

Summary of Mix Design Method of Drainage Asphalt Mixture

Teng Ma

School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, 400074, Chongqing, China

Abstract: In order to enhance the design quality of drainage asphalt pavement, this paper expounds the design methods at home and abroad, such as Marshall method, OGFC mixture design method in the United States, PA design method in Japan, analyzes the design theories and ideas of various methods, puts forward the characteristics of various methods, analyzes the advantages and existence of various methods. It is not enough to guide the design of domestic drainage asphalt mixture.

Keywords: Drainage asphalt pavement; OGFC mix design method; Japan PA mix design method

排水沥青混合料配合比设计方法综述

马腾

重庆交通大学土木工程学院, 重庆, 中国, 400074

摘要: 本文为加强排水沥青路面设计质量, 通过对马歇尔法、美国开级配磨耗层(OGFC)混合料设计方法、日本排水沥青混合料(PA)设计方法等国内外设计方法分别进行阐释, 分析各种方法的设计理论与思路, 提出了各种方法的特点, 辨析了各种方法的优点及存在的不足以便于指导国内排水沥青混合料设计。

关键词: 排水沥青路面; OGFC 配合比设计方法; 日本 PA 配合比设计方法

1 引言

自 20 世纪早期排水沥青路面从欧洲诞生以来, 就以快速排出路面积水、降噪、抗滑等优点被多个国家使用研发, 从而诞生了多种排水沥青混合料配合比设计方法, 其中美国、日本及欧洲各国的排水沥青混合料配合比设计方法有效实用、具有鲜明的特征和特色, 因而得到各国的广泛推广使用。沥青混合料配合比是沥青路面得到广泛应用的基础和关键内容, 为进一步的熟悉利用排水沥青路面或者在我国推广排水沥青路面, 熟悉国内外排水沥青混合料配合比设计方法将有重要作用。

2 排水沥青配合比设计原理概述

排水沥青混合料配合比设计大方向上与其他类型的沥青混合料相同, 同样有原材料选择、级配选择、最佳沥青用量选择等, 但同样的步骤却有不同的执行方式和要求。排水沥青混合料以大空隙著称, 导致了混合料的强度更多的依赖于集料的嵌挤作用, 同样对集料形状和抗压强度等要求更高; 集料间接触面积的

减少导致了混合料的粘聚力需要沥青更高粘度。与传统马歇尔设计方法相比, 为保证排水沥青混合料的大空隙, 级配调试和选择不仅依赖于马歇尔强度等指标, 而且和关键筛孔的通过率有直接关系。除此之外, 排水沥青混合料沥青用量和马歇尔强度关联度较低, 因此需要反映排水沥青混合料性能与沥青用量之间紧密关系的指标, 判断或者限定出排水沥青混合料最佳沥青用量的范围。

3 国内外配合比设计方法

3.1 比利时排水沥青混合料配合比设计方法

20 世纪 80 年代末比利时受到欧洲荷兰等国家的影响, 开始使用多孔沥青路面(排水沥青路面), 比利时主要利用了多孔沥青路面的四个性能: ①排水功能; ②减少行车“水雾”; ③高流量、高速行驶; ④降噪功能。比利时所采用的排水沥青路面层厚一般设计为 2.5cm 或 4.0cm, 根据比利时铺筑经验和降噪的目标, 采用层厚为 4.0cm 排水面层时, 效果最好。

在排水沥青面层配合比设计时, 比利时主要遵循四个原则: (1) 级配设计最大粒径为 10mm 或

14mm; (2) 大颗粒集料 (粒径不小于 2mm) 最低集料占比为 22%; (3) 采用间断级配保证排水效果, 常用间断范围为 2~7mm 或者 2~10mm; (4) 限定粘结剂的用量。比利时排水沥青路面各组分组成见表 1, 从表中可见, 在 0~14mm 断级配中大颗粒集料 (粒径 > 2mm) 占比达到 83%, 远高于普通密集配混合料和少部分排水沥青混合料粗集料占比。

Table 1. Composition of Belgian porous asphalt pavement
表 1. 比利时多孔沥青路面组成

项目	技术要求	
级配类型	0~14mm 断级配	
集料各组分占比/%	碎石(>2mm)	83
	砂(0.08~2mm)	12
	填料(<0.08mm)	5
不同类型沥青占比/%	80/100 沥青	4~5
	改性沥青	4~5
	橡胶沥青	5.5~6.5
空隙率/%	19~25	
排水能力/s	≤60	

比利时排水沥青路面配合比设计程序为: ①测定集料空隙; ②加入不同改性沥青后成型马歇尔试件; ③测定马歇尔试件空隙率; ④测定马歇尔试件筒磨损耗损失率; ⑤选定级配以及沥青用量。

