

# 全断面大宽度技术与 3D 摊铺技术对沥青路面施工质量影响研究

文 / 王银华 济南金日公路工程有限公司

龙鹏博 济南金日公路工程有限公司

陈 健 济南金日公路工程有限公司

**摘要：**随着我国道路建设需求的快速增长，传统摊铺技术面临着施工精度和质量控制的挑战。全断面大宽度摊铺技术与 3D 智能摊铺技术的结合，为提升沥青路面施工质量提供了创新方案。3D 智能摊铺技术通过高精度的自动化控制，能显著提高摊铺过程的平整度、密实度与均匀性，缩短施工周期并提高施工效率。同时，结合全断面大宽度摊铺技术，能有效减少纵向接缝，优化路面整体质量。本文旨在探讨全断面大宽度摊铺与 3D 智能摊铺技术结合对沥青路面施工质量的影响，并提出优化实施的策略。

**关键词：**全断面大宽度技术；3D 智能摊铺技术；沥青路面施工质量；影响

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.068

## 引言

随着我国社会经济的持续发展与交通需求的不断增加，现代化道路建设在保证功能性与安全性的同时，也对施工质量提出了更高的要求。传统的摊铺技术，尤其是在大宽度路面施工中，往往面临纵向接缝多、平整度难以控制等问题。为了解决这些问题，近年来，全断面大宽度技术逐渐被应用于施工中，该技术能够有效减少接缝，提升路面平整度和质量。同时，3D 智能摊铺技术的引入，使施工过程更加自动化和智能化，进一步提升了摊铺精度与施工效率。

## 一、全断面大宽度摊铺技术与 3D 智能摊铺技术的概述

### （一）全断面大宽度摊铺技术的定义与特点

全断面大宽度摊铺技术是指在摊铺沥青混凝土时，采用宽幅摊铺机一次性完成较大摊铺面积的作业方法。该技术通过摊铺宽度的增加，显著减少了沥青路面中的纵向接缝数量，进而提升了路面的平整度、密实度及整体性能。全断面大宽度摊铺通常要求摊铺宽度达到 8m 甚至更大，远超传统摊铺机的作业宽度（一般为 4~6m）。相比于传统摊铺技术，这种技术能够在减少接缝的同时，提供更高的施工效率，节省施工时间。据统计，采用全断面大宽度摊铺技术可将施工周期缩短约 20%~30%。此外，摊铺宽度的增大还使得路面质量更加均匀，密实性提高，路面抗压强度和耐久性增强<sup>[1]</sup>。

### （二）3D 智能摊铺技术的定义与基本原理

3D 智能摊铺技术是基于三维建模与精确控制系统的一种摊铺技术，结合了全球定位系统（GPS）、激光测量仪和传感器等多种高精度设备，用于实时监测和调整摊铺厚度、摊铺温度和摊铺速度等关键参数。其基本原理

是在摊铺机上安装多种传感器，收集道路表面及摊铺设备的位置、速度、坡度等信息，利用计算机系统进行实时处理，并根据设计数据自动调整摊铺设备的各项参数。该技术使得沥青摊铺作业能够在更高精度下进行，确保路面摊铺的厚度和均匀性符合设计要求。据研究，3D 摊铺系统能够将施工误差控制在 1~3mm 内，能大大提升沥青路面的平整度和密实度。

