

9430

线

38

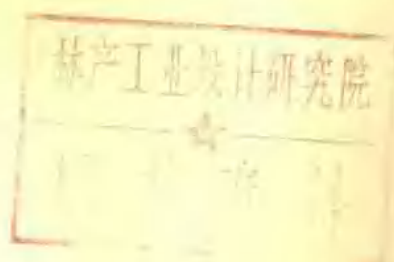
高等学校试用教材

路基工程

(公路工程专业用)

重庆建筑工程学院
北京工业大学
哈尔滨建筑工程学院

三校合编



人民交通出版社

高等学校试用教材

路基工程

(公路工程专业用)

重庆建筑工程学院

北京工业大学

哈尔滨建筑工程学院

三校合编

人民交通出版社

高等学校试用教材

路基工程

(公路工程专业用)

重庆建筑工程学院

北京工业大学 三校合编

哈尔滨建筑工程学院

人民交通出版社出版

本社发行

大兴县印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 12 字数: 283千

1980年4月 第1版

1982年8月 第1版 第3次印刷

印数: 8521-12,520

《路基工程》(公路工程专业用)勘误表

页 数	行数及图号	误	正
40	例 2	……路堤下含水层……	……路堤下含水层……
44	例10	……或较大范围的带有……	……或比例尺较大的范围内带有……
50	例7~例11	……=最大, $\frac{d}{d\omega}[\sin(\theta-\omega)(\sin\omega-\cos\omega\lg\varphi)]=0$ $\lg(\theta-\omega)=\dots\dots=\lg(\omega-\varphi)$ 即 $\theta-\omega=\omega-\varphi$ 临界角 ω 等于;	……=最大。 将等式左端对 ω 微分,且令 $\frac{d}{d\omega}[\sin(\theta-\omega)(\sin\omega-\cos\omega\lg\varphi)]=0$ 得 $\theta-\omega=\omega-\varphi$ 故临界角 ω 等于;
61	16	……由于土体内的渗水速度与水位升降速度……	……由于土体内的水位升降速度……
63	例16	一分条中有干土……	分条底部为……
63	例 8	c_C, l_C, c_B, l_B	c_C, l_C, c_B, l_B
64	式(4-22)	$B=Nb+(n-1)m$	$B=Nb+(N-1)m$
74	表5-16表头栏	流水容许程度	流冰容许程度
93	表6-2第5栏	$\theta=90^\circ-\theta-s$	$\theta=90^\circ-\varphi-s$
96	图6-14左图	漏注 R 及 α	角度为 φ 的箭头为 R ,与 $A'A$ 的交角为 α
111	式(6-34a)	分母中 P_{xy}	应改为 P_{xz}
117	13行 公式	分子中 be	应改为 $6e$
118	图6-36平面图		
132	20	……时间),与荷载……	……时间)与荷载……
137	图8-3左图	$r_{上}=r_1W\sqrt{A\alpha}_{上}$	$r_{上}=nW\sqrt{A\alpha}_{上}$
138	7	$n=\frac{r_0}{W}$	$n_0=\frac{r_0}{W}$
139	4	炸药的温度	炸药的湿度
142	式(8-2)	n°	应为 n^2
143	5	在缓坡地形最少要降低30~40%;	最大可达30~40%,在缓坡地形较显著;
145	例10	……向路基外,	……向路基内外,
145	图8-8	漏注 B 、 C 、 W	右下为 B ,三角形顶为 C ,中间尺寸线为 W
146	例14	松散药包	松动药包
148	图8-12	图上 l_x	应为 l_s
150	15行表8-4	3°铍油炸药	铍油炸药
164	例11	由图8-29上……	由附图1-6上……
167	附表1-2表头第8栏	f (α)	$f(\alpha)$
168	附图1-10	图不正, W	依下部1根横线水平放正, W 改 W_0
168	附图1-11	W_0	H
170	附图1-13	W_0	H
172	附图1-20		

前 言

《路基工程》是公路工程专业的一门重要专业课，其内容主要是公路路基的设计与施工。全书共分八章。第一章总论，主要是建立路基工程的总体概念，提出以后各章所要研究和解决的问题。路基排水设计、稳定性设计和挡土墙设计三章是本课的重点。土质路基施工一章的重点是土基压实。路基石方爆破的内容可根据需要选用。

为适应统一计量制度的要求，遵照国务院关于“逐步采用国际单位制”的规定，并照顾过去的习惯，本教材在基本采用国际制单位的同时，保留部分米制（即公制）单位。为便于对照，将本教材有关量的国际制单位的定义及其与米制的换算关系列表如附录四，供学习时参考。

本书根据一九七八年三月西安教材会议讨论拟订的大纲编写，分工如下：哈尔滨建筑工程学院邸文珊编第一、二、五章，北京工业大学蒋璜编第三、四章，重庆建筑工程学院张宗让编第六、七章，北京工业大学王鸿渠编第八章。

