

公路工程
基本知识

公路路基

(第三版)

南京工学院 周宪华 编

人民交通出版社

公路工程基本知识

公路路基

Gonglu Luji

(第三版)

南京工学院 周宪华 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为公路工程基本知识丛书之一。该书是在第二版基础上，根据交通部新颁的《公路路基设计规范》(JTJ013-86)修定的。

本书的主要内容有：路基的基本概念、路基的强度与稳定性、路基断面设计、路基排水、路基防护与加固、路基挡土墙设计、路基施工等七章。为便于读者查阅，本书增列了公路土分类、新老土名对照表、公路路基土石方按开挖难易分级表三个附录。

本书可供公路、城市道路，以及森林、厂矿道路部门工人及管理干部自学参考，也可作为上述人员培训教材。

本书由南京工学院周宪华执笔，参加编写的还有庄海涛、李峻利。

公路工程基本知识

公 路 路 基

(第 三 版)

南京工学院 周宪华

责任校对：戴瑞平

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张：8 字数：174千

1977年12月 第1版

1987年10月 第3版 第6次印刷

印数：53,301—63,400册 定价：1.55 元



目 录

第一章 路基的基本概念	1
第一节 路基工程的一般特点.....	1
第二节 路基的典型断面.....	2
第三节 路基设计的一般要求.....	6
第四节 路基的常见病害.....	9
第五节 路基设计的基本内容.....	13
第二章 路基的强度与稳定性	15
第一节 路基受力与强度.....	15
第二节 路基的水温状况.....	26
第三节 路基用土与压实.....	36
第四节 土的抗剪强度.....	50
第三章 路基断面设计	58
第一节 路基横断面尺寸.....	58
第二节 路基边坡稳定性设计.....	73
第三节 浸水路堤和地震区路基稳定性.....	98
第四节 路基稳定措施	109
第五节 路基工程的附属设施	113
第四章 路基排水	120
第一节 路基排水的要求与设备分类	120
第二节 地面排水设置	125
第三节 排水沟渠的水文与水力计算	136
第四节 地下排水	145

第五章 路基防护与加固	161
第一节 防护与加固工程的要求和分类	161
第二节 坡面防护	164
第三节 堤岸防护	174
第六章 路基挡土墙设计	187
第一节 挡土墙分类与石砌挡墙构造及布置	187
第二节 土压力计算	196
第三节 挡土墙计算方法	207
第四节 挡土墙计算示例	214
第七章 路基施工	228
第一节 路基施工的基本内容	228
第二节 土质路基施工	235
第三节 岩石路基施工	246
附录一 公路土分类	247
附录二 新老土名对照表	250
附录三 公路路基土石方按开挖难易分级表	252

第一章 路基的基本概念

内 容 提 要

本章介绍路基工程的一般特点及典型断面，阐明路基设计的一般要求和常见病害，概述路基设计的基本内容。本章的目的是为以下各章提出要解决的问题。

第一节 路基工程的一般特点

公路路基是路面的基础，它为路面提供一个平整层，并承受路面传递下来的荷载。路基的强度和稳定性是保证路面强度与稳定性的先决条件。因此，路基应在行车荷载和自然因素的综合作用下，具有良好的使用品质。

从工程性质和结构特点来说，公路路基主要为土或石块等修建而成的一种线型结构物，它的结构型式比较简单，但工程数量很大，而且往往比较集中，施工时需要集中较多的人力和设备，常是控制公路施工进度的关键。特别是由于路基长距离地敷设在地表面上，它的稳定性受到地形、地质、土质、水文和气候的影响极大，如果设计和施工不合理，容易产生经常性的各种病害，导致路基、路面破坏，影响交通和行车安全，甚至耗费较大投资进行抢险和修复。此外，由于公路路基占地面积很大，不可避免地要占用一些农田和改变原有的农业排灌设施，这就要妥善处理同农田水利基本建设的关

系。由此可见，搞好路基工程并非轻而易举的事，那种把路基设计工作看成仅仅是“戴帽子”（画路基横断面图）、算土石方，显然是片面，而且有害的。

重视和搞好路基工程，关键在于加强调查研究，摸清沿线自然条件，尤其要查明地质和水文情况，了解农田基本建设现状和发展规划，因地制宜，抓住重点，综合考虑。

第二节 路基的典型断面

路基按其横断面的挖填情况，大致可分为路堤（填方路基）、路堑（挖方路基）和挖填结合三种路基类型。

路基设在自然条件千变万化的地面上，挖填标高要按纵向坡度的需要而定，另外还有排水和防护等工程设施，因此路基横断面的型式变化很大，但是按其结构特点大致可归纳如图1-1～图1-3所列的几种典型断面。

