

八 机器登上历史舞台

在18世纪的欧洲，人们造出一种奇特的机器，能够把燃烧的煤变成强大的动力。由于这项发明，人类开始步入工业社会。

人类渴望力量，因为它意味着财富和安全。人类发明活动的一条重要脉络，是利用自然的力量使自身从沉重的体力劳动中解脱出来，并且期盼获得比体能更加强大的力量。

人们一直在利用畜力、风力和水力，然而这三种力量都不理想。一头牲畜的力量只不过比人大几倍，而且吃得比人多；风力主要用来帮助行船，而在人们居住的地方，风力往往很不稳定，许多劳作指望不上它；水力受地理条件限制，远离河流便无法使用，且枯水和洪水都会带来麻烦。在漫长的岁月里，人作为劳动者的价值，主要在于体能。人类体能的局限，在相当大程度上制约了生产力的发展，数千年间，居住在世界各地的人们，都只能从事传统农业和比较简单的手工业活动。

从17世纪开始，人们寻找自然力的目光开始投向加热的水蒸气，这种努力后来获得了意想不到的结果。

史料记载，最早涉入这个新领域的是一位学者。1606年，意大利学者波尔塔（1538-1615）在他撰写的《灵学三问》中，论述了如何利用蒸汽产生压力，使水槽中的液位升高。还阐述了如何利用水蒸气的凝结产生吸力，使液位下降。

人类发明活动的一条重要脉络，是利用自然的力量使自身从沉重的体力劳动中解脱出来，并且期盼获得比体能更加强大的力量。



17世纪欧洲利用水力提升采掘出的煤，如果煤矿附近没有可利用的水力，生产成本会非常高

1615年，法国一位名叫斯科的花匠描述过如何利用蒸汽的压力建造一座供观赏的人工喷泉。他在蒸汽锅炉中插进一根两端开口的管子，下端差不多插到锅炉底部，上端开口处有一个水龙头。当蒸汽压力升到足够高的时候，突然打开水龙头，水柱会喷到很高的地方。

1629年，意大利建筑师布兰卡（1571-1640）描述过他设计的用蒸汽带动铁锤的装置。在这种装置里，喷出的蒸汽冲击嵌在转轮上的叶片，使它高速旋转。转轮通过减速齿轮带动连杆，使铁锤反复锤打工件。由于这台机器过于复杂，加工质量不高而未能应用。

意大利物理学家托里拆利在1643年发现大气压力之后，加快了这种探索的进程。1654年，德国发明家盖里克进行公开科学表演，在一个直径50厘米的汽缸里装上可以自由移动的活塞，汽缸与抽气机相连。开始抽气的时候，大气的压力使活塞下移，与活塞相连的绳子通过滑轮拉动了50名壮汉。

1680年，荷兰物理学家惠更斯在当年盖里克用过的那种带活塞的汽缸里，放上少许炸药，在活塞推向汽缸底部的时候突然引爆炸药，膨胀的气体迅速把活塞推向上方。他期待爆炸过后热气冷却，汽缸里形成真空，大气压力会重新把活塞推向下方。然而实验不成功，活塞并不下移，因为爆炸之后残留的气体充满汽缸，抵消了大气的压力。作为物理学家的惠更斯，当时可能并不了解爆炸伴生的化学反应过程。

然而，这次不成功的实验激发了一位年轻人的灵感。他把炸药换成水，当活塞接近汽缸底部的时候，从汽缸外部加热使水变成蒸汽，水变成蒸汽的时候，体积增大2000倍，水蒸气膨胀产生巨大的压力使活塞向外移动；然后再用凉水冷却汽缸，使蒸汽凝结成水，形成真空，大气的力量便迅速地把活塞压向汽缸底部。他采用的活塞直径7.6厘米，经测量，蒸汽冷凝时空气在活塞上产生的推力可达45千克。如果反复加热、冷却圆筒，活塞能够往复运动推动物体，像一个不知疲倦的大力士。

这位年轻人是惠更斯的助手、法国物理学家帕潘（1647-1712）。1690年，帕潘在法国科学院的刊物上，用拉丁文发表了这项研究结果。在描述这项实验之后，他提出

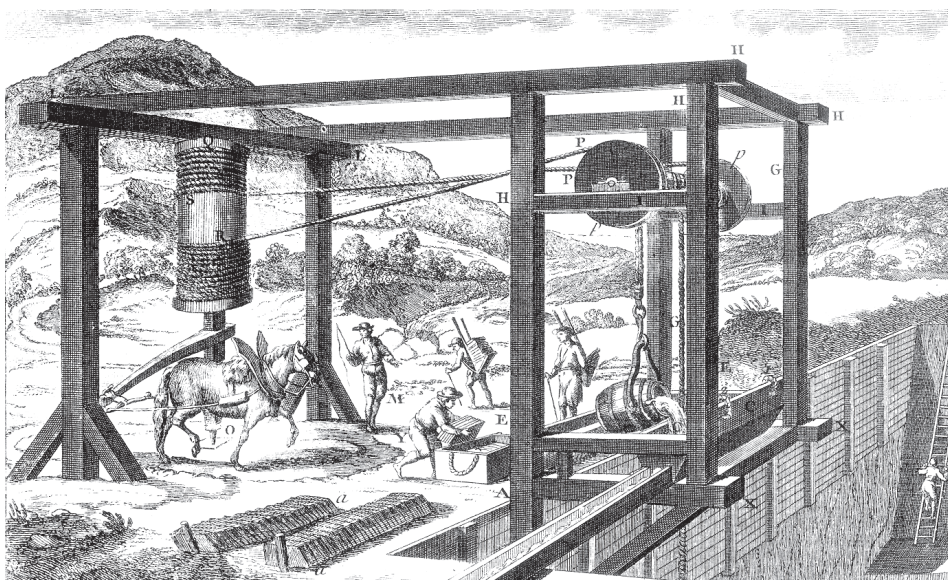
采用这种方式，可以从深井里抽水、吊起采掘的矿物、推动炮弹，还可以推动船只前进而不再需要帆。1695年，这篇论文有了法文译本。英国《伦敦皇家学会哲学学报》1697年3月号，刊载一篇评述这篇法文译本的文章，特别强调了它的实用意义，尤其是用于矿井排水。

