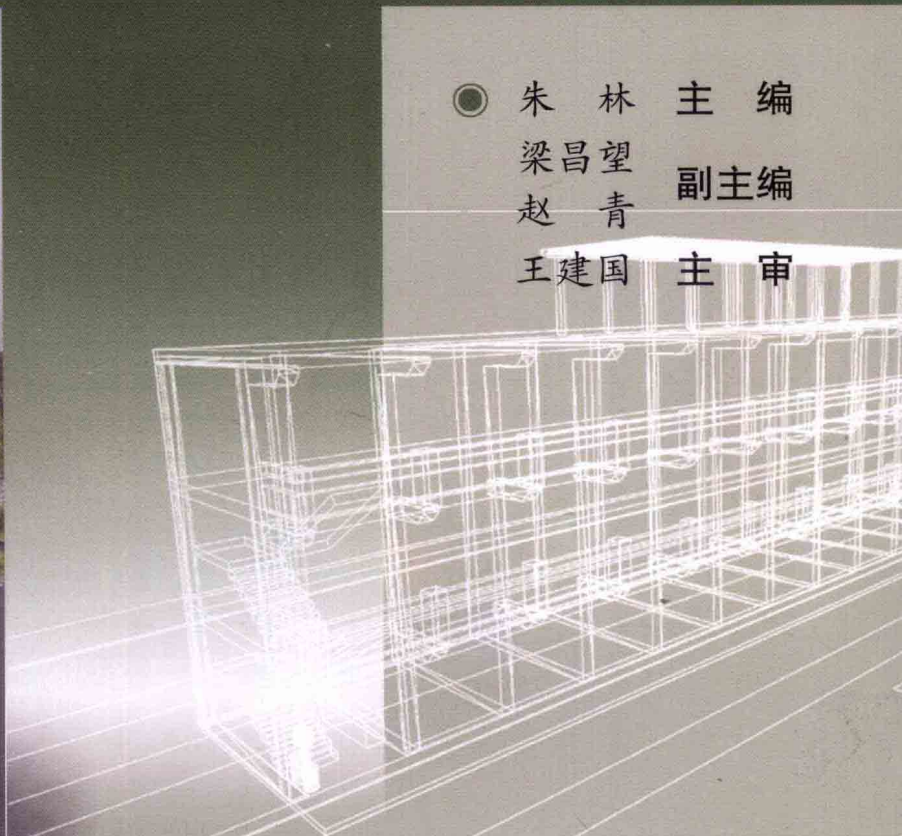


高等学校省级规划教材
——土木工程专业系列教材

路基路面工程

LUJI LUMIAN GONGCHENG

◎ 朱 林 主 编
梁昌望 副主编
赵 青
王建国 主 审



合肥工业大学出版社

高等学校省级规划教材

——土木工程专业系列教材

路基路面工程

朱 林 主 编

梁昌望 副主编
赵 青

王建国 主 审

合肥工业大学出版社

内 容 提 要

《路基路面工程》是高等学校省级规划教材——土木工程专业系列教材中的一册。全书共分 14 章,其主要内容有:影响路基路面结构稳定性的因素、道路建材的力学特性、路基设计、路基稳定性分析、路基防护与加固、挡土墙设计、路基路面排水设计、路基施工、基层类型及施工工艺、面层类型及施工工艺、沥青路面设计、水泥混凝土路面设计以及路面状况评定等。

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也强调设计原理、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。

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/朱林主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2008.9

ISBN 978-7-81093-816-7

I. 路... II. 朱... III. ①路基—道路工程—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(2008)第 144131 号

路基路面工程

主编:朱 林 责任编辑:陈淮民 特约编辑:吴咏梅

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn
版 次 2008 年 9 月第 1 版
印 次 2008 年 11 月第 1 次印刷
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 22
字 数 574 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 合肥星光印务有限责任公司

ISBN 978-7-81093-816-7 定价:35.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

前 言

《路基路面工程》是土木工程领域中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。

作为一门重要的专业课,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、设计过程以及施工环节的诠释,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。

本书是高等学校省级规划教材——土木工程专业系列教材之一。其主要内容有:影响路基路面结构稳定性因素、一般路基设计、路基稳定性分析、挡土墙设计、路基路面排水设计、基层面层材料组成及施工工艺、沥青路面及水泥混凝土路面结构分析与设计方法等。

本书由合肥工业大学朱林主编,合肥学院梁昌望及安徽建工学院赵青为副主编。全书共分十四章,其中第1~5、9章由合肥工业大学朱林编写,第6~8章由安徽建工学院赵青编写,第10、13、14章由合肥学院梁昌望编写,第11、12章由铜陵学院黎春林编写。全书由朱林统稿,合肥工业大学王建国教授主审。

本书采用国家法定计量单位,即国际单位制。为便于换算,重力加速度取 10m/s^2 。

本书用作土木工程专业全日制本科或土建成人类教育之教材,亦可供土木工程专业其他工程技术人员作为参考用书。

限于编著者水平,难免有错误和未尽善之处,希望使用本书的单位或个人多提宝贵意见,以便再版时加以修正。

编 者

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 路基路面工程的特点与基本性能	1
1.2 公路等级与路面结构	4
1.3 影响路基稳定性因素	7
1.4 路基土的分类及工程特性	10
1.5 路基路面工程的设计与施工内容	13
第2章 行车荷载与环境因素	15
2.1 车辆类型及车辆荷载	15
2.2 交通量分析	21
2.3 公路自然区划	24
2.4 路基水温状况及路基工作区	27
2.5 路基的破坏形态及其防治措施	37
第3章 道路建材的力学性质	41
3.1 路基土的基本力学特征	41
3.2 土基承载能力指标	44
3.3 路面材料的基本力学特性	47
3.4 材料的疲劳特性	53
第4章 一般路基设计	59
4.1 路基设计的一般要求	59
4.2 路基典型横断面形式及其设计要点	60
4.3 路基横断面的基本构造	64
4.4 路基附属设施	73
第5章 路基路面排水设计	76
5.1 概述	76
5.2 路基排水设计	77

