

DOI: 10.13228/j.boyuan.issn0449-749x.20170309

宝钢汽车板技术服务的 EVI 工作模式

陆匠心^{1,2}, 陈新平^{1,2}, 鲍平¹, 蒋浩民^{1,2}, 石磊^{1,2}

(1. 宝山钢铁股份有限公司研究院, 上海 201900; 2. 汽车用钢开发与应用技术国家重点实验室(宝钢), 上海 201900)

摘 要: 近十年来, 中国汽车行业快速发展, 与之相关的上下游行业也得到了较大的发展, 在“正向设计”、“轻量化”、“智能化”、“新能源”等一系列关键词中, “EVI”这个关键词也走入人们的视野, 并逐步被接受。“EVI”是英文 early vendor involvement 的首字母缩写, 直译为供应商的先期介入。宝钢通过多年的探索实践, 形成了自己特有的汽车板先期介入“532”工作模式, 即 5 个阶段(先进工程设计支持阶段、车身设计支持阶段、模具设计支持阶段、投产准备支持阶段、成本优化支持阶段), 3 个层次(白车身、零部件、VA/VE), 2 类解决方案(成本目标导向、轻量化目标导向)。通过用户需求分析, 开发创新性的 EVI 解决方案, 在满足用户需求、为用户创造价值的同时, 宝钢也实现了从技术研发到高效率营运的闭环, 为自主创新提供了保障。

关键词: 汽车板; EVI; 先期介入; 技术服务

文献标志码: A **文章编号:** 0449-749X(2018)03-0104-07

Technical service and EVI of automotive panel in Baosteel

LU Jiang-xin^{1,2}, CHEN Xin-ping^{1,2}, BAO Ping¹, JIANG Hao-min^{1,2}, SHI Lei^{1,2}

(1. Research Institute, Baoshan Iron and Steel Co., Ltd., Shanghai 201900, China; 2. State Key Laboratory of Development and Application Technology of Automotive Steels (Baosteel), Shanghai 201900, China)

Abstract: In recent ten years, the automobile industry in China has a rapid development, and the related upstream and downstream industries are well developed. In a series of key words such as “Forward Design”, “Lightweight”, “Intelligent” and “New Energy”, “EVI” also goes into people's horizons and is gradually accepted. EVI is the abbreviation of ‘Early Vendor Involvement’. Baosteel has already established a specific work pattern of ‘532’ for automotive products through exploration and practice for many years. ‘5’ indicates five different technical support phases including advanced engineering design, vehicle body design, tooling design, production preparation and cost optimization. ‘3’ means three different collaboration levels which are BIW, part and VA/VE. In addition, ‘2’ stands for two types of solutions, i.e. cost- and lightweighting- oriented objectives. Based on analysis of customers’ requirements and creative EVI solutions, Baosteel not only meets the requirements and creates value for customers, but also carries out a closed loop from technical development to efficient operation that provides guarantee for independent innovation.

Key words: automotive panel; EVI; early vendor involvement; technical service

近十年来, 中国汽车行业快速发展, 与之相关的上下游行业也得到了较大的发展, 在“正向设计”、“轻量化”、“智能化”、“新能源”等一系列关键词中, “EVI”这个关键词也走入人们的视野, 并逐步被接受^[1-6]。

“EVI”, 是英文 early vendor involvement 的首字母缩写, 直译为供应商的早期介入, 因此 EVI 的中文名称也有被称为“先期介入”、“早期介入”等。这种“先期介入”或“早期介入”, 若由不同的企业在不同的行业里进行演绎, 将会形成具有相近核心思想但

却有不同核心内涵的各种 EVI 活动, 比如巴西矿冶公司多年来一直致力于研究钕在下游金属行业的应用^[7], 宝山钢铁股份有限公司(以下简称宝钢)将 EVI 理念应用于重大工程建设^[8], 秦皇岛市城建档案馆将 EVI 理念应用于档案管理^[9], 国家林业局将之应用于林业资源管理^[10], 鞍钢、武钢、首钢、河北钢铁等相继开展汽车板 EVI 活动^[11-14]。就宝钢而言, EVI 则已成为“以客户为主体、以客户为导向的由供应商全面参与的供应链价值创造活动”^[15]。

宝钢最早于 1996 年开始汽车板技术服务的探

作者简介: 陆匠心(1957—), 男, 博士, 教授级高级工程师;
通讯作者: 陈新平(1965—), 女, 硕士, 教授级高级工程师;