初稿编完后，先分送有关院校征求意见。一九七八年十二月，北京建筑工程学院、北京工业大学、东北林学院、西安公路学院、河北工学院、南京工学院、哈尔滨建筑工程学院、湖南大学、福州大学、重庆建筑工程学院等院校又在北京进行会审。同济大学对初稿提出了书面意见。会后，分别由编写人修改。全书由重庆建筑工程学院张宗让主编，南京工学院方左英教授主审。

为提高教材质量，希望使用本教材的学校和读者多多提出批评和改进意见。意见请寄重庆建筑工程学院道桥系。

目 录

第一章 路基工程总论	1
第一节 概述.....	1
第二节 路基的强度与稳定性.....	2
第三节 路基的破坏现象及其原因的一般分析.....	4
第四节 公路自然区划.....	6
第五节 路基用土及土基潮湿类型.....	7
第二章 一般路基设计	11
第一节 路基断面的基本型式.....	11
第二节 路基高度.....	12
第三节 路基边坡.....	13
第四节 路基工程的其他设施.....	20
第三章 路基排水设计	24
第一节 路基排水的重要性及设计的一般原则.....	24
第二节 地面排水设计.....	25
第三节 地下排水设计.....	35
第四节 排水系统的总体规划.....	43
第四章 路基稳定性设计	46
第一节 边坡的稳定性.....	46
第二节 边坡稳定性的力学验算法.....	48
第三节 边坡稳定性分析的工程地质法.....	55
第四节 浸水路堤边坡稳定性验算.....	61
第五节 地震地区的路基稳定性.....	68
第六节 陡坡路堤的整体稳定性验算.....	69
第五章 路基防护与加固	73
第一节 防护与加固工程的要求和分类.....	73
第二节 坡面防护.....	74
第三节 冲刷防护.....	79
第四节 加固工程.....	82
第六章 挡土墙设计	83
第一节 挡土墙的类型及使用条件.....	83
第二节 挡土墙的构造.....	85
第三节 挡土墙的布置.....	89
第四节 挡土墙土压力计算.....	90
第五节 挡土墙稳定性验算.....	99

第六节 浸水及地震地区挡土墙设计.....	109
第七节 挡土墙计算示例.....	115
第七章 土质路基施工.....	119
第一节 概述.....	119
第二节 土质路基填挖基本方案.....	121
第三节 土质路基的机械化施工.....	126
第四节 土基压实.....	129
第八章 路基石方爆破.....	136
第一节 爆破作用原理.....	136
第二节 炸药、起爆器材及起爆方法.....	138
第三节 药包量的计算原理及其性质的变化.....	141
第四节 设计参数的选择及有关数据的计算.....	149
第五节 综合爆破方法.....	156
附 录.....	162
一 大爆破设计.....	162
二 大爆破施工.....	174
三 爆破设计示例.....	176
四 本教材有关量的国际制单位及其换算关系.....	181
主要参考资料.....	183

第一章 路基工程总论

第一节 概 述

一、路基的作用

公路是连绵千里的线型建筑物。路基是公路的重要组成部分，是线型建筑物的主体。它贯穿公路全线，与桥梁、隧道相连，构成公路的整体。因此，它的质量好坏，关系到整个公路的质量及汽车的正常行驶。

路基又是路面的基础。它与路面共同承担行车的作用。实践证明，没有坚固、稳定的路基，就没有稳固的路面。保证路基的强度和稳定性是保证路面强度和稳定性的先决条件，提高路基的强度和稳定性，可以适当减薄路面的结构厚度，从而使造价降低。

路基在一条公路建设项目中，不仅工程数量和投资巨大，而且是占用土地最多、使用劳动力数量最大、牵涉面最广的工程。特别是工程量集中，地质与水文地质条件复杂的地段，遇到的技术问题更多、更难，常常成为公路建设的关键。

二、对路基的一般要求

路基除断面尺寸应符合设计标准外，还应满足下列基本要求：

(一)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。在工程地质不良地区，修建路基则可能加剧原地面的不平衡状态。开挖路基使两侧边坡的土层失去支承力，可能导致边坡坍塌。天然坡面特别是陡坡面上的路堤，可能因自重作用面下滑。对上述种种情况，都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。

(二)具有足够的强度

公路上的行车荷载，通过路面传递给路基，对其产生一定的压力；路基自身及路面的重量，也给予路基下层和地基一定的压力。这些压力都可能使路基产生一定的变形，直接损坏路面的使用品质。因此，要求路基应具有足够的强度，以保证在外力作用下，不致产生超过容许范围的变形。

(三)具有足够的水温稳定性

路基在地面水和地下水的作用下，其强度将显著地降低。特别是在季节性冰冻地区，由于水温状况的变化，路基将发生周期性冻融作用，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，强度不致于显著地降低，这就要求路基应具有一定的水温稳定性。

三、路基设计与施工的任务

从工程性质和结构特点来说，路基主要是由土、石修筑而成的一种土工建筑物。它的结构形式虽然简单，但由于是敷设在地面之上，暴露于大气之中，所以受地形、地质、水文和气候等自然因素的影响极大，如果设计和施工不当，容易产生各种经常性的病害，导致路基

