 5.5 所示。

表 5.5 应用品牌模型的五菱品牌产品短期扩散预测值

年份	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$n_w(t)$
2012 乐观	0.01	-0.011	1340849
稳健	0	-0.058	1328433

由表 5.5 可知,按照行业发展情况,进行两种情景设置。乐观预测情景,竞争因素 $C_1(t)$ 的按照增长估计值,行业扩张因素 $C_2(t)$ 则根据第 3 章的乐观预测值求出;稳健情景,竞争因素 $C_1(t)$ 的保持不变,行业扩张因素 $C_2(t)$ 则根据第 3 章的稳健预测值求出;相比较 2011 年 111 万辆的扩散辆,无论是乐观预测还是稳健预测,五菱品牌产品在 2012 年均突破 130 万辆,将呈现出稳健增长趋势。

5.5 汽车品牌产品扩散模型计算——以“长安”品牌产品为例

5.5.1 长安品牌产品扩散模型数据

由数据来源《中国汽车工业年鉴》,搜集长安品牌交叉型乘用车产品的数据^[1],从 2000 至 2011 年的历年产品扩散数据,如表 5.6 所示。

表 5.6 长安品牌产品扩散模型应用数据

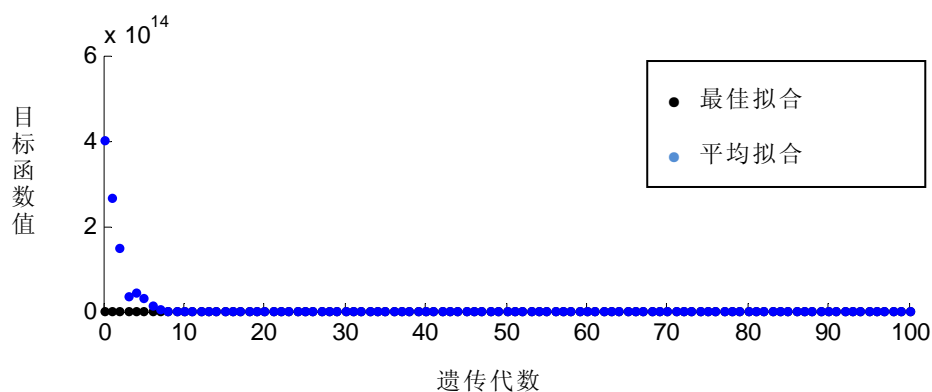
年份	长安品牌年扩散量(辆)	长安品牌累计扩散量(辆)
2000	103104	188674
2001	118858	240373
2002	209502	359231
2003	224826	568733
2004	281494	793559
2005	278866	1075053
2006	250260	1353919
2007	275409	1604179
2008	271137	1879588
2009	548938	2150725
2010	734672	2699663
2011	504943	3434335

上表 5.6 中，长安品牌年度扩散量表示为 $n_c(t)$ ，长安品牌累计扩散量表示为 $N_c(t)$ ，可知长安品牌产品扩散在 2005 年后出现一定的萎缩，2009 年出现大幅度增长，2011 年又出现萎缩，呈现极不规律的特点，这与行业的竞争有关，也与企业的产品战略布局有关。

5.5.2 长安品牌产品扩散模型参数估计

首先，设定参数的取值范围，根据第 2 章的结论，交叉型乘用车细分市场保有量约为 2970 万。再根据长安品牌产品的市场表现，其最优扩散占总量得 37%，因此，定义其最大的市场潜量为 1098 万。

对基本 Bass 模型和改进模型 Bass-brand 分别采用两步参数估计方法进行计算，过程示意图见 5.5-5.6。



a) GA 算法

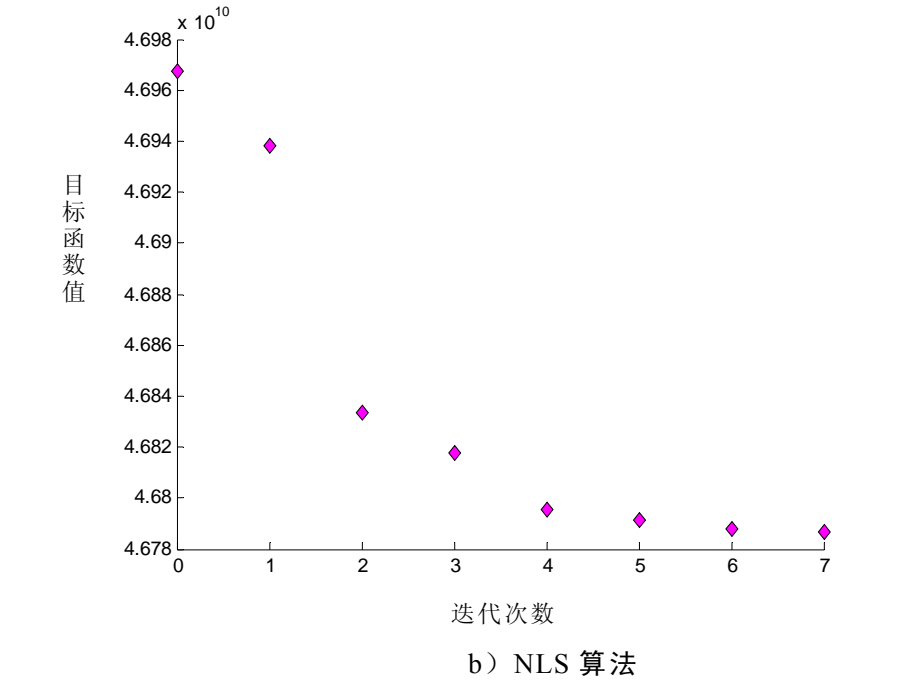


图 5.5 长安品牌 Bass 模型两步算法参数估计过程示意图

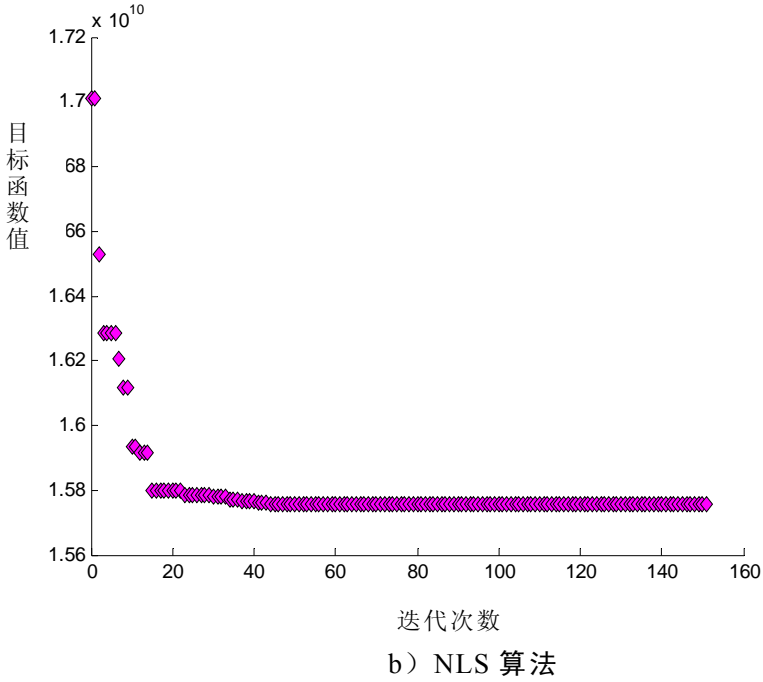
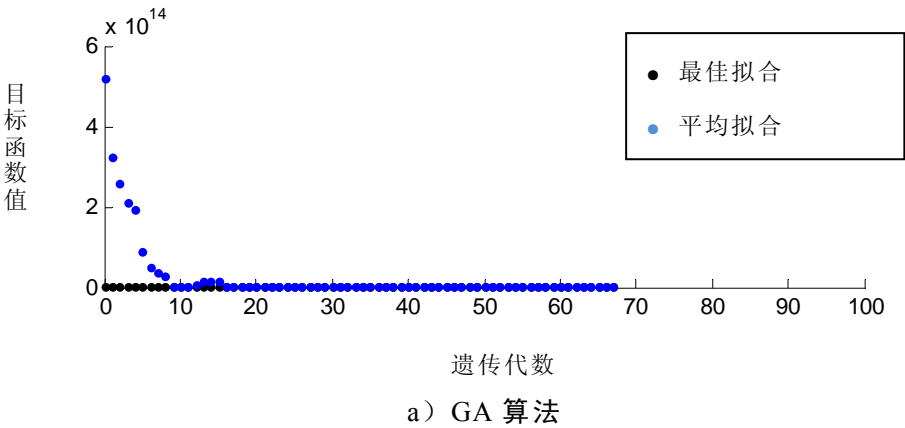


图 5.6 长安品牌 Bass-brand 模型两步参数估计计算过程示意图

经过两步参数估计方法，两个模型的参数拟合结果见表 5.7 所示。

表 5.7 原模型与品牌产品改进模型参数估计结果比较

模型类型	参数项	估计值	R^2
Bass	p	0.0092	0.65
	q	0.19	
Bass-brand	p	0.0098	0.88
	q	0.13	
	b_1	0.31	
	b_2	0.62	

由表 5.7 可知，改进模型 Bass-brand 和基础模型 Bass，两个模型中，创新系数 p 比模仿系数 q 小，说明对于长安品牌产品模仿创新更加重要，其扩散的主要动因在于口碑宣传，这与市场实际情况相符。长安品牌的竞争系数 b_1 与扩张系数 b_2 均为正，表明对品牌扩散的正向影响作用。同时，改进品牌扩散模型 Bass-brand 的可决系数达到 0.88 高于基础模型 Bass 模型 0.65 高，拟合精度更高。

5.5.3 长安品牌产品扩散模型检验

为进一步检验改进模型 Bass-brand 的准确度和预测能力，结合长安品牌扩散特点，从曲线拟合度、参数估计比较、预测能力分析这三个方面对 Bass-brand 模型进行验证。

1、曲线拟合度

由表 5.7 参数估计结果，代入公式(3.2)和(5.10)分别计算，基础模型和改进模型的品牌产品扩散值，见表 5.8 所示。

表 5.8 2000-2009 年长安品牌产品实际扩散数据以及模型计算结果比较

年份	$n_c(t)$	$n_c(t) Bass$	$n_c(t) Bass-brand$
2000	103104	133544	164253
2001	118858	142310	148600
2002	209502	162120	175190
2003	224826	195873	173128
2004	281494	230440	214547
2005	278866	271305	263687
2006	250260	309142	292602
2007	275409	340854	290780
2008	271137	373300	292913
2009	548938	402733	540851

表 5.8 中， $n_c(t) Bass$ 表示基本 Bass 模型计算长安品牌产品年扩散值； $n_c(t) Bass-b$ 表示综合竞争因素的产品扩散模型计算结果。根据计算结果，可得到

两种扩散模型的拟合曲线如图 5.7 所示。

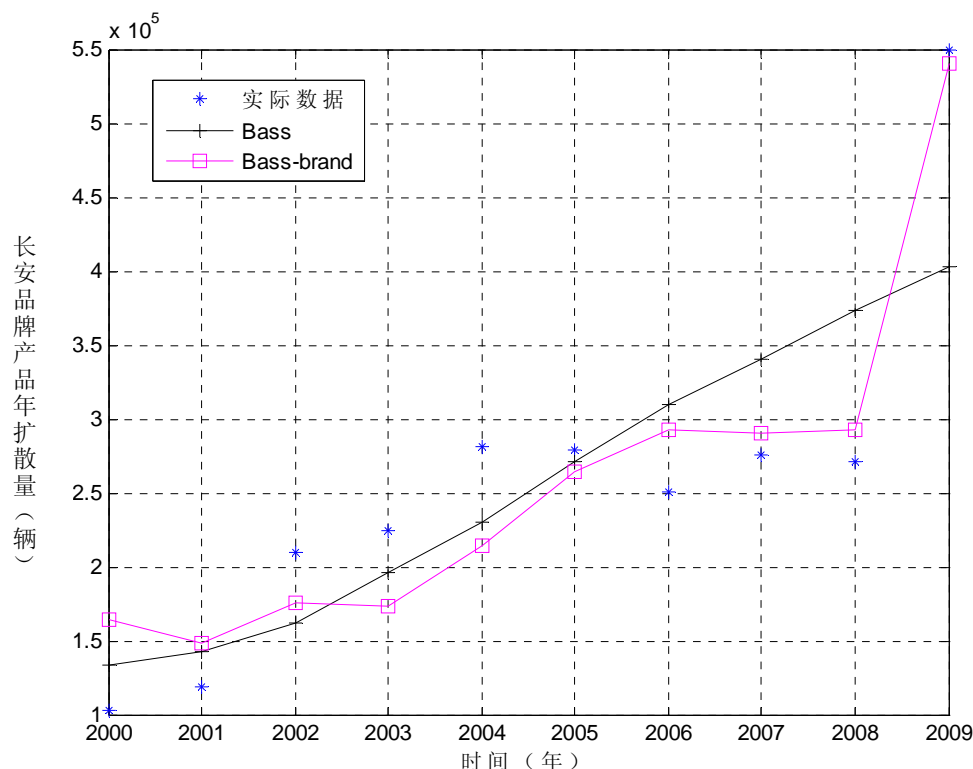


图 5.7 长安品牌产品扩散模型计算数据与实际数据拟合曲线图

2、参数估计比较

长安品牌参数估计结果如表 5.7，五菱品牌的模型参数估计结果如表 5.2，比较二者，创新系数 p 长安品牌比五菱品牌大 10 个数量级，表示长安品牌的先入效应；模仿系数 q 二者在同一数量级，而五菱品牌稍有优势，说明五菱品牌的口碑较好。竞争系数 b_1 五菱品牌稍大于长安品牌，说明该品牌的竞争优势较强；而行业扩张系数 b_2 长安品牌大于五菱品牌，表示长安品牌产品的扩散较大程度上依赖行业的总体扩张因素，其品牌本身的优势不明显。

3、模型预测精度分析

模型预测是对模型重要的检验，因此，以 2000 至 2009 年长安品牌产品扩散为训练值，保留 2010 和 2011 年的产品扩散值，进行模型预测精度的检验，采用 MAPE 来检验模型的预测准确性，如表 5.9 所示。

表 5.9 原模型与改进品牌产品扩散模型预测精度比较

模型类型	年份	实际值	预测值	MAPE%
Bass	2010	734672	462999	19.00
	2011	504943	499741	
Bass-brand	2010	734672	405847	37.25
	2011	504943	354798	

由表 5.9 可知，Bass-brand 的预测精度只有 37.25%，而基础模型达到 19%，说明对于长安品牌产品，Bass 模型预测精度稍高，两个模型均没有理想的预测结

果。这与长安品牌的扩散本身较为不规律有密切的关系，从而也凸现出改进模型的缺点之一，对由于企业本身产品战略的调整为诱因的产品扩散规律，例如长安品牌一系列的兼并与业务重组等，缺乏描述的手段，只能表现出基本的扩散趋势。

5.5.4 长安品牌产品扩散模型应用

根据参数估计结果，建立长安品牌产品扩散模型：

$$n_{b-changan}(t)=[0.0098+1.18\times10^{-6}N(t)][1.098\times10^7-N(t)][1+0.31C_1(t)+0.62C_2(t)] \quad (5.12)$$

由公式(5.12)可进行预测，结果如下表 5.10 所示。

表 5.10 应用品牌模型的长安品牌产品短期扩散预测值

年份	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$n_c(t)$
2012 乐观	0.01	-0.011	395899
稳健	0	-0.058	383088

由表 5.10 可知，分别对长安品牌产品 2012 年扩散进行乐观和稳健两种情景预测分析，竞争因素 $C_1(t)$ 的按照增长估计值，行业扩张因素 $C_2(t)$ 则根据第 3 章的乐观预测值求出；稳健情景，竞争因素 $C_1(t)$ 的保持不变，行业扩张因素 $C_2(t)$ 则根据第 3 章的稳健预测值求出；预测结果显示 2012 年长安品牌产品扩散至不到 40 万辆，比 2011 年的 50 万辆，将呈现出下降趋势。

