

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

汽車拖拉機發動機

上 冊

В. Болтинский 著

天津大學機械系
內燃機教研室^譯



教學組

中華書局出版

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



汽車拖拉機發動機

上 冊

B. 保勤斯基 著

天津大學機械系
內燃機教研室^譯

中華書局出版

本書係根據蘇聯農業書籍出版社 (Государственное издательство сельскохозяйственной литературы) 出版的保勤斯基 (В. Н. Болтинский) 著“汽車拖拉機發動機” (Автотракторные двигатели) 1948年增訂第四版譯出的。

原書經蘇聯高等教育部審定為農業機械化學院和農業機械系教科書。

全書共計七篇，中譯本分上下兩冊出版。

參加本書上册翻譯和校對工作的為天津大學機械系內燃機教研室史紹熙、劉友鈞、王紹祖、馮中、萬欣，及清華大學程宏同志。

* 版權所有 *

汽車拖拉機發動機 (全二冊)

◎ 上册定價人民幣二萬六千元

譯者：天津大學機械系內燃機教研室
出版者：中華書局股份有限公司
上海澳門路四七七號
印刷者：中華書局上海印刷廠
上海澳門路四七七號
總經售：中國圖書發行公司
北京絨線胡同六六號

編號：16272 (53.12, 滬型, 25開, 226頁, 345千字)
1953年12月初版 印數[滬]1—3,000

(上海市書刊出版業營業許可證出零二六號)

原書第四版序

本版“汽車拖拉機發動機”，是一本關於汽車拖拉機發動機的原理、構造和計算的教科書，已按照農業機械化學院的教學大綱作了修改和補充。

在學習這門課程以前，應先學習全部力學、普通電工學、機械另件、金相學、燃料與潤滑劑、熱力學、熱機學以及拖拉機與汽車的構造等課程。

在修改本書的時候，曾考慮到與本課程有關的其他課程的教學大綱的內容，也曾注意到在本書第三版問世以後，所有對本書提出的意見和批評。

在這本“汽車拖拉機發動機”的第四版裏，幾乎所有各篇都曾或多或少的作過修改和補充。

在修改的時候，對於在不同程度上闡明有關提高發動機的效率、經濟性、耐用性和工作可靠性等問題的各篇，曾予以特別注意。

關於構造部份，曾按照外來的和蘇聯的現代汽車拖拉機發動機的材料予以革新。

在本書所有各篇裏，儘可能的給出在偉大的衛國戰爭時期中，一些外來的和蘇聯的發動機使用經驗。

最後，著者深深感謝技術科學博士 Е. Д. 李沃夫(Львов)教授和 Д. К. 卡萊李斯基(Карельский)教授，他們在評閱本書時，曾花費了很多力量。著者也感謝 М. Н. 波爾托諾夫(Портонов)技術科學碩士，他在本書準備出版的過程中曾提供許多意見。 1946年5月

В. 保勤斯基(Болтинский)於以 В. М. 莫洛托夫命名的莫斯科農業機械化和電氣化學院。

本書所採用的符號

(最主要的)

A ——調速器的效率。

C ——調速器重錘的離心力。

c_v ——氣體的等容比熱。

c_p ——氣體的等壓比熱。

d ——氣缸直徑。

d_1, d_2 和 d_m ——氣門頂盤直徑。

d_n 和 d_o ——活塞銷的內直徑和外直徑。

E ——動能, 第一類的彈性模數, 調速器軸套壓力。

F ——氣門彈簧壓力。

f' ——氣門彈簧的全縮短量。

G ——第二類的彈性模數, 重量。

G_a, G_l, G_r ——吸氣終點時氣缸內的氣體重量, 新鮮進氣的重
量, 殘餘廢氣的重量。

g ——重力加速度。

j ——往復運動質量的加速度。

H_u ——燃料的熱值。

$T_a, T_c, T_s, T_b, T_r, T_o$ 和 T_o' ——吸氣、壓縮、燃燒、膨脹終點時氣缸內的氣體溫
度; 殘餘廢氣的溫度; 周圍大氣的溫度和經預熱
後的進氣溫度。

i ——氣缸數。

K ——適應性係數。

L_0 ——理論上所必需的空氣千克分子數。

l ——連桿長度。

M, M_c, M_x, M_r ——燃燒產物的千克分子數；壓縮終點時的氣體千克分子數；燃燒終點時的氣體千克分子數；殘餘廢氣的千克分子數。

M ——發動機的平均轉矩。

m, m_r ——往復運動部份和不平衡的迴轉部份的質量。

N_i, N_r, N_e ——指示功率，摩擦功率和有效功率。

n ——軸的轉速。

$p_a, p_c, p_x, p_b, p_r, p_i, p_T, p_e$ ——吸氣、壓縮、燃燒、膨脹、排氣終點時的氣體壓力；平均指示壓力；摩擦壓力和平均有效壓力。

