

工作的开始系列

工作的开始

——公路工程施工技术

仇益梅 编

START



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

工作的开始系列

工作的开始—— 公路工程施工技术

仇益梅 编



机械工业出版社

本书为“工作的开始系列”中的一本,按公路工程的基本组成、施工流程、技术特性,详细阐述了现场施工技术人员在施工过程中应知应会的基本知识、关键技术和疑难问题,具有很强的实践性和指导性,是广大从事公路建设的工程人员步入工作岗位的一本实操作业书。其具体内容包括:路基工程施工准备、填方路基施工、挖方路基施工、石质路基爆破施工、特殊路基施工、路基施工质量管理及交工验收、路面工程施工准备、路面基层(底基层)施工、沥青混合料路面施工、水泥混凝土路面施工、水泥混凝土路面滑模施工技术、公路工程施工安全及环境保护、公路工程竣(交)工验收和缺陷责任期及专业术语概念释义等。

本书适合于公路工程施工技术人员,特别是刚走上工作岗位的大中专毕业生,对于高职高专的相关师生具有很好的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

工作的开始——公路工程施工技术/仇益梅编. —北京:机械工业出版社, 2010. 2

(工作的开始系列)

ISBN 978 - 7 - 111 - 29656 - 0

I. 工… II. 仇… III. 道路工程 - 施工技术 IV. U415.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 018328 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:薛俊高 责任编辑:薛俊高

版式设计:霍永明 责任校对:程俊巧

封面设计:马精明 责任印制:乔 宇

北京双青印刷厂印刷

2010 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×240mm·17.75 印张·391 千字

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 29656 - 0

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

为适应新形势下我国公路建设快速发展的需要，特别是针对刚步入公路建设行业的大中专毕业生，如何帮助他们快速地适应工作，完成从学生到一名公路施工技术人员角色转变，特策划编写了本书，希望本书能搭建起毕业学生从学校到职场过渡的桥梁。本书涉及内容广泛，编排合理，理论联系实践，突出针对性、实用性和前沿性。

本书依据行业对专业技术人才需求的基本特征，以适应社会需求为目标，以培养技术应用能力为主线，突出基础理论适度，技术应用能力强，职业综合素质高等特点，以“必需、够用”为主旨和特征构建起本书的内容。

该书的编写思路是：顺应行业发展的形势，保持服务公路交通的特色，适应宽口径高能型人才职业岗位的需要；密切关注我国公路工程施工技术的发展动态，充分考虑行业需求多样性的要求，以能力为核心，以实用和实效为原则；在总结经验的基础上，结合多年的教学、科研和生产实践经验，把握好技术发展和社会需求，注意体现原创性的内容。编写重点放在如何将所学理论知识转化为现场施工所需要的技能上，使内容达到先进性、合理性和实用性兼备；立足于公路工程建设的实际状况，把重点放在工程施工技术、质量控制与管理，以及对现场施工中所遇到问题的解决，并结合工程实际全面分析了公路工程常见病害的产生原因及防治措施；采用了国家和部颁的 latest 技术规范 and 标准，融入了现代公路工程建设的新知识、新技术、新工艺、新方法和新设备等。

由于编写时间紧迫，书中有不足、疏漏之处在所难免，恳请广大读者不吝赐教。

编 者
2010 年元月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 路基的类型与构造	7
1.3 路面的构造与分类	12
1.4 公路工程的施工准备	15
1.5 公路工程施工质量检验与评定*	22
1.6 质量缺陷和质量事故的处理	27
第2章 路基工程施工准备	32
2.1 概述	32
2.2 路基施工主要机械与应用	35
2.3 路基材料要求与质量控制	45
2.4 路基施工放样测量	47
2.5 试验路段的施工与总结报告	51
第3章 填方路基施工	52
3.1 概述	52
3.2 填土路堤施工	56
3.3 填石路堤施工	59
3.4 土石填方路堤施工	61
3.5 填挖结合路基、路堤与路堑 过渡段	62
3.6 桥涵及构造物处的填筑	62
3.7 路基压实	63
第4章 挖方路基施工	70
4.1 概述	70
4.2 挖方路堑施工技术与质量控制	73
4.3 路基排水设施施工	76
4.4 路基防护及支挡构造物施工	79
第5章 石质路基爆破施工	87
5.1 爆破作用原理与爆破材料	87
5.2 爆破在工程施工中的应用	92
5.3 爆破施工易出现的问题及处置	103

