



GAOSU GONGLU LIQING LUMIAN ———
ZAOQI POHUAI XIANXIANG JI YUFANG

沙庆林 著

高速公路 沥青路面早期 破坏现象及预防

人民交通出版社

The People's Communications Press

Gaosu Gonglu Liqing Lumian
Zaoqi Pohuai Xianxiang Ji Yufang

高速公路沥青路面 早期破坏现象及预防

沙庆林 著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书根据我国开放交通两年以上的高速公路(近30条)半刚性基层沥青路面实际使用情况调查,详细介绍了我国高速公路半刚性路面结构及其承载能力和面层功能状况;详细分析了沥青路面的早期破坏现象和产生原因,并提出了预防措施;详细介绍了我国自主研发的多碎石沥青混凝土的特性、技术指标及其在多个工程的实际使用情况。本书还对沥青和改性沥青,沥青和沥青混凝土现状以及薄沥青面层进行了综合评述。

本书可供公路、城市道路的设计、施工、科研和监理技术人员以及大专院校师生学习参考。

本书作者为中国工程院院士。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路沥青路面的早期破坏现象及预防/沙庆林著.
北京:人民交通出版社,2001.3
ISBN 7-114-03856-9

I. 高... II. 沙... III. 高速公路-沥青路面-公路养护
IV. U418.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第15697号

高速公路沥青路面早期破坏现象及预防

沙庆林 著

正文设计:王静红 责任校对:刘高彤 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本:787×980 1/16 印张:29 字数:476千

2001年5月 第1版

2001年5月 第1版 第1次印刷

印数:0001—7000册 定价:45.00元

ISBN 7-114-03856-9

U·02799

前言

1988年10月沪嘉高速公路建成通车,实现了我国大陆高速公路零的突破。随后,我国高速公路发展很快。1990年底,建成通车的高速公路共有522km。1995年底建成通车的高速公路已超过2000公里。1999年底,建成通车的高速公路共达11605公里。截止到2000年底,高速公路通车总里程已达到1.6万公里。我国高速公路总里程已跃居世界第三位。这是在党的正确领导下,在全国人民,特别是高速公路沿线人民的大力支持下,广大公路工作者对我国公路建设做出的巨大贡献。

我国公路从一般公路到高速公路的发展基本上是属于跳跃式的,如1978年前我国无一级公路和仅有少数二级公路;1980年有200km一级汽车专用公路和12600km二级公路;1984年国务院正式批准建设并开始设计京津塘高速公路;1985年我国仅有400km一级汽车专用公路和21200km二级公路。从1985年之后,我国公路建设就进入了一个新的以高速公路为代表的发展时期。同时,汽车运输也开始进入一个快速发展时期,不但是交通量增长快,而且轴载质量也显著增大。近10年来,重载车辆,特别是大幅度超载运输车辆日益显著增加,其后轴载从额定的100kN增加到180kN以上,轮胎充气压力从额定的0.7MPa增加到0.9MPa以上。交通状况的这些显著变化给沥青路面带来了严重考验。

我国高速公路建设有一些直接影响路面质量的特点。

1. 多方面准备不足

在公路呈现跳跃式的发展,以及高速公路发展异常迅速的情况下,我国在高速公路建设的各个方面的准备显然不足。

首先是人才准备不足。高速公路发展初期,公路专业人员不但数量不足,而且质量亦不足——很多从业人员没有设计和施工高速公路路面的经验,实际上接触过二级公路沥青路面施工的技术人员也为数不多。由于专业公路施工队伍严重不足,从多个行业投向高速公路建设的新施工队伍,对公路路面技术更是陌生。以往长时间在公路工程建设过程中不设监理人员,也没有监理制度,因此也没有熟悉工程技术和工程监理的人员。在培训监理人员时,只培训如何进行工程管理,而缺少技术培训,因此很多监理人