Q ——熱量；循環着的滑油量。

R ——氣體常數；所有各力的合力，連桿軸頸或主軸頸所受的載荷。

r ——曲柄半徑。

S ——活塞行程。

s ——在某一瞬時的氣門位移。

V_a, V_c 和 V_h ——吸氣終點的氣體體積，壓縮終點的氣體體積和氣缸的工作容積。

W ——活塞的速度。

w ——氣門速度；燃料速度，氣體速度。

X_1, X_2, X_3 ——第一級和第二級的慣性力；由於偏置而引起的慣性力。

α ——過量空氣係數，曲軸和凸輪軸轉角。

β ——連桿傾斜角。

γ ——殘餘廢氣係數，比重。

δ ——膨脹比，迴轉的不均勻度，調速器的不均勻度。

$\varepsilon, \varepsilon_p$ ——壓縮比,調速器的不靈敏度。

$\eta_h, \eta_m, \eta_i, \eta_e$ ——發動機的充量係數,機械效率,指示效率和實際效率。

Θ ——旋轉質量的轉動慣量。

λ —— r/l 比值,壓力增高比。

μ ——分子變更係數。

ξ ——放熱係數。

ρ ——預先膨脹比。

ρ_1, ρ_2 ——凸輪外形曲線的半徑。

τ ——衝程係數。

ω ——角速度。

上 册 目 次

原書第四版序	1
本書所採用的符號	2
引言	1

第一篇 汽車拖拉機發動機的原理

第一章 汽車拖拉機發動機內的過程	9
第一節 總論	9
第二節 吸氣過程	11
第三節 壓縮過程	34
第四節 燃燒過程	38
第五節 膨脹過程	69
第六節 平均指示壓力	74
第七節 發動機的效率(η 、 η_e)、平均有效壓力 p_e 和燃料 消耗率 g_e	78
第八節 發動機的熱平衡	81
第九節 發動機的熱計算	83
第二章 汽車拖拉機發動機的特性	92
第一節 主要特性	92
第二節 調節特性	92
第三節 汽化器發動機的外特性	96
第四節 柴油機的外特性	103

第五節	汽車發動機的載荷特性	106
第六節	拖拉機發動機的調速特性	108
第七節	惰轉的特性	116
第八節	外特性曲線的繪製法	116

第二篇 發動機基本尺寸的確定和曲柄 連桿機構的動力學

第一章	汽車拖拉機發動機基本尺寸的確定	123
第一節	發動機的比較參數	123
第二節	發動機基本尺寸的決定	130
第二章	發動機曲柄連桿機構的動力學	137
第一節	曲柄機構的運動學	137
第二節	曲柄機構運動部份的質量	145
第三節	發動機曲柄機構中所發生的慣性力	149
第四節	發動機的普通動力學	150
第五節	發動機的平衡	156
第三章	汽車拖拉機發動機飛輪的轉動慣量的 確定	176
第一節	發動機的工作情況	176
第二節	拖拉機發動機飛輪的計算	176
第三節	汽車發動機飛輪的計算	185
第四節	飛輪尺寸的決定	187

第三篇 曲柄連桿機構的機件

第一章	發動機的設計	193
第二章	汽車拖拉機發動機的活塞	195

第一節	活塞的工作情況	195
第二節	製造活塞的材料	195
第三節	活塞的結構	200
第四節	活塞的計算	218
第三章	活塞環	233
第一節	活塞環的工作情況	233
第二節	製造活塞環的材料	233
第三節	活塞環的結構	234
第四節	活塞環的計算	245
第四章	活塞銷子	250
第一節	銷子的工作情況和材料	250
第二節	活塞銷子的結構	251
第三節	活塞銷子的計算	254
第五章	汽車拖拉機發動機的連桿	259
第一節	連桿的工作情況和材料	259
第二節	連桿的結構	260
第三節	連桿的計算	276
第六章	曲軸	287
第一節	曲軸的工作情況和材料	287
第二節	曲軸的結構	290
第三節	曲軸的計算	301
第四節	曲軸強度的計算	313
第五節	曲軸臨界轉速的計算	327
第七章	發動機的氣缸體-曲軸箱	338
第一節	工作情況和材料	338
第二節	氣缸體-曲軸箱的構造	339