第6章 特殊路基施工	106
6.1 高填与深挖路基施工	106
6.2 软土地区路基施工	107
6.3 膨胀土地区路基施工	115
6.4 红黏土地区路基施工	116
6.5 黄土地区路基施工	117
6.6 多雨潮湿地区路基施工	119
6.7 冻土地区路基施工	120
6.8 岩溶地区路基施工	121
6.9 冬季与雨季路基施工	122
第7章 路基施工质量管理 及交工验收	124
7.1 路基整修	124
7.2 路基施工质量管理及交工验收	125
7.3 路基工程常见质量问题与防治	127
第8章 路面工程施工准备	130
8.1 概述	130
8.2 路面施工的准备工作的	131
第9章 路面基层（底基层）施工	135
9.1 概述	135
9.2 路面基层（底基层）施工准备	137
9.3 水泥稳定类基层（底基层）施工	140
9.4 石灰稳定类基层（底基层）施工	146
9.5 石灰粉煤灰类基层（底基层） 施工	152
9.6 级配碎（砾）石基层（底基层） 施工	156
9.7 路面基层（底基层）施工质量 管理及交工验收	161
第10章 沥青路面施工	164
10.1 概述	164
10.2 沥青路面材料要求与试验	166

10.3	沥青路面施工的机械设备与应用	171	第 12 章	水泥混凝土路面滑模	
10.4	沥青路面试验路段的铺筑	178		施工技术	228
10.5	热拌沥青混合料路面施工	179	12.1	概述	228
10.6	冷拌沥青混合料路面施工	187	12.2	水泥混凝土路面滑模施工准备	230
10.7	沥青贯入式路面施工	187	12.3	水泥混凝土路面滑模施工技术	
10.8	沥青表面处治路面		与质量控制	235	
	施工	189	12.4	滑模摊铺水泥混凝土路面施工	
10.9	透层、粘层施工	191	质量管理与交工验收	242	
10.10	沥青路面施工质量管理		第 13 章	公路工程施工安全及	
	及交工验收	193		环境保护	245
10.11	沥青路面常见质量问题与防治	195	13.1	公路工程施工安全	245
第 11 章	水泥混凝土路面施工	200	13.2	公路工程施工环境保护	248
11.1	概述	200	13.3	公路环保与景观设计	258
11.2	水泥混凝土路面材料要求与试验	201	第 14 章	公路工程竣(交)工验收及	
11.3	水泥混凝土路面施工的主要		缺陷责任期	260	
	机械及应用	206	14.1	公路工程竣(交)工验收	260
11.4	水泥混凝土路面的试验路段施工	209	14.2	缺陷责任期的工作任务	264
11.5	水泥混凝土路面施工	210	14.3	竣工资料及竣工文件编制	266
11.6	水泥混凝土路面施工质量管理		附录	常用术语	271
	及交工验收	223	参考文献	276	
11.7	水泥混凝土路面常见质量问题				
	及防治	225			

第1章 绪 论

1.1 概述

1.1.1 公路工程发展概况

根据《史记》记载,早在4000多年前,我国已有了车和行车的路。商代(约公元前1600年~公元前1046年)开始出现驿道。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km。西汉时期(公元前206年~公元前23年)设驿亭3万处,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做出了贡献。唐代(公元618~907年)是我国古代经济和文化的昌盛时期,建成了以长安城(今西安)为中心的约2.2万km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。

