

# 近现代技术史



中国科学院工程师协会  
中国科学技术史学会技术史委员会

1986年8月 北京

# 近 现 代 技 术 史

中国科学院工程师协会  
中国科学技术学会技术史委员会

1986年8月北京

赵小健

# 目 录

研究科学技术史的重要性和现实意义·····	谢焕章 ( 1 )
动力机械的发明和发展·····	谢焕章 ( 10 )
美国技术发展的历程和当代的产业革命·····	范岱年 ( 19 )
航空航天发展简史·····	史超礼 ( 51 )
系统论与系统工程的产生和发展·····	魏宏森 ( 74 )
日本近现代技术发展史·····	吴熙敬 ( 98 )
能源技术发展简史·····	吴熙敬 (133)
军事技术发展简史·····	吴熙敬 (160)
粒子加速器与原子能技术发展·····	王肃端 (174)
电子计算机简史和我国计算机事业的发展·····	汪广仁 (192)
近现代技术革命和产业革命及其历史经验·····	阎康年 (208)
机器人技术发展史·····	吴熙敬 (227)
冶金技术史概论·····	丘亮辉 (248)
近现代交通技术发展史·····	姜振寰 (260)
生物工程及其在国民经济中的作用·····	莽克强 (271)
封面设计·····	李向雷

# 研究科学技术史的重要性和现实意义

谢 焕 章

在我们现在的时代中，科学技术已进入人类社会活动的每一方面。工业、农业、商业、医疗……直到战争，都离不开科学技术。生产力的提高、商业的竞争能力、战争的夺取胜利等都更多地依赖于科学技术。

在本世纪初期，依靠科学技术的革新而提高生产率的只占5~20%，而现在，要提高生产率，60~80%要依靠采用新的科学技术的成果，有的情况达到100%。就是说目前工业生产要提高劳动生产率，差不多100%要依赖科学技术的新的成果。例如，美国波音飞机公司的727型喷气客机开始研制的时间，比同类型的英国“三叉戟”晚了两年，但由于波音公司采用了现代科技中计算机设计方法，缩短了研制的时间，结果两种客机同时投入使用。日本在二次世界大战后建立的五百万吨钢铁厂，需要一万五千名职工，而近几年建设的同等生产能力的新型钢铁厂，由于采用计算机控制生产过程等现代科技，只用了四千多名职工，而且产品的质量和设备利用率等都大大地提高了。

以农业来讲，第二次世界大战时期，美国一个农民生产的农产品只能养活十一人。在七十年代采用了机械化耕作、培育良种、新型肥料、新型除草剂等科学技术措施，一个农民能养活四十七个人，目前已发展到能养活七十人。畜牧业的情况也是如此，在三十年代，美国饲养一头小牛达到能屠宰的重量需要两年半时间，现在由于采用科学的饲养管理方法，达到同样重量只需要五个月。

科学技术在其他方面的渗透和影响，如国防、商业、文化、家庭生活等等都是极其广泛和深刻的。所以，如果说，在本世纪初，科学技术还仅仅是科学家和工程师们所了解的东西的话，那么，今天的科学技术已经成为促进一个国家实现工业、农业和国防事业向着现代化水平发展的重要因素。

科学技术对社会主义国家有更加重要的作用，列宁说：“劳动生产率，归根结底是保证新社会制度胜利的最重要最主要的东西。”〔1〕要提高劳动生产率，就要发展科学技术。只有掌握了先进的科学技术，实行对整个国民经济的技术改造，把农业、工业和国防事业转移到现代技术基础之上，才能大力发展社会生产，建立起社会主义的强大物质基础，满足人民群众日益增长的物质文化生活的需要，有力量抵御外来侵略，反对霸权主义。否则，社会主义就没有可靠的保证。从这个意义上说，科学技术对社会主义是一个关键性的极为重要的问题。

由于科学技术有很强的继承性和前后的连续性，科学技术史的重要性必须随着科学技术本身的重要性的增长而增长。既然科学技术对人类社会活动，对社会主义如此重要，那么科学技术史的重要性也随之变得越来越重要了。

〔1〕《列宁选集》第四卷，人民出版社1972年版，第16页。



举一个例来说，当第一颗人造地球卫星上天以后，外国科学技术史的研究经费获得大幅度的增加。人们对科学技术史的重视，是随着科学技术显示它本身的重要性而与日俱增的。

什么是科学技术史？科学技术史是关于科学技术的产生、发展及其规律的一门学科，也可以说，科学技术史就是人类认识自然和改造自然的历史，也是人类文明史的重要组成部分。

科学技术史的研究内容，是在充分占有材料的基础上，运用马克思主义作指导，对科学技术发展的历史沿革、事件、人物进行客观地科学地整理、分析、归纳和总结。研究科学技术史既要掌握科学技术的产生和发展的客观历史进程，同时要努力探索有关科学技术发展的理论性、规律性问题。以历史方法为主，并和逻辑方法相结合。科学技术史的具体研究内容主要有四个方面：

1. 科学技术是怎样在社会生产的需求下和推动下，在当时社会、经济、政治、文化和科技知识积累的条件下，在政策、教育等的影响下，产生和发展起来的，或是如何受到阻碍的，发展起来以后又是怎样施反作用于社会生产并影响当时社会生活的各个方面，这就是科学技术的发展与社会各个方面的关系。有人把这一部分的科学技术史称为科学技术的“外史”。

2. 科学技术本身的概念、原理、定律是怎样积累、继承和演化，又是怎样被新事实所突破，从而引起分化、重组、革新，进而把科学技术推向更新更高的阶段。某一门学科本身的发展有什么规律，就是研究科学技术本身过程。有的人把这一部分称为科学技术的“内史”。国外曾经有过内史派和外史派，最初的科技史主要是研究内史，如德国和法国。后来才有人研究外史。显然，应该把内史和外史结合起来同时研究。

3. 另一个研究内容是研究一个国家、一个民族、或者不同的国家、不同的民族的科学技术是怎样繁荣昌盛起来的，或者又是怎样停滞衰落下去的。一个国家的科学技术的发展，与地理条件、民族特性、社会制度、宗教信仰、对外交流、战争和文字等等有什么关系和影响。就是所谓国家史、国别史。

4. 再一个研究内容就是研究科学家、发明家的思想、品格、成长的道路，他们的治学态度、科学方法、哲学思想是怎样影响他们在科技工作中的成功或失败的。就是研究科技史中的人物史。总的讲起来，科学技术史的研究内容主要是这四个方面，即：外史、内史、国家史、人物史。

