

高职高专规划教材

道路桥梁工程概论

DAOLU QIAOLIANG GONGCHENG GAILUN

田海风 主编



化学工业出版社

高职高专规划教材

U41
56

道路桥梁工程概论

DAOLU QIAOLIANG GONGCHENG GAILUN

田海风 主编

昆明理工大学图书馆
呈贡校区
中文藏书章



03002091333



化学工业出版社

·北京·

本书以工程为主线来概要介绍道路与桥梁工程中的各个层面,充分考虑了道路桥梁工程技术专业的特点,较为详尽地阐述了道路与桥梁工程技术所涉及的各个领域的内容,包括各类工程结构以及施工、管理、监理、经济和计算机应用等多方面的内容。收集了大量新的工程信息,列有多幅工程照片。

本书可作为高职高专道路桥梁工程技术专业的职业基础课教材,也可作为土木工程、交通运输、交通工程等专业道路与桥梁方向的概论类教材,还可供在土木建筑领域担任领导及管理工作的相关人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

道路桥梁工程概论/田海风主编. —北京:化学工业出版社, 2011.1

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-10019-1

I. 道… II. 田… III. ①道路工程-高等学校:技术学校-教材②桥梁工程-高等学校:技术学校-教材 IV. ①U41②U44

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第232936号

责任编辑:王文峡
责任校对:顾淑云

文字编辑:冯国庆
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张14 字数342千字 2011年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

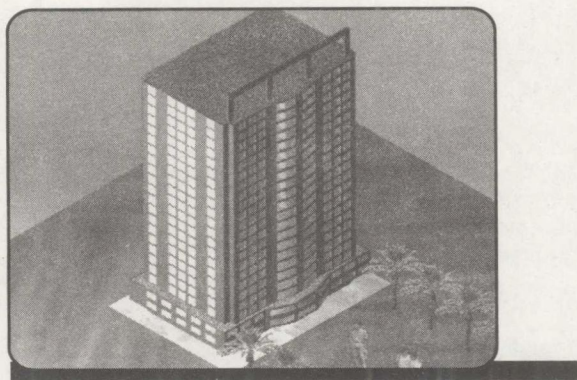
网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

昆明理工大学图书馆
呈贡校区
中文藏书章



高职高专土建教材编审委员会

主任委员 陈安生 毛桂平

副主任委员 汪 绯 蒋红焰 赵建军 李 达 金 文

委 员 (按姓名汉语拼音排序)

蔡红新	常保光	陈安生	陈东佐	陈锦平
窦嘉纲	冯 斌	冯秀军	龚小兰	顾期斌
何慧荣	洪军明	胡建琴	黄利涛	黄敏敏
蒋红焰	金 文	李春燕	李 达	李棕京
李 伟	李小敏	李自林	刘昌云	刘冬梅
刘国华	刘玉清	刘志红	毛桂平	孟胜国
潘炳玉	邵英秀	石云志	史 华	宋小壮
汤玉文	唐 新	汪 绯	汪 葵	汪 洋
王 波	王崇革	王 刚	王庆春	王锁荣
吴继峰	夏占国	肖凯成	谢咸颂	谢延友
徐广舒	徐秀香	杨国立	杨建华	余 斌
曾学礼	张苏俊	张宪江	张小平	张轶群
张宜松	赵建军	赵 磊	赵中极	郑惠虹
郑建华	钟汉华			

前 言

道路桥梁工程是以道路与桥梁为对象而进行的规划、勘测、设计、施工等技术活动的全过程及其从事的工程实体,涵盖了技术、经济、材料、设备、运行维护与管理等方面的专业知识。道路与桥梁工程技术是一个既古老,又在不断变革、更新、发展的专业,进入道路与桥梁工程技术专业学习的每个学生对道路桥梁工程技术专业的认识必然是一个由浅入深、由此及彼、由表及里的过程,为了使学生入学后能及早地了解道路桥梁工程技术专业的概况,就迫切需要有一本面向学生的介绍“道路桥梁工程技术”总体情况的教材。本书就是为适应这种需要而编写的,从知识和学科的角度把道路桥梁工程技术专业的大学生领进门,再求发展。

本教材具有以下特点。

① 以工程概论为主要线索来介绍道路与桥梁工程中的各个层面,较为详尽地阐述了道路与桥梁工程技术所涉及的各个领域的内容。具体包括绪论、道路工程材料、道路工程、桥梁工程、隧道工程、道路与桥梁工程施工技术、公路工程项目管理和建设监理、道路的养护与管理、计算机在道路与桥梁工程中的应用、道路工程的可持续发展、道路景观及景观设计等方面。