3.2 美国排水沥青配合比设计方法

自 1950 年以来, OGFC (Open-graded Friction Courses) 路面已在美国各地使用推广。根据 1978 年 NCHRP(National Cooperative Highway Research Program)的报告, 美国已有 15 个州广泛使用 OGFC。在道路交通质量排名美国前列的佐治亚州, 从 19 世纪 50 年代初已经开始使用和开发 OGFC 开级配磨耗薄层, 也有路易斯安那州等地, 在 1973 年《指导备忘录 211-3-73》(减少打滑事故计划)颁布之前才开始使用和研发。在 20 世纪 90 年代后, 美国公路学会对 OGFC 的体积孔隙提出建议, Kandhal 等人随后提出具有创新性的 OGFC 配合比设计方法。

Kandhal 等人所提出的新型 OGFC 配合比设计方法从原材料选择入手, 提出更详细的选择标准, 同时吸纳了马歇尔法级配设计的最大密度曲线理论, 利用级配的上下限和级配中值选择三组粗、中、细级配,

成型方式采用旋转压实成型试件, 并通过公式试算给出不同沥青类型下最佳沥青用量的建议值, 详细流程见图 1。

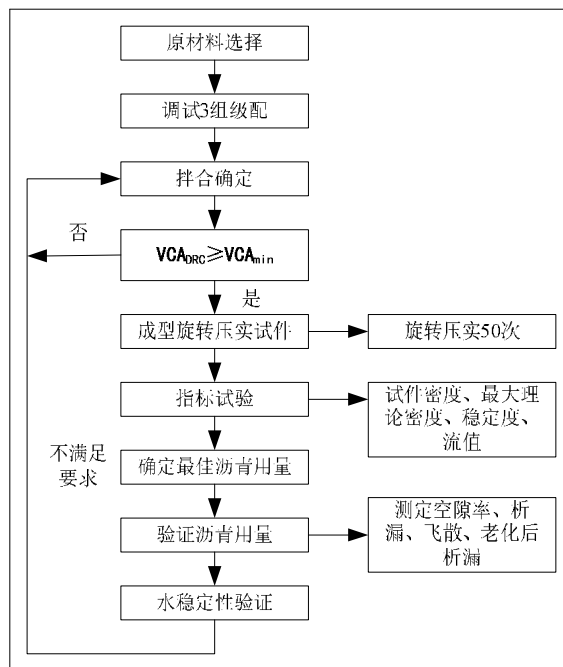


Figure 1. Recommended process of OGFC mix design in the United States

图 1. 美国 OGFC 配合比设计推荐流程

3.3 日本排水沥青配合比设计方法

日本在 20 世纪 80 年代开始研究使用排水沥青路面, 在不到 20 年的时间内, 从东京的几百米排水沥青路面试验段发展到拥有本国专利 TPS 高粘改性剂并实现在全国高速公路上铺筑排水沥青路面。为快速学习排水沥青路面各项关键技术, 1991 年日本派专门代表团, 前往欧洲学习欧洲各国的经验和技能, 回国后着手研发高粘沥青及高粘添加剂。在 1996 年发布具有代表性的成熟规范《排水性铺装技术指针》, 我国目前的排水沥青路面关键技术主要借鉴日本的实际工程经验和研发经验。

日本对排水沥青混合料和普通密集配沥青混合料的集料组成给出明确比例, 见图 2 所示。对排水沥青混合料所用的沥青提出的技术要求即动力粘度 $\geq 20000 \text{Pa}\cdot\text{s}$ 。

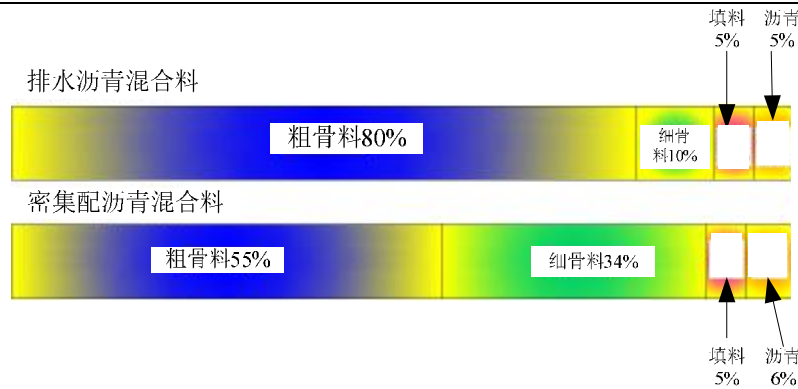


Figure 2. Comparison of gradation composition of different types of asphalt mixture
图 2. 不同类型沥青混合料级配组成对比

