

约翰·迪尔拖拉机
新技术资料

下册

农垦部生产局编印

内 容 提 要

废气涡轮增压在我国的拖拉机技术中尚未正式采用。对于广大的农机技术工人来说是一项新的技术。本书根据此情况，将从增压的概念和目的谈起，然后说明废气涡轮增压的工作原理及其构造，并根据增压后发动机上产生的问题说明增压发动机采取的相应措施和使用上应注意的问题。说明中具体结构和数据都以约翰迪尔拖拉机的废气涡轮增压为例。并说明其具体的拆装过程。

本书供广大农机战线的技术工人和干部作为普及资料用，也可供有关专业的学生作为教学参考用。

目 录

第三部分 约翰—迪尔拖拉机发动机的废气涡轮增压

前 言

第一章 柴油机增压的一般概念

- 一、提高柴油机功率的方法..... 3—1
- 二、常见的增压系统..... 3—3
- 三、废气涡轮增压系统的基本形式..... 3—5
- 四、废气涡轮增压器的基本工作原理..... 3—6

第二章 压气机特性及柴油机和增压器的配合

- 一、表征压气机性能的基本参数..... 3—10
- 二、压气机特性..... 3—11
- 三、柴油机和废气涡轮增压器的配合概述..... 3—12

第三章 废气涡轮增压器的结构及其拆装

- 一、概述..... 3—14
- 二、涡轮增压器的结构..... 3—14
- 三、爱雷塞 (AIRESEARCH) T—O4B涡轮增压器的拆装..... 3—19
- 四、舒怀泽 (SCHWITZER) 3LM涡轮增压器的拆装..... 3—27

第四章 增压对柴油机工作和结构的影响以及采取的措施

- 一、控制最高爆发压力增长的措施..... 3—35
- 二、控制热负荷增长的措施..... 3—35
- 三、热负荷和机械负荷增长后发动机结构上采取的措施..... 3—35
- 四、改进工况适应性采取的措施..... 3—36

第五章 增压器的故障排除和使用注意

- 一、增压器的故障排除..... 3—40
- 二、增压器使用注意事项..... 3—41

第四部分 约翰—迪尔拖拉机的电气设备

导 言

第一章 电气线路和设备配置概要

- 一、电气线路图..... 4—21
- 二、电气设备的配置..... 4—7
- 三、电气设备性能数据..... 4—9
- 四、保险器、驾驶室继电器和钥匙门开关..... 4—11

第二章 电源电路

- 一、概述..... 4—13
- 二、晶体管整流式交流发电机和调节器的构造和工作..... 4—13
- 三、预防措施..... 4—18
- 四、测试和诊断..... 4—18
- 五、发电机内部的检查..... 4—21

第三章 起动电路

- 一、概述..... 4—25
- 二、起动机的工作..... 4—25
- 三、故障及诊断..... 4—29
- 四、电路测试..... 4—30
- 五、起动机检查和测试..... 4—31

第四章 照明电路

- 一、泛光灯..... 4—37
- 二、头灯和尾灯..... 4—41

| | |
|---------------------|------|
| 三、警戒灯和转向信号灯····· | 4—41 |
| 四、照明开关····· | 4—42 |
| 五、仪表灯、指示灯和操纵台灯····· | 4—42 |
| 六、棚灯····· | 4—42 |

第五章 仪表和附属装置电路

| | |
|----------------|------|
| 一、仪表盘电路····· | 4—43 |
| 二、附属装置····· | 4—47 |
| 1. 起动辅助电路····· | 4—47 |
| 2. 喇叭····· | 4—47 |
| 3. 收音机····· | 4—48 |
| 4. 雨刷····· | 4—49 |
| 5. 风扇····· | 4—52 |
| 6. 附加电气设备····· | 4—55 |

第六章 静液压前轮驱动电气控制电路

| | |
|-------------------|------|
| 一、控制电路的配置和工作····· | 4—56 |
| 二、电路测试····· | 4—58 |

| | |
|---------|------|
| 附录····· | 4—61 |
|---------|------|

第三部分

约翰—迪尔拖拉机发动机的 废气涡轮增压

前 言

从拖拉机的发展过程来看，由于耕作上宽幅作业和联合作业的采用，加上拖拉机本身操纵和附属设备所需消耗的增加，无论何种型式拖拉机在不同程度上都有功率增长的趋势。但功率增大尚需在不影响其经济性和不增大其体积的条件下进行。拖拉机发动机发展的实践证明，采用废气涡轮增压是提高柴油机功率和经济性，降低单位马力材料消耗的最有效的措施之一。所以增压技术在柴油机上，特别在大中型柴油机上得到了广泛的采用和发展。

这次我国引进的约翰迪尔拖拉机发动机上也广泛的应用了废气涡轮增压技术。这项技术在国外已进行了几轮改进，目前已趋成熟阶段。在我国则尚处于萌芽状态，对于广大农机战线的机务工作者来说尚是一项陌生的新技术。新技术必然有新特点和新矛盾，不掌握这些，作为使用者来说就不能掌握其工作规律和要求，就不易按要求用好。为此本书从增压的基本概念、工作原理、结构概要、对发动机工作的影响一直到使用上应注意的问题加以通俗的说明，以普及这方面的知识。

