



普通高等教育“十二五”规划教材

路基及支挡结构

尹紫红 主 编
苏 谦 孔书祥 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

路基及支挡结构

主 编	尹紫红		
副主编	苏 谦	孔书祥	
编 写	孔德惠	梁明学	刘翠容
	康亚林	曾 勇	陈庚生
	李远富	马 玲	刘堂辉
	蒋良淮	杨友涛	
主 审	杨 明		



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。全书分为15章，主要内容为一般路基、路基稳定性分析、路基排水和路基防护、特殊路基、路基支挡结构、重力式挡土墙、加筋土挡土墙、悬臂式和扶壁式挡土墙、土钉式挡土墙、锚杆挡土墙、桩板式挡土墙、抗滑桩、预应力锚索、柔性防护系统、路基及支挡结构施工。本书根据我国最新颁布的铁道工程的有关技术标准、规范，适当参考公路相关行业规范，并吸收近几年来取得的科技成果编写而成。本书重视理论联系实际，并力求做到叙述简明、文字简练。

本书为普通高等院校土木工程专业（交通土建工程方向），道路与铁道工程，道路与交通工程，公路与城市道路工程，市政工程，桥梁与隧道工程，机场、港口及航道工程等专业的教材，也可作为成人教育相关专业的教材，还可供铁路交通行业有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目（CIP）数据

路基及支挡结构 / 尹紫红主编. —北京：中国电力出版社，2011.7

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-1995-0

I. ①路… II. ①尹… III. ①路基工程—高等学校—教材 ②路基工程—支挡结构—高等学校—教材 IV. ①U416.1 ②U417.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 157014 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年8月第一版 2011年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18.25印张 443千字

定价 31.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

培养高素质创新人才已成为国内外高水平研究型大学本科教学改革的主要趋势。当前，我国建设创新型国家和人才强国，加快转变经济发展方式，持续调整经济结构，对自主创新能力和高素质创新人才的依存度日益增强，为此工程人才培养模式改革要在充分借鉴世界各国高等工程教育先进经验的基础上，通过与行业、企业的密切合作，以实际工程为背景，以工程技术为主线，以提高学生的工程意识、工程素质和工程实践能力为目标，培养创新能力强、适应企业发展、类型多样的卓越工程师。

本书根据我国最新颁布的铁道工程的有关技术标准、规范，适当参考公路相关行业规范，并吸收近几年来取得的科技成果编写而成。本书重视理论联系实际，并力求做到叙述简明、文字简练。

本书为普通高等院校土木工程专业（交通土建工程方向），道路与铁道工程，道路与交通工程，公路与城市道路工程，市政工程，桥梁与隧道工程，机场、港口及航道工程等专业的教材，也可作为成人教育相关专业的教材，还可供铁路交通行业有关工程技术人员学习参考。

参与本书编写的人员为西南交通大学的尹紫红、苏谦、孔书祥、孔德惠、梁明学、刘翠容、康亚林、曾勇、陈庚生、李远富、蒋良潍、杨友涛，以及成都市工业职业技术学校的刘堂辉、马玲。西南交通大学杨明副教授审阅了全书，提出宝贵的意见，在此表示感谢！

由于水平限制，不足之处敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论	1
0.1 路基工程的组成及特点	1
0.2 路基工程技术的现状及发展	2
0.3 路基工程常见病害及建筑要求	3
0.4 路基支挡工程的作用及用途	5
0.5 路基支挡工程的种类及简介	5
0.6 路基支挡工程设计中的一般问题	15
思考题	16
第1章 一般路基	17
1.1 路基横断面形式和组成	17
1.2 路基土的分类及填料选择	21
1.3 路基本体设计	23
1.4 路基设计的基本内容	38
思考题	41
第2章 路基稳定性分析	42
2.1 概述	42
2.2 路基边坡稳定性检算	46
2.3 滑坡稳定性检算	56
2.4 路基抗震稳定性分析	61
2.5 浸水路基边坡稳定性分析	64
思考题	67
第3章 路基排水和路基防护	68
3.1 路基排水	68
3.2 路基防护	76
3.3 路基边坡坡面绿色防护技术	86
思考题	92
第4章 特殊路基	93
4.1 软土地区路基	93
4.2 膨胀土(岩)地区路基	108
4.3 黄土地区路基	112
4.4 多年冻土地区路基	118
思考题	123

第5章 路基支挡结构	124
5.1 支挡结构的发展和创新	124
5.2 支挡结构设计要求及注意事项	129
5.3 设计方案的比选	130
5.4 挡土墙	131
思考题	141
第6章 重力式挡土墙	142
6.1 概述	142
6.2 重力式挡土墙构造	143
6.3 重力式挡土墙设计	143
6.4 公路重力式挡土墙设计实例	165
6.5 铁路重力式挡土墙	170
思考题	179
第7章 加筋土挡土墙	180
7.1 一般规定	180
7.2 构造要求	180
7.3 设计荷载及计算	181
7.4 算例	185
思考题	191
第8章 悬臂式和扶壁式挡土墙	192
8.1 一般规定	192
8.2 墙的最大高度	193
8.3 构造要求	193
8.4 设计荷载及计算	194
8.5 算例	196
思考题	203
第9章 土钉式挡土墙	204
9.1 一般规定	204
9.2 构造要求	204
9.3 设计荷载及计算	205
9.4 算例	207
思考题	211
第10章 锚杆挡土墙	212
10.1 一般规定	212
10.2 构造要求	212
10.3 设计荷载及计算	212
10.4 算例	214
思考题	222

