

科学管理

(译文集)

〔美〕爱德华 B. 罗伯茨等著

浙江大学科学管理教研室编译

1980年5月

科学管理

(译文集)

〔美〕爱德华 B. 罗伯茨等著

浙江大学

科学管理教研室编译

1980年5月

前 言

去年夏天我们邀请美国天普大学高培椿博士来我校讲授了“生产管理及运筹学应用”和“随机过程”两门课。由于讲授时间的限制，高博士讲课中的某些讲题（如生产过程组织、研究与研制管理、网络计划技术）都未能展开，因而我们组织力量，从国外有关的教材与专门著作中选译了上述方面的资料，编印出来，供大家参考。从某种意义上讲，也可作为对该讲义的一个补充与扩展。由于我们水平有限、编译时间又仓促，有不当之处，希批评指正。

浙江大学科学管理教研室

一九八〇年五月

目 录

1. 研究与研制动态学
..... [美] 爱德华 B. 罗伯茨 (1)
2. 科学研究、发展和工程
..... [美] H. 阿姆林等 (62)
3. 网络计划方法
——大工程项目的计划管理方法
..... [美] 伯 法 (83)
4. 科学预测的特尔斐方法
..... [日] 寺野寿郎 (109)
野 木 明
5. 经营理论的发展与系统理论
..... [日] 北原贞辅 (116)

《研究与研制动态学》

〔美〕麻省理工学院 斯隆管理学院

爱德华 B. 罗伯茨教授

〔编者按〕麻省理工学院的斯隆管理学院福雷斯特、罗伯茨等教授把动态学的原理创造性地运用于管理中,取得了显著成就,福雷斯特教授所著的《工业动态学》除在美国多次出版外,已先后有二十几个国家的译本在各国发行。福雷斯特教授的《工业动态学》中已涉及到系统动态原理在研究与研制方面的应用。罗伯茨教授又在这个领域中展开了深入的研究与讨论,发表了长达数十万言的专门著作《研究与研制动态学》。限于篇幅,我们在这里选译了该书中的主要部分,以便读者对系统动态原理有一个概貌的了解,并能对该原理在研究研制工作中的应用有一个基本了解。由于我们水平的限制,有不当之处请批评指正。

编译的内容分为如下四个方面:

- 1) 研究与研制项目的构成;
- 2) 产品价值的预计;
- 3) 研究研制工作量、效率与费用的估算;
- 4) 产品特性对研制结果的影响。

一、研究与研制项目的构成

研究一个象研究与研制项目之类的复杂系统，最有效的方法，就是去研究系统中的各种活动的基本流程。

研究与研制项目由如下的各个连续的阶段构成：

1. 世界对新产品的需求情况和制造这些新产品的工艺能力情况都在不断的变化。这些变化的因素，可以输入到研究和研制项目的系统中去。

2. 新产品的可能用户和研制它们的制造厂都在不断了解对新产品的需求及其在潜在市场的价值。

3. 除这些了解产品价值的活动之外，用户与制造厂还要考虑研制产品的工艺可能性、估算所需的人力、材料、器材与设备。

4. 在这种估计的基础上，用户与制造厂对项目方案的总费用进行估计。

5. 在比较产品的预估价值与完成这个项目的估算费用之后，由用户应制造厂要求向项目投资，或由制造厂自己投资。

6. 当项目的研制组得到资金，就可以开始招收和指派工程技术人员和其他人员。

7. 工作人员按进度完成工作。他们完成工作的速度，反映出投入人力的多少、努力的程度、技术水平的高低、管理工作对生产率的的影响、在该项目上的工程经验以及组织扩大所造成的低效率等因素。

