

技术生命周期和商业决策

LIFE CYCLE OF TECHNOLOGY AND COMMERCIAL POLICY

李天和、N·纳克谢诺维斯

商业家面临的、也许是最困难的问题是如何处理商业活动中的技术更替。自工业革命以来，人们一直在寻求解决这一问题的方法，未获成功。但已发现了一些带规律性的一般现象，例如一种定型产品的扩大生产总是从高工资收入国家逐渐地向低工资收入国家转移，而后者又往往把这种产品反销到高工资收入国家。

与成熟工业相联的一种现象是生产能力过剩。当前，存在生产能力过剩现象的行业有炼油、钢铁、炼铝、汽车、牵引设备、农业设备、蒸汽轮机、发电机、变电设备、开关设备、造船、纺织、化工、半导体等。甚至一些高技术产品，如民用飞机、无线电通讯设备，以及除超大型以外的各种计算机生产能力过剩的现象已经露头。可是尚无任何迹象证明工业界对这一威胁已有足够认识，并在为时还不太晚之前采取行动。

技术争夺市场份额似乎带有一定规律性，即按一条 S 曲线变化。26 年前，通用电气公司的费希尔 (Fisher) 和普赖 (Pry) 在二元竞争 (两项技术相互竞争) 问题上就发现了这一规律，而马凯蒂 (Marchetti) 和其他人又把这一概念外推至多元系统，并成功地用于研究能源代替和其他问题。

从这一规律引出了技术生命周期的概念，即一项技术本质上和生物系统相似，都有其孕育期、成长期和衰老期 (图 1)，每个时期的表现或特点，诸如总市场、技术性能、成本、市场份额、工业结构等均按 S 曲线变化。在不同时期采取不同的对策将是获得成功的关键，忽视这一规律必将导致失败。福斯特

(Foster) 列举许多由于忽视或不相信技术更新中的 S 曲线现象，最终造成失败的历史事例。例如，在人造丝和尼龙轮胎帘子布的竞争上，美国的 Viscose 公司输给了杜邦公司，而随后在尼龙和聚酯纤维轮胎帘子布的竞争上，杜邦公司又输给了 Viscose 公司。

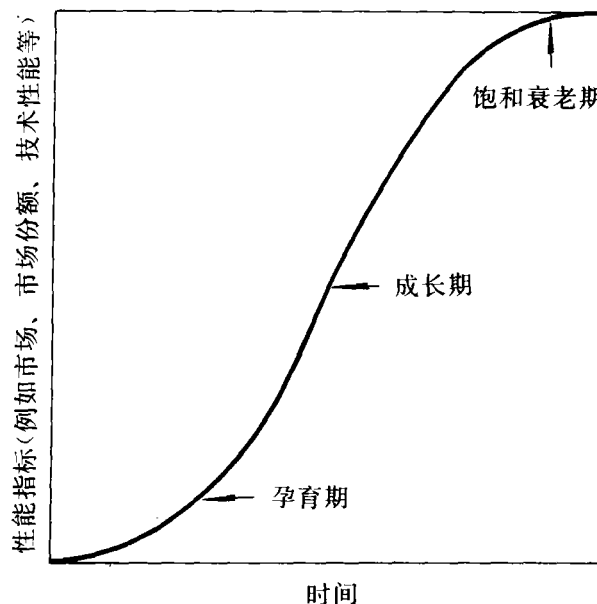


图 1 技术性能随时间变化的 S 形曲线

不过，对待 S 曲线的态度是多种多样的。相信 S 曲线的人趋向于把它作为一种预测未来的工具。当他们把这一概念用于考虑技术扩散 (例如各项技术对市场份额的竞争) 时，常持宿命论的观点。他们认为，一项技术的市场一旦开始让位于另一项技术时，任何人都无法改变这一趋势。这种宿命论的观点很难被商

业家所接受。历史上确实不乏通过改进产品或改进工艺而改变这一趋势的事例。福斯特用 S 曲线在技术性能更替过程中的应用指出了这一点。每当技术进展的速率降低（反映在单位成本急剧增高）时，人们应该警惕新技术的出现。

