

高等学校试用教材

Luji Lumian Gongcheng

路基路面工程

（公路与桥梁工程专业用）

果富权 刘毓林 主编

邓学钧 主审

人民交通出版社

前 言

本书是根据“高等学校路、桥及交通工程专业教材编审委员会”1991年11月长沙会议通过的“路基路面工程教材编写大纲”编写的，为“高等专科”公路与桥梁专业教材。全书依据我国最新有关公路和城市道路的工程技术标准、规范，并适当介绍国内外路基路面工程现状和发展趋向。

本课程教学包括课堂教学、课程设计及施工实习等三个环节，本书供课堂教学用。教学中有条件时可借助幻灯、录像配合进行，则效果更好。课程设计可根据教学条件，安排路基支挡结构或路面设计，以培养学生的设计能力。施工实习是贯彻理论与实践相结合的重要环节，应选择合宜的工地（施工技术及施工管理较先进的工地），使学生学好施工工艺与方法及施工质量控制与管理等内容，加强学生动手能力的培养。还应安排试验课（也可安排在施工实习时），进行旧路路基路面调查及路面品质评定等试验。

本书第一篇第一、二、三、四、七及八章由北京建筑工程学院刘毓栋编写；第五、六章由南京航务专科学校周铁军编写；第二篇第一章由重庆交通学院梁富权编写；第二、五章由黑龙江交通专科学校刘广信编写；第三章由重庆交通学院凌天清、梁富权编写；第四章由南京航务专科学校王凯编写；第六章由重庆交通学院蒋建明、梁富权编写。全书由刘毓栋（路基工程部分）、梁富权（路面工程部分）主编，最后由梁富权、刘毓栋作全书统稿，由东南大学邓学钧主审。

希望使用本书的单位或个人多提出宝贵意见。意见请寄重庆交通学院或北京建筑工程学院道路教研室，以便再版时修正。

图书在版编目 (CIP) 数据

路基路面工程/梁富权, 刘毓栋主编。—北京: 人民交通出版社, 1996 重印

高等学校试用教材

ISBN7-114-01898-2

I. 路…II. ①梁…②刘…III. ①公路路基—道路工程—高等学校—教材②路面—道路工程—高等学校—教材 IV. U 416

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 03475 号

高等学校试用教材
路 基 路 面 工 程
(公路与桥梁工程专业用)
梁富权 刘毓栋 主编
邓学钧 主审

责任编辑: 张 凯
人民交通出版社出版
(100.13 北京和平里东街16号)
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
三河市印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.5 字数: 432千

1994年12月 第1版

1998年1月 第1版 第3次印刷

印数: 16001—19000册 定价: 15.00元

ISBN 7-114-01898-2
U · 01258

内 容 提 要

本书主要阐述路基路面工程的设计原理、计算方法及施工方法。全书共分路基工程和路面工程二篇，对路基路面工程的设计计算方法作了详细论述，并对路基土方施工方法和几种主要路面施工方法作了较详细的说明。

本书为高等专科“公路与桥梁”专业用教材，也可供从事公路与城市道路设计与施工的工程技术人员参考。

目 录

第一篇 路基工程

第一章 总论	(1)
第一节 路基工程特点和路基设计的基本内容	(1)
第二节 路基的常见病害及对路基的基本要求	(3)
第三节 影响路基稳定性的因素	(5)
第二章 路基的强度和稳定性	(7)
第一节 路基上的分类及各类土的工程性质	(7)
第二节 路基的强度	(11)
第三节 路基的干湿类型和路基临界高度	(15)
第四节 路基的水温稳定性	(23)
第五节 路基的回弹模量值	(26)
第六节 中国公路自然区划	(23)
第三章 一般路基设计	(31)
第一节 路基横断面的基本型式	(31)
第二节 路基的基本构造	(33)
第三节 路基工程的有关附属设施	(37)
第四章 路基稳定性设计	(40)
第一节 边坡稳定性验算概述	(40)
第二节 路基边坡稳定性验算方法	(42)
第三节 边坡稳定性分析的工程地质法	(49)
第四节 浸水路堤稳定性验算	(50)
第五节 陡坡路堤的整体稳定性验算	(51)
第五章 路基排水设计	(53)
第一节 路基排水的目的及设计的一般原则	(53)
第二节 地面排水设计	(53)
第三节 地下排水设计	(62)
第四节 排水系统的综合设计	(64)
第六章 路基的防护、加固和支挡结构	(65)
第一节 路基防护的意义和主要设施	(65)
第二节 几种湿软地基加固方法	(69)
第三节 挡土墙	(76)
第七章 土质路基施工	(97)