帕潘早年学习医学、数学和物理学，曾帮助英国科学家波义耳改进真空泵，并于1679年发明了高压锅。这是一种锅盖扣紧后不能随便打开的锅，加热时，锅里蒸汽的压力会比外面大气的压力高，在这种锅里，水的沸点会高于100摄氏度，食物很容易酥软熟烂（今天人们不仅用它蒸煮食物，许多医院都用这种锅为手术器械、纱布和棉花灭菌消毒）。在发明高压锅的过程中，帕潘经常遇到食物从锅里喷出和冷却后打不开锅盖的情况，使他对热蒸汽的力量和大气的压力有极为深刻的印象，产生了用它们获得动力的想法。

差不多与此同时，一位比帕潘小三岁的英国军事工程师托马斯·沙弗瑞（1650 - 1715），利用水蒸气和大气的力量，成功地制造出用于矿井抽水的实用机器，并以“火力机器”的名称申请了专利。

沙弗瑞的这项发明是一架看起来不动的机器，核心部分是一个烧蒸汽的锅炉和一个空铁柜，由一根管道把蒸汽送进铁柜，另一根管道使铁柜与矿井底部的积水相通。两根

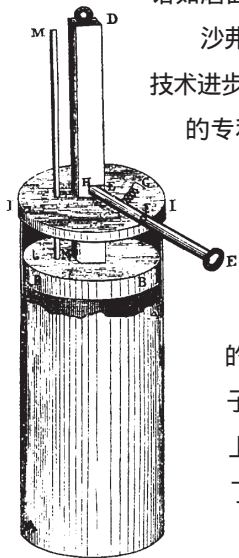
采用畜力为矿井抽水的场景，这是法国学者狄德罗在18世纪编纂的《大百科全书》中的一页，它真实地描绘了当时欧洲的普遍情景



管道中都设有阀门，机器工作的时候，首先打开第一根管道中的阀门，蒸汽进入铁柜，驱走柜内原有的空气，然后关闭阀门，用水淋浇铁柜外壳，使蒸汽凝结造成真空；这时打开另一根管道中的阀门，在大气压力作用下，矿井中的积水通过管道被吸进铁柜；最后关闭阀门，打开铁柜底部的排水阀，放出进入铁柜中的水。只要周而复始地开启、关闭阀门，冷却铁柜，矿坑中的积水就在水蒸气和大气压力的共同推动下，由低处流向地面以上的地方。这是人类第一次成功地利用蕴藏在煤中的能量产生自然力，代替人的体力劳动。

沙弗瑞在销售这种机器的时候，称它为“矿工之友”。沙弗瑞的广告词写得十分优美，现在人们还保留着其中的一段：“沙弗瑞上尉的发动机可以运用火力提升任何合理数量的水到任何高度，它现在已臻完美，随时可作公用；所有被积水困扰的矿山和煤矿主们请注意，只要装备了这种发动机即可排空积水。在伦敦索尔兹伯里宫广场正对着老剧场的地方是他的工作室，可以在每个星期的星期三和星期六下午3点~6点看到这种发动机的工作情况，其表演肯定能使你感到满意，费用比任何其他用马或人工的方法更为节约，而且不需修理。”

沙弗瑞的机器虽然省力，但因制造工艺不精而多处漏气，提水只能提到7.6米高（从理论上讲，可以提到10米），因其工作效率低，当时主要用作城市供水。沙弗瑞发明的机器是间断工作的，为了获得连续的动力，人们还想出一个办法：先用它把水抽到一个高处的贮水池里，再让水流下来推动旋转的轮子，通过齿轮和皮带驱动其他装置，诸如磨面、鼓风和切削金属零件等。



沙弗瑞学识渊博，在很多领域都能产生新思想。他出版过一本论述航海技术进步的书，翻译过德文版《防御工事建造论》，获得过关于玻璃抛光机的专利。他曾经建议，将不停旋转的桨轮装在船体两侧代替风帆，为此，他被认为是在发疯，险些被取消军官头衔。

得知沙弗瑞成功的消息，帕潘与他合作，用蒸汽推动汽缸中的活塞往复运动而取代原来的铁柜，做成一部能够运动的机器，用来驱动沙弗瑞曾经设想过的桨轮（安装这种桨轮的船只，后来又称“明轮”船，意思是在水面上可以看见轮子）。这是人类历史上第一次用机器驱动的船，它曾在泰晤士河上航行，然而，在驶往目的地的途中，水手们因担心失业而砸坏了用作动力的机器。

帕潘向法兰西科学院演示的蒸汽动力活塞样机

1712年，帕潘在穷困中死去；三年之后，沙弗瑞亦随之而去。

帕潘和沙弗瑞的探索，使人们看到以新的方式利用自然力的前景。1712年，亦即帕潘离世的那一年，英国人托玛斯·纽考门（1663 - 1729）发明了可以连续工作的实用蒸汽机。在此之前，他曾与沙弗瑞合作改进蒸汽机。

