Proceedings of the 12th International Forum of Automotive Traffic Safety, 2015, pp 187- 193
No. ATS.2015.S3A05

Safety design and simulation for platform development

DanfengZHOU [1],DegenLI[2], JingangTU[3], Shenrong WU[4]
Chery Automobile Co., Ltd. Wuhu, China，241009
Email： zhoudanfeng@mychery.com，lidegen@mychery.com, tujingang@mychery.com, wushenrong@mychery.com

Abstract: More and more car makers, both domestic and international, adopt the strategy of platform development. That is, for example, bearing in mind the factors of quality, cost, technology, manufacturing, etc., let the vehicles of the same platform shear as many parts of chassis, under body, power train, electrical framework, and interior framework as possible. Hence shorten the development cycle and reduce the costs. The strategy and methods of safety design for platform development is investigated. The trend of enhancing safety regulation and requirement, both domestic and international, is studied. The safety target and development strategy are established for the platform. CAE technology is employed in safety design for several vehicle models in the platform to meet the target of safety requirement for the platform.

Keywords: Platform development; Crash Safety; Simulation

平台架构开发过程中安全性能的设计和仿真

周丹凤 1，李德根 2，涂金刚 3，吴沈荣 4
奇瑞汽车股份有限公司，芜湖，中国，241009
Email：zhoudanfeng@mychery.com ,lidegen@mychery.com, tujingang@mychery.com, wushenrong@mychery.com

摘　要：国内外越来越多主机厂采用平台化开发策略。简言之，在充分考虑质量、成本、技术、制造等因素基础上，在平台内不同车型间最大程度共用底盘、下部车身、动力总成、电器架构以及内饰骨架等部件。从而缩短研发周期，降低成本。本文探索碰撞安全平台化设计的思路和方法。通过对国内外安全法规标准发展趋势的调研，制定平台安全性能目标和开发策略。并采用 CAE 仿真分析手段进行平台内车型碰撞安全性能设计以满足平台安全性能开发的目标要求。

关键词:平台化开发；碰撞安全；仿真

1 引言

汽车平台化开发在外企中已经得到了比较成熟的发展和推广，汽车的平台化开发已是大势所趋。碰撞安全作为整车开发中的重要性能之一，在平台阶段就需要对其设计和部署。接下来将以我公司某平台开发项目经验为基础，浅谈碰撞安全平台化设计的思路和方法。主要针对平台开发前期的概念设计阶段的安全开发进行解析。

2 汽车平台化开发的意义

2.1 何为汽车平台化

简明的说，汽车的平台化开发就是在开发过程中用相似度很高的底盘和下部车身结构，可以同时支持不同类型汽车的开发，以及后期产品的生产和制造都可以共用一条生产线生产不同的车型。所生产出的车型将会是外形、功能都不尽相同的。这样可以使得设计、工程、生产工艺和主要构件实现资源平台化共享。

2.2 汽车平台化开发的范围

作为平台化开发，产品的基础就是平台化部件。平台化部件的开发尤为重要，只有基础打得好，高楼大厦才能建造的更加完美坚固。

那么何为平台化部件？从产品子系统分块角度划分，平台化研发范围大致可规划如下几个系统，如图1所示：

下部车身系统：发舱骨架总成，前后地板骨架总成，门槛总成
底盘系统：悬架系统、传动系统、转向系统、制动系统、车架总成、四驱系统；
内外饰系统：座椅骨架系统、仪表横梁系统；
动总集成：发变系统、悬置系统、进排气系统、冷却系统、燃油系统，空调系统；
电器系统：电器架构系统、线束能源系统 [1]。

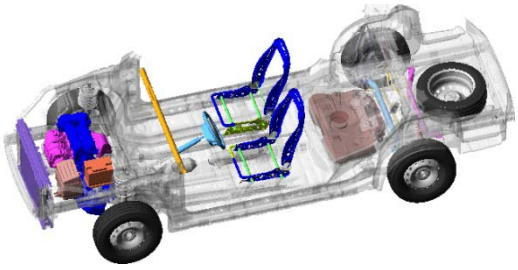

Figure1. The scope of platform development

图1. 平台开发研究范围

2.3 汽车平台化开发的意义

汽车的平台化设计，将会使同平台车型下部车身和绝大部分底盘部件固定。汽车的前舱和人机方面的布置也会相对固定，那么，对于碰撞安全意味着对于同平台不同车型做轻微适应性调整就可以使所有车型达到相近的碰撞安全目标。

