



“十二五”国家重点出版规划
精品项目

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

钱学森文集

卷三

顾吉环

李明 编

涂元季





“十二五”国家重点出版规划

精品项目

钱学森文集

卷三

顾吉环 李明 涂元季 编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书收录钱学森的中文文章、报告、讲话、谈话、答记者问等各种形式的文稿377篇，时间跨度从1933年到2005年，涵盖了自然科学、社会科学、系统科学、思维科学、军事科学、地理科学、建筑科学、人体科学、数学科学、行为科学、文艺理论等各个领域，实践经验、工程技术、技术科学、基础科学以至马克思主义哲学等各个层次，是清晰展现钱学森系统思想形成发展的历史过程，全面体现钱学森科学思想体系和科学精神的综合性、多卷本钱学森著作集。

图书在版编目 (CIP) 数据

钱学森文集 / 顾吉环, 李明, 涂元季编. —北京: 国防工业出版社, 2012.1

ISBN 978-7-118-07863-3

I. ①钱… II. ①顾… ②李… ③涂… III. ①钱学森(1911~2009) — 文集 IV. ①Z427

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 242934 号

出版发行 国防工业出版社

地 址 北京市海淀区紫竹院南路 23 号

邮 编 100048

电 话 (010) 88540777

网 址 <http://www.ndip.cn>

印 刷 北京雅昌彩色印刷有限公司

经 售 全国新华书店

版 次 2012 年 1 月第 1 版

印 次 2012 年 1 月北京第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-118-07863-3

开 本 890mm×1230mm 1/16

印 张 157.5 印张 (全套 6 卷)

字 数 2988 千字 (全套 6 卷)

印 数 1-3500 套 (全套 6 卷)

定 价 1880.00 元 (全套 6 卷)

版权所有, 违者必究; 如有印装错误, 请与出版社联系

编辑说明

《钱学森文集》(以下简称《文集》)收录了钱学森的中文文章、报告、讲话、谈话、答记者问等各种形式的文稿(有少数是和别人共同署名发表的),是继《钱学森文集》(英文版1938—1956)、《钱学森手稿(1938—1955)》、《钱学森书信》等之后又一部比较全面地体现钱学森科学思想体系和科学精神的综合性、多卷本钱学森著作集。《文集》的具体编辑工作从2009年底钱学森逝世后正式启动,至2011年全部完成,历时2年。《文集》共6卷,由国防工业出版社于2011年钱学森诞辰100周年之际出版。全部选稿377篇,以钱学森1933年发表在《空军》杂志第24期上的《美国大飞船失事及美国建筑飞船的原因》开篇,去世后公开发表的《最后一次系统谈话》终卷,时间跨度72年,全部按时间顺序编排。

作为编者,我们参加了《文集》编辑出版的全部工作过程。下面从总体情况,文稿的收集、整理、选稿,以及正文编辑等几个方面作一些介绍。

—

很多人知道钱老生前不同意出版他的个人传记,也不赞同在生前出版文集。一方面,钱老总是谦逊地说自己的很多科学思想还不成熟,还要不断学习和完善。另一方面,他认为“一个科学家的文集应该在他去世以后出版,功过是非任由后人评说”。我们这次在钱老逝世后编辑出版《钱学森文集》,正是按照这一精神办的。

钱老是一位学识渊博的大科学家,他一生都在与时俱进,不断扩充自己的知识面。从应用力学到工程控制论,从工程控制论到系统工程、系统科学,

直至现代科学技术体系及其中的各个学科，他几乎都有自己的学术见解和论述。钱老是一位科学思想家。他在早年从事应用力学研究时就提出了工程科学（后称技术科学）这种一般性的概念，在工程技术和基础学科之间架起了一座桥梁。回国后，他在导弹、卫星的研制工作中又提炼出航天系统工程理论。改革开放以后，他将航天系统工程理论加以普遍化，推广到国民经济建设的各个领域。在系统工程得到普遍应用以后，他又致力于创建系统工程的最一般化理论，即系统学。钱学森的系统思想体现在他晚年的许多学术观点之中。他在20世纪末和21世纪初，站在现代科学技术之巅，将人类有史以来的知识用系统的观点加以梳理，构建出一个现代科学技术体系。在他看来，今天人类的全部科学技术知识，从直接从事客观实践的工程技术，到技术科学，再到基础科学，直到代表人类智慧结晶的马克思主义哲学，已经构成一个有着内在紧密联系的完整系统。尽管现代科学技术发展很快，门类纷繁，但钱老却用他的系统观点给我们理出了清晰的科学技术结构图。

