

新版《公路沥青路面施工技术规范》学习读本



# 怎样修好

## 沥青混凝土路面

ZENYANG XIUHAO LIQING HUNNINGTU LUMIAN

—— 于本信 编著  
陆仁达 审  
刘树良



人民交通出版社

China Communications Press

U416.217

C16

# 怎样修好

---

## 沥青混凝土路面

于本信 编著

陆仁达 审

刘树良

---

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书作者长期活跃在沥青路面施工的第一线,是路桥集团公路一局德高望重的高级工程师。作者在既往成功施工经验和深刻教训的基础上,结合新版《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004),提出了一系列行之有效的理论、实践观点,突出反映为密实骨架型沥青混合料配合比设计是保证沥青混凝土路面设计、使用寿命的关键。

本书是专为公路工程一线技术人员而写的一本很好的参考书,具有很强的实用性和可操作性,书中收入较多工程实例,真正帮你掌握修建一条好的沥青混凝土路面的关键技术。该书亦可供沥青混凝土路面设计、监理、试验人员学习参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

怎样修好沥青混凝土路面/于本信编著. —北京:人民交通出版社, 2005.8  
(一局丛书)  
ISBN 7-114-05666-4

I. 怎... II. 于... III. 沥青混凝土-沥青路面-工程施工 IV. U416.217.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 079740 号

书 名: 怎样修好沥青混凝土路面

著 者: 于本信

责任编辑: 刘 涛

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

印 刷: 北京凯通印刷厂

开 本: 787×980 1/16

印 张: 10.75

字 数: 170 千

版 次: 2005 年 9 月第 1 版

印 次: 2005 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05666-4

印 数: 0001—5000 册

定 价: 20.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 《公路一局施工技术丛书》编委会

主任委员：侯金龙

副主任委员：刘元泉 周 兵

委 员：陆仁达 刘树良 曹玉新

田克平 刘 晟 张庆繁

侯坤立 孙重光 刘文华

黄振燕 李 文 胡益众

连佳机 韩廷洪 光 明

张志信 江亦元 钱绍锦

高俊宏 王伟方 宇文德成

## 前言 Qianyan

笔者自 1985 年开始介入高等级公路沥青混凝土路面的修建任务以来,陆续参加了由原交通部公路一局承建的天津疏港路、京哈路、京津塘高速公路北京 K14.5 ~ K27.5 段、济青高速公路潍坊 K135 ~ K177 段、山东潍莱路、陕西闫良路、江苏淮江线及沂淮线,以及河北石黄高速公路衡水段、湖南临长高速公路、湖北京福高速路襄荆段、福建省福宁高速公路等的建设,主持沥青混合料配合比的设计试拌和试铺工作。在二十几年的风风雨雨、摸爬滚打中,深刻体悟到,要修筑一条好的高等级沥青混凝土路面,必须精心设计、精心施工、精心管理,三者缺一不可。根据国家高速公路网规划,我国的高速公路总规模将达到 8.5 万公里,离这个目标还有很重的建设任务。农村公路建设规划也在制定当中,到 2020 年农村公路里程将达 250 万公里,还有 100 多万公里的农村公路等待建设。值此时机,笔者在吸取既往教训和总结成功经验基础上,结合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)新标准内容编写了这本小册子,供同行们参考,希望能对提高沥青混凝土路面的修筑质量有所裨益。

感谢陆仁达和刘树良二位同志的指导与审核。书中内容如有不妥之处,望同行和专家们指正。

于本信

2005 年 6 月 5 日

# 目录 MULU

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>第一章 沥青路面结构层设计中的几个重要原则</b> ..... | 1   |
| 第一节 结构层设计必须结合路线气候特点进行 .....        | 1   |
| 第二节 沥青路面结构层类型的确定 .....             | 6   |
| 第三节 根据当地气温条件确定车辙试验温度 .....         | 23  |
| 第四节 矿料级配对沥青路面结构层的影响 .....          | 26  |
| 第五节 矿料最大公称尺寸与沥青路面结构层厚度的关系 .....    | 29  |
| <b>第二章 沥青混合料施工配合比设计</b> .....      | 32  |
| 第一节 各种材料的准备与选用 .....               | 32  |
| 第二节 沥青混合料目标配合比的设计 .....            | 47  |
| <b>第三章 密实骨架型沥青混合料配合比设计</b> .....   | 85  |
| 第一节 密实骨架型沥青混合料的特性 .....            | 85  |
| 第二节 密实骨架型矿料级配的组成设计 .....           | 88  |
| 第三节 密实骨架型结构层的验证 .....              | 95  |
| 第四节 怎样将沥青混合料调整成为密实骨架型矿料级配 .....    | 105 |
| <b>第四章 SMA 配合比设计与实例</b> .....      | 110 |
| 第一节 SMA 的特性 .....                  | 110 |
| 第二节 SMA 配合比设计标准和要求 .....           | 116 |
| 第三节 SMA 配合比设计过程与步骤 .....           | 119 |
| <b>第五章 沥青混凝土路面施工工艺</b> .....       | 147 |
| 第一节 沥青混合料施工准备 .....                | 147 |
| 第二节 沥青混合料的拌和工艺 .....               | 148 |
| 第三节 沥青混合料的运输 .....                 | 151 |
| 第四节 沥青混合料的摊铺工艺 .....               | 152 |
| 第五节 沥青混合料的压实成型 .....               | 156 |
| 第六节 施工过程中的检测及质量标准 .....            | 158 |
| <b>参考文献</b> .....                  | 161 |