5.6 汽车品牌产品扩散模型计算——以“东风”品牌产品为例

5.6.1 东风品牌产品扩散模型数据

搜集东风小康（简称东风）品牌产品数据^[1]，2005 到 2011 年如表 5.11 所示。

表 5.11 东风品牌产品扩散模型应用数据

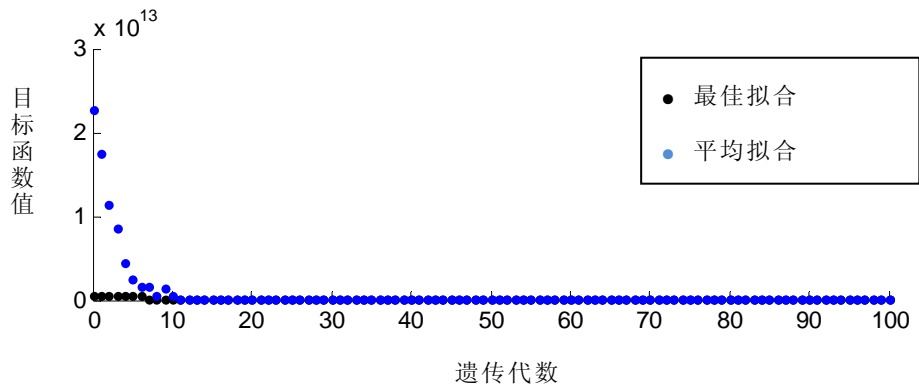
年份	东风品牌年扩散量(辆)	东风品牌累计扩散量(辆)
2005	9974	0
2006	46693	9974
2007	62603	56667
2008	74255	119270
2009	144682	193525
2010	226957	338207
2011	245600	565164

由表 5.11 可知，东风品牌产品是 2005 年进入市场，由于该品牌是市场新进入者，产品扩散数据不足，仅有 7 个历史产品扩散数据。

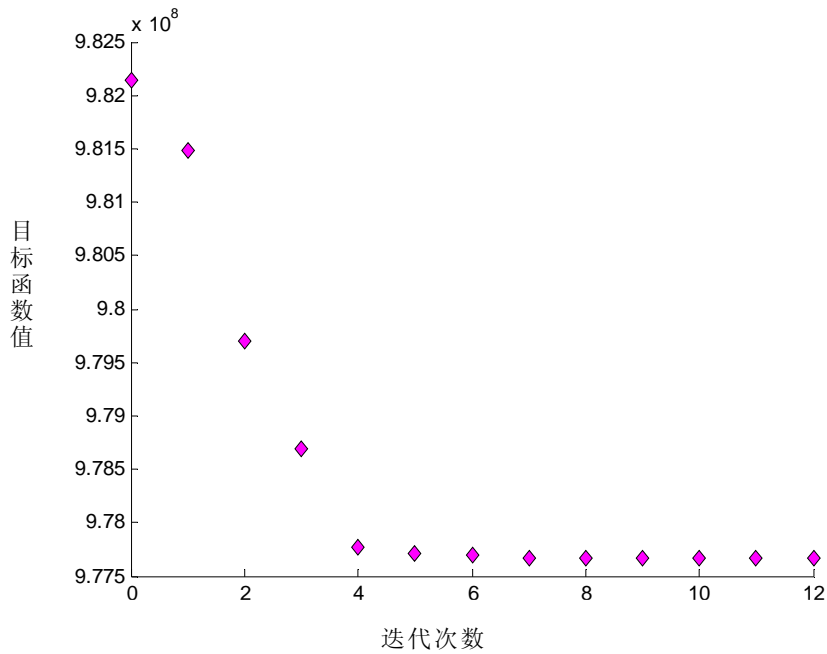
5.6.2 东风品牌产品扩散模型参数估计

根据第 2 章的结论，交叉型乘用车细分市场保有量约为 2970 万，再根据东风

品牌产品的市场表现，假设其是除五菱与长安外的市场占有者，即最大的市场份额占到 11.4%，因此，定义最大的市场潜量为 340 万。采用两步参数估计法进行基本和改进模型参数估计，过程示意图见 5.8-5.9。

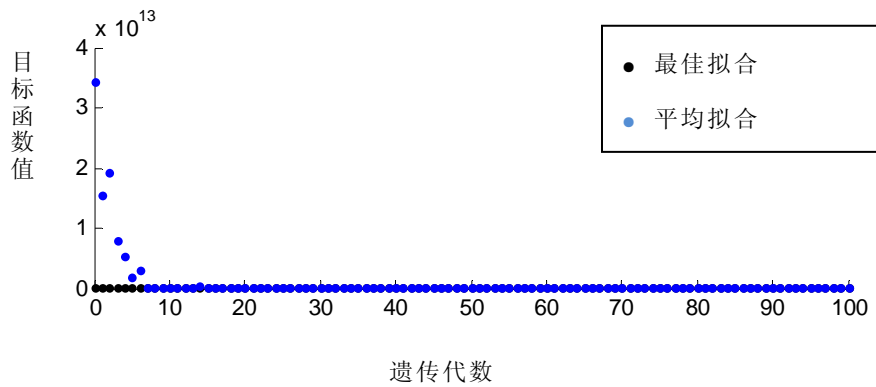


a) GA 算法



b) NLS 算法

图 5.8 东风品牌 Bass 模型两步算法参数估计过程示意图



a) GA 算法

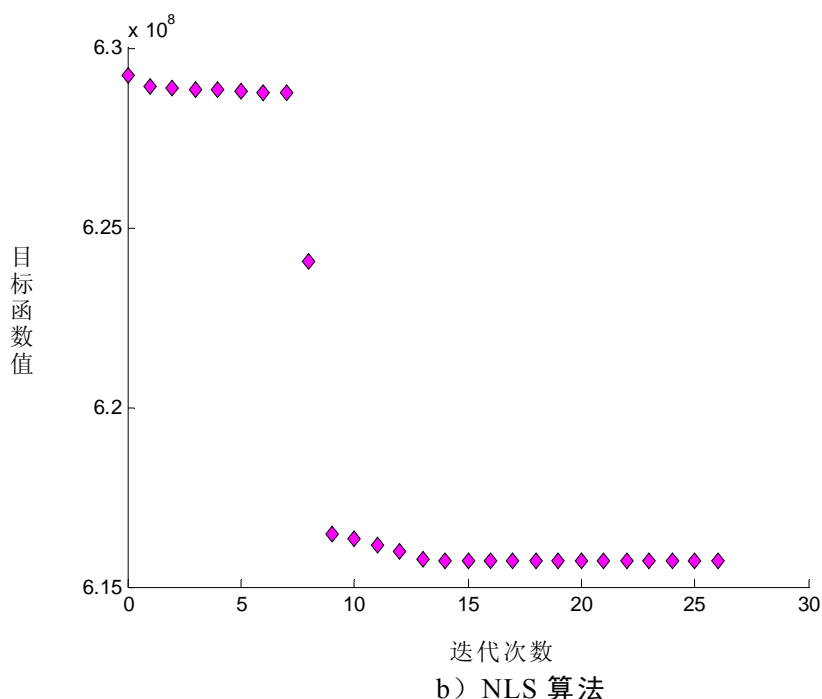


图 5.9 东风品牌 Bass-brand 模型两步算法参数估计过程示意图
经过两步算法，两个模型的参数估计结果见表 5.12 所示。

表 5.12 原模型与改进品牌产品扩散模型参数估计结果比较

模型类型	参数项	估计值	R^2
Bass	p	0.0068	0.90
	q	0.62	
Bass-brand	p	0.0079	0.94
	q	0.44	
	b_1	2.3×10^{-14}	
	b_2	0.40	

由表 5.12 可知，两个模型中，创新系数 p 比模仿系数 q 小，说明对于该品牌产品模仿创新更加重要，其扩散的主要动因在于口碑宣传。竞争系数 b_1 与扩张系数 b_2 均为正，表明对品牌的正向影响作用。同时，改进 Bass-brand 模型的可决系数达到 0.94，比原模型 0.9 更高，说明改进模型的拟合精度更高。

5.6.3 东风品牌产品扩散模型检验

为进一步检验改进模型 Bass-brand 的准确度和预测能力，结合东风品牌扩散特点，从曲线拟合度、参数估计比较、预测能力分析这三个方面对 Bass-brand 模型进行验证。

1、曲线拟合度

由表 5.12 参数估计结果，代入公式(3.2)和(5.10)分别计算，基础模型和改进模型的品牌产品扩散值，见表 5.13 所示。

表 5.13 2005-2009 年东风品牌产品实际扩散数据以及模型计算结果比较

年份	$n_d(t)$	$n_d(t) Bass$	$n_d(t) Bass-brand$
2005	9974	23067	27887
2006	46693	29170	33093
2007	62603	57263	53301
2008	74255	93679	79066
2009	144682	135019	145136

表 5.13 中, $n_d(t)$ 表示东风品牌实际年扩散量; $n_d(t) Bass$ 表示基本 Bass 模型计算的产品年扩散值; $n_d(t) Bass-brand$ 表示综合行业市场环境因素的改进品牌产品扩散模型 Bass-brand 计算的结果。根据计算数据, 两种扩散模型的拟合曲线如图 5.10 所示。

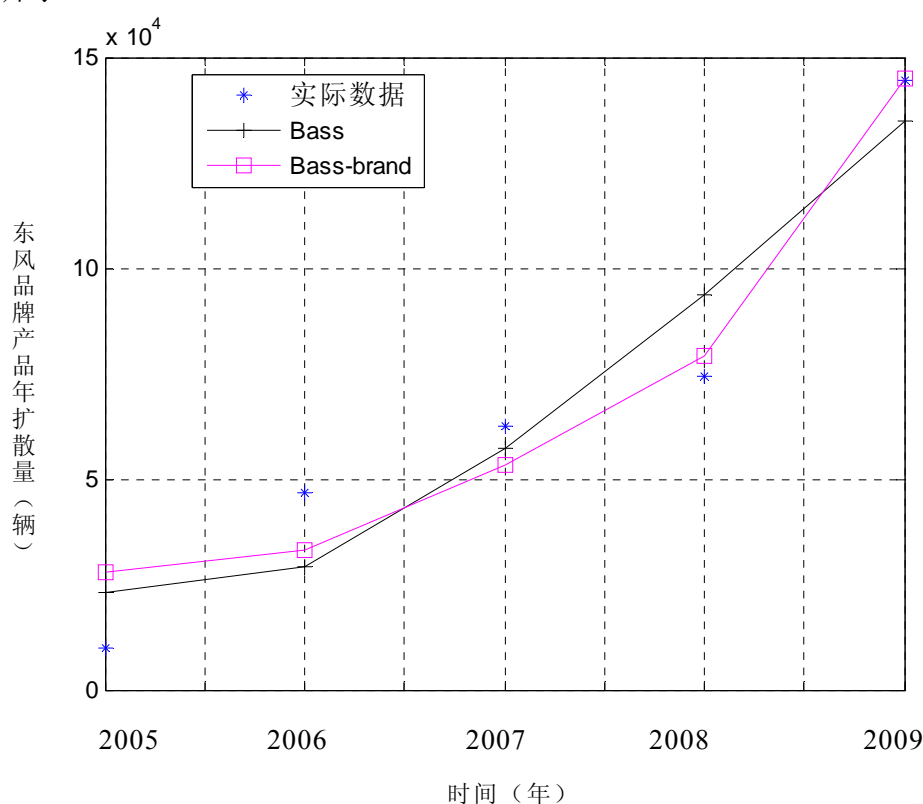


图 5.10 东风品牌产品扩散模型计算数据与实际数据拟合曲线图

由图 5.10 可知, 东风品牌产品扩散数据较少, 两个模型均与实际数据有一定的偏差, Bass-brand 模型的可决系数较原模型高出 0.04, 因此拟合程度更高, 对于该品牌产品的扩散实际情况进行了稍好的描述, 解释力也更高。

2、参数估计分析

比较东风品牌与长安、五菱品牌的模型参数, 其中, 创新系数 p 接近于长安品牌, 代表了东风品牌在国产汽车市场的良好品牌效应; 模仿系数 q 三者同一数量级, 而东风品牌稍逊于五菱品牌, 说明该品牌的口碑较好。

竞争系数 b_l 较小, 由于该品牌产品是细分市场的新入者, 所以该品牌产品的

竞争优势较弱；而行业扩张系数 b_2 小于长安品牌而大于五菱品牌，表示东风品牌产品的扩散依赖于行业的总体扩张因素的程度介于两者之间。

3、模型预测精度分析

为验证模型的预测能力，保留 2010 与 2011 年扩散数据，对东风品牌产品进行模型预测精度的检验，采用 MAPE 来检验模型的预测准确性，如下表 5.14 所示。

表 5.14 原模型与改进品牌产品扩散模型预测精度比较

模型类型	年份	实际值	预测值	MAPE%
Bass	2010	226957	209650	15.77
	2011	245600	304333	
Bass-brand	2010	226957	174649	16.81
	2011	245600	219624	

由表 5.14 可知，Bass-brand 的预测精度 16.81% 与原模型 15.77% 相近，二者均没有很好的预测能力，这与东风品牌的扩散数据较少有一定关系，从而也凸现出改进模型的缺点之一，当历史数据较少时，无法准确描述扩散规律。

5.6.4 东风品牌产品扩散模型应用

根据参数估计结果表 5.12，建立东风品牌产品扩散模型：

$$n_{b-dongfeng}(t) = [0.0079 + 1.29 \times 10^{-5} N(t)] \times [3.4 \times 10^6 - N(t)] \times [1 + 2.3 \times 10^{-14} C_1(t) + 0.4 C_2(t)] \quad (5.13)$$

由公式（5.13）可对东风品牌产品进行预测，下表 5.15 为东风品牌产品 2012 年产品扩散预测。

表 5.15 应用品牌模型的东风品牌产品短期扩散预测值

年份	$C_1(t)$	$C_2(t)$	$n_d(t)$
2012 乐观	0.01	-0.011	290838
稳健	0	-0.058	285347

由表 5.15 可知，从 2012 年预测值来看，相比 2011 年 24.6 万辆，2012 年乐观预测 $n_d(t)$ 有望达到 29 万辆，稳健预测 $n_d(t)$ 可达到 28.5 万辆，呈现出稳健增长趋势，进一步说明东风品牌作为该行业优秀的新入者，有良好的发展态势。

5.7 本章小结

汽车品牌产品生命周期的研究成果较少，为数不多的研究成果集中在品牌忠诚度以及顾客满意度的评价方面，如文献[24]研究中国运动型多功能乘用车顾客满意度与忠诚度相关性；文献[26]分析产品差异化视角下的中国家庭轿车市场；文献[32]更是对一个品牌乘用车的研究；缺乏品牌产品生命周期的分析，以及品牌竞争因素的量化研究。

本章通过构建品牌产品的行业竞争因素变量，基于 Bass 基础模型进行改进，研究品牌产品的扩散规律。以我国汽车产品的细分市场之一，交叉型乘用车的典型品牌产品——“五菱”、“长安”、“东风”三个品牌产品的扩散过程为实例，基于行业整体需求，对提出的品牌产品扩散模型进行检验，并且与基本模型进行比较。考虑品牌竞争因素与市场扩张因素的品牌扩散模型，模型系数能够诠释品牌产品的扩散特征，分析品牌产品竞争力。在预测扩散趋势方面，当数据足够，且企业内品牌产品战略较稳定的情况下，改进的品牌产品扩散模型具有一定的优势，可为分析品牌产品的扩散规律提供参考。

从品牌竞争态势来看，新进入品牌，例如东风小康品牌交叉型乘用车，一方面将加剧市场竞争，从而促进行业的良性发展。而另一方面，在充分竞争的交叉型乘用车市场，新进入品牌产品必须具备核心竞争优势才能够生存，因此新进入者也必将带来更具特色、更具市场竞争力的产品，从而促使该细分市场的企业不断进行技术创新，推出新产品，提高产品性价比，带动行业快速发展。

