

乘用车新车型或成熟车型在新工厂投产，或在现有工厂间产能平衡移产时，需将产品和工厂输送设备、分装设备、辅助设备以及检测设备进行通过性校核。通过产品变更或设备改造使产品和工厂生产能力相匹配，并评估投产的可行性、产能、品质、改造费用及改造周期，从而保证产品优质高效投产。

□ 广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院 黄逸稳 卢俊康 严星 卢文轩

□ 宝能汽车股份有限公司 陈平 黄学

乘用车总装通过性校核研究

以工艺同步分析、工厂制造和产品设计三个团队为主导，校核识别通过性问题，提出最佳解决方案。以产品投产时达到高品质、减少后期设计变更、降低开发成本、缩短开发周期为原则，兼顾提升整个体系的平台化、模块化和自动化水平。

主生产线输送和移栽通过性分析

1. 主生产线通过性分析

首先校核外形尺寸，将产品长、宽、高外形参数尺寸与产线工艺约束中允许范围进行校核，判断产品外形是否能够通过产线。如车型超出工位节距要求时，前、后保险杠及前端模块等工位操作困难，超宽时吊具吊臂宽度难以满足。其次校核输送物流孔系统的通用性，将产品逐个与 PBS 滑撬、前内饰线滑板、底盘线吊具、合装系统和后内饰滑板的主输送线载具进行匹配，校核载具的定位销、托块

是否与物流系统的 X、Y、Z 方向匹配。再次校核各载具重心是否满足输送要求，各载具校核时结合产品的轴距和重心位置，判断输送时的平稳性。最后校核产线承载范围是否满足，传统燃油车产线部分输送能力可能不满足电动汽车输送要求，纯电动汽车的电池质量可达到 700 kg，最大整备质量达到 2.5 t，需重点关注。

2. 主生产线转接通过性分析

总装车间一般分为内饰、底盘、外装和终检四大功能区，车体在各子线体间流动时需通过移栽设备转接，重点有 PBS 线到内饰线、内饰线到底盘线、底盘线到外装线和外装线到最终线这四大转接过程。将产品与移栽设备放在一起进行 3D 静态或动态模拟仿真，主要校核移栽设备与产品接车和落车过程中是否存在干涉，移栽过程中重心是否稳定，整个移栽系统节拍是否满足。图 1 和图 2

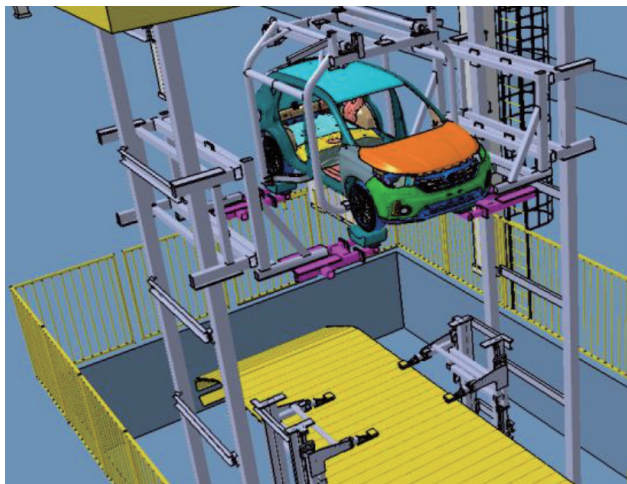


图 1 某主机厂外装转最终线转接装车

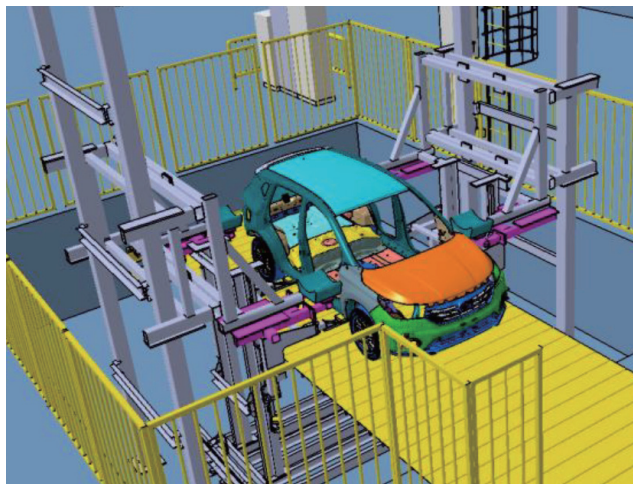


图 2 某主机厂外装转最终线转接落车



展示了升降机轮胎托臂从底盘输送链的吊具上接车, 底盘吊具打开移出, 托臂带动车体在升降机上下降, 随行侧顶机从轮胎托臂上接车, 追赶上塑料板链并落车的运动过程。同时本工位车底护板、侧面侧裙已经安装, 重点校核吊具托块、随行侧顶机叉臂是否和护板、侧裙干涉。



