

内 燃 机

卷二 第一分册

A. C. 奥尔林主編

高等教育出版社

內 燃 机

卷二 第一分册

A. C. 奥尔林主編

Д. Н. 維盧博夫, Н. Н. 科斯狄果夫

С. Е. 列別杰夫, С. Г. 罗 綱 諾 夫 等著

Ф. Ф. 西馬科夫, М. М. 丘 尔 辛

天津大学内燃机教研室譯

高等教育出版社

本書系根据苏联国立机器制造書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы)出版,奥尔林(А. С. Орлин)、維盧博夫(Д. Н. Вилубов)、科斯狄果夫(Н. Н. Костыгов)、列別杰夫(С. Е. Лебедев)、羅綱諾夫(С. Р. Роганов)、西馬科夫(Ф. Ф. Симаков)与丘尔辛(М. М. Чурени)合著,并由 А. С. 奥尔林教授主編的“內燃机”卷二“构造与計算”(Двигатели внутреннего сгорания, том II, конструкция и расчет)一書 1955 年版譯出。原書經苏联高等教育部多科性工学院与机器制造高等学校主管司审定为高等工业学校教科書。

本書論述內燃机的应用範圍和主要指标、发动机的設計、发动机零件的强度計算、应用的材料、作用在主要零件上的力和力矩等問題。

本書闡明曲軸、連杆、活塞組合、配气系統各零件、机壳、燃料供給系統、潤滑和冷却系統、起动机构和反轉系統等的构造与計算。

在本書最后几章中敘述了各种用途的內燃机的构造并对其作了分析。

本書供高等工业学校內燃机專業作为教学用書,并可供发动机制造部門工程技術人員参考。

內 燃 机

卷二 第一分册

А. С. 奥尔林主編

天津大学內燃机教研室譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺 7 号
(北京市市刊出版業登記許可證出字第 051 号)

上海大东集成联合印刷厂印刷 新华书店发行

統一書号 15010·790 开本 787×1092 1/16 印張 17 2/8
字數 350,000 印數 1—4,000 定价 (4) 洋 2.00

1959 年 7 月第 1 版 1959 年 7 月上海第 1 次印刷

序

在本教科書中講述“活塞式內燃機的構造和計算”課程，所講述的內燃機是在工業、農業、船舶、內燃機車等的動力裝置以及無軌運輸車輛的動力裝置中所採用的。

本教科書是根據莫斯科包曼高等技術學校“內燃機”專業的教学大綱編寫的。本書在很大程度上也與其他機器製造學院的“內燃機”專業教学大綱相符合。本書也可以用於汽車、拖拉機、船舶製造、內燃機車製造等專業。

本教程包括了各種基本型式和一般用途的活塞式內燃機的組件和零件的構造和計算問題。著者在闡述材料時力求對上述問題給予綜合的解釋。

按照“內燃機”專業的教学計劃，在“發動機構造和計算”課程之前先學“發動機概論”課程，在讀本書時，該課程的知識是必要的。學生也應當知道在教科書“內燃機”第一卷^①中所闡明的工作過程原理的主要問題。

在本書中沒有列入曲柄-連杆機構諸零件的動力學、平衡和振動的問題，這些問題是另一門課程“發動機動力學”的內容。也沒有包括屬於“調節和自動化”、“內燃機裝置”、“複合發動機”以及“增壓器”等課程的問題。這些問題都按照本專業的教学計劃分化為專門的課程。

第一、二、五、七、八、九章和第六章 § 2 系 А. С. 奧爾林(Орлин)所寫。

緒論、第十四和十五章系 Д. Н. 維盧博夫(Вырубов)所寫。

第十和十一章系 М. М. 邱爾辛(Чурин)所寫。

第十三和十九章系 Ф. Ф. 西馬科夫(Симаков)所寫。

第三章系 Д. Н. 維盧博夫和 С. Г. 羅綱諾夫(Роганов)所寫。

第四章系 С. Е. 列別杰夫(Лебедев)和 М. Г. 克魯格洛夫(Круглов)所寫。

第十二、十七和十八章系 Д. Н. 維盧博夫和 Н. И. 科斯狄果夫(Костыгов)所寫。

第十六章系 Д. Н. 維盧博夫和 С. Е. 列別杰夫所寫。

第六章 § 1 系 С. Г. 羅綱諾夫所寫。

第九章 § 2 和 § 8 系 А. С. 奧爾林和 С. Г. 羅綱諾夫所寫。

下列同志參加了材料選擇和現有汽化器以及曲柄-連杆機構諸零件構造的敘述工作：
В. И. 基茨基(Кицкий)，В. Б. 格里金(Гридин)，Е. И. 卡姆佐洛夫(Камзолов)以及 А. И. 米羅諾夫(Миронов)。

