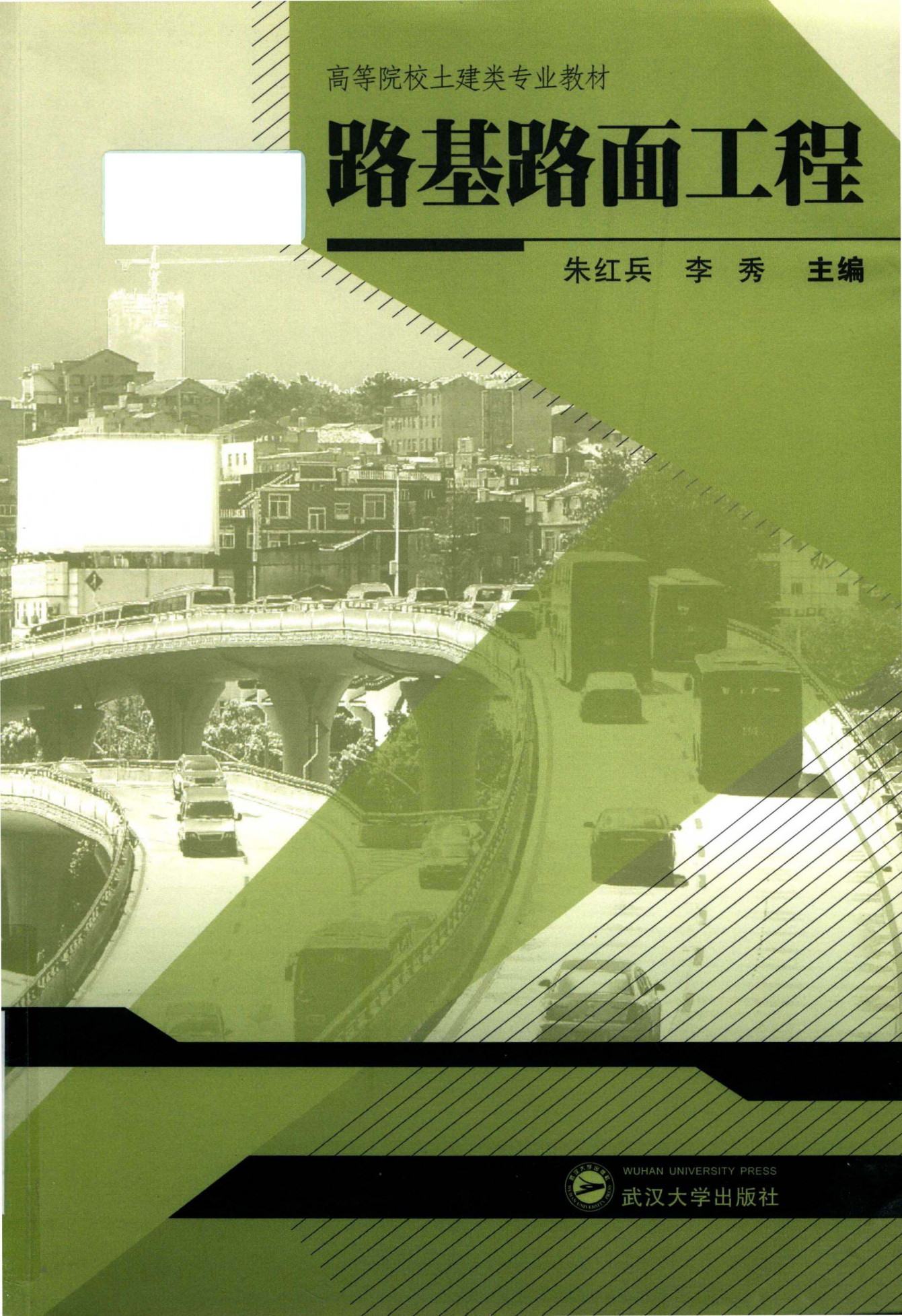


高等院校土建类专业教材

路基路面工程

朱红兵 李秀 主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等院校土建类专业教材

路基路面工程

主 编 朱红兵 李 秀
副主编 贺成斌 赵春花



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/朱红兵,李秀主编. —武汉:武汉大学出版社,2015.6
高等院校土建类专业教材
ISBN 978-7-307-15700-2