第 6 章 产品生命周期评价体系与汽车产品开发

6.1 汽车产品生命周期多维评价

“一种车型能畅销多久”的问题直指动态的市场环境下，行业产品的生命周期预测评价；“何时进行更新换代”的问题寻求技术升级换代时机，需要准确描述换代产品的生命周期；“品牌产品的竞争力如何”的问题与品牌产品生命周期密切相关。因此，将产品生命周期具有重要影响作用的因素，如市场环境因素、产品技术特征因素、品牌竞争因素等纳入产品扩散规律分析中，提出了多层次分析研究的新方法，对企业正确判断行业的发展方向，寻找新的增长点，进行准确的市场定位和制定切实的产品策略有重要的现实意义。

6.1.1 行业产品生命周期分析

根据第 2 章的汽车产品扩散模型分析结论，得到的我国交叉型乘用车产品的时间序列扩散模型：

$$N(t) = 2.97 \times 10^7 \left(\frac{1 - e^{-0.2118t}}{1 + 116.67e^{-0.2118t}} \right) \quad (6.1)$$

由公式(6.1)可以作出行业产品扩散长期预测曲线，如图 6.1 所示，能够为细分市场的长期扩散规律提供参考。

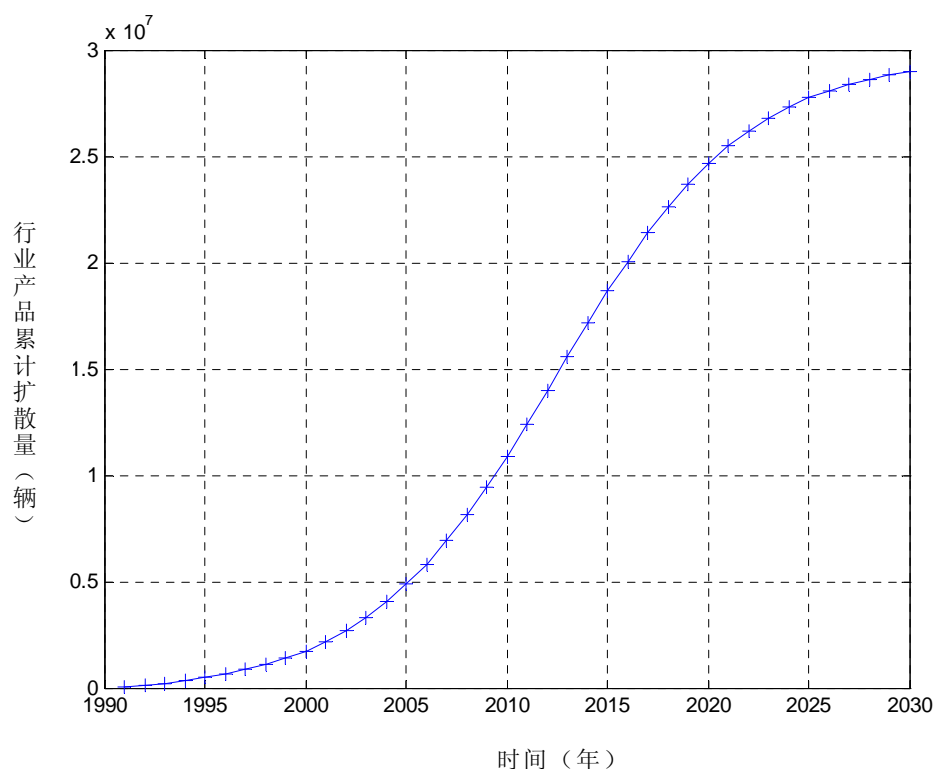


图 6.1 交叉型乘用车行业产品扩散预测曲线图

如上图所示，从曲线形状对比来看，该细分是市场已逐渐步入成熟期，产品扩散增速降缓。

再由公式(2.5)，求得单位时间的产品扩散量：

$$n(t) = \frac{dN(t)}{dt} = M \left[\frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} \right] \quad (6.2)$$

对单位时间产品扩散函数求导，可得到最大扩散速度对应的时间 T_{max} ：

$$T_{max} = \frac{1}{p+q} \ln\left(\frac{q}{p}\right) \quad (6.3)$$

代入模型参数，在现有的市场不发生重大变化的情况下，该细分市场的总保有量在 2970 万辆；最大扩散速度对应时间 $T_{max}=22$ ，即 2013 年左右潜在采用者的多数都已转变为采用者，市场将逐渐结束成长期，进入成熟期。

同时，根据第 3 章动态市场环境下汽车产品扩散研究结论，产品的具体扩散情况很大程度上受到政策因素与产品购置和使用的经济性与便利性影响，企业可根据市场环境的变化，使用改进模型进行产品中短期具体扩散量的预测评价，以指导产品开发策略的制定。

2011 年众多促进产品扩散的政策相继取消，因此交叉型乘用车产品年扩散同比下降。而随着城镇化的不断推进，购买力的持续稳定增长，国内油价的持续上涨，这些因素将推进小排量、低功耗、高功率的交叉型乘用车产品不断发展扩散。

由于新技术、新产品的出现，而挖掘出新的细分市场，从而扩大产品的市场潜量，可能一定程度延长产品的成长期。企业一方面要积极挖掘新的细分市场，另一方面也要做好技术改进，在该行业成熟期内，保证市场占有率。

6.1.2 更新换代汽车产品生命周期分析

文献[90]讨论多代产品中，潜在采用者采用行为模式，提出建议对产品的更新换代策略是，或者立即，或者成熟期，即企业或者抓住技术领先的优势，挖掘新的需求，开拓新的市场，获得市场先机；或者根据市场的需求适时推出新产品。

根据本文第 4 章更新换代产品扩散规律的研究结论，我国交叉型乘用车产品第一代平头产品已经进入衰退期，逐渐退出市场；第二代凸头产品快速增长，占据市场主导地位；各企业的第三代技术创新已经开展，第三代产品已陆续出现，将会对第二代产品的扩散有很大的影响，甚至可能对行业的格局，包括市场潜量、竞争企业与品牌等产生影响。

为预测计算简便，这里忽略多代产品之间的竞争因素，只考虑多代产品差异化因素，即多代产品有不同的创新系数 p 和模仿系数 q ，并且基于趋势外推的方法，定义第三代产品的创新系数与模仿系数如表 6.1 所示。

表 6.1 交叉型乘用车三代产品扩散模型系数估计值列表

世代	参数项	估计值
第一代	p_1	0.0076
	q_1	0.32
	M_1	4.5×10^6
第二代	P_2	0.0019
	q_2	0.33
	M_2	1.26×10^7
第三代	p_3	0.0019
	q_3	0.34
	M_3	1.26×10^7

由表 6.1 可知，第一代产品的创新系数 p 最大为 0.0076，而第二代与第三代产品相同均为 0.0019；考虑到技术进步带来的模仿效应，模仿系数依次增加，第一代 0.32，第二代 0.33，第三代 0.34；市场潜量则，按照第一代产品的模型估算结果，第一代产品 450 万辆；第二代和第三代产品均为 1260 万辆。

由改进的多代产品扩散模型公式(4.5)，代入参数值，可得到的交叉型乘用车三代产品扩散公式：

$$\begin{cases}
 N_1(t) = 4.5 \times 10^6 \times \left(\frac{1 - e^{-0.3276 t}}{1 + 42.11 e^{-0.3276 t}} \right) \times \left(1 - \frac{1 - e^{-0.3319 (t-10)}}{1 + 173.68 e^{-0.3319 (t-10)}} \right) \\
 N_2(t) = \left(\frac{1 - e^{-0.3319 (t-10)}}{1 + 173.68 e^{-0.3319 (t-10)}} \right) \times \left(1.26 \times 10^7 + 4.5 \times 10^6 \frac{1 - e^{-0.3276 t}}{1 + 42.11 e^{-0.3276 t}} \right) \\
 \quad \times \left(1 - \frac{1 - e^{-0.3419 (t-21)}}{1 + 178.95 e^{-0.3419 (t-21)}} \right) \\
 N_3(t) = \left(\frac{1 - e^{-0.3419 (t-21)}}{1 + 178.95 e^{-0.3419 (t-21)}} \right) \\
 \quad \times \left(1.26 \times 10^7 + \frac{1 - e^{-0.3319 (t-10)}}{1 + 173.68 e^{-0.3319 (t-10)}} \left(1.26 \times 10^7 + 4.5 \times 10^6 \frac{1 - e^{-0.3276 t}}{1 + 42.11 e^{-0.3276 t}} \right) \right)
 \end{cases} \quad (6.4)$$

式中，第二代产品引入时间是 2001 年，即世代间隔 $\tau_2 = 10$ ；定义第三代产品的进入时间为 2012 年，即世代间隔 $\tau_3 = 21$ 。

由公式(6.4)计算，得到三代交叉型乘用车产品的长期累计扩散预测示意，如图 6.2 所示，可为企业进行产品技术创新提供一定的参考。

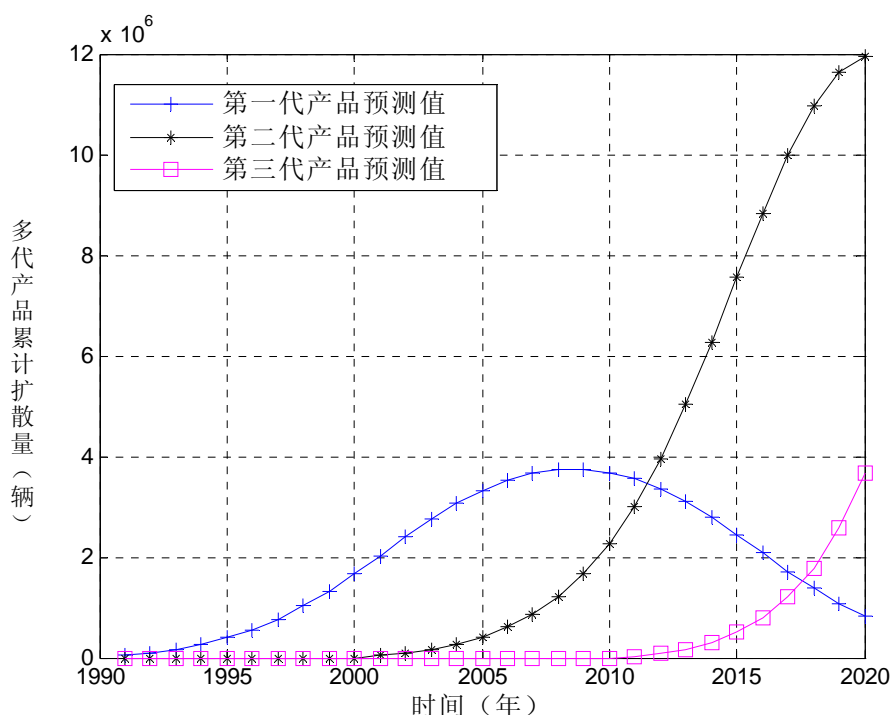


图 6.2 交叉型乘用车三代产品扩散预测曲线图

由图 6.2 可知，第一代交叉型乘用车产品已经进入衰退期；第二代产品将步入成熟期期；而第三代产品进入导入期。传统的交叉型乘用车产品扩散结构呈高端化趋势，随着用户收入水平提高，对产品价格的敏感程度逐渐降低，对产品性能要求不断提高。因此，企业在该市场中，要积极淘汰老产品，推出新产品，产品的油耗、动力和舒适性等方面表现，将成为产品能够延续生命周期的关键。

6.1.3 品牌汽车产品生命周期分析

第 5 章分别分析了三个不同品牌的扩散过程，可以看出在竞争的市场结构中，企业品牌产品扩散除了与其自身产品技术创新和营销组合战略有关以外，还与行业竞争有关，所以品牌产品的扩散规律最为复杂多变。

五菱品牌产品的生命周期曲线基本符合经典产品扩散的规律，在行业激烈的竞争中保持了品牌的优势，并且抓住了行业扩张的机遇，其成长是持续稳健的；长安品牌产品的生命周期曲线比较曲折不规律，这与企业的产品策略关系密切，同时，该产品的长期品牌效应仍然较好，但是，目前产品的成长对行业市场扩张依赖较大，产品本身的持续增长动力不足；东风品牌产品作为该市场的新进入者，产品扩散数据较少，但是模型拟合的产品生命周期曲线表现出快速的成长趋势，该品牌产品既借助了东风品牌的传统优势，也抓住了行业扩张的好机遇，产品定位准确，增长趋势良好。

上述三个典型交叉型乘用车品牌分析可知，品牌产品要实现产品扩散的竞争力，一方面需要在价格、渠道、广告促销等营销组合上制定有效的策略；另一方面，产品生命周期的延长与可持续发展，需要品牌产品针对用户需求积极进行技

术创新与开发改进。

6.1.4 面向产品生命周期的汽车开发特点

汽车产品开发中系统性与多样性并存，一方面是技术的通用性，带来产品的平台化，系列化；另一方面是用户需求的个性化，带来产品配置的多样性，导致的产品差异化。鉴于大多汽车企业以平台进行产品开发设计制造的现状，根据产品改进程度的大小，将品牌产品改进策略分为三个等级：开发新产品、更新换代、产品改进。

在生命周期识别的基础上，定性分析有如下的结论，在导入期与成长期，企业专注于产品改进，包括产品质量与产品配置合理性的提升等；进入成熟期需要进行产品的更新换代；而产品发展到成熟期的末期，新产品开发势在必行。产品不同等级的改进中，综合处理其设计源头信息，包括产品生命周期信息、产品工程特性、用户满意度等，达到延长产品生命周期的目的。

根据产品生命周期作出产品决策的过程具有一定的主观性和经验性，产品改进过程涉及大量的市场信息和专家知识经验，研究者的结论多是理论性的，操作性较弱，并没有充分考虑产品的技术与市场竞争力等相关因素，对于企业实践结果的跟踪观察分析也很缺乏，较少有研究结合工程领域，专注于产品改进策略的制定。下面两节将就汽车产品平台开发模式与产品配置方法展开研究。

6.2 基于平台的汽车产品生命周期循环发展模式

6.2.1 产品平台研究现状

二十世纪初，汽车实现大批量、流水线作业，亨利·福特使用平台概念，按照功能对汽车的子系统做出分类，从而更加有针对性的汽车进行技术创新，提高舒适性、易使用性、耐用性。

文献[164]是平台方法研究的经典之作，系统总结了平台方法的理论与实证研究；文献[165]在福特车100周年之际，深入分析了汽车产品平台的历史与变革；文献[166]提出一种综合考虑产品性能与成本的平台产品设计方法；文献[167]将产品平台与核心能力、市场需求联系起来，提出基于核心能力的平台方法；文献[168]指出产品平台连接了技术平台和具体产品，并对技术平台进行深入分析；文献[169]简要介绍了汽车平台战略的概念、作用及其对于现代汽车制造的影响；文献[170]介绍了一种基于产品生命周期主线的汽车制造企业发展模式。

国内外对产品平台的研究较为深入和广泛，而关于汽车产品平台的研究较少，不够深入，对其发展模式的系统性研究更加不足。在我国汽车产业快速发展，汽车制造企业广泛采用产品平台技术的同时，出现一些困扰产品持续发展的问题，如在开发过程中汽车产品如何以高质量高效率低成本地满足安全、环保、节能的

要求；基于通用平台，车型如何满足顾客多层次的需求；如何在平台中引入先进的技术以提升产品的核心竞争能力等。为实现品牌产品生命周期延长的目的，将以产品平台理论为基础，结合汽车产品平台的特性，提出汽车产品平台生命周期概念，研究其平台生命周期循环发展体系的框架、构建与运行机制。

6.2.2 汽车产品平台生命周期

汽车产品有其特殊性，具体表现为：汽车产品拥有多项共性技术；汽车产品零部件数目较大，依托众多的零部件供应商；同平台汽车产品通常具有相似性、兼容性、通用化和模块化。汽车产品平台往往拥有一个或多个核心汽车产品，是产品平台的基本以及首要应用，其他平台产品由核心产品衍生出来^[171]。由此，以核心产品为基础，平台产品还包括了升级产品与衍生产品。升级产品是基于原有核心产品的进一步改进，即产品的更新；衍生产品是指在原有核心产品的基础上异化衍生，满足不同细分市场的产品，即新产品的开发。

