

Shuini Hunningtu Lumian Shigong yu Shigong Jixie

水泥混凝土路面施工与施工机械

材料 · 施工 · 设备

何挺继 胡永彪 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是一本系统论述水泥混凝土路面材料、施工成套机械设备及其施工工艺方面的著作。内容包括水泥混凝土路面基本知识、水泥混凝土路面材料、路面施工工艺与施工技术、路面施工成套设备及其结构原理和运用、施工设备保养维修、水泥混凝土路面质量管理及质量检测仪器设备等。

本书内容丰富新颖,系统全面,理论联系实际,照顾了不同层次和不同需求的读者。本书可作为从事水泥混凝土路面施工的土木技术人员、机械技术人员和管理人员的参考书,也可作为从事水泥混凝土路面机械及施工技术理论研究学习的教师、研究生、本专科生的学习参考用书。

水泥混凝土路面施工与施工机械

材料·施工·设备

何挺继 胡永彪 编著

版式设计:刘晓方 责任校对:张捷 责任印制:

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

印刷厂印刷

开本:787x 1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 插页: 字数: 千

1999年5月 第1版

1999年5月 第1版 第1次印刷 总第1次印刷

印数:0001—4000册 定价:30.00元

ISBN 7-114- -

前 言

水泥混凝土路面是公路,特别是高速公路的主要路面结构形式之一。与其它路面相比,水泥混凝土路面具有强度高、寿命长、品质好、磨损小、环境适应性好、施工进度快、能充分利用丰富的地方建材资源等优点。水泥混凝土路面在我国公路建设和发展中,将占有越来越大的比例。

水泥混凝土路面施工涉及到路面材料的组成和性质、施工机械的性能与使用、施工工艺与施工技术以及施工的组织、管理等。也就是说,水泥混凝土路面施工综合应用了土木工程、机械工程和管理工程的相关知识。

现代公路施工已发展到采用大型成套机械设备,实现机械化施工的新阶段。这就要求有与之相适应的施工方法和施工技术,要求工程技术人员具备先进的综合技术水平和现代化的组织管理水平,从而达到提高机械化施工的效能和施工质量的目的。

水泥混凝土路面的施工方式主要有固定。模式施工、滑模式施工和摊铺碾压施工三种。滑模式施工成套机械设备使路面施工达到一个新水平,每个台班修筑路面可达 1km。特别是水泥混凝土搅拌自动化和路面摊铺的自动化等导致了施工过程控制的自动化。这不仅提高了劳动生产率,而且提高了施工工序所要求的精度,提高了施工机械的可靠性和寿命,降低了劳动强度,保证了施工安全,从而提高了路面产品质量。

编著此书的目的在于,让正在从事或准备从事水泥混凝土路面施工的机械技术人员、土木技术人员和组织管理人员,获得更广泛和扎实的知识。作者在多年从事教学、研究、试验和产品设计工作所积累的成果及国内外有关资料的基础上,试图从材料到工艺、从机械结构原理到使用维修保养、从质量保证体系到施工质量控制等做一系统论述。从而为培养人们的现代创新思维、业务技能和认真务实的工作态度提供帮助。

全书共十章,由西安交通大学何挺继编著第一、二、四、五、六、十章,胡永彪编著第三、七、八、九章。

由于作者水平所限,书中难免出现缺点和错误,恳请读者批评指正。

编著者

1999年3月

目 录

第一章 公路基本知识.....	1
§ 1.1 公路用途及分类	1
§ 1.2 公路的基本构成	3
§ 1.3 路基	3
§ 1.4 路面	5
§ 1.5 筑路材料	9
第二章 碾压水泥混凝土(RCC)	21
§ 2.1 碾压水泥混凝土的特点.....	21
§ 2.2 碾压水泥混凝土的配合比设计.....	22
§ 2.3 碾压水泥混凝土的振动密实特性.....	27
§ 2.4 碾压水泥混凝土的工程力学性质.....	29
§ 2.5 碾压水泥混凝土的螺旋分料特性.....	34
第三章 水平滑模施工水泥混凝土	41
§ 3.1 水平滑模施工.....	41
§ 3.2 新拌滑模混凝土的稠度与固化.....	44
§ 3.3 新拌滑模混凝土的工程力学性质.....	47
§ 3.4 新拌滑模混凝土的振动密实.....	57
§ 3.5 滑模混凝土配合比设计.....	62
第四章 水泥混凝土路面施工	68
§ 4.1 水泥混凝土路面结构.....	68
§ 4.2 水泥混凝土路面施工.....	70
§ 4.3 水泥混凝土路面施工主要配套机械设备.....	76
§ 4.4 轨道与滑模式摊铺的施工组织.....	78
第五章 水泥混凝土生产及运输机械设备	87
§ 5.1 水泥混凝土搅拌设备.....	87
§ 5.2 水泥混凝土运输设备.....	99
第六章 RCC路面施工机械与施工工艺	102
§ 6.1 RCC路面施工机械的选型	102
§ 6.2 RCC路面材料拌和设备	106
§ 6.3 RCC路面摊铺设备	109
§ 6.4 RCC路面碾压设备	112
§ 6.5 RCC路面施工工艺	118
第七章 固模式水泥混凝土路面机械及施工.....	124