5.3	路面排水设计·····	86
5.4	明渠的水文水力计算·····	88
5.5	暗沟水文水力计算·····	96
第6章	路基稳定性设计 ·····	105
6.1	概述·····	105
6.2	高路堤的稳定性分析·····	108
6.3	浸水路堤的稳定性分析·····	112
6.4	陡坡路堤的稳定性分析·····	115
6.5	深路堑的稳定性分析·····	117
第7章	路基防护与加固 ·····	118
7.1	概述·····	118
7.2	坡面防护·····	118
7.3	冲刷防护·····	122
7.4	不良地基加固·····	126
第8章	挡土墙设计 ·····	129
8.1	概述·····	129
8.2	土压力计算理论·····	137
8.3	重力式挡土墙设计·····	152
8.4	薄壁式挡土墙设计·····	170
8.5	加筋土挡土墙设计·····	181
8.6	板桩式挡土墙设计·····	190
第9章	面层类型与施工工艺 ·····	200
9.1	概述·····	200
9.2	沥青混合料面层·····	200
9.3	水泥混凝土面层·····	217
第10章	路面基层与施工 ·····	224
10.1	概述·····	224
10.2	碎(砾)石基层·····	224
10.3	石灰稳定土基层·····	232
10.4	水泥稳定土基层·····	236
10.5	工业废渣稳定土基层·····	240

第 11 章 沥青路面设计	243
11.1 破坏形态与设计控制标准	243
11.2 结构层组合设计	246
11.3 路面层状弹性体系解	251
11.4 我国现行沥青路面结构厚度设计方法	256
11.5 沥青路面结构层应力验算	264
11.6 旧柔性路面改建设计方法	271
第 12 章 混凝土路面设计	275
12.1 损坏模式和设计标准	275
12.2 结构层组合设计	277
12.3 弹性地基板应力分析	282
12.4 水泥混凝土路面板厚设计	288
12.5 水泥混凝土路面加铺层设计	295
第 13 章 路基施工	299
13.1 概述	299
13.2 路基施工的基本知识	299
13.3 土质路基施工	306
13.4 石质路基施工	314
13.5 施工机械设备	318
13.6 施工要求与施工资料	320
第 14 章 路面状况评定	328
14.1 概述	328
14.2 路面行驶质量评定	328
14.3 路面结构承载能力评定	330
14.4 路面抗滑性能评定	332
14.5 路面结构损坏状况评定	334
14.6 路面管理系统	337
参考文献	343

第 1 章 绪 论

1.1 路基路面工程的特点与基本性能

1.1.1 工程特点

路基路面是一种设置在地表并暴露于大自然中的、由多种筑路材料构成的线型层状结构物，是道路的重要组成部分。其中，路基是在原地面按照道路路线位置和一定技术要求开挖或堆填的岩土结构物，路面是在路基顶面的行车部分用多种特定的混合料铺设而成的层状结构物；路面直接承受行车等荷载，并将荷载传递给路基，同时，也起着使路基免受各种不利因素直接影响的屏障作用；路基则是路面结构的基础，它起着支撑并保证路面结构稳定的作用，它们之间的关系是相互依存，相互作用的共同体。

路基路面具有结构形式简单、影响因素多、牵涉范围广、施工安排不易、工程数量巨大、投资额占道路总造价比重大等特点。

1. 路基路面工程设计取决于环境因素及行车荷载

作为线型结构物，道路在地域空间上跨度很大，可绵延十几公里乃至上千公里，沿线的气候、地形地貌、水文和地质等自然条件往往差异很大。即便是在较短的路段内，土质、地质条件、水温状况甚至地形地貌以及路基填挖情况等也会有较大的差异。自然环境条件的改变对土基和路面材料的物理力学性质及路基路面结构体系的性状影响很大。

另一方面，道路沿线城镇经济发展水平存在差异、交通繁忙程度也因此各不相同。这样，作用在路面上的行车荷载，无论是大小、数量和作用频率，都是具有较明显地域特征的、因时而变的随机变量。由于公路的工作环境差异很大，且影响因素众多，路基路面的损坏形态和原因，常常是多变复杂的。有鉴于此，路基路面设计，必须做好前期的调查工作，也就是必须切实调查清楚沿线的自然条件和交通情况，掌握足够的设计资料和确切的计算参数，同时，对设计人员的要求也很高，他们必须是知识面宽广，具有较大的专业视野，能综合考虑并善于识别和处理各种有利及不利因素对路基路面的影响，针对具体情况采取切实可行和经济合理的工程技术措施。

2. 路基路面工程设计与路线是相辅相成的

在选定路线时，道路的线形以及路基路面的工程情况要做通盘考虑，既要满足线形要求，又要考虑路基的稳定条件，排水条件，工程难易程度等。在工作中应加强工程地质、水文地质与不良地质等调查与勘察。尽量避开不良地貌与地质地段，当路线难以规避不良地段时，应对路基路面采取恰当的措施，以提高路基路面的稳定性，保证良好的路况得以实现。

