



LUMIAN GONGCHENG



PUTONG GAODENG YUANXIAO
SHIERWU TUMU GONGCHENG LEI GUIHUA XILIE JIAOCAI
普通高等院校“十二五”土木工程类规划系列教材

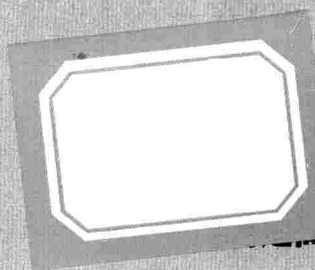
路面工程

LUMIAN GONGCHENG

主 编 滕旭秋



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)



GAODENG YUANXIAO
DAXUE TUMU GONGCHENG LEI GUIHUA XILIE JIAOCAI
高等院校“十二五”土木工程类规划系列教材

路面工程

LUMIAN GONGCHENG

主 编 滕旭秋

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内容简介

本书共包括九章,主要介绍路面设计、施工、管理相关的基本概念、方法,内容包括环境、交通荷载及路面结构设计参数、碎(砾)石路面、无机结合料稳定基层、沥青路面及其结构设计、水泥混凝土路面及其结构设计、路面预防性养护及沥青混凝土路面的再生等。

作为高等学校土木工程专业的必修课教材,编者结合多年的教学与科研经验,力求根据路面工程课程教学的基本环节及要求,着重介绍相关的基础理论、基本概念、基本方法,使读者通过本课程的学习夯实基础、拓宽视野。本书内容上既注重学科基础理论和基本方法的阐述,又注重学科新概念和新方法的介绍。

本书可作为高等学校土木工程专业或其他相关专业的教材,既适用于本科和专科的教学,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

路面工程 / 滕旭秋主编. —成都:西南交通大学出版社, 2012.9
普通高等院校“十二五”土木工程类规划系列教材
ISBN 978-7-5643-1939-7

I. ①路… II. ①滕… III. ①路面—道路工程—高等学校—教材 IV. ①U416.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第207440号

普通高等院校“十二五”土木工程类规划系列教材

路面工程

滕旭秋 主编

*

责任编辑 杨 勇

特邀编辑 曾荣兵 姜锡伟

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码:610031 发行部电话:028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸:185 mm×260 mm 印张:19.75

字数:489千字

2012年9月第1版 2012年9月第1次印刷

ISBN 978-7-5643-1939-7

定价:35.00元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

普通高等院校“十二五”土木工程类规划系列教材

编 委 会

主 任 易思蓉

委 员 (按姓氏笔画排序)

毛 亮	王月明	王玉锁	田文高	田北平
刘蒙蒙	孙吉祥	江 毅	李文渊	李章树
杨 虹	陈一君	陈广斌	周俐俐	范 涛
胡利超	贺丽霞	项 勇	袁 翱	贾 彬
贾媛媛	郭仕群	康 锐	曹 伦	滕旭秋

前 言

本书是针对高等院校土木工程专业的人才培养目标和培养模式，在总结应用型本科教学实践经验的基础上编写的。

“路面工程”是高等学校土木工程专业的主要必修课，是一门理论与实践并重、工程性较强的课程，课程涉及内容广，与工程实践联系紧密，具有一定的区域特点。

本书以我国最新出版的相关工程技术标准和规范为依据，吸收目前国内外最新的研究成果和工程实践经验，重点阐述路面工程的基本概念、基本理论和基本方法，并且尽可能地融入这一领域内的新技术、新理论和新进展。通过学习掌握这些基本概念、理论和方法要点后，并结合有关规范，使学生能自如地从事路面工程方面的技术工作，分析和解决路面工程中的问题。为了便于学生掌握教学内容，编写过程中对实用性较强的内容部分安排了翔实的算例。

