中国科技的梦想与荣光

中国高铁

——腾飞在神州大地的巨龙

刘树勇 王洪见 杨燕南 著



河北出版传媒集团
河北科学技术出版社

图书在版编目（CIP）数据

中国高铁 : 腾飞在神州大地的巨龙 / 刘树勇， 王洪见， 杨燕南著. -- 石家庄 : 河北科学技术出版社，2019.9

ISBN 978-7-5717-0054-6

Ⅰ. ①中… Ⅱ. ①刘… ②王… ③杨… Ⅲ. ①高速铁路—介绍—中国 Ⅳ. ①U238

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第217250号

中国高铁——腾飞在神州大地的巨龙

刘树勇 王洪见 杨燕南 著

出版 河北出版传媒集团 河北科学技术出版社

地址 石家庄市友谊北大街 330 号（邮编：050061）

经销 新华书店

印刷 北京兴星伟业印刷有限公司

开本 700 毫米 × 1000 毫米 1/16

印张 13

字数 163 000

版次 2020 年 4 月第 1 版

印次 2020 年 4 月第 1 次印刷

定价 35.00 元

序

中国科技在古代曾经灿烂辉煌，为人类文明做出过重大贡献。但是自明末之后，中国科技开始渐渐落后于西方。新中国成立之初，中国科技特别是高新技术领域几乎一穷二白，在极其困难的情况下，中国科技工作者发扬自力更生、艰苦奋斗精神，奋起直追。1964 年 10 月 16 日 15 时中国第一颗原子弹爆炸成功，1967 年 6 月 17 日 8 时中国第一颗氢弹空爆试验成功，1970 年 4 月 24 日 21 时中国第一颗人造卫星发射成功……以“两弹一星”为标志，中国开始了自身现代历史上第一次自主科技创新的历程。1978 年全国科学大会召开，中国迎来了“科学的春天”，在航空航天、超级计算机、海洋科学、超级工程、医药科技等众多领域取得了举世瞩目的成就。进入 21 世纪以来，我国科技发展突飞猛进，取得了一批引领世界的科技成果。正如习近平总书记在党的十九大报告中指出：“创新驱动发展战略大力实施，创新型国家建设成果丰硕，天宫、蛟龙、天眼、悟空、墨子、大飞机等重大科技成果相继问世。”一系列“叫得响、数得着”的科技成果，惊艳世界。这些科技成果既增强了我国综合国力，又为改善人民生活水平做出了重大贡献。

河北出版传媒集团领导高度重视宣传我国发展伟大成就，亲自谋划选题，指导河北科学技术出版社组织有关专家、科普作家编写了这套《中国科技的梦想与荣光》科普图书。这套书主要介绍了包括太空探索、北斗导航、中国天眼、量子通信、中国大飞机、深海探测、巨型计算机、中国高铁等近些年对中国乃至世界产生重大影响的科技成

果。在这套书中，读者在了解当代最前沿科学技术知识的同时，还会从中看到我国科学技术工作者“坚持、坚忍、坚韧”的可贵品格和“勤奋学习，自主创新”的精神；在生动有趣的科学故事中，读者可以了解到其中蕴含的科学思想、科学精神和科学方法，潜移默化中提高自己的科学素养；读者也会从科技工作者的勤奋、创新、拼搏和献身精神中受到鼓舞，并以更大的决心去迎接未来的挑战，为实现中华民族的伟大复兴而努力奋斗。

2019 年是新中国成立 70 周年，把新中国取得的科技成就宣传好，让更多的人了解中国科技发展历程，了解中国科学家艰苦奋斗、勇于创新的精神，在全社会形成爱科学、学科学、用科学的浓厚氛围，是一件很有意义的事情，我愿意向广大读者推荐这套科普图书。

中国工程院院士 

2019/9.

前 言

高铁代表世界工业制造和科技发展的制高点，世界高铁之争从未停止，法国、日本、德国和加拿大等国都是高铁发展的佼佼者。中国高铁在十多年间，凭借惊人的发展速度以及过硬的实力赢得了国际社会高度认可。

说到中国高铁的源头，可追溯到时任国务院副总理的邓小平率团访日的新干线之旅。乘坐之后，身边的工作人员问他乘坐的感受，邓小平说："我就感觉到快，有催人跑的意思，所以我们现在更适合了，我们现在正合适坐这样的车。"受到国际铁路先进技术影响，加上党的十一届三中全会带来的改革开放思潮，中国铁路人也开始有了建设我们自己高速铁路的构想。

2019 年 6 月 30 日，京沪高速铁路实现持续安全运营 8 周年，累计发送旅客 10.3 亿人次，年均增长近 18%，极大满足了沿途旅客的出行需求，有力推动了沿线地区的经济发展，并使民生服务水平极大提升。

今天，350 千米的时速是当前世界铁路最高运行速度，标志着高铁领域最先进的技术。我国已先后建成京津、京沪、京广、哈大等一批设计时速达 350 千米的高铁，时速 300 千米和超过 300 千米的高铁运营里程达 20 000 多千米，远超过世界其他国家同等级高铁线路的总和。我国也成为世界上唯一实际运行时速 350 千米高速动车组的国家。高速铁路作为一种新型的重要交通运输方式，其建设发展将会持续对我国经济发展产生重要的影响。中国所建成的高速铁路网络，对区域经济的发展提供了重要的驱动力，对于正处在转变经济发展方式与城市化建设进程中的中国有着重要的影响。

我国建成的哈大高铁是世界上第一条穿越高寒地区的高铁，海南环岛高铁是世界上第一条穿越热带地区的高铁。我国还有许多运营在



高原、沙漠、软土、喀斯特地貌等复杂地质条件下的高铁，成为世界上唯一能在各种气候环境和复杂地质条件下建设高铁的国家。中国铁路总体技术水平已步入世界先进行列，部分技术达到世界领先水平。中国高铁已成为中国技术创新的典范，成了中国先进制造走向世界的一张靓丽名片。