E-mail: jxlu@baosteel.com; **收稿日期:** 2017-06-15
E-mail: chenxp@baosteel.com

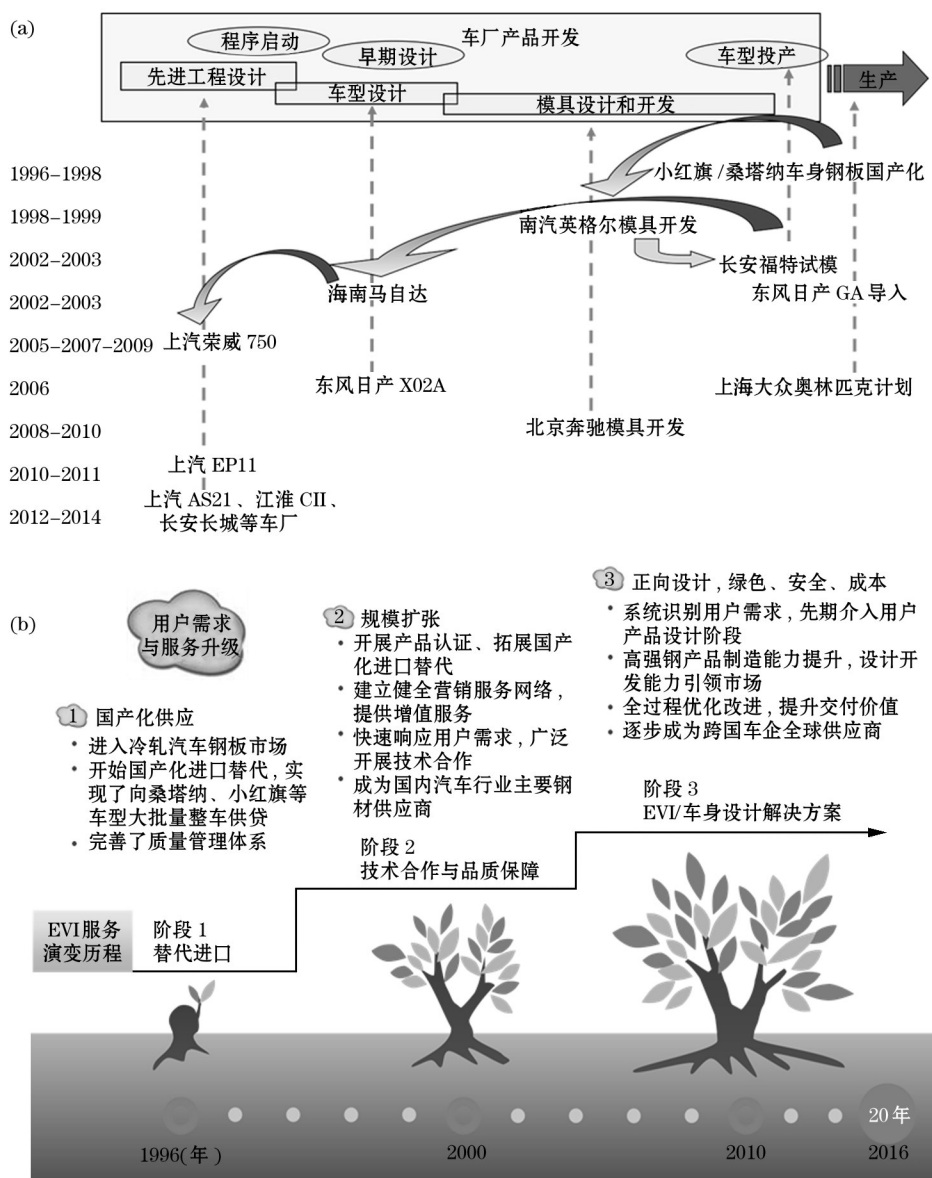
索,在1998年提出了汽车板先期介入的概念,并于2000年初步建立了系统化的汽车板EVI体系,获得了2003年度冶金企业管理现代化创新成果一等奖^[16]。经过20年(1996—2016年)的发展,这个体系已逐渐完备,汽车板EVI的内涵也逐渐丰富,从“产品开发延伸型”、“模具设计支持型”、“用户投产支持型”、“成本/性能优化型”4种工作模式^[17],发展为“532”工作模式^[18-19],即5个阶段(先进工程设计支持阶段、车身设计支持阶段、模具设计支持阶段、投产准备支持阶段、成本优化支持阶段),3个层次(白车身、零部件、VA/VE),2类解决方(成本目标导向、轻量化目标导向)。发展完善后的宝钢汽车板EVI体系再次获得

2013年度冶金企业管理现代化创新成果一等奖^[20]。

1 宝钢汽车板EVI的特点和特征

从20年的变化可以看出,宝钢汽车板EVI一直是“与时俱进”^[21]的,宝钢的发展战略一直都是与时代发展、国民经济发展和钢铁行业发展紧密结合,从而对自身发展理念、发展思路和发展方式进行不断的调整和完善,宝钢汽车板EVI也是如此。