Д. Н. 維盧博夫教授參與了校訂工作。

① Мангиз, 1951 年版。此書已由王宏基同志譯成中文，由高等教育出版社出版——譯者注。

本書採用的主要符號

p_0 —周圍大氣壓力	D —工作氣缸直徑
p_s —燃燒終了時氣缸中的壓力(循環最高壓力)	S —活塞沖程(全沖程)
p_e —膨脹終了時氣缸中的壓力	S_s —活塞某瞬時的行程
p_r —在四沖程發動機中表示排氣終了時氣缸中的壓力,在二沖程發動機中表示排氣系統中的壓力	R —曲柄半徑
p_i —平均指示壓力	n —發動機曲軸每分鐘的轉數
p_e —平均有效壓力	n_p —凸輪軸的轉速
p_k —增压壓力,掃氣壓力	n_k —燃料泵軸的轉速
p —氣缸中某瞬時的壓力	ω —軸的旋轉角速度
p_s —氣缸中的表壓力	δ —飛輪質量的旋轉不均勻度
T_0 —周圍大氣溫度,°絕對	c_m —工作氣缸中活塞的平均速度
T_r —排氣溫度,°絕對	C_n —活塞的真實速度
T_k —增压和掃氣空氣的溫度,°絕對	$C_{n,k}$ —燃料泵柱塞速度
V_h —氣缸工作容積	ψ —無效活塞行程的百分數
V_x —氣缸某瞬時的容積	f_T —供給燃料的管路的剖面積
V_a —開始壓縮時的氣缸容積	α —曲柄轉角
V_c —壓縮終了時的氣缸容積	τ —沖程數
α —過量空氣係數	F_n —活塞面積
ε —實際壓縮比	i —發動機的氣缸數
ε' —名義(幾何)壓縮比	m_n —折合到1公分 ² 活塞面積上的活塞質量
n_1 —壓縮多方指數	m_{np} —折合到1公分 ² 活塞面積上的平衡重質量
n_2 —膨脹多方指數	M_1 —屬於往復運動部分的連杆質量
η_V —充量係數	M_2 —屬於旋轉運動部分的連杆質量
γ_r —殘余廢氣係數	M_{ul} —整個連杆的質量
ρ —先期膨脹比	λ —曲柄半徑對連杆長度的比值
g_i —指示燃料消耗率	C_{ul} —屬於旋轉運動質量的那一部分連杆的離心力
g_e —有效燃料消耗率	C_k —曲柄的離心力
η_i —指示效率	C_{np} —平衡重的離心力
η_m —機械效率	P_j —往復運動質量的離心力(在主氣缸中)
η_e —有效效率	P_{jt} —側氣缸中往復運動質量的離心力
N_i —發動機的指示功率	$P_s = p_s F_n$ —燃燒終了時氣缸中的氣體壓力作用力
N_e —發動機的有效功率	N —垂直於氣缸母綫的作用力
N_A —發動機的公升功率,馬力	K —沿連杆的作用力
N_n —發動機的比活塞功率,馬力	T —曲柄上的切向力
m_n —折合到1公分 ² 活塞面積上的往復運動部件的質量	Z —曲柄上的法向力
	N_t —垂直於側氣缸母綫的作用力
	K_t —沿副連杆中心綫的作用力

T_i —由側氣缸產生的曲柄上的切向力

Z_i —由側氣缸產生的曲柄上的法向力

γ_i —主連杆中心綫與連接連杆軸頸中心和連杆銷(用此銷將副連杆連接于主連杆)中心的直綫之間的夾角

σ —法綫應力

τ —切應力

σ_u —彎曲應力

σ_p —拉伸應力

σ_c —壓縮應力

σ_Y —彈性極限

σ_{-1} —對稱循環下的彎曲疲勞極限

σ_0 —脈動循環下的彎曲疲勞極限

$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$ —循環法綫應力振幅

$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$ —循環平均法綫應力

$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2}$ —循環切應力振幅

$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2}$ —循環平均切應力

$\sigma_{\max}$ —循環最大法綫應力

$\sigma_{\min}$ —循環最小法綫應力

$\tau_{\max}$ —循環最大切應力

$\tau_{\min}$ —循環最小切應力

k_σ —法綫應力時的實際應力集中係數

k_τ —切應力時的實際應力集中係數

ε_σ —法綫應力時的尺寸係數

ε_τ —切應力時的尺寸係數

n_σ —根據法綫應力的安全係數

n_τ —根據切應力的安全係數

n —總安全係數

σ_{r-1} —不對稱循環下的疲勞極限

σ_T —拉伸時的屈服點

σ_s —強度極限(極限強度)