钱老是一位战略科学家。他致力于构建现代科学技术体系绝不仅仅是为了追求学术上的成就，更重要的是现实的需要。他认为社会主义建设中的复杂系统问题必须从总体上加以认识和解决，这就需要多学科的知识，甚至需要把现代科学技术体系的知识统统用上。钱老是一位人民科学家。为了构建现代科学技术体系，他与不同领域、不同层次的专家、学者、教授，平等地讨论问题，其范围涉及自然科学、社会科学、系统科学、思维科学、军事科学、地理科学、建筑科学、人体科学、数学科学、行为科学、文艺理论等各个领域，以及实践经验、工程技术、技术科学、基础科学以至马克思主义哲学等各个层次。他这么做，目的只有一个，就是如何科学地建设社会主义，让全国人民都能过上幸福和谐的生活，按今天的话说，就是坚持科学发展观。钱老的这些思想和精神在《钱学森手稿（1938—1955）》、《钱学森书信（10卷本）》和《钱学森书信补编》中都有体现。毫无疑问，在钱老一生的文稿中则体现得更为全面、系统和充分。

然而，迄今为止，尚没有一部全面系统反映作为学识渊博的大科学家、科学思想家、战略科学家、人民科学家的钱学森文集。现有的著作大都是某一领域的“专集”，比如《论系统工程》、《论地理科学》和《关于思维科学》

等，而且为促进学术交流，提携年轻人，钱老经常在其中收录这些领域其他专家的论文，因而这些书大多署名为“钱学森等著”，甚至“钱学森编”。我们这次编辑出版《钱学森文集》，与以往和现今出版的钱老著作最大的不同之处在于：这是迄今为止收录钱老中文文稿最为系统、全面的个人文集。编辑出版这部《文集》，最主要的目的就是全面系统地反映钱老一生丰富多彩的科学思想和令人崇敬的科学精神，为大家提供一个研究学习钱老的权威性平台，以更好地传承这笔“中华民族宝贵的精神财富”。

二

《文集》按照什么顺序分卷编排？这是编辑工作面临的首要问题。我们最终决定按照时间顺序编排是经过慎重考虑的。钱老将现代科学技术体系划分为十一个大部门，事实上，钱老的文稿也涵盖了全部十一个大部门。我们首先设想按照这十一个科学部门分卷编排，这样可以清晰地展现钱老现代科学技术体系的结构。但是，我们很快发现，一篇文稿往往跨越几个大的部门，对文稿进行分类事实上是对钱老科学思想的研究工作。另外，系统科学、思维科学、文艺理论、建筑科学、地理科学等几个方面的文稿已经结集出版，分卷编排势必造成重复出版。更为重要的是，钱老一生的科学思想最为显著的特点就是“系统思想”，而其“系统思想的形成和发展”有着明显的时间线索，可以划分为从工程控制论到系统工程理论，再到系统科学三个阶段。按照时间顺序编排，既可以清晰地展现钱老系统思想形成发展的历史过程，同时又回避了对每篇文稿进行分类的“研究性”工作，更好地将时间和精力集中在文稿的收集、整理、编辑和出版工作上。