② 在编写时,充分考虑了道路桥梁工程技术专业的特点,力求以较小的篇幅(按30~40学时的教学计划编写),反映道路与桥梁工程技术所涉及的各个领域的专业知识。

③ 介绍了国际道路与桥梁工程技术新发展,特别是我国近年来的辉煌成就以及近期展望;系统阐述我国处于国际先进和领先的道路桥梁工程技术,进一步加强爱国主义教育。

④ 介绍道路桥梁工程技术专业的相关课程,指出各课程间的相互关系,引导学生打好基础,扩大知识面。

⑤ 列出较多的参考文献,这不仅便于读者参考,更重要的是使读者学会找参考文献,再从其中“顺藤摸瓜”,扩大寻找“空间”,不断丰富自己的专业知识。

本书提供配套的PPT电子教案,便于教学使用。可发邮件至 cipedu@163.com 免费获取。

本书由太原大学田海风任主编。第一、二、三、七、十、十一章由太原大学田海风编写;第四、六章由太原大学李霞编写;第五章由河南工程学院皇民和西南交通大学全晓娟共同编写;第八章由山西省公路局太原分局张英杰编写;第九章由河南工程学院皇民编写;由田海风统稿。全书内容全面、通俗易懂、图文并茂。在每章之后均有本章小结和复习思考题。

本书在编写过程中参阅了大量的资料,在此向各位编者表示感谢。

编者深知内容如此广泛的教材不易写好,再加之编者水平所限、经验不足,书中的不足之处,敬请读者批评指正,多提宝贵意见。

编 者

2010年10月

目 录

第一章 绪论	1	本章小结	43
第一节 道路与桥梁工程的基本概念和 学科内容	1	复习思考题	44
一、道路与桥梁工程的基本概念	1	第三章 道路工程	45
二、道路与桥梁工程的学科内容	2	第一节 概述	45
第二节 道路与桥梁工程的发展历史	3	一、道路的功能和道路运输的特点	45
一、道路工程的发展历史	3	二、我国道路的发展规划	46
二、桥梁工程的发展历史	10	三、道路工程的基本概念	48
本章小结	15	第二节 公路基本建设程序和公路设计的 控制要素	49
复习思考题	15	一、基本建设程序	49
第二章 道路建筑材料	16	二、公路工程建设项目的实施程序	49
第一节 概述	16	三、公路设计的控制要素	50
一、道路建筑材料的发展历史及趋势	16	第三节 道路的基本体系及分类	52
二、道路建筑材料在公路工程中的作用	17	一、道路的基本体系	52
三、道路桥梁工程结构对材料的要求	17	二、道路的分类和通行能力	54
四、道路建筑材料的分类	18	三、道路的技术标准	56
五、道桥工程所用材料应具备的基本技术 性质	19	四、道路的组成	57
六、道路建筑材料的技术标准、性能检测和 质量控制	20	第四节 公路建设	58
第二节 道路工程常用的原材料	21	一、公路的选线	58
一、石料与集料	21	二、公路的路基建设	59
二、无机结合料	23	三、公路的路面建设	65
三、有机结合料	27	四、公路排水构筑物建设	72
第三节 无机混合料	30	五、公路特殊构筑物	73
一、普通水泥混凝土	30	六、公路沿线附属设施	73
二、其他混凝土	32	第五节 城市道路	73
三、无机结合料稳定类材料	33	一、城市道路的性能和组成	74
第四节 有机混合料	34	二、城市道路交通的特征及城市道路的 要求	74
一、普通沥青混合料	34	三、城市道路系统和城市道路的分类	75
二、其他类型的沥青混合料	36	四、城市道路的发展方向 and 趋势	77
第五节 其他道路工程材料	38	第六节 高速公路	77
一、钢材	38	一、高速公路的概念与发展	77
二、桥面防水材料	38	二、高速公路的特点与要求	78
三、土工合成材料	40	三、高速公路的效益	80
四、工程聚合物	42	四、高速公路的组成与技术规定	80
		本章小结	82

复习思考题	83	第四节 隧道的结构类型	127
第四章 桥梁工程	84	一、洞身衬砌结构的类型	127
第一节 桥梁工程的发展状况	84	二、洞门形式	128
一、桥梁在交通事业中的地位	84	三、竖井与斜井	130
二、我国桥梁的建设状况	84	第五节 隧道的防水与排水	132
三、外国桥梁的成就	86	一、隧道的防水	132
第二节 桥梁的组成及分类	87	二、隧道的排水	135
一、桥梁的基本组成	87	本章小结	135
二、桥梁的主要尺寸与术语名称	89	复习思考题	136
三、桥梁的分类	89	第六章 道路与桥梁工程施工技术	137
第三节 桥梁工程的总体规划与设计要点	92	第一节 道路的施工	137
一、桥梁工程的总体规划的内容和要求	92	一、道路的施工测量	137
二、野外勘测与调查	93	二、路基的施工技术	138
三、桥梁工程的设计要点	93	三、路面的施工技术	141
第四节 桥面布置构造	94	第二节 桥梁施工技术	143
一、桥面组成与布置	94	一、桥梁的施工测量	143
二、桥面铺装	94	二、桥梁上部结构的施工	145
三、桥面横坡设置	95	三、桥墩、桥台的施工技术	147
四、桥面排水和防水设施	95	第三节 隧道的施工技术	149
五、桥面伸缩装置	96	一、隧道的施工测量	149
六、人行道、栏杆和灯柱	96	二、隧道的施工技术	150
第五节 桥墩和桥台	97	本章小结	152
一、桥墩和桥台的概述	97	复习思考题	152
二、桥墩的类型	97	第七章 公路工程项目管理和建设	
三、桥台的类型	99	监理	153
第六节 桥梁基础	100	第一节 项目与项目管理	153
一、明挖基础	100	一、项目及其特征	153
二、桩基础	100	二、项目管理	155
三、管柱基础	101	三、工程项目管理	156
四、沉井基础	101	第二节 公路工程项目管理的内容和任务	157
本章小结	102	一、公路工程项目管理的内容	157
复习思考题	103	二、工程项目管理的任务	157
第五章 隧道工程	104	第三节 工程项目的生命周期和建设程序	158
第一节 隧道的发展	104	一、工程项目的生命周期	158
一、隧道的基本概念及工程概述	104	二、工程项目阶段和工程项目建设周期	159
二、隧道的种类及其作用	105	三、公路工程项目建设程序	160
三、隧道的发展历程	107	第四节 建设监理	162
第二节 隧道工程的设计要点和要求	111	一、建设监理概述	162
一、隧道工程的设计要点	111	二、工程建设监理的内容和作用	162
二、隧道工程的要求	112	三、工程建设监理的范围、依据和程序	163
第三节 公路隧道	115		
一、公路隧道线路	115		
二、公路隧道的通风	118		
三、公路隧道的照明	125		

