

编号: (74) 011

内 部

出国参观考察报告

西德几种柴油机的使用生产情况介绍

科学技术文献出版社

一九七四年十一月

出国参观考察报告

西德几种柴油机的使用生产情况介绍

(内部发行)

编辑者：中国科学技术情报研究所

出版者：科学技术文献出版社

印刷者：中国科学技术情报研究所印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 1.5 印张 38 千字

统一书号：15176·45 定价：0.17 元

1974年11月出版

西德几种柴油机的使用生产情况介绍

柴油机技术考察组

柴油机技术考察组于1973年11月3日至12月14日赴西德进行了为期四十天的考察。考察期间,重点参观了道依茨公司(KHD)、奔驰公司(DAIMLER-BENZ)和MTU公司及所属的有关发动机和车辆工厂,以及与这三个公司产品有关的部分协作厂。此外,部分同志还参观了MAN公司和MWM工厂以及马法伊(KBAUSS-MAFFEI)厂,总共参观了二十九个单位。现就各单位柴油机生产使用情况介绍如下,供参考。

西德道依茨(KHD)公司经营的范围很广,包括化工、选矿和动力机械等部门,总部设在科隆市(Köln)。动力机械部门主要产品有柴油机、燃气轮、工程机械、拖拉机、载重卡车、大轿车和其他特种车辆等。我们这次主要是了解该公司的风冷柴油机的使用、科研和制造风冷柴油机有关工厂(其中包括与道依茨公司协作的工厂)情况,现在分述如下:

(一) 风冷柴油机简介

道依茨公司所生产的柴油机有十二个系列,有水冷的,也有风冷的,其中风冷柴油机占七个系列,年产量共约十一万台,这七个系列是:

FL410D	φ90 × 100	FL911	φ100 × 125
FL912	φ100 × 120	FL514	φ114 × 140
FL913	φ102 × 125	FL413	φ120 × 125
FL714	φ120 × 140		

其中FL912系列柴油机产量最大,年产量约九万台,主要用于拖拉机、收割机、小吨位载重卡车和工程机械等方面。FL413系列柴油机目前年产量约二万台,它应用在军用和民用多种车辆上。关于FL413系列柴油机的结构、性能和主要特点,在一九七三年七月印发的“西德道依茨公司风冷柴油机座谈技术总结”一文已作了详细介绍,不再重复。

1. FL413系列柴油机的装车使用情况

该系列柴油机在一九六二年开始研制,一九六八年定型,一九七〇年在乌尔姆(Ulm)新建的发动机厂投产。

FL413系列柴油机采用V型90°夹角机体,有V6, V8, V10, V12缸非增压和增压两种。

压多种机型，功率从100马力至500马力，最高转速2650转/分。非增压单缸最大功率为28.5马力，中冷增压后功率提高30%左右。此外，还有直列式4、5、6缸机型。道依茨公司已将其专利出售给南斯拉夫，自己不再生产。

在这次考察中我们看到以下的应用实例。

(1) 农业机械方面：

KHD公司所属的拖拉机厂和法尔(FAHR)收割机厂都采用风冷柴油机，其中收割机M1600型采用F8L413柴油机，203马力；拖拉机用的是FL912系列柴油机。拖拉机产量为年产三万六千台，收割机年产三千二百台。

(2) 载重卡车方面：

KHD公司所属美格鲁斯(MAGIRUS)卡车厂与FL413柴油机制造厂在同一个厂区内。年产卡车二万二千台，载重量从六吨到三十八吨。目前生产的FL413系列柴油机中有一万二千台用于此种卡车上。如310D22型自动装卸车采用了F10L413柴油机，304马力。

(3) 大轿车和特种车辆方面：

KHD公司所属曼恩兹(MAINZ)车辆厂每年生产大轿车一千辆、饮料输送车一百辆、消防车一百五十辆，还有水泥运输车、军用特种车辆等，它们都采用FL413系列风冷柴油机。大轿车用的是F6L413和F8L413柴油机，柴油机装在车后面。军用牵引车采用F8L413柴油机，230马力，或BF8L413柴油机、320马力，采用液力机械传动，时速90公里。此外，在该厂还看到一辆装有二台F8L714风冷柴油机的8×8军用舟轿车，车上带有二个能反转的舟架，车重二十一吨，陆上速度65公里/小时，带三个螺旋桨，水上速度14公里/小时，可载送重型坦克过河。

(4) 工程机械方面：

西德弗里许(FRISCH)工程机械厂每年生产各种轮式挖掘机和推土机等一千二百台，均采用FL413和FL912系列柴油机。如F3000B型挖掘机用BF12L413柴油机，400马力。F2020B型用F10L413柴油机，F1800B型用F8L413柴油机等。我们路过巴黎时参观了在巴黎附近的包克兰(POCLAIN)公司。该公司年产液压传动履带式 and 轮式推土机、挖掘机等工程机械五千辆，均采用KHD公司的风冷柴油机。如EC1000型挖掘机采用三台F12L413柴油机，每台289马力。HC300型采用一台F12L413柴油机，289马力。RC200型采用F6L413柴油机，156马力。

(5) 消防车辆方面：

西德法乌恩(FAUN)厂生产的消防车一般均采用KHD公司的风冷柴油机。例如有一种机场用的消防车采用二台BF12L413柴油机，每台500马力。该车重五十四吨，消防水泵泵水量为6000升/分，最大车速达110公里/小时，从起动至时速80公里只需45秒钟。

采用风冷柴油机的车辆都有一个需要合理布置风道的特殊问题。从以上应用实例说明FL413系列柴油机，已在各种车辆上使用，经过各方面使用考验，机型已比较成熟。

2. FL413系列风冷柴油机在继续改进

在KHD公司研究发展中心，我们见到了改进后的FL413柴油机样机，代号0148。这种柴油机于一九六九年开始着手试验，他们预计到一九七五年投入生产。FL413系列柴油机，按西德DIN标准，每缸功率为28.5马力/2650转/分，中冷增压后功率可增加30%，而0148新样机是在不改变外形尺寸的条件下，将缸径由120毫米扩大为125毫米，冲程由125毫米增至