第一节	概述	(97)
第二节	路堤填筑	(100)
第三节	路堑开挖	(102)
第四节	土方机械化施工	(103)
第五节	土基压实	(106)
第八章	石质路基施工	(114)
第一节	爆破作用原理	(114)
第二节	炸药、起爆器材及起爆方法	(115)
第三节	药包的计算原理和有关设计参数	(118)
第四节	常用爆破方法	(123)
第五节	爆破作业	(127)

第二篇 路面工程

第一章	总论	(129)
第一节	对路面的基本要求	(129)
第二节	路面结构及其层次的划分	(131)
第三节	路面分级与路面分类	(133)
第四节	我国路面工程发展概况	(135)
第二章	中、低级路面与基层	(137)
第一节	块石路面与基层	(137)
第二节	碎(砾)石路面与基层	(139)
第三节	级配砾(碎)石路面与基层	(143)
第四节	稳定土基层	(148)
第五节	工业废渣基层	(158)
第三章	沥青路面	(161)
第一节	概述	(161)
第二节	沥青路面的施工与质量控制	(164)
第三节	沥青路面的强度及稳定性	(179)
第四节	沥青路面的抗滑问题	(183)
第四章	柔性路面设计	(186)
第一节	概述	(186)
第二节	行车荷载与交通分析	(187)
第三节	柔性路面的应力和弯沉	(192)
第四节	柔性路面结构组合设计	(195)
第五节	新建路面设计	(199)
第六节	旧柔性路面补强设计	(229)
第五章	水泥混凝土路面	(234)
第一节	概述	(234)
第二节	水泥混凝土路面的构造	(235)

第三节 水泥混凝土路面施工及质量控制.....	(241)
第六章 刚性路面设计.....	(249)
第一节 概述.....	(249)
第二节 水泥混凝土路面板厚的计算方法.....	(255)
第三节 双层混凝土路面的板厚计算方法.....	(264)
主要参考文献.....	(270)

第一篇 路基工程

第一章 总 论

第一节 路基工程特点和路基设计的基本内容

一、路基及其作用

公路是一种线形工程构造物。它主要承受和满足汽车荷载的重复作用和经受各种自然因素的长期影响。由于地形、地质和经济条件的限制，公路中线在平面上有弯曲，在竖直方向上有起伏，因此，它是一条空间线，其形状称为公路的线形。

路基是公路线形的主体，贯穿公路全线，与沿线的桥梁、涵洞和隧道等相联接。

为了便于研究和分析，我们通常将公路线形分成三个投影面。在平面上的投影称为公路平面图；在平行公路中线立面上的投影称为公路纵断面图；在垂直于公路中线立面上的投影称为公路横断面图。公路路基的横断面图，表明了公路沿线各桩号的路基填挖情况及其几何形状。

路基的横断面如图1-1-1所示。由于地形的变化，道路设计标高与天然地面标高的相互关系不同，一般常见的路基横断面形式有路堤和路堑两种，高于天然地面的填方路基称为路堤（见图1-1-1a），低于天然地面的挖方路基称为路堑（见图1-1-1b），介于两者之间的称为半填半挖路基（见图1-1-1c）。

路基是路面的基础，它与路面共同承担汽车荷载的作用。路面是用硬质材料铺筑于路基顶面的层状结构。路面靠路基来支承。没有稳固的路基就没有稳固的路面。

路基是按照路线位置和一定技术要求修筑的作为路面基础的带状构造物。

为了保证路基的稳定，必须修建适宜的排水系统，用以排除地面水和地下水（如边沟、截水沟、排水沟、跌水、急流槽和盲沟、渗沟、渗井等排水设施）。在修建山区公路时，还常须修筑各种防护工程和特殊构筑物，如在山坡较陡时，为了保证路基的稳定和节省土方量，往往需修筑挡土墙（图1-1-2）、石砌边坡（图1-1-3）和护脚；再如为保护岩石路堑边坡避免自然因素侵蚀，可砌筑护面墙（图1-1-4）。

