

光学仪器特尔斐法预测

上海光学仪器研究所

1984.4.

前 言

当前，社会经济和科学技术发展预测，已越来越引起人们的重视。因为，它对国家的兴旺发达，对企业的生命力有着非常密切的关系，而用于该方法的开支却远远小于其所得的收益。在国外，已将其作为一门新兴学科加以推广、应用。

我所根据光学仪器行业技术工作的需要，将特尔斐(Delphi)预测法首次应用于生物显微镜和分光光度计的预测，並收到一定的效果。为进一步加以推广和应用，我们编辑出版了本专辑，系统介绍了特尔斐法的特点、工作原理、具体应用和预测结果。但由于我们技术水平和人力有限，难免有不妥之处，欢迎读者提出宝贵意见。

本专辑主要由我所技术发展室施治平同志负责编写，並经陆汉民、朱庆华、孙长明、赵竞满等同志审校和加工；在预测过程中，得到了国内有关专家的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

上海光学仪器研究所

一九八四年三月

目 录

一、引言.....	(1)
二、特尔斐法的定义及发展简况.....	(1)
三、开展光学仪器特尔斐法预测的目的.....	(1)
四、工作原理和过程.....	(2)
五、调查结果及分析.....	(14)
六、几点体会.....	(44)

一、引言

预测是人们认识自然和社会发展的途径,揭示未来发展的趋势,以便能动地控制其发展的有效方法之一,是目前国内外广为开展的一门软科学。预测的可靠性在很大程度上取决于预测方法的选择。目前国外运用的预测方法多达一、二百种,按性质分为定性和定量两大类;按原理分为探索性、规范性、反馈性和直观性预测法四大类。特尔斐(Delphi)法则属于定性的直观性预测法的一种。它可应用于社会、科学、技术、经济和军事等领域,是预测中最常用的方法之一。

本文主要介绍特尔斐法在光学仪器技术发展预测中的应用及其结果,供有关单位和领导部门参考。

二、特尔斐法的定义及发展简况

特尔斐法又称专家函询调查法或专家集体判断法,它是一种匿名反馈的特定调查方法。其基本特征是采用函询调查的方式,背靠背地向专家提出问题,征求他们对某些特定问题(诸如市场、产品技术发展等)的意见,经过二~四轮征询与反馈,使各种意见逐步趋向一致,从而得出比较统一的预测结果,为制订规划和技术政策提供素材和决策依据。

特尔斐法最早起源于美国,由兰德(Rand)公司的数学家奥拉夫·赫尔曼(Olaf Helmer)等在四十年代末发明。特尔斐是借用古希腊传说中的域名(神谕之地),该域有一阿波罗神殿,据说能予卜未来,被人称为特尔斐神谕。该方法于六十年代中期普遍得到应用,兰德公司首先将它应用于技术预测(如自动化技术和航天技术等)。

近十几年来,特尔斐法已成为一种广泛应用于各种领域的预测方法,由于它对制订长远规划和重大决策起着不可忽视的作用,因而享有很高的声誉。截止七十年代初,用特尔斐法预测的项目已达数百种。据《未来》杂志报道,六十年代末至七十年代中,专家会议和特尔斐法(以特尔斐法为主)在各类预测方法所占的比重高达24.2%。

特尔斐法在国外的广泛应用,引起了国内的普遍重视,我国从六十年代末引进该方法,实际得到应用是在最近二、三年。

三、开展光学仪器特尔斐法预测的目的

这次开展光学仪器特尔斐法预测的目的在于:充分发挥全国各地光学仪器专家(或内行)的专业知识、工作经验和判断力,对八十年代光学仪器技术发展中的一系列问题——新产品的研制和开发、科学技术研究发展的技术政策、目前生产和研制中存在的共性问题和阻碍因素、科技人才的培养和配备等作出定量或定性的估计,在数据统计的基础上,找出倾向性的意见,判别各方面专家意见的分歧程度,从而弄清光学仪器在八十年代应当发展些什么?如何发展?发展中需要解决哪些问题?阻碍发展的关键是什么?等等。

光学仪器种类繁多,为了提高预测的实际效果,我们选择了量大面广且在技术上具有代表性的生物显微镜、分光光度计两个系列分别作为预测的对象,以带动整个光学仪器的发展,

尽快使我国的光学仪器工业赶上国外先进水平。

四、工作原理和过程

1. 特点

特尔斐法和专家会议同属于定性的直观性预测法，而特尔斐法又是在专家会议基础上发展起来的，更加适用于进行长期预测。

直观性预测法是以专家为索取信息的对象，组织各类专家运用个人的专业知识、工作经验，通过直观对过去和现在发生的问题进行分析和综合，从而找出规律，对发展前景作出判断。

众所周知，专家会议是以专家面对面发表和交换意见的方式来索取必要信息的一种预测方法。其优点是：能快速通过交换意见，集思广益，相互启发，为制订规划和决策等提出较好的建议和预测。

