

〔美〕F. R. 琼斯 W. H. 奥尔德里德 著

农用动力与拖拉机

FARM POWER
& TRACTORS

农用动力与拖拉机

[美] F.R.琼斯 W.H.奥尔德里德 著

《农用动力与拖拉机》翻译组 译



机械工业出版社

ZR05/02

本书是美国得克萨斯州农工大学农业工程系的一本教科书。书中系统地阐述了拖拉机和内燃机各组成部分的构造和工作原理，重点地介绍了国外拖拉机和内燃机的一些先进结构，对农用拖拉机的使用经济性问题也作了简要的论述。本书反映了国外拖拉机和内燃机的先进水平，对我国从事拖拉机和内燃机设计、制造、使用、维修工作的人员有一定参考价值，同时也是大学、中专学校拖拉机专业、内燃机专业和农机专业师生的一本较好的教学参考书。

本书的前言，第8、9、10、21章和附录由宋正良翻译；第1、2、3、4、5、7章由张淑琴翻译；第6、17、18章由尹荣英翻译；第11、12、16章由蔡耀辉翻译；第13、14、15章由张保勤翻译；第19、20、22章由王蘅昆翻译；全书由宋正良总校。

FARM POWER AND TRACTORS

Fred R. Jones

William H. Aldred

McGraw-Hill Book Company

Fifth Edition 1980

农用动力与拖拉机

〔美〕 F.R. 琼斯
W.H. 奥尔德里德 著

《农用动力与拖拉机》翻译组 译

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $14^{5/8}$ · 字数 379 千字

1985年9月北京第一版·1985年9月北京第一次印刷

印数 0,001—2,430 · 定价 2.70 元

*

统一书号：15033·5672

前 言

本书是 1932 年首次出版的名为《Farm Gas Engines and Tractors》的教科书的第五版。本书第一版的内容分为两部分。第一部分主要论述为抽水、锯木之类的轻负荷作业提供动力的单缸低速固定动力装置。农场有了电力供应后，这些动力装置不久就被电力装置取代了。第二部分介绍拖拉机，因为当时拖拉机在为农业生产提供动力方面，尤其是在为诸如耕地、耙地、谷物脱粒和联合收割等项需要较大功率的重负荷作业提供动力方面，正在取得显著进展。

但是当时在农用动力中畜力仍然占主导地位。尽管那时存在着严重的经济萧条，但是橡胶轮胎车轮、多缸高速发动机、电起动装置、液压操纵机构等先进设备在拖拉机上的采用仍然加快了拖拉机结构改进方面的进展。第二次世界大战以及其它一些因素，进一步刺激和加快了从畜力向拖拉机动力的转变，到 1950 年已 100% 地实现了这种转变。

为了跟上拖拉机动力在农业中推广使用的发展形势，本书曾于 1938 年、1952 年和 1963 年分别进行过修订。到 1970 年，显然美国农民不仅已把拖拉机看作各种作物实际生产过程中必不可少的设备，而且需要在经济性、实用性、操作方便、维修、性能可靠等各个方面都能满足农作业需要的特定功率和类型的拖拉机。在 1960~1979 年期间，一些制造厂家看到了这种发展趋势，进行了下列一些意外的、令人感到兴奋的改进：（1）20 马力以上的拖拉机几乎 100% 地改用柴油机；（2）推销 120~250 马力的大型四轮驱动拖拉机；（3）每家公司提供的拖拉机型号从两、三个增加到八至十个之多；（4）发展前进档数多达十二个以上、带行进中换档装置的变速箱；（5）更广泛地利用液压动力，使农

IV

机具和拖拉机的操作更容易、更迅速；（6）采用翻车保护装置、驾驶篷或设有舒适可调座位和各种操纵方便的控制机构的封闭式防尘、防噪声、全天候驾驶室，使驾驶员安全而舒适。

另一个与拖拉机等机器设备的制造和销售有关的、非常重要的发展是，这些机器在修理和保养方面发生了变化。由于拖拉机的设计和装配工艺非常复杂和精密，因此成功的销售商或拥有几台机器的农民必须拥有安排和装备得很好的修理车间，并雇用可靠的、经过严格训练的、经验丰富的维修技工。为此，制造厂还为拖拉机所有者以及维修人员提供了非常详尽的说明书和技术资料。以前的情况清楚地表明，论述作为主要农业动力的拖拉机的发展和使用情况的教科书必须进行定期修订和改进。