第 11 章	桩板式挡土墙	223
11.1	一般规定	223
11.2	构造要求	223
11.3	设计荷载及计算	223
11.4	算例	225
	思考题	229
第 12 章	抗滑桩	230
12.1	一般规定	230
12.2	构造要求	230
12.3	设计荷载及计算	230
12.4	抗滑桩滑坡治理工程设计示例	233
	思考题	243
第 13 章	预应力锚索	244
13.1	一般规定	244
13.2	构造要求	244
13.3	设计荷载及计算	245
13.4	算例	247
	思考题	249
第 14 章	柔性防护系统	250
14.1	危岩落石的预防和整治	250
14.2	柔性防护系统的特征	253
	思考题	254
第 15 章	路基及支挡结构施工	255
15.1	路基施工准备与土质调查	255
15.2	路基施工组织设计	257
15.3	路基支挡结构施工要点	266
	思考题	281
	参考文献	282

绪 论

路基是为满足轨道或路面铺设和运营条件而修建的土工构筑物。它与桥梁、隧道相连，共同组成一个线路整体。

路基和桥隧建筑物都是轨道或路面的基础，它们直接承受轨道或路面的重量与机车车辆及其荷载的压力。路基的状态与线路质量的关系极为密切，所以，路基面应当平顺。其高程以路肩高程表示。路基面应有足够的宽度，符合轨道铺设、附属构筑物设置和线路养护维修作业的要求。

路基是轨道或路面的基础，它承受着轨道或路面及机车车辆的静荷载和动荷载，并将荷载向地基深处传递扩散。在纵断面上，路基必须保证线路需要的高程；在平面上，路基与桥、隧连接组成完整贯通的线路。

在土木工程中，路基在施工数量、占地面积及投资方面都占有重要地位。

0.1 路基工程的组成及特点

0.1.1 路基工程的组成

路基工程主要由路基本体、路基防护和加固建筑物、路基排水设备三部分建筑物组成。

一、路基本体

路基本体是直接铺设轨道结构并承受列车荷载的部分，例如路堤、路堑等。它是路基工程中的主体建筑物。

二、路基防护和加固建筑物

路基防护和加固建筑物属路基的附属建筑物，例如挡土墙、护坡等。

三、路基排水设备

排水设备也属路基的附属建筑物，例如排除地表水的排水沟、侧沟、天沟、排水槽、渗水暗沟、渗水隧洞等。

0.1.2 路基工程的特点

铁路线路穿越万水千山，是绵延千万里的线型建筑。它建于岩土之上，大自然之中，有以下主要特点：

(1) 路基建筑在岩土地基上，并以岩土为建筑材料。

岩和土都是不连续介质，具有破碎性、孔隙性和多相性，其性质复杂多变，不仅由于线路通过的地形、地质条件不同而具有完全不同的性质，即使同一种岩土，由于气候四季循环、水位涨落、受力状况的变异等都将对其工程性质产生根本的影响。研究土石性质的土力学和岩石力学（或合称岩土力学）是发展中的年轻学科，过去的研究中大都将土石视为弹性体，假设其应力—应变关系是线性的，在许多计算中采用材料力学和弹性力学的既有公式；或将

土石视为刚塑性体。这些假设都不能与土石受力后的状态完全相符。路基设计理论主要建立在岩土力学的基础上,并借鉴于岩土力学的科技成果。近年来,岩土力学的发展和新型材料的应用,将为路基设计提供良好的条件。

(2) 路基完全暴露在大自然中。

随着铁路的延伸,路基常遇到各种复杂的地形、地质、气候、水文以及地震等自然条件的影响,从而引发路基各种病害。如路堑边坡被水流冲蚀,膨胀土路基干缩湿胀引起路基边坡坍塌,路基冻害,雨季发生大滑坡以及地震时砂土液化引起路基滑走等路基病害,均与自然条件有密切关系。路基的设计、施工和养护均不能离开具体的自然条件,而应该充分调查研究,认识和克服自然灾害,是路基工作的重要内容。

(3) 路基同时受静荷载和动荷载的作用。

路基上的轨道或路面结构和附属建筑物产生静荷载,列车或汽车运行产生动荷载。动荷载是造成路床或基床病害的主要原因之一。研究土体在动力作用下的变形、稳定问题,必须了解土的动力性质,包括土的动强度和液化、动孔隙水压力增长及消散模式、土的震陷等。一些新的测试手段和计算模型的出现,为进一步研究基床土动力响应和我国重载高速铁路的发展提供了更完善的条件。在一般路基设计中,将动荷载视为静荷载计算。