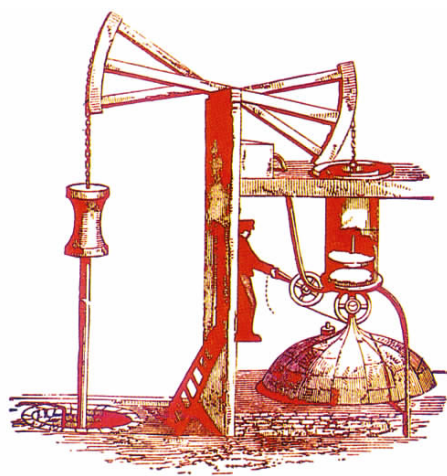
纽考门蒸汽机的核心部件，是帕潘发明的蒸汽活塞，然而纽考门改进了活塞的工作方式，不直接加热装有活塞的筒中的水，也不在活塞筒外面浇水冷凝蒸汽，而是用一个持续燃烧的锅炉通过阀门向活塞筒注入蒸汽，用另一个阀门控制冷却水，使之周期性地直接进入活塞筒使蒸汽快速凝结，形成真空获得大气压产生的推力，从而加快活塞动作的速度。

第一台纽考门蒸汽机的活塞直径比帕潘当年的样机直径大8倍，达53厘米，这台蒸汽机的推力超过1700千克，相当于20个人的力量。

为了让蒸汽机连续动作，纽考门设计了一个活动的连杆，将中点固定在支架上，一端连着抽水机，另一端连着蒸汽活塞。当蒸汽冷凝时，大气推动活塞下移拉动连杆上提抽水；而当活塞下行到极限位置时，抽水机部件本身的重量使连杆下落提起活塞；这时打开阀门向汽缸送入蒸汽，并随即开启冷却水阀，蒸汽凝结，活塞下行，再次抽水。由于两个阀门由联动机构巧妙地控制，蒸汽机可以连续动作，活塞每分钟能够上下移动12次。

纽考门的机器又称大气压力发动机，只需把受热的水蒸气送入活塞筒，冷凝时形成真空，利用大气产生的压力令活塞做功即可。纽考门未曾读过大学，一直做铁匠兼营五金生意。由于经常去煤矿推销产品，他对煤矿使用的机器十分熟悉，深知抽水机对煤矿的重要性。他曾与沙弗瑞合作，因此了解帕潘的构想。后来，他与另一个也未曾读过大学的管道工合作，设计研制了这种新的蒸汽机，迈出了蒸汽动力实用化重要的一步。

然而，纽考门蒸汽机有两大缺点，一是效率低，工作时太费煤，其消耗的煤只有1%产生了动力；二是力量不够大，而且只能不紧不慢地做往复直线运动，无法带动其他的机器。幸好当时欧洲的煤十分便宜，而且它能使人们开采淹没在水中的煤，因此人们还是很乐意使用它。那时英国许多煤矿因为无法排水而关闭，当时排



纽考门蒸汽机示意图，操作者必须不停地开启、关闭蒸汽阀门

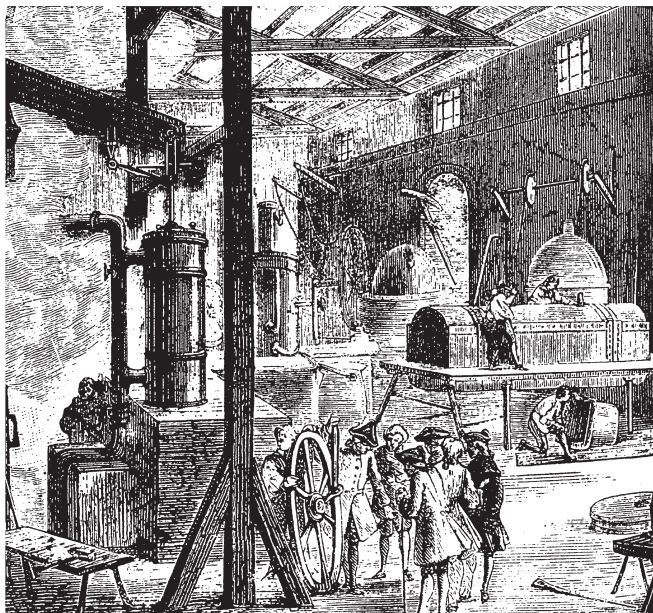
水唯一有效的方法，是从矿井里再挖掘流向更低处的排水暗渠，有的暗渠长达100多千米。当时英国政府授予的专利中，有1/7是关于煤矿排水的。纽考门赶上了最需要抽水机的时候。

这种机器在1712年问世之后，首先用于英国斯塔福德煤矿排水；三年之后，纽考门蒸汽机越过英吉利海峡进入欧洲大陆。1715年开始在德国使用；1717年开始在俄国使用；1722年开始在奥地利维也纳使用；1725年开始在法国巴黎使用；1727年开始在北欧的瑞典使用，主要用来排除煤矿坑道积水，偶尔也作为城市花园人工喷泉的动力。历史上从未有一件发明像纽考门蒸汽机这样，虽不完善却能够在15年之内几乎传遍整个欧洲。它表明了人们对动力的渴望。

1740年，这种蒸汽机长度已经达到2.74米，活塞直径达76厘米，它在一天内完成的排水工作量要25个人一周才能做完。18世纪后半期，纽考门蒸汽机已经开始在欧洲替代那些古老的利用风力和水力作为动力的装置。

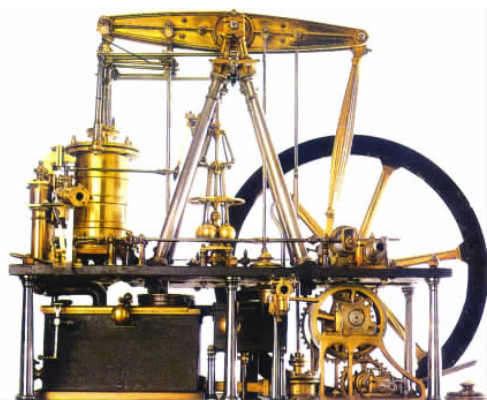
1755年，俄国改建喀琅施塔德军事要塞，人们用一台大功率的纽考门蒸汽机，在两星期之内便抽干了船坞中的积水。而在这以前，利用大风车带动抽水机完成这项工作则要一年时间。

