

143355

五十年来的 發动机制造事業

特陵克列尔著

机械工業出版社

5

2474

五十年来的發动机制造事業

特陵克列尔 著

倪家泰、施仲篪 譯



机械工業出版社

1958

出版者的話

本書詳盡而全面地介紹了各種型式內燃機的產生和發展，並對各種內燃機在各個發展階段中的設計和構造上的重要成就作了重點闡明，也對各種發動機的構造、工作性能和運轉條件等作了比較。

作者對俄國、蘇聯和世界其他各國的學者、設計師和製造工程師在發動機的設計和製造上所作出的貢獻作了正確的估價，並批判了歷史上保留下來的一些不正確的看法。

該書不僅對講授內燃機和各個有關專業的專業課程有參考價值，而且對從事內燃機研究的科學研究人員，設計和製造內燃機的工程技術人員，高等和中等專業學校的教師、學生、研究生都有很大幫助。一切對發動機的構造發展史有興趣的同志都值得一讀。

蘇聯 Г. В. Тринклер 著 ‘Двигателестроение за полустолетие’ (Водтренсиздат 1954 年第一版)

*

*

*

NO. 1639

1958 年 2 月第一版 1958 年 2 月第一版第一次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字數 158 千字 印張 $6\frac{3}{16}$ 0,001—1,1100 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(10) 1.20 元

原編者的話

[五十年来的發动机制造事業]的作者,技术科学博士古斯塔夫·瓦西里耶維奇·特陵克列尔(Густав Васильевич Тринклер)教授是我国發动机制造方面最老的教授和工程师之一。

作为一个工程师和学者,特陵克列尔半世紀来的全部活动都是和祖国内燃机制造的發展联系在一起。

1889年,当特陵克列尔还在彼得堡工艺学院(現在的列宁格勒連索魏特工業学院)做学生的时候,設計了世界上第一部不用压缩机的压燃式發动机。这个發动机在1900年由普季洛夫工厂(現在的基洛夫工厂)制造,并进行了試驗。从記錄下的示功圖可以証明,这部發动机是第一部以混合吸热循环进行工作的發动机。因而,这个重大技术發明的优先权属于特陵克列尔工程师。

在十月革命以后的时期中,特陵克列尔积极地参加了完成我国自己設計船舶內燃机和內燃機車內燃机的工作。在他的直接領導之下,曾經設計了各种單流气閥祛气的二冲程發动机和使用这类發动机的船舶动力裝置。應該指出,特陵克列尔是把廢气通过气閥排出的單流气閥祛气方法应用在我国發动机制造上的首創者。特陵克列尔一面做工業生产上的科学工作,同时又担任高尔基海运工程学院的教学工作。他的学生中有很多著名的工程师和学者。

特陵克列尔的这本著作一定会受到年輕專家們的欢迎,也会有助于他們的实际工作。

汉陀夫(З. Хандов)

1953年10月25日于列宁格勒

目 次

原編者的話.....	3
代序.....	5
緒論.....	7
第一章 十九世紀下半叶內燃机的發展.....	15
第二章 狄賽尔科学工作中的一些錯誤情况.....	30
第三章 压燃式發動机.....	34
第四章 压燃式發動机中的問題的几种解決方式.....	39
第五章 二冲程發動机發展的各个阶段.....	72
第六章 排气閥單流扫气.....	82
第七章 二冲程發動机的扫气計算实例.....	92
第八章 單流气閥排气式二冲程煤气發動机及其扫气計算...	114
第九章 关于气缸盖,进气閥和排气閥;某些热应力事故.....	130
第十章 發動机的其他主要零件,它們的構造、計算和使用...	145
第十一章 發動机的动力学問題.....	180
第十二章 关于燃料系統和燃燒室的形狀.....	193

代 序

苏联共产党第十九次代表大会的決議中，指出了党和苏联人民为国家經濟力量的新的高漲，为国民經济各部門中生产的进一步增長和科学技术的进步而斗争的任务。

在执行第五个五年計劃的巨大任务中，进一步提高劳动生产率，采用先进的生产方法，發掘企業的潜力和广泛开展劳动竞赛，起着很大的作用。

共产党和苏联政府的英明領導，使工業、農業和交通運輸業的各个部門中广泛采用了先进的技术。

只有在苏联人民的技术和文化水平不断增長的条件下，才能正确地运用新技术。

在我們国家里，国民經济任何一个方面的发展，都是与广大劳动群众以及具有高度業務水平的專家們的創造性和他們合理化的工作方法分不开的。

确实如此，假如沒有那些受过很好技术培养的有力的干部，工業和農業上的成就將是不能設想的。这些干部沒有資產階級思想，不向外国的东西卑躬屈膝，沒有不問政治和資產階級世界主义思想；他們無限忠誠于自己的祖国，忠誠于建設共产主义的偉大事業。

