

交通中等专业学校统编教材

Luji Lumian Gongcheng

路基路面工程

(公路与桥梁工程专业用)

夏连学 赵卫平 主编
文德云 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要阐述路基路面工程的设计理论、施工方法和施工质量检测方法。全书分为总论、路基工程和路面工程三部分,对路基路面工程的设计、施工和质量检测作了较为详细的全面论述。本书为中等专业学校公路与桥梁专业教材,也可供公路交通部门的有关专业人员参考学习。

交通中等专业学校统编教材

路基路面工程

(公路与桥梁工程专业用)

夏连学 赵卫平 主编

文德云 主审

插图设计: 版式设计:崔凤莲 责任校对:杨 杰

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 字数: 千

199 年 月 第1版

199 年 月 第 版 第 次印刷

印数: 册: 定价: 元

ISBN 7-114- -

前 言

本书是根据交通部教育司颁发的中等专业学校公路与桥梁专业第三轮教学计划和教学大纲,在原《路基路面工程》的基础上编写的。

本书内容包括总论、路基工程和路面工程三部分。总论及第一篇第一、六、七、八、九、十章由河南省交通学校夏连学编写;第一篇第二、三、四、五章由广西交通学校罗竟编写;第二篇第一、二、三、四、五、六、七、八、十一章由呼和浩特交通学校赵卫平编写;第二篇第九、十章由山西省交通学校王汝良编写。总论及第一篇由河南省交通学校夏连学主编,第二篇由呼和浩特交通学校赵卫平主编,全书由湖南省交通学校文德云主审,浙江省交通学校金仲秋代表路桥工程学科委员会任责任编委。

本书在编写过程中,承蒙广西壮族自治区交通厅公路管理局、四川省交通学校、云南省交通学校和山东省交通学校对初稿提出了宝贵意见,在此谨表谢意。

由于编者的业务水平有限,资料收集不够全面,书中的缺点和错误在所难免,诚请读者批评指正。

目 录

总 论

第一篇 路基工程

第一章 绪论.....	5
第一节 路基设计的基本内容.....	5
第二节 路基的变形、破坏及其原因	6
第三节 公路自然区划及路基土的工程性质.....	8
第四节 土基的干湿类型	10
第五节 路基的强度与稳定性	14
第二章 一般路基设计	21
第一节 路基典型横断面及其设计要点	21
第二节 路基的基本构造	23
第三节 边坡稳定分析的工程地质法	28
第四节 路基的附属设施	31
第三章 特殊路基设计	33
第一节 概述	33
第二节 边坡稳定性力学验算法	35
第三节 浸水路堤边坡稳定性验算	42
第四节 陡坡路堤稳定性验算	46
第五节 几种特殊地区的路基设计	49
第四章 路基排水	54
第一节 路基排水的目的及设计一般原则	54
第二节 地表排水设施的构造与布置	54
第三节 地面排水沟渠的加固	62
第四节 地下排水设施的构造与布置	62
第五节 路基排水的综合设计	66
第五章 路基防护与加固	68
第一节 防护与加固工程的基本概念	68
第二节 坡面防护	69
第三节 冲刷防护	73
第四节 湿软地基加固	75
第六章 挡土墙设计	78
第一节 挡土墙的分类、用途及使用条件.....	78

第二节	重力式挡土墙的构造与布置	80
第三节	挡土墙计算	85
第四节	浸水地区挡土墙设计	97
第五节	加筋土挡土墙.....	103
第七章	路基施工准备工作.....	114
第一节	概述.....	114
第二节	施工前的准备工作.....	116
第八章	土质路基施工.....	122
第一节	土质路基填挖基本方案.....	122
第二节	土质路基的施工机械.....	126
第三节	土基压实原理.....	128
第四节	土基压实施工.....	131
第九章	石质路基施工.....	134
第一节	爆破作用原理.....	134
第二节	炸药、起爆器材及起爆方法	139
第三节	常用的爆破方法.....	141
第十章	路基工程质量检测方法.....	145
第一节	土基压实质量控制与检测.....	145
第二节	路基分项工程质量检测方法.....	151