员对工程技术不熟悉。工程单位的管理人员也缺乏高速公路工程实施的管理经验。

其次就是机械设备方面的准备不足,早期完成的多条高速公路铺筑沥青路面所用的机械设备,实际上只适宜于施工二、三级公路的沥青路面,特别是基层施工工艺水平低,如用铧犁和平地机路拌法施工。

此外,对于路面技术本身的研究也不足。我国在1980年才开始研究强度高、稳定性好,适宜于用机械施工的基层和底基层材料。研究这些材料应有的、适宜在工地实施的技术指标及其标准值、这些材料的混合料设计方法以及相应的试验仪器和试验方法;同时还研究适宜于现代交通状况的重型压实标准。虽然这些研究成果为随后的高速公路建设打下了良好的技术基础,但终究由于时间短应用不普遍,广大工程技术人员对其并不熟悉。20世纪80年代初,我国公路部门还在研究和应用用渣油氧化得到的次质沥青铺筑次高级沥青混合料面层。对适宜于高速公路使用的沥青混凝土,直到1984年国家批准京津塘高速公路实施时,才开始做试验研究,同时开始了解国外的传统沥青混凝土的性质。广大公路工作者,特别是路面工程师对高速公路用沥青混凝土以及沥青面层结构还缺乏了解;对沥青混合料的拌和、摊铺和压实的机械设备以及使用性能也都不熟悉。在这种情况下,新建成的高速公路沥青路面难免会产生一些严重的早期破坏。

随着高速公路建设的发展,技术人员、管理人员和监理人员逐渐熟悉了路面的设计和施工,但由于近10年特别是近3年来,我国高速公路飞速发展,几乎每个省、市、自治区都在建设高速公路,设计和施工队伍以及监理队伍都感到严重不足。目前,一些原有施工队伍不得不一分为几;而一些新组建的施工、监理队伍,则在没有得到应有技术培训的情况下就直接承担了建设任务。

2. 没有合理工期和合理标价

我国多数高速公路的建设没有合理工期。实际情况表明,工程一旦立项大多不按预定工期进行建设,主管领导往往要求提前完成任务,或作为领导的一项重要业绩的献礼工程而不顾实际地抢工期。为了在规定的日期前完成任务,施工单位往往突击抢工,违反施工规范的规定。例如,在不适宜施工的冷天、夜晚(甚至通夜)抢铺路面基层和沥青面层,甚至出现边降雨、边降雪、边抢铺沥青面层的情况。从而形成只追求进度和完成任务,根本不顾质量的局面。

部分高速公路标价确定不尽合理,造成施工单位施工质量不高。

3. 对于工程技术人员的学习、提高重视不够

主管部门不重视组织施工单位之间的技术和经验交流,也不组织工程技术人员培训。多数工程技术人员成年累月忙于应付日常生产活动,没有时间进行学习和总结提高。

4. 规范、规程是实践经验的总结。我国的规范、规程实际上都是强制性的和全国性的。长期以来,广大生产实践者只能在规定的框框内活动,不敢越雷池一步。他们不需要也不能发挥主动性和创新性。因此,规范、规程中存在的不足和问题不能及时得到解决。我国公路技术的发展不是依靠广大生产实践者,而是依靠少数科研人员,特别是少数制定规范、规程的技术人员。

5. 科技投入严重不足,专职研究人员太少

我国自开始高速公路建设以来,虽然基本解决了一些路基路面重大技术问题,但仍有不少技术问题需要研究解决。但公路科技投入严重不足,科研单位真正专职从事科研的人员所占比例很小,大约在5%以下。一些早就在不少高速公路上产生的路基路面早期破坏反复在不同高速公路上出现,迟迟得不到解决。实际现状为:没有经费,没有课题,也不可能组织人力进行研究,只好让这些问题反复产生,造成的经济损失也无人过问。

高速公路路基路面工程非常复杂,沿线地基和所用填土复杂多变,特别是路面所使用的材料较多,需要的机械设备也是多种多样,工艺不一而足,实施期间往往需要经历3~4年,气候条件复杂多变。在这样复杂条件下完成的路基路面工程,又受到上述四大不利因素的严重影响,高速公路竣工通车后,路面产生少量早期破坏是无法避免的,也是可以理解的。

