

• 求知 • 探索 • 成才 •

大学科技

DAXUE KEJI

青年人勇于创新

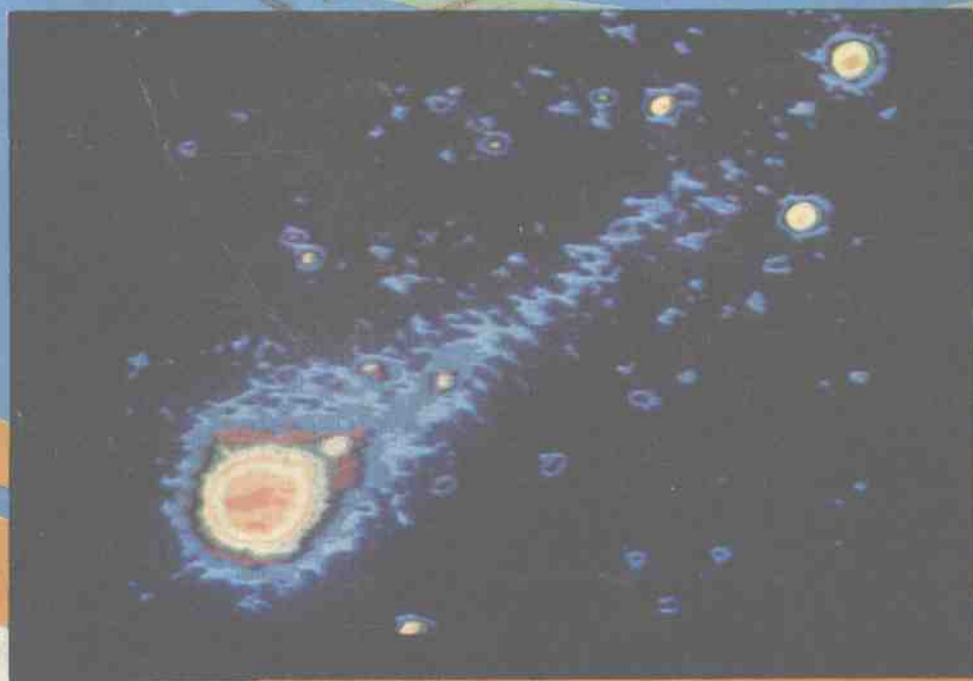
工程师的共同“语言”——实验设计

管道网络系统优化设计问题的算法及软件简介

中外合资项目经济评价方法初探

狭义相对论渊源浅析

科学事业坚韧不拔的探索者



1986

1



QINGNIANREN YAO YONGYU CHUANGXIN

青年人要勇于创新

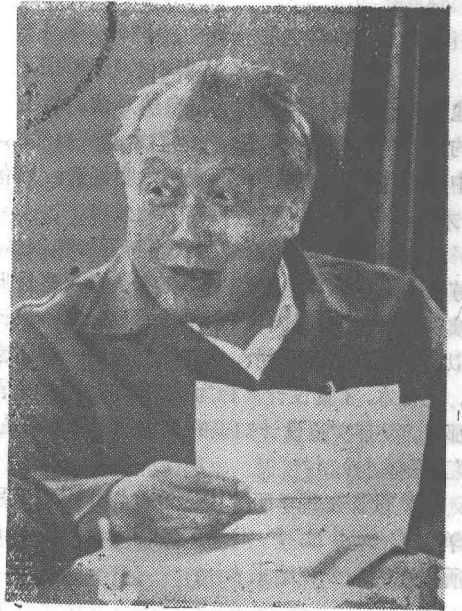
宏伟的四化建设需要极大地发挥全民族的创造精神。创造是科学的生命。

科技史告诉我们：对一个现象的解释，众说不一；对一个问题的思考，方案各异。种种新的假设、建议、结论无不在实践的检验中经激荡、筛选，错误的遭淘汰，正确的得生存。

往往新思想、新学说，唯其“新”而带“奇”，不相容于世俗的观念，被视为“异端邪说”。亥姆霍兹在上个世纪四十年代首先阐述能量守恒定律，他的文章却受到权威的物理学家波根道夫任主编的刊物《物理学和化学记事》的冷遇。亥氏的那本很珍贵的小册子，至今我仍保存着。当然，新的不一定是正确的，当发现是错误的，就应放弃。没有错，就没有对。只有经过合乎逻辑的推论，通过大胆实践，不断验证，不断修整，才会有新的“真谛”发现。我们完全不要害怕那些所谓的“异端”思想会把人们的认识引上歧途。可怕的倒是一个人，特别是科技工作者，没有想法，没有观点，不敢标新立异。诚然，这并不是为任何标新立异的观点开放“绿灯”。我的观点是在学术上，特别是在科技领域中需要各抒己见，百家争鸣。它将有助于剔除谬误，展示真理；有助于培养新秀，扶植幼苗。

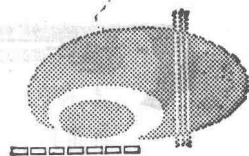
我欣喜地看到，现在不少青年人、大学生思想活跃，才智横溢，他们是很有前途的。希望他们不迷信权威，勇于创新，勇于实践，善于在正确与错误的角斗中达到胜利的彼岸。

《大学科技》试图从不同的角度来鼓励读者和作者思考，使大学生们开阔眼界，开发智力，能够超脱于自己所从事的狭隘专业领域，这在科学的分支越划越细，而各分支正日益渗透、纵横交错的今天，无疑是十分有益的。希望把它办成大学生自己的刊物，作为一个途径，能为识才、选才和成才作出贡献。



钱伟长

工程师的共同“语言”——实验设计



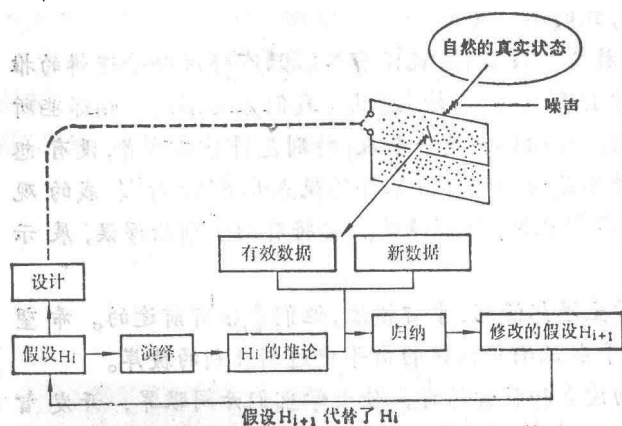
丁 元

工科大学的学生是未来的工程师。

各部门的工程师, 尽管从事千差万别的工作, 但是他们都需要有一种共同的与自然对话、与生产对话的“语言”。有了这种语言, 他们才能从自然、从生产中获得有用的信息, 从而有所发明创造; 只有这样, 才能改进技术和管理, 提高劳动效率。

自从培根以来, 无论是西欧的赫胥黎和穆尔, 还是苏联的米丘林和巴甫洛夫, 莫不认为观察是听自然演讲, 而实验则是向自然发问。那么, 实验设计就可以认为是向自然发问、与自然交谈的一种语言工具。在日本, 实验设计被称为工程师的共同“语言”。在那里, 没有实验设计知识的工程师, 只有算是“半个”工程师。

实验设计在科学研究中的地位和作用可以用统计学家 George E. P. Box 及 William G. Hunter 等所描述的一个简图来表示:



由图可见, 从原来的假设 H_i 发展到新的假设 H_{i+1} , 除了对原假设的演绎思考外, 还需要有有效的、新的数据, 而为了获得这些能进行有效统计分析的数据, 就要进行实验设计。

实验设计大体上可以分为三种类型: (1) 析因

设计; (2) 区组设计; (3) 回归设计。当然, 由于客观上的需要, 它们又是相互交错、互相渗透, 有时对某些设计难以泾渭分明地给予归类。

析因设计是考察影响试验结果的多个因素之重要程度并估计其各效应大小的一种试验安排。它有全面实施和部分实施之分。在全面实施的析因试验中, 由于五个因素各取 2 或 3 水平的试验 (分别称 2^k 、 3^k 析因), 在筛选因素及勘探方面用途特别广泛, 所以统计学家 Yates 为此设计了一种巧妙而简便的 Yates 算法。对部分实施的析因设计, 正交表是一种最有用的工具。在日本, 用正交表进行实验设计, 被某些专家称为“关于日本生产率的一个秘诀”。据估计, 十年前在日本应用正交表就已超过一百万次。昭和石油公司所属的川崎炼油厂, 试图获得低凝点而高产的高级润滑油, 但这两种特性在一般情况下彼此矛盾。进行了按正交表挑选的 16 次