宝钢汽车板EVI的发展如图1所示。由图1可以看出,宝钢汽车板EVI的发展与中国汽车工业发展相一致,在不断识别汽车厂需求的过程中,建设和提升自身的技术能力。



(a) 汽车板EVI各种支持模式的首次应用与发展历程; (b) 宝钢汽车板EVI的3个发展阶段。

图1 宝钢汽车板EVI的发展

Fig. 1 Development of Baosteel automotive sheets EVI

20 世纪 80—90 年代,上海大众桑塔纳(1983 年)、一汽大众捷达(1991 年)、神龙汽车富康(1992 年)等 3 款轿车的批量生产,促进了中国轿车市场的蓬勃兴起。而 1996 年重启的大红旗轿车计划,则对这种外国设计、外国设备、外国模具、外国钢板的技术封锁发起了挑战,用户的需求是材料的国产化,宝钢的应对是首次与用户合作共同开展材料性能分析、选材方案确认、零件质量认证;对试冲后钢板发生开裂等问题制定有效的工艺措施,进一步提高钢板的成形性能,对已经证明行之有效的优化措施归纳形成生产工艺要点进行制度化,即“标准+ α ”模式。宝钢汽车板实现批量供货使一汽轿车材料费用极大降低,实现了国产化,经济效果显著。宝钢根据用户的需要和使用结果进一步调整和开发新产品,从化学成分、生产工艺、表面涂油、钢板包装全方位进行改善,实现了汽车用材的系列化,使宝钢率先在国内钢铁同行中具备了向中高档汽车全面提供钢板的能力和水平。

1999 年南京跃进汽车自主开发首款轿车遇到了零件难冲压成形的瓶颈,用户的需求是希望宝钢提供比超深冲钢板性能更好的材料进行试验,宝钢的应对是深入识别用户的真实需求,首次运用数值模拟成形仿真技术协助汽车厂完成零件选材、坯料尺寸设计、模具调试和冲压工艺优化等全过程的模具开发,通过优化模具设计来改善零件的可成形性,从而采用普通超深冲钢成功地试制了复杂难成形件,不仅大幅度缩短调模试冲周期、大幅度降低材料采购成本,而且突破了过去用户先用进口料生产再用国产料代替的传统国产化模式。

2002 年福特与长安合资后的首款新车型嘉年华进入投产准备阶段,由于福特汽车在北美与各大钢厂一直有 EVI 合作,因此对宝钢的 EVI 工作模式接受度非常高,主动提出了希望宝钢参与其模具验收过程的需求。这是宝钢首次赴海外以先期介入方式参与汽车厂的新车型模具调试和冲压工艺优化工作,也是首次采用网格应变分析(CGA)技术进行试验分析、提出零件设计、模具设计与材料性能之间匹配关系、建立系统完善的零件试冲技术档案,为模具的验收和未来的批量稳定供货奠定了坚实的基础。

2001—2003 年是一汽海马向海南马自达的蜕变期,也是新车型福美来的开发期,用户的需求是希望宝钢在新车型用材上提供技术支持,宝钢的应对是全程参与新车型的设计开发、模具开发和投产

准备,在车型开发的早期阶段即与汽车厂及其模具供应商进行三方合作,进行零件可成形性分析、模具可制造性分析,向汽车厂和模具厂提供宝钢相应产品的牌号和性能指标,并结合仿真结果对零件设计和模具设计中出现的问题提出建议,使宝钢汽车板作为设计用材运用在新车型上。通过先期介入工作,使钢板认证与零件开发和模具开发同步,节省了冗长的事后认证时间,且较少出现质量问题,很好地保证了用户的稳定生产,双方均受益匪浅。

2005—2009 年是上汽高端自主品牌荣威 750 的开发和投产期,用户的需求是希望宝钢全程做好车身用钢板的支持工作,只能成功不能失败,宝钢的应对是对 400 多个零件材料标准的解读和转换、材料分析和逆向验证、复杂车身覆盖件的 CAE 分析、沿用模具的 CGA 分析、适应宝钢板的模具整修等,实现了 100% 的供货保障。尤其是荣威 750 前副车架液压成形管件的开发,宝钢完成了材料试制、零件先期分析、液压成形工艺设计、国内首套液压成形量产模的设计与制造、样件试制、关键质量控制点、过程检具设计与制作、批量化生产的全过程,形成了材料和技术的一揽子应用解决方案。

从上述发展历程可以看出,宝钢汽车板 EVI 的特点在于“用户导向”,通过对“用户需求”的深入分析,了解并发现其内在的真实需求并努力去满足它。与此同时,宝钢汽车板 EVI 也建立了一种用户需求传导机制,它把用户需求即时、前瞻性地传导到企业内部,在努力满足用户需求的过程中,促使企业不断提升自身能力。随着与用户需求结合得越来越早,越来越深入,企业能够创造价值的空间也就越来越大,可以跨出钢材交易的边界,为客户创造出更多价值,当然也能分享更多价值^[22]。