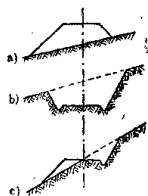


图1-1-1 路基横断面型式
a)路堤；b)路堑；c)半填半挖路基

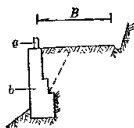


图1-1-2 挡土墙
a-护栏; b-挡土墙

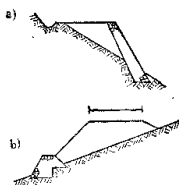


图1-1-3 石砌边坡和护脚
a) 石砌边坡; b) 护脚

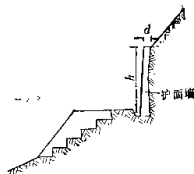


图1-1-4 护面墙

二、路基工程的特点

在公路建设中,路基的修筑大多是由土石填筑或挖掘而成的。要耗费大量的劳力和机械台班,花费的投资也相当大。平原微丘区的三级公路,每公里土石方数量约 $8000 \sim 16000 \text{m}^3$,山岭重丘区的三级公路,每公里土石方数量约为 $20000 \sim 60000 \text{m}^3$,特殊路段可达十余万立方米。路基工程的投资约占全部投资的 $25 \sim 45\%$,个别可达 65% 。路基工程占地多,直接影响到农业生产和农田建设。路基施工改变了沿线原有地面的自然状态,挖填和弃土影响到当地生态平衡、水土保持和农田建设。山区土石方相对集中或条件比较复杂的路段,路基施工对施工工期的影响比较大,甚至会成为影响公路建设期限的关键。因此,路基工程的特点是:工艺较简单,工程数量大,耗费劳力多,占用投资大,涉及面广。

路基工程的难易与路线设计的关系很大。一般情况下,路线设计直接影响到路基设计,因为路基的稳定条件、工程数量的大小和难易、占用农田的多少,主要决定于路线走向和定位,特别是路线通过山岭地区的工程困难地段或不良地质路段,更需要注意路线设计和路基设计的协调配合,合理地选定线位,尽可能避开一些难以处理的地质不良地段和工程困难地段,从而可以保证路基稳定,减少工程量,节约工程投资,缩短工程期限,便于路基的设计、施工和养护。当路线设计不可能避开地质不良地段时,必须按当地的具体条件,慎重进行路基设计,采取必要的工程措施以保证路基的整体稳定。

路基的强度和稳定性,是保证路面强度与稳定性的基本条件。当前我国公路交通量在不断增长,公路等级在逐步提高,势必较多地采用高级和次高级路面,这样对路基的强度和稳定性的要求就更高。因此,路基设计与路面设计,应作综合考虑。

桥头引道处的路基,同桥位选择和桥孔设计密切相关。在路线纵断面设计中,路基与涵洞、路基与桥梁在布置与标高方面的关系,应注意配合恰当。

虽然路基工程的工艺比较简单,但由于公路沿线地形、地貌、工程地质和水文地质、土壤类别等变化很大,如何适应行车荷载和各种路面类型的特点,使路基能够保持长期的整体稳定性,并构成比较均匀、具有一定强度和稳定性的路面基础,是路基工程的难点。在设计、施工和养护工作中必须引起足够重视。

三、路基设计的基本内容

路基设计应根据公路的性质、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。

路基设计的具体内容包括以下主要方面：

1. 对公路沿线地区自然条件的调查与勘测，收集所需的设计资料，作为路基设计的依据，如沿线地区地质、水文、地形、地貌、气象等资料。
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，设计路基主体，确定路基横断面形状及边坡坡度。对一般路基，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。对工程地质和水文地质条件复杂或路基高度超过规范规定，或虽不超过规范规定，但具体工程有一定要求时，须进行个别设计。
3. 根据公路沿线地面水和地下水流情况，进行排水系统的总体布置，以及地面、地下排水结构物的设计。
4. 视路段需要，进行坡面防护、冲刷防护和支撑构筑物的布置与设计计算。
5. 路基工程的其它设施的布设与计算，如取土坑、弃土堆、护坡道等。

第二节 路基的常见病害及对路基的基本要求

一、路基的常见病害

路基裸露在大气中，整个路基经常处于自重、行车荷载和各种自然因素的作用下。由于水、温度和各种荷载的作用，路基的各部分将产生可恢复的变形和不能恢复的变形，那些不能恢复的变形，将引起路基标高和边坡坡度、形状的改变，甚至造成土体位移和路基横断面几何形状的改变，危及路基及其各部分的完整和稳定，形成路基的病害。