3. 路基路面工程设计与沿途构造物等密切相关

路基路面设计不仅要做到路基与路面设计两者本身相互协调，即做到公路等级与路面结构组合、路面材料及路基强度刚度相适应，同时，还要考虑其与道路排水、防护、加固、地下管线、桥

涵等诸多沿途构造物的关联性,使其与各构造物间相互配合,和谐共生。此外,在建造道路时,还会涉及生态环境、水土保持、农田与水利建设、城市规划以及避让不可移动文物等方方面面的问题,必须按有关规定妥善处理好与它们之间的关系。

4. 路基路面工程设计还应考虑施工方法与施工工艺等因素

一般而言,路基路面工程的项目和数量都特别巨大,而且沿线分布常不一致,各路段的地形地貌土质、施工场地、环境和条件等也不相同,因此,各段应根据不同的情况采用不同的施工方法、施工机械以及人员配置。特别是在土石方量集中、水文和地质条件复杂的地段,其设计方案的选择,除考虑采用先进的施工技术、施工工艺外,还需顾及现有的施工设备、施工条件和施工难度等,通盘考虑,合理抉择。

1.1.2 路基路面应具备的基本性能

在自然因素和行车荷载的作用下,路基路面会产生各种变形及破坏,但是,公路在运行期间内,必须保持良好的路况状态,这是保证公路最大限度地满足车辆运行的要求,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的前提。路基路面应具有下列基本要求。

1. 承载能力

路基路面应具有足够的强度及刚度。行驶在路面上的车辆,通过车轮把荷载传给路面,再由路面传给路基,路基路面结构内由此而产生相应的应力、应变及位移。如果路基路面结构的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、应变及位移等不利影响,则路面会出现诸如裂缝、断裂,路面表面会出现波浪或车辙,路基路面结构会出现沉陷等破坏形式,使路况恶化,通行能力下降。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。

路基路面具有足够的强度及刚度,方能使路面结构得以抵抗车轮荷载引起的不利影响,选择良好的筑路材料、合理的结构层组合以及路基路面结构层的充分压实,是实现路基路面具有足够承载力的保证。

2. 稳定性

路基路面应具有良好的稳定性。自然环境下,影响稳定性的因素很多。归结起来有两种不稳定情况:一种情况是,在天然地表,通过挖填方式建造的道路结构物改变了地表自然的平衡,在达到新的平衡状态之前,天然土层及道路结构层均可能处于一种暂时的不稳定状态。另一种情况是,新建的路基路面结构袒露在大气之中,经受着大气温度、降水与湿度变化的不利影响,结构物材料的力学性质亦将随之发生变化和调整,路基路面结构可能会处在另一种不稳定状态。

在地表上开挖或填筑路基,必然会改变原地地面层结构的受力状态。原来处于稳定状态的地层结构,有可能由于填挖筑路而引起不平衡,导致路基失稳。比如挖方路基,如果路堑边坡过于高陡,则可能会发生坡体坍塌、滑坡;在软土地层上修筑路堤,可能由于软土层承载能力不足,而出现路堤沉落或滑移;在填挖结合路基,有可能填方部位和挖方部位路基沉降不一致导致路基出现较大沉降差等。另外,路线如果通过不稳定土层而又没有采取相应的工程措施,则必然会给路基路面的稳定性留下严重隐患。

湿度变化对路基路面结构的稳定性影响十分显著。由于大气降水等原因,路基路面结构内部的湿度状态会发生变化,这一变化对土质路基的影响尤为剧烈,水分的浸入会使土体软化,抗剪强度减小,沉降可能性增大;沥青混凝土路面中水分的侵蚀,会引起沥青结构层剥落,结构松散;水泥混凝土路面,如果不能及时将水分排出结构层,会发展唧泥现象,冲刷基层,影响结构层

安全;砂石路面,在雨季时,会因雨水冲刷和渗入结构层,而导致强度下降,产生沉陷、松散等等;低洼地带路基排水不良,长期积水,会使得矮路堤土质软化,失去承载能力;山坡路基,有时因排水不良,会引发滑坡或边坡滑塌。不难看出,排水设计是路基路面设计的一个十分重要的内容。

温度变化对路基路面结构的稳定性有重要影响。高温季节沥青路面软化,强度降低,在车轮荷载作用下更容易产生永久性变形;水泥混凝土路面因高温膨胀,会导致结构内产生过大内应力,导致路面挤压破坏。北方冰冻地区,在低温冰冻季节,水泥混凝土路面、沥青路面、半刚性基层由于低温收缩产生大量裂缝,最终失去承载能力。在严重冰冻且地下水源丰富的季冻区,低温会产生冻胀现象,引起路面隆起甚至发生断裂,春天融冻季节,在交通繁重的路段,有时会产生弹簧土甚至引发翻浆,导致路基路面发生破坏。即使在没有春融冬胀的季冻区修路,有时也会产生融沉现象,且处理起来比较棘手。

路基路面结构应具有足够的稳定性,首先在选线上应尽量避免不良地形、地质路段,其次应正确地选择路基的断面形式和尺寸,采取必要的排水、防护和加固措施,这是实现路基路面结构具有足够稳定性的保证。

