

汽车尼龙管管路设计分析

□ 上海亚大汽车塑料制品有限公司/于坤

随着汽车轻量化发展，越来越多的尼龙管应用于汽车管路系统中。尼龙管管路设计的优劣也直接关系到整车的技术水平。通过对汽车尼龙管路布置设计、管道结构设计及总成装配设计的要求及问题分析，探讨了管路设计的方法，为更加快捷、安全、可靠地设计汽车尼龙管路提供了参考。

汽车管路是指连接各个功能件的软管、硬管、线束及拉索等管状零件，其作用是在各功能件之间传递各种介质（如力、油液、电流和气体等），从而保证部件实现应有的功能，使整车能够安全平稳地行驶。由于尼龙管的优质性能，汽车上越来越多的管路开始选用尼龙管。汽车尼龙管管路设计的优劣也

直接关系到整车的总体技术水平。把握汽车管路设计需求，能够使汽车管路设计的目标鲜明地表现出来，促进管路设计流程的运行。

汽车管路设计需求分析

现如今，无论整车厂还是汽车管路供应商内部都对汽车管路设计的需求越来越高。要求管路设计

快速高效地完成。整车厂设计人员也面临的巨大的工作负荷和设计任务。如今越来越多的整车厂设计人员希望管路供应商可以为他们提供汽车管路的整车布置及设计工作。故高效快速地完成客户管路设计也成为汽车管路供应商的重要竞争力。管路设计除满足整车布置性能要求外，更需要满足管路供应商内

部制造性要求。怎样快速完成设计、设计的产品如何可以用最少的加工步骤完成生产。成为管路供应商提高效率，提升利润的关键。

汽车尼龙管路设计具体方式

1. 管路布置设计

管路布置主要是根据管路的工作原理及车身周边空间，合理地选择管路的走向。汽车管路布置不同于一般功能件的布置，一般的功能件通常可以理解为刚体，而管路则相对有一定的不可控性，固定点位置、管路长度和内部压力等因素的变化经常引起管路及周边零件间隙的较大波动。如果布置不当，可能与周边环境进行干涉摩擦，长期会导致管路磨损或早期失效，甚至造成重大安全隐患，引发召回。

管路按照与车身的相对运动状态可以分为静态管路和动态管路。

(1) 静态管路布置。静态管路指与车身没有相对运动的管路，例如：天窗排水管、底盘燃油管和燃油箱管。这些管路一般都与车身有大量固定点或管槽与车身不会发生相对运动。静态管路布置时一般按车身预先规划或预留的路径布置管路走向，与周边环境保持10mm左右的间隙，保持安全距离。管路布置时应尽量直，尽量减小弯角数量及弯角度数。这样不仅可以减小管道阻力，并且可以减少生产复杂性，利于保证产品质量，降低生产成本。

(2) 动态管路布置。动态管路指与汽车发动机相连或者整体布置在发动机上的管路。例如：曲轴

箱通风管、碳罐电磁阀通气管、冷却水管、真空制动管及燃油管发动机段。这些管路会随发动机振动不停地发生振动。振动过程中极易与周边环境发生干涉摩擦。自身随振动也会发生异响。动态管路布置时应注意增加固定点，一般发动机上管路每150mm建议增加一个固定点。以减少管路振动与周边环境干涉。布置走向过程中需与周边环境保持15mm左右间隙。为减少振动对管路自身造成的应力及影响，动态管路在设计时需根据情况增加一些缓冲弯以便减小、减弱振动，使管子柔性增加。管路应尽量远离发动机高温热源，因为尼龙管普遍无法耐受较高温度（高温120°以上），虽然近几年不断有耐高温尼龙材料出现，以应对涡轮增压发动机的高温环境，但是材料成本也大幅度提升。

(3) 特殊环境对管路布置影响。现在紧凑车型的高性价比越来越多地受到消费者和主机厂的青睐。但是在管路布置中也面临着更多的困难和挑战。由于车型整体紧凑，空间不足，造成管路无法与周边环境保持合理的安全距离。这时管路不得不与周边进行接触摩擦，这就需要对管路增加保护措施以保证管路性能。耐磨护套一般有尼龙丝编织护套、尼龙管螺旋护套、EPDM橡胶护套及热缩护套。根据防护等级由大到小排列，编织护套>尼龙管螺旋护套>EPDM护套>热缩护套。需要根据与周边环境的干涉程度及干涉频次选择相应的耐磨护套保护管路。

有时由于空间问题，管路又不得不与高温热源距离过近，这时

就需要增加隔热护套以降低管路温度。一般隔热护套选择铝箔护套，铝箔护套也有不同的隔热等级及温度范围，需要选择合适的护套增加在管路上的高温位置。有时部分管路在过低温度时会影响管路流通及管材性能，这时需要增加EPDM发泡保温护套或者电加热接头以保证管路的低温性能。

