

乘用车紧固件选型通用化浅谈

钟伟泉 巫 兵 程海峰 胡 席 杨智清

吉利汽车研究院(宁波)有限公司 浙江 宁波 315336

摘 要: 紧固件是乘用车上应用最广泛的零件之一,其选型通用化对提升生产效率、降低开发成本及优化感知质量具有重要意义。当前乘用车主机厂数量众多,市场竞争日趋激烈,如何在确保功能需求的前提下实现紧固件选型通用化,成为行业关注的重点。本文从紧固件分类入手,分析金属紧固件与非金属紧固件的选型要点,探讨件号通用化、工具通用化、扭矩通用化、卡接结构通用化等管理举措,并阐述可视区域紧固件感知质量的控制原则。系统化的紧固件通用化管理体系可有效减少零件种类、降低错装风险、提升装配效率及整车外观一致性,为主机厂降本增效提供实践参考。

关键词: 乘用车;紧固件;通用化选型;感知质量;降本增效

引言:截至2024年,国内乘用车主机厂数量已超过84家,市场竞争日趋激烈。在价格敏感的市场环境下,具备更强成本控制能力与更快响应速度的企业更易赢得消费者。紧固件作为乘用车中应用最广泛的零件之一,其选型管理对成本控制和开发效率提升具有重要影响。若各车型间紧固件选型差异较大,则可能导致共线生产困难、错装风险增加及操作复杂等问题。因此,建立系统化的紧固件通用化管理体系已成为主机厂提升生产效率与产品质量的关键手段。本文将从紧固件分类、选型要点、通用化举措及感知质量控制四个维度进行系统探讨。

1 紧固件通用化概述

1.1 通用化的定义与内涵

紧固件通用化是指按特定选型标准选用紧固件,使各车型相同零部件的紧固件选用一致,避免共线生产同工位紧固件种类多、难识别及易错装等问题。通用化的核心目标是在满足功能需求的前提下,尽可能减少紧固件种类,实现跨车型、跨平台的一致性设计。通用化管理不仅涉及紧固件本身,还包括安装工具、扭矩标准、卡接接口等要素的标准化。通用化是平台化战略的重要组成部分,部分主机厂已采用模块化平台设计策略,将多车型平台的紧固件跨平台统一设计。通用化的本质是通过标准化手段,提高设计复用率,降低开发和生产成本。

1.2 紧固件的基本分类

整车紧固件分为金属和非金属两大类。金属紧固件包括螺栓、螺柱、螺钉、螺母、铆钉、环箍等,主要用于底盘悬架、动力总成、车身结构件等整车其它需要螺纹连接的安装点。非金属紧固件主要包括管卡、卡扣、堵盖、塑料螺母等,主要用于内外饰覆盖件、线束、管路以及电子元器件等轻载荷连接场景:金属紧固件强度高、

可靠性好但成本较高;非金属紧固件重量轻、安装便捷但承载能力有限^[1]。合理选择两类紧固件需根据功能需求、应用位置及装配工艺综合判断,这是通用化管理的基础前提。

1.3 通用化管理的必要性

紧固件通用化管理具有多重必要性。生产上,紧固件种类繁多导致共线生产困难,降低装配效率、增加错装风险。成本上,种类越多,采购、库存、物流成本越高,模具开发投入也越大。质量上,相似紧固件混用可能导致扭矩控制混乱,影响连接可靠性。用户体验上,可视区域紧固件颜色、头型不一致影响整车感知质量。实施通用化可提升共线生产效率,减少工具投入成本,降低库存管理成本,避免错装风险,提升感知质量一致性,固化选型标准,使设计选型一次性做对。

2 紧固件通用化管理举措

2.1 件号通用化

件号通用化是紧固件通用管理的基础举措。在相同功能、相同应用场景下,应采用统一的零件编号,核心原则是“同功能、同场景、同件号”。设计部门需系统梳理各类紧固件的使用场景,识别功能相同、应用条件相似的紧固件,统一为单一零件号。此举可显著减少零件种类,提高采购规模效应,降低库存管理复杂度,同时减少因件号混淆导致的错装漏装。实施过程中需建立紧固件件号数据库,对新设计使用的紧固件进行准入审核,确保优先选用已有件号,避免随意新增。

2.2 工具通用化

工具通用化是指同规格螺栓与螺母尽量使用相同安装工具。实践中,螺栓六角对边扳拧尺寸建议选用与螺母六角对边扳拧尺寸一致的件,以适配相同工具。若在

同一工位安装,应选用相同扳拧尺寸或相同型号的驱动槽型的紧固件,确保工具兼容性和装配连续性。工具通用化可减少生产线工具种类,降低采购和管理成本;减少工人更换工具时间,提升装配节拍;降低因工具混用导致的扭矩偏差风险。实现工具通用化需在选型时充分考虑安装工具的一致性,同一工位优先选用相同对边尺寸或相同型号的驱动槽型的紧固件,并考虑不同车型共线生产情况。