路面的破坏,影响交通和行车安全,或耗费大量投资进行抢险和修复。同时,公路建设还与其他人类经济活动密切相关。所以必须妥善处理与周围环境,特别是与农田基本建设的关系。由此可见,要搞好路基工程,并非轻而易举的事,必须加强调查研究,精心设计,精心施工。严格掌握技术标准,确保工程质量,切实防止产生后遗症。分期修建时,必须严格掌握前期工程的质量标准,使后期工程能予充分利用。

路基设计和施工,应力求降低工程造价,减少材料消耗,节约劳动力。工作中,应发动群众,开展技术革新和科学实验,认真总结自己的经验,吸取国外的先进经验,积极采用和推广新技术、新结构、新工艺,不断提高路基设计、施工的技术水平,以适应公路建设现代化的要求。

路基设计与施工的基本任务,是使路基在行车和各种自然因素的作用下,能具有足够的强度和稳定性,保证交通的畅通和安全。其具体任务和工作内容如下:

(一)设计

路基设计的任务,是根据公路的性质、等级和技术标准,以及当地自然条件,拟定正确的路基设计方案,作为施工的依据。其具体的内容包括以下几个方面。

- 1.做好沿线自然情况的勘察工作,收集必要的设计资料,作为路基设计的依据。
- 2.根据路线纵断面设计确定的填挖高度,结合沿线地质、水文调查资料,进行路基主体工程(路堤、路堑、半挖半填路基及有关工程等)设计。一般路基,可根据规范规定,按路基典型横断面直接绘制路基横断面图。对下列情况须进行个别设计:工程地质、水文地质条件复杂或路基高度超过规范规定高度;修筑在陡坡上的路堤;各种特殊条件下的路基,如浸水路堤、采用大爆破施工的路基及软土或震害严重地区的路基等等。
- 3.根据沿线地面水流及地下水埋藏情况,进行路基排水系统的总体布置,以及地面排水和地下排水结构物的设计与计算。
- 4.路基防护与加固设计,包括坡面防护、冲刷防护与支挡建筑等的布设与计算。
- 5.路基工程其他设施的设计,包括取土坑、弃土堆、护坡道、碎落台及辅道等的布设与计算。

(二)施工

路基施工的任务,是按照设计方案,迅速、经济、高质量地把路基修建起来。其具体内容包括以下几个方面。

- 1.进行现场调查,研究和核对设计文件。编制施工组织计划,确定施工方案,选择施工方法,安排施工进度。完成施工前的组织、物质和技术准备工作。
- 2.开挖路堑,填筑路堤,修建排水及防护加固结构物,进行路基主体工程及其他工程的施工。
- 3.按照设计要求,对各项工程进行检查验收,绘制路基施工竣工图。

第二节 路基的强度与稳定性

如前所述,路基的强度和稳定性是反映路基使用品质的主要标志。

路基的强度和稳定性,是两个不同面又有密切联系的概念。前者是指路基抵抗外力作用的能力,亦即抵抗变形的能力;后者是指路基在各种外界因素影响下保持其强度的性质。在这些因素中,水和温度,特别是水和温度的联合作用影响最为突出。土基在水的作用下保持

其强度的性质称为水稳定性，在温度作用下保持其强度的性质称为温度稳定性。一般，强度高的土，稳定性也可能较好，比如，砂性土的强度比粘性土高，其水稳定性也比粘性土好。但是在许多情况下，也不尽如此，比如，在干燥状态下，粉性土的强度往往比粘性土高，但浸水后其强度则急剧下降，以至低于粘性土，亦即其水稳定性低于粘性土。

关于土的强度理论，土基在荷载作用下的变形与强度及水温情况对路基稳定性的影响等，在土力学中均有详细论述，此处仅就有关的几个问题简述如下：

一、土基受力与工作区

路基在工作过程中，同时受到由路面传递下来的行车荷载和路面与路基自重的作用。其应力分布如图 1-1。

其中，圆形均布荷载中心下土基的压应力，可用下面的近似公式计算：

$$\sigma_1 = \frac{p}{1 + 2.1 \left(\frac{Z}{D} \right)^2} \quad (1-1)$$

式中： p ——车轮的单位压力，千帕；

D ——圆形均布荷载作用面积的直径（厘米）；

Z ——应力作用深度，厘米。

土基自重引起的压应力可用下式计算：

$$\sigma_z = \gamma Z \quad (1-2)$$

式中： γ ——土的容重，千牛/米³。

由 1-1、1-2 两式可见，行车荷载所产生的垂直应力随深度的增加而减小，自重应力则随深度的增加而增大。在某一深度 Z_a 处，当行车荷载的应力仅为自重应力的 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ 时，前者对