130毫米，转速则从2650转/分降为2500转/分，功率由每缸28.5马力增至32马力。增压后(不带中冷器)每缸功率可到40马力。

0148机型与FL413系列柴油机相比较除上述缸径与冲程增大外，还有几处改动：

(1) 曲轴：主轴颈由原来的90毫米增大到95毫米以提高曲轴的扭转疲劳强度。曲柄半径由60毫米增至62.5毫米。增压柴油机曲轴轴颈圆角用高频淬火，使疲劳强度增加15%。

(2) 缸盖：结构尺寸不变，气门尺寸保持原状，三个缸体丝对孔稍有加大。进气道因涡流强度要求不同，形状有所改变。

(3) 汽门盖等零件改为压铸件。

(4) 增压机型不用中冷器，这样整机高度可以降低150毫米，并降低了发动机的成本。

据介绍，柴油机的扭矩特性也较中冷增压的要好。增压后，斜筒形燃烧室(即“D”过程)与 ω 型燃烧室在噪音方面相接近。 $(\frac{dp}{da} \approx 3.3 \text{ 公斤/公分}^2 \text{ 度})$ 。但考虑到热负荷方面的原因，0148机增压后采用 ω 型燃烧室，多孔喷射(4×0.32)。活塞用环形冷却油道振荡冷却时，散热量可达135仟卡/马力小时，保证增压柴油机第一道活塞环温度低于200℃，因此不会产生活塞环粘结和拉缸现象。而非增压机由于 ω 形燃烧室压力升高率较大，故仍采用“D”过程。

从FL413机型改进为0148机型，在汽缸中心距不变的条件下，扩大缸径，提高功率，使风冷柴油机的体积功率比有进一步提高。

(二) KHD公司的研究发展中心

KHD公司研究发展中心位于科隆市郊泡尔茨(PORTZ)。一九六七年建成。目前工作人员总数约八百五十人，建筑面积约24000平方米。其主要任务是研究高速风冷柴油机，同时也负责卡车、拖拉机及其他车辆的研究发展工作。此外，有关结构强度、电子计算、测量、控制等方面的工作则是为整个KHD康采恩服务的。

现将我们见到的研究中心的几个部门介绍如下。

(1) 试制工厂

试制工厂规模不大，约有一百台通用机床。工人约一百人，其中机工六十五人，钳工三十五人。其任务是试制新部件和新样机。

(2) 精密测量室

测量室配有不少精密测量仪器，以及柴油机零件专用检验仪。如连杆、活塞、缸套和活塞环等的检验仪器。其任务是对各种自制及外协零件进行精密测量，并作出详细记录。据介绍，每台发动机零件在试验前后要测量近三千个数据。

(3) 油料化验室

该室设备一般，较特殊的有旋转粘度计和红外光谱分析仪。其任务主要是分析发动机试验用的油料。

(4) 柴油机装配室

研究中心试制的各种样机均在此处进行装配，然后交试验室试验，试验完毕后在此拆检和陈列。

(5) 发动机试验室

发动机试验室紧接在发动机装配室后面，共有五排建筑物，彼此之间用走廊连接起来，形成一个整体。其中有一排为部件试验，如燃油系统试验、气道试验、中冷器试验等；另一排为特种试验，如发动机倾侧试验等。中间三排为发动机动力试验，共有六十个试验台。所有发动机均装在分开的隔音室内，而操纵台则安装在统一的操纵走廊内。发动机间的隔音效果很好，在操纵台处几乎听不到发动机噪音。

操纵台上装有测量仪表和自动控制设备，大部分试验台装有温度压力自动调节，越限报警，自动停车和发动机工况自动控制等。可以对整个试验过程进行全自动控制。我们参观时有二十个试验台进行耐久试验，只有几个工人看管。

KHD研究中心发动机试验室，有一个试验台采用电子计算机控制试验过程，测量和记录试验数据并可自动进行数据处理，作出试验曲线，效果较好，他们准备推广使用。

研究中心使用的测功器大部分是用卡尔·申克（CARL SCHENCK）厂生产的UI—40型水力测功器，仅有一台W—450型涡流测功器。

（6）噪音试验室

先用磁带录音机在发动机试验室内记录噪音，然后在噪音试验室进行频谱分析，主要设备是几台丹麦B & K公司的噪音分析仪。

（7）零件结构强度试验室

零件结构强度试验室的任务是研究发动机和车辆主要结构零件的造型强度。试验室的建筑与设备水平与我们国内差不多。大部分设备装在一个大厂房内。有不少是自制的简易设备。由于能长期坚持试验，为发动机设计积累了不少资料，并为新设计和改进设计提供了可靠的依据。

现将几项主要试验项目介绍如下：

（I）曲轴箱造型强度试验

（a）用裂纹漆测定应力方向。

（b）贴应变片，静态加载，求出关键部位应变量。

（c）脉冲液压试验，测定曲轴箱疲劳强度。

新设计的曲轴箱用裂纹漆和应变片分析了应力方向，大小并作了改进之后，最后要经过脉冲液压试验，测定疲劳强度。对于V型发动机，在一组相邻的四个汽缸内用高油压模拟发动机爆发压力，交替施加机械负荷。为了保证一定的安全系数，施加的油压最大值，应比发动机最大爆发压力高三十个大气压。试验循环数应多于一千万次。试验后将箱体拆下清洗，然后用染色探伤法检查是否有疲劳破坏的裂纹产生。染色探伤法的过程大体如下：先将零件清洗干净，喷红色渗透漆，若表面有裂纹存在则红漆就渗到裂纹中去，接着用水将表面红漆洗净、吹干后再在表面喷一层白色渗透漆。喷上白漆后，裂纹中红漆又慢慢渗透出来，在白漆上清楚地显示出红色的裂纹形状。表面检查完毕后，将箱体分解，进一步检查各主要部位内部是否有裂纹存在。