通过对多条路面早期破坏很少的高速公路进行考察证明:只要认真设计和严格按照科学要求施工,竣工路面开放交通后经过两年行车考验,路面产生的各种早期破坏率(破坏修补面积占总面积的百分率)不超过万分之一(0.01%)是完全可以做到的。但是,我国多数高速公路沥青路面的早期破坏比较严重,大大超过此百分率,其中包括多个需要广大公路工作者共同努力认真研究的重大技术问题。这些问题的解决,必将会减少沥青路面的过多早期破坏现象,并显著改善我国沥青路面的使用性能和延长其使用寿命,使我国半刚性路面和刚性组合式路面的应用技术向前迈进一大步。

本书主要包括以下几部分内容:

1. 我国高速公路半刚性基层沥青路面概况和高速公路各个结构层,特别是沥青面层各层的功能要求(第一章和第二章);

2. 当前我国高速公路沥青面层的两大功能:抗滑能力和平整度(第三章和第四章);

3. 路面早期破坏概况,造成水破坏和辙槽的原因分析和预防措施(第五章~第八章和第十章);

4. 多碎石沥青混凝土(第九章);

5. 路基和基层引起的路面早期破坏情况的分析和预防(第十一章和第十二章);

6. 附录包括沥青、改性沥青,沥青和沥青混凝土现状,薄沥青面层以及强夯加固软黏土地基共四节。

王旭东博士为本书第八章提供了部分重要试验数据,黄文元硕士为本书第二章的路面结构应力分析提供了全部数据。全书文字和图表的输入以及编排由沙健完成。秦若云完成了本书的全文校对。秦若云和沙健对部分内容的充实和部分文字的修饰也提出了有益的建议。他们对本书的最后完成都作出了贡献,在此一并表示感谢。

书中针对沥青路面各种早期破坏现象提出的预防措施,有的还需要经过时间考验和充实完善。对书中不妥之处敬请读者批评指正。

作 者

2001年3月22日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 我国高速公路简况	1
第二节 我国高速公路的路面结构	4
第三节 沥青路面的表面使用性能	13
第四节 必须解决的几个重要技术问题	15
第五节 我国半刚性路面的不均匀性	21
第二章 半刚性路面的承载能力和应力分析	33
第一节 半刚性路面的承载能力	33
第二节 半刚性路面结构的应力分析	40
第三章 抗滑表层	49
第一节 轮胎与路面的摩擦力	49
第二节 影响抗滑能力的因素	50
第三节 抗滑能力与交通事故	58
第四节 国外抗滑表层概况	63
第五节 我国抗滑表层的发展和现状	66
第六节 抗滑能力随时间变化	70
第四章 平整度	76
第一节 优良平整度的重要性	76
第二节 平整度(或不平整度)指标和测定方法	79
第三节 国外路面平整度的简况	86
第四节 我国高速公路平整度下降快的主要原因	96
第五节 如何达到优良平整度	98
第五章 部分高速公路沥青路面早期破坏简况	105
第一节 概述	105
第二节 几种主要路面早期破坏现象	110
第六章 高速公路沥青路面的水破坏	140
第一节 水破坏现象的普遍性和严重性	140
第二节 几条主要高速公路路面和桥面坑洞的比较	153

