

汽车先进技术译丛

如何将汽车 制造成精品

——汽车噪声与振动控制

Vehicle Refinement
Controlling Noise and Vibration in
Road Vehicles

(英)Matthew Harrison 著
李惠彬 上官云飞 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车先进技术译丛

如何将汽车制造成精品

——汽车噪声与振动控制

(英) Matthew Harrison 著

李惠彬 上官云飞 译



机械工业出版社

本书主要研究了在汽车制造的精品化过程中,如何控制汽车噪声与振动,同时还对声学和动力学进行了介绍。通过阅读该书,读者可以了解噪声的产生、传播和控制噪声振动的物理过程。

本书共分六章,内容包括:介绍了汽车精品化的主题,提出了精品化的目标和任务;描述了声音的物理性质,并就如何测量、记录、分析声音给出了可行的建议;如何评价与控制汽车外部噪声,并详细地考虑了轮胎噪声、发动机进气噪声和排气噪声;研究了汽车内部噪声的评价与控制过程,包括路面噪声、发动机噪声、制动噪声等;在如何进行测试和分析方面给出建议;分析了汽车振动的来源,以及用于振动控制的阻尼、隔振和吸振的使用。各章节都有实际案例和课堂演示。

本书适合从事汽车噪声与振动研究的工作人员,也可作为高校相关专业研究生的教材,供师生参考阅读。

Elsevier Butterworth-Heinemann

Vehicle Refinement Controlling Noise and Vibration in Road Vehicles

Matthew Harrison

Original ISBN: 0-7506-6129-1

Copyright 2004 © by Elsevier Butterworth-Heinemann.

Authorized Simplified Chinese Edition is published by CMP.

All Rights Reserved.

本书中文简体版由埃斯韦尔 Butterworth-Heinemann 公司授权机械工业出版社独家出版发行。

版权所有,侵权必究。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2008-1324

图书在版编目(CIP)数据

如何将汽车制造成精品——汽车噪声与振动控制/(英)哈里森(Harrison, M.)著;李惠彬,上官云飞译. —北京:机械工业出版社,2009.5

(汽车先进技术译丛)

ISBN 978-7-111-26815-4

I. 如… II. ①哈…②李…③上… III. ①汽车噪声—噪声控制
②汽车—振动控制 IV. U467.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第053794号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:徐巍 责任编辑:杜凡如

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2009年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·18印张·349千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-26815-4

定价:49.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379368

封面无防伪标均为盗版

译者序

精品化 (NVH) 始终是车辆设计和发展中一个需要考虑的重要方面。在过去的 20~30 年中, 精品化已表现得越来越重要 (可由制造商强调它的车有多安静的广告见证), 并逐渐成为汽车生产厂商孜孜不倦追求的目标之一。本书是汽车精品化领域的最新著作。本书的显著特点是从车辆噪声与振动控制的角度来描述和研究汽车精品化工作。本书覆盖的范围很宽, 包括: 精品化的目标和任务; 道路车辆所有主要噪声源与振动; 汽车外部噪声评价与控制; 汽车内部噪声评价与控制; 汽车振动的来源与控制。本书还对声学和动力学进行了介绍。本书包括了许多课堂演示和小组练习, 读者通过阅读本书, 可以了解噪声的产生、传播和控制噪声与振动的物理过程。

本书第一章和第二章由上官云飞翻译, 其余各章由李惠彬翻译, 研究生孙振莲参与了第一章和第二章的部分翻译工作。李惠彬对全书文字和插图进行了统一校阅。对于原书中存在的明显错误, 已在译文中直接修改, 不一一加注指出。本书的翻译和出版得到了国家自然科学基金 (50875022) 的部分资助。由于译者水平限制, 难免存在欠妥和误译之处, 恳请国内专家和广大读者批评指正。

译者
于北京理工大学

致 谢

我要感谢那些指导我学习和研究有关汽车精品化不同方面的人们。这些人中，有些是我的导师，有些是我的同学，其余是我的学生。并要特别感谢：

Peter Davies, Peter Fairhurst, the late Mike Russell, Frank Fahy, Chris Morfey, Phil Nelson, Joe Hammond, Neil Ferguson, Malcolm McDonald, Phil Crowther, Robin Sharp, John Robertson, the late Bob Wilson, Steve Hutchins, Neil McDougall, Ian Stothers, Paul Harvey, Melody Stokes, Tim Saunders, Dave Balcombe, Matteo Bettella, Iciar de Soto, Pedro Rubio Unzueta, Ruben Perez Arenas, Plamen Stanev, Sotiris Gritsis, Hazel Collins, John Shore, Alex Dunkley, Sotiris Alexiou, Sylvain Verstraeten, Tim D'Herde, Christian Haigerer and Andreas Dolinar.