实验后, 炼油厂成功地降低了凝点, 提高了产量, 并在一年内增加了一千万日元以上的利润。对致力于提高产品质量的寿命试验而言, 使用正交表方法也是非常合适的。例如, 为找出制造耐用汽车轮胎的最优条件, 可以从制造过程中列出 5 个与轮胎寿命直接有关的因素 (如工艺、配方等), 记为 A 、 B 、 C 、 D 、 E , 它们各取 2 种水平, 希望经寿命试验中找出影响轮胎寿命的主要因素, 选到使轮胎长寿的水平组合。试验时, 我们不必按传统方法选择完全相同的汽车及道路条件, 因为这样会浪费太多的时间和能源。相反地, 我们可以从已经卖给顾客的、已使用了一定时间的轮胎中收集实验数据。不过, 应按如下方法进行试验: 使用四辆汽车 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 , 每辆汽车在试验行驶中都不作任何限制性的规定。换言之, 一旦轮胎被装上, 对于道路类型、行驶距离或驾驶习惯等等, 都不限制。值得注意的是, 轮胎装在汽车的不同位置, 会产生不同结果。一般说来, 后轮情况劣于前轮; 由于汽车不对称, 前面两个轮胎间的情况也是不同的。为此, 我们必须考虑到汽车的四个位置的差异, 这意味着, 在寿命试验中, 除 5 个因素之外, 还要加上“汽车” R 和“轮胎位置” V 这两个 4 水



平因素,其中轮胎位置 V 将考察 V_1 (右前)、 V_2 (左前)、 V_3 (左后)、 V_4 (右后)这4个水平。换言之,无论是 B 还是 V 产生的影响,都不能与上述可控因素 A 、 B 、 C 、 D 、 E 的效应相混。按照常规实验设计,采用切实可行的组合数来设计这样的实验极其困难。然而采用正交表 $L_{16}(4^2 \times 2^8)$,分别将因素 B 、 V 、 A 、 D 、 E 、 B 、 C 放入第1、2、3、4、5、6、7列,即可得到只有16次组合的一张试验计划:

因素 试验号	B	V	A	D	E	B	C
1	B_1	V_1	A_1	D_1	E_1	B_1	C_1
2	B_1	V_2	A_1	D_1	E_1	B_2	C_2
3	B_1	V_3	A_2	D_2	E_2	B_1	C_1
4	B_1	V_4	A_2	D_2	E_2	B_2	C_2
5	B_2	V_1	A_1	D_2	E_2	B_2	C_2
6	B_2	V_2	A_1	D_2	E_2	B_1	C_1
7	B_2	V_3	A_2	D_1	E_1	B_2	C_2
8	B_2	V_4	A_2	D_1	E_1	B_1	C_1
9	B_3	V_1	A_2	D_1	E_2	B_1	C_2
10	B_3	V_2	A_2	D_1	E_2	B_2	C_1
11	B_3	V_3	A_1	D_2	E_1	B_1	C_2
12	B_3	V_4	A_1	D_2	E_1	B_2	C_1
13	B_4	V_1	A_2	D_2	E_1	B_2	C_1
14	B_4	V_2	A_2	D_2	E_1	B_1	C_2
15	B_4	V_3	A_1	D_1	E_2	B_2	C_1
16	B_4	V_4	A_1	D_1	E_2	B_1	C_2

如果我们将第 i 号试验的结果——轮胎寿命用 y_i 来表示,那么这16个数据来自16个轮胎,每一个轮胎都安装在不同汽车的不同位置上。我们还是能够将上述所有的因素对轮胎的影响区分出来。有一种直观分析法最为简单:对于每个因素,分别计算它的各水平所对应的试验结果 y_i 的平均值,将其中的最大数减去最小数,称为此因素的极差。在水平数不全相同的试验中可将相应的极差略加修正。这样,只需比较诸因素的极差大小:极差大,说明该因素水平的不同引起的轮胎寿命差异大,因而对于轮胎寿命而言是重要的影响因素。根据各个水平所对应的数据均值的大小,我们还可以进一步在这个因素中找到使轮胎长寿的水平,它们组合起来,正是制造耐用汽车轮胎的最优条件,它将大大提高轮胎寿命是毫无异议的。值得一提的是,我国的统计工作者受正交表的启示,放弃了其中的整齐可比性,着眼于布点均匀分散,提出了用更少的试验次数安排更多种多因素多水平试验的均匀设计法,它在我国飞航式导弹的设计中,大大缩短周期,节省大量费用,取得了可喜的成效。

区组设计是将 v 个处理(指品种、工艺条件、种植方法等因素或措施)安排在 g 个区组内进行试验的一种计划。它有完全和不完全之分,仅当每个区组均可容纳全部处理时才称为完全区组设计。不完全区组设计又有平衡与部分平衡之别。格子设计作为不完全区组设计的特例,因它能在容量较小的区组中安排处理数很大的试验,且它所用的组间分析法可以获得丰富的信息,故在实验设计的专著中往往将它们专列一类进行研究。

回归设计研究如何把试验的安排、数据的处理和回归方程的精度统一考虑。据此,人们可以事先主动选择尽可能少而代表性好的试验点,不仅使在每个试验点上获得最大信息,且使数据的统计分析具有种种优良性。其中最常用的是回归的正交和旋转设计,前者消除了回归系数间的相关性,后者则具备在同一球面上的试验点上,其预测值的方差相等的难得优点。它们在我国冶金、橡胶等行业中已经获得了有效的应用。

不论采用哪一种实验设计方案,工程师们总是按照自己的科研目的和要求,通过计划过的实验条理分明地向自然发问,而客观世界也投桃报李,反馈给工程师以滤去了噪声的、自然真实状态的“自白”——可以进行统计分析的、少而精的有效数据,这就是被形象地称为“对话”的过程。

不仅从事科研的工程师需要实验设计,主持日常生产的工程师也要学会实验的设计。五十年代由G. E. P. Box提出并逐步发展起来的EVOP (Evolutionary Operation)就是在生产现场边生产、边试验,以寻找最优生产条件的方法,这种方法被译作调优运算(或调优操作)。美国威斯康星大学统计学教授William G. Hunter 1982年6月在大连的中美合办的科技管理培训中心讲课时,把一般的质量管理称为“倾听生产过程演讲”,而把EVOP称为“和生产过程交谈”。EVOP是在生产过程中,对生产者感兴趣的因素进行经过设计的试验,并配出回归方程,寻找最速登高的方向,逐步向最佳工艺条件靠拢,直到达到要求为止。Kochler估计,美国的许多公司使用EVOP至少每年节约2千万美元(到1967年为止)。

实际上,不论是工程师还是农艺师,不论是搞自然科学还是搞社会科学,不论从事技术工作还是专攻管理科学,只要需要数据,需要客观世界和人进行“交谈”的领域,都少不了实验设计这个方法。从这个意义上讲,它是一切研究人员所必备的一项基本功。

(下转第11页)

彗星与哈雷彗星

晓 泓

阔别七十余年的哈雷彗星目前已越过木星轨道，不断地向地球靠近。尽管哈雷彗星的这次回归从观赏的角度来看比上一次大为逊色，然而它仍不失为一次开展彗星研究的极好机会。

与众不同的天体——彗星

彗星俗称“扫帚星”，是围绕太阳运行的一种小质量天体，呈不很清晰的云雾状独特外貌。在靠近太阳时会伸出长长的“尾巴”，形如扫帚，这种奇观在天空中可以说是绝无仅有的。

在太阳系的各类成员中，彗星与众不同之点首先在于它们的运行轨道。到二十世纪七十年代已算出轨道的彗星共有 600 多颗，绝大部分轨道都十分扁长。轨道又可分为三类，近抛物线轨道约占 49%，双曲线轨道占 11%，椭圆轨道在 40% 左右。在抛物线和双曲线轨道上运动的是非周期彗星，它们绕太阳转个向之后就远离太阳一去不返。在椭圆轨道上运动的称为周期彗星，它们周而复始地绕太阳公转，其中公转周期小于 200 年的称为短周期彗星。彗星运动轨道会受到大行星引力的干扰——摄动的影响，以木星的影响为最大。许多非周期彗星原来也都在偏心率接近 1 的椭圆轨道上运动，只是因为行星的摄动才改变为双曲线或抛物线轨道。公转周期大于 200 年的称为长周期彗星，轨道最远部分可延伸到冥王星以外很远的地方，周期可长达几千年以上。彗星轨道的另一个奇特之处在于轨道平面的倾角。彗星轨道面不象行星那样都很接近黄道面，而是同黄道面交成不同的倾角，有的可达 90° ，也就是轨道平面与黄道面相垂直。特别是近抛物线轨道的长周期彗星，轨道面取向呈随机分布，结果当倾角大于 90° 时便出现与行星公转方向相反的所谓逆行现象，称为逆行彗星。

彗星的结构和外形也是很特别的。从总体上来说，彗星由彗头和彗尾两大部分组成。彗头的结构比较复杂，不同彗星彗头的情况也不同。彗头的中心部分称为彗核，是彗星中密度最高的部分，呈圆球状，直径只有几百米到上百公里，但集中了彗星的绝大部分质量，平均密度为 $1 \text{ 克} \cdot \text{厘米}^{-3}$ ，彗星的其他

