

技术预测

惠益民 编



JI SHU YU CE

内 容 简 介

本书运用管理科学和运筹学常用的数理统计、综合分析、模型和模拟以及计算机技术等理论和方法，介绍未来技术发展趋势预测以及技术评价、技术突破和技术创新的基本概念和方法。技术预测是做各种决策和规划的基础。

本书内容涉及航空、航天、能源、交通、电力、通讯、计算机、材料、大型工程和管理等各个技术、工程领域。还介绍了用计算机程序进行技术预测。

本书有广泛适用性。可作为大专院校的教材和师生的教学参考书。同时对业务领导和管理干部、科研和工程技术人员，以及企业领导和创新者均有参考价值。

技 术 预 测

惠益民 编

责任编辑 许传安

北京航空学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京航空学院印刷厂排版 河北新城印刷厂印装

※

787×1092 1/32 印张：97/8 字数：221 千字

1985年11月第一版 1985年11月第一次印刷 印数 1-25,000 册

统一书号：15432·002 定价：2.00 元

前 言

近年来，随着我国四个现代化建设的需要，各种较为长远的规划制订工作正在开展。对技术发展趋势的预测，是制订规划和做出各项重大决策的基础。它用来提高决策质量，使我们的规划建立在更为坚实的基础上。

经济建设必须依靠科学技术，科学技术工作必须面向经济建设。这是中央制定的战略指导方针。世界范围内，科学技术的发展日新月异，形势咄咄逼人。现实告诉我们，技术进步既是世界剧变的原因，又是这一剧变的结果。技术进步已成为世界各国竞争的主要手段。谁能对技术的发展趋势在时间、空间及内在和相互的联系上看得更远些、更准些，谁就在优胜劣败的世界大赛中占上风。因为科学技术的进步使时间增值，使空间缩小，使本源清晰。

中央真知灼见，远见卓识，不失时机地提出应当注意和研究世界新的技术革命和我们的对策。使越来越多的人认真追求新的现代科学和技术知识，并把这些知识同如何改变我国现状联系起来考察。许多专家、学者和领导同志，联系国际经济和技术的发展形势和我国的国情，从不同角度、不同剖面阐述了世界新技术产生的背景、特征、影响和发展趋势以及我们应取的对策方案。

钱学森同志在《关于新技术革命的若干基本认识问题》^[1]报告中建议：“我们要组织科技人员预测一下，可能

出现的科学革命、技术革命和产业革命。不能只是人家说了，我们才认识。”马洪同志在《抓住时机，迎接世界新的技术革命的挑战》^{〔1〕}报告中说：“究竟2030年或者建国一百周年时会是什么样子，我们的自然科学家和社会科学家，各个方面的负责同志应该关心这个问题，研究这个问题，对我们发展的远景有一个科学的预见。”他们都指出了科学预见的必要性、重要性和迫切性。

经济腾飞不同于闭关守业，需要对国际国内技术发展的趋势经常不断地进行监视和预测，以便作出正确的、优化的决策。开展技术预测方面的研究和教育，首先对面向现代化、面向世界，面向未来的高等院校，是一项迫切的、责无旁贷的任务。作者于1984年编译的《技术预测》^{〔2〕}教材和开设的相应课程，就是出于上述想法所作的一种初步尝试。

该教材原先是为系统工程系的研究生编写的。实际上，第一次教学实践涉及了自动控制系、动力系、计算机科学和工程系以及系统工程系等不同专业的研究生；在指导管理工程专业的毕业设计教学实践中又为技术预测开发了两种中文会话式计算机应用程序；对科研部门技术人员和本科生的教学实践工作正分别进行。本书就是在上述教学实践和来自应用该教材的部分读者和预测、论证工作者的反馈信息基础上，对原教材进行了修改，补充了一些新的内容和实例后完成的。当然，仍然是一种初步的尝试。

本书旨在运用现代管理和运筹学常用的数理统计、综合分析、模型和模拟以及计算机技术等方面的方法，来介绍一些对技术未来发展趋势预测的概念和方法。使研究人员、技术人员、管理人员以及即将走向社会的大专院校学生和其他

