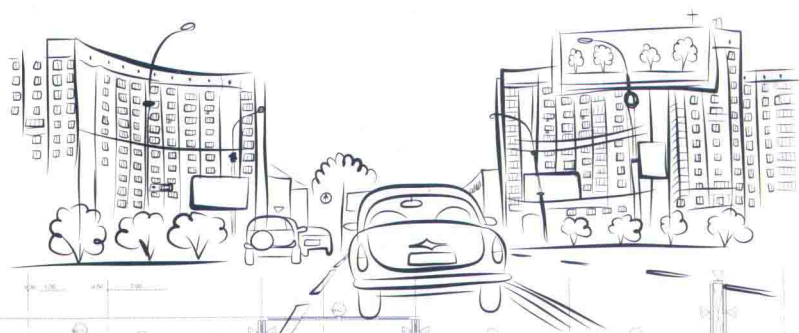


道路路基路面工程

主编 宋高嵩 石振武



北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

道路路基路面工程

主 编 宋高嵩 石振武

副主编 盖晓连 徐 智 李 晶



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共分为 14 章,其主要内容分别为道路路基工程导论、一般道路路基设计、道路路基稳定性设计、道路路基工程排水设计、道路路基防护与加固、挡土墙设计、道路土方路基施工技术、道路石方路基施工技术、道路路面工程导论、道路路面基层施工技术、沥青路面施工技术、沥青路面设计、水泥混凝土路面施工技术与水泥混凝土路面设计等。

本书可作为普通高等院校土木工程领域中道路桥梁与渡河工程、城市道路工程、桥梁隧道工程、道路与铁道工程、机场工程等专业的教材,也可供从事土木工程相关人员学习参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

道路路基路面工程/宋高嵩,石振武主编. —北京:北京理工大学出版社,2017.8
ISBN 978 - 7 - 5682 - 4804 - 4

I. ①道… II. ①宋… ②石… 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. ①U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 217935 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19.5

字 数 / 523 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 65.00 元

责任编辑 / 高 芳

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

道路路基路面工程是高等院校土木工程领域中道路桥梁与渡河工程、城市道路工程、桥梁隧道工程、道路与铁道工程、机场工程等专业的专业重要必修课。课程内容广泛并与工程实践联系密切，具有鲜明的工程技术特点。

本书力求反映本领域最新的科学技术成就，吸收国内外成功的经验和成熟的理论与方法，并且以我国最新出版的有关工程技术标准、规范为依据，讲述道路路基路面工程中的关键技术，以达到理论联系实际的目的。

与道路路基路面工程相关的科学很多，如材料科学、岩土工程、结构分析、管理科学等，从高等院校本科教育的培养目标出发，本书尽量对相关科学的基本概念、基本理论叙述清楚，若需要引用更为深刻的内容，则授课时，可以在保证主干教学内容的前提之下，适当补充加强。

本课程是一门理论与实践并重、工程性较强的课程，除了讲授系统的课堂教学之外，应配合组织实地参观、实物鉴别、课程设计与作业、施工实习等辅助教学环节，以提高学生的感性认识和系统的接受能力。

本书根据高等院校土木工程专业本科的教学特点和教学改革的需要，由哈尔滨理工大学、东北林业大学等院校合作编写。全书共 14 章：第 1、11、12、13 章由哈尔滨理工大学宋高嵩编写；第 6、10、14 章由东北林业大学石振武编写；第 4、7、8 章由哈尔滨石油学院盖晓连编写；第 2、5 章由哈尔滨华德学院徐智编写；第 3、9 章由黑龙江东方学院李晶编写。

全书由哈尔滨理工大学宋高嵩、东北林业大学石振武担任主编，并负责全书统稿工作；盖晓连、徐智、李晶担任副主编。

本书采用国家法定计量单位，即国际单位制（SI）。

本书如有不当之处，希望有关院校师生及广大同人提出宝贵意见，以便及时修改完善。

编 者

第 1 章 道路路基工程导论	(1)
1.1 我国道路工程概况	(1)
1.2 道路路基的稳定性	(5)
1.3 道路路基土的分类、分级与工程性质	(12)
1.4 道路路基的受力与设计	(14)
1.5 道路路基的主要病害与防治	(22)
第 2 章 一般道路路基设计	(25)
2.1 一般道路路基的设计规定	(25)
2.2 道路路基的典型横断面形式	(33)
2.3 路基工程的附属设施	(35)
第 3 章 道路路基稳定性设计	(38)
3.1 道路路基边坡稳定性设计	(38)
3.2 浸水路堤边坡稳定性设计	(47)
3.3 陡坡路堤滑动稳定性设计	(48)
第 4 章 道路路基工程排水设计	(51)
4.1 道路路基工程排水的目的与设计原则	(51)
4.2 道路路基地面排水设计	(52)
4.3 道路路基地下排水设计	(63)
4.4 道路工程排水系统的综合设计	(68)

