

第一章

交通科技概论

第一节 科学技术与经济发展

一、科学与技术的含义

关于“科学”与“技术”这两个词，现在人们一般组合成为“科学技术”一词。其实，这两个词有着不同的含义。

“科学”一词源于拉丁文 *Scientia*，原意是：了解、知识和学问。12 世纪初，宇宙论学者威廉士将“科学”定义为：以物质为基础的知识。这可能是首次将“科学”与盛兴当时的神学区分开来，意义重大。但科学地定义“科学”一词是在科学知识体系基本形成之后，即在数学、物理、化学、天文、地理和生物等学科已经建立并自成体系

的 19 世纪下叶。1888 年著名的进化论创始人达尔文在《生活信件》中指出科学就是整理事实 从中得出普遍的规律或结论。我国《辞海》对科学的定义是 关于自然、社会和思维的知识体系。

“技术”一词的英文是“Technique”或“Technic”意指做事的方法和技能。18 世纪法国著名启蒙哲学家狄德罗是最早给“技术”下定义的人之一 他在世界第一部《百科全书》中指出，所谓技术就是为了达到某一目的所采用的工具和规则的体系。我国《辞海》把技术定义为“泛指根据生产实践经验和自然科学原理而发展成的各种工艺、操作方法和技能……，相应的生产工具和其他物质设备 以及生产的工艺过程或作业程序、方法。”

科学和技术之间关系十分复杂。二者既有着明显的区别，又存在密切的联系。科学是发现，技术是发明；科学是认识客观世界，技术是改造客观世界；科学是发现那些已有事物或现象的规律，技术是发明或创造世界上从未有过的东西；科学是提供抽象的理论，技术是使可能应用的理论变成现实。

随着现代科学技术的高速发展，科学与技术之间的关系越来越密切。一方面，科学理论和实验上的许多重大突破，对技术有着无可争辩的理论指导作用，往往成为推进整个科学技术事业和社会生产力发展的源泉，甚至开拓前所未有的生产新领域。另一方面，现代科学的发展已无法离开现代技术的支持；许多重大科学课题的提出和设置是现代技术和生产发展的需要；现代科学的许多重大突破必须有赖于高水平的实验技术和设备；科学

本身一般无法直接物化，而必须通过应用研究、试验与发展，开发和应用等环节，才能转化为技术，才能成为现实的生产力，也才能促进经济发展。

近些年来，人们又在普遍使用与“技术”一词密切相关的另外几个词，即“高新技术”、“高新技术产品”和“高新技术产业”。

二、高新技术

关于高新技术，目前世界各国尚无统一的定义，但其内涵是比较清楚的。一般认为，高新技术主要是指基本原理和概念建立在最新科学成就基础上的现代技术。因此，高新技术是历史的、动态的、发展着的概念，从不同角度会对高新技术有不同的理解。我国 76 名专家界定的含义是：高新技术是建立在综合科学研究基础上的，处于当代科学技术前沿的，对发展生产力、促进社会文明、增强国防实力起先导作用的新技术群，其基本特征是具有明显的挑战性、风险性、增值性、渗透性，是知识、人才和投资密集的新技术群。高新技术主要涵盖信息、生命、能源、环境、材料、空间和海洋等技术领域，其中信息技术是主体。从近半个世纪的世界科技发展看，几乎所有重大的技术突破都集中在这几个领域。

关于高新技术产品，美国国家科学基金会认为，是指每 1 000 名职工中有 25 名以上是科学家和工程师，并在其净销售额中有 3.5% 以上用于研究开发和试制工作的新产品。美国商务部以此作为衡量指标，列出的高新技