常见的路基病害有以下几种。

1. 路基的沉陷

路基沉陷是指路基表面在垂直方向产生较大的沉落。路基的沉陷可以有两种情况，一是路基本身的沉陷，二是由于路基下部天然地面承载能力不足，在路基自重的作用下引起沉陷或向两侧挤出而造成的。如图1-1-5。

路基的沉陷是指因路基填料选择不当，填筑方法不合理，压实不足，在路基堤身内部形成过湿的夹层，在荷载和水温综合作用下，引起路基沉陷。如图1-1-5b)所示。

地基的沉陷是指原天然地面为新近填土、软土、泥沼等，承载能力不足，路基修筑前未经处理，在路基自重作用下，地基因下沉或向两侧挤出，引起路基下陷。如图1-1-5c)所示。



图1-1-5 路堤沉陷

a) 路基沉陷； b) 路基收缩； c) 地基沉陷

2. 边坡的滑塌

路基边坡的滑塌是最常见的路基病害之一，根据边坡土质类别、破坏原因和规模的不同，可分为以下几种：

1) 溜方

溜方是由于少量土体沿上质边坡向下移动所形成。溜方通常指的是边坡上薄的表层土下溜。它可能是由于流动水冲刷边坡或施工不当而引起的。见图1-1-6a)、b)。

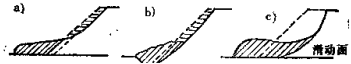


图1-1-6 路基边坡的破坏
a)、b)为溜方； c) 滑坡

2) 滑坡

滑坡是指一部分土体在重力作用下沿路堤的某一滑动面滑动。滑坡现象主要是土体的稳定性不足而引起的。见图1-1-6c)。

边坡坡度过陡，或边坡坡脚被冲刷挖空，或填土层次安排不当，是路基填方边坡发生滑坡的主要原因。

路堑边坡滑坡的主要原因，是边坡高度和边坡坡度与天然岩土层次性质不相适应。粘性土层和蓄水的砂石层交替分层蕴藏，特别是有倾向路堑方面的斜坡层理时，就更容易造成滑坡。见图1-1-7。

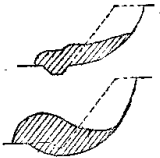


图1-1-7 路堑边坡的滑坡

3. 剥落和碎落

剥落和碎落是指路堑边坡风化岩层表面，在大气干湿寒冷的循环作用、振动或水的浸蚀作用下，使表层岩石从坡面上剥落下来，向下滚落。

崩塌是大的石块脱离坡面沿边坡滚落。

4. 路基沿山坡滑动

在较陡的山坡填筑路基，若路基底部为水浸湿，形成滑动面，坡脚又未进行必要的支撑，行车荷载及自重作用下，整个路基可能沿倾斜的原地面向下滑动，使路基丧失整体稳定性。见图1-1-8。

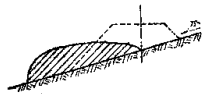


图1-1-8 路堤沿山坡滑动

5. 不良地质和水文条件造成的路基破坏

公路通过不良地质条件（如泥石流、溶洞等）和较大自然灾害（如大暴雨）地区，均可能导致路基的大规模破坏。在公路勘测设计过程中，应力求避开这些地区或采取相应的工程技术措施，以保证路基的安全和稳定。

二、对路基的基本要求

由于路基的作用重要，除要求路基设计有正确合理的断面尺寸以外，还应满足以下基本要求。

1. 具有足够的整体稳定性

路基是直接在地面上填筑或挖除部分地面而建成的。路基修建后改变了原地面的自然平衡状态。为防止路基在行车荷载及各种自然因素作用下，发生过大的变形（标高和几何形状）和破坏，必须针对当地具体情况，采取一定的措施来保证路基整体结构的稳定性。

2. 具有足够的强度

路基的上层要与路面共同作用，来抵抗行车荷载和路基路面自重产生的变形。所谓路基的强度，是指路基抵抗变形的能力。路基的变形常占路面总变形中较大部分，路基过大的变形，会降低路面的使用品质，甚致会造成路面的损坏。因此，为保证路基在荷载作用下，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。

