

內 燃 机 全 集

李 斯 德 主 編

—— 第 十 二 卷 ——

固定式及船用柴油發動机

〔德 國〕F. 迈 尔 著

科 学 技 術 出 版 社

內 燃 机 全 集

李 斯 德 主 編

第 十 二 卷

固 定 式 及 船 用 柴 油 发 动 机

[德 国] F. 迈 尔 著

石 华 鑫 译

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書系根据李斯德教授主編內燃机全集中, 1948年再版的第十二卷“固定式及船用柴油发动机”譯出。

全集包括所有与內燃动力机器有关的理論、構造及計算。本卷的範圍, 限制于固定式及船用柴油发动机的一般設計規律与結構。

本書分为四大部分, 第一部分为导言, 簡略地敘述柴油发动机最初的历史、用途、燃料, 以及本卷中所包括的範圍, 第二部分按照分类說明設計柴油发动机的一般規律, 第三部分專論主要机件的型式与結構, 第四部分为各型实际产品的敘述, 并附有各种特殊構造的柴油发动机。

本書的讀者, 可以是未來的工程師們——高等工业大学有关專業的同学——也可以是有关方面实际工作的工程師們; 本書將在前者的專業学习、課程設計与毕业設計时, 有所裨益, 也將在后者的业务方面, 有一定程度的帮助。

內 燃 机 全 集

主 編 Hans List

——第 十 二 卷——

固定式及船用柴油发动机

原 著 者 (德国) F. Mayr

譯 者 石 华 鑫

*

科 学 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路336弄1号)

上海市書刊出版業營業許可証出〇七九号

上海新华印刷厂印刷 新華書店上海發行所总經售

*

統一書号: 15119·435

开本 787×1092 1/16 · 印張 21 3/4 · 字數 440,000

一九五六年十二月第一版

一九五六年十二月第一次印刷 印數 1—3,000

定价: (10) 三元三角

原 序

当工学博士李斯德教授对我提出他的期望,在他所出版的全集中担任“固定式及船用柴油发动机”卷的任务时,我是乐于接受的.这一卷的目的,将使未来的工程师们在学习时获得一些基础,但亦对实际工作的设计师们贡献一些全貌,说明目前在固定式及船用柴油发动机的构造方面所有的情况.我尝试着,在全部的型式中提出一些紧凑的概念,并特别在讨论零件时,只限制于特别重要的部分,使得本书的篇幅,不至于越出原定的范围过多.

若干公司,它曾热心地供给我各种资料作为支持,我希望在此处致以谢意.在制作表格与图示时,特許工程师腓里特立西·侯得克先生曾给我帮助.特許工程师华尔脱·皮伯先生担任制订关于曲柄錯列的表1及表2,并校閱关于曲軸及振动消减器节.爱弥儿·累司先生及約瑟夫·希勒先生给我以繪制插图方面的帮助.

司图格城工学博士維尔格經理担任了关于达姆来-朋士发动机节的編写工作.

对于拍辛內格先生校閱本书的工作,我敬致以特别的谢意.

F. 迈尔

奥格司堡 1943.6

譯者前言

固定式及船用柴油发动机，它包括了全部固定的与船用的內燃动力机器，为了配合对它所設多种多样的要求，功率、轉数、型式及結構等均有极大程度的差异，特別与大量生产的車用发动机相較时，前者的情况更形复杂。

本書著者凭借他从事固定式及船用柴油发动机生产的数十年經驗，很恰当地將所叙述的发动机予以分类，然后就各类的特征詳加叙述，俾讀者不致因柴油发动机的多种構造式样，无从掌握它的主要規律。同样地著者在主要机件的叙述方面，也加以分类的綜合說明，避免了不必要的重复，更能將主要点強調出来。

在各型实际产品說明中，著者搜集了当时所能获得的具体資料，詳加分析說明，作为对前几章总的說明的呼应、对証，將理論与实用互相串联起来。最后略述煤粉发动机，指出在內燃机中利用低价值燃料的一种措施。

所附的插图 318 幅，泰半均屬經实际使用获有成效的发动机的切面图、零件图等，具有极重要的参考价值。

內燃机全集原定的各卷，原書迄今尙未全部出版，希望通过譯者們今后繼續的努力，使全集对我国的內燃机制造工业，有所帮助。

目 录

第一篇 導 言

第一章 发展史	1
第二章 柴油发动机的应用区域	3
第三章 柴油发动机的燃料	6
第四章 第十二卷的范畴	7

第二篇 設計中小功率柴油发动机的一般規律

第一章 擇取二冲程或四冲程工作过程的观点	8
第二章 无滑块四冲程发动机的構造基础	9
第一节 参数的選擇	9
第二节 汽缸数及汽缸排列的擇	11
第三节 結構型式	12
第四节 四冲程发动机的增压	16
第三章 无滑块二冲程发动机的構造基础	21
第一节 参数的選擇	21
第二节 祛气型式	22
第三节 祛气泵	24
第四节 汽缸数及汽缸排列的擇	25
第五节 結構型式	25

