

輪式和履帶車輛 液力傳動

上 冊

B.H. 普罗柯弗也夫編著



國防工業出版社

輪 式 和 履 帶 車 輛

液 力 傳 動

上 冊

B. H. 普羅柯弗也夫編著

魏宸官、吳克晉譯



國防工業出版社

1959

內 容 簡 介

[輪式和履帶車輛液力傳動] 一書是B. H. 普罗柯弗也夫博士根据他在我国講学用的講稿整理写成的。書中講述了輪式和履帶車輛液力傳動的构造和作用原理、工作过程和計算基础，并概括地討論了各种輪式和履帶車輛液力傳動的新式結構和在這些車輛自动傳動系統中采用液力傳動的方法。此外，書中还簡要叙述了液力傳動系統的使用問題、自动变速箱的构造及其作用原理和液力系統的計算問題、炮塔轉向机构的液力驅動問題，以及应用容积式液力傳動构成液力傳動系統的原則。

本書可供輪式和履帶車輛設計、制造和使用部門的工程技術人員閱讀，也可作高等学校有关專業教師學生的參考書。

本書分上、下兩冊同時出版。

苏联B. H. Прокофьев著 ‘Гидравлические передачи
колесных и гусеничных машин’ (Оборгиз 1958年)

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可証出字第074号
机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

*

787×1092 1/25 13⁵/25 印張 267 千字

1959年5月第一版

1959年5月第一次印刷

印数：0,001—3,050册 定价：(11) 2.05元

NO. 2896

序

本書為作者根據他在中国講學時所編講稿加以修改和補充後寫成的。

在輪式及履帶式車輛上，應用下列形式的液力傳動。

1. 液力傳動系統的主要液力傳動，這種傳動是尽可能地 把 离心泵和液力透平的工作輪接近。這種液力傳動應用極廣，所以在本書中，用很大的部分來討論液力傳動的工作過程，計算及設計方法。

2. 按容積原理工作的液力傳動系統的主要液力傳動。

儘管，汽車（1898年）和坦克（1914年）的第一批液力傳動系統應用了容積式液力傳動，但如今，這種形式的驅動已不應用（小批生產的輪式和履帶式車輛的試驗性樣品不包括在內）。所以，在本書中只很簡單地討論這種傳動系統。

3. 自動換檔系統的液力傳動。雖然這種傳動應用很廣，但在本課程中，只較詳細地討論應用較廣的 Гидроматик 自動傳動系統，以及蘇聯汽車“伏爾加”的自動傳動系統，並以前者做為示例。

僅用兩個例子來敘述這種液力傳動而不討論其一般原則及一般理論是由于，已有各種自動傳動系統的自動換檔系統的液力簡圖及組成液力簡圖的方法太多了。詳細討論全部現有的各種自動換檔系統，需要由單獨的課程來解決。

4. 舵的液力傳動在本書中未予討論。

5. 傳動系統及轉向機構遠距離操縱用的液力傳動，如各種反饋的或非反饋的隨動系統，在本書中未予討論。

6. 制動器及減振器的液力傳動，在本書中未予討論。

7. 坦克炮塔轉向機構的液力傳動，僅從作用原理，液力系統設計及設計個別部件的主要原始參數等觀點，極簡單地加以討論。

8. 坦克武器穩定系統的液力傳動，在本書中未予討論。

由上述列举各点可以看出，應該在其它各种相近課程中研究的液力傳动，在本中就沒有討論。在其它各种專業課程中沒有研究的液力傳动，此处討論虽然很簡單，但是对于未来的輪式和履帶式車輛工程師說來，有很大的好处。

但是，甚至是作为液力傳动系統主要液力傳动的动液傳动，也主要只从下列几个观点来叙述即：型式和尺寸的选择、工作过程的分析、与發动机的共同工作以及滿足从車輛保养方面对傳动系統提出的主要要求等来加以叙述。

在重新設制新型的动液傳动时，工作机构的液力計算問題討論較少，而且較簡略，因为这應該是水力机械制造工程師所从事的工作，但本課程是为輪式及履帶式車輛專業未来的机械工程師設立的。

为了使上述專業的机械工程師，能够在动液傳动特性与所要求特性有差別的情况下，应用現有各种型式的动液傳动，在本課程中，討論了組成具有不同外部特性的液力机械式傳动的原理。