Matthew Harrison (马修·哈里森)

克兰菲尔德大学

2003年12月

前 言

写这本书时，头脑中有三条宗旨：首先，强调顾客在面对汽车精品化问题时，哪些问题直接影响了他们购买汽车时的决策。其次，为了充分理解精品化这一主题以及使许多重要方程完整推导行得通，本书应包括所有所需的数学内容。第三，构建一个全面的参考目录以便指导进一步的研究。

因此，对于汽车实习工程师来说，阅读本书并将其作为参考书是有益的。同样，实践证明本书作为教学资源也很有价值，因为许多资料是引自系列讲稿，该系列讲稿起初是为克兰菲尔德大学汽车产品工程硕士课程而写。

本书覆盖的范围很宽，包括了道路车辆所有主要噪声源和振动。本书还对声学 and 动力学进行了介绍，所以读者可以了解噪声的产生、传播，以及控制噪声的物理过程。

本书分成六个相互关联的章节。每个章节都有自己的参考文献目录。书中还包括了许多课堂演示和小组练习。

第一章介绍了关于汽车精品化的主题，提出了精品化的目标和任务，并包括一个案例研究。第二章描述了声音的物理性质，并就如何测量、记录、分析声音给出了可行的建议。第三章描述了如何评价与控制汽车外部噪声，并详细地考虑了轮胎噪声、发动机进气噪声和排气噪声。第四章讨论了汽车内部噪声的评价与控制过程，包括讨论了路面噪声、发动机噪声、风噪声、制动噪声、短促刺耳声以及“嘎嘎”作响声。解释了吸声和声音封装的物理学。第三章和第四章共同提出了汽车精品化的主要测试细节：噪声认证、噪声源分类、声功率测量、内部噪声测试、发动机噪声测试、主观评价和噪声途径分析。第五章描述了振动的物理特性，并在如何进行测试和分析方面给出建议。由对振动模态和共振的讨论引入了对模态分析技术的描述。第六章讨论了汽车振动的来源，以及用于振动控制的阻尼、隔振和吸振的使用。本书详细介绍了发动机和传动系统振源，并有一个案例研究。本书包括了对乘坐质量评价的讨论。

目 录

译者序
致谢
前言

1 汽车精品化：目的和目标	1
1.1 介绍和定义	1
1.2 本书覆盖的范围	3
1.3 汽车精品化的目的	3
1.4 在汽车制造领域中如何实现精品化	5
1.5 汽车精品化历史：一个典型汽车品牌 20 年的历程	6
1.6 精品化的目标	9
参考文献	15
2 声的测量和声的特性	17
2.1 声音如何产生和传播	17
2.2 基本噪声测量：声级计和声音记录	31
2.3 基本噪声测量：分贝、频域和时域计权	39
2.4 噪声数据的显示和分析	45
2.5 声功率级、声强级和声压级	55
参考文献	66
3 汽车外部噪声：评价和控制	68
3.1 汽车通过噪声认证	68
3.2 噪声源分类	75
3.3 进气系统和排气系统：性能和噪声影响	77
3.4 轮胎噪声	122
参考文献	125
4 汽车内部噪声：评价和控制	131
4.1 主观和客观评价方法	131