本章小结	164	第二节 道路与桥梁结构的力学分析与计算	180
复习思考题	164	一、有限元分析的基本原理	180
第八章 道路的养护与管理	165	二、有限元分析软件简介	181
第一节 公路养护概述	165	第三节 计算机辅助施工管理与专家系统	191
一、公路养护的目的与基本任务	165	一、项目管理	191
二、公路养护的技术政策和措施	165	二、资源管理	192
三、公路养护工程的分类	166	三、网络计划	193
第二节 路基的养护	167	四、计算机专家系统	194
一、路基的养护的主要内容和基本要求	167	本章小结	195
二、路基养护工程分类	168	复习思考题	195
三、路基养护维修的注意事项	168	第十章 道路景观及景观设计	196
第三节 路面的养护	168	第一节 道路景观	196
一、路面养护的目的	168	一、道路景观环境的基本概念	196
二、路面养护的要求	169	二、道路景观的分类	197
三、路面养护工程的分类及其主要内容	169	第二节 道路景观的规划设计	199
第四节 桥涵的养护	170	一、道路景观规划设计的内容、原则和要点	199
一、桥涵养护的工作范围	170	二、桥梁景观的规划设计	200
二、桥涵养护工程分类	170	三、立交景观规划设计	201
第五节 道路与桥梁养护的组织与管理	170	本章小结	204
一、公路养护管理的组织	170	复习思考题	205
二、公路养护管理的人员配备	171	第十一章 道路工程的可持续发展	206
三、公路养护的计划管理	171	第一节 道路工程的可持续发展	206
四、公路养护的技术管理	172	一、可持续发展理念	206
五、公路养护的生产管理	173	二、可持续发展的交通设施体系	207
本章小结	175	第二节 道路的环境保护	210
复习思考题	175	一、道路交通环境保护的原则	210
第九章 计算机在道路与桥梁工程中的应用	176	二、道路交通的主要环境问题	210
第一节 计算机辅助设计 CAD 在道路与桥梁工程中的应用	177	三、道路交通环境保护的方法	211
一、道路桥梁工程 CAD 技术的特点	177	本章小结	212
二、道路桥梁工程 CAD 技术的发展	177	复习思考题	212
三、道路桥梁工程 CAD 技术的应用	179	参考文献	213

第一章 绪论

知识目标

- 掌握道路与桥梁的基本概念。
- 理解道路与桥梁工程学科的内容。
- 了解道路与桥梁工程的发展历史。

能力目标

- 能解释道路与桥梁的基本概念。
- 能结合实际情况，指出各种桥梁的类型。

第一节 道路与桥梁工程的基本概念和学科内容

一、道路与桥梁工程的基本概念

1. 道路工程的基本概念

人类最基本的社会活动是物质资料生产活动，商品生产社会中必不可少的环节之一是交换。所有的交换过程中都需要有大量的物资运输，作为运输的基础设施，道路是必不可少的，离开道路，人类生产与建设是无法进行的。

(1) 道路 道路是为陆地交通运输服务，通行各种机动车、人畜力车、驮骑牲畜及行人的各种路的统称；是一种带状的三维空间人工构筑物。它包括路基、路面、桥梁涵洞、隧道等工程实体。

(2) 道路工程 道路工程是从事道路的规划、勘测、设计、施工、养护等的一门应用科学和技术，是土木工程的一个分支。

2. 桥梁工程的基本概念

交通的进步和发展，除了道路的建设外，桥梁的建设也是必不可少的。假如没有桥梁过河就必须依靠船只；遇到峡谷必须绕道而行。因此桥梁是人类生活和生产活动中，为克服天然屏障而建造的建筑物，它是人类建造的最古老、最壮观和最美丽的一类建筑工程。它的发展，不断体现着时代的文明与进步。

