

文章编号: 0451-0712(2005)07-0095-04

中图分类号: U416.216.05

文献标识码: B

# 旧水泥混凝土路面补强设计过程与方法

郑勇驻

(厦门市市政工程设计院有限公司 厦门市 361004)

**摘 要:** 以厦门市湖里大道改造工程为例,系统阐述了在旧水泥混凝土路面上加铺沥青混凝土路面的设计过程及方法,着重介绍了路面损坏调查与评定方法、旧水泥混凝土路面的修复方法及旧水泥混凝土路面加铺设计方法。

**关键词:** 水泥混凝土路面; 沥青混凝土加铺层; 补强设计; AASHTO 经验法

水泥混凝土路面是我国的主要路面形式之一,在我国道路网构成中占有较大比重。它具有强度高、刚度大、承载能力强、稳定性好、耐久性好、抗滑性好、使用寿命长、养护费用低、有利于夜间行车等优点。因此,近年来水泥混凝土路面得到了迅猛的发展。仅在1990年至1997年间,全国水泥混凝土路面通车里程就由11 734 km增加到68 740 km。年均增加8 138 km。

由于近年来国民经济持续高速发展,道路交通量也相应迅猛增长,很多20世纪90年代初期修建的水泥混凝土道路已经不堪重负,提前进入了大修期。采取何种修复措施来恢复或提高旧水泥混凝土路面的使用性能成为摆在广大道路工作者面前的一道重大课题。

实践证明,在旧水泥混凝土路面上铺设加铺层是一项可在较长时期内恢复路面使用性能的经济、

有效的技术措施。笔者先后主持了厦门市思明南北路、湖里大道等多条道路水泥混凝土路面改建工程设计,采用在原水泥混凝土路面基础上加铺柔性路面的改造方法,取得了良好的效果。下文就以厦门市湖里大道改造工程为例,简要介绍旧水泥混凝土路面补强设计的过程及方法。

## 1 路面损坏状况调查及评定

旧水泥混凝土路面补强设计是在对现有路面结构性能做出准确评价的基础上进行的,因此需通过资料收集与分析、目测调查、实测调查等手段对路面损坏状况进行调查和评价,对路面的结构状况和承载能力进行试验测定和评定。