读者通过本书既可以了解中国铁路发展的历程，又可领略科技作为第一生产力和作为推动社会进步的驱动力的内涵，弘扬科技工作者不畏艰难的科学探索精神。

作　者

2019 年 6 月

目 录

一、蒸汽机时代…… 1

从希罗到纽考门 …… 1

瓦特的发明 …… 2

“马力”的确定 …… 7

蒸汽机发展 …… 8

蒸汽机车的发明 …… 10

“火箭号”机车的传奇 … 12

火车的发展 …… 14

铁路和机车的进步 …… 16

蒸汽机与第一次工业革命 20

二、内燃机车与电力机车的发展…… 23

热机理论的发展 …… 23

内燃机车 …… 25

从奇妙的取火法说起 …… 27

柴油机的发明 …… 28

研发新型的发动机 …… 30

电力机车 …… 35

电力机车的优点 …… 37

地下铁道 …… 40

三、高速铁路的发展…… 43

高速铁路 …… 43

东海道新干线 …… 44

声名大振的法国高速列车 47

德国的高速列车 …… 49



中国的高速列车 …… 51

四、磁悬浮技术的发展…… 55

超导的发现和发展 …… 55

气悬浮和磁悬浮 …… 58

常导磁吸式的磁悬浮原理 62

超导磁斥式的磁悬浮原理 63

磁悬浮列车的导向系统 … 64

磁悬浮列车的推进系统 … 66

磁悬浮列车在国外的发展 68

中国的磁悬浮列车 …… 70

上海的磁悬浮示范线 …… 72

长沙的磁悬浮线路 …… 74

北京的 S1 线 …… 75

未来的真空管道列车 …… 76

磁悬浮铁路的经济性 …… 79

五、中国铁路早期的发展…… 81

中国铁路之缘起 …… 81

开平铁路和津沽铁路 …… 84

京、津、沪最早的三条铁路命运 …… 87
“黄鹄号”——中国第一艘蒸汽机船 …… 89
“龙号”机车——中国铁路装备制造业的开端 …… 91
“中国铁路之父”——詹天佑 …… 92
詹天佑的工程成就 …… 98
京张铁路——中国铁路的光荣 …… 102
陇海铁路 …… 105
富于远见的张之洞 …… 106

六、新中国铁路的发展…… 109
七十年的发展 …… 109
国产蒸汽机车中的“明星” … 112
内燃机车的发展 …… 114
3 万吨重载列车的试验 …… 116
成渝铁路 …… 117
突破“蜀道难”的宝成铁路 … 119
工程浩大的成昆铁路 …… 120
香港回归前通车的京九铁路 …… 122
千里青藏一根轨 …… 124
全国列车 6 次大提速 …… 126



七、从“和谐号”到“复兴号”…… 131
准高速列车的发展 …… 131
动车组技术的研发历程 … 135
名扬世界的“和谐号” … 139
创世界纪录的“复兴号”动车组 …… 148
发展高铁的“三部曲” … 155

八、高铁的时代…… 161
高铁发展中的三大工程 … 161
攻克高寒地区技术难题 … 163
再一次改写“蜀道”历史的西成高铁 …… 165
助推“一带一路”建设的宝兰高铁 …… 168
京张高速铁路的辉煌 …… 168
京沪高铁 …… 170
中国外交“名片”中的高铁 …… 172

九、铁路与社会…… 176
铁路与中国的发展 …… 176
铁路促进经济的发展 …… 178
铁路带来的习俗变化 …… 181
中国高铁与城市和旅游的发展 …… 183
从“四纵四横”到“八纵八横” …… 186
高铁“走出去”的战略 … 188
中国高铁的竞争优势 …… 195



一、蒸汽机时代

蒸汽技术来源于用火的发明。在远古时期，人类就发明了用火的技术，还发明了一些陶制的容器。将二者结合起来使用之后，就产生了蒸汽，或许还能对蒸汽的“威力”有更深的认识，并逐渐地且不断地改进其技术。英国发明家詹姆斯·瓦特（1736—1819）是第一次工业革命中的重要人物。从 1765 ~ 1790 年，他做出了一系列的发明，如分离式冷凝器、汽缸外设置绝热层、用油脂润滑活塞、行星式齿轮、平行运动连杆机构、离心式调速器、节气阀、压力计等。这些发明或技术上的改进工作使蒸汽机的效率比起原来纽考门机提高了几倍之多。更加重要的是，瓦特还最终发明出能够为工业提供动力的“万能式”蒸汽机。

从希罗到纽考门

世界上第一台“蒸汽机”是由古希腊亚历山大港的数学家希罗（也译成赫仑）于公元 1 世纪发明的蒸汽转球，这是蒸汽机的雏形。与此类似的还有中国人发明的“孔明灯”和“走马灯”等装置。它们都是利用燃烧产生的气流来驱动灯具的上升或旋转。

从 16 世纪末到 17 世纪后期，英国的采矿业，特别是煤矿的开采，已达到相当的规模，连带产生的问题是矿井内的积水问题，只靠人力或畜力已难以满足排除矿井中积水的要求。但是，煤矿现成的、有丰富而又廉价的煤可作为燃料，这就促使一些人致力于“以火力提水”的探索和试验。



1705 年，英国铁匠纽考门发明了可用于矿井抽水的蒸汽机（也被称为“纽考门机”）。所谓蒸汽机，是将蒸汽中的内能（也常常被称为“热能”）转换为机械功的往复式动力机械。蒸汽机往往需要一个使水沸腾并产生（高压）蒸汽的锅炉，锅炉可借助木头、煤、石油或天然气甚至可燃垃圾的燃烧，以形成一个热源，进而产生蒸汽，并使蒸汽膨胀推动活塞做功。

