

整车集成正向开发价值能力评价模型

魏小玲, 曹勇, 詹国强, 肖久如

(广州汽车集团股份有限公司 汽车工程研究院, 广州 511434)

摘要: 整车集成正向开发是一个汽车企业研发能力和水平的表现, 客观科学地比较不同车企之间的整车集成正向开发价值能力具有指导意义。根据整车集成正向开发的工作内容, 采用了V字形正向开发流程并作出了修正, 定义了评价整车集成正向开发价值能力的9个一级指标和33个二级指标, 构建了整车集成正向开发价值能力评价模型, 并且基于该模型, 对自主品牌7个不同车企的整车集成正向开发价值能力进行了量化对比。研究表明, 产品策划权重系数最大, 对整车集成正向开发价值能力的贡献最大。从综合水平上看, 车企J的综合表现最优, 在产品策划、项目管理、整车性能集成和整车功能定义方面有明显的优势, 且没有明显的短板指标; 其他车企因为短板指标影响了综合得分。

关键词: 汽车产品开发; 整车集成正向开发; 评价模型; 层次分析法

中图分类号: [T-9] 文献标志码: A DOI: 10.3969/j.issn.2095-1469.2024.01.13

Research on Evaluation Model of the Forward Development of Vehicle Integration

WEI Xiaoling, CAO Yong, ZHAN Guoqiang, XIAO Jiuru

(R & D Center, Guangzhou Automobile Group Co., Ltd., Guangzhou 511434, China)

Abstract: The forward development of vehicle integration indicates the R&D capabilities of the automobile industry. Therefore the paper studied the evaluation and comparison of the forward development of vehicle integration among different automobile companies. According to the work content of forward development, a V-shaped development process was adopted and revised. An model involving 9 first-level indicators and 33 second-level indicators was built to evaluate the forward development of vehicle integration of seven Chinese-branded vehicle companies. It is found that the maximum value of the weight coefficient of product planning leads to the largest value of the forward development capability. The Company J with the best comprehensive performance has clear advantages in product planning, project management, vehicle function definition and vehicle performance integration without any unfavorable indicators. The evaluation scores of other companies are affected by their unfavorable indicators.

Keywords: automobile product development; forward development of vehicle integration; evaluation model; analytic hierarchy process

收稿日期: 2022-08-03 改稿日期: 2022-10-09 网络首发日期: 2023-01-18

参考文献引用格式:

魏小玲, 曹勇, 詹国强, 等. 整车集成正向开发价值能力评价模型[J]. 汽车工程学报, 2024, 14(1): 125-134.

WEI Xiaoling, CAO Yong, ZHAN Guoqiang, et al. Research on Evaluation Model of the Forward Development of Vehicle Integration[J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2024, 14(1): 125-134. (in Chinese)



进入 21 世纪以后, 中国自主品牌车型销量一路高歌猛进, 在销量不断突破的同时, 自主品牌的技术水平在不断提升。而自主品牌车型的技术水平, 往往是其整车集成研发能力的体现。整车集成研发能力越强, 汽车产品竞争力越高, 越能提高市场占有率。而整车集成研发能力, 不像某个零部件或者系统, 能得到某些零部件或系统集成供应商的技术支持, 更多的要靠自主品牌自力更生, 通过自己长期积累的研发经验, 筚路蓝缕, 开拓创新, 提高自己的整车集成研发能力。

研究者发现有些研发机构倾向于逆向开发整车^[1-2], 主要是由于逆向开发具有高效率、少投入、快产出的优点, 这种汽车开发设计方法主要通过模仿、对标、分析市场上畅销的竞争车型而达到开发自身品牌车型的目的, 这样的做法往往适合于企业初期一穷二白的时候, 问题在此做法会忽略市场的需求、忽略自身企业的品牌战略、忽略一款真正的好车是怎么设计开发出来的。

研究者也发现有的机构或者高校针对整车集成的研发趋势、研发工作内容提出了想法并进行了研究。例如, 梁开荣等^[3]提出了整车集成开发的总体框架包含决策评审、战略规划、平台架构管理、产品开发流程、开发组织、质量开发、项目计划及变更管理、成本管理和绩效管理共 9 个核心内容。而 NIKOWITZ^[4]提出, 电动车辆整车性能的关键技术包括驱动电机系统、电池管理系统、热管理系统、仿真工具、轻量级材料等, 并分别描述各种技术的应用现状, 分析电动汽车未来发展的关键因素。赵佳^[5]提出, 纯电动轿车的整车集成设计包括整车集成布置设计、整车试制和整车试验。

近年来, 随着智能时代的到来, 特别是新能源、互联网、人工智能、共享出行等新技术和新商业模式的加快发展, 汽车行业呈现出“电动化、网联化、智能化、共享化”的“新四化”发展趋势。其中, SINGH 等^[6]认为, 全球汽车市场的发展趋势是电气化、数字化和网联化, 涉及到多个子系统的相关作用。李克强等^[7-8]提出智能网联汽车是未来汽车技术发展的一个重要方向, 其技术与产业发

展是中国汽车工业转型升级的重要机遇, 而且有可能带来汽车及相关产业全业态和价值链体系的重塑。孟天闯等^[9]认为智能汽车已成为全球汽车产业的战略发展方向, 汽车技术与工程的核心逐渐从传统硬件层面转移到软件层面, 软件定义汽车成为未来汽车发展的重要趋势。刘宗巍等^[10]提出汽车大数据将改变汽车全产业链的各个环节, 加快产业智能化。