日本排水沥青混合料配合比设计的步骤如下：① 设定目标空隙率；② 选定原材料；③ 选定 2.36mm 筛通过率和其±3%的通过率，并以此选定 3 组级配；④ 利用公式和经验预估最佳沥青含量；⑤ 成型马歇尔试件观察空隙率及其体积指标，并判断是否采用或重新选定空隙率进行配合比设计；⑥ 不同油石比进行析漏-飞散试验，确定最佳沥青用量；⑦ 以初定的配合比进行路用性能试验，检测排水沥青混合料空隙率、抗飞散能力、抗车辙能力等；⑧ 若上一步合格，则配合比可以投入使用。同时，日本也提出了排水沥青混合料的标准粒径范围，见表 2 所示。

Table 2. Standard size range of drainage asphalt mixture in Japan
表 2. 日本排水沥青混合料标准粒径范围

筛孔尺寸/mm		粒径范围/mm	
		最大粒径 20mm	最大粒径 13mm
通过质量 百分率 /%	26.5	100	
	19	95~100	
	13.2	64~84	90~100
	4.75	10~31	11~25
	2.36	10~20	10~20
	0.075	3~7	3~7
沥青用量/%		4~6	

4 总结及建议

通过对比利时、美国、日本三个国家和其他广泛使用排水沥青路面的荷兰等国排水沥青配合比设计方法对比分析，发现排水沥青配合比设计方法存在 3 个重要部分：（1）能够保证目标空隙率。保证目标空

隙率是排水沥青路面的前提要求，保证目标空隙率同时也是对级配设计是否科学合理、最佳沥青用量选择是否恰当做出判断。（2）保证排水沥青混合料强度和路用性能。排水沥青混合料空隙率越大，排水沥青混合料的强度所依赖的集料骨架承载压力就越重。

（3）保证排水沥青混合料的粘聚力。在中国交通情况较复杂，车辆超载现象较多的国情下排水沥青混合料抗飞散能力弱、承载力低的劣势被放大，增强排水沥青混合料的整体粘聚力对抗飞散有关键作用，同样也对沥青的 60℃ 绝对粘度和集料对沥青吸附性有更高要求。

目前排水沥青路面的推广主要受到 3 类问题的阻碍：（1）空隙易堵塞，丧失或者极大丧失排水功能；（2）路面强度低，尤其在中国复杂交通环境下，易在发生结构性损坏降低使用寿命；（3）在我国北方冬季 0℃ 以下环境中，低温抗裂性低，且在积雪环境下，除雪不具备优势，排水效果不好并容易造成雪水堆积在空隙之中，损害路面健康。因此，为解决这 3 方面的问题，了解国内外原材料性能和配合比设计方法，研发具有针对性的添加剂是一种重要方式。

参考文献

[1] Xin Mingliang. Study on the mortar and composition of Pervious Asphalt Mixture. Xi'an: Chang'an University. 2010.
邢明亮. 排水路面沥青混合料的胶浆特性与矿料组成研究. 西安: 长安大学. 2010.

[2] Guo Lili. Study on durability of Drainage Asphalt Pavement. Xi'an: Chang'an University. 2010.
郭黎黎. 大空隙排水性沥青路面耐久性研究. 西安: 长安大学. 2010.

[3] Tang Guoqi. Research on key technology of two-layer porous and low-noise asphalt pavement. Nanjing: Southeast University.

-
2015.
唐国奇. 双层排水降噪沥青路面关键技术研究. 南京: 东南大学. 2015.
- [4] Wu Shisheng. Ten years' experience of Belgian porous asphalt pavement. *Foreign highway*. 1999, 19(6), 21-24.
伍石生. 比利时多孔沥青路面十年使用经验. *国外公路*. 1999, 19(6), 21-24.
- [5] Shen Jin'an. Open graded porous drainage asphalt pavement. *Foreign highway*. 1994, 14(6), 15-20.
沈金安. 开级配多空隙排水型沥青路面. *国外公路*. 1994, 14(6), 15-20.
- [6] Li Lezhou, Wu Shisheng, Mao Qi. The development history of OGFC in the Department of transportation of Georgia. *Chinese and foreign highways*. 2003, 23(1), 21-24.
李乐洲, 伍石生, 毛琦. 美国佐治亚州交通厅 OGFC 的开发历程. *中外公路*. 2003, 23(1), 21-24.
- [7] M. Sharear Kabir, William King, Jr., Christopher Abadie. Louisiana's Experience with Open-Graded Friction Course Mixtures. *Journal of the Transportation Research Board*. 2012, 2295, 63-71.
- [8] Bradley J. Putman, A.M. ASCE, Laura C. Kline. Comparison of Mix Design Methods for Porous Asphalt Mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2012, 24(11), 1359-1367.
- [9] Japan Road Association. *Technical guidelines for Drainage Pavement*. Tokyo: Japan Road Association. 1996.
日本道路协会. *排水铺装技术指针*. 东京: 日本道路协会. 1996.
- [10] Cao Dongwei. *Drainage asphalt pavement*. Beijing: People's Communications Press. 2010.
曹东伟. *排水沥青路面*. 北京: 人民交通出版社. 2010.
-