

# 实用预测技术

上海铁道学院管理科学研究所  
《实用预测技术》编写组

51 科学学丛刊

科学学与科学技术管理杂志社

# 实用预测技术

江苏工业学院图书馆  
《实用预测技术》编写组  
藏书章

科学学与科学技术管理杂志社

1983年·天津

## 序

预测技术真正成为一门科学还是二十世纪以来的事情，特别是二次世界大战之后的三十多年，科学技术迅速发展，新兴工业层出不穷，知识陈旧周期和产品更新周期越来越缩短，资本主义市场竞争异常激烈，以及人口增长、能源危机、环境污染和生态平衡破坏等等问题的出现。因此，一些工业发达国家都运用了现代科学预测技术，来管理“大工程”、“大科学”、“大企业”。通过实践，人们越来越认识到，对未来进行科学预测，可以避免灾难性问题的发生。

预测技术作为管理科学的组成部分，不断地应用到实际工作中是必然的。如果，我们单凭经验，或仍沿用小生产方式来管理和决策一些重大问题，其后果是不堪设想的。有人说，根据我国现有的条件，如果把管理工作水平提高一步，那么，我国各项工作的经济效果将会有成倍的提高，也有人说，如果说我国科学技术方面落后于工业发达国家10~15年的话，那么，我国的管理工作水平落后国外30~40年。这样估计，虽然没有具体的统计分析数据来作证，但是，就拿一九七八年到一九七九年我国引进了二十二个大型成套设备项目来说，如果这二十二个项目建成的话，需要耗资500亿人民币，这二十二个项目中有的不问条件、原料、经济效果等情况，更不经科学预测与论证，只是少数人凭藉“经验”、

“权力”，仓促决策签订协议，造成了很大被动和损失，使国家背上了很大的包袱。

近年来，管理科学在我国也开始受到重视，出版部门为适应形势的需要，也出版了一些管理科学方面的书籍，但就预测方法来说，见书尚少，即使有，不是理论性较强，便是介绍的方法太繁琐，很难应用于实际工作中。

《实用预测技术》不仅是一本可供高等院校使用的教科书，而且更是科技、经济等部门在进行预测、决策、计划时很适用的参考书。本书的特点是：所介绍的实用预测方法概念清晰、方法适用；全书结构紧凑、严密；叙述深入浅出、通俗易懂；每个方法介绍后还附有若干预测实例，有些方法还配上计算机程序，为读者进行计算时提供方便；凡具有相当于大专水平的工程技术人员、科研人员和管理人员都能看懂，并可模拟实践。

方开炳

1983年2月

## 前 言

“天有不测风云，人有旦夕祸福”。为了把握自己的命运，人人都想具有先见之明。预测的历史与人类文明史一样源远流长。甲骨文集我国古代预测活动之大成，在《诗经·氓》中，也早有“尔卜尔筮，体无咎言”记载。当然，古代的预测实际上是一种迷信活动，直到能用一定的方法预测日蚀，月蚀时，预测才开始具有科学的属性。现代化的大生产以及科学的巨大功能与不良后果，使科学预测显得更有必要；加速度发展的大科学，也为科学预测提供了一定的物质基础。本世纪六十年代初，美国宣布要在十年内把人送上月球，结果这一目标不但如期达到，整个计划的经费与原定预算也不相上下。这一成就被认为是科学预测日趋成熟的标志。

我们知道，社会是个复杂多变、互相关联的整体。它犹如一个大水池，任何一个行动，都会激起涟漪，波及全池；有时“城门失火”，也会“殃及池鱼”。没有什么行动可以认为是孤立的。我们必须知道，为解决某个问题所采取的行动，将会产生什么样的后果。因此，任何计划都是以一定的预测为基础的；任何高明的决策也无一不是以正确的预测作为依据。科学预测业已成为国家制定科学技术战略和国民经济计划的重要依据。科学预测还具有明显的经济效果。据美国估算，通过技术预测研制新产品可获取的利润，就相当于