第二篇 路面工程

第一章	绪论.....	154
第一节	我国公路路面工程发展概况.....	154
第二节	路面结构及其层次划分.....	156
第三节	路面的分级与分类.....	158
第二章	行车荷载、自然因素及材料的力学特性	160
第一节	行车荷载对路面的影响.....	160
第二节	自然因素对路面的影响.....	163
第三节	路面材料的强度形成原理和力学特性.....	165
第三章	碎砾石路面、稳定土路面与工业废渣基层	169
第一节	碎石路面与基层.....	169
第二节	级配砾(碎)石路面与基层.....	170
第三节	稳定土基层与垫层.....	173
第四节	工业废渣基层.....	177
第四章	沥青路面.....	181
第一节	概述.....	181
第二节	沥青路面的抗滑问题.....	184
第三节	沥青路面的分类.....	186
第四节	沥青路面类型的选择.....	190
第五章	沥青路面结构设计.....	191
第一节	沥青路面设计的任务、程序与原则	191
第二节	标准轴载与轴次换算.....	193

第三节	沥青路面设计指标.....	196
第四节	沥青路面结构组合设计.....	200
第六章	新建路面设计与计算.....	207
第一节	土基与路面材料强度指标.....	207
第二节	双层体系路面厚度计算.....	214
第三节	沥青路面厚度计算.....	216
第四节	路面结构层弯拉应力验算.....	219
第七章	原有路面补强设计与计算.....	221
第一节	原有路况调查与评定.....	221
第二节	原有路面补强设计的方法.....	225
第八章	沥青路面施工.....	229
第一节	路面施工的准备工作的.....	229
第二节	嵌挤类路面结构层的施工.....	230
第三节	级配类路面结构层的施工.....	233
第四节	稳定类基、垫层施工.....	234
第五节	沥青类路面结构层施工.....	243
第六节	沥青与沥青混合料基地.....	259
第九章	水泥混凝土路面设计.....	263
第一节	概述.....	263
第二节	设计内容与设计参数.....	265
第三节	混凝土路面结构层组合设计.....	271
第四节	素混凝土路面板厚的计算.....	274
第五节	水泥混凝土路面的构造.....	282
第六节	其它混凝土路面设计.....	290
第十章	水泥混凝土路面施工.....	294
第一节	施工前的准备工作.....	294
第二节	施工操作程序和方法.....	295
第三节	真空吸水工艺.....	299
第四节	混凝土路面的养生与填缝.....	301
第五节	特殊季节施工.....	302
第六节	质量控制与验收.....	303
第十一章	几种常用路面质量检测评定方法.....	306
第一节	路面弯沉的测定与评价.....	306
第二节	路面平整度的测定与评价.....	308
第三节	路面抗滑性能的测定.....	311
主要参考文献	315

总 论

一、公路的主要组成部分

公路是一种带状的三维空间实体,它的中心线是一条空间曲线。公路中线及沿线地貌、地物在水平面上的投影图称为路线平面图。沿路线中线的竖向断面图称为路线纵断面图。中桩处垂直于公路中心线方向的剖面图称为横断面图。

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、排水设备、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。

本课程主要介绍路基、路面、排水设备、防护与加固工程的构造特点,设计原理、原则、方法及施工方法等内容。

路基是按照路线位置和一定技术要求修筑的带状构造物,承受由路面传递下来的行车荷载,并承受自然因素的作用。路基断面示意图如图 0-1 所示。

图 0-1 路基横断面示意图
1-路面; 2-路肩; 3-内侧边坡; 4-外侧边坡; 5-边坡高度 6-边沟; 7-土埂; 8-截水沟; 9-弃土堆

路面是用各种筑路材料铺筑在公路路基上供汽车行驶的构造物。其作用是加固行车部分,使汽车在其上安全舒适地行驶。常见的路面类型有沥青类路面、水泥混凝土路面、碎(砾)石路面等。

路床是路面的基础,是指路面底面以下 80cm 范围内的路基部分,承受由路面传来的荷载。在结构上分上路床(0~30cm)及下路床(30~80cm)两层

路肩是指位于行车道外缘至路基边缘,具有一定宽度和横坡度的带状结构部分(包括硬路肩与土路肩)。用以保持行车道的功能和供临时停车使用,并作为路面的横向支承。

路基边坡是指为保证路基稳定,在路基两侧做成的具有一定坡度的坡面。为了防止水流对边坡的冲刷,在坡面上所做的各种铺砌和栽植的总称是护坡。

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型式。

为保持路基稳定和强度而修建的地表和地下排水措施称为路基排水设备,包括边沟、截水沟、排水沟、急流槽、跌水、蒸发池、渗沟、渗水井等。

二、对路基的基本要求

在公路建设中,路基工程的主要特点是:工艺较简单,工程数量大,耗费劳力多,涉及面较广,耗资亦很多。根据部分资料分析表明,一般公路的路基修建投资约占公路总投资的 25% ~