4.2 噪声途径分析	136
4.3 测量内燃机和其他汽车噪声源的声功率	143
4.4 发动机噪声	155
4.5 道路噪声	161
4.6 气动（风）噪声	163
4.7 制动噪声	163
4.8 “吱吱”、“格格”、“丝丝”声	164
4.9 通过多孔材料的吸声来控制噪声	165
4.10 通过面板的声传递最小化来控制噪声	174
参考文献	187
5 振动测试和振动特性	192
5.1 基本振动测试	192
5.2 基于激光的振动测试	195
5.3 振动数据的显示和分析：振动的量化	198
5.4 振动模态和共振	204
5.5 模态分析	218
参考文献	221
6 振动源及其控制	223
6.1 本章研究内容	223
6.2 有阻尼的振动	223
6.3 振动隔离和吸收	237
6.4 发动机和动力传动系统振动	247
6.5 汽车和底盘振动：乘坐平顺性	276
参考文献	279

汽车精品化：目的和目标

1.1 介绍和定义

这本书由某个人的论点开始：

“款式和价格使汽车得以售出，品质使汽车得以持续销售”。*Lee Iacocca* 自传^①。

上述这句话是说，制造一辆新车往往需要花费很多年心血和数百万美元的资金。如果汽车的款式很吸引人、营销有效且性价比又很好，那么在刚开始投放市场的几个月销量可能相当的好，但如果品质不好，则该缺点将很快被传开，销量会快速下降。如果研发汽车的花费想得到回报的话，那么保持重要时期汽车的销量是十分关键的。

Lee Iacocca 是从福特汽车公司和克莱斯勒汽车公司的视角写出这句话的。这两种汽车品牌早已有自己强势的品牌形象，所以在他的论断中不包括品牌，但需要将不同的制造商的汽车进行比较。

为了检验这个观点，可以尝试下面的小组活动。它对较大群体是很有有效的，一个小组至少需要二十个人才有效。

对于不同小组的人员，这四个角落的练习可用来得到不同的效果。就一组来自同一汽车公司的经理们来说，这个练习能快速确定是否存在对营销策略一致的意见（在这个练习期间，当个人的选择以非常公开的方式加以演练时，观察工作时的同事压力也非常有趣）。就同一组工程师来说，这个练习可以用来提醒他们：他们的工作影响着消费者购买汽车的决定。就一组工程系的学生来说，这个练习教会他们顾客的购买决定是多重标准的选择，且最后可能需要妥协。

在此处，有必要介绍一些定义。汽车精品化^②术语涵盖：

① *Lee Iacocca*，福特公司的前总裁、克莱斯勒公司前总裁。内容选自：*Iacocca：自传*，*Lee Iacocca* 与 *William Novak*，Bantam 书屋 1984 年。

② 精品化（动词）：从粗糙的特征中释放出来；变得高雅或者是完善（*Collins 英语字典*）。精品化不仅是一个过程（精品化动作），而且也是最后状态的描述（精致、优美等）。