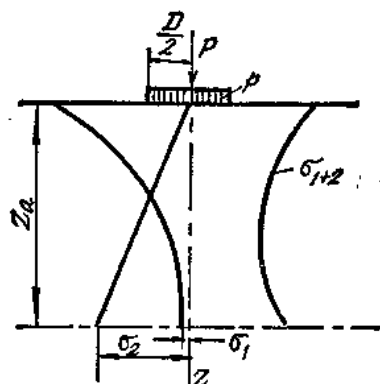


图 1-1 土中应力分布示意图

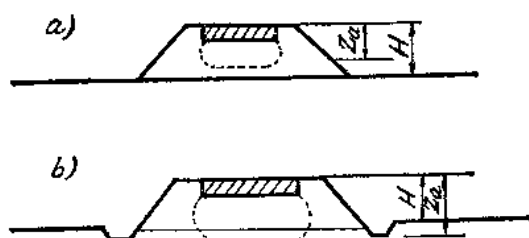


图 1-2 路堤高度与应力作用区深度的关系
a) $H > Z_a$; b) $H < Z_a$

土基的影响与后者相比可忽略不计。车轮荷载起作用的这一范围，称为应力作用区或路基的工作区，如图 1-2 所示。应力作用深度 Z_a ，对于重型车（如黄河 JN-150 型）约为 1.9 米，中型车（如解放 CA-140 型）约为 1.7 米，轻型车（如跃进 NJ-130 型）约为 1.4 米。

由图 1-2 可知，填土高度较大的路堤，路基的工作区全在路堤之内；填土较低时，工作

区则不但在路堤中，而且还有一部分在天然土层之内。

从以上分析不难看出，若要增加路基的强度，则应对工作区的土层格外地予以注意，充分加以压实。

二、土基强度

土质路基（简称土基）的强度是由土的粘结力和内摩阻力构成的，面粘结力和内摩阻力的数值又取决于土粒的大小、形状和组成，土的矿物成分及土体的密实度和含水量。也就是说，土基的强度取决于土的性质与状态（密实度与温度）。

同时, 由于在一般情况下土具有弹性-塑性-粘滞性, 因此土的强度还与荷载的特性 (即荷载作用的速度、持续时间和重复次数) 有关。

关于土基的强度及其性质, 在《路面工程》中还将深入讨论。

三、路基稳定性及土基水温状况的变迁

路基的稳定性包括两种含意: 其一是指路基整体, 在车辆荷载及自然因素作用下, 不致产生过大的变形和破坏, 称为路基的整体稳定性; 其二是指路基在水、温等自然因素的长期作用下保持其强度, 称为路基的强度稳定性。

路基的整体稳定性, 一方面取决于路基土的强度, 另一方面还取决于路基与基底的结合情况 (路堤), 或边坡岩层的稳定性 (路堑)。

气候的变化将使土内的温度和湿度发生坡差, 从而引起土内水分迁移。由于气候有季节性变化, 水分的变迁亦具有明显的季节性, 所以土基的湿度、密实度和强度在一年内也发生着季节性变化。土基强度最低的季节, 称为最不利季节。

我国南方地区, 气候因素的变化幅度不如北方大, 且自然水系和农田灌溉沟渠密布, 土基的湿度在一年内的季节性变迁并不突出。一般, 最不利季节为雨季。

北方地区, 由于负温差的影响, 土基下层较暖的水分将向上层较冷的土层移动, 产生积聚和冻结, 引起冻胀。春融时, 土基又因过湿而发生翻浆。因此, 土的湿度、密实度和强度在一年内即出现极为显著的季节性变化, 如图1-3所示。最不利季节为春融季节。

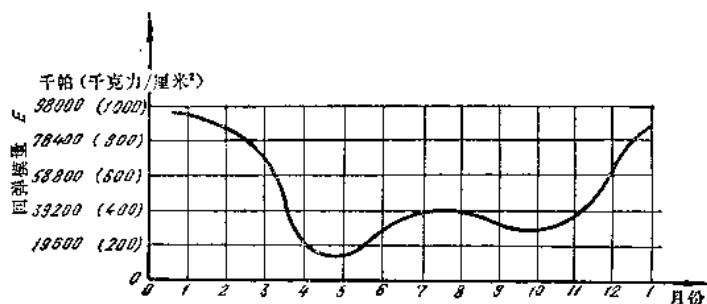


图1-3 路基强度在一年中的变化

四、路基强度与稳定性的保证

为保证路基的强度和稳定性, 必须深入进行调查研究, 细致分析各种自然因素与路基的关系, 抓住主要问题, 采取有效措施。一般措施如下:

(一) 合理选择路基断面形式, 正确确定边坡坡度。

(二) 充分压实土基, 提高土基的强度和水稳定性。

(三) 搞好地面排水, 保证水流通畅, 防止路基过湿或水毁。

(四) 保证路基有足够高度, 使路基工作区保持干燥状态。

(五) 取用水稳性强的土替换水稳性差的土。

(六) 设置隔离层或隔温层, 切断地下水的毛细上升, 阻止水分迁移, 减少负温差的不利影响。

(七) 设置防冻层, 减小土基冻结深度, 减轻土基冻胀。

第三节 路基的破坏现象及其原因的一般分析

路基在自然因素及行车荷载的作用下, 常发生变形, 最后导致破坏。其破坏形式是多种多样的, 原因也错综复杂。常见的破坏现象, 可扼要归纳如下:

一、路基的变形与破坏类型

(一)路堤的沉陷

路基因填料选择不当,填筑方法不合理,压实不足时,在荷载和水、温的综合作用下,堤身可能向下沉陷,如图1-4。所谓填筑方法不合理,包括不同土质混杂、未分层填筑和压实,土中含有未经打碎的大土块或冻土块等。填石路堤因石料规格不一,性质不匀,或就地爆破堆积,乱石中空隙很大,在一定期限内(例如经过一个雨季)亦可能产生局部的明显下沉。此外,原地面比较软弱,例如,遇到泥沼,流沙或垃圾堆积等,填筑前未经换土或压实,地基发生下沉,亦可能引起路堤下陷。冻融作用也常常使路基产生不均匀变形。路基的这类不均匀下陷,将造成局部路段破坏,影响公路交通。

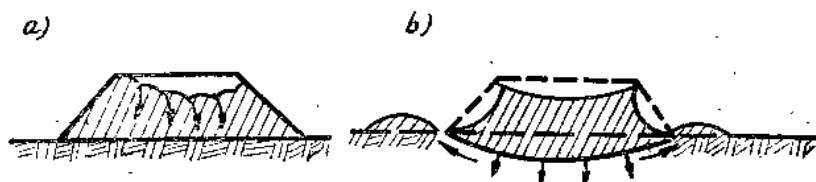


图1-4 路堤沉陷示意图

a)堤身下陷; b)地基下陷

(二)路基边坡的坍方

路基边坡的坍方是最常见的路基病害,亦是水毁的普遍现象。按其破坏规模与原因的不同,路基边坡坍方可以分为剥落、碎落、滑坍、崩坍等,如图1-5所示。

剥落是指边坡表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,零碎薄层成片状或带状,从坡面上剥落下来,而且老的脱落后,新的又不断产生。填土不均匀和易溶盐含量大的土层(如黄土等)及泥质岩、绿泥岩等松软岩层较易发生此种破坏现象。路堑边坡剥落的碎屑堆积在坡脚下,堵塞边沟影响路基的稳定和妨碍交通。

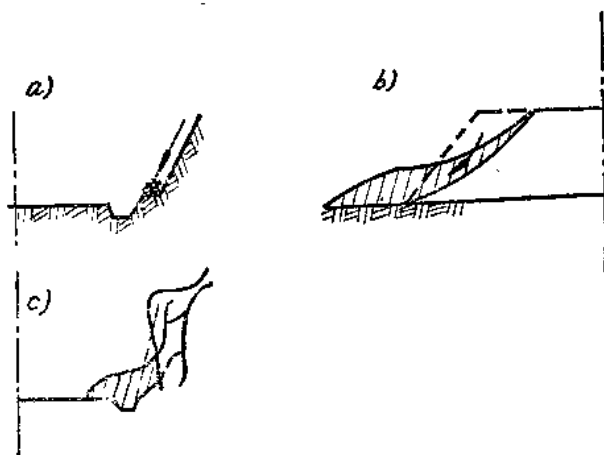


图1-5 路基边坡坍方示意图

a)剥(碎)落; b)滑坍; c)崩坍

碎落是岩石碎块的一种剥落现象,其规模与危害程度比剥落严重。产生的

主要原因是路堑边坡较陡(大于 45°),岩石破碎和风化严重,在胀缩、震动及水的浸蚀与冲刷作用下,块状碎屑沿坡面向下滚落。如果落下的岩块较大(直径在40厘米以上),以单个或多块落下,此种碎落现象可称为落石或坠落。落石的石块较大,降落速度极快,所产生的冲击力可使路基结构物遭到破坏,亦会威胁到行车和行人的安全,有时还会引起其它病害。

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,造成严重阻车。产生滑坍的主要原因是边坡较高(大于10~20米),坡度较陡(陡于 50°),填方不密实,缺少应有的支撑与加固。挖方的岩层对公路成顺向坡,岩层倾角在 $50^\circ\sim 75^\circ$ 之间,夹有较弱和透水的薄层或岩石严重风

化等, 在水的浸蚀和冲刷作用下, 形成滑动面致使土石失去平衡产生滑坍。

崩坍的规模与产生原因, 同滑坍有共同之处, 亦是比较常见而且危害较大的路基病害之一。它同滑坍的主要区别, 就在于崩坍无固定滑动面, 亦无下挫现象, 即坡脚线以下地基无移动现象。崩坍体的各部分相对位置, 在移动过程中完全打乱, 其中较大石块翻滚较远, 边坡下部形成倒石堆或岩堆。

此外, 还有塌坍 (亦称为堆坍) 等, 其成因与形态同崩坍相似, 但塌坍主要是土体 (或土石混杂的堆积物) 遇水软化, 在 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的较陡边坡无支撑情况下, 自身重量所产生的剪切力, 超过了粘结力和摩阻力所构成的抗剪力, 这时土体沿松动面坠落散开, 它的变形速度比崩坍慢, 很少有翻滚现象。

(三) 路基沿山坡滑动

在较陡的山坡填筑路基, 如果原地面较光滑, 未经凿毛或人工挖筑台阶, 或丛草未清除, 坡脚又未进行必要的支撑, 特别是同时又受到水的润滑, 填方与原地面之间抗剪力很小, 填方在荷载作用下, 有可能使路基整体或局部沿地面向下移动, 使路基失去整体稳定性, 如图 1-6 所示。此种破坏现象, 虽不普遍,

