



公路工程施工

▶ 董春晖 邓小军 主编

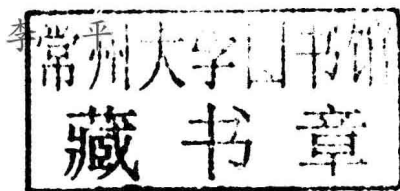
▶ 山东大学出版社

山东省技能型特色名校建设工程成果系列教材

公路工程施工

主 编 董春晖 邓小军
副主编 张振平 都秋源
编 委 董春晖 邓小军 张振平 都秋源
张 刚 张晓燕 程文静 王 静
郭聚坤

主 审



山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

公路工程施工/董春晖,邓小军主编. —济南:
山东大学出版社,2015.8
山东省技能型特色名校建设工程成果系列教材
ISBN 978-7-5607-5344-7

I. ①公… II. ①董… ②邓… III. ①道路工程—工
程施工—教材 IV. ①U415

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 197790 号

责任策划:刘 彤
责任编辑:李 港
封面设计:牛 钧

出版发行:山东大学出版社

社 址 山东省济南市山大南路 20 号

邮 编 250100

电 话 市场部(0531)88364466

经 销:山东省新华书店
印 刷:山东泰安金彩印务有限公司
规 格:787 毫米×1092 毫米 1/16
18 印张 412 千字
版 次:2015 年 8 月第 1 版
印 次:2015 年 8 月第 1 次印刷
定 价:39.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

总序

为加强对山东省内高等学校的分类指导,强化内涵和特色发展,提高人才培养质量,发挥名校带动作用,增强高等教育服务我省经济社会发展的能力,2011年,山东省教育厅、财政厅联合组织实施了山东省高等教育名校建设工程。山东交通职业学院是山东省技能型特色名校首批立项建设单位之一,共有汽车运用技术、道路桥梁工程技术、物流管理、机械设计与制造、工程机械运用与维护、轮机工程技术6个专业成为省财政重点支持建设专业和工程造价、公路运输与管理、机电一体化、航海技术4个专业列入非省财政重点支持建设专业。

项目建设初期,学院牵头成立了山东省交通运输职业教育专业建设指导委员会,邀请省内外教育专家和行业企业的技术骨干,对名校工程10个专业的建设方案及任务书进行了充分论证。我院项目建设期间,各专业主动适应行业企业加快经济发展方式转变、产业结构调整和优化升级的需要,主动服务山东半岛蓝色经济区和黄河三角洲高效生态经济区两个国家战略的实施,以提高质量为核心,不断创新校企合作体制机制,大力推进人才培养模式转型,优化课程体系构建,全面提升了学校的专业建设水平和人才培养质量。

经过三年建设,10个专业积累形成了一批紧密结合生产实际、独具行业企业特色的专业教材,成为“山东省高等教育名校建设工程”建设项目的重要成果之一,也是“课程体系构建与核心课程建设”内容的重要载体。为了该系列教材的出版,各专业多次召开教材编写会议,组织各课程负责人及参编人员认真学习领会“山东省高等教育名校建设工程”建设精神,深入行业企业进行专业调研和分析,以培养适应区域经济社会发展的高素质技能型人才和我省行业企业急需的高级技能型人才。根据各专业实际需求,重新架构、设计教材体系,以力求做到理论知识学习和职业技能训练的合二为一。

衷心希望名校工程的建设成果,能为我省交通运输主干专业建设和人才培养起到积极的推动和引导作用。

陈留彬

2014年7月

前 言

本教材着眼于公路工程建设及项目管理岗位所需的专业能力和职业素养要求,以行业施工规范及工程质量检验评定标准为引领,以路基工程质量控制、路面工程质量控制为主要内容。既可作为高职院校道路桥梁工程技术及相关专业授课教材,也可作为公路建设管理部门、建设单位、施工单位专业人员的学习辅导资料或职工培训教材。

本教材共分为路基施工和路面施工两大学习领域,其中路基施工分为公路工程认知、路基构造认知、路基施工准备、土质路基施工、石质路基施工、软土地基施工、路基防护与加固工程施工、路基排水工程施工、路基整修与交工验收九个项目,路面施工分为路面构造认知、路面基层(底基层)施工、沥青路面施工、水泥混凝土路面施工四个项目。