(1) 桥梁 指供铁路、道路、渠道、管线、行人等跨越河流、山谷、海湾、其他线路或障碍时的架空建筑物。

(2) 桥梁工程 指桥梁勘测、设计、施工、养护和检定等的工作过程以及研究这一过程的科学和工程技术，它是土木工程的一个分支。

道路和桥梁伴同人类活动而产生，又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。“路是人走出来的”，只要有了路和桥，人们就可以方便地彼此往来，社会就会兴盛繁荣。道路和桥梁的修建促进了人类的进步，而人类进步又促进了道路和桥梁的建设。

二、道路与桥梁工程的学科内容

1. 道路网规划和路线勘测设计

道路网规划应考虑各种交通运输综合功能的协调发展和路网布局的完善。路线勘测设计则应根据国家制定的分级管理和技术指标,选定技术经济最优化的路线,对平、纵、横三个面进行综合设计,力争平面短捷舒顺、纵坡平缓均匀、横断面稳定经济,以求保证设计车速、缩短行车时间、提高汽车周转率。对路基、路面、桥梁、隧道、排水等构造物进行精心设计,在保证质量的条件下降低施工、养护、运营和交通管理等费用。

2. 路基工程

路基既是路线的主体,又是路面的基础并与路面共同承受车辆荷载。路肩是路面两侧路基边缘以内地带,用以支护路面、供临时停靠车辆或行人步行之用。路基土石方工程按开挖的难易分为土方工程(松土、普通土、硬土三级)与石方工程(软石、次坚石、坚石三级)。为保证路基、路面和其他构筑物的稳固及交通安全,沿路基可修筑以下建筑。

(1) 路基坡面防护 铺种草皮、植树、抹面、灌浆勾缝、砌石护坡和护面墙等。

(2) 冲刷防护 有直接防护的构筑物,如抛石防护、石笼防护、梢料防护、驳岸、浸水挡墙等;有间接防护的调治构筑物,如丁坝、顺水坝、格坝等。

(3) 支挡构筑物 主要是挡土墙等构筑物。

3. 路面工程

路面工程是为适应行车作用和自然因素的影响,在路基上行车道范围内,用各种筑路材料修筑多层次的坚固、稳定、平整和一定粗糙度的路面。其构造一般由面层、基层(承重层)、垫层组成,表面应做成路拱以利于排水。

4. 道路排水工程

水是造成路基、路面和沿线构筑物的病害及冲毁的主要原因。水根据其来源不同分为地表水和地下水。地表水若沿道路表面流向或渗入路基土内时,可能将会毁路基的路肩和边坡以及路面;地下水能使路基湿软,降低土基强度和路面承载力,严重时可引起翻浆或边坡滑坍,导致交通中断。

道路的排水工程与水利灌溉相配合,地面排水和地下排水兼顾,路基路面排水与桥涵工程相结合。地面排水设施一般有:边沟、截水沟、排水沟、跌水、急流槽、倒虹吸管和渡槽等。地下水排除一般以导流为主,不宜堵塞,主要设施有暗沟、渗井、渗沟等。

5. 桥涵工程

道路跨越河流沟谷时,需建涵洞、桥梁或渡口等构筑物;与铁路或其他道路交叉,常建设过水构筑物(桥涵)跨越,主要有漫水桥、过水路面、渗水路堤等。

桥涵要根据当地的地形、地质、水文等条件,行车及外力等荷载,建桥涵目的要求等,因地制宜,就地取材,合理选用桥涵形式,做到坚固、适用、安全、经济、美观(见桥梁工程)。

6. 隧道工程

在地面以下开挖供汽车通行的构筑物称道路隧道。隧道内部必须设置通风和照明设备。隧道周边一般均需修筑衬砌加以支撑,在坚石又不易风化的整体岩层中也可不做衬砌。为防止表面岩石风化,可喷水泥砂浆。修建隧道要根据工程造价、施工条件及竣工后运营和养护条件,与其他路线方案进行详细的技术经济比较,决定取舍。

7. 附属设施工程

(1) 安全防护设施 如保证夜间车辆和行人交通安全的照明设施, 指导道路工程行车的交通标志号志、路面标线, 防护用的护栏、护墙、护柱, 沙漠地区的防沙栅栏, 多雪地区的防雪走廊。

(2) 改善环境设施 重点是绿化, 可稳定路基、防治污染、美化路容, 其他如减小噪声干扰的隔声墙等。

(3) 养护管理设施 如养路道班房、巡逻管理站等。

(4) 路旁服务设施 如休息区、停车场、电话亭及旅游服务设施等。

8. 养护工程

维护道路完好状况, 预防和及时修复各种缺陷损坏, 提供并保证安全、快速、经济、舒适的行车条件, 有计划地改善道路技术状况, 以适应交通发展需要。各国多采用经过训练和具有装备的养路道班及工程队组织, 完成养护工程任务。

第二节 道路与桥梁工程的发展历史

一、道路工程的发展历史

1. 古代的道路工程

(1) 中国古代道路 原始的道路是由人践踏而形成的小径。东汉训诂书《释名》解释道路为“道, 蹈也; 路, 露也。人所践踏而露见也”。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, 直木为辘”制造出车辆, 对交通运输做出了伟大贡献, 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。