读者，通过本书了解他们所从事的领域技术的未来，掌握一些认识技术发展趋势的方法。

本书选用的内容涉及航空、航天、能源、交通、电力、通讯、计算机、材料、大型工程和管理等各个方面。而且引用了不少国外这些方向技术发展的历史统计资料（见附录A）。

本书注意了计算机方法在技术预测中的应用。附录B中五个计算机程序都是经过实践应用的。前三个程序可以方便地直接移植到几乎所有微型计算机上而不必对程序做什么改动。对拥有 Victor 9000型微型计算机的单位，可直接把后两个中文会话式计算机应用程序键入你的计算机。由于程序的主动对话和自助示例，对不熟悉计算机的读者使用提供了方便。

本书的结构主要根据《*Technological Forecasting for Decision Making*》^[3] 一书的思路。第一章着重介绍技术预测的涵义、可能性、必要性、方法分类和服务对象。第二章介绍在缺少历史数据情况下广泛适用的德尔菲法。第三章至第五章分别介绍了几种在占有某些历史数据情况下，可以取得定量预测结论的方法。当然，增长曲线法、趋势外推法和相关法各具特点。第六章的因果法把造成技术变革的某些原因考虑了进去。其中模拟模型法可直接应用外，还有助于理解、应用和开发更为复杂的模拟模型。第七章介绍了一种新的、获得所谓“信息社会”结论的社会趋势分析法，以达到展览视野的目的。第八章介绍技术预测在非常重要的技术评价中的作用。这种评价着重研究某项技术进步对社会非预期的、间接的和滞后发生的社会影响。最后一章讨论技

术突破和创新、初步介绍监视技术突破的方法及创新的概念和方法。创新的概念和方法不仅有助于前面所提及领域的读者，而且，可供关心创新的读者参考。

本书如用作教材，则根据不同的对象，课堂教学以30~40学时为宜。有条件的可配合数次上机练习和课堂讨论。虽然本书述及的技术面较宽，但注意了适用性。理工科和偏于理科专业的读者和学生，对本书例举的技术内容和方法的理解，不会有什么困难。一般说来，也适于文科和具一定文化程度的读者自学参考。当然，先修或自学过概率论、数理统计和计算机程序设计等课程的读者，在学习和使用各种技术预测方法时则更为主动。

技术预测是一门新兴的学科分支，是科技管理中的重要组成部分。它的重要性日益为社会需要所证实。为避免规划和决策的盲目性和“多动症”，越来越求助于预测科学。但是，时至今日，技术预测与正在研究发展的某些学科一样，并不成熟。虽然预测工作者和社会学家使用的预测方法数以百计，但仍缺乏一套完整的、严密的和成熟的科学理论。各种预测方法在案例上的有限次验证并不能代替某种方法客观上的必然性和理论上的证明。选用不同方法可能取得不同预测结论的现象表明，人的主观作用仍占据着预测的主导地位。如果不以分析为基础，在单项技术发展趋势定量预测基础上的决策可能会导致严重后果。技术的发展最终受控于社会，因此，在某种意义上说，社会发展中的随机性和人的能动性仍在相当程度上支配着社会技术的发展。作者认为，系统科学以及对人的思维逻辑研究的新突破将为技术发展趋势的认识提供武器。

尽管如此，社会的需要从各种角度推动着研究技术预测的某种带规律性的东西。这种研究，当然只是系统研究中的一个角落。而且，我们也不会因为今天看来似乎是某种规律性的东西日后被新的认识所修正或更替而惋惜。

由于编者水平所限，书中缺少结合国情的技术数据和更多的实例，这种“言必希腊”的状况使作者自疚。作者相信，待各个技术领域的预测工作者、研究人员和科技工作者在更大范围的实践后，定将写出结合国情的技术预测专著和教科书。

技术领域无边无际，技术进步日新月异。本书的成稿面临着极大困难。科技研究部门和高等院校的不少领导、专家、老师和同事们在对技术预测的现状、本书的内容、结构、专业知识和资料查考等方面提出了许多好的建议和提醒，编者对他们深表感谢。

本书完成初稿后，北京航空学院系统工程系主任顾昌耀副教授和陈一青副教授审阅了全稿。我的老师史超礼教授审阅了有关专业的技术内容和数据。他们都给作者以具体指导和帮助。在资料收集工作中，得到了北京化工学院图书馆沈松源馆长，以及岳家俊、赵文利、胡继忠、杜智敏、王永尧、宋宾周和潘洪亮等同志的协助。在程序开发和调试工作中曾得到了高志红、宗晓平、沈德官、朱根森和叶斌等同志的有力支持，一并在表表示衷心感谢。