根据第十九次党代表大会对發展苏維埃社会主义共和国联盟的第五个五年計劃(1951~1955)所作的指示，在發展机器制造業方面有很多指示：「設計新机器时應該改善它們的質量，降低它們的重量……」。其中提出：要發展煤氣發生爐汽車，內燃機車，包括用煤氣發生爐的內燃機車；要發展內河和海上的輪船。这些交通工具实际上用的都是液体燃料和气体燃料的內燃机。

我最初对內燃机發生兴趣还是在做大学生的时候，在1896年夏天的下諾夫哥罗德城（Ни́жний Новго́род）的艺术-工業展覽会

上；这个展览会展出了几部俄国工厂制造的煤油机。

从那个时候起，在我这整个很长的一生中，我对自己所选择的这个专业——研究和制造内燃机——忠诚不渝。

过去的五十年中，我在这方面——无论是在发动机的理论或是实际方面，都看到了、试验了并且知道了很多有趣的东西。同时，根据我的设计，或是在我的领导之下，制造了很多发动机。我看到了俄罗斯发动机制造事业的整个发展的过程——从沙皇俄国的很简单的发动机直到苏联的第一流最新式的大马力发动机。

我希望这本书能够提供些有用的材料。能对机械制造方面的青年同志的工作有所帮助。

这本书里尽可能地收集了所有的材料，以说明与内燃机有关的俄罗斯的发明家、设计师、理论家和热工学家所做的工作。同时，也对很多外国的有关这方面的研究和构造作了严格的批判。

緒 論

1946年運輸機械製造部出版了一本名為「蘇聯坦克製造者的勞動功勛」的書。在這本書里，簡要地敘述了蘇聯重型坦克的各種主要型式，並且提到了這些坦克的設計者和製造者的名字。

B-2型發動機是使蘇聯坦克具有很大威力，能夠粉碎法西斯匪徒的一個重要因素；它是蘇聯的專家們及時設計並製造出來的。

在該書的第46頁上這樣寫道：

「很多同盟國在戰爭開始的時候，在武裝配備上沒有功率很大的高速柴油機的可靠模型。在美國和英國，譬如在最普通的中型坦克上，用的是二對汽車型的總功率約為400馬力的高速柴油機和很多汽化器式發動機〔貝特福特，福特（Бедфорд，Форд）〕。

德國雖然在高速柴油機製造方面有很多技術上的經驗，但戰爭開始的時候也同樣還沒有最後製造出大馬力的坦克發動機，所有坦克上裝的都是汽化器式發動機。

蘇聯的B-2型大馬力柴油機與他們用的這些發動機相比有很多優點，主要的有：

- 1) 燃料的單位消耗量特別低；
- 2) 因為用重油燃料（煤油，煤焦油），所以失火的危險性比較少；
- 3) 因為不用電火花點火，工作很可靠……。」

圖1所示是B-2型發動機的橫剖面（借用自「機器製造百科全書」第十卷，1948年莫斯科版）。

根據上面所說的情況，我們可以斷言：蘇聯在內燃機製造方面擁有足夠數量的有經驗的專家。這些專家都是很多年來逐漸培養和成長起來的，這方面不少的功勞應屬於俄國和蘇聯的技術學校。這些學校都是很久以來就以很高的理論水平進行教學的。