然而专家会议也有如下缺点：

(1) 由于受会议时间、地点等限制，代表性往往不够全面，讨论也不一定充分；

(2) 易受心理因素的影响：如“权威”的影响，“劝说”的影响或“随大流”，不愿公开修改自己发表过的意见等。

上述因素妨碍了个人独立思考能力的充分应用和集体智慧的充分发挥，在一定程度上影响预测结果的准确性。

而特尔斐法则消除了上述心理因素的影响，它是以匿名方式将同一内容的问题列成征询意见表，函寄选定的专家或内行，请他们根据自己的判断作出估计(包括定性和定量的)并列出必要的书面论据、意见和建议，然后将专家的答案进行统计(汇总、计算)，反馈给参加特尔斐法预测的应答者，使他们了解整体意见，修改(也可坚持)自己原来的答案，这样经过几轮反复(一般为2~4轮)，意见便趋向一致(或更加向两极分化)。这种“征询→答复→反馈和再征询→再答复……直至收敛”的过程，同样起到了交换意见，相互启发的作用。

与专家会议相比，特尔斐法具有如下特点：

(1) 匿名性：应答者彼此不发生联系，不知道别人的答案，消除了各种心理因素的影响，各专家可以在考虑整体意见的基础上修改自己的意见而无损于自己的威信。

(2) 规定统一的“提问→应答”方式，预测小组制订统一的征询意见表，要求应答者按一定的格式回答问题，例如“四性法”题、排序题……，应答者的答案势必比较整齐。

(3) 预测结果的统计特性：预测小组对每一轮的答案按一定的方式进行统计归纳，尽可能以数字形式反映所有应答者的全部信息，使原为定性或半定量的答案定量化，以充分表达应答者们意见的集中和分散程度。

(4) 轮与轮之间以反馈形式沟通：为了使应答者掌握全体专家的预测情况及意见，预测小组把上一轮的统计归纳结果反馈给参加下一轮预测应答者，提供给他们作进一步预测时参考。

为保证取得预期效果，对于预测小组来说，必须做到：

(1) 信守“匿名”诺言；

(2) 正确拟制征询调查表,在制表时不掺杂或暗示预测小组的倾向。每道题的题意要准确,说明要清楚,以避免不必要的混淆;

(3) 合理地选择参加预测的专家(即应答者);

(4) 恰如其分地选用“提问—应答”方式、统计归纳方法和评价标准;

(5) 对专家的答案和意见,必须严肃认真地进行统计——汇总、计算,并以一定的方式表达。

特尔斐法预测在光学仪器中的应用是我国仪器仪表行业的首次尝试,我们于1982年3~10月就生物显微镜、分光光度计在八十年代的技术发展进行了两轮征询调查,其题目分别为“生物显微镜技术发展预测调查表”、“分光光度计技术发展预测调查表”

这次调查是围绕弄清生物显微镜、分光光度计在八十年代如何发展?发展些什么?发展中需要解决哪些问题?阻碍发展的关键是什么?这一目的和中心任务进行的。

本文是这次生物显微镜、分光光度计特尔斐法预测的总结。

2. 专家的选择

在特尔斐法预测中,专家的选择是极为重要的。由于这次调查内容比较广泛,涉及到生产技术、企业管理、产品发展、科研、人才培养等,不但有长远发展,而且有目前存在问题的分析和生产实践中的教训(即阻碍因素)总结等问题;加上该两系列产品的发展包涵多种工程学科,因此,我们确定:调查中选择下列四方面类型的专家:

(1) 从事本专业的大专院校教师和科研单位的科技工作者。他们掌握较多的理论知识,或较长时间从事行业研究工作,对国内外的技术发展动向比较了解。

(2) 生产厂的技术专家。他们有丰富的产品研制和生产实践经验,对产品技术发展的要求比较熟悉。

(3) 管理机关的领导干部和专家。他们的接触面较广,对综合性问题能比较全面地进行分析、考虑。

(4) 用户部门的专家。他们有着丰富的使用实践经验,除了解国内产品的现状外,对国外产品的结构、性能与发展动态也比较熟悉,能从比较的角度对国产仪器发展动向提出看法。

上述1~3三个方面专家的选择是其他单位在进行特尔斐法预测时所实践过的。第4方面专家的选择是我们的尝试,对此曾有人担心会影响预测结果的准确性。但实践证明,这一作法是正确的,起到了意想不到的效果,他们为我国光学仪器的发展提出了不少较好的意见和建议。

考虑到各方面专家所处位置的不同,我们在统计归纳时,把他们相应地分成四个组——I、II、III、IV组,简称院所组、工厂组、管理组 and 用户组。

生物显微镜技术发展预测调查(第一轮),我们共聘请了128名专家,他们分别属于中央和各省、市的13个主管部门(包括生产和销售)以及14所高等院校、25个研究所、14个工厂、12个医院。其中有教授或研究员5名,副教授、付研究员或付主任技师(或医师)19名,讲师、助研或主管技师(或医师)29名,高级工程师3名,工程师54名,其他科技人员或干部18名。

分光光度计技术发展预测调查(第一轮),我们共聘请了168名专家,他们分别属于中

央和各省、市的12个主管部门（包括生产和销售）以及26所高等院校、44个研究所、23个工厂。其中有教授或研究员10名，副教授、付研究员或付主任技师19名，讲师、助研或主管技师（或医师）37名，高级工程师8名，工程师75名，其他科技人员或干部19名。