k —比壓力

η —絕對粘度

ν —運動粘度

μ —泊松係數

目 录

序

本書采用的主要符号

緒論	1
第一章 发动机的分类及基本指标	4
§ 1. 內燃机的分类	4
§ 2. 发动机的基本指标	10
§ 3. 設計的基本阶段	19
第二章 关于发动机零件的强度、刚度及稳定性的計算	25
§ 1. 总論	25
§ 2. 考虑变动载荷的影响时零件强度的計算	26
第三章 发动机制造业用的材料	32
§ 1. 鑄鉄	32
§ 2. 鋼	33
§ 3. 輕合金	34
§ 4. 銅合金	35
§ 5. 軸承合金	35
§ 6. 塑料	36
第四章 作用在发动机曲柄-連杆机构中的力	37
§ 1. 沿气缸中心线作用在活塞上的气体压力	37
§ 2. 慣性力	40
§ 3. 作用在曲柄-連杆机构諸零件上的力	42
§ 4. 作用在單排发动机曲軸上的力和力矩	44
§ 5. 曲軸强度計算中危險位置的選擇	52
§ 6. 作用在曲軸曲柄軸頸上的力的矢量圖	52
§ 7. 作用在連杆曲柄軸承上的力的矢量圖	54
§ 8. 作用在曲軸主軸頸上的力的矢量圖	55
§ 9. 作用在主軸承上的力的矢量圖	57
§ 10. V型发动机的具有副連杆的曲柄-連杆机构	58
§ 11. 作用在側气缸曲柄-連杆机构中的力	61
§ 12. 作用在V型发动机曲柄上的力	63
§ 13. V型发动机的气缸工作次序	64
§ 14. 作用在多缸V型发动机曲軸上的力和力矩	66
§ 15. 作用在V型发动机曲軸軸頸和軸承上的力的矢量圖	66
第五章 曲軸	71
§ 1. 总論	71
§ 2. 采用的材料	71
§ 3. 曲軸的主要构造形式	72
§ 4. 曲軸的靜力計算	79
§ 5. 考虑变动载荷影响的曲軸計算法	83
§ 6. 提高曲軸强度的方法	83

§ 7. 現有曲軸构造举例	91
第六章 飞輪	98
§ 1. 飞輪的构造	98
§ 2. 飞輪尺寸的确定	100
第七章 連杆	104
§ 1. 采用的材料	104
§ 2. 連杆身	104
§ 3. 連杆小头	112
§ 4. 連杆大头	118
§ 5. 現有連杆构造举例	128
第八章 活塞組合	136
§ 1. 总論	136
§ 2. 采用的材料	136
§ 3. 活塞頂部的主要构造形式	137
§ 4. 活塞壳的构造和計算	139
§ 5. 活塞銷	148
§ 6. 活塞环	154
§ 7. 提高活塞組合可靠性的方法	168
§ 8. 現有构造举例	165
第九章 配气	174
§ 1. 气門和凸輪軸的布置	174
§ 2. 配气机构的零件	180
§ 3. 配气机构諸参数的构造对比关系	194
§ 4. 作用在气門机构中的力	206
§ 5. 气門彈簧的計算	208
§ 6. 傳动零件的計算	211
§ 7. 二冲程發动机中的配气	216
§ 8. 滑閥配气	220
第十章 气缸头	224
§ 1. 机壳和气缸头的一般介紹	224
§ 2. 火花点火式發动机的气缸头	226
§ 3. 压燃式發动机的气缸头	231
第十一章 發动机的机壳	239
§ 1. 机壳的承力方式	239
§ 2. 机壳的构造	245
§ 3. 气缸体-曲軸箱的构造	245
§ 4. 連头气缸体和气缸体的构造	248
§ 5. 气缸套	254
§ 6. 拉杆螺栓	262

緒 論

机器制造业是苏維埃工业的主导部門。不断地改善正在生产着的机器和創造新型的、高生产率的机器是發展机器制造业的确定不移的規律，因为全部生产过程的机械化是提高劳动生产率的技术基础。

苏联国民經济的發展是根据五年計劃进行的，在五年計劃中既包括着有关各个部門發展方向的指导性的指示、又包括着确定每个部門生产量的具体指标。作为国民經济發展基础的計劃原則包括有工业、农业以及建筑业的一切部門，其中也包括科学研究者以及設計师的工作，并預先决定各个部門發展的技术政策，各部門間的相互联系以及合作化。

苏維埃技术政策的总的原則是在劳动生产率最高的情况下最合理地利用自然資源，同时劳动生产率的增長是用生产过程的机械化、电气化以及自动化的方法来达到的。

所以，苏維埃技术預定了要在进一步減輕人力劳动的必然条件下創造新型的、生产率愈来愈高的机器。

苏維埃机器制造业的特点在于它的进步特性和利用新的原理，而且对發展的刺激不仅是来自那些采用机器的生产部門的需要，并且也由机器制造过程本身产生，因为創造新型机器决定工艺的發展，而工艺的改进轉而又使我們能够創造更完善的机器。

像所有的苏維埃生产部門一样，苏維埃机器制造业的第二个特点是用集体方法研究出新型构造。这种方法不仅不会削弱主任設計师的創造性，而且更增加他作为集体的組織者和指导者的作用。同时正是这种基于創造性的批評和自我批評的集体工作，使得我們能够在短期內給予机器制造业面临的复杂問題以真正有价值的解决方法。