小组练习——四个角落

当你买新车的时候，认为什么才是最重要的？

- 款式？
- 性能？
- 价格？
- 品牌？

根据你的选择站在房间的某一角。如果你对上述两个方面都赞同，那么站在对应角落的中间，然后准备解释你选择的理由。

这个活动至少需要 10 分钟的时间。需要一个自信的调解人，就他们选择的理由与小组成员进行交谈。

① 噪声、振动、声振粗糙度[⊖]（NVH—汽车工业中一个知名的保护条款）。

② 乘坐舒适性。

③ 可操纵性。

一辆精品化后的汽车有特定的属性[⊖]，包括：

① 好的乘坐舒适性。

② 好的可操纵性。

③ 低风噪声。

④ 低路面噪声。

⑤ 低发动机噪声。

⑥ 怠速时的精品化（低噪声振动）。

⑦ 巡航时的精品化（低噪声振动和好的乘坐舒适性）。

⑧ 低传动噪声。

⑨ 低的冲击振动级。

⑩ 低“吱吱”声、“格格”声和“丝丝”声声级。

⑪ 高质量的低外部噪声级。

⑫ 噪声作为一个“特色”被接受。

术语“NVH”一般包括：

① 噪声抑制。

② 噪声设计（改变噪声性质，但不必要改变噪声级）。

⊖ 粗糙度（形容词）粗糙的或者刺觉到有感觉。

⊖ 属性（名词）特性、质量，或属于或者代表一个人或一件事的特征（Collins 英语字典）。

- ③ 振动抑制。
- ④ “吱吱”声、“格格”声和“丝丝”声的抑制。

1.2 本书覆盖的范围

本书覆盖的范围如图 1-1 所示。

根据 NVH 工程师的要求，本书包含更多有关乘坐舒适性和可操纵性方面的素材，其内容涵盖核心科学、工程学和技术。影响消费者购买决定的问题处处都已得到强调。由于进行的任何精品工程都直接影响驾驶经验，所以精品化是消费者要面对的主题。因此，鼓励读者思考精品化成为与乘用车销售生意不可分割的（另外，这个话题扩展到拖车、轻型载重汽车、重型载重汽车、城市公交车和其他路面车辆）。

为了更加清楚精品化的内涵，本书给出进一步的定义：

- ① 噪声：用来描述可听到的声音，特别关注 30 ~ 4000Hz 的声音。
- ② 振动：用来描述可以感觉到的振动，特别关注 30 ~ 200Hz 的振动。

其他可能出现的术语包括：

- ① 主要乘坐舒适性：采用的是汽车车厢相对路面的刚体运动，典型频率范围为 0 ~ 6Hz。
- ② 次要乘坐舒适性：采用的诸如多个轮子、轴或传动系统零件这样的车辆结构相对大的幅值运动，典型频率范围为 6 ~ 30Hz。
- ③ 结构辐射噪声：是振动结构表面辐射的空气噪声，也称为“结构致噪”。

1.3 汽车精品化的目的

精品化帮助制造商销售他们的车辆。Brandle 等（2000 年）出版了一本正式的消费者对汽车精品化态度的调查结果报告。消费者被要求完成与他们自己的车辆有关的调查表。询问他们的问题是有关他们对汽车品牌、性能、便利性、家庭亲密性、噪声质量和花费的态度。虽然得到的结果有分散性，但仍有明显的证据表明，就汽车精品化论点帮助解释个人爱好来说，某些阶层的顾客群显示出可预

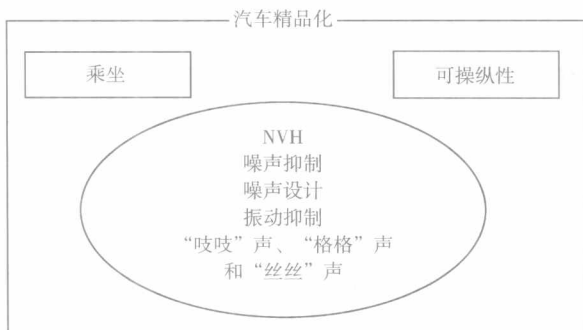


图 1-1 汽车精品化

见的喜好。

在20世纪90年代，英国陆虎集团（随后他们在MG品牌下经营）定义“精品化”为：他们生产的汽车的无形特征，并对精品化建议有一个强烈的承诺。

精品化（或NVH）始终是车辆设计和发展中一个需要考虑的方面。然而，在过去的20~30年中，精品化已表现得越来越重要（可由制造商强调其生产的汽车有多安静的广告见证）。原因如下：

① 立法。自从被欧共体会员国采用后，指令70/157/EEC（1970）限制了加速汽车排放的许可噪声级，不符合标准的新车销售在欧共体内是被禁止的。在许多非欧洲国家也采用了相似的立法，当然在所有的的主要汽车领域市场都执行。

② 面向新顾客的市场。精品化被用于区分一辆车与其他相似的同类竞争者的一种特征，因此吸引顾客不再忠实于某些品牌。

③ 顾客的期望。消费者希望自己买的新车是不断升级的。他们希望自己买的新车比起刚出售的旧车（或许只用了几年）有更高的配置、更好的舒适性、更好的性能。在文件说明上，新车比旧车各方面都好，但如果缺乏精品化，那么感觉也好不到哪儿去，且消费者也不十分满意。下次，他们就有可能选择他们比较忠实的其他汽车制造厂家。

④ 面向现有顾客的市场。“将以前的旧款卖掉，然后去买今年的新款。该模式是建立在有特色、更舒适和更精品的基础上的”。新款车生产商为了存活而需要更新车型，需要鼓励消费者进行定期的更换。针对零售客户的汽车租赁计划的增加也鼓励这种更新。