## 第一节 结构层设计必须结合路线气候特点进行

众所周知,沥青混合料的路用性能受到诸多因素的影响,尤其是气候因素的影响。如高速公路上夏季高温季节行车所造成的较深车辙,是导致路面早期损坏的最重要原因;冬季气温骤降及反复升温和降温引起的沥青路面温缩裂缝,是沥青路面横向开裂的主要原因。

我国幅员辽阔,陆地面积达 960 万平方公里,地处世界最大的欧亚大陆板块的东部,是季风气候最典型、最强烈的地区。冬季,西伯利亚的冷空气长驱直入,我国气候受蒙古人民共和国高压所支配,冷空气受到青藏高原的阻碍,造成北方非常寒冷,气温可达  $-40^{\circ}\text{C}$ ;夏季,太平洋季风盛行,青藏高原的强烈辐射形成高压,太平洋暖流北上,受到青藏高原的阻挡,一方面形成夏季暴雨集中,另一方面使气温普遍升高,南方高温季节气温可达  $40^{\circ}\text{C}$ ,并且持续时间较长。因此,我国广大地区与世界同纬度地区,如欧洲、美国相比较,冬季寒冷、夏季炎热,气温温差大的特点非常显著,这对沥青路面使用寿命有极大影响。

影响沥青路面使用寿命的另一个因素是水分。水对沥青路面的破坏有两种情况:一种是雨水从路表面逐渐渗入沥青混合料内部,特别空隙率大的沥青混凝土路面,充满水分后会造路成沥青路面表面松散、坑槽等破坏现象;另一种是雨水及融雪水从路面裂缝渗入到基层,或当冬季基层顶面、下面层底部有聚冰时,在春季融化后,水分一下子蒸发不出去,集中在下面层的空隙中,在汽车荷载反复作用下,由下而上涌入沥青混合料内,这些都将造成沥青路面混合料的剥离和松散破坏。描述雨水的主要指标

是年降雨量、降雨天数。在北纬 40°以北,是我国广大的干旱地区,降雨量总的来说比世界同纬度地区偏少;在北纬 33°~40°之间,是我国东部雨量偏多地区,但西部地区仍有不少干旱地区,平均起来大致与世界同纬度地区相当;在北纬 33°以南,大部分地区年降雨量在 1000~2000mm 之间,台湾地区达 4000mm,而世界同纬度地区多处于亚热带高压控制之下,沙漠面积大,我国降雨量比世界同纬度地区显著偏多。

我们在查阅国外技术资料文献时,经常会接触到一些新技术、新结构,对此一定要结合当地的气候条件与交通条件进行分析。沥青混合料是典型的粘弹性材料,沥青混合料的矿料级配、沥青用量、沥青路面结构层是在特定条件下土生土长、不断完善产生的,任何指标都有一定气候局限性,绝不能照搬照抄,否则必然导致设计失败,造成重大经济损失。