第 5 章 道路路基防护与加固	(70)
5.1 道路路基防护与加固概述	(70)
5.2 道路路基坡面防护	(71)
5.3 道路路基冲刷防护	(75)
5.4 软土地基加固	(79)
第 6 章 挡土墙设计	(85)
6.1 挡土墙概述	(85)
6.2 重力式挡土墙的布置与构造	(89)
6.3 重力式挡土墙设计	(93)
第 7 章 道路土方路基施工技术	(105)
7.1 道路土方路基施工概述	(105)
7.2 土方路基填挖技术	(107)
7.3 土方路基压实技术	(112)
7.4 土方路基质量控制与检查	(117)
第 8 章 道路石方路基施工技术	(119)
8.1 炸药、起爆器材及起爆方法	(119)
8.2 爆破作用原理	(122)
8.3 爆破作业技术	(126)
第 9 章 道路路面工程导论	(135)
9.1 道路路面工程的发展概况与基本要求	(135)
9.2 道路路面工程的构造	(137)
9.3 道路路面表面排水设计	(140)
9.4 道路路面内部排水设计	(144)
第 10 章 道路路面基层施工技术	(148)
10.1 道路路面基层的类型与块石路面基层	(148)
10.2 碎石路面基层	(151)
10.3 级配碎(砾)石路面基层	(154)
10.4 无机结合料稳定材料路面基层	(158)
10.5 沥青稳定土路面基层	(172)

10.6 道路路面基层的施工质量控制和检查	(173)
第 11 章 沥青路面施工技术	(180)
11.1 沥青路面施工概述	(180)
11.2 道路沥青路面施工方法	(182)
11.3 沥青路面的施工质量检查	(201)
11.4 沥青路面的强度与使用性能	(204)
第 12 章 沥青路面设计	(213)
12.1 道路工程交通分析	(213)
12.2 沥青路面结构组合设计	(219)
12.3 沥青路面设计标准和设计参数	(224)
12.4 新建沥青路面设计	(227)
12.5 沥青路面改建设计	(235)
第 13 章 水泥混凝土路面施工技术	(239)
13.1 水泥混凝土路面施工概述	(239)
13.2 水泥混凝土路面的构造	(240)
13.3 水泥混凝土路面施工工艺	(251)
第 14 章 水泥混凝土路面设计	(285)
14.1 水泥混凝土路面概述	(285)
14.2 水泥混凝土路面的交通分析	(287)
14.3 水泥混凝土路面的设计参数	(288)
14.4 水泥混凝土路面板厚度的计算方法	(293)
参考文献	(304)

道路路基工程导论

1.1 我国道路工程概况

1.1.1 我国道路工程发展

我国幅员辽阔、物产丰富、人口众多，为了促进国民经济的发展，提高人们的物质文化生活水平，确保国防安全，一个四通八达且完善的交通运输体系必不可少。

交通运输是国民经济的命脉，是联系工业、农业、城市和乡村、生产和消费的纽带，是推动国民经济发展的“先行官”。要实现国民经济的现代化，就必须首先实现交通运输的现代化，这是经济建设和发展的客观规律。现代交通运输是由铁路、公路、水运、航空和管道等五种运输方式所组成的。它们各有分工又相互联系与合作，共同承担国家建设所需的原材料与产品的集散、城乡物资的交流以及生产和生活必需品的运输任务。铁路运输对于远程的大宗货物及人流运输起着主要的作用；水运在通航的地区起着廉价运输的作用；航空运输则起着快速运送旅客，贵重、紧急物品及邮件等的作用；管道多用于运输液态、气态以及散装物品（如石油、煤气等）；公路运输具有机动、灵活、直达、迅速、适应性强和服务面广的特点，对于客货运输，特别是中短距离的运输，效益尤其显著。