纽考门和他的助手卡利在 1705 年发明了大气式蒸汽机。这种蒸汽机先在英国，后来在欧洲大陆得到推广，但这种蒸汽机耗煤量太大，热机效率极低。因此，纽考门机只在煤价低廉的产煤区才能得到推广。

瓦特的发明

在蒸汽机技术发展的历史上，詹姆斯·瓦特是贡献最大的人了。

1736 年 1 月 19 日，詹姆斯·瓦特出生在苏格兰格拉斯哥市附近的港口小镇格林诺克。这个城市一度成为苏格兰的首府（现在是爱丁堡）。这里有一个小港口，名叫格里诺克。瓦特的祖父是一位数学老师，瓦特的父亲拥有自己的船只与造船作坊，从事造船和建筑的工作，还是小镇的官员。瓦特的母亲出身于一个贵族家庭并受过良好的教育。

据说，在瓦特家中挂着牛顿的画像，还有一张是耐皮尔的画像。今天，在高中数学中讲的有关对数（函数）的知识就是耐皮尔提出的。这两位数学家的事迹对于瓦特的成长是有一些影响的。

瓦特身体孱弱，特别是经常头痛，因此就没有去学校读书，只是在家中自学，有了问题就向家人请教，瓦特的文化学习大都是由母亲来负责的。由于体质弱，小瓦特就不爱活动，他给人的印象是，既不勤快，更说不上敏捷。其实，瓦特动手能力强，从小就表现出了数学上的天分。

据说，有一天家里来了一位客人，看到小瓦特拿着一支笔在纸上写写画画，就问瓦特的父亲，为何小瓦特没去上学。仔细看一看纸上“画”

的内容，小瓦特是在做几何题。除了学文化，小瓦特也常常跟着父亲去车间转转。他看到一些工人干活，也看到一些摆放很整齐的各种产品。有时，看惯了这些产品的外形，就想打开这些东西，看看里面的结构。为了满足小孩子的好奇，一个老师傅就打开了一个仪器。虽然看清楚了其中的一些零件，各个零件是怎样结合在一起的，但是“这些零件好像并没有什么特别的？！”老师傅笑了笑，告诉小瓦特，正是由于有这样的仪器，大船才能在海上航行。这些仪器中包含的许多知识，当然是无法对小瓦特言说的。回到家中，小瓦特就向父母提出，他要去学校上学。父母觉得，孩子已经 11 岁了，是该去上学了，况且小瓦特的身体也好多了。当然，在学校瓦特仍然不参加一些较为剧烈的活动。一些同学就觉得，这个新同学有些“怪异”。当瓦特升入中学后，他的学习成绩一直很好，数学成绩则要更好一些。

由于瓦特常常去父亲的工厂，看工人师傅的操作，瓦特对于各种仪器产生了兴趣，他也爱摆弄一些仪器，甚至产生了制作一架六分仪的想法。父亲发现了儿子的这些兴趣或爱好后，就安排了一间“实验室”，让他在那里鼓捣吧！正是在这间小屋中，瓦特能使用各种工具，甚至还能画出一些图纸。

瓦特 17 岁的时候，母亲去世了，父亲的生意也开始走下坡路，经营亏损，后来就倒闭了。这样，瓦特便无法进入大学学习，并且要自己去谋生；当然，最好先去学一门手艺，以获得独立谋生的本领。瓦特就到格拉斯哥的一家钟表

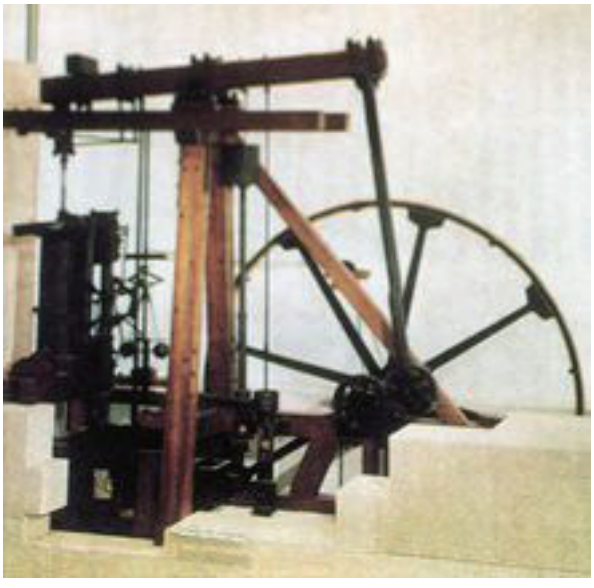


詹姆斯·瓦特

修理店做了一年的徒工，然后打算开一家自己的修理店。尽管当时苏格兰还没有类似的修理店，但是由于他没有做满 7 年的学徒，他的开店申请还被格拉斯哥的锤业者行会（管理所有使用锤子的工匠）拒绝了。

在钟表店学徒时，瓦特经历了一次“奇遇”。有一天，一位年轻人来修表。老板告知，要两个星期后来取，可是年轻人上课常常要用表，希望能快一些。瓦特没有机会上大学，对这个大学生很是羡慕，就向这个大学生暗示，稍微加一些钱就可以提前取。果然，3 天之后，大学生就拿到了修好的表。