I. 路… II. ①朱… ②李… III. ①路基工程—高等学校—教材 ②路面—
道路工程—高等学校—教材 IV. U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 093526 号

责任编辑:王亚明

责任校对:王慧平

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:虎彩印艺股份有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:22.75 字数:592千字

版次:2015年6月第1版 2015年6月第1次印刷

ISBN 978-7-307-15700-2 定价:39.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前言

路基路面工程是高等院校土木工程(道路桥梁方向)、道路桥梁与渡河工程、交通工程等专业的一门重要专业必修课。该课程涉及土质学与土力学、道路勘测设计、路面材料学、弹性力学、道路结构分析及电算、工程经济与管理等多学科知识,同时与工程实践紧密结合,是一门理论与实践并重、工程性较强的课程。本书以高等学校土木工程学科专业指导委员会制定的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》为依据,着重阐述了路基路面工程的基本概念、基本技术理论和基本方法,并尽可能地引入了行业内的新技术、新工艺和新进展。

本书按最新的相关标准、规范编写。其主要内容包括:路基工程总论、路基强度与稳定性、一般路基设计、路基边坡稳定性设计、挡土墙设计、路基施工、路面工程总论、交通荷载与轴载换算、路面基层、沥青路面设计、水泥混凝土路面设计、沥青路面面层施工、水泥混凝土路面面层施工。

本书由武汉科技大学朱红兵、武汉交通职业学院李秀担任主编,由湖南科技大学贺成斌、重庆科技学院赵春花担任副主编,由武汉理工大学华夏学院陈蕾、苏明会,武汉科技大学孙杰担任参编。全书由朱红兵统稿。

具体编写分工如下:

武汉科技大学,朱红兵(前言、第7~9章、第11章);

武汉交通职业学院,李秀(第1~4章、第10章);

武汉理工大学华夏学院,陈蕾(第6.1~6.3节);

武汉理工大学华夏学院,苏明会(第6.4、6.5节);

重庆科技学院,赵春花[第5章(除5.6节)];

武汉科技大学,孙杰(第5.6节);

湖南科技大学,贺成斌(第12、13章)。

限于编者水平,书中难免存在不足和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2015年3月

目录

1 路基工程总论	(1)
1.1 概述	(2)
1.2 中国公路自然区划	(4)
1.3 本课程在专业教学体系中的地位	(8)
知识归纳	(8)
独立思考	(8)
参考文献	(8)
2 路基强度与稳定性	(9)
2.1 路基水温状况与干湿类型	(10)
2.2 路基力学特性	(18)
2.3 土基的承载能力指标	(22)
2.4 土基回弹模量值的确定方法	(25)
2.5 路基稳定性的影响因素及保证措施	(29)
知识归纳	(31)
独立思考	(31)
参考文献	(31)
3 一般路基设计	(32)
3.1 路基用土	(33)
3.2 路基横断面	(37)
3.3 路基的基本构造	(40)
3.4 路基附属设施	(43)
3.5 路基排水	(45)
知识归纳	(52)
独立思考	(52)
参考文献	(52)
4 路基边坡稳定性设计	(53)
4.1 概述	(54)
4.2 直线滑动面法	(57)
4.3 圆弧滑动面法	(59)
4.4 不平衡推力传递法	(66)
4.5 浸水路堤稳定性分析	(67)
知识归纳	(71)

