

田纳西的奇迹—— 区域经济规划实例

THE TENNESSEE MIRACLE

程 远

水利建设，重要的不仅在个别工程的先进，而在整个流域的合理的综合规划和开发，俾能收到最好的经济效益，真正造福于人民。田纳西流域的开发，是一次最早的尝试，也是一个成功的经验。其特点在：

1. 全面的综合规划和开发；
2. 旨在造福人民，由政府直接经营，不经过私商牟利；
3. 机构独立稳定，不受政治影响，保障工程贯彻始终；
4. 采取动态设计法，工程设计比较科学合理，泥沙沉积较预期为慢，受益时间延长。

水利建设，区域经济规划是现代化的重要一环。国际水资源学会主席周文德教授根据他在世界各地指导工程的经验，有很多重要的意见。本刊将在他的主持下组织一系列文章介绍各国在区域规划、工程技术、管理体制等各方面的经验和现状，希望读者提出具体要求。程远教授这一篇，先就 TVA 做一个总的介绍。

一 田纳西流域的今昔

田纳西河谷 (Tennessee Valley) 位于美国东南部 (图 1)，包括田纳西河及其支流的排水盆地 (见图 9)。田纳西河发源于大西洋岸的弗吉尼亚州，向西经北卡罗来纳、乔治亚、阿拉巴马、田纳西、肯塔基、密西西比经俄亥俄 (Ohio) 河入世界第一长河——密西西比河 (Mississippi) 流入墨西哥湾。全长 1050 公里，流域面积七个州 105,900 平方公里，约相当于中国的淮河。

三十年代初，美国遭受空前的经济大萧条，工、农、商业停滞，四分之一的工人失业，人民普遍生活在饥饿中。田纳西流域更加严重。62% 人口以农为生，

而土地贫瘠，森林滥伐，水旱灾害频繁。洪水过后，土地冲刷，颗粒无收 (见图 2, 4)。12% 的人口从事于工业，但工厂矿山倒闭。据统计，1933 年该区平均国民所得仅 168 美元，只有全国平均国民收入的 45%，人民生活在贫困和绝望中。当时，区内马瑟滩虽已有在第一次世界大战中建成的颇具规模的威尔逊水坝，但由于电力是交给私营公司零售的，售价高昂，附近居民只能点油灯。居民要求电力公营，而私营公司极力反对，形成了“马瑟滩之争”。

有鉴于此，1933 年 4 月 10 日，总统罗斯福 (Roosevelt) 和参议员诺里斯 (Norris) 建议国会立法成立田纳西流域建设局 (Tennessee Valley Authority, 通称 TVA)，对田纳西流域进行多元的区域规划和建设。同年 5 月 17 日国会通过，5 月 18 日正式成立。经过四十多年的建设，田纳西已彻底改变了面貌。荒滩变桑田，光山绿化；水力发电奠定了电力网的基础，送到了全区每一个角落；河网密布，航道畅通；沿河