上述研究仅涉及到汽车产品开发的发展方向, 尚未涉及到对整车集成正向开发价值能力评价的问题。

而在评价模型研究方面, OH 等^[11]针对韩国汽车市场, 基于消费者选择行为, 运用离散选择模型构建了汽车技术与配置效率的评价体系。刘宗巍等^[12]提出了汽车产品综合竞争力评价指标模型, 并对 A 级 SUV 主要车型进行了研究; 王悦等^[13]对汽车产业核心技术掌控力评价体系进行了研究, 对 7 国汽车产业的核心掌控力进行了量化评价和对标。李显君等^[14]将企业技术竞争力划分为投入竞争力和输出竞争力两大方面, 对我国 12 家自主品牌车企进行了竞争力排名和结果分析。

但是, 由于汽车产品开发过程非常复杂, 研究者未发现有机专门对整车集成研发能力的评价模型进行研究。为此, 本文基于研究者多年丰富的产品开发经验, 收集和处理了相关数据, 提出量化评价指标和量化分析方法, 构建整车集成正向开发价值能力评价模型, 并选择具有代表性的中国自主品牌车企作为研究对象, 通过该模型对整车集成正向开发价值能力进行了量化评价和对比。

1 汽车产品整车集成正向开发的工作内容

在汽车产品开发中, 整车集成发挥着重要的龙头作用。在产品开发初期, 开发一款什么样的车需要通过整车集成事先做好产品规划、产品策划、总体技术方案分析、成本分析、人力投入分析、质量策划等, 然后将技术方案、性能指标、功能定义和成本目标等分解到动力、底盘、车身、智能网联等各个领域开展工作; 在开发过程中, 负有对产品开

发进度、技术方案落地、性能验证、功能验证、成本降本措施实施，以及质量问题解决和管控的职责。开发末期，整车集成需要申报新车型认证用于市场准入，也要对各目标的达成进行验收，包含各性能目标、功能目标、成本目标、时间节点目标、质量目标等；如目标未达成，在评估原因及风险后决策是否变更目标；上市前夕，整车集成也需要提供技术宣传材料给销售，用于该车型的上市推广。上市之后，整车集成协同其他领域采集分析车辆、用户和交通等相关数据，继续跟踪和收集该车型的市场反应，包括市场的正、负反馈，包括但不限于占有市场的原因、市场上是否存在抱怨甚至产品有质量问题，将以上信息进行处理并视修改周期纳入下一款新车型（年款、中改或大改）的研发当中。

综上所述，整车集成正向开发采用了V字形开发流程并作出了修正，遵循总分总的设计原则保证了设计开发与设计验证，同时形成了循环管理，如图1所示。

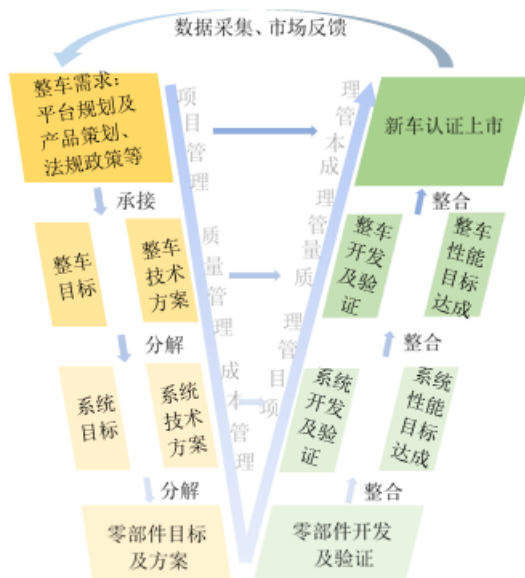


图1 整车集成正向开发V字形流程

2 整车集成正向开发价值能力评价模型构建

2.1 模型的设计原则

汽车产品的研发包含多个领域，涉及成千上万个零件，因而整车集成正向开发的复杂性决定了研

究者在构建评价模型中应遵循以下设计原则。

独立性：不同指标的重合度应尽可能小，避免因重合度而导致指标失效，指标模型的设计应在全面覆盖的情况下尽量减少指标。

代表性：各级指标需要充分代表整车集成正向开发价值能力的关键构成要素，或者是能提升整车集成正向开发价值能力的关键因素。

可操作性：各个指标应具备可操作的测评性，定性因子也能通过转化成为定量因子进行量化对比。

2.2 整车集成正向开发价值能力的评价维度

基于研究者多年在研发机构一线的整车集成开发经验，结合对国内典型自主品牌车企的整车集成开发的调研结果，依据以上独立性、代表性和可操作性的3个原则选取了平台规划、产品定位、整车性能集成、整车功能定义、总布置分析、项目管理、质量管理、成本管理和产品试验及认证策划共9个一级指标来评价整车集成正向开发的价值能力。

