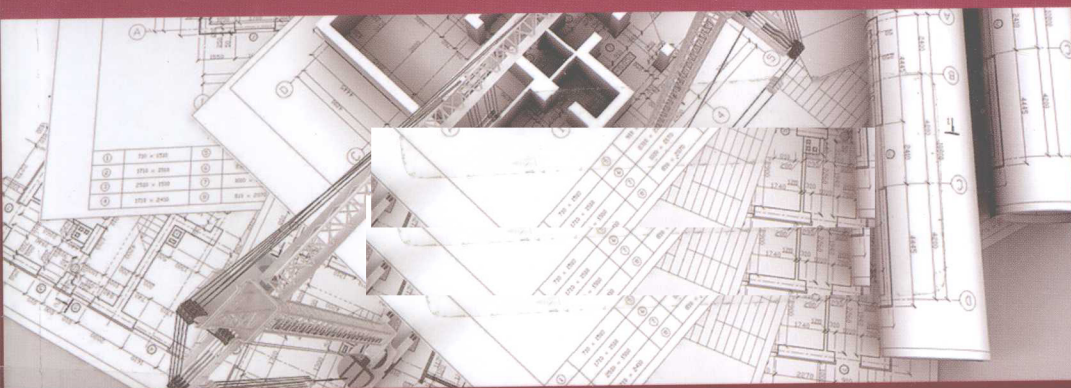




国家示范性高等职业院校建设计划项目

路基施工技术

主 编 ⊙ 李浩宇



LUJI SHIGONG JISHU



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

国家示范性高等职业院校建设计划项目

路基施工技术

主 编 李浩宇

副主编 李淑娟

主 审 宋云连



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书为道路与桥梁工程技术专业应用型规划教材,以高等职业教育教学改革和人才培养为出发点,面向高职高专道路与桥梁工程技术专业。全书共分五章,系统地介绍了路基施工技术的内容和要点,主要包括:施工前的准备工作,路基填筑及开挖,路基排水及防护工程,特殊路基的处理,季节性施工及绿化工程。为了强化教学效果,在每章之后提供了相应的习题。

本书可供交通类高等职业技术学院道路与桥梁工程技术专业、工程监理专业、工程检测专业的学生学习使用,也可供从事交通土建类、市政建设类等相关专业的工程技术和管理人员借鉴参考,同时可作为相关专业继续教育或职业培训教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

路基施工技术/李浩宇主编. —北京:北京理工大学出版社, 2010. 5

ISBN 978-7-5640-3091-9

I. ①路… II. ①李… III. ①公路路基—工程施工—施工技术 IV. ①U416. 104

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 042314 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 7.75

字 数 / 180 千字

版 次 / 2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 18.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书是道路与桥梁工程技术专业的一门主干专业课,全书共分五章,分别讲述了施工前的准备工作,路基填筑及开挖,路基排水及防护工程,特殊路基的处理,季节性施工及绿化工程。内容全面系统,理论紧密结合实际,易学易懂,便于掌握和在实践中应用。

随着我国国民经济持续、稳定、健康发展,公路和城市道路基础设施的建设正飞速地向前推进,施工新工艺、新技术、新材料、新标准已被广泛应用,新的规范也已出台。随着21世纪国家建设对专业人才的需求,我国工程专门人才培养模式正在向宽口径方向转变,本教材是以新规范为依据,结合施工经验进行编写的。

本书的编写原则如下。

(1) 加强基础,确保后劲。在内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足调职教学的基本要求,使学生日后发展具有较强的后劲。

(2) 突出特色,强化应用。本书的内容、结构遵循“知识新、结构新、重应用”的方针。教材内容的要求概括为“精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通“交通土建”教学内容的基础上,挑选出最基本的内容、方法及典型应用实例;“新”指将本学科前沿的新技术、新成果、新应用、新标准、新规范纳入教学内容;“广”指在保证本学科教学基本要求前提下,引入与相邻及交叉学科的有关基础知识;“用”指注重基础理论与工程实践的融会贯通,特别是注重对工程实例的分析能力的培养。

