

路基工程

石春香 林 英 | 主编

中国建筑工程工业出版社

路 基 工 程

石春香 林 英 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

路基工程/石春香, 林英编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017.1

ISBN 978-7-112-20170-9

I. ①路… II. ①石… ②林… III. ①铁路路基-铁路工程-高等学校-教材 ②路基工程-高等学校-教材
IV. ①U213.1 ②U416.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 312255 号

本教材共分 8 章, 其主要内容包括绪论、路基的强度特性与承载力计算、一般路基设计、路基边坡稳定性分析与加固技术、挡土墙设计、路基排水设计、路基工程施工和路基工程试验检测。

本书为高等学校中应用技术类大学交通土建工程领域中公路工程、城市道路工程、桥梁隧道工程、机场工程、市政工程等专业的教材, 也可供从事路基工程设计、施工及检测有关人员学习参考。

责任编辑: 石枫华 王 磊

责任设计: 李志立

责任校对: 焦 乐 张 颖

路 基 工 程

石春香 林 英 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京佳捷真科技发展有限公司制版

大厂回族自治县正兴印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 字数: 360 千字

2017 年 1 月第一版 2017 年 1 月第一次印刷

定价: 48.00 元

ISBN 978-7-112-20170-9

(29470)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

《路基工程》是高等学校交通土建工程领域中公路工程、城市道路工程、桥梁隧道工程、机场工程等专业的专业必修课。课程涉及的内容广泛并与工程实践联系密切，相关的技术标准不断更新，新技术也不断涌现。本书力求结合我国最新出版的有关工程技术标准和行业规范，主要讲解了与路基工程设计、施工与检测相关科学的基本概念、基本理论。

本课程是一门理论与实践并重，工程性较强的课程，讲授本课程除了系统的课堂教学之外，应配合组织认识实习、实物鉴别、课程设计、生产实习等辅助教学环节，以提高学生的感性认识和系统的接受能力。

全书共 8 章，由上海应用技术大学石春香和中国市政工程中南设计研究总院有限公司林英主编，石春香担任全书统稿工作。上海应用技术大学王远洋对全书进行排版编辑。

本书采用国家法定计量单位，即国际单位制（SI）。

本书如有未尽善之处，希望有关院校师生及读者提出宝贵意见，以便及时修改完善。

石春香

2016 年 7 月于上海应用技术大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 路基工程的特点	1
1.2 影响路基稳定的因素	2
1.3 公路自然区划	3
1.4 路基水温状况及干湿类型	5
第 2 章 路基的强度特性及承载力计算	13
2.1 路基土的工程分类	13
2.2 路基的受力状况	14
2.3 路基工作区	15
2.4 路基土的变形特性	16
2.5 路基土的强度指标	19
第 3 章 一般路基设计	24
3.1 路基设计的一般要求	24
3.2 路基的类型与构造	25
3.3 路基设计	28
3.4 路基压实	34
3.5 路基附属设施	37
3.6 路基的变形、破坏及防治	38
3.7 路基边坡防护设计	41
第 4 章 路基边坡稳定性分析与加固技术	50
4.1 边坡稳定性分析原理与方法	50
4.2 直线边坡滑动面的稳定性分析	52
4.3 曲线边坡滑动面的稳定性分析	55
4.4 陡坡路堤稳定性分析	65
4.5 浸水路堤稳定性分析	67
4.6 挖方高边坡的稳定性计算	71
4.7 路基边坡抗震稳定性分析	72
4.8 路基边坡加固	74
4.9 软土地基加固	80
第 5 章 挡土墙设计	87
5.1 概述	87
5.2 挡土墙的构造	91
5.3 挡土墙的布置	95

5.4	挡土墙土压力计算	97
5.5	挡土墙设计	113
5.6	挡土墙稳定性验算	116
5.7	重力、半重力式挡土墙设计计算	119
5.8	增加挡土墙稳定性的措施	123
5.9	衡重式挡土墙设计	125
5.10	浸水路堤挡土墙设计	127
5.11	地震地区挡土墙设计	131
5.12	悬臂式挡土墙	134
5.13	锚杆挡土墙	139
5.14	锚定板挡土墙	146
5.15	加筋挡土墙	151
第 6 章	路基排水设计	165
6.1	路基排水要求及设计一般原则	165
6.2	路基排水设备的构造与布置	166
6.3	明渠的水文水力计算	177
6.4	暗沟的水文水力计算	186
第 7 章	路基工程施工	196
7.1	概述	196
7.2	土质路基施工	198
7.3	填石路堤施工	208
7.4	岩质路基施工	209
7.5	轻质填料路堤施工	209
第 8 章	路基工程试验检测	211
8.1	道路工程质量评定方法与检查项目	211
8.2	路基工程现场检测	223
8.3	路基工程检测新技术简介	230
参考文献		232