技术史也差不多，也研究这四个方面，有的还研究科学与技术的发展关系。技术比科学更加接近直接的生产力，也可以说科学是通过技术转变为直接的生产力的。所以技术对社会生产力的影响更加直接。由于技术是生产力的重要因素，因而也是历史发展的重要因素。马克思在1844年经济学哲学手稿中指出：技术史就是人类的本质力量表现的历史。技术揭示出人对自然的能动关系，意思是说技术史就是人类发挥能动作用来改造自然的历史。

目前，科技史在国际上越来越受到重视。科技史已发展成为一门独立的学科，不少国家设有科技史的系或科技史的专业，培养科技史的硕士，科技史的博士。如美国到目前为止已有三四十所大学有科技史系，日本有二十多所大学有科技史系。国际科技史学术会议从1928年开始已经召开到第十六届大会。1981年的第十六届国际科技史会议有五十多个国家1200名代表参加。1968年又成立了国际技术史合作委员会。目前出版的各种科技史学术刊物已有100种以上。在科技史出版物和专著中，出现了不少有影响的刊物和著作。美国的乔治·萨顿（George Sarton）创办的科学史季刊《爱雪斯》（Isis），从1913年创刊到现在从未间

断，它提供了极其丰富的科学史料。五十年代英国的约翰·贝尔纳（J.D. Bernal）出版了《历史上的科学》一书，是一部世界科学通史。英国学者李约瑟（Joseph Needham）编写的《中国科学技术史》，到1978年已出版了前四卷和第五卷的三个分册，是国外关于中国科技史的重要著作。辛格（C. Singer）所编的《技术史》是一套内容广泛、资料丰富的技术史著作。

为什么科技史的研究已成为一门大的专门学科，受到越来越大的重视，吸引着大批学者的注意呢？研究科技史究竟有什么现实意义？科技史对我国的四化建设究竟有什么实际用处？这一个问题目前并没有被每一个人所理解。一个单位要成立研究科技史的机构，要派专人研究科技史，或者要开设科技史的课程，这个单位的领导首先要问：研究科技史究竟有什么用处、有什么实际意义？科技工作者、组织管理人员、工厂、农村的技术人员究竟为什么要学习和研究科技史？这一个问题是目前要进一步广泛深入地开展科技史研究必须首先解决的重要问题，就是研究科技史的目的性何在。国外有些人研究科技史是为了个人兴趣、爱好，一位美国研究技术史的学者说他研究技术史为了娱乐（fun）。我们当然不能这样，我们的一切工作都应该围绕实现四化，为了建设社会主义祖国，完成新的历史时期的总任务。

研究科技史究竟有什么现实意义？对目前的四化建设究竟有什么实际用处？我想提出几点看法与同志们共同商榷：

#### 1. 研究科技史有助于国家制定科技发展规划，科技路线，科技政策。

历史上，世界各国对科学技术的发展路线的决策差异很大，效果也不同。研究各个国家历史上各个时期的科学技术发展的特点，了解各国科学技术发展的特殊性，吸取别的国家正反两方面的经验，作为制定我国科技路线和方针政策的借鉴，有利于制定正确的全面发展规划、路线和方针政策。例如各国在处理科学——技术——生产的相互关系上，各国的决策差异很大。有的认为“科学必须先于技术”，讲来似乎也有道理。但日本是首先重点发展技术，取得经济上的繁荣、再发展科学。过去日本得诺贝尔奖金的很少，但二次战后的短短的二十年中，日本从一个战败的小岛国迅速发展成一个经济大国。他们对我国去日本访问的学者说：“你们不久将看到日本将出现不少诺贝尔奖金获得者”。日本是有意识地先发展技术，再提高科学水平。再从历史上研究可以发现：一个国家科学研究活跃的时代，正好都是在经济上繁荣的时代。例如：19世纪上半叶时的英国，19世纪下半叶到20世纪初的德国，20世纪中叶的美国，都是这样。这个历史规律值得重视。的确，理论科学再重要，如果没有经济力量和技术力量的支持和创造条件，怎么能进行高水平的科学研究呢？例如，历史上如果没有在技术上制成水银温度计，怎么能进行发展热学的研究？如果没有在技术上制成望远镜，怎么能研究天文学？当然，一个国家制定发展科学技术的基本路线和全面的规划，必须根据本国的国情、时代的特点、国际的现状等来全面分析，也需要不断调整发展科学技术的政策。但历史上别的国家在科学技术方面成功的经验和失败的教训，无疑对我们是很有参考意义的。所以，研究科学技术史不是可有可无的小事，而是涉及到制定国家科学技术发展路线和发展规划的具有深远战略意义的大事。所以，在给中央书记处安排的讲课中，第一讲就是请钱三强教授讲科学技术的发展历史。

2. 研究科技史，了解历史上科技发展与科技人才的培养、教育和使用的关系，有利于制定人才规划，有利于正确对待科技人员和落实党的对知识分子的政策。

科学技术本身的发展规律固然要研究，对掌握科学技术的人（即知识分子）的培训和使

用的历史经验也应该研究。因为科学技术的发展与科技人员的培训和使用有非常密切的关系。

科技发展的历史经验表明：什么时候社会尊重知识，尊重知识分子，在学术领域里实行自由探讨、百家争鸣的方针，什么时候科学就发展，学术就繁荣；相反，什么时候歧视甚至迫害知识分子，在学术领域里实行专断，造成学术空气一片死寂，什么时候科学技术就会停滞，甚至被窒息。

在西方历史上，古希腊著名学者柏拉图、亚里士多德等举办学园，集中了一批优秀人才，能够比较自由地探讨各种科学问题，古希腊就成为奴隶社会科学发展的最高峰。在中国历史上，春秋战国时期诸子百家各抒己见，汉朝和唐宋当时学术空气比较活跃，就为学术繁荣提供了较好的社会条件。一般来说，科技获得发展的国家和时代，对科技人员都采取保护、支持和奖励的政策。资本主义上升时期，西方的一些统治者如俄国的彼得大帝，德国的斐德烈大帝、法国的路易十四和拿破仑都十分重视和奖励科学技术工作。如意大利科学家伏打发明了伏打电池，法国的拿破仑就授予他奖金和勋章。

