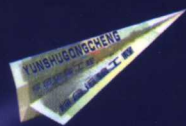


0101010101010110



运输工程学

胡思继 著

010101010101010

清华大学出版社 • 北京交通大学出版社

综合运输工程学

胡思继 著



清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书由综合运输通论、综合运输系统、综合运输规划和综合运输运营4部分组成。综合运输通论包括综合运输概论、综合运输业及其与国家发展关系分析；综合运输系统包括综合运输系统概论，水路、铁路、公路、航空、管道5种基本运输系统，以及城市公共交通系统；综合运输规划包括综合运输需求预测方法、综合运输结构规划理论和综合交通枢纽规划设计；综合运输运营包括客货运输组织、集装箱运输、运输市场营销、企业运输选择、国家运输管制等内容。

本书可供从事交通运输部门工作的工程技术人员、管理人员以及大学相关专业的师生参考。

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

(本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。)

图书在版编目(CIP)数据

综合运输工程学 / 胡思继著. —北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2005. 2
ISBN 7-81082-374-4

I. 综… II. 胡… III. 综合运输-运输工程 IV. U1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 014324 号

责任编辑: 段连平

出版者: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969 <http://www.tup.com.cn>
北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印刷者: 北京瑞达方舟印务有限公司

发行者: 新华书店总店北京发行所

开本: 185×260 印张: 38 字数: 911 千字

版次: 2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-81082-374-4/U·8

印数: 1~1 500 册 定价: 88.00 元

完善综合运输工程学科体系

推进我国综合运输系统建设

为“综合运输工程”题

钱永昌



序

发展综合交通、建立完善的综合交通运输体系，是我国交通领域中几代学者和实践者们长期为之奋斗的目标。我国综合交通运输系统的形成过程，既积累了老一辈交通专家学者的知识和智慧，也历经了老一辈交通实践者们的辛勤汗水和经验教训。由于综合交通运输体系的建立，既是一个理论问题，又是一个实践问题，加之综合交通运输系统自身的复杂性和建设任务的艰巨性，尽管历尽几代人的努力，由于系统自身的规律、学科理论的系统性，以及综合运输发展中的有机衔接、各种交通运输方式结合过程中的最佳优化和综合交通网络和枢纽理论指导等，都急需系统开发、建立和完善。而实践的问题就更加现实和复杂，今后的工作实属任重而道远。为了继续完成综合运输前辈们为之奋斗的目标，使探索和实践的过程尽可能少走或不走弯路，在今后我国的交通运输系统的发展中，除尽可能借鉴国外的经验教训外，最急需的是完善交通运输系统的学科理论和建立系统的综合交通学科理论，用理论指导实践，包括如何运用经济学原理，并结合中国交通运输的实际形成自己的运输经济学，从宏观层面和微观层面解释我国经济和社会发展与交通运输的相互关系，用系统理论指导我国综合交通运输体系的发展规划和一体化运输组织管理，以及形成我国自己的综合交通系统的经济学和管理学及工程学等。

北京交通大学博士生导师胡思继教授最近撰写的《综合运输工程学》，对上述我国急需解决的综合运输系统学科问题很有见地，也非常实用，第一次系统地从工程学的角度，对综合运输的问题从历史沿革、内在发展规律、内外部属性及特征，以及市场经济条件下综合运输结构的优化配置和效率效益的提高等方面进行了阐述。全书深入浅出，既有通俗而严格的概念和定义，也有逻辑严谨的模型开发；既有各种交通运输方式单一系统发展规律的追溯，也有各种交通运输方式发展过程中结合的内在条件和外部要求；既有综合运输规划的理论与方法，也有综合运输系统的运营组织和管理；既有综合运输市场结构的供求分析，也有运输市场的营销和监管；既有宏观层面运输与经济的关系分析，也有中观和微观层面方式协调和衔接的基本原理；既有交通运输理论的系统性，也有理论与实践结合的应用性。全书阅读后，很受启发，就我从事 20 多年的综合交通运输研究与实践工作的体会，可以肯定地说，《综合运输工程学》一书实属近年来交通运输学科学术专著中的一本好书。这本书的出版将为我国交通运输领域学科的完善和我国综合运输系统的建设起到积极的作用。