三

文稿的收集、整理以及选稿工作是在一个非常好的基础上进行的，这主要得益于钱老严谨的科学作风。钱老对自己一生所写的文章（主要是已公开发表

的)，从早年在美国发表的第一篇学术论文开始，一直到1992年底他81岁时的最后一篇文章，有一个较为详细的亲笔登记目录，同时按时间顺序编有序号，大多数文章都留有原件或复印件，并由工作人员装订成册。1992年以后钱老由于年纪大了，精力不及，不能再亲自做这些事情，但是长年担任钱老秘书和学术助手的涂元季同志则接着按此办理，直到钱老去世。正是因为有了这样一个详尽的目录，我们才能在这么短的时间内收集到钱老绝大部分的中文文稿，确保了《文集》的选稿不会有重大遗漏，也保证了《文集》的全面性、系统性，以及由钱老本人亲自统计登录的目录为依据的权威性，这是目前以任何形式出版钱老的那些“文集”都无法比拟的。不仅如此，我们还收集到7篇钱学森1935年出国以前发表的中文文章，都是没有登记在册的，这可以说是对钱老早年文章的重大发现。其中有6篇是有关航空和火箭技术的，分别是《美国大飞船失事及美国建筑飞船的原因》、《航空用蒸汽发动机》、《飞行的印刷所——世界最大陆上飞机“马克辛·高尔基”号》、《最近飞机炮之发展》、《气船与飞机之比较及气船将来发展之途径》、《火箭》，这些是钱老从事航空、火箭研究最早的论文，从中可以看出他在大学读书期间就有了从事航空航天事业的远大志向。还有一篇是《音乐和音乐的内容》，从这篇文章中可以看出钱老早年就对音乐的内涵有着深刻的理解，其一贯坚持的科学和艺术相结合的思想有着深厚的历史渊源。

关于《文集》选稿，有以下两点需要向读者说明：

第一，《文集》原则上只收录钱老本人写的文稿。根据这个原则，以下两种情况不在收录之列。一是由工作人员代写的工作报告和讲话稿不收录。一般说来，钱老的文稿极少让别人代笔，从来都是亲历亲为。唯一的例外是钱老担任科协主席期间的少数工作报告和讲话稿，有些是由当时科协办公厅的工作人员代拟的，从文体风格上很容易就能鉴别出来。这些文稿不收入《文集》。二是有些文章是由他人根据钱老的报告、讲话、文章等进行编辑、加工后，以钱老名义公开发表的。经过认真鉴别，如果确认并未经过钱老认可，不收入《文集》。钱老本人对这类文章的态度也是非常明确的。例如，1984年6月8日华南农学院《农村经济统计调查与专题研究》编辑组魏双凤同志给钱老写信，希

望在该书中收录《内部参考》1984年4月13日刊载的《建设高度知识密集高效能的大农业体系》一文。钱老于6月18日回信：“《内部参考》那篇东西不是我写的，是记者的报道，版权和责任都在记者同志。所以能否在《农村经济统计调查与专题研究》上录用，您应该问他。我也有个请求，将来如果在贵刊上录用，千万不要署我的名字，因为不是我写的。”这些未经过钱老本人认可的文章难免有不准确之处，不在此次收录之列。好在这些文章一般都有其原始出处，我们收录的是由钱老本人原创并认可的文稿。这样做，既是对历史负责，也是对钱老本人负责。只有这样，才能使读者真正全面、系统地认识和理解钱老的科学思想。

第二，一篇文稿被多家报纸、杂志转载或摘编的，一般情况下采用最原始出处的文稿。以钱老1984年12月23日在中国农业科学院第二届学术年会上所作的题为《第六次产业革命和农业科学技术》的报告为例，这是钱老系统论述知识密集型大农业问题的一篇重要报告，我们掌握的原始文稿是农科院学术委员会办公室根据录音整理的打印件。最先公开发表该报告的是《科技进步与对策》杂志1985年第1期，之后《农业经济问题》杂志1985年第3期又进行了转载。到1985年5月，《农业技术经济》杂志给钱老写信，表示希望再次转载，钱老认为该文尚有待完善之处，因此对其进行了修改，同意由《农业技术经济》杂志于1985年第5期发表修改稿。这样，这篇文稿共有四个出处，因农科院学术委员会办公室整理的打印稿是最原始出处的稿件，我们即收录此篇文章。有时我们也会优先选择内容上最为系统全面、最具权威性、最能准确体现钱老科学思想的文稿。

