
大粒径透水性沥青混合料 (LSPM)柔性基层 设计与施工指南

王松根 等著



人民交通出版社

China Communications Press

Dalijing Toushuixing Liqing Hunheliao Rouxing Jiceng

Sheji yu Shigong Zhinan

大粒径透水性沥青混合料(LSPM)柔性基层
设计与施工指南

王松根 等著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书作为山东省交通系统一个重要的课题总结,全面介绍了大粒径透水性沥青混合料(LSPM)柔性基层的设计与施工技术,包含 LSPM 性能、结构组合设计、材料设计、混合料施工与质量控制、质量评定标准等内容。

本书适合于公路建设与养护管理从业技术人员学习和参考。

书 名: 大粒径透水性沥青混合料(LSPM)柔性基层
设计与施工指南

著 者: 王松根 等

责任编辑: 毛 鹏 岑 瑜

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店、交通书店、建筑书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 850 × 1168 1/32

印 张: 2

字 数: 35 千

版 次: 2007年1月第1版

印 次: 2007年1月第1次印刷

统一书号: 15114 · 1017

印 数: 0001~4000册

定 价: 8.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

目前全国公路通车总里程已突破 200 万公里,其中沥青路面道路占了大多数。由于经济、技术等原因,以石灰稳定类和水泥稳定类为主的半刚性基层沥青路面是目前已建沥青路面的主要结构形式。半刚性基层由于其整体强度高、板体性好,使沥青路面具有较高的承载能力,而且材料容易获得,经济性好,对提高我国公路交通的整体水平发挥了重要作用。

已建半刚性基层沥青路面经过一段时间的使用后,会出现不同程度的损害,必须进行加铺改造,以恢复路面的使用功能,尤其当路面出现早期损害后,加铺改造往往提前。旧沥青路面改造常用的加铺方案是在其上铺设半刚性基层,再铺设沥青面层。此种加铺方案具有结构承载力强、结构层材料设计简单等优点,但同时也存在工程量大、高程增加多,以及未能充分利用旧路面的面层材料等缺点,特别是不能避免反射裂缝及无法排水的缺陷,使加铺后的路面重新面临早期损害的可能。甚至,有专家认为在旧的沥青路面上加铺半刚性基层,由于旧路面的裂缝会反射上来,新沥青层可能比原来损坏得更快。

随着对半刚性基层认识的不断深入,我们认识到对半刚性基层进一步扩大应用的趋势因其自身弱点而受到制约。首先,半刚性基层的收缩裂缝及引起的反射裂缝难以避免;其次,由于半刚性基层的致密性,无法排除沥青层和反射裂

缝中渗入的水分,而水分的积存会造成基层表面的冲刷、唧浆及沥青混合料的水损害。

大量研究证明,采用大粒径透水性沥青混合料能够有效地防止反射裂缝的发生,并且能够排出路面结构内部的水分,避免水分对下层或沥青面层的破坏;另外大粒径透水性沥青混合料具有较高的模量和抵抗变形的能力,可以直接用于旧路补强或新建路的结构层中。为了更好地对大粒径透水性沥青混合料进行深入的研究,山东省交通厅于2001年立项对大粒径透水性沥青混合料进行研究。

项目研究于2004年7月结束,并通过山东省交通厅组织的鉴定,课题研究总体上达到国际先进水平。由于大粒径透水性沥青混合料具有的优越性,在山东逐渐开始推广,并且在大修和改建工程中得到大量的应用。为了更好地为设计、监理与施工单位提供大粒径透水性沥青混合料的设计、施工与质量控制依据,根据课题研究成果,特编写本《指南》。关于大粒径透水性沥青混合料的研究还在继续进行,因此本《指南》可能存在着一些不足之处,在使用过程中也可能会遇到一些问题,请及时与编写单位联系(地址:济南市舜耕路19号山东省交通厅公路局,邮编:250002;济南市无影山中路38号山东省交通科学研究所,邮编:250031)。

本书主要著作者有:王松根、王林、马士杰、房建果、毕玉峰。

著者

2006年11月

关于印发《大粒径透水性沥青混合料柔性基层设计与施工指南》的通知

鲁路养[2005]26号

各市公路(管理)局:

近年来,我国公路建设发展迅速,工程设计水平和建设质量也稳步提高。特别是针对高速公路沥青路面出现的早期损害问题,交通部专门下发《印发关于防治高速公路沥青路面早期损坏指导意见的通知》(交公路发[2005]523号)文件,并对路面结构设计提出了具体要求。