本教材有以下特点:

1. 紧紧围绕高等职业教育的人才培养目标,依据岗位能力要求,完善项目驱动式内容体系。正确处理知识、能力、素质的辩证统一的关系,理论学习深入浅出,突出实践应用,强调素质养成。

2. 根据职业能力要求及本课程教学目标,做到理论和实践紧密结合,通过紧跟行业施工规范及工程质量检验评定标准,切实增强学生的职场岗位的适应能力。

3. 教材内容突出实用性。体现以职业能力为本位,以应用为核心,以实用、实效为原则,紧密贴近公路施工一线,及时反映当前公路行业对道路桥梁工程技术专业人才的需,采用最新的技术标准、规范和规程,内容的选取充分考虑当前工作岗位群实际所需,加强教学针对性,与相应的职业资格标准相互衔接。

本教材由山东交通职业学院董春晖、邓小军担任主编,山东交通职业学院张振平、潍坊市路桥工程建设一处都秋源高工担任副主编,山东鑫泰公路工程有限公司张刚高工以及山东交通职业学院张晓燕、程文静、王静、郭聚坤参加相关内容的编写。项目一、项目二、项目十由程文静、都秋源编写,项目三由张晓燕编写,项目四、项目十一由董春晖、张刚编写,项目五由王晓平编写,项目六、项目十三由张振平编写,项目七、项目九由郭聚坤编写,项目八由王静编写,项目十二由邓小军编写。

本教材由中交第四公路工程局李平高工担任主审,其在繁忙的工作之余对本教材进



行了认真审核,并提出了宝贵的意见和建议,在此表示感谢。在编写过程中,编者参阅了国内外一些专家和学者的研究成果及相关文献,在此一并表示感谢!本教材的出版得到了各兄弟院校同行、行业企业专家的大力支持,特致谢意。

由于编者水平有限,书中如有不足之处,敬请使用本书的读者批评指正。

编 者

2015年6月

目 录

学习领域一 路基施工

项目一 公路工程认知	3
任务一 公路发展历程	3
任务二 公路的分级、技术标准及组成部分	6
项目二 路基构造认知	12
任务一 路基基本构造	12
任务二 路基干湿类型与要求	21
项目三 路基施工准备	28
任务一 路基施工准备工作	29
任务二 路基边桩放样	33
任务三 路基工程常见施工机械	35
项目四 土质路基施工	40
任务一 土质路基填筑	41
任务二 土质路堑施工	56
项目五 石质路基施工	62
任务一 填石路堤施工	63
任务二 石质路堑施工	67
任务三 土石路堤施工	69
项目六 软土地基处理	77
任务一 软土与软土地基	78
任务二 软土地基浅层加固	82
任务三 软土地基深层加固	88

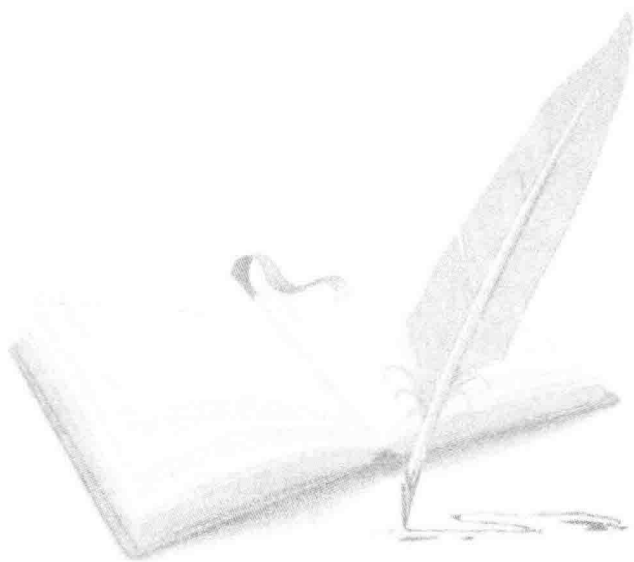


项目七 路基防护与加固工程施工	105
任务一 路基边坡防护工程施工	106
任务二 路基冲刷防护工程施工	114
任务三 路基支挡工程施工	117
项目八 路基排水工程施工	130
任务一 地面排水施工	131
任务二 地下排水设施施工	136
项目九 路基整修与交工验收	144
任务一 路基整修	145
任务二 路基交工验收	147