第三篇 設計大功率柴油发动机的一般規律

第一章 選擇四冲程、二冲程單作用式,或二冲程双作用式发动机的观点	27
第二章 有滑块大功率四冲程发动机的構造基础	28
第一节 参数的選擇	28
第二节 結構型式	29
第三章 有滑块二冲程單作用式发动机的構造基础	30
第一节 参数的選擇	30
第二节 祛气泵与鼓风机	31
第三节 結構型式	33

第四章 二冲程双作用式发动机的构造基础	34
第一节 参数的选择.....	34
第二节 结构型式.....	35
第五章 汽缸及发动机的标号	36

第四篇 发动机机件

第一章 无滑块四冲程及二冲程发动机的构件	37
第一节 曲轴.....	37
第二节 曲轴轴承.....	49
第三节 连杆.....	54
第四节 活塞、活塞环及活塞销.....	60
第五节 基架、曲轴箱、汽缸块.....	68
第六节 汽缸套.....	75
第七节 汽缸盖.....	79
第八节 拉杆.....	84
第九节 配气轴及其驱动.....	88
第十节 喷射泵.....	91
第十一节 喷油阀.....	103
第十二节 进气阀、排气阀及其驱动.....	105
第十三节 始动设备.....	111
第十四节 润滑油泵、水泵及其驱动.....	115
第十五节 增压或祛气用回轉式泵.....	121
第十六节 其他构件.....	125
第二章 有滑块发动机的构件	125
第一节 曲轴.....	125
第二节 连杆.....	128
第三节 滑块及导块.....	132
第四节 活塞杆.....	135
第五节 二冲程双作用式发动机用活塞杆填函.....	136
第六节 活塞.....	139
第七节 活塞的冷却.....	146
第八节 基架.....	147
第九节 曲轴轴承.....	149
第十节 机架.....	152
第十一节 滑块导板.....	153
第十二节 汽缸块及汽缸套.....	157
第十三节 汽缸盖.....	161

第十四节	喷射泵	166
第十五节	喷油阀	168
第十六节	活塞式祛气泵	169
第十七节	汽缸的潤滑	172
第十八节	其他構件	175
第三章	附屬机件	175
第一节	始动瓶	176
第二节	潤滑油冷却器	178
第三节	振动消滅器	182

第五篇 各型发动机的說明

第一章	无滑块四冲程單作用式发动机	187
第一节	奥格司堡-虞恩山机器厂股分公司, 奥格司堡厂出品的发动机	187
第二节	达姆来-朋士股分公司出品的发动机	198
第三节	基尔股分公司, 德意志工厂出品的发动机	212
第四节	克婁格納-洪堡-道馳股分公司出品的发动机	215
第五节	腓里特立西, 克虜伯-日耳曼船厂 股分公司出品的发动机	223
第六节	孟海姆发动机厂股分公司(前名朋士)出品的发动机	229
第七节	車輛及机器制造股分公司出品的发动机	238
第八节	飞霞脱发动机厂出品的发动机	243
第九节	干士股分公司出品的发动机	245
第十节	苏尔寿兄弟股分公司出品的发动机	251
第二章	无滑块二冲程單作用式发动机	257
第一节	奥格司堡-虞恩山机器厂股分公司, 奥格司堡厂出品的发动机	257
第二节	克婁格納-洪堡-道馳股分公司出品的发动机	265
第三节	布高机器厂出品的发动机	268
第四节	达尔姆城发动机厂股分公司出品的发动机	274
第五节	薛曉有限公司出品的发动机	278
第六节	布馬斯及怀恩股分公司出品的发动机	280
第七节	苏尔寿兄弟股分公司出品的发动机	283
第三章	有滑块四冲程單作用式发动机	284
第四章	有滑块二冲程單作用式发动机	287
第一节	奥格司堡-虞恩山机器厂股分公司出品的发动机	287
第二节	克虜伯-日耳曼船厂出品的发动机	289

第三节	布馬斯及怀恩股分公司出品的发动机	292
第四节	飞霞脱发动机厂出品的发动机	294
第五节	苏尔寿兄弟股分公司出品的发动机	296
第五章	二冲程双作用式发动机	299
第一节	奥格司堡-虞恩山机器厂股分公司出品的发动机	299
第二节	布馬斯及怀恩股分公司出品的发动机	312
第三节	飞霞脱发动机厂出品的发动机	314
第四节	苏尔寿兄弟股分公司出品的发动机	317

第六篇 特种構造

第一章	柴油-备用电力装置	320
第二章	柴油-煤气过程	321
第三章	可变换运转的发动机	323
第四章	用重質的及不易着火的燃料的发动机	325
第五章	煤粉发动机	326

第七篇 柴油动力裝置实例

第一章	固定式动力装置	329
第二章	船用动力装置	331
第一节	直接驱动螺旋桨	331
第二节	非直接驱动螺旋桨	333
第三章	柴油機車	335
第四章	組合发动机	340