王庆云

2005 年 1 月

序

新中国成立后，我国学习原苏联先进的科学技术，开拓了一大批新的科学研究领域，并建立了许多新的科学研究机构。据我所知，在中国科学院开拓了三个带“综”字头的科研领域，即综合考察、综合运输和综合能源，建立了专门的研究机构。半个多世纪以来，这三个综合学科根据国家的需要，从理论到实践，都为我国国民经济建设和科学事业的发展做出了很大贡献，同时造就了一大批国家迫切需要的高素质人才。但由于长期受传统计划经济体制的束缚，至今几大运输部门仍然分割，存在很多弊端，这不能不说与综合运输科学研究重视不够和发展落后有关。

当前，我国国民经济持续快速发展，能源问题、运输问题越来越重要，从某种意义上说能源问题也是运输问题。特别在党中央提出科学发展观到 2020 年全国要实现全面小康的关键时期，如何科学发展综合运输事业是摆在面前的迫切需要解决的大问题。这里特别需要加强综合运输的科学研究和高素质人才的培养。

胡思继同志长期从事运输科学研究和人才培养，从量大面广的铁路运输科学研究发展到铁、水、公、航、管多种运输方式组成的综合运输科学研究，取得众多成果。《综合运输工程学》这本书是我国综合运输科学研究领域的第一本专著，填补了运输工程科技领域的一个学科空白。这本书的出版，是综合运输工程界的一件好事，它将对我国综合运输事业的发展起到积极的作用。

徐寿波

2005 年 1 月

前 言

综合运输工程是综合运输系统工程技术的简称。综合运输系统一般由水路运输系统、公路汽车运输系统、铁路运输系统、民航运输系统和管道运输系统组成，并以交通运输工具的种类加以划分，因此，它往往带有很强的生产部门性质，分属于交通部门、铁道部门、民航部门和石油部门。建立在五种交通运输方式运输系统基础上的综合运输系统是依据运输发展需要和运输生产过程组织的特点逐步形成的，它立足于国家对运输资源在各交通运输方式间的合理配置，立足于对完整客货运输过程的运输服务，立足于各交通运输方式间旅客运输实现“零距离换乘”、货物运输实现“无缝中转”的现代运输工程技术的研究与实践。因此，综合运输工程是一项高效的交通运输工程技术，“综合运输工程学”是专门探讨综合运输结构和布局，以及如何组织运载工具在交通运输网络上的流动和交通运输方式间的衔接，将人和物迅速、安全、经济、便利、准时地从甲地运往乙地，以创造空间效用和时间效用的一门工程技术学科。

综合交通运输体系由最初水路运输的出现开始，伴随着蒸汽机等现代动力装置的发明，经历了铁路、公路、民航和管道等交通运输方式逐步发展和部分替代的形成过程，并通过政府管制、运输市场的自由竞争和部分淘汰、拆除，构成了国家综合交通运输体系。

最早提出综合运输这一概念是在 20 世纪 40—50 年代。以前苏联为代表的计划经济体制下的综合运输研究与实践，是在运网不发达、运能相对短缺、追求运输数量和运能充分利用的前提下展开的，是以计划作为配置运输资源的机制，旨在实现设计、建设、运营和发展的系统整体优化。运输模型具有鲜明的技术经济特征，主要根据交通运输方式的合理运距确定方式间的合理分工、方式间的分流运输及运输过程的相互衔接和配合。西方国家综合运输系统的研究则提出，综合运输系统是一种对运输系统进行规划、建设和运营的方法，它强调运输资源的有效利用和方式之间的衔接，并倾向于将综合运输定义为：长途、全程、无缝、连续的运输过程。实现这种过程的经济、技术和组织系统，即所谓的综合运输系统。

