

混合动力汽车总装主线装配工时削减策略

万小飞 张健均 郭称勇

广州汽车工业集团汽车工程研究院

摘要: 本文从设计端入手, 建立整车设计工时核算系统, 从集成化设计、标准件优化、固定点优化、工艺定位优化和新工艺新结构五方面进行分析, 研究针对总装主线装配工时削减的推进策略和重点方案, 以解决现有多动力能源汽车共线生产带来的产线节拍不平衡问题, 从而降低整车制造成本, 提升产品竞争力。

关键词: 多能源动力汽车; 共线生产; 工时削减; 制造成本

0 前言

各大汽车主机厂要应对日益严格的环保法规和快速变化的市场需求, 同时还要保持产品质量和性能, 不断降低整车成本, 以保证产品竞争力。制造成本是整车成本的重要一环, 直接决定了企业的盈利能力、市场竞争力和未来发展潜力。因此, 如何有效降低汽车制造成本一直是汽车制造行业的重要课题。

本文旨在深入探讨降低汽车制造成本的策略及相应的解决方案。通过建立整车设计工时核算系统, 对产品从集成化设计、标准件优化、固定点优化、工艺定位优化和新结构工艺优化五个方面进行分析, 以期达到降低制造成本的目的。

1 多能源动力汽车共线生产装配成本

据统计, 装配工作量占主机厂整个产品制造工作量的 20% ~ 70%, 平均为 45%, 装配时间占整个产品制造时间的 40% ~ 60%, 装配成本占制造成本的 30% ~ 50%。装配线上通常人工较多, 人员工资已经从 2013 年的每人 10 万元 / 年上涨至 2023 年的每人 20 万元 / 年, 装配成本随之逐年上升。

随着汽车技术的发展, 各种多动力能源汽车 (ICE、HEV、PHEV、SHEV 和 EV) 车型共线生产将逐渐成为汽车行业总装车间的趋势。不同动力能源汽车之间, 由于零件数量和设计工时差异大, 导致共线生产节拍不平衡的问题越来越突出, 产线人员闲忙不均问题严重。

G 公司 M 系列车型, 各种动力能源车型混线生产时, 整车装配设计工时的总装总岗位数如图 1 所示。

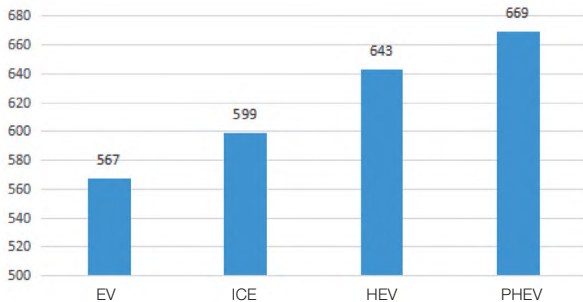


图 1 G 公司 M 系列车型总装线总岗位数

EV 车型相比 PHEV 车型, 岗位数相差 102 个, 相当于纯电车型基础上增加 20% 人员作业。折算人工成本, 如果 EV 与 PHEV 共线生产, 混线比例 1 : 1, 则浪费人员 51 人, 折合人工工资 1020 万元 / 年。产线年产量 20 万, EV10 万台 / 年, 则 EV 单车制造成本增加约 100 元 / 台。

标准工时的概念, 很多 IE 专业人员已经做过完整的分析, 如 MOST 标准工时等。本文着重介绍标准工日内, 由产品设计结构确定, 在产品开发设计阶段着重考虑的设计工时的削减问题。

2 设计工时核算系统

产品在开发设计阶段, 无法进行招表测算装配工时, 需要根据 EBOM 进行整车设计工时的核算, 以确定共线生产时的总工时与现有量产车型工时的差异。平衡整车设计开发成本关系。

某汽车设计研究院, 基于产线装配实际生产模型, 建立了 77 种不同装配关系的标准工时库, 再创建自动识别程序, 根据 EBOM, 自动区分零件重量、类型以

及装配方法，并赋予单件装配工时，从而自动核算整车装配工时，在设计阶段仅根据零件数量和零件类型核算整车设计装配工时。从而建立了各车型统一的设计工时标准，在设计开发阶段就可以核算开发车型的设计工时，科学、合理地制定产线各岗位工时优化目标。