第十九次党代表大会和苏联共产党中央委员会全体會議的決議預定了要大大增長各种类型發動机的生产。在国民經济的所有部門中以及在各种不同的情况下采用內燃机，促进了构造型式和其生产規模的多样化。与發動机制造业的这些特点相适应，發動机的生产工艺和采用的材料也有了很大的不同。但是，只有产量比較小的最簡單的和重型的低速固定式和船用發動机，才是在三級精度的範圍內采用普通材料制造的。在大批生产中，特別是有特殊用途的發動机的生产中，采用的是高級材料，許多零件的加工甚至是按照一級精度。大量生产的運輸式高速發動机也需要高度的生产技术水平（不低于二級精度）。

發動机制造业的总的發展方向（提高速度、增加工作强度，此二者与降低重量有关，并且是在苏共第十九次党代表大会的指示中所特別指出的方向），不論对于材料質量或者是对于生产工艺都自然提出了愈来愈高的要求，这是进一步改善生产工艺和材料質量的刺激剂。

这样說来，猛烈發展着的發動机制造业是屬於高精度机器制造类，这也就决定了該部門的进步性質。

設計任務書是設計新機器的原始資料，其中包括新機器的主要工作指標所應當滿足的技術要求。創造新機器的建議和相應的設計任務書的構成，首先可能是由使用單位提出的，它們根據自己的工作經驗或進一步發展生產的要求，向機器製造廠家提出提高其所出品的機器的指標的任務；其次也可能是由發動機製造廠本身提出的，因為不斷地改善產品是其直接的任務；第三也可能是由上級領導機關根據蘇維埃科學的原則性的新成就而提出的。

在創造已給定功率和轉速的新發動機時所提出的一般要求是保證尺寸和重量最小、最經濟、最可靠、壽命長、構造最簡單、生產和使用費用低、安全以及便於維護。

要同時滿足這些要求是相當困難的，因為個別的要求互相之間是有些矛盾的。

例如，重量最小的必要性與經濟性最高的要求不永遠是相協調的，因為外部形成混合氣的發動機的最大功率是在燃料燃燒不完善的情況下獲得的。重量最小的必要性也與壽命最長的要求不相協調，因為比重量小而工作強度高的發動機自然磨損得比較厲害。

為了創造輕型發動機，必須採用高級材料和保證高度的製造精確性，這就要造成生產和使用費用的增加。此外，提高經濟性的要求與燃料的供應問題有關。例如，對於汽化器發動機來說，這個要求的滿足主要決定於提高壓縮比的可能性，也就是能否採用辛烷值較高的燃料。關於發動機經濟性的問題不僅應在燃料消耗率的大小方面審查，而且也要考慮該種燃料的資源，以及其生產的可能性與困難性。內燃機所用燃料的高昂價格決定了必須仔細地選擇最合理的燃料，而在某些情況下，在設計師面前還提出了要創造那樣一種發動機的問題，例如，要該發動機能夠用不同種類的液體燃料運轉，或甚至在更換某些零件的情況下可以用氣體燃料來代替液體燃料運轉（可變換的發動機）。

所以，隨發動機用途的不同，在每一種個別情況下應當解決的問題是，上列要求中那些是主要的要求，其餘的要求能實現到何種程度。

對於航空發動機來說，應當首先保證重量最小和外廓尺寸最小，但其前提為要高度可靠並尽可能要高度經濟，甚至不惜犧牲壽命以及犧牲生產和使用上的簡單和便宜。

對於船用發動機來說，重量指標就沒有那樣決定性的意義了，因為發動機本身的重量僅占整個裝置重量的相當小的一部分。但是，在某些情況下，發動機安置於船體中的可能性決定於發動機的最小外廓尺寸，特別是在寬度方面的外廓尺寸。此外，對於船用發動機的經濟性提出了較高的要求，這是為了保證最遠的航程而不必補充燃料，另外還提出了高度可靠和壽命足夠長，同時維護也尽可能簡單的要求。

對於固定式發動機來說，最重要的要求是高度的經濟性、可靠性以及較長的壽命，同時生產與使用尽可能簡單。

陸上運輸、農業機械化以及作其他工作用的發動機應在相當大的程度上滿足所有的上述要求。

應當指出，這種發動機的大規模生產的性質甚至可在構造相當複雜、採用高級材料以及高的零件加工精度情況下仍能保證它相當便宜。

對於功率大的輕型運輸式發動機的外廓尺寸以及構造的總體剛度提出了較高的要求。

在所有情況下都應保證安全和便于維護是自不待言的。

拟定設計新型發動機的設計任務書時要根據國民經濟的具體需要，並考慮上面討論的總的要求和已在生產中的發動機的工作指標以及生產的可能性。

但是，發動機製造業的發展不僅可用創造原則性的新型構造的方法實現，而且可用發展與改善正在生產中的各型發動機的方法實現。在正在生產中的每一種構造中一方面包括有一些可以加以改善的構件和組件，改善它們即可改進發動機的工作指標，另一方面，也包括着那樣一些構件，它們在創造該構造時是工作得令人滿意的，但是過了一些時候已不能完全適應新的要求了。