全书共分为九章。具体分工如下：第三、四、九章由兰州交通大学崔猛编写；第一、二、五、六、七、八章由兰州交通大学滕旭秋编写。全书由滕旭秋任主编并统稿。

本书所引用的文献均列于书末，在此向相关作者表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 7 月



目 录

第一章 总 论	1
第一节 道路工程发展概况	1
第二节 路基路面工程的特点	2
第三节 影响路基路面稳定的因素	4
第四节 路基土的分类	6
第五节 公路自然区划	10
第六节 路基水温状况及干湿类型	13
第七节 路面结构及层位功能	16
第八节 路面的等级与分类	22
复习思考题	23
第二章 行车荷载、环境因素、材料的力学性质	25
第一节 行车荷载	25
第二节 环境因素影响	36
第三节 土基的力学特性	39
第四节 土基的承载能力	43
第五节 路基的变形、破坏及防治	49
第六节 路面材料的力学强度特性	50
第七节 路面材料的累积变形与疲劳特性	56
复习思考题	61
第三章 路基路面排水设计	62
第一节 概 述	62
第二节 路基排水设计	63
第三节 路面排水设计	76
第四节 明渠的水力水文计算	87
复习思考题	93
第四章 石料路面	94
第一节 概 述	94
第二节 石料路面强度形成原理	94
第三节 块料路面	99
第四节 碎石路面	102
第五节 级配碎（砾）石路面	105

第六节 碎(砾)石路面的养护	106
复习思考题	109
第五章 无机结合料稳定路面	110
第一节 概 述	110
第二节 无机结合料稳定材料的物理力学特性	110
第三节 石灰(水泥)稳定土基层(垫层)	115
第四节 石灰工业废渣稳定基层	121
第五节 石灰、水泥稳定类基层材料的开裂问题	123
复习思考题	124
第六章 沥青类路面及其路用特性	125
第一节 沥青路面材料的类型及特性	125
第二节 沥青路面的气候分区	135
第三节 沥青路面材料的力学特性	137
第四节 沥青路面的高温稳定性	151
第五节 沥青路面的低温缩裂	156
第六节 沥青路面的抗滑性	158
第七节 沥青路面类型的选择	159
第八节 沥青混合料组成设计	160
复习思考题	171
第七章 沥青路面结构设计	172
第一节 沥青路面的破坏状态和设计标准	172
第二节 层状弹性体系简介及应力分析	174
第三节 沥青路面结构组合设计	180
第四节 我国沥青路面设计方法	189
第五节 沥青路面改建设计	208
第六节 国外沥青路面设计方法简介	213
复习思考题	219
第八章 水泥混凝土路面及其结构设计	221
第一节 概 述	221
第二节 水泥混凝土路面构造	222
第三节 弹性地基板的荷载应力分析	232
第四节 我国水泥混凝土路面结构设计	241
第五节 国外混凝土路面设计方法简介	250
复习思考题	259
第九章 路面养护与维修	260
第一节 概 述	260



第二节 沥青路面的病害与防治	261
第三节 沥青路面的预防性养护	265
第四节 水泥混凝土路面的维修与养护	269
第五节 再生混凝土在道路工程中的应用	271
复习思考题	304
参考文献	305



第一章 总 论

第一节 道路工程发展概况

中国是一个有 5 000 多年文明历史的国家。在这历史的长河中,我国勤劳、智慧的各族人民,在道路、桥梁的修建和车辆制造以及交通管理等方面,都取得过辉煌的成就,是我国古代灿烂文化的一部分。道路交通对于繁荣经济 and 交流文化,以及维护民族团结和国家统一,都作出了巨大贡献。中国古代道路和桥梁建筑,在世界上曾处于过领先地位,在世界道路交通史上留下了光辉的篇章。