独立思考	(71)
参考文献	(71)
5 挡土墙设计	(72)
5.1 挡土墙的用途、类型及使用条件	(73)
5.2 挡土墙的布置	(76)
5.3 重力式挡土墙土压力的计算	(78)
5.4 重力式挡土墙设计	(87)
5.5 浸水路堤挡土墙	(99)
5.6 地震地区挡土墙设计	(103)
5.7 加筋土挡土墙	(106)
5.8 轻型挡土墙	(122)
知识归纳	(124)
独立思考	(125)
参考文献	(125)
6 路基施工	(127)
6.1 概述	(128)
6.2 填方路基施工	(129)
6.3 土方路堑施工	(134)
6.4 路基压实	(136)
6.5 石质路基施工	(140)
知识归纳	(143)
独立思考	(144)
参考文献	(144)
7 路面工程总论	(145)
7.1 路面结构及组成	(146)
7.2 路面性能要求	(150)
7.3 环境因素对路面的影响	(151)
7.4 路面排水	(152)
知识归纳	(155)
独立思考	(155)
参考文献	(155)
8 交通荷载与轴载换算	(157)
8.1 行车荷载	(158)
8.2 交通分析	(162)
知识归纳	(169)
独立思考	(169)
参考文献	(170)
9 路面基层	(171)
9.1 概述	(172)

9.2	柔性基层	(172)
9.3	半刚性基层	(176)
	知识归纳	(191)
	独立思考	(191)
	参考文献	(191)
10	沥青路面设计	(192)
10.1	概述	(193)
10.2	沥青路面材料的结构和力学特性	(195)
10.3	沥青路面的温度稳定性与耐久性	(197)
10.4	沥青路面的损坏形态与设计标准	(202)
10.5	沥青路面结构组合设计	(205)
10.6	新建沥青路面的结构厚度设计	(211)
	知识归纳	(233)
	独立思考	(234)
	参考文献	(234)
11	水泥混凝土路面设计	(235)
11.1	概述	(236)
11.2	弹性地基板理论体系简介	(237)
11.3	水泥混凝土路面可靠度理论简介	(240)
11.4	水泥混凝土路面的破坏形式及设计标准	(242)
11.5	水泥混凝土路面结构组合设计	(245)
11.6	水泥混凝土路面的构造	(253)
11.7	水泥混凝土路面面板厚度和平面尺寸设计	(260)
	知识归纳	(275)
	独立思考	(275)
	参考文献	(275)
12	沥青路面面层施工	(276)
12.1	概述	(277)
12.2	沥青混合料的原材料要求	(277)
12.3	沥青混合料的分类、选用及配合比设计	(282)
12.4	沥青路面面层施工工艺	(296)
12.5	沥青路面施工质量管理与控制	(315)
	知识归纳	(318)
	独立思考	(319)
	参考文献	(319)
13	水泥混凝土路面面层施工	(320)
13.1	概述	(321)
13.2	水泥混凝土路面原材料的要求	(321)
13.3	水泥混凝土配合比设计	(327)

13.4 水泥混凝土路面施工工艺·····	(333)
13.5 水泥混凝土路面施工质量管理与检查·····	(351)
知识归纳·····	(354)
独立思考·····	(354)
参考文献·····	(354)

1

路基工程总论

课前导读

内容提要

本章的主要内容包包括路基工程的特点、路基设计的一般要求、路基设计与施工的基本内容、公路自然区划的划分原则与划分方法、本课程在专业教学体系中的地位。本章的教学重点为路基设计与施工的基本内容、公路自然区划的划分方法，教学难点为路基设计的一般要求和公路自然区划的划分原则。

能力要求

通过本章的学习，学生应熟悉路基工程的特点、公路自然区划的划分原则、本课程在专业教学体系中的地位，掌握路基设计与施工的一般要求和基本内容、公路自然区划的划分方法。

1.1 概 述

公路的基本组成部分包括路基、路面、桥梁、涵洞、防护与加固工程、排水设备、山区特殊构造物(如半山桥、明洞)等。此外,还有各种沿线交通安全、管理、服务、环保等设施。

路基是道路的主要工程结构物,是在天然地表面按照道路的设计线形(位置)和设计横断面(几何尺寸)的要求开挖或堆填而成的岩土结构物。路基是路面的基础,贯穿公路全线,与桥梁、隧道相连,是构成公路的主体。