① 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。发掘商朝殷墟时, 发现有碎陶片和砾石铺筑的路面, 并出现了大型的木桥。

② 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, 呈棋盘形, 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 米), 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, 尤如现代的技术标准。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”; 其道路服务性设施已经非常齐备了。以上情况, 足见中国周朝的道路, 已臻相当完善的程度。

③ 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，甚至一国道路的好坏，为其兴亡的征兆。《国语》载有东周单子经过陈国时，看见道路失修，河川无桥梁，旅舍无人管理，预言其国必亡，后来果然应验。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。

④ 秦朝（公元前 221～前 206 年）修筑的驰道可与罗马的道路网媲美。秦始皇统一中国后即开始修建以首都咸阳为中心、通向全国的驰道网。据《汉书·贾山传》：“为驰道于天下，东穷齐、燕，南极吴、楚，江湖之上，濒海之观毕至。道广五十步，三丈而树，厚筑其外，隐以金椎，树以青松”；《史记》记载了秦始皇于公元前 220 年～前 210 年的 11 年间，曾巡视全国，东至山东，东北至河北海滨，南至湖南，东南至浙江，西至甘肃，北至内蒙古，大部分是乘车，足见其路网范围之广。道路路基土壤采用金属椎夯实，以增加其密实度；路旁种以四季常绿的青松。定线的原则是尽量取直。公元前 212 年，秦始皇使蒙恬由咸阳修向北延伸的直道，全长约 700 公里，仅用了两年半的时间修通，“堑山堙谷”（逢山劈石，遇谷填高），其工程之巨，时间之短，可称奇迹，今陕西省富县境内尚依稀可见其路形。除了驰道、直道而外，还在西南山区修筑了“五尺道”以及在今湖南、江西等地区修筑了所谓“新道”。这些不同等级、各有特征的道路，构成了以咸阳为中心，通达全国的道路网。秦始皇还统一了车轨距的宽度（宽 6 秦尺，折合 1.38 米），使车辆制造和道路建设有了法度。除修筑城外的道路外，对于城市道路的建设也有突出之处，如在阿房宫的建筑中，采用高架道的形式筑成“阁道”，自殿下直抵南面的终南山，形成“复道行空，不霁何虹”的壮观。

⑤ 汉朝（公元前 206～公元 220 年）继承了秦朝的制度，在邮驿与管理制度的上，更加完善，驿站按其大小，分为邮、亭、驿、传四类，大致上五里设邮，十里设亭，三十里设驿或传，约一天的路程。据《汉书·百官公卿表》载，西汉时全国共有亭 29635 个，如是则估计当时共有干道近 15 万公里。沟通欧亚大陆的世界著名的丝绸之路，在公元前 1 世纪起已经形成商业之途，并将中国的丝绸穿逾沙漠，输送到欧洲而得名，但主要是在公元前 138～前 115 年，由西汉王朝派张骞两次出使西域，远抵大夏国（即今阿富汗北部）而载之于史册。丝绸之路主要路线，起自长安（今西安），沿河西走廊，到达敦煌，由此分成经塔里木河南北两通道，均西行至木鹿城（今苏联境内）。然后横越安息（在今伊朗）全境，到达安都城（今土耳其安塔基亚）。又分两路，一路至地中海东岸，转达罗马各地；一路到达地中海东岸的西顿（今黎巴嫩）出地中海。公元 3 世纪时，又有取道天山北面的较短路线，沿伊犁河西行到达黑海附近。丝绸之路不但在经济方面，而且在文化各方面，沟通了中国和中东与欧洲各国。

后汉时期，在今陕西褒城鸡头关下修栈道时，经过横亘在褒河南岸耸立的石壁，名为“褒屏”，曾用火煨石法开通了长 14 米，宽 3.95～4.25 米、高 4～4.75 米的隧洞，就是著名的石门，内有石刻《石门颂》、《石门铭》纪其事。火煨石法先用柴烧炙岩石，然后泼以浓醋，使之粉碎，再用工具铲除，逐渐挖成山洞。

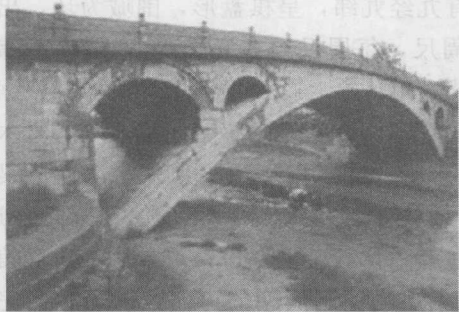


图 1-1 赵州桥

⑥ 隋朝（公元 581～618 年）匠人李春等在赵郡（今河北省赵县）洺河上修建了著名的赵州桥（图 1-1），首创圆弧形空腹石拱桥，是建桥技术上的卓越成就。在道路建设中较大的工程有长