我国是一个有着5 000多年文明史的国家。在历史的长河中，我国勤劳、智慧的各族人民，在道路、桥梁的修建和车辆制造以及交通管理等方面，都取得了辉煌的成就，它是我国古代灿烂文化的一部分。道路交通为繁荣经济 and 交流文化，维护民族团结和国家统一，都做出了巨大的贡献。中国古代道路和桥梁建筑，在世界上曾处于领先地位，在世界道路交通史上留下了光辉的篇章。

根据《史记》记载，早在4 000多年前，我国已有了车和行车的道路。商代（约公元前16世纪—约前1046）开始有驿道传送；西周（约前1046年—前771）开创了以都市为中心的道路体系，还建立了比较完善的道路管理制度；秦代（前221—前206）修驰道、直道，建立了规模宏大的道路交通网，总里程有1.2万多千米；西汉时期（前206—23）设驿亭3万处，道路交通呈现出更加繁荣的景象。特别是连接欧亚大陆的“丝绸之路”的开通，为东西方经济文化交流做出了贡献；唐代（618—907）是中国古代经济和文化的昌盛时期，建成了以长安城（今西安）

为中心 2.2 万多千米的驿道网；到宋、元、明、清各代（960—1911），道路交通又有发展。

公路是联结城镇和工矿基地之间主要供汽车行驶的郊外道路。20 世纪初（1902 年），我国开始从发达工业国进口汽车，起初只是在上海等大城市街道上行驶，1913 年在湖南省修建了从长沙至湘潭的公路，全长 50 千米，历时 9 年，于 1921 年 11 月全线通车，揭开了我国交通运输史上公路与汽车运输的新篇章。到新中国成立前夕，全国共修建了 13 万千米的公路，但能维持通车的公路不超过 8 万千米，其中沥青、水泥混凝土路面仅 315 千米，全国有 1/3 的县不通公路，西藏地区没有一条公路。

改革开放以后（1978 年以后），我国公路出现了前所未有的发展态势。在 1979 年进行的我国第一次全国公路普查表明，截止到 1978 年年底全国公路通车里程达 88 万千米。

到 2000 年 12 月 31 日我国公路总里程达 167.98 万千米。县以上全部通车，98% 的乡镇和 89% 的行政村通了公路（不通公路的乡镇 460 个，不通公路的村 7.4 万个）。

2005 年年底，全国公路总里程达 193.05 万千米，全国县道、乡道里程达 147.57 万千米，总里程达 340.6 万千米。

2007 年年底，我国公路通车总里程达 357.3 万千米，其中高速公路总里程达 5.36 万千米。总规模约 3.5 万千米的“五纵七横”国道主干线系统全部贯通，比原规划提前 13 年。乡镇通公路率达 98.54%，建制村通公路率达 88.15%。

2015 年年末全国公路总里程 457.73 万千米。公路密度 47.68 千米/百平方千米。

全国农村公路（含县道、乡道、村道）里程 398.06 万千米，其中村道 231.31 万千米。全国通公路的乡（镇）占全国乡（镇）总数的 99.99%，其中通硬化路面的乡（镇）占全国乡（镇）总数的 98.62%；通公路的建制村占全国建制村总数的 99.87%，其中通硬化路面的建制村占全国建制村总数的 94.45%。

自 20 世纪 80 年代中期开始，中国大陆开始兴建高速公路，1988 年 10 月 1 日通车的全长 15.9 千米的上海至嘉定高速公路标志着我国高速公路的零突破。后来陆续投入运行的主要高速公路有京石、京津塘、沈大、合宁、济青、开洛、广深、太旧、合芜、成渝、沪宁、桂柳、呼包、哈大、泉厦、石安、安新等 20 余条线路，1998 年年底高速公路总里程为 8 733 千米。高速公路的建设和使用，为汽车快速、高效、安全、舒适地运行提供了良好的条件，标志着我国的公路运输事业和科学技术水平进入了一个崭新的时代。

到 2000 年年底，高速公路总里程达 1.6 万千米；到 2001 年年底，高速公路总里程达 1.9 万千米，超过加拿大（1.9 万千米）、仅次于美国（8.8 万千米），位居世界第二位；2015 年年末我国高速公路总里程达 12.35 万千米，居世界首位。

1.1.2 公路的分类与分级

1. 公路的分类

（1）按公路的功能分类。道路功能是指道路能为用路者提供交通服务的特性，它包括通过功能和通达功能。通过功能是道路能为用路者提供安全、快捷、大量交通的特性。通达功能是道路能为用路者提供与出行端点连接的特性。