3. 具有足够的水温稳定性

路基在地面水和地下水作用下, 其强度将发生显著降低的现象。

在季节性冰冻地区, 由于周期性的冻融作用, 在水和负温度坡差共同作用下, 土体会发生冻胀, 造成路面隆起; 春融期局部土层过湿软化, 路基强度急剧下降。因此, 不仅要求路基要有足够的强度, 而且还应保证在最不利的水温条件下, 路基不致冻胀和在春融期强度不致发生显著降低, 这就要求路基应具有足够的水温稳定性。

第三节 影响路基稳定性的因素

公路路基裸露在大气中, 其稳定性在很大程度上由当地自然条件所决定, 并受人为因素的影响(设计与施工的合理性)。因此, 深入调查公路沿线的自然条件, 从地区和具体路段的情况去分析研究, 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, 才能因地制宜地采取有效工程技术措施, 以保证路基具有足够的强度和稳定性。

路基的稳定性与下列自然因素有关。

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和线形设计, 也影响到路基设计。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; 丘陵区和山岭区, 地势起伏较大, 排水设计至关重要, 否则易造成冲毁, 影响路基的稳定。

2. 地质条件

公路沿线的地质条件, 如岩石的种类、成因、节理、风化程度和裂隙情况, 岩层走向、倾向、倾角、层理和岩层厚度, 有无软弱夹层或遇水软化的夹层, 以及有无断层或其它特殊的地质现象(如岩溶、泥石流等), 都对路基的稳定性有一定影响。

3. 气候条件

气候条件如气温、降水、湿度、冰冻深度、日照、蒸发量等, 都影响公路沿线地面水和地下水的状况, 并影响路基的水温情况。不同的气候条件, 使路基的强度和稳定性的变化规律, 具有各自不同的特点。

随气候的季节性变化, 影响路基水温情况发生季节性的周期变化。

在山岭区, 气候的日变化剧烈, 温湿度变化幅度大, 风化作用强烈。

4. 水文和水文地质条件

水文条件如公路沿线地表水的排泄条件, 河流洪水位、常水位, 有无地表积水和积水期的长短, 河岸的冲刷和淤积情况等。水文地质条件如地下水位、地下水移动的规律、有无层间水、裂隙水、泉水等。所有这些地面水和地下水, 都会影响路基的稳定, 如处理不当, 常会引起路基各种病害。

5. 土的类型

不同的土类具有不同的工程性质, 因而影响到路基的设计与施工。

砂粒成分多的土, 其强度构成以内摩擦力为主, 强度较高, 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。

粘粒成分多的土, 其强度构成以粘聚力为主, 其强度随密实情况的不同变化较大, 并随

湿度增大而降低。

粉土类土毛细现象强烈，其强度随湿度增大而降低。在负温度坡差作用下，水分移动并积聚，使局部上层湿度显著增大，是造成道路冻害的主要土类。

此外，汽车荷载的大小和作用的频繁程度、路基结构的形式、路基施工的方法和施工质量，以及日常的养护工作质量，都将对路基的稳定性产生人为的影响。

第二章 路基的强度和稳定性

第一节 路基土的分类及各类土的工程性质

一、公路用土的分类

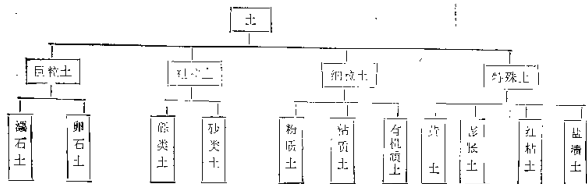
公路用土按土颗粒的粒径分布及上粒和水相互作用的状态分为巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土。土的颗粒按表1-2-1所列粒组范围划分粒组。

粒组划分表

表1-2-1

200		60	20	5	2	0.5	0.25	0.075	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	中				

土分类总体系如下方框图。



公路用土分类的基本代号如表1-2-2。

土的基本代号表

表1-2-2

土类 代号 特征	巨粒土	粗粒土	细粒土	有机土
成分代号	漂石B 块石B ₁ 卵石C _b 小块石C _{b1}	砾G 角砾G ₁ 砂S	粉土M 粘土C 细粒土(C和M合称)F 粗粒土合称S ₁	有机质土O
级配和液限 高低代号		级配良好W 级配不良P	高液限H 低液限L	