第一篇 导 言

第一章 发展史

在 1892 年, 工程师鲁道尔夫·提士^①向柏林的皇家专利局提出他的发明的专利申请。提士的主要说明是: “在汽缸中的纯粹空气将被工作活塞如此强烈地压缩; 致使它所产生的温度远超过所使用燃料的着火温度, 而燃料的输入汽缸是在活塞通过上止点之后继续进行……”。一般的说来, 目前的柴油发动机仍然是按照这一原理工作的。

尽管提士是基于他以前人士所作的工作, 尽管他是基于当时的工业水准, 但他的设计是新奇的、轰动一时的。在当时的动力区域中, 蒸汽机几乎处于不能与之竞争的地位, 而煤气机与汽油机则在它的发展初期。当时的蒸汽机, 它工作时的效率为 15~18%, 内燃机的效率最高为 22%, 而提士指明了一条途径, 它导致效率可高达 40% 左右。

从事这一新发展工作的人士都完全明了, 随了这突然的进步将伴随着相当的困难。提士最初的设计, 压缩终了压力与工作压力约达 250 气压, 经过初步的详细设计后, 就将它降低到 90 气压, 而当时蒸汽机与内燃机的工作压力, 只能刚超过 10 气压的限度。即使 90 气压的数值, 就上世纪的工业说来亦属无法达到。因之, 几乎花了五年的光阴, 经过了与当时的奥格斯堡机器厂的密切合作, 提士始能完成他的发动机(图 1)。在 1897 年 2 月 17 日, 明星高等工业学校的许斐脱^②教授始能完成第一个功率与耗油量的测定。在同年的 7 月, 在某一较大的法庭前, 提士及许斐脱获得了所期望的结果。

新的发动机获得了所有工业界的最强烈的赞许, 第一批发动机全部卖出。除了在 1897 年获得执照的五家工厂外(孟阿恩-奥格斯堡、克虜伯、苏尔寿、卡来弗来琴、狄克好伯), 在短短时间内就增加了 25 家新的执照执有者, 其中亦有目前极为重要的工厂, 如道驰、布马斯及怀恩、干士公司、克拉车辆及机器工厂。

但是极迅速的证实了, 柴油发动机在实际运转中尚未具备所期望的、成熟的运转可靠性。随之而来的是经年的艰苦奋斗与令人力竭的无谓工作。反对者及怀疑者的人数日益增长, 致柴油发动机的事业几因之而废弃。由于孟阿恩厂及它当时领导者的功绩, 终于渡过了这一危险时期。自世纪转换开始, 这工程上的斗争始告胜利, 而柴油发动机的事业,