编写中大部分采用国内有关资料并参阅约翰迪尔拖拉机的具体资料。由于编写者水平有限，不妥之处在所难免，请同志们提出宝贵意见。

第一章 柴油机增压的一般概念

众所周知，柴油机由于其热效率高，适应性强等特点，因此在目前的拖拉机动力装置中占据压倒优势的地位。

为了进一步提高和强化柴油机的工作，以适应拖拉机发展的需要，近十余年来，小型的废气涡轮增压器已获得了广泛的采用，并取得了显著的成效。

增压的目的何在？有那几种增压的方法？废气涡轮增压的工作原理是什么？这些将在本章中加以叙述以便对柴油机增压有一个一般性了解。

一、提高柴油机功率的方法

要提高柴油机的功率首先要搞清楚有那些因素影响发动机的功率这可以从功率的计算公式中看到。

发动机的功率（马力）为：

$$N_e = \frac{P_e V_h n i}{225 \tau} \text{ 马力}$$

| | |
|----------------------------|------------------------|
| 式中：N _e —发动机的功率 | 马力 |
| P _e —发动机的平均有效压力 | 公斤/厘米 ² |
| V _h —每个气缸的工作容积 | 升 |
| n—发动机转数 | 转/分 |
| i—发动机气缸数 | |
| τ—冲程系数 | 四冲程 τ = 4 二冲程 τ = 2 |

从公式中可以看到，提高发动机功率的方法有：增加气缸工作容积（增大气缸直径或加长活塞行程）；提高发动机的转速；增多气缸数；采用二冲程和提高平均有效压力。这些措施。在目前拖拉机发动机的功率提高中都有采用。表1列出了约翰迪尔公司几种典型拖拉机的有关参数。可以看出也采用了这些措施。但每一措施受到的限制及其有效程度是各不相同的，下面我们加以逐一讨论。

增加气缸的工作容积：这可以用增大缸径和行程的方程来获得，如表1中3030型变为4040型和4040型变为4240型都是采用这种方法。这种方法会使发动机的尺寸和重量相应地增加，而且过分增大缸径会使受热部件（特别是活塞）热负荷和热应力的增加。因此这

表 1

| 拖拉机型号 | 气缸数 | 气缸直径 毫米 | 活塞行程 毫米 | 工作容积 升 | 额定转速 转/分 | 增压情况 | 飞轮功率 美制马力 |
|-------|-----|------------|------------|-----------|-------------|------|--------------|
| 2030 | 4 | 102 | 110 | 3595 | 2500 | / | 71 |
| 3030 | 6 | 102 | 110 | 5390 | 2500 | / | 94 |
| 4040 | 6 | 107.9 | 120.7 | 6600 | 2200 | / | 111 |
| 4240 | 6 | 115.8 | 120.7 | 7636 | 2200 | / | 128 |
| 4440 | 6 | 115.8 | 120.7 | 7636 | 2200 | 低增压 | 159 |
| 4640 | 6 | 115.8 | 120.7 | 7636 | 2200 | 中增压 | 116 |
| 4840 | 6 | 115.8 | 120.7 | 7636 | 2200 | 高增压 | 216 |
| 8630 | 6 | 130.8 | 127.0 | 10142 | 2100 | 中增压 | 275 |

只能在一定范围内增加，特别在大功率柴油机上受到更多的限制。

增加气缸数：这也是常采用的一种方法，例如表 1 中 2030 型变作 3030 型时由 4 缸变为 6 缸。但是缸数过多，不仅带来制造、修理、使用上的困难，而且在拖拉机上也将受到几何尺寸的限制。目前在拖拉机上一一般采用四缸发动机，在大功率拖拉机上则采用六缸发动机，其他更多缸数的发动机则很少采用。

采用二冲程：二冲程发动机可以在相同转速的情况下比四冲程发动机增加爆发次数而获得功率的增加。这是一种有效的增加功率的方法。但限于其经济性的降低和热负荷的增加，仅在大功率船用或固定式发动机上采用，拖拉机发动机很少采用这种方法来提高功率。

提高转速：这也是一种比较有效的方法。但对柴油机来说，因部件尺寸较大会产生过大的惯性力，影响柴油机的使用寿命；加之柴油机混合气形成时间短促本身已是一弱点，若转速更形提高将会严重影响混合气形成和燃烧。这对柴油机来说，受到了一个很受到大的限制。目前在汽车拖拉机的柴油机上，一般转速在 2200 转/分以下。

提高平均有效压力：这可以从二方面下手一是提高发动机的机械效率，这可以从改善润滑、减少摩擦和减少附属设备功率消耗上下手。但这是有限而比较困难的。另一方面是改善混合气形成和燃烧过程提高平均指示压力。这也是目前柴油机发展中重要课题之一，但要大幅度增加功率，单纯依靠这种办法是不行的。例如，我国的东方红—54 的 54 马力柴油机当它基本尺寸不变而把马力提高到 75 马力，即采用了提高转速（由 1300 转/分提高到 1500 转/分）和改进燃烧方法提高平均指示压力的方法。但必竟提高有限。

我们知道，若要大幅度提高功率就必须在同样的气缸中多烧燃油，也就是可以增加喷油量，但这必须有一个条件，就是要保证供给足量的空气以使燃烧充分。否则，燃烧恶化，经济性下降，得不到应有的效果。具体的说就是采用增压的方法，也即在增加喷油量同时，采取措施增加进入气缸的空气量。在气缸容积不变的条件下，想增加气缸的

充气量，就必需增加进气密度。进气密度与进气的压力和温度有关。当压力增高，温度降低时都能使进气的密度增加。若采用增加进气压力的方法，即“增压”法。对于某些高增压的发动机还采用中间冷却的方法来降温，从而进一步增加了充气量。