但是，盲目地利用这一概念同样可能导致失败。以大型蒸汽轮发电机行业为例，在石油禁运前很久，在费城电气公司碰到涡流障碍问题之后，技术进展的势头就减弱了。但是，如果蒸汽轮发电机的使用者和制造者在 1973 年以后，继续动员一切资源去发展这种技术或为维持同一市场的其他技术，他们必然会浪费大笔资金，因为市场已经消失。市场饱和表现在另一 S 曲线上，与技术性能无关。

对 S 曲线理论持反对意见的人可以举出许多例外情况，图 2 所示就是其中一种。英国铁路网长度的增长也遵循 S 曲线，但不是对称的。19 世纪 50 年代前，其增长速度很快，在后来的 60 年内，变慢了。有意义的是，同一时间内，美国和德国的铁路网长度则按对称型 S 曲线增长。因此，他们认为对称 S 曲线作为预测工具是无用的。70 年代初期，电力工业规划人员确实不相信 S 曲线对电力需求的预示作用，结果是众所周知的发电能力过剩，大量资金积压。

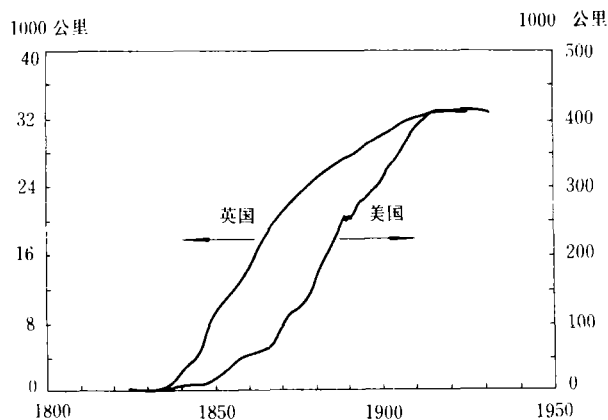


图 2 英（左）、美（右）铁路网长度的增长情况。

下面将讨论如何在更大范围利用 S 曲线，包括总市场分析、市场份额分析和技术性能分析。还将分析同一市场下的曲线组，这对商业规划十分有用。主要讨论 S 曲线的三种用途：投资和研究与发展的决策，应变计划，以及多元 S 曲线的应用。