作者对本书进行修订的目的是想提供一本教科书，供具有大学水平的学生和学习职业农业课的中学生使用，也可供需要掌握拖拉机和类似机动车辆的完整、详尽、最新知识的农用拖拉机所有者和驾驶员使用。

本书是在一些拖拉机制造厂和许多拖拉机附件公司的大力协助下编写成的。这些单位为本书提供了插图和详尽的资料，对此我们表示衷心的感谢。J I Case 公司的产品安全经理 Alan L. Dorris 博士为本书第二十一章“拖拉机的安全与舒适”的编写工作付出了很大努力，特此致谢。

作 者

目 录

前言

第一章	农用动力的调查	1
第二章	农场动力来源及其适应性	6
第三章	内燃机和农用拖拉机的历史及其发展	13
第四章	农用拖拉机的类型	23
第五章	功率及其测量	
	燃料消耗	
	发动机效率	
	内布拉斯加州的拖拉机试验	35
第六章	热力学原理及其应用	
	发动机循环及其效率	60
第七章	发动机的循环和工作原理	79
第八章	发动机构造和设计	
	拖拉机发动机类型和构造	93
第九章	配气机构及其工作原理	121
第十章	燃料和燃烧	
	排放物及其控制	136
第十一章	供油和汽化	
	空气滤清器	
	发动机的调速	157
第十二章	冷却和冷却系	193
第十三章	电点火、蓄电池和磁的基本原理	206
第十四章	蓄电池点火系和磁电机点火系	235
第十五章	交流发电机、直流发电机和起动电动机	267
第十六章	润滑油和润滑系	290

VI

第十七章	柴油机的构造和工作原理	314
第十八章	传动系	332
第十九章	行走装置	
	转向操纵机构	
	传动系附属装置	367
第二十章	拖拉机的悬挂装置和稳定性	
	液压系统和液压控制机构	395
第二十一章	拖拉机的安全与舒适	426
第二十二章	拖拉机使用经济学	436
附录	拖拉机的发展	449

第一章 农用动力的调查

美国从殖民地时期到现在的农业发展过程，是很有趣、很引人注目的。十九世纪初，工业的发展受到限制，城市规模较小，很大一部分劳动力为了维持生活而从事食品和纺织品生产。和现在相比，当时的生活水平很低，很多现在很平常的便利设施和舒适条件当时是不存在的，所以对于按人口平均计算生产过量的农产品没有很大刺激。但是随着人口的增长，人们研究了简单的机器和作业方法，建立了新的城市，建设了工厂、铁路和比较好的运输设施，美国的工业开始发展。

这种缓慢而确定无疑的工业发展和人口的逐渐增长，要求更多的土地、更高的农业产量以及其它基本的必要材料，如煤、铁等金属，木材和石油等。因此，人们开垦了新的农业区域，个体农民和家庭农场扩大了经营面积，不仅为了维持生活，满足他们自己的需要而生产，而且为了满足人数不断增长的、从事商业、工业等非农业生产人员的需要而生产。几十年过去了，这种趋势获得了巨大的动力。很多新的发明、石油的发现和石油工业的大发展、内战和第二次世界大战等因素以及制造工艺的进展，都加速了这种趋势的发展。今天，美国不但是世界上最工业化的国家，而且它的农业产量、农场工人的效率和生产率比任何国家都高。这种现状主要应归功于机械动力和现代农业机器的意义深远和惊人的发展。

农用工力的发展和演变 很明显，用于农业的第一种动力就是人力，从整地到中耕、收获和最后产品加工等各种农作业都或多或少是靠手工完成的。革命时期和十九世纪初期，美国大致就是这种情况。但是，由于需要增加农作物产量，迫切需要研制重量较大、效率较高的田间作业农具和机器，因此，人们设计和引

进了大型的犁和耙、机械式播种机、中耕机和收获机械。这些机械需要更大更好的动力，于是在1840年左右，大量的牛、马、骡被用作农用动力。

其后的五十年中，许多节省劳动力的机械得到了发展和推广。这些机械包括：1837年的钢制步犁、1831年的谷物收割机、1842年的脱粒机和1850~1870年的乘坐式机器，如播种机、中耕机、犁、割草机、谷物打捆机等。所有这些机械都需要一头或几头牲畜作为动力。