### 1.1 资料收集与分析

湖里大道西起港中路,东至疏港路,是厦门东渡

收稿日期:2005-04-20

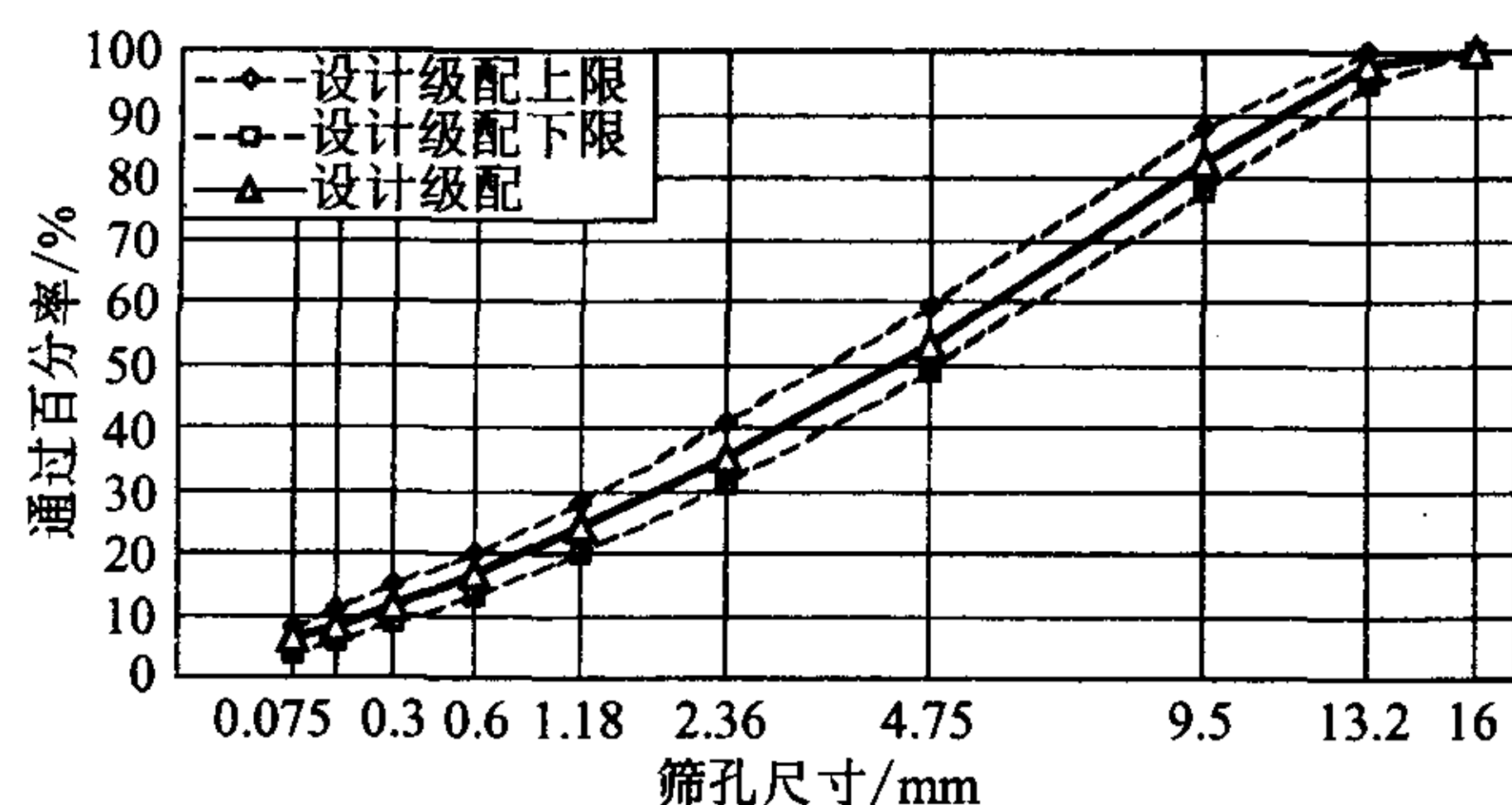


图2 级配曲线

结果基本符合建议范围,粗集料可以形成较好的骨架结构,细集料可以形成紧密的结构,合成级配较均匀,而且2种设计方法的检验结果基本相同,只是

表6 贝雷法检验结果

设计方法	下列筛孔(mm)通过率/%				贝雷法检验结果		
	4.75	2.36	0.6	0.15	CA比	FA <sub>C</sub>	FA <sub>F</sub>
Superpave法	53.5	36.5	15.4	8.0	0.46	0.42	0.52
GTM法	53.0	35.5	16.6	8.2	0.39	0.47	0.49
建议范围	—	—	—	—	0.4~0.8	0.30~0.50	

GTM法的CA比稍小。

### 3.3 结论

2种方法设计级配结果基本相同且符合建议范围,粗集料可以形成较好的骨架密实结构,合成级配较均匀。



港区主要疏港通道。道路始建于1993年,为水泥混凝土路面,现状道路宽56 m。现状机动车道结构为:24 cm厚水泥混凝土+25 cm厚水泥稳定砂石。从1984年到2004年,厦门港集装箱吞吐量由3 131标箱跨越式增长至283万标箱,20年增长了90倍。作为厦门港主要疏港通道的湖里大道所承受的交通压力亦与日俱增,目前道路路面已出现一定程度的破损现象,局部路基也出现沉降。为此有关部门决定对本道路进行拓宽改造,以提高道路通行能力和行车舒适性,满足厦门港集疏运交通要求。道路按城市Ⅰ级主干道标准改造,设计车速为50 km/h,设计使用年限15年,设计轴载标准为BZZ—100。

湖里大道现状高峰小时交通流量为3 416 pcu,且车辆构成以集装箱车辆为主,经测算该道路使用年限内一个车道上已承受的累计当量轴次为: $9.084 \times 10^6$ 次。预计在未来15年内,该道路的交通量将以每年5%的速度增长,由此可测算出该道路设计年限内一个车道上需承受的累计当量轴次为: $1.635 \times 10^7$ 次。

## 1.2 实地调查

水泥混凝土路面的损坏主要有4种类型<sup>[1]</sup>,分别为断裂类(纵向、横向、斜向、角隅和交叉裂缝);接缝损坏类(唧泥、错台、接缝碎裂、拱起、填缝料损坏等);变形类(沉陷、胀起等)和材料或表层类损坏(活性集料反应病害、集料冻融裂纹、网裂和起皮、磨损和露骨等)。