45%，个别山区公路可达 65%。路基施工改变了沿线原有的自然状态，挖填及借弃土石方涉及当地生态平衡、水土保持和农田水利。路基稳定与否，对路面工程质量影响甚大，关系到公路的正常投入使用。实践证明，没有坚固稳定的路基，就没有稳固的路面，因此，做好路基工程设计、施工与养护，不容忽视。路基应满足下列基本要求：

1. 路基横断面型式及尺寸应符合交通部部标准(JTJ01- 88)《公路工程技术标准》有关的规定要求

2. 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建成的。路基修建后，改变了原地面的天然平衡状态。在工程地质不良的地区，修建路基可能加剧原地面的不平衡状态，从而导致路基发生各种破坏现象。因此，为防止路基结构在行车荷载及自然因素作用下，不致发生不允许的变形或破坏，必须因地制宜地采取一定的措施来保证路基整体结构的稳定性。

3. 具有足够的强度

路基的强度是指在行车荷载作用下，路基抵抗变形与破坏的能力。因为行车荷载及路基路面的自重使路基下层和地基产生一定的压力，这些压力可使路基产生一定的变形，直接损坏路面的使用品质。为保证路基在外力作用下，不致产生超过容许范围的变形，要求路基应具有足够的强度。

4. 具有足够的水温稳定性

路基的水温稳定性在这里主要是指路基在水和温度的作用下保持其强度的能力。路基在地面水和地下水的作用下，其强度将会显著地降低。特别是季节性冰冻地区，由于水温状况的变化，路基将发生周期性冻融作用，形成冻胀和翻浆，使路基强度急剧下降。因此，对于路基，不仅要求有足够的强度，而且还应保证在最不利的水温状况下，强度不致显著降低，这就要求路基应具有一定的水温稳定性。

三、对路面的基本要求

路面是公路的重要组成部分。路面的好坏直接影响行车速度、运输成本、行车安全和舒适性。相同等级公路的沥青路面同砂石路面相比，行车速度一般可以提高 80% ~ 200%，油料消耗降低约 15% ~ 20%，轮胎行驶里程增加约 20%，运输成本下降约 18% ~ 20%。同一类型路面，因施工和养护质量的优劣，也会使运输效率与成本以及服务质量产生很大的差异。路面在公路造价中占很大比重，一般高级路面修建投资约占总投资的 60% ~ 70%，低级路面约占 20% ~ 30%。所以，修好路面对发挥整个公路的运输经济效益，具有十分重要的意义。路面必须满足下述各项基本要求。

1. 具有足够的强度和刚度

行驶在路面上的车辆，通过车轮把垂直力和水平力等传给路面。水平力又分为纵向的和横向的两种。由于汽车发动机的机械震动和车辆与悬挂系统的相对运动，路面还受到车辆的震动力和冲击力作用；在车身后部还会产生真空吸力作用。

在上述各种力的综合作用下，路面将逐渐出现磨损、开裂、坑槽、沉陷和波浪等病害，这就会影响公路的使用质量，严重时还可能中断交通。因此，路面结构整体及各组成部分必须具备足够的强度以抵抗行车荷载的作用，避免路面产生过大的变形与破坏。

所谓刚度，是指路面抵抗变形的能力。具体来说是指路面结构整体或某一组成部分抵抗变形的能力。如刚度不足，即使强度足够，在车轮荷载作用下也会产生过量的变形，而形成车辙、

沉陷或波浪等破坏。

2. 具有足够的稳定性

路面结构袒露于大气之中,经常受到温度和水分变化的影响,其力学性能随之不断发生变化,强度和刚度不稳定,路况时好时坏。例如:沥青路面在夏季高温时会变软而产生车辙和推挤,冬季低温时又可能因收缩或变脆而产生开裂;水泥混凝土路面在高温时可能发生拱胀现象,温度急剧变化时会翘曲而产生破坏;砂石路面在雨季时因雨水渗入路面结构而强度下降,产生沉陷、车辙或波浪。因此,要求路面结构在气候条件下应能够保持其强度。