汽车精品化的重要性可以通过以下小组练习进行检验，其中小组成员要对精品化说出货币价格。这是一个他们对精品化给予价值的绝对测试。

小组练习——排队

与同级车相比，你愿意为一辆B+级车（比如一辆小型家用轿车）多付多少钱作为额外精品化的价钱？站起来并组成一排，那些不愿意付一份额外精品化费用的站在这一边，那些愿意付额外精品化费用的站在那一边。

你应该与站在同一排且靠近你的人交谈，以确定你站的位置是对的。你应该考虑自己价值判断基础，然后准备好同那些与你一组的人分享你的观点。

这个练习至少需要10分钟时间。要求协调人在他们一排人前面，访谈一部分人作出这样选择的原因。

1.4 在汽车制造领域中如何实现精品化

将传统的汽车制造商组织起来，依据部门功能一般划分为：设计、工程、制造、市场与销售。每个部门还可以进一步划分为组。为了简化起见，一个工程部门将被分成三组：动力总成、车身和零部件供应商，如图 1-2 所示。

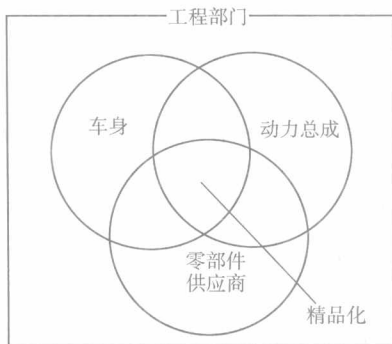


图 1-2 传统汽车制造商内部的精品化

精品化分组跨越三个主要组的交界处，对每组依次有影响但不享有任何决策制定权。例如，考虑发动机支架：它同时连接动力总成与车身，且由第三方供应商制造。

为了改进 NVH，精品化分组对性能感兴趣，但没有绝对的权威能打破这三个组的妥协方案。这样一种界面的管理从来不会是轻松的，通常是低效、存在误解和错误或争论，因而导致发展计划的推迟。

一个可选择的组织结构是个“扩展企业”（Ashley, 1997）^[1]，其中供应商承担较大的设计责任和他们对整个汽车业做贡献的责任。这种组织机构是很不固定的，如图 1-3 所示。

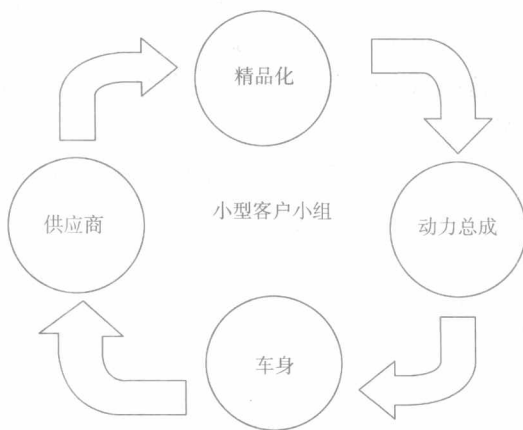


图 1-3 “扩展企业”中的精品化

设计权威从小型客户小组中出来，从事各种各样的工程任务（包括精品化任务）。就这种流动机构来说，设计信息对于所有感兴趣的团体均是可见的，妥协条件是“公开的”斡旋。PDS（产品设计说明书）客户小组规定的

传递精品化目标的责任由全体分担。然而，对于按照 PDS 进行精品化功能核查来说，在许多情况下，大多数的责任都落在了供应商身上。

在全球汽车工业内部广泛采用扩展企业结构已为精品化工程师带来了新的机遇，特别是过去习惯制造任务的零部件供应商机构，现在也需要进行设计和工程师。

就大企业通过吞并方式变得更大来说，这种扩展企业同样也带来汽车工业的巩固。

1.5 汽车精品化历史：一个典型汽车品牌 20 年的历程

1979 年, Vauxhall 在英国提供了布加迪车的销售——一台 2.8L 六缸发动机公务级(小型)路面车售价£8354(1979 年价格)。汽车杂志将之描述为:大致上精品化车(Vauxhall Royale-Star road test, Motor Magazine, 13 January 1979)。