图3 某主机厂合装线托盘上下料校核

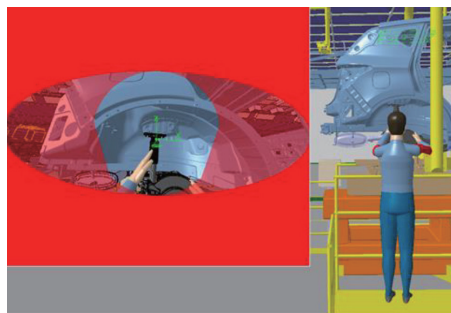


图4 某主机厂合装线拧紧空间校核

车间辅助生产线通过性分析

结合产品平台化、模块化水平、产品分装深度定义, 同时结合厂内一次物流、二次物流规划原则, 以及自动化水平对车间辅助生产线进行校核。

首先对输送类辅助生产线进行校核, 产品部件分总成已在厂外分装完成, 通过输送线输送到对应工位。主要包括座椅线、轮胎线、前保险杠输送线、后保险杠输送线和电池包输送线。部分厂家的仪表板、前后悬角模块也是厂外供应商整体分装好后通过 AGV 或输送链输送到总装车间。重点校核外形尺寸、定位系统是否满足, 如轮胎输送线辊道宽度是否满足可生产车型的最大轮胎直径, 仪表板输送线 AGV 是否满足仪表板夹持需求等。

其次对兼顾厂内分装和输送的辅助生产线进行校核, 主要辅助生产线有车门线、仪表线、前端模块、电池、前后悬架及合装线。对输送外形尺寸范围、夹具的定位和支撑进行校核。对整体式合装系统进行校核 (图3), 首先对前悬架、电池、排气管和后悬架移栽上下料机构进行校核, 其次对各子托盘与前悬架、

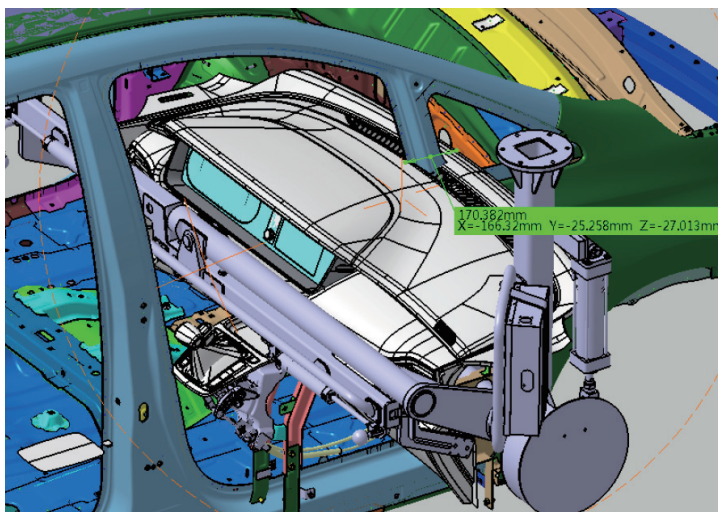


图5 某车型仪表板投入平衡器校核

电池和后悬架等产品件进行校核, 再次对合装工位的通过性、合车间隙、合装托盘与车身的粗、精定位销进行校核, 最后对有弹簧减振的车型合车压弹簧工艺进行校核。

底盘线合车后应重点校核手动拧紧和自动拧紧的拧紧空间, 尤其是整体式合车中间有滚床和托盘以及吊具影响操作空间。校核合车后减振器与车身的拧紧 (图4), 包括操作空间、工具可达性和视野可达性等。

助力辅助设备和自动装配设备通过性分析

车间重点助力辅助设备有仪表板、天窗及座椅平衡器, 重点校核夹紧的可靠性、夹具与产品对接和安装过程中部件与主体

产品周边的间隙。某车型仪表板水平投入时 (图5), 平衡器与 B 柱 40 mm 间隙情况下, 仪表板与前门 A 柱干涉 170 mm。当助力平衡器夹持仪表板由水平投入优化为向上翻转 95° 投入时 (图6), 投入进门洞间隙大于 40 mm。

随着机器人装备技术、视觉识别系统的发展, 以机械手为代表的自动安装设备在总装车间应用越来越广泛, 提升工作效率, 提高产品质量, 如风窗玻璃自动涂胶和安装设备、座椅自动投入设备和轮胎自动安装设备。自动装配设备改造费用较高, 改造周期长, 校核时重点校核机械手与产品部件夹持的可靠性、投入空间以及视觉识别相关的拍照孔。