§ 7.1	固模式水泥混凝土路面机械配套	124
§ 7.2	轨道式水泥混凝土路面摊铺机	127
§ 7.3	固模式水泥混凝土路面附属机械及小型机具	136
§ 7.4	固模式水泥混凝土路面施工组织工艺	142
第八章	滑模式水泥混凝土路面机械及施工.....	154
§ 8.1	滑模式水泥混凝土路面机械设备选型与配套	154
§ 8.2	滑模式水泥混凝土摊铺机一般结构	159
§ 8.3	四履带滑模式摊铺机典型结构	165
§ 8.4	四履带滑模式摊铺机性能	178
§ 8.5	滑模式摊铺机液压和电气原理	193
§ 8.6	滑模式水泥混凝土路面施工组织工艺	200
第九章	水泥混凝土路面工程质量管理.....	207
§ 9.1	全面质量管理	207
§ 9.2	质量保证体系	210
§ 9.3	质量管理方法	214
§ 9.4	施工质量控制	223
§ 9.5	质量检验与竣工验收	235
第十章	水泥混凝土路面施工机械技术保修.....	242
§ 10.1	机械技术保修的一般知识.....	242
§ 10.2	水泥混凝土路面施工机械的保养.....	244
§ 10.3	水泥混凝土路面施工机械的小修.....	250
	主要参考文献.....	253

第一章 公路基本知识

§ 1.1 公路用途及分类

交通运输已成为国民经济现代化的重要支柱行业。国民经济要发展,交通运输必先行,交通运输必须适应现代工业化发展的进程,这是世界上先进工业国家证实了的一条经验。

现代交通运输是由铁路、公路、水运、航空和管道五种运输方式所组成的。这五种运输方式相互分工、相互连接、取长补短、协调发展,形成统一的综合运输体系,在社会主义建设事业中发挥着巨大的作用。

公路是汽车及其它车辆行驶的专用通道,是公路运输的基础设施。特别是高速公路,它不仅具有汽车专用,而且具有汽车分隔行驶、全部立交、控制出入以及高标准、设施完善等功能。与一般公路相比,具有车速高、通行能力大、运输费用省、行车安全等优点。因此,高速公路已成为公路运输的主干道。

公路运输在交通运输体系中占有较大的比重,在国民经济中发挥越来越重要的作用,特别是高速公路在公路总里程中的增加,使公路运输在国民经济建设中的重要作用更加突出,显示出良好的发展前景。

公路运输具有以下特点:

1. 机动灵活性高。能够在需要的时间、规定的地点迅速地集散运送物资;
2. 迅速、快捷、直达性好。能在货物集散点直接装卸而不经中转,这不仅节约运转时间,而且可以节约运输费用、减少货物的损失,其效益明显;
3. 适应性强,覆盖面广。与其它运输方式相比,受固定性或特殊性交通设施限制较少,服务对象可直达到工厂、企业、村镇以及个人住宅地;
4. 经济效益、社会效益显著。

由于高速公路的迅速发展,汽车运输速度、运载能力的大大提高,公路运输已成为世界各国广泛采用的一种运输方式,也将成为我国的主要交通运输方式。

在 1998 年颁发实施的《公路工程技术标准》(JT J 001—97,以下简称《标准》)中,把公路按其使用任务、功能和适应的交通量分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路五个等级,各等级又根据地形规定了不同的计算行车速度。

高速公路为专供汽车分向、分车道行驶并全部控制出入的干线公路。

四车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 25 000 ~ 55 000 辆;

六车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 45 000 ~ 80 000 辆;

八车道高速公路一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量

为 60 000 ~ 100 000 辆。

其它公路为除高速公路以外的干线公路、集散公路、地方公路,分四个等级。

一级公路为供汽车分向、分车道行驶的公路,一般能适应按各种汽车折合成小客车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 15 000 ~ 30 000 辆。

二级公路一般能适应按各种车辆折合成中型载货汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 3 000 ~ 7 500 辆。

三级公路一般能适应按各种车辆折合成中型载货汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为 1 000 ~ 4 000 辆。

四级公路一般能适应按各种车辆折合成中型载货汽车的远景设计年限年平均昼夜交通量为:双车道 1 500 辆以下;单车道 200 辆以下。

各级公路的远景设计年限:高速公路和一级公路为 20 年;二级公路为 15 年;三级公路为 10 年;四级公路一般为 10 年,也可根据实际情况适当调整。

各级公路的主要技术指标汇总如表 1-1 所示。在确定道路技术等级和技术标准时,应密切结合路线所经过地区的地形以及路线的运量大小,可以全线采用一个技术等级,也可适当分段采用不同的技术等级。

各级公路主要技术指标汇总简表

表 1-1

公路等级		高速公路						一级		二级		三级		四级	
计算行车速度 (km/h)		120			100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
车道数		8	6	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	1 或 2	
行车道宽度 (m)		2× 15.0	2× 11.25	2× 7.5	2× 7.5	2× 7.5	2× 7.0	2× 7.5	2× 7.0	9.0	7.0	7.0	6.0	3.5 或 6.0	
路基 宽度 (m)	一般值	42.50	35.00	27.50 或 28.00	26.00	24.50	22.50	25.50	22.50	12.00	8.50	8.50	7.50	6.50	
	变化值	40.50	33.00	25.50	24.50	23.00	20.00	24.00	20.00	17.00				4.50 或 7.00	
极限最小半径 (m)		650			400	250	125	400	125	250	60	125	30	60	15
停车视距(m)		210			160	110	75	160	75	110	40	75	30	40	20
最大纵坡(%)		3			4	5	5	4	6	5	7	6	8	6	9
车辆 荷载	计算荷载	汽车 - 超 20 级						汽车 - 超 20 级 汽车 - 20 级		汽车 - 20 级		汽车 - 20 级		汽车 - 10 级	
	验算荷载	挂车 - 120						挂车 - 120 挂车 - 100		挂车 - 100		挂车 - 100		履带 - 50	