第三节	半刚性路面产生水破坏的内因和外因	155
第四节	密实式沥青混凝土透水探因	156
第五节	减少沥青路面水破坏的措施	157
第六节	减少水泥混凝土桥面沥青面层水破坏的措施	171
第七节	补中补	173
第八节	剥落	176
第七章	沥青路面的辙槽与泛油	179
第一节	概述	179
第二节	美国西部环道 Westrack 粗级配混合料的过早辙槽破坏	184
第三节	我国高速公路沥青路面的辙槽	192
第四节	辙槽标准	194
第五节	影响辙槽深浅的主要因素	195
第六节	关于抗辙槽能力的指标	218
第七节	我国某高速公路严重辙槽的分析	227
第八节	泛油	229
第八章	沥青混凝土设计中的若干问题	234
第一节	沥青混凝土的击实试验方法	234
第二节	沥青混凝土空气率的重要意义	247
第三节	温度对混合料密实度的影响	257
第四节	要用更严密的方法确定试件的空气率	264
第五节	要改进轮辙试验仪及其试验方法	286
第九章	多碎石沥青混凝土(SAC)	289
第一节	概述	289
第二节	为什么要开发多碎石沥青混凝土	290
第三节	SLH 级配的扩大应用	292
第四节	正定试验路多碎石沥青混凝土(SLH-20)的十年 使用情况	295
第五节	SAC-16 在某高速公路上的应用	300
第六节	某高速公路在旧路上加铺沥青面层的试验	312
第七节	SAC 的技术指标及其建议值	313
第十章	沥青混凝土的不均匀性	323
第一节	沥青混凝土均匀性的重要意义	323
第二节	沥青混凝土不均匀性的严重性	324

第三节	沥青混凝土不均匀性大的主要原因	330
第四节	集料离析	343
第五节	温度差别的破坏/温度离析	353
第十一章	路面的纵向形变和纵向裂缝	365
第一节	纵向形变及其产生原因	365
第二节	桥头跳车及工程措施	369
第三节	软土地基	371
第四节	要研究高路堤的压实度标准	376
第五节	减少早期纵向裂缝	376
第十二章	优质基层是关键	380
第一节	两类半刚性基层材料	380
第二节	对基层的主要技术要求	382
第三节	消除基层质量不好导致沥青面层早期破坏的措施	385
附录		401
第一节	沥青和沥青混凝土现状	401
第二节	沥青、改性沥青和改性沥青混凝土	424
第三节	薄沥青混凝土(HMA)面层	437
参考文献		451

第一章 绪 论

第一节 我国高速公路简况

1984年国务院正式批准建设我国第一条高速公路——京津塘高速公路。1988年10月底上海沪嘉高速公路建成通车实现我国大陆上高速公路零的突破后,我国高速公路发展异常迅速。到1999年底,高速公路的通车里程已达11 605km,总里程位居世界第3位。

上述已建成通车的高速公路分布在我国气候、地形、地貌、土壤、水文条件等均不相同的各个地区。东北较潮湿的重冰冻地区,华北和西北较干旱(半干旱)的轻冰冻地区,新疆干旱的重冰冻地区,南方潮湿非冰冻地区。大部分高速公路在平原微丘区,部分高速公路在黄土高原区,部分高速公路在山岭重丘区,部分高速公路在沿海或沿河冲积平原上,还有部分高速公路在戈壁滩上。

在已建成的高速公路中,绝大多数为双幅双车道,即中央分隔带左右两侧各有两个车道的高速公路,少数为双幅三车道高速公路。

已通车高速公路上的交通状况也有很显著的差别。有的高速公路上交通量大,日混合交通量超过数万辆,且重型卡车所占的比例较大。有的高速公路部分路段的交通量大,部分路段的交通量显著减少。根据1997年的统计(见表1-1),多数高速公路的日平均混合交通量不足10 000辆,交通量在10 000~20 000辆之间的不到1/4,交通量大于20 000辆的5条高速公路都在广东省。部分高速公路的日平均混合交通量还不到5 000辆。我国高速公路上车辆组成中,多数是小汽车,载货卡车的比例仅占20%~40%左右。有的高速公路上仅有小汽车和少量的班车通行。也有极少数高速公路上载货卡车超载十分严重,超载100%的情况常有,超载200%的卡车也不罕见。后轴重超过额定最大100kN,高达150kN的卡车常有,后轴重高达180kN的卡车也可见。轮胎充气压力超过额定0.7MPa,高达0.9MPa左右的卡车常有,有些卡车的轮胎充气压力甚至超过1MPa,最高达1.1MPa。