加注设备通过性分析

由于加注设备改造费用较高，改造周期较长，现场新增设备占用工位数量较多，需进行重点校核，确保设备的通用化。加注通信协议、加注口尺寸、加注口布置和加注辅材选型应建议保持一致，加注枪与周边预留15 mm 间隙。

特殊工位人机仿真分析

对于转向管柱、仪表板、副仪表板以及前、后保险杠等特殊工位的安装，需进行静态人机仿真，主要从操作可达性、可视性、操作空间和舒适度进行评价。对于操作中可能接触不到、看不到、操作不方便和空间小的情况，应进行人机仿真分析。操作位置和工人距离远，可能无法达到的情况，应进行操作可达性分析。对于视野不好的情况，应进行可视性分析。对于操作空间小的情况，应考虑手部空间、手指空间和人体活动范围等因素，进行操作空间分析。对于需要弯腰、下蹲、仰头、手臂交叉和负重等可能导致身体不舒服的情况，应进行舒适度评价，通过优化产品或调整现场工艺应对。

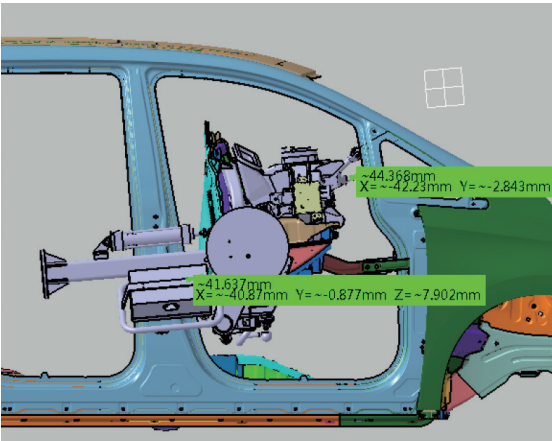


图 6 某车型仪表平衡器投入角度优化

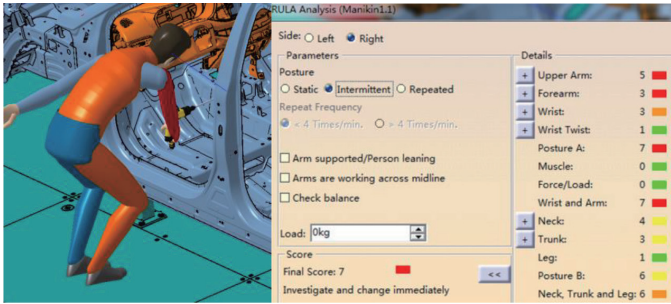


图 7 某车型 IP 与车身中通道连接螺栓人机评分

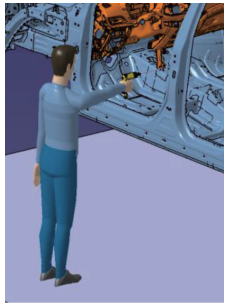


图 8 IP 与车身中通道连接优化



图 9 某主机厂高级驾驶辅助功能检测线

某车型 IP 与车身中通道横梁连接时，当操作高度为 350 mm 时（图 7），工具的可达性、可视性满足要求，但人机姿态评分为 7 分，即舒适度较差，操作人员易引起腰肌劳损。当操作高度调整为 1 100 mm 时（图 8），可达性、可视性、人机姿态评分为 3 分，均满足要求。

检测线通过性分析

随着自动驾驶辅助技术的发展，检测线不仅对国标要求的四轮定位、前照灯、侧滑、制动、车速、喇叭、排放和淋雨进行检测标定，而且要对行业标准中 ESP/ABS、EPB 和 EPS 进行检测标定。同时还需按产品功能需求增加部分高级驾驶辅助功能 (ADAS) 的检测和标定（图 9），第一类是主动控制类，包括自适应巡航（ACC）、自动紧急制动（AEB）、车道保持系统（LKS）和自动泊车；第二类

是预警类，包括前车碰撞预警（FCW）、车道偏移（LDW）、行人碰撞预警（PCW）和疲劳预警；第三类是其他辅助类，包括盲区监测、远近光灯辅助、夜视系统、全景泊车全景影像和 HUD 抬头显示。

结论

乘用车总装通过性校核涵盖面较宽，各主机厂针对通过性分析的职责划分、流程有所不同，但校核的初心和使命都是相同的：提前发现并解决产线的匹配问题，车型优质高效达产，减少后期产品设变、工厂改造，提升产品竞争力。 AI