第1章 绪 论

1.1 路基工程的特点

路基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型（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。路基是路面结构的基础，坚强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，长久处于稳定状态。路基和路面相辅相成，实际上是不可分离的整体，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。

路基工程是道路工程的主要组成部分，工程数量十分可观，例如微丘区的三级公路，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可达 $20000 \sim 60000\text{m}^3$ ，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重很大，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。

路基是一项线型工程，有的公路延续数百公里，甚至上千公里。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，建造出理想的路基工程结构。

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：

1. 承载能力

行驶在路面上的车辆，通过车轮把荷载传给路面，由路面传给路基，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、路基路面结构会出现沉陷，路面表面会出现波浪或车辙，使路况恶化，服务水平下降。因此要求路基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。

2. 稳定性

在天然地表面建造的道路结构物改变了自然的平衡，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。新建的路基结构袒露在大气之中，经常受到大气温度、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。路基结构能否经受这种不稳定状态，而保持工程设计所要求的几何形态及物理力学性质，称为路基结构的稳定性。

在地表上开挖或填筑路基，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。山坡路基，有时因排水不良，会引发滑坡或边坡滑塌。因此防水、排水是确保路基稳定的重要方面。

大气温度周期性的变化对路基结构的稳定性有重要影响，在严重冰冻地区，低温引起路基的不稳定是多方面的，低温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随之发生断裂。春天融冻季节，在交通繁重的路段。有时引发翻浆，路基路面发生严重的破坏。

3. 耐久性

路基路面工程投资昂贵，从规划、设计、施工至运营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二十年以上，因此路基路面工程应具有耐久性的性能。

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。

1.2 影响路基稳定的因素

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。因此，深入调查公路沿线的自然条件，从总体到局部，从大区域到具体路段的自然情况，分析研究，掌握其规律及对路基稳定性的影响，因地制宜地采取有效的工程措施，以确保路基具有足够的强度和稳定性。路基的稳定性与下列因素有关：

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，也影响到路基的设计。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，路基排水设计至关重要，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夹层,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,并且影响到路基的水温情况。

在一年之中,气候有季节性的变化,因此路基的水温情况也随之变化。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,常水位,有无地表积水和积水时期的长短,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,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的稳定性,如果处理不当,常会引起各种病害。

5. 土的分类

土是建筑路基的基本材料,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,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。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,在负温度坡差作用下,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,最后导致路基翻浆等各种破坏。

1.3 公路自然区划

我国地域辽阔,又是一个多山国家。从北向南处于寒带、温带和热带。从青藏高原到东部沿海高程相差4000m以上,因此自然因素变化极为复杂。不同地区自然条件的差异同公路建设有密切关系。为了区分各地自然区域的筑路特性,经过长期研究,制定了《公路自然区划标准》JTJ 003—86,该区划是根据以下三原则制定的:

1. 道路工程特征相似的原则

即在同一区划内,在同样的自然因素下筑路具有相似性,例如,北方不利季节主要是春融时期,有翻浆病害,南方不利季节在雨季,有冲刷,水毁等病害。

2. 地表气候区划差异性的原则

即地表气候是地带性差异与非地带性差异的综合结果。通常,地表气候随着当地纬度而变,如北半球,北方寒冷,南方温暖,这称为地带性差异。除此之外,还与高程的变化有关,即沿垂直方向的变化,如青藏高原,由于海拔高,与纬度相同的其他地区相比,气

候更加寒冷。即称为非地带性差异。

3. 自然气候因素既有综合又有主导作用的原则

即自然气候的变化是各种因素综合作用的结果，但其中又有某种因素起着主导作用。例如道路冻害是水和热综合作用的结果，但是在南方，只有水而没有寒冷气候的影响，不会有冻害，说明温度起主导作用；西北干旱区与东北潮湿区，同样都有负温度，但前者冻害轻于后者，说明水起主导作用。