公路按功能可划分为干线公路、集散公路和联络公路（支线公路、地方公路）三类。其中，干线公路分为主干线公路和次干线公路；集散公路分为主集散公路和次集散公路。

1) 干线公路：为用路者提供高效的通过性，尽量减少或消除平面交叉、出入口和支路汇入。

2) 集散公路：为干线公路与地方公路的连接公路，以汇集地方交通、疏散干线交通为主，控制平面交叉、出入口和支路汇入。

3) 联络公路(支线公路、地方公路):直接与用路者的出行端点连接,以提供通达性为主,开放平面交叉、出入口和支路汇入。

(2) 按公路的行政管理属性分类。

1) 国道(国家干线公路):具有全国性政治、经济、国防意义的国家主要干线公路,包括重要的国际公路,国防公路,连接首都与各省省会、自治区首府和直辖市的公路,连接各大经济中心的交通枢纽、商品生产基地和战略要地的公路。

2) 省道(省干线公路):具有全省(自治区、直辖市)政治、经济意义,连接省内中心城市和主要经济区的干线公路,以及不属于国道的省际重要公路。

3) 县道(县域公路):具有全县(县级市)政治、经济意义、连接县城和县城内主要乡(镇)、主要商品生产和集散地的公路,以及不属于国道、省道的县际公路。

4) 乡道(乡村道路):为乡(镇)的经济、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。

5) 专用道路:如机场道路、港口道路、厂矿道路、林区道路等,因某种专门需要修建的道路。

国道的规划与变更由国家交通主管部门制定;省道及县、乡道由省级交通主管部门编制;专用公路,归属行业与主管部门规划管理。

2. 公路的分级

公路划分等级的目的是按需求建设公路;公路划分等级的依据是路网规划、公路功能,并结合交通量综合论证。交通运输部2014年颁布的《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、四级公路五个等级。

(1) 高速公路为专供汽车分向、分车道行驶并应全部控制出入的多车道公路。高速公路的年平均日设计交通量宜在15 000辆小客车以上。

功能:专供汽车分方向、分车道行驶的干线公路。

(2) 一级公路为供汽车分向、分车道行驶并可根据需要控制出入的多车道公路。一级公路的年平均日设计交通量宜在15 000辆小客车以上。

功能:一级公路是连接高速公路或是某些大城市的城乡接合部、开发区经济带及人烟稀少地区的干线公路。干线功能,应根据需要采取控制出入的措施;集散功能,为保证供汽车行驶可设慢车道供非机动车行驶。

(3) 二级公路为供汽车行驶的双车道公路。二级公路的年平均日设计交通量宜为5 000~15 000辆小客车。

功能:二级公路为中等以上城市的干线公路或者是通往大工矿区、港口的公路,在混合交通量大的路段,可设置慢车道供非汽车交通行驶。

(4) 三级公路为主要供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道公路。三级公路的年平均日设计交通量宜为2 000~6 000辆小客车。

功能:为沟通县、城镇之间的集散公路。

(5) 四级公路为主要供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道或单车道公路。

双车道四级公路年平均日设计交通量宜在2 000辆小客车以下。单车道四级公路年平均日设计交通量宜在400辆小客车以下。

功能:为沟通乡、村等地的地方公路。

确定一条公路的等级,应首先确定该公路的功能(干线公路或集散公路),然后根据预测交通量初拟公路等级确定具体技术指标。

公路技术等级的选用原则是公路等级的选用应根据路网规划、公路功能，并结合交通量论证确定。一条公路可分段选用不同的公路等级。同一公路等级可分段选用不同的设计速度。不同公路等级、不同设计速度的路段之间的过渡应顺适，衔接应协调。主要干线公路应选用高速公路；次要干线公路应选用二级及二级以上公路。主要集散公路宜选用一级、二级公路；次要集散公路宜选用二、三级公路。支线公路宜选用三级公路、四级公路。

各级公路设计交通量的预测年限是：高速公路和具干线功能的一级公路的设计交通量应按 20 年预测；具集散功能的一级公路，以及二级、三级公路的设计交通量应按 15 年预测；四级公路可根据实际情况确定。

