

高等院校土建类创新规划教材 基础课系列

路基路面工程

马立杰 王宇亮 编著




免费赠送
电子课件

TUJIANLEI
CHUANGXINGUIHUA

◆ 本书力争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，叙述路基路面工程中的关键技术；既突出基本概念、基本理论的论述，亦强调设计原理、设计过程以及施工环节的诠释，以达到理论联系实际的目的。



清华大学出版社

高等院校土建类创新规划教材 基础课系列

路基路面工程

马立杰 王宇亮 编 著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

目前全世界已有 80 多个国家和地区拥有高速公路,通车里程超过了 23 万 km。高速公路成为当今社会不可或缺的公共基础设施,路基路面工程是高速公路的基础知识,本书系根据我国最新颁布的道路工程的有关技术标准、规范,并吸收近几年来取得的科技成果编写而成。

全书分 13 章,主要介绍路基与路面设计、施工、管理相关的基本概念、方法。内容包括路基路面工程总论、行车荷载与环境因素、道路材料的力学性质、一般路基设计、路基的稳定性设计、路基路面排水设计、路基的防护和加固、挡土墙设计、道路面层的类型与施工工艺、路基施工、沥青路面设计、混凝土路面设计和路面评定与养护等。

本书强调理论联系实际,在突出基本概念、基本理论论述的同时强调设计原理、设计过程以及施工环节的介绍,以期通过全面而系统的论述,使读者对“路基路面工程”建立起全面而准确的概念及正确的设计理念。本书内容翔实,适合高等院校土木工程专业公路与城市道路工程、桥梁工程、隧道工程、机场等方向的本科生、研究生,以及从事相关专业的读者学习参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/马立杰,王宇亮编著. —北京:清华大学出版社,2014

(高等院校土建类创新规划教材 基础课系列)

ISBN 978-7-302-36487-0

I. ①路… II. ①马… ②王… 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(2014)第 099328 号

责任校对:周剑云

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:23

字 数:559 千字

版 次:2014 年 8 月第 1 版

印 次:2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

产品编号:057296-01

前 言

“路基路面工程”是土木工程领域道路桥梁等专业的一门非常重要的主干课程，具有很强的理论性和实践性。本书立足于最新规范及技术标准，借鉴和吸收国内外成功的经验、成熟的理论及先进技术，依照本科教学大纲的要求并根据编者多年的教学实践编写而成。

本书强调理论联系实际，注重学以致用。既突出基本概念、基本理论的论述，亦强调设计原理、设计过程及施工环节的诠释，以期通过全面而系统的论述，使读者对“路基路面工程”建立起全面而准确的概念及正确的设计理念。

由于路基路面工程涉及路基设计与施工、路面设计与施工、路基路面工程的养护与管理等内容，为了突出基本概念、基础理论和设计方法，作者结合多年的教学和科研经验，力求使读者通过本书的学习达到夯实基础、拓宽视野的目的。

全书分13章，主要介绍路基路面设计、施工、管理相关的基本概念、方法。

第1章主要介绍路基路面的基本概念、工程特点和要求、路基土的分类及工程特性、路面的等级与分类等。

第2、3章主要介绍行车荷载与环境因素、道路材料的力学性质，为路基路面的设计、施工打下基础。

第4、5、6章介绍了一般路基设计、路基的稳定性设计和路基路面排水设计，是路基路面设计的基础和前提。

第7、8章介绍了路基的防护和加固、挡土墙设计，这两项是路基路面工程的重点工作，主要是路基的支护和加固设计和施工。

第9、10、11、12章主要讲述了道路面层的类型与施工工艺、路基施工、沥青路面设计、混凝土路面设计，为全书的重点内容。

第13章主要介绍对路面的评价与养护，它是路基路面不可缺少的内容，决定着道路的使用安全和年限。

为了更好地掌握本课程的现状与趋势，读者应在认真学习本书的同时，浏览相关的专业教材与专著等。本书采用国家法定计量单位，即国际单位制(SI)。进行公制与国际单位制换算时，为计算简便，重力加速度一律取为 10m/s^2 。