## 二、全断面大宽度技术与 3D 智能摊铺技术的结合

### （一）全断面大宽度摊铺与 3D 智能摊铺的互补性

全断面大宽度摊铺技术与 3D 智能摊铺技术的结合具有显著的互补性，能够有效提升沥青路面施工质量与效率。全断面大宽度摊铺技术通过加宽摊铺幅度，减少了纵向接缝，提升了路面的平整性和密实度。然而，摊铺机的宽度增加会导致对摊铺层次的控制难度加大，特别是在复杂地形或不规则道路上。3D 智能摊铺技术则通过实时监控摊铺机的各项参数，如摊铺厚度、温度、坡度等，自动调整设备状态以确保摊铺质量的稳定性和精度。这种技术能够弥补全断面大宽度摊铺中人工控制难以达到的精度要求。结合后，两种技术可以在保证施工宽度和减少接缝的基础上，确保路面各项参数达到预定标准，进而提高施工过程中的一致性与精准度。例如，3D 智能摊铺技术能够在全断面摊铺过程中，自动调节摊铺厚度的微小变化，确保全幅宽度的均匀性，从而进一步提升路面的抗压能力和使用寿命<sup>[2]</sup>。全断面大宽度摊铺技术与 3D 智能摊铺技术的关键参数与优势见表 1 和表 2 所示。

### （二）技术整合的关键技术要点

全断面大宽度技术与 3D 智能摊铺技术的整合涉及多个技术要点，关键在于硬件与软件的有机结合，以及现场数据采集与实时反馈机制的构建。首先，摊铺

机的硬件设施必须具备足够的精度和稳定性，以适应3D智能摊铺系统的高要求。要求摊铺机装备高精度的传感器、定位系统及控制模块，确保能够精确获取施工现场的实时数据，如摊铺机的位置、速度和倾斜角度等。其次，数据处理与反馈系统是技术整合的核心。

3D智能摊铺技术依赖于复杂的数据分析和实时反馈，施工过程中需通过传感器收集的数据进行实时分析并自动调节摊铺机的各项参数，以应对地面不规则性带来的挑战。例如，采用GPS和激光扫描技术，可以精确控制摊铺机在复杂路面条件下的作业精度。

表1 全断面大宽度摊铺技术的关键参数与优势

技术特性	描述	参数示例
摊铺宽度	适应大宽度施工，减少纵向接缝数量	可达8~16m
摊铺速度	提升施工效率，适应高速公路等大规模施工项目	6m/min~12m/min
路面平整度	通过宽幅摊铺减少接缝，提升整体平整性	平整度误差<3mm
施工周期	大宽度摊铺减少施工环节，缩短施工时间	施工周期可缩短20%~30%
路面质量	提升路面均匀性、密实度，降低裂缝和沉降	路面抗压强度可提高15%~25%
适用场景	高速公路、大型桥梁、机场跑道等重要基础设施建设	高速公路、机场跑道等

表2 3D智能摊铺技术的关键参数与优势

技术特性	描述	参数示例
精度控制	实时监控摊铺厚度、温度、速度等，自动调整设备参数	摊铺厚度误差<1~3mm
实时数据反馈	自动收集并处理摊铺机的各项参数，确保施工精度	数据传输延迟<0.5s
自动调整能力	根据实时数据自动调节摊铺机的位置与操作参数	自动调整速度与摊铺层次精度
施工环境适应性	可适应复杂路况、湿滑或不规则表面，提升施工质量	适应坡度变化>5%
节能减排	通过智能控制优化作业过程，减少燃料消耗	燃油消耗降低15%~20%
适用场景	高精度摊铺、高难度施工环境，如坡道、复杂地形	高精度路面、桥梁施工等

### 三、3D智能摊铺技术对沥青路面施工质量的影响

#### (一) 对施工平整度的影响

3D智能摊铺技术对施工平整度的提升具有显著影响。通过精确的传感器与定位系统，3D智能摊铺技术能够实时监测和调整摊铺机的工作状态，确保摊铺作业过程中的各项参数保持在最优范围内，避免人工操作带来的误差。智能化控制系统能够自动调整摊铺机的倾斜角度和摊铺厚度，保证整个摊铺面的平整度。研究表明，采用3D智能摊铺技术后，沥青路面的平整度误差可以控制在1~3mm之间，远低于传统摊铺方法的5mm误差范围。此外，3D技术结合激光扫描、GPS定位与实时反馈机制，使得摊铺过程中的温度、速度与层厚分布均匀，进一步减少了因不均匀摊铺造成的波动或起伏<sup>[3]</sup>。

