

现代 路面 工程学

XIAN DAI

LU MIAN

GONG CHENG XUE

卓知学 编著
李 嘉



湖南科学技术出版社

现代 路面 工程学

卓知学 李 嘉 编著

U-516-2
998

湖南科学技术出版社

湘新登字 004 号

现代路面工程学

卓知学 李嘉编著

责任编辑：余汝 何信媛

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路 3 号)

湖南省新华书店经销

湖南省新华印刷二厂印刷

(印装质量问题请直接与本厂联系)

*

1995 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：23 字数：573,000

印数：1—3,100

ISBN 7—5357—1546—X

U·28 定价：25.00 元

地科 154—10

汽车运输是整个交通运输系统中的一个重要组成部分,它在我国社会主义经济建设和改善人民生活条件方面起着举足轻重的作用。我国当前已把交通和能源的发展列在首要地位,而其中汽车运输包括公路和城市道路上的汽车交通运输,更是显得特别迫切、重要。为把我国建设成为一个具有中国特色的社会主义伟大强国,加速建设高等级公路和城市道路,已是刻不容缓的迫切任务。特别是近十五年来,由于改革开放政策的深入,国民经济的迅猛发展,我国的公路建设,尤其是高等级公路的建设,已进入一个新的发展阶段。例如(北)京(天)津塘(沽)高速公路、广(州)深(圳)珠(海)高速公路、沈(阳)大(连)高速公路、济(南)青(岛)高速公路等的相继建成,以及全国各省(自治区)其他高等级公路的建设,正方兴未艾,这将使我国汽车运输出现一个崭新的面貌。

然而要建成一条具有优良品质、使用功能齐全的高等级公路,并非易事,而其中路面工程又是关键之一,因为路面结构层不仅受到行车荷载的作用,还不断受到自然界的气候因素的侵袭,有可能使路面过早损坏。为保证路面具有良好的使用功能,除了修筑具有坚固稳定的路(土)基外,还必须根据路面力学的基本原理、最新科研成果、先进的设计方法,以及合理地采用筑路材料包括科学的检测材料的方法和手段,进行精心设计,同时采用先进的施工技术和严格的工程质量管理,建成后还必须科学地进行养护,才能达到预期的目的。

由卓知学教授、李嘉讲师主编的《现代路面工程学》,对上述观点的考虑,具有鲜明的特点,不愧为路面工程科技书籍中的一本好书。

《现代路面工程学》一书,具有下列几方面的特点:(一)该书比较全面地阐明了路(土)基、垫层、基层、面层的相互内在联系和综合设计的原则和方法;(二)详细地阐述了路面结构层常用的筑路材料的性能、评价指标及检测手段;(三)密切结合实际,偏重于实际应用,紧密结合我国颁布的现行设计规范及施工规范,特别是采用了我国交通部1993年颁布的有关规范及规程。例如路面基层施工技术规范(JTJ034—93)、公路工程沥青及沥青混合料试验规程(JTJ052—93)、公路土工试验规程(JTJ051—93)等,使全书反映了最新的科研成果和最新的科学技术;(四)全书对我国高等级路面设计理论及设计方法的发展过程、现状和发展趋势进行了系统的、较全面的介绍。对国外路面工程发展动态,也作了适当介绍。(五)全书分为基础知识、柔性路面和水泥混凝土路面三部分,循序渐进,通俗易懂;层次分明,概念及公式准确清楚,理论紧密结合实际,具有举一反三的效应。

我非常乐意地向读者推荐《现代路面工程学》这本书,因为从筑路材料、路基和路面、设计和施工、管理技术和质量控制等诸方面综合论述路面工程的著作,在国内尚属少见;而《现代路面工程学》一书则具有这方面的特点,因此该书不仅具有较高的学术价值,而且还是一本实用价值较高的科技图书,不仅可以满足不同层次的从事道路工程、机场工程、铁路工程的技术人员的需要,而且还可以作为大专院校、中等专业学校道路工程专业的教学用书。

赵汉涛

1994年10月于湖南大学

前 言

交通是国民经济发展的主动脉，而公路运输则是交通运输业的主要组成部分。“要想富，先修路”的口号充分表达了修建公路和发展经济的密切关系。建国 45 年来，我国公路总里程虽已达到 107 万公里，但截至 1993 年底我国高速公路仅有 1145km（不含台湾）；一、二级的汽车专用公路也仅有 7281km。在城市中，商品经济迅速发展和人民生活水平的提高，给道路交通的畅通带来严重问题。这一切表明现有道路等级具有的通行能力和路面结构形式，已远远不能满足改革开放以来经济发展的需要。因此，为适应我国道路建设跨入发展高等级道路新阶段的需要，我们编写了本书。