3. 具有足够的平整度

路面的平整度(或不平整度)通常是以试验汽车每行驶 1km 距离,车身和后桥相对垂直位移的累计数(m)来表示。不平整的路面表面会增大行车阻力,并使车辆产生附加的振动作用。振动作用会造成行车颠簸,影响行车速度、行车安全和舒适性。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与轮胎的磨耗,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。

为了减小车辆对路面的冲击力,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。公路等级越高,设计行车速度越大,对路面平整度的要求也越高。

平整的路表面,要依靠优良的施工机具、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。路面的平整度还与整个路面结构和面层材料的强度和抗变形能力有关。强度和抗变形能力差的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、车辙和推挤等破坏,从而形成不平整的路表面。

4. 具有足够的抗滑性能

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(或摩擦阻力)。在雨天高速行驶,或紧急制动或突然起动,或爬坡或转弯时,车轮易产生空转或打滑,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。因此,路面表面应具有足够的抗滑性能,即具有足够的粗糙度。设计车速越大,对路面抗滑性能的要求也越高。

5. 具有足够的耐久性

路面结构承受行车荷载和冷热、干湿气候因素的多次重复作用,由此而逐渐产生疲劳破坏和塑性形变累积。路面材料还可能由于老化衰变而导致破坏。这些都将缩短路面的使用年限,增加养护工作量。因此,路面结构必须具备足够的抗疲劳强度、抗老化和抗形变累积的能力,以保持或延长路面的使用寿命。

6. 具有尽可能低的扬尘性

汽车在砂石路面上行驶时,车身后部所产生的真空吸力会将面层表面或其中的细粒料吸起而飞扬尘土,甚至导致路面松散、脱落和坑洞等破坏。扬尘还会加速汽车机件的损坏,影响行车视距和旅客的舒适及沿线居民的卫生条件。因此,应尽量减少路面的扬尘性。

7. 路面断面型式及尺寸应符合交通部部标准(JTJ01- 88)《公路工程技术标准》的有关规范要求。

四、本课程的任务和学习方法

本课程是公路与桥梁专业的一门专业课,主要介绍路基强度及稳定性的概念,路基排水设计的原则和基本知识,路基设计原理和方法,路基的防护与加固,土质路基和石质路基的施工方法,柔性路面和水泥混凝土路面设计的基本原理与方法,沥青路面和水泥混凝土路面的施工

方法, 稳定土基层、工业废渣稳定类基层及碎(砾)石路面的施工方法, 路基路面工程施工质量检测的方法等内容。

本课程具有多方面的内容, 涉及其他学科较多, 因而要求有较广泛的先修课知识, 如地质与土质、土力学地基与基础、公路建筑材料、桥涵水力水文、公路勘测设计等, 应注意紧密联系。

在学习中, 应抓住重点, 掌握基本概念和基本原理, 搞清方法步骤, 其中挡土墙设计、柔性路面设计、水泥混凝土路面设计应掌握其设计原理和具体计算方法。由于课程内容与工程实践联系密切, 并有地区的差异, 在学习时还应注意理论与实际的关系, 认真做好课程设计, 认真参加实验及实习, 做到理论结合实践, 提高运用基本理论解决实际问题的独立工作的能力。

第一篇 路基工程

第一章 绪 论

第一节 路基设计的基本内容

一、路基工程与其它有关工程项目的关系

1. 路基设计与路线设计的关系

路线设计中，线型的布置和设计标高的控制，必须考虑路基的稳定性、工程难易、土石方数量大小和占用农田多少及环境保护等因素。比如，在多雨的平原区，地面平坦，地下水源充沛，地下水位较高，河沟纵横交错，因此，保证路基稳定性的最小填土高度是路线设计标高的主要控制因素之一；在山岭区，地形变化大，地面自然坡度大，路线设计标高主要由纵坡和坡长所控制，但也要从土石方尽量平衡和路基附属工程合理等方面综合考虑。因此，路基设计与路线设计是相辅相成的。