根据《史记》记载,早在 4 000 多年前,中国已有了车和行车的路。商代(约公元前 1600 年~公元前 1046 年)开始有驿道传送。西周(公元前 1046 年~公元前 771 年)开创了以都市为中心的道路体系,还建立了比较完善的道路管理制度。秦代(公元前 221 年~公元前 206 年)修驰道、直道,建立了规模宏大的道路交通网,总里程约有 1.2 万多千米。西汉时期(公元前 206 年~公元前 23 年)设驿亭 3 处,道路交通呈现出更加繁荣的景象。特别是连接欧亚大陆的“丝绸之路”的开通,为东西方经济文化交流作出了贡献。唐代(公元 618~907 年)是中国古代经济和文化的昌盛时期,建成了以长安城(今西安)为中心约 2.2 万多千米的驿道网;到了宋、元、明、清各代(公元 960~1911 年),道路交通又有所发展。

尽管中国曾经创造了领先于世的古代道路文化,但是由于长期的封建制度和近百年帝国主义列强的侵略和掠夺,束缚了生产力的发展,旧中国道路发展十分缓慢,迟至 20 世纪初,中国公路建设才开始有所发展。

清末,在原有驿道上修建了一些很简陋的公路。1912~1949 年,公路有了初步发展,全国先后共修建了 13 万千米公路。这些公路大多标准很低,设施简陋,路况很差。到 1948 年能够维持通车的仅有 8 万千米,全国有 1/3 的县不通公路,西藏地区没有一条公路。汽车运输是从 1901 年由国外引进第一辆汽车开始的,到 1949 年全国汽车保有量约 5 万辆,且大多数已破旧不堪,全国大部分地区主要还是依靠人力和畜力运输。

新中国成立以来,我国进入了社会主义建设的伟大时代。由于工农业生产迅速发展,人民生活逐步提高,尤其是建立和发展了汽车工业和石油工业,使我国公路交通事业得到了迅速发展。特别是 1978 年以后,国家执行以经济建设为中心的政策,开始了建设有中国特色的社会主义的新时期,公路建设也开创了崭新的局面。公路运输已渗入到经济建设和社会生活的各个方面,在国民经济中占有越来越重要的地位。

自 20 世纪 80 年代中期开始,我国内地开始兴建高速公路。20 多年来,陆续投入运行的高速公路主要有京石、京津塘、沈大、合宁、济青、开洛、广深、太旧、合芜、成渝、沪宁、沪杭、桂柳、呼包、哈大、泉厦、石安、安新等,到 2011 年底高速公路总里程达到 8.5 万千米。高速公路的建设和使用,为汽车快速、高效、安全、舒适地运行提供了良好的条件,标

志着我国的公路运输事业和科学技术水平进入了一个崭新的时代。

路基路面直接承受行驶车辆的作用，是道路工程的重要组成部分，通常是根据车辆行驶的需要，选用优质材料建成。如我国古代曾以条石、块石或石板等铺筑道路路面，以提供人畜以及人力、畜力车辆的运行。公元前 3500 年在美索不达米亚（Mesopotamia），继发明了车轮后不久，即用石料修筑了第一条有硬质路面的道路。进入 20 世纪后，随着汽车工业和交通运输的发展，现代化公路的路基路面工程逐步形成为新的学科分支。它主要研究公路、城市道路和机场道路路基路面的合理结构、设计原理、设计方法、材料性能要求以及施工、养护、维修和管理技术等。

半个世纪以来，我国广大道路工程科技工作者从我国实际和建设需要出发，引进外国先进技术，刻苦钻研、反复实践，在路基路面工程建设和科学研究中，取得了许多突破性的成果。

第二节 路基路面工程的特点

路基和路面是道路的主要工程结构物。路基是在天然地表面按照道路的设计线形（位置）和设计横断面（几何尺寸）的要求开挖或堆填而成的岩土结构物。路面是在路基顶面的行车部分用各种混合料铺筑而成的层状结构物。路基是路面结构的基础，坚固而又稳定的路基为路面结构长期承受汽车荷载提供了重要的保证；而路面结构层的存在又保护了路基，使之避免了直接经受车辆和大气的破坏作用，长期处于稳定状态。路基和路面相辅相成，实际上是一个不可分离的整体，应综合考虑它们的工程特点，综合解决两者的强度、稳定性等工程技术问题。