路基是路面结构的基础,坚固而又稳定的路基为路面结构长期承受汽车荷载提供了重要的保证。路面结构层的存在又保护了路基,使之避免直接经受车辆和大气的破坏作用,长久处于稳定状态。路基和路面相辅相成,是不可分离的整体,应综合考虑它们的工程特点,综合解决两者的强度、稳定性等工程技术问题。

路槽是指为铺筑路面而在路基上按设计要求修筑的浅槽。

路肩是指行车道外缘至路基边缘的部分,用作路面的横向支承,并可临时停靠车辆。

路基边坡是指路基两侧的坡面部分。为防止水流冲刷,保证路基稳定,采用砌石或喷浆、栽植等对坡面进行防护和加固。

路基排水是指为保持路基稳定的地面和地下排水措施。

1.1.1 路基工程的特点

路基工程数量大,耗费劳动力多,涉及面广,投资高。例如,对于微丘区的三级公路,土石方数量为 $8000\sim 16000\text{ m}^3/\text{km}$;对于山岭、重丘区的三级公路,土石方数量可达 $20000\sim 60000\text{ m}^3/\text{km}$;而对于高速公路,数量更为可观。一般公路的路基修建投资占公路总投资的 $25\%\sim 45\%$,个别山区公路可达 65% 。

路基是带状的土工建筑。路基施工改变了原有地面的自然状态,挖、填、借、弃土对当地生态平衡、水土保持和农田水利等自然环境均有影响,因此路基设计和施工必须与当地农田水利建设和环境保护相结合。

路基工程对工期影响大。工程地质和水文条件复杂的路段工程技术问题多,施工难度大,工程投资大,常成为影响全线工期的关键。

路基工程质量对公路的质量和运营具有十分重要的影响。路基工程质量差将引起路面沉降变形和破坏,增加养护维修费用,影响行车舒适性、安全性和道路的服务水平。

因此,对路基的设计和施工质量必须予以重视,确保精心设计、精心施工,使路基能够长时间具备良好的使用性能。这对节约投资、提高运输效益具有十分重要的意义。

1.1.2 路基设计的一般要求

路基除断面尺寸应符合设计标准外,还应满足下列基本要求。

(1) 具有足够的整体稳定性

路基是直接在地面上填筑或挖去一部分地面后建成的。路基建成后,改变了原地面的

天然平衡状态。在工程地质不良地区,修建路基可能加剧原地面的不平衡状态;开挖路堑使两侧边坡土体失去支承力,可能导致边坡坍塌或滑坡;天然坡面特别是陡坡面上的路堤,则可能因自重而下滑。对于上述各种情况,必须因地制宜地采取一定措施来保证路基的整体稳定性。

(2) 具有足够的强度

公路上的行车荷载通过路面传递给路基,会对其产生一定压力,路面的重力及路基自重也会给予路基和地基一定压力。这些压力都可使路基产生一定的变形,从而使路面发生变形而遭到破坏,直接影响路面的使用质量。因此,路基应具有足够的强度,以保证在外力作用下不产生超过容许范围的变形。

(3) 具有足够的水温稳定性

在地面水和地下水作用下,路基强度将显著地降低。特别是在季节性冰冻地区,由于水温状况的变化,路基将发生周期性冻融,强度急剧下降。因此,不仅要求路基具有足够的强度,还应保证在最不利的水温状况下其强度不发生显著降低,以使路面处于正常稳定状态,亦即要求路基具有足够的水温稳定性。

1.1.3 路基设计与施工的基本内容

为确保工程质量,路基设计与施工必须做到严格掌握技术标准。具体内容包括以下几个方面。

(1) 设计

① 做好沿线自然情况的勘察工作,搜集必要的设计资料,作为路基设计的依据。

② 根据路线纵断面设计确定的填挖高度,结合沿线地质、水文调查资料,进行路基主体工程(路堤、路堑、半挖半填路基及有关工程等)设计。一般可根据规范规定,按路基典型断面直接绘制路基横断面图。下列情况须进行单独设计:工程地质、水文条件复杂或边坡高度超过规范规定高度的路基;修筑在陡坡上的路堤;各种特殊条件下的路基,如浸水路堤、采用大爆破施工的路基及软土或震害严重地区的路基等。