(1) 平台架构规划：整车集成协助企业依据自身的战略推行平台化开发，平台架构战略是企业战略之一，对企业的发展具有重大战略意义。平台架构规划水平决定了其衍生车型的基本性能和功能水平，也决定了其拓展水平，拓展水平越广，衍生车型数量也越多。平台规划覆盖了其衍生车型生命周期的规划，即大改、中改和年款开发的车型产品规划，保证不同年份企业推陈出新的节奏，避免不同车型在一个年份内扎堆上市或者零上市的局面。平台架构规划对于其衍生车型的承接关系也应做好把控，要做到衍生车型不能脱钩平台开发，也不能忽略车型的市场需求，需要保证产品开发承上启下的一致性、通畅性。平台架构规划的深度，即通用率的高低决定了不同车型产品之间的零部件共用化情况，通用化率越高，越有利于零部件大批量生产，有利于成本的管控。

(2) 产品策划：整车集成承担产品策划的职责。产品策划是产品开发项目正式进入研发设计节点之前进行的一系列策划工作^[15]，是产品开发流程的起点。产品策划的精准度和精细度是产品成功

开发的关键因素。产品策划对于产品的售价、销量、目标客户、用户需求等定位是否清晰,产品亮点策划是否清晰、产品功能配置需求是否清晰,竞争车型和对标车型分析是否清晰都有要求,只有这些要求均被满足了,产品策划才能成功。

(3) 总布置:总布置是整车集成的老本行。一个合理的总布置不仅仅是零部件的几何空间布局的叠加,也应在布置的过程中考虑对整车性能、整车功能、平台化、空间利用率、工艺、美观化的影响。对性能的影响表现在前后轴荷、质心高低的管控上;对功能的影响表现在由于车型生命周期内的软件迭代频率高,对其需求的硬件应提前做好硬件预埋,防止在车型升级过程中硬件空间不足的问题产生;对平台化的影响表现在轴距的拓展性、车身平台架构件的冗余能力、底盘平台布置上,对空间利用率表现在人机空间的合理布局、行李箱的空间大小、规整程度、利用率高低等方面;对工艺的影响表现在在新车总装过程中尽量减少新设备、新工具的投入。总布置也应该考虑机舱管线、下车体管线及排气管的美观性,这样更有利于安装和维修。

(4) 整车性能集成:整车的性能表现是整车性能集成业务水平高低的衡量尺度。整车性能包含基本性能、亮点性能和其他性能。基本性能如重量、质心决定了动力性、操稳等性能的好坏,基本性能的管控是整车性能的根基。亮点性能一般对应该车型策划时的亮点需求,例如,消费者需求的是起步畅快感而不是高速性能,那么在做整车性能策略开发时就应将其考虑进来。其他性能的开发更多的是倾向于不同性能开发的平衡性。

(5) 整车功能定义:随着汽车“新四化”的发展,汽车功能由过去的零件实现转为越来越多地靠软件实现,即整车功能主要由软件来定义和实现,从这个维度讲,此时的整车正向开发已经转变为由功能为主导的正向开发。整车功能定义的成功与否决定了汽车产品生命周期内软件开发的顺利程度。成功的整车功能定义,应是整车功能亮点突出、功能迭代便利,硬件预埋,软硬件分离,软件持续迭

代,迭代频率高,可灵活定制,可个性化定制,借助汽车大数据优化软件,提高服务,从而有利于延长车型生命周期,提高高配车型占比,增加车型利润。

(6) 项目管理:项目管理更多的是体现整车集成的软实力。整车集成正向开发过程中,需要对项目管理中的时间进度进行管控,对组织架构的稳定性和配合度进行把控,对人员投入的规模进行管控。时间进度上应考虑不同开发规模范围内合理利用夏季和冬季进行应季节验证,而不是反季节验证。组织架构的稳定性是考虑企业人员的流动性,特别是核心骨干的稳定性,同时考虑配合度。不同车型开发需求的人员规模不同,大中小改的人员规模大小、职级高低的控制有利于成本控制,也有利于人员的合理调动。

(7) 质量管理:汽车产品的开发不仅要解决设计过程和验证过程中出现的质量问题,同时也要将问题横向开展到其他车型开发中,避免问题的重复发生,整车集成也可通过将流程体系文件等纳入到开发流程文件中,做好下一个车型开发的设计预防。下一个车型开发启动前也应吸取之前车型开发的经验教训,以防重蹈覆辙。

(8) 成本管理:成本管理成功与否,直接影响车型的盈亏或者利润高低,其中约80%的成本在开发初期就已经决定^[16-17]。整车集成负有成本管理的职责。对整车成本的构成要有合理的分析,不仅是零部件的成本,也包含车型开发中的车辆试制、试验验证费用,同时也包含生产线是否改造,是否有新工具投入的费用。尤其重要的是,要防止独家供应商的情况,以防后续零部件断供,成本无法掌控,甚至技术被卡脖子的局面。

(9) 产品试验及认证策划:汽车产品的设计验证包含虚拟验证、实车验证,虚拟验证的准确度可以减少实车验证的数量和范围。汽车产品的验证水平也是体现整车集成正向开发的水平之一。整车集成在市场准入的认证策划方面也应作出合理性安排。在整个研发过程中,能否及时根据最新政策,

以及法律法规的变化来调整开发目标，这也是判断整车集成正向开发水平的一个依据。

2.3 模型的构建

经过调研和反复思考，分层次和多指标地设计并构建整车集成正向开发价值能力的递阶层次模型。其中，一级指标为前文分析的9个一级指标，在此基础上，经过一线工作的实际情况及中高层领导的意见，构建了9个一级指标的33个二级指标，形成了整车集成正向开发价值能力的评价指标体系。