即使在国内,依照同一本设计规范和施工规范,也必须根据该省、该地区的气候、水文、地质等特点,制订设计实施细则。

最近几年,在沥青路面结构层设计中,对防渗水性能考虑较多,强调沥青路面开放交通后,汽车在雨中行驶时会对沥青路面结构层产生动水压力,造成沥青路面结构层破坏。我走过几个省份,发现路面结构层设计完全一样,就像人们玩麻将牌常说的一句话:青一色,一条龙。无论底面层、中面层还是表面层,一律为原 JTJ 032—94 施工技术规范中的 AC-I 型矿料级配。AC-I 型矿料级配曲线,采用最大密实理论,符合富勒公式  $100 \times (d/D)^n, n = 0.45$ 。用这种方法合成的矿料级配曲线,主要特点是关键性筛孔尺寸以上粗集料用量少;而关键性筛孔尺寸以下细集料用量较多,致使粗集料在成型的沥青混合料中,悬浮于细集料+沥青+设计空隙率绝对体积中。在炎热高温的夏季,汽车轮压对沥青路面产生垂直动压力和水平推力。而粗集料在沥青混合料中不能相互靠拢和嵌挤,起不到很好的骨架作用,反而随细集料的蠕动而蠕动。在汽车接续不断地反复行驶过程中,由于在高温炎热的夏季沥青的粘弹性降低,沥青路面结构层很容易产生破坏性残余变形。因此,很多公路经受不住一个炎热高温的夏季考验。在承包商养护期不满一年的情况下,沥青路面的车辙渠化深度可达 15~20mm,在大纵坡路段可深达 40mm。有一次,据某工程项目经理反映,沥青路面尚未交工即出现较深车辙。到现场了解情况后,才知沥青路面结构层设计中三层结构全部为《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)中的 AC-I 型矿料级配,未加任何调整,原原本本按曲线中值实施。当时正在下雨,在整个沥青路面上,汽车行驶过的车辙变成了两



条流水槽,雨水顺着路线纵坡而下。这不是施工的问题,而是由于结构层设计不合理。因为全线由不同施工单位施工的路段,损坏现象完全相同。又过了几个月,另外一条高速公路也反映同样的情况。该高速公路表面层使用改性沥青,沥青混合料的高温抗车辙试验表明,在 60℃ 情况下动稳定度大于 5000 次/mm,但在炎热高温的夏季车辙渠化深度仍为 15 ~ 20mm。当时有人问:“这是怎么回事?”我说:“沥青路面结构层设计,三层都采用 AC-I 型矿料级配,难以理解”。

我曾在安徽省肖县开会时建议过,当你对沥青路面结构层设计没有经验时,不要在全线采用同一种模式,可多设计几种结构层,通过不同路段的工程项目进行实施,经过观察测量对比,找到一种最适合当地气候条件的结构层设计模式。我赞赏河北省石黄高速公路的做法,他们对沥青路面三层结构层,在采用 SAC 多碎石和 AC-20I 型以及 AC-25I 型沥青混合料的基础上,对每一层矿料级配进行调整后使用,并进行大粒径碎石沥青混合料的试拌、试铺等试验工作。三层设计调整型矿料级配见表 1-1。

三层设计调整型矿料级配

表 1-1

| 结构层 | 级配类型    | 通过筛孔尺寸(mm)质量百分率(%) |          |          |          |         |         |         |         |         |         |         |        |       |
|-----|---------|--------------------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
|     |         | 31.5               | 26.5     | 19.0     | 16.0     | 13.2    | 9.5     | 4.75    | 2.36    | 1.18    | 0.6     | 0.3     | 0.15   | 0.075 |
| 表面层 | SAC-16调 |                    |          | 100      | 95 ~ 100 | 75 ~ 90 | 58 ~ 70 | 39 ~ 51 | 28 ~ 37 | 21 ~ 29 | 15 ~ 23 | 11 ~ 17 | 9 ~ 13 | 7 ~ 9 |
|     |         |                    |          |          | 97.5     | 82.5    | 64      | 45      | 32.5    | 25      | 19      | 14      | 11     | 8     |
| 中面层 | AC-20调  |                    | 100      | 95 ~ 100 | 77 ~ 88  | 62 ~ 76 | 49 ~ 63 | 35 ~ 49 | 30 ~ 40 | 23 ~ 33 | 16 ~ 26 | 10 ~ 20 | 6 ~ 14 | 6 ~ 8 |
|     |         |                    |          | 97.5     | 82.5     | 69      | 56      | 42      | 35      | 28      | 21      | 15      | 10     | 7     |
| 底面层 | AC-25调  | 100                | 95 ~ 100 | 79 ~ 93  | 68 ~ 82  | 57 ~ 71 | 46 ~ 60 | 33 ~ 47 | 29 ~ 39 | 20 ~ 30 | 14 ~ 24 | 9 ~ 17  | 5 ~ 13 | 4 ~ 8 |
|     |         |                    | 97.5     | 86       | 75       | 64      | 53      | 40      | 34      | 25      | 19      | 13      | 9      | 6     |

石黄高速公路自 2001 正式通车运营后,经过两个炎热夏季的考验,于 2003 年 12 月由中国路桥集团第一公路工程局天津工程处对沥青路面车辙深度进行的调查与检测结果汇总于表 1-2。