路基与路面工程是道路工程的重要组成部分，工程数量十分可观，例如微丘区的三级公路，每千米的土石方数量为 $8\,000 \sim 16\,000\text{ m}^3$ 。山岭、重丘区的三级公路每千米土石方数量可达 $20\,000 \sim 60\,000\text{ m}^3$ ，对于高速公路，数量更为可观。路面结构在道路造价中所占比例很大，一般都要达到 30% 左右。因此精心设计，精心施工，使路基路面能长时期具备良好的使用性能，对节约投资，提高运输效益，具有十分重要的意义。

路基路面是一项线形工程，有的公路延续数百千米，甚至上千千米。公路沿线地形起伏，地质、地貌、气象特征多变，再加上沿线城镇经济发达程度与交通繁忙程度不一，因此决定了路基与路面工程复杂多变的特点。工程技术人员必须掌握广博的知识，善于识别各种变化的环境因素，恰当地进行处理，建造出理想的路基路面工程结构。

现代化公路运输，不仅要求道路能全天候通行车辆，而且要求车辆能以一定的速度，安全、舒适而经济地在道路上运行，这就要求路面具有良好的使用性能，提供良好的行驶条件和服务水平。

为了保证公路与城市道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，要求路基路面具有下述一系列基本性能。

一、承载能力

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，使得在路基路面结构内部产生应力、应变及位移。如果路基路面结构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,则路面会出现断裂,路面表面会出现波浪或车辙,路基路面结构会出现沉陷,使路况恶化,服务水平下降。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。

结构承载能力包括强度与刚度两方面。路面结构应具有足够的强度以抵抗车轮荷载引起的各个部位的各种应力,如压应力、拉应力、剪应力等,保证不发生压碎、拉断、剪切等各种破坏。路基路面整体结构或各个结构层应具有足够的刚度,使得在车轮荷载作用下不发生过量的变形,保证不发生车辙、沉陷或波浪等各种病害。

二、稳定性

在天然地表面建造的道路结构物改变了原地表的自然平衡,在达到新的平衡状态之前,道路结构物处于一种暂时的不稳定状态。新建的路基路面结构曝露在大气之中,经受着大气温度、降水与湿度变化的影响,结构物的物理、力学性质将随之发生变化,处于另外一种不稳定状态。路基路面结构能否经受这些不稳定状态,而保持工程设计所要求的几何形态及物理力学性质,称为路基路面结构的稳定性。

在地表开挖或填筑路基,必然会改变原地面地层结构的受力状态。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。如在软土地层上修筑高路堤,或者在岩质或土质山坡上开挖深路堑时,有可能由于软土层承载能力不足,或者由于坡体失去支承,而出现路堤沉落或坡体坍塌破坏。路线如选在不稳定的地层上,则填筑或开挖路基会引发滑坡或坍塌等病害出现。因此在选线、勘测、设计、施工中应密切注意,并采取必要的工程措施,以确保路基有足够的稳定性。

大气降水使得路基路面结构内部的湿度状态发生变化,低洼地带路基排水不良,长期积水,会使得矮路堤软化,失去承载能力。对于山坡路基,有时因排水不良,会引发滑坡或边坡滑塌。

对于水泥混凝土路面,如果不能及时将水排出结构层,会发展形成唧泥现象,冲刷基层,导致结构层提前破坏。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。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、松散等病害。因此,防水、排水是确保路基路面稳定的重要方面。

大气温度周期性的变化对路面结构的稳定性有重要影响。高温季节沥青路面软化,在车轮荷载作用下产生永久性变形,水泥混凝土路面在高温季节因结构变形产生过大内应力,导致路面压曲破坏。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。在严重冰冻地区,低温引起路基不稳定的原因是多方面的,会引起路基收缩裂缝;地下水源丰富的地区,低温会引起冻胀,路基上面的路面结构也将随之发生断裂。春天融冻季节,在交通繁重的路段,有时会引发翻浆,路基路面发生严重的破坏。