现阶段宝钢汽车板 EVI 具有以下鲜明的特征:(1)应用成果特性,EVI 是研发成果的集成应用,是成果应用从 1 到 N 的拓展,因此,EVI 的生命依托于研究成果,EVI 的活力在于研发成果的集成应用和持续拓展;(2)需求驱动特性,将用户的前瞻性、挑战性需求传导至企业内部,转化为研发的课题,转化为内部能力提升的诉求,从而驱动技术领先;(3)过程协同特性,EVI 涉及的产品和技术多样化、宝钢和用户方的内部协同部门众多,必须强调协同,避免短板效应;(4)技术多重特性,既有新产品新技术应用的先进性,又有在多家用户多个车型上应用的重复性,强调技术的复用和货架技术的形成;(5)时效特性,用户新车型开发有极强的时间节点,必须

在规定的阶段和节点内完成相关的工作;(6)定制特性,因时制宜,因地制宜,因人制宜。

2 宝钢汽车板EVI的技术路径

在不同的发展时期,汽车板EVI的实施路径不尽相同,充分体现了“因时制宜”的特性。在上述图1(b)所示的第I阶段,主要是国产化代替进口;在第II阶段,注重技术合作和品质保障;在2010年之后的第III阶段,则注重提供一揽子的材料应用解决方案。

无独有偶,POSCO在2014年POSCO全球EVI论坛上也宣布,该公司将不再是单纯的“钢铁供应商”,而要成为“解决方案营销商”。POSCO的解决方案营销是指不仅仅为客户制造产品,还开发、支援产品使用技术,甚至向贷款等商业领域提供支援。使用技术包括成形、喷漆、焊接技术以及零配件评估技术,商业支援包括缩短交货期、降低运费、贷款等^[23]。

有关这种解决方案营销,最早可见IBM前首席执行官路易斯 V. 郭士纳在2001年的发言,他认为:在未来的10年里,信息技术产业内的服务会成为市场的主导,而不是硬件和软件,在一定程度上实现“硬件和软件都在服务的包装下进行销售”,强调为顾客提供解决方案。据称在2006年时服务为IBM带来的销售额已超过了公司总销售额的半数以上^[24]。

然而,就算最广义的服务分类,制造业也不在其中,如图2所示^[24]。图中,广义服务包括从金融/保险/房地产服务、批发和零售贸易到政府服务,占到美国GDP总量的81%。

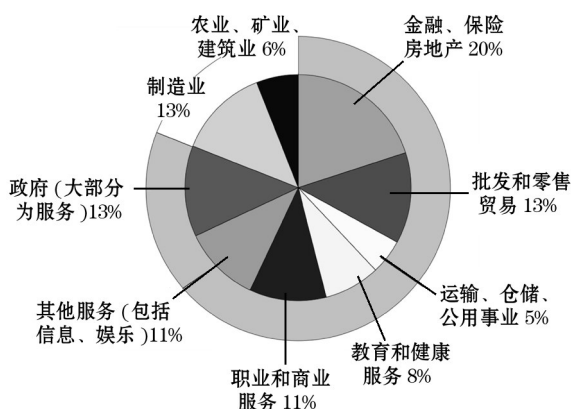


图2 2003年美国国内生产总值(GDP)服务业分布情况
Fig. 2 Distribution of services industry of United States in 2003 gross domestic product (GDP)

那么,对于钢铁这样的传统制造业而言,通过何种技术路径去实现什么样的解决方案,就成为摆在宝钢面前必须要思考和解决的课题。虽然探索

仍在持续进行,而且还没有最终的结论,但是有一点是永恒不变的,那就是所有的解决方案都必须满足用户需求为目标的。

2.1 用户需求分析

无论在什么时代,汽车厂的需求绝大部分都可以归纳为6大类别:最优化的成本目标、符合法规要求或者“卖点”需求的安全性方案、为满足环保要求而提出的车身用材“轻量化”目标、为保障乘员舒适性而进行的与材料相关的结构优化设计、为满足某一特定历史时期或发展需求的战略需要(如战略合作伙伴等),以及被政府或者公众所赋予的企业社会责任(如新能源、智能化、绿色出行等)。宝钢将在对这些需求进行深入分析的基础上,量身定制个性化的各类解决方案,包括白车身一揽子用材和技术解决方案、零部件或小总成用材和技术解决方案、材料替代和升级换代解决方案等。通过分析需求、设计并提供合适的解决方案、满足用户需求,以完成宝钢的诉求,如图3所示。这种诉求除了与销售份额相关之外,还承载着新产品的开发驱动力及市场探索性应用策略探索、公司技术创新或者转型发展等战略需要,以及绿色制造等社会责任。

