

技术史研究

冶金工业出版社

技 术 史 研 究

中国科学技术史学会技术史委员会 编著

•

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

山西新华印刷厂印刷

•

450×1168 1/32 印张: 16 $\frac{3}{4}$ 字数: 447 千字

1987年 8月第一版 1987年 8月第一次印刷

印数: 00,001—2,700 册

统一书号: 15062·4396 定价: 4.50 元

祝贺《技术史研究》出版

《技术史研究》出版了，我表示祝贺！

技术的发展历史可以追溯到人猿分别的时代，但技术史作为一门学科还是近几十年的事。如果说自然科学史主要是研究人类认识自然的历史的话，那么技术史可以说是研究人类控制和改造自然的历史。技术史研究的基本任务是在考证技术史料的基础上，阐述技术从低级向高级、从经验形态的技艺向理论形态的技术科学发展的内在规律；总结技术发展的社会条件，包括社会目的、生产实践基础、科学文化传统、哲学思想方法、社会政策和投资等影响；剖析技术结构及其社会功能。技术史研究也可划分为多种类型，如技术通史，部门技术史，国别、地域、民族技术史和发明家传记等。

许多发达国家，在一定的历史发展阶段上，都把技术的发展作为重要的国策，有的明确提出“技术立国”的口号。我国实现四个现代化也要靠科学技术。发展科学技术不仅要研究它的现状，而且还要研究它的历史，以便总结历史经验、掌握发展规律，按照科学技术发展的客观规律推动科学技术事业的前进。技术史的研究可以为制订国家技术发展战略、规划和政策，探索适合国情的技术发展道路，培养和造就一支有创造活力的技术干部队伍，谋求科学—技术—社会的协调发展提供历史的借鉴，并以新的技术成果的研究丰富和发展马克思

主义哲学。当前，新兴技术和高级技术迅速发展，技术发展的周期越来越短，技术决策的研究更加迫切。在这种情况下，积极开展技术史的研究就尤为必要了。

我国技术史研究正在蓬勃开展。近几年开过三次全国技术史学术会议。中国科学技术史学会中成立了技术史委员会。一批自然辩证法工作者、工程技术工作者、特别是老一辈技术专家开始投身到技术史的研究。一支专业的和业余的技术史研究队伍正在形成。1983年举办的北京技术史讲座、1984年举办的全国技术史研究班得到社会各界的欢迎和支持。在这些研究的基础上，依靠集体的努力，编辑出版了这本题为《技术史研究》的学术著作。这是包括对许多重要的技术领域和国家的技术发展历史的研究成果。在研究过程中，注意了和中国的实际相结合，使其尽可能具有中国的特色和中国的内容。它的出版将引起技术史界的注意，并对我国技术史研究起到应有的推动作用。

目前我国还没有一本自己编著的完整的系统的技术史著作。技术史的研究任重而道远，需要我们大家付出艰苦的劳动和长期的努力。这本《技术史研究》的出版是一个开端，希望今后有更多的技术史著作问世。

钱三强

一九八五年三月二十四日

目 录

1. 开创学习和研究技术史的新局面·····	杨朝俦 (1)
2. 技术史研究的对象、内容、方法和目的 ·····	吴延濬 (4)
3. 研究科学技术史的重要性和现实意义 ·····	谢焕章 (20)
4. 系统理论与系统工程的发生和发展·····	魏宏森 (33)
5. 略论能源技术发展史·····	吴熙敬 (61)
6. 电力技术发展简史·····	黄 晞 (96)
7. 电子计算机和软件发展史 ·····	周顺兴 宋叔人 (136)
8. 动力机械技术简史·····	谢焕章 (154)
9. 航空航天发展简史·····	史超礼 (177)
10. 冶金技术史概论·····	丘亮辉 朱寿康 (224)
11. 金属切削加工技术发展史·····	于启勋 (262)
12. 中国兵器的发展·····	周世德 (278)
13. 古代火药技术简史·····	丁 懋 (303)
14. 船舶技术发展简史·····	梁淑芬 李宜昌 (315)
15. 中国水利史概述·····	姚汉源 (349)
16. 建筑的过去与现在·····	吴焕加 (372)
17. 农业技术的历史演变·····	杨直民 (392)
18. 美国技术发展的历程·····	范岱年 (423)
19. 日本近现代技术发展史·····	吴熙敬 (464)
附: 二十世纪技术发展大事年表·····	姜振寰 (513)

