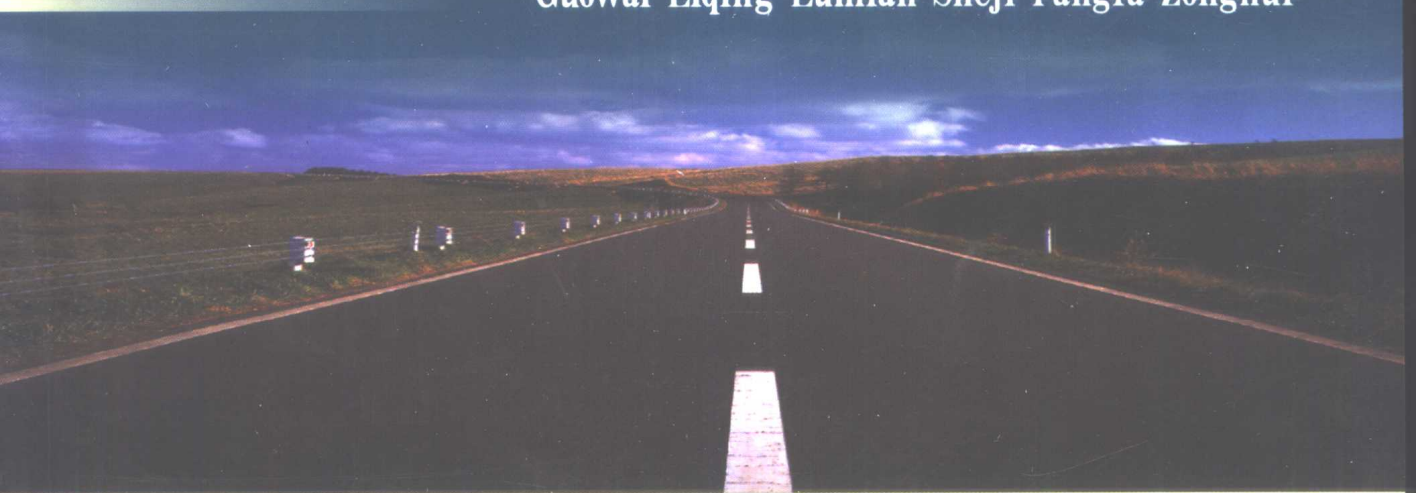


沈金安 主编

国外沥青路面 设计方法总汇

Guowai Liqing Lumian Sheji Fangfa Zonghui



人民交通出版社

China Communications Press

沈金安 主编

国外沥青路面 设计方法总汇

Guowai Liqing Lumian Sheji Fangfa Zonghui



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书是世界范围内几种主流沥青路面设计方法的汇总,由我国公路行业的知名专家、学者结合我国沥青路面现状及自身的研究成果进行编译。主要介绍了澳大利亚、日本、法国、南非、俄罗斯、德国、美国(AASTHO法、美国 AI 法)以及壳牌法沥青路面设计方法,附录摘录了我国台湾省的沥青路面设计方法。

本书可供从事沥青路面设计的工程技术和研究人员参考,亦可供大专院校相关专业教师、本科生、研究生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

国外沥青路面设计方法总汇 / 沈金安主编. —北京:
人民交通出版社, 2004.4
ISBN 7-114-05017-8

I. 国... II. 沈... III. 沥青路面·设计
IV. U416.217.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 025214 号

国外沥青路面设计方法总汇

沈金安 主编

正文设计:彭小秋 责任校对:刘 芹 责任印制:张 恺

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

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:23 字数:552 千

2004 年 4 月 第 1 版

2004 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001~4000 册 定价:80.00 元

ISBN 7-114-05017-8

张春贤部长在 2004 年全国交通工作会议上的报告中再三强调,在工程建设中要“把高质量放在首要位置”,并告诫我们:“质量是工程建设的永恒主题。交通作为向社会提供公共产品和公共服务的部门,在新的历史时期,我们应向社会、向人民、向国家交一份什么样的产品呢?是经久耐用、外表美观、使用方便的优秀成果,还是金玉其外、败絮其中的劣质产品?这是关系交通行业形象,关系到交通行业是不是一个负责任行业的大问题。质量是工程的生命,更是一个行业的生命。如果几年后我国建成的几万公里高速公路没到大修年限就大面积翻修,我们今天所为之奋斗的事业就可能被否定。我们修路架桥,实则是在书写历史。一座优质工程,万人称赞,千古流芳;一座劣质工程,同样也会在历史上留下不可挽回的败笔。一条条公路,一座座桥梁,一道道隧洞,看似冰冷的混凝土结构物,实则是人类克服艰险、进步发展的文明标志。一定要以对国家、对人民、对历史负责的精神,建优质工程,建精品工程。这是我们这代人,对人民、对历史、对后人做出的庄严承诺和郑重交代。”张部长的这段话让我们深刻感受到作为一个公路研究工作者肩负的重大的历史使命。我们每个交通人的所作所为,实际上都是在书写自己的历史,也是在书写我国交通的历史。张部长还说:“当前一个重点是要处理好质量与速度的关系。要把解决建设能力的有限性与社会需求不断增长的矛盾作为工作重点,无论是高等级公路、农村公路还是现代化港口,宁可速度慢一些,也要把事情做精、做细、做好。”