注:本表仅为简单汇总,所列各项技术指标应按有关条文规定选用。

我国按行政管理体制,根据公路的位置以及在国民经济中的地位 and 运输特点,又把公路分为国道、省道、县道、乡道以及专用公路,实行分级管理。

国道是国家的干线公路,是以首都为中心,连接各省、自治区、直辖市、各大军区、重要大中城市、港站枢纽、工农业基地的主要干线公路。

省道是以省会、自治区首府、直辖市为中心,联系本地区重要城市、交通枢纽、工农业基地的干线道路。

县道是具有全县意义的公路及县与县的联络线。乡道是直接或主要为乡、村内部经济、文化、行政服务和乡、村与外部联系的公路。

专用公路是工厂、矿山、农场、林区等部门为专门运输而修建的公路。

公路建设必须重视环境保护。修建高速公路和一级公路以及其它有特殊要求的公路时,应做出环境影响评价及环境保护设计。

§ 1.2 公路的基本构成

公路是供汽车或其他车辆行驶的一种线形带状结构体。它是由路基、路面、桥梁、涵洞和隧道等基本部分组成。此外,还有路线交叉、防护工程和交通工程及沿线设施等。

路基是路面、路肩、边坡、边沟等部分的基础,如图 1-1 所示。它是按照路线的平面位置和设计高程在地面上开挖和填筑成一定断面形式的线形人工石料构造物。路基作为行车部分的基础,必须保证有足够的强度和稳定性,能防止水及其它自然灾害的侵蚀。

路面是公路表面部分。它是用一定级配的混合料铺筑于路基之上的单层或多层结构物。路面要求平整,具有足够的强度,良好的稳定性和抗滑性能。路面质量的好坏,直接影响到行车的安全性、舒适性和车辆的通行能力。

图 1-1 路面和路基

桥涵是公路跨越河流、山谷、通道等障碍物而架设的结构物。一般用钢筋混凝土、块石等材料建造而成。

隧道是连接山岭两侧公路的一条山洞。隧道修筑施工技术复杂,工程造价比一般路面高,但它缩短了两地间行车距离,提高了公路的技术等级,保证了行车快速安全,从而降低运输成本。

公路防护工程是对路基进行防护和加固,以保证路基的强度和稳定性,从而维持正常的汽车通行和行车安全。

公路交通工程及沿线设施是指:(1)交通安全设施,如护栏、护墙、护柱等;(2)交通管理设施,如指示标志、警告标志、指路标志、紧急电话等;(3)防护设施,如防沙栅栏、防雪走廊等;(4)收费设施,如公路通行费收费站等;(5)监控系统,如中心监控室、通讯系统、监控设施等;(6)供电与通风消防防灾系统;(7)服务设施,如汽车站、加油站、修理站、停车场、餐厅等;(8)公路养护管理房屋;(9)公路沿线的绿化等。

§ 1.3 路 基

公路路基是公路的主体,是路面的基础。路基贯穿一条公路的全线,并与沿线的桥梁、涵洞和隧道等连接。路基支承路面,并与路面共同承受汽车载荷的作用。没有一个稳定、坚固的路基就不会有一个好的路面。路基松软会产生下沉,造成路面不平整,影响行车速度和安全舒适

性。因此,对路基的设计和修筑是公路建设中极其重要的一环。

一、路基的基本要求

由于路基在公路中的重要作用,在路基设计中,除要求路基有正确、合理的断面尺寸外,还应满足以下要求:

1. 具有足够的整体稳定性

路基是在地面上填筑或开挖而建成的,路基修建成后,一般都改变了原地面的自然平衡状态。为了防止路基在行车荷载、自重和自然因素作用下产生变形,失去整体稳定性,造成破坏,就必须采取一定的措施,如排水、支撑、加固等,来保证路基的整体稳定性。

2. 具有足够的强度

路基的强度,是指路基抵抗变形的能力。在公路路面的行车荷载、路面和路基自身的重力以及自然因素(地质、水文和气候等)的影响下,路基会发生变形,过大的变形会降低路面的使用状况,甚至会造成破坏。因此,为保证路基不发生超过允许范围的变形,要求路基必须具有足够的强度。

3. 具有足够的水—温稳定性

路基在地面水和地下水的作用下,其强度将发生显著降低。特别是在季节性冰冻地区,由于周期性的冻融作用,土体会发生冻胀和水分聚积,造成路基填土松软,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,而且应保证在最不利的水—温条件下,路基不会冻胀和强度不致显著降低,这就要求路基具有足够的水—温稳定性。

二、路基横断面型式

路基的横断面型式是根据地形条件设计而成的,道路设计标高与天然地面标高不同,会出现路基断面的填挖情况。通常将路基断面划分为路堤(填方路基)、路堑(挖方路基)和半填半挖路基三种类型,如图 1-2 所示。路堤是高于天然地面,全部用岩土填筑而成的路基;路堑是低于天然地面,在原地面开挖而成的路基;当原地面横坡较大时,需一侧开挖而另一侧填筑,这样的路基称为半填半挖路基。