图1-1是几种填方路基，称为路堤。其中填方高度 h 不超过1.0m 时属于矮路堤。矮路堤应按规定标准严格控制最小填土高度，保证地下水及两侧沟渠积水不致浸湿路基，以防路基、路面（特别是黑色路面）受害而破坏。填方高度大于6～8m 的一般路基，边坡要相应放缓。填方高度大于12m 的高路堤，边坡应进行个别设计，并进行稳定性验算。沿河路堤的浸水部分，边坡应按规定放缓和加固，同时还可考虑设置宽度 $\geq 1.0\text{m}$ 的平台，称为护坡道，以保证边坡稳定。当原地面横坡较陡，填方有可能沿山坡向下滑动，或者填方数量太大及占地太宽时，可考虑设置石砌护脚。从路基的强度和稳定性出发，各种路堤的质量关键，是填料的选择和土基的压实，同时要注意排水及防护与加固。

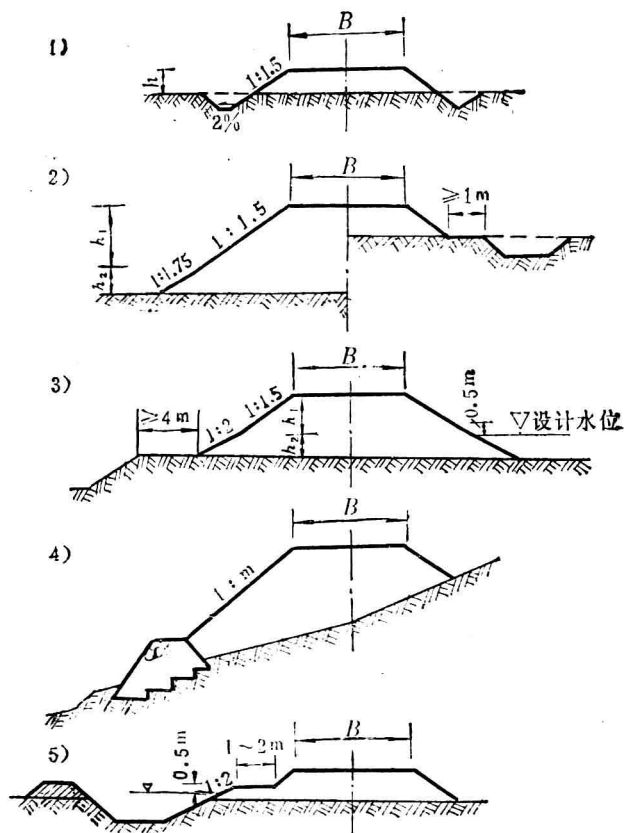


图1-1 填方路基典型断面图

1)矮路堤；2)一般路堤；3)沿河路堤；4)护脚路堤；5)挖渠填筑路堤

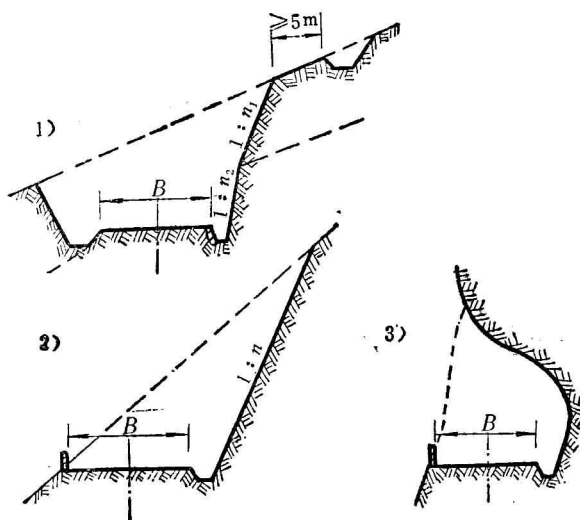


图1-2 挖方路基典型断面图

1)挖方路基；2)台口式路基；3)半山洞路基

图 1-2 是挖方路基的几种典型断面，称为路堑。路堑开挖后破坏了原地层的天然状况，它的稳定性主要取决于地质条件与挖方深度，并且集中表现在边坡稳定性上。地质条件愈差，挖方愈深，则边坡宜愈缓，必要时还应予以加固。深路堑碰到岩性变化时，边坡亦宜相应改变而成折线形。陡峻山坡上的半路堑，可挖成台口式路基，力求避免少量的局部填方。整体性的坚硬岩层，为节省石方工程，有时可采用半山洞路基，但要确保安全可靠，不得滥用。除地质条件外，路堑边坡的稳定性，还同时取决于水文状况。地质条件愈差，水的破坏作用愈明显。因此，路堑的排水，尤其地质条

