

中国工程院 国家自然科学基金委员会

工程前沿

第3卷

中国交通运输网络理论 研究前沿

朱高峰 张 宁 主编



高等教育出版社

工程前沿

第3卷

中国交通运输网络理论 研究前沿

朱高峰 张 宁 主编

高等教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程前沿. 第3卷, 中国交通运输网络理论研究前沿 /
朱高峰, 张宁主编. —北京: 高等教育出版社, 2006. 1
ISBN 7-04-018756-6

I. 工... II. ①朱...②张... III. ①科学技术-文集
②交通运输网-中国-文集 IV. ①N53②U113-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 156267 号

策划编辑 王国祥 张海辰
封面设计 张楠
责任印制 杨明

责任编辑 赵天夫
版式设计 李杰

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印 刷	国防工业出版社印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	850×1168 1/32	版 次	2006年1月第1版
印 张	6.25	印 次	2006年1月第1次印刷
字 数	160 000	定 价	22.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18756-00

探讨工程前沿 展望未来发展

在过去的 20 世纪,世界工程科技迅速发展,极大地提高了劳动生产效率和人民生活质量,同时也改变着国家间的综合实力对比。历史充分证明,一部近代世界社会生产力的发展史,是由科学发现、技术革命、产业革命相互作用而推进的。工程科学技术的发展架起了科学和产业之间的桥梁,在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。

“工程前沿”研讨会正是在这种国内外发展的大背景下,由中国工程院和国家自然科学基金委员会联合发起、组织的。中国工程院是我国工程科技界的最高荣誉性、咨询性学术机构,有 650 多位院士,整个工作的重点和主体是院士。院士们作为我国一千多万名工程科技人员的杰出代表,作为新生产力的重要创造者和新兴产业的积极开拓者,他们以国家振兴为己任,在把握国家科学和工程技术发展方向,参与国家重大建设项目的决策咨询和培养年轻科技人才等诸多方面积极工作,成效显著。国家自然科学基金委员会是管理国家自然科学基金的国务院直属事业单位,主要任务是根据国家发展科学技术的方针、政策和规划,按照与社会主义市场经济体制相适应的自然科学基金制运作方式,运用国家财政投入的自然科学基金,资助自然科学基础研究和部分应用研究,发现和培养科技人才,发挥自然科学基金的导向和协调作用,促进科学技术进步和经济、社会发展。

“工程前沿”研讨会主要由院士主持,邀请工程技术方面的专家、学者参与,根据国家的需求,结合国情实力,共同探讨工程前沿学术问题。通过营造宽松自由的学术交流环境,促进基础应用学科的交叉融合,激发技术知识创新,带动产业发展,为发展国民经

济、建设现代化强国服务。其主题主要包括国家重大工程技术领域的关键问题及重要工程研究的前沿问题。每个主题中包括：报告并讨论在工程科技领域最新取得重大突破的研究与成就；交流新的学术思想、方法；探讨工程前沿、展望未来发展趋势。

“工程前沿”研讨会提倡学术平等、百家争鸣。鼓励学科交叉、促进科技创新。每次会议围绕主题设若干个中心议题。会期一般为两天。与会人员约 40 人左右。“工程前沿”研讨会实行执行主席负责制。执行主席可由在会议主题领域有高深造诣和卓越成就的著名专家、学者，经会议组委会聘请的方式担任。执行主席的任务是：按照会议主题确定 3~4 个左右的中心议题；邀请有权威性的评述报告人；与组委会共同遴选专题报告人与报告题目；组织和引导会议的讨论。会议通过执行主席推荐、组委会确定的方式遴选与会人员。与会人员是与会议主题相关并在该领域具有突出成就或作用的专家、学者及管理人员。与会人员应包括相当一部分不同学科崭露头角的杰出青年学者。每次“工程前沿”研讨会后，由高等教育出版社结集出版研讨会论文。

刘德培

中国工程院副院长

2004 年 10 月

前 言

交通运输设施是社会的重要基础设施之一,世界各国都把交通运输作为经济社会发展的基本条件。我国改革开放以来交通运输有了飞速的发展,尤其是道路交通和航空运输发展甚快,成绩是有目共睹的。

交通运输呈现出明显的网络特征,在物质、能量、信息这社会三大要素中,交通运输构成基础的物质网。因此其运转是否正常、合理,能否有一定的以至理想的效率,与其网络形态是否合理,网络设计是否正确有很大关系。目前,我国不少城市出现了路修得越多,路上越是拥挤的情况,除了道路占城市用地面积比例过低外,路网的设计不合理是个重要原因。