用新型發動機整個代替已出產的發動機在這種情況下並不永遠是合理的，因為需要相當大的費用、根本的改造，而有時還要打斷生產。所以，可用改善已出產的發動機的方法來改善工作指標，方法是对個別薄弱的和過時的組件進行重新設計，而不變更決定其工藝性的主要構造特性。隨具體情況和要求的不同，改善的程度可能區別很大，從而相應的設計任務書也可能區別很大。

所以，用改裝的方法可以改善發動機的工作指標而不致大大破壞生產，並且可以較為合理地利用機床和夾具。

第一章 发动机的分类及基本指标

§ 1. 内燃机的分类

内燃机已广泛应用于国民经济的各个部门中。下面我们举出它们的主要应用范围。

1. 公用事业——小型及中型发电站、抽水装置。
2. 道路和建筑业——掘土机、压路机、移动式发电站及压缩机装置、卷扬机、碎石机、焊接设备、移动式发电站等。
3. 水路运输——主发动机（轮船、特种快艇、拖船）、在大型船舶上的辅助发动机、发电机和压缩机的驱动装置。
4. 公路运输——轻便和载重汽车、牵引车、拖拉机、机器脚踏车。
5. 铁路运输——内燃机车、内燃道车、发电站、给水站、修理工厂。
6. 农业——机器拖拉机站和工厂、抽水装置、收庄稼用及农产品初步加工用的设备、发电站。
7. 渔业——渔船上的主发动机和辅助发动机、修理工厂。
8. 森林工业——移动式发电站、牵引车、拔树机。
9. 石油和煤气工业——卷扬机、鑽探机、压缩机装置、煤气站和石油抽汲站的发动机。
10. 通讯企业的发电站。
11. 应急设备。
12. 军事工程机械。

由于内燃机的应用范围是多方面的，也因而对它们的构造所提出的要求是各种各样的，就使得按照构造特征来建立发动机的分类方案产生很大的困难。

上述要求不仅与发动机的应用范围有关或与联合机组（发动机为其组成部分）的构造有关，并且还与使用条件有关，使用条件除了发动机工况的参数外，还包括技术-经济因素：发动机的成本、燃料和润滑油的种类、修理的条件等。

在拟定分类方案时，第一个任务是选择一些最一般的特征，在这些特征的基础上可以作进一步的个别分类。为了确定这些特征，就应该分析对发动机的要求，像分析对那些用来带动发电机、工具机和推进器的机器的要求一样。这种分析表明对任何用途的发动机最一般的要求是构造尽可能简单、紧凑和重量最小。

构造简单是由两方面来决定的：一方面必须使生产和使用容易，另一方面必须提高机器的工作可靠性，但是，构造简单的要求通常是不易与得到高生产率和高经济性同时实现的。

因此，设计师的主要任务之一是创造能满足高生产率和高经济性要求的简单构造。

从历史上說来,內燃机的问题是在十九世紀末期解决的,在这时期中,小型和中型企业迫切需要經濟而又緊湊的發動机来代替笨大的蒸汽机。由于創造了这样的發動机,它要求小得很多的安放空間和較少的服务人員,因此降低了生产費用。

新型發動机的出現也产生了热力發動机新的应用范围,其中有如陆上、水上和空中的运输以及許多工作过程(主要是农业方面的)的机械化。

緊湊性和构造的重量。如果說,在發動机构造發展的初期,緊湊性还只具有不大的意义,那么在以后,發動机新的应用范围所提出的要求就使得这一因素和發動机重量的限制同时具有了絕大的意义。

现在,当內燃机已失去它們在固定式动力工程領域中的原有作用,但同时作为运输动力装置(鉄道和空中运输除外)它們却起到了几乎絕无仅有的作用的时候,發動机构造形式的發展已經几乎完全决定于对运输用發動机的要求了。因此,在拟定內燃机构造的主要分类特征时,应当考虑到在构造簡單,而又能保証規定的功率、經濟性和可靠性的条件下,得到最小的外廓尺寸和重量。

由机壳零件和其他組件尺寸所确定的發動机外廓尺寸,决定于發動机总的布置、机壳的构造型式和主要組件及輔助装置的相互配置。因此,首先选择几何特征,特別是最主要零件的几何軸綫在空間的配置作为分类的基础是合理的。

照例,現在的內燃机具有把活塞的往复运动改变为曲軸的旋轉运动的机构。只有自由活塞式柴油-压缩机和柴油-打樁机是属于无軸式發動机(而且前者畢竟还具有一根属于同步机构的小軸)。

因此,对于現代大部分內燃机,可以把曲軸的中心綫取作主坐标軸。对于多軸的發動机,可以把輸出功率的軸的中心綫取作主坐标軸。

由于这种关系,第一种分类方案的决定是根据曲軸的有无(无軸的和有軸的發動机)、曲軸的数目(單軸的和多軸的發動机)和曲軸中心綫的布置(水平軸和鉛直軸,并排地放置或是放置在多活塞式工作气缸的相对两端)。