以上专家（除少数外），一般从事专业工作均超过十年，具有丰富的理论知识或实践经验，水平较高。从首轮回答结果来看，95%以上的专家比较熟悉情况。

生物显微镜调查（第二轮）共聘请了123名专家，其中包括第一轮调查复函的119名，另外增补了4名。未聘请的专家中包括第一轮未复函的8名，因各种原因去掉的1名。

分光光度计调查（第二轮）共聘请了158名专家，其中包括第一轮调查复函的153名，另外增补了5名。未聘请的专家中包括第一轮未复函的10名，因各种原因去掉或扣除的5名。

从生物显微镜、分光光度计调查的实际情况来看，由于参加两轮调查的专家变化不大，因而两轮调查中，各方面专家的构成比变化很小，这对调查结果的顺利产生具有良好的作用。

本次生物显微镜、分光光度计调查的人数均超过通常的特尔斐法调查（50~100人），因而属大型调查。

参加生物显微镜、分光光度计技术发展预测调查的专家构成情况见表1(a)、表1(b)。

表1(a) 生物显微镜调查专家构成情况汇总表

	I组(院所组)		II组(工厂组)		III组(管理组)		IV组(用户组)		总 计
	人数	比例	人数	比例	人数	比例	人数	比例	
第一 轮	32	25%	31	24%	21	17%	44	34%	128
第二 轮	33	27%	32	26%	17	14%	41	33%	123

表1(b) 分光光度计调查专家构成情况汇总表

	I组(院所组)		II组(工厂组)		III组(管理组)		IV组(用户组)		总 计
	人数	比例	人数	比例	人数	比例	人数	比例	
第一 轮	36	22%	29	17%	20	12%	83	49%	168
第二 轮	38	24%	27	17%	17	11%	76	48%	158

3. 征询调查表的拟制

在特尔斐法预测中，征询调查表拟制得好坏是成败与否的关键之一。在调查前，我们首先围绕本次预测的中心任务正确地拟制生物显微镜、分光光度计技术发展预测调查表。我们的具体做法是：

(1) 在反复征询意见和修改的基础上制订征询调查表

按照一般情况，制订征询调查表前首先要经过专家的预选过程，即首先向参加预测的专家提供空白调查表（或提供为数众多的题目），请他们根据预测的要求自己提出题目（或从中进行选择 and 修改），在此基础上由预测小组确定正式的题目。这对缺乏具体资料的预测项目较为有效，但需多一轮征询，增加了专家的工作量，且题目较难集中。本次调查中，我们

把这一轮省略，而是事先根据积累的光学仪器国内外水平和发展动态资料，以及上级部门、各院校、厂所和用户部门对发展产品、拟制规划等的要求或意见，将予测的问题分成几个方面，并拟制了该两系列产品的主要几个予测的题目，先由我所有同志进行修改和补充。在此基础上分别制订了生物显微镜、分光光度计技术发展予测调查表（初稿）征求本市行家的意见，进行第二次修改，最后由研究室集体讨论通过后，确定为正式的调查表。

（2）请有关专家试填

为了防止可能出现的差错，调查表确定后，我们先请有关专家试填，对每一个题目的题意和说明都进行了仔细推敲，对专家可能提出的问题作了事先估计，在此基础上对部分题目作局部修改，最后付印定稿。

生物显微镜技术发展予测调查表（第一轮）共有26个题目，分光光度计技术发展予测调查表（第一轮）共有28个题目。

这些题目分别属于以下六个方面：

- A、关于生物显微镜、分光光度计系列分类；
- B、生物显微镜、分光光度计八十年代近、中期的研制产品和远期的开发项目；
- C、八十年代提高生物显微镜、分光光度计的性能应开展的研究项目（包括基础理论、应用技术和技术经济）和急需解决的问题；
- D、生物显微镜、分光光度计发展中存在的问题和影响发展的关键因素；
- E、关于科技人才的培养和配备问题；
- F、其他。

这些题目主要针对发展生物显微镜、分光光度计系列产品的重要选题和技术政策问题，但也包括发展显微镜、物理光学仪器乃至整个光学仪器的共性问题。所有题目都不脱离行业工作的范畴。

4. “提问—应答”方式、统计归纳方法及评价标准

本次生物显微镜、分光光度计予测调查，均采用了如下五种“提问—应答”方式：

（1）“四性法”题——

要求应答者对问题的“正确性”、“重要性”、“迫切性”和“可能性”作出回答。

以生物显微镜调查表（第一轮）第4题为例：

题 目 栏	答 案 栏
在实验室用生物显微镜中，为适应医疗卫生、地质等部门开展细菌、病理及矿石等分析和研究等需要，我国在八十年代应当研制具有透反射性能的高级荧光显微镜。 对于这种看法，请您按“答案”栏内的四方面均作出选择：	（a）正确，不正确； （b）很重要，重要，不重要； （c）很迫切，迫切，不迫切； （d）*很可能，可能，不可能。 *指达到正式商品的可能性。

注：分光光度计调查表中“四性法”题的格式与此相同。

上述例题中，“正确性”是指应答者从生产厂的技术水平可能和用户需要两方面考虑，

对题目的论点正确与否所作的选择，其目的是解决前提问题，“重要性”和“迫切性”是指他们从满足用户需要或提高仪器性能等方面考虑，对开展这一项目的研制或研究的重要和迫切程度所作的评价；“可能性”是他们对指定时期内，在某种程度上实现这个项目的可能性所作的预测。