由于在自动液力傳动系統中广泛应用行星机构，在本課程中，对此机构給予一定的注意，以便借助簡單、和系統的方法，使讀者有可能分析任何一种行星傳动系統。

作者認為講授这一章节很必要是由于下列原因，因为現在已有的技术文献，在討論這一問題时，或者是不完全，或是过于复杂，而不易被理解。

由于本書中所討論的許多問題，对于某些讀者說來是新的問題，作者認為在本書所討論的大部分的問題中，附有数字的計算例題是合适的。其中，可以指出的有：噴射泵的計算，綜合式液力傳动循环圓子午断面的計算及設計，渦輪葉片的設計，行星机构效率的計算，三速液力机械式傳动系統的寻求及計算，以及作为輕便汽車傳动系統的容积式液力傳动的工作計算。

目前，已有的以及每年出現的輪式及履帶式車輛的自动液力傳动系統已經如此之多，因之由于本書篇幅的限制，把所有的傳动系統都加以討論实际是不可能的。

作者選擇了那些根据某些原因看是比較典型或有趣的傳动系統進行討論。

在講輪式及履帶式車輛液力傳动課程時，主要應用蘇聯的技術文獻。因為在蘇聯的技術文獻中，比較完整及詳細地討論了作為“輪式及履帶式車輛液力傳动”課程基礎的上述各個問題。

至於其它國家（美國，德國及英國）的定期技術文獻，則主要是在敘述結構及各種設備時引用，同時在說明作者的某些結論及論證時也用作參考資料。

由於本書不是科學論文，而是教學參考材料，所以在書中沒有列出引用文獻的索引。

目前，還沒有一個確定的、敘述輪式及履帶車輛液力傳动的方 法，所以本書不可避免地會有缺點和錯誤。作者請求讀者把有關本書缺點的意見按下述地址通知作者：С. С. С. Р., Москва, 2-я Бауманская 5. Московское Высшее Техническое Училище им. Баумана, Профессору Прокофьеву В. Н.。

一九五八年五月於北京

目 录

序.....	6
緒論.....	1
B-1 液力傳动系統的發展.....	1
B-2 某些輪式及履帶車輛發动机的特性.....	2
B-3 为什么需要变速箱.....	9
B-4 齒輪式变速箱的某些缺点.....	18
B-5 液力傳动發明的历史.....	20
B-6 傳动系統の某些共同特性.....	27
B-7 动液傳动的型式.....	35
第一章 工作液体.....	41
1-1 重度和飽和蒸汽压力.....	41
1-2 粘性.....	42
1-3 石油产品混合物的粘性.....	46
1-4 对液力傳动的工作液体的要求.....	47
1-5 动液傳动的工作液体.....	50
第二章 水力学方面的簡單参考知識.....	53
2-1 流量方程式.....	53
2-2 柏努利方程式.....	54
2-3 动力学相似.....	55
2-4 管路計算.....	57
2-5 局部阻力.....	58
2-6 欧拉方程式.....	63
2-7 叶片数目有限时的影响.....	66
2-8 相对平衡.....	68
2-9 平板对液体的摩擦.....	69
第三章 动液偶合器.....	71
3-1 动液偶合器的构造及作用原理.....	71
3-2 在循环圓中的相对速度.....	78

3-3 动液耦合器的向量圖解	80
3-4 动液耦合器的計算方程式	82
3-5 动液耦合器与內燃机的共同工作	85
3-6 动液耦合器原始特性曲綫的理想形状	92
3-7 計算發动机与动液耦合器共同工作的圖解方法	94
3-8 选择动液耦合器的尺寸	100
3-9 計算叶片数目有限时之影响	101
3-10 动液耦合器的构造	105
3-11 动液耦合器在輪式及履帶車輛上的应用	123
3-12 內燃机的燃料效率	135
3-13 車輛的行驶平衡	139
第四章 动液变矩器	145
4-1 动液变矩器的构造及作用原理	145
4-2 水头高度分布圖及动液变矩器速度三角形的繪制	150
4-3 动液变矩器的計算方程式	158
4-4 关于动液变矩器补偿压力的选择	163
4-5 动液变矩器与內燃机的共同工作	168
4-6 內燃机与动液变矩器共同工作的圖解計算方法	174
4-7 选择动液变矩器的尺寸	177
4-8 某些动液变矩器及綜合式液力傳动构造的簡單介紹	181
4-9 各类动液变矩器的特性	210
4-10 动液变矩器的調节	217
4-11 动液变矩器在輪式或履帶車輛上的工作	224
第五章 动液变矩器工作輪的液力計算和設計	231
5-1 高速性系数或比轉速	231
5-2 动液变矩器工作輪的高速性系数值的选择	239
5-3 动液变矩器計算工作情况下循环圓中的流量和水头值的选择	247
5-4 循环圓中絕對速度子午分速度的決定	249
5-5 动液傳动循环圓子午断面的設計	256
5-6 叶片的数目及动液变矩器各工作輪入口和出口区段的收縮系数值 的选择	260
5-7 泵輪叶片主要几何参数的決定	264
5-8 渦輪叶片主要几何参数的決定	266