可以完全滿意地提出，俄国和苏联的学者、工程技术人员和發明家們很多年来在力能学和發动机制造方面有过很多新的思想，并造出了很多先进型式的發动机。

我国的学者和工程师們在發展內燃机的理論、構造和制造工艺方面起了主要的作用。

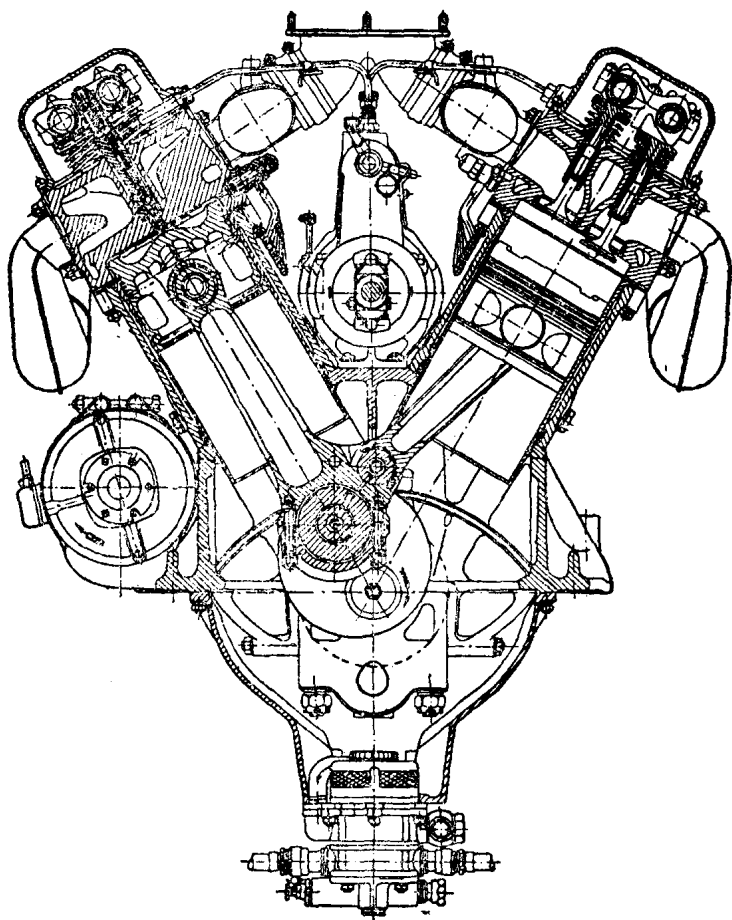


圖 1

我們可以看一下几个杰出的人物，他們都是以自己在力能和

發动机制造方面的比較重大的發明和学术著作而为我們祖国爭光的人物。

彼得堡工艺学院的教授伊凡·阿历克賽亦維奇·浮施涅格拉斯基 (Иван Алексеевич Вышнеградский) 的傳略是很有趣的 (詳見 [俄国的科学家] 第Ⅱ卷, 1948)。浮施涅格拉斯基于 1831 年 12 月 20 日生于浮施尼·沃洛綽克城 (Вышний Волочок)。

1846 年, 他进了彼得堡师范学院总院的数理系。这个学院在俄国的教育史上有着特别的地位; 里面任教的都是当时第一流的学者——著名的数学家奥斯特洛格拉斯基 (М. В. Остроградский)、有名的物理学家林茨 (Э. Х. Ленц)、天文学家薩維奇 (Савич) 等等。从这个学校出来的有著名的批評家道勃罗留博夫 (Н. А. Добролюбов) 和偉大的化学家門捷列也夫 (Д. И. Менделеев)。



伊凡·阿历克賽亦維奇·浮施涅格拉斯基
(1831~1895年)。

浮施涅格拉斯基一生中对这个学院記得很清楚, 特别是关于奥斯特洛格拉斯基的講課和談話, 这些講課和談話引起了他对数学和力学極大的兴趣。1851 年, 浮施涅格拉斯基畢業于师范学院。最初几年他在米哈依洛夫的炮兵学校工作, 这个学校后来很快就改为炮兵学院。

他在这里教的是数学和理論力学, 同时他还完成了各种有关国防的工作。

1860 年, 浮施涅格拉斯基到国外去出差, 他在国外耽擱了半年, 了解了高等学校中有关机械制造各門課程的教学情况, 以及西

歐各个工厂中机械制造的發展情况。

1862年，浮施涅格拉斯基成为米哈依洛夫炮兵学院的教授，而且很快地又成为彼得堡工艺学院的力学教授。在彼得堡工艺学院——作为一个高等工业学院——的發展中，浮施涅格拉斯基起了很大的作用。同时，他还在俄国国防工业的理論和实践方面做过很多工作，譬如在他的领导之下建成了鄂霍金火藥厂。

1875年，浮施涅格拉斯基担任了工艺学院的院長。

1877年，根据浮施涅格拉斯基的創議开始出版了《工艺学院通报》，就在1877年的这个通报上，發表了他的一篇論文《关于直接作用的調速器》，在1878年，他又發表了《关于非直接作用的調速器》的文章。

这些研究为离心式調速器的动力学理論奠定了基础，使之与当时存在的靜力学理論相对立。这些文章被翻譯成好几种其他文字，同时德国、法国和美国以后曾經广泛地应用过这二篇文章。