0.2 路基工程技术的现状及发展

中华人民共和国成立以来,我国在路基工程的建设上取得了难能可贵的成绩。特别是对特殊地区、特殊土路基以及各种复杂地形、地质、气候条件下的路基,无论在科研、工程实践水平、测试技术上都有很大发展和提高,积累了丰富的经验。在勘测手段上不断更新,如以钻孔配合地球物理勘探地层结构、强度、承载力等。在设计方面,用电子计算机对路基稳定、支挡结构进行优化设计;采用袋装砂井、塑料排水板、粉喷桩加固软土地基;采用锚定板、加筋土等轻型结构作支挡建筑;采用高分子聚合材料整治病害等。在施工方面,引进和研制了一些土石方挖、装、运机械;以核子密度仪快速控制填土压实质量;土石方调配方面也冲出了只满足移挖作填的思想束缚而讲究填料质量,用运筹学理论进行规划。为了保证并提高工程质量,在大量工程经验和理论研究资料的基础上,编制了《铁路路基设计规范》(TB 10001—2005)和《铁路特殊路基设计规范》(TB 10035—2006)等。

随着我国高速铁路、重载铁路和大运量铁路的兴建,对铁路路基工程的质量和标准提出了新的要求。虽然过去 50 年来路基工程取得了很大成绩,但为了适应上述要求,还存在着一些必须重视、亟待解决的问题。首先是路基施工必须满足技术标准的问题,尤其是基床直接受动荷载和季节循环的影响,并与轨道结构互相作用,没有稳定可靠的基床,轨道结构强度再高,也不能适应运量增长的需求。所以,在施工时就要严格把关,对基床土质和密度加强检测,健全施工管理制度。路基质量问题已逐渐被人们所认识和重视。根据运输发展的紧张趋势,提高客货列车速度和增大运量,已成为提高运输质量的主要目标,因此,只有保证施工质量,才能改变路基在铁路工程结构中历来是最薄弱环节的现状。其次,应继续组织路基科研工作,如在设计计算中研究计算机程序的成套设计,即软件包的使用;在抗滑支挡工程中黏性土抗滑桩中桩上荷载的研究;软土地基加固措施及设计计算方法的研究;运筹规划管理原则在施工中的应用;养护工作中处理基床病害的新材料、新技术的

开发；滑坡落石的报警装置；路堤和基底质量快速检测及安全性评判技术等都是国内外注意研究的课题，必须及时、因地制宜地将研究成果变成生产力，使我国的路基工程适应国家建设和国防要求。

0.3 路基工程常见病害及建筑要求

0.3.1 路基病害的类型及其防治

一、道砟陷槽及其整治

路基顶面在长期运营中，常常发生道砟压入路基内的现象，形成道砟陷槽。

道砟陷槽分为道砟槽、道砟箱、道砟袋和道砟囊四种不同形式。

（一）道砟槽

路基面上的坑洼分别分布在每根轨枕之下，彼此不连贯，使路基面发生锯齿状的变形。它是道砟陷槽的最初形式，深度可达 1m。

道砟槽的形成主要是路基顶面土的承载力不够、道砟厚度不足或压实不均匀所致，有的也由于先将轨枕直接铺在路基上，轨枕陷入路基形成道砟槽。

道砟槽的主要整治方法：

（1）削去道砟槽，换填砂砾或炉渣。

（2）换填不透水土，如在站场内路基上道砟槽削去不便时，可采用此法。

（3）封闭层法。

当基床病害主要是由于大气降水使亲水性强的填料软化而造成时，可以在基床顶部设封闭层，隔离地表水，防止下渗，从而使土体保持稳固。封闭层可以用土工聚合材料，如聚乙烯软板、氯丁橡皮软板、塑料油膏布、涂塑维尼纶布及塑料排水板等。铺设工作可结合线路大修进行，为了防止材料连接处地表水渗漏，聚合材料铺设均应搭接。搭接长应不小于 0.3m。聚合材料上下均应铺设砂层，层厚：上层 10~20cm，下层 5~10cm。在新线施工或病害段线路改建中，也可以用沥青土、沥青砂、水泥土、水泥三合土、石灰三合土及石灰碴三合土等铺垫，作基层的强化措施。对于有病害的路堤则应先清除病害后进行铺设。

（二）道砟箱

道砟箱是由道砟槽发展成几根轨枕下连通的坑洼，它是由于轨枕的移动或土的承载力不足形成的。

道砟箱的整治方法与道砟槽相同。但由于坑洼较大，积水较多，故有时需要设置横向盲沟，排除道砟中的积水。

（三）道砟囊及道砟袋

当基床土的密度不均匀，道砟在较软处压入较深，形成道砟囊。

在路基面上单个的互不相连、深度较大的陷槽（可达 3m 以上）称为道砟袋。

它是在道砟箱的发展过程中，由于使用不同性质的土填筑路堤或压实不均匀而形成的特别深的道砟陷槽。

对道砟囊及道砟袋的整治，可采用自边坡打入管子，疏干积水的方法，这种方法常可收到较好的效果。

二、路肩剪切挤起

在路堑地段，当路基顶面为不良土质或软质岩层时，可能先形成道砟陷槽，进而出现路肩剪切挤起或侧沟被剪裂的现象。侧沟积水或排水不畅，也有可能引起这种破坏。这是因为侧沟积水后，水便向路基渗入，使其承载力降低，为路肩隆起创造了条件。