5-9 动液傳动反应器叶片的主要几何参数的决定	270
5-10 动液变矩器或綜合式液力傳动液力計算的順序	273
5-11 动液傳动計算示例	278
5-12 仿形法設計动液傳动工作輪之叶片用等傾角	290
5-13 动液傳动工作机构的鑄造	297
第六章 輪式和履帶車輛动液傳动輔助机构的計算	304
6-1 齒輪泵的計算	304
6-2 噴射泵的計算	312
6-3 計算具有收縮混合室的噴射泵的例題	319
6-4 冷却系統的計算	320

緒 論

B-1 液力傳動系統的發展

如果在十年以前出版有关液力傳動系統書籍的話，那么這本書就必需从論証在輪式及履帶車輛上应用液力傳動系統的合理性开始。

液力傳動的广泛使用以及使用这种傳動一年一年逐漸地增長，乃是应用这种先进形式傳動系統合理性的最客觀的証明。

最近，英国及西德大約有四分之一的公共汽車，美国現有市內公共汽車的一半以上，都安装了液力傳動系統。法国、意大利以及比利时在公共汽車上也安装了液力傳動系統。

美国，在一九五二年，有 47% 的輕便汽車安装了液力傳動系統，在一九五五年，尽管由于軍事-經濟的原因，在低价值及中等价值的輕便汽車上安装液力傳動有一定的限制，但在生产的輕便汽車上乃有 73.8% 安装了液力傳動。

在大部分現代的美国坦克（輕型、中型及重型），以及自行火炮和装甲運輸車上安装了液力傳動系統。这些傳動系統大部分是“Кросс-Драйв”及“Торкматик”傳動系統，在这些傳動系統中包含一个綜合式液力傳動“Аллисон”或三級變矩器“Лисхольм-Смит”。

这些液力傳動也安装在美国大多数的重型載貨汽車上。

近来，許多美国的坦克，自行火炮和装甲運輸車被做为北大西洋公約各参加国軍隊的标准装备，而从前这些車輛也装备过法国、荷兰、比利时及丹麦的部队。

有足够的根据可以認為，今后在輪式及履帶車輛領域內將更广泛的应用液力傳動。

在苏联，已經在一系列的車輛上安装了液力傳動。在 25 吨的自动卸貨卡車 МАЗ-525（明斯克汽車工厂）上安装了动液偶 合 器。在

同一工厂生产的 40 吨自动卸货卡車上也安装了綜合式液力傳动。

在舒适的輕便汽車ЗИМ-12 上安装了动液偶合器。新型的具有綜合液力傳动的汽車“伏尔加”(Волга)(高尔基汽車工厂)已准备生产。

莫斯科利哈乔夫汽車工厂生产了两种带有液力傳动的公共汽車的样品。

将要生产并将代替汽車ЗИЛ-110(莫斯科汽車工厂)及ЗИМ-12(高尔基汽車工厂)的新型汽車也将装有液力傳动,因为現在該汽車的發动机功率已大于 100 馬力,因而生产带有液力傳动方案的汽車是合理的。