公路建设正在全国范围内如火如荼地开展,张部长的这番讲话对我们的工作具有很好的指导意义。

改革开放以来的 20 年,是中国公路发展速度最快,规模最大,最具活力的时期,自 1988 年沈大高速公路、沪嘉高速公路建成通车以来,中国的公路事业进入了以建设高速公路、一级公路等高等级公路为主的新时代。自 1998 年以来,中国已经连续 4 年每年将超过 2000 亿元的投资用于公路建设,2002 年达到 3211.73 亿元。截至 2002 年末,全国公路总里程达到 176.5 万公里,比 1989 年增长了 74%,公路密度以国土面积计算,达到每百平方公里 18.4km,13 年增长了 7.7%,以人口总数计算达到 13.6km/万人,通公路的乡镇比重达到

99.5%,通公路的行政村比重达到92.3%。高速公路里程,1989年全国仅为271km,到1999年突破1万公里,到2002年突破2万公里,2003年已经超过3万公里,现在在建的还有1.6万公里,到2005年我国高速公路通车总里程可能超过5万公里。我国的公路建设事业用了短短的十多年时间走完了发达国家半个多世纪的发展历程。由于公路建设的发展,带动了交通运输事业的发展,在各种运输方式的总运量中,公路运输完成的客货运量和客货周转量所占比重大幅度提高。

根据经济社会发展的要求和交通加快发展的新形势,交通部又对“十五”计划的主要目标进行了调整。即到“十五”末,全国公路总里程将达到195万公里,新增里程由15万公里提高到28万公里,年均增长5.6万公里。其中高速公路由2.5万公里提高到3.5万公里,二级以上公路里程由27万公里提高到30万公里。路网密度由16.1公里/百平方公里提高到20.3公里/百平方公里。公路通乡率由99.5%提高到99.8%,使687个不通公路的乡通公路;公路通行政村率由93%提高到96%,使49000多个不通公路的村通公路。截至2003年底,“五纵七横”国道主干线在建和未开工的项目还有6200多公里,占规划里程的18.1%,其中在建4556km,占13.2%;未开工1663km,占4.9%。根据调整后的“十五”计划,2004年交通发展的预期目标:新增公路通车里程7万公里,其中新增高速公路3500km,到年底全国公路通车总里程达到189万公里,高速公路里程达到3.3万公里,新改建农村公路10万公里。

在已经建成的高速公路沥青路面中,大部分路面的使用状况是比较好的。例如1988年建成的沈大高速公路,沈阳至鞍山段除进行了局部修补外,仍在正常使用中。1991年建成的京津塘高速公路,情况良好,现正进行表面层再生预防性养护。1993年建成的广深高速公路,至今没有发生严重的破坏,现正进行表面功能性的维修罩面。另外,1996年建成的沪宁高速公路、八达岭高速公路以及随后建成的京沪、京哈、京珠三大高速公路主干线,大部分路段都达到了相当高的使用水平。

不过,我们也清楚地认识到,由于我国高速公路的建设起步晚,技术力量的储备较少,经济基础较差,以及中国的气候和交通荷载条件恶劣,车辆超载严重,优质的道路石油沥青等原料缺乏等原因,铺筑的高速公路路面结构还存在种种问题,一些路段的建设水平并不如人意,甚至通车头几年就产生车辙、开裂、泛油、坑槽等早期损坏现象,不得不进行大规模维修。如何预防高速公路的早期病害是我国重要的研究课题。

为此,交通部西部大开发研究项目“高速公路早期病害预防措施的研究”、“西部地区沥青路面合理结构与厚度的研究”等课题对高速公路沥青路面的早期病害发生的原因、如何预防进行了认真的研究。通过研究认为,高速公路沥青路面的早期损坏有两种不同的类型:

一种是在沥青路面建成不久,在当年或者2~3年,沥青路面就发生程度不同的车辙、坑槽、网裂等早期损坏,许多属于水损害或伴随着疲劳产生的损坏。这些损坏的最直接的原因是施工质量不到位及离析造成的。这些工程大部分经过维修养护或者局部铣刨重修能在短时间内逐渐趋于相对的稳定。这种类型的早期损坏经常与管理上抢工,或者使用的材料不好,混合料有严重的离析,压实不到位,排水设计不合理有关,而且往往有严重的超限超载车辆通过,有些与路基变形也有关系。这些工程施工结束时的弯沉往往并不大,甚

至小到个位数,几乎接近于零,但基层开裂比较严重,或者路面离析严重,从路表裂缝和孔隙中进去的水不能很快从基层排走,基层与沥青面层的层面成为不连续的状态,有些路面的沥青层由于施工污染严重也不连续,使沥青层处于不利的受力状态,在重载交通的作用下,出现大的拉应变导致裂缝,产生唧浆、坑槽,这些水损坏如果得不到有效的维修和控制,则将很快发展成为大面积的损坏;另外有些路段,尤其是大的上坡路段,在高温状态下,很低的劲度模量不能抵抗重载交通很大的剪切变形而出现车辙。

