

# 南京林业大学 本科毕业设计

题 目： 小型背负便携式烟雾机的改良设计

学 院： 南方学院

专 业： 机械设计制造及其自动化

学 号： n090301116

学生姓名： 汤英杰

指导教师： 张慧春

职 称： 副教授

二〇一三年 六 月

## 致 谢

本文是在张慧春老师的亲切关怀和悉心指导下顺利完成的。在论文写作期间，从论文的选题、开题报告、文献综述到论文撰写的每一个环节，张老师都给我提供了许多宝贵的资料和珍贵的建议，并且密切关注我的论文进程，不断督促我的论文写作和调整。可以说，我论文的每一次进步，都离不开张老师的辛勤指导，使我能够顺利完成毕业论文的写作。在此致以最深切的谢意和敬意！

同时，感谢我的同学们在我的大学生活和论文撰写进程中给予的大力支持，他们才思敏捷，给我提出了许多宝贵的建议，使我受益匪浅，在此深表感谢！

最后，感谢我的父母和亲人给予我的支持与无私奉献，谨以此论文先给他们！

汤英杰

2013年6月

## 摘要

目前,我国森林病虫害形势严峻,烟雾载药是防治森林病虫害的一项重要技术。小型烟雾机结构简单、重量轻、操作容易,效率高、用药省,防治成本低,弥漫性好,附着力高,适用于林业树木、农业橡胶树病虫害防治,卫生防疫,具有广阔的应用前景。因此,根据国内外研究的结果,对背负式烟雾机进行改进设计,为研制更完善、性能更稳定的新一代烟雾机作技术准备,对推动烟雾机的推广、应用及烟雾机的设计生产具有现实的指导意义。

论文首先对国内外烟雾机的研究现状和发展趋势进行了了解;随后对背负式烟雾机的结构、组成本部分及工作原理进行了深入的分析;接着对小型背负式烟雾机的各个组成部分进行设计,包括起动系统的设计、供油系统的设计、燃烧室-喷管系统的设计、冷却系统的设计和供药系统的设计。

随后,根据人机工程学原理,对烟雾机的背带、打气筒手柄进行了改良设计;同时考虑到色彩对人心理产生的影响,对背负式烟雾机的色彩搭配进行分析;并对烟雾机噪声产生的原因进行了分析,在了解噪声来源的基础上提出了切实可行的降噪措施。

**关键词:** 背负式; 烟雾机; 改良设计; 人机工程学

# The Improved Design of Knapsack Fogger

## Abstract

At present, the grim situation of forest plant diseases and insect pests, drug-loading smoke is an important technology for the prevention and control of forest diseases and insect pests. Small smoke machine of simple structure, light weight, easy operation, high efficiency, the dosage, the prevention and control of low cost, good diffuse, high adhesion, is resourceful agricultural rubber trees, pest control, hygiene and epidemic prevention, has broad application prospects. Therefore, according to research results at home and abroad, to the knapsack smoke machine to improve the design, to develop more perfect, more stable performance, technical preparation of a new generation of smoke machine, to promote the popularization of the smoke machine, the application and the design of the smoke machine production is of great realistic significance.

Paper first to domestic and foreign research status and development trend of smoke machine to understand; Then the knapsack smoke machine of the structure, composition and working principle of this section makes a deep analysis; Then the small knapsack smoke machine all parts of the design, including the design of the starting system, fuel supply system design, combustion nozzle system design, the design of cooling system and chick system design.

Then, according to the principle of ergonomics, straps, smoke machine on the pump handle on the improvement design. At the same time, considering the color psychological impact on people, analyzing the colour collocation of the knapsack of smoke machine. And analyzes the causes of smoke machine noise, in the understanding of noise sources on the basis of the practical noise reduction measures are put forward.

**Key Word:** Knapsack; Fogger; Improved Design; Ergonomics

## 目 录

1 绪论.....	1
1.1 小型便携式烟雾机的概念及技术思想.....	1
1.2 国内外烟雾机的研究现状及发展趋势.....	1
1.2.1 国内外烟雾机的基本类型.....	1
1.2.2 国外烟雾机研究与发展概况.....	2
1.2.3 国内烟雾机研究与发展概况.....	4
1.2.4 国内外烟雾机性能、结构特点比较.....	6
1.3 本文主要研究内容.....	7
2 小型背负便携式烟雾机的整体结构设计.....	8
2.1 背负式烟雾机的整体分析.....	8
2.1.1 背负式烟雾机的主要参数.....	8
2.1.2 背负式烟雾机的性能特点.....	8
2.1.3 背负式烟雾机的外观造型分析.....	9
2.2 背负式烟雾机的构成简介.....	9
2.2.1 背负式烟雾机的组成.....	10
2.2.2 背负式烟雾机的工作原理.....	12
2.3 本章小结.....	13
3 小型背负式烟雾机的各组成部分设计.....	14
3.1 烟雾机起动系统的设计.....	14
3.1.1 气泵的确定.....	14
3.1.2 蓄电池的选用与安装.....	14
3.2 气泵起动方式.....	16
3.3 供油系统设计.....	16
3.3.1 油箱的设计.....	17
3.3.2 化油器的结构.....	18
3.4 燃烧室-喷管系统的设计.....	19
3.4.1 燃烧室的尺寸和结构设计.....	19

3.4.2 喷管结构分析的设计.....	20
3.5 冷却系统的设计.....	22
3.6 供药系统的设计.....	24
3.6.1 药箱的设计.....	24
3.6.2 药剂开关的设计.....	25
3.7 本章小结.....	25
4 小型背负便携式烟雾机的改良设计.....	26
4.1 打气筒手柄的改良设计.....	26
4.2 背负式烟雾机的色彩搭配分析.....	27
4.3 背带的改良设计.....	30
4.4 背负式烟雾机的噪声控制.....	31
4.4.1 噪声产生的危害.....	31
4.4.2 背负式烟雾机产生噪声的原因分析.....	33
4.4.3 降噪措施分析.....	33
4.5 本章小结.....	36
5 主要研究结论及进一步研究建议.....	37
5.1 主要研究结论.....	37
5.2 展望.....	37
参考文献.....	38
附录.....	40

# 1 绪论

据不完全统计，中国森林病虫害的发生面积 20 世纪 50 年代为 100 万  $\text{hm}^2$ ，60 年代为 140 万  $\text{hm}^2$ ，到了 90 年代上升至 1100 万  $\text{hm}^2$ ，平均年递增 25%，每年因森林病虫害造成的经济损失达 50 多亿元。全国森林病虫害的发生面积占总森林面积的 8.2%，占人工林面积的 23.7%，已成为制约中国林业可持续发展的重要因素之一<sup>[1]</sup>。烟雾机是一种新型的、高效快速化学防治病虫害机械，它在森林病虫害防治中具有十分重要的作用。因此，烟雾机的研究与发展对我国植保机械和森林病虫害防治技术具有重大的推动作用。

## 1.1 小型便携式烟雾机的概念及技术思想

便携式烟雾机是一种新型的、高效快速化学防治病虫害机械。烟雾机通过烟雾发生装置，将农药制剂雾化成烟雾，这种烟雾雾滴直径一般小于  $50\mu\text{m}$ ，非常细小，可充满在一定的空间内，能较长久地悬浮在空气中，非常均匀地扩散弥漫到作物的枝叶中去，深入到一般喷雾的雾滴或喷粉的粉粒所不能到达的空隙地方，通过触杀和熏蒸作用消灭病虫害。尤其在防治高大马尾松林松毛虫，橡胶林及地形复杂，山高坡陡、人行困难地区是其他植保器械无可替代的。采用烟雾载药技术防治病虫害，具有功效高、用药经济、使用方便等特点。烟雾机结构简单、重量轻、操作容易，具有广阔的应用前景。其中以脉冲式喷气发动机为动力的脉冲式喷气烟雾机结构简单、振动小、热效率高，十分适合用于进行森林病虫害防治<sup>[2]</sup>。

## 1.2 国内外烟雾机的研究现状及发展趋势

### 1.2.1 国内外烟雾机的基本类型

根据雾化温度的不同，烟雾机可分为常温烟雾机和热力烟雾机两大类。

常温烟雾机是利用压缩空气和气力喷头，在常温下使药液雾化，主要由喷头、药箱、空气压缩机、电动机、小型汽油机、发电机组及风机组成<sup>[13]</sup>。常温烟雾机采用的是气力雾化方式，主要用于温室病虫害防治或增湿，具有药液喷洒均匀、扩散均匀；药液附着能力好；省水、省药；不受农药剂型限制；操作简单，可进

行定时、定量喷洒等优点。特别适用于养鸡场、蚕场、食用菌养殖场的整体消毒。常温烟雾机的主要缺点就是体积大，只适用于室内。

热烟雾机是利用燃烧所产生的高温气体的热能和高速气体的动能，使药剂受热而迅速裂解挥发，雾化成细小雾滴，随自然气流漂移渗透到作物上。热烟雾机主要分为废气加热式、电加热式、脉冲喷气发动机加热式、燃气直接加热喷射式四种。

#### (1) 废气加热式烟雾机

利用发动机排出的废气的热量加热药液，使其形成烟雾排出。其结构是在汽油机排气管上加一个烟化器附件构成的烟雾机，将烟剂通过绕排气管外周的螺旋管预加热后再送到排气管出口，利用排气高温使药剂汽化，并被高速燃气带到大气中，冷凝形成烟雾。由于螺旋输药管易堵塞，排气管温度较低，烟化效果不好，烟量也不够大，加之重量大未能得到推广使用<sup>[8]</sup>。

#### (2) 电加热式烟雾机

体积小、重量轻，但喷烟量小，适用于室内体积不大且有电源的地方。

#### (3) 脉冲式烟雾机

利用单缸脉冲式发动机雾化嘴处空气与汽油的雾化气体进入燃烧室，由火花塞点燃爆炸产生高温、高压、高速燃气与药剂箱借助燃烧室爆炸时的反馈气流充气增压压出的油溶性药剂在尾喷管处相遇产生烟雾，喷至空间形成。高效能脉冲式烟雾机应容易起动，工作可靠，并具有足够高的热能和功能输出<sup>[7]</sup>。

#### (4) 燃气直接加热喷射式烟雾机

由丁烷气罐，螺旋管道，防护网组成。体积小，原理与废气加热式烟雾机相似，但对螺旋管道是丁烷气燃烧火焰直接加热。

### 1.2.2 国外烟雾机研究与发展概况

苏联是最早研制烟雾机的国家，他们在 1949 年就开始把烟雾法应用在农业上，半个世纪来已创造和试验了许多种型式的烟雾机。苏联的烟雾机与其它的植保机械一样以大型动力为主，小型的，手提背负式较少；有 AII-1 型烟雾机外形尺寸为 2150×700×700(mm)、净重 75kg，工作时重 275kg 喷幅达 50-100m，有可装在二轮手推车上的 AII-0.5 型、AII-0.5《米克隆》型脉冲烟雾机，也有装在 TII-40 型拖拉机、T-16 型自走底盘和 IIT—14 型拖拉机牵引的拖车上的

JIATO 型烟雾机和 AT-YII-2 型烟雾机，后一种型号为增压燃烧式烟雾机，装有 8 马力的 YII-2 型汽油发动机和只 RA3-200 型空气压缩机，发动机与空气压缩机间采用软性联接。压缩机通过两层滤网吸入空气，以将近 2 个大气压的压力经汽油喷嘴送至燃烧室，经过汽油喷嘴时将汽油吸出雾化。雾化混合气由磁电机的火花塞点燃，燃烧的高温气体以 250-300m/s 速度通过喉管将药液吸出，并使其形成细滴，在高温作用下液滴蒸发成烟雾，这种型号烟雾机所形成的烟雾微粒大，穿透力强，喷幅大。

西德是 1968 年由 Karl-Heinz Stahl 博士与他儿子 Werner 创立 Puls FOG 烟雾机制造公司，从 1972 年开始大批量生产销往欧洲及东南亚各国。西德凭借雄厚的植保机械的技术力量，生产的烟雾机目前在世界上处于领先地位，他们生产有多种型号的烟雾机，有热力烟雾机，也有常温烟雾机有多个尾喷管的烟雾机，也有迷你型电动烟雾机。德国是世界上生产和应用烟雾机比较早的国家，主要生产脉冲式烟雾机。如 IGEB A 公司的“金枪牌”手提 TF-35 型热烟雾机等，MOTAN 公司的 Swing FOG 系列烟雾机，Dr Stahl & Sohn GmbH & Co.KG 公司的 Puls FOG 系列烟雾机，如 K2G、K10G 等<sup>[11]</sup>。如图 1-1 所示为 Plus FOG K2G 型烟雾机。

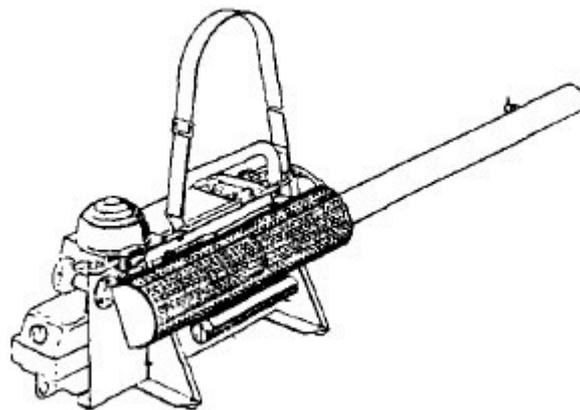


图 1-1 Plus FOG K2G 型烟雾机

日本是世界上植保机械较发达的国家之一，烟雾机生产与其它植保机械一样以小型、手提肩背式为主。1975 年日本农业机械化研究所开始研制烟雾机，到了 80 年代，已经有许多植保机械厂生产如丸山制作所生产的 LVM750 型、LVM750V 型、LVM220 型、LVE2300 型、LVE3500 型、LVE4000 型热力烟雾机，丸山 LVM-751 型常温烟雾机，家庭、病房进行消毒的干燥烟雾 MHF20 型烟雾机，及有光株式会社生产的有光 LVH-78 常温烟雾机，还有共立 KLM 一

801MF、奥林匹亚 TLS-205、露萍 FR-60 型常温烟雾机等。日本的常温烟雾机采用下述三种方式输送烟雾。(1)轴流风机式、风动机用电动机驱动,作业时整机置于温室内部。(2)离心风机式,多用于无电地区,由小型汽油发电机组发电来驱动风机,为避免排气污染,常放在温室外部。(3)压缩空气式,只用大排量空气压缩机而不用风机、整机小巧,便于移动,适用于小型温室。