对于指标权重的确定，采用了层次分析法^[18]。邀请了汽车行业专家、汽车企业高管及主管工程师等35人组成评价小组，并通过两两比较法进行调研，完成了问卷调查。在数据处理过程中，基于两两比较法获得了各位评价人的判断矩阵，然后运用和积法取得最大特征值和特征向量，对结果进行一致性检验；对不满足一致性检验的问卷数据进行剔除。综合所有调研人员的特征向量的平均数并进行标准化处理，形成了各指标的权重系数。

数据处理过程简述如下。以一级指标某专家评分(A1)为例，按照两两指标对比的原则得到其第一指标与其他指标的对比值为 $w_1/w_2=2/3$ ， $w_1/w_3=1$ ， $w_1/w_4=4/5$ ， $w_1/w_5=4/5$ ， $w_1/w_6=3/2$ ， $w_1/w_7=5/4$ ， $w_1/w_8=1$ ， $w_1/w_9=2$ ；其他指标间的对比值同理，按此原则得到判断矩阵为：

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2/3 & 1 & 4/5 & 4/5 & 3/2 & 5/4 & 1 & 2 \\ 3/2 & 1 & 8/5 & 7/5 & 7/5 & 5/2 & 2 & 8/5 & 4 \\ 1 & 5/8 & 1 & 4/5 & 4/5 & 3/2 & 6/5 & 1 & 2 \\ 5/4 & 5/7 & 5/4 & 1 & 1 & 7/4 & 7/5 & 3/4 & 7/3 \\ 5/4 & 5/7 & 5/4 & 1 & 1 & 7/4 & 7/5 & 3/4 & 7/3 \\ 2/3 & 2/5 & 2/3 & 4/7 & 4/7 & 1 & 4/5 & 7/10 & 7/3 \\ 4/5 & 1/2 & 5/6 & 5/7 & 5/7 & 5/4 & 1 & 5/6 & 8/5 \\ 1 & 5/8 & 1 & 4/3 & 4/3 & 10/7 & 6/5 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/4 & 1/2 & 3/7 & 3/7 & 3/7 & 5/8 & 1/2 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

解得最大特征值为9.0647，特征向量为0.0057，小于0.01，因而具有较好的一致性，该评价人的判断矩阵通过一致性检验，其权向量 $a_1=(0.111, 0.183, 0.109, 0.125, 0.125, 0.080, 0.091, 0.123, 0.052)^T$ ，即对于A1评价人，其对一级指标的权重

设定分别0.111, 0.183, 0.109, 0.125, 0.125, 0.080, 0.091, 0.123, 0.052。采用同样的方法分别计算其余评价人的权重设定情况，综合所有专家意见取权重设定的平均值，各一级指标的权重分配最终设定。第二层级指标的权重数据采用同样方法处理，最终计算结果见表1。

3 整车集成正向开发价值能力的对比分析

3.1 研究对象的选择与评价数据的获取

由于国内自主品牌车企数量众多，为更合理地确定选择评价范围，决定选择自主品牌2022年上半年销量排名前7位的车企作为研究对象，通过乘用车市场信息联席会数据统计，选出这7个车企分别为车企B、车企C、车企J、车企H、车企Q、车企S、车企G。

3.2 各指标得分的确定

对7家自主品牌车企进行了详细而全面的调研，通过媒体信息、企业官方宣传信息、其前员工信息情报以及汽车权威专家等，建立了各家企业整车集成正向开发价值能力的数据库，定量指标依此得出了各家企业的量化得分。进而对该数据进行无量纲化处理，折算为百分制分数。对于某些定性指标，则通过德尔菲法^[19]进行评分，在向专家发放问卷的同时附上评分标准、背景材料并同时根据专家的需求补充材料，通过多轮反复修正后，各指标得分最终也以百分制分数给出。

3.3 运算结果

基于递阶层次模型，对二级指标评分进行加权求和，即可得各企业的一级指标得分，然后对一级指标分值进行加权求和，即由底层指标开始逐层加权汇总，即可得各企业整车集成正向开发价值能力得分，得分以百分制展示。

用 B_i 、 C_i 、 J_i 、 H_i 、 Q_i 、 S_i 、 G_i 分别代替车企B、车企C、车企J、车企H、车企Q、车企S、车企G在第*i*项一级指标得分，权重系数 w 为表1的结果，以企业B在第1项一级指标“平台规划”的得分为例，计算式如式(2)所示。