件不良的深路堑排水，要特别引起注意，一般应设置必要的边沟、截水沟及地下排水结构物。

图 1-3 所示的路基几种典型断面，是路堤和路堑的综合

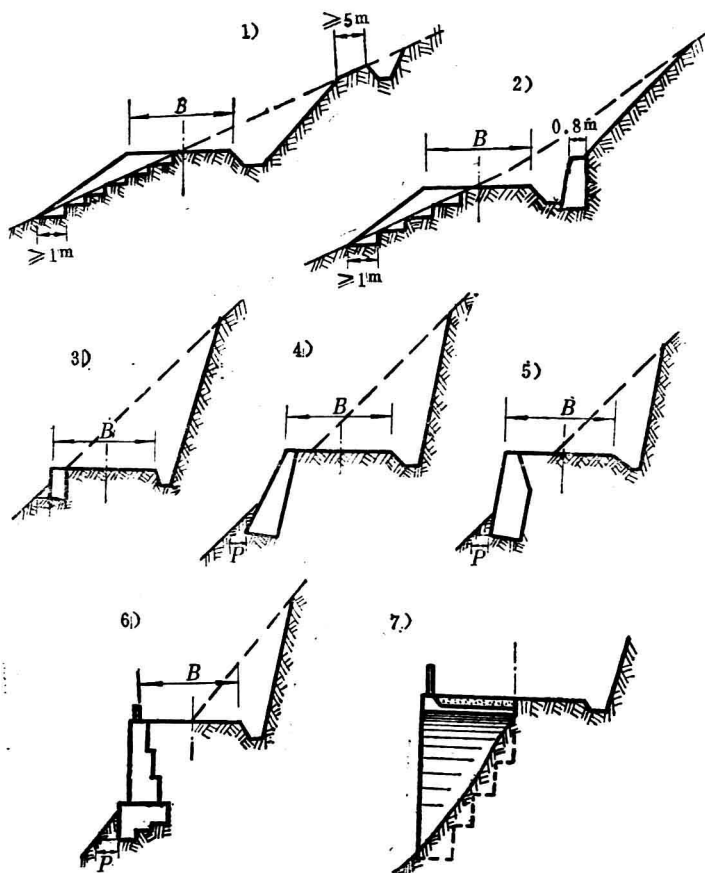


图1-3 挖填结合路基典型断面图

1) 一般挖填结合路基；2) 矮挡墙路基；3) 护肩路基；4) 砌石路基；5) 护墙路基；6) 挡土墙路基；7) 半山桥

形式，主要设在较陡的山坡上。此类路基横断面的形式及其稳定性，同原地面的倾斜度有密切关系。其中填方部分，在自重作用下有可能沿原地面下滑，要求在填筑前将地面上的杂草、松动浮土和石块，加以清除，并做好排水设施，有时还应将地面拉毛，增强填方与原地面的抗滑能力，必要时对边坡脚进行支撑。一般要求，当原地面倾斜度陡于1:5时，填方部分的土质地面应挖台阶，如原地面陡于1:2，以致无法填筑或占地太宽、填方数量太大，则可根据实际情况，充分利用废石方，修筑支撑式路基，其中包括叠砌、护墙、护脚、挡土墙和半山桥等。

总之，我国幅员广阔，地形、地质等自然条件差别很大，长期以来各地民间有着大量的具有地方性独特的建筑经验，尤其是解放以后，在群众性筑路实践中，各地创造出很多经济、实用和美观的公路路基结构物，其中如黄土地区的“土桥”、四川等地区的“栈道”、广大山区利用地方性材料在陡坡上砌筑卵石护墙及干砌片石高挡墙等，均值得总结提高和就地推广采用。