英国对烟雾机也有所研究,并且他们一直在继续着这项工作,继生产出手提式斯威梅格和 Joydon 公司的 SN—11 型手提式烟雾机后,Unifog 有限公司在 1980 年研制成一种最新的,最先进的 Unifog100 型烟雾机,这种烟雾机的一切可移动的部分均封闭在箱子里,雾滴通过调节喷头加以控制,范围在 0.2-200  $\mu\text{m}$ ,动力为 11 马力汽油机,每小时可喷出 150-360 l 药液。

早在第二次世界大战期间,美国即在汽车上安装废气余热式发烟装置,用于战地防治蚊、蝇等卫生害虫。到了 50 年代,TIFA 公司生产的烟雾机,从小型的手提式到大型的车载式都有。GURTIS 和 LONDON 公司也是生产烟雾机的大型公司,而 GURTIS 公司主要生产脉冲式烟雾机,已形成一个较完整的系列,如 DynaFOG 系列有 Golden Eagle、Trailblazer、Superhawk、Blackhawk、Mister MAX、Mister、Silver Cloud 等牌子的烟雾机,这些公司的产品绝大多数销往卫生防疫部门<sup>[12]</sup>。

其它国家还有波兰在 1976 年也生产了 Pulsophy 肩背式烟雾机、喷药量每小时 0-30l,加拿大生产有 DH-180 型烟雾机。

### 1.2.3 国内烟雾机研究与发展概况

我国的植保机械于 20 世纪 50 年代开始发展,由于起步较晚,我国的植保机械和施药技术与农业发达国家相比还存在较大差距<sup>[5]</sup>。我国目前研究和应用于卫生消杀的热烟雾机有三种。

我国从 20 世纪 50 年代末开始研制脉冲式烟雾机。1958 年试制了一批双轮手推式喷粉、喷雾、喷烟三用机;1959 年仿德国 Swing FOG 手提式小型烟雾机,研制生产了 YT-5 型手提式烟雾机;70 年代,我国研制成 3Y-10 型烟雾机,主要用于林业防治松毛虫,但因制造质量较差、起动困难等原因,久也就停产了。1985 年和 1986 年,浙江省林业科学研究所、南京农业机械化研究所参照西德 K2G、K10G 型烟雾机,分别研制出 3Y-35 型手提式烟雾机和 3YD-8 型背负式烟雾机。

这两种烟雾机的研制成功，使我国烟雾机的研究上了一个新的台阶，生产上也形成了一定批量，但由于机器的工作可靠性不甚理想，因而未能在生产中得到比较广泛的推广和应用。如图所示，图 1-2 为 3Y-35 型脉冲烟雾机，图 1-3 为 3YD-8 型烟雾机。

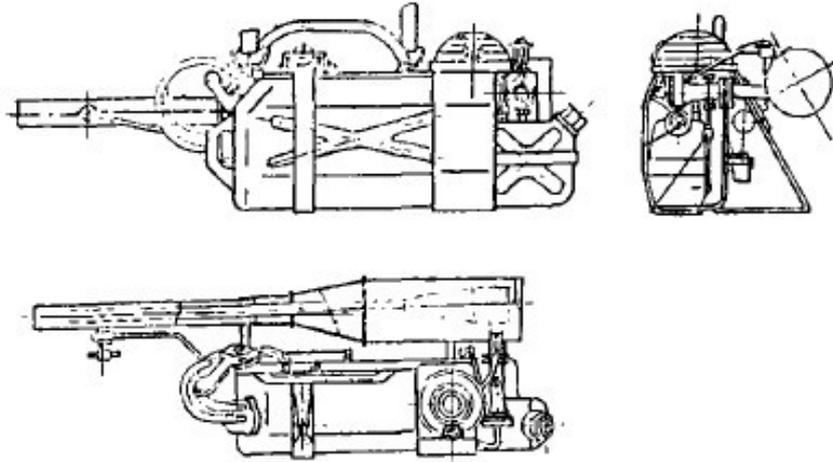


图 1-2 3Y-35 型脉冲烟雾机

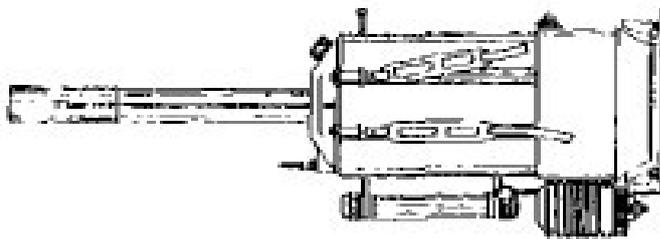


图 1-3 3YD-8 型烟雾机

1991-1994 年，由南京林业大学主持、浙江省林业科学研究所、南京农业机械化研究所、南通广益机电有限公司参加完成的林业部攻关项目“森林病虫害烟雾载药防治技术及设备的研究”，对脉冲喷气发动机的理论和试验进行了深入的研究，研制出新型 6HY-25 型系列脉冲式烟雾机，解决了起动和工作稳定性的问题，具有结构简单、重量轻、起动容易、操作简单、热效率高、可靠性高等显著优点，1994 年后，南京林业大学和南通广益机电有限公司继续合作，在面向市场进行推广的同时，广泛听取用户意见和建议，不断地改进和提高产品的质量和性能，使烟雾机的稳定性、可靠性得到了大幅度提高。

2001 年南通广益机电有限公司和南京林业大学共同承担了江苏省“十五”

科技攻关项目“小型脉冲式热烟雾机研制”，并于 2003 年通过了江苏省科技厅主持的科技成果鉴定，解决了小型化的全部技术问题，重量仅在 5-7 kg 之间。现在脉冲式热烟雾机，已形成小型和中型近 10 多个型号品种<sup>[8]</sup>。如图所示，图 1-4 为 6HYC-25A(W)型手提式烟雾机，图 1-5 为 6HYB-25B(W)型背负式烟雾机。

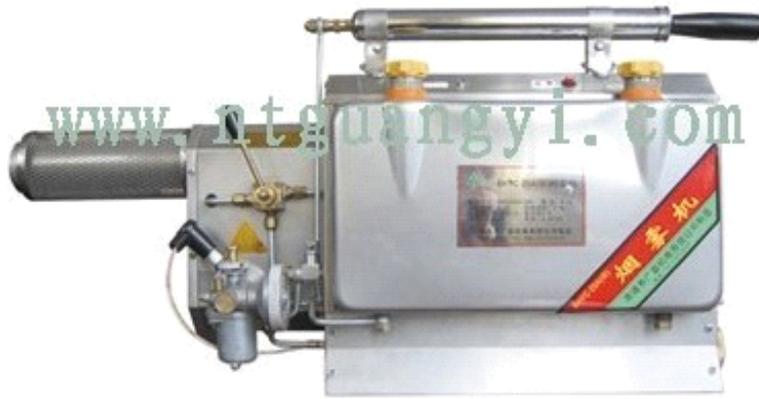


图 1-4 6HYC-25A(W)型手提式烟雾机



图 1-5 6HYB-25B(W)型背负式弯管烟雾机

#### 1.2.4 国内外烟雾机性能、结构特点比较

从技术指标方面看,我国6HY-25烟雾机与美、德烟雾机相比,整机技术参数、外形尺寸、喷量、油箱、药箱容量及空机重等大体相近,说明国产产品与国外产品在技术参数上是基本一致的。另外,从起动电源来看,国产高压发生装置已超过国外水平;从使用起动性来看,由于供油方式、起动方式不一致,各有特色,总体来看,国产烟雾机起动性与国外一致,甚至略好。

从结构特点和性能方面比较,目前,脉冲式烟雾机从结构上来看,主要表现在供油系统的差异。德国脉冲式烟雾机采用增压供油系统,储气平衡式化油器,无供油单向阀,手动打气起动。这种供油系统比较稳定、可靠,但对油面与化油器位置要求很高,工作中随油位降低,供油量稍有变化会产生供油过量或不足的现象。国产脉冲式烟雾机采用自吸供油系统,普通化油器,有供油单向阀,手动打气起动。这种供油系统最大特点式起动性好,工作时供油比较稳定,但供油单向阀的状态对工作稳定性影响较大。目前,我国烟雾机还存在工作稳定性较差的问题,若能得出脉冲式喷气发动机的工作压力、流速、温度等参数对烟雾机的雾化性能和工作稳定性的影响,将对推动烟雾机的推广应用及烟雾机的更新换代设计生产具有非常现实的知道意义<sup>[9]</sup>。

### 1.3 本文主要研究内容

小型烟雾机结构简单、重量轻、操作容易,效率高、用药省,防治成本低,弥漫性好,附着力高,适用于林业树木、农业橡胶树病虫害防治,卫生防疫(学校、宾馆等高度密集场所、菜场、垃圾场、下水道、仓库、船舱等处消杀)<sup>[4]</sup>。具有广阔的应用前景。

本文首先对现有的小型背负式烟雾机进行测绘,根据测绘结果分别设计背负式烟雾机的各个组成部分,包括燃烧系统、冷却系统、供油系统、起动系统和供药系统。同时,在保持现有小型背负式烟雾机基本型式不变的基础上重新设计外观,使其结构精巧合理,造型优美简捷轻巧,线条流畅;并创新性的对烟雾机的打气筒手柄、被带和烟雾机的支撑底座等部分结构进行改良设计,使其在作业时更符合人机工程学。

## 2 小型背负式烟雾机的整体结构设计

### 2.1 背负式烟雾机的整体分析

#### 2.1.1 背负式烟雾机的主要参数

背负式烟雾机的主要参数，见表 2-1。

表 2-1 背负式烟雾机的主要参数

背负式烟雾机各项指标	参数
型号	6HYB-25B (W)
外形尺寸	940×380×580mm
药箱容积	6L
油箱容积	1.2L
喷药量	额定 25L/h, 最大 42L/h
重量	12kg
油耗	2.0L/h
电源	3V DC(两节一号电)
启动方式	手动(可加装电启动)

#### 2.1.2 背负式烟雾机的性能特点

6HYB-25B(W)型背负式烟雾机是以脉冲式喷气发动机为动力，利用其尾气的热能和动能把油性药物汽化后喷出成烟雾状而达到良好防治病虫害效果的新型超低容量喷雾设备。该机发动机采用增压平衡式原理，竖直向下和垂直向上任意角度倾斜不熄火，工作状态非常稳定；采用点火棒点火，比火花塞点火更可靠、更易启动；通过脉冲放电点燃进入燃烧室的混合可燃气体（汽油和空气的混合气体），产生100次/秒的燃烧爆炸频率，爆炸产生的热气流高速喷出汽化并喷施药物。同时利用自身的爆炸余压来支持工作时的气压动态平衡，使机器连续稳定地运作。

该机工作效率高，重量轻，操作方便，适用范围广；其施放的烟雾粒径小，有极好的穿透性、弥漫性和附着性，抗雨水冲刷能力强；烟雾扩散和上升达到的

防治高度和广度优于其它机型,可获得理想的防治效果。特别适合在橡胶林、森林等地形复杂、交通不便和其他地面机械无法作业的地方使用。在仓库、塑料大棚、城市公共卫生的消毒、灭菌防疫等方面使用也极为优越。

除此之外,该机还具有以下特点:

- (1) 效率高、用药省,防治成本低,弥漫性好、附着力高;
- (2) 采用专利结构集成式金属模压铸化油器、结构精巧合理,性能稳定可靠;
- (3) 设计了高可靠性供油单向球阀和新型金属增压单向阀;
- (4) 关药、泄压融为一体,操作更加安全;
- (5) 金属管替代橡胶管;
- (6) 造型优美简捷轻巧,线条流畅,操作方便 ;
- (7) 不锈钢防护罩,保证操作人员安全。

### 2.1.3 背负式烟雾机的外观造型分析

6HYB-25B(W)型烟雾机为背负式弯管烟雾机,这就导致了6HYB-25B(W)型烟雾机在造型上存在一个很大的缺点。弯管式的外形尺寸为940mm×380mm×580mm,在运输烟雾机时,这占据了很大的空间;如果拆掉喷药管可使外型尺寸缩为650mm×380mm×400mm,但这又带来一个新的问题就是细而长的喷药管在不工作、包装运输时能否拆卸的问题。从外形美观、运输、占用空间角度来讲,最好是可拆卸的,拆下喷药管的机身看起来比例更均衡,运输时可节省空间50%左右,尤其是对于弯管式拆下喷药管后更易包装、运输。但是从技术角度来讲拆卸式的必将使机器易于损坏,增加了返修率,同时也就提高了成本,这又是不可取的。虽然现有产品是采用不可拆卸式的,但在今后的产品改型时应考虑如何改进技术,使外形更美观,占用空间尽量小。

在6HYB-25B(W)机型中,为了增加机器与人体背部的接触面积,使受力均匀,避免棱角对身体的磕碰,将药箱和油箱一体结构设计成与人体背部曲线相吻合的曲面造型,这不仅使外形更加美观,更重要的是使人机工作关系更协调,使人在工作中更舒适、安全。打气筒手柄及手轮的外形设计也充分考虑了造型设计中操纵器设计的要求:即方便操作和着力。在造型时完全依据手的生理特点来设计。同时,6HYB-25B(W)烟雾机中增加了不锈钢防护罩,以保证操作人员的安全。

## 2.2 背负式烟雾机的构成简介

### 2.2.1 背负式烟雾机的组成

背负式烟雾机主要由脉冲式喷气发动机和供药系统两大部分组成。

脉冲式喷气发动机主要由燃烧系统、冷却系统、供油系统及起动系统组成。燃烧系统主要由燃烧室、喷管组成；冷却系统包括前后冷却管和导风罩等；供油系统包括油箱、化油器、油管、供油单向阀等；起动系统包括供气和点火两个部分，供气部分由打气筒、三通阀和吹气管组成，点火部分包括电池、点火器、开关及火花塞等。