浮施涅格拉斯基死后留下了丰富的遺著。他培养了几代力学家和机器制造家，这些人中間我們可以举出像基尔比契夫（В. Л. Кирпичев）、彼得洛夫（Н. П. Петров）和很多其他人物。

基尔比契夫教授在俄罗斯技术协会哈里科夫分会紀念浮施涅格拉斯基的紀念大会上是这样評价浮施涅格拉斯基的：「……在俄国最早开始机械制造的教育，也就是說，最初为我国自己制造机器准备条件的工作，是浮施涅格拉斯基做的，他的主要功績和特殊意义就在这里。……」

1860年，浮施涅格拉斯基到国外去出差的时候，恰巧是在巴黎出現第一部工作得很好的列奴阿尔（Ленуар）型煤气發动机的时候。这部机器是用照明煤气工作的、双作用的。拿現在的眼光来看，这部机器是很原始的，工作混合物不进行先期压缩，并且也很不經濟。但在当时，它能够滿足小工业的需要，特别是因为它經常可以起动；在这一点上，它比用蒸汽机和鍋爐的动力裝置有利。

列奴阿尔型發动机在当时的技术界中間引起了極大的兴趣。

在工艺学院的博物館里有一部制成的列奴阿尔型發动机（圖2），这是四个学工艺的学生在学院的實習工場里制成的。發动机的架子上釘有一塊青銅的小底板，上面写出了制造的年月和这四个制造者的姓名。

制造这部發动机的時間，也就是浮施涅格拉斯基在里面做教学工作的时候。所以应该認為：正是浮施涅格拉斯基創議并領導制造了这部机器。

1930年初，当列宁格勒工艺学院完全轉为化工專業的时候（机械專業轉到列宁格勒工業学院去了），机械博物館就没有了。

1946年費了很大的勁才在軍事机械学院發現了这部發动机，并在那里拍了這張照片。

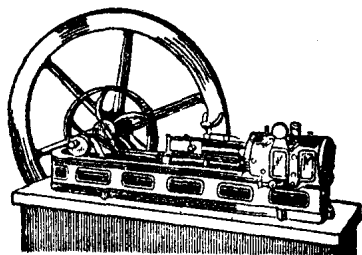


圖 2

大概可以說，工艺学院實習工場里制造的那部發动机是在俄国制造的第一部內燃机。

俄国偉大的力学家和潤滑的流体力学理論的創始人尼古拉·巴甫洛維奇·彼得洛夫（Никола Павлович Петров）的傳略写在[俄国的科学家]这部著作的第二卷上，与浮施涅格拉斯基的傳略放在一起。要詳細了解他在摩擦方面的著作，可以參看1949年苏联科学院出版的[机器里的摩擦和磨損]。

彼得洛夫于1836年5月13日生于奥尔洛夫省的特魯勃切夫斯克城（г. Трубчевск б. Орловской губернии）。他受过中等的軍事教育，在尼古拉工程学院結束了他的軍事教育。他所在的这个学院里，数学方面的領導人是奥斯特洛格拉斯基教授，他在尼古拉工程学院最初的工作也就是教数学。

从1866年起，当他国外出差回来以后，就开始在尼古拉工程学院和彼得堡工艺学院講授应用力学。他总是怀着感激的心情回忆起浮施涅格拉斯基在力学方面对他的指导。

彼得洛夫在尼古拉工程学院里当教授一直当到1900年；彼得堡工艺学院的教授工作他在1892年就放弃了。

他的經典著作「机器內的摩擦。潤滑液体对摩擦的影响」于1883年在彼得堡出了單印本。現在，內燃机有了在压力作用下的潤滑之后，便能制造高速的和特別輕巧的發动机了。与潤滑液体的內部摩擦有关的潤滑理論的主要內容，在彼得洛夫教授的著作中得到了闡明。因此，他在这方面的优先权是無可爭辯的。彼得洛夫在铁路運輸方面写过大量的著作，这些著作在他的詳細傳略中都提到过。1871年，根据彼得洛夫的建議，工艺学院开了一門铁路列車的課程，并組成了相应的教研組；从1873年起，这个教研組的領導人就是彼得洛夫。因为我是在1894年才进工艺学院的，所以無法听到浮施涅格拉斯基和彼得洛夫的講課。但是，这二位教授的学生們繼續在工艺学院工作，并以很高的学术水平进行教学。仅在1899年春天，进行畢業設計（我在普季洛夫工厂設計的高压發动机，学院曾采納作为畢業設計）答辯的时候，我才有可能在彼得洛夫面前發表意見，彼得洛夫当时是畢業委員會（机械的）的主席。