当然，对于文稿的收集、整理以及选稿，我们虽尽可能努力细致，但仍有部分文稿未能收集到，或由于种种原因即使收集到也没有收入此次《文集》。

四

《文集》的具体编辑加工工作繁杂琐细，难以全面详细说明，下面仅从文稿注释、正文编辑以及参考文献修订等三个方面加以简要介绍。

1. 关于文稿注释。采取简化原则，以便读者将重点放在对钱老科学思想的认识和理解上。具体而言有以下三点：第一，保留文稿中作者的原有说明注释内容，并在标识和序号上做规范处理。第二，对正文中的词语，除少量必须加以说明的用括号形式做随文注外，原则上不做注释。第三，本次编辑工作文稿注释的重点是题注。

题注是对每篇文稿的背景以及发表情况所做的简要说明，因文稿情况的不同而略有差异。最简单的是钱老本人直接向某个报纸或杂志投稿的文章，只说明该篇文章发表的日期和报纸或杂志的名称。对于报告、讲话、谈话记录或答记者问等形式的文稿，重要的则是在题注中交待清楚背景情况，尽量说明时间、地点以及会议名称等。有些公开发表的文章其实来源于钱老在某次会议上的报告、讲话，或是其中的一部分，在做题注时则需要仔细甄别，既说明背景情况，同时又要注明发表情况。当然，有些文章、报告、讲话等我们虽尽力查找有关档案资料，或请教相关单位和个人，但由于时间已经比较久远，某些背景情况仍一时难以核实，我们在题注中也只能实事求是加以说明。另外，原文稿中的编者按语一般都是对文稿背景情况所做的说明，其内容已涵盖于题注中，因此原则上不予保留。

2. 关于正文编辑。正文编辑工作的根本指导思想是尊重历史，尊重钱老本人的思想。《文集》既是钱老个人科学思想的全面展现，在某种意义上也可以说是中国科学技术史的组成部分。因此，我们对于可能影响文稿内容的编辑工作是极其慎重的，尽量不轻易改动钱老的原文。一些属于钱老个性的语言，只要不妨碍读者的理解，原则上也不进行改动。事实上，钱老有着极强的驾驭语言能力，他总是能把一个复杂的科学技术问题用通俗易懂的语言描述出来，让这个领域之外的人也能豁然开朗。因此，正文编辑工作主要是在不改变或影响对内容理解的前提下，对个别文字、标点符号的调整以及对数量、单位、术语等用法进行规范。

3. 关于参考文献。作为一名科学家，钱老非常重视和尊重别人的研究成果，只要在文中引用了别人的观点，哪怕是一篇未曾公开发表的内部会议论文，甚至是别人与他通信中谈到的观点，以及向他请教问题的论文初稿，也一

定列入参考文献注明出处。因此，《文集》中有着大量的参考文献，需要加以统一规范。主要有以下三种情况。一是要素不全，最常见的是缺少题名。虽然根据作者名、期刊名和时间等其他要素已经可以满足文献检索的要求，我们还是尽力将缺少的要素补充完整。二是有些参考文献今天已经起不到文献检索的作用，像未发表的论文初稿、通信等，这些我们只能将其从参考文献中删除。三是不同时期文稿的参考文献形式不统一，我们这次按照现代出版物标准与规范的要求，对整个《文集》参考文献进行了统一规范。

最后还需说明一点的是，对于《钱学森文集》的编辑工作，由于我们的学识水平有限和工作中的某些疏漏，编辑工作一定会存在着某些差错，希望读者给予批评指正。

编 者

2011年10月30日

目 录

序 现代化、技术革命与控制论·····	001
写在前面·····	018
再谈系统科学的体系·····	021
系统科学、思维科学与人体科学·····	025
你为什么目的而学习? ·····	040
什么叫系统工程·····	043
做好管理科学研究·····	047
马克思主义哲学与科学技术·····	050
重视科学文化 发展“第四产业”·····	074
搞好我国学位制的建议·····	076
略谈系统科学·····	078
社会主义的人才系统工程·····	083
有关撰写释文的几个问题·····	090
现代科学的结构——再论科学技术体系学·····	096
在中国力学学会第二届理事会扩大会议开幕式上的讲话·····	102
我看文艺学·····	111
研究社会主义精神财富创造事业的学问——文化学·····	116
系统思想、系统科学和系统论·····	126
评“第三次浪潮”·····	146
我国的国家功能结构体系——再谈社会工程·····	149
国际经济研究与数学方法·····	162
我们要展望21世纪·····	167
谈军事科学技术·····	170
对当前学会工作的两点建议·····	172
马克思主义哲学的结构和中医理论的现代阐述·····	177