① Rudolf Diesel

② Schröter

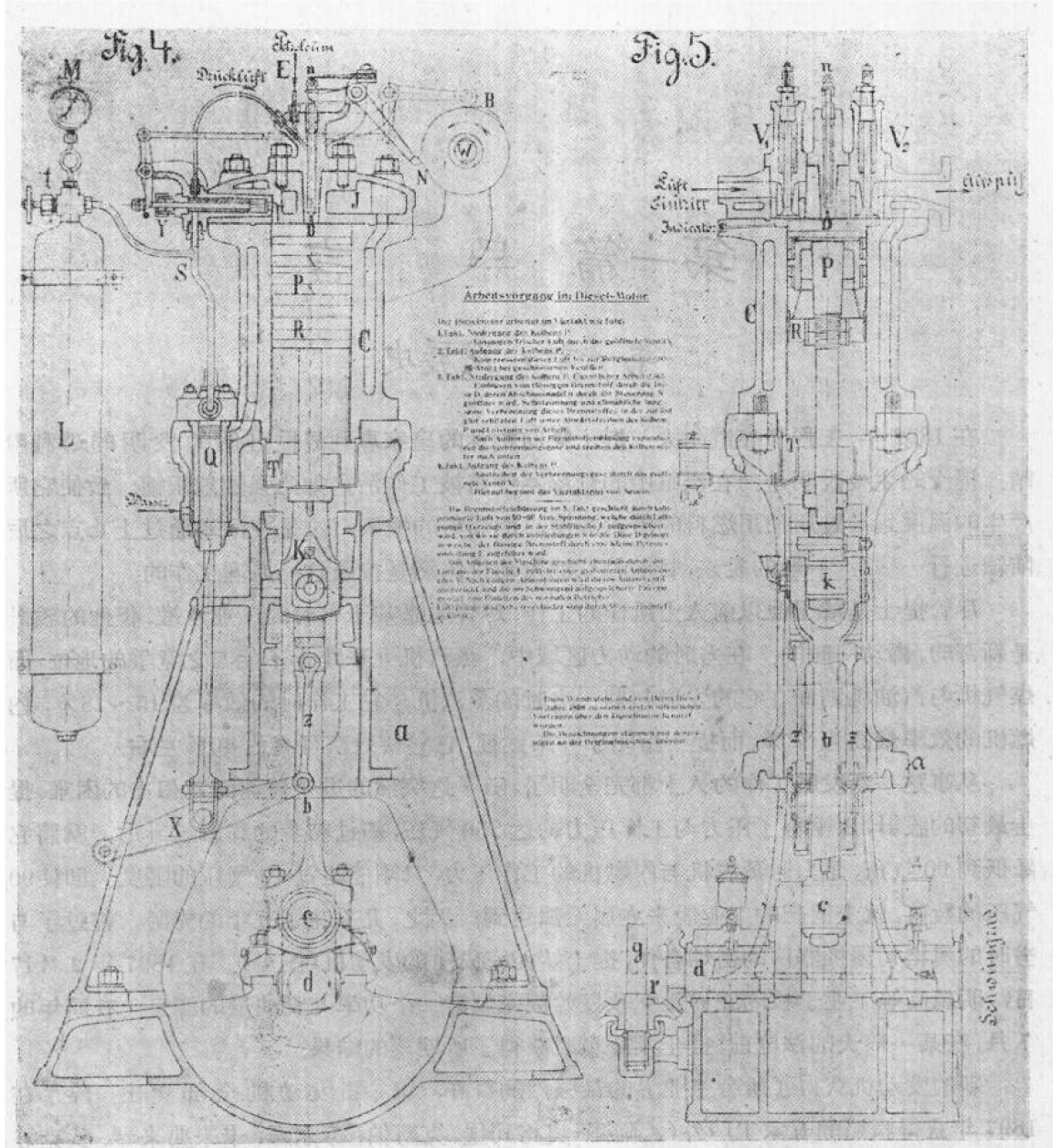


图1 提士博士在1898年第一次公开演講中所用的切面图,它是第一批提士发动机中的一台,(照片由明星城德国博物院供給)

终于获救。生产的总馬力数随年俱長,在1940年,仅单独一家德国工厂——孟阿恩——已达累积总产量一千万馬力(图2)。迄1940年止,世界上的总产量只能約略估計为四千万馬力。由于永远侵入新的用途区域,要求采用基本上完全相异的結構,亦即除了四冲程发动机外,尚发展有二冲程及二冲程双作用式发动机。在今日,柴油发动机已成为一种通用的动力机器,它制有多种多样的型式。

第二章 柴油发动机的应用区域

尽管鲁道尔夫·提士自己希望他的发动机的用途之一，是用以驱动船舶，但柴油发动机的发展开始点，却是固定式的用途。第一台供应的柴油发动机是一台两汽缸四冲程发动机，具有60有效马力的总功率，它安装在开普敦联合火柴工厂中(图3)。作为固定式用途的柴油发动机，它或者用皮带驱动一系列的工作机器，它或者用以产生电力，迄今仍是柴油机产品的一项主要部门。常常采用若干台发动机组成一套的动力装置，但亦已实现了大功率的单台装置。最大的固定式发动机是孟阿恩厂出品的九汽缸二冲程双作用式发动机，具有15,000有效马力，它装在汉堡发电厂中作为颠峰动力机。尽管燃料在德国的经济情况中的地位，要求较少采用固定式的柴油发动机，但由于这发动机的一项特殊优点——立即可以始动——获得了另一用途作为备用电力装置。每台功率达1,500有效马力的全自动柴油备用电力装置，已可毫无问题的投入运转中了。

自1902年起，柴油发动机开始进入商船的航运中，在1904年它得到在海军中的第一个用途，作为潜水艇发动机。自这时起，柴油发动机日渐增加它作为内河船及海船的驱动用途。在1925年，柴油机驱动尚只为世界总吨位的4.2%，此项百分值，在1939年已上升达24.4%。采用特别大的柴油驱动功率的商船有“Oranje”号，功率37,500有效马力，及“Augustus”号，功率28,000有效马力。在德国的战舰中，有装甲舰“Lützow”号及“Scheer 提督”号由柴油发动机驱动。各类船舶采用柴油机驱动的发展趋势，尚在剧烈增强中。