3 设计装配工时优化方案

G 公司研究院工艺人员分析了十数款车型的开发设计，认为设计装配工时优化，可以从集成化设计、标准件优化、固定点优化、工艺定位优化及新结构工艺优化这五个方面进行开展。

3.1 集成化设计

集成化设计主要在设计端开始进行管线合件、零件合件等。

(1) 管线合件

通过工艺改善及对布置进行约束，减少工艺分段点，实现降本，如图 2 所示。

通过对管线固定点（胶塞）的合并，以实现零件成本降低和装配工时降低，如图 3 所示。

(2) 零件合件

通过对零件进行合件，以实现零件成本降低和装配工时降低。如 A 柱下饰板与门槛护板合件，背门饰板合件如图 4 所示，警示标签合件如图 5 所示。

3.2 标准件优化

标准件优化主要从四个方面进行。

(1) 标准件长度优化

减小标准件露出长度，建议露出长度控制在 5 mm 内，可减重降本，节约工时。

(2) 削减标准件种类

优先用六角法兰面螺栓、减少弹性垫圈的使用、螺栓和垫圈配合选用组合件，尽量不开发新标准件。

(3) 标准件统一

相同安装点位标准件统一，可实现工具统一，工时减少；相同工位标准件统一，可实现工具统一，工时减少。

(4) 力矩统一

力矩值统一，可实现工具统一，工时减少；力矩重要度统一，可实现工具统一，工时减少。

3.3 固定点优化

固定点优化主要也包括四个方面。

(1) 螺接改卡接结构

尽量使用自身卡接或卡扣连接结构，可减少安装架及安装螺栓，降低零件成本和装配工时，如各种控制器（模块）、壶体、饰件以及其他塑料件（遮阳板固定）等，如图 6 所示。

(2) 螺接改焊接结构

螺接改为焊接一体件，可减少标准件数量，实现零件成本降本及工时降低；螺母改为焊接件，可提升装配便利性，降低操作工时，如底盘摆臂螺母焊接至摆臂上等。

课题：掀背门饰板合件		
现有方案	改善方案	预计降本效果
<p>目前现状：</p> <p>掀背门上饰板、左侧饰板、右侧饰板为单独的零件，需单独装配。</p> <ul style="list-style-type: none">装配工时多零件数量多，品质难控 <p>-10s</p> 	<p>改善方案：</p> <p>建议将掀背门上饰板、左侧饰板、右侧饰板合为一个件</p> <ul style="list-style-type: none">节约装配工时品质易控 	<p>工时成本：-10s/台</p> <p>风险及预防措施</p> <p>无风险</p>

图 4 背门饰板合件

课题：标签合件		
现有方案	改善方案	预计降本效果
<p>1：风扇防尘标签、空调系统标签、冷却液标签为独立标签；</p> <p>2：总装粘贴三个标签，工时15s</p> 	<p>1：简化标签，将三个标签合并成一个标签，节省2个标签的成本</p> <p>2：可节省2个标签的粘贴工时10s/台</p> <p>三合一</p> 	<p>零件成本：-0.8元/台</p> <p>工时节省：-10s</p> <p>风险及预防措施</p> <p>无风险</p>

图 5 警示标签合件

课题：燃油管取消分段		
现有方案	改善方案	预计降本效果
<p>1：燃油管总成分为车身段燃油管和发动机段燃油管</p> <ul style="list-style-type: none">车身段燃油管需焊接，发动机段需下分装至发动机会发异响，对燃油管路密封造成不利影响。 	<p>1取消燃油管分段点，工厂进行工艺优化调整</p> <ul style="list-style-type: none">燃油管由车身段及发动机段，改为由发动机段及燃油管布置上预留出燃油管及发动机段空间 	<p>零件成本：-4.5元/分段点</p> <p>工时节省：-5s/分段点</p> <p>风险及预防措施</p> <p>无风险</p>

图 2 空调管取消分段

课题：尾门线束胶套与洗涤管胶套合件		
现有方案	改善方案	预计降本效果
<p>目前现状：</p> <p>尾门线束与后洗涤管各用1个胶套</p> 	<p>改善方案：</p> <p>线束胶套与水管胶套合并为共用，可节约一个胶套，同时减少一个胶套的装配工时。</p> <p>约束点：</p> <p>胶套处洗涤管需交给线束厂家，与线束一起来件</p> 	<p>1零件成本：-7元(线束胶套)</p> <p>2工时节省：-10s</p> <p>风险及预防措施</p> <p>无风险</p>