汽车平台生命周期其核心是平台价值的生命周期，如图 6.3 所示，假设以车型 A 作为该平台核心产品，车型 B、C...X 等作为衍生产品。核心产品车型 A 的升级产品，如车型 A1、A2、A3 等，是平台价值时间纵轴的延展，A1、A2、A3 的生命周期包络线构成车型 A 的生命周期曲线；衍生产品，如车型 B、C...X 等，是平台价值在空间的拓展，旋转螺旋曲线与 A、B、C 生命周期曲线空间相交，促成平台生命周期曲线呈不断螺旋循环上升的趋势。

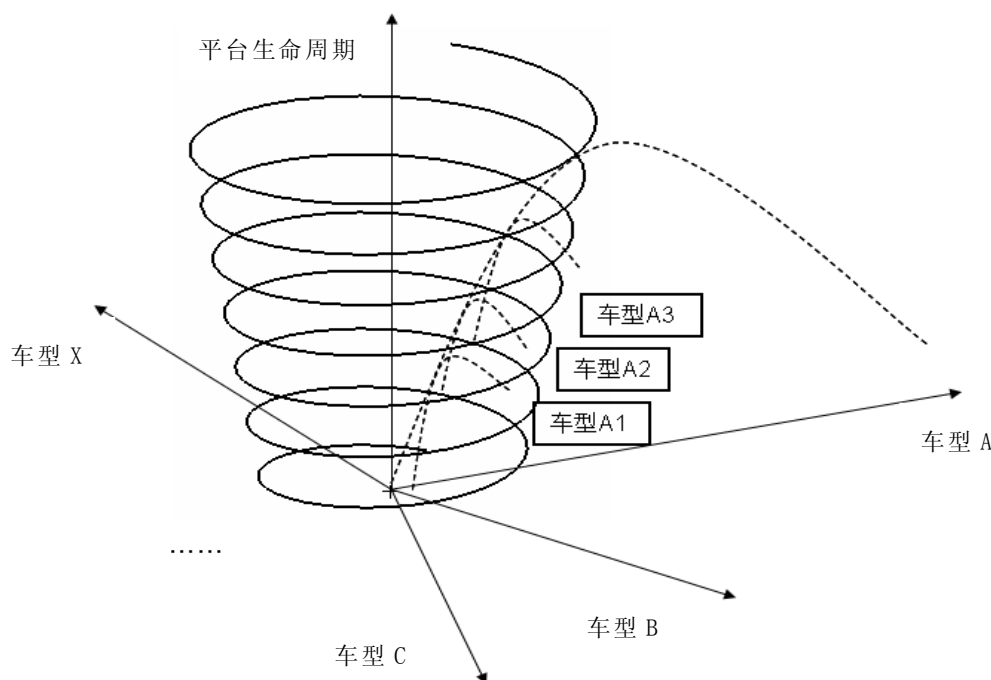


图 6.3 汽车平台生命周期循环发展示意图

为使产品平台不断循环上升发展，平台的核心产品、升级产品、衍生产品必须延长生命周期，并持续对整个平台做出贡献。在核心产品基础上，增加衍生产品，可以满足更多的细分市场的产品需求，以扩大平台在空间维度的价值，涵盖

更多的市场；而各衍生产品不断根据市场需求推出升级产品，以满足该细分市场用户不断增加的功能或性能的需求，以保证产品平台在细分市场的竞争力。

为实现平台的良性循环需要建立系统的发展模型，鉴于汽车产品的特性，概括汽车产品平台内涵包括四个方面：技术与管理子平台，该部分包括所有平台产品的共性技术、核心技术以及产品线与品牌等，是平台价值的具体体现；结构与功能子平台，是平台产品模块化、通用化的表现；部件与材料，能够最大限度的兼容平台产品，基于统一的采购体系；信息与制造子平台，实现设计、制造资源的共享，降低产品开发制造成本。

将以上四个子平台的内容有机结合，是建立汽车产品平台生命周期循环发展模式的关键。

6.2.3 汽车产品平台生命周期循环发展模式

1、平台产品的目标决策

平台生命周期由平台产品的生命周期决定：升级产品的生命周期决定平台生命周期的纵向时间，而衍生产品则决定其横向空间覆盖的拓展。产品设计目标决策是产品生命周期的开端。制定科学合理的产品设计目标来指引设计的方向，有效解决产品设计工作中存在的随意性和复杂性问题，从而提高产品的设计质量，实现产品的成本、时间、服务、环境等目标。

汽车产品开发过程复杂，专业性较强。工程人员设计的过程，是将产品目标分解为总成部件的技术要求的过程，即在开发过程中，用系统功能需求和特征关系映射的方法，使客户的需求转变成功能特征，再根据功能特征进行设计，最终得到符合要求的产品。

在了解设计的环境因素，综合顾客的各方面需求，并且掌握技术发展 with 政策环境的前提下，制定合理的产品时间、质量、成本、服务、环境（TQCSE, Time、Quality、Cost、Service、Environment）目标^[169]。

根据产品的总体目标，按质量功能展开模型，将目标下达到各总成，所有低级别的目标能够保证高级别目标的实现，而高级别目标则有相应的低级别目标支撑^[172]。设计目标在质量功能展开后，可获得各总成区域的细化技术指标，从而指导区域工程师进行工程设计。

2、平台支撑基础分析

根据平台的技术与管理、结构与功能、部件与材料、信息与制造四个子平台的内涵，构建平台支撑基础如图 6.4 所示。

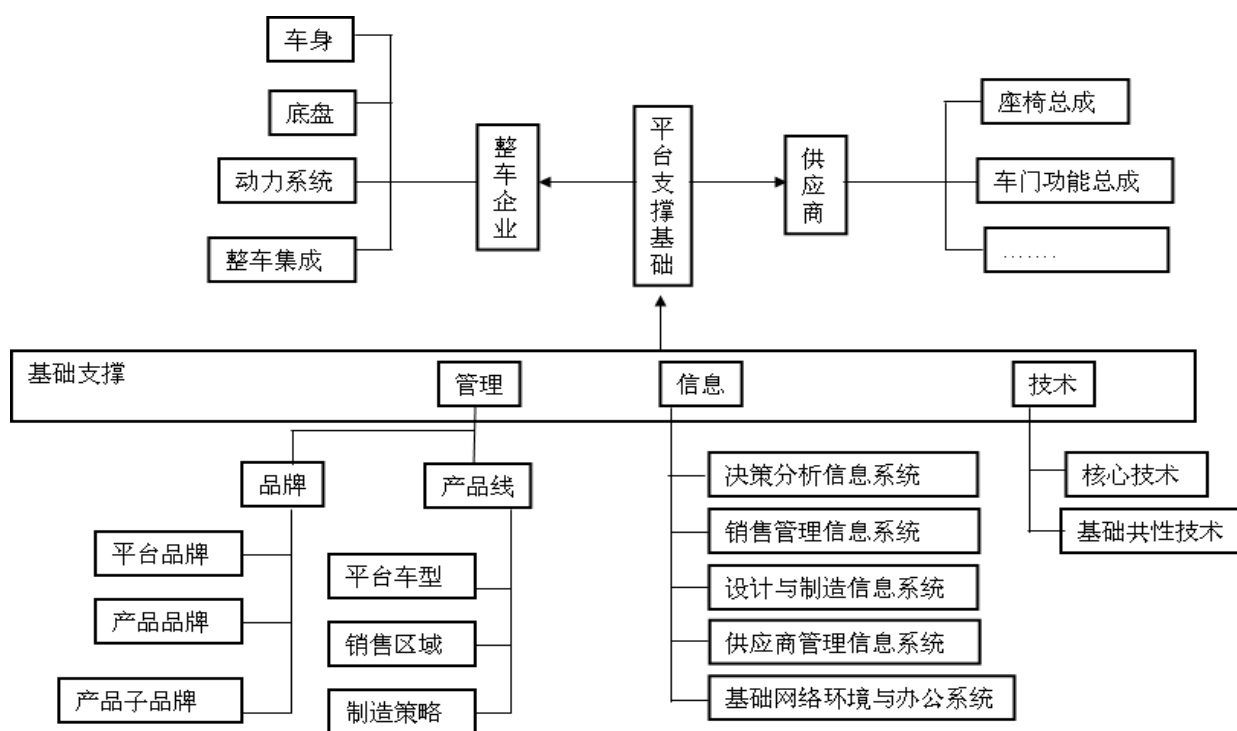


图 6.4 汽车平台支撑基础框架图

如图所示，以管理、信息、技术作为基础支撑层。管理上强调平台资源与战略，包括品牌与产品线战略，以及基础资源的整合；信息方面强调从底层网络系统到决策分析系统的信息快捷顺畅，重点是设计与制造信息系统的管理与共享；技术则由核心技术和基础共性技术两方面技术组成，核心技术构成平台产品的核心竞争力。

管理、信息、技术组成的基础支撑作为输入，其输出为供应商体系以及整车制造企业各区域的相关资源，进而形成组成平台的功能、结构、部件与制造部分。整车企业可以按照功能区域划分车身、底盘、动力系统以及整车集成，供应商根据提供的功能与部件划分，诸如座椅总成、车门功能总成等等。

3、汽车产品平台生命周期循环发展模式

根据以上有关汽车产品开发目标与基础的分析，建立汽车产品平台生命周期循环的发展模式，其体系结构如图 6.5 所示。

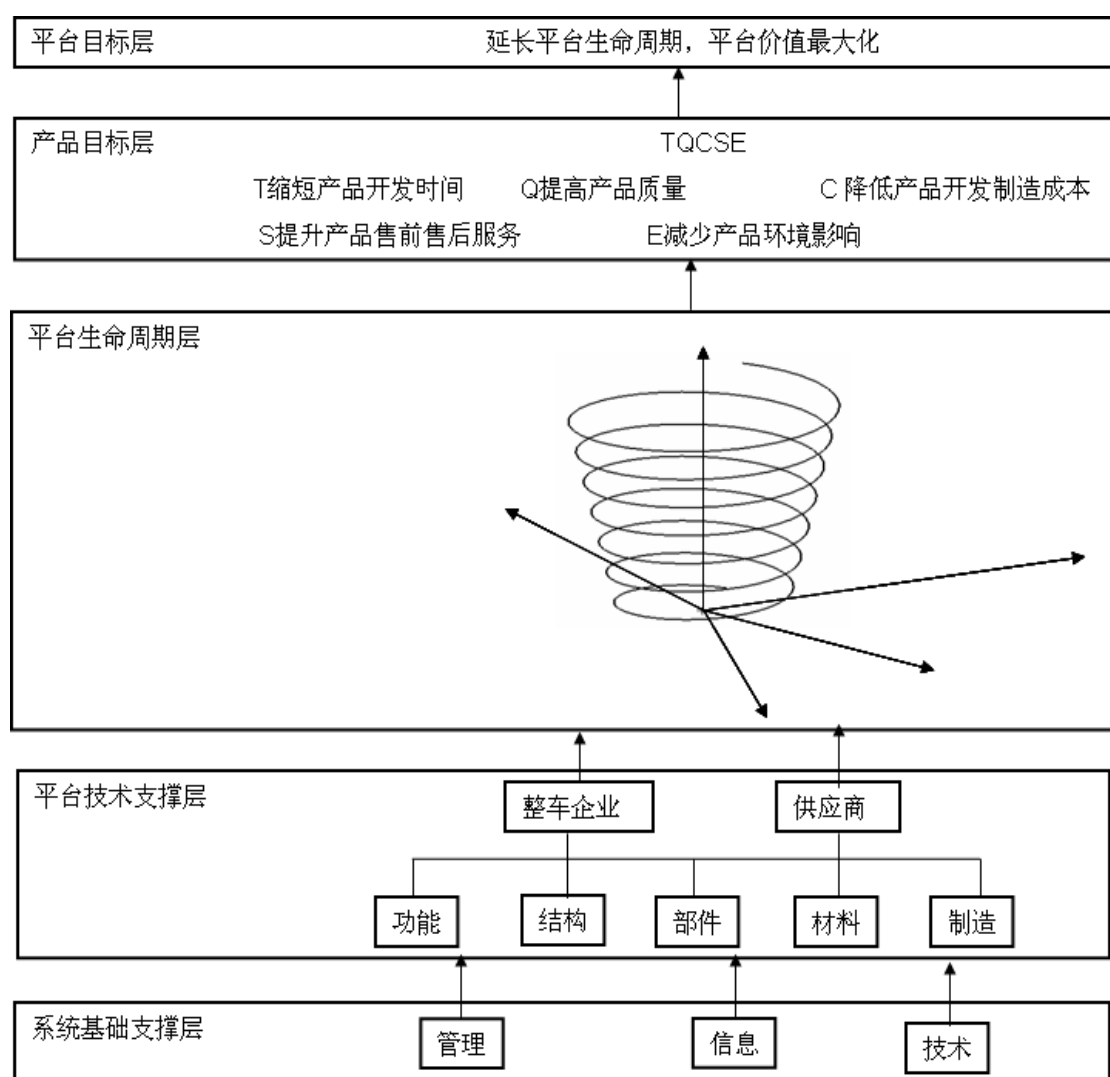


图 6.5 平台生命周期循环发展模式示意图

由图 6.5，以延长平台生命周期，最大化平台价值为发展模式的最高级目标。通过产品 TQCSE 目标，即产品开发时间缩短、产品质量提高、产品开发制造成本降低、产品售前售后服务提升、产品环境影响减少，来支撑平台目标的实现。平台衍生产品与升级产品的生命周期共同决定平台生命周期。平台循环发展的技术支撑基础是整车企业与供应商共同提供的资源、技术与总成部件等，而管理、信息与技术则作为平台发展最底层的系统基础。

该发展模式的运行机制具有以下原则：一致性原则，整个体系框架应以平台生命周期为核心，从基础支撑层开始确保运行目标一致，即推动平台生命周期循环发展；关键性原则，以产品为发展模式中的关键部分，重视平台核心产品，积极开发改进升级产品，寻求进一步的细分市场，拓展平台衍生产品；可行性原则，技术基础的研究应全面考虑各种因素，尽可能采用成熟适用技术，保证在现有资源下，技术措施切实可靠。

