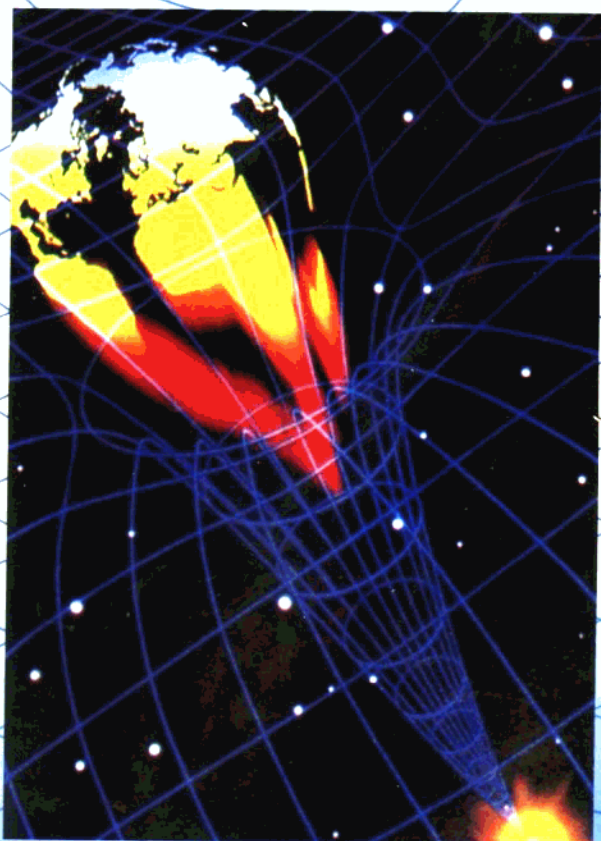


高等学校教材

交通运输网络规划

丁以中 主编

田聿新 主审



大连海事大学出版社

前 言

为发展布局合理、高效、经济的运输网络,我国近年来对运输规划方法进行了广泛的研究,在运输规划的科学化、现代化方面迈出了一大步。但是规划的理论方法与实践还存在着不够系统、不够科学、不够先进、不够规范等问题,同时还缺乏一支善于进行运输规划的队伍。为了建立适合我国特点的、科学的、先进的综合运输规划理论方法体系,为了培养出一大批既具备交通运输专业知识,又掌握管理科学的理论与方法的人才,我们在承担多项交通运输规划研究的基础上,编写了本教材。

教材的主要编写者来自于系统工程专业、交通运输专业与管理专业等长期从事交通运输与管理科学方面的教学工作的教师,他们均多次承担运输规划的科研项目,有的人还参与了起草运输规划的实际工作。

本教材的主要内容如下:① 阐述交通运输规划的一般理论、方法与步骤;② 阐述网络理论及其在运输规划中的应用,包括运输问题的网络图表示方法、交通流均衡理论及优化方法等;③ 将系统思想、经济理论与一般运输规划理论相结合,引入国内外运输规划的理论方法与管理科学的最新成果,包括建立预测、决策、评价、优化等数学模型。书中打*部分的内容一般不作为本科教学内容。

本教材的主要目标是:① 通过系统阐述交通运输规划的一般理论方法,使学生了解运输规划的目的、步骤、方法。这部分内容对于我国各级运输规划与管理部门、有关研究与设计单位及大专院校的本科生与研究生,均具有实际参考价值。② 通过系统阐述运输网络规划的理论方法,使学生掌握现代科学管理的方法与手段。这部分内容将有助于提高读者的管理理论水平,为运输管理的现代化与科学化奠定理论与人才基础。③ 将系统思想、经济理论应用于运输系统,使学生学会用系统的、科学的观念进行运输规划,改变那种用孤立的、割裂的、不科学的观点进行运输规划的现象。

本教材是根据交通部重点教材编审委员会确定的教材编写计划编写的。

参加编著的作者有:上海海运学院管理学院的丁以中(第一章第6节,第二、四、五、八章),任兴源、汪传旭(第一章第1节至第5节,第三、九章),周溪召(第六、七章)。本书由大连海事大学管理学院田聿新教授主审。

交通运输网络规划涉及多种学科,其理论与方法尚在不断发展完善之中。因此,本书内容虽力求概念准确、内容新颖,但限于我们的水平,书中仍难免有不妥和错误之处,我们真诚地希望使用本书的广大教师与学生们提出批评与建议。

编著者

1999年10月

目 录

第一章 交通运输系统与交通运输网络	1
第一节 交通运输与交通运输业	1
第二节 交通运输系统	12
第三节 综合运输体系及各种运输方式的技术经济特征	14
第四节 客流与货流	24
第五节 多式联运	26
第六节 图、网络、运输网络的一般概念	28
第二章 交通运输网络规划的基本概念	31
第一节 交通运输网络规划的基本概念与内容	31
第二节 交通运输网络规划工作的步骤	33
第三节 交通运输网络规划方法	41
第三章 交通运输网络规划的战略指导	46
第一节 战略的概念与战略性思考	46
第二节 交通运输发展战略	50
第三节 交通运输建设的可持续发展战略	56
第四章 交通运输需求预测	66
第一节 概 述	66
第二节 预测方法	67
第三节 社会经济预测	114
第四节 运量预测	120
第五节 交通量预测	124
第五章 OD 流预测与估算方法	127
第一节 概 述	127
第二节 基于 OD 调查的 OD 流估算方法	127
* 第三节 基于交通量的 OD 流估算方法	137
* 第四节 OD 流估算在运输智能系统中的应用	146
第六章 交通运输网络负荷的配置问题	149
第一节 问题阐述	149
第二节 交通运输方式选择的原则与考虑因素	149
第三节 交通运输方式选择模型	151
第四节 OD 流在网络中的配置	160
第五节 以用户最优为目标的网络流均衡分配	168
* 第六节 以系统最优为目标的网络流分配模型	184
第七节 交通运输网络中的其他优化问题	186
第七章 交通运输(网络)运输能力分析	192
第一节 容量(运输能力)的描述	192

第二节	公路(路网)容量分析	192
第三节	水路容量分析	215
第四节	铁路容量分析	216
第五节	航空容量分析	217
第八章	交通运输网络规划的评价	220
第一节	概 述	220
第二节	评价的理论和方法	222
第三节	交通运输网络规划评价	244
第九章	交通运输网络规划报告的编制与调整	264
第一节	交通运输网络规划报告在交通行业管理中的重要作用	264
第二节	交通运输网络规划报告的主要内容	264
第三节	交通运输网络规划报告的调整	270
参考文献		272

第一章 交通运输系统与交通运输网络

第一节 交通运输与交通运输业

一、交通运输

交通运输是指劳动者使用运输工具和设备,实现人和物空间位移的有目的的生产活动。运输作为社会的一个重要的物质生产活动,在社会再生产过程中主要发生在下面两个阶段:

(1)企业在产品生产过程中的运输,即实现生产过程中劳动对象的空间位移,通常称为厂内运输,是产品生产过程中的有机组成部分。厂内运输直接参与产品价值的创造,其耗费的活劳动和物化劳动计入产品的生产成本。

(2)公共旅客运输和在社会流通领域中产品的运输,即产品从生产领域到消费领域的运输。马克思把这种运输活动称为“是生产过程在流通过程内的继续”^[1],并且认为:只有把产品从生产领域运输到消费领域,产品才能成为现实的消费品。一般情况下,我们在研究运输产业、讨论运输问题时,主要是指公共旅客运输和社会流通领域中产品的运输问题。但是,在实际运输问题的研究中,由于企业的生产性质不同和生产规模的不断扩大,所谓“厂内运输”往往出现在社会运输网络中,例如在道路交通流中,会出现大量“厂内运输”的车流和“自备客车”车流。不论是公共旅客运输还是社会流通领域中的产品的运输,运输活动所创造的使用价值是人员和产品的“位移”。马克思论述了产品在流通过程中所创造的价值是如何追加到产品价值上去的:“投在运输业上的生产资本,会部分地由于运输工具的价值转移,部分地由于运输劳动的价值追加,把价值追加到运输的产品中去。”^[2]马克思的这些论点阐明了公共运输活动,不论是从事旅客运输还是货物运输,都是社会生产和扩大再生产过程中物质生产领域的重要活动,运输生产力是社会生产力的重要组成部分。

二、交通运输业

交通运输业(下称运输业)是国民经济中从事旅客和货物运输的社会物质生产部门。在社会主义市场经济条件下,它是国民经济的重要组成部分,是社会主义市场经济赖以发展的重要支柱。

马克思指出:“除了采掘业、农业和加工工业外,还存在着第四个物质生产领域……,这就是运输业,不论它是客运还是货运。”^[3]显然,作为一个独立产业部门的运输业,主要是从事公共旅客运输和产品流通过程中的运输活动。因此,从运输业的发展历史来考察,只有当社会经济发展,产品生产、交换、流通扩大到一定规模,才开始形成一个独立的运输产业部门。而随着社会经济的不断发展,运输业在国民经济中的地位日益提高,其规模和对社会经济发展的影响也日益扩大。

[1]《马克思恩格斯全集》第24卷第168~170页

[2]《资本论》第2卷第145页

[3]《马克思恩格斯全集》第26卷第444~445页

1. 交通运输业的特点

工农业生产过程,是以物质为劳动对象,它一方面改变劳动对象的物理、化学、生物属性,通过生产过程产生具有使用价值的新的物质产品,从而创造出与原有劳动对象属性不同的新的物质产品;另一方面,改变劳动对象的空间位置和物体形态,通过生产过程产生具有使用价值的新的物质产品,从而创造出与原有劳动对象空间位置和物体形态不同的新的物质产品。运输业的生产过程不同于上述的工农业生产过程,它是在不改变劳动对象原有属性或形态的要求下,实现劳动对象的空间位移的。运输业这一特殊生产过程使这个产业具有多方面的特点:

(1) 运输产品的非实体性

运输业的劳动对象是货物或人。货物或人作为劳动对象进入运输过程并不像一般商品生产那样,劳动对象经过物理的或化学的变化取得新的使用价值形态。运输“不会增加被运输的商品的数量,而且丝毫也不会改变商品作为独立的使用价值所固有的属性”,而是仅仅改变运输对象的空间位置,从而改变了其使用价值的形态,完成消费的准备。因此,运输业的产品是货物或人在空间位置上的变化。正如马克思指出:“运输业所出售的东西,就是场所的变化。”因此,运输产品是一种非实物形态的劳务(效用)。由于运输业的产品是运输对象空间位置的变化,所以,运输过程基本上是在自然条件中进行的,它受自然环境影响很大,其设备、场所、人员流动分散,点多面广,经营管理不同于其他工农业生产部门。

(2) 运输生产过程和运输消费过程同时存在

工农业产品的生产和消费,表现为在空间上和时间上相分离的两种行为。产品作为成品离开生产过程之后,作为和生产过程分离的商品转入流通,最后进入消费。而运输业的生产 and 消费非常独特,运输生产只能在生产过程中被消费,运输生产越多,消费就越多。正如马克思指出:“它生产的效用,是和运输业的生产过程不可分离地结合在一起的,货物和旅客是和运输工具一起运行的,而且运输工具的运行,它的场所的变动,也就是它所进行的生产过程,这种效用只能在生产过程中被消费,它不是一种和生产过程不同,只有在生产出来后,才作为交易商品执行职能,作为商品来流通的使用物……”。运输业创造的使用价值依附于它所运输的商品的使用价值已有的固定形态上,与运输过程同始同终。因此,运输产品的生产和消费这两种行为是合二为一的,在空间和时间上是结合在一起的。因此,如果运输需求不足,则运输供给就应相应减少,否则就会造成浪费。所以,科学的综合运输规划,是指导运输生产的重要依据。为此必须加强运输的科学预测和运量调查。

(3) 运输产品的非储存性

工农业产品的生产和消费,可以在时间上和空间上表现为两种完全分离的行为,即甲地生产的产品可以在乙地消费,夏季生产的产品可以在冬季消费。但是在运输业,运输产品只能在生产过程中被消费,运输业的生产过程和消费过程不论在时间上还是空间上都是不可分离地结合在一起的。运输产品在运输生产过程的当时和当地就被消费掉,这就是说运输产品不可能被储存用来满足其他时间和空间发生的运输需求。因此,在运输业不存在产品过剩问题,只有在空间上和时间上表现出来的运输能力不足或运输能力过剩的问题。

运输产品的这一特征表明:运输“产品”不同于一般物质产品,它不能储存,不能调拨,运输效用完全自产自销,因此只能满足当时当地发生的运输需求,由此派生出运输在投资中的先行性、运输作业的分散性和连续性等特点。为此必须根据国民经济发展和人民生活改善的需要,合理分布运输生产能力,科学合理地组织运输生产,并使运输生产能力留有一定的

后备,以适应客、货流因地区分布和方向上、时间上的波动,满足国民经济和人民生活改善对运输增长的需要。

(4) 运输产品的同一性

工农业生产各部门产品种类繁多,千姿百态,并具有不同的效用。但在运输业生产过程中,各种运输方式具有不同的技术经济特征,使用不同的运输工具承载运输对象,在不同的运输线路上运行,进行运输生产活动,不论运输对象是人还是物,也不论货物种类如何众多繁杂,但是各种运输方式生产的是同一的产品,即运输对象的位移,它对社会具有同样的效用。运输产品的数量由统一的客货运量(人、t)和客货运周转量(人 km、t·km)来描述。运输产品的同一性使得各种运输方式之间可以相互补充、协调、取代,形成一个有效的综合运输系统。

(5) 运输生产范围的广泛性

工农业生产是在一个有限范围的工厂、矿山、田野进行的,而运输生产是实现“人和货物的空间位移”,因此,它的生产活动是在广阔的空间进行的。通常运输生产是在一个分布在广阔空间的运输基础设施网络上组织运载工具的运行,实现人和货物的空间位移,这就导致运输生产活动通常总是处在十分复杂多变的外部自然环境中,并且具有自己特殊的能在广阔空间有效组织运输活动的管理体制和模式。

2. 交通运输业的社会经济功能

人类的物质资料生产活动决定和影响着人类的其他一切活动,构成了人类社会生活和社会发展的基础。交通运输是人类物质资料生产活动的重要组成部分,在人类社会经济发展过程中具有特殊的功能和地位。

(1) 交通运输是人类社会生活和社会发展的基础之一

马克思主义政治经济学理论指出,人类物质资料生产活动,决定和影响着人类的其他一切活动,构成了人类社会生活和社会发展的基础。物质资料生产活动不仅包括直接的有形的物质资料的生产(如采掘业、农业、加工工业等),还包括不具有实物形态的运输生产活动。人类自从有了劳动以后,运输就同物质资料的生产密切联系在一起,没有运输也就没有物质资料的生产本身,不仅解决不了人类的吃、穿、住等基本的物质资料,也不能推动人类的政治、科学、艺术、宗教等社会活动。

由于人类社会直接的物质资料的生产同运输生产相辅相成,因而运输业影响着人类的其他一切活动,因而构成了人类社会发展的基础,如人类从原始社会、奴隶社会向前发展时,牲畜的驮运起了很大的推动作用。此后,约 4000 年前出现的马匹运输,马和人、马和圆形轮结合之后,既完成了武力征服和统治奴役的传运,又完成了经济、文化、技艺、宗教的传运。秦王朝的“车同轨”和修建“驰道”,使封建国家在辽阔的疆土上建立起来。“丝绸之路”和鉴真东渡推动了中外经济文化的交流。哥伦布发现新大陆,达·加马绕过非洲的航行,麦哲伦的环球航行极大地推动了资本主义的发展。马克思、恩格斯在《共产党宣言》中指出:“美洲的发现,绕过非洲的航行,给新兴资产阶级开辟了新的活动场所”,“工业、商业、航海业和铁路愈是发展,资产阶级也愈是发展”,“由于交通的极其便利,把一切民族甚至最野蛮的民族都卷到文明中来”。近 100 年历史的汽车和近几十年历史的航空运输,对社会发展的巨大推动,人人皆知。正在实验阶段的宇宙航行正从实验室走向现实,不久的将来,人类就将跨入崭新的宇宙时代。现代文明就是把更多的人和物用更快的速度和更节省的方法投入空间运动,投入更遥远的空间运动。

(2) 交通运输是生产力的组成部分

生产力是表示人们征服自然的能力。马克思将生产力剖析为三个基本因素——劳动对象、劳动工具和劳动力(简称三大要素,下同)。不同水平的劳动对象、劳动工具和劳动力,表示了人们征服自然的能力。这在 100 多年前确实比较静态反映了事物的本质。但 100 年后的今天,科学技术迅猛发展,第三次科学技术革命席卷全球,科技的作用与 100 年前相比已不能同日而语,现在社会生产日新月异,不同素质的劳动力,不同先进程度的劳动工具,不同科技水平的劳动对象其生产成果完全不同。凡是有较高科技水平的劳动者,掌握了先进的劳动工具,对高技术的新材料(或一般材料)进行加工所创造的物质财富,成十倍百倍甚至千倍于简单的手工劳动或半机械化时期,它表示了人们在新的条件下征服自然的能力,所以科学技术是第一生产力,形成生产力的“四因素论”。

现代社会生产表现为:物质流、人流、资金流、信息流和技术流 5 种动态物质所组成的生产巨系统。生产力的三因素论,较为静态地反映了物质流和人流,但没有完全反映后三者。生产力的四因素论,比较明显地反映了劳动对象、劳动工具和劳动力之间的信息技术联系,形成了三大要素内在联系的软件,但对三大要素内在联系的硬件却很少反映。我们知道,物质和人的联系要靠交通运输,除此之外,资金、信息和技术的流动和传播,也要靠交通运输。资金实质上是物资(包括技术和信息)的货币表现,它的流动与交通运输有密切联系,信息和技术的交流与传播同交通运输(包括邮电通信)更有密切联系。所以交通运输是三大因素内在联系的硬件。因此,现代生产力最少应当由劳动对象、劳动工具、劳动力、科学技术和交通运输五因素组成。如果说科学技术渗透到了劳动对象、劳动工具和劳动力三因素之中,而且是联系和组合三大因素使之形成生产力不可缺少的软件,形成了信息流和技术流,无数实践证明是直接的生产力,那么形成现代生产巨系统的物质流和人流以及相关的信息流、资金流和技术流内在联系的另一因素就是交通运输,它是联系三大因素和整个社会再生产过程的硬件,也应属于生产力的一个因素。因为它反映了三大因素之间的时间和空间的联系,反映了物与物、人与人在时间和空间的位置、距离和数量关系,从而反映生产力各因素之间互相结合和作用的可能性,使生产的活跃性充分体现出来,全面反映现代生产巨系统的各主要系统,反映生产力构成的诸因素。正因为它是生产力的一个因素,所以衡量一个国家的生产力水平,往往用交通工具来称呼,如美国是“汽车王国”,是“坐在汽车轮子上的国家”,现在是“汽车时代”等等。

(3) 交通运输是国民经济的主要基础

运输业在社会经济中占有相当重要的比重,列宁指出:“运输是我们整个经济的主要基础,也许是最主要基础之一。”他在领导第一个社会主义国家建设时所作的论述,被我们长期忽视了,导致前苏联早期和我们现在运输业的落后。列宁表达了运输业与各个国民经济部门的立体关系,阐明了运输业对各个经济部门的依存关系。所谓基础,是指运输业承受社会和国民经济发展的能力,是指社会和国家的发展离不开它,是发展的前提条件。美国和德国的调查表明,对农业生产领域来讲,运输量占一半以上;对林业采伐作业来讲,80%以上是运输作业;对采掘业来讲,基本靠运输作业,因为该产业的本质是运输业;对加工工业来讲,只有依靠运输才能进行生产,输入原材料,输出制成品;对流通领域的国内和国际贸易来讲,更是依靠运输,我国商品流通过费 1/3 是运输费用,经济发达国家商品流通费用中运输费一般在 1/2 以上。上述事实证明,国民经济各部门间和部门内部的空间与时间联系,完全依存于运输业的功能才能实现。所以,运输业在国民经济中地位尤如农业在社会和国民经济

中的地位一样,是国民经济的主要基础之一。

所谓基础,是指国民经济赖以发展的前提条件,是指社会经济的发展决定于运输业的承受能力。因为运输活动贯穿在国民经济发展的任何物质资料生产过程中,任何物质资料的社会再生产过程都必须在一定的运输设施基础上才能完成。例如要想开发边远地区荒芜的处女地,如果不首先解决运输问题,休想奢谈其他产业的开发。在 90 年代我国城乡建设中流行的一句民谚:“要想富,先筑路”,十分形象地描述了交通建设与其他经济建设的关系。正是由于交通运输在经济建设中的基础作用,我国政府一直把交通运输形象地称为工农业生产及国民经济发展的“先行官”,明确地把优先发展交通运输业放在首要地位。

明确交通运输在国民经济中的基础作用,对解决下面两个国民经济发展战略问题具有十分重要的指导意义:

第一,国民经济发展各部门的投资比例关系。具体地说,交通运输与社会经济发展的比例关系。交通运输与国民经济发展的比例失调,就将严重制约国民经济的发展。

第二,国民经济各部门投资的次序。只有充分保证交通运输在国民经济基础产业中优先发展,其他经济部门的投资才能充分发挥其经济效益。

运输业作为国民经济的基础产业,它在社会经济一系列重大指标中占有很大的比重:我国运输业职工人数占全国从业职工人数 7%,过去 30 年我国运输业投资额占国家总投资额的 14% 左右,我国运输业产值与社会生产总产值的比例约为 3%,能耗占全国能耗比例 80 年代末保持 9% 左右。国外经验表明经济发展水平越高,运输业在上述指标中的比重越大。如发达国家运输业在国内生产总值中的比重一般在 10% 左右,法国运输业就业人数在全国就业人数中的比重为 1/7,美国运输业能耗在全国能耗中的比重为 25%。

(4) 交通运输促进社会分工、大工业和规模经济的实现

亚当·斯密特别强调分工的作用,至于交通运输,他认为良好的道路、运河或可通航河流由于减少了运输费用,可以开拓更大的市场,因而促进劳动分工,于是他得出在“一切改良中,以交通改良为最有效”的结论。马克思对近代运输与资本主义大生产之间的重要联系也作过大量论述。理查德·索斯塔克在 20 世纪 80 年代论证了改善运输对英国当年工业化进程产生的重要影响,他认为标志着英国产业革命的几个特征(地区专业化、工业生产规模化、新产业革命迅速出现和技术革新的明显加快),都可以用英国运输网在 18 世纪获得的巨大改善而加以解释。他指出,运输改善大大降低了生产成本和商品售价,同时改变了商品的供给曲线和需求曲线,因而成为能够在微观层次上说明工业革命发生原因的少数几个理由之一。

经济发展与工业化进程密切相关。大工业按其本性来说是力求超出一切空间界限的。运输改善导致速度提高和运输时间节约,而节约出的时间又可以进一步扩大资本所能达到的空间范围。马克思称此为“用时间去更多地消灭空间”。近代及现代交通运输业的发展加速瓦解了小生产的生产方式,促使大工业的经济体系全面形成。特别是包括能量和信息传递的广义交通运输,更是构筑了全国的能源供给和信息传播系统,使各个地区之间煤炭、石油、电力的输送问题和信息联系问题得到解决。交通运输越发达,就越有可能发挥生产专业化的地区优势。近代运输工具促进了各国统一市场的形成,第二次世界大战后现代运输工具的全面发展更使得全球性的统一市场得以形成。超级油船、大型散货船、高速集装箱船、大型喷气式飞机、国际高速铁路和高速公路,以及把多种运输方式有机地连接成为一体的国际多式联运,已基本上克服了国际经济交往的地理限制,满足了全球生产体系的需要,给现代国际分工与国际贸易提供了空间广阔的世界舞台。

从空间结构变化看,工业化是按照“点—轴—带”的顺序逐渐演变的。即大工业首先聚集在个别城市,然后沿交通干线,特别是水运航道和其他重要基础设施轴线发展,继而向周围地区放射扩散,经过相当长时期的开发建设,在一国内形成拥有若干人口、各类城市、工业和经济活动密集的重要带状聚集区——产业带。交通运输加强了原料地、加工地和消费区三者之间的地域联系。工业的空间分布也就从集中于某个地点,逐渐变为沿交通线向新的、更广的地域扩散,形成了沿交通干线分布的带状产业密集区。产业带的形成是经济较为发达的空间的结构标志,也是经济技术获得进一步发展的有利空间结构形式。这种“点—轴—带”式的演变规律已被各国工业化的进程所证实。目前世界上已经形成的著名工业聚集带有美国东北部沿海城市带和密西西比河沿岸地带,德国莱茵河地区,西欧环北海地区,日本太平洋带状工业地带,原苏联伏尔加河沿岸地区等,这些产业带都是所在国家或跨国区域的工业和经济重心地区。现代大经济通过这种“点—轴—带”式的渐进发展,从点到线到面进行空间扩散和推移,使各地区的国土资源获得充分和相对均衡的开发利用。我国珠江三角洲、长江三角洲和沪宁铁路沿线、京津唐地区、沈大铁路、胶济铁路和其他一些交通干线周围,已经形成若干比较密集的城市和工业区,整个沿海和长江地区在开发过程中也正在形成最重要的国家级产业聚集带。

产业带的开发需要建立发达的基础设施,其中包括交通、能源、通信、金融和贸易流通体系等。特别是,重要产业带的形成需要有强大的束状交通运输体系作为基础条件。经济越发展,运输需求越多样化,越需要各种运输方式去满足多种需要。因此,在重点产业带开发过程中,沿水运干线修建铁路以及沿铁路修建高等级公路,以形成强大高效的束状运输通道,是完全必要的。例如我国从80年代末起最先开始修建的沈大、京津唐、济青、沪宁和广深珠等几条高速公路和汽车专用公路,都是在交通比较发达的产业带形成地区,与已有的铁路平行修建的。而我国沿海和沿长江这两条最主要的开发轴线上至今还没有形成贯通的铁路线,这对产业带的开发已形成不利影响。

(5) 交通运输构成国民经济的重要比例关系

国民经济的比例关系,如积累和消费的比例;农业、轻工业、重工业的比例;第一部类和第二部类的比例等等是重要的比例关系,历来都很受重视。而交通运输和社会经济发展的比例关系,相对来说,重视不够。一个合理的产业结构和经济结构,应当在多大规模上,用多少资源去实现人和物的空间位移,是社会经济最基本的比例关系之一。如果忽视这种比例关系,就必然导致交通运输与国民经济的比例失调,制约国民经济发展的规模和速度。

西方发达国家在工业化初期,都曾把相当大比例的投资用于修建铁路,在其后的运输网更新中又继续投入巨额资金。一般在经济进入高速发展前后,交通运输投资在总投资中的比例会超过20%,有些甚至高达40%~50%。不少发达国家在经济起飞时期交通运输和其他基础设施投资占国民生产总值的比例竟高达10%。美、英、德、法等国在工业革命时运输业在国民生产总值中的比例迅速上升,都曾达到或超过10%。目前发达国家运输邮电业在国民生产总值中的比重一般仍在6%~7%之间。如果不计邮电,运输业都超过其本国农业的比重。前苏联、东欧国家和一些新兴发展中国家,运输业在国民生产总值中的比重也大多超过6%。从事运输业及其相关产业的劳动力,在经济发达国家劳动力总数中的比例也相当高,如美国为11%,前苏联为10%,法国甚至宣称以运输业为生的人约占全国人口的1/7。运输业同时又是能源和物资的重要消费部门。发达国家的运输能耗要占总能耗的15%~25%,例如美国约25%,前西德20%,日本14%,法国16.4%,前东德约15%,前苏联约

10%。此外,运输业一向是钢铁、机械、电子、水泥、橡胶等工业品的最大需求行业之一。居民平均生活费支出中交通费所占的比重在发达国家中已普遍接近或超过10%。根据世界银行按各国人均收入分组,交通费所占比重最低的也有5.5%。据统计,美国每年支出的客货运费总额相当于其国民生产总值的20%以上,运输以及与运输有关的各类资产总值约占到美国国民财富的1/3,其他发达国家的情况也基本与美国类似。

(6) 交通运输是现代工业的先驱

交通运输对工业社会的促进作用是双重的:一方面,它通过不断扩大人与物空间位移的规模刺激流通,并使自己成为现代社会生存的基础;另一方面,它通过本身提出的巨大需求,又刺激其他部门生产的扩大,推动了工业和科技的进步。发展运输就是发展工业。100多年来,西方国家不断地扩大和更新已有的运输工具和运输设施。铁路、港口、公路和机场的大规模修建和更新,促进了建筑业的崛起;运输业的巨大能源消耗,促进了煤炭和石油工业的兴旺;铁路和运输机械对金属的需求,是采矿和冶金工业取得迅猛发展的基本动因之一;而各种运输工具的大量生产,则无疑极其有力地推动了机械加工工业的发展;运输业还是各种成熟技术应用的广阔市场,在吸收新技术方面有着巨大潜力。交通运输业就是这样以其多种多样的巨大需求,强有力地推动了资本主义大工业的发展。为运输业提供技术装备、能源和运输设施的建筑业、煤炭工业、石油工业、钢铁及冶金工业、机车车辆工业、造船工业、汽车工业、航空工业等等,无一不发展成为工业化国家在不同时期的支柱产业。这是交通运输在支持和促进流通以外,从另一方面对工业化做出的贡献。

以工业化过程中最为重要的产业部门之一——机械工业为例,运输机械制造业一直是发达国家机械工业中发展最快、比例最高、出口地位最重要的部分。在铁路高潮时期的1907年,美国一年就生产了7362台机车、5352辆客车和27.5万辆货车。可以想象,如此巨大的生产规模对美国当年的工业产生了多么巨大的影响。随后,强大的造船、汽车、航空工业又相继发展起来,在各工业国中占有举足轻重的地位。据统计,在很长一段时期内,各西方发达国家的运输设备产值在全部制造业中的比例一直名列前茅,占到10%以上。而且,运输设备的出口能力也一直被作为一个国家工业水平的标志。值得注意的是,新兴工业国家的机械和运输设备生产与出口增长都很快。例如,自70年代以来,巴西、韩国等国家在汽车工业和造船工业等方面迅速崛起,而以美国、日本为代表的主要工业国家则进一步实行产业更新,转向技术更密集、加工程度和附加价值更高的航空工业。

(7) 交通运输促进资源的合理分配

生产力布局在很大程度上是一个空间运输状况的概念。一定的资源和生存空间在不同的交通运输系统支持下,其可承受的经济总量是不同的。交通运输系统越强大,经济规模也就越大。某一区域的经济可达性一旦提高,就可以促使其资源和空间得到充分利用。对全社会来说,经济可达性的提高可以促使各地的资源和空间更大程度地被吸引到全社会的经济循环中来。经济学家早就指出了运输与土地利用及土地价格之间的关系。优良的运输可以使土地获得多种用途,而土地产出的价值又决定于它在给定市场上的价格,这在很大程度上也建立在运输的基础上。

例如,农业的级差地租理论表明,距离城市越近的土地地租越高。这是因为在这样的土地上生产的农产品,用不着花多少运费就可以送到市场上去进行交换。而同样肥沃的土地,如果远离城市,远离现代化的交通运输线,则要付更高的运费才能将产品运到市场,结果可能无利可图。因此,距离城市越近的土地,其价值也越高。但是,自从有了先进的交通工具

以后,产地和销地的距离相对缩小了,商品交换的地域范围扩大了,市场距离不如从前那么重要了。假定人力、畜力运输的市场半径可能达到 100 km,则轮船、火车、汽车和飞机运输的市场半径就可能达到 500 km,甚至 1 000 km 以上。凡是在现代交通运输网辐射的地域内,其土地价值必然大大提高。如一条高速公路建成前后沿线的土地价值必然有明显的差别。由此可见,运输是影响土地价值的重要因素。

上述原理,对于其他自然资源的开发与价值实现也同样适用。自然资源在地理上的分布是不均匀的。交通运输状况和距离市场的远近对资源的开发及经济价值,往往具有决定性的影响。例如煤炭的大规模开发和使用与近代运河和铁路的出现是紧密联系在一起;特大型矿石运输船则对澳大利亚和南美等地的铁矿石进入国际贸易市场起了决定性的作用;水电资源的开发也都是由交通比较便利的发达地区和靠近耗能中心的位置向边远地区依次推进。现代运输可以改变传统的经济地理概念,即扭转由自然力量规定的资源分配状况,使缺少资源的国家和地区处于使用资源的优越地位,日本就是一个典型的实例。