#### (二) 对沥青路面密实度与均匀性的影响

3D智能摊铺技术对沥青路面密实度和均匀性的影响也具有重要意义。沥青路面的密实度是衡量路面质量和耐久性的关键指标之一。3D智能摊铺技术通过实时监控摊铺厚度与温度变化，自动调整摊铺机的操作状态，确保摊铺过程中的每一层均匀密实，避免了因温度不均或操作不当引起的松散层或局部不密实问题。在施工过程中，系统通过温度传感器与压实系统的联动，控制摊铺机的速度和压实机的施压，从而确保每一层沥青都能够在最佳温度下得到最大程度的压实，避免了因冷却过快或过慢导致的缺陷。数据显示，采用3D智能摊铺技术后，

路面密实度可提升约8%~15%，均匀性误差可以控制在1mm以内，从而大幅提升了路面的耐久性和抗压性能，有效延长了路面使用寿命。

#### (三) 对施工周期和效率的提升

3D智能摊铺技术的应用显著提升了沥青路面施工的周期和效率。传统的摊铺作业通常依赖人工调整和现场经验，容易受到外部环境和施工人员技术水平的影响，导致施工过程中的反复调整和延误。而3D智能摊铺系统通过实时数据反馈和自动化控制，能够精确地调节摊铺机的速度、厚度和压实程度，从而减少了施工过程中不必要的停顿和重复作业。研究表明，使用3D智能摊铺技术后，沥青路面的施工周期可缩短约20%~30%，尤其在大型施工项目中，这种技术的效率提升更为显著。例如，在一些高精度要求的项目中，施工效率的提升直接降低了工程的总体成本<sup>[4]</sup>。

### 四、技术实施中的挑战与应对策略

#### (一) 技术实施中的主要挑战

##### 1. 硬件设施与软件系统的配合

在全断面大宽度摊铺技术与3D智能摊铺技术的实施过程中，硬件设施与软件系统的协同配合是一个关键挑战。3D智能摊铺技术依赖高精度的传感器、GPS定位系统、激光扫描仪和自动化控制系统等硬件设施，这些设备的精确性和稳定性直接影响到摊铺精度与质量。然而，硬件设施与配套的控制软件系统之间的协调并非易事。硬件设备产生的数据需要经过高效的实时数据处理与传输

才能在控制系统中发挥作用，但在一些施工环境中，复杂的地理环境和网络条件会导致数据传输的延迟或丢失。此外，不同设备之间的兼容性问题也会影响系统的整体性能，例如，传感器数据的格式与软件分析模块的处理能力不匹配，导致系统无法有效发挥作用。

## 2. 现场数据采集的精准度

现场数据采集的精准度是实施 3D 智能摊铺技术中的另一个重大挑战。智能摊铺技术依赖于高精度的数据采集系统来监控摊铺过程中各项参数，如摊铺机的位置、坡度、厚度以及温度等。这些数据的准确性直接决定了摊铺质量和路面平整度。由于施工环境的复杂性，如温度、湿度和地形的变化，实时数据的采集和处理过程往往面临诸多不确定性。例如，在高温或低温条件下，传感器的精度受到影响，导致数据偏差。此外，地面不平整、作业环境中存在的信号干扰（如高压线、电磁场等）也会影响 GPS 和激光扫描仪的精度，进而影响摊铺机的精准控制。

## 3. 工程人员的技术培训与设备操作难题

3D 智能摊铺技术的实施还面临工程人员的技术培训与设备操作难题。尽管现代摊铺设备越来越智能化，但其高精度的控制系统依然需要具备专业知识的人员进行操作。工程人员需要熟悉智能化系统的功能与工作原理，能够有效地操作并解决设备在施工过程中的突发问题。例如，如何调整摊铺机的参数，如何在设备遇到复杂地形时进行实时调整，以及如何处理系统反馈数据并进行决策，都是操作人员必须具备的技能。然而，当前许多施工单位面临人员技术水平不均、缺乏系统化培训的问题，导致设备的潜在优势未能得到充分发挥。尤其是在新技术应用初期，技术人员的不足或培训不及时，会导致设备操作失误，影响摊铺质量<sup>[5]</sup>。