6.2.4 五菱产品平台实证研究

该汽车产品平台生命周期循环发展模式是基于五菱品牌交叉型乘用车产品平

台的实证研究，如下图 6.6 所示，列出五菱品牌产品平台产品线分类，该模式总结了现行的平台发展模式并加以优化改进。

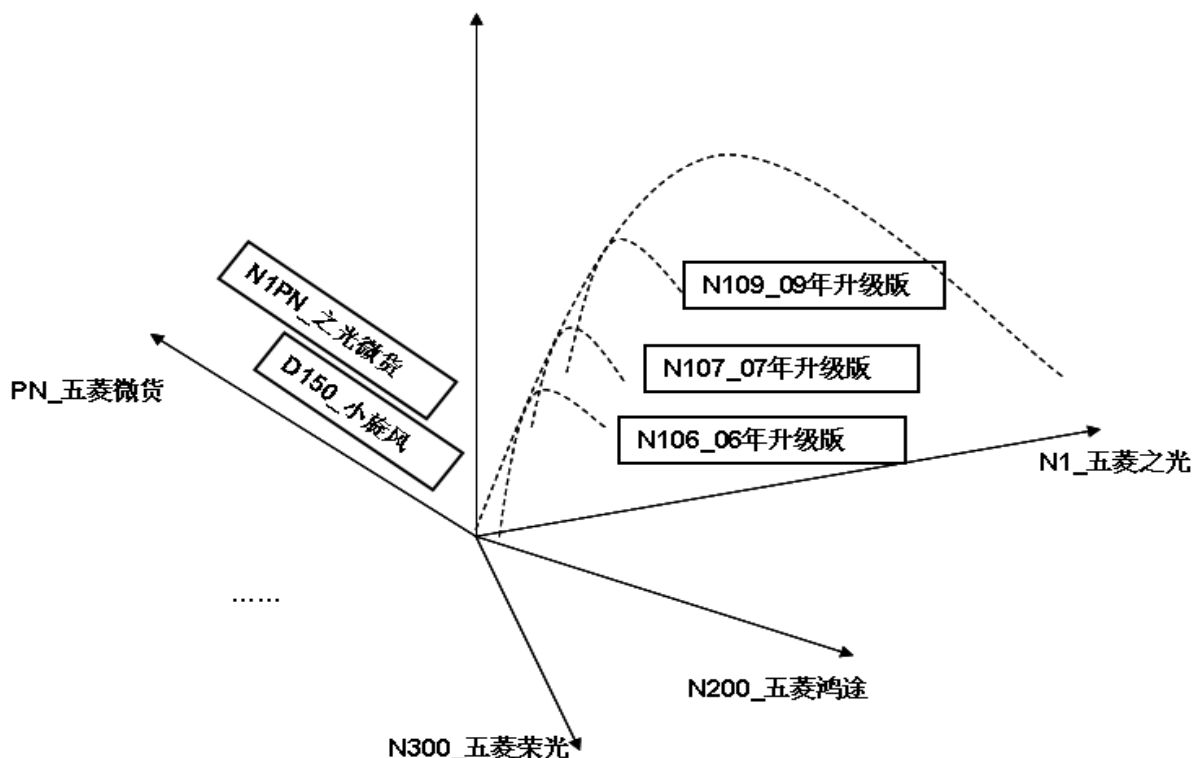


图 6.6 五菱品牌平台产品示意图

五菱交叉型乘用车产品平台在“低成本、高价值”的产品方针下，健全管理系统，完善信息系统，加强平台共性技术与核心技术的研究，完成如图 6.6 所示的平台产品规划。其中核心产品五菱之光自 2003 年上市以来，不断推出升级改进产品，深受市场的认可，截止 2012 年底，市场保有量已超过 400 万；平台衍生产品五菱荣光自 2008 年 6 月上市，截止 2012 年底，市场保有量超过 145 万辆。五菱品牌交叉型乘用车产品平台通过该发展模式的实践，促进平台不断增值，其生命周期循环发展态势良好。

6.3 汽车产品配置选择的多目标决策

产品配置中一个重要的方面是配件的选择决策，性能与成本是消费者在进行产品配置选择时关键的决策因素，而消费者个体的偏好和效用感受又呈现非集计需求的特点。因此，构建了基于个性配置离散选择集合的量化多目标决策模型，对配置的离散选择集合以及选择决策目标与约束条件进行描述，以购置成本和功能特性为优化目标，以消费者需求为约束条件，给出多目标决策方法。最后以汽车选配件的选择为实例，对所提出的多目标决策模型进行验证分析。该方法可以为汽车产品车型选配提供量化的决策方法。

6.3.1 产品配置研究现状

产品配置概念是由 Mittal 和 Frayman 在 1989 年提出，其实质是在产品的组成结构、规范和性能已知的情况下，根据一定的策略找出满足约束的解的过程，是一种受到约束的设计^[173]。个性配置是指产品中除却基本功能配置外，可由消费者自由选择组合的附加功能配件或者原有功能的升级配件，基于相同的功能与接口，通过模块化组件的配置、替换、取消，实现产品设计的多样化，主要广泛应用于汽车配件服务、电子产品配件等。个性配件产品越多，产品组合方式也越多，配置选择也越多，如何在众多的配置方式中选择满足消费者需求的方案，已成为产品开发过程中亟待解决的问题。然而，有关研究多集中对产品配置知识的表达和对产品配置问题的求解两部分，文献[174]基于供应链优化的前提下，扩展了一般的物料清单，定量分析平台产品设计决策过程；文献[175]建立了一个综合车辆配置系统，综合考虑产品特性、物料清单、物流等过程，将用户的需要同设计与生产过程结合；文献[176]以汽车下车体设计为例，提出一个平台化设计的优化算法，满足不同的设计约束条件。现有研究主要用于产品设计阶段的平台化、模块化的配置优化，考虑个体消费者偏好的配置决策研究较少。

6.3.2 产品配置的离散选择集合

1、离散选择集合

离散选择模型由 Daniel Mcfadden 提出，该模型的选择集合描述了用户（个人、家庭或其他决策单位）可供选择的（如竞争性产品、行为的过程等）项目总和，具备三个特性：互斥性，即选择了其中一个选项就不能选择其他；完备性：即所有可供选择的选项都包含在里面；有限性：即集合中选项的数量是有限的^[177]。比如汽车天窗启动功能，可供消费者选择的启动方式只有手动和电动两种。这两种选项满足完备、有限、互斥这三个特性，该集合可以定义为天窗启动功能离散选择集合。通过离散选择集合的构建，可以与基于连续变量（如时间等）的分析方法区分开，应用多目标决策的方法在有限解集合中筛选出最优解。

2、构建产品配置的离散选择集合

产品配件用于满足多种附加功能，定义功能集合为 $F = \{F_1, F_2 \cdots F_n\}$ 。每项功能 $F_i, i = (1, 2 \cdots n)$ ，包含有配件产品集合 $P_i = \{P_{i1}, P_{i2} \cdots P_{im}\}$ ，其中任一件产品 $P_{ij}, (j = 1, 2 \cdots m)$ ，与 F_i 之间是父子关系。

对于产品集合 P 中的产品可能存在多种约束关系，可以分类如下：

(1) 组合关系：从满足功能 F_i 的产品 P_{ij} 中可以选择一个或者多个。例如，车用音频功能包括收音机、CD、USB 播放器，这 3 种产品可以单独选择或者自由组合，共有 7 种选择方式。

(2) 互斥关系：即在同一功能集合中，若选择一种产品，就不能再选择的其

他产品。例如，助力转向功能中，如果选择了车用的电子助力转向，就不能再选择液压助力转向。

(3) 依存关系：若选择一种产品，就必须选择该功能集合中的另外产品，反之亦然。例如，车用音频功能，选择扬声器必须配备有收音机、CD、USB 播放器等音频设备，而选择音频设备也一定要配备扬声器。

(4) 必要关系：若选择某功能集合一种产品必须选择另外的一种或者多种产品，是该产品单向约束的必要条件。例如，车用冷暖风功能中，如果选择车用空调的控制头，则一定要装备有车用空调，而选装空调不是必须配备空调控制头。

根据消费者对于功能的选择，配置相应的产品集合。同时，对产品集合中的产品约束关系进行解耦，获得解除约束关系的产品集合 P' 。根据该产品集合能够建立符合消费者需求的配置离散选择集合。

6.3.3 面向用户需求的多目标决策

1、基于非集计需求的约束分析

市场的需求是多种多样的，为满足消费者的偏好和效用，尊重消费者的异质性，从非集计需求的角度分析消费者的选择。而消费者表达功能需求时，通常用符合语言习惯的形式来表达，采用模糊变量，因此，需要采用面向对象的模糊知识来表达功能需求的模糊特征^[178]。在配置选择中，根据心理学家提出的“人区分信息等级的极限能力为 7 ± 2 ”的研究结论，消费者可以使用比较的方式来描述自己对产品或性能的偏好，见表 3.1 所示，将消费者所表达的模糊信息量化。

对产品配置而言，消费者的需求就是初始约束，定义三个层次的约束。

(1) 目标层次约束，即对配置的成本与性能的需求，定义该约束集合为 X 。例如，消费者 A 认为成本略微重要于性能等。

(2) 功能层次约束，即消费者对于个性配置功能的选择，定义为功能选择集合 $Y = \{Y_1, Y_2 \dots Y_n\}$, $Y_i \in (0,1)$, $i = 1, 2 \dots n$, $Y_i = 1$ 表示消费者选择配置该功能， $Y_i = 0$ 表示消费者放弃该功能。

(3) 产品层次约束，消费者对于产品的偏好，即对产品性能的比较结果以及对产品的要求，定义该约束集合为 Z 。

2、多目标决策模型

根据消费者 A 提供功能约束集合 Y 和产品约束集合 Z ，筛选出消费者的离散选择集合 M_A ，该集合中包含消费者 A 所有可能的配置选项，再结合消费者的目标约束 X 及产品约束集合 Z ，获得 M_A 集合中成本与性能的关系矩阵，定义决策目标为成本 C 最小，性能 U 的最大，从而建立个性配置的多目标决策模型：

$$\begin{aligned} & \min_{D_A \in M_A} (C) \quad \max_{D_A \in M_A} (U) \\ & s.t. \quad X_A Y_A Z_A \end{aligned} \quad (6.4)$$

式中, D_A 为所求的最优解, M_A 为所有离散选择集合。

3、多目标决策算法

为求解多目标决策模型, 选择出最优解, 采用逼近理想解排序法 (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) 算法。

该算法由 C.L.Hwang 和 K.Yoon 于 1981 年首次提出, 是一种理想目标相似性的顺序选优技术, 根据有限评价对象与理想化目标的接近程度进行排序的方法, 是在现有的对象中进行相对优劣的评价^{[179][180]}。计算步骤如下:

(1) 确定优化目标并建立特征矩阵。多目标最优化问题通常包含多个优化目标 $\{D_1, D_2 \dots D_m\}$, 及多个备选方案 $\{X_1, X_2 \dots X_n\}$, 建立决策特征矩阵 D :

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (6.5)$$

(2) 计算规范化矩阵。对特征矩阵进行规范化处理, 得到规格化的向量 y_{ij} , 建立规范化后矩阵 $D_s = (y_{ij})_{n \times m}$, y_{ij} 计算过程:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \quad (6.6)$$

(3) 构造权重规范化矩阵。通过决策目标权重规格化矩阵 R , 建立权重规范化矩阵 $D_v = (z_{ij})_{n \times m}$, z_{ij} 计算过程:

$$z_{ij} = y_{ij} r_j \quad R = [r_1 \dots r_j \dots r_m] \quad i=1,2,\dots,n \quad j=1,2,\dots,m \quad (6.7)$$

(4) 确定理想解和负理想解。根据权重规格化矩阵的值 z_{ij} 来确定包含收益目标的最大值和损耗目标的最小值的理想解 Q^+ , 及与理想解相反的负理想解 Q^- :

$$Q^+ = \{(\max_{j \in J_1} z_{ij}), (\min_{j \in J_2} z_{ij}) | i=1,2,\dots,n\} = \{z_1^+, \dots, z_j^+, \dots, z_m^+\} \quad (6.8)$$

$$Q^- = \{(\min_{j \in J_1} z_{ij}), (\max_{j \in J_2} z_{ij}) | i=1,2,\dots,n\} = \{z_1^-, \dots, z_j^-, \dots, z_m^-\} \quad (6.9)$$

式中, J_1 是收益性目标集, 其最优解是在第 j 个目标上的最大值; J_2 是损耗性目标集, 其最优解是在第 j 个目标上的最小值。

(5) 计算可行解与理想解的距离尺度。计算每个可行解 z_i 到理想解和负理想解的距离, 通过 n 维欧几里得距离来计算, 到理想解的距离为 $Dist_i^+$, 以及到负理

想解的距离为 $Dist_i^-$:

$$Dist_i^+ = \|z_i - Q^+\| \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.10)$$

$$Dist_i^- = \|z_i - Q^-\| \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.11)$$

(6) 计算与理想解的相对贴近度 C :

$$C_i = Dist_i^- / (Dist_i^+ + Dist_i^-) \quad i=1,2,\dots,n \quad (6.12)$$

式中, $0 \leq C_i \leq 1$, 是归一量。

(7) 根据理想解的贴近度 C , 进行由大到小排序, 贴近度值越高, 表示该可解越接近理想解, 则该方案越优。

6.3.4 汽车产品配置实例分析

以某车型配件配置为例, 假设该车型能够提供的配件产品包括: 行李架、地毯吸音层、车门/大灯报警、空调/空调控制头、CD、USB 接口播放器、4/6 道扬声器、液压/电动助力转向、前/后门电动车窗、驾驶员/副驾驶员安全气囊、ABS。将产品进行功能聚集, 列出如下表 6.2 所示的功能 F 和产品 P 配置表。

表 6.2 某车型功能和产品配置列表

F	冷暖风	音频娱乐	助力	电动车窗	安全	报警	附加
P	空调	CD	液压	前电动窗	驾驶气囊	门未关报警	行李架
	控制头	USB 播放	电动	后电动窗	副驾气囊	灯未关报警	地毯吸音
		4 道扬声器			ABS		
		6 道扬声器					

由表 6.2 可知, F 功能集合包括, $\{F_1$ 空调, F_2 音频娱乐, F_3 助力转向, F_4 电动车窗, F_5 安全, F_6 报警, F_7 附加 $\}$, 对应每个功能集合下有配件集合 P 。分析该列表, 定义功能与产品对应的集合如下表 6.3 所示。

表 6.3 功能与产品集合列表

F	P	产品子集 P_{ij}
F_1	P_1	$\{P_{11}$ 空调, P_{12} 空调控制头 $\}$
F_2	P_2	$\{P_{21}$ CD, P_{22} USB 播放器, P_{23} 4 声道扬声器, P_{24} 6 声道扬声器 $\}$
F_3	P_3	$\{P_{31}$ 液压, P_{32} 电动 $\}$
F_4	P_4	$\{P_{41}$ 前电动车窗, P_{42} 后电动车窗 $\}$
F_5	P_5	$\{P_{51}$ 驾驶员气囊, P_{52} 副驾驶员气囊, P_{53} ABS $\}$
F_6	P_6	$\{P_{61}$ 车门未关报警, P_{62} 大灯未关报警 $\}$
F_7	P_7	$\{P_{71}$ 行李架, P_{72} 地毯吸音层 $\}$

由表 6.3 可知, 该配置集合只限于功能与配置对应关系, 并没有考虑配置产

品之间的约束关系。如 P_{31} 液压与 P_{32} 电动之间存在二者择其一的关系，所以需要综合各种约束关系，如下表 6.4 所示：

表 6.4 产品约束关系列表

约束关系类型	产品 P_{ij}
必要约束	P_{11}/P_{12}
组合约束	$P_{21}/P_{23}; P_{21}/P_{24}; P_{22}/P_{23}; P_{22}/P_{24}$
互斥约束	$P_{31}/P_{32}; P_{23}/P_{24}$
选择约束	$P_{21}/P_{22}; P_{31}/P_{32}; P_{41}/P_{42}; P_{51}/P_{52}/P_{53}; P_{61}/P_{62}; P_{71}/P_{72}$

由表 6.4 可知各种配置产品 P 之间的约束关系，进行解耦后可以得到产品集合，如下表 6.5 所示。

表 6.5 解耦后产品集合列表

P'	P'_{ij}
P'_1	$\{P_{11}, P_{12}, P_{11}+P_{12}\}$
P'_2	$\{P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{24}, P_{21}+P_{22}, P_{21}+P_{23}, P_{22}+P_{23}, P_{21}+P_{24}, P_{22}+P_{24}, P_{21}+P_{22}+P_{23}, P_{21}+P_{22}+P_{24}\}$
P'_3	$\{P_{31}, P_{32}\}$
P'_4	$\{P_{41}, P_{42}, P_{41}+P_{42}\}$
P'_5	$\{P_{51}, P_{52}, P_{53}, P_{51}+P_{52}, P_{51}+P_{53}, P_{52}+P_{53}, P_{51}+P_{52}+P_{53}\}$
P'_6	$\{P_{61}, P_{62}, P_{61}+P_{62}\}$
P'_7	$\{P_{71}, P_{72}, P_{71}+P_{72}\}$

上表 6.5 中，定义解耦后的配置产品集合为 P' 。而产品之间的约束关系，应该根据待配置整车对象的情况而定，以 P'_2 子集为例，产品组合约束关系在原车没有搭载音频系统时成立，否则组合关系不能成立，所以建立的产品集合应该包括所有的可能性。

假设经过市场调研，某类消费者 A 的需求描述为，需要液压转向、电动车窗、音频娱乐功能，原车已有扬声器，不需要再配备扬声器，性能比成本略微重要，将其需求量化：

$$\begin{aligned}
 X &= [0.4 \quad 0.6] \\
 Y &= [011100000] \\
 P'_2 &= \{P_{21}, P_{22}, P_{21}+P_{22}\} \\
 P'_3 &= \{P_{31}\} \\
 P'_4 &= \{P_{41}, P_{42}, P_{41}+P_{42}\}
 \end{aligned} \tag{6.13}$$