相反，历史上有的反动统治者把科技人才烧死，如意大利的布鲁诺；有的遭到终身监禁，如伽利略。二次大战前，希特勒纳粹疯狂迫害犹太科学家和有进步倾向的科学家，如爱因斯坦、玻尔、费米、约里奥·居里等人，使大批德国和欧洲的优秀科学家流亡到了美国，严重影响了德国科学的发展。二次世界大战后，朝鲜战争期间，美国推行麦卡锡主义、非美活动委员会疯狂迫害有进步倾向的科学家，严重影响了美国科学技术的发展。1957年苏联一颗人造卫星上天，美国的相对落后，这是其中的原因之一。日本的经济和技术得到很快的发展，与培养大批的技术人员和搞应用科学的人才有关。历史上对待科技人才和知识分子各式各样的态度和方式。有的把科技人才烧死，有的把科技人才终生监禁，有的科技人才被封官当贵族。一般来说，科技获得发展的国家和时代，对科技人才都采取保护、支持、奖励的政策。历史上在这一方面的成功和失败的经验和教训，我们都应该吸取，这样就能正确地理解，自觉地执行党对知识分子的政策。

3. 研究具体学科的发展历史，可以归纳出这一学科的发展规律性，研究历史上出现过的生长点和技术突破，有助于我们预测未来发展，选择科研方向，确定主攻目标，为四化直接作出贡献。

科技工作者研究具体学科的发展历史，可以总结前人的思想、见解、发展途径和经验教训，可以归纳出这一具体项目的发展规律性，发展主流和趋势。由于科学技术有很强的继承性，过去的发展规律性结合当前的现代资料往往可以预测未来的发展方向。

现在举一个具体的例，我国的四化建设需要一种体积小马力大的高性能发动机。向那个方向去研究？选择什么样的技术道路？我们首先学习和研究了内燃机的发展历史，内燃机是经过那些台阶发展起来的，我们发现内燃机的热力学循环的改变可以大幅度地成倍地提高内燃机的功率和效率。我们又从数据上来分析各个参数的变化，以年代作为横坐标，各种参数作为纵坐标，画出各种曲线，发现一个参数——平均有效压力随着年份增长得很快，于是我们归纳出提高平均有效压力和改变循环的发展方向。具体的技术途径，我们结合当前的情报资料，采用高增压和超高增压的技术途径。目前这一科研项目在理论上和试验上都取得了阶段性的成果。180马力的试验内燃机已经发出了540马力。这就是研究技术史，确定科研方向，对四化直接起作用的一个具体实例。说明了解过去，可以懂得现在，有助于预测未来。

4. 研究技术史，可以从历史的观点来分析和评价各种拟议中的新产品，从而判断该项新产品是否值得投入人力物力进行试制，这与直接的经济效益有关。

近年来，科技人员和群众提出各式各样的新设计新产品，其中有些是值得试制和采用的。有些是不应该浪费人力物力进行试制的。如何鉴别哪些新设计可以试制，哪些不应该浪费人力物力。如果研究了有关的技术史，就可使人们心明眼亮，可以从历史的观点和发展规律来分析这项新设计是否有发展生命力，详细查阅一下有关的技术史，也可能发现历史上早就出现过这种或类似这种设计，并且已被历史所证明是不成功的。或者从历史规律分析这种新设计是没有发展生命力的，从而避免大量人力物力的浪费。

举一个例来说，近年来出现了各式各样的内燃机新设计，有摆盘式的、有无曲轴的、有无连杆的……等等，统称为特种内燃机。这些特别设计的内燃机有没有发展生命力，该不该投入人力物力进行研制，这无疑是很现实的实际问题。凡是新出现的东西是不是都有发展生命力？都可称为新生事物？不加区别地都投入试制？研究历史过程可给我们答案。回顾动力机械的发展历史，第一台内燃机刚出现时，它的热效率只有4%，而当时已充分发展的蒸汽机的热效率已经达到6~8%，是否说明内燃机不如蒸汽机？我们必须透过表面现象而分析它的本质。第一台刚出现的内燃机尽管它的热效率较低，但它却是第一台用“内燃”的原理的动力机械，内燃从本质上是优于外燃的，而蒸汽机是外燃的。由于第一台内燃机具有本质的优越性，虽然指标数据上暂时落后，但却具备发展生命力。所以，新出现的东西中具有本质上优越性的东西，才是有发展生命力的新生事物。例如，旋转式蒸汽机（不是指蒸汽轮机）曾有不少人提出过，现在还有人提出。但那是历史上早就有过，被证明已失败了的设计想法。因为它在原理上，热力学过程上没有新的内容，结构上的改变又引起了一般旋转式机械都具有的泄漏和磨损的问题。所以它不是具有本质上优越性的事物。去年有人提出无连杆内燃机，已经转起来了，也有一些试验数据。如果从历史的观点和发展规律来分析这种无连杆内燃机，可以观察到这种内燃机的热力学循环仍是旧的，并没有本质上的优越性，结构的改变又引起了其他结构上的很难克服的缺点。因此，除特殊应用场合外不会受到普遍采用，所以不建议投入大量人力物力进行试制。

再例如，近年来曾掀起一股试制三角活塞式转子内燃机的风，过去我国有180家工厂和研究单位进行试制，一哄而起，争先恐后，但现在又纷纷下马，目前只有三家尚在勉力维持。如果认真的研究一下技术史，从历史发展规律来分析三角活塞式转子内燃机，热力学循环仍是旧的，燃烧时间更短，有毒气体更多，不符合时代的需要。结构上的改进又带来了一般历史上都出现过的旋转式机械的磨损和泄漏问题。并且不能制成大型的，因大尺寸的三角转子将造成极高的直线速度。所以三角活塞式转子内燃机既不具备本质上的优越性，又不符合当前社会生产的需求。本来是不应该上马进行研制的。研制一种新的发动机，即使是小型的一般也需要5~10万元经费，如果以6万元计算，180家要消耗掉一千万元的试制费。如果研究过技术史，有这方面的历史知识，就不会一哄而起，盲目进行研制，浪费这么多宝贵的试制经费。这是直接与经济效果有关的事，不仅技术人员应该研究技术史，领导干部也应该学习技术史，要有充分的历史知识，否则一出现新东西，就以为都是新生事物，不加区别地给予支持，就会给国家造成很大的浪费。