新中国成立前的1912~1949年,公路有了进一步发展,全国先后共修建了13万km公路。这些公路大多标准很低,设施简陋,路况很差。在历史的长河中,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和交流文化,对于维护民族团结和国家统一,都做出了巨大贡献。我国古代道路和桥梁建筑,在世界上曾处于领先地位,在世界道路交通史上留下了光辉的篇章。到了1949年我国维持通车的公路仅有8万km,全国有1/3的县不通公路,西藏地区没有一条公路。

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,人民生活水平逐步提高,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,国家实行了以经济建设为中心的政策,开始了建设有中国特色社会主义的新时代,公路建设也开创了崭新的局面。到2007年底,全国公路通车里程达到358.37万km,全国公路客、货运量分别达到205.07亿人和163.94亿t。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1988年第一条高速公路建成通车,实现零的突破后,我国的高速公路建设步伐逐年加快。1999年10月,通车里程突破1万km,居世界第四位;2000年末,1.6万km,居世界第三位;2001年末,1.9万km,居世界第二位;截止到2007年年底,我国已拥有高速公

路 5.39 万 km, 稳居世界第二位。20 多年来, 陆续投入运行的主要高速公路有京津塘、沈大、济青、开洛、京珠、广深、成渝、沪宁、沪杭、宁杭、桂柳、呼包、哈大、泉厦、石安、安新等线路。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。

京津塘高速公路是国务院正式批准建设的第一条高速公路, 这条长 142.69km 的高速公路是我国利用世界银行贷款进行国际公开招标建设, 也是第一次引入“菲迪克”(国际咨询工程师联合会)条款实施工程监理的高速公路。“菲迪克”模式引入的成功, 使我国公路建设管理体制改革一步到位, 与国际惯例相接轨。

根据国家高速公路网规划, 我国的高速公路正值快速建设时期。到 2020 年, 全国高速公路通车里程将达 8.2 万 km, 接近高速公路通车里程世界第一的美国 8.8 万 km 的规模, 可以覆盖 10 多亿人口。

路基路面直接承受行驶车辆的作用, 是公路工程的重要组成部分, 通常是根据车辆行驶的需要, 选用优质材料建成的。例如, 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。欧洲于公元前 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业的发展, 现代化公路的路基路面工程逐步形成了新的学科分支。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、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, 我国广大公路工程科技工作者, 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, 在公路工程建设和科学研究中, 取得了许多突破性的系列成果, 主要包括公路自然区划、土的工程分类、高路堤修筑技术与支挡结构、不良地基的处治技术、特殊路基的施工技术、岩石路基爆破技术、路面结构类型及路面设计理论与方法等。

1.1.2 公路工程的特点与性能

公路工程建设的特点是: 点多、线长、面广, 工程量大, 投资大, 影响因素复杂。路基和路面是公路工程的主体部分。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) 的要求开挖或填筑而成的岩土结构物。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。

公路工程的工程数量十分可观, 如微丘区的三级公路, 每千米土石方数量为 $8000 \sim 16000 \text{ m}^3$, 山岭、重丘区的三级公路每千米土石方数量可达 $20000 \sim 60000 \text{ m}^3$, 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。

公路工程是一项线形工程,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,建造出理想的公路工程结构。

随着公路等级的提高,几何线形的标准提高了,使得高等级公路的设计和施工均有别于一般公路。高等级公路具有以下特点。

1. 高填或深挖的路基增多

为了减少横向交通干扰,必须在高等级公路上设置供横穿公路的行人和车辆行走的设施。对于山丘区,可利用地形布置天桥式横穿道。对于平原区,则只能以提高路基填土高度来满足设置下穿式通道的要求。因此,在平原区修建高等级公路,其路基填土高度一般应在5m以上。

填土高度的增加,既增加了填土路堤的工程量,又要求填土材料具有良好的较均匀的性质,施工时含水量和压实度也应尽量均匀一致,以免引起路基发生过大或不均匀的沉降变形。

由于高等级公路线形要求纵坡平缓、弯道半径大,当路线通过山区或丘陵区时,则会出现较多的高填或深挖路段。对于深挖路堑,有可能因地质、土质和水文地质情况的变化,使路堑路基出现软弱土层及地下水侵蚀,而使道路基体强度降低。对于高填方路堤,应特别注重填筑质量。无论是深挖路堑还是高填路堤,均有高边坡的稳定问题,需要在设计和施工中考虑支挡、护坡及施工工艺的合理性。