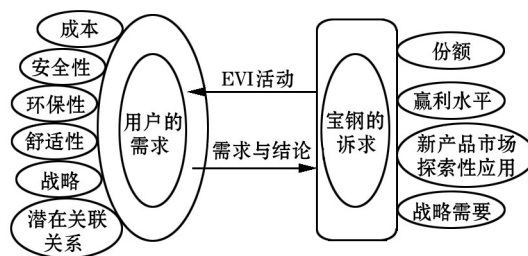


图3 用户需求分析

Fig. 3 User requirements analysis

2.2 技术准备

宝钢在汽车板领域几十年的技术积累,是EVI活动顺利开展的技术基础和保障,具体包括:

(1) 完善的产品系列。宝钢拥有国内钢厂最完善的汽车板产品系列,包括冷轧、热轧、热轧酸洗、不锈钢、特钢、模具钢、铝合金、镁合金等,可以满足汽车制造对各类规格材料的需求。宝钢是唯一可以批量供应第一代、第二代和第三代先进高强钢的企业。

(2) 先进的装备。汽车用钢开发与应用技术国家重点实验室(宝钢)拥有先进实验装备、先进成形研发装备、大型检测设备近百台,在金属材料的微观组织、材料缺陷、表面质量分析、力学测试、材料成分分析等项目上具有丰富的经验和一流的水平。宝钢拥有丰富的CAD/CAE软件资源。包括UGNX、CA-

TIA、HyperWorks、AutoForm、Dynaform、PamStamp、Abaqus、MSC.Patran、MSC.Nastran、VPG、COPRA、ANSYS 等软件系统,可以与绝大多数汽车厂的设计部门实现数字对接。

(3) 和汽车厂同步的工作模式。宝钢可以在汽车厂新车型开发过程中提供先进工程设计支持、车身设计支持、模具设计支持、投产支持、成本优化等全流程的同步技术支持。包括:1)材料数据信息,宝钢可提供完整的材料数据信息,包括材料化学成分、镀层信息、拉伸性能,以及不同应变速率拉伸曲线、疲劳曲线、焊接工艺、接头力学性能、防腐等材料数据;2)材料优化,宝钢可在车型开发的不同阶段开展先进材料推荐、整车选材、用材优化等多种科学选材的技术服务;3)数值仿真,宝钢具有丰富的车身零件协同设计、工艺优化仿真和性能分析评价能力,可进行冲压、辊压、旋压、热成形和液压成形等多种工艺仿真分析;4)零部件协同设计,宝钢拥有激光拼焊板、激光焊管、液压成形、热冲压成形等先进成形装备,具备零件协同设计、工艺模具开发、样件试制和批量生产供货的能力。

(4) 完善的技术服务体系。宝钢建立了完善的汽车板技术服务体系,拥有一批经验丰富的支持冲压模具调试、分析解决现场质量问题的技术团队。快速响应客户要求,协助开展国内外试模、零件试制。

(5) 几乎所有国内车企和部分海外车企的供货、服务经验。

2.3 设计并创造汽车板 EVI 解决方案

上述 2.1 节中描述的用户需求,在具体项目上的表现形式是有很大区别的,比如有的新车型开发项目将轻量化设置为最重要的因素,而有的新车型开发项目则将制造成本设置为最重要的因素,因此在针对具体项目时,必须对各因素的期待目标进行分析,从而制定出切实可行的必达目标和满足用户最高期望的挑战目标,如图 4 所示^[25]。在挑战目标中,除了显性的用户需求外,一定还包含了潜在的

用户需求,如考虑持续性的方案、考虑战略期望、考虑个性化的功能性或社会性需求等。

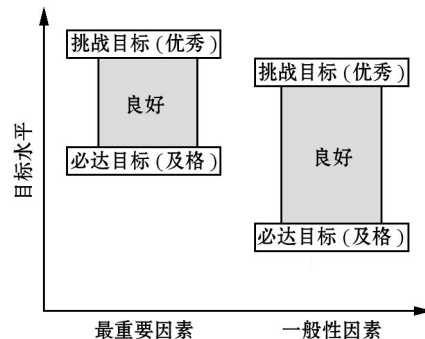


图 4 不同因素的目标设定

Fig. 4 Goal setting of different factors

经过宝钢的 EVI 实践,已基本形成了 3 种类型的汽车板 EVI 解决方案^[26]:

(1) 白车身 EVI 解决方案。双方组建联合项目团队,围绕新车型开发目标,宝钢全面介入并参与整车设计过程(弯曲刚度、扭转刚度、NVH、碰撞等),确保达到整车轻量化或成本或材料利用率目标。

(2) 零部件和成形模具 EVI 解决方案。针对关键总成件、复杂成形件,宝钢利用自身材料和技术优势,参与选材、结构设计、工艺设计和安全性分析,确保满足安全、成本、绿色的目标。针对宝钢份额的零件,提供免费的模具验收和失效分析,确保批量生产的稳定性。

(3) 汽车板材料替代应用和升级换代解决方案。在等效或增效的前提下,用宝钢产品代替原使用的非宝钢产品,或用宝钢新一代产品代替原使用产品。宝钢需向用户提供支持设计的各项产品数据、使用性能数据和加工特性参数。