技术预测经费的五十倍。所以，国外某些科研机构和公司，预测经费在科研经费中所占的比重高达10%。

人类的预测活动虽然具有悠久的历史，但排除迷信、从经验上升到科学，形成一种方法论体系，还是近一、二十年的事。现在，科学预测方法已有二、三百种，但通用和常用的不过二、三十种。按性质大致可分为三类：直观预测方法、趋势外推法（包括数学模型）和因果法（相关分析）。据1975年英国《未来》杂志调查，几种主要方法在预测中所占的百分比，如下表所示：

| 方 法          | 六十年代末 | 七十年代中 |
|--------------|-------|-------|
| 专家会议（包括特尔斐法） | 20.8  | 24.2  |
| 数学模型         | 18.8  | 20.4  |
| 脚本法          | 11.1  | 7.9   |
| 趋势外推法        | 6.4   | 8.8   |
| 主观判断法        | 6.2   | 8.1   |
| 赌注法          | 5.6   | 2.3   |
| 相互影响矩阵       | 5.6   | 3.3   |
| 历史类推法        | 5.3   | 5.9   |
| 相关树及网络法      | 3.2   | 5.2   |
| 其它方法和综合法     | 17.7  | 13.3  |

预测是否成功，在很大程度上取决于预测方法的选择。例如，在预测人口的增长趋势时，用不同的预测方法就会得到不同的结果，其误差分别为下页表所示。

一般地说，预测方法越细致复杂、考虑的因素越广泛深入，预测的结果就越精确。值得注意的是，有时候采用简单的

| 预 测 方 法    | 十年预测误差(%) | 二十年预测误差(%) |
|------------|-----------|------------|
| 过去人口增长曲线外推 | 34.9      | 61.8       |
| 指数增长型      | 33.0      | 61.0       |
| 线性增长型      | 14.2      | 18.8       |
| 地区增长比例     | 9.3       | 15.6       |
| S型增长       | 8.8       | 10.6       |

方法也能得到令人满意的结果，而所付出的时间和代价却小得多。尤其在精度要求不高的情况下，一味采用复杂的预测方法，就会得不偿失。因此，在选择预测方法时，也应进行费用——效果分析。

科学预测分短期预测（一年内），中期预测（五年内）和长期预测（五年以上）。短期和中期预测最为重要，因为它们能调整近期发展计划，合理地确定重大项目的进程。显然，科学预测的相对精度是时间的函数。在三十年内，预测精度随时间的延长而下降；在三十年后，预测精度却随时间的延长而提高。一般地说，十五至三十年是最难预测的年代。科学预测的相对精度与被测对象的性质也密切相关。例如，基础研究的发展比较难于预测，因为在这一领域经常会出现意想不到的突破和新的发现；而应用研究则不然，尤其是发展研究，它的不确定性大大减少，如美国的阿波罗登月计划，其性质为综合型应用研究和发展研究，因此有可能进行比较确切的预测。

“凡事预则立，不预则废”。为推广预测技术、提高预



|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| (88)  | ..... | 2-8-2 |
| (99)  | ..... | 2-8-2 |
| (101) | ..... | 2-8-2 |

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| (131) | ..... | 2-8-2 |
|-------|-------|-------|

## 目 录

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| (131) | ..... | 2-8-2 |
| (141) | ..... | 2-8-2 |
| (141) | ..... | 2-8-2 |
| 序     | ..... | 2-8-2 |

### 前言

|          |       |     |
|----------|-------|-----|
| 第一章 特尔斐法 | ..... | (1) |
|----------|-------|-----|

|                     |       |      |
|---------------------|-------|------|
| § 1-1 特尔斐法的历史       | ..... | (2)  |
| § 1-2 特尔斐法的预测过程     | ..... | (4)  |
| § 1-3 主观概率          | ..... | (7)  |
| § 1-4 特尔斐法的征询表设计和处理 | ..... | (16) |
| § 1-5 实施中应该注意的问题    | ..... | (23) |
| § 1-6 特尔斐法在政策研究中的应用 | ..... | (26) |
| § 1-7 对特尔斐法的评价      | ..... | (28) |
| § 1-8 特尔斐法实例介绍      | ..... | (30) |

|          |       |      |
|----------|-------|------|
| 第二章 回归分析 | ..... | (48) |
|----------|-------|------|

|                  |       |      |
|------------------|-------|------|
| § 2-1 一元回归分析     | ..... | (48) |
| § 2-2 多元回归分析     | ..... | (68) |
| § 2-3 实例介绍       | ..... | (81) |
| § 2-4 非线性回归模式的处理 | ..... | (85) |