供药系统由药剂箱、过滤器、充气管、出药管、药剂开关、药剂喷嘴等组成。其构造及外型图见图 2-1。

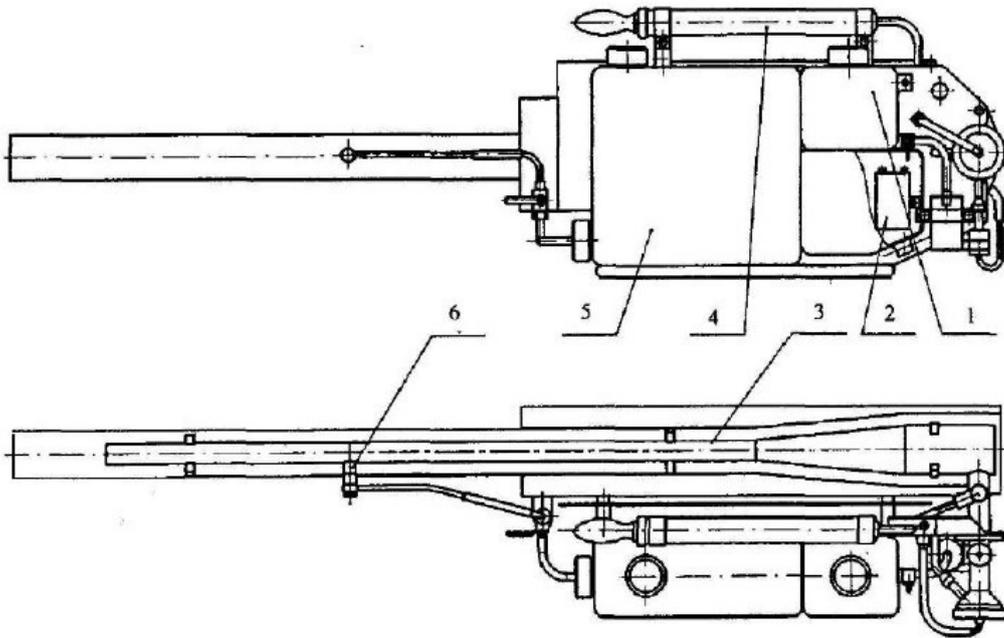


图 2-1 烟雾机外型图

1 供油系统 2 点火系统 3 燃烧室 4 起动系统 5 供药系统 6 喷管

如图所示，图 2-2 为背负式烟雾机的总装配图，图 2-3 为背负式烟雾机效果图。



## 2.2.2 背负式烟雾机的工作原理

烟雾机的起动：先将电器开关打开，使火花塞处在连续高压点火状态，再抽压打气筒，压缩空气经起动单向阀进入三通阀，三通阀将其分成两路：一路直通出油阀组件，将油箱中的燃油压入输油管路中，燃油经供油单向阀、燃油喷嘴喷入化油器内；另一路经其中的单向阀、进气管，冲入化油器体内。进入化油器的气流与燃油在化油器喉口处混合，形成燃油混合气。燃油混合气流经火花塞时被点燃，流到燃烧室后迅速完全燃烧并产生爆炸。此时，燃烧室及化油器内气压迅速升高。同时，化油器的进气膜片及供油单向阀分别将进气路与进油路关闭。燃烧室内的高温高压气体，以每秒一百多的速度迅速经喷管喷出，形成一个脉冲（即工作循环）。

正常工作循环：当高温高速气体快要排完的时候，由于气流的惯性作用，燃烧室和化油器内产生一定的负压<sup>[1]</sup>。在空气负压的作用下进气阀片将进气口打开，新鲜空气迅速流经化油器进入燃烧室；与此同时，供油单向阀亦被吸开，燃油迅速喷入化油器，与进气混合，再次形成燃油混合气气流。燃油混合气进入燃烧室后，与前一循环残留的废气混合。同时残留的废气中的余火将混合气点燃，混合气再次燃烧爆炸，并以同样的方式迅速经喷管喷出，再次形成一个脉冲（工作循环）。脉冲式喷气发动机就这样，按进气—燃烧—排气的循环过程，一个脉冲接一个脉冲地循环工作。

脉冲式喷气发动机的作功方式为：当发动机工作时，化油器内能产生一 250 毫米水柱的静压。将此压力通过一引压管经增压单向阀、药路开关引入药箱，加在药剂液面上。同时，喷管中的高速、高温气流在经过药剂喷嘴处时，产生一定的负压（即引射现象）。药剂在此两种压差的迫使下，通过输药管经药剂喷嘴喷入发动机喷管。在喷管中的高速、高温气流作用下，药剂中的烟雾剂蒸发膨胀，将药剂冲碎成直径小于 50 微米的烟雾粒。烟雾粒随气流从喷管喷出，并迅速扩散弥漫成烟雾。当防治或处理对象接触到烟雾时即被雾粒充分覆盖，达到杀虫治病的防治效果。

工作原理可概括为，采用火箭动力原理，是一种以平衡增压式化油器为动力源施放烟雾的机械：用打气筒打气→给油箱压力→汽油进入化油器雾化→雾化的汽油在燃烧室爆炸→加热护管→爆炸的热量使药液形成烟雾。烟雾机工作原理图

见图2-4。

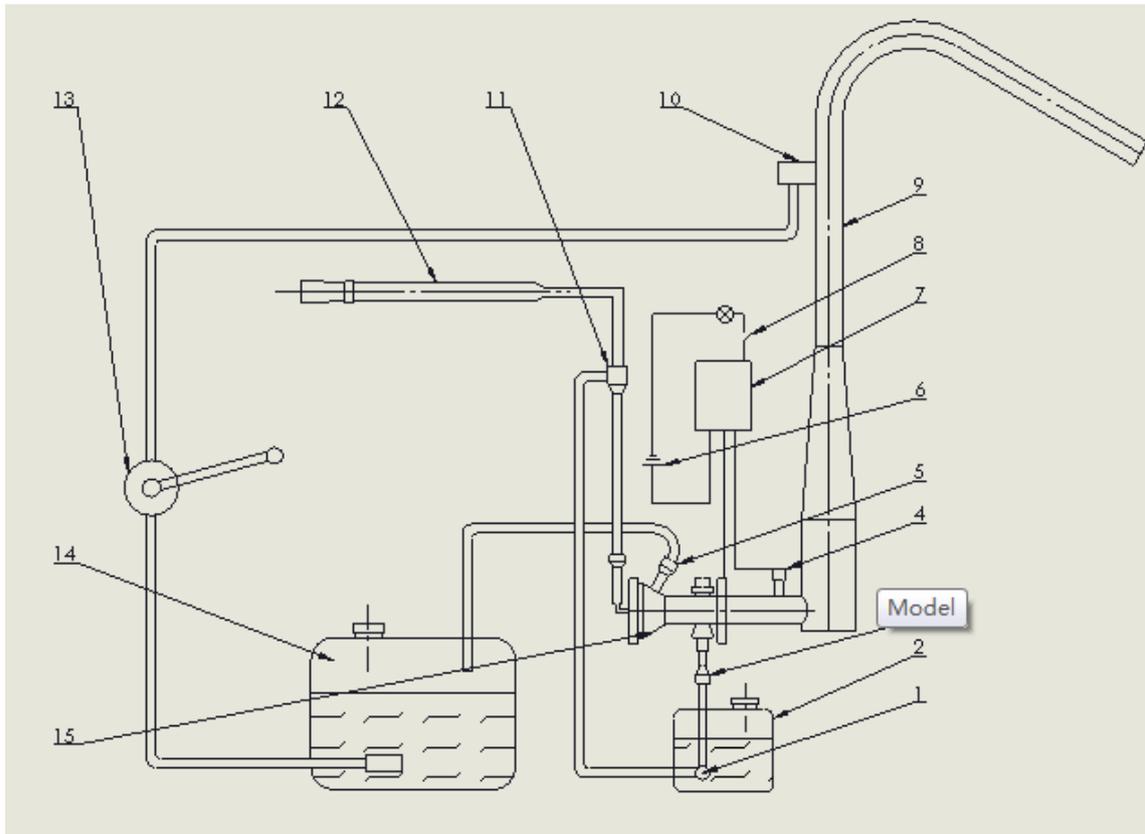


图2-4 烟雾机原理图

1出油阀组件 2油箱 3供油单向阀 4火花塞 5增压单向阀 6电源 7高压发生器 8电器开关 9  
燃烧室—喷管10药剂喷嘴 11三通阀 12打气筒 13药路开关 14药箱 15化油器

## 2.3本章小结

本章首先对背负式烟雾机做出了整体分析，主要从背负式烟雾机的主要参数、性能特点和外观造型三个方面去分析背负式烟雾机；随后对背负式烟雾机的各个组成部分（燃烧系统、冷却系统、供油系统、起动系统和供药系统）作出简单的介绍。同时，详细地描述了背负式烟雾机工作的原理。

### 3小型背负式烟雾机的各组成部分设计

#### 3.1 烟雾机起动系统的设计

##### 3.1.1 气泵的确

气泵是烟雾机起动系统的重要组成部分，主要起压缩空气的作用。如图所示，图3-1为打气筒手柄外观图，图3-2为打气筒结构尺寸设计示意图。

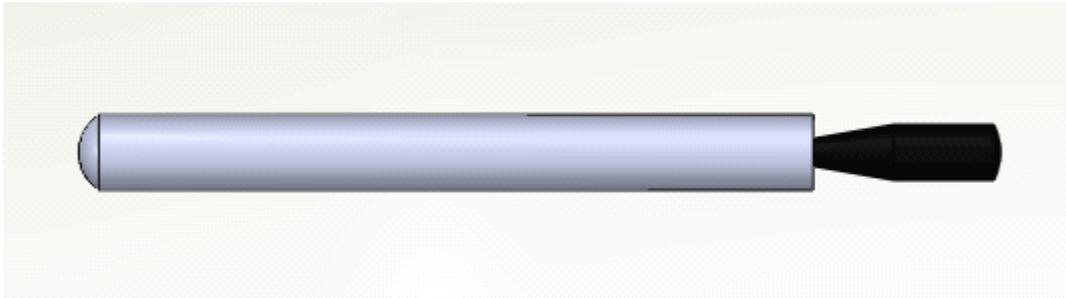


图3-1 打气筒外观图

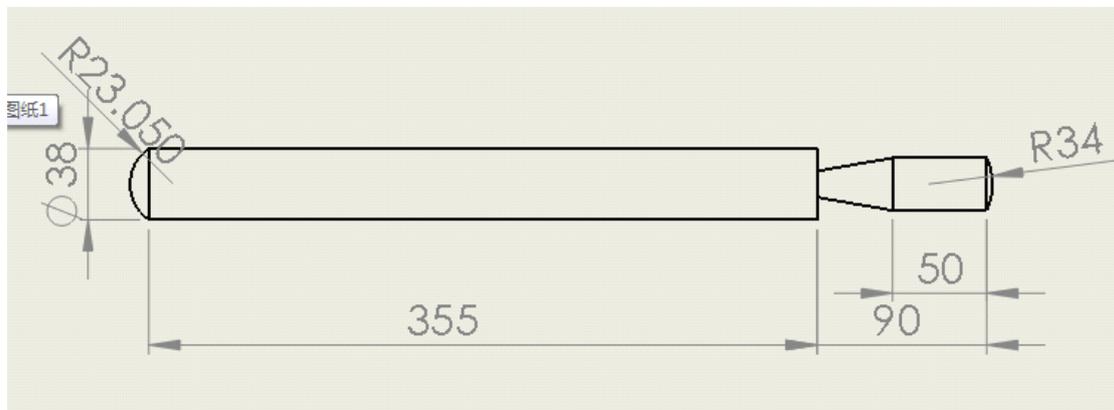


图3-2 打气筒结构和尺寸设计示意图

##### 3.1.2 蓄电池的选用与安装

蓄电池的选用与安装属于烟雾机起动系统中的点火部分。点火系统的功用是产生高压电火花，适时地点燃气缸中的可燃混合气，使汽油机工作。

烟雾机的可燃混合气是由火花塞产生的电火花点燃的，要使火花塞两电极间的间隙被击穿而产生电火花，其击穿而产生电火花。一次，要求点火系能按照点火次序，在一定时是可供火花塞足够能量的高压电，产生电火花点燃可燃混合气。蓄电池点火系由蓄电池或发电机供给低压直流电，通过点火线圈和断电器将低压

电变成高压电，再有配电器分配到相应的气缸的火花塞点火。

本文设计的背负式烟雾机采用蓄电池点火方式，蓄电池为两节一号电（3V），安装在烟雾机的底座部分。如图所示，图3-3为烟雾机电池安装位置，图3-4为点火器开关，图3-5为火花塞。