在苏联,姆罗摩斯基(Муромский)及伏洛希洛夫格勒工厂出产的内燃机車也安装有液力傳动。

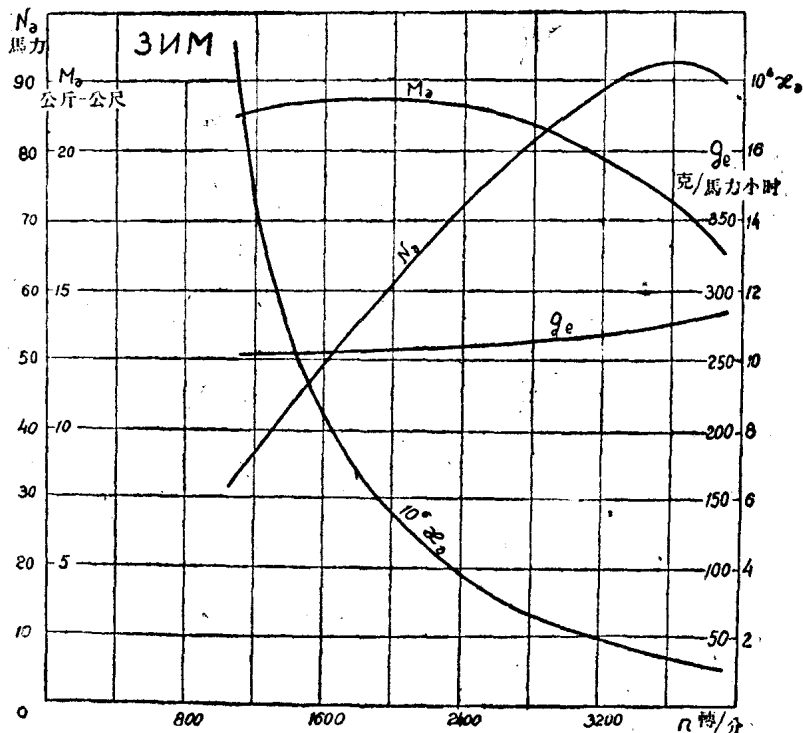
在輪式及履带式車輛上安装液力傳动增加了車輛的价格。但液力傳动的車輛具有了新的性能。其中可以提出的有:

- 1) 在不致强烈降低經濟性的情况下增加平均速度。
- 2) 增加舒适性以及从根本上簡化操縱(駕駛員往往只須操縱制动器及加速踏板)。消除了換档操縱杆,在某些型式的坦克上,在該操縱杆上需要施加 24 公斤的力,这样大小的力量在長時間作战时,对于駕駛員是困难的。
- 3) 减小必需的換档数目,通常少二分之一到三分之一或更多。
- 4) 在困难的道路条件下行駛时,不致突然使發动机熄火。
- 5) 由于可能使主动輪或履带具有相当小的合理速度,因而提高了通过性,同时也提高了附着系数。
- 6) 延長了傳动装置的各部件和零件、輪胎、履带及發动机的寿命。

B-2 某些輪式及履带車輛發动机的特性

仅当尺寸小、重量輕、功率相当大的高速活塞式內燃机出現以后,才具备了广泛应用无軌运输及各种用途自行装置(最初为輪式車輛,以后是履带式車輛)技术的可能性及經濟合理性。

圖 B-1 所示为安装在輕便汽車 ЗИМ-12 上的强制水冷、六缸、四冲程汽化器式发动机的外特性。



圖B-1 汽化器式發動機ЗИМ的外特性。

外特性是指在完全踏下加速踏板（即在最大供油）時，得到的特性。

在外特性上表示出，力矩 M_0 （公斤-公尺）如何隨發動機曲軸轉速 n_0 （轉/分）的變化而變化，以及單位燃料消耗量 g_e （克/馬力·小時）在此時如何變化（即每馬力·小時，燃料消耗量的克數），發動機特性參數的計算值如何變化，發動機的特性參數為

$$\chi_0 = \frac{M_0}{n_0^2} \frac{\text{公斤-公尺-分}^2}{\text{轉數}^2} \quad (\text{B-1})$$