第三節 氣缸體-曲軸箱的計算	352
----------------------	-----

第四篇 四衝程和二衝程發動機的配氣

第一章 四衝程發動機的配氣	355
---------------------	-----

第一節 發動機的工作次序和配氣系統的分類	355
----------------------------	-----

第二節 氣門配氣型式的選擇	356
---------------------	-----

第三節 配氣機構零件構造的簡述	369
-----------------------	-----

第四節 配氣的計算	396
-----------------	-----

第二章 二衝程發動機的配氣	425
---------------------	-----

第一節 二衝程發動機的結構	425
---------------------	-----

第二節 排氣孔和掃氣孔尺寸的計算	435
------------------------	-----

汽車拖拉機發動機

上 冊

引 言

在現代的汽車和拖拉機上所裝置的，主要是內燃機。

在1791年便開始有了內燃機的基本工作原理和它的機構，當時英國工程師約翰·巴彼爾(Джон Барбер)想出了氣體燃料在工作氣缸內的燃燒原理。

列邦(Лебон)於1801年發明雙動式的內燃機，以照明用瓦斯(светильный газ)為燃料。

在這個發動機裏，第一次應用電火花來點燃工作的混合氣。

沙姆依耳·勃倫(Самуил Броун)在1815年採用了氣缸的冷卻。

在這個時期內所設計的發動機，工作混合氣的點火是在活塞離開上死點 $\frac{1}{3}$ 行程時進行的。

在1833年，維里曼·拉依特(Вельман Райт)建議當活塞在上死點位置時點燃混合氣。1838年，維里雅姆·巴爾涅特(Вильям Барнет)建議用另一氣泵在點火前將混合氣進行壓縮。

傑格藍得(Дегранд)於1858年建議直接在發動機氣缸內進行混合氣的壓縮，而不在另外的氣泵內進行。

所有這些發明家的努力並未獲得成功——成長中的工業所期待的能作工的內燃機，在1860年以前還沒有創造出來。

但是，在1860年以前所進行的一切工作是創造能作工的內燃機的

基礎。

由於這些工作的結果，內部燃燒的原理，點火以前混合氣的壓縮，電火花點火及冷卻方法等等都被擬定出來了。

法國機械技師任·愛琴·林努爾 (Жен-Этьен Ленуар) 利用各個發明家在工作中所積累的經驗，於 1860 年製造出第一個能作工的瓦斯發動機。

當時，工業上利用水力發動機和外燃機 (即蒸汽機) 做為動力裝置。這兩種裝置都很笨重，並且迫使工業都集中於河流和水池附近。所以雖然林努爾發動機的指標很低 ($\eta_e = 4.65\%$)，與當時的蒸汽機指標並無區別，但是許多小作坊和小工廠對這種發動機的需求却很廣。

由於林努爾醉心於商業發動機的生產，和他在技術上眼光狹窄，所以對沙濟·卡諾 (Садик Карно) 和保·傑·羅沙 (Бо-де-Роша) 的理論著作，沒能給予適當的估價和利用。在這些著作中，他們擬出了改善內燃機的方法。

1864 年，林努爾的不完善的和不經濟的發動機不得不開始讓位於奧圖 (Отто) 的空氣機 ($\eta_e = 14 - 15\%$)，隨後又為奧圖的四衝程發動機 (1877—1878 年) 所代替。

奧圖四衝程發動機製造於凱林 (Кельн) 的奧圖-傑茲 (Отто-Дейц) 工廠。該廠於 1877 年生產四衝程發動機；從 1880 年起開始生產功率接近 100 匹馬力的發動機；1895 年起又生產功率接近 1000 (甚至更大) 馬力以鼓風爐氣作為燃料的發動機。

1892 年，與奧圖同時代的人，魯道夫·狄賽爾 (Рудольф Дизель) 取得他自己的發動機的專利權，他的發動機迅速地獲得了市場。

所有上述的發動機都是固定式的重型的裝置。

顯然，由於這些機器笨重的緣故，所以不能被用作為汽車拖拉機的發動機。

鑒於輕型發動機的需要很廣，奧圖的助手達依姆列爾 (Даймлер)