在投资和研究与发展决策上的应用

在生命周期的错误阶段投资扩大生产能力常会导

致能力过剩，价格下跌，效益降低。历史上这类事例很多，可以似乎正处于这种错误边沿的航空工业为例来说明这种情况。

图 3 是世界的空运总市场的变化情况，在直角坐标中是一条明显的 S 曲线。图 4 用半对数座标画出的同一曲线，可以看出，数据与对数（或 S）曲线十分吻合。

10^9 客·公里/年

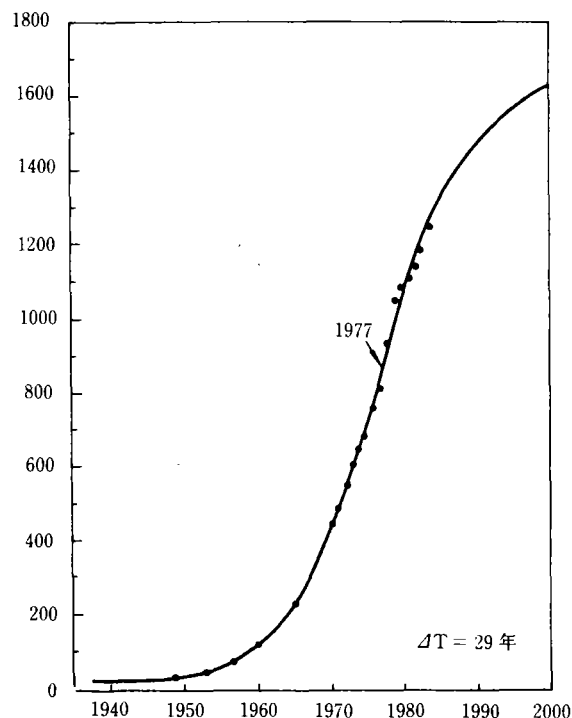


图 3 世界空运市场的增长情况

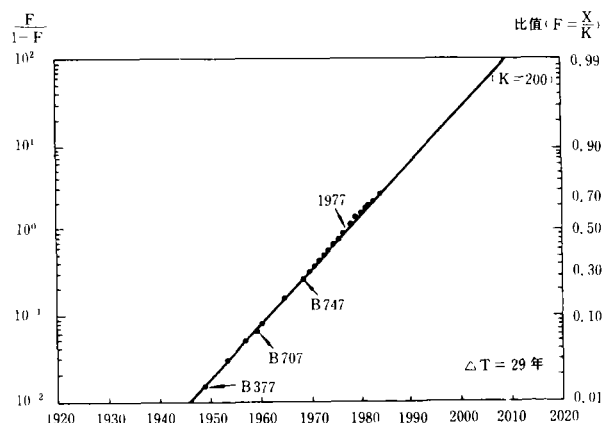


图 4 世界空运量的增长情况（以 10^9 客·公里/年为单位的），以图 3 的数据，在半对数座标轴上以 $F/(1-F)$ 为时间的函数画出。F 为饱和值和 K 的比值 (x/K)

图 4 还示出了 B377、B707 和 B747 三种具有划代标志性的飞机投入使用的时间。如果按所示趋

势继续发展, 则空运总市场的饱和值将为 200×10^9 客-公里/年, 而曲线拐点, 即达到市场饱和值 50% 的时间明显为 1977 年。

从这条曲线可以得出下列预测意见。

1. 大约到 2000 年, 市场将达到极限水平的 90%。

2. 从市场饱和值的 10% 到 90% 的增长时间 ΔT 大约需要三个十年 (29 年)。

上述预测意见是有意义的。看了图 5 所示客机技术性能发展情况后, 对这些预测体会将会更深。和空运市场相似, 对一种飞机的性能也可用客-公里/年的参数来衡量。图 5 中出现的不是一个直线, 而是一条带, 左边一条线代表最优秀飞机的性能, 其性能极限值为 1.2×10^6 客-公里/年。如果把图 4 和图 5 的数据加以比较, 还可得出以下结论:

(1) 当代 B747 的性能几乎已达到极限值的一半, B747 发展型 (例如计划中的 500 系) 或许已能满足全部需要, 但在研究与发展上须作出慎重的决策。

(2) 如果飞机都满载飞行, 极限市场约为 170 架 B747 发展型, 或 340 架现有型。当然有许多原因可以说这不可能。现在使用中的 B747 就有约 600 架, 假定其利用率为 30%。我们尚不清楚极限利用率是多少, 但有一点是清楚的, 今后的需要量不会很大。而现在日本和欧洲共同体都在努力渗入 B747 市场。尽管他们并无制造 B747 型巨型机的计划, 但他们可以提供较小的有竞争力的飞机来提高他们的适应性和竞争能力。

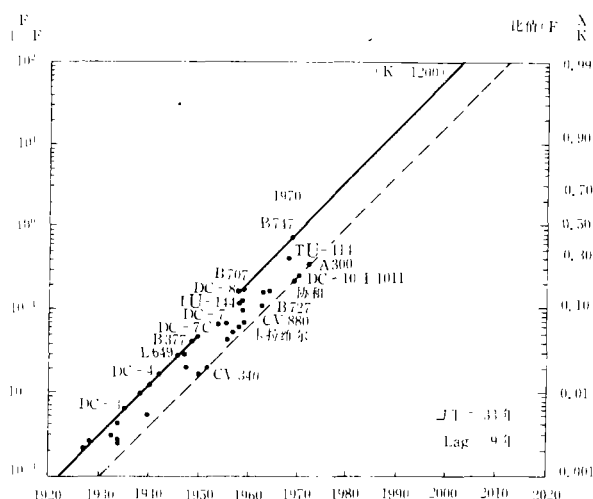


图 5 以半对数坐标表示的客机运输能力 $F/(1-F)$ 随时间的增长情况 (以 1000 客-公里/年为单位)

上述分析是经简化的。更细致的分析应根据飞机的航程和机型对总市场加以分割。现在尚无从得知, 进行这种分类分析后对航空工业已步入生产能力过剩时期的结论会有什么影响。

有意义的是, 技术性能的发展时间 ΔT 是 33 年, 与总市场时间的差异很小。飞机技术的随时改进会降低成本, 这对销售量的增长影响很大。在孕育期降低成本比较容易; 由于市场需求的弹性, 销售量会很快增加。当产品进入衰老期后, 技术性能的改进就很困难, 或者很费钱, 对成本的影响就不那么明显, 销售量的增长也较慢。因此纯技术属性 (性能) 的 ΔT 与市场属性 ΔT 如此接近就不奇怪了。但它们彼此接近这一事实说明, 现使用中的飞机总数已相对稳定。