(3) 抓住重点,合理配套。以公路工程教育的专业基础课、专业课为重点,做好实践教材的同步建设,做好与之配套的电子课件的建设。

本书由李浩宇担任主编,李淑娟担任副主编,具体章节编写分工为:第一章由内蒙古建筑职业技术学院李淑娟编写,第二、四、五章由内蒙古建筑职业技术学院李浩宇编写,第三章由深圳海川公司曹春华工程师编。全书由内蒙古工业大学宋云连教授主审。

本书的编写人员,一是来自具有丰富教学经验的教师,因此教材内容更加贴近教学实际需要,方便教学,增强了教材的实用性;二是来自路基施工领域的工程师,在编写内容上更加贴近工程项目管理的需要,保证了学生所学到的知识就是进行工程项目管理所需要的知识,真正做到“学以致用”。

本书在编中参考和引用了一些相关专业书籍的论述,编者在此一并谨向这些论述的作者们表示衷心的感谢。

本书编写过程中,虽经推敲核证,但限于编者的专业水平的实践经验,仍难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者指正。

编 者

目 录

第一章 施工前的准备工作	1
第一节 施工准备	2
第二节 施工测量	3
第三节 施工前的复查和试验	4
第四节 自然区划及土质	6
第五节 试验路段	14
课后习题	17
第二章 路基填筑及开挖	18
第一节 一般规定及常见破坏形式	18
第二节 土方路堤的填筑	20
第三节 桥涵及其他构造物处的填筑	22
第四节 填石路堤	25
第五节 挖方路基的施工	27
第六节 路基压实	37
课后习题	49
第三章 路基排水及防护工程	55
第一节 路基排水	55
第二节 路基防护	70
第三节 路基加固	75
课后习题	79
第四章 特殊路基的处理	82
第一节 常见公路病害	82
第二节 特殊地段路基施工	87
课后习题	98
第五章 季节性施工及绿化工程	100
第一节 季节性路基施工	100
第二节 公路绿化工程与环境保护	102
课后习题	111
综合练习	112
参考文献	117

第一章 施工前的准备工作

路基是按照路线位置和一定的技术要求修筑的带状构造物，是路面的基础，承受由路面传递下来的行车荷载。它贯穿公路全线，与桥梁、隧道相连，构成公路的整体，是公路与自然地面接触最基本的部分。

为使路线平顺，在自然地面低于路基设计标高处要填筑成路堤，在自然地面高于路基设计标高处要开挖成路堑。路基必须具有足够的强度和稳定性，即在其本身静力作用下地基不应发生过大沉陷；在车辆动力作用下不应发生过大的弹性和塑性变形；路基边坡应能长期稳定而不坍塌。为此，须在必要处修筑一些排水沟、护坡、挡土结构等路基附属构筑物。路基是一种线形结构物，具有路线长、与大自然接触面广的特点，其稳定性，在很大程度上由当地自然条件所决定。合理选择线位，可以避开地质不良地段和工程艰巨路段，保证路基稳定，减少工程数量，节约工程投资。路基工程的特点是：工艺较简单，工程数量大，耗费劳力多，涉及面较广，耗资亦较多。路基施工改变了沿线原有自然状态，挖填借弃土石方涉及当地生态平衡、水土保持和农田水利。土石方相对集中或条件比较复杂的路段，路基工程往往是施工期限的关键之一。

路基结构物不仅是实现车辆能在道路上行驶，而且是路面的支撑结构物，对路面的使用性能有重要的影响。因此，路基修筑质量的高低和防排水设计的科学与否，对路面的使用性能和使用寿命起了重要的作用。

路基土石方工程量大，分布不均匀，不仅与自身的其他工程与设施，如路基排水、防护与加固等相互制约，而且同公路工程的其他工程项目，如桥涵、隧道、路面及附属设施相互交错。因此，路基施工在质量标准、技术操作、施工管理等方面具有特殊性，必须予以研究和不断改进，就整个公路工程的施工而言，路基施工往往是施工组织管理的关键。