2. 路基工程与路面工程的关系

在路面结构设计时，应把土基和路面各结构层看作是一个有机整体。因为路基是路面的基础，路基的强度与稳定性，是保证路面强度与稳定性的基本条件，提高路基的强度与稳定性，可以适当减薄路面厚度、降低路面造价。因此路基设计与路面设计应作综合考虑。

3. 路基工程与桥涵工程的关系

桥头引道路基，与桥位选择和桥孔设计关系密切，其勘测与设计两者应相互配合，路基与涵洞等结构物，亦应配合恰当。故在路线纵断面设计中应考虑路基与桥涵在布置与标高方面的关系，处在河滩的桥头引道路基，还应进行稳定性设计与验算。

二、路基设计的基本内容

路基设计的任务是根据公路的性质、等级和技术标准，结合当地自然条件，拟定正确的路基设计方案，作为施工的依据。路基设计的内容一般包括以下几个方面：

1. 路基主体工程 路基主体设计包括选择路基横断面型式、确定路基宽度、路基高度、路基边坡坡度等。

2. 路基排水 根据沿线地表水流及地下水埋藏情况，进行沿线排水系统的总体布置，以及地面排水设施和地下排水设施的设计。

3. 路基防护与加固 防护与加固设计内容有坡面防护、冲刷防护及支挡结构物的布置、

构造设计与计算等。

4. 路基工程的附属设施 包括取土坑与弃土堆、护坡道与碎落台、堆料坪与错车道等的布置与计算。

第二节 路基的变形、破坏及其原因

一、影响路基稳定性的因素

公路路基是一种常年暴露于大自然的线形构造物，其稳定性在很大程度上是由当地自然条件所决定。因此，深入调查公路沿线的自然条件，从整体（地区）和局部（具体路段）去分析研究，掌握各有关自然因素的变化规律及其对路基稳定性的影响，从而因地制宜地采取有效的工程技术措施，这是正确进行路基设计、施工、养护，进而提高公路使用质量的重要前提。

影响公路路基稳定性的自然因素一般有：

1. 地形 平原地区地势平坦，一般来说地面水容易积聚，地下水水位较高，因此，路基需要保持一定的最小填土高度；山岭重丘地区地势陡峻，路基的强度与稳定性特别是稳定性不易保证，需要采取某些防护与加固措施。

2. 地质 沿线岩土的种类、成因、岩层的走向、倾向和倾角、风化程度等，都影响路基的强度与稳定性。

3. 气候 公路沿线地区的气温、降雨量、降雪量、冰冻深度、日照、年蒸发量、风力、风向等，都影响路基的水温状况。

4. 水文与水文地质 水文是指地面径流、河道的洪水位，河岸的冲刷与淤积情况等；水文地质则是指地下水位、地下水移动的规律，有无泉水及层间水等。所有这些都影响路基的稳定性，如处理不当，往往会导致路基产生各种病害。

影响路基稳定性的人为因素一般有：行车荷载的作用、路基设计、施工及养护是否正确等。

路基设计时，应根据各路段的具体情况，采用合理的路基结构型式，做好地面和地下排水，对不良地质路段，还应采取必要或特别的措施，防止路基病害的发生。

二、路基的变形、破坏及其原因

路基变形、破坏的形式主要有以下几种：

1. 路基的沉陷

路基沉陷的特征是路基表面产生较大的竖向位移。路基的沉陷一般为不均匀的沉陷，如图 1-1-1 所示。

路基本身的沉陷一般主要是由于填料选择不当，填筑方法不合理，压实不足，在荷

图 1-1-1 路基沉陷

a) 堤身下陷； b) 地基下陷

载和水、温度综合作用下引起的。原地面为软弱土层，例如泥沼、流沙或垃圾堆积等，填筑前未经换土或压实处理，造成承载力不足，发生侧面剪裂凸起，地基发生下沉，亦引起路堤下陷。