2.4 典型案例解析

用户需求:某车型门槛梁,用户希望减重目标为 10%以上,且保持零件制造成本基本不变或略有降低。

解决方案(图 5)有^[26]:

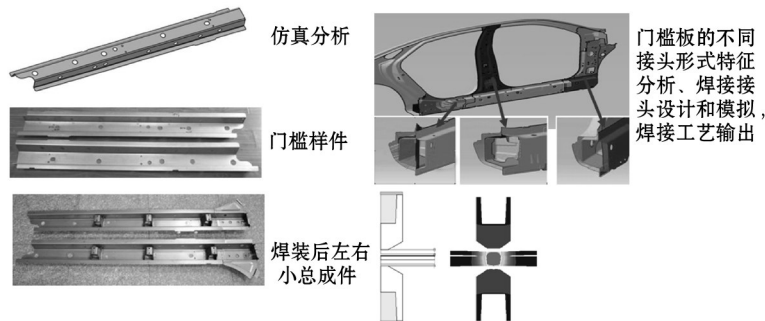


图 5 零部件 EVI 解决方案示例:某车型门槛梁

Fig. 5 EVI solution examples of parts: threshold beam of some model

(1) 应用新材料。新车型中以MS1180代替老车型中的设计用材HSLA410。

(2) 厚度减薄。原设计用材厚度为2.0 mm,新设计减重10%以上,则期望的材料厚度应小于1.8 mm,初步设计1.8、1.6、1.4、1.2 mm等4个方案备选,根据改型设计后的整车性能分析结果确定最终方案为1.4 mm。

(3) 先进成形技术应用。门槛梁特征为沿长度方向近似等截面,老车型中为冲压成形件,新车型中拟采用辊压成形技术,据此对零件进行重新设计,并进行了辊压成形可制造性的CAE分析。

(4) 结构优化设计技术应用。门槛梁与加强件、侧围、铰链加强板等存在复杂的连接关系,老车型中的接头设计方式存在一定的不合理性,在对接头特征进行分析的基础上,新车型中对连接接头进行了优化设计。

(5) 多层板焊接技术应用。对接头进行了焊接CAE模拟分析,并制定了焊接工艺方案。

(6) 辊压成形工艺设计技术、模具技术、样件试制技术、小总成制造技术、与整车的连接装备技术的综合应用。实现了门槛梁小总成从材料、设计、工艺到零部件供货的一揽子解决方案。

实施效果: 单件减重30%; 零件制造成本降低23.2%。

3 宝钢汽车板EVI的有益效果

近年来有越来越多的人接触到了“EVI”,不同的人对此会有不同的理解,这本是仁者见仁、智者见智的正常情况。然而,倘若企业对于开展EVI所能来的益处和贡献方面的认识走向极端,则会进入两个误区:(1)一个极端认为EVI什么都能做,另一个极端认为什么都不行;(2)一个极端认为无论什么问题一用EVI就灵,另外一个极端则认为EVI就是一个宣传理念,什么用都没有。追本溯源,产生这两个误区的根本原因在于对“用户需求”的把握或者“自身诉求”的定位出现了偏差。随着宝钢汽车板EVI活动的深入开展,宝钢对此的认识也在逐渐深化之中。除了成为获取份额的技术营销手段之外,EVI在产业转型、创新驱动等方面正发挥出越来越重要的作用,正如冯·希普尔教授所说的“供应商是一种创新的职能源”^[27],宝钢作为材料供应商所开展的汽车板EVI活动,有效地解决了自主创新中的技术创新风险和市场风险:它通过前期介入用户研发,在自身与用户之间架起了一座桥梁,围绕着

材料和材料应用,把汽车、钢铁两个行业的人才、技术、经验和知识等要素更早、更好地结合到了一块,培育出强大而柔性的系统协同能力,从用户的角度来看,持续增强了产品竞争力;从宝钢自身角度来看,实现了从技术研发到高效率营运的闭环,为自主创新提供了保障^[28]。

参考文献:

- [1] 王新东, 李建新, 吝章国, 等. 河钢集团汽车板产品研发与技术创新[J]. 钢铁, 2017, 52(8): 70. (WANG Xin-dong, LI Ji-an-xin, LIN Zhang-guo, et al. Product development and technology innovation of automotive sheet in Hesteel Group[J]. Iron and Steel, 2017, 52(8): 70.)
- [2] 李新创. 智能制造助力钢铁工业转型升级[J]. 中国冶金, 2017, 27(2): 1. (LI Xin-chuang. Transformation and upgrading of steel industry supported by development of intelligent manufacturing[J]. China Metallurgy, 2017, 27(2): 1.)
- [3] 刘相华, 赵启林, 黄贞益. 人工智能在轧制领域中的应用进展[J]. 轧钢, 2017, 34(4): 1. (LIU Xiang-hua, ZHAO Qi-lin, HUANG Zhen-yi. Prospect of artificial intelligent application in rolling[J]. Steel Rolling, 2017, 34(4): 1.)
- [4] 殷瑞钰. 关于智能化钢厂的讨论——从物理系统一侧出发讨论钢厂智能化[J]. 钢铁, 2017, 52(6): 1. (YIN Rui-yu. A discussion on “smart” steel plant—view from physical system side[J]. Iron and Steel, 2017, 52(6): 1.)
- [5] 王滕, 赵云龙, 柴立涛, 等. 热浸镀工艺对热成形钢铝硅镀层的影响[J]. 中国冶金, 2016, 26(12): 20. (WANG Teng, ZHAO Yun-long, CHAI Li-tao, et al. Influence of hot dip process on aluminum silicon coating for hot forming steel[J]. China Metallurgy, 2016, 26(12): 20.)
- [6] 张海东. 冷轧高强度钢板生产工艺探讨[J]. 轧钢, 2016, 33(1): 54. (ZHANG Hai-dong. Discussion on production process of high strength steel sheet[J]. Steel Rolling, 2016, 33(1): 54.)
- [7] Edmundo Burgos Cruz, Daniel Pallos Fridman, Marcelo C Carboni, 等. FeNb在钢液中的溶化行为及在钢包精炼过程中提高Nb收得率的最佳工艺[J]. 世界钢铁, 2010(6): 44. (Edmundo Burgos Cruz, Daniel Pallos Fridman, Marcelo C Carboni, et al. Dissolution of FeNb in liquid steel and best practices to increase niobium recovery during ladle refining[J]. World Iron and Steel, 2010(6): 44.)
- [8] 蒲康国. 宝钢重大工程EVI模式在深圳京基100大厦的实践[J]. 经营管理者, 2015(20): 126. (PU Kang-guo. The practice of Baosteel major project EVI mode in Shenzhen Jingji 100 Building[J]. Manager Journal, 2015(20): 126.)
- [9] 张路. 先期介入, 跟踪服务, 严格验收[J]. 城建档案, 2005(3): 9. (ZHANG Lu. EVI, tracking services, strict acceptance[J]. Cheng Jian Dang An, 2005(3): 9.)
- [10] 王洪波, 王吉斌, 陈桔, 等. 使用林地可行性报告编制先期介入方法与实践探讨[J]. 林业资源, 2011(5): 1. (WANG Hong-bo, WANG Ji-bin, CHEN Jie, et al. Study and application of initial involvement for feasibility report compilation on forest land requisition and occupation[J]. Forest Resources Manage-