水泥混凝土路面的损坏可通过实地调查获得第一手资料。实地调查时必须对每块水泥混凝土板块进行编号,调查时不仅要弄清水泥混凝土路面总体损坏情况,还需清楚记录每一块板是否存在病害及存在病害的种类和程度,以便为后续的设计乃至施工提供依据。断裂调查采用目测方法进行,记录调查路段内不同轻重等级的断裂板块数,并以断板率,即断裂板块数占调查路段总板块数的百分率表示。错台调查可采用简单的仪器量测接缝两侧板边的高程差,以调查路段内各接缝的平均错台量表示。量测点的位置为距主车道右侧边缘30 cm处。

实地调查可视人员配备情况,分组分段同时进行,以加快调查进度,节约调查时间。实地调查所获得的原始资料经整理、分析后可为下一阶段设计提供依据。

## 1.3 试验测定和评定

旧水泥混凝土路面试验测定主要采用弯沉测

定。弯沉可以采用落锤弯沉仪进行测定,也可以采用汽车轮载和贝克曼梁进行测定;它是一项无破损试验,对路面结构损害小,对交通的干扰少,测点数量多,因此被广泛应用于路面结构性能的评定。弯沉测定结果不仅可以反映路面结构的承载能力,也可用于接缝传荷能力的评定和脱空板的检查。

在实践中首先选取水泥混凝土路面荷载最不利作用位置作为检测点,一般选取横缝及纵缝附近的点。采用2台5.4 m长杆弯沉仪及BZZ—100标准轴载(后轴轴载为10 t)测定车。检测点分主点、副点。主点位于板横缝前10 cm,加卸载;副点在横缝后10 cm,无荷载(正常行车方向为前)。将一台弯沉仪置于主点,即测定车的轮隙中间;另一台弯沉仪置于副点处。分别测定主、副点弯沉(按前进方向右轮测试)。右轮距纵缝30 cm左右。每隔20 m对旧水泥混凝土路面进行弯沉测量。共测 $n=460$ 个点(主、副点各230个),平均弯沉 $l_p=0.098$  mm,均方差为 $\delta=5.2$ ,代表弯沉为 $l_d=0.182$  mm。其中 $>0.10$  mm占32.62%, $\geq 0.15$  mm占10.54%, $\geq 0.20$  mm占6.78%, $\geq 0.30$  mm占2.08%。主、副点弯沉差最大为0.09 mm,平均0.03 mm。

由弯沉测定结果反算水泥混凝土路面和地基的模量可通过计算机软件(如:ILLI—BACK等)很方便地进行。接缝传荷能力评定则是通过计算每组主、副点弯沉的比值 $W_L/W_U=L_w$ , $L_w$ 即为接缝传荷系数,用于表征以弯沉表示的接缝传荷能力。脱空板的确定标准是主点弯沉大于0.2 mm或差异弯沉(主点一副点)大于0.06 mm的,均认为板底出现脱空现象。

## 2 旧水泥混凝土路面的修复设计

在铺筑加铺层前,应将旧水泥混凝土面层的表面清理干净,对损坏的面层进行修复,并填封所有的接缝和裂缝。旧水泥混凝土路面的修复措施<sup>[2]</sup>主要有以下6种,实践中可依据路面损坏状况调查中发现的各种水泥混凝土路面损坏状况选用相应的修复措施。

### 2.1 接缝处理

用清缝机清除接缝内杂物,选用性能良好的改性橡胶沥青机械嵌缝。

### 2.2 裂缝的修补

对较小的裂缝应及时将缝隙内的尘土清理干净,再灌沥青砂或沥青玛蹄脂;或用环氧树脂胶结。



对较大的裂缝,应先将松动部分凿掉并清除干净后,在干燥情况下用液体沥青涂刷缝壁,再填入沥青砂捣实、烫平,并以细砂覆盖。

### 2.3 错台的处理

错台不大于5 mm的可不予处理;错台大于5 mm的板块,将错台高出的一侧的板块边缘30~50 cm范围内,按斜坡凿至与下沉板边缘平齐。

### 2.4 脱空板的处理

采用灌浆的方式予以补强。灌浆孔位布设应根据水泥混凝土面板尺寸、裂缝状况以及灌浆机械等确定,一般为3~5孔。灌浆孔大小应和灌注嘴大小一致,一般为5 cm左右。灌浆顺序从沉降量大的地方开始,由远到近,由大到小。灌浆压力的控制应视水泥混凝土板的损坏及脱空情况具体确定。当浆液从接缝处或另一注浆孔冒出,就可认为完成该孔注浆,即停止注浆,迅速移至另一注孔继续作业。压力控制在1~4 MPa之间,并停留3~5 min。