该试验室现有二台脉冲液压试验台，都是自制的简易设备，其工作原理如图1所示。

图中1为储油箱；2为液压泵，由交流电机带动；3为调节阀，用以调节油压；4为蓄压器；5为液压分配阀，其作用是按预定次序使各个汽缸轮流接入和洩放压力油，也即按一定规律加压或减压造成脉冲载荷；8为油冷却器。液压分配阀有机械式和电磁式二种。电磁式分配阀的脉冲频率较高。

（II）曲轴强度试验

曲轴主要做单拐疲劳试验。据一般资料介绍,曲轴疲劳试验要用较大的疲劳试验机,价格昂贵,该试验室利用共振原理自制了一台简易设备,结构比较简单,其原理图如图2。

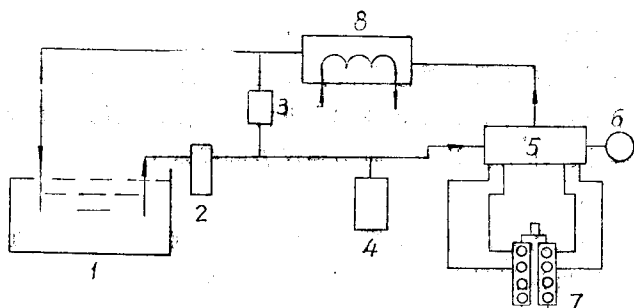
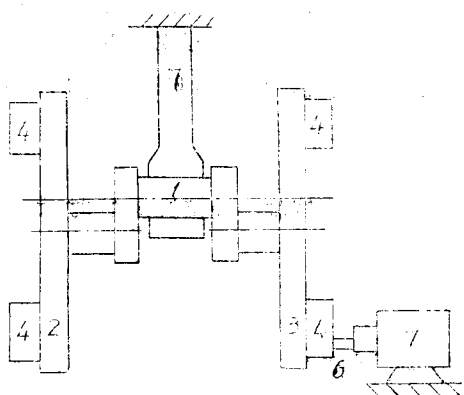


图 1



图中下右部分7应为5。

图 2

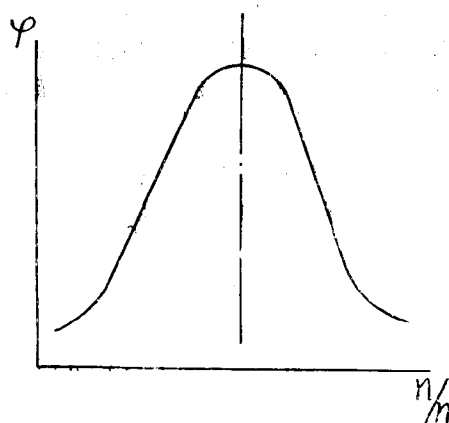


图 3

曲拐1两端各固定一个条状重块2和3,形成一个振动系统悬挂在吊架7上。条状重块两端各装一块附加重块4,改变附加重块可以在一定范围内改变系统的自振频率。变速电机5带动偏心轴6,插在重块4的一个直槽内,电机转动时,通过偏心轴使系统左右摇摆。当电机转速很低时,整个系统一体摆动,当转速较高时由于惯性影响重块4、3不能完全同步摆动,曲拐产生扭转振动,造成交变应力。应力大小与电机转速及系统的自振频率有关。设系统自振频率为 n_0 ,电机转速为 n ,曲拐扭转振幅(最大扭转角度)为 φ 则振幅与电机转速 n 的关系,大体如图3所示。由图3可见,通过调节电机转速 n 可以很容易地改变曲拐扭转角度即曲拐扭转应力的。利用动态应变仪可以直接读出曲拐各部位的应力峰值。

利用这套设备还可以进行曲拐弯曲疲劳试验。

曲轴除做疲劳试验外,还要利用电阻应变片在发动机运转情况下测定不同转速和负荷下应力变化情况。

曲轴光弹试验，一般用于应力集中的研究工作，如圆根、油孔等部位的应力集中情况，为改进设计提供参考。

（Ⅲ）连杆强度试验

连杆疲劳试验机的型号是 SCHENCK PHXO 型，能加载±13吨，交变频率为 30Hz，试验交变次数为一千万次。

（8）测试仪表实验室

测试仪表实验室下设电子仪器、维修和仪表标定三个组。电子仪器组负责自制研究中心所需的各种非标准电子仪器、标准插件和装配操纵台等工作；维修组负责检查、修理各种测试仪表；标定组负责温度、压力、转速、应力等仪表的标定工作。

（9）电子计算中心

电子计算中心的主要任务是：对发动机试验台进行控制，快速数据处理，公司所属各单位的工程技术计算和数控机床纸带制备等。其主要设备是美国 IBM1800 系列计算机系统，并有比较完整的外围设备。

（10）冷起动试验室

研究中心冷起动试验室目前附设在912柴油机制造厂内，有一台容量为10万仟卡/小时的冷冻机，可以人为造成-45℃的低温环境，以便对风冷柴油机和拖拉机进行冷起动试验。我们看到一台FL413系列柴油机和拖拉机在-20℃条件下作冷起动试验。试验室配有一台 HB LUMIScript 152 记录仪自动记录柴油机的起动电压、电流、转速（瞬时）与时间的关系曲线。

（11）拖拉机试验室

有拖拉机拆装室和室外圆形试车场，试车场采用自动程序控制，拖拉机试车时无人看管。

（三）413 系列柴油机制造厂

KHD公司于一九七〇年在西德乌耳姆（ULM）市近郊新建一座生产FL413 系列风冷柴油机的工厂，设计规定年产三万五千台，目前已达到年产二万台水平。厂房系两层楼的建筑，占地面积22275平方米（135米×165米），二层共计生产面积为 44000 平方米。共有职工约一千人。