作者从事铁路运输工程技术研究和教学工作 20 多年，有了丰富的铁路运输工程理论知识积累之后，受国家经委的选派，1982 年赴原联邦德国学习和研究综合运输工程技术和方法，从此开始了综合运输工程领域的研究和教学工作。根据当时国家经委领导的倡议，于 1987 年主编出版了集综合运输工程技术与运输组织方法于一体的《联运及运输业务手册》。尔后，根据我国综合运输系统建设和发展的需要，受国家教育部的选派，又于 1988 年赴德国亚琛大学（TH Aachen）运输科学研究所从事综合运输工程技术科学研究工作一年，并于 1993 年和 2001 年出版了《交通运输技术管理》和《交通运输学》等专著。在 2003—2004 年间参加国家中长期科学和技术发展规划战略研究“交通科技问题”专题组工作，作为“综合运输”分组组长，主持了我国“综合运输”领域科技问题研究规划的编制工作。近年来，还应邀参加了国家发改委召开的“我国铁路网中长期发展规划”、“我国高速公路中长期发展规划”、“我国交通网络中长期发展规划”，以及

“珠三角”、“长三角”、“环渤海”地区城际铁路网发展规划的专家研讨、讨论会。

这本书是作者在总结 40 多年来从事运输科学研究和教学，特别是近 20 多年来专门从事综合运输工程研究和教学成果的基础上完成的。随着我国经济的高速发展，综合运输问题越来越重要，越来越受到全社会的关注。作者希望本书的出版将有助于我国综合运输事业的发展。

本书可供从事交通运输部门工作的工程技术人员、管理人员及大学相关专业的师生参考。

感谢中国交通运输协会会长钱永昌先生在百忙之中为本书题词，感谢国家发改委交通司司长王庆云教授和中国工程院院士徐寿波教授为本书作序。

在整理本书文稿过程中得到了徐利民博士、匡敏博士的帮助，在此对他们表示谢意。

限于作者的理论和业务水平，书中可能有不妥之处，衷心期望读者给予批评指正。

作 者

2005 年 1 月于北京交通大学

目 录

第 1 篇 综合运输通论

1 综合运输概论	(3)
1.1 综合运输的基本概念	(3)
1.2 综合运输发展史	(6)
1.3 综合运输业的意义	(14)
2 综合运输业及其与国家发展关系分析	(20)
2.1 综合运输业特性分析	(20)
2.2 综合运输业与经济、社会发展关系分析	(26)
2.3 综合运输业与资源、环境关系分析	(41)

第 2 篇 综合运输系统

3 综合运输系统概述	(53)
3.1 综合运输系统组成	(53)
3.2 综合运输的构成要素	(55)
4 水路运输系统	(57)
4.1 水路运输系统的发展及其特性	(57)
4.2 船舶和水路运输系统的基础设施	(60)
4.3 水路运输的经营	(64)
4.4 船舶营运指标	(78)
4.5 船舶运行组织	(86)
4.6 远洋船舶营运组织技术	(116)
4.7 航道及港口通过能力	(125)
5 铁路运输系统	(134)
5.1 铁路运输系统的发展及其特性	(134)
5.2 铁路运输系统的基本设施	(140)
5.3 铁路运输业务	(148)
5.4 铁路机车车辆运用指标	(160)
5.5 铁路运输列车编组计划	(171)
5.6 铁路列车运行图	(186)
5.7 铁路运输能力	(210)
6 公路汽车运输系统	(227)
6.1 公路汽车运输系统的发展及其特征	(227)

6.2	公路汽车运输系统的基本设施	(230)
6.3	公路汽车运输业务	(235)
6.4	车辆运用指标体系	(243)
6.5	货运车辆行驶线路	(250)
6.6	拖挂运输组织	(257)
6.7	长途汽车运行组织	(264)
6.8	公路通行能力	(277)
7	城市公共交通系统	(287)
7.1	城市和城市交通的发展	(287)
7.2	城市轨道交通系统	(289)
7.3	城市道路交通设施	(295)
7.4	城市道路交通系统管理	(299)
7.5	城市公共汽车运行组织	(304)
8	航空运输系统	(319)
8.1	航空运输系统的发展及其特性	(319)
8.2	民用飞机和航空港	(321)
8.3	空中交通运行与管理	(328)
8.4	民航航空运输组织	(336)
8.5	国际航空运输管理	(358)
8.6	机场容量	(362)
9	管道运输系统	(371)
9.1	管道运输系统的发展及其特性	(371)
9.2	管道运输系统的基本设施及其分类	(373)
9.3	管道输油(气)工艺	(375)
9.4	管道生产管理	(379)