图 3 水管线束护套合并

课题：螺栓改卡接（饰件类）		
现有方案	改善方案	预计降本效果
<p>目前现状：</p> <p>部分饰件及塑料件采用螺栓固定结构，对标其他企业，有采用自身卡接结构焊接，装配更为方便，装配工时低及零件成本更低。</p> <p>后门饰板-螺栓</p> <p>立柱饰板-螺栓</p> <p>转向支架-螺栓</p> <p>冷却面-螺栓</p>	<p>改善方案：</p> <p>对标其他企业，有采用自身结构卡接，减少零件成本及工时成本。</p> <p>后门饰板-卡接</p> <p>立柱饰板-卡接</p> <p>转向支架-卡接</p> <p>冷却面-卡接</p>	<p>零件成本：7元/个点</p> <p>工时成本：1.5s/安装点</p> <p>风险及预防措施</p> <p>无风险</p>

图 6 螺栓改卡接

- (3) 螺母改内攻螺纹

采用螺栓加螺母组合的连接点，建议取消螺母，用内攻螺纹连接，可节约 1 个螺母并减少装配工时，如发电机、悬置支架等。
- (4) 安装点削减

取消部分多余卡扣安装点，实现成本降低及装配效率提升；减少部分多余螺栓固定点，实现成本降低及装配工时减少，如取消天窗排水管固定卡箍。

课题：去工装化		
现有方案	改善方案	预计降本效果
<p>小工装使用较多，部分零件装配采用工装进行保证位置 and 保证间隙。如部分车型字牌、ECT、制动管间隙、支架等需采用工装进行定位。</p> <p>字牌</p> <p>ETC</p> <p>换挡臂</p> <p>制动臂</p>	<p>尽量采用自定位，如采用定位结构或划线等定位。</p> <p>定位制定位</p> <p>划线定位</p> <p>结构定位</p> <p>设计上保证问题</p>	<p>零件成本：1/个</p> <p>风险及预防措施</p>

图 7 去工装化

3.4 工艺定位优化

- 工艺定位优化也是四个方面进行。
- (1) 去工装化

尽量采用自定位，能不用工装就不用工装，如图 7 所示。
- (2) 去调整化

尽量取消不必要的调整，装配精度、间隙面差通过定位销、面等靠设计保证。
- (3) 定位结构优化

用工装的，尽量采用本体开定位孔或翻边限位，避免专用定位支架；取消多余的定位槽、防转槽和定位卡脚。
- (4) 预挂优化

尽量采用安装螺柱实现预挂，避免采用专用的预挂结构；尽量采用工装实现预挂，代替结构预挂，实现降本。

3.5 新结构工艺优化

通过对一些新工艺的开发及运用，实现成本降低和装配工时削减；使用一些低成本的、装配便利的新结构，比如增加转向盘与转向管柱刻线，增加束角调整螺栓处副车架划线等以减少对位作业工时；雷达支架粘接改为摩擦焊等，从而减少整车装配工时，降低整车制造成本。

4 总结

人员密集型工作是汽车总装的重要特性。工艺人员研究总装工艺，最重要的就是研究人的作业。作业工时是总装工艺人员作业的数据化展现。设计工时作为作业工时最核心的部分，从设计端开始研究，在数模设计阶段体现，往往能取得事半功倍的效果。

G 公司在混动车型与常规燃油车共线生产问题研究上，从设计端开始，各类方案同步推进，最终实现单车设计工时削减 880 s。按年产量 11 万台计，总装阶段可节省人员 14 人，折合人工成本为 280 万元/年，零件降本 66.7 元/台，取得了巨大的经济效益。后续此方案将会推广至各平台车型，包括燃油、混动以及纯电车型，以期进一步降低整车制造成本，提升产品市场竞争力。

参考文献

[1] 杨阳. 基于产品工时对车型装配成本削减的应用研究 [C]//2021 中国汽车工程学会年会论文集.

[2] TUAN S,Tan J,et al. Improvement of workflow and pro-ductivity through application of Maynard operation se-quence technique (MOST)[C]// Proceedings of the 2014International Conference on Industrial Engineering and Operations Management.