也就意味着一个平台框架上设计一款良好的车身，后续同平台开发其它车型时，碰撞安全方面的工作将会大大减少。甚至不需要软模车试制和验证，直接进行硬模车结构验证就可以完成碰撞安全的前期开发。这样不仅可以缩短因安全开发而带来的周期成本，并且可以节省试制样车及实车验证带来的试验费用和周期。从而降低车型的研发成本。使车型具有更好的盈利模型，并且可以对市场进行快速响应，抢占先机。

3 汽车碰撞安全的平台架构开发策略

在平台开发之初，首先要明确该平台所开发产品的预售市场以及在所销售市场的定位是怎样的，也就是所谓的目标市场和产品定义。明确了这两点之后，我们则要针对目标市场未来 5-10 年的法规标准进行研究和预测发展趋势，并且要根据现状对安全定义的目标进行可行性评估，确定能否通过一些可行的技术提升来满足未来几年上市的产品所定义的目标。

3.1 未来安全法规标准的发展趋势及平台研究的重点

目前世界各国各地区都有相应的安全标准和技术法规，但归纳起来，所有汽车安全性技术法规可分为两大体系，即欧洲和美国的两大技术法规体系。各个体系有着各自的特点，整体状况分布如下面图2所示[2]。

美国和欧洲的考察范围不尽相同：

1） 美国FMVSS中的碰撞工况最复杂，考虑到的范围也较为广泛。其中包括100%正面碰撞，角度碰撞以及40%偏置碰撞，其中乘员考虑到大个子男性，小个子女性，以及是否系有安全带，都做了详细的区分。从大体上FMVSS分为前碰，侧碰，后碰以及动态翻滚等试验。

2） 欧洲ECE相比FMVSS工况较为简明，前碰包括100%正碰和40%偏置碰撞，侧碰包括50km/h侧碰和29km/h柱碰等，还新增加了行人保护的相关法规。

然而，随着全球化进程的推进，全球的法规和标准也已逐渐相互融合相互弥补。中国的C-NCAP修订历程显示了逐步向Euro NCAP靠拢，2018年将有望增加侧面柱碰的工况。Euro NCAP 也计划将100%全刚性墙正面碰撞纳入新车评价体系，并且侧面柱碰工况也将参考美标提速至32km/h。美标也逐步考虑到对行人保护的相关要求。

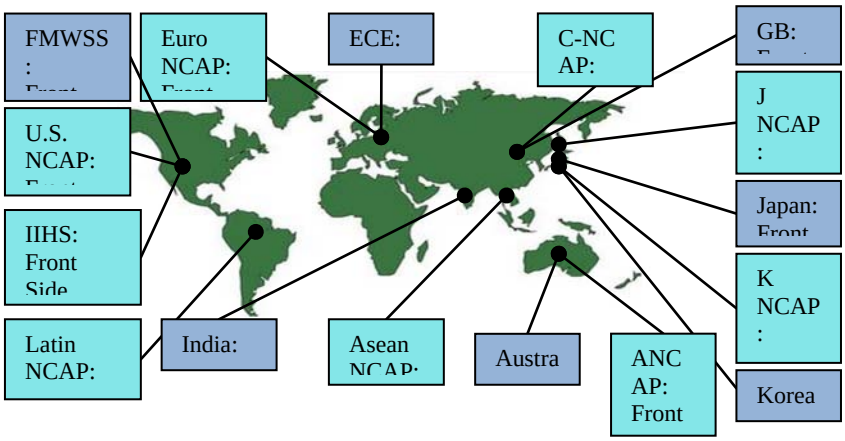

Figure2. Regulations aroundthe world

图2. 各国法规标准总览

综合上述发展趋势，平台未来开发车型需将 50km/h 正碰，64km/h 偏置碰和侧碰及柱碰纳入考察范围。平台架构开发阶段则重点关注两个前碰工况。侧碰及柱碰涉及上部车身结构较多，故在整车设计阶段中完成，在此不做研究。

3.2 平台架构开发中安全性能目标制定及开发策略

安全性开发从大方向上可以归纳为两大方向，一是主动安全开发，二是被动安全开发。所谓主动安全开发多涉及到电器和底盘方面的设计，是提升车型整体配置档次和人性化的需求，与架构关系不大；被动安全则涉及到框架和布置等方面的基础开发和约束系统匹配的问题。与平台架构密切相关，需在前期设计中考虑周到。对于平台化开发过程中的安全性能来说，整体的实现策略是平台内各款车型采用相似度很高的下部车身架构，通过不同配置及造型实现车型差异化，确保平台内车型均达标。