8. 制造厂与用户着手审查进度。把当期所完成成果的分析整理资料与当期的预期成果相比较，评定工作完成情况。

9. 对进度的不断评定就可能对项目尚待完成的工作作新

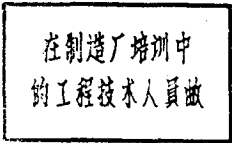
系统模拟方法

可把上述的研究和研制项目生命循环中的各项活动建立起相应的数学模型。这些模型包括线性的与非线性的、代数的与差分的各种方程，它对控制着研究和研制项目的相互关系作了精确的描述。模型的方程常自下述的流程图中引出来。书写方程采取用于 IBM 709 与 7090 电子计算机的 DYNAMO 编译程序与模拟程序所需的形式。模型在数字电子计算机上进行模拟运算。计算机按照提供的输入条件，计算研究与研制项目的时间函数。

流程图

流程图用于建立数学模型。美国麻省理工学院的工业管理学院创造了这种流程图的形式。它代表着组织上的相互关系，可分为水平与速率两大类。水平代表其中存在着资源累积的情况，如物资或思想的存储、资金余额、人员的储备等，以标有内容名称的方框图表示（图 2）。

速率，表示系统中所有各种活动的变化率，如投入的力量流量、信息流量、耗用的支付量等。速率符号有两种：一种表示控制速率的决策功能，另一种表示流线本身；图 3 表



在制造厂培训中
的工程技术人员

示招收人员速率决策的两种符号形式。由于这种决策所产生的实际流线，可细分为六种形式（图 4）。为清楚起见，可把决策功能分为叫做辅助决策的更多单元，用圆圈表示（图 5）。

上述符号可组成为流程图。图 6 是个表示“招收工程技术人员”部分的简单流程图。该图增加的两个符号：云块表示某

些流的来源或汇集点，上有参数名词的实线表示固定项目。

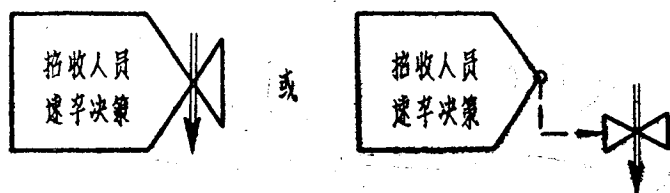


图3 速率或决策功能符号

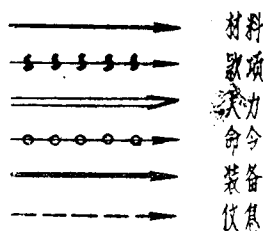


图4 流线符号



图5 辅助决策符号

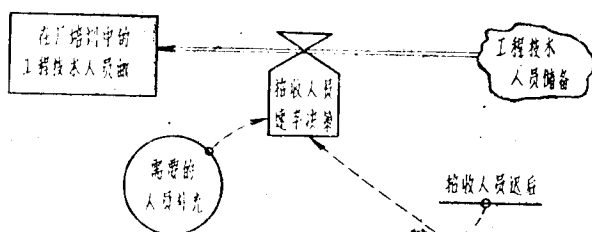


图6 简单流程图

方程书写方法

研究与研制模型的方程，为适于计算机的助记，所采用的

变数名称要尽可能接近于英语的通常叙述方法。受 DYNAMO 限制, 只能用 5 个字母或数字符号来命名。方程的时间记数法, 在某些方面, 相当于传统的差分方程下标注法, 有时容许立即输入数字计算机。

以下用具有各种基本方程形式的一个例子来说明方程的书写方法。

公式 1-1 是个水平方程:

$$\text{ENITF.K} = \text{ENITF.J} + (\text{DT}) \times (\text{ENGHF.JK} - \text{ENLTF.JK}) \quad (1-1, L)$$

式中, ENITF——在厂培训中的工程技术人员数(人)。

DT——时间增量。各个方程解间的时间间隔(月)。

ENGHF——制造厂工程技术人员招收速率(人/月)