2. 特殊地质条件的路段增多

由于高等级公路线形的重要性,路线通过不良地质地段的机会较多。尤其是丘陵区,往往由于深挖和高填,使路基坐落在软土或强风化岩层上的机会增多。在冲积平原和三角洲地区修建高等级公路,通常会遇到大面积和深层的软土地基。以上情况,对路基而言,则需要考虑换土或改良和加固路基土的问题,这就要求采取特殊的施工工艺。

3. 路线中的桥涵和通道增多

高等级公路一般采取全封闭或半封闭的方式,以保证车辆的快速通行和安全行驶。由于公路要通过广大农村地区,为解决农村人口生产和生活问题,需要增设较多的小桥和过水涵洞、灌溉虹吸管,以及行人或车辆的通道。对于这些情况,则要求路基施工时对桥涵和通道台背填土碾压密实。由于台背填土压实施工较麻烦,施工时常被放松和疏忽,日后则发生较明显的下沉,致使路基路面与桥涵、通道衔接不平顺,从而影响高速行驶。

4. 取土、弃土矛盾增大

当路线通过山岭区和丘陵区时,由于线形标准的提高,则设计时难以考虑好土方的填挖平衡,有可能增大借土的数量和带来公路用地范围的扩大。这些问题在设计时必须充分考虑到。当路线通过平原区时,由于路基两侧大都为良田,征地的费用较高,且我国的人均耕地极少,为了减小取土占地的矛盾,有时不得不将路基设计成高架桥的形式。

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。为了保证公路工程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,在公路工程结构内部产生应力、应变及位移。如果公路工程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,公路工程结构会出现沉陷,使路况恶化,服务水平下降。因此,要求公路工程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。公路工程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。

2. 稳定性

在天然地表面建造的道路结构物改变了地表自然的平衡,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。新建的公路工程结构袒露在大气之中,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。公路工程结构能否经受这种不稳定状态,而保护工程设计所要求的几何形态及物理力学性质,称为公路工程结构的稳定性。

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。例如,在软土地层上填筑高路堤,或者在岩质或土质山上开挖深路堑时,有可能由于软土层承载能力不足,或者由于坡体失去支承,而出现路堤沉降或坡体坍塌破坏。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。

大气降水使得公路工程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。水泥混凝土路面,如果不能及时将水分排出结构层,会产生唧泥现象,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、排水是确保公路工程稳定的重要环带。

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,导致路面翘曲破坏。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,导致公路工程发生严重的破坏。

3. 耐久性

公路工程造价大,从规划、设计、施工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10年以上,因此公路工程应具有耐久的性能。

公路工程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,提高公路工程的耐久性,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。

4. 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。不平整的道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,影响行车的速度和安全、驾驶的平稳和乘客的舒适性。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及轮胎的磨损,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,同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、车辙和推挤破坏,从而形成不平整的路面表面。

5. 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。雨天高速行车、紧急制动、突然启动或爬坡、转弯时,车轮也易产生空转或打滑,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。对于高速公路的高速行车道,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,如水泥混凝土路面刷毛或刻槽等。此外,道路表面的积雪、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。

6. 尽可能低的扬尘性及噪声

汽车在砂石路面上行驶,由于真空吸力的作用,将使面层表面或其中的细料被吸起而尘

土飞扬,导致路面松散、脱落和坑洞等破坏。扬尘还会加速汽车机械的损坏,造成污染,影响行车视距、旅客的舒适性及沿线居民的生活环境和生产条件等。

汽车在路面上行驶时,除发动机、摩擦等噪声外,路面的不平整引起车身的振动是噪声的又一来源。为了降低噪声,应提高路面施工的平整度。

1.1.3 公路工程强度与稳定性的影响因素及提高措施

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。平原区域地势平坦,排水困难,地表易积水,地下水位相对较高,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。