③ 根据沿线地面水流及地下水埋藏情况进行路基排水系统的总体布置,以及地面和地下排水结构物的设计与计算。

④ 路基防护与加固设计,内容包括坡面防护、冲刷防护与支挡结构物等的布置与计算。

⑤ 路基工程其他设施的设计,内容包括取土坑、弃土堆、护坡道、碎落台及辅道等的布设与计算。

(2) 施工

① 进行现场调查,研究、核对设计文件。编制施工组织计划,确定施工方案,选择施工方法,安排施工进度。完成施工前的组织、物质和技术准备工作。

② 开挖路堑,填筑路堤,修建排水及防护加固结构物,进行路基主体工程及其他工程的施工。

③ 按照设计要求对各项工程进行检查验收,绘制路基施工竣工图。

1.2 中国公路自然区划

我国地域辽阔,从北向南分别处于寒带、温带和热带,从青藏高原到东部沿海高程相差4000 m以上,因此自然因素变化极为复杂,各地的地形、地貌、水文及水文地质条件、气候条件差异较大。不同地区自然条件的差异对公路建设有很大的影响。为了区分不同地理区域的自然条件对公路工程影响的差异及不同的筑路特点,我国经过长期调查研究,制定了《公路自然区划标准》(JTJ 003—1986),用以指导公路设计和施工。城市道路的设计与施工也可参照公路自然区划执行。

1.2.1 公路自然区划的划分原则

公路自然区划是根据以下三个基本原则划分的。

(1) 道路工程特征相似的原则

在同一区划内,在同样的自然因素下筑路具有相似性。例如,北方的不利时期主要是春融时期,有翻浆病害;南方的不利时期是雨季,有冲刷、水毁等病害。

(2) 地表气候区划差异性的原则

地表气候是地带性差异与非地带性差异的综合结果。地表气候通常随当地纬度而变(如我国位于北半球,北方寒冷,南方温暖,此即为地带性差异)。地表气候还与高程的变化有关,即沿垂直方向发生变化(如青藏高原海拔高,与纬度相同的其他地区相比气候更加寒冷,此即为非地带性差异)。

(3) 自然气候因素既有综合又有主导作用的原则

自然气候的变化是各种因素综合作用的结果,但其中某种因素起着主导作用。例如,道路冻害是水和热综合作用的结果,在南方只有水而没有寒冷气候的影响,不会发生冻害,说明温度在起主导作用;西北干旱区与东北潮湿区都存在负温度,但前者冻害轻于后者,说明水起主导作用。

1.2.2 公路自然区划的划分等级

《公路自然区划标准》(JTJ 003—1986)规定,我国公路自然区划分为3个等级。

1.2.2.1 一级自然区

根据全国大范围对公路建设具有控制作用的地理、气候因素,并适当考虑土质和其他自然因素,将全国划分为冻土、温润、干湿过渡、湿热、潮暖、干旱和高寒7个大区。在7个一级自然区内,进行路基路面结构设计时应重点考虑的内容各不相同。

① I区——北部多年冻土区。

该区北部为连续分布多年冻土,南部为岛状分布多年冻土。对于泥沼地带多年冻土层,应使路基下部保持冻结状态而不受到大气热量的影响,保温是道路设计的重要原则,故不可轻易挖去覆盖层。对于非多年冻土层,则需将表面泥炭层局部或全部挖除,疏干水分后填筑路堤。该区主要是林区道路,有表土湿度大、地面径流大、易翻浆的特点,应采取换填稳定土及铺设砂垫层等方法处理。