车辙深度检测结果

表 1-2

| 检测统计<br>名称 | 路线南幅 |       |      |      | 路线北幅 |      |      |      |
|------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
|            | 行车道  |       | 超车道  |      | 行车道  |      | 超车道  |      |
| 部位         | D    | C     | B    | A    | A    | B    | C    | D    |
| 累计值(mm)    | 173  | 208.5 | 23.0 | 17.5 | 15.5 | 12.0 | 98.5 | 65.0 |
| 测点数 $N$    | 35   | 35    | 31   | 31   | 29   | 29   | 35   | 35   |
| 平均值(mm)    | 4.96 | 4.96  | 0.74 | 0.56 | 0.53 | 0.41 | 2.81 | 1.86 |

由于西煤东运,南幅重载车辆较多,北幅重载车辆相对较少,所以南幅与北幅行车道的车辙深度明显不同。虽然矿料级配做了调整,但仍属悬浮式结构。实际上调整后的矿料级配,只是向密实骨架型矿料级配靠近了一步。

2005年河北省又在青银高速公路十合同段,针对不同结构层进行了试验路施工,共分六种结构层设计方案。从结构层设计形式和各结构层沥青混合料矿料级配要求标准,不难看出设计者的用心,是强调强基薄面的设计原理,不同结构层充分体现出不同结构层的作用。表面层采用 SAC-13 作为抗滑表面层,中面层采用 JTG F40—2004 新规范中 AC-20 的中值级配作为联结层,采用承重能力极强的大粒径沥青碎石混合料作为底面层。

下面,介绍几种沥青路面结构层类型,见表 1-3 ~ 表 1-5。

混合式结构层

表 1-3

| 结构层           | 厚度   | 级配类型   | 结构层           | 厚度   | 级配类型                |
|---------------|------|--------|---------------|------|---------------------|
| 细粒式沥青混合料      | 4cm  | SAC-13 | 细粒式沥青混合料      | 4cm  | SAC-13              |
| 中粒式沥青混合料      | 6cm  | AC-20C | 中粒式沥青混合料      | 8cm  | AC-20C              |
| 粗粒式沥青混合料      | 6cm  | AC-25C | 热喷改性沥青 + 碎石封层 |      |                     |
| 热喷改性沥青 + 碎石封层 |      |        | 大粒径沥青混合料      | 15cm | BL <sub>2</sub> -30 |
| 粗粒式沥青碎石       | 12cm | LSM-30 | 水泥稳定碎石        | 18cm |                     |
| 水泥稳定碎石        | 18cm |        | 水泥石灰稳定土       | 18cm |                     |

全厚式结构层

表 1-4

| 结构层      | 厚度    | 级配类型                | 结构层      | 厚度    | 级配类型    |
|----------|-------|---------------------|----------|-------|---------|
| 细粒式沥青混合料 | 4cm   | SAC-13              | 细粒式沥青混合料 | 4cm   | SAC-13  |
| 中粒式沥青混合料 | 6cm   | AC-20C              | 中粒式沥青混合料 | 8cm   | AC-20C  |
| 粗粒式沥青混合料 | 6cm   | AC-25C              | 大粒径沥青混合料 | 18cm  | LSAM-40 |
| 粗粒式沥青碎石  | 16cm  | BL <sub>1</sub> -30 | 大粒径沥青混合料 | 18cm  | LSAM-40 |
| 粗粒式沥青碎石  | 17cm  | BL <sub>1</sub> -30 | 乳化沥青稀浆封层 | 5~6mm |         |
| 乳化沥青稀浆封层 | 5~6mm |                     | 二灰碎石     | 16cm  |         |
| 二灰碎石     | 15cm  |                     | 水泥石灰稳定土  | 18cm  |         |
| 水泥石灰稳定土  | 18cm  |                     | 土基       |       |         |

大粒径沥青混凝土作面层材料结构层

表 1-5

| 结构层         | 厚度   | 级配类型    | 结构层         | 厚度   | 级配类型   |
|-------------|------|---------|-------------|------|--------|
| 细粒式沥青混合料    | 4cm  | SAC-13  | 细粒式沥青混合料    | 4cm  | SAC-13 |
| 热喷改性沥青+碎石封层 |      |         | 热喷改性沥青+碎石封层 |      |        |
| 大粒径沥青混合料    | 14cm | LSAM-30 | 中粒式沥青混合料    | 6cm  | AC-20C |
| 水泥稳定碎石      | 18cm |         | 粗粒式沥青混合料    | 18cm | AC-25C |
| 二灰稳定碎石      | 18cm |         | 水泥稳定碎石      | 18cm |        |
| 水泥石灰稳定土     | 18cm |         | 二灰稳定碎石      | 18cm |        |