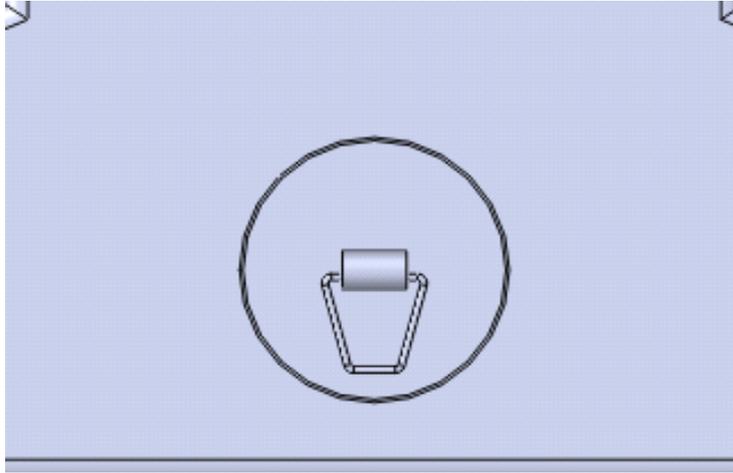


图3-3 烟雾机电池的安装位置

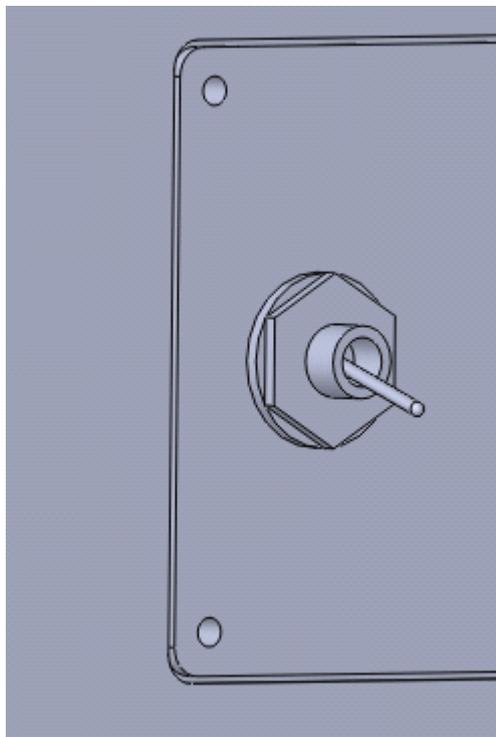


图3-4 点火器开关

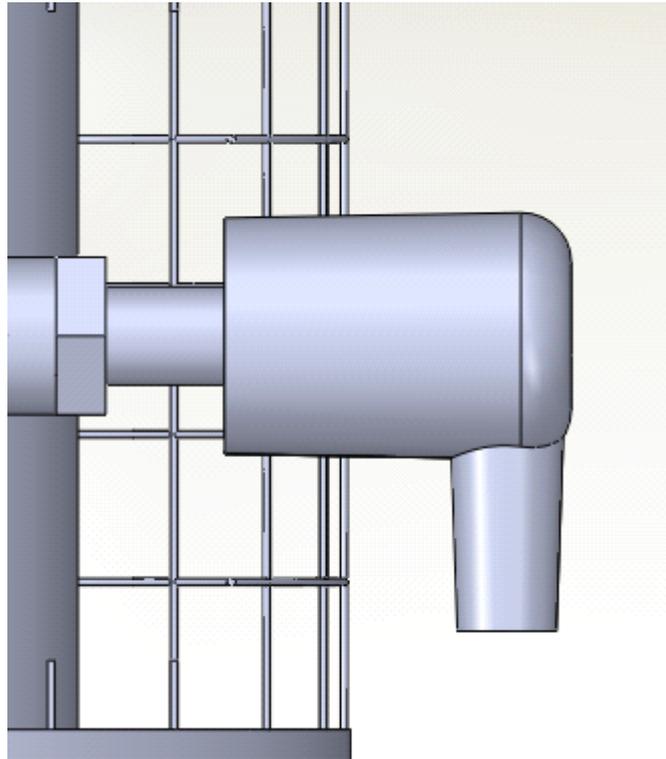


图3-5 火花塞

### 3.2 气泵起动方式

起动系用于发动机起动时使化油器产生一定空气/燃油混合比的混合气。它由打气筒(气泵)、单向阀,三通阀及导管等组成。打气筒产生一定流量和压力的压缩空气。打气筒前方安装单向阀是为了防止气筒中的活塞(皮碗)在返回行程时将油箱中的油吸入气筒中。三通阀起着分配压缩空气及限制气流流量和压力的作用。它的一个接头与打气筒相通,一个接头接油箱出油阀上的U形管。该路接头中有一个小量孔,用以限定流经此支路的压缩空气量。另一个接头形似供油单向阀与化油器盖上的进气支管相接。使用时应保证三通阀气路通畅。孔道堵塞,气路不通,发动机就不能起动。

### 3.3 供油系统的设计

脉冲喷气式发动机是利用汽油燃烧来提供动力和动能输出的,因此,它的燃油供给系统由燃料供应和混合气形成装置两部分组成。(一) 燃油供应部分: 由

油箱、滤清器、油管、汽油泵等组成。小型汽油机的油箱一般高于化油器以便以重力向化油器供油，不需设置汽油泵。在油箱加油口和出油口处设置滤网或沉淀杯以滤去汽油中的杂质。大型汽油机专门设有沉淀杯和燃油滤清器，设在油箱和汽油泵之间。一般在中、大型汽油机上设置汽油泵，其作用是将汽油从油箱吸出。克服油管管道和滤清器的阻力，以一定的压力连续地向化油器输送足够量的汽油。（二）混合气形成装置：要使混合气在极短时间内形成。必须先将汽油雾化成极微小的油滴，这样便大大增大了蒸发表面积，促使汽油迅速汽化。这个过程在化油器式汽油机上是在化油器中完成的。雾化了的汽油在化油器内与被吸入的空气进一步混合，形成均匀的混合气。

### 3.3.1 化油器的结构

化油器是供油系统中最重要装置，对汽油机的动力性、经济性均有直接影响。化油器提供给发动机工作所需的燃油混合气，由化油器盖（上有进气孔）、进气膜片、气阀挡板、进气管、化油器体、燃油喷嘴和油针阀等组成，其结构见图3-1。

气阀挡板和化油器盖之间构成2毫米宽的进气间隙带，当发动机工作时，空气由化油器盖上的进气孔，经此通道进入化油器腔内。空气在化油器内腔喉口处产生负压，从而将燃油从燃油箱内经主量孔吸入化油器内腔。同时进入化油器的燃油形成伞状，与空气充分混合，形成燃油混合气。

化油器的油量靠调节油针与油针座的配合间隙来完成。此两者的外形与配合方式，直接影响到发动机的燃油消耗率及化油器的寿命。如图所示，图3-6为化油器实体图，图3-7为化油器构造图。

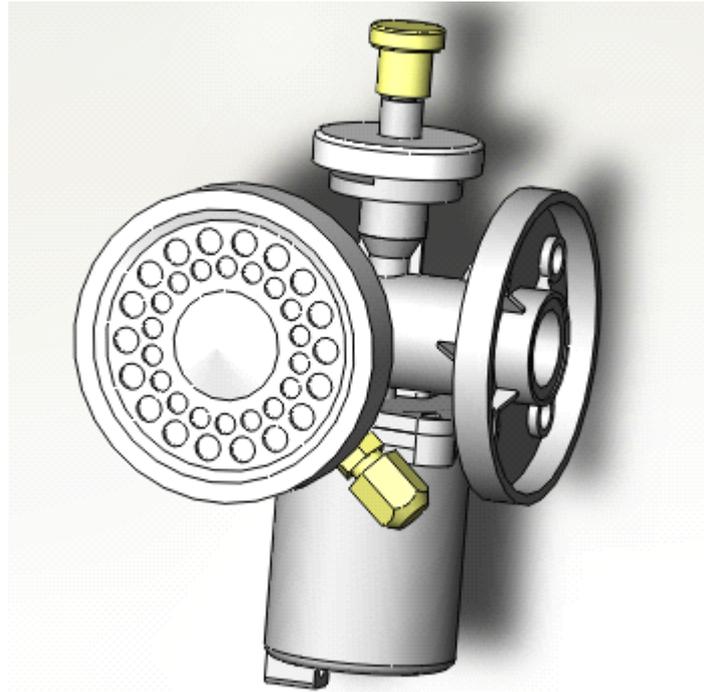


图3-6 化油器

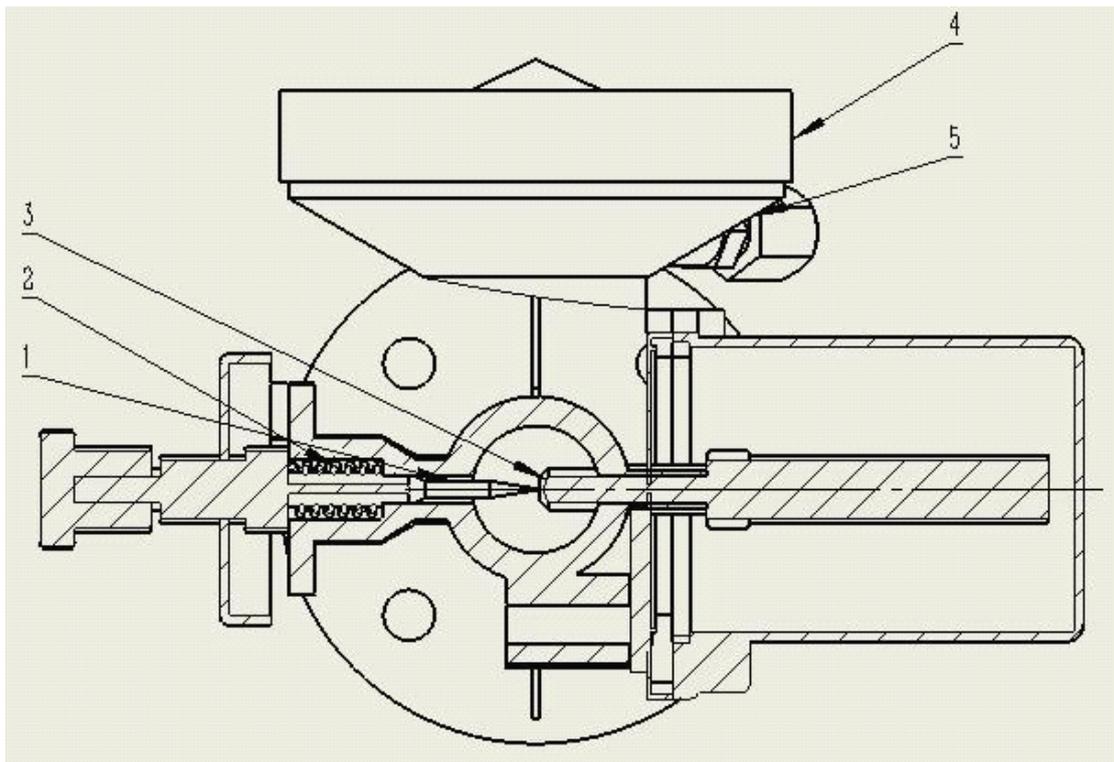


图3-7 化油器构造

1油针阀 2弹簧 3燃油喷嘴 4化油器盖 5化油器体

### 3.3.2 油箱的设计

背负式烟雾机的油箱的主要用途是储存汽油，同时还起着散热、分离油液中

的气泡、沉淀杂质等作用。如图3-8所示，为烟雾机油箱的外观图。烟雾机油箱的尺寸为80mm×40mm×395mm，油箱容积为1.2升，油箱整体采用不锈钢材质，使用热处理工艺加工。图3-9为油箱的尺寸设计图。



图3-8 油箱的外观图

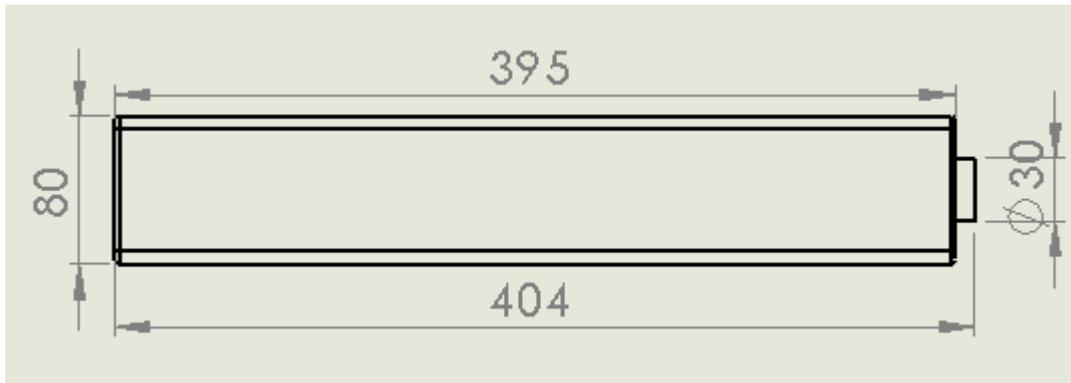


图3-9 油箱的尺寸设计图

### 3.4 燃烧室-喷管系统的设计

燃烧室-喷管：它是发动机的主要部件，汽油和空气组成的混合气在燃烧室中燃烧，产生高速、高温燃气由喷管排出。燃烧室和喷管长度及出口直径对发动机的工作性能影响很大，工作时应注意保持内部通畅，经常除去内表面积炭。喷管前部焊有药喷嘴座。在燃烧室侧面的进气管上焊有火花塞座。

#### 3.4.1 燃烧室的尺寸和结构设计

燃烧室由进气管、柱部和锥部组成，进气管与化油器相接，进气管的结构和尺寸主要影响发动机的起动性能，进气管上装有火花塞，起动时，一定空燃比的混合气由化油器经火花塞，被火花塞产生的高压电弧点燃。并在向柱部流动中火焰锋面不断扩大。进气管直径应较化油器出口内径大<sup>[3]</sup>。

燃烧室尺寸和结构设计如下图3-10所示

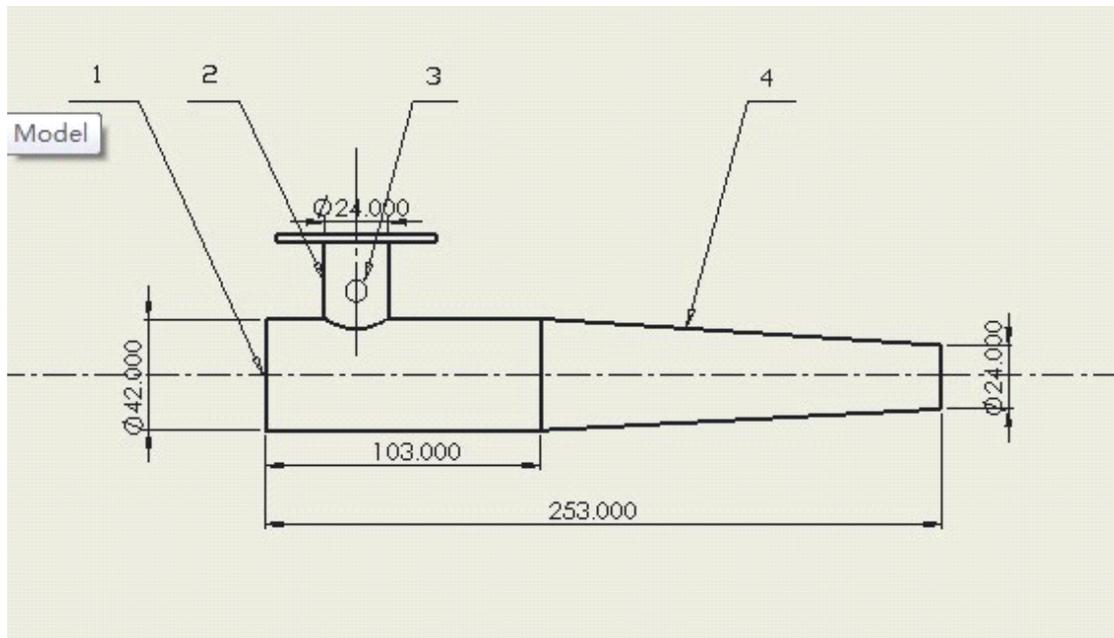


图3-10 燃烧室结构示意图

1燃烧室柱部 2进气管 3火花塞座 4燃烧室锥部

如图所示，燃烧室柱部长103mm，直径42mm；燃烧室锥部长150mm，锥部开口直径24mm；进气管直径24mm；燃烧室总长为253mm。

### 3.4.2 喷管结构分析的设计

喷气式发动机喷管的作用是使燃气在喷管进口处所具有的热焓的一部分转变成燃气运动方向的动能。伴随着这种能量的转变，燃气压力减小，比容增加，在脉冲喷气式发动机中混合气的燃烧一直延续到喷管中。