路基工程的项目较多，如土方、石方及圬工砌体等，在施工方法与技术操作方面各具特点。公路施工是野外操作，边远山区自然条件差，运输不便，物资设备及施工队伍的供应与调度难，路基工地分散，工作面狭窄，遇有特殊地质不良现象等，易使一般的技术问题变得复杂化。某些复杂的技术问题，更是难以用一般常规的方法与经验进行解决。城市道路路基施工条件，往往比公路施工条件优越，尤其在物质供应、生活条件及通信运输等方面，比较容易安排。但城市路基施工亦有不利的方面，集中表现在：地面拆迁多、地下管线多、配套工程多、施工干扰多。此外，在路基施工中还存在：场地布置难、临时排水难、用土处置难、土基压实难等不利的因素。路基的隐蔽工程较多，质量不合标准会给路面及自身留下隐患，一旦产生病害，不仅损害道路使用品质，导致妨碍交通及经济损失，而且往往后患无穷，难以根治。

因此，要确保工程质量，实现快速、高效率安全施工，就要重视施工技术与管理，要有稳定的专业施工队伍，配有相应的技术骨干和机具设备，建立和健全施工技术操作规程与质量检查验收制度，采用现代化的施工管理方法等，这样才能保证道路的质量，使其充分发挥交通运输大动脉的作用。



第一节 施工准备

路基施工的主要内容,大致可归纳为施工前的准备工作和基本工作两大部分。路基施工的基本工作,是挖掘成型,土的移运、路堤填筑压实以及与路基直接有关的各项附属工程。其工程量大、施工期长,且耗费计划所需人力物力资源的绝大部分,因而必须集中精力,认真对待。但要保证正常施工,则施工前的准备工作极为重要,它是组织施工的第一步。无准备的施工或准备不充分的施工,均使路基施工的基本工作难以顺利进行。

施工的准备工作的较多,大致可归纳为组织准备、技术准备和物质准备三个方面。

一、组织准备工作

组织准备工作主要是建立和健全施工队伍和管理机构,明确施工任务,制定必要的规章制度,确立施工所应达到的目标等。组织准备亦是做好一切准备工作的前提。

二、技术准备工作

技术准备工作主要是指施工现场的勘查,核对与必要时修改设计文件,编制施工组织计划,恢复路线,施工放样与清除施工场地,搞好临时工程的各项工作等。

现场勘查与核对设计文件,目的是熟悉和掌握施工对象特点、要求和内容,显然这是整个施工的重要步骤,舍此则其他一切工作就失去目标,难以着手。

施工组织计划是具有全局性的大事,其中包括选择施工方案,确定施工方法,布置施工现场(施工总平面布置),编制施工进度计划,拟定关键工程的技术措施等,它是整个工程施工的指导性文件,亦是其他各项工作的依据。在当前强调加强施工管理,实现现代化科学管理的时期,如何抓住施工组织计划这一环节,更具有现实意义。

三、物质准备工作

按照施工作业计划的具体要求,进行采购、调配、运输和储存材料、机具设备,同时在现场进行“三通一平”工作,即通水、通电、通车、平整场地;并且进行工程房屋的修建和必需的生活福利设施等建设。

征地拆迁工作是路基施工准备阶段的主要工作,其范围可分为临时设施用地(包括生活区、生产区、临时道路用地)和路基施工设计边线占地两部分。施工单位进场前应提供给业主一份施工用地平地平面位置图,说明使用用途、需拆迁建筑物的结构类型、建筑面积以及其他构造物的规格、数量。

路基开工前,施工单位应在全面熟悉设计文件 and 设计交底的基础上,进行现场核对和施工调查,发现问题应及时根据有关程序提出修改意见报请变更设计。根据现场收集到的情况、核实的工程数量,按工期要求、施工难易程度和人员、设备、材料准备情况,编制实施性的施工组织设计,报现场监理工程师或业主批准并及时提出开工报告。重要项目,应编路路基施工网络计划。

