

沥青混合料层的结构和混合料配合比设计

孟春云¹ 王 聪²

浙江省交通运输科学研究院 浙江 杭州 311305

摘要: 沥青混合料层由胶结料、沥青、集料、填料及添加剂等组成,其结构形态主要分为密实-悬浮、骨架-空隙和密实-骨架三种。沥青与填料结合形成胶浆,粘结集料;集料中,粗集料构成骨架,细集料填充空隙。混合料配合比设计需考虑公路等级、气候条件、交通条件等因素,采用HVEEM、马歇尔、SUPERPAVE等方法,确保获得最佳体积特性。科学合理的配合比设计能提高路面的抗裂性、耐久性、抗滑性和舒适性,延长道路使用寿命,降低维护成本。

关键词: 沥青混合料层;结构;混合料;配合比设计

引言: 沥青混合料层作为现代道路结构的重要组成部分,其结构与配合比设计的合理性直接关系到道路的使用性能、耐久性和安全性。随着交通量的增加和车辆荷载的增大,对沥青混合料层的要求也越来越高。本文旨在深入探讨沥青混合料层的结构类型及其特点,以及混合料配合比设计的基本原理与方法。通过综合分析不同结构类型对路面性能的影响,结合实际工程需求,提出优化策略和新技术应用展望,为沥青混合料层的设计与施工提供理论支持和实践指导。

1 沥青混合料层的结构类型及特点

1.1 密实-悬浮结构

(1) 结构形态描述。密实-悬浮结构是一种典型的沥青混合料结构,其中细集料和沥青的含量相对较高,粗集料数量较少且多以悬浮状态存在于细集料之间。这种结构形态使得混合料具有较高的密实度和强度,呈现出均匀且密实的特性。(2) 集料分布与粘结特性。在密实-悬浮结构中,细集料充分填充了粗集料之间的空隙,形成了紧密的堆积状态。沥青作为粘结剂,均匀地分布在集料之间,增强了混合料的整体粘结性。然而,由于粗集料数量较少,且多以悬浮状态存在,使得混合料在高温下的稳定性较差。(3) 典型应用实例。AC型沥青混合料是密实-悬浮结构的典型代表。它广泛应用于各种道路的面层,特别是交通量较大、荷载较重的道路。AC型沥青混合料具有良好的平整度和密实性,有助于提高路面的耐久性和抗水损害能力。

1.2 骨架-空隙结构

(1) 结构形态描述。骨架-空隙结构是一种粗集料含量较高、细集料较少的沥青混合料结构。粗集料之间通过紧密嵌锁形成骨架,而细集料和沥青则主要填充在骨架之间的空隙中。这种结构形态使得混合料具有较高的空隙率和较大的内摩擦角。(2) 集料间的嵌挤作用与

内摩阻力。在骨架-空隙结构中,粗集料之间的嵌挤作用显著增强了混合料的内摩阻力。这种嵌挤作用使得混合料在高温下具有较好的稳定性,不易发生流动变形。同时,空隙结构也有助于水分排出,减少路面积水^[1]。

(3) 典型应用实例。OGFC排水沥青混合料是骨架-空隙结构的典型代表。它广泛应用于需要快速排除路面积水的道路,如城市主要交通干道、低洼或多雨地区的道路。OGFC混合料具有优异的排水性能和抗滑性,有助于提高道路的行车安全。

1.3 密实-骨架结构

(1) 结构形态描述。密实-骨架结构是一种粗集料和细集料含量均较高、且通过合理级配形成的沥青混合料结构。粗集料之间形成骨架,而细集料则填充在骨架之间的空隙中,使得混合料既具有较大的密实度又具有较高的强度。(2) 综合性能表现。密实-骨架结构在粘结力和内摩阻力方面均表现出色。粗集料之间的骨架结构增强了混合料的整体稳定性,而细集料的填充作用则提高了混合料的密实度和强度。这种结构使得混合料在高温下具有较好的稳定性,同时也有助于抵抗水分渗透和空气侵蚀。(3) 典型应用实例。SMA沥青玛蹄脂碎石混合料是密实-骨架结构的典型代表。它广泛应用于对路面性能要求较高的道路,如高速公路、机场跑道等。SMA混合料具有优异的耐久性和抗变形能力,能够承受重载交通和恶劣气候条件的影响。

1.4 结构类型对路面性能的影响分析

不同结构类型的沥青混合料在耐久性、抗滑性、排水性等方面表现出不同的特点。密实-悬浮结构虽然具有较高的密实度和强度,但在高温下的稳定性较差;骨架-空隙结构则具有优异的排水性能和抗滑性,但空隙率较大可能导致耐久性不足;密实-骨架结构在耐久性和稳定性方面均表现出色,是高性能道路的理想选择。因此,