我省对此也给予了高度重视。自2001年第一条大粒径透水性沥青混合料(LSPM)柔性基层试验路建成通车以来,该种结构已陆续在各市路网改建、高速公路的大修及新建高速公路等多项工程中成功应用。大粒径透水性沥青混合料具有较好的抗车辙性能,同时兼有排水性及抗反射裂缝能力,它的推广对于优化我省路面结构类型,提高路面性能有着极大的促进作用。

由于大粒径透水性沥青混合料是一种新型的柔性基层材料,从设计理念、级配组成、施工工艺到质

量标准均有别于普通沥青混合料,目前国内外尚无系统的方法直接使用。为此,省局在“大粒径沥青混合料柔性基层在老路补强中的应用研究”课题成果的基础上,结合近年来应用的经验,组织编写了《大粒径透水性沥青混合料柔性基层设计与施工指南》。该指南详细介绍了大粒径透水性沥青混合料的性能、试验方法、设计方法、施工工艺及质量检测标准,可操作性强,有利于进一步推动大粒径透水性沥青混合料柔性基层的推广应用。

请各单位接通知后组织技术人员认真学习、研究,并注意总结,对执行过程中发现的问题及时和省局联系,以便于进一步修改和完善。

特此通知。

山东省交通厅公路局
二〇〇五年十二月十四日

目 录

1	概述	(1)
2	LSPM 性能	(4)
2.1	高温稳定性	(4)
2.2	水稳定性	(5)
2.3	疲劳性能	(5)
2.4	渗透性能	(6)
2.5	抵抗反射裂缝能力	(9)
3	结构组合设计	(11)
3.1	工程适用条件	(11)
3.2	结构设计	(12)
3.3	排水设计	(22)
4	材料设计	(24)
4.1	材料要求	(24)
4.2	级配设计	(26)
4.3	成型方法	(29)
4.4	体积指标测定	(31)
4.5	最佳沥青含量确定	(33)
5	混合料施工与质量控制	(35)
5.1	准备工作	(35)
5.2	施工要求	(36)
5.3	施工工艺	(38)
5.4	质量控制	(41)

5.5 离析控制	(43)
6 质量评定标准	(47)
附录:混合料设计实例	(48)
参考文献	(53)

1 概述

大粒径透水性沥青混合料(Large Stone Porous Asphalt Mixes,以下简称 LSPM)是指混合料最大公称粒径大于 26.5mm,具有一定空隙率能够将水分自由排出路面结构的沥青混合料。LSPM 通常用作路面结构中的基层。这种混合料的提出是来自美国一些州的经验,美国中西部的一些州对应用了 30 多年以上而运营状况相对良好的一些典型路面进行了相关的调查,发现许多成功的路面其基层采用的是较大粒径的单粒径嵌挤型沥青混合料,如灌入式沥青基层。因此提出以单粒径形成嵌挤为条件进行混合料的设计,从而形成开级配大粒径透水性沥青混合料(LSPM)。美国 NCHRP 联合攻关项目对大粒径沥青混合料也进行了相关研究,最终得到了研究报告 NCHRP Report 386。但是研究报告主要是针对于大量实体工程的调查,偏重于密级配大粒径沥青混合料,而且 NCHRP Report 386 对 LSPM 材料与结构设计并没有进行系统的研究。为此,我们在国外研究的基础上,从 2001 年开始进行了大量的研究和应用,并对其级配与各项技术指标进行研究,使其更符合我国具体情况,根据研究结果与使用状况提出了本设计与施工指南,以更好地指导工程实践。

LSPM 的设计采用了新的理念,从级配设计角度考虑,

LSPM 应当是一种新型的沥青混合料,通常由较大粒径(25 ~ 62mm)的单粒径集料形成骨架,由一定量的细集料形成填充而组成的骨架型沥青混合料。LSPM 设计为半开级配或者开级配。由于 LSPM 有着良好的排水效果,通常为半开级配(空隙率为 13% ~ 18%)。它不同于一般的沥青处治碎石混合料(ATPB)基层,也不同于密级配沥青稳定碎石混合料(ATB)。沥青处治碎石(ATPB)粗集料形成了骨架嵌挤,其基本上没有细集料填充,因此空隙率很大,一般大于 18%,具有非常好的透水效果,但由于没有细集料填充,空隙率过大,其模量较低而且耐久性较差。密级配沥青稳定碎石混合料(ATB)也具有良好的骨架结构,但由于其空隙率一般在 3% ~ 6%,因此不具有排水性能。LSPM 级配经过严格设计,其形成了单一粒径骨架嵌挤,并且采用少量细集料进行填充,提高混合料模量与耐久性,在满足排水要求的前提下降低混合料空隙率,其空隙率一般为 13% ~ 18%,因此其既具有良好的排水性能,又具较高模量与耐久性。