彼得洛夫死于1920年，死的时候已經84岁。

列宁格勒工業学院、列宁格勒造船学院和伏罗希洛夫海軍学院的教授費多尔·阿历克賽大洛維奇·勃利克斯（Федор Александрович Брикс）在俄国船舶制造的發展方面起了極大的作用。他对活塞式机械的理論进行了很多的研究。特別是他在1890年的「海运論文集」上發表的有科学根据的求出曲柄連杆机构活塞位置的圖解法。这个方法在設計往复式發动机的时候被广泛采用。

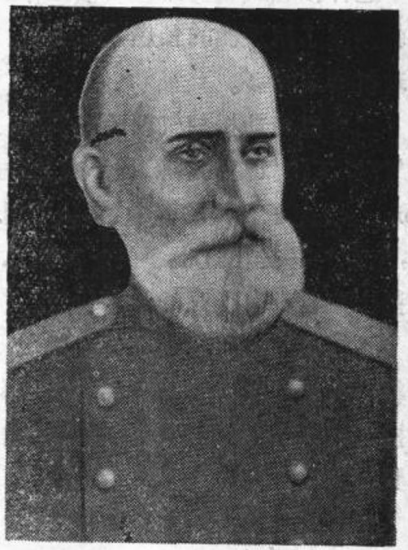
勃利克斯死于1936年6月，享年81岁。

工艺工程师米朗·巴甫洛維奇·捷依利格尔（Мирон Павлович Зейлигер）于1901年畢業于彼得堡工艺学院。1910年他在彼得堡出版了「船舶柴油机在商船和軍艦上的应用範圍」一書。

在这本書里，他第一个給出了决定混合燃燒循环机械效率的有名的公式，这个公式一直到現在还是發动机工作过程理論方面

的原始公式。

在設計二冲程机器的时候，二冲程发动机的排气和扫气理論具有很重大的意义。根据外国的資料，这个理論曾經發表在1913年「爱勒摩托」(Эльмотор)杂志刊登的克列格立夫斯基(Креглевский)工程师的一篇文章上。同时，这种类似的理論曾由彼得堡工艺学院的学生格尔特(Г. А. Гельд)詳細研究过，并發表在1910年的「工艺师协会通訊」杂志上，这就証实了我国科学在研究二冲程发动机的排气和扫气理論方面也是世界上优先的。



尼古拉·巴甫洛維奇·彼得洛夫
(1836~1920年)。

1907年，莫斯科高等工業学校的教授格里聶魏茨基(В. И. Гриневецкий)最早提出了內燃机工作过程方面的成熟的理論。这个理論后来又經過他的学生也是該校的教授馬津格(Е. К. Мазинг)和勃里林格(Н. Р. Брилинг)教授的深入研究。这个寶貴的理論現在已成為研究發動机气缸內所进行的工作过程和估計工作过程質量的依据，同时也是設計內燃机的重要資料。

索尔莫夫工厂热机科工作人員叶利斯特拉托夫(Ф. А. Елистратов)的工作是很有趣的。

1909年，他在做該工厂所制造的勃朗斯型(Бронс)發動机的試車工作。这类發動机实际上是世界上最早的預燃室型發動机；但是，試驗的时候發現了这类發動机仅能用煤油或純粹的煤焦油工作；当用含濃的(瀝青的)馏分百分比很大的生石油工作时，發動机

就要塞住，并且功率降低。

叶利斯特拉托夫建議采用一种特殊的二層預燃式；發动机采用了这种預燃式就能用生石油工作而不致淤塞。这样，索尔莫夫工厂就創制了用重油的預燃室發动机。这比外国出現类似的預燃室發动机要早得多。

二冲程發动机扫气理論的研究，以前是根据假設的；認為自由排气时，工作气缸的容积是不变的。技术科学博士奥尔林（А. С. Орлин）研究了扫气的問題，提出了計算气缸容积变化的公式。同时，奥尔林还提出过很多关于高速二冲程發动机扫气問題的研究；这些工作也都有很高的学术价值。

不能忽略掉以自己在二冲程發动机的排气和扫气方面和供油系統方面的理論研究而著名的技术科学博士加里詩（Г. Г. Калиш）教授。因为他成功地創制了新型的拖拉机柴油机而曾被授予斯大林獎金。

在設計和制造航空發动机方面，可以举出很多杰出的設計师和制造者的名字。这里我們提一下院士米庫林（А. А. Микулин）和通訊院士斯靳契金（Б. С. Стечкин）。