“公路自然区划”分三级进行区划，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，然后根据水热平衡和地理位置，划分为冻土、温润、干湿过渡、湿热、潮暖和高寒七个大区：Ⅰ区：北部多年冻土区；Ⅱ区：东部温润季冻区；Ⅲ区：黄土高原干湿过渡区；Ⅳ区：东南湿热区；Ⅴ区：西南潮暖区；Ⅵ区：西北干旱区；Ⅶ区：青藏高原高寒区。

二级区划是在每个一级区内，再以潮湿系数为依据，分为六个等级如表 1-1 所示。潮湿系数 K 为年降雨量 R 与年蒸发量 Z 之比，即：

$$K=R/Z \tag{1-1}$$

二级区划表 表 1-1

潮湿系数 K	潮湿等级	二级区划	潮湿系数 K	潮湿等级	二级区划
$K>2.0$	过湿	1 级	$1.0>K>0.5$	润干	4 级
$2.0>K>1.5$	中湿	2 级	$0.5>K>0.25$	中干	5 级
$1.5>K>1.0$	润湿	3 级	$0.25>K$	过干	6 级

除了这六个潮湿等级外，还结合各个大区的地理、气候特征（如雨季、冰冻深度），地貌类型，自然病害等因素，将全国分为 33 个二级区和 19 个二级副区。三级区划是二级区划的具体化。划分的方法有两种，一种以水热，地理和地貌为依据，另一种是以地表的地貌、水文和土质为依据，由各省、自治区自行划定。

我国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，不可轻易挖去覆盖层，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，须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—东部温润季冻区

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

该区雨量充沛集中,雨季节性强,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,必须认真处理。由于气温高、热季长,要注意黑色面层材料的热稳定性和防透水性。

Ⅴ区——西南潮暖区

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100~150cm以上,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1.5m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。

1.4 路基水温状况及干湿类型

1.4.1 路基湿度的来源

路基的强度与稳定性在很大程度上与路基的湿度以及大气温度引起的路基的水温状况有密切的关系。路基在使用过程中,受到各种外界因素的影响,使湿度发生变化。路基湿度的来源可分为以下几方面:

- (1) 大气降水——大气降水通过路面,路肩边坡和边沟渗入路基;
- (2) 地面水——边沟的流水、地表径流水因排水不良,形成积水、渗入路基;
- (3) 地下水——路基下面一定范围内的地下水浸入路基;
- (4) 毛细水——路基下的地下水,通过毛细管作用,上升到路基;
- (5) 水蒸气凝结水——在土的空隙中流动的水蒸气,遇冷凝结成水;
- (6) 薄膜移动水——在土的结构中水以薄膜的形式从含水量较高处向较低处流动,或由温度较高处向冻结中心周围流动。

上述各种导致路基湿度变化的水源,其影响程度随当地自然条件和气候特点以及所采取的工程措施等而不同。

1.4.2 大气温度及其对路基水温状况的影响

路基湿度除了水的来源之外,另一个重要因素是受当地大气温度的影响。由于湿度与

温度变化对路基产生的共同影响称为路基的水温状况。沿路基深度出现较大的温度梯度时,水分在温差的影响下以液态或气态由热处向冷处移动,并积聚在该处。这种现象特别是在季节性冰冻地区尤为严重。

我国华北、东北和西北地区为季节性冰冻地区。这些地区的路基在冬季冻结的过程中会在负温度坡降的影响下,出现湿度积聚现象。气温下降到零度以下,路面和路基结构内的温度也随之由上而下地逐渐降到零下。在负温度区内,自由水、毛细水和弱结合水随温度降低而相继冻结,于是土粒周围的水膜减薄,剩余了许多自由表面能,增加了土的吸湿能力,促使水分由高温处向上移动,以补充低温处失去的部分。由试验得知,在温度下降到 -3°C 以下时,土中未冻结的水分在负温差的影响下实际上已不可能向温度更低处移动,因此,负温度区的水分移动一般发生在 0°C 至 -3°C 等温线之间。在正温度区内,因零度等温线附近土中自由水和毛细水的冻结,形成了与深层次土层之间的温度坡差,从而促使下面的水分向零度等温线附近移动。而这部分上移的水分便又成了负温度区水分移动的补给来源。这就造成了上层路基湿度的大量积聚。

积聚的水冻结后体积增大,使路基隆起而造成面层开裂,即冻胀现象。春暖化冻时,路面和路基结构由上而下逐渐解冻。而积聚在路基上层的水分先融解,水分难以迅速排除,造成路基上层的湿度增加,路面结构的承载能力便大大降低。若是在交通繁重的地区,经重车反复作用,路基路面结构会产生较大的变形,严重时,路基土以泥浆的形式从胀裂的路面缝隙中冒出,形成了翻浆。冻胀和翻浆的出现,使路面遭受严重损坏。