② II区——东部湿润季冻区。

翻浆和冻胀是该区路基路面结构最常见的病害。其轻重程度取决于路基的潮湿程度,可根据不同的路基潮湿程度采取措施。该区缺乏砂石材料,多采用稳定土基层。

③ III区——黄土高原干湿过渡区。

黄土对水分很敏感,使得该区路基表现出两种不同的状态:干燥地段土基强度高,稳定性好;河谷盆地的潮湿路段及灌区耕地的土基稳定性差,强度低,需进行处理。

④ IV区——东南湿热区。

该区雨量充沛、集中,季节性强,台风、暴雨多,水毁、冲刷、滑坡是该区道路的主要病害,应设置完整而畅通的路基路面综合排水系统。此外,该区水稻田多,土基湿软,强度低,必须认真处理。针对该区夏季气温高,热季长的特点,如采用沥青路面则需注意材料的高温稳定性和水稳定性。

⑤ V区——西南潮暖区。

该区多山,筑路材料丰富,应充分利用当地材料筑路,以降低工程造价,但对水文及水文地质不良路段必须采取稳定路基的措施。

⑥ VI区——西北干旱区。

该区的大部分地区地下水位很低,虽然冻深多在100~150 cm以上,但一般道路冻害较轻(河套灌区、内蒙草原洼地等个别地区的地下水位高,翻浆严重)。丘陵区1.5 m以上的深路堑在冬季积雪厚,雪水易渗入路面结构而造成危害,所以沥青面层材料应具有良好的防水性能,对路肩也应作防水处理。该区气候干燥,砂石路面经常出现松散、搓板和波浪现象。

⑦ VII区——青藏高寒区。

该区局部路段有多年冻土,须按保温原则设计。由于地处高原,气候寒冷,昼夜气温相差很大,日照时间长,故沥青老化很快。该区年平均气温相对偏低,路基路面结构易受冬季雪水渗入而发生破坏。

1.2.2.2 二级自然区

二级自然区的划分也是以气候和地形为主导因素,但以潮湿系数作为划分依据,共分为6个等级:①过湿区, $K > 2.0$;②中湿区, $1.5 < K \leq 2.0$;③润湿区, $1.0 < K \leq 1.5$;④润干区, $0.5 < K \leq 1.0$;⑤中干区, $0.25 < K \leq 0.5$;⑥过干区, $K \leq 0.25$ 。其中,潮湿系数 K 为年降雨量 $R(\text{mm})$ 与年蒸发量 $Z(\text{mm})$ 之比,即 $K=R/Z$ 。

根据各地的潮湿等级,同时结合各个大区的地理、气候特征(如雨季、冰冻深度),地貌类型,自然病害等因素,将全国分为33个二级区和19个二级副区(亚区)。

1.2.2.3 三级自然区

三级自然区是根据各地区自然条件的特点,在二级自然区内进一步划分出来的。其划分的方法有两种:一种以水热、地理和地貌为依据,将二级自然区细分为若干区域;另一种是以地表的地貌、水文和土类为依据,将二级自然区进一步划分为若干类型单元。三级自然区由各省、自治区自行划定。