式中， X 表示消费者的目标约束， Y 表示消费者的需求功能定义， P'_i 表示消费者需求产品的解耦集合。由解耦集合，可得到消费者 A 的配置离散选择集合的待选产品性能与成本，如下表 6.6 所示。

表 6.6 集合 A 中产品的成本与性能列表

F_A	F_2			F_3		F_4	
P'_A	P'_{21}	P'_{22}	P'_{23}	P'_{31}	P'_{41}	P'_{42}	P'_{43}
C (元)	500	300	800	1500	800	300	1100
U	0.7	0.3	1	1	0.4	0.6	1

上表 6.6 中, F_2 表示音频娱乐, F_3 表示助力转向, F_4 表示电动车窗, P_{ij} 表示可选的产品配置集合, C 表示相应产品配置集合的成本; U 表示消费者效用评分。

由表 6.6 可知, 消费者 A 的配置离散选择集合 M_A 为:

$$M_A = \left\{ \begin{array}{l} M_{A1} \quad P'_{21} + P'_{31} + P'_{41} \\ M_{A2} \quad P'_{22} + P'_{31} + P'_{41} \\ M_{A3} \quad P'_{21} + P'_{31} + P'_{42} \\ M_{A4} \quad P'_{22} + P'_{31} + P'_{42} \\ M_{A5} \quad P'_{23} + P'_{31} + P'_{41} \\ M_{A6} \quad P'_{23} + P'_{31} + P'_{42} \\ M_{A7} \quad P'_{21} + P'_{31} + P'_{43} \\ M_{A8} \quad P'_{22} + P'_{31} + P'_{43} \\ M_{A9} \quad P'_{23} + P'_{31} + P'_{43} \end{array} \right\} \quad (6.14)$$

由公式(6.5)及产品的成本与性能表, 得到消费者 A 的多目标决策矩阵 D :

$$D = \left[\begin{array}{cc} & C \quad U \\ M_{A1} & 2800 \quad 2.1 \\ M_{A2} & 2600 \quad 1.7 \\ M_{A3} & 2300 \quad 2.3 \\ M_{A4} & 2100 \quad 1.9 \\ M_{A5} & 3100 \quad 2.4 \\ M_{A6} & 2600 \quad 2.6 \\ M_{A7} & 3100 \quad 2.7 \\ M_{A8} & 2900 \quad 2.3 \\ M_{A9} & 3400 \quad 3 \end{array} \right] \quad (6.15)$$

由公式(6.6)转化为标准决策矩阵 D_S :

$$D_s = \left[\begin{array}{cc} 0.3341 & 0.2961 \\ 0.3102 & 0.2397 \\ 0.2744 & 0.3243 \\ 0.2506 & 0.2679 \\ 0.3699 & 0.3384 \\ 0.3102 & 0.3666 \\ 0.3699 & 0.3807 \\ 0.3460 & 0.3243 \\ 0.4057 & 0.4230 \end{array} \right] \quad (6.16)$$

由公式(6.7)及决策目标权重见公式(6.13), 转化为加权后标准化决策矩阵 D_V :

$$D_V = \begin{bmatrix} 0.1336 & 0.1777 \\ 0.1241 & 0.1438 \\ 0.1098 & 0.1946 \\ 0.1002 & 0.1607 \\ 0.1479 & 0.2030 \\ 0.1241 & 0.2200 \\ 0.1479 & 0.2284 \\ 0.1384 & 0.1946 \\ 0.1623 & 0.2538 \end{bmatrix} \quad (6.17)$$

由公式(6.8)和 (6.9)从而确定理想解 D^+ 和负理想解 D^- :

$$\begin{aligned} D^+ &= [0.1002 \quad 0.2538] \\ D^- &= [0.1623 \quad 0.1607] \end{aligned} \quad (6.18)$$

由公式(6.10)和(6.11)计算欧式距离 $Dist^+$ 及 $Dist^-$:

$$\begin{aligned} Dist^+ &= [0.0831 \quad 0.1126 \quad 0.0600 \quad 0.0931 \quad 0.0697 \quad 0.0414 \quad 0.0540 \quad 0.0705 \quad 0.062]^T \\ Dist^- &= [0.0334 \quad 0.0418 \quad 0.0625 \quad 0.0621 \quad 0.0440 \quad 0.0705 \quad 0.0692 \quad 0.0415 \quad 0.093]^T \end{aligned} \quad (6.19)$$

由公式(6.12)得到最优解的排序 D_c :

$$D_c = [0.2864 \quad 0.2706 \quad 0.5103 \quad 0.4001 \quad 0.3907 \quad 0.6302 \quad 0.5616 \quad 0.3706 \quad 0.5999]^T \quad (6.20)$$

即最终优先排序为:

$$[M_{A6} \quad M_{A9} \quad M_{A7} \quad M_{A3} \quad M_{A4} \quad M_{A5} \quad M_{A8} \quad M_{A1} \quad M_{A2}] \quad (6.21)$$

从排序结果来看, 结合消费者 A 需求最优的配置选择是 M_{A6} , 即选择{液压转向, 前后电动车窗, USB 接口播放器}。

6.4 本章小结

结合多维扩散模型, 定义宏观、中观、微观三个层次的产品生命周期评价体系, 从而弥补了产品生命周期定义系统性不强的应用缺陷。根据汽车产品平台化开发的特点, 定义汽车产品平台生命周期概念, 建立汽车产品平台循环发展模式; 针对汽车产品配置的多样化, 提出一种量化的基于非集计需求的产品配置方法。从用户需求出发, 以平台价值最大化, 平台生命周期延长为目的, 更加符合工程化需求的指导企业的产品开发策略。

全文总结

本文构建时间序列量化的关联多维度的产品生命周期评价体系,回答了“一种车型能畅销多久”,“何时进行更新换代”,“品牌产品的竞争力如何”,“如何延长汽车产品生命周期”等汽车企业制定产品开发策略时关注的难题,研究结论与创新点主要包括如下几方面:

第一,选择汽车产品的适用性扩散模型,提供汽车产品生命周期分析量化的工具。

产品生命周期理论主要依据产品生命周期曲线,判断现阶段产品所处的生命周期阶段,预测未来发展趋势,制定相应的产品策略。该理论存在以下的缺陷:一是无法定量预测未来产品扩散规律;二是未涉及政策、市场竞争等相关影响因素;三是并非所有研究对象的产品生命周期曲线都是标准的S形。因此,引入技术创新扩散理论,建立时间序列的产品扩散量化模型,将多种影响因素参数化,定量预测未来产品扩散规律。二者理论结合,基于产品扩散模型,描述出产品生命周期曲线,既符合产品历史数据,又包含产品未来扩散数据,同时反映出各影响因素的正向或反向作用,使生命周期评价更加准确全面,由此制定的产品策略更加及时有效。

本文以交叉型乘用车产品为实例,采用计量经济学方法,从样本数据、模型结构、参数估计、模型检验、模型应用等角度分析讨论模型的适应性。根据计算结果比较,Bass模型更适用于作为基础模型来拟合汽车产品生命周期扩散曲线。同时,为弥补各种参数估计方法的缺点,提出遗传算法与最小二乘法相结合的参数估计法,一定程度上完善了扩散模型应用方法。

第二,构建多角度产品扩散模型,形成关联的多维度产品生命周期评价体系。

产品生命周期理论的研究对象范围不同,呈现出影响因素差异性和曲线形状多样性的特点。企业在定制产品策略时,不仅需要行业产品集合的生命周期信息,也特别关注单项产品的技术更新换代以及单品牌产品的生命周期。因此,需要从多角度分析研究对象,综合考虑不同维度的影响因素,以体现出不同维度产品生命周期曲线的波动和变异。

为从行业、技术换代、品牌三个角度分析交叉型乘用车的产品生命周期,基于经典的扩散模型,综合考虑各维度相关的影响因素,改进构建了关联的三个产品扩散数学模型:在行业市场产品扩散模型中,考虑动态的市场环境对产品扩散的影响,预测行业的整体需求及产品生命周期曲线;在产品总体扩散量的基础上,融入多代产品的竞争性与差异性,建立技术创新引起的多代产品扩散模型,在同

一坐标轴描绘多代产品的生命周期曲线；同样在产品总体需求的基础上，结合品牌市场的竞争因素来研究品牌产品扩散规律，绘制品牌产品生命周期曲线，并定性分析品牌竞争力。

结果表明三种改进模型的拟合度和预测力均能够通过模型检验，一方面更好的解释现实中产品生命周期情景，另一方面也为同一产品关联的不同维度生命周期评价，提供了准确有效的产品生命周期曲线。

以经典扩散模型为基础，结合因果分析方法，既保留了经典模型的技术扩散理论价值，又对模型的适用性进行具体优化，模型参数具有实际的意义，从而提高模型对实践的解释力。在理论上，进一步丰富和完善了扩散理论，使模型能够研究多维的产品扩散情景；在实践上，以交叉型乘用车产品为例，但多维度产品扩散模型具有普遍性，对指导其他汽车产品扩散规律的研究有一定的参考意义。

第三，基于科学客观的产品生命周期评价体系，讨论以延长生命周期为目标的汽车产品开发方法。

多维度的产品生命周期评价体系，是基于同一产品大类关联的不同角度，综合考虑了各维度的影响因素。行业产品大类生命周期的预测评价，为行业内产品更新换代与品牌产品的生命周期预测提供了总体扩散规模的量化分析基础；而产品技术的更新换代则会影响行业产品扩散，为行业产品生命周期评价带来启发；品牌产品具有最不规律的产品生命周期曲线，综合考虑既能反映行业的竞争水平，也能促进产品的更新换代。

当汽车企业制定大类产品产销目标时，可参考行业产品生命周期预测评价结果；当企业研究细分市场产品技术开发策略时，可参考产品更新换代生命周期预测结果；当企业选择品牌策略时，可参考品牌产品生命周期预测结果。多维度的产品生命周期评价体系，为汽车企业提供了面向行业市场，立足于品牌产品，进行技术创新的量化分析工具和理性思考依据。

根据汽车产品车型平台化、改进系列化、配置多样性的特点，引入产品平台生命周期的概念，以平台价值最大化，延长产品平台生命周期为目标，定性分析讨论汽车产品平台生命周期循环发展模式；同时，结合多目标优化方法，提出面向用户个性化需求的汽车产品配置方法。研究结论为指导汽车企业新产品开发，提供了工程化的方法策略。

尽管论文对汽车产品生命周期及其相关的一些特定问题进行了研究，但是由于产品生命周期本身的研究视角多样，是涉及范围很广的研究领域，研究成果具有分散性的特点，加之论文篇幅和研究时间的限制，决定了本研究尚有不足，还须对以下问题进行更为深入的研究：

第一，汽车产品生命周期扩散综合模型的建立。

本文建立三个维度的产品生命周期扩散模型，分别用于预测评价行业产品、

产品技术创新、品牌产品这三个层次的生命周期。然而，能否构建统一的综合数学模型，既考虑多维度产品生命周期之间的关联性，又综合考虑多种影响因素的综合作用，从而在模型中体现不同维度产品生命周期实际扩散情景。

第二，本文所建立的产品生命周期扩散数学模型，为方便模型计算，研究集中在集计层面，一些改进模型的假设具有局限性。

论文研究的对象是汽车产品，汽车市场面临的内外部环境是非常复杂的，不仅存在政府的政策行为，还包括信贷市场、保险市场、地域经济文化特点等都会对汽车产品生命周期产生各种影响，而这些影响同样具有深入研究的价值。模型中假设潜在采用者对于环境因素的评估是同质的，实际情况复杂很多，在不同时刻，不同潜在采用者对于不同的环境变量有不同的主观感受，进行分类数据采集，模型结果将更加逼近产品实际扩散情景；假设产品扩散不受地域空间的影响，然而，以交叉型乘用车为例，国内产品地区扩散并不均匀，国外产品出口也日渐增长，模型中没有考虑国内地域经济发展的区别，国外经济文化对产品出口扩散的影响；品牌产品扩散过程中，企业的营销组合策略，如定价、广告、渠道等对产品扩散有重要的影响，但是涉及企业商业数据，来源较少，并且数据缺乏公信力，限制了这方面的研究分析。

由于收集模型所需要的数据难度大，实证研究的例子都来自于汽车细分市场交叉型乘用车产品的数据，为进一步检验所提出结论的实践性，一方面要接受交叉型乘用车产品更久时间产品生命周期实践的检验，另一方面还要接受其它细分市场汽车产品生命周期的实例来检验。

参考文献

- [1] 中国汽车技术研究中心, 中国汽车工业协会. 2012 中国汽车工业年鉴. 2012
- [2] 孙高昂, 李倩. 中国城镇居民家用汽车市场扩散研究. 西安电子科技大学学报(社会科学版), 2010, 20(1): 17-22
- [3] Riley K.. Motor vehicles in china: the impact of demographic and economic changes. Population and Environment, 2002, 23(5): 479-494
- [4] Deng X., Ng Y. K.. Optimal taxation on mixed diamond goods: Implications for private car ownership in China. Pacific Economic Review, 2004, 9(4): 293-306
- [5] Mengchun Ding, Ying Wang, Shiruo Wang. An Analysis of Causes and Countermeasures for Reconstruction and Integration of Automobile Industry in China. Asian Social Science, 2011, 7(5): 215-218
- [6] 钱锋, 骆建文. 中国民用汽车发展预测分析. 商业研究, 2001, (9): 85-87
- [7] 周骞, 杨东援. 基于多相关因素的汽车保有量预测神经网络方法. 公路交通科技, 2001, (6): 126-129
- [8] 吴义虎, 陈荫三, 侯志祥等. 基于神经网络的中国汽车保有量建模与预测. 西安公路交通大学学报, 2001, 21(2): 91-93
- [9] 仇鹏飞. 世界汽车市场需求的宏观分析与中国汽车行业的销售对策: [南京航空航天大学硕士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2002
- [10] 赵树宽. 从世界汽车产业发展趋势看我国汽车产业的发展. 中国软科学, 2003, 8: 28-30
- [11] 程毛林. Logistic 曲线的几个推广模型与应用. 运筹与管理, 2003, 12(3): 85-88
- [12] 何山, 胡树华. 中国汽车产品市场扩展特征研究. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2005, 27(4): 191-194
- [13] 王旖旎. 中国汽车需求预测: 基于 Gompertz 模型的分析. 财经问题研究, 2005, (11): 43-50
- [14] 陈道平, 刘伟. 中国汽车市场需求及其弹性和预测分析. 重庆大学学报(自然科学版), 2005, 28(12): 138-142
- [15] 吕一林, 邱林, 张军. 中国城市消费者汽车消费偏好的因素研究. 吉林省经济管理干部学院学报, 2005, 19(6): 82-86
- [16] 龚谊承, 李寿贵, 李德宜等. 基于小波的中国汽车产量预测与研究. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2006, 29(6): 628-630