柴油发动机也在陆上运输中见得广大的流行。柴油发动机驱动的第一辆载重车，始于1924年在柏林展览会公开陈列。在今天，极大多数的载重车装备了柴油发动机。

载客车的制造中，柴油发动机迄今只应用于特殊的情况，主要是在要求最大的运转经济性时。

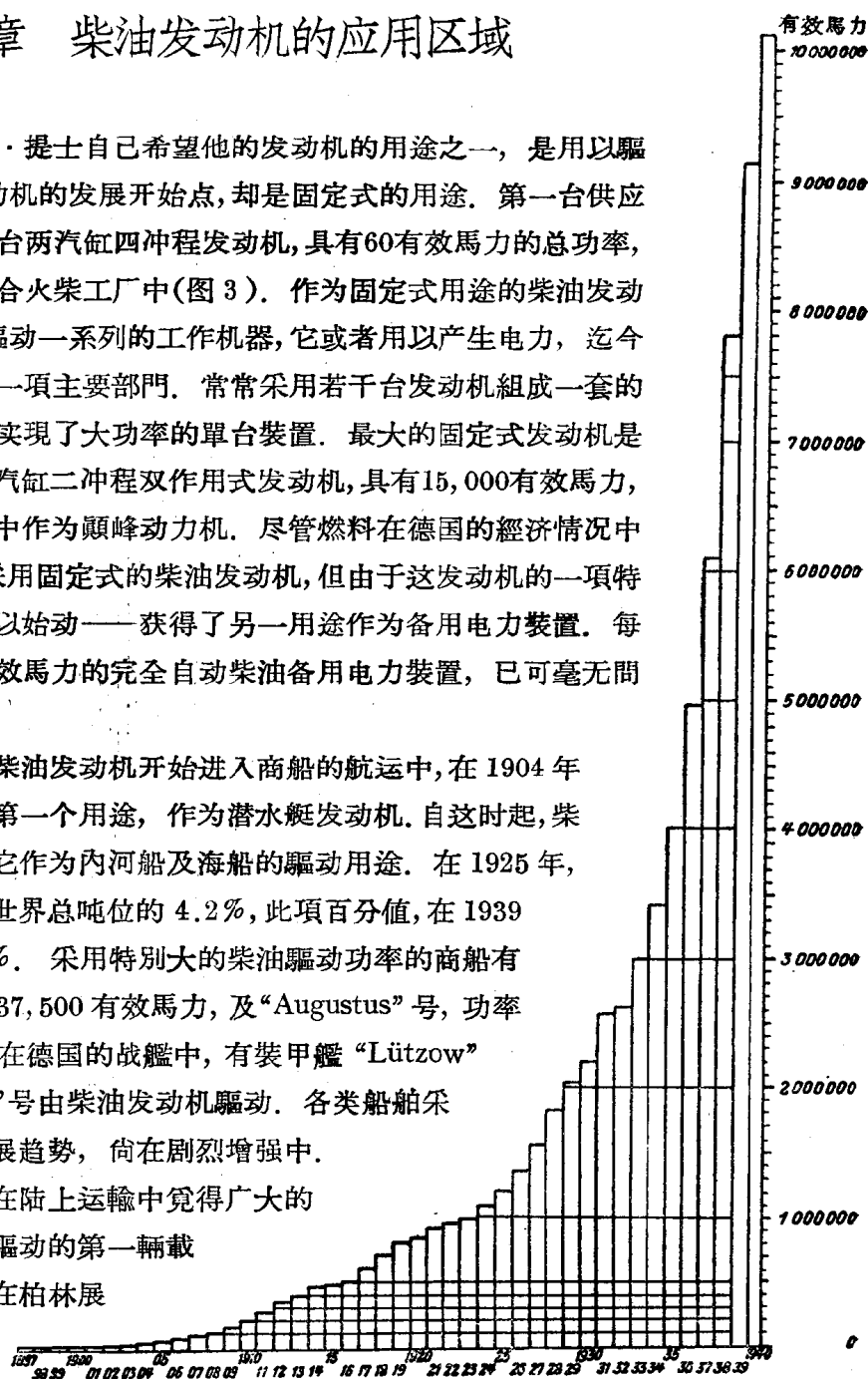