数千里的御道,《资治通鉴·隋记》:“发榆林北境至其牙,东达于蓟,长三千里,广百步,举国就役,开为御道”,可见规模之大。

⑦ 唐朝(公元618~907年) 唐朝是中国封建王朝的鼎盛时期,重视道路建设。唐太宗即位不久就曾下诏书,在全国范围内要保持道路的畅通无阻,对道路的保养也有明文规定,不准任意破坏,不准侵占道路用地,不准乱伐行道树,并随时注意保养。唐朝重视驿站管理,传递信息迅速,紧急时,驿马每昼夜可行500里以上。唐朝时已出现了沿路设置土堆,名为堠,以记里程,即今天的里程碑的雏形。唐朝不但郊外的道路畅通,而且城市道路建设也很突出。首都长安是古代著名的城市,东西长9721米,南北长8651米,道路网是棋盘式,南北向14条街,东西向11条街,位于中轴线的朱雀大街宽达150米,街中80米宽,路面用砖铺成,道路两侧有排水沟和行道树,布置井然,气度宏伟,不但为中国以后的城市道路建设树立了榜样,而且影响远及日本。

⑧ 宋朝、元朝、明朝(公元960~1644年) 均在过去的道路建设基础上有所提高,尤其是元朝地域辽阔,自大都(今北京)通往全国有7条主干道,形成一个宏大的道路网。

⑨ 清朝(公元1644~1911年) 利用原有驿道修建了长达约15万公里的“邮差路线”。在筑路及养路方面也有新的提高,规定得很具体。在低洼地段,出现高路基的“叠道”,在软土地区用秫秸铺底筑路法,尤如今天的土工织物,对道路建设有不少新贡献。

清朝的茶叶之路,以山西、河北为枢纽,北越长城,贯穿蒙古,经西伯利亚通往欧洲腹地,是丝绸之路衰落之后在清朝兴起的又一条陆上国际商路。它始于汉唐时代,鼎盛于清道光时期。但中国的道路建设发展至清朝末年,已是驿道时代的尾声,代之而起者是汽车公路的逐渐兴起。从此,近代道路的发展史重点,由东方而转移到西方。

(2) 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。由首都罗马用道路把意大利、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联成整体,以维持在该广大地区的统治地位。并把这些区域分成13个省、有322条联络干道,总长度达78000公里(52964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(亚平)大道,全长约660公里,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米左右,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米,中间部分宽3.7~4.9米,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米的堤道,可能是为军官指挥之用,外侧每边尚有2.4米宽的骑兵道。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米。路面的式样也不尽相同,较高级的阿庇乌大道,曾用远自160公里以外运来的边长1~1.5米的不整齐石板,镶砌于灰浆之中。有些道路上是用大理石方块或用厚约18厘米的琢石铺砌。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)是第一个任斯职者,从此以后只有执政官级才有资格充当。

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，道路也随之败坏。由此可见，国家的兴衰和道路的状况有着密切的联系。

2. 近代的道路工程

(1) 中国近代道路 1902年中国开始有了两辆汽车，只供统治者玩赏之用。北洋政府时期(1912~1927年)公路建设处于萌芽状态，城市道路受到外来影响，有了现代化设施的雏形。而“公路”一词的出现，有据可考的是1920年广东省成立“公路处”开始，以后各地沿用，遂普遍应用于国内。其词的来源是由外文“public road”翻译而来。在北洋政府时期军阀割据，各自为政，道路建设也是支离破碎，较早的公路如湖南省长沙至湘潭的公路长50公里，1912年通车；广西壮族自治区内的邕武路(即今的南宁至武鸣)长42公里，1919年通车；广东省内的惠山至平山路长36公里，1921年通车；在北方以张库公路为最长，自河北省张家口至库伦(现为蒙古人民共和国首都——乌兰巴托)，全长965公里，是沿着原有的“茶叶之路”加以修整而成，自1918年试车成功后至1922年间，有90余辆长途汽车行驶，在当时是交通最繁重的一条公路。其他商营公路、兵工筑路和以工代赈所修的道路，出现于沿海、华北、华东一带，也促进了当时道路建设的发展，并且使国人开始认识到道路建设的重要性，特别是中华民国的肇创者孙中山先生倡言：“道路是文明之母和财富之脉”，并有百万英里碎石公路的设想。虽未能实现，但倡导之功，不可泯灭。到北洋政府末年(1926年)，全国公路里程为26110公里，大都是晴通雨阻的低级道路。在20世纪20年代，上海、天津等城市，开始出现了沥青和水泥混凝土路面，并有沥青拌和厂及压路机等筑路机械，对于中国道路建设的现代化有了一定的影响。

南京国民党政府时期(1927~1949年)，修建各省联络公路，逐渐走向统一化和正规化，初步形成公路网。全国经济委员会于1932年成立后，首先制定了联络公路的规划，先由江苏、浙江、安徽三省开始，于1932年修通了沪杭(上海至杭州)公路；继之为杭徽(杭州至安徽歙县)公路，从此打破了公路分割的局面。后来又扩充为七省联络公路，即除原三省而外，又加上河南、江西、湖南、湖北四省，并逐步扩大到全国。1934年公布《公路工程准则》24条，对于几何设计、路面、桥涵等都有规定，统一了公路工程的技术标准。

