

高速公路沥青路面车辙病害治理技术分析

任彬

杭州萧山路桥工程有限公司, 浙江 杭州 311000

DOI: 10.61369/ETQM.12227

摘 要： 高速公路沥青路面车辙病害是影响路面性能和安全性的主要问题之一。车辙的产生与路面结构、材料性能、交通荷载等因素密切相关。通过优化沥青材料配比、改进施工工艺以及采用车辙防治技术，如温拌技术和抗车辙添加剂等，可以有效降低车辙的发生。分析表明，综合应用多种治理手段能显著提高路面抗车辙能力，延长路面使用寿命，减少养护成本，保障交通安全。

关 键 词： 高速公路；沥青路面；车辙病害；防治技术；抗车辙能力

Analysis of Rutting Disease Treatment Technology for Asphalt Pavement of Expressway

Ren Bin

Hangzhou Xiaoshan Road and Bridge Engineering Co., Ltd. Hangzhou, Zhejiang 311000

Abstract: Rutting disease on asphalt pavement of expressways is one of the main issues affecting pavement performance and safety. The occurrence of rutting is closely related to factors such as pavement structure, material properties, and traffic loads. By optimizing the asphalt material ratio, improving construction techniques, and adopting rut prevention and control technologies, such as warm mix technology and anti-rutting additives, the occurrence of rutting can be effectively reduced. Analysis shows that the integrated application of multiple treatment methods can significantly improve the pavement's resistance to rutting, extend the service life of the pavement, reduce maintenance costs, and ensure traffic safety.

Keywords: expressway; asphalt pavement; rutting disease; prevention and control technology; anti-rutting ability

高速公路作为现代交通网络的重要组成部分，其路面质量直接影响到行车安全与通行效率。沥青路面车辙病害不仅影响路面平整性，还增加了养护成本，严重时甚至威胁行车安全。随着交通荷载的加重和气候变化的影响，车辙问题愈加突出。因此，探索有效的车辙防治技术，提升路面抗车辙能力，已成为当前高速公路建设与养护中的重要课题。深入分析车辙形成原因及防治措施，对于优化路面设计和施工具有重要意义。

一、高速公路沥青路面车辙病害的形成机理

高速公路沥青路面车辙病害的形成机理复杂，涉及多种因素的相互作用。车辙是指由于车辆荷载长期作用下，路面沥青材料发生塑性变形，导致路面局部沉降并形成凹槽的现象。车辙的产生与沥青路面的结构设计、材料性能、交通荷载以及气候条件等多个因素密切相关。当交通荷载超过路面设计承载能力时，沥青路面的高温、湿度等环境条件会加剧材料的软化，导致路面表层出现塑性变形，逐渐形成车辙。

沥青材料的性能是车辙病害产生的关键因素之一。沥青的黏弹性特性在较高温度下较为显著，沥青路面在夏季高温条件下易发生软化，导致材料的塑性变形增加。当路面长期受到交通荷载作用时，沥青材料的本身性能无法有效承载重压，造成局部变形，最终导致车辙的出现。此外，沥青混合料中的粗集料与细集

料的配比、级配情况以及沥青的黏结性等都会影响路面抗车辙能力。过于松散的路面结构使得颗粒之间的摩擦力减弱，增加了车辙的风险^[1]。

交通荷载是车辙病害的重要外部因素。高速公路上的车流量及车辆重量逐年增加，尤其是重型车辆对路面的压迫作用极为显著。当频繁通过的车辆对沥青路面产生持续的压应力时，路面的材料逐渐受到压缩，塑性变形不断累积，从而使车辙逐步加深。除此之外，交通荷载的动荷载效应也会加速车辙的形成。车辆加速、减速或制动时，所施加的瞬时动荷载对路面的损害远大于静态荷载。此外，气候条件对车辙形成也具有重要影响。长期高温天气会加剧沥青的软化过程，而在寒冷地区，路面的频繁冻融作用也可能导致沥青材料的老化和脆化，进而影响路面的抗车辙能力^[2]。通过对这些因素的综合分析，可以更全面地理解高速公路沥青路面车辙病害的形成机制，并为后续的治理措施提供理论