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、温度、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,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路面的稳定性,如果处理不当,常会引起各种病害。

5. 土的类别

土是修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,公路工程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,使局部土层湿度大大增加,造成路基冻胀,最后导

致路基翻浆、路面结构层断裂等各种破坏。

由于公路工程的强度与稳定性受水、温度、土质等方面的影响,为保证公路工程强度和稳定性,必须深入进行调查研究,细致分析各种自然因素与公路工程的关系,抓住主要问题,采取有效措施。保证与提高公路工程强度与稳定性的主要措施如下:

- 1) 合理选择路基断面形式,正确确定边坡坡度;
- 2) 选择强度和水温稳定性良好的土壤筑路堤,并采用正确的施工方法;
- 3) 充分压实土基,提高土基的强度和水稳定性;
- 4) 搞好地面排水,保证水流畅通,防止路基过湿或水毁;
- 5) 保证路基有足够高度,使路基工作区保持干燥状态;
- 6) 设置隔离层或隔温层,切断毛细水上升,阻止水分迁移,减少负温差的不利影响;
- 7) 采取边坡加固与防护措施,以及修筑支挡结构物。

1.2 路基的类型与构造

1.2.1 路基的典型横断面

通常根据公路路线设计确定的路基高程与天然地面高程是不同的,路基设计高程低于天然地面高程时,需进行挖掘;路基设计高程高于天然地面高程时,需进行填筑。由于填挖情况的不同,路基横断面的典型形式可归纳为路堤、路堑和填挖结合三种类型。路堤是指全部用岩土填筑而成的路基,路堑是指全部在天然地面开挖而成的路基,一侧在天然地面之下开挖而另一侧在天然地面之上填筑时为填挖结合路基(也称为半填半挖路基),在丘陵或山区公路上,填挖结合是路基横断面的主要形式。

1. 路堤

填方路堤的几种横断面形式如图 1-1 所示。按路堤的填土高度不同,划分为矮路堤、高路堤和一般路堤。填土高度小于 1.0 ~ 1.5m 者属于矮路堤,填土高度大于 18m (土质) 或 20m (石质) 的路堤属于高路堤,填土高度在 1.5 ~ 18m 之间的路堤为一般路堤。随着其所处的条件和加固类型的不同,还有浸水路堤、护脚路堤及挖沟填筑路堤等形式。

矮路堤常在平坦地区取土困难时选用。平坦地区地势低,水文条件较差,易受地面水和地下水的影响,设计时应注意满足最小填土高度的要求,力求不低于规定的临界高度,使路基处于干燥或中湿状态。路基两侧均应设边沟。

矮路堤的高度通常接近或小于路基工作区的深度,除填方路堤本身要求满足规定的施工要求外,天然地面也应按规定进行压实,达到规定的压实度,必要时进行换土或加固处理,以保证路基路面的强度和稳定性。

填方高度不大, $h = 2 \sim 3\text{m}$ 时,填方数量较少,全部或部分填方可以在路基两侧设置取土坑,使其与排水沟渠结合。为保护填方坡脚不受流水侵害,保证边坡稳定性,可在坡脚与

沟渠之间预留 1~2m 甚至大于 4m 宽度的护坡道。地面横坡较陡时,为防止填方路堤沿山坡向下滑动,应将天然地面挖成台阶,或设置石砌护脚。

高路堤的填方数量大,占地多,为使路基稳定和横断面经济合理,需进行个别设计。高路堤和浸水路堤的边坡可采用上陡下缓的折线形式或台阶形式,如在边坡中部设置护坡道。为防止水流侵蚀和冲刷坡面、高路堤和浸水路堤的边坡,须采取适当的坡面防护和加固措施,如铺草皮、砌石等。