对路肩剪切挤起的整治措施与前相同，但其中以换填砂垫层效果较好。

三、路基翻浆冒泥

路基顶面为黏土质土，饱水后成稀释状态的泥浆，在列车动压力作用下，泥浆受挤压沿道砟孔隙向上涌出的现象称为路基翻浆冒泥。我国南方多雨地区，此种现象较为普遍。

整治翻浆冒泥的主要措施如下：

(1) 铺设砂垫层。先削去路基面上的泥浆，做好路基排水横坡，然后在其上铺一层粗砂，夯实后再铺设洁净的道砟，砂垫层的厚度一般不小于 30cm。砂的粒径约为 1mm。铺设砂垫层适用于翻浆深度不大的情况。

(2) 设置封闭层。如采用砂垫层法有困难时，可采用封闭层法，使地表水不致下渗，泥浆不致上冒，并提高路基面承载能力。

(3) 换土。当翻浆较严重，深度较大，兼有路基隆起的情况时，可采用换土措施。

0.3.2 路基建筑要求

根据上述的路基特点，为使路基正常工作，路基建筑应满足如下要求。

一、路基必须平顺，路基面有足够宽度和上方限界

路基平顺状态指路肩高程和平面位置与线路平面、纵断面设计相符。路基的平面位置以其中心线表示。路基面宽度应满足轨道或路面铺设和养护要求。在路基面上方应有足以保证行车安全和便于线路维修养护的安全空间，当路基面上方或两侧有接近线路的建筑物时，必须按照铁路或公路限界的規定设置在限界范围以外。

二、路基必须坚固、稳定

不允许路基丧失稳定和产生容许限度范围以外的各种变形。由于未查清地质条件或设计施工不妥而导致路基失稳，如某软土地基上填筑的路堤，只填到 2~3m 就连同地基一起滑动，其影响范围纵横向均接近百余米，这种尚未建成已破坏的路基当然不能使用。由于基底土体压缩性大以及填筑不密实，预留沉落量不足，必然导致路基面下沉，所以应正确估算总下沉量及设法减少运营期的下沉量。因此，路基设计中，应采取必要的工程措施，以确保路基有足够的强度和稳定性。

三、路基的设计和施工应满足技术经济要求

路基修筑的经济效益不仅指设计施工的投资，而且包括日后维修养护的费用。同时，还要根据国家建设政策考虑少占农田，便利工农生产，便利人民生活。例如：结合当地水文条件，综合考虑水利规划；结合当地气候和劳动条件，合理安排工期；根据地形、建筑材料条件，制订土石方调配计划等。

总之，路基修筑是一项系统工程，要求技术上合理、经济上合算、建筑周期短，并与有关工程相协调。

0.4 路基支挡工程的作用及用途

路基支挡建筑物是指各种为使路基本体稳定,或者使与路基本体性质有关的周围土体稳定而修建的建筑物。在路基工程中,它常用于当路基或路堑的边坡因受地形限制,或因工程需要而不能按稳定要求修筑时。如路堑的高边坡,开挖后边坡大面积地暴露在大气、水和温度变化等自然因素作用的环境中,极易导致失稳,大量弃方可能无法安置;陡坡上的路堤,在下坡一侧需要收缩路堤边坡。此时可在边坡的坡脚设置挡土墙,承受山体压力,减少开挖量或收回物。在隧道的洞口、桥梁与路堤连接的桥台处和沿河路堤,都设有支挡建筑物。

在自然应力和附加荷载等因素的影响下,路基的稳固状态处于不断变化之中,为保证路基稳定,常采用一些加固措施,如改良边坡或地基的土质和设置支挡建筑物等。挡土墙就是其中之一,它被广泛地用于各种土建工程中。它的功能是抵抗土体的侧压力,防止墙后土体坍塌。

0.5 路基支挡工程的种类及简介

0.5.1 支挡结构的分类

支挡结构类型划分方法很多,一般有按支挡结构的材料、结构形式、设置位置、设置地区等进行划分的多种方法,现说明如下。

一、按结构形式分

- (1) 重力式挡土墙(包括衡重式挡土墙)。
- (2) 托盘式挡土墙和卸荷板式挡土墙。
- (3) 悬臂式挡土墙和扶壁式挡土墙。
- (4) 加筋土挡土墙。
- (5) 锚定板挡土墙。
- (6) 抗滑桩和由此演变而来的桩板式挡土墙。
- (7) 锚杆挡土墙。
- (8) 土钉墙。
- (9) 预应力锚索加固技术和由此发展而来的锚索桩等桩索复合结构。
- (10) 桩基托梁挡土墙。
- (11) 槽型挡土墙。
- (12) 桩板结构。