工程師曾多次建議奧圖致力於這類發動機的研究和生產。

大概奧圖對這建議的重要性沒有特別重視，也就沒有着手實現這個建議。

當製造四衝程發動機的權利被判決今後歸大眾所有的時候，果特李布·達依姆列爾 (Готлиб Даймлер) 離開了奧圖-傑茲工廠，並着手創造輕型發動機。

在 1885 年，達依姆列爾造出當時空前未有的發動機，轉速為 800 轉/分鐘，功率為 0.75 馬力。

同年，法國人別繞 (Пежо) 和列瓦索爾 (Левассор) 買了達依姆列爾的專利權，並拋棄所有其他類型的發動機，着手生產輕型發動機。

1887 年，果特李布·達依姆列爾在卡普施他得 (Капштадт)，卡爾·本茲 (Карл Бенц) 在曼格依姆 (Мангейм)，同時創造成功了裝置內燃機的自動車。

果特李布·達依姆列爾和卡爾·本茲奠定了製造自動車 (裝有內燃機的汽車) 的基礎。

從這個時期開始，汽車的生產在許多國家中組織起來了，而在法國、美國和英國則更為廣泛。達依姆列爾所創造的輕型發動機也開始應用於其他方面，如用在拖拉機上。

- 至 1896 年，人們有了製造裝置內燃機的拖拉機的念頭。

1901 年，美國哈特和巴爾 (Харт и Парр) 公司出產了第一批試驗的拖拉機，經過六、七年的試驗後，也就是從 1907 年起，這種拖拉機獲得了實際的應用。

這時在俄羅斯，發明家亞·夫·馬明 (Я. В. Мамин) 單獨的研究和製造出幾種裝置重油內燃機的拖拉機。



革命以前的俄國，除了 1909 年在瑞格 (Риг) 所設的羅斯考-巴洛旗斯基工廠 (Русско-Балтийский Завод)，用外來的零件裝配成座車

(小汽車)以外,可以說沒有汽車和拖拉機工業。

在該廠成立四週年時,該廠出產了約 360 輛汽車(座車)。

至 1914 年,俄羅斯的汽車總數為 13,000 輛,其中有 10,000 輛為座車。

革命以前汽車的牌子很多(牌子和名稱接近 270 種),因而使得這些車子的使用有很大困難。

1916 年,沙皇政府為了準備戰爭,決定在莫斯科,在雷冰斯克,在雅羅斯拉夫拉,在頓河上的羅斯拉夫,在非列赫等地組織汽車製造業。至 1918 年,所有這些工廠的總產量據推測約為 7500 輛車子。

至十月革命時,這些工廠依然是裝備不齊的,其中僅有幾個工廠可以做些汽車修理的工作。從 1925 年開始,在蘇聯汽車拖拉機製造業已安排就緒,出產了最初的一百輛汽車(АМО-Ф-15)並且進行拖拉機的試造〔出產“莫古洛”(Могул),四種不同型式的“考洛門聶茲”(Коломенец),“察波羅日茲”(Запорожец),“布爾什維克”(Большевик),“考姆納爾”(Коммунар),“卡爾李克”(Карлик),“福特遜-浦堤洛外茲”(Фордзон-Путиловец)等等〕。但是僅僅是由於第一個斯大林五年計劃的實現,蘇聯汽車拖拉機製造工業才開始蓬勃地成長起來。

蘇聯汽車拖拉機製造業的發展,和蘇聯拖拉機和汽車類型的創立,是以革命以前和蘇維埃時期的蘇聯學者們所作出的理論和試驗的研究工作為根據的。

在這些科學著作中應當首先提到:格林聶維茲基(В. И. Гриневецкий)的供獻,他首先提出內燃機熱計算的方法;布利林格(Н. Р. Брилинг)教授在內燃機理論方面所作的理論的和試驗的研究工作;彼得羅夫(Н. П. Петров)教授的工作;他是潤滑油流體動力學原理的創始人;茹闊夫斯基(Н. Е. Жуковский),查普雷金(С. А. Чаплыгин)院士,密爾察洛夫(Н. И. Мерцалов)教授在應用力學方面的許多工作。

蘇聯最偉大的學者楚達可夫(Е. К. Чудakov)院士和李沃夫(Е.