到1850年，人们开始在如今称为中西部地区的肥沃广阔的大草原地区定居下来。小麦是主要农作物，这一地区是生产小麦的理想地区，因此小麦之类的谷物的种植面积迅速扩大。由于扩大了种植面积，因此需要比畜力更好的动力，特别是对于收割和脱粒作业来说。所以，在1870年左右开始使用蒸汽机。在近半个世纪中，用蒸汽机作为诸如谷物脱粒、伐木、玉米脱粒等重负荷作业的动力是很受欢迎的。早期的蒸汽机装有车轮，用马牵引行走。后来，蒸汽机被做成了自走式；随着西部地区和西北部地区大型小麦农场的发展，蒸汽拖拉机在某种程度上代替了畜力，用于整地、播种和收割作业。田间作业用的蒸汽拖拉机有它的局限性。这种拖拉机很笨重，行进缓慢，燃料用量大而且搬运困难，需要一个人不断地向锅炉供水和供燃料，另一个人操纵机器、掌握方向。二十世纪二十年代，蒸汽拖拉机停止了生产，蒸汽机不再作为农用动力使用了。

1880~1920年左右，美国农业生产所需要的动力有很大一部分是由马和骡提供的。此时以汽油为燃料的内燃机已经得到了发展，并已证明用这些发动机作为运输和农业生产用的机动车动力是很成功的。随着农业拖拉机设计的发展和改进，畜力在农业中的使用逐渐减少，最后农业完全实现了机械化。这种演变，对美国和其它重要的粮食和纤维生产国的农业生产和全部经济状况，产生了两种显著的影响。第一，它使更大数量的工人能够从事其它行业的工作；第二，它使每个从事农业生产的工人能够生产出

更多的产品。

机械化和劳动力需要 表 1-1 所给数据清楚地表明, 机械化是如何减少种植主要农作物所需劳动力的。1840 年, 种植 1 英亩产量为 15 蒲式耳的小麦需 35 个工时; 到 1900 年, 由于使用了打捆机和脱粒机, 此数值已减少到每英亩 15 个工时。1970 年, 进一步机械化, 特别是收获作业的进一步机械化, 又把这一劳动力需要数值减少到每英亩 2.9 个工时。

表 1-1 美国生产小麦、玉米、棉花、牧草估计
所需要的平均工时①

作 物		年 平 均 值							
		1840	1880	1900	1920	1940	1950	1960	1970
小麦	每英亩所需工时	35	20	15	12	7.5	4.5	3.8	2.9
	每英亩产量(蒲式耳)	15	13.2	13.9	13.8	15.9	16.5	22.3	26.6
	100蒲式耳所需工时	233	152	108	87	65	35	17	10
玉米	每英亩所需工时	69	46	38	32	25	15	10	6
	每英亩产量(蒲式耳)	25	26	26	28	30	38	50	75
	100蒲式耳所需工时	276	180	147	113	83	40	20	8
棉花	每英亩所需工时	135	119	112	90	98	83	66	34
	每英亩皮棉产量(磅)	154	196	198	160	257	269	428	506
	每捆皮棉所需工时	439	304	283	281	191	132	74	32
牧草	每英亩所需工时			12	12	11	8.4	6.0	5.5
	每英亩产量(吨)			1.15	1.22	1.24	1.35	1.61	1.88
	每吨所需工时			10.3	9.9	9.1	6.2	3.7	3.0

① 资料来自美国农业部的各种出版物。

1840 年, 种植每英亩玉米需 69 个工时; 1900 年, 由于使用了马拉式机器, 这个数值减少到每英亩 38 个工时; 1970 年, 主要由于使用了中耕拖拉机和机械式收获机, 这个数值进一步减少到每英亩 6 个工时。

棉花一直被认为是消耗劳动力很多的作物。但是, 在通过机械化来减少这种手工劳动所需劳动力方面已取得了确定无疑的进展, 这些机械化措施包括: 改进种植和耕作方法, 用机械进行收

获等。由表 1-1 可知, 1840 年种植 1 英亩棉花需要 135 个工时, 每英亩的皮棉产量为 154 磅, 重量为 500 磅的一捆的棉花所需的总劳动力为 439 个工时。1900 年, 由于改进了耕种方法并使用了马拉农具, 每英亩皮棉所需劳动力为 112 个工时, 每英亩产量为 198 磅, 重量为 500 磅的一捆皮棉需 283 个工时。1970 年由于使用了中耕拖拉机和机械式收获机等现代化设备, 每英亩皮棉所需劳动力减少到 34 个工时, 每英亩产量为 506 磅, 重量为 500 磅的一捆皮棉需 32 个工时。