公元1777年，一位英国机械师对纽考门蒸汽机作出重大改进，显著提高了它的效率，他就是詹姆斯·瓦特（1736 - 1819）。



瓦特注意到纽考门蒸汽机费煤的原因，在于需要不断冷却汽缸又要利用蒸汽重新加热汽缸，无谓地消耗了热量。他设计了一个置于汽缸之外的冷凝室，通过管

18世纪伦敦一家采用蒸汽动力的工厂生产场景，左面方形锅炉上的圆筒是蒸汽机的汽缸，活塞产生的动力通过高架上的皮带轮传送到各处。人们聚在一起讨论问题，生产照常进行



旋转式瓦特蒸汽机，图中可以清晰地看到巨大的飞轮、灵巧的调速器和复杂的齿轮传动机构

于汽缸中蒸汽的压强，至于在什么地方冷凝则无关紧要。由于人们没有依据早已发现的物理学原理思索问题，使蒸汽机的这项重大改进延迟了65年。

当时英国工科大学与生产实际联系紧密，煤矿采用的纽考门蒸汽机已经列入课堂教学。1765年，瓦特在英国格拉斯哥大学担任仪表工，修理纽考门蒸汽机教学模型时，想到了上述方案。他在1769年申请了专利，专利名称是《一种减少“火机”的蒸汽和燃料的新方法》。

然而制作一台可以实际运转的样机，却经历了极为艰难的历程。瓦特的企业由于资金匮乏，没有钱雇用技艺精良的技工，致使加工精度达不到要求而最终倒闭，他自己则不得不靠担任河道测量员挣钱糊口。当时，他曾发出感慨：“最愚蠢的事莫过于发明了。”后来，他与一位精于营销而且手下有一批熟练技工的工厂主布尔顿（1728 - 1809）合伙，在1775年创立了新公司。布尔顿的商业智慧使他们的新机器卖得不错：先赊销给买主，只按照比纽考门蒸汽机节约的煤价钱的一定比例付钱，这使得人们乐于购买他们的机器。在推销这种新机器时，布尔顿用了这样的广告词：“先生，我在此卖全世界都想拥有的东西——力量。”

布尔顿的公司有财力支持瓦特继续改进和完善他的发明。至1782年，瓦特完成了对蒸汽机的进一步改进，他把原来单纯利用大气压力推动活塞的方式改用蒸汽与大气联合推动，轮流从活塞两端向汽缸送蒸汽，使活塞在两个方向都能产生推力，加大了蒸汽机的力量，提高了活塞运动的速度；通过特别设计的齿轮，利用活

道与汽缸连接，汽缸则用保温材料包起来一直处于高温状态。需要让蒸汽凝结的时候，开启冷凝室阀门，汽缸内部成为真空，活塞在大气压力作用下运动，使蒸汽机效率提高了3倍。

这是一项需要深厚科学基础的创意。实际上，瓦特利用了法国物理学家帕斯卡在一个世纪以前发现的流体静压均衡原理。在静止的流体中（蒸汽也是一种流体），压强处处相同，外部冷凝器中的压强等

在推销瓦特蒸汽机时，布尔顿用了这样的广告词：“先生，我在此卖全世界都想拥有的东西——力量。”



19世纪英国纺织厂里的童工，她身旁是蒸汽机带动飞转的无数纱锭

塞连杆的往复直线运动驱动飞轮旋转，使蒸汽机成为多种劳作的动力之源。

瓦特还发明了安装在蒸汽机飞轮轴上的离心调速器，它可以根据飞轮转动的速度，调节通往汽缸的蒸汽流量。这种调速器是两个带着小球可以升降的连杆，连杆的一端与调节蒸汽流量的阀片相连。当飞轮转速很高的时候，在离心力作用下，飞

转的小球带动连杆升高，使蒸汽管道中的阀片倾斜，阻断部分蒸汽流通，使飞轮转速下降；反之则使转速升高，从而使飞轮的转速保持恒定。从此，蒸汽机不再像喝醉酒的大力士；瓦特还为他发明的蒸汽机设计了专门监测蒸汽压力的仪表，使这些庞然大物能够安全可靠地运行，不致由于蒸汽压力过高引起锅炉爆炸。

经过瓦特改进的蒸汽机，提高了效率，可以带动各式各样的机器，而且已经具有自动化技术的许多特征。到1783年，瓦特蒸汽机几乎全部替代了纽考门蒸汽机。

就在这一年，瓦特定义了一个新的单位“马力”，用它表示蒸汽机做功能力的大小。每“马力”相当于1分钟把3300磅重物提高1英尺的能力（磅和英尺是当时英国采用的计量单位。1磅相当于453.6克；1英尺相当于0.3048米）。这大体相当于一匹健壮的马劳作时的能力，折算成今天的国际计量单位，相当于1秒钟之内把75千克重物提高1米所做的功。

此前的1702年，沙弗瑞的“矿工之友”蒸汽机功率约为1马力；1717年，纽考门为彼得堡制造的抽水蒸汽机功率为5.5马力，1778年瓦特制造的蒸汽机功率为13.8马力。当时在英国，使用马作动力的成本是人力的1/2，使用蒸汽机的成本是使用马匹的1/2，是人力成本的1/4。与水力相比，蒸汽机具有极好的机动性，工厂不再需要集中在远离城

市的河谷地带（使用水作动力，一般都在河谷地带筑坝，截断江河形成高水位人工湖泊，利用水的落差推动水轮旋转提供工厂需要的动力），加之动力成本大幅度降低，促进了英国纺织业和相关产业的迅速发展。