结构部分均由彗核发展而来。彗核周围较暗的云雾状结构称为彗发。有的彗星彗发范围不大，呈球茎状；有的彗发很亮，呈抛物面状包围着彗核，形成锚状彗发。彗发的体积还随彗星离太阳的距离变化而变化。1811 年大彗星的彗发直径达 180 万公里之巨，竟比太阳的直径还大！也有的彗星彗头部分仅有彗核而没有彗发，称为无发彗星。除了彗核和彗发外，少数彗星在彗发的外面还有着较大范围的氢原子云，称为彗云或氢云。这是通过大气外观测在紫外区 1216 埃波长（赖曼 α 线）上发现的，直径范围为 $200 \sim 10,000$ 万公里。彗星结构最奇特的部分要算是彗尾了。通常当彗星离开太阳比较远的时候只有彗头而没有彗尾，只有当它到达离太阳大约 2 个天文单位（3 亿公里）左右时才开始从彗头伸出彗尾来。随着离太阳越来越近，彗尾也就越来越长。大的彗尾长达 1 亿公里以上，宽可达 2,000 多万公里；最长者竟有 3 亿 2 千万公里，比火星轨道半径还大。但彗尾的密度却极小，只及地球上空气密度的十亿亿分之一。1910 年 5 月哈雷彗星的彗尾曾扫及地球，但地球上毫无异常现象出现。彗尾又可分为两类。一类彗尾外形较直，由离子气体组成，呈蓝色，称为离子彗尾或气体彗尾，是由太阳风对彗星中离子的强斥力作用而形成的，质点从彗尾抛出的速度约为每秒 $3 \sim 10$ 公里。另一类彗尾呈明显的弯曲状，由尘埃组成，呈黄色，称为尘埃彗尾，由太阳光子的辐射压力排斥尘埃而形成，质点抛出速度约为每秒 $0.3 \sim 2$ 公里。正因为彗尾起因于太阳的斥力，彗尾的方向总是背离太阳的。近日点附近彗尾长度达到极大，过近日点后又慢慢缩短，但方向仍背离太阳，结果就处于彗星运动的前导方向了。少数彗星出现有一种看上去正朝向太阳方向延伸的彗尾，呈短的扇形或长钉状，称为反常彗尾或向阳彗尾，但这只是一种投影效应。历史上曾记录到长约 15° 的长钉状反常彗尾。

目前，用望远镜平均每年可发现 10 颗左右彗星；而迄今已观测到的约有 1,600 颗。据估计，属于太阳系的彗星总数可达 1,000 亿颗之多。然而这么多彗星的总质量也只及地球质量的十分之一而已。

可见把彗星称为“看得见的鸟有”实在是太名副其实了！

哈雷和哈雷彗星

尽管彗星以它奇特的外貌自古以来吸引着人们的注意，但对彗星，特别是对周期彗星本质的认识都经历了漫长的过程。早期欧洲人长期受亚里士多德观点的影响，认为彗星是地球大气中的现象。直到1577年，丹麦天文学家第谷才通过视差的方法得知彗星距离要比月亮远得多，从而彻底推翻了这种错误的观点。1609年伽里略首次把望远镜用于天文观测，为精确测定天体在天空中的位置提供了实测手段。1666年，牛顿发现万有引力定律，只有在这以后人们才有可能通过观测和计算定出彗星的准确轨道，从而证明彗星是绕太阳运行的天体。

科学的发展总是建筑在人类一代继一代的不懈努力之上的。英国天文学家、数学家爱德蒙·哈雷对周期彗星的准确预言再一次说明了这一点。1656年11月8日哈雷生于伦敦附近的哈格斯顿，1673年进牛津大学皇后学院，1676年在南大西洋圣赫勒纳岛上建立了南半球第一个天文台，并观测、编制了第一份南天星表，被誉为“南天第谷”。他精心研究金星凌日，预测并建议对1761年金星凌日进行观测以确定太阳视差。他还发现了若干亮星的自行以及月球的长期加速现象。1678年他被选为英国皇家天文学会会员，1720年出任皇家格林威治天文台第二任台长。哈雷在一生中编纂了大量的彗星观测记录，也是天文界中第一个全力从事彗星轨道计算的人。1705年他发表了《彗星天文学论说》一书，阐述了1337-1698年间观测到的24颗彗星的轨道。哈雷对哈雷彗星回归的预言就是在这些工作的基础上作出的。

1682年天空中出现了一颗大彗星。哈雷凭着他在彗星领域内的丰富经验，注意到它的轨道与1607年以及1531年所观测到的彗星极为相似，从而意识到这三颗彗星只不过是同一颗彗星的三次出现。他根据牛顿万有引力定律推算了这颗彗星的轨道，得知它大约沿着一个扁长的椭圆轨道绕太阳旋转，周期为76年左右。因而哈雷预言：这颗彗星将在1758年底或1759年初再度出现。虽然哈雷本人于1742年去世，没有能看到它的重新出现，但在1759年3月，这颗彗星果然如期归来，比后人经考虑大行星摄动影响后的预期过近日点日期仅仅早一个月，并且在预言的星座之间经过。这是天文学史上一个惊人的成就，彗星如同行星一样遵循万有引力定律而绕太阳运行再没有可疑的地方了。这一

重大事件给彗星天文学开辟了一个新纪元，人们为纪念哈雷的功绩而把这颗彗星命名为哈雷彗星。它的公转周期为76年；近日距为8,800万公里，远日距为58亿公里，远在海王星轨道之外。轨道偏心率为0.967，与黄道面倾角为 162.2° ，是一颗逆行彗星。

关于哈雷彗星，我国古代史书上有世界上公认最早、最完整的记录。据《春秋》记载：鲁文公十四年（即公元前613年）“秋七月有星孛入于北斗。”这是哈雷彗星的最早记录。比西欧对哈雷彗星所作的最早文献记录时间公元66年几乎早了六百八十年。从公元前240年（秦始皇七年）那一次回归起，我国对哈雷彗星的每次出现均有记录，并且对彗星出现的时间、位置、运动、亮度、形态以致爆发现象均有不同程度的详细描述，为哈雷彗星的研究提供了极其宝贵的记录。

1835年和1910年哈雷彗星最近两次回归期间，人们对它进行了更多的观测。1909~1910年回归时，观测期长达20个月。该年5月，彗星亮度达1等星，早晨可以看到，5月17日彗尾长达张角为 100° 。5月18日经过太阳圆面时，甚至用最大的望远镜也看不到一点痕迹，表明彗核很小，而彗头和彗尾的透明度是极高的。5月19日至21日，彗尾更长达 140° ，横跨半个天空，和银河相争辉，实际长度达2亿公里，并扫过地球。据估计，哈雷彗星的原始总质量约在一千亿至十万吨之间，以彗核密度每立方厘米1.3克计，彗核半径在3~15公里左右。由于彗尾物质均来自彗核，所以核的质量在不断减少。估计每秒钟平均减少10吨，每公转一周质量减少约20亿吨，但与总质量相比这还是很小的，所以它仍然可以存在较长的时间。

彗星研究及其意义

哈雷去世以来，两百多年过去了，人们对彗星及其本质的认识正在不断地深入。彗星天文学在天文研究中有其特有的意义和作用。彗星研究的内容是十分丰富的，不可能在这里一一介绍。其主要方面大致上有彗星的轨道运动、形态结构、大尺度现象、物理性质、化学组成、统计研究、彗星模型、起源和演化以及与太阳、太阳系其他天体及整个太阳系演化的关系等等，这些方面又往往互相交叉而不可截然分开。就目前来说，在研究手段上除了经典的目视、照相、测光和光谱观测外，已发展到分光光度、辐射测量、射电、红外、紫外、偏振以至空间飞船观测等方面，进展是很快的。

彗星轨道运动的研究是彗星研究中最基本的内容之一，它的基础是彗星定位，即通过观测取得彗星

的精确位置。然后在考虑各种摄动因素的情况下由万有引力定律确定彗星轨道。彗星轨道的确定对于提供高精度的星历表、确定轨道类别以及预报彗星回归等方面具有头等重要的作用。轨道研究的另一个方面是探索不同时期轨道的变化,这不仅可以用来研究彗星的演化途径,而且还可以研究由彗核向外抛出物质的“火箭效应”所引起的非引力效应,第十颗行星的讨论以及有关年代学问题的论证等。

结构和大尺度现象的研究内容是多方面的。不同彗星的结构并不一样,即使同一颗彗星,在运行过程中随着到太阳距离的改变,形状也在不断地变化。其中彗发、特别是彗尾的形态和范围可以出现非常明显的变化。彗核可能发生分裂甚至瓦解,彗发的亮度会发生变化,彗尾可能出现断裂,而电离彗尾的变化更是十分迅速。许多大尺度现象表现在彗核周围的彗发部分,如喷流、扇状流、壳层、包层等。哈雷彗星在过去回归期间就出现过明显的彗发结构,而且每天变化很大。这些形态变化的深入了解对于研究彗星与太阳风的相互作用、太阳风的性质以及彗星的演化等是十分重要的。

彗星工作的另一个重要方面是通过分光、测光、射电、红外等手段来研究彗星各组成部分的物理性质、化学成份以及它们的变化情况。比如彗发的化学丰度、彗头和彗尾中出现的天体物理过程、核的自转、核的蒸发,这些性质又往往同彗星的日心距离有关。由于彗星中可能包含了太阳系形成时期的物质形态,彗星可能为地球带来第一批有机分子,因此这方面的工作对于研究太阳系起源以至地球上生命的起源可能有特殊重要的意义。