下面介绍“四性法”题的统计归纳方法及评价标准

A： P 值——对“四性”作出估计的指标值

例如有100个应答者对某一题在“重要性”方面的反应如下表：

等 级	人 数	百 分 比
很 重 要	27	27%
重 要	48	48%
不 重 要	25	25%
总 计	100	100%

则该题的“重要性”指标值 $P_{重}$ 定为0.75（即 $0.27 + 0.48$ ）， $0 \leq P_{重} \leq 1$ 。该题的“迫切性”“可能性”和“正确性”指标值 $P_{迫}$ 、 $P_{可}$ 和 $P_{正}$ 也可用同样方法计算得出。为了便于比较，我们把每一题的“四性”指标值绘成折线图如图1。

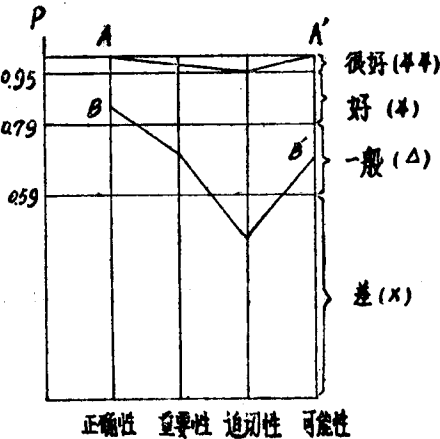


图 1

AA'线表示某一题“正确性”、“重要性”、“迫切性”和“可能性”四个方面都为应答者们所普遍肯定；另一条BB'线表示另外一题的“迫切性”和“可能性”很差，但从“正确性”和“重要性”来看则尚可。

有关“四性法”题中P值的评价标准是予测小组（即特尔斐法设计者）自行规定的，这次我们把它规定为：

$P \geq 0.95$ ，“很好”（☆☆）； $0.79 \leq P < 0.95$ ，“好”（☆）； $0.59 \leq P < 0.79$ ，“一般”（△）； $P < 0.59$ ，“差”（x）。

在规划或基本建设中明确设立一个项目（尤

其是远期的研制或研究项目）之前必须进行“可行性”分析，而要进行“可行性”分析，应首先进行上述考察。

然而，上述考察尚没有充分利用所有的信息，只是方法简便、指标鲜明易懂而已。只有充分利用所有信息，即除了算出P值外，尚应算出各方面专家对该题看法的总分歧量 $PI_{总}$ 值，才能对该题是否“可行”作出明确的判断。

B： PI 值和 $PI_{总}$ 值

PI 值——四组专家对“四性”看法分歧的量度（即对各题中每一性看法的分歧量）。

PI 值的图示说明见图2

如图2所示，对于每一题的每一“性”， PI 值等于6对P值差之和。仍以重要性方面作为例子，设四组专

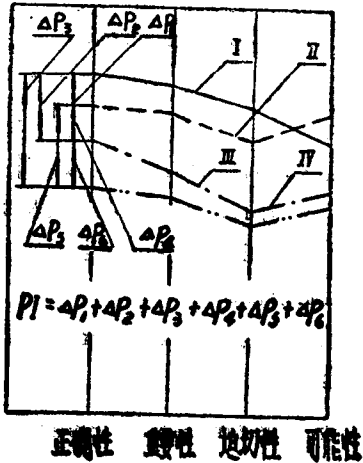


图 2

家的“重要性”指标值分别为 $P_{重I}$ 、 $P_{重II}$ 、 $P_{重III}$ 、 $P_{重IV}$ ，则四组专家对“重要性”看法的分歧量 $PI_{重}$ 值可用下式表示：

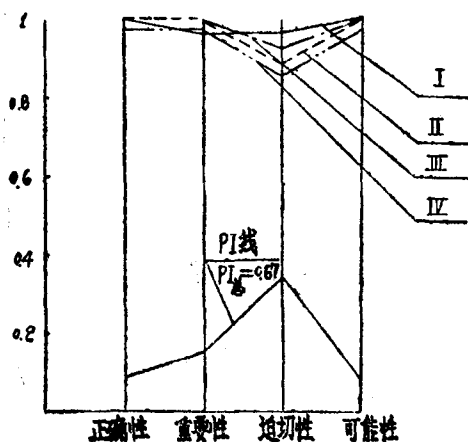


图3 生物显微镜第3①题的P和PI值示意图

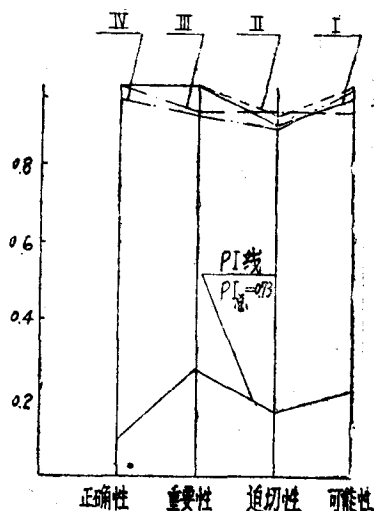


图4 分光光度计第5题的P和PI值示意图

$$PI_{重} = \Delta P_{重1} + \Delta P_{重2} + \Delta P_{重3} + \Delta P_{重4} + \Delta P_{重5} + \Delta P_{重6}$$

$$= |P_{重I} - P_{重II}| + |P_{重I} - P_{重III}| + |P_{重I} - P_{重IV}| + |P_{重II} - P_{重III}| + |P_{重II} - P_{重IV}| + |P_{重III} - P_{重IV}|$$