2. 路基边坡的坍方

按其破坏规模与原因的不同，路基边坡的坍方可分为剥落、碎落、滑坍、崩坍、坍塌等，如图 1-1-2 所示。

剥落是指边坡土层或风化岩层表面，在大气的干湿或冷热的循环作用下，表面发生胀缩现象，使表层土或岩石成片状或带状从坡面上剥落下来，而且老的脱落后，新的又不断产生。

碎落是坡面岩石成碎块的一种剥落现象，其规模与危害程度比剥落严重。

滑坍是指路基边坡土体或岩石沿着一定的滑动面整体向下滑动，其规模与危害程度较碎落更为严重，有时滑动体可达数百方以上。

崩坍是大的石块或土块脱离原有岩体或土体而沿边坡倾落下来，崩坍体的各部分相对位置在移动过程中完全打乱。

坍塌（亦称堆坍）主要是由于土体（或土石混杂的堆积物）遇水软化，而边坡又在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 之间，且边坡无支撑情况下产生。

路基边坡坍方的主要原因有：边坡过陡；填筑路堤方法不当；土体过于潮湿；坡脚被水冲刷；岩石破碎和风化严重等。

3. 路基沿山坡滑动

在较陡的山坡上填筑路基，如果原有地面较光滑，未作必要的处理，如未进行凿毛或人工开挖台阶，或丛草未清除，坡脚又未进行必要的支撑，特别是在受到水的浸润后，填方路基与原地面之间摩擦阻力减小，路基整体或局部沿地面向下移动。如图 1-1-3 所示。

4. 不良地质水文条件造成的路基破坏

公路通过不良地质水文地区，或遭受较大的自然灾害作用，如巨型滑坡、泥石流、地震及特大暴雨等，均能导致路基的大规模破坏。

综上所述，路基发生变形、破坏的主要原因归纳为如下几个方面：

- 1) 不良的工程地质与水文地质条件。
- 2) 不利的水文与气候因素。
- 3) 设计不合理。

4) 施工不符合有关规定。

上述原因中，地质条件是影响路基工程质量和产生病害的基本前提，水是造成路基病害的主要原因。

图 1-1-2 路基边坡坍方
a) 剥(碎)落; b) 滑坍; c) 崩坍

图 1-1-3 路堤沿山坡滑动

第三节 公路自然区划及路基土的工程性质

一、公路自然区划

我国各地气候、地形、地貌、水文地质等自然条件相差很大,而这些自然条件与公路建设密切相关。为区分不同地理区域自然条件对公路工程影响的差异性,并在路基路面的设计、施工和养护中采取适当的技术措施和采用合适的设计参数,以体现各地公路设计与施工的特点,侧重必须解决的问题,更有利于保证公路的质量和在经济合理,特制定公路自然区划。

为使自然区划便于在实践中应用,结合我国地理、气候特点,将全国的公路自然区划分为三个等级。一、二级区划的具体位置与界限,详见《公路自然区划标准》(JTJ003-86)所附“中华人民共和国公路自然区划图”,本教材从略。

1. 一级区划 根据不同地理、气候、构造、地貌界限的交错和叠合,将我国分为七个一级自然区。即:

- I. 北部多年冻土区;
- II. 东部温润季冻区;
- III. 黄土高原干湿过渡区;
- IV. 东南湿热区;
- V. 西南潮湿区;
- VI. 西北干旱区;
- VII. 青藏高寒区。

2. 二级区划 二级区划仍以气候和地形为主导因素,但具体标志与一级区划有显著差别。一级自然区的共同标志为气候因素潮湿系数 K 值(即年降水量与年蒸发量之比),地形因素是独立的地形单元。二级区划的划分则需因区而异,将上述标志具体化或加以补充,其标志是以潮湿系数 K 为主的一个标志体系。

根据二级区划的主导因素与标志,在全国七个一级自然区内又分为 33 个二级区和 19 个副区(亚区),共有 52 个二级自然区。它们的名称见表 1-1-1 所列,各二级区的区界、自然条件对工程的影响详见有关标准及其附录。

3. 三级区划 三级区划是二级区划的进一步划分。三级区划的方法有两种,一种是按照地貌、水文和土质类型将二级自然区进一步划分为若干类型单元;另一种是继续以水热、地理和地貌等为标志将二级区划细分为若干区域。各地可根据当地的具体情况选用。

公路自然区划名称表

表 1-1-1

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 东部温润季冻区	IV _{7c} 南海诸岛副区
II ₁ 东北东部山地润湿冻区	V 西南潮湿区
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} 冀热山地副区	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	

二、路基土的工程性质

按照《公路土工试验规程》(JTJ051-93)中土的工程分类方法,将土分为巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土四大类,分类总体系如图 1-1-4 所示。各土组的主要工程性质如下:

图 1-1-4 土分类总体系

(一) 巨粒土

巨粒土有很高的强度及稳定性,是填筑路基的很好材料。对于漂石土,在码砌边坡时,应正确选用边坡值,以保证路基稳定。对于卵石土,填筑时应保证有足够的密实度。

(二) 粗粒土

砾类土由于粒径较大,内摩擦力亦大,因而强度和稳定性均能满足要求。级配良好的砾类土混合料,密实程度好。对于级配不良的砾类土混合料,填筑时应保证密实程度,防止由于空隙大而造成路基积水、不均匀沉陷或表面松散等病害。

砂类土又可分为砂、含细粒土砂(或称砂土)和细粒土质砂(或称砂性土)三种。

砂和含细粒土砂无塑性,透水性强,毛细上升高度很小,具有较大的摩擦系数,强度和水稳定性均较好。但由于粘性小,易于松散,压实困难,需用振动法或灌水法才能压实。为克服这一缺点,可添加一些粘质土,以改善其使用质量。

细粒土质砂既含有一定数量的粗颗粒,使路基具有足够的强度和水稳性,又含有一定数量的细颗粒,使其具有一定的粘性,不致过分松散。一般遇水干得快,不膨胀,干时有足够的粘结性,扬尘少,容易被压实。因此,细粒土质砂是修筑路基的良好材料。

(三) 细粒土

粉质土为最差的筑路材料。它含有较多的粉土粒,干时稍有粘性,但易被压碎,扬尘性大,浸水时很快被湿透,易成稀泥。粉质土的毛细作用强烈,上升速度快,毛细上升高度一般可达 0.9m~1.5m,在季节性冰冻地区,水分积聚现象严重,造成严重的冬季冻胀,春融期间出现翻浆,故又称翻浆土。如遇粉质土,特别是在水文条件不良时,应采取一定的措施,改善其工程性质。

粘质土透水性很差,粘聚力大,因而干时坚硬,不易挖掘。它具有较大的可塑性、粘结性和

膨胀性,毛细管现象也很显著,用来填筑路基比粉质土好,但不如细粒土质砂。浸水后粘质土能较长时间保持水分,因而承载能力小。对于粘质土如在适当的含水量时加以充分压实和有良好的排水设施,筑成的路基也能获得稳定。

有机质土(如泥炭、腐殖土等)不宜作路基填料,如遇有机质土均应在设计和施工上采取适当措施。

(四) 特殊土

黄土属大孔和多孔结构,具有湿陷性;膨胀土受水浸湿发生膨胀,失水则收缩;红粘土失水后体积收缩量较大;盐渍土潮湿时承载力很低。因此,特殊土也不宜作路基填料。

第四节 土基的干湿类型

一、路基干湿类型及湿度来源

土基干湿类型可分为干燥、中湿、潮湿和过湿四种。这四种类型表示路基工作时,路基土所处的含水状态。

路基的干湿类型,影响其强度与稳定性,正确区分路基的干湿类型,是搞好路基路面设计的前提。路基土所处的状态是由土体的含水量或相对含水量决定的,含水量取决于湿度的来源及作用的延续时间。导致路基湿度变化的水源见图 1-1-5。

1. 大气降水 大气降水通过路面、路肩和边坡渗入路基;

2. 地面水 边沟水及排水不良时的

地表积水,以毛细水的形式渗入;

3. 地下水 靠近地面的地下水,借助毛细作用上升到路基内部;

4. 凝结水 在土颗粒空隙中流动的水蒸汽,遇冷凝结为水。

图 1-1-5 路基湿度来源示意图

1-降水; 2-地面水; 3-毛细水; 4-凝结水

二、路基干湿类型划分方法

1. 根据平均相对含水量划分

对原有公路,在不利季节,在路槽(为铺筑路面,在路基上按设计要求修筑的浅槽称为路槽。)底面以下 80cm 深度内,每 10cm 取一土样,测定其天然含水量及液限含水量。相对含水量的算术平均值按式(1-1-1)和式(1-1-2)求算:

$$w_{xi} = \frac{w_i}{w_l} \quad (1-1-1)$$

$$w_x = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 w_{xi} \quad (1-1-2)$$