1989 年, 这款车被 Vauxhall Senator 2.5i 取代, 这是一台 2.5L 六缸发动机公务级(小型)路面车, 售价£16529(1989 年价格)。机动车与汽车杂志将精品化归结为汽车的力量之一(Vauxhall Senator 2.5i-Test extra, Autocar & Motor, 21 September 1988)。

1999 年, 这款车被 Vauxhall Omega 2.5 V6 CD 取代, 一台 2.5L 六缸发动机公务级(小型)路面车售价£21145(1999 年价格)。机动车与汽车杂志将它描述为具有“最精品化的、最具有风格的六缸发动机……”(Vauxhall Omega 2.5i V6, Autocar & Motor, 1 June 1994)。

1999 年, Vauxhall 同时也投产了一种更小型的车, 它在设计上与上一款车具有相同的复杂程度——2.5L 六缸发动机 Vectra GSi。Autocar & Motor magazine (New cars—Vauxhall Vectra GSi, Autocar & Motor-14 July 1999) 并没有对它的精品化做出像 Omega 车那样的赞美。

这四款车的说明书与相对价格的比较在表 1-1 中列出(鉴于历史的真实性, 保留了非 SI 单位)。

表 1-1 一些 Vauxhall 公务级(小型)车 1979—1999

汽 车	峰值功率	峰值转矩	重量/kg	新成本	真正费用估计
	/bhp (r/min)	/lbft (r/min)			
1979 布加迪 ^②	140 (5200)	161 (3400)	1402	£8354	£28832 ^①
1989 Senator 2.5i ^③	140 (5200)	151 (4200)	1465	£16528	£28333 ^①
1999 Omega V6 2.5 CD ^④	168 (6000)	167 (3200)	1480	£21145	£21145
1999 Vectra GSi ^⑤	193 (6250)	193 (3750)	1431	£21700	£21700

来源: Autocar & Motor magazine

① 1999 年特定车辆真实费用相对其他商品费用的评估包括了零售价格指数。通过价格换算, 1979—1999 期间零售价格指数的百分比变化得到的数据显示在图 1-4 中。

② Vauxhall Royale-Star road test
Motor Magazine, 13 January 1979.

③ Vauxhall Senator 2.5i-Test extra
Autocar & Motor, 21 September 1988.

④ Vauxhall Omega 2.5i V6
Autocar & Motor, 1 June 1994.

⑤ New cars-Vauxhall Vectra GSi
Autocar & Motor-14 July 1999.