学习领域二 路面施工

项目十 路面构造认知	157
项目十一 路面基层(底基层)施工	164
任务一 路面基层(底基层)施工认知	165
任务二 石灰稳定土基层施工(路拌法)	167
任务三 水泥稳定土基层的施工(厂拌法)	178
任务四 石灰、粉煤灰稳定粒料基层的施工	184
项目十二 沥青路面施工	193
任务一 沥青路面施工原材料控制	194
任务二 沥青路面层间结合施工	205
任务三 热拌沥青混合料施工	213
任务四 SMA 路面施工	221
任务五 沥青路面施工质量控制与验收	230
项目十三 水泥混凝土路面施工	242
任务一 水泥混凝土路面的构造	243
任务二 水泥混凝土路面的材料要求	250
任务三 水泥混凝土路面的施工	256
任务四 水泥混凝土路面施工质量控制与验收	270
主要参考文献	280

学习领域一 路基施工



项目一 公路工程认知



知识目标

- (1)熟悉公路发展历程。
- (2)掌握公路分级及技术标准。
- (3)掌握公路的组成。



能力目标

- (1)能正确描述公路各组成部分。
- (2)能对公路进行分级并选择合适的技术标准。



内容概要

本项目主要包括公路发展简史、我国公路发展规划、公路行政分级与技术分级、公路技术标准及公路基本组成部分等内容。

任务一 公路发展历程



任务描述

本任务是使学生认知公路发展史及公路发展规划,能够熟悉我国公路发展的基本情况,掌握国家公路的发展规划思路,为更好地学习公路施工打下基础。



知识准备

一、公路发展史

中国公路的发展大体经历了三个阶段。

(一)古代道路(公元前 21 世纪~1911 年)

早在公元前 2000 年,我国就出现了可行驶牛、马车的道路。秦朝时期,强调“车同轨、



书同文”。公元前 2 世纪,我国通往中亚、西亚和欧洲的丝绸之路开始发展起来。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。清代道路网系统分为三等,即“官马大路”“大路”“小路”。“官马大路”分东北路、东路、西路和中路四大干线,总长在 2000km 以上。

(二)近代道路(1912~1949 年)

我国第一条公路是 1908 年在广西南部边防兴建的龙州至那基公路,全长 30km。截至 1927 年,全国公路通车里程约为 29000km。抗日战争时期(1937~1945 年),由于战争的影响和破坏,公路发展缓慢。截至 1946 年 12 月,全国公路总里程只有 130307km。截至新中国成立前夕,全国通车里程只有 75000km。

(三)现代公路(1949 年以后)

新中国成立后,全国从上到下建立了公路管理机构,并成立了设计、施工和养护的专业队伍。国家还颁布了一系列有关公路建设的重要法规,进行了全国公路普查,恢复并改善了原有公路。截至 1976 年年底,公路里程达 823000km,有路面里程达 579000km,桥梁达 11.7 万座、293 万延米。公路绿化里程达 254000km。1978~1985 年,这一阶段国民经济恢复较快,交通紧张问题凸现,交通运输系统内结构不合理问题逐渐暴露,国家开始着力调整国民经济结构,加强以铁路为中心的运输基础设施的建设,对公路建设也给予了相应重视。国家计委、经委、交通部联合颁布了国道网规划,确定首都放射线 12 条、北南纵线 28 条、东西横线 30 条共 70 条国道,并采取措施加快发展公路建设,如允许省、市、自治区调整养路费收费费率,以用于公路的改造。此阶段末期,国家开始利用国际金融组织贷款修建国际标准高速公路,制定允许利用贷款、集资修路收取车辆通行费偿还贷款等政策。“八五”初期,根据国民经济发展对交通运输的总体要求,以及社会主义市场经济建设的特点,在总结以往公路建设经验后,提出公路建设的方针是“普及与提高相结合,以提高为主”,使公路建设事业能够更好地适应经济结构转变以及人民生活水平提高对公路运输质量的要求。为突出重点,在国道网规划基础上研究形成了“五纵七横”12 条国道主干线规划,设想用二三十年时间,逐步建成以二级以上汽车专用公路为主组成的国道主干线网。截至 1996 年年底,全国公路通车总里程已达 1186000km,其中高速公路 3422km。在一些大经济区域内,已经形成或正在形成以高速公路为主的高等级干线公路网,如沈阳、大连、北京、天津、德州、青岛等环渤海湾地区,武汉、合肥、南京、上海、杭州、宁波等长江中下游地区以及广州、深圳、珠海珠江三角洲地区。2001~2010 年,重点建设“五纵七横”国道主干线中余下的“两纵五横”主要路段;加快建设国道主干线系统以外交通特别繁忙的其他高等级公路,改善和提高边境口岸公路标准,完成川藏、青藏等国防公路的整治和改造;积极扶持未通车的行政村公路建设,实现行政村基本通公路。截至 2008 年年底,中国公路通车总里程达到 3730200km,比新中国成立初期增长了 45 倍。到 2015 年,公路总里程达到 450000km,国家高速公路网基本建成,高速公路总里程达到 108000km,覆盖 90% 以上的 20 万以上城镇人口城市,二级及以上公路里程达到 650000km,国、省道总体技术状况达到良等水平,农村公路总里程达到 3900000km。