第三节 路基设计的一般要求

路基设计应符合公路建设的基本原则，遵照公路基本建设程序，讲究经济效益，确保工程质量标准，执行现行《公路工程技术标准》所规定的具体要求。设计前要做好工程地质和水文等有关自然条件的勘察工作，根据公路等级、行车要求、沿线地形与地物具体条件，作出正确的设计。

路基设计应兼顾当地农田基本建设的需要，尽可能与沿线农田水利建设相配合，不宜任意改变农田排灌沟渠，还要

照顾到远期发展。若排灌沟渠必须沿路基布置时，如果流量较小且纵坡适宜，可考虑同路基边沟合并，但边沟断面应适当加大，除石质边沟外，均应采取加固措施。如果沟渠必须在路基边坡上或路堑坡顶附近通过，沟渠应具有足够的横断面，并有加固和防护措施，严防渠水溢漏危害路基。在冰冻地区，冰冻前应尽量避免边沟积水渗入路基，以防引起翻浆冻害。

沿河路线的路基设计，要注意路基不致被洪水淹没或冲毁。如果废方过多，压缩河道，导致壅水而危及农田与房舍时，一般应变更设计，抬高路基或路线适当外移，增设砌石路基和挡土墙，减少废方数量，否则须将废方运走。

穿越耕地的路基，以填方为主，一般应具有必要的填方高度，保证填土在当地临界高度以上，通过水稻田的重要公路，尤应如此。农田地区的路基，必要时可考虑边坡加固，如果石料方便，可铺砌直立边坡，以节约用地。

山坡坳形地段，往往有较厚的坡积层，多为较松散的碎（砾）石土，而且亦常是地面水和地下水汇集之处，设置挖方路基时边坡稳定性较差，雨季容易发生水毁。为此，路基设计时，除应根据当地土质与水文情况适当放缓边坡外，还可考虑在挖方坡脚（边沟外）设置矮挡墙。这样既可放缓墙顶以上挖方边坡，又可阻挡坡面上的零星碎落填塞边沟。

挖方路基遇有坚硬程度不同的岩土层，可按边坡稳定性要求，采用不同边坡率，做成折线形边坡。在多雨地区设计挖方边坡，要注意路床底部向上渗水，导致黑色路面破坏，为此除应加深边沟以隔开和降低路基地下水源以外，还要求将挖方路基顶部0.6~1.0m深的原土层碾压密实，必要时翻挖重填压密。

总之，路基是公路的重要组成部分，是一种岩土性质的结构物，除其结构尺寸必须符合设计技术标准外，还应在各个方面保证满足以下四点要求：

1. 具有足够的整体稳定性

路堤直接修筑在地面上，路堑本身就是地层的一部分，因此路基建成后，实际上改变了原地层的天然平衡状态，这就有可能导致路堤沿较陡或较润滑的山坡土下滑，或使路堑边坡在失去天然支撑的情况下产生崩塌，从而使路基失去整体稳定性。因此，应采取适当的工程措施，如排水、支撑与加固等，确保路基整体稳定性。这是公路正常使用的先决条件之一。

2. 具有足够的强度

公路上的行车荷载，通过路面传给路基一定的压力，路基自身及路面的重量，亦给路基下层和地基一定的压力，均可能使路基产生变形，从而又损坏路面的使用品质。因此，要求路基应具有足够的强度（坚固性），以保证在外力作用下，不致产生超过容许范围的变形。

3. 具有足够的水稳定性

路基在地面水和地下水的作用下（如浸湿、冲刷和掏空等），将使路基的强度显著降低。在季节性冰冻地区，还会出现周期性冻融作用，使路基土体内的水分聚积，造成路填土松软和翻浆，强度急剧下降。因此，对于土质路基不仅要求具有足够的强度，而且要保证在最不利的水温状况下，强度不致显著降低，以保证路面处于正常的稳定状态，亦即要求路基具有足够的水稳定性。

4. 符合经济原则

路基工程数量大，涉及面较广，占地面积较多，又是路

面的基础，设计时一定要整体综合考虑，力求经济实用。为此，在路基几何尺寸（包括高度、宽度与坡度）及土石方数量与调配等方面，要进行必要的技术方案比较和经济论证，选择最佳方案。在进行方案比较时，要特别强调公路总体的经济效益，如只片面追求降低路基造价，减少路基必要的防护和加固工程，不适当地压缩或删除排水设施，这在总体上是违背工程经济原则的。