修建生活和工程用房,解决好通信、电力和水的供应,修建供工程使用的临时便道、便桥,确保施工设备、材料、生活用品的供应;设立必要的安全标志。



第二节 施工测量

路基开工前应做好施工测量工作,其内容包括导线、中线、水准点复测,横断面检查与补测,增设水准点等。施工测量的精度应符合交通部颁布实施的《公路路线勘测规程》的要求。

恢复定线测量及施工放样是施工准备阶段的主要技术工作,承包单位根据设计图纸、监理工程师书面提供的各导线点坐标及水准点标高进行复测,闭合后将复测资料交监理工程师审核。承包人应根据监理工程师批准的定线数据进行施工放线。按规范规定,路基施工前,应根据设计图、施工工艺和有关规定恢复的路线中线桩,钉出路基用地界桩、路堑坡顶、边沟、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置桩。道路中线桩直线部分每20 m一个,每100 m设一个永久性固定桩;曲线部分除20 m设一整里程桩外,曲线的起点、终点、圆缓点、缓圆点都应设置固定桩。在中线桩施测后,进行横断面测量,然后根据路基横断面图及实测标高进行边桩放线。在挖方断面的坡顶点位置上,钉挖断面的边桩,边桩上应注明里程、挖深(m),左右边桩以拼音字头或英文字头表示。一般在距边桩一定距离的外方,设栓(护)桩,以备边桩丢失后及时恢复。同时导线点、水准点应设立特殊标志,进行保护以免施工中遭到破坏。

承包人经过准确放样后,应提供放样数据及图表,报监理工程师审批。经批准后方可进行清表开挖。

一、导线复测

(1) 当原测的中线主要控制桩由导线控制时,施工单位必须根据设计资料认真搞好导线复测工作。

(2) 导线复测应采用红外线测距仪或其他满足测量精度的仪器。仪器使用前应进行检查、校正。

(3) 原有导线点不能满足施工要求时,应进行加密,保证在道路施工的全过程中,相邻导线点间能互相通视。

二、中线复测

(1) 路基开工前应全面恢复中线并固定路线主要控制桩,如交点、转点、圆曲线和缓和曲线的起讫点等。对于高速公路、一级公路应采用坐标法恢复主要控制桩。

(2) 恢复中线时应注意与结构物中心、相邻施工段的中线闭合,发现问题应及时查明原因,并报现场监理工程师或业主。

(3) 如发现原设计中线长度丈量错误或需局部改线时,应作断链处理,相应调整纵坡,并在设计图表的相应部位注明断链距离和桩号。

三、校对及增设水准基点

(1) 水准点间距不宜大于1 km,在人工结构物附近、高填深挖地段、工程量集中及地形复杂地段宜增设临时水准点。临时水准点必须符合精度要求,并与相邻路段水准点闭合。

(2) 如发现个别水准点受施工影响时,应将其移出影响范围之外,其标高应与原水准点闭合。

(3) 增设的水准点应设在便于观测的坚硬基岩上或永久性建筑物的牢固处,也可设在埋入土中至少 1 m 深的混凝土桩上。

(4) 路基施工前,应详细检查、核对纵横断面图,发现问题时应进行复测。若设计单位未提供横断面图,应全部补测。

四、路基放样

(1) 路基施工前,应根据恢复的路线中桩、设计图表、施工工艺和有关规定钉出路基用地界桩和路堤坡脚、路堑堑顶、边沟、取土坑、护坡道、弃土堆等的具体位置桩。在距路中心一定安全距离处设立控制桩,其间隔不宜大于 50 m。桩上标明桩号与路中心填挖高,用 (+) 表示填方,用 (-) 表示挖方。

(2) 在放完边桩后,应进行边坡放样,对深挖高填地段,每挖填 5 m 应复测中线桩,测定其标高及宽度,以控制边坡的大小。路基施工期间每半年至少应复测一次水准点,季节冻融地区,在冻融以后也应进行复测。

(3) 机械施工中,应在边桩处设立明显的填挖标志,高速公路和一级公路在施工中,宜在不大于 200 m 的段落内,距中心桩一定距离处埋设能控制标高的控制桩,进行施工控制。发现桩被碰倒或丢失时应及时补上。

(4) 取土坑放样时,应在坑的边缘设立明显标志,注明土场供应里程桩号及挖掘深度;作为排水用的取土坑,当挖至距坑底 0.2~0.3 m 时,应按设计修整坑底纵坡。边沟、截水沟和排水沟放样时,宜先做成样板架检查,也可每隔 10~20 m 在沟内外边缘钉木桩并注明里程及挖深。施工过程中,应保护所有标志,特别是一些原始控制点的。

第三节 施工前的复查和试验

路基施工前,施工人员应对路基工程范围内的地质、水文情况进行详细调查,通过取样、试验确定其性质和范围,并了解附近既有建筑物和对特殊土的处理方法。施工人员应根据设计文件提供的资料,对取自挖方、借土场、料场的路堤填料进行复查和取样试验。如设计文件提供的料场填料不足时,应自行勘查寻找。