3. 耐久性

路基路面工程应具有耐久的性能。公路无论从其使用功能还是从投资角度来看,都应有较长的使用年限,事实上,设计规范也是这样要求的。一般的道路工程使用年限至少数十年,高等级公路,路面部分要求使用年限为20年以上。

路基路面在实际运行中,由于不利的环境因素及车辆荷载的反复作用,必然会产生各种变形和破坏,路面使用性能呈逐年下降趋势。路基路面材料的各项性能会随时间而老化衰变,强度与刚度亦同时逐年衰变,进而引起路面结构的损坏及路基的稳定性。路基路面出现损伤应得到及时维修,否则小的损伤会迅速恶化,进而演变成严重破坏,影响公路的使用。

因此,路基路面的耐久性,不仅取决于公路设计、施工及道路建材的类型,而且运行中的养护与维修对路基路面的耐久性也是非常重要的。

4. 表面平整度

路面表面平整度是评价路面使用性能的重要指标。平整度影响到行车安全、行车舒适性以及运输效益。不平整的路表面会增大行车阻力,造成车辆产生振动颠簸,这会影响行车的速度和安全、驾驶的平稳和乘客的舒适。同时,振动颠簸还会对路面和车辆产生冲击力,从而加剧路面破坏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。

要保证路面的平整度,选择合理的结构层、良好的路面材料是先决条件,而优良的施工机械、先进的施工工艺及严格的施工质量控制是关键,经常与及时的养护也是不可或缺的措施。

5. 表面抗滑性能

平整和光滑看上去是相互关联的两个概念。但在公路设计上,要求路面表面平整,而不能光滑。汽车在抗滑能力不足的路面上行驶,车轮与路面之间缺乏足够的附着力和摩擦力,容易打滑,制动不易。雨天高速行车、紧急制动、突然启动,或爬坡、转弯时,车轮也易产生空转或打滑,甚至引起严重的交通事故。为保证行车的安全性,路面必须具有足够的抗滑性能。

路面的抗滑性能通常用摩擦系数来表征,摩擦系数小,则抗滑能力低,容易引起滑溜交通事故。高速公路及城市快速路由于车速较快,要求具有较高的抗滑性能。

路面表面的抗滑能力一般可以通过材料及工艺两种途径来实现。对沥青路面,可采用坚硬、

耐磨、表面粗糙的粒料以及含蜡量较低,具有良好粘结力的沥青或改性沥青修筑路面表层;对于水泥混凝土路面,可以采用刷毛或刻槽等工艺措施。此外,路表面的积雪、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。

1.2 公路等级与路面结构

1.2.1 公路等级

我国将公路根据功能和适应的交通量分情况为五个等级:

(1)高速公路:具有四个或四个以上车道,设有中央带,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。

(2)一级公路:具有四个或四个以上车道,设有中央带,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。一级公路根据我国现状存在两种功能,一为集散公路,一为干线公路。

(3)二级公路:供汽车行驶的双车道公路。同一级公路一样,也存在两种功能,集散公路或干线公路。

(4)三级公路:主要供汽车行驶的双车道公路。

(5)四级公路:供汽车行驶的双车道或单车道公路。

不同交通功能要求、不同经济发展水平及不同交通量情况的地区,应适当选择合理的公路等级,并满足与公路等级相适应的服务水平及通行能力的要求。

不同等级的公路对应的路面面层类型也不相同,稍后将予以介绍。

1.2.2 路面结构构成

路面结构一般都是由若干结构层组成。由于行车荷载和自然因素对路面的影响,是随着路面结构深度的增加而逐渐减弱的。因此,对路面材料的强度、抗变形能力和稳定性的要求也随深度的增加而逐渐降低。为合理使用不同性质的建材,做到物尽其用,根据层位情况、使用要求、受力状况、路基支承条件和自然因素影响程度的不同,分成若干功能层。按照层位功能的不同,划分为面层、基层和垫层等三个层次,如图 1-1 所示。

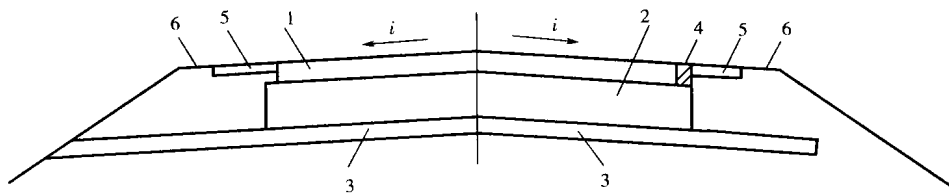


图 1-1 路面结构层次划分示意图

1—面层; 2—基层; 3—垫层; 4—路缘石; 5—硬路肩; 6—土路肩 i —路拱横坡度

1. 面层

面层是直接同行车和大气接触的表面层次。它直接承受行车荷载和环境因素的不利影响,并直接影响着行车的舒适性、安全性和经济性,决定着道路的使用品质,因此,同其他层次相比,

是对建筑材料要求较高的结构层。面层应具备较高的结构强度,抗变形能力,较好的水稳定性和温度稳定性,而且应当耐久、耐磨及不透水;其表面还应有良好的抗滑性和平整度,以及低噪声、低扬尘性等性能。