当然并不是在季节性冰冻地区所有的道路都会产生冻胀与翻浆,对于渗透性较高的砂性土以及渗透性很低的黏性土,水分都不容易积聚,因此不易发生冻胀与翻浆。而相反,对于粉性土和极细砂则由于毛细水活动力强,极易发生冻胀与翻浆。周边的水文条件和气候条件亦是重要原因。地面排水不良,地下水位高,路基湿度大,水源充足。冬季温和与寒冬反复交替,路基冻结缓慢,这些都是产生冻胀与翻浆重要的自然条件。

1.4.3 路基干湿类型

路基的强度与稳定性,同路基的干湿状态有密切关系,并在很大程度上影响路面结构设计。

路基按其干湿状态不同,分为四类:干燥、中湿、潮湿和过湿。为了保证路基路面结构的稳定性,一般要求路基处于干燥或中湿状态。过湿状态的路基必须经处理后方可铺筑路面。上述四种干湿类型以分界稠度 w_{c1} 、 w_{c2} 和 w_{c3} 来划分。稠度 w_c 定义为土的含水量 w 与土的液限 w_L 之差,与土的塑限 w_p 与液限 w_L 之差的比值。即

$$w_c = \frac{w_L - w}{w_L - w_p} \quad (1-2)$$

式中 w_c ——土的稠度;

w_L ——土的液限;

w ——土的含水量;

w_p ——土的塑限。

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) $0<w_c<1.0$ ，即 $w_p<w<w_L$ ，土处于可塑状态。

以稠度作为路基干湿类型的划分标准是合理的，但是在不同的自然区划，不同的土组的分界稠度是不同的，详情见表 1-2。

各自然区划土基干湿分界稠度 表 1-2

自然 区划	土质砂				黏质土				粉质土				附注
	w_{c0}	w_{c1}	w_{c2}	w_{c3}	w_{c0}	w_{c1}	w_{c2}	w_{c3}	w_{c0}	w_{c1}	w_{c2}	w_{c3}	
Ⅱ _{1,2,3}	1.87	1.19	1.05	0.91	$\frac{1.29}{1.20}$	$\frac{1.20}{1.12}$	$\frac{1.03}{0.94}$	$\frac{0.86}{0.77}$	$\frac{1.12}{0.96}$	$\frac{1.04}{0.96}$	$\frac{0.96}{0.87}$	$\frac{0.81}{0.73}$	黏性土：分母适用于Ⅱ _{1,2} ； 粉性土：分母适用于Ⅱ _{2a}
Ⅱ _{4,5}	1.87	1.05	0.91	0.78	1.29	1.20	1.03	0.86	1.12	1.04	0.89	0.73	
Ⅲ	2.00	1.19	0.97	0.78					$\frac{1.12}{1.04}$	$\frac{1.12}{1.04}$	$\frac{0.96}{0.89}$	$\frac{0.81}{0.73}$	分子适用于粉土地区； 分母适用于粉质亚黏土地区
Ⅳ	1.73	2.32	1.05	0.91	1.20	1.03	0.94	0.77	1.04	0.96	0.89	0.73	
Ⅴ					1.20	1.08	0.86	0.77	1.04	0.96	0.81	0.73	
Ⅵ	2.00	1.19	0.97	0.78	1.29	1.12	0.98	0.86	1.20	1.04	0.89	0.73	
Ⅶ	2.00	1.32	1.10	0.91	1.29	1.12	0.98	0.86	1.20	1.04	0.89	0.73	

注： w_{c0} ——干燥状态路基常见下限稠度。
 w_{c1} 、 w_{c2} 、 w_{c3} ——分别为干燥和中湿、中湿和潮湿、潮湿和过湿状态的分界稠度。

在公路勘测设计中，确定路基的干湿类型需要在现场进行勘查，对于原有公路，按不利季节路槽底面以下 80cm 深度内土的平均稠度确定。于路槽底面以下 80cm 内，每 10cm 取土样测定其天然含水量、塑限含水量和液限含水量，采用下式计算

$$w_{ci} = \frac{w_{Li} - w_i}{w_{Li} - w_{Pi}}$$

(1-3)

$$\overline{w_c} = \frac{\sum_1^8 w_{ci}}{8}$$

(1-4)

