

高等教育“十三五”规划教材



# 道路工程

主 编 王 强 焦 玲  
副主编 胡功宏 张 苛 郭 峰

Daolu Gongcheng

Daolu Gongcheng

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等教育“十三五”规划教材

# 道路工程

主 编 王 强 焦 玲

副主编 胡功宏 张 苛 郭 峰

中国矿业大学出版社

## 内 容 提 要

本书为高等教育“十三五”规划教材。全书共分四章,内容包括总论、道路勘测设计、路基路面工程以及交叉工程。本书为高等院校土木工程类专业非道路与桥梁工程专业方向学生专用教材,也可供从事道路设计与施工技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

道路工程 / 王强,焦玲主编. — 徐州:中国矿业  
大学出版社,2017.5

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3366 - 0

I. ①道… II. ①王… ②焦… III. ①道路工程—高  
等学校—教材 IV. ①U41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 288690 号

书 名 道路工程

主 编 王 强 焦 玲

责任编辑 杨 洋

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 21.5 字数 535 千字

版次印次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

## 前 言

为了适应高等教育改革与发展,教育部对高等学校本科专业目录进行了调整,把公路与城市道路工程、桥梁工程、隧道与地下工程纳入了土木工程专业,作者正是在这个背景下决定编写具有交通特色的道路工程方向专业教材。21世纪以来,道路建设的迅猛发展,道路设计及施工的新理念、新技术、新方法如雨后春笋一般不断涌现,为适应新的发展形势,近几年,我国已对有关设计标准、规范也做了大量的修订;与此同时,如何培养具有高素质的创新能力人才以适应21世纪科学技术飞速发展需要,是全球高等院校面临的工程课题。尤其对于土木工程专业的学生,社会不但要求他们具有较为扎实的专业理论知识,同时更需要他们还具备解决具体工程技术问题的专业实践能力。目前高等院校土木工程专业通常细分为工民建、道路与桥梁专业、岩土工程专业等方向,本教材主要针对非道路方向的土木工程专业的教学。以目前情况来看,要实现大土木工程专业的“一本书”教学,即道路工程仅以一门课程就完成专业方向教学,因此在有限的课时下,尽量做到、做好拓宽专业面。本教材编写的目标是能够适用于各专业的道路工程专门知识的教学,包括部分专业方向的土木工程、交通工程、矿建专业、工程管理专业等。

本书作为高等教育“十三五”规划教材,严格按照培养土木工程师的基本要求和教育部“卓越工程师教育培养计划”编写。主要内容包括:总论、道路勘测设计、路基路面工程和交叉工程等内容。

本书由安徽理工大学王强、许昌学院焦玲担任主编,安徽理工大学胡功宏、阜阳师范学院张苛、洛阳理工学院郭峰作为副主编,全书由王强统稿。具体分工如下:安徽理工大学王强、胡功宏编写第一章总论,胡功宏、郭峰编写第二章道路勘测设计,王强、张苛编写第三章路基路面工程,焦玲编写第四章交叉

工程。

同时感谢参与编写的张宝成、桂佑杰等人,编写过程中参考和引用了国内外近年来正式出版的有关规范和教材,在此向有关作者表示感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和未尽之处,恳请读者提出宝贵意见,以便及时修改、完善。