应该说,我国对交通运输网络一直是重视的。从改革开放前就已提出综合运输网的概念,但实际上只停留在定性的理念上,而缺乏定量的对网络理论的构建。另外,由于我国交通运输从行政上一直是多部门分头管理,因此综合运输网的研讨也大多涉及上层建筑方面。

随着我国经济社会发展进入新阶段,交通运输又出现了新的不适应。作为对策,各运输主管部门都提出了十分宏伟的规划设计,投资额十分巨大。但另一方面,却未见有对运输网络理论的进一步重视,出现了理论严重滞后于实践的局面。

在一些院士和专家们的提议下,中国工程院于2005年设立了“交通运输网络理论研究”的咨询项目,为了替立项做准备,2005年4月召开了同题的研讨会,由相关的高等院校、科研单位的院士、专家分别就交通运输网络的各个方面介绍已做的工作,同时提出了很多新的见解,会上进行了广泛讨论,一致认为有必要进行深

入研究。会议为项目的确立打下了良好的基础。研讨会是在工程院“工程前沿”系列中进行的,会后各位专家又把发言整理成文稿,现汇总出版,一方面是作为“前沿”的内容,同时也为项目的进行提供了依据。作为项目的建议人和会议主持人,在此谨向参会和提供文稿的各位专家表示敬意,并向出版组织者致谢。

朱高峰

2005 年 12 月

目 录

交通运输网络研究提纲	朱高峰 (1)
城市规模与城市交通的承载能力	张 宁 (14)
城市交通网络与交通行为建模研究	黄海军,王婧钰 (29)
复杂网络与城市交通网络相关复杂性问题的研究	高自友,赵小梅 (48)
基于 TOD 模式的城市交通规划理论研究	陆化普 (67)
通勤铁网络问题	陆锡明,王 祥 (75)
构建可持续发展综合交通运输系统的规划理论研究现状 分析及任务	胡思继,徐利民,石钦文 (86)
论交通系统与交通科学——交通规划、设计与控制管理的基础	范炳全,夏晓梅,周 翔 (98)
我国交通运输网络规划理论与方法优化研究	孙有望,陈 欢 (115)
公交事件智能识别与智能协调调度系统理论模型 与实施方法研究	韩 印 (125)
城市枢纽设计的一体化理论与相关方法	毛保华 (140)
交通网络形态及布局方法研究	张生瑞,严宝杰 (149)
适应形势发展需要,优化、完善邮政运输网络,推动我国 交通运输网络组织管理的科学化	尹文杰,睢红卫 (163)
城市客运交通换乘衔接问题研究的理论与方法	周 伟,姜彩良 (175)

交通运输网络研究提纲

朱高峰

信息产业部

libiao@mii.gov.cn

交通运输是社会的基础设施,是国民经济发展的先行部门,历来受到政府和社会的重视。改革开放以来,交通运输得到了飞速的发展,“要致富,先修路”的提法早已深入人心。为什么现在还要来研究交通运输问题呢?主要有以下几点考虑。首先,尽管发展很快,但是随着工业化的加快发展,近两年来,交通运输再次出现了严重不适应的情况。煤电油运重新成为国民经济的短腿,而其中相当关键的因素是运。其次,交通运输各种方式之间的比重发生了很大变化,从改革开放之初的铁路一家独大到目前铁路的严重不适应。再次,交通各部门每年投资5~6千亿元,为最大投资部门,但是投资的合理性值得探讨。第四,对于综合运输问题提出已有多多年,但至今并无多大进展,综合运输的概念就不是很清晰。这些问题可以从各个不同角度去分析研究,但主要从两个方面,一个是从体制、机制上研究,也即从生产关系和上层建筑去研究,这方面已有不少分析和论证,另一方面,即从生产力角度去研究。在运输生产力诸要素中,能够作为网的就是网络,而这方面研究的并不多。生产关系、上层建筑是为生产力发展服务的,基础是生产力,体制等问题只有充分显示了对于生产力发展的不适应性,甚至形成阻碍,才会有改变的动力。因此,首先要对生产力进行研究。

我们分以下若干方面展开讨论。

一、需求

对交通运输需求有一些数字,但大多是总量,比较笼统,缺乏分类,更缺乏规律性的研究。对需求的研究要考虑以下四个方面:

(1) 分类:大的可以分为人流和物流,或者说客运和货运。

人的流动可以分为求学求业活动、商务活动、政务活动、探亲访友和旅游娱乐活动等。各类需求的必要性、紧迫性,对时间、价格、舒适性等方面的耐受性均有所不同。

物的流动可以分为大宗资源,如粮食、煤炭等,一般贸易中的零星货物,如邮件、快递等。此外,还有专门对一些贵重物品的运输,各类需求差异也很大,各有不同的要求。

(2) 动因。

人流的主要起因决定于某地的开放程度,如有的沿海地区历史上就有大量人员外出的传统。同样,生活水平、本地地理环境、交通条件和人们的风俗习惯等都是引起人们流动的因素。

而物流则决定于一个地方的资源禀赋、经济发展水平、产业结构、地理条件和消费水平等。

总的来说,一个地方经济越发展,生活水平越高,对外越开放,地理条件越优越,人和物的流动就越多、越密。但随着产业发展,经济结构的升级,大宗货物量会减少,而代之以高档和零星货物。

(3) 规律。

空间分布——一个地方作为起点有一个总量数,但是有不同的流动方向,要研究流向和集中度,作为终点也是一样。作为中转点,要研究整体上有多少集散点,其集中度如何,反过来说需要设多少集散点,设在什么位置。

时间分布——包括昼夜差别和繁忙时间的集中度,季节差别及繁忙季节的集中度,季节中包括自然因素和人文因素,如各种节假日和大的经济文化活动,如展会等。

需求的差异性——时间要求上的差异:包括起始时间(早、中、

晚等,尤其是商务活动往往要求较苛刻),过程延续时间(影响到选择不同的运输方式);对舒适性的要求的差异;对价格耐受力的差异。

对方便性的要求——如起始点是否合适、途中换乘的衔接等。

对需求的制约因素——主要是稀缺性:定时班次少,不能满足要求;稀疏性:起始点和集散点远离需求所在地。

(4) 需求中要考虑的一个重要问题是出现突发事件时的需求,包括自然灾害性突发事件和人为因素的突发事件,实际上这是对运输网络安全性和可靠性的要求。

二、能力

(1) 目前讲能力,大多讲一个运输总量,每年能运多少人,或多少个车皮,进一步讲总周转量,即有多少人公里和吨公里。但同样的总量,如果分布不一样,对需求的满足程度可以完全不一样。因此,对能力也要讲其分布及规律。

(2) 能力中很重要的一点就是适应性,主要表现在时空分布上,即路线和班次能否适应需求。例如春节期间的客运高峰问题,如果只讲年总量或平均值是解决不了问题的。运输和工业生产不一样,不可能做到均衡,因此必须讲繁忙时的能力。

(3) 方便和舒适。随着人们生活水平的提高,那种沙丁鱼式的运输已经不能容忍了。当然方便和舒适有不同的程度,相应的可以分为不同的档次,但是要有标准,长途运输至少要有座位,那种不符合标准的方式不能构成能力。货运也有时限和装卸等要求,也必须符合标准。

(4) 经济性。能力要以一定的价格为基础,超出经济承受力的能力没有意义。能力或者说供给对需求有诱导作用或抑制作用,其中价格是个重要因素。

三、效益

(1) 效益分为内外两个方面,从内部效益来说,首先要看成本,包括建设成本和运营成本。运营成本又包括不变成本和可变成本,交通运输的基建投资较大,运营中日常维护的量也很大,因此不变成本的比重大,相应可变成本的比重较小。一列火车或一架飞机只要开行了,成本的大头就发生了,乘客多少对成本的影响不大。因此讲效益,一是如何合理地压缩建设费用和运营中的固定费用,另一方面就是要尽量多载。

(2) 定价原则。如上所述,应用价格来更多地吸引客货就是个提高效益中的重要问题,这一点在航空运输中已经得到了较多体现。铁路由于还处于卖方市场,所以只是采用季节性提价来抑制需求,但效果不好,社会影响很负面,随着铁路建设的快速发展,应有所改变。

(3) 竞争性。通过竞争应该促进效益的提高(包括社会效益和自身效益),竞争可分为同质竞争和异质竞争两种形式。在公路和航空运输中已有了同质竞争,而铁路则只有与公路、航空之间的异质竞争。通过竞争,应该形成较合理的运输结构,使各种运输方式都能充分发挥其优势。

(4) 外部效益,也即所说的社会效益。从社会对运输的大量需求和依托来看,运输的社会效益总的来说肯定是正面的,但运输也有其负面效应,如占用土地,消耗能源,污染环境等。经济上如何评价,需要做专题研究。

四、方式

大体上可以按以下特征来分类。

轨道与非轨道。即使是非轨道如航空、公路、水运等也都有固定的行驶路线,但都有一定的机动范围,不如轨道交通那样刚性。

封闭与开放。轨道交通一般来说应该是封闭的,但我国的铁路并未做到这一点。公路上高速公路实行全封闭式,而其他公路则是开放的。

定班与基本实时。长途公共交通绝大部分是定时定班,但在某些流量特别大的方向上,可能会发展到基本实时,大体上做到随来随走。

定点直达与一线多点。在若干流量较大的点之间大多组织定点直达即点到点的运输,航空由于其特点,大多采用直达方式,而铁路、公路中多数是途经多点,可以上下方式的方式。

运输方式中最大的区别是公共交通与私人交通的不同。目前私人交通主要是公路运输和城市交通中的私家车。在发达国家已有私人游艇和私人航空运输,在我国相当时期内还不会成什么气候。私人交通有其特殊规律,主要是随机性,因此要进行专门研究。

五、网络结构

网络结构可以从网络形态、功能和层次等不同方面进行研究。在类似交通运输网络这种巨型网络研究中,按功能分层是把握网络结构的基础所在。按照一般网络理论和交通网络的实际情况,可以有图 1 所示的分层结构。

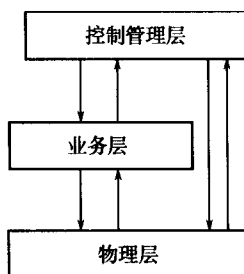


图 1

其中物理层即道路及其各种附属设施和各站点建筑及其设施所构成的实体,是整个网络的物质基础。业务层是在物理层基础上组织各种相应的运输工具,开展运输业务的总括。而控制管理层则主要依靠相应的信息系统对全网进行管理和控制,既面对物理层,也面对业务层。这三个层面的划分理清了不同的功能,三个层面各承担其独立的功能,又互相支持和制约,构成一个整体。过去的不少研究,往往把不同层面的功能、要求混为一谈,难以对问题分析清楚。

下面就分别对不同层面进行描述。

六、物理网(物理层)之一——形态及要素

(1) 交通运输物理网的基本要素是线和点。

(2) 物理网的拓扑结构形态最基本最原始的是星形和三角形,如图2所示(当然更简单、更原始的是两点一线,但构不成网)。

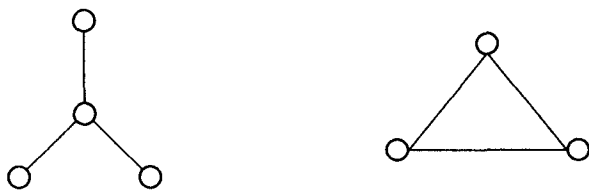


图2

星形和三角形也太简单,但在其基础上可以发展为各种不同形状的复杂形态的网。抽象起来可以归纳为网格形和辐射加环形。如图3所示。

当然实际情况不一定像图中所示那么规矩,网络各线条之间不一定完全平行,纵横线相交也不一定垂直,会有一些斜线,而环形中也不见得都是等边,辐射线也不一定到每个点都有。现实中,所谓几纵几横等等都是属于网格形的,而各大城市建的环形路则

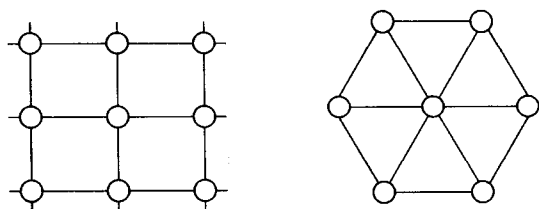


图 3

是属于缺乏辐射线的环形。

一般来说,干线上大多为网格形,而网的末端大多是辐射形,有的加上环。

(3) 线是网络的基本要素,如果没有线,就无所谓流通了。

线的基本特征是宽度和走向,不同的宽度,通过的能力不同,两者之间不完全是正比的关系,究竟什么关系需要研究。线除本身的宽度外还有一个相邻线之间的距离问题,也即是线分布的密度。线的宽度和密度之间也有一定的关系,在同一方向上总量不变情况下,线较细,则需要的线数多,也即密度要大。

线的走向包括通过点的选择应根据需求集中度最大和距离最短的原则来进行,当然实际上做不到最大和最短,只能退而求其次,做到集中度尽量大和距离尽量短。

线按其能力和位置可分出等级,如主干线、次干线、辅助线、分支线等。

(4) 点可以分为端点和中间点,中间点包括通过点和交叉点,一些重要的交叉点可以作为枢纽点。

点的功能主要是集散,所以点的位置的选择主要决定于集散功能的大小,应处在所辐射区域的中心(不一定是地理中心,而应是人流或物流的权重中心)并且有较便利的集散方式。干线上的点一般应与城市相结合,末端上的点一般也与村镇结合。当然随着新的运输线路的建成,点尤其是交叉点上会逐渐吸引人们前来

居住和开展活动,形成新的城镇。

中间点的选择,要考虑间距,所谓中间点是相对于封闭形道路而言,设一个点就会影响线上的运行效率,因此在方便和效率之间要有适当的平衡。

枢纽点除了集散功能外,更重要的是中转的功能,要考虑中转的时效和方便,尤其是不同运输方式之间的中转如何做到方便更是个很关键的问题,国外大多尽量做到在一个屋顶下换乘(当然机场一般远离城市,但可由轨道交通中转),我国目前由于体制分割原因还难以做到。枢纽点一般选择在较大城市。

(5) 从全网来看,要考虑点线之间、线线之间、点点之间的关系,得出合理的分布,总的应该做到各环节之间的能力比较适配,使全网的负荷比较均衡,达到合理配置资源,效益做到最佳。网络规划涉及就应解决此问题。另一方面,规划也不是从零开始,现有网络已是客观存在,应通过分析,找出其薄弱点,通过补缺、改进来达到优化。

七、物理网之二——运输手段

(1) 铁路。

铁路投资较大,但运输成本较低,单位耗能较少,速度和平时的舒适性近年来有较大提高,时限较有保证,是中长距离客运的重要手段,也是在水运达不到地区的货运的主要手段。但铁路刚性强,线路密度有限,不可能做到门对门运输和末梢的辐射,需要与其他手段相配合。

(2) 公路。

公路灵活性大,等级区分较多,可以满足各种不同需求,实现门到门的运输和末梢地区的辐射。另一个特点是开放性,是可以满足私人交通的主要手段。但公路运输单位耗能大,造成污染也较大,因此不可能成为干线运输的主要手段。总体上来讲,适合短距离,包括一部分中距离运输,因此运量大,而周转量不大。

(3) 航空。

航空速度快,舒适性也较好,是长距离高档客运的首选,也是小批量,高价值货运的首选。但机场一般远离人口密集区,登机手续又较麻烦,因此短距离运输并无明显优点。单位耗能最高,在中国具体情况下,不可能成为主要运输手段。

(4) 水运。

水运包括内河和海运两个方面。水运特点是成本低,单位耗能最小,但速度慢,时限长,因此水运在有条件地区是大宗货物的主要手段,其周转量很大,但客运量除了少量沿海岛屿地区外,不可能有很大的量。水运另一个问题是中转装载问题,因为受水域限制,水运必须与其他运输手段配合,配合不好就事倍功半。

(5) 各种不同运输之间的配合需要通过综合枢纽来实现。水运枢纽受水域的限制,航空港也受到地域的较大限制,而铁路和公路则灵活性较大。因此综合枢纽首先是铁公之间的综合,而对于港口和空港则要建立与铁公之间的专用联络线来解决。

至于另一种手段——管道,由于其不具有普遍性,这里就不提了,但管道也有末梢问题,有的地区需要其他运输手段配合。

八、业务网(业务层)

(1) 业务网是在物理网的基础上通过对运输业务的合理组织以充分发挥网络的能力来满足需求。在同样的物理网上,采用不同的组织方式,发挥的能力可能有很大的差异,因此业务网的合理组织很重要。业务网的主体是各类运输企业,当然各个企业都有自己的运输业务组织,但从网的高度来研究还是很不够的。

(2) 业务组织的具体内容体现为各种运输工具的运行的路线和班次,最后表现为运行图或时刻表。

(3) 业务网要解决的主要问题是需求在时间和空间上的分散性和运输工具运行的一定的集中度之间的矛盾。各种公共交通工具都不可能做到完全实时,即随来随走或随来随运,因为公共交通