假定在 30 年代要对各种不同运输手段进行投资选择, 当时的空运飞机只有 DC-3。把 DC-3 的性能、成本、舒适程度和火车相比, 如果不考虑技术的可能发展, 那他一定会选择后者。50 年后, 美国东西海岸间的旅行已无直达列车, 从图 5 可见, 其原因是清楚的。30 年代尚很年青的航空工业, 至今性能已改进 100 多倍。与此相反, 当时已进入成熟期的铁路运输, 至今即使有所改进, 也很小, 事实上主干线长度以及铁路网的有效运输规模自 30 年代以来减小了 30%。教训是, 忽视技术生命周期现象, 忽视孕育中的技术增长的潜在可能, 将会导致投资决策的错误。

应变计划一例

1975 年, 马凯蒂在国际应用系统分析研究所研究能源替代过程 (图 6) 时就预示, 在石油之后天然气可能成为全世界的主要能源。他这一预测是在石油禁运以后不久, 全世界都在关心石油和天然气这两种珍贵能源都可能耗尽时提出来的。1976 年, 卡特总统就说过, 从精神上讲, 能源问题就和战争一样。在他的任期内通过了燃油使用法, 工业锅炉被禁止使用天然气。国家执行以核能和煤为基础的能源政策, 目的是要在能源上达到独立。还制定了一个规模宏大的关于煤的利用的能源研究发展规划, 包括煤的气化、液化、流化床燃烧和许多其他问题。工业界也积极响应能源独立政策, 通用电气公司还用数十亿美元买下一个大型采煤公司——犹他国际公司。由于马凯蒂的观点与这一背景相反, 他应邀去通用电气公司的经理部讲解他的预测。当他刚讲到一半, 一位在座的副董事长冲出会场, 并嚷

道：“我不相信他讲的每一个字”。

当然，去争论预测正确与否是无益的，但要考虑的倒是以下两个问题。

1. 如果预测正确，给通用电气公司会造成什么后果？

2. 如果潜在的后果非常严重，一个有根据的应变计划是什么？

对第一个问题的回答是显然的，通用电气公司的蒸汽轮机将出现极大麻烦，因为负担主要在为大型核电和燃煤火电站提供设备的大型蒸汽轮机部门。另一方面，它的固定式燃气轮机销售必将会增长。

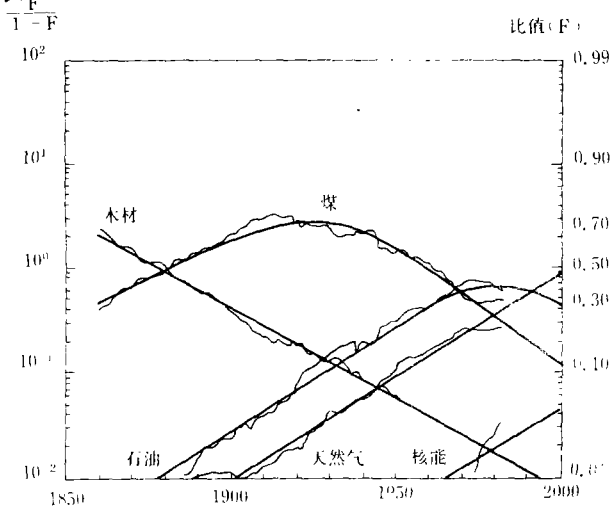


图6 1860~1983年世界初级能源的替代情况，F为给定能源占世界初级能源消耗总量的比值

第二个问题的回答也是显然的，通用电气公司必将奋起投资研究与开发和采取有效的国际战略，来保护它的固定式燃气轮机业。

我们不知这一讨论对通用电气公司战略的影响如何，但是，它确实在逐步争夺燃气轮机市场的领先地位。15年后，即1983年，美国各种用途的大型蒸汽轮机市场枯萎了。斯克内克塔迪（Schenectady）的巨型电站几乎只能靠消耗备件来维持运转。与此同时，不仅在美国，而且在国际市场上，燃气轮机业却异常繁荣。通用电气公司由于采取了创造性的燃气轮机战略，使它成为国际上无可争议的第一供应商，其燃气轮机和蒸汽轮机资金占有额的比，几乎正好是10年前的倒数。