同样, 牧草生产机械化, 也使牧草生产所需劳动力从 1900 年的每英亩 12 个工时减少到 1970 年的每英亩 5.5 个工时。

拖拉机保有量的调查与分布 表 1-2 表明了 1930~1978 年美国拖拉机的保有量。在第一次世界大战结束后, 用于和平时期消费的农业生产和工业生产处于很高水平, 拖拉机的保有量第一次大幅度增长。在二十世纪二十年代后期, 通用型拖拉机得到发展并被农民广泛使用, 这是拖拉机保有量保持迅速增长趋势的主要原因。二十世纪三十年代后期, 装有橡胶轮胎的通用拖拉机在市场上出现了。农民大量购买这种拖拉机, 在萧条年代已经停止

表 1-2 1930~1978 年美国拖拉机和其它农业机械的保有量①

年 份	拖拉机 (千台)	园艺拖拉 机和手扶 拖拉机 (千台)	卡车 (千台)	谷物联合 收割机 (千台)	玉 米 摘穗机 (千台)	牧草拾拾 压捆机 (千台)	大田青饲 料收获机 (千台)
1930	920		900	61	50		
1945	2354	68	1490	275	168	42	20
1950	3399	216	2209	714	456	196	81
1955	4345	332	2675	980	688	448	202
1960	4688	450	2834	1042	792	680	291
1965	4787	699	3030	910	690	751	316
1970	4619	805	2978	790	635	708	304
1975	4463	870	3032	666	615	609	337
1978	4350	917	3054	615	600	595	345

① 资料来源: 美国农业部和调查局报告以及 1978 年《农具与拖拉机》市场统计

◆ 11 ◆

了的拖拉机销售量增长趋势，又重新恢复了。

一些在拖拉机设计和装备方面的近期发展，加速了自 1940 年左右开始的拖拉机动力的使用。这些拖拉机设计和装备方面的近期发展包括：（1）功率范围扩大；（2）改进发动机设计，包括小型柴油机；（3）动力输出轴；（4）动力转向装置；（5）液压操纵农机具；（6）改进变速箱，包括更多的作业档数和行进中换档装置；（7）全封闭式动力制动器；（8）差速锁。

在这些近期发展中，橡胶轮胎、动力输出轴和液压操纵机构大大提高了拖拉机的广泛适应性，使拖拉机几乎可用于各种农作业和各种作物的生产。

第二章 农场动力来源及其适应性

农场里进行两种作业需要动力，即需要牵引力的牵引作业和通常借助于皮带、齿轮、动力输出轴或直接传动来完成的固定作业。牵引作业包括：（1）耕整地作业；（2）种植和播种作业；（3）中耕作业；（4）收获作业；（5）运输作业。固定作业包括：（1）抽水作业；（2）加工作业；（3）青饲料粉碎和其它类似的作业。一些农作业是用同时通过两种方式从拖拉机获得动力的机器来完成的，这两种方式是：（1）牵引机器，（2）通过动力输出轴驱动机器。这些机器的实例有：牧草收获机、饲料收获机和杂草切除机等。

动力来源

可能用于各种农业作业的动力来源有五种，换句话说，就是五种可供农民使用的原动力。这五种原动力是：（1）畜力；（2）风力；（3）水力；（4）电力；（5）热机。这些动力中的其中一些，在利用上必然会受到限制，后面将要介绍。事实上，上述五种动力来源中，目前只有两种，即畜力和热机，作为牵引动力证明是切实可行的。到目前为止，风力、水力和电力完全局限于用在固定作业上。

畜力 在美国，用马、骡作为农场动力的情况，到1918年达到了高峰，大约从1930年以来，又出现了急剧下降的趋势。现在美国大部分地区的农业作业都不使用或不需要役畜了。另一方面，在拉丁美洲和亚洲，牲畜，如马、骡、牛、水牛、甚至骆驼等，现在仍然是某些拉丁美洲、欧洲和亚洲国家的主要农用动力。造成这种状况的原因如下：（1）农场的规模；（2）地形；（3）所种