## （二）应对策略与解决方案

### 1. 提高技术人员的培训与管理

为了确保 3D 智能摊铺技术能够高效运行，必须重视技术人员的培训与管理。首先，工程技术人员必须接受系统的专业培训，涵盖智能摊铺设备的基本操作、数据采集与处理、系统故障排除等内容。培训内容应包括对摊铺机的各项控制系统、传感器的工作原理以及数据反馈机制的深入理解，以确保他们能根据现场情况快速调整设备参数。此外，除了技术操作，人员的管理和协作也至关重要。施工现场的协同作业需要多方配合，技术人员需定期进行技术交流与复训，以确保其熟练掌握最新技术和标准。

### 2. 完善施工现场的监控与数据管理系统

建设先进的施工现场监控与数据管理系统是提升 3D 智能摊铺技术实施效果的关键措施之一。通过实时监控，施工方能够动态跟踪摊铺过程中的各项参数，如摊铺机位置、坡度、厚度、温度、湿度等数据，

并实时调整作业设备。该系统通过与施工设备的集成，实现自动数据采集与分析，确保每一项工艺参数都能处于控制范围内。为了提升数据的准确性和可靠性，系统需要具备高精度的传感器与多重备份机制，避免因单一系统故障导致的全局数据丢失。数据管理平台则通过云计算与大数据技术对施工数据进行整合、分析与存储，方便工程师及时获取并做出决策。根据相关研究，部署先进的监控与数据管理系统后，施工过程中的错误率减少了近 25%，摊铺质量的均匀性得到了有效保障。

### 3. 加强技术研发，提升智能化程度

随着道路建设的需求日益增长，提升 3D 智能摊铺技术的智能化水平，已成为提高施工效率和质量的重要途径。技术研发的重点应集中在设备自动化、数据精度与智能控制等方面。首先，摊铺设备需进一步提升自主调整能力，能够根据实时环境变化自动优化摊铺参数，减少人工干预。其次，智能传感器的精度和稳定性是确保摊铺质量的基础，因此必须加强传感器与数据采集系统的研发，尤其是在高温、高湿及复杂地形条件下的表现。再者，智能控制系统的研发也应注重其自我诊断和远程监控功能，增强系统的可靠性与实时响应能力。例如，通过增强学习与大数据分析技术，未来的摊铺设备能够根据历史施工数据进行预测分析，自动优化施工方案，进一步提升施工的准确性和效率。

## 结语

总而言之，3D 智能摊铺技术在沥青路面施工中展现了显著的优势，尤其在平整度、密实度、均匀性等质量指标上取得了显著提升。该技术通过精确的控制和实时数据反馈，优化了摊铺过程中的每个环节，能极大地提高施工效率，缩短施工周期，并有效降低人为操作误差的影响。此外，结合全断面大宽度技术，3D 智能摊铺为道路施工带来了更加精确和可靠的质量保障。随着技术的不断发展和应用的深入，智能化摊铺技术将在未来的道路建设中发挥更为重要的作用，推动道路工程迈向更高的质量标准和更高效的施工管理模式。

## 参考文献

- [1] 魏贵珍. 路面 3D 智能摊铺施工技术 [J]. 四川建材, 2024, 50 (02): 39-41.
- [2] 刘志峰. 3D 智能化摊铺技术在沥青路面施工中的应用分析 [J]. 交通世界, 2023, (36): 16-18.
- [3] 宁建刚, 黄明蓉, 赵昱龙, 等. 高速公路全断面大宽度一次摊铺成型路面施工技术 [J]. 四川建筑, 2021, 41 (06): 201-202.
- [4] 廖波. 沥青路面 3D 智能摊铺施工技术探讨 [J]. 交通科技与管理, 2023, 4 (01): 102-104.
- [5] 叶学龙. 3D 数字化摊铺技术的应用 [J]. 工程建设与设计, 2021, (03): 136-137+140.