依据。

二、影响车辙病害的主要因素分析

车辙病害的形成受到多种因素的共同作用，理解这些影响因素对于有效治理车辙具有重要意义。沥青路面的材料性能直接影响车辙的发生与发展。沥青材料具有温度敏感性，在高温条件下沥青容易软化，失去原有的刚性和强度，从而导致塑性变形。当交通荷载持续作用于沥青路面时，软化的沥青无法有效抵抗压应力，逐步发生永久性变形，形成车辙。此外，沥青混合料的配比、集料的质量和级配等因素也会对路面的抗车辙能力产生影响。合理的集料配比能够增加路面的稳定性和耐久性，防止因材料松散而加剧车辙的产生^[3]。

交通荷载的作用是车辙病害的重要外部因素。随着公路交通量的增大，尤其是重型车辆的通过，荷载的强度和频次都大幅提高，导致路面受到更大的压迫。重型车辆的车轮荷载对沥青路面的压迫作用远大于普通车辆，尤其是在高速公路上，重型卡车的频繁通行使得车辙病害加剧。荷载作用不仅影响沥青的变形，还可能导致路面结构的破坏，特别是在交通量大且车辆多样化的区域，车辙问题显得尤为严重。动态荷载效应也加剧了车辙的形成，尤其是在车辆加速、减速和制动时，瞬时荷载的变化会对路面产生更为强烈的影响，从而导致沥青层的塑性变形加速。

气候因素对车辙病害的形成有着不可忽视的影响。不同地区的气候条件差异使得沥青路面的热稳定性和抗车辙能力也各有不同。在高温天气下，沥青容易软化并发生塑性流动，极大地增加了车辙的形成风险。特别是在炎热的夏季，持续的高温使得路面沥青的抗压强度降低，导致车辙加深。另一方面，在寒冷地区，冬季的低温和冻融交替作用会使沥青材料变脆，失去原有的弹性和韧性，易发生开裂或剥落，从而为车辙的形成提供了条件。长期的湿润环境也可能加剧沥青混合料中水分的侵入，影响路面结构的整体稳定性，间接促进车辙病害的发展^[4]。通过综合分析这些因素，可以更好地评估不同地区和路段的车辙发生风险，为路面设计与养护措施的优化提供依据。

三、沥青路面车辙防治技术的现状与挑战

沥青路面车辙病害防治技术在近年来取得了一定的进展，但依然面临许多技术挑战。当前，常用的车辙防治方法包括优化沥青材料、改善施工工艺和引入新型添加剂等。沥青材料的改良是防治车辙的核心手段之一。通过添加抗车辙剂、改性沥青和温拌沥青等技术，可以显著提高沥青的抗压性能和耐高温能力，从而降低路面因高温软化而产生的车辙风险。改性沥青，尤其是聚合物改性沥青，具有较高的粘结性和弹性，能够有效提升路面的抗车辙性能。此外，温拌沥青技术通过降低施工温度，使沥青在施工过程中具有更好的流动性和黏结性，有助于提高路面整体的稳定性^[5]。

除了沥青材料的改良，施工工艺的优化也是车辙防治中的重

要环节。合理的路面结构设计、正确的施工工艺和合适的压实度是确保路面抗车辙能力的关键。通过优化集料级配，减少路面内部的空隙率，可以提高沥青混合料的密实度，增强路面承载能力。沥青路面的铺设温度和压实过程直接影响路面的密实度，过低的温度和不充分的压实会导致沥青层表面松散，进而加速车辙的形成。因此，采用高效的摊铺和压实技术，以及严格控制施工质量，能够有效减少车辙的发生。