作者水平所限，不妥和错误之处恳请读者批评指正。

编 者

一九八五年三月于北航

目 录

第一章 绪 论

- § 1—1 过去、现在和未来…………… (1)
- § 1—2 什么是技术预测? …………… (3)
- § 1—3 为什么能够进行技术预测? …………… (8)
- § 1—4 为什么要进行技术预测? …………… (13)
- § 1—5 技术预测及其方法分类…………… (20)

第二章 德尔菲法

- § 2—1 概述…………… (28)
- § 2—2 专家调查法…………… (29)
- § 2—3 德尔菲法的特点…………… (31)
- § 2—4 德尔菲法的调查过程…………… (34)
- § 2—5 德尔菲法的几种变形…………… (40)
- § 2—6 德尔菲法的精度和可靠性…………… (43)
- § 2—7 德尔菲专家组成员的选聘…………… (46)
- § 2—8 实施德尔菲法的几项指导原则…………… (49)
- § 2—9 陈述德尔菲事件的方法…………… (52)
- § 2—10 举例…………… (56)

第三章 增长曲线法

- § 3—1 概述…………… (67)

§ 3—2	<i>Pearl</i> 曲线	(74)
§ 3—3	<i>Gompertz</i> 曲线	(76)
§ 3—4	合理选取增长曲线	(78)
§ 3—5	增长曲线上限的估计	(81)
§ 3—6	代换率变量的选择	(85)
§ 3—7	举例	(87)

第四章 趋势外推法

§ 4—1	概述	(99)
§ 4—2	指数趋势外推	(101)
§ 4—3	举例	(105)
§ 4—4	非指数趋势外推	(108)
§ 4—5	行为技术	(112)

第五章 相关法

§ 5—1	概述	(118)
§ 5—2	导前一滞后相关法	(119)
§ 5—3	技术进步函数	(128)
§ 5—4	最大装机容量预测	(130)
§ 5—5	经济因素相关	(132)

第六章 因果模型法

§ 6—1	概述	(137)
§ 6—2	唯技术模型	(138)
§ 6—3	模拟模型 <i>KSIM</i>	(143)
§ 6—4	举例	(149)

第七章 社会趋势分析法

- § 7—1 概述..... (157)
- § 7—2 社会趋势得到的方法..... (158)
- § 7—3 关于“信息社会”的趋势..... (160)

第八章 技术评价

- § 8—1 概述..... (166)
- § 8—2 几项技术发明的回顾..... (167)
- § 8—3 技术预测在技术评价中的作用..... (176)
- § 8—4 举例..... (177)

第九章 技术突破和创新

- § 9—1 概述..... (183)
- § 9—2 技术突破举例..... (185)
- § 9—3 技术突破的监视..... (189)
- § 9—4 社会需要和技术创新..... (191)
- § 9—5 技术创新方法简介..... (195)

附录 A 历史数据..... (201)

- 表 A1 美国电力生产情况 (202)
- 表 A2 实验室达到低温情况 (203)
- 表 A3 美国军用飞机的速度趋势 (204)
- 表 A4 运输机性能 (205)
- 表 A5 美国1790—1979年人口数字 (208)
- 表 A6 固体推进剂火箭发动机性能 (208)

表 A7	数字计算机性能	(209)
表 A8	美国单翼战斗机总重量	(210)
表 A9	电子计算机集成电路门的特性	(211)
表 A10	实验火箭飞机达到的速度	(211)
表 A11	激光方面出版的文章	(212)
表 A12	蒸汽机效率	(212)
表 A13	火力发电效率	(213)
表 A14	每千人电话数	(214)
表 A15	海运商船风帆动力向机械动力转变情况	(215)
表 A16	海运商船由木制向金属制转变情况	(216)
表 A17	供电住宅百分比	(216)
表 A18	各种能源消耗	(217)
表 A19	深层煤和地表煤开采	(218)
表 A20	美国军用飞机翼展-机身长度比例	(218)
表 A21	液体推进剂火箭发动机最大推力	(220)
表 A22	美国汽车量数据	(221)
表 A23	美国向空间发射进入轨道成败次数	(222)
表 A24	直升机性能	(223)
表 A25	光速测量	(224)
表 A26	时间测量	(224)
表 A27	民用航空历史数据	(225)