在取表时，大学生也忘不了向瓦特致谢。二人交谈之后，瓦特知道，这个大学生叫约翰·罗比森。罗比森还邀请瓦特到他的宿舍，一起交谈。二人相识，虽属偶然，但都给对方留下了良好的印象。接下来，二人的交往使瓦特受益匪浅。在结识罗比森后不久，瓦特在钟表店的学徒生涯就结束了。未能在格拉斯哥市开业，虽然有些遗憾，父亲也觉得瓦特的手艺还不能达到开业、自谋生计的水平，就把他送到伦敦，拜技艺高超的仪器制造匠约翰·摩根为师。



瓦特发明的蒸汽机

1755 年瓦特离开苏格兰，到伦敦跟随摩根学徒。瓦特在这里好好学手艺，也很勤奋。摩根手把手地教瓦特，他很快就学到制作直尺和罗盘的方法。此后，在摩根的指导下，瓦特能制作经纬仪和四分仪

了，甚至瓦特还想制作一个望远镜，作为礼物送给他的表妹。瓦特学艺是很辛苦的。早上起来之后，吃过早饭就干活，要一直干到晚上 9 点钟。有时还要外出干点儿零活，挣点儿钱，交给师傅，作为他跟随摩根学艺的费用。这样，瓦特学到了第 4 年时，很遗憾的是，瓦特患上了风湿病。师傅便赠给瓦特路费，让他回家，好好休养一段时间。休息了 3 个月，瓦特的身体好多了。他又想自己开业，还是要在格拉斯哥市开店，承接一些修理的业务。不过，只干了几天，便有几个人找上门来。他们是当地行会的干事，要瓦特出具行会开的证明。瓦特说，他并不是行会成员，但他可以申请加入。他们又问瓦特在哪儿学手艺，有没有师傅写的证明，瓦特也没有，于是这些人便不准许瓦特在这里开业。正在这时，罗比森来找瓦特。了解情况之后，罗比森要瓦特放弃开店的念头。这时格拉斯哥大学恰好需要一名仪器修理工，而瓦特是比较合适的，他早就向往格拉斯哥大学了，心里自然十分高兴。

瓦特刚刚到格拉斯哥大学，碰巧就遇到一件事。原来，几位毕业于格拉斯哥大学的校友送给母校一套天文仪器，从牙买加运到格拉斯哥。由于陆上的颠簸，还有海水上的侵蚀，使得仪器都需要保养，一些部位还要修复，才能正常运转。正好使瓦特能大显身手。经过一个多月的工作，这套仪器已能正常运转，为此，瓦特还得到了学校的奖金。在修理和保养过程中，一些教授还前来看瓦特。大家都认为，瓦特不但手艺好，而且工作认真，待人接物也是谦逊有礼。大家都希望这个小伙子能留在学校工作。这样，在 1757 年 12 月份，在格拉斯哥大学挂出了一个招牌，上面写：“本校教学仪器制造人詹姆斯·瓦特。”除了修理和制作各种教学仪器，他还努力学习文化，提高自身的素质。

罗比森正在格拉斯哥大学攻读硕士学位。在他们的一次交谈中，瓦特听罗比森说到，当时的蒸汽机性能较差。当时流行的是纽考门机。瓦特从罗比森那里得到了一些有关蒸汽机的资料，并且拿回去认真地学习



有关蒸汽机的知识。这时是 1759 年。当然，在学习时，瓦特还未见过真的蒸汽机，只见过大学内的一架教学用的纽考门机的模型。由于磨损得很厉害，加之保养得不够好，在 1763 年时，这个蒸汽机模型难以运转了。送到伦敦去修理后，不久就又坏了。由于瓦特修理过一些仪器，学校对于他的手艺有所知晓，就请他来修理。这当然使瓦特很高兴。他结合原来钻研罗比森给他的那些资料，仔细地检查了这台蒸汽机。在修理过程中，他不只获得了宝贵的经验，而且还发现了这架机器的两个缺陷，即活塞动作不连续而且慢，还有蒸汽利用率低，浪费燃料。瓦特还发现效率低的原因是，纽考门机的汽缸要容纳来自锅炉产生的蒸汽，注满之后就要浇上冷水，使其中的蒸汽冷凝，再利用所产生的真空去驱动杠杆做功。这就是说，活塞被推动的每一次，汽缸里的蒸汽都要先冷凝，然后再加热进行下一次推动，从而使得大量的蒸汽都被浪费了。实际上，在汽缸中充满蒸汽后，再冷凝使之消除；而且在操作过程中，蒸汽的冷凝并不充分，剩余的蒸汽被排除掉。这就造成了很大的浪费。如何解决呢？

在 1763 年 5 月的一个早晨，瓦特出门散步时，头脑中突然出现了一个想法——能否将汽缸中的蒸汽送入一个容器之中，在这个容器中单独冷凝。这既可以造成汽缸中的真空，又保持汽缸的温度不会下降，使导致汽缸温度下降而导致的燃料消耗并进而导致做功的效率下降得以消除。冷凝器是一个杰出的发明，后人对其发明的思维过程很感兴趣。对于冷凝器，瓦特也在回忆中写道：

> 在一个晴朗的礼拜日的下午，我出去散步……我正在考虑蒸汽机的事情。然后来到了牧人的茅舍。这时我突然想到——因为蒸汽是具有弹性的物质，所以能够冲进真空中。如果把汽缸和排气的容器相连接的话，那么蒸汽猛然冲入容器里，就可以在不使汽缸冷却的情况下，仅让蒸汽在那个容器中冷凝了吧！

1765 年，瓦特发明了带有与汽缸壁分开的冷凝（汽）器的蒸汽机，并于 1769 年取得了专利。后来，瓦特发明的蒸汽机也被称为“瓦特机”。

“马力”的确定

瓦特改进的蒸汽机在推向市场之后，由于专利保护的需要，即保证获得专利的收益，瓦特便采取了一些措施并订立收取专利费的计算办法。他订立的收取专利费的标准是，按照与纽考门机进行比较的算法，即瓦特机比纽考门机要节省不少煤炭的费用，他就按照节省的这部分费用来收取。他是这样来计算的，以纽考门机抽水 600 磅（1 磅≈ 0.453 千克）所消耗的煤炭为基数；如果改用瓦特机抽水，耗费同样的煤炭（基数），能抽水的量就可达到 3300 磅。他的具体算法是：