全国各自然区划一、二级自然区名称见表1-1,公路自然区划如图1-1所示。

表 1-1

全国公路自然区划名称

I 北部多年冻土区	IV ₇ 华南沿海台风区
I ₁ 连续多年冻土区	IV _{7a} 台湾山地副区
I ₂ 岛状多年冻土区	IV _{7b} 海南岛西部润干副区
II 东部湿润季冻区	IV _{7c} 南海诸岛副区
II ₁ 东北东部山地湿润冻区	V 西南潮暖区
II _{1a} 三江平原副区	V ₁ 秦巴山地润湿区
II ₂ 东北中部山前平原重冻区	V ₂ 四川盆地中湿区
II _{2a} 辽河平原冻融交替副区	V _{2a} 雅安、乐山过湿副区
II ₃ 东北西部润干冻区	V ₃ 三西、贵州山地过湿区
II ₄ 海滦中冻区	V _{3a} 滇南、桂西润湿副区
II _{4a} 冀北山地副区	V ₄ 川、滇、黔高原干湿交替区
II _{4b} 旅大丘陵副区	V ₅ 滇西横断山地区
II ₅ 鲁豫轻冻区	V _{5a} 大理副区
II _{5a} 山东丘陵副区	VI 西北干旱区
III 黄土高原干湿过渡区	VI ₁ 内蒙草原中干区
III ₁ 山西山地、盆地中冻区	VI _{1a} 河套副区
III _{1a} 雁北张宣副区	VI ₂ 绿洲-荒漠区
III ₂ 陕北典型黄土高原中冻区	VI ₃ 阿尔泰山地冻土区
III _{2a} 榆林副区	VI ₄ 天山-界山山地区
III ₃ 甘东黄土山地区	VI _{4a} 塔城副区
III ₄ 黄渭间山地、盆地轻冻区	VI _{4b} 伊犁河谷副区
IV 东南湿热区	VII 青藏高寒区
IV ₁ 长江下游平原润湿区	VII ₁ 祁连-昆仑山地区
IV _{1a} 盐城副区	VII ₂ 柴达木荒漠区
IV ₂ 江淮丘陵、山地润湿区	VII ₃ 河源山原草甸区
IV ₃ 长江中游平原中湿区	VII ₄ 羌塘高原冻土区
IV ₄ 浙闽沿海山地中湿区	VII ₅ 川藏高山峡谷区
IV ₅ 江南丘陵过湿区	VII ₆ 藏南高山台地区
IV ₆ 武夷南岭山地过湿区	VII _{6a} 拉萨副区
IV _{6a} 武夷副区	