说明：1. 土类名称可用一个基本代号表示。当由两个基本代号构成时，第一个代号表示土的主成分，第二个代号表示副成分（级配或液限）。当由三个基本代号构成时，第一个代号表示土的主成分，第二个代号表示液限（或级配），第三个代号表示土中所含次要成分。

2. 液限的高低以50划分；级配以不均匀系数(C_u)和曲率系数(C_c)表示。详见《公路土工试验规程》JTJ051—93。

巨粒组（大于60mm的颗粒）质量多于总质量50%的土称巨粒土。巨粒土分类如表1-2-3。

巨粒土分类表

表1-2-3

土 组		土 组 代 号	碎石粒(>200mm颗粒)含量%
漂(卵)石 (大于60mm颗粒>75%)	漂 石	B	>50
	卵 石	Cb	≤50
漂(卵)石夹土 (大于60mm颗粒占 75%~50%)	漂石夹土	BS1	>50
	卵石夹土	CbS1	≤50
漂(卵)石质土 (大于60mm颗粒占 50%~15%)	漂石质土	S1B	>卵石粒含量
	卵石质土	S1Cb	<卵石粒含量

粗粒土中砾粒组(粒组60~2mm)质量多于总质量50%的土称砾类土,少于或等于总质量50%的土称砂类土。砾类土分类如表1-2-4。

砾类土分类表

表1-2-4

土 组		土 组 代 号	细粒组(<0.074mm)含量%
砾	级配良好砾	GW	<5
	级配不良砾	GP	
含 细 粒 土 砾		GF	5~15
细粒土质砾	粉土质砾	GM	15~50
	粘土质砾	GC	

砂类土分类如表1-2-5。

砂类土分类表

表1-2-5

土 组		土 组 代 号	细粒组(<0.074mm)含量%
砂	级配良好砂	SW	<5
	级配不良砂	SP	
含 细 粒 土 砂		SF	5~15
细粒土质砂	粉土质砂	SM	15~50
	粘土质砂	SC	

细粒组(<0.074mm)质量多于总质量50%的土称细粒土。细粒土中粗粒组(60~0.074mm)质量少于总质量25%的土称细粒土,粗粒组质量为总质量25%~50%的土称含粗粒的细粒土。含有机质的细粒土称有机质土。细粒土分类如表1-2-6。

细粒土分类表

表1-2-6

土 组		土组代号	粗粒组含量%	砾粒含量
粉 质 土	高液限粉土	MH	≤25	—
	低液限粉土	ML		
	含砾高液限粉土	MHG		
	含砾低液限粉土	MLG	25~50	>砂粒
	含砂高液限粉土	MHS		<砂粒
	含砂低液限粉土	MLS		

续上表

土 组	土组代号	粗粒组含量%	砾粒含量	
粘 质 土	高液限粘土	CH	≤25	—
	低液限粘土	CL		
	含可高液限粘土	CHG	25~50	>砂粒
	含低液限粘土	CLG		
	含砂高液限粘土	CHS		<砂粒
	含砂低液限粘土	CLS		
有机质土	有机质高液限粘土	CHO	按土的塑性图划分 详见《公路土工试验规程》JTJ051—93	
	有机质低液限粘土	CLO		
	有机质高液限粉土	MHO		
	有机质低液限粉土	MLO		

现行规范《公路土工试验规程》JTJ051-93与旧规范《公路土工试验规程》JTJ051-85相比,在土的分类方面有较大的修改,新老土名的大致对照关系如表1-2-7。

新老土名对照表

表1-2-7

老土组	老土名	颗粒组成 (按质量百分)		塑性指数 I_p	液限 ω_L	新土名	土名代号	砂粒含量
		砂 粒 (2~0.075mm)	粘 粒 (>0.002mm)					
砂土	砂土	>80	0~3			砂	S	
						含细粒土砂	SF	
砂性土	粉质砂土	50~80	0~3			粉土质砂	SM	
	粗亚砂土	>50 粗砂 多于细砂	3~10					
	细亚砂土	>50 细砂 多于粗砂	3~10					
粉性土	粉质亚砂土	20~50	0~10	>2	<50	含砂低液限粉土	MLS	>25
	粉土	<20	0~10	>2	<50	低液限粉土	ML	
	粉质亚粘粘土	<45	10~20	>10	<50	含砂低液限粉土	MLS	
	粉质亚粘粘土	<40	20~30	>18	<50	低液限粘土	CL	
粘性土	轻亚粘土	>45	10~20	>10	<50	粘土质砂	SC	>50
	重亚粘土	>40	20~30	>18	<50	含砂低液限粘土	CLS	>25
	轻粘土	<70	30~50	>26	>50	高液限粘土质砂	SCH	>50
	重粘土	<45	>50	>50	>50	含砂高液限粘土	CHS	
						高液限粘土	CH	>25