研究和应用表明 LSPM 具有以下优点:

(1)级配良好的 LSPM 可以抵抗较大的塑性和剪切变形,承受重载交通的作用,具有较好的抗车辙能力,提高了沥青路面的高温稳定性;特别是对于低速、重车路段,需要的持荷时间较长时,设计良好的 LSPM 与传统的沥青混凝土相比,显示出十分明显的抗永久变形能力。

(2)LSPM 有着良好的排水功能,可以兼有路面排水层的功能。

(3)由于 LSPM 有着较大的粒径和较大的空隙,它可以有

效地减少反射裂缝。

(4)大粒径集料的增多和矿粉用量的减少,可以减少比表面积,减少了沥青总用量,从而降低工程造价。

(5)与通常的半刚性基层相比,提高了工程施工速度,减少了设备投入。

(6)在大修改建工程中,可大大缩短封闭交通时间,社会效益显著。

2 LSPM 性能

2.1 高温稳定性

LSPM 为单一粒径骨架嵌挤型混合料,9.5mm 以上粗集料比例在 70%左右,形成了完整的骨架嵌挤,因此具有良好的高温稳定性,研究表明设计更合理的 LSPM 是解决重载交通下高温车辙问题最经济有效的途径之一。

评价混合料高温稳定性的试验方法有多种,通常我们采用的方法是动稳定度试验,即车辙试验。沥青混合料车辙试验是试件在规定温度及荷载条件下,测定试验轮往返行走所形成的车辙变形速率,以变形稳定期内每产生 1mm 变形的行走次数即动稳定度表示。车辙试验最大的特点是能够充分模拟沥青路面上车轮行驶的实际情况,在用于试验研究时,还可以改变温度、荷载、试件尺寸、成型条件等因素,以较好地模拟路面的实际情况。

由于 LSPM 粒径较大,一般情况下最大粒径可达到 37.5mm,因此传统的 5cm 车辙试件厚度已不适用。对于 LSPM 应有最小压实厚度,当车辙试件厚度小于该厚度时,粗集料之间不能形成良好的骨架结构,集料之间不能互相嵌挤,此时的试验数据不能反映真实情况。根据混合料压实厚

度应为最大公称粒径的 3~4 倍原则,通过大量的试验验证,表明对于 LSPM 车辙试验最小应采用 8cm 厚度,试验温度采用现行规范中规定的 60℃。

2.2 水稳定性

沥青混合料在浸水条件下,由于沥青与矿料的粘附力降低,表现为混合料的整体力学强度降低。尤其对于 LSPM,由于孔隙较大,沥青用量少,矿料之间的接触点比普通沥青混合料少,更应该考虑其水稳定性。为了更好地保证混合料的水稳定性,对于 LSPM 的胶结料宜采用较高粘度的改性沥青(如 MAC、SBS 改性沥青),以能够形成较厚的沥青膜,可使沥青膜的厚度大于 $12\mu\text{m}$ 。大量试验研究表明,LSPM 具有良好的水稳定性。

目前各国研究水稳定性的方法各不相同,并没有统一的标准,我国通常采用的试验方法是残留稳定度与冻融劈裂强度比。对于 LSPM 结构由于其颗粒间的接触点明显减少,结构密实度较低,因此其马歇尔稳定度较低,甚至不容易测出,劈裂强度也明显低于密实结构的沥青混合料。目前,针对大型马歇尔试件的试验方法还不完善,难以保证试验的准确性,因此,对于 LSPM 的水稳定性主要从保证沥青膜厚度即沥青含量来进行检验与控制。

2.3 疲劳性能

沥青路面的疲劳开裂也是沥青路面最主要的破坏模式之一,因而沥青混合料的疲劳性能一直受到研究人员的广泛

关注。沥青路面使用期间,经受车轮荷载的反复作用,其应力或应变长期处于交迭变化状态,致使路面结构强度逐渐下降。当荷载重复作用超过一定的次数以后,在荷载作用下路面内产生的应力就会超过路面结构强度下降后的结构抗力,会在路面处治层底部产生疲劳开裂,在荷载继续作用下,裂缝扩展至路表面形成疲劳裂缝。

LSPM 为嵌挤型混合料,粗集料比例很大,沥青用量较低,空隙率较大,因此其疲劳性能要较密级配、密实型沥青混合料低,但与密级配沥青稳定碎石基层(ATB)疲劳性能相当。经验算 LSPM 层出现较大拉应力时,可采用以下两种方法改善结构抗疲劳性能:

(1)精心进行路面结构组合设计,让 LSPM 层处于受压区域,基本上不出现拉应力。

(2)在 LSPM 层下增设细粒式沥青混合料抗疲劳层。

2.4 渗透性能

LSPM 的主要功能之一是能将渗入路面中的水迅速排出,因此,渗透性能是评价透水性沥青混合料最为关键的指标之一。透水性能常用渗透系数表示,但目前我国尚没有标准试验方法测定透水性沥青混合料的渗透系数。

根据课题研究,对于 LSPM 当空隙率达到 13% 时,混合料的渗透系数发生突变,而空隙率达到 18% 以后渗透系数变化不明显,一般渗透系数为从 0.01cm/s 到 1.0cm/s 之间,此时能够满足混合料排水性能的要求,而对于密级配沥青混合料即使空隙率达到 10%,其渗透系数的数量级一般为 10^{-5} ,

这也就是说混合料的渗透性能不仅与空隙率有关,更重要是与混合料的连通空隙有关。正是基于上面的原因,LSPM的设计空隙率可以定为13%~18%,混合料渗透系数要求为大于0.01cm/s。

目前,我国没有渗透系数的标准测试方法,混合料渗透系数的测试可以借鉴美国ASTM标准,ASTM PS129-01规定了沥青混合料渗透系数的测试方法。ASTM标准为无侧向渗水仪,无侧向渗水仪的基本原理是让量筒里的水渗透饱水沥青混合料并记录达到预先设定水头落差位置的时间间隔,然后用达西定律计算沥青混合料的渗透系数,设备如图1所示。

测试方法的主要步骤是首先将试件真空保水,然后放入试模中并充气防止水分从侧壁渗漏,在管中加水。记录渗水量在上下刻度线之间的渗水时间,当渗水量较小时取30min的渗水量。渗透系数 k 由式(1)计算:

$$k = \frac{al}{At} \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (1)$$

式中: k ——渗透系数,cm/s;

a ——量筒内径面积,cm²;

l ——试件厚,cm;

A ——试件横截面积,cm²;

t ——水头高计时刻度至低计时刻度花费时间,s;

h_1 ——时间 t_1 水头高度,cm;

h_2 ——时间 t_1 水头高度,cm。

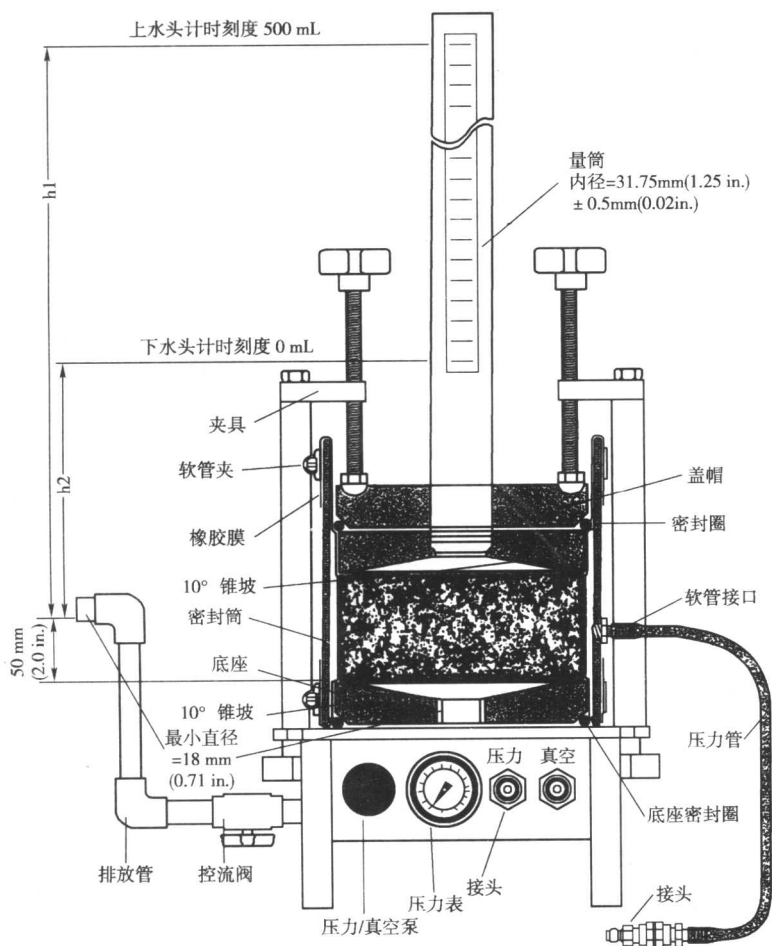


图 1 渗水仪示意图