三、耐久性

路基路面工程投资大,从规划、设计、施工至建成通车需要较长的时间,对于这样的大

型工程都应有较长的使用年限。一般的道路工程使用年限至少为数十年，承重并经受车辆直接碾压的路面部分要求使用年限 20 年以上，因此路基路面工程应具有耐久的性能。

路基路面在车辆荷载的反复作用与大气水温周期性的重复作用下，路面使用性能将逐年下降，强度与刚度将逐年衰变，路面材料的各项性能也可能由于老化衰变而引起路面结构的损坏。至于路基的稳定性，也可能在长期经受自然因素的侵袭后，逐年削弱。因此，提高路基路面的耐久性，保持其强度、刚度、几何形态经久不衰，除了精心设计、精心施工、精选材料之外，要把长年的养护、维修、恢复路用性能的工作放在重要的位置。

四、表面平整度

路面表面平整度是影响行车安全、行车舒适性以及运输效益的重要使用性能。特别是高速公路，对路面平整度的要求更高。不平整的路表面会增大行车阻力，并使车辆产生附加的振动响应。这种振动响应会造成行车颠簸，影响行车的速度与安全、驾驶的平稳和乘客的舒适度。同时，振动响应还会对路面施加冲击力，从而加剧路面和汽车机械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。

优良的路面平整度，要依靠优良的施工装备、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。同时，路面的平整度同整个路面结构和路基顶面的强度和抗变形能力有关，也与结构层所用材料的强度、抗变形能力以及均匀性有关系。强度和抗变形能力差的路基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、车辙和推移破坏，从而形成不平整的路面表面。

五、表面抗滑性能

路面表面要求平整，但不宜光滑，汽车在光滑的路面上行驶，车轮与路面之间缺乏足够的附着力和摩擦力，特别是雨天高速行驶、紧急制动、突然启动，或爬坡、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。通常用摩擦系数表征抗滑性能，摩擦系数小，则抗滑能力低，容易引起滑溜交通事故。对于高速公路高速行驶车道，要求具有较高的抗滑性能。

路面表面的抗滑能力可以通过采用坚硬、耐磨、表面粗糙的粒料修筑路面表层来实现，有时也可以采用一些工艺措施来实现，如水泥混凝土路面的刷毛或刻槽等。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。

第三节 影响路基路面稳定的因素

路基路面裸露在大气之中，其稳定性在很大程度上受当地自然条件的影响。因此，必须在深入调查公路沿线自然条件的基础上，从总体到局部、从大区域到局部路段对自然情况进



行分析研究,掌握其规律及对路基路面稳定性的影响程度,因地制宜地采取有效的工程措施,以确保路基路面具有足够的强度和稳定性。

路基路面的稳定性通常与下列因素有关。

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,也影响路基与路面设计。平原、丘陵、山岭各区地势不同,路基的水温状况也不同。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,路面结构层应选择水稳定性良好的材料,并采用一定的结构排水设施;丘陵区 and 山岭区,地势起伏较大,路基路面排水设计至关重要,否则会导致稳定性下降,出现破坏现象,影响路基路面的稳定性。

2. 地质条件

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,岩石走向、倾向、倾角、层理和岩层厚度,有无夹层或遇水软化的岩层,以及有无断层或其他不良地质现象(岩溶、冰川、泥石流、地震等)都对路基路面的稳定性有一定的影响。

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、风向、风力等都会影响公路沿线地面水和地下水的状况,并且影响路基路面的水温情况。

在一年之中,气候有季节性的变化,因此路基路面的水温状况也将随之变化。气候还受地形的影响,例如山顶与山脚、山南坡与山北坡气候有很大的差别,这些因素都会严重影响路基路面的稳定性。