二、公路发展规划

2013年6月20日,交通运输部发布了《国家公路网规划(2013年~2030年)》。这是我国继1981年的《国家干线公路网(试行方案)》、1992年的《国道主干线系统规划》、2004年的《国家高速公路网规划》之后,第四个国家级干线公路网规划。

国家公路网规划总规模达401000km,由普通国道和国家高速公路两个路网层次构成。

(一)普通国道网

普通国道网由12条首都放射线、47条北南纵线、60条东西横线和81条联络线组成,总规模约265000km。按照“主体保留,局部优化,扩大覆盖,完善网络”的思路,调整拓展普通国道网;保留原国道网的主体,优化路线走向,恢复被高速公路占用的普通国道路段;补充连接地级行政中心和县级节点、重要的交通枢纽、物流节点城市和边境口岸;增加可有效提高路网运行效率和应急保障能力的部分路线;增设沿边沿海路线,维持普通国道网相对独立。

(二)国家高速公路网

国家高速公路网由7条首都放射线、11条北南纵线、18条东西横线,以及地区环线、并行线、联络线等组成,约118000km,另规划远期展望线约18000km。按照“实现有效连接,提升通道能力,强化区际联系,优化路网衔接”的思路,补充完善国家高速公路网:保持原国家高速公路网规划总体框架基本不变,补充连接新增20万以上城镇人口城市、地级行政中心、重要港口和重要国际运输通道;在运输繁忙的通道上布设平行路线;增设区际、省际通道和重要城际通道;适当增加有效提高路网运输效率的联络线。

1. 首都放射线(7条)

北京—哈尔滨、北京—上海、北京—台北、北京—港澳、北京—昆明、北京—拉萨、北京—乌鲁木齐。

2. 北南纵线(11条)

鹤岗—大连、沈阳—海口、长春—深圳、济南—广州、大庆—广州、二连浩特—广州、呼和浩特—北海、包头—茂名、银川—百色、兰州—海口、银川—昆明。

3. 东西横线(18条)

绥芬河—满洲里、珲春—乌兰浩特、丹东—锡林浩特、荣成—乌海、青岛—银川、青岛—兰州、连云港—霍尔果斯、南京—洛阳、上海—西安、上海—成都、上海—重庆、杭州—瑞丽、上海—昆明、福州—银川、泉州—南宁、厦门—成都、汕头—昆明、广州—昆明。

此外,还包括6条地区性环线以及若干条并行线、联络线等。



同步训练

一、填空题

(1)《国家公路网规划(2013年~2030年)》规划规定,国家公路网规划总规模为_____,由_____和_____两个路网层次构成。

(2)《国家公路网规划(2013年~2030年)》规划规定,普通国道网由_____,_____,_____及 81 条联络线组成;国家高速公路网由_____,_____,_____,6 条地区性环线以及若干并行线、联络线等组成。