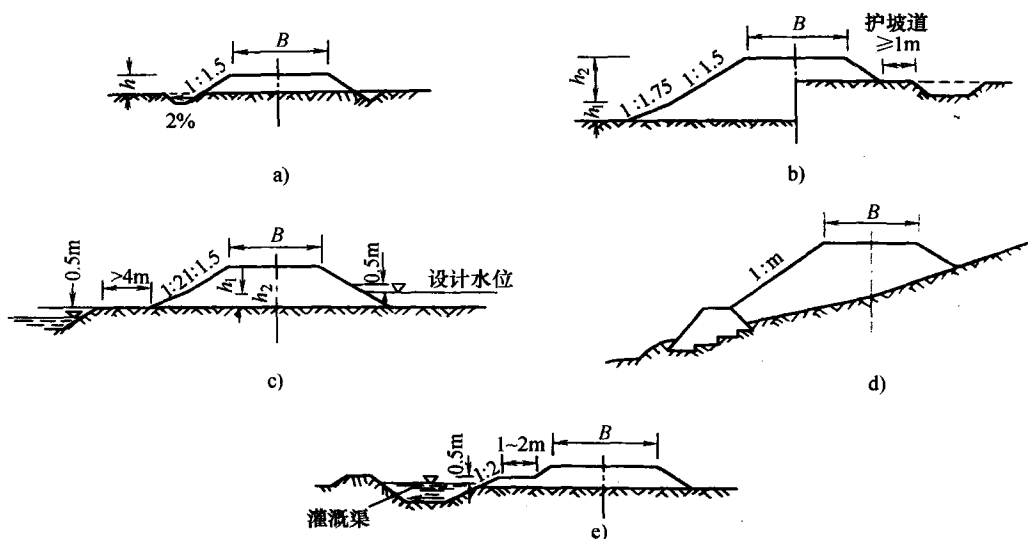


图 1-1 路堤常用横断面形式

a) 矮路堤 b) 一般路堤 c) 浸水路堤 d) 护脚路堤 e) 挖渠路堤

2. 路堑

挖方路堑路基的几种常见横断面形式如图 1-2 所示,有全挖路基、台口式路基及半山洞路基。挖方边坡可视高度和岩土情况设置成直线或折线。挖方边坡的坡脚处设置边沟,以汇集和排除路基范围内的地表径流。路堑的上方应设置截水沟,以拦截和排除流向路基的地表径流。挖方弃土可堆放在路堑的下方。边坡坡面易风化时,在坡脚处及坡面适当位置设置 0.5~1.0m 的碎落台,坡面可采取防护措施。

陡峻山坡上的半路堑,路中线宜向内侧移动,尽量采用台口式路基(图 1-2b),避免路基外侧的少量填方。遇有整体性的坚硬岩层,为节省石方工程,可采用半山洞路基(图 1-2c)。

挖方路基处土层地下水状况不良时,可能导致路面的破坏,所以对路堑以下的天然地基要人工压实至规定的压实程度,必要时还应翻挖,重新分层填筑、换土或进行加固处理,加铺隔离层,设置必要的排水设施。

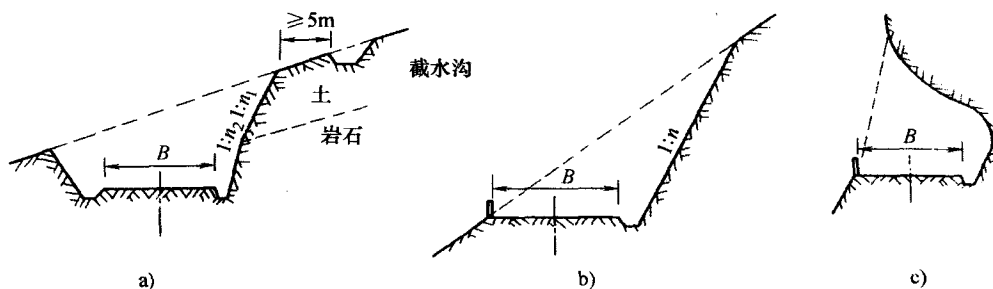


图 1-2 路堑路基的常用横断面形式

a) 全挖路基 b) 台口式路基 c) 半山洞路基

3. 填挖结合路基

填挖结合路基的几种常见横断面形式如图 1-3 所示。位于山坡上的路基，通常取路中心的高程接近原地面高程，以便减少土石方数量，保持土石方数量横向平衡，形成填挖结合路基。若处理得当，路基稳定可靠，是比较经济的断面形式。