简单地说，用提高进气压力的方法，增加气缸内的充气量以保证燃烧更多的燃油，从而达到发动机功率的提高，这就是“增压”。

大量实践证明，在发动机无须作较大变动的情况下，增压是提高发动机功率的最有效方法。柴油机功率一般可提高50—100%甚至更多。表1中列出的约翰迪尔4240的发动机是不增压的，在相同尺寸的基础上经不同程度的增压就获得了不同功率的4440、4640和4840型拖拉机。发动机功率将由4240的128马力提高到4840的216马力。提高幅度达70%。

当然增压也给发动机带来了新的矛盾，也受到某些方面的限制。这随着科学技术的发展在各方面都有所进展，这将在本书较后的篇幅中加以讨论。总的说，采用“增压”是提高柴油机功率的一种有效方法。

发动机的增压程度可因要求而不同，一般用增压比来衡量。增压比

$$\pi_k = \frac{P_k}{P_a}$$

式中： P_k —增压后的增压压力

P_a —增压器前的压力（即当时大气压力）。

目前在汽车拖拉机的小型废气涡轮增压器的 π_k 已可达3.6。在4440拖拉机的6466T发动机上增压比 π_k 为2.0~2.1。

二、常见的增压系统

常见的增压系统，根据驱动增压器的能量来源分为以下几种：

1. 机械增压系统、如图2所示，增压器的压气机由发动机曲轴通过齿轮、皮带或链轮进行驱动。将空气压缩并输送给气缸。

机械增压系统由于发动机上要多一套传动装置，致使结构复杂；其次，尚需消耗一部份功率去驱动增压器，故使发动机的经济性下降。因此应用不广。

2. 涡轮增压系统、示意图如图1。图3为约翰迪尔4440拖拉机6466T发动机的涡轮增压系统实际配置图。在该系统中增压器与柴油机没有直接的机械联系。压气机1（图3中D）由柴油机的废气驱动的涡轮5（图3中D的左侧部分）直接带动。新鲜空气经空气滤清器滤清后进入压气机1并在其中增压后送入气缸。增压的能量来源于废