另一种类型的早期损坏是指普遍达不到路面设计要求的设计年限(大部分是15年,少数是20年),更不能与国际上更长的设计年限30~50年相比,充其量7~8年,或者10年左右就必须进行大修,而且这种大修经常是“开膛破肚”式的,不仅仅对沥青面层维修,还必须同时维修基层甚至底基层。这种大修不仅成本很高,而且严重影响正常交通,在工程所在地造成不良的负面影响。这种使用寿命短、耐久性不足的路面使我们十分忧虑。在日本,自1963年名神高速公路起,到1998年7月已建成高速公路总里程达6450km,其中建成10年以下占34%,10~20年占32%,20年以上占34%。使用年限超过20年的高速公路约占总里程的30%。尽管沥青路面的设计年限为10年,但都已经远远超过了规定的设计使用年限,发生结构破坏的段落很少,一般都只在表面进行反复维修就一直使用至今。维修的里程按路面损坏原因分析,车辙超过60%。全国因裂缝而进行维修保养的里程约占20%,其中许多是由于路面表层老化所引起的裂纹的修补。这种情况与我国沥青路面的使用寿命短的情形形成了鲜明的反差。

各种早期损坏发生的原因是复杂的,短期的损坏大都受施工影响更大一些,较长时间的损坏则具有某种共性,这种影响相对来说要更大些。我们决不能对我国沥青路面的耐久性差、使用寿命短的问题熟视无睹。

在经过认真的思考和研究之后,普遍认为这种情况与我国千篇一律地使用半刚性基层沥青路面的结构有一定关系,甚至很可能是造成沥青路面耐久性不足的主要原因。正如张春贤部长在全国交通工作会议上谈到设计问题时一针见血地指出的那样,目前在沥青路面建设中存在“设计上千篇一律,照搬照抄,死套标准的情况比较普遍”的现象。张部长还指示我们,“要有针对性地引进国外成熟的技术、标准和规范。科研成果是实践经验的总结,是人类文明的结晶,我们要善于借鉴一切先进的科研成果。在公路建设和管理领域、国与国之间技术问题及其解决方法具有很多共性。发达国家研究早、实践早,积累了丰富的经验,许多技术、标准和规范属于政府所有,没有知识产权的障碍,我们要把技术引进作为公路交通实现新的跨越式发展的重要手段。”这些话确实是语重心长的,为解决我们目前的公路早期损坏指出了方向,我们必须按照部领导的指示,认真执行,多做实实在在的工作。

在沥青路面结构问题上,我们也需要放眼世界。纵观国际上的高速公路和重交通公路,大量使用的是全厚式路面或者柔性基层沥青路面。相反,半刚性基层沥青路面普遍使用于交通量不很大的公路,或者往往在半刚性基层上面设置一个碎石过渡层。水泥稳定碎石基层和贫混凝土基层是性质完全不同的两个类型,而我们则一直混淆不清,名义上铺筑的无机结合料稳定集料基层,却做成类似于贫混凝土的强度,却又没有按贫混凝土的方法去做。即使同样称为半刚性基层的水泥稳定碎石基层,在强度要求、具体做法上也与国外有许多不同之处。这些问题现在已经开始引起普遍的重视,开始关注对沥青路面结构问题

的研究,希望改变目前单一使用半刚性基层沥青路面的状况,使不同的路面结构得到合理的使用。

为了落实张部长在全国交通工作会议上的讲话精神,配合沥青路面结构和设计方法的研究,我们组织了部分课题参加单位的专家,专题介绍了国外的沥青路面的结构类型、典型结构图式、设计方法、设计指标等等,编译出版了这本总汇,将其奉献给读者,共同从国外的经验中汲取有用的知识,供我们研究沥青路面结构使用。

中国沥青路面的结构有其自身的特点,这是中国国情所决定的,是公路建设发展历史的必然结果。

在 20 世纪的 60 年代以前,中国的公路路面基本上只能用砂石材料铺筑。从 20 世纪 60 年代中国开发大庆油田起,开始利用质量很差、蜡含量很高的渣油,铺筑薄层的渣油表面处治,厚度一般为 2cm 左右。为了提高承载能力,基层主要采用石灰稳定土。当时的目标仅仅是为了做到“晴雨通车”,解决晴天扬灰、雨天泥泞的问题。渣油表处加上石灰土的简易式结构起到了重大作用,渣油路面和双曲拱桥、钻孔灌注桩成为当时中国公路行业的三大科研成果。

20 世纪的 70 年代,开始胜利油田建设并正式生产道路沥青,但严重缺乏沥青资源的情况并没有改变。渣油、沥青是国家计划分配物资,每年产量只有 50~100 万吨左右,远远不能满足全国需要,中国当时的经济条件也不可能从国外进口沥青。再加上筑路机械主要是沥青喷洒车,为数很少的国产小型拌和楼的拌和能力很低,且不能添加矿粉,许多还停留在人工拌和的水平上。我国在努力实现公路路面黑色化的同时,竭力减薄沥青面层的厚度,为满足日益增长的交通荷载的需要,水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定粒料成为最普遍的基层结构。沥青面层由沥青表面处治向贯入式路面、上拌下贯式路面及半开级配的沥青碎石路面过渡,沥青层的厚度充其量只能做到 6~8cm。当时的主要目的是加快路面“黑色化”。这个国情决定了中国长期以来奉行“强基、薄面、稳土基”的方针。它使我国公路沥青路面的水平有了显著的改善。