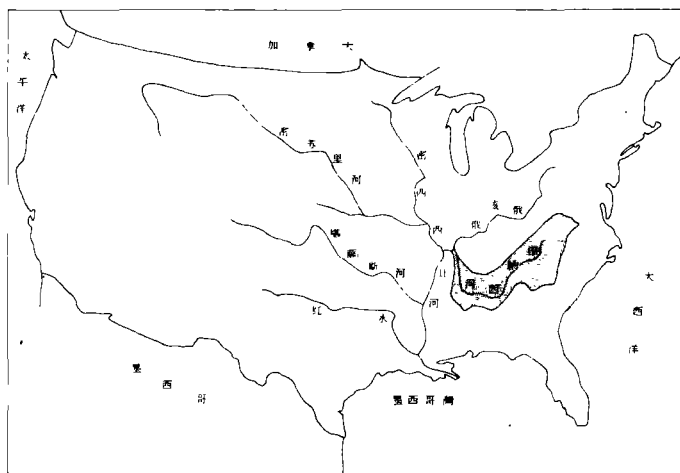


图 1 田纳西区域



图2 1930年代经严重冲刷后的荒废农田



图3 1930年代田纳西河谷贫苦的人们

平原里出现着现代工业……；社会文化、教育、娱乐都有很大的进步；工业工人增加了四倍，达到劳工总数的30%；农业人口由62%降到6%。平均国民所得由168美元（1933）增加到5630美元（1977），相当于全国平均所得的80%。在这段期间，田纳西流域平均国民所得增加了34倍，而同期全国只增加了19倍。不仅如此，田纳西的治理还使得俄亥俄和密西西比河避免了每年19亿美元的平均年损失，并且由于增加土地而获得每年1亿5千万美元的农业收益。

下面，我们来简要介绍取得这些成果的组织、计划、工程措施和原因。

二 田纳西建设局的任务和体制

任务和目标

田纳西建设局是联邦政府（即中央政府）的一个独立机构。根据总统签署的法案，其任务是对田纳西流域进行全面规划和开发，其主要目标有：

1. 疏浚田纳西河道，以利航行；
2. 建筑水闸、调节水量，可以防洪并利于灌溉；
3. 利用水力发电，供给低价电力，吸引工业；
4. 推进造林，绿化田园；
5. 发展化学工业，利用低价电力生产肥料。

此外，建设局有责任帮助流域各地地方发展，以改善当地居民的生活。每当地方建设上遇有从联邦政府或州政府得不到解决的问题时，建设局即给以协助。

体制

为了达到综合规划开发造福居民的目的，根据国会的决定。田纳西建设局采取了一种特别的体制：

1. 建设局本身负责设计和施工。按照美国的体

制，联邦政府各部门是不管设计和施工的，他们只是把各种设计和施工项目用投标的方式包给私营公司做。

2. 建设局和各州立大学及推展站合作执行肥料和农业的研究和改进。

3. TVA本身负责发电和输电，而供电则多和各市、镇、农村等地方政府合作管理，用合同形式从法律上保证当地居民可以得到廉价电力。

组织机构

建设局有董事会，在其管理下，有以下十个处，雇用人员约45,000人（1978年）。各部门之间相互研究和协作。

1. 水利管理处；
2. 电力处；
3. 环境保护处；
4. 森林、渔业和野生动物处；
5. 航运和工业发展处；
6. 工程建设处；
7. 财务和营业处；
8. 支流区域发展处；
9. 农业和化学发展处；
10. 地方发展处。

设计程序

在计划时，每一个部门要进行勘察研究、可行性和详细研究三个程序，以水力发电为例，其设计程序如下：

1. 勘察研究 (reconnaissance study)，包括地图测绘、区域地形调查、降雨资料、河流泛滥历史以及如何选择坝址等等。



图4 1930年代田纳西河谷氾滥的一例

2. 可行性研究(feasibility study), 包括土地勘察、地质地基调查、初步水文分析、初步工程设计以及建设费用、收益估计等等。

3. 详细设计(detailed study), 包括地基调查、岩心钻探、贮水量分析、溢洪道及水流控制设备设计、预算和受益分析。

三 工程建设和效果

防 洪

在历史上, 田纳西河及其支流经常洪水为患,(见图4)洪水在冬天或初春(12月至翌年4月)来袭(某些地区其他季节也有洪害), 对人民生命财产危害至巨。田纳西的洪水下泻到下游俄亥俄及密西西比河, 加上其本身的洪水, 无异火上加油, 造成严重的灾害。因此防洪乃田纳西建设一切项目之首。

田纳西治洪主要通过四项措施: 1. 疏浚河道, 加速水流通过; 2. 在支流修筑蓄水库以减少支流流量; 3. 用主流及支流蓄水库来调平洪峰; 4. 洪峰过后逐渐放水恢复蓄水能力。