平台安全目标的制定，应该有一个自上而下的策划过程，首先明确产品定义对安全性的要求，从而解读被动安全的碰撞星级要求。根据具体星级要求，结合未来的发展趋势，来制定能够满足前瞻性的安全结构方面的具体衡量指标和相关的目标值。以此目标值作为平台架构开发的安全性能目标，平台框架碰撞表现以此安全性能目标作为衡量标准来进行架构设计和开发。

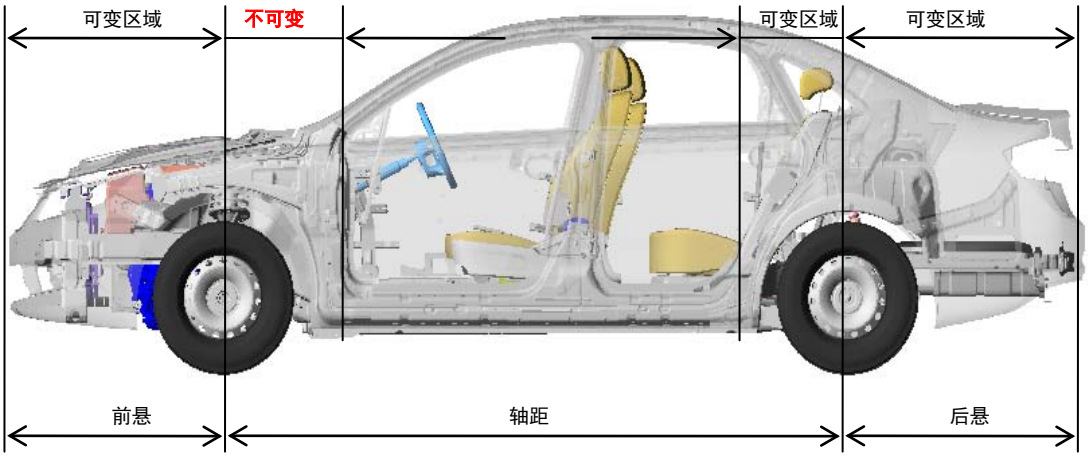

Figure3. The transformable scope of platform development

图3. 平台架构可变范围

在架构开发过程中，我们需要有明确的策略来实现平台的变化。如图 3 所示，平台内各车型的差异可通过可变区域来调整。1）前、后悬的长短差异变换整车前后部造型；2）轴距的长短差异可以实现整车大小等级的调节以及乘员舱空间的调整；3）悬架长短及轮胎型号的变换可以实现离地间隙和整车高度的变化。对于这些变化在同一平台均可实现，这就是所谓的平台包容性。与此同时，平台设计中也存在一个不可变区域，此部分的布置及设计对平台内所有车型是一致的，这也是平台设计的关键。因涉及到平台内所有车型的沿用。优点可以继承，缺点亦会并存。故此区域的设计至关重要。

在前期开发阶段首先明确平台内的轴距，整车重量以及具体车型动总等输入。然后我们根据各项参数综合考虑重量、高度、轴距来设计出能够承载产品定义带宽内的各车型的整车平台安全架构。对于整个平台而言，要求在允许情况下各车型零部件通用，但也不乏一些特殊车型的某些特殊要求考虑局部车型差异化。

以上的可变前悬区域与轮心到前挡板的不可变区域是平台安全前碰设计的关键区域。首先通过合理利用前悬可变形空间的压溃来最大程度的吸收碰撞能量；然后通过合理设计不可变区域的空间布置，来减缓载荷对乘员舱的冲击；最后设计稳固的乘员舱结构保护乘员生存空间。从而起到对碰撞时乘员伤害的控制。

3.3 平台开发中安全策略的实施方案

在整个平台开发过程中，安全策略的具体实施方案的制定要因地制宜，根据具体情况来定，因平台架构开发中主要涉及到前部碰撞的关键部件，故下面以前部碰撞为例进行具体介绍。

对于前部碰撞安全开发而言，其主要影响因素为整车高度，重量，前舱的碰撞空间，乘员舱的结构完整性，主要传力路径的搭建和具体关键件的结构设计。针对前碰分析模块提取出以上 6 个关键维度。接下来根据重量要求对分析维度提出具体的属性要求。这就需要我们进行大量的概念分析研究，制定能够满足目标的具体设计方案。