ENLTF——制造厂工程技术人员完成培训速率(人/月)。

公式说明: 本期(K)培训中的工程技术人员数, 等于前期(J)在培数加以在时间J与K之间发生的数量变化。ENGHF.JK 表示在J到K的时间间隔内, 工程技术人员招收数的月变化率。ENLTF.JK 表示同期工程技术人员完成培训的月变化率。DT是个常数, 送到 DYNAMO, 规定模型方程数值计算的时间间隔, 如 DT=1 时, 则当月初.K 的 ENITF, 等于上月初.J 的 ENITF 加以由上月人员的获得率与离开率之间差异(ENGHF-ENLTF)所造成的净变化量。但为保证在解差分方程时的数字精确度, DT 也可选取小于 1 个月的某些数值, 例如 0.25 月。公式最右边的符号(1-1, L)表示该方程是本文第一部分的第一个方程, 并是“水平”型的。

可用公式各项的因次来校对方程。

第二种形式, 变化率方程, 表示流量的变化率, 它在此

刻. K 确定之后, 到下一时刻. L 之前, 其数值都保持不变。变化率方程是用来计算那些存在于下一个时间间隔. KL 内的数值。例如, 人员招收速率公式表示制造厂需要增补的人员的每月招收数:

$$\text{ENGHF.KL} = \frac{\text{EADF.K}}{\text{DH}} \quad (1-2, R)$$

式中, ENGHF——制造厂工程技术人员招收速率 (人/月)

EADF——制造厂所需增补工程技术人员数 (人)

DH——招收迟后 (月)

该公式指出, 在下一计算间隔, 制造厂以 $1/\text{DH}$ 乘现在所需增补工作人员数的速率招收人员。在公式最右边的符号 (1—2, R) 表示该方程是本文第一部分第二个方程, 并是“变化率”型的方程。

最后, 还有一种辅助方程。下列公式表示制造厂所需增补的工程技术人员数为所需工程技术人员总数与现有数之间的差距:

$$\text{EADF.K} = \text{TEDF.K} - \text{ENGRF.K} \quad (1-3, A)$$

式中, EADF——制造厂所需增补工程技术人员数 (人)

TEDF——制造厂所需工程技术人员总数 (人)

ENGRF——制造厂现有工程技术人员数 (人)

公式右边的符号 (1—3, A) 表示该方程是本文第一部分第三个方程, 并是辅助型的。

制定辅助方程只是为了某种方便 (例如可以简化初始的变化率方程) 不是一定必需的, 因此有时可以直接代到有关公式里去, 就不必再制定一个辅助方程。例如人员招收速率方程就可写成:

$$\text{ENGHF.KL} = \frac{\text{TEDF.K} - \text{ENGRF.K}}{\text{DH}}$$

全系统方程的综合组织

研究与研制项目系统的各个组成部分都有与之有关的数学模型。图7指出全系统各个组成部分的相互关系。全部模型大约需要200个变数方程、40个初始条件方程和近70个常数。

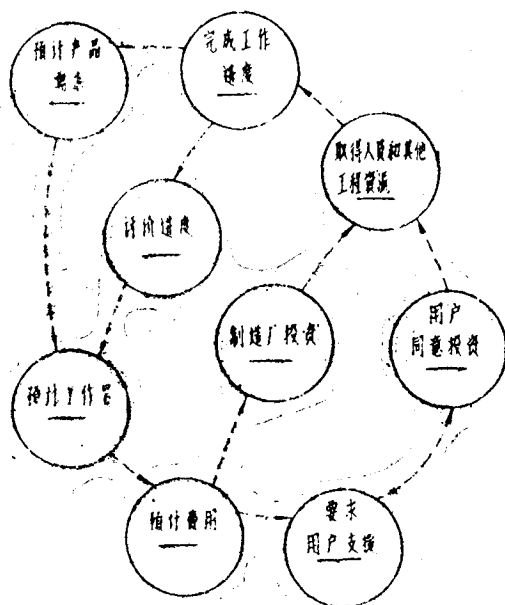


图7 全系统方程的综合组织

本文着重于从方法上来反映这种研究与研制动态系统，因此只在本文的第二部分摘译了产品价值的预计问题。第三部分，产品研制工作量与费用的预计问题。第四部分，产品特性对项目结果的影响。