各水库的水位根据季节控制, 在保证防洪蓄水量的前提下, 兼顾综合利用的其他各个项目的需要。每年1月, 各水库保持总共194亿立方米的容量准备迎接洪水。3月15日, 洪水季节中减少到161亿立方米。夏天洪峰过后, 保留约40亿立方米的容量以备万一。

田纳西防洪的结果, 不仅造福本区。下游俄亥俄及密西西比河流域避免了每年平均19亿美元的损失, 以及1亿5千万由于防洪土地增加而得到的农业收益, 仅此一项已达防洪投资的十倍。

水坝及水库

四十多年来, 在田纳西河上建成了35个主要水坝和8个次要水坝, 除了全面控制洪水外, 并完全地利用了田纳西的水头(见图9)。这些水库和水坝是多种

功能的,除控制洪水、发电以外, 还用于航运、供水、公园(recreation center)。在这些水坝中27个主要水坝和1个次要水坝属于TVA, 另外8个主要水坝和7个次要水坝属于美国铝业公司。

航 运

从1933年建设局成立以后的十二年里, 七个水坝及其航运水闸先后完成, 这些工程加上原来已有的威尔逊等两个水坝形成了一个南方大湖, 构成了一个规模宏大的连通水网, 起自诺克斯维尔(Knoxville)群山向西漫流一千公里到肯塔基州的帕得加(Paducah, Kentucky), 然后流入俄亥俄河转密西西比河入大西洋。同时田纳西支流210公里的水道, 也用于航运(见图2)。

这个水网连同各水闸和安全港都是免费开放使用的。1977年, 河流运输量超过2700万吨, 超过1933年的一百倍。主要货运为煤、饮料、谷物、石油产品、化肥、林产品、钢铁及石头、砂子、碎石等等。

田纳西航运水道对田纳西流域的经济发展十分重要。1945年以来水道吸引了三十亿美元的私人投资(其中60%是最近十年的事), 加速了工业发展。河岸工厂为当地居民提供的直接就业机会会有4万4千个, 至于河流附近及其服务性工作所提供的就更少了。

电 力

按照具体情况和需要, 田纳西建设局配置了四种电厂来供应电力。供电网有水力发电厂49个、火力发电厂12个、核能发电厂1个、燃烧涡轮厂4个。输电线路总长27,000余公里。大部分输电电压为161,000伏及509,000伏。1978年总发电能力为2,800万千瓦。供电面积20万平方公里(七个州)。

水力发电

三十到四十年代, TVA的电力均来自水坝下的水力发电厂。到四十年代末, TVA成为全国最大的电力供应者, 大部分合适的位置均已建成水坝, 落差已充分利用。以后开始建立火电站以适应需要。现在水电占全区电力供应的20%, 但由于以下原因, 仍不失其重要性: (1)由于水电不受燃料涨价的影响, 而且大部分水电站早年修建时建设费用很低, 所以水电成本是最便宜的, 每千瓦小时0.17美元; (2)水电厂便于很快地改变发电量以适应供电网负荷的变化, 供电网中如果没有这种弹性, 会增加燃料消耗。

火力发电

现在TVA电网中三分之二的电力来自五十、六十年代建造的许多以煤为燃料的蒸汽引擎发电站。问题在煤价暴涨, 每吨从5美元(1970)涨到28美元(1978), 煤价每吨每涨1元, 电力网用煤一年将增加四千万美元。1978年火电每千瓦小时的生产成本是1.50美元。

核能发电

由六十年代到七十年代中期, 美国新建的电厂多为核能发电厂(图5)。当时, TVA决定兴建七个核电站, 其中的棕渡(Brown Ferry)核电站已投产发

电。另外三个将于1983年完成。其他三个在早期承建阶段。到1990年这些电站全部建成时，TVA的供电量将可增加一倍，核电将占全数之半。核电的成本（棕渡核电站）现为每千瓦小时0.71美元，不到火电的一半。