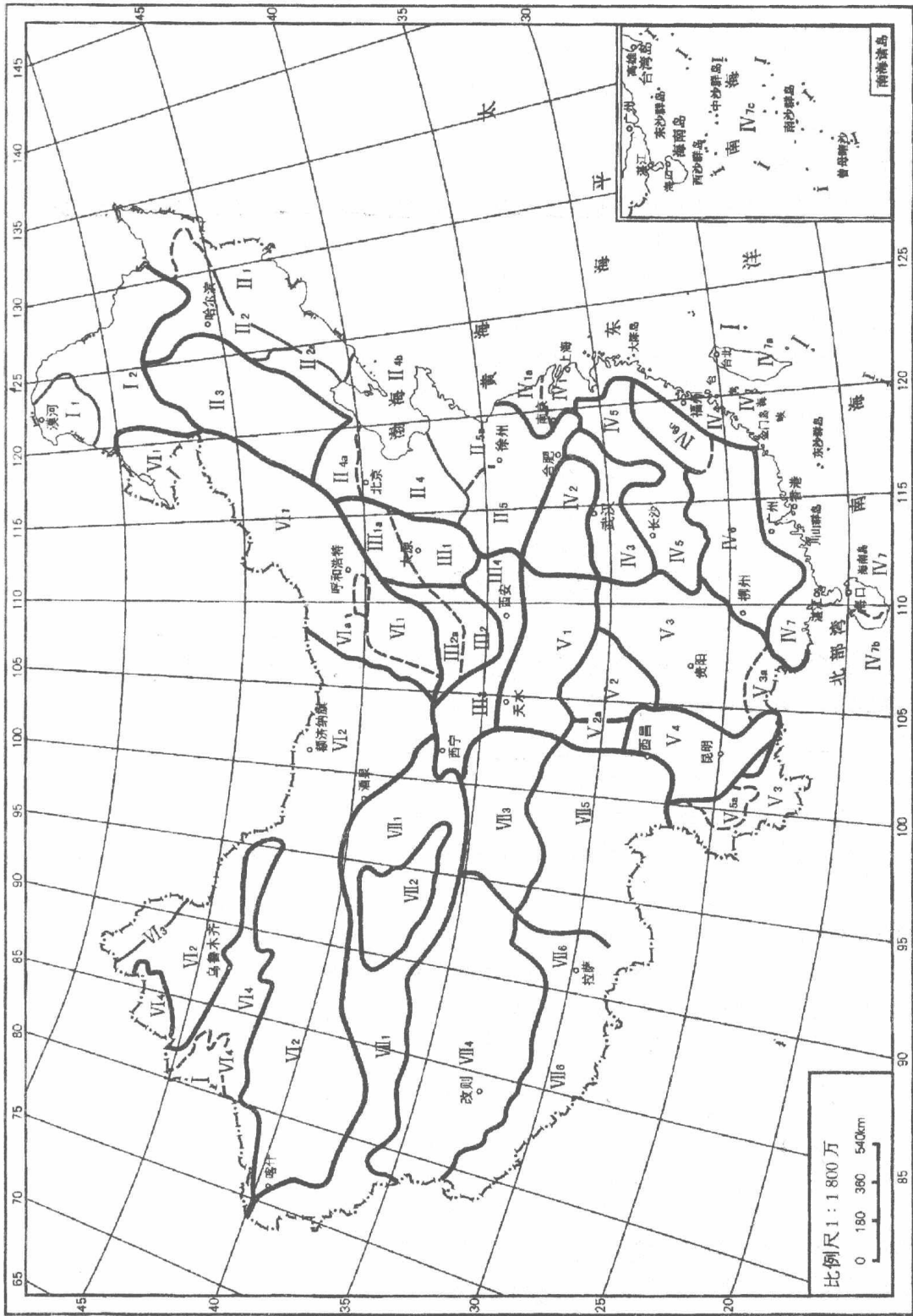


图 I-1 全国公路自然区划图

1.3 本课程在专业教学体系中的地位

“路基路面工程”是一门理论性和实践性均很强的学科,与许多学科联系紧密,特别是下列学科:材料科学、岩土工程、力学、结构分析理论。

“路基路面工程”是土木工程专业的一门重要专业课程,主要介绍路基、路面工程设计与施工的基本知识、原理和方法。

本课程与各基础技术课程及其他专业课程有着密切的联系。例如,路基稳定性和土石方爆破效果的分析需要“工程地质”课程的基本知识;土质路基的稳定性验算、软土路堤的地基沉降计算、挡土墙的土压力计算和路基土的压实等,均需用到“土质学与土力学”课程的相关知识;排水设计需应用“水力学与桥涵水文”课程知识;路面材料的力学性能和组成设计与“道路建筑材料”课程紧密相关;路基路面的结构设计是“道路勘测设计”课程中横断面设计的延续与补充;路基路面设计方案的经济分析、施工组织设计与工程质量管理等,均是“工程经济与管理”课程在道路工程中的应用。

在学习本课程时,要注意路基路面工程的特点,结合与有关课程内容的联系及工程实践来研读本教材。通过分析、对比、归纳等方法,掌握其基本概念和原理,做到举一反三、融会贯通,提高分析和解决实际问题的能力,以便为今后的工作打下扎实的基础。

【知识归纳】

路基是路面结构的基础,是构成公路的主体,坚固而稳定的路基可为路面结构长期承受汽车荷载提供保证。路基除断面尺寸应符合设计标准外,还应具有足够的整体稳定性、强度和水温稳定性。

根据道路工程特征相似、地表气候区划差异性、自然气候因素既有综合又有主导作用的原则,我国公路自然区划分为冻土、湿润、干湿过渡、湿热、潮暖、干旱和高寒7个一级自然区,再按各地的潮湿系数将全国细分为33个二级区和19个二级副区(亚区)。

【独立思考】

- 1-1 路基起什么作用?有何特点?有哪些基本要求?
- 1-2 公路的基本组成包括哪几部分?
- 1-3 路基的设计与施工包括哪些基本内容?
- 1-4 我国公路自然区划的目的、原则和内容分别是什么?

【参考文献】

- [1] 邓学钧.路基路面工程.3版.北京:人民交通出版社,2008.
- [2] 郭兰英.路基路面工程.北京:化学工业出版社,2012.
- [3] 中华人民共和国交通部.JTJ 003—1986 公路自然区划标准.北京:人民交通出版社,1987.