彗星起源问题是彗星工作中的理论课题,应当说迄今还未取得一致性的意见。关于起源问题以荷兰天文学家奥尔特在本世界五十年代提出的原云假说最为著名。根据这种理论,在太阳系边远地区存在着一个大约由1,000亿颗彗星构成的彗星云,即奥尔特云,绕日公转周期为几百万年。因其他恒星摄动力的影响,时而有一些彗星的轨道发生改变,从而进入太阳系内部。只是在大行星摄动作用下才进而成为短周期彗星,或获得双曲线轨道而抛出太阳系。除此之外还有其他一些假说,如俘获假说、喷发假说、碰撞假说等。以上假说都存在着一一些难以解释的现象,因而有待于进一步的研究。

1985-1986年哈雷彗星回归期的

国际联合观测计划

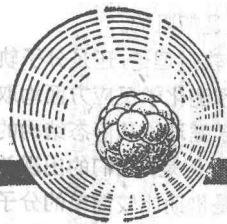
自哈雷彗星上一次回归以来七十多年过去了。在这四分之三个世纪内,人类的科学有了巨大的发

展,从而为这次哈雷彗星回归时的观测、研究工作提供了前所未有的技术手段。1982年10月16日,美国加州大学两位研究生用帕洛玛天文台口径5.1米大望远镜加上高灵敏度的电荷耦合器件CCD第一次重新找到了归途中的哈雷彗星,目视星等为25等,是历次哈雷彗星回归中发现最早的一次。嗣后,世界上许多有大望远镜的天文台进行了跟踪观测。我国天文学家利用云南天文台1米口径望远镜加CCD在1984年11月也观测到了哈雷彗星。据预报,这次哈雷彗星将于1986年2月9日过近日点。与地球有两次接近的机会,即1985年11月27日和1986年4月11日。在这前后是对彗星进行观测研究的最有利时间。

制订国际哈雷彗星联合观测计划最早的概念形成于1979年夏天。1980年7月,美国宇航局科学工作小组在一份正式报告中第一次提出“国际哈雷彗星监测(IHW)”的组织形式。1981年4月30日,该组织的国际指导小组正式成立并举行第一次会议。目前指导小组成员共有27人,我国紫金山天文台龚树模教授是其中的一名成员。“国际哈雷彗星监测”的目的是动员、组织和指导全世界专业和业余天文学家对哈雷彗星进行全球范围协调一致的观测和研究,并统一处理、发表和存储有关哈雷彗星的各种资料。“国际哈雷彗星监测”组织观测哈雷彗星的科学目的是,记述哈雷彗星的彗核、大气和彗尾的结构、基本物理过程和化学性质的特征,同时测定它们随时间和位置而发生的变化。

这次哈雷彗星回归期的国际性联合观测内容由专业观测、业余观测和空间探测三个方面组成。专业观测是全部观测内容中最为重要的组成部分,由不同学科的专家进行组织和协调。专家组负责组织专业观测网,协调专业观测者的活动,确定重点课题等。根据技术手段和研究项目的不同,“国际哈雷彗星监测”共组织了七个专业观测,分别从事天体测量、红外分光 and 辐射测量、大尺度现象研究、近核研究、光度和偏振测量、射电研究以及分光和分光光度观测,研究内容极为广泛。业余观测是这次哈雷彗星回归不可缺少的一支力量,可以为专业观测提供重要的补充。为此,“国际哈雷彗星监测”组织了业余观测网,主要项目是目视和照相观测,也可以进行光谱、光电测光以及与流星有关的观测。已经出版了“国际哈雷彗星业余观测者手册”,以对彗星的业余观测进行指导。“国际哈雷彗星‘监测’所组织的观测计划中,最引人注目的也许要算空间探测了。目前为止已计划有6艘空间飞船将对哈雷彗星进行近距离实地观测,

(下转第17页)



量子力学与化学关系的新进展

盛 根 玉

现代化学无论在实践上还是在理论上,正处在一个急剧变革的过程中,并在许多方面酝酿着重大的突破。反映现代化学的这种发展趋势的主要特点有四:其一,从宏观的研究深入到微观的研究;其二,从主要是定性的科学向定量的科学方向发展;其三,对于化学反应,从静态研究转移到动态过程的研究;其四,从基本上是描述性的科学向推理性的科学过渡。

现代化学的这些特点的形成,其重要原因之一,是由于量子力学和化学的结合。这种结合始于本世纪的廿年代,五十年代以来发展迅速,而当前正面临着新的进展。

一、量子力学和化学结合的开端

1927年,海特勒——伦敦(Heitler-London)开创性地把量子力学处理原子结构的方法应用于解决氢分子的结构问题,定量地揭示了两个中性原子形成化学键的原因,成功地开始了量子力学和化学的结合。这标志着一门化学新的分支学科——量子化学的诞生。量子化学既是现代物理学实验方法和理论(量子力学原理)不断渗入化学领域的结果,也是化学本身发展的必然趋势。

量子力学是描述微观粒子运动规律的有力工具,而物质的原子核和电子的运动状况是决定物质的物理、化学性质及其变化规律的内在根据。因此,量子力学为从电子层次上揭示化学现象的本质规律提供了广泛的可能性,为探讨分子系统中的电子运动建立了可靠的理论基础。量子化学利用求解原子、分子体系的薛定谔方程的统一方法,从电子层次来研究化学系统。这与经典化学这门归纳、经验学科相比,无疑具有多得多的演绎推理成分。但是,量子化学并不象量子力学那样只提供研究微观粒子的基本原理和方法,而是着眼于研究无限多样的具体化学体系中的原子核和电子的运动,由此揭示该系统的结构、性能和转化的规律。量子力学提供了微观粒子运动的一般规律,但决不能认为从这个一般规律出发,通过演绎推理就可以获得化学体系里的全

部信息。因此,量子化学不可避免地需要归纳化学的经验材料。或者说,量子化学的产生离不开化学的经验知识,量子化学表现出对经典化学的明显继承性。这种继承性不仅表现在量子化学部分地采用了经典化学的实验资料和经验规律以及术语,而且表现在量子化学的一些新概念可以在经典化学中找到它的萌芽(诸如:共振概念、分子整体性观念及化学反应中间体的观念等)。

另一方面,以归纳、经验为特征的经典化学积累了大量的实证的化学知识材料,使得在新的理论起点上整理这些材料并将其迅速上升为理性认识,从而导致整个化学理论体系有新的突破,已成为化学自身发展的必然趋势。由于深入到电子层次对化学运动规律加以研究是化学理论发展的迫切要求,因而必然导致量子力学的应用。可见,量子化学实际上是量子力学原理和化学经验以独特的形式相结合的结果。

二、量子力学和化学结合的发展

不仅量子化学的产生与化学经验的积累密切相关,而且量子化学的发展也离不开化学经验。考察量子化学理论的两大流派:价键理论(VB理论)和分子轨道理论(MO理论)的发展,可以对此留下深刻的印象。

VB理论是海特勒——伦敦用量子力学方法处理氢分子结构问题的推广。它是由斯莱脱(Slater)和鲍林(L. Pauling)等建立和发展的。它的主要特点,是把电子理论中一对自旋相反的电子形成共价键的观点作为构造分子中电子波函数的依据,并充分考虑了电子的不可分辨性。所以VB理论又称为电子配对理论。早期,它较成功地应用于处理双原子分子结构,形成了简单价键法;后来,由于原子轨道杂化概念的引入,此法又较完满地说明了一些多原子分子的结构,而形成了系统的价键理论。

MO理论是由莫立根(R. S. Mulliken)、洪特(F. Hund)和休克尔(E. Hückel)、伦纳德——琼斯(J. E. Lennard-Jones)等建立和发展的。该理论

将分子看作一个整体,认为原子结合成分子时,原子轨道要发生深刻的变化而转化为分子轨道,原属于原子的电子则变为属于分子整体所有,分子中的电子在一定的分子轨道上运动。

MO理论与VB理论两者均以研究共价键的形成和特性,探索化学键本质,寻求分子结构的规律性为目标,但在具体处理分子的方法上却大相径庭,各有千秋。MO理论跟VB理论的不同之处,在于不把电子配对看成构造分子中电子波函数的前提,却很强调分子的整体性,重视在分子中电子的运动状况与在原子中的差异以及其间的联系。

VB理论和MO理论在卅年代前后差不多同时创建,但是VB理论较早地在化学家中传播,并先于MO理论发展起来。究其原因在于VB理论的创建者们最先力图把量子力学和化学经验相结合,用量子力学理论论证、阐述了经典化学结构理论的一些结论,并发展了杂化、共振、电负性等一系列新概念,对化学实验起了~定的指导作用。而从五十年代开始,MO理论逐渐取代了VB理论的统治地位。究其原因,除了MO理论吸取了VB理论某些合理的概念(如轨道杂化、定域MO等)以及电子计算机的运用之外,还由于它和化学经验更紧密地结合,出现了大量的研究课题,并在指导化学实验方面发挥了比VB理论更大的作用。应该指出,这里的化学经验,主要是结构化学方面的经验知识,同时还包括反应化学的经验知识。