作物的种类；(4) 缺乏价格便宜的燃料；(5) 购置机械设备的投资较大；(6) 具有大量廉价的劳动力。

马和骡的功率 马和骡的功率和牵引能力是人们经常争论但又很难取得一致意见的问题。King[⊖]认为：以 $2\frac{1}{2}$ 英里/小时的速度连续工作几小时的一匹马，其牵引力不能指望超过马自身重量的 $1/10 \sim 1/8$ 。基于这种观点，一匹重 1000 磅的马可以发挥出 $0.67 \sim 0.83$ 马力；一匹重 1200 磅的马可以发挥出 $0.80 \sim 1.00$ 马力；一匹重 1600 磅的马可以发挥出 $1.07 \sim 1.33$ 马力。

依阿华州立学院进行的研究和实验表明[⊕]：

1. 马能发挥出等于它本身重量 $1/10 \sim 1/8$ 的牵引力，一天走 20 英里而不过分疲劳。

2. 重量为 1500~1900 磅或更重的马能在一天或更长的时间里连续牵引 1 马力或 1 马力以上的负荷。

3. 一匹训练很好的马，在短时间里可超负荷 10 倍以上。

4. 在几秒钟里，在 30 英尺以下的短距离内，一匹马可以发挥出等于其自身实际重量 $60\% \sim 100\%$ 的最大牵引力。在这种情况下，一匹马可发挥出多达 10 马力以上的功率，其功率的大小取决于马的大小和牵引能力。

风力 风能，象流水一样，用于农场或多或少具有局限性，这主要是因为风能不能控制，而且在需要它的时候又很少有风。所以，风力在农场的使用主要限于抽水。因为无论什么时候刮风，即使一星期只刮一次或两次，都可以抽上足够的水，并贮存使用几天或等下次刮风时再抽。风力是通过普通风车得以应用的。

这种装置所发出的功率，主要取决于风轮尺寸和风速。但是，还有一些其它因素，诸如风轮类型、风轮和风车的构造以及塔架高度等，都会影响风车的性能。气流通过与其前进方向垂直的圆形面积时的理论功率，可用下式表示：

⊖ F. H. King, 《农业物理学》，1910年。

⊕ 依阿华州立学院农业试验站通报第240期。

$$hp = 0.00000525 D^3 W^3 (\text{马力})$$

式中 D ——风轮的最大直径，即圆周直径，英尺；

W ——风速，英里/小时。

由于风和旋转的风轮之间存在着相互作用，而且风轮存在着机械误差，因此通常认为由上式计算出的农场普通多轮叶型风车的实际效率，在风速为 10 英里/小时以下时约为 30%，在风速为 15~20 英里/小时时约为 20%，在风速为 25 英里/小时以上时约为 15%。根据以上的假设，表 2-1 给出了各种不同尺寸的风车在不同风速下发出的近似马力数值。

表2-1 不同尺寸的风轮在不同风速下发出的功率（马力）

风 速 (英里/小时)	风 轮 直 径 (英 尺)					
	6	8	10	12	14	16
6	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09
10	0.06	0.10	0.16	0.23	0.31	0.40
15	0.13	0.23	0.35	0.51	0.70	0.91
20	0.30	0.54	0.84	1.21	1.65	2.15
25	0.44	0.79	1.23	1.77	2.42	3.15
30	0.77	1.36	2.12	3.06	4.16	5.45

飞机型风轮一般用于需要高转速的场合，如风力发电机，其效率可能高于普通农用风车风轮的效率。

水力 流水所产生的功率取决于两个因素，即水每分钟的流量和动力装置所处位置的水头（水的垂直落下距离）。水每分钟的流量既可用浮标法测量，也可用堰口法测量（图 2-1）。水头通过测量瀑布前后水位差的方法来确定。