- ment, 2011(5):1.)
- [11] 刘仁东, 郭金字, 王福. 鞍钢高强汽车用钢研发进展[J]. 上海金属, 2013, 35(4): 47. (LIU Ren-dong, GUO Jin-yu, WANG Fu, et al. Research progress of high strength automotive steel in Ansteel[J]. Shanghai Metals, 2013, 35(4): 47.)
- [12] 朱久发. 宝钢与汽车厂合作经验及对武钢的建议[J]. 武钢技术, 2006, 44(1): 45. (ZHU Jiu-fa. Cooperation experiences between Baosteel and automobile works and suggestion to WISCO[J]. WISCO Technology, 2006, 44(1): 45.)
- [13] 陈连峰, 郝钊, 隋海波, 等. 基于用户的高强度钢先期介入选材、开发及应用[J]. 汽车工艺与材料, 2013(1): 13. (CHEN Li-an-feng, XI Zhao, SUI Hai-bo, et al. User-based EVI material selection, development and application of AHSS[J]. Automobile Technology and Material, 2013(1): 13.)
- [14] 孙红梅, 贾耿伟. 占领市场制高点 大力推进汽车板 EVI 服务模式[J]. 河北企业, 2015(4): 55. (SUN Hong-mei, JIA Geng-wei. Occupy the market position, vigorously promote the service mode of automotive sheet EVI[J]. Hebei Enterprise, 2015(4): 55.)
- [15] 宝钢 EVI 的创新商业模式[J]. 世界金属导报, 2015, 53(42): F01. (EVI's innovative business model in Baosteel[J]. World Metals, 2015, 53(42): F01.)
- [16] 2003 年度冶金企业管理现代化创新成果评选结果[J]. 冶金管理, 2003(10): 38. (2003 Metallurgic industry management modernization innovation achievement[J]. China Steel Focus, 2003(10): 38.)
- [17] “先期介入”——宝钢构建通向用户的技术桥梁[J]. 冶金管理, 2003(12): 26. (“EVI”——Baosteel build the technical bridge to the user[J]. China Steel Focus, 2003(12): 26.)
- [18] 宝钢以目标成本导向的汽车 EVI 服务模式实践(上)[J]. 世界金属导报, 2014, 52(5): 11A. (Practice of Baosteel automotive sheet EVI mode oriented by Goal-cost (I) [J]. World Metals, 2014, 52(5): 11A.)
- [19] 宝钢以目标成本导向的汽车 EVI 服务模式实践(下)[J]. 世界金属导报, 2014, 52(6): 11A. (Practice of Baosteel automotive sheet EVI mode oriented by goal-cost (II) [J]. World Metals, 2014, 52(6): 11A.)
- [20] 2013 年冶金企业管理现代化创新成果名单[J]. 冶金管理, 2013(10): 26. (2013 Metallurgic industry management modernization innovation achievement[J]. China Steel Focus, 2013(10): 26.)
- [21] 刘航, 陈琢, 柳方秀, 等. 与时俱进[N]. 中国冶金报, 2011-07-28(A07). (LIU Hang, CHEN Zhuo, LIU Fang-xiu, et al. Advance with the times[N]. China Metallurgical News, 2011-07-28(A07).)
- [22] 戴志浩. 宝钢 EVI: 以用户为中心的商业模式和企业文化[EB]. www.baosteel.com, 2015-11-3. (DAI Zhi-hao. Baosteel EVI: user-centered business model and corporate culture[EB]. www.baosteel.com, 2015-11-03.)
- [23] POSCO: 所售钢铁会负责到底[EB]. 韩国朝鲜日报网, 2014-10-29. (POSCO: Responsible and honest attitude for saled iron and steel[EB]. Korea Chosun Daily, 2014-10-29.)
- [24] 瓦拉瑞尔 A 泽丝曼尔, 玛丽·乔·比特纳, 德韦恩 D 格兰姆勒, 等. 服务营销[M]. 北京: 机械工业出版社. (Valarie A Zeithaml, Mary Jo Bitner, Dwayne D Gremler, et al. Services Marketing[M]. China Machine Press, 2011.)
- [25] Berry L, Zeithaml V. Ten lessons for improving service quality [J]. Marketing Science Institute, 1993(5): 93.
- [26] 陆匠心. 宝钢汽车板 EVI 新进展. 绿色 安全 成本——汽车与钢铁产业未来之路[R]. 第二届宝钢汽车板 EVI 论坛报告. 大连: 宝钢, 2013. (LU Jiang-xin. New development of Baosteel automotive sheet EVI, Green Safety Cost—A path to the future of automobile and steel industry[R]. 2nd Baosteel Automotive Sheet EVI Forum. Dalian: Baosteel, 2013.)
- [27] 冯·希普尔. 技术创新的源泉[M]. 柳卸林, 译. 北京: 科学技术出版社, 1997. (E von Hippel. Sources of Innovation[M]. Translated by LIU Xie-lin. Beijing: Science and Technology Press, 1997.)
- [28] 王丰. 从模仿到自主创新: 宝钢 EVI 创新 9 密码[J]. 哈佛商业评论, 2015(10): 187. (WANG Feng. From imitation to innovation: Innovation nine password of Baosteel EVI[J]. Harvard Business Review, 2015(10): 187.)

(上接第 71 页)

- [25] Matsumoto R, Nishizawa Y, Kataoka N, et al. Automatic background estimation and quantitative analysis for XPS spectrum by active shirley method[J]. Journal of Surface Analysis, 2016, 22(3): 155.
- [26] Naumkin A V, Kraut-Vass A, Gaarenstroom S W, et al. NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy Database, NIST Standard Reference Database 20, vers. 4.1. Web Vers[DB/OL]. http://srdata.nist.gov/xps/Default.aspx. (2012-9-15).
- [27] Gesmundo F, Viani F, Niu Y, et al. The transition from the formation of mixed scales to the selective oxidation of the most-reactive component in the corrosion of single and two-phase binary alloys[J]. Oxidation of Metals, 1993, 40(3/4): 373.
- [28] Grabke H J, Leroy V, Viehhaus H. Segregation on the surface of steels in heat treatment and oxidatio[J]. ISIJ International, 1995, 35(2): 95.
- [29] Rapp R A. The transition from internal to external oxidation and the formation of interruption bands in silver-indium alloys [J]. Acta Metallurgica, 1961, 9(8): 730.
- [30] LIU H, HE Y, LIN L. Application of thermodynamics and Wagner model on two problems in continuous hot-dip galvanizing [J]. Applied Surface Science, 2009, 256(5): 1399.
- [31] Huin D, Flauder P, Leblond J B. Numerical Simulation of Internal Oxidation of Steels during Annealing Treatments[J]. Oxidation of Metals, 2005, 64(1/2): 131.
- [32] Bellhouse E M, Mcdermid J R. Selective Oxidation and reactive wetting during hot-dip galvanizing of a 1.0 pct al-0.5 pct Si TRIP-assisted steel[J]. Metallurgical and Materials Transactions A, 2012, 43(7): 2426.