近二十多年来,MO理论有两个重大突破:一是福井谦一的前线分子轨道理论,及伍德瓦特(Woodward)和霍夫曼(Hoffman)的分子轨道对称守恒原理。前线分子轨道理论认为:基于MO理论,分子中所有电子都分布在不同能级的分子轨道上。通常,电子不会占满所有轨道,因而在分子中,存在两种特定的分子轨道,即最高占据轨道(HOMO)和最低空轨道(LUMO),并称这两种分子轨道为“前线轨道”(FMO)。前线轨道理论的基本点是:分子进行化学反应时,只和前线轨道有关。最高占据轨道具有特殊地位,反应的条件和方式取决于前线轨道的对称性。这一理论在解释共轭多烯的电环合反应等方面获得很大的成功。

分子轨道对称守恒原理则以大量的有机合成实验事实为基础,抓住分子轨道对称性这一关键,借助分子轨道(或者组态)相关图来推断基元反应进行的条件和方式。所谓“轨道对称守恒”的基本含意是:在反应全过程中,对于专一的对称元素来说,反应物的分子轨道以对称性守恒的方式过渡到产物的分子轨道。也就是说,只有产物的分子轨道的对称性保

持与反应物相同,那么这种协同反应(即基元反应)才是容易进行的,否则反应是禁阻的。

总之,不论是前线分子轨道理论,还是分子轨道对称守恒原理,在解释和预测化学反应方面均取得了卓越的成功,从而使化学键理论从静态结构的研究向动态过程的研究深入。但是,它们的出现并非依靠艰深的数学推导,而是借助比较简单的分子轨道理论(EHMO)对大量实验资料进行概括而得到的。分子轨道对称守恒原理的两位发现者中,伍德瓦特长期从事有机合成研究,非常熟悉化学实验资料,而霍夫曼是一位著名的量子化学家,深明量子力学理论。他俩联合对量子化学共同作出贡献,是量子力学与化学经验相结合的成功典范。

另一突出事件是MO理论从头计算方法的蓬勃发展。从头计算工作揭示了半经验方法中被掩盖了的许多化学信息,并帮助确定它们的适用界限,使人们对化学键的本质取得更深刻的认识。但是,对于从头计算方法的兴起,不能仅看到是由于电子计算机的应用帮助人们克服了计算上的困难,还要看到光电子能谱等实验手段为它提供了有力的支持,看到它对化学实验的指导作用亦是促进它发展的强大因素。

三、量子力学和化学关系的新进展

当前,量子化学的发展出现了一个很有希望的趋势,这就是理论计算和实验研究的更紧密的结合。它反映了量子力学和化学关系的一种新进展。这种新进展可以认为始于六十年代末,以分子轨道对称守恒原理的发现为契机。目前这种新进展的势头日趋迅猛,无论在量子化学基础理论研究和应用研究方面均有明显的反映。

量子化学中的基础理论研究有两个重要组成部分:其一是为使量子力学能更好地处理化学实验中提出的问题,而对量子力学的原理与方法作出进一步的阐明和发展。多年来,不断发展的密度矩阵理论、传播子理论(Green函数方法)、多级微扰理论、群论及图论在量子化学中的应用等方面的研究都是属于这个范畴。可以这样说,量子化学研究的艺术就在于作出合理的近似,而这种“合理”性必须既考虑到分子系统所具有的多电子多中心体系的特点,又应该经受得住化学实验的检验。目前,这方面的基础研究仍然显得很活跃。量子化学基础理论研究的另一个重要组成部分,是结合电子计算机的运用,建立一些多电子多中心体系的计算方法。在多种计算方法中,自洽场从头计算方法发展极快,目前相对于半经验计算方法来说,占着压倒的优势,正成为最

量子化学计算方法中的主流。然而,从六十年代开始兴起的从头计算一般并非真正的“非经验计算”。例如,它常常利用分子的对称性来简化计算,而分子的对称性通常是靠实验探求得到的,而不是用量子力学理论推究出来的;又例如,基函数组的选择在很大程度上是依赖计算者的经验而不是量子力学法则。诚然,这里所说的经验是以和实验数据的比较为基础的。

量子化学的应用研究,就目前发展状况而言,概括起来主要有四个方面:其一,研究分子结构。通过计算分子的几何形状与电子构型,从而得到电子能级、结合能、电子云分布以及与之有关的一些分子性能。这些结果都可与结构化学及一些测定物理化学性质的实验结果相互印证。目前值得注意的一个动向是对分子的激发态与不稳定分子进行量子化学计算。这些计算结果对于开拓分子设计的道路是十分有益的。其二,研究化学反应。首先,令人特别感兴趣的是轨道对称性守恒原理在一些新方面的应用,如过渡金属络合物异构化与取代反应的选择定则的推导;轨道对称性在化学发光反应中作为判定因素的建议;还有在激发态能量转移过程中轨道对称性作用的分析等。其次,是结合反应活性的实验来研究通过对位能面的计算而探索反应途径。在这方面,1969年提出、1970年后后期程序化的用梯度法计算位能面与分子稳定构型的Puley方法,正日益受到人们的重视。目前,计算得最精确的是H₂位能面,其计算结果已在化学实验的误差范围之内。其三,研究表面化学与催化机理。对一些精确的化学实验数据,需要进行微观解释,这在客观上就成为推动量子化学在这些领域中发展的动力。目前,在该领域中正在取得一系列的新发展。诸如:已经给几何构型复杂的过渡金属簇中的键合提出了一些定性的而又是有成效的理论(所谓簇是指金属与络合配位基组成的多面体);矿物的固态结构的一种新的分子轨道观点正在发展之中;过渡金属络合物的几何和电子结构特征也开始被人们所了解等。这些新发展无疑对化学领域中的催化及合成产生重大影响。其四,研究生物大分子与药物分子的结构与功能。目前对于小分子的计算,用组态相互作用方法已经达到了相当好的精确度,一般计算结果可以准确到化学精度之内。但对于生物大分子或包含原子数众多的药物大分子,不仅达不到小分子那样的精确度,甚至连对整个分子的从头计算都存在困难。但是,量子化学若要向前大踏步的发展,就不能停留在对小分子电子结构越来越细微的计算上,否则就会离开当今化学发展的主流,也就是脱离了对于相当复杂、又有

重大实用意义的大分子的分析 and 合成的探索。正因为如此,对于大分子的计算水平的提高已成为全球化学界所瞩目的一个研究方向。而这种理论计算水平的提高必须紧密地与化学合成的实验研究相结合。例如,就药物分子的设计来说,就要努力找出某种特殊药物在实验中观察到的性能和从计算中导出的结构之间的合理关系,然后在此基础上预测同类型药物的药理性能,并进一步预测具有某种特殊用途的完全新型的药物。如今,对于生物大分子和药物大分子的结构与功能的量子化学研究,已成为当代量子化学基础研究和应用研究的前沿阵地。而要在这一块前沿阵地上取得突破,重视理论计算与实验研究的紧密结合是十分必要的。

总之,面临量子力学和化学关系的新进展,人们在思考量子化学的发展战略和从事量子化学研究时,牢记它的发展离不开化学的经验知识是十分必要的。近二十年来的分子计算工作确实取得了很大成功,但它却又变得越来越繁难复杂。尽管计算技术日益完善,而实验室中遇到的化合物种类和新的反应类型也在飞速增加。结果,电子计算机计算仍然赶不上化学实践的需要。应该看到,量子化学的核心不在于量子力学计算的数学技巧,而是借助于计算对大量新的经验材料加以概括,提炼新的概念和原理,以求从电子层次上去揭示化学现象的本质规律。因此,在量子化学研究中,不仅要有新的计算成果,更重要的是要有新思想和新方法。这就要求量子化学工作者不仅要有坚实的数理基础,还需要有丰富的化学经验知识和为化学实验服务的明确目标,要有一股强烈的力求解决化学实验工作所面临的各种理论问题的紧迫感和责任感。只有这样,才能在量子化学研究中有希望作出国际上第一流的工作来。

可以期望,随着量子力学和化学经验更紧密的结合、理论计算和实验研究更紧密的结合不仅可以加速量子化学自身的发展;而且可以推动现代化学在定量化、微观化和推理化的途径上迅跑,从而促进一个比较完整的理论化的、定量化的和微观化的化学新体系的建立。

参考文献

- [1] 唐敖庆:《量子化学的现状与展望》,化学通报 1982(9)。
- [2] 蒋明谦:《当代化学的发展趋势》,化学通报,1979(3)。
- [3] 熊汉缙:《化学和物理学的关系》,全国化学化工辩证法学术会议论文集(摘要),1983(5)。

(下转第11页)