喷管尺寸和结构设计如下图3-11所示，喷管结构示意图如图3-12所示。

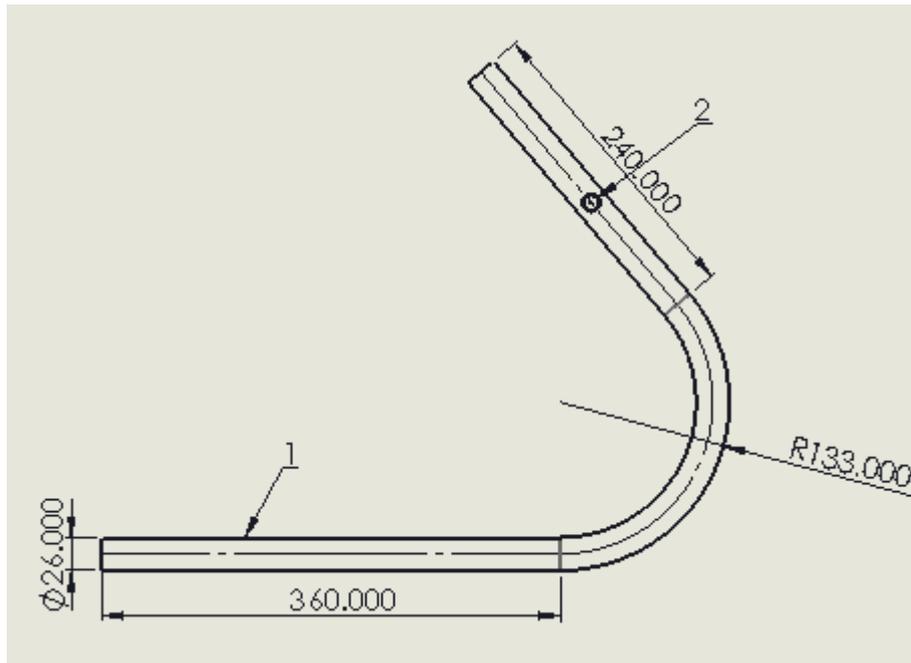


图3-11 喷管结构示意图  
1喷管 2药剂喷嘴



图3-12 燃烧室-喷管结构示意图

### 3.5冷却系统的设计

烟雾机中冷却系的作用及时带走燃烧室-喷管所产生的热量，并散发到大气中，维持喷气式发动机在适宜的温度范围内工作。在背负式烟雾机中的冷却系主要由两部分组成：冷却管和燃烧室底部的散热孔和保护罩构成，起着降低燃烧室-喷管壁面温度和格开高温管壁，保护人体的功能。如图所示，图3-13为冷却管实体图，图3-14为冷却管结构示意图，图3-15为烟雾机散热孔，图3-16为烟雾机保护罩。

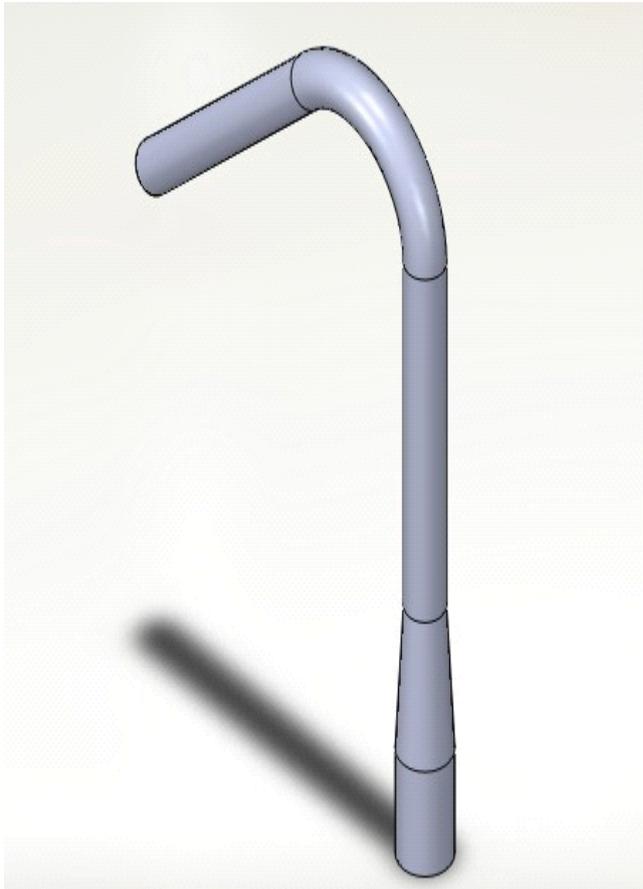


图3-13 冷却管

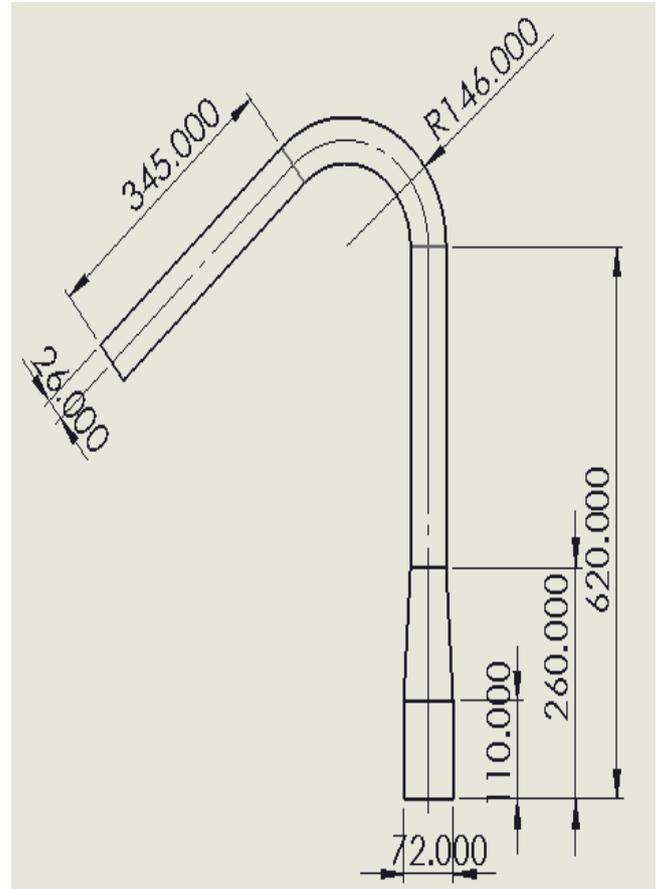


图3-14冷却管结构示意图

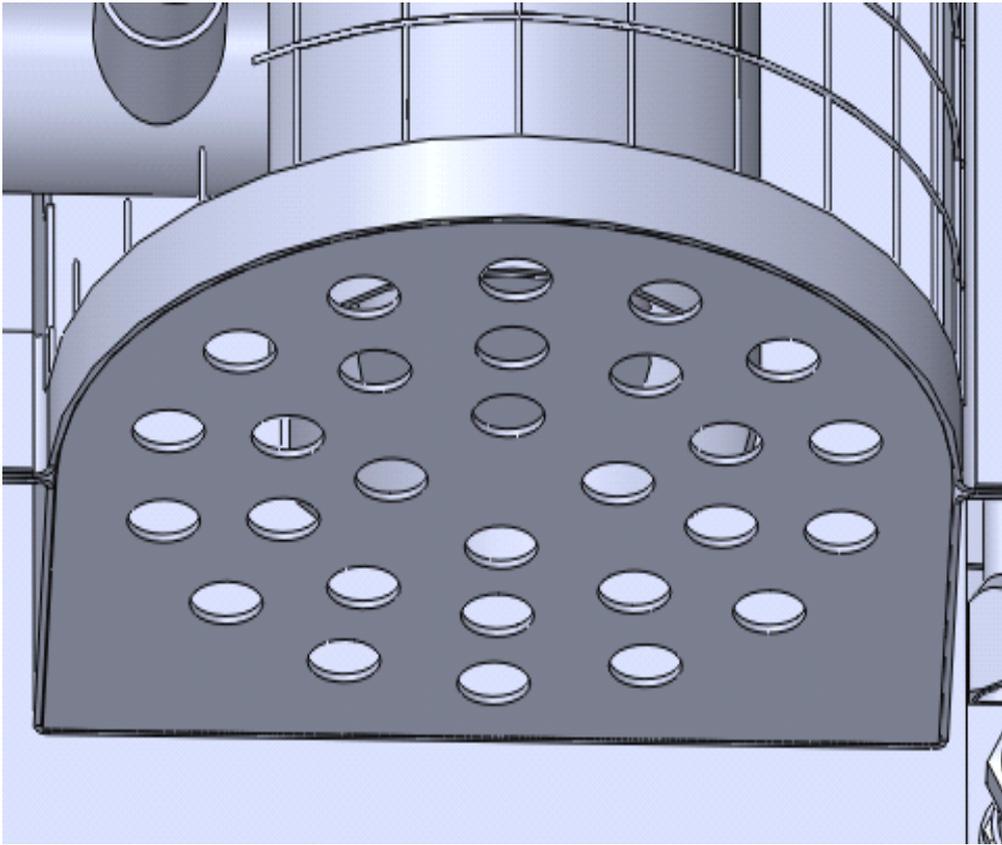


图3-15 烟雾机散热孔位置

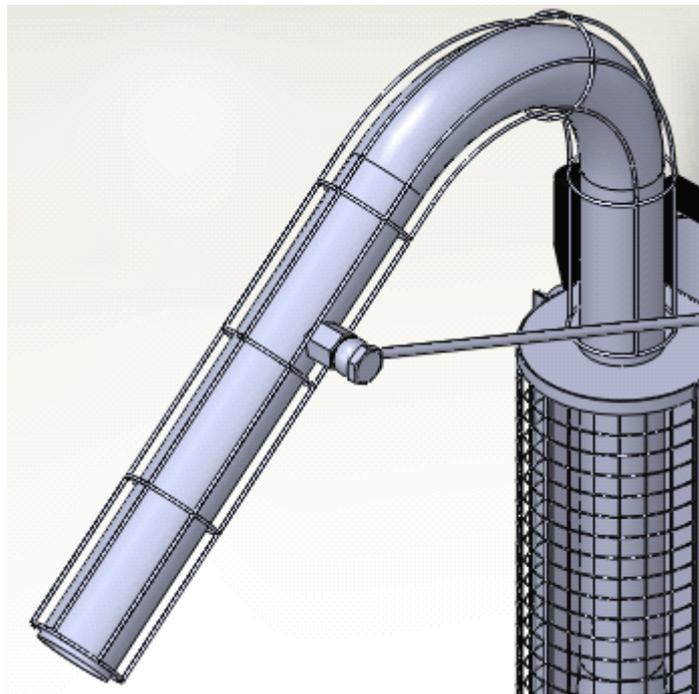


图3-16 烟雾机保护罩

### 3. 6供药系统的设计

供药系统是贮存烟雾剂，并将药液输至药喷嘴的装置。它由增压单向阀、药开关、药箱、药喷嘴及导管等组成。

#### 3. 6. 1药箱的设计

药箱：它由箱体, 药箱盖、接头、输药管及滤油头等组成。药箱盖和接头实现药箱的密封及与导管连接。药箱盖和接头具有快速换装结构，可实现工作时药箱快速换装。药箱内的滤油头上包有滤网，该滤网应经常检查、清洗。如图所示，图3-17为药箱外观图，图3-18为 药箱尺寸设计图。

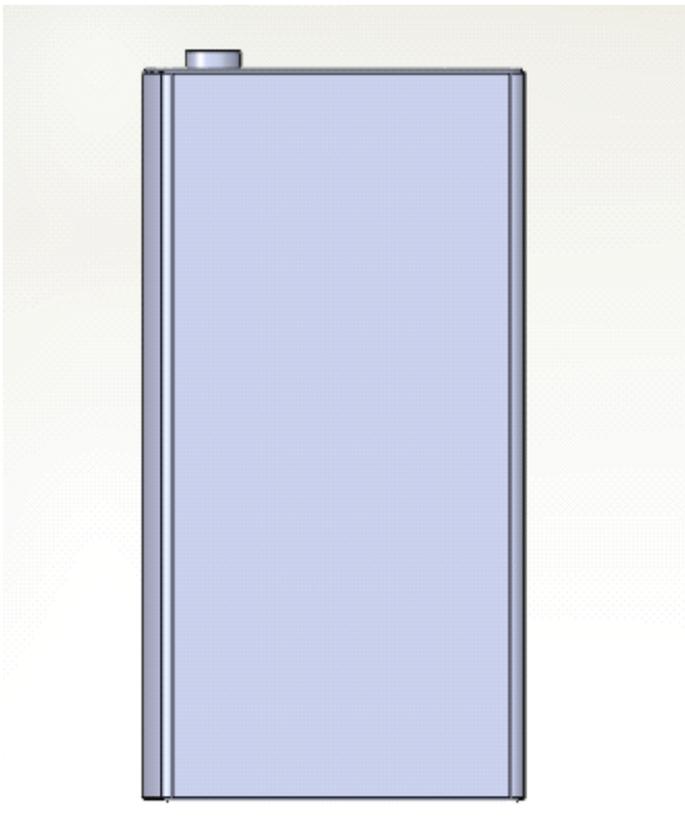


图3-17药箱外观图

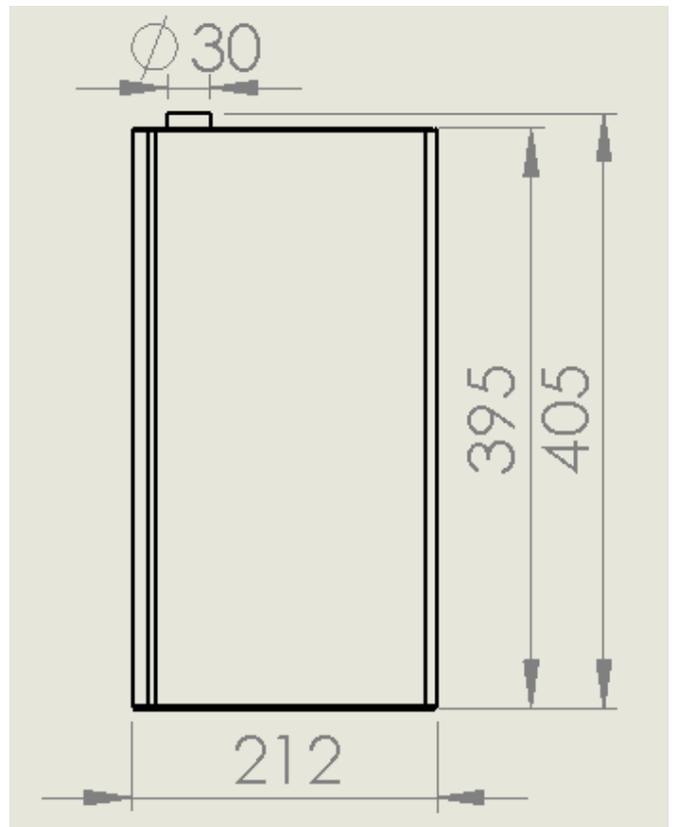


图3-18药箱尺寸设计图

### 3.6.2 药剂开关的设计

药开关：它是一个板式联动开关，当它位于“开”时(手柄向下扳)，同时实现向药箱进气加压和药液由药箱向药喷嘴的输送<sup>[16]</sup>。当它“关”时(手柄向上)则实现药箱减压放气，并切断输送药液的通路。药开关由上、下阀体，塑料阀片，加压弹簧和螺栓螺母等组成。阀片起密封作用。长期使用若阀片变形应及时更换。如图所示，图3-19为药剂开关实物图。