|                |       |      |
|----------------|-------|------|
| 第三章 时间序列分析 (一) | ..... | (92) |
|----------------|-------|------|

|               |       |      |
|---------------|-------|------|
| § 3-1 时间序列的采样 | ..... | (93) |
|---------------|-------|------|

|       |                          |         |
|-------|--------------------------|---------|
| § 3—2 | 时序随机平稳性的检验 .....         | ( 95 )  |
| § 3—3 | 时序分析的预测模式 .....          | ( 99 )  |
| § 3—4 | 时序分析预测的实例 .....          | ( 108 ) |
|       |                          |         |
| 第四章   | 时间序列分析(二)——指数平滑法 .....   | ( 137 ) |
| § 4—1 | 指数平滑法的基本概念 .....         | ( 137 ) |
| § 4—2 | 多重指数平滑法 .....            | ( 141 ) |
| § 4—3 | 指数平滑法的预测模式 .....         | ( 144 ) |
| § 4—4 | 预测实例 .....               | ( 151 ) |
|       |                          |         |
| 第五章   | 数量经济模式分析 .....           | ( 156 ) |
| § 5—1 | 数量经济模式的建立 .....          | ( 158 ) |
| § 5—2 | 数量经济模式分析的基本概念 .....      | ( 160 ) |
| § 5—3 | 数量经济模式的估计 .....          | ( 167 ) |
| § 5—4 | 数量经济模式的验证 .....          | ( 173 ) |
| § 5—5 | 数量经济模式分析的预测 .....        | ( 175 ) |
|       |                          |         |
| 第六章   | 投入产出分析 .....             | ( 178 ) |
| § 6—1 | 投入产出表的结构 .....           | ( 180 ) |
| § 6—2 | 投入产出分析的基本假设 .....        | ( 184 ) |
| § 6—3 | 列昂节夫逆阵 .....             | ( 186 ) |
| § 6—4 | 用投入产出模型预测 .....          | ( 190 ) |
| § 6—5 | 列昂节夫逆阵在经济预测和计划中的应用 ..... | ( 195 ) |
| § 6—6 | 投入产出表实例 .....            | ( 198 ) |
|       |                          |         |
| 第七章   | 交叉影响分析和KSIM法 .....       | ( 206 ) |
| § 7—1 | 交叉影响分析法的意义和过程 .....      | ( 207 ) |
| § 7—2 | 实例介绍 .....               | ( 211 ) |

|          |                  |         |
|----------|------------------|---------|
| § 7—3    | KSIM法的特点、历史和实施程序 | ( 215 ) |
| § 7—4    | 用KSIM法进行预测的实例    | ( 220 ) |
| § 7—5    | 把握系统的结构是预测成功的关键  | ( 234 ) |
| 第八章      | 模糊分析             | ( 236 ) |
| § 8—1    | 模糊集合             | ( 236 ) |
| § 8—2    | 模糊集合的运算          | ( 239 ) |
| § 8—3    | 模糊综合预测           | ( 245 ) |
| § 8—4    | 模糊权的确定           | ( 251 ) |
| 第九章      | 预测技术的选择          | ( 254 ) |
| § 9—1    | 预测程序及影响预测技术选择的因素 | ( 255 ) |
| § 9—2    | 预测对象的性质和特点       | ( 257 ) |
| § 9—3    | 预测结果的利用          | ( 260 ) |
| § 9—4    | 资料、工具和其它外部条件     | ( 262 ) |
| 第十章      | 电子计算机在预测技术中的应用   | ( 265 ) |
| § 10—1   | 回归分析程序           | ( 266 ) |
| § 10—2   | 移动平均与指数平滑程序      | ( 292 ) |
| § 10—3   | 投入产出程序           | ( 324 ) |
| 附录       |                  |         |
| 一、t—分布表  |                  | ( 334 ) |
| 二、F—分布表  |                  | ( 336 ) |
| 三、D—W分布表 |                  | ( 342 ) |