本书由河北联合大学的马立杰、王宇亮编写，其中第2、4、5、9、10、11、12、13章由马立杰编写，第1、3、6、7、8章由王宇亮编写。参与本书整理及校对工作的还有吴涛、阚连合、张航、李伟、封超、刘博、王秀华、薛贵军等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有一些不足之处，欢迎同行和读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 路基路面工程总论.....1	2.5 环境因素影响.....30
1.1 道路工程发展概况.....2	2.5.1 温度变化.....31
1.2 我国道路现状与发展规划.....2	2.5.2 路面的温度状况.....33
1.2.1 公路建设的成就.....2	本章小结.....34
1.2.2 公路发展规划.....3	思考与练习.....34
1.2.3 国家高速公路网规划.....3	
1.3 路基路面工程特点及基本要求.....5	第3章 道路材料的力学性质.....35
1.3.1 路基路面的工程特点.....5	3.1 路基的基本力学特性.....36
1.3.2 路基路面的基本要求.....6	3.1.1 土的应力应变关系.....36
1.4 路基土的分类及工程特性.....8	3.1.2 重复荷载下路基土变形特征.....39
1.4.1 路基土的分类.....8	3.2 路基承载能力指标.....40
1.4.2 各类路基土的工程性质.....9	3.2.1 路基回弹模量.....40
1.5 路面的等级与分类.....10	3.2.2 地基反应模量.....42
1.5.1 路面等级划分.....10	3.2.3 加州承载比.....43
1.5.2 路面分类.....11	3.3 路基的破坏形态及其防治措施.....44
本章小结.....12	3.3.1 路基的主要病害.....44
思考与练习.....12	3.3.2 路基病害防治措施.....46
第2章 行车荷载与环境因素.....13	3.4 路面材料的力学特性.....46
2.1 车辆类型及车辆荷载.....14	3.4.1 应力-应变特性.....47
2.1.1 车辆类型.....14	3.4.2 抗剪强度.....50
2.1.2 车辆荷载.....15	3.4.3 抗拉强度.....51
2.2 交通量分析.....20	3.4.4 抗弯拉强度.....52
2.2.1 交通量.....20	3.5 路面材料累积变形和疲劳特性.....52
2.2.2 轴载组成与等效换算.....21	3.5.1 沥青混合料的疲劳特性.....53
2.2.3 轮迹横向分布.....22	3.5.2 水硬性材料的疲劳特性.....56
2.3 公路自然区划.....24	3.5.3 曼诺定律.....57
2.3.1 国外公路自然区划.....24	本章小结.....57
2.3.2 国内公路自然区划 发展与现状.....25	思考与练习.....57
2.4 路基的干湿影响.....27	第4章 一般路基设计.....59
2.4.1 路基湿度及路基的 来源及影响.....27	4.1 路基设计的一般要求.....60
2.4.2 大气湿度及其对路基水温 状况的影响.....28	4.2 路基设计.....61
2.4.3 路基干湿类型.....29	4.2.1 路基宽度.....61
	4.2.2 路基高度.....64
	4.2.3 路基边坡坡度.....65
	4.3 路基的构造和典型横断面.....69

4.3.1 路堤	70	6.2 路基排水设计	96
4.3.2 路堑	70	6.2.1 地面排水设备	96
4.3.3 半填半挖路基	71	6.2.2 地下排水设备	104
4.4 路基附属设施	72	6.3 路面排水设计	107
4.4.1 取土坑与弃土堆	72	6.3.1 高速公路、一级公路的路面排水	107
4.4.2 护坡道与碎落台	73	6.3.2 一般道路路面排水	108
4.4.3 堆料坪与错车道	73	6.3.3 路面表面渗水的排除	109
本章小结	74	6.4 明渠的水文水力计算	109
思考与练习	74	6.4.1 设计流量	109
第5章 路基的稳定性设计	75	6.4.2 水力计算	111
5.1 概述	76	6.4.3 明渠断面设计方法与示例	115
5.1.1 路基边坡稳定性的基本概念	76	6.4.4 倒虹吸管	117
5.1.2 路基边坡失稳现象与土类的关系	76	6.5 暗渠的水文水力计算	118
5.1.3 边坡稳定性设计的计算参数	77	6.5.1 地下水流量及降落曲线方程	118
5.1.4 汽车荷载当量计算	78	6.5.2 渗沟的水力计算	121
5.1.5 边坡稳定性分析中边坡的取值	78	6.5.3 渗井计算	124
5.2 高路堤的稳定性分析	79	6.6 排水系统综合设计	125
5.2.1 直线滑动面法	79	本章小结	126
5.2.2 圆弧滑动面法	80	思考与练习	127
5.3 浸水路堤的稳定性分析	84	第7章 路基的防护和加固	129
5.3.1 浸水路堤的特点	84	7.1 概述	130
5.3.2 浸水路堤的高度与断面形式	85	7.2 坡面防护	130
5.3.3 渗透动水压力计算	86	7.2.1 植物防护	131
5.3.4 浸水路堤边坡稳定性验算	86	7.2.2 矿料防护	132
5.4 陡坡路堤的稳定性分析	88	7.3 冲刷防护与加固	134
5.4.1 陡坡路堤	88	7.3.1 直接措施	134
5.4.2 陡坡路堤的稳定性分析方法	88	7.3.2 间接措施	137
5.5 深路堑的稳定性分析	90	7.4 不良地基加固	138
本章小结	91	7.4.1 换填土层法	138
思考与练习	91	7.4.2 碾压夯实法	138
第6章 路基路面排水设计	93	7.4.3 排水固结法	139
6.1 概述	94	7.4.4 挤密法	140
6.1.1 危害路基的水源	94	7.4.5 化学加固法	141
6.1.2 路基排水的任务和目的	95	本章小结	142
6.1.3 路基排水注意事项	95	思考与练习	142
		第8章 挡土墙设计	143
		8.1 概述	144