面层所用的材料主要有:水泥混凝土、沥青混凝土、沥青碎(砾)石混合料、砂砾或碎石掺土或不掺土的混合料以及块料等。面层材料的选择主要与公路等级有关。

面层有时分两层或三层铺筑,各地区经验取值不尽相同。但一般高速公路沥青面层总厚度18~20cm,可分为上、中、下三层铺筑,并根据各分层的要求采用不同的级配等级。水泥混凝土路面也有分上下两层铺筑,分别采用不同标号的水泥混凝土材料。水泥混凝土路面上加铺4cm沥青混凝土这样的复合式结构也是常见的。但是砂石路面上所铺的2~3cm厚的磨耗层或1cm厚的保护层,以及厚度不超过1cm的简易沥青表面处治,不能作为一个独立的层次,应看作为是面层的一部分。

2. 基层

基层位于面层与路基之间,主要承受由面层传来的车辆荷载的垂直力,并将其扩散到下面的垫层和土基中去。实际上,基层是路面结构中的承重层,它应具有足够的强度和刚度,并具有良好的扩散应力的能力。基层遭受大气因素的影响虽然比面层小,但是仍然有可能经受地下水和通过面层渗入雨水的浸蚀,所以基层结构还应具有足够的水稳性。基层表面虽不直接供车辆行驶,但仍然要求有较好的平整度,这是保证面层平整性的基本条件。基层由于有主要承受车辆荷载的属性,所用材料在结构层中要求也是比较高的,当基层厚度较大时,可分为两层或三层铺筑。上一层称为上基层,最下层称为底基层。比较而言,上基层材料要求较高,底基层材料质量的要求较上基层为低。

基层材料主要有各种无机类结合料(如石灰、水泥或工业矿渣等稳定土或稳定碎、砾石)、粒料类(天然砂砾、各种碎石或砾石)以及片石、块石或圆石等。

3. 垫层

当路基水温状况不良或土基湿软时,可考虑设置垫层。该层介于路基与基层之间,其主要有两方面功能:一是改善土基的湿度和温度状况,保证面层和基层的强度、刚度和稳定性不受路基水温状况变化所造成的不良影响,起到隔水、排水、防冻胀等作用;二是将基层传下的车辆荷载应力加以扩散,以减小土基产生的应力和变形。垫层应比基层每侧至少宽出25cm或与路基同宽。

修筑垫层的材料,性能指标主要侧重于水稳性和隔温性。常用的垫层材料分为两类:一类是由松散粒料,如砂、砾石、炉渣等组成;另一类是用水泥或石灰稳定土等无机稳定类材料修筑。

1.2.3 路面及面层类型

路面材料有多种类型,可分为:沥青混凝土、水泥混凝土、沥青贯入、沥青碎石、沥青表面处治、砂石及块石等。国际上,一般将沥青混凝土和水泥混凝土称为有铺装路面;沥青表面处治、沥青碎石及沥青贯入等称为简易铺装路面;砂石路面等被视为未铺装路面。

在我国,路面面层类型的选用一般应符合以下规定:

- (1) 沥青混凝土:适于高速公路、一级公路、二级公路、三级公路及四级公路。
- (2) 水泥混凝土:适于高速公路、一级公路、二级公路、三级公路及四级公路。
- (3) 沥青贯入、沥青碎石、沥青表面处治:适于二级、三级公路及四级公路。
- (4) 砂石路面:适于四级公路。

而按面层所用材料的不同,可将路面分为沥青路面、水泥混凝土路面、粒料路面、块料路面和

复合式路面五类。各类路面各结构层次可选用的组成材料如表 1-1 所示。结构层组合见图 1-2。

表 1-1 路面结构层与材料

结构层次	路面类型				
	沥青路面	水泥混凝土路面	复合式路面	块料路面	粒料路面
面层	沥青混凝土、 沥青碎石、 沥青贯入式、 沥青表面处治及 封层	普通混凝土、 钢筋混凝土、 连续配筋混凝土、 钢纤维混凝土、 预应力混凝土、 碾压混凝土	(连续配筋混凝土 + 沥青混凝土)、 (碾压混凝土 + 沥青混凝土)	嵌锁式混凝土块 料、整齐或半整 齐块石、泥灰结 碎石	级配碎石或砾 石、泥灰结碎石、 粒料改善土
基层	水泥或石灰、粉煤灰稳定碎石或砾石粒料, 贫水泥混凝土; 沥青碎石、沥青贯入(稳定)碎石; 水结碎石、泥灰结碎石				石灰、水泥或石 灰、粉煤灰稳定 土、砂砾
垫层	砂砾、碎石、煤渣等粒料或水泥、石灰稳定土, 碎石、砂或砂砾				

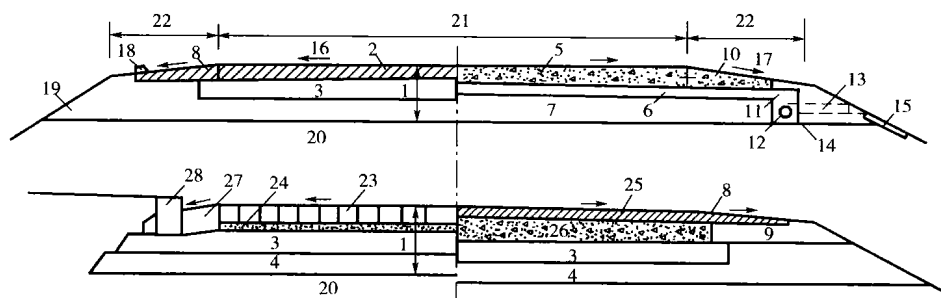


图 1-2 路面结构层组合断面图

1—路面结构; 2—沥青面层; 3—基层; 4—垫层; 5—水泥混凝土面层; 6—排水基层; 7—不透水垫层;
8—沥青路肩面层; 9—路肩基层; 10—水泥混凝土路肩面层; 11—纵向集水沟; 12—纵向集水管; 13—横向
排水管; 14—反滤织物; 15—坡面冲刷防护; 16—行车道横坡; 17—路肩横坡; 18—拦水带; 19—路基边
坡; 20—路床; 21—行车道宽度; 22—路肩宽度; 23—块料面层; 24—砂垫层; 25—沥青上面层; 26—连续
配筋混凝土下面层; 27—平石; 28—侧石