二、各类土的工程性质

巨粒土包括漂石(块石)和卵石(块石),有很高的强度和稳定性,用以填筑路基是很好的材料。用于砌筑边坡时,应正确选用坡度,以保证路基的稳定。

级配良好的砾石混合料,密实程度好,强度和稳定性均能满足要求。

砂土无塑性，水性强，毛细上升高度很小，具有较大的内摩擦系数，强度和水稳定性均好。但砂土由于粘结性小，易于松散，压实困难，需要振动法才能压实。经充分压实的砂土路基，其压缩变形小。在有条件时，可掺加一些粘性土，以提高其稳定性，改善路基的使用质量。

砂性土含一定数量的粗颗粒，使路基具有足够的强度和水稳定性，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。例如亚砂土，其粒径组成接近最佳级配，遇水干得快，不膨胀，湿时不粘着，雨天不泥泞，晴天不扬尘，在行车作用下，容易被压实形成平整坚实的表面，是修筑路基的良好材料。

粉性土含有较多的粉土颗粒，干时虽稍有粘性，但破碎后飞尘大，浸水时很快被湿透，易成流动状态。粉性土的毛细作用强烈，毛细上升高度大（可达1.5m）。在季节性冰冻地区，结冻期水分析聚现象严重，造成冬期冻胀，春融期极易翻浆。粉性土是修筑路基最差的材料，一般属于有害的路基用土。如必须用粉性土填筑路基，特别是在水文条件不良时，应采取一定措施（如掺配其它材料）改善其性质，并加强排水以及采取隔离水的措施。

粘性土中细颗粒含量多，土的内摩擦角小而粘聚力大，透水性小，吸水能力强，毛细现象显著，有较大可塑性。粘性土干燥时较坚硬，施工时不易破碎，浸湿后能长时间保持水分，难使之干燥。浸湿后强度将大大降低。在季节性冰冻地区，当水文条件不良时，粘性土路基也容易产生冻胀和翻浆。粘性土如能在适当含水量时充分压实和采取良好排水措施，修筑的路基也能保持稳定。

重粘土工程性质与粘性土相似，但其所含粘土矿物成分不同时性质有很大差异。粘土矿物主要包括蒙脱石（微晶高岭土）、伊里石（水化云母）和高岭石。蒙脱土主要分布在东北区，其塑性大，吸湿后膨胀强烈，干燥时收缩大，透水性极低，压缩性大，抗剪强度低。高岭土分布在南方地区，其塑性较低，有较高的抗剪强度和透水性，吸水 and 膨胀量较小。伊里土分布在华中和华北地区，其性质介于上述两者之间。重粘土不透水，粘聚力特强，塑性很大，干燥时很坚硬，施工时难以挖掘也难于破碎。

如上所述，砂性土是修筑路基的最好材料，粘性土次之，粉性土是不良材料，最容易引起路基病害，重粘土，特别是蒙脱土也是不良的路基土。此外，还有一些特殊的土类，如有特殊结构的土（黄土）、含有机质的土（腐殖土）以及含易溶盐的土（盐渍土）等，用以填筑路基时必须采取相应技术措施。

三、路基土的工程分级

在施工中，路基土石按其开挖时的难易程度，可分为六级，详见表1-2-8。

土、石工程分级 表1-2-8

土、石等级	土、石类别	土、石名称	钻 1m 所需时间			爆破1m ³ 所需炮眼长度(m)		开挖方法
			湿式凿岩一字合金钻头净钻时间(min)	湿式凿岩普通碎火钻头净钻时间(min)	双人打眼(人工)	路堑	隧道导坑	
1	粘土	砂类土、腐殖土、种植土、中密的粘性土及砂性土、松散的水分不大的粘土、含有30mm以下树根或灌木根的泥炭土						用铁锹挖，脚蹬一下到底的松散土层