表 A28	美国居民耗电数据.....	(226)
表 A29	美国机动车辆及其安装功率.....	(227)
表 A30	北美最高传输电压.....	(228)
表 A31	发光效率数据.....	(228)
表 A32	白炽灯发光效率.....	(229)
表 A33	40瓦萤光灯的光通量.....	(229)
表 A34	1952—1978年电缆电视增长情况.....	(230)
表 A35	部分大型工程计划耗资情况.....	(231)
表 A36	美国飞机产量.....	(232)
表 A37	水力发电装机容量.....	(233)
表 A38	工业消耗天然纤维板和人造纤维板情况	(234)
表 A39	火车机车数据.....	(235)
表 A40	蒸汽发电机总装机容量.....	(236)
表 A41	最大蒸汽轮机容量.....	(236)
表 A42	最大水轮机容量.....	(237)
表 A43	部分国家人均产值、电话和收音机数	(237)
表 A44	质量测量精度.....	(239)
附录 B	计算机程序.....	(240)
§ B—1	<i>KSIM</i> 程序.....	(241)
§ B—2	<i>GROWTH</i> 程序.....	(242)
§ B—3	<i>REGRESS</i> 程序	(244)
§ B—4	源程序清单	(247)

附录C 常用数据表.....	：	(295)
表C1 英制计量单位换算表		(295)
表C2 置信区宽度表		(296)
参考文献.....		(298)

第一章 绪 论

时间是伟大的作者，她能写出过去的历史、今天的拼搏和未来的结局。

§1-1 过去、现在和未来

把时间作为物质存在的一种客观形式、物质运动、变化持续性的表现是哲学家的看法。文学家则以丰富的思维哲理和语言技巧泼墨描绘：世界上最快而又最慢，最长而又最短，最平凡而又最珍贵，最容易被忽视而又最令人后悔的就是时间。

数学家把时间抽象成一根无始无终的坐标轴或连续函数。但是，他们似乎很不公平，给过去和未来以无限的时间段，而仅仅把时间轴上一瞬即逝的瞬间点赋予“现在”。

应用科学工作者对待“现在”的态度似乎要宽厚得多。他们用离散的方法来处理连续的时间，即给时间以一组时间段的度量进制单位：世纪、年代、年、月、日、时、分、秒、微秒、毫微秒等。但他们有点“实用主义”，把根据他们所研究的领域以某些度量单位的时间域称作“现在”。