术产品有 10 大类 航天工业中的导弹、火箭发动机、卫星及其部件等 电子工业中的电话、电报器材、电信设备、半导体器件、无线电和电视接收及播送设备、录音机、声纳和电子仪表等；飞机工业中的飞机及其部件和发动机等；办公自动化设备中的计算机、复印机等；军械及其附件；医药工业中的维生素、激素、抗生素、疫苗等 无机化工中的稀有气体、放射性同位素、特种化合物和核材料、无机颜料等 仪表工业中的光学仪器、导航仪器、医药仪器、工业流程控制仪等；动力机械中的发电机组、燃气轮机、水轮机、发动机及其部件等；合成材料中的各种化学制品，包括树脂、纤维和精细化工产品等。欧共体则把下列 18 种产品列为高新技术产品：无机化学产品；放射性及其相关材料 医药制品 电力设备 核设备 高精度金属加工机械 资料自动处理设备 电视接收设备 音响设备 电信设备；计算机及软件；配电设备；医疗设备；航空器及其部件 光学仪器及设备 电影及照相设备 测量、分析和控制仪器等。

关于高新技术产业，美国劳工统计局的衡量标准是：研究试制费和科技人员的比例比整个制造业的平均值高出 1 倍以上的产业。据此，美国标准产业分类表所列的 977 种产业中有 36 种属于高技术产业。这些产业的研究开发费用约占销售额的 5% ~ 15% 职工中约有 40% ~ 60% 是技术人员。日本将下述 9 种产业列为高新技术产业：工业机器人 集成电路 办公自动化设备 新材料 生物制品 计算机及软件 信息网络系统 光电工业 航空航天工业。另外 日本还在其《科学技术白皮书》中把核聚变、

宇宙开发、海洋开发、生命科学、极限科学、材料科学、信息电子技术作为今后重点发展的 7 大先导性基础学科。

近年来，以信息技术为中心的高新技术群发展迅猛，并对传统交通产业产生了巨大的影响。

三、科技进步对社会经济发展的影响

科技进步是推动经济和社会发展的强大力量，是创造人类文明的物质基础。人类历史上的每一次重大发明创造及其应用都给社会生产和人类生活带来了巨大影响和深刻变化，社会生产和人类生活每一次质和量的飞跃无一不是科技进步推动所致。尤其近代科技发展史上先后发生的三次技术革命更使科技进步的强大作用发挥到了极致。第一次技术革命，以蒸汽机的发明和使用为代表，使手工业生产方式进入大规模的工业化生产阶段；第二次技术革命，以电机的发明和使用为代表，使人类进入了电气化时代，推动了以冶金、能源、化工、电力为主体的重工业技术体系的建立；第三次技术革命，以原子能、电子计算机、空间技术为代表，将人类由机械时代进一步推向电子时代以至信息时代，其影响在人类历史上更是空前。

近代世界各国经济发展的历史证明，一个国家科技先进，生产力水平必然高，经济就发达。反之，一个国家的科技落后，生产力水平就必然低，经济也不可能发达。可以说，这是一条具有普遍意义的规律。当代世界正面临着一场新的技术革命，其发展速度和规模、广度和深度在人类历史上都是无可比拟的，其对经济发展的影响将

是无法估量的。工业革命及其技术体系的形成和发展，是资本主义社会建立、巩固和发展的物质技术保证；以计算机和现代通信技术为支柱的信息技术的飞速发展，是推动人类向信息社会迈进的基本标志。

现代科技进步对经济发展所产生的深刻影响，主要体现在提高生产力水平、提高经济活动的效率和效益、促进产业结构的调整与优化升级等方面。但归根结底，所有这些影响主要还是通过使劳动工具、劳动对象和劳动力等生产力三要素发生变化来实现的。

首先是劳动工具。劳动工具是物化了的科技成果。科技进步的历史，也就是劳动工具的数量和质量不断提高、不断完善的历史。早期的机械、设备和动力只是人类手足的延伸，只能代替人类部分笨重的体力劳动。而在现代科技的推动下，已经出现了能部分代替人类脑力劳动的机器，如电子计算机和智能机器人等，这不仅仅是人类手足的延伸，而且是人类智力的拓展。人类已经从“用机器制造机器”发展到“用机器操纵机器”开始和正在逐步扩大生产过程的完全自动化。

其次是劳动对象。科技进步为生产提供许多新的原料、材料和服务对象，扩大了劳动对象的范围和服务领域。特别是现代化工技术的迅速发展，出现了一系列由人工合成的具有预定化学性能和物理性能的新材料，逐步取代由自然直接提供的天然材料。