确定發動机外形的第二个主要因素是工作气缸的排列和数目。对于无軸的發動机,可以把工作气缸的中心綫取作整个构造的主坐标軸。

在有軸而无曲柄-連杆机构(有傾斜的或其他的圓盤)的發動机中,气缸中心綫是与軸的中心綫平行地排列着的。对于有曲柄-連杆机构的發動机,这些中心綫只能位在垂直于曲軸中心綫的一些平面內,而且,除此以外,在大部分构造中,它們还与曲軸中心綫相交。各气缸的中心綫可能在垂直于曲軸的一个平面內,也可能在垂直于曲軸的一些不同的平面內。而这些不同的平面又可以沿着曲軸作不同的排列。

气缸中心綫与曲軸中心綫相交的單缸發動机是基本的形式。作为这种形式的变相,可以指出气缸中心綫对水平綫所成的不同方向(鉛直的、水平的、傾斜的)。在某些特殊的构造中,气缸中心綫不与曲軸中心綫相交,在这种构造中,中間搖杆使得普通的曲柄机构复杂化了。

气缸数多于一的發動机的构造,是由上面指出的基本原件所組成的。当有三个或更多

气缸时,在一个垂直于曲轴中心线的平面内气缸中心线的排列决定气缸组合体(星型的),在这组合物中,气缸的中心线沿着圆周均匀地排列着。当中心线不均匀排列时,以及当只有两个气缸在垂直于曲轴的一个平面内时,构造型式用拉丁字母来表明(例如, V 型、W 型)。

各个气缸的组合往往是沿着曲轴来排列的,同时,如果气缸中心线对于水平线的倾斜度在所有的平面内都相同时,那么这组合物就构成一排气缸,它们的中心线位于一个通过曲轴中心线或与曲轴中心线相平行的平面内。当有两排气缸排列成一定角度时,这种构造称为 V 型构造;当有三排气缸时,称为 W 型构造;当有四排气缸时,称为 X 型构造。

有时我们用术语“多排星”来表示沿着曲轴的几个组合物(“星”)的结合。这一术语应当认为是不特别恰当的,因为“排”应理解为若干气缸的组合物,各气缸的中心线位于一通过曲轴中心线的平面内。但在多排星型发动机中,相邻“星”的各气缸中心线不一定在这些平面中;特别是用空气冷却时,它们错开一个角度,此角度等于气缸间夹角的一半。

两气缸中心线相重合的两缸发动机是一种特殊的型式。这时可能有下列情况:

- (1) 气缸对称地排列在曲轴中心线的两边(气缸对置式发动机)。
- (2) 当只有一个曲柄-连杆机构时,气缸排列在一边(串置式发动机)。

在两个方案中,气缸的公共中心线对水平方向的倾斜角可以是任何数值。发动机的基本外形取决于上述气缸中心线和曲轴中心线的两个系统。

除了上面所提到的主要系统外,发动机的构造形式也将随许多其他的零件、机构和辅助装置的相互配置而改变。这样,总的布置也将取决于,例如,凸轮轴的数目和排列(上置式或下置式),或取决于增压-扫气装置的排列(与工作气缸成一直线,在一侧或在两排气缸的中間等)。但是这些因素已经不像以前所研究的气缸和曲轴中心线系统那样是主要的和原则性的;更正确地来说,我们不把它们看作是整个发动机分类的特征,而只是供个别组件、系统、辅助机构和装置的分类之用。

现在被采用的或具有一定采用前途的活塞式发动机的构造方案,示于图 1。这些型式是由气缸的数目与排列,以及曲轴的数目与排列来区别的。

在使用中的发动机大半是气缸铅直排列的单排发动机(方案 1)。这些发动机的特征是活塞组有比较良好的工作条件:活塞体与气缸间的不严密性较小,摩擦功较小和活塞的磨损比较均匀。在这些发动机中,往复运动质量的惯性力直接为基础所承受,这一点与可靠工作所需基础的尺寸减小有关。此外,这些发动机的特点是安装和维护便利。从上述优点以及气缸铅直排列的发动机的使用和制造的大量经验,我们预定这类发动机能获得广泛的应用,并且今后也将如此。

在运输用装置中, V 型发动机(方案 2)与立式的构造同时获得了很大的推广。这些发动机的主要优点有:较小的外廓尺寸,首先是较小的长度,因而下列的重要的零件,如曲轴箱、气缸头和曲轴都具有较大的刚度。根据发动机的用途、对于外廓尺寸的要求和点火交替的均匀性,最常采用的气缸中心线间的夹角是 $45-90^{\circ}$ 。当主要的要求是沿着高度减小外廓尺寸时,此角度还可以更大一些。