表 1 整车集成正向开发价值能力评价模型

一级指标	权重系数	二级指标	二级指标解释	权重系数
平台架构规划	0.116	平台架构战略能力	衡量企业对平台架构的重视程度、在市场下的平台架构竞争策略能力	0.235
		平台架构衍生的车型数量	衡量平台规划的拓展能力, 包含硬件平台架构和软件平台架构	0.311
		产品生命周期规划能力	衡量平台对不同车型的规划能力	0.142
		与整车开发的承接能力	衡量整车开发承上启下的一致性、通畅性	0.122
		通用化率	衡量平台规划通用化的规模大小及应用情况能力	0.190
产品策划	0.177	产品定位能力	衡量产品的精准定位, 含售价、销量、目标客户、用户需求的精准把控能力	0.329
		产品亮点策划能力	衡量满足目标客户需求的亮点策划及精细程度的能力	0.283
		产品配置功能开发能力	衡量整车从配置、功能角度满足产品亮点的能力	0.225
		竞品分析对标分析能力	衡量整车对竞品车、对标车战胜战败的原因分析能力	0.163
总布置	0.110	总布置分析合理性能力	衡量整车总布置合理的能力	0.265
		总布置可拓展性	衡量整车针对硬件预埋, 支撑软件敏捷开发的能力	0.188
		人机空间分析能力	衡量整车满足产品需求的人机空间分析能力	0.383
		工艺可行性分析能力	衡量整车工艺的可拓展性、改造能力	0.163
整车性能集成	0.131	基本性能开发能力	衡量整车基本性能开发能力, 含重量及质心高低、动力经济性等基本能力	0.267
		亮点性能开发能力	衡量整车从性能角度满足产品亮点的能力	0.388
		整车性能集成体系	衡量整车从不同性能之间的平衡能力, 如操控与舒适性的矛盾平衡能力	0.345
整车功能定义	0.131	基本功能的灵活性	衡量整车开发挖掘大数据的能力, 整车定制化、个性化开发的能力	0.353
		整车功能亮点开发能力	衡量整车从功能角度满足产品功能亮点的能力	0.359
		整车功能迭代更新能力	衡量指导整车挖掘大数据的能力, 软件迭代更新的能力	0.288
项目管理	0.075	组织架构的配合度和稳定性	衡量组织架构的配合度和稳定性的能力	0.292
		时间管理能力	衡量整车集成开发对产品开发进度把控的能力	0.403
		人力投入管控能力	衡量汽车产品开发过程对人力投入是否过剩过少的能力	0.305
质量管理	0.093	设计预防管控能力	衡量整车集成防止再发生过往开发车型质量问题的能力	0.355
		质量问题分析能力	衡量整车解决在研车型质量问题的及时率及准确度	0.465
		新车质量 IQS	通过 IQS 衡量新车上市质量管控能力	0.180
成本管理	0.110	整车成本构成管控能力	衡量整车成本构成因素及精细分析的管控能力	0.286
		试制试验开发费管控能力	衡量整车开发中试制试验费投入管控能力	0.167
		生产线扩展费用管控能力	衡量生产线新投入, 含工装夹具, 新设备等费用管控的能力	0.198
		关键零部件资源管理能力	衡量关键零部件成本及供应商管控能力, 含国内外供应商管理, 防止独家供应, 技术被卡脖子	0.349
产品试验及认证策划	0.056	产品虚拟验证策划能力	衡量通过虚拟仿真手段验证产品的能力	0.254
		产品验证策划能力	衡量通过实车验证产品的能力, 含骡车、ET、PT 车	0.297
		认证策划能力	衡量产品市场准入前的认证策划能力	0.137
		政策、法规分析能力	衡量产品开发过程中满足不断更新的政策、法规的能力	0.312

$$B_i = [B_{i1} \ B_{i2} \ B_{i3} \ B_{i4} \ B_{i5} \ B_{i6} \ B_{i7} \ B_{i8} \ B_{i9}] \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \\ w_6 \\ w_7 \\ w_8 \\ w_9 \end{bmatrix} \quad (2)$$

其他企业其他项一级指标得分同理计算可得。

用 S_B 、 S_C 、 S_J 、 S_H 、 S_Q 、 S_S 、 S_G 分别代表车企 B、车企 C、车企 J、车企 H、车企 Q、车企 S、车企 G 的最终得分，计算式如式 (3) 所示。

$$\begin{bmatrix} S_B \\ S_C \\ S_J \\ S_H \\ S_Q \\ S_S \\ S_G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 & B_6 & B_7 & B_8 & B_9 \\ C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 \\ J_1 & J_2 & J_3 & J_4 & J_5 & J_6 & J_7 & J_8 & J_9 \\ H_1 & H_2 & H_3 & H_4 & H_5 & H_6 & H_7 & H_8 & H_9 \\ Q_1 & Q_2 & Q_3 & Q_4 & Q_5 & Q_6 & Q_7 & Q_8 & Q_9 \\ S_1 & S_2 & S_3 & S_4 & S_5 & S_6 & S_7 & S_8 & S_9 \\ G_1 & G_2 & G_3 & G_4 & G_5 & G_6 & G_7 & G_8 & G_9 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \\ w_6 \\ w_7 \\ w_8 \\ w_9 \end{bmatrix} \quad (3)$$

3.4 评价结果分析

对以上 7 个车企的整车集成正向开发价值能力评价后得分，见表 2。由此可见，从整车集成正向开发价值能力的综合水平的角度，车企 J 的整车集成能力最为领先；其次是车企 B 和车企 C，较为接近；接着是车企 H、车企 Q 和车企 S 的水平，这三者水平较为接近。排名最后的车企是车企 G。综合水平的得分排序和产品策划的得分排序接近，这证明产品策划能力很大程度上影响了整车集成正向开发价值能力，证明产品策划能力的占比权重比较高，正好和上面提及的产品策划权重系数最高相呼应。