再次是劳动者。劳动力是社会生产力中最积极、最活跃的要素。从人类发展史看，人的体力并没有多大变化，而智力则随着科技进步在稳步提高。现代社会对劳

劳动者所应具备的文化水平和专业技能提出了越来越高的要求，脑力劳动与体力劳动的界线模糊不清，就业比例发生显著变化：工人的比重下降，科技专业人员的比重上升；不熟练、半熟练工人的比重下降，熟练工人的比重上升；从事一线生产劳动人员的比重下降，从事科研设计和经营管理人员的比重上升。据统计，在机械化程度低的情况下，从事体力劳动和脑力劳动的就业比例约为 9:1；在实现中等程度机械化作业时，其比例一般为 6:4；在达到全盘自动化生产时，其比例约为 1:9。即便是现代化大生产条件下的蓝领工人，也不是原来意义上的体力劳动者，其劳动也主要或越来越依靠智力和专业技能。

近百年来，随着科学技术的迅猛发展，科技进步对经济增长的贡献逐步增大。据测算在 20 世纪初科技进步在经济增长中的贡献份额仅为 5%~10% 经济增长主要仍依靠资金和劳动力要素之投入量的增长；进入 20 世纪 50 年代之后，在科技高速发展的推动下，科技进步对经济增长的贡献率在发达国家已超过一半，达到 50%~70%，有的行业甚至更高。有关学者经过测算表明，我国公路水路交通经济增长中科技进步的贡献率在 40% 左右。

第二节 科技与交通

一、科技进步对交通运输发展的影响

世界交通运输业发展的历史证明，新型运输方式的

出现、运输装备性能的改善和运输系统结构的演进，科技进步起着决定性的推动作用。只有蒸汽机、内燃机和喷气发动机等的发明，才有轮船、火车、汽车、飞机等现代运输工具的相继诞生和广泛应用，才有现代综合运输结构的不断演进。

1807年，蒸汽机用之于船舶，蒸汽机船问世，开创了以机械为动力的现代交通运输的新纪元，致使交通运输的能力、速度、效率和效益得到空前提高，实乃以往的运输工具不可比拟，彻底改变了交通运输的面貌。蒸汽机船一经问世便在早期的工业化国家迅速发展，并成为19世纪上半叶交通运输发展的重点。同时，为适应船舶大型化和航道网络化的需要，这些国家斥以巨资，大规模地整治航道、开凿运河、连通水网、兴建港口，使得沿用数千年的天然水道和港埠等水运基础设施第一次得到了根本的改善，使得以机械为动力的水路运输在较短时期内便取代了以畜力为动力的陆上运输而成为货物运输的绝对主力。

1825年，铁路运输出现，铁路运输因其兼具水路运输运能大、成本低之所长，弥补了水路运输速度慢、受地理条件限制之不足，满足了工业生产对客货运输的更高要求，解除了工业布局对水路运输的过分依赖，从而在已经进入工业化的国家得到迅速发展并形成网络。铁路运输一经问世，便使水路运输面临着激烈的竞争威胁，进而迅速地动摇了水路运输的主导地位，取代水路运输而垄断客货运输长达一个世纪之久。

1887年，公路汽车问世，公路建设开始起步。一战

后，汽车工业飞速发展，路网规模迅速扩展，公路运输机动灵活、迅速方便的优势得以充分体现而逐步成为短途客货运输的主力，并在中长途运输中与水路、铁路尤其与铁路运输展开竞争。同时，在此前后，管道和航空运输也相继出现。至此，由 5 种运输方式组成的现代综合运输体系初见雏形。二战后，在运输需求的推动下以及技术进步的支持下，电气化铁路、高等级公路和超音速飞机迅速发展，运输市场竞争更加激烈，运输结构发生重新调整。尤其高等级公路和私人小客车迅速发展，彻底打破了既有的市场格局，使公路运输在客货运输市场均跃居主导地位。铁路运输在长途运输方面保住了部分市场，但更多地已被公路和航空运输所取代；内河运输在大宗散货运输方面虽继续拥有一定份额，但总体上走向萎缩，远洋运输则在外贸货运中独占鳌头；管道运输在油气运输中独具优势。