各结构层沥青混合料中矿料级配要求见表 1-6。

矿料级配要求

表 1-6

| 级配类型 |      | 通过方孔筛(mm)质量百分率(%)   |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |     |     |      |       |   |
|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|-------|---|
|      |      | 53                  | 37.5 | 31.5 | 26.5 | 19.0 | 16.0 | 13.2 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |   |
| 面层   | 上面层  | SAC-13              |      |      |      |      | 100  | 98   | 68  | 35   | 27   | 20   | 16  | 14  | 12   | 8     |   |
|      | 中面层  | AC-20               |      |      | 100  | 95   | 85   | 71   | 61  | 41   | 30   | 23   | 16  | 11  | 9    | 5     |   |
|      | 底面层  | AC-25               |      | 100  | 95   | 83   | 74   | 67   | 55  | 38   | 29   | 23   | 16  | 11  | 9    | 5     |   |
|      |      | LSAM-30             | 100  | 95   | 89   | 81   | 73   | 62   | 51  | 39   | 29   | 21   | 16  | 11  | 8    | 5     |   |
| 基层   | 沥青碎石 | LSM-30              | 100  | 95   | 80   | 62   | 55   | 50   | 41  | 30   | 24   | 18   | 13  | 10  | 7    | 4     |   |
|      |      | BL <sub>1</sub> -30 | 100  | 95   | 83   | 72   | 64   | 55   | 46  | 35   | 20   | 15   | 11  | 7   | 5    | 3     |   |
|      |      | BL <sub>1</sub> -30 | 100  | 97   | 90   | 81   | 61   | 48   | 44  | 31   | 18   | 13   | 10  | 8   | 6    | 3     |   |
|      | ISAM | LSAM-40             | 100  | 95   | 85   | 75   | 65   | 56   | 44  | 34   | 25   | 17   | 12  | 9   | 7    | 5     | 4 |
|      |      | BL <sub>2</sub> -30 | 100  | 91   | 86   | 74   | 66   | 54   | 44  | 29   | 21   | 15   | 10  | 8   | 6    | 4     |   |

一条高等级公路修筑质量的好与坏,使用寿命的长与短,关键在于以

下三个方面:

(1)要有一个适合本地区气候特点和与路线实际情况相结合的结构层设计。绝不能照搬照套他人的结构层设计。

(2)有了好的设计作保证,还要有好的精心细致的施工队伍去认真实施,如目标配合比设计和生产配合比设计应有一致的矿料级配曲线,认真不走样地按生产配合比进行拌和、摊铺和碾压,压实密度最好控制在98%以上。

(3)开放交通后,路政管理和养护要注意,成型路面上最害怕滴洒柴油和超载汽车在高温条件下行驶。

这三个方面都做好了,沥青路面的使用寿命,不说十五年、二十年,至少也要使用十年八年,其经济效益、社会效益不可估量。

## 第二节 沥青路面结构层类型的确定

在选择沥青路面结构层类型时,应根据交通量大小、荷载的种类、路线纵坡、平曲线半径、当地气候变化和潮湿阴雨情况等,还应结合不同结构层的作用,综合确定。

一般国外沥青路面结构层可分为:底面层称之为承重层,中面层称之为联结层,表面层称之为磨耗层,充分体现结构层的不同作用。在国内例如京津塘高速公路,设计12cm沥青碎石混合料为底面层,充分体现出承重层的作用;6cm厚的中面层,采用沥青混凝土混合料,体现为联结层;4cm厚的表面层为沥青混凝土混合料,作为磨耗层。经过精心设计,精心施工,原交通部公路一局施工的K14+500~K27+500,自1990年开始通车运营至2003年大修,其中北京至天津方向仍有6km尚不需进行翻修。

又如济青高速公路潍坊K135~K177段,由原交通部公路一局施工,7~8cm厚沥青碎石混合料作为底面承重层,6cm厚沥青混凝土混合料作为中间联结层,表面层为4cm厚SAC多碎石沥青混合料(圆孔筛)。根据有关人员反映,“自1993年完工通车到2000年的7年间,这段路一分钱养路费都没有用过。”

又如1988年完工的连云港新墟公路,曾被江苏省和连云港市公路局视为样板路,由原交通部公路一局三公司承建路基和基层,以及7cm厚沥青贯入式底面层,其上5cm厚沥青混凝土混合料和3cm厚沥青碎石混合料抗滑表层由原交通部公路一局一公司铺筑完成。当时使用的是山东东

营胜利 100 号国产沥青,含蜡量多在 6%~7%。经使用十多年未坏,后来为适应经济发展的需要,在扩建工程中进行了改造。

以上三条高速公路的成功,不能全部归功于施工单位,更主要的是结构层设计者,选定的矿料级配类型合理,符合自然规律,充分体现了三层结构中不同结构层有不同的作用。这就充分说明了,有了好的设计,还要有好的单位去精心施工,才能出精品工程。