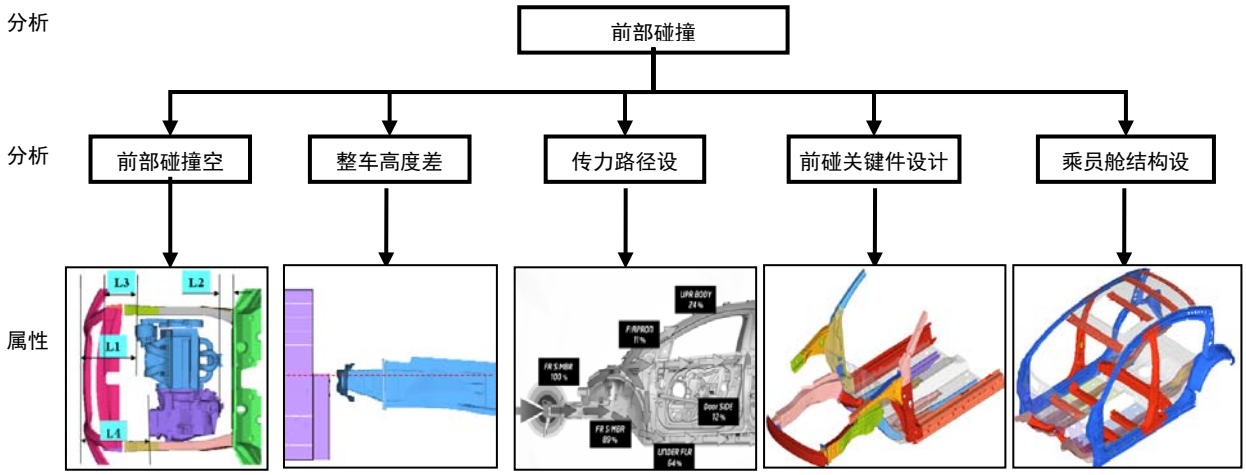

Figure4. Theemphasis of front impact

图4. 前碰关键点

由图 4 的分解可以清晰地了解前碰所需要考虑的几个维度及属性的要求，下面进行详细描述：

1）前部碰撞空间：是前部碰撞的主要吸能区域，我们主要通过这部分空间的变形来吸收碰撞产生的能量，从而降低碰撞能量对乘员舱的破坏以及对乘员的伤害。所以，保证合理的碰撞空间要求是前部碰撞的必要条件；

2）整车高度差异：一个平台需要考虑不同车型的规划，涉及到 Sedan、SUV、HB 和 MPV 等。平台内车型之间整车高度会有差异，这对于前部偏置碰来说，会造成纵梁与壁障的重合率的不同，这就带来了整车载荷分布的差异。对于同一个车身，必须要兼顾不同状态下传力稳定性。一个方法是将前保总成的吸能盒做成单侧倾斜，在组装时不同车型前保总成正反装以适应整车高度差异；

3）传力路径设计：对于前碰而言，平台内主要的纵向框架路径均属于前碰力的传递路径。前舱最主要的传力吸能框架就是两根纵梁；其次上纵梁作为辅助路径也起到力的传递作用，往乘员舱方向延伸；地板纵梁、门槛以及中通道均属于关键的传力路径。确保这些主要的平台框架结构能够顺畅地传力和合理地变形，则要求其框架的完整和延续性。

除此之外，前碰关键件和乘员舱的结构设计也是非常重要的。按照前述设计要求对其进行初步框架搭建，对于具体的结构设计和优化则需借助 CAE 仿真的手段来权衡其在平台内不同车型中的综合表现。

4 碰撞安全平台化开发 CAE 仿真设计思路

4.1 平台前碰框架的设计

汽车前部碰撞主要涉及到两个工况，即 100%刚性墙碰撞和 40%重叠壁障偏置碰撞。根据不同法规和标准可能考察其中之一（如 GB、Euro NCAP），有的标准两个工况都需要考察(如 C-NCAP)。在车型开发阶段这两者我们都需要考虑。在汽车发生前部碰撞过程中车内乘员的损伤主要来自于几个方面的作用和相互作用：它包括巨大的车身减速度对乘员造成的冲击；车身乘员舱结构变形对乘员生存空间的侵占；乘员在车内发生的二次碰撞等等。