浅谈生物工程

中国科学院植物生理研究所

许智宏

现代生物学研究的迅速进展,除了加深了人们对很多重要的生命现象(如遗传、发育、记忆等)的认识外,还正在开拓出一些新的技术领域,生物工程就是一例。

“生物工程”,也叫“生物技术”或“生物工艺学”。它是指应用现代生物学、化学和工程学的手段来直接利用生物体或其组成成分,以提供商品或为社会提供服务的一门科学技术。生物工程的开发,与七十年代以来 DNA 重组、细胞融合、固定化酶和固定化细胞等技术的建立和发展有着密切的关系。至今,生物工程的研究内容,大致包括基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程等四个方面。基因工程是指利用 DNA 重组技术,即通过从生物体分离遗传物质 DNA,并用工具酶对之进行剪切、拼接,以获得人工重组的 DNA(或用人工合成的基因),再转入宿主细胞内进行大量复制,并使之高效地表达以产生基因表达的一级产物(如蛋白质、酶等)或次级产物(如抗菌素等),或通过此种技术为高等动、植物的遗传育种提供新的途径。细胞工程一般是指通过细胞培养,对细胞进行精细操作,以达到保持和加速优良种质的繁育及培育良种或获得有用物质的过程,它的主要技术包括了动植物的组织和细胞培养、细胞融合(包括植物及微生物的原生质体融合)、细胞器和核的移植等。酶工程是指利用酶或细胞(或细胞器)所具有的某些特异催化功能,借助工艺学手段和生物反应器来生产人类所需要的产品。发酵工程则是利用微生物的某些特定功能,通过工业化生产以产生有用物质或大量生产菌体的技术体系。在现代的生物工程的开发中,基因工程占有十分重要的地位,同时这四方面的工作在不少环节上又是相辅相成的。虽然生物工程的不少方面现在仍处于实验室研究阶段,但至少在医药工业、食品和发酵工业、

农业等产业部门,它已在发挥出日益明显的作用,并产生巨大的经济效益或社会效益。

医药工业是生物工程开发中进展最快的一个产业。例如,治疗糖尿病的胰岛素过去是从牛、猪等家畜的胰腺中提取的,16磅胰腺仅能得到1克胰岛素。如今则可用基因工程的方法将人的胰岛素基因引入大肠杆菌,并使之表达产生胰岛素,这已于1981年投放市场。临床试验结果说明用基因工程生产的人胰岛素比用动物的胰岛素的效果要好,而价格相仿。除了胰岛素之外,用基因工程生产人生长激素、人血清蛋白、尿激酶、干扰素、多肽激素、乙型肝炎病毒表面抗原疫苗等试验也已获得成功,并正在进行试验性生产或临床试验。七十年代中期在细胞融合研究的基础上建立了淋巴细胞杂交瘤技术,利用杂交瘤细胞具有无限增殖的能力生产特异性高、纯质的单克隆抗体获得了成功,这为细胞工程在生产上的应用开辟了新途径。至今,单克隆抗体已被广泛用于临床诊断(包括植物病害的诊断)、监测和治疗,其中有数十种已在商品化生产。

在食品和发酵工业中,固定化酶和固定化细胞技术已得到了相当广泛的应用。例如,由固定化葡萄糖异构酶催化生产的高果糖含量的玉米糖浆,与蔗糖糖浆差不多甜,已广泛用于制造饮料。又如,利用固定化乳糖酶把乳清中的乳糖水解成葡萄糖和米乳糖,由此生产出的糖浆可作为一种富含蛋白质的甜味剂,用于生产冰淇淋、糖果等食品。通过这类酶催化的转化反应,使不甜的糖类转变成较甜的糖类,这是用通常的化学方法难以做到的。采用基因工程和细胞融合技术改造氨基酸产生菌而培育出的“工程菌”,在苏氨酸、色氨酸的生产上已得到应用,其产量大大超过原菌种的生产能力。此外,人们可望利用生物工程把不能食用的植物材料(纤维素、木质素等)和石油加工产物转化为食物或饲料。例如,如果能将木质素解聚酶基因和纤维素酶基因转移到酵母菌内,使之可直接利用稻草、木屑等农作物资源生产酒精,将开辟一个新能源。也有人计算过,如能将霉菌的淀粉酶基因转入酵母菌,使后者直接利用淀粉生产酒精,可节约能源约60%。总之,在这方面还有不少领域有待研究开发。

生物工程在农业上的应用也有很大的潜力。大家知道,提高光合作用的效率将是关系到未来的农业能否继续不断提供充足的粮食的关键问题之一。与此有关,降低光呼吸过程可能有特别重要的意义。从遗传工程的角度看,在作物品种之间转移高效的与二氧化碳固定有关的酶以提高二氧化碳的固定效率,或在不同植物间交换各种光合系统的成分以提

高电子转移效率,均可提高光合效率。化肥价格及农业成本的不断上涨,正在促使人们大力开展生物固氮的研究,以寻找增加土壤及可供作物利用的还原态氮的新途径。尽管在将固氮基因引入高等植物方面还存在一系列的困难,在这方面所进行的大量研究仍为生物工程技术应用于提高生物固氮的效率提供了实现的可能性。例如,在固氮酶将氮还原成氨时所消耗的ATP中,约有25%浪费于产生不需要的氢,氢化酶的存在有可能在氢氧化成水的过程中回收部分ATP。实验已证明含氢化酶的根瘤菌具有更显著的固氮能力。因此,向根瘤菌属的其他株系中引入氢化酶基因有可能改善共生固氮系统中的固氮效率。另外,也可通过遗传工程的手段来改善稻谷类及其他非豆科作物根际微生物的固氮效率,或者尝试将固氮基因引入非固氮的根际微生物中,以扩大联合固氮的范围。近二十年来植物组织和细胞培养,是生物工程在农业上的应用的一个最为活跃的领域。六十年代初用组织培养促使兰花快速增殖,导致用组织培养来大量繁殖各种兰花的“兰花工业”的兴趣,而成为花卉生产中获得巨额利润的部门。这一技术已成功地应用于多种经济植物良种的繁育和保存。原生质体融合为打破有性杂交上的障碍提供了新技术,至今已从马铃薯和番茄、拟南芥菜和油菜等十几组属间组合获得了杂种植株。同时,原生质体在一定条件下又表现出可以摄取外源遗传物质、病毒、质粒、染色体、细胞核及细胞器等,这正使之在植物的遗传工程中成为一个有用的多体系统。利用花药培养得到的花粉植株,在育种上已有相当多的应用,并已获得了一批新品种。而利用培养细胞在细胞水平上来筛选抗病、抗逆性强的细胞系,并进而再生出抗性植株的研究在国内外也均已取得了进展。

在畜牧方面,用基因工程生产牛、猪的幼畜腹污疫苗、牛生长激素等畜用疫苗及激素也均已成功。一项有趣的研究结果是,有人已发现把大鼠的生长激素基因引入到小鼠的受精卵中,所生出的小鼠的生长速度比普通小鼠快50%,这是因为大鼠的生长激素基因可以产生比小鼠多800倍的生长激素,而且这种影响可以遗传给后代,这也许可为培育高产畜禽品种开辟新的途径。

生物工程的开发和应用还远远不止于上面几个方面。可以这样说,生物工程与当今人类所面临的几个主要问题,即人口控制、粮食增产、能源短缺以及环境保护,均有密切的关系。加上它所具有的生物资源的可再生性而不受原料的限制,生物的反应过程可以在常温常压下进行,可定向培育新品种等

优点,至今在不少国家,无论是西方工业化国家还是发展中国家(包括我国),生物工程均已被列为本国科学技术优先开发的项目。相信,在新的产业革命中,生物工程必将在我国的四化中作出更大的贡献。

(上接第3页)

作为数理统计的两大基础之一,实验设计的内容十分丰富,所涉及的其他数学领域也越来越多。在信息化的社会中,有效数据所反映的信息比定理的信息要精确、要深刻。正因为如此,为了使生产、科研取得明显实效,愿大家都能重视并运用实验设计方法。

主要参考文献

- [1] 陈希孺等为《中国大百科全书》撰写的统计学条目——试验设计(待出版)。
- [2] Federer, W. T. (1955) *Experimental Design* Macmillan, New York.
- [3] 茆诗松等《回归分析及其试验设计》(1981)华东师大出版社。
- [4] Montgomery, D. C. (1976) *Design and Analysis of Experiments*.
- [5] Box, G. E. P 等 (1978) *statistics for Experiments an Introduction to Design, Data Analysis and Model Building*.
- [6] 《数理统计与管理》1983年第1期,中国现场统计研究会编辑出版委员会。

(上接第9页)

- [4] R. B. Woodward, R. Hoffman: 《轨道对称性守恒》,科学出版社1978年版。
- [5] T. Langmuir: 《理论化学未来的发展》,科学史译丛,1983(3)。
- [6] Robert M. Joyce: 《化学的前沿领域》,世界科学,1981(4)。
- [7] Stephen Wilson: 《计算机在化学中的应用》,世界科学,1983(12)。
- [8] 潘道瞢等编: 《物质结构》,人民教育出版社1982年版。

中外合资项目

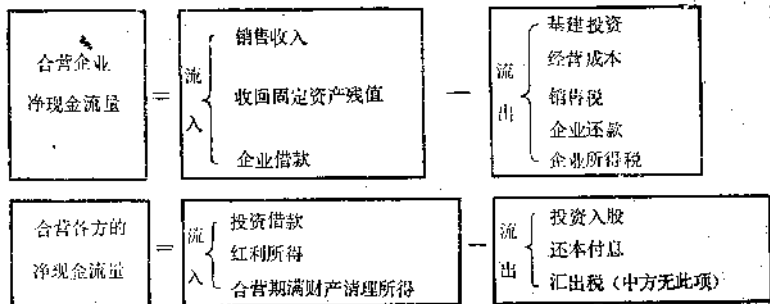
经济评价方法

初探

同济大学经济管理学院79级学生 戴志平 韩延伟 (蒋敏整理)
指导教师 陈漪清(上海轻工业设计院) 黄渝祥(同济大学)