今天在座听讲的听说有不少是工厂来的，在你们进行技术革新，搞新产品的时候，建议你们一定要化足够的时间学习和研究一下有关的技术史，免得走弯路造成经济上和时间上的



损失。还建议你们招聘一些研究技术史的人员为你们工作。在美国，学习技术史的毕业生是不会失业的（尽管学其他历史的毕业生会失业）。所以，在这方面下一定的本钱是十分必要的。

5. 研究技术史，可以对引进国外的新技术新产品，有一个指导，哪些该引进，哪些不该引进，引进以后会有什么样的社会效果，原封不动的引进还是作必要修改的引进。

科学技术史表明，原来相对落后的国家赶上并超过先进国家的最重要手段之一，就是重视技术引进；相反，采取闭关自守、拒绝国际间科学技术交流的政策是极其愚蠢的，其后果只能是甘居落后。例如，苏联在三、四十年代迅速实现社会主义工业化建设的重要原因之一，就是把技术引进作为一项国策。西方一些学者认为：1930~1945年间，苏联的技术几乎全部是从西方国家引进的，苏联约有2/3的大型企业是由美国的帮助或技术援助下建成的。日本战后工业的起飞，更是一个技术引进促进工业发展的一个典型例子。

目前，我国为了加速社会主义建设的步伐，正在大量的引进外国的先进技术和先进产品。在这一方面，也必须有历史知识，过去历史上的技术转移，引进别国技术，有些什么问题，有什么经验教训，当然很值得我们借鉴。

同样一个技术，在不同的国家，由于国情不同，条件不同，技术所起的作用也不同，效果也不同，不能教条地、原封不动地引进外国的技术和产品。举一例来说，蒸汽机首先是在英国发明的，在英国的主要用途是在煤矿排水。美国引进了英国的蒸汽机，但美国并没有煤矿排水的问题，当时美国森林很多，燃料主要烧木材，少数煤矿煤层也很浅，不存在煤矿排水的问题。美国地方大，运输问题比较突出。美国和社会生产的需求不同，所以蒸汽机用于船上而形成的轮船发明于美国。当时美国把笨重的蒸汽机用于船上曾作过不少技术上的修改，而不是原封不动的引进蒸汽机。

再举一个例，蒸汽机车发明于英国，英国国家小，铁路短，铁路两旁是用铁丝网围着的，机车燃料用煤，森林很少。在美国情况不同，国家大，铁路长，两旁无法用铁丝网保护而是敞开的，机车燃料用木柴，美国的森林很多。结果木柴的火星从烟囱冒出烧着了森林。机车在敞开的铁道上撞上了牛，造成翻车事故。后来对机车作了技术上的修改，对烟囱和烟道作了改进设计，增加了防止火星冒出的装置，同时在机车前端装了一个能铲掉牛等障碍物的架子。

历史的经验和教训告诉我们，引进别国的技术和产品，必须结合本国的具体情况，作必要的技术修改，并且同样一个技术，在不同的国家引起的社会效果是不同的。例如，D.D.T.这个技术，在美国因影响食物链而早已被禁止使用了。而在印度引进了这项技术以后，使成千上万死于疟疾的人减少到只有原来死亡人数的十分之一。再例如小汽车这个技术在西方社会给人们带来很多方便，但引起的社会问题却十分严重。交通阻塞，每年死于汽车交通事故的人有成千上万，由于汽车而引起的道德败坏和犯罪事件急剧增加。有的美国人说：“在美国，不是人类控制技术，而是技术控制人类了”。技术对社会影响的历史教训，“前车之鉴”我们当然应该吸取。

引进外国技术和产品时的问题是比较复杂的。近几年我国引进了不少外国技术和产品，但其中不适合我国具体条件的引进而造成的浪费并不是个别现象。如果事先充分研究一下技术史，技术转移史，技术对社会的影响，技术对技术的影响和联系，有充分的历史知识，这些浪费本来是可以避免或减轻的。

6. 研究科技史，还可以发现历史上有一些科学原理和古老技术在现代仍有实用意义，可以直接用于四化建设。

举几个具体的例：在秦始皇陵墓里出土的兵器，表面有一层含铬的黑色致密的表层。两千多年也没有腐蚀。经专门人员研究和试验，确有很强的抗腐蚀的性能。另一方面现代核工业所产生的核废料，往往用多层材料包复，外面再用不锈钢材料包装。沉入5000米深海，或者埋入深坑，但是不锈钢时间长了还是要生锈腐蚀的，而我国秦代的兵器却两千年不腐蚀。这个技术就可以古为今用，直接用于现代建设。

另一个例是关于建筑技术的。人类的建筑活动历史久远。世界各地保存有丰富的古代建筑和古代建筑遗迹。埃及的金字塔，伊朗帕塞里斯的古代宫殿，古代印度河流域的谟亨约—达罗城，希腊的雅典卫城、古罗马的斗兽场，欧州各地中世纪的教堂，至今使人们惊叹不已。在中国，1300年前砖造的河南登封嵩岳寺塔，高40米，至今巍然屹立。山西五台山佛光寺唐代木构大殿，现在还保留得相当完好。公元1056年建造的山西应县木塔，总高67米，经历900多年的风雨侵袭和地震的严重考验，至今仍基本完好。现代建筑要求能防震，如单纯加强用材，成本要大幅度增加。既经济又能抗震的建筑技术当然是四化建设的需要。在唐山大地震时，蓟县离唐山不远，受到的破坏较大，但有一个辽代的建筑基本未受损坏。研究古代建筑能抗震的技术原因，就可以把古代建筑技术中的有益部分或者有益的思想用于今日。据说中国古代建筑中木柱子与石柱基础的关系可以起隔震的作用，把建筑物与地震震源隔开，使地震力传给建筑物的能量大大减少。在中国古代木构建筑中处于梁和柱交接点上的斗拱，是一种起阻尼作用的装置，能吸收地震的能量。斗拱是建筑上的耗能节点，可使建筑有良好抗震性能，并且使木构建筑的寿命加长，中国的木构建筑的寿命往往可超过一千年。据说中国应县木塔的结构体系，是高层建筑中抗震性能最好的一种体系。这些建筑技术、建筑原理、建筑思想都可以古用于今。

再一个例是关于发展水电建设的。我国水力资源世界第一，但只利用了3%。发展水库建设当然是为目前的四化建设服务的。例如长江三峡地区有优良的高坝条件，可兴建大型水库。有一篇古代技术史的研究报告，研究了历史上从公元100年到1896年之间三峡地区的山崩规律，统计了历史上山崩的时间、次数、地点，研究了山崩与岩石性质的关系，与地质、地震、久雨、暴雨的关系，研究了历史山崩再现的间隔时间等等。这对于选择水库位置，计划水库的形状和范围有现实意义。