2.3 扭矩通用化

扭矩通用化是指同一工位及相同规格的紧固件,其安装扭矩应尽量统一。这有助于减少不同扭矩工具的投入成本,并提升装配节拍与一致性。扭矩是影响紧固件连接可靠性的关键参数,扭矩过大可能导致螺纹损坏或零件压溃,扭矩过小则可能产生松动风险。实现扭矩通用化需在满足功能需求的前提下,对不同紧固件的扭矩要求进行整合优化^[2]。具体实施时,需考虑材料特性、连接强度及振动环境等因素,在保证安全的前提下尽可能统一扭矩值。例如,同一工位上不同位置的M6螺栓,应尽可能采用相同的扭矩要求。扭矩通用化还可减少生产线上的扭矩工具种类,降低工具校准和管理成本,同时减少工人因记忆不同扭矩值而导致的装配错误。

2.4 卡接结构及尺寸通用化

对于卡扣类紧固件,如果用于相同类型的钣金孔结构,则应统一钣金孔尺寸设计。即使卡扣类型不同(如直插式、旋转式等),也应确保其可共用同一孔位,从而实现不同类型间的灵活切换并降低模具开发成本。卡接结构通用化的核心是统一接口尺寸。实践中,应建立钣金孔设计标准,明确各类卡扣对应的孔径、孔型、板厚范围等参数。不同类型的卡扣,只要功能需求相近,其安装接口尺寸应设计为一致,以便在生产中灵活切换。例如,树型卡扣和子母卡扣虽然结构不同,但对件接口尺寸需设计成一样的,使接口尺寸能适配不同类型的卡扣。这一举措可显著降低钣金模具的开发成本,同时提升生产线的柔性。卡接结构通用化还需考虑不同材料类型(如毛毡、硬塑)对卡扣性能的影响,确保通用化方案在各种应用场景下均能满足功能要求。

2.5 标准化平台与表面处理统一

部分主机厂采用模块化平台设计策略,将多个车型平台的紧固件进行跨平台统一设计。标准化平台要求在平台开发初期就明确紧固件选型范围,新车型设计时必须从平台标准件库中选用,不得随意新增。这一策略可最大限度实现紧固件的跨车型通用,显著降低开发成本和后期维护难度。表面处理统一是在满足性能要求的前

提下,对材料及表面处理方式也进行统一规划。例如,同一车型或同一平台的内外饰紧固件,应优先选用相同的表面处理方式(如锌铝涂层、锌镍合金、镀锌等),避免因多样化导致制造复杂度上升和库存管理困难。表面处理统一还能提升外观一致性,特别是在可视区域,统一的颜色可显著改善感知质量。实施标准化平台与表面处理统一,需要跨部门协同,包括设计、工艺、采购、质量等团队的共同参与。

3 紧固件选型要点分析

3.1 金属紧固件选型要点

为实现有效的通用化管理,各设计部门应将所要用到的紧固件类型、尺寸规格、扳拧结构、表面处理及颜色等进行选型固化,并将零部件安装接口尺寸同步固化,形成统一的选型标准来指导工程师进行设计选型。影响金属紧固件选型的因素包括且不限于:零部件接口尺寸、夹持件及对手件刚度、布置区域空间、扳拧工具适配性、应用位置功能需求、安装便捷性及维修可行性等。例如,在某安装点对轴向力有较高要求的情况下,应优先选用六角法兰面头型,因其承载面积大、应力分布均匀;若夹持对象开孔尺寸接近有效承载面尺寸或材料刚度较低易压溃时,则推荐使用六角法兰面加平垫圈组合式的选型方案,通过垫圈增加受力面积、防止压溃。选型时还需考虑安装空间对工具可达性的限制,避免因空间不足导致无法正常装配^[3]。

3.2 非金属紧固件选型要点

非金属紧固件选型需考虑的因素包括:对手件卡接结构尺寸或板厚、夹持材料类型(如毛毡或硬塑)、是否有NVH(噪声振动控制)、防水及防火等特殊需求、安装便捷性及维护可行性等。对手件卡接结构尺寸和板厚是限制非金属紧固件通用化的关键因素之一。不同板厚对卡扣的夹持力要求不同,板厚过薄可能导致卡扣松动,板厚过厚可能造成卡扣难以安装或损坏。因此,在设计阶段应尽可能统一相关钣金的板厚范围,为卡扣通用化创造条件。对于有NVH特殊需求的区域,需选用带有减振功能的卡扣;对于有防水要求的区域,应选用带密封圈的卡扣或增加防水垫片。非金属紧固件的选型还需考虑材料的环境适应性,如耐候性、耐化学腐蚀性等,确保在长期使用中性能稳定。

3.3 选型标准固化与设计指导

建立紧固件选型标准固化体系是实现通用化管理的关键。具体做法包括:编制企业级紧固件选型标准手册,明确各类紧固件的优选规格、适用场景和限制条件;建立紧固件选型数据库,将经批准的紧固件件号、