这个厂没有毛坯生产车间，所用锻、铸毛坯均由外厂协作供应。另外一些配件如高压泵、喷油嘴、活塞、活塞环、瓦片、泵滤、涡轮增压器、进排气门、弹簧、电机和标准件等亦都由其他专业工厂供应。本厂主要生产箱体、曲轴、连杆、缸盖、缸套等几大件和一些中小型零件和柴油机总装试验。

整个工厂是一座长方形、两层楼的建筑。底层是毛坯和外协件仓库，以及磨刀站、机修站、小部件装配站、冷却液供应站和切屑处理站等辅助部门。零件加工线和柴油机总装线则全部布置在二层楼上。

柴油机的几个部件都是采用自动线进行生产，几条自动线的简要情况如下：

（1）曲轴箱自动线

生产率：每班七十到八十个箱体。

自动线总长160米，共有七十二个工位。可以轮翻生产V型6、8、10、12缸的箱体。整个自动线分五段组成：

第一段：由BURKHARDT & WEBER公司制造的十六台机床组成，分别完成顶面、V形面、底面、半圆面和瓦座侧面的加工。

第二段：由HÜLLER公司制造的六台机床组成，完成底面、瓦座、钻孔、攻丝等工步。

第三段：由BURR公司制造的七台机床组成，完成铣削前后端面、钻孔、镗主轴孔等工序。

第四段：由HONSBURG公司制造的六台机床组成完成铣侧面、钻V形面上孔、攻丝等工序。

第五段：由KRUPP公司制造的六台机床组成，完成钻油道孔、压凸轮轴套、清洗等工序。

这条自动线的特点是可以加工同一系列不同缸数的箱体，即所谓多品种生产。实现多品种生产的手段有三条：

①首先在产品结构设计方面必须考虑到满足自动线上多品种生产的要求。413系列柴油机箱体除缸套孔数不同（有6、8、10、12缸之分），箱体长度有差别外，其他部位的结构是完全一样的。

②自动线按最大的箱体——12缸箱体进行设计的。各种箱体在进入自动线之前，已由毛坯供应厂将定位用的基准面（底面）和定位孔加工出来。其中6缸和8缸的定位孔纵座标相同，10缸和12缸定位孔纵座标也相同，而所有箱体定位孔的横座标则都是一致的（图4）。因此，在自动线的滑轨上只要安排三组定位销就可以满足各种箱体定位之用了。

③在加工6、8、10缸箱体时，将自动线组合机床上用不着的而又碰撞箱体的刀具卸掉。这样，箱体就可以顺利地通过了。

这条自动线的另一特点是采用湿式加工法。413柴油机箱体是铸铁件，但在加工中注入大量的冷却液，将切屑冲走。这样避免了铁屑飞扬，从而保持厂房和机床的清洁。冲下来的切屑通过自动线下的地沟流入切屑处理站，经过过滤，将冷却液重新泵回使用而把切屑排出房外。

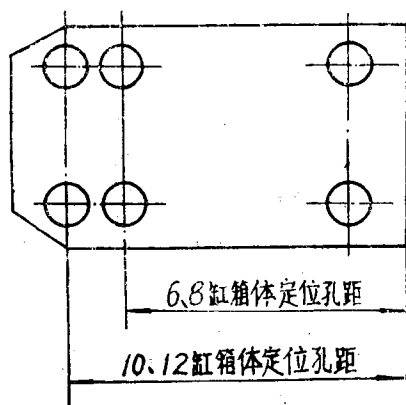
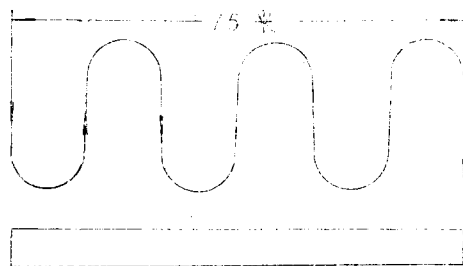


图 4



浪道
图 5

在自动生产线上,如何解决因刀具磨损而引起尺寸超差的问题,是能否充分发挥自动线效能的一个课题。该厂采取的办法是刀具周期更换法。各类刀具经过试验后定出一个更换周期,某一刀具在达到规定的加工数量后,则更换新刀。旧刀送磨刀站修磨。这在技术上是比较简单的一个办法。

(2) 曲轴加工自动线

曲轴自动线在一九七二年建成投产。自动线总长度225米,布置长度75米,自动线用蛇形布置,参见图5。

曲轴线均采用半自动单机进行加工。由机床上空的液压机械手取装和传送零件。机械手与机床联动,当曲轴送到机床位置下降到规定高度时。机床两端的顶针伸出,顶住曲轴,然后机械手松开并缩回,机床随即启动。

曲轴线共约五十台机床,每小时生产十二根曲轴。可以进行多品种生产。但目前只生产8缸和10缸机曲轴。

曲轴主轴颈由自动多刀靠模车床用指形车刀车削,机床系SCHAERE公司及HEINEMANN公司出品。连杆轴颈用奥地利GFM曲轴铣床加工。圆形铣刀盘上的刀片每加工四十到五十根曲轴换一次。

曲轴轴颈采用高频淬火处理。淬层深度 $2+1.5$ 毫米,圆根部位不淬火。在自动线中有一台ALFING公司制造的自动淬火机,曲轴架在机床上缓缓转动。半圆形的感应圈自动沿轴颈长度方向前进,随后有一喷嘴喷注冷却液。

轴颈磨削均采用单砂轮磨床,主轴颈磨床由SCHAUDT公司制造,连杆轴颈磨床由MAXOS—UNION公司制造。轴颈最后由精研机用砂条进行抛光。曲轴动平衡采用SCHENCK公司的自动平衡机。在整个曲轴加工过程中要多次用人工进行校直,但校直后未见进行时效处理。