我们把事物特征性能随时间的变化，以及过去、现在和将来的时间域表示于图 1-1。性能上限是事物固有的某种特征，不同事物有不同的性能上限。

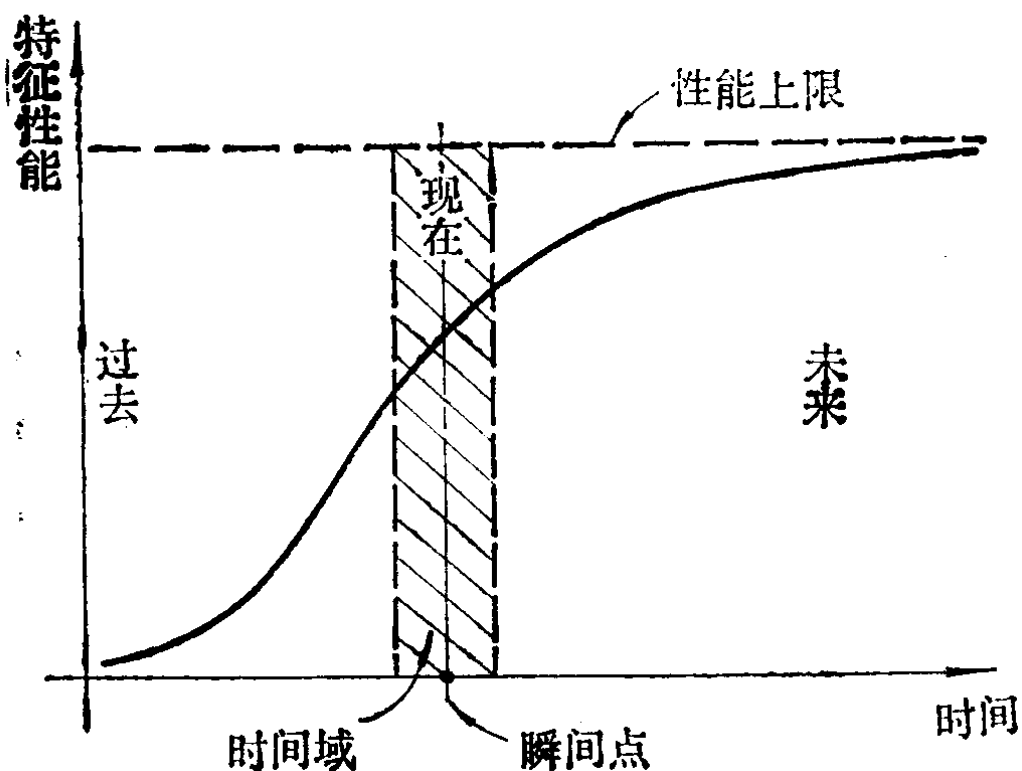


图1-1 事物性能随时间的变化

对“现在”的事物进行研究，有着各种具体判定标准。当然，实践是检验任何理论的唯一标准。对“过去”的事物，或多或少地总存在着某些可供研究分析的客观存在，其中包括历史的记载和地下的发掘。可以通过历史和考古等研究手段予以辨明。但是很遗憾，对“未来”研究的直接依据和判定标准则很模糊、很少，或现在干脆没有。因此，对于未来只能进行主观的预计和推测，通过主观来预测未来。对未来预测的最终检验，只有待“未来”成为“现在”时才能分晓。这是一种不同于研究过去和现在的方法。总的说来，这种研究方法还不够成熟。

人们不仅关心“今天”，还关心“昨天”和“明天”。对“昨天”的了解和考证可作为“今天”行动的借鉴，而“今天”的行动又能动地为了实现“明天”的目标。

§1-2 什么是技术预测？

在讨论技术预测之前，有必要先阐明一下“技术”这个众所周知的术语。据辞海的解释，它泛指根据生产实践经验和自然科学原理而发展成的各种工艺操作方法与技能——操作技能。广义地说，技术包括相应的生产工具和其它物质设备，以及生产的工艺过程、作业程序和方法。

美国韦氏 (*Webster*) 词典中，更为笼统地把技术一词解释为：为人类营养和安乐需要而提供使用的各种手段的总体。

虽然具体的说法有所不同，但是有两点是共同的。一是技术具有广泛的含义，不仅意味着工具、设备这样的硬设备，而且也包括用来实现某些预期目的的过程这样的软件。二是技术既包括建立在科学理论基础之上的部分，也大量地包括着生产实践经验的技艺。在十七世纪科学迅速发展之前，世界上的大多数技术主要指后者。这里，我们并非企图蔑视科学，也没有轻视科学对技术进步所起的作用。相反，这样的看法是如实地认识到许多技术仍然建立于实践经验基础之上，它们同样属于技术预测应当关心的范围。因此，我们并非只着眼于科学理论基础上的技术，而是从更为广泛的意义和方法上关心技术进步，预测它的未来。

顾名思义，“预测”指的是预计和推测。事实上，预测并不神秘，可以说我们时时处处生活在预测之中。生活中这种事先有目的的行为，就是一种预测。而行为是经过预测而决定的。如早晨出门要不要带雨具、赶八点钟的火车应该什

么时候离家等等。不过，日常生活中的情况简单、直观：已知因素多，未知因素少；在时间上的要求也只是大致的。所以，人们的这种简单的、本能的、无时无刻不在进行的预测并不为自身所注意。《三国演义》中诸葛亮借东风、草船借箭的故事所以引人入胜，就因为诸葛亮凭借人们当时积累的经验以及对天文、地理和心理方面的知识，预测到半夜有东风、江上起大雾和曹操兵疲骄躁分析的结果，使他带上料事如神的神秘色彩。如果当时曹操掌握了天气预报，就决不会有此江东大败。

概括说来，预测是一种科学的方法论，是在调查研究基础上的科学分析。它根据过去和现在预计未来，根据已知推测未知；根据主观经验和教训、客观条件和资料、演变逻辑和推断，来寻求事物发展的规律。但是，预测规律并不是客观规律。它以概率论为基础，探讨客观世界大量的随机事件。

有了对技术和预测的初步理解，就可以来讨论技术预测的涵义了。在国外，技术预测的定义繁多，反映了对技术预测的不同看法。我们认为：**技术预测是一种对有用的机器、过程或技术未来特性趋势的推测。**

在上述定义中包括了三个重要之点。**首先**，技术预测和特性有关。譬如象技术性能里表明的速度、功率和温度等；但是定义中没有涉及这些特性如何达到。也就是说，预测者没有发明达到这些特性所需要的机器、过程或技术的责任。即使预测者可以预言超过当前技术方法限度的特性，也不需要指出这些特征如何达到。预测者通过某些技术的局限性将被超过的告诫来履行自己的职责。在技术预测尚未被社会所广泛熟悉的情况下，特别对于预测工作者本人，上述提醒非