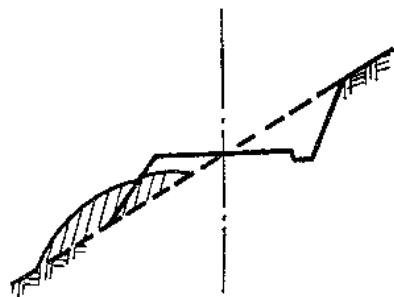


图 1-6 路堤沿山坡滑动示意图

但亦不应忽视。如果不针对上述产生原因, 采取预防措施, 整体稳定性将会遭到破坏。

(四) 特殊地质水文情况下的毁坏

公路通过不良地质和水文地带, 或遇较大的自然灾害, 如滑坡、岩堆、错落、泥石流、雪崩、岩溶 (即喀斯特地区)、地震及严重冰冻与特大暴雨等, 均能造成路基结构物的大量破坏。

二、破坏原因的一般分析

由上面简要介绍可知, 路基病害的原因是多方面的, 各种病害既有各自特点, 又往往是具有共同原因, 大致可归纳为以下几个方面。

1. 不良的工程地质与水文地质条件。如地质构造复杂, 岩层走向及倾角不利, 岩性松软, 风化严重, 土质较差, 地下水位较高以及其它特殊不良地质灾害等。

2. 不利的水文与气候因素。如降雨量大, 洪水猛烈, 干旱、冰冻、积雪或温差特大等。

3. 设计不合理。如断面尺寸不合要求, 其中包括边坡值不当, 挖填布置不符要求, 路基低于临界高度以及排水、防护与加固不妥等。

4. 施工不合规定。如填筑顺序不当, 土基压实不足, 盲目采用大型爆破以及不按设计要求和操作规程进行施工, 工程质量不合标准等。

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。为此, 必须强调设计前应详细地进行地质与水文的勘察工作, 针对具体条件及各种因素的综合作用, 采取正确的设计方案与施工方法, 才能消除和尽可能减轻路基病害, 确保路基工程达到规定的质量要求。

第四节 公路自然区划

一、概述

由于我国地幅辽阔, 各地气候、地形、地貌、水文地质条件等相差很大, 而不同地区自

然条件的差异同公路建筑有密切关系。因此,各地的自然因素对公路构造物产生的影响和造成的病害也是各不相同的。由于各地自然条件特征不同,在路基路面设计中应考虑的问题也不相同。例如,季节性冰冻地区的道路病害主要是冻胀与翻浆;而干旱地区主要病害则是路基的干稳定性问题。因而,如何根据各地自然区域的特点,对路线勘测,路基、路面的设计、筑路材料的选择,施工方案的拟定等问题,进行综合考虑是十分必要的。有关部门根据我国各地自然条件对公路建筑影响的主要特征,提出了中国公路自然区划,以便在公路设计与建筑中应用。

二、区划的原则及分级方法

公路自然区划,根据影响公路工程的地理、地貌及气候的差异特点,按下述三项原则进行划分:1.道路工程特征相似性的原则;2.地表气候区域分异性原则;3.自然气候要素既综合又有主导作用的原则。

区划分为三个等级:

一级区划主要是根据在全国大范围内对公路建设具有控制作用的地理-气候因素,并适当参照土质和其它自然因素拟定。全国一共分成七个一级区,即:Ⅰ.北部多年冻土区,Ⅱ.东部湿润季冻区,Ⅲ.黄土高原干温过渡区,Ⅳ.东南湿热区,Ⅴ.西南潮暖区,Ⅵ.西北干旱区,Ⅶ.青藏高寒区。在各一级区划内,再根据地貌类型,水温状态及自然病害等因素,进一步分成若干二级区划或与此相当的副区。全国一共分成33个二级区和19个副区。

对上述一、二两级区划,均附有水温状态、地表情况和主要自然病害的指标与说明,使在公路设计中有所依据和遵循。

根据各地区的自然条件表现出来的特点,在上述二级区划的基础上,还可进一步拟定出三级区划。三级区划未列入全国性的区划中,由各省、区结合当地自然情况自行划分。

各级区划的范围不同,在公路工程上的应用也各有侧重。一级区划主要为全国性的公路总体规划和设计服务;二级区主要为各地的公路路基路面设计、施工、养护提供较全面的地理、气候依据和有关计算参数,如土基和路面材料的回弹模量,路基临界高度、土基压实标准等。

自然区划中的各种指标和说明,可查阅《路面设计规范》,具体划分情况见“公路自然区划图”。

第五节 路基用土及土基潮湿类型

一、路基用土

根据我国多年来的实践,结合公路工程特点,将路基用土分为六组十七类,如表1-1。在分类指标中,同时列入塑性指数和液限,这样,除按塑性指数确定土的类别外,也可按液限大致确定土的类别,以便简化试验工作。