尽管现有的车辙防治技术取得了一定的效果，但在实际应用中仍然面临不少挑战。首先，交通荷载的日益加重，尤其是重型车辆的增加，使得路面所承受的压力持续增大，这对现有的防治技术提出了更高的要求。尽管改性沥青和抗车辙添加剂能在一定程度上提升路面性能，但在高强度的交通荷载下，这些技术的效果仍然有限。其次，气候条件的变化也是影响车辙防治效果的一个重要因素。在高温和湿润环境下，沥青路面的性能可能会急剧下降，导致防治技术难以发挥预期效果。此外，现有的技术在成本控制和可持续性方面也面临一定的挑战。改性沥青和添加剂的成本较高，可能增加施工和养护的费用，尤其是在大型公路项目中，这一问题尤为突出。因此，如何平衡技术效果与经济性，降低车辙防治技术的实施成本，仍是亟待解决的难题^[6]。

尽管沥青路面车辙防治技术在材料改性和施工工艺方面取得了一定进展，但面对日益严峻的交通荷载和气候变化等挑战，仍需不断创新与优化。只有通过更加科学的技术研发和综合治理措施，才能有效应对车辙病害，保障高速公路的安全与耐久性。

四、沥青材料与施工工艺在车辙治理中的应用

沥青材料的改性是车辙治理中的核心技术之一，直接影响到路面的抗车辙能力。传统的沥青材料在高温下容易软化，导致车辙的产生。为了提高沥青的性能，近年来，许多改性技术相继被应用于沥青路面，如聚合物改性沥青、橡胶改性沥青及纤维改性沥青等。聚合物改性沥青通过引入聚合物材料，能够有效提高沥青的抗车辙能力、抗老化性能以及抗裂性。聚合物如 SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯）等，能够增强沥青的弹性和粘结性，从而提高其高温流动性和承载能力，减少塑性变形。此外，橡胶改性沥青利用废旧轮胎橡胶与沥青的复合，有效提升了沥青的抗压强度和耐久性，同时还具备了环保效益^[7]。

除了材料改性，沥青路面的施工工艺同样在车辙治理中发挥着重要作用。合理的施工工艺能够有效提高路面的密实度和结构稳定性，减少车辙的发生。首先，沥青路面的施工温度应控制在适宜范围内，避免过高或过低的施工温度影响材料的性能。温度过高时，沥青会过于软化，容易形成车辙；而温度过低则会影响沥青的流动性，导致密实度不足，影响抗车辙能力。其次，施工过程中应精确控制压实度，确保路面层次的密实性。高密实度的沥青路面能够有效减少水分和空气的渗透，从而提高路面的抗车辙性能。通过高效的摊铺、加热、压实等工艺，确保沥青混合料的各项物理性质达到标准，是保证路面抗车辙性能的关键。

然而，随着交通荷载的不断增大，传统的沥青材料和施工工

艺面临越来越大的挑战。在高交通量和重型车辆频繁通行的情况下，即使采用改性沥青和优化施工工艺，也可能难以应对极端的车辙病害。因此，除了材料和工艺的改进，结合其他防治措施，如温拌沥青技术和抗车辙添加剂的使用，成为进一步提升车辙防治效果的有效途径。温拌沥青技术通过降低沥青的施工温度，不仅减少了施工过程中能源的消耗，也使得沥青材料更易于均匀摊铺和压实，提升了路面的密实度^[8]。抗车辙添加剂则能改善沥青混合料的抗高温性能，进一步增强路面抵抗车辙的能力。通过不断优化沥青材料的配比、改进施工工艺，并引入新型技术手段，可以有效地提升沥青路面的抗车辙性能，延长路面使用寿命，减少养护成本。

五、车辙病害治理技术的综合措施与效果评估

车辙病害的治理不仅依赖于单一技术的应用，而是需要综合多种措施的配合。首先优化沥青材料是车辙治理的基础。改性沥青，如聚合物改性沥青、橡胶改性沥青及纤维改性沥青，能显著提高沥青的抗车辙性能。这些材料通过提高沥青的弹性和粘结性，增强了沥青在高温下的稳定性，减少了因高温软化引起的路面塑性变形^[9]。此外，采用温拌沥青技术可以降低施工温度，使得沥青混合料在施工过程中的流动性和黏结性更好，从而增强了路面的密实度和抗车辙能力。