纵观目前道路工程学科的专业技术书籍中，多是将路基、路面、材料、设计、施工及质检等分类编写。而本书编写的思路是将土基、材料选择、结构设计、施工技术、质量控制及检测，还有养护管理等综合考虑，立足于国内实际情况，采用现行最新规范，运用工程实例、算例、图表等加以阐述。

本书分三部分，第一、二部分由卓知学主编，其中卓斌编写了第二章、第三章第一、二、三节及第五章部分内容和全部绘图工作；下篇由李嘉编写。

承蒙道路工程学科前辈湖南大学赵汉涛教授为本书作序，在此致以衷心的感谢。

限于作者水平，难免挂一漏万，恳请读者批评指正。

作 者

1994. 10

第一部分 基础知识

第一章 概论	(1)
第一节 路面工程概述	(1)
第二节 路面等级与组成结构	(3)
第三节 路面结构的作用力及特点	(4)
第四节 路面结构设计任务和内容	(5)
第二章 道路工程材料	(6)
第一节 概述	(6)
第二节 石料及分级	(8)
第三节 无机胶结材料	(19)
第四节 路用工业废渣材料	(27)
第五节 实验数据统计分析	(28)
第三章 路基土的性质和强度	(35)
第一节 公路土的分类	(35)
第二节 路基用土的工程性质	(42)
第三节 路基潮湿类型	(44)
第四节 土质路基施工及压实	(52)
第五节 土基的变形特性及强度指标	(70)
第六节 路基工程质量控制与检查验收	(80)
第四章 路面基层	(83)
第一节 基层结构类型	(83)
第二节 粒料基层的性质及施工技术	(84)
第三节 稳定类基层的性质及施工技术	(93)
第四节 路面垫层	(110)
第五节 基层质量控制及检测	(111)

第二部分 柔性路面

第五章 沥青路面	(117)
----------------	---------

第一节	沥青材料	(117)
第二节	沥青类路面基本特性和分类	(126)
第三节	沥青混合料的力学性质	(129)
第四节	沥青混合料组成材料及配合比设计	(153)
第五节	沥青类路面施工技术	(161)
第六节	沥青路面使用品质及路况评定	(174)
第六章	沥青路面结构设计	(187)
第一节	概述	(187)
第二节	沥青路面计算理论	(190)
第三节	柔性路面结构设计标准	(200)
第四节	路面结构组合设计	(201)
第五节	新建沥青路面设计	(208)
第六节	路面结构层的弯拉应力计算	(219)
第七节	路面结构面层剪应力计算	(226)
第八节	旧路面补强层厚度设计	(237)
第九节	沥青路面设计可靠度分析	(243)

第三部分 水泥混凝土路面

第七章	水泥混凝土路面构造	(246)
第一节	面层	(247)
第二节	基层	(247)
第三节	垫层	(248)
第四节	路基	(249)
第五节	路缘带及路肩	(250)
第六节	排水设计	(250)
第八章	水泥混凝土路面设计	(255)
第一节	设计理论与设计标准	(255)
第二节	弹性半空间体地基板的荷载应力计算	(257)
第三节	水泥混凝土路面结构组合设计	(262)
第四节	混凝土板厚度设计	(265)
第五节	混凝土板的平面尺寸和接缝设计	(270)
第六节	混凝土板的补强钢筋	(279)
第七节	混凝土路面同其它构造物相接处的处理	(281)
第九章	材料	(285)
第一节	混凝土原材料的一般要求	(285)
第二节	材料的贮存	(290)
第十章	水泥混凝土配合比设计	(291)
第一节	路面混凝土的技术性质	(291)

第二节	配合比设计方法及步骤.....	(291)
第十一章	水泥混凝土板的施工	(298)
第一节	人工加小型机具施工.....	(298)
第二节	轨道式摊铺机施工.....	(310)
第三节	滑模式摊铺机施工.....	(317)
第四节	特殊条件下施工.....	(321)
第十二章	水泥混凝土路面质量检查和竣工验收	(324)
第一节	质量检查.....	(324)
第二节	竣工验收.....	(326)
第十三章	混凝土路面的养护与加固	(329)
第一节	路面的常见病害及维修.....	(329)
第二节	混凝土路面的补强.....	(333)
第十四章	其它混凝土路面	(340)
第一节	钢筋混凝土路面.....	(340)
第二节	钢纤维混凝土路面.....	(341)
第三节	碾压混凝土路面.....	(345)
附录一	水泥混凝土路面常用结构	(349)
附录二	混凝土抗折强度及抗折弹性模量试验.....	(350)
附录三	圆柱体劈裂抗拉强度试验	(353)
附录四	路面材料计算基础数据	(355)
主要参考文献.....		(355)