20 世纪 80 年代以后，发达国家经济发展进入后工业化时期，科学技术迅猛发展，高新技术层出不穷，技术进步从运输需求与运输供给两个方面极大地促进了运输结构的升级，使旅客运输走向高速化和舒适化，货物运输走向专业化和重载化。高速公路、豪华客车、高速铁路、重载列车、大型船舶、专用码头、宽体客机和大口径自动化管道等迅速发展，各种运输方式技术档次大幅提高。例如，目前运能最大的运输船舶其单船载重量已超过 45 万 t，速度最快的民用飞机其时速已超过 1 000km。毫无疑问，这种能力和速度的大幅提高，是多领域交通科技不断发展和成熟应用的直接结果。

尤其以信息技术为主体的高新技术（如 CAD、GPS、GIS、EDI、MIS 和 ITS 等）迅猛发展，并广泛渗透到交通运输的勘测、设计、施工、运营和管理等各种传统业务和传统技术之中，极大地缩短了交通基础设施的建设周期，提高了工程质量，降低了造价，改善了运输装备的运输能力、运输效率、资源占用、物资消耗、运营成本、环境影响和服务质量等多方面技术经济特性，从而直接推动了运输结构的升级。例如，通过采用公路 CAD 技术原由 10 多人费时 1 年多才能完成的公路设计工作量，如今一般 2~3 个人在 2~3 个月就能完成，工作效率提高近 10 倍，同时设计质量也大大提高。

总而言之，交通运输发展与交通科技进步密不可分。可以说，各种运输方式发展及综合运输结构演进的历史，在很大程度上表现为各种交通科技不断发展和推广应用的历史。

二、交通科技体系

交通科技体系是指各种交通科技依据一定秩序排列组合形成的统一体系。这种排列组合秩序体现了各种交通科技的相关性和层次性。而且，这种相关性和层次性因描述的角度不同而具有不同的表征。一般来说，描述交通科技体系的常见角度主要有以下几种：按交通运输方式构成描述，包括公路交通科技、水路交通科技、铁路交通科技等；按交通运输要素构成描述，包括运输线路技术、运输装备技术、运输港站技术等；按交通运输发展环

节描述,包括交通规划、勘测、设计技术,公路建设、养护、管理技术,公路客货运输技术等。本书复合使用上述角度对公路水路交通各领域主要技术进行扼要介绍,其基本结构和主要内容如下:

1. 公路规划、勘测、设计技术

包括:公路规划理论和方法;地理信息系统(GIS)在公路规划中的应用;全球定位系统(GPS)、航测、遥感(RS)在公路勘测设计中的应用;道路计算机辅助设计(CAD)技术。

2. 公路建设、养护和管理技术

包括:路基处理技术、路面新材料、公路施工、养护技术及装备;公路病害防治技术;路面养护管理信息系统。

3. 桥梁、隧道建设技术

包括:桥梁新结构;隧道施工技术;桥梁监测加固技术、桥梁、隧道管理信息系统。

4. 公路客货运输技术

包括:公路运输组织、管理方法和技术(运输场站、客运站、货运站和物流中心等)建设相关技术;新型客货运输装备、车辆维修、检测、诊断技术、车用节能产品开发及应用技术。

5. 深水港口建设技术

包括:港口规划、勘测、设计技术、水工新结构、施工新工艺和施工管理技术;水工建筑新材料;港口装卸工艺计算机模拟和流程控制仿真技术;大型港口装卸设备技术。

6. 航道建设、维护管理技术

包括:电磁波定位技术和GPS在航道勘测和规划设

计中的应用；航道演变模拟和整治技术；航道疏浚设备和疏浚新工艺；高水头通航建筑物综合技术。

7. 船舶运输重大技术

包括：集装箱运输及其配套技术；高速客运技术；陆岛运输技术；船舶交通管理技术（VTS）；GPS 技术在远洋运输中的应用。

8. 环境保护和交通安全技术

包括：公路建设中的环境和生态保护技术；清洁运输和新能源开发应用；水上液货运输事故应急技术和防治设备；港口航道建设及水路运输中水污染防治技术；水上运输安全导航系统及海难搜救技术；公路交通安全保障信息化技术。