事实上，不少科学家发明家的发明创造与历史上的一些有价值的资料有关。历史上许多有关天文、气象、地质、地震等等现象的记载资料，直接可用为现代的研究服务。还有一些科学家利用历史上某些科学家的实验现象来进一步研究和发现新的内容，取得新的研究成果。例如英国化学家拉姆塞和瑞利在测量空气中的氮气的时候遇到了一个不溶解的小气泡，他们查了历史上类似的实验报告，发现18世纪化学家卡文迪许所做的实验中也有同样的记载，这就使他们集中研究这小气泡，用光谱分析这小气泡，结果发现这个小气泡不是别的，就是氦气。

科学技术历史上出现过的假说、难题、实验现象、数据、未完成的研究和产品等等，往往可以激发后来人继续研究，帮助后来人得出研究成果。这是古直接为今用。

7. 研究科学技术史，了解历史上科学家发明家的生平和思想，了解他们走过的道路，可以学习和借鉴他们的治学态度、指导思想和研究方法。从他们的成功的因素中获得启示，

从他们失误的原因中吸取教益，从而激励科技工作者搞发明创造的积极性，提高理论思维的水平 and 科学研究的能力，增进科技工作者的才识。一句话，研究科技史，有利于科技队伍的建设和培养，特别是思想建设。

科技史研究的一个重要内容是历史上杰出人物的工作、思想和为人。这些科学家和其他方面的历史中人物一样，都免不了有自己的缺点，错误和时代的局限性。但是，一般来说，他们身上有很多高贵的品质，且不说文艺复兴前后为科学真理而献身的科学家，如布鲁诺、塞尔维特，他们用自己的生命谱写出近代科学生长时期可歌可泣的历史；就是在近现代科学史上，生活一帆风顺的科学巨匠，他们都很重视自己的品德修养，因而成为德高望重的科学伟人，成为科学道德的典范，成为鼓舞和激励人们向科学进军，创造人类物质文明和精神文明的表率。1935年居里夫人逝世了，爱因斯坦在纽约的悼念会上说：“在象居里夫人这样一位崇高人物结束她的一生的时候，我们不要仅仅满足于回忆她的工作成果对人类已经作出的贡献。第一流人物对于时代和历史进程的意义，在其道德品质方面，也许比单纯的才智成就方面还要大。即使是后者，它们取决于品格的程度，也远超过通常所认为的那样”。居里夫人是钋、镭等放射性元素的发现者，是现代物理学的先驱，两次荣获诺贝尔奖金，她的名字记入了科学史册，值得人们敬仰。但是她对科学献身的精神和崇高的道德情操更是鼓舞着一代又一代的青年不畏艰险去攀登科学高峰。

在科技史上，还可以看到不少科学家发明家的发明创造直接与他们研究科技史有关。美国飞机发明家莱特兄弟就是在研究过去试图飞行的历史以后，激发他们的创造活动的。

前面提到过的第一台内燃机的热效率比蒸汽机还差的历史事实和后来的发展过程，告诉人们要透过表面现象而分析事物的本质，具有本质上优越性的事物才有发展生命力，也是对科技人员的思想建设有好处的。

8. 管理人员学习和研究科技史，有助于提高科学技术的组织管理工作水平。

科技组织管理工作的好坏直接影响科技工作的成败。英国科学家贝尔纳说：科学的组织管理工作是“科学中的科学”。美国把二次大战后一些年份里的迅速发展归于两个因素：①科技的迅速发展及其成果的扩大应用；②科技组织管理工作经验的成熟。有人把组织管理工作通俗化的四个M代表：人员（Man）、机器设备（Machine）、材料（Material）、资金（Money）。只有了解科技的发展历史和发展规律，才有可能做好科技组织管理工作。历史上成功有效的组织管理方法可以作为今天的借鉴。例如，多种力量联合攻关的成功经验等等。

9. 学习和研究科技史可以进一步验证、丰富自然辩证法和马克思主义哲学。

恩格斯说过：“要用自然科学的长期持续的发展”来证明世界物质的统一性。

列宁指出：“辩证法的正确性也必须由科学技术史的精华来检验”。又指出：“要继承黑格尔和马克思的事业，就应当辩证地研究人类思想、科学和技术的历史”。

恩格斯还说：“在从笛卡儿到黑格尔和从霍布斯到费尔巴哈这一长时期内，推动哲学家前进的，决不象他们所想象的那样，只是纯粹思想的力量。恰恰相反，真正推动他们前进的，主要是自然科学和工业的强大而日益迅速的进步，在唯物主义者那里，这已经是一目了然的了”。恩格斯这里讲的自然科学和工业，是把技术包括在内的。这是他详细地考察了17世纪英国的经验主义哲学、18世纪法国的唯物主义哲学、18世纪末和19世纪初德国的古典哲学同自然科学史、技术史的相互关系之后才作出的科学结论。

恩格斯还说过：“事情不在于把辩证法的规律从外部注入自然界，而在于从自然界中找出这些规律并以从自然界里加以阐发”。遵循恩格斯的这一思想，我们不仅要从自然界中，而且要从技术及其历史发展中“找出”并进而“阐发”辩证法规律。

科技史中确实有不少内容，如先进和落后的演变历史，社会生产技术矛盾的演化过程等等，可以进一步丰富自然辩证法。加强哲学和自然科学、技术科学的联系，有利于促进我国科技事业的前进和繁荣。

10. 学习和研究科技史，有利于科技普及和提高全民族的科学文化水平。学习和研究中国科技史有利于我们树立民族自豪感，增强四化建设的信心。

学习科技史有利于青少年的培养工作。帮助他们懂得现实世界的发展过程，使他们逐步建立历史观点。科学普及工作也需要大量的科学技术史的知识，给合历史事件和历史人物，可以生动地讲清科技知识，了解过去，有助于懂得现在。一个民族缺乏历史知识不可能成为科学文化高水平的民族。