3300 — 600=2700（磅）

再把这 2700 磅所折合的煤炭花费抽取 1/3 作为专利费，交给瓦特和他的合伙人。

一开始，这样的算法是没有问题的。后来，如果把瓦特机作为一种通用的动力机，在许多机械（如火车、船舶和机床等）上都能应用，即不只用于抽水，那如何计算专利收入呢？

1784 年，瓦特提出了一种功率的单位：马力。在瓦特思考这个问题之时，他发现，早在萨弗里发明家萨弗里为推销他的蒸汽机时就声称他的蒸汽机相当于两匹马做出的功。这使瓦特联想到，何不用马匹做功的量来衡量机器做功的能力呢？但是，怎样设定这样的标准呢？据说，瓦特在思索这个问题时，多少受到酒坊主搬动酒桶的方法的启发。

瓦特看到，酒坊主是用绳子绑好酒桶，通过一个定滑轮把酒桶吊到高处。他就去找到这位酒坊主，借用酒坊的设备来进行测量。他测得的结果是：

在 1 分钟内，1 匹马可把 32 400 磅的重物升高 1 英尺（约 30 厘米）。



这样，瓦特就规定，1 马力相当于，在 1 分钟之内，1 匹马把 32 400 磅的重物升高 1 英尺。

经过换算得到：

1 马力 =1000 磅 ×33 英尺 / 分 =33 000 磅 • 英尺 / 分 =550 磅 • 英尺 / 秒

550 磅 • 英尺 / 秒相当于 75 千克力 • 米 / 秒。

不管瓦特的初衷是什么，这个功率的单位——马力被广泛地用于各种机械的规律计算之中。今天，对于汽车、船舶、火箭和飞机，以及各种发电机、发动机和太阳常数，等等，它们的功率值是一个重要的指标。为了纪念瓦特为功率单位的确定——以及蒸汽机的发展——做出的贡献，就把功率的单位命名为“瓦特”。1 瓦特 =1 焦耳 / 秒，即在每 1 秒钟内作 1 焦耳的功。

今天，或许是出于习惯，许多人还是喜欢使用马力这样的单位。利用国际单位来换算可以得到：

1 马力 =75 千克力 • 米 / 秒 =735 牛顿 • 米 / 秒 =735 焦耳 / 秒

即 735 瓦特。

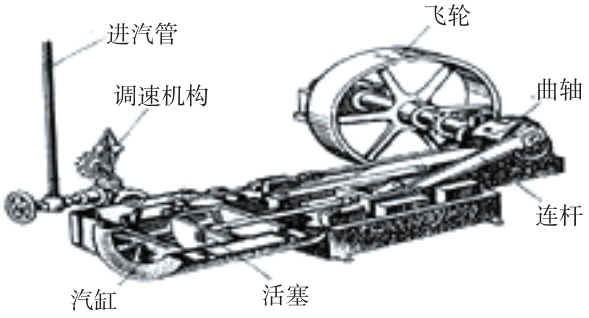
蒸汽机发展

蒸汽机为一系列精密加工的革新提供了可能，更高水平的工艺则保证了各种机器（包括蒸汽机本身）的性能提高。经过不断的努力，引入更高气压的蒸汽，蒸汽（机）火车和蒸汽（机）轮船便很快相继问世。

蒸汽机原理和结构并不复杂，主要构件有汽缸、活塞、曲柄连杆机构、滑阀配汽机构、调速机构和飞轮等部分，汽缸固定在底座上。在加热锅炉中的水至沸腾时产生蒸汽，蒸汽通过管道被送到汽缸，经主汽阀和节流阀进入滑阀室，受滑阀控制交替地进入汽缸的左侧与右侧，推动活塞运动。这就是蒸汽在汽缸内推动活塞做功的过程。温度下降的蒸汽

通过管道被引入冷凝器重新凝结为水。这个过程是被不断重复的。

一般的蒸汽机由 3 个汽缸组成一组。蒸汽机的重要应用还表现在，它可直接将活塞的上下运动转化为船轴或车轮的旋转运动，以驱动船或车的行进。蒸汽机中还可包含了一个小的涡轮机，从汽缸中出来的蒸汽还可以利用它的余热再推动这个涡轮机来提高整个驱动装置的效率。这个涡轮机也与船的螺旋桨轴相连。这里说到的涡轮机，它是一种可利用流体冲击叶轮转动而产生动力的发动机。它可分为汽轮机、燃气轮机和水轮机，并被广泛用于发电、运输、航海等动力装置。



蒸汽机的结构

在蒸汽机的发展中，其性能以及它的功率和效率不断得到提高。从功率上说，最初单机功率仅几马力，20 世纪初的一台船用蒸汽机的功率已达 25 000 马力。

工业革命的兴起也促进了蒸汽机的不断改进，而蒸汽机车的发展也是由于蒸汽机的不断改进而产生的。当时英国鼓励发明创造，开始有人努力地改进当时的生产设备，瓦特便是其中之一，而瓦特改良蒸


瓦特在改良蒸汽机



汽机导致的技术革命引起了从手工操作向动力机器生产转变。因此，蒸汽机的改良是有力地促成工业革命的原因之一。作为一种重要的应用，蒸汽机车是一种以蒸汽引擎作为动力来源的铁路机车。若没有蒸汽机的改良便不可能有这项交通工具的产生和发展。瓦特经过不断改进的蒸汽机成为“万能的原动机”，在工业上得到广泛的应用。瓦特研发的蒸汽技术开辟了人类利用能源新时代，使人类进入“蒸汽时代”。