我们用同样的方法可以计算出四组专家对“迫切性”、“可能性”和“正确性”看法的分歧量 $PI_{迫}$ 、 $PI_{可}$ 和 $PI_{正}$ 。

$PI_{总}$ ——四组专家对各题看法分歧的总量度（即对各题看法的总分歧量）

$$则PI_{总} = PI_{正} + PI_{重} + PI_{迫} + PI_{可}$$

对于每一“性”来说， $0 \leq PI \leq 4$ ，即PI的最大值为4，其求证步骤如下：（仍以“重要性”为例）

$$设P_{重I} = x_1, P_{重II} = x_2, P_{重III} = x_3, P_{重IV} = x_4$$

$x_1 \geq x_2 \geq x_3 \geq x_4$ 为任给的四个数，且满足：

$$0 \leq x_1 - x_2 \leq 1$$

$$0 \leq x_1 - x_3 \leq 1$$

$$0 \leq x_1 - x_4 \leq 1$$

$$0 \leq x_2 - x_3 \leq 1$$

$$0 \leq x_2 - x_4 \leq 1$$

$$0 \leq x_3 - x_4 \leq 1$$

$$0 \leq x_i \leq 1 \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

求证：

$$0 \leq (x_1 - x_2) + (x_1 - x_3) + (x_1 - x_4) + (x_2 - x_3) + (x_2 - x_4) + (x_3 - x_4) \leq 4$$

证：

$$需证 0 \leq 3x_1 + x_2 - x_3 - 3x_4 \leq 4$$

显见 $0 \leq 3x_1 + x_2 - x_3 - 3x_4$ 是恒成立

故只需证 $3x_1 + x_2 - x_3 - 3x_4 \leq 4$

上述问题可化成如下的线性规划问题:

$$f_{\max} = 3x_1 + x_2 - x_3 - 3x_4$$

$$\text{满足 } -x_1 + x_2 \leq 0$$

$$-x_2 + x_3 \leq 0$$

$$-x_3 + x_4 \leq 0$$

$$x_1 - x_4 \leq 0$$

$$x_i \leq 1$$

$$x_i \geq 0$$

$$(i = 1, 2, 3, 4)$$

解: 引进松弛变量 x_j ($j = 5, 6, \dots, 9$), 原规划问题的标准形式为:

$$\begin{aligned} \text{求: } x_i \quad (i = 1, 2, \dots, 9) \quad & \begin{cases} -x_1 + x_2 & & + x_5 & & = 0 \\ & -x_2 + x_3 & & + x_6 & & = 0 \\ & & -x_3 + x_4 & & + x_7 & = 0 \\ x_1 & & -x_4 & & & + x_8 & = 1 \\ x_1 & & & & & + x_9 & = 1 \end{cases} \end{aligned}$$

$$f_{\min} = -3x_1 - x_2 + x_3 + 3x_4$$

单纯形迭代表格:

基变量	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	
x_5	-1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
x_6	0	-1	1	0	0	1	0	0	0	0
x_7	0	0	-1	1	0	0	1	0	0	0
x_8	1*	0	0	-1	0	0	0	1	0	1
x_9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
f_1	3	1	-1	-3	0	0	0	0	0	0
x_5	0	1*	0	-1	1	0	0	1	0	1
x_6	0	-1	1	0	0	1	0	0	0	0
x_7	0	0	-1	1	0	0	1	0	0	0
x_1	1	0	0	-1	0	0	0	1	0	1
x_9	0	0	0	1	0	0	0	-1	1	0
f_1	0	1	-1	0	0	0	0	-3	0	-3
x_2	0	1	0	-1	1	0	0	1	0	1
x_6	0	0	1	-1	1	1	0	1	0	1
x_7	0	0	-1	1*	0	0	1	0	0	0
x_1	1	0	0	-1	0	0	0	1	0	1
x_9	0	0	0	1	0	0	0	-1	1	0
f_1	0	0	-1	1	-1	0	0	-4	0	-4
x_2	0	1	-1	0	1	0	1	1	0	1
x_6	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
x_4	0	0	-1	1	0	0	1	0	0	0
x_1	1	0	-1	0	0	0	1	1	0	1
x_9	0	0	1	0	0	0	-1	-1	1	0
f_1	0	0	0	0	-1	0	-1	-4	0	-4

最优解: $x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 0, x_4 = 0, f_{\min} = -4$

$\therefore x_1 = 1, x_2 = 1, x_3 = 0, x_4 = 0$ 时 $f_{\max} = 4$ 证毕

注：上述证法是运用运筹学中线性规划的单纯形方法，单纯形迭代表格中的*数字称作主元。

由此可知， $PI_{\text{总max}} = 4 \times 4 = 16$

在每一题中， $PI_{\text{总值}}$ 越大，表示四组专家对该题看法的分歧越大；反之，则表示分歧越小； $PI_{\text{总值}} = 0$ ，表示分歧为零。