高速公路建设主要包括五大部分,即路线、路基、路面、桥涵(包括立交

桥,常通称构造物)和交通工程。路线一旦确定及高速公路建成后,它们不再发生变化。一般情况下,构造物的主体工程不易产生早期破坏。交通工程中除防撞护栏易受行车撞击损坏外,其他设施一般情况下也不易发生早期损坏。上述五大部分中,只有路基和路面最容易产生质量问题,并导致路面(含桥面沥青混凝土面层)产生早期破坏,直接影响行车速度、行车安全和通行能力。因此,高速公路建成后能否在接近设计使用年限期间让大量车辆安全、舒适、快速地通行,主要取决于路基和路面的质量。或者说,某高速公路工程完成后其质量的优劣,能否发挥应有效率主要取决于路基和路面工程的质量。表 1-1 为 1997 年我国主要高速公路(含部分一级汽专)交通量情况表。

1997 年我国主要高速公路(含部分一级汽专)交通量情况表 表 1-1

路 段 名 称	里 程 (km)	交 通 量 (自然车/日)	换算交通量 (小客车/日)	开通至 1997 年年 平均增长率(%)
北京—天津—塘沽高速公路	142	14 007	24 806	17(1995 ~ 1997)
北京—石家庄高速公路(河北段)	221	19 430	34 411	39(1995 ~ 1997)
石家庄—安阳高速公路	215	7 500	13 283	
哈尔滨—大庆高速公路	133	7 795	13 805	
沈阳—大连高速公路	375	11 170	19 782	
沈阳—四平高速公路	160	7 482	13 251	
沈阳—本溪高速公路	88	5 586	9 893	
四平—长春高速公路	133.2	8 488	15 032	70(1996 ~ 1997)
长春—吉林高速公路	84	4 058	7 187	
上海—南京高速公路	258	11 000	19 481	8.4(1996 ~ 1997)
上海—嘉定高速公路	19	8 463	14 988	
杭州—宁波高速公路	145	9 468	16 768	
南京—合肥高速公路(安徽段)	134	10 764	19 063	35(1995 ~ 1997)
长沙—湘潭高速公路	51	7 580	13 424	
南昌—九江一级汽专	138	5 444	9 641	9.5(1996 ~ 1997)
郑州—许昌高速公路	93	13 381	23 698	
安阳—新乡高速公路	122	7 505	13 291	
开封—洛阳高速公路	201.4	9 514	16 849	5.7(1996 ~ 1997)
西安—宝鸡高速公路	146	5 628	9 967	16.6(1995 ~ 1997)
黄石—武汉—宜昌高速公路	350	7 438	13 173	11(1995 ~ 1997)

续上表

路 段 名 称	里 程 (km)	交 通 量 (自然车/日)	换算交通量 (小客车/日)	开通至 1997 年年 平均增长率(%)
呼和浩特—包头高速公路(半幅)	150.4	2 938	5 203	
济南—青岛高速公路	318.7	16 448	29 129	31(1995 ~ 1997)
成都—重庆高速公路(一级汽专)	226	7 398	13 102	3.7(1996 ~ 1997)
钦州—防城港高速公路	105	2 727	4 830	
佛山—开平高速公路	80	23 986	42 479	118(1996 ~ 1997)
深圳—汕头高速公路	287	27 699	49 055	
广州—深圳高速公路	123	74 500	131 940	94(1995 ~ 1997)
广州—佛山高速公路	15.7	68 238	120 849	37(1996 ~ 1997)
惠州—盐田高速公路	63.6	21 912	38 806	
广州—花县高速公路	23	17 150	30 373	
海口—三亚高速公路(东线半幅)	241	4 419	7 826	2.7(1996 ~ 1997)
海口—三亚高速公路(西线)	157	3 460	6 128	
昆明—曲靖高速公路	130	8 038	14 235	
楚雄—大理高速公路	178	7 000	12 397	
昆明—玉溪高速公路	89	6 000	10 626	
合 计	5 396			
平 均		11 991	21 235	