瓦特改进的蒸汽机，其力量和速度远远超过了人的体能极限，使人们有可能利用它进行从前无法企及的工作。它使得人作为劳动者的本质特征发生了深刻变化，劳动者的数量和体能不再成为制约生产力发展的决定性因素。采用蒸汽机的小国，国力可以超过人口众多的农业大国。这种蒸汽机最先在它的故乡英国获得应用，纺织业首先从这项发明中受益，随后在英国几乎带动了所有的产业。

英国纺织业当时正受到动力不足的严重制约，蒸汽机可以提供昼夜不停的廉价动力，工厂主以低微的工资雇用大量农民（其中许多是妇女和儿童），进入纺织厂成为城市劳工。纺织业迅速成为英国利润最高的行业，许多城市由于纺织业的兴盛急剧扩大。例如当时英国纺织业中心曼彻斯特，在1772年只有2.5万人，到1821年已迅速增加到18.1万人，1851年增加到45.5万人。79年间，曼彻斯特人口增加了18倍。蒸汽机的发明，迅速推进了英国城市化进程。

到1811年，瓦特改进的蒸汽机用于工业生产不过30年，英国从事制造业和手工业的人数，已经超过了农业人口。英国的煤产量1700年为300万吨；1800年达到3600万吨；1850年达到6000万吨，150年间增加了20倍。此时，英国的煤开始大量外销。英国的钢产量1788年为6.8万吨；1846年为200万吨，近60年的时间增加了30倍。其所增产的煤，主要用作蒸汽机的燃料；而增产的钢则主要用于制造更多的蒸汽机，以及用蒸汽机带动新产业。

1688年，英国社会总产值4800万英镑；到1841年，社会总产值达4.52亿英镑。150年间，英国社会财富增加了10倍，这在历史上从未有过。当时，专门研究蒸汽机热效率的法国物理学家、热力学的奠基人卡诺（1796 - 1832），曾经调侃地说道：“要摧毁英国这个庞大的帝国，就去掠夺它的蒸汽机，便是掠夺它的财富之源。”

19世纪中期，英国成为世界工业产值最高的国家。英国的这种变化，随后迅速出现在欧洲大陆的许多国家，后来又发生在美国。历史学家称之为波及全球的“产业革命”。

当蒸汽机在英国进入越来越多的工业领域的时候，人们开始尝试用它驱动车辆，因为飞速发展的工业给交通带来了巨大压力。可是瓦特的蒸汽机对车辆不适用，因为推

专门研究蒸汽机热效率的法国物理学家、热力学的奠基人卡诺，曾调侃地说：“要摧毁英国这个庞大的帝国，就去掠夺它的蒸汽机，便是掠夺它的财富之源。”

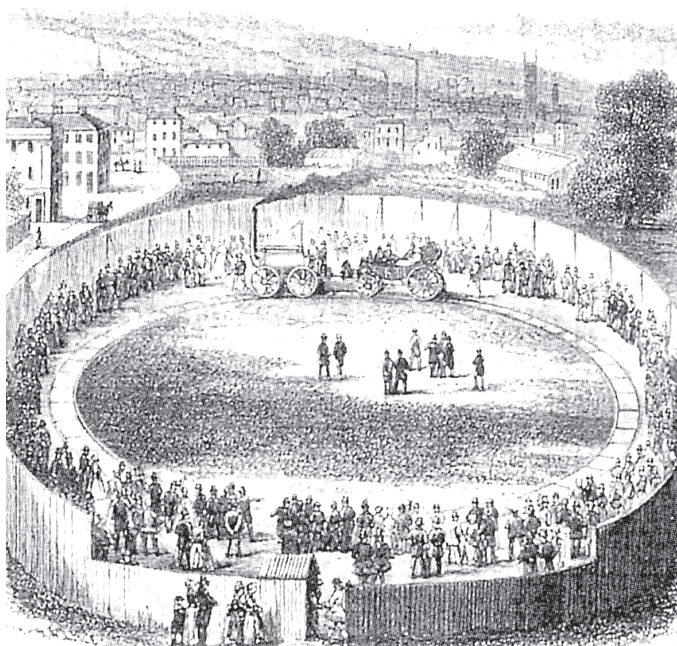
动活塞的蒸汽压力不高，动作不够快，体积和重量都很大，瓦特本人亦认为蒸汽机不适宜驱动运输工具。

用蒸汽机驱动车辆面临许多新问题。首先，它产生的力量不仅要能拖动自身，还要牵引沉重的负荷；此外受道路限制，已有道路难以承受蒸汽车辆的重压。因此必须首先实现大功率蒸汽机的小型化。美国人伊文思（1755 - 1819）和英国人特里维西克（1771 - 1833）不约而同地想到，可以用提高蒸汽压力的办法解决这个问题。从理论上分析，如果蒸汽机汽缸容积不变，提高蒸汽温度，使蒸汽压力提高10倍，蒸汽机的牵引力就会增大10倍。产生同样的牵引力，高压蒸汽机同瓦特蒸汽机相比，重量和体积都会小得多。后来，他们两人分别在美国和英国各自制造出高压蒸汽机。

伊文思出生于美国农家，14岁时开始给修车匠当学徒。他在1789年提出高压蒸汽机的设想，并申请了“蒸汽驱动货车”的发明专利。1800年，他开始制造替代面粉厂水轮动力的高压蒸汽机。1803年，伊文思受费城政府卫生委员会委托制造挖泥船，以便迅速清除河底淤泥。他用自己的高压蒸汽机作动力制造了一艘两栖挖泥船，高压蒸汽机在平地上驱动车轮前进，在水里则转动旋桨航行，作业时可以把挖出的淤泥高高举起抛向远处。后来他还开着这台怪模怪样的高压蒸汽机车，在费城的大街上行驶了两千米。