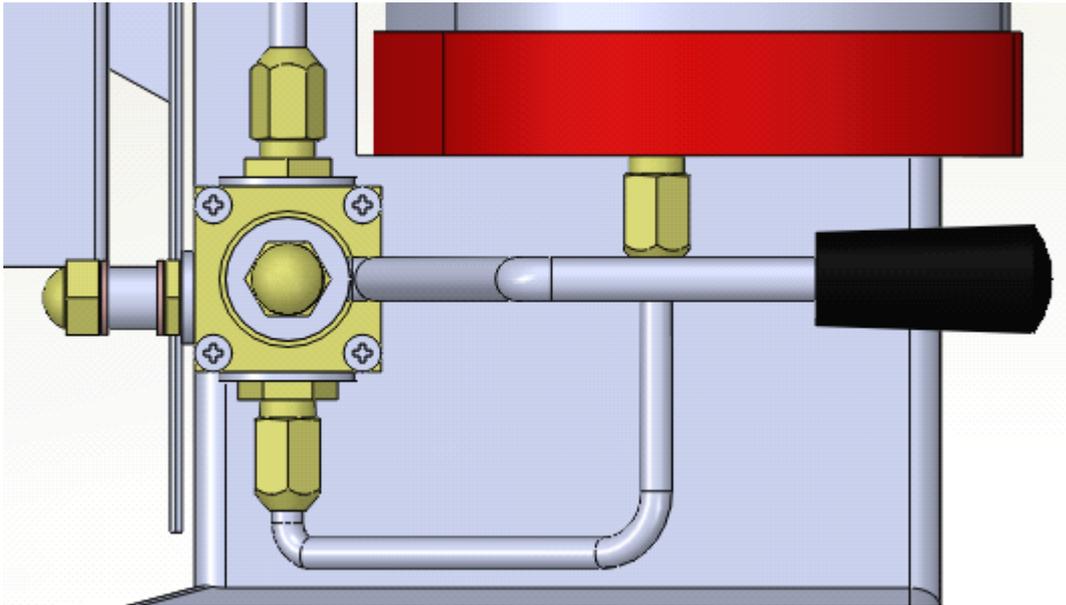


图3-19 药剂开关实物图

### 3.7 本章小结

论文在本章主要对小型背负式烟雾机的各个组成进行设计，包括起动系统、供油系统、燃烧室-喷管系统、冷却系统和供药系统。起动系统的设计中包括气泵的确定、蓄电池的选用与安装，同时还说明了气泵的起动方式；供油系统的设计主要有油箱的设计和化油器结构的设计；燃烧室-喷管系统的设计主要包括燃烧室尺寸和结构的设计以及喷管结构分析的设计；冷却系统的设计包括冷却管、保护罩和散热孔的设计；供药系统的设计主要有药箱的设计和药剂开关的设计。

## 4 小型背负便携式烟雾机的改良设计

### 4.1 打气筒手柄的改良设计

工具是人类四肢功能的扩展。使用工具使人类增加了动作力度、范围，提高了工作效率<sup>[18]</sup>。人们在工作、生活中一刻也缺少不了工具，使用的工具大部分还没达到最优的形态，其形状与尺寸等因素也不太符合人机工程学原则，很难使人有效并安全、舒适地操作。实际上，传统的工具有许多已不能满足现代生产的需要与生活的要求。人们在作业或日常生活中长久地使用设计不良的手握式工具和设备，造成很多身体不适、损伤与疾患，降低了生产率，甚至使人致残，增加了人们的心理痛苦与医疗负担。因此，工具的适当设计、选择、评价和使用时一项重要的人机工程学内容。

手握式工具的设计有以下基本原则：

(1) 保持手腕处于顺直状态：手腕顺直操作时，腕关节处于正中的放松状态。但当手腕处于掌屈、背屈、尺偏等别扭的状态时，会使腕部酸痛、握力减小。如长时间这样操作，会引起腕道综合症、腱鞘炎、肱骨外踝炎（网球肘）等症状。手柄弯曲式的工具可以降低疲劳，容易操作，对于腕部有损伤者特别有利。一般认为，将工具的手柄与工作不分弯曲  $10^{\circ}$  左右效果最好。

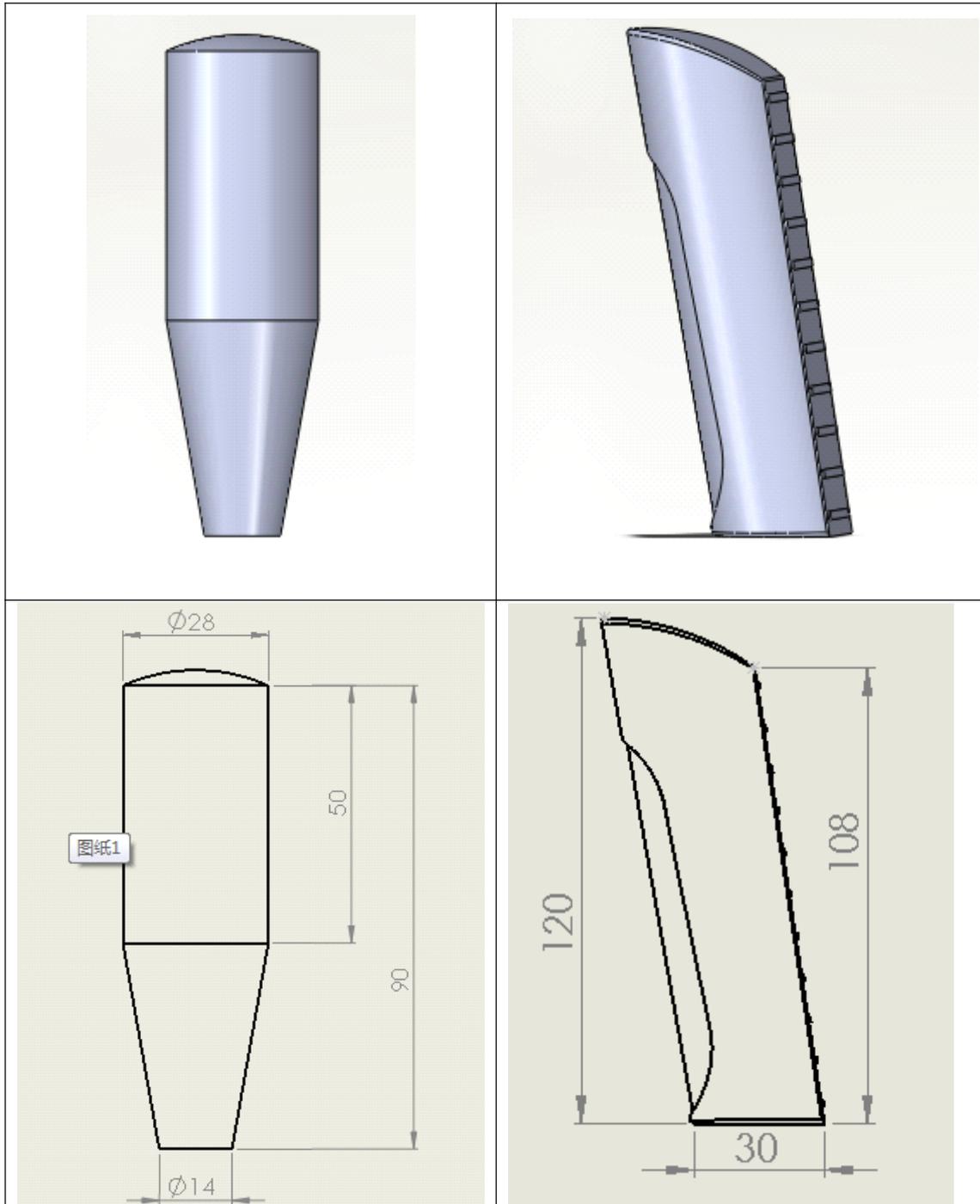
(2) 操作手握式工具时有时需要施加相当的力，如果工具设计不当，会在掌部和手指处造成很大的压力，妨碍血液在尺动脉的循环，引起局部缺血，导致麻木、刺痛感等。手柄设计应具有较大的接触面，使压力能分布于较大的手掌面积上，减少应力；或者使压力作用于不太敏感的区域。

(3) 手柄是手握式工具与手接触的不分，一般由掌面与手指周向抓握。手柄的直径取决于工具的用途与手的尺寸。一般而言，着力抓握的手柄比较合适的直径是 30-40mm，精密抓握的手柄比较合适的直径是 8-16mm。

(4) 手柄长度主要取决于手掌宽度。根据底百分位女性到第 95 百分位男性数据，掌宽一般为 71-97mm，合适的手柄长度为 100-125mm。

(5) 为了增大摩擦，并使手感舒适，手柄上经常会设置各种槽纹、凸起，还可以使用皮革、橡胶等质地较软的材料。因此，改良后的手柄选用橡胶材质。

如图 4-1 所示，改良前与改良后的手柄比较



(a) 改良前手柄

(b) 改良后手柄

图 4-1 改良前后手柄的比较

从上图可以看出改良后的打气筒手柄倾斜了一定角度，保证了操作人员手腕处于顺直状态；同时手柄的直径和长度尺寸都参照人体结构的尺寸，处于合适的尺寸范围内；另外在手柄上设置了凸起，以增大操作人员的手掌与打气筒的接触面积。

## 4.2 背负式烟雾机的色彩搭配分析

不同的色彩对操作者所产生的作用不同，从人机工程学的角度将其分为：色彩的辨识作用、色彩的警示作用和色彩心理暗示作用。

色彩的辨识作用：在机械设备和作业环境中大量的信息需要操作者辨认，比如操作面板的按钮、指针、数据等，这些信息的可辨识度与其所选用的色彩息息相关。所谓“可辨识度”就是指确认对象存在的程度以及眼睛捕捉外界物体所需要的距离或面积，影响可辨识度的重要的因素是背景色彩与主体色彩的对比度。影响这种对比度的因素又能进一步分为：明度对比、色相对比和纯度对比。色彩的明度对比对可辨识度的影响最为直接。为了保证信息能够迅速准确地传递到操作者，目标信息的色彩必须和背景色彩在明度上有较大差别。

结合此项依据，将背负式烟雾机的手把，药剂开关把手和打气筒手柄这些操作器具设计成黑色，与周围环境色在明度上形成较大的差别，以便让操作者能够轻易地识别。如图所示，图 4-2 为打气筒手柄上色图，图 4-3 为药剂开关手柄上色图。

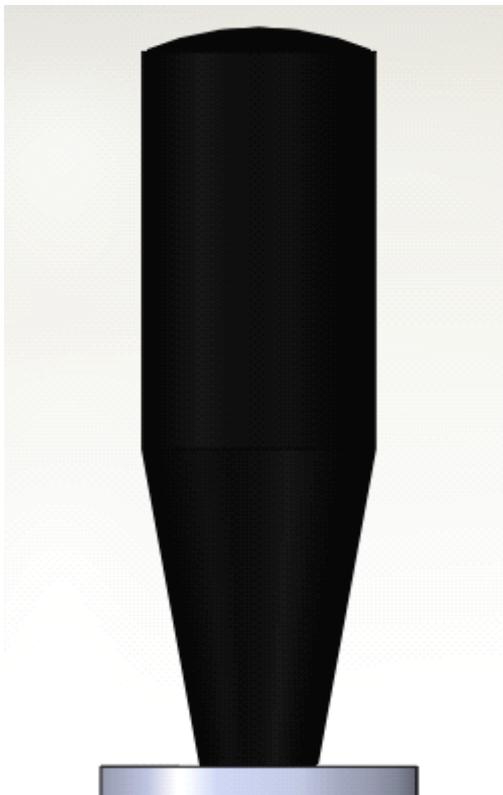


图 4-2 打气筒手柄的上色

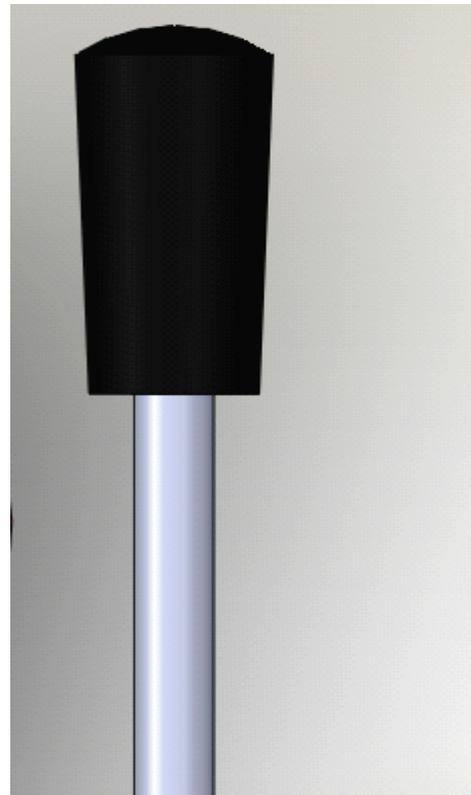


图 4-3 药剂开关手柄的上色

色彩的警示作用：在机械设备和作业环境中有些信息要求必须引起操作者的注意，这种情况下设计师可根据信息的重要程度来选择色彩方案。最重要的信息可以选择用红色，以下可选择黄色、橙色、绿色。并且要注意底色的选择，必须保证底色和警示色在明度和纯度上有较大的对比度。在特殊情况下，还可以使用闪烁的方式来强调警示作用。