在设计中既要考虑在 100%正碰中前舱空间能够稳定压溃，又要保证在 40%偏置碰撞中使壁障先于整车变形吸收更多碰撞能量。对于车辆前部碰撞而言，在设计阶段的思路为尽可能利用前舱的有效可变形碰撞空间，最大程度地吸收碰撞能量，使碰撞造成的乘员舱变形尽量小。图 5 说明碰撞安全的基本原理，即能量守恒原理[3]：

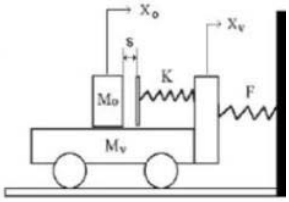

Figure5. Conservation of energy

图5. 能量守恒原理

除了碰撞能量吸收之外，前碰的重要设计准则还有载荷传递及结构的设计。完整的框架设计，使碰撞产生的力能够顺畅的传递，并合理地分布车身碰撞力[4]（如图 6 所示）；牢笼式"O"型闭环设计，使乘员舱结构稳固保障足够的生存空间（如图 7 所示）。

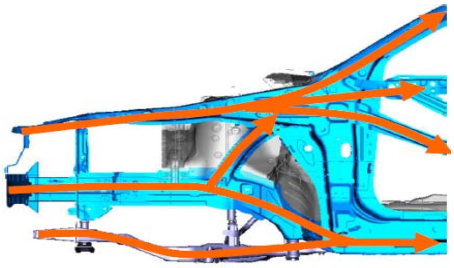

Figure6. Load path

图6. 传力路径

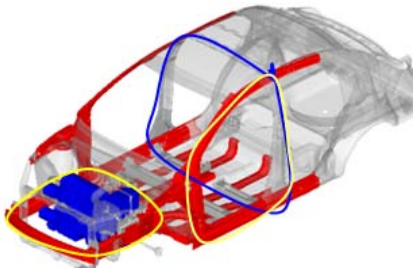

Figure7. "O" structure

图7. “0”型结构

4.2 前碰 CAE 虚拟仿真设计与验证

CAE 虚拟仿真是项目概念设计的最有效手段，概念设计中首先进行的是关键零部件和子系统的设计，零部件的截面大小、形状以及力学特征均需在 CAE 虚拟仿真中进行方案研究。在零部件子系统分析中得到较为理想的结构后，对其进行零部件子系统试验验证，在验证中可稳定变形后，将零部件搭载到完整的平台框架中对其进行整体结构的匹配与调整。在前期的虚拟仿真设计阶段，关于平台 CAE 仿真基础模型框架搭建,我们则遵循上述提到的基本原理和设计思想，搭建完整框架结构，综合考虑平台的容量，模型定义整备质量为平台最大质量，动总以规划主销为主要分析对象，高度方面我们则需要同时考虑不同高度车型碰撞表现。对前碰的两个工况综合不同高度车型的表现进行优化设计，这也是平台碰撞安全开发的难点所在，需要大量的循环往复的分析计算来寻找方案。综合平台内不同高度车型的碰撞变形形式。其中高度的差异对前部偏置碰的影响尤为明显，涉及到整车传力路径与壁障不同

碰撞块的接触以及力的传递问题。最终得到一个鲁棒性较好的结构使其在不同高度下的偏置碰车身结构变形基本保持一致。从而使平台内车型的碰撞结果一致性得到保证。

最终的仿真设计方案在碰撞中的实际表现如何，还需要通过试验验证来验收和评价。故待平台整体架构设计方案仿真分析完成后，我们需要进行 Mule Car 试验来验证我们前期设计的有效性。确保平台架构设计方案进入实际工程设计阶段之前安全性能达标，为后期工程设计打下坚实的架构基础。后续车型开发将会节省大量的时间，具体开发流程图如图 8 所示。