高速公路的路面工程量大、牵涉面广。一条高速公路长数十公里甚至数百公里,沿线遇到的土壤、水文、气候等环境条件会有显著差别。路面经常由多层各不相同的材料所组成,特别是沥青面层所用材料品种多、要求严格,每层都有各自要求的工艺水平。同一条路上往往又由多个甚至十多个机械水平、管理水平和技术熟练程度各不相同的承包单位实施工程,因此,不同高速公路,甚至同一条高速公路不同标段的新建路面质量都会有显著差异。路面质量的不均匀性远比工厂生产的产品要大得多,实际上任何工厂产品很难百分之百都是优质品,路面产品更是如此,它不可能没有缺陷。

同一条高速公路的不同路段上的交通量和交通组成都会有显著差异。高速公路开放交通后,路面原先的缺陷就会先后导致各种程度不同的路面早期破坏现象,因此,高速公路开放交通的初期(1~2年内)产生极少数路面早期破坏是完全可以理解的。随着路龄增长,沥青要逐渐老化,沥青混凝土的抗温度裂缝能力、抗疲劳破坏能力、抗水破坏和抗松散能力都会逐渐减

弱,沥青面层的破坏现象会逐渐增多,此时要求通过养护措施来改善和恢复路面应有的使用性能。

美国于 20 世纪 80 年代中对沥青路面的实际使用寿命做了一次广泛调查。调查后发表的文章指出,虽然按照 AASHTO 路面设计方法,沥青路面的设计使用期为 20 年,但实际使用期只有 8~12 年。

我国高速公路沥青路面的设计使用期一般为 15 年,水泥混凝土路面的设计使用期一般为 30 年。虽然到 1998 年底,全国高速公路总里程达到 6 258km,但主要是集中在近几年完成的。由于这些高速公路路面的设计和施工水平都有明显差异,以及现实存在的较普遍抢工现象,其中部分高速公路的路面属于非正常设计,特别是非正常施工范畴。

由于我国大部分高速公路的通车时间不长,仅 2~3 年,也由于我国至今没有明确的指标和标准可用来判断某高速公路或其中的某一段是否已达到实际使用期,所以难以分析我国高速公路路面的实际使用期是多长。但是,调查表明,通车仅 2~3 年的个别高速公路的沥青路面已大面积破坏。某高速公路通车仅约 9 个月,沥青路面就出现破坏现象;不到一年,由于大面积破坏严重,不得不将原沥青面层铣刨后重铺新面层。

上述现象说明,在我国高速公路半刚性路面的设计和施工两方面都存在较多技术问题和管理问题,需要共同努力来研究解决。

第二节 我国高速公路的路面结构

我国高速公路上的路面结构有三大类:半刚性基层沥青路面,国内外常简称半刚性路面,约占 75% 多;水泥混凝土路面,也常简称刚性路面,约占 23%;刚性组合式路面(在水泥混凝土或碾压混凝土板上铺一层沥青混凝土),约占 2%(上述百分率均为 1998 年的统计数)。部分高速公路的路面结构参见表 1-2。

部分高速公路的沥青路面结构

表 1-2

名 称	面层和厚度(cm)				基层和厚度 (cm)	底基层和厚度 (cm)	备 注
	表	中	底	总厚			
沪嘉	AK-13A AK-13B			12、17	46 石灰粉煤灰碎石	部分路段 20 砂砾	15km,其中路 基路面 12km
莘松				12、17	45 石灰粉煤灰碎石		18.9km