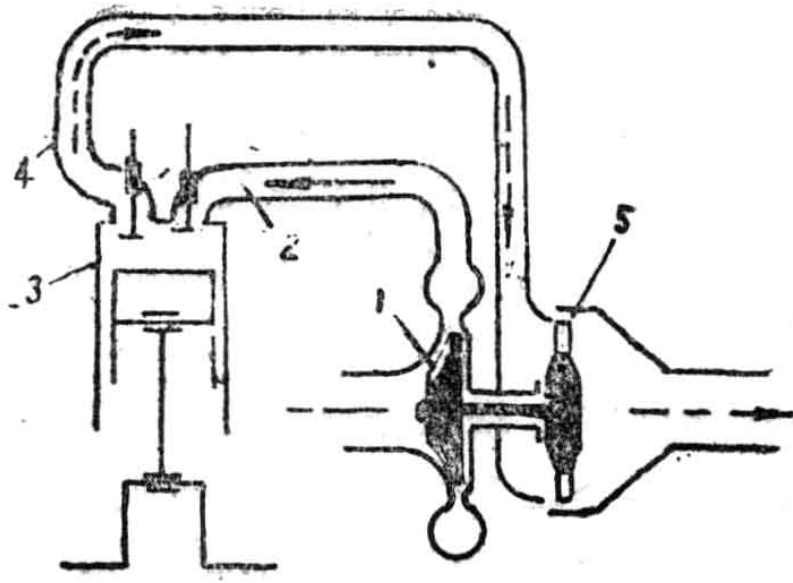


图1 涡轮增压系统示意图

1—压气机 2—进气管 3—气缸
4—排气管 5—废气涡轮

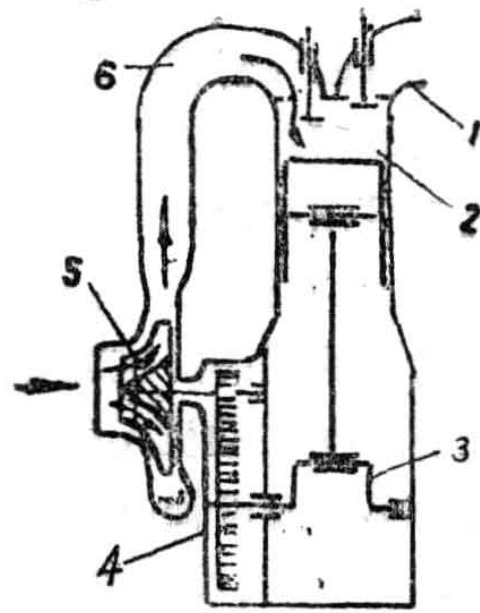


图2 机械增压系统示意图

1—排气管 2—气缸 3—曲轴
4—齿轮 5—压气机 6—进气管

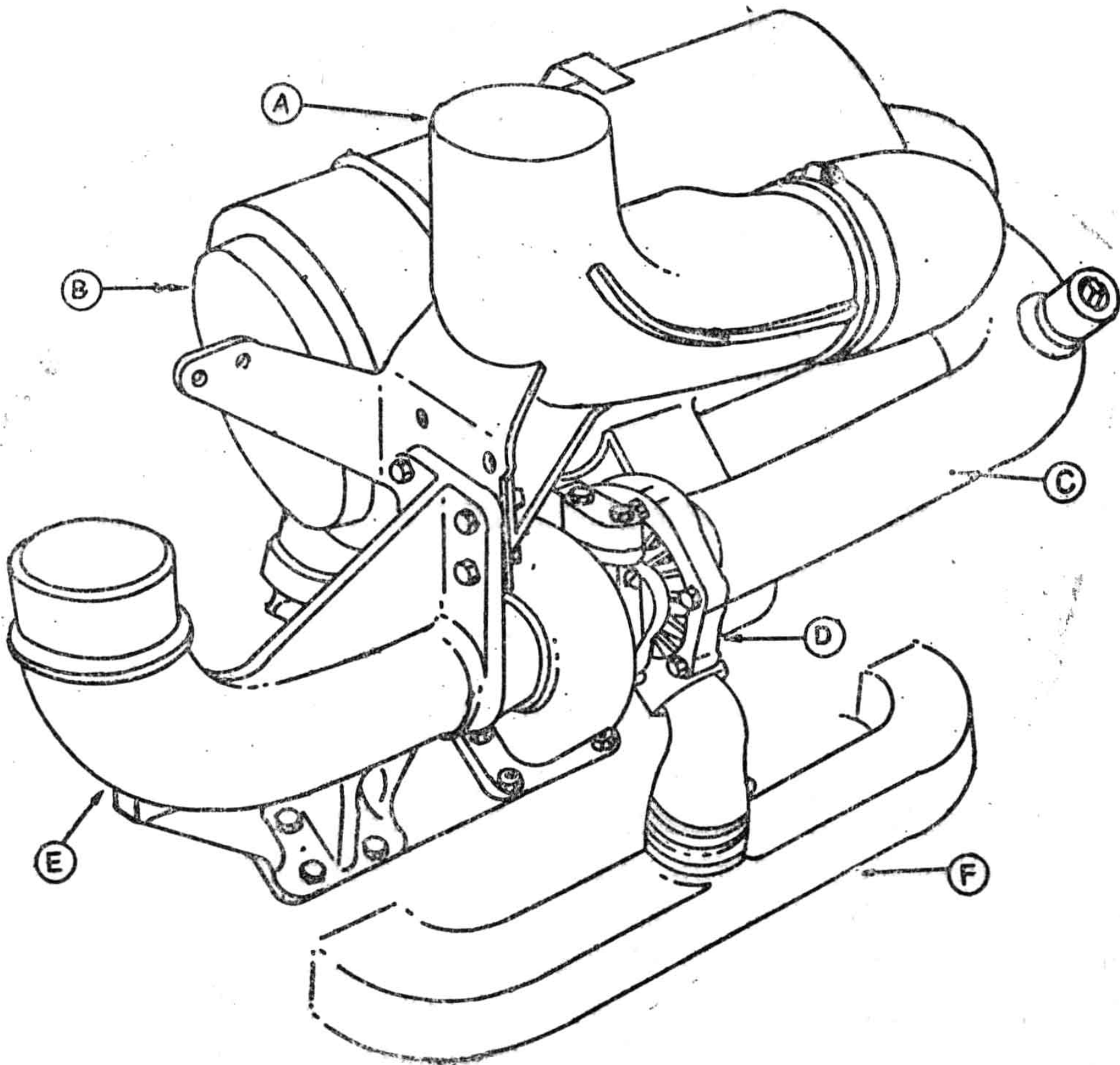


图3 6466T发动机的进气系统 (4440拖拉机)

A—空气进口管端 C—空气吸入管 E—排气管弯头
B—空气滤清器 D—涡轮增压器 F—进气歧管

气。在增压比较高时，压气机出口空气尚可让其通过中间冷却器冷却以降低增压空气温度，使其密度更形提高

这种系统的优点是：

- a. 不直接消耗柴油机有用功率，而是从废气中回收部分能量来实现增压；
- b. 由于进入气缸的新鲜空气是带压力的所以也改进了柴油机的换气效果；
- c. 由于增压后发动机有效功率的增长大于发动机摩擦功率的增长，故机械效率也有所提高；
- d. 综合上述各点，发动机的经济性也有所提高。

从能量有效利用的观点和涡轮增压系统结构紧凑，体积小使之成为增压中较为理想的方案。在大中型柴油机得到广泛的采用。

涡轮增压系统由于其能量来源于废气，如此，当发动机工况变动时，例如在低负荷或低转速时，涡轮获得的能量将减少。此时将使增压器不能获得足够的增压压力而产生不适应工况的情况。这将在以后的篇幅加以讨论。

3. 复合增压系统：为了弥补涡轮增压系统在起动、低速和低负荷时的增压压力不够，采用机械增压系统和涡轮增压系统的复合系统。这样一来结构就会复杂化，所以在拖拉机上就很少采用。