两栖挖泥船的成功，使伊文思坚信蒸汽动力驱动车辆完全可行。他竭力主张铺设从费城到纽约的轨道，以蒸汽机车作交通工具实现两个城市之间的快速运营。宾夕法尼亚州和马里兰州的权威嘲笑、反对伊文思的建议，行政当局否

特里维西克在游乐场演示自己发明的火车





18世纪欧洲的马拉轨道车

决了他的主张。伊文思得不到支持，但他执著地认为自己的高压蒸汽机会对人类有大用途，便贷款制造了50台。在这种机器里，汽缸中的蒸汽压力是大气压力的14倍。然而，一个对他怀有敌意的雇员放火烧掉了他的工厂，使伊文思功亏一篑。直到1830年，政府才决定铺设从

费城到纽约的铁路，而此时伊文思已离世11年。

真正使蒸汽机车在轨道上运行的第一个人是特里维西克，他是一位思维缜密的机械工程师。为了安全，他加厚了高压蒸汽机的汽缸壁，并把汽缸放进锅炉，这不仅减少了蒸汽机部件占据的空间，而且容易保持汽缸高温以获得足够高的蒸汽压力。在他的机器里，蒸汽温度达145摄氏度，蒸汽压力达每平方厘米4千克。他还取消了瓦特蒸汽机的冷凝器，让推动活塞之后的蒸汽直接排向大气。这种高压蒸汽机车在前进的时候汽缸会不断冒出白烟，并发出尖厉的嘶嘶声，人们形容这种机车像一头不断打响鼻的驴。

1804年，特里维西克设计的高压蒸汽机车，开始在英国南威尔士的工厂运送铁矿石。该车能够拉动70个人和10吨铁矿，最大时速可达8千米，行程14.9千米，它的力量比马大10倍，比马跑得快。但十分遗憾的是，当时特里维西克的机车用的是为马车准备的铸铁轨道，铁轨很脆，不久，8吨重的机车就压断了铁轨；因没有人愿意修复铁轨，特里维西克不得不终止试验。后来，他又造了一批新机车，让活塞推出的废蒸汽通过烟囱排出，加速空气对流，增大锅炉的燃烧强度，进一步提高了锅炉蒸汽的产量和活塞的工作压力，使机车行驶更快，但是仍然没有人愿意为他投资。

1808年，在伦敦尤斯登广场，特里维西克在围栏里铺上轨道，亲自驾驶这种改进的机车转着圈为观众表演。该轨道直径30米，观众乘坐一次收费1先令（英国旧时货币单位，1先令相当于1/20英镑），他把这种游戏取名为“谁能抓住我”。这位杰出的发明家只能像杂耍一样招来观众，然而，看热闹的观众反应十分冷淡。

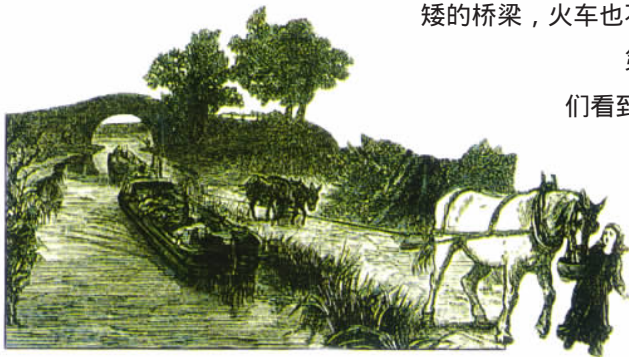
特里维西克在一连串失败和冷遇之后失去了对机车的兴趣，他的诸多天才发明无一

成为商品。1833年，特里维西克在逝世的时候已经债务缠身。

钢铁制成的蒸汽机，加上必备的煤和水，使机车非常沉重，不适合在普通的土路上行进，需要坚固结实的轨道。幸运的是，当时欧洲实际上已经为火车运输准备了必需的道路条件。

早在15世纪，欧洲的矿山已开始使用在木制轨道上行驶的马拉列车。木制轨道可以通过垫在下面的枕木和碎石，把车轮的压力均匀地分散到路基上，使车轮不致陷下去。光滑的木轨能减小与车轮之间的摩擦力，使轮子转动更加轻快；同时这种架起来的道路，在雨天还不会变得泥泞不堪。由于欧洲炼铁技术的进步，1783年以后，马拉列车的木轨相继改成铸铁轨道。

伊文思和特里维西克个人的失败造就了人类的成功。1825年9月27日，第一条公共铁路在英国北部斯托克顿至达林顿之间开通，铸铁轨道改为不容易断裂的锻铁轨道，全长16千米。当时的火车有38节车厢，既乘坐旅客也装运货物，速度可达每小时23千米。机车采用特里维西克发明的高压蒸汽机，由煤矿机械师斯蒂芬生（1781 - 1848）设计，并亲自担任司机。由于蒸汽机锅炉的烟囱很高，因此那时的铁路上方不能有低矮的桥梁，火车也不能穿过隧道。

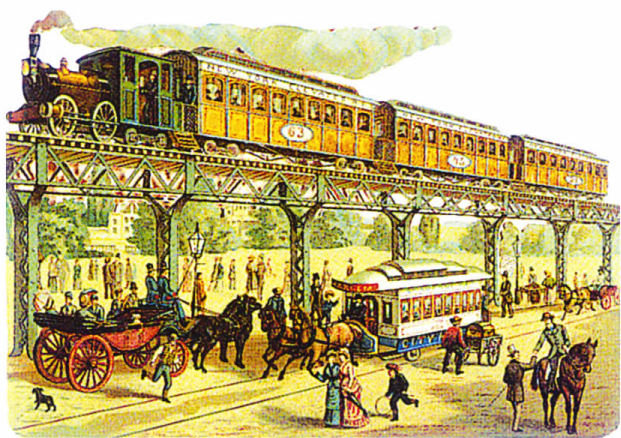


发明家个人的失败造就了人类的成功。

第一条铁路的成功营运，使人们看到了它巨大的商业利益。四年之后，英国建成了利物浦到曼彻斯特之间的铁路。

当时已经有很多厂家利用高压蒸汽机设计制造

18世纪欧洲的马拉船



火车到达芝加哥城，为了给马车让道，火车只能在高架上行驶

爱尔兰作家拉德纳尔，曾告诫人们不要乘坐火车，他写道：“乘火车旅行是不可能的，因为乘客会因不能呼吸窒息而死。”