进入 20 世纪的 80 年代后,交通量迅速增加,开始修建二级公路、一级公路,沥青面层逐步向沥青混凝土发展,半刚性基层和底基层的强度要求也随之增加。尤其是在 1984 年开始设计京津塘高速公路时,沥青缺乏和路面承载能力低的问题更加突出。为了提高沥青路面的使用性能,中国的石化与石油部门为生产高质量的道路沥青进行了艰苦的努力,并开发了一些优质的国产道路沥青,但面对蓬勃发展高速公路建设的形势,这些沥青仍然是杯水车薪,不得不从国外进口大量沥青,这在经济上是个沉重的负担。20 世纪 80 年代末期的“七五”国家科技攻关项目就是应当时的生产形势开设的研究课题,由此形成了“半刚性基层重交通道路沥青路面及抗滑表层成套技术”,这个引人注目的研究成果获得了国家科技进步二等奖,成为这以后沥青路面设计和施工的重大技术依据,促进了高速公路建设的大发展。与此同时,道路沥青进口数量继续飙升,路面造价居高不下,成为发展沥青路面的重大障碍。半刚性基层沥青路面继续在“强基薄面”的思想下发展,半刚性基层沥青路面成为中国沥青路面结构的主要形式,并几乎成为包括高速公路在内的惟一的结构形式。现在,除少部分干线高速公路已经将沥青面层加厚至 18cm 外,沥青面层普遍采用 3 层总厚度为 15~16cm 的结构,而基层的强度则逐渐从 3MPa 提高到 5MPa 以上,由于要求的是代表

值,在实际施工中强度肯定更高。

因此,我国广泛采用半刚性基层沥青路面结构是有其长期的历史发展过程的,而且为我国沥青路面发展做出了巨大贡献的。

但是,多年来许多沥青路面发生的严重早期病害,促使人们对此结构提出一些质疑。长期以来,人们普遍认为半刚性基层的最大优点是板体性强,有很高的承载能力。我们一直在充分利用它的这个优点,但是对它的缺点却并不很重视。这就引发人们开始思考,为什么在国际上发达国家很少采用半刚性基层沥青路面这种结构,而且越是重交通量道路,越不采用。除了造价因素外,在技术上是怎么考虑的呢?按照“与时俱进”的思想,我们不能固步自封,必须认真考虑这一点。

据了解,国际上在20世纪70年代以前,半刚性基层沥青路面也曾经用得很普遍,并发生了关于基层的“黑白之争”,后来,柔性基层和全厚式路面得到了很大的发展,逐渐成为主流。

我们分析,其原因可能是半刚性基层在其优点的背后,也有不少缺点,有些是无法克服的。

1)半刚性基层的收缩开裂及由此引起沥青路面的反射性裂缝程度不同地存在。在国外普遍采取对裂缝进行封缝,而在交通量繁重或者高速公路上,这种封缝工作十分困难,严重影响交通,也不安全。而目前在我国,各地根本就没有发现裂缝就进行沥青封缝的习惯,因而开裂得不到有效的处理。裂缝的存在导致两种后果,首先是裂缝中进水,导致沥青层和基层界面条件的变化,使基层、底基层、路基的水分状况恶化,承载能力迅速降低,表面产生水力冲刷,出现灰浆,并形成裂缝处唧浆、坑槽;第二是车轮从裂缝的一侧经过到达裂缝的另一侧时,荷载变化不再连续,使路面裂缝两侧发生大的应力突变,还形成很大的上下剪切和表面受拉。

2)半刚性基层非常致密,它基本上是不透水或者渗水性很差的材料。水从各种途径进入路面并到达基层后,不能从基层迅速排走,只能沿沥青层和基层的界面扩散、积聚。水进入路面的途径,除了降雨(尤其是梅雨、雨季集中降雨)、降雪、化雪的表面水外,还有多种来源,如冬季由于冰冻引起的水分积聚和春融期间产生的积水;超限超载车辆为了降温需要向轮毂不断喷水,以保持汽车的制动性能,使路面常年处于潮湿状态;中央分隔带的绿化浇水、挖方路段的裂隙水、路面铺筑过程冲洗的水等等。可以说,水进入沥青路面是不可避免的,如不能及时排走就将造成危害。界面上水的存在改变了界面连续的边界条件,使路面的受力状态变得十分不利,成为导致路面破坏的直接原因。所以都称“水”是造成沥青路面损坏的“元凶”,半刚性基层沥青路面的内部排水性能差是其致命的弱点。

3)半刚性基层有很好的整体性,但是在使用过程中,半刚性基层材料的强度、模量会由于干湿和冻融循环、在反复荷载的作用下因疲劳而逐渐衰减。例如,在季节性冰冻地区,由于每年多次的冻融循环,可能使基层结构受到很大的损伤。这种结构对水的影响敏感,在长期浸水条件下,板体结构也会逐渐破坏。这种结果明显反映为路面弯沉并不随龄期的增长不断减小,行车道的弯沉增加比超车道要大得多。而一旦沥青路面开始出现破损,随着水的进入,弯沉又将迅速增大,并导致结构性破损。现在许多高速公路竣工验收阶段的弯沉很小,以后逐步变大。许多路面在损坏初期开挖可见基层往往是完好的,弯沉并不大,在

路面损坏后开挖,基层结构却可能已经松散。说明除了少数确实是因为基层施工不好的原因外,大部分基层发生结构性损坏,是发生在沥青面层损坏之后。按照南非的理论,半刚性基层的状态是由整块向大块、小块、碎块变化。按照整体结构的概念设计路面是偏于不安全的。