内燃涡轮发电

七十年代，为应急需，TVA建造了4个以油为燃料的发电厂，其原理类似于喷射机引擎。由于成本过高（每千瓦小时3.97美元），只作为备用设备，通常情况下不超过TVA总发电量的1%。

现在TVA所需的最高负荷量已超过了水坝所能供应的发电量，而涡轮发电又太贵，所以需要寻求新的办法。现在正在进行的有以下几个方面：(1)抽水蓄水发电：在低负荷时用多余的电力把水抽到山顶的蓄水库内供高峰时发电用；(2)太阳能计划：在曼菲斯（Memphis）地区帮助千户以上的居民装置太阳能热水器；(3)拨款给电力研究所（Electric Power Research Institute）研究能源问题。

化 肥

自1933年起，TVA担负了全国性的肥料方面的研究、试制和推广工作。设立在阿拉巴马州（Alabama）马瑟滩的国家肥料研究中心（National Fertilizer Development Center）为其研究总部。四十年来，TVA的工作对肥料工业的发展有深刻影响：

- 1943 硝酸铵（ammonium nitrate）推广到农家。
- 1945 浓缩磷酸肥（concentrated superphosphate）代替一般磷酸肥推广到农家。
- 1953 颗粒肥料试制成功
- 1955 磷酸铵（diammonium phosphate）试制成功。
- 1957 液态肥料推广（将磷酸肥制成液体）。
- 1963 悬浮肥料问世，高肥效，价廉。
- 1971 以管状反应炉制成高级多重磷化物（polyphosphate）液态肥料。
- 1973 尿肥（urea-based fertilizer）试制成功。
- 1976 包硫尿肥（sulfur-coated urea）试制成功。

图6 被普遍使用的液态肥料

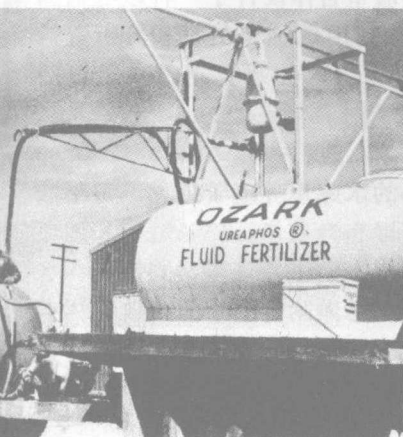


图7 过半量的肥料在春季播种前施用



图8 山坡农田通常利用空中施肥



图5 正在兴建中的Watts Bar核能发电厂

1978 颗粒肥料大量生产（用TVA的管状反应炉和廉价电力）。

1979 TVA开始生产包硫尿肥。

这一系列成就造成肥料工业三个主要趋势：(1)混合肥料的有效成份由22.7%（1957）增加到45.1%（1978）；(2)大型混合肥料厂由201家（1959）增加到5200家（1978）；(3)液态肥料由2.9%（1959）增加到18%（1978）。这些变化使得肥料变得很容易处理和应用，农民从此可以利用低廉的肥料来进行农业生产而使后者变得有利可图（图6,7,8）。

农 业

自十九世纪早期移民时代开始，农业是田纳西人民主要的生计，直到1933年，农业人口仍占一半以上。但土地贫瘠、洪水为患、耕作技术落后，农业是很不成功的。TVA从农耕方法和机械设备、灌溉、肥料几个方面推动农业的改进。田纳西流域地形多样，北卡罗来纳州西部多山坡，适宜于种植蔬果，阿拉巴马州北部的平原则适宜于种植玉米、棉花、大豆。TVA和各州立大学合作，研究和推广因地制宜的耕作方法、机械设备、水源供应和灌溉方法，使之逐年改进。

由于农业技术的发展，单位面积产量比1933年增加两倍，农场数目减少，农场的面积增加，这就使得



图 9 田纳西河谷

农民可以更有效地使用农业机械、人力和财力，因而每个农场的销售量增加（到1974年，有2000个农场超过100,000美元），农业人数减少，而每人的生产值增加。以1974年与1949年相比见下表。