- 式中 w_i ——路槽底面以下 80cm 内，每 10cm 为一层，第 i 层上的天然含水量；
 w_{Li} ——同一层土的液限含水量（76g 平衡锥）；
 w_{Pi} ——同一层土的塑限含水量；
 w_{ci} ——第 i 层的稠度；
 $\overline{w_c}$ ——路槽以下 80cm 内土的算术平均稠度。

根据 $\overline{w_c}$ 判别路基的干湿类型，要按照道路所在的自然区划和路基土的类别，查表 1-2，与分界稠度作比较，并按表 1-3 所列区划界限确定道路所属的路基干湿类型。

对于新建道路，路基尚未建成，无法按上述方法现场勘查路基的湿度状况，可以用路基临界高度作为判别标准。当路基的地下水位或地表积水水位一定的情况下，路基的湿度由下而上逐渐减少，如图 1-1 所示。与分界稠度相对应的路基离地下水位或地表积水水位的高度称为路基临界高度 H 。即， H_1 相对应于 w_{c1} ，为干燥和中湿状态的分界标准； H_2 相对应于 w_{c2} ，为中湿与潮湿状态的分界标准； H_3 相对应于 w_{c3} ，为潮湿和过湿状态的分界标准。

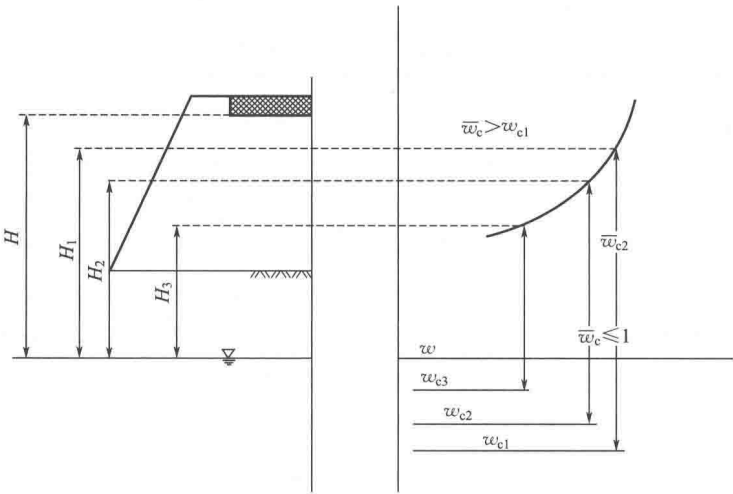


图 1-1 路基临界高度与路基干湿类型

在设计新建道路时，如能确定路基临界高度值，则可以以此作为判别标准，与路基设计高度作比较，由此确定路基的干湿类型，如表 1-3 所示。

各自然区划土基干湿分界稠度

表 1-3

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
干燥	$\bar{w}_c \geq w_{c1}$	路基干燥稳定，路面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	$w_{c1} > \bar{w}_c \geq w_{c2}$	路基上部土层处于地下水和地表积水影响的过渡区内，路基高度 $H_1 > H \geq H_2$
潮湿	$w_{c2} > \bar{w}_c \geq w_{c3}$	路基上部土层处于地下水和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，非冰冻区弹簧，路基经处理后方可铺筑路面，路基高度 $H < H_3$

为了保证路基的强度和稳定性不受地下水及地表积水的影响，在设计路基时，要求路基保持干燥或中湿状态，路槽底距地下水或地表积水的距离，要大于或等于干燥，中湿状态所对应的临界高度。不同土质和自然区的路基临界高度见表 1-4 所示。