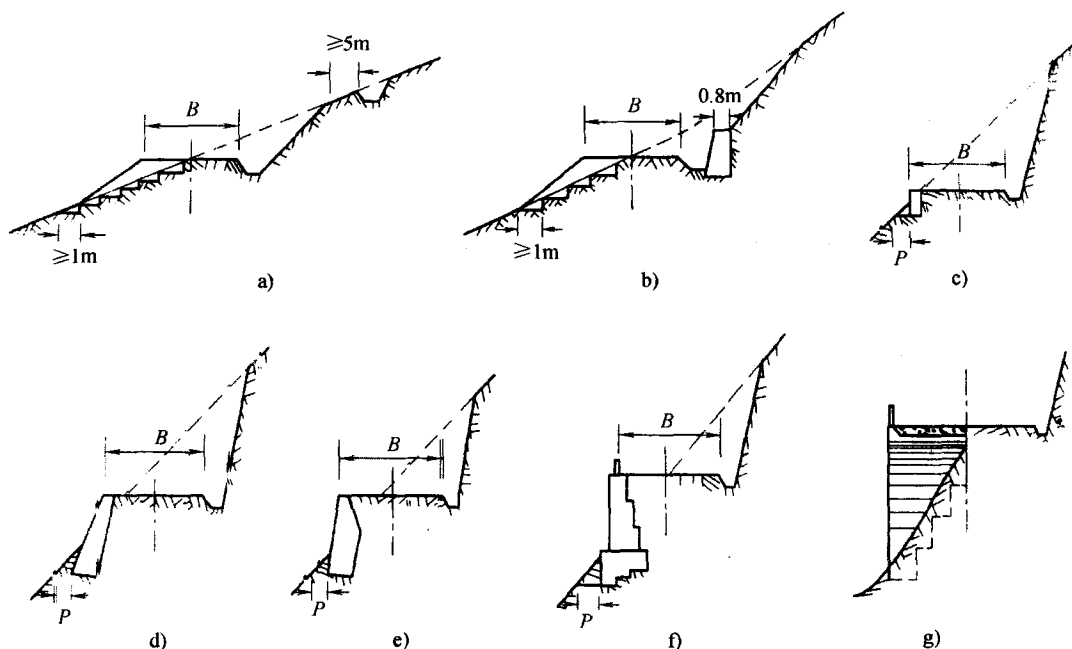


图 1-3 填挖结合路基的常用横断面

a) 一般填挖路基 b) 矮挡土墙路基 c) 护肩路基 d) 砌石护坡路基
e) 砌石护脚路基 f) 挡土墙路基 g) 半山桥路基

填挖结合路基兼有路堤和路堑两者的特点,上述对路堤和路堑的要求均应满足。填方部分的局部路段,如为原地面的短缺口,可采用砌石护肩。如果填方量较大,也可就近利用废石方,砌筑护坡或护墙,石砌护坡和护墙相当于简易式挡土墙,承受一定的侧向压力。有时填方部分需要设置路肩(或路堤)式挡土墙,确保路基稳定,进一步压缩用地宽度。石砌护肩、护坡与护墙以及挡土墙等路基,参阅图 1-3c~f。如果填方部分悬空,而纵向又有适当的基岩时,则可以沿路基纵向建成半山桥路基,如图 1-3g 所示。

上述三类典型路基横断面形式各具特点,分别在一定条件下使用。由于地形、地质、水文等自然条件差异很大,且路基位置、横断面尺寸及要求等亦应服从于路线、路面及沿线结构物的要求,所以路基横断面类型的选择必须因地制宜、综合设计。