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、河流洪水位及常水位、有无地表积水与积水时期的长短以及河岸的淤积情况等。水文地质条件如地下水位、地下水移动的规律,以及有无层间水、裂隙水、泉水等。所有这些地面水及地下水都会影响路基路面的稳定性,如果处理不当,常会引起各种病害。

5. 土的类型

土是建筑路基和路面的基本材料,不同的土类具有不同的工程性质,因而将直接影响路基和路面的强度与稳定性。

不同的土类含有不同粒径的土颗粒。砂粒成分多的土,强度构成以内摩擦力为主,强度高,受水的影响小;较细的砂,在渗流情况下,容易流动,形成流砂;黏粒成分多的土,强度形成以黏聚力为主,其强度随密实程度的不同变化较大,并随湿度的增大而降低;粉土类土毛细现象强烈,路基路面的强度和承载力随着毛细水上升、湿度增大而下降。在低温坡差作用下,水分通过毛细作用移动并积聚,使局部土层湿度大幅度增加,造成路基冻胀,最后导致路基翻浆、路面结构层断裂等破坏。

第四节 路基土的分类

世界各国公路用土的分类方法虽然不尽相同，但是分类的依据则大致相近，一般都根据土颗粒的粒径组成、土颗粒的矿物成分或其余物质的含量、土的塑性指标进行区划。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。土的颗粒组成特征用不同粒径粒组在土中的百分含量表示。表 1.1 所列不同粒组的划分界限及范围。

表 1.1 粒组划分表

粒径	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	黏粒
		粗	中	细	粗	中	细		

土分类总体系包括四类并且细分为 11 种，如图 1.1 所示。

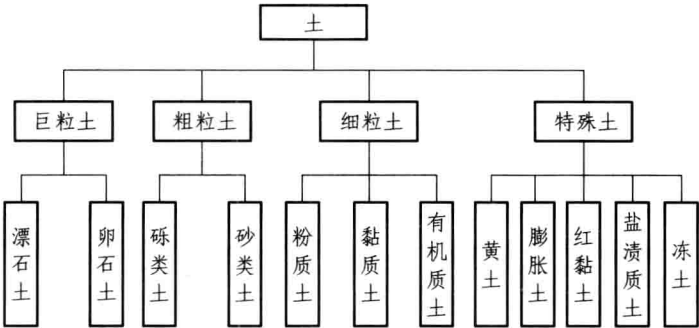


图 1.1 土分类总体系

公路用土分类的基本代号如表 1.2 所示。

表 1.2 土的基本代表号

代号 \ 土类	巨粒土	粗粒土	细粒土	有机土
特征	漂石 B 块石 B _a 卵石 C _b 小块石 C _{b_a}	砾 G 角砾 G _a 砂 S	粉土 M 黏土 C 细粒土 (C 和 M 合称) 粗细粒土合称 SI	有机质土 O
级配和液限高低 代号	级配良好 W 高液限 H 级配不良 P 低液限 L			

注：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要成分，第二代号表示副成分（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》（JTG E40—2007）。

巨粒组（大于 60 mm 的颗粒）质量大于总质量的 50%的土称为巨粒土。巨粒土分类如表 1.3 所示。

表 1.3 巨粒土分类

土组		土组代号	漂石粒（>200mm 颗粒）含量/%
漂（卵）石 （大于 60 mm 的颗粒>75%）	漂石	B	>50
	卵石	Cb	≤50
漂（卵）石夹土 （大于 60 mm 的颗粒占 75%~50%）	漂石夹土	BSI	>50
	卵石夹土	CbSI	≤50
漂（卵）石夹土 （大于 60 mm 的颗粒占 50%~15%）	漂石质土	SIB	>卵石粒含量
	卵石质土	SICb	<卵石粒含量