曲轴油孔目前用人工抛光,他们下一步预备采用电解抛光,目前正在调整设备和试验工艺参数。

(3) 汽缸盖加工自动线

该线共有三十二个工位,长30米,生产节拍50秒钟。自动线机床系HÜLLER公司制造。工艺上的一个特点是,在压入前气门导管和气门座圈前,先将铝缸盖加热再将导管和座圈轻轻压入。然后用铰刀铰导管内孔至规定尺寸,最后在一台专用磨床上以导管内孔为基准插入心棒,使缸盖旋转,用砂轮磨削座圈的 45° 斜面。

(4) 连杆自动线

连杆系整体模锻毛坯,表面经喷丸处理。自动线由四组机床组成,首先是ALFING公司制造的八台组合机床,完成铣连杆大小头两侧平面、精镗孔等工序;第二组机床是KARL·KLINK公司的两台卧式拉床,拉削连杆结合面;第三组是ALFING公司制造的五台组合机床,任务是在连杆与盖组装后进行精加工;最后一部分是DURR清洗机。生产节拍为0.8分钟。

(5) 汽缸套加工自动线

汽缸套加工比较简单,因为内孔和柱面已经在毛坯厂进行过粗加工。所以在此生产线上主要是对内孔进行精加工。主要组合机床是双头立式镗床和三头立式珩磨机,缸套生产线长20米,生产节拍为0.7分钟。珩磨机的特点是珩磨头上装有空气量嘴与继电开关相连,内孔珩磨到规定尺寸后,珩头自动退出。

这个工厂共有上述五条自动线。其他中小零件大都采用单机加工，如半自动机床，多工位机床等，没有什么特色。

垂直于加工生产线的一端是一条长约一百米的装配流水线。在装配线上均系人工操作，采用多头或单头风动搬手，装配所需的零件，除如曲轴、箱体等大件由加工线直接送来外，其他小件和外购件，均由楼下的仓库取出用铲车提升送到各个装配工位上，甚为方便。

装配完的发动机送到试验站进行试车，一般试验时间为2~4小时。试验站是长廊式，两边是密闭的试验室，共二十八个。试验室的隔音效果很好，在长廊内似乎听不到发动机的响声。在试验站的地下室设有机油集中加热装置，将油加热至80℃后分送到各个试验站。

乌尔姆厂是一座新建的大批量生产柴油机的工厂。我们在参观后认为该厂有以下几方面的特点。

(1) 由于资本主义国家生产分工很细，这个厂只加工发动机的一些主要零部件以及装配试验。锻、铸毛坯和一些配件均由其他专业工厂供给，所以整个工厂，只有一座大厂房就够了。由于厂房系用二层楼建筑，占地面积不大。所有加工线放在二层楼上，楼下是各种仓库和辅助部门。厂房下弦总高12米，底层高4.5米。仓库占生产面积30~40%。仓库空间的利用率很高，所有零部件毛坯等都利用铁箱盛装利用铲车堆放，直到楼板。二层楼厂房的土建造价可能要高些。但却大大节省了厂内车间之间运输量。我们在参观中见到类似这种二层厂房的工厂不少，如KHD公司在科隆(Köln)的912系列发动机厂和拖拉机厂；BENZ公司在GAGGENAU的发动机厂和传动机构厂；WORTH的卡车装配厂，在MANNHEIM的OM 400系列发动机厂以及KHD和BENZ的铸造厂等。这种布置是否经济合理值得研究。

(2) 柴油机的主要零件，如曲轴、箱体和批量大的零件如汽缸套、缸盖、连杆等均采用自动线生产。利用自动线生产，产量高，人力省，并且有利于保证产品质量。我们参观过的KHD公司的912系列柴油机厂和BENZ公司的几个柴油机厂，其主要零件亦都是采用自动线生产。但自动线的缺点是，一出毛病容易造成全线停工。因此需要较高的维护保养水平，每个工厂都保有一批有经验的维修工人力量。

(3) 整个厂房是密封结构，厂房内部采用空气更换装置，每小时六次全室换气。因此厂房内空气十分清静，厂房内部温度保持在20~29℃范围内。生产线采用地沟排屑，零部件存放都有规定的工位器具。所以整个生产地面比较整齐清静。

(4) 自动线上除工序中配有检验仪表外，在成品处都配有检验工，对零件进行全部检验。除人工单项检验外，较普通的采用综合检验仪和空气量规。自动线上的钳工工序，如装盖子和丝对，以及成品打毛刺等则都是人工操作。

因此用于检验、装配、打毛刺的工人很多。

(5) 柴油机成品库，在厂房的一侧，柴油机在仓库内的存放方法，是很特殊的。它采用悬挂方式即将发动机分层悬挂在柱子上，这样就充分的利用了仓库的空间，仓库面积约1800平方米，有一百五十根柱子，中间的每根柱子上左右二侧共挂十二台发动机，边上柱子一侧挂六台发动机。整个仓库总共可以存放一千六百二十台发动机。在每跨柱子之间有一台特种吊车来存取发动机。每一悬吊位置均有编号，各种型号发动机，可以按号入座，发货时，用吊车按号取出所需型号的发动机，十分方便。

(四) 道依茨公司 (KHD) 铸造厂

道依茨公司的铸造厂设在科隆 (KÖLN)，专门生产该公司912系列和413系列风冷柴油机的铸铁件和部分拖拉机毛坯。我们这次参观重点是了解413系列柴油机箱体和汽缸套毛坯的铸造情况。工厂共有职工一千余人，月产铸件毛坯六千吨。厂房面积约30000平方米，部分厂房为二层楼建筑，底层为造型、浇铸工部，楼上为砂芯工部。

底层有一条自动造型线 (KUNKEL-WAGNER)，生产上下箱体。生产率为每小时40—50个毛坯。在该条自动线上同时可以生产四种不同零件。一共有五十个零件在此线上轮番生产。