采用不同土组修成的路基,其表现出的工程性质是各不相同的。下面分别对细粒类土(粒径大于2毫米的土粒少于10%者)的工程特性加以介绍。

砂土没有塑性,具有良好的透水性,遇水后毛细上升高度很小(仅0.2~0.3米),具有较大的内摩擦系数。采用砂土修筑的路基,强度高,水稳定性好。但砂土的粘结性小,易松散,车辆通过时容易产生较深的车辙。为了克服这一缺点,可添加一些粘性大的土(粘土类土),来改善路基的使用质量。

公路路基土分类表

表1-1

号 数	土 组	土 类	颗粒组成 (按重量百分比), %				塑 性 指 数 W_z	液 限 % W_L
			>2毫米	砂 粒 2~0.05 毫米	粉 粒 0.05~0.002毫米	粘 粒 <0.002毫米		
1	石质土	×××石土 ×××石质×××土	<30 <50					
2	砂 土	粗 砂	<10	0.5毫米者多于50	>80	0~20	0~3	<16
		中 砂	<10	0.25毫米者多于50	>80	0~20	0~3	<16
		细 砂	<10	>0.10毫米者多于75	>80	0~20	0~3	<16
		极 细 砂	<10	>0.10毫米者少于75	>80	0~20	0~3	<16
3	砂性土	粉质砂土	<10		50~80	20~50	0~3	>16
		粗亚砂土	<10	粗砂含量多于细砂	>50	少于砂粒含量	3~10	16~20
		细亚砂土	<10	细砂含量多于粗砂	>50	少于砂粒含量	3~10	21~25
4	粉性土	粉质亚砂土	<10		20~50	多于砂粒含量	0~10	>21~25
		粉 土	<10		<20	多于砂粒含量	0~10	>20
		粉质轻亚粘土	<10		<40	多于砂粒含量	10~20	>25~32
		粉质重亚粘土	<10		<40	多于砂粒含量	20~30	>33~39
5	粘土土	轻亚粘土	<10	多于粉粒含量	>40		10~20	26~32
		重亚粘土	<10	多于粉粒含量	>40		20~30	33~39
		轻 粘 土	<10	多于粉粒含量	<70		30~50	40~52
6	重粘土	重 粘 土	<10		<50		>50	>52

- 注: 1. 路基土分类一般只按土组、土类, 必要时可以成因分类加以补充。此时, 在土类前冠以成因分类, 如黄土类土、粉质轻亚粘土、草灰化土类亚砂土等。
2. “×××石土”在必要时可注明小于2毫米的含量, 如70%碎石+30%轻亚粘土为“轻亚粘土质碎石土”, 30%碎石+70%轻亚粘土为“碎石质轻亚粘土”。
3. 从粗砂至重粘土, 大于2毫米含量只作检查用, 使用时应以小于2毫米者作100%。
4. “砂土”应采用0.5毫米及以下筛子进行筛分, 依次查表, 采用适合的名称。
5. 本表系依据“路基设计规范征求意见稿”, 具体应用时应以正式公布的《路基设计规范》所列分类为准。

砂性土是修筑路基的良好材料。它既含有一定数量的粗颗粒, 使路基获得足够的强度和稳定性, 又含有一定数量的细颗粒, 使其具有一定的粘结性, 不致过分松散。亚砂土遇水干得快, 不膨胀, 干时有足够的粘结性, 湿时不粘着, 扬尘少。因此, 雨天不泥泞, 晴天不扬尘。其粒径组成接近最佳级配, 因而用亚砂土修筑的路基在行车的作用下易被压实, 并易构成平整坚实的路基表面。

粉性土是最差的筑路材料。因其含有较多的粉土粒, 干时稍有粘结性、扬尘大, 浸水时很快被湿透, 易成流体状态(稀泥)。粉性土的毛细上升高度很大, 可达0.9~1.5米, 在季节性冰冻地区很容易使路基产生湿度累积, 造成严重冻害现象, 故一般称为翻浆土。如遇粉土, 特别是水文条件不良时, 应采取一定措施改善其工程性质。

粘性土透水性很差, 粘结力大, 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, 毛细现象也很显著, 用来筑路比粉性土好, 但不如砂性土。浸水后, 粘性土能比较长时间地保持水分, 因而承载力很小。对粘性土如加以充分的压实和有很好的排水措施, 筑成的路基也能获得稳定。

重粘土是指塑性指数大于27的粘土类。一般情况下, 其工程性质与粘性土相似, 但受粘土矿物成分影响较大, 例如含高岭土为最好, 伊利土次之, 蒙脱土最差。重粘土不透水, 粘

结力特强，干时很坚硬，很难挖掘，膨胀性和塑性都很大。

除表列十七类土而外，还有一些具有特殊性质或含有有害物质的土类，如泥炭、硅藻土、腐植土或含有石膏等易溶盐类的土等，均不宜于填筑路基。如实在需要，亦应分别情况，采取相应的措施予以防护和加固。

二、路基干湿类型

土质路基的强度与稳定性不但与土质有关，而且还与土的状态有关。而土的状态则是由土体的含水量大小，亦即土的潮湿状况所决定的。路基的潮湿状况，在其他条件相同的情况下，随湿度的来源及其作用的延续时间而变化。