我国广大国土上的经济空间和自然资源的利用还很不充分。要逐步减缓经济空间结构的不平衡,其途径是加强区域性基础设施建设,提高欠发达地区的可达性。要通过运输网的建设与完善,减少运输短缺对经济带来的不利影响,促进社会经济资源的合理配置。

(8) 交通运输有利于降低和稳定物价

数百年来,交通运输在运费低廉化方面的持续进展,使得社会经济分工进一步深化、生产布局进一步合理和社会生产规模进一步扩大成为可能。工业化首先是依靠不断降低原来昂贵的运输费用,从而把越来越多的人和物投入空间运动才发展起来的。与畜力运输相比,水路运输与铁路运输的绝对费用下降了;与水运和铁路相比,汽车和航空的单位运费绝对数上升了,但由于后者运输质量的提高,在时间、损耗和包装等方面的节约,以及由于工业产品加工程度的深化、附加价值的增大和人均收入的提高,其相对费用仍是下降的。

运输的改善有利于价格的降低。这是因为运输的改善允许更多的生产者进入市场参加价格竞争。产品成本最低的生产者把其生产成本加上运费作为自己商品的定价基础,其他卖主也就必须以此为基准制定相应的价格,以避免在竞争中失利。由于地区专门化的作用,市场价格可能实际上是由远方的低成本供应者决定的,更多竞争者的参与也避免了价格的不适当提高。因此,一般说来,便捷的运输鼓励商品市场上的竞争和较低的价格。

运输的改善还有助于保持价格的稳定。很多产品的生产在一年中是不均衡的,农产品在这方面特别明显。在运力不足的情况下,地区市场只能自产自销,这些产品在收获期的价格会跌得很厉害,而在其他时间价格就会上涨。但是,运输的改善却允许地区之间参加某一地区市场的竞争。在当地供过于求的情况下,产品可以运出;而在供给不足时,外地货源又可以运来满足市场需求,这样,该产品的价格就有可能保持稳定。

3. 交通运输业的发展

运输业的发展历史在相当大的程度上反映了人类文明的发展史,人类文明的每一次进步都与运输业技术革命分不开。

(1) 水路运输的发展

水路运输是最早形成的运输方式之一。早期人类受水中浮物的启发,发明了将圆木挖空的船,即独木舟。随着经验的积累及造船技术的提高,建造出了以风力为动力的帆船。到了 11 世纪左右,出现了可跨洋运输的商船。我国科学家发明的指南针被用于航海,使航海技术得到了飞跃发展。18 世纪,在帆船上使用了机械动力,使造船技术实现了重要突破。

在 19 世纪中期又制造出以煤为动力、以螺旋推进器为主要机械装置的轮船。内燃机用于轮船提高了其经济性和机动性。

当代水路运输发展的总趋势是货物运输船舶的专业化、大型化和高效化;水上客运的旅游化、高速化和滚装化;水运管理电子化和航行安全系统电子化。

第一,货物运输船舶专业化、大型化、高效化

在世界货运船队沿着专业化方向发展的进程中,相继形成了油船、矿散船、车辆运输船、牲畜运输船、液化气船、集装箱船、林产品运输船、水泥运输船、化学品船等几十种专用船舶。与此同时,港口也朝着专业化的方向迈进,形成油、煤、粮食、木材、矿石、集装箱、汽车等各种专用码头。

在船舶和港口向专业化发展的同时,为降低单位造价和单位运输成本,提高运输效率,特别是在货源充足、运距较长的情况下,世界商船队加快了向大型化发展的步伐。船队的平均吨位不断增加,特别是干散货船的大型化趋势更为明显。90 年代初的世界主流船型,油船是 20 万吨级以上,矿/油兼用船是 10 万~20 万吨级,干散货船是 10 万吨级以上。据劳埃德船级社、德鲁里咨询公司和海洋运输咨询公司等世界权威机构的预测资料,上述主流船型在下世纪初不会有很大的变化。集装箱船队也向大型化方向发展,从 1957 年第一艘全集装箱船 274 TEU 的“盖特威城”号问世起,到 1987 年的 30 年内,船型发展了 4 代,载箱量从第 1 代的 750 TEU 发展到第 4 代的 4 000 TEU 左右。1988 年,美国总统轮船公司(APL)建造了世界第一艘超巴拿马型集装箱船——4 341 TEU 的 C10 级船。进入 90 年代以来,不但 3 000~4 000 TEU 的第 4 代集装箱船已成为主流船型,而且出现了一大批 4 000~6 500 TEU 的第 5 代集装箱船。1996 年 1 月,丹麦马士基轮船公司订造的 12 艘 6 000 TEU 系列船中的第一艘“马士基女王”号投入营运。业界估计在 2000 年前后将出现 8 000 TEU 船。此外,内河使用的驳船队载重量最大的也已达到数万吨。

与此同时,船舶的航行速度不断提高,而平均停港时间则越来越短。为进一步提高装卸效率,汽车直接驶上驶下的滚装货船也获得了迅速的发展。

第二,水上客运旅游化、高速化、滚装化

在世界旅游业高速发展的带动下,长途客船朝旅游化方向发展,旅游船正处在各种豪华大型船、小型船和帆船并进的多样化时代。与此同时,为了在短途客运市场上争得一席之地,许多国家把发展高速客船作为水上客运技术的发展方向。当前世界各国研制高速客船的种类繁多,主要有水翼船、气垫船等,航速可达 70 km/h。截至 80 年代末,世界各国已拥有各类高速客船 1 400 多艘,正常营运的固定航线上有 300 多条。从 70 年代开始,特别在西北欧国家出现了一股“客滚船热”,即旅客的轿车滚装随船运输。由于大量客滚船的建造和投入营运,滚装运输方式得到了很大的发展,运输效率 and 经济效益都明显提高。

(2)铁路运输的发展

人类在陆路上最早的非人力运输是以牲畜为直接动力的畜力车运输。由于有一定的载荷,原始状态下形成的路面无法承受,出现了车辙,影响道路运输的畅通。后来人们在圆木制成的车轮行驶的地方铺设了以石料为主的硬路面,或铺上木板,以减少行车阻力,这就是铁路的最初形式。16 世纪前后,世界上首先在矿山采用了轨道,并使用了有轮缘车轮的车辆。钢铁工业的发展为铁轨和铁车轮的使用提供了条件。具有现代色彩的铁路运输是随着蒸汽机车的发明和锻铁铁轨的出现,于 19 世纪初开始在上世界上投入使用的。由于铁路运输能快速、大量地运输旅客和货物,因而铁路建设得到了很快的发展。到了 19 世纪后半期,全

球各大洲都大量建造铁路,使铁路成为陆路交通的主要运输工具。

当代铁路运输发展的总趋势是:

第一,牵引动力内燃化、电气化

从20世纪50年代开始,为了提高运输能力,合理利用能源,并取得最大的经济效益,世界上许多国家都以电力和内燃牵引取代蒸汽牵引作为实现铁路现代化和铁路技术发展的方向。西欧、前苏联、日本等国家以发展电力牵引为主,在70年代初就基本上完成了运输繁忙干线的电气化。而美国和加拿大等国家则几乎全都采用内燃牵引。世界牵引动力技术将继续向大功率方向发展。

第二,客运高速化

铁路在同其他运输方式竞争中能够生存和发展的前提是快速、可靠、舒适、经济以及对环境的改善。60年代以后,日本新干线高速铁路的成功运营,为当时已开始衰落的铁路旅客运输带来了新的希望。近几年来,法国和其他国家也在高速铁路的研制方面取得重大进展。目前,有许多国家正在积极新建或改建高速铁路干线,以发展高速客运,实现铁路的振兴。

第三,大宗散货运输重载化

美国、加拿大、前苏联、澳大利亚等国是铁路重载技术先进的国家。前苏联的重载客货运输都很繁忙,行车密度高,而美国的重载列车只运送货物,行车密度低。

第四,信息技术电子化

一方面,信息设备从以机电技术为基础发展到以计算机为主体,如微机调度集中、微机联锁和无线电子闭塞,以及列车和编组站自动控制系统等。另一方面,由完成联锁、闭塞等单一功能向以运输业务为主体的多功能综合系统发展,包括运输计划的实施和调整、行车和调车作业的指挥和控制、旅客向导和货主服务等。

(3)公路运输的发展

在陆路运输中最早形成的道路是人类交往与生产过程中产生的天然小道。农业和畜牧业分离,驯养的畜力取代了人力的原始运输。畜力车运输的发展对道路质量提出了新要求,进而产生了人工建造的道路。在古代中国为统一全国而修建的道路被公认为世界上最早的公路的雏形;为进行国际交往而形成的丝绸之路更成为世界陆路交通中具有划时代意义的里程碑。现代公路的雏形取决于汽车的产生和使用。以汽油机为动力的汽车对公路的标准及质量都提出了更严格的要求。大批量的汽车投入使用又极大地推进了公路建设的发展。

当代公路运输发展的主要趋向是:

第一,干线公路高等级化

交通量的密集化以及汽车数量和载重量的增长,必然要求干线公路由量的增加发展到质的提高,因而干线公路高等级化就成为当今世界公路建设的基本趋势。第二次世界大战以后,发达国家竞相建设高速公路,其中美国州际高速公路系统的里程就达8万km。其他发达国家也都建成了全国高速公路网,并进而连接成跨国高速公路系统。发展中国家在70年代以后也纷纷开始发展高速公路。

第二,汽车运输高效化

为改善运输装备,提高运输效率和效益,汽车运输向着高效化的方向发展。在客运方面的趋势是快速化、舒适化。在货运方面发展大型拖挂车和专用车。目前各主要发达国家拖挂运输所完成的货物周转量占公路货运总周转量的40%~80%。拖挂车运输发展迅速的

主要原因是运载量大(载重量一般是单车的2~3倍)、油耗省、运输成本低。以专用汽车代替普通栏板式卡车也是汽车运输业进步的重要标志。专用车的主要优势包括:安全可靠、运输质量好、货物不易变质和损坏;减少或取消包装费用;货物装卸时间缩短,运输效率提高。专用车在发达国家载货汽车保有量中占有很大比重。如美国公路货运的专用车就有数百种,在4.5吨级货车的保有量中专用车占80%以上。

此外,公路运输技术发展的趋势还有公路设计、交通指挥控制管理和车辆诊断自动化,以及公路工程作业机械化等。

(4) 航空运输的发展

航空运输是人类最向往的运输方式,也是实现较晚的运输方式。人类第一次离开地面在空中飞行用的飞行器是气球,当时无法控制飞行速度和方向。以蒸汽机为动力的气球是飞艇的雏型。直到汽油发动机的采用,才使螺旋桨式的飞机成为现实。航空发动机技能的改进,增强了运输能力,延长了航程,提高了速度。20世纪中叶喷气飞机的出现,较大幅度地增加了航行距离和飞行速度。航空运输已成为中远距离旅客运输的主要方式。

当代航空运输发展的趋势主要有:

第一,干线飞机巨型化、超高速化,安全性、舒适性进一步提高

在近10~20年内,主要研制的是载客量在1000人以上的巨型机和马赫数(流速对音速之比)在2~3.2之间的超音速飞机。在新型飞机上将采用已经证实的各项最新技术、新材料和新工艺。现代飞机机舱布局已经有了很大改进,达到简明、自动化、自动监控和故障集中报告。电传飞行操纵系统和桨扇发动机的技术将进一步提高,以保证飞行安全,提高飞机的适航性,改善乘客乘坐飞机的舒适程度。

第二,安全保证系统自动化

1983年,国际民用航空组织成立了未来空中航行系统专门委员会,着重规划、研讨、制定到2010年前将采用的更现代化的和更高效的未来空中航行系统(FANS)。新系统实质上是一个全球范围的通信、导航和监视系统,是主要依靠卫星通信、卫星导航和数据链传送航空器位置信息的自动相关监视系统。在未来的飞机上将使用在通信、导航、监视方面的最新技术成就,安装卫星通信系统、全球卫星导航系统、自动相关监视系统、防撞警告系统以及微波着陆系统。

第三,空中交通管制现代化

60年代末,雷达应用于民用机场,空中交通管制从程序管制时代进入了雷达管制时代。现在除一次雷达外,二次雷达已广泛使用。未来的空中交通管制不仅限于新设备、新技术的应用,而且要强调空中交通管理。国际民用航空组织未来航行委员会所采用的空中交通管理(ATM)这一概念,包括空中交通管制、空中交通流量管理和空域管理。它强调飞机与地面的密切配合,强调空域的高效管理,以及对交通流量进行战略上的规划,使交通流量的增长同规划的能力相适应。

(5) 管道运输的发展

从管道发展史来说,中国是最早使用管道输送流体的国家。在公元前200年左右,我国秦汉时期就已经出现用打通的竹子连接起来输送卤水的管道。

现代管道始于19世纪。1861年美国开始出现世界第1条运输原油的管道,长57 km。1880年和1893年相继出现100 mm管径的成品油管道和天然气管道。第二次世界大战期间,美国在国内用两年多时间修建了原油管道2158 km,成品油管道2745 km。自此以后,各