图2 一家柴油发动机工厂(孟阿恩-奥格司堡)自1897年来生产的马力数

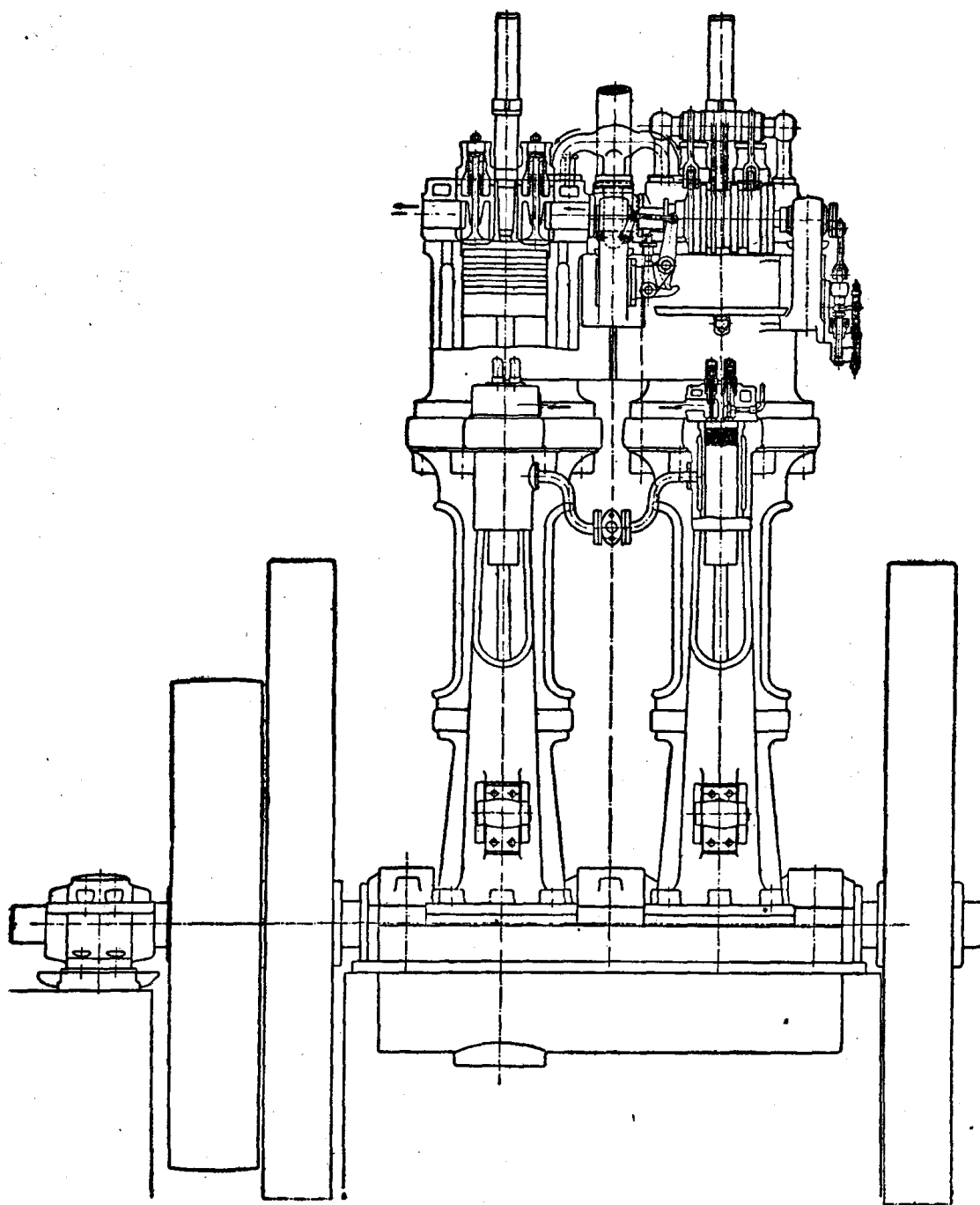
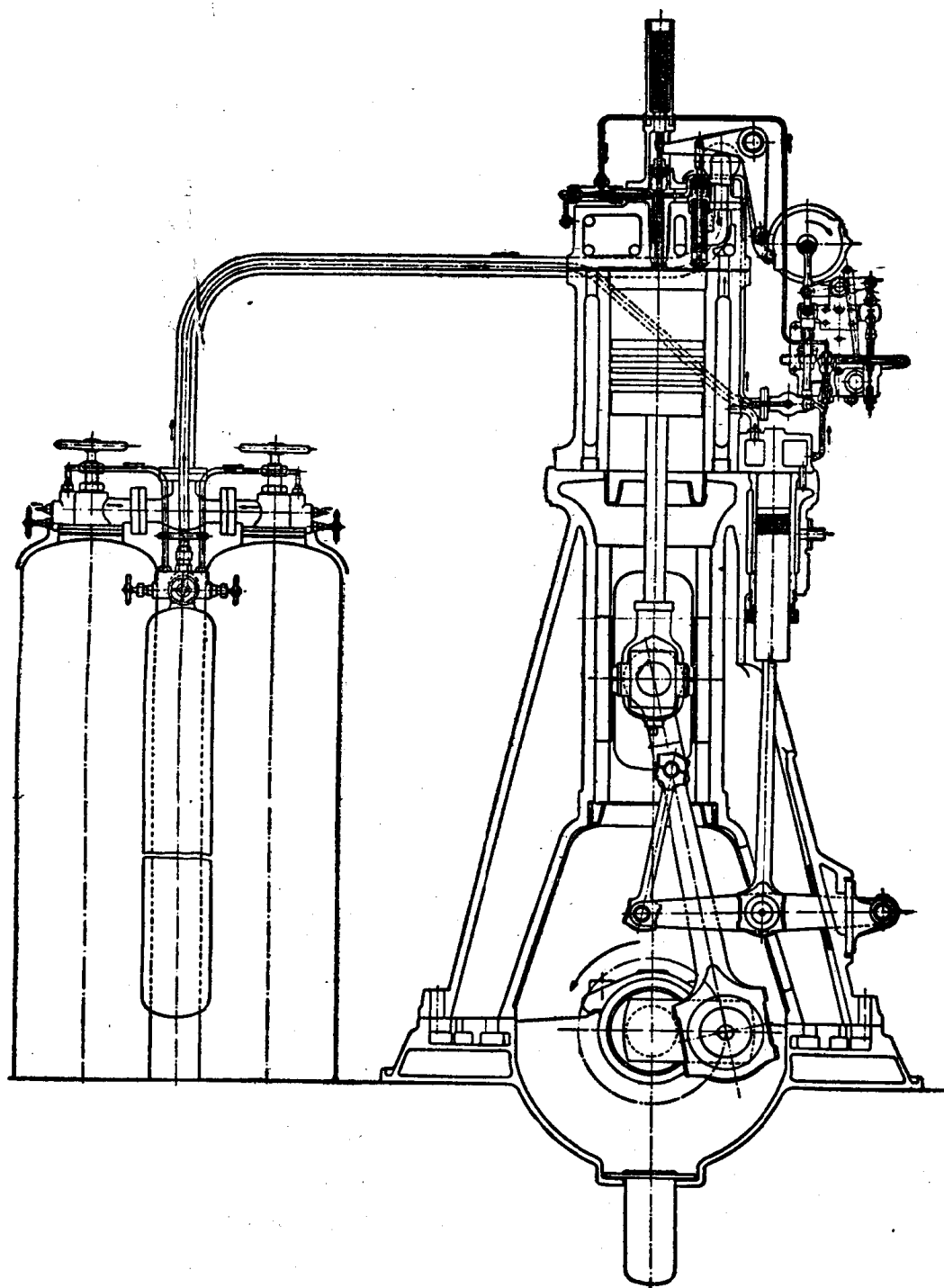