4)半刚性基层沥青路面对重载车来说具有更大的轴载敏感性。重载车换算为标准轴载时,对柔性基层通常是按4次方换算,而对半刚性基层来说,随着基层和沥青层的模量比的增大,换算荷载的次方数将不再是4次方,很可能是12~15次方。轴载加大1倍,对柔性基层的换算轴次是增大16倍,而对半刚性基层可能要变为数十万次。也就是说,同样的超载车对半刚性基层沥青路面的危害要远大于对柔性基层沥青路面的危害,对路面的损伤也大得多。

5)半刚性基层损坏后没有愈合的能力,且无法进行修补。基层一旦破坏,便无可救药,除了挖除重建,别无他法。这将给沥青路面的维修养护造成很大的困难。通常所说进行“补强”实际上是不现实的,也是不可能的。在半刚性基层加铺基层也不能结合成为整体。

6)半刚性基层很难跨年度施工,无论是直接暴露还是铺上一层沥青下面层过冬,都免不了发生横向收缩裂缝,从而为沥青路面的横向裂缝埋下隐患。甚至在冬天就从缝中进水(融雪)、半刚性基层暴露的还可能冻疏,影响强度的形成。在季节性冰冻地区,半刚性基层的冻融损坏几乎难以避免。

集中到一点,开裂、进水且难以排走、对重载车敏感性大是这种结构致命的缺点。

此外,我们也发现我国的半刚性基层沥青路面与国外有诸多的不同,例如:

1)国外半刚性基层的作用主要是加强路基,用在路基不好的地方,并不是像我国是将其作为主要的承重层。在国外,沥青路面的承重层,不仅包括基层,更主要是依靠沥青层。这与我国的设计理念是不一样的。

2)当沥青层较薄时,直接使用于沥青面层下的半刚性基层的强度一般并不太高,为了减少收缩和改善渗水性能,不能太致密,水泥用量少,7d设计强度一般在3MPa左右,只有用在底基层的水泥土强度要求可能高一些。而我国基层强度过高,铺筑沥青层前开裂严重的问题十分突出。

3)水泥稳定碎石基层与贫混凝土有明显的区别,贫混凝土必须要切缝,以分散收缩裂缝。法国是每3~5m切一道,缝中灌注沥青。

4)水泥稳定碎石基层上面经常设置级配碎石层作为过渡层,以减少反射缝和利于排水,成为倒装结构,我国设计规范也提到这种措施,但由于它将使弯沉增大而得不到采用。

5)国外很少使用石灰粉煤灰稳定碎石,因为它细粉含量太多,更不可能形成嵌挤型结构,而且更加致密,无法排水。

应当承认,半刚性基层收缩裂缝引起沥青路面的反射缝问题是很早就注意到的,我们为此作了种种努力,使反射缝有了很大程度的减少。但近年来由于设计弯沉减小,半刚性基层强度过大的情况又有所发展,开裂的情况在不少路上还相当严重。

对半刚性基层不能排出水分的问题也已经引起了重视。尽可能减少半刚性基层中细粉部分的比例,使基层中的粗集料形成嵌挤,同时改善沥青路面结构层的排水性能。例如,近年来广泛在沥青层的边缘设置纵向排水沟。

由于以上种种原因,现在许多单位和学者已经开始考虑在中国适当地发展柔性基层沥青路面的结构形式。如果仅以初期投资来比,它的造价可能会稍有增加,但是毕竟我们现在的经济承受能力已经有了相当的提高,如果能够解决半刚性基层沥青路面结构带来的问题和困惑,能够有效地避免发生早期病害,那么所增加的经费将可以很快从维修养护费用的节省中返回,总的全寿命成本经济效益将会是合算的。正是出于这种考虑,不少地方已经开始铺筑试验路,以探讨它对于我国高速公路使用的可行性,改进我国沥青路面结构单一的问题。

但是,我们毕竟还是发展中国家,经济承受能力虽然已经有了很大增长,但仍然还处于一个不高的水平。从路面结构方面说,半刚性基层造价低的特点仍然是其他路面结构所无法比拟的。长期以来我国遵循“强基薄面”的方针,铺筑的是沥青层较薄的半刚性基层沥青路面,这一点已经深入人心,要想一下子得到改变是不现实的,也是不合理的。即使采用了柔性基层沥青路面也不见得就没有问题了,所以我们不可能一下子都改成柔性基层沥青路面,将半刚性基层沥青路面全面否定,而要有一个对半刚性基层沥青路面的再认识和对柔性基层沥青路面的研究和熟悉的过程。所以我们必须在承上启下的基础上,历史性地分析问题,一方面努力研究国外的路面结构,同时对现有的半刚性基层沥青路面进行再认识,努力克服其不合理的一些因素,使其得到改进,更加完善。总的目的是一致的,都是为了防止高速公路沥青路面出现早期损坏,延长使用年限。

依据水泥处治层在使用过程中的疲劳损坏性状和半刚性基层沥青路面结构设计理论,路面损坏分为两个阶段:水泥处治层出现疲劳损坏阶段和沥青面层疲劳损坏阶段;路面结构的总寿命为两阶段疲劳寿命之和。第一阶段设计建筑在基层开裂成大块的前提下,第二阶段设计时基层实际上已经成为碎块。按我国规范的方法计算也表明,在沥青层与基层的连续界面条件下,沥青层不会出现拉应力,在滑动界面条件下,沥青层底会出现拉应力。出现拉应力当然会对沥青路面的寿命产生不利影响。但即使这样,由于沥青层的应力与强度比所相应的疲劳损耗有可能低于半刚性基层,其疲劳寿命可能仍大于半刚性基层,即半刚性基层经常是早于沥青面层先达到设计标准而出现疲劳开裂破坏。也就是说当沥青层较薄时,半刚性基层沥青路面的结构设计受控于基层底部的疲劳开裂破坏,沥青面层底面的拉应力验算指标不会对结构厚度起控制作用。由于半刚性基层的强度、模量、抗疲劳性能等会因为重复荷载的作用及环境(干湿、冻融等)的影响而不断衰减,总是有一定使用寿命的,只要到了设计寿命,基层将会逐渐丧失功能,需要重铺,因此半刚性基层沥青路面的使用寿命不可能无限期地延长下去。