因此,结构层的设计必须充分体现每一结构层的突出作用。确定不同类型沥青混合料的矿料级配非常重要,绝不是三层结构层均采用同一类型的矿料级配便完事,更不是照搬照抄别处的模式。一般沥青路面结构层设计类型,可分三层结构型、二层结构型、单层结构型。一条高速公路上应根据不同地区的自然条件设计成符合该地区要求的结构层。

### 1. 三层结构型

笔者根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)所提到的几种沥青混合料矿料级配,突出不同结构层的作用,推荐选用的矿料级配类型见表 1-7。

推荐选用的三层结构型矿料级配类型

表 1-7

| 结构层          | 厚度     | 作用             | 沥青混合料的选择   |
|--------------|--------|----------------|--|
| 表面层<br>(磨耗层) | 3~5cm  | 抗滑<br>耐磨<br>防渗 | SMA 沥青玛蹄脂碎石混合料<br>SAC 多碎石沥青混合料<br>OGFC 开级配磨耗层混合料   |
| 中面层<br>(联结层) | 4~6cm  | 高温稳定<br>防渗性能   | 密实骨架型沥青混合料<br>AC-C 型密级配沥青混合料                       |
| 底面层<br>(承重层) | 6~15cm | 高温稳定<br>承重能力强  | 密实骨架型沥青混合料<br>ATB 密级配沥青碎石混合料<br>AM、ATPB 开级配沥青碎石混合料 |

对于三层结构型中的表面磨耗层,据我所知,有采用 SAC 多碎石沥青混合料的,例如长吉线、长营线、沪宁线、潍莱路、河北省衡水地区 106 国道、石黄高速公路。青银高速公路河北段,表面磨耗层采用 SAC-13。通过对潍莱路表面层 SAC-16 多碎石沥青混合料进行绝对体积法解析后得知,矿料比表面积上裹覆的油膜厚度为  $7.53\mu\text{m}$ ,关键性筛孔 2.36mm 以上粗集料含量 75.46%,油石比为 4.58%,0.075mm 以下矿粉含量为

7.56%,粗集料占沥青混合料总体积的 61.21%,细集料+矿粉+沥青+残留空隙体积则为 38.79%(与 2.36mm 以上粗集料在振实状态下干密度时的空隙体积率 38%基本一致),实属密实骨架型矿料级配(详见后述)。在高温碾压至最大密度情况下,同样可产生与 SMA 相同的结果,具有防渗水性、抗高温稳定性,表面又能获得适当的粗糙度。

表面磨损层也可采用 JTJ 014—97 设计规范中规定的 AK-A 型、AK-B 型。江苏省多采用 AK-C 型。

采用 SMA 沥青玛蹄脂碎石混合料做表面层的路段比较少。但全国很多省份都做过试验路。通过第四章 SMA-13 矿料级配的分析得知,矿料比表面积上裹覆的油膜厚度为  $7.67\mu\text{m}$ ,与 SAC-16 多碎石基本相同。但 SMA 沥青玛蹄脂混合料中需掺加纤维 0.3%~0.4%,0.075mm 以下矿粉用量为 10%,沥青用量为 6%左右,摊铺后容易产生油斑。以沥青和 0.075mm 以下矿粉组成的沥青胶泥裹覆在 0.075mm 以上矿料表面的胶泥厚度为  $90.48\mu\text{m}$ ,所以容易产生油斑。而 SAC-16 多碎石裹覆在 0.075mm 以上矿料表面的胶泥厚度为  $46\mu\text{m}$ 。由此可知,SMA 裹覆的沥青胶泥厚度太厚,是 SAC 多碎石的两倍。

JTG F40—2004 新规范中规定的 OGFC 开级配排水式磨损层,在我国应用很少,是一项新课题。对新技术不能拒之门外,在有条件下的情况下应该试一试,总结经验,以利推广。

现在大家对中面层的认识比较深刻,它必须具备抗高温稳定性好,又要兼顾抗渗水性性能强的优点,因此必须是密实骨架型矿料级配。密实骨架型矿料级配详见第三章。

对于《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)中表 5.3.2-1 和表 5.3.2-2 密级配沥青混凝土混合料矿料级配范围中的 AC-25C 型和 AC-20C 型,关键性筛孔尺寸 4.75mm 通过率控制在 24%~40%和 26%~45%范围内的中值即 32%和 35.5%时,才有可能配制出密实骨架型矿料级配曲线。如果采用 AC-25F 和 AC-20F 细型矿料级配时,必须采用改性沥青来提高沥青混合料的抗高温稳定性。