将 9 个一级指标的评价结果通过雷达图表示出来，可以看出不同车企的优劣水平，如图 2 所示。雷达图的面积表示了车企在整车集成正向开发价值能力的整体表现水平，雷达图的包络范围表示了各车企在一级指标的表现水平。

由图 2 可知，车企 J 所占雷达图面积最大，在产品策划、项目管理、整车性能集成和整车功能定义上表现稍突出，没有明显的短板指标；其他车企

表 2 模型运算结果

车企	B	C	J	H	Q	S	G
综合水平	78.3	78.5	80.2	76.9	76.8	76.5	76.2
平台规划	73.2	75.9	76.4	75.5	77.3	72.6	73.7
产品策划	84.6	83.5	85.8	78.0	73.6	79.3	71.5
总布置	78.5	78.5	78.9	80.3	86.7	77.8	81.6
整车性能集成	78.9	72.4	81.1	71.7	73.5	79.4	78.3
整车功能定义	78.2	78.3	79.5	77.7	77.8	78.0	78.0
项目管理	75.3	77.4	83.6	78.3	76.8	77.5	76.1
质量管理	68.6	75.5	76.3	70.7	74.6	71.4	82.6
成本管理	85.7	85.2	78.8	83.1	76.4	74.3	69.8
产品试验及认证策划	75.1	77.8	79.4	77.5	78.2	75.7	80.2

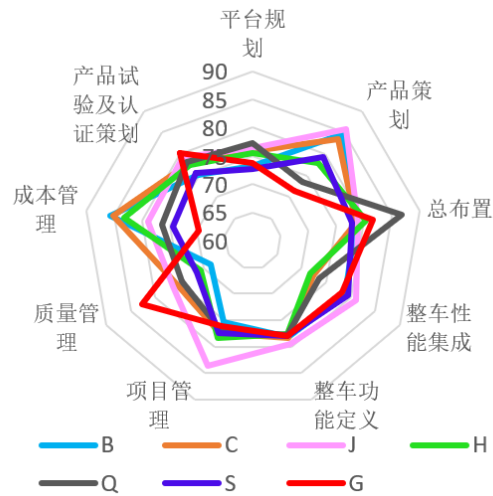


图 2 一级指标的评价结果

因为某些指标的短板影响了综合得分的排序。车企 B 在成本管理、产品策划和整车性能集成方面表现较为突出，质量管理较为薄弱；车企 C 在成本管理和产品策划方面表现较为突出，整车性能集成的表现较为薄弱；车企 H 在成本管理方面的表现较好，但是整车性能和质量管理是短板；车企 Q 的总布置水平较高，在整车性能集成方面的表现较差；车企 S 在整车性能集成方面表现更好，质量管理水平稍差；车企 G 在质量管理和整车性能集成方面的表现不错，但是成本管理和产品策划是短板。

(1) 平台规划：这 7 个车企在平台规划方面的表现均一般，主要原因是自主品牌车企的平台开发起步较晚，发展时间短，截止目前暂未有成果呈

现。具体表现在：一是平台规划脱离市场实际，导致和车型开发脱钩；二是为了缩短开发周期，直接将平台开发和平台首款车型开发合并，导致平台化开发过于倾向首款车的需求，而导致后续车型的通用化率较低；三是平台开发刚刚起步，平台考虑不够周全，水平也就无法体现出来。车企Q在平台规划方面表现较好的原因是企业对平台战略规划清晰，而且平台衍生的几个车型销量较高，从平台规划到车型落地的表现比较突出。

(2) 产品策划：产品策划的水平大概分为3个阶梯。第1梯队是车企B、车企C和车企J，主要原因是这3个车企的产品定位能力更强，能切合用户需求做好车型策划，车型亮点清晰，车型辨识度高；第2梯队是车企H和车企S，这两个车企也是重视产品策划文化，对用户需求也有一定的把控；第3梯队是车企Q和车企G，这两个车企产品策划较为薄弱的的原因是创新不足，车企Q主要是因为采取保守和传承策略而忽略了创新；车企G更多的是采取跟随策略，不能大胆开拓创新导致了产品策略平平无奇。这导致两个车企的产品策划落后于其他车企。

(3) 总布置：从总布置的角度来看，除了车企Q，其他车企的总布置水平大致相同。车企Q之所以能突出重围，一枝独秀，主要是车企Q起步早，总布置经验积累丰富，并且能通过体系文件沉淀下来，同时也培养了一大批总布置工程师，通过企业间的人员流动将经验传授到其他企业。而其他企业的总布置水平，都或多或少地学习了车企Q的总布置知识，水平大同小异。

(4) 整车性能集成：目前各个自主品牌越来越注重整车性能的开发，不仅是简单的总布置拼凑成一个车型上市。从这次的评价模型运算结果来看，这7个自主品牌主要分为两大阵营，第1阵营是车企J、车企B、车企S和车企G，车企J和车企B，在整车性能的某些领域较为突出，如车企J的动力性、车企B的动力性和续航里程，车企S在轻量化水平方面表现更优，而车企S和车企G的整车性能集成开发体系较为完善，不论从体系建设，还是从