续上表

名 称	面层和厚度 (cm)				基层和厚度 (cm)	底基层和厚度 (cm)	备 注
	表	中	底	总厚			
广佛 ⁽¹⁾	4LH - 20I	5LH - 30	6LS - 30	15	20 水泥碎石	25 ~ 28 水泥石屑	13.9km
	4LH - 20I		5LH - 30	9	25 水泥碎石	同上	仅 1.8km
西临	4LH - 20I	5LH - 25	6LS - 30	15			17km
	5LH - 20LH - 20I			12			3km
沈大	4LH - 205	55	6LS5	15	20 水泥砂砾	砂砾或矿渣	375km
京石(北京段)三、四期				12	35 石灰粉煤灰砂砾		14km
	3.5LH - 15	4.5LH - 20	7BM	15	20 水泥砂砾 40 二灰砂砾	20 二灰砂砾 20 石灰砂砾	31km
京石(河北)一期	3LH - 20		5BM	8	12 水泥石灰碎石	43 石灰土	49km
二期	5LH - 20		5BM	10	15 二灰碎石	40 石灰土	220km
三期	5		7	12	15 二灰碎石	40 石灰土	
广花	3LH - 20		4LH - 20	7	18 ~ 20 水泥碎石	25 ~ 34 水泥石屑	软土地段, 全长 22km
海南东线	4	4	4BM	12	20 水泥碎石	20 水泥碎石	一期 64km
京津塘 正常地基 软土地段	5LH - 20I	6LH - 30	12LS - 35	23	20 水泥碎石	30 石灰土	85km
	4LH - 20I	5LH - 30	11LS - 35	20	20 水泥碎石	28 石灰土	
		6LH - 30	12LS - 35	18	二灰碎石		57km
		8LH - 30	12LS - 35	20	二灰碎石		
济青 ⁽¹⁾	4LH - 20I	6LH - 30	8LS - 35	18	20 水泥碎石	20 二灰土	济南段 51km
	4SLH - 20 ^③	6LH - 30	8LS - 35	18	20 水泥砂砾或石灰粉煤灰碎石 + 1.5% 水泥	39 石灰土	其中面层厚 18cm 的 116km 15cm 的 202km
	4SLH - 20	5LH - 30	6LS - 30	15			
广深 ⁽¹⁾	4LH - 20II	8LH - 30 10LH - 40II	10LS - 40	32	23 水泥碎石 23 级配碎石	32 未筛分碎石	
郑开	5LH - 20I			5	22 碾压混凝土或素混凝土	15 水泥碎石, 15 水泥石灰土	
郑洛	5LH - 20I	5LH - 30	6LS - 35	15	15 二灰碎石	40 石灰土	
佛开	3	7	8BM	18	25 水泥石屑	15、23、28 级配碎石	80km, 部分为 cc 路面

续上表

名 称	面层和厚度 (cm)				基层和厚度 (cm)	底基层和厚度 (cm)	备 注
	表	中	底	总厚			
深汕	3	5	6	14	25 水泥石屑	28、32、38 级配碎石	
青黄 (胶州湾)	4SAC - 16		5AC - 25	9	46 水泥砂砾		
					19 素混凝土	10 砂砾	用于路堑
太旧 ^①	4AC - 16I	5AC - 25II	6AC - 30II	15	20 水泥碎石或水泥砂砾	26 石灰土或 15	
石太 河北段	5		7	12	18 二灰碎石	20 ~ 25 石灰土	
	4	5	6	15	22 ~ 25 二灰碎石		
济德	4LH - 20II	5LH - 25I	6LH - 35	15	26 二灰碎石加水泥	29 二灰土	
杭甬 K7.7 ~ K28 K28 ~ K145	3LH - 20II	6LH - 30	8LS - 35, 1 沥青砂	18	25 ~ 34 二灰/水泥碎石	20 级配碎石	
	5LH - 20II	1 沥青砂	7LS - 35	13	19 ~ 28 二灰/水泥碎石	20 级配碎石	其中 91.6km 为软土地基
沪杭 余杭段	3LH - 20II	6LH - 30	8LS - 35, 1 沥青砂	18	25 ~ 3 二灰/水泥碎石	20 级配碎石	
沈铁	3AK - 13B	4AC - 16I	7AC - 30	15	32 ~ 36 水泥砂砾	30 天然砂砾	
沪宁 常州段 镇江段	4SAC - 16 ^②	6AC - 25I	6AM - 25	16	25 28 30, 40 二灰碎石	33 20 二灰 18 二灰土, 石灰土	
	同上	同上	同上	16	20 二灰碎石	40 二灰土	
成渝				12			340km
东山	同上	同上	同上		同上	同上	
西铜	4		8BM	12	21 二灰砂砾	22 二灰土	
西宝	4		8	12	二灰砂砾	二灰土	
郑新	5				22RCC 或 PCC 15 水泥碎石	15 石灰土	
石安	4SAC - 16	5AC - 25	6AM - 30	15	20 水泥碎石 + 20 二灰碎石, 20 水泥碎石	20 石灰土或二灰土 40 二灰土或二灰砂	
宁通 扬州段	4SLH - 20	6LH - 30	6BM	16	20 二灰碎石	33 石灰土	
沈本	3AK - 13B	4AC - 20	5AC - 25	12	20 水泥砂砾	天然砂砾	