在為發動機選擇液力傳動的尺寸及研究發動機與液力傳動共同工作的條件時，需要這一計算值。

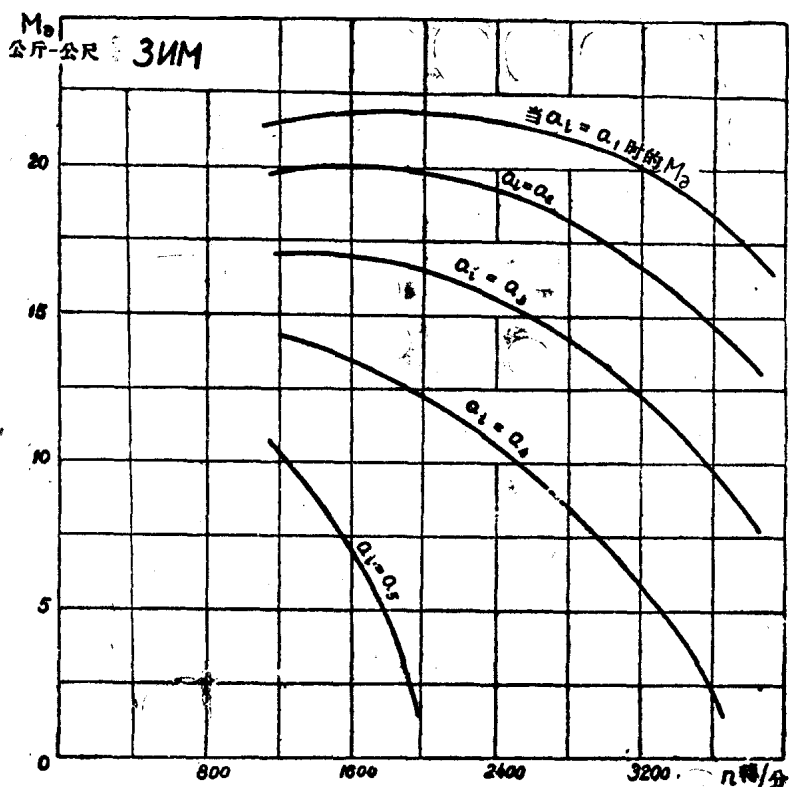
根据 M_θ 及 n_θ 值，可以計算發动机的功率（馬力）

$$N_\theta = \frac{M_\theta n_\theta}{716.2} \text{ 馬力。} \quad (\text{B-2})$$

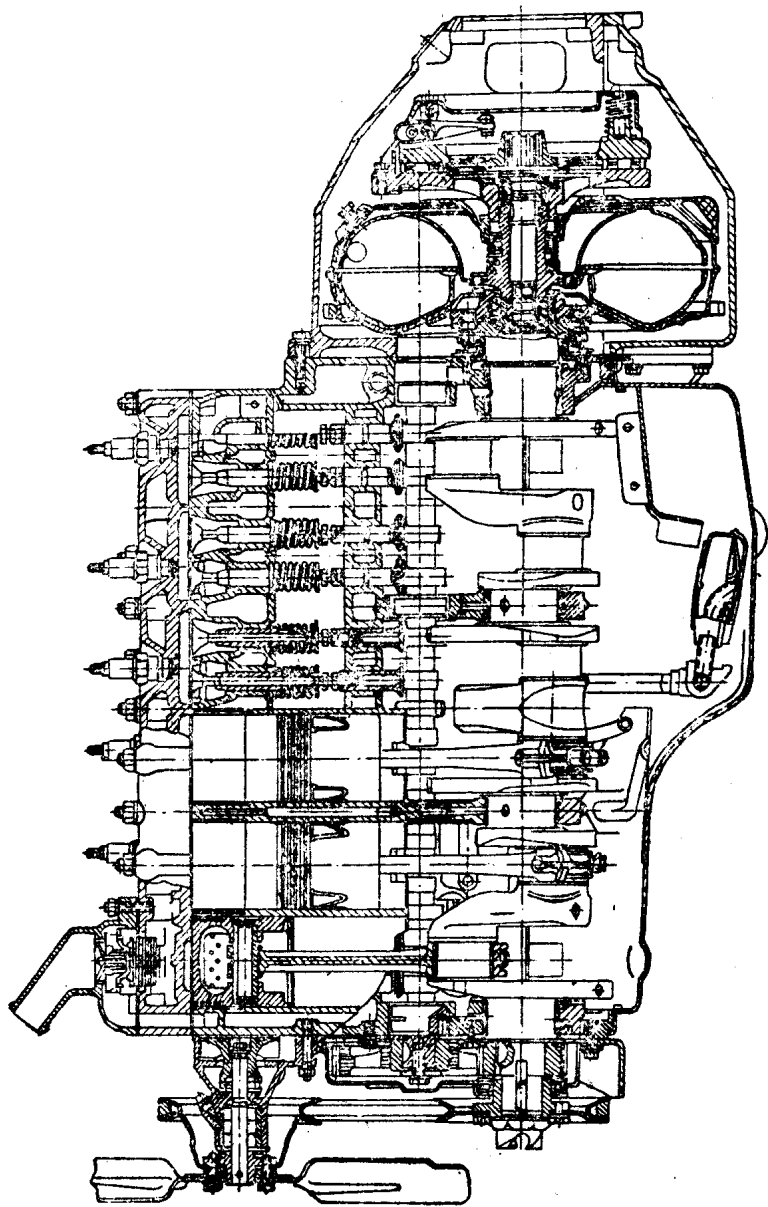
功率变化的曲綫圖表示在圖 B-1 上。

在未完全踏下加速踏板（即供油較小）时，發动机發出的力矩較小，如圖 B-2 所示，圖 B-2 上繪出了發动机 ЗИМ-12 的部分特性，其中用字母 a_1, a_2, a_3, a_4 和 a_5 表示相应加速踏板的位置（ $a_1 > a_2 > a_3 > a_4 > a_5$ ，其中 a_1 相当于完全踏下加速踏板）。

發动机 ЗИМ-12 重 229 公斤（發动机的單位重量，即每馬力的重量为 2.48 公斤/馬力），它安装在重 1940 公斤的七座輕便汽車 ЗИМ-12 上，ЗИМ-12 汽車的最大速度为 120 公里/小时，每 100 公里的耗油量



圖B-2 汽化器式發动机 ЗИМ 的部分特性。



圖B-3 汽化器式發動機ЗИМ與安裝在其後的動液耦合器的縱剖面圖。

为 15.5 公升。此发动机的结构以及安装在发动机后面的动液偶合器，如图 B-3 所示。