从色彩的警示作用的角度，将背负式烟雾机的高压发生器的开关控制面、油箱盖和药箱盖这些重要部位设计成红色和黄色来起到警示的作用。如图所示，图 4-4 为高压发生器的开关控制面上色图，图 4-5 为油箱盖和药箱盖的上色图。

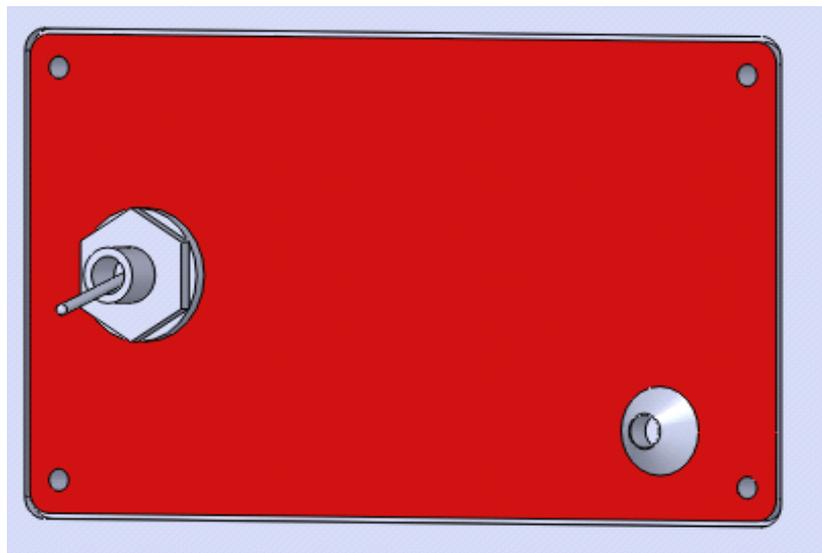


图 4-4 高压发生器的开关控制面的上色

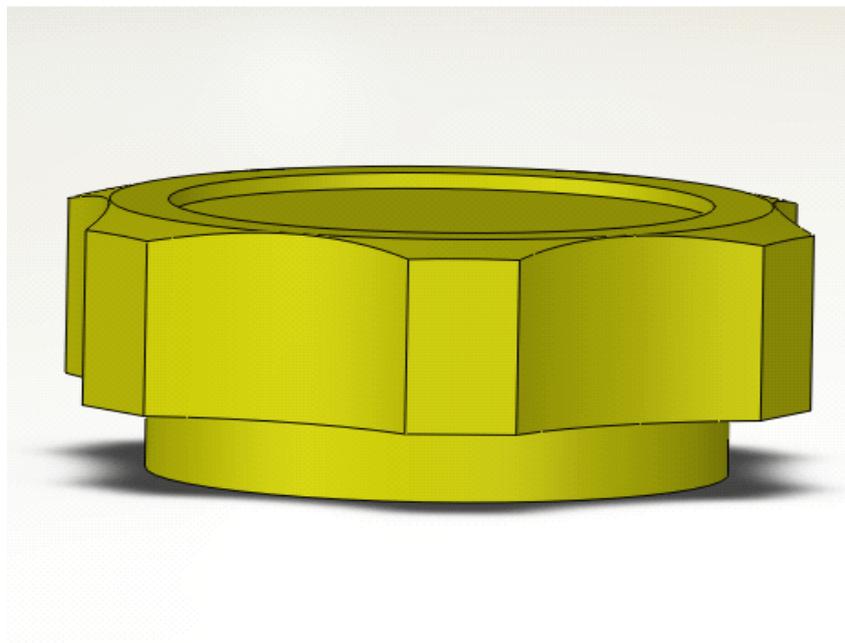


图 4-5 油箱盖和药箱盖的上色

色彩的心理暗示作用：色彩的心理暗示作业在创造适合人操作的机械设备和作业环境中的作用同样不容忽视，色彩能引起人们多样的感情和心理效应，如产生寒暖感、轻重感、软硬感和强弱感；在心理上产生明快与忧郁、兴奋与恬静等应。如果应用得当，色彩不仅可以调高人们的工作效率，甚至可以影响到人的身体机能。蓝色能给人以宁静、深邃之感，具有明显的镇定用，由于烟雾机的操作者常常会在高温和环境恶劣的条件下工作，心理上会产生烦躁的情绪效，将烟雾机的底座设计成蓝色可以平复操作者烦躁的情绪。红色通常代表着积极、热情、活泼，往往能够调动工作人员的积极性，因此，将烟雾机箱体的两端设计成红色。如图所示，图 4-6 为烟雾机底座上色图，图 4-7 为烟雾机箱体两端上色图。

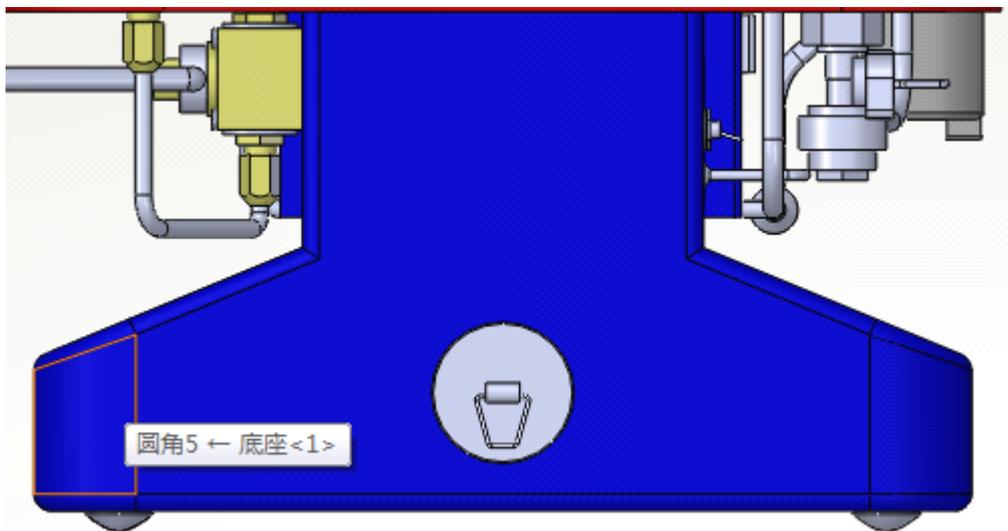


图 4-6 烟雾机底座的上色



图 4-7 烟雾机箱体两端的上色

### 4.3 背带的改良设计

由于小型背负式烟雾机的重量较重，操作人员长期背负工作会对肩部造成疲劳，因此，本文将背带的整体宽度加大，以减少烟雾机对操作人员产生的压强，并在压强集中的肩部特别加宽。除此以外，还在两根背带之间多加了一根收紧带，使烟雾机能够更好的与人体保持固定。如图 4-8 所示，烟雾机背带示意图。

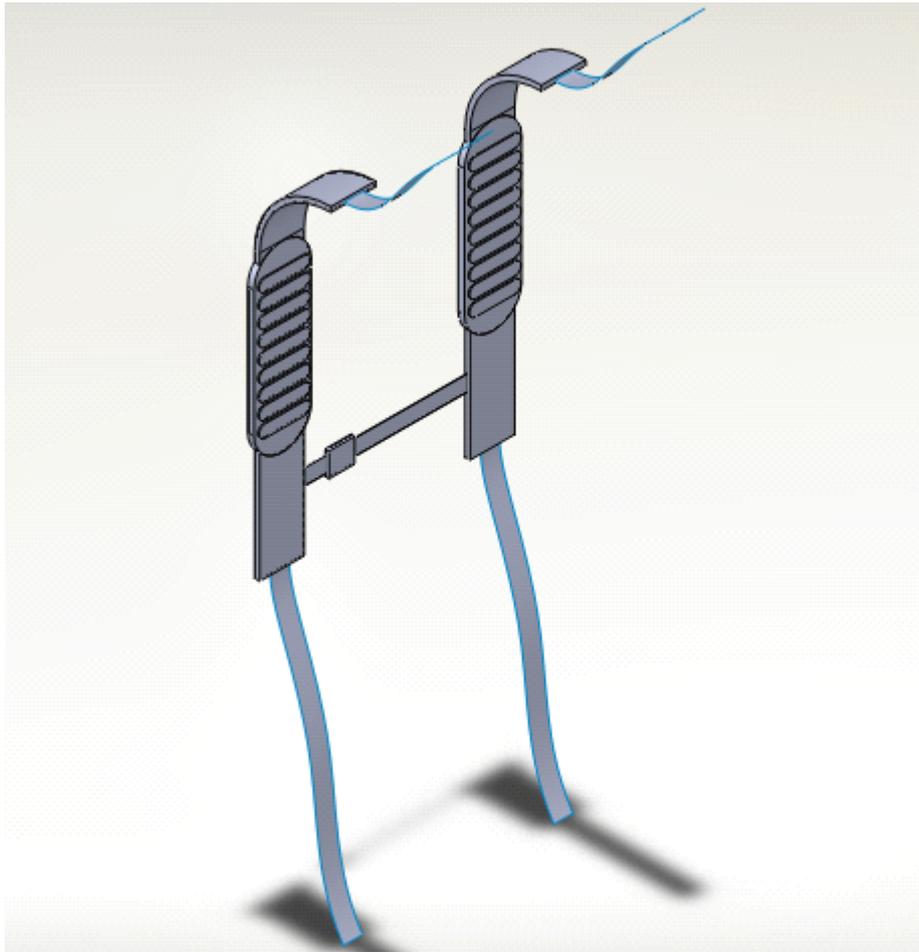


图 4-8 烟雾机背带

### 4.4 背负式烟雾机的噪声控制

#### 4.4.1 噪声产生的危害

噪声通常是指一切对人们生活和工作有妨碍的声音，或者说凡是使人烦恼的、讨厌的、不愉快的、不需要的声音都叫噪声。噪声不但由声音的物理性质决定，而且与人们的心理状态有关。例如，同样的音乐在人休息时播放可以使人放松，但在人聚精会神思考时播放会使人注意力分散，成为噪声。

噪声对作业者的影响主要有两方面：听觉的影响、生理作用的影响和心理的影响。

噪声对听觉的影响：

(1) 听觉的疲劳：在噪声作用下，人的听觉敏感性降低，听觉变得迟钝，表现为听阈提高，当离开噪声环境几分钟后又可恢复，这种现象成为听觉适应。听觉适应有一定的限度，在噪声长期作用下，听力减弱，听觉敏感进一步降低，听阈提高 15dB 以上，离开噪声后需要较长的时间才能恢复，这种现象称为听觉疲劳，属于病理前状态。

(2) 噪声性耳聋：噪声对人的听觉损害是一个积累过程，每次噪声只引起短时间的听力损失，但若经常发生短时间的听力损失，就会导致永久性的听觉丧失，称为噪声性耳聋。长期在噪声环境下工作产生的听觉疲劳不能及时恢复，出现永久听阈唯一并超过一定限度时，将导致噪声性耳聋。

(3) 爆发性耳聋：听觉器官遭受巨大声压而伴有强烈的冲击波作用时，鼓膜内外产生较大的压差，会导致鼓膜破裂，双耳完全失听。

噪声的生理作用：受噪声的影响，消化系统会抑制胃运动和减少唾液的分泌量，循环系统会使血压升高、心率加快、皮下血管收缩，呼吸系统会加快呼吸和减少呼吸量，物质代谢系统增加血糖等。当噪声强度达到 70dB 以上时，会使人注意力分散、思维能力降低、动作的敏捷性减退、作业效率降低。噪声强度超过 90dB 及长时间受其影响下，将会使机体遭受更严重的损伤。

噪声对心理的影响：噪声对人的情绪影响很大，其主要表现是烦恼、焦急、讨厌、生气等各种不愉快的情绪。噪声越强，引起不愉快情绪的可能性越大。高调噪声比响度相等的低调噪声更为恼人：间断、脉冲和连续的混合噪声会使人产生较大的烦恼情绪；脉冲噪声比连续噪声的影响更大，且响度越大影响越大。

噪声对作业的影响主要表现在噪声对信息传递的影响和对工效的影响。

噪声对信息传递的影响：噪声对听觉信号具有掩蔽作用。由于掩蔽效应，往往使人不易察觉或不易分辨一些听觉信号。噪声对语言的掩蔽不仅使听阈提高，也对语言的清晰度有影响。因此，噪声对作业效率是比带来消极影响，而且容易造成事故。

噪声对工效的影响：噪声对体力作业的影响极小，但对人的思维活动和需要

集中精力的活动干扰极大。在嘈杂的环境里，人们会心情烦躁、工作容易疲劳、反应迟钝、注意力不容易集中等，这些都直接影响工作效率、质量、和安全，尤其是对一些非重复性的劳动影响更为明显。值得注意的是，声音过小也会成为问题。在一个寂静无声的房间里工作，心理会产生一种恐惧的感觉，使人痛苦，这也必然会影响工作。

#### 4.4.2 背负式烟雾机产生噪声的原因分析

脉冲喷气发动机的噪声主要为空气动力性噪声，包括燃烧噪声、排气噪声及进气噪声。

燃烧噪声：脉冲喷气发动机是利用燃烧室内强烈的气流脉动工作的，是脉动燃烧技术的具体应用，其燃烧噪声是不可避免的。

排气噪声：脉冲喷气发动机是依靠本身的结构所构成的声学条件和供油所提供的加热条件共同耦合形成的自激自吸的脉动燃烧过程工作的，因此，任何结构参数的改变均可能影响脉冲喷气发动机的工作条件，使其不能正常工作，特别是燃烧室体积、尾管截面积、尾管长度等参数，与发动机的工作性能关系极为密切，不能轻易改变。此外，脉冲式热烟雾机通过脉动燃烧产生的高温高速热燃气使药液蒸发气化并从喷管尾部喷出，不能轻易通过改变燃烧器尾管的形状及加装排气消声器来控制排气噪声，以免影响发动机的工作性能或影响其内气流的速度从而破坏整个设备的工作性能。