注:① 表面层沥青中加有抗剥落剂,但济青路仅有要求,实际中所加标段不明。

② 1993 年春加铺表面层时用了 PE 改性沥青和类似 SMA 的矿料级配。

③ SLH - 20 和 SAC - 16 指多碎石沥青混凝土。

一、半刚性路面

1. 半刚性路面结构

我国高速公路上的半刚性路面通常由半刚性材料底基层、半刚性材料基层和沥青面层构成。

我国已开放交通的高速公路半刚性路面,其沥青面层厚度多数为 15 ~ 16cm,少部分为 9 ~ 12cm。京津塘高速公路为 18 ~ 23cm,广深高速公路为 32cm。多数分三层铺筑,9 ~ 10cm 厚的面层分两层铺筑,12cm 厚的面层有分两层也有分三层铺筑,23cm 和 32cm 厚的面层则分四层铺筑。

多数高速公路的半刚性基层厚 20cm,采用水泥稳定碎石(或砾石)或石灰粉煤灰稳定碎石(或砾石)。半刚性底基层厚 25 ~ 40cm,采用的材料有石灰土、水泥土、二灰土、二灰砂、二灰和水泥石灰土等。半刚性材料层的总厚度通常不超过 60cm,最薄为 40 cm。迄今为止,仅有一条高速公路采用天然砂砾或矿渣做底基层。近几年来,有些高速公路采用二层半刚性基层,厚 36 ~ 40cm,用一层半刚性底基层,厚 18 ~ 20cm。除严重超载和车辆多的运煤和运砂石材料等路线外,一般没有必要采用两层半刚性基层。京津塘高速公路是一层基层和二层底基层,已通车 8 年(北京—杨村段),至今未发生结构性破坏,路表 100kN 轴载下的代表弯沉值仍小于 0.1mm,实际有些路段仅 0.03mm 左右。

半刚性路面的总厚度变化在 55 ~ 80cm(个别填土高度小和地下水位高且土质不好的路段),绝大多数在 65 ~ 75cm 之间。广深高速公路的路面总厚度高达 110cm。

就上述两类半刚性基层材料的性能而言,水泥稳定类的早期强度比二灰稳定类的早期强度高很多。由于二灰稳定类的早期强度相当低,如果二灰稳定类基层养生结束就铺筑沥青面层,并很快开放交通,而且有一定数量重型货车通行,则可能使路面结构产生程度不一的损伤。在龄期 3 个月左右,二灰稳定类的强度与水泥稳定类的强度就达到大致相同。在龄期半年以上,前者的强度还可能高于后者。

①由于二灰稳定混合料中二灰常占 15% ~ 20%,而水泥混合料中水泥只占 5% ~ 6%,因此前者的抗冲刷能力不如后者强。

②在潮湿情况下,二灰稳定类的冰冻稳定性可能不如水泥稳定类。

③二灰稳定类的水稳定性优于水泥稳定类,特别优于水泥稳定含土的级配集料。