公路设计路段长度确定为：高速公路设计路段长度不宜小于 15 km；一级、二级公路设计路段不宜小于 10 km；不同设计速度的设计路段之间必须设置过渡段。

1.1.3 城市道路的分类与分级

1. 城市道路的分类

按照道路在城市道路网中的地位、交通功能以及对沿线建筑物的服务功能，城市道路分为以下四类：

(1) 快速路：快速路为城市中大量、长距离、快速交通服务。快速路对向行车道之间应设中间分车带，其进出口应采用全控制或部分控制。

(2) 主干路：主干路为连接城市各主要分区的干路，以交通功能为主。自行车交通量大时，宜采用机动车与非机动车分隔形式，如三幅路或四幅路。主干路两侧不应设置吸引大量车流、人流的公共建筑物的进出口。

(3) 次干路：次干路与主干路结合组成城市道路网，起集散交通作用，兼有服务功能。

(4) 支路：支路为次干路与街坊路的连接线，解决局部地区交通，以服务功能为主。

2. 城市道路的分级

除快速路外，各类道路按照所在城市的规模、设计交通量、地形等分为：Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级。大城市（人口为 50 万以上）应采用各类道路中的Ⅰ级标准；中等城市（人口为 20 万~50 万）应采用Ⅱ级标准；小城市（人口为 20 万以下）应采用Ⅲ级标准。

各类各级城市道路主要技术指标如表 1-1 所示。

表 1-1 各类各级城市道路主要技术指标

项目类别	级别	设计车速 / (km · h ⁻¹)	双向机动 车道数/条	机动车道 宽度/m	分隔带 设置	横断面 采用形式
快速路		80, 60	≥4	3.75	必须设	双、四幅
主干路	Ⅰ	60, 50	≥4	3.75	应设	单、双、三、四
	Ⅱ	50, 40	3~4	3.75	应设	单、双、三
	Ⅲ	40, 30	2~4	3.75~3.5	可设	单、双、三
次干路	Ⅰ	50, 40	2~4	3.75	可设	单、双、三
	Ⅱ	40, 30	2~4	3.75~3.5	不设	单
	Ⅲ	30, 20	2	3.5	不设	单
支 路	Ⅰ	40, 30	2	3.5	不设	单
	Ⅱ	30, 20	2	3.5	不设	单
	Ⅲ	20	2	3.5	不设	单

1.2 道路路基的稳定性

1.2.1 道路路基工程的基本要求

路基是天然地表面按照道路的设计线(位置)和横断面(几何尺寸)的要求开挖或堆填而成的岩土结构物。道路路基的功能:一是路基是路面结构的基础;二是路基承受力的作用(行车荷载和自然气候的影响)。坚实而又稳定路基为路面结构长期承受汽车荷载提供了重要的保证,而路面结构层也保护了路基,使之避免了直接承受车辆和大气的破坏作用,长期处于稳定状态。

路基应根据公路功能、技术等级、交通量,结合沿线地形、地质及路用材料、气候等自然条件进行设计,保证其具有足够的强度、稳定性和耐久性。路基应设置排水设施与防护设施,取土、弃土应进行专门设计,防止水土流失、堵塞河道和诱发路基病害;应进行路基表土综合利用方案设计,充分利用资源。

路基设计应因地制宜、统筹考虑安全、环境、土地、经济等因素,选择合理的路基断面形式;通过特殊地质和水文条件的路段,必须查明其规模及其对公路的危害程度,采取综合治理措施,增强公路防灾、抗灾能力。

路基除具备足够的外形和尺寸外,还应具备足够的强度和刚度、整体稳定性和水文稳定性。

1. 足够的强度和刚度

路基的强度是指在行车荷载作用下路基抵抗变形的能力。行驶在路面上的车辆,通过车轮把荷载传递给路面,由路面传递给路基,在路基路面结构内部产生应力、应变及位移。如果路基路面结构整体或某一组成部分的强度或抗变形能力不足以抵抗这些应力、应变及位移,则路面会出现断裂,路基路面结构会出现沉陷,路面表面会出现波浪或车辙,使路况恶化,服务水平下降,因此,要求路基路面结构整体及其各组成部分都具有与行车荷载相适应的承载能力。

结构承载能力包括强度与刚度两个方面。路面结构应具有足够的强度以抵抗车轮荷载引起的各个部位的各种应力,如压力、拉应力、剪应力等,保证不发生压碎、拉断、剪切等各种破坏。路基路面整体结构和各个结构层应具有足够的刚度,使其在车轮荷载作用下不发生过量的变形,保证不出现车辙、沉陷或波浪等各种病害。