1. 开创学习和研究技术史的新局面

杨朝椒^①

中国科技史学会技术史委员会和北京市自然辩证法研究会联合举办的技术史讲座，收到了很好的效果。根据各地的需要，我们编辑出版了这本书，并计划举办新的讲座。

在中共中央关于走中国式的社会主义建设道路的总方针的指导下，1983年中各方学者对于我国技术发展的战略方针的讨论已经充分地展开，涉及到了对于整个科技史、部门技术史和国别技术史的许多问题的探讨和研究。1983年末一场对于世界新的技术革命和我们的对策的讨论，在赵紫阳总理的倡导下，在全国范围内，迅速地，广泛地展开。大家感到这种情况对我们今后向四化进军来说，“既是一个机会，也是一个挑战”。这使得举国上一切关心振兴经济、振兴中华的广大群众都纷纷探寻所谓“第四次产业革命”、“第三次浪潮”的真正涵义，迫切希望了解世界以往几次技术革命的历史过程和当前正在兴起的世界新技术革命的趋势。这正是普及和研究技术史的前所未有的大好时机。1984年开始，一个普及电子计算机的原理及其应用的学习和推广应用的浪潮，正在扎扎实实地，结合各地区、各部门的管理和生产的实际需要的情况下兴起。我国自南到北，从上到下的管理人员、科技人员和大中学学生，以高度的自觉性和浓厚的兴趣跨进以讲授微型电脑为主的信息处理的各种培训班和实验室里。全中国都感到了这次以信息技术为主要内容的世界新的技术革命的春天的

① 本文作者系北京自然辩证法研究会理事长。

信息。大家充满了期待和跃跃欲试的心情。这正是我们专业的和兼职的技术史工作者需要加倍努力的时候。

技术史讲座受到社会的重视和欢迎，这一事实反映出技术史作为一门独立的学科而日趋成熟。技术史的研究，能为我们迎接世界新的技术革命提供对策的基础，能为我国四化建设提供历史的借鉴，因此日益受到各部门科技人员、管理人员和广大青年的关心，从而促进更多的科学研究工作者积极参加技术史的研究。可以预期，一个学习和研究技术史的新局面正在形成。

技术史和科学史是密切相联系的学科。科学史是人类对自然认识的历史，技术史是人类运用劳动手段改造自然的历史。两者既有各自研究领域不同的内部规律的历史，又有针对彼此与社会关系的外史，即围绕人类所从事的科学—技术—生产这一社会实践的长链中所进行的各种错综复杂的、相互渗透的这样共同的一方面；因此，近几十年来，不少国家从技术发展规律，以及技术同科学、经济、生产的关系等多方面对技术史作了许多研究工作，建立和发展了技术史的理论，同时科学史和技术史的研究工作也日益紧密联系起来，这反映出我们的世界正面临着新的技术革命的形势。历史上科学革命往往是技术革命的先导，技术革命又形成了产业革命的前奏。近五六十年以来，科学通过技术转化为社会生产力的过程是大大加速了，人类对自然界认识上的飞跃，把生产工具和工艺过程的重大改革提高到有史以来从未有过的广度和深度，对于世界，对于整个人类在社会生产力和经济方面所发生的影响是与日俱增和不可估量的。

我国是一个物产丰富、地域广大而经济、技术发展很不平衡的国家，有自己的资源特点和技术经验，有以往的科学文化的传统，近几年来加快了引进世界先进技术的步伐。当前，我们借鉴于历史上几次技术革命的经验，研究世界新一代技术正在取得突破的新情况。技术史的研究需要大批研究人员对于各个领域，各个技术发展重要的国家和地区的历史进行过细的研究，以便从这样丰富多采，千变万化的技术革命历史图景中揭示历史规律，

指导我们的工作，进一步明确在技术发展史上哪些是需要循序渐进吸取以往技术经验的；哪些是可以齐步发展的，哪些是应该迎头赶上的。

当前正在兴起的世界性的新的技术革命对社会经济方面所发生的影响将是深远的，但决不是一蹴而成的，科学需要研究的积累，技术需要开发和应用，外国的先进技术需要引进和消化，并且需要广泛的人才培训和智力开发。新兴产业的发展更是相当长的过程，需要在实践中不断总结经验，需要提高全民族、全社会的科技和文化水平。因此，对于技术史的研究是迎接这一新的技术革命的基础性的研究工作。让我们携起手来，共同努力，为开创技术史的学习和应用的新局面而贡献自己的力量吧。

