

沥青混合料高温稳定性实验与评价

杨妮

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘要: 本文旨在探讨沥青混合料在高温条件下的稳定性实验方法及其评价体系的建立。通过系统分析高温稳定性的影响因素,介绍了几种主要的实验方法,包括车辙试验、单轴贯入试验、马歇尔稳定度试验等,并深入讨论了这些实验方法的基本原理、操作步骤及评价指标。同时,本文还对比了不同实验方法在评价沥青混合料高温稳定性方面的优缺点,提出了基于多指标综合评价体系的构想,以期为实际工程应用提供参考。

关键词: 沥青混合料; 高温; 稳定性; 实验; 评价

引言

沥青混合料作为道路工程的主要建筑材料,其高温稳定性直接关系到路面的使用性能和服务寿命。在高温条件下,沥青混合料易受车辆荷载的反复作用而发生车辙、推移等病害,严重影响路面的平整度和行车安全。因此,研究沥青混合料的高温稳定性实验与评价方法具有重要意义。

1 沥青混合料高温稳定性影响因素

1.1 矿料级配与骨架结构

矿料级配和骨架结构是影响沥青混合料高温稳定性的关键因素。合理的矿料级配能够形成良好的骨架结构,提高混合料的抗剪强度和承载能力。此外,矿料的物理力学性质,如粒径分布、形状、表面纹理等,也对高温稳定性有显著影响。

1.2 沥青性质与用量

沥青的粘度、软化点等性质直接影响其粘结力和抗变形能力。高温条件下,沥青的粘度降低,粘结力减弱,易导致混合料流动变形。因此,选择适宜的沥青类型和用量对保证高温稳定性至关重要。

1.3 施工与压实质量

施工过程中的温度控制、压实遍数、压实速度等因素均会影响沥青混合料的密实度和均匀性,进而影响其高温稳定性。

2 沥青混合料高温稳定性实验方法

2.1 车辙试验

车辙试验是一种被广泛采用的实验方法,旨在模拟实际交通荷载作用下路面变形的情况,从而有效评估沥青混合料的高温稳定性。该试验通过一系列标准化的操作步骤,成型出符合规格的沥青混合料板型试件,并在特定的试验温度和轮碾条件下,对试件表面进行反复碾压行走,进而测定试件表面的车辙深度。

2.1.1 试件制备

试件制备是车辙试验的首要步骤,其关键在于确保试件的质量与规格满足试验要求。制备过程中,需采用标准的沥青混合料成型方法,如轮碾成型或击实成型,以确保试件的密实度和均匀性。同时,试件的尺寸和形状也应严格按照相关标准进行控制,以保证试验结果的准确性和可靠性。

2.1.2 试验条件

试验条件的选择对车辙试验结果具有重要影响。其中,试验温度是关键因素之一,通常选择较高的温度以模拟夏季高温环境对路面的影响^[1]。此外,轮碾条件也是重要的试验参数,包括轮碾的速度、次数和荷载等,这些条件的选择应基于实际交通荷载情况,以确保试验结果的实用性。

2.1.3 车辙深度测定

在车辙试验中,车辙深度的测定是核心环节。通过反复碾压行走后,试件表面会形成一定的车辙深度,这是评价沥青混合料高温稳定性的重要依据。测定车辙深度时,应采用精确的测量工具和方法,确保测量结果的准确性和可靠性。同时,还应注意观察车辙的形状和分布情况,以获取更全面的试验信息。

2.1.4 动稳定度计算与评价

动稳定度(DS)是衡量沥青混合料抗车辙能力的主要指标,其计算基于车辙深度的测定结果。动稳定度值越大,表明混合料在高温条件下的稳定性越好,即抗车辙能力越强。因此,在车辙试验中,动稳定度的计算与评价是不可或缺的环节。通过对比分析不同沥青混合料的动稳定度值,可以优选出高温稳定性更好的材料,为实际工程应用提供有力支持。

2.2 单轴贯入试验

单轴贯入试验是一种有效的实验方法,用于模拟路

面在实际受力状态下的剪切变形情况。通过该试验，我们可以计算得到沥青混合料的抗剪强度，这一指标能够较真实地反映实际路面的应力状态，因此被视为评价沥青混合料高温稳定性的直接指标。

2.2.1 试验原理

单轴贯入试验的原理是基于路面在实际使用中会受到来自车辆荷载的剪切作用。在试验过程中，通过施加一个垂直向下的力，模拟车轮对路面的压力，同时测量试件在剪切变形过程中的抗力，从而得到抗剪强度。这一指标能够直接反映沥青混合料在高温条件下的抗剪切能力，即其稳定性。