第一章 概 论

第一节 路面工程概述

用不同的材料在路基上铺筑的一层或多层的车行道结构称为路面。其主要功能是为汽车行驶提供具有足够强度和稳定性以及抗滑性能好的坚固而平整的表面层,满足车辆在各种气候条件下都能安全通行。因而有必要研究满足这些基本要求的路面结构设计、施工和养护等诸问题。

一、路面设计方法

路面设计方法是随着交通运输的发展与路用材料性能不同而发展和改变的。从1900年开始出现汽车运输起,最早的路面设计方法是美国加利福尼亚州提出的承载比(CBR)值与路面经验厚度设计法,但所设计出的路面结构随交通量激增、轴重的增加,致使路面早期就出现了大量破坏。至50年代后期,美国各州公路工作者协会(AASHO)组织进行了大型环道试验,取得了丰富的试验数据,经数学统计分析建立了实用的基本关系式。

随着现代重型交通迅猛发展及稳定类材料的广泛应用,以试验为基础提出的经验、半经验路面设计方法已不能适应生产需要。为此进一步研究弹性层状体系理论在路面结构设计中的应用。从1963年英荷壳牌(Shell)石油公司首次提出层状体系理论分析法设计沥青路面起,随后有原苏联、比利时等国相继提出了弹性层状体系理论为基础的柔性路面设计方法。我国现行柔性路面设计规范亦采用三层弹性层状体系理论分析法。

水泥混凝土路面板厚设计方法亦有经验法和解析法两类。经验法以足尺试验路为基础,经过长期观测建立起标准轴载作用次数、路面结构厚度和使用性能之间的经验关系式,如美国的AASHO法和英国方法等。解析法则以结构分析为基础,利用弹性地基薄板理论来求算荷载应力,并以疲劳开裂作为路面结构破坏的临界状态,如美国PCI法、日本方法等。我国

现行水泥路面板厚设计同样采用弹性地基上小挠度弹性薄板理论应用有限元法求解荷载应力。

但还必须注意到,对于路面结构设计,建立一套严密的力学计算、完善的设计控制指标、精确的土基和基层材料参数测定方法是非常困难的。也就是说,计算理论不可能把环境条件、土基和基层材料的特点都归纳进去,而只能是把理论分析和已有的实际经验综合考虑作出论断,才能使设计的路面结构与实际情况相接近。

近年来,由于电子计算机技术开发应用得到迅速发展,许多复杂的计算能较好的得到解决,且计算机应用软件的不开发对理论法的实际应用起到很大的促进作用。与上述设计理论和技术发展的同时,路面设计进一步发展到以可靠性理论为基础的概率极限状态设计方法,这项成果已取得阶段性进展,并将逐步列入设计规范中。

二、路面施工技术

工程施工是将设计意图转变为实体结构的一个过程。如果施工质量达不到要求,则直接影响到整体结构的强度和稳定性而降低路面使用品质。

随着交通运输发展为大交通、重轴载(集装箱、平板车等),因此道路等级亦相应从低、中级发展为高等级路,这对施工技术的要求就愈高、愈严格。

60年代由于道路承担的交通量小,车辆轴载小,基本以中级路面为主,施工技术则以人工为主。因此路况欠佳、车辆行驶速度低,且养护工作量大。

70年代由于汽车拥有量的增加,道路交通量明显增大,迫切要求改善路用性能,提高车速降低成本。所以大量地采用了沥青(渣油)表面处治,施工技术上采用人工加小型机械,提高了工效和施工质量,改善了路用性能,基本适应了当时公路运输要求。

80年代的改革开放,加速国民经济发展,使公路运输量迅猛增加。大量的低等级路及路况不良造成的通行能力低与要求的运输量之间矛盾日益突出。因此提出了国内该不该修高速公路的问题,经过一场讨论后,才结束了国内干道以中级或次高级路面为主的时代,跨入了修建高速公路的时期——1983年我国第一条高等级公路沈大路开工修建。

为适应大交通、重轴载的要求,除重视基层、面层材料选择及组成外,对高等级路还必须有一支专业施工队伍及配套机械,以保证高等级道路工程的施工质量。

为提高我国道路工程建设机械化水平,国家在“七五”和“八五”期间,开发了沥青混凝土强制拌和设备、沥青混凝土搅拌设备;稳定土厂拌设备。在摊铺设备方面开发了沥青混凝土摊铺机,引进滑模式水泥混凝土路面摊铺机等,这对保证工程质量和加快工程进度起了积极的作用。但是为了适应国内今后大规模修建高级路面的需要,还必须继续研究开发施工机械设备,使其形成高效、低耗、污染小、自动化程度高的优化组合系列产品,逐步达到完全机械化施工。

针对我国实情,为从组织和检测手段上保证工程质量,高级道路工程全面实行了工程监理制度。同时开发了核子密实度、含水量测定仪、核子沥青含量测定仪、自动马歇尔试验仪、水泥混凝土路面现场快速测强仪等检测仪器,为现场质量管理与控制提供了可靠保证。

筑路材料是道路工程中最活跃、有带头作用的因素。就路面材料而言,近年来主要进行了改性沥青的研究,这是针对国产沥青路用性能不佳提出的;其次是开发水泥混凝土外加剂应用技术,减小早期破坏提高路用性能;三是大量应用工业废料和地方材料,降低工程造价。

第二节 路面等级与组成结构

一、路面等级与面层类型

根据现行道路技术标准，按路面面层类型相应划分为四个等级，如表 1.1 所示。

其中高级、次高级两类面层类型的主要技术品质分述如下。

高级路面——强度和耐久性均好，通行能量大，能保证全天候高速通行，养护工作少。但初期投资大，建筑费用高。

表 1.1 路面等级及面层类型

路面等级	面层主要类型	使用年限 (年)	适应的道路等级
高级路面	沥青混凝土 厂拌沥青碎石	15	高速、一级公路
	水泥混凝土	30~40	城市快速路、主干路
次高级路面	沥青贯入碎、砾石 路拌沥青碎、砾石	12	汽车专用二级公路
	沥青表面处治	8	城市主干路、次干路
中级路面	级配砾石、泥结碎石及其它粒料	5	一般二、三级公路 城市支路
低级路面	加固或改善土	5	四级公路

次高级路面——强度和耐久性略低于高级路面，能保证全天候较高速度行驶，但必须作经常性的养护维修。初期建筑费用略低于高级路面，但使用期的养护费用比前者多。

二、路面结构组成及基本要求

(一) 结构组成

现行路面设计规范，高级路面结构由面层、基层和垫层组成。如图 1.1 所示。各层又根据设计要求，可由二层或三层组成。

(二) 结构层的基本要求

路面结构层的功能是为适应行车和自然环境两种因素综合作用而设置的，因此从功能分析，各层的主要作用和基本要求可归纳为：

1. 面层：是直接同行车和自然因素相接触的表面层次。其作用主要是承受垂直力、水平力、冲击力以及自然因素的作用。因此与其它层次的要求比较应具有较高的结构强度、平整性和耐磨性，密实不透水性和良好的温度稳定性。

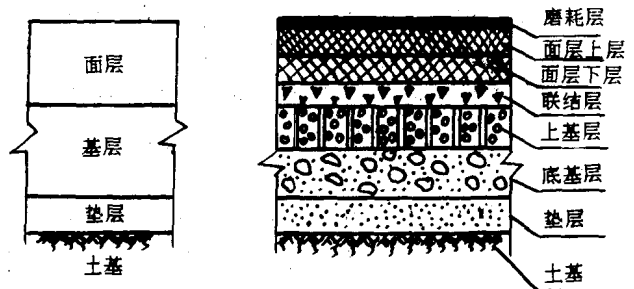


图 1.1 路面结构组成与名称

2. 基层：设置在面层之下，并与面层一起将车轮荷载作用传递到土基的结构层。基层的作用和要求视面层类型稍有差异。

面层若为沥青路面，则由于其面层厚度较薄，传给基层的荷载应力大，因此基层是承受车辆荷载作用的主要层次，一般称之为承重层。它要求材料具有足够的强度和抵抗变形的能力；具有良好的温度稳定性和水稳定性；为适应荷载和环境因素的重复作用，还要求材料的耐久性要好。

面层若为刚性路面（水泥混凝土路面），则由于板的刚性大，传递给基层的应力较小，故基层主要作用并非承重，而是保证整体强度，防止板块断裂、唧泥和错台的重要支承层。它要求基层材料强度均匀，整体性和稳定性好，表面平整、密实不透水。

3. 垫层：是与土基联结的一层，但并非都要设置，而只是土基状况不良时才设置。其主要作用是调节土基的湿度和温度状况，改善基层和面层的工作条件，从而保证面层和基层强度稳定性及抗冻胀能力。它对材料的强度要求不一定高，但水稳性和隔温性要好，一般选用松散砂砾、工业废渣或整体性基层材料。

垫层结构直接铺筑在路基上，对一般土质路基而言，它是路面的基础。因此为适应大自然的多变因素，路基的强度和稳定性是保证路面整体强度和稳定性的先决条件。

第三节 路面结构的作用力及特点

道路工程结构物最大特点是裸露于大自然中，受各种荷载和自然环境因素的综合作用。

车辆在路面上行驶是以滚动形式运动的，只有当车轮制动时，才会有部分滑移产生。车轮作用于路面上的力，主要是垂直力和水平力。垂直力有车轮荷重产生的静压力，以及由于路面不平整引起车辆跳动而产生的冲击力；水平力则是由于车轮转动及制动对路面的切向作用力。垂直静压力的大小是以车辆后轴的轮重为依据的。

车辆重量是通过轮胎压力和轮迹面传给路面。而实际的接触轮迹面近似为椭圆形，但为了计算方便，把它换算为当量圆面积。现行设计规范标准中后轴一侧为双轮组，若将双轮组的两个接触轮迹换算为一个当量圆面积称之为单圆荷载计算图式；分别换算为对应的两个小当量圆面积称为双圆荷载计算图式。不同型号的车辆，后轴轮重相差很大，但作用于路面的单位压力相差并不很悬殊，大约在 $0.45 \sim 0.7 \text{ MPa}$ 之间，而轮迹圆面积则各不相同。冲击力是路面不平整引起车轮跳动而使车轮对路面产生冲击的作用力（比静荷载增大的部分）。

在一般匀速行驶条件下，车轮对路面作用的水平力并不大，约等于垂直压力的 $20\% \sim 30\%$ ，但在变速和制动时，水平力可增大到垂直压力的 80% 。

由于垂直力和水平力的作用，在路面中产生向下的垂直应力和沿行车方向的水平应力，均随离路面深度而逐渐减小，而水平应力减小得更快些。如图 1.2 所示。此外行车的重复作用次数的多少，也是路面结构强度发生变化的重要因素。

自然因素的作用主要包括环境温度变化及水、冰冻的作用。

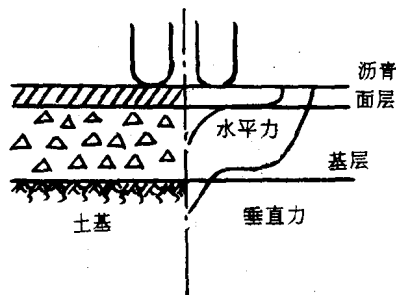


图 1.2 荷载轴线应力随深度减小示意图

大气温度变化可引起结构内部产生温度应力；雨水及地表积水的渗透、地下水位的升高

等可造成路基强度发生变化；路基、基层的冰冻膨胀可引起内部结构破坏。所有这些因素都可能影响到路面的正常使用。由此可见，一年的各个时期内路面的强度是变化的，也就是说受自然因素的影响很大。

因此，从设计、施工要求考虑，路面结构具有下述特点：

1. 力学计算影响因素的复杂性。它受静载（车辆、材料和其它构筑物自重）、动载（车辆行驶）和重复荷载的作用，给力学计算增加了困难。
2. 各结构层材料性质和强度受多变的环境因素影响大，且难于用一个数据或一个公式来表达和估算。
3. 环境因素的复杂多变性。道路是线型工程且有相当的长度，一条道路往往穿越若干省和地区。一年四季气候的变化、不同地区水温状况的变化，都将对路面设计和使用性能及养护等产生影响，也给土基、基层材料参数测定和选用带来许多困难。

第四节 路面结构设计的任务和内容

路面结构同任何工程结构物一样，它必须具有足够的可靠性和经济性，并符合一定的使用要求。也就是说路面结构在使用年限内，在车辆荷载和环境因素的重复作用下，仍保持车辆行驶要求的良好路况，即能保证车辆接近最佳平均车速安全通行的能力。为达到这些要求，除决定于结构层本身的强度、稳定性和材料性质外，还直接受路基湿度和密度的影响。路基的干湿类型、冰冻地区的冻结深度、软土路基的处理方法等，均直接影响路面结构的选择和厚度设计。因此应根据使用要求，充分地考虑当地的气候、水文、土质、材料供应等各种因素，采取必要的技术措施（如路基高度及填料、筑做方案及排水系统等），进行路基路面综合设计。

因此路面设计的主要任务是：根据道路所在地实际情况（交通情况、材料供应、施工技术条件及投资情况等）为车辆全天候通行提供高速、安全、舒适、经济的路面结构。要求在路面设计年限内，承受重复车辆荷载和多变环境因素交替等作用下，仍能具有满足使用要求的性能。否则设计的路面结构就不是经济路面结构设计。

就路面结构设计而言，它取决于行驶车辆轴载大小和作用轴次的多少，通过多个设计方案，选取与轴重和轴次相适应的最佳方案。设计内容主要包括以下几点：

（1）选择面层和各层结构类型。根据道路等级、使用要求、环境条件、路基潮湿类型及强度、筑路材料及施工技术条件等情况考虑选定。比如，为适应大交通量、重轴载汽车行驶的道路需要，就必须选择标准高的路面结构；而对交通量较小，重型车少的道路，则无需标准过高的路面结构。

（2）结构层组合设计。按照车辆对道路作用荷载的力学模型，应用弹性体系理论确定各层结构的厚度。

（3）结构层材料组成设计。各结构层材料多采用混合料，因此应根据当地环境条件和强度要求进行组成材料的配合比设计。

（4）排水设计。必须综合考虑道路路线、路基和路面等因素，组成完整的排水系统，确保排水畅通、路基路面稳定和行车安全。

（5）技术经济评价。对多个比较方案，根据已有统计资料作结构设计可靠性分析、使用年限的投资效益和社会效益等的综合评价，选择最佳方案。

第二章 道路工程材料

第一节 概 述

材料是工程结构的重要组成部分，它的性能很大程度上决定着工程结构的使用功能和寿命，也直接制约着其设计理论和施工技术的发展；其次由于材料用量大，在工程总造价中占有较大比重。一般工程的材料费约占 30~50%；对某些重要工程甚至可达 70%~80%。所以认真合理地选配和应用材料，对节约工程投资，降低工程造价有重要的实际意义。

一、道路工程材料分类及其作用

常用的道路工程材料，大体可归纳为以下几类。

(一) **天然材料** 主要包括各种土类、天然砂砾（自然风化）和人工开采轧制成的各种不同粒径的碎石和砂。这类材料中的骨料可以直接用于铺筑路面，或砌筑各种桥梁结构和排水工程结构。同时也是水泥混凝土或沥青混合料的矿质材料。它在道路与桥梁建筑中，用量占有很大的比例。

(二) **工业废渣** 主要有矿渣、钢渣、粉煤灰、煤渣和炉渣等。利用这些废渣，既可解决筑路材料来源的困难，又可为工矿企业解决废渣的处理问题，改善了环境卫生条件，也降低了材料费用。因此近年来用量逐年增大。

(三) **无机结合料** 主要有石灰和水泥。随着高等级道路的发展，水泥或石灰（粒料）土、石灰粉煤灰（粒料）土等作为道路基层材料已得到普遍采用，并取得了令人满意的效果。

水泥除用来作水泥土、水泥粒料和水泥石灰土的基层材料外，更多的是用作修建水泥混凝土路面（刚性路面）、桥梁工程结构的主要建筑材料，水泥作为刚性路面的主要材料将在第三部分中作详细介绍。

(四) **有机结合料** 主要是指沥青类材料，包括石油沥青和煤沥青。石油沥青是高级路面的主要材料，也是近代柔性路面建设中极为重要的一种材料。在第二部分“柔性路面”中，将作详细介绍。

(五) **金属材料** 主要是钢材（如各种规格型号的钢筋），它是桥梁结构（钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土）的重要材料。

除这些常用材料外，随着现代材料科学的发展，出现了各种新型的“复合材料”。但在这里主要阐述前四种材料。

使用这些材料修建的路面结构，主要是承受车辆荷载和自然因素的作用。其特点分别为：

车辆荷载对路面结构作用的特点，一是重复性和瞬时性（作用时间极短）；二是垂直力、水平力、冲击力、拉应力和压应力交替综合作用。因此，使用一定年限后，致使材料强度降低和发生疲劳而影响路用性能。

自然因素的作用特点，一是大自然气温的变化，特别是严冬和盛夏的极端气温，昼夜与季节温度变化所引起材料受力的周期性变化，导致材料产生膨胀与收缩的交替变化，加速材料性质变化；二是自然界中水的侵害。材料干湿循环变化导致材料产生的胀缩应力，将对材料性能产生影响。

由于道路工程材料承受荷载和自然因素的综合作用，因此要求材料不仅需要具有抵抗复杂应力重复作用下的强度和变形性能，同时还要保证在各种自然因素长期恶劣影响下，力学强度不发生明显的衰减。也就是说，要求道路工程结构的材料既具有稳定的足够强度，又具有在不利环境条件下使用的耐久性。因此就必须从材料性质和影响它的因素两方面作综合考虑。并对材料提出具体的技术要求。

二、道路工程材料应具备的基本性质

道路工程材料应具备的基本性质包括如下几方面：

(一) 力学性质 力学性质是表征材料抵抗车辆荷载复杂力系综合作用的性能。主要指标是材料的抗压、抗弯、抗拉、抗剪和回弹模量，以及集料的压碎值、磨耗值和磨光值等。

至于选用其中哪几项作为技术指标，应视工程中所用材料决定。比如粒料结构层主要是考虑抗压和压碎值，因为这种结构是不承受弯拉应力的；对整体性的半刚性基层或水泥混凝土结构，主要是考虑抗压和抗弯拉强度；而对沥青混合料结构用作面层时，除考虑上述指标外，还要考虑抗剪切强度。这就表明材料的力学强度指标，依材料类型和所处结构层位置有不同要求。但有时也限于试验设备，往往以抗压强度为基准，通过试验数据的统计分析，找出与其它技术指标的关系式，通过计算求得。

(二) 物理性质 反映材料的力学强度在大自然因素（温度和湿度）变化下受影响的程度。这也与材料类型和所处结构层位有密切关系。比如受湿度变化影响最大的是路基。若系粘性土路基，则其强度和稳定性将随土基含水量的变化而产生较大波动，含水量增大较多，土基压实又不好时，有可能产生软化而降低强度。受温度变化影响最明显的是面层，如系沥青路面，由于沥青材料对温度很敏感，在夏天高温时会发软而降低强度，车辆行驶易出现车辙；冬天温度低时沥青发硬变脆，强度及刚度均大，故在行车荷载作用下易产生裂缝。因此要求材料具有良好的水稳定性和温度稳定性。

材料物理性质的主要指标，通常指密度、真密度、孔隙率和吸水率等。这些物理常数是材料内部组成结构的反映，与力学性质之间也存在一定的关系，故可用以分析材料的力学性质。

(三) 化学性质 化学性质是指材料的化学组成、内部结构及材料受环境介质作用时发生化学反应的性质。如混凝土桥墩受到含有腐蚀混凝土的工业污水浸泡，沥青路面受到各种有机溶剂的侵蚀溶解而使材料成份发生变化，或内部组织因化学作用而引起损坏等；又如在气温的交替变化，日光中的紫外线、空气中的氧以及湿度变化等综合作用下，引起沥青材料的“老化”和矿质材料的风化。这些性质对路面影响较大，但要排除这些化学因素的影响，单从材料选择上难于解决，重要的是综合治理、改善环境条件，消除有害的化学物质对道路结构物的侵蚀。

(四) 工艺性质 工艺性质是材料适于按照一定工艺流程加工的性能。例如沥青与矿料的拌和，要求沥青具有合适的稠度，稠度过大则沥青材料的表面张力亦大，将难于涂覆在矿料表面形成沥青膜；若稠度过小，涂覆在矿料表面的沥青易于流失，难于在矿料表面形成沥青

膜。因此必须根据材料类型和施工时环境因素,决定合适的工艺流程。

路用材料这四方面的性能是互相联系、互相制约的,往往要把这几方面性能联系在一起考虑。

还需注意的是,路用材料并非使用单一尺寸,而是选用大小不同的合格原材料,按最佳级配原理进行组成设计。在已有的生产实践中,由于混合料级配不当而造成路面早期破坏的教训并非没有。例如1987年某市修建沥青混凝土面层,因急于施工,未做混合料级配试验,完工后交付使用不到半年,面层出现大量纵横裂缝和坑槽。后经现场测试查明,基层强度满足设计要求,问题在于面层材料级配和沥青用量不当所致。这说明有了优质的原材料,还必须要有合理的材料组成设计,才能具有良好的使用品质。

由此可知,保证所用材料的质量及级配组成符合规定的技术指标,是保证高级路面强度、稳定性、使用性能和耐久性的首要条件。若不重视对材料进行严格的质量控制,有什么用什么,要想得到符合要求的高质量路面结构是办不到的。

三、道路工程材料的技术标准

由于材料性能的差异,直接影响工程结构的质量。因此制订出材料评价指标,明确统一的测试手段,求得确切的科学数据,以此作为评价材料品质的依据。因此由专门机构制订并颁发“技术标准”。主要有:

一是国家标准。适用于全国范围,用符号“GB”代表,如道路硅酸盐水泥国家标准“GB13693—92”。

二是行业标准。适用于国家部委所属业务范围的专业标准,用汉语拼音的第一字母代表,如交通部制订的公路工程石料试验规程为“JTJ054—83”。

此外还有适用于地方范围或企业范围的“地方标准”或“企业标准”。

标准并非一成不变,而是随科学技术进步作及时修订,以反映科技先进水平,指导生产和促进技术发展。

第二节 石料及分级

石料包括块石、料石、片石及经风化或轧制而成不同粒径的粒状碎石。其特点是料源丰富,分布广泛,便于就地取材,并具有较高的抗压强度和良好的耐久性。

一、石料的技术性质

道路建筑用石料等级及技术标准可划分为四级,等级愈高表示岩石的力学强度愈小。各类各级岩石的技术标准如表2.1所列。

全面评价石料的技术性质,则应从石料的物理性质、力学性质和化学性质三方面考虑。

(一) 物理性质 主要包括以下几项:

1. 物理参数 密度(真密度和视密度)和孔隙率等。这些参数在一定程度上表明了石料的结构特征,可以间接预测石料的有关物理力学性质。

2. 与水有关的性质 工程上有意义的是吸水率和饱水率。饱水率大于吸水率。因为石料浸水后,石料组成矿物即被润湿,且部分孔隙被水分所填充,只有全部孔隙被水充满(真空抽吸排除孔隙内空气)时,石料才处于饱水状态。

表 2.1

道路建筑用石料等级及技术标准

岩石类别	主要岩石名称	石料等级	技术标准		
			饱水极限抗压强度 (MPa)	碎石磨耗率 (%)	块石磨耗率 (%)
岩浆岩类	花岗岩	1	>120	<25	<4
	玄武岩	2	100~120	25~30	4~5
	安山岩	3	80~100	30~45	5~7
	辉绿岩	4		45~60	7~10
石灰岩类	石灰岩	1	>100	<30	<5
		2	80~100	30~35	5~6
	白云岩	3	60~80	35~50	6~12
		4	30~60	50~60	12~20
砂岩与片麻岩类	石英岩	1	>100	<30	<5
	砂岩	2	80~100	30~35	5~7
	片麻岩	3	50~80	35~45	7~10
	石英片麻岩	4	30~50	45~60	10~15
砾石		1		<20	<5
		2		20~30	5~7
		3		30~50	7~12
		4		50~60	12~20

注：碎石磨耗率以洛杉矶磨耗机为准；块石磨耗率为狄法尔法测定。

对相同矿物组成的石料，它的密度与吸水率和强度之间存在一定的关系，通常随石料密度的增加，吸水率降低，抗压强度提高。

3. 气候稳定性 石料抵抗自然因素作用的性能称之为气候稳定性。基层结构经常受到各种自然因素的影响。比如温度的变化，特别是冬春两季正负温度的交替变化，将逐渐引起石料强度发生变化，故根据道路所处地带类型，有时尚需考虑石料的抗冻性。

(二) 力学性质 路用石料除受自然因素影响引起物理性质变化外，还受行车作用的垂直荷载的影响，因此力学强度应有一定的要求，可从选用石料的等级考虑解决。现行路面设计规范还提出了磨光值的控制指标值。

(三) 化学性质 路用石料的化学性质，应从其化学成分、造岩矿物及风化作用来分析。这里只简单介绍。

根据岩石的成因不同，各类岩石的化学成分也各不相同。如岩浆岩的主要化学成分为 SiO_2 ，依 SiO_2 的含量可将岩浆岩分为酸性岩石（含量 > 65%）、中性岩石（含量 52%~65%）和碱性岩石（含量 < 52%）。沉积岩的主要化学成分为晶体或无定型的 SiO_2 、含水铝硅酸盐和碳酸盐等。变质岩的化学成分则视其原生岩石的不同而异。

一般说来，天然岩石的强度高、硬度大，则石料的强度高、耐久性好。但是当天然石料长期处于大气中，受太阳热辐射、水和空气中有害化学成分以及生物、机械力等因素作用后，