发动机的最大转速 $n_{\theta \max} = 3900$ 转/分，而最小转速为 1100 转/分（图 B-1）。

最大转速与最小转速的比叫做转速范围或速度范围：

$$d_{\theta} = \frac{n_{\theta \max}}{n_{\theta \min}} = \frac{3900}{1100} = 3.55. \quad (\text{B-3})$$

需要指出，当完全踏下加速踏板及当 n_{θ} 小于相当于发出最大扭矩时的转速值时，在某些使用条件下（这些条件在以后将要讨论）会失去稳定，也就是说使发动机熄火。所以， $n_{\theta \min}$ 不应该比发出最大扭矩的发动机转速低很多。因此，实际的速度范围可能比计算的要小。

在许多城郊行驶的公共汽车和大部分重型载货汽车上，安装用重燃料的发动机—柴油机。

柴油机比汽化器式发动机的单位燃料消耗量要低，而且随发动机转速变化而产生的变化小。当然，柴油机的转速范围比汽化器式发动机的转速范围要低。

现代柴油机的耗油量为 170~190 克/马力·小时，而汽化器式发动机为 230~280 克/马力·小时。此外，柴油机燃料的比重较大，因此，油箱的尺寸可相应地减小。这也就是为什么安装柴油机的车辆，具有较大的行动半径。

还需要指出，柴油机燃料的保存和运输与汽油相比，极为方便，而且发生火灾的危险性小得很多。

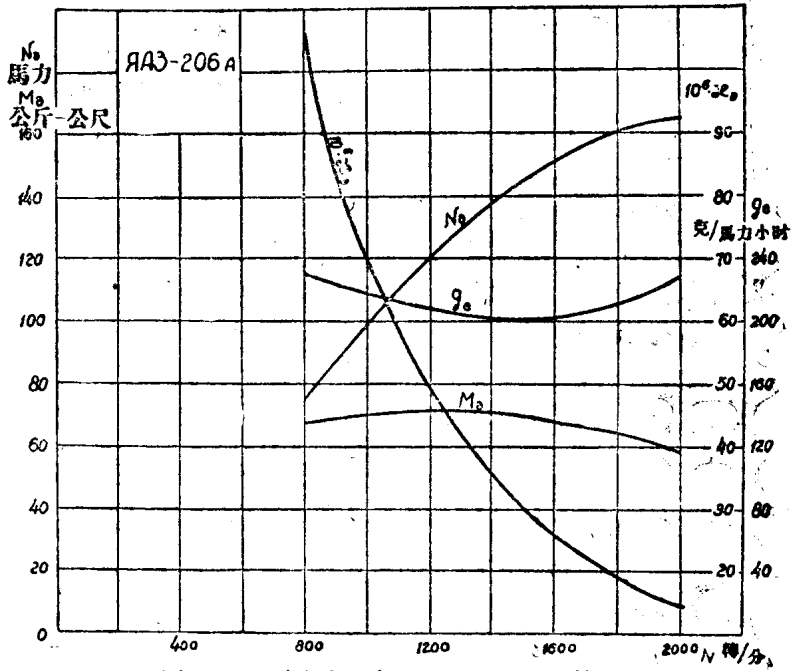
但是柴油机的成本比汽化器发动机的成本高，尺寸大，而且有时重量也大。喷嘴也由于极易阻塞而需要精心地保养。