造型用的模型系用树脂 (RESIN) 制作，每次造型前在模型表面上喷以铝粉 (用油调制)。

芯子全部采用壳芯，有十六台用煤气加热的壳芯机。箱体的一套砂芯由人工组合好后，在二楼上用机械手提取，由楼上下降安放到造型线上的砂箱中，然后机械手上升回到原位，准备提取下一套砂芯。

芯砂用酚醛树脂作粘结剂，配制比例为：

固体树脂 30%

酒 精 70%

熔化工部，全部采用工频炉，有四台15吨工频炉，每台每小时出铁水五吨，另有两台3.5吨工频炉，每小时出铁水一吨，供合金铸铁用。还有一台保温炉容量为七十吨，供第三班储存铁水用。炉料配方：60%回炉料浇冒口生铁块，30%废钢、10%切屑。

风冷柴油机的汽缸套外部周围带有冷却叶片，叶片厚度约2毫米，高约15毫米，间距3毫米。道依茨公司铸铁厂设有专为生产汽缸套的两条自动线，生产效率为每小时一百二十个汽缸套。

一条是专门制造汽缸套冷却叶片的片状砂芯自动线，由二十八台热芯机组成。每一台热芯机制造一种形状的片状砂芯并能将砂芯自动的取出和放到前面的传送带上。砂芯依次传送到自动线的一端，在此处由人工将片状砂芯依次收叠起来。每片砂芯均有编号。片状砂芯面上有凸起的肋条，因此每片砂芯之间均有空隙，此空隙就是汽缸套上冷却叶片的厚度。二十八片砂芯组成一套。

另外有二台壳芯机，制造筒形砂壳，作为浇铸时的外模。先将一套片状砂芯放入筒形砂壳内，再在砂芯组圆孔内，放入一根直径比砂芯组圆孔直径小的圆柱形砂棒。这个砂棒直径即为汽缸套毛坯的内圆直径。砂棒与砂芯组圆孔间的空隙即为汽缸套毛坯的壁厚。最后将这一套包括片状砂芯组，筒形砂壳和砂棒放到一个铁筒内，就进入到浇铸自动线去了。

浇铸自动线，由环形链轨和悬链组成。铁筒挂到挂钩上，传送到浇铸位置，铁水包自动倾斜，用电子秤定量将铁水浇入砂壳内，然后继续前进，进行冷却。铁筒行到一定位置后将铁筒内的铸件取出，铁筒进入浇铸线回去，而铸件挂在钩上继续前进和冷却。以后在震动落砂机上进行清砂。最后将铸件送入清理工部。

每个缸套从浇铸到脱箱的周期为一个半小时，从脱箱到送入清理工部的周期为二个半小时。缸套生产的节拍为20秒钟。

各种铸件在清理工部进行喷丸清理，用人工清除飞刺和毛边，这里用的人工最多，工作繁重，劳动条件也最差，多为外籍工人操作。

经清理干净的箱体和汽缸体的毛坯，送到粗加工工部。箱体毛坯涂绿色底漆，并加工出定位面和四个定位销孔后入库。

另外有一条缸套粗加工流水线，由2台立式六轴车床（BULLARD）将缸套的内孔，外圆柱面和上下平面进行加工，有一台组合钻床加工三个缸体固定丝对孔，然后进行六个大气压试验，合格后涂防锈油，送入库房。

汽缸套的废品率为6%左右。

该厂用的型砂都由专门的砂子厂供应，砂厂将砂子选洗好之后用纸袋包装，（犹如袋装水泥一样），砂子粒度均匀，十分洁净。运输、保管都很方便，可以随用随拆，不受污染。这对保证铸件质量是十分有利的。我们在参观其他铸造厂时，看到的都是使用这样的袋装砂子。

（五）阿尔康（ALCAN）铝合金厂

位于纽伦堡市的阿尔康铝合金厂是加拿大蒙特利尔阿尔康铝公司设在西德的分厂之一。该厂主要生产活塞和铝铸件。道依茨公司413系列风冷柴油机的缸盖、活塞和铝压铸件由该厂协作供应。我们参观的目的是了解这些零件的生产情况，所以仅仅参观了该厂的一部分。

阿尔康厂有职工一千五百人，每年生产铝铸件六千吨。铸造厂房面积为12000平方米。为道依茨公司协作的缸盖每月产量为四万五千只。另外还有风扇、齿轮箱盖、导风轮等压铸件。

此外，该厂每年为各种柴油机和汽油机提供四百万只不同类型的铝合金活塞成品，其中包括道依茨风冷柴油机用的活塞。

风冷汽缸盖采用硬模铸造，有一台四工位自动浇铸机包括下芯、浇铸、取坯等操作。缸盖进排气道和喷油嘴部位的冷却叶片均采用壳芯。叶片砂芯采用六工位射芯机，每台每小时生产六十只砂芯。气道砂芯采用四工位热芯机，每小时生产二百二十只砂芯。

缸盖的材料牌号为Hy418，化学成分为：

Mg 4.0—5.0%

Si 1.0—1.5%

Mn 0.7—1.3%

Cu 0—1.0%

Ti 0.1—0.2%

Al 余量

硬模铸造，时效处理后的机械性能为：

抗拉强度 20—24公斤/平方毫米

延伸率 4—7

硬度 HB65—80

炉料配制 新料50%，浇冒口及回炉料50%。

一套硬模浇铸六至八万只毛坯后进行一次大修。

铝合金采用油炉熔化，有六吨油炉二台，八吨油炉一台，熔化后将铝水倒入保温坩锅，通入氯气进行净化处理，通气时间为十分钟。缸盖浇铸温度 760°C — 780°C 。

缸盖由该厂进行粗加工，加工出定位面和定位孔，以便检查气道位置的正确性。

缸盖废品率约为3—5%。

该厂活塞生产量很大，风冷柴油机活塞只是其中之一。413柴油机活塞在第一环槽位置上在铸造时放入一个镍基钢环，以保证第一道活塞环工作的可靠性。钢环表面镀一层锡，使用前先在铝槽内加热到 800°C 左右，再放到硬模的环槽中然后注入铝水。在活塞加工后用超声波检查钢环与铝体的接合质量，抽查5%。另再抽1%作破坏检查。