9. 公路、水运交通信息技术

包括：交通电子政务技术；交通电子商务技术；智能运输系统技术（ITS 专项技术、智能运输系统在兼容性及互换性方面建立的标准和规范等）。

10. 物流技术

包括 物流组织 物流管理信息系统 仓储技术。

第三节 交通科技发展趋势与政策

一、公路交通科技发展趋势

当前公路交通科技发展有 3 大趋势：一是为提高道路通行能力和保护环境，研究开发智能运输系统和环保

专项技术；二是以人为本，重点开展交通安全技术的研究；三是以经济合理为目标促进新材料的开发和应用。

1. 全球定位系统 GPS 促进了勘测设计自动化

全球定位系统是以人造卫星为基础的无线电导航定位系统，它利用天空中均匀分布的 24 颗 GPS 卫星轨道参数及其载波相位信号，通过地面接收设备接收其发射信息，实时测定地面接收载体的三维位置。GPS 具有全球性、全天候、连续的精密三维导航定位能力，并具有良好的抗干扰性和保密性。相对于传统的测量方式，它具有观测点之间无需通视、定位精度高、观测时间短、提供三维坐标、操作简便、全天候作业等主要特点。由于其高度自动化，将逐步实现公路设计所必需的原始地形数据采集工作的自动化；由于其所达到的高精度，在公路工程测量和控制测量中正在得到广泛应用。

GPS 能够提供连续精确的三维导航定位能力，这一特性与道路管理监控系统紧密配合，能广泛应用于车辆定位和导航服务中，结合电子地图为车辆驾驶人员提供导航服务，同时也可应用于重要货物跟踪，使货主实时了解货物的准确位置。

2. 交通地理信息系统 GIS-T 前景广阔

地理信息系统 (GIS) 是收集、管理、操作、分析和显示空间数据的计算机软硬件系统。GIS 的发展始于 20 世纪 60 年代，是与计算机技术同步发展的。目前的地理信息系统集成了计算机数据库技术和计算机图形处理技术，它不同于以往只处理统计的数据库系统和处理非地球坐标的计算机图形辅助设计软件。在对象处理上比上

述两类软件更加全面，即地理信息系统所处理的事务对象具有空间地理特征，也具有统计信息特征。如一段公路，起迄点是它的地理特征，公路的造价、技术标准以及交通量等又具有统计数据特征。这些统计数据在纸介质地图上是难以描述的，但通过 GIS 既可以显示这段公路的图形，同时也能获取这段路的上述数据，并对这些数据进行空间分析。可以说地理信息系统将空间信息数字化，并使这些信息可视化，通过功能强大的软件，使空间分析直观简明，数据管理便捷高效。

随着地理信息系统的普及应用，其强大的功能将成为交通信息管理的必备工具。在公路的新建、改建、养护、运营、管理等各方面都需要大量及时准确的数据信息，作为科学管理和决策的依据。基于公路数据库的交通地理信息系统 (GIS-T) 的研究开发是公路建设管理现代化的基础，它不仅能够适应各级管理部门随时了解公路现状的需要，同时还能够通过强大的空间分析功能和丰富的图表显示，实现公路养护管理的电子化。

3. 计算机辅助设计 (CAD) 技术智能化

计算机辅助设计 (CAD) 技术经过多年的发展 软件功能更加强大。首先由二维平面设计发展为三维立体设计，实现了可视化设计，使工程设计和项目比选智能化程度提高；其次采用开放统一的标准保证了计算机应用软件之间的高度集成，这种集成是全方位的，包括垂直方向和水平方向。垂直方向指从可行性研究、初步设计、施工图设计、现场施工直到交付使用、养护管理的全过程。水平方向指这个全过程中每一阶段各工种的平行作业，数

据之间可以实现自由传递和实时访问。

另外 ,CAD 的应用领域也更加宽泛。由于 GPS 等计算机新技术的出现和立体造型技术、数字地模技术的日趋成熟 ,计算机在施工过程中的应用更加普及 ,人们可以借助三维 CAD 技术进行施工组织设计、重物起吊模拟、结合 GPS 进行施工过程监控等。