学习和研究中国科技史，了解我国古代科技的辉煌成就，使我们可以毫无愧色地立于世界民族之林，增强热爱我们社会主义祖国的爱国心。但是我国古代辉煌成就中的某些部分，却得不到国际上的公认，例如：火炸药的发明和铜鼓的发明等，国际上至今还没有普遍承认是首先在中国发明的。所以研究中国科技史的另一任务是用充分的历史事实根据，向国际上论证火炸药和铜鼓等是中国首先发明的。把被歪曲了的历史端正过来，恢复历史的本来面貌，争取中国应有的荣誉，也是振兴中华的一个方面。



# 动力机械的发明和发展

谢 焕 章

在人类进行生产活动所利用的机械中，主要有生产机械、输送机械和动力机械三大类。而动力机械是使其他两类机械赖以维持运转的原动力。正如马克思在《资本论》中说：“一切已经发展的机器，都是由三个本质上不同的部分——发动机、传动机构和工具机或工作机——构成。发动机是整个机构的动力。”<sup>①</sup>所以，动力机械可以说是人类社会进行生产活动的最基本的和必不可少的原动力。一个国家的国民经济水平和技术发展的高度在一定程度上可以按每人每年平均所消耗的动力来衡量。在我国所进行的社会主义建设事业中，动力机械的发展，动力技术的提高，能源的充分利用，将对我国四个现代化起十分巨大的作用。研究动力机械的发明和发展的历史，归纳动力机械技术发展的规律，分析动力机械的发明与时代的关系，动力机械技术与其他技术的关系，动力机械的出现与社会生产和发展的关系等等，将有助于我们学习马列主义和历史唯物主义，有助于我们认识当前动力机械的现状，有助于我们分析出动力技术发展的趋势和选择科研方向。本文因限于篇幅，将只介绍动力机械发展史中最简要的部分，和作一些最基本的分析讨论，诚然是很不全面的。

## 一、古代的动力和动力机械

在人类驯养野兽来为自己工作以前，人类唯一可利用的动力就是自己的肌肉。虽然，人在劳动时肌肉所发出的动力是很有限的。但是，劳动却把人类从猿类区别出来。“劳动创造了人本身。”<sup>②</sup>一个人劳动时，他的肌肉所能发出的动力虽然很小，但很多人集体劳动时，却能形成很可观的动力。在古代，往往利用集体来修建高大的宫殿、庙宇等。举世闻名的万里长城就是集体劳动的伟大结果。公元前2000年古埃及曾用大量人力来修建高大的偶像。

人类驯养动物最初是为了食用，首先是养狗和养羊，后来又驯养野牛、野马和野鹿。随着农业生产的开始发展，人类利用驯养的动物来代替人的劳动和生产出较多一些的食物，就是人类第一次利用人的肌肉以外的动力来发展生产。马克思说：“兽力的使用是人类最早的发明之一”<sup>③</sup>随着人类战胜野兽，人口不断增加，粮食需要随之增多，就发生了利用兽力来增加农业生产的需要。人类利用兽力作为生产用的动力的最初方式是牛拉犁。郭沫若根据对甲骨文的研究，推断在我国殷代武丁时期已经用牛拉犁了。武丁时期是公元前1324—1286年。牛拉犁的发明使原来用大批人力集体掘地的生产方法不适用了。牛拉犁技术的逐渐传播使用，使开垦大片耕地成为可能。人类自身以外的动力的发现和利用，就引起了生产技术和

① 马克思：《资本论》第一卷，第396页，人民出版社，1963年版。

② 《马克思恩格斯选集》第三卷，第508页

③ 马克思：《资本论》第一卷，第395页，人民出版社，1971年版

社会结构的变革。大约在公元前五世纪的时候，我国春秋时期，越来越多的牛拉犁生产技术的使用，促进了大片荒地的开垦和农业生产的发展。奴隶主强迫奴隶开垦井田以外的荒地，出现了大片私田。私田的出现促使统治者实行按亩数收税的规定。私田的主人逐渐改变了井田制的剥削方式，令种田人交纳收获物的大部分作为地租。这样，占有私田的奴隶主贵族就转变成封建地主，原来耕种井田的奴隶转变为农民。人类第一次动力的发现和利用，牛拉犁的出现和广泛使用，在促使井田制的瓦解、奴隶制的衰落和封建制的兴起中起着重要的促进作用。

汉武帝时，公元前140—87年，由于连年用兵，需要大量增产粮食，竭力推广牛耕和马耕，使畜力大规模地用于农业生产，加上铁制农具广泛使用等农业技术的出现，使当时我国的农业生产获得了前所未有的发展。汉武帝任用赵过向全国推广“用藕犁，二牛三人”<sup>①</sup>的牛耕法。用二牛挽一犁，由三人操作。用较大的拉力可达到深耕的目的。云南省的某些少数民族地区不久前还残留着二牛三人的牛耕法。随着驭牛技术的逐渐提高和活动式犁箭的发明，至迟在西汉晚期已发展到一牛一人的牛耕法，较前轻便省力。

至于在西欧，情况是不同的，随着地区和具体条件的差异，历史的发展过程也不同。在西欧，直到罗马帝国末期（约公元500年左右），人力还是人们普遍可以使用的唯一动力，在那以前，虽然也作过利用牲畜动力的企图。但由于当时不了解牲畜身体的构造，所做的挽具往往使牲畜的肌肉的动力发挥不出来。原始的马具压在马的气管上，马不能充分呼吸，牲畜的肌肉动力当然不能充分利用。在罗马帝国末期以后，欧洲和小亚细亚都缺乏奴隶，人们不得不寻求其他动力来源，直到公元1000年，西欧人才大量地利用牲畜动力来帮助人劳动。

古代利用牲畜动力来发展生产，除拉车驮载等运输外，主要有三方面的利用：一、是利用牲畜力来耕田和播种；二、是利用牲畜力来磨面、碾米和舂谷；三是利用牲畜力劳动带动翻车和筒车来灌溉田地。

人类利用自然界的风作为动力是很早的事。最初是用风来推动船只前进。约5000年前，古埃及人首先在尼罗河上扬起了原始的船帆。当时的所谓帆不过是一些较大的棕叶，或者用芦苇等编成的席子样的东西，这样的原始帆虽然十分简陋，却是人类第一次利用无生命的自然界动力来为自己服务。在我国古代，相传在夏禹时代（约公元前2100多年）已经有了帆船，《物原》上说：“夏禹作舵，加以蓬碇帆檣”。在甲骨文里，“凡”字的样子很像帆，可能“凡”字是“帆”字的原始字，后来因为用布帛之类制成，才加上一个“巾”字旁。后汉刘熙所著《释名》上已明确地说明“随风张幔曰帆”。所以，我国利用风力来为人们服务也很早就有了。