我们这次规定的评价标准为：当 $PI_{\text{总值}} > 4$ （即16的25%）时，被认为分歧很大，需再进行一轮征询。

上述生物显微镜第4题的 $PI_{\text{总值}}$ 为1.22。

（2）“排序法”题——

在同一个题目中列出若干个项目（或产品或原因），要求专家按它们的重要性程度（或优先发展的次序或主次程度）作出排队。

先以生物显微镜调查表（第一轮）第7题为例：

题 目 栏	答 案 栏
（7）（综合第8～9题） 请对a.相衬显微镜、b.微分干涉相衬显微镜、c.高级荧光显微镜、d.彩色电视生物显微镜、e.显微镜光度计，按在八十年代优先发展的次序作出排队。	_____。

再以分光光度计调查表（第一轮）第19题为例：

题 目 栏	答 案 栏
（19）为尽快提高分光光度计的研制和生产水平，我国在八十年代应从下列方面着手：（a）关键材料与元器件（如光源、狭缝、透镜、光栅、光电管、光电倍增管、真空热电偶和高莱探测器等），（b）设计，（c）关键工艺，（d）测试技术，（e）装配与调试，（f）附件，（g）国外先进技术的引进。 请按照它们的重要性程度排列次序：	_____。

我们还对一部分题目（如生物显微镜调查表的第3～7，8～11题；分光光度计调查表的第3～7，8～12题）将它们的“四性法”

与“排序法”结合起来进行双重调查，以便在解决同一类的几个产品的“可行性”之后，进一步明确它们之间的优先发展次序，并借以考核两种调查结果的一致性。

下面介绍“排序法”题的统计归纳方法及评价标准。

为了排序，我们需计算下列各值或规定如下量度：

A. L_i 值

L_i 值——第*i*项的总合评价分数

如上述两表中要求对几个项目 A_1 、 A_2 、…… A_n 进行排序，当应答者把第*i*项 A_i 列为第一位时给*n*分，列为第二位时给（*n* - 1）分，……，列为末位时给1分，未列上调查表的给0分。然后按调查表中出现的频率予以加权平均，求出该项目的总合评价分数 L_i 值。

$$L_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{n+1} a_{ij}(n-j+1) = \frac{1}{N} [a_{i1} \cdot n + a_{i2} \cdot (n-1) + \dots + a_{in} \times 1 + a_{i(n+1)} \times 0]$$

($i = 1, 2, \dots, n$)

a_{i1} —— N 个应答者中把 A_i 项列为第一位的人数

a_{i2} —— N 个应答者中把 A_i 项列为第二位的人数

.....

a_{in} —— N 个应答者中把 A_i 项列为第 n 位的人数

$a_{i(n+1)}$ —— N 个应答者中未把 A_i 项列入调查表的人数

N —— 应答者总人数, $N = \sum_{j=1}^{n+1} a_{ij}$

($i = 1, 2, \dots, n$)

评价标准:

按各项目所得 L 值的大小对它们进行排列, L 值高的项目当然排在前面。

B. “ $\gg$ ”、“ $>$ ”、“ $\approx$ ”和 ΔL 值

在“排序法”题中, 为了充分表达应答者们提供的信息, 除了通过上述计算(L_i 值)排出各项目的先后次序外, 尚需采用“ $\gg$ ”、“ $>$ ”、“ $\approx$ ”三种符号以显示各项目之间在领先程度上的差别。其中:

“ $\gg$ ” —— 显著领先、“ $>$ ” —— 一般领先、“ $\approx$ ” —— 勉强领先。

以上三种符号的确立与 ΔL 值有关。

ΔL 值 —— 相邻两项的 L 值之差 (即 $\Delta L = L_{i+1} - L_i$)。

我们自行规定如下评价标准:

当 $\Delta L \geq 0.95$ 时, 表示两项差距“显著”, 故标以“ $\gg$ ”;

当 $0.15 < \Delta L < 0.95$ 时, 表示两项差距一般, 故标以“ $>$ ”;

当 $\Delta L \leq 0.15$ 时, 表示两项差距“极微”, 故标以“ $\approx$ ”。

以上述生物显微镜调查表(第一轮)第7题为例, 第Ⅲ组专家的调查结果为 $a > c \gg b > e \approx d$, 表示(即解释为)按优先发展的次序: “相衬显微镜”一般领先于“高级荧光显微镜”, “高级荧光显微镜”显著领先于“微分干涉相衬显微镜”, “微分干涉相衬显微镜”一般领先于“显微镜光度计”, “显微镜光度计”勉强领先于“彩色电视生物显微镜”。

分光光度计调查表中“排序法”题的调查结果, 也可以用同样的方法进行解释。

C. δ 值 —— 排序间隔的总量度

在进行上述两项计算, 并对排列好次序的项目之间标以“ $\gg$ ”、“ $>$ ”、“ $\approx$ ”三种符号以后, 还需进一步计算 δ 值, 以确定该题的排序间隔是否明显。其中:

$$\delta = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{n}, \quad (0 \leq \delta \leq 1)$$

如上述生物显微镜第7题的 $\delta = 0.47$; 分光光度计第19题的 $\delta = 0.68$ 。本次调查规定: 若 $\delta \geq 0.3$, 则认为该题的排序间隔基本明显; 若 $\delta < 0.3$, 则该题的排序间隔不明显, 就要根据具体情况考虑是否需要再进行一轮征询。