计 算 机 模 拟

在模型以方程的形式建立起来之后，就可以在数字计算机上进行模拟。计算机的模拟是以选定的输入，计算数学模型并记录其输出的操作程序。对动态模型来说，模拟是从计算机运算的一个阶段到次一阶段序贯地进行的，把前一阶段送来的输出，作为下个阶段的输入。通过这样运算，能够很快的得到许多不同决策的项目特性图，不同因素的影响也可以区分出来。研究和研制系统的动态过程，在条件变化的情况下，直觉看不出，现在通过计算机模拟可以很快很容易地研究出来。

为有助于这些模拟工作，MIT“工业动态研究小组”创造了一种用于 IBM 790 或 7090 计算机的编译程序与模拟程序。这种称为 DYNAMO(DYNAmic MOdels) 的程序，其内容包括：书写一组有模型方程冲孔的 IBM 卡片、对可能错误的校对、制定计算模型特性所需的详细的机器指令、在要求的模拟运算期间，计算模型的动态特性以及打印数据、标绘所需变数的曲线等。这个程序快速、灵活，对多种不同套的输入与参数条件，均便于取得计算结果。大量工作在于建立研究和研制系统的模型本身以及对计算结果进行富有意义的整理分析。

模拟，通常是这样的一种方法，它用模型从事试验，以代替用真实系统进行试验。

在研究研制的技术方面，模拟方法已在实验室里大量使用于新的工程设计与设想。

建立类似的管理实验室，有助于研究和研制方针的设计与决定。

在企业里，模拟意味着在数字电子计算机上，建立能够说明企业经营管理状况的条件。在这样的说明与假设的基础上，

计算机作出有关财政、人力、产品运动等的信息时间关系图。可以对各种不同的管理方针、市场设想进行试验，以便确定其对企业工作成果的影响。

下文着重在预计产品需求、产品工作量与费用估算等方面说明研究与研制项目动态的一般理论。表征着研究与研制项目特性的决策与行动，已在表示数学模型的方程中显示了出来。现在通过模拟，首先可以检验这些假设是否能够产生显著的实际效果，然后能够研究如何提高对研究研制项目的认识，并寻求对它的更为有效的管理方法。通过计算机模拟，可以比较容易地区别和检验出不同因素的影响。本文最后部份着重从产品的特性的变化来考察它对研制项目效果的影响。

二、产品价值的预计

在研究和研制生命循环的开始阶段，首先要确立对“产品”这一概念的认识。

作为产品，必须能满足社会的某种基本需要。

产品的基本价值

用户需要产品，首先由于它能满足人们的物质的和精神的需要。预计产品需求也会受到政治、经济和军事因素的影响。

任何特定的产品，是否有用随时间而异。在某个时候以前，一个产品可以很少或毫无需要。当某个地区或世界的局势紧张起来时，这个需要可能增加。需要随产品的用处减少而降低。对一个产品的需求，可用一种象图 8 所示的那种曲线来说明：逐步上升、相对不变的稳定时期以及随之而来的下降，

这是所有产品生命循环的特性。

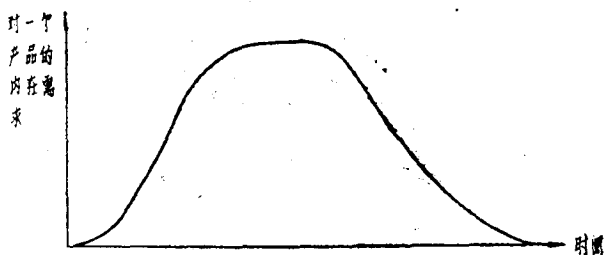


图8 对一个产品的主要需求的时间轨迹

当对一个产品的需要大于另一个时，则对该产品的需求是被承认了的。消费者承认这种需要并愿购买它。人们买一个产品所愿意付的钱的数量是在这个产品上投放了多少价值的标志。我们把产品的这种基本特性，即它内在的满足使用者需要的能力称为“产品的内在价值”。使用者对一个产品的内在需要和产品的内在“价值”是明显地相关的。存在着需要，就在产品中产生了满足这种需要的“价值”。