三、废气涡轮增压系统的基本形式

在废气涡轮增压系统中，根据其对废气能量利用的方式，一般又可把该系统分成二种不同的形式，即定压系统和脉冲系统。下面分别加以扼要的说明。

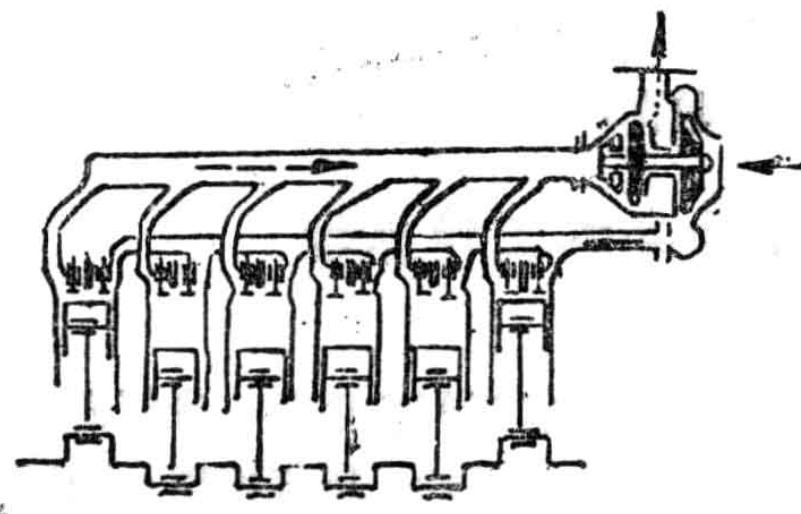


图4 定压式涡轮增压系统示意图

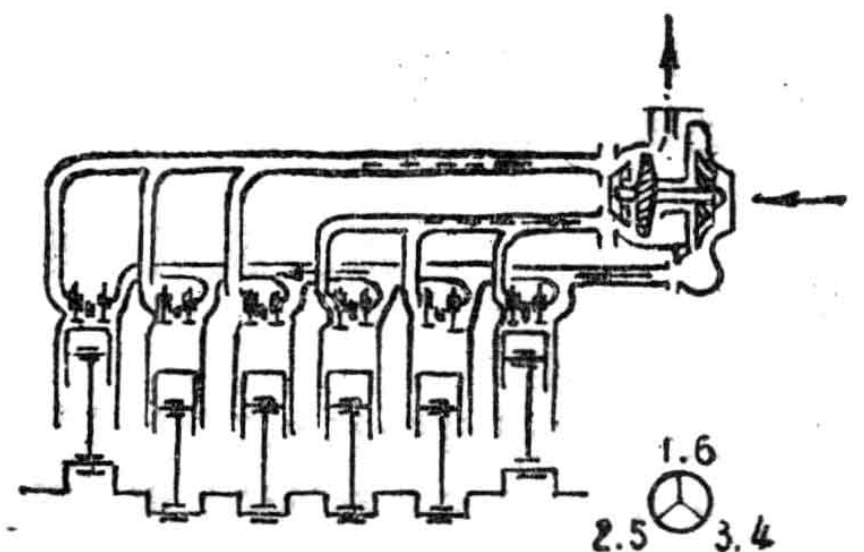


图5 脉冲式涡轮增压系统示意图

1. 定压系统：如图4所示，各缸的排气支管都接入一根容积较大的总管中。因此，脉动的废气进入总管后能迅速膨胀和扩散，使废气压力的脉动减小。这样，涡轮前的废气压力波动很小，废气涡轮基本上在进气压力稳定不变的情况下进行工作，涡轮工作比较稳定，涡轮的工作效率较高。

众所周知，排气过程的压力变化是具有脉冲性质的。在定压系统中，由于把各缸的排气都接入一容积较大的排气总管中，因此当排气阀打开时，高压、高速的废气进入容积较大的排气总管时会产生强烈的节流作用，形成涡流，废气的动能就不能充分地被利

用。所以定压系统仅利用了废气的定压能量。

2. 脉冲系统：如图5所示，该系统没有容积较大的排气总管，各缸排气支管按一定规律分成若干组与涡轮相连。排气支管容积较小，截面积几乎与排气阀最大流通面积相等。如此，当排气阀打开瞬时，支管内的节流作用较小。支管内的压力随即迅速上升，并随气缸中的压力变化而变化。此时，废涡轮一直处于脉冲压力下工作。所以这种气种系统更有效的利用了废气的能量。

为了利用废气的脉冲能量，在多缸发动机上就必须避免各缸间的干扰。所以排气支管必须按照一定的规则合理分组。原则是同一组中各缸的排气不互相重叠，避免互相干扰，破坏压力的脉冲。例如，若一六缸发动机其爆发顺序为1—5—3—6—2—4，则1、2、3缸连一根排气管，而4、5、6缸又连另一根排气管，如图5所示。至于排气支管的连结尚取决于缸数的多少，发火顺序以及工作循环的冲程数，原则是在排气管中各缸排气不发生干扰但尚需连续供给保证涡轮工作的稳定以提高其效率。

这种系统和定压系统对比，若在排气管平均压力相同的情况下由于其较充分的利用能量，因此可获得较大的涡轮功率。

其次，由于脉冲波波谷的存在，使排气管内背压较低，这有利于发动机的扫气过程使换气充分。

由于较充分的利用了废气的速度能量，改善了增压发动机对部分负荷和加速时的工况适应性。

但是，涡轮在脉动气流和部分进气状态下进行工作，涡轮效率较低。而且排气管的结构也将较定压式的为复杂。

试验表明，随着增压压力 P_k 的提高(高于2公斤/厘米²时)，脉冲能量在全部废气能量所占的比重将会迅速下降。因此高增压的发动机，一般趋向于采用定压系统。

约翰迪尔拖拉机的增压柴油机，由于其 P_k 都较高，故都是定压系统。

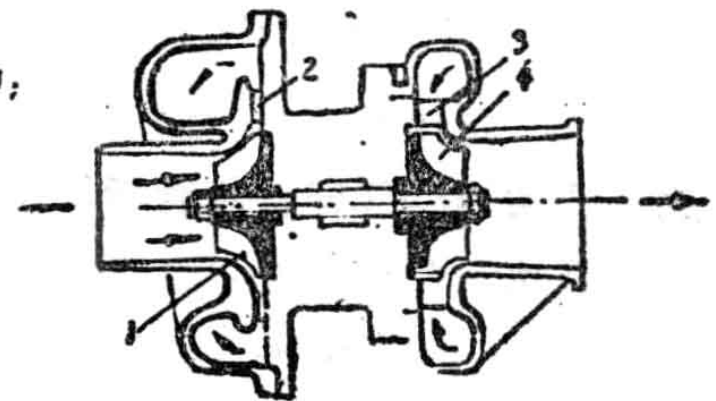
四、废气涡轮增压器的基本工作原理

1. 概述.