- [17] 韩雪,李潜. 关于我国私人汽车拥有量的计量经济学模型及其检验和预测. 工业技术经济, 2006, (9): 121-124
- [18] 沈中元. 利用收入分布曲线预测汽车保有量. 中国能源, 2006, (8): 11-15
- [19] 陈志斌,付国华. 产品生命周期理论在汽车营销管理中的应用. 同济大学学报(社会科学版), 2007, 18(4): 119-123
- [20] 马艳丽,高月娥. 我国未来汽车保有量情景预测研究. 公路交通科技, 2007, 24(1): 121-125
- [21] 张广利. 中国汽车产业市场需求规模及均衡情况下供给规模的调整: [北京工业大学硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2008
- [22] 苏子杉. 汽车市场的销量预测与离散选择模型: [中国科学技术大学博士学位论文]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009
- [23] 朱晓霞. 中国微型乘用车产品与产业特征及市场竞争规律研究: [哈尔滨工程大学硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2006
- [24] 向雨芳. 中国运动型多功能乘用车顾客满意度与忠诚度相关性研究: [同济大学硕士学位论文]. 上海: 同济大学, 2007
- [25] 王皓,周黎安. 中国轿车行业的合谋与价格战. 金融研究, 2007, (2): 156-165
- [26] 罗延发. 产品差异化视角下的中国家庭轿车市场研究: [浙江大学博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2007
- [27] 董慧玲,介俊. 基于 Bass 模型对中国私人载客汽车市场预测研究. 北京工商大学学报(自然科学版), 2007, 25(4): 63-66
- [28] 章烈琴. 中国私人轿车市场中产品扩散模型的应用和分析: [西南交通大学硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2008
- [29] 赵韩,许辉,梁平等. 最优组合预测方法在家用汽车需求预测中的应用. 工业工程, 2008, 11(1): 126-128
- [30] 马钧,王宁,孔德洋. 基于 AHP 及 Logit 回归的新能源汽车市场预测模型. 同济大学学报(自然科学版), 2009, 37(8): 1079-1084
- [31] 马海立. 丰田 HIACE 轻型客车年度车型发展变化规律的研究: [大连理工大学硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2003
- [32] 王宇光. 面向中国市场投放派力奥轿车: [东南大学硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2004
- [33] 宋辉. 基于需求预测的整车销售系统设计与实现: [上海交通大学硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2007
- [34] Dean Joel. Pricing policies for new products. Harvard Business Review, 1950, 28(6): 45-53
- [35] Levitt Theodoer. Exploit the product life cycle. Harvard Business Review, 1965,

- 43(6): 81-94
- [36] Vernon Raymond. International investment and international trade in the product cycle. *The Quarterly Journal of Economics*, 1966, 80(2): 190-207
- [37] Chuck Ryan, Walter E Riggs. Redefining the product life cycle: The five-element product wave. *Business Horizons*, 1996, 5: 33-40
- [38] 刘飞, 李聪波, 曹华军, 王秋莲. 基于产品生命周期主线的绿色制造技术内涵及技术体系框架. *机械工程学报*, 2009, 45(12):115-120
- [39] Hui Cao, Paul Folan. Product life cycle: the evolution of a paradigm and literature review from 1950-2009. *Production Planning & Control*. 2010, DOI: 10.1080/09537287.2011.577460
- [40] Booz, Allen, Hamilton. New product management for the 1980s. New York: Booz Allen and Hamilton, Inc, 1982
- [41] Bass Frank M. . A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, 1969, 15(5): 215-227
- [42] David R. Rink, John E. Swan. Product life cycle research: A literature review. *Journal of Business Research*, 1979, 7(3): 215-227
- [43] 姜嫄, 赵红. 基于模糊识别模型的品牌生命周期测评方法研究. *管理评论*, 2012, 24(1) : 90-98
- [44] 汪文忠, 赵振宇, 刘伊生. 高技术产品生命周期模型分析. *数量经济技术经济研究*, 2003,(2): 57-60
- [45] Hans H Bauer, Marc Fischer. Product life cycle patterns for pharmaceuticals and their impact on R&D profitability of late mover products. *International Business Review*, 2000, 9(6) : 703-725
- [46] 徐贤浩, 郭晓云. 采用 Norton 模型预测短生命周期产品市场需求. *工业工程与管理*, 2008, (2): 19-23
- [47] Chen-Fu Chien, Yun-Ju Chen, Jin-Tang Peng. Manufacturing intelligence for semiconductor demand forecast based on technology diffusion and product life cycle. *International Journal of Production Economics*, 2010, 28(2) : 349-361
- [48] Li Guoqing, Chen Zhongliang. Dynamic industry evolution model on product life cycle. *Energy Procedia*, 2011, 5: 1611-1615
- [49] Roger J. Calantone, Sengun Yeniyurt, Janell D ownsend, Jeffrey B. Schmidt. The effects of competition in short product life-cycle markets: The case of motion pictures. *Journal of Product Innovation Management*, 2010, 27(3) : 349-361
- [50] Won-Joon Kim, Jeong-Dong Lee, Tai-Yoo Kim. Demand forecasting for

- multigenerational products combining discrete choice and dynamics of diffusion under technological trajectories. *Technological Forecasting & Social Change*, 2005, 72: 825-849
- [51] Rajkumar Venkatesan, V. Kumar. A genetic algorithms approach to growth phase forecasting of wireless subscribers. *International Journal of Forecasting*, 2002, (18): 625-646
- [52] Luis Garay, Gemma Canoves. Life cycles, stages and tourism history: The Catalonia (Spain) Experience. *Annals of Tourism Research*, 2011, 38(2): 651-671
- [53] 徐红罡. 潜在游客市场与旅游产品生命周期——系统动力学模型方法. *系统工程*, 2001, 19(3): 69-75 Philip Kotler. *Marketing Management*. Upper Saddle River: Prentice-Hall International, Inc., 1997
- [54] T.F. Mei, Y.H. Cheng, T.G. Hsiung. Applied hybrid grey model to forecast seasonal time series. *Technological Forecasting and Social Change*, 2001, 67: 291-302
- [55] Hiukan Wong, Paul Dellis. Is market orientation affected by the product life cycle. *Journal of World Business*, 2007, 42(2): 145-156
- [56] Jyh-Wen Ho, Yeu-Shiang Huang. A study on the life of an innovative product using a Bayesian approach. *Computers & Industrial Engineering*, 2011, 60(4): 666-676
- [57] 苏振东, 逯宇铎, 刘海洋. 异质性企业、产品生命周期与企业动态国际化战略选择. *南开经济研究*, 2011, (6): 21-40
- [58] Aitken James, Paul Childerhouse. The impact of product life cycle on supply chain strategy. *International Journal of Production Economics*, 2003, 85(2): 127-140
- [59] WJ Abernathy, JM Utterback. Patterns of industrial innovation technology. *Rev.*, 1978, (50): 41-47
- [60] 熊彼特. *经济发展理论*. 北京: 商务印书馆, 1990: 80-83
- [61] 傅家骥. *技术创新学*. 北京: 清华大学出版社, 1998: 13
- [62] Mansfield E.. Technical change and the rate of imitation. *Econometrica*, 1961, 29(4): 741-766
- [63] 傅家骥, 雷家萧, 程源. *技术经济学前沿问题*. 北京: 经济科学出版社, 2003
- [64] 傅家骥等. *技术创新——中国企业发展之路*. 北京: 企业管理出版社, 1992
- [65] Rogers E. M., Valente T. W.. *Technology transfer in high-technology industries*. New York: Oxford University Press, 1991

- [66] Rogers E. M.. Diffusion of innovations. New York: The Free Press,1983
- [67] 孙敬水, 马淑琴. 计量经济学. 北京: 清华大学出版社, 2004
- [68] 林荣鑫. 龚伯兹曲线模型在广告预算中的应用. 鸡西大学学报, 2009, 9(1): 44-46
- [69] 何其祥. 产品生命周期的局部回归模型研究. 统计与决策, 2008, (8): 22-23
- [70] 王海云, 尚志田. 重复购买的产品生命周期模型研究. 中国管理科学, 2002, 10(2): 24-28
- [71] Ping-Teng Chang. Fuzzy stage characteristic-preserving product life cycle modeling. Fuzzy Sets and Systems, 2002,126: 33-47
- [72] 陈新辉, 乔忠. 产品生命周期的模糊识别模型. 中国农业大学学报, 2001, 6(4): 1-6
- [73] 李晓非. 运用可拓理论的产品生命周期识别. 工业工程, 2009, 12(2): 47-50
- [74] Schmittlein D. C., Mahajan V.. Maximum likelihood estimation for an innovation diffusion model of new product acceptance. Marketing Science, 1982, 1: 57-78
- [75] Srinivasan V., Mason C. H.. Nonlinear least squares estimation of new product diffusion models. Marketing Science, 1986, 5(2): 169-178
- [76] 杨敬辉. Bass 模型及其两种扩展型的应用研究: [大连理工大学博士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2005
- [77] 孟繁东, 何明升. Bass 模型参数估计方法研究综述. 航天控制, 2009, 27(1): 104-108
- [78] Bretschneider, Stuart I., Vijay Mahajall. Adaptive filter estimation of diffusion models. Technological Forecasting and Social Change, 1980, 18(10): 129-139
- [79] Sultan F., Farley J. U., Lehmann D. R.. A meta-analysis of application of diffusion models. Journal of Marketing Research, 1990, (37): 70-77
- [80] Putsis W. P., V. Srinivasan. Estimation techniques for macro diffusion models: new product diffusion models. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000, 264-291
- [81] Mahajan V., Eitan Muller. Innovation diffusion in a borderless global market: will the 1992 unification of the European community accelerate diffusion of new ideas, products and technologies? . Technological Forecasting and Social Change, 1994, 45: 221-235
- [82] Bayus, Bary L.. High-definition television: demand forecasts for a next-generation consumer durable. Management Science, 1993, 39(11): 1319-1333

- [83] Bayus, Barry L., Carolyn C. Carlstrom. Grouping durable goods. *Applied Economics*,1990,22: 759-773
- [84] Griliches,Z.. Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change. *Econometrica*,1957,25(4): 501-522
- [85] Lackman C. L.. Gompertz curve forecasting: A new product application. *Journal of the Market Research Society*,1978,(20): 45-47
- [86] 柳卸林, 吴丰祥, 朱文伶. 中国移动电话扩散的驱动力及预测模型研究. *中国软科学*, 2009, (6): 43-53
- [87] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用. 北京: 国防工业出版社,1999: 32-64
- [88] Rita Lei. 中国汽车市场的变化对零部件市场带来的影响的圆桌讨论. <http://auto.gasgoo.com/AutoDetail.aspx?Idx=61447C5A-627E-4BB2-8B65-384295E90EE0&page=1>, 2011-05-10
- [89] 张毅. 中国保有量极限在哪, 到底能承载多少汽车. <http://auto.sohu.com/20110221/n303393251.shtml>, 2011-02-21
- [90] L.A.Fourt, J.W.Woodlock. Early prediction of market success for new grocery products. *Journal of Marketing*.1960, (25): 31-38
- [91] Mahajan V., Muller E., Bass F.M.. New product diffusion models in marketing: A review and directions for future research. *Journal of Marketing*, 1990, 54: 1-26
- [92] Meade N., Islam T.. Modeling and forecasting the diffusion of innovation-a 25-year review. *International Journal of Forecasting*,2006, 22(3): 519-545
- [93] 何应龙, 周宗放. 国外新产品扩散模型研究的新进展. *管理学报*, 2007, 4(4): 529-536
- [94] Mahajan V., R.Peteson. Innovation diffusion in a dynamic potential adopter population. *Management Science*;1978,24: 1589-1597
- [95] Sharif M., K.Ramanathan. Binomial innovation diffusion models with dynamic potential adopter population. *Technological Forecasting and Social Change*, 1981(21): 301-323
- [96] Bottomley P., R. Fildes. The role of prices in models of innovation diffusion. *Jounal of Forecasting*, 1998, 17: 539-555
- [97] Mahajan V., E. Muller, S. Sharma. An empirical comparison of awareness forecasting models of new product acceptance. *Marketing Science*, 1984, 3: 179-197
- [98] Hahn M., Park S., Krishnamurthi L., Zoltners A.. Analysis of new product diffusion using a four segment trial-repeat model. *Marketing Science*, 1994,13

- (3): 224-247
- [99] 胡知能, 徐玖平. 创新产品扩散的多阶段动态模型. 系统工程理论与实践, 2005, 4: 15-21
- [100] Bucklin L.P., Sengupta S.. The co-diffusion of complementary innovations: Supermarket scanners and UPC symbols. Journal of Product Innovation Management, 1993, 10(2): 148-160
- [101] Gupta S., Jain D.. Modeling the evolution of markets with indirect network externalities: An application to digital television. Marketing Science, 1999, 18(3): 396-416
- [102] Shocker A.D., Bayus B.L., Kim N.. Product complements and substitutes in the real world: The relevance of other products. Journal of Marketing, 2004, 68(1): 28-40
- [103] Mahajan V., Sharma S., Buzzell R. D.. Assessing the impact of competitive entry on market expansion and incumbent sales. Journal of marketing, 1993, 57(3): 39-52
- [104] Parker P., Gatignon H.. Specifying competitive effects in diffusion models: an empirical analysis. International Journal of Research in Marketing, 1994, 11(1): 17-39
- [105] 艾兴政, 唐小我. 广告媒介下两种产品竞争与扩散模型研究. 管理工程学报, 2000, 3: 19-22
- [106] 陈新桂, 艾兴政. 市场竞争对新产品扩散过程影响模型的研究. 软科学, 2004, 18(1): 22-24
- [107] 丁士海. 基于创新扩散理论的品牌生命周期研究: [南京理工大学博士学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2009
- [108] Robinson B., C. Lakhani. Dynamic price models for new product. Planning Management Science, 1975, 10: 1113-1122
- [109] Kalish S.. Monopolist pricing with dynamic demand and production cost. Marketing Science, 1983, 2: 135-160
- [110] Namwoon Kim, Rajendra K., Srivastava. Modeling cross-price effects on inter-category dynamics: The case of three computing platforms. Omega, 2007, 35: 290-301
- [111] Simon H., K. Sebastian. Diffusion and advertising: the German telephone company. Management Science, 1987, 33: 451-466
- [112] Horsky D., L. Simon. Advertising and the diffusion of new product. Marketing Science, 1983, 1: 1-18

- [113] Krishnan T. V., D. C. Jain. Optimal dynamic advertising policy for new products. *Management Science*, 2006, 52, (12): 1957-1969
- [114] 胡左浩, 黄飞华, 赵平等. 广告对于新产品扩散的影响研究: 以手机产品为例. *中国管理科学*, 2007, 15: 529-531
- [115] 胡知能. 创新产品扩散的免费商品问题分析. *系统工程理论与实践*, 2005, 3: 96-100
- [116] Michal Herzenstein, Steven S. Posavac, J. Josko Brakus. Adoption of new and really new products: The effects of self-regulation systems and risk salience. *Journal of Marketing Research*, 2007, (14): 251-260
- [117] Frank M. Bass. The relationship between diffusion rates, experience curves, and demand elasticities for consumer durable technological innovations. *Journal of Business*, 1980, 53(3): 57-67
- [118] Kalish Shilomo. A new product adoption model with price, advertising and uncertainty. *Management Science*, 1985, 4: 1569-1584
- [119] Mesak H.. Incorporating price, advertising and distribution in diffusion models of innovation: Some theoretical and empirical results expectations in diffusion models. *Computers and Operations Research*, 1996, 23: 1007-1023
- [120] Krishnan T.V., F.M. Bass., D. Jain. Optimal pricing strategy for new products. *Management Science*, 1999, 45: 1650-1663
- [121] Putsis W.P.. Parameter variation and new product diffusion. *Journal of Forecasting*, 1998, 17(3): 231-257
- [122] 官建成, 张西武. 政府中介机构及补贴对技术扩散速度的影响. *技术政策研究, 系统工程理论与实践*, 1995, (8): 6-12
- [123] JONES M., Ritzc J.. Incorporating distribution into new products diffusion models. *International Journal of Research in Marketing*, 1991, 8(6): 91-112
- [124] Lan Luo, P. K. Kannan, B.T. Ratchford. New product development under channel acceptance. *Marketing Science*, 2007, 26: 149-163
- [125] Norton J. A., Bass F. M.. A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high technology products. *Management Science*, 1987, 33: 1069-1086
- [126] Speece M. W., Maclachlan D. L.. Application of a multi-generation diffusion model to milk container technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 1995, 49: 281-295
- [127] Vijay Mahajan, Eitan Muller. Timing diffusion and substitution of successive generations of technological innovations: The IBM mainframe case. *Technolo*