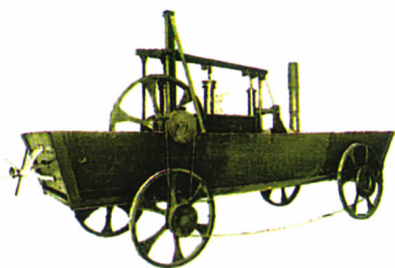
机车，1829年10月6日，在利物浦附近的一段铁路上曾进行过一次机车竞赛：选拔最适合运行的机车。那天有五辆机车参与竞争，斯蒂芬生的机车也在其中。他的机车采用了三项新技术：火焰直接加热25条注水的铁管产生蒸汽，做成燃烧效率很高的锅炉；在锅炉上加装安全阀，当蒸汽压力过高时自动放气减压，防止锅炉爆炸；机车采用凸缘车轮，从两边卡在铁轨的内侧，防止快速行驶时出轨。竞赛中，有一辆机车因为在驾驶室藏有一匹马，以马踏转轮为机车助力被取消资格；有一辆的汽缸破裂中途抛锚；有一辆的锅炉爆炸，而斯蒂芬生驾驶的火车以接近每小时50千米的速度拖动重14吨的货物率先到达终点，比另一位参赛者快了一倍。

1830年9月15日，利物浦至曼彻斯特的铁路正式开通，斯蒂芬生驾驶自己设计的机车牵引列车。这天，万人空巷，盛况空前，英国首相也坐在车厢里，然而意外事件不断发生。火车行进中轧死了一名保守党议员；快到终点时又被暴徒砸毁了一节车厢。

在此之前，爱尔兰作家拉德纳尔（1793 - 1859）曾经告诫人们不要乘坐火车，他写道：

20世纪初，强大的蒸汽动力激发了人们砍伐美国加州红松的狂热，这幅照片记录了这些千年古树被肢解后离开故土的情景





美国发明家伊文斯制造的两用蒸汽船

“乘火车旅行是不可能的，因为乘客会因不能呼吸窒息而死。”

铁路发展的速度完全超出人们的预料。到1850年，英国参与修建铁路的工人已达25万人，铺设铁轨的长度达1.1万千米。在比利时，几乎所有大城市都有铁路贯通。这时美国铺设的铁路，总长度已超过其他所有国家的总和。美国通过修建铁路开发辽阔

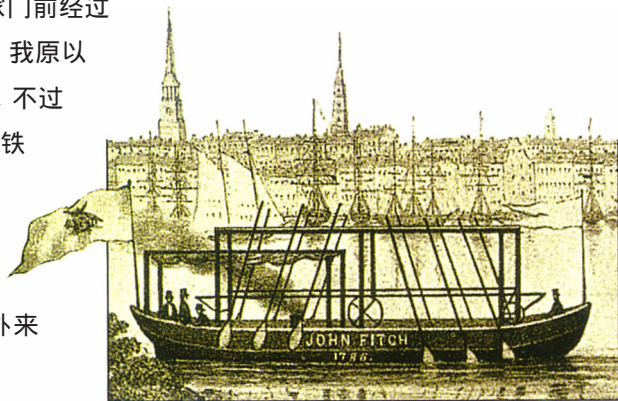
的西部，使大西洋沿岸的东部经济区与太平洋沿岸连接在一起。英国在已有的城市之间修建铁路，而美国新建的铁路线上则出现了新兴的城市。

随着铁路长度的增加，蒸汽机的功率迅速提高。1812年，特里维西克用于拖动车辆的高压蒸汽机车功率约为50马力，1876年，在美国费城举办的世界博览会上，英国展出的蒸汽机车单台功率已经达到2500马力。60年间，单台机车的功率增大了50倍。

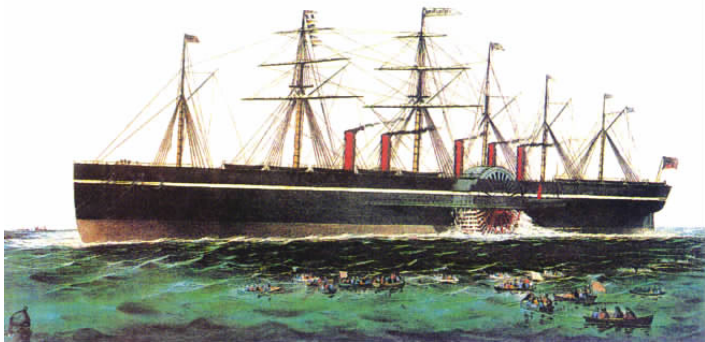
美国发明家富尔顿曾建议法国制造蒸汽船打败英国海军。拿破仑冷冷地说：“在甲板上升一堆火，噗味噗味冒着烟去打仗，笑话！”

火车的发明，使人类能够以前所未有的速度和规模，改变自身和物质财富的空间位置，地域和距离不再成为制约人类活动的重要因素。人们交流交往迅速增加，社会生活节奏加快。从前欧洲人一生中活动的平均半径不到25千米，有了铁路之后，当天就可以到达500千米以外的地方。

历史上还没有哪件发明，能够像火车那样广泛深刻地影响人类的活动方式。一位社会学家在谈到铁路对普通人的影响的时候，讲了一个故事：当美国新修的铁路穿过西部时，一位农民打量着从他家门前经过的铁路，不以为然地说：“我原以为它是什么了不起的东西，不过就是两根躺在木头上的铁条。”然而他不知道，从此他的农产品可能会在另外的地方卖个高价钱，也可能当晚就会面对外来



