

---

## 3. 2L 越野车排气系统设计

### 摘 要

汽车工业的日益发达和人们生活水平的大大提高，使我国汽车的拥有量迅速增加，这其中越野车的销量占了很大的比重。但另一方面由汽车引起的噪声污染及排气污染也日益凸显，所以针对越野车设计一款出色的排气系统尤其是消声器是非常必要的。本文对3.2L越野车进行了排气系统的整体设计，主要内容包括排气管直径的确定，波纹管的选型，排气系统主副消声器的设计，排气系统之间连接方式的确定等。在消声器设计中重点解决的问题有消声器进出口管直径的确定，消声器的容积、结构类型的确定，截面形状的选择，此外还对消声器的各腔长度以及穿孔管的穿孔率进行了计算。通过查看实物和查找相关的文献资料，结合越野车底盘的实际构造，计算了各段排气管的长度，同时确定了排气系统各部件的布局方案和悬挂位置。

**关键词：**越野车，排气系统，消声器，排气管，设计

---

## 目 录

前 言.....	1
第 1 章 排气系统简介.....	2
1.1 排气系统.....	2
1.1.1 排气系统定义.....	2
1.1.2 排气系统功能.....	2
1.1.3 排气系统分类.....	2
1.2 排气系统组成.....	3
1.2.1 排气歧管.....	4
1.2.2 排气管.....	4
1.2.3 波纹管.....	4
1.2.4 三元催化器.....	4
1.2.5 消声器.....	5
第 2 章 排气系统设计原则.....	9
2.1 应满足的国家法规要求.....	9
2.2 应满足的基本要求.....	9
2.3 布置要求.....	10
第 3 章 排气系统设计.....	11
3.1 3.2L 越野车主要参数.....	11
3.2 排气管设计计算.....	11

---

3.3.1 排气管内径的确定 .....	11
3.3.2 排气管的布置和弯曲 .....	12
3.3.3 排气管道与周围零件之间的间隙 .....	12
3.3.4 排气管道间的连接方式和密封 .....	12
3.3.5 排气系统悬挂装置的布置设计 .....	13
3.4 消声器设计 .....	13
3.4.1 消声器设计指标 .....	14
3.4.2 消声器结构的确定 .....	14
3.5 副消声器设计 .....	22
3.6 波纹管的选取 .....	22
3.7 排气系统总体布置 .....	23
<b>第 4 章 排气系统选材 .....</b>	<b>24</b>
4.1 排气管 .....	24
4.2 排气歧管 .....	24
4.3 排气管前管 .....	24
4.4 波纹管 .....	24
4.5 催化转换器 .....	25
<b>结 论 .....</b>	<b>26</b>



---

## 前 言

经济的飞快发展提高了居民的生活水平，同时也促进了我国汽车行业的繁荣，汽车已进入了千家万户。资料表明，目前我国汽车销量已成为世界首位。尽管给人们带来极大便利，人们也不能忽视汽车引起的污染，这已成为当今社会的一大严重问题。人们迫切需要一个安静和舒适的生活环境。

在我国，设计汽车排气系统的方法长期停留在依靠经验公式、简单理论计算和大量试验分析对各部件进行单独的设计。这种方法不单使排气系统结构和性能的继续优化困难重重，而且对消声器等部件进行分开设计并不能彻底反映出排气系统的整体特性，其结果便是难以设计出令人满意的产品。这些问题的存在同时也促进了排气系统设计的发展，激励着人们采用更先进的设理念和方法设计出性能优异的排气系统。

本文通过参考以往大量的实验结果和设计心得，严格根据相关的理论知识和法规要求，完成一款越野车排气系统的设计。重点解决的问题是排气管直径的确定以及消声器的设计等，并在此基础上完成排气系统的整体布置。

---

# 第 1 章 排气系统简介

## 1.1 排气系统

### 1.1.1 排气系统定义

排气系统是一个用于减小汽车噪声和降低排放的系统，其与发动机排气歧管相连接，悬挂于车身底板之下。所以它的形状走向相对比较复杂，而且是对汽车整车振动、噪声产生影响的主要部件。排气系统主要由排气歧管、排气管、波纹管、三元催化器、消声器和排气尾管等部分构成。

### 1.1.2 排气系统功能

排气系统的主要作用是保持排气流畅和一定的排气背压，使排气噪声减弱。排气系统的背压十分重要，阻力过大，就会导致发动机输出的功率下降，燃油消耗增加，自由加速度比较大，有害排放物质增加，整车动力性能也将受到影响。