活塞材料化学成分为：

Si	16.4—18%
Cu	0.8—1.2%
Ni	0.8—1.2%
Mg	0.9—1.2%
Al	余量

时效处理后的机械性能为：

抗拉强度	18—24公斤/平方毫米
延伸率	0.4—1.5
硬度	HB90—125

合金熔化温度 800°C ，浇铸温度 750°C 。

我们在该厂看到二条活塞加工自动线：

一条加工60—90毫米直径的活塞，月产六万只。

一条加工90—125毫米直径的活塞，月产二万只。

另外该厂尚设立压铸工部，生产铝压铸件，其中为道依茨公司协作风冷柴油机风扇、导风轮和齿轮箱盖等零件。压铸工部共有压铸机九台，最大合模力为一千一百吨，月产铝压铸件一百吨。

(六) KKK公司增压器厂

KHD公司FL413系列柴油机用的废气涡轮增压器由KKK公司供给。KKK公司是一个专营气体流动机械的中型工厂，生产蒸气透平，通风机和废气涡轮增压器等产品。一九五二年开始研制增压器，一九六一年从美国SCHWITZER公司引进增压器专利。该公司目前生产的增压器压气机叶轮直径为70毫米至140毫米，可以配增压后120马力至2000马力的柴油机。正在发展一种小型增压器可配40马力柴油机。增压器转速可达十万至十四万转/分，压气机效率可达76%，使用寿命四十万至五十万公里。

增压器厂位于KIRCHEIMBOLANDEN，一九六一年投产，总建筑面积6000平方米，工作人员二百人，月产增压器四千台（生产能力为六千台）。整个增压器生产是在一个5000平方米的大厂房内，其中生产面积均占三分之二，其余三分之一为仓库。增压器的毛坯全部外购，本厂无毛坯车间。零件加工全部是万能机床。下分蜗轮转子、压气机叶轮、壳体及中夹件、小件加工、装配、试验等工段。

1. 蜗轮转子

蜗轮叶轮毛坯是英国制造的,材料为含镍97%的高温合金,牌号为713D用真空失蜡铸造。毛坯进厂后每一千个抽检一个,不合格全部退货,检查内容为几何尺寸检查,解剖检查和超速试验。

工艺情况大体如下:

- (1) 叶轮毛坯打中心孔,现在打几何中心孔以后要改用质量中心孔以减小动平衡去重。
- (2) 加工叶轮与轴的结合部分,配轴后送外厂焊接。焊接方法是采用电子束氩气保护焊,由法兰克福(FRANKFURT)市HERANS厂协作。KKK厂现正在试验摩擦焊。焊好后,用X射线透视焊缝,并进行拉力试验。
- (3) 粗车蜗轮轴。
- (4) 以蜗轮轴及蜗轮端中心孔定位车叶背。
- (5) 以蜗轮端中心孔及叶背定位打压气机端中心孔,保证轴与叶背垂直,以叶背及压气机端中心孔作为以后加工的基准。
- (6) 蜗轮轴粗磨、中频淬火、精磨。
- (7) 用成形砂轮磨蜗轮外廓。
- (8) 滚压气机端螺纹。
- (9) 振动打毛刺。
- (10) 蜗轮转子动平衡,动平衡机为西德SCHENCK厂造,平衡架为R1B/6型,采用皮带驱动,电源部分为M130G型,指示器为M181E型用光点指示不平衡量及相位,用人工去不平衡重。平衡时采用悬臂式安装法,允许不平衡量为 1.4μ 。

2. 止推轴承及浮动套

止推轴承先磨削再精研,浮动套磨完后内孔要进行珩磨。

3. 压气机叶轮工艺

压气机叶轮的工艺过程大体如下:

- (1) 加工定位基准——叶背及外圆;
- (2) 加工内孔;
- (3) 加工叶轮外廓,采用仿形车床粗车,成形砂轮精磨;
- (4) 动平衡;采用二种动平衡机,一种与蜗轮动平衡相同,另一种为自动动平衡机,SCHEHCK厂造,型号为R06BF M180S。

4. 装配

由于加工精度高,全部零件均可互换,同时蜗轮和压气机转子采取了单件平衡,不需要组合平衡,因而装配非常简单,不需选配调间隙等,一个工人十分钟装完一台。

5. 试验

每台增压器都要进行一次试验,试验内容为:

- (1) 性能参数:压气机转速、流量、出口温度及压力,蜗轮燃气温度、压力、滑油压力。根据这些数据检查增压器性能是否合格。
- (2) 振动测量:用菲力浦电力振动仪测定增压器振动情况,根据振动数据检查转子整体动平衡情况。

另据介绍,该厂对蜗轮增压器正在进行以下几方面的研究:

- (1) 气动研究:目标是获得高的效率和宽广的工作范围。该厂生产一种直径60毫米的

压气机叶轮效率已达76%，能够保证在很宽广的工作范围不发生喘振，而且还可以根据发动机的要求调整压气机最高效率区，以改善增压发动机的性能。

(2) 废气能量利用的改进，尽量提高废气能量利用效率，特别是使发动机低速时能量利用好一些，高速时差一些，以改善发动机的扭矩特性。

(3) 提高蜗轮增压器转速，改进结构可靠性和延长寿命方面的研究，主要进行以下几方面工作：

- a) 叶片振动的研究；
- b) 转子轴运动轨迹的研究；
- c) 转子动平衡的研究。

该厂正在研究把增压器转速提高到 200000 转/分，这将对改进发动机加速性，减小增压器尺寸和降低成本都会带来好处。

二

西德奔驰公司 (DAIMLER—BENZ) 总部设在斯图加特市 (STUTTGART)。一九七二年，它的汽车产量占世界第五位，是西欧第二大汽车公司，是西德大垄断财团之一。我们这次考察的重点是该公司生产的 OM400 系列水冷柴油机。与此同时，也参观了该公司所属的几个卡车和轿车制造厂。以下主要介绍 OM400 系列柴油机的使用及生产情况。