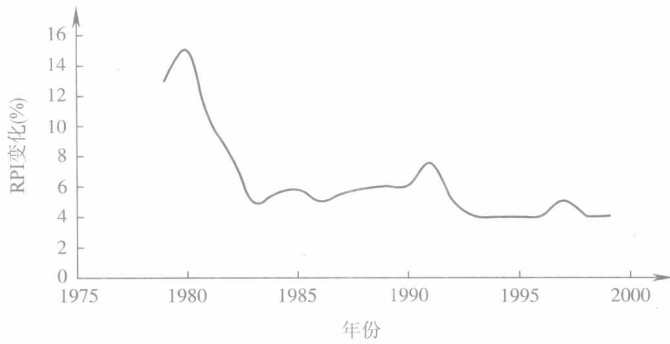


图 1-4 英国零售价格指数变化调查表

源自 www. bizednet. bris. ac. uk—布里斯托大学

换算后的历史成本和 1999 年新车费用比较的更多细节在图 1-5 中显示 (99MY 表示 1999 年模型)。

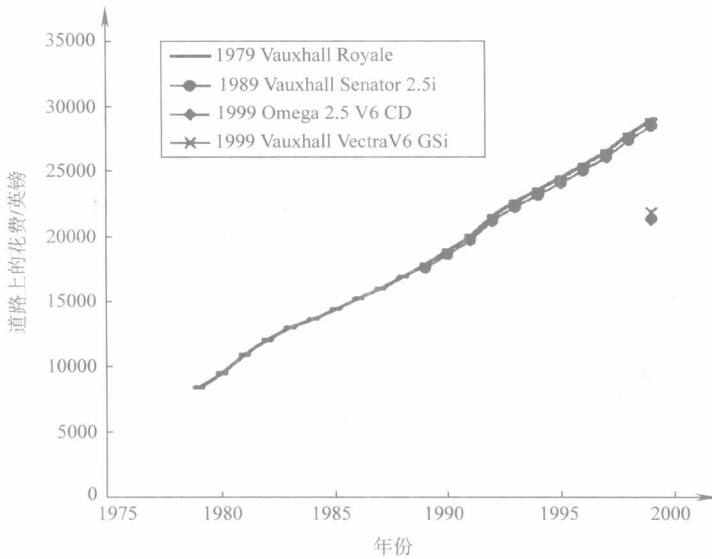


图 1-5 99MY 汽车价格与按照英国零售价格指数换算后等同的 79MY 和 89MY 的历史价格的比较

数据来源：表 1-1 中的②~⑤及 www. bizednet. bris. ac. uk—布里斯托大学

虽然得出的任何结论仅严格适用于一个领域在售的由一个制造商生产的某一系列汽车的发展历史，但是通过以上比较，可以得知从 1979 年到 1999 年这 20 年中汽车精品化的一些有意义的事。

1) “精品化”的术语是自 20 世纪 70 年代（且实际上可能还要早些）以来

编辑一直使用的。因此，这个术语早已在消费者的脑海里认为是购买下代汽车的决策过程中一个相关的因素。

2) 购买一辆由于精品化而被推荐的公务级（小型）沃克斯豪尔的真正费用在 1979 年后有明显下降——表 1-1 暗示到 1999 年下降多达 25%。下降看来发生在 1989 到 1999 这段时间内。1979 模型年（79MY）布迪加车的换算价格几乎和 1989 年 Senator 车零售价格相当，但换算后的 Senator 价格要高于 99MY Omega 车。在这 10 年中，汽车性能按照具体的发动机转矩和功率都有显著上升（表 1-1）。另外，由于更严厉的立法，汽车排放下降了。与 1979 年的 82dBA 相比，99MY 车辆精品化程度更高，以符合 74dBA 的整车噪声级（噪声级下降 8dBA 是非常可观的，等效于响度下降了一半）。同时，99MY 汽车通常比它之前的汽车配置更好（空调、卫星导航、CD 播放器等）。

3) 20 世纪中期在英国，由于政府采取的行动以及来自消费者的压力，许多新车的售价下降了 10% ~ 15%。这使在 2) 中讨论的结果更令人吃惊。

4) 1999 年想购买六缸 Vauxhall 汽车的消费者可以以差不多的价钱在 Omega 与 Vectra 之间选择。Vectra 车似乎提供更好的性能，同时，据报道 Omega 提供了更宽敞的空间以及更高层次的精品化。

上述情况是与直觉相反的——99MY 的汽车比 89MY 的汽车有着更好的性能、更低的排放、更高的精品化水平、更好的配置，但扣除物价因素后价格更低。这就可能推测出业界如何发现自己在这方面的立场。这可能由于：

① 在饱和的市场中竞争增加的结果。

② 英国政府采取行动（只针对 2000MY 价格）。

③ 汽车租赁计划的影响以及制造商融资计划的影响。

④ 采用提高机构效率的措施，如“扩展企业”及将科技应用在设计 and 制造业活动中。

⑤ 宏观政治和经济因素对汽车工业的影响，但这个影响不是由汽车工业产生的（全球化、环太平洋地区国家的问题等）。

沃克斯豪尔传统的竞争对手之一，福特汽车也显示出类似的趋势。由福特制造的六缸公务级（小型）轿车（Senator/Omega/Vectra 的一般竞争轿车）的数据如表 1-2 所示，这与表 1-1 中沃克斯豪尔数据的趋势相似。

表 1-2 1979—1999 时期一些六缸福特公务级（小型）车

汽车	峰值功率 /bhp (r/min)	峰值转矩 /lbft (r/min)	重量/kg	新成本	1999 年真正 费用估计
1979 (没有可比较的模型)					
1989 Granada	130 (5800)	142 (3000)	1340	£16045	£25996

(续)

汽车	峰值功率 /bhp (r/min)	峰值扭矩 /lbft (r/min)	重量/kg	新成本	1999年真正 费用估计
2. 4l V6Ghia ^①					
1999 Mondeo	168 (6250)	162 (4250)	1048	£21680	£21680
2. 5L V6Ghia ^②					
1999 Mondeo	168 (6250)	162 (4250)	1410	£19680	£19680
2. 5L V6ST24 ^③					

注：如同表 1-1 一样的方法计算。

① Test Update: Ford Granada 2. 4i Ghia

Autocar & Motor, 11 February 1987.