项目	年代	1949	1974
农场总数		30万个	12.5万个
农场平均面积		77英亩(462市亩)	120英亩(720市亩)
农产品销售量(每个农场)		1,200美元	1-3.3万美元
农业工作人员总数		400,800人	168,000人
每个农业工作者年产值		892美元	7,400美元
大豆种植面积		4.2万英亩	100万英亩

在田纳西流域，大豆增产最多，1974年产值为1亿5千9百万美元。家畜家禽产值迅速增加，1949年家畜家禽产值与农作物大体相等，占农产总销售量的一半，其中家禽只占10%，1974年家畜家禽占64%，其中家禽占28%。此项生产为田纳西的农民每年取得3亿4千4百万美元的销售量。

农业的发展帮助农民从狭小的田地里走出来。以前他们忙于克服自然灾害，现在他们的生产已经现代化，他们的产品已进入世界市场。外界的事物举凡影响到农业生产、农具供应、农产品销售的，都为他们所关心，把他们带进了广阔世界，成为现代社会的一个组成部分。

林业

森林占田纳西流域面积的三分之二，森林工业产值每年10亿美元，林业投资每年增加10%以上。林场850个，职工46,000人（仅1973年扩充设备增加就业机会3,000个），全年工资约2亿5千万美元。在发展林业的过程中，TVA担当了主要的任务。他们根据45年来对125个乡村调查所得的资料，提出市场和森

林发展现状和预测，工业界就根据这个预测选择新厂地址。

田纳西的林业，主要为小型企业。TVA给以指导，帮助他们改善经营以增加生产。TVA出版一种降雨手册，伐木者根据它来安排工作计划，每年可多做50—60个工作日，增加年产量同时降低设备维修费用。TVA出版的自然干燥指南（airdrying guide），告诉人们在各种不同区域不同季节新伐木材所需要的干燥时间。

为综合利用森林，TVA发展树脂生产。树脂可用于制造多种产品，如松节油、口香糖、药物和香水。最近，美国林务局在佛罗里达州（Florida）试验成功一种树脂增产方法，在不污染环境的前提下，同样的杉木浆可增加树脂产量20倍。

TVA的林业研究所致力于研究贵重硬木的生理遗传、改进树木的生长率、形状和对病虫害的抵抗力。林业研究所在苗圃中培育新品种，准备在一、二十年内可以向社会供应具体特殊遗传品质的树苗。

为了改善对农场和森林的管理，TVA和橡树岭（Oak Ridge）国家实验室合作设计了一种以电脑为基础的土地管理系统，利用电脑来处理和分析资料以选择可靠的管理方案。这种系统业已在诺里斯（Norris）水库附近的森林林场试验过。

渔业

在田纳西大大小小的水库里养殖了鱼类，每年捕鱼七千到一万吨。为了提高渔获量，TVA进行了两项研究工作，其中一项是水产学家发现多数的鱼是在水洞附近捕得的，于是在马瑟滩附近的小熊溪放置树木残枝，用以吸引鱼类；另一项是研究各种鱼类的分布及习性，渔民因此可以按照水深、水温、季节、时间及水的含氧来捕鱼。

的输入输出能力,自己的震荡计时器(clock)以及存贮控制程序的只读存贮器(read-only memory)。这种单晶片微计算机因为可以运用的读写存贮量少,比较不适合一般商业系统的应用,但在仪器与机器的控制上却有广泛的应用。

如果对于运算速度要求很高(例如雷达资料的处理),那么用两极工艺制作的位片(bit-slice)微处理机就比较合适。这种微处理机每个是两位到四位。但是把几个组件并行连接起来就可以形成八位、十六位乃至三十二位,六十四位的中、大型中央处理机。它的指令是由应用者自行组合设计。现在市场上一般的中型计算机很多采取这种结构。最常用的位片微处理机是 Advanced Micro Device 的 2900 家系和 Motorola 的 10800 家系。