- gical Forecasting and Social Change,1996,51: 109-132
- [128] Kim N., Chang D. R., Shocker A. D.. Modeling intercategory and generational dynamics for a growing information technology industry. *Management Science*, 2000, 46: 469-512
- [129] Danaher J. D., Hardie B. G.. Marketing mix variables and the diffusion of successive generations of a technological innovation. *Journal of Marketing Research*,2001,38: 504-514
- [130] Islam T., Meade N.. The diffusion of successive generation of a technology:A more general model. *Technological Forecasting and Social Change*,1997, 56: 49-60
- [131] Krishnan T. V., Bass F. M., Kumar V. . Impact of a late entrant on the diffusion of a new product service. *Journal of Marketing Research*,2000,37: 269-278
- [132] 杨敬辉, 武春友. 采用 Norton 模型对产品更新换代扩散趋势的研究——以中国互联网用户上网方式的更新换代为例. *科学学研究*, 2005, 23(5): 683-687
- [133] 张磊, 李一军, 闫相斌. 基于竞争的多代产品扩散模型及其实证研究. *系统工程理论与实践*, 2008, (12): 84-92
- [134] Gore P. , A. Lavaraj . A innovation diffusion in heterogeneous population. *Technological Forecasting and Social Change*,1987,32: 163-167
- [135] Dekimpe M., P. Parker, M. Sarvary. Global diffusion of technological innovations: A coupled hazard approach. *Journal of Marketing Research*, 2000, 37: 47-59
- [136] Dekimpe M., P. Parker, M. Sarvary. Globalization: modeling technology adoption timing across countries . *Technological Forecasting and Social Change*,2000, 63: 25-42
- [137] Kumar V., T. V. Krishnan. Multinational diffusion models: An alternative framework. *Marketing Science*,2002, 21: 318-330
- [138] Talukdar D., K. Sudhir, A. Ainslie. Investigating new product diffusion across products and countries. *Marketing Science*,2002,21: 97-114
- [139] Allaway A., D. Berkowitz, G.D. Souza. Spatial diffusion of a new loyalty program through a retail market. *Journal of Retailing*, 2003, 79: 137-151
- [140] 梁玺, 朱恒源, 吴贵生. 我国城乡耐用消费品市场用户构成差异的研究——一个创新扩散的视角. *数量经济技术经济研究*, 2007, (9): 99-109
- [141] Jain D., Mahajan V., Muller E.. Innovation diffusion in the presence of supply restrictions, *Marketing Science*,1991,10(1): 83-90

- [142] Ho T.H., S. Savin, C.Terwiesch. Managing demand and sales dynamics in new product diffusion under supply constraint. *Management Science*,2002,48: 187-206
- [143] Kumar S. , J.M.Swaminathan . Diffusion of innovations under supply constraints. *Operations Research*,2003,51: 866-879
- [144] Swami S., P.J.Khairnar. Diffusion of products with limited supply and known expiration date. *Marketing Letters*,2003,14: 33-46
- [145] Lilien G. I., Rao A. G., Kalish S.. Bayesian estimation and control of detailing effort in a repeat-purchase diffusion environment. *Management Science*, 1981, 27(5): 493-506
- [146] Mahajan V., Wind J., Sharma S.. An approach to repeat-purchase diffusion analysis. In: *AMA 1983 Educators'Conference*. Chicago,1983: 442-446
- [147] Paul R. Steffen . A model of multiple-unit ownership diffusion process. *Technological Forecasting & Social Change*, 2003,(70): 901-917
- [148] Steffens P. R. . A model of multiple ownership as a diffusion process. *Technological Forecasting and Social Change*,2002,70: 901-917
- [149] J. Olson , S. Choi . A product diffusion model incorporating repeat purchases. *Technology Forecast Social Change*, 1985, 27: 385-397
- [150] W. Kamakura, S. Balasubramanian. Long term forecasting with innovation diffusion models: the impact of replacement purchases. *J. Forecast*,1987,(6): 1-19
- [151] 王海云, 尚志田. 重复购买的产品生命周期模型研究. *中国管理科学*, 2002, (2): 24-29
- [152] 王福华, 乔忠, 刘巍. 重复与经常购买的产品生命周期模型的参数估计. *数量经济技术经济研究*, 2004, (8): 55-61
- [153] 李季, 王汉生, 涂平. 对于尝试一重购新产品扩散模型的改进: logit 模型及 NELS 估计. *中国管理科学*, 2008, 16(6): 105-111
- [154] 张磊, 吕裔良. 快速消费品产品扩散的模型研究——以中国乳制品为例. *预测*, 2009, 28(1): 30-35
- [155] 中华人民共和国国家统计局. 2010 年中国统计年鉴. 2010
- [156] 丁士海, 韩之俊. 考虑竞争与重复购买因素的耐用品品牌扩散模型. *系统工程理论与实践*, 2011, 31(7): 1320-1327
- [157] Givon M., Mahajan V., Muller E.. Software piracy: estimation of lost sales and the impact on software diffusion. *Journal of Marketing*, 1995, 59 (1): 29-37
- [158] Givon M., Mahajan V., Muller E.. Assessing the relationship between the user

- based market share and unit sales based market share for pirated software brands in competitive markets. *Technological Forecasting and Social Change*, 1997, 55: 131-144
- [159] Lilen G.L., Rao A., Kalish S.. Bayesian estimation and control of detailing effort in a repeat-purchase diffusion environment. *Management Science*, 1981, 27: 493-506
- [160] Easingwood C., Mahajan V., Muller E.. A non-uniform influence innovation diffusion model of new product acceptance. *Marketing Science*, 1983, 2: 273-296
- [161] 张珊珊. 仿冒影响下汽车厂商生产策略和产品扩散规律研究: [中国科学技术大学博士学位论文]. 合肥: 中国科学技术大学, 2010
- [162] 王朋, 孙骅. 部分完全替代创新产品的扩散模型. *系统工程*, 2005, 23(9): 33-36
- [163] Joann Muller. Can China save GM? . <http://www.forbes.com/forbes/2010/0510/global-2000-10-automobiles-china-detroit-whitacre-save-gm.html?boxes=Homepagechannels,2010-05-10>
- [164] Meyer M.H., Lehnerd A.P.. The power of product platforms. New York: Free Press, 1997, 21-32
- [165] Fabrice Alizon, Steven B. Shooter, Timothy W. Simpson. Henry Ford and the Model T: lessons for product platforming and mass customization. *Design Studies*, 2009, 30(5): 588-605
- [166] Javier P. Gonzalez-Zugasti, Kevin N. Otto, John D. . A method for architecting product platforms. *Research in Engineering Design*, 2000, 12(2): 61-72
- [167] 王毅, 毛义华. 新产品开发管理新范式: 基于核心能力的平台方法. *科研管理*, 1999, 20(5): 6-12
- [168] 张宗臣, 苏敬勤. 技术平台及其在企业核心能力理论中的地位. *科研管理*, 2001, 22(6): 76-81
- [169] 俞海舟. 汽车平台战略浅析. *上海汽车*, 2004, (3): 10-13
- [170] 尹家绪, 刘飞. 基于产品生命周期主线的汽车制造企业发展模式. *系统工程*, 2008, 26(1): 25-29
- [171] 许胜江. 核心产品及其开发与评价. *系统工程*, 2006, 24(3): 122-126
- [172] 袁智军, 赵小羽, 胡洁等. 车车身设计目标分析与控制. *机电产品开发与创新*, 2009, 22(5): 14-17
- [173] Mittal S., Frayman F.. Towards a genetic model of configuration task. In: *International Joint Conference on Artificial Intelligence*. Detroit, 1989,

1395-1401

- [174] George Q. Huang, X. Y. Zhang, L. Liang . Towards integrated optimal configuration of platform products, manufacturing processes, and supply chains. *Journal of Operations Management*, 2005, 23: 267-290
- [175] P. T. Helo, Q. L. Xu, S. J. Kyllönen, R. J. Jiao. Integrated vehicle configuration system connecting the domains of mass customization. *Computers in Industry*, 2010, 61(1): 44-52
- [176] Brain Corbett, David W. Rosen. Configuration design based method for platform commonization for product families. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 2004, 18(1): 21-39
- [177] William A. Brock, Steven N. Durlauf . Discrete choice with social interactions. *Review of Economic Studies*, 2001, 68(2): 235-260
- [178] 杨明顺, 林志航. QFD 中顾客需求重要度确定的一种方法. *管理科学学报*, 2003, 6(5): 65-71
- [179] 陈红艳. 改进理想解法及其在工程评价中的应用. *系统工程理论方法应用*, 2004, 13(5): 471-473
- [180] Ying-Ming Wang, Taha M.S. . Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert Systems with Applications*, 2006, 31(2): 309-319

致 谢

光阴荏苒，论文交付之时，百感交集。在美丽而开放的湖大和山清水秀的柳州，我完成了博士学业和论文。回首博士求学路，有艰辛、困苦，但更多是收获的喜悦，而最想表达的是感激之情。

首先，要感谢我的博士导师钟志华教授，几年来，钟老师严谨的治学态度、渊博的知识、活跃的思维方式、诲人不倦、一丝不苟的敬业精神以及高尚的人格、朴实谦和的为人之道，将深刻影响我日后工作与生活，使我终生受益。

同时，我为有幸进入上汽通用五菱汽车股份有限公司（SGMW）进行博士研究工作而感到荣幸与骄傲，对培养、帮助与支持我的老师沈阳总经理表达由衷的感谢。沈老师是成功的企业家，也是资深的教授级高工，具有十分丰富的实践经验和深厚的理论知识，从我的论文选题、提纲审定到写作与修改的整个过程中，沈老师都一直非常关心，提出许多宝贵意见，使我有机会接触到企业家的思想和理念，开阔了眼界、丰富了思想、提升了理念。

衷心感谢姚佐平副总经理，姚老师在日常的学习和工作中，给予我许多无私的帮助，特别是在我的论文撰写过程中，提出了许多宝贵意见，“与师一席谈，胜读十年书”，文中诸多研究思想也源于姚老师的引导及教诲，获益匪浅。

其次，感谢导师成艾国教授。多年来，成老师的关怀教诲、言传身教，不断帮助我，督促我，提高自己，我的每一步成长都离不开他。在成老师提供的产学研相结合的平台，我学到了在学校无法接触到的知识。感谢成老师在科学研究上的引导及提携，在生活上诸多方面的帮助！

衷心感谢 SGMW 的袁智军副总经理，销售杨杰总经理，技术中心徐飞云总经理、韦勇总工、尹曦林经理、张玉林首席等各个部门的领导和同事，研究期间对我学习与工作一贯关心与大力支持！分享喜悦，鼓励进步，谋划未来！

衷心感谢湖南大学的陈涛副教授、王国春、聂昕、胡朝晖、宋凯、何智成、赵敏、陈少伟、胡洁等博士同窗好友的支持和鼓励，与他们探讨学术和交流问题对我的论文提供了很好的启迪。感谢我的家人，家人给与我的永远是爱护与支持，让我不断前行。愿我所取得的成绩能够给他们带来快乐和欣慰！

人生一路走来，特别是攻读博士期间，要感谢的人太多太多。再次衷心感谢在漫漫求学路上给我帮助、关心、支持的每一位！

论文写作过程中，我引用了许多专家和学者的成果，并尽可能地在参考文献中列出，谢谢你们的智慧带给我的启迪，完善丰富了我的研究内容！

最后，谨向百忙中抽出宝贵时间评审论文的各位专家老师致谢！

附录 A 攻读博士学位期间所发表的学术论文

- [1] ZHAO Xiaoyu, CHENG Aiguo, ZHONG Zhihua, Product Diffusion Model Associated with Dynamic Market Environment: The Case of Mini Passenger Vehicle in China. 2011 WASE International Conference Proceedings on Information Engineering. . Applied Mechanics and Materials, 2012, (135-136): 694-701.(EI 检索号 20114914578897)
- [2] ZHAO Xiaoyu, CHENG Aiguo, ZHONG Zhihua, SHEN Yang. Diffusion Model of Successive Generations Associated with Competition and Heterogeneity: The Mini Passenger Vehicle in China Case. IEEE 2nd International Conference Proceedings on Computing, Control and Industrial Engineering. 341-344.(EI 检索号 20113914382003)
- [3] 赵小羽, 成艾国, 沈阳, 钟志华.考虑竞争与差异化的多代汽车产品扩散实证研究.系统工程, 2011, 29 (9): 9-15
- [4] 赵小羽, 成艾国, 沈阳, 钟志华.重复购买与市场变化下产品扩散实证研究.湖南大学学报(自然科学版), 2012 (9): 28-32. (EI 检索号 20124615671233)
- [5] ZHAO Xiaoyu, CHENG Aiguo, ZHONG Zhihua, SHEN Yang. Impact of Market Expansion on Brand Diffusion: The Case of Mini Passenger Vehicle in China. The 3rd International Conference Proceedings on Information Technology and Computer Science. 371-374(ISTP 检索号 000306762700092)
- [6] ZHAO Xiaoyu, CHENG Aiguo, ZHONG Zhihua, SHEN Yang. Diffusion Model Considering Subsidy Policies: The Case of Mini Passenger Vehicle in China. 2011 International Conference Proceedings on Management Science and Intelligent Control. 705-708
- [7] 赵小羽, 王秀杰, 沈阳, 姚佐平, 成艾国.汽车产品平台生命周期循环发展模式研究.广西工学院学报(自然科学版), 2010, (4): 5-8
- [8] 赵小羽, 成艾国, 沈阳.产品个性配置离散选择的多目标决策.计算机科学, 2011, 38 (7A): 26-28

附录 B 攻读博士学位期间参与的科研项目

- [1] 上汽通用五菱汽车股份有限公司“微型客车产品生命周期研究” 2007-2011
- [2] 国家科技支撑计划“面向 4R 的汽车产品绿色设计技术和数据库”2006-2009
- [3] 广西重点优势产业技术创新知识产权问题研究——汽车产业 2009
- [4] 国家知识产权专利战略推进工程“中国微型汽车行业专利战略研究”2009-2011
- [5] 上汽通用五菱汽车股份有限公司“新能源汽车技术开发与研究” 2009-2011
- [6] 广西千亿元产业重大科技攻关工程项目“SGMW 纯电动汽车技术研究与开发”2010-2012
- [7] 广西千亿元产业重大科技攻关工程项目“SGMW 混合动力电动汽车技术研究与开发”2010-2012

附录 C 调查问卷

“微型客车产品市场生命周期影响因素”评价重要程度调查问卷

尊敬的女士/先生：

非常感谢您在百忙之中抽出时间参加“微型客车产品生命周期研究”讨论工作，本次问卷调查目的是为确定“微型客车产品生命周期影响因素”体系。您的反馈信息非常重要，将有助于课题组制定出具有可操作性、可量化的指标体系，从而尽可能准确反映企业产品的实际市场生命周期，为企业领导提供决策依据，推动企业市场应对能力的提升，切实保障企业可持续发展的经营能力。

请您在填写问卷前，仔细阅读“填写说明”部分，以准确理解和正确填写调查问卷。

再次感谢您的热情参与和大力支持！

“上汽通用五菱微型客车产品生命周期研究”课题组

2009 年 2 月

答卷人要求：工作 5 年以上的产品市场(销售、售后等)部门人员或企业管理人员。

答卷人信息填写：

部 门	
岗 位	
职务/职称	
工作年限	

填写说明：请根据微型客车产品市场扩散销售中,各因素的影响重要程度，对以下表中多个因素进行比较后评分,并在对应方框中打“√”。		低 <—————> 高								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
行业产品生命周期影响因素 (备注：行业即指微型客车产品行业整体市场)	宏观经济增长									
	政策法规									
	汽车信贷市场									
	汽车保险市场									
	消费者购买力									
	产品价格									
	产品重购									
	汽车使用成本									
	公路交通建设									
	公共交通建设									
	人口增长									
	驾驶人员增长									
多代产品生命周期影响因素 (备注：多代即指平头和凸头微客两代产品市场)	历代产品竞争力									
	历代产品消费者满意度									
	历代产品标准法规									
品牌产品生命周期影响因素 (备注：品牌即指五菱品牌、长安品牌等品牌产品市场)	行业内品牌数量									
	品牌产品用户满意度									
	品牌产品营销策略									
	品牌产品市场占有率									
您的建议：请列出未尽的影响因素，并评分										
行业产品生命周期影响因素										
多代产品生命周期影响因素										
品牌产品生命周期影响因素										