以上(2)~(12)均称为轻型挡土墙。

二、按设置支挡结构的地区条件划分

分为一般地区、地震地区、浸水地区,以及不良地质地区和特殊岩土地区等。

三、按支挡结构的材料划分

分为浆砌片石支挡结构(如浆砌片石挡土墙)和混凝土支挡结构(如混凝土挡土墙、抗

滑桩和桩板式挡土墙、槽型挡土墙、桩板结构等)、土工合成材料支挡结构(如包裹式加筋土挡土墙)以及复合型支挡结构(如卸荷板式或托盘式挡土墙、土钉墙、预应力锚索、锚索桩等)。

四、按支挡结构设置的位置划分

- (1) 用于稳定路堑边坡的路堑边坡支挡结构。
- (2) 用于稳定路堤边坡的路堤边坡支挡结构,又可分为墙顶与路肩一样平的路肩式支挡结构及墙顶以上有一定填土高度的路堤式支挡结构。
- (3) 用于稳定建筑物旁的陡峻边坡减少挖方的边坡支挡结构。
- (4) 用于稳定滑坡、岩堆等不良地质体的抗滑支挡结构。
- (5) 用于加固河岸、基坑边坡、拦挡落石等其他特殊部位的支挡结构。

0.5.2 常用支挡结构类型介绍

一、重力式挡土墙

主要依靠墙身自重维持稳定的挡土墙称重力式挡土墙(图 0-1)。

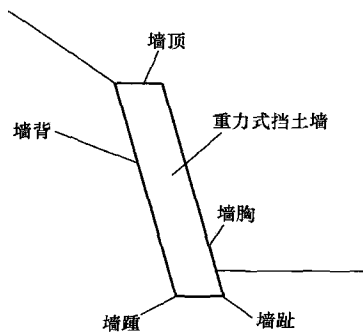


图 0-1 重力式挡土墙

重力式挡土墙指的是依靠墙体自重抵抗土压力、防止土体下滑的支挡结构。

我国的一些地区石料来源丰富,就地取材方便,再加上施工方法简单,因此,在过去很长一段时期内,石砌的重力式挡土墙是我国岩土工程中广泛应用的主要支挡结构。这种挡土墙形式简单,设计一般采用库仑土压力理论。当墙体向外变形,墙后土体达到主动土压力状态时,假定土中主动土压力滑动面为平面并按滑动土楔的极限平衡条件来求算主动土压力。在侧向土压力作用下,重力式挡土墙的稳定性的主要靠墙身的自重来维持,墙身一般采用浆砌片石来砌筑,有时也用混凝土。20 世纪 50 年代为适应西南山区地形陡峻的

特点,出现了我国独创的衡重力式挡土墙。衡重力式挡土墙最初在宝(鸡)成(都)铁路广元至略阳段使用。1959 年,铁道部第二勘测设计院在西安召开的全国塌方滑坡会议上介绍了这种新挡土墙形式,得到与会代表的赞许,随后在铁路路基工程中逐步推广,又由铁道部科学研究院、专业设计院、铁二院等单位联合开展了科研攻关,完善了衡重力式挡土墙按第二破裂面计算的理论,编制了有关的标准图,加快了在铁路系统的推广。衡重力式挡土墙是我国山区铁路应用较广泛的一种挡土墙形式,并已在公路其他行业中得到推广运用。

20 世纪 90 年代及 21 世纪第一个十年是我国道路建设飞速发展的年代,特别是铁路运营速度的不断提高,运营安全受到社会广泛关注,铁路挡土墙的安全也受到进一步的重视。以往由于挡土墙需要大量的浆砌片石,其砂浆质量及墙的整体砌筑质量不易保证,出于保证挡土墙质量的目的,2006 年《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025—2006)修编时明确规定:“重力式挡土墙墙身材料应采用混凝土或片石混凝土”,因此近几年来,铁路主要干线的重力式挡土墙的墙身材料均已采用混凝土或片石混凝土。

重力式挡土墙的主要特点:

- (1) 依靠墙身自重承受土侧压力。

(2) 一般用浆砌片石砌筑, 在缺乏石料地区或墙身较高时也用混凝土灌注。

(3) 形式简单、取材容易、施工简便。

(4) 适用于一般地区、浸水地区、地震地区等地区的边坡支挡工程, 当地基承载力较低时或地质条件较复杂时应适当控制墙高。

在路基工程中, 遇高填路堤、陡坡路堤、河岸路堤时, 常采用路肩墙 (图 0-2) 或路堤墙 (图 0-3), 防止路基边坡或基底滑动, 收缩填土坡脚, 减少土石方并少占农田; 在岸边修建的挡土墙还可保护路基不受水流冲刷, 保证库容或减少河床压缩量。