预计产品价值的方法

决策者应具有接受和理解情报资料的知识。但情报常被延误、渲染，也常有偏见和失真的。在情报的处理过程中也可能有类似问题。决策者还会延误对产品的认识。所有这些对情报的处理都会影响到对新产品的预计。

预计产品需求还涉及到预计的心理原则。某人认为是好的产品，另一个人却可能不这样认为。确切地说，预计是由真实世界的事实这些外部条件与决策者及其组织的期望、过去的经验、需求、目标与能力所共同决定的。

预计一个特定产品的需求，首先取决于产品的内在价值。对军事产品来说，当代的世界事件显示出这种内在价值，如敌方的军事行动、我方或敌方试验某些新武器等。在这些事件中，含有可能揭露出一个给定产品当前价值的情报。

除了预计产品的内在价值外，还要确定预计产品需求的迟后。现实世界发生的事情对预计新产品需要仅是一种可能的输入，所以首先要发现这些事件。因此，取得情报的迟后是决定预计新产品需求所需时间的一个决定性因素。保密常常延长了这种时间。取得情报的时间取决于事件的大小与重要性，事件愈重大，迅速弄清楚的可能性愈大。

此外，还要考虑到用于吸收新情报和认识产品价值的时间。吸收情报的迟后，很大程度上取决于用户或制造厂的技术能力与管理能力；它反映他们对事件发生的技术领域的熟悉程度。

上述因素，大多用于确定新产品的当前价值水平。对研究和研制事业的投资，不是根据对新产品当前价值的估算，而是更多的根据对新产品在将来造好的时候能值得多少的估算。对当前价值的估算，只作为预测未来情况的一种依据。通常用现状的变化速度往前规划以预计未来。因此，对产品价值所作的当前估算的变化率是估算产品将来价值的重要因素。

影响产品将来价值估算的第三个因素是对估算进行修正的迟后，在对产品将来价值作过估算之后，又获得反映新情况的情报，这时需修正过去的估算。修正估算所需时间的长短，取决于对过去估算的信赖程度和由新事实所引起的新估算之间的差距。

影响产品将来价值估算的最后一个因素是未来的时间期限考虑到多少长远。根据估算十年将来价值所作出的决策当然不

同于只根据一年将来价值所作出的决策。对将来规划得愈长久，估算的可靠性愈小。这样，所采取的时间范围大小，在某种程度上取决于是否敢冒风险。

数 学 模 型

制造厂预计产品价值的流程图

图 9 的流程图，是以下用文字分析的观点的一个概括，它有助于把注意力集中在模型的主要变数上。

该图指出：现实世界的变化的本质规定了产品内在价值要随时间而变化。有关产品内在价值的情报经常都处在传送的过程之中。“认识产品价值的速率”取决于传送中的有关产品价值的有效情报和了解这情报的迟后。这迟后主要取决于接受情报人员的有关专门知识。一旦接受了新情报，就产生了“当前的产品价值认识水平”。

此外，制造厂或用户开始注意到一种“平均的（或修匀的，）认识产品价值速率”。制造厂不但要确信产品现在值多少，还要确信对它们的估算随时间起了怎样的变化。这两种影响因素产生了一种叫“产品将来价值”的规划，它取决于：（1）价值变化趋势（即认识产品价值修匀速率）与（2）按照这种趋势，向前规划到多长时间。图中把这种外推的时间称为“规划范围”，它取决于基本计划时间与制造厂愿冒风险的程度。

当规划的产品将来价值发生变化，就要改变起初对产品将来价值的估算。改变估算的速度取决于现有已被承认的对将来价值的估算以及现在已筹划到的情报所能产生的估算。这两者之间的“差距”是修正估算的有影响的原始资料。