为了鼓励各省按规划和标准筑路，建立了补助基金和分区督察的制度。除了各省修建外，经委会为了示范作用，直接修建西北的西安至兰州和西安至汉中两条路。1937年抗日战争开始，前方公路随军事失败而有始无终，于是集中力量于打通西北的羊毛车路线(由西安经兰州、乌鲁木齐至霍城，在苏联境内接阿拉木图，是进口抗战物资的重要路线之一，西北出产的羊毛由此线出口而得名)和西南通往缅甸的滇缅公路(抗战期间日本帝国主义切断中国香港、越南到中国大陆的交通，滇缅公路建成后，进口的抗战物资较多，成了重要的西南国际路线)。此外，还在后方西北、西南一带修筑若干联络干线，如川康、康青、南疆、乐西、汉白、华双、西祥等路，截至1945年抗战胜利，全国公路总里程为123720公里。1949年能通车的不过75000公里。在道路科研方面，1933~1941年间，曾在南京修建两条试验路，一条主要试验国产材料的筑路技术，一条主要用进口的沥青材料试验表面处理。1937年又在西兰公路上咸阳市附近，试验水泥稳定土壤路面。1940年在乐西公路乐山附近又修建了级配路面试验路。至于试验研究机构，虽有所创建，由于时局的动荡不安，未得巩固发展。1932年间，在上海曾试用冷拌沥青碎石路，获得成功。1941年滇缅公路，修建了沥青表面处理路面155公里，采用筑路机械200余部，是中国公路机械化施工的开端。一般

公路大多采用就地取材、造价低廉的泥结碎石路面。

(2) 西方近代道路 西方近代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。他曾在 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 厘米的面层。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,使拿破仑当政期间(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 厘米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 厘米和 5 厘米的碎石,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 年间英国另一个苏格兰工程师 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 厘米厚的 7.5 厘米大小的碎石,上铺一层 2.5 厘米的碎石作面层,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,当它经常处于干燥环境下,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 厘米即可适应。与罗马时代的路面厚度相比较,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,路面的成型旷费时日而敲碎石料更是费工。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,土木工程师学会发展成为国际上群众性的学术团体。

3. 现代道路工程

(1) 我国道路的发展历程

① 改革开放前道路基础设施的建设 旧中国的公路交通极为落后,1949 年全国公路通车里程仅 8.07 万公里,公路密度仅 0.8 公里/百平方公里。1949 年 10 月 1 日中华人民共和国成立。首先医治了道路的创伤,修复了被破坏的桥梁。在 20 世纪 50 年代,修筑了著名的康藏(西康至西藏)及青藏(青海至西藏)两条公路:康藏公路(见川藏公路)自今四川的雅安起至西藏拉萨,全长 2271 公里,翻越海拔 3000 米以上的大雪山、宁静、他念他翁等山脉,跨越大渡河、金沙江、澜沧江、怒江等急流,更有冰川、流沙、塌方和泥沼、地震、森

林地带,地形十分复杂,工程特别艰巨,路基土石方有 2900 多万立方米,其中石方有 530 多万立方米,于 1950 年开工,1954 年完工通车。青藏公路自青海省的西宁至拉萨,全长 2100 公里,横越高达 4500 米号称世界屋脊的昆仑、霍霍西里、唐古拉等山脉,沿途草地、沼泽、环境十分困难,经过艰苦努力,也和康藏公路同时于 1954 年 12 月 25 日在拉萨举行通车典礼。中华人民共和国建国 30 多年后,经过中央和地方的共同努力,全国通车公路 10 倍于建国初期;而且工程标准和施工质量有了进一步的提高。建成了从首都北京通往各省、市、自治区重要城市的国道网。中国地域辽阔,地形复杂,有各种不同的气候地带,有特殊的筑路地区,如沙漠、永冻土、盐湖、黄土、软土沼泽、泥石流、冰川、塌方、盐渍土等,我国的道路建设者都累积了不少的筑路经验。



图 1-2 我国台湾省基隆至高雄的中山高速公路

我国的道路建设者都累积了不少的筑路经验。

我国台湾省于 1971 年开始修建自基隆至高雄的中山高速公路,全长 373 公里,1978 年全线通车,设计速度为 100~120 公里/小时。(图 1-2)。

在全国范围内开展了综合调查和理论研究,提出了有中国特色的路面设计理论和参数,拟定了全国统一的规范。为统一全国路线设计标准,开展了汽车动力性能与道路关系的研究,几次修订了中国公路工程技术标准。

在城市道路建设方面也有很大的成就。据 180 多个城市 1977 年不完整的统计,城市道路长度比 1949 年增长了 3 倍多,高级路面增长了近 6 倍,改变了旧城市的面貌,如首都北京著名的东西长安街,宽阔雄伟;距北京市中心 3~5.5 公里的二环路,20 世纪 70 年代完成了 10 座立体交叉桥,1985 年建成三环路立体交叉桥 4 座,形成中国城市中最大的立交群。上海市于 1970 年修成了黄浦江第一条越江隧道(见黄浦江打浦路隧道),全长 2730 米,如图 1-3 所示。

在 1949~1978 年的 30 年间,尽管国民经济发展道路曲折,但全国公路里程仍基本保持持续增长,到 1978 年底达到 89 万公里,平均每年增加约 3 万公里,公路密度达到 9.3 公里/百平方公里。