## 第一章 特尔斐法

特尔斐(Delphi)\*法是二次大战以后发展起来的一种直观预测法。

直观预测法是最古老的预测方法。自从人类对自然现象和社会现象进行预测时起,就大量使用着直观预测法,一直到现在,直观预测法还是使用得最多的一种方法。

随着科学技术的发展,生产规模的扩大,人们预测对象的规模和复杂性扩大了,古老的直观预测法在预测今天的生产技术和现象方面常常显得很不够,精确度不能保证。为此,近几十年来,人们研究了种种非直观的预测方法。尤其是存贮量很大的高速电子计算机的广泛应用,使得人们可以利用人脑所不能比拟的计算速度和精度进行计算、判断、推理,进行大规模预测。五十年代和六十年代初,国外出现追求预测数学化的热潮,六十年代中期,很多国家的政府和企业都热衷于建立电子计算机数据处理系统。但是,人们在实践中认识到,直观的预测方法有强大的生命力,人脑是任何电子计算机所无法替代的,盲目地过分追求预测数学化会使管理科学走向死胡同;即使有了速度更高、功能更多、自动化程度更高的电子计算机,当遇到以下一些情况时,利用

---

\*特尔斐 是希腊历史遗迹,阿波罗神殿所在地。太阳神阿波罗负责宣布神谕,历史上古希腊诸国君主常在此殿接受神谕。

人脑进行直观预测仍是不可避免的：

1. 所获得的可以用于输入的信息量很微小，计算机的任何预测程序都难以使用如此微小的信息进行预测；即使进行预测，其结果也不可靠。一般地说，用数学模型进行预测，占有数据的年份应与超前预测年份相等，甚至大于超前预测的年份。这个条件往往很难具备。

2. 原始信息量极大，超出了机器的存贮量。很多预测问题需要对涉及技术、政治、经济、心理、文化传统的众多相关因素作出判断，如城市的规划建设有上万个变量；计算机加工这样大的信息量，代价很大。据美国1974年的一些公司统计，公司预算的10%用于电子计算机数据处理，为此耗费上百万美元，常常得不偿失。

3. 所需要的信息已无法获得或者要花很大代价才能得到。

4. 采用数学模型进行预测，一般只能考虑技术的自身发展可能。用过去和现在的发展状况推导未来的发展趋势，它必须假定边界条件不会发生突然的变化。因此，它对于政治、社会因素、政策影响等等条件变化的反映不敏感。

在这些场合，计算机进行预测显得很困难，人们必须依赖于直观预测技术。从七十年代开始，人们又开始重视人的智慧在预测中的作用，特尔斐法就是在这样的历史条件下又重新发展起来的。

## § 1—1 特尔斐法的历史

特尔斐法是由美国兰德公司五十年代初的一项研究计划

而来的。当时，兰德公司受美国空军委托实施一项预测，称为“特尔斐计划”，其过程是：“利用一系列简明扼要的征询表和对征得意见的有控制的反馈，从而取得一组专家的最可靠的统一意见”。该计划的研究内容是：“从一个苏联战略计划者的观点看，应如何选择美国工业体系中的最佳轰炸目标，并且估计出，使美国工业产量减少一个预定的数量所需要的原子弹数目。”在五十年代初期，用其它方法对该问题进行预测需要花费大量时间和财富来收集资料，还需要编写极其复杂的计算程序，建立庞大的数学模型，这几乎是当时的电子计算机所难以胜任的。即使使用了电子计算机，仍然需要对苏联的政策和谍报工作作出许多主观估计，这些主观估计对预测结果仍有举足轻重的影响。在这种情况下，用特尔斐法进行预测，代价小，而可靠性还是较高的。

1964年，T.J.哥顿和O.海尔默在兰德公司报告书上正式报告了用特尔斐法进行长期（10~15年）预测的问题，特别重视有关科学技术及其对社会、世界的可能影响的长期预测。他们的研究涉及六个课题：①科学的突破；②人口控制；③自动化；④空间技术；⑤防止战争；⑥武器系统。他们要求专家们就将来可能的发展作出回答，然后估计哪些事件有50%以上的机会发生。他们所使用的方法，开始形成特尔斐法的基础，使得以后从六十年代中叶起，人们开始在非国防领域进行特尔斐法的预测。

同时，由于空间技术、电子技术的飞速发展，在这些领域进行研究以寻求新的突破所付出的代价十分昂贵，成为工业和国防计划者的沉重负担。制订计划，分配和调拨研究力量及资源，这些都取决于预测，而传统的趋势外推法显然不