我们还不能说通用电气公司是由于采取了周密的应变计划，才使它十年内在燃气轮机上取得成功，因为在通用电气公司内并没有这样一个计划。我们举它为例只是为了说明应变计划的重要。

具有讽刺意味的是，1985年下半年和1986年，通用电气公司在燃气轮机销售上后退了。原因是当时石油价格下降。通用电气公司燃气轮机的重大市场在中东，由于石油价格下跌引起了一些退货。看来通用电气公司对石油价格下跌也应该有一个应变计划。

再回到飞机的例子。飞机工业的管理和规划人员对两个问题是应考虑到的，

1. 从图4和图5看，飞机总市场的前景好吗？

2. 图5对民用机性能的预测可靠吗？

基于以上考虑，可以讨论以下三个更为实际的问题：

1. 如果图4和图5所示无误，那么，整个航空工业将步入能力过剩的迹象是什么？

2. 如果出现过剩现象，市场份额、价格水平和赢利情况将会怎样？

3. 工业是否应投资研制一种比B747发展性更先进的飞机？

这里所说的“更先进”的飞机，是指其运输能力较B747发展型（例如计划中的500型）更好的飞机，即载客量更多（可能多于1000人），速度更快（超音速或高超音速），或两方面均更好的飞机。更先进飞机的出现可能意味着会出现一条最终会代替现有飞机技术的新的增长曲线，其潜在的增长能力可能还很大。这种情况与30年代在DC-3飞机与铁路之间的选择有些相似。

作者曾在一篇文章（见《科技导报》1987年第1期所载《如何使科研发展工作走上正轨》一文）中提出了计划项目的“稳固性”概念，用以考察研究与发展规划对可能出现的环境冲击的承受能力。制定应急计划是改善战略计划稳固性的重要手段，其中“技术生命周期”是一种非常有用的概念。

商业活动中，经常要面临挑战，要在信息数据不完全的情况下发展可行的管理战略，S曲线就有助于减小它的盲目性。

多元S曲线及其应用

有许多事例，其发展过程不能用一条简单的S曲线来描述。在这种情况下，预测未来，S曲线是否仍然可靠？

图7是优秀航空发动机市场的发展情况。图中示出的两条平行直线说明：

1. 有两条S曲线（图8），一条在另一条上方，各描述一项技术的发展。下面一条代表活塞式发动

机，上面一条则代表喷气式发动机。

2. 假定两项技术所处的社会和经济环境一样，其技术变化速率和特征时间 ΔT 也一样。这里它们都适用于军用和民用航空。

从图 7 可以归纳出这样的结果，如果在 30 年代有人相信 S 曲线的预测作用，就可以得出这样的结论，活塞式发动机的最大功率为 3 800 马力。这一结论本身不无道理。但是，如果把各类运输方式的多元替代曲线绘在一张图上（图 9），再进行以下逻辑推理，那就会得出灾难性结论。