1.2.2 路基的基本构造

路基的基本构造(几何构造或几何要素)主要指路基宽度、路基高度和路基边坡坡度。

公路路基的宽度指的是路基某一横断面上两路肩外缘之间的宽度,它一般为行车道与路肩宽度之和。当设有中央分隔带、变速车道、爬坡车道、紧急停车带时,尚应包括这部分的宽度。公路等级越高,路基的宽度越大。

路基高度是指路堤的填筑高度或路堑的开挖深度,是路基设计高程与原地面高程之差。

由于原地面横向往往倾斜,在路基宽度范围内,两侧的相对高差常有不同,通常,路基高度是指中心线处的设计高程与该处原地面高程之差,但对路基边坡高度来说,则指坡脚、坡顶边缘高程与路肩边缘高程之差。所以,路基高度有中心高度与边坡高度之分。在正常条件下,可根据土质类别的不同,将边坡高度小于 1m 的填方路基称为矮路堤,将大于 18m(土质)或 20m(石质)的填方路基视为高路堤,将大于 20m 的挖方路基视为深路堑。

为保证路基稳定而在其两侧做成的具有一定坡度的坡面称为路基边坡。公路路基的边坡坡度可用边坡高度 H 与边坡宽度 b 的比值表示,并取 $H=1$ 。路基边坡坡度对路基的稳定性起着重要的作用,边坡坡度的大小取决于边坡的土质、岩石的性质及水文地质条件等自然因素和边坡的高度。

1.2.3 路基土的分类及工程特性

1. 路基土的分类

我国公路用土依据土的颗粒组成特征、塑性指标和有机质存在的情况,分为巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土 4 类,并进一步细分为 11 种土。土的颗粒组成特征可用不同粒径粒组在土中的百分含量表示。不同粒组的划分界限及范围见表 1-1。土的分类如图 1-4 所示。

表 1-1 不同粒组的划分界限及范围

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)	砾石			砂			粉粒	黏粒
		粗	中	细	粗	中	细		

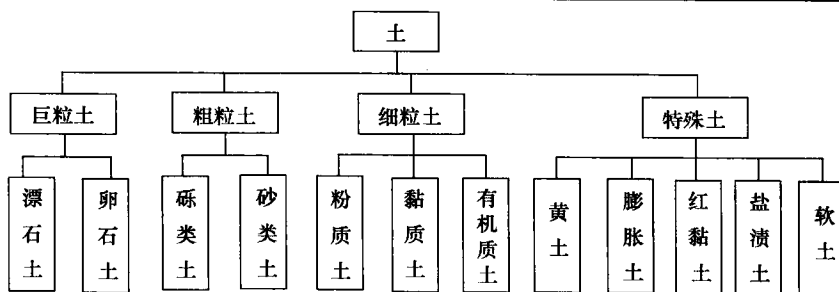


图 1-4 土的分类

2. 土的工程性质

各类公路用土具有不同的工程性质，在选择路基填筑材料和路面结构层稳定土时，应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，亦可用于砌筑边坡。

级配良好的砾石混合物料，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，毛细水上升高度小，具有较大的内摩擦系数，强度和水稳定性均好。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。

砂性土含有一定数量的粗颗粒，又含有一定数量的细颗粒，级配适宜，强度、稳定性等都能满足要求，是理想的路基填筑材料。例如，细粒土质砂土，其粒径组成接近最佳级配，遇水不黏着，不膨胀，雨天不泥泞，晴天不扬尘，便于施工。

粉性土含有较多的粉土颗粒，干时虽有黏性，但易于破碎，浸水时容易成为流动状态。粉性土毛细作用强烈，毛细水上升高度大，在季节性冰冻地区容易造成冻胀、翻浆等病害。粉性土属于不良的公路用土，如必须用粉性土填筑路基，则应采取技术措施改良土质并加强排水，采取隔离水等措施。

黏性土中细颗粒含量高，土的内摩擦系数小而黏聚力大，透水性小而吸水能力强，毛细