挖方、借土场和料场用做填料的土应进行下列试验项目,其试验方法按《公路土工试验规程》办理。

①液限、塑限、塑性指数、天然稠度或液性指数。

②颗粒大小分析试验。

③含水量试验。

④密度试验。

⑤相对密度试验。

⑥土的击实试验。

⑦土的强度试验(CBR 值)。

⑧一级公路、高速公路应作有机质含量试验及易溶盐含量试验。



一、最佳含水量测定

最佳含水量是路基施工的一个重要控制参数,是土基达到最大干密度所对应的含水量。试验方法有击实试验法(分轻型和重型击实,采用大小两种试筒,分别适用于粒径不大于38 mm的土和粒径不大于25 mm的土)、振动台法和表面振动击实仪法。

(1) 击实试验方法:

- ①用干法或湿法制备一组不同含水量(相差约2%)的试样(不少于5个)。
- ②取制备好的土样按所选击实方法分3次或5次倒入击实筒,每层按规定的击实次数进行击实,要求击完后余土高度不超过试筒顶面5 mm。修平称量后用推土器推出筒内试样,测定击实试样的含水量和测算击实后土样的湿密度。其余土样按相同方法进行试验。
- ③计算各试样干密度,以干密度为纵坐标,含水量为横坐标绘制曲线,曲线上峰值点的纵、横坐标分别为最大干密度和最佳含水量。
- ④当试样中有大于25 mm(小筒)或大于38 mm(大筒)颗粒时,应先取出大于25 mm或大于38 mm颗粒,求得其百分率(要求不得大于30%),对剩余试样进行击实试验,再利用修正公式对最大干密度和最佳含水量进行修正。

(2) 击实法相关指标和其他实验方法的具体试验步骤详见有关试验规程。

二、掌握压实度测定技术

压实度是路基质量控制的重要指标之一,是现场干密度和室内最大干密度的比值。压实度越高、路基密度越大,材料整体性能越好。其现场密度的测定方法如下。

(一) 灌砂法

1. 适用范围

现场挖坑,利用灌砂测定体积,计算密度。适用路基土压实度检测,不宜用于填石路堤等有大孔洞或大孔隙材料的测定。在路面工程中也适用于基层、砂石路面、沥青表面处治及沥青贯入式路面的压实度检测。

2. 试验步骤

- (1) 标定砂锥体积和量砂密度。
- (2) 试验地点选一块平坦的表面,并将其清扫干净,其面积不得小于基板面积。
- (3) 将基板放在平坦表面上,沿基板中孔凿洞,挖出材料后称重、测含水量。若测点表面粗糙,则先灌砂测出粗糙表面的耗砂量。
- (4) 将基板安放在试坑上,将已知量砂质量的灌砂筒安放在基板中间,使灌砂筒的下口对准基板的中孔及试洞,打开灌砂筒的开关,让砂回流到试坑中。灌砂完毕取走灌砂筒,称取剩余砂的质量,算出试坑消耗砂的质量。

(5) 根据试坑消耗砂的质量和量砂的密度算出试坑挖除材料的体积,再由材料质量算出湿密度,用 $\rho_d = \frac{\rho_w}{1+0.01w}$ 公式计算。

式中 ρ_d ——干密度;

ρ_w ——湿密度;

w ——含水量。

(二) 环刀法

1. 适用范围

用于细粒土的密度测试。

2. 试验步骤

- (1) 擦净环刀, 称取环刀质量 m , 准确至 0.1 g。
- (2) 在试验地点, 将面积为 30 cm×30 cm 的地面清扫干净。
- (3) 将定向筒齿钉固定于铲平的地面上, 顺次将环刀、环盖放入定向筒内与地面垂直。
- (4) 将导杆保持垂直状态, 用取土器落锤将环刀打入压实层中, 直到环盖顶面与定向筒上口齐平为止。
- (5) 去掉击实锤和定向筒, 用镐将环刀及试样取出。
- (6) 轻轻取下环盖, 用修土刀自边至中间修去两端多余的土, 用直尺检测直至修平为止。
- (7) 擦净环刀外壁, 用天平称取环刀及试样合计质量, 准确至 0.1 g。
- (8) 自环刀中取出试样, 取具有代表性的土样, 测定其含水量。