(1) 沥青面层: 沥青面层分为由沥青和集料经拌和、碾压而成的沥青混合料, 沥青和集料分层撒铺、碾压而成的沥青表面处治以及沥青贯入碎石集料层的沥青贯入碎石三种类型。沥青混合料具有较好的使用品质, 可用作高等级道路的面层。它们通常分为上、下两层: 上面层(或表面层)起磨耗层的作用, 应具有良好的表面特性(抗滑、平整、低噪声), 通常采用较细的集料、较多的沥青用量, 混合料密实不透水, 也可做成多孔隙排水性表面层。下而层称作联结层, 起承重作用, 可采用较粗的集料, 在层厚超过 8cm 时, 需分两层摊铺碾压, 这时分别称此两层为中面层和下面层。沥青贯入(稳定)碎石含有较多空隙, 用作面层时, 应加铺封层, 也可作为优质沥青路面的柔性基层使用。沥青表面处治主要起封层和磨耗层的作用, 用以改善路面的行驶条件。

(2) 水泥混凝土面层: 水泥混凝土面层可分为普通水泥混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝

土、钢纤维混凝土、预应力混凝土和碾压混凝土六种类型。这类面层优点突出,具有强度高、刚度大、使用寿命长的特点,能承受较繁重的车辆荷载的作用。但缺点也同样分明,将在第9章中予以介绍。

(3)复合式面层:复合式面层系由水泥混凝土(连续配筋混凝土或设传力杆水泥混凝土)做下面层,沥青混合料做上面层组成。这类面层综合了水泥混凝土强度高、寿命长和沥青混合料舒适性好、便于修补的长处,是一种经久耐用的优质面层。

(4)块料面层:块料面层可由整齐或半整齐的石块、嵌锁式水泥混凝土预制块料或其他材料块料铺砌而成。面层下需铺设薄砂垫层,以调节砌块高度,形成块料间的嵌挤作用。这类面层可按不同图案和色彩铺筑,能承受较重的荷载,但表面平整度较差。一般适用城市人行道等特定场合。

(5)粒料面层:粒料面层由各种碎石或砾石混合料组成,其顶面需铺设砂粒磨耗层。其强度、测度差、路面平整性差,易扬尘,雨季有时甚至不能通车。这类面层仅限于在偏远且交通量小的局部地区采用。

路面类型可以从不同角度来划分,除上述按面层所用材料划分外,还可根据路面结构的力学特性,将路面划分为柔性路面、刚性路面和半刚性路面三类。

(1)柔性路面:柔性路面的总体结构刚度较小,在车辆荷载作用之下产生较大的竖向弯沉,路面结构本身的抗弯拉强度较低,它通过各结构层将车辆荷载传递给土基,使土基承受较大的单位压力。路基路面结构主要靠抗压强度和抗剪强度承受车辆荷载的作用。柔性路面主要包括各种未经处理的粒料基层和各类沥青面层、碎(砾)石面层或块石面层组成的路面结构。

(2)刚性路面:刚性路面主要指用水泥混凝土做面层或基层的路面结构。水泥混凝土抗压强度高,与其他筑路材料比较,它的抗弯拉强度高,具有较高的弹性模量,故呈现出较大的刚度。在车辆荷载作用下,水泥混凝土结构层处于板体工作状态,竖向弯沉较小,路面结构主要靠水泥混凝土板的抗弯拉强度承受车辆荷载,通过板体的扩散分布作用,传递给基础上的单位压力较柔性路面小得多。

(3)半刚性路面:用水泥、石灰等无机结合料处治的土或碎(砾)石及含有水硬性结合料的工业废渣修筑的基层,前期具有柔性路面的力学性质,后期的强度和刚度均有较大幅度的增长,但是最终的强度和刚度仍远小于水泥混凝土。由于这种材料的刚度处于柔性路面与刚性路面之间,因此把这种基层和铺筑在它上面的沥青面层统称为半刚性路面。这种基层称为半刚性基层。

刚性路面、柔性路面和半刚性路面,这种以力学特性为标准的分类方法主要是为了便于从功能原理和设计方法出发进行区分,并没有绝对的定量分界界限。近年来材料科学的发展正在逐步改变这种属性,如水泥混凝土的增塑研究正在使它的刚度降低而保留它的高强性质,沥青的改性研究使得沥青混凝土随气候而变化的力学性质趋向于稳定,大幅度提高其刚度。因此事物都在相互转化之中。

1.3 影响路基稳定性因素

1.3.1 影响路基稳定性的自然因素

道路是暴露在天然环境中的人工结构物,影响因素有二大方面,一方面是自然因素,另一方面是来自人类活动的影响。就大自然而言,各种不利的自然因素或直接或通过改变路基水温情况来影响路基的稳定性,归纳起来有下列几个方面:

(1)气候:气候条件如气温(温度,温变速率)、降水(包括降水数量、强度及降水形态)、湿度、冰冻深度、日照、年蒸发量、风向和风力等,都影响到路基的水温情况。

我们地域辽阔,各地气候差异很大,既有湿热多雨,也有干旱少雨;既有四季温润,又有常年冰封雪冻。即使在同一地区,在一年之中,气候也有季节性的变化,因此路基水温情况也随四季而变。不同的气候条件对路基路面的影响也大相径庭,路基路面的设计与施工也有各自不同的内在规律。

气候除有地域差异外,相同的地区,气候也会受地形的影响,例如山顶与山脚、山南与山北就有所不同,即所谓“小区地形与小区气候”,因而路基水温情况也有所差异。在山顶,一日之中,气候数变,温度与湿度变化较大,风化现象较为剧烈;山南为向阳地,日照多,温度较高;山北日照少,温度较底,湿度情况一般也较山南为大。在线路选择与路基设计中这些局部的差异也应受到关注。

(2)地形地貌:地形地貌不仅影响到路线的选定与线形设计,也影响路基的设计。平原、丘陵、山岭各区地势不同,水温情况差异显著。平原区地势平坦、开阔,容易满足线型要求,但地面易于积水,地下水水位亦较高,因而在设计时,路基需要保持一定的最小填土高度(特别是在水田地区),甚至需要对地基本身进行加固处理;丘陵区特点是地势起伏不定,但若利用好地形的起伏,则线型设计及排水设计都比较容易处理。山岭区地势陡峻,线型设计及路基路面设计难度较大,如排水设计不当或地质情况不良,易致降低路基的强度与稳定性,出现各种变形与破坏现象。同时由于地形限制,路基横断面设计也较复杂,挖填方都很大,填挖结合路段也很多,路基及边坡稳定都易出问题。

(3)水文与水文地质:水文条件如地面径流、河流在各种洪水频率下的洪水位、常水位以及流量等、地面有无积水和积水期的长短,以及河岸的冲刷和淤积情况等。水文地质条件,如地下水位、地下水移动情况,有无泉水、层间水、上层滞水等。所有这些,都会影响路基的稳定性,如处理不当,往往导致路基各种病害的出现。

地下水对路基的不利影响一般多反映在毛细水对路基的影响上,设计不当可能造成毛细水的上升区达到路基工作区之内,进而影响到路基的稳定。一般毛细水上升高度与毛细管直径(或土粒粒径)成正比,上升速度则与毛细管直径(或土粒粒径)成反比。土的粒径愈细(阻力愈大),上升速度愈缓。

另外,毛细管直径愈细,毛细水的冻结温度愈低(见表 1-2),因而土在零下温度时,毛细水仍能发生迁移,促使水分朝冻结区积聚,发生冻胀现象。

表 1-2 毛细水冰点与毛细管直径的关系

毛细管直径(mm)	1.57	0.24	0.15	0.06
毛细水冰点(°C)	-6.10	-13.3	-14.5	-18.5

地下排水和浸水路堤,要根据土的渗透性或渗透系数进行设计。一般粒径较粗的土其渗透系数较大,粒径较细的土其渗透系数较小。具有竖向结构的大孔土(如黄土),则竖向渗透系数较水平向为大,具有水平层理的土,则水平向渗透系数较竖向为大。土经过充分压实,孔隙减小,透水性也因而降低甚至可不透水。故充分压实的粘土层,特别是用重粘土时,可以起隔离层的作用。

(4)土的类别:土是建筑路基的基本材料,一般道路建设的大部分工程量都是土方工程。因此,土类的选择对道路的工程造价会产生影响,更重要的是影响到路基的强度与稳定。

土的种类很多,成分和性质也非常复杂,其强度构成、物理性质、物理状态以及亲水性也差异很大,有些适宜做路基的填料,有些则就不适宜了。

以粒度来分,土分为粗粒土和细粒土。粗粒土因颗粒较粗而无粘性,其强度是由土粒表面的摩擦力以及土粒间的锁嵌力所构成;而细粒土具有粘性,其强度构成,除土粒间的摩擦阻力外还有土的粘聚力。一般而言粗粒土的强度较高。

土的亲水性对土的强度及稳定性影响很大。粗粒土与水的结合能力差,性质稳定,因此,土的湿度变化对土的工程性质影响较小;而细粒土由于颗粒极细,亲水性好,性质活泼,其力学性质受湿度变化的影响剧烈。在湿度小的时候强度较大,当湿度大时强度会显著降低,湿度越大,强度越低。

另外,土的级配也是选择填料的一个考虑方面。

(5)地质条件:沿线的地质条件,如沿线岩石种类及风化程度,岩层走向,倾向和倾角、层理、厚度、节理发育程度,以及有无断层、不良地质现象(岩溶、冰川、泥石流、地震)等,都对路基稳定性有一定影响。