8.1.1	挡土墙的用途	144
8.1.2	挡土墙的类型	145
8.2	挡土墙土压力计算	148
8.2.1	作用在挡土墙上的力系	148
8.2.2	一般条件下库伦主动土压力 计算	149
8.2.3	大俯角墙背的主动土 压力-第二破裂面法	156
8.2.4	折线形墙背的土压力计算	159
8.2.5	黏性土土压力计算	162
8.2.6	不同土层的土压力计算	164
8.2.7	有限范围填土的土压力计算	165
8.2.8	被动土压力计算	165
8.2.9	车辆荷载的换算	166
8.3	挡土墙设计	166
8.3.1	挡土墙的布置	167
8.3.2	挡土墙的构造	168
8.3.3	排水设施	170
8.3.4	沉降缝与伸缩缝	171
8.4	重力式挡土墙设计	171
8.4.1	挡土墙稳定性验算	171
8.4.2	基底应力及合力偏心距验算	173
8.4.3	墙身截面强度验算	176
8.4.4	增加挡土墙稳定性的措施	178
8.4.5	衡重式挡土墙设计	180
8.4.6	浸水路堤挡土墙设计	182
8.5	薄壁式挡土墙设计	187
8.5.1	悬臂式挡土墙	188
8.5.2	扶壁式挡土墙	195
8.6	加筋土挡土墙设计	198
8.6.1	概述	198
8.6.2	加筋土的基本原理	199
8.6.3	加筋土挡土墙的构造	200
8.6.4	加筋土挡土墙的结构计算	201
8.7	板桩式挡土墙设计	208
8.7.1	概述	208
8.7.2	板桩挡土墙构造	209
8.7.3	板桩挡土墙的设计	210

本章小结	217
思考与练习	217

第9章 道路面层的类型与施工工艺

9.1	概述	220
9.2	沥青混合料面层	221
9.2.1	沥青混合料路面概述	221
9.2.2	沥青路面施工	226
9.3	水泥混凝土面层	239
9.3.1	水泥混凝土路面概述	239
9.3.2	水泥混凝土路面的施工	241
本章小结		246
思考与练习		246

第10章 路基施工

10.1	概述	248
10.1.1	路基施工的重要性	248
10.1.2	路基施工的基本方法	249
10.1.3	施工前的准备工作	249
10.2	路基施工要素	250
10.2.1	路基的基本要求	250
10.2.2	路基施工程序	251
10.3	土质路基施工	255
10.3.1	填筑路堤施工	255
10.3.2	开挖路堑	258
10.3.3	路基压实	260
10.4	石质路基施工	264
10.4.1	概述	264
10.4.2	爆破作用原理	264
10.4.3	炸药、起爆器材及 起爆方法	265
10.4.4	常用爆破方法	267
10.4.5	爆炸药品的管理	268
10.4.6	瞎炮处理及清渣撬石	269
10.5	路基施工质量检查和安全施工及 资料管理	269
10.5.1	施工质量检查方法	269
10.5.2	施工质量检查标准	272
10.5.3	施工安全要求	274