进气噪声：经过分析，可以通过控制脉冲发动机进气噪声来降低其整体噪声，虽然在进气口采取降噪措施也在一定程度上改变了发动机的结构参数，但对其工作性能的影响要比控制排气噪声所采取的措施产生的影响要小，因此，力争在保证脉动燃烧器及整个设备工作性能的基础上，尽可能的控制进气噪声，从而达到脉冲喷气发动机总体性能的最优组合。

#### 4.4.3 降噪措施分析

小型背负式烟雾机工作时产生的噪声主要有机械噪声和脉冲喷气式发动机的空气动力性噪声。降低机械噪声的可行措施是减少机器零部件之间的机械摩擦；加强设备的维修；提高零部件的制造精度和装配精度；加强润滑和石棉网；通过隔振、阻尼降低振动等。

除了上述的物理降噪措施外，还可以对烟雾机的进气噪声进行控制，最常用

且比较经济简便的方法是加消声器。

消声器类型的选择：脉冲喷气发动机为空气动力性机械，且为小型机器，选距离进气口轴向30cm处为进气噪声测点。利用基于Labview平台开发的声卡采集软件对该测点处的噪声进行初步频谱分析，噪声频谱如图4-9所示，其在88、176、264、352、440、528、704Hz处有峰值，峰值频率主要集中在基频88Hz及其谐频上。进气噪声在中低频范围内，选用抗性消声器中的扩张室消声器。由于所研究的脉冲发动机结构较小，选用单节扩张室消声器，采用内插管的方法来改善其性能。

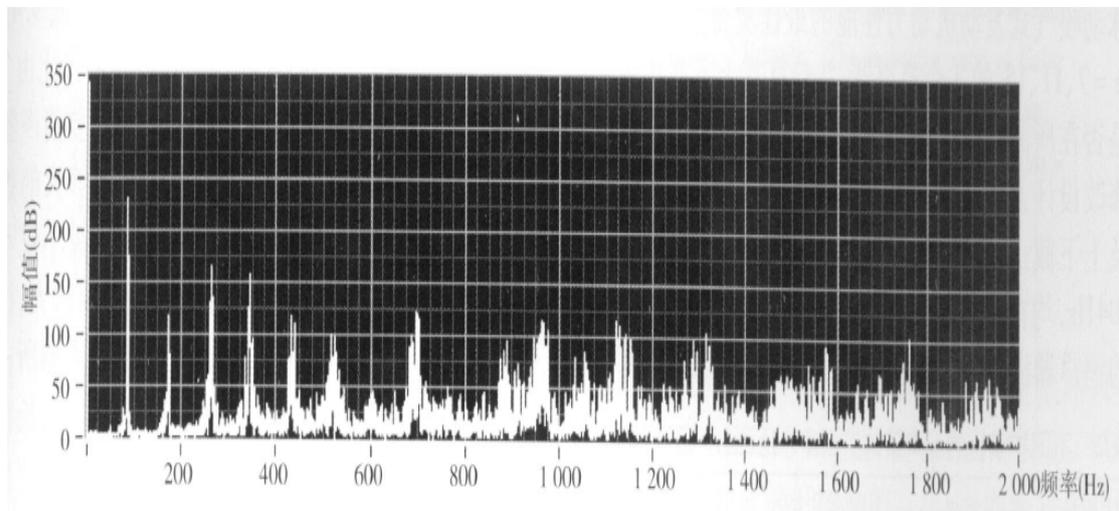


图4-9 脉动发动机进气口噪声频谱

消声器安装位置的选择：消声器的安装位置对消声效果是有影响的。我们主要对进气噪声进行控制，消声器也是针对进气口的频谱特性进行设计的，因此，拟将消声器安装在进气口处，通过法兰与特制的化油器相联接<sup>[6]</sup>。

消声器的设计：扩张室长度 根据前面的频谱分析得到的几个峰值频率，分别算出以其作为最大消声频率的消声器的扩张室长度，所得结果列于表1中。由表1可以看出，根据各峰值频率计算所得的扩张室的长度很大，有的甚至快要达到发动机总的长度，同时扩张比  $m$  至少取5及以上，因此消声器的重量将大于脉冲发动机的重量，如应用于便携式设备上显然是不合适的。综上，取根据704Hz所得到的扩张室的长度122 mm，并进行进一步的设计。

表1 最大消声频率及其对应消声器的扩张室长度

最大消声 频率 (Hz)	对应消声器的 扩张室长度 (mm)
88	997
176	491
264	331
352	246
440	195
528	164
704	122

**插入管内径及长度** 为了不影响脉冲喷气发动机的动力性能，同时又能取得尽可能小的消声器的结构尺寸，安装在进气口的消声器的主截面管的面积为原来进气口面积的 1.5-2 倍即可。取插入管内径为  $d=13.5\text{mm}$ 。理论上，在单节扩张室消声器一端插入长度等于  $1$  的  $1/2$  倍的内接管，另一端插入长度等于  $1$  的  $1/4$  倍的内接管，能够达到改善其消声性能的目的。但实际应用时，插入管长度可比计算长度减少  $(0.3-0.4)d$ ， $d$  为插入管的内径。因此，两端插入管长度分别为  $47.0\text{mm}$  和  $16.5\text{mm}$ 。

**扩张比** 根据最大消声量与扩张比的关系，理论上，最大消声量达到  $11\sim 12$  分贝，扩张比约对应为  $7-8$ ，考虑到实际上较难达到最大消声量，且实际应用中，在允许范围内，应尽量选用较大的扩张比，一般取  $9 < m < 16$ ，通道直径小时，可取  $m < 9$ ，但不宜大于  $20$ ；若通道直径较大时，可取  $m < 9$ ，但不应小于  $5$ 。为了找到消声器的结构及消声性能与脉动喷气式发动机动力性能的最佳契合点，设计了  $m=7、11、15$  的 3 个消声器，并验算其上下截止频率是否在所需要的消声频率范围内，如不符合则重新修改设计方案。不同扩张比的消声器的扩张室外径及上下截止频率如表 2 所示。所需的消声频率，即  $704\text{Hz}$ ，均在它们的上下截止频率内，因此，所设计的消声器满足要求。

表2 不同扩张比的消声器的扩张室外径及上下截止频率

扩张比 (m)	扩张室外径 $d_2$ (mm)	上限截止频率 $f_{上}$ (Hz)	下限截止频率 $f_{下}$ (Hz)
7	93	4512.7	353.3
11	116	3617.9	275.1
15	136	3085.9	231.5

此外，为了安装的方便，将一边的连接管由柱形变为锥形，从而保持进气的通畅，便于与特制的化油器盖相连。所设计的消声器如图4-10所示。

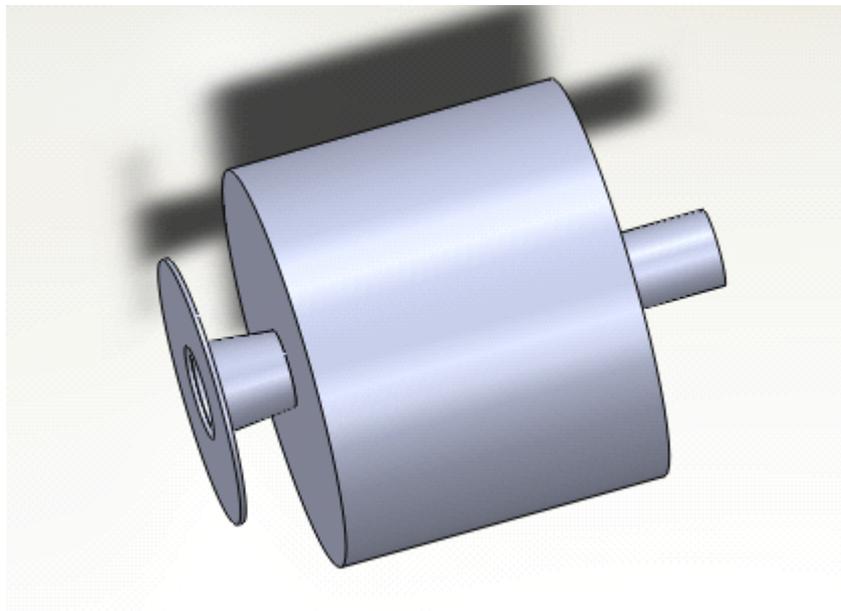


图4-10 消声器

#### 4.5本章小结

本章主要对小型背负式烟雾机作出了一些改良设计。在打气筒手柄的改良设计中主要对手柄的长度、高度、倾斜角度、手握直径和接触面积做出了优化设计；随后，对烟雾机的上色搭配进行分析，选择了合理的色彩搭配方案；接着烟雾机的背带进行了改良，通过增加背带的宽度和局部的厚度，使其在工作环境中让人感到更加舒适；最后对烟雾机的噪声防治提出了合理可行的措施。

## 5 主要研究结论及展望

### 5.1 主要研究结论

小型烟雾机结构简单、重量轻、操作容易，效率高、用药省，防治成本低，具有广阔的应用前景。本文主要研究工作可以概括为以下几点：

(1) 通过从背负式主要参数、性能特点、外观造型分析三个方面，对背负式烟雾机做出了整体分析，并详细地介绍了背负式烟雾机的组成和工作原理。

(2) 对烟雾机的各个主要组成部分进行了设计，包括燃烧系统、冷却系统、供油系统、起动系统和供药系统。

(3) 对烟雾机的个别部分作出改良设计，主要包括打气筒手柄的改良设计，背带的改良设计、烟雾机颜色搭配的选用以及烟雾机噪声的防治措施。

### 5.2 展望

脉冲式烟雾机目前存在的主要问题有：1、难启动。2、烟雾机系列机型的喷火问题。3、工作不稳定；4、非正常熄火（可靠性）。4、机器工作时温度过高。5、燃烧室寿命短。今后烟雾机的设计可以从这几个方面作出改进。

我们相信，通过对小型背负式烟雾机大胆地设想与设计，其将会得到不断地改进和完善。小型便携式烟雾机的研制有利于推动烟雾机的广泛应用，对我国植保机械发展和森林病虫害防治技术具有重大意义。因此，便携背负式烟雾机的研究具有重要意义。

## 参考文献

- [1] 叶建仁, 中国森林病虫害防治现状与展望[J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(6):1~6
- [2] 唐先军., 烟雾机性能参数虚拟测试系统及网络化设计[D]. 南京林业大学硕士论文, 2007
- [3] 邱景, 烟雾机喷管出口结构参数对性能影响的研究[D]. 南京林业大学硕士论文, 1999
- [4] 周宏平, 森林病虫害烟雾载药防治设备研究[J]. 林业科技开发, 2002, 16(3):16
- [5] 耿爱军, 李法德, 李陆星. 国内外植保机械及植保技术研究现状[J]. 农机化研究, 2007, (4):189~191
- [6] 杜治平, 脉动喷气式发动机进气噪声控制技术研究[D]. 南京林业大学硕士论文, 2007
- [7] 周宏平, 烟雾机燃烧室一喷管性能及参数的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 1995
- [8] 周宏平, 郑加强, 许林云, 我国卫生杀虫用热烟雾机研究进展[J]. 中华卫生杀虫药械, 2005, 11(2):83~85
- [9] 张慧春, 周宏平, 郑加强, 胡晓亮, 烟雾机性能参数虚拟测试系统及网络化设计[J]. 林业机械与木工设备, 2003, 31(9): 12-14
- [10] 周宏平, 郑加强, 邱景, 崔业民, 锥形喷管出口结构对热烟雾机动力性能的影响[J]. 农业机械学报, 2002, 33(1):43~46
- [11] 张宗林, 陈岩, 王强, 宿乐勋. 烟雾机的应用及其发动机结构工作原理[J]. 山东内燃机. 2001
- [12] 周宏平, 姜志宽. 烟雾机研究与发展[J], 卫生杀虫药械, 1999
- [13] 马国荣, 国内外烟雾机技术概况[A]. 浙江林业科技, 1992
- [14] 弋晓康, 我国植保机械的现状与发展趋势探讨[J]. 农机化研究. 2007
- [15] 高燕秋, 涂桥安, 周宏平. 用现代工业设计思想指导新型烟雾机的研制[R]. 林业机械与木工设备. 1996
- [16] 程祥之, 脉冲式烟雾机的构造和工作原理[A]. 南京林业大学. 1996
- [17] 王乃康, 茅也冰, 赵平. 现代园林机械[A]. 中国林业出版社. 2011
- [18] 吕杰锋, 陈建新, 徐进波. 人机工程学[A]. 清华大学出版社. 2009
- [19] 王荣., 植保机械学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1990
- [20] 郑加强, 周宏平, 徐幼林. 农药精确使用技术[M]. 北京: 科学出版社, 2006

- [21] 龚淮义, 机械设计课程指导书[A]. 高等教育出版社, 1990
- [22] 濮良贵, 纪名刚, 机械设计[A]. 高等教育出版社, 2006
- [23] 成大先, 机械设计手册第五版[A]. 化学工业出版社. 2011
- [24] Xu Linyun; Zhou Hongping; Xu Youlin. Gas-flow fluctuation velocity within exhaust tube of pulse-jet engine. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering 2007, 23(6):114~119
- [25] Sven-Inge Möller, Annika Lindholm. Theoretical and Experimental Investigation of the Operating Characteristics of a Helmholtz Type Pulse Combustor due to Changes in the Inlet Geometry. Combustion Science and Technology. 01 December 1999.

## 附录：

图纸表

图纸名称	张数	图纸类型
小型手提背负式烟雾机总装图	1	0号
小型手提背负式烟雾机效果图	1	2号
挡板	1	2号
化油器体	1	2号
网罩	1	2号
打气筒手柄	1	3号
打气筒支撑架	1	3号
燃烧室-喷管	1	3号
浮子室	1	3号
化油器挡板	1	3号
化油器法兰	1	3号
化油器盖	1	3号
化油器壳一	1	3号
上托盘	1	3号
下托盘	1	3号