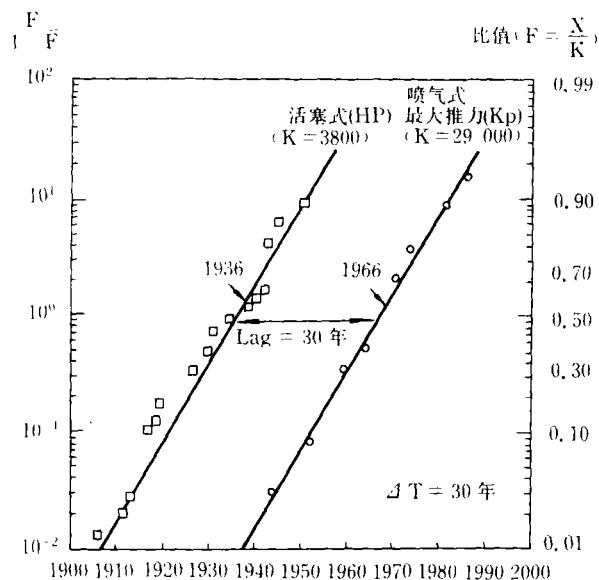


图 7 优秀航空发动机市场的发展

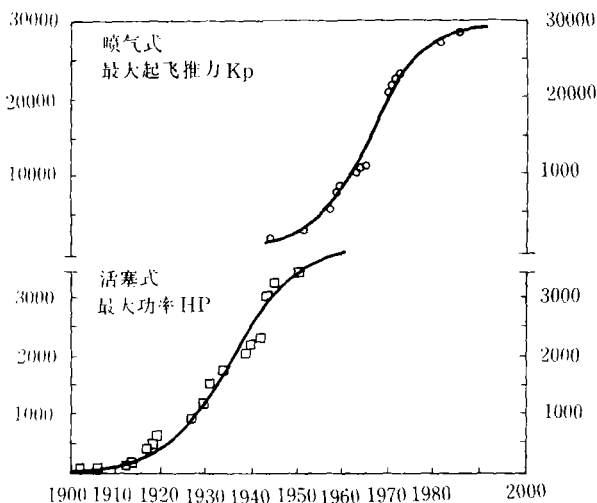


图 8 按图 7 数据给出的优秀航空发动机市场发展情况

40 年代，航空运输市场迅速增长（图 9），但活塞式发动机已接近其技术性能的极限。为谋求更大的市场份额，“明显”的战略是熟练曲线。就我们所知，虽然 T. P. 莱特（Wright）根据 1922 年所进行

的分析，在 1936 年提出了所谓的劳动成本-产量关系曲线，但是在 40 年代熟练曲线的概念尚未形成。实际上柯蒂斯（Curtiss）公司在 1922 年以后的十年中，所有价格决策都是根据这些曲线作出的，后来才被称为熟练曲线。根据这一曲线，需要增大活塞式发动机的产量，势必造成灾难性后果，因为一项新技术——喷气式发动机很快就出现了。40 年代，航空总市场还在增长，但活塞发动机的饱和状态已经临近，这一事实预示新技术可能出现。市场和技术的动态行为综合起来使得规划人员的工作更困难了，但是错误决策的风险可以减至最小。

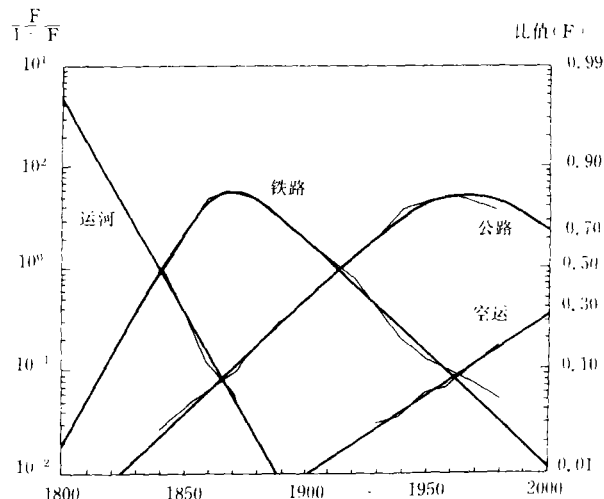


图 9 1830~1982 年美国运输基础结构方式的替代史

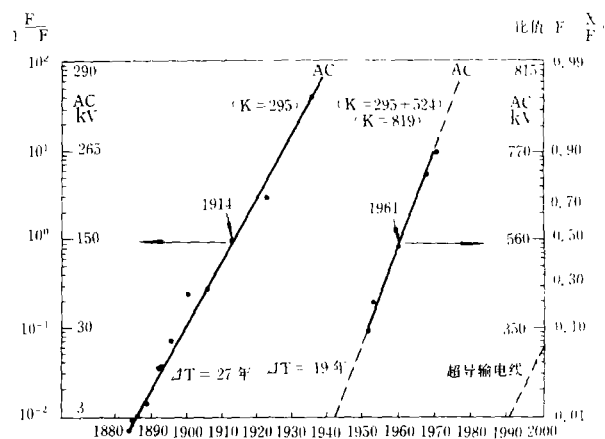


图 10 输电技术的演变。第一条线（左）表示 $K < 295$ 千伏的情况，第二条线（右）表示 $K < 819$ 千伏的情况。图中还绘出了第三条线表示超导输电的情况