② Autocar Twin Test: Ford Mondeo 24v Ghia X vs Peugeot 406 3. 0 SVE

Autocar & Motor, 6 November 1996.

③ Autocar Twin Test: Ford Mondeo ST24 vs Vauxhall Vectra Gsi

Autocar & Motor, 22 April 1998.

1.6 精品化的目标

设定精品化目标对在 1.4 节中所谓的“扩展企业”成功经营是非常重要的。没有这些精品化目标，单个系统供应商就会对他们的零部件精品化合适级别确定自己的解释，且最终的车型可能在某些方面精品化，但在其他方面却没有精品化。另外，需要指出的是型号许可测试从事的是“整车”类型认证（参见 3.1.1），因此按照定义，只有生产的概念车完全开发成功后，才进行这样的测试。如果一个零部件或者子系统由于噪声问题导致这辆车不能通过它的型号许可测试，那么受牵连的费用是极其昂贵的。

PDS 文件是设置精品化目标的标准管理工具。这个文件是由品牌所有者编写，遵守这个文件是所有供应商签订契约的前提。典型的 PDS 包括以下精品化指标：

- ① 整车外部噪声指标。
- ② 单个零部件外部噪声指标。
- ③ 整车内部噪声指标。
- ④ 乘车品质指标（包括振动感受指标）。

虽然偶尔会包括主观（排气噪声品质，特别是跑车）的标准，但外部噪声指标通常是客观的，且与型号许可噪声测试的通过噪声有关。内部噪声、乘车品质、振动感受指标是主观和客观标准的综合。

1.6.1 整车外部噪声指标

对于在提供销售车辆的地区内需要进行型号许可测试，整车噪声指标的设置依据是驾驶通过噪声级。通常为车辆上的每个子系统设置各自的噪声指标。在英国销售的汽车标准设置见表 1-3。

表 1-3 达到 9297/EEC 型号许可推荐的噪声级指标

	乘用车	轻型载货汽车	重型载货汽车
	在 7.5m 加速测试中噪声级指标 (dBA)		
发动机	69	72	77
排气	69	70	70
进气	63	63	65
轮胎	68	69	75
传动系	60	63	66
其他部件	60	72	65
合成噪声级	74.2	77.3	80.1

确定一套对给定地区每种车都有其唯一的噪声特征是不可能的。从表 3-2 与表 3-3 (见 3.1.6) 中很清楚地看到英国乘用车展示了型号许可噪声级，噪声级变化多达 10dB。尽管如此，表 1-3 可作为一个起点。如果一辆特殊的车辆是由柴油机提供动力，那么发动机噪声级指标可能会提高 1~2dB。如果是运动型车，那么轮胎噪声和传动噪声指标各自应该提高 1~2dB。

1.6.2 单个零部件外部噪声指标

为了最小化整车外部噪声指标不满足最终的型号许可测试的风险，PDS 对特定的零部件或车辆子系统制定了单独的空气噪声指标。最常见的指标涉及发动机辐射噪声、进气噪声和排气噪声。

1.6.2.1 发动机辐射噪声指标

一般根据声功率级设定发动机辐射噪声 (见 2.5)。欧洲法律规定发动机供应商需要测量并申报其发动机声功率排放。这就使两个竞争者之间的发动机的比较变得容易。

柴油发动机辐射噪声指标比汽油发动机辐射噪声指标更重要，因为在全世界所从事的各种型号许可测试只要求在非常低的发动机转速下进行，其中汽油机一般非常安静，很少引起检测的失败。

不可能所有潜在的发动机都采用一套噪声指标，但表 1-4 提供了指示性的设