把直线方向的风力转变成回转的动力而形成风车，在人类利用风力方面是前进了一大步。在我国，风车在汉墓的壁画上已经出现，并且在河南济源县西汉晚期墓葬中出土有陶风车明器，用转动的叶片产生风来吹净谷物。可见我国至少在1700年以前已经发明了风车。在动力用风车技术方面，我国有独特的立帆式风轮。《天工开物》上有“扬郡以风帆数扇，俟风转车，风息则止”。图1为这种立帆式风轮的示意图。

<sup>①</sup> 《汉书·食货志》

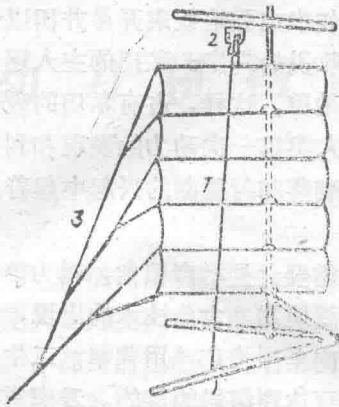


图 1 立帆式风轮

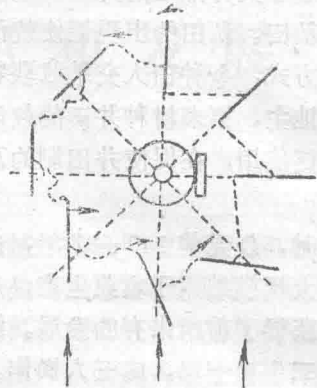


图 2 立帆式风轮工作原理图

这种立帆式风轮的设计非常巧妙，当任何一帆转到顺风的一边时，帆能自动地与风向垂直，得到最大推力和扭矩。当帆转到逆风一边时能自动地与风向平行，受到最小的阻力。工作原理如图 2 所示。图中用八个船帆，各偏装在一个直立的杆上，外边只有一小部分，里边有一大部分。各帆的上端正中捆结有绳索 1，经过滑轮 2 下行而捆住在下部的横杆上。各帆的里边用绳 3 拉着，绳 3 的长度以帆面与风向垂直时正好能使绳拉紧为度。当帆转到逆风一边时，绳 3 松曲，帆面即处于阻力最小的与风向平行的位置。故无论风从那个方向吹来，风轮总是向同一个方向旋转。当风力太强时可以松开绳使帆落下一段，从而保证风轮不致因转速太高而受损坏。我国在明代以前就有如此巧妙的设计，这在世界上是独一无二的。

在欧洲，风车的发明和利用要晚得多。英国麦克唐纳丛书《人类改造自然》书中承认，大约在公元 1000 年才发明风车。用风力作为动力，主要用于磨粮食和排水灌溉。荷兰利用风车排水较多，风车对于荷兰经济的发展，曾经起过重大的作用。马克思在《资本论》中写道，“一部分因为缺少急湍下流的水，一部分因为要与洪水作斗争，所以荷兰人不得不用风作为动力。……在德国，风磨的发明，曾在贵族、牧师和皇帝之间，引起一次有趣的争论：在三者中，风是谁所有的。……1836 年，荷兰仍然有 12,000 个共有 6,000 马力的风车被利用，使全国三分之二的土地免得再转化为沼地”<sup>①</sup>

人类利用水力来作为生产用的动力，在历史上比利用风力广泛得多。在我国 2000 多年前的前汉的著作中已有记载，桓谭所著的《新论》中有“伏牺之制杵臼，万民以济。及后人加巧，因延力借身重以践碓，而利十倍杵舂。又复设机关，用驴骡牛马及役水而舂，其利乃且百倍”。役水而舂就是指的利用水力来舂米的水碓。《后汉书》卷一百七西羌传中也有记载“水春河漕，用功省少而军粮饶足”。水春就是指的碓。《南史》卷七十二祖冲之传中有“于乐游苑造水碓磨，武帝亲自临视”。汉代前后我国利用水力作为原动力的方式是多种多样的，不仅有水碓和水磨，还有用水力作为天文仪器的原动力。用水力拉动风箱以鼓风冶铁，称为水排。东汉初年，南阳太守杜诗使用水排于鼓铸，效果是“用力少，见功多，百姓便之”。后来还有水力扬水机械，利用水力来把水位提高，用来灌溉和排水，所谓水转筒车

① 马克思：《资本论》第一卷，第 398 页，人民出版社，1971 年版

和水转翻车等就是水力扬水机械。在那么早的时代甚至已有利用水力作为原动力来带动纺纱机进行生产的发明，在王祯农书上有“水转大纺车”的记载。

大量资料说明，汉代前后水力的利用有较大的发展。前面说过，牛拉犁生产技术的出现，促进了井田制的瓦解和从奴隶制到封建制的变革。另一方面，新的社会制度又反过来为生产的继续发展创造了条件。汉代前后社会生产力的发展，畜力和水力的利用和发展，正是说明了社会制度和生产关系与生产技术之间的关系。同时，一种生产技术的改进往往又引起另一项生产技术和前进。例如牛拉犁和铁制农具的生产技术促进了农业生产的提高，而铁制农具需要冶炼铸造，又引起了畜力鼓风技术的出现和发展。

在西欧，由于奴隶社会的延续，阻碍了生产技术的发展。在水力的利用方面，虽然罗马人维特鲁维安制成了下冲式水磨，但没有在社会上广泛采用。直到公元500年左右，罗马帝国衰亡，奴隶劳力缺乏时，社会生产发生了能源的需求时，水力在生产行业中才获得广泛的应用。此后的一千多年，水力迅速成为抽水、磨坊、制革、冶炼、轧石、纺织、锯木等生产过程中的主要动力来源。马克思说：“再说水力的应用，那在大工业的发祥地英国，甚至在手工业制造时期，就已经占了优势……但用水力作为主要的动力，必然会碰到种种困难，它不能随意增加，在缺乏时不能补充，有时全然没有，最重要的是，它纯然是地方性质的”。<sup>①</sup>这些困难和局限性，在蒸汽机发明以后，就基本上得到了解决。