粗粒土分砾类土和砂类土两种，砾粒组（2~60 mm 的颗粒）质量多于总质量的 50% 的土称为砾类土，如表 1.4 所示。砾粒组质量小于或等于 50%的土称为砂类土，如表 1.5 所示。

表 1.4 砾类土分类

土组		土组代号	细粒组（<0.074 mm 颗粒含量）/%
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
	黏土质砾	GC	

表 1.5 砂类土分类

土组		土组代号	细粒组（<0.074 mm 颗粒含量）/%
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
	黏土质砂	SC	

细粒组（小于 0.075 mm 的颗粒）质量大于总质量的 50%的土总称为细粒土。细粒土中粗粒组（2~60 mm 颗粒）质量小于总质量 25%的土称为细粒土，粗粒组质量为总质量 25%~50%的土称为含粗粒的细粒土，含有机质的细粒土为有机质土。

细粒土的分类及性质很大程度上与土的塑性指标有关。图 1.2 所示为土的塑性图，表明土的塑性指数（ I_p ）与液限（ w_L ）的相关关系。图中以 A 线 [$I_p = 0.73 (w_L - 20)$] 和 B 线 [$w_L = 50\%$] 将坐标空间划分为四个区，大致区分了细粒土的塑性性质。细粒土的分类如图 1.3 所示。

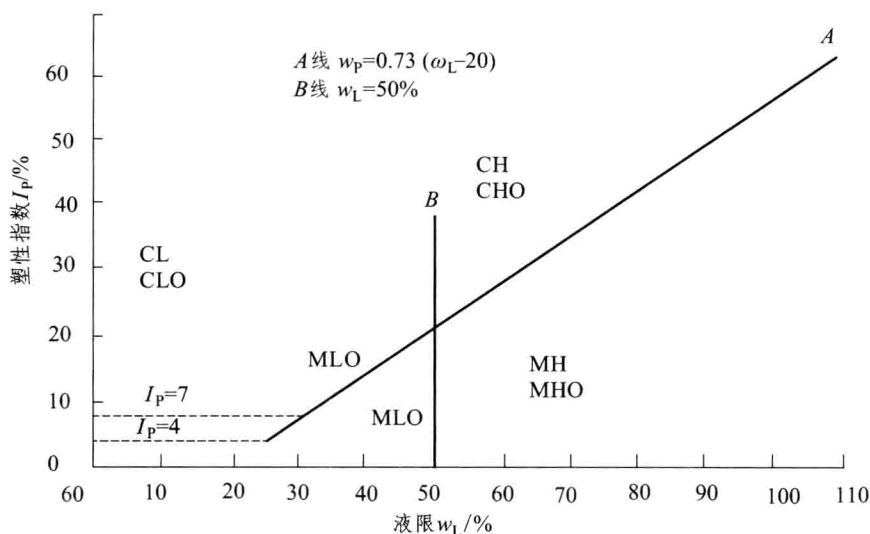
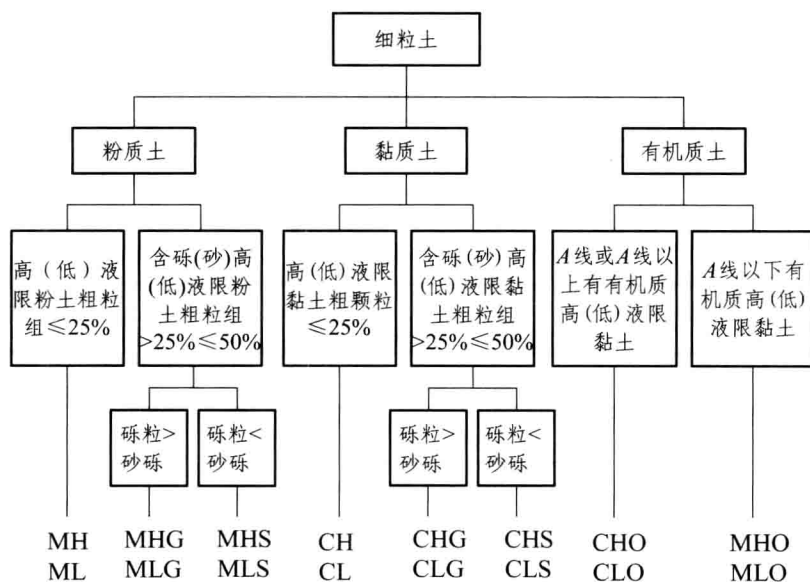