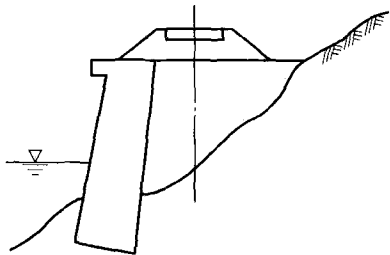


图 0-2 路肩墙

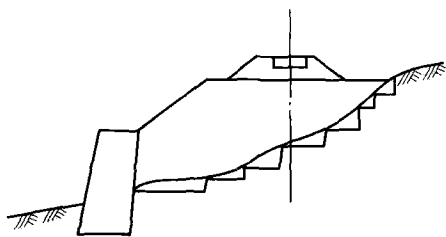


图 0-3 路堤墙

设置在路堑边坡的挡土墙称为路堑墙 (图 0-4), 可支撑开挖后不稳定的边坡, 减少刷方量, 降低刷坡高度。路堑挡土墙还常与拦石墙、护墙等综合使用 (图 0-5), 除支护边坡外还起基础的作用。此外, 还有支撑不稳定山坡的山坡挡土墙, 为避免侵占邻近线路的既有建筑物而修建的挡土墙, 为缩短隧道或明洞的长度而在洞口设置的挡土墙, 在车站上为旅客上下车或装卸货物方便而设置的站台墙以及桥头翼墙等。总之, 挡土墙在路基工程中被广泛应用。

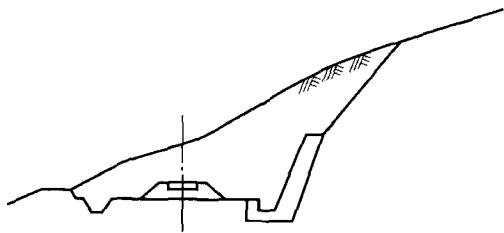


图 0-4 路堑墙

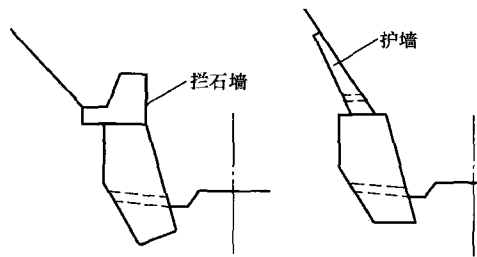


图 0-5 综合使用的路堑墙

选择挡土墙设计方案时, 应与其他方案进行技术经济比较。例如, 采用路堑或山坡挡土墙, 常需和隧道、明洞、棚洞或刷缓边坡的方案作比较; 采用路堤或路肩挡土墙, 须与栈桥或高填方等相比较, 以求工程经济合理。

重力式挡土墙用干砌片石、浆砌片石、混凝土及砖等土石圬工建造, 由于石料来源丰富、就地取材方便、不需复杂的施工设备和技术, 所以普遍使用。为适应各种不同地形、地质条件及经济要求, 重力式挡土墙墙背具有多种形式, 其中直线墙背最简单, 土压力计算也简便。直线墙背又可分为俯斜式、仰斜式和竖直式, 如图 0-6 (a)、(b)、(c) 所示, 如墙背多于一个坡度, 则有折线墙背和衡重式挡土墙, 如图 0-6 (d) 所示。

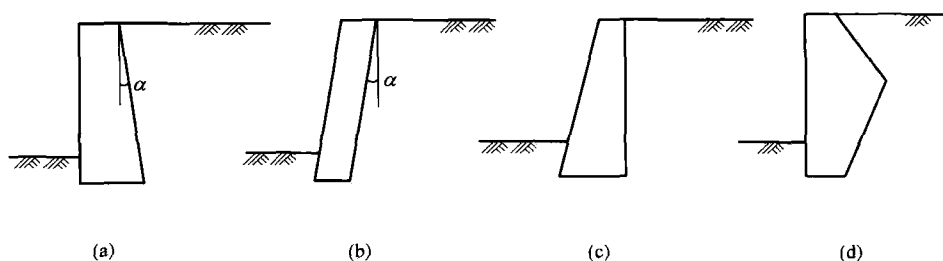


图 0-6 重力式挡土墙墙背形式

(a) 俯斜式; (b) 仰斜式; (c) 竖直线式; (d) 折线墙背

二、衡重式挡土墙

衡重式挡土墙的特点 (图 0-7):

- (1) 利用衡重台上的填土重量及墙体自重共同抵抗土压力以增加墙身的稳定性。
- (2) 由于墙胸坡陡、下墙背仰斜，在陡坡地区可降低墙高，减少基坑开挖面积。
- (3) 主要用于地面横坡较陡的路肩墙和路堤墙，也可用于拦挡落石的路堑墙。

三、卸荷板式挡土墙

衡重式挡土墙较以往的重力式挡土墙可节省圬工 20%~30%。但当挡墙较高时，墙身截面还是很大。因此，又出现了一种改进型的结构形式——卸荷板式挡土墙 (图 0-8)。