柴油机和汽化器式发动机的个别优点和缺点，决定于每一具体结构的具体特点。例如，坦克发动机 B-2（在 1800 转/分时，功率为 500 马力）的重量最小（750 公斤）。

B-2 发动机是四冲程 V 形柴油机，其尺寸为 $1.558 \times 1.116 \times 1.072$ 公尺³，在伟大卫国战争时期，主要安装在具有世界荣誉的中型坦克

T-34 上。在同一年代，其它国家没有大功率的高速坦克柴油机 或者可靠的可以用于坦克制造业的大功率柴油机。

仅由 1942 年开始，当德国的许多工厂（例如 Даймлер-Бенц 和 Зиммеринг 两工厂），把在战争中获得苏联坦克柴油机 B-2 进行全面的试验以后，才开始设制了功率为 700~750 马力的新型坦克柴油机的实验样品。



圖B-4 兩冲程柴油机 ЯАЗ-206А 的外特性。

供油量經調整后的 B-2 發动机（在 1500 轉/分 $N_p = 300$ 馬力）安装在明斯克汽車工厂出品的 25 吨自动卸貨卡車 MA3-525 上。自动卸貨卡車的重量为 49.5 吨，最大速度每小时 30 公里，每百公里路程的燃料消耗量为 45 公升。

目前，明斯克汽車工厂生产了有效載荷为 40 吨的自动卸貨卡車。

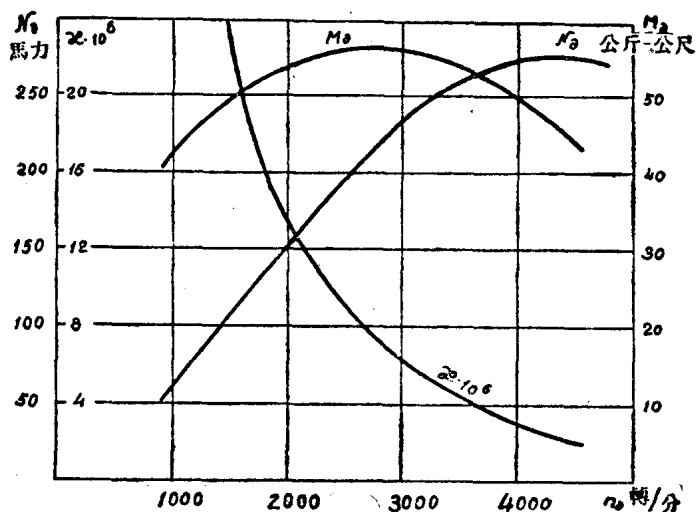
兩冲程汽車用柴油机的特性如圖 B-4 所示。这种水冷式發动机 ЯАЗ-206А 安装在許多載貨汽車（苏联雅罗斯拉夫工厂的各种重型載

貨汽車) 上。

目前, 美国在高级輕便汽車上安装功率大于两百馬力的汽化器式發动机, 在 1956 年的“派克”(Паккард) 汽車上曾安装了功率为 310 馬力的發动机。由于应用了高辛烷值的汽油, 允許采用高压縮比, 因此便可能获得这样大的功率。

一般的汽油在高压縮比时开始爆燃。

在高级輕便汽車上应用大功率的發动机不会降低經濟性, 因为車上应用了相应的齒輪傳动, 可以在一公里的路程上使發动机的轉数較小, 而在繁忙的市內行駛条件下, 大的單位功率(每噸重量的功率)使加速能力大, 故显著地提高了平均速度, 这点对經濟性也产生有利的影响。



圖B-5 安装在克萊斯勒 Нью-Йоркерс-72 輕便汽車上的汽化器式發动机的特性。

在 1956 年出品的“克萊斯勒”(Крайслер) (Нью Йоркер С-72) 輕便汽車上, 安装了在 4600 轉/分时功率为 280 馬力的汽化器式發动机。此發动机的特性如圖 B-5 所示。