种油气管道技术已经达到成熟的阶段。无论从工程规模、经济效益或技术水平来看,管道运输都已达到同其他运输方式相同的水平。

当今世界上总共约有 200 万 km 的油气管道。由于石油资源经一个多世纪的开发,易于开发的地区已经进入低产期,所以石油开发的趋势是走向边远地区。修建管道的工程规模越来越庞大而艰巨,技术要求越来越高。

从世界管道运输的发展来看,原油管道发展缓慢,成品油管道发展趋势明显。这一趋势是因各国原油产量衰减而转为进口中东和南美的原油。原油进口主要依靠海运,因此原油管道建设较少,而市场对成品油的需求增加,促使成品油管道的建设加快发展。

除了油气管道以外,还有固体浆液管道,主要用于输送煤、赤铁矿、铝矾土和石灰石等。目前在运行的世界著名的煤浆管道是从美国亚利桑那州北部里梅萨地区的露天煤矿到内华达州的英哈电厂的输煤管道。里梅萨煤浆管道从 1970 年 11 月建成投产以来,已经成功地运行了近 30 年,设计能力年输煤 500 万吨。目前,新的煤浆管道的输送工艺仍在研究之中。由于煤浆中煤水重量比接近 1:1,用水量过大,到终点以后要进行脱水才能供电厂使用。同时,脱水后的污水污染环境,处理也比较困难。近年来一些国家在进行实际应用试验,在煤浆中加入添加剂,减少掺水量,以达到可以直接用作锅炉燃料燃烧的目的。

第二节 交通运输系统

一、系统

1. 系统的概念

系统观点,实际上是一种思维或逻辑方法,它强调客观事物的内部联系,强调事物的运动和发展。系统这个概念,早就存在于人们的思维中,它实质上是一个哲学概念。它把世界上的一切事物都看成是相互制约和相互联系的由许多元素组成的有机集合体。系统这种思想在中国古代的农事、医学、天文和工程方面都有具体的反映。例如,宋代科学家沈括在其《梦溪笔谈》中介绍的“丁谓修宫”;战国时期秦国李冰父子在四川修建的都江堰以及中医的“配伍模型”等,都具有十分突出的系统特色。

系统论者认为:系统是由相互作用和相互依存的若干组成部分组合起来的具有某种特点和功能的有机整体。任何一个系统都是一个更大系统的组成部分,而它本身又是由众多的子系统组成的。

2. 系统的分类

为了深入地研究系统,有必要对不同形态的系统进行分类。从不同的研究目的出发,对系统可作不同的分类。

(1)从形成原因来看,系统可分为自然系统和人造系统。自然系统是由自然物所组成的系统,它是在大自然的发展过程中自然形成的,如星空系统、气象系统、海洋系统、生态系统等。人造系统是由人工造成的各要素构成的系统,如各种工程技术系统、社会系统、管理系统和科学技术系统等。人类活动离不开自然环境,实际上大多数系统都是自然和人造系统的复合系统,如国民经济系统、气象预报系统和地震预报系统等。

(2)从构成要素来看,系统可分为实体系统(硬系统)和概念系统(软系统)。以物质实体为构成要素所组成的系统,称为实体系统,例如,以元素为基础的各种物理和化学系统,以细胞为基础的各种生物系统,以人为基础的各种社会系统等。与实体系统相对应的是概念系

统,它的构成要素不是实体而是概念,是思想、理论、定理、原理、方法、制度、规范、符号、程序等,在一定的概念领域内的有序组合,如哲学系统、各门科学技术系统、组织管理系统、信息系统等。

(3)从变化状态来看,系统又可分为静态系统(无记忆系统)与动态系统(有记忆系统)。系统输出(结果)变量仅依赖于同时刻的输入(原因)变量的值,而不依赖于后者过去的数值,这种系统称为静态系统。如,对线性的固定电阻而言,任何时刻 t 的电流数值仅依赖于同一时刻的电压瞬时值,这就是一个静态系统。系统输出(结果)变量不仅依赖于同时刻的,而且还依赖于过去的输入(原因)变量的值,这种系统称为动态系统。如,由教师、学生、教材、各门课程和实验设备诸要素组成的系统——学校,就是一个动态系统。严格来说,一切系统都是动态系统。为了简化研究程序,有时根据研究的目的,可将某些动态系统作为静态系统处理。

(4)从系统与环境之间的相互作用来看,系统可分为封闭系统和开放系统。系统和环境之间没有明显的交互作用,环境仅作为限定系统的范围而存在,这种系统称为封闭系统。例如,具有燃料储存、能够不断填充燃料的动力机,可视为封闭系统。实际上绝对的封闭系统是不存在的,它只具有相对的意义;系统和环境之间,穿越系统边界进行信息流、能量流和物质流的相互交换,这种系统称为开放系统,例如,生长中的植物、企业组织、生态系统等。开放系统的概念具有普遍性,它把系统和环境视为一个相互联系和相互影响的整体,总是把系统置于一定的环境条件下来进行研究。

(5)从对系统的结构和机理的认识程度来看,系统可分为白箱系统和黑箱系统。如果我们对系统的结构(内部的诸个元素及其组织形式)和机理已有较充分的认识,能从理论上来说明和精确预测这一系统的运动规律(例如通过物理定律,数学物理方程等),那末这种系统就可称为“白箱”系统。例如RCL电路、单摆和许多机械装置,都可称为“白箱”系统。这种系统可用传统的科研方法来进行研究;对系统的结构和机理缺乏认识,还不能从理论上来说明其运动规律,而且又不能从外部直接观察到其内部状态,这种系统称为“黑箱”系统,例如人脑系统。

(6)从研究的具体对象来看,系统可分为各个专业对象系统,如工程系统、军事系统、经济系统、管理系统、通信系统、农业系统、社会系统、环境系统、人工智能系统、地震预报系统等。

3. 系统的特点

一般来说,系统具有如下特性:

(1)综合性。系统必须由两个以上的组成部分(元素)组成,是各个组成部分的综合。系统和环境密切相关,存在着多输入、多输出的关系。系统处于运动变化之中,它的未来不仅取决于当前,也取决于过去。因此,系统不仅是多元素的综合,也是空间联系和时间联系的综合,也是各种能量流、信息流、物质流的综合。只有把一个系统放置在一定的环境中,在运动和发展过程中进行考察,从结构、环境、功能多方面综合地研究,才有可能揭示这一系统的特性。

(2)整体性。任何系统都是作为一个相对独立的整体存在于特定的环境之中的。系统作为一个整体的功能有别于各个组成部分的功能,整体功能大于各个组成部分功能的总和。因此,系统有可能通过最优化途径从整体上获得效益。

(3)结构性。任何系统都具有特定的结构。结构是系统的诸组成部分在时空连续区上