最初出現在市場上的柴油机是空气噴射式的；發动机里的燃料用从專門的压縮机得到的压力为 50~60 絕对大气压的压縮空气的气流来霧化。这就使得發动机非常复杂。最早設計并制造不用專門压縮机的压燃式發动机的工作，是作者还在彼得堡工艺学院做学生的时候做的。

1898 年夏天，曾在普季洛夫工厂（現在的基洛夫工厂）設計了功率为 10 馬力左右的这种發动机。这部發动机以后就在普季洛夫工厂制造，并做了全功率的試驗。

这部机器上做过的工作在技术上值得注意，下面我們再詳細地来討論它。

第一章 十九世紀下半叶內燃机的發展

內燃机在 1860 年开始發展，也就是出現列奴阿尔型發動机的時候，这在緒論里已經談過了。

最初制造的照明煤气發動机，功率很小，仅有 3~5 馬力，只能为小工業服务；此外，煤气的消耗量很大——1 有效馬力小时需 3 立方公尺煤气，所以它的經濟效率是很低的：

$$\eta_e = \frac{632}{3 \times 5000} = 0.042$$

(1 立方公尺照明煤气的热值是 5000 卡)。

1867 年出現的所謂空气机(其特点为采用自由飞起的活塞)是由發明家尼古拉·鄂圖 (Николай Отто) 和工程师藍肯 (Ланген) 合作創造的。这部發動机的照明煤气單位消耗量已經大大的降低了，1 有效馬力小时消耗 0.8 立方公尺的煤气，其經濟效率为

$$\eta_e = \frac{632}{0.8 \times 5000} = 0.158,$$

这个数值在当时講是打破記錄的。但机器开动时的喧鬧的声音給人很不好的印象，同时，因为用自由飞起活塞的立式構造，就需要有很高的房屋来安放这部机器。虽然如此，因其經濟性較好，这种發動机在当时还是获得了很大的推广。

但是，要把这样笨重的机器造得馬力很大是不可能的，1878 年的巴黎世界博覽会上，在凱林 (Кельн) 城附近杰依茨 (Дейтц) 的鄂圖和藍肯公司出品的新的四冲程發動机很引人注意。

該發動机的工作原理大家是很清楚的：

工作活塞的第一个行程——將爆發混合物吸进工作气缸；

活塞的第二个行程——压缩爆發混合物；

活塞的第三个行程——混合物因外热源而着火，燃燒生成物进行膨脹——有用功傳到發動机的軸上；

活塞的第四个行程——燃烧生成物经过开着的排气阀排到大气中。

该四冲程发动机与以前的发动机工作上最主要的区别在于着火以前的先期压缩。先期压缩是提高内燃机工作过程效率的基础。着火以前进行先期压缩,也能够改善爆发混合物的燃烧条件,这是由于因压缩而使混合物受到预热,同时也使其密度加大的原故。

以四冲程工作的发动机,首先使人感觉到的是它的缺点的一面,因为为高压所制造的工作活塞在大多数的情况下承受的却是低压。

但是,机器的构造是很紧凑的,并不需要任何附加的燃气泵和空气泵;这就使它很快地在各地推广。

四冲程发动机照明煤气的单位消耗量大致上与空气机的消耗量相等。但四冲程发动机能平稳地、无声地进行工作,加上构造上紧凑,它就很快地胜过了空气机。

四冲程发动机的发明人还是这个尼古拉·鄂图,他取得了四冲程发动机的专利权。但是很快地就碰到了对手,这些对手不使他或是设法限制他取得专利权。因为在1862年,就是比鄂图的四冲程发动机早十六年的时候,法国出版过一本法国工程师鲍·杰·罗沙(Bo. Де. Роша)写的小册子。在这本小册子里,很清楚地叙述了四冲程煤气发动机的工作原理。这就使与鄂图争论的对手有可能来竭力限制鄂图取得专利的范围。

于是,四冲程的方式就成为大家都能采用的方式,四冲程发动机的制造开始在各地迅速地发展起来。1889年左右所制造的煤气的功率达到每气缸100有效马力,并且很快地被继续提高。

从当时很多人所做的工作中,应该提一下俄国设计工程师鲍里斯·卢茨基(Борис. Луцкий)做过的工作。大约在1895年左右,他首创了气缸安装在上面的立式煤气机。他的发动机上已经用气阀配气,并用烧红的管子点燃混合物。在那个时候以前,一般煤气机的最初型式都是卧式。