第四节 路基的常见病害

路基的破坏现象，是多种多样的，其原因是错综复杂的，现将其中常见的破坏现象扼要归纳和分析如下：

一、常见病害

1. 路堤的沉降

路基因填料（主要指填土）不当、填筑方法不合理、压实不足，在荷载和水温的综合作用下，堤身可能向下沉降，如图 1-4。所谓填筑方法不合理，包括不同土混杂、未分层

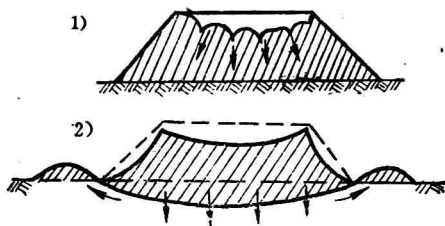


图1-4 路堤沉降示意图

1) 堤身下陷；2) 地基下陷

填筑和压实、土中含有未经打碎的大土块或冻土块等。填石路堤亦因石料规格不一，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，造成地基下沉，亦可能引起路堤下陷。路堤不均匀下陷，造成局部路段破坏，影响公路交通。

2. 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。按照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、崩坍及塌坍等，如图1-5。

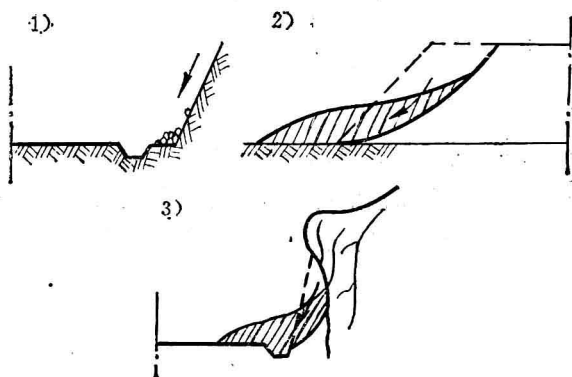


图1-5 路基边坡坍方示意图

1) 剥(碎)落；2) 滑坍；3) 崩坍

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，使零碎薄层成片状从边坡上剥落下来，而且老的脱落后，新的又不断产生。此

种破坏现象，对填土不均匀和易溶盐含量大的土层（如黄土等），以及泥灰岩、泥质页岩、绿泥岩等松软岩层，较易产生。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。

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40cm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，有时还会引起其他病害同时发生。

滑坍是指路基边坡土体或岩石，沿着一定的滑动面成整体状向下滑动，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原山坡具有倾向公路的软弱构造面，由于施工，以及水的浸蚀、冲刷改变了原山坡平衡状态，使山坡在重力作用下沿软弱面整体滑动。如岩层倾向公路，层间又有软弱夹层或风化层、覆盖层和基岩的界面倾向公路，特别有地下水时，均可能形成滑坍。

崩坍是整体岩块在重力作用下倾倒、崩落，主要原因是岩体风化破碎，边坡较高。这是比较常见，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（亦称为堆塌）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，自身重量所产生剪切力，超过粘结力和摩擦力所构成的抗剪力，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。

3. 路基沿山坡滑动

在较陡的山坡上填筑路基，如果原地面未经清除杂草、凿毛或人工挖台阶，坡脚又未进行必要的支撑，特别是又受水的润滑时，填方与原地面之间的抗剪力很小，填方在自重和荷载作用下，有可能使路基整体或局部沿原地面向下移动，如图1-6所示。此种破坏现象虽不普遍，但亦不应忽视，如果不针对上述产生破坏原因，采取相应预防措施，路基的稳定性就得不到保证，破坏将难以避免。

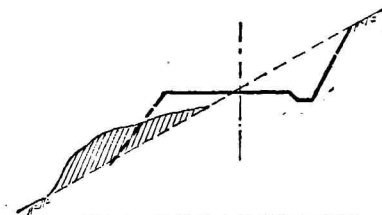


图1-6 路堤沿山坡滑动示意图

4. 特殊地质水文情况的毁坏

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、地震及特大暴雨等，均能导致路基结构的严重破坏^①。

二、原因的综合分析

由上面简要介绍可知，路基病害的原因是多方面的，各

① 参考公路设计手册《路基》有关章节，本书篇幅有限，不予详述。