路基临界高度参考值

表 1-4

土组 路槽底至水位 临界高度 (m)	砂性土									黏性土									粉性土									
	地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水			
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	
自然区别																												
Ⅱ ₁										2.9	2.2									3.8	3.0	2.2						
Ⅱ ₂										2.7	2.0									3.4	2.6	1.9						
Ⅱ ₃	1.9 ~ 2.2	1.3 ~ 1.6								2.5	1.8									3.0	2.2	1.6						
Ⅱ ₄										2.4 ~ 2.6	1.9 ~ 2.1	1.2 ~ 1.4								2.6 ~ 2.8	2.1 ~ 2.3	1.4 ~ 1.6						
Ⅱ ₅	1.1 ~ 1.5	0.7 ~ 1.1								2.1 ~ 2.5	1.6 ~ 2.0									2.4 ~ 2.9	1.7 ~ 2.3							
Ⅲ ₁																				2.4 ~ 3.0	1.7 ~ 2.4							
Ⅲ ₂	1.3 ~ 1.6	1.1 ~ 1.3	0.9 ~ 1.1	1.1 ~ 1.3	0.9 ~ 1.1	0.6 ~ 0.9	0.6 ~ 0.9	0.6 ~ 0.9	0.4 ~ 0.6	2.2 ~ 2.75	1.7 ~ 2.2	1.3 ~ 1.7	1.75 ~ 2.2	1.3 ~ 1.7	0.9 ~ 1.3	1.3 ~ 1.75	0.9 ~ 1.3	2.4 ~ 2.85	1.9 ~ 2.4	1.4 ~ 1.9	1.0 ~ 1.4	1.0 ~ 1.4	1.0 ~ 1.4	1.0 ~ 1.4	0.5 ~ 1.0			
Ⅲ ₃	1.3 ~ 1.6	1.1 ~ 1.3	0.9 ~ 1.1	1.1 ~ 1.3	0.9 ~ 1.1	0.6 ~ 0.9	0.6 ~ 0.9	0.6 ~ 0.9	0.4 ~ 0.6	2.1 ~ 2.5	1.6 ~ 2.1	1.2 ~ 1.6	1.6 ~ 2.1	1.2 ~ 1.6	0.9 ~ 1.3	1.2 ~ 1.6	0.9 ~ 1.3	2.3 ~ 2.75	1.8 ~ 2.3	1.4 ~ 1.8	1.0 ~ 1.4	1.0 ~ 1.4	1.0 ~ 1.4	1.0 ~ 1.4	0.55 ~ 1.0			
Ⅲ ₄																			2.4 ~ 3.0	1.7 ~ 2.4								

土组 路槽底至水位 临界高度 (m) 自然区别	砂性土						黏性土						粉性土					
	地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水		
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃
Ⅲ _{1a}																		
Ⅲ _{2a}	1.4	1.0																
	~	~																
	1.7	1.3																
Ⅳ _{1, Ⅳ_{1a}}																		
Ⅳ ₂																		
Ⅳ ₃																		
Ⅳ ₄																		
Ⅳ ₅																		
Ⅳ ₆																		

土组 路槽底至水位 临界 高度 (m)	砂性土									黏性土									粉性土								
	地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水			地下水			地表长期积水			地表临时积水		
	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₁	H ₂	H ₃
自然区别																											
IV _{6a}										1.6	1.1	0.7							1.8	1.3	0.9						
										~	~	~							~	~	~						
										1.7	1.2	0.8							2.0	1.4	1.1						
IV ₇										1.7	1.4	1.1		1.0	0.7	0.4											
										~	~	~		~	~	~											
										1.8	1.5	1.2		1.1	0.8	0.5											
V ₁	1.3	1.1	0.9	1.1	0.9	0.6	0.9	0.6	0.4	2.0	1.6	1.2	1.6	1.2	0.8	1.2	0.8	0.45	2.2	1.7	1.3	1.7	1.3	0.9	1.3	0.9	0.55
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	1.6	1.3	1.1	1.3	1.1	0.9	1.1	0.9	0.6	2.4	2.0	1.6	2.0	1.6	1.2	1.6	1.2	0.8	2.65	2.2	1.7	2.2	1.7	1.3	1.7	1.3	0.9
V ₂ , V _{2a} (紫色土)										2.0	0.9	0.4							2.3	1.4	0.5						
										~	~	~							~	~	~						
										2.2	1.1	0.6							2.5	1.6	0.7						
V ₃										1.7	0.8	0.4							1.9	1.3	0.5						
										~	~	~							~	~	~						
										1.9	1.0	0.6							2.1	1.5	0.7						
V ₂ , V _{2a} (黄壤土、 现代冲 积土)										1.7	0.7	0.3							2.3	1.4	0.5						
										~	~	~							~	~	~						
										1.9	0.9	0.5							2.5	1.6	0.7						
V ₄ , V ₅ , V _{5a}										1.7	0.9	0.4							2.2	1.4	0.5						
										~	~	~							~	~	~						
										1.9	1.1	0.6							2.5	1.6	0.7						
VI ₁	(2.1)	(1.7)	(1.3)	(1.8)	(1.4)	(1.0)	0.7	0.3		(2.3)	(1.9)	(1.6)	(2.1)	(1.7)	(1.3)	0.9	0.5		(2.5)	(2.0)	(1.6)	(2.3)	(1.8)	(1.3)	(1.2)	0.7	0.4