2. 管道结构设计

(1) 管道尺寸设计。在汽车尼龙管路设计中，管道是管路总成的本体也是介质通过的渠道。故介质流通需求及工作环境、工作压力决定了管道尺寸规格。管道规格指管道的内径及壁厚尺寸。管道内径选取主要依照工作状态下对介质流量需求决定。实际应用中可以依照需求的流量要求利用伯努利方程计算出所需管径。由于实际汽车管路受到的影响因素较多，如想比较精确确定所需管径还需使用CAE软件分析确认。管道壁厚尺寸（见图1）主要依照工作状态下管路需达到的承压能力决定。

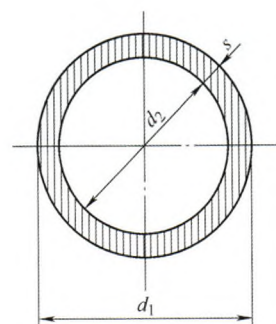


图1 管路尺寸示意图

管路承压能力计算可使用相对强度计算公式计算。

$$\sigma_{VE} = (P_B \times d_m) / 20S$$

式中 P_B ——内压试验的破坏压力 (bar) ;

d_m ——管子中径，等于 d_1-S (mm)；
 d_1 ——管子外径 (mm)；
 S ——管子壁厚 (mm)；
 σ_{VE} ——切线方向的相对强度 ($N \cdot mm^{-2}$)。

一般设计压力需在工作压力的基础上增加一个安全系数以保证产品使用的安全。这个安全系数一般是1.5以上。也就是说设计压力=工作压力×安全系数。

一般情况下，14mm以下管路壁厚为1mm左右，14mm以上管路需达到1.25mm。随着管径增大虽然较薄壁厚依然可以满足工作压力要求，但是成型工艺性却无法实现。在管路弯曲定型时，过薄的壁厚会导致支撑力不足。弯曲的内侧管路无法支撑挤压的应力，造成成型弯曲后管壁起皱变形。故随管路外径增大，壁厚也要相应增大，以满足制造工艺的需求。

(2) 管道弯角设计。汽车管路不可避免地会遇到很多弯角，管路弯角的设计要灵活合理。既要保证产品的可制造性也要尽可能满足管路布置的需求。汽车尼龙管的设计由于工艺限制，需使用直线加弯角的形式呈现，不可以使用样条曲线制作数据。尼龙管的弯角半径 R 是弯角的关键参数，如图2所示。

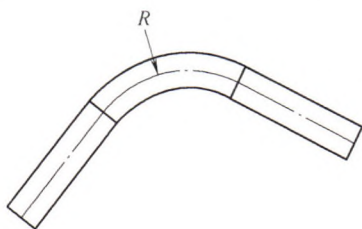


图2 弯角半径示意图

一般弯角半径不得小于2.5倍管路外径。例如外径8mm管路弯角

半径一般选取 $R=25mm$ 。这样可以保证产品的可制造性。由于CNC弯管设备大部分不具备连续弯角的生产能力，故也限制了尼龙管成型胎具的制造性能。在尼龙管设计过程中弯角与弯角之间至少要保持15mm长的直线段，以便成型胎具的制作。在弯角设计中应尽量避免 $\geq 180^\circ$ 的弯角出现。弯角过大在后续生产过程中易造成管路形状的不确定性，因为尼龙管在成型弯曲后长期存放的稳定性不如金属管。尼龙管在弯曲处容易回弹造成形状不符合要求。

3. 管路总成装配设计

汽车管路总成除包含尼龙管道外还包括各种快插接速接头、三通接头、橡胶接头、管卡和护套等连接件组成完整的管路总成。为便于连接及密封性要求，与尼龙管道连接接头一般设计为竹节形状，如图3所示。

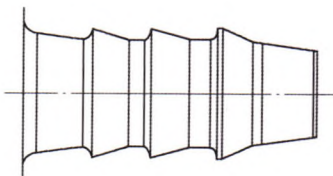


图3 接头竹节样式

由于现如今越来越严格的排放法规要求，为降低燃油系统排放量，燃油系统管路竹节上需增加密封圈，如图4所示。

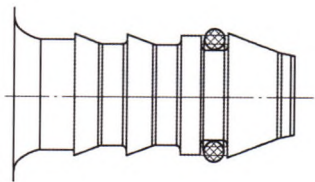


图4 带密封圈竹节样式

为避免管路总成在装配过程中竹节压坏管道弯角，管道弯角与竹

节末端需保有10mm的直线段。管路总成在与三通四通装配时需时刻注意管路自身是否干涉，如有需增加隔离管卡固定。管路总成设计除满足产品性能要求外还需满足装配可行性、拆卸维修方便性及设计美观等。设计完成后要反复在实车上试装验证及改进。

结语

汽车尼龙管路设计是一项重要的工程，在对汽车进行设计、生产中具有重要的意义。对汽车后期的组装、装配有很大影响。汽车尼龙管管路设计时必须保证科学可行，本文从管路布置、管道结构、管道总成装配三个方面介绍了管路设计的方法，该设计方法在工作实践中得到了验证。利用上述汽车尼龙管设计方法，可以使管路设计更加快捷、安全、可靠，对尼龙管管路的设计开发工作有一定的指导意义。

AUTO1950



于坤

上海亚大汽车塑料制品有限公司
技术部前期技术开发通用组组长
从事汽车管路设计开发有6年之久，主要负责上汽通用的汽车管路开发工作