导致路基湿度变化的水源主要有(图1-7)：

1. 大气降水，通过路面、路肩和边坡渗入；

2. 边沟水及排水不良时的地表积水，以毛细水的形式渗入；

3. 靠近地面的地下水，借助于毛细作用上升到路基内部；

4. 在土粒空隙中流动的水汽凝结成的水分。

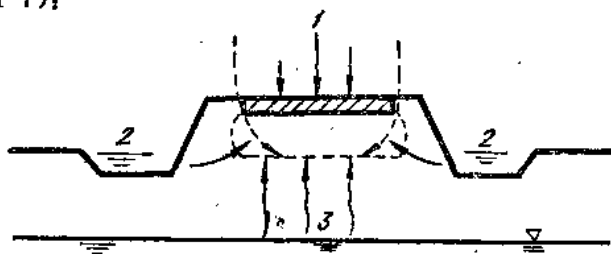


图1-7 路基湿度来源示意图

1-降水，2-地面水，3-毛细水

在路基路面设计中，路基的潮湿状况是以干湿类型分为干燥、中湿、潮湿和过湿四类。划分的标准为分界相对含水量 W_0 、 W_1 、 W_2 和 W_3 。各公路自然区划，不同土组的分界相对含水量列于表1-2，路基干湿类型的划分如表1-3。

分界相对含水量建议值表

表1-2

自然区划	土 组												附 注
	砂 性 土				粘 性 土				粉 性 土				
	分 界 相 对 含 水 量												
	W_0	W_1	W_2	W_3	W_0	W_1	W_2	W_3	W_0	W_1	W_2	W_3	
II _{1,2,3}	0.45	0.70	0.75	0.80	$\frac{0.45}{0.50}$	0.50	$\frac{0.30}{0.65}$	$\frac{0.70}{0.75}$	0.50	$\frac{0.55}{0.60}$	$\frac{0.60}{0.65}$	$\frac{0.70}{0.75}$	粘性土：分母只适用于II _{1,2,3} 区； 粉性土：分母只适用于II _{2,3} 副区
II _{1,2} , II _{2,3}													
II _{4,5}	0.45	0.75	0.80	0.85	0.45	0.50	0.60	0.70	0.50	0.55	0.65	0.75	
III	0.40	0.70	0.78	0.85					0.45	$\frac{0.50}{0.55}$	$\frac{0.60}{0.65}$	$\frac{0.70}{0.75}$	分子适用于粉土；分母适用于粉质亚粘土
IV													
V	0.50	0.70	0.77	0.87	0.50	0.60	0.70	0.80	0.55	0.60	0.70	0.80	
VI					0.50	0.57	0.70	0.80	0.55	0.60	0.70	0.80	
VII	0.40	0.70	0.78	0.85	0.45	0.55	0.63	0.70	0.45	0.55	0.65	0.75	
VIII	0.40	0.65	0.73	0.80	0.45	0.55	0.63	0.70	0.45	0.55	0.65	0.75	

注： W_0 ——干燥状态的路基上常见下限相对含水量；

W_1 ——干燥和中湿状态的路基土分界相对含水量；

W_2 ——中湿和潮湿状态的路基土分界相对含水量；

W_3 ——潮湿和过湿状态的路基土分界相对含水量。

路基干湿类型表

表1-3

路基干湿类型	路基上部80厘米土层平均 相对含水量 W_x 与分界相 对含水量 的关系	一 般 特 征
干 燥	$W_x < W_1$	路基干燥稳定, 地下水和地面积水均不影响路基路面强度和稳定性。路基高度 $H > H_1$
中 湿	$W_1 < W_x < W_2$	路基高度 $H = H_1 \sim H_2$, 路基上部土层处于地下水或地面水影响的过渡带区内
潮 湿	$W_2 < W_x < W_3$	路基高度 $H < H_1$, 路基上部土层处于地下水或地面水毛细影响区内
过 湿	$W_x > W_3$	路基极不稳定, 北方地区表现为翻浆, 南方地区表现为弹簧。路基必须处理后方可修筑路面。路基高度 $H < H_3$

注: 1. 此表对填方或挖方路基均适用;

2. H ——路槽底面至地下水或地表长期积水位的高度;

3. H_1, H_2, H_3 ——路基分别处于干燥、中湿和潮湿状态的临界高度, 参见表2-2;

4. 区分干湿类型以 W_x 为准, “一般特征”供参考。

原有公路和新路的平均相对含水量分别按下述方法确定。

对原有公路, 路基的平均相对含水量 W_x , 一般应在不利季节实地测定路基上部 (即路槽底面以下) 80厘米范围内, 每10厘米土层的含水量 W_i , 并按1-3式计算其相对含水量 W_{x1} , 再由1-4式算出此深度范围内的路基算术平均相对含水量 W_x 。

$$W_{x1} = \frac{W_i}{W_y} \quad (1-3)$$

$$W_x = \frac{\sum_{i=1}^8 W_{x1}}{8} \quad (1-4)$$

式中: W_i ——第 i 层土的含水量;

W_y ——同一土层的液限。

在新路设计时, W_x 的确定, 要根据实际调查, 结合拟设计的填土高度, 论证地确定。