在地基承载力较高的情况下，卸荷板式挡土墙由于卸荷板的作用，使卸荷板上的填料作为墙体重量，而卸荷板又减少了衡重式挡墙下墙的土压力，增加全墙的抗倾覆稳定性，可节省墙体圬工，从而节省工程投资。前苏联、日本等国家在港工建筑物中对有卸荷板或卸荷平台的挡土结构研究较多，国内在港工建筑工程方面的应用也较早，主要用在重力式码头、坞墙及岸壁结构。交通部设计院、天津大学等单位对具有卸荷板或卸荷平台的港工结构的受力状态和计算方法进行过一些研究。铁路部门从 20 世纪 60 年代起曾对带卸荷板的挡土墙进行过一系列的研究。80 年代末又对卸荷板挡土墙特别是短卸荷板式挡土墙的受力状态进行了系统的分析。1990 年由铁道部第一勘测设计院主持并与西南交通大学、铁道部第四工程局合作，在侯 (马) 月 (山) 铁路上进行了结合工程的科学试验，总结出了短卸荷板挡土墙的设计计算方法，有关内容已纳入《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025—2006)。1996 年由铁道部第二勘测设计院设计、第二工程局施工，在南昆铁路建成我国第一座高托盘与卸荷板相接合的高托盘卸荷板式铁路路肩挡土墙。

卸荷板式挡土墙的特点:

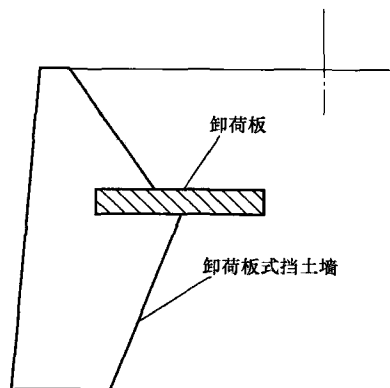


图 0-8 卸荷板式挡土墙

(1) 在衡重式挡墙的墙背设置一定长度的水平卸荷板, 卸荷板上的填料作为墙体重量。而卸荷板又减小了衡重式挡墙下墙的土压力, 增加全墙的抗倾覆稳定性。

(2) 地基强度较大地段、墙高大于 6m 时, 卸荷板式挡土墙与衡重式挡墙比较显示出优越性, 铁路系统目前在《铁路路基支挡结构设计规范》(TB 10025—2006) 中规定本结构使用范围为墙高大于 6m、小于 12m 的路肩墙。

四、托盘式挡土墙

20 世纪 60 年代, 成昆铁路在陡坡地区为降低墙的高度, 参照桥梁道砟托盘在浆砌片石挡墙顶部设置钢筋混凝土托盘式道砟槽, 设计了托盘路肩挡土墙。托盘式路肩挡土墙(图 0-9)是将卸荷板挡土墙及托盘路肩挡土墙二者融合在一起, 将衡重式路肩挡土墙上墙改为钢筋混凝土高托盘, 下墙墙身仍为浆砌片石。为保持平衡及减小下墙土压力, 托盘底部伸出一定长度, 形成卸荷平台。该结构半柔半刚, 受力明确、构造简单, 适用于陡坡地区和场地受限制地段应用, 可节省大量圬工和大幅度降低造价。托盘式挡土墙主要特点为:

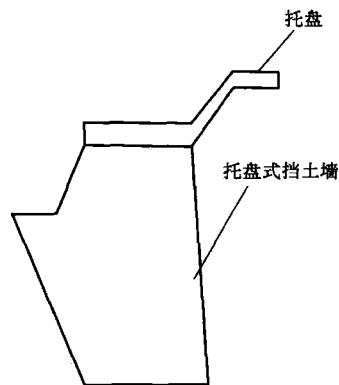


图 0-9 托盘式挡土墙

(1) 在挡墙顶部设置钢筋混凝土的托盘及道砟槽, 承受线路上部建筑和列车的重量。

(2) 在山区地面陡峻地带或受既有建筑物影响横向空间受限制时, 设置托盘式挡土墙可降低墙高和缩短横向距离。

(3) 要求挡墙的地基承载力较高。

五、悬臂式挡土墙

悬臂式挡土墙(图 0-10)指的是由立臂、墙趾板、墙踵板三个钢筋混凝土悬臂构件组成的挡土墙。悬臂式挡土墙构造简单, 施工方便, 能适应较松软的地基, 墙高一般在 6~9m 之间。当墙高较大时, 立臂下部的弯矩较大, 钢筋与混凝土的用量剧增, 影响这种结构形式的经济效果, 此时采用扶壁式挡土墙。悬臂式挡土墙的主要特点为:

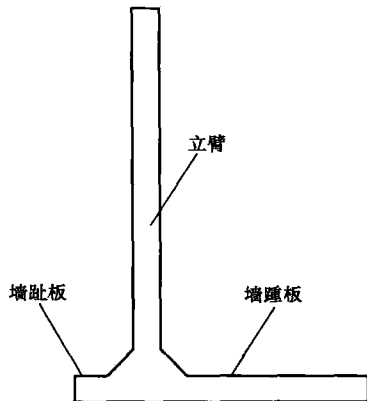


图 0-10 悬臂式挡土墙

(1) 采用钢筋混凝土材料, 由立臂、墙趾板、墙踵板三部分组成, 墙的断面尺寸较小。

(2) 墙高时立臂下部的弯矩较大。

(3) 宜在石料缺乏, 地基承载力较低的填方地段使用。

(4) 墙高不宜大于 6m, 当墙高大于 6m 宜在墙面板前加肋。

六、扶壁式挡土墙

扶壁式挡土墙(图 0-11)指的是沿悬臂式挡土墙的立臂, 每隔一定距离加一道扶壁, 将立壁与踵板连接起来的挡土墙。扶壁式挡土墙是路肩挡土墙的一种, 是将预制的挡墙板焊接在预埋于基础混凝土中的钢板上, 然后在其内倒填土的一种挡土墙形式。与其他几种形式的挡土墙比较, 扶壁式挡土墙具有节省占地空间、缩短施工工期、美化城市环境、较易施工等优点, 是城市公路工程立交桥引道中常用的一种挡土墙形式。扶壁式挡土墙构造简单、施工方