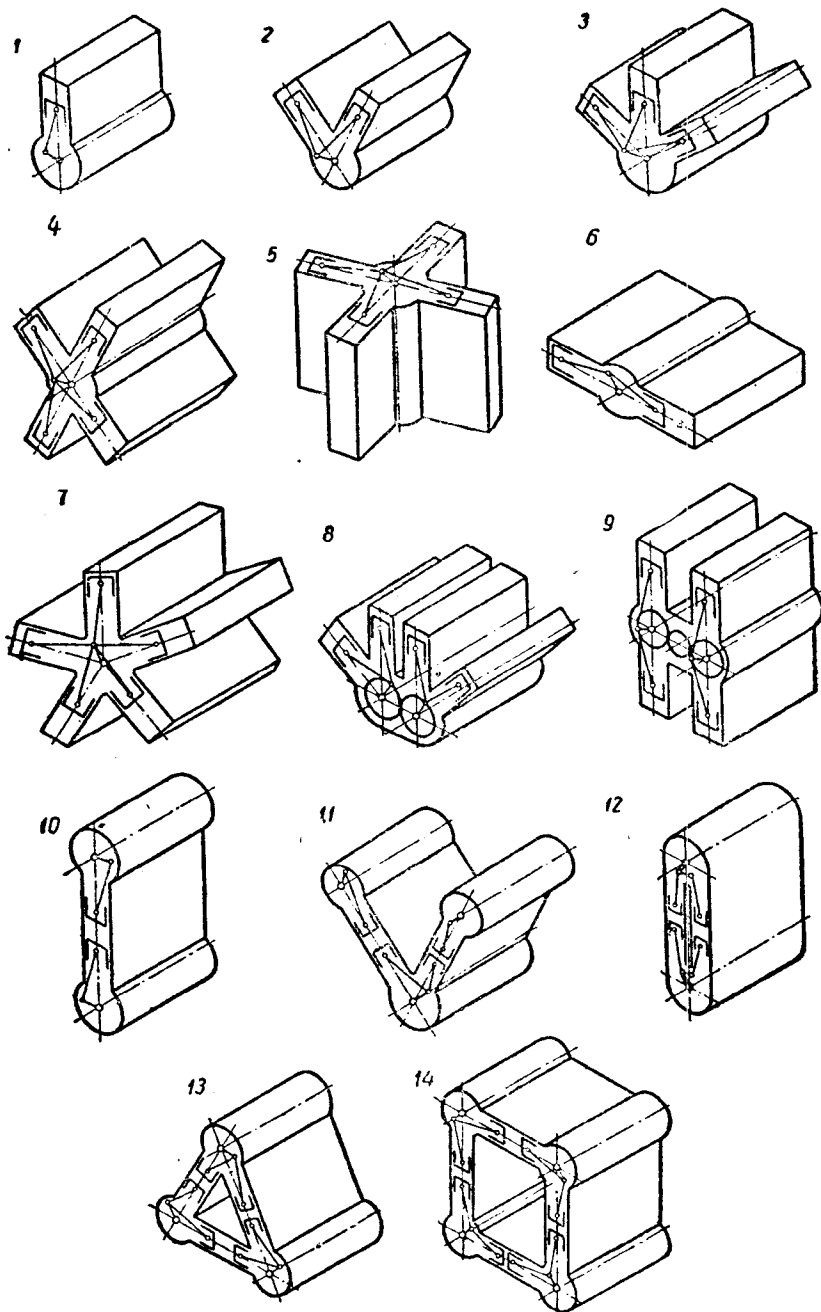


圖 1. 發動机的构造方案。

W 型發動机(方案 3)具有相似的优点,但是因为連杆和其他零件构造的复杂性,它們沒有获得广泛的推广。在某些情况下采用 X 型气缸排列的型式(方案 4 和 5),按照这种型式可以得到較小外廓尺寸的發動机构造。在这种情况下曲柄-連杆机构的零件,机壳与配气机

构的零件是非常复杂的。气缸中心线间的夹角可选择不同的数值(方案4),例如 60° 和 120° ,或者选择相同的数值。在某些情况下发动机是这样安装的,其曲轴放置在铅直的方向(快艇用和其他发动机,方案5)。

在各种用途的装置中,最近比以前更广泛地开始采用气缸水平排列的发动机(例如,方案6)。对于地面运输用的车辆来说,这种发动机的高度小并且便于在车辆中安置,这在某种情况下,与气缸铅直排列的和V型排列的发动机相比较,是显著的优点。

在星型发动机中,实现空气冷却较气缸直线排列时为简单,因为气缸和气缸头没有相邻气缸密接的限制。但是照例,星型发动机的连杆和曲轴是工作强度高的和复杂的。复杂性在多排星型发动机(方案7)中更为厉害,多排星型发动机具有这样的优点,即它们可能在大功率的条件下较其他单轴型式更好地满足外廓尺寸小和重量轻的要求。