作 者

2016 年 9 月

## 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第 1 章 总论               | 1  |
| 1.1 道路运输概论             | 1  |
| 1.1.1 现代交通运输系统         | 1  |
| 1.1.2 道路的特点及道路运输的作用    | 5  |
| 1.2 道路发展简史与现状          | 6  |
| 1.2.1 国外道路发展简史         | 6  |
| 1.2.2 我国道路发展简史         | 8  |
| 1.2.3 我国道路发展现状         | 12 |
| 1.3 道路的分类、分级与技术标准      | 15 |
| 1.3.1 道路的分类及功能         | 15 |
| 1.3.2 公路的分类与技术标准       | 16 |
| 1.3.3 城市道路的分类与技术分级     | 19 |
| 1.4 道路的基本组成            | 20 |
| 1.4.1 公路工程的基本组成        | 20 |
| 1.4.2 城市道路工程的基本组成      | 21 |
| 1.5 道路工程基本建设程序         | 22 |
| 1.5.1 道路工程项目建议书与可行性研究  | 22 |
| 1.5.2 计划任务书            | 24 |
| 1.5.3 道路勘测设计阶段划分       | 25 |
| 1.5.4 设计文件编制           | 25 |
| 1.5.5 道路工程施工管理与验收      | 26 |
| 1.6 道路规划               | 30 |
| 1.6.1 概述               | 30 |
| 1.6.2 道路规划基础资料调查       | 31 |
| 1.6.3 道路规划的基本要求与路网形式   | 32 |
| 思考与练习                  | 35 |
| 第 2 章 道路勘测设计           | 36 |
| 2.1 道路平面线形设计           | 36 |
| 2.1.1 概述               | 36 |
| 2.1.2 道路平面线形三要素        | 37 |
| 2.1.3 道路平面线形设计的一般原则与组合 | 53 |
| 2.1.4 行车视距             | 57 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 2.1.5 平面设计成果       | 62  |
| 2.2 道路纵断面设计        | 66  |
| 2.2.1 概述           | 66  |
| 2.2.2 纵坡设计         | 68  |
| 2.2.3 竖曲线设计        | 73  |
| 2.2.4 纵断面设计方法及设计成果 | 78  |
| 2.2.5 平、纵线形组合设计    | 81  |
| 2.2.6 爬坡车道         | 85  |
| 2.3 道路横断面设计        | 87  |
| 2.3.1 概述           | 87  |
| 2.3.2 横断面各组成部分设计   | 87  |
| 2.3.3 超高与加宽        | 102 |
| 2.3.4 横断面设计步骤及主要成果 | 107 |
| 2.4 道路选线与定线        | 110 |
| 2.4.1 概述           | 110 |
| 2.4.2 各类地形选线要点     | 113 |
| 思考与练习              | 125 |
| <b>第3章 路基路面工程</b>  | 126 |
| 3.1 一般路基设计         | 126 |
| 3.1.1 概述           | 126 |
| 3.1.2 路基的类型        | 127 |
| 3.1.3 路基设计         | 129 |
| 3.1.4 路基附属设备       | 135 |
| 3.1.5 路基病害及防治      | 136 |
| 3.2 路面设计           | 142 |
| 3.2.1 概述           | 142 |
| 3.2.2 沥青路面设计       | 143 |
| 3.2.3 水泥混凝土路面设计    | 154 |
| 3.2.4 路面病害及防治      | 171 |
| 3.3 路基路面排水设计       | 179 |
| 3.3.1 概述           | 179 |
| 3.3.2 路基排水设计       | 181 |
| 3.3.3 路面排水设计       | 191 |
| 3.4 道路施工           | 202 |
| 3.4.1 路基施工         | 202 |
| 3.4.2 路面施工         | 211 |
| 3.5 道路的养护与维修       | 235 |
| 3.5.1 概述           | 235 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 3.5.2 路基的养护与维修 .....    | 237 |
| 3.5.3 路面的养护与维修 .....    | 245 |
| 思考与练习 .....             | 259 |
| <b>第4章 交叉工程</b> .....   | 260 |
| 4.1 交叉工程设计概述 .....      | 260 |
| 4.1.1 交叉口的作用和分类 .....   | 260 |
| 4.1.2 交叉口的交通特征 .....    | 260 |
| 4.1.3 改善交叉口的基本途径 .....  | 262 |
| 4.2 平面交叉设计 .....        | 262 |
| 4.2.1 平面交叉口通行空间设计 ..... | 262 |
| 4.2.2 交叉口立面设计 .....     | 279 |
| 4.3 立体交叉规划设计 .....      | 286 |
| 4.3.1 立体交叉的设置与类型 .....  | 286 |
| 4.3.2 互通式立体交叉 .....     | 290 |
| 4.3.3 分离式立体交叉 .....     | 312 |
| 4.3.4 人行立交 .....        | 312 |
| 4.3.5 高架道路 .....        | 321 |
| 思考与练习 .....             | 333 |
| <b>参考文献</b> .....       | 334 |

# 第1章 总 论

## 1.1 道路运输概论

### 1.1.1 现代交通运输系统

为满足社会生产与消费的需要,人们必须克服空间上的障碍,实现人和物的移动,为实现这种移动提供服务所进行的经济活动称为运输。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。交通运输是经济发展的基本需要和先决条件,现代社会的生存基础和文明标志,社会经济的基础设施和重要纽带,现代工业的先驱和国民经济的先行部门,资源配置和宏观调控的重要工具,国土开发、城市和经济布局形成的重要因素,对促进社会分工、大工业发展和规模经济的形成,巩固国家的政治统一和加强国防建设,扩大国际经贸合作和人员往来发挥重要作用。

交通运输业是指国民经济中专门从事运送货物和旅客的社会生产部门,是一个独立的、特殊的物质部门,是发展国民经济、提高人民物质文化和生活水平的重要基础设施。交通运输具有物质生产的三个要素:① 从事交通运输生产的劳动者;② 线路、机场、码头、机车、车辆、船舶、通信、信号等劳动资料;③ 作为劳动对象的旅客或货物。在交通运输生产的三个要素中,劳动者和劳动资料可由运输部门控制,但劳动对象即运送的旅客和货物,运输部门只是提供服务而不能自由支配,所以运输业虽然是一个物质生产部门,但还具有服务的功能。服务功能决定了运输安全在各个运输方式的协调配合、合作分工的条件下,要能安全、舒适、快捷地满足运输需求,以适应国民经济和社会发展的需要。

交通运输系统是在社会生产发展到一定历史阶段产生的。18世纪蒸汽机的发明,使交通领域逐渐出现了列车、机动船、汽车、飞机和管道等新型运输工具。采用新型的运输工具,需要配套的工程技术设备和相应的科学组织管理,从而构成了新型的运输方式。