式中: w_i ——路槽底面以下 80cm 深度内,每 10cm 为一层,第 i 层土的天然含水量, % ;

w_l ——同一层土的液限含水量, % ;

w_{xi} ——第 i 层土的相对含水量, % ;

w_x ——路槽底面以下 80cm 深度内土的算术平均相对含水量。

各公路自然区划内,不同土组的分界相对含水量如表 1-1-2 所示。路基干湿类型应根据实测的 w_x 按表 1-1-2 和表 1-1-3 确定。《公路柔性路面设计规范》(JTJ014-86) 中采用相对含水量作为原有公路(老路)划分土基干湿类型的指标。

分界相对含水量建议值

表 1-1-2

自然区划	砂性土			粘性土			粉性土			附注
	w_1	w_2	w_3	w_1	w_2	w_3	w_1	w_2	w_3	
II _{1.2.3} II _{1a} , II _{2a}	0.70	0.75	0.80	$\frac{0.50}{0.55}$	$\frac{0.60}{0.65}$	$\frac{0.70}{0.75}$	$\frac{0.55}{0.60}$	$\frac{0.60}{0.65}$	$\frac{0.70}{0.75}$	粘性土:分母适用于 II _{1.2.3} 区 粉性土:分母适用于 II _{2a} 副区
II ₄ , II ₅	0.75	0.80	0.85	0.50	0.60	0.70	0.55	0.65	0.75	
III	0.70	0.78	0.85				$\frac{0.50}{0.55}$	$\frac{0.60}{0.65}$	$\frac{0.70}{0.75}$	分子适用于粉土地区; 分母适用于粉质亚粘土地区
IV	0.65	0.75	0.80	0.60	0.65	0.75	0.60	0.65	0.75	
V				0.57	0.70	0.75	0.60	0.70	0.75	
VI	0.70	0.78	0.85	0.55	0.63	0.70	0.55	0.65	0.75	
VII	0.65	0.73	0.80	0.55	0.63	0.70	0.55	0.65	0.75	

注: w_1 ——干燥和中湿状态路基的分界相对含水量;
 w_2 ——中湿和潮湿状态路基的分界相对含水量;
 w_3 ——潮湿和过湿状态路基的分界相对含水量。

路基干湿类型

表 1-1-3

路基干湿类型	平均相对含水量 w_x 与分界相对含水量关系	平均稠度 B_m	一般特征
干燥	$w_x < w_1$	> 1.00 $B_m < w_{c1}$	路基干燥、稳定,路基上部土层的强度不受地下和地面积水的影响。 $H > H_1$
中湿	$w_1 < w_x < w_2$	$0.75 \sim 1.0$ $w_{c1} > B_m > w_{c2}$	路基上部土层处于地下水或地表积水影响的过渡带区内。 $H_2 < H < H_1$
潮湿	$w_2 < w_x < w_3$	$0.50 \sim 0.75$ $w_{c2} > B_m > w_{c3}$	路基上部土层处于地下水或地表积水的毛细影响区内。 $H_3 < H < H_2$
过湿	$w_x > w_3$	< 0.5 $B_m < w_{c3}$	路基极不稳定,冰冻区春融翻浆,非冰冻区雨季软弹。 $H < H_3$

注: 1) H ——路槽底面距地下水位或地表积水水位高度, m;
 2) H_1 、 H_2 、 H_3 ——分别为路基干燥、中湿、潮湿状态的临界高度, m。
 3) w_{c1} 、 w_{c2} 、 w_{c3} ——分别为沥青路面路基干燥、中湿潮湿状态的分界稠度。

2. 根据平均稠度划分

我国现行公路水泥混凝土路面和沥青路面设计规范中规定,路基干湿类型根据实测不利季节路槽底面以下 80cm 深度内的平均稠度 B_m 按表 1-1-3 确定。

土的平均稠度 B_m 按式(1-1-3)计算:

$$B_m = (w_l - w_m) / (w_l - w_p) \quad (1-1-3)$$

式中: w_l ——土的液限含水量(液塑限联合测定仪测定), %;

w_p ——土的塑限含水量(液塑限联合测定仪测定), %;

w_m ——土的平均含水量, %。

由于在相对含水量的定义中只涉及到土的液限 w_l 一项指标,而各种土的液限又相差很