底面层尤为重要,它必须具有较强的承重能力,起到骨架作用。底面层如同人的骨骼,人若没有骨骼,就站不直,走不了路。凡是采用 AM 型沥青碎石混合料底面层、沥青贯入式底面层和原 JTJ 032—94 规范中 AC-II 型矿料级配的沥青路面开放交通后,很少有在年内出现较大深度车辙的。凡是底面层和中面层采用原 JTJ 032—94 规范中 AC-I 型矿料级配的

沥青路面,开放交通后,经不住第一个炎热夏季的考验,均出现较大深度车辙。据此笔者认为,根据新规范的规定,底面层可选用:①密实骨架型沥青混合料;②ATB 密级配沥青碎石混合料;③AM 型、ATPB 型开级配沥青碎石混合料;④沥青贯入式。

## 2. 二层结构型

根据党中央国务院的总部署,今后重点向发展农村经济转移。公路建设事业是发展农村经济的急先锋,谁都知道“要想富先修路”。这样村与乡、乡与市、小城市与中等城市之间必将修建大量的公路,路面可选择二层结构型。在两层结构层的设计中,如何选好矿料级配类型非常关键。笔者认为,结构层中的下面层必须是承重能力极强的抗高温稳定层。如《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)中的 ATB 密级配沥青碎石混合料、ATPB 开级配沥青碎石混合料或 AM 半开级配沥青碎石混合料,以及贯入式底面层。表面层既要满足防渗水性要求,又要兼顾有抗滑耐磨耗的表面层作用,笔者认为可选密实骨架型沥青混合料的矿料级配(设计方法见第三章),或者为 SMA 沥青玛蹄脂碎石混合料。推荐选用的二层结构型矿料级配类型见表 1-8。

推荐选用的二层结构型矿料级配类型

表 1-8

| 结构层          | 厚度    | 作用             | 沥青混合料的选择  |
|--------------|-------|----------------|---|
| 表面层<br>(磨耗层) | 3~4cm | 抗滑<br>防渗<br>耐磨 | 密实骨架型沥青混合料<br>SMA 沥青玛蹄脂碎石混合料<br>SAC 多碎石沥青混合料    |
| 底面层<br>(承重层) | 5~8cm | 高温稳定<br>承重能力强  | ATB 密级配沥青碎石混合料<br>ATPB(或 AM)开级配沥青碎石混合料<br>沥青贯入式 |

1999 年 6 月在河北省衡水地区,为了修建石黄高速公路,将原 307 国道改为石黄高速公路辅线工程,其路面结构为二层结构型。原定底面层采用 AC-25I 型矿料级配,表面层采用 AC-16I 型矿料级配。我们经过讨论后,认为两层都用原 JTJ 032—94 规范中的 AC-I 型矿料级配欠妥。虽然是石黄高速公路辅线,但当地车辆短距离运输不可能走高速公路,应保证其使用寿命。我们于 6 月 22 日与衡水交通局有关领导共同研讨后,提议将底面层矿料级配改为《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)中的

AC-25II 调整型,将 AC-25II 型矿料级配曲线中筛孔尺寸 2.36mm 以下的通过率向上限靠近,但成型后的沥青混合料马歇尔各项技术指标的要求按 AC-25I 型的标准。例如试件击实次数为双面各 75 次(原来为 50 次),沥青混合料设计空隙率由原来的 4% ~ 10% 改为 3% ~ 6%,控制在 4% 左右;沥青饱和度由原来 70% ~ 85% 改为 65% ~ 80% 范围内,矿料间隙率控制为 13% ~ 14%;表面层使用 AC-16I 调整型,以使矿料级配曲线控制在中值与下限间范围内。在有关领导的大力支持下,施工中采纳了我们的建议。AC-25II 调整型矿料合成级配见表 1-9。

AC-25II 调整型矿料合成级配

表 1-9

| 筛孔尺寸<br>(mm)      | 通过筛孔尺寸质量百分率(%) |             |            |            |            |            |            |            |           |           |           |          |          |
|-------------------|----------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
|                   | 31.5           | 26.5        | 19.0       | 16.0       | 13.2       | 9.5        | 4.75       | 2.36       | 1.18      | 0.60      | 0.30      | 0.15     | 0.075    |
| 合成矿料级配            | 99.79          | 96.66       | 73.52      | 59.55      | 50.29      | 44.7       | 27.85      | 24.12      | 22.0      | 15.37     | 9.7       | 7.31     | 6.25     |
| AC-25II 型标准<br>要求 | 100            | 90 ~<br>100 | 65 ~<br>85 | 52 ~<br>70 | 42 ~<br>62 | 32 ~<br>52 | 20 ~<br>40 | 13 ~<br>30 | 9 ~<br>23 | 6 ~<br>16 | 4 ~<br>12 | 3 ~<br>8 | 2 ~<br>5 |
| 标准要求中值            | 100            | 95          | 75         | 61         | 52         | 42         | 30         | 21.5       | 16        | 11        | 8         | 5.5      | 3.5      |