图 1.2 塑性图



特殊土主要包括黄土、膨胀土、红黏土和盐渍土。黄土、膨胀土、红黏土按图 1.4 所示的特殊土塑性图上的位置定名。黄土属低液限黏土（CLY），分布范围大部分在 A 线以上， $w_L < 40\%$ ；膨胀土属高液限黏土（CHE），分布范围大部分在 A 线以上， $w_L > 50\%$ ；红黏土属高液限粉土（MHR），分布位置大部分在 A 线以下， $w_L > 55\%$ 。

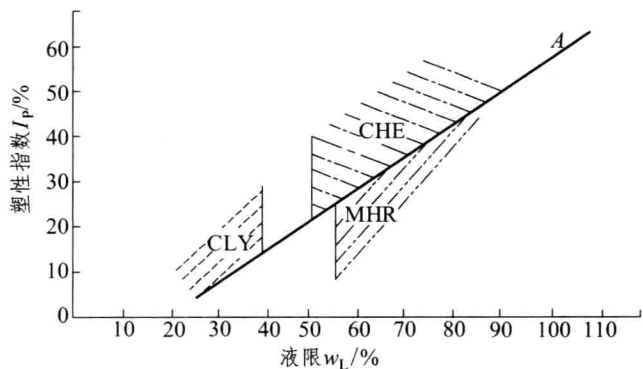


图 1.4 特殊土塑性图

盐渍土按照土层中所含盐的种类和质量百分比进行分类，如表 1.6 所示。

表 1.6 盐渍土工程分类

土层中平均总盐量(质量%) 名称	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比值	氯盐渍土	亚氯盐渍土	亚硫酸盐渍土	硫酸盐渍土
		>2.0	1.0 ~ 2.0	0.3 ~ 1.0	<0.3
弱盐渍土		0.3 ~ 1.5	0.3 ~ 1.0	0.3 ~ 0.8	0.3 ~ 0.5
中盐渍土		1.5 ~ 5.0	1.0 ~ 4.0	0.8 ~ 2.0	0.5 ~ 1.5
强盐渍土		5.0 ~ 8.0	4.0 ~ 7.0	2.0 ~ 5.0	1.5 ~ 4.0
过盐渍土		>8.0	>7.0	>5.0	>4.0

注：表中所指含盐种类名称的定性区分标准为：

氯化物	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-} > 2$
硫酸盐氯化物	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-} = 2 \sim 1$
氯化物硫酸盐	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-} = 1 \sim 0.3$
硫酸盐	$\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-} < 0.3$

冻土可分为多年冻土、隔年冻土和季节冻土三类。

各类公路用土具有不同的工程性质,在选择路基填筑材料以及修筑稳定土路面结构层时,就根据不同的土类分别采取不同的工程技术措施。

巨粒土包括漂石(块石)和卵石(小块石),有很高的强度和稳定性,用以填筑路基是良好的材料,也可用于砌筑边坡。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,除了填筑路基之外,可以用于铺筑中级路面,经适当处理后,可以铺筑高级路面的基层、底基层。

砂土无塑性,透水性强,毛细上升高度小,具有较大的内摩擦系数,强度和水稳定性均较好。但砂土黏结性差,易于松散,压实困难,但是经充分压实的砂土路基,压缩变形小,稳定性好。为了加强压实和提高稳定性,可以采用振动法压实,并可掺加少量黏土,以改善级配组成。