图 10 是第二个例子。它描述电力系统输电技术的发展情况。同样，图中出现了两条直线，虽然其斜率不一样。

如果一个规划人员在 40 年代后期对当时的情况仔细研究后就会发现，电力需求还将继续增长，年增长率 7%（图 11），而且存在一个饱和值。当时可行的战略还是利用熟练曲线。可是，如果按此战略，也会遭到失败。

实际情况是，50 年代初期，一些耗电工业发现，如果把更多资金投入就近发电输电，由于发电量减小，总的来看节约净值还是很有吸引力的，主要原因是发电技术的改进已接近饱和点。在这之后，国际上就展开了“谁首先建成最高电压电站”的竞争，从而改变了经济环境，使第二条线的 ΔT 更短（19 年）。

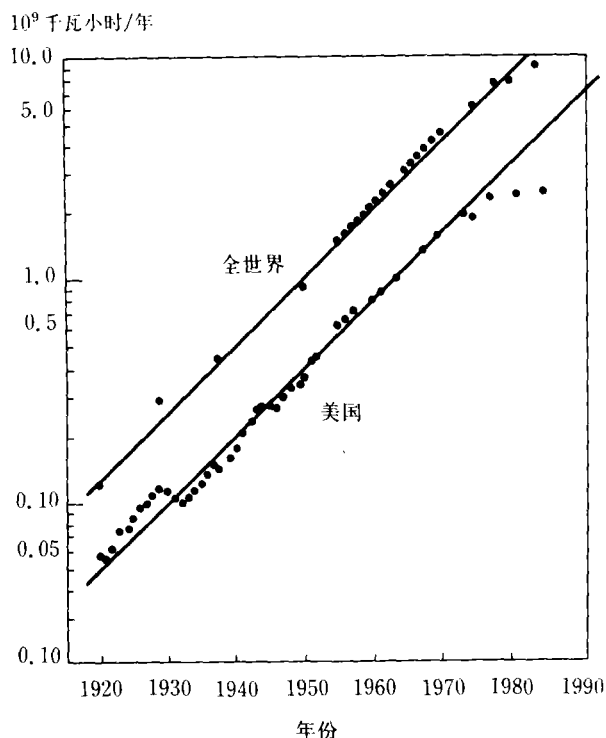


图 11 半个世纪以来发电量的增长情况，直线的增长率相当于年增长 7.2%（即每 10 年增长一倍）。全世界的年增长率为 8%。近 10 年以来，两条曲线都呈现出饱和迹象。

有意义的是，图 11 预示的最高输电电压 819 千伏至今尚未超过。有人曾尝试研究与开发 1000 千伏以上的输电技术，但都未达到商业应用阶段。目前有迹象表明，未来的电站将由大变小，由集中变分散。这样，更高输电电压的需求也就不会出现，超导出现后也是这样。

从上述各例可以得出结论：

1. 单元的 S 曲线还不是可靠而有用的预测工具（甚至可能导致错误），其主要原因是可能存在第二条曲线（由于出现新技术或新的经济环境）。

2. 考虑了随时的技术改进的多元法对商业规划是有用的。

结 论

1. S 曲线提供了确定能力过剩和技术饱和时期的手段，它应该是商业战略形成中需要考虑的一个因素，例如，熟练曲线有时会变成无效。

2. S 曲线可能并非是可靠的预测手段，但它对制造应变计划却十分有用。

3. 在市场需求增长的情况下，一项主导技术的饱和就预示着一个新的竞争者，新技术的成功者的出现。

4. 单元的 S 曲线不如多元 S 曲线对规划有用。

总之，S 曲线是有用的，但我们应该学会如何创造性地去应用它。

（吴永智译，一丁校）

本文作者 N. 纳克谢诺维斯（N. Nakicenovic）系国际应用系统分析研究所研究人员。

李天和（T.H. Lee）系美国麻省理工学院电机工程系教授。曾在通用电气公司作过战略规划工作和研究负责人，1984 年出任国际应用系统分析研究所所长。