由于以上分析,我国许多半刚性基层沥青路面的路面结构在超载车作用及施工质量等各种因素的影响下,提前达到了使用寿命。现在许多高速公路已经开始进入大修养护和加宽改造的阶段。而且已经是基层这个承重层发生了损坏,使路面的损坏成为结构性破坏,无法通过沥青面层的维修得到解决,大修作业往往成为“开膛破肚”式的,这是目前面临的一个大难题。

相比之下,国外沥青路面的设计寿命越来越长。现在又出现了永久性路面(Perpetual Pavements)或者长寿命沥青路面(Long-life Asphalt Pavements)。这种理念已在欧美许多国家得到重视,且已经在重交通道路上应用,且在延长沥青路面使用寿命方面获得了极大成功。

永久性路面的理念是所设计的沥青路面能够使用 40 年~50 年以上、采用较厚的沥青层的柔性路面,可降低传统的沥青层底开裂和避免结构性车辙。由于沥青层相对较厚,传统的疲劳开裂可能性大大降低,路面的损坏主要位于面层的顶部(25~100mm),这样一旦路面表面损坏达到临界水平,其经济性处理方法就是将损坏的顶层或面层铣刨、罩面,或者加铺,沥青面层材料可以再生利用。使得沥青路面在使用年限内不需要大的结构性重修或重建,并企图无限期地使用下去。

根据以前的室内疲劳方程和力学设计程序,无论沥青结构层多厚,结构都会必然产生疲劳开裂、车辙。而最新的理论发现,当沥青层厚度超过一定厚度时,良好施工的路面结构不会产生源于层底的疲劳开裂和结构性车辙。当标准轴次超过一定次数后,沥青层厚度无须增加。即沥青路面存在一个弯拉应变临界点,当路面结构弯拉应变低于此值时,沥青层底就不会产生疲劳损伤,继续增加沥青层厚度变成多余,这个拉应变临界点对应的疲劳寿命就是疲劳极限。也就是说,沥青层的厚度使层底拉应变小于一定的值以后,沥青路面的下部将可以无限期地使用下去。所以永久性路面的最大特点是确保路面各类损坏控制在路面表面层顶部很薄的范围内,如自上向下的温度疲劳开裂、车辙、表面磨耗、沥青老化都努力限制在磨耗层内,防止出现中面层以下的结构性损坏。表面层的损坏只需通过预防性养护得以补救。

这种长寿命路面在美国、英国、澳大利亚都进行了一定的研究和实践,也已经引起了我国学者的注意,有的省市正在开展这方面的研究,铺筑试验路,这是件很有意义的工作。

半刚性基层沥青路面的在达到设计寿命后发生结构性损坏,需要维修基层,与永久性路面确保只维修表面层的思想是最大的差别,是两个完全相反的设计理念。很明显,为了减小对社会和交通的影响,我们都不愿意每次连基层一起“开膛破肚”式地维修。因此我们必须认真地思考这些问题。

现在大家都深恶痛绝超限超载运输,把超载称为公路的“第一杀手”,这是毫无异议的。对沥青路面来说,车辙的产生往往是重载车和高温同时作用的结果,而水损害及过早的疲劳损坏则是重载车与水共同作用的结果。

对车辙的产生来说,一般人都认为沥青层越厚越容易产生车辙。计算表明,当沥青层与基层处于完全连续的状态时,随沥青层的加厚,层底剪应力将有所增加,但增加的量很小。国际上普遍认为,当沥青层厚度在 18cm 以下时,沥青层越厚则车辙也将越大,但是厚度超过 18cm 时,与厚度的关系就不大了。我国的超载情况严重,影响深度会大一些。但当沥青层和基层的界面条件变为滑动时,沥青层层底剪应力将会随沥青层加厚而减小,薄的沥青层可能更容易产生车辙。这可能就是一些高速公路尽管沥青层不厚反而产生了很大的车辙,而像京津塘高速公路、广深高速公路尽管沥青层厚得多反而没有多大车辙的缘故。

通过以上分析,我们是不是应该认真考虑,在超限超载车辆短时期不能得到根治,高温和雨水更无法避免的现实情况下,究竟采用什么样的结构更加合理一些。

我国沥青路面结构一直以表面弯沉作为承载能力的主要设计指标。最早出现于 1958 年版的《公路柔性路面设计规范》,是沿用了 1954 年前苏联的《柔性路面设计须知》的指标和方法。现在俄罗斯的设计方法中,弯沉仍然是三个设计指标之一(见本书第五章),但是在交通荷载、地理、气候条件、路面结构上,与我国目前的情况有多少差别?俄罗斯又发生