再谈园林学·····	186
保护环境的工程技术——环境系统工程·····	189
科技情报工作的科学技术·····	195
未来研究要有中国特色，联系中国的实际·····	210
关于思维科学·····	214
对科技出版编辑工作的几点认识·····	225
评“第四次世界工业革命”·····	232
园林艺术是我国创立的独特艺术部门·····	237
关于系统工程与经济管理体制·····	241
航天与经济·····	245
难忘的教诲——向国防现代化宏伟目标迈进·····	247
关于军事科学的结构问题·····	249
对技术美学和美学的一点认识·····	257
一个人体科学的幽灵在我们当中徘徊·····	261
生态经济学必须关心长远的环境问题和资源永续·····	264
关于新技术革命的若干基本认识问题·····	267
社会主义法制和法治与现代科学技术·····	284
关于教育科学的基础理论·····	296
草原、草业和新技术革命·····	305
开展思维科学的研究·····	308
对科普的一些看法·····	339
聂荣臻同志开创了我国大规模科学技术研制工作的现代化组织管理·····	342
与《文学研究》编辑部座谈科学、思维与文艺问题时的讲话·····	349
现代信息科学技术与新技术革命的对策·····	357

序 现代化、技术革命与控制论*

第一版《工程控制论》原是用英文写的，出版于1954年^[1]，俄文版是1956年^[2]，德文版是1957年^[3]，中文版是1958年^[4]。现在回顾这个时代，恍同隔世！在这20多年中，我们的国家和整个世界都经历了天翻地覆的变化。我国人民经受了这一伟大时代的革命锻炼，正走上新的长征，为实现四个现代化而奋斗。《工程控制论》这一新版的作者们，正是在这一时期锻炼成长起来的中国青年控制理论科学家们。他们，尤其是宋健同志，带头组织并亲自写作定稿，完成了工作量的绝大部分，是新版的创造者。有他们这一代人，使我更感到实现四个现代化有了保障。对这一新版，我是没有做什么工作的，但为了表达对他们的敬意，同时也算是对我国20多年来伟大变革的纪念，纪念我们这一段共同的经历，我要为宋健等同志创造的新版写一篇序。

序的总题目，就是如何加速实现党中央号召，全国人民所向往的农业、工业、国防和科学技术现代化。实现四个现代化就必须发展生产力，而发展生产力的一个重要方面就是推进技术革命。所以，我就从技术革命讲起，最后说到

* 钱学森为《工程控制论（修订版）》（钱学森、宋健著）撰写的序，科学出版社，1980年10月出版。

本书的题目：控制论。

—

讲技术革命，首先要提一下其他几个有关的词汇。

20世纪现代科学技术的伟大成就，正在对生产以及整个社会产生着巨大的冲击。有人常常用“新的工业革命”、“第二次工业革命”、“第三次工业革命”、“科学技术革命”等词汇来表达现代科学技术伟大成就的社会意义。但是，我们在使用这些词汇时，不应忽视这些词汇的背景。