(三) 核子密度湿度仪法

1. 原理及适用范围

利用放射性元素测量各种土的密实度和含水量。打洞后用直接透射法测定, 测定层的厚度不超过 20 cm。也可测定路面材料的密实度和含水量, 测定时在表面用散射法。

2. 准备工作

- (1) 每天使用前用标准板测定仪器的标准值。
- (2) 在进行沥青混合料压实层密度测定前, 应用核子法对取孔的试件进行标定, 测定其他密度时, 宜与挖坑灌砂法的结果进行标定。

3. 试验步骤

- (1) 散射法测定时, 应将核子仪平稳地置于测试位置上。
- (2) 如用直接透射法测定时, 应将放射源棒放入已预先打好的孔内。
- (3) 打开仪器, 测试员退到 2 m 之外, 按照选定的时间进行测量, 达到测定时间后, 读取显示的各种数值, 并迅速关机。

除进行以上试验外, 对特殊土, 还应结合对各种土定名的需要, 辅以相应的专门鉴别试验, 以确定其种类及处治方法。使用新材料 (如工业废渣等) 填筑路堤时, 除应按相关规范做有关试验外, 还应做对环卫有害成分的试验, 同时提出报告, 经批准后方可使用。

第四节 自然区划及土质

一、公路自然区划

我国地域辽阔, 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, 经过长期研



究,制定了《公路自然区划标准》(JTJ003—1986)。

制定公路自然区划的原则是:①道路工程特征相似;②地表气候区划差异性;③自然气候因素既有综合又有主导作用。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。

1. 一级区划

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,然后根据水平平衡和地理位置,划分为冻土、湿润、干湿过渡、湿热、潮暖、干旱、高寒七个大区。即:

I. 北部多年冻土区。

II. 东部湿润季冻区。

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。

七个一级自然区的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:

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。对于泥沼地多年冻土层,最重要的道路设计原则是保温,不要轻易挖去覆盖层,要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。该区主要是林区道路,路面结构为中级路面。林区山地道路,因表土湿度大,地面径流大,最易翻浆,应采取换土、稳定土、砂垫层等处理方法。

II 区——东部湿润季冻区

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。

III 区——黄土高原干湿过渡区

该区的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。

IV 区——东南湿热区

该区雨量充足集中,雨型季节性强,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。该区水稻田多,土基湿软、强度低,必须认真对待。由于气温高、热季长,要注意沥青类面层材料的热稳定性和防透水性。

V 区——西南潮湿区

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。

VI 区——西北干旱区

该区大部分地下水位很低,虽然冻深多在 100~150 cm,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,所以沥青面层材料应具有良好的防透水性,路肩也应作

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。

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,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破坏。

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区别。一级自然区划分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,在全国七个二级自然区内又分为 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 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。

表 1-1 自然区划表

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 山西、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、黔高原土湿交替区
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 黄土高原干旱过渡区	Ⅵ ₁ 内蒙古草原中干区
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

续表

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、山地湿润区	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	

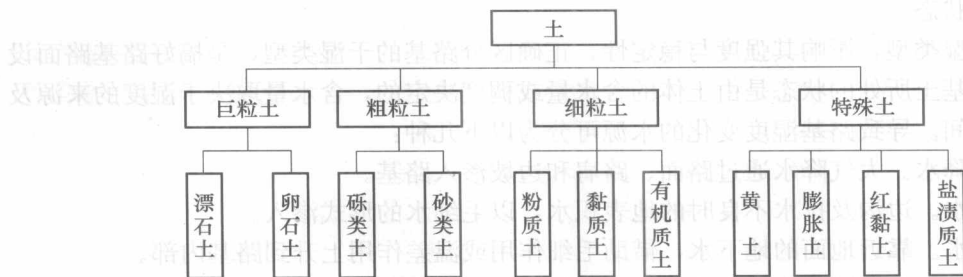
3. 三级区划

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。

二、路基土的工程性质

按照现行的《公路土工试验规程》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，分类总体系如表 1-2 所示。各土组的主要工程性质如下。