(3) “时间推测法”题 ——

“时间推测法”题又称“年份预测”题，要求专家预测某一事件（或项目）发生、解决或搞成的年份。

该类题目的统计结果一般采用中位数和上、下四分位数来表示，也可采用平均年份和上、下限来表示。现分别介绍这两种统计归纳方法：

A. 中位数和上、下四分位数统计方法

计算中位数 M_d 和上、下四分位数 Q_2 、 Q_1 的方法比较简单，本文不再论述。通过上述方法得出的预测结果，可以用“列表法”或“图示法”来表达。

生物显微镜调查表（第一轮）第3题②、分光光度计调查表（第一轮）第17题②采用上述方法得出的调查结果见表2。

表2.高级研究用生物显微镜（第一台可供实用的）搞成年份的调查结果：

专家类别	Q_1	M_d	Q_2
I	84 85	85	85
II	85	85	86
III	83	84 85	85
IV	85	85	85
总	85	85	85

用上、下四分位数之差 ΔQ 表示调查结果的平均离散幅度，则： $\Delta Q = Q_2 - Q_1 = 85 - 85 = 0$

表3.带微处理机的分光光度计（第一台可供实用的）搞成年份的调查结果：

专家类别	Q_1	M_d	Q_2
I	84	84	85
II	83	84	85
III	83	84	85
IV	85	85	85
总	84	85	85

平均离散幅度：

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = 85 - 84 = 1$$

按照一般情形，平均离散幅度既不能太大，也不能太小。因本次生物显微镜、分光光度计调查用上述中位数和上、下四分位数统计方法得出的平均离散幅度太小，不能全面反映专家意见的分歧程度，故我们在正式统计时采用另外一个计算方法——平均年份和上、下限统计方法。下面介绍该方法：

B. 平均年份和上、下限统计方法

其计算公式如下：

$$\text{平均年份: } \bar{X} = \frac{\sum x_i f_i}{\sum f_i}$$

其中 $x_i = 82, 83, \dots, 89, 90$ 年

f_i ——将 x_i 作为预测年份的应答者人数

$$\text{标准差: } \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 f_i}{\sum f_i}}$$

$$\text{上限: } \bar{x} + 2\sigma_x$$

$$\text{下限: } \bar{x} - 2\sigma_x$$

生物显微镜调查表第8题②、分光光度计调查表第17题②采用该方法得出的调查结果分别如下: (详见附表)

高级研究用生物显微镜:

$$\bar{x} = \frac{8602}{101} \approx 85.17 \text{ (年)} \quad (\text{即1985年2月})$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{320.15}{101}} \approx 1.78 \text{ (年)}$$

$$\bar{x} + 2\sigma_x = 85.17 + 2 \times 1.78 = 88.73 \text{ (年)} \quad (\text{即1988年9月})$$

$$\bar{x} - 2\sigma_x = 85.17 - 2 \times 1.78 = 81.61 \text{ (年)} \quad (\text{即1981年7月})$$

带微处理机的分光光度计:

$$\bar{x} = \frac{10821}{128} \approx 84.54 \text{ (年)} \quad (\text{即1984年6月})$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{249.83}{128}} \approx 1.40 \text{ (年)}$$

$$\bar{x} + 2\sigma_x = 84.54 + 2 \times 1.40 = 87.34 \text{ (年)} \quad (\text{即1987年4月})$$

$$\bar{x} - 2\sigma_x = 84.54 - 2 \times 1.40 = 81.74 \text{ (年)} \quad (\text{即1981年9月})$$

(4) “百分比估计”或其他各种估计选择题

主要分以下两种类型:

A. “百分比估计”题——

要求应答者对若干具体的比例关系(按百分比)作出估计。

其统计方法: 对所有应答者的估计值进行平均。

B. 要求应答者作出各种估计选择的题目

对于这一类题目, 除了要求专家作出各种估计选择外, 尚要求专家作一定的说明或申述理由。

其统计归纳方法: 统计各种选择所出现的频率, 并对专家的说明或理由进行归纳。

(5) 自由填写题

在这一类题目中, 请专家们自由填写发展项目、建议以及国外生物显微镜、分光光度计在八十年代的发展突破等。这有助于行业规划、测试、情报研究和标准化人员开阔思路。我们仅将该类题目作为本次调查的辅助形式, 除个别题目外, 一般未作归类统计。

5. 工作过程

下面先叙述生物显微镜的调查过程。

生物显微镜第一轮调查表发出后, 共回收到专家填写好的调查表120份, 回收率为94%

[见表4]。第一轮调查历时二个月。

从生物显微镜第一轮答案的统计归纳结果中可知,该表的26个题目中,有20个题目的统计结果基本一致,意见相对集中或得到了较为明显的信息。例如该表第3①题,四组专家对“四轴”答案的指标值P很接近, PI 和 $PI_{总}$ 值很小,专家的意见倾向一致(参见图3)。又如该表第7、18题,专家对各项的排列次序也基本一致(参见附表一)……。因此,这些题目没有必要再进行第二轮调查。该表其余6个题目中,2个题目因题意不全而须按专家的书面意见作适当修改补充(第1、6题),3个题目的答案显示出若干分歧(第3、4、5题),1个题目的信息不全(第9题)。对这6个题目,我们把这一轮的统计结果连同专家自己的答案逐一登记后,寄回给专家本人作第二轮调查。