### 1.1.3 排气系统分类

汽车的排气系统一般分为单排气系统和双排气系统。

单排气系统主要有两类结构，一类是直列型发动机单排气系统。发动机排气行程中产生大量的废气，这些废气从气缸上的排气门排出，首先进入排气歧管，再经排气歧管依次进入排气管、催化转化器和消声器，最终被尾管排到大气中（图 1-1）。



图 1-1 单排气系统

另一种是 V 形发动机的单排气系统。V 形发动机有两个排气歧管，它们之间用一个三通管连接，然后将这两个排气歧管一起接到一个排气管上。两个排气歧管的废气被同一个排气管、同一个消声器和同一个排气尾管排出。

一些 V 形发动机选用两个单排系统，这样每一个排气歧管各自连接一个排气管、催化转化器、消声器和排气尾管。这种布置形式称为双排系统（图 1-2）。

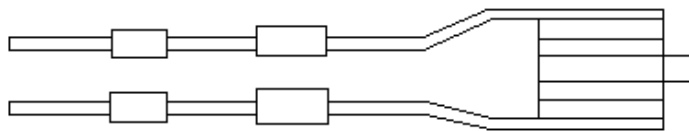


图 1-2 双排气系统

## 1.2 排气系统组成

---

汽车排气系统的一般结构如图 1-3 所示，该系统重要的部件有排气管、净化器、副消声器、主消声器等。

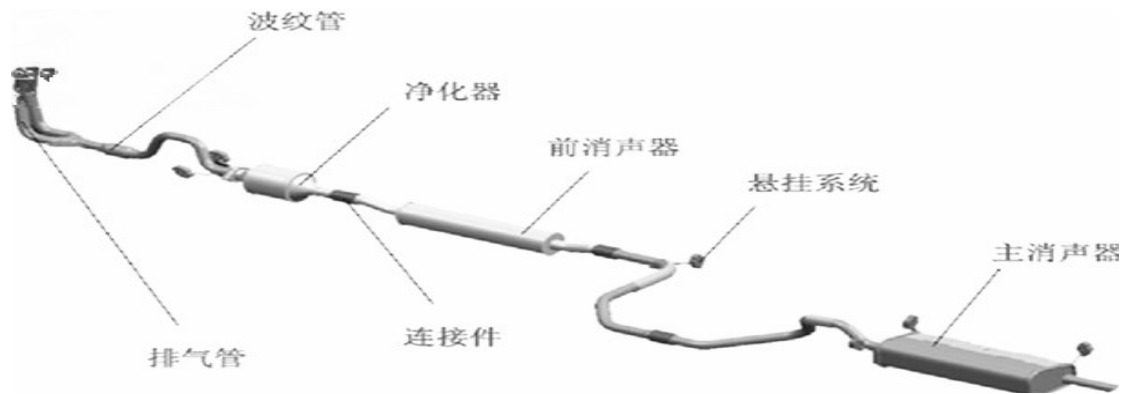


图 1-3 排气系统的结构

### 1.2.1 排气歧管

排气歧管是与发动机气缸体连接，带有不同的管路，主要作用是将每个气缸产生的废气集中起来导入排气总管。它应满足的条件为，尽可能减小排气阻力，并防止每个气缸之间彼此干预。排气过度集中时，每个气缸之间会发生彼此干扰的现象。因此就会使排气阻力变大，继而导致发动机的输出功率下降。解决的方法是，增大排气歧管的长度，使之尽量长，而且每缸歧管应当相互独立，长度相等。从排气歧管其排出的气体温度可达  $900^{\circ}\text{C}$ ，于是这就要满足材料务必具备优秀的耐高温强度和耐热疲劳性。排气歧管所使用材料有铸铁和不锈钢两种。我们通常会采用价格便宜、耐高温的铸铁歧管。不过也有选用不锈钢材质的，它具备较轻的质量、较薄管壁、比较大的形状自由度、能提高容积效率等优点。

---

### 1.2.2 排气管

排气歧管以后，用于连接波纹管、三元催化转化器和消声器的管道均为排气管。排气管不允许由于本身重量及所形成的弯矩、惯性和相对运动或因其受热扩张发生形变而影响排气歧管的正常使用，更不允许因为过载产生附加应力，形成管道的损坏。因此在设计中，一定要满足它的刚度、强度要求，要尽量减小排气管的重量，它的材料可以选用薄壁中碳钢钢板或者不锈钢板。同时为了保证较小的排气背压，应尽可能使排气管的弯曲大于  $90^\circ$ ，适当采用直线形和大弯曲角度进行平滑的过渡。排气管的长度应该根据它与消声器的匹配及在车上的安装位置来进行确定。

### 1.2.3 波纹管

作为汽车重要连接部件的排气波纹管，它的重要作用是吸收排气系统中的振动，避免过分的热变形，进而保证更好的乘坐舒适性。波纹管的内部可装配网套和伸缩节，它们能起到减弱发动机噪声的功用。