废气涡轮增压器都由二个部分组成：废气涡轮部分和压气机部分。废气涡轮是增压器的动力源，它利用柴油机的废气能量使涡轮旋转产生机械功。压气机则是增压器的增压元件。它接受涡轮传来的机械功使压气机叶轮旋转，压缩吸入的新鲜空气，使它的密度和压力提高后送入气缸，从而达到增压的目的。

废气涡轮增压器一般可以分成径流式和轴流式两种：

径流式一如图6所示，它由径流式涡轮和离心式压气机组成。柴油机的废气经涡轮外壳由喷咀环3吹动涡轮4时轮高速转动。废气在其中膨胀到接近大气压时，经排气口排出。涡轮经轴带动压气机叶轮转动，使通过



1—压气机叶轮 3—喷咀环
2—扩压器 4—涡轮叶轮
图6 径流式涡轮增压器

压气机叶轮 1 的压力的速度和增高。然后经扩压器 2 和压气机蜗壳将速度能基本都变为压力能，从而使进入发动机的空气预先加压。

径流式增压器体积小、结构简单。其特点是效率高、加速性能好。在小流量时，一般采用这种型式增压器。

径流式增压器主要参数范围如表 2。

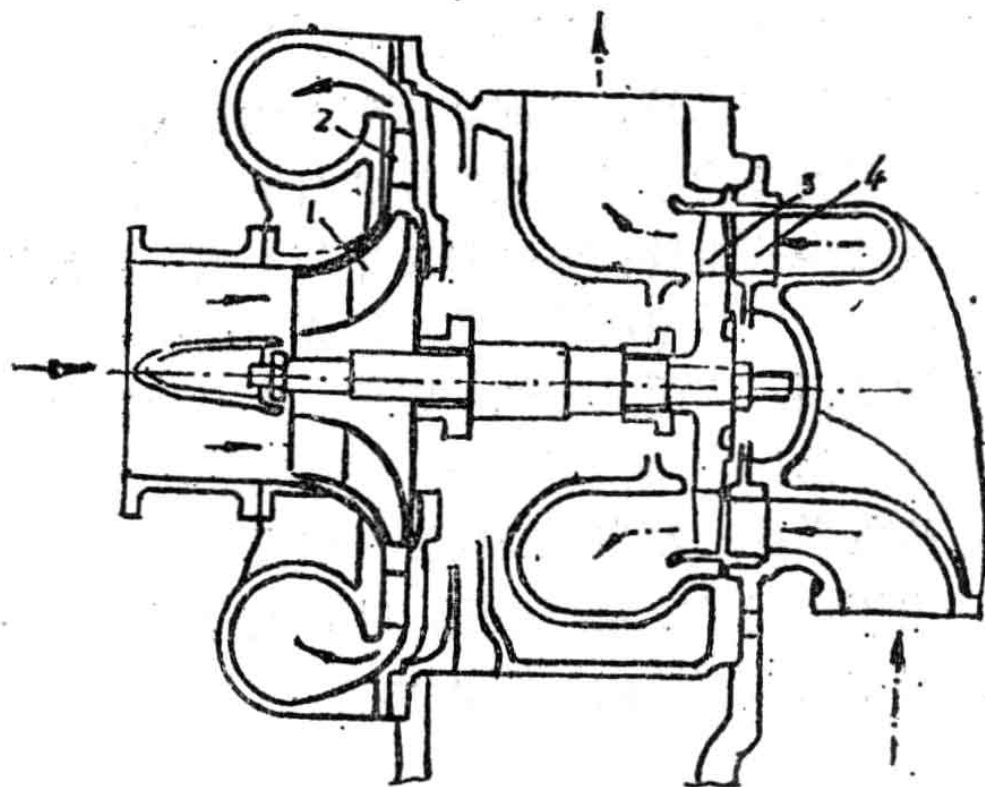
径流式涡轮增压器主要参数范围

表 2

| 叶轮直径 D_k 毫米 | 转速 n_{TK} 转/分 | 流量 G_k 公斤/秒 | 增压比 π_k | 涡轮进口温 度 t_r $^{\circ}C$ | 压气机效率 η_{adk} | 适用范围 (增压 前柴油机功率) 马力 |
|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 09~ 220 | 25000~ 130000 | 0.1~2 | 1.4~3.5 | 550~750 | 0.67~0.80 | 40~500 |

轴流式——如图 7 所示，增压器由轴流式涡轮和离心式压缩机组成。工作原理与径流式的相同，唯废气在涡轮中流动方向是轴向的。

这种型式的增压器特点是流量大、效率高、运用于较大型的柴油机。



轴流式涡轮增压器主要参数如 3 表

图 7 轴流式增压器

- 1—压气机叶轮 3—轴流式涡轮
2—扩压器 4—喷咀环

轴流式涡轮增压器主要参数范围

表 3

| 叶轮直径 D_k 毫米 | 转速 n_{TK} 转/分 | 流量 G_k 公斤/秒 | 增压比 π_k | 涡轮进口温 度 t_r $^{\circ}C$ | 压气机效率 η_{adk} | 适用范围 (增压 前柴油机功率) 马力 |
|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 220~1000 | 5000~ 35000 | 1.5~3.5 | = 3.5 | 500~700 | 0.75~0.85 | 300~10000 |