在实际工程中应根据具体需求和条件选择合适的沥青混合料结构类型。

2 沥青混合料配合比设计原理与方法

2.1 配合比设计的基本原则

(1) 根据工程需求选择合适的沥青混合料类型。沥青混合料的种类繁多,包括热拌沥青混合料(HMAC)、温拌沥青混合料(WMA)、冷拌沥青混合料(CMAC)等,每种类型都有其特定的应用场景和优势。在选择沥青混合料类型时,应综合考虑道路等级、交通流量、气候条件、地基条件以及工程造价等因素。例如,对于重载交通和高速公路,常选用热拌沥青混合料,因其具有优异的耐久性和稳定性;而在环保要求较高的区域或低温地区,温拌沥青混合料或特殊改性沥青混合料可能更为合适。(2) 考虑气候条件、交通量等因素对配合比的影响。气候条件对沥青混合料的性能有着直接且深远的影响。高温多雨地区需注重混合料的耐高温稳定性和抗水损害能力,以避免车辙和剥落现象的发生;而寒冷干燥地区则需增强混合料的低温抗裂性,防止冬季路面开裂。此外,交通量的大小、车辆类型以及行驶速度等因素也对配合比设计提出了不同的要求。重载交通和频繁刹车路段需要选用耐磨、抗剪强度高的混合料;而轻交通或城市街区则更注重混合料的平整度和降噪性能。

2.2 配合比设计的步骤与方法

2.2.1 目标配合比设计

(1) 矿质混合料组成设计。矿质混合料的组成设计是配合比设计的核心之一。它涉及集料的筛分、级配曲线的绘制以及各档集料比例的确定。合理的集料级配能够提高混合料的密实度和稳定性,从而增强路面的耐久性和抗变形能力。在设计过程中,应充分考虑集料的形状、纹理、硬度以及磨耗性能,以确保混合料的整体性能达到最优。(2) 最佳沥青用量的确定。最佳沥青用量的确定通常采用马歇尔试验法。该方法通过制备一系列不同沥青用量的马歇尔试件,测定其体积参数(如空隙率、沥青饱和度)和力学性能(如稳定度、流值),然后绘制关系曲线,根据曲线的交点或特定性能指标的要求确定最佳沥青用量。最佳沥青用量的选择应兼顾混合料的耐久性、水稳定性和施工和易性,以确保路面在长期使用过程中保持良好的性能^[2]。

2.2.2 生产配合比设计

(1) 利用拌和机进行试拌以确定施工配合比。在拌和机上进行试拌是验证目标配合比可行性的重要步骤。通过试拌,可以观察混合料的均匀性、和易性以及拌和

时间等参数,并根据实际情况对矿质混合料的比例和沥青用量进行微调。试拌过程中,应确保拌和机的计量系统准确可靠,以保证施工配合比的准确性。(2) 调整并优化配合比以满足施工要求。根据试拌结果和施工现场的条件,可能需要对配合比进行进一步的调整和优化。调整时,应综合考虑混合料的性能、成本、施工效率以及环境影响等因素,确保调整后的配合比既能满足设计要求,又能适应施工条件。

2.2.3 生产配合比验证

(1) 试拌试铺阶段的观察与检测。在试拌试铺阶段,应密切关注混合料的摊铺、碾压过程以及成型路面的质量。通过观察混合料的离析情况、压实度、表面纹理等指标,可以初步评估混合料的性能。同时,还需进行取样检测,包括马歇尔试验、车辙试验、渗水试验等,以全面评估混合料的耐久性、水稳定性和高温稳定性等关键性能指标^[3]。(2) 确保混合料性能满足设计要求。根据试拌试铺阶段的观察和检测结果,若混合料性能不符合设计要求,则需对配合比进行进一步的调整和优化。调整后的配合比应再次进行试拌试铺验证,直到混合料的性能完全满足设计要求为止。这一步骤是确保工程质量和路面性能的重要环节,不可忽视。

2.3 配合比设计的关键技术点

(1) 集料级配的确定与调整。集料级配是影响混合料性能的关键因素之一。设计时需严格遵循设计级配范围,通过筛分试验和试拌调整确保合成级配的准确性和稳定性。同时,考虑集料的形状、纹理和强度特性对混合料性能的影响,必要时进行针对性的优化。(2) 沥青用量的选择与优化。沥青用量是影响混合料性能的另一关键因素。过多的沥青用量会导致混合料出现泛油、高温稳定性下降等问题;而过少的沥青用量则可能使混合料粘结力不足,易于松散、产生裂缝。因此,在配合比设计过程中,需要对沥青用量进行精确的选择与合理的优化。(3) 配合比设计的经济性考虑。在配合比设计中,经济性考虑同样不可忽视。一方面,合理的配合比设计可以降低材料成本,提高施工效率,从而节约建设成本;另一方面,良好的路面性能可以延长道路使用寿命,减少维护和修复费用,从而带来长远的经济效益。