例如，假设已经测得河水的下列参数：

	(英尺)
平均宽度	12
平均深度	2
每分钟的流速	15
水头	4

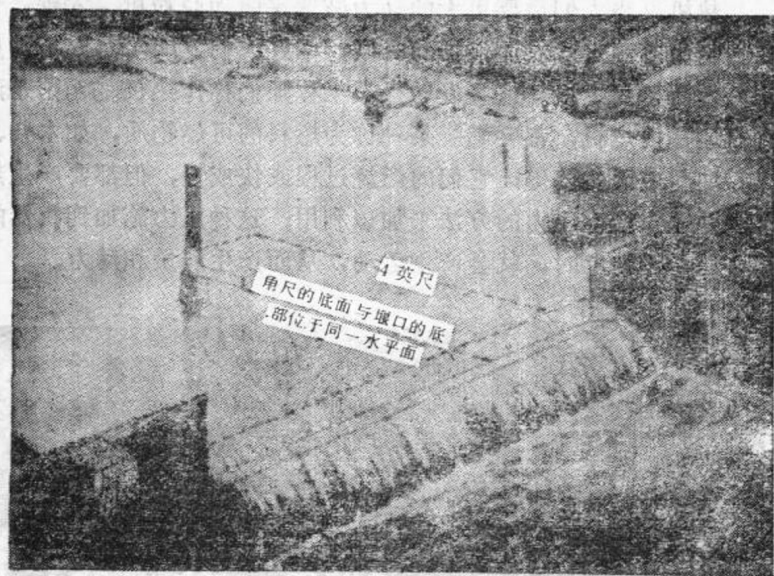


图2-1 用矩形堰口测量河水的流量

已知水的比重为 62.4 磅/英尺³，并已知 33000 英尺·磅/分 = 1 马力，则从该河水可得到的理论功率是

$$\frac{12 \times 2 \times 62.4 \times 15 \times 4}{33000} = 2.7 \text{ 马力}$$

由于水轮或其它所用设备存在摩擦损失，因此实际的可用功率可能会略小于 2.7 马力。

电力 近五十年来，电力在农场中的使用增长得非常快，现在电在农业机械化中起着重要作用。电可提供热和光，并可提供用于照明房屋，加热水以及开动育雏器、水泵、挤奶设备和制冷设备的动力，从而可直接为农业生产服务。

用作固定动力的电动机具有下列一些明显的优点：（1）结构比较简单、紧凑；（2）单位马力的重量轻；（3）很少需要照管，所需的维修和保养较少；（4）起动容易、迅速；（5）运转噪音小；（6）产生的动力平稳、均匀；（7）能适应均匀负荷，也能适应变化的负荷。

热机 当人们需要更大的动力装置来驱动脱粒机、木锯、青贮切割机等固定式农业机械的时候，幸好人们发明了蒸汽机，后来又发明了内燃机。这些发动机被工程师们称作热机。无论是蒸汽机还是内燃机，都要燃烧某种称为燃料的可燃物质，如木柴、煤、油料或天然气等；它们的燃烧过程或快或慢，但都要产生热量，并通过产生压力的方法来加以利用；这种压力施加到机器的某些运动零件上时，就会产生运动，从而产生能量和动力。

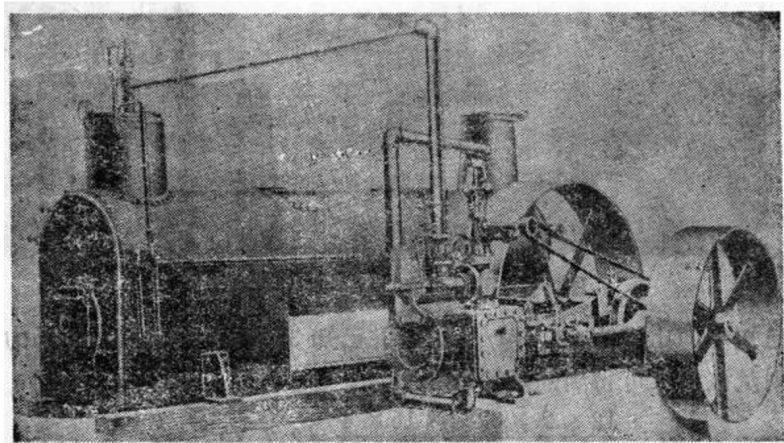


图2-2 固定式蒸汽机的总体布置

蒸汽机（图 2-2）和普通内燃机（图 2-3）是两种常见的热机。对蒸汽机来说，燃烧时产生的热量传给一个叫做锅炉的密封容器里的水。水被加热时，就会变成水蒸气。当继续加热时，就会形成更多的水蒸气，并产生高压。高压蒸汽经过管道通往气缸，输送到活塞后面时，就会使活塞运动，从而产生动力。由于燃料是在气缸外部点燃和燃烧的，而且燃烧产生的热能是通过中间媒介即水蒸气间接地施加到活塞上的，所以蒸汽机叫做外燃机。

汽油机也是把压力施加到在气缸里往复滑动的活塞上，在这一点上与蒸汽机很相似，但在燃料的燃烧方式和燃烧热量所产生