图3 1898年造两汽缸四冲程发动机,汽缸直径

铁道运输对于柴油发动机亦提供了广大的使用区域。经济性、运转的便利性、消灭了任何的火灾可能性以及迅速的始动可能性,使得柴油发动机广泛的作为内燃客车的发动机。在较大的柴油机车中,已达2,000有效马力或更多马力。

就作为航空运输的驱动机来说,柴油发动机不及汽油发动机。因为每一公升冲程容



300 公厘(照片由明星城德国博物院供给)

积中所能发生的功率,柴油发动机低于汽油发动机,故柴油发动机必须造得尺寸较大。而随着提士工作过程所必要的较高压力,需要消耗更多的材料,故每一机件的重量较高,亦即整个机器的重量增加。柴油发动机的优点仅是较高的经济性,以及使用一种不易发生

火灾的燃料。所以柴油发动机在航空运输中仍获得一些受限制的用途。

上項說明中，尚未完全列举柴油发动机的用途。在无数的場合中，柴油发动机被作为組合的发动机。此处仅提及可移动的发电裝置、筑路机械、钻探机、可移动的柴油水泵及柴油压缩机。

由于使用目的的不同，当然对发动机提出不同的要求，因此要求它有不同構造。應該仔細考虑的是，对于所規定的使用目的，究竟二冲程合适呢，还是四冲程合适，应该选择那一种的燃燒过程，以及那一些特种設備及特种措施，可以使发动机符合所要求的目的。

第三章 柴油发动机的燃料

对設計师說来，燃料的問題亦不是毫无意义的。魯道尔夫·提士在开始时就提出了一个目标，他的发动机应当用煤粉来开动。由于不可克服的困难，終致——作为暫时的解决办法——轉而采用液体燃料。这液体燃料是由高度压缩的空气噴入汽缸中，虽然早已知道单独利用高压力將燃料噴入汽缸的优点，但是缺少工程上可用的方法。高压噴射的实用方法始于1909年及1910年的專利中說及，但自1920年起始行逐漸的轉入无空气的噴射，最初用于小尺寸的汽缸，繼而在較大的机器中，终于在現代只生产无空气噴射的发动机了。液体燃料的使用，迄今基本上仍旧保持着。虽然經過几十年的、极努力而又昂貴的試驗，以煤粉作为柴油发动机燃料的可用性仍未成功。对于主要的、也就是基本的问题，尚不能获得理想的解决。在发动机中采用煤粉較之重燃料油、瀝青油及煤气所需要的特別設備，將在本書中專辟一章叙述之。

本全集的第一卷中，已經詳述燃料的一切。因此，此处只談目前通用的液体柴油燃料的主要类别：

甲)矿質油

1. 煤气油 石油的分餾产品，比重約为0.85；低热值約为10,150大卡/公斤。极适用于柴油发动机。

2. 柴油 优良的分餾剩余物，或为煤气油与分餾剩余物的混合物，比重約自0.91至0.94；低热值达9,850大卡/公斤。极适用于柴油发动机。

3. 燃料油 分餾剩余物，比重約超过0.93；低热值通常低于9,800大卡/公斤。燃料油只能通过特殊的重油設備应用于柴油发动机。

乙)頁岩油 油頁岩的蒸餾产品；低热值为10,000大卡/公斤。通常頗适用于柴油发动机。

丙)瀝青油

1. 褐煤瀝青油 褐煤瀝青的蒸餾产物；低热值約为9,800大卡/公斤。极适用。

2. 石炭瀝青油 石炭瀝青的蒸餾产物；低热值約为9,000大卡/公斤。只能通过特殊

的设备应用于柴油发动机中。

丁)植物油 橄欖油、棉籽油、花生油、豆油等。通常可在一定的条件下适用。由于此类油甚少用于发动机中，故无累积的经验。

戊)合成油

1. 煤气油状的燃料 这类油中此处要提的是按照費許-脫落許方法及按照伊盛方法所得的油。这些油就性質方面言，有些部分可超过最优良的矿質煤气油。低热值可达 10,500 大卡/公斤。极其适用。