了什么样的变化？我们这样一直沿用下去是否合适呢？实践证明，在现在的设计模式和界面条件情况下，沥青层底部的弯拉应变通常不成为控制性指标。对这个问题，许多人都在考虑，弯沉究竟能否代表路面的结构强度？能否控制路面的设计年限？这里有许多事情困扰着我们。现在这方面的研究已经开始。

首先，现行路面结构设计理论是建立在弹性层状体系理论的基础上的，以设计年限内的换算当量轴载作为交通量指标，按照路面损伤等效的原理确定容许弯沉和破坏应力，利用疲劳破坏的模式设计结构层厚度。在设计理念上是假定一个沥青层厚度，以基层作为承重层设计其厚度。那就意味着沥青层仅仅起到表面功能作用，路面荷载大、交通量大就需要加强基层强度和厚度，路面破坏意味着基层破坏。至于沥青层到底需要多厚，似乎无所谓，甚至沥青层越厚，弯沉将越大，沥青层厚了反而没有好处。而在国外，通常是对路基和基层提出一个起码的要求，以沥青层作为承受弯拉应力的主要承重层考虑，计算沥青层的厚度，这就意味着只要路基和基层足够，路面破坏就是沥青层不足。两个设计理念是相反的。这种以弯沉为主体的设计理念给路面的维修改造带来了很大的麻烦。现在沈大、杭甬、沪宁、广佛、京石高速公路等许多高速公路都进入维修、加宽、改造的阶段，以适应交通量快速增长的需要。由于规范把表面弯沉作为控制指标，而使用过程中弯沉都会增大，那么旧路面的弯沉超过设计允许弯沉时将被判定为承载能力不足，而必须补强基层，维修沥青面层将无济于事。

事实上，表面弯沉受路基和基层的水分状况影响很大，一些高速公路尽管弯沉超过了设计弯沉，但是因为经费关系，只加铺沥青层（哪怕只进行了微表处），把水封住了，过一段时间后弯沉又变小了。

现在普遍的问题是尽管沥青路面的设计容许弯沉已经很小很小，路面铺筑竣工验收时的弯沉也都能符合设计弯沉的指标。那么理论上可以认为这个路面应该能够达到规定的设计年限。那么为什么在不太长的时间里发生早期损坏了呢？而真等到路面破坏了再去测定弯沉，又可能大了许多。人们不禁要问，到底是因为弯沉不足导致路面损坏呢？还是由于路面损坏进水，使工作状况变化，弯沉才变大的呢？

现在有的工程为了适应大交通量和重载交通的需要，设计弯沉越来越小，这就必然导致提高半刚性基层的强度，以减小路面弯沉。施工过程中大部分建设单位和监理都认为强度越高越好，只控制强度的下限，不控制强度的上限。其结果不仅是反射性裂缝明显增加，而且半刚性基层过于致密，由裂缝和空隙中下渗的水更难通过基层排走，积存在基层表面的水很容易产生灰浆。这样，半刚性基层与沥青层之间的界面条件，就不可能继续保持路面刚建成时的连续状态，而保证完全连续的界面条件对路面的使用状态是至关重要的。一旦成为半连续甚至滑动的界面条件，这将有可能在沥青层底面产生超过极限的拉伸应变，导致沥青面层开裂。对众多发生水损害破坏的沥青路面的开挖可知，破坏的起源往往是界面上有水，从而产生唧浆、龟裂、坑槽。

还有不少高速公路，即使路面已经开始出现破坏，可是对路面进行弯沉测定会发现弯沉往往并不大，基层也仍然保持完好。尤其是可以发现有不少纵向裂缝和龟裂是从横向裂缝处出发展形成的。

在这种情况下，我们是否应该考虑，究竟把各个层次定位在什么样的功能上好，又以什

么指标作为路面的设计指标更加合理呢?

我们再来看国外的沥青路面,不少国家的沥青路面声称已经使用了几十年。其实沥青路面的厚度也并非我们想象的那么厚。沥青路面的沥青层(含沥青稳定碎石基层)也就20~30cm,直接铺筑在级配碎石基层上。一些国外专家来中国对高速公路普遍采用半刚性基层沥青路面的结构很不理解。因为他们认为越是重载路段,越是应该铺筑全厚式路面,或者柔性基层的沥青路面,只有在中低级道路上,因为可以省钱,才会采用半刚性基层沥青路面。

以上这些看法对不对呢?我希望广大读者在读了这本书后,自己来判断,也欢迎大家批评和争论,共同为我国建设高质量的沥青路面而做出不懈的努力。

本书由以下同志负责编译或编写,并得到了交通部公路科学研究所孟书涛副研究员、朱军博士的大力协助,我们深表感谢。

第一篇 澳大利亚沥青路面设计方法,由东南大学黄晓明教授编译;

第二篇 日本沥青路面设计方法,由交通部公路科学研究所沈金安研究员编译;

第三篇 法国沥青路面设计方法,由北京市公路工程质量监督站周绪利高级工程师编译;

第四篇 南非沥青路面设计方法,由交通部公路科学研究所孟书涛副研究员及北京建筑工程学院张新天编译;

第五篇 俄罗斯沥青路面设计方法,由哈尔滨工业大学冯德成教授编译;

第六篇 美国 AASHTO 沥青路面设计方法,由同济大学孙立军教授编写(其中附录由交通部公路科学研究所沈金安研究员、陈景副研究员、严二虎博士编译);