2.2.2 试件制备与要求

试件的制备是单轴贯入试验的重要步骤。试件需要按照标准的沥青混合料成型方法进行制备，以确保其具有代表性。制备过程中，应严格控制混合料的级配、沥青用量以及压实度等因素，以确保试件的质量^[2]。试件的尺寸和形状也应符合相关标准的要求，以保证试验结果的准确性。

2.2.3 试验操作与数据记录

在单轴贯入试验中，操作过程需要精确控制。试验机应以恒定的速度施加垂直向下的力，同时记录试件在剪切变形过程中的抗力变化。数据记录应准确、完整，包括试验温度、施加力的速度、最大抗力等关键参数。这些数据将用于后续的计算和分析。

2.2.4 抗剪强度计算与评价

抗剪强度是单轴贯入试验的核心评价指标。通过计算试件在剪切变形过程中的最大抗力与试件面积的比值，可以得到抗剪强度值。该值越大，表明沥青混合料在高温条件下的抗剪切能力越强，即其稳定性越好。因此，在评价沥青混合料的高温稳定性时，抗剪强度是一个重要的直接指标。通过对比分析不同沥青混合料的抗剪强度值，可以优选出高温稳定性更好的材料。

2.2.5 方法的优势与局限性

单轴贯入试验的优势在于其能够直接模拟路面在实际受力状态下的剪切变形情况，并通过抗剪强度这一直接指标来评价沥青混合料的高温稳定性。然而，该方法也存在一定的局限性，如试件制备的复杂性、试验操作的精确性要求较高等。因此，在实际应用中，需要结合其他试验方法和评价指标来全面评估沥青混合料的高温稳定性。

2.3 马歇尔稳定度试验

马歇尔稳定度试验是沥青混合料配合比设计中不可或缺的一部分，它主要测定两个关键指标：马歇尔稳定度（MS）和流值（FL）。这两个指标对于评估沥青混合

料的整体性能具有重要意义，尽管它们与高温稳定性的直接相关性较弱，但仍可作为间接评价指标提供有价值的参考。

2.3.1 试验原理与目的

马歇尔稳定度试验的原理是通过模拟沥青混合料在实际使用中所承受的荷载和变形条件，来评估其抵抗破坏的能力。试验的主要目的是确定沥青混合料的最佳沥青用量，并评估其在规定条件下的稳定度和流变性。

2.3.2 试件制备与要求

试件的制备是马歇尔稳定度试验的关键步骤之一。试件需要按照标准的沥青混合料成型方法进行制备，以确保其具有代表性。在制备过程中，应严格控制混合料的级配、沥青用量、压实度以及试件的尺寸和形状，以满足相关标准的要求。这些因素都会对试验结果产生重要影响。

2.3.3 试验操作与数据记录

在试验过程中，需要按照规定的温度和加荷速度对试件施加荷载，并记录试件的破坏荷载和垂直变形。破坏荷载即马歇尔稳定度（MS），它反映了试件在承受荷载时的抵抗能力。而垂直变形即流值（FL），它表示试件在最大破坏荷载下的塑性变形能力^[3]。这两个指标共同构成了马歇尔稳定度试验的核心评价结果。

2.3.4 马歇尔稳定度与流值的评价

马歇尔稳定度（MS）和流值（FL）是评价沥青混合料性能的重要指标。稳定度越高，说明混合料在承受荷载时的抵抗能力越强；而流值则反映了混合料的塑性变形能力，流值越小，说明混合料在承受荷载时的变形越小，稳定性越好。然而，需要注意的是，这两个指标与高温稳定性的直接相关性较弱，因此在实际应用中需要结合其他试验方法和评价指标来全面评估沥青混合料的高温稳定性。

2.3.5 与高温稳定性的关系及局限性

尽管马歇尔稳定度试验在沥青混合料配合比设计中占有重要地位，但其与高温稳定性的相关性较差。这是因为马歇尔稳定度试验主要模拟的是沥青混合料在静态荷载下的性能，而高温稳定性则更关注混合料在动态荷载和高温环境下的表现。因此，在评估沥青混合料的高温稳定性时，需要结合其他更直接的试验方法，如车辙试验和单轴贯入试验等。马歇尔稳定度试验的结果可以作为参考，但不能作为唯一的评价指标。