10.5.4 施工资料的管理	276	12.1.3 接缝的构造与处理	311
本章小结	276	12.1.4 水泥混凝土路面特殊部位的 处理	314
思考与练习	277	12.2 损坏模式和设计标准	315
第 11 章 沥青路面设计	279	12.2.1 损伤模式	315
11.1 概述	280	12.2.2 设计标准	316
11.2 弹性层状体系理论	282	12.3 结构层组合设计	317
11.2.1 基本假设与解题方法	282	12.3.1 路面结构层组合设计	317
11.2.2 主应力计算	286	12.3.2 面层	317
11.3 沥青路面的破坏形态、设计控制 标准	288	12.3.3 路基	318
11.3.1 沉陷	288	12.3.4 基层和垫层	319
11.3.2 车辙	288	12.3.5 排水和路肩	320
11.3.3 疲劳开裂	289	12.3.6 接缝的构造与布置	320
11.3.4 推移	290	12.4 弹性地基板应力分析	323
11.3.5 低温缩裂	290	12.4.1 小挠度弹性薄板的 基本假设	323
11.3.6 路面弯沉设计标准	290	12.4.2 弹性地基板荷载应力分析	324
11.4 沥青路面结构组合设计	291	12.4.3 弹性地基板温度应力分析	326
11.4.1 适应行车荷载作用的要求	291	12.5 水泥混凝土路面板厚设计	329
11.4.2 保证在各种自然因素 作用下的稳定性	292	12.5.1 交通分析与轴载换算	331
11.4.3 考虑结构层的特点	293	12.5.2 材料参数的确定	332
11.5 我国沥青路面设计方法	294	12.5.3 混凝土板荷载疲劳应力	333
11.5.1 计算图式	294	12.5.4 温度疲劳应力计算	335
11.5.2 路面允许弯沉和设计弯 沉值	295	12.5.5 水泥混凝土板综合疲劳效应 验算	336
11.5.3 标准轴载与轴载换算	297	12.6 水泥混凝土路面加铺层设计	336
11.5.4 土基回弹模量值的确定	299	12.6.1 加铺层结构形式	337
11.5.5 路面材料设计参数值	302	12.6.2 原有混凝土路面的 技术调查	337
11.5.6 结构层材料的允许拉应力	303	12.6.3 原有混凝土路面结构 强度评定	338
11.5.7 新建路面结构设计步骤	304	本章小结	340
本章小结	308	思考与练习	340
思考与练习	308	第 13 章 路面质量评定与养护	341
第 12 章 混凝土路面设计	309	13.1 概述	342
12.1 概述	310	13.2 路面行驶质量评定	343
12.1.1 水泥混凝土路面的 主要特点	310	13.2.1 平整度测定方法	343
12.1.2 水泥混凝土路面的分类	311	13.2.2 国际平整度指数	344

13.2.3 行驶质量评价	344	13.6 沥青路面的病害与防治	352
13.3 路面结构承载能力评定	345	13.6.1 沥青路面的破坏	352
13.3.1 评定方法	345	13.6.2 沥青路面的病害与防治	353
13.3.2 路面结构承载力的评价	346	13.6.3 旧沥青路面再生利用	354
13.4 路面抗滑性能评定	347	13.7 水泥混凝土路面维修与养护	355
13.4.1 定义	347	13.7.1 水泥混凝土路面的病害	355
13.4.2 测定方法	347	13.7.2 水泥混凝土路面的养护与 维修	356
13.4.3 抗滑性能评价	348	13.7.3 水泥混凝土路面的 快速修补	357
13.5 路面结构损坏状况评定	349	本章小结	357
13.5.1 概述	349	思考与练习	357
13.5.2 损坏类型	349	参考文献	358
13.5.3 损坏分级	350		
13.5.4 损坏状况评价	351		