二、简答题

简述中国公路发展史。

任务二 公路的分级、技术标准及组成部分



任务描述

本任务是使学生认知公路等级,掌握公路技术标准及组成部分,能正确划分公路等级,合理选择公路技术标准,正确描述公路各组成部分的作用及构造。



知识准备

一、公路分级

(一)按行政等级划分

公路按行政等级可分为国家干线公路、省干线公路、县公路和乡公路(简称为国道、省道、县道和乡道),以及专用公路 5 个等级(见表 1-1)。一般把国道和省道称为“干线”,县道和乡道称为“支线”。

表 1-1

公路行政等级划分

干线	国道	国道指具有全国性政治、经济意义的主要干线公路,包括重要的国际公路、国防公路,连接首都与各省、自治区、直辖市首府的公路,连接各大经济中心、港站枢纽、商品生产基地和战略要地的公路。国道中跨省的高速公路由交通部批准的专门机构负责修建、养护和管理
	省道	省道指具有全省(自治区、直辖市)政治、经济意义,并由省(自治区、直辖市)公路主管部门负责修建、养护和管理的公路干线

续表

支线	县道	县道指具有全县(县级市)政治、经济意义,连接县城和县内主要乡(镇)、主要商品生产和集散地的公路,以及不属于国道、省道的县际间公路。县道由县、市公路主管部门负责修建、养护和管理
	乡道	乡道主要指为乡(镇)村经济、文化、行政服务的公路,以及不属于县道以上公路的乡与乡之间及乡与外部联络的公路。乡道由当地人民政府负责修建、养护和管理
专用公路	专用单位负责修建、养护和管理,也可委托当地公路部门修建、养护和管理	

(二)按技术等级划分

按照《公路工程技术标准》(JTG B01—2014),将公路分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路及四级公路 5 个技术等级(见表 1-2)。

表 1-2

公路技术等级划分

等级	定义	年平均日设计交通量
高速公路	专供汽车分方向、分车道行驶,全部控制出入的多车道公路	15000 辆以上
一级公路	供汽车分方向、分车道行驶,可根据需要控制出入的多车道公路	15000 辆以上
二级公路	供汽车行驶的双车道公路	5000~15000 辆
三级公路	供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道公路	2000~6000 辆
四级公路	供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道或单车道公路	双车道:2000 辆以下 单车道:400 辆以下

1. 公路等级选用应遵循下列原则

- (1)公路技术等级选用应根据路网规划、公路功能,并结合交通量论证确定。
- (2)主要干线公路应选用高速公路。
- (3)次要干线公路应选用二级及以上公路。
- (4)主要集散公路宜选用一、二级公路。
- (5)次要集散公路宜选用二、三级公路。
- (6)支线公路宜选用三、四级公路。

2. 新建和改扩建公路项目的设计交通量预测应符合下列规定

(1)高速公路和一级公路设计交通量预测年限为 20 年;二、三级公路设计交通量预测年限为 15 年;四级公路可根据实际情况确定。

(2)设计交通量预测年限的起算年为该项目可行性研究报告中的计划通车年。

交通量换算以小客车为标准车型。各汽车代表车型及车辆折算系数确定如表 1-3 所示,拖拉机和非机动车等交通量换算应符合此规定。



表 1-3 各汽车代表车型及车辆折算系数

汽车代表车型	车辆折算系数	说 明
小客车	1.0	座位及以下 19 座的客车和载质量 2t 及以下的货车
中型车	1.5	座位多于 19 座的客车和载质量多于 2t 但不多于 7t 的货车
大型车	2.5	载质量多于 7t 但不多于 20t 的货车
汽车列车	4.0	载质量多于 20t 的货车

注:(1)畜力车、人力车、自行车等非机动车按路侧干扰因素计算。

(2)公路上行驶的拖拉机每辆折算为 4 辆小客车。

(3)公路通行能力分析所要求的车辆折算系数应针对路段、交叉口等形式,按不同的地形条件和交通需求,采用相应的折算系数。

二、公路工程技术标准

技术标准是根据汽车的行驶性能、数量、荷载等方面的要求,在总结公路设计、施工、养护和汽车运输经验的基础上,经过调查研究、理论分析制定出来的。它反映了我国公路建设的政策和要求,是公路设计和施工的基本依据和必须遵守的准则。