第3篇 综合运输规划

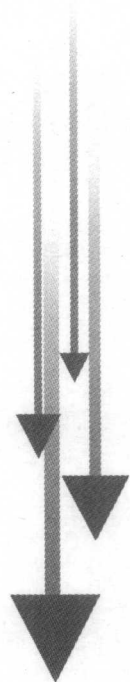
10	综合运输需求预测方法	(387)
10.1	综合运输需求的概念及其特性	(387)
10.2	综合运输需求的产生和影响因素	(389)
10.3	综合运输需求与运量预测	(391)
10.4	综合运输运量预测方法	(392)
10.5	综合运输需求与综合运输布局	(413)
11	综合运输结构规划理论	(427)
11.1	综合运输效率及综合运输结构	(427)
11.2	综合运输结构效率理论	(429)
11.3	综合运输结构合理配置理论	(440)
12	综合交通枢纽规划和设计	(461)
12.1	综合交通枢纽规划概述	(461)

12.2	综合交通枢纽规划的协调发展原理	(462)
12.3	综合交通枢纽场站布局	(468)
12.4	城市综合交通枢纽设计	(476)

第4篇 综合运输运营

13	客货运输组织	(487)
13.1	综合交通枢纽旅客运输组织	(487)
13.2	综合运输货物运输过程组织	(494)
14	集装箱运输	(497)
14.1	集装箱及其种类	(497)
14.2	集装箱运输的发展及其特征	(502)
14.3	集装箱运输的经营	(510)
14.4	国际多式联运	(517)
14.5	大陆桥运输	(528)
15	运输市场营销	(534)
15.1	运输市场	(534)
15.2	运输市场营销的基本原理	(538)
15.3	运输服务质量及其测定	(543)
15.4	运输产品	(547)
16	企业运输选择	(552)
16.1	企业选址问题	(552)
16.2	市场范围问题	(555)
16.3	价格决策问题	(557)
16.4	企业后勤问题	(558)
16.5	自用运输	(564)
16.6	运输方式选择分析	(572)
17	国家运输管制	(580)
17.1	运输管制概述	(580)
17.2	国家运输政策和交通运输法制体系	(582)
17.3	美国的运输管制	(584)
17.4	我国的运输管制和交通运输法规	(586)
17.5	航空解除管制的趋势及其影响	(589)
17.6	运输业的补贴	(590)
参考文献		(594)