第 1 章

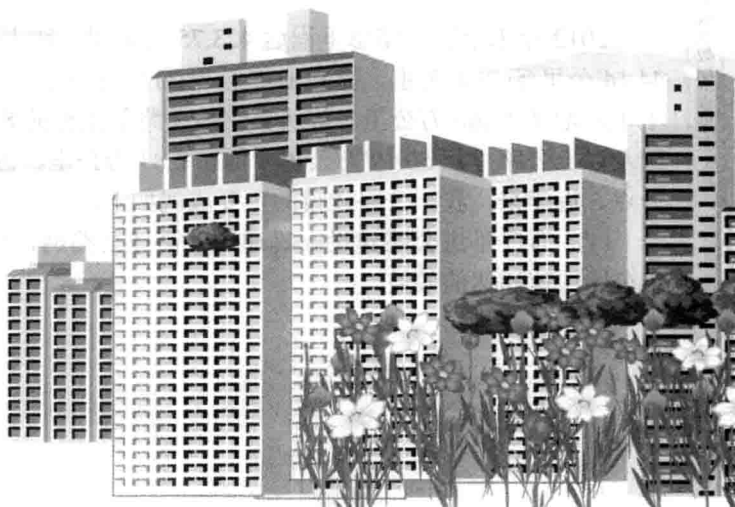
路基路面工程总论

学习目标

- 熟悉道路发展概况和现状。
- 了解路基路面的工程特点。
- 掌握影响路面稳定性的因素。
- 掌握路基土的分类和特性。
- 掌握路面的等级和分类。

本章导读

本章主要介绍道路的发展概况、路基土的分类及工程特性、路面的等级和分类，使读者增加对路基路面工程的一般知识的掌握和认识。



项目案例导入

1. 工程概况

某大都市向东南发展,拟建一条路幅宽 8m、长 95m 的世纪大道。总承包商在全面分析工程有关资料后得出以下工程特点:工程质量要求高,工期紧,总报价较低,且工程位于丘陵地带,地形复杂,当地有不少居民。

2. 工程分析

(1) 分析路基路面工程的特点有哪些?需要注意哪些问题?

(2) 分析此工程路面类型及等级。

1.1 道路工程发展概况

道路工程历史源远流长。历史上最早的原始社会人群,因生活和生产的需要,形成天然原始的人行小径。以后要求有更好的道路,取土填坑,架木过溪,以利通行。当人类由原始农业发展到驯养牲畜后,逐渐利用牛、马、骆驼等乘骑或驮运。这种生产力的飞跃,进一步要求更适用的道路,因而出现在驮运道。

道路的发展可粗略分为以下四个阶段。

第一阶段:供行人和牛马及其他兽类行走、驮运货物的阶段。此时期的道路通常称为小路或小径(Trail)。

第二阶段:供蓄力车辆和行人通行的大道(Cart Way)阶段。在中国,有“康衢”、“路”、“驰道”、“驿道”等名称;在欧洲,罗马道路非常发达,有“条条大道通罗马”之说。

第三阶段:行驶汽车的公路(Highway)阶段。内燃机汽车是德国人卡尔·本茨(1844—1929)在 1885 年发明的,我国在 1902 年从国外引进汽车,1906 年苏元春驻守广西时首建了龙州到镇南关的公路。

第四阶段:以高速度分层行驶为特征的高速公路阶段,也称为 Freeway 或 Expressway。

1.2 我国道路现状与发展规划

1.2.1 公路建设的成就

1. 我国公路建设概况

2012 年末全国公路总里程达 423.75 万公里,比上年末增加 13.11 万公里。公路密度为 44.14 公里/百平方公里,提高 1.37 公里/百平方公里。全国等级公路里程 360.96 万公里,比上年末增加 15.60 万公里。等级公路占公路总里程的 85.2%,提高 1.1 个百分点。其中,二级及以上公路里程 50.19 万公里,增加 2.83 万公里,占公路总里程的 11.8%,提高 0.3 个百分点。近年来,我国公路建设的主要成就如下。

(1) 有序推进公路建设。贯通国家高速公路网,加强国省干线公路改扩建,发挥高等级公路快速通达的效益。

(2) 加快国家高速公路网剩余路段、“瓶颈”路段建设。加强 G103(北京至塘沽)、G104(北京至福州)、G105(北京至珠海)、G107(北京至深圳)、G108(北京至昆明)、G204(烟台至上海)、G205(山海关至深圳)、G212(兰州至重庆)、G213(兰州至磨憨)、G214(西宁至景洪)、G219(叶城至拉孜)、G317(成都至那曲)、G322(衡阳至友谊关)、G323(瑞金至临沧)、G326(秀山至河口)等 15 条国省干线公路及其他交通拥堵路段的改扩建。

(3) 基本建成国家高速公路网。基本贯通北京至上海等 7 条首都放射线、沈阳至海口等 9 条南北纵向线、连云港至霍尔果斯等 18 条东西横向线,形成由中心城市向外放射、横贯东西、纵贯南北的高速公路大通道。适度建设地方高速公路。

(4) 加大国省干线公路改造力度,提升技术等级和通行能力。重点改造“五射、六纵、四横”15 条国道及其他瓶颈路段;实施县通二级公路工程,基本实现具备条件的县城通二级及以上标准公路;加强省际通道和连接重要口岸、旅游景区、矿产资源基地等的公路建设。高速公路的发展,极大提高了中国公路网的整体技术水平,优化了交通运输结构,对缓解交通运输的“瓶颈”制约发挥了重要作用,有力地促进了中国经济发展和社会进步。

1989 年我国大陆高速公路通车里程仅为 271 公里;到 1999 年突破 1 万公里;2001 年底达到 1.9 万公里;2004 年底达到 3.4 万公里;2012 年通车里程 9.6 万公里,世界排名第二。