2. 足够的整体稳定性和水文稳定性

路基的稳定性是指在自然气候影响下,路基强度发生变化的性能。在天然地表面建造的道路结构物被改变了自然的平衡,在达到新的平衡状态之前,道路结构物处于一种暂时的不稳定状态。新建的路基路面结构暴露在大气之中,经常受到大气温度、降水与湿度变化的影响,结构的物理、力学性质将随之发生变化,处于另外一种不稳定状态。为避免路基的不稳定状态产生的危害,保持工程设计所要求的几何形态及物理力学性质,要求路基结构必须具有足够的稳定性。

1.2.2 道路路基稳定性的影响因素

路基路面裸露在大气中,其稳定性在很大程度上由当地自然条件所决定。路基的稳定性与下列因素有关。

1. 地理条件

公路沿线的地形、地貌和海拔高度不仅影响路线的选定,也会影响路基与路面的稳定性。平原、丘陵、山岭各区地势不同,路基的水文状况也不同。平原区地势平坦,排水困难,地表易积水,地下水水位相应较高,因而,路基需要保持一定的最小填土高度,路面结构层应选择水稳定

性良好的材料,并采用一定结构的排水设施;丘陵区 and 山岭区,地势起伏较大,路基路面排水设计至关重要,否则会导致其稳定性下降,出现破坏。

2. 地质条件

沿线的地质条件,如岩石的种类、成因、节理、风化程度和裂隙情况,岩石走向、倾向、倾角、层理和岩层厚度有无夹层或遇水软化的夹层,以及有无断层或其他不良地质现象(岩溶、冰川、泥石流、地震等)都对路基路面的稳定性有一定的影响。

3. 气候条件

气候条件如气温、降水、湿度、冰冻深度、日照、蒸发量、风向、风力等都会影响公路沿线地面水和地下水的状况,并且影响路基路面的水文状况。

一年之中,气候有季节性的变化,因此,路基路面的水文状况也随之变化。气候还受地形的影响,如山顶与山脚,山南坡与山北坡气候有很大的差别,这些因素都会严重影响路基路面的稳定性。

4. 水文和水文地质条件

水文条件包括公路沿线地表水的排泄、河流洪水位、常水位、有无地表积水和积水时期的长短,河岸的淤积情况等;水文地质条件包括地下水水位、地下水移动的规律,有无层间水、裂隙水、泉水等。所有这些地面水及地下水都会影响路基路面的稳定性,如果处理不当,常会引发各种病害。

5. 土的类别

土是建筑路基和路面的基本材料,不同的土具有不同的工程性质,因而将直接影响路基和路面的强度与稳定性。

不同的土含有不同粒径的土颗粒。砂粒成分多的土,强度构成以内摩擦力为主,强度高,受水的影响小,但施工时不易压实。较细的砂,在渗流情况下,容易流动,形成流砂。黏粒成分多的土,强度形成以黏聚力为主,其强度随密实程度的不同,变化较大,并随湿度的增大而降低。粉土类土毛细现象强烈,路基路面的强度和承载力随着毛细水上升,湿度增大而下降。在负温度坡差作用下,水分通过毛细作用移动并积聚,使局部土层湿度大幅度增加,造成路基冻胀,最后导致路基翻浆,路面结构层断裂等各种破坏。

1.2.3 中国公路自然区划

我国地域辽阔,又是一个多山国家,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4 000 m以上,自然因素变化极为复杂。不同地区自然条件的差异同公路建设有密切关系。

为了区分各地自然区域的筑路特性,经过长期研究,我国制定了《公路自然区划标准》(JTJ 003—1986)。该标准是根据以下三原则制定的:第一是道路工程特征相似的原则,即在同一区划内,在同样的自然因素下筑路具有相似性。例如,北方不利季节主要是春融时期,有翻浆病害;南方不利季节在雨季,有冲刷、水毁等病害。第二是地表气候区划差异性的原则,即地表气候是地带性差异与非地带性差异的综合结果。通常,地表气候随着当地纬度而变,如北半球,北方寒冷,南方温暖,这称为地带性差异。除此之外,还与高程的变化有关,即沿垂直方向的变化,如青藏高原,由于海拔高,与纬度相同的其他地区相比,气候更加寒冷,即称为非地带性差异。第三是自然气候因素既有综合作用又有主导因素的原则,即自然气候的变化是各种因素综合作用的结果,但其中又有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。但是在南方,只有水而没有寒冷气候的影响,不会有冻害,说明温度起主导作用;西北干旱区与东北潮湿区,同样都有负温度,但前者冻害轻于后者,说明水起主导作用。