随着科学技术的飞速发展,各学科知识日益渗透。社会需要“通才”。所以文科学生应有数理化知识;理工科学生要懂文史财经常识。本刊愿意在两大部类知识的交错方面为大学生做些工作。这一期登载了几个大学生在这方面的尝试。我们继续欢迎大学生们这样的作品。把科学理论运用到新的技术和产品的开发中来,使我国的企业赶上技术革命的步伐,改变企业的结构和生产结构,提高企业的活动和应变能力,提高经济效益,创造更多的社会财富,大学生在这方面是大有作为的。

我国的经济体制改革及对外开放政策吸引了越来越多的外商与我合作。合资企业——这种利用外资、吸收国外先进经验的合作形式将会蓬勃发展。怎样合理、充分地利用外资?怎样对合资项目进行评价?这将是一个很有现实意义的问题。



对合营企业的经济评价应包括财务评价和国民经济评价两部分。财务评价着眼于微观效果,说明项目建设的可行性;国民经济评价着眼于宏观效果,说明项目建设的必要性。两者构成了项目评价的有机整体,将共同决定合资项目的生存与否。下面,我们分别对财务评价及国民经济评价的方法进行一些探讨。

一、财务评价

财务评价是从财务上对企业盈利能力进行分析,从企业的角度观察该项目的可能性。对于合营企业,从其特点出发贯彻平等互利的原则,维护投资各方的合法利益,吸引足够的外资参加合营,这是财务评价的重要原则。同时,我们应站在中方的立场上,以中方获利最大为目的,进行财务分析,进而取得最优合资方案。

1. 财务分析

在外商的投资中,其工业产权,即专有技术、商标、专利等,是我方所要获取的主要目标之一。这些无形资产在市场上均无明显的价格,外商总要标以高价作为投资的。因此我方应详细考证其价值以及

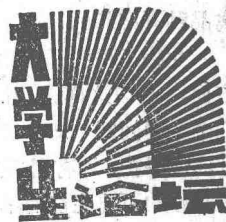
市场行情,争取以低价购进。原则上最高一般不超过总投资的15%。对于成套设备,要分清哪些是国内能生产的,争取国内多分交一些,使项目所需的外汇降到最低限度。作为我方投资的土地使用权也应正确估价。在计算土地的投资额时,可根据所占土地的地质、位置确定其年费用,然后按本行业的贴现率折算成现值,作为我方投资入股。

在对合营企业的投资、成本和销售收入进行估算后,即可按下图算出合营企业以及投资各方的现金流量,进而算出财务评价的重要指标:净现值 NPV, 内部收益率 IRR, 投资回收基 ROI 等。

注意: 上述的经营成本为: 生产成本 + 各项费用 - 折旧 - 无形资产的摊销。

2. 合资模式的优化

通过上面的分析,我们基本上了解了合营双方的得益情况,从而明确了方案的可能性。但实际上,



在项目谈判中,合资双方对出资比例,资金来源的构成和合营期等问题都有不同的要求。往往因此相持不下,致使谈判搁浅。因此,有必要对上述因素变动做出影响我方效益的定量分析,以确定我方力争的方向,掌握谈判的主动权。

a. 投资比例问题

我方的合营目的之一在于解决资金及外汇短缺问题,由此,希望外商投资大点。然而,外商投资比例越大,所分得的红利也越多,红利汇出所需的外汇也将越多。这里,我们提出用充分考虑外汇时间价值的贴现率 r_H 折现成的外商的净现值 $NPV_H = \sum_{j=1}^n \frac{B'(j)}{(1+r_H)^{j-1}}$ (其中 $B'(j)$ 为外商的净现金流量, r_H 参照国际市场的贷款利息取高值)来考虑投资的比例问题。

若 $NPV_H > 0$,则说明盈利能力较好,中方在投资中的比例应大些为宜;反之,则中方在投资中的比例应小些,另外,还应考虑如合营法规定外商投资比例不低于25%以及由于国家要求对合营企业的控股权而使得中方投资必须大于50%等等的实际条件。

b. 资金来源的构成问题

一个工程项目的资金来源往往有两部分,一部分为自有资金,另一部分为银行贷款。对于合营项目,贷款既可贷给合资方作为投资入股,也可贷给合营企业。不同的做法将造成不同的分配效果,因此得加以认真考虑。

在合营项目所需的人民币投资中,除中方自有资金外,一般都通过建设银行贷款。这部分资金若贷给合营企业,则外商分得的红利为:

$$D_1 = \frac{I_F[A(j) - E(j)](1-W)}{I_O + I_F}$$

若贷给中方作为投资入股,则外商红利为:

$$D_2 = \frac{I_F \cdot A(j)(1-W)}{I_O + I_F + I_E}$$

其中: I_F ——外商投资;

I_O ——中方投资;

I_E ——建设银行贷款;

$A(j)$ ——企业年销售利润;

$E(j)$ ——企业年还款;

W ——所得税率。

由于投资利润率高于国内银行的利息,这将使 $D_1 > D_2$,故贷款给中方作为投资入股为宜。

对于项目所需的外汇,除力争由外商投资外一般由银行贷

款。这些贷款给合营企业为好,因为外汇利息较高,且中方合营者的外汇来源无保障。

c. 合营期问题

一般,合营企业投产几年后,我方基本上就达到利用外资、学习技术的目的了。因此,从中方立场出发,合营期不宜过长。但外商当然希望有盈利能力的合营期长点。因此,以外商希望的内部收益率 r_0 (比如20%)为基准,求得达到比值时的合营年限,就是外商能接受、对我方也最有利的合营期。最佳合营期 n_0 可由公式 $\sum_{j=1}^n \frac{B(j)}{(1+r_0)^{j-1}} = 0$ 估算得到。其中 $B(j)$ 为项目的净现金流量。

二、国民经济评价

国民经济评价是从宏观角度来评定项目是否对国家,对社会有益,这对社会主义国家尤为重要。对于合资企业,由于有外商的介入,国民经济评价就显得愈发重要了。下面,我们就国民经济的评价方法以及有关的几个问题进行初步的探讨。

1. 项目的国民经济评价

在项目的国民经济评价中,我们建议采用下述的指标:

基本指标——国民收入净增值现值 NVA ;

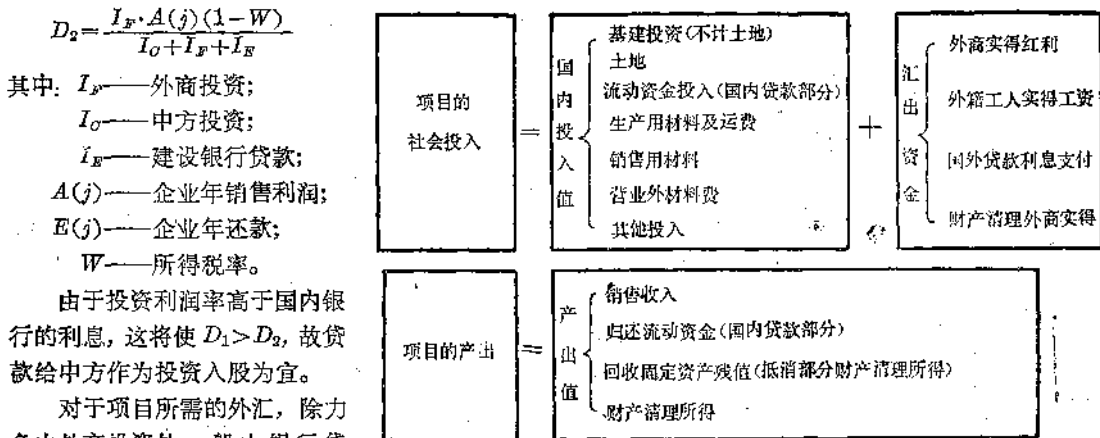
分析指标——利益分配效果;

附加指标——外汇效果,国际竞争力,就业效果。

一般,在项目的国民经济评价中,上述指标的前两个都要计算。附加指标可视具体情况只做一、二。不过合资项目一般都涉及外汇的进出,故外汇效果大都要做。

在求算国民经济评价的基本指标 NVA 时,项目的投入值及产出值由下图给出:

在这里, P ——产出值和投入值不同于财务评价中的



流入、流出值。这里的大部分费用项要采用影子价格进行调整,对于汇出部分应严格按照财务评价中将要发生的费用计算(如外商实得红利,国外贷款利息等)。所谓影子价格,是指社会目标最优化的资源价格,它在实际中是很难确定的,都是采用调整价格来近似影子价格。具体做法可参考 UNIDO 方法和中国投资银行的方法,再结合中外合资企业的特点来进行。

2. 国内提供公用设施的一种计价方法

国内向合资企业提供的公用设施(如厂外供给的水、电、汽,国家所提供的交通手段等),如按国内价格收费是偏低的。在国民经济评价中,公用设施的计价可考虑以下几个因素:

- (1) 公用设施的国内生产成本 C ;
- (2) 国内使用单位设施可创利润 W_1 ;
- (3) 合资企业使用单位该设施可创利润 W_2 ;
- (4) 国际市场能源价格的影响。

设国际市场的价格平均增长 δ ,则在国民经济评价中某设施(如码头)的价格 P 可由下式估出:

$$P = \begin{cases} [W_1 + \alpha \cdot (W_2 - W_1) + C] \cdot \delta, & W_2 > W_1; \\ (W_1 + C) \cdot \delta, & W_2 < W_1. \end{cases}$$

其中, α 值可视不同行业、不同情况而确定,一般在 0.5 左右。 $\alpha \cdot (W_2 - W_1)$ 项说明,若合营企业使用公用设施能多创利,则国家也应适当分享。

3. 计算土地费用的一种数学模型

国家规定,合资企业占用的土地费为 5~300 元/米²·年,那么,作为国民经济评价的土地使用费应如何确定?这里,我们试图建立一个特殊的数学模型。

影响土地费用的因素很多,有土地的土质、地理位置、周围环境等等。这里说的特殊性在于我们的模型是针对占用农田的情形而言的。

A. 静态模型

通过历史数据可求得回归模型

$$y = a + bx$$

其中: y ——年亩产量;

x ——年亩投入值。

假定: (i) 耕作技术不变;

(ii) 农作物的价格 c 不变。

由假定(i)可得 a, b 在以后几年中也均为常量,则年净产值(每亩地的) $W = c \cdot y - x = a \cdot c + b \cdot c \ln x - x$

可以证明 W 有极大值 $W_{\max} = c(a - b) + bc \ln bc$, 取 $W_{\max}$ 为土地的年机会成本,则占用期几年内机会成本的现值为:

$$P(W) = \sum_{t=1}^n \frac{W_{\max}}{(1+i)^t}$$

$$= [(a-b)c + bc \ln bc] \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

B. 动态模型

在静态模型中, a, b, c 均为常量。由于耕作技术会不断发展, a, b 值也将随时间 t 的变化。而变此时,回归模型应为 $y = a(t) + b(t) \ln x$ 。此外,农作物的价格也会随时间 t 的变化而变。

假定:

(i) 当年亩产量 y 不变时,下一年亩投入值的减少量与上一年的亩投入值成正比;

(ii) 当投入成本 x 不变时,下一年的亩产量 y 的增加与上一年的亩产量成反比;

(iii) 农作物价格按年增长 M 提高;

(iv) 被占用前一年的亩产量为 y_0 , 亩投入值为 x_0 , 农作物价格为 c_0 。

由假定(i)可得:

$$\begin{cases} y_t = y_0 \\ x_0 - x_1 = \lambda x_0 \\ x_{t-1} - x_t = \lambda x_{t-1} \end{cases} \quad (t > 1)$$

即

$$\begin{cases} y_t = y_0 \\ x_t = (1 - \lambda)^t \cdot x_0 \end{cases} \quad (t = 1, 2, \dots, n)$$

代入 $y_t = a(t) + b(t) \ln x_t$ 可得:

$$y_0 = a(t) + b(t) \ln [(1 - \lambda)^t \cdot x_0] \quad (1)$$

由假定(ii)可得:

$$\begin{cases} x_t = x_0 \\ y_1 - y_0 = k/y_0 \\ y_t - y_{t-1} = k/y_{t-1} \end{cases} \quad (t > 1)$$

可一般表示为:

$$\begin{cases} x_t = x_0 \\ y_t = y_t(y_0, k, t) \end{cases} \quad (t = 1, 2, \dots, n)$$

代入 $y_t = a(t) + b(t) \ln x_t$ 可得:

$$y_t(y_0, k, t) = a(t) + b(t) \ln x_0 \quad (2)$$

联立(1)、(2)可求得:

$$\begin{cases} a(t) = \frac{y_t(y_0, k, t) \cdot \ln(1 - \lambda)^t \cdot x_0 - y_0 \ln x_0}{t \cdot \ln(1 - \lambda)} \\ b(t) = \frac{y_0 - y_t(y_0, k, t)}{t \cdot \ln(1 - \lambda)} \end{cases}$$

由假设(iii)可得

$$C_t = (1 + M)^t \cdot C_0 \quad (t = 1, 2, \dots, n)$$

则第七年的净产值为:

$$\begin{aligned} W_t &= C_t \cdot y_t - x_t = C_t \cdot a(t) + C_t \cdot b(t) \cdot \ln x_t - x_t \\ &= (1 + M)^t \cdot C_0 \cdot \left[\frac{y_t(y_0, k, t) \cdot \ln(1 - \lambda)^t \cdot x_0 - y_0 \ln x_0}{t \cdot \ln(1 - \lambda)} \right. \\ &\quad \left. + \frac{y_0 - y_t(y_0, k, t)}{t \cdot \ln(1 - \lambda)} \cdot \ln x_t \right] - x_t \end{aligned}$$

同样可证明 W_t 存在最大值 $W_{t, \max}$:

表1 合营企业投资现金流量表

(单位: 万元人民币)

序号	项 目	年 限		建 设 期		投 产										期
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
一	现金流入															
1.	销售收入				7740	9350	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000
2.	回收固定资产残值															800
3.	流动资金流入				1300	200	200									
	流入小计	0	0	0	9000	9550	11200	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000
二	现金流出															
1.	基建投资	2257.5	5520	1822.5												
2.	流动资金投入				1300	200	200									
3.	经营成本				5426.7	6326.7	7226.7	7226.7	7226.7	7226.7	7226.7	7226.7	7226.7	7226.7	7226.7	7226.7
4.	销售税(工商统一税)				38.5	476.5	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550
5.	企业所得税						412.3	412.2	412.2	824.3	824.3	824.3	824.3	824.3	824.3	824.3
	流出小计	2257.5	5520	1822.5	7111.7	6994.2	8388.9	8188.9	8188.9	8188.9	8188.9	8188.9	8188.9	8188.9	8188.9	8188.9
	净现金流量	-2257.5	-5520	-1822.5	1888.3	2555.8	2811.1	2811.1	2811.8	2399	2399	2399	2399	2399	2399	3199
	指标 值	IRR=18.78%				NPV=5361.29万元(r=10%)				ROI=6.8年						

表2 外商投资现金流量表

(单位: 万元人民币)

序号	项 目	年 限		建 设 期		投 产										期	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
1	投入入股	-1057.5	-3120	-622.5													
2	红利所得				492.2	775.2	883.1	883.1	883.1	707.9	707.9	707.9	707.9	707.9	707.9	707.9	
3	汇 出 税				-49.2	-77.5	-88.3	-88.3	-88.3	-70.8	-70.8	-70.8	-70.8	-70.8	-70.8	-70.8	
4	期满财产清理所得																
5	净现金流量	-1057.5	-3120	-622.5	443	697.7	794.8	794.8	794.8	637.1	637.1	637.1	637.1	637.1	637.1	7678.6	
指 标 值						NPV=1195.63万元($r=10\%$)										IRR=13.15%	

表 3 国民收入净增值计算表

(单位: 万元人民币)

序号	项 目	年 限		建 设 期		投 产 期										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
一	产出值(+)															
1	销售收入				5757.5	5991.3	8225	8225	8225	8225	8225	8225	8225	8225	8225	8225
2	归还流动资金															1700
3	收回固定资产残值															960
4	财产清理所得															6236.5
	小 计				5757.5	5991.3	8225	8225	8225	8225	8225	8225	8225	8225	8225	17121.5
二	国内投入值(-)															
1	年 投 资	536	1459.2	1048.4												
2	土 地	98.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
3	流动资金				1300	200	200									
4	材料费用				3714.7	4510.7	5306.7	5306.7	5306.7	5306.7	5306.7	5306.7	5306.7	5306.7	5306.7	5306.7
5	其他投入				1019.5	1238	1456.4	1456.4	1456.4	1456.4	1456.4	1456.4	1456.4	1456.4	1456.4	1456.4
	小 计	634.5	1476.7	1065.9	6051.7	5966.2	6980.6	6980.6	6780.6	6780.6	6780.6	6780.6	6780.6	6780.6	6780.6	6780.6
三	汇出资金(-)															
1	外商分红所得				563.8	388	1011.6	1011.6	1011.6	810.9	810.9	810.9	810.9	810.9	810.9	810.9
2	支付外籍工人工资				45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8	45.8
3	财产清理外商所得															8955.5
	小 计				609.6	933.8	1057.4	1057.4	1057.4	856.7	856.7	856.7	856.7	856.7	856.7	9812.2
四	间接效果				36920.8	44832.4	52744	52744	52744	52744	52744	52744	52744	52744	52744	52744
五	国民收入直接净增值	-643.5	-1476.7	-1065.9	-903.8	-908.7	187	187	387.7	387.7	387.7	387.7	387.7	387.7	387.7	328.7
六	国民收入净增值	-643.5	-1476.7	-1065.9	36017	43923.7	52931	52931	52931	53131.7	53131.7	53131.7	53131.7	53131.7	53131.7	53072.7

不计间接效果时: NPV = -2883.54 ($r=10\%$); 计间接效果时 NPV = 276830.57 (10%), IRR = 260%