表 1-2 路基用土分类表



1. 巨粒土

巨粒土有很高的强度及稳定性，是填筑路基很好的材料。对于漂石土，在码砌边坡时正选用边坡值，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。

2. 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情况。

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，强度和水稳定性较好。但由于黏性小，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,可添加一些黏质土,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,使其具有一定的黏性,不致过分松散。一般遇水干得快,不膨胀,干时有足够的黏结性,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。

3. 细粒土

粉质土为最差的筑路材料。它含有较多的粉土粒,干时稍有黏性,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0.9~1.5 m,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。

黏质土透水性很差,黏聚力大,因而干时硬,不易挖掘。它具有较大的可塑性、黏结性和膨胀性,毛细现象也很显著,用来填筑路基比粉质土好,但不如细粒土质砂。浸水后黏质土能较长时间保持水分,因而承载能力小。对于黏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。

4. 特殊土

黄土属大孔和多孔结构,只有湿陷性;膨胀土受水浸湿发生膨胀,失水则收缩;红黏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。

三、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稠度决定的,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可分为以下几种:

- (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,借助毛细作用或温差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气,遇冷凝结为水。

四、路基干湿类型划分方法

根据平均稠度划分。

路基土的稠度 w_c 是指土的液限含水量的 w_l 与土的含水量 w 之差和土的液限含水量 w_l 与塑限含水量 w_p 之差的比值,即:

$$w_c = (w_l - w) / (w_l - w_p) \quad (1-1)$$

土的稠度较准确地表示了土的各种形态与湿度的关系,稠度指标综合了土的塑性特性,包含了液限与塑限,全面直观地反映了土的硬软程度,物理概念明确。

(1) $w_c = 1.0$, 即 $w = w_p$, 为半固体与硬塑状的分界值;

(2) $w_c = 0$, 即 $w = w_l$, 为流塑与流动状的分界值;



(3) $1.0 > w_c > 0$, 即 $w_l > w > w_p$, 土处于可塑状态。

我国现行的《公路沥青路面设计规范》(JTJ 014—1997) 中规定, 路基的干湿类型可以实测不利季节路床表面以下 80 cm 深度内土的平均稠度 w_c 。再按表 1-3 中土基干湿状态的稠度建议值确定。

表 1-3 土基干湿状态表

干湿类型 土组	干燥状态 $w_c \geq w_{c1}$	中湿状态 $w_{c1} > w_c \geq w_{c2}$	潮湿状态 $w_{c2} > w_c \geq w_{c3}$	过湿状态 $w_c < w_{c3}$
土质砂	$w_c \geq 1.20$	$1.20 > w_c \geq 1.00$	$1.00 > w_c \geq 0.85$	$w_c < 0.85$
黏质土	$w_c \geq 1.10$	$1.10 > w_c \geq 0.95$	$0.95 > w_c \geq 0.80$	$w_c < 0.80$
粉质土	$w_c \geq 1.05$	$1.05 > w_c \geq 0.90$	$0.90 > w_c \geq 0.75$	$w_c < 0.75$

注: w_{c1} 、 w_{c2} 、 w_{c3} 分别为干燥和中湿、中湿和潮湿、潮湿和过湿状态路基土的分界稠度, w_c 为路床表面以下 80 cm 深度内的平均稠度。

不利季节路床表面以下 80 cm 深度内土的平均稠度确定方法是: 在路床表面以下 80 cm 深度内, 每 10 cm 取土样测定其天然含水量、塑限含水量和液限含水量, 并按下两式计算。

$$w_{c1} = (w_{li} - w_i) / (w_{li} - w_{pi})$$

$$\overline{w_c} = \frac{\sum_{i=1}^8 w_{ci}}{8}$$

式中 w_i ——路床表面以下 80 cm 深度内, 每 10 cm 为一层, 第 i 层土的天然含水量, %;
 w_{li} ——同一层土的液限含水量 (液塑限联合测定仪测定), %;
 w_{pi} ——同一层土的塑限含水量 (液塑限联合测定仪测定), %;
 w_{ci} ——第 i 层土的稠度;
 $\overline{w_c}$ ——路床表面下 80 cm 深度内土的算术平均稠度。

我国现行的《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTJ 012—1994) 中土基的干湿类型亦按不利季节路床表面以下 80 cm 深度内土的平均稠度来划分。