(6)植被条件:植物覆盖影响地面径流和导热情况,从而在一定程度上影响路基水温情况的改变。植被茂盛的地区,地表径流较小,较少出现冲刷现象。

1.3.2 影响路基稳定性的人为因素

(1)荷载因素:主要是道路结构的自重及汽车荷载。从荷载的种类性质上分有静载、活载及其大小重复作用次数、作用频率等,在后面章节将予详细表述。

(2)设计因素:包括对交通量的正确统计及估算、选择合理的路基填土的类别与性质、路基横断面形式、确定路面结构组合形式与路面类型,设置适当的排水结构物等等。

(3)施工因素:包括施工工艺和方法是否得当,是否分层填筑、压实是否充分等等。

(4)养护措施:包括一般措施及在设计、施工中未及时采用而在养护中加以补充的改善措施。

(5)其他因素:人类的活动会改变自然环境,进而影响路基的水温状况,比如公路附近修水库、排灌渠道、水田、鱼塘等。

由于路基水温情况的变化与自然因素和人为因素密切相关,因而路基水温情况,不仅地区之间和路段之间有差别,而且路基与原有地面及周围地面之间也有差别。这些差别,服从于同一公路自然区划之一般温度和湿度的规律性变化。因此,设计者的重要任务,是针对这种差异和变化,作出正确的设计。

总之,路基的水温情况,与前述自然因素及人为因素密切相关。因此,路基设计时应掌握沿线的温度和湿度变化规律,因地制宜地采用相应的调节水温情况的措施,以保证路基具有足够的强度与稳定性。

1.4 路基土的分类及工程特性

1.4.1 路基土的分类

自然界中的土,其形态、性质千差万别,但就本质而言,这一切均取决于土的矿物成分。原生矿物总是以粗粒面目出现,而次生矿物以细粒示人。因此,按《公路土工试验规程》(JTJ051—93),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,分为巨粒

土、粗粒土、细粒土和特殊土四类,并进一步细分为 11 种土。一般粗粒土按土粒粒度与级配分类;细粒土按粒度与塑性图来分类。土的颗粒组成特征可用不同粒径粒组在土中的百分含量表示。不同粒组的划分界限及范围见表 1-3 所列。土分类总体系包括四类并且细分为 11 种,见图 1-3 所示。

表 1-3 粒组划分表

200		60	20	5	2	0.5	0.25	0.074	0.002(mm)
巨粒组		粗粒组						细粒组	
漂石 (块石)	卵石 (小块石)	砾(角砾)			砂			粉粒	粘粒
		粗	中	细	粗	中	细		

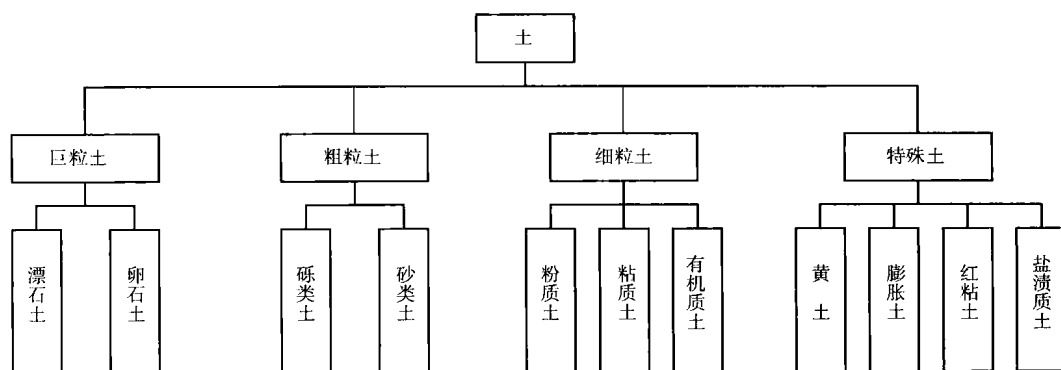


图 1-3 土分类总体系

巨粒组(大于 60mm 的颗粒)质量大于总质量 50% 的土称为巨粒土。巨粒土分漂石土和卵石土。见图 1-4。

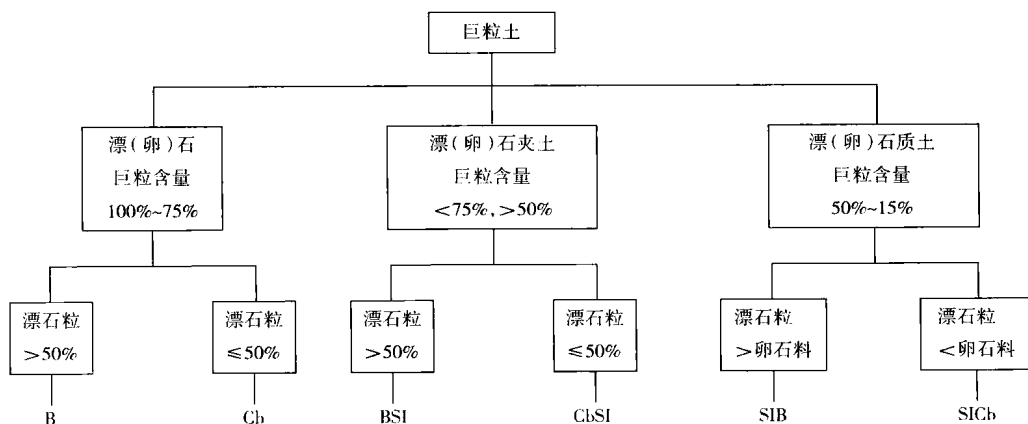


图 1-4 巨粒土分类体系

粗粒土分砾类土和砂类土两种,砾粒组(2~60mm 的颗粒)质量大于总质量 50% 的土称为砾类土,砾粒组质量小于或等于 50% 的土称为砂类土。见图 1-5、图 1-6。

细粒组质量大于总质量 50% 的土称细粒土,见图 1-7。