2. 世界高速公路概况

高速公路是 20 世纪 30 年代在西方发达国家开始出现的专门为汽车交通服务的基础设施。高速公路在运输能力、速度和安全性方面具有突出优势,对实现国土均衡开发、建立统一的市场经济体系、提高现代物流效率和公众生活质量等具有重要作用。目前全世界已有 80 多个国家和地区拥有高速公路,通车里程超过了 23 万公里。高速公路不仅是交通现代化的重要标志,也是国家现代化的重要标志。

1.2.2 公路发展规划

交通运输部在 2003 年提出交通新的跨越式发展的目标,要求到 2010 年使公路交通的紧张状况得到全面缓解,对国民经济的制约状况得到全面改善。到 2020 年,基本适应国民经济和社会发展的需要。

国家公路网规划(2013—2030 年)由普通国道网和国家高速公路网两部分规划构成。其中,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,连接了全国县级以上行政区、交通枢纽、边境口岸和国防设施;国家高速公路网由 7 条首都放射线、11 条北南纵线、18 条东西横线以及部分地区环线、并行线、联络线等组成,连接了全国地级行政中心、城镇人口超过 20 万的中等及以上城市、重要交通枢纽和重要边境口岸。

1.2.3 国家高速公路网规划

随着新时期经济的快速发展、人们生活方式的转变和生活质量的提高,为满足人们对交通服务越来越高的要求,搞好公共服务,优化跨区域资源的配置和管理,就很有必要规划和建设一个统一的国家级高速公路网。近几年交通运输部和国家发改委组织开展了大量

调查、研究和论证工作,并广泛听取了各省、自治区、直辖市及国家有关部门和专家的意见建议,进一步修改完善了规划。2004年12月17日,《国家高速公路网规划》经国务院审议通过,标志着中国高速公路建设发展进入了一个新的历史时期。

1. 国家高速公路网规划方案

国家高速公路网是中国公路网中最高层次的公路通道,服务于国家政治稳定、经济发展、社会进步和国防现代化,体现国家强国富民、安全稳定、科学发展、建立综合运输体系以及加快公路交通现代化的要求;主要连接大中城市,包括国家和区域性经济中心、交通枢纽、重要对外口岸;承担区域间、省与省间以及大中城市间的快速客货运输,提供高效、便捷、安全、舒适、可持续的服务,为应对自然灾害等突发性事件提供快速交通保障。

国家高速公路网规划采用放射线与纵横网格相结合的布局方案,形成由中心城市向外放射以及横连东西、纵贯南北的大通道,由7条首都放射线、9条南北纵向线和18条东西横向线组成,简称为“7918网”,总规模约8.5万公里。其中:主线6.8万公里,地区环线、联络线等其他路线约1.7万公里。

(1) 首都放射线: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、北京—哈尔滨。

(2) 南北纵向线: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、包头—茂名、兰州—海口、重庆—昆明。

(3) 东西横向线: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,规划方案还有辽中环线、成渝环线、海南环线、珠三角环线、杭州湾环线共5条地区性环线以及两段并行线和30余段联络线。

2. 规划方案的特点和效果

(1) 充分体现“以人为本”:最大限度地满足人们的出行需求,创造安全、舒适、便捷的交通条件,使人们直接感受到高速公路系统给生产、生活带来的便利。

① 规划方案将连接全国所有的省会级城市、目前城镇人口超过50万的大城市以及城镇人口超过20万的中等城市,覆盖全国10多亿人口。

② 规划方案将实现东部地区平均30分钟上高速,中部地区平均1小时上高速,西部地区平均2小时上高速,从而大大提高全社会的机动性。

③ 规划方案将连接国内主要的AAAA级著名旅游城市,为人们旅游、休闲提供快速通道。

(2) 重点突出“服务经济”:强化高速公路对于国土开发、区域协调及社会经济发展的促进作用,贯彻国家经济发展战略。

① 规划方案加强了长三角、珠三角、环渤海等经济发达地区之间的联系,使大区域间有3条以上高速通道相连,还特别加强了与香港、澳门的衔接,在三大都市圈内部将形成较完善的城际高速公路网,为进一步加快区域经济一体化和大都市圈的形成,加快东部

