

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

內燃機

第一卷

第一分冊

А. С. ОРЛИН Г. Г. КАЛИШ
Б. Г. ЛИБРОВИЧ М. М. ЧУРСИН 著

王宏基譯



龍門聯合書局

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



內 燃 機

第一卷

第一分冊

A. C. 奧爾林等著
王 宏 基 譯

龍 門 聯 合 書 局



本書係根據蘇聯國營機械出版社 (Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы) 出版的奧爾林 (А. С. Орлин), 卡里許 (Г. Г. Калиш), 列白羅維奇 (Б. Г. Либрович), 邱爾辛 (М. М. Чурсин), 佛盧博夫 (Д. Н. Вырубов) 和列白傑夫 (С. Е. Лебедев) 合著的“內燃機” (Двигатели внутреннего сгорания) 第一卷1951年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等工業學校教科書。本書適合於內燃機專業; 但對於其他專業如汽車、拖拉機、船舶製造及機車製造, 亦能適用。

本書分兩冊出版, 第一分冊內容包括蘇聯內燃機的發展簡史; 內燃機的循環及其過程; 二衝程發動機中的換氣過程; 及活塞式內燃機中工作過程的特點。第二分冊內容包括汽化問題及汽化器; 煤氣發生爐中的過程及氣體燃料發動機中的混合氣形成問題; 壓燃式發動機中混合劑形成的過程、燃料供給設備及其中的過程; 發動機特性的研究; 調節問題及調節器; 提高發動機功率的方法; 和增壓器的基礎原理。

本書第一章由天津大學內燃機教學組翻譯, 王安基校訂; 其餘各章由王安基翻譯, 天津大學內燃機教學組校訂。

內 燃 機

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

第一卷 第一分冊

А. С. 奧爾林等著

王 宏 基 譯

天津大學內燃機教學組校

★ 版權所有 ★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

中國科學公司印刷

上海延安中路537號 電話 64545

1953年9月初版

1954年1月叁版

印數 4301—6300 冊

定價 ¥ 22.500

上海市書刊出版營業許可證出 029 號

原 序

在本書中，闡明了活塞式內燃機中工作過程的原理，這些內燃機在工業上、農業上、船舶上、機車的動力設備中及無軌運輸的設備中都應用着。對於發動機的聯合機器內的過程亦給了很大的注意。

本教科書是按照命名為巴烏馬(Бауман)的莫斯科高等技術學校內燃機專業的教學大綱而寫的。在相當程度上本書亦適合於其他機械製造的高等學校內燃機專業的教學大綱。本書亦可以在下列專業中採用：汽車、拖拉機、造船及機車製造。

關於壓燃式發動機的氣缸中和用外源點火的輕油發動機的氣缸中所進行着的過程的理論的敘述，是併列地進行着的，正如同在莫斯科高等技術學校中關於發動機原理的基礎課程講授時所做的一樣。作者認為這樣設計的課程為最適當的：在上述型式的發動機中的過程，是建立在相同的熱力學、氣體動力學、物理化學的基礎上面的（如果不計混合劑形成法及燃燒過程在進行中的某些區別）；此外，學者宜從學習課程的開始，就掌握所研究的問題的普遍性。

當編寫本書時，部分地採用國家機械製造科技圖書出版局 1946 年版、由奧爾林(А. С. Орлин)主編的教科書中的教材，尤其是彼得羅夫(В. А. Петров)關於發動機循環及過程的教材。本書除了增添全然嶄新的各章（第一章、第八章、第十二章）外，與上述教科書的區別為對於涉及所有主要類型的內燃機的一些基本理論問題的解釋，有更加普遍的看法。且蒐集了最近五年中在研究院及高等學校的有關部門中的研

究結果。

在第一章中(作者奧爾林教授)敘述內燃機發展的簡史,指出俄羅斯及蘇聯學者及工程師們在創造及發展主要類型的發動機問題上所起的領導作用。

在第二章中(作者列白羅維奇教授,列白傑夫講師及佛盧博夫教授)討論內燃機的理論和實際循環,以及討論說明工作循環和整個發動機工作的參數。

在第三章中(作者奧爾林教授)研究換氣過程原理的基礎,二衝程發動機中配氣機構的截面計算,以及氣缸的清除和充氣性質的實驗測定等問題。

在第四章中(作者邱爾辛副教授)分析運行的和構造的因素對汽化器式發動機和壓燃式發動機工作的影響。

在第五章中(作者卡里許教授)研究汽化問題,汽化器的特性及其主要裝備。

在第六章中(作者佛盧博夫教授)分析了在煤氣發生爐中進行着的過程,給出它們的計算,並研究了氣體燃料發動機中的混合劑形成問題。

在第七章中(作者卡里許教授)闡明運輸用的壓燃式發動機中混合劑形成過程的基礎。

在第八章中(作者卡里許教授)講述燃料供給系的原理,在油泵、噴嘴及燃料供給系中過程的計算。

在第九章及第十章中(作者卡里許教授)研究發動機的特性曲線,雙運行情況及所有運行情況的調節器的應用問題,特性曲線的校正問題。

在第十一章中(作者邱爾辛副教授)分析了提高壓燃式發動機功率的諸方法。

第十二章（作者邱爾辛）論及增壓器的原理，是由於增壓問題的重要意義而列入的，增壓已在各式發動機中廣泛地採用。

卡里許和佛盧博夫教授曾參與校閱的工作。

作者們認為有義務向米而庫莫夫（Т. М. Мелькумов）和蘇羅哥-諾維崔基（В. И. Сороко-Новицкий）教授表達謝忱，他們在審閱原稿時提了許多寶貴的意見。

引 言

在我國發動機製造的問題得到很大的注意，是由於要滿足工業、農業、運輸及其他國民經濟部門對動力設備的廣泛需要。

拖拉機和汽車，幾無例外地均用內燃機。在鐵路幹線上運行着內燃機的機車頭；在許多海洋的和內河的船舶上裝置着內燃機作為動力設備。

由於主要農業生產工作所具有的一些特點（季節性及廣大的耕作面積）使我們除了在許多農業生產工作上常用電力之外，還必須利用內燃機。

在內燃機的推廣方面很重要的特點為繁重工作的機械化，其中佔主要地位是林木工業、建築工程、道路建築、裝卸工作和土工。林木工業裝備着移動的電力站、拖拉機和汽車。應用在林木運輸的汽車拖拉機的絕大部分都是用以木材作為燃料的煤氣發生爐的內燃機。

建築工程及道路建築的機械化，是用各式建築的和築路的機器來實現的，其中很多是由內燃機來帶動的。進行土工時則採用掘土機、機械鏟子和其他機器，以內燃機作為動力裝置。

因此，在國民經濟的個別部門的發展方面及提高勞動生產率方面，內燃機的作用是極大的。

內燃機在工業及農業的各部門中所具有的作用，就使發動機製造業工作者担负了更大的責任。

國民經濟的各個部門，以社會主義競賽這樣一種最高的勞動組織

形式爲基礎而發展着，是建立在蘇聯的科學和技術基礎之上的。比較年青的和蓬勃發展着的部門——發動機製造的進一步發展，對於我們的社會主義經濟來說，是迫切需要的。

主 要 的 常 用 符 號

p_0 —周圍介質的壓力	溫度；在二衝程發動機中爲 排氣系中的溫度
p_a —在氣缸內壓縮始點的壓力	T_k —增壓空氣及祛氣空氣的溫度
p_c —在氣缸內壓縮終點的壓力	V_h —氣缸的工作容積
p_z —在氣缸內燃燒終點的壓力	V_a —在壓縮始點時氣缸的容積
p_b —在氣缸內膨脹終點的壓力	V_c —在壓縮終了時氣缸的容積
p_r —排氣壓力：在四衝程發動機 中排氣終了時在氣缸內的壓 力；在二衝程發動機中爲排 氣系中的壓力	V_z —在燃燒終了時氣缸的容積
p_i —平均指示壓力	V_b —在膨脹終點氣缸的容積
p_e —平均有效壓力	L_0 —每燃燒 1 公斤燃料時理論上 所需的空氣量，莫爾
p_k —增壓壓力；祛氣壓力	L —每燃燒 1 公斤燃料時實際所 需的空氣量，莫爾
p —當換氣時在氣缸內的壓力 (隨時的)	M_r —殘餘廢氣量，莫爾
p_k —當祛氣孔開啟瞬時在氣缸內 的壓力	M_1 —可燃混合劑的量，莫爾
p_u —在祛氣時期內氣缸內的平均 壓力	M_2 —燃燒產物的量，莫爾
p_{kp} —臨界壓力	H_u —燃料的低熱值
T_0 —周圍介質的溫度	H_0 —燃料的高熱值
T_a —在氣缸內壓縮始點的溫度	α —對於燃燒的過量空氣係數
T_c —在氣缸內壓縮終點的溫度	α_{kp} —過量空氣係數的臨界值
T_z —在氣缸內燃燒終點的溫度	ε —實際的壓縮比
T_b —在氣缸內膨脹終點的溫度	ε' —習用的壓縮比(幾何上的)
T_u —當祛氣時在氣缸內的平均溫 度	n_1 —多變壓縮過程的指數
T_r —排氣溫度：在四衝程發動機 中爲排氣終了時在氣缸內的	n_2 —多變膨脹過程的指數
	μ_0 —理論莫爾數變更係數
	μ —實際莫爾數變更係數
	η_V —充量係數
	η_{Vnp} —祛氣泵的供應係數
	γ —殘餘廢氣係數

λ —壓力升高比
 ρ —初期膨脹比
 δ —後期膨脹比
 ξ_x —在顯著燃燒階段的熱量利用係數
 ξ —屬於膨脹線上任意一點的熱量利用係數
 ξ_b —在整個燃燒及膨脹階段的熱量利用係數
 g_i —指示燃料消耗率
 g_e —實際燃料消耗率
 η_t —熱效率
 η_i —指示熱效率
 η_m —機械效率
 η_e —實際熱效率
 η_{ad} —壓縮機的絕熱效率
 η_u —祛氣空氣的利用係數
 η_o —充量的潔淨程度(清除程度)
 N_i —發動機的指示功率
 N_e —發動機的實際功率
 N_H —在壓縮機內消耗於壓縮的功率
 D —工作氣缸的直徑
 S —活塞衝程
 n —發動機軸的轉速
 n_K —燃料泵軸的轉速

ω —轉軸的角速度
 C_m —工作氣缸的活塞的平均速度
 C_{nop} —活塞的真實速度
 C_n —燃料泵的柱塞速度
 ψ —活塞衝程的損失部分
 ψ —依賴於壓力比 $\frac{p_r}{p}$ 的係數
 ψ_n —依賴於壓力比 $\frac{p_r}{p_K}$ 的係數
 ψ_s —依賴於壓力比 $\frac{p_r}{p_u}$ 的係數
 α_{ucm} —燃料壓縮性的真實係數
 α_{cp} —燃料壓縮性的平均係數
 f_T —燃料管的斷面面積
 φ_o —祛氣空氣的過量係數，合到周圍介質的情況
 φ_K —祛氣空氣的過量係數，合到進氣(祛氣)機構之前的情況
 φ —曲軸迴轉角
 τ —發動機的衝程數
 τ_s —着火落後時期(秒)
 τ_φ —着火落後時期(度)
 Q_a —反應熱量
 U —氣體的內能
 L_{ad} —在增壓器內空氣絕熱壓縮的功。

中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

目 錄

第一章 內燃機發展簡史	1
第二章 內燃機的循環及其過程	20
§ 1. 理想循環	20
§ 2. 熱化學	31
§ 3. 進氣過程	71
§ 4. 壓縮過程	100
§ 5. 燃燒及膨脹	110
§ 6. 工作循環的特性參數	158
§ 7. 表明整個發動機工作的參數	172
§ 8. 熱計算中各參數的選擇	186
§ 9. 熱計算例題	195
第三章 二衝程發動機中的換氣過程	203
§ 1. 二衝程發動機的主要特點	203
§ 2. 氣缸內換氣過程的進行	210
§ 3. 二衝程發動機配氣機構圖案	215
§ 4. 用以計算換氣過程的原始方程式	220
§ 5. 自由排氣過程的計算	226
§ 6. 祛氣-充氣及強制排氣的計算	238
§ 7. 祛氣-增壓的參數	243
§ 8. 時間-面積的分佈	248

§ 9. 進行計算的程序.....	251
§ 10. 計算例題.....	252
§ 11. 確定氣缸的清除及充氣過程品質的實驗方法.....	259
第四章 活塞式內燃機中工作過程的特點.....	271
§ 1. 電火花強制點火式發動機中工作過程的特點.....	272
§ 2. 壓燃式發動機中工作過程的特點.....	314

第一章

內燃機發展簡史

早在十八世紀末，就有人想把燃料放在活塞式發動機的氣缸內燃燒。十九世紀的上半期，有許多發明家企圖創造內燃機，但沒有顯著的成績。在上世紀的中葉纔有了首批內燃機的製造（是氣體燃料發動機）。在六十年代中氣體燃料發動機使用空氣和照明煤氣的混合氣，藉外源點火，雖然這些發動機既不完善（熱效率等於4-5%），工作也不可靠，但是它們已在工業上開始應用了。在十九世紀七十年代中，等容燃燒空氣和照明煤氣的混合氣的四衝程內燃機即已問世。這時也有了首批二衝程發動機的製造。

在1879年，俄羅斯艦隊的海員考士托維奇（И. С. Костович）建議在飛艇上用汽油發動機。這是世界上第一個使用液體燃料的發動機。考士托維奇發動機的特點是用對置氣缸和電火花點火（二者都是最先被應用的）。這發動機的功率為80匹馬力⁽¹⁾，重量-馬力比為3公斤/馬力。

在1883年，達依姆列爾（Даймлер）建議的發動機，曾被認為是最早的液體燃料發動機，它的功率是16匹馬力，它的重量-馬力比是26公斤/馬力[5]。

1892年，在俄羅斯，彼得堡的諾貝爾（Нобель）發動機製造工廠開始生產煤油發動機，該廠現即俄羅斯狄賽爾工廠。此廠最初出產四

(1) 據其他的數據報導為64匹馬力。

衝程煤油發動機，以後又創造新穎的二衝程發動機，它的優點是沒有氣閥機構，並且運行得很平穩〔2〕。1893年，在芝加哥的世界展覽會上，該廠因煤油發動機而得到了優等獎。日俄戰爭時期，該廠曾為炮兵總署承做這類發動機，用於輕便發動機的車子上（戰地發電廠）。

隨着液體燃料發動機的出現（在這種發動機內，燃料的着火是靠氣缸內空氣壓縮的熱發生的），內燃機就得到廣泛的流行。

1899年，在彼得堡發動機製造廠中，依據本廠的圖樣製造出四衝程壓燃式發動機，這也就是俄羅斯所創造的第一台四衝程壓燃式發動機，它使用原油、太陽油⁽¹⁾或煤油，這台發動機在構造上和工作過程的運行上都根本與魯道夫·狄賽爾（Рудольф Дизель）所建議的發動機不同。魯道夫·狄賽爾所建議的發動機是在1897年製造出來的，它僅使用煤油。魯·狄賽爾是在1893年發表了他所建議的發動機的數據。他根據理論的研究確定了很多的原理，此後，這些原理的主要部份未能證實。例如液體燃料在發動機內燃燒，近乎在等壓情況下進行，而不是在等溫情況下進行，但是狄賽爾却把等溫情況認為是必要的；發動機必須具有氣缸的冷却才能有效地工作，但在當時，狄賽爾認為不須冷却氣缸壁，因此當時製造的發動機，其氣缸壁並不用水冷却。1897年這種工業用的發動機曾被按裝在火柴廠中。當應用時，由於發現了在構造方面有很大的缺點，就停止生產這種發動機了〔37〕。

俄羅斯狄賽爾工廠的設計師們創造了新穎的A型壓燃式發動機（圖1）。

這廠所建議的發動機應用新穎的噴嘴和燃料泵，這是它所以能節省燃料的原因之一（燃料消耗率是220~223克/馬力-小時；而魯·狄賽爾發動機的燃料消耗率却是240~247克/馬力-小時）。它還有許

(1) 又名頁岩油或蘇聯煤油——譯者。

多其他的特點，尤其是燃料的噴霧，是用獨立的壓縮機所供給的壓縮空氣來實現的（以後改用複式壓縮機，壓力可以達到 60 公斤/公分²）。

魯·狄賽爾的發動機則使用複雜的且不可靠的兩級壓縮制來壓縮空氣。

祖國的第一台壓燃式發動機，當轉速為 193 轉/分鐘，及燃燒壓力為 30 公斤/公分²時，功率是 26 匹馬力。它亦稱為狄賽爾發動機。這名稱已與所有壓燃式發動機相結合，雖然它們的構造和運行過程根本與狄賽爾所建議的〔34〕不同。

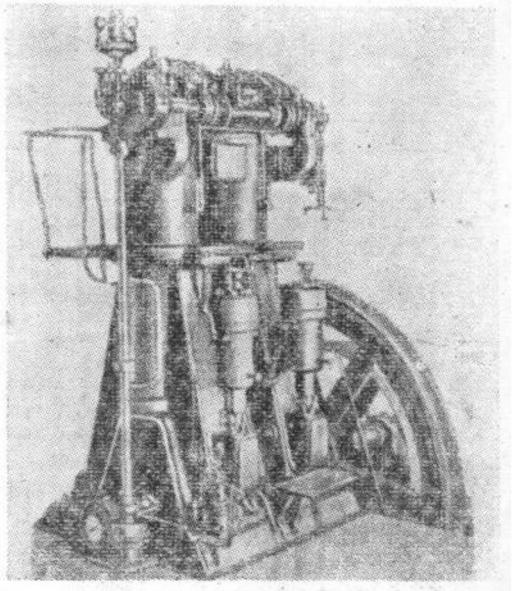


圖 1. 有十字頭的 A 型發動機。

彼得堡工學院的教授揭普(Г. Ф. Денн)曾參與這發動機的創造工作，他試驗出這發動機很節省燃料。

在開始兩年中，俄羅斯狄賽爾工廠製造 40 台壓燃式發動機，其功率的總和接近 1500 匹馬力。最先使用這些發動機的是彼得堡炮兵工廠，巴庫-巴土姆間的煤油輸送和其他的企業。

1902 年，當設計 50 匹馬力的發動機時，工廠放棄了原來有十字頭的發動機構造，改用目前所採用的無十字頭的構造，(B 型)(圖 2)。這樣就減低了發動機的高度和重量，並且也降低了它的價格。

在新的發動機上，除了機構改善以外，在燃料泵的橫跨進油門處還

裝置了一個旁通回油路，這種燃料泵很快就廣泛地被應用在各種用途的發動機上。在這種發動機裏，首次採用獨立的複式空氣壓縮機來噴

射燃料。

在魯·狄賽爾所採用的兩級壓縮制內，工作氣缸就是第一級。在壓縮衝程中，當壓力到達 10 公斤/公分²時，就通過一個特殊的旁通閥將所需的空氣量引進儲氣瓶內，由此又進入壓縮機內，在這壓縮機中，空氣再被壓縮到 50 公斤/公分²。應用這種構造就會使噴霧空氣內含有燃燒產物，這樣使燃燒的情況惡化，燃料的消耗量增加，此外，還要堵塞噴嘴。

我們的設計師們應用獨立的壓縮機制，結果，就改善了燃

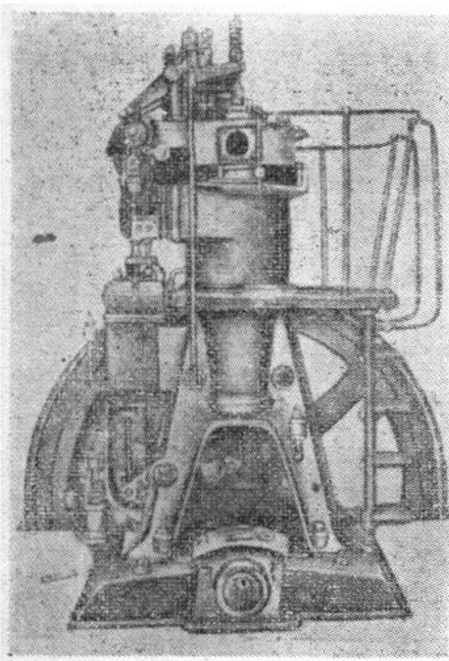


圖 2. 無十字頭的 B 型發動機。

燒情況，減少了燃料的消耗量，噴嘴不再被堵塞〔6〕。

此後，這種構造非常流行，並且在國外亦被採用。

在 1903~1911 年內，考洛姆娜工廠，費里資工廠（今日的革命發動機工廠），尼古拉葉夫造船廠和蘇莫佛工廠中都有了正規化的壓燃式發動機的生產製造。

在俄羅斯，俄羅斯狄賽爾工廠最先企圖在船上利用壓燃式發動機；1903 年蘇莫佛工廠製造出世界上第一艘內燃機船（油駁船），名叫“萬達爾”，在這船上裝置三台俄羅斯狄賽爾工廠所設計的三缸、四衝程、