拖拉机上的柴油机的增压器，一般都采用径流式。下面的叙述都以此型为主。下面分别说明涡轮和压气机的工作原理。

2. 涡轮的工作原理

废气由柴油机的排气管排出，经涡轮壳进入喷咀环2（图8），然后冲向涡轮叶轮的叶片1，推动增压器轴旋转。废气最后从叶轮中心通过排气管排出。

废气进入喷咀环后，在一定方向弯曲和逐渐收缩的喷咀叶片组成的通道中进行膨胀，如图8所示。在喷咀环中压力降低，速度增高，废气的动能大大提高。简言之，就是将废气所具有的能量转变成为一定方向上的废气动能。

从喷咀环出来的高速气流，通过由叶轮叶片组成的弯曲和渐缩的通道，废气继续进行膨胀和加速，同时将废气的动能和压力能转变成为推动叶轮旋转的机械功。

叶轮中的能量转变过程又如何实现的呢？如8图所示，当来自喷咀环的高速废气冲向叶轮时，便被迫沿着弯曲通道改变流动方向。这时，由于离心力的作用，废气质点甩向叶片凹面，凹面处废气受压缩，压力升高。而凸面处则形成较低的压力。作用在叶片凹凸面上的压力差便形成一个使叶轮旋转的力矩，也可称之为“冲击力矩”。除此之外，废气尚在叶轮中沿径向流出也会对叶轮产生一反作用力矩推动叶轮旋转。

由于废气对叶轮的作用，叶轮上尚能产生一轴向推力。为了避免产生轴向窜动，在增压器中都设有轴向止推装置。

3. 压气机的工作原理。

新鲜空气由空气滤清器吸入，通过空气吸入管（图3中C）进入压气机，然后通过扩压器由压气机蜗壳输出。

经滤清的空气，直接由空气吸入管引入压气机叶轮。压气机叶轮的作用是将空气增压和加速。为了迎合气流进入方向，叶轮进口叶片略有弯曲。弯曲方向与叶轮旋转方向相同，如图9所示。当叶轮被同轴的涡轮带

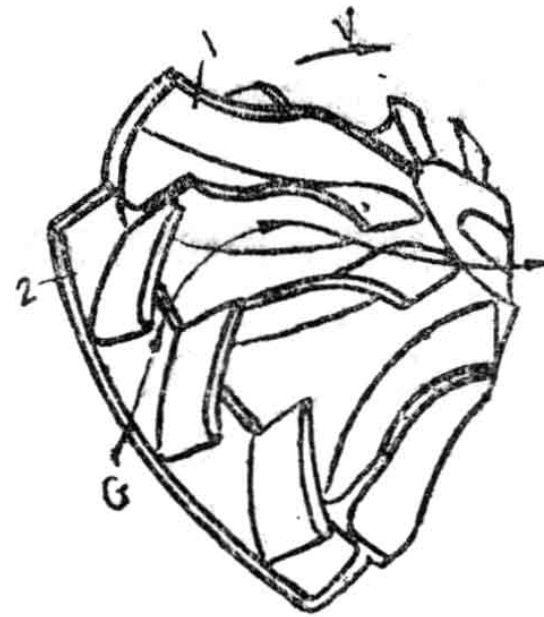


图8 废气在径流式涡轮中流动的情况
1—涡轮叶轮 2—喷咀环
G—废气流动方向 V—叶轮旋转方向

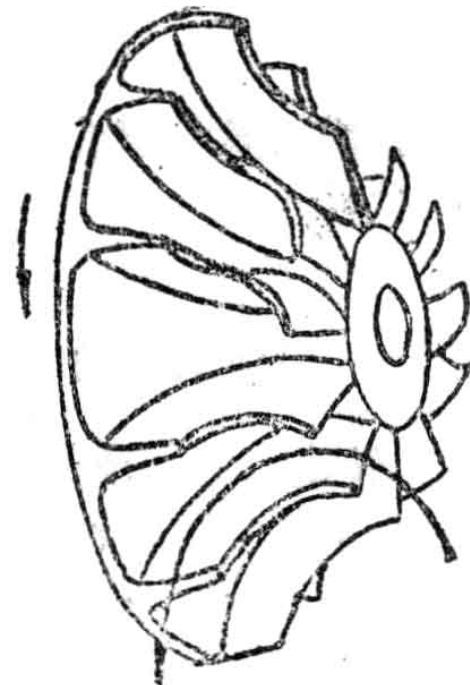


图9 压气机叶轮

动时，叶片通道内的空气顶点也被迫带着旋转，在离心力作用下，沿着通从进口流向出口（如图中箭头所示）。由于叶轮通道是渐扩的，加上由于离心力的作用，使空气压力不断提高，相对流速有所下降，但绝对流速还是增加的。由于空气被不断的从叶轮甩出，叶轮进口处就会出现一定的真空度，致使新鲜空气在大气压作用下不断地从空气滤清器进入压气机叶轮。