4. 道路检测技术取得突破

国外道路养护的信息管理系统起步较早 ,在许多国家都建立了较为完善的道路养护管理系统 ,如路面养护管理系统、桥梁养护管理系统等。这些系统的建立有效地保证了科学合理的养护。但是 ,这些系统由于数据采集手段较为落后 ,不仅需要大量的人力 ,耗资巨大 ,而且也影响数据的时效。为此 ,各国针对道路检测技术开展了深入研究 ,并已有所突破。

道路检测技术的总体趋势是 :由人工检测向自动化检测技术发展 ,由破损类检测向无损类检测技术发展。在道路检测过程中 ,高新技术得到广泛应用。如高精度传感器用于路面弯沉检测 ,雷达技术用于路面厚度检测。

由于路面检测技术的突破性进展 对道路质量的监测、评估和病害分析更加快捷 使道路养护更加合理和经济。

5. 智能运输系统 ITS 方兴未艾

智能运输系统是指利用先进的信息通信技术 ,形成人、车、路三位一体 从而大大提高道路交通的安全性、运输效率、行车的舒适性及有利于环境保护的道路交通系统。

进入 20 世纪 80 年代后 ,公路交通信息化进程加快 ,

从网络的普及到计算机软硬件系统的应用，从各种数据库的建设到管理系统的完善，从先进的道路控制系统的开发到出行信息服务系统的建立，公路基础设施，通过信息技术与车辆和驾乘人员连成一体。车辆更是集各种高新技术于一体，从辅助驾驶到自动驾驶，从被动安全技术到主动安全技术，智能化水平不断提高。

ITS 的总体目标是使交通管理智能化，使道路用户出行更加便捷安全，使道路设施最大限度发挥功能，使多种运输方式衔接更加紧密。由于各国国情不同，各国的 ITS 发展框架也不一致，但其基本功能主要有：出行信息服务，向道路出行人员提供有关交通信息，到达目的地的信息；导航服务，提供公共交通运行的状况，为行人提供路线指南等；紧急救助服务，车辆发生事故时提供自动报警，为救援车辆提供路线引导等；车辆安全服务，为驾驶员提供行车环境信息，提供辅助驾驶和自动驾驶，提出危险警告等；收费服务，实行自动收费，提高道路的通行效率；交通管理自动化，提供交通管制信息，控制最合理的交通量；运输车辆高效化等。

智能运输系统在美国、日本和欧洲发展最快，各国政府都高度重视。同时，由于其市场前景看好，各国的民间科研开发热情也十分高涨，不惜投入巨资。这也从一个侧面反映出未来交通运输发展的动向。

二、水路交通科技发展趋势

在世界新技术浪潮的影响下，发达国家交通运输的

指导思想发生了战略转变：交通不仅要满足人和物的空间位移的需要，还要综合考虑其对社会、经济、环境整个大系统的影响。交通运输新的战略目标是：提高运输的安全性和机动性，促进经济增长和贸易发展，改善自然与人类环境，以及保证国家安全等。在发达国家，随着交通运输战略目标的调整，出现了一批高新技术的研究和开发。这种技术上的革命将改变当今社会各个领域原先的发展轨迹，使社会经济产生质的飞跃，这种变革必将对 21 世纪的水运交通业产生深刻而长远的影响。

1. 港口、航道规划与建设技术

(1) 国外港口群的协同发展已成为港口规划上的一个新特点

协同是耗散结构理论的重要内容。耗散结构理论认为，协同有助于抵消系统中个体作用的混乱、偏离现象，克服能量、物质和信息交换中的无序状况，从而产生协同的力量。国外港口群的发展和规划顺应了协同发展这一趋势，充分利用港口群的集聚效应，提高港口群体的竞争力。

(2) 国外港口建设技术发展的重点和方向是深水筑港技术

深水海港的建设水平标志着一个国家建港技术的高低。国外海港建设向离岸较远的深水区发展，自然、地质条件更为复杂，施工条件更为恶劣，检测和修复更为困难。因此港口结构形式趋于多样化，施工条件更为恶劣，难度更大。深水港口施工的特点是：离岸较远；水深、浪大、流急 基础处理难 结构构件庞大 需要大型船机设备