### 1.2.4 三元催化器

催化转化器是靠其内部的多种贵金属增快气体化学成份的化学反应速度，进而能够净化排气中的有害气体。催化转化器主要包括氧化型、还原型和三效型（三元催化转化器）三种类型。汽油发动机应用较多的是三元催化转化器，它能够同时使  $\text{NO}_x$ 、 $\text{O}_2$  各气体之间相互发生氧化与还原的化学反应，生成  $\text{N}_2$ 、 $\text{CO}_2$  等无害气体，最终实现了净化的目的。

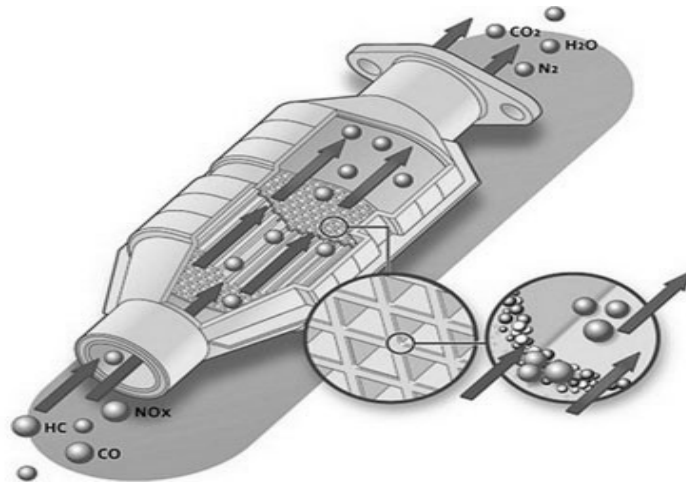


图 1-4 催化转化器的转化过程

三元催化剂的最低反应温度是  $350^{\circ}\text{C}$ ，温度太低会导致转换效率出现急剧的下降，而催化剂最佳反应温度约为  $400^{\circ}\text{C}$  到  $800^{\circ}\text{C}$ ，太高的温度也会加快催化剂的老化速度。理想的空燃比(14.7: 1) 会使催化转化器的催化转化的效果达到最好。催化器应当尽可能靠近发动机，这样是为了进一步提升催化转化器的起燃温度，同时可以有效的使催化器的贵金属配置下降。

### 1.2.5 消声器

消声器是一种不仅可以使气流通过，又可以减弱或者消除排气的噪声，是排气系统中降低气流噪声的主要部件。性能良好的消声器应在它工作温度、压力环境以及所要求的消声频率范围内能够获得很好的消声效果和比较小的阻力损失。即要有大的插入损失同时要有较小的功率损失。消声器要承受  $500\sim 800^{\circ}\text{C}$  高温排气，必须要确保在汽车要求的行驶里程内，没有损坏的发生、没有失去消声效果。因此消声器要有较小的体积，简单且合理的结构，较长的使用寿命。

---

汽车消声器根据消声原理与结构的不同，有抗性消声器、阻性消声器和阻抗复合式消声器三类。

### 1) 抗性消声器

抗性消声器的内部由管道、隔板构成扩张腔、共振腔等各类消声单元，声波在传播时会产生反射和干涉，声能量就会被削弱进而实现消声的目标。抗性消声器的消声频带较窄，具有较好的低、中频带消声效果，而高频消声效果较差。

抗性消声器主要有共振式和扩张式以及两者的组合形式。

扩张式消声器的扩张腔如图 1-6 所示。它共有两种消声原理，一种是利用管道截面的突变造成声阻抗的变化，这样沿管道传播的声波便会朝声源方向反射回去；另一种是使扩张腔和内接管的长度发生变化，这样会使前进的声波在管子不同界面上的反射波之间的相位相差  $180^\circ$ ，进而发生干涉互相抵消，以达到消声的效果。

共振式消声器的共振腔如图 1-6 所示。在排气通道中设置一个与其相通的封闭腔室，当气流通过小孔时，小孔孔径中的气体在声压作用下会形成往复运动，进而使声波和孔径壁面相互摩擦，其中有一部分声能就能转化成热能，被消耗掉。而当排气声波的频率与共振腔的频率靠近或相等时，将会引起共振，此时大量的声能将共振腔吸收和消耗，达到较大的噪声的衰减量。但是单孔的共振腔只能消除单一的噪声，在实际设计消声器时常使用穿孔板或者穿孔管以增强消声效果。其结构如图 1-7、1-8 所示。