地下水位或地表长期积水水位, 通过公路勘测设计野外调查获得, 路基高度从路线纵断面图或路基设计表中查得, 扣除预估的路面厚度, 即可得到路床顶面距地下水位或地表积水水位的高度 H 。

在设计新建公路时, 先选定路基处于干燥、中湿、潮湿状态的临界高度 H_1 、 H_2 、 H_3 , 再按表 1-4 来判断土基的干湿类型。

表 1-4 路基干湿类型

路基干湿类型	路基平均稠度 $\overline{w_c}$ 与分界相对稠度的关系	一般特征
干燥	$\overline{w_c} \geq w_{c1}$	路基干燥稳定, 路基强度和稳定性不受地下水和地表积水影响, 路基高度 $H \geq H_1$
中湿	$w_{c1} > \overline{w_c} \geq w_{c2}$	路基上部土层处于地下水或地表积水影响的过渡带区内, 路基高度 $H_1 > H \geq H_2$

续表

路基干湿类型	路基平均稠度 $\bar{w}_c$ 与分界相对稠度的关系	一般特征
潮湿	$w_{c2} > \bar{w}_c \geq w_{c1}$	路基上部土层处于地下水或地表积水毛细影响区内, 路基高度 $H_2 > H \geq H_3$
过湿	$\bar{w}_c < w_{c3}$	路基极不稳定, 冰冻区春融翻浆, 路基经处理后方可铺筑路面, 路基高度 $H < H_3$
注: ① H 为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} 分别为干燥和中湿、中湿和潮湿、潮湿和过湿状态路基的分界稠度。		

为了保证路基的强度和稳定性不受地下水或地表积水的影响, 在设计路基时, 要求路基保持干燥或中湿状态, 路床顶面距地下水位或地表积水水位的距离, 要大于或等于干燥、中湿状态所对应的临界高度。

五、路基临界高度与最小填土高度

路基临界高度可根据土质、气候因素按当地经验确定。不同气候区及土质的临界高度参考值见表 1-5、表 1-6。

表 1-5 路基临界高度参考值

公路自然区划	细粒土质砂			黏质土			粉质土		
	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3	H_1	H_2	H_3
Ⅱ									
Ⅲ _{1~4}									
Ⅲ _{2~3}	1.1~1.3	0.9~1.1	0.6~0.9	1.6~2.2	1.2~1.6	0.9~1.2	1.8~2.4	1.4~1.8	1.0~1.4
Ⅳ ₃				0.8~0.9	0.5~0.6	0.3~0.4	0.9~1.0	0.6~0.7	0.3~0.4
Ⅳ _{5~6}				0.9~1.1	0.5~0.7	0.3~0.4			
V ₁	1.1~1.3	0.9~1.1	0.6~0.9	1.6~2.0	1.2~1.6	0.8~1.2	1.7~2.2	1.3~1.7	0.9~1.3
V _{2~3~4~5}									
Ⅵ _{1~3~4}	1.6~1.9	1.2~1.5	0.9~1.2	1.9~2.1	1.4~1.7	1.1~1.4	2.1~2.4	1.6~1.9	1.1~1.4
Ⅵ ₂	1.1~1.4	0.9~1.1	0.6~0.9	1.6~2.2	1.2~1.6	0.7~1.2	1.8~2.3	1.4~1.8	0.9~1.4
Ⅶ _{1~4}	1.8~2.1	1.4~1.6	1.0~1.3	1.8~2.1	1.4~1.6	1.1~1.2	2.1~2.4	1.6~1.8	1.1~1.3
Ⅶ _{2~6}				1.8~2.5	1.4~1.8	1.1~1.4	2.2~2.7	1.6~2.1	1.1~1.5
Ⅶ ₃	1.2~1.5	0.9~1.2	0.6~0.9	1.7~2.3	1.3~1.7	0.7~1.3	2.0~2.4	1.6~2.0	1.0~1.6
Ⅶ ₅	2.2~2.6	1.8~2.2	1.4~1.8	2.2~2.6	1.8~2.2	1.4~1.8	2.7~3.1	2.0~2.4	1.3~1.7
注: ①公路自然区划按现行的《公路自然区划标准》执行; ②表中数值为距地表长期积水位的临界高度 (m)。									