图 1-2 路基横断面型式

a) 路堤; b) 路堑; c) 半填半挖路基

路堤填土高度低于 1m 为矮路堤,1~18m(土质)或 1~20m(石质)为一般路堤,高于 18m(或 20m)为高路堤。

路堤边坡坡度的大小关系到边坡稳定性和工程造价。边坡愈陡,稳定性愈差;边坡愈缓,土石方用量愈大,造价愈高,且受水冲刷面积越大。因此,在确定边坡时,要权衡利弊,力求合理。路堑边坡坡度与开挖深度有关。深度越大,边坡应越小,其坡度应根据边坡高度、土石料种类与性质、地面水和地下水情况及施工方法等来确定。

半填半挖路基介于路堤和路堑两者之间,其路基的稳定性与原地面的横坡坡度大小、边坡填筑方式、边坡坡度大小等因素有关。

三、路基宽度与路基压实

公路路基宽度为行车道与路肩宽度之和。当设有中间带、变速车道、爬坡车道、应急停车带时,应包括这些部分的宽度。

各级公路路基宽度,一般规定如表 1-2 所示。

公路路基宽度

表 1-2

公路等级		高速公路						一		二		三		四	
计算行车速度 (km/h)		120			100	80	60	100	60	80	40	60	30	40	20
车道数		8	6	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	1 或 2	
路基宽度 (m)	般值	42.5	35.0	27.5 或 28.0	26.0	24.5	22.5	25.5	22.5	12.0	8.5	8.5	7.5	6.5	
	变化值	40.5	33.0	25.5	24.5	23.0	20.0	24.0	20.0	17.0				4.5 或 7.0	

公路路基应充分压实,达到一定的密实度,以保证路基的稳定性和足够的强度。各级公路路基的密实度应符合表 1-3 中的规定值。

公路路基压实度

表 1-3

填挖类别	路床顶面以下深度 (cm)	高速公路、一级公路 (%)	二、三、四级公路 (%)
零填及挖方	0 ~ 30	95	93
填方	0 ~ 80	95	93
	80 ~ 150	93	90
	> 150	90	90

注: 表列数值以重型击实试验法为准;

特殊干旱或特殊潮湿地区的路基压实度,表列数值可适当降低。

§ 1.4 路面

路面是公路的重要组成部分,它是用各种筑路材料铺筑在路基上的构造物。路面的主要任务是保证车辆快速、安全和舒适地行驶,特别是高速公路对路面的质量有很高的要求,以保证公路快捷、高效的运输功能。

一、路面的基本要求

路面不但直接承受汽车载荷的作用,还要抵御自然因素的影响,因此,公路路面的好坏直接影响到行车安全、行车速度和运输的经济性,同时也会影响到公路使用寿命。因此,对路面的质量和使用性能必须提出一定的要求。

1. 强度和刚度

汽车和车辆在路面上行驶时,车轮作用给路面垂直力和水平力(分纵向和横向水平力)。此外,路面还受到车辆行驶时所产生的震动、冲击力的作用,在汽车身后还会产生真空吸力的作用。在这些外力的共同作用下,路面会产生不同的压应力、拉应力和剪应力。如果路面结构整体或某一组成部分所受应力超过承受能力,即超过路面的强度极限,路面就会出现断裂、沉陷、波浪和磨损等破损现象,影响正常的行车,重者会造成交通中断。因此,必须保证路面整体结构及其组成部分有足够的强度,以抵御车辆施加给路面的作用力,避免路面被破坏。

刚度是指路面抵抗变形的能力。路面整体结构或某一组成部分虽然有足够的强度,但若刚

度不足时,路面在车辆载荷作用下,也会产生变形、波浪、车辙及沉陷等破损现象。因此,不但要研究路面结构应力与刚度,还要考虑到路面荷载与变形,要求路面具有足够的刚度,使路面整体结构及其各组成部分的变形量控制在容许范围内。

2. 稳定性

路面不仅承受车载荷作用,还坦露在大气之中,经常受到水和温度的影响,使路面物理性能、力学性能发生变化,造成强度和刚度的不稳定。例如,沥青路面在夏季高温时会变软产生车辙和推移;冬季低温时又可能出现收缩、变脆开裂等。水泥混凝土路面在高温时可能发生拱胀开裂;低温时,可能出现收缩裂缝;温度急骤变化时,也可能出现翘曲而破坏。特别是砂、石路面,在雨季水渗入路面,使含水量增大、强度下降,产生沉陷、裂缝等现象。土基受到水分下渗,也会降低强度。因此,要考虑到地区气候条件、路面材料组成,使路面结构具有良好的稳定性。

3. 表面平整度

表面平整度是路面质量好坏的重要指标之一,它直接影响到汽车及其它车辆的行车速度、安全性和舒适性。表面平整度差,会造成车辆行驶阻力增大、行车颠簸,也容易引起车辆零部件的损坏。同时由于车辆颠簸振动对路面施加冲击力也会加速路面的破坏。因此,要求路面应有良好的平整度。特别是高速公路,由于车速快,要求路面有很高的平整度,这样才能满足高速行驶的要求。