施工工艺的优化是车辙治理中不可忽视的因素。施工时，合理的摊铺温度和压实度对提高路面的稳定性至关重要。摊铺温度的控制可以有效防止沥青在施工过程中过度软化或过早凝固，确保路面均匀密实，避免因温度不适造成的变形问题。压实度的提

高可以降低路面内部的空隙率，减少水分渗透，防止沥青材料的老化和劣化，增强其抗车辙性能。与此同时，合理的路面结构设计也是车辙治理中的重要环节，优化集料的配比和级配，使沥青混合料具备更好的承载力和抗变形能力，从而降低车辙发生的概率。此外，精确控制施工质量与细节，确保每一层沥青均匀铺设，能够进一步提高路面的耐久性和稳定性^[10]。

尽管目前的防治技术已取得一定成效，但车辙病害治理依然面临诸多挑战，特别是在高强度交通荷载和复杂气候条件下。通过多种技术的结合，能够在一定程度上减缓车辙的发生，但完全消除车辙病害仍然具有困难性。因此，车辙病害治理效果的评估也成为一个关键环节。评估不仅要考虑技术实施后的短期效果，还应包括长期使用中的性能表现，如抗车辙能力、耐久性 & 维修频率等。此外，综合考虑成本效益、环境影响以及施工难度等因素，为不同路段制定个性化的车辙治理方案，才能实现最佳的治理效果和可持续性。通过不断优化治理技术与措施，并结合工程实践经验，可以显著提高高速公路沥青路面的整体质量，减少养护费用，并提高交通安全性。

六、结语

高速公路沥青路面车辙病害的治理是一个复杂的系统工程，需要从材料、施工工艺以及防治技术等多方面综合施策。通过优化沥青材料、改进施工工艺和采用先进的防治技术，可以显著提高路面抗车辙能力，延长路面使用寿命。然而，随着交通荷载的加重及气候条件变化，仍需不断创新和完善治理技术，以实现更高效的车辙防治，保障高速公路的安全性和耐久性。

参考文献

- [1] 陈锦辉. 福泉高速公路沥青路面病害机理分析与治理技术研究. 福建省, 福建省福泉高速公路有限公司, 2008-06-25.
- [2] 赵健. 高速公路沥青路面车辙病害的成因及治理 [J]. 公路交通科技 (应用技术版), 2008, 4(S1): 144-149.
- [3] 王子鹏. 高速公路沥青路面车辙病害的治理措施 [J]. 交通世界 (建养·机械), 2009(11): 112-113. DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2009.11.023.
- [4] 姬猛. 福泉高速公路沥青路面病害成因分析与治理技术研究 [D]. 长安大学, 2013.
- [5] 曾俊标, 孙长新, 王钊. 高速公路沥青路面早期车辙病害处治技术方案研究 [J]. 公路工程, 2012, 37(04): 163-166.
- [6] 姬猛. 福泉高速公路沥青路面病害成因分析与治理技术研究 [D]. 长安大学, 2013.
- [7] 范桥辉. 高速公路沥青路面车辙病害调查及维修处治技术方案研究 [D]. 长安大学, 2015.
- [8] 佟伟. 高速公路沥青路面车辙病害的成因及治理 [J]. 交通世界, 2021(25): 89-90. DOI: 10.16248/j.cnki.11-3723/u.2021.25.042.
- [9] 王鹏. 高速公路路面常见病害成因及养护治理技术 [J]. 工程建设与设计, 2023(18): 132-134. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.09.243.
- [10] 何梓清. 高速公路路面常见病害成因及养护治理技术 [J]. 运输经理世界, 2024(05): 148-150.