## 二、近代动力机械的大发展

自从十字军东征以后，欧洲的封建势力受到一定程度的削弱，资本主义工商业逐渐兴起。英国在十五世纪末开始的圈地运动，把分散的耕地变成相对集中的牧羊场，以适应当时羊毛上涨和毛纺织业发展的需要。这种大规模的圈地运动和对国外殖民地的掠夺，形成了英国资本原始积累的基础。在圈地运动中被剥夺了土地的农民，又形成了大量可供雇用的劳动力。加上当时航海事业的发展而引起的海外市场的扩大，使英国的社会生产具备了从分散的手工业作坊向大机器生产的方向发展的条件，当时生产上的矛盾首先是从生产所需的燃料问题引起的。

在十六世纪和十七世纪的时候，森林的砍伐速度远比自然生长的速度快，木材越来越不够用。在1500年到1640年之间，英国木柴的价格增加了八倍，而一般物品的价格只增加三倍。煤作为燃料变得越来越重要，逐渐成为社会生产用的主要燃料。由于从木柴到煤的更迭，极大地促进了煤矿的发展。煤矿成倍地增加，并且越来越向深处采掘，引起矿井内的排水问题越来越困难，成为当时生产上急需解决的技术问题。英国在1561年到1668年之间的所有全部发明专利中的四分之三是直接或间接与煤的工业有关。其中14%的专利是属于提出从煤矿排水的方法和机械。煤矿排水的问题基本上就是一个寻找廉价和适用的动力问题。因为排水的机械很早就有了。当时有些煤矿用水力和风力来带动排水机械，但是很多矿区往往在当地没有水力和风力这种自然动力可利用，所以在十六世纪和十七世纪，矿井排水的主要动力是用马。例如，在1556年，德国一个金属矿是用93匹马去拖动排水机械的。十七世纪末，英国的一个矿用500匹马去拖动排水机械。大批马的喂养管理费用是昂贵的。所以，廉价和

<sup>①</sup> 马克思：《资本论》第一卷，第400—401页，人民出版社，1971年版



适用的动力就成为当时发展社会生产的迫切需求。加上纺织工业、冶炼工业、磨坊、锤击和锯木等加工业对动力的要求，要形成了蒸汽机出现的社会生产背景。

关于蒸汽机有关技术的积累，早在十七世纪就已经开始了。不少人作出了利用蒸汽把水位提高的尝试。比较显著的是英国的汤玛斯·萨维尔(Thomas Savery)(1649—1715)所制造的蒸汽水泵，他在1698年所演示的一个装置是第一个能实际抽水的蒸汽水泵。目的是要在矿井中排水，所以曾称之为“矿工之友”。这个装置先把蒸汽引入一个容器，关上蒸汽阀门使蒸汽在容器中冷凝造成部分真空，从而把矿中的水吸入容器中，关上水管阀门后，再引入高于大气压力的蒸汽，把水从另一水管压出去。阀门的开关是由人工操作的。尽管萨维尔的蒸汽水泵有很多缺点，又不可靠。但毕竟是第一个曾实际工作过的蒸汽提水机具。第一种在矿井有实用意义的蒸汽动力装置是铁匠汤玛斯·纽科门(Thomas Newcomen)(1663—1729)在1712年制成的。这机器称为“大气机”。它的蒸汽汽缸和抽水汽缸是分开的。蒸汽通入汽缸后内部喷水使它冷凝，造成汽缸内部分真空，于是汽缸外的大气压力推动活塞做功，再通过杠杆链条等机构带动水泵活塞。这机器在1712年开始在英国的煤矿中使用。几年后英国差不多所有的矿井都使用这种大气机了。1720年以后，英国的大气机开始出口供应欧洲各国。

在十八世纪中叶，当詹姆斯·瓦特(James Watt)(1736—1819)开始制造他的蒸汽机的时候，有关蒸汽机的基本技术已经积累和发展到成熟的阶段，如汽缸活塞的机构、大气压力的知识、冷凝蒸汽的方法、各种附件的制造技术等都已基本具备。瓦特是在前人研制和实践的基础上，对蒸汽机作了重大改进，创造出更好更实用的蒸汽机。瓦特在1757年是格拉斯哥(Glasgow)大学的仪器制作员。1763年，大学中的一台小型纽科门大气机因出了故障而送到瓦特的车间去修理。瓦特发现小型大气机的汽缸冷却要消耗很多蒸汽。他观察到在用冷水喷入汽缸使蒸汽冷凝时，汽缸也同时冷下来了。重新灌入蒸汽时又得把汽缸加热。在格拉斯哥大学化学教授约瑟夫·布莱克(Joseph Black)(1728—1799)的潜热和比热的理论的启示下，瓦特找到了蒸汽机效率低的原因。于是他想法尽量使汽缸一直保持热，避免在汽缸中喷水而降低汽缸温度，把蒸汽的冷凝过程安排在汽缸以外的另一个专门的容器(后来称为冷凝器)中进行。1765年瓦特做了一个试验性的有分离冷凝器的小型蒸汽机，肯定了分离冷凝器的优越性。1769年，瓦特获得了他的第一个专利，名称是“在火力机中减少燃料和蒸汽的消耗的新方法”。但是，在技术的前进过程中往往会出现新的矛盾。过去的纽科门大气机，汽缸与活塞之间的密封是用活塞顶上的一层水来实行水封的。现在要保持汽缸热，用冷水是不行了。密封只能靠活塞和汽缸之间的精密配合来解决。当时没有在大直径的汽缸内进行内圆精密加工的技术。在1775年约翰·威尔金森(John Wilkinson)(1728—1808)制造出能精密加工大炮的钻孔机，也能加工直径50吋的汽缸。这一重大技术问题的解决才最后使蒸汽机的制造成功成为可能。1776年瓦特与制造厂商马修·博尔顿(Matthew Boulton)(1728—1809)合作制造的两台蒸汽机开始运转，结果非常成功。不仅比大气机功率大，并且燃料消耗还不到大气机的三分之一。在1782年，瓦特又获得两项发明专利。一项是使蒸汽机进行双作用工作，功率比单作用大一倍；另一项是利用蒸汽的膨胀力来推动活塞。这样又可进一步节省蒸汽，使燃料消耗进一步降低。纽科门的大气机和瓦特的蒸汽机解决了当时生产技术上的重大问题，为矿井排水提供了廉价的动力，特别是煤矿。在英国北部地区的一些较深的煤矿已经因水淹而停止生产，大气机和蒸汽机挽救了这些煤矿，使它们重新开始生产。具有旋转运动的蒸汽机更加适合于各工厂的广泛使用。不久，炼铁的鼓风机、新出现的