现代交通运输系统主要由铁路运输(railway transportation)、道路运输(road transportation)、航空运输(aerial transportation)、管道运输(pipeline transportation)和水路运输(shipment transportation)5种运输方式组成。这些运输方式的点、线、面交通运输组成国家综合运输系统。同时,由于各种运输方式的技术经济特征不同,各有其优势,不同运输方式都有其适宜的使用范围。

#### 1.1.1.1 铁路运输

铁路运输是一种陆上运输方式,以机车牵引列车在两条平行的铁轨上行走,广义的铁路运输尚包括磁悬浮列车、缆车、索道等非钢轮行进的方式,或称轨道运输。铁路运输是现代运输主要方式之一,也是构成陆上货物运输的两个基本运输方式之一。它在整个运输领域中占有重要的地位,并发挥着越来越重要的作用。铁路运输适合大宗笨重的中远程运输,要求准时到达的远程客货运输以及容易死亡、变质的活物、鲜货的中远程运输。铁路运输的特

点主要有以下几个方面:

① 铁路运输的经常性、连续性好。铁路运输几乎不受气候影响,一年四季可以不分昼夜地进行定期的、有规律的、准确的运转,在运输的经常性方面优势显著。

② 铁路运输运行速度快。铁路运输每昼夜可达几百公里以上,一般普通列车的速度可达 100 km/h 左右,而高速铁路的速度则更快,远高于海上运输。

③ 运输能力大。铁路一列货物列车一般能运送 3 000~5 000 t 货物,能承担大量货物和人的运输,远远高于航空运输和汽车运输。

④ 铁路运输成本较低。铁路运输费用仅为汽车运输费用的十几分之一到几分之一,尤其是运距越长和运输量越大,单位成本越低。

⑤ 铁路运输安全可靠,风险远比海上运输小。

⑥ 初期投资大。铁路运输需要铺设轨道、建造桥梁和隧道,建路工程艰巨复杂;需要消耗大量钢材、木材;占用土地,其初期投资大大超过其他运输方式。

⑦ 无法实现“门对门”的运输,通常要依靠其他运输方式配合,才能完成运输任务,除非托运人和收货人均有铁路支线。

⑧ 铁路运输中的货损率较高,而且由于装卸次数多,货物损毁或丢失事故通常比其他运输方式多。

铁路在国民经济中的作用非常重要,责任重大。近年来,国内煤电油运的形势依然紧张。铁路不仅需要加强自身的建设、挖潜提效、多拉快跑,还要融入经济社会,在西部大开发、振兴东北老工业基地、促进中部崛起、推动区域协调发展中,发挥铁路在交通运输上的多种优势,为国民经济的平稳较快发展和构建社会主义和谐社会贡献力量。

#### 1.1.1.2 道路运输

道路运输,是一种在道路上进行运输活动的运输方式,是一种能实现“门到门”的最快捷的陆上运输方式。道路运输适合少量货物的短途运输、短途客运以及容易死亡、变质的活物、鲜货的短途运输。道路运输的特点主要有以下几个方面:

① 机动灵活,适应性强。能适应各种地形条件,可在规定时间和地点分散和集中货物和旅客。

② 可实现“门到门”直达运输。汽车体积较小,中途不需要换装,从而节省时间和费用,可以把旅客和货物从始发地门口直接运送到目的地门口,实现“门到门”直达运输。

③ 通达性好。道路运输能深入边远地区或山区,可直接与任何工矿企业区或居民点相连。

④ 运送速度较快,投资回收快。公路运输与铁、水、航运方式相比,所需固定设施简单,车辆易于驾驶且购置费用较低,投资回收期短。

⑤ 投资少,社会效益高。同铁路、航空运输相比,公路运输投资较少、见效快,公路建设还能给沿线地区带来显著的社会效益和经济效益。

⑥ 运输量较小,运输成本偏高。在几种运输方式中,汽车运输是仅次于航空运输,成本第二高的运输方式。

⑦ 运行持续性差,安全性较低,污染环境较大。在几种运输方式中,道路运输的运距最短,因道路交通事故致死、致残的人员数量较高。同时,汽车尾气和车辆噪声也严重地威胁着人类的健康,是城市环境污染的最大污染源之一。

道路运输是国民经济的重要组成部分,对国民经济具有促进和制约作用。改革开放以来,我国道路建设得到了持续、快速、健康的发展,取得了举世瞩目的成就。多年来,国家和地方一直致力于道路管理体制的建设、完善,为最终建立科学合理的道路管理体制和强化道路的行业管理,积累了宝贵的经验,奠定了扎实的基础。目前,道路运输已成为世界各国广泛采用的一种主要运输方式。

#### 1.1.1.3 水路运输

水路运输是以船舶为主要运输工具,以港口或港站为运输基地,以水域包括海洋、河流和湖泊为运输活动范围的一种运输方式。水路运输具有悠久的历史,较适于担负大宗、低值、笨重和各种散装货物的中长距离运输,其中特别是海运,更适于承担各种外贸货物的进出口运输。水路运输的特点主要有以下几个方面:

① 通航能力不受限制。水运主要利用江、河、湖泊和海洋的“天然航道”来进行。水上航道四通八达,通航能力几乎不受限制,而且投资省。

② 运量大,成本低。水上运输可以利用天然的有利条件,实现大吨位、长距离的运输,运量大、成本低的特点非常适合大宗货物的运输。

③ 是开展国际贸易的主要方式,是发展经济和友好往来的主要交通工具。

④ 受自然条件的限制与影响大。受海洋与河流的地理分布及其地质、地貌、水文与气象等条件和因素的明显制约与影响。

⑤ 对综合运输的依赖性较大。河流与海洋的地理分布有相当大的局限性,水运航线无法在广大陆地上任意延伸。

水路运输是国民经济发展的润滑剂。水路运输按其航行的区域,大体上可划分为远洋运输、沿海运输和内河运输三种形式。远洋运输通常是指除沿海运输以外所有的海上运输,沿海运输是指利用船舶在我国沿海区域各地之间的运输,内河运输是指利用船舶、排筏和其他浮运工具,在江、河、湖泊、水库及人工水道上从事的运输。作为水路运输重要组成部分之一的内河运输,为国民经济的繁荣发展,特别是沿江、沿河等内陆省份经济的繁荣发展起到了重要作用。

#### 1.1.1.4 航空运输

航空运输又称飞机运输,它是在具有航空线路和飞机场的条件下,利用飞机作为运输工具进行货物运输的一种运输方式。近年来,采用航空运输的方式日趋普遍,航空货运量越来越大,航空运输的地位日益提高。航空运输适合贵重、急需但数量不大的货物,大城市和国家的快速客运及报刊、邮件运输等。航空运输的特点主要有以下几个方面:

① 运行速度快。由于在空中较少受到目标条件的限制,因此航空线一般取两点间的最短距离。这样,航空运输能够实现两点间的高速、直达运输,尤其在远程直达上更体现其优势。

② 破损率低、安全性高。航行支持设施,如地面通讯设施、航空导航系统、着陆系统以及保安监测设施的迅速改进与发展更提高了其安全性。且航空运输的地面操作流程环节比较严格,管理制度比较完善,这就使货物破损率很低,安全性较好。

③ 营运成本较高。航空运输的成本及运价均高于铁路、水运,是一种价格较高的运输方式。航空运输通常不如其他运输方式普及,尤其是在不发达国家。

④ 节省包装等费用、加快资金周转。运输速度快,商品在途时间短、交货速度快,可降

低商品的库存数量、减少仓储费、保险费和利息支出等。另外,货损和货差较少,包装可相应地简化,降低了包装费用和保险费用。产品流通速度加快,也加快了资金周转速度。

⑤ 基建周期短、投资少,不需要向地面交通线路建设那样投入大量的基建费用。

⑥ 受气候条件制约影响大。因出行条件要求高(保证安全),航空运输在一定程度上受到气候条件的限制,从而影响运输的准确性与正常性。

航空运输是一个对国民经济贡献极大的行业,航空运输对区域经济具有显著的推动作用。航空运输受益于改革开放,又反过来直接促进改革开放。GDP 对民航有拉动作用,即社会对民航运输的需求量不断上升,民航也为 GDP 的增长作出了贡献。随着我国工农业生产和整个国民经济的发展,民用航空运输对于国民经济活动的关系也越来越密切,正在日益发挥它的独特作用。民用航空运输根据自己的特点和分工,和其他运输方式相互配合,相互补充,密切衔接,共同努力,就能迅速、及时、质量良好地把货物从生产地运到消费地。

#### 1.1.1.5 管道运输

管道运输是一种以管道输送流体货物的一种方式,而货物通常是液体和气体,是统一运输网中干线运输的特殊组成部分。管道适合大宗流体货物运输,其特点主要有以下几个方面。

① 运量大。管道运输可省去水运或陆运的中转环节,缩短运输周期,降低运输成本,提高运输效率。当前管道运输中管道的口径不断增大,运输能力大幅度提高;管道的运距迅速增加;运输物资由石油、天然气、化工产品等流体逐渐扩展到煤炭、矿石等非流体。

② 建设投资相对较小,占地面积少,受地理条件限制少。管道建设的投资和施工周期均不到铁路的  $1/2$ 。管道埋于地下,只有泵站、首末站占用一些土地,占用土地少。管道可以从河流、湖泊、铁路、公路下部穿过,也可以翻越高山,横穿沙漠,一般不受地形与坡度的限制,可以缩短运输里程。

③ 由于管道埋于地下,受气候和环境的影响较小,可以长期稳定运行。

④ 可实现远程控制,自动化程度高。管道输送流体能源,主要依靠增压站提供压力能,设备运行比较简单,易于就地自动化和进行集中遥控。先进的管道增压站可做到无人值守,生产效率高。

⑤ 耗能少、成本低、效益好。管道运输是一种连续工程,运输系统不存在空载行程,运输效率高,理论分析和实践经验已证明,管道口径越大,运输距离越远,运输量越大,运输成本就越低,以运输石油为例,管道运输、水路运输、铁路运输的运输成本之比为  $1:1:1.7$ 。