蒸汽机的应用具有划时代的意义，为人类科学技术的发展做出了划时代的贡献，对生产力、生产关系、社会结构等人类社会的各个方面都产生了极其深远的影响。到了 20 世纪乃至今天也没有完全失去其作为动力机的意义。正如马克思所说，蒸汽机的发明与应用，在短时间内改变了整个世界的面貌。

蒸汽机车的发明

瓦特改进蒸汽机的工作导致新式的蒸汽机——瓦特机问世，他也开始普及这种新式的蒸汽机。这些新式的蒸汽机大大促进了工业的发展，英国也开始了工业化的进程。在瓦特机的普及过程中，也产生了一些有趣的故事。不管这些故事是有利于瓦特机的普及，还是为了抵制瓦特机的应用。

19 世纪初，在陆路交通方面，人们开始研制一种新式车辆，能把蒸汽机用于推动这样的车辆快速行进，而功绩卓著者莫过于乔治·斯蒂芬森。

瓦特发明蒸汽机后，英国人乔治·斯蒂芬森研制了第一部蒸汽机车。1814 年，他研制的第一辆蒸汽机车“布拉策号”试运行成功；从此开始，人类加快了进入工业时代的脚步，蒸汽机车成为这个时代文化和社会进步的重要标志和关键工具。

1814 年，乔治·斯蒂芬森研制的第一辆蒸汽机车“布拉策号”（以

普鲁士将军布拉策的名字命名，他曾经帮助英国打击拿破仑军队）试运行成功。在试运行“布拉策号”机车时，虽然取得了成功，但也暴露出许多问题，如噪声太大，振动强烈，蒸汽机随时都有爆炸的可能。加上在火车开动时，浓烟滚滚，车轮摩擦铁轨时火星四溅；坐在车上的人则满面烟尘，被颠得筋疲力尽。蒸汽机冒出的火焰还把附近的一些树木都烧焦了，这也许就是当时人们把它称为“火”车的缘故吧。

此后，斯蒂芬森仍然在不断改进他的发明。他在车厢下面加装了减震的弹簧，用熟铁代替生铁作铁轨的材料，在枕木下加铺了小石子，增加车头和车厢的车轮数量，把蒸汽机安装在车头以减少发生危险时的损害等。他定下的轨距为 4 英尺$8\frac{1}{2}$英寸（1435 毫米），有时称为“斯蒂芬森标准”，是世界上大多数铁路轨距的标准尺度。

1817 年，斯蒂芬森决定，他亲自主持修建从利物浦到曼彻斯特的铁路线，在这条铁路线上完全用蒸汽机车承担运输，即一条完全靠蒸汽机运输的铁路线，从此火车开始奔驰在漫长的铁轨之上。

到 1825 年，蒸汽机车已经有了相当大的改善。9 月 27 日，斯蒂芬森亲自驾驶他同别人合作设计制造的“旅行者号”蒸汽机车在新铺设的铁路上试车，并获得成功。“旅行者号”牵引着 6 节煤车、20 节挤满乘客的车厢，载重达 90 吨，时速 24 千米。这一壮观场面吸引了众多的人前来观看。铁路两旁人山人海；还有人骑着马，打着红旗走在火车前面开道。随着火车的一声鸣叫，它向全世界宣告了铁路时代的到来。

1829 年，斯蒂芬森试制成功了更为先进的“火箭号”机车。蒸汽机在交通运输业中的应用，使人类迈入了“火车时代”，迅速地扩大了人类的活动范围。

“火箭号”机车的传奇

火车刚出现不久，速度比较慢，本来就对火车看不顺眼的一些马车夫还提出了“馊主意”，要跟火车比试比试。最初，马车的确会扬扬得意地跑在火车的前头，但这将进一步激励工程人员对火车进行不断的改进。

早在 1825 年 9 月 27 日，从英国斯多克顿到达林顿的世界上第一条铁路正式通车了。斯蒂芬森亲自驾驶他同别人合作设计制造的“旅行者号”蒸汽机车在新铺设铁路上试车，并获得成功。从此蒸汽机在交通运输业派上了大用场，这同时也宣告了世界上第一列火车正式问世。斯蒂芬森的蒸汽机车使人类迈入了“火车时代”。



“火箭号”火车头

由斯蒂芬森制造并驾驶的“运动号”蒸汽机车可拖带着 33 节车厢，车厢里装载煤和乘客，而看热闹的人站满了铁道的两旁。从斯多克顿出发后，人们有的步行，有的骑马，追逐着、簇拥着这个“长龙”缓缓行驶。

1828 年，斯蒂芬森父子共同制造了“火箭号”蒸汽机车，并参加了一次比赛。当时有 3 台机车参加比赛，其中一台在比赛开始不久，锅炉接缝的地方便破裂了；另一台走了 40 多千米因汽缸破损而停驶；只有“火箭号”机车以每小时 22 千米的平均速度，牵引着 10 多吨的货物，跑完了 112.6 千米的路程，顺利地到达终点，并获得了冠军。此后，火

车运输便受到世界各国的重视，并不断发展着，直至今天。

蒸汽机车是利用蒸汽机，把燃料（主要用煤）的化学能变成热能（准确地说是内能），再变成机械能，而使蒸汽机作为火车用的动力机。它的优点是结构简单，成本低，缺点是热机效率太低，体型也显得很笨重。但是，笨重的体型能够使光滑的铁质的（机车）驱动轮可在光滑的铁轨上运行，不会出现空转的情况，机车可以拖动比其本身重得多的旅客或货物。