菲奇发明的双排竖桨蒸汽动力船



在大海上航行的“大东方号”，船身的后部有一对明轮，只在无风的时候用蒸汽机推动，使用风帆时，明轮卸下来放在甲板上

农产品的竞争。他的女儿可能会嫁到很远的地方，他自己说不定会在千里之外找到一个更好的职业。

1797年出版的《不列颠百科全书》中关于航海 的条目写道：

“在18世纪，船舶的发展没有出现突破性进展。如此重要，而又如此落后。”就在这部百科全书出版的时候，蒸汽机正在使造船业和水上交通发生深刻的变化。铁路尚未修建的时候，人们已经向往用蒸汽动力驱动船舶。

用蒸汽机开船遇到的问题，一点也不比用蒸汽机开车少，而且更加冒险。从18世纪初开始，到1807年美国发明家富尔顿（1765 - 1815）在美国纽约哈德孙河上开通第一条轮船客运航线为止，其间研制过蒸汽动力船的人不少于10位，然而，他们大多以失败告终。

1786年，美国发明家菲奇（1743 - 1798），制造出一艘用蒸汽机带动12只垂直桨划水的船，船的两侧有高高的架子，每边装有6只垂入水中的桨，蒸汽机活塞带动架子上的横梁往复运动，这些桨便像巨大的鸭蹼不知疲倦地划水。这条船长13.7米，船身细长，就像印第安人的独木舟。当时，美国有五个州的立法会议员代表在观看过这艘船的行进演示后，同意给菲奇14年特权垄断经营蒸汽船，于是商人开始给菲奇投资。菲奇制造了三艘可以载人装货的蒸汽驱动明轮船，船的两侧各有一只像水车一样翻动的轮子，固定在轮子端部的横板周而复始地划水推动船身前行。

1790年夏天，菲奇在特拉瓦河上开辟航线，开始在美国费城到特雷顿之间客运。然而，坐船的乘客非常少，以致入不敷出，航行中蒸汽船又经常出现故障，甚至有时停在航道上动弹不得。这时，船员们纷纷离开菲奇，投资商也撤回资金并向他追债，航运被迫终止。余下的船均在风暴中损坏，菲奇不得已而流落他乡，希望在法国巴黎重新开始蒸汽船的事业。1795年，菲奇设计的蒸汽动力船获得了法国专利，不巧正赶上法国大革命爆发，人们没有心思制造蒸汽船。菲奇在巴黎衣食无着，只好给一艘帆船的船主当水

铁制的蒸汽动力船，将那些被海洋分割的陆地越来越紧密地联系在一起；它装载着货物也装载人类的欲望和野心，频繁地穿梭于大洋之上，深刻而持久地改变了地球各大洲之间的相互关系，也改变了世界格局。

手，并借此再渡大西洋回到美国。不久，他服安眠药自杀。菲奇的女儿为父亲立了一块非常小的墓碑，没有说他是发明家，只说他是“一位参加过独立战争的老兵”。

1802年，英国发明家赛明顿（1763 - 1831）制造了一艘蒸汽动力船，用它在运河上装运货物。当货运业主们知道这一消息后，唯恐蒸汽船抢走他们马拉船的生意，便制造舆论说：“蒸汽船的波浪会毁坏运河堤岸。”当局取缔了赛明顿的营运许可证。

同年，美国发明家富尔顿客居法国巴黎，曾觐见拿破仑，力陈蒸汽动力船的优点，建议法国制造蒸汽船打败英国海军。拿破仑冷冷地说：“在甲板上升一堆火，噗味噗味冒着烟去打仗，笑话！”断然拒绝了富尔顿的主张。由于拿破仑的偏执，使得英吉利海峡未发生帆船和蒸汽船的决战。

然而，富尔顿仍在巴黎建造了一艘蒸汽船，这艘船长21米、宽2.7米，吃水1米，用桨轮划水。1803年8月9日，富尔顿使用借来的一台8马力蒸汽机，驱动蒸汽船在塞纳

1910年8月一个大雾迷漫的早晨，一艘冒失的蒸汽动力船在阿拉斯加冲上礁石搁浅，退潮时陷入尴尬的境地，这或许是对人类的某种暗示





记录1914年巴拿马运河通航庆典盛况的照片，借助蒸汽机的动力，人们凿穿巴拿马地峡，在美洲中部连通太平洋和大西洋，蒸汽动力船舶开始穿梭在这条人工水道上

制造出一艘50米长、4.2米宽，吃水0.7米的明轮蒸汽船。这艘船于1807年8月17日在哈德孙河上试航，顺利航行32小时，航程240千米，航速已超过顺风顺水的帆船，这标志着蒸汽动力船在这一天正式诞生。

人们编造了这样一个故事，说菲奇、赛明顿和富尔顿三个人在天国偷了一条蒸汽船。菲奇先上船，魔鬼喊道：“快还我钱！”菲奇无奈下了船。赛明顿又上船，魔鬼喊道：“波浪会毁坏堤坝！”赛明顿只好下船。第三个上船的是富尔顿，无论魔鬼怎样叫喊，富尔顿就是不下船，于是他成了轮船的发明者。

蒸汽机的发明，不可逆转地改变了人类文明进程，世界由传统农业社会逐渐转变为工业社会，人类活动开始越来越紧密地依赖化石燃料。



蒸汽动力船最大的优势在海上。富尔顿成功开通蒸汽船内河

这张1941年拍摄的照片，记录了轮船在非洲圣·露西亚港码头装煤的情景，或许这是对人类的讽刺，煤产生的动力替代了人沉重的劳作，人又成为煤的奴隶