Д. ЛЬВОВ) 教授, 在有關汽車和拖拉機的科學方面有很大的貢獻, 他們研究出汽車和拖拉機的原理、構造和計算的基本問題。

蘇聯的第一個拖拉機製造企業——命名為傑爾任斯基 (Ф. Э. Дзержинский) 的斯大林格勒拖拉機工廠 (СТЗ) 於 1930 年 6 月 17 日開工了。

斯大林同志在給工廠全體人員的賀詞上寫道: “你們每年應當給予祖國五萬輛拖拉機, 這五萬輛拖拉機也就是五萬顆炮彈, 它們將要炸毀舊的資產階級世界, 並在農村中給新的社會主義制度開闢道路”。

命名為賽爾果·奧爾忠尼啓則 (Серго Орджоникидзе) 的哈爾科夫城的拖拉機工廠 (ХТЗ), 命名為斯大林 (И. В. Сталин) 的車里雅賓斯克的拖拉機工廠 (ЧТЗ), 命名為斯大林的莫斯科的汽車工廠 (ЗИС), 命名為莫洛托夫 (В. М. Молотов) 的高爾基城的汽車工廠 (ГАЗ), 命名為 КИМ 的莫斯科的汽車裝配工廠, 莫斯科小型汽車工廠, 雅羅斯拉夫汽車工廠 (ЯАЗ) 以及製造汽車拖拉機電氣設備、汽化器與備用機件等等的工廠都建立起來了。

在衛國戰爭的時候, 命名為 С. 奧爾忠尼啓則的哈爾科夫城的拖拉機工廠疏散至大後方, 並在戰爭時期的艱苦條件下安排好了拖拉機的生產。

命名為 Ф. Э. 傑爾任斯基的斯大林格勒拖拉機工廠於當時完全被德寇破壞。

在艱苦的戰爭的日子裏, 遵照斯大林同志的指示, 在烏拉爾 (Урал) 建立了新的巨大的汽車工廠, 並在伏爾加區域也開始汽車工廠的建造。

在將德國侵略者驅逐出蘇聯的國土以後, 在斯大林格勒及哈爾科夫又恢復了拖拉機製造廠。

在恢復舊工廠的同時, 出產萬能拖拉機 ВТЗ 的弗拉基米爾城拖拉機工廠和起初出產基洛夫 Д-35 (Кировец Д-35) 履帶式拖拉機的李別茲拖拉機工廠也建築起來並開工了。

蘇聯的汽車工廠製造以下形式的車輛。

載重汽車：ГАЗ-51 和 ГАЗ-63 裝置六缸的汽油發動機，功率為 70 馬力；ЗИС-150 裝置六缸的汽油發動機，功率為 90 馬力；ЗИС-253 和 ЯАЗ-200 裝置柴油機。

座車：ЗИС-110 裝置八缸的汽油發動機，功率為 140 馬力；М-20 “勝利”(Победа) 和 ГАЗ-67 裝設四缸的汽油發動機；小型汽車“莫斯科人”(Москвич)。

在 1946 至 1950 年的蘇聯恢復和發展國民經濟的五年計劃裏，非常注意關於更進一步發展蘇聯汽車拖拉機製造業的問題。關於拖拉機製造業，計劃的條文中說道：

“恢復拖拉機製造工廠並創立拖拉機製造業新的基礎，首先是爲了農業上的使用，要使拖拉機的產量在 1950 年達到十一萬二千輛。組織裝置柴油的和裝置瓦斯發生器的拖拉機的大量生產。恢復兩個拖拉機工廠，完成三個新拖拉機工廠的建築工程，並在白俄羅斯共和國組織拖拉機工廠。取消兩個工廠的特殊定貨，恢復拖拉機的製造”。

關於汽車製造方面，條文中擬定出下列的任務：

“在 1950 年把汽車的產量提高到 50 萬輛。轉向新型汽車的大量生產：提高載重汽車的載重量，並使座車更舒適和更經濟。恢復裝置瓦斯發生器和瓦斯罐的汽車的生產。組織裝置柴油機和自動卸斗的載重汽車的大量生產。完成三個汽車工廠和一個小型汽車工廠的建築工程，建設三個新汽車工廠，擴大三個現有的汽車工廠。完成四個汽車裝配工廠的建築工程”。

在蘇聯共產黨(布)中央委員會全體委員會(1947 年 2 月)「關於戰後時期提高農業的辦法」的決議中，對於加速發展拖拉機製造業的問題非常注意。決議中指出：

「9. 爲了保證農業所需要的拖拉機能夠加速出產，必須：

(a) 在 1948 年的上半年結束農業機械部所屬阿爾泰(Алтайский)，