2. 技术史研究的 对象、内容、方法和目的^①

吴 延 涪^②

一、技术史的对象

要了解技术史的对象，首先要了解什么是技术？关于技术的定义，目前国内外众说纷云。有人提出“技术是对客观规律的有意识的应用”，有人认为“技术是劳动手段的体系”，还有人提出“技术是为了人类利用自然”等等。我们认为，技术是社会生产的劳动手段的总和，或者说技术是社会生产体系中日益发展的劳动手段。对此可以从两个方面来理解：一方面从职能方面看，技术是与人的劳动生产活动紧密联系在一起，这种活动无论任何时候都是社会生活的基础，可见，技术是包括在生产系统里并在其中日益发展的物质因素的总和；另一方面，从唯物主义的观点来看，把技术作为日益发展的劳动手段的总和来理解，可以划清唯物主义和唯心主义对技术解释的界限。技术是各种各样的，按其性质可分为物质生产的技术和非生产性技术两大类。前者是生产力的必要因素，后者不是生产力的因素。从这里我们可以获得如下几点认识：

1) 技术的特点主要是改造自然界，不是认识世界；

2) 技术主要属于知识的物化形式，不是一种理论形态的知识；

3) 技术的目的和任务主要是为了生产和建设，不是探索和理

① 李春国同志参加了本稿的讨论与修改工作。

② 本文作者系北京自然辩证法研究会副秘书长、中国人民大学自然辩证法教研室主任、副教授。

解客观现象，研究和认识客观规律。

技术的这些特点决定了它是生产的必要要素，是生产力的重要因素，因而也是历史发展进程的重要因素。在我们弄清了技术的含义以后，对于理解技术史的含义也就比较容易了。

技术史是一门比较晚、比较年轻的学科。它与科学史的研究比较起来可算是晚辈了。在西方，科学史作为一门独立的学科来研究，早在六十年以前就开始了，在英国可能更早些。大家知道惠威尔的《归纳科学史》，是伦敦1837年出版的，至今已有100多年的历史了。在国内盛行的两本中译本科学史：一本是丹皮尔的《科学史》；梅森的《自然科学史》。在当今世界上科学技术很发达的美国，把技术史作为一门科学研究也不过25年。日本重视技术的发展，早在战前就开始了技术史的研究，在战后又有了进一步的发展，真正把技术史作为一门科学来研究也是近来的事情。苏联近年来，在技术史研究的基础上，系统地开展关于技术发展规律、技术与社会的功能、技术同科学、经济、生产，以及技术同社会的关系等方面的研究。上述一些国家研究技术史的一个共同特点，就是把技术作为一个独立的研究对象，从不同侧面和不同方面来揭示技术发展的规律。由此看来，技术史的研究对象还处在发展的、不成熟的阶段，我们只能根据马克思主义有关技术史的论述，根据国内外的研究成果，对技术史的研究对象、内容和方法，提出一些不成熟的粗浅的看法。

马克思认为“技术史是人巧妙地创造出来的劳动手段”这就是说，技术史是人类借助劳动手段改造自然界的历史。我们可以从三个方面来理解这个观点。

1. 什么是劳动手段

马克思说：“劳动手段是一物或诸物的复合体，劳动者把它用在他自己和劳动对象之间，把它当作传导物，传导他的活动到对象中去。他利用某些物品的机械属性，物理属性和化学属性，把它们当作发挥能力的手段，适合于他的目的而在别的一些物品上面发生作用”。可见，劳动手段就是劳动者借助的，用以实现改

造自然界为目的的传导物。而传导物包括机器、设备、工具、原材料、燃料等，其中最主要的是指生产工具（或劳动工具）。所以，简单地说，劳动手段最主要的是生产工具。

2. 什么是创造的劳动手段

这里讲的创造，一是指技术革新，就是指劳动手段不是根本的变革，不是全新的，而是部分的变革，局部的改变，这种改变是渐进性的，是在原来基础上的发展；二是指技术革命，任何一次技术革命总是意味着劳动手段的根本变革，其特征是全新的技术的建立，它不是局部的渐变性的变革，而是整体的变革，是历史上重大的改革。这种改革在历史上有多次。第一次是十八世纪下半叶发明蒸汽机的革命。它是近代以来工程技术发展的第一次大突破，是动力能源的一次重大技术革命。它有效地实现了把热能转化为机械能，为工业生产提供了强大的动力。第二次是十九世纪下半叶出现的电力革命。电力的应用是工程技术发展的第二次大突破，它实现了电能与机械能等各种形式的能之间的相互转化，给工业革命提供了新的动力和多种形式的能源，是蒸汽机发明之后动力能源的又一次重大的技术革命。第三次是本世纪三十、四十年代发生的电子计算机革命。在新材料层出不穷，新技术不断诞生的技术革命中，电子计算机的发展具有重大的意义。它以最现代化的技术手段推动科学技术和社会生产迅速发展。从技术革命的演变过程来看，每次技术革命都不是偶然的，而是有它发生发展的客观必然性。