2. 混合柴油 合成的煤气油与石炭瀝青油的混合物，經過精制。极其适用。

3. 煤的煉制品 在这范围内，目前尚在发展中。迄今为止所已知的产品，只能通过特殊的设备，在一定的条件下使用于柴油发动机。由于各方面的努力，对这一方面的工作日益推进，故可期望得到优良的产品。

设计师在抉择燃料时，还当明确燃料在低温时是否仍有足够的流动性，俾能不必要求在喷射泵、喷油阀及导管等处加裝加热设备。燃料在适当的温度时的最低粘性限值约为恩氏 4 至 8°。此外，设计师必须要求燃料对于所接触的发动机零件不能有腐蚀作用。

第四章 第十二卷的范畴

正如全集的編輯者李斯德教授在第一卷的序言中所述，全部的材料是分別由若干著者編写而成。本書的范围是限于討論柴油发动机，它的汽缸直徑均大于 150 公厘。这样，它相当于大約自 150~300 馬力的最低功率限值。尺寸較小的柴油发动机，以及某些高速的車用发动机及內燃機車用发动机，即使它的尺寸及功率大于上述的限值时，均詳述于第十一卷中。基本的材料問題，以及軸承問題的深入討論，均自本書中划出，而在第八卷第一部中說明之。質量平衡及振动問題詳述于第八卷第二部中。此外必須提及的是第三卷(傳热学)、第四卷(充量更換)、第七卷(柴油发动机中混合气形成与燃燒)、第九卷(內燃机的气体配換機構)、第十卷(高速內燃动力机器的傳动機構)。

第二篇 設計中小功率柴油 發動機的一般規律

第一章 擇取二冲程或四冲程工作過程的觀點

本节中討論中小功率的柴油發動機。所謂“中”及“小”功率的含義並不十分明確。為了在以後的說明中得到明確的界別，“中”及“小”功率發動機，應當包括全部無滑塊的發動機。無滑塊發動機的最高功率限值，對於無增压的四冲程機說來，約為每汽缸 350 有效馬力，增压的四冲程機約為每汽缸 500 有效馬力，而在二冲程單作用式機則約為每汽缸 400 有效馬力。倘若假定汽缸數等於 8 為最高限值時，則無滑塊的，有增压的四冲程發動機可達 4,000 有效馬力的總功率，而有滑塊的大發動機，它的功率無論如何低於此限值。各功率範圍的互相重疊現象示於圖 4 中。雖然如此，有滑塊與無滑塊的發動機，它們的結構差別是極其明顯的。

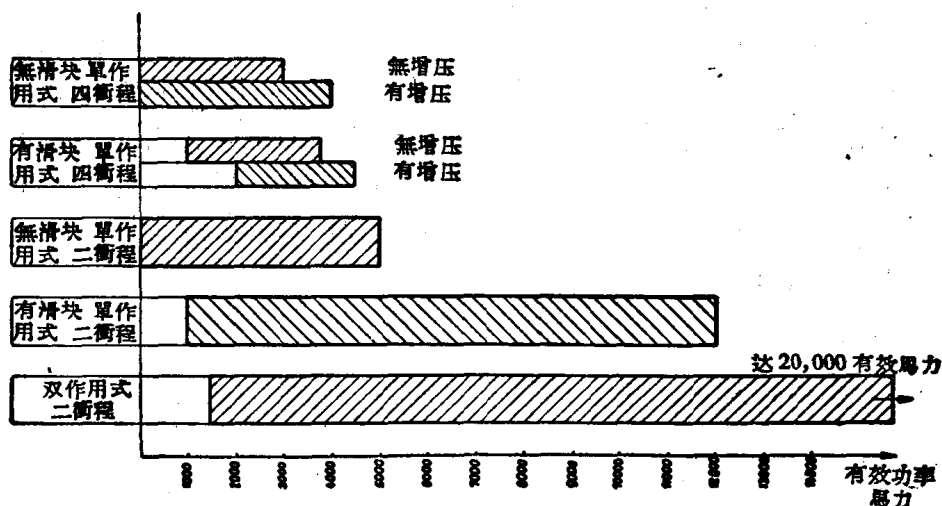


圖 4 各種不同構造柴油發動機的功率範圍

對於中小功率的發動機，要決定二冲程或四冲程的優劣問題，一般說來是根本無法達到的，而在若干個別情況通常也是很難定的。由於二冲程單作用式發動機所具有的簡單性，屢次的引起了若干製造廠的興趣，而採用了這一型式的構造。這一採用往往是失敗