⑥ 沿线不产生噪声,泄漏污染少,有利于环境保护。据近 10 年西欧石油管道统计泄露污染仅为输送量的  $4\%$ 。

⑦ 灵活性差,专用性强。管道运输不如其他运输方式(如道路运输)灵活,不容随便扩展管线。管道运输常常要与铁路运输或道路运输、水路运输配合才能完成全程输送。运输对象受到限制,承运的货物比较单一。只适合运输诸如石油、天然气、化学品、碎煤浆等气体和液体货物。

随着石油、天然气工业的不断发展,管道运输在国民经济中地位也越来越重要,发展步伐不断加快。目前,是中国管道工业的黄金期,除得益于中国经济的持续快速发展和能源结构的改变,建设的中俄输气管线、内蒙古苏格里气田开发后将兴建的苏格里气田外输管线、土库曼斯坦和西西伯利亚至中国的输气管线等,不仅为中国,也为世界管道业提供了发展机

遇。但长输管道在运行中的泄漏问题,既造成了资源的浪费,也对自然环境产生了污染,是一个急需解决的问题。

交通运输是现代经济社会正常运行的基础保障,经济社会实现现代化首先要求交通运输现代化。近年来,我国的铁路、公路、水运和民航等运输方式均得到较快的发展,而且随着交通运输事业市场化程度的不断提高,各种运输方式之间的市场竞争也已全面展开。综合以上五种交通运输方式,道路运输除运输成本高以外,具有其他运输方式不可比拟的优势,也是一种最活跃的运输方式,显示出广阔的发展前景。

### 1.1.2 道路的特点及道路运输的作用

#### 1.1.2.1 道路的特点

近百年来,汽车运输之所以能得以迅速发展,是和道路及其运输所具有的一系列特点分不开的。与其他交通运输相比,它具有以下属性及特征。

##### (1) 道路的基本属性

道路建设与道路运输是物质生产,因而它必然具有物质生产的基本属性,即有生产资料、劳动手段和劳动力以及作为物质产品而存在的道路。同时,它又有其本身特有的基本属性。

① 公益性——道路分布广、涉及面宽,能使全社会受益,同时也受到社会各方面的关注和支持。特别是近年来由于道路运输在促进社会商品经济发展方面发挥了巨大的作用,使道路受到社会的重视。

② 商品性——道路建设是物质生产,道路是产品,必然具备商品的基本属性,它既具有商品价值,又具有使用价值。这一属性是目前发展商品化道路(亦称收费道路)的基本依据。

③ 超前性——道路的超前性主要是指道路的先行作用。道路是为国民经济和社会发展服务的,它作为国家连接工农业生产的链条和经济腾飞的跑道,其发展速度应高于其他部门的发展速度。这就是通常所说的“先行官”作用。

④ 储备性——道路运输是资金密集型和技术密集型的产业,属于国家基本建设项目,道路的建设不仅要满足其现行通行能力的要求,还要考虑今后一段时间内通行能力增长的要求,即要有一定的储备能力。这就要求建设之前,必须要有统一的规划、可行性论证、周密的经济和交通调查、加强交通预测以及精心设计等工作,以满足远景发展的需要。

##### (2) 道路的经济特征

道路作为一种特殊的物质产品,它还具有一些经济特征,主要有:

① 道路产品是固定在广阔地域上的线形建筑物,不能移动。这不同于一般的工业生产和建筑业。工业生产一般是生产设备固定,而产品从原材料到成品在生产过程中流动,而道路与此相反。建筑业虽然也是这样,但其产品分布在各点上,而不是线形工程。因此,道路建设的流动空间更大,工作地点更不固定,受社会和自然环境影响大,具有更强的专业性。

② 道路的生产周期和使用周期长。通常一条上百公里的道路建成要花两三年的时间,高等级道路还更长,在实施过程中需耗用大量的人力、物力和财力。投入使用后一般使用年限为10~20年。在使用过程中还需进行经常性的养护、维修和管理工作。

③ 道路虽是物质产品,但不具有商品的形式。在商品经济中,一般的产品都采取商品交换形式,出售后进入消费。而道路建成后,不能作为商品出售,也不存在等价交换的买卖

形式,只提供给社会使用。其投资费用以收费(使用道路的收费和养护管理费)和运输运营中收费形式来补偿。

④ 具有特殊的消费过程和消费方式。一般的商品生产与消费在时间和空间上都是分离的。即商品必须成型后,才能运送到市场进行交换和消费。而道路则可边建设、边使用,并在使用过程中边养护、维修与改造。生产与消费不可分割,在时间和空间上是重复的。道路在消费形式上,不是一次性,而是多次消费。这就对道路的质量提出了特别高的要求,以确保其多次重复性使用(消费)中车辆行驶的安全、快速、经济和舒适。

⑤ 道路是作为一个完整的系统,发挥其作用,为社会服务。一条道路由路线、路基、路面、桥涵等各部分组成完整的系统。而一个区域的道路网,则是由许多条道路组成一个有机的网络系统。而这个系统又成为交通运输系统中的一个子系统,这就要求各条道路的修建要统筹规划,相互协调,密切配合,从整体的角度为社会服务。