奔驰公司生产的各种卡车和部分轿车，都是采用该公司自己制造的水冷柴油机，目前生产的柴油机有二个系列和一种单机，其型号如下：

OM300 系列： $\phi 97 \times 128$ (OM314、352、352A，85—168 马力/2800 转/分)

$\phi 114 \times 140$ (OM360，192 马力/2500 转/分)

$\phi 128 \times 140$ (OM346，210 马力/2200 转/分)

$\phi 128 \times 150$ (OM355、355H，240 马力/2200 转/分)

以上各机型年产十二万台，分别在曼海姆 (MANNHEIM) 和嘎格瑙 (GAGGENAU) 两地生产。用于中重型卡车、大轿车、特种卡车和小型越野车上。

OM615 系列， $\phi 87 \times 92.5$ (4 缸 60 马力/4200 转/分) 在斯图加特市生产，专供奔驰 220 型小轿车配套，年产七万台。

OM400 系列柴油机有 V 型 6、8、10、12 缸增压和非增压机型，此外，有直列 4、5、6 缸机型，功率范围为 130—500 马力。但目前只生产下列机型：

OM402 $\phi 125 \times 130$ V 8 256 马力/2500 转/分

OM403 $\phi 125 \times 130$ V 10 320 马力/2500 转/分

OM407H $\phi 125 \times 150$ 直 6 卧式 210 马力/2500 转/分

以上机型在曼海姆新建柴油机厂生产，目前年产约二万台。

(一) OM400 系列柴油机简介

(1) 结构特点：OM400 柴油机明显特点是结构紧凑，缸心距只有 158 毫米，缸心距/缸

径=1.26, 这样使柴油机刚性增大, 比重量和体积功率比提高, 以V型10缸机为例, 比重量为2.94公斤/马力, 体积功率比为340马力/米³, 而20年前典型苯兹柴油机则分别为5.75公斤/马力, 135马力/米³。该系列柴油机另一个特点是箱体曲轴等主要零件的刚性较好, 曲轴箱为带有水套的整体式, 前端有桥状回水管, 后端为轻合金正时齿轮室, 连成一个“▽”形。主轴承盖二侧的横隔板较厚, 外部管路很少, 内部合理布置肋条。曲轴的主轴颈和连杆轴颈直径较大(分别为104毫米和90毫米), 有较大重叠度, 曲轴轴颈采用表面感应淬火, 增压多种燃料发动机曲轴则采用渗氮工艺。第三个特点是每缸一盖, 这就使系列通用件增多, 给生产和装配上带来很多方便。

(2) 性能特点: OM400柴油机采用圆盆形燃烧室, 喷嘴与活塞顶平面成60°倾斜, 多孔喷射(0.32×4), 螺旋进气道。额定功率时 $P_e=7.25$ 公斤/公分², $g_e=165$ 克/马力小时, 最大扭矩时, $P_{e_{max}}=8.15$ 公斤/公分², 最低油耗 $g_{e_{min}}=155$ 克/马力小时。十二缸机增压后可达到500~550马力。据介绍, 这种燃烧系统不仅油耗低, 而且噪音较小, 以OM403为例, 噪音为89分贝(A)以内, 这是由于压力升高率较低所致($dp/d\alpha=4$ 公斤/公分²度)。另外, 曲轴箱“▽”型结构也有助于噪音之下降。其次, 是废气污染较少, 目前已达到美国加利福尼亚州13级标准的1973年规定要求。

该机使用寿命目前尚不清楚, 设计的大修期为50万公里, 因处在试生产阶段尚未定论。OM400系列柴油机投产时间较短, 至今总共只生产二万台左右, 因此可以认为该机型还需要使用中进一步加以考核。其他有关OM400系列柴油机情况可参阅七〇研究所编“OM400系列水冷柴油机”资料。

(3) OM400系列柴油机的装车使用情况: 这次考察只参观了OM400系列柴油机主要使用对象——沃尔茨(WORTH)载重卡车制造厂。这是苯兹公司生产载重卡车的八个生产厂之一, 每天生产6吨—26吨卡车三百辆。苯兹公司在该厂为我们组织了一个部分卡车展览, 可以从中看到OM400系列柴油机的应用实例如:

- a) 载重卡车: 2626型 6×6三轴全驱动, 装OM402柴油机。
- b) 2624型 6×6, 26吨, 装OM402柴油机240马力。
2232型 22吨, 装OM403柴油机320马力, 三轴, 后轴可升起100毫米, 空气悬挂。
- c) 军用牵引车: 如2624型 25吨, 车上备有50毫米直径的钢索, 长度为50米, 装OM402型柴油机240马力。

(二) 研究中心和试车场

苯兹公司对车辆研究是下了功夫的, 这个研究中心主要力量是对载重卡车的车体, 传动机构和操纵机构的性能和结构方面进行着大量的试验研究工作。对于发动机方面的研究工作相对来说, 其规模要小一些。从事发动机方面研究的职工约三百人。以下简单叙述一下我们见到的几个试验项目:

(1) 表面光弹试验: 用MTS型油压机加压, 在前桥表面敷以环氧树脂, 受力后冻结下来, 然后用光弹测定。

(2) 齿轮强度试验: 用MTS型油压机加压, 齿轮牙齿受力, 弯曲变形直至断裂, 试验齿轮牙齿弯曲强度。