微处理机的生产与半导体工业

微处理机的制造从提制纯度极高、结构完美无缺的硅单晶开始,在自动化控制,极度清洁的生产线上,运用光刻(photolithography)、掩模(mask)、硅氧化、气体扩散、离子种植、化学蒸氧沉积、等离子蚀刻等等精密技术,以制成宽度能控制到千万分之一米、深度能控制到十亿分之一米的微小晶体管线路。这种工艺能够发展到今天这个地步,是固态物理、电子物

理、电子工程、材料科学、化学工程、计算机科学、冶金工业与精密仪器工业协作的结果。而集成电路的普及以及它在工艺上的要求,反过来也成为这些科技的推动力量。

但是我们如果从更深一层去观察就会发现,虽然科技的新发展是集成电路与电子工业的技术基础,但是电子工业能有这样迅速的、革命性的发展,必须归功于高度竞争的经济制度。这种按照经济规律运作的制度,能够对国民经济发展所需要的资金做出合理而迅速的分配,使得有大量市场需求的电子工业得到急需的研究发展与生产的资金。高度的竞争不允许任何的浪费,因此每一个公司必须尽力地减低成本并扩展市场。现代企业管理所着重合理的成本会计制度、人事制度、精确的市场调查、销售网、服务网、设备更新与品质管制莫不是这种竞争制度的结果。同时由于产品的日新月异,市场与财政金融情况的千变万化,每个公司必须有高度的自主权,才能迅速地作出应变的决策。没有这样一种制度,虽然可能在大学的实验室里制造出几个或几十个微处理机晶片,却不可能建立一个年产一千万或一亿个微处理机的电子工业。怎样才能建立这样一个合理的经济制度,乃是现代化努力中最根本最重要的课题。 ㊟

·上接 42 页·

休憩园林

林地、野生动物、水库、丰富的水产,为人民提供了良好的休憩场所(recreation center)。由于现代工业社会紧张复杂,美国社会近来喜好“回到自然”寻求单纯的休息、娱乐。周末假日驱车数百里到山地、森林去野营、爬山;到水边去钓鱼、游泳、划船……,在大自然里度过休息日。田纳西的建设提供了大量的公园、游船、水族馆、浴场、避暑别墅和观光风景区。在山区建立了 110 个公园,24 个野生动物管理区,在湖滨建立了 310 个风景区,110 个宿营地和俱乐部,每年游客超过 6,500 万人(见彩色图)。

四 结论



1970年代一般家庭现代化的厨房

46年前建立TVA时,多元的流域规划和建设是一个新颖而令人兴奋的观念。其基本项目如防洪、灌溉、发电等等,就各个而言,并不希奇,但把它们综合在一起,TVA是第一个。

46年来的建设,实现了这一观念,改变了田纳西人民生活的素质;一个以农为生的贫穷的田纳西,建成了以工业为主的,现代农业、林业全面发展的现代化经济。分析它成功的原因,主要有以下几点:

1. 因地制宜,造福群众。国会决定把TVA总部设在田纳西当地是一个明智的决定。这样可以确切了解实际情形,可以密切联系当地人民。

另外,因为TVA旨在造福当地人民,得到了他们的热情支持。

2. 健全的管理和财务制度,合理的行政程序,因而计划好、效率高,不受政治动荡的干扰。

3. 采用动态设计(dynamic-design approach)的概念,计划和设计保持一定的弹性,根据工程进展情况做必要的修改,选取最佳方案。这种有弹性的做法特别适合田纳西多元建设的需要。

4. 田纳西本身的自然资源,为发展提供了物质基础。

在工作中,也存在问题:

1. 河川多元利用,有时各项目之间互相有冲突。在此情况下,以防洪和航运为优先。

2. 为建设水库,一些居民需搬迁。

3. 农业和工业的发展造成环境污染。

4. 内部权力争夺及外在矛盾拖延工程进度。 ㊟