### 2.5 断裂的修理<sup>[3]</sup>

对非贯通性断裂,可根据断裂位置把水泥混凝土板凿成深约5~7 cm的长方形槽,刷洗干净后,用水泥砂浆涂抹槽壁和底面,然后以水泥混凝土填补。对贯通性断裂,应将凹槽壁凿至贯通整个板厚,并在整个凹槽边缘板厚中央打洞。洞深10 cm,直径3~4 cm,水平间距30~40 cm。每个洞应先将其周围润湿,插入一根直径18~20 mm,长约20 cm的钢筋,然后用最大粒径为5~10 mm的细石混凝土填塞捣实。洞口留下1~2 cm不浇注,钢筋应有一半伸出洞外。待细石混凝土硬结后,再将凹槽边壁润湿,涂刷一道水泥浆,然后将与原来相同的水泥混凝土浇入槽中夯捣密实(详见图1)。

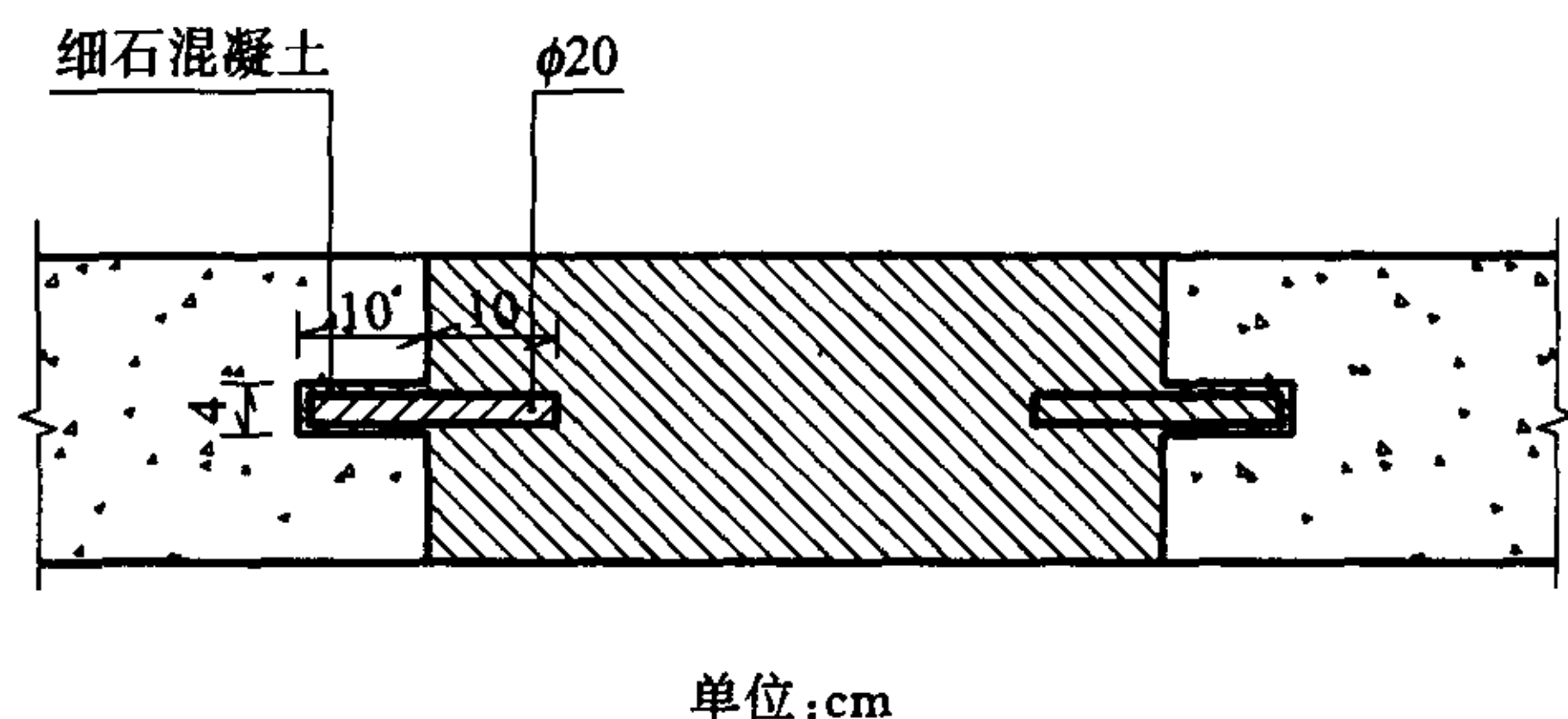


图1 路面贯通式断裂的修理

### 2.6 整板修复

在旧水泥混凝土面板的结构损坏较严重,裂缝分布遍及全板,对损坏板进行修复后再采取其他措施已不经济时,应对旧面板进行整板修复。采用移动式电动落锤式破路器将该板块击破挖除,检查基层

情况,若基层亦存在较多裂缝时还应重做基层,然后再按新建路面结构浇筑新水泥混凝土板。

## 3 最小加铺厚度的计算

沥青混凝土加铺层设计没有统一的方法。采用厚加铺层方案时,通常应用经验法(主要方法有弯沉法、补足厚度缺额法等)确定厚度,笔者在实际设计中选用了“AASHTO 经验法”<sup>[3]</sup>。

AASHTO 经验法是补足厚度缺额法中的一种,它不考虑加铺后旧水泥混凝土路面的进一步开裂,计算比较简便,其设计公式为:

$$h_{ov} = A(h_d - h_{ef})$$

$$h_{ef} = C_{bj} \times C_{bd} \times C_{bf} \times h_{ex}$$

式中: $h_{ef}$ 为旧水泥混凝土面层折算为同等强度新水泥混凝土面层的换算厚度,cm; $h_{ov}$ 为所需的沥青混凝土加铺层设计厚度,cm; $h_{ex}$ 为旧水泥混凝土面层厚度,cm; $h_d$ 为按现有地基承载能力和未来交通要求,由新建水泥混凝土路面设计方法确定的单层水泥混凝土面层所需厚度,cm; $C_{bj}$ 