市场需求分解到性能水平再分解到技术方案上，都较为完善；第2阵营是车企C、车企H和车企Q，这3个车企在整车性能集成正向开发流程上还处在努力改善拼凑的阶段。

(5) 整车功能定义：目前各个车企在整车功能定义方面基本是同等起步，大家旗鼓相当，得分相差无几，车企J在这一方面的体系建设相对全面，因此得分略高。此外，从整车功能定义的角度，这恰恰给了各车企弯道超车，超越原领先车企的机会。

(6) 项目管理：车企J的项目管理能力得分最高，主要因为车企J强调的是强项目管理制，也就是员工考核更多的是车型开发项目组，而不是部门，所以从制度体系来看，车企J在组织架构的配合度和稳定性、时间管理能力和人力投入管控方面都会更优。而其他车企的管理模式是矩阵式，也就是对项目管理和部门管理的均衡考虑。

(7) 质量管理：车企G连续多年在J.D.Power的中国新车质量研究报告中获得了自主品牌排名第一^[20]的名次，此外，车企G在设计预防管控方面能从上一款车型上市后的市场问题跟进，到下一款新车型开发的技术方案匹配修改，做到闭环并且不断循环改进整车的品质，这是车企G在质量管理方面能获得最高分的原因。其他自主品牌的质量管理意识目前也在逐步加强，都在努力追赶中，其中车企C、车企J和车企Q表现良好。

(8) 成本管理：在成本管理方面，车企B掌握了更多的核心零部件的自主研发，成本不受限于核心零部件供应商的管控，所以成本的把控更强，而车企G与其相反的是，有些核心零部件受制于供应商，导致成本不受控，这也是两个企业表现差距较大的核心原因。车企C和车企H则通过降低整车品质、工艺水平等来降低成本，成本管理提升了，却牺牲了其他方面的性能水平。车企J、车企Q和车企S在试验开发方面的费用投入较高，从而提高了成本投入。

(9) 产品试验及认证策划：7个自主品牌的表现基本相当，车企G在产品试验及认证策划方面稍

优，主要是其更加重视整车虚拟验证能力，在认证策划方面会提前策划并且考虑周全，整个体系建设更加全面。车企J会更加重视实车的验证，而车企B和车企S在认证策划方面的能力偏弱。整体来讲，7个车企的表现没有拉开很大的差距。

4 结论与展望

本文基于整车集成的工作内容，采用了V字形正向开发流程并作出了修正，定义了影响整车集成正向开发价值能力的9个一级指标，构建了两个层级和多项指标的整车集成正向开发价值能力的评价模型，并应用该评价模型，对2022年上半年自主品牌销量排名前7位的7个车企进行了对比分析。分析结果表明：9个评价一级指标中，产品策划权重系数最大，对整车集成正向开发价值能力的影响较大。

就整车集成正向开发集成能力的综合水平而言，车企J处于领先水平，其在产品策划方面的得分是最高的；车企G综合得分最低，其在产品策划方面的得分也是最低的。从各项一级指标来看，没有一个车企能在各个指标上都表现突出。平台规划、整车功能定义、产品试验及认证策划水平的表

现大致相当，平台规划总体表现稍弱，产品试验及认证策划表现旗鼓相当；车企Q在总布置方面得分最高；车企B、车企J和车企S在整车性能集成方面较领先；项目管理方面，车企J的表现水平最优秀；在质量管理方面，车企G的总体水平领先于其他车企，车企B、车企H和车企S的表现稍微薄弱；车企B、车企C和车企H的成本管理水平更好，车企G的表现最弱。

汽车产品开发本身就是一项巨大而复杂的工程，再加上新一轮科技革命和产品变革的到来，智能汽车、软件定义汽车的兴起，新势力造车企业的加入，汽车企业开发的新车型是否具有市场竞争力将迎来新一轮的挑战，而整车集成的开发是汽车产品开发中最为复杂的环节，需要不断变革，不断与时俱进，才能提升整车集成正向开发能力，提升汽车产品竞争力。本文构建的评价模型也需要不断优化，可以从两个维度进行优化：一是引入熵值法或TOPSIS法等优化模型；二是对更多不同维度的车企进行量化评价，如传统造车企业和新势力造车企业的对比，自主车企、合作车企和外资车企的对比，以获得更全面和丰富的结论。

参考文献 (References)

- [1] 陈光祖.“入世”系列报道之四十九——逆向工程——汽车产品开发的一种高效形式[J].汽车与配件,2002(42):15-16.
CHEN Guangzu.49 of the Series of Reports on China's Entry into WTO—Reverse Engineering—An Efficient Form of Automotive Product Development[J].Automobile & Parts,2002(42):15-16.(in Chinese)
- [2] 郑恒雍,彭利明,屈翔.逆向设计在汽车开发中的应用[J].四川兵工学报,2009,30(8):68-70.
ZHENG Hengyong, PENG Liming, QU Xiang.Application of Reverse Design in Automobile Development[J].Journal of Ordnance Equipment Engineering, 2009, 30(8):68-70.(in Chinese)
- [3] 梁开荣,张琦.汽车精益集成产品开发[M].北京:机械工业出版社,2014.
LIANG Kairong, ZHANG Qi.Automotive Lean Integrated Product Development[M].Beijing: China Machine Press, 2014.(in Chinese)
- [4] NIKOWITZ M. System Optimization and Vehicle Integration[M].Switzerland: Springer International Publishing, 2016.
- [5] 赵佳.某型纯电动轿车总体设计方案[D].北京:北京工业大学,2015.
ZHAO Jia. Overall Design of an Electric Vehicle [D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2015. (in Chinese)
- [6] SINGH S, UNVEREN C. Total Vehicle Integration and Design—Journey to Electrification, Digitization and Connectivity Leading to Autonomy [J]. SAE Technical Papers, 2018-01-0003, 2018.
- [7] 李克强,戴一凡,李升波,等.智能网联汽车(ICV)技术的发展现状及趋势[J].汽车安全与节能学报,2017,8(1):1-14.
LI Keqiang, DAI Yifan, LI Shengbo, et al. State-of-the-