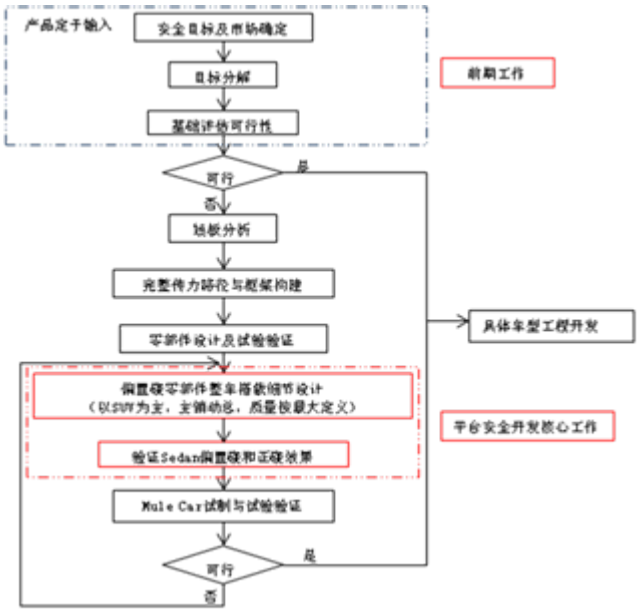

Figure8. The process of safety design for platform development

图8. 碰撞安全平台化开发流程

4.3 SUV 和 Sedan 前部偏置碰表现的对比

通过上述仿真优化研究，我们最终需要得到的不仅是满足目标值要求的结果，更重要的是希望得到在碰撞中可以同时承载不同车型差异的平台架构。这就要求平台框架在考虑不同车型高度差异时保持相同的变形模式。反应到最终表现形式上即同平台内不同车型车身减速度波形趋势及峰值保持在一定可接受范围内，乘员舱侵入量基本保持一致。下面以前部偏置碰工况为例展示该平台框架 SUV 和 Sedan 车型的表现。

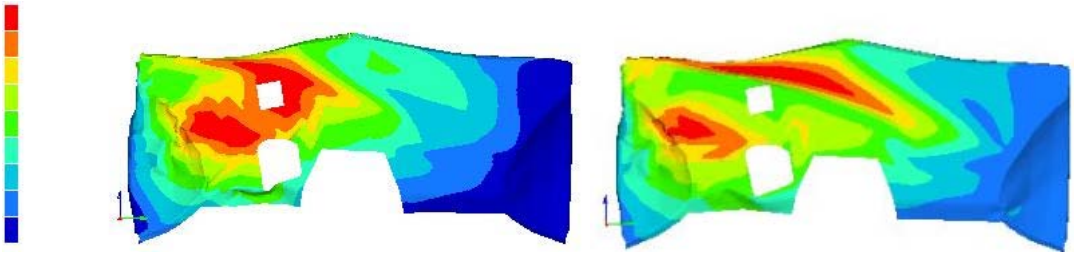

Figure9. The Firewall intrusion of SUV & Sedan

图9. SUV和Sedan乘员舱侵入量对比

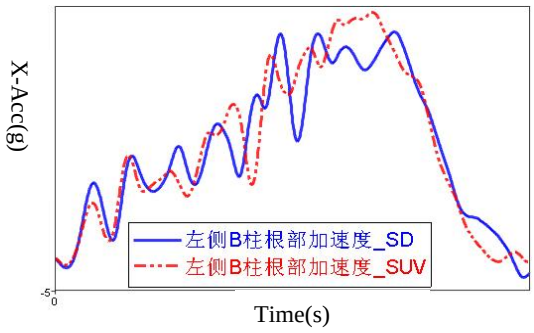

Figure10. Pulse of vehicle-B-p_ SUV & Sedan

图10. SUV和Sedan车身减速度波形对比

如图 9、10 所示，不同车型高度的差异对偏置碰中加速度波形及前挡板乘员脚步区域位移影响较小，通过兼容式设计基本保持 SUV 和 Sedan 碰撞结果的一致性。

5 总结与展望

本文开头介绍了汽车的平台化开发的范围和意义，并进一步阐述了平台化开发的策略和具体的实施方案。并且从仿真角度对汽车碰撞平台化开发流程进行阐述，具体描述了汽车碰撞安全性能平台化开发的思路和方法，由此可大大缩短车型研发周期，快速响应市场需求。但对于未来的市场导向，我们还应该在平台开发中将新能源车型进行同步规划，以适应市场对新能源车的需求，这将在后续的研发工作中进一步深入探究。

参考文献

[1] 陈家瑞等. 汽车构造（第二版）[M]. 北京：机械工业出版社，2005:40-41
[2] Carhs. Safety Companion 2015 [Z]. 2015:22-29
[3] AUOMOTIVE CIRCLE INTERNARIONAL. Euro Car Body 2012 Proceeding[Z].2012
[4] AUOMOTIVE CIRCLE INTERNARIONAL. Euro Car Body 2013 Proceeding[Z].2013