第七篇 美国沥青协会沥青路面设计方法,由交通部公路科学研究所严二虎博士编译;

第八篇 壳牌沥青路面设计方法,由北京建筑工程学院徐世法教授编译;

第九篇 德国沥青路面设计方法,由江苏省高速公路建设指挥部毛爱明高级工程师编译;

第十篇 200X 年版美国《AASHTO 路面设计指南》修改要点,由交通部公路科学研究所沈金安研究员及严二虎博士编译;

第十一篇 HMA 路面沥青混合料类型选择指南,由交通部公路科学研究所严二虎博士编译;

第十二篇 永久性沥青路面的最新发展,由交通部公路科学研究所严二虎博士编译。

附录“台湾省沥青路面结构设计和加铺层设计方法”,由交通部公路科学研究所李福晋副研究员编写。

由于各国的规范和资料内容都很浩繁,编译时只摘录了要点,欲知更详细的内容,请参见原文。限于时间及我们的理解水平有限,在编译或编写过程中有可能与原意不一致或错误之处,欢迎各位读者批评指正。

交通部公路科学研究所 沈金安

2004/02/22

第一篇 澳大利亚沥青路面设计方法	1
第一章 路面材料与参数	1
第二章 新建柔性路面设计	29
附录	42
第二篇 日本沥青路面设计方法	50
第一章 《关于路面结构的技术基准及解释》要点	50
第二章 路面设计目标	51
第三章 路面设计概要	52
第四章 可靠度设计	54
第五章 旧路改造	55
第六章 路面功能设计实例	56
第七章 沥青路面结构设计——经验法	58
第八章 沥青路面结构设计——理论算法	64
第九章 沥青路面结构计算实例	68
第三篇 法国沥青路面设计方法	70
第一章 法国公路概况	70
第二章 路面结构设计基础	75
第三章 典型结构手册的形成	79
第四章 国家公路网新建路面典型结构	86
第五章 路面典型结构手册的使用	104
第六章 路面结构设计举例	110
第七章 小结	112
第四篇 南非沥青路面设计方法	113
第一章 路面设计有关概念	113

第二章 用于路面设计的交通轴载调查	116
第三章 路面设计的基本条件	117
第四章 路面类型选择与结构设计	126
第五篇 俄罗斯沥青路面设计方法	135
第一章 一般规定	135
第二章 道路结构强度计算	138
第三章 沥青路面结构计算方法	144
第六篇 AASHTO 沥青路面设计方法	156
第一章 设计要求	156
第二章 柔性路面结构设计	170
第七篇 壳牌沥青路面设计方法	176
第一章 前言	176
第二章 路面设计模块	177
第三章 壳牌沥青路面设计算例	190
第八篇 美国沥青协会(AI)沥青路面设计方法	195
第一章 交通分析	196
第二章 各结构层材料控制及基本试验内容	199
第三章 结构设计	205
第四章 环境影响	209
第五章 结构厚度设计	211
第六章 分期修建	219
第九篇 德国高等级沥青路面设计方法	220
第一章 公路交通等级确定	220
第二章 路面结构层组合设计	226
第三章 路面结构设计	229
第十篇 美国 AASHTO 200X 版设计指南修改要点	249
第一章 概述	249
第二章 200X 版的主要内容	252
第三章 美国 AASHTO 2002 年推荐路面结构组合	263
第十一篇 美国 2000 年 HMA 路面沥青混合料类型选择指南	270
第一章 前言	270
第二章 路面层和交通等级	271
第三章 面层摊铺前准备工作的一般介绍	276
第四章 混合料类型设计	277
第五章 工程实例	285
第十二篇 永久性沥青路面的最新发展	287
第一章 欧洲永久性路面设计理念	288
第二章 英国永久性路面	290

第三章 美国永久性路面	294
参考文献	313
附录 台湾省沥青路面设计方法	316
第一章 柔性路面设计方法演进、分析及分类	316
第二章 路面设计必须考虑的因素	317
第三章 路基土壤	317
第四章 交通量分析	321
第五章 材料	337
第六章 新建工程路面设计的注意事项	340
第七章 结语	344

第一篇

澳大利亚沥青路面设计方法

澳大利亚沥青路面设计包括以下三种路面结构组合：

- (1) 由多层无粘结材料组成的柔性路面；
- (2) 包括一层或多层胶结材料基层的柔性路面；
- (3) 柔性路面的沥青加铺层设计。

第一章 路面材料与参数

根据设计指南的设计方法,只要材料的特点和性能符合规定的要求,很多种材料均可修筑路面。选择材料时,应综合考虑路面结构性能、经济性能、耐久性、施工和易性以及以往的施工经验等因素。

根据在荷载作用下路面材料的响应特性,沥青路面材料分为:未处治粒料、无机结合料稳定材料和沥青混合料。

表 1-1-1 汇总了各类不同性能的路面材料,并对每一种材料进行了说明。

路面材料分类及特点

表 1-1-1

种类 特点	未处治粒料	无机结合料 稳定材料	沥青混合料	水泥混凝土
材料 类型	碎石 砾石 碎石土 粒料稳定材料 沥青处治材料 化学改良材料 水泥、石灰、二灰或矿渣 改良材料	石灰、水泥、二灰、矿渣 或矿渣石灰稳定材料	沥青混合料	水泥混凝土

注: * 根据澳大利亚的沥青路面设计方法,作者结合我国实际情况进行了编译。