参数、应用案例进行系统管理；在新车型开发中实施选型审查，确保设计人员优先选用标准件；对非标紧固件的使用进行严格控制，必须经专家评审后方可新增。同时，应定期对紧固件使用情况进行统计分析，识别高频使用的通用件和低频使用的特殊件，持续优化选型标准。选型标准的固化不仅是技术文件的编制，更是设计理念的转变，需要从源头培养设计人员的通用化意识。

4 紧固件感知质量控制

4.1 感知质量的定义与重要性

“感知质量”是指用户通过视觉感官对车辆外观细节的主观评价。对于可视区域内的紧固件而言，其颜色匹配和头型形状是影响用户感知的重要因素。尽管此类问题不会直接影响车辆的功能性能或安全性，但却可能引发用户的外观抱怨或品牌信任度下降。在竞争日益激烈的市场环境中，感知质量已成为影响消费者购买决策的重要因素。用户可能无法准确说出某个紧固件的技术参数，但一定会注意到颜色不一致、头型突兀等外观缺陷。因此，将紧固件感知质量纳入整车质量管理体系，是提升品牌形象和用户满意度的必要举措。

4.2 可视区域的定义与识别

可视区域通常指在车门、发动机罩及行李舱门开启或关闭状态下，从整车外部或内部可见的连接点位置。这些区域内的每一个细节都可能被用户注意到并形成第一印象。具体而言，乘用车紧固件可视区域可分为外可视区域和内可视区域。外可视区域包括发动机舱、行李舱、车门铰链周边、轮罩等；内可视区域包括仪表板周边、座椅连接点、内饰板边缘、副仪表台等。识别可视区域的方法包括：实车主观评价，由专业评审团队对各区域进行视觉分级；用户调研，了解用户购车和用车过程中关注的外观细节；竞品对标，分析行业标杆车型在可视区域的处理方式。只有准确识别可视区域，才能有针对性地制定感知质量控制策略。

4.3 可视区域颜色匹配原则

为提升整车外观一致性与美观度，在可视区域的颜色选用上建议遵循以下原则：与铝制零件匹配时推荐使用银色紧固件；与浅色零件匹配时推荐使用银色；与黑色零件匹配时推荐使用黑色；与深色零件匹配时推荐使用黑色；在多种颜色混合区域，建议以黑色为主^[4]。这一原则的核心思想是“融入背景、减少对比”，使紧

固件尽可能不引人注目。在高度感知的位置（如四门两盖），颜色建议以黑色为主，并优先选择扁平化的头型设计以提升整体协调性。黑色具有较好的视觉隐匿性，能够适应多种背景颜色。扁平化头型相比凸起头型更加低调，不易产生突兀感。颜色匹配还涉及紧固件表面处理工艺的选择，需确保颜色在不同光线下的一致性和耐久性。

4.4 感知质量设计优化建议

除颜色匹配外，感知质量设计还需关注以下方面：头型选择，在可视区域优先选用盘头、沉头等低高度头型，避免使用凸起的六角头；端部处理，避免紧固件端部出现毛刺、划痕等加工缺陷；安装对中性，确保紧固件安装后居中、不偏斜；遮盖设计，在无法避免使用外观不佳紧固件的位置，增加装饰盖进行遮蔽。对于高度感知区域，可考虑开发专用的外观级紧固件，在满足功能要求的同时兼顾美观。感知质量设计还需要与整车造型设计协同，在造型开发阶段就考虑紧固件的布置和遮蔽方案，避免后期因感知质量问题而进行设计变更。

结束语

紧固件虽小，但其在乘用车产品生命周期中的作用不可忽视。缺乏有效的通用化管理会导致紧固件种类繁多、共线生产效率低下、产线操作复杂以及错装风险上升等问题。本文从紧固件分类、通用化管理举措、选型要点及感知质量控制四个维度进行了系统分析。实施件号通用化、工具通用化、扭矩通用化、卡接结构通用化及表面处理统一等管理策略，可使紧固件选型一次性做对，显著提升整车开发效率和用户满意度。未来，随着平台化战略的深入和智能制造的推进，紧固件通用化管理将向更精细化、智能化的方向发展。

参考文献

- [1]孙志刚,孙应兵,刘宏威,等.汽车螺纹紧固件防松性能研究与应用[J].机械设计,2026,43(1):176-182.
- [2]李伟,贯怀光,陈忠廷.基于ADAMS/Car软件的乘用车前悬架K&C特性研究[J].汽车电器,2023,(4):23-27.
- [3]全锋,杨万庆,谭哲,等.乘用车仪表板螺栓软连接紧固衰减规律研究[J].汽车零部件,2024,(1):54-61.
- [4]王晓辉,贾韞硕,郭丰娟.基于改进YOLOv8的汽车门板紧固件检测算法[J].计算机工程与设计,2025,46(1):298-306.