AC-16I 调整型矿料合成级配见表 1-10。

AC-16I 调整型矿料合成级配

表 1-10

| 筛孔尺寸<br>(mm)     | 通过筛孔尺寸质量百分率(%) |             |            |            |            |            |            |            |            |           |       |  |
|------------------|----------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-------|--|
|                  | 19.0           | 16.0        | 13.2       | 9.5        | 4.75       | 2.36       | 1.18       | 0.60       | 0.30       | 0.15      | 0.075 |  |
| 合成矿料级配           | 100            | 98.93       | 86.91      | 68.12      | 48.17      | 35.93      | 30.02      | 19.63      | 11.5       | 8.01      | 6.67  |  |
| AC-16I 型标准<br>要求 | 100            | 95 ~<br>100 | 75 ~<br>90 | 58 ~<br>78 | 42 ~<br>63 | 32 ~<br>50 | 22 ~<br>37 | 16 ~<br>28 | 11 ~<br>21 | 7 ~<br>15 | 4 ~ 8 |  |
| 标准要求中值           | 100            | 97.5        | 82.5       | 68         | 52.5       | 41.0       | 29.5       | 22.0       | 16.0       | 11.0      | 6.0   |  |

该路于 1999 年 6 月开始沥青路面施工,10 月份完工。2000 年正是石黄高速公路沥青路面铺筑高峰期,25t 以上运送沥青混合料的载重汽车在新铺沥青路面上来回行驶,此外还有来自山西运输煤炭的超载汽车。经过 2000 年一个炎热夏天的考验,我们在 2001 年 7 月对沥青混凝土路面进行了一次拉线调查,重载车行驶的右半幅仅有 1mm 车辙渠化深度,而左半幅仍然完好。

本人认为最好的二层结构型设计,下面层应该用国产沥青铺成 6 ~



7cm厚的贯入式,在贯入式上面再铺4~5cm密实骨架型沥青混合料,这就是常说的下贯上拌。在我国经济条件还不富裕,却又盛产沥青的地区,这种结构的优点是,既经济适用、抗高温稳定性好,同时又能克服由基层和底基层带来的反射裂缝。

### 3. 单层结构型

单层结构型多用于乡镇公路沥青混合料表面处治,宜采用骨架密实型沥青混凝土混合料和AC-F型密级配沥青混合料。建议最大矿料公称尺寸为结构层厚度的2/3左右。在通车过程中使面层与基层顶面形成较大阻力,防止面层推移,形成搓板拥包、车辙等病害。

作为沥青路面结构层设计者,应结合路线设计时的最大纵坡和坡长、最小半径、开放交通后汽车对沥青路面所产生的离心力和水平推力以及所造成的沥青路面剪切破坏和变形性,综合确定结构层应采用哪种类型,同时提出对材质的要求,以及矿料级配选用时的特殊条款。

作为一名沥青路面结构层设计者,首先必须结合本省本地区本条公路的实际路线状况,不脱离国际惯例设计原则,即底面层设计成承重层,中面层设计成联结层,要充分考虑到中、底面层的抗高温稳定性,而中面层还要兼顾考虑防渗水性能,表面层设计成抗滑、耐磨耗层,并兼顾考虑防渗水性能;其次应参照借鉴国内各省市修建高等级公路成功的经验。既要勇于承担责任,又要保证不犯错误,对采用的矿料级配,首先要进行一番认真研究,然后再确定。

现在国内外可供选择的矿料级配多得很。在选择矿料级配类型时,千万不要忘记上述原则。《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)中提出的六种矿料级配是基本标准模式。可以按规范中规定的六种模式进行选择,这样做你不负任何责任也不会犯错误,一切错误都可归结于规范,但作为设计者,应该把眼界放宽一点。多设计几条不同结构类型的路,可使你经验更丰富,不能仅局限于规范规定的六种模式。如美国现在推崇的Superpave矿料级配(表1-11),其主要特点是在富勒公式 $[100(d/D)^n]n=0.45$ 次直方图上,以最大理论密度线为原点,以与最大颗粒尺寸的连线为基础,在确定矿料级配中突出两个特征值。

掌握矿料级配曲线上的控制点,主要是控制粗集料用量中的粗细比例关系;掌握粗少细多的原则,防止生产的沥青混合料产生较大的离析。粗细比控制公式如下: