

高等学校試用教材

道路勘测技术及组织计划

第二分册 路面建筑

南京工学院等三校編

人民交通出版社

高等學校試用教材

道路建築技術及組織計劃

第二分冊 路面建築

(公路與城市道路專業用)

南京工學院等三校編

人民交通出版社

高等学校试用教材
道路建筑技术及组织计划
第二分册 路面建筑
南京工学院等三校 編

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1981年12月北京第一版 1984年4月北京第三次印刷

开本: 850×1188 1/32 印张: 10.5 插页 3

全书: 273,000字 印数: 2,551—3,350册

統一書号: 15044·1454

定价(科五): 1.50元

本書共分四分冊，本分冊主要闡述道路的各种路面的建筑技术，并簡要地介紹道路路面施工組織設計的一般原則和方法。

本書作为高等学校公路与城市道路专业試用教材，兼可用作公路桥梁与隧道专业的教学用書，亦可供交通部門有关专业人员工作或业余学习的参考。

本書由南京工学院、哈尔滨建筑工程学院和湖南大学集体編寫，并由南京工学院彙总整理。

希望使用本書的單位或个人多多提出改進意見，送交南京工学院，以便再版时修改。

目 录

第一篇 用天然材料建筑的路面

第一章 路面建筑总論	1
§ 1-1 路面結構及分类	1
§ 1-2 路面結構选择的依据	7
§ 1-3 路面材料的选择和評定	11
§ 1-4 路面結構层的輾压理論	24
第二章 天然土路及改善土路	29
§ 2-1 概述	29
§ 2-2 压实粘土路面层	30
§ 2-3 粒料改善土路	32
§ 2-4 燒土路面与陶粒路面	41
§ 2-5 化学稳定土壤	47
第三章 級配礫石路面	49
§ 3-1 級配礫石路面的性质	49
§ 3-2 級配礫石材料的选择及其配合	50
§ 3-3 級配礫石路面的施工	62
第四章 碎石路面	68
§ 4-1 土壤碎石及泥結碎石路面	68
§ 4-2 水結碎石路面	77
§ 4-3 碎石路面的施工組織	87
第五章 块料路面	93
§ 5-1 概述	93
§ 5-2 錐形块石基层	95
§ 5-3 卵石和圓石鋪砌路面	97

§ 5-4 高級块料路面 (条石和方块石)	101
§ 5-5 人造块料路面	106

第二篇 用有机結合料建筑的路面

第六章 有机結合料路面总論	110
§ 6-1 概述	110
§ 6-2 瀝青类路面的分类	111
§ 6-3 瀝青路面类型的选择	114
§ 6-4 瀝青类路面对材料的要求	115
§ 6-5 瀝青材料的选择	121
§ 6-6 瀝青材料的使用	124
第七章 瀝青表面处治和貫入法瀝青鋪砌层	129
§ 7-1 瀝青表面处治	129
§ 7-2 貫入法瀝青鋪砌层	138
§ 7-3 施工质量的控制 and 鋪砌层的驗收	152
§ 7-4 施工組織設計要点	153
第八章 路拌法瀝青路面	155
§ 8-1 概述	155
§ 8-2 路拌法瀝青路面对材料的要求	156
§ 8-3 混合料成分的設計	161
§ 8-4 路拌法瀝青路面的施工	165
§ 8-5 路面施工质量檢查	172
§ 8-6 路拌法瀝青路面的施工組織設計要点	173
第九章 厂拌法瀝青鋪砌层	176
§ 9-1 概述	176
§ 9-2 厂拌法次高級瀝青鋪砌层 (黑色鋪砌层)	177
§ 9-3 瀝青混凝土鋪砌层	180
§ 9-4 輾压类热鋪瀝青混凝土鋪砌层	182
§ 9-5 冷鋪瀝青混凝土鋪砌层	203
§ 9-6 攤鋪式 (澆鑄式) 瀝青混凝土鋪砌层	206

第十章 瀝青鋪砌層的強度和穩定性	208
§ 10-1 影響瀝青鋪砌層強度的因素	208
§ 10-2 瀝青鋪砌層所具有的強度和穩定性	213
§ 10-3 高溫時所需的鋪砌層強度和穩定性	218
§ 10-4 低溫時所需鋪砌層的相對延伸度	226
§ 10-5 鋪砌層受潮濕時的情況	231
§ 10-6 防止鋪砌層斷裂的措施	232
§ 10-7 對各種瀝青鋪砌層所要求的性質指標	233

第三篇 用無機結合料建築的路面

第十一章 無機結合料穩定土路面	235
§ 11-1 石灰土路面概述	235
§ 11-2 石灰土路面的強度理論	237
§ 11-3 石灰土路面材料與組成的選擇	242
§ 11-4 石灰土路面的結構	248
§ 11-5 石灰土路面的施工	251
§ 11-6 水泥土路面	258
第十二章 用無機結合料處治的碎石或礫石路面	263
§ 12-1 概述	263
§ 12-2 石灰混凝土路面	264
§ 12-3 濕研矽渣混凝土路面及硅酸鹽預制塊路面	271
§ 12-4 水泥結碎石路面	276
第十三章 水泥混凝土路面	281
§ 13-1 概述	281
§ 13-2 水泥混凝土路面的構造	283
§ 13-3 對水泥混凝土路面使用材料的要求	294
§ 13-4 水泥混凝土路面的施工	299
§ 13-5 混凝土路面的檢查與驗收	320
§ 13-6 道路混凝土的質量控制和檢查	321

§ 13-7 建造水泥混凝土路面时可能遇到的缺点及 預防和糾正缺点的方法·····	323
§ 13-8 装配式水泥混凝土路面·····	325

第一篇 用天然材料建筑的路面

第一章 路面建筑总論

§ 1-1 路面結構及分类

一、路面的意义

路面是由各种不同材料分一层或数层，按一定厚度与宽度筑成的结构物，其作用是，保证車行道必需的平整度、粗糙度、强度及稳定性，从而保证常年通車，增长行車季节，使道路具有最大的运输能力。路面由几个结构层组成的，称为多层体系的路面。反之，由一个薄层筑成时，则称单一薄层体系的路面。在无路面的道路上，行車速度受到严重的限制，汽車輪胎与燃料的消耗也大为增加。每遇到春融及雨季，甚至断絕交通。因此，具有路面的道路不但可以改善上列情况，而且可以充分提高汽車发动机动力的运用率。如以行駛在瀝青类路面上的汽車发动机动力运用率为100%，则行駛在碎石路面上时为75%，而行駛在土路上时仅达50~60%，可见具有良好的路面，对汽車发动机动力的运用有重大意义。

由于道路上的車輛类型极多，而新型車輛层出不穷，因此，对路面的强度要求也提高。路面的强度，取决于路面的厚度及其所用的材料。但厚度的多少，在一定的荷重下，又依路面所用材料的种类和性质而定。

路面在整个道路建筑費用中所占的比重很大，等級高的道路，路面費用所占的比例可达70~80%，而等級低的道路仅約30~20%。

在路面建筑工艺与结构方面，由于筑路材料的品种繁多，而

且同一品种的材料又极多样化，因此設計及施工技术必須适应这些变化。在一般情況下，路面石料用量甚大，不同类型路面所需数量也不同。在不产砂石的地区，大量材料需由外地运到工地，运量十分可观。因此，如何减少砂石材料在路面中的用量，是道路建筑实践中有极大經濟意义及科学意义的課題。

二、路面基本結構的形成

早在十八世紀初期，馱运及挑运逐漸被車运所代替，人类已开始采用大块石路面結構。至十九世紀初，为了改进路面平整度以适应交通运输发展的要求，各国开始采用碎石筑路，碎石的大小是4厘米，路面厚度为25厘米。此种碎石路面即通常所称的馬克当式路面。十九世紀末，俄罗斯科学家将碎石厚度减至10~15厘米，在碎石层下加垫10~20厘米的砂料，以利排水。自此，路面多层結構已初具雛形。

大块石基层的路面結構，在我国城市道路中占有很大的比重。碎石式路面运用也极广，泥結碎石路面在很多公路及城市道路上也广泛采用。

在研究上列三种基本路面結構时，不应局限于直接应用的意义，上作为路面結構的問題来研究，还应该从材料利用情况、基层水溫調节、使用土基条件、用料要求和用料数量各方面进一步加以研究（表1-1-1）。

1. 大块石路面，在經濟上虽不如其他类型路面，但在土基承载力小或地下水位特高的地方还有其应用价值；

2. 碎石路面結構簡易，用料規格較簡單，在产石地区宜于采用；

3. 俄式馬克当結構适于盛产砂石地区。

路面类型的选择，必須經過詳細的技术經濟比較方可最后确定。依靠一种材料鋪筑的碎石式路面，目前已应用到不同材料类型的路面結構中。借多种材料分层鋪筑来承担不同的任务，成为今日路面結構发展的另一方向。合理解决整个道路結構总的技术

經濟問題，如何發揮各種材料的潛在性能，是道路工作者的重要任務。

基本路面結構性能比較 表 1-1-1

類 型 比較項目	大塊石基層路面	馬克當式碎石路面	俄式馬克當路面
利用情況	材料利用率低	材料利用有得到發揮	材料完全發揮了利用率
基層水溫調節	不 佳	稍 佳	佳
適用土基條件	土基承载力小時適宜	一 般	粘上路基
用料要求	大塊石與碎石	碎 石	碎 石 砂
用料數量	費 些	中 等	省 些

三、路面結構層的划分及其作用

路面直接受行車及其他自然因素的反复作用。作用于路面的因素，歸納起來，不外乎機械的、物理的、化學的以及物理化學的幾種。

機械因素主要是由於行車作用引起的，有垂向作用、橫向作用及真空作用三種形式。前二種還可以分為靜力作用與沖擊作用。在垂向的靜力作用下，路面將引起彎曲及位移。

為了使路面能保持一定的使用年限，有些國家已對汽車的設計作了嚴格的規定，輪胎作用于路面上的壓力，不得超過 5 公斤/平方厘米，輪胎與路面接觸面積的當量直徑不得超過 34 厘米。如此，路面的厚度一般約在 30~50 厘米之間。

沖擊作用是車輛在路面上的沖擊所引起的，其實際數值約為靜荷載的 1.25~2.00 倍。但車輛在行駛時具有一定的速度，在路面內部所引起的短暫的應力遠較靜壓力時為小，故在實際上此作用不予考慮。

水平作用力能使路面引起剪切變形。車輛在路面上的水平作

用力，一般是由車輛牽引、制動及轉彎時的離心力所促成的。為了使路面各層具有足夠的抗剪和抗磨耗能力，水平力在路面上的分布情況應加以重視。根據蘇聯庫茲涅佐夫測得在瀝青混凝土路面內水平應力的分布情況得知，在路面表面附近的水平作用力甚大，而約在 4 厘米以下的地點，此力的作用即顯得很微小。這一試驗對面層材料的設計具有重要的意義。

路面受自然因素的影響，如氣溫的變化、日光照射以及風霜雨雪等因素是來自大氣，而水分積聚、路面凍脹或下沉等因素則來自土基；實踐證明自然因素的影響，嚴重地使路面不斷損壞。

由此可知，作用於路面的各種因素是多方面的，其作用的形態也是多樣的。例如車輛的作用是不斷重複的與瞬時間發生作用的；大氣的作用一般又多多是持續的；而水溫對土基的作用則往往具有季節性。同時，各種因素的影響範圍亦各不相同。

在選擇路面結構層時，應結合生產實踐中設計、建築及養護的要求，充分考慮上述因素，以便最大限度地利用地方材料，簡化施工工藝程序，達到路面造價低效能高的目的。

組成道路路面的層次，稱為路面的結構層。多層路面結構可分為路面及土基二部分。路面系由鋪砌層（面層）、基層（人工基礎）及補充基層（墊層）三部分組成，是承擔車輛機械作用及土基自然作用的主要結構層；而土基則原為路基的一部分。在路基路面綜合設計中，土基應視為整體路面結構中不可分割的組成部分（圖 1-1-1）。

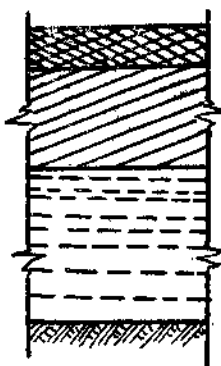


圖 1-1-1 路面結構層的劃分

路面鋪砌層主要由磨耗層和承重層組成。磨耗層是路面的上層，用以抵抗由車輛水平力和吸附力所

引起的磨損，以及大氣等自然因素的破壞作用。磨耗層是保證路面使用品質的結構層，因此對磨耗層材料及其在施工與養護方面

的要求应当特別高。

路面承重層保證路面的強度。承重層一般是由質地堅硬的礦質材料并摻入某種結合材料的混合料組成。

路面基層，亦為保證路面強度不可少的結構層，大多用石、砂材料作成。路面補充基層則連接土基與路面基層，起過渡作用，同時還負擔着改善路面工作條件以保證土基穩定性的任務，如排水、蓄水、調節凍脹，及整平路基等。主要是用當地所產砂石材料筑成。

在實際應用中，路面結構層的劃分如圖 1-1-2 所示。

我國南部地區，并無冰凍現象，翻漿的影響也少，路面結構中的層次劃分需要根據所處工作條件具體分析確定。例如有些承重層與磨耗層合一，有些基層與補充基層合一，又有些則并無明顯的補充基層。

我國北部地區，由於自然氣候的影響，保證路面各結構層的穩定性甚為重要；因此，除對鋪砌層與基層應提出一定的要求外，對補充基層的要求則更高。

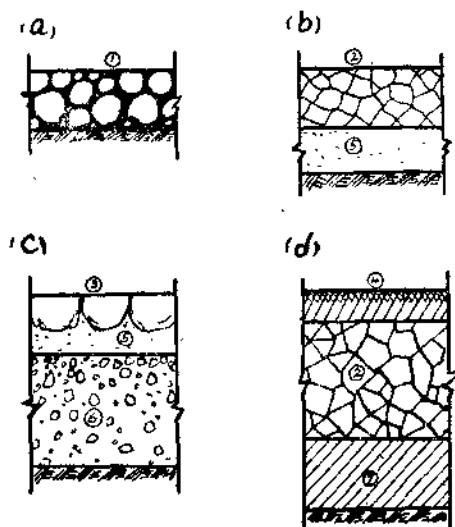


圖 1-1-2 路面結構層的作用分析

- a—鋪砌層與基層合一； b—鋪砌層與基層合一有墊層；
c—鋪砌層下有平整層；基層與基層合一； d—鋪砌層、
基層和墊層劃分很明顯
①—級配礫石； ②—水結碎石 ③—塊料； ④—瀝青
混凝土； ⑤—砂； ⑥—礦渣； ⑦—石灰土

除了上述三種基本結構層以外，在路面結構中，還存在着保護層與輔助層二種附屬結構層的形式。

保护层是用以延长磨耗层的使用期限与提高其使用质量的层次，我国过渡式路面上较广泛的采用。如在高级路面上，保护层还负有促使下层加速成形的作用。

四、路面的分类

路面的类型，可依其技术经济性质、在荷载作用下的工作情况、材料组成及性质和利用地方材料的性质来划分。

依技术经济性质来划分的铺砌层类型有高级、次高级、过渡式、低级及临时性几种（表 1-1-2）。

按技术经济指标分类的铺砌层 表 1-1-2

类 型	指 标	技 术 性 能 指 标					經 济 指 标			
		相对 车速	远 客 車 量 (輛/昼夜)	可能 分期 提高	中修 期限 (年)	工作 能力 (車次)	通 車 季 节 性	相对造 价比值	相对运 费比值	相对維 护費用
高 級	高		>2000	可	>15	7300万	全年	1.0	1.0	极、小
次 高 級	高		500~2000	逐步	5~15	30~ 300万	全年	0.4~0.6	1.0~1.2	定期修理 磨耗层
过渡式路	中		250~1000	否	5~10	15~ 200万	全年	0.2~0.4	1.2~1.4	大
低 級 路	低		至 250		3~5	25万	季节	0.1~0.2	1.5~1.7	很 大
临时路	限		—	—	—	10~ 80万	季节	<0.1	—	—

属于高级路面的，有水泥混凝土、热铺沥青混凝土及坚固基层上的块料路面等。

属于次高级路面的，有深其入法及浅贯入法的沥青铺砌层、黑色碎石、冷铺沥青混凝土、路拌法沥青铺砌层、过渡式铺砌层上的沥青表面处治和块料路面等。

属于过渡式路面的，有碎石、泥结碎石、土壤碎石、砾石级配路面和无机或有机质结合料稳定土以及碎石路面等。

属于低级路面的，有粒料改善土路和经选择的级配稳定土路

等。

属于临时性路面的，有柴束路面、木板路面、冰路、雪路等。

按路面在荷载作用下的工作情况可分为柔性路面与刚性路面。图 1-1-3 为两种路面的工作情况。

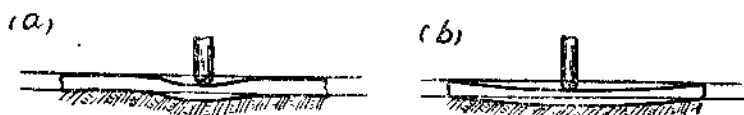


图 1-1-3 两种路面的工作情况

a—柔性路面；b—刚性路面

从道路建筑的角度来说，按材料组成及性质来划分的路面类型，在理论联系方面较为密切。因此。本书将按下列分类进行阐述各式路面的建筑工艺：

1. 用天然材料建筑的路面：包括土路、碎石路面、泥结碎石路面、土壤碎石路面、砾石级配路面及块料路面等；

2. 用有机结合料建筑的路面：包括沥青表面处理、贯入法沥青铺砌层、路拌法沥青路面和厂拌法沥青铺砌层等；

3. 用无机结合料建筑的路面：包括石灰土及水泥土路面、水泥结碎石路面、石灰混凝土路面、硅酸盐预制块路面、湿砂矿渣混凝土路面、水泥混凝土、预制水泥混凝土板等。

§ 1-2 路面结构选择的依据

路面结构的技术经济问题，是一个较为复杂而至今未能满意解决的问题。

在选择路面结构类型时，应该排除狭隘的厚度计算及单纯的技术设计，但也不应从单纯的经济观点来加以分析。应遵从党和政府在各个阶段交通建设的方针与政策来综合考虑技术与经济两方面的問題。从技术经济上可以从下述三个方面考虑。

一、路面强度及稳定性

路面的强度及稳定性，是构成路面使用品质的基本要素。路面的强度是整个路面结构抵抗某种破坏作用的能力。路面的稳定性是指在不同外界条件影响下路面结构整体强度的可变性质。保证路面有足够的强度及稳定性，是选择路面及评定路面的技术经济性质时的最根本的前提。

对路面起破坏作用的外在因素，主要是行车的机械力与路面周围的自然破坏力。

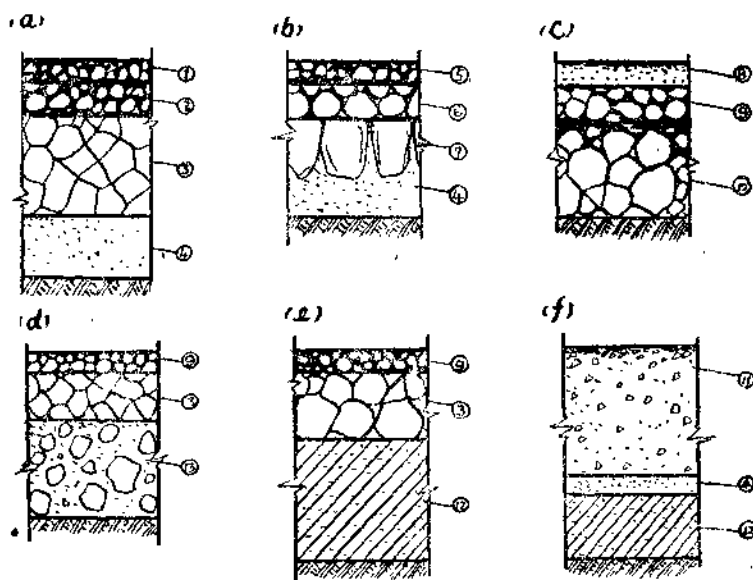


图 1-1-4 路面结构层组合示例

a—中粒沥青混凝土联接上下层起着过渡层的作用；b—三层表面处治以加强表层与垫料基层的整体性；c—黑色碎石过渡半贯入碎石与沥青砂的结构；d—黑色碎石（细料）与泥结碎石间由碎石隔离，以防止水份上升；e—石灰土上加做碎石层以防止裂缝的形成；f—水泥混凝土上下以石灰土加固解决施工时强度的不足

①—细粒沥青混凝土；②—中粒沥青混凝土；③—碎石；④—砂；⑤—封层；⑥—表面处治层；⑦—垫料；⑧—沥青砂；⑨—黑碎石；⑩—半贯入的碎石结构；⑪—混凝土；⑫—混凝土；⑬—泥结碎石

不同类型路面的破坏情况是不一样的，而路面在不同结构层次上的破坏情况也有所不同。例如，铺砌层的破坏现象有脱落、松散、搓板、推挤、轮辙、压人、龟裂、劈裂、鼓胀、伸胀与收缩等；而基层的破坏现象则有膨胀、波浪、折断、收缩、轮辙式破裂、贯穿式破裂、碾碎、坑陷、裂缝和翻浆等。

为了防止和消除上述的破坏现象，对路面设计便提出下列要求：

1. 合理地选择结构层的材料及其配合比例；
2. 要求土基和基层具有足够的强度及稳定性；
3. 适当的结构层组合；
4. 符合技术经济原则的结构层厚度。

总之，必须在路面材料的选择、路面结构层的组合和路面厚度的决定以及土基的稳定性四方面来综合考虑，以保证路面的强度和稳定性。路面的厚度的决定和土基稳定性问题在“道路设计”一书中已有讨论，本书将着重就前二者进行研究。

路面材料的选择问题将在有关章节内介绍。决定结构及组合的原则，除考虑结构强度以外，还应从

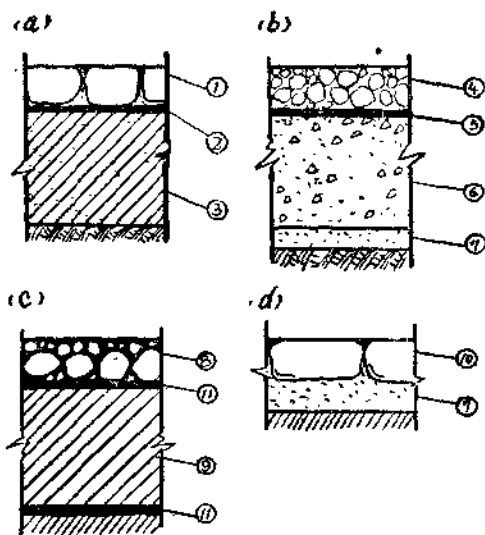


图 1-1-5 辅助层的作用

a—块料下的石灰土，须加防水封闭层；b—水泥混凝土与沥青混凝土之间加铺沥青玛蹄脂增强粘结；c—沥青土隔离层封闭部分土基以保证强度；d—块料路面下砂层起平整作用

①—块料；②—沥青层；③—石灰土基层；④—沥青混凝土；⑤—沥青玛蹄脂；⑥—水泥混凝土；⑦—砂；⑧—表面处治；⑨—压密土；⑩—高级块料；⑪—沥青土