1829 年，乔治·斯蒂芬森之子罗伯特·斯蒂芬森设计的“火箭号”火车头在英国兰开夏郡进行的铁轨行驶测试中突破了以往创下的速度纪录。“火箭号”火车头的发动机使整个世界由一种可移动动力的机车逐步替代了绳索牵引的机械。此后，该火车头成为蒸汽机车的标准，在近百年里，这种机车可携载乘客和货物抵达世界各地。与此同时，另一款被称为“幸运”的火车头被证实性能可超越“火箭号”，但是其可靠性稍逊一筹。

在 1829 年 10 月举办的蒸汽机车比赛，以使运行可靠、速度最快的机车得奖，比赛时最高时速达到 47 千米。“火箭号”机车有两个装于锅炉两后侧的汽缸；有一对装于机车前部的动轮，动轮车轴左右各装一曲拐，互成直角，使机车动轮曲拐停在任何位置均能起动，同时乏汽从烟囱中喷出。“火箭号”重 4 吨，能牵引装载重量 3 倍于机车自重



“火箭号”



的车厢。这是第一辆初具现代蒸汽机车基本构造特征的蒸汽机车。1830年，罗伯特·斯蒂芬森又造出“行星号”机车，将卧式锅炉的内外火箱和烟箱制成一个整体，这种形式的锅炉后称为机车式锅炉。“行星号”机车的两个汽缸装于锅炉前端的烟箱下部车架内侧水平位置，称为内汽缸式机车，只有一对动轮，装在后部。运行时上下颠抖减轻。蒸汽机车的基本构造形式除广泛采用外汽缸式（汽缸装于车架前端两外侧）外，到今天，并无多大变化。

火车的发展

说到火车发展的历史，最早发明“蒸汽车”的时间，要早于乔治·斯蒂芬森40多年。

世界上第一列蒸汽机火车是1804年2月21日理查德·特拉维斯克在英伦三岛之一的威尔士展示的。

蒸汽机是靠蒸汽的膨胀作用来做功的，蒸汽机车是蒸汽机在交通工具上运用的最成功的范例。当司炉把煤填入炉膛时，煤的燃烧释放热能，把机车锅炉中的水加热、汽化，形成400℃以上的过热蒸汽，再进入汽缸膨胀做功，驱动汽缸内的活塞往复运动，活塞通过连杆、摇杆，将往复直线运动变为轮转圆周运动，带动机车动轮旋转，从而牵引列车前进。因此，蒸汽机车必须具备锅炉、汽机和走行3个基本部分。

载着蒸汽机的车子先后在英国和德国出现后，蒸汽机车有的将锅炉移到车子的中间，并罩上罩子，两头还装上几排座位；有的机车把锅炉移到车后部，而在前面坐人的地方装了一个车厢，等等。

早期的蒸汽机车，外形各种各样：有的像个压路机，有的像四轮马车，有的与原始的汽车相似……这些机车的运载能力都还不大，跑得比马车快不了多少。由于它们都是使用煤炭或木材作为燃料的，行驶时锅炉里火焰熊熊，烟气冲天，所以人们习惯上把它称为“火车”。这种烧

煤的“火车”力气很大，而且煤的价格低，来源丰富，使蒸汽机与别的运输工具竞争起来具有一定的优势。

1830 年以后，一些国家先后开始制造蒸汽机车。这个时期的机车动轮由两对或三对发展至四对、五对，甚至六对。所谓“动轮”，是指机车或其他机械上跟动力直接相连的轮子。最早使用二轴引导转向架的是美国于 1832 年制造的“乔纳森兄弟”号机车，大型机车还在动轮后面装有较小的从轮。借助于从轮，机车可装载一个较宽大和较重的火箱。

火车的转向架卡在轨道上沿着轨道行驶，转弯时转向架转动，让火车沿着轨道继续行驶。转弯时外轨高于内轨。

作为工业生产发展产物的蒸汽机车，受到一些工业发达国家的高度重视。许多国家都修铁路，造火车，很快就使蒸汽机车风靡全世界。到 19 世纪中叶，这股筑路造车风掀起了热潮，英国、美国、日本和德国，除了自己制造蒸汽机车外，感到修筑铁路有利可图，便向世界各地宣传推销，承揽修路造车工程，从而使火车得到日益广泛的应用。

20 世纪 40 年代以后蒸汽机车逐渐由较清洁及需要较少劳力的柴油机车取代，后来又出现电力机车和动车组。



蒸汽机火车头

电气化铁路最初的投资很大，但按每千米计算则是运作成本最低的。因此，只有高流量的线路才适合电气化。电气化列车可能使用高架电缆或第三轨取电。

以动力的单位千瓦除以能够牵引的重量公吨（1 公吨 =1000 千克）来计算动力机车头的效能称为牵引能力比值。比较起来，蒸汽机车效能最低，其次是柴油机车（电力传动比液力传动效益高），电力机车



相对而言就经济的多，因为不需消耗额外的动能来牵引产生动力的引擎。

从更大的范围看，牵引动能比由小排到大依序为：（客运飞机、摩托车、一般家庭的汽车、公路上跑的卡车、农用牵引机、全挂拖车、）蒸汽机车、柴油液力传动机车、柴油电力传动机车、电力机车、柴油动车组、高铁动车组、电力动车组，还有客轮、渔船、油轮等。