### 1.1.2.2 道路运输在国民经济中的地位和作用

道路运输是交通运输系统的重要组成部分,是为国民经济、社会发展和人民生活服务的基础设施。社会经济的发展和交通运输的需求决定着道路运输的发展进程,而道路运输的发展也影响和制约着社会经济和交通运输的发展水平。道路运输以其机动性、灵活性等特点深入影响政治、经济、文化、教育、军事及人们的日常生活等各个方面。随着国家经济实力的发展和科学技术水平的不断提高,道路运输的地位越来越重要。

道路运输与国民经济的发展存在着相互促进、相互制约的对立统一的关系,道路运输在国民经济中的地位和作用主要表现在以下方面:

① 道路运输是最便捷且唯一具有直达功能的运输方式。道路运输可以实现门到门的运输,自成运输体系,这种直达的运输作用是其他运输方式所不具备的。

② 道路运输可以为其他运输方式集散、接运客货。道路运输灵活性、输入性的特点可将其他运输方式连接成网,充分发挥运输业在经济和社会发展中的重要作用。

③ 道路运输的通达深度广、覆盖面大。道路运输可以将地区、城乡、企业、不同用户之间的经济活动连接起来,为各个产业的生产活动提供服务。

④ 道路运输成为世界各国发展最快和主要的运输方式。道路运输的发达程度已成为衡量一个国家经济实力和现代化水平的重要标志。

## 1.2 道路发展简史与现状

道路的历史,就是人类社会的发展史。道路伴同人类活动而产生,也必然随着人类生产和生活的改变而改变,道路的发展促进社会的进步和发展,是历史文明的象征、科学进步的标志。

### 1.2.1 国外道路发展简史

#### 1.2.1.1 西方古代道路

公元前 1900 年前,亚述帝国曾修筑了从巴比伦辐射出的道路;今天在巴格达和伊斯法罕之间,仍留有遗迹。传说非洲古国迦太基人(公元前 600~前 146 年)曾首先修筑有路面的道路,后来为罗马所沿用。

罗马帝国大修道路对维护帝国的兴盛起着很大的作用。由首都罗马通过修建道路和意

大利、英国、法国、西班牙、德国、小亚细亚部分地区、阿拉伯以及非洲北部连成整体,以维持在该地区的统治地位。并把这些区域分成 13 个省,有 322 条联络干道,总长度达 78 000 km (52 964 罗马里)。罗马大道网,以 29 条主干道为主,其中最著名的一条是由罗马东南方向越过亚平宁山脉通往布林迪西的阿庇乌大道(一译亚平大道),全长约 660 km,开始兴建于公元前 400 年前后,用了 68 年的时间,完成后起了沟通罗马与非洲北部和远东地区的作用。罗马大道的主要特征有二:一是路面高于地面,主要干道平均高出 2 m 左右,以利瞭望保障行车安全,因此,成为现代英语所袭用的“highway”一词的来源;二是两点之间常常不顾地形的艰险,恒以直线相连,工程浩大,至今尚留有隧道、桥梁挡土墙的遗迹其中若干主要军用大道宽达 11~12 m,中间部分宽 3.7~4.9 m,用硬质材料铺砌成路面,以供步兵使用,两边填筑了高于路面的宽约 0.6 m 的堤道,可能是为军官指挥之用,外侧每边尚有 2.4 m 宽的骑兵道。其施工方法是先开挖路槽,然后分四层用不同大小的石料并用泥浆或灰浆砌筑,总厚达 1 m。路面的式样也不尽相同,较高级的阿庇乌大道,曾用远自 160 km 以外运来的边长 1~1.5 m 的不整齐石板,镶砌于灰浆之中。有些道路上是用大理石方块或用厚约 18 cm 的琢石铺砌。

罗马帝国的道路建设之所以有如此辉煌的成就,主要原因之一在于统治者的重视,道路的主持者是高级官吏,道路的最高监督有至高的权威和荣誉,如恺撒(公元前 102 或前 100~前 44 年)是第一个任此职者,从此以后只有执政官级别的人才有资格充当。正因为道路建设对罗马帝国的兴盛起着很大的作用,罗马人修建了凯旋门,纪念诸如恺撒、图拉真等的筑路功绩。随着罗马帝国的衰亡,道路建设也随之衰落。可以说,国家的兴衰和道路的状况有着密切的联系。

### 1.2.1.2 西方近代道路

首先用科学方法改善道路施工的,是拿破仑时代法国工程师 P.-M.-J. 特雷萨盖,由于他的努力,筑路技术向科学化和近代化迈出了第一步。他曾于 1764 年发表了新的筑路方法,10 年后在法国获得普遍采用,主要特点是减薄了路面的厚度,底层用较大的石料竖向铺筑,用重夯夯实;其上同样铺成第二层后,再用重夯夯击并将小石块填满大孔隙中;最上层撒铺坚硬的碎石,罩面形成有拱度的厚约 7.5 cm 的面层。他重视养护,被认为是首先主张建立道路养护系统的人,在他的影响下,法国的筑路精神重新受到了鼓舞。导致拿破仑当政期间(1804~1814 年),建成了著名的法国道路网。因而当时法国尊称特雷萨盖为现代道路建设之父。