这就有必要回溯到本世纪40年代末，对这些提法的来历作一番考察。

控制论的奠基人N·维纳在1947年10月这样说过：“如果说，第一次工业革命是革‘阴暗的魔鬼的磨房’的命，是人手由于和机器竞争而贬值……那么现在的工业革命便在于人脑的贬值，至少人脑所起的较简单的较具有常规性质的判断作用将要贬值^[5]”。因此，维纳是第一个把控制论引起的自动化同“第二次工业革命”联系起来的人。此后，J·D·贝尔纳在1954年也提出自动化是一次“新的工业革命”。他说：“我们有理由提到一次新的工业革命，因为我们引用了电子装置所能提供的控制因素、判断因素和精密因素，还有进行工业操作的速度大大增加了。巨型的自动化生产线，甚至完全自动化的工厂都有了……”^[6]贝尔纳同时提出了“科学技术革命”这个名词，他说：“20世纪新的革命性特征不可能局限于科学，它甚至于更寄托在下列事实，就是只有在今天科学才做到控制工业和农业。这场革命或许可以更公允地叫作第一次科学——技术革命。”^[7]在维纳和贝尔纳之后，资本主义国家的学者日渐增多地采用这两个词，而尤以“第二次工业革命”这个词更为流行。

苏联学术界在1955年以前的一段时间内，曾经把“第二次工业革命”和“科学技术革命”作为美化资本主义的概念而加以拒绝；60年代初，态度发生转变，开始接受这两个概念；到了70年代，“科学技术革命”已经成为苏联学术界普遍接受的概念了^[8]；虽然对“第二次工业革命”这个概念还有争论，但把它作为一个新概念接受下来也已成为事实。

当然，概念上的紊乱也是存在的：诸如一面讲“自动化是新的工业革命”、“计算机在工业上的应用正在引起第二次工业革命”、“第二次工业革命在本世纪早期始于美国，它指在例行的重复性的工作中，用自动控制和逻辑装置代替人的智力和神经系统”，然后又说什么“空间时代是工业革命的第三阶段”。一面讲“现代只有在苏联才发生新的工业革命”，另外又讲“不论在社会主义国家还是在发达的资本主义国家都正在发生新的工业革命即第二次工业革命”等等。在“科学技术革命”问题上的说法也很类似，诸如一方面讲“新的工业革命即科学技术革命”，又讲“科学技术革命作为一个过程，按其内容和本质是不同于工业革命的”，还说“科学技术革命是第二次工业革命的先驱”、“科学技术革命即管理工艺过程的革命”、“科学技术革命是由于科学起着优先作用而实现的现代社会生产力的根本变革”等等。其实科学技术革命这个词就容易和概念上完全不同的科学革命混淆，科学革命是指人类认识客观世界的重大飞跃，在自然科学领域里的科学革命已经由库恩^[9]作了详细的阐述。所以科学革命只是认识客观世界，还不是改造客观世界，它们有联系，但又是不同的。

苏联学术界对待“第二次工业革命”和“科学技术革命”这两个概念的态度，为什么有一个曲折的过程？这也是一个值得思考的问题。1972年，苏联《哲学问题》杂志在第12期的社论中宣称，“科学技术革命”使“生产的相互关系”、“社会的状态”和“社会的结构”等等“发生了根本的变化”，“现代世界发生的深刻变化”迫使人们对马列主义基本原理做“这样或那样的修正”^[10]。从这个观点，人们不难看出，这些人提出科学技术革命的目的是要修正马克思主义基本原理。

科学的社会科学，应该把它所有的概念同马克思主义的基础协调起来，并且实现精确化。对“第二次工业革命”、“科学技术革命”这些流行概念给以必要推敲和订正，这不仅是科学的社会科学工作者的任务，而且也是自然科学技术工作者的任务。为此就有必要回到“产业革命”或所谓“第一次工业革命”这个问题上来。

二

最先提出“产业革命”概念的是恩格斯。继恩格斯之后，有法国人著作中的“产业革命”概念，也有英国资产阶级经济历史学家托因比的“产业革命”概念^[11]。必须说，只有马克思主义的“产业革命”概念才是真正科学的概念。恩格斯在1845年出版的《英国工人阶级状况》一书中，关于“产业革命”的论述，是科学的社会科学对“产业革命”概念的最早论述。恩格斯说：“英国工人阶级的历史是从18世纪后半期，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面变革，而它的世界历史意义只是在现在才开始被认识清楚。”“产业革命对英国的意义，就像政治革命对于法国，哲学革命对于德国一样……但这个产业革命的最重要的产物是英国无产阶级。”^[12]