3 高温稳定性评价体系

3.1 多指标综合评价体系

鉴于单一评价指标在反映沥青混合料高温稳定性方面的局限性，为了更全面、准确地评估沥青混合料的高温稳定性，本文提出建立多指标综合评价体系。该体系

旨在通过综合考虑多个相关指标，包括动稳定度、抗剪强度、骨架接触度（SSC）、骨架稳定度（S）等，以全面反映沥青混合料在高温条件下的性能表现^[4]。

3.1.1 指标体系构建

（1）动稳定度（DS）：作为衡量沥青混合料抗车辙能力的主要指标，动稳定度值越大，表明混合料的高温稳定性越好。

（2）抗剪强度：通过单轴贯入试验计算得到，能够较真实地反映实际路面的应力状态，是评价沥青混合料高温稳定性的直接指标。

（3）骨架接触度（SSC）：反映沥青混合料中矿料骨架的接触紧密程度，对高温稳定性有重要影响。骨架接触度越高，混合料的稳定性越好。

（4）骨架稳定度（S）：评价沥青混合料中矿料骨架在高温条件下的稳定性能，是反映混合料整体稳定性的重要指标。

3.1.2 综合评估方法

为了综合考虑多个指标，本文提出采用加权平均或模糊综合评价等方法进行综合评估。（1）加权平均法：根据各指标的重要性，为其分配不同的权重，然后将各指标的评估值与其对应的权重相乘，最后求和得到综合评估值。这种方法简单直观，易于操作。（2）模糊综合评价法：基于模糊数学理论，将各指标的评估值转化为模糊隶属度，然后构建模糊评价矩阵，通过模糊运算得到综合评估结果。这种方法能够处理指标间的模糊性和不确定性，提供更全面的评估信息。

3.2 评价指标的标准化与权重分配

3.2 评价指标的标准化与权重分配

3.2.1 评价指标的标准化处理

评价指标的标准化处理是为了消除各指标因量纲、单位或取值范围不同而带来的不可比性，使所有指标都能在同一尺度上进行比较和加权。常用的标准化方法包括极值法、Z-score标准化法等。

（1）极值法：

公式：对于某一指标 x_i ，其标准化值 x_i' 可通过以下公式计算：

$$x_i' = (x_i - \min(x)) / (\max(x) - \min(x))$$

或

$$x_i' = (\max(x) - x_i) / (\max(x) - \min(x))$$

其中， $\min(x)$ 和 $\max(x)$ 分别表示该指标在所有评价对象中的最小值和最大值。该方法简单直观，适用于指标值分布范围明确且无明显异常值的情况。

（2）Z-score标准化法：

$$\text{公式： } x_i' = (x_i - \mu) / \sigma$$

其中， μ 和 σ 分别表示该指标在所有评价对象中的均值和标准差。该方法考虑了数据的整体分布情况，适用于大多数情况，但计算相对复杂。在实际应用中，应根据具体评价指标的特点和数据分布情况选择合适的标准化方法。

3.2.2 权重的分配

权重的分配是综合评价体系中的另一个重要环节，它反映了各评价指标在评价体系中的重要性和相对贡献程度。权重的确定应结合工程实际和专家经验，采用科学的方法进行量化分析。层次分析法（AHP）：一是建立层次结构模型：将决策目标、评价准则和评价指标按层次结构进行划分。二是构造判断矩阵：通过专家打分或问卷调查等方式，对同一层次内的各指标进行两两比较，构造判断矩阵。三是计算权重向量：利用特征根法和和积法等方法求解判断矩阵的最大特征根及其对应的特征向量，得到各指标的权重向量。四是一致性检验：通过计算一致性指标（CI）和一致性比率（CR）等方法检验判断矩阵的一致性，确保权重的合理性。AHP方法结合了定性和定量分析，能够较好地处理复杂决策问题中的因素关系，是一种广泛应用的权重确定方法。除了AHP方法外，还可采用熵权法、主成分分析法等方法进行权重的确定。这些方法各有优缺点，应根据实际情况选择合适的方法。在权重分配过程中，应充分考虑各评价指标对沥青混合料高温稳定性的实际影响程度和专家经验，确保权重的合理性和准确性。同时，还应定期对权重进行更新和调整，以适应工程实际的变化和发展。

结语

本文系统分析了沥青混合料高温稳定性的影响因素，介绍了车辙试验、单轴贯入试验、马歇尔稳定度试验等多种实验方法，并提出了基于多指标综合评价体系的高温稳定性评价方法。未来研究应进一步探索更加高效、准确的实验技术和评价方法，为提升沥青路面的高温稳定性提供有力支持。同时，应加强对实际工程应用案例的跟踪研究，不断优化和完善评价体系。

参考文献

- [1]易斌.沥青混合料高温稳定性评价方法研究[D].苏州科技大学,2019.
- [2]翟晓炜.高温-重载作用下沥青混合料的高温稳定性研究[J].工程技术研究,2023,8(16):94-97.
- [3]高娟.沥青混合料高温稳定性试验检测方法及其影响因素分析[J].四川水泥,2020,(02):123.
- [4]王成,陈月顺,董正东.混杂纤维沥青混合料高温稳定性研究[J].路基工程,2020,(02):99-103.