3 沥青混合料层结构与配合比设计的优化策略

3.1 结构类型的选择与调整建议

(1) 根据工程需求与气候条件选择合适的结构类型。沥青混合料层结构类型的选择需综合考虑工程需求、气候条件、交通荷载及地基条件等因素。例如,在重载交通和极端气候条件下,应选择耐久性更强的结构

类型,如密级配沥青混合料(SMA)或开级配抗滑磨耗层(OGFC),以应对高温车辙、低温开裂及水损害等挑战。而在温和气候和轻交通地区,则可采用常规密级配沥青混合料,以降低成本并保持较好的路用性能。(2)结构类型的优化组合与调整策略。为了提高路面的综合性能,可以考虑将不同结构类型的沥青混合料进行优化组合。例如,将SMA用于上面层以提高抗滑性和耐磨性,而将OGFC用于中面层以增强排水性能,底层则可采用常规密级配沥青混合料以确保足够的承载力和稳定性。此外,针对特定病害问题,如车辙、裂缝等,可以通过局部调整结构类型或增加功能层来进行针对性优化。

3.2 配合比设计的优化措施

(1)提高集料质量与级配精度的措施。集料是沥青混合料的主要组成部分,其质量和级配精度直接影响混合料的性能。为提高集料质量,应选择质地坚硬、形状规则、无杂质的优质集料,并加强集料的筛分和储存管理,避免细集料受潮和污染。在级配设计上,应精确控制各档集料的比例,确保合成级配符合设计要求,以提高混合料的密实度和稳定性。同时,还应考虑集料的纹理和表面特性对混合料性能的影响,通过合理的级配设计来优化混合料的粘结性和抗滑性^[4]。(2)优化沥青用量与沥青品种选择的建议。沥青用量和品种的选择对混合料的性能有着重要影响。在确定最佳沥青用量时,应综合考虑混合料的体积参数、力学性能及施工和易性等因素,通过马歇尔试验等方法进行精确测定。此外,还应根据气候条件、交通荷载及工程需求等因素选择合适的沥青品种。例如,在炎热地区可选用高粘度、高软化点的改性沥青以提高混合料的高温稳定性;在寒冷地区则可选用低粘度、高延度的沥青以增强混合料的低温抗裂性。(3)配合比设计的经济性优化策略。配合比设计的经济性优化应从材料选择、施工工艺及成本控制等方面入手。首先,应优先选择当地资源丰富、价格合理的材料以降低材料成本。其次,通过优化施工工艺和提高施工效率来降低人工成本和时间成本。最后,还应加强成本控制和风险管理,制定合理的成本预算和风险管理计划以确保整体工程的经济性和可行性。

3.3 新技术在配合比设计中的应用展望

(1)智能化配合比设计系统的开发与应用。随着大数据、人工智能等技术的不断发展,智能化配合比设计系统将成为未来的发展趋势。该系统能够综合考虑工程需求、气候条件、材料特性及经济性等多方面因素进行自动化设计并优化配合比方案。通过智能化的数据分析和模拟预测功能,可以更加精确地预测混合料的性能表现并提前发现潜在问题从而进行针对性优化。(2)环保型沥青混合料的研究与应用进展。环保型沥青混合料作为绿色道路建设的重要组成部分正在不断研究和推广。通过添加废旧轮胎橡胶粉、生物沥青等环保材料可以显著降低沥青混合料的生产能耗和排放物同时提高其路用性能和使用寿命。此外,采用温拌沥青技术也可以有效减少能源消耗和温室气体排放并保持良好的施工和易性和路用性能。未来随着环保意识的不断提高和技术的不断进步,环保型沥青混合料将得到更广泛的应用和推广。

结束语

综上所述,沥青混合料层的结构与混合料配合比设计是道路工程中的关键环节,其合理性与否直接关系到道路的使用寿命和性能。本文通过分析不同结构类型的特点及其对路面性能的影响,结合配合比设计的基本原理与方法,提出了相应的优化策略和技术应用展望。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,沥青混合料层的设计将更加智能化、环保化。希望本文的研究能为道路工程领域提供有益的参考,推动道路建设事业的持续发展。

参考文献

- [1]孙高强.冷再生沥青混合料配合比设计及路用性能研究[J].质量与认证,2025,(10):106-107.
- [2]肖丽华.对沥青混合料配合比设计规范的解读与实践[J].公路交通技术,2024,(05):51-52.
- [3]王林.不同设计方法下沥青混合料配合比试验研究[J].企业科技与发展,2024,(10):95-96.
- [4]斯义明.高速公路沥青混合料质量控制研究[J].运输经理世界,2024,(04):38-39.