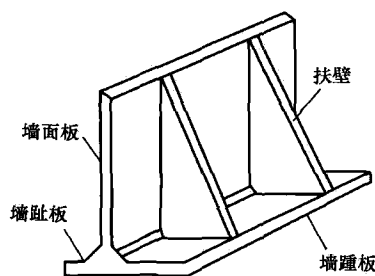


图 0-11 扶壁式挡土墙

便，墙身断面较小，自身质量轻，可以较好地发挥材料的强度性能，能适应承载力较低的地基。适用于缺乏石料及地震地区。一般在较高的填方路段采用来稳定路堤，以减少土石方工程量和占地面积。扶壁式挡土墙断面尺寸较小，踵板上的土体重力可有效地抵抗倾覆和滑移，竖板和扶壁共同承受土压力产生的弯矩和剪力，相对悬臂式挡土墙受力好。适用于 6~12m 高的填方边坡，可有效地防止填方边坡的滑动。扶壁式挡土墙的主要特点为：

(1) 当悬臂式挡土墙的立臂较高时，沿墙长方向每隔一定距离加一道扶壁，把墙面板和墙踵板连接起来，以减小立臂下部的弯矩。

(2) 扶壁式挡墙宜在石料缺乏，地基承载力较低的地段使用，墙高不宜大于 10m；装配式的扶壁式挡土墙不宜在不良地质地段或设计地震动峰值加速度为 0.2g（原八度）及以上地区采用。

七、锚杆挡土墙

锚杆挡土墙如图 0-12 所示。20 世纪 40~50 年代，美国、法国、原德意志联邦共和国等国家就开始利用锚杆加固水电站边坡、隧道及洞口边坡等。例如，1945 年，法国修建某大型混凝土建筑物时，发现附近的悬崖出现移动，为了保证其稳定，采用锚杆加固边坡。20 世纪 50 年代中期，在隧道衬砌中，开始采用小型永久性灌浆锚杆，随后，锚杆挡土墙和锚杆护壁在西方国家得到广泛运用。我国 20 世纪 50 年代开始引进锚杆技术，最初在煤炭系统中使用，随后又在水利、铁道、建筑、国防工程中逐渐推广。1966 年铁路部门在成昆铁路上首次将锚杆挡土墙用来加固边坡，成昆铁路共修建小锚杆（锚孔直径为 40~50mm）挡土墙

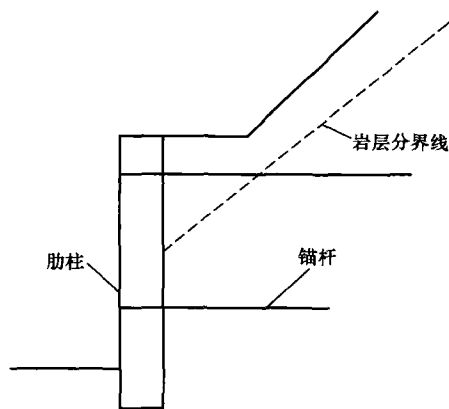


图 0-12 锚杆挡土墙

14 处、大锚杆（锚孔直径为 100~150mm）挡土墙 3 处，总长度为 1029m，锚杆类型为灌浆楔缝式、灌浆钢筋束式等，最大墙高为 16m。继而在川黔、湘黔、太焦、京九、南昆铁路等线上推广运用锚杆挡土墙。例如，衡（阳）广（州）复线旧横石车站的整体肋板式锚杆挡土墙（长 119m，高 10m），使用效果都很好。1990 年铁道部将锚杆挡土墙纳入《铁路路基支挡结构设计规则》中，并编制了相应的标准图供设计中运用，加速了这种结构在铁路中的推广使用。20 世纪 70 年代末、80 年代初，建筑、冶金等行业在高层建筑的深基坑支护中大量采用了锚杆加固技术。由于锚杆在土质边坡中的加固作用比较复杂，《土层锚杆设计与施工规范》（CEC 522—1990）（中国工程建设标准化协会标准）对永久性锚杆的使用作了一些限制，例如，永久性锚杆设计时必须先进行基本试验，永久性锚杆的锚固段不应设置在未经处理的有机质土、液限 $w_L > 50\%$ 的土层，相对密度 $D_r < 0.3$ 的土层等。铁路部门在 2001 年《铁路路基支挡结构设计规范》（TB 10025—2001）中规定锚杆挡土墙仅适用于一般地区岩质路堑地段。目前锚杆挡土墙在土质边坡的支挡工程中常用于临时加固工程，锚杆挡土墙的主要特点为：