英国的苏格兰工程师 T. 特尔福德于 1815 年建筑道路时,采用一层式大石块基础的路面结构,用平均高约 18 cm 的大石块铺砌在中间,两边用较小的石块以形成路拱,用石屑嵌缝后,再分层摊铺 10 cm 和 5 cm 的碎石,以后借助交通压实。其要求较特雷萨盖更为严格。以后将这种大块石基础称为特尔福德基层。1816 年间英国另一苏格兰的工程师 J. L. 马克当,对碎石路面做了认真的研究,认为路面损坏的原因,主要是选用材料不良,准备工作不够,铺筑工艺欠精,以及设计不合理等。他主张取消特尔福德所发明的笨重的大石块基础而代之以小尺寸的碎石材料,用两层 10 cm 厚的 7.5 cm 大小的碎石,上铺一层 2.5 cm 的碎石作面层获得了成功;因而今天仍将这种碎石路面称为马克当路面。他首先科学地阐述了路面结构的两个基本原则,至今尤为道路工作者所肯定:一是道路承受交通荷载的能力,主要依靠天然土基,并强调土路基要具备良好的排水,当它经常处于干燥下,才能承受重载而不

致发生沉降;二是用有棱角的碎石,互相咬紧锁结成为整体,形成坚固的路面。根据当时的交通情况,路面的厚度,一般小于 25 cm 即可适应。与罗马时代的路面厚度相较,减薄了 3/4,节约了大量的人力和材料。路面施工的压实,主要依靠车辆,并经常用工具整平,直到路面坚实为止。因此,路面的成型耗费时日,而破碎石料则更加费时费工。

1858 年发明了轧石机后,促进了碎石路面的发展,后来又用马拉的滚筒进行压实工作。1860 年在法国出现了蒸汽压路机,进一步促进并改善了碎石路面的施工技术和质量,加快了进度。在 20 世纪初,世界上公认碎石路面是当时最优良的路面而推广于全球。马克当还为汽车时代交通与道路的关系提出了正确的见解。他认为:道路的建设应该适应交通的发展,而不应该为了维持落后的道路而限制交通。这个主张为以后公路发展起了很大的作用。1883 年 G. W. 戴姆勒和 1885 年 C. F. 本茨分别发明汽车,1888 年 J. B. 邓洛普发明充气轮胎,加上马克当的碎石路面,成为近代道路交通的三大支柱。与此同时,特尔福德以道路工程师的身份首先创办了土木工程师学会,并担任了终身的主席,发展成为国际上群众性学术团体。

从上可见,道路工程的改革是自路面开始。如碎石路面的结构,在当时虽然新颖,但只是原始的。自古以来,在道路建设上也已经知道外加结合料的重要性,过去是石灰、沥青,后来是水泥。由于所用材料的不同,其结构性能表现也各异,因而将路面分为柔性和刚性两大类。近来,由于缓凝性质材料(主要是工业废料)的采用,又有半刚性路面之分。

汽车发明后,性能不断改善,在速度、安全和舒适方面有很大的提高,原来的道路条件已不能适应,因而有高速公路的出现,在英国称“motorway”,美国称“freeway”,德国称“autobahn”,日本称“高速道路”。自第二次世界大战以后,各国也有相应的发展,高速公路已成为公路现代化的标志。

### 1.2.2 我国道路发展简史

我国道路发展史可以追溯到距今 4000 年前的新石器晚期,中国有记载役使牛马为人类运输而形成驮运道,并出现了原始的临时性的简单桥梁。相传中华民族的始祖黄帝,因看见蓬草随风吹转,而发明了车轮,于是以“横木为轩,直木为辕”制造出车辆,对交通运输作出了伟大贡献,故尊称黄帝为“轩辕氏”。随着车辆的出现产生了车行道,人类陆上交通出现了新局面。我国道路的发展史大体经历了如下三个阶段。

#### 1.2.2.1 古代道路(公元前 21 世纪~公元 1911 年)

早在公元前 2000 年,我国已出现可行驶牛、马车的道路。商朝(公元前 16~前 11 世纪)已经懂得夯土筑路,并利用石灰稳定土壤。从商朝殷墟的发掘,发现有碎陶片和砾石铺筑的路面,并出现了大型的木桥。周朝(公元前 11~前 5 世纪)道路的规模和水平有很大的发展。《诗经·小雅》记载:“周道如砥,其直如矢。”说明当时道路坚实平坦如磨石,线形如箭一样直。对道路网的规划、标准、管理、养护、绿化以及沿线的服务性设施方面,也有所创建。首先把道路分为市区和郊区,前者称为“国中”,后者称为“鄙野”,分别由名为“匠人”和“遂人”的官吏管理。可以说是现代城市道路和公路划分的先河。城市道路的规划,分为“经、纬、环、野”四种,南北之道为经,东西之道为纬,都城中有九经九纬,成棋盘形,围城为环,出城为野。规定有不同的宽度(其单位是轨,每轨宽八周尺,每周尺约合 0.2 m),经涂、纬涂宽九轨,环涂宽七轨,野涂宽五轨。郊外道路分为路、道、涂、畛、径五个等级,并根据其功能规定不同的宽度,有如现代的技术标准。在路政管理上,朝廷设有“司空”掌管土木建筑及道