1. 公路自然区划的方法

一级区划是首先将全国划分为多年冻土、季节冻土和全年不冻土三大地带,然后根据水热平衡和地理位置,划分为冻土、温润、干湿过度、湿热、潮暖和高寒7个一级大区:Ⅰ区为北部多年冻土区;Ⅱ区为东部湿润季冻区;Ⅲ区为黄土高原干湿过渡区;Ⅳ区为东南湿热区;Ⅴ区为西南潮暖区;Ⅵ区为西北干旱区;Ⅶ区为青藏高寒区。

二级区划是在每一个一级区内,再以潮湿系数为依据,分为6个等级。潮湿系数 K 为年降雨量 R 与年蒸发量 Z 之比,即: $K=R/Z$; $K>2.0$ 为1级过湿; $2.0>K>1.5$ 为2级中湿; $1.5>K>1.0$ 为3级润湿; $1.0>K>0.5$ 为4级润干; $0.5>K>0.25$ 为5级中干; $0.25>K$ 为6级过干。除了这6个潮湿等级外,还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,共52个二级区。

三级区划是二级区划的具体化,划分的方法有两种:一种以水热、地理和地貌为依据;另一种以地表的地貌、水文和土质为依据,由各省、自治区自行规定。

2. 公路自然区划的特点

我国7个一级自然区的路基路面结构设计注重的特点各有不同,根据各地区经验,可大致归纳如下:

(1) Ⅰ区(北部多年冻土区)。该区北部为Ⅰ₁—连续分布多年冻土区,南部为Ⅰ₂—岛状分布多年冻土区。对于泥沼地多年冻土层,最重要的道路设计原理是保温,不可轻易挖去覆盖层,使路堤下保持冻结状态,若受大气热量影响融化,后患无穷。对于非多年冻土层的处理方法则不同,需将泥炭层全部或局部挖去,排干水分,然后填筑路堤。其中林区山地道路,因表土湿度大,地面径流大,最易翻浆,应采用取换土、稳定土、砂垫层等处理方法。

(2) Ⅱ区(东部湿润季冻区)。该区的二级区分为Ⅱ₁—东北东部山地湿冻区,Ⅱ_{1a}—三江平原副区,Ⅱ₂—东北中部山前平原重冻区,Ⅱ_{2a}—辽河平原冻融交替区,Ⅱ₃—东北西部干冻区,Ⅱ₄—海滦中冻区,Ⅱ_{4a}—冀辽山地副区,Ⅱ_{4b}—旅大丘陵副区,Ⅱ₅—鲁豫轻冻区,Ⅱ_{5a}—山东丘陵副区。该区路面结构突出的问题是防止翻浆和冻胀。翻浆的轻重程度取决于路基的潮湿状态,可根据不同的路基潮湿状态采取措施。该区缺乏砂石材料,采用稳定土基层已取得一定的经验。

(3) Ⅲ区(黄土高原干湿过渡区)。该区的二级区分为Ⅲ₁—山西山地盆地中冻区,Ⅲ_{1a}—雁北张宣副区,Ⅲ₂—陕北典型黄土高原中冻区,Ⅲ_{2a}—榆林副区,Ⅲ₃—陇东黄土山地区,Ⅲ₄—黄渭间山地、盆地轻冻区。该区特点是黄土对水分的敏感性,干燥土基强度高、稳定性好。在河谷盆地的潮湿路段以及灌区耕地,土基稳定性差,强度低,必须认真处理。

(4) Ⅳ区(东南湿热区)。该区的二级区分为Ⅳ₁—长江下游平原潮湿区,Ⅳ₂—江淮丘陵潮湿区,Ⅳ₃—长江中游平原中湿区,Ⅳ₄—浙闽沿海山地中湿区,Ⅳ₅—江南丘陵过湿区,Ⅳ₆—武夷南岭山地过湿区,Ⅳ_{6a}—武夷副区,Ⅳ₇—华南沿海台风雨区,Ⅳ_{7a}—台湾山地过湿副区,Ⅳ_{7b}—海南岛西部干润副区,Ⅳ_{7c}—南海诸岛副区。该区雨量充沛集中,季节性强,台风、暴雨多,水毁、冲刷、滑坡是道路的主要病害,路面结构应结合排水系统进行设计。该区土基湿软,强度低,必须认真处理。由于气温高、热季长,要注意面层材料的热稳定性和防透水性。