能胜任。结果，特尔斐法就成为技术预测领域中的基本方法之一了。即使是在所谓经典管理科学中，人们也越来越认识到，需要把主观信息（如风险分析）直接结合到社会所面临的复杂问题（如环境、保健、运输等）的处理模式中。所以在这些领域也开始采用特尔斐法，不仅用于预测，还为制订政策、长远规划而收集意见。

## § 1—2 特尔斐法的预测过程

特尔斐法的本质是利用专家的知识、经验、智慧等等无法数量化的带有很大模糊性的信息，通过通信的方式进行信息的交换，逐步地取得较一致的意见，达到预测的目的。

在一般情况下，特尔斐法的实施需要以一些组织工作作为基础。首先应有一个管理小组，人数从二人至十人，随工作量大小而定。管理小组应该对特尔斐法的实质和过程有正确的理解，了解专家们情况，具备必要的专业知识和统计学、数据处理等方面的方法。

管理小组对利用特尔斐法进行预测的工作过程有了一个大体设计以后，选出一份专家名单。通常，管理小组掌握着可供选择的专家名单，从中选择参加预测的专家，称为应答小组，人数由十几个到一、二百不等。专家的情况各不相同，有专业、水平、年龄、职务、性格、社会背景等等诸方面的区别，这些都会影响他们对某一问题的认识，影响他们的回答，影响预测的结果。所以，应仔细研究选择应答小组名单，使这个小组的结构足以对研究的问题有全面的考虑，不致遗漏了重要的信息。为此，名单中要有有关课题的各专业

的专家，也要有其它专业的专家。最好安排几个善于进行跨学科思考的人，或者喜欢争论，喜欢提出问题的人。邀请的专家应事先征得同意，否则回收率太低，甚至不到50%。

特尔斐预测程序大致如图(1-1)所示，左列各框是管理小组的工作，右列各框是应答专家的工作。

在第一轮征询表中，给出一张空白的预测问题表，让专家填写应该预测的一些技术问题，应答者自由发挥，这样可以排除先入之见，但是常常过于分散，难于归纳。所以经常由管理小组预先拟订一个预测事件一览表，直接让专家们评价，同时允许他们对此表进行补充和修改。

与预测的课题有关的大量技术政策和经济条件，不可能被所有应答者掌握，管理小组应尽可能把这方面的背景材料提供给专家们，尤其在第一轮中，这方面信息力求详尽。同时也可以要求专家对不够完善、准确的过去数据提出补充和评价。

在征询表上，最常见的问题是要求专家对某项技术实现的日期作出预言。在一般情况下，专家回答的日期是实现与否可能性正好相当的日期。在某些情况下，常要求专家提供三个概率不同的日期，即不大可能实现——成功概率10%；实现与否可能性相等——50%；基本上已能实现——90%。当然也可选择其它类似概率。然后就可以整理专家应答结果的统计特性，各类日期的均值即可作为预测结果。

特尔斐法是一个可控制的组织集体思想交流的过程，使得由许多不同的专家组成的集体能作为一个整体来解答某个复杂问题。它有如下特点：

1. 应答者有某种程度的匿名性。虽然征询表可以是匿名的，但征询与应答“背靠背”进行，应答者只能在信息

管理小组的工作  
开始↓

应答小组的工作

确定研究课题成立管理小组

设计预测程序 (1-1)

向专家寄出邀请信:

1. 说明特尔斐程序
2. 说明预测的课题
3. 邀请参加预测

考虑是否同意参加预测,  
若同意则答复并提出建议

同意

第一轮征询表:

1. 说明对应答者的要求
2. 提供背景材料
3. 第一轮征询问题

了解背景材料,  
答复第一轮问题

对第一轮答复进行汇总整理

第二轮征询表:

1. 第一轮答复的分布
2. 第二轮征询问题
3. 请求陈述理由的问题

反馈

了解反馈信息和问题,  
答复第二轮征询表

对第二轮答复作出汇总整理,  
考察答复的变化与收敛

第三轮征询表:

1. 第二轮答复的分布和变化
2. 补充材料和专家提供的理由
3. 第三轮征询问题

反馈

了解反馈信息和问题,  
答复第三轮征询表

对第三轮答复作出汇总  
考察答复的变化与收敛

整理预测结果写出预测报告书

了解预测结果

输出

图1-1 特尔斐法预测程序