地区率先实现现代化奠定了基础。

② 规划方案将显著改善和优化西部地区及东北等老工业基地的公路路网结构,提高区域内部及对外运输效率和能力,进一步强化西部地区西陇海兰新线经济带、长江上游经济带、南贵昆经济区之间的快速联系,改善东北地区内部及进出关的交通条件,为“以线串点、以点带面”,加快西部大开发和实现东北等老工业基地的振兴奠定坚实基础。

③ 规划方案将连接主要的国家一类公路口岸,改善对外联系通道运输条件,更好地服务于外向型经济的发展。

④ 规划方案覆盖地区的GDP占到全国总量的85%以上,规划的实施将对促进经济增长、带动相关产业发展、扩大就业等做出重要贡献。

(3) 着力强调“综合运输”:注重综合运输协调发展,规划路线将连接全国所有重要的交通枢纽城市,包括铁路枢纽50个、航空枢纽67个、公路枢纽140多个和水路枢纽50个,有利于各种运输方式优势互补,形成综合运输大通道和较为完善的集疏运系统。

(4) 全面服务“可持续发展”:规划的实施将进一步促进国土资源的集约利用、环境保护和能源节约,有效支撑社会经济的可持续发展。据测算,在提供相同路网通行能力条件下,修建高速公路的土地占用量仅为一般公路的40%左右,高速公路比普通公路可减少1/3的汽车尾气排放,交通事故率降低1/3,车辆运行燃油消耗也将大幅度降低。

1.3 路基路面工程特点及基本要求

1.3.1 路基路面的工程特点

路基和路面是道路的主要工程结构物。路基是在天然地表面按照道路的设计线型(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。路面是在路基顶面的行车部分用各种混合料铺筑而成的层状结构物。路基是路面结构的基础,坚强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,而路面结构层的存在又保护了路基,使之避免了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、解决两者的强度、稳定性等工程技术问题。

路基与路面工程是道路工程的主要组成部分,工程数量十分可观。例如微丘区的三级公路,每公里土石方数量为 $8\,000\sim 16\,000\text{m}^3$,山岭、重丘区的三级公路每公里可达 $20\,000\sim 60\,000\text{m}^3$,对于高速公路,数量更为可观。路面结构在道路造价中所占比重很大,一般都要达到30%左右。因此精心设计与施工,使路基路面能长时期具备良好的使用性能,对节约投资,提高运输效益,具有十分重要的意义。

路基路面是一项线型工程,有的公路延续数百公里,甚至上千公里。公路沿线地形起伏,地质、地貌、气象特征多变,再加上沿线城镇经济发达程度与交通繁忙程度不一,因此决定了路基与路面工程复杂多变的特点。工程技术人员必须掌握广博的知识,善于识别复杂的环境因素,恰当地进行处理,才能建造出理想的路基路面工程结构。

1.3.2 路基路面的基本要求

现代化公路运输,不仅要求道路能全天候通行车辆,而且要求车辆能以一定的速度,安全、舒适而经济地在道路上运行。这就要求路面具有良好的使用性能,提供良好的行驶条件和服务水平。

为了保证公路与城市道路最大限度地满足车辆运行的需求,提高车速,增强安全性和舒适性,降低运输成本和延长道路使用年限,要求路基路面具有下述一系列基本性能。

1. 承载能力

行驶在路面上的车辆,通过车轮把荷载传给路面,由路面传给路基,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,如压应力、拉应力、剪应力等,保证不发生压碎、拉断、剪切等各种破坏;路基路面整体结构或各个结构层应具有足够的刚度,使得在车轮荷载作用下不发生过量的变形;保证不发生车辙、沉陷或波浪等各种病害。

2. 稳定性

在天然地表面建造的道路结构物改变了自然的平衡,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袒露在大气之中,经常受到大气温度、降水与湿度变化的影响,结构物的物理、力学性质将随之发生变化,处于另外一种不稳定状态。路基路面结构能否经受这种不稳定状态,而保持工程设计所要求的几何形态及物理力学性质,称为路基路面结构的稳定性。

路基裸露在大气中,经受着土体自重、行车荷载和各种自然因素的作用,路基的各个部位将产生变形。路基的变形分为可恢复变形和不可恢复变形。路基的不可恢复变形将引起路基标高和边坡坡度、形状的改变,严重时造成土体位移,危及路基的整体性和稳定性,造成路基各种破坏。路基路面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,也影响路基与路面的设计。平原、丘陵、山岭各区地势不同,路基的水温情况也不同。平原区地势平坦,排水困难,地表易积水,地下水位相应较高,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,并采取一定的结构排水设施;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,否则会导致稳定性下降,出现破坏现象,影响路基路面的稳定性。