(5) Ⅴ区(西南潮暖区)。该区的二级区分为Ⅴ₁—秦巴山地潮湿区,Ⅴ₂—四川盆地中湿区,Ⅴ_{2a}—雅乐过湿副区,Ⅴ₃—三西、贵州山地过湿区,Ⅴ_{3a}—滇南桂西潮湿副区,Ⅴ₄—川、滇、黔高原干湿交替区,Ⅴ₅—滇西横断山地区,Ⅴ_{5a}—大理副区。该区山多,筑路材料丰富,应充分利用当地材料筑路,对于水文不良路段,必须采取措施,稳定路基。

(6) Ⅵ区(西北干旱区)。该区的二级区分为Ⅵ₁—内蒙古草原区,Ⅵ_{1a}—河套副区,Ⅵ₂—绿洲—荒漠区,Ⅵ₃—阿尔泰山地冻土区,Ⅵ₄—天山—界山山地区,Ⅵ_{4a}—塔城副区,Ⅵ_{4b}—伊犁河谷副区。该区大部分地下水水位很低,虽然冻深多在100 cm以上,但一般道路冻害较轻。个

别地区,如河套灌区、内蒙古草原洼地,地下水水位高,翻浆严重。丘陵区 1.5 m 以上的深路堑冬季积雪厚,雪水浸入路面造成危害,沥青面层材料应具有良好的防透水性,路肩也应做防水处理。由于气候干燥,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)。该区的二级区分为 VII₁—祁连—昆仑山地区, VII₂—柴达木荒漠区, VII₃—河源山原草甸润湿区, VII₄—羌塘高山冻土区, VII₅—川藏高山峡谷区, VII₆—藏南高山台地区, VII_{6a}—拉萨副区。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,沥青老化很快,又因为年平均气温相对偏低,路面易遭受冬季雪水渗入而被破坏。

全国公路自然区划图见图 1-1。

1.2.4 道路路基的平衡湿度

1. 路基的湿度来源

路基的强度与稳定性在很大程度上与路基的湿度以及大气温度引起的路基的水文状况有密切关系。路基在使用过程中,受到各种外界因素的影响,使湿度发生变化。路基湿度的水源可分为以下几方面:

- (1) 大气降水——大气降水通过路面、路肩边坡和边沟渗入路基;
- (2) 地面水——边沟的流水、地表径流水因排水不良,形成积水渗入路基;
- (3) 地下水——路基下面一定范围内的地下水浸入路基;
- (4) 毛细水——路基下的地下水,通过毛细管作用,上升到路基;
- (5) 水蒸气凝结水——在土的空隙中流动的水蒸气,遇冷凝结成水;
- (6) 薄膜移动水——在土的结构中水以薄膜的形式从含水率较高处向低处流动,或由温度较高处向冻结中心周围流动。

上述各种导致路基湿度变化的水源,其影响程度随当地自然条件和气候特点以及所采取的工程措施等而不同。

2. 路基的平衡湿度状况

路基的强度与稳定性同路基的干湿状态有密切关系,并在很大程度上影响路面结构设计。路基平衡湿度是指公路建成通车后,路基在地下水、降雨、蒸发、冻结和融化等因素作用下,湿度达到相对稳定的平衡状态,此时湿度称为平衡湿度。路基平衡湿度状况可依据路基的湿度来源分为干燥、中湿和潮湿 3 类,并按下列条件判别路基湿度状态。

(1) 地下水控制类的路基——地下水或地表长期积水的水位高,路基工作区处于地下水毛细润湿区影响范围内,路基平衡湿度由地下水或地表长期积水的水位升降所控制。此种路基湿度状态定义为潮湿状态。

(2) 气候因素控制类的路基——地下水水位很低,路基工作区处于地下水毛细润湿区之上,路基平衡湿度由气候因素变化所控制。此种路基湿度状态定义为干燥状态。

(3) 兼受地下水和气候因素影响的路基——地下水水位较高,路基工作区下部处于地下水毛细润湿区影响范围内,而其上部则受气候因素影响,路基平衡湿度兼受地下水和气候两方面的影响。此种路基湿度状态定义为中湿状态。

采用饱和度来表征路基土的湿度状态。土的饱和度既反映了含水率,也包含了密实度的影响。新建公路路床应处于干燥或中湿状态(图 1-2)。路基设计可按下列方法预估湿度状态,确定回弹模量湿度调整系数:根据路基相对高度、路基土组类别及其毛细水上升高度,确定路基干湿类型,并预估路基结构的平衡湿度。