平整的路面要靠良好的路面材料,很好的施工工艺、施工方法和施工机械以及优良的施工质量来实现。另外,还要注意经常性的维护保养工作。

4. 表面抗滑性

所谓抗滑性,是汽车或其它车辆在路面行驶时抗滑移(或滑转)的能力。光滑路面的附着系数小,车轮与路面间没有足够的附着力和摩擦阻力,车辆高速行驶或者雨天行车时,如遇转弯,突然制动停车就会打滑,严重者会造成行车交通事故。因此,路面表面应具有足够的抗滑性能,特别是高速公路,车速快,路面抗滑性就显得更加重要,它不仅可保证行车安全,而且可以提高汽车运营的经济效益。

路面的抗滑性能可以通过采用坚硬、耐磨、表面粗糙的骨料作为路面表层铺筑材料来实现。有时也可采用一些施工方法来提高路表面的抗滑性能,如水泥混凝土路面的拉毛、拉槽等。另外路面的积雪、结冰、尘土污物等也降低路表面的抗滑性,应及时清除、加强养护。

5. 耐久性

路面长期承受行车载荷作用和冷热、干湿气候等自然条件的影响,使用一定年限后,会出现疲劳破坏和塑性变形,路面材料也会出现老化而导致面层破损,路况变差,使用性能降低。因此,在路面修筑时,要选用有足够疲劳强度,抗老化、抗变形能力好的路面材料,以提高路面的耐久性,延长路面的使用寿命。

二、路面分级与分类

1. 按照路面面层结构、材料组成、使用品质以及强度和稳定性,将路面分为高级路面、次高级路面、中级路面和低级路面四个等级。路面等级一般按表 1-4 选用。

路面等级

表 1-4

公路等级	高速公路	一	二	三	四
采用的路面等级	高级	高级	高级或次高级	次高级或中级	中级或低级

(1) 高级路面

一般适用于交通量大、行车速度高的高速公路、一级公路或二级公路。其特点是路面强度高、稳定性好、使用寿命长。但修筑投资较大,对铺筑材料、施工都有较高的要求。由于高级路面平整、质量好,所以它能满足大交通量,保证车辆高速行驶,降低运输成本,具有良好的社会效益。

(2)次高级路面

一般适用于交通量较大、行车速度较高的二、三级公路。与高级路面相比,它的强度与稳定性较差,使用寿命较短,行车速度也较低,养护费用和运输成本也较高,但它的造价要低一些。

(3)中级路面

一般适用于交通量不大的三、四级公路。它的强度低,稳定性和平整度差,易扬尘,使用年限短,养护工作量大,运输成本高。但由于铺筑材料要求不高,所以它的造价较低。

(4)低级路面

适应交通量很少的四级公路。它的强度、刚度很低,水稳定性和平整度也差,易扬尘、只能低速度行车,要求对路面经常养护修理,但造价低。

2. 按照路面结构在行车荷载作用下的力学特性,将路面分成柔性路面和刚性路面两大类。

(1)柔性路面

柔性路面包括各种基层(水泥混凝土路面基层除外)、各类沥青混凝土面层、碎(砾)石面层或块石面层组成的路面结构。柔性路面刚性小,抗弯拉强度低,在车辆荷载作用下产生的弯沉变形大,使土路基受到较大的单位压力。因而,土路基的强度和稳定性对整个路面结构有较大的影响。

(2)刚性路面

刚性路面主要是指用水泥混凝土作面层或基层的路面结构。水泥混凝土的强度高,特别是它的抗弯拉强度较柔性路面结构高得多。它的弹性模量也较柔性路面结构大得多,板体呈现较大刚性,在车辆荷载作用下,传给基层的单位压力就小。

应当补充指出,用石灰或水泥稳定土或处治碎(砾)石,以及用各种含水硬性结合料的工业废渣修筑的基层,在前期具有柔性路面的力学特性,后期强度和刚度均有较大增大,但最终抗弯拉强度和弹性模量仍较刚性基层低。因此,也有把这种基层称为半刚性基层,把这种基层的路面称为半刚性路面。

公路路面面层类型以及适用的路面等级见表 1-5。

路面面层类型

表 1-5

路面等级	面层类型	路面等级	面层类型
高级路面	1. 沥青混凝土 2. 水泥混凝土	中级路面	1. 碎、砾石(泥结或级配) 2. 半整齐石块 3. 其它粒料
次高级路面	1. 沥青贯入式 2. 沥青碎石 3. 沥青表面处治	低级路面	1. 粒料加固土 2. 其它当地材料加固或改善土

三、路面结构

1. 路面横断面

路面横断面可分为槽式和全铺式两种:

(1)槽式横断面

一般公路路面都采用槽式横断面,如图 1-3 a)所示。它是在路基上按路面设计宽度范围将路基挖成与路面厚度相同的浅槽,在槽内铺筑路面。

(2)全铺式横断面

全铺式横断面是在路基全部宽度内都铺筑路面。这种路面中部较厚,两边逐渐减薄。其断面如图 1-3 b)所示。在低级路面、沙漠地区(为固定路肩砂土)以及较窄的路基铺筑中多采用这种横断面形式。

图 1-3 路面横断面形式

a)槽式; b)全铺式

1-路面; 2-土路肩; 3-路基; 4-加固路肩; 5-路缘石。

2. 路拱及路拱横坡度

路拱是将路面铺筑成中间高、两边低的形状,目的是为了及时排出路面上的雨水、减少雨水在路面上停留以及对路面的浸湿和渗透。常采用直线形和抛物线形两种路拱形式。

路拱横坡坡度应考虑有利于行车平稳和路面排水,应根据路面类型和当地自然条件,可按表 1-6 选用。高级路面透水性小、平整度和水稳性好,可用低值;低级路面采用较高值;干旱和有积雪和浮冰的地区也应用低值;潮湿多雨地区可选用高值。六车道、八车道的高速公路宜采用较大的路面横坡。

路肩横向坡度一般应较路面横向坡度大 1% ~ 2% 。

路 拱 坡 度

表 1-6

路 面 类 型	路 拱 坡 度 (%)	路 面 类 型	路 拱 坡 度 (%)
沥青混凝土、水泥混凝土	1 ~ 2	碎、砾石等粒料路面	2.5 ~ 3.5
其它沥青路面	1.5 ~ 2.5	低级路面	3 ~ 4
半整齐石块	2 ~ 3		

各级公路应根据当地降水与路面的具体情况设置必要的排水设施,及时将降水排出路面,保证行车安全。高速公路和一级公路的路面排水,一般由路肩排水与中央分隔带排水组成;二级及二级以下公路的路面排水,一般由路拱坡度、路肩横坡和边沟排水组成。

3. 路面结构

路面结构一般由面层、基层(含底基层)与垫层组成,见图 1-4。

(1)面层

面层是路面结构的表层,它直接承受行车荷载,并受自然因素的影响。因此,要求面层应有足够的强度和刚度,稳定性好。另外,面层也应有良好的平整度、抗滑性能,以保证车辆安全、平稳地通行。

面层材料主要有水泥混凝土、沥青混凝土、沥青碎(砾)石混合料、碎(砾)石掺土或不掺土混合料和块石等。

面层可分两层或三层铺筑。如高速公路路面铺筑把沥青混凝土作为路面面层上层,沥青碎石作为面层下层,在基层上加铺联结层(一般采用沥青碎石或沥青贯入式),加强面层与基层的共同作用,将它也视为面层的组成部分。

(2) 基层

基层是面层以下的结构层。它主要起支撑路面面层和承受由面层传递来的车

图 1-4 路面结构

1-面层; 2-基层; 3-垫层; 4-路缘石; 5-加固路肩; 6-土路肩

辆载荷作用力。因此,基层应有足够的强

度和刚度。基层也应有平整的表面,以保证面层厚度均匀、平整。基层还可能受到地表水和地下水的侵入,故应有足够的水稳定性,以防湿软变形而影响路面结构强度。

《标准》中规定:高速公路、一级公路的基层,应采用水泥稳定粒料、石灰粉煤灰稳定粒料、沥青混合料以及级配碎砾石等材料铺筑,高速公路、一级公路底基层和二级及二级以下公路基层和底基层,除上述类型材料外,也可采用水泥稳定土、石灰稳定土、石灰粉煤灰稳定土、石灰工业废渣、填隙碎石等或其它适宜的当地材料铺筑。

基层有时可分两层或三层(当基层较厚或采用两种以上混合料时)铺筑,其上层仍称基层,下层则称底基层,它的强度要求较低,可采用当地材料修筑。

(3) 垫层

垫层设在基层和土基之间,其功能是隔水、排水、防冻、改善基层和土基的工作条件。在地下水位较高的路基上铺设的能起隔水作用的垫层称隔离层;在冻深较大的路基上铺设的能起防冻作用的垫层称防冻层。

垫层材料不要求强度高,但要求水稳定性和隔热性能好。常用垫层材料有砂、砾、炉渣或片(圆)石组成的透水性垫层和石灰土或炉渣石灰土等组成的稳定性垫层。

《标准》规定:各级公路当需要设置垫层时,一般可采用水稳定性好的粗粒料或各种稳定类材料铺筑。

为了保护路面面层的边缘,其基层宽度较面层每边至少宽出 0.25m,垫层宽度较基层每边至少宽出 0.25m,或与路肩同宽,以便排水。

位于路面外缘至路基边缘的部分称为路肩。路肩可以偶尔承受车辆荷载的作用和临时停车使用,它可全部或部分修筑成硬路肩。路肩横坡度一般应略大于路面的横坡度,土路肩横坡度应较路面横坡度大 1% ~ 2%。

§ 1.5 筑路材料

公路的修筑是将各种筑路用材料(通称道路建筑材料)经不同配比混合后,按公路结构设计要求施工铺筑而成的构造物。公路修建的好坏,除与设计、施工以及施工组织管理等有关外,道路建筑材料的好坏也是关键因素之一。筑路材料的性质对公路的使用性、坚固性、耐久性及使用年限都起着重要的作用,特别是高速公路,对筑路材料有着更高的要求。

筑路材料费用在公路工程造价中约占 60% 以上。因此,合理地选择和使用材料,充分发挥材料的性能在降低公路工程造价,延长其使用寿命方面是非常重要的。

筑路材料在公路工程中承受着复杂的行车荷载的作用和外界自然因素的影响。因此,要求材料具有良好的物理性质、力学性质、化学性质和工艺性质,以抵抗复杂的外力作用和抗拒温度、雨水、冻融等自然因素的影响。

公路修筑中使用的材料包括:土质材料、砂石料、石灰和水泥、水泥混凝土、沥青材料、沥青混合料以及高分子合成材料等。

一、土质材料

构成地壳表面地层的岩石,经过物理—化学风化过程的影响而形成土。在零上温度,土是多质相的,由三种相组成:固相、液相、气相。在零下温度,土的成份中还包括冰。固相是由矿物微粒与有机杂质构成的混合物;液相由各种盐溶液水构成;气相由空气、水蒸汽及一些其他气体构成。

土骨架由砂、粉尘及粘土三种微粒组成。粒径 $2 \sim 0.05\text{mm}$ 的微粒属于砂微粒;粒径 $0.05 \sim 0.005\text{mm}$ 的微粒属于粉尘微粒;粒径小于 0.005mm 的微粒属于粘土微粒。含有不少于 82% 砂微粒及不多于 3% 粘土微粒的土被称为砂土。含有多于 25% 粘土微粒的土被称为粘土。含有不少于 50% 的砂,3% ~ 12% 的粘土的土属于亚砂土。含有 12% ~ 25% 的粘土微粒的土属于亚粘土。如果土中含有的粉尘微粒多于砂微粒,就称为粉土。

砂土是一种很好的路基建造成材料。其加工处理与压实容易,在浸湿时强度降低不大。抗流水冲蚀作用不好是砂土,特别是轻砂的缺点。为了防止水冲蚀,路基坡要求密实。

粘土用于干旱地区高路堤修建。在浸湿时,和其他类型土相比它的粘土强度大大降低。

亚砂土适用于路堤修建。其加工处理与压实容易,而且在温度提高时能保持稳定。

亚粘土广泛地用于路基修建。虽然在浸湿时其强度大大降低,而且砂及亚粘土的强度变得更小。

在进行土处理之前要确定其用于路堤修筑的条件。主要是用砂及亚砂土修筑。亚粘土用于路堤的下层(距路面 $0.8 \sim 1.2\text{m}$ 以下)。不提倡用重粘土修筑路堤,因为捣碎土团并把这种土压实到整体状态是困难的。

为了评价作为土方工程介质的土,必须了解其主要物理机械特性:平均密度、干密度、可松散性、湿度、粘性等。

在正常湿度下单位体积的质量(包括被矿物微粒和气孔占用的体积)被称为土的平均密度。平均密度用 kg/m^3 表示,土的平均密度均在 $1\,000 \sim 2\,500\text{kg}/\text{m}^3$ 之间变化。

干密度适用于压实度评价。该密度用单位体积中的固相质量测定(用 g/cm^3 表示)。在压实之后其密度为 $1.4 \sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 。

可松散性:在处理过程中土的体积增大性质被称为可松散性。在松散时土的平均密度相应地降低。松散系数用松散土的体积与其所占有的自然存在体积之比来描述。松散系数平均值根据土的形式、湿度及处理方法在 $1.08 \sim 1.32$ 范围之间波动(最大值属于粘土)。

土壤湿度:土壤气孔中所含水的体积与土成分中固体微粒体积之比,用百分比表示。同一种土往往有不同的湿度。在气孔中所含的水少于 $1/3$ 体积时,这种土被认为是干土;所含的水占气孔体积的 $1/3 \sim 2/3$ 时认为是湿润土;大于 $2/3$ 认为是湿土。

粘性是土的基本强度特性。粘性用粘接两个土微粒的单位力来进行评定。土的粘着力在同一湿度下随压实度的提高而加大,而在同一密度下随湿度的增加而下降。

了解土处理的困难程度在公路建设中具有十分重要的意义。按土处理的困难程度将土划

分成几个主要组: I——最容易加工处理的土(容易的); II——中度的; III——困难的; IV——多石的预先被崩松了的岩层; V ~ V I——各种硬岩层。

二、砂石材料

公路建设用石料在碎石厂或采石场用机械加工的方式从岩石中获取。

根据地质起源, 岩石有火山岩(岩浆岩)、沉积岩(层状岩)、变质岩(变态岩)之分。

花岗岩、闪长岩、辉绿岩及其他由岩浆凝固与结晶而生成的晶状组织岩石都属于火山岩。

石灰岩、砂岩、介壳石灰岩都叫沉积岩。它们通过河流、海洋的水介质中的物质沉积而生成。沉积岩的强度比火山岩低。

由火山岩与沉积岩在高压作用下生成的岩石叫变质岩。大理岩、片麻岩、石英岩都属于变质岩。

强度是岩石的主要特性。强度是以试件(尺寸 $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$, 或直径和高为 5cm 的圆柱体)被破坏(挤压下的强度极限)的最大挤压应力值计算。岩石根据抗压强度(M Pa)极限划分为下列几个级别: 强度很高的为 120M Pa 以上、强度高的为 $80 \sim 120\text{M Pa}$ 、中强度的为 $60 \sim 80\text{M Pa}$ 、强度弱的为 $30 \sim 60\text{M Pa}$ 、强度很弱的为小于 30M Pa 。石料强度技术分级见表 1-7 所示。

道路建筑用石料强度技术分级标准表

表 1-7

岩石类别	主要岩石名称	石料等级	技术标准		
			极限抗压强度 (饱水状态) (M Pa)	磨耗率	
				搁板式磨耗机试验法 (%)	双筒式磨耗机试验法 (%)
1	2	3	4	5	6
I、岩浆岩类	花岗岩、玄武岩、安山岩、辉绿岩等	1	> 120	< 25	< 4
		2	100 ~ 120	25 ~ 30	4 ~ 5
		3	80 ~ 100	30 ~ 45	5 ~ 7
		4	—	45 ~ 60	7 ~ 10
II、石灰岩类	石灰岩、白云岩等	1	> 100	< 30	< 5
		2	80 ~ 100	30 ~ 35	5 ~ 6
		3	60 ~ 80	35 ~ 50	6 ~ 12
		4	30 ~ 60	50 ~ 60	12 ~ 20
III、砂岩与片岩类	石英岩、片麻岩、花岗片磨岩等	1	> 100	< 30	< 5
		2	80 ~ 100	30 ~ 35	5 ~ 7
		3	50 ~ 80	35 ~ 45	7 ~ 10
		4	30 ~ 50	45 ~ 60	10 ~ 15
IV、卵石	—	1	—	< 20	< 5
		2	—	20 ~ 30	5 ~ 7
		3	—	30 ~ 50	7 ~ 12
		4	—	50 ~ 60	12 ~ 20

砾石、碎石及砂用于路面铺筑及水泥混凝土拌和料制备。

砾石, 是由于岩石自然破裂的结果, 并由不同粒径滚圆矿物碎石组成的沉积松散的岩石。根据产处可区分为冰川的、河流的、湖泊的、海洋的、山体的及沟壑的等各种砾石。如果砾石中含有 50% 以上的砂, 那么这种材料就称为砾石—砂混合料。将砂筛分及分离后获得的砾石被称为优质砾石。砾石可按粒径大小划分为下列粒级: 粗粒砾石 $40 \sim 70\text{mm}$; 中粒砾石 $20 \sim 40\text{mm}$; 小粒砾石 $10 \sim 20\text{mm}$; 细料砾石 $5 \sim 10\text{mm}$ 。

岩石用机械破碎后获得的碎石混合料被称为碎石。根据碎石粒径划分为下列粒级:5~10mm、10~20mm、20~40mm、40~70mm。碎石粒的形状应该接近立方体。

用于建造基础的水泥混凝土拌和料制备用碎石或砾石颗粒的最大尺寸不应大于70mm。而用于路面铺筑的不能大于40mm。在碎石及砾石中会遇到其长或宽超过厚度3倍的板状或针状颗粒。用于水泥混凝土拌和料制备的碎石和砾石中不应含有多于25%的板状与针状颗粒,而粉状及粘土颗粒也不应超过1%。

在缸筒中挤压破碎的自然石碎石的标号应高于混凝土标号:不低于标号C300以下的混凝土1.5倍;不低于标号C300及以上的混凝土2倍。

天然砂与人工砂广泛地用于水泥混凝土拌和料制备。

天然砂形成于火山岩、沉积岩或变质岩的风化。人工砂通过破碎硬岩而获取。

粒度是砂的主要特征之一。为了评定颗粒组成引入了细度模数(M_f)的指标。为了测定 M_f ,将砂试料在网孔尺寸为10mm、5mm、2.5mm、1.25mm、0.63mm、0.315mm、0.16mm、<0.16mm的格筛上筛分,并确定全部剩余量。细度模数是各号筛的累计筛余百分率之和除以100之商。根据细度模数值可划分砂的粗度:粗砂 $M_f=3.1\sim 3.7$;中粗砂 $M_f=2.3\sim 3.0$;细砂 $M_f=1.6\sim 2.2$;特细砂 $M_f=0.7\sim 1.5$ 。在用于拌和料制备的砂中粉状的及粘土微粒不应超过3%,而且不能含有机杂质存在。

为保证硬化后的混凝土有足够的强度和耐久性,节约水泥用量,要求细集料的细度模数大于2.5。

三、水泥材料

水泥(或沥青)等能将矿质混合料胶结起来的材料称为胶凝材料(又称结合料或粘接料)。胶凝材料按其化学成分分为有机和无机胶凝材料。而无机胶凝材料按其能否在水中硬化,又分为水硬性胶凝材料(如水泥材料)和非水硬性胶凝材料(如石灰等)。

在水泥混凝土路面与桥梁工程中通常应用的水泥有:硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥等五大品种水泥,其中硅酸盐水泥应用最为普遍。此外,由于道路路面工程对水泥的特殊要求,近年来道路水泥已投入生产。

1. 硅酸盐水泥

硅酸盐水泥(国外通称的波特兰水泥)由硅酸盐水泥熟料0%~5%石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料。

硅酸盐水泥分两种类型,不掺加混合材料的称I型硅酸盐水泥,代号P·I,在硅酸盐水泥熟料粉磨时掺加不超过质量5%石灰石或粒化高炉矿渣混合材料的称II型硅酸盐水泥,代号P·II。

硅酸盐水泥的主要原料是石灰质原料和粘土质原料。石灰质原料(如石灰石、白垩、石灰质凝灰岩等)主要提供CaO,粘土质原料(如粘土、粘土质页岩、黄土等)主要提供SiO₂、Al₂O₃以及Fe₂O₃,有时两原料化学组成不能满足要求时,还要加入少量校正原料(如黄铁矿渣)等调整。

1) 硅酸盐水泥的技术性质

按照我国国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175—92)规定,硅酸盐水泥的技术性质包括化学性质和物理性质。

(1)化学性质 为了保证水泥的使用质量,水泥的化学指标主要是控制水泥中有害的化学