路,而且规定“司空视涂”,按期视察,及时维护;如“雨毕而除道,水涸而成梁”;并“列树以表道,立鄙食以守路”,是以后养路、绿化和标志的萌芽。而且“凡国野之道,十里有庐,庐有饮食;三十里有宿,宿有路室,路室有委;五十里有市,市名侯馆,侯馆有积”,其道路服务性设施的齐备程度,可想而知。以上情况,足见中国周朝的道路,已臻相当完善的程度。周王朝规划的道路系统如图 1-1 所示。

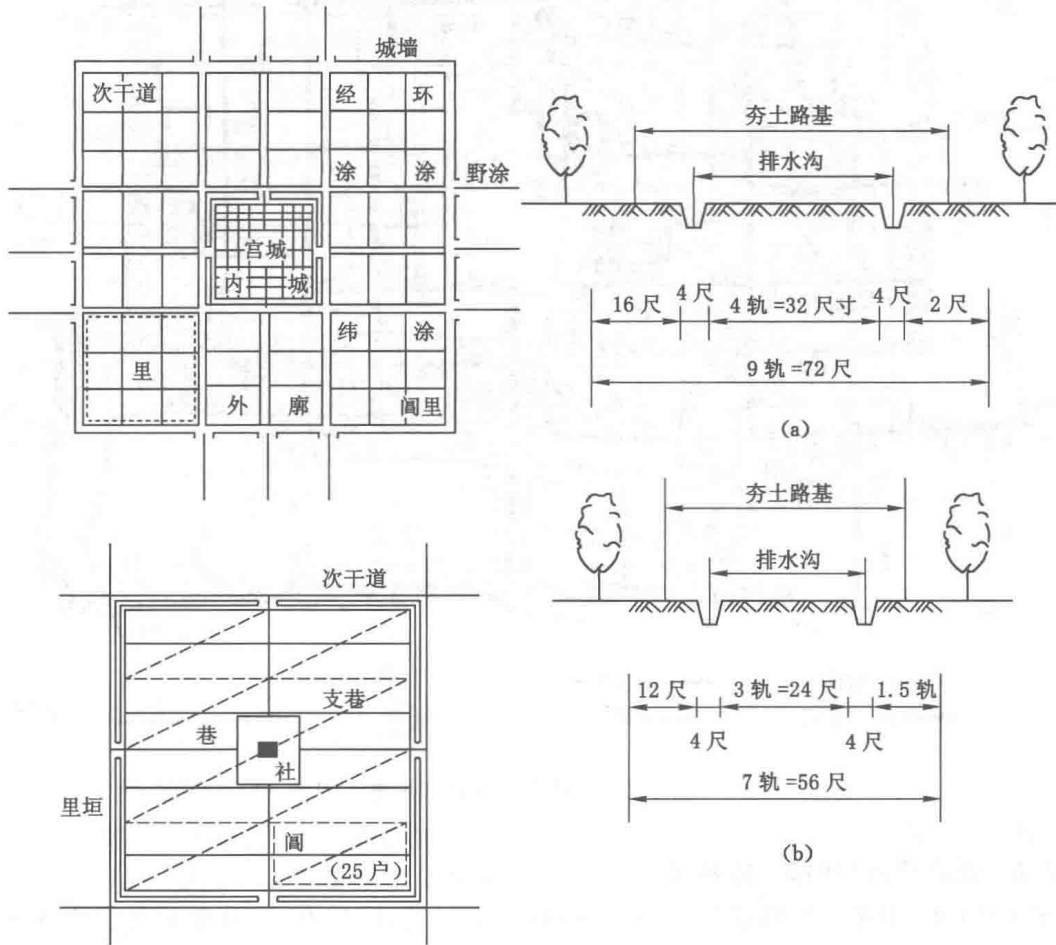


图 1-1 周王朝规划的道路系统  
(a) 经纬横截面;(b) 环涂横断面

战国时期(公元前 475~前 221 年)车战频仍交往繁忙,道路的作用显得日益重要。当时在山势险峻之处凿石成孔,插木为梁,上铺木板,旁置栏杆,称为栈道,是中国古代道路建设的一大特色。秦朝时期,强调“车同轨、书同文”,秦始皇为巩固政权、便利通商,大修驰道,形成了全国性的基本道路网,古史有“皇帝坐车,任重而道远”的记载。汉代时期,十里一亭,三十里一驿,作为交通运输中继站,伸展运输距离。秦汉时期,长达 7 000 km 的通往中亚细亚和欧洲的“丝绸之路”,是当时欧亚大陆的通商交通动脉,是中西文化、宗教交流的主要路线,它促进了世界文明的孕育和发展,成为我国人民和中西亚、欧洲人民友好往来的象征。

唐代是我国古代道路发展的鼎盛时期,初步形成了以城市为中心的四通八达的道路网。唐朝长安城道路网系统如图 1-2 所示。清代道路网系统分为三等,即“官马大路”、“大路”、