- Art and Technical Trends of Intelligent and Connected Vehicles [J]. Journal of Automotive Safety and Energy, 2017, 8(1): 1-14. (in Chinese)
- [8] 《中国公路学报》编辑部. 中国汽车工程学术研究综述·2017[J]. 中国公路学报, 2017, 30(6): 69-107. Editorial Office of China Journal of Highway and Transport. Review on China's Automotive Engineering Research Progress·2017 [J]. China Journal of Highway and Transport, 2017, 30(6): 69-107. (in Chinese)
- [9] 孟天闯, 李佳幸, 黄晋, 等. 软件定义汽车技术体系的研究[J]. 汽车工程, 2021, 43(4): 459-468. MENG Tianchuang, LI Jiaying, HUANG Jin, et al. Study on Technical System of Software Defined Vehicles [J]. Automotive Engineering, 2021, 43 (4) : 459-468. (in Chinese)
- [10] 刘宗巍, 张保磊, 赵福全. 汽车大数据的战略价值、全面影响及应用前景[J]. 汽车工程学报, 2019, 9(4): 235-242. LIU Zongwei, ZHANG Baolei, ZHAO Fuquan. Strategic Value, Impacts, and Application Prospect of Big Data in Automotive Industry [J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2019, 9(4): 235-242. (in Chinese)
- [11] OH I H, LEE J D, HWANG S W, et al. Analysis of Product Efficiency in the Korean Automobile Market from a Consumer's Perspective[J]. Empirical Economics, 2010, 38(1): 119-137.
- [12] 刘宗巍, 姜昊, 郝瀚, 等. 汽车产品综合竞争力评价指标模型及其应用研究——以 SUV 为例[J]. 汽车工程学报, 2018, 8(2): 79-87. LIU Zongwei, JIANG Hao, HAO Han, et al, An Indicator Framework to Evaluate the Comprehensive Competitiveness of Automotive Products: A Case Study of SUVs [J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2018, 8(2): 79-87. (in Chinese)
- [13] 王悦, 刘宗巍, 赵福全. 汽车产业核心技术掌控力评价体系研究[J]. 汽车工程学报, 2015, 5(4): 235-243. WANG Yue, LIU Zongwei, ZHAO Fuquan. An Indicator Framework to Evaluate the Core Technology Capability of Automotive Industry [J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2015, 5(4): 235-243. (in Chinese)
- [14] 李显君, 谢南香, 徐可. 我国自主品牌汽车企业技术竞争力实证分析[J]. 中国软科学, 2009(5): 125-134. LI Xianjun, XIE Nanxiang, XU Ke. Study on Technological Competitiveness of China-Owned Brand Automotive Enterprises [J]. China Soft Science, 2009 (5) : 125-134. (in Chinese)
- [15] 默尔·克劳福德, 安东尼·迪·贝尼迪托. 新产品管理 [M]. 大连: 东北财经大学出版社, 2012. MERLE C, ANTHONY D B. New Product Management [M]. Dalian: Dongbei University of Finance & Economics Press, 2012. (in Chinese)
- [16] LIEBERS A, KALS H J J. Cost Decision Support in Product Design [J]. CIRP Annals, 1997, 46(1): 107-112.
- [17] MILEHAM A R, CURRIE G C, MILES A W, et al. A Parametric Approach to Cost Estimating at the Conceptual Stage of Design [J]. Journal of Engineering Design, 1993, 4(2): 117-125.
- [18] 张炳江. 层次分析法及其应用案例 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2014. ZHANG Bingjiang. AHP and Application Cases [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2014. (in Chinese)
- [19] 齐晓磊. 基于过程管理的汽车零部件供应商风险评价及研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2015. QI Xiaolei. Risk Evaluation and Research Based on Process Management for Automotive Spares Supplier [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2015. (in Chinese)
- [20] J.D. Power. 2020 中国新车质量研究 SM (IQS) [EB/OL]. (2020-10-15) <https://china.jdpower.com/zh-hans/press-releases/2020-china-iqs-study>. J.D. Power. 2020 China New Cars Quality Research SM (IQS) [EB/OL]. (2020-10-15) <https://china.jdpower.com/zh-hans/press-releases/2020-china-iqs-study>. (in Chinese)

作者简介



魏小玲 (1985-), 女, 硕士, 主要研究方向为整车集成正向开发及项目管理。

Tel: 15915765718

E-mail: weixiaoling@gacrnd.com

通信作者



肖久如 (1989-), 男, 硕士, 主要研究方向为整车集成正向开发及性能集成。

Tel: 18589071828

E-mail: xiaojiuru@gacrnd.com