3. 什么是人的创造的劳动手段

创造性的劳动手段是人发明和制造的。人的本质就是具有主观能动性，人能有意识地自由地活动并具有从事能动的创造性的劳动能力。或者说人不仅能适应客观环境，而且还能改造客观环境，这是人区别于动物的一个最本质的标志。正是在这个意义上，马克思指出，技术史就是人类的本质力量表现的历史。也就是说，技术史是人类改造自然的历史。

二、技术史的内容

技术史的研究对象决定了它研究的范围和内容。当前，国外围绕着科学发展的动力这个中心问题的不同认识，对于研究的对象、内容也有不同的看法。把这些看法归纳起来，主要有以下两种观点：一是以柯以列为代表的内在主义观点，把科学史研究的内容仅仅局限在研究“科学内部发展史”上，也就是科学理论发展的历史、科学家的历史等，而不考虑科学发展与社会各种因素相互作用的关系；二是以贝尔纳为代表的外在主义观点，强调科学发展的外部因素、社会历史条件对科学发展的影响。这两个派别虽然各有一些合理的思想，但是它们都各自强调一个侧面，所以都是片面的。在技术史的研究中，应在吸取上述两派优点的基础上，内因和外因结合起来。美国乔治亚理工学院历史学教授M. 克兰斯博格1982年在上海作了题为“一门方兴未艾的科学——技术史”的讲演。他在讲演中强调技术发展的内因和外因的关系就象计算机中的“硬件”和“软件”的关系一样，是不可分割的。他认为技术史是一门多学科的科学，研究的内容有以下几个方面：1) 技术革新；2) 历史创造力的产生（指技术发明）；3) 这些革新与社会的相互作用以及它们所造成的社会与技术的变化。他把技术革新摆在首要的位置上，认为“技术革新能够解决日益增长的人口吃饭问题，有助于维持我们的资源供应。”他关于研究技术革新产生的内部条件和外部条件的意见是可取的。

如上所述，科学的内因史把科学史作为人类对自然认识的历史，科学的外因史把科学史作为人类的一种社会活动的历史。与科学史的内容相似，技术史的内容同样包括技术发展的外部规律和内部规律。这两个方面是相互联系的，不可分割的。如果只强调外因而否定内因，就会导致机械唯物论；如果只强调内因否定外因，就会导致唯心论。但是必须指出的是，关于技术史的外因史的研究日益被人们重视起来。

我们吸取了这些合理的思想，将技术史的研究内容概括为以下两个方面。

1. 技术史发展的外部规律

技术史的研究是受社会因素制约的。那么，哪些社会因素对技术史的研究产生影响？

1) 技术与科学、生产的相互作用。技术作为人类利用劳动手段改造自然界，作为生产力的要素产生和发展于人类的物质生产活动中。由于技术的改进和革命，必然极大地促进社会生产力的提高。技术从来都是直接的和现实的生产力，它是科学的物化形式，以中介的身份在科学与生产之间承担着由此及彼的责任。量子力学和固体物理理论并不等同于半导体器件，只有提纯工艺、单晶制造工艺和电子技术建立之后，半导体器件才能投入生产。

这里，主要弄清楚两个公式：即生产—技术—科学和科学—技术—生产。在古代，技术对生产的依赖性很强，每一门技术几乎都是在漫长的生产实践中日积月累而逐渐形成的技巧。而这种技艺要达到完整的理论形式又要经历时间的雕琢。在旧石器时代后期，人类就学会了人工取火（击石取火和钻木取火）的方法，人工取火意味着人类已经“在实践上发现机械运动可以转化为热运动，但是，人类最终懂得自然界的能量在遵循守恒法则下可以相互转化的科学理论，却是十九世纪以后的事情了。在现代，科学与技术的关系更加密切，出现了技术同科学一体化的趋势，技术越来越多地成为科学的扩大再生产。技术的地位和作用随着人类文明的进步更加重要了，作为科学与技术中坚的技术科学正在形成。基础研究、应用研究和发展研究的周期不断缩短，技术更新速度不断加快。据有人统计，到目前为止，已有50%的电子技术因过时而被淘汰。