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温情况。

在一年之中,气候有季节性的变化,因此路基路面的水温情况也随之变化。气候还受地形的影响,例如山顶与山脚、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,会引起各种病害。

5) 土的分类

土是建筑路基和路面的基本材料,不同的土类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。

不同的土类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。

3. 耐久性

路基路面工程投资高昂,从规划、设计、施工至建成通车需要较长的时间。对于这样的大型工程都应有较长的使用年限,一般的道路工程使用年限至少数十年。承重并经受车辆直接碾压的路面部分要求使用年限二十年以上,因此路基路面工程应具有耐久性能。

路基路面在车辆荷载的反复作用与大气、水温周期性的重复作用下,路面使用性能将逐年下降,强度与刚度将逐年衰减,路面材料的各项性能也可能由于老化衰减,而引起路面结构的损坏。至于路基的稳定性,也可能在长期经受自然因素的侵袭后逐年削弱。因此,提高路基路面的耐久性,保持其强度、刚度、几何形态经久不衰,除了精心设计、精心施工、精选材料之外,要把长年的养护、维修、恢复路用性能的工作放在重要的位置。

4. 表面平整度

路面表面平整度是影响行车安全,行车舒适性以及运输效益的重要使用性能。特别是高速公路,对路面平整度的要求更高。不平整的路表面会增大行车阻力,并使车辆产生附加的振动作用。这种振动作用会造成行车颠簸,影响行车的速度和安全、驾驶的平稳和乘客的舒适。同时,振动作用还会对路面施加冲击力,从而加剧路面和汽车机件的损坏和轮胎的磨损,并增大油料的消耗。不平整的路面还会积滞雨水,加速路面的破坏。因此,为了减少振动冲击力,提高行车速度和增进行车舒适性、安全性,路面应保持一定的平整度。

优良的路面平整度,要依靠优良的施工装备、精细的施工工艺、严格的施工质量控制以及经常和及时的养护来保证。同时,路面的平整度同整个路面结构和路基顶面的强度和抗变形能力有关,同结构层所用材料的强度、抗变形能力以及均匀性有很大关系。强度和抗变形能力差的路基路面结构和面层混合料,经不起车轮荷载的反复作用,极易出现沉陷、车辙和推挤破坏,从而形成不平整的路面表面。

5. 表面抗滑性能

路面表面要求平整,但不宜光滑。汽车在光滑的路面上行驶时,车轮与路面之间缺乏足够的附着力或摩擦力。雨天高速行驶,或紧急制动,或突然起动,或爬坡、转弯时,车轮也易产生空转或打滑,致使行车速度降低,油料消耗增多,甚至引起严重的交通事故。通常用摩擦因数表征抗滑性能,摩擦因数小,则抗滑能力差,容易引起滑溜交通事故。对于高速公路高速行驶车道,要求具有较高的抗滑性能。

路面表面的抗滑能力可以通过采用坚硬、耐磨、表面粗糙的粒料组成路面表层材料来实现,有时也可以采用一些工艺措施来实现,如水泥混凝土路面的刷毛或刻槽等。此外,路面上的积雪、浮冰或污泥等也会降低路面的抗滑性能,必须及时予以清除。

分析与思考

高速公路与普通公路,哪个路面光滑?

重要提示:普通公路路面比高速公路路面光滑。因为在高速公路上,汽车的行驶速度是很快,如果高速公路的路面比普通公路更光滑,则汽车很容易发生打滑造成车祸。所以普通公路路面更光滑。

1.4 路基土的分类及工程特性

各国、各地区、各部门,根据自己的传统与经验,都有自己的分类标准。例如,按照美国的统一分类,把各种土分成砾石、砂、无机粉土和细砂、无机黏土、有机粉土和黏土共5大组,再细分为若干亚组。

世界各国公路用土的分类方法虽然不尽相同,但是分类的依据大致相近,一般根据土颗粒的粒径组成、土颗粒的矿物成分或其余物质的含量、土的塑性指标进行划分。我国公路用土依据土的颗粒组成特征、土的塑性指标和土中有机质存在的情况,分巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土4类,并进一步细分为11种土。土的颗粒组成特征用不同粒径粒组在土中的百分含量表示。

1.4.1 路基土的分类

根据《公路土工试验规程》中对公路路基土的分类,把以下特征作为土的分类依据。

(1) 土的颗粒组成特征:以土的级配指标的不均匀系数(C_u)和曲率系数(C_c)表示。不均匀系数(C_u)反映土的粒径分布曲线上土粒分布范围,其计算公式为

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$