第1篇



综合运输通论

1 综合运输概论

1.1 综合运输的基本概念

1. 运输

运输这一词语在日常生活、专业领域和科学研究中，都用得十分广泛。《辞海》对运输的解释是：“人和物的载运和输送”。而对翻译为运输一词（Transportation）的解释，不列颠百科全书为：“将物品与人员从一地运送到另一地及完成这类运送的各种手段。”（17卷181页），简明大英百科全书为：“将货品与人从一地运送到另一地及完成这类运送的各种手段”（18卷156页），大美百科全书为：“运输即把人或物体从一地方搬运到另一地方”（27卷46页）。综上各项相类似的解释，可以说，运输是指借助公共交通网络及其设施和运载工具，通过一定的组织管理技术，实现人与物空间位移的一种经济活动和社会活动。可见，运输作为一项经济活动和社会活动的四要素是：公共交通网络及其设施、运载工具、组织管理技术和运输对象——人与物（管道线网及其设施既具有装载运输对象的功能，又是实现运输对象流动位移的动力，所以在管道运输中“公共交通网络及其设施”和“运载工具”两项要素已融于“管道线网及其设施”之中。）在经济和社会生活中发生的人与物空间位移几乎无所不在，但运输只能指具备相关要素的人与物空间位移。例如，经济活动中的输电、供暖、供气和电信传输的信息等，虽然也产生物的位移，但都已拥有独立于公共交通网络及其设施之外的专用传输系统，不再依赖于人们一般公认的公共运输工具，它不完整地具备运输四要素，因此不属于运输的范畴。又如，一些由运载工具改做他用的特种移动设备（特种车辆、船舶和飞机等）行驶所发生的人与物位移，虽然利用公共交通网络及其设施，因运载工具安装了多种为完成特种任务所需的设备，其行驶的直接目的是为完成某项特定工作，而不是为了完成人与物的位移，它不完整地具备运输四要素，也不属于运输的范围。此外，在工作单位、家庭周围、建筑工地由运输工具所完成的人与物的位移，由某种工作性质所引起的位移，在娱乐场所人的位移，也都因不完整地具备运输四要素，而不属于运输的范围。

2. 交通

《辞海》对交通的解释为：“各种运输和邮电通信的总称，即人和物的转运和输送，语言、文字、符号、图像等传递和播送。”我国第一部大百科全书《中国大百科全书·交通卷》对交通的解释则为：“交通包括运输和邮电两个方面。运输的任务是输送旅客和货物。邮电是邮政和电信的总称；邮政的任务是传递信件和包裹，电信的任务是传送语言、符号和图像。”可以看出，运输、邮政、电信的共同特点都有传递之意，它与我国春秋时期齐国管仲所撰《管子·度地》中“山川涸落，天气下，地气上，万物交通”及晋代陶潜所撰《桃花源记》中“阡陌交通，鸡犬相闻”，认为交通是“彼此相通或往来通达”的论述相近。在不列颠百科全书等世界著名百科全书中，除简明大英百科全书把 Transport-

tation 一词翻译为“交通运输”，采用运输的解释外，还没有独立的“交通”条目。但是，随着科学技术的发展，伴随而来的专业化物质传输系统的形成，人们对运输这一概念认识的深化，不仅已经不把输电、供电、供暖、供气等形成的物质位移列入运输的范围，而且也不再把语言、文字、符号、图像等形式的信息传输列入运输的范围。据此，从专业角度出发，一般可以认为交通是指“通过一定的组织管理技术，实现运载工具在公共交通网络上流动的一种经济活动和社会活动”。交通作为一项经济活动和社会运动的三要素是：公共交通网络及其设施、运载工具和组织管理技术。应该指出，在这里运输对象人与物融合于运载工具之中。事实上，随着社会的进步，经济的发展，物资的位移，人员的流动，运载工具（交通工具）也越来越多地被使用，因此“交通”的含义习惯于特指“交通工具在公共交通网络上的流动”。根据公共交通网络范围的不同，交通可分为全国交通、区域交通和城市交通。也应该指出，交通一词在很多场合是专指城市，即交通工具在城市交通网络上的流动，且侧重于指城市的道路交通。

3. 交通与运输的关系

从对交通与运输两概念的论述中可以看出，交通强调的是运载工具（交通工具）在公共交通线网（交通网络）上的流动情况，而与交通工具上所载运人员与物资的有无和多少没有关系。运输强调的是运载工具上载运人员与物资的多少、位移的距离，而并不特别关心使用何种交通工具和运输方式。交通量与运输量这两项指标的概念最能说明这一点。例如，在公路运输中，公路交通量是指单位时间内（例如1昼夜或1h）通过某路段道路的车辆数，它与运输对象无关，若说某路段的昼夜交通量是5000辆车，这5000辆车都是空车或都是重车，或空重都有，都不会使交通量有任何改变。运输量则不同，它是指一定时期内运送人员或物资的数量。空车行驶不产生运输量，即使都是重载，如果运输对象在每一车辆上的数量不同，所产生的总运输量也会出现不同的情况。在铁路运输中，行车量与运输量的关系也是如此。

显然，交通与运输反映的是同一事物的两个方面，或者说是同一过程的两个方面。这一过程就是运载工具在公共交通线网上的流动；两个方面指的是：交通关心的是运载工具的流动情况（流量的大小、拥挤的程度），运输关心的是流动中运载工具上的载运情况（载人与物的有无与多少，将其输送了多远的距离）。在有载时，交通的过程同时也就是运输的过程。从这个意义上讲，由交通与运输构成的一些词语中，有一部分是可以相互替换使用的，如交通线与运输线，交通部门与运输部门，交通系统与运输系统等。因此，可以说，运输以交通为前提，没有交通就不存在运输；没有运输的交通，也就失去了交通存在的必要。交通仅仅是一种手段，而运输才是最终的目的。交通与运输既相互区别，又密切相关，统一在一个整体之中。

4. 交通运输

根据交通、运输意义及交通与运输关系的分析，可以将交通运输这一概念的意义概括为：运载工具在公共交通线网上流动和运载工具上载运人员与物资在两地之间位移这一经济活动和社会活动的总称。

随着对交通与运输及两者相互关系认识的深化，人们看到了交通与运输既有相互区别又有密切联系，感到了其中任一概念都不能包括交通与运输的全部内容。而交通运输同时表明了同一过程的两个方面。

5. 综合交通体系

“公共交通网络及其设施”和“运载工具”作为“交通”和“运输”的二项基本要素，为交通运输提供了最基本的物质基础。由水路、公路、铁路、民航和管道五种交通运输方式网络及其设施和运载工具组成的综合交通运输基础平台称为综合交通体系。合理的国家综合交通体系应满足如下三项基本要求：

- ① 网络运输能力满足国家发展和国家安全的需要；
- ② 综合运输结构和能力配置结构合理；
- ③ 能确保为客户提供优质的交通、运输服务。

6. 综合运输和综合运输系统

交通运输业的产品是在一定的时间期限内，利用一种或多种交通运输工具，实现顾客所需要的人与物的空间位移。每一个位移都有起点和终点，只有实现了从起点到终点的全部运输过程，才算完成一次完整的运输。当社会对交通运输业的需求超过任何一种交通运输方式单独具有的优势领域时，就难以由其中一种交通运输方式来实现完整的运输过程，这就要求两种或两种以上的交通运输方式进行协作。通过联合运输组织管理技术，实现交通运输方式之间的协调配合，以达到比单独一种交通运输方式来实现运输过程更好的服务目的。

以国家综合交通体系所提供的公共交通网络及设施和运载工具为依托，以现代联合运输工程管理技术和信息技术为基础，以便捷、安全、高效和经济为目标，通过多种交通运输方式的协调配合，组织实现客货运输过程的经济活动和社会活动称为综合运输。

从上述对交通运输和综合运输概念的论述中可以看出，相对于综合运输，交通运输一般是指通过单一交通运输方式组织实现在该交通运输线网范围内完成客货运输过程的经济活动和社会活动，而综合运输是指通过多种交通运输方式的协调配合，组织实现在综合运输线网范围内完成客货运输过程的经济活动和社会活动。因此，综合运输是更完整意义上运输工程技术的概念。

借以组织实现综合运输功能的运输工程管理系统称为综合运输系统，或者说，以国家综合交通体系所提供的公共交通网络及设施和运载工具为依托，以现代联合运输工程管理技术和信息技术为基础，以便捷、安全、高效和经济为目标，通过多种交通运输方式的协调配合，组织实现客货运输过程的运输组织管理系统称为综合运输系统。

7. 综合交通运输体系和综合运输工程学

国家综合交通运输体系由综合交通体系和综合运输系统两部分组成，或者说是综合交通体系和综合运输系统的总称，即它是指为满足国家发展和国家安全需要，构建综合运输结构和能力配置结构合理、能确保为客户提供优质交通运输服务的，由公共交通网络及其设施和运载工具组成的交通运输基础平台，以及基于这一基础平台，以现代联合运输工程管理技术和信息技术为基础，以便捷、安全、高效和经济为目标，通过多种交通运输方式的协调配合，组织实现客货运输过程的运输工程管理之总称。因此，综合运输工程学是探讨合理综合运输结构，以及如何组织运载工具在交通运输网络上的流动和交通运输方式间的合理衔接，将人和物迅速、安全、经济、便利、准时地从甲地运到乙地，以创造空间效用和时间效用的科学。它由综合运输通论、综合运输系统（含水路运输系统、公路汽车运输系统、铁路运输系统、民用航空运输系统、管道运输系统和城市公共交通系统）、综

合运输规划和综合运输运营四部分构成。

1.2 综合运输发展史

1.2.1 世界交通运输发展简史

自有人类以来,即有运输。因为运输乃是人类获取食物、衣服、居室材料、器具及武器的手段,故交通运输发展的历史与人类文明的发展史相始末。早期的人类,在进入文明时期之前,系以其本身作为运输的工具,即以肩扛、背驮或以头顶作为运输方式。其后,随着时间的推移,方知驯养牛、马、骆驼、狗、象等动物驮运或拉拽重物以减轻人类本身的负担,并增进运输的数量。其后则更进而有马鞍、牛轭等器具的发明,因之能充分利用动物的力量以增进运输的效能,使运输的发展进入文明时代。及至轮轴的发明,车辆的出现则更是揭开了现代陆路运输发展的序幕。

在水运方面,木筏是早期人类使用的工具。由此可知,人类从一开始就知道,水路是最方便的运输方式,而木头的浮力可以为运输所用。美洲的印第安人与北美的爱斯基摩人甚至知道挖空木头可以增加浮力道理,因而曾发展过十分精良的独木舟作为水上运输工具。在中国的周朝或其前,就已出现了独木舟;春秋时期的吴国已能制造出乘载 92 人的中型木船;到了汉武帝刘彻时期,还建造了能乘载千余人的大木船。尔后,人类又知道在舟、筏之上,装架动物的皮可以利用风力作为航行之助,这是帆船的前身。简言之,在文明之初始之际,人类已制造出简单的车辆与帆船作为陆上与水上交通工具,并在中国修建了历史上最早的大运河,改善了航路。

进入文明时期之后,帆船首先获得改良。船帆改用编织物制造,船身也有了较佳的设备,在船身之下还有骨架结构以为支撑。同时,船具的装置方法也有了改进。到了希腊罗马时代,帆船在性能与尺寸方面都有了更进一步的发展。罗马的运货船达到可以装载 400 t 以上货物,自埃及的尼罗河谷远航至罗马的水平,这种情况一直维持到 19 世纪才有突破。陆路运输方面,我国在秦朝就已自国都咸阳铺设驿道通达各地。在欧洲,罗马人也有极为重要的贡献,他们广铺道路,其范围不仅限于意大利境内,甚至连西欧、小亚细亚及北非都有他们铺设的道路系统。此外,他们发明了可使四轮马车回转的前轴及车把,借以发展了他们的马车运输。

总之,在文明时代的早期,人类的货物运输及贸易系利用帆船、固定车轴的简陋车辆及骆驼商队而进行;人员的运输方式则以骑乘动物为主。遇有战争,在陆上使用战车,海上则使用用桨帆船的战舰作为战争工具。

及至进入中世纪,一般说来运输工具并无大的改进。其中值得一提的是 10 世纪中马颈项圈的发明,后来证实它较之先前惯用的木轭,更能充分利用牛、马的力量以为运输之用。海运方面,最重要的是发明则是罗盘。在罗盘发明之前,中国人、腓尼基人、埃及人,或是希腊、罗马人都只能在近海之内沿海岸线航行,才能把握方位。虽然当时也有天测航法,但这一方法在天空布有乌云时便失去效用,因而并不可靠。罗盘发明之后,人类海上运输的时代才算真正开始。

进入近代以后,机械化运输开始出现。但在 18 世纪之前,受道路路面崎岖不平的影