什么是“技术革命”呢？首先给予“技术革命”概念以精确化定义的是毛主席。毛主席在50年代就使用过“技术革命”这个词，它往往是和技术革新并列的。但毛主席没有停留在这样一般的认识上，后来他进一步发展和总结了历史上生产力发展的规律，阐明了技术革命这一概念，指出：“对每一具体技术改革说来，称为技术革新就可以了，不必再说技术革命。技术革命指历史上重大技术改革，例如用蒸汽机代替手工，后来又发明电力，现在又发明原子能之类。”毛主席举出了三个技术革命的例子，其中两个是历史上的，一个是现代的。把它们作为技术革命的典型加以研究，会给我们什么启发？毛主席这段话的历史意义和现实意义是什么呢？

蒸汽机技术革命同18世纪工业革命既有联系，又有区别。在工场手工业时期，1688年英国人托马斯·萨弗里发明了利用蒸汽冷凝产生的真空和蒸汽压力工作的抽水用蒸汽泵；两年之后法国人巴本证实了德国人莱布尼兹提出的蒸汽可在汽缸中推动活塞的原理；1712年英国人托马斯·纽柯门做成用蒸汽和空气压力工作的一种蒸汽泵，用于矿井抽水。但是，这些蒸汽机并没有引起工业革命，相反地，正是由于创造了工具机，才使蒸汽机的革命成为必要^[13]。1764

年出现珍妮纺纱机，1767年出现水力纺纱机，1785年出现骡机，这一系列工具机的发明促使瓦特实现了蒸汽机的革命。1764年他在格拉斯哥大学修理纽柯门机器的模型时产生了他的伟大发明，1769年他获得第一种蒸汽机专利，1784年获得第二种蒸汽机专利，1785年蒸汽机开始用来发动纺纱机，1786年建成博尔顿·瓦特蒸汽机工厂。

瓦特的蒸汽机是大工业普遍应用的第一个动力机，它取代了在生产过程中作为动力提供者的人。一台蒸汽机推动许多台工具机，形成有组织的机器体系，这就是工厂制度的诞生。从1786年到1800年，瓦特的工厂共生产了500多台蒸汽机，大大加速了工业革命的步伐，“工场手工业时代的迟缓的发展进程变成了生产中的真正狂飚时期”^[14]，蒸汽机成为大工业迅速发展的推动力，“推动力一旦产生，它就扩展到工业活动的一切部门里去……当工业中机械能的巨大意义在实践上得到证明以后，人们便用一切办法来全面地利用这种能量”^[15]。所以是蒸汽机技术革命导致了工业革命或产业革命。

我们再看毛主席举的技术革命的第二个例子：电力的发明和应用。1831年法拉第对电磁定律的发现，为电力的发明奠定了基础。1878年，爱迪生发明能在商业上普遍应用的双极发电机，并提出由一个公共供电系统向用户供电的计划；次年，爱迪生制成白炽灯；再下一年，爱迪生的电灯首先展示在“哥伦比亚”号轮船上。适应社会对这种前所未有的干净、明亮的照明工具的需要，很快出现了一个完全新型的工业——电力工业。1882年爱迪生的发电厂和供电系统在纽约运转；同一年在慕尼黑电气展览会上，法国物理学家马赛尔·德普勒展出了他在米斯巴赫至慕尼黑之间架设的第一条实验性输电线路，从此开始了交流电远距离传输技术的大发展。电力的发明从照明开始，但由于它解决了动力的分配、传输和转换问题，所以很快在大工业中得到普遍应用。马克思在他逝世前夕，曾以极为喜悦的心情密切注视着电力的发明。在1883年，恩格斯针对电力的发明说：“这实际上是一次巨大的革命。蒸汽机教我们把热变成机械运动，而电的利用将为我们开辟一条道路，使一切形式的能——热、机械运动、电、磁、光——互相转化，并在工业上加以利用。循环完成了，德普勒的最新发现，在于能够把高压电流在能量损失较小的情况下通过普通电线输送到