为考虑接缝和裂缝是否修复的系数,加铺前已进行全厚度修补时, $C_{bj}=1$ ,否则按每公里未修复接缝和裂缝的数量在0.6~1.0范围内选取; $C_{bd}$ 为考虑旧面层是否存在耐久性问题的系数,无耐久性问题时, $C_{bd}=1$ ,有耐久性裂缝但未碎裂时, $C_{bd}=0.96\sim0.99$ ,有少量碎裂时, $C_{bd}=0.88\sim0.95$ ,严重碎裂时, $C_{bd}=0.80\sim0.88$ ; $C_{bf}$ 为考虑疲劳损坏程度的系数,少量横向裂缝板(<5%), $C_{bf}=0.97\sim1$ ,较多横向裂缝板(5%~15%), $C_{bf}=0.94\sim0.96$ ,大量横向裂缝板, $C_{bf}=0.90\sim0.93$ ; $A$ 为水泥混凝土层厚与沥青混凝土层厚的当量转换系数,它是水泥混凝土厚度缺额的函数,由下式确定:

$$A = 2.223\ 3 + 0.001\ 53(h_d - h_{ef})^2 - 0.060\ 4(h_d - h_{ef})$$

以湖里大道改造工程为例,已知 $h_{ex}=24$  cm, $h_d$ 可按新建水泥混凝土路面设计方法求得,本例中 $h_d=27.6$  cm,则有:

$$h_{ef} = C_{bj} \times C_{bd} \times C_{bf} \times h_{ex} = 0.95 \times 0.96 \times 0.95 \times 24 = 20.79\text{ cm};$$

$$A = 2.223\ 3 + 0.001\ 53(h_d - h_{ef})^2 - 0.060\ 4(h_d - h_{ef}) = 1.883;$$

$$h_{ov} = A(h_d - h_{ef}) = 1.883 \times (27.6 - 20.79) = 12.82\text{ cm};$$

设计中取最小加铺厚度为13 cm。



#### 4 道路纵断面设计

在完成最小加铺厚度计算后,必须进行道路纵断面设计,以确定不同路段沥青混凝土的具体加铺厚度。道路纵断面设计原则如下:

- (1)满足路面排水要求;
- (2)与周边建筑物、堆场、铁路、相交道路顺接;
- (3)在保证现状道路最小补强厚度的基础上尽量与现状道路路面高程吻合,尽可能利用现有道路,减少加铺厚度以降低工程造价。

实践中,道路最小纵坡采用 0.3%,以满足道路排水要求;路面最小加铺厚度为 13 cm,最大加铺厚度为 36 cm,既满足了最小加铺厚度要求,也最大限度地减少加铺厚度,降低了工程造价。

#### 5 沥青混凝土加铺层结构设计

道路纵断面设计完成后,各路段沥青混凝土加铺层厚度也随之确定。设计人员必须依据沥青混凝土加铺层厚度的不同分别确定不同的加铺层结构,具体如下。

(1)加铺厚度 13~14 cm,采用如下路面结构:  
4 cm 厚 SMA13(5% SBS 改性沥青混凝土)+9~10 cm 厚 AC-16C(7% PE 改性 AH-70)沥青混凝土+土工布+粘层沥青+原水泥混凝土路面结构。

(2)加铺厚度 15~19 cm,采用如下路面结构:  
4 cm 厚 SMA13(5% SBS 改性沥青混凝土)+5 cm 厚 AC-16C(7% PE 改性 AH-70)沥青混凝土+5~10 cm 厚 AC-25C(AH-70)沥青混凝土+土工布+粘层沥青+原水泥混凝土路面结构。

(3)加铺厚度 20~27 cm,采用如下路面结构:  
4 cm 厚 SMA13(5% SBS 改性沥青混凝土)+5 cm 厚 AC-16C(7% PE 改性 AH-70)沥青混凝土+7 cm 厚 AC-25C(AH-70)沥青混凝土+4~11 cm 厚沥青碎石+土工布+粘层沥青+原水泥混凝土路面结构。

(4)加铺厚度  $\geq 28$  cm,采用如下路面结构:  
4 cm 厚 SMA13(5% SBS 改性沥青混凝土)+5 cm 厚 AC-16C(7% PE 改性 AH-70)沥青混凝土+7 cm 厚 AC-25C(AH-70)沥青混凝土+透层油+12~25 cm 厚 5% 水泥稳定碎石+修复后的旧水泥

混凝土结构。

#### 6 沥青混凝土加铺层施工要求

旧水泥混凝土路面上加铺沥青混凝土面层,按照以下步骤施工。

- (1)按前述要求对旧水泥混凝土路面进行修复。
- (2)旧水泥混凝土路面表面拉毛,清除水泥混凝土碎渣,用水冲洗洁净。

(3)喷洒粘层沥青:采用温度不高于 70 °C 的阳离子乳化沥青均匀喷洒,喷洒量为 1.5~2.0 L/m<sup>2</sup>,喷洒沥青的横向范围要比土工布宽 10 cm。

(4)铺设土工布:土工布厚度一般为 2 mm,熔点  $\geq 230$  °C;抗拉强度应达到纵向  $\geq 400$  N/5 cm,横向  $\geq 280$  N/5 cm,抗变形能力强。土工布铺设要求无褶皱,并在喷洒沥青尚处于高温状态时及时铺设,可采用人工或机械铺设,接口处应相互搭接 20 cm。

(5)铺设沥青混凝土面层及碾压:沥青混凝土面层采用沥青混凝土摊铺机摊铺后碾压,碾压时不得在新铺沥青混凝土面层上转向、调头及左右移动或突然刹车,当土工布被汽车拉起时,应立即用摊杆推平。

#### 7 结语

简而言之,旧水泥混凝土路面补强设计应紧紧抓住“损坏调查与评定——路面修复——路面加铺”这一主线,才能有的放矢,把旧水泥混凝土路面补强设计工作做好。当然,再好的设计最终都需要由施工来完成,因此,在设计完成后,设计单位还应与施工、监理、业主等相关单位紧密配合,加强工地服务,以保证设计要求能不折不扣地贯彻在施工过程中,把旧路改造工作做好。

#### 参考文献:

- [1] 姚祖康. 水泥混凝土路面设计[M]. 安徽科学技术出版社,1999.
- [2] 余荣庄,等. 市政工程质量通病及防治[M]. 北京:中国建筑出版社,1998.
- [3] 方福森. 路面工程[M]. 北京:人民交通出版社,1996.