因此，阐明科学、技术、生产三者之间的双向发展关系以及从双向关系中看技术的地位，并从技术发展的历史考察中，说明技术在不同社会的发展规律，是技术史研究的重要内容。

2) 技术革命和社会革命的关系。社会革命是生产关系的革

命，生产关系的革命是由生产力的革命引起的，而生产力的革命在很大程度上就是技术革命。社会革命的原因有精神和物质两个方面。关于精神方面，恩格斯曾分析十八世纪末法国资产阶级革命的起因和发展，提出了“哲学革命是政治革命先导”的著名论断。那么，更重要的是在物质方面，技术革命怎样影响社会革命，社会革命又怎样促进技术革命。马克思说：“随着一旦已经发生的表现为工艺革命的生产力革命，还实现着生产关系的革命”。恩格斯说，英国工人阶级的历史是“从蒸汽机和棉花加工机的发明开始的，大家知道，这些发明推动了产业革命，产业革命同时又引起了市民社会中的全部变革……。”马克思主义告诉我们，技术革命要引起生产力革命，生产力革命会引起生产关系的变革。马克思在《英国状况》一书中通过对英国社会状况的调查后，得出一个重要结论：“科学和实践结合的结果就是英国的社会革命。”这里的科学一词应该理解为科学技术。恩格斯指出：“在马克思看来科学是一种在历史上起推动作用的、革命的力量。”另一方面，不同的社会制度对技术的发展又产生很大的制约作用，技术只能产生在社会发展的一定阶段。近代技术是资产阶级工业革命的产物，资本主义的思想、文化、政治革命带来了经济的繁荣和生产的高涨。只有当资本主义发展到一定程度后，才能产生从根本上改变社会生产技术基础的需要和可能。把蒸汽变为动力，古希腊人希罗作了最初的尝试，发明了第一部蒸汽转球装置，这是历史上最早的蒸汽机原型。但是，由于当时社会生产力的水平及社会的发展水平，既没有把它作为动力机械加以利用的需要，也没有实现其应用的条件，因而，希罗的蒸汽装置不可能成为技术发展的主流。只有到十八世纪，资本主义生产方式最终战胜了封建制，爆发了以工作机的发明为起点的资产阶级工业革命，为了迫切寻找新的机械动力，才使蒸汽技术大规模利用和改进，并且迅速形成了蒸汽动力技术群和近代技术体系。中国古代曾有过光辉灿烂的科学文化，也有过流芳千载的精湛工艺，但是相对于从欧洲文艺复兴以后勃兴而起的欧洲近代科学技

术体系，我国的科学技术远远落后了。原因之一就是中国历史上高度发展的自给自足的自然经济，强大的封建主义中央集权，以儒学为主体的官方学术传统，重文轻技，重农抑商，八股取士，闭关锁国和文化专制主义等政策，使中国的科学技术只能在固有的模式中缓慢发展，而不能有所突破。

3) 技术与哲学的相互作用。同科学一样，技术与哲学密切相关。最早对技术哲学加以研究的是德国。马克思主义的技术哲学批判，继承了前人的研究成果，运用辩证唯物主义和历史唯物主义对技术的产生、发展和变革规律做了客观分析，正确评价了技术的实质、技术的定义、技术与社会的关系、技术对人类的影响等问题，为我们提供了研究技术哲学的基本立场、观点和方法。我们要从技术自身的发展变化中，阐述出辩证法的规律，就要认真地考察人类技术的发展历史和规律，剖析技术发展的外部和内部原因，分析技术构成的结构要素以及它们的相互关系，研究技术中的方法论问题。在西方，从技术中分化出来形成一门独立的技术哲学的学科已经有多年的历史了。近来，我国也在研究这方面的问题。

4) 研究不同民族，不同国家的科学技术是怎样繁荣昌盛的，又是如何衰落的规律。这方面，技术史研究两个内容：第一，世界近代科技史上五次中心转移的历史过程和历史原因。五次转移是：意大利(1540~1610年)—英国(1660~1730年)—法国(1770~1830年)—德国(1810~1920年)—美国；第二，要研究我国的科学技术为什么在近代落后了。

5) 科学技术发明、概念、原理的提出，发明家的思想品格和他们的科学方法是怎样影响着科学研究的成功与失败。无论是技术革新技术发展中量的积累，还是技术革命—技术发展中质的飞跃，都包含着新的思想体系代替旧的思想体系，新的劳动手段代替旧的劳动手段的过程。因此在技术革新和技术革命中，发明家必须在科学原理、概念的指导下，才能突破旧的技术框架，创立一种全新的技术。十九世纪以来，技术发展的一个主要特点就