生物显微镜第二轮调查表共有9个题目,其中3个题目为新增加的。这一轮调查时间也接近二个月,回收到填妥的调查表121份,回收率为98%。

表4

生物显微镜调查表回收情况汇总表

	第 I 组		第 II 组		第 III 组		第 IV 组		总 计	
	复函数	回收率	复函数	回收率	复函数	回收率	复函数	回收率	复函数	回收率
第 一 轮	30	94%	31	100%	17	81%	42	95%	120	94%
第 二 轮	31	100%	30	94%	17	100%	41	100%	121	98%

通过第二轮调查,除个别题目外,专家的意见基本趋向一致。三个“排序法”题中,有两个题目的排列次序比第一轮明显变好,排序间隔更趋于明显,如第7题的 δ 值从0.60提高到0.74;至于第5题,因专家对研究用生物显微镜发展缓慢原因的看法主要是认为以技术方面为主或认为以管理方面为主有所分歧,故排序间隔变化不明显。这两种看法在国内其他行业的产品发展中也普遍存在,这种分歧在目前情况下是允许存在的,因而没有必要再进行一轮征询。其他几个重新征询或新增加的题目,也都取得了预期的效果。至此,整个生物显微镜特尔斐法预测调查过程顺利结束。

再叙述分光光度计的调查过程:

分光光度计第一轮调查表与生物显微镜第一轮调查表同时发出,共回收到填写好的调查表158份,回收率为94%[见表5]。第一轮调查为二个月。

从分光光度计第一轮答案的统计归纳结果中可知,该表的28个题目中,有23个题目的统计结果基本一致,意见相对集中或得到了较为明显的信息。例如该表第5题,四组专家对“四性”答案的指标值P很接近, PI 和 $PI_{总}$ 值很小,专家的意见倾向一致(参见图4)。又如该表第16、23题,专家对各项的排列次序也基本一致(参见附表二)……。因此,这些题目没有必要再进行第二轮调查。该表其余5个题目中,2个题目因题意不全而须按专家的书面意见作适当修改补充(第1、5题),2个题目的答案显示出若干分歧(第3、4题),1个题目的信息不全(第9题)。对这5个题目,我们把这一轮的统计结果连同专家自己的答案逐一登记后,寄回给专家本人作第二轮调查。

分光光度计第二轮调查表亦有9个题目,其中4个题目为新增加的。这一轮调查时间也接近二个月,回收到填好的调查表156份,回收率为99%强。

表 5

分光光度计调查表回收情况汇总表

零

	第 I 组		第 II 组		第 III 组		第 IV 组		总 计	
	复函数	回收率	复函数	回收率	复函数	回收率	复函数	回收率	复函数	回收率
第 一 轮	35	97%	27	93%	17	85%	79	95%	158	94%
第 二 轮	38	100%	26	96%	17	100%	75	99%	156	99%

通过第二轮调查,专家的意见基本趋向一致。二个“排序法”题对各项的排列次序均比第一轮好,排序间隔也更加明显,如第3题, δ 值由0.48提高到0.66。其他几个重新征询或新增加的题目,也都取得了预期的效果。至此,整个分光光度计特尔斐法预测调查过程也同时顺利结束。

五、调查结果及分析

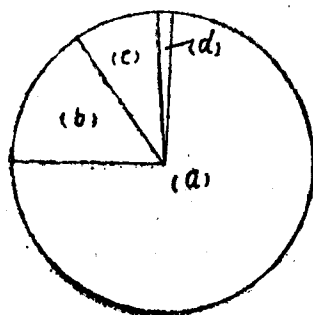
先叙述生物显微镜的调查结果*及分析

1. 关于生物显微镜系列分类

(1) 关于是否同意将生物显微镜分为三小类的调查(即第1题)

本调查的目的在于回收信息,而不是作出决定。

生物显微镜原来分为初级、中级、高级和研究用生物显微镜四小类,1981年经行业归口部门修改后,分为学生用(简易型和普通型)、实验室用和研究用生物显微镜三小类,并已在当年福州举行的生物显微镜系列标准审定会上通过。为了对该分类法的可行性和合理性进行验证,也为了扩大系列生产的需要,我们把该题列入征询调查表。98%的专家对该题表态。是第一轮所有题目中回答率最高的,可见各方面专家对该题、对发展国内生物显微镜生产十分关心。



(a)——同意 (b)——基本同意
(c)——不够全面 (d)——不同意

图 5

对该题的统计结果见左图。其中表示同意和基本同意的占90%,证明这一系列标准的制定具有一定的基础。在这部份专家中,有5%的专家从完善这一标准角度,在第一轮中对“学生用”的名称提出了自己的看法——认为提法不确切或欠善,他们提出是否改为普及(简易和普通型)或其他名称。但因该问题涉及面较广,需要由主管行业标准的部门处理此事,故本次调查不便作结论。

对本题分类方法持不同意见的专家(占2%)认为,虽然国外按此分类,但国内这样分不切实际,与金相、偏光显微镜的分法对应不起来,会使用户造成误解等,因此建议重新分类。这种意见在第II组的部分专家中较为明显。

(2) A. 按需要量和重要性程度排列次序的调查(即第2题⁽¹⁾)统计结果见附表

*各题目、各组所得的详细调查结果请见本文附表一。