由于需要创造功率大的高速发动机,设计师很注意两轴的和多轴式构造,这类发动机的构造型式是多种多样的(方案8—14)。具有几个曲轴就可以实现紧凑的和轻便的构造,可以使许多组件简化和减荷,并且常常可以利用典型单轴发动机的零件,例如气缸体、气缸头和曲柄连杆机构的零件——当发动机按照方案8和9制造时。

在某些情况下,这些发动机在外廓尺寸和重量方面都不及单轴发动机,特别是当设计师采用联结两个现有单轴发动机,力求以较简单的方法来解决创造大功率发动机的问題时。

在小的外廓尺寸下获得高功率的意图常常迫使设计师转向二冲程发动机,这种发动机当采用迴转形扫气和气门—缝隙式扫气方式时,可以把气缸排列得和四冲程发动机一样,由于采用具有相反运动的活塞的二冲程发动机(方案10—14),外廓尺寸和重量可以大大地减小。在这种情况下,发动机可做成两轴单排式(方案10),两排V型(方案11),或气缸平行排列式(方案12)。发动机的构造也可以这样来实现,即把气缸按三角形排列(有三个轴,方案13),或按四角形排列(有四个轴,方案14),或甚至按六角形排列(有六个轴)①。

按方案13和14所制成的发动机具有小的外廓尺寸和大的功率。这些发动机(方案10—12的发动机也一样)具有良好的工作过程。应当指出,它们的特点是某些组件(特别是机壳)复杂,和不可能由内腔侧接近零件(例如泵和喷嘴部分)。要注意到,在上述发动机(方案10—14)中,每一气缸的一个活塞控制进气,另一个活塞控制排气,而控制排气的活塞被排气所吹洗,处于严重的热力情况之下。因为每一气缸的两个曲柄间的夹角不到 180° (差 $10-20^\circ$),故由控制排气的曲轴取出的功率较大,该曲轴所承受的负荷也较大。

在方案13和14中,从各曲轴取出的功率有均衡的可能。

上述各方案并不是详尽无遗地包括了气缸与轴的数目和排列各不相同的、所有可能的、合理的组成。

上述情况对四冲程和二冲程发动机都是适用的。二者均具有进一步发展和改善的前途。

现今以下列发动机制成四冲程式:

- ① 具有相反运动的活塞的低速发动机常常制成单轴的,活塞之一的运动用拉杆(连杆)系统传至曲轴。

(1) 气缸功率在 150—180 馬力以下的固定式, 船用和运输用压燃式发动机中相当大的一部分;

(2) 混合气在外部形成(煤气)的固定式发动机的绝大部分;

(3) 气缸功率大于 200 馬力的压燃式发动机的一部分;

(4) 几乎所有混合气在外部形成的汽车拖拉机发动机;

(5) 汽车拖拉机用压燃式发动机的绝大部分;

(6) 混合气在外部形成(液体燃料)的机器脚踏車用和小船用发动机的一部分。

下列发动机制成二冲程式:

(1) 气缸功率在 40—50 馬力以下的固定式, 船用和可移动的压燃式发动机中相当大的一部分;

(2) 气缸功率大于 150 馬力的压燃式发动机中相当大的一部分和气缸功率在 200 馬力以上的发动机的绝大部分;

(3) 一定数量的气缸功率为 50—150 馬力的压燃式发动机;

(4) 几乎所有的热泡式发动机;

(5) 汽车拖拉机用压燃式发动机的一部分;

(6) 混合气在外部形成的用曲轴箱扫气的小功率发动机中相当大的一部分;

(7) 一定数量的、气缸功率小的煤气发动机(用热泡点火的和曲轴箱扫气的)和气缸功率大的煤气发动机(在这些发动机中, 煤气在扫气完畢后才被吹入)。

四冲程汽车拖拉机发动机的广泛应用是由于至現時为止它們与二冲程发动机相較是具有一定的优点的(見下面)。

此外, 四冲程发动机在設計上和使用上的大量經驗是具有意义的。

四冲程发动机的主要优点是:

(1) 有些重要零件如活塞組, 气缸, 气缸头(假若与用气門—縫隙方式扫气的二冲程发动机的气缸头相比較), 并且有时气門的受热程度較小, 因为曲軸每旋轉兩轉燃料的燃燒进行一次;

(2) 照例, 气缸的清扫和充气較为完善, 由于活塞的吸入和排出作用的結果, 气缸的清扫和充气在很大的程度上是强迫地完成的;

(3) 气渦輪增压的应用較为簡單, 不用机械驅動的增压器, 当二冲程发动机在排气能量不足以带动渦輪增压器的工况下工作时, 机械驅動的增压器是必需的;

(4) 由于气缸头和气缸受热程度較小, 采用空气冷却的可能性較大;

(5) 由于經由排气器官損失的混合气少或者沒有这种損失, 混合气在外部形成的构造可以做得較完善;

(6) 燃料供給系統的工作条件較好(在压燃式发动机中), 因为通常在四冲程发动机中燃料泵軸旋轉的次数較二冲程发动机的少一半。

二冲程发动机的主要优点是: