



学生应知科技知识

漫话机械科技

郭一平 主编

目 录

蒸汽机革命	1
第一个利用蒸汽力的人	1
萨弗里蒸汽车	3
纽科门蒸汽机	7
瓦特蒸汽机的创造	11
蒸汽机走出实验室	17
包尔祖诺夫的遭遇	37
新的动力装置	42
内燃机的发展	42
汽轮机的发明	48
燃气轮机的发明	49
汪克尔发动机	53
“机械之母”	59
第一台镗床问世	59
车床诞生记	61
刨床和铣床	62
磨床和钻床	64
不断发展的车床	65
机器人时代	67
机器人出世	67
机器人的种类	69
现代机器人的功能	71
未来的机器人	72
欢迎“英雄”机器人	74
不吃不喝的仆人	78
不怕核辐射的“人”	82

太空机器人.....	84
机器人探月宫.....	86
工业机器人.....	89
中国机器人.....	91
其他机械的发展.....	95
“魔棒”“变”出了复印机.....	95
从制冷机到电冰箱.....	97
造纸机的发明.....	99
费曼梦想成真.....	101
微型机器神通广大.....	103

蒸汽机革命

第一个利用蒸汽力的人

最早发现蒸汽的力量，并且利用这股力量制作出了第一台利用蒸汽力的器具的发明人，人们一致认为，要上推到公元 60 年前后的古希腊工程师希罗。

希罗是一位工程师，他对机械学有许多卓越的认识和杰出的创造，使现代科学家都感到叹服。

希罗最著名的发明是用蒸汽推动的空心球。空心球是用铜做的，上面连着两个空心的、方向相反的弯管，把这个空心球卡在连通着蒸汽的管道上，当球下面的器皿里的水烧沸腾起来的时候，蒸汽进入那个空心球，然后从装在空心球上的两根弯管的管口喷了出来，因为两个管口的方向相反，两股相反的力形成一股扭力，这股扭力就会推动着空心球不停地迅速转动。

这是人类最早发明的将蒸汽力转变为一种运动的方法，用人们的现代科技名词来表述，它可以称得上是早期的蒸汽机。

希罗还曾经利用这种蒸汽能推动物体转动的原理，制造了一种能转动的女神，当人们点燃殿前的蜡烛时，人们就放出蒸汽，推动着女神围绕着她的神座转动一圈。同样的道理，也可以在信徒们要想进入神殿的时候，只要提供一些供品，躲在暗处的僧侣就会开启蒸汽的通路，神殿的大门也会转动着打开，仿佛有一种看不见的神奇

力量在开启大门似的。

当然，在希罗的那个时代，他发明的蒸汽空心球，不过是当作娱乐的一种玩具，而那种用蒸汽去推动女神转动或神殿大门开启的创造，只不过供给僧侣们用来骗取虔诚的信徒们的供奉罢了。在奴隶时代的那个社会，有谁会去想到利用这种非动物界蕴藏的力量去做工，用来代替奴隶们进行的繁重而痛苦体力劳动呢！

幸喜希罗对自己的发明和研究，写了几本著作，其中一本名叫《压缩空气的理论和应用》，在这本书里，希罗描述了虹吸、蒸汽装置、硬币操纵的机器，一种灭火器和一种水琴。使人们看到了希罗的才智。

根据希罗在书中的描述，人们画出了利用蒸汽推动神殿大门的示意图：在祭坛的 A 上点着火，使祭坛内部的空气压力增加，挤压着空心球 B 里贮藏的水通过水管流入水桶 C，当水桶的重量渐渐增加而向下沉坠时，就会拉动盘绕在殿门旋转轴 D 上的绳子，绳子被拉动时带着旋转轴回转，殿门于是缓缓打开。

当祭坛的火熄灭以后，空气的压力恢复正常，安装在旋转轴下方的配重 E 就会下坠，同时拉动着以相反方向绕着的绳，使旋转轴朝着相反的方向转动，殿门又徐徐关闭。

这一切，联系得是多么巧妙，又是多么的隐蔽，前来敬奉神明的虔诚信徒，怎会想到它是由在祭坛上点着的火来操纵的呢？！

至于希罗发明的那种会转动的空心球，也并不是一点用处也没有。这也是一个很巧妙的设计，而且它并不一定要靠蒸汽来推动，只要受到内部流体力量的冲击，就能转动。现在已经根据这种原理制造出一种可以旋转

喷水的喷灌器，而用于驱使喷灌器的喷头转动的那股动力，已不是蒸汽的力，而是有压力的水流。当你走到公园的草坪上，看见喷灌器的喷头在旋转着绕着圆圈喷水的时候，不妨留住脚步仔细地观察一下它的结构，想一想它的基本原理竟是在大约 2000 年前，一位名叫希罗的古希腊学者发明的，那个时代还远远没有建立物理学的理论体系哩！

至于要想具体问一问希罗究竟是哪个世纪的学者，我们不能回答得那么准确，因为历史并没有准确的记录，人们只是根据他在一本著作中曾经记载了一次月蚀，而这次月蚀在公元 62 年时在希罗生活的亚历山大城可以观察到，人们由此推断，希罗大概是公元 20 年左右出生的。

萨弗里蒸汽车

历史进入了 18 世纪，在英国，由于炼钢的需要，英国的森林几乎都要被砍伐光了，但是企业家们对燃料的需要仍旧十分迫切，这时人们发现，幸亏英国的地底下蕴藏着丰富的煤，一时之间，矿业主们纷纷投入资金和设备去大力开采地下的煤矿。

煤矿的开掘越挖越深，从矿井里渗透出来的地下水使矿主们伤透了脑筋。因为为了将矿井里的地下水排除出去，不得不动用马拉动辘轳或者戽斗去把地下水深处的水提上来，有的矿井要用 500 匹马来干这种活，想想看，这要耗费多大的费用。精明的矿主一合算，觉得自己开采煤矿所得的那点赢利，付出高昂的排水费用以后，剩下的就不多了。

在这样的背景下，社会迫切需要找到一种能代替马力去排水的其他办法，这时，当然就会有人开动脑筋去寻求。

17 世纪的德国物理学家葛利克，于 1650 年化了两万美元制造了第一台抽气机，在当众进行表演的时候，他曾说，只要能够制造出真空的装置，大气压力就会创造出奇迹来。但是用手工气压泵来制造真空的装置，既费力，也太费时了。

有没有比较简便而又省力的方法制造真空呢？这个问题一直萦绕在一位名叫萨弗里的工程师的脑际。

萨弗里是英国皇家工程师队的大尉军官，1650 年出生于康沃尔，那里是出产铜矿的地方。萨弗里在那里亲眼目睹了矿工们在开采铜矿时遇到的困难：当矿井掘到一定深度的时候，地下水就会不断地渗透出来，涌满了整个坑道，矿工双腿都没在冷水中操作。为了排出坑道的积水，当时只有采用根据葛里克提出的真空提水的水泵用手压泵造成真空的办法提水。

然而，采用这种方法提水，并不能一次就达到将水提到所需要的高度，而需要在几个高度安装几台水泵，接力提水，可以想象得到，要想在狭窄、黑暗的坑道里安装几台水泵，它的难度肯定很大，费用也是很可观的。

于是萨弗里想到，手压水泵为的是要造成能使大气将地下水挤压上来的真空，而充满蒸汽的容器在冷凝以后，不是同样可以得到真空吗？这样不就同样可以达到利用大气的压力将近地下水挤压到形成真空的管道里去了吗？

他设计发明了一种利用蒸汽的抽水机。这台蒸汽机的工作原理，简单地说，是这样的：锅炉 B 里的水烧开

以后，蒸汽从上面的管道送出，通过汽桶 T，蒸汽挤压着汽桶里的水从通向上方的 P 管中排出，待汽桶 T 里的水排空，蒸汽又冷凝以后，汽桶 T 变成真空状态，大气压力就会挤压着地下水从通向下方的 P 管中涌上来，将汽桶 T 灌满。在这种循环的过程中，从锅炉 B 到汽桶 T，连通的管道有一阀门，可以启开通入蒸汽，也可以关闭不让蒸汽进入。而与汽桶 T 相通的 P 管和 P'管，则都有一个单向阀门，只能让水流进和流出。

萨弗里发明的这种机器，原理和构造都比较简单，但却同时利用了两种力量：利用蒸汽的张力把水送出去，利用大气的压力将水从地下提上来。

当然，萨弗里真正投入生产的蒸汽机比这个原理图要复杂得多。

萨弗里将自己发明的机器模型，于 1698 年夏天在汉普顿宫呈献给威廉三世。他将自己发明的这种机器称为“矿工之友”（实际上，将它翻译为“矿业主之友”会更合适些，因为受益的实际上是矿业的主人即企业家们）。

萨弗里在他的专利申请书中，用带有浓厚的宣传色彩的语言介绍自己的发明及动机，他写道：

致英格兰矿业界诸位企业家先生：

我很能体会，诸位中有很多位仍把我所发明的，用火的推进力来提升地下水的方法看成是一种无用的设计，而且认为这样的发动机完全不能在地下使用，也不能用来提升和排除你们矿井中的积水，也就不配受到你们的任何鼓励。这种看法绝不符合我进行这一发明的意图，也不符合我的抱负。我不希望自己背着一个投机创办人的坏名声，所以特此呈献我的机器草图一份，列举出它的种种用途，以便你们可以考虑决定它到底是否值

得费你们一些事来利用它……

对于排除矿井和煤坑中的积水，只要采用这种发动机，它就可充分表现出自己是能够提升水的，不但简便易行而且节省费用。我不怀疑，几年之内，它将使矿业的生产，达到今天效率的两倍，如果达不到三倍的话，从而矿业的生产成为我们王国中不可低估的一部分财源。再说，当前我们王国大量出口的铅、锡和煤，是在花费了大量的排水开支和矿工们忍受了一言难尽的排水痛苦和困难的情况下才取得的，那么，只要一旦采用了这种在各个方面都适于矿井需要的发动机，开支大大节省，效率大大提高，矿业的出口量岂不将大大提高吗？

萨弗里是很擅于进行宣传鼓动的，他认为，自己的这项发明可以有多种用途：用来抽干沼地，排出矿井中的积水，供给城市和人们的用水、扑灭火灾、推动磨轮等等。加上他为自己发明的蒸汽机的名字起到很能引起矿业主和矿工们的好感，他对自己专利的申请又写得是那么入情入理，富有诱惑力，于是首先被矿业主在矿井上使用。首先是应用在康沃尔郡的一个铜矿里，后来又被用在斯塔德耶郡的一个煤矿里。

使人感到失望的是，萨弗里的“矿工之友”在实际应用的过程中，并没有达到他所表白的那样高的效率。它并不能将水升到矿井所需要的高度，又因为它没有安全阀的装置，而如果将蒸汽的压力再加大一些，又很容易造成锅炉团承受不住这么大的压力而发生爆炸。可在当时的条件下，人们又还没有找到具有足够耐压力的材料和高超的技术来制造出耐压的锅炉，又缺少测量显示出锅炉内压力的装置，可以及时预防，保证安全。再者它的锅炉受热面积太小，在冷凝过程中造成的燃料浪

费十分严重，如果用它来给城市居民供水，费用又太昂贵，所以，“矿工之友”蒸汽机只用在有的花园式私人住宅中进行装饰性喷水，因为这不需要很大的功率，提升的高度也不大，效果还可以。

不过，萨弗里也有属于他自己的创新——他在蒸汽锅炉上安装了量水旋塞，可以用它观察到锅炉中的水位。

那么，萨弗里在蒸汽机的这段科技史中有什么意义呢？

英国科技史家贝尔纳认为：“萨弗里的发动机工作起来有不少实际缺点，但它主要的价值乃在于表明用蒸汽动力提水这个问题是能够付诸实践的。”

因为，不管怎样，当时萨弗里的蒸汽机确实被有的矿业主所采用，是首先将蒸汽机实际应用于生产并走向社会的发明。而且，从萨弗里的申请中我们可以看到，萨弗里当时已经预见到应用蒸汽机的重要性和可能性；而且认识到采用这种动力去干繁重而又连续不断的工作，对于抽干矿井中不断涌出的地下水来说，具有多么大的优越性，这都是一种很了不起的思想。

纽科门蒸汽机

由于萨弗里的蒸汽机具有不少缺点，例如它动作缓慢，抽提水的高度和数量有限，还需要人在那里不断地定时启闭阀门；而且既没有压力计来测量锅炉里的压力，又没有调节装置例如减压阀之类来减少压力，因而存在着实际的爆炸危险性，所以它的推广有限，这种状态势必激励着其他的人来对蒸汽机进行创新、改良。成果之一，就是导致了纽科门蒸汽机的出现。

纽科门出生于 1663 年，是一位小五金商和铁匠，一般都认为他没有受过专门的教育。根据曾以对蒸汽机有过研究的罗比森的记载，说纽科门在发明研制他的蒸汽机的过程中，在 1702 年前后，他曾经和当时英国的物理学家胡克通信，讨论是否可以根据帕潘提出的蒸汽冷凝以后可以形成真空的理论，利用它与大气压力的压力差这个特性，将它作为一种获得动力的手段。据说胡克曾经回信告诉纽科门说：“如果你能在你的第二汽缸中造成快速真空，那你就大功告成了。”

但据考证认为，除了罗比森曾经有过这样一段记载以外，在其他人的著作中都没能再找到关于胡克曾经对纽科门的发明进行过讨论的根据，也就是说，在当时的英国史学界，一般不大愿意承认或相信作为铁匠出身的纽科门，他的发明与曾经作为大科学家的胡克之间，有过什么交往。

尽管如此，纽科门还是和他的朋友卡尔合作，于 1705 年或 1706 年发明了他自己的蒸汽机。卡尔也只不过是一名小制造商和装配玻璃的工人，但也有人认为他是一个小农场主。总之，他也是当时在社会上不受重视的未曾受过正规教育的手艺人。

纽科门设计的蒸汽机比萨弗里的更简单，从原理上看，是这样的锅炉 B 与汽缸 C 相通连，汽缸上面有一个活塞 P 在动作，活塞 P 是杠杆 D 的一端，当汽缸里的蒸汽膨胀时，推动活塞 P 上升，使杠杆 D 的另一端 R 下降，R 下面连接有重量的平衡锤 N，N 挤压着水泵上的活塞 P' 下降；当汽缸里的蒸汽冷凝成为真空时，大气压力就会推动活塞 P 下降，它就带动着杠杆 D 的 R 将平衡锤 N 提起，使地下水被大气压力挤压着，冲开活塞 P' 涌

入水泵。这样，只要连接着锅炉的汽缸不断充汽、冷凝，它的活塞 P 就会不断地上下往复，成为有节律的运动，抽水机也就连续不断地工作了。

纽科门蒸汽机发明之初，确也表现出是一种制作工艺相当粗糙而且简陋的机型，由于不具备对机器零部件进行精密加工的设备，活塞与汽缸彼此间本应要求它是紧密吻合的，但达不到这种要求，相互间留着相当大的空隙，工作时只有靠水覆盖着才能达到密闭的要求；而用冷水浇灌汽缸使里面的蒸汽冷凝，由于冷却的温度不够，也未能获得理想的、完全的真空；特别恼人的是，安装在汽缸与锅炉通道上的那个龙头，每隔七八分钟就需人去开关一次，十分繁琐，等等，都是不可否认的缺陷。

再就发明的原理看，萨弗里是同时利用了蒸汽的张力和大气的压力，而纽科门没有利用蒸汽的张力，只是利用蒸汽经过冷凝而使气缸产生真空这一特点。所以有人认为，严格地说，纽科门设计的蒸汽机，取名为气压机会更贴切些。

由于这样一些不足之处，加上纽科门和卡尔两人都出身寒微，所以科学家对他们的发明并没有给以高的评价，但这并不影响他们取得了事实上的成功。从 1711 年起，纽科门已经建立了自己的生产蒸汽机的公司，公司的名字叫“用火使水升高的发明权所有人公司”。由于纽科门蒸汽机只是利用低压锅炉的汽缸在冷凝时所形成的真空（低压），而没有利用蒸汽的张力，所以不需要像萨弗里的蒸汽机那样，将机器建在矿井下，也不需要很多的照管，已经具有较大优越性；再说，没有利用蒸汽的张力，这点虽可认为是一不足之处，但在当时的条件

下，它却不必担心由于蒸汽压力而使锅炉爆炸的危险，又具有可以确保安全生产的另一大优点。

这几优点综合起来，使纽科门蒸汽机很快在矿业界被推广，不但在英国被采用，在欧洲大陆的其他国家也有采用的。因为一台纽科门蒸汽机所抽的水，等于 50 匹马所做的工作，蒸汽机不需要像马那样喂饲料、照管，所以费用只需用马抽水的六分之一。后来，纽科门蒸汽机不但成为矿业主的宠物，而且在运河边也用它给蓄水池和水闸供水，在城市用它供给饮用水。

纽科门的蒸汽机一直被使用了半个多世纪，大约有数百个左右的英国矿井采用了这种抽水机。纽科门虽然没能在科学原理上有什么贡献，但是他利用几条简单的原理，利用原始的工具，凭着他的技能和才智，制造出了一种机器设备，它能成功地代替人力或畜力去完成繁重的工作，这种工作是以往采用过的各种动力都无法完成的，这恰恰是手艺人（工匠）的灵巧的手所作出的杰出的创造，是仅仅在理论上有一套而缺乏动手能力进行实践的科学家所不及的。

尽管纽科门蒸汽机还存在着这样那样的缺点或不足之处，但它毕竟是蒸汽机发展过程中一个重要的转折点。正是由于纽科门蒸汽机的出现，蒸汽机才真正在社会工业生产中展现出它那巨大的推动力量。

至于说到蒸汽机在理论上和实践上都取得重大突破，这个问题，要等到将近半个世纪以后，由瓦特对它进行深入地研究，并和当时的物理学家进行探讨以后，才发生了根本性的变化。

瓦特蒸汽机的创造

纽科门蒸汽机一直在社会上使用了半个世纪，而且制造了数百台投入生产，但是，总的结构却始终没有发生什么变化，它的发明人和经纪人纽科门，也没再对它有进一步的改革创新，这倒真有点如有的科技史家所分析的那样，是因为科学和科学家没有进入这一领域加以探讨的缘故。

历史进入 18 世纪中叶，将科学和科学家带入蒸汽机领域的，就是后来被大家所公认的蒸汽机发明家瓦特。

需要正式加以澄清的是，瓦特发明蒸汽机决不像传说中说的看见壶盖被蒸汽冲动而产生发明灵感那么简单。

而且我们已经从前面的故事中看到，瓦特蒸汽机决不是属于他独自一人的发明。

现在我们就要讲到瓦特和蒸汽机发生接触的正题。

瓦特在格拉斯哥大学正式挂起了修理仪器的招牌以后，陆续送来修理的教学仪器和模型不少。有一天，瓦特接到一台蒸汽机模型请他修理，它就是纽科门蒸汽机模型。这可真叫瓦特喜出望外。

这是因为，瓦特进入格拉斯哥大学以后，结识了不少学者，接触了不少科学的仪器，他的知识领域大大丰富，他的眼界也大大开拓了。特别是他在进入格拉斯哥大学以前就结识了年轻的大学朋友罗比森——他现在已读硕士学位了——给了他不少帮助。

罗比森和瓦特谈起过蒸汽机，谈到人们已经实现了用蒸汽力代替人力、畜力作工的愿望，也谈到蒸汽力的

应用将有远大的前景。罗比森认为，蒸汽机不仅只用来提水，还可以把安装在工厂中带动织布机，甚至也许应该将它装在车子上让它推动车轮转动。

这一切都使深爱仪器和模型的瓦特产生了强烈的兴趣，他从罗比森那儿借到了不少关于蒸汽机的图纸和资料进行琢磨。这种探讨从 1759 年起就开始了。可惜他一直没能真正看到纽科门蒸汽机——看到它的结构以及它是如何工作的。

1763 年，瓦特终于得到了这个机会：格拉斯哥大学有一台教学用的纽科门蒸汽机坏了，虽然曾经把送到伦敦去找名匠修理过，可取回来后不久又不运转了，于是送给瓦特修理。

这下子瓦特可高兴了。他终于见到了真实的蒸汽机，而且可以将它拆开来仔细看个究竟，再装配起来看它怎样工作。

在修理的实践过程中，瓦特发现纽科门蒸汽机并不像他渴望和仰慕已久的蒸汽机那样完美，而存着不少明显的缺点。

比如说，纽科门蒸汽机并不符合蒸汽机这个名称，因为它并没有利用蒸汽的张力，就像萨弗里蒸汽机那样；它仅只利用了气压的压差，严格地说，还不如叫气压机更名实相符些。瓦特认为，如果已经烧出了那么多的蒸汽而让张力白白散失，仅仅只利用了它的气压差，这未免太“大材小用”，也未免太浪费了，因为蒸汽本身的力量几乎是无可限量的呀！

又比如，瓦特发现，纽科门蒸汽机也太费燃料了。他对这种蒸汽机产生的蒸汽之大和工作汽缸之小的不成比例，感到惊奇，根据自己已经懂得的知识，进行了大

量的试验和计算，发现用煤烧出的蒸汽，仅仅只有四分之一用在作功上，而那四分之三却白白浪费了。造成这种浪费的症结在什么地方呢？

瓦特向罗比森提出了自己的问题，罗比森带瓦特去请教了格拉斯哥大学的布莱克教授。布莱克是化学教授，但却对热的研究很感兴趣。

布莱克教授在当时最著名的发现是“潜热”理论，而对瓦特思想难题最大的理论启发，也正是来自潜热理论。

布莱克教授的“潜热理论”指出：当物质从一种状态转到另一种状态的过程中，需要吸收或放出热量。比如说，当 100°C 水转变为 100°C 的蒸汽，虽然同是 100°C 的温度，但 100°C 的水必需再吸收足够的热量才能转变为 100°C 的蒸汽，而当 100°C 的蒸汽重新冷凝为 100°C 的水时，又需要将汽化时所吸收的热重新释放出去，为了使蒸汽放热就需要在汽缸外面浇泼很多的冷水。

水变成蒸汽所需吸收的热和蒸汽冷凝所需释放的热，都被称做“潜热”。

布莱克和瓦特讨论了纽科门蒸汽机费燃料多而作功少的问题，认为用潜热的理论可以找出根本的原因。

瓦特很同意布莱克的见解，他从布莱克那儿出来，自己设计了一个较小的实验装置来检测，不久他去告诉布莱克，说他通过实验测量到，将开水变成水蒸汽所需的热为 825（热度），这个实验结果和布莱克教授测出来的开水变成水蒸汽所需的热为 810（热度）十分接近。

瓦特从布莱克的“潜热”理论中获得了启发：纽科门蒸汽机的要害就在那蒸汽缸上面。它的汽缸既容纳从锅炉里喷出来的蒸汽，然而，当蒸汽注满以后，又要立

即喷上冷水，使蒸汽冷凝才能产生真空利用气压的压差去推动杠杆。这样，汽缸一会儿需要加热到充满蒸汽的程度，一会儿又要浇凉到使蒸汽完全冷凝的程度，更何况将烧开的水加热成水蒸汽，还需要相当多的“潜热”，那当然得多烧很多的煤啦！再说，这样用冷水去浇汽缸而使蒸汽冷凝的方法，所得到的冷凝效果也是不充分的，原来那没有产生做功作用而白白烧掉的四分之三的煤，都消耗在既作为汽缸，又完成冷凝功能，一物两用的汽缸兼冷凝器上面啦！

科学和科学家一旦进入蒸汽机的领域，果然使瓦特的认识得到了飞跃的突破：他需要解决的关键问题，原来是潜热消耗太多的矛盾，他需要的是循着这个思路，去找到解决这一矛盾的具体方法。

有什么办法能解决这个矛盾呢？这个问题日夜萦绕在瓦特的脑际。1763的5月的一个星期天的早晨，瓦特在格拉斯哥大学的草坪上散步，他突然冒出来了一个极为简单明了的想法——将汽缸里的蒸汽送到另外一个容器里去单独冷凝，不是同样可以达到既获得了可以做功的真空，又保持着汽缸里的温度不致下降，以致需要反复加煤使它不断增温吗？这样不就可以大大提高热的利用效率，节省大量燃料的消耗了吗？

瓦特的这一发明思维的产生，用他自己的话来表述就是：

为了避免任何无益的冷凝，蒸汽对活塞发生作用的那个汽缸，必保持着经常和蒸汽本身一样热……。为了获得必要的空隙，冷凝必须发生在一个单独的容器里，这里的温度按照需要降到足够低的程度，而汽缸的温度却不受到影响……