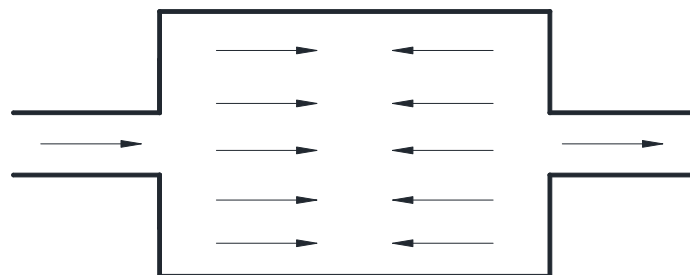


图 1-5 扩张室

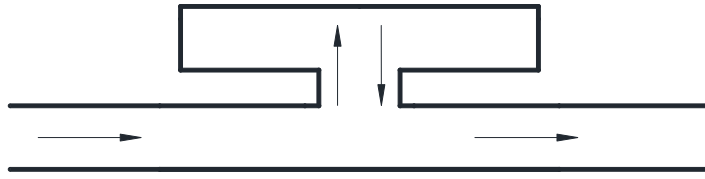


图 1-6 共振室

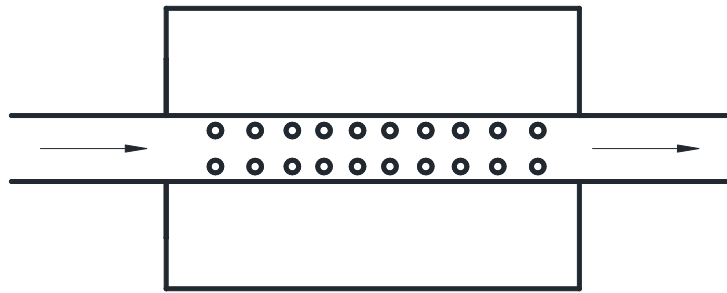


图 1-7 穿孔管



图 1-8 穿孔板

## 2) 阻性消声器

---

将吸声材料安装在气流通道内就构成了阻性消声器。噪声沿消声器管道传播会使声波分散到吸声材料里，而吸声材料有很多的小孔，会激起多孔材料中小孔内的空气介质振动。由于摩擦和粘滞的存在，一部分声能转变为热能，被耗散掉，从而达到消声目的。它具有较好的中、高频消声效果，但单纯用作汽车排气消声器很少，通常与抗性消声器组合起来使用。

### 3) 阻抗复合型消声器

阻抗复合式消声器是用抗性消声单元和吸声材料适当组合组成的消声器，它兼具抗性、阻性消声器的共同优点。在低、中、高频对噪声都有很好的消声效果。

对于汽车排气系统而言，由于抗性消声器具有耐高温，耐气流冲击性强，耐腐蚀性好，不会被废气中的碳灰微粒堵塞气流通道，且成本低廉，耐用，结构也较简单等优点，所以很适合选用全金属结构的抗性消声器。为了加强对高频噪声的消声效果，常需要使用穿孔板、穿孔管或两者组合等结构形式。但在实际使用中常采用阻抗复合式消声器，可以获得较好的宽频消声效果。

---

## 第 2 章 排气系统设计原则

### 2.1 应满足的国家法规要求

排气系统在设计时应满足现行中华人民共和国相关法规的要求，具体如下：

QC/T 57-93 汽车匀速行使车内噪声测量方法

---

GB16170—1996 汽车定置噪声限制

QC/T 631—1999 汽车排气消声器技术条件

QC/T 630—1999 汽车排气消声器性能试验方法

GB1495—2002 汽车加速行使车外噪声限值及测量方法

QC/T 58—93 汽车加速行使车外噪声测量方法

GB18352 轻型汽车污染物排放限值及测量方法

GB14365-93 声学 机动车辆定置噪声测量方法

GB/T 4759-95 内燃机排气消声器测量方法

JB/T 5081-91 中小型柴油机消声器技术条件

## 2.2 应满足的基本要求

- (1) 排气系统务必降低发动机产生的噪声，使之满足相关的环保要求。
- (2) 必须满足发动机对排气背压、功率损失等的有关要求。
- (3) 排气系统必须要避免任何途径的水进入发动机如下雨、飞溅、冲洗或其他。
- (4) 排气系统中的部件不能因为重量、惯性、相对运动或热膨胀产生形变而引起过大的应力，对排气系统形成损坏。
- (5) 为了保证对进气的干净、冷却系统的效率以及发动机合适运转环境产生不良影响，排出的废气必须很快分散。
- (6) 排气系统和消声器应该美观、质量优良、坚固耐用。

---

以上内容仅为本文档的试下载部分,为可阅读页数的一半内容。  
如要下载或阅读全文,请访问:  
<https://d.book118.com/748042114015006131>