铁路和机车的进步

蒸汽机车在 1825 年被英国发明家斯蒂芬森发明，火车和铁路一开始就是一对分不开的“亲弟兄”。但是，铁路的发明，比火车还要早半个多世纪呢！早在 16 世纪中叶，英国的钢铁工业兴起，促进了采矿业的发展。可是，当时矿山的运输水平还很落后，全靠马拉、人背，劳动效率很低。为了多运矿石，就有人想出了一个主意，即从山上沿着山坡向下平铺两根圆木，中间大体是等距离的，一根接一根地连接到山下。当装满矿石的斗车，顺着两根圆木下滑的时候，山上的人大声喊叫着：“注意，车下来啦！”一会儿，山下的人也大声回答道：“车到啦！”这就是初期的圆木轨道。木头轨道制作简单，由上向下运送重物也很省力，一时受到欢迎。不过，如果在平地上使用木头轨道效果并不明显，没有什么优势。况且，这种木头轨道用久了，磨损很大。

到 1767 年，有人试着拿生铁来制作轨道，以取代木头轨道。这就有了“铁路”的称谓。铁轨比“木（头）轨（道）”的体积要小许多，它直接放在地面上，斗车的轮子也是铁制的，推起来还“咣咣当当”地响起来；铁轨上也能运煤、送货，还省力气。但是，斗车内装的东西不能过重。据说一次由于车子装的货太多，就把铁轨压到了地面之下的土中，结果造成了翻车的事故，险些砸伤了工人。怎么解决地面承受力的问题呢？以及如何确定铁轨的长度呢？就是在解决这些技术问题之时，为后来出现的铁路准备了一些技术条件。由于火车很重，如果能把重量

分散到枕木上，再由枕木分散到“道床”上；“道床”所受的力再均匀地分散到路基上，这个压强就变小了许多。也就是说，采取这样的措施，接触面积增大，单位面积的压力就相应降低了，路基就不会被压坏了，铁轨也就没有被压进土地之中的问题了，安全系数自然也就提高许多了。

今天的铁路仍然是根据这个道理建成的。当然还有别的问题，如“道床”应该用什么材料？造成什么样子？枕木应该多大？解决这一系列问题，就需要科技人员进行一些研究了。19 世纪初，英国铁路公司征求新的轨道设计方案，并设置数万英镑的重奖。一时间，英国、法国和比利时等国家有大量的应征者，图纸和模型堆积如山。经过评选，形成了最优的方案。简单地说，就是把铁轨钉在枕木上，枕木铺在用小石子堆成的道床上。这样，道床上的小石子可以调整铁轨顶面的高低不平，还可防止枕木移动，利于排水，保护路基。火车头牵引的车厢越多，载重越大，原来制作的生铁轨就难以承受了。用轧制的熟铁轨来代替，这种新铁轨比旧的要好，它不脆，还有些韧性，在重压下不致断裂。因此，铁轨的制作不断有新的改进，虽然形状未改，但强度已经大为提高。

火车行驶的路很长，铁轨不可能很长，通常它的长度是 12 ~ 25 米。最早的铁轨是一根紧接一根，铁轨相接时也不留一些缝隙，夏季天热，铁轨受热膨胀，把笔直的铁路“顶”得弯成个凸肚子，火车不能行驶；冬天寒冷，铁轨又收缩，导致铁轨断裂。这又迫使铁路工作者想出办法：如果在铁轨的接头之间留点“缝隙”，就可避免热胀冷缩造成的问题。至今，在初中物理课本，这仍然是一个很好的例子。然而，铁轨的缝隙接头越多，火车运行中的震动次数就越多，发出的噪声也越大。而且铁轨的裂损有 60% 是产生在接头处。为此，人们要不断地去改进……

说到蒸汽机车行驶速度的纪录，1884 年，瑞士人马立特发明关节式机车，牵引力大，1888 年建造了第一台。最大的关节式机车是“大人物号”，整体的质量为 543 吨，在时速 120 千米条件下，功率可以达



到 4400 千瓦以上。

1875 ~ 1900 年，科技人员创造了新式机车，大大提高了热机的效率。1900 ~ 1920 年由于采用蒸汽过热和给水加热等装置，机车的热机效率、牵引力和功率又有提高。

1893 年，美国一台名为“999 号”的蒸汽机车曾创下 181 千米的时速的新纪录。1905 年，宾夕法尼亚的蒸汽机车创造了 220.5 千米的时速的新世界纪录；德国的一台流线型大型蒸汽机车则于 1925 年在柏林至汉堡间的最高运行速度也曾达到 200 千米 / 小时；1936 年 5 月 11 日，德国 BR05 型蒸汽机车牵引 197 吨重的列车在柏林和汉堡之间达到了 200.4 千米 / 小时。英国伦敦东北铁路公司的“野鸭号”蒸汽机车于 1938 年 7 月 3 日，在林肯郡葛兰山至诺山郭郡彼得市的铁路上牵引六节车厢达到 202.8 千米 / 小时的速度。1946 年，美国的“大机器号”蒸汽机车为了弥补一次误点，为了要把耽误的时间追回，司机曾使车速提高到 226 千米 / 小时。这些蒸汽机车在速度方面比起当今先进的内燃机车和电力机车也毫不逊色，它们当时主要负责牵引时速达 160 千米以上的特快客运列车。虽然蒸汽火车的最高速度突破了 200 千米 / 小时，但那时的铁路系统，如路基建设和调度系统在内的各种设施还很落后，并不能确保列车高速平稳地安全行驶，所以，大多数的火车的实际运营速度是不会超过 200 千米 / 小时的。直到世界上第一条设备合格的高速铁路——日本东海道新干线投入运营之前，准高速机车仍是全球火车的主导。

在 19 世纪最先出现的机车是以蒸汽推动的。直到第二次世界大战结束后，蒸汽机车仍是最常见的机车。

蒸汽机车的速度纪录是由英国的马拉德所创下。1938 年 7 月 3 日，“4668 号马拉德”拖着 6 节车厢，在一个稍微下坡路段创下时速 203 千米的纪录。德国和美国的蒸汽机车也达到或接近了这个速度。一般认