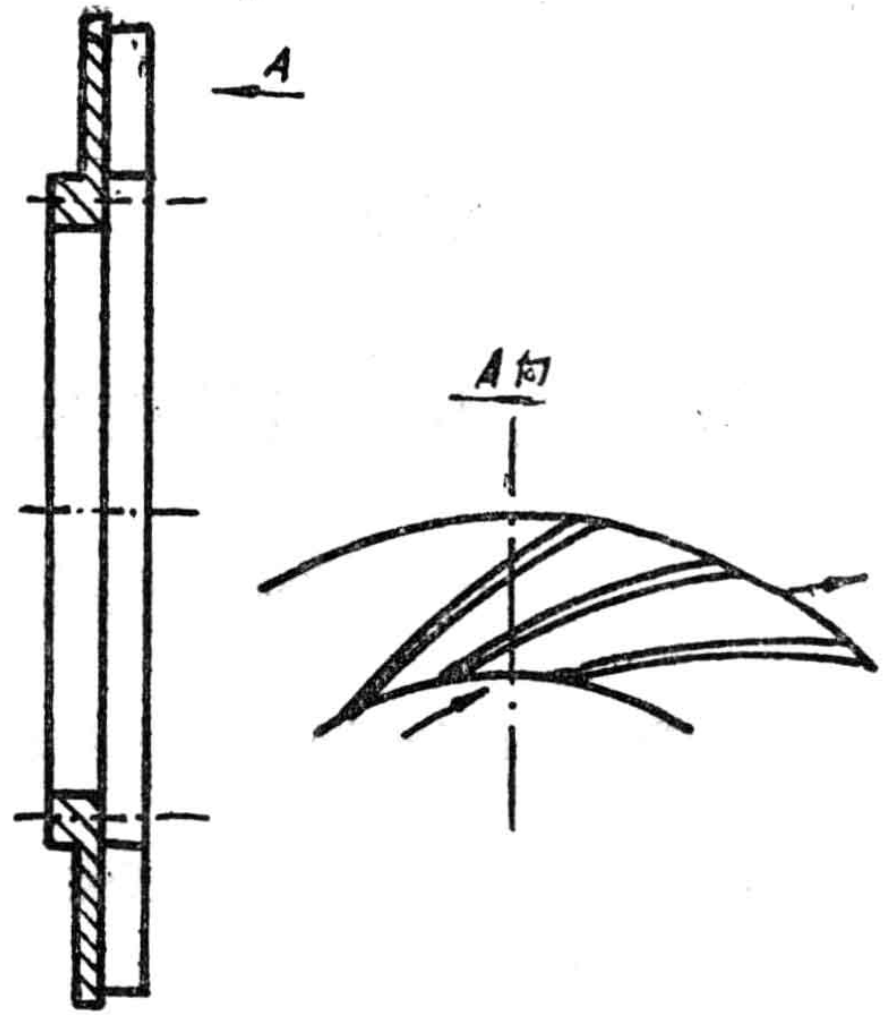


图10 压气机扩压器

从压气机叶轮流出的空气具有极高的动能。扩压器（图6中2）的作用就是要把这部分动能部份地转变成压力能。扩压器的出口截面比进口大，如图所示，使空气在扩压器中流速逐渐降低而压力逐渐增高。

从扩压器出来的空气最后集中到蜗壳内，并由此输到发动机吸气歧管或到中间冷却器去。在这个过程中尚有一部分空气的动能转化为压力能。综合上述，把空气在压缩过程中通路上的状态参数变化情况示意于图11上， C_a 、 T_a 、和 P_a 分别为进气道入口的流速、温度和压力。由于压气机叶轮旋转，空气被叶轮吸入。在吸气道内空气速度将提高到 C_1 而温度和压力都分别下降到 T_1 和 P_1 。在叶轮中，空气得到了机械功，所以这三项都较大幅度增长，分别达到 C_2 、 T_2 、 P_2 。空气进入扩压器和输气蜗壳时由于通道截面逐渐扩大，速度逐渐下降到 C_k 而压力达到设计要求的增压压力 P 。此时温度相应的提高到 T_k 。

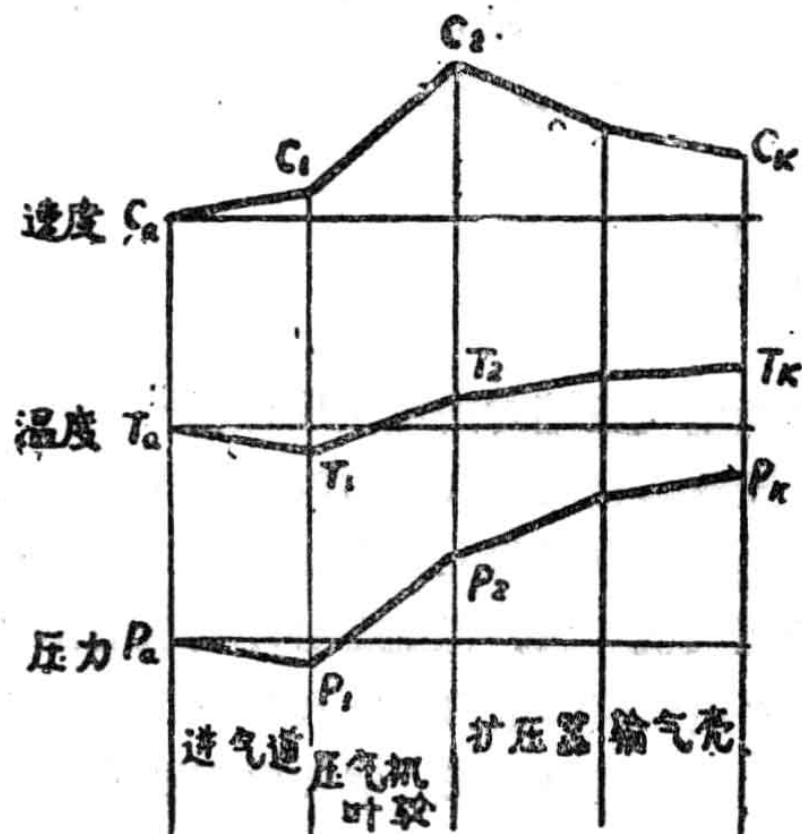


图11 空气在压缩机压缩过程中的状态参数