是技术发明越来越成为科学成果的自觉利用。十九世纪以前，蒸汽机的发明和改进，虽然在一定程度上运用了热学和力学的一些知识，但是主要依赖于发明者的实践经验和技能。当蒸汽机作为“万能的原动机”被广泛使用以后，也逐渐暴露了它体积大、热效率低、可靠性差等弱点。到十九世纪，炼钢技术和机械制造技术的进步，为新型热机的建立准备了材料和工艺，热力学为新型热机的建立提供了知识和理论依据。法国工程师A.B.德·罗沙斯(De.Rochas)为了提高热效率对热力学过程进行理论分析，提出了著名的等容燃烧器冲程(进气、压缩、膨胀、排气)循环原理，后由德国人N.B.奥托(Otto)于1876年制成了第一台四冲程活塞式内燃机，把热机的效率由5~8%提高到12~14%。可以看出科学上的重大发现往往导致技术上的重大发明。今天的技术工作者，首先应当掌握自然科学。

2. 技术史发展的内部规律

技术史的研究有它的特殊规律，即内在的、自身的规律。这些规律是：

1)新材料新能源的诞生，新方法的运用，引起技术有规律性变革。如自然材料的种类扩大，人造材料在技术上的广泛应用，天然材料和人造材料的不断改进等，从而使技术发生有规律的变革。

人类对材料的认识经历了一个由简单到复杂，由通用到特殊，由单一性能到综合性能的发展过程。材料的发展形态主要为天然材料、复合材料和人造材料。石器的产生揭开了人类认识材料的历史，以后又经历了铜器时代和铁器时代。近百年来，随着金属冶炼工业的发展，炼钢技术不断改进，钢铁产量逐年速增，因而形成了以钢铁为基本结构材料的现代工业。二十世纪上半叶，除了以钢铁为主的金属材料，又发展起了各种非金属人工化学合成材料。1911年德国的C. 杜衣斯堡(Daioberg)完成了橡胶的人工合成。到第二次世界大战结束的1945年世界天然橡胶消费量减至26万3千吨，合成橡胶消费量升至86万5千吨。1935年卡罗泽斯利用高分子长链的基本理论，人工合成了纤维。世界上

主要纤维产量中人造纤维比重由1946年的13%上升到1955年的21%（相应的天然纤维比重由89%下降到79%）。1907年美国**贝克兰德**以煤焦油为原料合成了最早的塑料。1950年塑料的世界年产量已达150万吨。

合成橡胶、合成纤维、合成塑料三大合成材料于本世纪五十年代投入工业生产。合成材料以两倍于钢铁生产增长的速度发展，在某些领域逐渐代替金属和其它传统材料。目前，新的功能材料正在研制，它必然为新的技术革命提供雄厚的物质基础。

2) 技术手段的组成特性、结构和职能进步、改革方面的规律。马克思概括了机器发展的进程指出：“简单的工具、工具的积累，复合的工具；由一个发动机即人手开动复合工具，由自然力开动这些工具；有自动发动机的机器体系——就是机器发展的进程。”机器是重要的技术手段和劳动手段。机器发展的进程表明，劳动手段分为简单的和复杂的工具；经过一系列的发展阶段，使技术手段成为一个复杂的有功能的系统；技术沿着自动化的方向发展。

我们应当看到，技术是人类改造自然的手段，也是人类改造自然的产物。人对自然的关系变化是技术手段的组成特性、结构变化的深刻表现。这种变化大体经历如下过程：

由于技术的进步，使人在生产中的地位发生了本质的变化，人越来越超脱于直接的生产过程。因此，技术的进步意味着对人的体力和智力的解放。

3) 技术部门之间相互关系的规律。技术各部门的发展在时间和空间上彼此联系着，任何一个技术部门的变革，都会引起其它部门连续不断的变革。电力技术在十九世纪的发展经历了三个阶段：从**奥斯特**和**法拉第**建立电磁感应原理到第一台电磁铁发电机的诞生是技术实现阶段；从**威尔德**提出自激方式设想到**爱迪生**制造“巨象”机是技术完善阶段；从19世纪八十年代第一批发电站的建立到三相交流技术解决了远距离电力输送问题，开始了工业应用推广阶段。除了技术自身发展呈现出一定的结构外，技术