② 改革开放后公路基础设施的建设 改革开放后,国民经济持续高速发展,公路运输需求强劲增长,公路基础设施建设开始发生了历史性转变,其主要表现在:公路建设得到中央和地方各级政府的重视,“要想富、先修路”,公路建设的重要性逐步为全社会所认识;在统一规划的基础上,开始了有计划的全国公路基础设施建设,20 世纪 80 年代初和 80 年代末国家干线公路网和国道主干线系统规划先后制定并实施,使公路建设有了明确的总体目标和阶段目标;公路建设在继续扩大总体规模的同时,重点加强了质

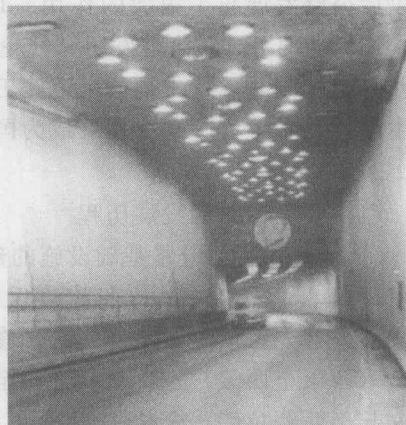


图 1-3 黄浦江打浦路隧道

量水平的提高,高速公路及其他高等级公路的迅速发展,改变了我国公路事业的落后面貌;公路建设筹资渠道走向多元化,逐步扭转了公路建设资金短缺的状况,尤其1984年底国务院决定提高养路费征收标准、开征车辆购置附加费、允许高等级公路收费还贷,1985年起国家陆续颁布有关法规,使公路建设有了稳定的资金来源。从统计数字看:到1999年,全国公路里程达到135万公里,公路密度达到14.1公里/百平方公里,为1978年的1.5倍。二级以上公路占全国公路总里程的比重由1979年的1.3%提高到1999年的12.5%,主要城市之间的公路交通条件显著改善,公路交通紧张状况初步缓解。同时,县、乡公路里程快速增长,质量也有很大提高,有的省份已实现全部县道铺筑沥青路面乃至达到二级技术标准,全国实现了100%的县、98%的乡和89%的行政村通公路。到2009年底,全国公路总里程达386.08万公里,全国公路密度为40.22公里/百平方公里。总体而言,一个干支衔接、布局合理、四通八达的全国公路网已初步形成。特别是我国高速公路的建设,高速公路建设是改革开放后我国公路事业取得的突出成就。1988年,我国第一条高速公路沪嘉高速公路(18.5公里)建成通车。此后,又相继建成全长375公里的沈大高速公路和143公里的京津塘高速公路。进入20世纪90年代,在国道主干线总体规划指导下,我国高速公路建设步伐加快,每年建成的高速公路由几十公里上升到一千公里以上。到1999年底,全国高速公路通车里程已达11605公里。短短十年间,我国高速公路就走过了发达国家高速公路一般需要40年完成的发展历程。到2008年年底,全国高速公路达到6.03万公里,高速公路及其他高等级公路的建设,改善了我国公路的技术等级结构,改变了我国公路事业的落后面貌,同时也大大缩短了我国同发达国家之间的差距。

(2) 国外现代道路的发展历程 国外发达国家现代公路的发展大致都已经经历了三个发展阶段,目前正处于第四个发展阶段。

第一阶段从19世纪末到20世纪30年代,是各国公路的普及阶段。这期间随着汽车的大量使用,大多是在原有乡村大道的基础上,按照汽车行驶的要求进行改建与加铺路面,构成基本的道路网,达到大部分城市都能通行汽车的要求。

第二阶段从20世纪30~50年代,是各国公路的改善阶段。这期间由于汽车保有量的迅速增加,公路交通改善需求增长很快,各国除进一步改善公路条件外,开始考虑城市间、地区间公路的有效连接,着手高速公路和干线公路的规划,英国、美国、德国、法国等国家都相继提出了以高速公路为主的干线公路发展规划,并通过立法,从法律和资金来源方面给予保障。

第三阶段从20世纪50~80年代,是各国高速公路和干线公路高速发展阶段。这期间各国大力推进高速公路和干线公路规划的实施与建设,并基本形成道路使用者税费体系作为公路建设资金来源的筹资模式,日本等国家为解决建设资金不足等问题,还通过组建“建设公团”修建收费道路来促进高等级公路发展。各国经过几十年的发展,已基本形成了以高速公路为骨架的干线公路网,为公路运输的发展奠定了基础。

第四阶段从20世纪80年代末90年代初开始,是各国公路提高通行能力和服务水平的综合发展阶段。这期间各国在已经建成发达的公路网络的基础上,维护改造已有的路、桥设施和进一步完善公路网络系统,重点解决车流合理导向、车辆运行安全以及环境保护等问题,以提高公路网综合通行能力和服务水平。此外各国还特别重视公路环境设施的建设,在公路建设和运营过程中对环境和生态进行保护,如通过居民区的路段建设防噪墙等以减小汽车行驶噪声的影响,又如设置鱼类和其他动物等专用通道,保证公路沿线动物的生活不受大