各级公路的具体标准是由各项技术指标体现的,如表 1-4 所示。

表 1-4 各级公路的主要技术指标汇总表

公路等级	高速公路			一级公路			二级公路		三级公路		四级公路
	120	100	80	100	80	60	80	60	40	30	
设计速度(km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40	30	20
车道数(条)	≥4			≥4			2		2		2(1)
宽度 (一般值,m)	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.50	3.75	3.50	3.50	3.25	3.00
停车视距(m)	210	160	110	160	110	75	110	75	40	30	20
圆曲线半径 (最小值,超 高 8%,m)	650	400	250	400	250	125	250	125	60	30	15
最大纵坡(%)	3	4	5	4	5	6	5	6	7	8	9
汽车荷载等级	公路—Ⅰ级			公路—Ⅰ级			公路—Ⅰ级		公路—Ⅱ级		公路—Ⅱ级

各级公路的技术指标是根据路线在公路网中的功能、规划交通量、交通组成、设计速度等因素确定的。其中设计速度是技术标准中最重要指标,它对公路的几何形状、工程费用和运输效率影响最大。在考虑路线的使用功能和规划交通量的基础上,根据国家的技术政策制定设计速度。路线在公路网中具有重要经济、国防意义。交通量较大者,技术政策规定采用较高的设计速度,反之采用较低的设计速度。对于某些公路尽管交通量不是很大,但其具有重要的政治、经济、国防意义,比如通向机场、经济开发区、重点游览区或军事用途的公路,可以采用较高的设计速度。

三、公路的基本组成部分

公路的基本组成部分包括路基、路面、桥梁、涵洞、隧道、防护与加固工程、排水设施、山区特殊构造物等。此外,为保证汽车行驶的安全、畅通和舒适,还需要有各种附属工程,如公路标志、路用房屋、加油站及绿化栽植等。

路基是公路的基本结构,是支撑路面结构的基础,与路面共同承受行车荷载的作用,同时承受气候变化和各种自然灾害的侵蚀和影响。路基横断面示意图如图 1-1 所示。

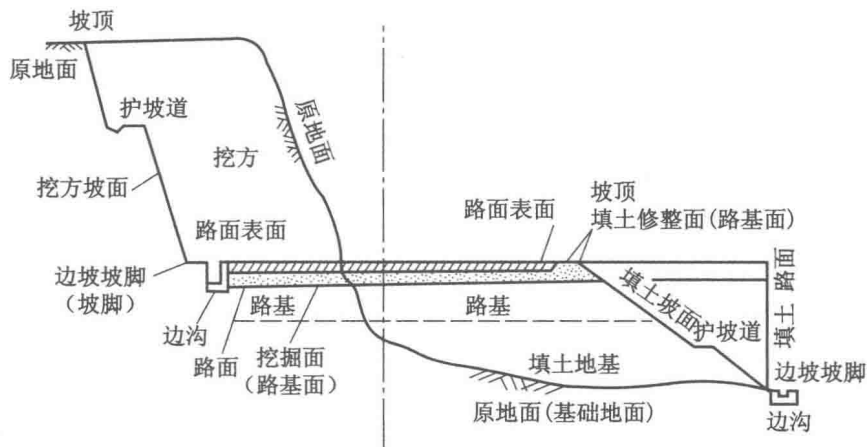


图 1-1 路基横断面示意图

路面是用各种筑路材料铺筑在公路路基上供汽车行驶的结构层,直接承受和传递车轮荷载,承受磨损,经受自然气候和各种自然灾害的侵蚀和影响。

桥涵是指公路跨越水域、沟谷和其他障碍物时修建的构造物。

公路隧道通常是指建造在山岭、江河、海峡和城市地面下,供车辆通过的工程构造物。

为防止路基填土或山坡土体坍塌而修筑的承受土体侧压力的墙式构造物称为“挡土墙”,它是路基加固工程的一种结构形式。

为保持路基稳定和强度而修建的地表和地下排水设施称为“路基排水设施”,包括边沟、截水沟、排水沟、急流槽、渗沟、渗井等。

公路交通工程及沿线设施是保证公路功能、保障安全行驶的配套设施,是现代公路的重要标志。